

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΛΕΓΧΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ  
ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΕΣ  
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ**

**ΚΟΥΡΑΝΤΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**Πτυχίο Χημικού του Εθνικού και Καποδιστριακού  
Πανεπιστημίου Αθηνών**

**Υποβληθείσα εργασία για το Μεταπτυχιακό Δίπλωμα στην  
Οργάνωση και Διοίκηση Επιχειρήσεων**

**Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων του  
Πανεπιστημίου Πειραιώς**

**ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2010**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ

**ΣΤΗΝ ΜΝΗΜΗ ΤΟΥ ΠΑΤΕΡΑ ΜΟΥ**

# ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΛΕΓΧΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

## ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΕΣ

### ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ

#### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ποιότητα αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα διαφοροποίησης σε ένα περιβάλλον, όπως είναι αυτό που ζούμε και το οποίο καθίσταται εξαιρετικά ανταγωνιστικό για τις επιχειρήσεις. Στο πλαίσιο αυτό, οι εταιρίες εφαρμόζουν διάφορους τρόπους προκειμένου να διασφαλίσουν την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων και των υπηρεσιών. Αναγνωρίζοντας, πλέον, ότι το κόστος της μη ποιότητας είναι σημαντικό και ότι τα ανταποδοτικά οφέλη από την επένδυση στην ποιότητα είναι μεγάλα, αναπτύχθηκαν διάφορες μεθοδολογίες και εργαλεία με γνώμονα την διασφάλιση της ποιότητας εκ των οποίων σημαντική συμβολή είχαν η Πιστοποίηση με το Πρότυπο Ποιότητας ISO 9000 και η μεθοδολογία των έξι σίγμα.

Το πρότυπο ποιότητας ISO 9000 προέκυψε σαν φυσική εξέλιξη της ανάγκης να επενδύσουν οι εταιρίες στην πρόληψη περισσότερο από ότι στην διόρθωση των παραγωγικών αστοχιών εισάγωντας τις κατάλληλες διαδικασίες στον οργανισμό με σκοπό την εκπλήρωση των ποιοτικών δεσμεύσεων. Παράλληλα με το Πρότυπο, η μεθοδολογία των έξι σίγμα αποτέλεσε εκείνη την επιχειρηματική προσέγγιση που σκοπό είχε την διασφάλιση της ποιότητας μέσω της ποσοτικοποίησης των αστοχιών εστιάζοντας σε εκείνες που έχουν τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στον πελάτη. Στην κατεύθυνση της ποσοτικοποίησης των αστοχιών και της εξάλειψής τους, σημαντικό ρόλο παίζουν τα στατιστικά εργαλεία ελέγχου όπως είναι τα διαγράμματα ροής, τα φύλλα ελέγχου, τα ιστογράμματα, τα διαγράμματα αιτιού αποτελέσματος, τα

διαγράμματα διασκόρπισης, η ανάλυση Pareto καθώς και τα διαγράμματα ελέγχου. Την σημαντικότερη συμβολή από όλα, όμως την έχει ο Στατιστικός Έλεγχος Διεργασίας.

Σε αυτή την διπλωματική εργασία, αναπτύσσονται οι βασικές αρχές του Στατιστικού Ελέγχου Διεργασίας σαν μέσο διασφάλισης της ποιότητας των παραγωγικών διαδικασιών δίνοντας την πλήρη περιγραφή και το εννοιολογικό υπόβαθρο των εργαλείων που χρησιμοποιεί, όπως είναι τα διαγράμματα ελέγχου μεταβλητών και τα διαγράμματα ελέγχου ιδιοτήτων. Επιπλέον, δίνεται η ερμηνεία του Δείκτη Ικανότητας καθώς και όλα τα επιμέρους στατιστικά εργαλεία που είναι απαραίτητα στην μέτρηση της απόδοσης μιας παραγωγικής διαδικασίας. Με βάση, τον Στατιστικό Έλεγχο Διεργασίας γίνεται αξιολόγηση της παραγωγής καλλυντικού προϊόντος σε ένα από τα εργοστάσια παραγωγής καλλυντικών προϊόντων ενός Ομίλου που δραστηριοποιείται στην Ελλάδα και την Ευρώπη. Μέσα από την μελέτη αυτή, εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα για το επίπεδο ποιότητας του προϊόντος, την Ικανότητα των διεργασιών να παράγουν προϊόντα που συμμορφώνονται με τις προδιαγραφές αλλά και την εν γένει αποτελεσματικότητα του συστήματος ποιότητας που διέπει την εταιρία.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

**I**

**ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ**

**II**

**ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

**III**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

**ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

1.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.2	ΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ.....	2
1.3	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ.....	4
1.4	Η ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ.....	8
1.4.1	ΣΤΑ ΧΡΟΝΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ.....	9
1.4.2	ΜΕΤΑΠΟΛΕΜΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ.....	10
1.4.3	Η ΓΕΝΝΗΣΗ ΤΗΣ ΟΛΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ.....	12
1.5	ΟΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΕΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ.....	14
1.5.1	Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΟΥ DEMING.....	14
1.5.2	Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΟΥ JOSEPH JURAN.....	18
1.5.3	Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΟΥ PHILIP CROSBY.....	19
1.6	ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....	22
	ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	24

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Η ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΗΣ ΟΛΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

2.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	25
2.2	ΚΟΣΤΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ.....	26
2.2.1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ.....	28
2.2.2	ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ.....	32
2.3	ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ISO 9000.....	33
2.3.1	Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ISO 9000.....	35
2.3.2	ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ.....	37
2.4	Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΞΙ ΣΙΓΜΑ.....	39
2.4.1	Η ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΛΟΓΙΚΗ ΤΟΥ ΕΞΙ ΣΙΓΜΑ.....	41
2.4.2	Η ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΞΙ ΣΙΓΜΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ.....	44
2.4.3	Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ DMAIC.....	46
2.5	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	51
2.5.1	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΡΟΗΣ.....	52
2.5.2	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	55
2.5.3	ΦΥΛΛΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	55
2.5.4	ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ.....	59
2.5.5	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ PARETO.....	61
2.5.6	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΙΤΙΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ.....	64
2.5.7	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΚΟΡΠΙΣΗΣ.....	66
2.6	ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....	69
	ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	72

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ

3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	74
3.2	ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	76
3.3	ΣΧΕΔΙΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	78
3.4	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	82
3.4.1	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΚΑΙ ΕΥΡΟΥΣ.....	85
3.4.2	ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	93
3.4.3	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΗΣ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ.....	98
3.4.4	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΟΥ ΜΕΣΟΥ/ΕΥΡΟΥΣ ΚΑΙ ΜΕΜΟΝΟΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ.....	102
3.5	ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	106
3.6	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ.....	110
3.6.1	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΓΙΑ ΕΛΑΤΤΩΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ.....	112
3.6.2	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΓΙΑ ΕΛΑΤΤΩΜΑΤΑ.....	120
3.7	ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....	127
	ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	129

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΤΑΙΡΙΑ**

#### **ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΛΛΥΝΤΙΚΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ**

4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	130
4.2	Η ΕΤΑΙΡΙΑ.....	132
4.3	ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΛΛΥΝΤΙΚΩΝ.....	134
4.4	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ.....	137
4.4.1	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΓΕΜΙΣΜΑΤΟΣ.....	138
4.4.2	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ.....	152
4.5	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ.....	156
4.6	ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	161
	ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	165
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>	<b>166</b>
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>172</b>



## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Χρήστο Αγιακλόγλου, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Πειραιώς, για την αμέριστη βοήθεια και τις πολύτιμες συμβουλές που μου παρείχε καθ'όλη την διάρκεια εκπόνησης της Διπλωματικής μου εργασίας.

Επιπλέον, θα πρέπει να ομολογήσω ότι αισθάνομαι τυχερός που επιλέχτηκα να παρακολουθήσω το πρόγραμμα Μεταπτυχιακών σπουδών του τμήματος της Διοίκησης Επιχειρήσεων του Πανεπιστημίου Πειραιώς, καθώς είμαι σίγουρος ότι θα αποτελέσει το πλέον σημαντικό εφόδιο στην επαγγελματική μου σταδιοδρομία.

## II

### ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 Μήτρα κατανομής του κόστους ποιότητας σε σχέση με το επίπεδο ωριμότητας του συστήματος ποιότητας του κάθε οργανισμού.....	31
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 Συντελεστές για διαγράμματα μεταβλητών ( $\bar{X}$ και $R$ -διαγράμματα).....	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 Δεδομένα πάχους δισκίων σιλικόνης παραδείγματος 3.1.....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3 Συντελεστές για διαγράμματα μεταβλητών ( $\bar{X}$ και $S$ διαγράμματα).....	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4 Δεδομένα Ιξώδους Βαφής.....	104
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5 Δεδομένα παραδείγματος 3.2.....	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6 Δεδομένα παραδείγματος 3.3.....	123
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 Αποτελέσματα Ποιοτικού Ελέγχου συσκευασμένου Προϊόντος.....	159

### III

#### ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1	Ο κανόνας 1-10-100.....	21
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.1	μεθοδολογία DMAIC.....	50
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.2	Βασικά Σύμβολα ενός διαγράμματος ροής.....	53
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.3	Διάγραμμα Ροής λειτουργίας ενός κέντρου περίθαλψης αδέσποτων ζώων.....	54
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.4	Φύλλο ελέγχου καταμέτρησης.....	57
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.5	Φύλλο ελέγχου για την φύση των ελλομαμάτων.....	57
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.6	Φύλλο ελέγχου θέσης ελλομαμάτων.....	58
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.7	Διάφοροι τύποι Ιστογραμμάτων.....	61
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.8	Pareto ανάλυση για τις αιτίες μη προγραμματισμένων διακοπών της παραγωγικής διαδικασίας.....	63
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.9	Αρχές του διαγράμματος αιτίου αποτελέσματος.....	64
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.10	Αρχές του διαγράμματος συνεπειών λύσης.....	66
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.11	Απεικονίσεις πιθανών συσχετίσεων.....	68
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.12	Διάγραμμα Διασκόρπισης του ιξώδους ενός διαλύματος σε σχέση με την ταχύτητα ανάδευσης.....	68
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1	Αρχές του κεντρικού οριακού θεωρήματος.....	82
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.2	Αρχές του διαγράμματος ελέγχου.....	83
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.3	Διάγραμμα Ελέγχου $\bar{X}$ για τα δεδομένα του παράδειγματος .....	90
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.4	Διάγραμμα Ελέγχου Εύρους $R$ για τα δεδομένα του παράδειγματος 3.1.....	91

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.5	Τροποποιημένο Διάγραμμα Ελέγχου $\bar{X}$ για τα δεδομένα του παραδείγματος 3.1.....	92
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.6	Κανόνες ευαισθητοποίησης ενός διαγράμματος ελέγχου.....	93
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.7	Παραδείγματα διαδικασιών εκτός ελέγχου.....	94
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.8	Αποτύπωση ενός κύκλου σε ένα διάγραμμα ελέγχου...	95
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.9	Αποτύπωση φθίνουσας τάσης σε ένα διάγραμμα ελέγχου.....	96
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.10	Αγκάλιασμα της κεντρικής τιμής ( $\alpha$ ) και των ορίων ελέγχου ( $\beta$ ).....	97
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.11	Διάγραμμα Ελέγχου τυπικής απόκλισης S.....	102
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.12	Διάγραμμα ελέγχου κινητού εύρους για τις μετρήσεις του ιξώδους.....	105
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.13	Διάγραμμα ελέγχου των μεμονωμένων τιμών.....	106
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.14	Διαγραμματική ερμηνεία του $C_{pk}$ .....	108
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.15	Επιλογές για διαγράμματα ιδιοτήτων.....	111
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.16	p Διάγραμμα για την έγκαιρη παράδοση ταχυδρομικών δεμάτων.....	118
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.17	np Διάγραμμα για την έγκαιρη παράδοση ταχυδρομικών δεμάτων.....	120
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.18	u Διάγραμμα για την μελέτη ελαττωμάτων.....	124
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.19	c Διάγραμμα για την μελέτη ελαττωμάτων.....	126
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1	Διάγραμμα ελέγχου εύρους για τις μετρήσεις 1 <sup>ης</sup> μέρας.....	140

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2	Διάγραμμα ελέγχου μέσης τιμής για τις μετρήσεις μέσου βάρους 1 <sup>ης</sup> μέρας.....	140
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.3	Διάγραμμα ελέγχου εύρους για τις μετρήσεις 2 <sup>ης</sup> μέρας.....	142
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.4	Διάγραμμα ελέγχου μέσης τιμής για τις μετρήσεις μέσου βάρους 2 <sup>ης</sup> μέρας.....	143
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.5	Διάγραμμα ελέγχου εύρους για τις μετρήσεις 3 <sup>ης</sup> μέρας.....	145
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.6	Διάγραμμα ελέγχου μέσης τιμής για τις μετρήσεις μέσου βάρους 3 <sup>ης</sup> μέρας.....	145
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.7	Διάγραμμα ελέγχου εύρους για τις μετρήσεις της 4 <sup>ης</sup> μέρας.....	147
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.8	Διάγραμμα ελέγχου μέσης τιμής για τις μετρήσεις μέσου βάρους 4 <sup>ης</sup> μέρας.....	148
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.9	Διάγραμμα ελέγχου εύρους για τις μετρήσεις της 5 <sup>ης</sup> μέρας.....	149
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.10	Διάγραμμα ελέγχου μέσης τιμής για τις μετρήσεις μέσου βάρους 5 <sup>ης</sup> μέρας.....	150
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.11	Διάγραμμα ελέγχου κινητού εύρους για τις μετρήσεις περιεκτικότητας οξειδίου του ψευδαργύρου.....	154
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.12	Διάγραμμα ελέγχου μεμονωμένων τιμών για τις μετρήσεις περιεκτικότητας οξειδίου του ψευδαργύρου.....	155
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.13	Διάγραμμα ελέγχου ελαττωματικών μονάδων προιόντος.....	160

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ποιότητα σαν έννοια μπορεί να προσδιοριστεί με διάφορους τρόπους. Οι περισσότεροι άνθρωποι έχουν μια εσωτερική, θεμελιώδη αντίληψη για την έννοια της ποιότητας, η οποία συνδέεται με ένα ή περισσότερα επιθυμητά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει το προϊόν που θέλουν να αγοράσουν ή η υπηρεσία που θέλουν να χρησιμοποιήσουν.

Η ποιότητα, σήμερα, έχει εξελιχθεί σαν έναν από τους σημαντικότερους παραγοντες που επηρεάζει τον καταναλωτή προκειμένου να αποφασίσει ποιο προϊόν ή ποια υπηρεσία θα επιλέξει ανάμεσα σε μια πληθώρα επιλογών. Το φαινόμενο αυτό έχει πάρει τεράστιες διαστάσεις ανεξάρτητα αν αυτός που αποφασίζει είναι ένας απός καταναλωτής, ένας λιανέμπορος, μία πολυεθνική επιχείρηση ή ένας κυβερνητικός οργανισμός. Αναμφίβολα, οι επιχειρήσεις που έχουν ενσωματώσει τις αρχές της ποιότητας στη παραγωγή του προϊόντος ή την παροχή της υπηρεσίας είναι αυτοί που απολαμβάνουν την εμπιστοσύνη του καταναλωτικού κοινού. Γι'αυτό στις μέρες μας, όλο και περισσότερες επιχειρήσεις στρέφονται στην εφαρμογή εκείνων των εργαλείων ποιότητας που θα τους διασφαλίσουν την βιωσιμότητα και θα τους εγγυηθούν την ανάπτυξη.

Στο παρόν κεφάλαιο, αρχικά θα δοθούν οι ορισμοί της ποιότητας με βάση την σκοπιά που ο καθένας προσεγγίζει την έννοια αυτή και στην συνέχεια θα γίνει μια σύντομη περιγραφή των διαστάσεων της. Επιπλέον θα γίνει μια σύντομη αναφορά στην ιστορική της εξέλιξη της ποιότητας ενώ τέλος θα αναπτυχθούν τα κυριότερα σημεία της φιλοσοφίας ανθρώπων όπως ο Deming, ο Juran και ο Crosby οι οποίοι αποτέλεσαν τους πρωτοπόρους στην πορεία εξέλιξης της έννοιας της ποιότητας. Ειδικότερα, ο Deming με τις απόψεις και τα έργα του αποτέλεσε τον αναμορφωτή της Ιαπωνικής βιομηχανίας μετά το τέλος του 2<sup>ου</sup> Παγκοσμίου Πολέμου και κατάφερε να αναδείξει την ιδέα της ποιότητας σαν κυρίαρχο μέσο ανάπτυξης και διαφοροποίησης των οργανισμών.

## **1.2 ΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

Η κατανόηση της έννοιας της ποιότητας και η βελτίωση της μπορεί να οδηγήσει στην επιτυχία, την ανάπτυξη και την βελτίωση της ανταγωνιστικής θέσης για την επιχείρηση που επενδύει σε αυτή. Κατα καιρούς έχουν διατυπωθεί πολύ ορισμοί για την ποιότητα που είχαν να κάνουν με την οπτική από την οποία προσεγγίζει ο κάθε συγγραφέας την έννοια αυτή. Ο Garvin, στο βιβλίο του "Managing Quality" (1988) ανέφερε πέντε ορισμούς με βάση την σκοπιά από την οποία ο καθένας προσεγγίζει την έννοια της ποιότητας.

Ο πρώτος ορισμός βασίζεται «στο προϊόν». Σύμφωνα με τον ορισμό αυτόν, η ποιότητα αντιμετωπίζεται σαν συνάρτηση μιας συγκεκριμένης, μετρούμενης μεταβλητής και όποιες διαφορές εμφανίζονται στην ποιότητα των προϊόντων αυτών

σχετίζονται με τις διαφορές στην ποσότητα του μετρούμενου χαρακτηριστικού. Ο ορισμός αυτός, υπονοεί ότι όσο πιο ακριβό ή πλούσιο σε χαρακτηριστικά είναι ένα προϊόν τόσο πιο καλής ποιότητας θεωρείται.

Ο δεύτερος ορισμός στηρίζεται στην υπόθεση ότι η ποιότητα καθορίζεται από τις ανάγκες του πελάτη. Ο κάθε άνθρωπος έχει ξεχωριστές ανάγκες και απαιτήσεις με αποτέλεσμα να θέτει διαφορετικά επίπεδα ποιότητας. Θιασώτης και μεγάλος υποστηρικτής της προσέγγισης αυτής ήταν ο Joseph Juran (1904-2008) ο οποίος όρισε την ποιότητα σαν «καταλληλότητα προς χρήση». Για παράδειγμα, μία BMW sedan και ένα Jeep Cherokee είναι κατάλληλα προς χρήση αλλά εξυπηρετούν διαφορετικές ανάγκες και διαφορετικές ομάδες καταναλωτών. Αν κάποιος επιθυμεί ένα όχημα κατάλληλο για ταξίδια με ξεχωριστές ανέσεις και δυνατότητες θα επιλέξει την BMW. Αν από την άλλη μεριά είναι άνθρωπος που επιθυμεί την περιπέτεια τότε το Jeep είναι πιθανό να θεωρηθεί καλύτερης ποιότητας σταθμίζοντας τις ανάγκες του.

Ο τρίτος ορισμός ο οποίος διατυπώθηκε από τον Crosby (1926-2001) στο βιβλίο του "Quality is free" (1979) λέει ότι «η ποιότητα είναι η συμμόρφωση των χαρακτηριστικών του προϊόντος και της υπηρεσίας, στις προδιαγραφές των πελατών». Η ποιότητα ως συμμόρφωση στις προδιαγραφές εξαρτάται από ένα αριθμό παραγόντων όπως η επιλογή της παραγωγικής διαδικασίας, η εκπαίδευση και επίβλεψη του εργατικού δυναμικού, ο τύπος του συστήματος Διασφάλισης ποιότητας που ακολουθείται και η θέληση του εργατικού δυναμικού να υπηρετήσει την ποιότητα.

Η τέταρτη προσέγγιση, έχει σαν βάση την αξία που εκφράζεται ως η ικανοποίηση και η χρησιμότητα που λαμβάνει ο καταναλωτής συγκρινόμενα με την τιμή. Ο ορισμός



αυτός υπονοεί ότι πολλές φορές πρέπει να γίνεται συμβιβασμός μεταξύ των χαρακτηριστικών του προϊόντος ή της υπηρεσίας που επιλέγεις σε σχέση με τα πρότυπα που αρχικά έχεις θέσει. Ποιότητα είναι ο βαθμός τελειότητας σε μια αποδεκτή τιμή και ο έλεγχος της μεταβλητότητας σε ένα αποδεκτό κόστος. Τέλος, ο πέμπτος ορισμός, θεωρεί την ποιότητα «ως συνώνυμο της τελειότητας και της ανωτερότητας». Αυτός ο ορισμός στην πραγματικότητα δε έχει αξία για τους managers στην διαδικασία λήψης αποφάσεων καθώς η τελειότητα είναι μία έννοια αφηρημένη και υποκειμενική.

Με βάση τα παραπάνω, αντιλαμβάνεται κάποιος ότι η παραγωγή ενός ποιοτικού προϊόντος καθώς και η παροχή μιας ποιοτικής υπηρεσίας εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζει κανείς την έννοια της ποιότητας. Στους ορισμούς που δόθηκαν αναγνωρίστηκαν δύο τάσεις, εκείνη που έχει σαν σημείο αναφοράς το ίδιο το προϊόν και την συμμόρφωση με τις προδιαγραφές του και εκείνη που έχει σαν σημείο αναφοράς τον πελάτη και την προσπάθεια ικανοποίησης των αναγκών του. Το σίγουρο είναι ότι από όποια σκοπιά και να προσεγγίσει κάποιος την έννοια της ποιότητας, το οικονομικό αποτέλεσμα για την επιχείρηση, την εταιρία ή τον όμιλο θα είναι θετικό.

### **1.3 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

Η ποιότητα ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας μπορεί να αξιολογηθεί με πολλούς τρόπους. Πολλές φορές είναι σημαντικό να διακρίνονται οι διαστάσεις ποιότητας, καθώς μέσω αυτών μπορεί ο τελικός καταναλωτής να ποσοτικοποιήσει και

κατανοήσει την ποιότητα που εκλαμβάνει. Οι βασικές διαστάσεις ποιότητας, έτσι όπως ο Garvin (1987) της παρουσίασε, αναπτύσσονται παρακάτω:

### **Απόδοση**

Η απόδοση απαντά στο ερώτημα αν το προϊόν εκπληρώνει το σκοπό για τον οποίο φτιάχτηκε. Οι πιθανοί αγοραστές συχνά χρησιμοποιούν το κριτήριο αυτό προκειμένου να καθορίσουν το αν και εφόσον το προϊόν εκτελεί τις λειτουργίες για τις οποίες προορίζεται και πόσο καλά τις εκτελεί. Για ένα αυτοκίνητο, η διάσταση της απόδοσης περιλαμβάνει χαρακτηριστικά όπως επιτάχυνση, κράτημα, τελική ταχύτητα και άνεση. Επειδή αυτή η διάσταση ποιότητας περιλαμβάνει μετρήσιμα χαρακτηριστικά, τα προϊόντα είναι δυνατόν να καταταχθούν όσο το δυνατόν πιο αντικειμενικά σε μια φθίνουσα σειρά με βάση την απόδοσή τους στις επιμέρους λειτουργίες. Σαν σύνολο, όμως, είναι δύσκολο να επιτευχθεί μια τέτοιου είδους κατατάξη καθώς τα προϊόντα ξεπερνούν πολλές φορές τις τυπικές ανάγκες των καταναλωτών.

### **Αξιοπιστία**

Η αξιοπιστία ενός προϊόντος συνδέεται με την πιθανότητα αυτό να χαλάσει ή να μην λειτουργεί βάση των προδιαγραφών του μέσα σε κάποιο χρονικό διάστημα. Συνήθως η αξιοπιστία μετριέται με τον μέσο χρόνο που θα παρουσιάσει την πρώτη βλάβη, το μέσο χρόνο μεταξύ δύο βλαβών ή τον λόγο των βλαβών στην μονάδα του χρόνου. Επειδή αυτού του είδους τα μετρικά συστήματα απαιτούν σχετικά μεγάλους χρόνους ζωής, έχουν νόημα μόνο σε διαρκή προϊόντα και όχι σε προϊόντα άμεσης κατανάλωσης και υπηρεσίες. Παράδειγμα τέτοιων προϊόντων είναι οι οικιακές συσκευές και τα αυτοκίνητα τα οποία απαιτούν συντήρηση κατά την διάρκεια της ζωής τους. Παρόλαυτά αν αυτές οι συντηρήσεις είναι πάρα πολύ συχνές ο καταναλωτής θα θεωρήσει ότι το προϊόν είναι αναξιόπιστο. Σε αυτού του είδους τα

προϊόντα, η διάσταση της αξιοπιστίας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση της εκλαμβανόμενης ποιότητας από τον τελικό καταναλωτή.

### **Διάρκεια**

Η διάσταση της διάρκειας, απαντά στο ερώτημα πόσο χρονικό διάστημα το προϊόν λειτουργεί βάση των προδιαγραφών του και έχει διττή έννοια, οικονομική και τεχνολογική. Τεχνολογικά, μπορεί να την ορίσει κανείς σαν το μέγεθος της χρήσης που προσέφερε το προϊόν στον καταναλωτή πριν χαλάσει εντελώς και η συντήρηση του γίνει ασύμφορη. Πάλι, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο κλάδος της αυτοκινητοβιομηχανίας και των οικιακών συσκευών επηρεάζεται σημαντικά από αυτή την διάσταση της ποιότητας.

### **Επισκευασιμότητα**

Υπάρχουν πολλοί κλάδοι για τους οποίους η άποψη της ποιότητας ενός καταναλωτή επηρεάζεται άμεσα από το πόσο γρήγορα, οικονομικά και αποδοτικά μπορεί να επισκευαστεί ένα προϊόν σε περίπτωση βλάβης. Η επισκευασιμότητα είναι μια διάσταση που επηρεάζει πολύ τον τομέα των υπηρεσιών. Το πόσο γρήγορα μπορεί να διορθωθεί ένα τραπεζικό λάθος σε μια οποιαδήποτε τραπεζική κίνηση επηρεάζει σημαντικά την διαμόρφωση της άποψης που προσφέρει η υπηρεσία στον καταναλωτή.

### **Αισθητική**

Η διάσταση της αισθητικής έχει να κάνει με το πως δείχνει το προϊόν. Η διάσταση αυτή επαφύεται στην προσωπική κρίση και τις ιδιαίτερες προτιμήσεις του καθενός και για αυτό είναι δύσκολο να ικανοποιήσει τους πάντες. Οι εταιρίες αναψυκτικών έχουν επενδύσει πάνω σε αυτήν την διάσταση, κάνοντας αλλαγές στην συσκευασία των προϊόντων με σκοπό να διαφοροποιηθούν από τους ανταγωνιστές τους.

### ***Επιπρόσθετα Χαρακτηριστικά***

Συνήθως τα επιπρόσθετα χαρακτηριστικά δρουν συνεργικά στην βασική λειτουργία με σκοπό να δημιουργήσουν την αίσθηση του επαυξημένου προϊόντος για να διαφοροποιηθούν από τους ανταγωνιστές τους. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, οι καταναλωτές αξιολογούν θετικά την ύπαρξη επιπρόσθετων χαρακτηριστικών σε ένα προϊόν αν και είναι δύσκολο να τεθεί μια διαχωριστική γραμμή μεταξύ των χαρακτηριστικών της βασικής λειτουργίας σε σχέση με τα δευτερεύοντα χαρακτηριστικά.

### ***Αντιληπτή Ποιότητα από τον καταναλωτή***

Η διάσταση αυτή, συνδέεται άμεσα με την φήμη που έχει το προϊόν και η εταιρία γενικά. Σε πολλές περιπτώσεις, η αγοραστική αξία ενός προϊόντος εξαρτάται από την παρελθούσα φήμη που έχει δημιουργηθεί γύρω από αυτό. Και αυτή η φήμη μπορεί να σχετίζεται είτε με το ιστορικό βλαβών του προϊόντος, είτε με τις περιπτώσεις ανακλήσεων που έχουν συμβεί στο παρελθόν ή ακόμα το πως αντιμετωπίστηκε ο καταναλωτής σε περιπτώσεις που σχετίζονταν με ποιοτικά προβλήματα. Η αντιλαμβανόμενη αξία της μάρκας ή του προϊόντος από τον καταναλωτή καθώς και η πιστότητα αυτού είναι δύο έννοιες άρρηκτα συνδεδεμένες. Για παράδειγμα, κάποιος που κάνει συχνά ταξίδια είναι πολύ πιθανόν να προτιμήσει μια αεροπορική εταιρία που τηρεί τα χρονοδιαγράμματα αφίξεων και αναχωρήσεων και δεν έχει ιστορικό απώλειας αποσκευών από μια εταιρία που στο παρελθόν έχει δώσει δικαιώματα αμφισβήτησης σε επίπεδο αξιοπιστίας.

### ***Συμμόρφωση με τα πρότυπα***

Το κατά πόσο ένα προϊόν συμβαδίζει με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή έχει να κάνει με την διάσταση της ποιότητας που εξετάζει την συμμόρφωση στα πρότυπα. Δύο από τα πιο κοινά μετρικά του επιπέδου συμμόρφωσης είναι ο αριθμός των

σκάρτων που απορρίπτονται σε μια παραγωγική διαδικασία και ο αριθμός των παραπόνων που λαμβάνονται αφού το προϊόν φτάσει στον τελικό καταναλωτή. Τα προϊόντα τα οποία δεν ταιριάζουν απόλυτα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή είναι δυνατόν να προκαλέσουν σημαντικά ποιοτικά προβλήματα ειδικότερα αν αποτελούν μέρος μιας μεγαλύτερης κατασκευής. Για παράδειγμα στην αυτοκινητοβιομηχανία, στην οποία το τελικό προϊόν αποτελείται από χιλιάδες μικρότερα κομμάτια, μια σημαντική απόκλιση ενός κομματιού από τις προδιαγραφές μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στο τελικό προϊόν.

#### **1.4 Η ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

Η έννοια και η ιδέα της ποιότητας δεν είναι κάτι που απασχολείσαι τους ανθρώπους τα τελευταία χρόνια ούτε συνδέεται με την Βιομηχανική επανάσταση και την εξέλιξη της Τεχνολογίας αλλά έχει πολύ βαθιά τις ρίζες της πίσω στον χρόνο. Αν μελετήσει κάποιος τον τρόπο με τον οποίο έχτισαν τις Πυραμίδες οι Αρχαίοι Αιγύπτιοι περίπου 2500 χρόνια π.Χ., θα αντιληφθεί ότι οι πέτρες που χρησιμοποιήθηκαν είναι τόσα καλά επιλεγμένες και τόσο σωστά λαξευμένες κάτι που φανερώνει ότι ακόμα και τότε είχαν αναπτύξει μεθόδους ελέγχου προκειμένου να διασφαλίσουν την ποιότητα της κατασκευής. Πολύ αργότερα, στα χρόνια του Μεσαίωνα, γεννήθηκε άτυπα η έννοια της Διασφάλισης της Ποιότητας μέσω των συντεχνιών που δημιουργήθηκαν προκειμένου να διασφαλίσουν την παρεχόμενη ποιότητα των προϊόντων και των υπηρεσιών.

Στα μέσα του 18<sup>ου</sup> αιώνα, ένας Γάλλος οπλοουργός ονόματι Honore Le Blank, είχε την φαινή ιδέα να κατασκευάσει όπλα μέσω της συναρμολόγησης επιμέρους

ξεχωριστών κομματιών. Ο Thomas Jefferson που εκείνη την εποχή εκτελούσε χρέη Αμερικανού πρέσβη στην Γαλλία γρήγορα κατάλαβε ότι μια τέτοια ιδέα θα απελευθέρωνε την Αμερική από τις Ευρωπαϊκές εξαρτήσεις στην προμήθεια πολεμικού εξοπλισμού. Ετσι, το 1798 η Αμερικάνικη κυβέρνηση υπέγραψε συμβόλαιο με τον Eli Whitney για την προμήθεια 10.000 όπλων αυτής της τεχνογνωσίας. Επειδή τα επιμέρους τμήματα του όπλου θα έπρεπε να κατασκευαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές για να είναι δυνατή η συναρμολόγηση τους, ο Whitney επέβαλε ένα σύστημα ποιοτικού έλεγχου καθ'όλη την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας μέσω της συνεχούς επιθεώρησης. Η ιδέα αυτή αποτέλεσε τον προάγγελο της Βιομηχανικής Επανάστασης που ακολούθησε και καθιέρωσε την έννοια της Διασφάλισης Ποιότητας σαν ένα αναπόσπαστο κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας.

#### **1.4.1 ΣΤΑ ΧΡΟΝΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ**

Στις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα, τα έργα και οι ιδέες του Frederick W. Taylor (1856-1915) οδήγησαν σε μια νέα προσέγγιση της παραγωγικής διαδικασίας. Ο Taylor πίστευε στον διαχωρισμό της εργασίας και των ευθυνών μεταξύ του εργατικού δυναμικού και της διοίκησης. Σκοπός του ήταν η αύξηση της παραγωγικότητας μέσω της διακρίσης της παραγωγικής διαδικασίας σε επιμέρους τομείς. Ο καταμερισμός της εργασίας και η επικέντρωση στην αύξηση της παραγωγικότητας και μόνο έφερε σημαντική βελτίωση στους όγκους παραγωγής από την άλλη όμως, αύξησε τα κόστη παραγωγής και λειτούργησε εις βάρος της ποιότητας.

Την ίδια περίοδο θέτονται οι βάσεις προκειμένου η διασφάλιση της ποιότητας να γίνει αναπόσπαστο κομμάτι στις παραγωγικές διαδικασίες. Πρωτοπόροι στην προσπάθεια αυτή είναι επιφανείς επιστήμονες – Walter Shewhart, Harold Dodge, George Edwards, W. Edwards Deming και άλλοι- οι οποίοι αποτελούν μέλη μιας ομάδας που σκοπό έχει να βελτιώσει την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών της εταιρίας Bell telephone Laboratories η οποία αποτελεί τον ηγέτη στον χώρο των τηλεπικοινωνιών στην Αμερική γύρω στο 1920. Η Western Electric group, όπως ονομάστηκε μετέπειτα αυτή η ομάδα, δεν εισήγαγε απλά τον όρο Διασφάλιση Ποιότητας στις παραγωγικές διαδικασίες αλλά ανέπτυξε τεχνικές για βελτίωση των παραγόμενων προϊόντων και επίλυση των ποιοτικών προβλημάτων. Ο Shewhart επισήμανε στο έργο του την σημαντικότητα στην μείωση της μεταβλητότητας στις παραγωγικές διαδικασίες και στην κατανόηση ότι η συνεχής αλλαγή των διαδικασιών με σκοπό την ελάττωση των μη συμμορφούμενων οδηγεί σε περαιτέρω αύξηση της μεταβλητότητας με συνεπακόλουθο αντίκτυπο στην ποιότητα.

#### **1.4.2 ΜΕΤΑΠΟΛΕΜΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ**

Η περίοδος μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο χαρακτηρίστηκε από την έντονη έλλειψη καταναλωτικών αγαθών πρώτης ανάγκης κάτι που ανέδειξε την μαζική παραγωγή σαν πρώτη προτεραιότητα. Αν και κατά την διάρκεια του πολέμου η ποιότητα των προϊόντων, κυρίως όσον αφορά την πολεμική βιομηχανία, αναδείχθηκε σε πρώτη προτεραιότητα προκειμένου να διασφαλιστεί η απόλυτη ασφάλεια της χρήσης των όπλων, η ανώτατη διοίκηση δεν αντιλήφθηκε ότι η ποιότητα δεν είχε να κάνει αποκλειστικά με το τελικό προϊόν αλλά και με τις διαδικασίες παραγωγής. Μέχρι

τότε η Κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών εξασφάλιζε την ποιότητα μέσω των επιθεωρήσεων του συνόλου της παραγωγής.

Την ίδια περίοδο, δύο διακεκριμένοι Αμερικάνοι επιστημονες, ο Dr. Joseph Juran και ο Dr. W. Edwards Deming επιστρατεύτηκαν από την ιαπωνική κυβέρνηση στην προσπάθεια της να σταθεί στα πόδια της μετά τις καταστροφικές συνέπειες του Πολέμου. Οι δύο επιφανείς επιστήμονες εισήγαγαν την έννοια της “εκπαίδευσης εντός της επιχείρησης” (Training within Industry, TWI) που σε συνδυασμό με το κύκλο του Shewhart και άλλες στατιστικές μεθόδους ελέγχου πυροδότησαν την απαρχή της βιομηχανικής εξέλιξης στην Ιαπωνία που έμεινε γνωστή με τον όρο “Kaizen”. Οι πέντε βασικοί άξονες στους οποίους στηρίχθηκε το “Kaizen” ήταν :

- Συλλογική προσπάθεια ( Teamwork)
- Προσωπική προσύλωση στο στόχο ( Personal Discipline)
- Ακμαιο Ηθικό (Improved Morale)
- Κύκλοι Ποιότητας ( Quality Circles)
- Προτάσεις για Βελτίωση ( Suggestions for Improvement)

Αποτέλεσμα όλων αυτών ήταν, το 1951, η Ένωση Γιαπωνέζων Επιστημόνων και Μηχανικών (JUSE) να καθιερώσει το βραβείο Deming (Deming Prize) για όλες τις εταιρίες που παρουσίασαν σημαντική βελτίωση στην ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και προϊόντων. Η ανάπτυξη των Γιαπωνέζων γινόταν με αργά αλλά σταθερά βήματα. Μόλις το 1970, τα Ιαπωνικά προϊόντα στηριζόμενα κυρίως στην ποιοτική τους υπεροχή καταφεραν να εισβάλλουν στις Ευρωπαϊκές και Αμερικάνικες αγορές. Σε μία έρευνα που έκανε το περιοδικό Business Week τον Ιούνιο του 1987, σχετικά με τις βλάβες που παρουσίαζαν οι οικιακές συσκευές 90 μέρες μετά την απόκτηση τους από τους καταναλωτές, τα αποτελέσματα ήταν συντριπτικά υπέρ των



Ιαπωνικών προϊόντων. Η κρίση στην Αμερικάνικη, και όχι μόνο, οικονομία είχε μόλις ξεκινήσει.

#### **1.4.3 Η ΓΕΝΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΗΣ ΟΛΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

Η δεκαετία του 80 χαρακτηρίστηκε σαν η περίοδος κατά την οποία τόσο οι καταναλωτές όσο οι βιομηχανίες και οι κυβερνήσεις έστρεψαν το βλέμμα τους προς την ποιότητα. Και αυτό γιατί κυβερνήσεις κυρίως και βιομήχανοι σε δεύτερο στάδιο αντιλήφθηκαν ότι η επιβίωση της οικονομίας εν μέσω του αυξανόμενου ανταγωνισμού περνά μέσα από την ποιότητα. Το 1984, η Αμερικάνικη κυβέρνηση ανακηρύσσει τον μήνα Οκτώβριο σαν National Quality Month και τρία χρόνια αργότερα εγκαθιδρύει το Βραβείο Malcolm Baldrige National Quality Award σε μια προσπάθεια να ευαισθητοποιήσει τις εταιρίες να στραφούν σε τεχνολογίες που υπηρετούν την ποιότητα. Τα αποτελέσματα ήταν παραπάνω από ικανοποιητικά.

Απο τα τέλη της δεκαετίας του '80 και καθ'όλη την διάρκεια του '90 οι αμερικάνικες εταιρίες επένδυσαν υπέρογκα ποσά σε μεθόδους βελτίωσης της ποιότητας αναγκάζοντας τους Ιάπωνες το 1989 να απονεύσουν το βραβείο Deming σε μία αμερικάνικη εταιρία, την Florida Power and Light, αναγνωρίζοντας έτσι την ποιότητα των προϊόντων της παγκοσμίως. Μέχρι τα μέσα του '90, είχαν γραφτεί χιλιάδες βιβλία με θέμα την ποιότητα, οι εταιρίες είχαν επενδύσει σημαντικά κεφάλαια στην εκπαίδευση των στελεχών τους με σκοπό να εισάγουν μεθόδους στην παραγωγική και όχι μόνο διαδικασία που θα προάγουν την παρεχόμενη ποιότητα και το σύνολο των αμερικάνικων πολιτειών είχαν καθιερώσει βραβεία για τις εταιρίες που δραστηριοποιούνται με γνώμονα την ποιότητα.

Αν και η ποιότητα αρχικά εστιάστηκε στην μείωση των ελαττωματικών ή των μη συμμορφούμενων μέσω της χρήσης της στατιστικής και των άλλων εργαλείων γρήγορα έγινε σαφές ότι η προσπάθεια για συνεχή βελτίωση δεν θα είχε διάρκεια αν δεν εισήγαγαν την έννοια της ποιότητας σε όλα τα επίπεδα της επιχειρηματικής δραστηριότητας. Τα ανώτατα στελέχη γρήγορα αντιλήφθηκαν ότι μόνο εάν αναγνωρίσουν τις ανάγκες των πελατών και δημιουργήσουν σχέσεις εμπιστοσύνης με αυτούς, λειτουργήσουν βάση στρατηγικού σχεδιασμού, μετρήσουν την αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα του σχεδίου αυτού και σχεδιάσουν προϊόντα και υπηρεσίες από την αρχή με γνώμονα τον πελάτη, θα μπορέσουν να επιτύχουν τους επιχειρηματικούς τους σκοπούς. Καθώς, λοιπόν, οι οργανισμοί και οι επιχειρήσεις αναπτύσσονται εισάγοντας στην καθημερινότητα τους την αντίληψη της ποιότητας μια νέα έννοια γεννήθηκε, αυτή της Ολικής Ποιότητας.

Το management ολικής ποιότητας είναι μια κουλτούρα. Εγγενές συστατικό αυτής της κουλτούρας είναι η ολοκληρωτική δέσμευση ως προς την ποιότητα και μια συγκεκριμένη νοοτροπία η οποία εκδηλώνεται με την ανάμιξη όλων στη διαδικασία της συνεχούς βελτίωσης των προϊόντων και των υπηρεσιών μέσα από τη χρήση καινοτόμων επιστημονικών μεθόδων. Οι βασικές αρχές της έννοιας αυτής είναι:

- Εστίαση στους πελάτες και στα συμφέροντα των μετόχων (Customer and stakeholder focus)
- Συμμετοχή και ομαδική δουλειά από όλους μέσα στον οργανισμό με σκοπό την επίτευξη του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος (Participation and Teamwork).
- Εστίαση στον τρόπο λειτουργίας μέσα από μιά συνεχή βελτίωση των διαδικασιών και εκπαίδευση όλων όσων μετέχουν στις διαδικασίες αυτές

ανεξάρτητα του βαθμού ευθύνης που κατέχουν (Process focus and Continuous Improvement).

Παρ'όλη την προφανή απλότητα των παραπάνω βασικών αρχών στις οποίες στηρίζεται η έννοια της Ολικής Ποιότητας έχει αποδειχτεί ιστορικά, ότι οι εταιρίες δεν έδιναν καθόλου προσοχή στις ανάγκες των πελατών τους, τα διοικητικά στελέχη εστίαζαν τις προσπάθειες τους στην βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας και μόνο, ενώ η ομαδική δουλειά, η συνεργασία και η ανάληψη πρωτοβουλίας από το εργατικό προσωπικό ήταν άγνωστες λέξεις.

## **1.5 ΟΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΕΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

Μέχρι στιγμής, έγινε μια εκτενή αναφορά στην ιστορική εξέλιξη της έννοιας της ποιότητας και σε προσωπικότητες οι οποίες επηρέασαν την εξέλιξη αυτή καταλυτικά όπως ο W. Edwards Deming, ο Joseph M. Juran και ο Philip B.Crosby. Στην συνέχεια θα δοθεί μια συντομη περιγραφή της φιλοσοφίας που δίδαξε και εφάρμοσε ο καθένας ξεχωριστά και που τους κατέστησε ηγέτες στην Διοίκηση της ποιότητας ξεκινώντας από τον W.Edwards Deming.

### **1.5.1 Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΟΥ DEMING**

Ο William Edwards Deming (1900-1993) γεννήθηκε στην Αμερική. Σπούδασε φυσικές επιστήμες στο Πανεπιστήμιο της Wyoming, πήρε το master του στην Φυσική

και στα Μαθηματικά από το πανεπιστήμιο του Colorado και το Διδακτορικό του από το πανεπιστήμιο του Yale. Καταλυτικό γεγονός στην καριέρα του στάθηκε η συνεργασία με τον Walter A. Shewhart που ήταν πρωτεργάτης της έννοιας του στατιστικού ποιοτικού ελέγχου. Ο Deming πίστευε ότι, οι βελτιώσεις στην ποιότητα θα οδηγήσουν σε χαμηλότερο κόστος σαν αποτέλεσμα της λιγότερης ανακατεργασίας που θα απαιτείται, των λιγότερων λαθών, των λιγότερων καθυστερήσεων και της καλύτερης χρήσης του χρόνου και των διαθέσιμων πόρων. Η αβεβαιότητα και η μεταβλητότητα των διαδικασιών του σχεδιασμού και της κατασκευής των προϊόντων είναι η κύρια αιτία που οδηγεί στην κακή ποιότητα. Ο Deming ισχυρίστηκε ότι η υψηλή ποιότητα των προϊόντων αυξάνει την παραγωγικότητα και αυτό καταλήγει ως ανταγωνιστικό πλεονέκτημα για τις επιχειρήσεις.

Οι απόψεις του εκτιμήθηκαν από τους Ιάπωνες που ζήτησαν την βοήθεια του μετά τον Δευτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Δεν θα ήταν υπερβολή να ειπωθεί ότι το βιομηχανικό θαύμα της Ιαπωνίας οφείλεται κατά πολύ στις απόψεις που μεταλαμπάδευσε ο Deming. Το 1986 στο βιβλίο του "Out of Crisis" δημοσίευσε τα 14 σημεία για την διοίκηση των οργανισμών τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από την ανώτατα στελέχη προκειμένου να μετασχηματίσουν τον οργανισμό τους σε «οργανισμό ποιότητας». Τα 14 σημεία του Deming παρατίθενται παρακάτω:

- Διατύπωση με συνέπεια και σαφήνεια σε όλους τους εργαζομένους τον στόχο και τον σκοπό για διαρκή βελτίωση.
- Υιοθέτηση της νέας φιλοσοφίας από την Διοίκηση
- Ανεξαρτητοποίηση της διασφάλισης της ποιότητας από την τελική επιθεώρηση των προϊόντων. Η ποιότητα πρέπει να ενσωματωθεί σε όλα τα στάδια της παραγωγής.

- Κατάργηση της πρακτικής για την επιλογή των προμηθειών με μοναδικό κριτήριο την τιμή.
- Συνεχής βελτίωση του συστήματος της παραγωγής και των υπηρεσιών.
- Καθιέρωση της εκπαίδευσης κατά την διάρκεια της εργασίας.
- Αποτελεσματική ηγεσία.
- Αποβολή του φόβου.
- Κατάργηση της δυσκολίας επικοινωνίας μεταξύ των τμημάτων. Ενθάρρυνση της ομαδικής προσέγγισης.
- Κατάργηση των προτροπών που ζητούν αύξηση της προσπάθειας και της παραγωγικότητας χωρίς να παρέχονται τα κατάλληλα εργαλεία στους εργαζομένους.
- Κατάργηση των ποσοτικών στόχων που δρουν εις βάρος της ποιότητας.
- Επιβράβευση του εργατικού δυναμικού. Επένδυση στο ακμαίο ηθικό του εργαζομένου.
- Ενθάρρυνση της συνεχούς βελτίωσης και αυτοβελτίωσης του κάθε εργαζομένου.
- Δέσμευση της ανώτατης διοίκησης για εφαρμογή όλων των ανωτέρων σημείων της νέας φιλοσοφίας.

Προς το τέλος της ζωής του, ο Deming συνέθεσε τα παραπάνω 14 σημεία της φιλοσοφίας του σε μια προσέγγιση που την ονόμασε «σύστημα της βαθιάς γνώσης» (System of profound knowledge). Η κατανόηση των βασικών συστατικών του «συστήματος» δίνει την δυνατότητα για μια κριτική προσέγγιση απέναντι στον σχεδιασμό αποδοτικών παραγωγικών διαδικασιών και στην λήψη σημαντικών αποφάσεων. Παρακάτω αναπτύσσονται τα τέσσερα αλληλοεξαρτώμενα συστατικά του «συστήματος της βαθιάς γνώσης».

**Εκτίμηση του συστήματος.** Η διοίκηση θα πρέπει να έχει βαθιά γνώση του συστήματος και των αλληλοεξαρτώμενων συστατικών στοιχείων του και των ανθρώπων που τα αποτελούν. Για παράδειγμα, φτηνές πρώτες ύλες μπορεί να είναι τόσο χαμηλής ποιότητας που να αυξάνουν τα κόστη επανακατεργασίας των αστοχιών της παραγωγής. Από την άλλη μεριά η μείωση του κόστους παραγωγής από μόνη της μπορεί να οδηγήσει σε προϊόντα που δεν πληρούν τις προδιαγραφές του πελάτη. Στόχος ενός συστήματος είναι η οφέλεια σε βάθος χρόνου όλων όσων έχουν συμφέρον από τον οργανισμό όπως οι μέτοχοι, εργαζόμενοι, πελάτες, και η κοινωνία.

**Εκτίμηση της Μεταβλητότητας.** Ο Deming, πίστευε ότι κάθε παραγωγική διαδικασία εμπεριέχει διακυμάνσεις που οφείλονται στον τρόπο με τον οποίο έχει σχεδιαστεί εξ'αρχής. Σκοπός της διοίκησης είναι αρχικά να κατανοήσει τις διακυμάνσεις αυτές και στην συνέχεια να τις εξομαλύνει μέσω του επανασχεδιασμού των διαδικασιών και της τεχνολογίας. Μια διαδικασία χωρίς μεταβολές καθιστά το σύστημα σταθερό και το αποτέλεσμα προβλέψιμο σε βάθος χρόνου.

**Θεωρία της Γνώσης.** Κατα το Deming, η διοίκηση είναι πρόβλεψη και προκειμένου να χρησιμοποιήσουν οι managers όλα τα δεδομένα για να κάνουν πρόβλεψη θα πρέπει να έχουν βαθιά γνώση των εργαλείων. Η θεωρία είναι εκείνη που βοηθά τα άτομα να ερμηνεύουν την εμπειρία τους και να διδάσκονται από αυτή.

**Ψυχολογία.** Η ψυχολογία αποτελεί εργαλείο στα χέρια των managers προκειμένου να κατανοήσουν τα άτομα και την αλληλεπίδραση των ατόμων με το σύστημα. Τα κίνητρα που παρακινούν τους εργαζομένους είναι εσωτερικά και εξωτερικά αν και τα εσωτερικά κίνητρα είναι πιο δυνατά. Για τον Deming, η χρηματική αμοιβή δεν είναι

παρακινητής αλλά εργαλείο στα χέρια εκείνων των manager που δεν αντιλαμβάνονται τα εσωτερικά κίνητρα που οδηγούν στην αυτοπαρακίνηση.

### 1.5.2 Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΟΥ JOSEPH JURAN

Ο Joseph Juran (1904-2008) γεννήθηκε στην Ρουμανία και μετακόμισε στην Αμερική το 1912. Όπως ο Deming έτσι και ο Juran έπαιξε σημαντικό ρόλο στην εισαγωγή της ποιότητας στην Ιαπωνία. Σε αντίθεση με τον Deming, θεώρούσε ότι η διοίκηση και όχι το εργατικό δυναμικό στην παραγωγή είναι υπεύθυνο εξ'ολοκλήρου για την απόδοση του οργανισμού. Πίστευε σε μια αδιάκοπη διαδικασία αναζήτησης της ποιότητας την οποία την απεικόνισε με μία σπείρα που περιελάμβανε το τμήμα Μαρκετινγκ, την ανάπτυξη του προϊόντος, τον σχεδιασμό του, τον προγραμματισμό και την παραγωγή του, τις προμήθειες, τον ποιοτικό έλεγχο και τις πωλήσεις που όλα διαδέχονταν το ένα το άλλο και επαναλαμβάνονταν με την ίδια σειρά. Το βασικό σημείο της φιλοσοφίας του εστιάζεται σε τρεις διαδικασίες που τις ονόμασε «τριλογία της Ποιότητας» (Quality Trilogy) :

- **Προγραμματισμός ποιότητας**, που περιλαμβάνει την προετοιμασία προκειμένου να επιτευχθούν οι ποιοτικοί στόχοι.
- **Ποιοτικός Έλεγχος**, κατα τον οποίο διαπιστώνεται αν εκπληρώθηκαν οι ποιοτικοί στόχοι που τέθηκαν.
- **Βελτίωση Ποιότητας**, κατα την οποία περιγράφονται οι τρόποι βελτίωσης των ήδη υπάρχοντων διαδικασιών προκειμένου να επιτύχουν ανώτερα επίπεδα ποιότητας.

Η φιλοσοφία των Deming και Juran παρουσιάζουν πολλά κοινά σημεία. Και οι δύο εστιάζουν στην δέσμευση της ανώτατης διοίκησης στην επίτευξη του στόχου, στην ανάγκη για βελτίωση της ποιότητας, στην χρήση των εργαλείων στατιστικού ελέγχου και στην αναγκαιότητα της συνεχούς εκπαίδευσης του εργατικού δυναμικού. Παράλληλα όμως, διαφωνούν και σε πολλά άλλα σημεία. Για παράδειγμα, ο Deming αγνοεί το κόστος ποιότητας και πιστεύει ότι ο φόβος είναι ανασταλατικός παράγοντας της παραγωγικότητας σε αντίθεση με τον Juran που όπως δηλώνει στο άρθρο του, ο Jeremy Main “ Under the spell of the Quality Gurus” (1986), ο φόβος μπορεί να φανερώσει τις καλύτερες πτυχές των ανθρώπων.

### **1.5.3 Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΟΥ PHILIP CROSBY**

Ο Philip B.Crosby (1926-2001) ήταν ένας επιχειρηματίας και συγγραφέας του οποίου το έργο γύρω από την διοίκηση της ποιότητας καταφερε να κεντρίσει το ενδιαφέρον των Αμερικανών επιχειρηματιών που μέχρι τότε έβλεπαν το μερίδιο αγοράς των προϊόντων τους να μειώνεται από τα σαφώς ανώτερα ποιοτικά Ιαπωνικά προϊόντα. Η φιλοσοφία του εκφράστηκε με τις τέσσερις Απόλυτες Θέσεις (Absolutes of Quality Management) σύμφωνα με τις οποίες :

- Ποιότητα σημαίνει συμμόρφωση με τις προδιαγραφές. Σκοπός της διοίκησης είναι να κάνει ξεκάθαρες σε όλους τις απαιτήσεις του πελάτη καθώς μη συμμόρφωση στις απαιτήσεις σημαίνει έλλειψη ποιότητας με συνεπακόλουθο την αύξηση του κόστους παραγωγής. Για τον Crosby, στην εφαρμογή της ποιότητας δεν χωρούν συμβιβασμοί.



- Η ποιότητα επιτυγχάνεται με την πρόβλεψη και την πρόληψη των λαθών και όχι με τον έλεγχο μετά την παραγωγή του προϊόντος. Τα ποιοτικά προβλήματα εδράζονται στον σχεδιασμό και τις διαδικασίες παραγωγής, στο σύστημα προμηθειών και τις χρηματοοικονομικές υπηρεσίες και όχι στο τμήμα Ποιότητας. Αυτό, θα πρέπει να καταγράφει την συμμόρφωση στις προδιαγραφές, να κάνει αναφορές και να παρακινεί τον οργανισμό προς την συνεχή βελτίωση. Η παραπάνω θέση του Crosby, ομοιάζει με το τρίτο σημείο της θεωρίας του Deming σύμφωνα με το οποίο η ποιότητα θα πρέπει να ενσωματωθεί σε όλα τα στάδια παραγωγής.
- Το μόνο πρότυπο απόδοσης είναι τα «μηδενικά ελατώματα» (Zero Defects). Για τον Crosby, είναι πάντα φθηνότερο να κάνεις την δουλειά σωστά από την πρώτη κιάλας στιγμή (DIRFT, Do It Right the First Time). Στο βιβλίο του “Quality is Free” (1979), που πούλησε παραπάνω από 1 εκατομμύριο αντίτυπα υποστήριξε ότι αυτό που κοστίζει περισσότερο, είναι όλες οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν για να διορθωθεί μια διαδικασία που δεν έγινε σωστά από την πρώτη στιγμή.
- Ο μόνος δείκτης απόδοσης είναι το κόστος της ποιότητας ή αλλιώς το έξοδο της μη συμμόρφωσης. Ο Crosby παρατήρησε ότι οι περισσότερες εταιρίες ξοδεύουν το 15% έως 20% του τζίρου τους στα κόστη ποιότητας. Τα δεδομένα από την μέτρηση των εξόδων αυτών μπορούν να κεντρίσουν το ενδιαφέρον της ανώτατης διοίκησης και να αποτελέσουν την αφορμή για την βελτίωση της ποιότητας σαν στρατηγικό στόχο.

Ο κανόνας 1-10-100 απεικονίζει την παραπάνω λογική. Σύμφωνα με τον κανόνα αυτόν, το κόστος είναι ανάλογο της θέσης και του χρόνου στο οποίο ανιχνεύεται και

διορθώνεται ένα σφάλμα. Συγκεκριμένα, αν το σφάλμα ανακαλύπτεται την στιγμή που γίνεται, θα κοστίσει το 1% από αυτό που θα κόστιζε αν το ελαττωματικό προϊόν το ανακάλυπτε ο τελικός καταναλωτής. Επιπλέον, αν το σφάλμα εντοπιστεί εντός του εργοστασίου αλλά όχι μέσα στο τμήμα που συνέβη, θα μπορούσε να κοστίσει 10 φορές περισσότερο από αυτό που θα κόστιζε αν διορθωνόταν εξ'αρχής, αλλά και 10% από αυτό που θα κόστιζε αν το ανακάλυπτε ο τελικός καταναλωτής. Τέλος, αν τα σφάλματα δεν ανιχνεύονταν αλλά έφταναν στον τελικό καταναλωτή τότε αυτό θα κόστιζε 100 φορές περισσότερο από αυτό που θα κόστιζε αρχικά. Το Διάγραμμα 1.1 παριστάνει γραφικά τον κανόνα αυτόν.



Πηγή: <http://totalqualitymanagement.wordpress.com/2009/02/25/what-is-1-10-100-rule/>

**Διαγραμμα 1.1**  
**Ο κανόνας 1-10-100**

Στο Διάγραμμα 1.1 αποτυπώνεται με την μορφή πυραμίδας η αρνητική χρηματική συσχέτιση που υπάρχει σε σχέση με το σημείο εντοπισμού ενός ελαττωματικού προϊόντος. Στην βάση της πυραμίδας, που καταλαμβάνει την μεγαλύτερη επιφάνεια αποτυπώνεται το κόστος που παράγει μια παραγωγική αστοχία όταν αυτή φτάσει

στον τελικό καταναλωτή. Στην μέση της πυραμίδας, αποτυπώνεται το κόστος που σχετίζεται με την διόρθωση της αστοχίας εντός της επιχείρησης ενώ στην κορυφή βρίσκονται τα κόστη αποτροπής του σφάλματος. Από αυτό αντιλαμβάνεται κάποιος, ότι επενδύοντας στην πρόληψη θα έχει την μεγαλύτερη οικονομική ανταπόδοση.

## **1.6 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ**

Στο κεφάλαιο αυτό έγινε μια προσπάθεια εισαγωγής στην έννοια της ποιότητας. Δόθηκαν πέντε ορισμοί, ώστε να γίνει αντιληπτό ότι η ποιότητα δεν είναι μια απόλυτη έννοια αλλά εξαρτάται από την οπτική που την προσεγγίζει κανείς. Παράλληλα, έγινε μια συνοπτική περιγραφή των διαστάσεων της ποιότητας, οι οποίες αποτελούν ένα μέσο ποσοτικοποίησης της έννοιας αυτής.

Στην συνέχεια έγινε μια σύντομη ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη της ποιότητας μέσω τριών σημαντικών σταθμών : α) την περίοδο της Βιομηχανικής επανάστασης, β) την περίοδο μετά τον Δευτερο Παγκόσμιο Πόλεμο και γ) από το 1980 έως σήμερα. Μέσα από την αναδρομή αυτή περιγράφηκε η γέννηση της έννοιας της Διασφάλισης της ποιότητας στις παραγωγικές διαδικασίες, έγινε αναφορά στο θαύμα της Ιαπωνικής βιομηχανικής εξέλιξης που πυροδότησε την στροφή προς τις ποιοτικές υπηρεσίες και τα ποιοτικά προϊόντα, μέχρι την σημερινή εποχή και το πέρασμα στην Διοίκηση Ολικής Ποιότητας σαν στρατηγική εφαρμογής όλων εκείνων των εργαλείων που διασφαλίζουν και βελτιώνουν την ποιότητα των διαδικασιών όλου του οργανισμού.

Τέλος, έγινε μια σύντομη περιγραφή των θέσεων και των απόψεων τριών ανθρώπων που επηρέασαν σημαντικά την εξέλιξη της ποιότητας και αναγνωρίστηκαν ως Guru της Διοίκησης της Ποιότητας. Ο William Edwards Deming, ο Joseph Juran και ο Philip B. Crosby με το συγγραφικό έργο και τις ιδέες τους προσέφεραν ένα εγχειρίδιο στους μανατζερς του πως θα μετατρέψουν τις επιχειρήσεις σε κερδοφόρους οργανισμούς μέσω της ποιότητας.

## Επιλεγμένη Βιβλιογραφία

Crosby, P., Quality is Free. New York: McGraw-Hill, 1979

Deming, Edwards W., Out of Crisis, Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering Study, 1986

Deming, Edwards W., The New Economics for Industry, Government, Education. Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering Study, 1993

Evans, James R., and Lindsay, N. M., The Management and Control of Quality. New York: West Publishing Company, 2001

Garvin, David A., Managing Quality. New York: The Free Press, 1988

Imai, Masaaki. Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success. New York, NY, USA: Random House 1986.

Juran, J. M., «the Quality Trilogy», Quality Progress 19 (August 1986), 19-24.

Montgomery, Douglas C., Introduction to statistical Quality Control. 4<sup>th</sup> Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2001

Ross, Joel, E., Total Quality Management: texts, Cases and Readings, Third Edition. Taylor & Francis Inc 1999.

## INTERNET REOURCES

[http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune\\_archive/1986/08/18/67929/index.htm](http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune_archive/1986/08/18/67929/index.htm)

<http://www.asq.org/learn-about-quality/history-of-quality/overview/overview.html>

<http://totalqualitymanagement.wordpress.com/2009/02/25/what-is-1-10-100-rule/>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Η ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΗΣ ΟΛΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

#### 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι φιλοσοφίες των Deming, Juran και Crosby, όπως αυτές αποτυπώθηκαν στο πρώτο κεφάλαιο, αποτέλεσαν το εφαλτήριο για δραστικές αλλαγές στο τρόπο διοίκησης των επιχειρήσεων με γνώμονα την ποιότητα αλλά παράλληλα έδειξαν τον δρόμο για την εφαρμογή των «καλών πρακτικών», (Good practices), που συνοψίζονται στον όρο Διοίκηση Ολικής Ποιότητας. Με τον όρο αυτό, η ποιότητα απέκτησε τέτοια σημασία ώστε να περιλαμβάνει όλες τις επιμέρους λειτουργίες μιας επιχείρησης από τους προμηθευτές μέχρι τους πελάτες. Η Διοίκηση Ολικής Ποιότητας βασίζεται στην δέσμευση των στελεχών και όχι μόνο, για μια συνεχή προσπάθεια βελτίωσης σε όλα τα επίπεδα των παρεχόμενων προϊόντων και υπηρεσιών.

Κατω από αυτό το περιβάλλον αναπτύχθηκαν διάφορες μεθοδολογίες και εργαλεία με σκοπό την διασφάλιση της Ποιότητας σε όλα τα επίπεδα, αυτά όμως που είχαν την μεγαλύτερη επιρροή ήταν η Διεθνής Πιστοποίηση των διαδικασιών κατα ISO 9000 και η μεθοδολογία Έξι Σίγμα. Σε μια εποχή που τα πάντα αλλάζουν συνεχώς είναι απαραίτητο ένας οργανισμός να ακολουθεί ένα πρότυπο ποιότητας βασισμένο στην θεώρηση ότι συγκεκριμένες διοικητικές και όχι μόνο πρακτικές μπορούν να προτυποποιηθούν και ότι ένα άριστα σχεδιασμένο και εφαρμόσιμο σύστημα ποιότητας μπορεί να εγγυηθεί ότι το αποτέλεσμα της παραγωγικής διαδικασίας θα πληρεί τις προδιαγραφές και θα ικανοποιεί τις ανάγκες του πελάτη. Με έναν τρόπο

βέβαια που θα εξοικονομεί χρόνο, θα βελτιώνει συνεχώς την ποιότητα και θα μειώνει τα κόστη.

Σε αυτό το κεφάλαιο αρχικά θα γίνει μια σύντομη παρουσίαση του Διεθνούς προτύπου Ποιότητας ISO 9000 που θα περιλαμβάνει την ιστορική του εξέλιξη, τις αρχές του, τις προϋποθέσεις που πρέπει να πληρεί ένας οργανισμός για να πιστοποιηθεί με το Πρότυπο και τα οφέλη από την πιστοποίηση. Στην συνέχεια θα περιγραφεί η Μεθοδολογία των Έξι Σιγμα που αποτελεί το μέσο εφαρμογής της Διοίκησης Ολικής Ποιότητας στις επιχειρήσεις και τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να διασφαλιστεί η ποιότητα και τέλος θα γίνει αναφορά στα στατιστικά εργαλεία ποιότητας, γνωστά ως Seven QC Tools, πάνω στα οποία βασίζεται η προσπάθεια διασφάλισης της ποιότητας στις παραγωγικές διαδικασίες. Πριν από όλα όμως, κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια σύντομη αναφορά στο Κόστος Ποιότητας (COQ, Cost of Quality), ή ακριβέστερα στο κόστος της μη ποιότητας, ώστε να γίνει αντιληπτό το πόσο σημαντικό είναι ένας οργανισμός να ακολουθεί μεθόδους και εργαλεία προκειμένου να διασφαλίσει την παρεχόμενη ποιότητα των διεργασιών.

## **2.2 ΚΟΣΤΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

Στις περισσότερες εταιρίες, η κοστολόγηση αποτελεί μία από τις σημαντικότερες λειτουργίες. Όλοι οι οργανισμοί καταγράφουν και αξιολογούν τα κόστη τους με σκοπό να ελέγξουν και να βελτιστοποιήσουν την οικονομική τους θέση. Ο όρος του Κόστους της Ποιότητας (COQ, Cost of Quality) πρωτοεμφανίστηκε γύρω στο 1950. Μέχρι τότε, τα κόστη Ποιότητας περιορίζονταν στον ποιοτικό έλεγχο και στην επιθεώρηση

της παραγωγικής διαδικασίας, ενώ όλα τα υπόλοιπα ενσωματώνονταν στα Γενικά Βιομηχανικά Έξοδα. Όταν όμως η προσοχή των στελεχών στράφηκε προς την ποιότητα και στις εν γένει κοστοβόρες διαδικασίες ήρθαν στην επιφάνεια σημαντικά συμπεράσματα. Πρώτον, τα κόστη που συσχετίζονταν με την ποιότητα ήταν πολύ πιο μεγάλα από ότι είχαν προυπολογίσει και σε μερικές περιπτώσεις προσέγγιζαν το 40% των συνολικών Πωλήσεων. Δεύτερον, έγινε φανερό ότι τα κόστη δεν σχετίζονταν μόνο με την παραγωγική διαδικασία αλλά και με τις υποστηρικτικές υπηρεσίες όπως είναι το τμήμα Προμηθειών και το Marketing. Τρίτον, τα στελέχη αντιλήφθηκαν ότι ένα μεγάλο μέρος των εξόδων της επιχείρησης σχετίζονταν με την έλλειψη ποιότητας, κάτι που θα μπορούσε κάλλιστα να αποφευχθεί.

Εκείνη την περίοδο, ο Juran αντιλήφθηκε ότι δεν υπήρχε κώδικας επικοινωνίας μεταξύ των μεσαίων και των ανώτατων στελεχών. Τα μεν μεσαία στελέχη εξέφραζαν την έλλειψη ποιότητας σαν αριθμό ελαττωματικών υλικών και αστοχιών κάτι που δεν έβρισκε απήχηση στα ανώτερα κλιμάκια διοίκησης που ενδιαφέρονταν περισσότερο για τα οικονομικά στοιχεία. Όταν η έλλειψη της ποιότητας εκφράστηκε με χρηματικές μονάδες κατάφερε να κεντρίσει το ενδιαφέρον όλων. Μεταφράζοντας τα ποιοτικά προβλήματα σε χρηματικές μονάδες, τα στελέχη μπόρεσαν να αναγνωρυσουν σημαντικές ευκαιρίες μείωσης του κόστους σε πάρα πολλά επίπεδα και να εκτιμήσουν καλύτερα την επίτευξη των ποιοτικών στόχων. Επιπλέον, όμως της μείωσης του κόστους άρχισε να γίνεται φανερό ότι μια εταιρία κερδίζει από την επένδυση στην βελτίωση της ποιότητας και την ικανοποίηση των πελατών. Όταν αυτοί αναγνωρίσουν την διαφορετικότητα του προϊόντος είναι διαθέσιμοι να πληρώσουν παραπάνω για να το αποκτήσουν. Αυτή η ανταποδοτικότητα της επένδυσης στην ποιότητα είναι γνωστή με τον όρο Απόδοση της Ποιότητας (ROQ, Return on Quality). Για να γίνει όμως περισσότερο αντιληπτή η έννοια του κόστους ποιότητας και να μπορέσει να διακρίνει κάποιος όλες εκείνες τις ενέργειες από τις



οποίες πηγάζει το κόστος, παρακάτω θα δοθεί μια σύντομη περιγραφή των τεσσάρων κύριων κατηγοριών του κόστους.

### **2.2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

Οι τέσσερις μεγάλες κατηγορίες του κόστους Ποιότητας είναι: τα έξοδα πρόληψης (Prevention costs), τα έξοδα Διασφάλισης της Ποιότητας (Appraisal Costs), τα έξοδα «εσωτερικής» αποτυχίας (Internal failure Costs) και τα έξοδα «εξωτερικής» αποτυχίας (External failure Costs). Τα έξοδα πρόληψης περιλαμβάνουν όλες εκείνες τις επενδύσεις που γίνονται προκειμένου τα μη συμμορφούμενα προϊόντα να μην φτάσουν στο τελικό καταναλωτή. Συγκεκριμένα περιλαμβάνουν τις παρακάτω ειδικές κατηγορίες:

- *Τα έξοδα σχεδιασμού*, που περιλαμβάνουν τους μισθούς όλων εκείνων των υπαλλήλων που σχετίζονται με την επίλυση των ποιοτικών προβλημάτων, την εφαρμογή νέων διαδικασιών και τις μελέτες αξιοπιστίας.
- *Τα έξοδα που σχετίζονται με τον έλεγχο των διαδικασιών*, που περιλαμβάνουν την αξιολόγηση των παραγωγικών διαδικασιών και την εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας.
- *Τα έξοδα εκπαίδευσης και τα γενικά έξοδα διοίκησης*, που περιλαμβάνουν όλα τα προγράμματα εκπαίδευσης εντός και εκτός της επιχείρησης, τα υπαλληλικά και τα δευτερεύοντα έξοδα.

Τα έξοδα για την Διασφάλιση της ποιότητας είναι όλα εκείνα που σχετίζονται με τις απαραίτητες ενέργειες που απαιτούνται προκειμένου να εξασφαλίσουν ότι τα παραγόμενα προϊόντα είναι εντός προδιαγραφών και έχουν να κάνουν με την συλλογή, την μέτρηση και την ανάλυση των δεδομένων που προκύπτουν μέσα από τις παραγωγικές διαδικασίες. Αναλυτικότερα περιλαμβάνουν:

- *Τα κόστη ποιοτικού ελέγχου και επιθεώρησης της παραγωγικής διαδικασίας*, που έχουν να κάνουν με τον έλεγχο των εισερχομένων πρώτων υλών, των τελικών προϊόντων, τον εργαστηριακό εξοπλισμό και τους μισθούς των υπαλλήλων του τμήματος Ποιοτικού ελέγχου.
- *Τα έξοδα συντήρησης των μηχανημάτων*, που προκύπτουν από την βαθμονόμηση και επισκευή του εξοπλισμού.
- *Τα κόστη ελέγχου των διαδικασιών*, που περιλαμβάνει τον χρόνο που ξοδεύεται από τους υπαλλήλους προκειμένου να συλλέξουν και να αξιολογήσουν τα στατιστικά δεδομένα μεταφρασμένα σε χρηματικές μονάδες.

Τα κόστη της «εσωτερικής» αποτυχίας σχετίζονται με την παραγωγή μη συμμορφούμενων με τις προδιαγραφές προϊόντων, που δεν γίνονται αντιληπτά κατά την παραγωγική διαδικασία αλλά λίγο πριν την αποστολή τους στον πελάτη. Τέτοια είναι :

- *Κόστη απόρριψης ή ανακατεργασίας*, που περιέχουν την άμεση εργασία, τα άμεσα υλικά και τα άλλα γενικά βιομηχανικά έξοδα.
- *Το κόστος των Διορθωτικών ενεργειών*, που περιλαμβάνει τον χρόνο που ξοδεύεται ( σε χρηματικές μονάδες ) προκειμένου να διερευνηθούν οι λόγοι της αποτυχίας και οι τυχόν διορθωτικές ενέργειες που πρέπει να γίνουν.
- *Το κόστος αδράνειας του εξοπλισμού*, που προκύπτει από μια χαλασμένη μηχανή ή μια μη προγραμματισμένη επισκευή που πρέπει να λάβει χώρα.

- Το κόστος υποτίμησης των αποθεμάτων, που περιλαμβάνουν τα έσοδα που χάνονται από την πώληση των μη συμμορφούμενων προϊόντων σε χαμηλότερη τιμή κατόπιν συμφωνίας με τον πελάτη λόγω της έλλειψης ποιότητας.

Τέλος, τα κόστη της «εξωτερικής» αποτυχίας είναι μια κατηγορία εξόδων που σχετίζονται με την παραλαβή μη ποιοτικών προϊόντων από την μεριά του πελάτη.

Αναλυτικότερα περιλαμβάνει :

- Τα κόστη από τα παράπονα των πελατών και τις επιστροφές των προϊόντων, είτε για ανακατεργασία είτε για καταστροφή καθώς και την ακύρωση παραγγελιών.
- Τα κόστη από την ανάκληση των προϊόντων και την πιθανή απαίτηση αποζημιώσεων.
- Το κόστος αξιοπιστίας των προϊόντων, μέσω της κακής φήμης που απολαμβάνει μία εταιρία από την παραγωγή μη ποιοτικών προϊόντων.

Πολλές έρευνες έδειξαν ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των εξόδων πηγάζει από τις «εσωτερικές» και «εξωτερικές» αποτυχίες την ευθύνη των οποίων φέρουν αποκλειστικά τα μεσαία και ανώτατα στελέχη. Στο παρελθόν, προκειμένου να μειωθούν τα κόστη ποιότητας επιλέγονταν η αύξηση του επιπέδου επιθεώρησης κατά την διάρκεια την παραγωγικής διαδικασίας. Αποδείχτηκε αργότερα όμως ότι ο τρόπος αυτός ενίσχυε ελάχιστα την κερδοφορία σε σχέση με αυτά που πρόσφερε η επένδυση στην πρόληψη. Μια μικρή αύξηση στα έξοδα πρόληψης μειώνει σημαντικά τα κόστη «εσωτερικής» και «εξωτερικής» αποτυχίας, καθώς παράγονται λιγότερα ελαττωματικά προϊόντα ενώ παράλληλα μειώνονται τα κόστη Διασφάλισης, καθώς η παραγωγική διαδικασία είναι εξαρχής κάτω από στατιστικό έλεγχο.

Στο Πίνακα 2.1, εμφανίζεται η κατανομή των εξόδων σε σχέση με το σύστημα ποιότητας που ακολουθεί ο κάθε οργανισμός.

**Πίνακας 2.1**  
**Μήτρα κατανομής του κόστους ποιότητας σε σχέση με το επίπεδο ωριμότητας του συστήματος ποιότητας του κάθε οργανισμού**

		Maturity level				
		1	2	3	4	5
Table II. Conceptual model of relative COQ expenditures versus quality system maturity level	Prevention	0-very low	Low	Moderate	High	High
	Appraisal	Low	Low-moderate	Moderate	Low-moderate	Low
	Internal failure	High	Very high	Moderate-high	Low-moderate	Very low
	External failure	High	High	Moderate	Low	Very low
	Total COQ	High	Very high	Moderate-high	Low-moderate	Low

Πηγή: Victor E. Shower et al (2007)

Σύμφωνα με τον πίνακα αυτό, τα έξοδα που σχετίζονται με τις εν γένει αστοχίες κατέχουν την μερίδα του λέοντος σε επιχειρήσεις που δεν έχουν αναπτύξει ένα «ώριμο» σύστημα ποιότητας. Καθώς ο οργανισμός εξελίσσεται, περισσότερα χρήματα ξοδεύονται στην πρόληψη και στην Διασφάλιση μέχρις ότου φτάσει σε τέτοιο επίπεδο όπου αυτά τα κόστη να είναι πολύ περισσότερα από τα κόστη που σχετίζονται με τις αστοχίες αλλά στο σύνολο να έχουν θετικό πρόσημο σε σχέση με τα χρήματα που εξοικονομούνται. Το επίπεδο ωριμότητας 5 αποτυπώνει αυτή ακριβώς την προσπάθεια μείωσης του συνολικού κόστους. Οι μεγάλες εταιρίες αντιλαμβανόμενες το κλίμα που δημιουργείται λόγω του ανταγωνισμού και στην προσπάθεια τους να μειώσουν τις αστοχίες που φτάνουν μέχρι τον τελικό καταναλωτή επενδύουν όλο και περισσότερο στην πρόληψη και την διασφάλιση με σκοπό τελικά να αυξήσουν την ποιότητα με χρηματοοικονομικό αντίκτυπο.

## 2.2.2 ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ

Αδιαμφισβήτητα, οι προσπάθειες για Ολική Ποιότητα θα πρέπει να συμβάλλουν στην οικονομική ευημερία του οργανισμού. Πολλές, όμως, εταιρίες δεν δίνουν την απαραίτητη προσοχή στα κέρδη που μπορούν να αποκομίσουν από επενδύσεις που σχετίζονται με την ποιότητα και δεν αποτελούν μόνο την ένδειξη ότι βαδίζουν στον σωστό δρόμο αλλά μπορούν να συνεισφέρουν στην προσπάθεια για αλλαγές και βελτιώσεις, σημαντικές για το μέλλον του οργανισμού. Παραδοσιακά, ο τρόπος με τον οποίο αποτυπώνονταν τα οφέλη ήταν με την μέτρηση της μείωσης του κόστους της Ποιότητας, μια προσέγγιση που εστίαζε μόνο στην μία διάσταση της ποιότητας. Εκεί που έπρεπε να δοθεί προσοχή ήταν στα κέρδη που σχετίζονταν με την βελτίωση της ποιότητας και την ικανοποίηση των πελατών. Η εξισσορόπηση των εξόδων για την βελτίωση της ποιότητας σε σχέση με τα αναμενόμενα κέρδη είναι γνωστή με τον όρο Απόδοση της ποιότητας (Return on Quality, ROQ).

Το ROQ βασίζεται σε τέσσερις βασικές αρχές. Πρώτον, η ποιότητα θα πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν επένδυση καθώς έχει την ίδια ανταποδοτικότητα με μια επένδυση σε εξοπλισμό ή κτιριακές εγκαταστάσεις. Δεύτερον, οι προσπάθειες για ποιοτικά προϊόντα και υπηρεσίες θα πρέπει να έχουν χρηματοοικονομική βάση καθώς οι εταιρίες με αυτόν τον τρόπο θα μπορούν να αξιολογήσουν τέτοιου είδους επενδύσεις και να συγκρίνουν την ανταποδοτικότητά τους με άλλες παρόμοιες. Τρίτον, είναι πιθανό πολλές φορές να ξοδεύονται πολλά περισσότερα για την ποιότητα από ότι χρειάζεται. Πριν από κάθε επένδυση θα πρέπει να αξιολογηθεί αν ο πελάτης είναι διατεθειμένος να πληρώσει το επιπλέον ποσό που σχετίζεται με την ανώτερη ποιότητα. Τέταρτον, θα πρέπει τα ανώτερα στελέχη να γνωρίζουν ότι οι

επενδύσεις στην ποιότητα δεν είναι ισοδύναμες. Μία βελτίωση στον σχεδιασμό του προϊόντος που ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες του πελάτη είναι σημαντικότερη από την βελτίωση σε ένα ενδιάμεσο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Για αυτό και πριν από κάθε επένδυση που σχετίζεται με την ποιότητα θα πρέπει να γίνεται συγκριτική αξιολόγηση της ανταποδοτικότητας.

Η μέτρηση του ROQ βρίσκει εφαρμογή όλο και περισσότερο στις μέρες μας σε επιχειρήσεις οργανισμούς αλλά και τράπεζες. Σε μία από αυτές, την Chase Manhattan Bank, και σε τέσσερα υποκαταστήματα της η ανώτατη διοίκηση υπέβαλλε το υπαλληλικό προσωπικό σε ένα διήμερο σεμινάριο με σκοπό να εκπαιδευτεί ώστε να βελτιώσει τον τρόπο επικοινωνίας του με τους πελάτες, να καλλιεργεί την θετική στάση και να αντιλαμβάνεται καλύτερα τις ανάγκες του. Υπολόγισε ότι η καθαρή παρούσα αξία της ζημιάς που αποφεύχθηκε από μη δυσαρεστημένους πελάτες ήταν \$471,000 σε σχέση με την καθαρή παρούσα αξία του εκπαιδευτικού προγράμματος που κόστισε \$326,000. Άρα, η ανταπόδοση της επένδυσης υπολογίστηκε ίση με 44,4% με αποτέλεσμα το πρόγραμμα να επεκταθεί σε όλα τα υποκαταστήματα της τράπεζας. Το παραπάνω παράδειγμα αποτυπώνει ανάγλυφα την σημαντικότητα της αποτίμησης των οφελών της ποιότητας.

### **2.3 ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ISO 9000**

Είναι πλέον ευρύτατα παραδεκτό ότι ο Έλεγχος Ποιότητας μετά την παραγωγή, ανεξάρτητα από το πόσο μαζικά εφαρμόζεται, δεν είναι ποτέ επαρκής για την εξασφάλιση της ποιότητας και πιστότητας των προϊόντων. Ένα σωστό πρόγραμμα

Διασφάλισης της Ποιότητας πρέπει να βασίζεται στην αρχή της πρόληψης και όχι της διόρθωσης και θα πρέπει να παρέχει ένα πλήρη έλεγχο της ποιότητας, όχι μόνο κατά τη διάρκεια της παραγωγής, αλλά και στα στάδια του σχεδιασμού, της προμήθειας των υλικών ακόμη και στην υποστήριξη των πελατών. Γίνεται απαραίτητο, λοιπόν, ένα σωστό Σύστημα Διαχείρισης της Ποιότητας που αυτό, με τη σειρά του οδηγεί στην ανάγκη ύπαρξης ενός διεθνώς αποδεκτού προτύπου για την Διοίκηση της Ποιότητας, του οποίου οι προδιαγραφές όταν ικανοποιούνται, θα παρέχουν μια εγγύηση ότι ο προμηθευτής των προϊόντων ή υπηρεσιών είναι δεσμευμένος στην αρχή της πλήρους ικανοποίησης των αναγκών του πελάτη όσον αφορά στην ποιότητα. Ένα τέτοιο πρότυπο ήταν το Βρετανικό BS 5750 που αποτέλεσε τη βάση για τη δημιουργία το 1987 των ισοδύναμων προτύπων της σειράς ISO 9000 και EN 29000, που μετά την αναθεώρησή τους το 1994 αλλά κυρίως το 2000 είναι πλέον γνωστά ως πρότυπα της σειράς EN ISO 9000:2000. Τα πρότυπα δημιουργήθηκαν για να εκπληρώσουν τέσσερις σκοπούς :

1. Να διασφαλίσουν και να διατηρήσουν την ποιότητα των προϊόντων και των υπηρεσιών σε σχέση με τις απαιτήσεις των πελατών.
2. Να βελτιώσουν την ποιότητα των διαδικασιών ώστε να καλύψουν, τις φανερές και μη, ανάγκες των πελατών και των μετόχων.
3. Να αισθανθούν οι πελάτες εμπιστοσύνη για τα προϊόντα και τις υπηρεσίες που απολαμβάνουν
4. Να αισθάνονται σίγουρα τα διοικητικά στελέχη ότι ο οργανισμός μπορεί να επιτύχει τις ποιοτικές δεσμεύσεις και να βελτιώνεται συνεχώς.

Τό πρότυπο δείχνει τον τρόπο με τον οποίο ένας οργανισμός θα διατηρήσει ένα τεκμηριωμένο Σύστημα Ποιότητας που συνεχώς θα ελέγχεται και θα βελτιώνεται είτε εσωτερικά από ειδικά εκπαιδευμένα στελέχη της εταιρίας είτε εξωτερικά από κάποιον

αμερόληπτο φορέα. Και είναι τόσο σημαντικό ώστε σε κάποιες αγορές πολλοί προμηθευτές περιθωριοποιούνται καθώς δεν είναι πιστοποιημένοι. Στην Ευρώπη, πολλά είδη όπως δομικά υλικά, παιχνίδια, ιατρικά είδη και άλλα θα πρέπει να είναι πιστοποιημένα ώστε να εγγυηθούν την ασφάλεια. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να αποτελεί και προϋπόθεση για την συμμετοχή της επιχείρησης σε δημόσιους ή ιδιωτικούς διαγωνισμούς και αναθέσεις.

### **2.3.1 Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ISO 9000**

Το πρότυπο ISO 9000:2000 (αυτή τη στιγμή λαμβάνει χώρα η μετάβαση στο αναθεωρημένο 9000:2008) εστιάζει στην ανάπτυξη, και εφαρμογή τεκμηριωμένων διαδικασιών που θα διασφαλίσουν την παροχή προϊόντων και υπηρεσιών που πληρούν όλες τις προδιαγραφές. Η οικογένεια αυτή των προτύπων περιλαμβάνει:

1. *ISO 9000*. Το έγγραφο αυτό περιλαμβάνει πληροφορίες απαραίτητες για την κατανόηση του προτύπου και ορισμούς των όρων που χρησιμοποιούνται.
2. *ISO 9001*. Αυτό το έγγραφο περιέχει όλες εκείνες τις προϋποθέσεις που πρέπει να πληρεί ένας οργανισμός και κατ'επέκταση το σύστημα ποιότητας που ακολουθεί ώστε να μπορεί να πιστοποιηθεί. Αυτές οι προϋποθέσεις διακρίνονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες , α) την Εταιρική ευθύνη (Management Responsibility), β) την Διαχείριση των Πόρων (Resource Management), γ) Διαχείριση των διαδικασιών (Product Realization) και δ) την Μέτρηση, τον Έλεγχο και την Βελτίωση ( Measurement, Analysis and Improvement)



3. *ISO 9004*. Περιέχει οδηγίες για την περαιτέρω βελτίωση του Συστήματος Διασφάλισης Ποιότητας πέρα από τις ελάχιστες απαιτήσεις του *ISO 9001* χωρίς να καθορίζει, βέβαια, επιπλέον απαιτήσεις.

Σχετικά με την Εταιρική Ευθύνη (Management Responsibility), το πρότυπο καθορίζει τι πρέπει να κάνει η ανώτατη διοίκηση ώστε να επιτύχει την μέγιστη δυνατή Διασφάλιση των προϊόντων και των υπηρεσιών. Στόχος της Διοίκησης είναι να προωθήσει την ιδέα της ποιότητας σε όλα τα επίπεδα του οργανισμού, να αναγνωρίσει τις ανάγκες και τις απαιτήσεις των πελατών, να καθορίσει την πολιτική της και να θέσει τους στόχους με γνώμονα την ποιότητα και βεβαίως να αξιολογήσει την πολιτική ποιότητας και μετά να καθορίσει τις προτεραιότητες των απαιτήσεων έτσι ώστε να διασφαλιστεί η ικανοποίησή τους. Μέσω της Διοίκησης των Πόρων (Resource Management), ο οργανισμός διασφαλίζει ότι διαθέτει τόσο το ανθρώπινο δυναμικό όσο και τις κατάλληλες εγκαταστάσεις για να εγγυηθεί την ποιότητα. Από την άλλη μεριά, η Διαχείριση των Διαδικασιών (Product Realization) έχει να κάνει κυρίως με τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας από το στάδιο της παραγγελιοληψίας, τον σχεδιασμό του προϊόντος, την προμήθεια των υλικών μέχρι την παραγωγή, την αποθήκευση και την τελική διανομή. Τέλος, η Ανάλυση και ο Έλεγχος (Measurement, Analysis, Improvement) εστιάζει περισσότερο στην αξιολόγηση των δεδομένων που προκύπτουν από λειτουργίες που σχετίζονται άμεσα με την ποιότητα καθώς και σε όλες τις ενέργειες πρόληψης και διόρθωσης που πρέπει να εφαρμοστούν.

Τα πρότυπα δημιουργήθηκαν ώστε να βρίσκουν εφαρμογή σε όλους τους οργανισμούς ανεξαιρέτως, είτε στον βιομηχανικό τομέα είτε τον τομέα παροχής υπηρεσιών, όπως είναι τα νοσοκομεία, οι τράπεζες και οι δημόσιοι οργανισμοί. Τρανό παράδειγμα αποτελεί η εταιρία Bestroute.com η οποία, το 2000, αποτέλεσε

την πρώτη εταιρία ηλεκτρονικού εμπορίου στο διαδίκτυο η οποία κατάφερε να πιστοποιηθεί με το πρότυπο. Η εταιρία αυτή επικεντρώθηκε κυρίως σε μία από τις 8 βασικές αρχές της Διασφάλισης Ποιότητας που είναι η εστίαση στον πελάτη. Με τον τρόπο αυτό αντιλήφθηκε καλύτερα τις ανάγκες και τις προσδοκίες τους και συνέδεσε τους σκοπούς της εταιρίας με τις ανάγκες αυτές. Αποτέλεσμα όλων αυτών ήταν να αυξήσει το μερίδιο αγοράς της, να ανταποκρίνεται άμεσα στις ανάγκες τους και να κερδίζει πιστούς πελάτες σε σημείο τέτοιο ώστε ο Διευθυντής της να δηλώσει ότι η καθιέρωση και εφαρμογή διαδικασιών ήταν το απλούστερο που μπορούσαν να κάνουν για να κρατήσουν ικανοποιημένους τους πελάτες τους.

### **2.3.2 ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ**

Η συμμόρφωση με τα πρότυπα τις περισσότερες φορές είναι εθελοντική για ένα οργανισμό, δηλαδή απο μόνος του μπαίνει στην διαδικασία να διασφαλίσει το σύστημα Ποιότητας του. Όπως αναφέρθηκε, για να μπορεί μια εταιρία να ανταπεξέλθει στον αυξανόμενο ανταγωνισμό θα πρέπει να αποδείξει ότι μπορεί να εγγυηθεί την ποιότητα και αυτό μπορεί να γίνει μόνο μέσω της πιστοποίησης με τα πρότυπα της οικογένειας 9000. Για παράδειγμα, η Διεθνής Ένωση Εμπορίου της Βόρειας Αμερικής (NATO, North American Treaty Organization) επιλέγει αποκλειστικά προμηθευτές που είναι πιστοποιημένοι. Το ίδιο κάνει και το Υπουργείο Αμυνας της Αμερικής. Καταλαβαίνει κανείς ότι μερικοί παίρνουν το θέμα της ποιότητας πολύ σοβαρά υπ'όψιν. Όταν οι λόγοι της πιστοποίησης είναι εθελοντικοί τα οφέλη βρίσκονται είτε εντός της επιχείρησης είτε εκτός αυτής. Τα εντός της

επιχείρησης οφέλη σχετίζονται με τις καθημερινές λειτουργίες της ενώ τα εξωτερικά οφέλη σχετίζονται με τους πελάτες και τις αγορές.

Εστιάζοντας αρχικά στα εσωτερικά οφέλη μιας επιχείρησης διακρίνονται οι παρακάτω περιπτώσεις. Πρώτον, η πιστοποίηση ISO 9000 οδηγεί σε καλύτερη τεκμηρίωση των καθημερινών διαδικασιών. Αυτό, ανταποδοτικά, οδηγεί σε αύξηση της παραγωγικότητας και μείωση της σπατάλης που μεταφράζεται σε εξοικονόμηση χρημάτων. Η Du Pont, για παράδειγμα, μετά την υιοθέτηση του προτύπου αύξησε τους χρόνους παράδοσης των προϊόντων της κατά 20%, ενώ κατά το ίδιο ποσοστό αύξησε την απόδοσή της. Δεύτερον, τόσο οι διευθυντές όσο και το εργατικό δυναμικό αντιλαμβάνεται καλύτερα την έννοια της ποιότητας βλέποντας τις κάθε λογής λειτουργίες της επιχείρησης μέσα από ένα ποιοτικό πρίσμα. Τρίτον, το ηθικό των υπαλλήλων αυξάνει καθώς βλέπουν ότι λαμβάνουν μέρος σε μια διαδικασία που προάγει την ποιότητα και αυτό δημιουργεί ένα επιπλέον κίνητρο για αύξηση της παραγωγικότητας. Επιπλέον, η επικοινωνία και η συνεργασία βελτιώνονται καθώς ενισχύονται από την καλύτερη κατανομή των αρμοδιοτήτων. Στην εταιρία Toronto Plastics Ltd, κατάφεραν να μειώσουν τα ελατωματικά προϊόντα από 15000 ανα 1.000.000 παραγόμενα προϊόντα στα 1500 ύστερα από ένα χρόνο εφαρμογής του Προτύπου, κάτι που απέδωσαν στην αυξημένο ηθικό των υπαλλήλων και την πλήρη ανάμιξη τους στις παραγωγικές διαδικασίες προς όφελος της επιχείρησης. Τέλος, με την εφαρμογή του Προτύπου είναι δυνατόν να γίνει καλύτερος συντονισμός των διαδικασιών με αποτέλεσμα να μειωθούν οι νεκροί χρόνοι, να βελτιωθεί η διαχείριση των πόρων και το τελικό αποτέλεσμα να έχει θετικό πρόσημο.

Παράλληλα όμως με τα εσωτερικά οφέλη που αποκομίζονται υπάρχουν και τα εξωτερικά οφέλη. Η οικογένεια των προτυπών ISO 9000 είναι συνδεδεμένη με τα προϊόντα ανώτερης ποιότητας. Θέλοντας και μη, οι εταιρίες βελτιώνουν την εν γένει

εικόνα τους μόνο και μόνο λαμβάνοντας ένα τέτοιο πιστοποιητικό. Αυτό αναπόφευκτα έχει επίδραση στην ικανοποίηση των πελατών καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τα ποιοτικά προϊόντα. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου ένας καταναλωτής επιλέγει να αγοράσει ένα προϊόν από μια πιστοποιημένη εταιρία που στην πραγματικότητα δεν παρέχει ένα προϊόν ανώτερης ποιότητας. Θα μπορούσε να πει κανείς ότι κερδίζει την εμπιστοσύνη των πελατών και τους προιδεάζει θετικά. Επιπλέον, η ανάγκη εξωτερικού ελέγχου από εταιρίες-πελάτες περιορίζεται σημαντικά καθώς η Πιστοποίηση προαπαιτεί την επιθεώρηση. Με αυτόν τον τρόπο, ένας οργανισμός δεν χρειάζεται να επιθεωρηθεί κάθε φορά που χρειάζεται να κλείσει μια δουλειά ως πάροχος υπηρεσίας ή προϊόντος και αυτό εξοικονομεί πάρα πολύ χρόνο αλλά και χρήμα. Τέλος τα πρότυπα Ποιότητας βοηθούν στην αύξηση του μεριδίου αγοράς δίνοντας την δυνατότητα να εισέλθει κάποιος σε εξιδεικευμένες αγορές. Οι εταιρίες ανταποκρίνονται καλύτερα στις ανάγκες της αγοράς εφαρμόζοντας ποιοτικές διαδικασίες και έχοντας το πλεονέκτημα της γρήγορης ανταπόκρισης σε αυτές. Καταλαβαίνει, λοιπόν κανείς ότι το ISO 9000 αποτελεί την βάση για ένα Σύστημα Διασφάλισης Ποιότητας που βελτιώνει την παραγωγικότητα, μειώνει τα κόστη και αυξάνει την ικανοποίηση των πελατών. Έχει αποδειχτεί ότι οργανισμοί που έχουν σαν βάση τους την δέσμευση στην ποιότητα είναι εκείνοι που έχουν το πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών τους.

## **2.4 Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΞΙ ΣΙΓΜΑ**

Παράλληλα με την Πιστοποίηση με τα Πρότυπα πολλοί οργανισμοί ακολουθούν άλλες μεθοδολογίες για τον κοινό στόχο που είναι η βελτίωση και διασφάλιση της

Ποιότητας των παρεχόμενων προϊόντων και υπηρεσιών. Μία από αυτές τις μεθοδολογίες είναι η Έξι Σίγμα που μπορεί να περιγραφεί σαν μια επιχειρηματική προσέγγιση βελτίωσης της ποιότητας που στόχο έχει να εντοπίσει και να εξαφανίσει τα ελλειψήματα της παραγωγικής διαδικασίας και τις αστοχίες εστιάζοντας στα χαρακτηριστικά εκείνα που έχουν άμεσο αντίκτυπο στον πελάτη και οικονομικό αντίκτυπο στην επιχείρηση.

Η μεθοδολογία έξι σίγμα δεν είναι ένας επαναστατικός τρόπος σκέψης και δεν παρέχει ένα ριζικά καινούριο σύνολο εργαλείων ποιότητας αλλά αποτελεί περισσότερο ένα βήμα ανάπτυξης στην κατεύθυνση της συνεχούς βελτίωσης που συνδυάζει τα καλύτερα στοιχεία από τις άλλες μεθοδολογίες. Η πραγματική και ουσιαστική χρησιμότητα του εργαλείου αυτού έγκειται στο γεγονός ότι αποτελεί μεθοδολογία βελτίωσης και διασφάλισης της ποιότητας των επιχειρήσεων αλλά και μέσο χάραξης στρατηγικής κατεύθυνσης, το οποίο δίνει κυρίως έμφαση στις δραστηριότητες που προσθέτουν αξία στο προϊόν και στην υπηρεσία σύμφωνα με την άποψη του καταναλωτή. Με άλλα λόγια, το έξι σίγμα αποτελεί μια μεθοδολογία που χρησιμοποιεί βασικά στατιστικά εργαλεία, για τα οποία θα γίνει εκτενή αναφορά παρακάτω, βασιζόμενο στην διοικητική υποστήριξη για χρησιμοποίηση του συγκεκριμένου πλαισίου για την βελτίωση της στρατηγικής θέσης του οργανισμού.

Τα αίτια της διάδοσης της μεθοδολογίας έξι σίγμα εντοπίζονται τόσο στο γεγονός ότι η αύξηση της ανταγωνιστικότητας παγκοσμίως έχει οδηγήσει σε επικέντρωση των οργανισμών γύρω από τις διαδικασίες τους όσο και στο γεγονός ότι με τον καιρό παρουσιάζεται όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον από την διοίκηση για τα θέματα αυτά. Σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της έννοιας της ποιότητας και της ενσωμάτωσης της στις υπηρεσίες, τα ανωτέρω οδήγησαν στην δημιουργία μιας στρατηγικής που πλέον δεν θεωρείται απλά ένα στατιστικό εργαλείο αλλά μια επιχειρησιακή στρατηγική.

## 2.4.1 Η ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΛΟΓΙΚΗ ΤΟΥ ΕΞΙ ΣΙΓΜΑ

Το σίγμα ( $\sigma$ ) μετρά την μεταβλητότητα μιας διαδικασίας και ουσιαστικά δείχνει την απόκλιση από την μέση τιμή του μετρούμενου χαρακτηριστικού ή της απόδοσης της υπηρεσίας. Ο κυριότερος στόχος της στρατηγικής του έξι σίγμα είναι να μειώσει την μεταβλητότητα του χαρακτηριστικού που μελετάται, ως ένδειξη βελτίωσης της ποιότητας, μέσα στα πλαίσια των προδιαγραφών που απαιτεί ο κάθε πελάτης. Για να βελτιωθεί, για παράδειγμα, η ποιότητα μιας υπηρεσίας είναι απαραίτητη η ποσοτικοποίηση της μεταβλητότητας και στην συνέχεια η ανάπτυξη στρατηγικών για την μείωση της, όπως συμβαίνει άλλωστε και σε κάθε περίπτωση στατιστικού ελέγχου ποιότητας.

Έστω ότι το χαρακτηριστικό ύπο έλεγχο ( $Y$ ), για παράδειγμα ο χρόνος που χρειάζεται για την επεξεργασία μιας αίτησης σε μια ασφαλιστική εταιρία, είναι επιθυμητό να μην ξεπερνά ένα ανώτατο όριο προδιαγραφής (Upper Specification Limit,  $SL_{upper}$ ). Αν η απόσταση μεταξύ της μεσης τιμής του χρόνου που απαιτείται για την επεξεργασία της αίτησης και αυτού του ανώτατου ορίου που καθορίζουν οι προδιαγραφές είναι περίπου έξι τυπικές αποκλίσεις, τότε η διαδικασία έχει αποκτήσει επίπεδο ποιότητας έξι σίγμα. Αν ληφθούν υπ' όψιν οι τυχαίες αποκλίσεις που οφείλονται σε εξωτερικές πηγές (όπως για παράδειγμα η μεταβολή στην απόδοση των εργαζομένων λόγω ψυχολογικών διακυμάνσεων) για μια χρονική περίοδο, τότε ο αριθμός των ελαττωματικών ανέρχεται σε 3,4 κομμάτια στο εκατομμύριο. Στην ουσία, επίπεδο ποιότητας έξι σίγμα-αριθμός ατελειών ανα εκατομμύριο ευκαιρίες ίσος με 3,4 (Defects per million opportunities, DPMO). Το κυριότερο μέσο για να επιτευχθεί ένα επίπεδο

ποιότητας έξι σίγμα είναι η απαλοιφή των αιτιών που προκαλούν προβλήματα στην ποιότητα και την διαδικασία πριν αυτές οδηγήσουν στην δημιουργία ελλωτωματικών.

Με βάση το παραπάνω, το έξι σίγμα συχνά ορίζεται ως «ένα πρόγραμμα βελτίωσης και διασφάλισης της ποιότητας, με στόχο την μείωση των ελλωτωματικών σε 3,4 περιπτώσεις άνα εκατομμύριο ευκαιριών, ή αλλιώς σε ποσοστό 0,0003% (Chakrabarty and Tan, 2007). Από την επιχειρηματική οπτική, το έξι σίγμα μπορεί να οριστεί ως «μια επιχειρησιακή στρατηγική για την βελτίωση της κερδοφορίας ενός οργανισμού και της αποτελεσματικότητας και ικανότητας όλων των διεργασιών και διαδικασιών ώστε να ικανοποιηθούν και να ξεπεραστούν οι προσδοκίες του πελάτη (Kwak και Ambari, 2006). Ενναλακτικοί ορισμοί είναι οι: «Το έξι σίγμα είναι μια συνοπτική μεθοδολογία βασισμένη στην στατιστική που στόχο έχει να επιτύχει τίποτα λιγότερο από την τελειότητα σε κάθε προϊόν και διαδικασία του οργανισμού» (Paul, 1999) και « Το έξι σίγμα είναι μια μεθοδολογία βασισμένη σε πραγματικά στοιχεία με στόχο την μείωση των απωλειών, την αύξηση της ικανοποίησης των πελατών και την βελτίωση των διαδικασιών εστιάζοντας πάντα σε μετρήσιμα οικονομικά αποτελέσματα» (Goh, 2002).

Έστω, για παράδειγμα ένα τηλεφωνικό κέντρο. Σε οποιαδήποτε κλήση, πελάτη προς το κέντρο, οι παρακάτω παράγοντες μπορεί να οδηγήσουν σε ελλωτωματική λειτουργία και κατ'επέκταση, να δημιουργήσουν δυσαρέσκεια στον πελάτη που ενδεχομένως να οδηγήσουν και σε απώλεια αυτού.

- Ο τρόπος με τον οποίο ο υπάλληλος απευθύνεται στον πελάτη κατά την έναρξη της συνομιλίας τους.
- Η ακρίβεια της πληροφορίας που παρέχεται στον πελάτη.
- Ο χρόνος αναμονής μέχρι να ελευθερωθεί η γραμμή για να εξυπηρετηθεί ο πελάτης.

- Ο αριθμός των κουδουνισμάτων μέχρι ο υπάλληλος να αποκριθεί στην κλήση.
- Η ακρίβεια των δεδομένων καταχώρησης του πελάτη για την ανάκτηση πληροφοριών από προηγούμενες συναλλαγές του ( Data Mining ).
- Η ικανότητα του υπαλλήλου να ακούει, να συνομιλεί και να αντιλαμβάνεται άμεσα τις ανάγκες αυτού που τον καλεί.
- Η ακρίβεια των δεδομένων καταχώρησης σε περίπτωση που ο πελάτης αναφέρει μία βλάβη ή ένα παράπονο.
- Ο χρόνος που απαιτείται για τη επαναφορά του συστήματος ύστερα από κάποια βλάβη.
- Ο τρόπος με τον οποίο λήγει η τηλεφωνική συνομιλία.
- Η έγκαιρη απόκτηση ότιδήποτε χρειαστεί έπειτα από την τηλεφωνική συνομιλία.

Ο στόχος της προσέγγισης έξι σίγμα στην προκειμένη περίπτωση είναι η κατανόηση των διαδικασιών που πραγματοποιούνται σε ένα τηλεφωνικό κέντρο και δημιουργούν ελαττωματικό προϊόν και η δημιουργία μεθόδων για την βελτίωση αυτών των διαδικασιών ώστε να μειωθεί η πιθανότητα δημιουργίας ελαττωμάτων στο μέλλον και να βελτιωθεί τελικά η συνολική εντύπωση που δημιουργείται στον πελάτη. Η εστίαση πρέπει να γίνει τελικά σε τέσσερις παράγοντες. Πρώτον θα πρέπει να διερευνηθεί ποια είναι η φύση του προβλήματος που υπάρχει στην διαδικασία. Δεύτερον, θα πρέπει να μετρηθεί η συχνότητα με την οποία εμφανίζεται η απόκλιση αυτή. Σε τρίτο στάδιο διερευνάται η επίδραση στον πελάτη και τέλος καταστρώνονται όλες εκείνες οι στρατηγικές που απαιτούνται για την αποτροπή της εμφάνισης στο μέλλον και τίθενται σε λειτουργία.



## 2.4.2 Η ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΞΙ ΣΙΓΜΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Πολλές φορές στις εταιρίες δεν υπάρχει γνώση του τι πραγματικά είναι το έξι σίγμα. Αρκετοί το θεωρούν ως απλά την νέα τάση στον τομέα της βελτίωσης ποιότητας και τίποτα παραπάνω. Παρόλα αυτά, υπάρχουν στοιχεία στην μεθοδολογία έξι σίγμα που δεν αποτελούν στοιχείο των παραδοσιακών τεχνικών βελτίωσης της ποιότητας και τα οποία το διαφοροποιούν από αυτές. Αναλυτικότερα :

- Η μεθοδολογία έξι σίγμα εστιάζει καθαρά στην κατάκτηση των μετρήσιμων και ποσοτικών οικονομικών στόχων.
- Το έξι σίγμα απαιτεί άνευ προηγουμένου ισχυρή και αφοσιωμένη ηγεσία και υποστήριξη για να οδηγηθεί σε επιτυχή εφαρμογή .
- Η μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων με βάση το έξι σίγμα συνδέει τον ανθρώπινο παράγοντα ( οργανωτική αλλαγή, εστίαση στον πελάτη, αναπροσαρμογή υποδομής κτλ) και τα σχετικά με την ίδια την διαδικασία στοιχεία (διαχείριση λειτουργιών, στατιστική ανάλυση των δεδομένων, συστήματα ανάλυσης των μετρήσεων κτλ) ώστε να πραγματοποιηθεί βελτίωση.
- Η μεθοδολογία έξι σίγμα χρησιμοποιεί τις τεχνικές και τα εργαλεία για την επίλυση των προβλημάτων στις λειτουργίες των επιχειρήσεων με οργανωμένο και συνεχή τρόπο. Κάθε εργαλείο και τεχνική έχει συγκεκριμένο ρόλο και το πότε, που, πως και γιατί κάθε ένα από αυτά πρέπει να χρησιμοποιηθεί αποτελούν παράγοντα επιτυχίας ή αποτυχίας ολόκληρου του σχεδίου έξι σίγμα.

- Το έξι σίγμα δημιουργεί μια ολόκληρη νέα υποδομή και διαχωρίζει το προσωπικό ανάλογα με την εμπειρία τους στο συγκεκριμένο θέμα ώστε η επιτυχής εφαρμογή του να είναι δεδομένη.
- Το έξι σίγμα δίνει έμφαση στην λήψη αποφάσεων με βάση στοιχεία και πραγματικά δεδομένα και όχι σε παραδοχές, υποθέσεις και προαισθήματα.
- Το έξι σίγμα χρησιμοποιεί τις βασικές αρχές της στατιστικής σκέψης και προωθεί την εφαρμογή αποδεδειγμένα χρήσιμων στατιστικών εργαλείων και τεχνικών για μείωση των ελλοματικών μέσα από μεθόδους μείωσης της μεταβλητότητας.

Παρόλα αυτά, το έξι σίγμα δεν είναι πλήρως αποκομμένο από την λογική ενός συστήματος ολικής ποιότητας. Τα χαρακτηριστικά που είναι κοινά μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Εστίαση στον πελάτη
- Συνεχής βελτίωση της ποιότητας της διαδικασίας ή των στρατηγικών μείωσης του κόστους.
- Λήψη αποφάσεων με βάση τα πραγματικά στοιχεία
- Χρήση στατιστικών εργαλείων και τεχνικών για την επίλυση των προβλημάτων

### 2.4.3 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ DMAIC

Η επιτυχημένη εφαρμογή ποιοτικών διαδικασιών και η βελτίωση των υπηρεσιών είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την αναγνώριση και επίλυση των προβλημάτων που παρουσιάζονται καθημερινά. Ως μεθοδολογία και στρατηγική επίλυσης προβλημάτων και βελτίωσης των διαδικασιών η μεθοδολογία εξί σίγμα χρησιμοποιεί μια σειρά ορισμένων βημάτων. Αυτά εντάσσονται στα πλαίσια της DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). λογικής και περιλαμβάνει τα εξής στάδια :

- Ορισμός του προβλήματος
- Μέτρηση του προβλήματος
- Ανάλυση των δεδομένων ώστε να διαπιστωθούν οι αιτίες του προβλήματος
- Βελτίωση των διαδικασιών ώστε να απομακρυνθούν οι άνωθεν αιτίες
- Έλεγχος και παρακολούθηση των λειτουργιών ώστε να διαπιστωθεί αν η διαδικασία ακολουθείται και λειτουργεί υπό έλεγχο.

Παρακάτω, θα δοθεί μια σύντομη περιγραφή του τι σημαίνει το κάθε στάδιο και τι προϋποθέσεις θέτει για την επίλυση των προβλημάτων που είναι ο τελικός στόχος.

#### Ορισμός του προβλήματος

Το πρώτο βήμα μετά την εφαρμογή του έξι σίγμα σε μια επιχείρηση είναι η διατύπωση του προβλήματος όσο πιο ευδιάκριτα και συγκεκριμένα γίνεται. Αυτή η διατύπωση θα πρέπει να γίνει με επιχειρησιακούς όρους ώστε να χρίζει περαιτέρω ανάλυσης και όχι να περιγράφει απλά τα συμπτώματα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, πολλές φορές η δημιουργία ενός σχεδιαγράμματος τόσο upstream όσο και downstream είναι απαραίτητη ώστε να εξακριβωθεί σε ποιο ακριβώς σημείο

δημιουργείται το πρόβλημα. Ένας σωστός ορισμός του προβλήματος ταυτοποιεί όλους τους πελάτες και εξηγεί πως αυτό το πρόβλημα σχετίζεται με την ικανοποίηση τους καθώς και αναγνωρίζει όλους τους κρίσιμους παράγοντες ποιότητας (CTQ, Critical to Quality) που έχουν άμεσο αντίκτυπο στο προϊόν και την υπηρεσία. Επίσης, περιγράφει αναλυτικά την φύση των λαθών και πως αυτά σχετίζονται με τα παράπονα των πελατών ενώ επιδιώκει να υπολογίσει την σχέση κόστους-οφέλους από την εφαρμογή της DMAIC λογικής. Τέλος στο στάδιο αυτό θα πρέπει να οριστεί ξεκάθαρα ο ρόλος όλων των εμπλεκόμενων και ειδικότερα στο τι κάνει ποιος, πότε και που.

#### Μέτρηση του προβλήματος

Το στάδιο αυτό εστιάζει στον τρόπο με τον οποίο θα μετρηθούν όλοι εκείνοι οι παράγοντες που επηρεάζουν τις κρίσιμες στην ποιότητα παραμέτρους και απαιτεί την κατανόηση της σχέσης που συνδέει τις διαδικασίες με την αξία που λαμβάνει ο πελάτης. Πριν όμως από την συλλογή των στοιχείων θα πρέπει να απαντηθούν κάποια σημαντικά ερωτήματα :

- Τι χρειάζεται να μετρηθεί ?
- Τι είδους στοιχεία είναι απαραίτητα να συλλεχθούν ?
- Που μπορούν να βρεθούν αυτά τα στοιχεία και ποιος μπορεί να τα συλλέξει ?
- Πως μπορούν να συλλεχθούν με την ελάχιστη προσπάθεια και το ελάχιστο πιθανό κόστος ?

Το πρώτο βήμα στην συλλογή στοιχείων είναι ο ξεκάθαρος ορισμός των επιχειρησιακών παραμέτρων που θα μετρηθούν. Για παράδειγμα αν πρέπει να μετρηθεί η πιστότητα στις παραλαβές των εκάστοτε υλικών θα πρέπει να οριστεί τι σημαίνει παραλαβή στην ώρα της. Σημαίνει παραλαβή μία ώρα μετά την συμφωνημένη, μία μέρα ή μία εβδομάδα? Τα στοιχεία θα ήταν άχρηστα αν δεν οριστούν επακριβώς, προκειμένου να μην οδηγούν σε εσφαλμένα συμπεράσματα.

### Ανάλυση των δεδομένων

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που εμφανίζονται στις μεθόδους επίλυσης προβλημάτων είναι η μη εφαρμογή μιας εκτενής ανάλυσης των δεδομένων. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, τα στελέχη αναζητούν την λύση των προβλημάτων χωρίς πρώτα να αναλύσουν με τα κατάλληλα εργαλεία όλα τα δεδομένα και να αναγνωρίσουν τις αιτίες των προβλημάτων. Στην φάση της ανάλυσης εστιάζει κάποιος στο γιατί να εμφανίζονται σφάλματα, αποκλίσεις και μεγάλη διακύμανση στις διεργασίες που συνήθως οφείλονται σε ένα από τους παρακάτω λόγους:

- Έλλειψη γνώσης στο πως εκτελείται μια διεργασία κυρίως λόγω συνεχούς εναλλαγής του προσωπικού. Αυτή η έλλειψη γνώσης οδηγεί συνήθως σε ασυνέχεια και διακύμανση στα χαρακτηριστικά των παραγόμενων προϊόντων.
- Έλλειψη γνώσης στο πως θα πρέπει να εκτελείται μια διεργασία κάτι το οποίο περιλαμβάνει την κατανόηση των προσδοκιών του πελάτη και του στόχου της διεργασίας.
- Έλλειψη ελέγχου στα υλικά και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται.
- Πολυπλοκότητα της διαδικασίας που από μόνη της δημιουργεί μη αναγκαία βήματα και επιπλέον αποθεματοποίηση.
- Έλλειψη εκπαίδευσης
- Κακός σχεδιασμός της διαδικασίας και μη επαρκή αναγνώριση των δυνατοτήτων της μηχανής και του προσωπικού
- Άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως θόρυβος, υψηλή θερμοκρασία και έλλειψη φωτισμού.

Μια εξαιρετικά σημαντική προσέγγιση στον τρόπο αναγνώρισης των αιτιών είναι η τεχνική των «5 Γιατί» (5 WHY's Technique). Με την τεχνική αυτή κάποιος προσπαθεί να καθορίσει την αλυσίδα των αιτιών που προκαλούν το πρόβλημα μέσω αλεπάλληλων «γιατί» που στην καλύτερη των περιπτώσεων είναι πέντε. Η Toyota

εφάρμοσε για πρώτη φορά την τεχνική αυτή και κλασσικό παράδειγμα αποτελεί η κατάρρευση του μοχλοβραχίονα στο στάδιο της συναρμολόγησης. Το προφανές στην περίπτωση αυτή είναι η αντικατάσταση του μοχλοβραχίονα κάτι που δεν θα έβρισκε την αληθινή αιτία της κατάρρευσης. Γιατί όμως κατέρρευσε ο μοχλοβραχίονας? Γιατί υπέρθερμάνθηκε. Και τι ήταν εκείνο που προκάλεσε την υπερθέρμανση? Ίσως η έλλειψη αρκετής λίπανσης. Και γιατί δεν υπήρξε σωστή λίπανση? Γιατί δεν δούλεψε η αντλία λίπανσης. Και γιατί δεν δούλεψε η αντλία λίπανσης? Γιατί το πιστόνι κόλλησε από μη επαρκή συντήρηση. Στην περίπτωση αυτή, η Toyota επέβαλε αυστηρότερο πρόγραμμα συντήρησης των μηχανών βάζοντας τέλος σε τέτοιου είδους προβλήματα.

#### Βελτίωση της Διαδικασίας

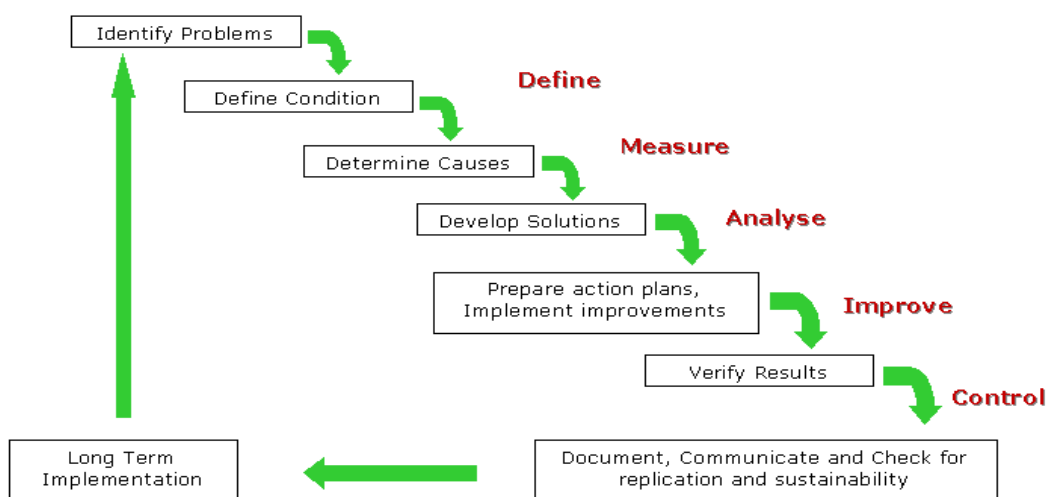
Εφόσον οι βασικότερες αιτίες των προβλημάτων έχουν βρεθεί, αναλυθεί και κατανοηθεί από τα παραπάνω βήματα, σε αυτό το στάδιο γίνεται ανάλυση των πιθανών τρόπων επίλυσης των προβλημάτων και εξάλειψης των πιθανοτήτων επανεμφάνισής τους. Οι λύσεις εκείνες που έχουν υψηλό αντίκτυπο στην ικανοποίηση των πελατών και υψηλά επίπεδα εξοικονόμησης κερδών στον οργανισμό είναι εκείνες που θα πρέπει να γίνουν αντικείμενο μελέτης σχετικά με το πόσο χρόνο, προσπάθεια και κεφάλαιο απαιτείται προκειμένου να εφαρμοστούν. Το μεγαλύτερο πρόβλημα στην φάση αυτή είναι έμφυτη προκατάληψη που έχουν οι άνθρωποι απέναντι σε ιδέες τόσο πρωτοποριακές που τις απορρίπτουν πριν ακόμα τις αξιολογήσουν. Ένας διαδεδομένος τρόπος εύρεσης λύσεων είναι ο καταιγισμός ιδεών (Brainstorming) από μια ομάδα ανθρώπων με εμπειρία που δεν προέρχονται κατ' ανάγκη από το ίδιο τμήμα. Αυτοί ενθαρύνονται να προτείνουν λύσεις-ιδέες χωρίς να λογοκρίνονται, ώστε η σύνθεση τους να φέρει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αφού, λοιπόν, αξιολογηθούν όλες οι ιδέες επιλέγεται εκείνη με τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στους κρίσιμους για την ποιότητα παράγοντες και τον μικρότερο κίνδυνο ενώ

παράλληλα επανέκτιμάται το αποτέλεσμα της επιλεχθείσας λύσης για επιβεβαίωση του αποτελέσματος.

### Φάση του Ελέγχου

Στην μεθοδολογία DMAIC, η φάση του ελέγχου εστιάζει στον τρόπο με τον οποίο θα διατηρηθούν όλες οι επιβληθείσες βελτιώσεις στο βαθμό που επιθυμεί η ανώτατη διοίκηση και αυτό μπορεί να επιτευχθεί με εργαλεία που θα διασφαλίσουν ότι οι νέες τροποποιημένες διεργασίες θα παραμείνουν μέσα στα επιτρεπτά όρια. Αυτές οι βελτιώσεις μπορεί να περιλαμβάνουν την καθιέρωση νέων προτύπων και διαδικασιών, την εκπαίδευση του προσωπικού αλλά και την εφαρμογή περιοδικών ελέγχων που θα διασφαλίσουν την διαχρονικότητα των βελτιώσεων.

Γραφικά, η μεθοδολογία DMAIC θα μπορούσε να αποδοθεί με το Διάγραμμα 2.1.



Πηγή: [http://www.constraintmanagement.co.uk/picts/DMAIC\\_Diag.gif](http://www.constraintmanagement.co.uk/picts/DMAIC_Diag.gif)

**Διάγραμμα 2.1**  
**Η μεθοδολογία DMAIC**

Στο Διάγραμμα 2.1, παρουσιάζονται τα διαδοχικά βήματα της μεθοδολογίας DMAIC, με την μορφή επιπέδων, από τον εντοπισμό του προβλήματος μέχρι τον έλεγχο απόδοσης της επιλεχθείσας λύσης. Ξεκινώντας από τον ορισμό του προβλήματος προχωράς ένα σκαλί παρακάτω στην μέτρηση των κρίσιμων παραμέτρων μέχρις ότου σταδιακά φτάσει κανείς στην επιθυμητή λύση και τον έλεγχο της εφαρμογής της.

## **2.5 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ**

Στην μεθοδολογία έξι σίγμα αλλά και γενικότερα σε κάθε βιομηχανική και διοικητική δραστηριότητα είναι απαραίτητη η χρήση στατιστικών εργαλείων ποιότητας ως τα μέσα για την επίλυση των προβλημάτων. Η λογική πάνω στην οποία στηρίζονται τα εργαλεία αυτά είναι απλή και δεν περιέχει δυσνόητες έννοιες και υπολογισμούς. Στην σύγχρονη βιβλιογραφία γίνεται λόγος για επτά βασικά εργαλεία ποιότητας (Seven QC Tools) τα οποία είναι, το διάγραμμα ροής, τα διαγράμματα ελέγχου, τα φύλλα ελέγχου, το ιστόγραμμα, το διάγραμμα Pareto, το διάγραμμα αιτίου – αποτελέσματος και το διάγραμμα διασποράς. Παρακάτω θα δοθεί μια σύντομη περιγραφή του κάθε εργαλείου για να γίνει αντιληπτή η συνεισφορά του στην βελτίωση της ποιότητας.



### 2.5.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ

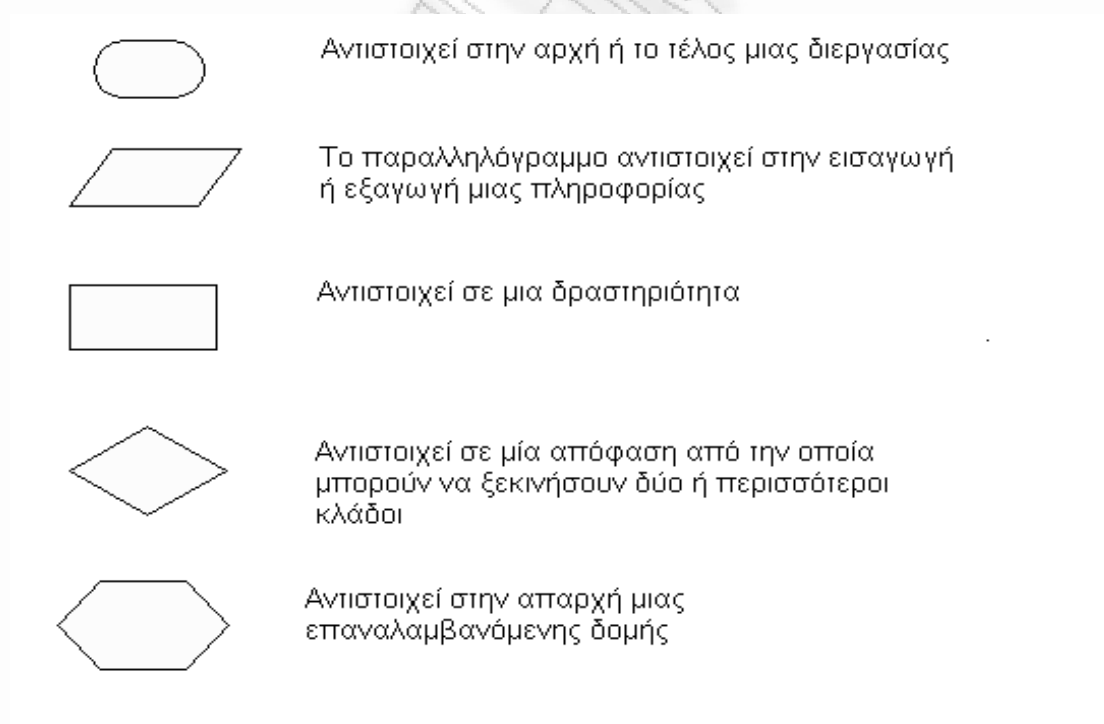
Για να βελτιώσει κάποιος μια διεργασία θα πρέπει πρώτα να αντιληφθεί τα επιμέρους βήματα τα οποία οδηγούν στο αποτέλεσμα και δίνουν αξία στον πελάτη. Και για να αντιληφθεί την διεργασία θα πρέπει να αναγνωρίσει όλους τους κρίσιμους για την ποιότητα παράγοντες, τις γενεσιουργές αιτίες που δημιουργούν τα προβλήματα καθώς και τα στάδια εκείνα που δεν προσδίδουν αξία στο προϊόν ή την υπηρεσία. Ένα διάγραμμα ροής (flowchart) αναγνωρίζει την αλληλουχία των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα σε μια διεργασία καθώς και την ροή υλών, υλικών και πληροφοριών για την εκτέλεση αυτής ενώ οι εργαζόμενοι που εμπλέκονται στην διεργασία έχουν μια καθαρή εικόνα των βημάτων που απαιτούνται για την εκπλήρωση του στόχου. ‘

Ενας από τους πιο διαδεδομένους τρόπους «χτισίματος» ενός διαγράμματος ροής είναι να ξεκινήσει κάποιος από το τελικό αποτέλεσμα της διεργασίας ή τις απαιτήσεις του πελάτη και κινούμενος προς τα πίσω να αναλύσει τα σημεία κλειδιά που συνεισφέρουν στην παραγωγική διαδικασία καταλήγωντας στα πρωτογενή υλικά. Η μέθοδος αυτή καλείται ανάπτυξη εκ των όπισθεν (Backward chaining) και είναι πολύ διαδεδομένη στην Αμερική καθώς την πρωτοεφάρμοσαν εταιρίες κολοσσοί όπως η AT&T και η Citibank.

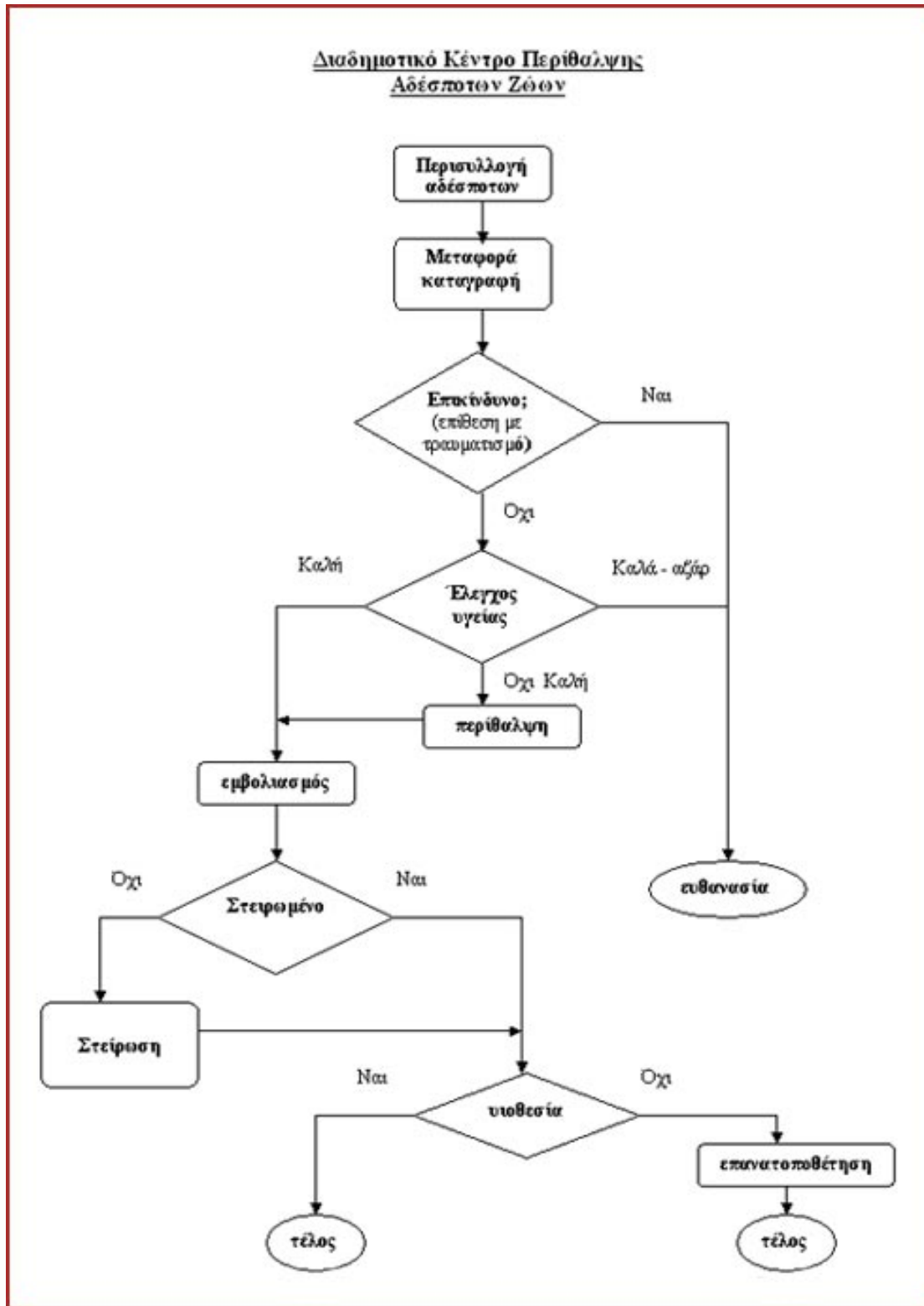
Υπάρχουν τρεις τύποι διαγραμμάτων ροής :

- Γραμμικό (Linear Flowchart), το οποίο επιδεικνύει την ακολουθία των βημάτων που βελτιώνουν μια διεργασία.
- Ανάπτυξης (Deployment Flowchart), το οποίο δείχνει την πραγματική ροή της διεργασίας και αναγνωρίζει τους εμπλεκόμενους σε κάθε βήμα της. Οι οριζόντιες γραμμές που περιέχει ορίζουν τις σχέσεις μεταξύ πελάτη-προμηθευτή.
- Ευκαιρίας (Opportunity Flowchart), το οποίο είναι παραλλαγή του γραμμικού και διαχωρίζει τις δραστηριότητες που προσθέτουν αξία από εκείνες που προσθέτουν μόνο κόστος.

Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται στο «χτίσιμο» ενός διαγράμματος ροής φαίνονται στο Διάγραμμα 2.2.



**Διαγραμμα 2.2**  
**Βασικά Σύμβολα ενός διαγράμματος ροής**



**Διάγραμμα 2.3**

**Διάγραμμα Ροής λειτουργίας ενός κέντρου περίθαλψης αδέσποτων ζώων**

Το διάγραμμα ροής του Διαγράμματος 2.3 απεικονίζει την διαδικασία που ακολουθείται από ένα Διαδημοτικό Κέντρο Περιθαλψής Αδέσποτων Ζώων. Στο διάγραμμα αυτό, περιγράφονται τα βήματα διαχείρισης των αδέσποτων ζώων από την στιγμή που θα παραληφθούν στο Κέντρο μέχρι την στιγμή που θα φύγουν από αυτό. Συγκεκριμένα, τα ζώα μεταφέρονται στο Κέντρο περίθαλψης και διακρίνονται σε επικίνδυνα και μη. Στα επικίνδυνα ζώα τα οποία έχουν προκαλέσει τραυματισμό γίνεται ευθανασία ενώ τα υπόλοιπα ελέγχονται από άποψη υγείας. Στην περίπτωση που είναι υγιή εμβολιάζονται, στερώνονται (για τις περιπτώσεις που χρειάζεται) και επιστρέφουν στο φυσικό τους περιβάλλον ή δίνονται για υιοθεσία. Σε κάθε άλλη περίπτωση σοβαρής ασθένειας (μεταδοτική στον άνθρωπο, π.χ Καλαζαρ) θανατώνονται μέσω ευθανασίας.

### **2.5.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ**

Το διάγραμμα ελέγχου είναι ένα γραμμικό (χρονιαίο) διάγραμμα στο οποίο έχουν τοποθετηθεί αυστηρά καθορισμένα στατιστικά όρια. Στο κεφάλαιο 3 θα γίνει εκτενή αναφορά στα διαγράμματα ελέγχου τα οποία αποτελούν βασικό εργαλείο για τον Στατιστικό Έλεγχο Διεργασίας (SPC, Statistical Process Control).

### **2.5.3 ΦΥΛΛΑ ΕΛΕΓΧΟΥ**

Τα φύλλα ελέγχου (check Sheet) αποτελούν ένα απλό εργαλείο καθημερινής χρήσης. Χρησιμοποιούνται για την συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και στον χώρο από το οποίο παρήχθησαν τα δεδομένα αυτά. Είναι σχεδιασμένα για γρήγορη, εύκολη και αποτελεσματική εγγραφή των επιθυμητών πληροφοριών που μπορεί να είναι είτε ποιοτικές είτε ποσοτικές. Στις περιπτώσεις που το φύλλο ελέγχου περιέχει

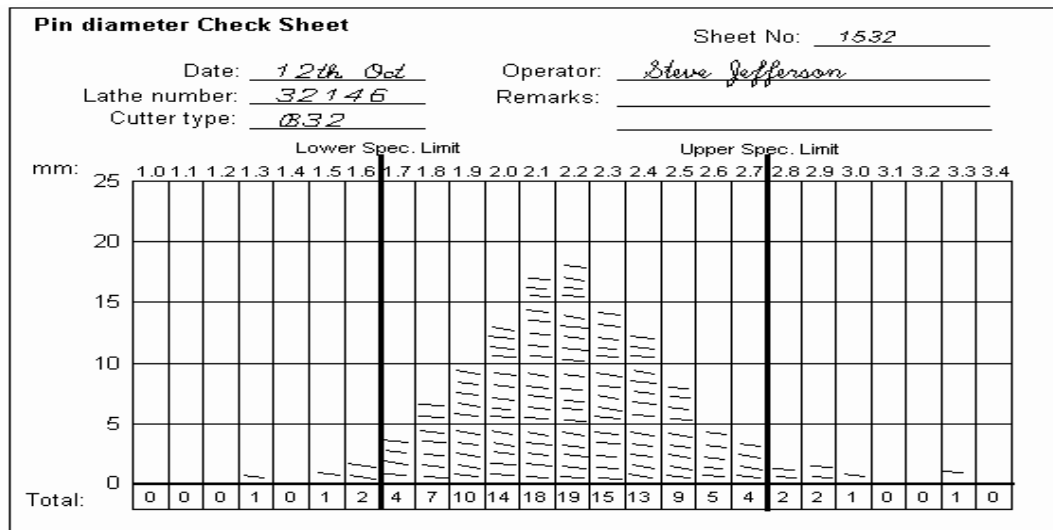
ποσοτικές πληροφορίες ονομάζεται φύλλο καταμέτρησης (Tally sheet). Ένα φύλλο ελέγχου εκτός από τα δεδομένα θα πρέπει απαραίτητα να περιέχει και τις εξής πληροφορίες

- Ημερομηνία
- Μέγεθος δείγματος και δειγματοληπτικό σχέδιο
- Το όργανο με το οποίο έγινε η μέτρηση
- Την μέθοδο συλλογής

Για την κατασκευή ενός φύλλου ελέγχου θα πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις :

- Συμφωνία στο τι θα μετρηθεί ώστε να μετρούν όλοι το ίδιο πράγμα
- Καθορισμός συχνότητας και χρονικής περιόδου, με την οποία θα συλλέγονται τα δεδομένα
- Σχεδιασμός μιας απλής μορφής φύλλου ελέγχου
- Εκπαίδευση αυτών που θα εκτελούν τους ελέγχους και θα συμπληρώνουν τα φύλλα
- Εξασφάλιση καταγραφής των παρατηρούμενων φαινομένων
- Επαναπληροφόρηση για την αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα του φύλλου ελέγχου.

Στο Διάγραμμα 2.4 δίνεται ένα φύλλο ελέγχου το οποίο είναι πολύ διαδεδομένο σε παραγωγικές διαδικασίες και αυτό διότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να αναγνωσθεί εύκολα από το υπαλληλικό προσωπικό. Περιλαμβάνει πληροφορίες όπως είναι τα όρια των προδιαγραφών, δίνοντας γρήγορα και ευδιάκριτα τον αριθμό των μη συμμορφούμενων και μια άμεση ένδειξη του επιπέδου ποιότητας της παραγωγικής διαδικασίας.



**Διάγραμμα 2.4**  
**Φύλλο ελέγχου καταμέτρησης**

Στο Διάγραμμα 2.4 αποτυπώνεται ο αριθμός των παραγόμενων καρφισών με βάση την διάμετρο κεφαλής. Καθορίζονται ευδιάκριτα τα όρια των προδιαγραφών με μαύρες κάθετες γραμμές (1,65 – 2,75 mm) και πώς αυτά κατανέμονται. Επίσης φαίνεται ευδιάκριτα ο αριθμός των μη συμμορφούμενων τεμαχίων δίνοντας την πλήρη εικόνα της ποιότητας των παραγόμενων μονάδων.

**Typing test analysis** Date: 12th Oct

Typist: Kelly Hall Test: Ø324  
 Examiner: Jay Brown

Type of error	Count	Score
Reversed letters		5
Missing letters		8
Extra letters		5
Wrong letters	+	10
Total errors:		28

**Διάγραμμα 2.5**  
**Φύλλο ελέγχου για την φύση των ελατωμάτων**

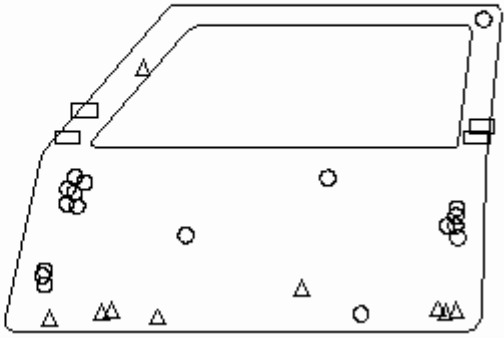
Στο Διάγραμμα 2.5 αποτυπώνεται ένας δεύτερος τύπος φύλλου ελέγχου που χρησιμοποιείται και ο οποίος επικεντρώνεται στην φύση των ελλωμάτων που εμφανίζονται κατά την δακτυλογράφηση. Διακρίνονται οι τύποι των λαθών που εμφανίζονται κατά την δακτυλογράφηση και οι οποίοι είναι : Λάθος γράμματα, επιπλέον γράμματα, ανεστραμμένες λέξεις και γράμματα που λείπουν. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να εντοπιστεί η κύρια αιτία που προκαλεί προβλήματα και που πρέπει να διορθωθεί. Αν σε αυτό το φύλλο συμπεριλάβουμε και τον χρόνο μπορούμε να διαπιστώσουμε πως κατανέμονται τα λάθη στην μονάδα του χρόνου.

**Door paint check sheet** Sheet number 243

Paint robot number: B32A6      Date: 12th Oct  
 Paint batch number: A725B3  
 Paint operator: Don Wilkins

Doors painted: HHH HHH

Defect type	symbol	count...
bubble	○	HHH HHH HHH
run	△	HHH
scuff	□	



**Διάγραμμα 2.6**  
**Φύλλο ελέγχου θέσης ελλωμάτων**

Τέλος ένας διακεκριμένος Ιαπωνέζος επιστήμονας ο Kaoru Ishikawa (1915-1989) εισήγαγε τα φύλλα ελέγχου που επικεντρώνονταν στην διακριτική θέση των ελλωμάτων πάνω στο παραγόμενο προϊόν. Στο Διάγραμμα 2.6 αποτυπώνονται πάνω στο σχέδιο μιας πόρτας αυτοκινήτου, τα σημεία στα οποία εντοπίζονται τα κυριότερα σφάλματα τα οποία είναι οι φουσκάλες (με κύκλο), τα γρατσουνίσματα (με παραλληλόγραμο) και τα «δακρύσματα» της μπογιάς (με τρίγωνο). Από την

κατανομή των θέσεων των ελλατωμάτων μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για την ποιότητα της διεργασίας και τις αιτίες που προκαλούν τα σφάλματα.

#### **2.5.4. ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ**

Ενα ιστόγραμμα (Histogram) αποτελεί ένα διάγραμμα που απεικονίζει γραφικά τα ληφθέντα δεδομένα των παρατηρήσεων. Είναι ένα βασικό στατιστικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για να απεικονίσει την συχνότητα ή την σχετική συχνότητα των δεδομένων και να φανερώσει μοτίβα που θα ήταν δύσκολο να φανερωθούν μέσα από ένα πίνακα τιμών. Θα μπορούσε να πει κανείς ότι παριστάνει γραφικά με στήλες διαστήματα τιμών στα οποία εμπίπτουν οι παρατηρήσεις και όχι μεμονομένες τιμές. Τα ιστογράμματα αποκαλύπτουν σημαντικές πληροφορίες για τα διάφορα σύνολα τιμών. Τέτοιες πληροφορίες μπορεί να είναι η κεντρική τάση, η μεταβλητότητα των τιμών (που εκφράζεται με το εύρος ή με την τυπική απόκλιση) και το σχήμα της κατανομής των τιμών. Με το ιστόγραμμα συλλέγονται στοιχεία για την παρούσα κατάσταση ενός συστήματος και επιδιώκονται κάποιες βελτιώσεις. Εφόσον λάβουν χώρα αυτές οι βελτιώσεις, η συλλογή δεδομένων και η χρήση ιστογραμμάτων συνεχίζονται με σκοπό να επιβεβαιωθεί το αποτέλεσμα των βελτιωτικών ενεργειών.

Παράλληλα όμως, όταν ένα τέτοιο εργαλείο χρησιμοποιείται για εξαγωγή συμπερασμάτων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν ορισμένες βασικές προϋποθέσεις. Πρώτον, τα στοιχεία που συλλέγονται θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά των συνθηκών που εκτελείται η διεργασία. Αν για παράδειγμα, ένας νέος υπάλληλος έχει προσληφθεί και η ανάμιξη του στην μετρούμενη παράμετρο είναι σημαντική τότε θα πρέπει να συλλεχθούν καινούρια στοιχεία για να μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Το ίδιο θα έπρεπε να συμβεί αν άλλαζε κάποια παράμετρος στον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται ή άλλαζε



εξ'ολοκλήρου αυτός. Δεύτερον, το πλήθος των στοιχείων που πρέπει να συλλεχθούν πρέπει να είναι μεγάλο. Στην περίπτωση των ιστογραμμάτων όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος του δείγματος τόσο καλύτερα συμπεράσματα θα εξαχθούν. Τέλος, θα πρέπει να ληφθεί υπ'όψιν ότι ένα ιστόγραμμα θα πρέπει να αποτελεί την απαρχή για ένα πιο ενδελεχή έλεγχο και περαιτέρω ανάλυση δίνοντας την αρχική εικόνα της παραγωγικής διαδικασίας και μόνο αυτή.

Για την κατασκευή ενός ιστογράμματος θα πρέπει :

- Τα διαστήματα των τιμών να είναι ίσα
- Όλες οι παρατηρήσεις να εμπίπτουν σε ένα μόνο διάστημα
- Αν είναι γνωστή η κεντρική τιμή θα πρέπει να αποτελεί το μέσο όλων των διαστημάτων

Τα βήματα που ακολουθούνται για το σχεδιασμό ενός ιστογράμματος είναι :

- 1) Συλλογή των δεδομένων
- 2) Υπολογισμός του εύρους των δεδομένων
- 3) Προσδιορισμός του αριθμού των διαστημάτων που απαιτούνται
- 4) Προσδιορισμός του αρχικού σημείου κάθε διαστήματος
- 5) Απαρίθμηση του αριθμού των σημείων που περιλαμβάνονται σε κάθε διάστημα
- 6) Γραφική απεικόνιση των δεδομένων. Στην περίπτωση αυτή ο οριζόντιος άξονας περιλαμβάνει τα διαστήματα που έχουν υπολογιστεί, ο κάθετος άξονας περιλαμβάνει την συχνότητα των παρατηρήσεων και το ύψος κάθε μπάρας συνδέεται με τον αριθμό των παρατηρήσεων που περιλαμβάνει το εκάστοτε διάστημα.
- 7) Προσθήκη υπομνήματος το οποίο περιλαμβάνει στοιχεία για για το μέγεθος του δείγματος, το πως πραγματοποιήθηκε η συλλογή των στοιχείων και άλλα.

Υπάρχουν διάφορα είδη ιστογραμμάτων σε σχέση με την μορφή τους. Διακρίνονται οι εξής τύποι :

- Ιστόγραμμα τύπου καμπάνας



- Ιστόγραμμα διπλής κορυφής



- Ιστόγραμμα ασύμμετρο προς τα δεξιά



- Ιστόγραμμα τύπου Plateau



**Διάγραμμα 2.7**  
**Διάφοροι τύποι Ιστογραμμάτων**

### 2.5.5 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ PARETO

Το διάγραμμα Pareto βασίζεται στην αρχή του Pareto, η οποία δηλώνει ότι τα περισσότερα αποτελέσματα οφείλονται σε σχετικά λίγα αίτια. Η διαπίστωση αυτής της απλής ιδέας έγινε για πρώτη φορά τον 19<sup>ο</sup> αιώνα από έναν Ιταλό οικονομολόγο ονόματι Vilfredo Pareto (1848-1923), ο οποίος παρατήρησε ότι ένα μεγάλο μέρος του εθνικού πλούτου τον διαχειρίζονταν ένας σχετικά μικρός αριθμός ανθρώπων, σε

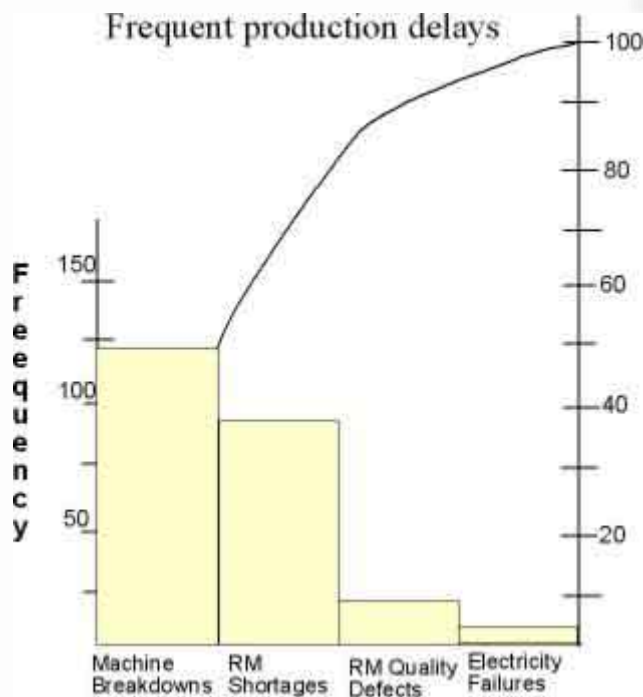
αναλογία περίπου 80:20. Το γεγονός αυτό αναφέρεται και από το Juran, στην σκέψη για τα «λίγα και σημαντικά, πολλά και ασήμαντα».

Η ανάλυση Pareto είναι μια τεχνική ταξινόμησης αιτιών ή προβλημάτων από τα περισσότερο στα λιγότερο σημαντικά. Με τον τρόπο αυτό εντοπίζονται τα πλέον σημαντικά ζητήματα (αυτά που ο Juran ονόμασε «λίγα και σημαντικά») και οι προσπάθειες μπορούν να επικεντρωθούν σε αυτά, παρέχοντας το ανώτερο δυνατό όφελος με την μικρότερη δυνατή προσπάθεια. Η ανάλυση χρησιμοποιεί το διάγραμμα Pareto το οποίο είναι μια ειδική κατηγορία του Ιστογράμματος σε συνδυασμό με τον καταιγισμό ιδεών (Brainstorming) και την ανάλυση αιτιού αποτελέσματος που θα μελετήσουμε παρακάτω. Αντιλαμβάνεται κανείς ότι η ανάλυση αυτή γίνεται πιο αποτελεσματική όταν συνδυαστεί με άλλες τεχνικές και μεθοδολογίες επίλυσης προβλημάτων. Το διάγραμμα εκθέτει με φθίνουσα σειρά, τη σχετική συνεισφορά κάθε αιτίου ή προβλήματος στο σύνολο. Η σχετική συνεισφορά μπορεί να βασίζεται στον αριθμό των εμφανίσεων, την ζημιά της χαμηλής ποιότητας ή το κόστος που σχετίζεται με το αίτιο ή το πρόβλημα. Δίνει έτσι την δυνατότητα στην ομάδα να επικεντρώσει τις προσπάθειες της σε αιτίες που έχουν τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στην παραγωγική διαδικασία και όχι μόνο.

Τα βήματα για την κατασκευή ενός διαγράμματος Pareto φαίνονται παρακάτω:

1. Καταγραφή όλων των πιθανών παραγόντων – αιτιών
2. Επιλογή του χρονικού διαστήματος συλλογής των δεδομένων
3. Ποσοτική μέτρηση της συχνότητας των παραγόντων
4. Ταξινόμηση σε φθίνουσα σειρά αυτών
5. Δημιουργία της αθροιστικής κατανομής
6. Δημιουργία του διαγράμματος και της καμπύλης Pareto
7. Επέξηγηση της καμπύλης Pareto

Παρακάτω φαίνεται ένα παράδειγμα Pareto ανάλυσης για τις αιτίες σταματήματος της παραγωγικής διαδικασίας.



Πηγή: [http://www.leanmanufacturingconcepts.com/LeanTool\\_TQM\\_ParetoDiagram.htm](http://www.leanmanufacturingconcepts.com/LeanTool_TQM_ParetoDiagram.htm)

### Διάγραμμα 2.8

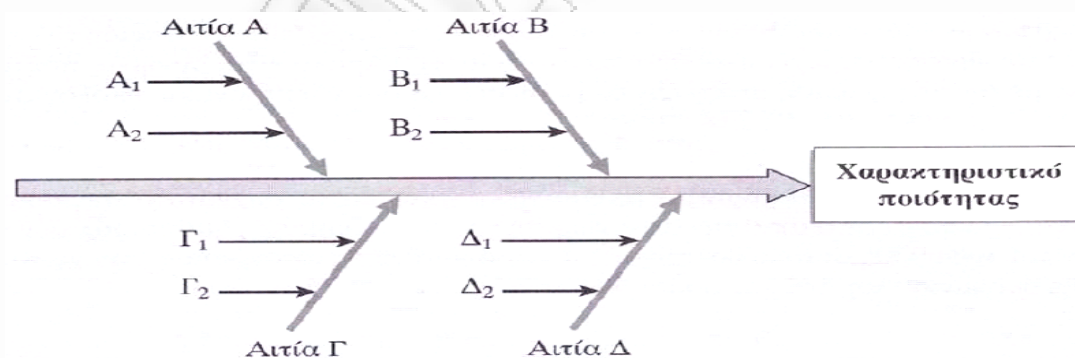
#### Pareto ανάλυση για τις αιτίες μη προγραμματισμένων διακοπών της παραγωγικής διαδικασίας

Στο Διαγραμμα 2.8 παριστάνονται οι αιτίες που προκαλούν μη προγραμματισμένες διακοπές της ροής της παραγωγικής διαδικασίας στοιχισμένες από εκείνη με την μεγαλύτερη συχνότητα σε εκείνη με την μικρότερη συχνότητα ενώ παράλληλα έχει σχεδιαστεί και η καμπύλη της προσθετικής συχνότητας δίνοντας γλαφυρά την συνεισφορά του κάθε αιτίου στο συνολικό αποτέλεσμα. Τα αίτια που εμφανίζονται στο διάγραμμα με φθίνουσα σειρά είναι οι βλάβες της μηχανής, η έλλειψη των πρώτων υλών, τα ποιοτικά προβλήματα των πρώτων υλών και τα προβλήματα που σχετίζονται με την ηλεκτρική εγκατάσταση. Αντιλαμβάνεται, λοιπόν, κανείς από την μορφή του διαγράμματος ότι την μεγαλύτερη συνεισφορά στο πρόβλημα την έχουν δύο κατηγορίες προβλημάτων, η αστοχία της μηχανής και η έλλειψη πρώτων υλών.

Αρα όλες οι προσπάθειες βελτίωσης της παραγωγικής διαδικασίας θα πρέπει να εντοπιστούν στην συντήρηση των μηχανών για να αυξήσουν την αξιοπιστία αυτών όσο και στην έγκαιρη παραγγελιοληψία και αποστολή των πρώτων ύλων. Προφανώς, οι υπόλοιπες αιτίες δεν θα πρέπει να αγνοηθούν αλλά βέβαια η εστίαση της προσοχής θα αποφέρει αποτέλεσμα όταν καταπολεμήσει τις αιτίες που προκαλούν περίπου το 90% των προβλημάτων.

### 2.5.6 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΙΤΙΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ

Αυτή είναι μια τεχνική για τον προσδιορισμό των πλέον πιθανών αιτιών που επενεργούν σε ένα πρόβλημα, μια κατάσταση ή σε ένα προγραμματισμένο έργο. Μπορεί να βοηθήσει στην ανάλυση των σχέσεων αιτίας αποτελέσματος και μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατ'επανάληψη σε συνδυασμό με τον καταιγισμό ιδεών (Brainstorming) και την ανάλυση Pareto που αναλύθηκε παραπάνω. Το εργαλείο που χρησιμοποιείται, το διάγραμμα αιτίου – αποτελέσματος, είναι μια εμφανώς αποτελεσματική μέθοδος καταγραφής των πιθανών αιτιών ενός ορισμένου προβλήματος.



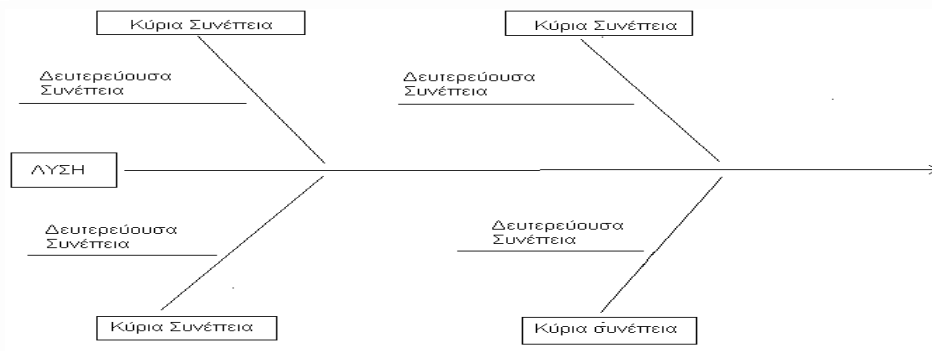
**Διαγραμμα 2.9**

#### **Αρχές του διαγράμματος αιτίου αποτελέσματος**

Στο Διάγραμμα 2.9, φαίνονται οι αρχές σχεδιασμού ενός τέτοιου εργαλείου ποιότητας. Το αποτέλεσμα - χαρακτηριστικό ποιότητας τοποθετείται σε ένα κουτί

στην δεξιά άκρη και σχεδιάζεται μια μακριά γραμμή διεργασίας που παραπέμπει στο κουτί αυτό. Αφού αποφασιστούν οι μεγαλύτερες κατηγορίες αιτιών, καταγράφονται σε κάθε πλευρά της γραμμής διεργασίας μέσα σε άλλα κουτιά τα οποία συνδέονται μέσω γραμμών απευθείας με την κεντρική γραμμή διεργασίας. Στο διάγραμμα αυτό οι κατηγορίες αυτές αποτυπώνονται σαν Αιτία Α, Αιτία Β και τα λοιπά. Με τον τρόπο αυτό, κάθε κύριο αίτιο μπορεί να θεωρηθεί ως αποτέλεσμα αυτό καθ'αυτό, που έχει την δική του γραμμή διεργασίας γύρω από την οποία μπορούν να διακλαδιστούν άλλα συσχετιζόμενα αίτια. Οι γραμμές Α1, Α2 είναι δευτερεύουσες αιτίες που συνεισφέρουν στην κύρια αιτία Α γι' αυτό και συνδέονται απευθείας με την γραμμή διεργασίας της. Παραδείγματα αιτιών που ανήκουν σε μεγάλες κατηγορίες είναι οι μέθοδοι, τα μηχανήματα, το εργατικό δυναμικό και τα υλικά. Στην περίπτωση που μια κατηγορία αιτιών αρχίζει να κυριαρχεί μέσα στο διάγραμμα, είναι απαραίτητο να απομονωθεί η ομάδα αυτή σε ένα ξεχωριστό διάγραμμα. Παράλληλα θα μπορούσαν να μπουν σε κύκλο τα πιο πιθανά αίτια για να υποδηλώσουμε ότι θα πρέπει να είναι τα πρώτα που θα αντιμετωπιστούν.

Το διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος είναι γνωστό και ως διάγραμμα ψαροκόκκαλου, εξαιτίας της εμφάνισής του, ή ως διάγραμμα Ishikawa, από τον Ιαπωνέζο καθηγητή Κ. Ishikawa (1915-1989) που το εισήγαγε στην Ιαπωνία, και έκτοτε έχει γίνει απαραίτητο εργαλείο για το ιαπωνικό μανατζμεντ.



**Διαγραμμα 2.10**  
**Αρχές του διαγράμματος συνεπειών λύσης**

Το διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος (Διάγραμμα 2.9) αποτελεί το εναντιόμορφο είδωλο του διαγράμματος συνεπειών-λύσης, το οποίο βοηθάει στον προσδιορισμό της πιθανής συνέπειας μιας προτεινόμενης λύσης ενός προγραμματισμένου έργου ή ενός προβλήματος. Η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί είναι παρόμοια με αυτή που ακολουθούμε για την αιτιολογική ανάλυση του αποτελέσματος.

### 2.5.7 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΚΟΡΠΙΣΗΣ

Τα διαγράμματα διασκόρπισης αποτελούν γραφήματα στα οποία απεικονίζονται οι τιμές δύο μεταβλητών με την μορφή σημείων. Η μία μεταβλητή παριστάνεται στον οριζόντιο άξονα και η άλλη στον κάθετο. Αν και δεν μπορούν να εξαχθούν ακριβή στατιστικά συμπεράσματα παρόλα αυτά υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων από την ενδεχόμενη συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών.

Για την κατασκευή ενός διαγράμματος διασκόρπισης θα πρέπει να ακολουθηθούν τα παρακάτω βήματα:

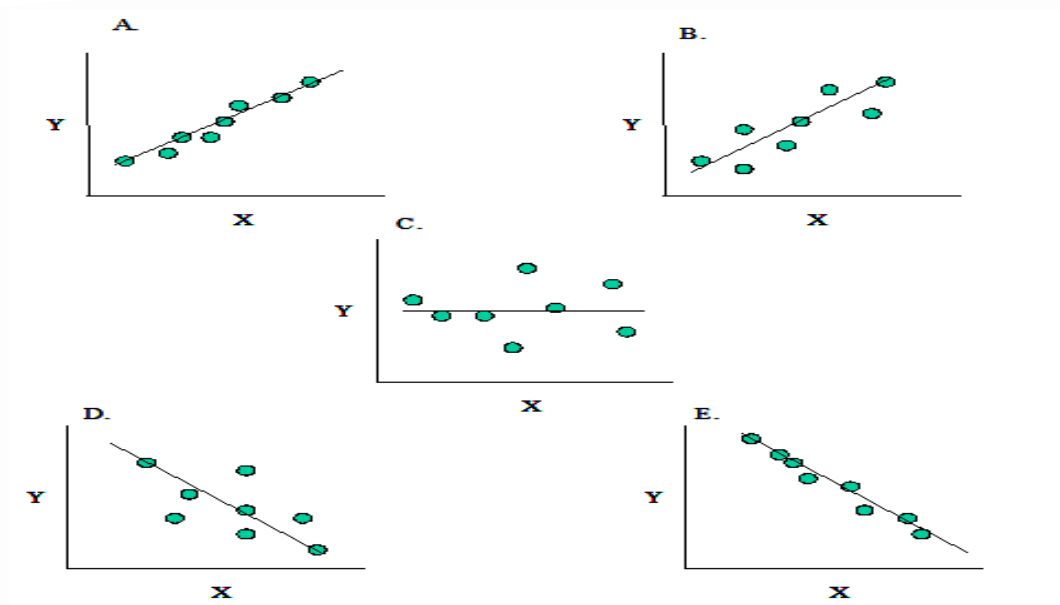
- **Συλλογή Δεδομένων:** Λαμβάνονται 50 έως 100 ζεύγη τιμών τα οποία μπορούν να υποστηρίξουν μια πιθανή συσχέτιση.

- *Σχεδιασμός διαγράμματος:* Δημιουργείται ένα ορθογώνιο σύστημα αξόνων και ακολουθεί ο προσδιορισμός της ονομασίας τόσο στον οριζόντιο άξονα όσο και στον κάθετο άξονα. Στο σύστημα αυτό αποτυπώνονται τα ζεύγη των μεταβλητών ως ξεχωριστά σημεία.
- *Τίτλος του διαγράμματος*

Τα διαγράμματα διασκόρπισης δείχνουν γενικά μία από τις παρακάτω συσχετίσεις μεταξύ των δύο μεταβλητών :

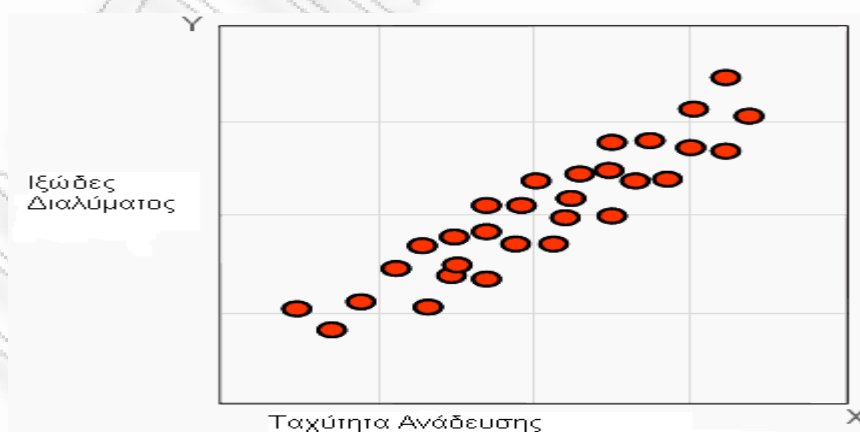
- *Ισχυρή Θετική Συσχέτιση:* Η τιμή της μεταβλητής  $Y$  αυξάνει καθαρά με την αύξηση της μεταβλητής  $X$  ( Σχήμα Α).
- *Ισχυρή Αρνητική Συσχέτιση:* Η τιμή της μεταβλητής  $Y$  μειώνεται καθαρά με την αύξηση της μεταβλητής  $X$  (Σχήμα Ε)
- *Ασθενής Θετική Συσχέτιση:* Η τιμή της μεταβλητής  $Y$  αυξάνει ελαφρώς από την αύξηση της μεταβλητής  $X$  (Σχήμα Β).
- *Ασθενής Αρνητική Συσχέτιση:* Η τιμή της μεταβλητής  $Y$  μειώνεται ελαφρώς με την αύξηση της μεταβλητής  $X$  (Σχήμα D).
- *Καμία Συσχέτιση:* Δεν αποδεικνύεται καμία σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών ( Σχήμα C).





**Διάγραμμα 2.11**  
**Απεικονίσεις πιθανών συσχετίσεων**

Σε ορισμένες περιπτώσεις από το διάγραμμα διασκόρπισης προκύπτει ένα ακανόνιστο «νέφος» σημείων που παραπέμπει σε ανύπαρκτη συσχέτιση. Μπορεί όμως, το γεγονός αυτό να οφείλεται σε στοιχεία που συλλέχθηκαν σε δύο ή παραπάνω περιόδους από δύο ή παραπάνω διεργασίες και οδήγησαν σε λάθος συμπεράσματα.



**Διάγραμμα 2.12**  
**Διάγραμμα Διασκόρπισης του ιξώδους ενός διαλύματος σε σχέση με την ταχύτητα ανάδευσης**

Στο Διάγραμμα 2.12, απεικονίζεται η συσχέτιση του ιξώδους ενός διαλύματος σε σχέση με την ταχύτητα ανάδευσης αυτού. Από το διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι υπάρχει μια ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ του ιξώδους του συγκεκριμένου διαλύματος σε σχέση με την ταχύτητα ανάδευσης του. Αυτό σημαίνει ότι όσο πιο γρήγορα αναδεύεται μέσα σε ένα παραγωγικό καζάνι το συγκεκριμένο προϊόν τόσο πιο πολύ πήζει. Αυτό μπορεί να αποτελεί σημαντική πληροφόρηση στην περίπτωση που η μέτρηση του ιξώδους αποτελεί σημαντική παράμετρος ποιότητας. Έτσι καθορίζοντας τις στροφές ανάδευσης σε τέτοιο βαθμό ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό ιξώδες βάση προδιαγραφών μπορεί κάποιος να κερδίσει παραγωγικό χρόνο και να περιορίσει τις ενδεχόμενες αποκλίσεις που ίσως να σημαίνουν ανακατεργασία του προϊόντος ή ακόμα και απόρριψη του.

## **2.6 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ**

Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύχθηκαν συνοπτικά τα βασικά εργαλεία που ακολουθούν οι διάφοροι οργανισμοί προκειμένου να διασφαλίσουν την ποιότητα των προϊόντων τους και των παρεχόμενων υπηρεσιών όπως είναι η Πιστοποίηση με το Πρότυπο Ποιότητας ISO 9000 καθώς και η μεθοδολογία Έξι σίγμα. Παράλληλα, δόθηκε μια περιγραφή του όρου Κόστος Ποιότητας που αποτελεί την γενεσιουργό αιτία της προσπάθειας παροχής ποιοτικών προϊόντων και υπηρεσιών. Τέλος, έγινε εκτενή αναφορά στα 7 εργαλεία Ποιότητας που έχουν και την μεγαλύτερη συμβολή στην βελτίωση της ποιότητας.

Αρχικά, για το Κόστος της Ποιότητας έγινε αναφορά στην ιστορική αιτία που προκάλεσε την γέννηση του όρου έτσι όπως αυτή αποτυπώθηκε από την μη

μετατροπή των αντικειμενικών μειονεκτημάτων λόγω της έλλειψης ποιότητας σε χρηματικές μονάδες. Δόθηκαν οι τέσσερις βασικές κατηγορίες του Κόστους ποιότητας μαζί με τις υποκατηγορίες τους ένω αναπτύχθηκαν τα οφέλη που αποκομίζουν οι οργανισμοί από την επένδυση στην ποιότητα. Ο όρος Return on Quality (ROQ) επινοήθηκε για να συνδέσει την ποιότητα με την ανταποδοτικότητα σε χρηματικές μονάδες για να γίνεται ευκολότερη η αξιολόγηση της επένδυσης σε αυτή.

Στην συνέχεια, έγινε παρουσίαση του Προτύπου Ποιότητας ISO 9000:2000 εστιάζοντας κυρίως στους σκοπούς τους οποίους εκπληρώνει, την δομή του και τα οφέλη που αποκομίζει ένας οργανισμός από την αφομοίωση του. Τα οφέλη αυτά διακρίθηκαν σε εσωτερικά και εξωτερικά. Τα εσωτερικά οφέλη έχουν να κάνουν κυρίως με το εργατικό δυναμικό και πως αυτό επηρεάζεται θετικά από την ύπαρξη κανόνων και κατευθυντήριων γραμμών που οδηγούν στην αύξηση της παραγωγικότητας. Από την αλλη, τα εξωτερικά οφέλη σχετίζονται με την εξωτερική εικόνα του οργανισμού προς τους πελάτες και τους ανταγωνιστές. Και μόνο η συμμόρφωση με τα Πρότυπα ανοίγει τις πόρτες σε καινούριες αγορές κερδίζει την εμπιστοσύνη φίλων και εχθρών και είναι ικανή να βελτιώσει και την οικονομική θέση της επιχείρησης μέσω της αύξησης του μεριδίου αγοράς.

Παράλληλα με τα πρότυπα, η μεθοδολογία έξι σίγμα έτσι όπως περιγράφηκε παραπάνω απέδειξε ότι συνεσφέρει στην βελτίωση και διασφάλιση της ποιότητας εστιάζοντας στον εντοπισμό και την εξαφάνιση των αστοχιών μέσα στην παραγωγική διαδικασία με άμεσο οικονομικό αντίκτυπο για τον οργανισμό. Επιπροσθέτως δόθηκε εν συντομία η στατιστική λογική του έξι σίγμα και έγινε εισαγωγή στην μεθοδολογία DMAIC που αποτελεί βασικό της εργαλείο και χρησιμοποιεί όλα εκείνα τα στατιστικά εργαλεία που περιγράφηκαν στο τελευταίο μέρος του κεφαλαίου όπως είναι το

διάγραμμα ροής, τα φύλλα ελέγχου, το ιστόγραμμα, το διάγραμμα Pareto, το διάγραμμα αιτίου – αποτελέσματος και το διάγραμμα διασποράς.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

## Επιλεγμένη Βιβλιογραφία

- Λογοθέτης, Ν., Μανατζμεντ Ολικής Ποιότητας, Interbooks, 1992
- Chakrabarty, A. and Tan, K.C., Managing Service Quality, 2007
- Coronado, R.B. and Antony, J. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations, The TQM magazine, 2002
- Crosby, P., Quality is Free. New York: Mcgraw-Hill, 1979
- Deming, Edwards W., Out of Crisis, Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering Study, 1986
- Evans, James R., and Lindsay, N. M., The Management and Control of Quality. New York: West Publishing Company, 2001
- Garvin, David A., Managing Quality. New York: The Free Press, 1988
- Goh, T.N., Quality Reliability Engineering International, 2002
- Heizer, J., Render, B., Operations management 8<sup>th</sup> Edition, 2005
- Henderson, K.H. and Evans, J.R., Successful implementation of Six sigma: benchmarking General Electric company, Benchmarking: An International Journal, 2000
- Hensley, R.L. and Dobie, K., Managing Service Quality, 2005
- Ishikawa, K., Guide to Quality Control, Asian Productivity Organization, 1968
- James, P., Total Quality Management, 1998
- Montgomery, Douglas C., Introduction to statistical Quality Control. 4<sup>th</sup> Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2001

### **Ξενογλώσσα Άρθρα**

Casadesus, M., Gimenz, G., Heras, I., Benefits of ISO 900 implementation in Spanish Industry, European Business Review, Vol 13, No 6, pp 327-335, 2001

Gotzamani, D. Katerina, and Tsiotras, D. George, An empirical study of the ISO 9000 standards' contribution towards total quality management, International Journal of Operations and Production Management, Vol 21, No 10, pp1326-1342, 2001

Sower, E. Victor, Ross Quarles, Broussard, E., Cost of Quality usage and its relationship to quality system maturity, International Journal of Quality and Reliability Management, Vol 27, pp 121-140, 2007

### **INTERNET RECOURCES**

[www.asq.org](http://www.asq.org)

[www.iso.org/iso/home.html](http://www.iso.org/iso/home.html)

[www.juran.com](http://www.juran.com)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ

#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι παραδοσιακοί τρόποι ελέγχου της ποιότητας σε μια παραγωγική διαδικασία ήταν εκείνοι της 100% επιθεώρησης και της επιθεώρησης δειγμάτων. Και οι δύο τρόποι επικεντρώνονταν στο τελικό αποτέλεσμα της διαδικασίας. Όταν τα προϊόντα ήταν επικίνδυνα από πλευράς ασφάλειας ή όταν η παραγωγή διεξαγόταν σε μικρές ποσότητες, ο 100% έλεγχος του τελικού προϊόντος ήταν συνήθως το προτιμητέο είδος ελέγχου της ποιότητας. Ωστόσο, ακόμα και η 100% επιθεώρηση δεν είναι αξιόπιστη κατά 100% και σε μερικές περιπτώσεις γινόταν ολική επιθεώρηση δύο φορές ή και περισσότερες. Όταν η παραγωγή αποτελούνταν από μεγάλες παρτίδες, οπότε ήταν απαγορευτική η πλήρης επιθεώρηση λόγω κόστους και χρόνου, η επιθεώρηση δειγμάτων ήταν η προτιμητέα μέθοδος ποιοτικού ελέγχου. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει την επιθεώρηση ενός μόνο δείγματος από ολόκληρη την παρτίδα και από την ποιότητα του δείγματος εκτιμάται η ποιότητα ολόκληρης της παρτίδας.

Μια πολύτιμη εναλλακτική πρόταση για την αξιολόγηση της παραγόμενης ποιότητας δίνεται από την τεχνική του Στατιστικού Ελέγχου Διεργασίας (SPC, Statistical Process Control), ο οποίος έχει στόχο να περιορίσει την παραγωγή ελαττωματικών προϊόντων εστιάζοντας περισσότερο στην παραγωγική διεργασία και όχι στο τελικό προϊόν αυτό καθ'αυτό. Αυτό βέβαια, δίνει μια σαφή υπεροχή έναντι του δειγματοληπτικού σχεδιασμού που στόχο έχει να παγιδέψει τα ελαττωματικά προϊόντα μετά την παραγωγή τους, κάτι που κάνει αυτό τον τύπο ποιοτικού ελέγχου μια διαδικασία αξιολόγησης και όχι μια προσπάθεια για την βελτίωση της ποιότητας.

Παρόλαυτα, υπάρχει ένα κοινό χαρακτηριστικό ανάμεσα στον δειγματοληπτικό σχεδιασμό και το SPC. Όπως στον δειγματοληπτικό σχεδιασμό, έτσι και το SPC επιχειρεί να χρησιμοποιήσει την σχέση ανάμεσα στις ιδιότητες ενός δείγματος και τις ιδιότητες του πλυθισμού. Η διαφορά έγκειται στο ότι το SPC παρέχει στον χρήστη την ευκαιρία να διορθώσει ή να ρυθμίσει κατάλληλα την παραγωγική διαδικασία εγκαίρως, ώστε να αποφύγει την απόρριψη ολόκληρων παρτίδων αργότερα. Ενθαρρύνει επίσης, τη διαρκή βελτίωση της διεργασίας η οποία αντανακλάται στο προϊόν, καθώς και στον εξοπλισμό παραγωγής. Παρόλο που οι τεχνικές λεπτομέρειες του SPC ήταν γνωστές από παλιά (Shewhart, 1931), το ενδιαφέρον γι' αυτό αναζωπυρώθηκε στην Δύση, μόνο αφότου η Ιαπωνική βιομηχανία απέδειξε στην πράξη την χρησιμότητα του SPC (υποκινούμενη από την διδασκαλία του Deming που αναφέρθηκε στο πρώτο κεφάλαιο). Η εμπλοκή του Deming στην διδασκαλία του SPC εξύψωσε την φήμη του ως ένα εξαιρετικά σημαντικό τεχνικό εργαλείο για το μανατζμεντ ποιότητας.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια εκτενή παρουσίαση των εργαλείων που χρησιμοποιεί ο Στατιστικός Έλεγχος Διεργασίας προκειμένου να διασφαλιστεί ότι το παραγόμενο προϊόν όχι μόνο πληρεί τις προδιαγραφές του πελάτη ή της ίδιας της εταιρίας αλλά η απόδοση της παραγωγικής διαδικασίας είναι προβλέψιμη και ελεγχόμενη. Τα βασικά εργαλεία όπως αυτά θα παρουσιαστούν παρακάτω είναι τα διαγράμματα ελέγχου μεταβλητών και τα διαγράμματα ελέγχου χαρακτηριστικών. Παράλληλα θα γίνει αναφορά στους κανόνες ευαισθητοποίησης των διαγραμμάτων ελέγχου και θα δοθούν παραδείγματα για την καλύτερη κατανόηση των ιδιαίτερων μοτίβων που εμφανίζονται στα διαγράμματα αυτά. Τέλος, θα δοθεί ο ορισμός και η ερμηνεία του δείκτη ικανότητας της διεργασίας και πως αυτός μπορεί να υπολογίσει την δυνατότητα μιας διεργασίας να πληρεί τις προδιαγραφές του προϊόντος που έχουν ορισθεί.



### 3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η βάση της μέτρησης μιας παραγωγικής διαδικασίας είναι ένας δείκτης απόδοσης, είτε σε επίπεδο ατομικό, ομάδος, είτε σε επίπεδο επιχειρησιακού τμήματος, που υπολογίζεται σε χρονικά διαστήματα (ωριαία, ημερήσια κτλ). Η τοποθέτηση των μετρήσεων απόδοσης σε ένα διάγραμμα ελέγχου (control chart) μπορεί να αποκαλύψει ένα ενδεικτικό σχεδιάγραμμα βάσει του οποίου κατάλληλα μέτρα μπορούν να ληφθούν. Το SPC περιλαμβάνει την εκτέλεση των απαραίτητων υπολογισμών, έτσι ώστε να μπορούν να εισαχθούν στο διάγραμμα ελέγχου γραμμές συσχετιζόμενες με την απόδοση που καλούνται όρια ελέγχου. Εφόσον οι μετρήσεις των δειγμάτων κατανέμονται τυχαία ανάμεσα στο ανώτατο και το κατώτερο όριο, θεωρείται ότι η διεργασία είναι υπό έλεγχο. Η μη τυχαία θέση των σημείων ή οι αποκλίσεις εκτός ορίων, απαιτούν άμεσες επανορθωτικές ενέργειες ώστε να επανέλθει η διεργασία σε μια σταθερή κατάσταση. Αυτή η σταθερή κατάσταση καλείται Κατάσταση Στατιστικού Ελέγχου, μια κατάσταση όπου η διασπορά είναι ελέγξιμη και προβλέψιμη. Οι λειτουργίες που επιτελεί το SPC δεν είναι μόνο το να υπολογίσει την απόδοση και να προσδιορίσει εάν συμμορφώνεται ή όχι με τις απαιτήσεις του στατιστικού ελέγχου. Επιδιώκει επίσης να καθοδηγήσει ενέργειες επί της διαδικασίας στον κατάλληλο χρόνο, ώστε η διασπορά της διεργασίας να ελαχιστοποιηθεί και να προληφθούν μεγαλύτερα προβλήματα στο μέλλον.

Ο χρόνος δράσης και το είδος των ενεργειών εξαρτώνται από το εάν τα αίτια της διασποράς είναι ελεγχόμενα (κοινά) ή μη ελεγχόμενα (ειδικά). Σύμφωνα με τον Shewhart ( 1891- 1967), η μη ελεγχόμενη διασπορά οφείλεται σε προσδιορίσιμα αίτια ενώ η ελεγχόμενη παρέκκλιση οφείλεται σε μη προσδιορίσιμα, συμπτωματικά ή τυχαία. Ο Deming στα κείμενα του τα ονόμασε ως ειδικά και κοινά αίτια αντίστοιχα. Η

παραβίαση των ορίων ενός διαγράμματος ελέγχου είναι ένδειξη ύπαρξης ειδικών αιτίων παρέκκλισης, τα οποία συχνά είναι εύκολα αναγνωρίσιμα όπως αλλαγές χειριστή ή βάρδιας, μεταβολές των Α' υλών, απώλειες λόγω καταστροφής των μηχανημάτων, παρερμηνευμένες διαδικασίες, ακατάλληλες ρυθμίσεις των μηχανημάτων και άλλα. Τα αίτια αυτά δεν είναι κοινά για όλες τις εμπλεκόμενες εργασίες γι' αυτό η ανακάλυψη τους και η απομάκρυνσή τους απαιτούν επί τόπου ενέργειες από κάποιον που να συνδέεται άμεσα με την παραγωγική διαδικασία.

Τα κοινά αίτια αναφέρονται στις διάφορες πηγές διασποράς, σε μια διεργασία που βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο. Αυτά θα μπορούσαν να είναι οι μη ελεγχόμενες περιβαντολλογικές συνθήκες, η μεταβλητότητα των αγοραζόμενων υλικών, η δυσλειτουργία των φθαρμένων μηχανημάτων, οι ανοχές των εξαρτημάτων καθώς και άλλα αίτια που δεν είναι εμφανή ή μπορεί να μην είναι παρόντα συγχρόνως ανά πάσα στιγμή, τα οποία όμως αν ληφθούν υπόψη παράγουν μη αναμενόμενα αποτελέσματα. Η ανάλυση των κοινών αιτίων απαιτεί δράση επί του συστήματος που αυτό συνήθως είναι καθήκον της διοίκησης επειδή απαιτεί αλλαγή στην ίδια την διεργασία, στον εξοπλισμό της και στον τρόπο σχεδιασμού της. Το πλεονέκτημα των τεχνικών του SPC έγκειται στην ικανότητα τους να παρέχουν μια κοινή γλώσσα, η οποία μπορεί να βοηθήσει όλους τους εργαζομένους σε μια επιχείρηση να αποφεύγουν την επιζήμια παρεμβολή τους στην διεργασία και να διακρίνουν σωστά ανάμεσα στα ειδικά και τα κοινά αίτια, αποφεύγοντας έτσι την άσκοπη υπαιτιότητα και τις αλληλοκατηγορίες. Μπορούν έτσι να λαμβάνονται σωστές αποφάσεις όσον αφορά στο είδος της ενέργειας που απαιτείται και ποιος θα έχει την ευθύνη για αυτήν. Η έρευνα έχει δείξει ότι μόνο το 15% περίπου των προβλημάτων της παραγωγικής διαδικασίας οφείλεται σε ειδικές αιτίες και επομένως τα προβλήματα μπορούν να λυθούν επί τόπου από τους ανθρώπους που συνδέονται άμεσα με την διαδικασία. Το

υπόλοιπο 85% μπορεί να επιλυθεί μόνο με την δραστηριοποίηση της Διοίκησης πάνω στο σύστημα.

Αυτό που πρέπει να γίνει σαφές είναι ότι τα όρια ελέγχου δεν είναι όρια προδιαγραφών. Τα όρια ελέγχου δεν εξαρτώνται από τυχόν απαιτήσεις, προκαθορισμένες αξιώσεις ή οικονομικές αναγκαιότητες αλλά μόνο από το πως πραγματικά λειτουργεί η διεργασία εκείνη την περίοδο. Παρόλο που η ικανότητα και ο έλεγχος είναι τελείως διαφορετικά πράγματα υπάρχει μια στενή σχέση ανάμεσα τους αναφορικά με την αρχή της συνεχούς βελτίωσης. Υπάρχει, βέβαια, και ένα σαφές θέμα προτεραιοτήτων, δηλαδή, πρώτα πρέπει να διασφαλιστεί η συνέπεια και η σταθερότητα (στατιστικός έλεγχος) και μετά να εξετασθεί το ζήτημα της ικανότητας (πλήρωση των προδιαγραφών). Υπάρχουν δύο τύποι διαγραμμάτων ελέγχου : τα διαγράμματα μεταβλητών (Variable chart) και τα διαγράμματα χαρακτηριστικών (Attribute chart) τα οποία θα εξετασθούν παρακάτω. Πρώτα όμως θα δοθεί μία σύνοψη της πλέον απαραίτητης προϋπόθεσης ενός διαγράμματος ελέγχου που είναι το σχέδιο συλλογής των δεδομένων. Αυτό πρέπει να είναι σωστά ανεπτυγμένο όσον αφορά στη συλλογή, καταγραφή και απεικόνιση των δεδομένων.

### **3.3 ΣΧΕΔΙΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Ο αντικειμενικός σκοπός του διαγράμματος ελέγχου είναι να παρασχει μια αξιόπιστη και χωρίς προκαταλήψεις εικόνα της απόδοσης της διεργασίας. Η επιτυχία αυτού του σκοπού φυσικά εξαρτάται από την αξιοπιστία και το αμερόληπτο των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Είναι σημαντικό, λοιπόν, πριν από την διεξαγωγή κάθε μελέτης SPC, να υπάρχει ένα προσεκτικό σχέδιο συλλογής δεδομένων, επαρκής εκπαίδευση του προσωπικού και εξοπλισμός με κατάλληλη συντήρηση και ρύθμιση. Υπάρχουν

διάφορες εκδοχές των δειγματοληπτικών σχεδιασμών. Μία από αυτές είναι όταν κανείς συλλέγει συνεχώς δείγματα, μέχρι να σιγουρευτεί αρκετά για το αν θα αποδεχθεί ή θα απορρίψει την παρτίδα. Όμως πάντοτε, υπάρχει κάποια αβεβαιότητα, που έχει δύο όψεις:

1. Υπάρχει η πιθανότητα να απορριφθεί μία παρτίδα παρόλο που δεν είναι τόσο κακή, όσο φαίνεται από το δείγμα.
2. Υπάρχει πιθανότητα να γίνει δεκτή μία παρτίδα παρόλο που είναι χειρότερη από ότι θεωρήθηκε αρχικά, με βάση το δείγμα.

Ο κίνδυνος που εμπεριέχεται στο 1) είναι ισοδύναμος με την πιθανότητα του σφάλματος τύπου I ( εσφαλμένη απόρριψη ) και ο κίνδυνος που εμπεριέχεται στο 2) είναι ισοδύναμος με την πιθανότητα του σφάλματος τύπου II ( εσφαλμένη απόδοχή ). Όποιος και αν είναι ο δειγματοληπτικός σχεδιασμός, γεγονός παραμένει ότι ο παραγωγός θα πρέπει να αποδεχτεί μια ορισμένη πιθανότητα κινδύνου να ξεφύγουν κάποια ελαττωματικά προϊόντα από το δίκτυο του ποιοτικού ελέγχου. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την αρχή της ολικής ποιότητας και πολλές επιχειρήσεις που έχουν δεσμευθεί ως προς τις ιδέες της διοίκησης ολικής ποιότητας αυξάνουν τις προσπάθειες τους για την ανακάλυψη και χρήση εναλλακτικών μεθόδων ποιοτικού ελέγχου, οι οποίες θα μπορούσαν να εξασφαλίσουν ένα υψηλότερο βαθμό ακρίβειας και πιστότητας για τα προϊόντα τους. Οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για το σχέδιο δειγματοληψίας είναι οι εξής:

#### *Το χαρακτηριστικό της ποιότητας*

Αυτό θα πρέπει να είναι εύκολα μετρήσιμο και αντιπροσωπευτικό μιας λειτουργίας κλειδί, η οποία έχει μια σημαντική επίδραση στην απόδοση της επιχείρησης.

### *Το είδος των δεδομένων που θα συλλεχθούν*

Τα δεδομένα είτε θα εκφραστούν ποσοτικά και θα μετρηθούν σε συνεχόμενη κλίμακα (μεταβλητά δεδομένα) είτε θα εκφραστούν υπό τύπο ναι / όχι, δηλαδή αποδεκτό / απορρίπτεται, συμμορφώνεται / δεν συμμορφώνεται (δεδομένα ιδιοτήτων) κτλ. Ανάλογα με το είδος των δεδομένων θα πρέπει να επιλέγεται διαφορετικός τύπος διαγράμματος ελέγχου.

### *Το μέγεθος του δείγματος και η συχνότητα συλλογής του*

Αυτά εξαρτώνται από το τύπο των δεδομένων, την πρακτική εμπειρία και την γνώση που έχει αποκτηθεί για την διεργασία. Απαιτούνται κάποιος αρχικός πειραματισμός και μια εξέταση των στατιστικών κριτηρίων. Δεν υπάρχουν αυστηροί κανόνες που θα πρέπει να ακολουθηθούν και δεν υπάρχει ανάγκη να εμμένει κάποιος συνέχεια στο ίδιο αριθμό μεγέθους δείγματος και στην ίδια συχνότητα δειγματοληψίας. Ο μόνος κανόνας που θα πρέπει να ακολουθηθεί είναι ότι αυτοί οι αριθμοί θα πρέπει να αντανakλούν την ενυπάρχουσα μεταβλητοτητα της διεργασίας. Επομένως, είναι φυσικό ότι αυτοί οι αριθμοί θα πρέπει να είναι μεγαλύτεροι στην αρχή της προσπάθειας του SPC, όταν δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες για την μεταβλητότητα της διεργασίας. Όταν αποκτηθούν περισσότερα δεδομένα και υπάρχει μεγαλύτερη σιγουριά, οι αριθμοί αυτοί μπορούν να μειωθούν. Παρόλαυτά, στα μεταβλητά δεδομένα, οι συχνές εφαρμογές του SPC στην βιομηχανία αυτοκινήτων οδήγησαν σε μια ευρεία αποδοχή του μεγέθους δείγματος 5 και της ωριαίας συχνότητας δειγματοληψίας. Για δεδομένα ιδιοτήτων είναι απαραίτητο ένα πολύ μεγαλύτερο μέγεθος δείγματος, αρκετά μεγάλο για να επιτρέψει την εμφάνιση κατά μέσο όρο διαφόρων ιδιοτήτων ανά υπό-ομάδα. Για παράδειγμα, σε διεργασία που λαμβάνει χώρα με 2% ποσοστό ελαττωμάτων απαιτείται μέγεθος δείγματος τουλάχιστον 200, για να επιτρέψει την εμφάνιση κατά μέσο όρο τουλάχιστον 2 ελαττωμάτων ανά δείγμα.

*Ο αριθμός των υπο-ομάδων που θα χρησιμοποιηθούν στο διάγραμμα*

Για να μπορέσει να υπάρξει μια επαρκή ιδέα για την μεταβλητότητα που ενυπάρχει στην διαδικασία για την διαμόρφωση των αρχικών ορίων ελέγχου, υπάρχει η διαδεδομένη αποδοχή της συλλογής τουλάχιστον 20 υπο-ομάδων. Επομένως, για να αντανakλά το διάγραμμα ελέγχου την πιο πρόσφατη απόδοση της διεργασίας τα όρια ελέγχου θα πρέπει να υπολογίζονται εκ νέου για τις τελευταίες 20 υπο-ομάδες. Δεν υπάρχει κάτι απαραβίαστο γύρω από τους αριθμούς 20 ή 2 για τον αριθμό των υπο-ομάδων. Απλά συμβαίνει, μεσω στατιστικών αναλύσεων στο παρελθόν, αυτοί οι αριθμοί να είναι κατάλληλοι για να υποδηλώσουν σημαντικές αλλαγές στην διεργασία και την ίδια στιγμή να εξομαλύνουν μικρότερες περιττές αλλαγές.

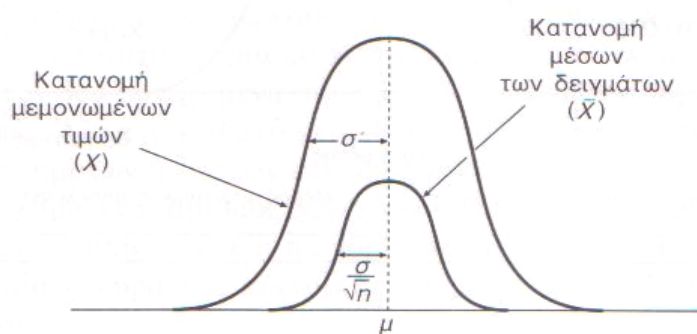
*Κοστος*

Κάθε προσπάθεια βελτίωσης θα πρέπει να είναι οικονομική. Θα πρέπει, δηλαδή, να υπολογιστεί το κόστος της δειγματοληψίας, το κόστος της ανάλυσης των δεδομένων και το κόστος της διόρθωσης των ειδικών αιτιών διασποράς. Αυτό θα μπορέσει να εγγυηθεί και να εξασφαλίσει την συνέχεια της προσπάθειας.

Αντιλαμβάνεται κανείς ότι για να εκτελέσει κάποιος έναν Στατιστικό Έλεγχο Διεργασίας απαιτείται αρκετός χρόνος προκειμένου να σχεδιαστούν με ακρίβεια όλες εκείνες οι παράμετροι που εμπλέκονται στον έλεγχο και τον επηρεάζουν άλλοτε σημαντικά και άλλοτε λιγότερο σημαντικά. Ο χρόνος, λοιπόν, που ξοδεύεται οφείλεται κυρίως στο δειγματοληπτικό σχέδιο που θα ακολουθηθεί προκειμένου να διασφαλιστεί ότι τα δεδομένα που θα συλλεχθούν θα μπορούν να αποτυπώσουν αξιόπιστα την μεταβλητότητα της διαδικασίας και να οδηγήσουν σε αποφάσεις με γνώμονα την βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων.

### 3.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Οι οδηγίες των διαγραμμάτων ελέγχου για τις μεταβλητές (θερμοκρασία, πυκνότητα, βάρος κτλ), βασίζονται στις ιδιότητες της κανονικής κατανομής, σύμφωνα με την οποία πάνω από το 99% των τιμών κατανέμονται μέσα σε μια ζώνη 6 τυπικών αποκλίσεων ( $\pm 3\sigma$ ) από την κεντρική γραμμή. Εάν έχει κανείς να κάνει με μέσους όρους δείγματος, μπορεί να εφαρμόσει τους αλγορίθμους της κανονικής κατανομής. Αυτό συνεπάγεται από την αρχή του κεντρικού οριακού θεωρήματος σύμφωνα με το οποίο η κατανομή δειγματοληψίας του δειγματικού μέσου όρου ακολουθεί την κανονική κατανομή, ακόμα και για πληθυσμούς οι οποίοι δεν κατανέμονται κανονικά, αρκεί το μέγεθος του δείγματος να είναι ικανοποιητικά μεγάλο.

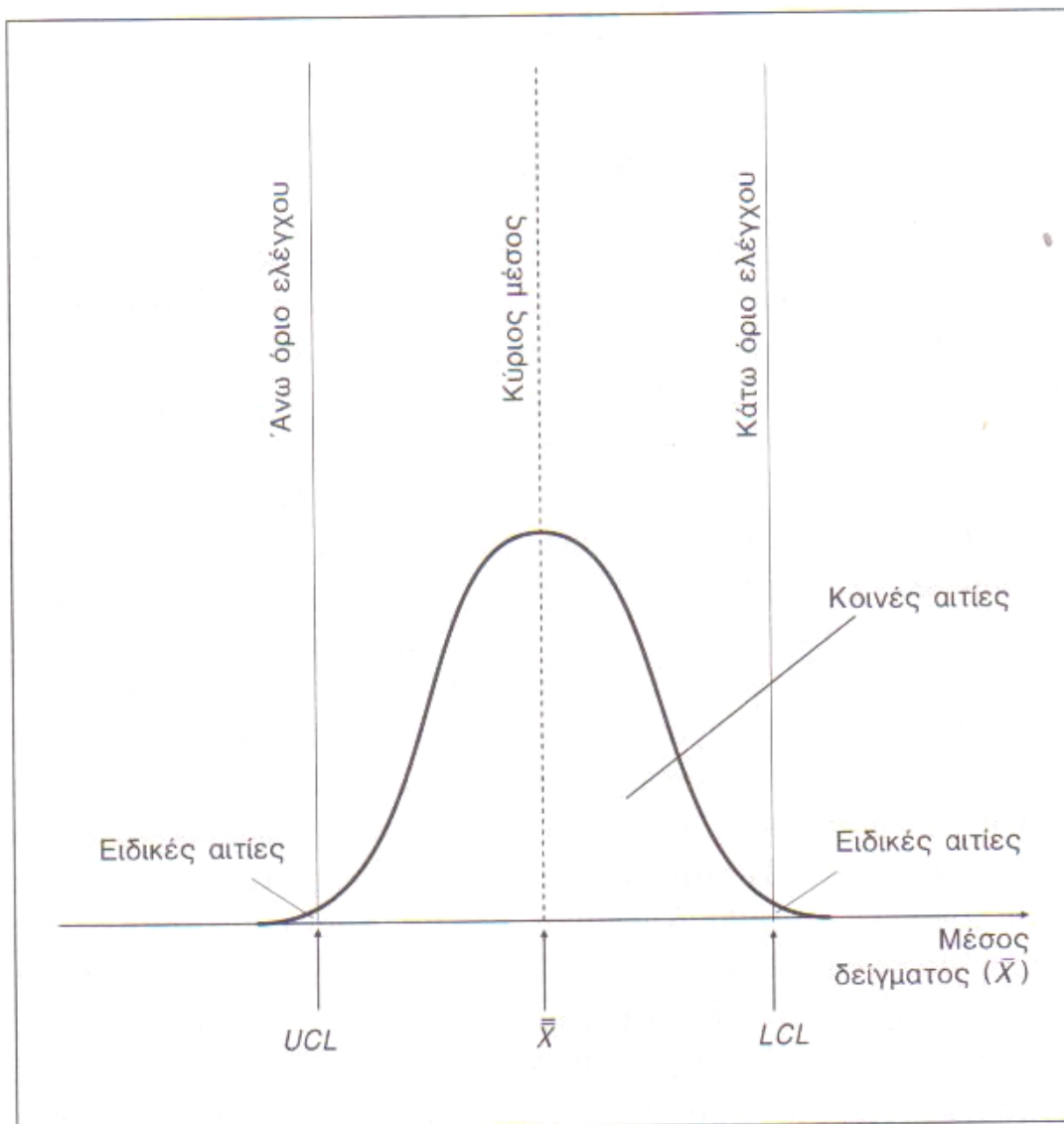


**Διαγραμμα 3.1**

#### **Αρχές του κεντρικού οριακού θεωρήματος**

Στο Διάγραμμα 3.1 φαίνονται οι αρχές του κεντρικού οριακού θεωρήματος. Με την μορφή της μικρής καμπύλης, φαίνεται η κατανομή δειγματοληψίας του δειγματικού μέσου όρου  $\bar{X}$  που ακολουθεί την κανονική κατανομή με μέσο όρο  $\mu$  και διακύμανση  $\frac{\sigma^2}{n}$  ενώ με την μορφή της μεγάλης καμπύλης παριστάνονται οι μεμονομένες τιμές

$X$  του πληθυσμού που κατανέμονται κανονικά με μέσο όρο  $\mu$  και διακύμανση  $\sigma$ . Επομένως, μερικές ιδιότητες της κανονικής κατανομής ισχύουν για τον πληθυσμό των δειγματικών μέσων.



**Διάγραμμα 3.2**

**Αρχές του διαγράμματος ελέγχου**

Στο Διάγραμμα 3.2 αποτυπώνονται οι αρχές του διαγράμματος ελέγχου. Σύμφωνα με αυτό το διάγραμμα το 99,73% των δειγματικών μέσων κατανέμονται μέσα σε μια ζώνη  $\pm 3$  τυπικών αποκλίσεων μετρημένες από την μέση τιμή ( $\mu$ ) οι οποίες ορίζουν τα



όρια ελέγχου στο διάγραμμα ελέγχου. Το κατώτερο όριο ελέγχου συμβολίζεται ως LCL και το ανώτατο όριο ελέγχου συμβολίζεται ως UCL. Η πιθανότητα να βρίσκεται ένα σημείο εκτός των ορίων ελέγχου είναι της τάξης του 0,0027, χονδρικά 3‰, και είναι τόσο ελάχιστη που μπορούμε να θεωρήσουμε ότι δεν συνέβη τυχαία αλλά λόγω της ύπαρξης ενός ειδικού αιτίου διασποράς. Η παραδοχή ότι ένα γεγονός έχει πολύ ελάχιστη πιθανότητα να συμβεί τυχαία, διαμορφώνει την βάση για την παρουσία ενός ειδικού αιτίου διασποράς. Επομένως, για να δράσει κανείς ψάχνει μη πιθανά αίτια. Η παρουσία ενός μέσου δείγματος εκτός των ορίων είναι ένα μη πιθανό γεγονός και επιβεβαιώνει την παρουσία ενός ειδικού αιτίου.

Οι γενικοί κανόνες που ισχύουν στον Στατιστικό Έλεγχο Διεργασίας προκειμένου να προσδιοριστεί ότι μια διεργασία είναι κάτω από στατιστικό έλεγχο είναι:

- Κανένα σημείο δεν πρέπει να βρίσκεται εκτός των ορίων ελέγχου.
- Ο αριθμός των σημείων πάνω και κάτω από την μέση τιμή θα πρέπει να είναι περίπου ίδιος.
- Τα σημεία θα πρέπει να κατανέμονται τυχαία μεταξύ της μέσης τιμής.
- Τα περισσότερα σημεία θα πρέπει να βρίσκονται κοντά στην μέση τιμή και μόνο λίγα θα πρέπει να κατανέμονται κοντά στα όρια ελέγχου.

Όλοι οι παραπάνω κανόνες βασίζονται στην υπόθεση ότι οι δειγματικοί μέσοι ακολουθούν την κανονική κατανομή. Επειδή, η κανονική κατανομή είναι συμμετρική γι' αυτό και ο αριθμός των σημείων που κατανέμονται γύρω από την μέση τιμή θα πρέπει να είναι περίπου ίσος. Αυτό προκύπτει και από το γεγονός ότι στην κανονική κατανομή η μέση τιμή ταυτίζεται με τον διάμεσο. Τέλος, καθώς το 68% των σημείων σε μια κανονική κατανομή βρίσκονται  $\pm 1$  τυπική απόκλιση από τον μέσο γι' αυτό και τα περισσότερα σημεία θα πρέπει να βρίσκονται κοντά στην κεντρική τιμή.

### 3.4.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΚΑΙ ΕΥΡΟΥΣ

Για να σχεδιαστούν τα διαγράμματα ελέγχου των μεταβλητών δεδομένων, θα πρέπει να ακολουθηθούν τα παρακάτω βήματα:

1. Κατα την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας καταγράφονται οι μετρήσεις  $k$  δειγμάτων μεγέθους  $n$ . Οι τυπικές τιμές των  $k$  και  $n$  είναι αντίστοιχα 20 και 5. Οι αριθμοί αυτοί αντανακλούν τον κανόνα που λέει ότι για μια αρχική μελέτη διεργασίας με μεταβλητα δεδομένα απαιτούνται τουλάχιστον 20 δείγματα μεγέθους 5 για να αποτυπώσουν ικανοποιητικά την μεταβλητότητα που υπάρχει σε μια διαδικασία. Η συχνότητα της δειγματοληψίας όπως αναφέρθηκε παραπάνω εξαρτάται από τον όγκο παραγωγής.
2. Για το καθένα από τα  $k$  δείγματα καταγράφεται ο μέσος όρος  $\bar{X}_i$  και το εύρος (την μεγαλύτερη μείον την μικρότερη τιμή)  $R_i$ , όπου  $i=1,2,\dots,k$ .
3. Υπολογίζεται ο συνολικός μέσος όρος  $\bar{\bar{X}}$  και το μέσο εύρος  $\bar{R}$  με τους τύπους:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$$

4. Υπολογίζονται τα ανώτατα όρια ελέγχου (Upper Control Limit, UCL) και τα κατώτατα όρια ελέγχου (Lower Control Limit, LCL) για το διάγραμμα μέσου όρου που θα συμβολίζεται ως διάγραμμα  $\bar{X}$ . Αν υποθέσουμε ότι  $\bar{\bar{X}}$  αποτελεί

έναν αμερόληπτο εκτιμητή του πληθυσμιακού μέσου  $\mu$  και  $\frac{\bar{R}}{d_2}$  είναι ένας αμερόληπτος εκτιμητής της πληθυσμιακής τυπικής απόκλισης  $\hat{\sigma}$  τότε για τις παραμέτρους του διαγράμματος  $\bar{X}$  ισχύει ότι:

$$UCL = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}}$$

$$Center\ Line = \bar{\bar{X}}$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}}$$

Αν οριστεί η σταθερά  $A_2 = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}}$ , τότε τα όρια ελέγχου για το διάγραμμα  $\bar{X}$

είναι:

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R},$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

5. Υπολογίζονται τα ανώτατα όρια ελέγχου (Upper Control Limit, UCL) και τα κατώτατα όρια ελέγχου (Lower Control Limit, LCL) για το διάγραμμα εύρους που θα συμβολίζεται ως διάγραμμα  $R$ . Αν υποτεθεί ότι η πληθυσμιακή τυπική απόκλιση είναι άγνωστη, μπορεί να υπολογιστεί μέσω του αμερόληπτου εκτιμητή  $\hat{\sigma}_R$  για τον οποίο ισχύει ότι:

$$\hat{\sigma}_R = d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Επιπρόσθετα, οι παράμετροι του διαγράμματος  $R$  με τα συνήθη 3σ όρια ελέγχου είναι:

$$UCL = \bar{R} + 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$Center\ Line = \bar{R}$$

$$LCL = \bar{R} - 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Αν τεθεί  $D_3 = 1 - 3\frac{d_3}{d_2}$  και  $D_4 = 1 + 3\frac{d_3}{d_2}$  τότε τα όρια ελέγχου για το διάγραμμα  $R$

παίρνουν την μορφή:

$$UCL = D_4 \bar{R},$$

$$LCL = D_3 \bar{R}$$

Οι συντελεστές  $A_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$  εξαρτώνται από το μέγεθος  $n$  του δείγματος και λαμβάνονται από τον Πίνακα 3.1. Το εύρος της ζώνης τιμών που καλύπτονται από τα όρια ελέγχου στο διάγραμμα  $\bar{X}$  είναι η προσέγγιση ενός εύρους ζώνης 6 τυπικών αποκλίσεων στον κανονικό πλυθισμό των δειγματικών μέσων. Η κατανομή των ευρών των δειγμάτων δεν είναι κανονική, αλλά ανισοβαρής, ιδιαίτερα στα δείγματα μικρού μεγέθους. Όμως, αν και δεν είναι στατιστικά έγκυρο να σκέφτεται κανείς με βάση το μέσο  $\pm$  τυπικές αποκλίσεις, είναι δυνατόν στατιστικά να ορισθούν σταθερές (όπως  $D_3$  και  $D_4$ ), οι οποίες θα επιτρέψουν στα όρια να διατηρηθούν σε επίπεδα πιθανότητας περίπου 3%.

Πίνακας 3.1

Συντελεστές για διαγράμματα μεταβλητών ( $\bar{X}$  και  $R$ -διαγράμματα)

Μέγεθος δείγματος $n$	Συντελεστές ορίων ελέγχου			Διαιρέτες υπολογισμού του $\sigma$ $d_2$
	Διάγραμμα μέσης τιμής $A_2$	Διάγραμμα εύρους $D_3$	$D_4$	
2	1.880	0	3.267	1.128
3	1.023	0	2.574	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.114	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.970
10	0.308	0.223	1.777	3.078
11	0.285	0.256	1.744	3.173
12	0.266	0.283	1.717	3.258
13	0.249	0.307	1.693	3.336
14	0.235	0.328	1.672	3.407
15	0.223	0.347	1.653	3.472
16	0.212	0.363	1.637	3.532
17	0.203	0.378	1.622	3.588
18	0.194	0.391	1.608	3.640
19	0.187	0.403	1.597	3.689
20	0.180	0.415	1.585	3.735
21	0.173	0.425	1.575	3.778
22	0.167	0.434	1.566	3.819
23	0.162	0.443	1.557	3.858
24	0.157	0.451	1.548	3.895
25	0.153	0.459	1.541	3.931

6. Σχεδιάζεται το διάγραμμα  $\bar{X}$  και το διάγραμμα  $R$ . Αν όλες οι τιμές  $\bar{X}_i$  και  $R_i$  ( για κάθε δείγμα ) κατανέμονται κατά τυχαίο τρόπο εντός των αντίστοιχων ορίων ελέγχου, τότε θεωρείται ότι η διεργασία βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο. Σε αντίθετη περίπτωση, θα υπάρχουν ειδικά αίτια που θα πρέπει να εξαλειφθούν.

Κατα τον έλεγχο μιας διεργασίας, το διάγραμμα  $R$  είναι αυτό που ελέγχεται πρώτο καθώς μια εκτός ελέγχου αποτύπωση στο διάγραμμα  $R$  σημαίνει αυτόματα και εκτός ελέγχου αποτύπωση στο διάγραμμα  $\bar{X}$  χωρίς το αντίθετο να συμβαίνει απαραίτητα.

Η προσοχή στρέφεται στο διάγραμμα  $\bar{X}$  μόνο στην περίπτωση που το διάγραμμα

εύρους φαίνεται να βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο. Ο σχεδιασμός και η ανάλυση ενός διαγράμματος ελέγχου μπορεί να γίνει καλύτερα κατανοητός μέσω του παρακάτω παραδείγματος.

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.1

Κατά την παραγωγή ημιαγωγών, το πάχος των δισκίων σιλικόνης που παρεμβάλλονται θα πρέπει να ελέγχεται πολύ προσεκτικά. Η ανοχή ενός τέτοιου προϊόντος καθορίζεται στις  $\pm 50 \times 10^{-4}$  ίντσες από το μέσο του ορίου της προδιαγραφής (τα όρια της προδιαγραφής είναι  $0-100 \times 10^{-4}$  ίντσες). Για να παρακολουθηθεί το χαρακτηριστικό αυτό, εφαρμόζεται μια μελέτη SPC. Λαμβάνονται 25 δείγματα μεγέθους 3 σε ωριαία συχνότητα, τα οποία δεδομένα συνοψίζονται στον Πίνακα 3.2

**Πίνακας 3.2**

**Δεδομένα πάχους δισκίων σιλικόνης παραδείγματος 3.1**

Αρ. Δειγμάτων	Πάχος σε $10^{-4}$ ίντσες		Τυπική Απόκλιση	Μέσος $\bar{X}$	Εύρος $R$	
1	41	70	22	24,2	44	48
2	78	53	68	10,4	66	25
3	84	34	48	25,8	55	50
4	60	36	25	17,9	40	35
5	46	47	29	10,1	41	18
6	64	16	56	25,7	45	48
7	43	53	64	10,5	53	21
8	37	43	30	6,5	37	13
9	50	29	57	14,6	45	28
10	57	83	32	25,5	57	51
11	24	42	39	9,6	35	18
12	78	48	39	20,4	55	39
13	51	57	50	3,8	53	7
14	41	29	35	6,0	35	12
15	56	64	36	14,4	52	28
16	46	41	16	16,1	34	30
17	99	86	98	7,2	94	13
18	71	54	39	16,0	55	32
19	41	2	53	26,7	32	51
20	41	39	36	2,5	39	5
21	22	40	46	12,5	36	24
22	62	70	46	12,2	59	24
23	64	52	57	6,0	58	12
24	44	38	60	11,4	47	22
25	41	63	62	12,4	55	22

Από τον Πίνακα 3.2 εξάγονται τα παρακάτω δεδομένα:

$$\bar{R} = 676/25 = 27, \text{ και το } \bar{\bar{X}} = 1221/25 = 48,8$$

Εφόσον το μέγεθος του δείγματος είναι 3 από τον Πίνακα 3.1 προκύπτει ότι

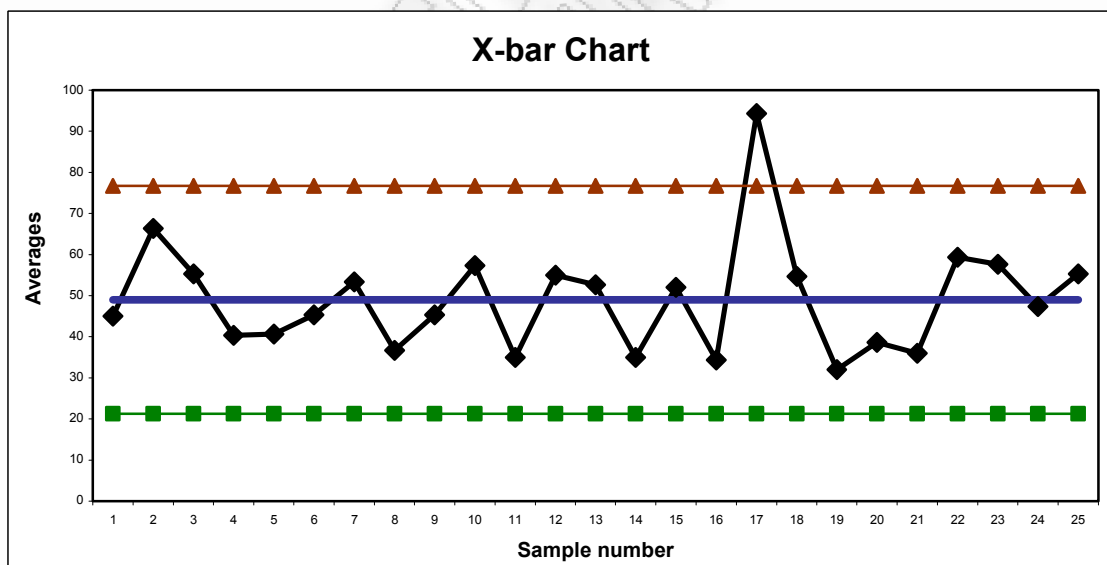
$$A_2 = 1.023 \text{ και } D_4 = 2.575 \text{ } D_3 = 0.$$

Τώρα είναι δυνατόν να υπολογισθούν τα άνω και κάτω όρια ελέγχου τα οποία είναι

$$UCL \bar{X} = 76,4 \quad LCL \bar{X} = 21,2$$

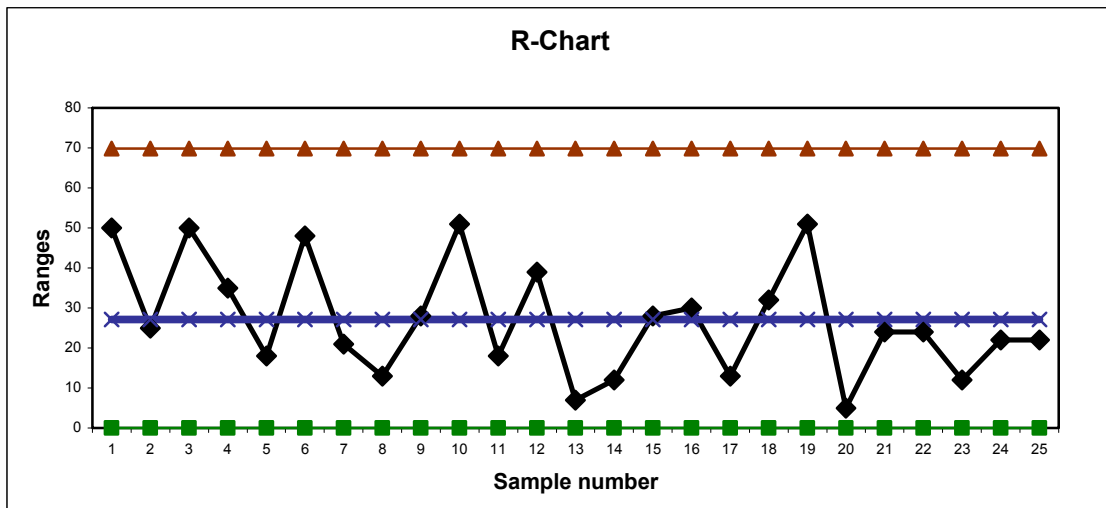
$$UCL R = 69,5 \quad LCL R = 0$$

Τα αντίστοιχα διαγράμματα φαίνονται παρακάτω:



**Διάγραμμα 3.3**

**Διάγραμμα Ελέγχου  $\bar{X}$  για τα δεδομένα του παράδειγματος 3.1**

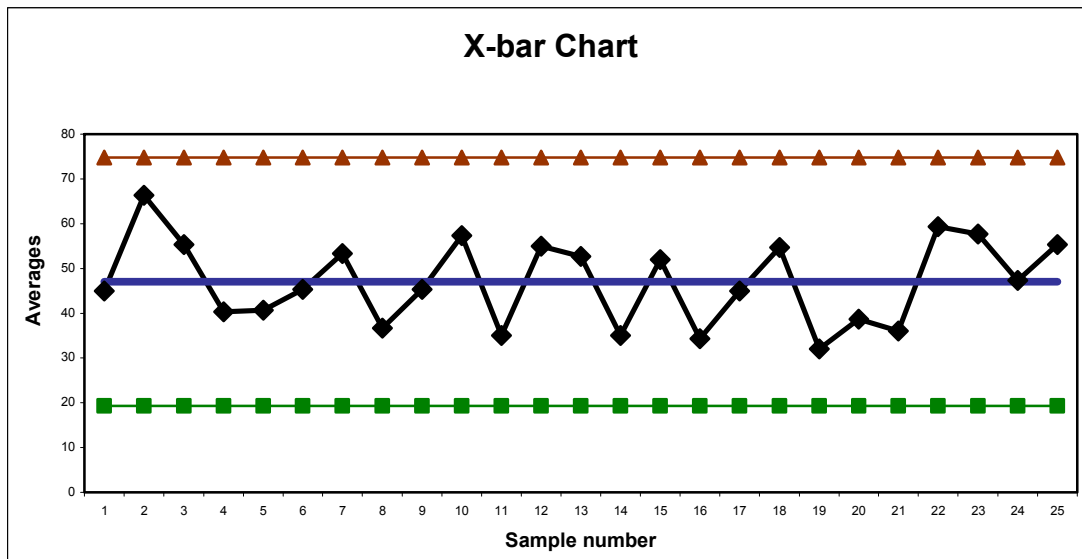


#### Διάγραμμα 3.4

#### Διάγραμμα Ελέγχου Εύρους $R$ για τα δεδομένα του παράδειγματος 3.1

Το διάγραμμα ελέγχου για το εύρος υποδεικνύει ότι η διαδικασία βρίσκεται υπο στατιστικό έλεγχο όσον αφορά στη μεταβλητότητα. Ωστόσο, το διάγραμμα ελέγχου για τον μέσο υποδηλώνει μια κατάσταση εκτός ελέγχου καθώς το σημείο 17 βρίσκεται εκτός των ορίων ελέγχου. Μετά από έρευνα που έγινε σε σχέση με τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν βρέθηκε ότι είχε αλλάξει πρόσφατα ο προμηθευτής. Το αποτέλεσμα της μελέτης SPC ήταν η εταιρία να επανέλθει στον αρχικό προμηθευτή. Αν αφαιρεθεί το σημείο 17 από το διάγραμμα ελέγχου της μέσης τιμής τότε προκύπτει το τροποποιημένο Διάγραμμα 3.5.





### Διάγραμμα 3.5

Τροποποιημένο Διάγραμμα Ελέγχου  $\bar{X}$  για τα δεδομένα του παράδ/τος 3.1

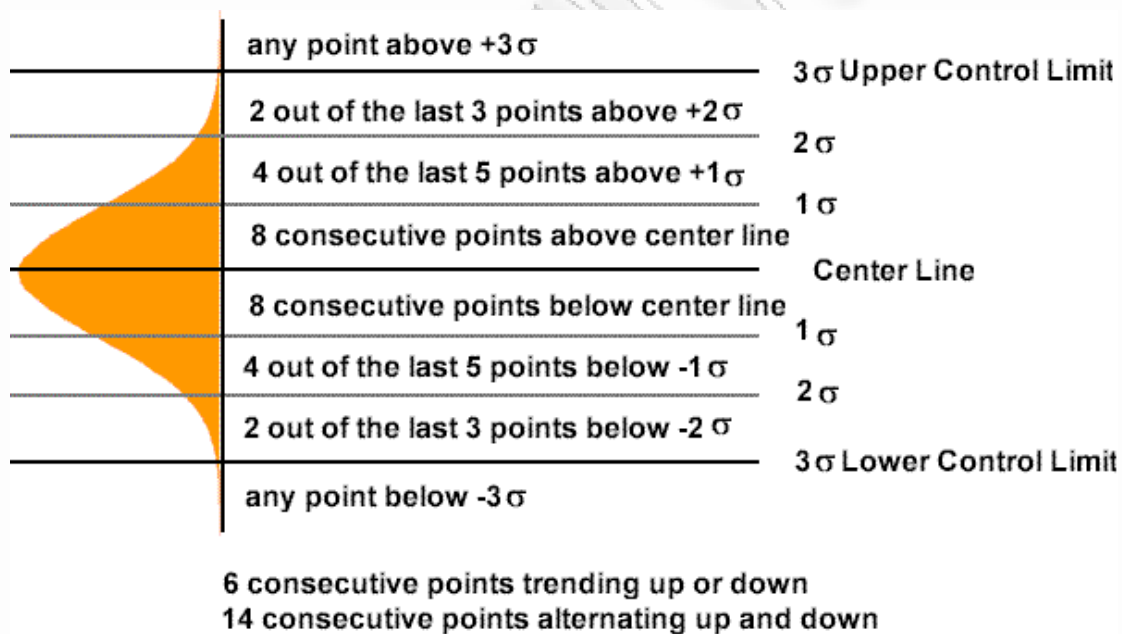
Στην περίπτωση της αφαίρεσης του σημείου 17 από το διάγραμμα τα στοιχεία του παραδείγματος έχουν ως εξής:

$$\bar{R} = 27,6, \quad \bar{\bar{X}} = 47,0, \quad UCL \bar{X} = 75,2, \quad LCL \bar{X} = 18,8, \quad UCL R = 71,0, \\ LCL R = 0$$

Με βάση το τροποποιημένο διάγραμμα, η διαδικασία φαίνεται ότι είναι υπό στατιστικό έλεγχο. Πολλές φορές τέτοια εκτός ελέγχου τυχαία σημεία είναι δυνατόν να εμφανίζονται σε μια παραγωγική διαδικασία είτε από τύχη είτε σαν φυσιολογική εξέλιξη μιας διαδικασίας που κατά τα άλλα λειτουργεί κανονικά.

### 3.4.2 ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Απο μελέτες έχει διαπιστωθεί ότι η αξιολόγηση ενός διαγράμματος ελέγχου και η αναγνώριση των μοτίβων που εμφανίζεται σε αυτά δεν είναι καθόλου εύκολη υπόθεση. Απεναντίας, προϋποθέτει την εμπειρία και την βαθιά γνώση του χρήστη απέναντι στο εργαλείο. Για να μπορέσει να γίνει ένα διάγραμμα ελέγχου περισσότερο ευαίσθητο απέναντι στις εκτός ελέγχου διεργασίες εκτός από την χάραξη των ορίων ελέγχου με 3σ όρια σχεδιάζονται και τα προειδοποιητικά όρια εσωτερικά των ορίων ελέγχου όπως φαίνεται στο Διάγραμμα.3.6



Πηγή: [http://www.micquality.com/six\\_sigma\\_glossary/western\\_electric.htm](http://www.micquality.com/six_sigma_glossary/western_electric.htm)

#### Διάγραμμα 3.6

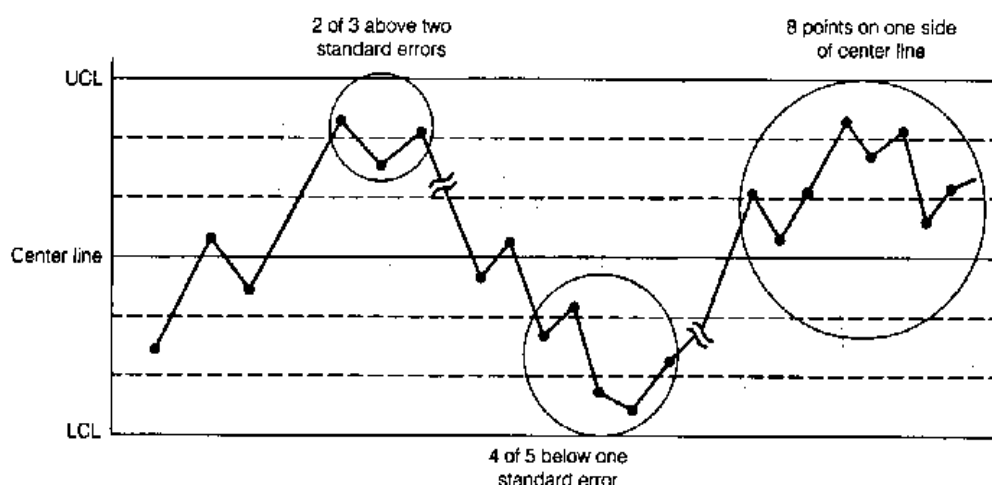
#### Κανόνες ευαισθητοποίησης ενός διαγράμματος ελέγχου

Τα προειδοποιητικά όρια βοηθούν στην ανάπτυξη κανόνων οι οποίοι περιγράφουν ενδεχόμενα που σχετίζονται με ειδικά αίτια. Στην περίπτωση που αποτυπωθεί σε ένα διάγραμμα ελέγχου το ενδεχόμενο που περιγράφεται τότε η διεργασία θεωρείται ότι είναι εκτός ελέγχου χωρίς απαραίτητα να υπάρχει κάποιο σημείο εκτός ελέγχου. Οι

παραπάνω κανόνες είναι γνωστοί ως Western Electric Rules και περιγράφουν αναλυτικά τα εξής:

- Κανόνας 1 Ένα σημείο εκτός των ορίων ελέγχου
- Κανόνας 2 Δύο από τα τρία συνεχόμενα σημεία παραπάνω από δύο τυπικές αποκλίσεις
- Κανόνας 3 Τέσσερα από τα πέντε συνεχόμενα σημεία παραπάνω από μία τυπική απόκλιση
- Κανόνας 4 Οκτώ συνεχόμενα σημεία στην ίδια πλευρά
- Κανόνας 5 Έξι συνεχόμενα σημεία με αύξουσα ή φθίνουσα σειρά
- Κανόνας 6 14 συνεχόμενα σημεία σε εναλλασόμενη μορφή "πάνω-κάτω".

Γραφικά οι παραπάνω κανόνες μπορούν να αποτυπώθουν με το παρακάτω διάγραμμα:



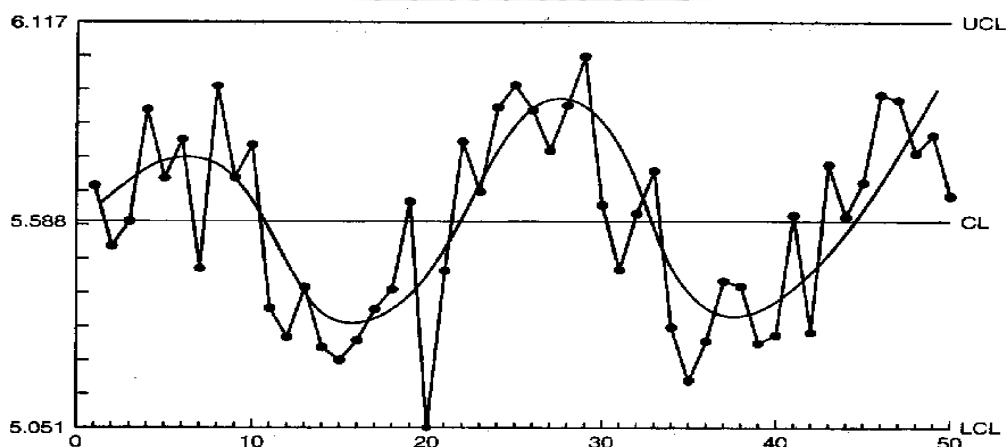
### Διάγραμμα 3.7

#### Παραδείγματα διαδικασιών εκτός ελέγχου

Παράλληλα όμως με τους παραπάνω κανόνες, υπάρχουν επίσης κάποια μοτίβα στα οποία κάποιος μπορεί να αναγνωρίσει ειδικά αίτια και εκτός ελέγχου διαδικασίες

όπως είναι οι κύκλοι, οι τάσεις, το αγκάλιασμα της μέσης τιμής ( Hugging the center line) και το αγκάλιασμα των ορίων ελέγχου (Hugging the control limits).

Οι κύκλοι είναι σύντομα, επαναλαμβανόμενα μοτίβα σε ένα διάγραμμα τα οποία οφείλονται σε ειδικά αίτια τα οποία εμφανίζονται σε σταθερή βάση. Ένας κύκλος που εμφανίζεται σε ένα  $\bar{X}$  διάγραμμα μπορεί να οφείλεται στις περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία), στην εναλλαγή των βαρδιών, στην εναλλαγή των χειριστών πάνω στην γραμμή παραγωγής καθώς και στην κόπωση των χειριστών στο τέλος κάθε βάρδιας. Από την άλλη μεριά, ένας κύκλος σε ένα  $R$  διάγραμμα μπορεί να οφείλεται στο πρόγραμμα συντήρησης των μηχανών καθώς και στον διαφορετικό τρόπο καταγραφής των δεδομένων από χειριστή σε χειριστή. Ένας τέτοιος κύκλος φαίνεται στο Διάγραμμα 3.8.

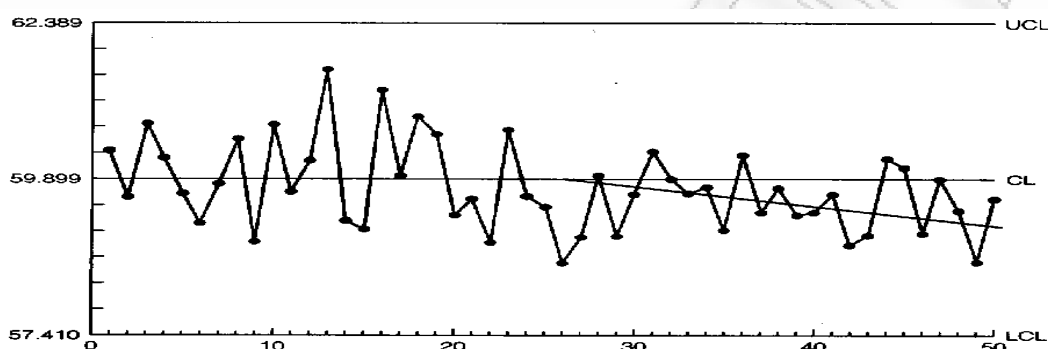


**Διάγραμμα 3.8**

**Αποτύπωση ενός κύκλου σε ένα διάγραμμα ελέγχου**

Η τάση είναι ένα μοτίβο που εμφανίζεται σε ένα διάγραμμα ελέγχου, οφειλόμενο σε μια αιτία η οποία σταδιακά επιδρά πάνω στο μετρούμενο χαρακτηριστικό ποιότητας προκαλώντας την απομάκρυνση από την μέση τιμή. Μια τέτοια αιτία μπορεί να είναι

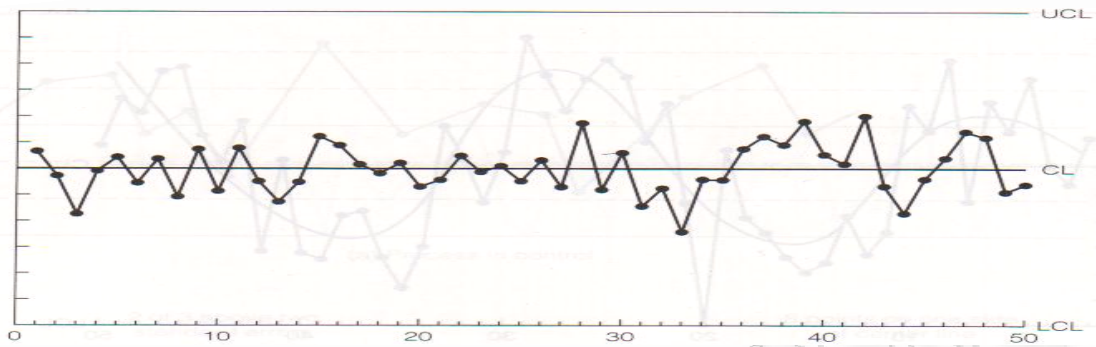
η ικανότητα του χειριστή που καθώς βελτιώνεται προκαλεί μία φθίνουσα τάση στο διάγραμμα εύρους, μπορεί να είναι η καλύτερη συντήρηση του εξοπλισμού που πάλι παριστάνεται με φθίνουσα κλίση στα διαγράμματα ελέγχου καθώς και ένα φθαρμένο εργαλείο που μειώνει την ποιότητα του μετρούμενου χαρακτηριστικού προκαλώντας μία αύξουσα τάση. Στο Διάγραμμα 3.9, αποτυπώνεται μία φθίνουσα τάση.



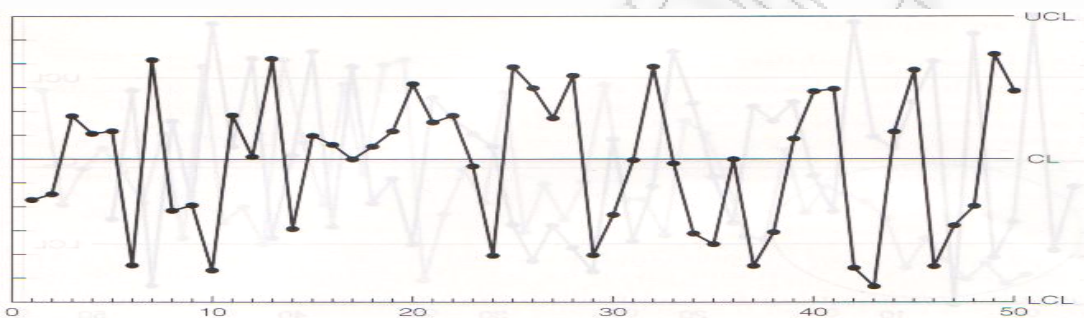
**Διάγραμμα 3.9**

**Αποτύπωση φθίνουσας τάσης σε ένα διάγραμμα ελέγχου**

Τέλος, στα διαγράμματα ελέγχου αναγνωρίζονται δύο ακόμη αξιόλογες περιπτώσεις μοτίβων όπως είναι το αγκάλιασμα της κεντρικής τιμής και το αγκάλιασμα των ορίων ελέγχου. Στην μεν πρώτη περίπτωση, κυριότερη αιτία αποτελεί ο μη σωστός υπολογισμός των ορίων ελέγχου (πάρα πολύ ευρεία) ενώ η δεύτερη περίπτωση είναι δυνατόν να οφείλεται σε διαφορετικές παρτίδες υλικού που χρησιμοποιούνται στην ίδια διαδικασία ή μονάδες προϊόντος που παράγονται από διαφορετικές μηχανές μετρούνται όμως σαν μία διαδικασία. Στο διάγραμμα 3.10 α) και β) αποτυπώνονται οι δύο προαναφερθείσες περιπτώσεις.



(α)



(β)

### Διαγράμμα 3.10

#### Αγκάλιασμα της κεντρικής τιμής (α) και των ορίων ελέγχου (β)

Παρατηρεί κανείς ότι η ανάγνωση και η αξιολόγηση ενός διαγράμματος ελέγχου δεν είναι εύκολη υπόθεση. Η αναγνώριση των τάσεων και των μοτίβων απαιτεί εμπειρία από την μεριά του αναλυτή που επεξεργάζεται τα δεδομένα καθώς η γενεσιουργός αιτία αυτών μπορεί να οφείλεται είτε στην μεταβλητότητα του συστήματος που ελέγχεται είτε στο τρόπο που έχει οργανωθεί η πειραματική διεργασία και συλλέγονται τα δεδομένα. Χρειάζεται, λοιπόν, ιδιαίτερη προσοχή πριν από την εκάστοτε απόφαση λήψης διορθωτικών αποφάσεων επί του συστήματος.

### 3.4.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΗΣ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ

Το βασικό πλεονέκτημα της χρήσης του εύρους ως μέτρου της μεταβλητότητας που υπάρχει στο δείγμα είναι το γεγονός ότι είναι εύκολα υπολογίσιμο. Ωστόσο, αν υποτεθεί ότι είναι δυνατή η χρήση ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, η χρήση της τυπικής απόκλισης είναι πιο πρόσφορη εναλλακτική λύση. Η διαδικασία είναι ακριβώς η ίδια όπως και στην περίπτωση των διαγραμμάτων της μέσης τιμής  $\bar{X}$  και του εύρους  $R$ , μόνο που εδώ χρησιμοποιούνται διαφορετικοί συντελεστές για τον υπολογισμό των ορίων ελέγχου. Θα μελετηθεί αυτό με βάση τα δεδομένα της Παραδείγματος 3.1.

Για καθένα από τα 25 δείγματα μετρείται η δειγματική τυπική απόκλιση με την βοήθεια της σχέσης:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Τα αποτελέσματα αυτά φαίνονται στην στήλη της τυπικής απόκλισης στον Πίνακα 3.2. Όπως και στην περίπτωση του μέσου εύρους  $\bar{R}$ , χρειάζεται μία μέση τιμή για την τυπική απόκλιση  $\bar{S}$  η οποία υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^k s}{k}$$

Όπου  $k$  είναι ο αριθμός των δειγμάτων που στην περίπτωση αυτή είναι 25.

Η στατιστική παράμετρος  $\frac{\bar{S}}{C_4}$  αποτελεί έναν αμερόληπτο εκτιμητή του  $\sigma$ . Έτσι οι παράμετροι για το διάγραμμα της τυπικής απόκλισης που καλείται και διάγραμμα  $S$  θα είναι:

$$UCL = \bar{S} + 3 \frac{\bar{S}}{C_4} \sqrt{1 - C_4^2}$$

$$Center\ Line = \bar{S}$$

$$LCL = \bar{S} - 3 \frac{\bar{S}}{C_4} \sqrt{1 - C_4^2}$$

Αν ορισθούν οι παρακάτω σταθερές:

$$B_3 = 1 - \frac{3}{C_4} \sqrt{1 - C_4^2}$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{C_4} \sqrt{1 - C_4^2}$$

Τότε τα όρια για το διάγραμμα  $S$  έχουν ως εξής:

$$UCL = B_4 \bar{S}$$

$$LCL = B_3 \bar{S}$$

Τα όρια ελέγχου για το διάγραμμα  $\bar{X}$  δίνονται από τις σχέσεις:

$$UCL = \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{S}}{C_4\sqrt{n}}$$

$$Center\ Line = \bar{\bar{X}}$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - \frac{3\bar{S}}{C_4\sqrt{n}}$$

Αν ορισθεί η σταθερά  $A_3 = \frac{3}{C_4\sqrt{n}}$  τότε τα όρια ελέγχου για το διάγραμμα  $\bar{X}$  είναι:



$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$$

$$Center\ Line = \bar{\bar{X}}$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$$

Όπου οι συντελεστές  $A_3$ ,  $B_3$  και  $B_4$  εξαρτώνται από το μέγεθος  $n$  του δείγματος και μπορούν να βρεθούν από τον Πίνακα 3.3. Παίρνοντας τις τιμές του πίνακα 3.2 προκύπτει ότι:

$$\bar{S} = 14,0$$

Στο παράδειγμα που δόθηκε, εφόσον  $n = 3$  προκύπτει ότι:

$$A_3 = 1,954, B_3 = 0, B_4 = 2,568$$

Και επομένως:

$$UCL(\bar{X}) = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{s} = 48,8 + 1,954 \times 14,0 = 76,2$$

$$LCL(\bar{X}) = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{s} = 21,4$$

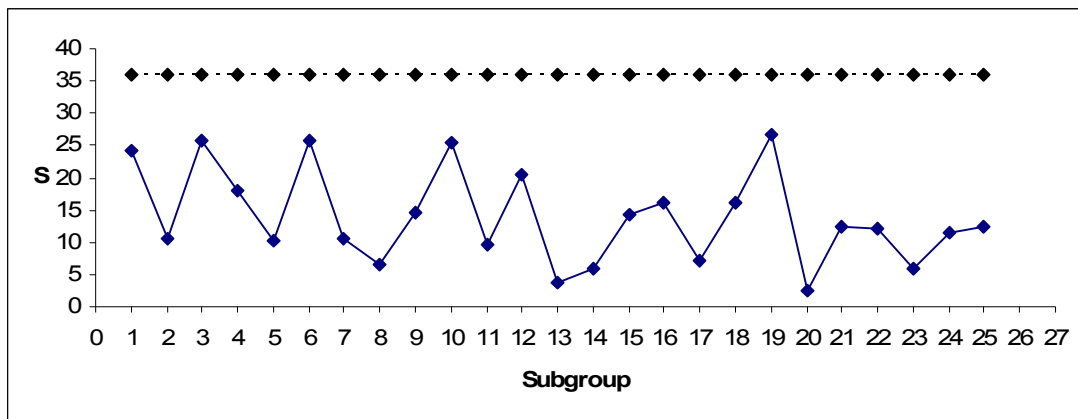
$$UCL(s) = B_4 \bar{s} = 2,568 \times 14,0 = 35,9$$

$$LCL(s) = B_3 \bar{s} = 0,0$$

Πίνακας 3.3

Συντελεστές για διαγράμματα μεταβλητών ( $\bar{X}$  και  $S$  διαγράμματα)

Μέγεθος δείγματος $n$	Συντελεστές ορίων ελέγχου			Διαιρέτες για υπολογισμό του $\sigma$ $c_4$
	Διάγραμμα μέσου ορου $A_3$	Διάγραμμα- $s$ $B_3$ $B_4$		
2	2.659	0	3.267	0.7979
3	1.954	0	2.568	0.8862
4	1.628	0	2.266	0.9213
5	1.427	0	2.089	0.9400
6	1.287	0.030	1.970	0.9515
7	1.182	0.118	1.882	0.9594
8	1.099	0.185	1.815	0.9650
9	1.032	0.239	1.761	0.9693
10	0.975	0.284	1.716	0.9727
11	0.927	0.321	1.679	0.9754
12	0.886	0.354	1.646	0.9776
13	0.850	0.382	1.618	0.9794
14	0.817	0.406	1.594	0.9810
15	0.789	0.428	1.572	0.9823
16	0.763	0.448	1.552	0.9835
17	0.739	0.466	1.534	0.9845
18	0.718	0.482	1.518	0.9854
19	0.698	0.497	1.503	0.9862
20	0.680	0.510	1.490	0.9869
21	0.663	0.523	1.477	0.9876
22	0.647	0.534	1.466	0.9882
23	0.633	0.545	1.455	0.9887
24	0.619	0.555	1.445	0.9892
25	0.606	0.565	1.435	0.9896



**Διαγράμμα 3.11**

### **Διάγραμμα Ελέγχου τυπικής απόκλισης S**

Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο Διάγραμμα 3.11. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι τα όρια ελέγχου του μέσου με βάση το  $S$  είναι σχεδόν όμοια με τα όρια ελέγχου που υπολογίστηκαν με βάση το εύρος. Επίσης, το διάγραμμα ελέγχου της τυπικής απόκλισης, αν και αριθμητικά διαφορετικό από αυτό του εύρους, μας δίνει ακριβώς τα ίδια συμπεράσματα όπως το διάγραμμα του εύρους (Διάγραμμα 3.4).

#### **3.4.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΟΥ ΜΕΣΟΥ/ΕΥΡΟΥΣ ΚΑΙ ΜΕΜΟΝΟΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ**

Υπάρχουν συνεχείς διεργασίες, των οποίων τα ποιοτικά χαρακτηριστικά παρέχουν μόνο μία τιμή για ανάλυση. Παραδείγματος χάριν, οι διαδικασίες παραγωγής των χημικών, ελαιοχρωμάτων, σπειρών αλουμινίου, σιδήρου κλπ δεν πληρούν τις προϋποθέσεις της επαρκούς δειγματοληψίας που απαιτείται σε ένα τυπικό διάγραμμα  $\bar{X}$  και διάγραμμα  $R$ . Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται ένα διάγραμμα κινητού μέσου/εύρους. Σε ένα τέτοιο διάγραμμα δημιουργείται ένα ψευδές

δείγμα (ψευδοδείγμα) από την νέα, καθώς και από τις πιο πρόσφατες τιμές. Ένα τυπικό μέγεθος του δείγματος αυτού είναι 3, όπου το δείγμα αποτελείται από την νέα και τις δύο προηγούμενες τιμές του ποιοτικού χαρακτηριστικού. Από εκεί και πέρα ισχύουν οι συνήθεις οδηγίες μιας μελέτης SPC. Για παράδειγμα, θα πρέπει να μετρηθούν οι μέσοι και τα εύρη του κάθε ψευδοδείγματος – αυτά θα είναι οι κινητοί μέσοι και τα κινητά εύρη – και θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι Πίνακες 3.1 και 3.3 για τον υπολογισμό των ορίων ελέγχου.

Η μόνη συνέπεια της δημιουργίας των ψευδοδειγμάτων είναι ότι οι προκύπτουσες στατιστικές συναρτήσεις τους δεν είναι ανεξάρτητες η μία με την άλλη. Επομένως, σε αυτού του είδους τα διαγράμματα δεν μπορούν να εφαρμοστούν αυστηρά οι κανόνες ευαισθητοποίησης των διαγραμμάτων ελέγχου που αποτυπώνονται στο Διάγραμμα 3.5 εκτός αν γίνει η τροποποίηση για να οριστούν 7 ανεξάρτητα συνεχόμενα σημεία τα οποία θα απαιτούσαν 7n τιμές δεδομένων, όπου n είναι το μέγεθος του δείγματος. Παραδείγματος χάριν, εάν το σημείο 5 στο κινητό διάγραμμα του μέσου είναι ο μέσος όρος της 7<sup>ης</sup>, 6<sup>ης</sup> και 5<sup>ης</sup> παρατήρησης (n=3), τότε το επόμενο ανεξάρτητο σημείο του διαγράμματος είναι το 8<sup>ο</sup> το οποίο αποτελεί τον μέσο όρο της 10<sup>ης</sup>, 9<sup>ης</sup> και 8<sup>ης</sup> παρατήρησης.

Το μέγεθος 3 ενός δείγματος, αν και τυπικό σε ένα διάγραμμα κινητού μέσου/εύρους δεν χρειάζεται να ακολουθείται αυστηρά. Ο καθοριστικός παράγοντας του μεγέθους του ψευδοδείγματος είναι το χρονικό διάστημα μεταξύ των ενδείξεων του δείγματος, το οποίο μπορεί να είναι τόσο μεγάλο όσο επιτρέπουν οι σχετικές απαιτήσεις. Μπορεί να είναι 2 αλλά μπορεί να είναι και 20. Εάν απαιτείται μεγάλη ευαισθησία ή εάν υπάρχει μεγάλη καθυστέρηση μεταξύ των ενδείξεων, μπορεί να χρειαστεί και πάλι να σημειωθούν μεμονωμένες τιμές στο διάγραμμα του μέσου, παρόλο που και πάλι πρέπει να χρησιμοποιηθούν στατιστικές συναρτήσεις ψευδοδείγματος

μεγέθους τουλάχιστον 2 για να ορισθούν τα όρια ελέγχου. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος του ψευδοδείγματος τόσο πιο ομαλό είναι το αποτέλεσμα στο διάγραμμα. Τα παραπάνω γίνονται εύκολα κατανοητά στο παρακάτω παράδειγμα.

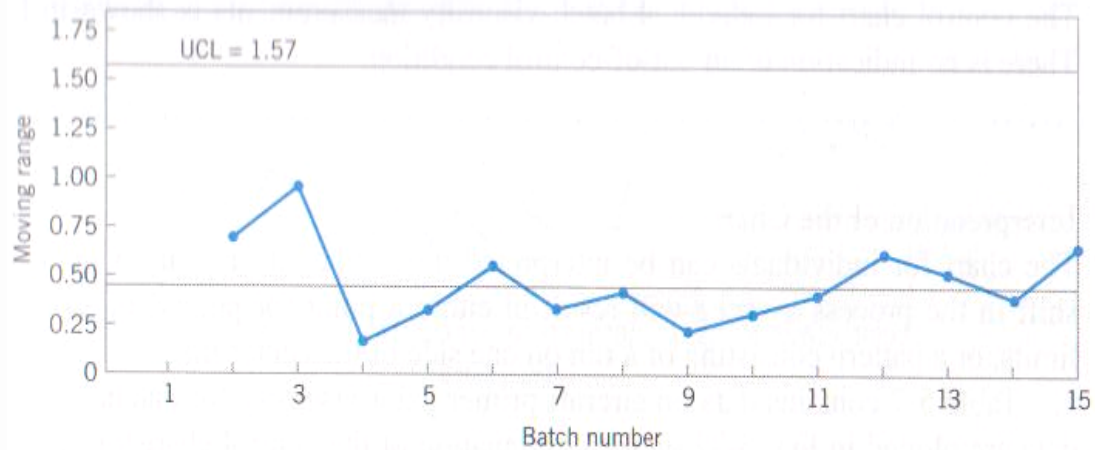
Το ιξώδες της πρώτης βαφής με την οποία καλύπτονται οι άτρακτοι των αεροπλάνων αποτελεί μία σημαντική παράμετρος ποιότητας. Το προϊόν αυτό παράγεται σε παρτίδες και καθώς ο παραγωγικός ρυθμός είναι πάρα πολύ χαμηλός δεν επιτρέπει την συλλογή παραπάνω από ένα δείγμα την ημέρα. Τα αποτελέσματα του ιξώδους φαίνονται στον Πίνακα 3.4.

**Πίνακας 3.4**  
**Δεδομένα Ιξώδους Βαφής**

Batch No	Viscosity $\bar{x}$	Moving Range MR
1	33,75	
2	33,05	0,70
3	34,00	0,95
4	33,81	0,19
5	33,46	0,35
6	34,02	0,56
7	33,68	0,34
8	33,27	0,41
9	33,49	0,22
10	33,20	0,29
11	33,62	0,42
12	33,00	0,62
13	33,54	0,54
14	33,12	0,42
15	33,84	0,72
Average	33,52	0,48

Προκειμένου να σχεδιαστεί το διάγραμμα ελέγχου για τις μεμονομένες παρατηρήσεις θα πρέπει να ληφθεί υπ'όψιν ότι  $\bar{X} = 33,52$  και  $\overline{MR} = 0,48$  ενώ για το διάγραμμα

κινητού εύρους ισχύει ότι  $D_3 = 0$  και  $D_4 = 3,267$  για  $n=2$ . Έτσι για  $\overline{MR} = 0,48$  προκύπτει ότι  $LCL = 0$  και  $UCL = D_4 \overline{MR} = 3,267 \times 0,48 = 1,57$ . Στο Διάγραμμα 3.12 αποτυπώνεται το διάγραμμα ελέγχου του κινητού εύρους.



**Διάγραμμα 3.12**

**Διάγραμμα ελέγχου κινητού εύρους για τις μετρήσεις του ιξώδους**

Αντιστοίχα για το διάγραμμα ελέγχου των μεμονωμένων τιμών ισχύουν τα παρακάτω:

$$UCL = \bar{X} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

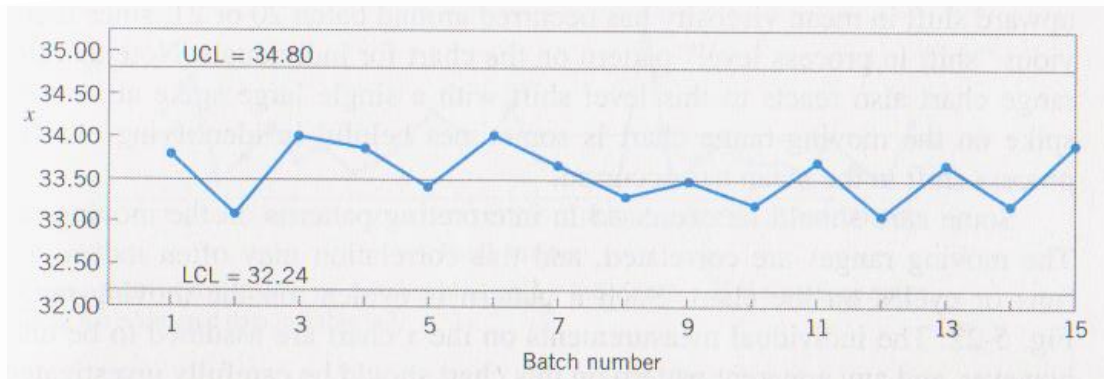
$$LCL = \bar{X} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

Εφόσον για τις παρατηρήσεις ισχύει ότι  $n=2$  τότε από τον Πίνακα 3.1 έχω ότι  $D_2 = 1,128$  και ισχύει

$$UCL = 34,80$$

$$\bar{X} = 33,52$$

$$LCL = 32,24$$



**Διάγραμμα 3.13**

**Διάγραμμα ελέγχου των μεμονωμένων τιμών**

Στο Διάγραμμα 3.13 αποτυπώνεται το διάγραμμα ελέγχου των μεμονωμένων τιμών. Κατά την αξιολόγηση των διαγραμμάτων κινούμενου εύρους θα πρέπει κάποιος να είναι εξαιρετικά προσεκτικός. Καθώς τα προκύπτοντα εύρη σχετίζονται μεταξύ τους, είναι δυνατόν να προκύψουν μοτίβα τα οποία δεν αποδεικνύουν απαραίτητα καταστάσεις εκτός ελέγχου. Από την άλλη μεριά, τα δεδομένα του διαγράμματος των μεμονωμένων τιμών είναι ασυσχέτιστα που σημαίνει ότι οποιοδήποτε μοτίβο και ταση αποτυπώνεται στο διάγραμμα, θα πρέπει σίγουρα να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν.

**3.5 ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Από την στιγμή που η διεργασία τίθεται υπό στατιστικό έλεγχο, με την ανίχνευση και εξάλειψη των ειδικών αιτιών διασποράς, είναι προβλέψιμη δηλαδή μπορεί να υπολογισθεί η δυνατότητα της να πληρεί τις προδιαγραφές του πελάτη. Γι' αυτό απαιτούνται κάποια μεγέθη που να εκφράζουν την σχέση ανάμεσα στην προδιαγραφμένη ανοχή (tolerance, η επιτρεπόμενη απόκλιση από τον στόχο) και την



μεταβλητότητα της διεργασίας. Θεωρείται ότι  $\hat{\sigma}$  είναι ένας εκτιμητής της τυπικής απόκλισης της διεργασίας, ο οποίος μπορεί να υπολογισθεί από το πηλίκο  $\frac{\bar{R}}{d_2}$  όπου το  $d_2$  είναι μία σταθερά που εξαρτάται από το μέγεθος του δείγματος και υπάρχει στον Πίνακα 3.1.

Ο λόγος ικανότητας της διεργασίας,  $C_p$ , ορίζεται ως εξής:

$$C_p = \frac{\text{ανοχή}}{6\hat{\sigma}} = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}}$$

Όπου UCL και LCL είναι τα ανώτατα και κατώτερα όρια των προδιαγραφών. Τα ανωτέρω μας δίνουν μια ένδειξη της δυνατότητας της διαδικασίας, παρά την ενυπάρχουσα μεταβλητότητα της, να ικανοποιήσει τις αναμενόμενες από τον πελάτη προδιαγραφές. Αν ορίσουμε ως  $P$  το ποσοστό του εύρους των προδιαγραφών που χρησιμοποιεί μια διεργασία, δηλαδή:

$$P = \left(\frac{1}{C_p}\right) \times 100$$

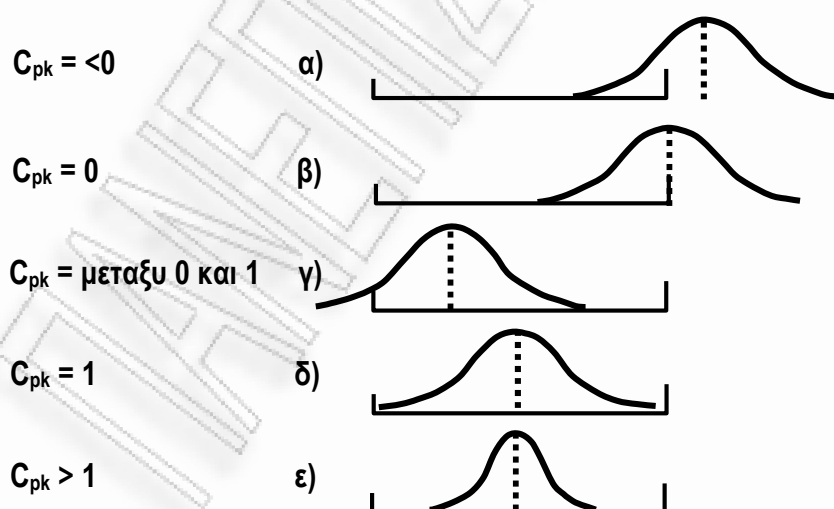
τότε θα πρέπει ο δείκτης ικανότητας της διεργασίας,  $C_p$ , να είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 1 ώστε να διασφαλίζεται ότι το αποτέλεσμα της παραγωγικής διεργασίας πληρεί τις προδιαγραφές.

Άλλος ένας χρήσιμος δείκτης ικανότητας ορίζεται από την σχέση:

$$C_{pk} = \min\{C_{pu}, C_{pl}\} = \min\left\{\frac{USL - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}, \frac{\bar{X} - LSL}{3\hat{\sigma}}\right\}$$



Υπάρχουν δύο παράμετροι που πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη κατά την αξιολόγηση του δείκτη ικανότητας της διεργασίας. Ο ένας σχετίζεται με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες λειτουργεί η διαδικασία και ο δεύτερος σχετίζεται με την αξιολόγηση των τιμών που έχουν υπολογιστεί. Πρώτον, ο υπολογισμός του  $C_{pk}$  δεν έχει νόημα αν η διαδικασία δεν βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο. Τα σχήματα α), β) και γ) του διαγράμματος 3.14 είναι χαρακτηριστικά της περίπτωσης αυτής. Στις περιπτώσεις αυτές μεγάλο μέρος των μονάδων που παράγονται είναι εκτός προδιαγραφών με αποτέλεσμα να μην έχει νόημα ο υπολογισμός του συντελεστή ικανότητας της διεργασίας. Δεύτερον, μία τιμή  $C_{pk} = 1,00$  φανερώσει ότι η μέση τιμή της παραγωγικής διαδικασίας είναι απόλυτα στοιχισμένη μέσα στα όρια των προδιαγραφών και εκμεταλλεύεται όλο το εύρος τους (Σχήμα δ, Διάγραμμα 3.14). Στόχος είναι, οι παραγόμενες μονάδες να βρίσκονται εντός των προδιαγραφών και η ικανότητα της διεργασίας να κυμαίνεται από 1,50 και πάνω ορίζοντας αυτό το όριο σαν όριο ασφαλείας της διεργασίας. Να σημειωθεί ότι όταν η διεργασία ικανοποιεί τον στόχο τότε ισχύει  $C_{pk} = C_p$ .



**Διάγραμμα 3.14**  
**Διαγραμματική ερμηνεία του  $C_{pk}$**

Εάν χρησιμοποιούνταν οι τυπικές αποκλίσεις των δειγμάτων αντί του εύρους των δειγμάτων, τότε μια εκτίμηση της τυπικής απόκλισης της διεργασίας θα δινόταν από τον τύπο  $\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{C_4}$  όπου το  $C_4$  εξαρτάται από το μέγεθος του δείγματος και βρίσκεται στον Πίνακα 3.3. Οι ίδιοι τύποι θα ισχύουν για το  $C_{pk}$  και  $C_p$ .

Από τα στοιχεία του παραδείγματος 3.1 της παραγράφου 3.4.1 προκύπτει ότι:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{27 \times 10^{-4}}{1,693} = 15,95 \times 10^{-4}$$

Αρχικά είχε αποδειχτεί ότι η διαδικασία αυτή βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες (παράλειψη του σημείου 17) και επιπλέον θα αποδειχτεί ότι είναι μη ικανή διεργασία κάτω από τις παρούσες συνθήκες. Συγκεκριμένα, σε αυτό το παράδειγμα είχε οριστεί σαν  $LCL = 0 \times 10^{-4}$  και  $UCL = 100 \times 10^{-4}$ . Επομένως ισχύει ότι:

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}, \frac{\bar{X} - LCL}{3\hat{\sigma}} \right\} =$$

$$\min \left\{ \frac{100 - 47}{3 \times 15,95}, \frac{47 - 0}{3 \times 15,95} \right\} = \min \{1,10, 0,98\} = 0,98 \rightarrow C_{pk} = 0,98$$

Εφόσον λοιπόν,  $C_{pk} < 1$  η διαδικασία είναι μη ικανή να πληρεί τις προδιαγραφές και παράλληλα εκμεταλλεύεται όλο το εύρος των προδιαγραφών παράγοντας ελαττωματικές μονάδες προϊόντος.

### 3.6 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ

Όταν τα δεδομένα δεν σχετίζονται με μετρήσιμες μονάδες, αλλά με ποσότητες που καλύπτονται από έναν ορισμό ναι/όχι (ελλατωματικά κομμάτια, λανθασμένα τιμολόγια, ελαττώματα ενός προϊόντος κλπ), είναι απαραίτητο το διάγραμμα ιδιοτήτων (Attribute chart). Η βασική διαφορά του από το διάγραμμα μεταβλητων (Variable chart) βρίσκεται στην διαδικασία δειγματοληψίας και στην μέτρηση των ορίων ελέγχου. Σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι ασυνήθιστο να καταγραφούν όλα τα χαρακτηριστικά μιας παραγωγής, δηλαδή όλες οι κλήσεις που δεν απαντήθηκαν σε μια μέρα, όλες οι παρτίδες που δεν ολοκληρώθηκαν έως μια ορισμένη ημερομηνία κλπ. Σε μια τέτοια περίπτωση είναι σαν να ελέγχεται ολόκληρη η παραγωγή και επομένως δεν είναι απαραίτητη η δειγματοληψία.

Εάν για ορισμένη χρονική περίοδο δεν ελέγχεται ολόκληρη η παραγωγή (π.χ για ελαττώματα), τότε το δείγμα που επιλέγεται θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό του τρέχοντος ποσοστού ελαττωμάτων. Για παράδειγμα, σε μια διεργασία με ποσοστό ελαττωμάτων 2% ένας μέσος όρος 2 ελαττωμάτων ανά δείγμα απαιτεί μέγεθος δείγματος τουλάχιστον 100, για λόγους καταγραφής. Ο υπολογισμός των ορίων ελέγχου εξαρτάται από το εάν στο διάγραμμα παριστάνονται αριθμοί (για σταθερό μέγεθος δείγματος) ή αναλογίες (για μεταβλητό μέγεθος δείγματος) και από το εάν λαμβάνονται υπ' όψιν οι ελαττωματικές μονάδες ή ελαττώματα – μια μονάδα μπορεί να έχει έναν αριθμό ελαττωμάτων προτού ταξινομηθεί ως ελαττωματική.

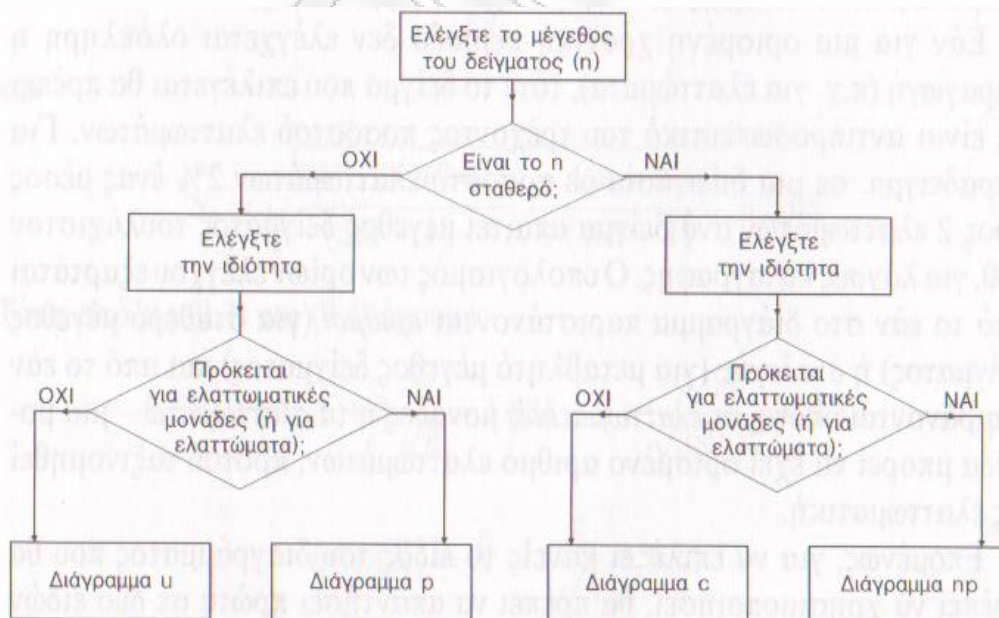
Επομένως για να επιλέξει κανείς το είδος του διαγράμματος που θα πρέπει να χρησιμοποιήσει θα πρέπει να απαντήσει πρώτα σε δύο ερωτήσεις:

- Είναι σταθερό το μέγεθος του δείγματος ή μεταβάλλεται από δείγμα σε δείγμα;
- Το χαρακτηριστικό της ποιότητας θεωρείται ως ελαττωματικό (εντελώς αποτυχημένο) ή ως ελάττωμα (ένα από τα πολλά που υπάρχουν στην μονάδα);

Ανάλογα με τις απαντήσεις στις παραπάνω δύο ερωτήσεις υπάρχουν 4 είδη διαγραμμάτων ιδιοτήτων:

1. Το διάγραμμα  $p$  (μεταβλητό μέγεθος δείγματος-ελαττωματικά)
2. Το διάγραμμα  $np$  (σταθερό μέγεθος δείγματος-ελαττωματικά)
3. Το διάγραμμα  $u$  (μεταβλητό μέγεθος δείγματος-ελαττώματα)
4. Το διάγραμμα  $c$  (σταθερό μέγεθος δείγματος-ελαττώματα)

Τα παραπάνω παριστάνονται γραφικά στο Διάγραμμα 3.15.



**Διάγραμμα 3.15**

**Επιλογές για διαγράμματα ιδιοτήτων**

Για να τεθούν τα ανώτερα και κατώτερα όρια ελέγχου, η ιδέα: μέσος  $\pm 3$  τυπικές αποκλίσεις ισχύει ακόμα (όπως και στα διαγράμματα μεταβλητών) ανεξάρτητα από το είδος του διαγράμματος ιδιοτήτων. Όμως, καθώς δεν είναι σωστό να γίνει λόγος για αρνητικές αναλογίες ή για αρνητικό αριθμό ελαττωμάτων, όποτε οι μετρήσεις του LCL καταλήγουν σε αρνητικό αριθμό, θεωρούνται ως μηδέν.

### 3.6.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΓΙΑ ΕΛΑΤΤΩΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Ελαττωματικές είναι οι μονάδες που δεν συμμορφώνονται προς το απαιτούμενο πρότυπο, λόγω της παρουσίας ελαττωμάτων. Τέτοιες μονάδες μπορεί να είναι τα ελαττωματικά τηλέφωνα, λανθασμένοι λογαριασμοί ή ενημερωτικά σημειώματα, οι κλήσεις που δεν απαντήθηκαν εντός του προκαθορισμένου χρόνου κλπ. Υπάρχουν δύο είδη διαγραμμάτων ελέγχου για ελαττωματικές μονάδες που εξαρτώνται από το εάν το μέγεθος  $n$  του δείγματος μεταβάλλεται ( $p$  διάγραμμα) ή είναι σταθερό ( $np$  διάγραμμα).

#### *Το $p$ διάγραμμα*

Το  $p$  διάγραμμα χρησιμοποιείται στον έλεγχο της διεργασίας, για να βρεθούν οι ελαττωματικές μονάδες, όταν δεν είναι δυνατόν να έχουμε δείγμα σταθερού μεγέθους. Αν υποθέσουμε ότι το ποσοστό των ελαττωματικών μονάδων είναι γνωστός αριθμός ή είναι μια παράμετρος που έχει ορίσει η διοίκηση, τότε η κεντρική γραμμή και τα όρια ελέγχου δίνονται από τους παρακάτω τύπους:

$$UCL = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$CenterLine = p$$

$$LCL = p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Στις περισσότερες περιπτώσεις, όμως, που το κλάσμα των μη συμμορφούμενων  $p$  δεν είναι γνωστό, θα πρέπει να υπολογιστεί από τα συλλεγόμενα στοιχεία. Η συνήθης πρακτική σε αυτές τις περιπτώσεις είναι η συλλογή  $m$  δειγμάτων που συνήθως κυμαίνονται από 20 έως 25 μεγέθους  $n$ . Σε αυτές τις περιπτώσεις, αν  $D_i$  είναι ο αριθμός των ελαττωματικών μονάδων ανά  $i$  δείγμα τότε το κλάσμα των ελαττωματικών μονάδων ανά δείγμα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\hat{p}_i = \frac{D_i}{n} \text{ όπου } i = 1, 2, \dots, m$$

και ο μέσος όρος των  $\hat{p}_i$  θα είναι ίσος με:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{mn} = \frac{\sum_{i=1}^m \hat{p}_i}{m}$$

Η στατιστική  $\bar{p}$  είναι εκείνη που υπολογίζει το κλάσμα των ελαττωματικών  $p$ . Τα όρια ελέγχου δίνονται από τους τύπους:

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$CenterLine = \bar{p}$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Όπου  $\bar{n}$  είναι ο μέσος όρος όλων των μεγεθών των δειγμάτων.

Εάν ο υπολογισμός του κατώτερου ορίου καταλήγει σε αρνητικό αριθμό, τότε η τιμή θεωρείται μηδέν. Τα όρια που υπολογίσθηκαν με βάση την στατιστική  $\bar{p}$  θα πρέπει να θεωρούνται πειραματικά όρια ελέγχου και κάθε υπολογιζόμενο  $\hat{p}_i$  θα πρέπει να τοποθετηθεί πάνω στο διάγραμμα για να εξετασθεί αν η διαδικασία βρίσκεται ή όχι υπό στατιστικό έλεγχο. Τα σημεία τα οποία βρίσκονται εκτός των ορίων θα πρέπει να διερευνούνται για την ύπαρξη ειδικών αιτιών. Στην περίπτωση αυτή, τα σημεία αυτά θα πρέπει να απορρίπτονται και να υπολογίζονται τα καινούρια όρια ελέγχου με βάση τα νέα δεδομένα.

Κατά τον σχεδιασμό ενός  $p$  διαγράμματος οι τρεις σημαντικότερες παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι: το μέγεθος του δείγματος, η συχνότητα δειγματοληψίας και το εύρος των ορίων ελέγχου. Κατά τον σχεδιασμό ενός διαγράμματος ελέγχου μη συμμορφούμενων μονάδων, η συνήθης πρακτική είναι η 100% επιθεώρηση των παραγόμενων μονάδων μέσα σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα όπως η διάρκεια μιας ημέρας ή μιας βάρδιας. Σε αυτή την περίπτωση τόσο το μέγεθος του δείγματος όσο και η συχνότητα δειγματοληψίας θα αλληλοεξαρτώνται. Συνήθως, η συχνότητα δειγματοληψίας θα πρέπει να σχετίζεται με τον ρυθμό παραγωγής και αυτό κατ'επέκταση θα καθορίσει το μέγεθος του δείγματος. Αν για παράδειγμα λειτουργούν τρεις βάρδιες παραγωγής και κάποιος υποπτεύεται ότι το επίπεδο της παραγόμενης ποιότητας διαφέρει από βάρδια σε βάρδια τότε το καλύτερο είναι να επιλεγούν και να εξετασθούν τρία διαφορετικά δείγματα (ένα από κάθε βάρδια) και όχι το συνολικό αποτέλεσμα της ημέρας.

Στην περίπτωση της επιλογής του μεγέθους δείγματος, έχουν αναπτυχθεί πολύ κανόνες κατα καιρούς. Εάν το  $p$  της παραγωγικής διαδικασίας είναι πάρα πολύ μικρό τότε θα πρέπει να επιλεγεί ένα δείγμα σημαντικά μεγάλο ώστε να διασφαλιστεί

η πιθανότητα να βρεθεί τουλάχιστον μία μονάδα ελαττωματική. Σε αντίθετη περίπτωση, τα όρια ελέγχου θα είναι τόσο στενά που η ύπαρξη μίας και μόνο ελαττωματικής μονάδας θα πιστοποιούν μια κατάσταση εκτός στατιστικού ελέγχου.

Αν για παράδειγμα το  $p = 0.01$  και  $n = 8$  τότε το πάνω όριο του ελέγχου θα είναι

$$UCL = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} = 0.01 + 3\sqrt{\frac{(0.01)(0.99)}{8}} = 0.1155$$

Αντίλαμβάνεται κανείς, ότι η ύπαρξη μίας και μόνο ελαττωματικής μονάδας για την οποία ισχύει  $\hat{p} = \frac{1}{8} = 0.1250$  θα φανερώνει κατάσταση εκτός στατιστικού ελέγχου

καθώς για κάθε  $p > 0$  υπάρχει σημαντική πιθανότητα να βρεθεί έστω και μία ελαττωματική μονάδα. Προκειμένου να αποφευχθεί αυτό το σφάλμα στις περιπτώσεις που ο αριθμός των ελαττωματικών είναι μικρός έχει διατυπωθεί το κριτήριο επιλογής του  $n$  με βάση το κάτω όριο ελέγχου. Επιλέγεται λοιπόν το κάτω όριο ελέγχου να είναι θετικός αριθμός προκειμένου να διασφαλιστεί ότι θα εξετασθεί σημαντικά μεγάλο δείγμα. Αναλυτικότερα ισχύει:

$$LCL = p - L\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} > 0 \Leftrightarrow n > \frac{1-p}{p} L^2$$

Αν ισχύει  $p = 0.05$  και  $L = 3$  (3σ το εύρος των ορίων ελέγχου) τότε το δείγμα θα πρέπει να είναι ίσο με  $n > \frac{0.95}{0.05} (3)^2 = 171$ . Αυτό σημαίνει ότι για  $n \geq 172$  το κάτω όριο ελέγχου θα είναι θετικός αριθμός.

Τέλος, όσον αφορά το εύρος των ορίων ελέγχου αυτά έχουν καθοριστεί στις τρεις τυπικές αποκλίσεις. Μικρότερο εύρος από αυτό θα έκανε πιο ευαίσθητο το  $p$  διάγραμμα στις μικρές αλλαγές του  $p$  όμως θα οδηγούσε σε ψευδείς καταστάσεις



μη στατιστικού ελέγχου (false alarms) που θα είχε ως αποτέλεσμα την συχνότερη διακοπή της παραγωγικής διαδικασίας με προφανή αποτελέσματα. Η μόνη περίπτωση που θα μπορούσε να δικαιολογήσει εύρη ορίων ελέγχου ίσα με  $2\sigma$  ή  $1\sigma$  θα ήταν η προσπάθεια της διοίκησης να πιέσει για βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος συνυπολογίζοντας το κόστος.

### Το $np$ διάγραμμα

Το  $np$  διάγραμμα είναι παρόμοιο με το  $p$  διάγραμμα με την μόνη βασική διαφορά ότι το μέγεθος του δείγματος είναι σταθερό. Η τιμή των δεδομένων που παριστάνεται στο διάγραμμα είναι, λοιπόν, ο πραγματικός αριθμός των ελαττωματικών μονάδων ανά δείγμα, ο οποίος αντιπροσωπεύεται από το  $np$  και όχι από την αναλογία του  $p$ .

Τα όρια ελέγχου για το  $np$  διάγραμμα φαίνονται παρακάτω:

$$UCL = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}\left(1 - \frac{\bar{np}}{n}\right)}$$

$$Center\ Line = \bar{np}$$

$$LCL = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}\left(1 - \frac{\bar{np}}{n}\right)}$$

Όπου  $\bar{np}$  είναι ο συνολικός μέσος όλων των ελαττωματικών μονάδων δηλαδή:

$$\bar{np} = \frac{\text{συνολικός αριθμός ελαττωματικών μονάδων}}{\text{αριθμός δειγμάτων που επιθεωρήθηκαν}}$$

Στο παράδειγμα 3.2 αποτυπώνεται η λειτουργία των διαγραμμάτων  $p$  και  $np$ .

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.2

Το τμήμα ταχεία παράδοσης μιας ταχυδρομικής υπηρεσίας εγγυάται την άμεση παράδοση των δεμάτων σε όλη την Ευρώπη μέσα σε 24 ώρες. Διεξήχθη μια μελέτη SPC προκειμένου να εξετασθεί αν η διαδικασία παράδοσης βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο. Μέσα σε μια περίοδο 25 εβδομάδων παρακολουθήθηκε ο αριθμός των παραδόσεων που δεν κάλυπταν τον χρόνο-στόχο εβδομαδιαία. Τα δεδομένα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5. Να σημειωθεί ότι το μέγεθος του δείγματος δεν είναι σταθερό από εβδομάδα σε εβδομάδα και το χαρακτηριστικό που εξετάζεται μπορεί να ταξινομηθεί σε δύο κατηγορίες ελαττωματικό ή μη, με αποτέλεσμα το διάγραμμα που επιλέγεται να είναι το  $p$  διάγραμμα.

**Πίνακας 3.5**  
**Δεδομένα παραδείγματος 3.2**

Αρ. εβδομάδων	Αυτοματοποιημένες Παραδόσεις	Συνολικές παραδόσεις	Αποτυχημένες παραδόσεις	Αναλογία αποτυχημένων παραδόσεων επί του συνόλου
1	850	800	96	0,1200
2	850	845	106	0,1254
3	850	830	99	0,1193
4	850	780	79	0,1013
5	850	770	76	0,0987
6	850	880	66	0,0750
7	850	875	61	0,0697
8	850	780	77	0,0987
9	850	700	56	0,0800
10	850	920	110	0,1196
11	850	900	121	0,1344
12	850	830	133	0,1602
13	850	850	153	0,1800
14	850	750	131	0,1747
15	850	780	109	0,1397
16	850	730	88	0,1205
17	850	800	80	0,1000
18	850	815	57	0,0699
19	850	830	25	0,0301
20	850	900	99	0,1100
21	850	910	77	0,0846
22	850	875	87	0,0994
23	850	830	62	0,0747
24	850	850	93	0,1094
25	850	750	90	0,1200

Ισχύει ότι:

$$\bar{n} = \frac{20580}{25} = 823,2$$

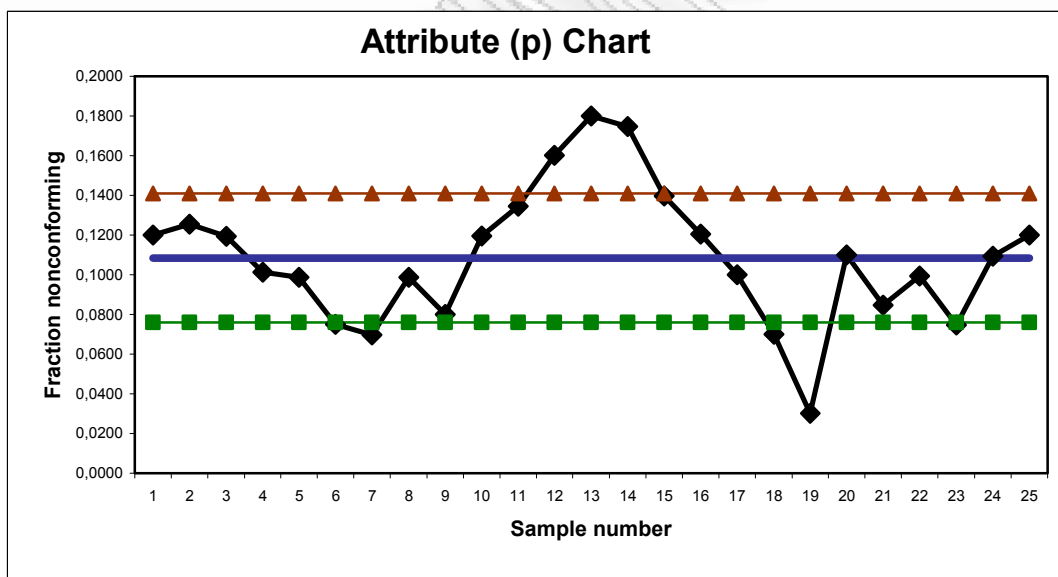
$$\bar{p} = \frac{2231}{20580} = 0.108$$

Άρα, τα όρια ελέγχου είναι:

$$UCL = 0.108 + 3\sqrt{\frac{0.108(1-0.108)}{823.2}} = 0.141$$

$$Center\ Line = \bar{p} = 0.108$$

$$LCL = 0.108 - 3\sqrt{\frac{0.108(1-0.108)}{823.2}} = 0.076$$



**Διάγραμμα 3.16**

**p** Διάγραμμα για την έγκαιρη παράδοση ταχυδρομικών δεμάτων

Όπως γίνεται φανερό, η διαδικασία ταχείας παράδοσης δεν βρισκόταν υπό στατιστικό έλεγχο. Προτού, όμως, γίνει μια συνολική προσπάθεια βελτίωσης της

διαδικασίας εξετάστηκαν οι λόγοι για τους οποίους οι παραδόσεις των εβδομάδων 12, 13 και 14 ήταν εκτός στατιστικού ελέγχου. Το πρόβλημα εντοπίστηκε στον πρόσφατα εγκατεστημένο εξοπλισμό διαλογής των παραγγελιών, ο οποίος λόγω κακής ρύθμισης έστελνε μερικές παραγγελίες σε λάθος προορισμό. Με το σκεπτικό ότι το λάθος αυτό δεν είναι πιθανό να συμβεί ξανά στο μέλλον η εταιρία αποφάσισε να παρακολουθήσει εκ νέου το σύστημα παραγγελιοληψίας για 3 μήνες προτού προβεί σε αναθεώρηση του συστήματος.

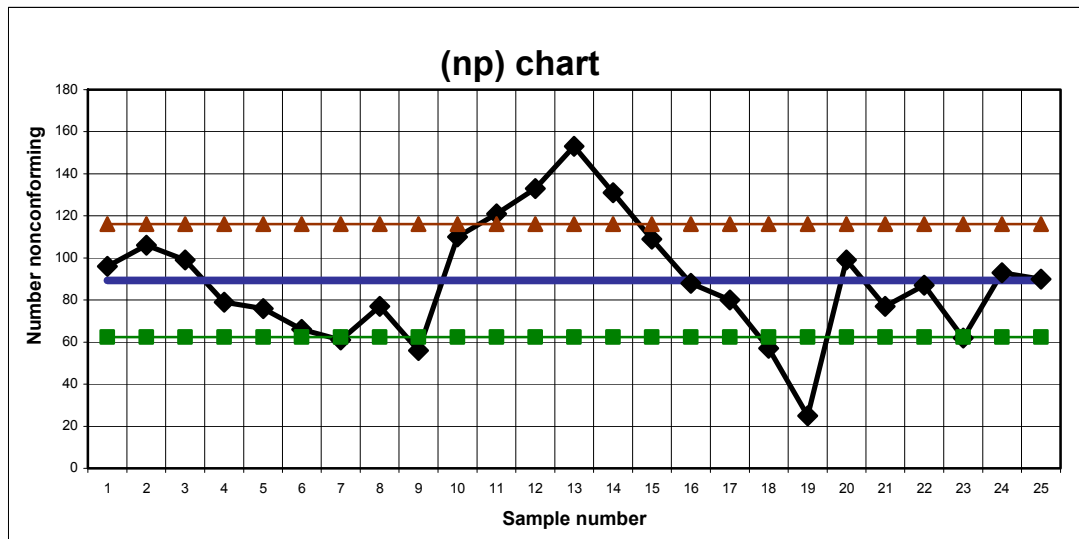
Στην περίπτωση που ο αριθμός των παραγγελιών ανά εβδομάδα ήταν αυτοματοποιημένος και σταθερός τότε το κατάλληλο διάγραμμα για την μελέτη της περίπτωσης αυτής είναι το  $np$  διάγραμμα. Αν, η εταιρία αναλάμβανε την παραγγελιοληψία 850 δεμάτων αυστηρά τότε το  $np$  διάγραμμα θα είχε τα παρακάτω όρια:

$$\bar{np} = \frac{2231}{25} = 89.24$$

$$UCL = 89.24 + 3\sqrt{89.24\left(1 - \frac{89.24}{850}\right)} = 116.05$$

$$Center\ Line = 89,24$$

$$LCL = 89.24 - 3\sqrt{89.24\left(1 - \frac{89.24}{850}\right)} = 62.43$$



**Διάγραμμα 3.17**

**np Διάγραμμα για την έγκαιρη παράδοση ταχυδρομικών δεμάτων**

Ένα από τα επιχειρήματα κατά του SPC θέτει στο στόχαστρο την αξίωση του SPC για συχνό επανακαθορισμό των ορίων ελέγχου. Όμως, εάν το σύστημα υπολογισμού λειτουργεί ήδη, ο επανακαθορισμός αυτός δεν χρειάζεται τίποτα περισσότερο από μια μικρή αλλαγή σε ένα υπολογιστικό φύλλο. Όμως, το σημαντικότερο είναι ότι αυτή η συνεχής επαναπροσαρμογή των ορίων ελέγχου είναι αυτό που κάνει το SPC ένα δυναμικό και συνάμα εξελισσόμενο σύστημα ποιοτικού ελέγχου το οποίο επιβραβεύει τις προσπάθειες επιδεικνύοντας την επιτευχθείσα πρόοδο, η οποία είναι σε πλήρη συμφωνία με την ανάγκη διαρκούς βελτίωσης.

### 3.6.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΓΙΑ ΕΛΑΤΤΩΜΑΤΑ

Ελαττώματα είναι οι ατέλειες ή τα μη συμμορφούμενα χαρακτηριστικά τα οποία εμποδίζουν τις μονάδες να προσαρμοστούν στο απαιτούμενο πρότυπο. Μια μονάδα

μπορεί να έχει αρκετά ελαττώματα προτού ταξινομηθεί ως ελαττωματική. Μπορεί να υπάρχουν διαφορετικά ελαττώματα σε μια ελαττωματική μονάδα, μερικά σημαντικότερα από κάποια άλλα. Ίσως, να χρειαστεί να καταγραφούν όλα τα ελαττώματα ή απλώς το πιο σημαντικό. Τα παραδείγματα μπορεί να περιλαμβάνουν: διαφορετικούς τύπους λαθών σε τιμολόγια, ατέλειες ενός προϊόντος, καταγραφή ατυχημάτων ή τραυματισμών, μειονεκτήματα της προσφερόμενης υπηρεσίας και άλλα. Όπως στην περίπτωση των διαγραμμάτων ιδιοτήτων για ελαττωματικές μονάδες, υπάρχουν δύο είδη διαγραμμάτων για ελαττώματα, ανάλογα με το εάν το μέγεθος  $n$  του δείγματος μεταβάλλεται (διάγραμμα  $u$ ) ή είναι σταθερό (διάγραμμα  $c$ ). Το διάγραμμα ελαττωμάτων εκτός του ότι αποσαφηνίζει την κατάσταση των ελαττωμάτων, βοηθάει στον εντοπισμό των βασικών αιτιών των προβλημάτων.

#### *Το $u$ διάγραμμα*

Το  $u$  διάγραμμα χρησιμοποιείται στον έλεγχο της διεργασίας για τυχόν ελαττώματα όταν δεν είναι δυνατόν να έχουμε δείγμα σταθερού μεγέθους. Όπως και στην περίπτωση του  $p$  διαγράμματος, οι τιμές των δεδομένων που παριστάνονται στο διάγραμμα είναι η αναλογία των ελαττωμάτων ανά δείγμα που συμβολίζεται με  $u$ , δηλαδή,

$$u = \frac{x}{n}$$

Όπου  $x$  ο συνολικός αριθμός των ελαττωμάτων ανά δείγμα και  $n$  το μέγεθος του δείγματος.

Αυτό που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι παρακολουθείται ο αριθμός των μη προσαρμογών ανά μονάδα εντός του δείγματος και όχι ο αριθμός των μονάδων ανά δείγμα που έχει απορριφθεί. Τα όρια ελέγχου δίνονται από τους τύπους:

$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$\text{Center Line} = \bar{u}$$

$$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Όπου  $\bar{n}$  είναι ο μέσος όρος όλων των μεγεθών των δειγμάτων και το  $\bar{u}$  ορίζεται ως

$$\bar{u} = \frac{\text{συνολικός αριθμός ελαττωμάτων}}{\text{συνολικός αριθμός μονάδων που επιθεωρήθηκαν}}$$

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.3

Μία εταιρία κατασκευής συστημάτων συναγερμού παρέχει δωρεάν επιτόπια συντήρηση μια φορά τον χρόνο κατά τα πρώτα πέντε χρόνια από την εγκατάσταση του συστήματος. Συνελέγησαν τα αρχεία του τμήματος συντήρησης από τις κατά τόπους επισκέψεις σε πελάτες τους τελευταίους 20 μήνες για να διεξαχθεί μια μελέτη SPC. Αυτό θεωρήθηκε ως απαραίτητο μέτρο στην προσπάθεια για βελτίωση του προϊόντος και ελαχιστοποίηση του κόστους συντήρησης μετά την πώληση.

Το  $u$  διάγραμμα επιλέχθηκε ως το κατάλληλο διάγραμμα εξαιτίας του γεγονότος ότι το μέγεθος του δείγματος μεταβαλλόταν από μήνα σε μήνα και η μελέτη αφορούσε ελαττώματα. Ανιχνεύθηκαν εννέα τύποι ελαττωμάτων που συμβάλλουν περισσότερο στο κόστος συντήρησης και οι οποίοι φαίνονται στον Πίνακα 3.6.

**Πίνακας 3.6**  
**Δεδομένα παραδείγματος 3.3**

No	Characteristic	Defective / Defect frequency																			
		1	No ring / Poor ring	1	4	0	0	3	0	5	2	6	2	4	2	0	1	3	8	2	5
2	Fail Code Test	0	2	3	0	4	3	2	0	2	0	4	2	1	0	1	2	1	1	4	3
3	Sticking Plunger	1	6	1	3	0	4	6	2	9	12	8	4	2	3	1	3	3	6	1	4
4	Sticking Buttons	8	15	6	3	9	8	11	3	12	14	17	8	7	6	5	21	5	9	3	8
5	Dry joints	2	4	1	2	6	3	1	4	0	8	6	5	0	2	5	4	2	3	2	3
6	Switch Problems	0	1	2	0	1	0	3	0	0	3	4	1	0	3	0	3	0	1	0	1
7	No cut off	0	2	0	1	0	6	0	3	5	0	5	4	6	4	2	4	0	0	1	0
8	Fail Transmission	3	1	2	0	5	7	0	3	6	4	5	0	3	0	1	6	2	0	0	2
9	Visual defects	3	3	2	4	0	3	6	5	3	8	4	4	1	6	4	7	1	0	6	2
Total defects		18	38	17	13	28	34	34	22	43	51	57	30	20	25	22	58	16	25	18	23
Sample Size		80	125	110	73	90	130	115	100	140	135	102	98	70	99	112	122	88	108	93	120
Proportion		0,23	0,30	0,15	0,18	0,31	0,26	0,30	0,22	0,31	0,38	0,56	0,31	0,29	0,25	0,20	0,48	0,18	0,23	0,19	0,19

Τα όρια ελέγχου υπολογίζονται ως εξής:

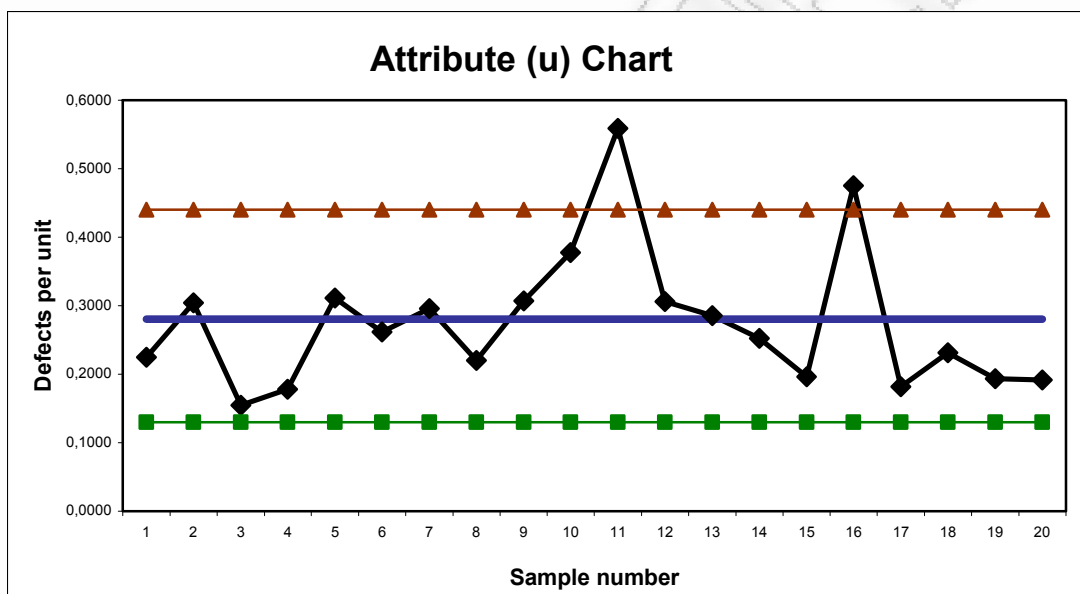
$$\bar{n} = \frac{2110}{20} = 105,5$$



$$\bar{u} = \frac{592}{2110} = 0,28$$

$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 0,28 + 3\sqrt{\frac{0,28}{105,5}} = 0,44$$

$$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 0,13$$



**Διάγραμμα 3.18**  
**u Διάγραμμα για την μελέτη ελαττωμάτων**

Το Διάγραμμα ελέγχου 3.18 παριστάνει δύο ειδικά αίτια. Για να βελτιώσει κανείς τη διεργασία, θα πρέπει πρώτα να επικεντρώσει την προσοχή του στον πιο συχνό τύπο ελαττωμάτων. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων στον Πίνακα 3.6 φαίνεται ότι τα κολλημένα κουμπιά (sticking buttons) ανέρχονται στο 30% όλων των ελαττωμάτων. Αν ο παράγοντας κόστος δεν υποδείξει κάτι διαφορετικό, αυτός ο τύπος ελαττώματος θα πρέπει να είναι το βασικό ποιοτικό χαρακτηριστικό στο οποίο θα πρέπει να επικεντρωθεί κανείς, ως μέρος ενός προγράμματος για τη βελτίωση της ποιότητας.

### Το $c$ διάγραμμα

Το  $c$  διάγραμμα χρησιμοποιείται στον έλεγχο της διεργασίας για τυχόν ελαττώματα, όταν είναι δυνατόν να πάρουμε δείγματα σταθερού μεγέθους. Γνωρίζοντας ότι τα ελαττώματα που εμφανίζονται σε μια μονάδα ελέγχου ακολουθούν την κατανομή Poisson για την οποία ισχύει ότι :

$$p(x) = \frac{e^{-c} c^x}{x!}, \quad x=0,1,2,\dots$$

Όπου  $x$  είναι ο αριθμός των ελαττωμάτων και  $c > 0$  είναι η παράμετρος της κατανομής Poisson είναι δυνατόν να θεωρηθεί ότι ο μέσος όρος και η διακύμανση είναι ίσοι με την παράμετρο  $c$ . Έτσι για το διάγραμμα ιδιοτήτων για ελαττώματα με 3σ όρια ελέγχου θα ισχύει ότι:

$$UCL = c + 3\sqrt{c}$$

$$Center\ Line = c$$

$$LCL = c - 3\sqrt{c}$$

Όπου το  $c$  είναι μια παράμετρος σταθερή που ορίζεται από την διοίκηση.

Στις περιπτώσεις που οι υπολογισμοί δίνουν αρνητικό αποτέλεσμα για το κατωτερο όριο ελέγχου αυτό θα θεωρείται ίσο με 0. Στις περιπτώσεις όπου το  $c$  δεν είναι σταθερό, θα λαμβάνεται ως ο μέσος όρος του συνόλου των ελαττωμάτων  $\bar{c}$  και τα όρια ελέγχου θα είναι ίσα με:

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\text{Center Line} = \bar{c}$$

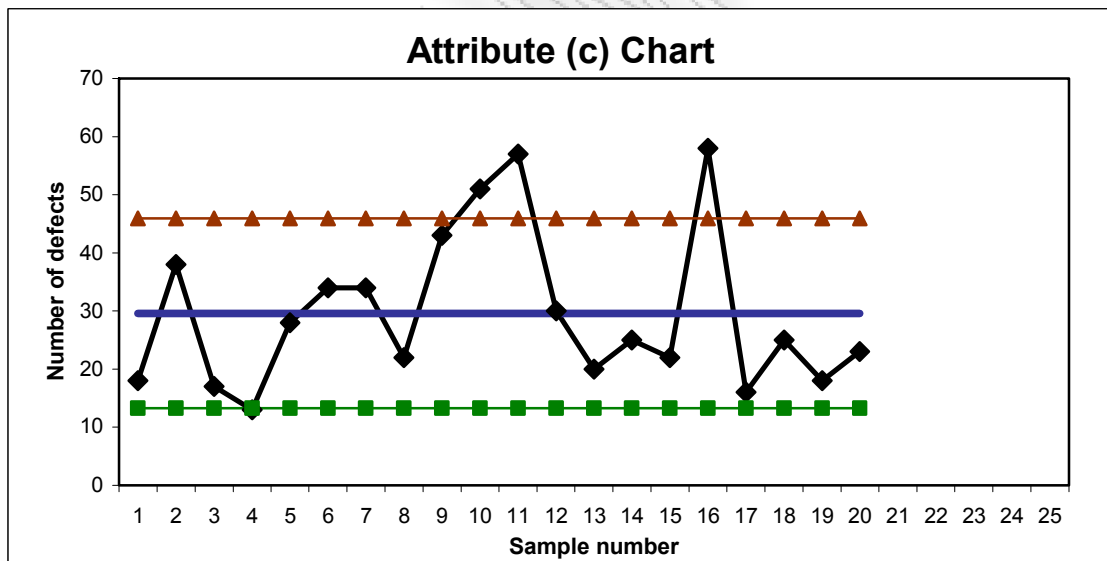
$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Αν λοιπόν, θεωρηθεί ότι τα αποτελέσματα του Πίνακα 3.6 προέκυψαν από 20 δείγματα σταθερού μεγέθους 200, ισχύει ότι:

$$\bar{c} = \frac{592}{20} = 29,6$$

$$UCL = 29,6 + 3\sqrt{29,6} = 45,9$$

$$LCL = 29,6 - 3\sqrt{29,6} = 13,3$$



**Διάγραμμα 3.19**

### **c Διάγραμμα για την μελέτη ελαττωμάτων**

Στο Διάγραμμα 3.19, γίνεται φανερό ότι τα σημεία 10, 11 και 16 αποτυπώνουν την ύπαρξη ειδικών αιτιών καθώς είναι σημεία εκτός στατιστικού ελέγχου. Μελετώντας προσεκτικά τον Πίνακα 3.6 φαίνεται ότι την μεγαλύτερη συνεισφορά στα ελαττώματα

έχουν τα κολλημένα κουμπιά (sticking buttons) κάτι που εντοπίστηκε και με το  $\mu$  διάγραμμα. Γίνεται φανερό, λοιπόν, ότι η συνεισφορά ενός τύπου ελατώματος στο παραπάνω παράδειγμα είναι τόσο ισχυρή ώστε είτε εξετάζοντας το πρόβλημα με σταθερό μέγεθος δείγματος ( $c$  διάγραμμα) είτε εξετάζοντας το πρόβλημα με μεταβλητό μέγεθος δείγματος ( $\mu$  διάγραμμα) καταλήγεις στο ίδιο συμπέρασμα χωρίς αυτό να είναι δεσμευτικό.

### 3.7 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό, έγινε μια προσπάθεια για την ανάπτυξη των αρχών και των μεθόδων που ακολουθούνται κατά τον στατιστικό έλεγχο διεργασίας. Αρχικά, περιγράφηκαν τα ειδικά αίτια που εμφανίζονται κατά την παραγωγική διαδικασία κατά ένα ποσοστό 15% και τα οποία απαιτούν την επί τόπου δράση όλων όσων εμπλέκονται στην διαδικασία για την επίλυση τους και στην συνέχεια έγινε αναφορά στα κοινά αίτια που μπορούν να επιλυθούν μόνο με την δραστηριοποίηση της Διοίκησης πάνω στο σύστημα. Αυτά είναι που αποτελούν την πλειονότητα, σε ένα σύστημα και μια διαδικασία που μεταβάλλεται. Παράλληλα, αναπτύχθηκαν όλα τα διαγράμματα μεταβλητών και ιδιοτήτων και τα εργαλεία που χρειάζεται κάποιος καθώς και οι βασικοί απαιτούμενοι τύποι για την μελέτη της εκάστοτε διεργασίας. Στο Διάγραμμα 3.15, αποτυπώνονται οι διαφορετικές επιλογές που έχει ένας αναλυτής κατά τον έλεγχο μιας διεργασίας ως προς τα ελατώματα και τις ελαττωματικές μονάδες.

Γενικά, το διάγραμμα ελέγχου είναι ένα οικονομικό εργαλείο, εφόσον εξισσοροπεί το κόστος της διερεύνησης των ειδικών αιτίων, όταν δεν υπάρχει κανένα, και της μη διερεύνησης όταν υπάρχουν κάποια. Βοηθάει στην δικαιότερη κατανομή των ευθυνών (εργάτες για τα ειδικά αίτια και Διοίκηση για τα κοινά αίτια) και έτσι αποφεύγονται άδικες μομφές και αλληλοκατηγορίες. Επιπλέον, παρέχει μια συστηματική διαδικασία που υποδουκνύει με σαφήνεια από που να ξεκινήσει κανείς, ποιο θα πρέπει να είναι το επόμενο βήμα και πότε πρέπει να τελειώσει. Αυτό κάνει το SPC ένα απαραίτητο εργαλείο και για τον εργατη και για τον μάνατζερ.

Όπως λέει ο Deming : «Μια διαδικασία που βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο έχει ταυτότητα: η απόδοση της είναι προβλέψιμη, έχει μια μετρήσιμη και ανακοινώσιμη δυνατότητα, το κόστος είναι προβλέψιμο και η παραγωγικότητα βρίσκεται στο ανώτατο σημείο. Εφόσον έχει επιτευχθεί σταθερότητα, η δουλειά της Διοίκησης να αντιμετωπίσει τα κοινά αίτια είναι ευκολότερη και οι συνέπειες των επεμβάσεων στο σύστημα μπορούν να αξιολογηθούν με μεγαλύτερη ταχύτητα και αξιοπιστία». Γίνεται σαφες λοιπόν, πως τα διαγράμματα του SPC βοηθούν όχι μονο να αποφευχθεί η περαιτέρω παραποίηση της διαδικασίας αλλά και στο να υποδειχθούν οι κατάλληλες ενέργειες με γνώμονα την βελτίωση της ποιότητας.

## Επιλεγμένη Βιβλιογραφία

- Αντζουλάκος, Δ., Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας, Πειραιάς, 2006
- Κοκολάκης, Γ., Εισαγωγή στην θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική, Εκδόσεις Συμεών, 1999
- Λογοθέτης, Ν., Μανατζμεντ Ολικής Ποιότητας, Interbooks, 1992
- Οικονόμου, Γεώργιος Σ. και Αγιακλόγλου, Χρήστος Ν., Μέθοδοι Προβλέψεων και Ανάλυσης Αποφάσεων, 2<sup>η</sup> Έκδοση, Εκδόσεις Μπένου, 2004
- Ταγαράς, Γ., Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας, Εκδόσεις Ζήτη, 2001
- Evans, James R., and Lindsay, N. M., The Management and Control of Quality. New York: West Publishing Company, 2001
- Goetsch, David L. and Stanley, Davis B., Quality Management, 4<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall, 2003
- Heizer, J., Render, B., Operations management 8<sup>th</sup> Edition, 2005
- Juran, Joseph M. and Gryna, Frank. M., Quality Planning and Analysis, Second Edition, McGraw-Hill, New York, 1980
- Montgomery, Douglas C., Design and Analysis of Experiments, 4<sup>th</sup> Edition, Wiley, New York, 1997
- Montgomery, Douglas C., Introduction to statistical Quality Control. 4<sup>th</sup> Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2001
- Smith, Gerald, Statistical Process Control and Process Improvement, 5<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall, 2004
- Thomas, Ryan P., Statistical Methods for Quality Improvement, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2000
- Wheeler, Donald J. and Chambers David S., Understanding Statistical Process Control, Second Edition, SPC Press, 1992

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΤΑΙΡΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΛΛΥΝΤΙΚΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

#### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ποιότητα αποτελεί σημαντικό παράγοντα διαφοροποίησης μιας εταιρίας ή ενός Ομίλου σε ένα εξαιρετικά ανταγωνιστικό περιβάλλον, όπως είναι αυτό που έχει διαμορφωθεί στις μέρες μας. Τα προϊόντα, οι υπηρεσίες αλλά και οι εν γένει διαδικασίες που τα παράγουν διαμορφώνονται με βάση την ποιότητα, καθώς εκείνη είναι που θα καθορίσει την ανταγωνιστική θέση της εταιρίας και θα επηρεάσει σημαντικά την κερδοφορία της. Σκοπός του Συστήματος Ποιότητας της εκάστοτε εταιρίας είναι να εισάγει σε όλα τα επίπεδα της παραγωγικής διαδικασίας όλες εκείνες τις παραμέτρους που θα διασφαλίσουν ότι το παραγόμενο προϊόν συμμορφώνεται με τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί και εξυπηρετεί τις ανάγκες του πελάτη κατά απόλυτο τρόπο.

Στο παρόν κεφάλαιο, θα μελετηθούν συγκεκριμένες εφαρμογές του Στατιστικού Έλεγχου Διεργασίας που λαμβάνει χώρα κατά την παραγωγική διαδικασία. Η μελέτη αυτή βασίζεται σε ποσοτικά δεδομένα τα οποία λαμβάνονται καθ'όλη την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας στην προσπάθεια να διασφαλιστεί η ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος και να εντοπιστούν άμεσα, αν υπάρχουν, αιτίες που πιθανόν να επηρεάζουν την ισορροπία του συστήματος οδηγώντας σε ελαττωματικά προϊόντα. Τα ελαττωματικά αυτά προϊόντα, τα οποία ή θα χρειαστούν ανακατεργασία ή θα απορριφθούν ως σκάρτα ή θα πωληθούν σε τιμή κατώτερη της αντικειμενικής

τους αξίας κοστίζουν χρόνο αλλά κυρίως χρήμα, γι' αυτό σκοπός όλων των εμπλεκομένων τμημάτων είναι ο εντοπισμός των γενεσιουργών αιτιών που τα προκαλούν. Στο πλαίσιο αυτό, θα συνεισφέρει η μελέτη του Στατιστικού Έλεγχου Διεργασίας που αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία διασφάλισης της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος και της υπηρεσίας.

Συγκεκριμένα, θα εξεταστεί η Ικανότητα της διαδικασίας συσκευασίας ενός καλλυντικού προϊόντος μέσω του Στατιστικού Ελέγχου των ποσοτικών χαρακτηριστικών. Το ποσοτικό χαρακτηριστικό ποιότητας θα είναι το βάρος γεμίσματος των συσκευασιών για ένα καλλυντικό προϊόν (κραγιόν) του οποίου η διαδικασία συσκευασίας εμφανίζει την ιδιαιτερότητα ότι γίνεται εν θερμώ σε μικρό περιέκτη πολυπροπυλενίου (PP). Στην περίπτωση αυτή, ο έλεγχος θα γίνει με την βοήθεια διαγραμμάτων ελέγχου του μέσου βάρους γεμίσματος και του εύρους. Επίσης, με την βοήθεια των διαγραμμάτων μεμονωμένων τιμών και κινητού εύρους θα εξετασθεί η περιεκτικότητα του προϊόντος σε οξείδιο του ψευδαργύρου που αποτελεί μία από τις κρίσιμες παραμέτρους με βάση τις προδιαγραφές του πελάτη και μετράται μετά από κάθε παραγωγική διαδικασία. Τέλος, θα γίνει μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου προϊόντος. Κατά την διάρκεια της συσκευασίας, συλλέγονται δείγματα τελικού προϊόντος ανά τακτα χρονικά διαστήματα και αξιολογείται η εμφάνιση των περιεκτών όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους και κατατάσσονται τα ποιοτικά σφάλματα σε τρεις κατηγορίες στα κρίσιμα, στα μεγάλα και στα μικρά σφάλματα. Με την βοήθεια των διαγραμμάτων ελέγχου των χαρακτηριστικών για σταθερό μέγεθος δείγματος θα γίνει αξιολόγηση αυτής της διαδικασίας.



## 4.2 Η ΕΤΑΙΡΙΑ

Η εταιρία αποτελεί μέλος ενός ισχυρού Ομίλου εταιριών ο οποίος δραστηριοποιείται τόσο στο λιανικό εμπόριο με αλυσίδες καταστημάτων τροφίμων, ένδυσης-υπόδυσης, οπτικών και εστίασης όσο και στην βιομηχανική παραγωγή φαρμάκων και καλλυντικών προϊόντων του οποίου ο συνολικός τζίρος φτάνει στα € 3,5 δισεκατομμύρια. Ιδρύθηκε το 1949 με σκοπό την παρασκευή φαρμακευτικών σκευασμάτων και μέσα σε ένα διάστημα 50 χρόνων έχει διευρύνει τόσο πολύ τα μεγέθη της και τον κύκλο εργασιών της με αποτέλεσμα να αναδειχθεί σε υπολογίσιμη δύναμη στην ευρωπαϊκή φαρμακοβιομηχανία ως ανεξάρτητος παραγωγός κλείνοντας συμβόλαια μακράς διάρκειάς με ξένες πολυεθνικές εταιρίες, οι οποίες εγκαταλείποντας το κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας εστιάζονται περισσότερο στο μάρκετινγκ και την έρευνα με σκοπό να είναι πρωτοπόροι στο ανταγωνιστικό περιβάλλον που διαμορφώνεται. Με τζίρο που αναμένεται να αγγίξει τα € 380 εκατομμύρια μέσα στο 2010, η εταιρία είναι σε θέση να διαχειρίζεται 145 πελάτες, που κατά κύριο λόγο είναι ξένοι οίκοι φαρμακευτικών και καλλυντικών προϊόντων, 1800 διαφορετικά προϊόντα και ένα εργατικό δυναμικό που αγγίζει τους 3200 υπαλλήλους.

Με έτος ορόσημο το 1990, κατά το οποίο προχωρεί στην πρώτη εξαγορά εργοστασίου παραγωγής φαρμάκων στα ανατολικά προάστια της Αθήνας φτάνει εν έτει 2010 να κατέχει 11 εργοστάσια παραγωγής φαρμάκων, 2 εργοστάσια καλλυντικών προϊόντων και 4 κέντρα Έρευνας και Ανάπτυξης τόσο για φαρμακευτικά παρασκευάσματα όσο και για καλλυντικά προϊόντα. Στην Ελλάδα εδράζονται 5 εργοστάσια παραγωγής ενώ τα υπόλοιπα βρίσκονται στην Ιταλία, την Ολλανδία και την Γαλλία. Παράλληλα από το 1996, η εταιρία διαθέτει μεγάλο κέντρο αποθήκευσης

και φυσικής διανομής ετοιμών προϊόντων στα περίχωρα της Αττικής, είτε παραγόμενων από την ίδια είτε για λογαριασμό τρίτων, τα οποία σε μεγάλο ποσοστό διακινεί σε όλη την χώρα με ιδιόκτητο στόλο. Έτσι, όχι μόνον παράγει πάνω από 1800 προϊόντα τα οποία είναι κυρίως υγρά, ημιστερεά, στερεά, ενέσιμα, κεφαλινοσπορινούχα, πενικιλινούχα, γενόσημα, συμπληρώματα διατροφής και καλλυντικά αναλαμβάνοντας για λογαριασμό των πελατών της ακόμα και την προμήθεια των πρώτων υλών αλλά προσφέρει επίσης και ένα πλήρες πακέτο υπηρεσιών που περιλαμβάνει την παραγωγή, την διαχείριση των πρώτων υλών, την συσκευασία, την αποθήκευση και την διανομή τους.

Η μεγάλη ανάπτυξη που γνωρίζει τα τελευταία χρόνια η εταιρία οφείλεται κυρίως στην δέσμευση των στελεχών της απέναντι στις ποιοτικές υπηρεσίες και την εκπλήρωση των πελατειακών αναγκών. Αποστολή της εταιρίας, όπως αυτή προβάλλεται από την Ανώτατη Διοίκηση είναι η επέκταση των δραστηριοτήτων μέσα από την κατάκτηση της γνώσης και της αυθεντίας έτσι ώστε να προσφέρει προϊόντα στους πελάτες της που ξεπερνούν τις προσδοκίες τους. Ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται αυτό είναι η απόλυτη δέσμευση στην ποιότητα και η συνεχής προσπάθεια για βελτίωση του συστήματος ποιότητας και των παραγωγικών διαδικασιών. Παράλληλα, η επιχείρηση σαν σύνολο δείχνει μεγάλη ευαισθητοποίηση σε θέματα που αφορούν το περιβάλλον, την υγιεινή και την ασφάλεια των εργαζομένων. Διενεργεί βιολογικό καθαρισμό σε όλες τις εγκαταστάσεις της ενώ συνεργάζεται με εταιρίες οι οποίες εξιδεικεύονται στην διαχείριση αποβλήτων αστικού και βιομηχανικού τύπου. Παράλληλα προωθεί την ιδέα της ανακύκλωσης διατηρώντας μονάδες συλλογής ξύλου, χαρτιού, αλουμινίου, γυαλιού, χρησιμοποιημένων λαδιών και μπαταριών. Επίσης, δίνει μεγάλη σημασία στην εκπαίδευση των εργαζομένων για την διαχείριση των εργασιακών κινδύνων καθώς

και την αποφυγή των ατυχημάτων μέσα στον χώρο εργασίας στελεχώνοντας σημαντικά τα τμήματα υγιεινής και ασφάλειας τα τελευταία χρόνια.

#### **4.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΛΛΥΝΤΙΚΩΝ**

Η μελέτη σχετικά με την διασφάλιση της Ποιότητας και η εφαρμογή του Στατιστικού Έλεγχου Διεργασίας που θα ακολουθήσει θα λάβει χώρα στο εργοστάσιο καλλυντικών της εταιρίας που εδράζεται στα περίχωρα της Αττικής. Το εργοστάσιο αυτό κατασκευάστηκε το 1997 και άρχισε την λειτουργία του τον αμέσως επόμενο χρόνο. Τα προϊόντα που παράγονται στις εγκαταστάσεις του είναι κυρίως προϊόντα περιποίησης προσώπου και σώματος με τον μεγαλύτερο όγκο παραγωγής να καταλαμβάνουν τα αφρόλουτρα, τα σαμπουάν, τα αντηλιακά προϊόντα και οι κρέμες. Παρόλο που κάθε εργοστάσιο έχει την δική του πολιτική απέναντι στα θέματα ποιότητας και τους δικούς του εταιρικούς στόχους, κοινή επιδίωξη είναι η ικανοποίηση των απαιτήσεων του πελάτη μέσω της παραγωγής καλλυντικών υψηλής ποιότητας, η ασφάλεια του καταναλωτή, η συμμόρφωση με τις καλές πρακτικές (GMP, Good Manufacturing Procedures) και η ικανοποίηση των σχετικών νομοθετικών διατάξεων που διέπουν τα καλλυντικά. Έτσι, η ανάπτυξη του συστήματος ποιότητας στο εργοστάσιο καλλυντικών, στηρίζεται κυρίως πάνω στις προδιαγραφές ποιότητας που θέτει ο πελάτης αλλά και η ίδια η εταιρία, καθώς και στην συμμόρφωση με τους νόμους που διέπουν την παραγωγή καλλυντικών. Άρα η διασφάλιση της ποιότητας θα πρέπει να καλύπτει όλα τα στάδια μέχρι το τελικό προϊόν. Τα στάδια αυτά είναι:

- Η συλλογή των πρώτων υλών

- Η αποθήκευση των πρώτων υλών
- Ο ποιοτικός έλεγχος
- Ο μετασχηματισμός των πρώτων υλών σε ημιέτοιμο προϊόν
- Ο έλεγχος του ημιετοίμου προϊόντος
- Η συσκευασία του ημιετοίμου προϊόντος
- Ο έλεγχος του ετοίμου προϊόντος
- Η αποθήκευση του ετοίμου προϊόντος
- Η διανομή

Ένας αποτελεσματικός τρόπος σχεδιασμού ενός συστήματος Διασφάλισης ποιότητας είναι η ενσωμάτωση των αρχών GMP για τα καλλυντικά στο διεθνές πρότυπο ISO 9000:2000 για την ποιότητα. Στο πλαίσιο αυτό, το εν λόγω εργοστάσιο καλλυντικών είναι πιστοποιημένο με το Πρότυπο ποιότητας ISO 9000:2008. Ένα οργανωμένο σύστημα διαχείρισης της ποιότητας περιλαμβάνει την οργανωτική δομή, τις διαδικασίες καθημερινών λειτουργιών, τις διεργασίες και τους πόρους που απαιτούνται για την υλοποίηση των αρχών της ποιότητας. Στο πλαίσιο αυτό, οι αρμοδιότητες και οι ευθύνες του προσωπικού της εταιρίας περιγράφονται με σαφήνεια στις σχετικές περιγραφές θέσεων εργασίας οι οποίες αναφέρουν την ιεραρχική τοποθέτηση βάσει του οργανογράμματος και τις ακριβείς αρμοδιότητες του καθενός. Οι διαδικασίες αποτελούν συγκεκριμένους τρόπους για την υλοποίηση μιας διεργασίας. Οποιαδήποτε δραστηριότητα χρησιμοποιεί πόρους για το μετασχηματισμό εισερχομένων σε εξερχόμενα μπορεί να θεωρηθεί ως διεργασία και η κατανόηση των διεργασιών είναι απαραίτητη παράμετρος για την βελτίωση του συστήματος ποιότητας.

Η τήρηση των διαδικασιών και η τεκμηρίωση του συστήματος είναι σημαντικές παράμετροι για την σωστή εφαρμογή του συστήματος διασφάλισης ποιότητας και την

εξασφάλιση προϊόντων υψηλών προδιαγραφών. Το σύστημα εφαρμόζεται όταν οι καθημερινές εργασίες καταγράφονται και αξιολογούνται στα σχετικά έντυπα μαζί με τις τυχόν παρατηρήσεις. Ειδικά στην περίπτωση των καλλυντικών, οι διαδικασίες που σχετίζονται με την καθαριότητα, την υγιεινή, την συντήρηση, την διακρίβωση, την διαχείριση των μη συμμορφούμενων, την ιχνηλασιμότητα, την εκπαίδευση, τον έλεγχο των αλλαγών, την αποδέσμευση των προϊόντων και τις προδιαγραφές που θα πρέπει να τηρούνται διασφαλίζοντας την συμμόρφωση με τα πρότυπα. Στα πλαίσια, λοιπόν, της διασφάλισης αυτής η εταιρία από το 2008 έχει επενδύσει πάνω στην εγκατάσταση και εφαρμογή ενός αξιολογού πληροφοριακού συστήματος, του SAP, το οποίο δίνει την δυνατότητα να καταγράφονται και να αποτυπώνονται ηλεκτρονικά όλες οι λειτουργίες του εργοστασίου. Μέσω αυτού είναι δυνατός ο έλεγχος και η αξιολόγηση του συστήματος ποιότητας.

Παράλληλα, όμως, η επίτευξη των στόχων αξιολογείται και παρουσιάζεται συγκεντρωτικά στην Ανασκόπηση του συστήματος ποιότητας (QMR, Quality Management Review) ως μοναδικού μηχανισμού μέτρησης της αποδοτικότητας. Τέλος, ακολουθώντας την εποχή, η Ανώτατη Διοίκηση του εργοστασίου επενδύει στην εκπαίδευση και αφομοίωση των στελεχών της στο σύστημα Λιτής Διαχείρισης (Lean Management). Η εφαρμογή των αρχών του Lean Management οδήγησε τα τελευταία χρόνια στην καλύτερη αξιοποίηση των πόρων και την βελτίωση των οικονομικών μεγεθών. Η συνεχής εφαρμογή του κύκλου PDCA (PLAN – DO – CHECK – ACT) ως εργαλείο του Lean Management οδήγησε σε καλύτερη κατανόηση του συστήματος της ποιότητας, σε αναγνώριση των κρίσιμων για την ποιότητα θεμάτων (CTQ's) και σε εν γένει βελτίωση της γενικότερης απόδοσης.

#### 4.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

Παρακάτω, θα εξετασθεί μέσω Στατιστικού Έλεγχου Διεργασίας, η διαδικασία συσκευασίας καλλυντικού προϊόντος (κραγιον εν προκειμένω). Το ποσοτικό χαρακτηριστικό που θα μετρηθεί είναι το καθαρό βάρος του προϊόντος. Ο στατιστικός έλεγχος θα διενεργηθεί με την βοήθεια διαγραμμάτων ελέγχου της μέσης τιμής ( $\bar{X}$  chart) και του εύρους ( $R$  chart). Από τα διαγράμματα της μέσης τιμής, θα εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την ικανότητα της διεργασίας ( $C_{pk}$ ) να παράγει προϊόν εντός των κατατεθέντων προδιαγραφών από τον πελάτη.

Κατά την συσκευασία των προϊόντων διενεργείται έλεγχος του βάρους γεμίσματος με σκοπό την διασφάλιση της ποιότητας των συσκευασθέντων. Ως προς τον έλεγχο του βάρους γεμίσματος η εταιρία ακολουθεί την Ευρωπαϊκή οδηγία του Συμβουλίου της 20<sup>ης</sup> Ιανουαρίου 1976 (76/211/ΕΟΚ) περί προσεγγίσεως των νομοθεσιών των κρατών μελών των αναφερομένων στην προπαρασκευή σε μάζα ή όγκο ορισμένων προϊόντων σε προσυσκευασία. Με τον όρο προσυσκευασμένο ένα προϊόν ορίζεται όταν βρίσκεται σε συσκευασία οποιαδήποτε φύσεως, χωρίς να παρίσταται ο αγοραστής και κατά τέτοιο τρόπο ώστε η ποσότητα του προϊόντος που περιέχεται στην συσκευασία να έχει μια τιμή προκαθορισμένη και η οποία να μη δύναται να αλλάξει χωρίς εμφανές άνοιγμα ή τροποποίηση της συσκευασίας. Στην περίπτωση του προς εξέταση προϊόντος του οποίου η ονομαστική ποσότητα είναι μικρότερη από 5 g, ο πελάτης έχει ορίσει βάσει προδιαγραφών τα όρια γεμίσματος μεταξύ 3,6 και 4,3 γραμμάρια.

#### 4.4.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΓΕΜΙΣΜΑΤΟΣ

Ο στατιστικός έλεγχος που διενεργεί η εταιρία περιλαμβάνει την συλλογή 30 δειγμάτων μεγέθους 5 με μια συχνότητα ενός δείγματος κάθε μισή ώρα. Παράλληλα, δύο φορές ανά βάρδια, το υπεύθυνο άτομο του χώρου συσκευασίας μετρά ένα δείγμα συσκευασμένου προϊόντος και καταγράφει τις τιμές στο αντίστοιχο έντυπο προς επιβεβαίωση των μετρήσεων που ήδη έχουν γίνει. Ο στατιστικός έλεγχος διενεργήθηκε για ένα διάστημα 5 ημερών και τα αποτελέσματα συνοψίζονται στους Πίνακες Π1, Π2, Π3, Π4 και Π5 στο παράρτημα της εργασίας.

Για την πρώτη ημέρα μετρήσεων, όπου το σύνολο των δειγμάτων ήταν  $k = 30$ , η μέση τιμή των βαρών των δειγμάτων είναι :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k X_i}{k} = \frac{124,266}{30} = 4,1422$$

και το αντίστοιχο μέσο εύρος των τιμών είναι:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R}{k} = \frac{4,840}{30} = 0,1613$$

Από την τιμή του μέσου εύρους,  $\bar{R}$ , και λαμβάνοντας υπόψιν ότι το μέγεθος του δείγματος είναι  $n = 5$ , μπορεί να υπολογιστεί ο εκτιμητής της τυπικής απόκλισης  $\hat{\sigma}$  από την σχέση:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,1613}{2,326} = 0,069$$

Άρα τα όρια ελέγχου του Διάγραμματος μέσης τιμής για τις μετρήσεις του βάρους γεμίσματος είναι:

$$UCL = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = 4,1422 + 3 \frac{0,1613}{2,326 \times \sqrt{5}} = 4,2352$$

$$Center\ Line = 4,1422$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = 4,1422 - 3 \frac{0,1613}{2,326 \times \sqrt{5}} = 4,049$$

Για τα όρια ελέγχου του Διαγράμματος εύρους, γνωρίζοντας ότι ο αμερόληπτος εκτιμητής της τυπικής απόκλισης είναι  $\hat{\sigma}_R = d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$ , προκύπτει ότι

$$UCL = \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,1613 + 3 \times 0,864 \frac{0,1613}{2,326} = 0,3410$$

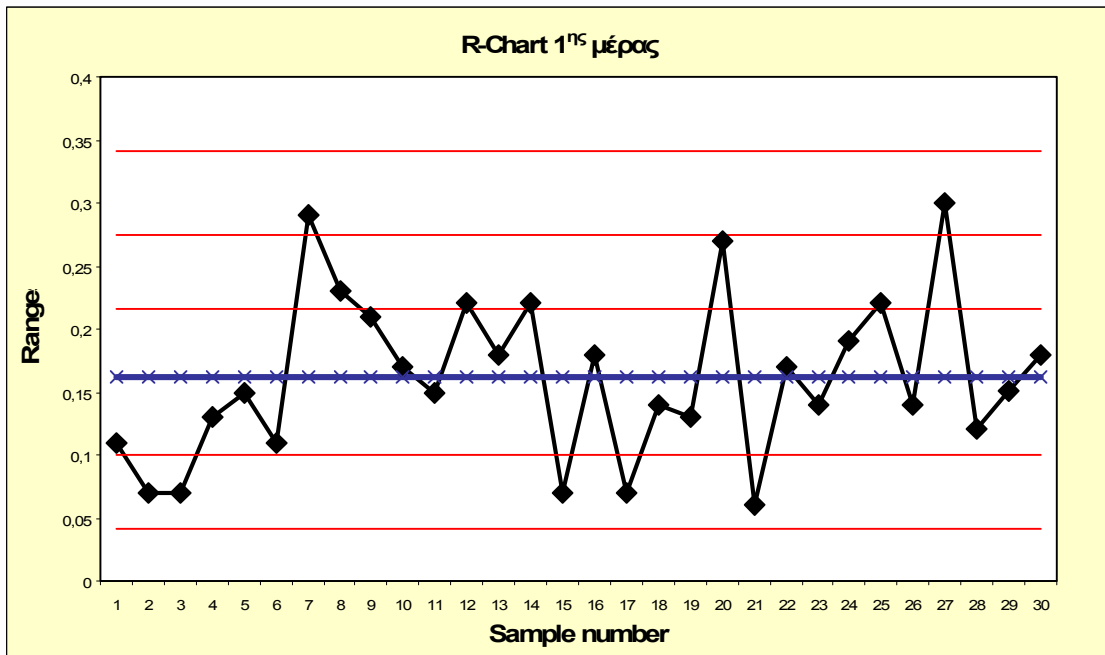
$$Center\ Line = 0,1613$$

$$LCL = \bar{R} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,1613 - 3 \times 0,864 \frac{0,1613}{2,326} = -0,018$$

Στην περίπτωση που το κάτω όριο ελέγχου είναι αρνητικό, θα λαμβάνεται ίσο με 0.

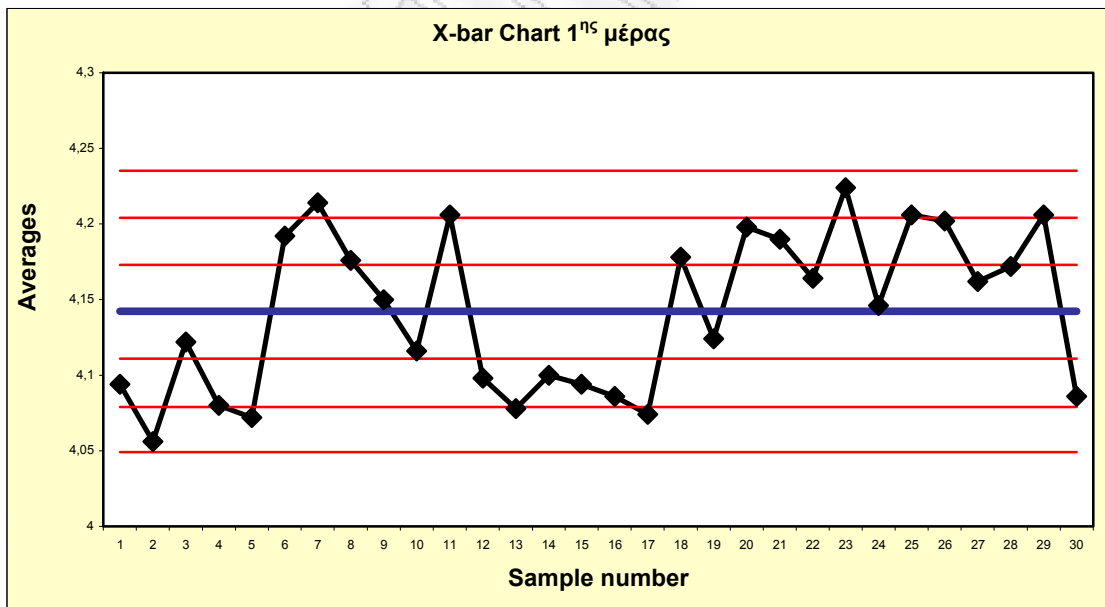
Με βάση τα όρια ελέγχου που υπολογίστηκαν παραπάνω σχεδιάζονται τα Διαγράμματα 4.1 και 4.2 που παριστάνουν το Διάγραμμα ελέγχου εύρους και το Διάγραμμα ελέγχου μέσης τιμής, αντίστοιχα για την πρώτη ημέρα. Με κόκκινες γραμμές παριστάνονται οι περιοχές  $\bar{\bar{X}} \pm 1\sigma$ ,  $\bar{\bar{X}} \pm 2\sigma$ ,  $\bar{\bar{X}} \pm 3\sigma$  έτσι όπως αυτές προκύπτουν από την μεταβλητότητα της διεργασίας.





Διάγραμμα 4.1

Διάγραμμα ελέγχου εύρους για τις μετρήσεις 1<sup>ης</sup> μέρας



Διάγραμμα 4.2

Διάγραμμα ελέγχου μέσης τιμής για τις μετρήσεις μέσου βάρους 1<sup>ης</sup> μέρας

Υπολογίζοντας την ικανότητα της διεργασίας μέσω του λόγου της Ικανότητας (PCR, Process Capability Ratio) προκύπτει ότι :

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{4,3 - 3,6}{6 \times 0,069} = 1,69$$

Αυτό σημαίνει ότι η διεργασία εκμεταλλεύεται μόνο το 59% του εύρους των προδιαγραφών κάτι που εύκολα μπορεί να γίνει αντιληπτό παρατηρώντας το πως κατανέμονται οι τιμές στο διάγραμμα ελέγχου της μέσης τιμής. Φαίνεται από το διάγραμμα της μέσης τιμής ότι οι μετρήσεις του βάρους γεμίσματος είναι από 4,05 γραμμάρια και πάνω. Η διεργασία, δηλαδή είναι ελαφρώς μετατοπισμένη προς τα πάνω όρια. Αυτό άλλωστε αποδεικνύεται από τον υπολογισμό του δείκτη Ικανότητας (PCI, Process Capability Index) για τον οποίο ισχύει:

$$Cpk = \min \left\{ \frac{4,3 - 4,1422}{3 \times 0,069}, \frac{4,1422 - 3,6}{3 \times 0,069} \right\} = \{0,76, 2,61\} = 0,76$$

Την δεύτερη ημέρα μετρήσεων η μέση τιμή των δειγμάτων ήταν:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k X_i}{k} = \frac{123,618}{30} = 4,1206$$

Ενώ αντίστοιχα το μέσο εύρος του βάρους γεμίσματος των σωληναρίων ήταν ίσο με:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R}{k} = \frac{4,64}{30} = 0,1547$$

Από τις παραπάνω παραμέτρους προκύπτει ότι τα όρια ελέγχου για το Διάγραμμα της μέσης τιμής είναι :

$$UCL = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = 4,1206 + 3 \frac{0,1547}{2,326 \times \sqrt{5}} = 4,2098$$

$$Center\ Line = 4,1206$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = 4,1206 - 3 \frac{0,1547}{2,326 \times \sqrt{5}} = 4,0314$$

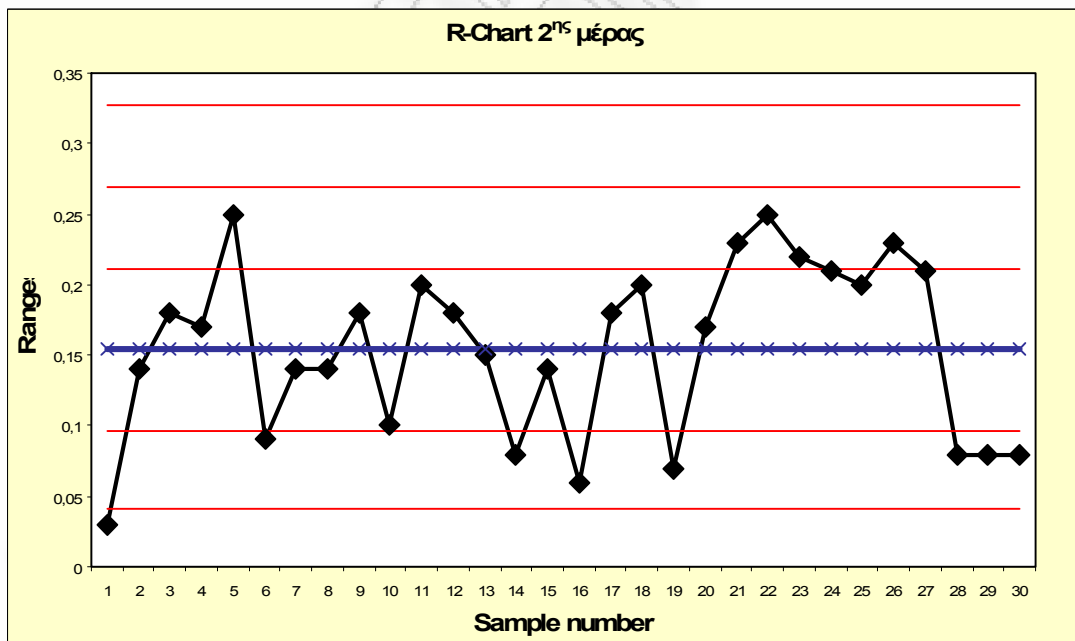
Αντίστοιχα, τα όρια ελέγχου για το Διάγραμμα εύρους είναι ίσα με:

$$UCL = \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,1547 + 3 \times 0,864 \frac{0,1547}{2,326} = 0,3270$$

$$Center\ Line = 0,1613$$

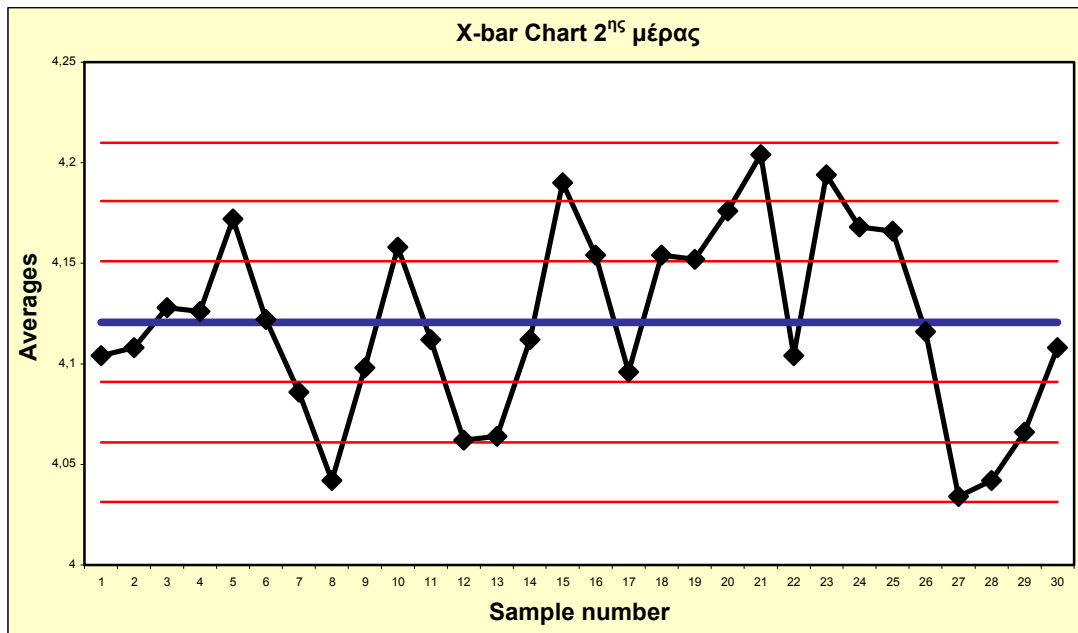
$$LCL = \bar{R} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,1547 - 3 \times 0,864 \frac{0,1547}{2,326} = -0,018 \approx 0$$

Στα Διαγράμματα 4.3 και 4.4 παριστάνονται τα αντίστοιχα διαγράμματα ελέγχου για το εύρος και την μέση τιμή.



**Διάγραμμα 4.3**

**Διάγραμμα ελέγχου εύρους για τις μετρήσεις 2<sup>ης</sup> μέρας**



**Διάγραμμα 4.4**

**Διάγραμμα ελέγχου μέσης τιμής για τις μετρήσεις μέσου βάρους 2ης μέρας**

Προκειμένου να αξιολογηθεί η παραγωγική διαδικασία της δεύτερης μέρας υπολογίζονται ο λόγος της Ικανότητας και ο δείκτης Ικανότητας της διαδικασίας. Ο εκτιμητής της τυπικής απόκλισης  $\hat{\sigma}$  ισούται με:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,1547}{2,326} = 0,066$$

οπότε προκύπτει ότι:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{4,3 - 3,6}{6 \times 0,066} = 1,77 \quad \text{και}$$

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{4,3 - 4,1206}{3 \times 0,066}, \frac{4,1206 - 3,6}{3 \times 0,066} \right\} = \{0,91, 2,63\} = 0,91$$

Ο λόγος  $C_p$  εκφράζει την εν δυνάμει ικανότητα της διεργασίας να παράγει προϊόντα εντός προδιαγραφών ενώ αντίστοιχα ο δείκτης  $C_{pk}$  εκφράζει την πραγματική

ικανότητα της διεργασίας. Από τις παραπάνω μετρήσεις γίνεται αντιληπτό ότι την δεύτερη μέρα η συσκευασία του προϊόντος είναι εμφανώς βελτιωμένη καθώς ο δείκτης  $C_{pk}$  αυξήθηκε από 0,76 σε 0,91 παρόλαυτα η διεργασία παραμένει μη ικανή όντας μετατοπισμένη προς τα πάνω όρια των προδιαγραφών.

Την τρίτη μέρα των μετρήσεων τα αποτελέσματα είναι εμφανώς καλύτερα. Η μέση τιμή των βαρών των δειγμάτων και το μέσο εύρος φαίνονται παρακάτω:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k X_i}{k} = \frac{123,234}{30} = 4,1078 \quad \text{και} \quad \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R}{k} = \frac{4,14}{30} = 0,138$$

Και τα αντίστοιχα όρια ελέγχου για το διάγραμμα του εύρους:

$$UCL = \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,138 + 3 \times 0,864 \frac{0,138}{2,326} = 0,2917$$

$$Center\ Line = 0,138$$

$$LCL = \bar{R} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,138 - 3 \times 0,864 \frac{0,138}{2,326} = -0,016 \approx 0$$

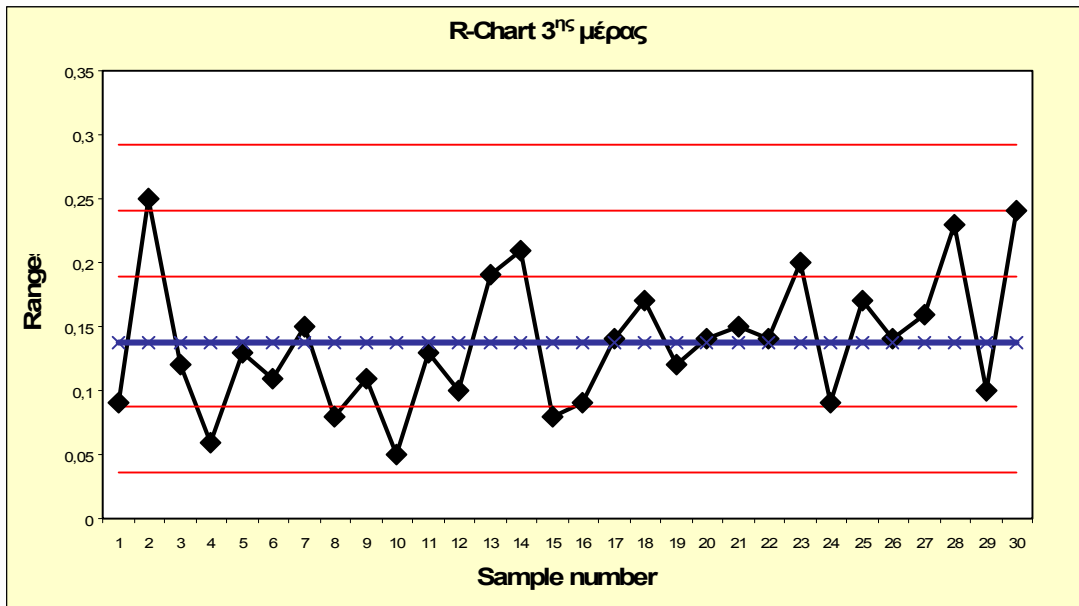
Και της μέσης τιμής είναι:

$$UCL = \bar{X} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = 4,1078 + 3 \frac{0,138}{2,326 \times \sqrt{5}} = 4,1874$$

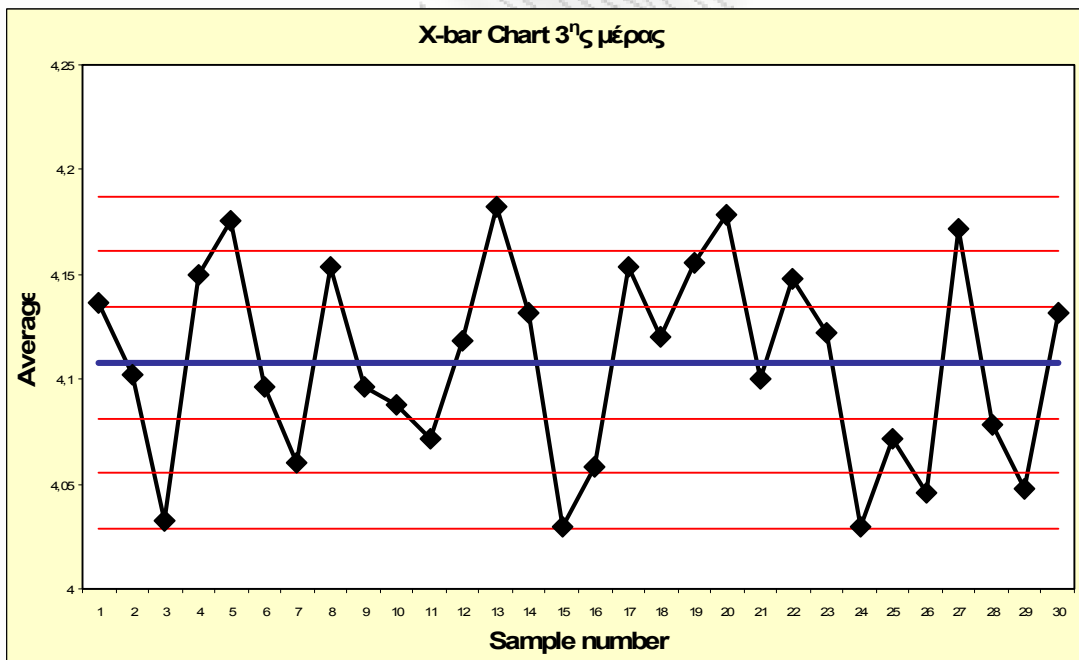
$$Center\ Line = 4,1078$$

$$LCL = \bar{X} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = 4,1078 - 3 \frac{0,138}{2,326 \times \sqrt{5}} = 4,0282$$

Με βάση τα όρια ελέγχου που υπολογίστηκαν σχεδιάζονται τα Διαγράμματα 4.5 και 4.6.



**Διάγραμμα 4.5**  
**Διάγραμμα ελέγχου εύρους για τις μετρήσεις 3<sup>ης</sup> μέρας**



**Διάγραμμα 4.6**  
**Διάγραμμα ελέγχου μέσης τιμής για τις μετρήσεις μέσου βάρους 3<sup>ης</sup> μέρας**

Για την τρίτη μέρα συσκευασίας υπολογίζονται οι παράμετροι που αξιολογούν την Ικανότητα της διεργασίας. Ο λόγος Ικανότητας της διεργασίας (PCR) είναι ίσος με  $C_p = 1,98$  που σημαίνει ότι η διεργασία εκτελείται εκμεταλλευσόμενη σχεδόν το 50% του εύρους των προδιαγραφών. Παράλληλα, επειδή ο δείκτης Ικανότητας (PCI) είναι ίσος με  $C_{pk} = 1,08$  αυτό σημαίνει ότι η διεργασία είναι ικανή αν και στοιχισμένη μεταξύ της μέσης τιμής και του πάνω ορίου των προδιαγραφών.

Όμοίως, γίνονται μετρήσεις 30 δειγμάτων μεγέθους 5 την τέταρτη και την πέμπτη μέρα και κατασκευάζονται τα Διαγράμματα ελέγχου της μέσης τιμής και του εύρους ενώ παράλληλα παρακολουθείται η ικανότητα της διεργασίας να παράγει προϊόντα που συμμορφώνονται με τις προδιαγραφές. Οι αντίστοιχοι παράμετροι των Διαγραμμάτων ελέγχου παρουσιάζονται παρακάτω.

Για την τέταρτη μέρα έχω ότι:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k X_i}{k} = \frac{123,089}{30} = 4,1030, \quad \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R}{k} = \frac{4,28}{30} = 0,143$$

**$\bar{X}$  chart**

$$UCL = \bar{X} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = 4,1030 + 3 \frac{0,143}{2,326 \times \sqrt{5}} = 4,1828$$

$$Center Line = 4,1030$$

$$LCL = \bar{X} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = 4,1030 - 3 \frac{0,143}{2,326 \times \sqrt{5}} = 4,0231$$

## R chart

$$UCL = \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,143 + 3 \times 0,864 \frac{0,143}{2,326} = 0,2924$$

$$Center\ Line = 0,143$$

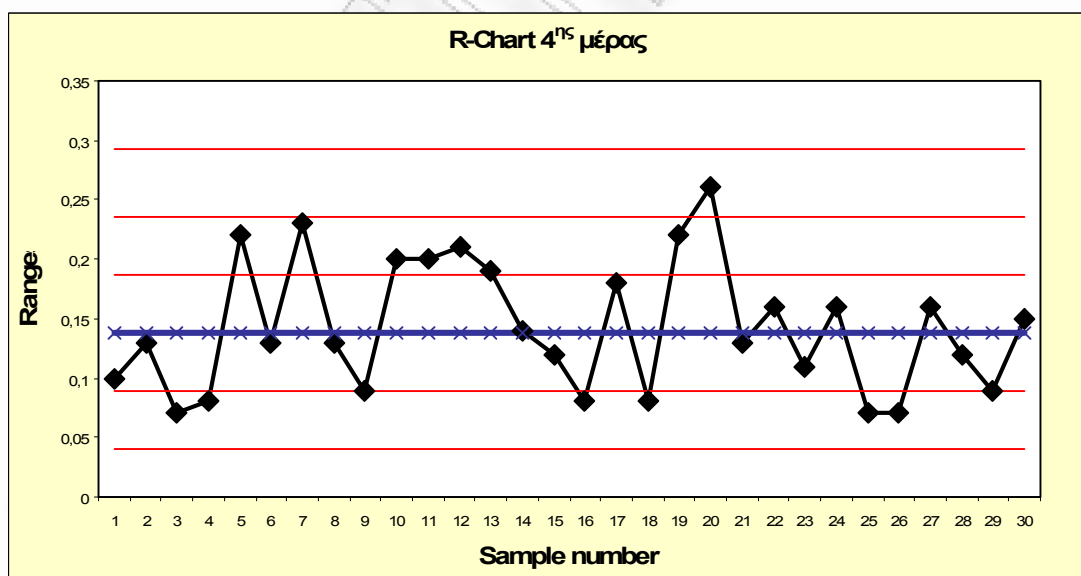
$$LCL = \bar{R} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,143 - 3 \times 0,864 \frac{0,143}{2,326} = -0,016 \approx 0$$

## Ικανότητα Διεργασίας

Λόγος της Ικανότητας:  $C_p = 1,96$

Δείκτης της Ικανότητας:  $C_{pk} = 1,10$

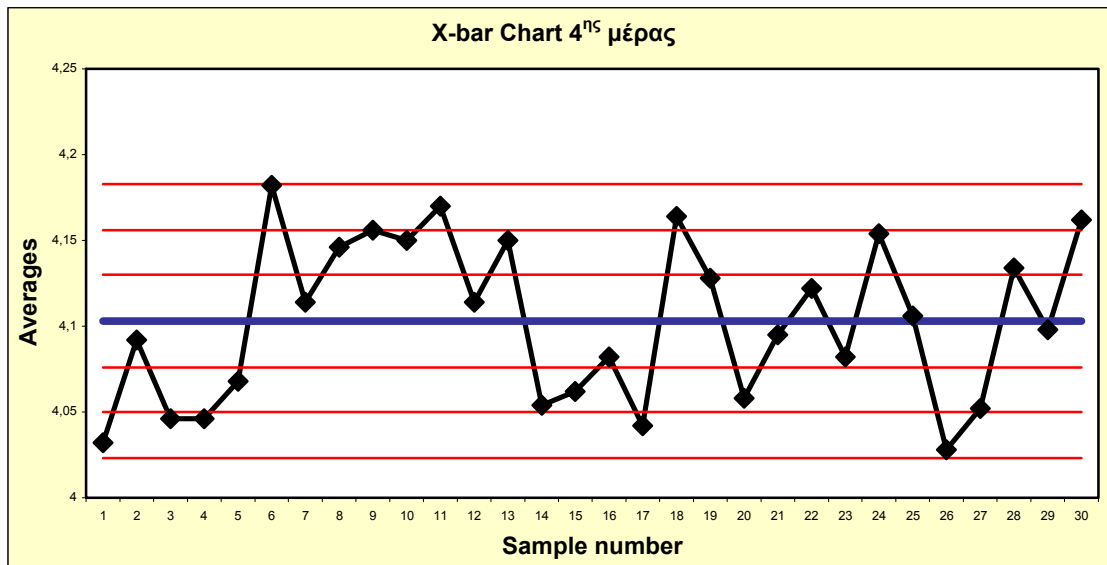
Με βάση τα παραπάνω όρια προκύπτουν τα Διαγράμματα 4.7 και 4.8 που παριστάνουν γραφικά την κατανομή του εύρους και της μέσης τιμής εντός των ορίων ελέγχου.



Διάγραμμα 4.7

Διάγραμμα ελέγχου εύρους για τις μετρήσεις της 4ης μέρας





**Διάγραμμα 4.8**

**Διάγραμμα ελέγχου μέσης τιμής για τις μετρήσεις μέσου βάρους 4<sup>ης</sup> μέρας**

Αντίστοιχα οι μετρήσεις που διενεργήθηκαν την πέμπτη μέρα έδωσαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k X_i}{k} = \frac{123,792}{30} = 4,1264 \quad \text{και} \quad \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R}{k} = \frac{3,54}{30} = 0,118$$

**$\bar{X}$  chart**

$$UCL = \bar{X} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = 4,1264 + 3 \frac{0,118}{2,326 \times \sqrt{5}} = 4,194$$

$$Center\ Line = 4,1264$$

$$LCL = \bar{X} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = 4,1264 - 3 \frac{0,118}{2,326 \times \sqrt{5}} = 4,058$$

## R chart

$$UCL = \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,118 + 3 \times 0,864 \frac{0,118}{2,326} = 0,249$$

$$Center\ Line = 0,143$$

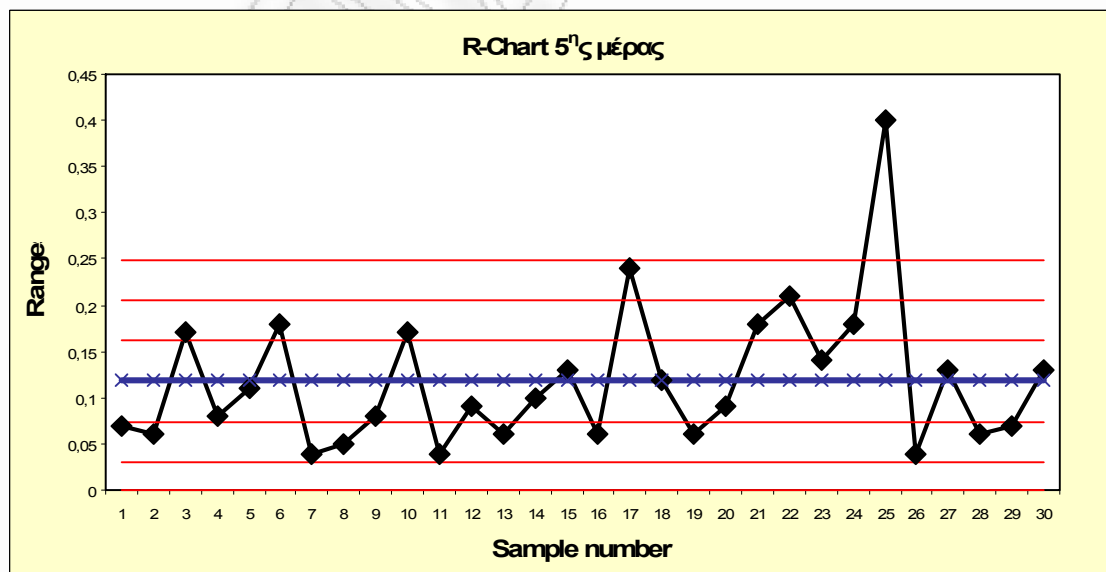
$$LCL = \bar{R} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = 0,118 - 3 \times 0,864 \frac{0,118}{2,326} = -0,013 \approx 0$$

## Ικανότητα Διεργασίας

Λόγος της Ικανότητας:  $C_p = 2,3$

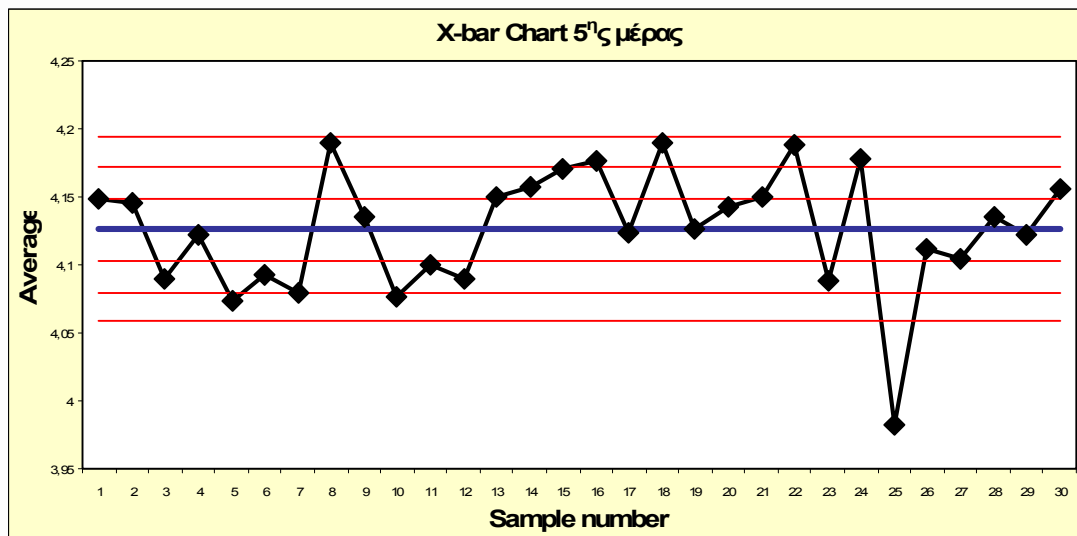
Δείκτης της Ικανότητας:  $C_{pk} = 1,14$

Για την πέμπτη μέρα μετρήσεων κατασκευάζονται τα Διαγράμματα 4.9 και 4.10 και ελέγχονται ως προς την ύπαρξη καταστάσεων εκτός στατιστικού ελέγχου και ειδικών αιτιών.



Διάγραμμα 4.9

Διάγραμμα ελέγχου εύρους για τις μετρήσεις της 5<sup>ης</sup> μέρας



**Διάγραμμα 4.10**

**Διάγραμμα ελέγχου μέσης τιμής για τις μετρήσεις μέσου βάρους 5<sup>ης</sup> μέρας**

Μελετώντας τα διαγράμματα ελέγχου που προέκυψαν την πρώτη μέρα από τις μετρήσεις του βάρους γεμίσματος αντιλαμβάνεται κανείς ότι υπάρχουν καταστάσεις εκτός στατιστικού ελέγχου στο διάγραμμα μέσης τιμής. Σε αντίθεση με το διάγραμμα εύρους όπου οι τιμές κατανέμονται τυχαία χωρίς να αποτυπώνεται κάποιο ειδικό αίτιο, το διάγραμμα ελέγχου της μέσης τιμής εμφανίζει μία τάση συνεχούς μείωσης των τιμών από το δείγμα 7 έως το δείγμα 17 με εξαίρεση το δείγμα 11. Επιπλέον, από το δείγμα 20 έως το δείγμα 29 οι μέσες τιμές των δειγμάτων βρίσκονται πάνω από την κεντρική γραμμή φανερώνοντας ότι η διεργασία βρίσκεται εκτός στατιστικού ελέγχου. Αυτό, άλλωστε αποτυπώνεται και στον δείκτη Ικανότητας της διεργασίας ο οποίος είναι μικρότερος της μονάδας.

Την δεύτερη ημέρα μετρήσεων, η γεμιστική μηχανή ρυθμίστηκε με σκοπό να μειώσει το εύρος των τιμών των δειγμάτων και την διακύμανση της κατανομής των μέσων βαρών και εν μέρει, ο σκοπός επιτεύχθηκε όπως αποτυπώνεται από την βελτίωση

του δείκτη Ικανότητας. Παρόλαυτά, τόσο στο Διάγραμμα ελέγχου του εύρους όσο και στο διάγραμμα ελέγχου της μέσης τιμής αποτυπώνεται η ύπαρξη ειδικών αιτιών που καθιστούν την διεργασία εκτός στατιστικού ελέγχου. Στο διάγραμμα του εύρους (Διάγραμμα 4.3), 8 συνεχόμενα σημεία, από το 20 έως το 27, είναι πάνω από την κεντρική γραμμή ενώ στο διάγραμμα της μέσης τιμής 2 από 3 συνεχόμενα σημεία βρίσκονται πάνω από 2 τυπικές αποκλίσεις (περίπτωση τριάδας 21-22-23 και 27-28-29). Ύστερα από μελέτη όλων των παραμέτρων, το πρόβλημα εντοπίστηκε στην ταχύτητα της γεμιστικής και αποφασίστηκε να μειωθεί η ταχύτητα του γεμίσματος ώστε να αποκρίνεται καλύτερα στα επιθυμητά επίπεδα.

Την τρίτη, τέταρτη και πέμπτη μέρα γεμίσματος η διεργασία κρίνεται ικανή αξιολογώντας τον δείκτη Ικανότητας. Όπως φαίνεται από τις παραπάνω μετρήσεις, ο δείκτης Ικανότητας, για τις τρεις τελευταίες μέρες, τείνει αυξανόμενος δίνοντας την δυνατότητα στην διεργασία να παράγει προϊόν με την ελάχιστη δυνατή φύρα. Παρόλαυτα όμως, από την μελέτη των διαγραμμάτων ελέγχου μπορεί κανείς να αναγνωρίσει κάποιες καταστάσεις που χρήζουν μελέτης. Στο διάγραμμα ελέγχου της μέσης τιμής για την τρίτη μέρα γεμίσματος (Διάγραμμα 4.6) τα σημεία 24 και 26 είναι εκτός των 2 τυπικών αποκλίσεων φανερώνοντας την ύπαρξη κάποιου ειδικού αιτίου που από ότι φαίνεται δεν επηρεάζει την συνολική απόδοση της διεργασίας. Επιπλέον, στο διάγραμμα ελέγχου της μέσης τιμής για την τέταρτη μέρα μετρήσεων (Διάγραμμα 4.8) 8 συνεχόμενα σημεία, από το δείγμα 6 έως 13, βρίσκονται πάνω από την κεντρική τιμή. Και στην περίπτωση αυτή, δεν επηρεάζεται η συνολική απόδοση της διεργασίας.

Τέλος, εντύπωση προξενεί το διάγραμμα τόσο της μέσης τιμής (Διάγραμμα 4.10) όσο και του εύρους (Διάγραμμα 4.9) για την πέμπτη μέρα καθώς το σημείο 24 είναι εκτός των ορίων ελέγχου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ένα από τα δείγματα που

μετρήθηκαν εκείνη την χρονική στιγμή ήταν ίσο με 3,72 g όταν η γραμμή δούλευε με μέσο όρο γεμίσματος ίσο με 4,13 g. Το γεγονός αυτό θεωρήθηκε τυχαίο και δεν έγινε επαναρύθμιση της μηχανής, καθώς τέτοια φαινόμενα είναι δυνατόν να αποτυπωθούν σε μια διεργασία που κατα τα άλλα βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο. Άλλωστε, το ορθόν της ανωτέρω υπόθεσης αποτυπώνεται στην κατανομή των επόμενων μετρήσεων που κυμάνθηκαν ακριβώς στον μέσο όρο.

#### **4.4.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ**

Μια παράμετρος ποιότητας για το συγκεκριμένο προϊόν αποτελεί η περιεκτικότητα του σε οξείδιο του ψευδαργύρου. Ο έλεγχος της περιεκτικότητας γίνεται μετά από κάθε παραγωγή του ημιτείου προϊόντος σαν κριτήριο διασφάλισης της ποιότητας της παραγωγικής διαδικασίας. Το οξείδιο του ψευδαργύρου είναι μια ανόργανη χημική ένωση που χρησιμοποιείται εκτενώς στην βιομηχανία φαρμάκων, καλλυντικών και χρωμάτων. Η χρήση του στην βιομηχανία καλλυντικών οφείλεται κυρίως στις αντισηπτικές και αντιμικροβιακές του ιδιότητες καθώς και στην αντιηλιακή του δράση. Το υπεροξείδιο του ψευδαργύρου έχει την ικανότητα να απορροφά τόσο την UVA όσο και την UVB ακτινοβολία, δρώντας ως ανόργανο φίλτρο και να προστατεύει το δέρμα από την βλαβερή επίδραση του ηλίου. Αντιλαμβάνεται κανείς πόσο σημαντική είναι η παρουσία του στις φόρμουλες. Παρακάτω θα μελετηθεί η ικανότητα της παραγωγικής διαδικασίας εξετάζοντας μέσω διαγραμμάτων μεμονωμένων τιμών και κινητού εύρους την περιεκτικότητα της συγκεκριμένης ουσίας στο προϊόν. Για τον λόγο αυτό έχουν συλλεχθεί οι 50 τελευταίες μετρήσεις της σύστασης του προϊόντος ως προς το οξείδιο του ψευδαργύρου οι οποίες βρίσκονται στο πίνακα Π6 που

βρίσκεται στο παράρτημα της εργασίας. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του πελάτη, τα όρια της συγκεκριμένης παραμέτρου στην φόρμουλα είναι 1,0%-2,5%.

Προκειμένου να σχεδιαστεί το διάγραμμα κινητού εύρους δημιουργούμε ένα ψευδοδείγμα μεγέθους 2. Αυτό σημαίνει ότι κάθε τιμή του δείγματος θα προκύπτει από την διαφορά της επόμενης τιμής με την αμέσως προηγούμενη της. Τα αποτελέσματα θα λαμβάνονται κατά απόλυτη τιμή π.χ η πρώτη τιμή του ψευδοδείγματος θα προκύπτει από την αφαίρεση της δεύτερης μεμονωμένης τιμής από την πρώτη δηλαδή  $MR_1 = |X_2 - X_1| = |1,4 - 1,3| = 0,1$ . Αντίστοιχα προκύπτουν όλες οι τιμές του ψευδοδείγματος που φαίνονται στον Πίνακα του Παραρτήματος. Από τις τιμές αυτές υπολογίζεται το μέσο κινητό εύρος  $\overline{MR}$  καθώς και μέσος όρος των μεμονωμένων τιμών  $\overline{X}$  δηλαδή,

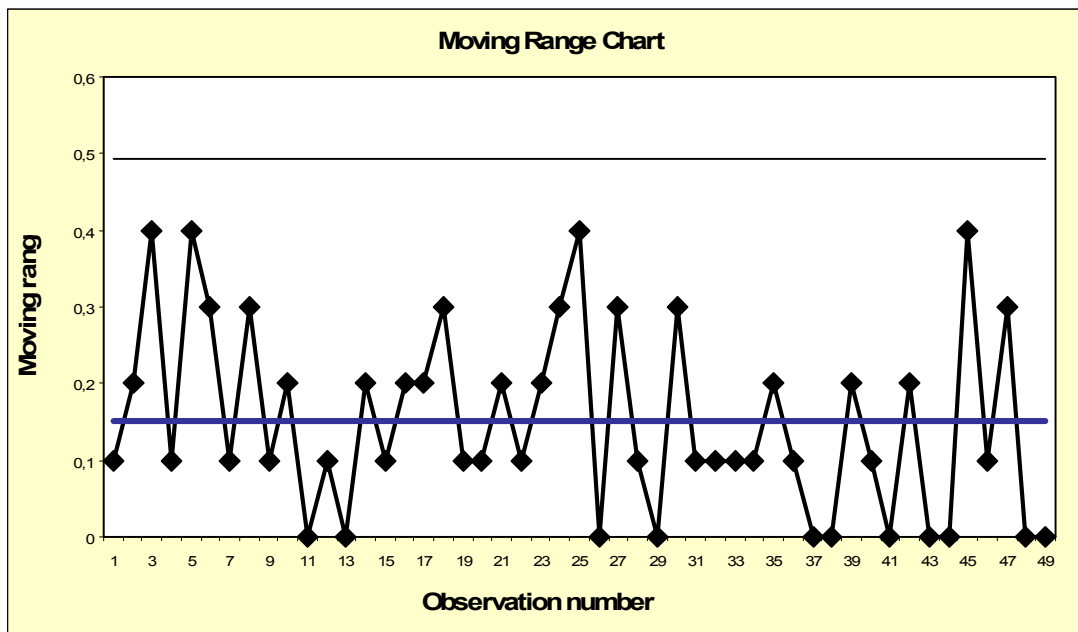
$$\overline{MR} = \frac{\sum_{i=1}^k MR_i}{k} = \frac{7,4}{50} = 0,15 \quad \text{και} \quad \overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^k X_i}{k} = \frac{73,9}{50} = 1,478$$

Καθώς το βήμα για το διάγραμμα του κινητού εύρους είναι  $n = 2$  προκύπτει από τον Πίνακα 3.1 του 3<sup>ου</sup> κεφαλαίου ότι  $D_3 = 0$  και  $D_4 = 3,267$ . Έτσι τα όρια ελέγχου για το διάγραμμα κινητού εύρους είναι :

$$UCL = D_4 \overline{MR} = 3,267 \times 0,15 = 0,49$$

$$Center\ Line = \overline{MR} = 0,15$$

$$LCL = D_3 \overline{MR} = 0$$



**Διάγραμμα 4.11**

**Διάγραμμα ελέγχου κινητού εύρους για τις μετρήσεις περιεκτικότητας  
Οξειδίου του ψευδαργύρου**

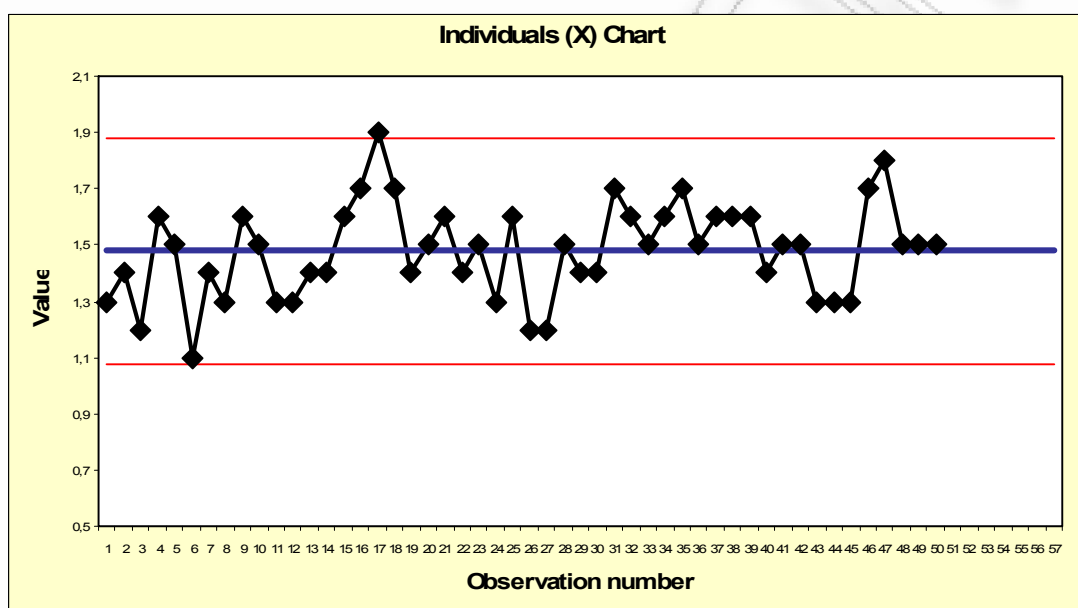
Εξετάζοντας το Διάγραμμα 4.11, παρατηρεί κανείς ότι δεν εμφανίζονται σημεία εκτός των ορίων ελέγχου καθώς και μοτίβα τα οποία να παραπέμπουν σε κάποια κατάσταση εκτός στατιστικού ελέγχου. Οι τιμές του διαγράμματος κατανέμονται ισόποσα γύρω από την κεντρική τιμή φανερώνοντας ότι η αντίστοιχη παραγωγική διαδικασία πιθανότατα λειτουργεί με βάση τις προδιαγραφές που απαιτεί ο πελάτης. Αφού, το διάγραμμα κινητού μέσου εμφανίζεται φυσιολογικό θα γίνει διερεύνηση με βάση το Διάγραμμα των μεμονωμένων τιμών. Εκείνο είναι που θα αποδώσει καλύτερα την απόδοση της διαδικασίας καθώς οι τιμές είναι ασυσχετιστες μεταξύ τους σε αντίθεση με το διάγραμμα του κινητού εύρους στο οποίο οι τιμές συσχετίζονται και η ύπαρξη ιδιαίτερων μοτίβων δεν πιστοποιεί απαραίτητα καταστάσεις εκτός στατιστικού ελέγχου.

Για το διάγραμμα των μεμονωμένων τιμών, τα όρια ελέγχου είναι:

$$UCL = \bar{X} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} = 1,478 + 3 \frac{0,15}{1,128} = 1,876$$

$$Center\ Line = \bar{X} = 1,478$$

$$LCL = \bar{X} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} = 1,478 - 3 \frac{0,15}{1,128} = 1,079$$



**Διάγραμμα 4.12**

**Διάγραμμα ελέγχου μεμονωμένων τιμών για τις μετρήσεις  
περιεκτικότητας Οξειδίου του ψευδαργύρου**

Παρατηρώντας το Διάγραμμα 4.12, το οποίο αποτυπώνει τις μεμονωμένες τιμές περιεκτικότητας του οξειδίου του ψευδαργύρου, γίνεται φανερό ότι το σημείο 17 (η 17<sup>η</sup> παραγωγή) είναι εκτός του ανώτερου ορίου ελέγχου. Αυτό οφείλεται στο ότι η περιεκτικότητα του οξειδίου του ψευδαργύρου μετρήθηκε ίση με 1,9%. Το αποτέλεσμα αυτό είναι εκτός της τάσης (OOT, Out of Trend) των αποτελεσμάτων παράλαυτα βρίσκεται εντός των προδιαγραφών του προϊόντος (1,0%-2,5%). Κατά



ένα μεγάλο ποσοστό πρέπει να έγινε διερεύνηση για την γενεσιουργό αιτία αυτού του αποτελέσματος και να ελήφθησαν διορθωτικά μέτρα καθώς οι παραγωγές που ακολούθησαν, κρίνοντας από το διάγραμμα των μεμονωμένων τιμών, κινήθηκαν όλες γύρω από το μέσο όρο.

Κατά κύριο λόγο, η εταιρία ενδιαφέρεται να εξαλείψει περιπτώσεις εκτός προδιαγραφών (OOS, Out of Specifications) που θα οδηγήσουν σε ανακατεργασία του προϊόντος ή συνολική απόρριψη της παρτίδας. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα, πιθανότατα αποτέλεσε τον συναγερμό για την διόρθωση μιας παραμέτρου στην παραγωγική διαδικασία που κορυφώθηκε με το σημείο 17 έδειχνε όμως την προδιάθεση του παρατηρώντας τα σημεία 15 και 16 που τείνουν αυξανόμενα. Γενικά, παρατηρώντας κάποιος τόσο το Διάγραμμα 4.11 αλλά κυρίως το Διάγραμμα 4.12 αντιλαμβάνεται ότι η παραγωγική διαδικασία του συγκεκριμένου προϊόντος ως προς την περιεκτικότητα του σε Οξείδιο του ψευδαργύρου, που αποτελεί παράμετρο ποιότητας του προϊόντος, εμφανίζει μία ικανοποιητική σταθερότητα.

#### **4.5 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ**

Παράλληλα με τον έλεγχο βάρους γεμίσματος του συσκευασμένου προϊόντος, η εταιρία εκτελεί ποιοτικό έλεγχο της τελικής συσκευασίας ακολουθώντας το πρότυπο ISO 2859. Ο ποιοτικός έλεγχος της συσκευασίας διακρίνεται σε τρία επίπεδα έτσι όπως αυτά έχουν οριστεί εσωτερικά με βάση το μέγεθος του προβλήματος και το αντίκτυπο που θα έχει αυτό στο προϊόν και στον τελικό καταναλωτή. Έτσι, τα σφάλματα κατά την συσκευασία διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: κρίσιμα, μεγάλα και μικρά. Κρίσιμα θεωρούνται εκείνα τα σφάλματα τα οποία μπορεί να έχουν ως

αποτέλεσμα επικίνδυνες ή μη ασφαλείς συνέπειες κατά την χρήση του προϊόντος. Ως μεγάλα ορίζονται εκείνα τα σφάλματα τα οποία είναι δυνατόν να αλλοιώσουν την εμφάνιση του καθώς και να μειώσουν την αποτελεσματικότητα του κατά την χρήση. Τέλος ως μικρά χαρακτηρίζονται εκείνα τα σφάλματα που αφορούν ελαττώματα που επιβαρύνουν κυρίως την εμφάνιση του προϊόντος αλλά επ' ουδενί την αποτελεσματικότητα κατά την χρήση του προϊόντος.

Η εταιρία ακολουθεί το Δειγματικό σύστημα MIL STD 105E βάση του οποίου τα κρίσιμα σφάλματα αξιολογούνται με αποδεκτή στάθμη ποιότητας (AQL, Acceptance Quality Limit) ίση με 0,04, τα μεγάλα σφάλματα με AQL=1,5 και τα μικρά σφάλματα με AQL=4. Έτσι με βάση το σύστημα αυτό, το μέγεθος του δείγματος θα καθορίζεται από το συνολικό μέγεθος της παρτίδας και το επιπέδο ελέγχου. Καθώς το μέγεθος της παρτίδας για το συγκεκριμένο προϊόν καθορίζεται από την ποσότητα του ημιετοίμου που θα παραχθεί και αυτή είναι σταθερή, συνεπάγεται ότι το μέγεθος του δείγματος που θα εξετάζεται είναι πάντα σταθερό. Στην περίπτωση αυτή είναι ίσο με 200 τεμάχια. Ο υπεύθυνος της γραμμής συσκευασίας γνωρίζοντας την ταχύτητα της συσκευαστικής μηχανής μπορεί να υπολογίσει τον συνολικό χρόνο που χρειάζεται το δελτίο συσκευασίας για να ολοκληρωθεί και αντίστοιχα να καθορίσει τα δείγματα που θα συλλέξει ανά ώρα συσκευασίας μέχρι του συνόλου των 200 τεμαχίων.

Τα ποιοτικά προβλήματα που μπορεί κάποιος να αναγνωρίσει κατά την διάρκεια της συσκευασίας είναι πολλά. Η συσκευασία λάθους προϊόντος ή η ανάμιξη προϊόντων είναι εκείνα που ορίζονται ως κρίσιμα σφάλματα και οδηγούν σε διακοπή της συσκευαστικής διαδικασίας και απόρριψη των συσκευασθέντων. Αντίστοιχα, μια σπασμένη πρωτοταγής συσκευασία (πρωτοταγής συσκευασία ονομάζεται εκείνη που έρχεται σε άμεση επαφή με το προϊόν) ή αδυναμία πωματισμού του προϊόντος που μπορεί να οδηγήσει σε μια πιθανή διαρροή και επιμόλυνση του, θεωρούνται μεγάλες

αποκλίσεις και αντιμετωπίζονται ανάλογα. Τέλος, σφάλματα που δεν αφήνουν το προϊόν εκτεθειμένο ή δεν είναι δυνατόν να διεκολύνουν την μικροβιακή του επιμόλυνση θεωρούνται μικρά και αντιμετωπίζονται επι τόπου πάνω στην γραμμή συσκευασίας.

Ο στατιστικός έλεγχος των ποιοτικών χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος που θα ακολουθήσει στηρίζεται στην ύπαρξη ή όχι ελαττωματικών μονάδων προϊόντος και έχει σταθερό μέγεθος δείγματος έτσι όπως αυτό καθορίζεται από την συνολική ποσότητα του δελτίου που πρόκειται να συσκευαστεί. Στην παρακάτω περίπτωση, το μέγεθος του δείγματος προς εξέταση είναι ίσο με 200 για κάθε μέρα συσκευασίας. Με βάση το μέγεθος αυτό και το AQL για τα μεγάλα και μικρά σφάλματα, ο μέγιστος αριθμός των σφαλμάτων που μπορεί να ανιχνευτούν για κάθε κατηγορία χωρίς να οδηγήσουν σε απόρριψη ή διακοπή συσκευασίας είναι 7 και 14 αντίστοιχα. Το διάγραμμα που έχει επιλεγεί για την εξέταση της διεργασίας είναι το *np* Διάγραμμα. Τα δεδομένα για τις 20 τελευταίες παραγωγές του καλλυντικού προϊόντος συνοψίζονται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1

Αποτελέσματα Ποιοτικού Ελέγχου συσκευασμένου Προϊόντος

Αριθμός Δείγματος	Μέγεθος Δείγματος	Αριθμός Ελαττωματικών
1	200	10
2	200	12
3	200	9
4	200	15
5	200	8
6	200	15
7	200	12
8	200	17
9	200	13
10	200	15
11	200	12
12	200	11
13	200	9
14	200	15
15	200	14
16	200	16
17	200	12
18	200	10
19	200	13
20	200	6
	<b>Σύνολο</b>	<b>247</b>

Από τα δεδομένα του Πίνακα 4.1 προκύπτει ότι ο συνολικός μέσος όλων των ελαττωματικών μονάδων είναι ίσος με:

$$\bar{np} = \frac{\text{συνολικός αριθμός ελαττωματικών μονάδων}}{\text{αριθμός δειγμάτων που επιθεωρήθηκαν}} = \frac{247}{20} = 12,35$$

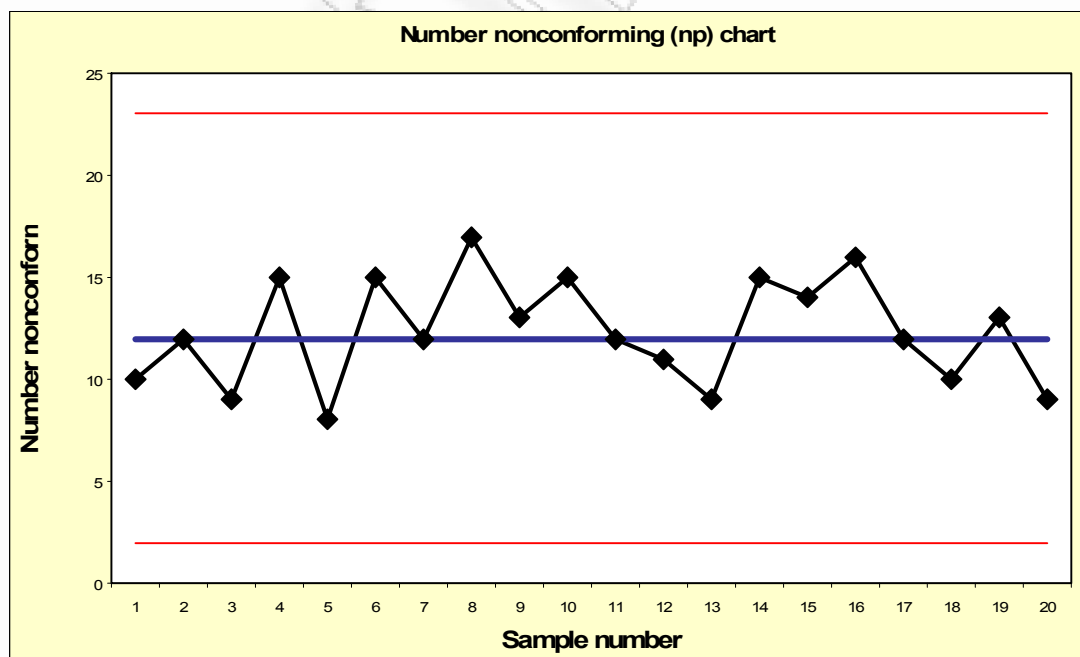
Τα όρια ελέγχου για το  $np$  Διάγραμμα για 3 τυπικές αποκλίσεις φαίνονται παρακάτω:

$$UCL = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}\left(1 - \frac{\bar{np}}{n}\right)} = 12,35 + 3\sqrt{12,35\left(1 - \frac{12,35}{200}\right)} = 22,56 \cong 23$$

$$Center\ Line = \bar{np} = 12,35 \cong 12$$

$$LCL = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}\left(1 - \frac{\bar{np}}{n}\right)} = 12,35 - 3\sqrt{12,35\left(1 - \frac{12,35}{200}\right)} = 2,14 \cong 2$$

Στην περίπτωση του υπολογισμού των ορίων ελέγχου για το Διάγραμμα 4.13 και καθώς μιλάμε για ελαττωματικές μονάδες προϊόντος, επιλέγεται η στρογγυλοποίηση των ορίων ελέγχου στον κοντινότερο ακέραιο αριθμό προκειμένου να έχει νόημα η ύπαρξη των ορίων και να μπορεί να αξιολογηθεί η διαδικασία.



**Διάγραμμα 4.13**  
**Διάγραμμα ελέγχου ελαττωματικών μονάδων προϊόντος**

Στο Διάγραμμα 4.13, δεν παρατηρείται καμία τιμή εκτός των ορίων ελέγχου. Επιπλέον δεν υπάρχει κάποιο ιδιαίτερο μοτίβο ή τάση που να φανερώνει καταστάσεις εκτός ελέγχου. Στην πραγματικότητα, οι τιμές κατανέμονται φυσιολογικά γύρω από την μέση τιμή. Τα ποιοτικά προβλήματα που εντοπίστηκαν κατά τις τελευταίες 20 συσκευαστικές διεργασίες είναι κατά μέσο όρο 12 εκ των οποίων το πλήθος αποτελούν μικρα σφάλματα που μπορούν να επιλυθούν επί τόπου πάνω στην γραμμή συσκευασίας. Η εταιρία επενδύοντας πάνω στην τεχνολογική αναβάθμιση της συσκευαστικής μηχανής του συγκεκριμένου προϊόντος καταφέρνει να πετυχαίνει πολύ χαμηλό ποσοστό ελαττωματικών προϊόντων επί του συνόλου της παραγόμενης ποσότητας. Αυτό έχει πολύ μεγάλο αντίκτυπο στην ταχύτητα της συσκευασίας και στην μέτρηση της απόδοσης της διεργασίας. Καθώς η μηχανή λόγω του χαμηλού αυτού ποσοστού ελαττωματικών προϊόντων δεν έχει σταματήματα και επιδιορθώσεις, καταφέρνει να παράγει με υψηλές ταχύτητες. Αυτό είναι το ζητούμενο της παραγωγικής διαδικασίας, να παράγεται δηλαδή προϊόν που να πληρεί απόλυτα τις ποιοτικές προδιαγραφές του με ταχύτητα και με αξιοπιστία.

#### **4.6 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Ο στατιστικός έλεγχος ποιότητας αποτελεί για πολλές εταιρίες το μόνο εργαλείο μέσω του οποίου μπορούν να διασφαλίσουν και παράλληλα να εγγυηθούν την ποιότητα των παραγωγικών διαδικασιών. Στο παρόν κεφάλαιο, εφαρμόστηκε το εργαλείο του στατιστικού ελέγχου ποιότητας σε ένα εργοστάσιο παραγωγής καλλυντικών προϊόντων. Μέσα από την μελέτη ενός συγκεκριμένου προϊόντος, επιβεβαιώθηκε η

σωστή εφαρμογή των καλών πρακτικών κατά την παραγωγική διαδικασία και ελέγχθηκε το σύστημα διασφάλισης της ποιότητας.

Αρχικά, με την βοήθεια των διαγραμμάτων ελέγχου της μέσης τιμής και του εύρους έγινε στατιστικός έλεγχος της συσκευασίας του προϊόντος από μετρήσεις του βάρους γεμίσματος. Συλλέχθηκαν για πέντε συνεχόμενες μέρες, 30 δείγματα μεγέθους 5 και από αυτές τις μετρήσεις σχεδιάστηκαν τα αντίστοιχα διαγράμματα ελέγχου. Επιπλέον, αξιολογήθηκε η Ικανότητα της διεργασίας μέσω υπολογισμών του δείκτη Ικανότητας της διεργασίας (PCI) και του λόγου Ικανότητας της διεργασίας (PCR). Κατά τις δύο πρώτες μέρες μετρήσεων, διαπιστώθηκε ότι η διεργασία ήταν ελαφρώς μετατοπισμένη προς τα πάνω όρια των προδιαγραφών του προϊόντος. Αυτό διορθώθηκε τις επόμενες 3 μέρες με αποτέλεσμα η διεργασία να είναι σαφώς τοποθετημένη εντός του εύρους των προδιαγραφών και ο δείκτης Ικανότητας να βαίνει βελτιωμένος από μέρα σε μέρα. Πιθανότατα, η λειτουργία της μηχανής κοντά στα ανώτερα όρια των προδιαγραφών να μην είναι τυχαία λόγω του ότι το βάρος του δείγματος είναι εξαιρετικά μικρό (περίπου 4 γραμμάρια). Ίσως είναι προτιμότερο να παράγεται ένα προϊόν που είναι ελαφρώς βαρύτερο παρά ένα προϊόν που στην περίπτωση του κραγιόν θα δίνει την αίσθηση του μισοάδειου. Άλλωστε μια προσεκτική ματιά στα άνω και κάτω όρια ελέγχου των διαγραμμάτων, φανερώνει ότι προσπάθεια των μηχανικών είναι να ρυθμίσουν την μηχανή να δουλεύει μέσα σε μια περιοχή από 4,0 έως 4,3 γραμμάρια.

Στην συνέχεια, έγινε στατιστικός έλεγχος της περιεκτικότητας του προϊόντος σε οξείδιο του ψευδαργύρου. Η χημική αυτή ένωση, όπως αναφέρθηκε, χρησιμοποιείται εκτενώς στην καλλυντική βιομηχανία λόγω των αντισηπτικών και αντιμικροβιακών ιδιοτήτων της. Επιπλέον στο συγκεκριμένο προϊόν, δρα και ως ανόργανο φίλτρο απορροφώντας τις υπεριώδεις ακτινοβολίες UVA και UVB του ηλίου καθιστώντας την

περιεκτικότητα του σημαντικό παράγοντα ποιότητας της εν λόγω παραγωγής. Με την βοήθεια των διαγραμμάτων κινητού εύρους και των μεμονομένων τιμών της παραμέτρου, ελέγχθηκε το ποσοτικό αυτό μέγεθος. Για τον έλεγχο αυτό, επιλέχθηκαν οι 50 τελευταίες παραγωγές και σχηματίστηκε ένα ψευδοδείγμα μεγέθους 2. Το διάγραμμα του κινητού εύρους φανέρωσε ότι η παραγωγική διαδικασία του προϊόντος βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο αφού στο διάγραμμα αυτό δεν υπήρξαν τιμές εκτός των ορίων ελέγχου ούτε αποτυπώθηκε κάποια συγκεκριμένη τάση. Επιπλέον, λόγω του ότι οι τιμές του διαγράμματος κινητού εύρους εμφανίζουν μια σχετική συσχέτιση, το ποσοτικό χαρακτηριστικό της περιεκτικότητας του οξειδίου του ψευδαργύρου διερευνήθηκε με βάση το διάγραμμα των μεμονωμένων τιμών. Κάθε τιμή εκτός των ορίων ελέγχου ή οποιοδήποτε μοτίβο, σε αυτό το διάγραμμα ελέγχου απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση. Το διάγραμμα αυτό αποκάλυψε ότι η παραγωγική διαδικασία όντως βρίσκεται εντός στατιστικού ελέγχου με εξαίρεση ένα σημείο το οποίο ήταν ελαφρώς εκτός ορίων ελέγχου αλλά εντός προδιαγραφών. Μια τέτοια συμπεριφορά, μέσα σε μια σειρά παραγωγικών διαδικασιών, θεωρήθηκε φυσιολογική από την εταιρία και συνάμα τυχαία για αυτό και δεν λήφθηκε κάποιο ιδιαίτερο μέτρο αποφυγής τέτοιων καταστάσεων στο μέλλον, παρά μόνο παρακολουθήθηκαν στενά οι επόμενες παραγωγές προκειμένου να εντοπιστεί το πιθανό ειδικό αίτιο που προκάλεσε την απόκλιση. Από την τάση των επόμενων μετρήσεων, αποδεικνύεται ότι το γεγονός είναι τυχαίο.

Τέλος, έγινε στατιστικός έλεγχος των ποιοτικών χαρακτηριστικών της συσκευασίας του συγκεκριμένου προϊόντος. Η εταιρία διενεργεί ποιοτικό έλεγχο κατά την συσκευασία όλων των προϊόντων κατά τις αρχές του ISO 2859, διακρίνοντας τα ποιοτικά σφάλματα που είναι δυνατόν να εμφανιστούν σε κρίσιμα, μεγάλα και μικρά. Με βάση το συνολικό μέγεθος του δελτίου συσκευασίας και την ταχύτητα της μηχανής διενεργείται ποιοτικός έλεγχος σε συγκεκριμένο μέγεθος δείγματος ανά ώρα



γεμίσματος και τα σφάλματα αξιολογούνται με βάση τις επιπτώσεις τους στον καταναλωτή και στο ίδιο το προϊόν. Με βάση το συνολική ποσότητα του δελτίου συσκευασίας, έγινε στατιστικός έλεγχος των ποιοτικών χαρακτηριστικών των 20 τελευταίων παραγωγών, προσμετρώντας τα μικρά και μεγάλα σφάλματα σαν σύνολο σε ένα δείγμα 200 τεμαχίων λαμβάνοντας υπόψη ότι το σύνολο των σφαλμάτων χαρακτηρίζονταν κατά κύριο λόγο ως μικρά καθώς σε αντίθετη περίπτωση η παραγόμενη ποσότητα θα έπρεπε να δεσμευθεί και να απορριφθεί αν τα σφάλματα ήταν μεγάλα ή κρίσιμα. Με την βοήθεια, λοιπόν, ενός ηρ διαγράμματος διαπιστώθηκε ότι η συγκεκριμένη διαδικασία βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο και είναι ικανή να παράγει προϊόν απαλλαγμένο από ποιοτικά προβλήματα. Στο ηρ διάγραμμα που σχεδιάστηκε, οι τιμές μοιράζονται εξίσου γύρω και κοντά από την μέση τιμή. Στην πραγματικότητα η συγκεκριμένη συσκευαστική μηχανή έχει αποκτηθεί σχετικά πρόσφατα με αποτέλεσμα να λειτουργεί με πολύ καλή απόδοση και σε σχετικά υψηλές ταχύτητες.

## Επιλεγμένη Βιβλιογραφία

Αναστασόπουλος, Γ., Γκιούρδας, Β., Επιθεωρώντας Διεργασίες, Συστήματα Διαχείρισης Ποιότητας ISO 9000, Εκδοτική, 2005

Αντζουλάκος, Δ., Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας, Πειραιάς, 2006

Λογοθέτης, Ν., Μανατζμεντ Ολικής Ποιότητας, Interbooks, 1992

Ταγαράς, Γ., Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας, Εκδόσεις Ζήτη, 2001

Evans, James R., and Lindsay, N. M., The Management and Control of Quality. New York: West Publishing Company, 2001

Heizer, J., Render, B., Operations management 8<sup>th</sup> Edition, 2005

ISO 22716 Cosmetics – GMP – Guideline on Good Manufacturing Practises

Garvin, David A., Managing Quality. New York: The Free Press, 1988

Montgomery, Douglas C., Introduction to statistical Quality Control. 4<sup>th</sup> Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2001

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Π.1.

#### Μετρήσεις βάρους γεμίσματος 1<sup>ης</sup> μέρας

Αρ. Δείγματος	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	Range
1	4,03	4,10	4,11	4,09	4,14	4,094	0,11
2	4,05	4,03	4,07	4,03	4,10	4,056	0,07
3	4,13	4,16	4,12	4,09	4,11	4,122	0,07
4	4,03	4,16	4,03	4,14	4,04	4,080	0,13
5	4,04	4,06	4,18	4,05	4,03	4,072	0,15
6	4,12	4,23	4,23	4,19	4,19	4,192	0,11
7	4,24	4,00	4,29	4,27	4,27	4,214	0,29
8	4,03	4,26	4,09	4,25	4,25	4,176	0,23
9	4,06	4,14	4,27	4,08	4,20	4,150	0,21
10	4,11	4,11	4,11	4,21	4,04	4,116	0,17
11	4,27	4,16	4,15	4,15	4,30	4,206	0,15
12	4,10	4,13	4,14	4,17	3,95	4,098	0,22
13	4,13	4,05	4,03	4,00	4,18	4,078	0,18
14	4,00	3,97	4,19	4,17	4,17	4,100	0,22
15	4,10	4,11	4,09	4,12	4,05	4,094	0,07
16	4,00	4,12	4,18	4,12	4,01	4,086	0,18
17	4,12	4,07	4,05	4,08	4,05	4,074	0,07
18	4,11	4,18	4,18	4,17	4,25	4,178	0,14
19	4,05	4,10	4,14	4,18	4,15	4,124	0,13
20	4,02	4,29	4,26	4,22	4,20	4,198	0,27
21	4,17	4,19	4,21	4,16	4,22	4,190	0,06
22	4,19	4,17	4,17	4,23	4,06	4,164	0,17
23	4,15	4,29	4,28	4,24	4,16	4,224	0,14
24	4,19	4,18	4,17	4,19	4,00	4,146	0,19
25	4,27	4,14	4,29	4,07	4,26	4,206	0,22
26	4,22	4,21	4,11	4,25	4,22	4,202	0,14
27	4,23	4,30	4,21	4,00	4,07	4,162	0,30
28	4,18	4,10	4,22	4,17	4,19	4,172	0,12
29	4,24	4,24	4,24	4,09	4,22	4,206	0,15
30	4,12	4,13	4,00	4,00	4,08	4,086	0,18
<b>Μέσος όρος</b>						4,142	0,16

Π.2

Μετρήσεις βάρους γεμίσματος 2<sup>ης</sup> μέρας

Αρ. Δείγματος	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	Range
1	4,09	4,11	4,12	4,10	4,10	4,104	0,03
2	4,19	4,15	4,08	4,07	4,05	4,108	0,14
3	4,20	4,02	4,18	4,04	4,20	4,128	0,18
4	4,22	4,10	4,05	4,06	4,20	4,126	0,17
5	4,27	4,21	4,02	4,17	4,19	4,172	0,25
6	4,15	4,10	4,08	4,17	4,11	4,122	0,09
7	4,11	4,11	4,16	4,02	4,03	4,086	0,14
8	4,09	4,12	4,00	4,02	3,98	4,042	0,14
9	4,00	4,18	4,13	4,07	4,11	4,098	0,18
10	4,10	4,19	4,12	4,18	4,20	4,158	0,10
11	4,12	4,08	4,01	4,14	4,21	4,112	0,20
12	4,15	3,99	3,99	4,01	4,17	4,062	0,18
13	4,06	4,15	4,00	4,09	4,02	4,064	0,15
14	4,11	4,06	4,13	4,14	4,12	4,112	0,08
15	4,25	4,25	4,17	4,11	4,17	4,190	0,14
16	4,11	4,15	4,17	4,17	4,17	4,154	0,06
17	4,03	4,11	4,18	4,16	4,00	4,096	0,18
18	4,23	4,04	4,12	4,24	4,14	4,154	0,20
19	4,18	4,11	4,18	4,15	4,14	4,152	0,07
20	4,20	4,21	4,18	4,23	4,06	4,176	0,17
21	4,28	4,30	4,12	4,07	4,25	4,204	0,23
22	3,99	4,18	4,03	4,24	4,08	4,104	0,25
23	4,09	4,23	4,27	4,08	4,30	4,194	0,22
24	4,29	4,24	4,15	4,08	4,08	4,168	0,21
25	4,27	4,14	4,26	4,09	4,07	4,166	0,20
26	4,23	4,05	4,23	4,07	4,00	4,116	0,23
27	4,16	4,00	4,00	4,06	3,95	4,034	0,21
28	4,07	4,00	4,06	4,08	4,00	4,042	0,08
29	4,10	4,02	4,04	4,07	4,10	4,066	0,08
30	4,14	4,13	4,11	4,06	4,10	4,108	0,08
<b>Μέσος όρος</b>						4,1206	0,1547

Π.3

Μετρήσεις βάρους γεμίσματος 3<sup>ης</sup> μέρας

Αρ. Δείγματος	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	Range
1	4,09	4,14	4,18	4,13	4,14	4,136	0,09
2	3,95	4,14	4,17	4,05	4,20	4,102	0,25
3	4,01	4,00	4,12	4,03	4,00	4,032	0,12
4	4,13	4,15	4,17	4,18	4,12	4,150	0,06
5	4,20	4,24	4,11	4,17	4,16	4,176	0,13
6	4,11	4,13	4,04	4,05	4,15	4,096	0,11
7	3,99	4,14	4,11	4,04	4,02	4,060	0,15
8	4,18	4,17	4,17	4,15	4,10	4,154	0,08
9	4,12	4,14	4,08	4,03	4,11	4,096	0,11
10	4,06	4,06	4,10	4,11	4,11	4,088	0,05
11	4,09	4,02	4,08	4,15	4,02	4,072	0,13
12	4,06	4,09	4,13	4,15	4,16	4,118	0,10
13	4,26	4,23	4,15	4,07	4,20	4,182	0,19
14	4,20	4,04	4,21	4,21	4,00	4,132	0,21
15	4,02	4,04	4,08	4,00	4,01	4,030	0,08
16	4,10	4,10	4,01	4,07	4,01	4,058	0,09
17	4,13	4,21	4,17	4,07	4,19	4,154	0,14
18	4,19	4,02	4,10	4,10	4,19	4,120	0,17
19	4,10	4,11	4,14	4,21	4,22	4,156	0,12
20	4,14	4,25	4,11	4,16	4,23	4,178	0,14
21	4,15	4,02	4,08	4,17	4,08	4,100	0,15
22	4,22	4,13	4,14	4,17	4,08	4,148	0,14
23	4,12	4,14	4,01	4,21	4,13	4,122	0,20
24	4,05	3,98	4,02	4,05	4,05	4,030	0,7
25	4,15	3,98	4,12	4,00	4,11	4,072	0,17
26	3,99	4,01	4,04	4,13	4,06	4,046	0,14
27	4,17	4,17	4,24	4,20	4,08	4,172	0,16
28	4,04	4,22	4,09	4,05	3,99	4,078	0,23
29	4,03	4,10	4,02	4,00	4,09	4,048	0,10
30	4,11	4,13	4,27	4,12	4,03	4,132	0,24
<b>Μέσος όρος</b>						4,1079	0,137

Π.4

Μετρήσεις βάρους γεμίσματος 4<sup>ης</sup> μέρας

Αρ. Δείγματος	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	Range
1	4,01	4,02	4,10	4,00	4,03	4,032	0,10
2	4,11	4,09	4,14	4,01	4,11	4,092	0,13
3	4,04	4,07	4,07	4,00	4,05	4,046	0,07
4	4,08	4,05	4,06	4,00	4,04	4,046	0,08
5	4,17	4,07	4,12	4,03	3,95	4,068	0,22
6	4,15	4,15	4,25	4,12	4,24	4,182	0,13
7	4,00	4,18	4,16	4,23	4,00	4,114	0,23
8	4,10	4,12	4,23	4,17	4,11	4,146	0,13
9	4,17	4,12	4,14	4,14	4,21	4,156	0,09
10	4,09	4,04	4,24	4,23	4,15	4,150	0,20
11	4,26	4,06	4,11	4,16	4,26	4,170	0,20
12	4,17	4,00	4,08	4,11	4,21	4,114	0,21
13	4,21	4,22	4,17	4,12	4,03	4,150	0,19
14	4,00	4,00	4,12	4,14	4,01	4,054	0,14
15	4,13	4,02	4,01	4,10	4,05	4,062	0,12
16	4,10	4,13	4,08	4,05	4,05	4,082	0,08
17	4,00	4,05	3,99	4,00	4,17	4,042	0,18
18	4,17	4,17	4,16	4,20	4,12	4,164	0,08
19	4,00	4,16	4,14	4,12	4,22	4,128	0,22
20	4,12	3,92	3,94	4,18	4,13	4,058	0,26
21	3,99	4,12	4,09	4,15	4,02	4,095	0,13
22	4,13	4,14	4,03	4,19	4,12	4,122	0,16
23	4,10	4,11	4,00	4,09	4,11	4,082	0,11
24	4,18	4,15	4,21	4,18	4,05	4,154	0,16
25	4,15	4,10	4,09	4,08	4,11	4,106	0,07
26	4,04	4,01	4,04	4,06	3,99	4,028	0,07
27	4,03	4,16	4,00	4,01	4,06	4,052	0,16
28	4,17	4,08	4,16	4,19	4,07	4,134	0,12
29	4,10	4,11	4,11	4,13	4,04	4,098	0,09
30	4,20	4,21	4,13	4,06	4,21	4,162	0,15
<b>Μέσος όρος</b>						4,1030	0,138

Π.5

Μετρήσεις βάρους γεμίσματος 5<sup>ης</sup> μέρας

Αρ. Δείγματος	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	Range
1	4,17	4,11	4,14	4,14	4,18	4,148	0,07
2	4,17	4,11	4,17	4,12	4,16	4,146	0,06
3	4,02	4,12	4,04	4,19	4,08	4,090	0,17
4	4,08	4,11	4,14	4,16	4,12	4,122	0,08
5	4,10	4,05	4,07	4,02	4,13	4,074	0,11
6	4,01	4,20	4,02	4,09	4,06	4,076	0,19
7	4,09	4,09	4,09	4,05	4,06	4,076	0,04
8	4,22	4,17	4,19	4,19	4,18	4,190	0,05
9	4,17	4,09	4,14	4,11	4,17	4,136	0,08
10	4,06	4,05	4,10	4,17	4,00	4,076	0,17
11	4,10	4,09	4,08	4,11	4,12	4,100	0,04
12	4,03	4,09	4,11	4,12	4,10	4,090	0,09
13	4,14	4,17	4,14	4,12	4,18	4,150	0,06
14	4,19	4,12	4,22	4,12	4,14	4,158	0,10
15	4,12	4,20	4,20	4,10	4,23	4,170	0,13
16	4,20	4,17	4,14	4,19	4,18	4,176	0,06
17	4,24	4,00	4,16	4,14	4,08	4,124	0,24
18	4,18	4,23	4,11	4,23	4,20	4,190	0,12
19	4,15	4,09	4,13	4,12	4,14	4,126	0,06
20	4,14	4,11	4,20	4,12	4,14	4,142	0,09
21	4,19	4,17	4,21	4,15	4,03	4,150	0,18
22	4,2	4,24	4,24	4,19	4,03	4,188	0,21
23	4,09	4,14	4,05	4,15	4,01	4,088	0,14
24	4,21	4,10	4,16	4,14	4,28	4,178	0,18
25	4,00	4,03	3,72	4,12	4,04	3,982	0,40
26	4,10	4,12	4,13	4,12	4,09	4,112	0,04
27	4,09	4,10	4,16	4,03	4,14	4,104	0,13
28	4,14	4,14	4,11	4,17	4,12	4,136	0,06
29	4,09	4,16	4,11	4,15	4,10	4,122	0,07
30	4,10	4,13	4,18	4,23	4,14	4,156	0,13
<b>Μέσος όρος</b>						4,1264	0,1183

Π.6

Μετρήσεις περιεκτικότητας οξειδίου του Ψευδαργύρου

Αρ. Δείγματος	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	Range
1	4,17	4,11	4,14	4,14	4,18	4,148	0,07
2	4,17	4,11	4,17	4,12	4,16	4,146	0,06
3	4,02	4,12	4,04	4,19	4,08	4,090	0,17
4	4,08	4,11	4,14	4,16	4,12	4,122	0,08
5	4,10	4,05	4,07	4,02	4,13	4,074	0,11
6	4,01	4,20	4,02	4,09	4,06	4,076	0,19
7	4,09	4,09	4,09	4,05	4,06	4,076	0,04
8	4,22	4,17	4,19	4,19	4,18	4,190	0,05
9	4,17	4,09	4,14	4,11	4,17	4,136	0,08
10	4,06	4,05	4,10	4,17	4,00	4,076	0,17
11	4,10	4,09	4,08	4,11	4,12	4,100	0,04
12	4,03	4,09	4,11	4,12	4,10	4,090	0,09
13	4,14	4,17	4,14	4,12	4,18	4,150	0,06
14	4,19	4,12	4,22	4,12	4,14	4,158	0,10
15	4,12	4,20	4,20	4,10	4,23	4,170	0,13
16	4,20	4,17	4,14	4,19	4,18	4,176	0,06
17	4,24	4,00	4,16	4,14	4,08	4,124	0,24
18	4,18	4,23	4,11	4,23	4,20	4,190	0,12
19	4,15	4,09	4,13	4,12	4,14	4,126	0,06
20	4,14	4,11	4,20	4,12	4,14	4,142	0,09
21	4,19	4,17	4,21	4,15	4,03	4,150	0,18
22	4,2	4,24	4,24	4,19	4,03	4,188	0,21
23	4,09	4,14	4,05	4,15	4,01	4,088	0,14
24	4,21	4,10	4,16	4,14	4,28	4,178	0,18
25	4,00	4,03	3,72	4,12	4,04	3,982	0,40
26	4,10	4,12	4,13	4,12	4,09	4,112	0,04
27	4,09	4,10	4,16	4,03	4,14	4,104	0,13
28	4,14	4,14	4,11	4,17	4,12	4,136	0,06
29	4,09	4,16	4,11	4,15	4,10	4,122	0,07
30	4,10	4,13	4,18	4,23	4,14	4,156	0,13
<b>Μέσος όρος</b>						4,1264	0,1183



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αναστασόπουλος, Γ., Γκιούρδας, Β., Επιθεωρώντας Διεργασίες, Συστήματα Διαχείρισης Ποιότητας ISO 9000, Εκδοτική, 2005
- Αντζουλάκος, Δ., Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας, Πειραιάς, 2006
- Κοκολάκης, Γ., Εισαγωγή στην θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική, Εκδόσεις Συμεών, 1999
- Λογοθέτης, Ν., Μανατζμεντ Ολικής Ποιότητας, Interbooks, 1992
- Οικονόμου, Γεώργιος Σ. και Αγιακλόγλου, Χρήστος Ν., Μέθοδοι Προβλέψεων και Ανάλυσης Αποφάσεων, 2<sup>η</sup> Έκδοση, Εκδόσεις Μπένου, 2004
- Ταγαράς, Γ., Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας, Εκδόσεις Ζήτη, 2001
- Chakrabarty, A. and Tan, K.C., Managing Service Quality, 2007
- Coronado, R.B. and Antony, J. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations, The TQM magazine, 2002
- Crosby, P., Quality is Free. New York: Mcgraw-Hill, 1979
- Deming, Edwards W., Out of Crisis, Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering Study, 1986
- Deming, Edwards W., The New Economics for Industry, Government, Education. Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering Study, 1993
- Evans, James R., and Lindsay, N. M., The Management and Control of Quality. New York: West Publishing Company, 2001
- Garvin, David A., Managing Quality. New York: The Free Press, 1988
- Goetsch, David L. and Stanley, Davis B., Quality Management, 4<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall, 2003
- Goh, T.N., Quality Reliability Engineering International, 2002

- Heizer, J., Render, B., Operations management 8<sup>th</sup> Edition, 2005
- Henderson, K.H. and Evans, J.R., Successful implementation of Six sigma: benchmarking General Electric company, Benchmarking: An International Journal, 2000
- Hensley, R.L. and Dobie, K., Managing Service Quality, 2005
- Imai, Masaaki. Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success. New York, NY, USA: Random House 1986.
- Ishikawa, K., Guide to Quality Control, Asian Productivity Organization, 1968
- ISO 22716 Cosmetics – GMP – Guideline on Good Manufacturing Practises
- James, P., Total Quality Management, 1998
- Juran, J, M., «the Quality Trilogy»., Quality Progress 19 (August 1986), 19-24.
- Montgomery, Douglas C., Introduction to statistical Quality Control. 4<sup>th</sup> Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2001
- Montgomery, Douglas C., Design and Analysis of Experiments, 4<sup>th</sup> Edition, Wiley, New York, 1997
- Ross, Joel, E., Total Quality Management: texts, Cases and Readings, Third Edition. Taylor & Francis Inc 1999
- Smith, Gerald, Statistical Process Control and Process Improvement, 5<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall, 2004
- Thomas, Ryan P., Statistical Methods for Quality Improvement, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2000
- Wheeler, Donald J. and Chambers David S., Understanding Statistical Process Control, Second Edition, SPC Press, 1992

### **Ξενόγλωσσα Άρθρα**

Casadesus, M., Gimenz, G., Heras, I., Benefits of ISO 900 implementation in Spanish Industry, European Business Review, Vol 13, No 6, pp 327-335, 2001

Gotzamani, D. Katerina, and Tsiotras, D. George, An empirical study of the ISO 9000 standards' contribution towards total quality management, International Journal of Operations and Production Management, Vol 21, No 10, pp1326-1342, 2001

Sower, E. Victor, Ross Quarles, Broussard, E., Cost of Quality usage and its relationship to quality system maturity, International Journal of Quality and Reliability Management, Vol 27, pp 121-140, 2007

## **INTERNET RECOURCES**

[www.asq.org](http://www.asq.org)

[www.iso.org/iso/home.html](http://www.iso.org/iso/home.html)

[www.juran.com](http://www.juran.com)

[http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune\\_archive/1986/08/18/67929/index.htm](http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune_archive/1986/08/18/67929/index.htm)

<http://www.asq.org/learn-about-quality/history-of-quality/overview/overview.html>

<http://totalqualitymanagement.wordpress.com/2009/02/25/what-is-1-10-100-rule/>

[http://www.leanmanufacturingconcepts.com/LeanTool\\_TQM\\_ParetoDiagram.htm](http://www.leanmanufacturingconcepts.com/LeanTool_TQM_ParetoDiagram.htm)