



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Τομέας Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρησιακής Έρευνας

**Χρήση Ανεπτυγμένων και Σύγχρονων Στρατηγικών / Μεθόδων
Διοίκησης και Βελτίωσης Επιχειρήσεων**

Περίπτωση 'Six Sigma'

Διπλωματική Εργασία

του

Νικόλαου Σ. Ρουχωτά

Επιβλέπων : Νικόλαος Παναγιώτου
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2012



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Τομέας Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρησιακής Έρευνας

**Χρήση Ανεπτυγμένων και Σύγχρονων Στρατηγικών / Μεθόδων
Διοίκησης και Βελτίωσης Επιχειρήσεων**

Περίπτωση 'Six Sigma'

Διπλωματική Εργασία

του

Νικόλαου Σ. Ρουχωτά

Επιβλέπων : Νικόλαος Παναγιώτου
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή:

.....

Αθήνα, Μάρτιος 2012

Copyright © –All rights reserved Νικόλαος Σ. Ρουχωτάς.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

.....

Νικόλαος Σ. Ρουχωτάς

Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

© 2012 – All rights reserved

Περιεχόμενα

Περίληψη	10
Abstract	11
1. Εισαγωγή	
1.1 Διοίκηση Δημιουργίας Αξίας ('Value Based Management')	12
1.2 Μέθοδοι – Μοντέλα – Θεωρίες Διοίκησης επιχειρήσεων, έργων.....	13
1.2.1 Μέθοδος Επανασχεδιασμού Επιχειρηματικών Διαδικασιών.....	13
1.2.2 Κύκλος Deming.....	14
1.2.3 Μέθοδος Kaizen.....	15
1.2.4 Πλοηγός Skandia.....	16
1.2.5 Ολική Ποιότητα – 14 Σημεία Διοίκησης.....	17
1.2.6 Μοντέλο προσδιορισμού ανθρώπινης ικανότητας και ωριμότητας...	19
1.3 Εισαγωγή στις σύγχρονες στρατηγικές βελτίωσης αποτελεσμάτων επιχειρήσεων – 'Six Sigma' (Άμεσα μετρήσιμα αποτελέσματα).....	19
1.4 Δομή εργασίας.....	20
2. 'Six Sigma'	
2.1 Ορισμός 6σ.....	21
2.2 Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη της 6σ.....	22
2.3 Πιστοποιήσεις – Ζώνες.....	24
2.4 Ρόλοι και αρμοδιότητες.....	26
2.5 Μεθοδολογίες DMAIC και DMADV.....	28
3. Εργαλεία για την εφαρμογή του 'Six Sigma'	
3.1 Πρόβλημα - Στόχος - Μετρητικά γραφήματα.....	30
3.2 Κρίσιμα για τη δημιουργία δένδρου.....	31
3.3 Κόστος εξαιτίας ανεπαρκούς ποιότητας – COPQ.....	32
3.4 RACI.....	34
3.5 Απεικόνιση Διαδικασίας – SIPOC & KPIV-KPOV.....	35
3.6 Διάγραμμα Αιτίας και Επίδρασης (Cause and Effect Diagram).....	39

3.7	Ανάλυση Pareto.....	42
3.8	Ανάλυση των 5 γιατί (5 Why Analysis).....	46
3.9	Πίνακας Επιλογής Χαρακτηριστικών – CSM.....	47
3.10	Πίνακας Αντίμετρων (Countermeasure matrix).....	49
3.11	Σύνοψη Πίνακα Αντίμετρων (Countermeasure matrix Summary).....	50
3.12	Ανάλυση Πορείας και Συσχέτισης (Regression & Correlation Analysis)....	51
3.13	Κατάσταση Αστοχίας και Ανάλυση Επίδρασης- FMEA.....	54
3.14	Εισαγωγή στα Δεδομένα.....	58
3.15	Ανάλυση Συστήματος Μέτρησης για συνεχή δεδομένα – MSA.....	59
3.16	Ανάλυση Συστήματος Μέτρησης για διακριτά δεδομένα – MSA.....	65
3.17	Ικανότητα Διαδικασίας για συνεχή δεδομένα (Process capability).....	69
3.18	Ικανότητα Διαδικασίας για διακριτά δεδομένα (Process capability).....	78
3.19	Γραφική ανάλυση και γραφήματα ελέγχου για συνεχή δεδομένα.....	82
3.20	Γραφική ανάλυση και Γραφήματα ελέγχου για διακριτά δεδομένα.....	94
3.21	Εργαλεία ανά φάση – DMAIC.....	103

4. Μελέτη περίπτωσης

Έργο: Παραμόρφωση αριστερής και δεξιάς λαβής πόρτας αυτοκινήτου

4.1	Μεθοδολογική προσέγγιση.....	105
4.2	Εισαγωγή.....	107
4.3	Καταγραφή προβλήματος.....	108
4.4	Καταγραφή στόχου.....	108
4.5	Ανάλυση Pareto.....	109
4.6	Πρωτεύον και Δευτερεύον Γράφημα.....	111
4.7	Αποτύπωση Διαδικασίας.....	113
4.7.1	Τα βήματα της διαδικασίας παραγωγής λαβής.....	114
4.8	Κρίσιμα για την δημιουργία δένδρου	115
4.9	Αποτελεσματικότητα Συστημάτων Μέτρησης	116
4.10	Αιτία και Επίδραση.....	117
4.10.1	Εξάλειψη Μεταβλητών.....	120
4.11	Πίνακας αιτίας και επίδρασης.....	121
4.12	Πίνακας Κατάσταση Αστοχίας και Ανάλυση Επίδρασης (FMEA).....	122

4.13	Ικανότητα Διαδικασίας ιδιοσυσκευής ‘Α’	123
4.14	Ικανότητα Διαδικασίας τροποποιημένης ιδιοσυσκευής ‘Α’	125
4.15	Ικανότητα Διαδικασίας ιδιοσυσκευής ‘Β’	127
4.16	Ικανότητα Διαδικασίας ιδιοσυσκευής ‘Β’ μετά από 5 βαψίματα.....	130
4.17	Ικανότητα Διαδικασίας ιδιοσυσκευής ‘Β’ μετά από 8 βαψίματα.....	137
4.18	Αξιοπιστία Καλουπιών.....	139
4.18.1	Ικανότητα Διαδικασίας Καλουπιών.....	141
4.19	Έλεγχος εφαρμογής των αλλαγών στην διαδικασία - Γραφήματα ελέγχου..	142
4.20	Επόμενα βήματα.....	143
5.	Συμπεράσματα.....	144
	Βιβλιογραφία / Αναφορές.....	146

Περίληψη

Στόχος της έρευνας είναι να ενεργήσει ως εργαλείο ‘ναυσιπλοΐας’ για τα άτομα εκείνα που έχουν σοβαρές προοπτικές στελέχωσης διοικητικών θέσεων, είτε στο άμεσο μέλλον είτε μακροπρόθεσμα και να τους εφοδιάσει με μια ανεπτυγμένη και σύγχρονη αντίληψη διαχείρισης επιχειρήσεων και έργων.

Θα διευρύνει την γενική επιχειρησιακή τους γνώση, θα εμβαθύνει τις ικανότητες στις βασικές λειτουργίες και θα επεκτείνει τις δεξιότητες ηγεσίας μέσω των συγχρόνων μεθόδων, μοντέλων θεωριών διαχείρισης που ως επί το πλείστον βασίζονται στη διαχείριση δημιουργίας αξίας σε μια επιχείρηση.

Τέλος, θα δοθεί περισσότερο έμφαση σε μια από τις μεθόδους διαχείρισης, την λεγόμενη ‘Six Sigma’ ή καλύτερα ‘6 σ’. Θα αναλυθούν τα περισσότερα από τα εργαλεία που την αποτελούν και το σκεπτικό στο οποίο βασίζεται, ώστε να αποτελέσει η έρευνα αυτή οδηγό και βάση για τα υπάρχοντα και μελλοντικά στελέχη επιχειρήσεων.

Abstract

The objective of this thesis is to act as a navigational tool for people who have serious prospect of staffing administrative positions, both in the immediate future and in a long term basis and to provide them with a developed and contemporary concept of managing companies and projects.

It will broaden their general business knowledge; it will deepen the skills in basic operations and expand their leadership through modern methods, models management theories which in the most cases are based on the Value Based Management.

Finally, more emphasis will be placed in one of these management methods, the so-called 'Six Sigma' or better '6σ'. Most of the tools that comprise this method will be analyzed and the concept upon is based, in order this thesis to be a guide for current and future business executives.

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Διοίκηση Δημιουργίας Αξίας ('Value Based Management')

Τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί πληθώρα νέων διοικητικών προσεγγίσεων για την βελτίωση απόδοσης επιχειρήσεων. Η συνολική ποιοτική διαχείριση (TQM), επίπεδες οργανώσεις (flat organizations), ενδυνάμωση (empowerment), συνεχής βελτίωση (continuous improvement), αναδιοργάνωση (reengineering), χτίσιμο ομάδας (team building), κτλ. Πολλά θεωρούνται πετυχημένα, άλλα έχουν αποτύχει ανάλογα βέβαια και των περιπτώσεων που διαχειριζόντουσαν.

Συχνά το σημαντικότερο πρόβλημα που εμφανιζόταν ήταν, ότι ο στόχος ήταν ασαφής, χωρίς να ακολουθεί την γραμμή του απόλυτου στόχου μιας επιχείρησης, δηλαδή της δημιουργίας κέρδους.

Με την χρήση της διοικητικής προσέγγισης που στηρίζεται στην Διοίκηση Δημιουργίας Αξίας μπορούμε να αντιμετωπίσουμε το συγκεκριμένο πρόβλημα, διότι παρέχει ακριβή και σαφή μετρητική αξία, στην οποία μπορεί να χτιστεί μια ολόκληρη επιχείρηση.

Το σκεπτικό πίσω από το 'VBM' είναι απλό. Η αξία μιας επιχείρησης καθορίζεται από τις προεξοφλημένες μελλοντικές ταμειακές ροές της. Αξία δημιουργείται μόνο όταν οι επιχειρήσεις επενδύουν κεφάλαια σε αποδόσεις που υπερβαίνουν το κόστος του αρχικού κεφαλαίου. Το 'VBM' επεκτείνει αυτές τις αντιλήψεις, με το να επικεντρώνεται στο πως οι επιχειρήσεις μπορούν να χρησιμοποιούν εργαλεία ώστε να προχωρήσουν στις στρατηγικές αλλά και στις καθημερινές λειτουργικές αποφάσεις.

Χρησιμοποιώντας την με τον σωστό τρόπο, είναι μια προσέγγιση διοίκησης που ευθυγραμμίζεται με τις συνολικές επιδιώξεις της επιχείρησης, τις αναλυτικές τεχνικές και τις διοικητικές διαδικασίες για να στρέψει τη διοικητική απόφαση στους βασικούς οδηγούς της αξίας.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναφερθούν και θα αναπτυχθούν μέθοδοι, μοντέλα και κάποιες θεωρίες, οι οποίες βασίζονται και στηρίζουν το 'VBM' και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με την περίπτωση και τον χρήστη με σκοπό το επιθυμητό αποτέλεσμα, την βελτίωση της απόδοσης της επιχείρησης.

1.2 Μέθοδοι – Μοντέλα – Θεωρίες Διοίκησης επιχειρήσεων, έργων

1.2.1 Μέθοδος Επανασχεδιασμού Επιχειρηματικών Διαδικασιών (Business Process Reengineering Method - BPR)

Η μέθοδος επανασχεδιασμού των επιχειρηματικών διαδικασιών έχει οριστεί από τους Hammer και Champy, ως η βασική αναθεώρηση και ριζικός επανασχεδιασμός των επιχειρησιακών διαδικασιών, με σκοπό την άμεση βελτίωση της τρέχουσας επίδοσης της επιχείρησης σχετικά με το κόστος, υπηρεσίες και ταχύτητα.

Επιχειρηματική διαδικασία (business process) μπορεί να χαρακτηριστεί ως η συλλογή σχετιζόμενων καθηκόντων ή ενεργειών, με τα οποία μπορούμε να λύσουμε προβλήματα και να παραχθούν υπηρεσίες ή προϊόντα για συγκεκριμένο πελάτη.

Υπάρχουν 3 τύποι επιχειρηματικών διαδικασιών:

- **Διοικητικές διαδικασίες (management processes)** – οι διαδικασίες εκείνες οι οποίες ελέγχουν και κουμαντάρουν τη λειτουργία ενός συστήματος. Τυπικές διαδικασίες διοίκησης είναι η Επιχειρησιακή Διοίκηση (corporate governance) και η ‘Στρατηγική Διοίκηση’ (strategic management).
- **Λειτουργικές διαδικασίες (operational processes)** – οι διαδικασίες αυτές δημιουργούν το ρεύμα της αρχικής αξίας και αποτελούν την καρδιά της επιχείρησης. Τυπικές διαδικασίες είναι οι Αγορές, Παραγωγή, Εμπορική εκμετάλλευση (Marketing) και ‘Πωλήσεις’.
- **Υποστηρικτικές διαδικασίες (Supporting processes)** – οι διαδικασίες αυτές στηρίζουν τις κεντρικές διαδικασίες (core processes) της επιχείρησης. Τυπικά παραδείγματα αυτών των διαδικασιών είναι το Λογιστήριο, Προσλήψεις ικανών προσώπων (recruitment), Τεχνική υποστήριξη.

Για τον επιτυχή επανασχεδιασμό μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την προσέγγιση των 6 βημάτων:

1. Εξέλιξη και ανάπτυξη του οράματος και των στόχων της επιχείρησης
2. Προσδιορισμός των επιχειρησιακών διαδικασιών προς επανασχεδιασμό

3. Κατανόηση και μέτρηση των υπαρχουσών διαδικασιών
4. Προσδιορισμός των δυνατοτήτων της πληροφορικής τεχνολογίας (IT)
5. Σχεδιασμός και κτίσιμο πρωτοτύπου για την νέα διαδικασία
6. Υιοθέτηση της νέας διαδικασίας από την επιχειρησιακή δομή και το μοντέλο διοίκησης

Κάποια δείγματα που θα μας οδηγήσουν να προχωρήσουμε στον σχετικό επανασχεδιασμό των διαδικασιών είναι τα παρακάτω:

- Συχνές συγκρούσεις στην επιχείρηση μεταξύ στελεχών
- Υποσκελισμός της επιχείρησης από ανταγωνιστές
- Πραγματοποίηση πολύ συχνών συσκέψεων
- υπερβολική χρήση μη δομημένης επικοινωνίας μεταξύ των υπαλλήλων (π.χ. σημειώματα, emails)

1.2.2 Κύκλος Deming (Deming cycle or PDCA cycle)

Ο κύκλος Deming είναι μια διαδικασία επίλυσης επιχειρηματικών προβλημάτων. Ουσιαστικά αυτό επιτυγχάνεται με την επανάληψη των παρακάτω τεσσάρων συγκεκριμένων βημάτων: **σχεδιάζω (plan)**, **εκτελώ (do)**, **μελετώ (study)** και **ενεργώ (act)**.

Σχεδιάζω: καθιερώνουμε τους απαραίτητους στόχους και διαδικασίες που θα μας επιτρέψουν να φέρουμε το αναμενόμενο αποτέλεσμα. Αναλύοντας τον σχεδιασμό προσπαθούμε να προβλέψουμε το αποτέλεσμα.

Εκτελώ: εφαρμόζουμε τον σχεδιασμό αρχικά σε μικρή κλίμακα προσέχοντας κάθε φορά τις τρέχουσες καταστάσεις και συνθήκες.

Μελετώ: μετράμε τις καινούργιες προτεινόμενες διαδικασίες, μελετάμε και συγκρίνουμε τα αποτελέσματα έναντι των αναμενόμενων αποτελεσμάτων για να εξακριβώσουμε τυχών παρεκκλίσεις και διαφορές.

Ενεργώ: αναλύουμε τις διαφορές ώστε να εξακριβώσουμε και να καθορίσουμε την αιτία τους. Αποφασίζουμε που θα εφαρμόσουμε τις αλλαγές και προβαίνουμε στις απαραίτητες ενέργειες ώστε να βελτιώσουμε την διαδικασία που μελετάμε.

Ο κύκλος Deming είναι ένα μοντέλο συνεχούς ποιοτικής βελτίωσης αποτελούμενη από μια λογική ακολουθία τεσσάρων βημάτων.

Συχνά ο κύκλος Deming συνδέεται με εκτεταμένου μεγέθους έργα (projects) και με μεγάλης συμμετοχής ανθρώπων σε αυτά.

Η θεμελιώδης αρχή του μοντέλου είναι η επανάληψη. Μόλις η υπόθεση που έχουμε κάνει επιβεβαιωθεί ή αναιρεθεί αυτόματα προχωρούμε ξανά στην εκτέλεση του κύκλου του Deming ώστε να έρθουμε πιο κοντά στο στόχο που είναι συνήθως μια τέλεια λειτουργία.

1.2.3 Μέθοδος Kaizen (Kaizen method)

Η μέθοδος Kaizen είναι μια φιλοσοφία που εστιάζεται στην συνεχή αυξητική βελτίωση των παραγωγικών και επιχειρησιακών δραστηριοτήτων γενικότερα. Χρησιμοποιήθηκε αρχικά στην Ιαπωνία και αναφέρεται στις δραστηριότητες εκείνες που συνεχώς βελτιώνουν τις λειτουργίες της επιχείρησης από την Παραγωγή μέχρι την Διοίκηση και από το Διευθύνοντα Σύμβουλο μέχρι τους εργατοτεχνίτες.

Βελτιώνοντας τις καθιερωμένες δραστηριότητες και διαδικασίες, η μέθοδος σκοπεύει να εξαφανίσει το 'σκάρτο' με οποιαδήποτε έννοια μπορεί να το εκλάβει κανείς (π.χ. μείωση υπερβολικής σκληρής δουλειάς, εξάλειψη ελαττωματικών διαδικασιών, κτλ).

Πέντε στοιχεία αποτελούν το οικοδόμημα της μεθόδου Kaizen:

1. Ομαδικά δουλειά
2. Προσωπική πειθαρχία
3. Αναβάθμιση ηθικού
4. Ποιοτικοί κύκλοι
5. Προτάσεις για βελτίωση

Η σωστή χρήση του παραπάνω οικοδομήματος αποφέρει τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Εξάλειψη σκάρτου (muda) και αντί-παραγωγικότητας
- Το πλαίσιο των 5 – S για ένα καλά οργανωμένο χώρο εργασίας
 1. Seiri - νοικοκυροσύνη
 2. Seiton - καλή διάταξη

3. Seiso - καθαρότητα
4. Seiketsu - τυποποίηση καθαρίσματος
5. Shitsuke - πειθαρχία

➤ Τυποποίηση

Η μέθοδος Kaizen κάλλιστα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις που απαιτούνται μακροπρόθεσμες αλλαγές και σε πολυσυλλεκτικές κουλτούρες σε χώρους εργασίας. Παρόλο που η μέθοδος αποφέρει μικρές τμηματικές βελτιώσεις, η διαδικασία των συνεχών μικρών βελτιώσεων παράγει μεγάλα αποτελέσματα υπό μορφή σύνθετης και συμπαγής βελτίωσης της παραγωγικότητας.

1.2.4 Πλοηγός Skandia (Skandia Navigator)

Ο πλοηγός Skandia (αποτίμηση άυλων στοιχείων ενεργητικού και ανταγωνιστικότητας) είναι ένα χρήσιμο εργαλείο το οποίο συλλέγει κάποιες κρίσιμες μετρήσεις και μας επιτρέπει να έχουμε μια ολοκληρωτική οπτική γωνία των επιδόσεων και τις επίτευξης των στόχων της επιχείρησης. Η αρχιτεκτονική του πλοηγού είναι απλή, αλλά παράλληλα πολύ ουσιαστική και εξελιγμένη. Εστιάζεται σε πέντε τομείς ενδιαφέροντος, όπου καθένας σχηματίζει νοερά μια διαδικασία δημιουργίας αξίας.

Οι στόχοι που εστιάζεται ο κάθε τομέας του πλοηγού περιγράφονται παρακάτω:

Οικονομικά: Συγκεντρώνει όλα τα οικονομικά αποτελέσματα των ενεργειών μας. Με τον τρόπο αυτό μας δίνεται η δυνατότητα να καθιερώσουμε τους μακροπρόθεσμους στόχους και επίσης τις συνθήκες και τις απαιτήσεις που επιδιώκουμε από τους υπόλοιπους τέσσερις τομείς.

Πελάτες: Δίνει μια ένδειξη για το βαθμό που η επιχείρηση ικανοποιεί τους πελάτες της μέσω των υπηρεσιών και των προϊόντων της. Για παράδειγμα ενδιαφέρεται για τον αριθμό των πωλήσεων σε νέους πελάτες σε σύγκριση με τους παλιούς, για το πόσο πιστοί είναι οι παλιοί πελάτες, κτλ. Είναι πολύ σημαντικό να ορίσουμε τις ανάγκες των πελατών και να τις ικανοποιήσουμε.

Διαδικασίες: Αναγνωρίζει τις υπάρχουσες διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών. Ενδιαφέρεται για τον τρόπο που χειρίζεται η επιχείρηση την εξυπηρέτηση πελατών, αν δουλεύουν με αποδοτικό τρόπο και με σωστή συμπεριφορά οι εργαζόμενοι, κτλ.

Ανανέωση και Ανάπτυξη: Στοχεύει να εξασφαλίσει την μακροπρόθεσμη ανανέωση και βιωσιμότητα της επιχείρησης. Ενδιαφέρεται για τα βήματα και τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν ώστε να διασφαλιστεί η μελλοντική ανάπτυξη και κερδοφορία. Επίσης ενδιαφέρεται για το τι απαιτείται ώστε να αποκτήσει η επιχείρηση την γνώση και να την αναπτύξει με σκοπό να ικανοποιήσει και να διατηρήσει τις ανάγκες των πελατών.

Άνθρωπος: Είναι η καρδιά της επιχείρησης και ουσιαστικό στοιχείο σε μια επιχείρηση δημιουργίας αξίας. Οι εργαζόμενοι πρέπει να αποκτούν συνεχή γνώση. Πρέπει να είναι ευχαριστημένοι με τις συνθήκες εργασίας διότι θα είναι πιο αποδοτικοί αλλά και θα έχουν καλύτερη επαφή τους με τους πελάτες.

1.2.5 Ολική Ποιότητα – 14 Σημεία Διοίκησης (Total Quality Management – Fourteen points of Management)

Τα 14 σημεία (αρχές) Διοίκησης του Edward Deming για πολλούς είναι η ουσία της Ολικής Ποιότητας. Με την χρήση αυτών των αρχών μπορεί μια επιχείρηση να μετατρέψει προς το καλύτερο την αποδοτικότητα της.

Τα 14 σημεία του Deming περιγράφονται παρακάτω:

1. **Δημιουργία συνεχούς και συνεπής προσπάθεια για τη βελτίωση των προϊόντων και των υπηρεσιών** – με σκοπό να γίνουν ανταγωνιστικοί, να εδραιωθούν στο τομέα που δραστηριοποιούνται και να σχεδιάσουν μακροπρόθεσμους στόχους.
2. **Υιοθέτηση της νέας φιλοσοφίας** – η διοίκηση πρέπει να υιοθετήσει πραγματικά την νέα φιλοσοφία και όχι να περιμένει απλά τους εργαζόμενους να το κάνουν από μόνοι τους. Κυβερνητικοί κανόνες που δημιουργούν εμπόδια πρέπει να αφαιρεθούν και η μεταμόρφωση της επιχείρησης πρέπει να επιτευχθεί.
3. **Τερματισμός από την εξάρτηση της επιθεώρησης σε έτοιμα προϊόντα** – η ποιότητα πρέπει να σχεδιαστεί και να ενσωματωθεί στις διαδικασίες, προλαμβάνοντας τα ελαττώματα. Εάν μειωθεί η διασπορά στις μετρήσεις που γίνονται κατά την διάρκεια κατασκευής προϊόντος, τότε δεν θα υπάρχει ανάγκη επιθεώρησης ετοιμών προϊόντων για εύρεση ελαττωμάτων γιατί απλά δεν θα υπάρχουν ελαττώματα.

4. **Παύση της τακτικής να αναθέτονται δουλειές με μόνο γνώμονα την τιμή της προσφοράς** – οι επιχειρήσεις πρέπει να στηριχτούν σε μια μακροχρόνια σχέση εμπιστοσύνης και αφοσίωσης με συγκεκριμένους προμηθευτές για συγκεκριμένα προϊόντα και όχι να αλλάζουν προμηθευτές λαμβάνοντας υπόψη μόνο την τιμή της προσφοράς.
5. **Συνεχή και αδιάκοπη βελτίωση του συστήματος παραγωγής και των υπηρεσιών της επιχείρησης** – η διοίκηση και οι εργαζόμενοι πρέπει να αναζητούν συνεχώς τρόπους βελτίωσης της ποιότητας και της παραγωγικότητας στην επιχείρηση, ώστε να επιτυγχάνεται μείωση κόστους.
6. **Θέσπιση της εκπαίδευσης στο προσωπικό της επιχείρησης** – η εκπαίδευση του προσωπικού σε όλα τα επίπεδα της επιχείρησης είναι απαραίτητη και σημαντική. Αν το προσωπικό δεν είναι επαρκώς εκπαιδευμένο θα προκαλέσει δυσλειτουργία στην επιχείρηση.
7. **Υιοθέτηση και εγκαθίδρυση ηγεσίας** – τα στελέχη πρέπει να ηγούνται και όχι μόνο να επιβλέπουν.
8. **Εξαφάνιση του φόβου από το προσωπικό** – πρέπει το προσωπικό να αισθάνεται ασφαλές ώστε να έχει την δυνατότητα να εκφράζει ιδέες, ερωτήματα και να δουλεύει αποτελεσματικά για την επιχείρηση.
9. **Κατάργηση των εμποδίων ανάμεσα στα τμήματα της επιχείρησης** – ενθάρρυνση για επίλυση προβλημάτων μέσω της ομαδικής δουλειάς. Το κάθε τμήμα πρέπει να είναι συνέχεια άλλου τμήματος και να μην λειτουργούν ανταγωνιστικά μεταξύ τους.
10. **Εξάλειψη των συνθημάτων, παραινήσεων και στόχων για την παρακίνηση του ανθρώπινου δυναμικού** – τα προβλήματα στην ποιότητα και την παραγωγικότητα προκαλούνται από το σύστημα και όχι ατομικά και το μόνο που έχει να κάνει μια τέτοια τακτική, είναι να προκαλέσει αντιπαλότητα στις σχέσεις του προσωπικού.
11. **Εξάλειψη αριθμητικών στόχων και χρονικών προθεσμιών** – οι παραγωγικοί στόχοι και η πίεση πολλές φορές ενθαρρύνουν τη δημιουργία ελαττωματικού προϊόντος.

12. **Κατάργηση των φραγμών που αφαιρούν από το προσωπικό την περηφάνια για την εργασία τους** – αξιολογήσεις ατομικών επιδόσεων είναι σημαντικός φραγμός στην περηφάνια για τα κατορθώματα. Δεν πρέπει η εργασία να μετατραπεί σε υποχρέωση.
13. **Παρότρυνση για εκπαίδευση και ατομική βελτίωση για όλους** – συνεχή και έντονη εκπαίδευση προς όλους.
14. **Ανάληψη δράσης για την επίτευξη της μεταμόρφωσης της επιχείρησης** – όλοι πρέπει και είναι υποχρεωμένοι να συμμετέχουν στην μεταμόρφωση.

1.2.6. Μοντέλο προσδιορισμού ανθρώπινης ικανότητας και ωριμότητας (People Capability and Maturity Model - PCMM)

Το PCMM είναι ένα πλαίσιο ωριμότητας που εστιάζει στην συνεχή βελτίωση της διαχείρισης και της ανάπτυξης του ανθρώπου στην επιχείρηση. Βοηθάει τις επιχειρήσεις να αντιμετωπίσουν επιτυχώς τα κρίσιμα ζητήματα, όπως η διαχείριση του ανθρωπίνου δυναμικού, η διαχείριση γνώσης και η επιχειρησιακή ανάπτυξη.

1.3 Εισαγωγή στις σύγχρονες στρατηγικές βελτίωσης αποτελεσμάτων επιχειρήσεων – ‘Six Sigma’ (Άμεσα μετρήσιμα αποτελέσματα)

Η ‘Six Sigma’ είναι μια στρατηγική, μεθοδολογία και φιλοσοφία διοίκησης, η οποία αρχικά αναπτύχθηκε από την Motorola. Από το 2008 απολαμβάνει τη διαδεδομένη εφαρμογή σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας.

Η συνεχής βελτίωση των διαδικασιών και των προϊόντων μια επιχείρησης βασιζόμενη σε γεγονότα και στατιστικές μετρήσεις είναι προτεραιότητα της.

Χρησιμοποιεί σειρά εργαλείων, τα οποία παίρνουν υπόψη τα ανθρώπινα και τεχνικά στοιχεία και τα ενσωματώνουν σε μια καθορισμένη σειρά βημάτων η οποία ακολουθείται για να επιτευχθούν συγκεκριμένοι οικονομικοί στόχοι και μετρήσιμα αποτελέσματα (μείωση κόστους ή αύξηση κέρδους) για την επιχείρηση.

Σημαντικός επίσης στόχος της ‘Six Sigma’ είναι, η συνολική απόδοση της εταιρίας να ευθυγραμμίζεται με τον πελάτη και τις ανάγκες του.

Σύμφωνα με την ‘Six Sigma’, η βελτίωση των διαδικασιών που είναι επικεντρωμένες στις ανάγκες του πελάτη, τελικώς θα τον ενθαρρύνουν να αγοράσει προϊόντα / υπηρεσίες της επιχείρησης.

Η ‘Six Sigma’ εφαρμόζεται σ’ όλες τις λειτουργίες και τμήματα μιας επιχείρησης, με τον καθένα από τους υπαλλήλους της να έχει κάποιο ρόλο να παίζει.

1.4 Δομή Εργασίας

Κεφάλαιο 1. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται η έννοια δημιουργίας αξίας σε μια επιχείρηση και παρουσιάζονται τρόποι διαχείρισης επιχειρήσεων

Κεφάλαιο 2. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται αναλυτικά σχεδόν όλα τα θεωρητικά στοιχεία που έχουν να κάνουν με την στρατηγική , μεθοδολογία Six Sigma.

Κεφάλαιο 3. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται αναλυτικά πολλά από τα εργαλεία που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να βγάλουμε εις πέρας ένα έργο Six Sigma

Κεφάλαιο 4. Στο κεφάλαιο αυτό εφαρμόζεται μια μελέτη περίπτωσης Six Sigma χρησιμοποιώντας στοιχεία από τα προηγούμενα κεφάλαια

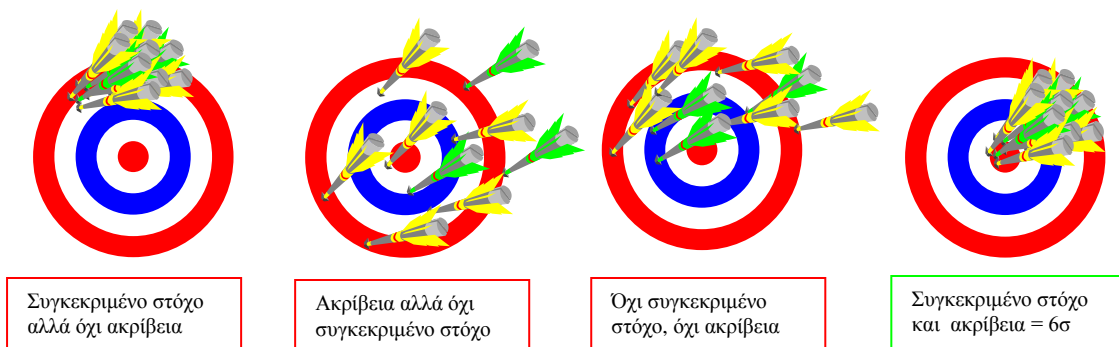
Κεφάλαιο 5. Σε αυτό το κεφάλαιο διατυπώνουμε τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εργασία

Κεφάλαιο 2

Six Sigma

2.1 Ορισμός Six Sigma (6σ)

Το 'σ' προέρχεται από το ελληνικό αλφάβητο, αντιστοιχεί στην τυπική απόκλιση και χρησιμοποιείται στην στατιστική και τις θεωρίες πιθανοτήτων. Το '6' σημαίνει 6 τυπικές αποκλίσεις, δηλαδή η διασπορά τυχαίων μεταβλητών γύρω από την μέση τιμή είναι πολύ μικρή, ως αποτέλεσμα να έχουμε μόνο 3,4 λάθη ανά εκατομμύριο. '6σ', είναι ο συνδυασμός μείωσης της διασποράς (συγκεκριμένος στόχος) και ταυτόχρονη αύξηση της ακρίβειας στον στόχο που έχει τεθεί.



Σχήμα 2.1

Η 6σ μπορεί να περιγραφεί με περισσότερους του ενός τρόπου, δηλαδή:

- Στρατηγική διαχείρισης επιχείρησης.
- Πειθαρχημένη μεθοδολογία, η οποία δίνει την δυνατότητα στις επιχειρήσεις που την χρησιμοποιούν να αυξήσουν τα κέρδη τους και να βελτιώσουν την ίδια την επιχείρηση και την απόδοσή της.
- Επιχειρησιακή φιλοσοφία και στρατηγική, η οποία αναπτύχθηκε από διακεκριμένους πρωτοπόρους στην επιχειρησιακή ποιότητα.
- Μεθοδολογία για συνεχή βελτίωση των διαδικασιών και των προϊόντων μιας επιχείρησης.
- Ολοκληρωμένο κομμάτι του συστήματος διαχείρισης, στηρίζοντας την ανάληψη αποφάσεων βασισμένη σε ορατά στοιχεία.
- Σύνολο εργαλείων, τα οποία λαμβάνουν υπόψη όλα τα ανθρώπινα και τεχνικά στοιχεία.

- Στατιστική μέτρηση της ικανότητας των διαδικασιών, που αγγίζουν την τελειότητα και είναι ισοδύναμες με 3,4 λάθη ανά εκατομμύριο προσπάθειες.
- Φιλοσοφία η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα τμήματα και τις διαδικασίες των επιχειρήσεων.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω μπορούμε με ευκολία να στηρίξουμε την άποψη και να ορίσουμε την Six Sigma, ως:

- ✓ Μια επαναστατική στρατηγική για κερδοφορία και βελτίωση επιχειρήσεων.

2.2 Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη της 6σ

Η Six Sigma πρωτοεμφανίστηκε και εφαρμόστηκε αρχικά από την Motorola.

Το 1981, όταν ο Bob Galvin ανέλαβε την θέση του Διευθύνοντα Συμβούλου (CEO) στην Motorola, έβαλε στόχο να δεκαπλασιάσει την απόδοση της σε χρονικό διάστημα πέντε ετών.

Το 1984 ο Mikel Harry (ο Novός της Six Sigma), ο οποίος μόλις είχε πάρει το διδακτορικό του, προσελήφθηκε στην Motorola και δούλεψε μαζί με τον μηχανικό Bill Smith (ο πατέρας της Six Sigma).

Μετά από ένα χρόνο το 1985, ο Smith έγραψε μια έκθεση, προερχόμενη από την εσωτερική ποιοτική έρευνα που πραγματοποίησε. Ο Smith ανακάλυψε την συσχέτιση μεταξύ του πόσο ένα προϊόν λειτούργησε σωστά στο διάστημα ζωής του και του αριθμού των εκ νέου επεξεργασιών (rework) που χρειάστηκε κατά την διαδικασία κατασκευής του. Επίσης, βρήκε ότι τα προϊόντα που είχαν λιγότερες μη-συμμορφώσεις, ήταν αυτά που είχαν καλύτερη απόδοση μετά την παράδοση στον πελάτη.

Τα στελέχη της Motorola, συμφώνησαν με τις υποθέσεις του Smith και έτσι η πρόκληση πλέον ήταν να δημιουργήσουν πρακτικούς τρόπους, ώστε να μειωθούν τα ελαττώματα στα προϊόντα.

Έτσι, ο Harry με τον Smith ανέπτυξαν μια προσέγγιση τεσσάρων σταδίων επίλυσης προβλημάτων. Μέτρηση, Ανάλυση, Βελτίωση, Έλεγχος (MAIC)

Στις 15 Ιανουαρίου 1985, ο Galvin, παρουσίασε ένα μακροπρόθεσμο πρόγραμμα ποιότητας, που το ονόμασε 'The Six Sigma Quality Program', ένα επιχειρησιακό πρόγραμμα το οποίο καθιέρωσε την Six Sigma, ως την απαιτούμενη βαθμίδα ικανότητας για την προσέγγιση των 3,4 ελαττωμάτων ανά εκατομμύριο προσπαθειών.

Τα νέα πρότυπα αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν παντού. Από τα προϊόντα και τις διαδικασίες, μέχρι τις υπηρεσίες και την διοίκηση.

Έτσι η Motorola αποφάσισε και αναπροσάρμοσε το αρχικό της στόχο, ως ακολούθως:

‘Βελτίωση προϊόντων και υπηρεσιών δέκα φορές μέχρι το 1989 και τουλάχιστον κατά 100 φορές μέχρι το 1991. Επίτευξη ικανότητας Six Sigma μέχρι το 1992’.

Ο καινούργιος στόχος διατύπωνε επίσης, ότι ο καθένας είναι υπεύθυνος έναντι του άλλου για την επίτευξη του στόχου. Ωστόσο, η Six Sigma στην Motorola ήταν μόνο μια πειθαρχημένη μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων.

Το 1988, ο Harry συζήτησε με τον Cliff Ames, έναν από τους διευθυντές της Unisys, για το πώς θα ενισχύσουν την τεχνική Six Sigma σε μια επιχείρηση και πώς θα αναγνωρίζονται αυτοί που είναι εφοδιασμένοι με τα απαραίτητα εργαλεία της Six Sigma. Έτσι ο Harry, βασισμένος στα χρώματα των ζωνών του καράτε, αποφάσισε να ονοματίσει αυτούς με τα προσόντα Six Sigma, ως κατόχους μαύρης ζώνης.

Το 1989, ο Galvin ζήτησε από τον Harry να είναι επικεφαλής στο Ερευνητικό Ινστιτούτο της Motorola για το Six Sigma. Ο Harry αποδεχόμενος την πρόκληση επιχείρησε να εφοδιάσει πολλούς εργατές και υπαλλήλους με εργαλεία της Six Sigma.

Το 1993 και ενώ ο Harry δούλευε για την Asea Brown Boveri (ABB), συνειδητοποίησε ότι δεν πρέπει να είναι η ποιότητα πρώτη, αλλά η καλή επιχείρηση που θα οδηγήσει στην υλοποίηση της ποιότητας. Επίσης, μέσα από την εμπειρία του, κατάλαβε ότι για να εκμεταλλευτεί όλη την δύναμη της Six Sigma, θα πρέπει να στηριχθεί καταρχήν σε αποτελέσματα από την βάση της εταιρίας. Για τον λόγο αυτό, επέκτεινε τις ζώνες προσόντων Six Sigma, σε: Πρωταθλητή (Champion), Μάστερ Μαύρη Ζώνη (Master Black Belt), Μαύρη Ζώνη (Black Belt) και τέλος Πράσινη Ζώνη (Green Belt).

Την περίοδο εκείνη, αρκετές εταιρίες βλέποντας την επιτυχία της Motorola, άρχισαν την αναζήτηση παρόμοιας λειτουργίας. Ως εκ τούτου, μπορούμε να πούμε ότι από τα τέλη του 1993, η Six Sigma άρχισε να μεταμορφώνει επιχειρήσεις. Εκείνη την χρονιά ο Harry μαζί με τον Richard Schroeder (συνιδρυτής της Ακαδημίας Six Sigma), μετακινήθηκαν στην εταιρία Allied Signal, όπου και χρησιμοποίησαν την Six Sigma. Στην εταιρία αυτή, μετά από αίτημα το Διευθύνοντα Συμβούλου Larry Bossidy, ο Harry ανέπτυξε την μεθοδολογία για τα υψηλόβαθμα στελέχη και τις υπηρεσίες υποστήριξης, με αποτέλεσμα ένα ολόκληρο ηγετικό και υποστηρικτικό σύστημα διαμορφωνόταν γύρω από τα στατιστικά εργαλεία επίλυσης προβλημάτων.

Λίγο αργότερα, ο διευθύνων σύμβουλος της General Electric, Jack Welch, άρχισε να δείχνει ενδιαφέρον στην Six Sigma. Τον Ιούνιο του 1995, ο Welch προσκάλεσε το Bossidy να παραβρεθεί στο διοικητικό συμβούλιο της GE και να μοιραστεί τις εμπειρίες του από την Six Sigma. Μετά από αυτή την συνάντηση, η GE πραγματοποίησε μια ανάλυση κόστους-κέρδους για την εφαρμογή της Six Sigma. Η ανάλυση αυτή έδειξε ότι αν η GE καταφέρει να αυξήσει την ποιότητα της σε 6 σίγμα, από το επίπεδο 3-4 σίγμα που λειτουργούσε μέχρι εκείνο το χρονικό σημείο, η ευκαιρία

μείωσης κόστους θα ήταν μεταξύ 7-10 δισεκατομμυρίων δολαρίων, ένα τεράστιο νούμερο – 10% έως 15% των πωλήσεων.

Έπειτα, τον Ιανουάριο του 1996, ο Welch ανακοίνωσε την εφαρμογή της Six Sigma στην GE, σε συνεργασία με την Ακαδημία Six Sigma, δηλώνοντας η ποιότητα μπορεί να μετατρέψει την GE από μια από τις μεγαλύτερες εταιρίες στην μεγαλύτερη εταιρία του κόσμου.

Από την πλευρά της η GE, συνείσφερε σε δυο σημαντικούς τομείς κατά την εφαρμογή της Six Sigma. Πρώτον, επέδειξε τον υψηλό παραδειγματισμό της ηγεσίας και δεύτερον, στήριξε την Six Sigma με ισχυρές οικονομικές επιβραβεύσεις ώστε να δείξει την αφοσίωση του στη Six Sigma. Συν τις άλλους, η Six Sigma στην GE έγινε απαραίτητη προϋπόθεση για την επαγγελματική εξέλιξη των υπαλλήλων της.

Ο Welch επέμενε ότι κανένας δεν θα ληφθεί υπόψη για την κατάληψη στελεχιακής θέσης, εφόσον δεν έχει εκπαιδευτεί τουλάχιστον στην πράσινη ζώνη.

2.3 Πιστοποιήσεις - Ζώνες

Η εκπαίδευση που λαμβάνει κάποιος ώστε να μπορεί να χρησιμοποιήσει σωστά τη ‘Six Sigma’ είναι ανάλογη της πιστοποίησης που στο τέλος της εκπαίδευσης θα αποκτήσει. Ένα ακόμα σημείο στο οποίο διακρίνεται η Ιαπωνική προέλευση της ‘Six Sigma’ είναι το σύστημα πιστοποίησης που χρησιμοποιείται, δηλαδή ο διαχωρισμός των πιστοποιήσεων σε ζώνες. Έτσι οι πιστοποιήσεις ‘Six Sigma’ χωρίζονται στις παρακάτω βαθμίδες:

- Κύρια Μαύρη Ζώνη (Master Black Belt)
- Μαύρη Ζώνη (Black Belt)
- Πράσινη Ζώνη (Green Belt)
- Κίτρινη Ζώνη (Yellow Belt)

Η **Κύρια Μαύρη Ζώνη** είναι το ανώτερο στάδιο εκπαίδευσης ‘Six Sigma’. Απαιτείται έτσι ο κάτοχος της να έχει προηγμένη κατανόηση της στρατηγικής, πειθαρχίας και των εργαλείων της ‘Six Sigma’. Πρέπει να έχει περάσει όλα τα στάδια της εκπαίδευσης και να έχει αποκτήσει όλες τις γνώσεις που αντιστοιχούν στο καθένα από αυτά. Για να προαχθεί κάποιος στην Κύρια Μαύρη Ζώνη πρέπει να έχει διοικήσει δεκάδες έργα ‘Six Sigma’ με τα οποία να έχει φέρει κέρδος για τις εταιρίες των οποίων τα έργα αφορούσαν.

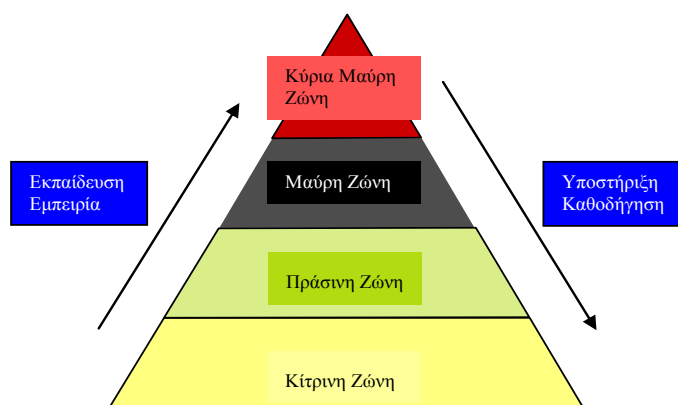
Επιπλέον πρέπει να έχει υψηλή ικανότητα μετάδοσης τις γνώσης που διατηρεί.

Για την απόκτηση της **Μαύρης Ζώνης** απαιτείται η εκπαίδευση της αντιληπτικής δεξιότητας του εκπαιδευόμενου, η οποία περιλαμβάνει τις τεχνικές διοίκησης έργων, την ηγεσία ομάδων και τις ικανότητες επικοινωνίας. Οι κάτοχοι της Μαύρης Ζώνης απαιτείται να έχουν υψηλή ικανότητα για δομημένες μεθόδους, αμερόληπτες ενέργειες και δια-τμηματική σκέψη. Οι δεξιότητες τους υπερβαίνουν των αντίστοιχων της Πράσινης Ζώνης ή της Κίτρινης Ζώνης από την άποψη ότι δίνουν πρωτοποριακές και καινοτόμες λύσεις βασισμένοι σε απτά δεδομένα, στοιχεία.

Πρέπει να γνωρίζουν ξεκάθαρα την χρησιμότητα όλων των εργαλείων, τα οποία θα αναπτυχθούν σε επόμενο κεφάλαιο, της ‘Six Sigma’ και να έχουν πολύ καλή γνώση της στατιστικής επιστήμης ώστε να μπορούν να βγάζουν σωστά αποτελέσματα και συμπεράσματα. Επιπλέον, πρέπει να έχουν συμμετάσχει αποτελεσματικά σε αρκετά έργα ‘Six Sigma’.

Για να αποκτήσει κάποιος την **Πράσινη Ζώνη** απαιτούνται όλα τα παραπάνω της Μαύρης Ζώνης με την διαφορά ότι η εκπαίδευση δεν εμβαθύνει σε μεγάλο βαθμό στην στατιστική γνώση αλλά σίγουρα χρειάζεται μια βασική γνώση και κατανόηση της. Για την πιστοποίηση της Πράσινης Ζώνης ο υποψήφιος πρέπει να αναλάβει και να ολοκληρώσει επιτυχώς ένα εκπαιδευτικό έργο ‘Six Sigma’ μέτριας δυσκολίας, με την καθοδήγηση του εκπαιδευτή.

Τέλος, για την πιστοποίηση της **Κίτρινης Ζώνης** απαιτείται η βασική γνώση και χρήση των εργαλείων της ‘Six Sigma’, η κατανόηση των μεθόδων που χρησιμοποιούνται και η φιλοσοφία διοίκησης των έργων.



Σχήμα 2.2

2.4 Ρόλοι και αρμοδιότητες

Για την λειτουργία της 6σ και την υλοποίηση των έργων 6σ υπάρχουν συγκεκριμένα πρόσωπα που έχουν ρόλους κλειδιά και αντίστοιχες αρμοδιότητες, όπως:

- Επικεφαλής της Επιχείρησης (Business Leader)
 - ✓ Προσδιορίζει τους επιχειρησιακούς στόχους
 - ✓ Εξακριβώνει προβληματικές καταστάσεις
 - ✓ Ορίζει τις αξίες της επιχείρησης
- Κυρίαρχος-Πρωταθλητής (Champion)
 - ✓ Προωθεί την στρατηγική και μεθοδολογία 6σ
 - ✓ Έχει σημαντικό ρόλο στην εύρεση έργων 6σ (projects) μέσα στην επιχείρηση
 - ✓ Παρέχει όλες τις απαραίτητες πηγές στους υπεύθυνους για την διασφάλιση ενός επιτυχημένου έργου
 - ✓ Μετά την ολοκλήρωση του έργου ελέγχει τα αποτελέσματα όσον αφορά τα οφέληματα που αποκομίσθηκαν
- Κάτοχος Διαδικασίας (Process Owner)
 - ✓ Εξακριβώνει τις παρούσες αποδόσεις και δικαιώματα και τα σημεία αναφοράς της επιχείρησης και των τμημάτων της
 - ✓ Θέτει στόχους αναφορικά με την εκτέλεση και τις επιδόσεις του έργου
 - ✓ Εφαρμόζει τις προτεινόμενες λύσεις
 - ✓ Εξασφαλίζει ότι οι προτεινόμενες λύσεις είναι βιώσιμες και λειτουργικές
 - ✓ Παρέχει όλες τις απαραίτητες πηγές στα άτομα του έργου για την επιτυχημένη έκβαση του
 - ✓ Μοιράζεται τις πληροφορίες που απεκόμισε από το έργο και στα άλλα τμήματα, με σκοπό την εκτέλεση παρόμοιων έργων
- Οικονομικός Ελεγκτής (Financial controller)
 - ✓ Βοηθά στον προσδιορισμό του κόστους που προέρχεται από κακή διαδικασία και κατώτερα του αναμενόμενου συστήματα και προϊόντα (Cost of Poor Quality – COPQ)
 - ✓ Επικυρώνει τη δυνατότητα εξοικονόμησης για την εταιρία, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του έργου
- Κύριος ‘Μαυροζωνάς’ (Master Black Belt)
 - ✓ Στηρίζει την ηγεσία στα στρατηγικά έργα
 - ✓ Εκπαιδεύει και συμβουλεύει τους ‘Μαυροζωνάδες’ και ‘Πρασινοζωνάδες’

- ✓ Έχει ηγετικό ρόλο στην εύρεση έργων 6σ (projects) μέσα στην επιχείρηση
 - ✓ Διευκολύνει τις αλλαγές μέσα στην επιχείρηση
 - ✓ Προσφέρει καθοδήγηση και υποστήριξη στα διοικητικά στελέχη της επιχείρησης
 - ✓ Έχει την ικανότητα να αναλαμβάνει και να διευθύνει περισσότερα από ένα έργα συγχρόνως
- ‘Μαυροζωνάς (Black Belt)
 - ✓ Βρίσκει έργα που μπορούν να προσφέρουν κέρδη στην επιχείρηση
 - ✓ Είναι αποκλειστικά 100% απασχολημένος στο έργο που έχει αναλάβει
 - ✓ Ηγείται της ομάδας που έχει σχηματιστεί για το έργο και είναι υπεύθυνος για τα αποτελέσματα και τα αντίστοιχα οφέλη
 - ✓ Εκπαιδεύει και συμβουλεύει τους ‘Πρασινοζωνάδες’
 - ✓ Προωθεί την 6σ
 - ‘Πρασινοζωνάς’ (Green Belt)
 - ✓ Εφαρμόζει τα εργαλεία 6 με την βοήθεια και καθοδήγηση του ‘Μαυροζωνά’
 - ✓ Συλλέγει και αναλύει τα δεδομένα
 - ✓ Αφιερώνει περίπου το 20 - 30% για το έργο που συμμετέχει από το σύνολο του χρόνου εργασίας του
 - ✓ Προωθεί την φιλοσοφία 6σ στα τμήματα της επιχείρησης
 - ✓ Μπορεί να αναλάβει και να διευθύνει μικρότερα έργα ή υποέργα
 - ‘Κιτρινοζωνάς’ (Yellow Belt)
 - ✓ Εφαρμόζει τα εργαλεία 6σ με την βοήθεια των ‘Μαυροζωνάδων’ και ‘Πρασινοζωνάδων’
 - ✓ Συλλέγει και αναλύει τα δεδομένα
 - ✓ Συνεισφέρει σε ιδέες κατά την διάρκεια συναντήσεων της ομάδας του έργου
 - ✓ Βοηθά στην πραγματοποίηση της αρχικής ιδέας για πιθανό έργο
 - ✓ Αφιερώνει περίπου το 10 - 30% για το έργο που συμμετέχει από το σύνολο του χρόνου εργασίας του

Σε μια επιχείρηση η οποία ασχολείται με την 6σ και εφαρμόζει έργα 6σ, περίπου το 1% του προσωπικού της είναι ‘Μαυροζωνάδες’ και το 20% ‘Πρασινοζωνάδες’.

Ο αριθμός των Κύριων ‘Μαυροζωνάδων’ εξαρτάται από την οργανωτική δομή της εταιρίας και ο αριθμός των ‘Κιτρινοζωνάδων’ εξαρτάται από το μέγεθος του έργου και για το λόγο ότι η εκπαίδευση τους δεν απαιτεί πολύ χρόνο, η επιχείρηση μπορεί να εκπαιδεύσει όσους περισσότερους επιθυμεί.

2.5 Μεθοδολογίες DMAIC και DMADV

Η στρατηγική 6σ ακολουθεί δυο μεθοδολογίες ανάλογα με το θέμα του έργου που είναι να εκτελεστεί.

Η μεθοδολογία που θα αναλύσουμε και μας ενδιαφέρει, αφού ο σκοπός της είναι η βελτίωση των υπάρχουσών συνθηκών σε μια επιχείρηση, είναι η DMAIC και αποτελείται από 5 φάσεις

Η δεύτερη μεθοδολογία, όπου και αυτή αποτελείται από 5 φάσεις, είναι η DMADV αλλά με την διαφορά ότι αυτή χρησιμοποιείται όταν μια επιχείρηση θέλει να σχεδιάσει καινούργια προϊόντα και διαδικασίες.

Φάσεις DMAIC:

1. DEFINE (ορίζω):

- ✓ Αναγνωρίζει το πρόβλημα
- ✓ Τί είναι σημαντικό για τον πελάτη
- ✓ Ορίζει τους στόχους του έργου

2. MEASURE (μετρώ):

- ✓ Προσδιορίζει τι θα μετρηθεί (Y)
- ✓ Μετράει τα κύρια αυτά χαρακτηριστικά της παρούσας διαδικασίας που εξετάζεται
- ✓ Επικυρώνει το σύστημα μέτρησης.
- ✓ Ποσοτικοποιεί την παρούσα επίδοση και υπολογίζει τους στόχους βελτίωσης.

3. ANALYSE (αναλύω):

- ✓ Αναλύει τα δεδομένα
- ✓ Αναγνωρίζει τα αίτια της μεταβλητότητας (X) και τα ελαττώματα.
- ✓ Παρέχει στατιστικές αποδείξεις ότι τα αίτια είναι αληθινά και υπαρκτά.
- ✓ Δέσμευση για τους στόχους βελτίωσης

4. IMPROVE (βελτιώνω):

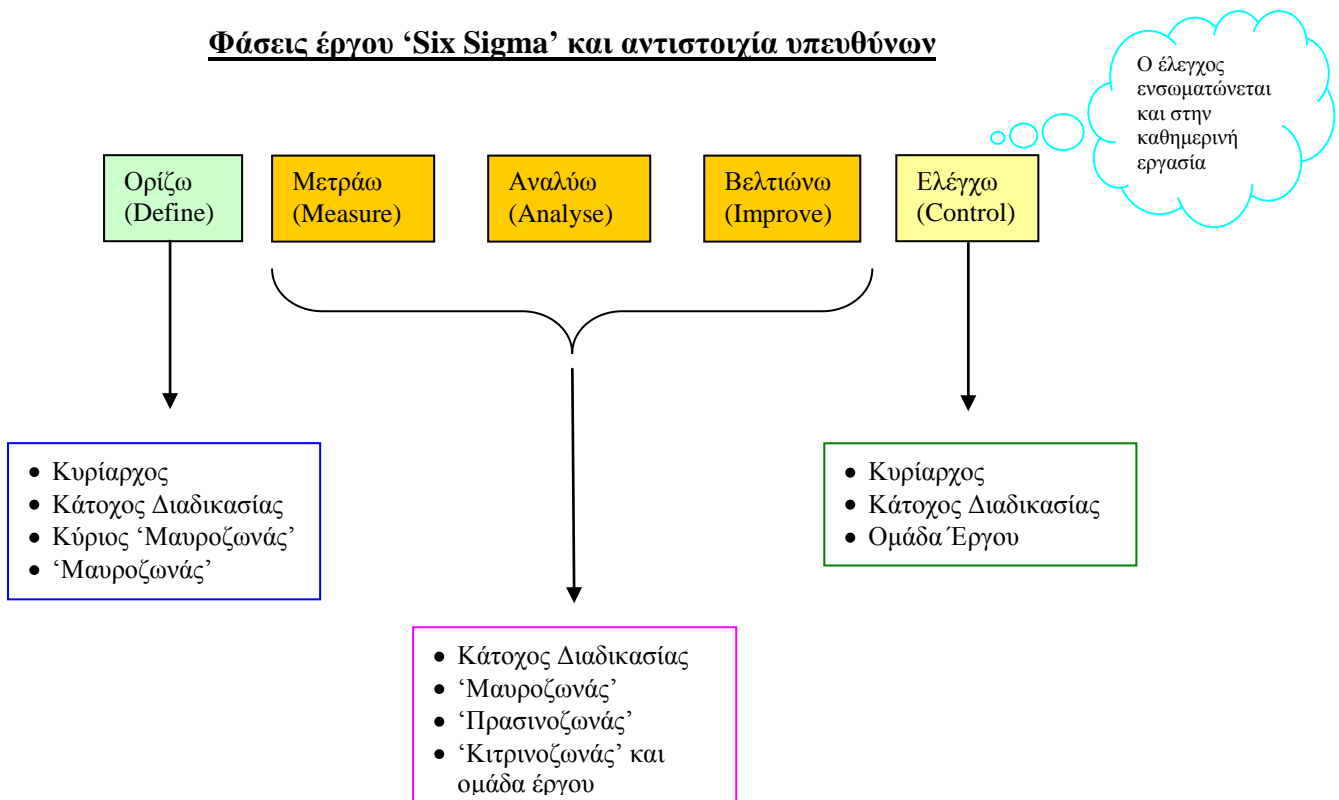
- ✓ Προσδιορίζει λύσεις για να αντιπαρατάξει στα αίτια
- ✓ Εγκαθιστά τις λύσεις και παρέχει στατιστικές αποδείξεις ότι οι λύσεις που εφαρμόζονται αποδίδουν.

- ✓ Βελτιώνει τις υπάρχουσες διαδικασίες

5. CONTROL (ελέγχο):

- ✓ Εγκαθιστά έλεγχο ώστε να διατηρηθεί η βελτίωση
- ✓ Παρέχει στατιστικές αποδείξεις ότι η βελτίωση διατηρείται

Φάσεις έργου 'Six Sigma' και αντιστοιχία υπευθύνων



Σχήμα 2.3

Κεφάλαιο 3

Εργαλεία για την εφαρμογή του ‘Six Sigma’

3.1 Καταγραφή προβλήματος (problem), στόχου (objective) και μετρητικών γραφημάτων (metric graphs)

Πριν προβούμε στην αντιμετώπιση και την βελτίωση οποιασδήποτε κατάστασης, πρέπει καταρχήν να εντοπίσουμε το πρόβλημα και να το καταγράψουμε. Η καταγραφή του προβλήματος (problem statement) πρέπει να στηρίζεται σε αποδεδειγμένα γεγονότα και να περιγράφει τον αντίκτυπο του προβλήματος στην επιχείρηση.

Ο στόχος της καταγραφής του προβλήματος είναι να κερδηθεί η στήριξη από την διοίκηση για την αντιμετώπιση του και να πειστεί ότι επιβαρύνεται η επιχείρηση εξαιτίας του.

Η καταγραφή του προβλήματος μπορεί συνεχώς να αναθεωρείται ανάλογα με την εξέλιξη του έργου (project) και την καλύτερη διαπίστωση του προβλήματος και των επιπτώσεων του.

Αφού έχουμε ξεκαθαρίσει την φύση του προβλήματος, το επόμενο βήμα είναι η καταγραφή του στόχου.

Η καταγραφή του στόχου περιγράφει την πραγματική βαθμίδα του ελαττωματικού προϊόντος ή διαδικασίας που πάμε να βελτιώσουμε. Επιπλέον πρέπει να είναι αριθμητικός στόχος και να γίνεται σαφές ότι αυτός ο αριθμητικός στόχος είναι μετρήσιμος. Σκοπός είναι να καταφέρουμε να προσδιορίσουμε το τρόπο που θα καταμετρηθούν τα οφέλη του έργου.

Τα μετρητικά γραφήματα είναι πολύ σημαντικά ώστε να παρακολουθείται η πορεία του έργου. Είναι δύο ειδών γραφήματα.

Το πρώτο είναι το αρχικό γράφημα το οποίο είναι και το κύριο γράφημα. Αναπαριστούμε την παρούσα κατάσταση ως προς το χρόνο και παράλληλα αναπαριστούμε τον στόχο μας ως προς το χρόνο.

Το δεύτερο γράφημα χρησιμοποιείται για να εξασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία των υπολοίπων στοιχείων που αποτελούν την διαδικασία ή που μπορεί να επηρεάσουν το έργο και να αποφευχθεί οποιοδήποτε αρνητικό αντίκτυπο

Παράδειγμα και εφαρμογή των problem και objective statements καθώς και των primary και secondary metrics θα παρουσιαστούν στο 4^ο κεφάλαιο στο case study.

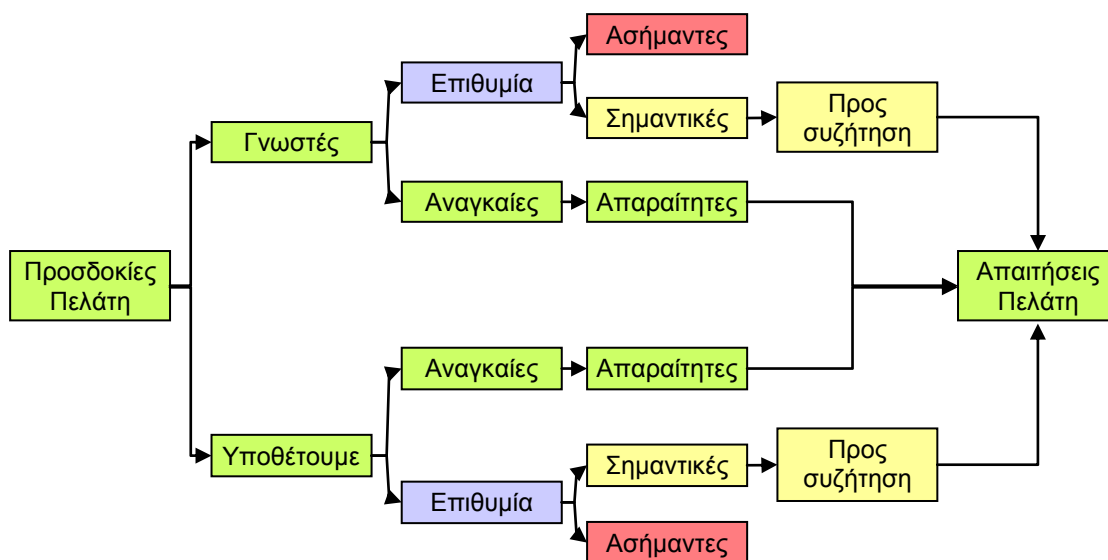
3.2 Κρίσιμα για τη δημιουργία δένδρου (Critical to Trees – CTs)

Για να βελτιώσουμε κάποιο προϊόν ή διαδικασία είναι πολύ σημαντικό καταρχήν να οριοθετήσουμε και να εξακριβώσουμε τις ανάγκες του πελάτη. Ο πελάτης μπορεί να είναι είτε εσωτερικός, δηλαδή να εργάζεται στην ίδια εταιρία (προϊστάμενος , διεύθυνση, τμήμα), είτε εξωτερικός. Πρέπει να γίνει σαφές εξ αρχής, με την βοήθεια των εργαλείων που θα ακολουθήσουν, ποια είναι τα κρίσιμα χαρακτηριστικά του προϊόντος ή της διαδικασίας που θέτει και επιθυμεί ο πελάτης.

Έτσι η ‘Φωνή του Πελάτη’ (Voice of Customer) είναι πολύ σημαντική και πρέπει να καταγράφεται. Αυτό μπορεί να επιτευχτεί με συνεντεύξεις, ερωτηματολόγια, μπαίνοντας στην θέση του πελάτη, ‘μυαλοθύελλα’.

Στην συνέχεια, οι ανάγκες και οι επιθυμίες του πελάτη πρέπει να αναλυθούν με την βοήθεια του μοντέλου KANO ή με το ‘διάγραμμα αιτία και αποτέλεσμα’ (cause and effect diagram), τα οποία θα εξηγηθούν παρακάτω.

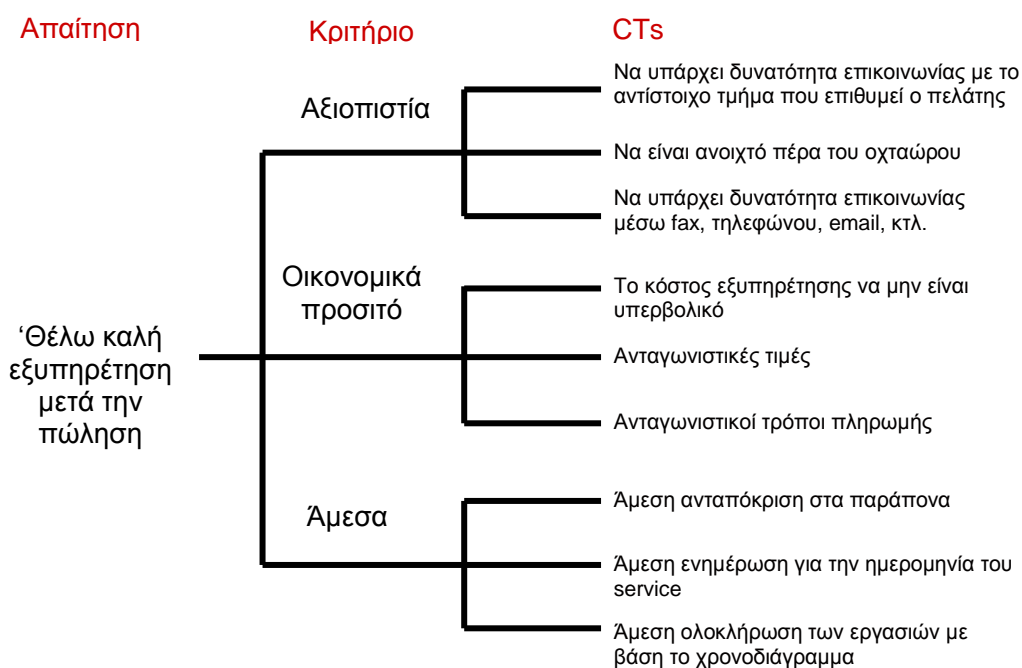
Τέλος, πρέπει να μετατραπούν οι ανάγκες, επιθυμίες του πελάτη σε συγκεκριμένες απαιτήσεις και οι οποίες θα είναι μετρήσιμες. Αυτό μπορεί να επιτευχτεί με την χρησιμοποίηση του ‘CTs’.



Σχήμα 3.1

Το CTs είναι το σύνολο κάποιων χαρακτηριστικών τα οποία αν εκπληρωθούν θα ικανοποιηθεί ο πελάτης. Αυτά έχουν να κάνουν με την ποιότητα (CTQ), παράδοση (CTD), εξυπηρέτηση-ασφάλεια (CTS), νομοθεσία (CTL), κόστος (CTC).

Το παρακάτω παράδειγμα, αφορά την εξυπηρέτηση πελατών μετά την πώληση και μας δείχνει πως δημιουργούνται τα κριτήρια και πως διαμορφώνεται ένα δένδρο με τις απαιτήσεις του πελάτη.



Παράδειγμα CTs

Σχήμα 3.2

Τα CTs πρέπει να είναι συγκεκριμένα και μετρήσιμα, δηλαδή παίρνοντας το κριτήριο ‘Άμεσα’ στο παραπάνω παράδειγμα, η ‘Άμεση ανταπόκριση στα παράπονα’ πρέπει να είναι μετρήσιμη, άρα πρέπει να θέσουμε χρονική διάρκεια π.χ. λιγότερο των 2 ημερών. Ανάλογα πρέπει να γίνεται και για τα υπόλοιπα CTs.

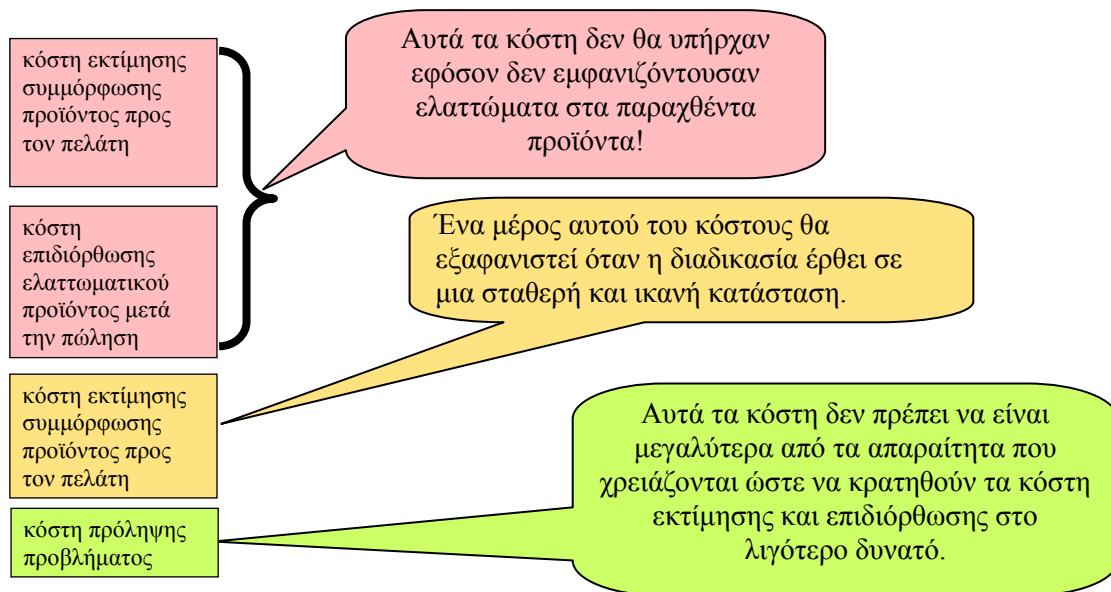
3.3 Κόστος εξαιτίας ανεπαρκούς ποιότητας (Cost of Poor Quality)

Τα κόστη που απορρέουν από μια διαδικασία χωρίζονται στα εμφανή κόστη (π.χ. επιδιορθώσεις, απορριπτέα προϊόντα, συντήρηση, ποιοτικός έλεγχος) και τα κρυμμένα κόστη (π.χ. νομικά έξοδα, έλεγχος προμηθευτών, απώλεια πελατών, χειρισμός παραπόνων). Είναι σημαντικό να υπάρχει γνώση αυτών των ειδών κόστους ώστε να έχουμε πλήρη εικόνα της κατάστασης και να μην μένουμε μόνο στα εμφανή κόστη ενός προϊόντος ή υπηρεσίας που παράγεται η λειτουργεί αντίστοιχα από την επιχείρησή μας.

Επιπλέον, τα κόστη μπορεί να χωριστούν σε πέντε κατηγορίες: πρόληψης προβλήματος, κόστη εκτίμησης συμμόρφωσης προϊόντος προς τον πελάτη, κόστη επιδιόρθωσης παραχθέντων

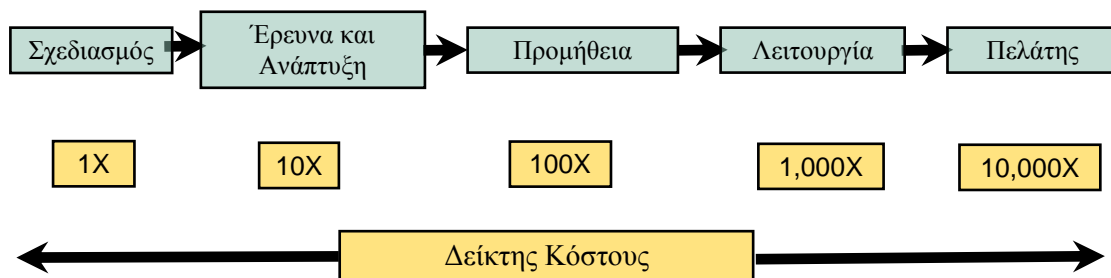
προϊόντων πριν την πώληση, κόστη επιδιόρθωσης ελαττωματικού προϊόντος μετά την πώληση και κόστη απόρριψης.

Το σίγουρο είναι ότι μέρος από αυτά τα κόστη μπορούν να μετριαστούν ή και να εξαλειφθούν τελείως ώστε να μην επιβαρύνεται επιπλέον η επιχείρηση.



Σχήμα 3.3

Σημαντικό είναι να εντοπίσουμε το πρόβλημα πριν προχωρήσει σε επόμενα στάδια, διότι αν δεν καταφέρουμε να το εντοπίσουμε εγκαίρως, ο αντίκτυπος θα είναι πολύ μεγαλύτερος. Αυτό μπορεί πολύ εύκολα να αποτυπωθεί με το ‘Νόμο του Δέκα’ (Rules of Ten).



Σχήμα 3.4

3.4 Διάγραμμα RACI (RACI Chart)

Το διάγραμμα RACI είναι ένα απλό και αποτελεσματικό εργαλείο το οποίο μας βοηθάει να αποφασίζουμε τον καθορισμό και να καταγράφουμε τί κάνει ποιός σε μια επιχείρηση ή έργο. Ακόμα είναι σημαντικό εργαλείο για την οργάνωση της ομάδας ενός καινούργιου έργου.

Η λέξη RACI προέρχεται από τα αρχικά τεσσάρων αγγλικών λέξεων, δηλαδή:

- Responsible (Αυτός που είναι υπεύθυνος να εκτελέσει την εργασία)
- Accountable (Αυτός που είναι υπόλογος για την εκτελεσθείσα εργασία)
- Consulted (Αυτός που πρέπει να συμβουλευτεί τους υπόλοιπους πριν εκτελεστεί η εργασία)
- Informed (Αυτός που πρέπει να ενημερωθεί αφού εκτελεστεί η εργασία)

Εργασίες		Τμήματα										
		Προσωπάρχης	Υπεύθυνος Έργου	Τεχνίτης Α	Λογιστήριο	Διευθυντής Οικονομικού	Υπαλληλος Τμ. Προσωπικού	Διευθυντής Παραγωγής	Εργοδότης	Διευθυντής Επιχειρήσης	Υπεύθυνος Αποθήκης	Τμ. Αγορών
1	Ισολογισμός				R	A				I		
2	Εκτέλεση έργου Α		A	R				C		I		
3	Άδειες προσωπικού	A							R			
4	Εκτέλεση Παραγωγής			R				A				
5	Συμπλήρωση λίστα εργασίας							C	R			
6	Συμβούλιο Διευθυντών							A		I		
7	Αγορά ελασμάτων		I					C			R	A
8	Εκπαίδευση Προσωπικού	R				A						
9												

R RESPONSIBLE A ACCOUNTABLE
C CONSULTED I INFORMED

Παράδειγμα Διαγράμματος RACI

Σχήμα 3.5

Το διάγραμμα RACI μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν:

- αναλύουμε το έργο που θα εκτελέσουμε
- θέλουμε να αναδιοργανώσουμε την επιχείρηση
- έχουμε πρόσληψη καινούργιων εργαζομένων
- διαχειριζόμαστε κάποιο έργο
- υπάρχει αντιπαράθεση και θέλουμε να την λύσουμε
- θέλουμε να καταγράψουμε του ρόλους και υπευθυνότητες σε μια διαδικασία

3.5 Απεικόνιση Διαδικασίας (Process Map or SIPOC)

Η απεικόνιση της διαδικασίας που ακολουθούμε μας δίνει την δυνατότητα να αναπαραστήσουμε την διαδικασία όπως ακριβώς γίνεται.

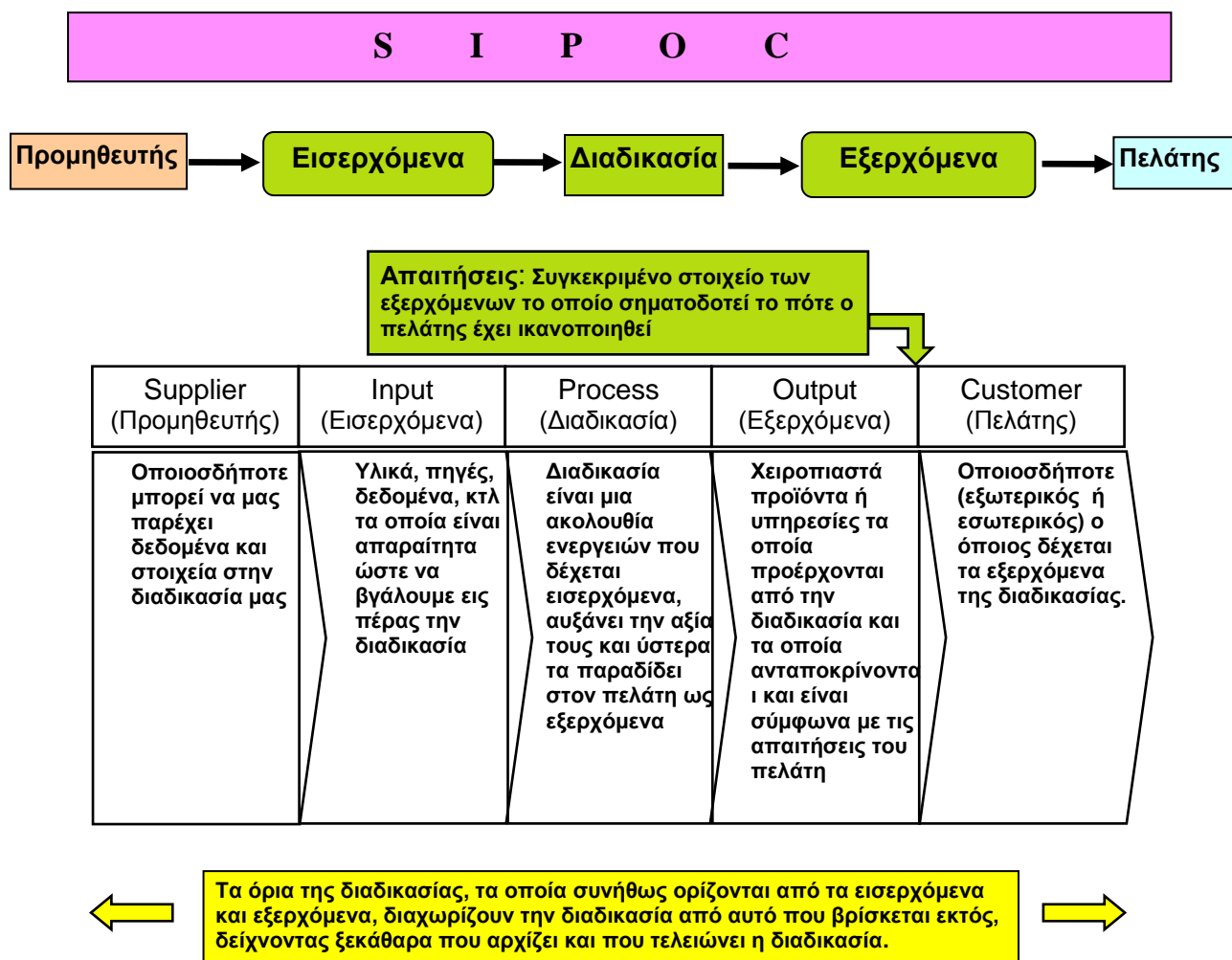
Είναι πολύ σημαντικό να πάμε οι ίδιοι στον χώρο εργασίας (GEMBA), ώστε να παρακολουθήσουμε την διαδικασία που ακολουθείται για την παραγωγή π.χ. ενός συγκροτήματος.

Επίσης είναι πολύ σημαντικό να απεικονίσουμε σωστά την διαδικασία γιατί μαζί με την καταγραφή του προβλήματος θεωρούνται τα πιο σημαντικά στοιχεία για να γίνει η σωστή αρχή στο έργο.

Η σχέση μεταξύ των στοιχείων που εισάγονται και εξάγονται ($Y = f(x)$) σε μια διαδικασία είναι πολύ κρίσιμη γιατί από κει μπορούμε να συμπεράνουμε την ρίζα του προβλήματος.

Διαδικασία είναι μια ακολουθία ενεργειών που δέχεται εισερχόμενα, αυξάνει την αξία τους και ύστερα τα παραδίδει στον πελάτη ως εξερχόμενα

Τι ακριβώς είναι το SIPOC και πώς λειτουργεί;



Σχήμα 3.6

Κάποιες ερωτήσεις που μας βοηθούν να δημιουργήσουμε το SIPOC είναι οι παρακάτω:

- Ποιός είναι ο σκοπός της διαδικασίας;
- Ποιά είναι η αρχή και το τέλος του κάθε βήματος της διαδικασίας;
- Με ποιά σειρά είναι τα βήματα της διαδικασίας;
- Τί προϊόντα ή υπηρεσίες η συγκεκριμένη διαδικασία παράγει;
- Ποιος είναι ο προμηθευτής;
- Ποιός χρησιμοποιεί το τελικό προϊόν;
- Τί υλικά ή πληροφορίες είναι απαραίτητα για την παραγωγή του προϊόντος;
- Από πού προέρχεται το εισερχόμενο υλικό ή πληροφορία;

Επίσης είναι πολύ σημαντικό να καταγράψουμε την διαδικασία που ακολουθείται όπως πραγματικά είναι και όχι όπως θα θέλαμε να είναι ή θα μπορούσε να είναι, διότι πρέπει να εντοπίσουμε τα αδύνατα σημεία της διαδικασίας.

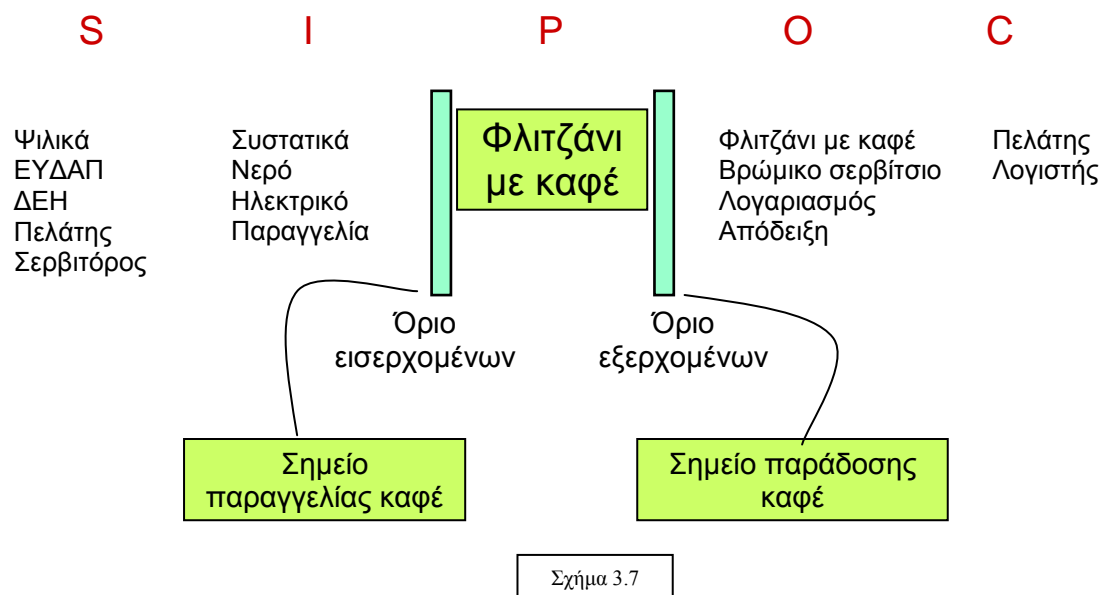
Αφότου καταγράψουμε την διαδικασία πρέπει να επικοινωνήσαμε με τον κάτοχο (owner) της διαδικασίας και να πάρουμε τις απόψεις του και να ελέγχουμε μαζί την καταγραφείσα διαδικασία.

Πρέπει να δώσουμε προσοχή στο:

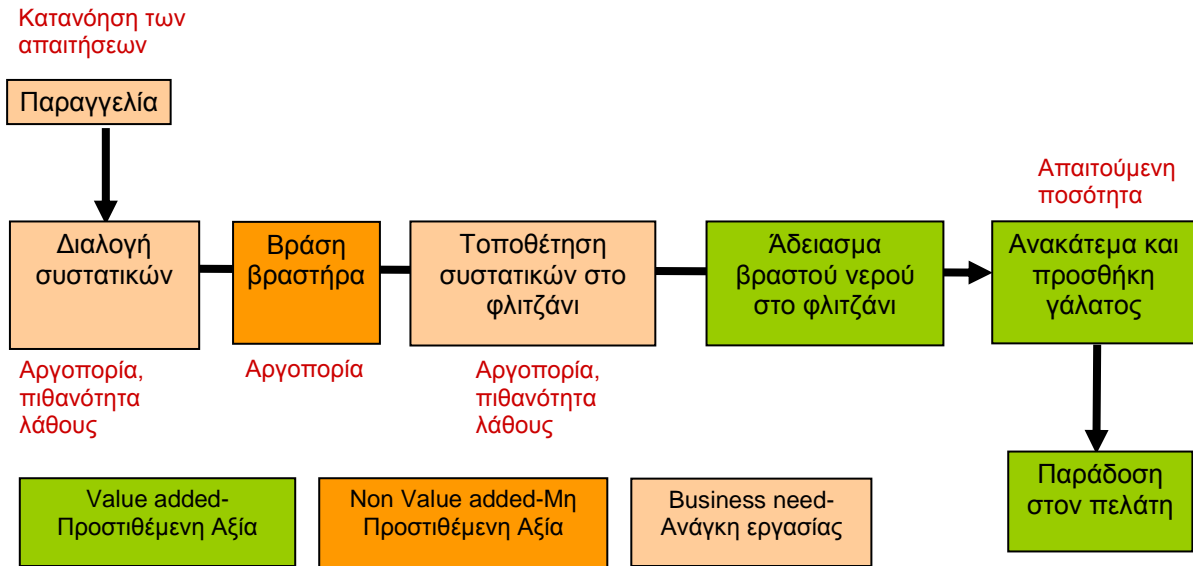
- αν οι ενέργειες (activities) που γίνονται στην διαδικασία είναι επίσημες ή ανεπίσημες
- αν υπάρχουν προϊόντα με αποτυχίες (failures) ή επαναλήψεις (repeats) ή χρειάζονται επιπλέον εργασία (rework).

Με την βοήθεια του παρακάτω παραδείγματος μπορούμε να εξετάσουμε τον τρόπο που διαχωρίζουμε τα βήματα της διαδικασίας, το πόσο λεπτομερειακή ανάλυση μας βολεύει να κάνουμε και φυσικά τα στοιχεία που περιλαμβάνει το κάθε κομμάτι της διαδικασίας.

Το παράδειγμα που θα μελετήσουμε, δηλαδή να φτιάξουμε καφέ σε φλιτζάνι, είναι πολύ απλό και καταδεικνύει ότι έστω και σε ένα τόσο πολύ απλό παράδειγμα, το μέγεθος της εφαρμογής που έχει το SIPOC είναι σημαντικό.



Προετοιμασία καφέ για τον πελάτη - Διαδικασία



Σχήμα 3.8

Σ' αυτήν την φάση είναι σημαντικό να εισάγουμε και την έννοια των **KPIV's** (Key Process Input Variables) και **KPOV's** (Key Process Output Variables).

Σε κάθε διαδικασία υπάρχουν τα κύρια (κλειδιά) εισερχόμενα και εξερχόμενα στοιχεία. Το σημαντικό είναι να μπορέσουμε να τα προσδιορίσουμε, να μπορέσουμε με κάποια εργαλεία που θα δούμε παρακάτω στο case study να αποτυπώσουμε την αλληλοεπίδραση τους και εν συνεχεία να αναλύσουμε εκείνα που από την μελέτη φαίνονται να επηρεάζουν την διαδικασία.

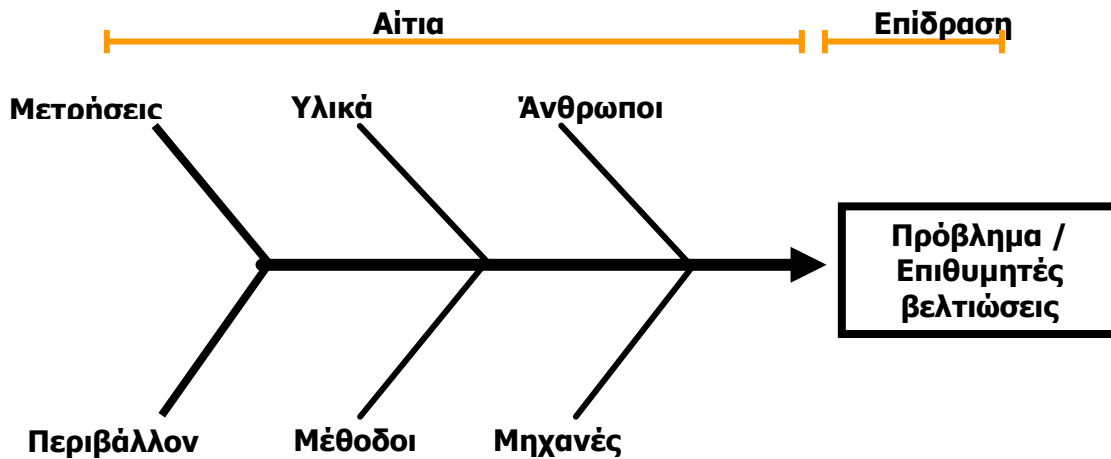
Παραγγελία	Διαλογή συστατικών	Βράση βραστήρα	Τοποθέτηση συστατικών στο φλιτζάνι	Άδειασμα βραστού νερού στο φλιτζάνι	Ανακάτεμα και προσθήκη γάλατος	Παράδοση στον πελάτη
KPIV's						
Απαιτήσεις πελάτη	Τύπος καφέ	Ποσότητα νερού	Ποσότητα καφέ	Θερμοκρασία νερού	Διαλυόμενα συστατικά	Φλιτζάνι με καφέ
Ποιότητα στην καταχώρηση της παραγγελίας	Ποιότητα στον τρόπο παραγγελίας του πελάτη	Ρεύμα για τον βραστήρα	Ποσότητα ζάχαρης	Ποσότητα νερού	Χρόνος ανακατέματος	
	Τύπος γάλατος	Χρόνος βράσης	Φλιτζάνι καφέ		Ποσότητα γάλατος	
	Τύπος ζάχαρης					
KPOV's						
Παραγγελία πελάτη	Επιλογή συστατικών	Βρασμένο νερό	Συστατικά στο φλιτζάνι	Διαλυόμενα συστατικά	Φλιτζάνι με καφέ	Παράδοση στον πελάτη

Σχήμα 3.9

3.6 Διάγραμμα Αιτίας και Επίδρασης (Cause and Effect diagram)

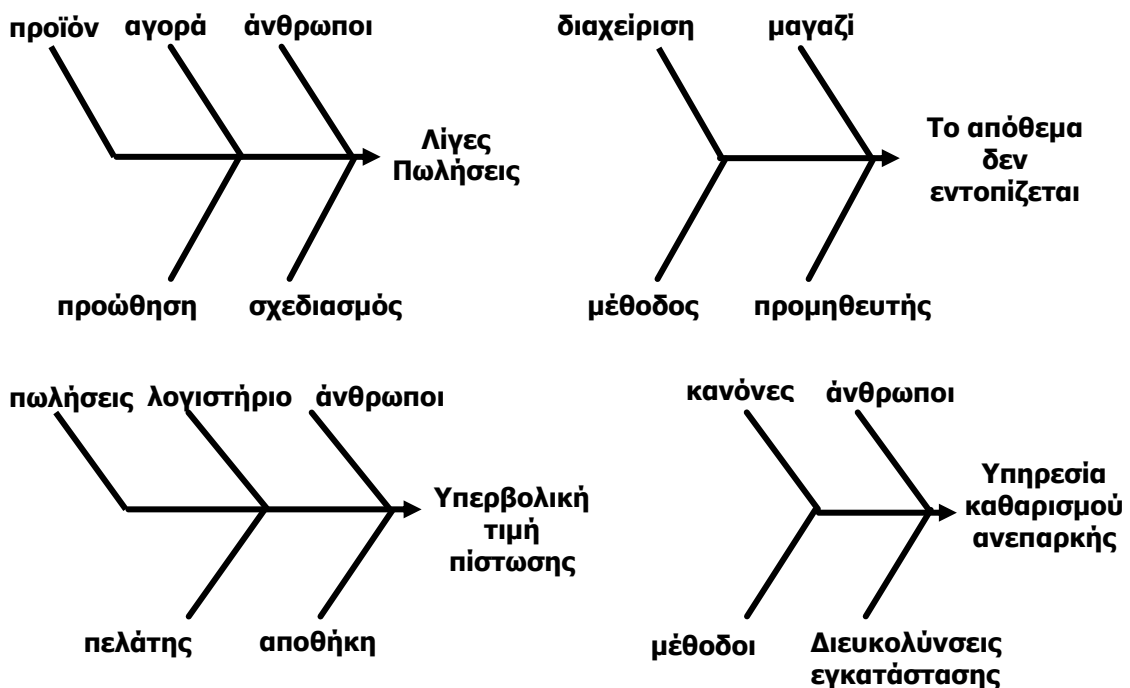
Το διάγραμμα αιτίας και επίδρασης μας δίνει την δυνατότητα να εξακριβώσουμε πιθανή συσχέτιση μεταξύ των σταδίων που δρουν ως είσοδοι (κατηγορίες διαδικασίας) και του αποτελέσματος.

Το διάγραμμα αιτίας και επίδρασης έχει την παρακάτω μορφή.



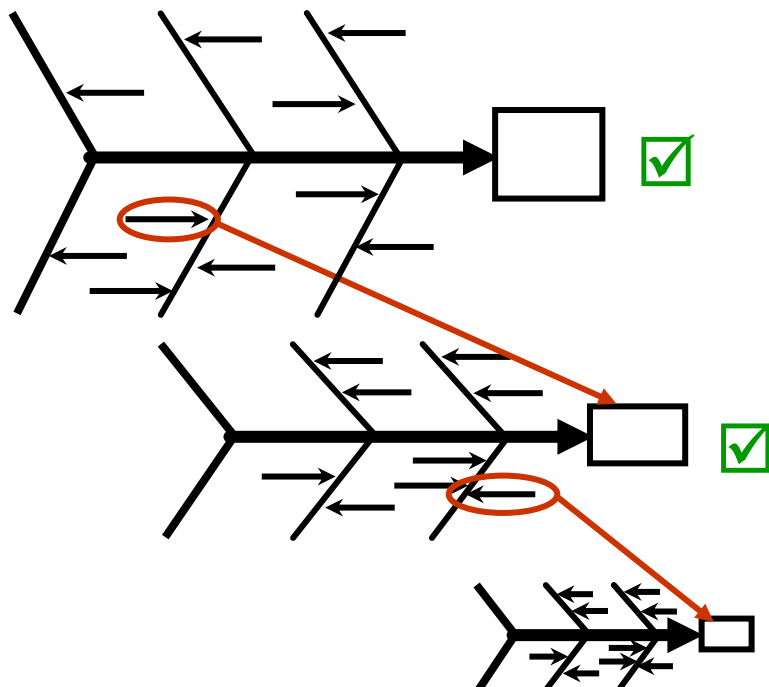
Σχήμα 3.10

Τα κύρια αίτια και φυσικά το πρόβλημα τροποποιούνται αναλόγως με την διαδικασία που εξετάζουμε κάθε φορά και ποιους τομείς της διαδικασίας μας ενδιαφέρει να εξετάσουμε. Κάποιες επιπλέον μορφές μπορεί να είναι οι παρακάτω ανάλογα με την διαδικασία που εξετάζουμε.



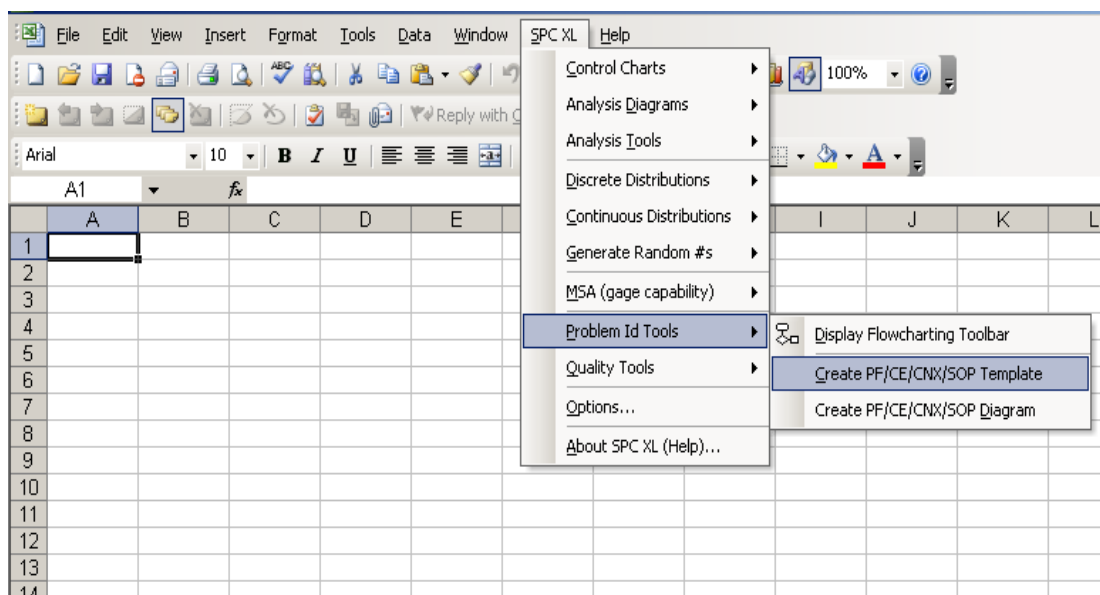
Σχήμα 3.11

Εφόσον θέλουμε να αναλύσουμε κάτι που μας έχει κάνει εντύπωση στην διαδικασία μπορούμε να διευρύνουμε τα στάδια ανάλυσης όπως φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 3.12

Το cause and effect diagram μπορεί να παρουσιαστεί και με την βοήθεια του SPC XL ή του MiniTab:



Σχήμα 3.13

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	CNX Template												
		C		C		C		C		C		C	
		N		N		N		N		N		N	
3		X Measurement		X Method		X Machine		X Manpower		X Materials		X Environment	
4	Variable 1												
5	Variable 2												
6	Variable 3												
7	Variable 4												
8	Variable 5												
9	Variable 6												
10	Variable 7												
11	Variable 8												
12	Variable 9												
13	Variable 10												
14	Variable 11												
15	Variable 12												

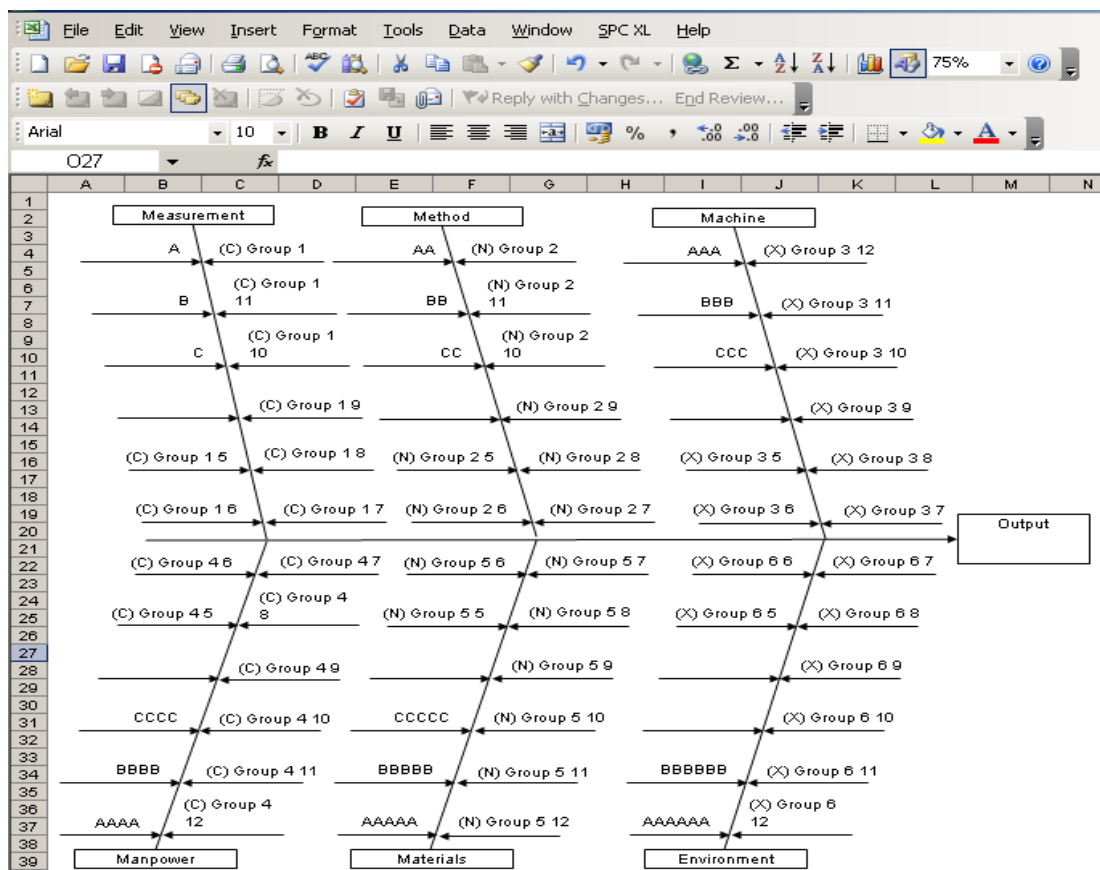
Σχήμα 3.14

Στις επικεφαλίδες βάζουμε τις κατηγορίες και στις στήλες τις πιθανές αιτίες του προβλήματος.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	CNX Template												
		C		C									
		N		N									
3		X Measurement		X Method									
4	Variable 1	A		AA									
5	Variable 2	B		BB									
6	Variable 3	C		CC									
7	Variable 4					C		CCCC			CCCCC		
8	Variable 5												
9	Variable 6												
10	Variable 7												
11	Variable 8												
12	Variable 9												
13	Variable 10												
14	Variable 11												
15	Variable 12												

Σχήμα 3.15

Το CNX σημαίνει constant, noise, experimental.



Σχήμα 3.16

Παράδειγμα χρήσης του εργαλείου θα δοθεί στο case study στο 4^ο κεφάλαιο.

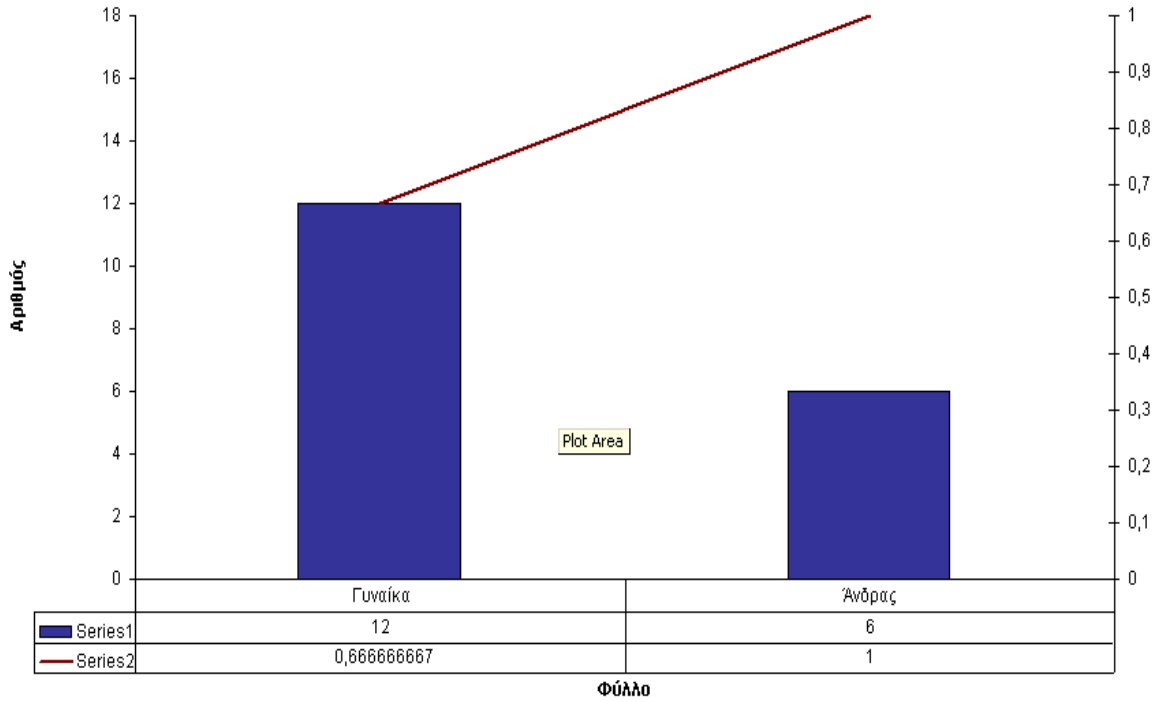
3.7 Pareto Ανάλυση

Το γράφημα Pareto είναι ένας τύπος ιστογράμματος το οποίο χρησιμοποιείται για να προσδιοριστούν τα αίτια του προβλήματος και να εξακριβωθεί ο βαθμός σοβαρότητας του καθενός από τα αίτια.

Η ανάλυση Pareto είναι σημαντική γιατί δίνει την δυνατότητα να επικεντρωθούμε στα σημεία που προκαλούν τον μεγαλύτερο αντίκτυπο και να τα αναλύσουμε, ώστε να διακριβώσουμε τα αίτια.

Το παρακάτω γράφημα Pareto μας δείχνει ότι το 50% των εισερχόμενων δεδομένων (X's- Άνδρες ή Γυναίκες) δημιουργεί σχεδόν το 70% των 'προβλημάτων' με οποία σχετίζονται τα εξερχόμενα δεδομένα (Y's).

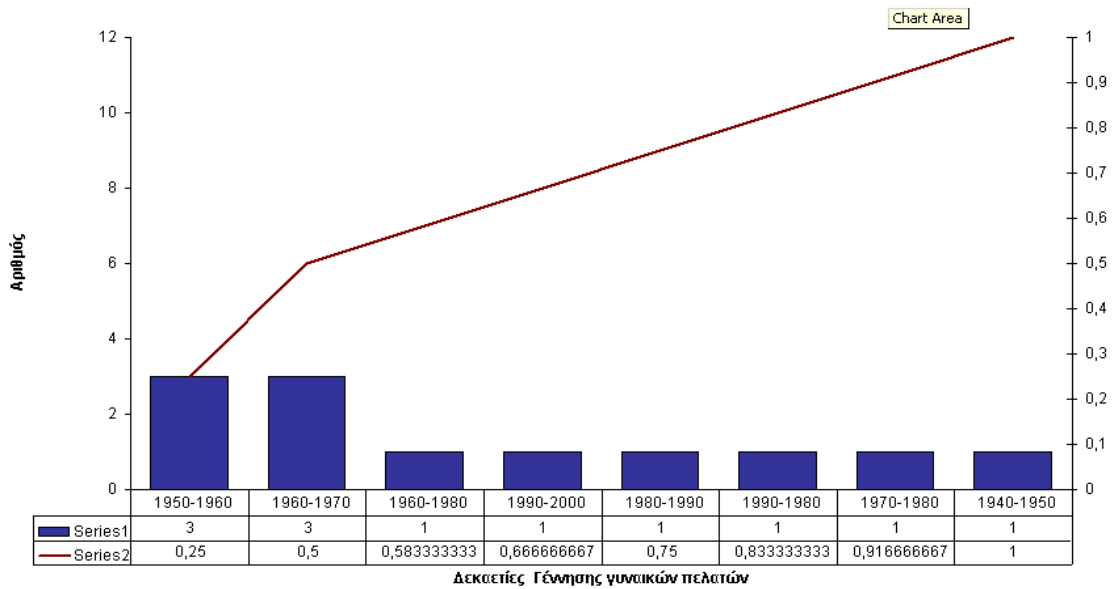
1ο Επίπεδο Pareto



Παράδειγμα Γραφήματος Pareto για το φύλλο ανθρώπων σε Super Market – 1^ο Επίπεδο

Γράφημα 3.1

2ο Επίπεδο Pareto

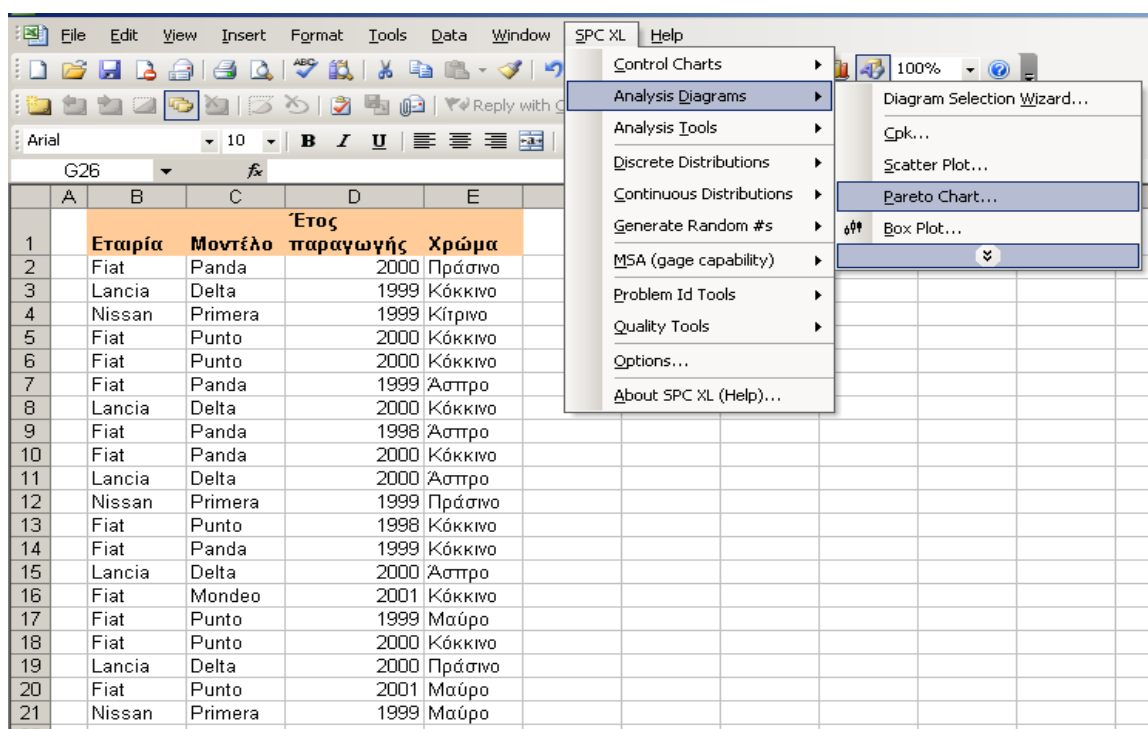


Γράφημα 3.2

Για να δημιουργήσουμε σωστά ένα γράφημα Pareto πρέπει να εξακολουθήσουμε τα παρακάτω στάδια:

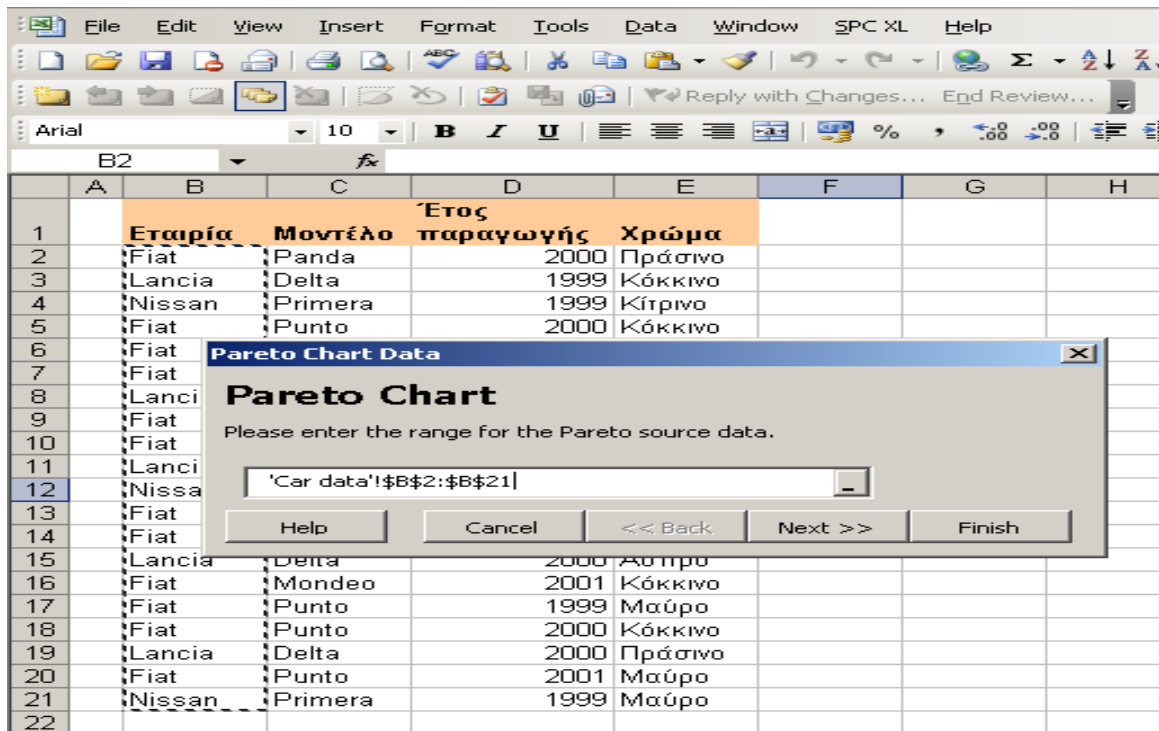
1. Να αποφασίσουμε για την διαδικασία την οποία θέλουμε να εξετάσουμε και να γνωρίσουμε παραπάνω στοιχεία για αυτήν.
2. Να διαλέξουμε τα αίτια ή τα προβλήματα που θα εξετάσουμε και θα συγκρίνουμε
3. Να διαλέξουμε την μονάδα μέτρησης που θεωρούμε πιο αντιπροσωπευτική (π.χ. συχνότητα, κόστος, και τα δυο).
4. Να επιλέξουμε για εξέταση μια χρονική περίοδο η οποία είναι αρκετά μεγάλη ώστε να αναπαραστήσουμε την κατάσταση πιο επακριβώς.
5. Να χρησιμοποιήσουμε ένα πίνακα ελέγχου ώστε να σημειώνουμε σε πραγματικό χρόνο τα δεδομένα ή και δεδομένα που μπορούμε να συλλέξουμε από το παρελθόν εφόσον σιγουρευτούμε ότι είναι αξιόπιστα.
6. Έπειτα πρέπει να πάρουμε τα δεδομένα που έχουμε συλλέξει και να τα εισάγουμε στο SPC XL ώστε να αναλυθούν. Το SPC XL είναι ένα πιο ανεπτυγμένο σύστημα του γνωστού μας EXCEL αλλά με περισσότερες λειτουργίες που μας βοηθούν στην ανάλυση των δεδομένων.

Ένα πολύ απλό παράδειγμα χρήσης του SPC XL παρουσιάζεται παρακάτω. Ας υποθέσουμε ότι από ένα σύνολο 20 αυτοκινήτων σε ένα Parking αυτοκινήτων θέλουμε να κάνουμε μια ανάλυση Pareto για να δούμε τί αμάξια είναι στο Parking και σε πια από αυτά πρέπει να επικεντρωθούμε για περαιτέρω ανάλυση

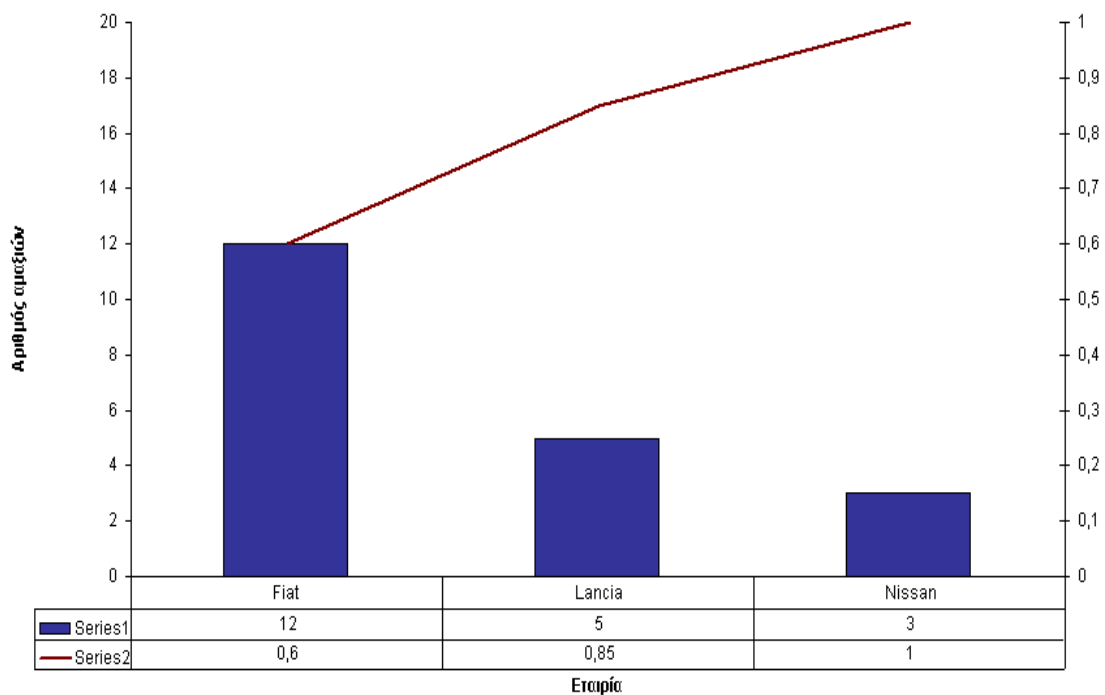


	A	B	C	D	E
				Έτος	
1		Εταιρία	Μοντέλο	παραγωγής	Χρώμα
2		Fiat	Panda	2000	Πράσινο
3		Lancia	Delta	1999	Κόκκινο
4		Nissan	Primera	1999	Κίτρινο
5		Fiat	Punto	2000	Κόκκινο
6		Fiat	Punto	2000	Κόκκινο
7		Fiat	Panda	1999	Άσπρο
8		Lancia	Delta	2000	Κόκκινο
9		Fiat	Panda	1998	Άσπρο
10		Fiat	Panda	2000	Κόκκινο
11		Lancia	Delta	2000	Άσπρο
12		Nissan	Primera	1999	Πράσινο
13		Fiat	Punto	1998	Κόκκινο
14		Fiat	Panda	1999	Κόκκινο
15		Lancia	Delta	2000	Άσπρο
16		Fiat	Mondeo	2001	Κόκκινο
17		Fiat	Punto	1999	Μαύρο
18		Fiat	Punto	2000	Κόκκινο
19		Lancia	Delta	2000	Πράσινο
20		Fiat	Punto	2001	Μαύρο
21		Nissan	Primera	1999	Μαύρο

Σχήμα 3.17

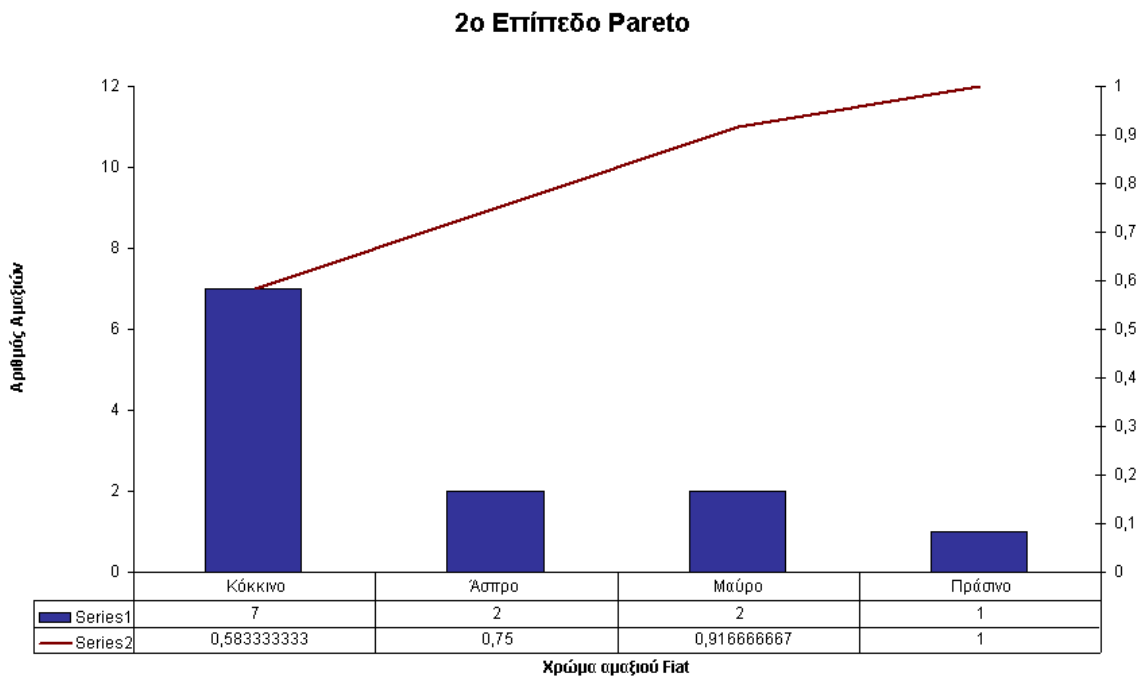


1ο Επίπεδο Pareto



Γράφημα 3.3

Αρα βλέπουμε ότι μας ενδιαφέρει να ασχοληθούμε με τα αμάξια μάρκας Fiat και να αναλύσουμε την περίπτωση τους περαιτέρω.



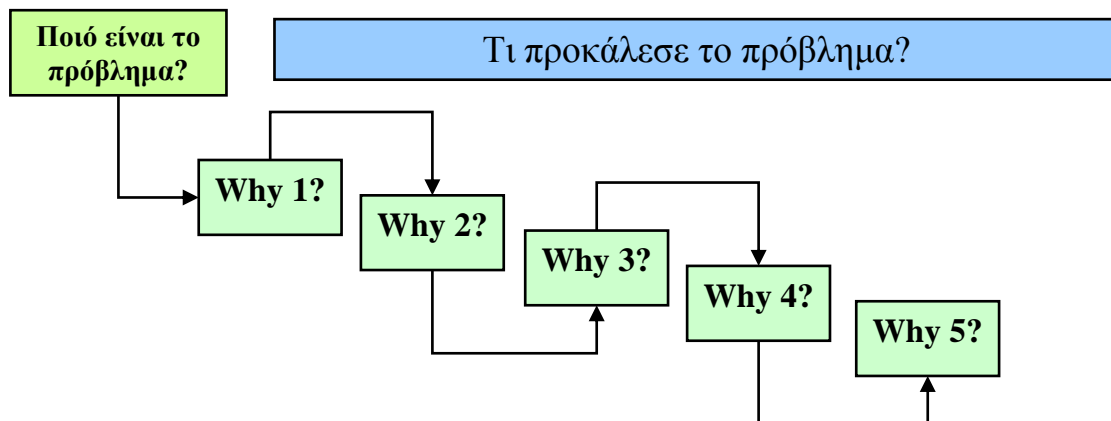
Γράφημα 3.4

Επιπλέον παράδειγμα ανάλυσης Pareto θα εξετάσουμε στο case study του 4^{ου} κεφαλαίου

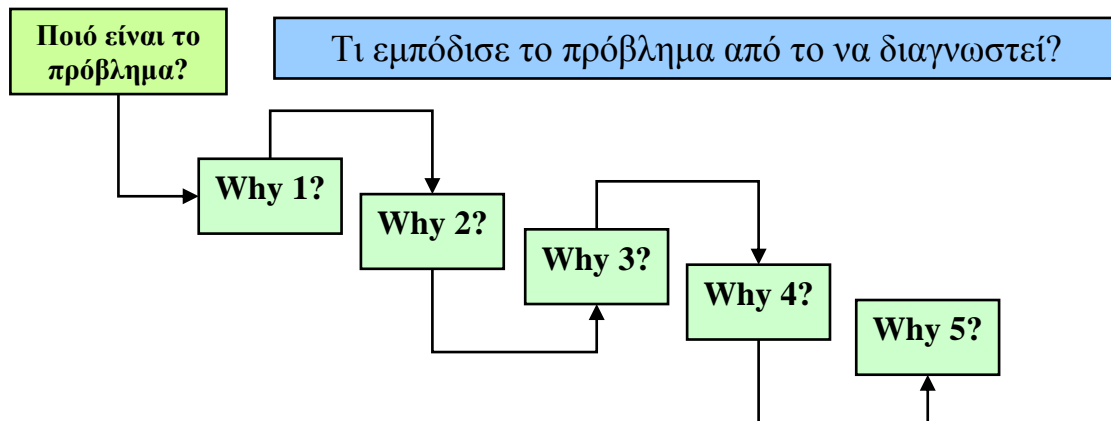
3.8 Ανάλυση των ‘5 γιατί’ (‘5 Why’ Analysis)

Τα 5 γιατί είναι σημαντικά διότι μας επιτρέπουν να επικεντρωθούμε στην πραγματική ρίζα του προβλήματος και συνήθως η ανάλυση λειτουργεί σε τρία στάδια.

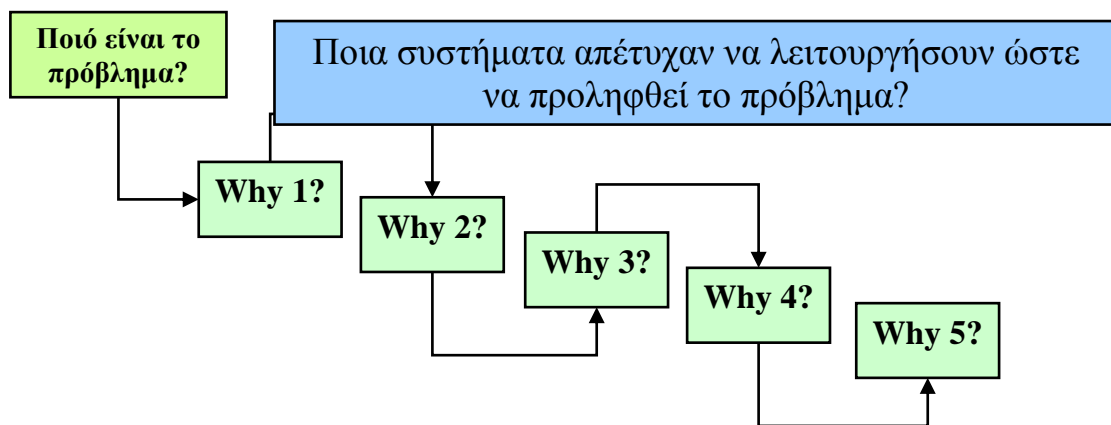
1ο στάδιο



2ο στάδιο



3ο στάδιο



Σχήμα 3.19

3.9 Πίνακας Αιτίας και Επίδρασης ή Πίνακας Επιλογής Χαρακτηριστικών (Cause and Effect Matrix or Characteristic Selection Matrix - CSM)

Ο πίνακας CSM είναι αρκετά σημαντικός στα έργα Six Sigma διότι μας δίνει την δυνατότητα να διαπιστώσουμε την συσχέτιση μεταξύ των εισερχομένων (KPIV's) σε μια διαδικασία και των εξερχομένων (KPOV's) ή ακόμα και των κρίσιμων για την ποιότητα χαρακτηριστικών (CTQ's) αυτής.

Με τον πίνακα CSM μπορούμε να καθορίσουμε τις προτεραιότητες των εισερχομένων με βάση το βαθμό που θα συγκεντρώσουν και έτσι μας δίνεται η δυνατότητα να επικεντρωθούμε σε εκείνα τα

εισερχόμενα χαρακτηριστικά που έχουν την μεγαλύτερη επίδραση. Επιπλέον αφότου έχουμε καταλήξει στα πιο σημαντικά εισερχόμενα χαρακτηριστικά ή βήματα της διαδικασίας (process steps) μπορούμε να τα μεταφέρουμε στο πίνακα FMEA για την περαιτέρω ανάλυση όπως είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Παρακάτω βλέπουμε έναν κενό πίνακα CSM με όλα τα απαιτούμενα δεδομένα που πρέπει να συμπληρωθούν για την ολοκλήρωση του. Φυσικά, τα βήματα της διαδικασίας, τα KPIV's και KPOV's μπορούν να αναζητηθούν με την βοήθεια του SIPOC, Cause and Effect Diagram (Fish bone Diagram), CT trees, 5-Why's, γνώμη πελάτη κτλ.

Characteristic selection matrix		Αρχική ημερομηνία μελέτης		Σελ		από				
		Ημερομηνία αναθεώρησης		Προϊόν		Διαδικασία				
		Μαυροζωανάς/Πρασινόζωανάς								
Κλίμακα σημαντικότητας του πελάτη		6	7	8	9	10				
		1	2	3	4	5	6	7	8	
ΚΡΟV(S)										Σύνολο
Βήμα Διαδικασίας	KPIV(S)									

Σχήμα 3.20

Αφότου έχουμε εξακριβώσει τα βήματα της διαδικασίας, τα KPIV's και τα KPOV's, ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

1. Με την βοήθεια και την γνώμη του πελάτη πάντα βάζουμε τα KPOV's σε κλίμακα σημαντικότητας από το '1' έως '10' (το 10 είναι για το πιο σημαντικό).
2. Στα κίτρινα κουτάκια τοποθετούμε την βαθμολογία που έχουμε αποφασίσει μετά από π.χ. μυαλοθύελλα, γνώμη πελάτη, κτλ. σχετικά με την συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ των KPIV's και KPOV's Η κλίμακα είναι πάλι από το '1' έως '10' (το 10 είναι για το πιο σημαντικό).

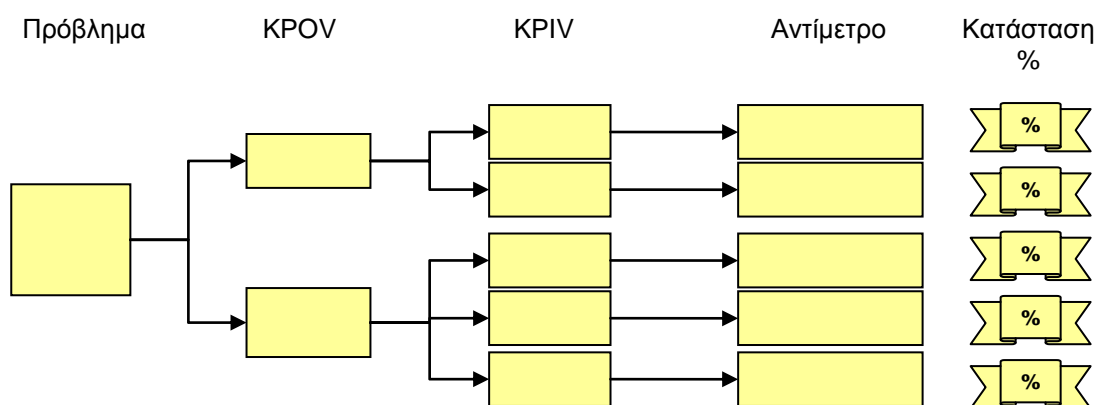
Και αφού έχουμε συμπληρώσει όλα τα πεδία του πίνακα που βλέπουμε παραπάνω και έχουμε αξιολόγησι την αποτελεσματικότητα, κάνουμε μια εκτίμησι εξοικονόμησι χρημάτων που θεωρούμε ότι μπορεί να επιτευχθεί μετά την εφαρμογή των επιλεχθέντων αντίμετρων.

3.11 Σύνοψη Πίνακα Αντίμετρων (Countermeasure Matrix Summary)

Για την ευκολότερη παρακολούθησι των αντίμετρων μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την λεγόμενη σύνοψη αντίμετρων.

Επίσης με την σύνοψη έχουμε άμεση γραφική παρακολούθησι και συσχέτισι των KPIV's και KPOV's καθώς και του αρχικού προβλήματος.

Τέλος μας δίνει την δυνατότητα γρήγορης διαπίστωσης της αποτελεσματικότητας του μέτρου και κατά πόσο έχει εφαρμοστεί.



Σύνοψη Πίνακα Αντίμετρων

Χειρισμός/Ελεγχος	80%-100%
Βελτίωσι	50%-80%
Οργάνωσι	20%-50%
Προσδιορισμός	0%-20%

Σχήμα 3.22

Στο case study που θα ακολουθήσει θα δούμε και στην πράξι την εφαρμογή του εργαλείου.

3.12 Ανάλυση Πορείας και Συσχέτιση (Regression and Correlation Analysis)

Ο όρος 'Regression' χρησιμοποιείται για να ορίσουμε με μαθηματικό τρόπο την σχέση μεταξύ δυο ή περισσότερων μεταβλητών.

Υπάρχουν δυο συνηθισμένοι τύποι ανάλυσης Regression:

- Απλό Regression: δηλώνει την σχέση των εξαρτημένων μεταβλητών 'Y' σε μία μόνο ανεξάρτητη μεταβλητή 'X'.
- Πολλαπλό Regression: δηλώνει την σχέση των εξαρτημένων μεταβλητών 'Y' σε περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές 'X'.

Ο όρος 'Correlation' δηλώνει το βαθμό εξάρτησης μεταξύ δυο μεταβλητών.

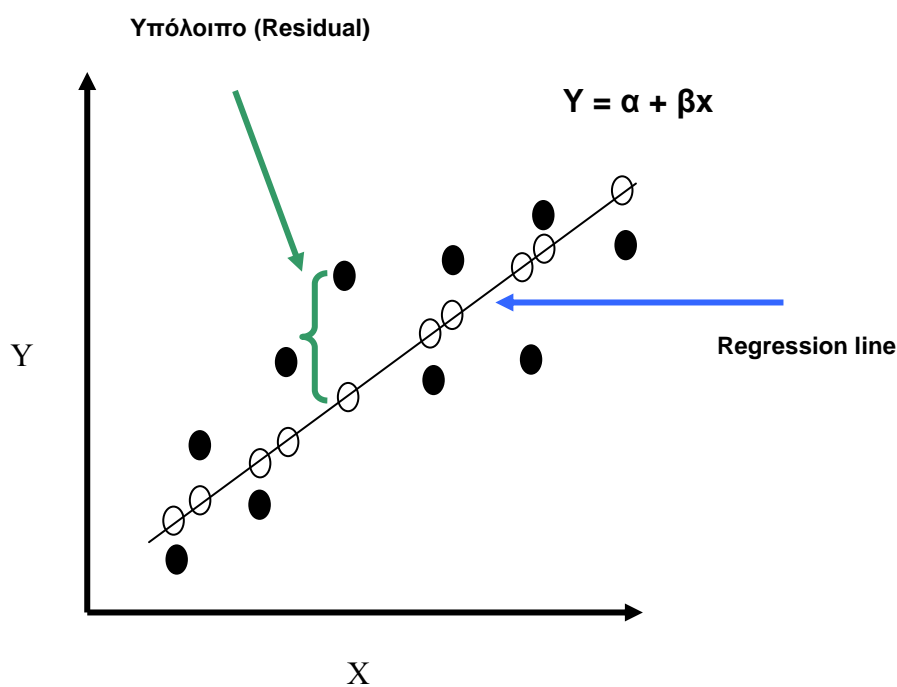
- Ο συντελεστής της γραμμικής συσχέτισης 'r' δηλώνει τον βαθμό εξάρτησης.
- Ο συντελεστής 'R²', ο οποίος είναι ο 'r' στο τετράγωνο, δηλώνει το ποσοστό (%) της απόκρισης 'Y' που σχετίζεται με το εισαγόμενο δεδομένο 'x'.
- Η συσχέτιση (correlation) μπορεί να είναι είτε θετική είτε αρνητική και δεν είναι απαραίτητο να είναι πάντα σε γραμμική μορφή
- Ο βαθμός συσχέτισης συνήθως χωρίζεται σε τρία επίπεδα, δηλαδή:
 - ✓ 0%-60% : αδύναμη συσχέτιση
 - ✓ 60%-80% : μέτρια συσχέτιση
 - ✓ 80%-100% : δυνατή συσχέτιση
- Υπάρχει η πιθανότητα παρόλο που ένα εισαγόμενο δεδομένο (input) δίνει αδύναμη συσχέτιση με την χρήση της εξίσωσης, να επηρεάζει πραγματικά το εξαγόμενο αποτέλεσμα (output).

Στο παρακάτω διάγραμμα βλέπουμε το παραγόμενο αποτέλεσμα μιας regression analysis, η οποία ποσολογεί την σχέση μεταξύ X και Y.

Η γραμμή πορείας σχηματίζεται από τα άσπρα κυκλάκια. Τα άσπρα κυκλάκια είναι οι τιμές που έχουν μπει μετά την ανάλυση πορείας και έχουν υπολογιστεί από την απόσταση μεταξύ της πραγματικής τιμής και της τιμής που μπαίνει από την ανάλυση (υπόλοιπο – residual) για να προσαρμόζεται πιο σωστά η γραμμή πορείας.

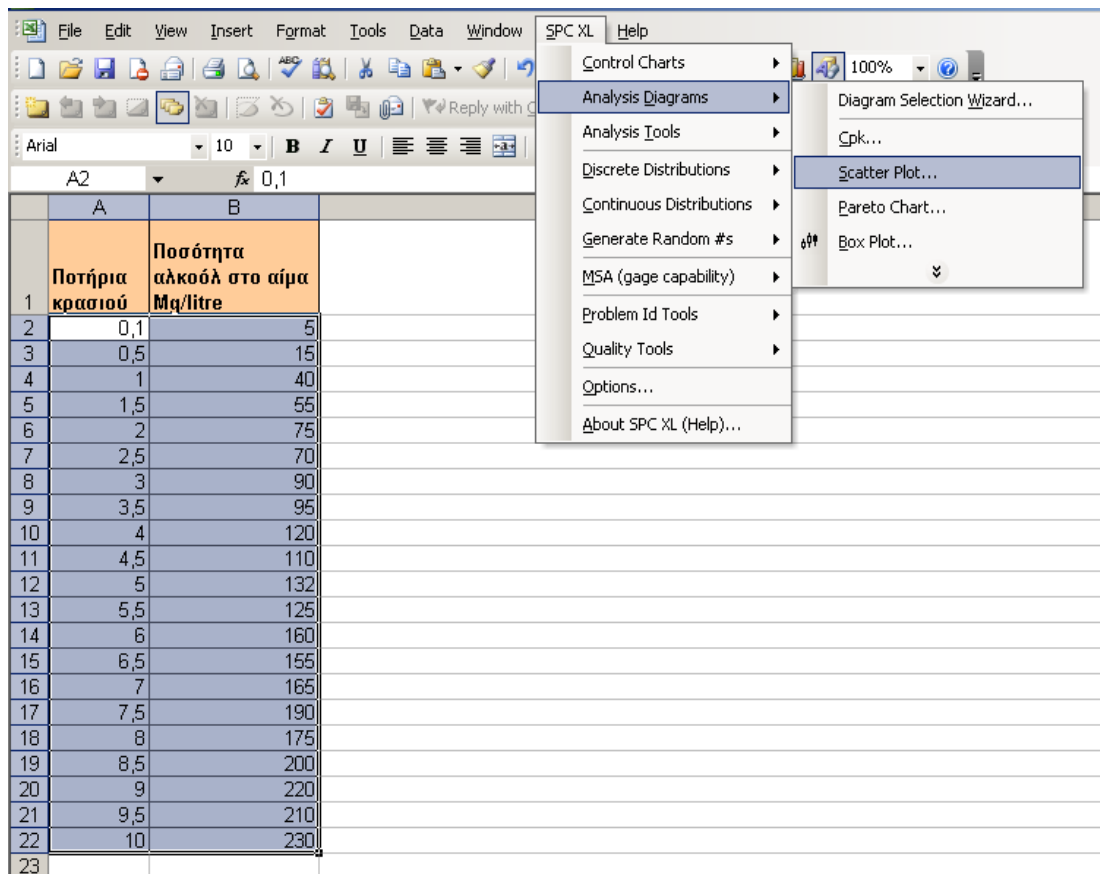
Γιατί όμως χρειάζεται να ποσολογήσουμε την σχέση X και Y;

- Η ανάλυση πορείας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλέψουμε πια θα είναι η τιμή του Y με μια γνωστή τιμή X.
- Αν μπορούμε να κοντρολάρουμε την τιμή X, μας δίνεται η δυνατότητα να παράγουμε αποτελέσματα αλλάζοντας τις συνθήκες της διαδικασίας.
- Έχουμε έλεγχο της κατάστασης / διαδικασίας και πρόβλεψη της πορείας

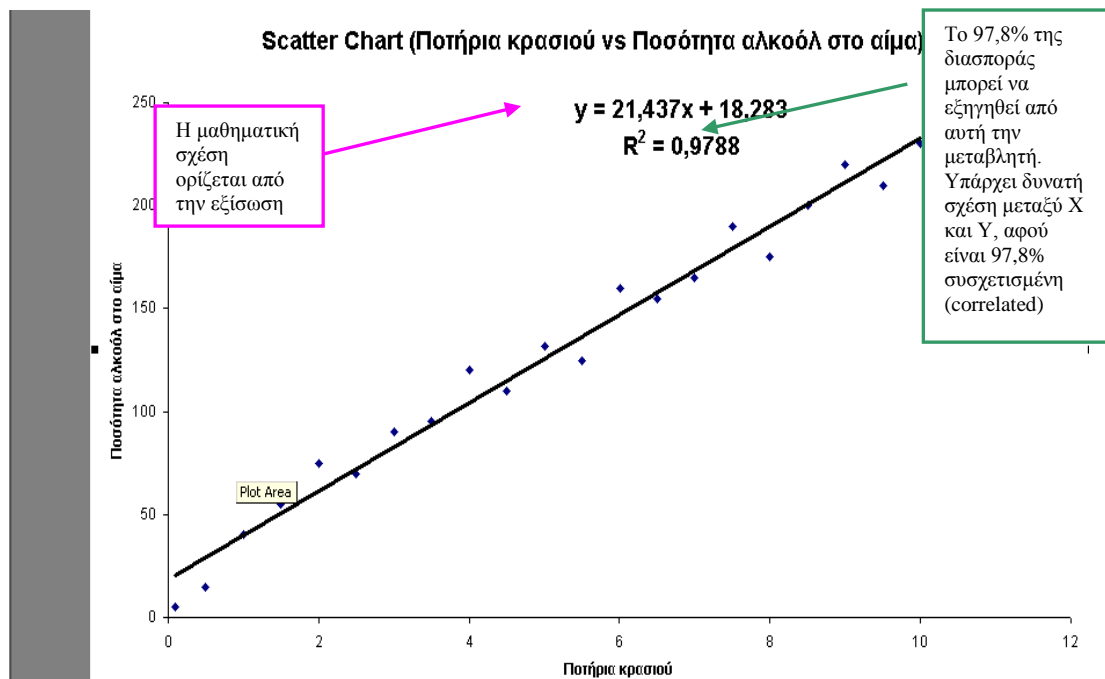


Σχήμα 3.23

Με την χρήση του παρακάτω παραδείγματος θα δούμε πως μπορούμε να πραγματοποιήσουμε την ανάλυση με την βοήθεια του SPC XL.



Σχήμα 3.24



Σχήμα 3.25

3.13 Κατάσταση αστοχίας και ανάλυση επίδρασης - FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Το FMEA έχει αρκετές εφαρμογές και μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε μέσω το SPC XL. Καταρχήν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό νέων προϊόντων ή υπηρεσιών.

Είναι αποτελεσματικό εργαλείο για την αποτελεσματική συγκέντρωση των απαραίτητων και κρίσιμων πληροφοριών, των εισαγόμενων στοιχείων στην διαδικασία και τις μεταβλητές που επηρεάζουν την διαδικασία που εξετάζουμε.

Επιπλέον, το FMEA είναι μια δομημένη προσέγγιση για τον εντοπισμό, υπολογισμό, καθορισμό προτεραιοτήτων και αξιολόγηση ρίσκου και σκοπεύει στην πρόληψη αστοχιών καθώς και αξιολόγηση των ενδεχόμενων επιπτώσεων τους.

Επίσης προσδιορίζει διάφορες ενέργειες με σκοπό την μείωση ή ακόμα και την εξαφάνιση ενδεχόμενων αστοχιών και τέλος με τον ειδικό πίνακα γίνεται εύκολη ανάλυση των ευρημάτων.

Άρα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις φάσεις Ορισμού (Define phase), Μέτρησης (Measure phase) αλλά και της Βελτίωσης (Improve phase).

Για να συνθέσουμε ένα FMEA πρέπει να ακολουθήσουμε τα παρακάτω στάδια:

Συμπληρώνουμε όλα τα κενά που αφορούν την περιγραφή του FMEA και τις πληροφορίες για την διαδικασία που εξετάζουμε.

1. Συμπληρώνουμε τα βήματα της διαδικασίας (process steps) που εξετάζουμε τα οποία μπορούν να αναγνωριστούν από την αποτύπωση της διαδικασίας που έχουμε κάνει σε προγενέστερο χρόνο
2. Συμπληρώνουμε τις απαιτήσεις (requirements) του κάθε βήματος της διαδικασίας. Οι απαιτήσεις μπορεί να είναι είτε προδιαγραφές είτε μια δήλωση για το σκοπό και τι θέλει να επιτύχει το κάθε βήμα.

3. Συμπληρώνουμε για κάθε απαίτηση, την ενδεχόμενη κατάσταση αστοχίας (potential failure mode). Εδώ πρέπει να δίνουμε ιδιαίτερη προσοχή, διότι οι καταστάσεις αστοχίας που πρέπει να εισάγουμε δεν είναι το ίδιο με τα αίτια της αστοχίας.
4. Συμπληρώνουμε τις επιδράσεις (effects) που ενδεχομένως θα εμφανιστούν από την αστοχία. Πρέπει να εισάγουμε όλες τις ενδεχόμενες επιδράσεις της ενδεχόμενης κατάστασης αστοχίας, ώστε να είμαστε σίγουροι ότι έχουμε εντοπίσει και την χειρότερη επίδραση. Πρέπει να είμαστε συγκεκριμένοι στην επεξήγηση που θα εισάγουμε για να μπορούμε πιο εύκολα να χαρακτηρίσουμε με βαθμό στο επόμενο στάδιο την κρισιμότητα της
5. Συμπληρώνουμε τον βαθμό (το '10' είναι για τον πιο σοβαρό και το '1' για το πιο ήπιο) κρισιμότητας της επίδρασης. Αν δεν υπάρχει ήδη επίσημος οδηγός (standard guidelines) επιδράσεων και αντιστοιχία με βαθμό κρισιμότητας τότε βαθμολογούμε σύμφωνα με τις γνώμες των ειδικών, τεχνικών, μηχανικών, διευθυντών.
6. Συμπληρώνουμε τα πιθανά αίτια (causes) της αστοχίας τα οποία έχουν ήδη εξαχθεί σε προγενέστερο χρόνο με την βοήθεια άλλων εργαλείων όπως π.χ. το 'Cause and effect diagram'.
7. Συμπληρώνουμε την πιθανότητα εμφάνισης για κάθε αιτία αστοχίας (το '10' είναι για τον πιο πιθανό και το '1' για το πιο απίθανο να εμφανιστεί). Αν δεν υπάρχει ήδη επίσημος οδηγός (standard guidelines) πιθανής εμφάνισης, συμβουλευόμαστε τα σημερινά δεδομένα ή του παρελθόντος ή από παρόμοιες διαδικασίες. Ακόμα μπορούμε να πάρουμε την γνώμη ειδικών.
8. Συμπληρώνουμε για κάθε αιτία αστοχίας την τρέχουσα διαδικασία ελέγχου που εφαρμόζεται μέχρι σήμερα, είτε είναι προληπτικός (prevention) έλεγχος είτε εντοπιστικός (detection). Δεν πρέπει να παρασυρόμαστε και να βάζουμε ελέγχους εκεί που δεν υπάρχουν αλλά πρέπει να είμαστε ειλικρινείς.
9. Συμπληρώνουμε το βαθμό εντοπισμού της αστοχίας από την κάθε διαδικασία ελέγχου (με '10' βαθμολογούμε την μη ύπαρξη ελέγχου και με '1' ότι σχεδόν σίγουρα θα εντοπιστεί η αστοχία).
10. Συμπληρώνουμε για κάθε αιτία αστοχίας το βαθμό προτεραιότητας κρισιμότητας RPN (Risk Priority Number). Ο αριθμός αυτός υπολογίζεται από τους βαθμούς Κρισιμότητας, Εμφάνισης και Εντοπισμού, δηλαδή:

$RPN = \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{detection}$

Έτσι με την βοήθεια του RPN μπορούμε να καθορίσουμε τις προτεραιότητες.

Βέβαια οποιαδήποτε κατάσταση αστοχίας που ήδη έχει χαρακτηριστεί με υψηλό βαθμό πρέπει να εξεταστεί, ανεξαρτήτως του RPN.

11. Συμπληρώνουμε τις προτεινόμενες ενέργειες για την αντιμετώπιση των αστοχιών. Διαλέγουμε να ασχοληθούμε με τους υψηλούς βαθμούς κρισιμότητας και RPN. Καλό είναι οι προτεινόμενες ενέργειες να είναι χαμηλού κόστους και να σιγουρευτούμε ότι θα είναι αποτελεσματικές. Μέσα από μυαλοθύελλα (brainstorming) ή άλλα εργαλεία πρέπει να βρούμε τρόπους μείωσης της πιθανότητας εμφάνισης της αστοχίας ώστε να μειωθεί το ρίσκο.
12. Συμπληρώνουμε το πρόσωπο ή το τμήμα που θα είναι υπεύθυνο και την ημερομηνία ολοκλήρωσης για κάθε προτεινόμενη ενέργεια.
13. Συμπληρώνουμε ότι η ενέργεια εκτελέστηκε και την επίδραση της
14. Συμπληρώνουμε το νέο βαθμό RPN για κάθε εκτελεσθείσα ενέργεια.

Στην στήλη με το ‘*’ ταξινομούμε τις ενδεχόμενες καταστάσεις αστοχίας και πως αυτές μπορούν εν δυνάμει να επηρεάσουν τον πελάτη. Συνήθως αυτή η στήλη δεν χρησιμοποιείται αλλά σε περιπτώσεις σαν την αυτοκινητοβιομηχανία μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

3.14 Εισαγωγή στα Δεδομένα και στην Συλλογή Δεδομένων

Για να μπορέσουμε να αναλύσουμε ορθά μια κατάσταση ή προϊόν χρειάζεται να έχουμε επαρκή και αξιόπιστα δεδομένα. Έτσι είναι πολύ σημαντικό να είμαστε σίγουροι πριν αρχίσουμε να συλλέγουμε στοιχεία ότι τα συλλέγουμε με τον σωστό τρόπο.

Επιπλέον, το να αναλύσεις μια κατάσταση χωρίς δεδομένα είναι πολύ εύκολο στα λόγια αλλά όταν υπάρχει η δυνατότητα να συλλέξεις μετρήσεις και να μεταφράσεις την παρούσα κατάσταση σε αριθμούς είναι ότι καλύτερο για μια επιχείρηση γιατί δεν μπορεί να αμφισβητηθεί από κανέναν και ότι οποιαδήποτε βελτίωση θα είναι μετρήσιμη.

Υπάρχουν δυο είδη δεδομένων, τα συνεχόμενα δεδομένα (continuous or variable data) τα οποία στηρίζονται στην κανονική κατανομή (normal Distribution) π.χ. μικρόμετρο, ζυγαριά, μέτρο, πιεσόμετρο, θερμόμετρο, κτλ και τα διακριτά δεδομένα (attribute or discrete data) π.χ. έγκυρο ή άκυρο, ναι ή όχι, επιτυγχάνω ή αποτυγχάνω, κτλ, τα οποία στηρίζονται στις διώνυμη κατανομή και κατανομή Poisson .

Τα οφέλη που υπάρχουν από την συλλογή συνεχόμενων δεδομένων είναι πολύ μεγαλύτερα από την αντίστοιχη συλλογή των διακριτών δεδομένων, διότι:

- Παρέχει λεπτομερή πληροφορία σχετικά με την εξεταζόμενη διαδικασία χρησιμοποιώντας σχετικά μικρό αριθμό μετρήσεων.
- Μπορεί να προβλέψει τάσης και καταστάσεις
- Είναι κλειδί για να αποφασιστούν βελτιώσεις
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ελαττώματα που συμβαίνουν με αργό ρυθμό

Βέβαια η συγκέντρωση των διακριτών δεδομένων καθώς και η ανάλυση τους είναι πιο εύκολη. Επιπλέον η ανάλυση των διακριτών δεδομένων γίνεται πιο εύκολα κατανοητή από τον κόσμο.

Σε επόμενα κεφάλαια θα εξετάσουμε πως μπορούμε να μετρήσουμε και να αναλύσουμε τις διαδικασίες ανάλογα με το είδος των δεδομένων που έχουμε, αν δηλαδή είναι συνεχή ή διακριτά δεδομένα.

3.15 Ανάλυση Συστήματος Μέτρησης για συνεχή δεδομένα (Measurement System Analysis for variable data– MSA)

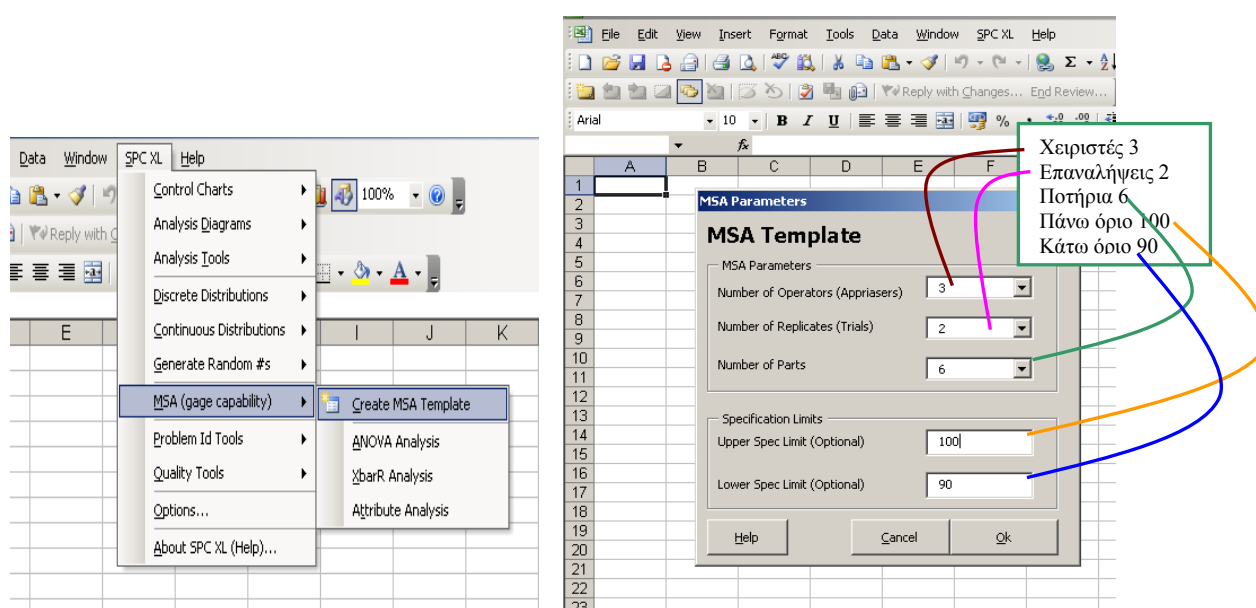
Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, είναι πολύ σημαντικό για να αποδώσει σωστά η μεθοδολογία 6-σιγμα να έχουμε ένα αξιόπιστο σύστημα μέτρησης για την συλλογή δεδομένων, ώστε σε περίπτωση που διαπιστώσουμε ότι το σύστημα δεν λειτουργεί ικανοποιητικά πρέπει να το βελτιώσουμε άμεσα.

Θέλουμε να είμαστε σίγουροι ότι οποιαδήποτε διασπορά διακριβώνουμε στις μετρήσεις μας, είναι εξαιτίας της διαδικασίας που ελέγχουμε και όχι εξαιτίας του ίδιου του συστήματος μέτρησης.

Αν δεν καταφέρουμε να έχουμε αξιόπιστο σύστημα μέτρησης, μπορεί να λάβουμε λανθασμένες αποφάσεις με αποτέλεσμα να επιβαρυνθούμε με επιπλέον κόστος και να χάσουμε πελάτες.

Χρησιμοποιώντας το παρακάτω σενάριο και με την βοήθεια του SPC XL, θα εκτελέσουμε μια Ανάλυση Συστήματος Μέτρησης για συνεχή δεδομένα (MSA for variable data).

Έστω ότι έχουμε να μετρήσουμε το ύψος του νερού σε 6 ποτήρια. Επίσης έχουμε 3 επιθεωρητές, όπου ο καθένας θα πραγματοποιήσει 2 μετρήσεις. Επίσης βάζουμε και τα όρια του νερού, δηλαδή ύψος μεταξύ 100 – 90 mm.



Σχήμα 3.27

Μετά βάζουμε τις μετρήσεις (τυχαία) των επιθεωρητών:

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "MSA Data Template". The data is organized as follows:

MSA Data Template		Συνεχή δεδομένα					
Date:	28/5/2010	Περιγραφή: Μέτρηση ύψος νερού σε 6 ποτήρια από 3 επιθεωρητές, 2 φορές ο καθένας.					
Part Type:							
USL:	100,0						
LSL:	90,0						
Ποτήρια	Αναφορά	Χειριστής 1		Χειριστής 2		Χειριστής 3	
		Επαν 1	Επαν 2	Επαν 1	Επαν 2	Επαν 1	Επαν 2
1		88.9	88.7	89.2	89.4	89	89.3
2		90.1	90.4	90.2	90.2	90.7	90.6
3		100.3	100	100.5	100.4	100.7	100.3
4		95.2	95.2	95	95.1	95.4	95.7
5		93.8	94	93.5	93.3	94.1	93.9
6		99.2	99	99.3	98.8	99	99

Σχήμα 3.28

Για να κάνουμε την ανάλυση του συστήματος μέτρησης το SPC XL μας δίνει δυο δυνατότητες. Είτε μέσω του ANOVA το οποίο θεωρείται καλύτερο διότι λαμβάνει υπόψη τον παράγοντα άνθρωπο, είτε μέσω της μεθόδου X and R

The screenshot shows the same "MSA Data Template" spreadsheet as in Figure 3.28, but with the "SPC XL" menu open. The "ANOVA Analysis" option is highlighted, indicating the next step in the process.

Σχήμα 3.29

Αφού έχουμε συμπληρώσει τα απαραίτητα στοιχεία πραγματοποιούμε την ανάλυση των δεδομένων:

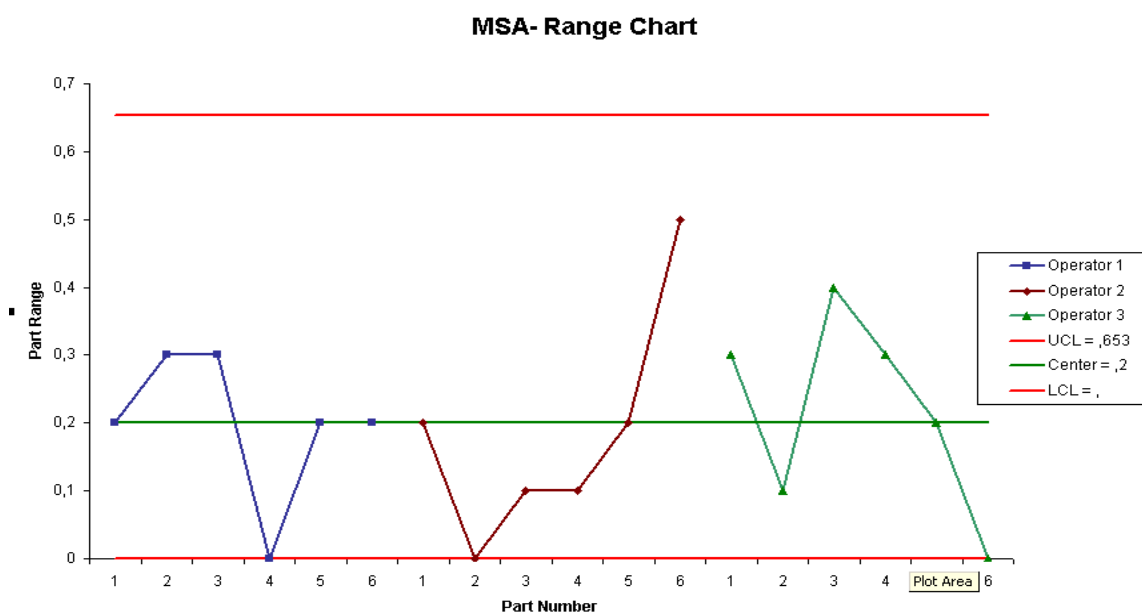
Παρατηρούμε ότι εμφανίζονται 7 διαφορετικά φύλλα εργασίας:

1. MSA Analysis – ANOVA
2. MSA- Operator By Part
3. MSA- Sig Prod vs Sig Total
4. MSA- Misclassification
5. MSA- Measurement Pareto
6. MSA- Xbar Chart
7. MSA- Range Chart

Παρακάτω θα δούμε τα πιο σημαντικά φύλλα έτσι όπως έχουν μετατραπεί και θα τα ερμηνεύσουμε.

7. MSA- Range Chart

Το range chart πρέπει να είναι υπό έλεγχο. Όταν είναι υπό έλεγχο φανερώνει ότι η διασπορά στις μετρήσεις είναι σε φυσιολογικές συνθήκες. Αν υπήρχε π.χ. λανθασμένη σημείωση της μέτρησης τότε το range chart θα ήταν εκτός ελέγχου και θα έπρεπε να εξετάσουμε το αίτιο. Στην περίπτωση μας το range chart είναι υπό έλεγχο.

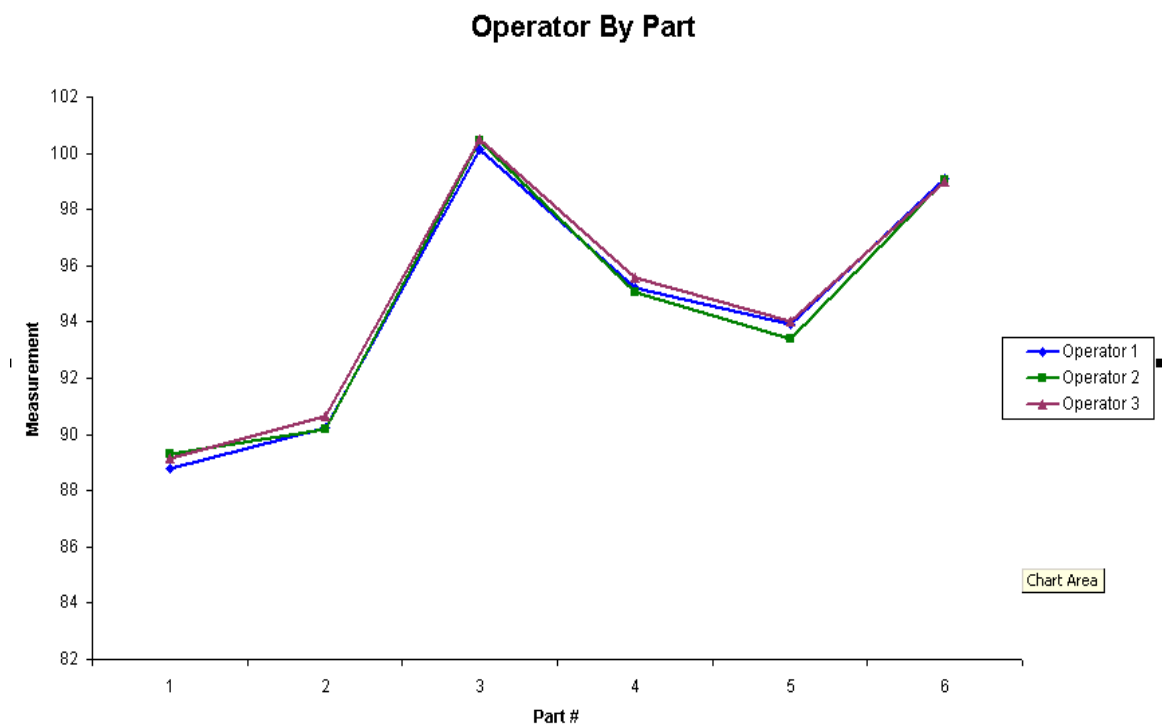


Γράφημα 3.5

2. MSA- Operator By Part

Το Operator By Part φανερώνει την αλληλεπίδραση επιθεωρητή – μέτρησης νερού στο ποτήρι και μας επιτρέπει να δούμε σε ποιο βαθμό υπάρχει διακύμανση της αναπαραγωγιμότητας (reproducibility).

Στην περίπτωση μας διαπιστώνουμε ότι οι μετρήσεις στα ποτήρια 1,2,4,5 έχουν μεγαλύτερη διακύμανση αναπαραγωγιμότητας και έτσι πρέπει να εξεταστεί ο λόγος



Γράφημα 3.6

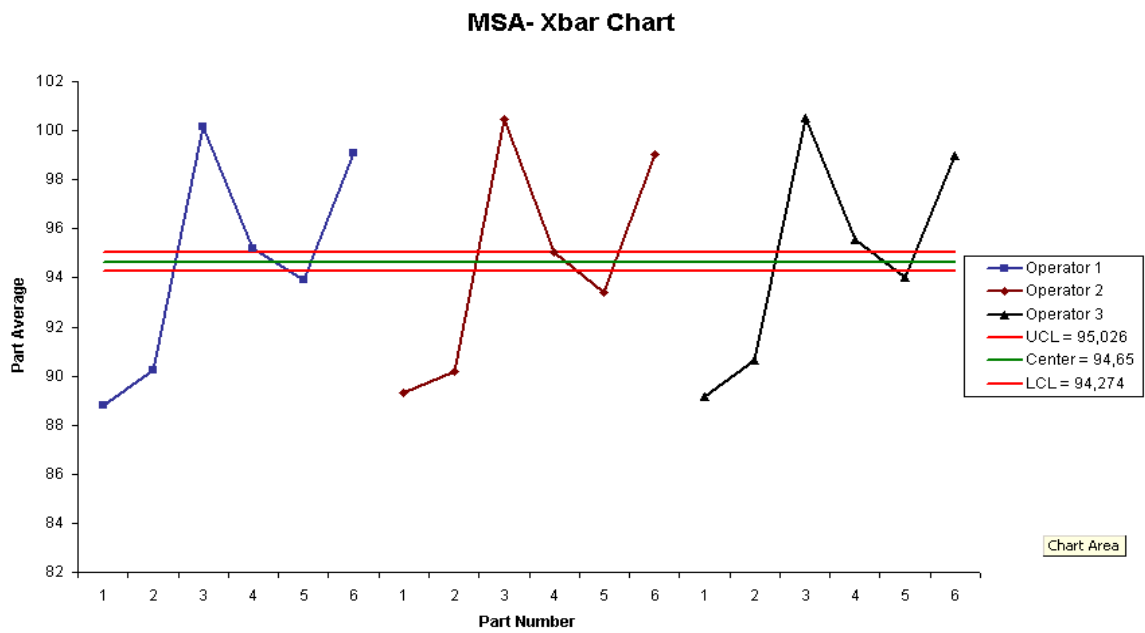
6. MSA- Xbar Chart

Το Xbar Chart μας βοηθάει να έχουμε άμεση οπτική διαπίστωση για τον δείκτη της διακύμανσης του R & R (Reproducibility & Repeatability) συγκριτικά με την διακύμανση του κάθε ποτηριού με ποτηριού (part-to-part).

Επίσης, το Xbar Chart μας δίνει το μέσο όρο των μετρήσεων του κάθε επιθεωρητή ανά ποτήρι έναντι στα όρια έλεγχου που είναι βασιζόμενα στους δείκτες R & R.

Αν η διακύμανση part-to-part είναι υψηλή συγκρινόμενη με την διακύμανση του R & R, τότε η πλειοψηφία των σημείων θα είναι εκτός των ορίων.

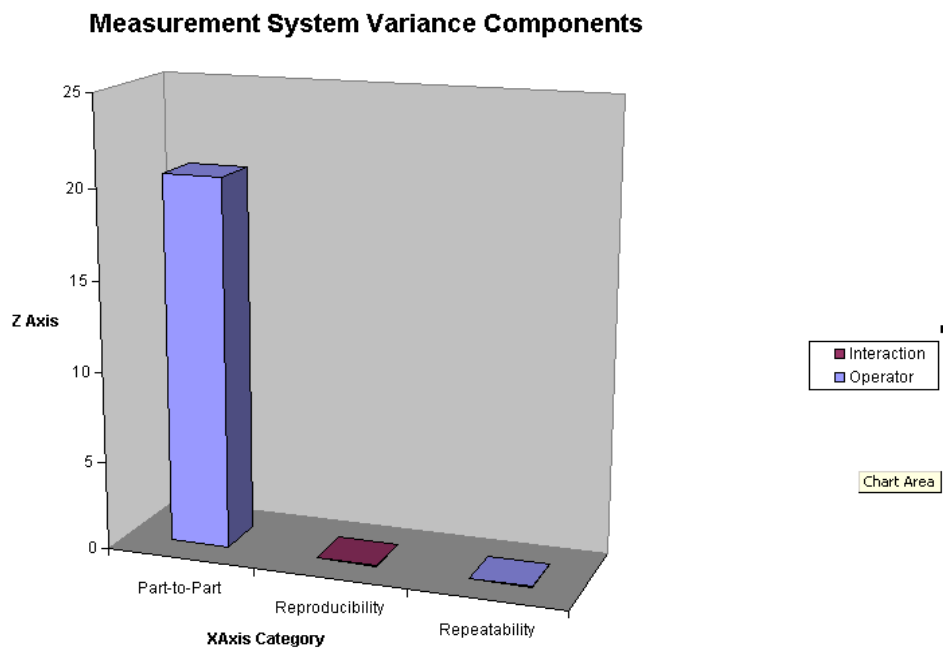
Στην περίπτωση μας συμβαίνει κάτι τέτοιο και αυτό θεωρείται καλό.



Γράφημα 3.7

5. MSA- Measurement Pareto

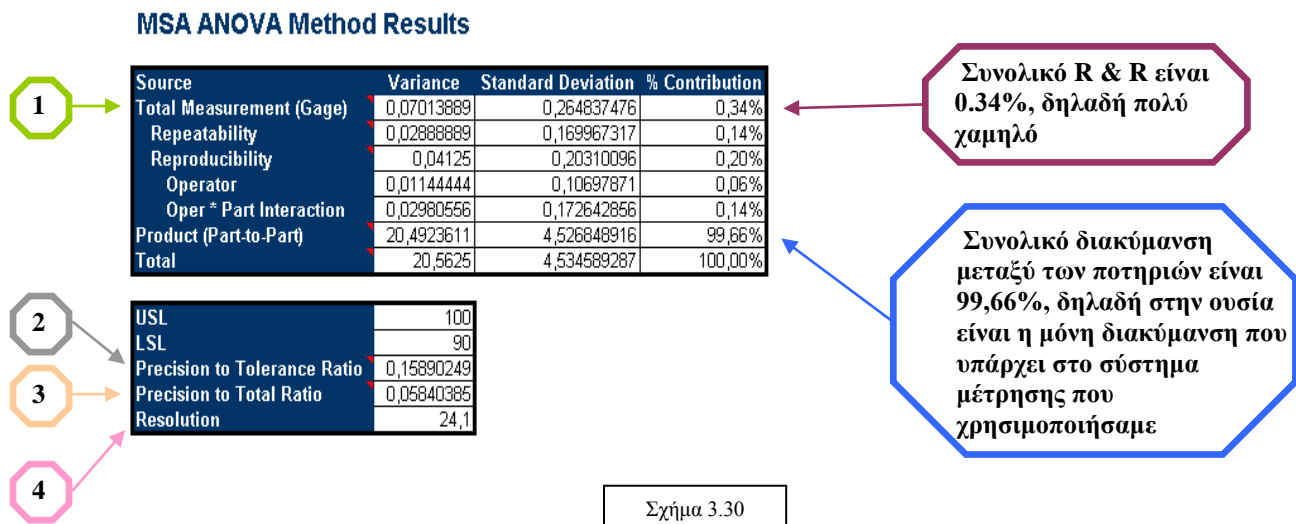
Ένα τέλειο σύστημα μέτρησης δεν πρέπει να εμφανίζει διακυμάνσεις στις μετρήσεις αλλά μόνο μεταξύ των ποτηριών. Στην περίπτωση μας βλέπουμε ότι η διακύμανση είναι μεταξύ των ποτηριών και δεν έχει να κάνει με τις ίδιες τις μετρήσεις, άρα αυτό είναι καλό.



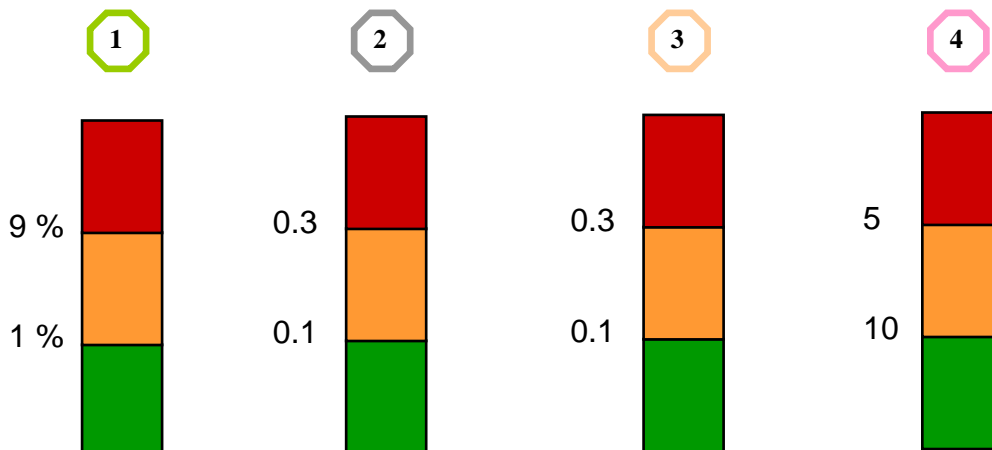
Γράφημα 3.8

1. MSA Analysis – ANOVA

Το Analysis – ANOVA μας δίνει την δυνατότητα να ελέγξουμε σε ποια κλίμακα είναι οι τέσσερις δείκτες που μας ενδιαφέρουν για να δούμε αν το σύστημα μέτρησης που χρησιμοποιούμε είναι αξιόπιστο.



Κλίμακες των τεσσάρων δεικτών:



Στην περίπτωση μας παρατηρούμε ότι ο δείκτης 1 βρίσκεται στο πράσινο πεδίο, οι δείκτες 2 και 3 βρίσκονται στο πορτοκαλί πεδίο (μέτριο) και ο δείκτης 4 βρίσκεται στο κόκκινο πεδίο (μη αποδεκτό). Όσο πιο πολλοί δείκτες βρίσκονται στο πράσινο πεδίο τόσο καλύτερα λειτουργεί το σύστημα μέτρησης που έχουμε. Το κόκκινο πεδίο θεωρείται μη αποδεκτό.

3.16 Ανάλυση Συστήματος Μέτρησης για διακριτά δεδομένα (Measurement System Analysis for attribute data – MSA)

Είναι πολύ σημαντικό για να αποδώσει σωστά η μεθοδολογία 6-σιγμα να έχουμε ένα αξιόπιστο σύστημα μέτρησης για την συλλογή δεδομένων.

Έτσι, αν μέσα από την ανάλυση του συστήματος μέτρησης διαπιστώσουμε ότι το σύστημα δεν λειτουργεί ικανοποιητικά πρέπει να το βελτιώσουμε άμεσα.

Θέλουμε να είμαστε σίγουροι ότι οποιαδήποτε διασπορά διακριβώνουμε στις μετρήσεις μας, είναι εξαιτίας της διαδικασίας που ελέγχουμε και όχι εξαιτίας του ίδιου του συστήματος μέτρησης.

Αν δεν καταφέρουμε να έχουμε αξιόπιστο σύστημα μέτρησης, μπορεί να λάβουμε λανθασμένες αποφάσεις με αποτέλεσμα να επιβαρυνθούμε με επιπλέον κόστος και να χάσουμε πελάτες.

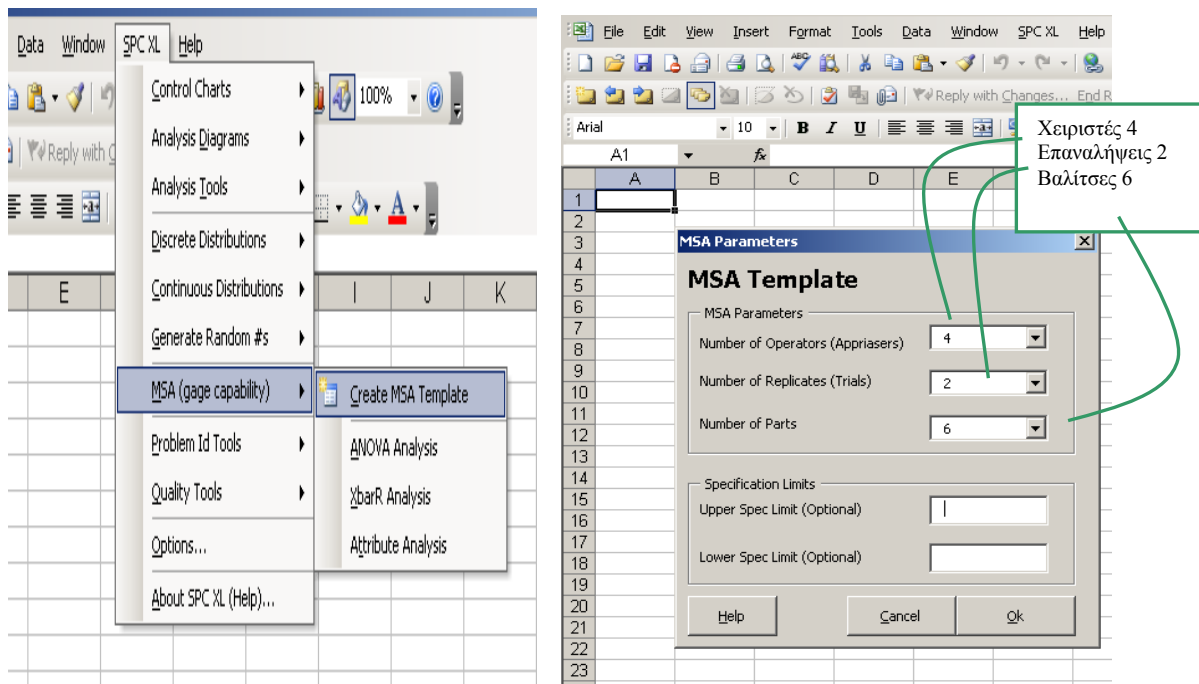
Ένα αξιόπιστο σύστημα μέτρησης για διακριτά δεδομένα (attribute data) π.χ. είναι το σύστημα που ποτέ δεν θα απορρίψει ένα καλό κομμάτι για άχρηστο και ποτέ δεν θα επιτρέψει να περάσει κάποιο άχρηστο κομμάτι ως καλό.

Χρησιμοποιώντας το παρακάτω σενάριο και με την βοήθεια του SPC XL, θα εκτελέσουμε μια Ανάλυση Συστήματος Μέτρησης για διακριτά δεδομένα (MSA for attribute data).

Έστω ότι έχουμε 6 βαλίτσες που επιστρέφονται από πελάτες ως ελαττωματικές. Η εταιρία που τις κατασκευάζει πρέπει να τις επιθεωρήσει και να κρίνει μέσω των 4 χειριστών που έχει, αν επιδέχονται επιδιορθώσεις ώστε να πουληθούν ξανά ή όχι.

Σκοπός της ανάλυσης που θα κάνουμε είναι να ελέγξουμε κατά πόσο το σύστημα αξιολόγησης που έχουν είναι αξιόπιστο και αν όχι που βρίσκεται το πρόβλημα.

Για κάθε χειρίστη του δίνουμε την δυνατότητα να αποφασίσει δυο φορές.

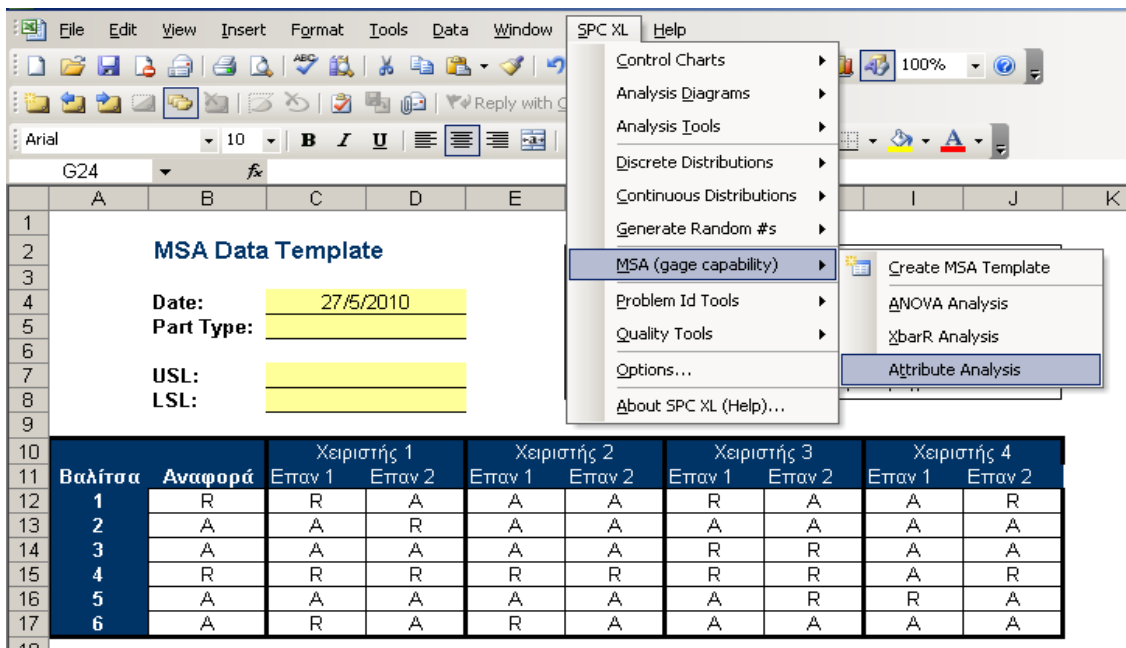


Σχήμα 3.32

Μετά βάζουμε την αναφορά μας και τις αποφάσεις των χειριστών:

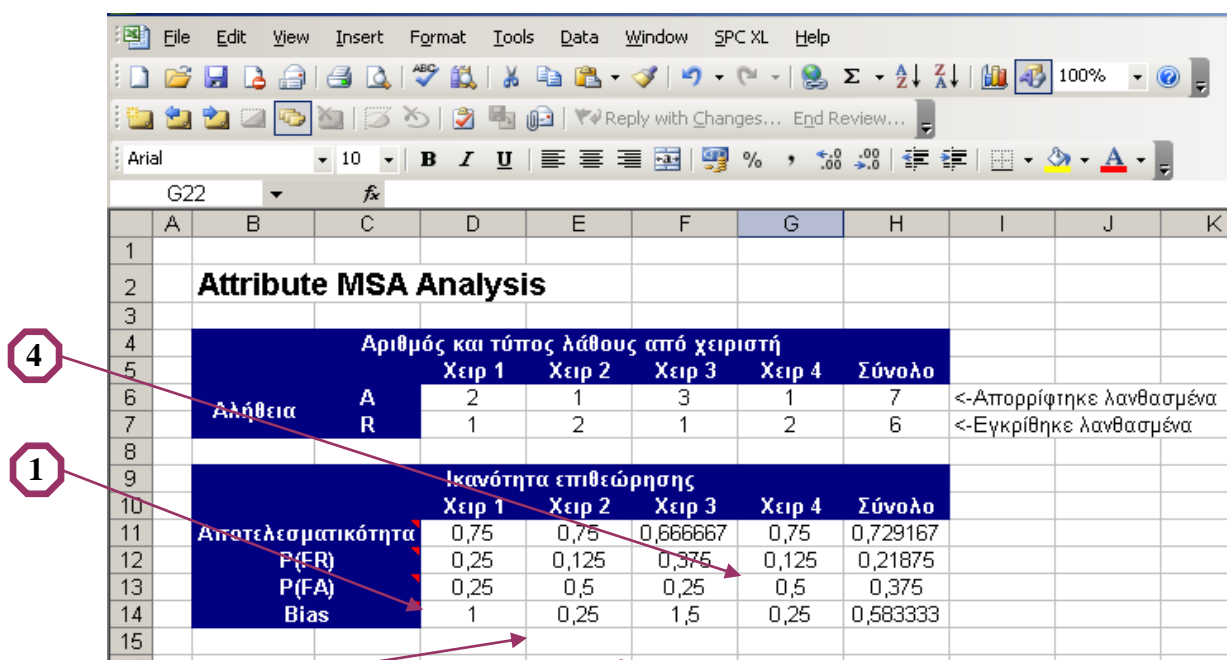
MSA Data Template		Χειριστής 1								Χειριστής 2		Χειριστής 3		Χειριστής 4			
		Επαν 1		Επαν 2		Επαν 1		Επαν 2		Επαν 1		Επαν 2		Επαν 1		Επαν 2	
Date:	27/5/2010	Για διακριτά δεδομένα βάζουμε A για 'Accept' και R για 'Reject'.															
Part Type:		Περιγραφή: Αφού επιστραφεί βαλίτσα από πελάτη ως ελαττωματική, πρέπει να ελέγξουμε αν γίνεται να επιδιορθωθεί και να ξαναπουληθεί ή όχι															
USL:																	
LSL:																	
Βαλίτσα	Αναφορά	R	A	A	A	R	A	A	A	R	A	A	A	R	A	A	A
1	R	A	A	R	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2	A	A	A	A	A	A	A	A	A	R	R	R	R	A	R	A	A
3	A	R	R	R	R	R	R	R	R	A	R	A	R	A	A	A	A
4	R	A	A	A	A	A	A	A	A	A	R	A	A	A	A	A	A
5	A	R	A	R	A	R	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	A																

Σχήμα 3.33



Σχήμα 3.34

Αφού έχουμε συμπληρώσει τα απαραίτητα στοιχεία πραγματοποιούμε την ανάλυση των δεδομένων:



Σχήμα 3.35

Παράμετρος	Αποδεκτό	Οριακό	Μη αποδεκτό
E	≥ 0.90	0.80 – 0.90	< 0.80
P (FR)	≤ 0.05	0.05 – 0.10	> 0.10
P (FA)	≤ 0.02	0.02 – 0.05	> 0.05
B	0.80 – 1.20	0.50 – 0.80 ή 1.20 – 1.50	< 0.05 ή > 1.50

Όπου,

E: Effectiveness (Αποτελεσματικότητα)

P (FR): Probability of false reject (Πιθανότητα λανθασμένης απόρριψης)

P (FA): Probability of false acceptance (Πιθανότητα λανθασμένης αποδοχής)

B or Bias: $B = P (FR) / P (FA)$ (Αυτός ο δείκτης μας δείχνει την προδιάθεση του χειριστή να κατατάξει λανθασμένα το προϊόν ως αποδεκτό ή μη αποδεκτό.

Για το παράδειγμα μας:

1

$P (FR) = 0.25$ διότι ο πρώτος χειριστής είχε 8 επιθεωρήσεις να κάνει για αποδεκτές βολιτσες αλλά 2 φορές τις απέρριψε, άρα: $2/8 = 0.25$, όπου αυτό είναι σύμφωνα με το πίνακα 'Μη αποδεκτό'.

2

$P (FA) = 0.5$ διότι ο δεύτερος χειριστής είχε 4 επιθεωρήσεις να κάνει για μη αποδεκτές βολιτσες αλλά 2 φορές τις έκανε αποδεκτές, άρα: $2/4 = 0.5$, όπου σύμφωνα με τον πίνακα είναι μη αποδεκτό.

3

Η προδιάθεση του τρίτου χειριστή να κατατάξει λανθασμένα το προϊόν είναι 1.5 , δηλαδή $0.375/0.25 = 1.5$, όπου σύμφωνα με τον πίνακα είναι μη αποδεκτό.

4

Η αποτελεσματικότητα του τέταρτου χειριστή φαίνεται ότι είναι και η καλύτερη από τους προηγούμενους αφού έχει ποσοστό επιτυχίας 75% αλλά παρόλα αυτά σύμφωνα με τον πίνακα είναι μη αποδεκτό .

Άρα καταλήγουμε ότι η διαδικασία που ακολουθείται για την επιθεώρηση των βολιτσών πάσχει και πρέπει να ληφθούν μέτρα και να εξεταστούν όλα τα αποτελέσματα της ανάλυσης.

3.17 Ικανότητα Διαδικασίας για συνεχή δεδομένα (Process Capability for variable data)

Ικανότητα διαδικασίας είναι η μέτρηση της δυνατότητας της διαδικασίας να συμμορφωθεί με τις απαιτήσεις του πελάτη ή να δημιουργήσει σχεδιαστικές προδιαγραφές.

Η χρήση της Ικανότητας Διαδικασίας μας βοηθά να έχουμε σημείο αναφοράς στην διαδικασία και να παρατηρούμε τις βελτιώσεις με τα ειδικά γραφήματα που θα παρουσιάσουμε παρακάτω.

Για να διενεργήσουμε την Μελέτη Ικανότητας θα πρέπει να έχουμε τις παρακάτω πληροφορίες:

- Τα όρια της διαδικασίας ή του προϊόντος προς εξέταση (min and max limits)
- Τα δεδομένα για την τυπική απόκλιση (standard deviation)
- Τα δεδομένα για την μέση τιμή

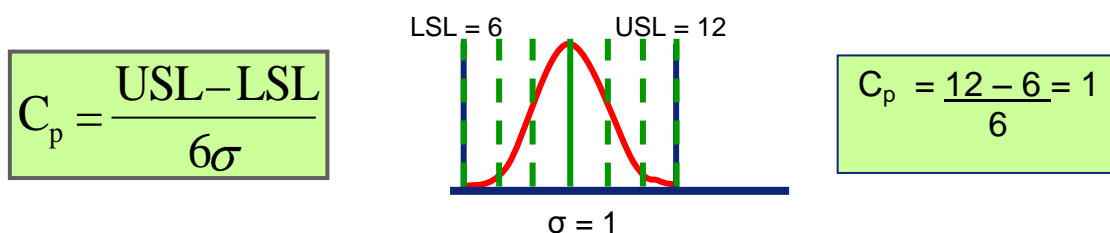
Οι πιο συνηθισμένοι δείκτες που χρησιμοποιούνται είναι οι:

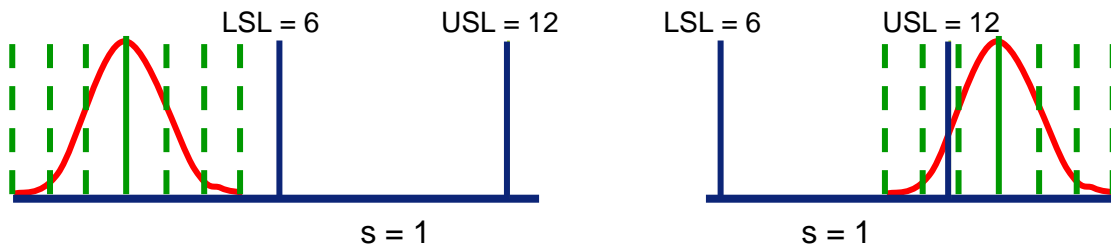
C_p : Η εν δυνάμει ικανότητα εφόσον η διαδικασία είναι κεντρική. Αυτός ο δείκτης είναι πάντα θετικός εφόσον είναι η σχέση μεταξύ δυο θετικών τιμών. Στην ουσία μετράει την διασπορά τιμών

C_{pk} : η πραγματική ικανότητα λαμβάνοντας υπόψη όλες τις διανεμόμενες τιμές. Αυτός ο δείκτης μπορεί να φτάσει το ανώτατο σημείο του C_p . Στην ουσία μετράει την τάση των τιμών προς το κέντρο.

Ο δείκτης C_p υπολογίζεται ως εξής: το πλάτος της προδιαγραφής προς το πλάτος της διανομής

- Πόσες φορές χωρά η διανομή τιμών στις προδιαγραφές υποθέτοντας ότι η διανομή είναι κεντρική.
- Ο υπολογισμός δεν λαμβάνει υπόψη τις θέσεις των τιμών (μέση τιμή)



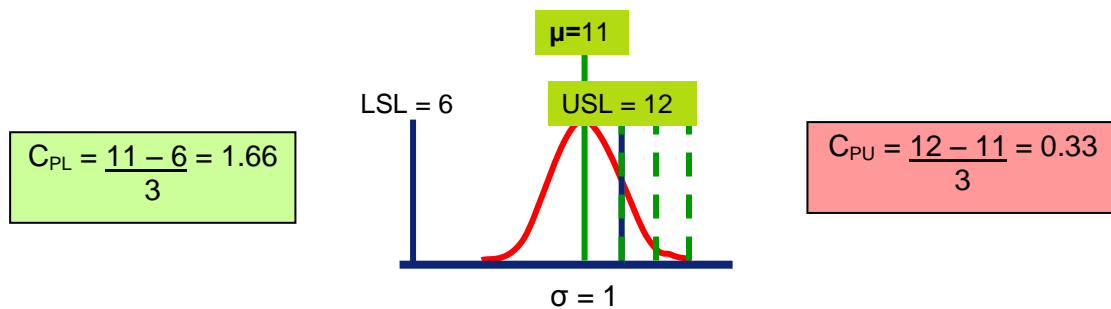
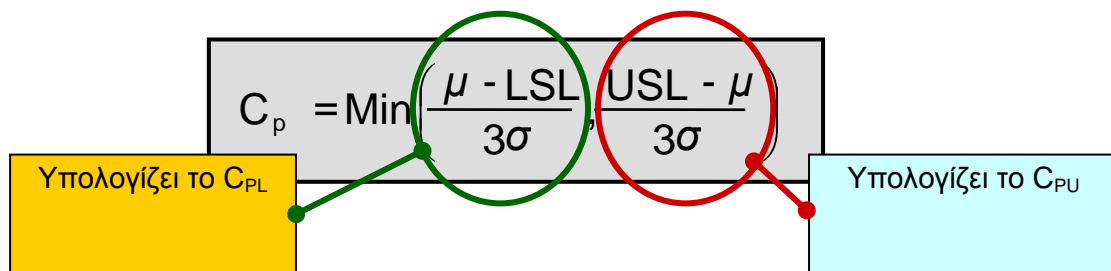


Όλες οι παραπάνω διαδικασίες έχουν την ίδια εν δυνάμει ικανότητα $C_p = 1$

Σχήμα 3.36

Ο δείκτης C_{pk} υπολογίζεται ως εξής: η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των ορίων των προδιαγραφών και του μέσου της διαδικασίας προς το μισό του πλάτους της διανομής.

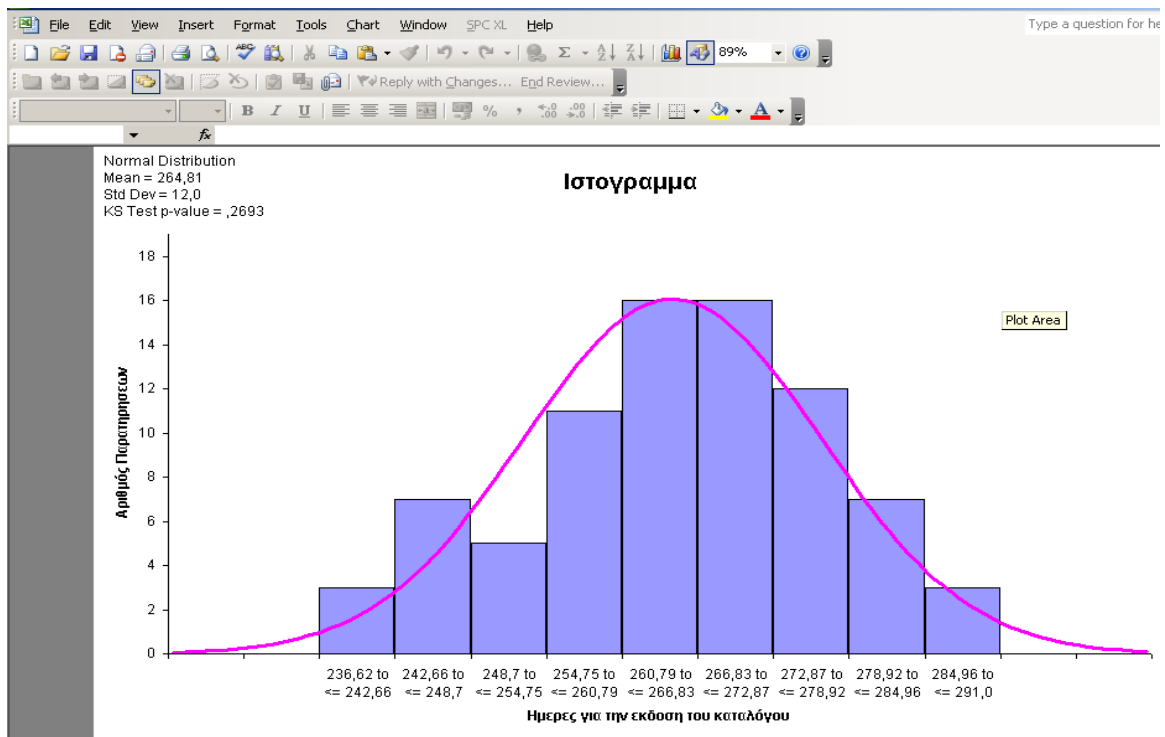
- Πόσες φορές χωρά η διανομή τιμών στις προδιαγραφές λαμβάνοντας υπόψη την πραγματική της θέση.



$C_{PK} = \text{Min of } C_{PL} \text{ and } C_{PU}$ Άρα, $C_{PK} = 0.33$

Για να γίνει πιο σαφές η λειτουργία της μελέτης ικανότητας και των δεικτών που την χαρακτηρίζουν θα χρησιμοποιήσουμε το παρακάτω παράδειγμα.

	A	B	C
1	Ημέρες για την εκδοση του καταλόγου		Κατάλογος
2	269	Cat A	
3	269	Cat A	
4	264	Cat A	
5	248	Cat A	
6	253	Cat A	
7	280	Cat A	
8	279	Cat A	
9	257	Cat A	
10	268	Cat A	
11	274	Cat A	
12	266	Cat A	
13	248	Cat A	
14	267	Cat A	
15	249	Cat A	
16	282	Cat A	
17	260	Cat A	
18	237	Cat B	
19	269	Cat B	
20	270	Cat B	
21	245	Cat B	
22	263	Cat B	
23	264	Cat B	
24	271	Cat B	
25	275	Cat B	
26	276	Cat B	
27	276	Cat B	
28	286	Cat B	
29	264	Cat B	

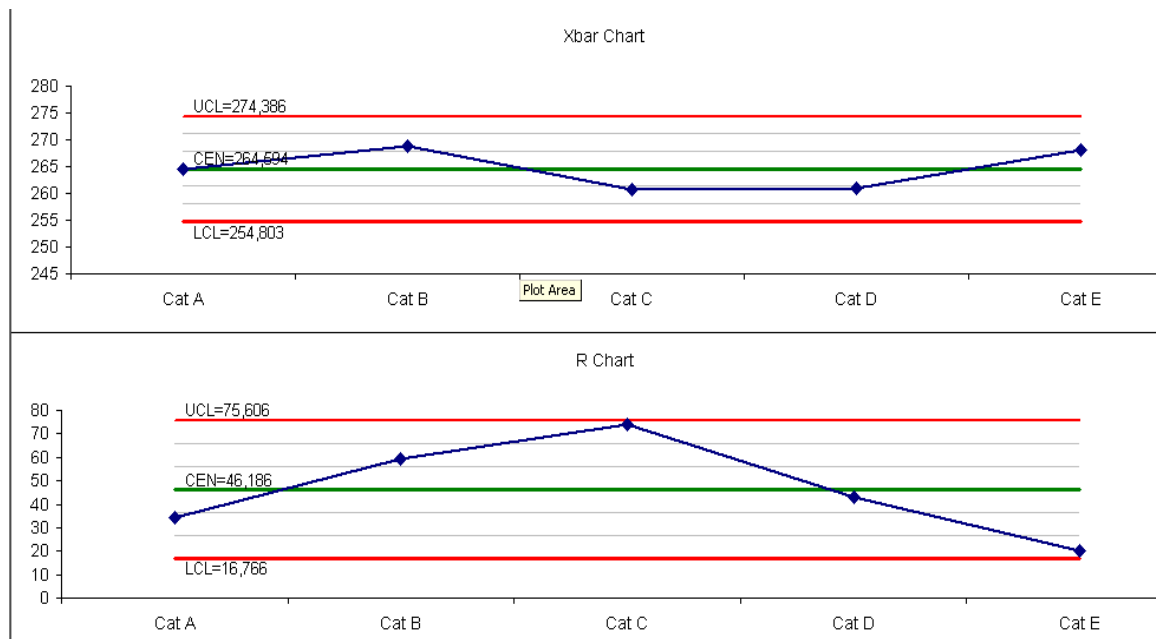


Γράφημα 3.9

Mean = 264.8 ημέρες
 St Dev = 12 ημέρες
 P value = 0.2693

Κάνουμε τον παραπάνω έλεγχο για να εξετάσουμε το p-value ώστε να δούμε αν τα δεδομένα που έχουμε είναι αξιόπιστα (κανονικά), δηλαδή αν $p > 0.05$.

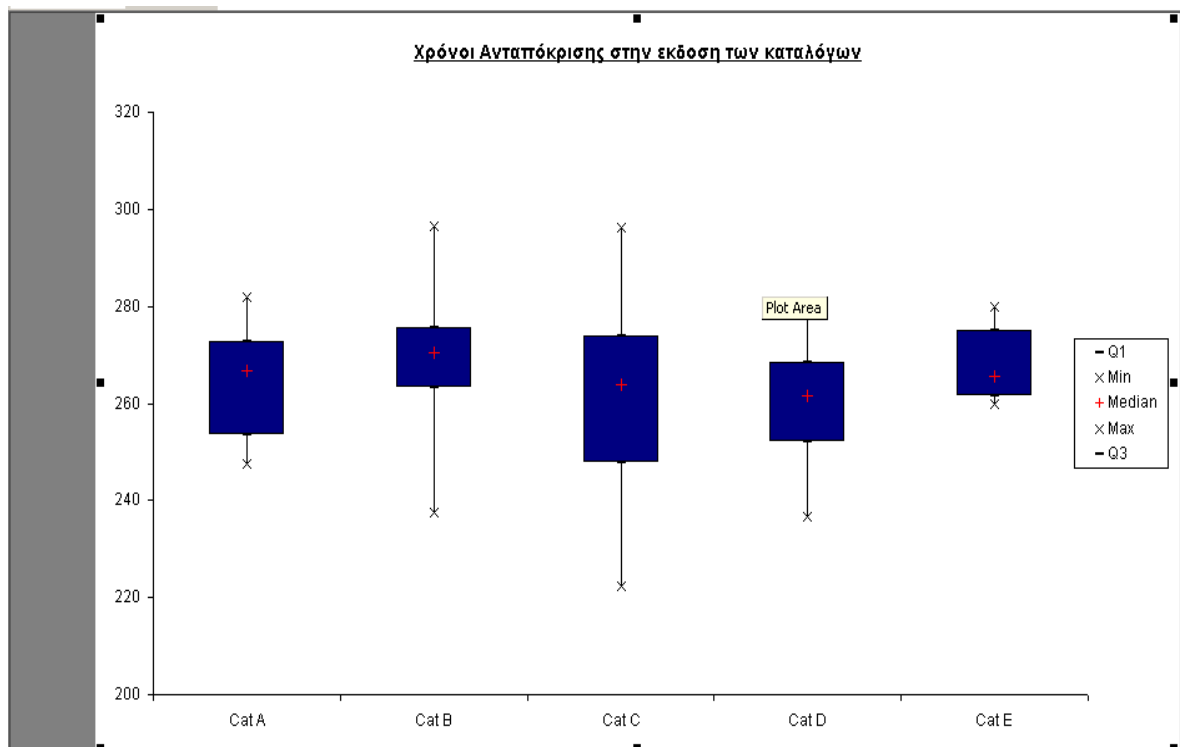
Μέση τιμή για τους 16 καταλόγους από τον κάθε τύπο					
Cat A	Cat B	Cat C	Cat D	Cat E	
269	237	270	245	266	
269	269	271	279	261	
264	270	222	260	276	
248	245	261	249	265	
253	263	247	262	261	
280	264	274	259	273	
279	271	274	261	276	
257	275	296	268	270	
268	276	267	264	265	
274	276	240	261	280	
266	269	283	271	260	
248	264	250	237	264	
267	273	274	280	279	
249	274	228	262	269	
282	258	257	250	261	
260	297	257	268	264	



Γράφημα 3.10

Το γράφημα 'X-bar' (γράφημα μέσης τιμής) δείχνει την μέση τιμή από τον κάθε κατάλογο. Το γράφημα 'Range' δείχνει την διακύμανση των 16 σημείων για κάθε κατάλογο.

Κάνουμε τον παραπάνω έλεγχο για να εξετάσουμε αν τα δεδομένα της διαδικασίας έχουν σταθερή μορφή. Άρα με τα παραπάνω γραφήματα φαίνεται ότι η διαδικασία είναι σταθερή στον χρόνο και ότι η μέση τιμή αλλά και η διακύμανση αλλάζουν λίγο αλλά χωρίς σημαντική διαφορά



Γράφημα 3.11

Με το γράφημα Box Plot ελέγχουμε τον βαθμό ομοιότητας του χρόνου ανταπόκρισης (lead time) για την έκδοση του κάθε καταλόγου.

Από ότι φαίνεται οι ανταποκρίσεις είναι σχεδόν όμοιες.

Έχοντας ελέγξει όλα τα παραπάνω μπορούμε τώρα να ξεκινήσουμε την 'Ικανότητα Διαδικασίας'.

Μέση Ανταπόκριση (mean lead time) = 265

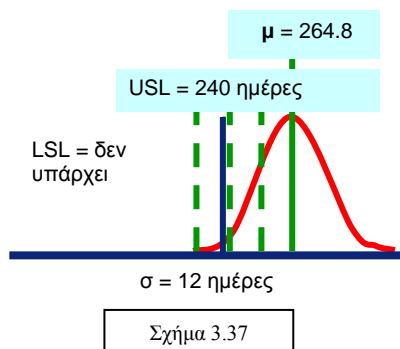
Εύρος Ανταπόκρισης (lead time range) = 236 – 291

Υποθέτουμε ότι η αγορά θεωρεί ως ελάχιστο χρόνο παραγωγής καταλόγων τις 240 ημέρες, άρα :

USL = 240

LSL = δεν μπορεί να εφαρμοστεί

Εξαιτίας της μη εφαρμογής του LSL, το C_p δεν μπορεί να υπολογιστεί.



Σχήμα 3.37

Αντιθέτως το C_{pk} μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$C_{pk} = \text{Min} \{ (\mu - LSL) / 3\sigma \} \text{ δεν μπορεί να υπολογιστεί}$$

$$C_{pk} = \text{Min} \{ (USL - \mu) / 3\sigma \} = (240 - 268,4) / 36 = -0,69$$

$$\Rightarrow Z = 3 \times C_{pk} = 3 \times -0,69 = -2,07$$

Το -2.07 σημαίνει ότι πρέπει να μετακινηθεί 2.07 σίγμα ώστε να συναντήσει τη μέση τιμή $USL = 240$.

Πίνακας Κανονικής Κατανομής

z	probability	z	probability	z	probability	z	probability	z	probability	z	probability	z	probability	z	probability	z	probability
0,00	0,5000	0,31	0,3783	0,62	0,2676	0,93	0,1762	1,24	0,1075	1,55	0,0606	1,86	0,0314	2,85	0,00219		
0,01	0,4960	0,32	0,3745	0,63	0,2643	0,94	0,1736	1,25	0,1057	1,56	0,0594	1,87	0,0307	2,90	0,00187		
0,02	0,4920	0,33	0,3707	0,64	0,2611	0,95	0,1711	1,26	0,1038	1,57	0,0582	1,88	0,0301	2,95	0,00159		
0,03	0,4880	0,34	0,3669	0,65	0,2578	0,96	0,1685	1,27	0,1020	1,58	0,0571	1,89	0,0294	3,00	0,00135		
0,04	0,4840	0,35	0,3632	0,66	0,2546	0,97	0,1660	1,28	0,1003	1,59	0,0559	1,90	0,0287	3,05	0,00114		
0,05	0,4801	0,36	0,3594	0,67	0,2514	0,98	0,1635	1,29	0,0985	1,60	0,0548	1,91	0,0281	3,10	0,00097		
0,06	0,4761	0,37	0,3557	0,68	0,2483	0,99	0,1611	1,30	0,0968	1,61	0,0537	1,92	0,0274	3,15	0,00082		
0,07	0,4721	0,38	0,3520	0,69	0,2451	1,00	0,1587	1,31	0,0951	1,62	0,0526	1,93	0,0268	3,20	0,00069		
0,08	0,4681	0,39	0,3483	0,70	0,2420	1,01	0,1562	1,32	0,0934	1,63	0,0516	1,94	0,0262	3,25	0,00058		
0,09	0,4641	0,40	0,3446	0,71	0,2389	1,02	0,1539	1,33	0,0918	1,64	0,0505	1,95	0,0256	3,30	0,00048		
0,10	0,4602	0,41	0,3409	0,72	0,2358	1,03	0,1515	1,34	0,0901	1,65	0,0495	1,96	0,0250	3,35	0,00040		
0,11	0,4562	0,42	0,3372	0,73	0,2327	1,04	0,1492	1,35	0,0885	1,66	0,0485	1,97	0,0244	3,40	0,00034		
0,12	0,4522	0,43	0,3336	0,74	0,2297	1,05	0,1469	1,36	0,0869	1,67	0,0475	1,98	0,0239	3,45	0,00028		
0,13	0,4483	0,44	0,3300	0,75	0,2266	1,06	0,1446	1,37	0,0853	1,68	0,0465	1,99	0,0233	3,50	0,000233		
0,14	0,4443	0,45	0,3264	0,76	0,2236	1,07	0,1423	1,38	0,0838	1,69	0,0455	2,00	0,0228	3,55	0,000193		
0,15	0,4404	0,46	0,3228	0,77	0,2207	1,08	0,1401	1,39	0,0823	1,70	0,0446	2,05	0,0202	3,60	0,000159		
0,16	0,4364	0,47	0,3192	0,78	0,2177	1,09	0,1379	1,40	0,0808	1,71	0,0436	2,10	0,0179	3,65	0,000131		
0,17	0,4325	0,48	0,3156	0,79	0,2148	1,10	0,1357	1,41	0,0793	1,72	0,0427	2,15	0,0158	3,70	0,000108		
0,18	0,4286	0,49	0,3121	0,80	0,2119	1,11	0,1335	1,42	0,0778	1,73	0,0418	2,20	0,0139	3,75	0,000088		
0,19	0,4247	0,50	0,3085	0,81	0,2090	1,12	0,1314	1,43	0,0764	1,74	0,0409	2,25	0,0122	3,80	0,000072		
0,20	0,4207	0,51	0,3050	0,82	0,2061	1,13	0,1292	1,44	0,0749	1,75	0,0401	2,30	0,0107	3,85	0,000059		
0,21	0,4168	0,52	0,3015	0,83	0,2033	1,14	0,1271	1,45	0,0735	1,76	0,0392	2,35	0,0094	3,90	0,000048		
0,22	0,4129	0,53	0,2981	0,84	0,2005	1,15	0,1251	1,46	0,0721	1,77	0,0384	2,40	0,0082	3,95	0,000039		
0,23	0,4090	0,54	0,2946	0,85	0,1977	1,16	0,1230	1,47	0,0708	1,78	0,0375	2,45	0,0071	4,00	0,000032		
0,24	0,4052	0,55	0,2912	0,86	0,1949	1,17	0,1210	1,48	0,0694	1,79	0,0367	2,50	0,0062	4,05	0,0000256		
0,25	0,4013	0,56	0,2877	0,87	0,1922	1,18	0,1190	1,49	0,0681	1,80	0,0359	2,55	0,0054	4,10	0,0000207		
0,26	0,3974	0,57	0,2843	0,88	0,1894	1,19	0,1170	1,50	0,0668	1,81	0,0351	2,60	0,0047	4,15	0,0000166		
0,27	0,3936	0,58	0,2810	0,89	0,1867	1,20	0,1151	1,51	0,0655	1,82	0,0344	2,65	0,0040	4,20	0,0000133		
0,28	0,3897	0,59	0,2776	0,90	0,1841	1,21	0,1131	1,52	0,0643	1,83	0,0336	2,70	0,0035	4,25	0,0000107		
0,29	0,3859	0,60	0,2743	0,91	0,1814	1,22	0,1112	1,53	0,0630	1,84	0,0329	2,75	0,0030	4,30	0,0000085		
0,30	0,3821	0,61	0,2709	0,92	0,1788	1,23	0,1093	1,54	0,0618	1,85	0,0322	2,80	0,0026	4,35	0,0000068		
														4,40	0,0000054		
														4,45	0,0000043		
														4,50	0,0000034		

Σχήμα 3.38

Άρα από τον παραπάνω πίνακα ισχύει:

Ο πίνακας περιέχει θετικές τιμές του Z. Επειδή όμως εμείς έχουμε αρνητικές τιμές σημαίνει ότι η τιμή που έχουμε είναι εντός των προδιαγραφών και το υπόλοιπο μέρος είναι εκτός. Άρα, το ποσοστό ελαττώματος είναι μεταξύ:

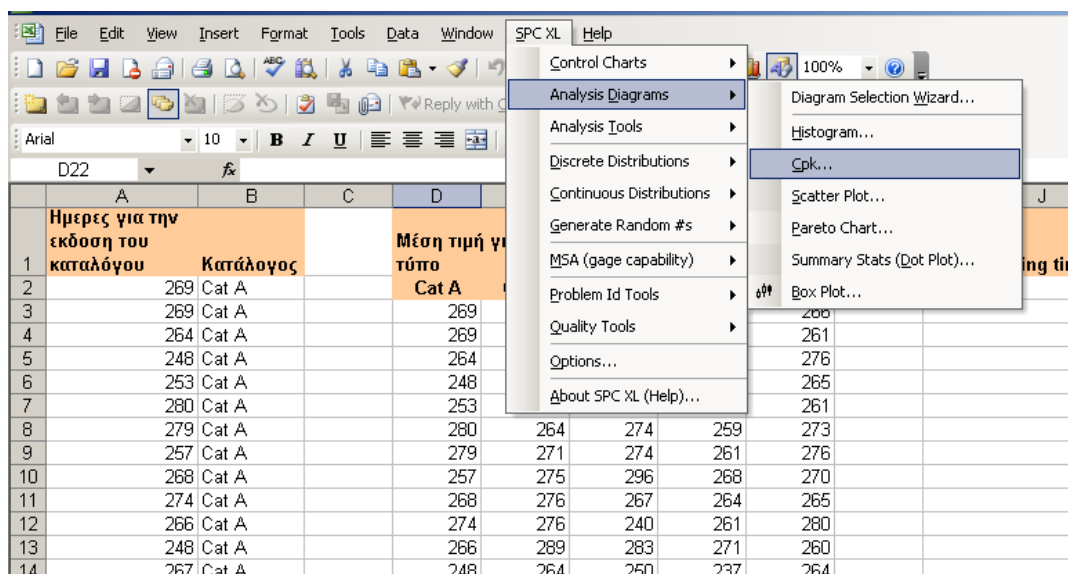
$$100 - 1,79 = 98,2\%$$

$$100 - 2,02 = 97,98\%$$

Παρακάτω θα πραγματοποιήσουμε τη 'Ικανότητα Διαδικασίας' με την βοήθεια του SPC XL.

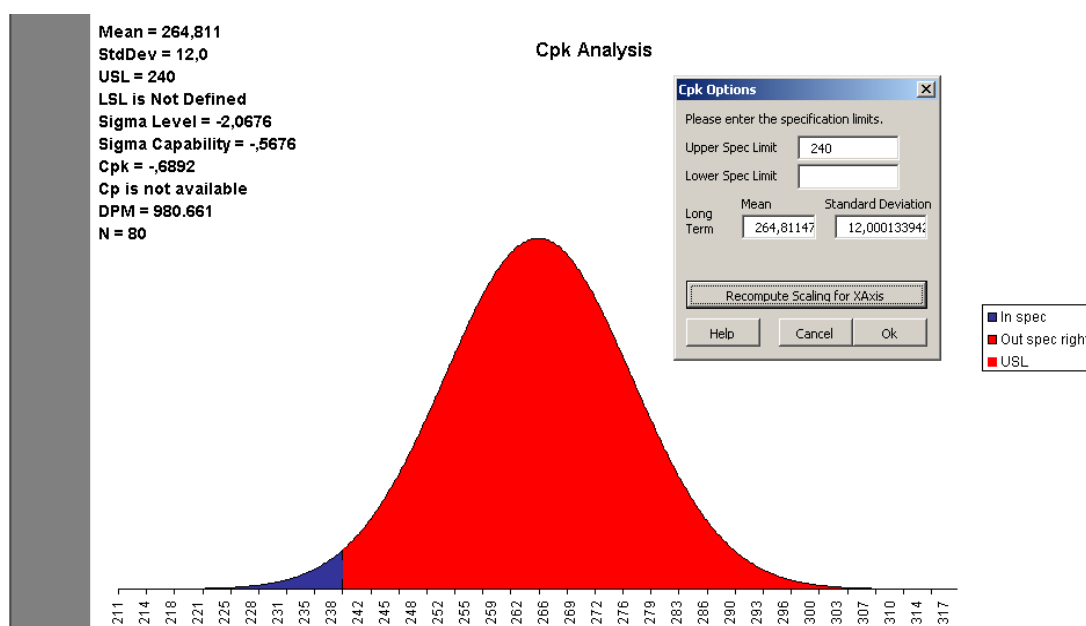
1^ο Παράδειγμα.: Διαχείριση έκδοσης καταλόγων

Διαλέγουμε από τα διαγράμματα ανάλυσης το C_{pk} και μετά εισάγουμε τις τιμές (N=80) που βρίσκονται στην κολώνα 'Ημέρες για την έκδοση του καταλόγου'.



Σχήμα 3.39

Στο κουτί C_{pk} Options, εισάγουμε καταρχήν το $USL = 240$ και μετά επιλέγουμε την εντολή 'Recompute Scaling for Axis' και μετά πατάμε το 'OK'.



Γράφημα 3.12

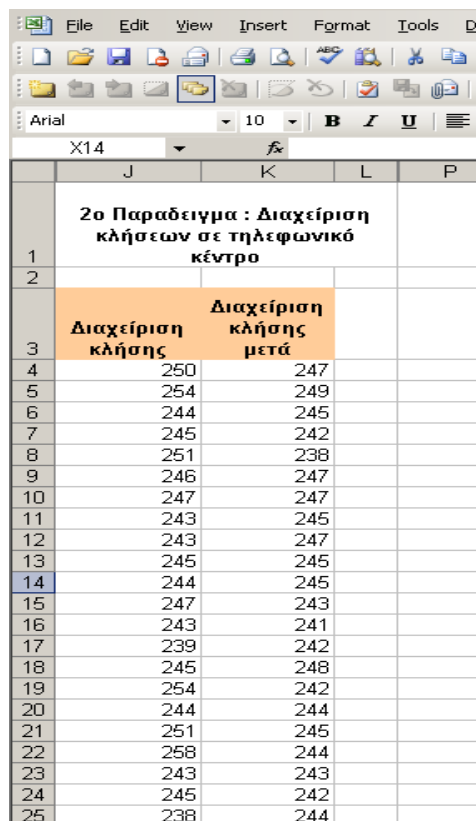
Το συμπέρασμα που βγάζουμε είναι ότι:

Η Διαδικασία πραγματοποιείται πολύ άσχημα με $C_{pk} = 0.69$ και ελαττωματικά ανά ένα εκατομμύριο (DPM) = 980.661

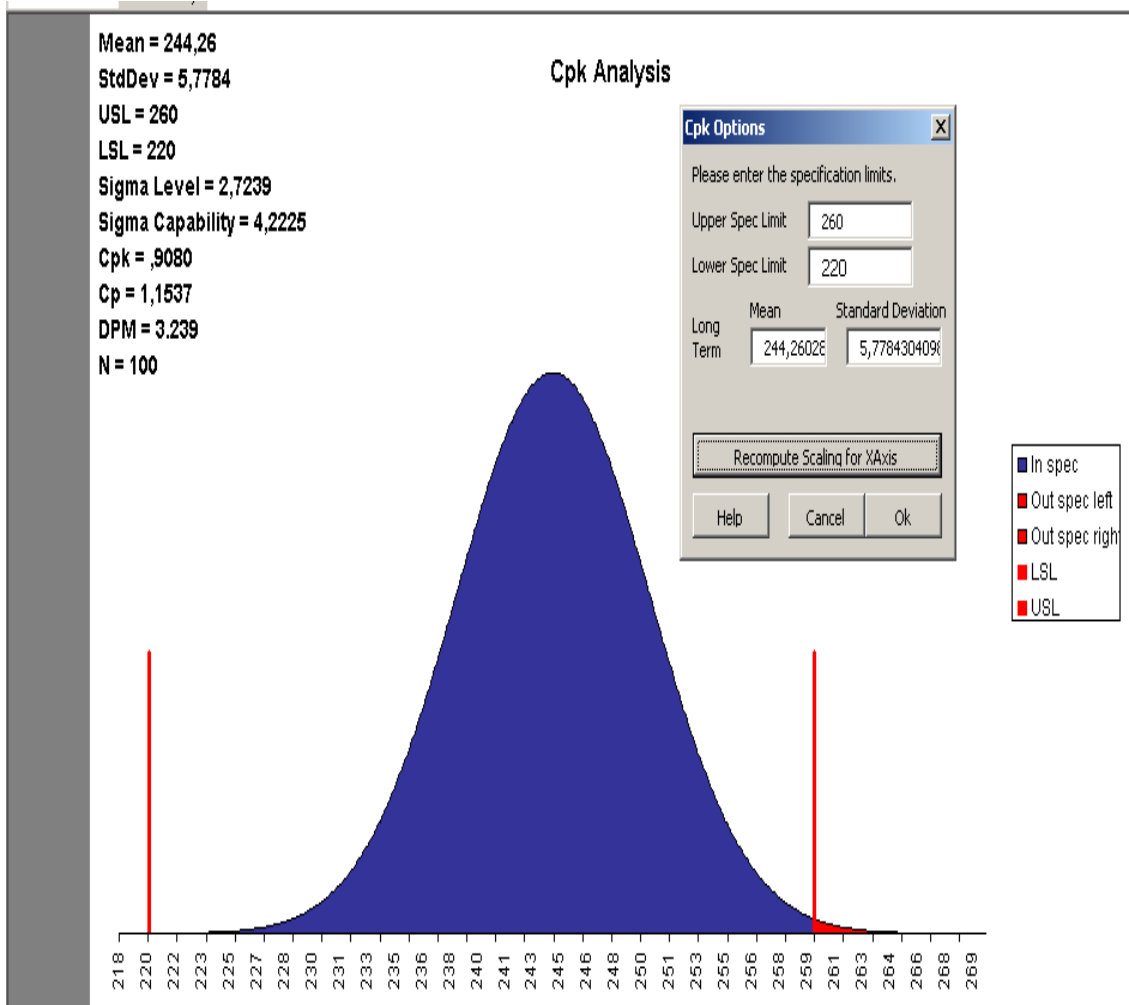
Ένα παράδειγμα για να κατανοήσουμε πόσο άσχημα πραγματοποιείται η συγκεκριμένη διαδικασία, αναφέρουμε ότι συνήθως το ελάχιστο C_{pk} για διαδικασίες στις οποίες απαιτείται μικρή ασφάλεια είναι 1.33 και για τις περιπτώσεις με μεγάλη ασφάλεια το C_{pk} είναι συνήθως 1.67.

2° Παράδειγμα : Διαχείριση κλήσεων σε τηλεφωνικό κέντρο

Διαλέγουμε από τα διαγράμματα ανάλυσης το C_{pk} και μετά εισάγουμε τις τιμές (N=100) που βρίσκονται στην κολώνα 'Διαχείριση κλήσης' και σύμφωνα με τα δεδομένα που εμείς επιλέγουμε για το παράδειγμα το USL = 260 και LSL = 220.



	J	K	L	P
1	2ο Παράδειγμα : Διαχείριση κλήσεων σε τηλεφωνικό κέντρο			
2				
3	Διαχείριση κλήσης	Διαχείριση κλήσης μετά		
4	250	247		
5	254	249		
6	244	245		
7	245	242		
8	251	238		
9	246	247		
10	247	247		
11	243	245		
12	243	247		
13	245	245		
14	244	245		
15	247	243		
16	243	241		
17	239	242		
18	245	248		
19	254	242		
20	244	244		
21	251	245		
22	258	244		
23	243	243		
24	245	242		
25	238	244		



Γράφημα 3.13

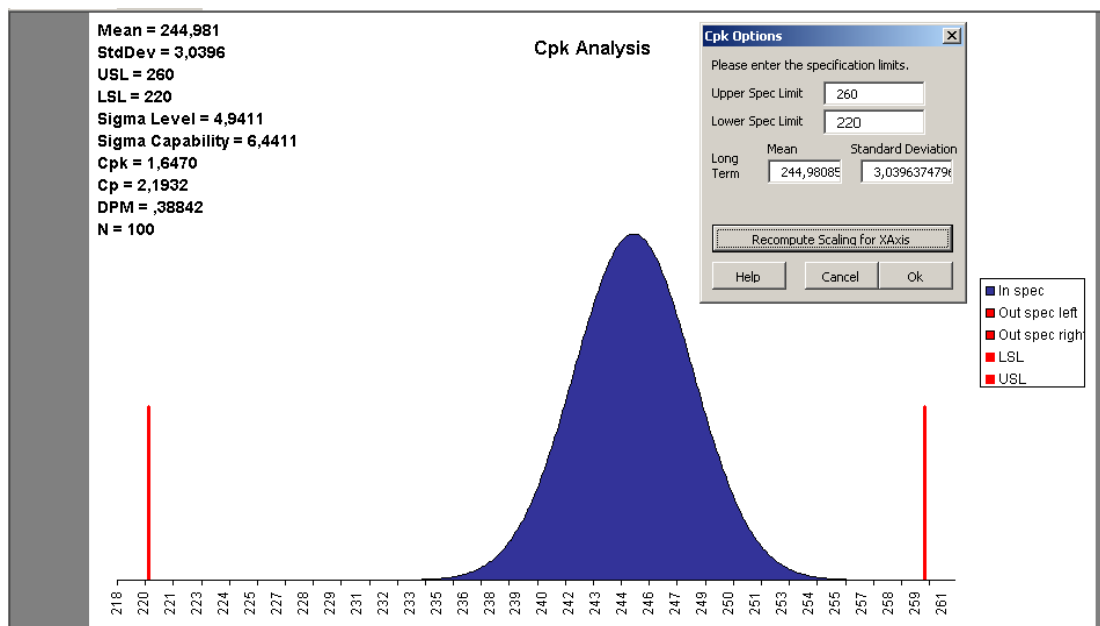
Αυτό που εξάγουμε από το παραπάνω παράδειγμα είναι ότι:

Η διαδικασία πραγματοποιείται με $C_{pk} = 0,9$

Αν η διαδικασία ήταν κεντραρισμένη το C_p θα μπορούσε να ήταν 1,15

Ελαττωματικά ανά ένα εκατομμύριο (DPM) = 3.239

Παρατηρούμε δηλαδή ότι η διαδικασία δεν είναι χάλια αλλά χρίζει βελτίωσης. Έτσι, βελτιώνουμε τον χρόνο απάντησης κλήσης και πραγματοποιούμε ξανά με τις καινούργιες τιμές που βρίσκονται στην στήλη 'Διαχείριση κλήσης μετά' την ανάλυση για να δούμε πόσο βελτιώθηκε πραγματικά η διαδικασία.



Γράφημα 3.14

Αυτό που εξάγουμε είναι ότι:

Η διαδικασία πραγματοποιείται με $C_{pk} = 0,6470$, το οποίο θεωρείται πολύ καλό.

Αν η διαδικασία ήταν κεντραρισμένη το C_p θα μπορούσε να ήταν 2,19

Ελαττωματικά ανά ένα εκατομμύριο (DPM) = 0,38

3.18 Ικανότητα Διαδικασίας για διακριτά δεδομένα (Process Capability for attribute data)

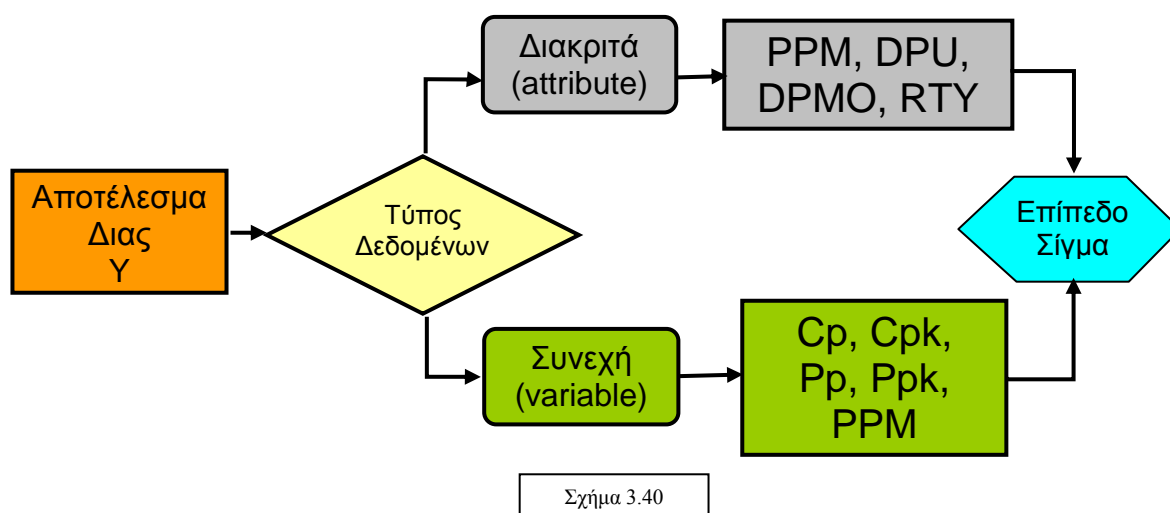
Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο όπου εξετάσαμε την ικανότητα διαδικασίας για συνεχή δεδομένα, η 'capability study' και για τα διακριτά δεδομένα μας επιτρέπει μεταξύ άλλων να δούμε αν πάσχει η διαδικασία και να την βελτιώσουμε, ώστε τα προϊόντα ή οι υπηρεσίες της εταιρίας μας να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του πελάτη ή με τις υπάρχουσες προδιαγραφές.

Για να αυξηθεί η ικανότητα της διαδικασίας πρέπει να μειώσουμε τη διακύμανση της και την διασπορά των τιμών. Έτσι θα μας επιτρέψει να έχουμε καλύτερο έλεγχο των μελλοντικών προβλέψεων, λιγότερα ελαττωματικά προϊόντα, αύξηση κέρδους, ευχαριστημένους πελάτες, κτλ.

Η χρήση της Ικανότητας Διαδικασίας και για διακριτά δεδομένα μας βοηθά να έχουμε σημείο αναφοράς στην διαδικασία και να παρατηρούμε τις βελτιώσεις με τα ειδικά γραφήματα που θα παρουσιάσουμε παρακάτω.

Το παρακάτω διάγραμμα μας θυμίζει του δείκτες που εξετάσαμε μαζί με κάποιους άλλους για τα συνεχή δεδομένα και επιπλέον μας δείχνει για τα διακριτά δεδομένα, που θα εξετάσουμε σ' αυτό το κεφάλαιο, ποιοί είναι οι σημαντικότεροι δείκτες.

Και στις δυο περιπτώσεις το αποτέλεσμα των δεικτών μας δείχνει το επίπεδο σίγμα που βρίσκεται η διαδικασία που εξετάζουμε κάθε φορά.



Με την βοήθεια του παρακάτω σεναρίου θα πραγματοποιήσουμε μελέτη ικανότητας διαδικασίας (process capability study) για τα διακριτά δεδομένα και παράλληλα θα επεξηγήσουμε τους ειδικούς δείκτες που χρησιμοποιούνται για την μελέτη π.χ. DPU, DPMO, κτλ.

Έστω ότι έχουμε μια εταιρία υπολογιστών και παραδίδει τα προϊόντα της σε πελάτες που βρίσκονται σε όλη την ελληνική επικράτεια.

Οι πελάτες έχουν εκφράσει την δυσαρέσκεια τους ότι λαμβάνουν με καθυστέρηση τα προϊόντα που παρήγγειλαν. Η εταιρία έχει παρατηρήσει ότι από τα 100000 προϊόντα που παραδίδει το χρόνο στους πελάτες της τα 4000 παραδίδονται με καθυστερημένη ημερομηνία από αυτή που έχουν προγραμματίσει.

Άρα, για να προχωρήσουμε στη βελτίωση της διαδικασίας παράδοσης προϊόντων στους πελάτες πρέπει να πραγματοποιήσουμε μελέτη ικανότητας διαδικασίας.

$$\text{Προϊόντα με έγκαιρη παράδοση: } \frac{96000}{100000} \times 100 = 96\%$$

$$\text{Προϊόντα με καθυστερημένη παράδοση: } \frac{4000}{100000} \times 100 = 4\%$$

Στην περίπτωση μας όπου η ευκαιρία (opportunity) είναι 1 (δηλ. εμπρόθεσμη ή εκπρόθεσμη παράδοση), έχουμε:

$$\text{DPU - Defects per Unit (Ελαττωματικά ανά μονάδα): } \frac{4000}{100000} = 0,04$$

$$\text{DPO – Defects per Opportunity (ελαττωματικά ανά ευκαιρία): } \frac{4000}{1 \times 100000} = 0,04$$

DPMO - Defects per Million Opportunities (Ελαττωματικά ανά εκατομμύριο

$$\text{ευκαιριών) = } \frac{4000 \times 1000000}{1 \times 100000} = 40000$$

Έχοντας τα παραπάνω δεδομένα και με την βοήθεια του πίνακα πιθανοτήτων κανονικής κατανομής (βλ. παρακάτω) μπορούμε να βρούμε την μακροπρόθεσμη ικανότητα της διαδικασίας και με την μετατόπιση που υπάρχει στο 'σ', δηλαδή $\pm 1.5\sigma$, υπολογίζουμε το βραχυπρόθεσμο 'σ', δηλαδή το 'σ' που λειτουργεί αυτή την στιγμή η διαδικασία.

Αν η παραπάνω απεικόνιση της διαδικασίας αναλυθεί πιο πολύ και φανεί μέσα από την ανάλυση ότι δεν είναι μόνο μια αιτία υπεύθυνη για την καθυστέρηση αλλά κάθε βήμα της διαδικασίας έχει το δικό του βαθμό ευθύνης, τότε πρέπει να γίνει ξεχωριστή μελέτη ικανότητας για κάθε βήμα και να προσπαθήσουμε να αυξήσουμε την ικανότητα του καθενός ξεχωριστά δίνοντας έμφαση σ' αυτό που ευθύνεται περισσότερο.

z	Πιθανότητα	z	Πιθανότητα	z	Πιθανότητα	z	Πιθανότητα	z	Πιθανότητα	z	Πιθανότητα	z	Πιθανότητα	z	Πιθανότητα	z	Πιθανότητα	z	Πιθανότητα		
0,00	0,5000	0,31	0,3783	0,62	0,2676	0,93	0,1762	1,24	0,1075	1,55	0,0606	1,86	0,0314	2,85	0,00219						
0,01	0,4960	0,32	0,3745	0,63	0,2643	0,94	0,1736	1,25	0,1057	1,56	0,0594	1,87	0,0307	2,90	0,00187						
0,02	0,4920	0,33	0,3707	0,64	0,2611	0,95	0,1711	1,26	0,1038	1,57	0,0582	1,88	0,0301	2,95	0,00159						
0,03	0,4880	0,34	0,3669	0,65	0,2578	0,96	0,1685	1,27	0,1020	1,58	0,0571	1,89	0,0294	3,00	0,00135						
0,04	0,4840	0,35	0,3632	0,66	0,2546	0,97	0,1660	1,28	0,1003	1,59	0,0559	1,90	0,0287	3,05	0,00114						
0,05	0,4801	0,36	0,3594	0,67	0,2514	0,98	0,1635	1,29	0,0985	1,60	0,0548	1,91	0,0281	3,10	0,00097						
0,06	0,4761	0,37	0,3557	0,68	0,2483	0,99	0,1611	1,30	0,0968	1,61	0,0537	1,92	0,0274	3,15	0,00082						
0,07	0,4721	0,38	0,3520	0,69	0,2451	1,00	0,1587	1,31	0,0951	1,62	0,0526	1,93	0,0268	3,20	0,00069						
0,08	0,4681	0,39	0,3483	0,70	0,2420	1,01	0,1562	1,32	0,0934	1,63	0,0516	1,94	0,0262	3,25	0,00058						
0,09	0,4641	0,40	0,3446	0,71	0,2389	1,02	0,1539	1,33	0,0918	1,64	0,0505	1,95	0,0256	3,30	0,00048						
0,10	0,4602	0,41	0,3409	0,72	0,2358	1,03	0,1515	1,34	0,0901	1,65	0,0495	1,96	0,0250	3,35	0,00040						
0,11	0,4562	0,42	0,3372	0,73	0,2327	1,04	0,1492	1,35	0,0885	1,66	0,0485	1,97	0,0244	3,40	0,00034						
0,12	0,4522	0,43	0,3336	0,74	0,2297	1,05	0,1469	1,36	0,0869	1,67	0,0475	1,98	0,0239	3,45	0,00028						
0,13	0,4483	0,44	0,3300	0,75	0,2266	1,06	0,1446	1,37	0,0853	1,68	0,0465	1,99	0,0233	3,50	0,00023						
0,14	0,4443	0,45	0,3264	0,76	0,2236	1,07	0,1423	1,38	0,0838	1,69	0,0455	2,00	0,0228	3,55	0,00019						
0,15	0,4404	0,46	0,3228	0,77	0,2207	1,08	0,1401	1,39	0,0823	1,70	0,0445	2,05	0,0202	3,60	0,00015						
0,16	0,4364	0,47	0,3192	0,78	0,2177	1,09	0,1379	1,40	0,0808	1,71	0,0436	2,10	0,0179	3,65	0,00013						
0,17	0,4325	0,48	0,3156	0,79	0,2148	1,10	0,1357	1,41	0,0793	1,72	0,0427	2,15	0,0158	3,70	0,00010						
0,18	0,4286	0,49	0,3121	0,80	0,2119	1,11	0,1335	1,42	0,0778	1,73	0,0418	2,20	0,0139	3,75	0,00008						
0,19	0,4247	0,50	0,3086	0,81	0,2090	1,12	0,1314	1,43	0,0764	1,74	0,0409	2,25	0,0122	3,80	0,00007						
0,20	0,4207	0,51	0,3050	0,82	0,2061	1,13	0,1292	1,44	0,0749	1,75	0,0401	2,30	0,0107	3,85	0,00005						
0,21	0,4168	0,52	0,3015	0,83	0,2033	1,14	0,1271	1,45	0,0735	1,76	0,0392	2,35	0,0094	3,90	0,00004						
0,22	0,4129	0,53	0,2981	0,84	0,2005	1,15	0,1251	1,46	0,0721	1,77	0,0384	2,40	0,0082	3,95	0,00003						
0,23	0,4090	0,54	0,2946	0,85	0,1977	1,16	0,1230	1,47	0,0708	1,78	0,0375	2,45	0,0071	4,00	0,00003						
0,24	0,4052	0,55	0,2912	0,86	0,1949	1,17	0,1210	1,48	0,0694	1,79	0,0367	2,50	0,0062	4,05	0,00002						
0,25	0,4013	0,56	0,2877	0,87	0,1922	1,18	0,1190	1,49	0,0681	1,80	0,0359	2,55	0,0054	4,10	0,00002						
0,26	0,3974	0,57	0,2843	0,88	0,1894	1,19	0,1170	1,50	0,0668	1,81	0,0351	2,60	0,0047	4,15	0,00001						
0,27	0,3936	0,58	0,2810	0,89	0,1867	1,20	0,1151	1,51	0,0655	1,82	0,0344	2,65	0,0040	4,20	0,00001						
0,28	0,3897	0,59	0,2776	0,90	0,1841	1,21	0,1131	1,52	0,0643	1,83	0,0336	2,70	0,0035	4,25	0,00001						
0,29	0,3859	0,60	0,2743	0,91	0,1814	1,22	0,1112	1,53	0,0630	1,84	0,0329	2,75	0,0030	4,30	0,00000						
0,30	0,3821	0,61	0,2709	0,92	0,1788	1,23	0,1093	1,54	0,0618	1,85	0,0322	2,80	0,0026	4,35	0,00000						
														4,40	0,00000						
														4,45	0,00000						
														4,50	0,00000						

Πίνακας Πιθανοτήτων κανονικής κατανομής

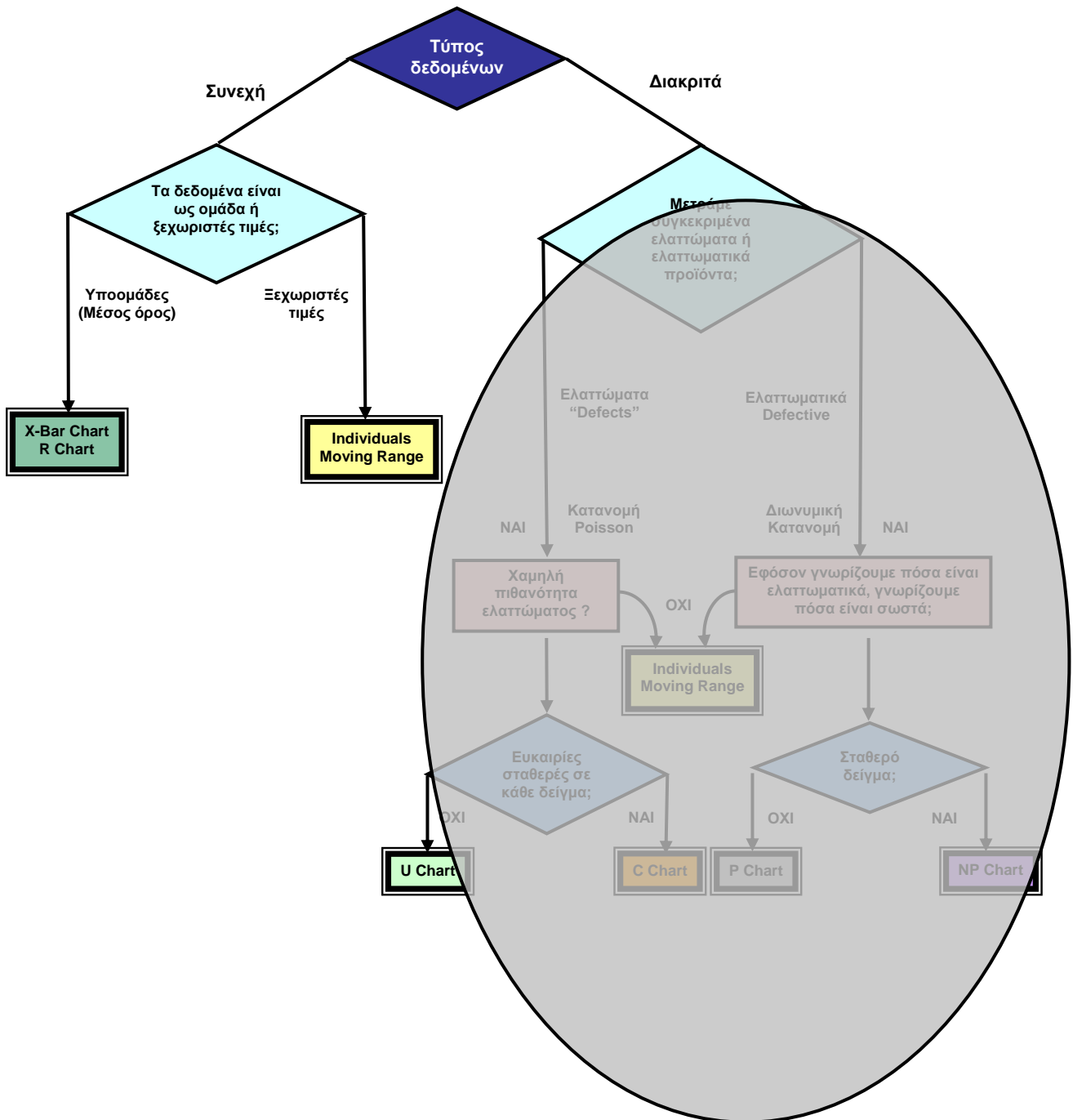
Σχήμα 3.41

Άρα η μακροπρόθεσμη ικανότητα της διαδικασίας είναι 1.75 και το βραχυπρόθεσμο 'σ' είναι $1.75 + 1.5 = 3.25$, όπου το 1.5 είναι η μετατόπιση που δίνεται στο 'σ'.

Ο δείκτης C_{pk} , που όπως είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο είναι η πραγματική ικανότητα λαμβάνοντας υπόψη όλες τις διανεμόμενες τιμές υπολογίζεται ως εξής: η τιμή 'σ' που τρέχει η διαδικασία προς το μισό του πλάτους της διανομής, δηλαδή στην περίπτωση μας $C_{pk} = 3.25 / 3 = 1.083$.

3.19 Γραφική Ανάλυση και Γραφήματα Ελέγχου συνεχών δεδομένων χρησιμοποιώντας το SPC XL (Statistical Process Control)

Με το παρακάτω διάγραμμα ροής δείχνουμε, ανάλογα με τον τύπο δεδομένων που έχουμε, πως καταλήγουμε και ποια γραφήματα ελέγχου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε.



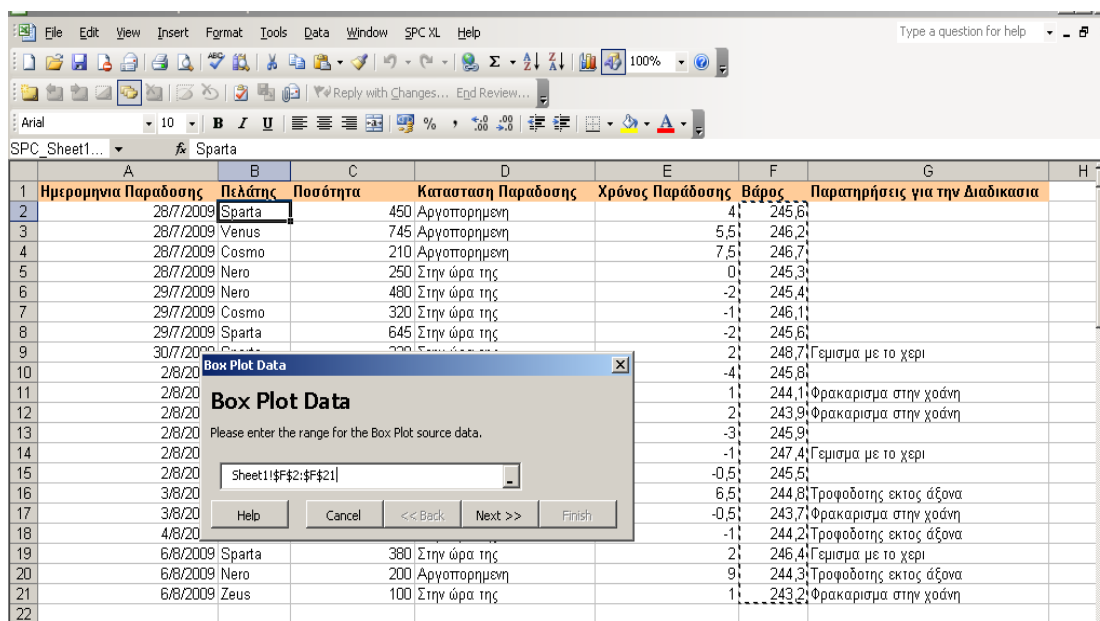
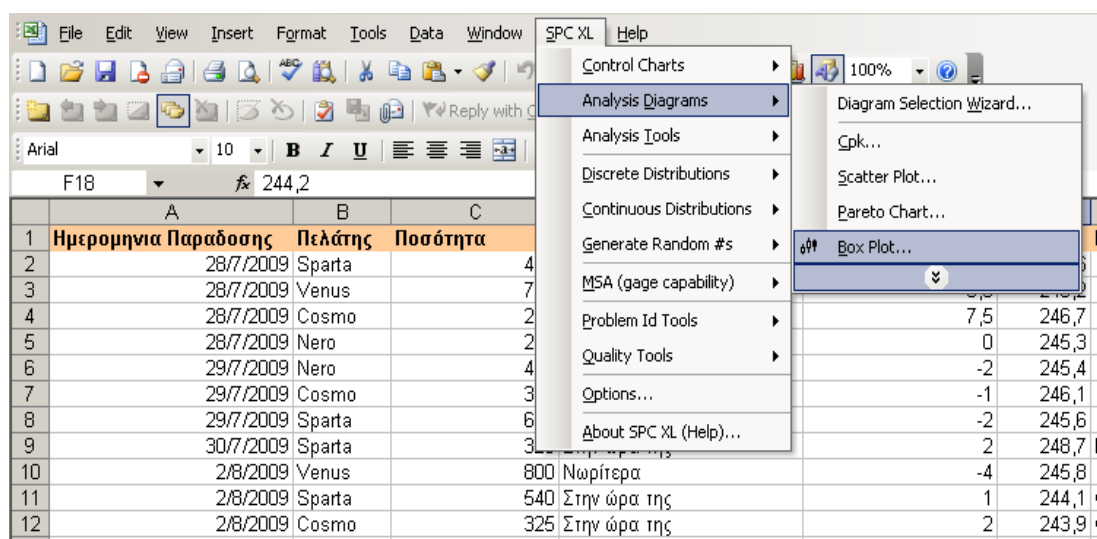
Διάγραμμα ροής για την επιλογή του σωστού διαγράμματος ελέγχου

Σχήμα 3.42

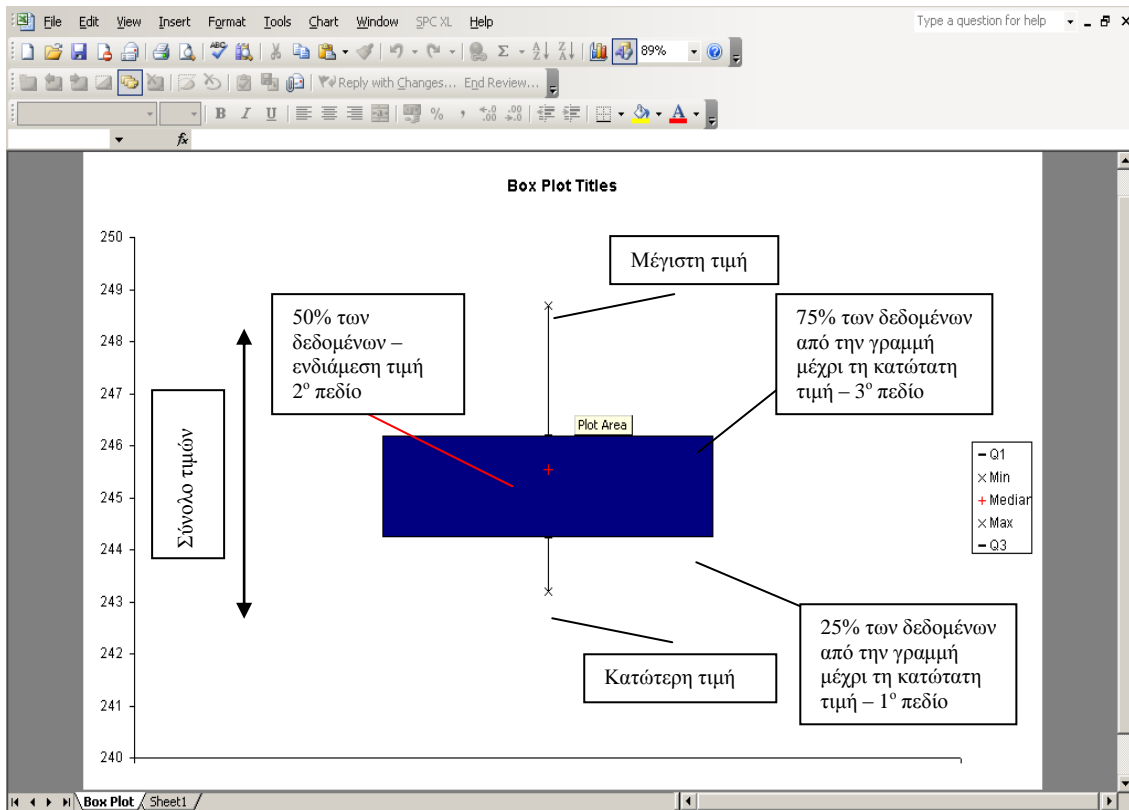
Με την βοήθεια ενός απλού παραδείγματος θα χρησιμοποιήσουμε διάφορα εργαλεία γραφικής ανάλυσης και γραφημάτων ελέγχου συνεχών δεδομένων (εκτός του Pareto που έχουμε ήδη εξετάσει αλλά και των γραφημάτων ‘πίτας’ και ‘μπάρας’ που είναι γνωστά) με την χρήση του SPC XL, ώστε να γνωρίσουμε την χρήση τους αλλά και να εξοικειωθούμε με το SPC XL.

◆ **Box plot**

Είναι ένας βολικός τρόπος να παρουσιάζουμε τα ευρήματα των συνεχών δεδομένων που έχουμε συλλέξει. Χρησιμοποιείται για να συγκρίνουμε διαδικασίες και να εξετάσουμε την μεταβλητότητα και σταθερότητα του συστήματος.



Σχήμα 3.43

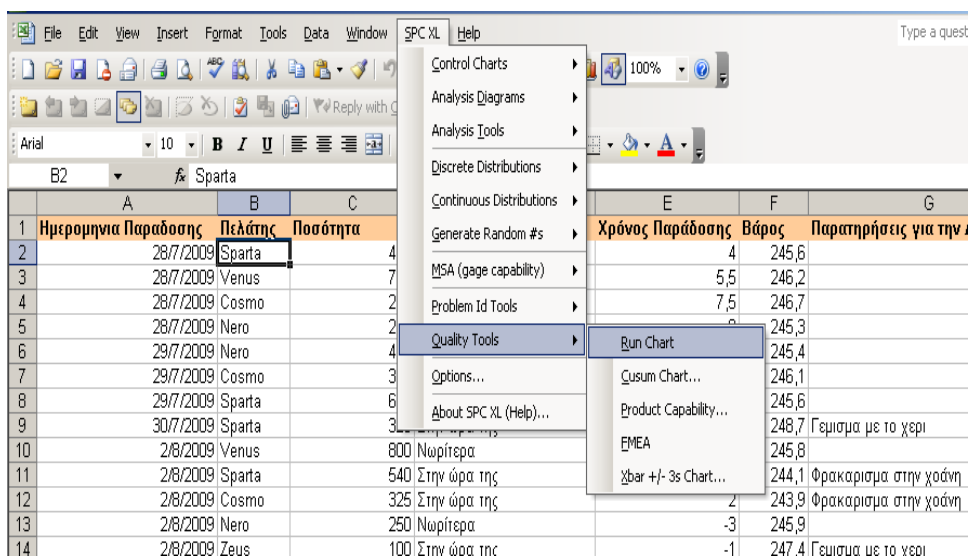


Γράφημα 3.15

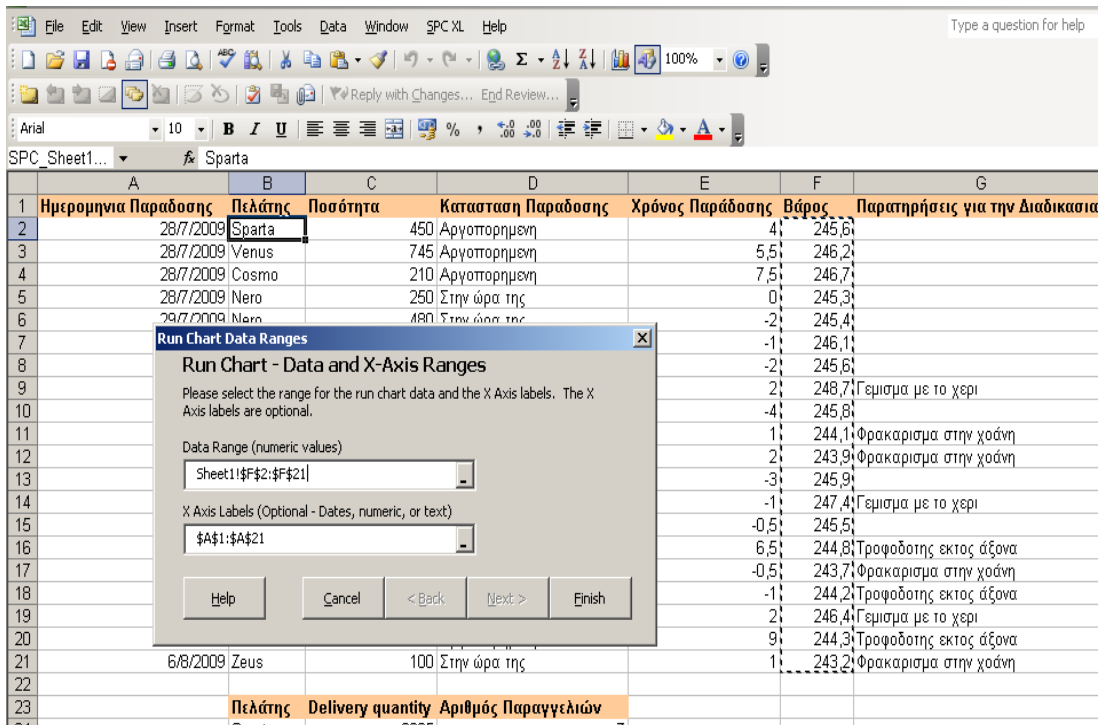
◆ **Run Chart**

Με αυτό το γράφημα μπορούμε να εξετάσουμε τα μεταβλητά δεδομένα.

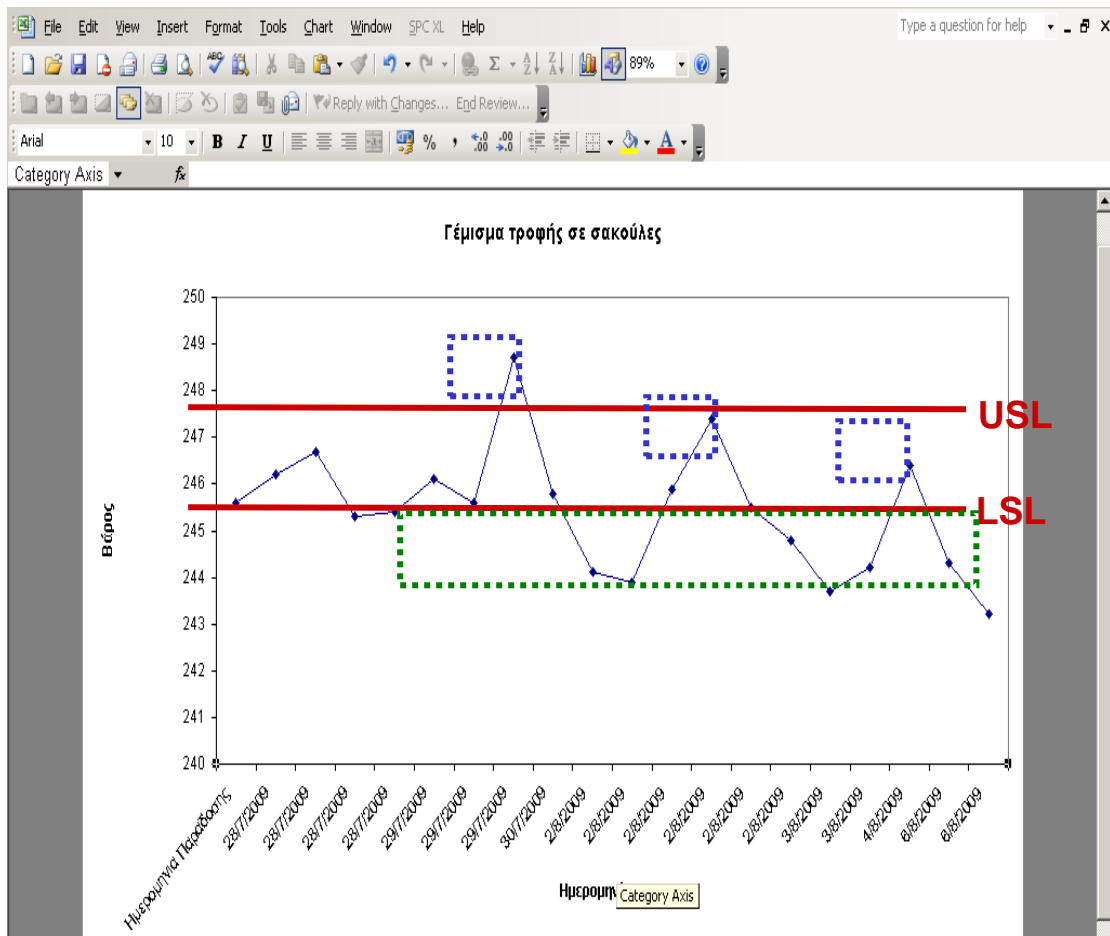
Χρησιμοποιείται για να παρακολουθούμε την σταθερότητα και την μεταβλητότητα της διαδικασίας καθώς και να αναγνωρίζει τάσεις και ασυνήθιστα γεγονότα στην διαδικασία.



Σχήμα 3.44



Σχήμα 3.45

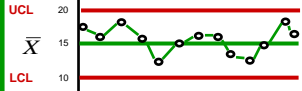

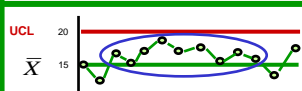
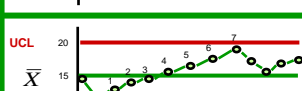
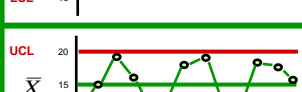


Γράφημα 3.16

	F	G	
1	Βάρος	Παρατηρήσεις για την Διαδικασία	
2	245,6		
3	246,2		
4	246,7		
5	245,3		
6	245,4		
7	246,1		
8	245,6		
9	248,7	Γεμισμα με το χερι	.....
10	245,8		
11	244,1	Φρακαρισμα στην χοάνη	.....
12	243,9	Φρακαρισμα στην χοάνη	.....
13	245,9		.....
14	247,4	Γεμισμα με το χερι	.....
15	245,5		
16	244,8	Τροφοδοτης εκτος άξονα	.....
17	243,7	Φρακαρισμα στην χοάνη	.....
18	244,2	Τροφοδοτης εκτος άξονα	.....
19	246,4	Γεμισμα με το χερι	.....
20	244,3	Τροφοδοτης εκτος άξονα	.....
21	243,2	Φρακαρισμα στην χοάνη	.....
22			

Σχήμα 3.46

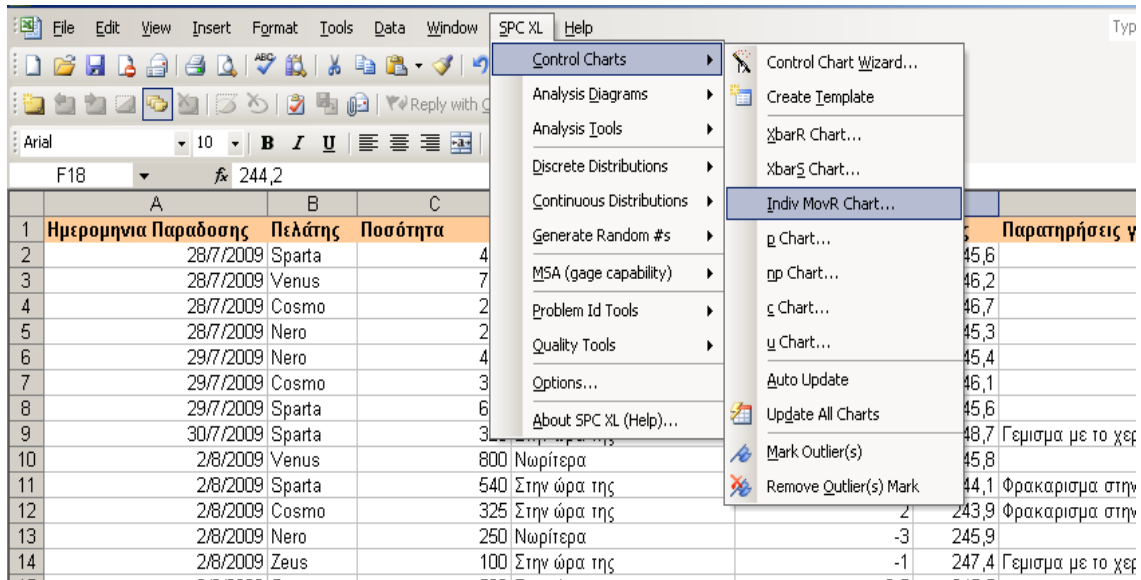
Γενικοί κανόνες για την χρήση γραφημάτων ελέγχου.

Γράφημα	Περιγραφή	Παράδειγμα	Επεξήγηση
Διαδικασία υπό έλεγχο	Τα σημεία του γραφήματος δεν σχηματίζουν κάποιο συγκεκριμένο σχήμα και βρίσκονται μεταξύ των ορίων.		Δεν έχει ξεφύγει από τους κανόνες. Η διαδικασία είναι σταθερή και υπό έλεγχο. Υπάρχει πάντα η δυνατότητα να βελτιωθεί η διαδικασία μειώνοντας τις αποκλίσεις.
Διαδικασία εκτός ελέγχου	Τα σημεία του γραφήματος σχηματίζουν κάποιο συγκεκριμένο σχήμα και κάποια βρίσκονται εκτός των ορίων.		1 ή περισσότερα σημεία εκτός ορίων. Όταν ένα σημείο είναι εκτός ορίων, η διαδικασία μπορεί να μην είναι πλέον υπό έλεγχο. Πρέπει να βρούμε και να εξετάσουμε τους λόγους και μετά να αποφασίσουμε διορθωτικές λύσεις.
'Run'	Η μεγάλη πλειοψηφία των σημείων του γραφήματος βρίσκονται από την μια πλευρά της ενδιάμεσης γραμμής.		7-9 σημεία από την μια πλευρά της ενδιάμεσης γραμμής. Η μέση τιμή για την διαδικασία που ακολουθούμε μπορεί να έχει αλλάξει. Πρέπει να εξεταστεί και να ενημερωθούν οι χειριστές ώστε να εξετάσουν τις μηχανές.
Τάση	Μια συνεχής αυξητική ή μειωτική τάση.		6-7 σημεία στην σειρά διαμορφώνουν αυξητική ή μειωτική τάση. Αυτό σημαίνει ότι κάτι δεν πάει καλά στην διαδικασία. Συνήθως αυτό συμβαίνει από καταπόνηση εργαλείων, κακή συντήρηση, αναγκαιότητα για περαιτέρω εκπαίδευση των χειριστών, κτλ.
Κύκλος	Τα σημεία παρουσιάζουν παρόμοιο σχηματισμό σε περίπου αντίστοιχα χρονικά στάδια.		Επαναλαμβανόμενοι κύκλοι. Πρέπει να εξεταστεί η διαδικασία και να ελέγξουμε το φόρτο εργασίας να είναι ανάλογος σε όλα τα χρονικά στάδια.

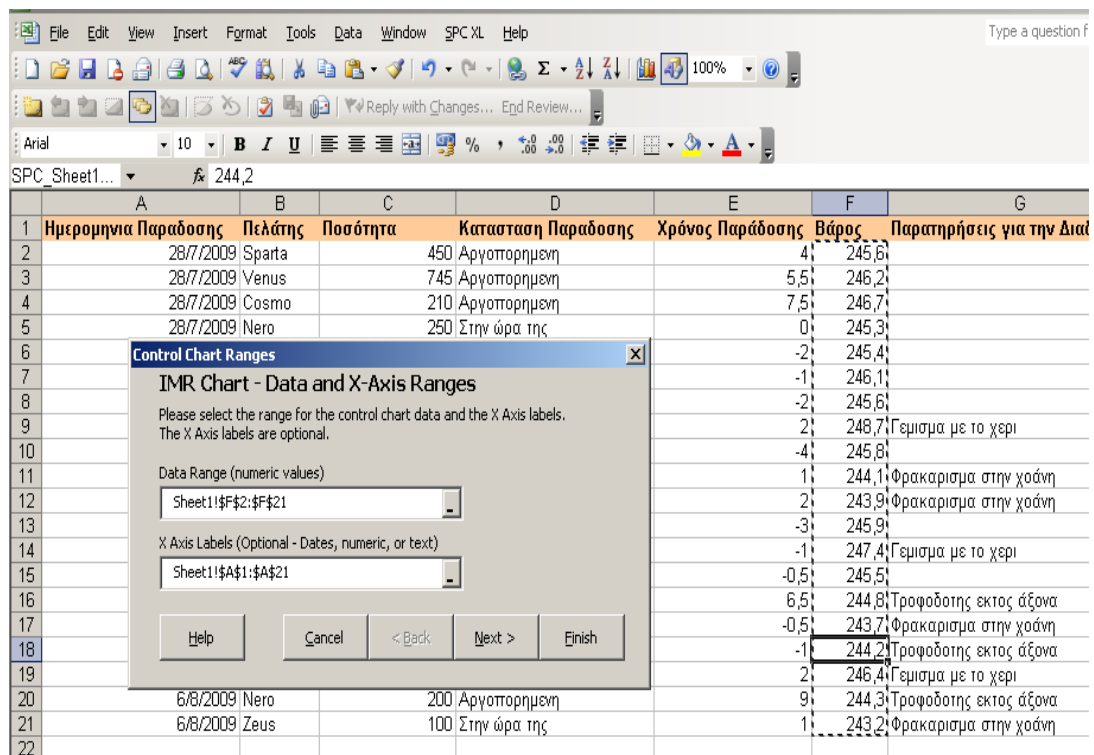
Σχήμα 3.47

◆ **Indiv MovR Chart (individuals and moving range chart)**

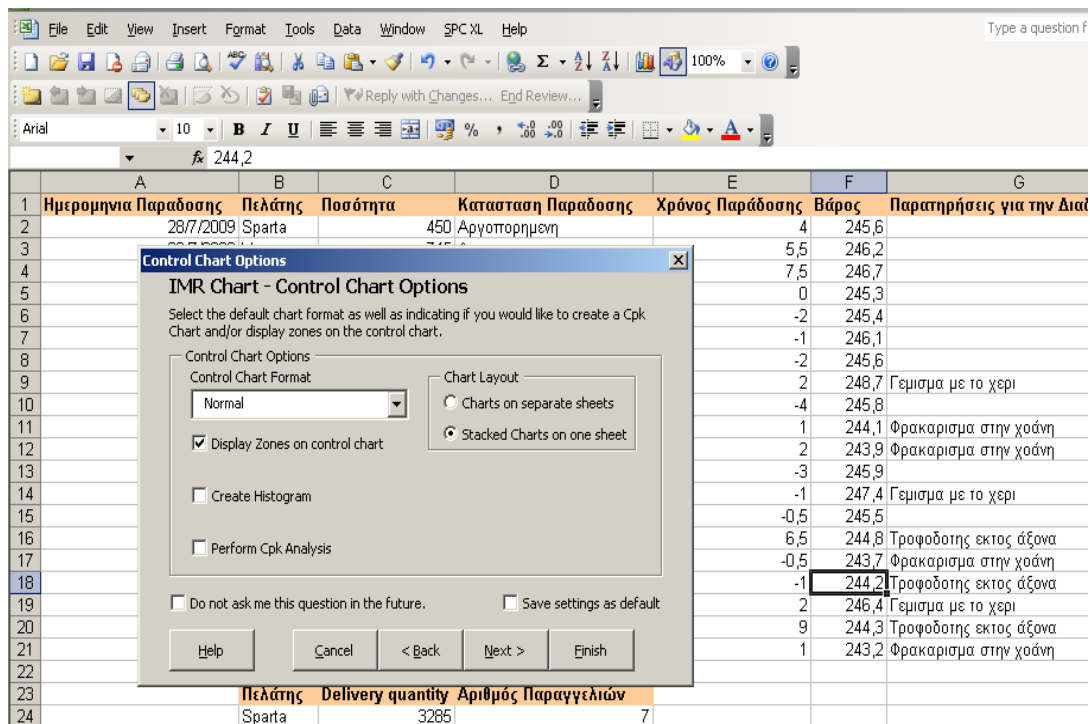
Τα διαγράμματα I-MR μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με τους δυο τύπους δεδομένων (συνεχή και διακριτά) και είναι πολύ ευπροσάρμοστα.



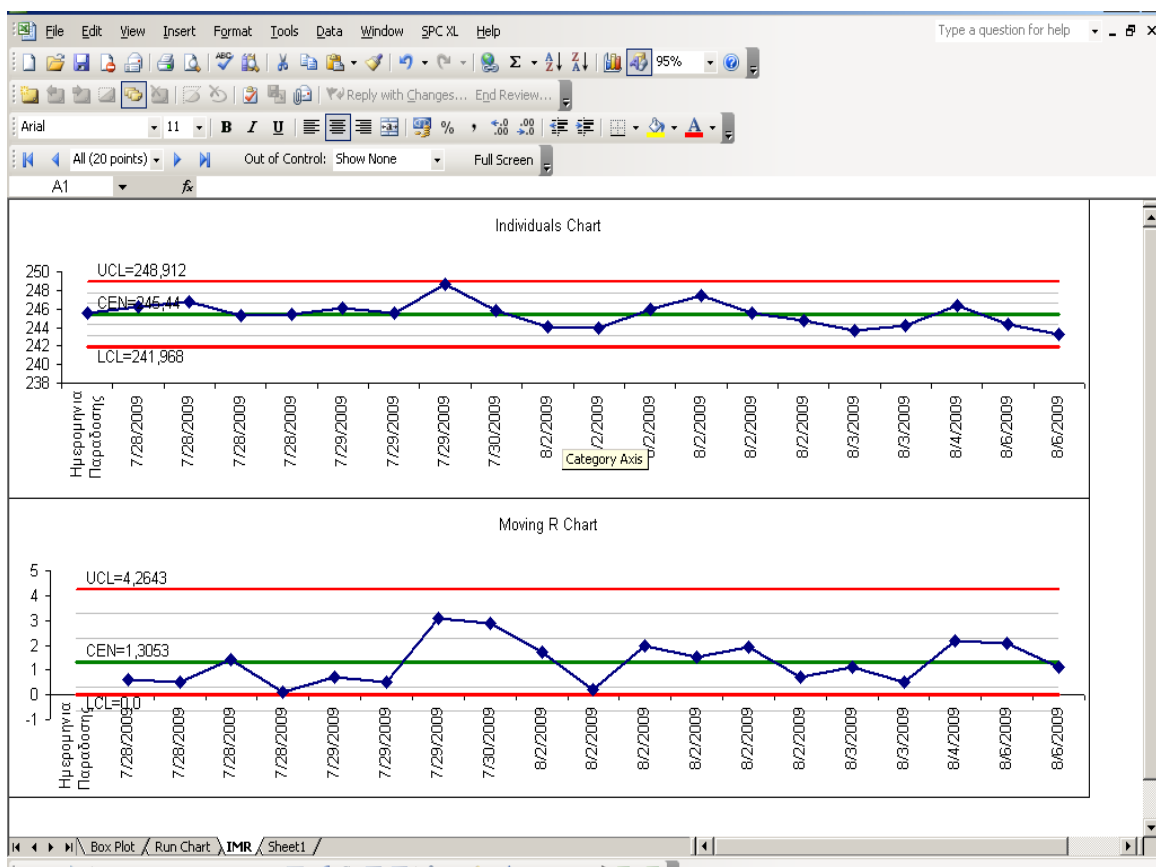
Σχήμα 3.48



Σχήμα 3.49



Σχήμα 3.50



Γράφημα 3.17

♦ **Διαγράμματα X bar - R**

Τα διαγράμματα X bar – R μας δίνουν την δυνατότητα να αναγνωρίζουμε την ύπαρξη κάποιου αίτιου που προκαλεί πρόβλημα στην διαδικασία. Αυτό γίνεται όμως όταν αυτό το αίτιο βρίσκεται μεταξύ των υποομάδων. Δηλαδή δεν μπορεί να αναγνωρίσει αίτιο αν αυτό βρίσκεται μέσα σε κάποια από τις υποομάδες.

Άρα, πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί στην επιλογή των υποομάδων..

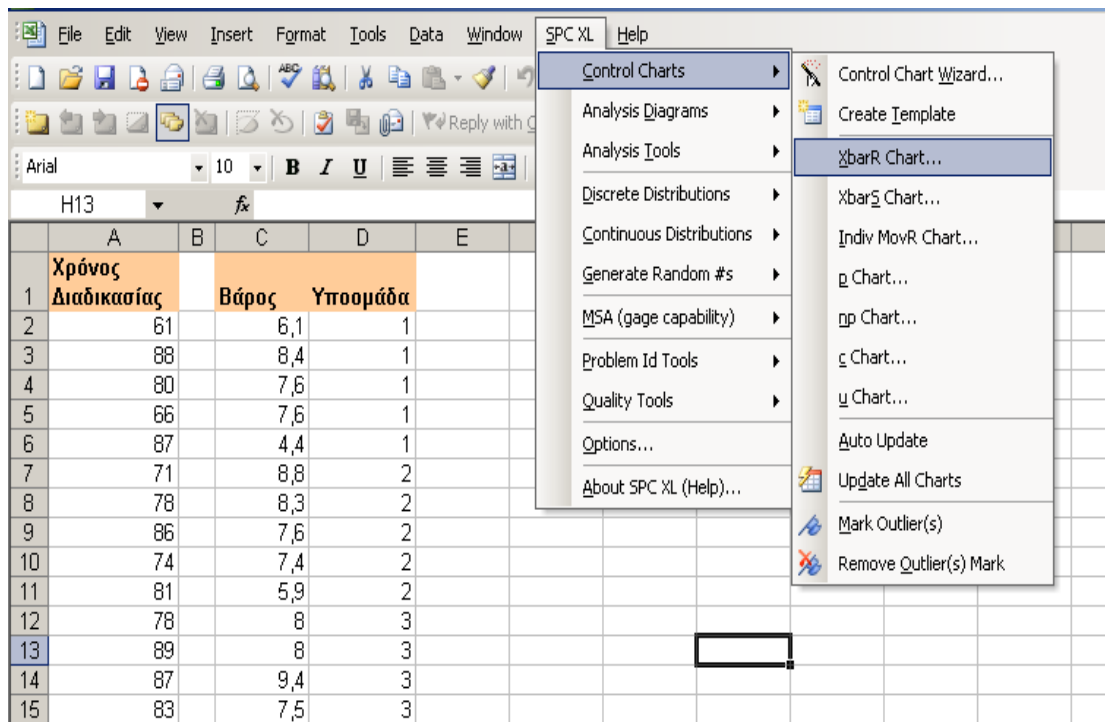
Χρησιμοποιώντας ένα διαφορετικό παράδειγμα θα ελέγξουμε αν η διαδικασία που ακολουθείται είναι υπό έλεγχο με την βοήθεια του διαγράμματος ελέγχου XbarR Chart (Διάγραμμα μέσης τιμής και πεδίου τιμών).

Ας υποθέσουμε ότι εξετάζουμε το βάρος των αποβλήτων που βγαίνουν από ένα εργοστάσιο.

Κάθε 2 ώρες παίρνουμε 5 μετρήσεις με απόσταση 5 λεπτών η κάθε μία.

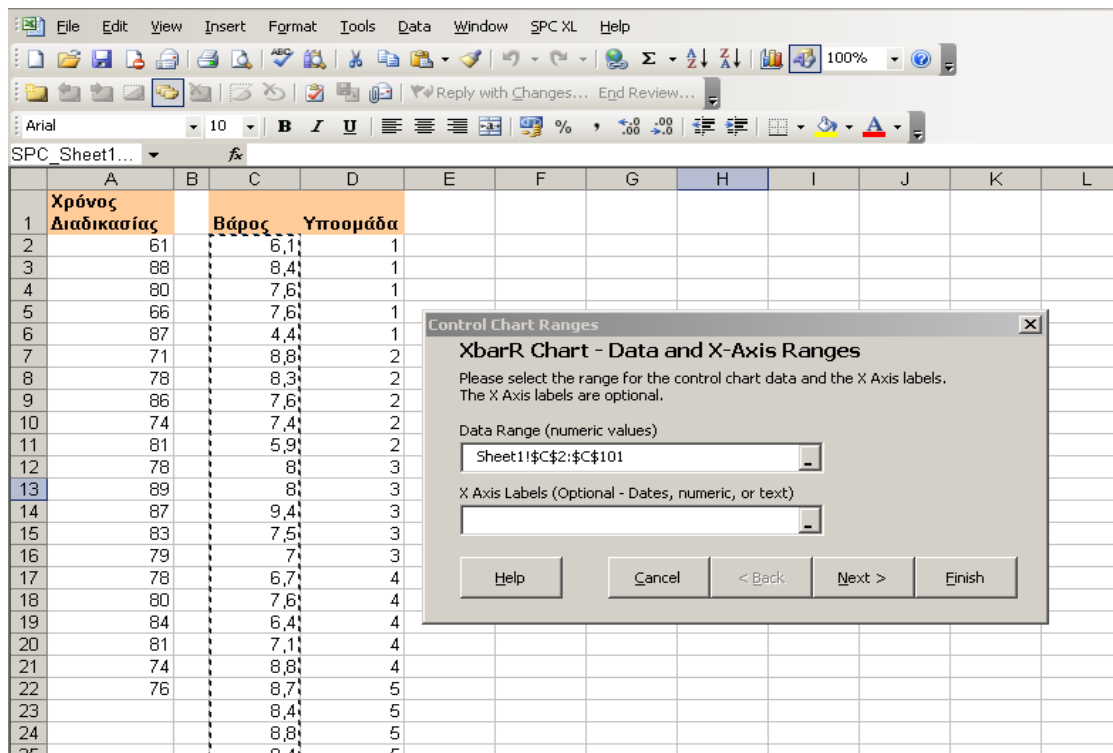
Ως πάνω όριο θέτουμε το 8.2 Kg.

Ο λόγος που μας δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε το διάγραμμα ελέγχου XbarR Chart, είναι διότι τα δεδομένα συγκεντρώνονται σε υποομάδες, δηλαδή 5 κάθε 2 ώρες. Άρα,

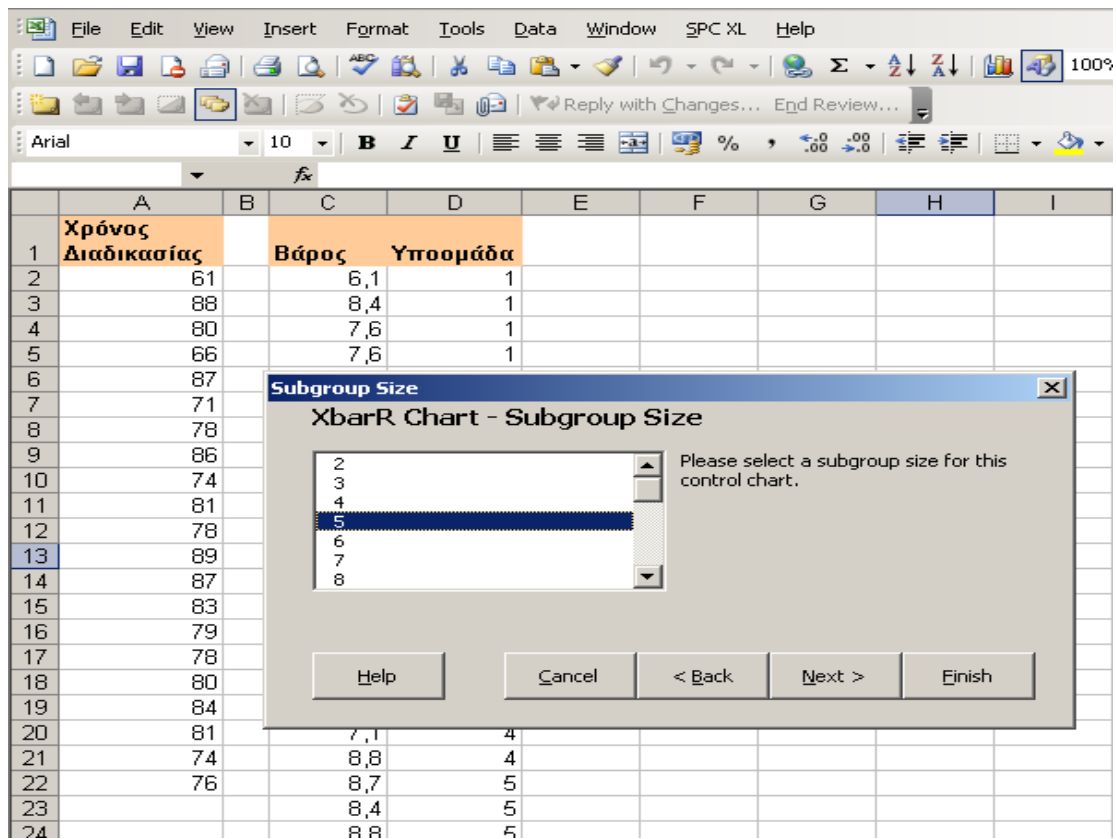


	A	B	C	D	E
1	Χρόνος Διαδικασίας		Βάρος	Υποομάδα	
2		61	6,1	1	
3		88	8,4	1	
4		80	7,6	1	
5		66	7,6	1	
6		87	4,4	1	
7		71	8,8	2	
8		78	8,3	2	
9		86	7,6	2	
10		74	7,4	2	
11		81	5,9	2	
12		78	8	3	
13		89	8	3	
14		87	9,4	3	
15		83	7,5	3	

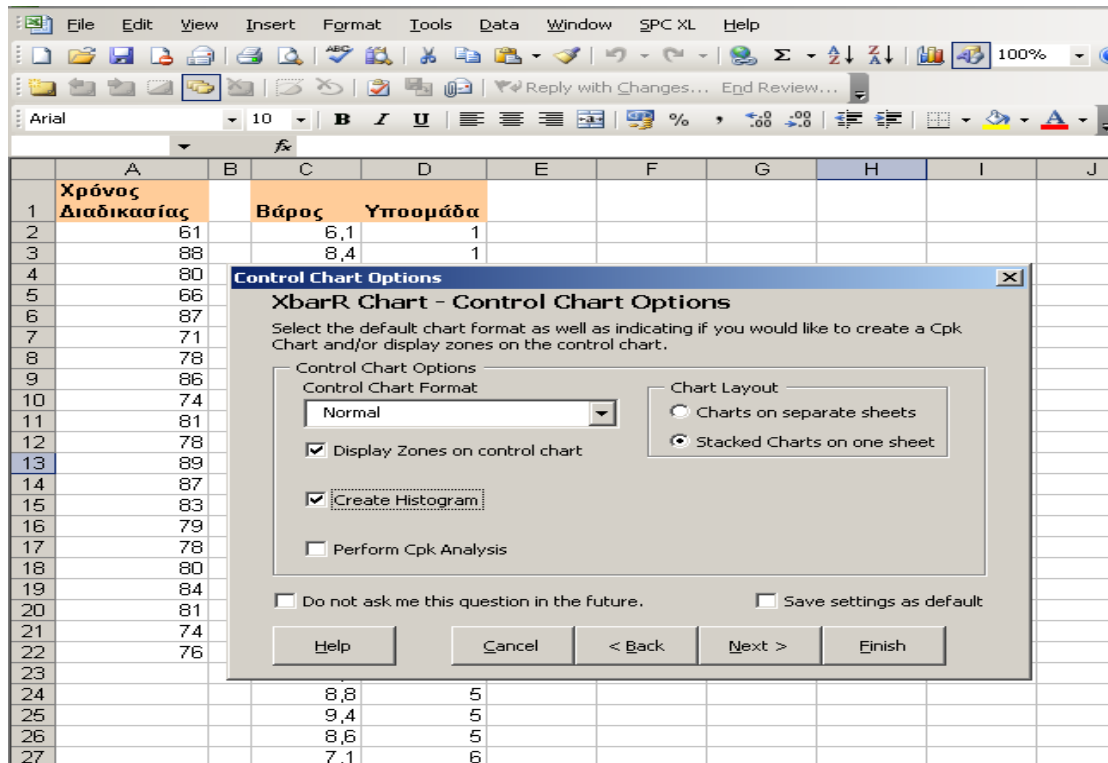
Σχήμα 3.51



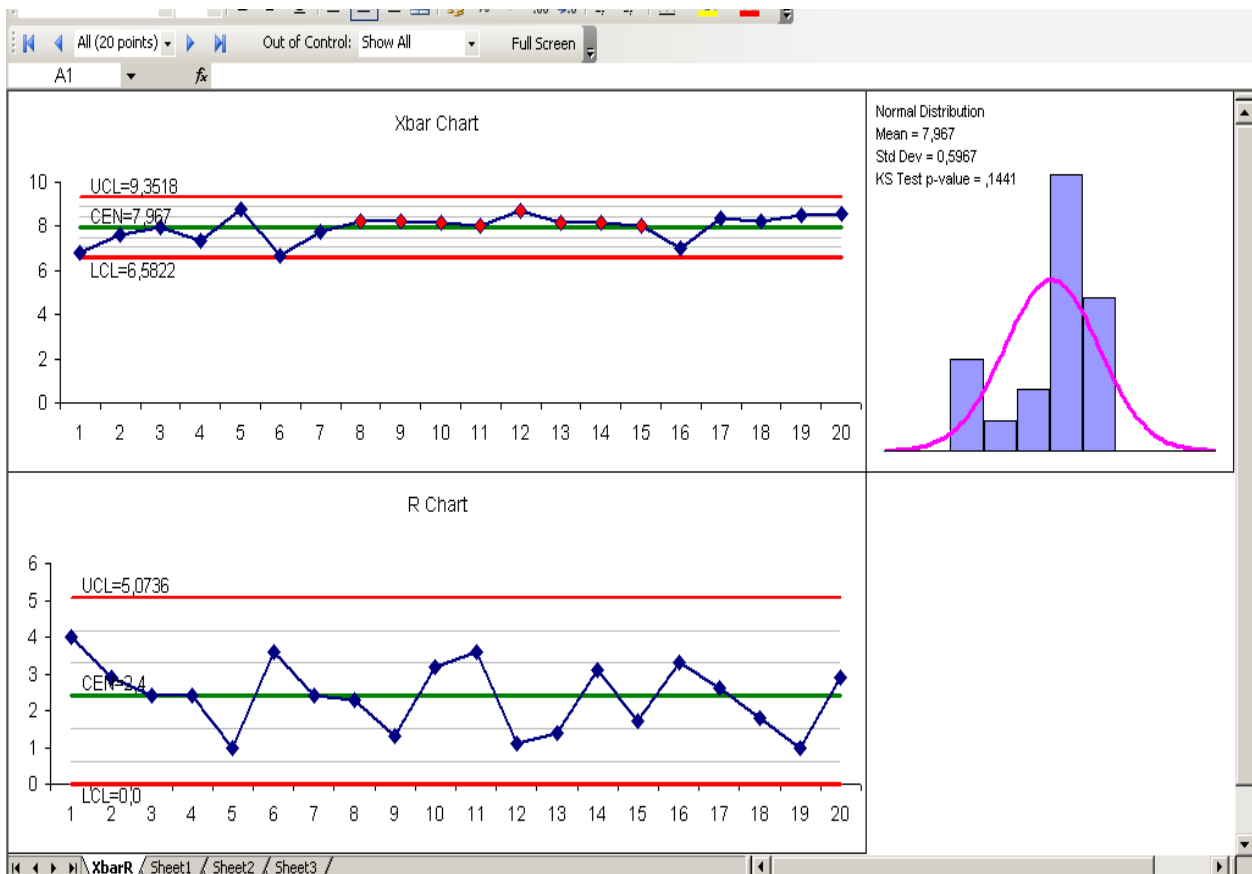
Σχήμα 3.52



Σχήμα 3.53



Σχήμα 3.54



Γράφημα 3.18

Τα σημεία που βρίσκονται στο διάγραμμα Xbar Chart είναι ο μέσος όρος κάθε υποομάδας, με την πράσινη γραμμή να είναι η μέση τιμή των μέσων όρων και οι κόκκινες να ορίζουν τα όρια.

Τα σημεία που βρίσκονται στο R Chart είναι το πεδίο της απόκλισης που έχουν οι τιμές της κάθε υποομάδας, με την πράσινη γραμμή να είναι ο μέσος όρος των αποκλίσεων των πεδίων και οι κόκκινες να ορίζουν τα όρια.

Παραπάνω έχουμε το διάγραμμα ελέγχου XbarR Chart καθώς και το ιστόγραμμα. Πώς όμως ερμηνεύουμε τα διαγράμματα αυτά;

Το αποτέλεσμα του ιστογράμματος σημαίνει ότι:

- Η μέση τιμή των αποβλήτων είναι 7.9Kg.
- Η τυπική απόκλιση της διαδικασίας αποβλήτων είναι 0.59Kg.
- Η p-value είναι 0,1441 άρα > 0.05 . αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία έχει κανονική κατανομή.

Ενώ το αποτέλεσμα του Xbar – R σημαίνει ότι:

- Η διαδικασία μεταξύ των μετρήσεων 8 και 15 βγήκε εκτός ελέγχου διότι καταγράφηκαν 8 συνεχόμενα σημεία πάνω από την μέση τιμή.
- Η απόκλιση της διαδικασίας γενικότερα έχει παραμείνει σταθερή

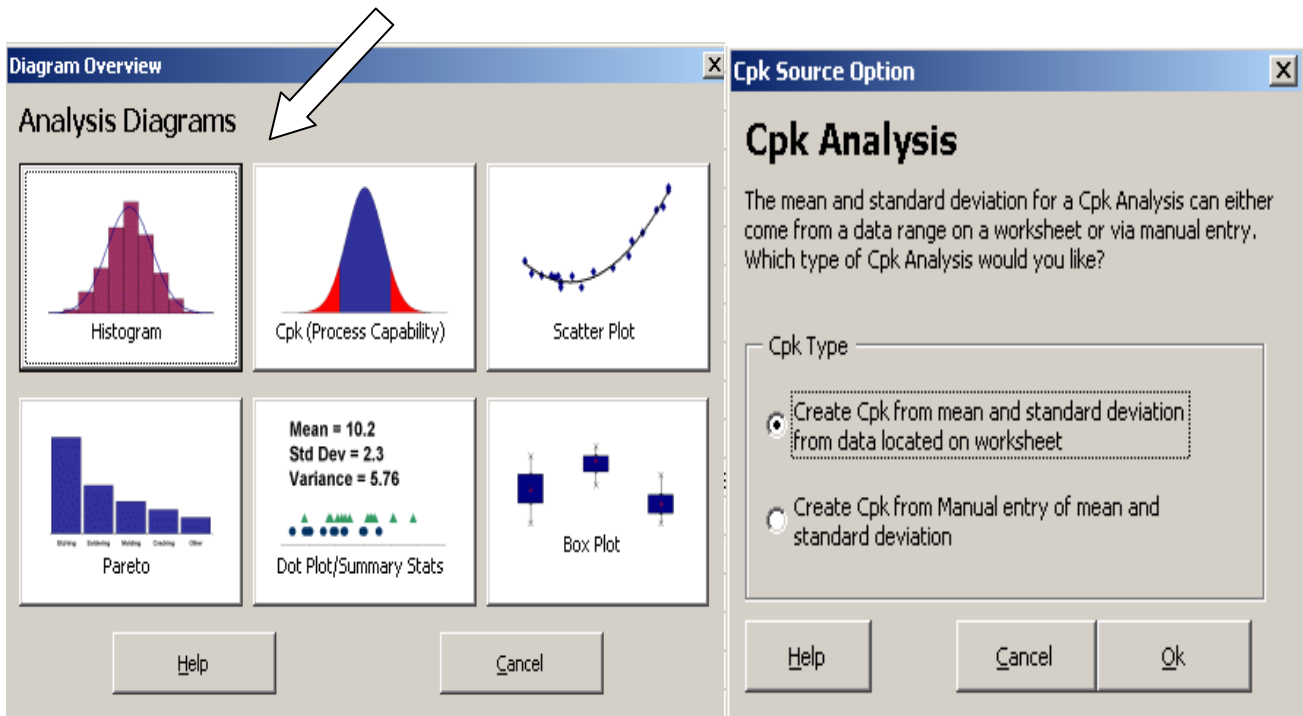
◆ Μελέτες Ικανότητας (Capability Studies)

Είναι ένα είδος οπτικής και αριθμητικής παρουσίασης δεδομένων και χρησιμοποιείται για να διασφαλίζεται η απόδοση των διαδικασιών και σε σχέση με τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις του πελάτη.

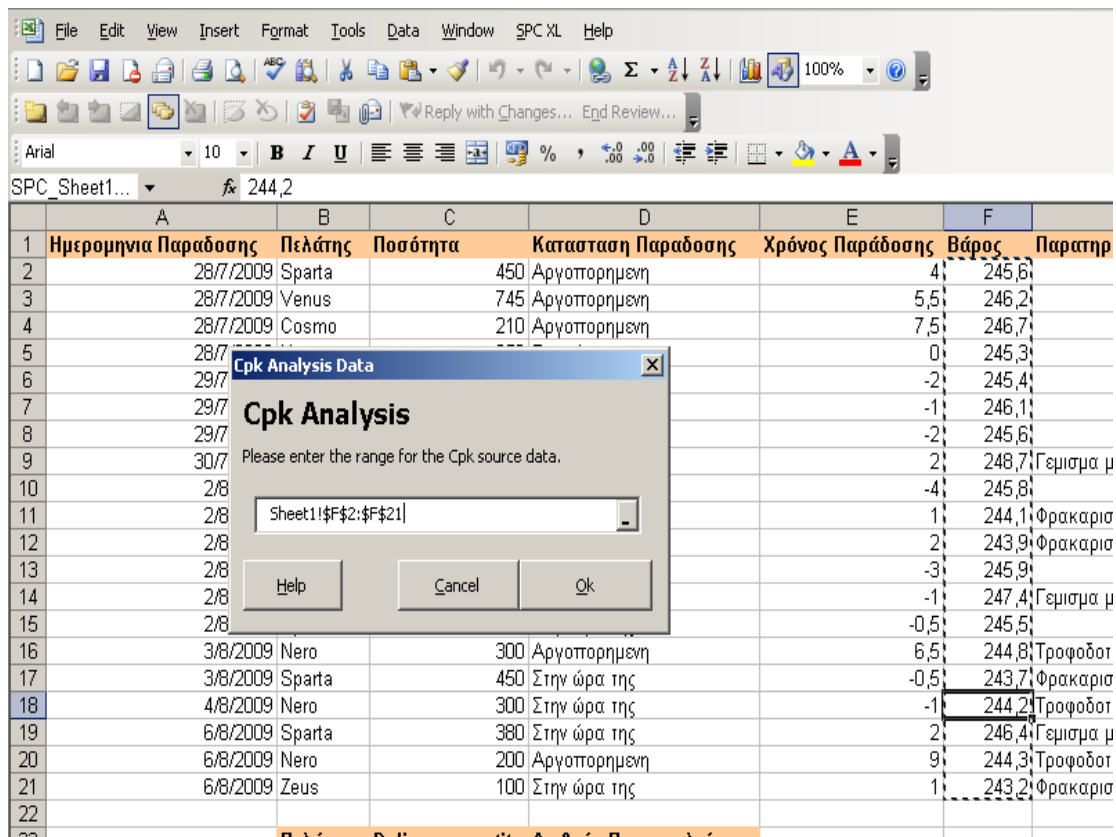
The screenshot shows the Minitab software interface. The main window displays a data table with the following columns: A (Date), B (Customer), and C (Quantity). The data rows are as follows:

	A	B	C
1	Ημερομηνια Παραδοσης	Πελάτης	Ποσότητα
2	28/7/2009	Sparta	4
3	28/7/2009	Venus	7
4	28/7/2009	Cosmo	2
5	28/7/2009	Nero	2
6	29/7/2009	Nero	4
7	29/7/2009	Cosmo	3
8	29/7/2009	Sparta	6
9	30/7/2009	Sparta	3
10	2/8/2009	Venus	800 Νωρίτερα
11	2/8/2009	Sparta	540 Στην ώρα της
12	2/8/2009	Cosmo	325 Στην ώρα της
13	2/8/2009	Nero	250 Νωρίτερα

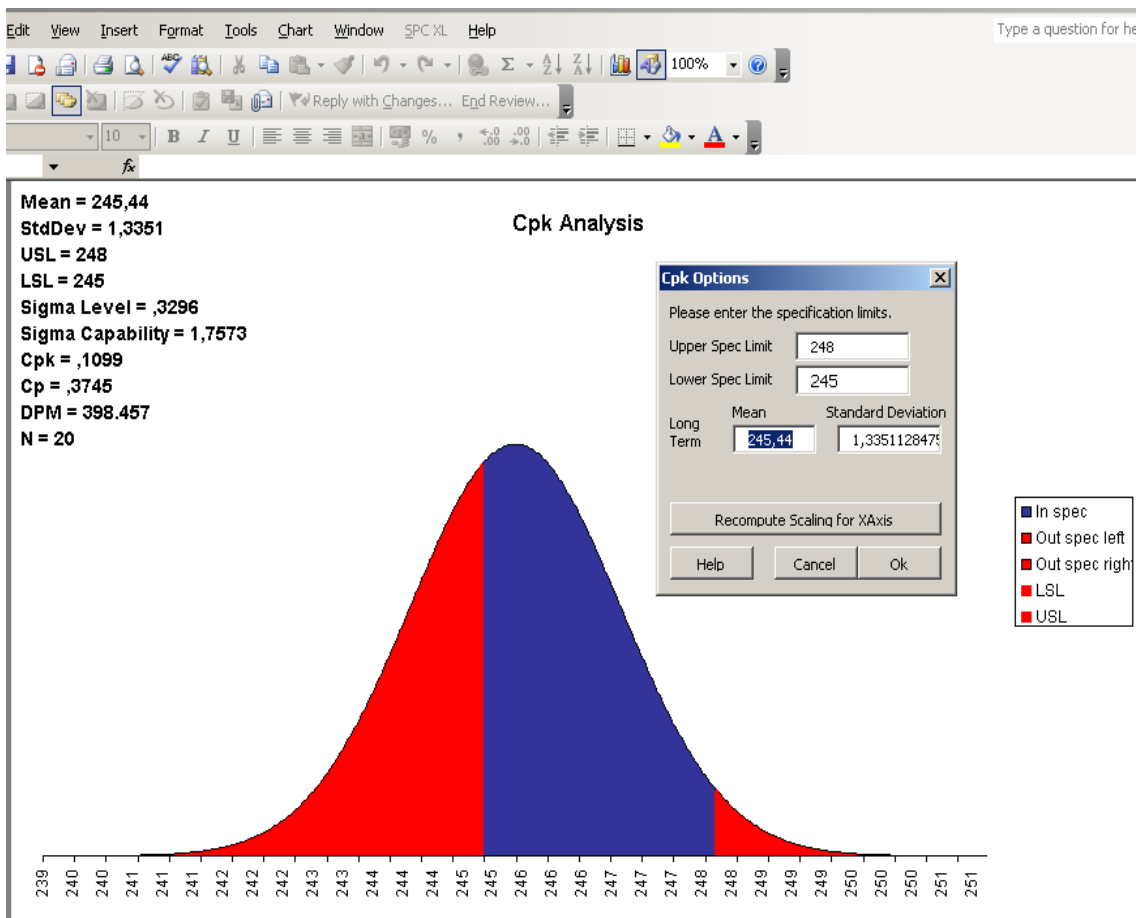
The 'Tools' menu is open, showing 'Control Charts' and 'Analysis Diagrams'. The 'Diagram Selection Wizard...' dialog box is also visible, listing options like Histogram, CpK, Scatter Plot, Pareto Chart, Summary Stats, and Box Plot.



Σχήμα 3.55



Σχήμα 3.56



Γράφημα 3.19

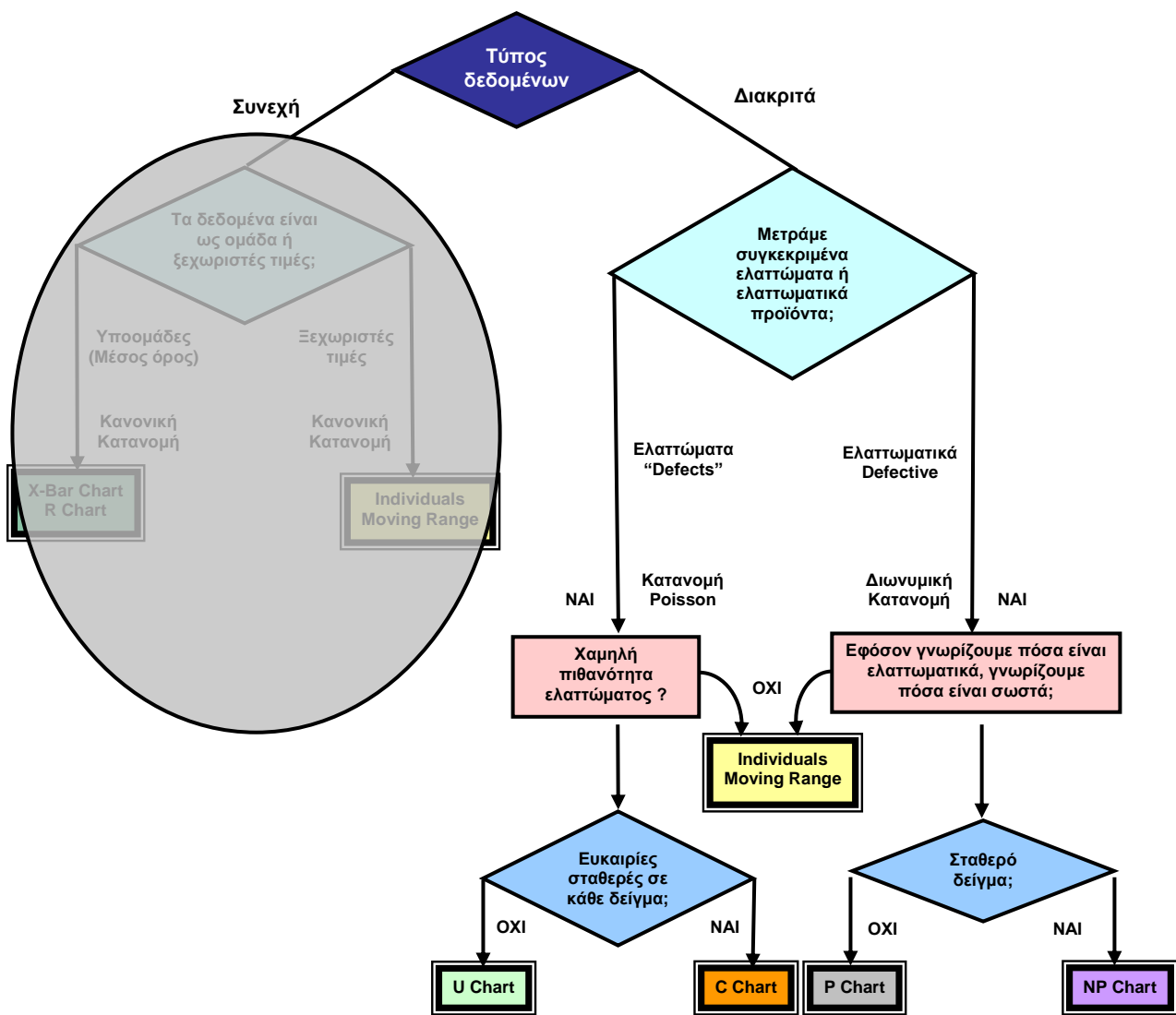
3.20 Γραφική Ανάλυση και Γραφήματα Ελέγχου διακριτών δεδομένων χρησιμοποιώντας το SPC XL (Statistical Process Control)

Τα γραφήματα ελέγχου και γενικότερα η γραφική ανάλυση είναι πολύ σημαντικό εργαλείο τόσο για την επιτυχή ολοκλήρωση ενός έργου, όσο και για την μετέπειτα επίβλεψη του ώστε να διατηρηθούν τα ωφέλη που έχουν επιτευχθεί.

Ανάλογα με τον τύπο των δεδομένων χρησιμοποιούμε και τα αντίστοιχα γραφήματα ελέγχου, ενώ συνήθως η γραφική ανάλυση (π.χ. pie chart, histogram, bar chart κτλ), δεν έχει περιορισμό στον τύπο των δεδομένων.

Με το παρακάτω διάγραμμα ροής δείχνουμε, ανάλογα με τον τύπο δεδομένων που έχουμε, πως καταλήγουμε και ποια γραφήματα ελέγχου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε.

Στην συνέχεια του κεφαλαίου θα γίνει επεξήγηση καθενός ξεχωριστά των γραφημάτων ελέγχου για διακριτά δεδομένα.



Διάγραμμα ροής για την επιλογή του σωστού διαγράμματος ελέγχου

Σχήμα 3.60

➤ Γραφήματα ελέγχου για διακριτά δεδομένα

	Ελαττωματικά	Ελαττώματα
Αριθμός	nP	C
Αναλογία	P	U

Γραφήματα P (proportion) και nP (sample size of proportion)

Ίδιο μέγεθος δειγμάτων

Ωρα	Αριθμός δειγμάτων / Ωρα (n)	Αριθμός ελαττωματικών δειγμάτων (nP)	Αναλογία ελαττωματικών δειγμάτων (P)
1	10	2	0.20
2	10	3	0.30
3	10	1	0.10
...
...
...
24	10	2	0.20

↑
Ίδιο μέγεθος δειγμάτων

↑
Το γράφημα nP δείχνει αυτό

↑
Το γράφημα P δείχνει αυτό

Διαφορετικό μέγεθος δειγμάτων

Ωρα	Αριθμός δειγμάτων / Ωρα (n)	Αριθμός ελαττωματικών δειγμάτων (nP)	Αναλογία ελαττωματικών δειγμάτων (P)
1	20	2	0.10
2	10	3	0.30
3	30	1	0.03
...
...
...
24	10	15	0.13

↑
Άνισο μέγεθος δειγμάτων

↑
Δεν έχει λογική να συγκρίνουμε διαφορετικό μέγεθος δειγμάτων, άρα δεν έχουμε γράφημα nP

↑
Το γράφημα P δείχνει αυτό. Τα όρια θα αλλάξουν εξαρτώμενα από το n

Τα όρια ελέγχου βρίσκονται από τους εξής τύπους:

$$P: \bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$nP: n\bar{p} \pm 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

Γραφήματα C (count) και U (unequal)

Ίδιο ευκαιρίες (equal opportunities)

Διαφορετικές ευκαιρίες (unequal opportunities)

Ωρα	Ελαττώματα ανά 100 δείγματα / Ωρα (n)
1	15
2	3
3	6
...	...
...	...
...	...
24	10

Ωρα	Αριθμός δειγμάτων / Ωρα (a)	Αριθμός ελαττωμάτων (C)	Αριθμός ελαττωμάτων ανά δείγμα (U)
1	104	15	0.14
2	21	4	0.19
3	18	3	0.17
...
...
...
24	25	5	0.20

↑
Το γράφημα C δείχνει αυτό

↑
Το πεδίο των ευκαιριών είναι διαφορετικό διότι τα δείγματα που έχουμε διαφέρουν από ώρα σε ώρα

↑
Δεν έχει λογική να συγκρίνουμε το δείκτη C διότι έχουμε διαφορετικές ευκαιρίες

↑
Το γράφημα U δείχνει αυτό. Τα όρια θα αλλάξουν εξαρτώμενα από το a.

Τα όρια ελέγχου βρίσκονται από τους εξής τύπους:

$$C: \bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$$

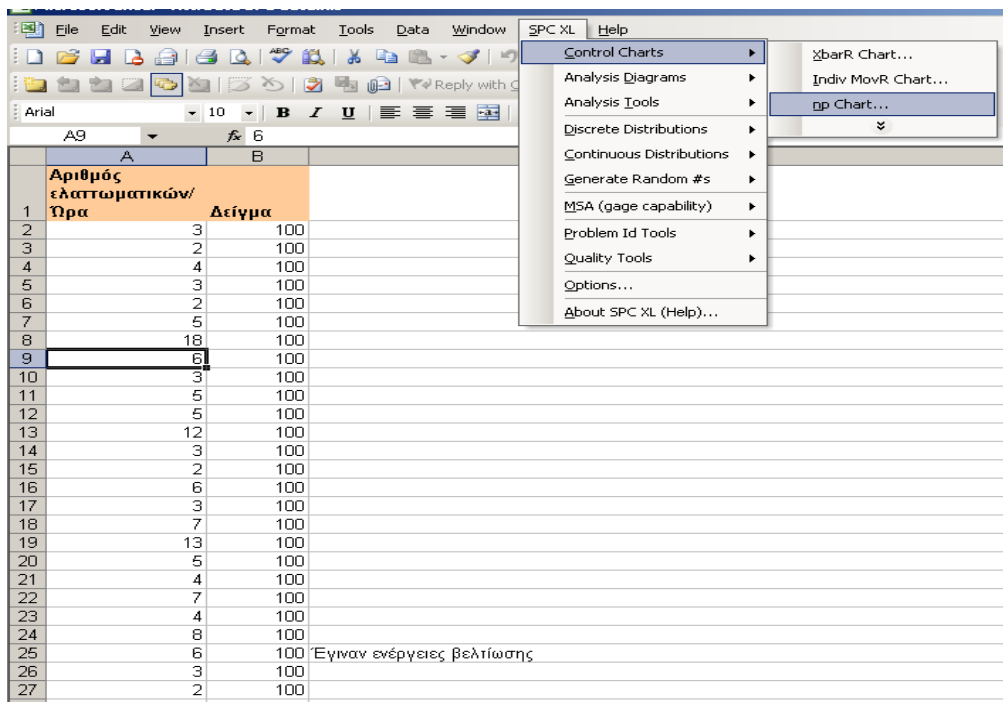
$$U: \bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{a}}$$

Με την χρήση του SPC XL και την βοήθεια του παρακάτω παραδείγματος θα απεικονίσουμε τα γραφήματα ελέγχου για διακριτά δεδομένα.

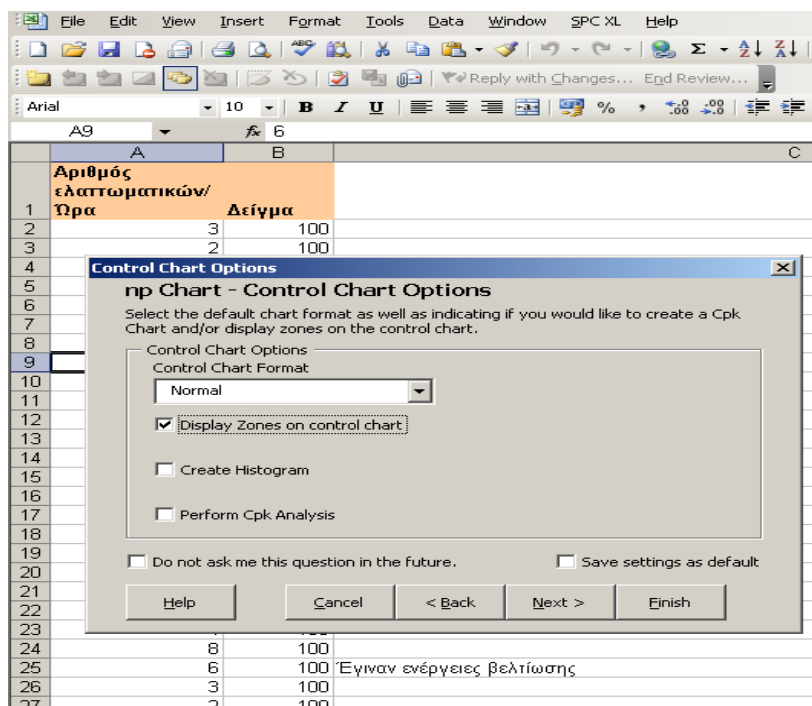
Έστω, ότι ένα εργοστάσιο παραγωγής δημητριακών παράγει μπάρες δημητριακών με φρούτα. Για σταθερό δείγμα 100 τεμαχίων έχουμε τα αντίστοιχα ελαττωματικά, άρα το γράφημα ελέγχου που

επιλέγουμε είναι το nP. Να σημειώσουμε ότι κάποιες από τις ημέρες ελέγχου υπήρχε πρόβλημα στο μηχάνημα παραγωγής και ότι η ομάδα που έχει αναλάβει την μείωση των ελαττωματικών, θα πραγματοποιήσει ενέργειες βελτίωσης μετά από κάποιο διάστημα.

➤ nP

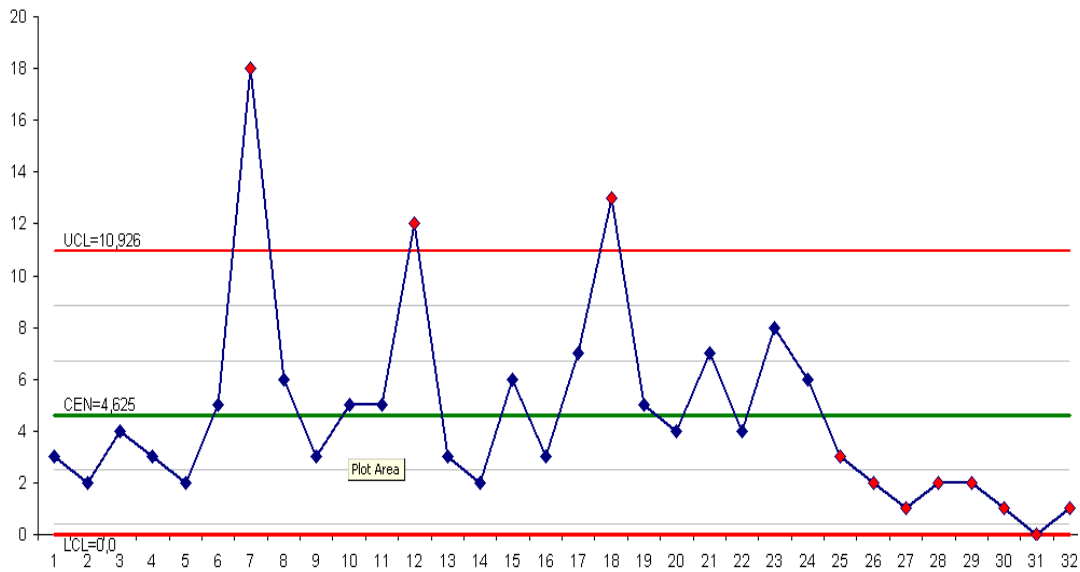


Σχήμα 3.61



Σχήμα 3.62

np Chart

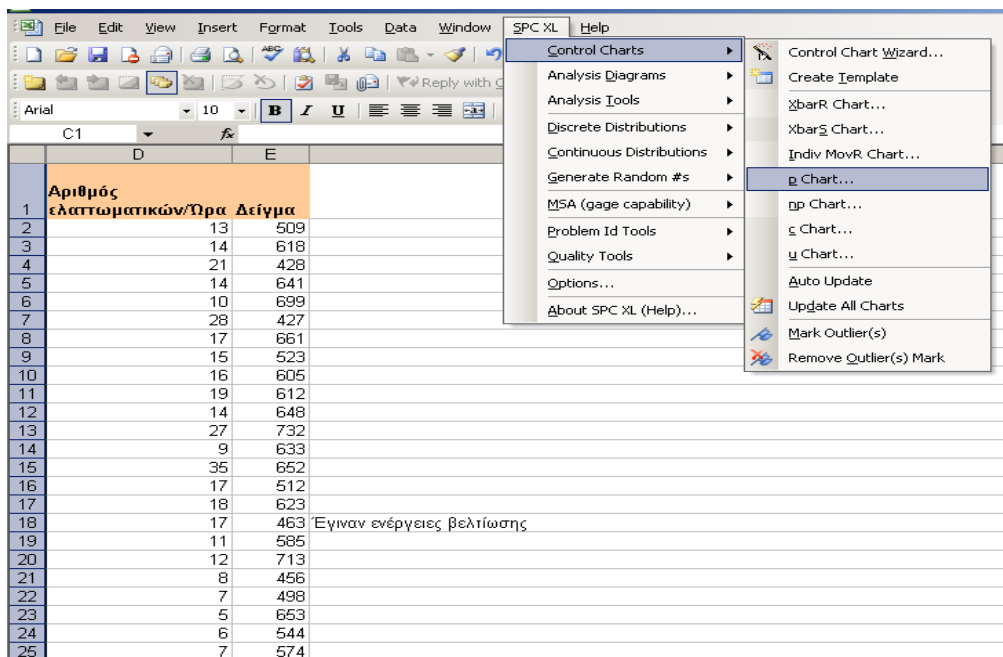


Γράφημα 3.20

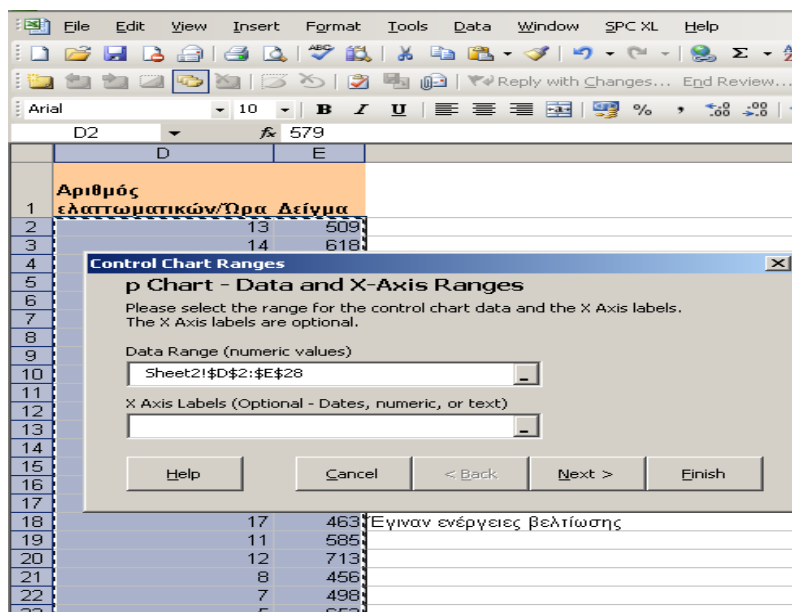
Τα στοιχεία που εξάγουμε από το γράφημα nP είναι ότι τα δείγματα 7,12,18 και 25-32, βρίσκονται εκτός ελέγχου και πρέπει να εξεταστεί ο λόγος.

➤ **P**

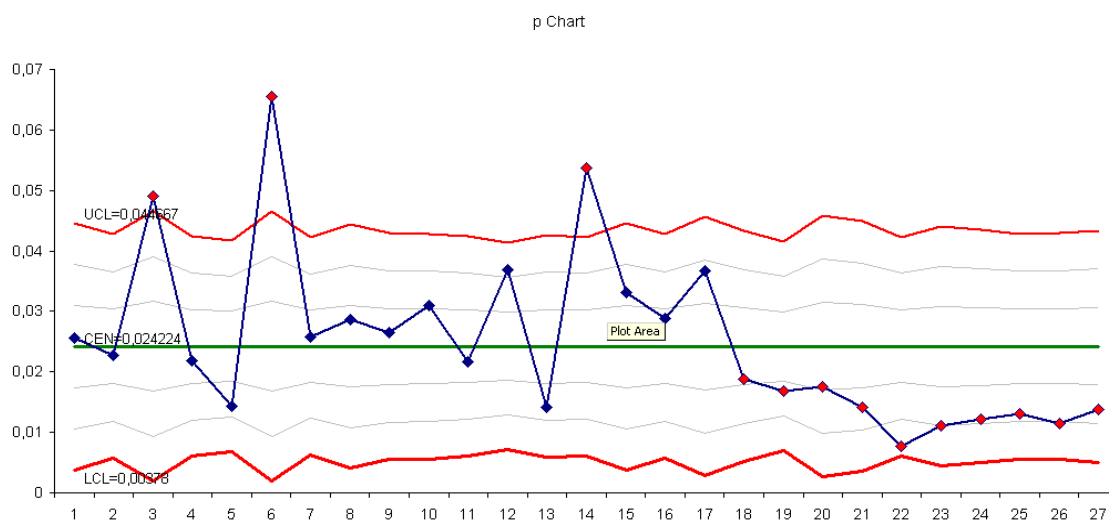
Έστω ότι στο ίδιο εργοστάσιο παράγονται σκέτες μπάρες δημητριακών. Παρατηρούμε τα δείγματα ανά ώρα και βρίσκουμε τα ελαττωματικά σύμφωνα με τον πίνακα. Έτσι αφού δεν έχουμε σταθερό δείγμα χρησιμοποιούμε το γράφημα P.



Σχήμα 3.63



Σχήμα 3.64

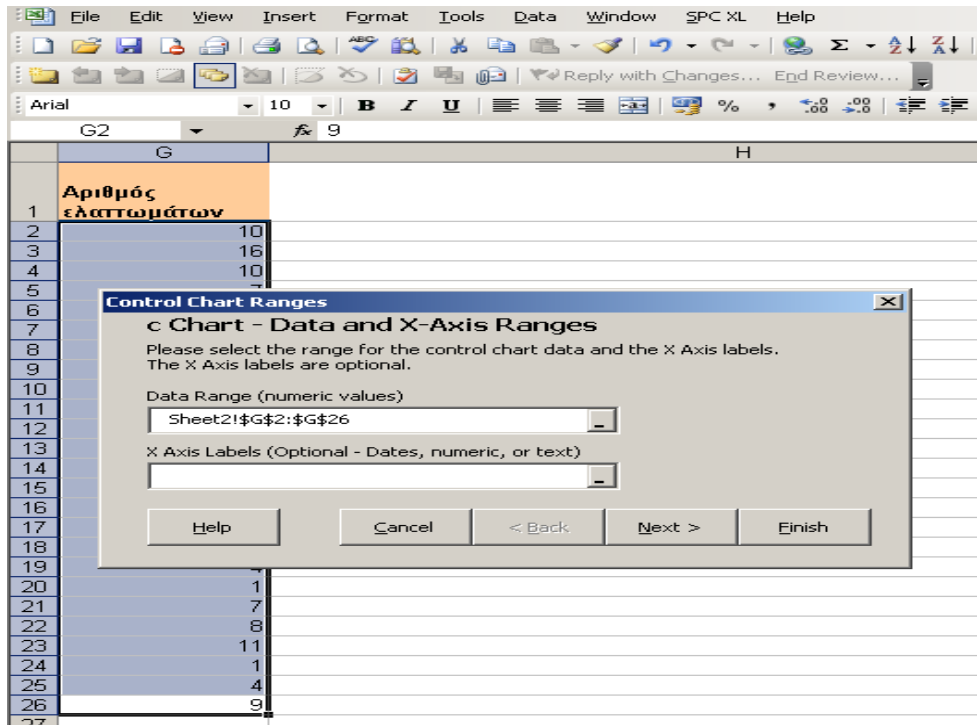


Γράφημα 3.21

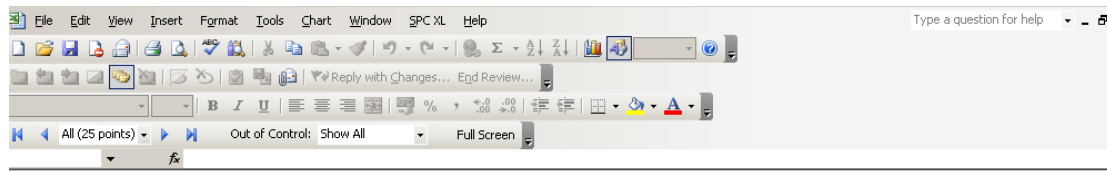
Τα στοιχεία που εξάγουμε από το γράφημα nP είναι ότι τα δείγματα 3,6,14 και 18-27, βρίσκονται εκτός ελέγχου και πρέπει να εξεταστεί ο λόγος.

➤ C

Έστω ότι στο ίδιο εργοστάσιο παρατηρήθηκε ότι έπειτα από τεχνικό πρόβλημα που δεν εντοπίστηκε έγκαιρα οι μπάρες δημητριακών με σοκολάτα έχουν ελαττώματα. Άρα αφού ανοίξουμε τις κούτες με τις μπάρες (20 /κούτα) που είναι σταθερό δείγμα εξακριβώνουμε πόσες από αυτές έχουν ελαττώματα., σύμφωνα με τον πίνακα. Έτσι αφού έχουμε σταθερό δείγμα και επιθυμούμε να βρούμε τον αριθμό των ελαττωμάτων χρησιμοποιούμε το γράφημα C.



Σχήμα 3.65

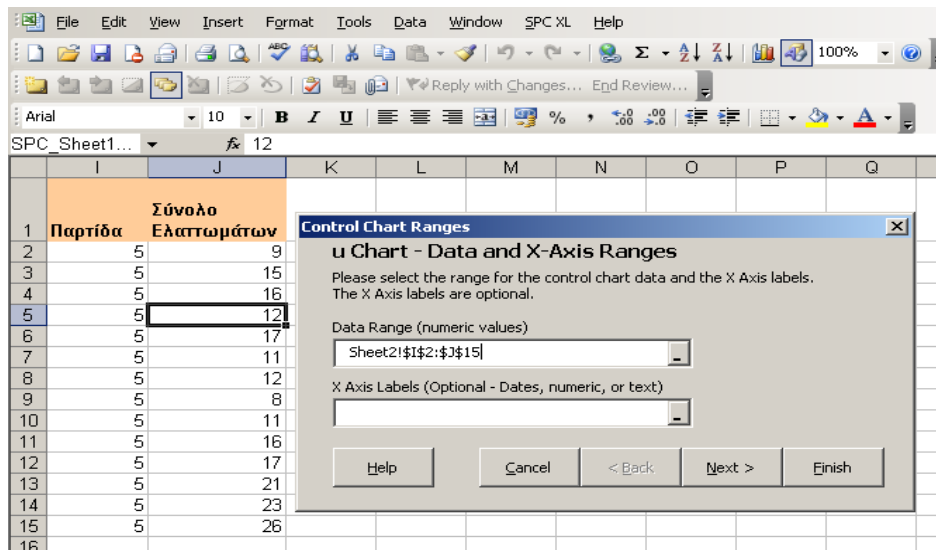


Γράφημα 3.22

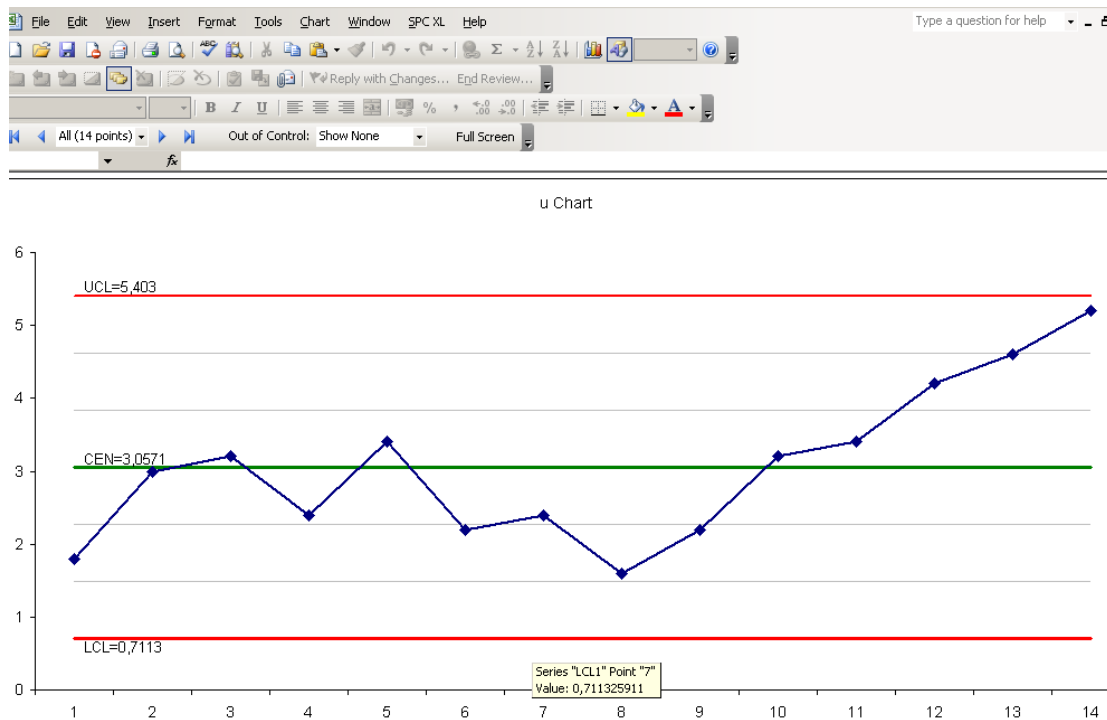
Τα στοιχεία που εξάγουμε από το γράφημα C είναι ότι τα δείγματα 5 και 14-20, βρίσκονται εκτός ελέγχου και πρέπει να εξεταστεί ο λόγος.

➤ U

Έστω ότι στο ίδιο εργοστάσιο θέλουμε να ελέγξουμε τις μπάρες δημητριακών με κεράσι ανά παρτίδα παραγωγής για να δούμε πόσα ελαττώματα υπάρχουν ανά παρτίδα. οι μπάρες δημητριακών με σοκολάτα έχουν ελαττώματα. Έτσι ελέγχουμε 5 παρτίδες την φορά και βρίσκουμε τα αποτελέσματα σύμφωνα με τον πίνακα. Έτσι αφού έχουμε δεν έχουμε σταθερό δείγμα (η κάθε παρτίδα μπορεί να έχει διαφορετικό αριθμό παραγόμενων μπαρών) και επιθυμούμε να βρούμε τον αριθμό των ελαττωμάτων χρησιμοποιούμε το γράφημα U.



Σχήμα 3.66



Γράφημα 3.23

Τα στοιχεία που εξάγουμε από το γράφημα U είναι ότι ξεκινώντας από το δείγμα της παρτίδας 8 παρατηρούμε μια τάση η διαδικασία να φύγει εκτός ελέγχου, άρα πρέπει να προλάβουμε αυτή την κατάσταση.

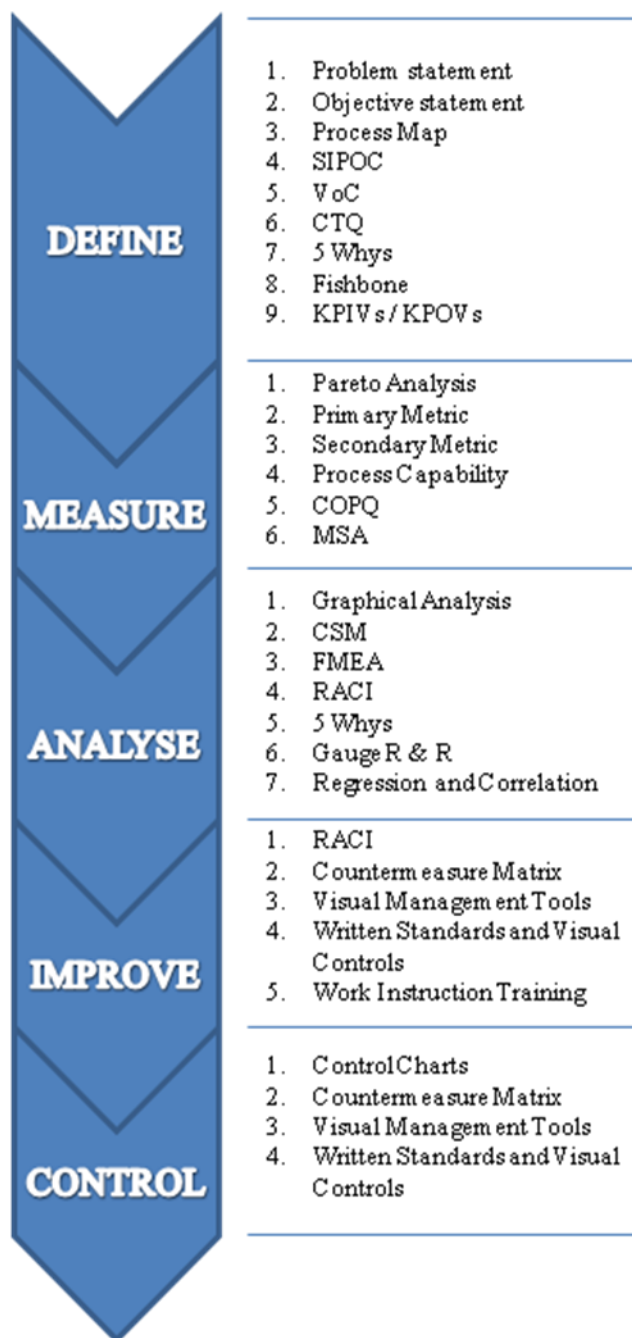
3.21 Εργαλεία ανά φάση - DMAIC

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ξεκάθαρα σε ποια φάση μπορεί να χρησιμοποιηθεί το εκάστοτε εργαλείο.

	D	M	A	I	C
5 Why Analysis			•		
Cause and Effect diagram			•		
Control Charts	•	•	•	•	•
COPQ (Cost of Poor Quality)	•	•			
Countermeasure Matrix		•	•	•	•
CSM (Cause Selection Matrix)		•	•	•	
CTs (Critical to Trees)	•				
FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)		•	•	•	
Gauge R & R (Peproducibility & Repeatability)		•	•		
Graphical Analysis		•	•		
Metrics	•	•			
MSA (Measurement System Analysis)		•			
Objective Statement	•				
Pareto Analysis		•	•	•	
Problem Statement	•				
Process Capability		•		•	
RACI	•			•	•
Regression & Correlation			•		
SIPOC	•	•		•	

Επίσης, στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζουμε (στην Αγγλική γλώσσα για διευκόλυνση) και την σειρά των εργαλείων που μπορεί κάποιος να ακολουθήσει σε κάθε φάση της 'DMAIC', ώστε να διαχειριστεί επιτυχημένα ένα έργο Six Sigma.

Το κάθε έργο βέβαια έχει και τις δικές του ιδιαιτερότητες, δηλαδή σε κάποια έργα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και λιγότερα από τα αναφερθέντα ή ακόμα περισσότερα αν το έργο είναι πολύ απαιτητικό και χρειάζεται μεγαλύτερη στατιστική μελέτη.



Σχήμα 3.24

Κεφάλαιο 4

Μελέτη Περίπτωσης: Παραμόρφωση αριστερής και δεξιάς λαβής πόρτας αυτοκινήτου

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ SIX SIGMA ΣΕ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

4.1 Μεθοδολογική προσέγγιση

Για την επίλυση του προβλήματος και την επίτευξη των στόχων του παραπάνω έργου, θα χρησιμοποιηθούν αρκετά από τα εργαλεία αλλά και συγκεκριμένα στάδια της στρατηγικής Six Sigma, όπως φαίνεται και στο παρακάτω πίνακα. Θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ακόμα παραπάνω εργαλεία αλλά θεωρούμε ότι τα συγκεκριμένα διασφαλίζουν την επιτυχία του έργου.

Το συγκεκριμένο έργο που θα δουλέψουμε δεν είναι τεράστιας πολυπλοκότητας, που θα χρειαζόταν συνεχή επίβλεψη ενός ‘Μαυροζωνά’, αλλά μπορεί να το βγάλει εις πέρας μια ομάδα με επικεφαλής κάποιον επιπέδου ‘Πράσινης ζώνης’. Έτσι, επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε τα πλέον βασικά εργαλεία. Στην περίπτωση μας τα δεδομένα του προβλήματος τα έχουμε στα χέρια μας, στα πλαίσια σεμιναρίων και εκπαίδευσης που έχουν γίνει κατά καιρούς για την πιστοποίηση της ‘Πράσινης Ζώνης’ Six Sigma και έτσι δεν χρειάζεται να υπάρχουν άτομα που θα τρέχουν στους χώρους παραγωγής και να παρακολουθούν την διαδικασία παραγωγής, την λεγόμενη ‘GEMBA’, για να συλλέξουν όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την μετέπειτα μελέτη και ανάλυση τους.

Επίσης λόγω αυτής της ιδιαιτερότητας δεν μπορούμε να σχηματίσουμε πραγματικές ομάδες εργασίας. Σε μια πραγματική κατάσταση συλλογής στοιχείων για το συγκεκριμένο έργο και φυσικής μας παρουσίας στην εταιρία, θα έπρεπε να σχηματιστούν 2 ομάδες. Η πρώτη θα είχε τον κύριο έλεγχο του έργου και θα αποτελούταν από τον Διευθύνοντα Σύμβουλο (Business Leader) της εταιρίας, τον διαχειριστή του έργου (Business Owner) και τον διαχειριστή της διαδικασίας που εξετάσαμε. Και η δεύτερη ομάδα θα αποτελούταν από τον Διευθυντή Ποιότητας, τον Διευθυντή Παραγωγής, το προσωπικό που θα συλλέγει τα στοιχεία και τον ειδικό της Six Sigma για τον συντονισμό και την εφαρμογή της Six Sigma. Δηλαδή θα γινόταν μια αντιστοίχιση αρμοδιοτήτων όπως είδαμε στο κεφάλαιο 2.4. Ο σκοπός του έργου μας δεν είναι ο τρόπος συλλογής στοιχείων από την παραγωγή αλλά ο τρόπος αξιολόγησης, μελέτης και ανάλυσης αυτών των στοιχείων και το πώς θα καταλήξουμε με τις αλλαγές που θα κάνουμε, προς όφελος για την εταιρία.

Το συγκεκριμένο έργο δεν έχει μελετηθεί στο παρελθόν, αλλά πολύ πιθανόν παρόμοιου τύπου έργα να έχουν πραγματοποιηθεί από ειδικούς της Six Sigma.

	D	M	A	I	C
Cause and Effect diagram			•		
Control Charts	•	•	•	•	•
CSM (Cause Selection Matrix)		•		•	
CTs (Critical to Trees)	•				
FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)		•		•	
Graphical Analysis		•	•		
Metrics	•				
MSA (Measurement System Analysis)		•			
Objective Statement	•				
Pareto Analysis		•	•	•	
Problem Statement	•				
Process Capability		•		•	
SIPOC		•		•	

Χρησιμοποιήσαμε την μεθοδολογία DMAIC (Define, Measure, Analysis, Improve, Control).

- Αρχικά ήταν πολύ σημαντικό να αναγνωρίσουμε και να εντοπίσουμε το πρόβλημα και να σιγουρευτούμε ότι ο πελάτης θέλει την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος. Επιπλέον, έπρεπε να ορίσουμε τους στόχους μας, συγκριτικά πάντα με τα δεδομένα που υπήρχαν ως αρχικό σημείο.
- Το δεύτερο στάδιο ήταν να προσδιορίσουμε τι ακριβώς θέλαμε να μετρήσουμε (Y) και σε ποια διαδικασία θα έπρεπε να επικεντρωθούμε. Στις μετρήσεις που θα κάναμε ήταν σημαντικό να έχουμε ένα επικυρωμένο σύστημα μέτρησης, ώστε να έχουμε αξιόπιστα αποτελέσματα.
- Στο τρίτο στάδιο έπρεπε να αναλύσουμε τα δεδομένα που είχαμε από τις μετρήσεις και να αναγνωρίσουμε τα αίτια μεταβλητότητας (X) και τα ελαττώματα. Επιπλέον, χρειαζόμασταν στατιστικές αποδείξεις ότι τα αίτια είναι υπαρκτά και να προχωρήσουμε προς στους στόχους βελτίωσης.
- Στο τέταρτο στάδιο προσδιορίσαμε τις λύσεις για να τις αντιπαρατάξουμε στα αίτια. Τις εγκαταστήσαμε και εφαρμόσαμε στατιστικές αποδείξεις ότι οι εφαρμοζόμενες λύσεις αποδίδουν. Έτσι με αυτές τις λύσεις βελτιώσαμε τις υπάρχουσες διαδικασίες.

- Τέλος, εγκαταστήσαμε έλεγχο και στατιστικές αποδείξεις ώστε να διατηρείται η βελτίωση που επιτύχαμε.

4.2 Εισαγωγή

Η αυτοκινητοβιομηχανία που εξετάζουμε είναι από τις κορυφαίες αυτοκινητοβιομηχανίες παγκοσμίως με εκατομμύρια πωλήσεις. Τα αμάξια τους διακρίνονται από τα άριστα υλικά κατασκευής, την αξιοπιστία της μηχανής, την υψηλή τεχνολογία που χρησιμοποιεί αλλά και το υψηλό κόστος αγοράς τους.

Πολλά από τα εξαρτήματα που χρησιμοποιεί στα αμάξια της, κατασκευάζονται σε συνεργαζόμενα εξειδικευμένα εργοστάσια και αποστέλλονται στα εργοστάσια της, για την τελική συναρμολόγηση. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι η συγκεκριμένη αυτοκινητοβιομηχανία δεν θέλει σε καμία περίπτωση να υπάρχουν δυσαρεστημένοι πελάτες και έτσι ενεργεί άμεσα σε οτιδήποτε μπορεί να προκαλέσει κάτι τέτοιο.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση που εξετάζουμε παρατηρήθηκε ότι αρκετοί πελάτες που είχαν αγοράσει αυτοκίνητο της, διαμαρτύρονταν για την λαβή (χερούλι πόρτας) που βρίσκεται στις πόρτες ενός συγκεκριμένου μοντέλου της.

Έτσι η αυτοκινητοβιομηχανία αποφάσισε ότι πρέπει να κάνει τις απαραίτητες ενέργειες ώστε να διαπιστώσει από που προέρχεται το πρόβλημα και να προβεί στην άμεση επίλυση του, γιατί όχι μόνο της κόστιζε λεφτά η αντικατάσταση των λαβών αλλά διακινδύνευε και την αξιοπιστία της ως προς την άριστη ποιότητα των αμαξιών της.

Έτσι, η διοίκηση αποφάσισε να απευθυνθεί σε ειδικούς της μεθοδολογίας Six Sigma, όπου η δουλειά τους είναι να εντοπίζουν την ρίζα του προβλήματος και να βρίσκουν τρόπους εξάλειψης του με συγκεκριμένες μεθόδους. Έτσι αναλαμβάνουμε να ολοκληρώσουμε το έργο σύμφωνα με τα δεδομένα που μας έχουν δοθεί.

Παρακάτω, θα δούμε πως αναπτύξαμε όλη αυτή η μεθοδολογία Six Sigma, τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν και η μελέτη που έγινε ώστε να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Θα χρησιμοποιήσουμε και τα 5 στάδια της μεθοδολογίας, δηλαδή (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Για να καταλαβαίνουμε κάθε φορά σε ποιο στάδιο βρισκόμαστε, στα δεξιά της σελίδας με έντονο γκρι χρώμα θα ξεχωρίζει το συγκεκριμένο στάδιο.

4.3 Καταγραφή προβλήματος

Το κενό μεταξύ της λαβής και του σταθερού σημείου της πόρτας (καπάκι) δεν είναι το σωστό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η εταιρία να έχει οικονομική ζημία της τάξεως περίπου των **140.000 €** μόνο από το τελευταίο έτος.

Την περίοδο από 02/10 έως και 05/10 (16 εβδομάδες) ο μέσος όρος απόρριψης λαβών την εβδομάδα ήταν **1062**, από τις οποίες το **88%** ήταν εξαιτίας της μετατόπισης του 'ποδιού' προς τα έξω (ΜΠΕ). Οι μετατοπίσεις προς τα έξω και προς τα μέσα αλλά και το πως έπρεπε να είναι κανονικά φαίνονται στις παρακάτω φωτογραφίες:



Ο βαθμός απόρριψης των λαβών την συγκεκριμένη περίοδο εξαιτίας ΜΠΕ ήταν στο 10%, με αποτέλεσμα να στοιχίζει στην εταιρία περίπου **70.000 €** τον χρόνο σε ακατάλληλα υλικά.

Στο συγκεκριμένο στάδιο μας βοήθησε το κεφάλαιο 3.1.

4.4 Καταγραφή στόχου

Μείωση απόρριψης εξαιτίας ΜΠΕ από το **10%** στο **3,5 %** σε διάστημα 2 μηνών. Έτσι θα επιτύχουμε εξοικονόμηση **44.500 € / έτος σε απόρριψη υλικών**. Επιπλέον θα επιτύχουμε περίπου εξοικονόμηση **25.000 € / έτος εξαλείφοντας το εξωτερικό κόστος διαλογής**. Ακόμα υπολογίζεται η εξοικονόμηση περίπου **20.000 € / έτος** για τα ήδη αμμοβολισμένα προϊόντα που περνούν από την διαδικασία βαφής δεύτερη φορά. Τέλος περίπου **30.000 € / έτος** θα εξοικονομηθούν από την αφαίρεση των ελέγχων.

Άρα ο στόχος μας είναι να έχουμε εξοικονόμηση κόστους περίπου στα **120.000 € / έτος**.

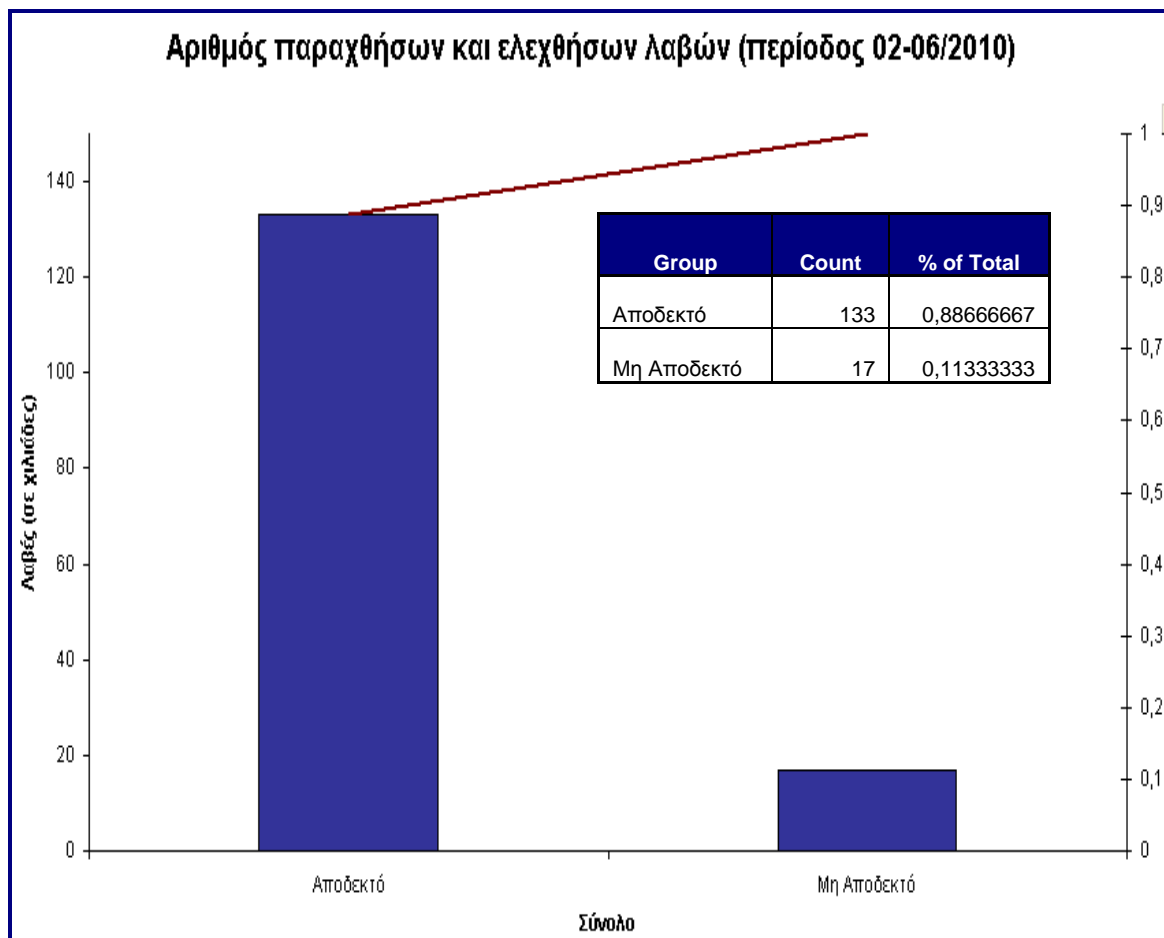
Στο συγκεκριμένο στάδιο μας βοήθησε το κεφάλαιο 3.1.



4.5 Ανάλυση Pareto (βλ. κεφ 3.7)

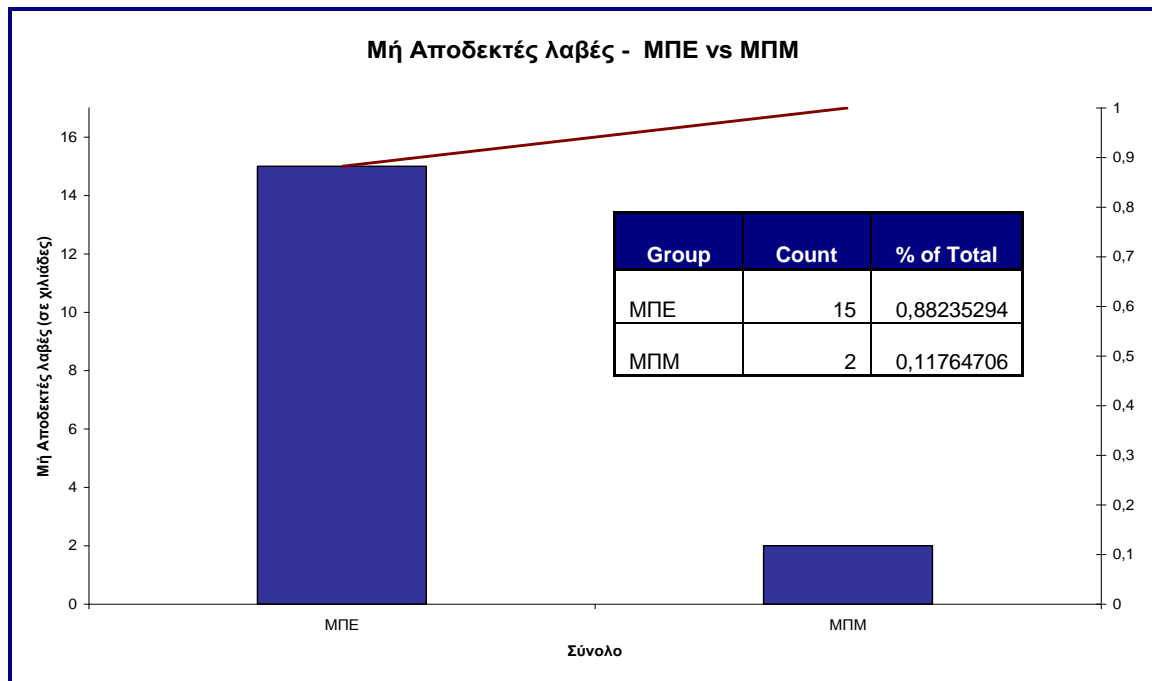
Με την ανάλυση Pareto θα αποφασίσουμε ποιο ακριβώς στάδιο της παραγωγής μας ενδιαφέρει περισσότερο να αναλύσουμε, ώστε από εκεί να εξακριβώσουμε την ρίζα του προβλήματος και να προχωρήσουμε στην αποκατάσταση του.

Έτσι παρακάτω έχουμε 3 στάδια Pareto:



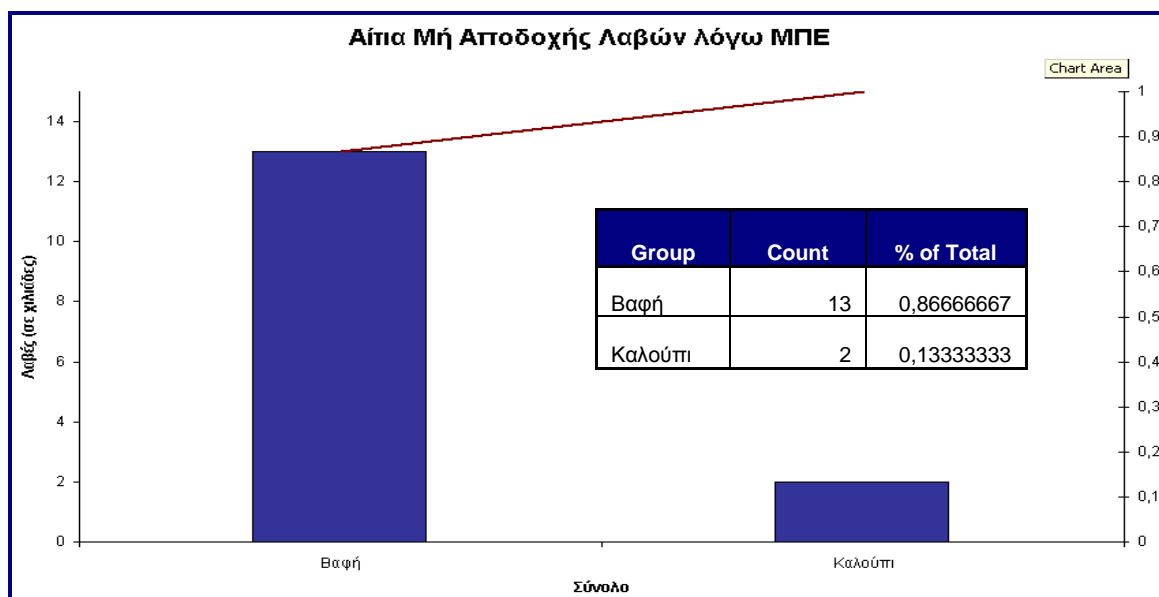
Γράφημα 4.1

Η πρώτη ανάλυση Pareto που κάναμε στις παραχθείσες λαβές μας δείχνει ότι περίπου 17.000 λαβές βρέθηκαν ακατάλληλες. Έτσι προχωράμε στο δεύτερο στάδιο :



Γράφημα 4.2

Η ανάλυση του δεύτερου σταδίου Pareto μας δείχνει ότι οι ακατάλληλες λαβες λόγω μετατόπισης του ποδιού προς τα έξω (ΜΠΕ) είναι 86%. Άρα πρέπει να επικεντρωθούμε σε αυτές και να πραγματοποιήσουμε ανάλυση ενός τρίτου σταδίου Pareto για να δούμε σε ποια φάση της παραγωγής έγκειται το πρόβλημα:

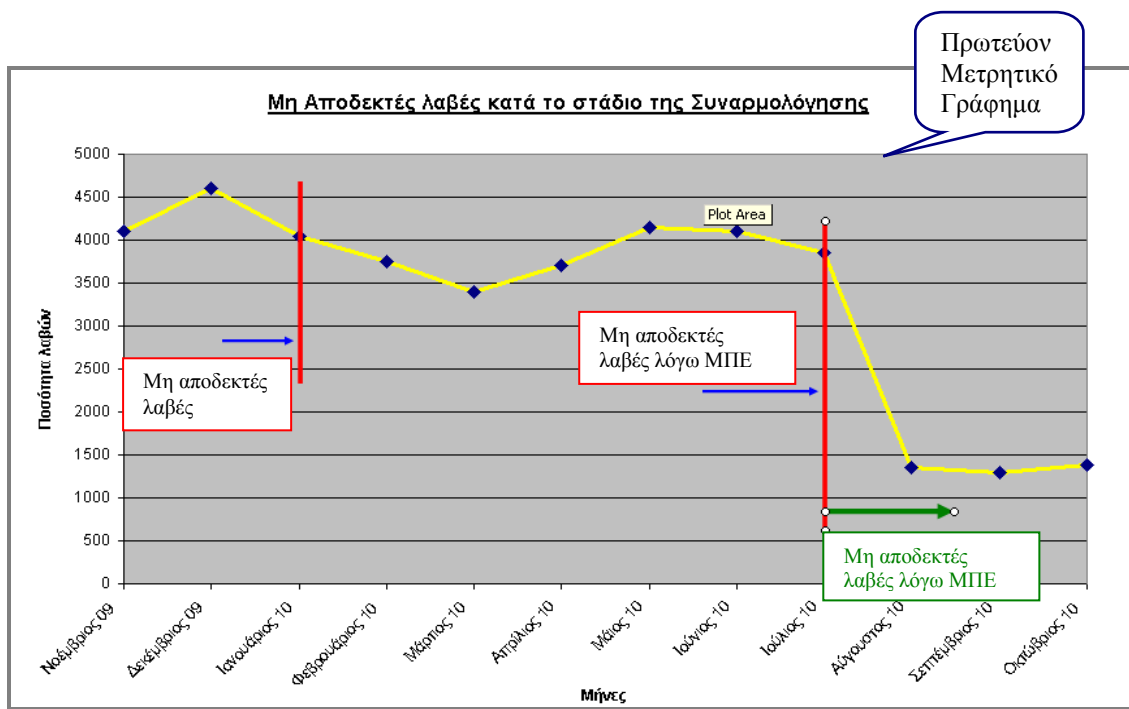


Γράφημα 4.3

Τα αποτελέσματα του γραφήματος 4.3 μας φανερώνουν ότι το 87 % των ακατάλληλων λαβών σχετίζονται με την διαδικασία της βαφής και μόνο το 13 % με αυτήν του καλουπιού. Έτσι όπως θα δούμε και παρακάτω αποφασίζουμε να επικεντρωθούμε στην ρίζα του προβλήματος και να διαπιστώσουμε με τις μετρήσεις μας, αυτά που πρέπει να βελτιώσουμε για να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα και εν συνεχεία την εξοικονόμηση κόστους αν προκύπτει από την πραγματοποίησα βελτίωση και όπως έχουμε προβλέψει στο στόχο μας.

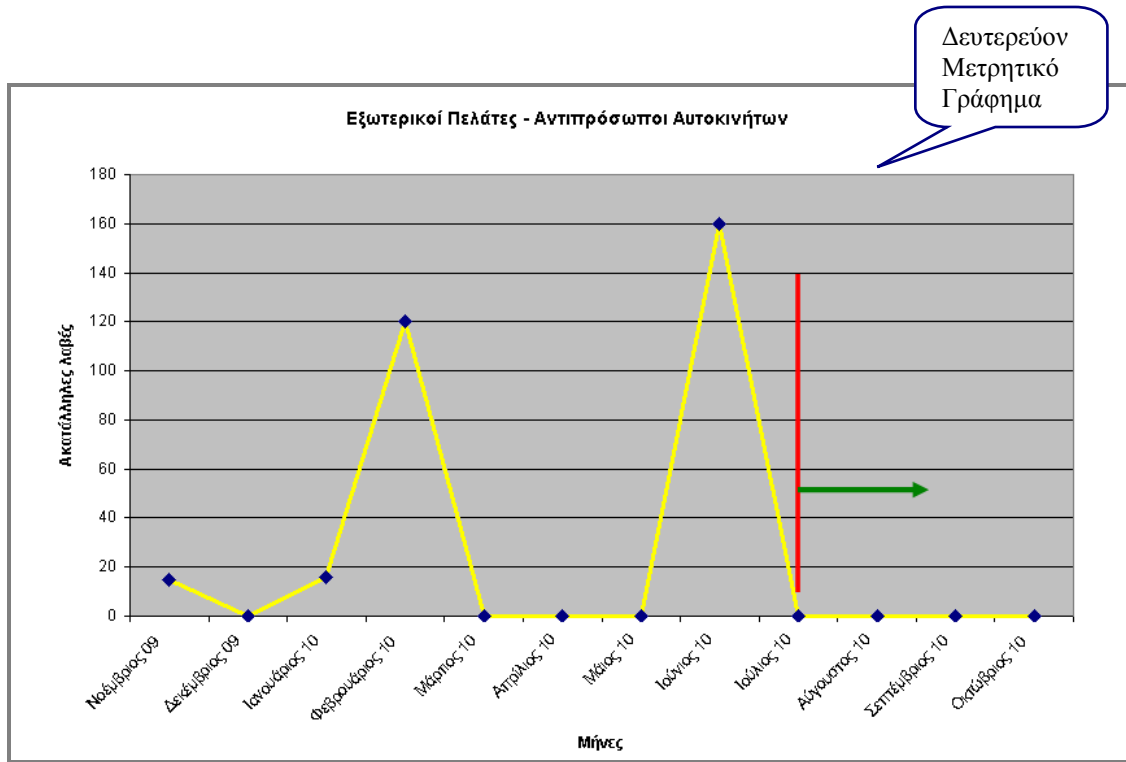
4.6 Πρωτεύον και Δευτερεύον Γράφημα

Όπως γνωρίζουμε από προηγούμενο κεφάλαιο, πριν περάσουμε στην αποτύπωση της διαδικασίας που μας ενδιαφέρει, πρέπει να σχηματίσουμε το Πρωτεύον Μετρητικό Γράφημα (Primary Metric), για να παρακολουθούμε την πορεία του έργου που έχουμε αναλάβει. Το γράφημα 4.4 θα είναι το σημείο αναφοράς και όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω ο στόχος είναι να μειώσουμε τις ακατάλληλες λαβές κατά 65%.



Γράφημα 4.4

- ✓ Νοέμβριο 2009 - Ιανουάριο 2010 : Καταγραφή όλων των ακατάλληλων λαβών
- ✓ Φεβρουάριο 2010 – Ιούλιο 2010 : Καταγραφή όλων των ακατάλληλων λαβών λόγω ΜΠΕ. Κατά την διάρκεια των τελευταίων 2 μηνών της συγκεκριμένης περιόδου θα εφαρμόσουμε τις απαραίτητες αλλαγές.
- ✓ Αύγουστο 2010 – συνέχεια: οι αλλαγές έχουν πραγματοποιηθεί στην διαδικασία που μελετάμε και τα αποτελέσματα είναι εμφανή. Οι ακατάλληλες λαβες είναι πλέον στο 3,5%.



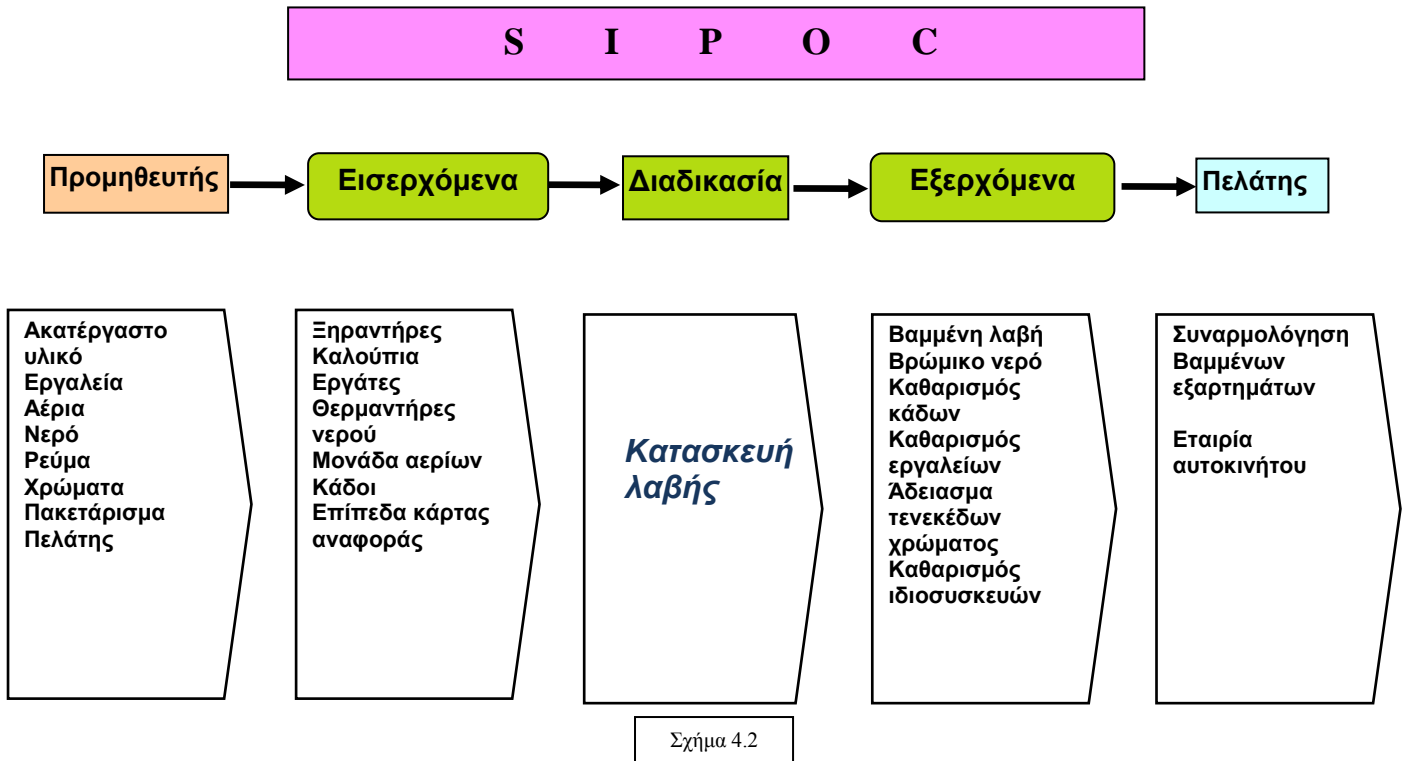
Γράφημα 4.5

Όπως έχουμε επισημάνει στο κεφάλαιο 3, το δευτερεύον μετρητικό γράφημα είναι σημαντικό για να διασφαλίσουμε ότι όσο μελετάμε και βελτιώνουμε την διαδικασία που μας ενδιαφέρει, δεν επιδεινώνουμε κάποια άλλη διαδικασία με τις αλλαγές που εφαρμόζουμε.

Άρα πρέπει να σιγουρευτούμε ότι από την στιγμή εφαρμογής της βελτιωμένης διαδικασίας το κόστος περισυλλογής και αντικατάστασης ακατάλληλων λαβών θα είναι μηδενικό.

Στο συγκεκριμένο στάδιο μας βοήθησε το κεφάλαιο 3.1.

4.7 Αποτύπωση Διαδικασίας



Η διαδικασία κατασκευής της λαβής χωρίζεται στα παρακάτω τρία στάδια.

Επίσης, με την ανάλυση Pareto που πραγματοποιήσαμε παραπάνω έχουμε και τα αντίστοιχα αποτελέσματα:

Καλούπι

Από 02/2010
Έως 06/20010

Ελέχθησαν 150000 τεμάχια.

Ακατάλληλα ΜΠΕ λόγω καλουπιού ήταν περίπου 2000, δηλαδή 13 %

Βάψιμο

Από 02/2010
Έως 06/20010

Ελέχθησαν 150000 τεμάχια.

Ακατάλληλα ΜΠΕ λόγω βαφής ήταν περίπου 13000, δηλαδή 87 %

Συναρμολόγηση

Από 02/2010
Έως 06/20010

Ελέχθησαν 150000 τεμάχια.

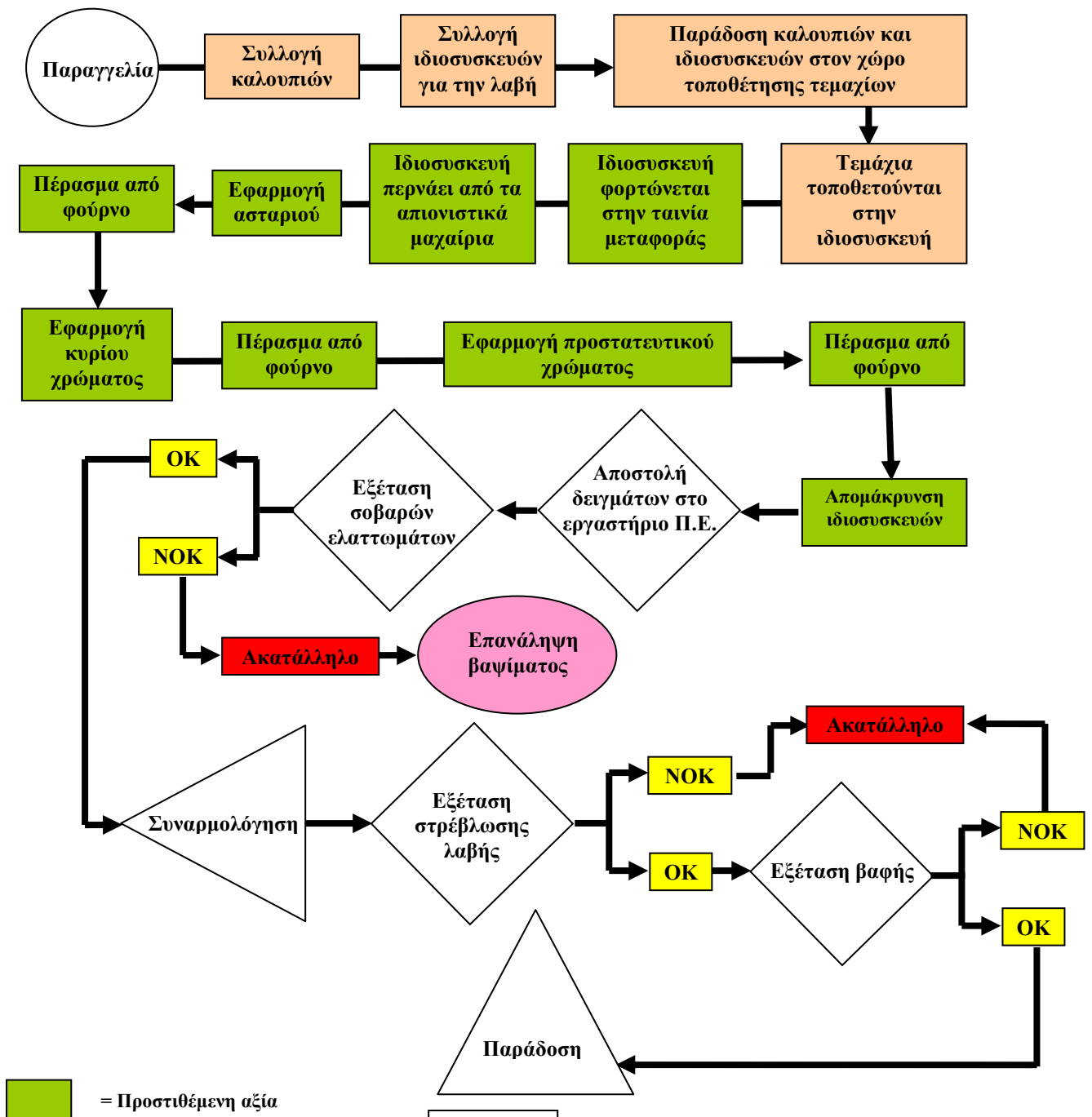
Ακατάλληλα ΜΠΕ λόγω συναρμολόγησης ήταν 0, δηλαδή 0%

Η διαδικασία βαψίματος παράγει το 87% του ελαττώματος

Έχοντας πλέον γνώση ότι το πρόβλημα με την μετατόπιση των ποδιών των λαβών δημιουργείται στο στάδιο της βαφής, θα επικεντρωθούμε στα αντίστοιχα βήματα της διαδικασίας βαφής (πράσινο χρώμα).

Στο συγκεκριμένο στάδιο μας βοήθησε το κεφάλαιο 3.5.

4.7.1 Τα βήματα της διαδικασίας παραγωγής λαβής



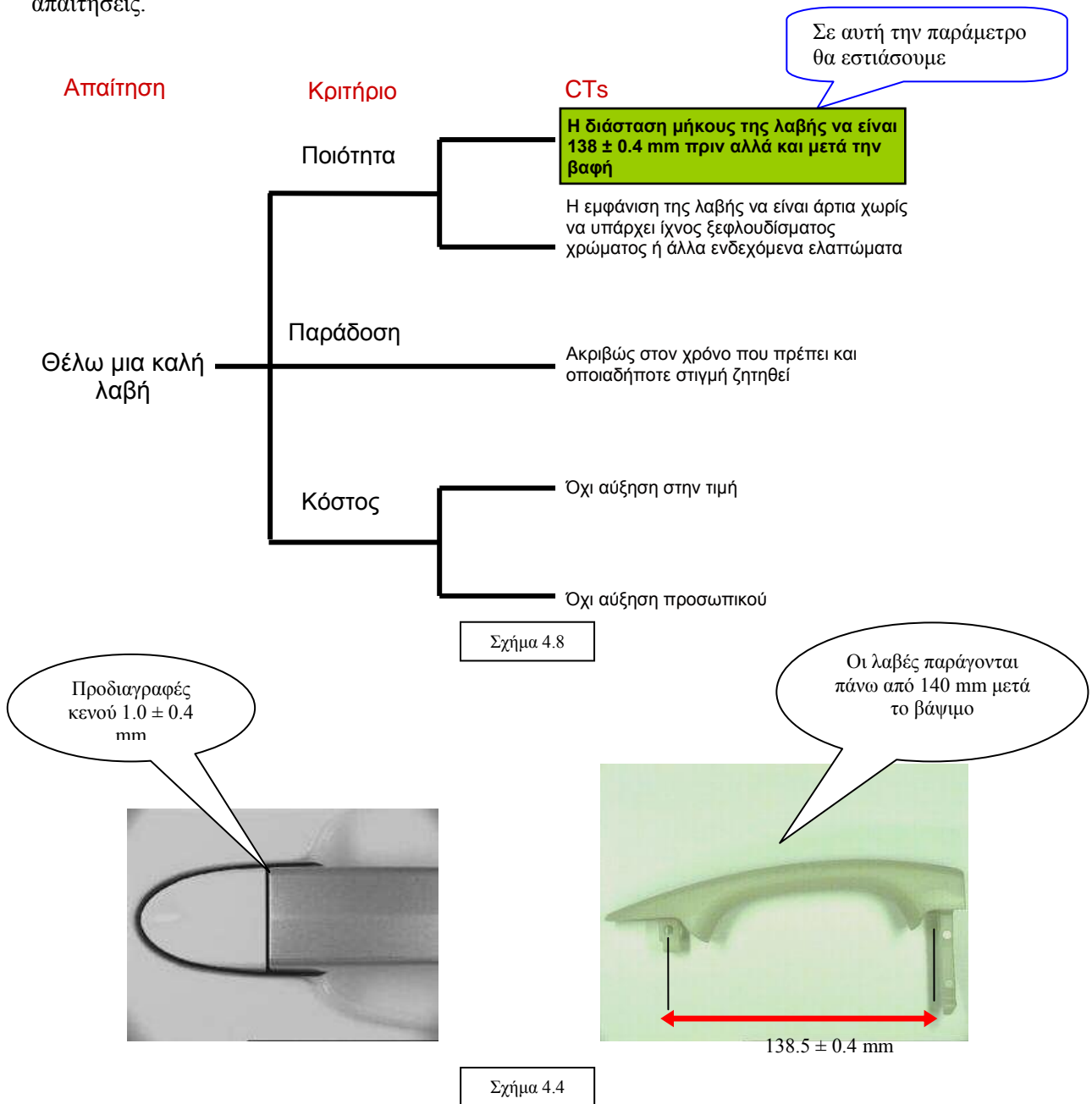
Σχήμα 4.3

Στο παραπάνω σχήμα κάνουμε μια λεπτομερή απεικόνιση της ροής παραγωγής. Όπως έχουμε πει και στο κεφάλαιο 3.5, είναι πολύ σημαντικό να απεικονίσουμε σωστά την διαδικασία, διότι μαζί με την καταγραφή του προβλήματος θεωρούνται τα πιο σημαντικά στοιχεία για να γίνει η σωστή αρχή στο έργο.

4.8 Κρίσιμα για την δημιουργία δένδρου

Ο πελάτης θέλει οι λαβες να είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές ώστε να μην υπάρχει κανένα πρόβλημα στην διαδικασία ανοίγματος της πόρτας.

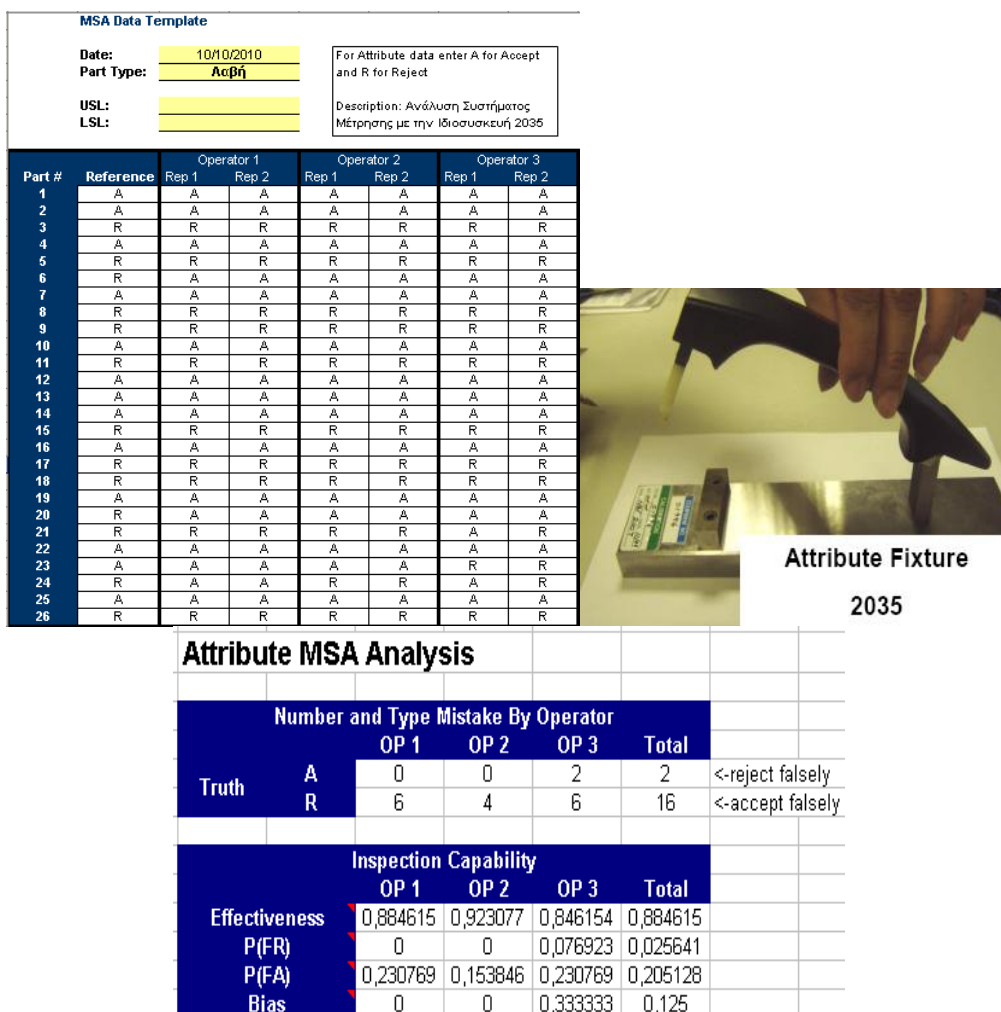
Πρέπει να ‘μεταφράσουμε’ την φωνή του πελάτη (VOC), στις παρακάτω συγκεκριμένες απαιτήσεις.



4.9 Αποτελεσματικότητα Συστημάτων Μέτρησης

Πριν ξεκινήσουμε οποιαδήποτε ανάλυση πρέπει απαραίτητως όπως περιγράψαμε και στο κεφάλαιο 3.16 να εξασφαλίσουμε ότι έχουμε αξιόπιστο σύστημα μέτρησης.


Όπως θα φανεί παρακάτω χρησιμοποιώντας το MSA , διακρίναμε ότι το υπάρχον σύστημα μέτρησης τυγχάνει βελτιώσεων και έτσι εισάγαμε στην γραμμή ελέγχου ένα βελτιωμένο και πιο σύγχρονο σύστημα, ώστε να είμαστε σίγουροι ότι οποιαδήποτε διασπορά διακρίνουμε στις μετρήσεις μας είναι εξαιτίας της διαδικασίας και όχι του συστήματος μέτρησης.



Σχήμα 4.5

Σύμφωνα με την διαδικασία που ακολουθήσαμε για να διαπιστώσουμε την αποτελεσματικότητα του οργάνου μέτρησης 2035, το 12% των μετρήσεων είναι λανθασμένες.

MSA Data Template		For Attribute data enter A for Accept and R for Reject					
Date:	25/10/2010	Description: Ανάλυση Συστήματος Μέτρησης με την Ιδιοσυσκευή 02047					
Part Type:	Αεβή						
USL:							
LSL:							
Part #	Reference	Operator 1		Operator 2		Operator 3	
		Rep 1	Rep 2	Rep 1	Rep 2	Rep 1	Rep 2
1	A	A	A	A	A	A	A
2	A	A	A	A	A	A	A
3	R	R	R	R	R	R	R
4	A	A	A	A	A	A	A
5	R	R	R	R	R	R	R
6	R	R	R	R	R	R	R
7	A	A	A	A	A	A	A
8	R	R	R	R	R	R	R
9	R	R	R	R	R	R	R
10	A	A	A	A	A	A	A
11	R	R	R	R	R	R	R
12	A	A	A	A	A	A	A
13	A	A	A	A	A	A	A
14	A	A	A	A	A	A	A
15	R	R	R	R	R	R	R
16	A	A	A	A	A	A	A
17	R	R	R	R	R	R	R
18	R	R	R	R	R	R	R
19	A	A	A	A	A	A	A
20	R	R	R	R	R	R	R
21	R	R	R	R	R	R	R
22	A	A	A	A	A	A	A
23	A	A	A	A	A	A	A
24	R	R	R	R	R	R	R
25	A	A	A	A	A	A	A
26	R	R	R	R	R	R	R



Attribute Fixture 02047

Σχήμα 4.6

Attribute MSA Analysis						
Number and Type Mistake By Operator						
		OP 1	OP 2	OP 3	Total	
Truth	A	0	0	0	0	<-reject falsely
	R	0	0	0	0	<-accept falsely
Inspection Capability						
		OP 1	OP 2	OP 3	Total	
Effectiveness		1	1	1	1	
P(FR)		0	0	0	0	
P(FA)		0	0	0	0	
Bias		NA	NA	NA	NA	

Σχήμα 4.7

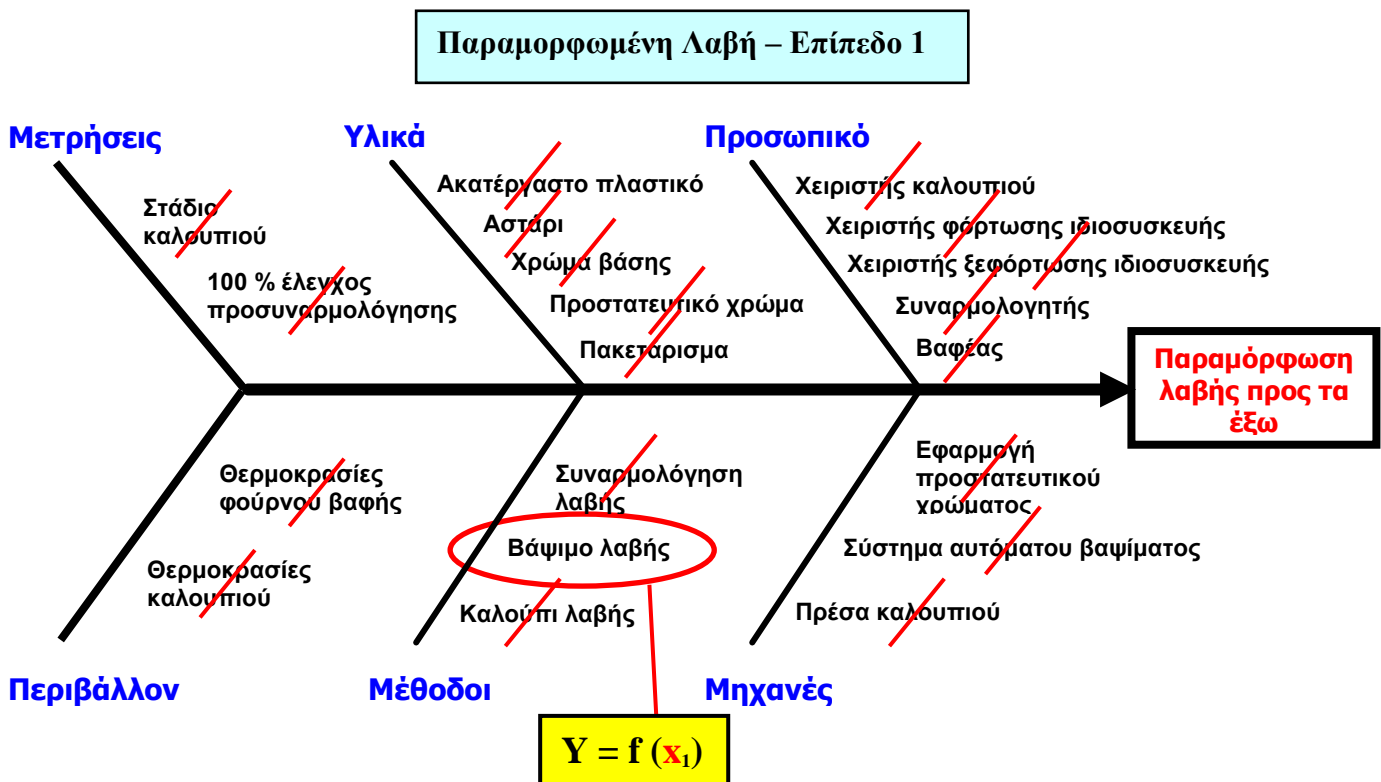
Σύμφωνα με την διαδικασία που ακολουθήσαμε για να εξακριβώσουμε την αποτελεσματικότητα του οργάνου μέτρησης 02047, διαπιστώσαμε ότι το όργανο είναι αξιόπιστο. Στο συγκεκριμένο στάδιο μας βοήθησε το κεφάλαιο 3.16.

4.10 Αιτία και Επίδραση

Τώρα για να εξακριβώσουμε πιθανή συσχέτιση μεταξύ των σταδίων που δρουν ως είσοδοι (κατηγορίες διαδικασίας) και του αποτελέσματος θα χρησιμοποιήσουμε το διάγραμμα αιτίας και επίδρασης μας (cause and effect diagram ή fishbone). Στο συγκεκριμένο στάδιο θα μας βοηθήσει το κεφάλαιο 3.6.

Στην συγκεκριμένη φάση προσπαθούμε να σκεφτούμε ποια μπορεί να είναι τα πιθανά αίτια που προκαλούν την παραμόρφωση της λαβής. Έτσι, θα τοποθετήσουμε στο fishbone diagram, όλα τα πιθανά αίτια και σιγά σιγά με την βοήθεια των ανθρώπων της παραγωγής και την διαδικασία της μυαλοθύελας (brainstorming), θα διατηρήσουμε εκείνα τα αίτια που θεωρούμε ότι είναι πιο πιθανά να προκαλούν το πρόβλημα.

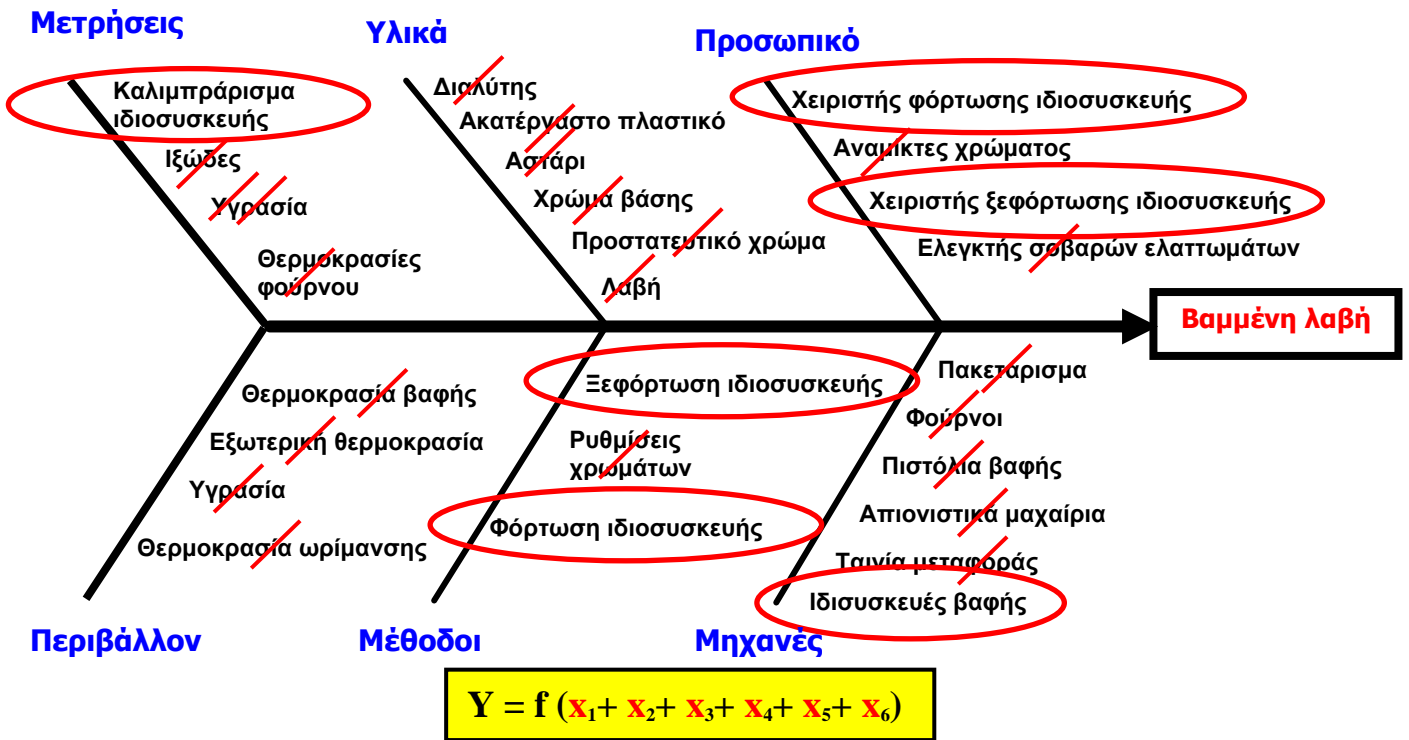
Στο πρώτο επίπεδο ανάλυσης επιλέγουμε να αναλύσουμε 6 κύριες κατηγορίες, δηλαδή, Μετρήσεις, Υλικά, Προσωπικό, Περιβάλλον, Μέθοδοι και Μηχανές.



Γράφημα 4.6

Το πρώτο στάδιο ανάλυσης μας έδωσε την δυνατότητα να επικεντρωθούμε στο αίτιο, **βάψιμο λαβής**. Ως εκ τούτου θα πρέπει εκ νέου να αναλύσουμε σε δεύτερο επίπεδο, όλα εκείνα τα πιθανά αίτια που σχετίζονται με την διαδικασία βαψίματος της λαβής και να καταλήξουμε σε ένα, δυο αίτια, ώστε μετά να βρούμε τρόπους αντιμετώπισης τους.

Παραμορφωμένη Λαβή – Επίπεδο 2



Γράφημα 4.7

Μετά την ανάλυση και του δεύτερου επιπέδου, καταλήγουμε στο ότι το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε με την λαβή μπορεί να προκαλείται από τα παρακάτω έξι αίτια:

1. Καλιμπράρισμα ιδιοσυσκευής
2. Χειριστής φόρτωσης ιδιοσυσκευής
3. Χειριστής ξεφόρτωσης ιδιοσυσκευής
4. Ξεφόρτωση ιδιοσυσκευής
5. Φόρτωση ιδιοσυσκευής
6. Ιδιοσυσκευές βαφής

4.10.1. Εξάλειψη Μεταβλητών

Στις παρακάτω φωτογραφίες βλέπουμε την διαδικασία που ακολουθείται για την φόρτωση και απομάκρυνση των λαβών από τις ιδιοσυσκευές βαφής.



Φόρτωση Ιδιοσυσκευής



Απομάκρυνση Ιδιοσυσκευής

Σχήμα 4.9

Απ' ότι φαίνεται κατά την φόρτωση και απομάκρυνση της ιδιοσυσκευής δεν παρατηρείται κάποιο πρόβλημα που θα επηρέαζε το μήκος της λαβής. Έτσι, μπορούμε να επικεντρωθούμε στις δυο παραμέτρους που μας έμειναν για περαιτέρω μελέτη, δηλαδή

α) καλιμπράρισμα ιδιοσυσκευής και β) ιδιοσυσκευή βαφής.

$$Y = f(x_1 + x_2)$$

4.11 Πίνακας αιτίας και επίδρασης

Τώρα πρέπει να διαπιστώσουμε την συσχέτιση μεταξύ των εισερχομένων (KPIV's) σε μια διαδικασία και των εξερχομένων (KPOV's) με την βοήθεια του Πίνακα Αιτίας και Επίδρασης

Characteristic selection matrix		Αρχική ημερομηνία μελέτης	23/8/2010	Σελ	1	από	1						
		Ημερομηνία αναθεώρησης		Προϊόν	Λαβή								
		Μαυροζωνάς/Πρασινοζωνάς	Ρουχωτάς	Διαδικασία	Εφαρμογή Βαφής								
Κλίμακα σημαντικότητας του πελάτη		8	10	10									
		1	2	3	4	5	6	7	8				
KPOV(S)		Παράδοση στην ώρα της στο χώρο συναρμολόγησης	Λαβή σε σωστές διαστάσεις	Όχι επιπρόσθετο εργατικό κόστος						Σύνολο			
Βήμα Διαδικασίας	KPIV(S)												
Βαφή Ιδιοσκευυής	Καθάρισμα				5	7	5						160
	Καλιμπράρισμα				2	9	9						196
	Φόρτωση				2	9	1						116
	Απομάκρυνση				6	7	2						138
									0				
									0				

Σχήμα 4.10

Από τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα που συμπληρώθηκε με την βοήθεια του εσωτερικού πελάτη (Στάδιο Συναρμολόγησης) μπορέσαμε να διακρίνουμε ποιες συσχέτισεις είναι εκείνες που κρίνονται πιο δυνατές και πρέπει να τους δώσουμε προτεραιότητα.

Από τα δεδομένα που έχουν συγκεντρωθεί φαίνεται ότι η ρίζα του προβλήματος έγκειται στην διαδικασία του βαψίματος. Οι λαβές, στο στάδιο του καλουπιού, δεν υπερβαίνουν τα επιτρεπτά επίπεδα παραμόρφωσης που θα τις έκαναν να απορριφτούν στο στάδιο συναρμολόγησης, εξαιτίας παραμόρφωσης του ποδιού προς τα έξω.

Έτσι ο πίνακας μας έδειξε ότι πρέπει να δώσουμε έμφαση στις ιδιοσκευές βαψίματος και να αναλυθούν περαιτέρω με την βοήθεια του FMEA (Κατάσταση αστοχίας και ανάλυση επίδρασης).

Στο συγκεκριμένο στάδιο μας βοήθησε το κεφάλαιο 3.9.

4.12 Πίνακας Κατάσταση Αστοχίας και Ανάλυση Επίδρασης (FMEA)

Process/Product Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Prepared by:
Πουχωνάς

Page _1_ of _1_

Responsible:

FMEA Date (Orig) _____ (Rev) _____

Process Step/Part Number	Process Step Requirement	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S E V	C I S	Potential Causes	O C C	Current Controls Prevention	Current Controls Detection	D E T	R P N	Actions Recommended	Resp. & target completion date	Actions Taken	S E V	O C C	R P N	
Καθαρισμός ιδιοσυσκευής	Καθαρισμός ιδιοσυσκευής στα απαιτούμενα χρονικά όρια	Μη καθαρισμός ιδιοσυσκευής ή πραγματοποιήση καθαρισμού μετά το χρονικά απαιτούμενο όριο	Δυσκολία να φερώνουμε την λαβή	7		Ιδιοσυσκευή μη διαθέσιμη για καθαρισμό	10	Κανένας	Κανένας	10	700	Εξοκρίβωση μέτρησης πριν τη δοκιμή. Εφευρησιμότητα Χρήσης Ιδιοσυσκευών	Ομάδα εργασίας / Εβδομάδα 47	Ανάλυση περιόδους Ιδιοσυσκευών / Όργανο μέτρησης Ιδιοσυσκευών στη θέση του	7	8	2	84
			Δυσκολία να απομακρύνουμε την λαβή	7		Ιδιοσυσκευή δεν παρατηρήθηκε για καθαρισμό	2	Ημερήσιο πρόγραμμα καθαρισμού	Ιδιοσυσκευές στο χώρο παραδόσεως απαιτούμενους χρόνους	8	112	Εξοκρίβωση μέτρησης πριν τη δοκιμή. Εφευρησιμότητα Χρήσης Ιδιοσυσκευών	Ομάδα εργασίας / Εβδομάδα 47	Σύστημα ορίθμησης Ιδιοσυσκευών	7	2	8	84
Καθαρισμός ιδιοσυσκευής	Καθαρισμός ιδιοσυσκευής στα απαιτούμενα χρονικά όρια	Μη καθαρισμός ιδιοσυσκευής ή πραγματοποιήση καθαρισμού μετά το χρονικά απαιτούμενο όριο	Παραμορφωμένη / κατεστραμμένη λαβή	7		Ο χειριστής δεν ήταν ενήμερος ότι η ιδιοσυσκευή χρειάζεται καθαρισμό	1	Μέτρηση διαστάσεων πλακιδίου ιδιοσυσκευής	Μέτρηση Ιδιοσυσκευής μετά από κάθε πέρασμα	2	14	Εφευρησιμότητα Διαδικασίας για την μέτρηση των Ιδιοσυσκευών	Ομάδα εργασίας / Εβδομάδα 48	Εκδόθηκε διαδικασία για την μέτρηση των Ιδιοσυσκευών	7	1	2	14
			Δυσφορία πελάτη	7		Επιτροπή Ιδιοσυσκευής χωρίς να έχει καθαριστεί	1	Κανένας	Χειριστής Ιδιοσυσκευής μετά από κάθε χρήση κάνει οπτικό έλεγχο	8	56	Δημιουργία οπτικών βοηθημάτων για τα κρίσιμα σημεία των Ιδιοσυσκευών	Ομάδα εργασίας / Εβδομάδα 47	Εκδόθηκαν οδηγίες	7	1	8	56
Καλιμπράρισμα ιδιοσυσκευής	Καλιμπράρισμα ιδιοσυσκευής στις ρυθμίσεις του προτύπου	Ιδιοσυσκευή δεν καλιμπράριστηκε στις ρυθμίσεις του προτύπου	Αχρηστο στην διαδικασία μέτρησης	7		Δεν υπάρχουν οδηγίες εργασίας	10	Κανένας	Κανένας	10	700	Δημιουργία Εντυπου οδηγιών εργασίας (OOS - Operator	Ομάδα εργασίας / Εβδομάδα 47	Εκδόθηκαν οδηγίες χειρισμού	7	1	10	70
			Δυσκολία να φερώνουμε την λαβή	8		Ο χειριστής δεν είναι εκπαιδευμένος	4	Παρέχεται εκπαίδευση κατά την εργασία	Κανένας	Κανένας	10	320	Δημιουργία ODS και Πίνακα Εκπαίδευσης Χειριστών	Ομάδα εργασίας / Εβδομάδα 48	Εκδόθηκαν οδηγίες χειρισμού και προεπιστοιμάθηκε	8	2	4	64
Καλιμπράρισμα ιδιοσυσκευής	Καλιμπράρισμα ιδιοσυσκευής στις ρυθμίσεις του προτύπου	Ιδιοσυσκευή δεν καλιμπράριστηκε στις ρυθμίσεις του προτύπου	Παραμορφωμένη / κατεστραμμένη λαβή	8		Δεν υπάρχει πρότυπο	1	Ονομαστική συνίσταται	Κάθε θέση ελέγχεται μετά το καλιμπράρισμα	2	16	Δημιουργία κοπής με laser / Καλιμπράρισμα ρυθμίσεων σύμφωνα με το	Ομάδα εργασίας / Εβδομάδα 48	Εξοκρίβωση ονομαστικών συνιστωσών / Δημιουργία κοπής με laser / Καλιμπράρισμα ρυθμίσεων σύμφωνα με το	8	1	2	16

Σχήμα 4.11

Σε πρώτο στάδιο αναγνωρίσαμε και αξιολογήσαμε τις πιθανές αποτυχίες αλλά και επιδράσεις που θα μπορούσαν να εμφανιστούν.

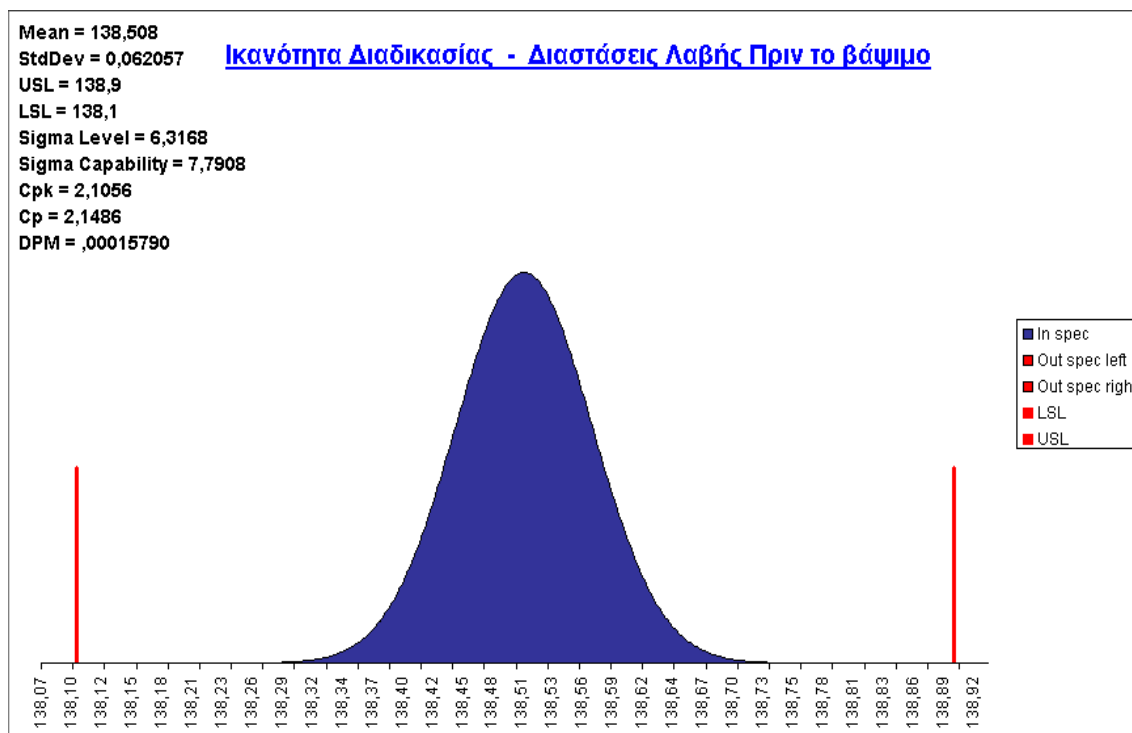
Σε δεύτερο στάδιο προσδιορίσαμε τις ενέργειες, οι οποίες είναι ικανές να εξαλείψουν την περίπτωση αποτυχίας.

Αφού εκτελέσαμε τις απαιτούμενες τροποποιήσεις, όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα και έχουμε διασφαλίσει το σωστό καλιμπράρισμα και καθάρισμα των ιδιοσυσκευών, μπορούμε να προχωρήσουμε στις μετρήσεις μας.

Στο συγκεκριμένο στάδιο μας βοήθησε το κεφάλαιο 3.13.

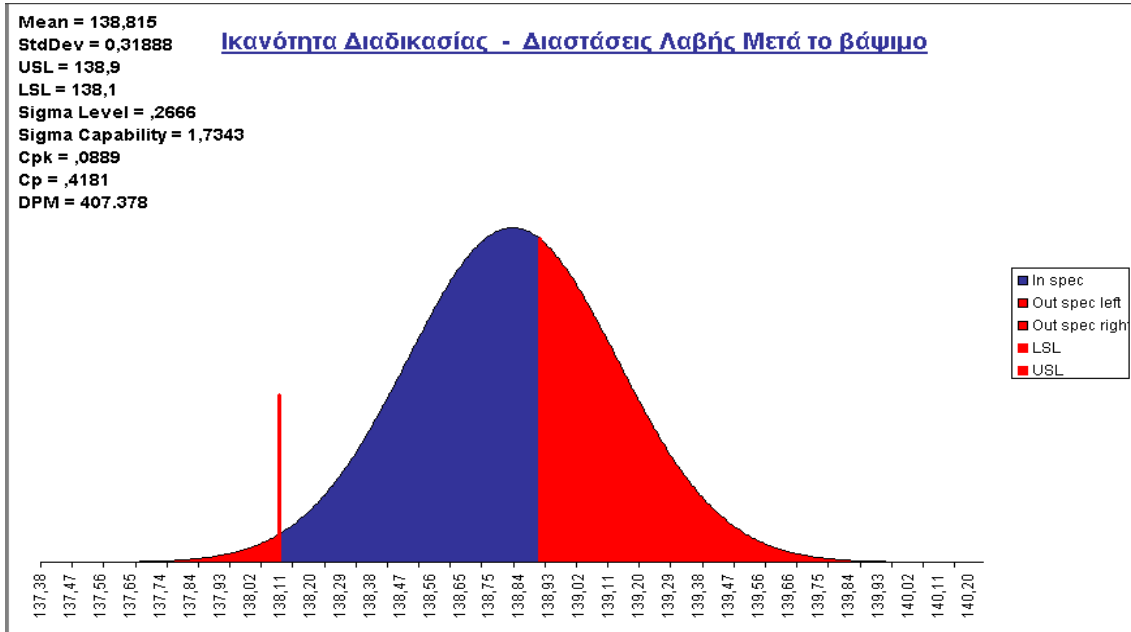
4.13 Ικανότητα Διαδικασίας ιδιοσυσκευής ‘Α’

Πραγματοποιούμε την Ικανότητα Διαδικασίας (Process Capability) στην ιδιοσυσκευή που χρησιμοποιείται στην παραγωγή για την βαφή των λαβών.



Γράφημα 4.8

Όπως παρατηρούμε και στο παραπάνω γράφημα το 'σ' πριν την βαφή είναι σε τέλεια επίπεδα. Ξεπερνάει ακόμα και το 6σ και φτάνει στην τιμή 7,79.



Γράφημα 4.9

Μετά την βαφή όμως παρατηρούμε στο παραπάνω γράφημα ότι το 'σ' χειροτερεύει σε πολύ μεγάλο βαθμό και πέφτει στην τιμή 1,73. Ο τύπος ιδιοσυσκευής που χρησιμοποιήσαμε για την βαφή ήταν ο υπάρχον τύπος 'Α'.

Η ιδιοσκευή που χρησιμοποιείται στην παράγωγη για την βαφή των λαβών είναι η παρακάτω και την ονομάζουμε ιδιοσυσκευή τύπου 'Α'.



Σχήμα 4.12

Τύπος Ιδιοσυσκευής Α

Οι λαβές στερεώνονται στο μακρύ πόδι

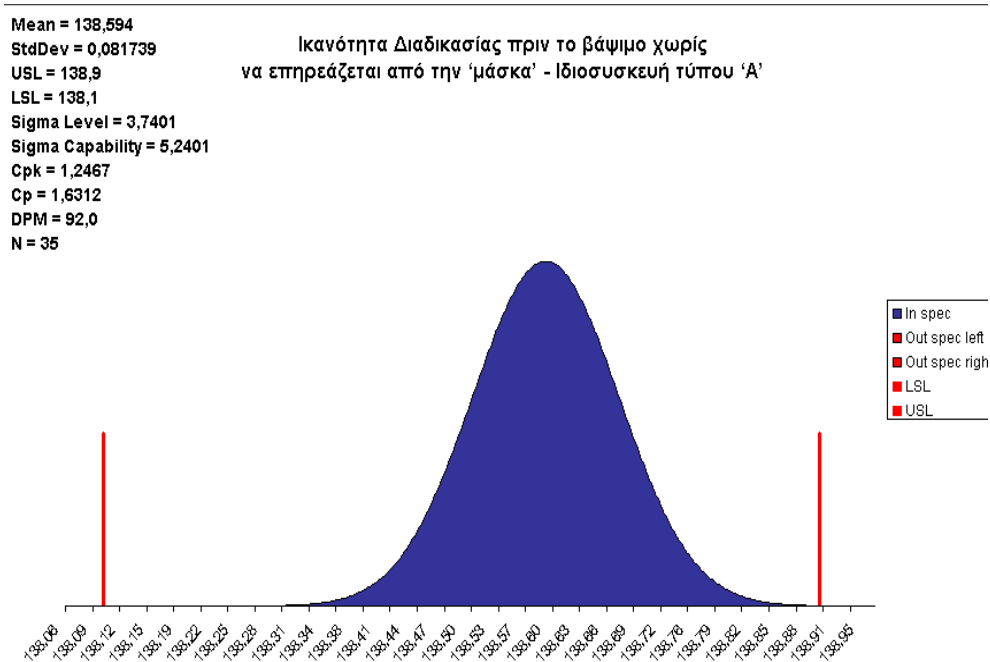
4.14 Ικανότητα Διαδικασίας τροποποιημένης ιδιοσυσκευής ‘Α’



Με σκοπό να εξαλείψουμε την επίδραση της θερμότητας που δημιουργείται κατά την βαφή των λαβών στα πόδια της λαβής, αποφασίσαμε να δέσουμε την λαβή πάνω στην ιδιοσυσκευή βαγίματος χωρίς να επηρεάζεται από τις μάσκες, ώστε να εξακριβώσουμε τι ακριβώς δημιουργεί το πρόβλημα.

Σχήμα 4.13

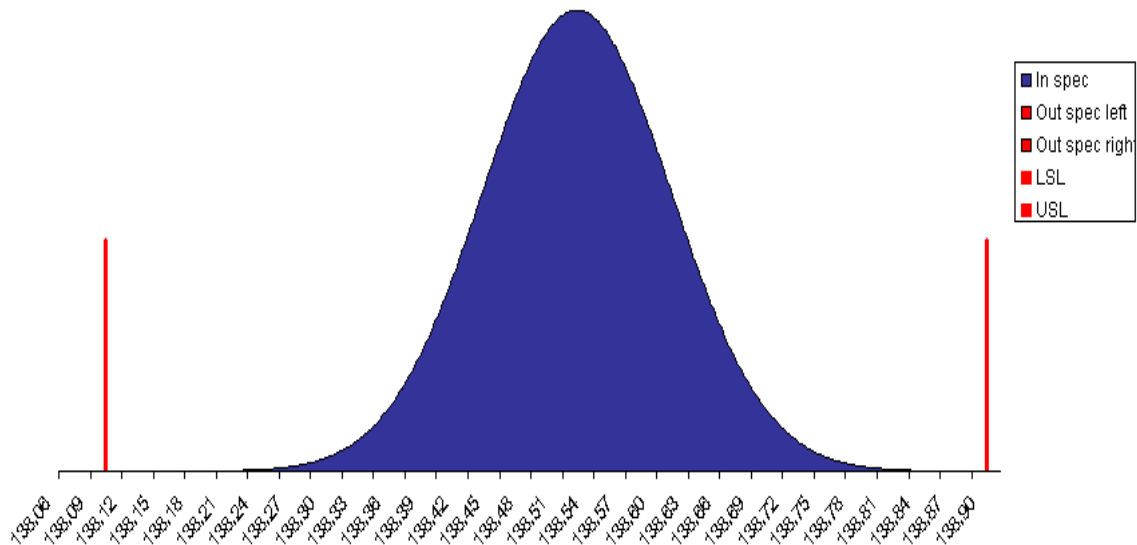
Αρα πραγματοποιούμε τις ακόλουθες αναλύσεις, τις Ικανότητες Διαδικασίας (Process Capabilities) για την συγκεκριμένη τροποποίηση, δηλαδή χωρίς την παρεμβολή της μάσκας στην στήριξη του ποδιού της λαβής.



Γράφημα 4.10

Mean = 138,527
 StdDev = 0,085543
 USL = 138,9
 LSL = 138,1
 Sigma Level = 4,3587
 Sigma Capability = 5,8490
 Cpk = 1,4529
 Cp = 1,5587
 DPM = 6,837
 N = 35

Ικανότητα Διαδικασίας μετά το βάψιμο χωρίς
 να επηρεάζεται από την 'μάσκα' - Ιδιοσυσκευή τύπου 'Α'



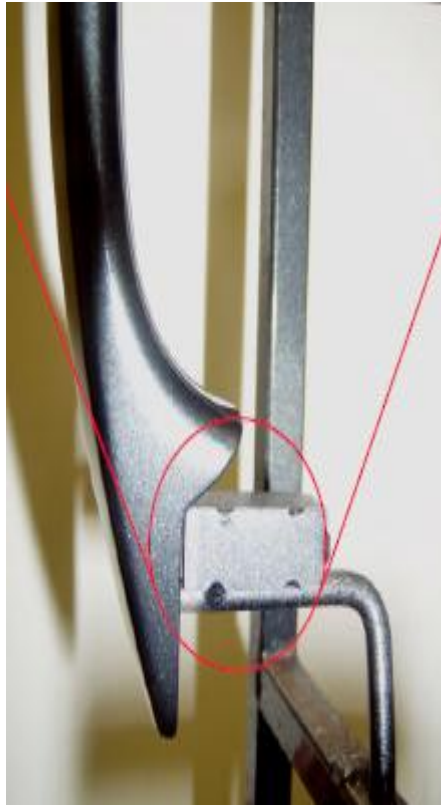
Γράφημα 4.11

Παίρνοντας ένα δείγμα 35 λαβών παρατηρούμε σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα ότι όταν οι μάσκες στις ιδιοσυσκευές τύπου 'Α' δεν παρεμβαίνουν στην στήριξη των λαβών, η Ικανότητα παραμένει σχεδόν όμοια με την Ικανότητα πριν την βαφή.

Με μια πρώτη ανάλυση παρατηρούμε ότι πρέπει να βελτιώσουμε την ιδιοσυσκευή που χρησιμοποιείται για την βαφή των λαβών και μετά να κάνουμε ελέγχους για να εξακριβώσουμε την αποτελεσματικότητά της.

Έτσι, δίνουμε εντολή στο Τμήμα Μελετών να σκεφτεί μια άλλη ιδέα στήριξης των λαβών για την βαφή. Το αποτέλεσμα του τμήματος Μελετών της εταιρίας σκέφτεται ότι αν η λαβή στηρίζεται στο κάτω μέρος, δηλαδή στο μικρό πόδι τότε ίσως δεν θα υπάρχει μεγάλη μεταβολή στις διαστάσεις της λαβής.

Έτσι, αφότου κατασκευάζουμε 6 διαφορετικές ιδιοσυσκευές τύπου 'Β' ξεκινάμε την διαδικασία μετρήσεων.



Σχήμα 4.14

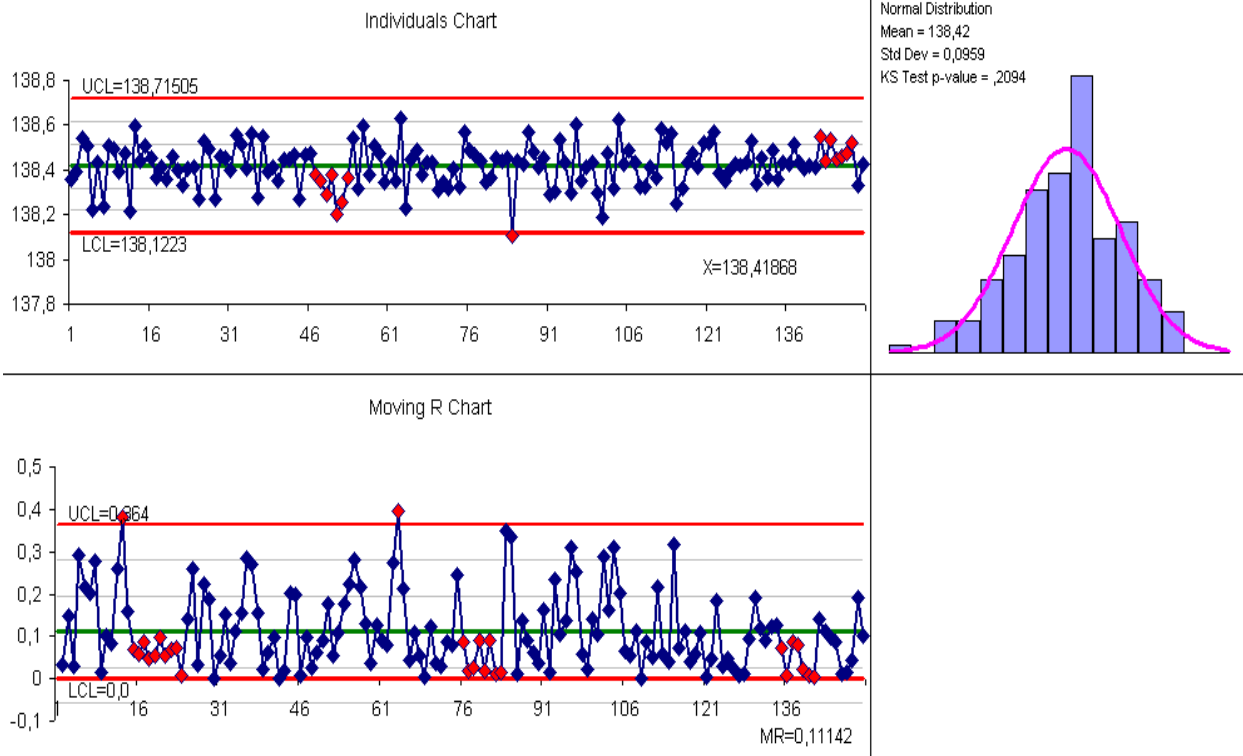
Τύπος ιδιοσυσκευής Β
Οι λαβές στερεώνονται
στο κοντό πόδι

Στο συγκεκριμένο στάδιο μας βοήθησε το κεφάλαιο 3.17.

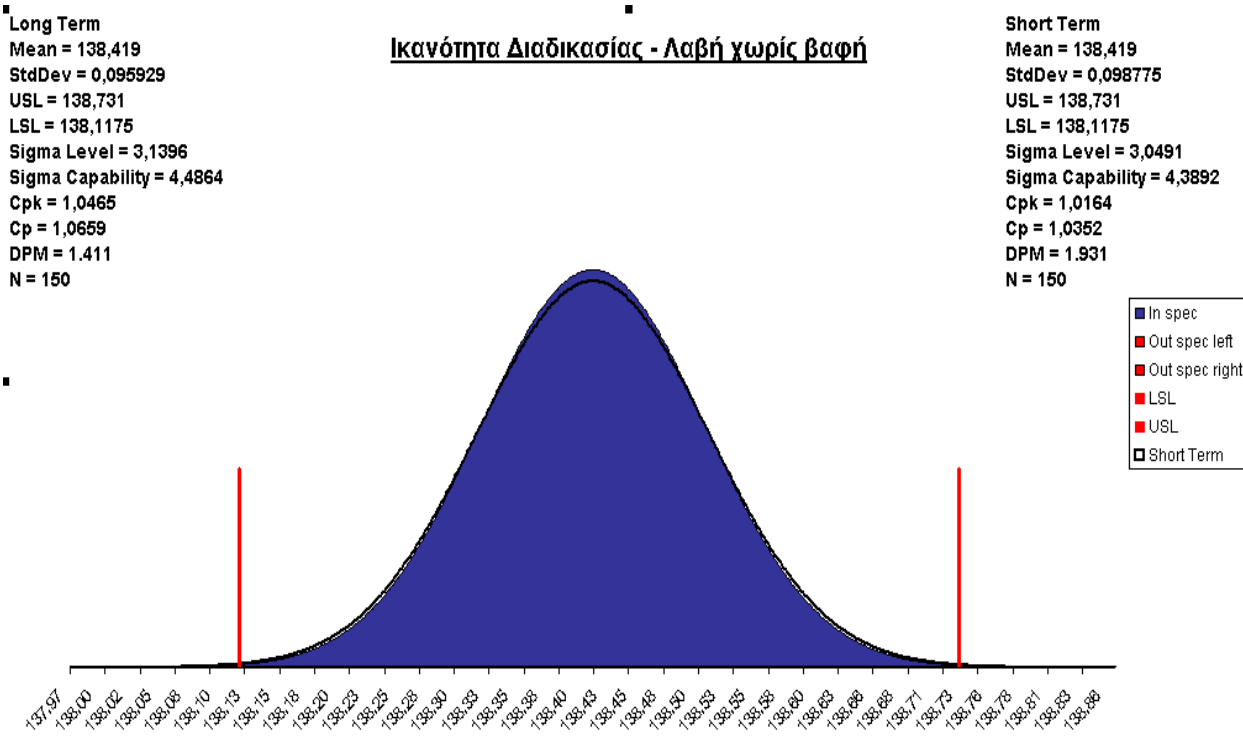
4.15 Ικανότητα Διαδικασίας ιδιοσυσκευής ‘B’

Τώρα για να ελέγξουμε και την Διαδικασία της ιδιοσυσκευής βαψίματος ‘B’ θα πάρουμε 150 λαβές. Θα μετρήσουμε τις διαστάσεις τους πριν και μετά την βαφή ώστε να εξετάσουμε την συμπεριφορά και του δεύτερου τύπου ιδιοσυσκευής.

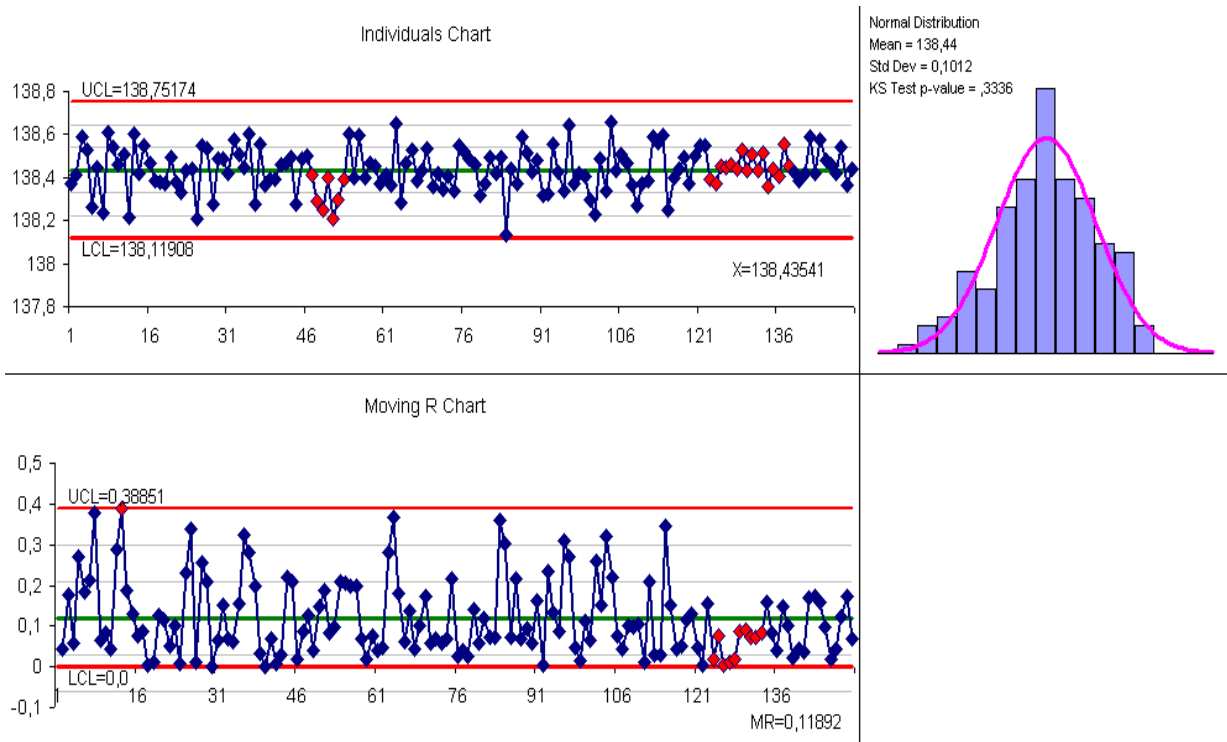
- ◆ Θα χρησιμοποιήσουμε το εργαλείο ‘Indiv MovR Chart (individuals and moving range chart)’ καθώς και την ‘Ικανότητα Διαδικασίας’.



Γράφημα 4.12



Γράφημα 4.13

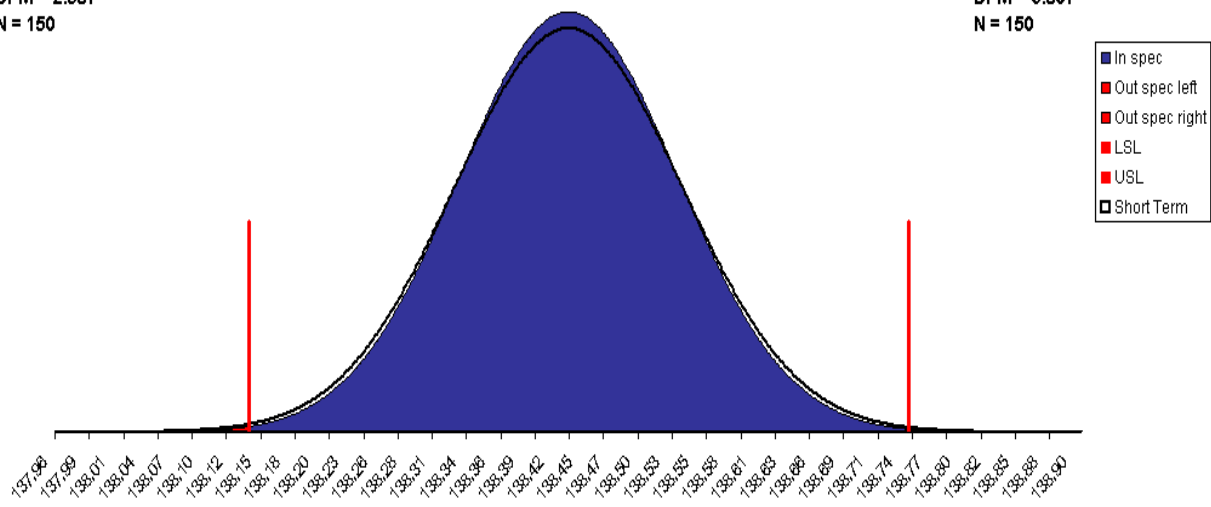


Γράφημα 4.14

Long Term
 Mean = 138,435
 StdDev = 0,10122
 USL = 138,7512
 LSL = 138,1386
 Sigma Level = 2,9324
 Sigma Capability = 4,2961
 Cpk = ,9775
 Cp = 1,0087
 DPM = 2.587
 N = 150

Ικανότητα Διαδικασίας - Λαβή μετά το βήσιμο

Short Term
 Mean = 138,435
 StdDev = 0,10543
 USL = 138,7512
 LSL = 138,1386
 Sigma Level = 2,8154
 Sigma Capability = 4,1688
 Cpk = ,9385
 Cp = ,9685
 DPM = 3.807
 N = 150



Γράφημα 4.15

Παρατηρούμε ότι μόνο 0,02 mm μεταβολή μήκους έχουμε στο μέσο όρο των λαβών πριν και μετά την βαφή με την ιδιοσυσκευή τύπου 'B'.

Ακόμα βλέπουμε ότι και τα C_{pk} πριν και μετά την βαφή είναι πολύ κοντά και σε σχετικά καλή τιμή.

Όπως έχουμε πει και σε προηγούμενο κεφάλαιο (3.17), για να είναι καλή μια διαδικασία το C_{pk} της πρέπει να κυμαίνεται γύρω στο 1,3. Στην περίπτωση μας βέβαια δεν εξετάζουμε κατά πόσο οι τιμές που έχουμε βρίσκονται κοντά στο κέντρο, άρα για αυτό το C_{pk} μας θεωρείται καλό και φαίνεται άλλωστε και στο γράφημα 4.15.

Άρα, ο δεύτερος τύπος ιδιοσυσκευής είναι αξιόπιστος. Πρέπει να εξετάσουμε όμως και την συμπεριφορά της ιδιοσυσκευής, αν δηλαδή διατηρεί την σωστή λειτουργία της και έπειτα από 5 περάσματα διαδικασίας βαφής.

Στο συγκεκριμένο στάδιο μας βοήθησε το κεφάλαιο 3.17.

4.16 Ικανότητα Διαδικασίας ιδιοσυσκευής 'B' μετά από 5 βαψίματα

Για να πραγματοποιήσουμε τις απαραίτητες μετρήσεις θα χρησιμοποιήσουμε το 'Minitab', για να δούμε και την χρήση του συγκεκριμένου software. Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο η στατιστική ανάλυση μπορεί να γίνει είτε μέσω του 'SPC Excel' είτε του 'Minitab'.

Για να κάνουμε τις αναλύσεις πρέπει πρώτα να βάλουμε τις τιμές που έχουμε για τις λαβές πριν το βάνιμο, μετά το βάνιμο (1^ο πέρασμα) και μετά το βάνιμο (5^ο πέρασμα) στο φύλλο δεδομένων του minitab.

Μετασχηματισμός 1			Μετασχηματισμός 2			Μετασχηματισμός 3			Μετασχηματισμός 4			Μετασχηματισμός 5			Μετασχηματισμός 6		
Χωρίς Βασή	Με Βασή Ln	Με Βασή Sn	Χωρίς Βασή	Με Βασή Ln	Με Βασή Sn	Χωρίς Βασή	Με Βασή Ln	Με Βασή Sn	Χωρίς Βασή	Με Βασή Ln	Με Βασή Sn	Χωρίς Βασή	Με Βασή Ln	Με Βασή Sn	Χωρίς Βασή	Με Βασή Ln	Με Βασή Sn
138.40	138.65	138.62	138.52	138.52	138.73	138.58	138.76	138.40	138.40	137.87	137.90	138.54	138.59	138.63	138.06	138.12	138.00
138.71	138.39	138.51	138.41	138.62	138.24	138.76	138.81	138.59	138.03	138.27	138.29	138.55	138.63	138.53	138.15	137.97	138.10
138.48	138.66	138.49	138.32	138.50	138.30	138.56	138.69	138.63	138.05	138.39	138.14	138.55	138.61	138.64	138.13	138.09	137.95
138.37	138.48	138.68	138.48	138.50	138.10	138.25	138.56	138.58	138.28	138.34	138.26	138.59	138.61	138.64	138.02	138.12	138.07
138.48	138.40	138.67	138.37	138.31	138.70	138.58	138.41	138.70	138.18	138.51	137.82	138.55	138.59	138.59	138.12	137.97	138.00
138.65	138.75	138.63	138.28	138.49	138.44	138.64	138.66	138.54	138.05	138.23	138.30	138.60	138.65	138.65	137.94	137.96	137.95
138.38	138.51	138.20	138.47	138.43	138.65	138.63	138.58	138.44	138.36	138.24	138.14	138.62	138.52	138.45	138.13	137.83	137.98
138.30	138.67	138.38	138.48	138.29	138.70	138.52	138.54	138.71	138.21	137.98	138.22	138.59	138.62	138.48	138.26	138.13	138.21
138.68	138.63	138.49	138.33	138.35	138.19	138.75	138.62	138.62	138.37	138.36	138.16	138.48	138.50	138.58	138.45	138.31	137.89
138.66	138.53	138.67	138.32	138.42	138.68	138.36	138.71	138.52	138.22	138.18	138.35	138.52	138.48	138.53	138.30	138.00	138.04
138.68	138.39	138.63	138.52	138.41	138.50	138.73	138.47	138.70	138.32	138.14	138.41	138.52	138.63	138.68	137.85	137.80	138.27
138.53	138.26	138.51	138.47	138.40	137.97	138.56	138.47	138.66	138.23	138.25	138.27	138.60	138.67	138.77	138.08	137.92	138.20
138.56	138.53	138.47	138.36	138.21	138.40	138.63	138.61	138.59	138.17	138.24	138.41	138.57	138.57	138.79	138.26	138.09	137.98
138.68	138.32	138.63	138.46	138.55	138.82	138.41	138.69	138.59	138.10	137.83	138.04	138.62	138.53	138.48	137.97	138.43	137.91
138.42	138.48	138.46	138.48	138.27	138.31	138.49	138.54	138.58	138.24	137.98	138.28	138.66	138.55	138.61	138.07	138.22	138.00
138.48	138.55	138.40	138.25	138.68	137.97	138.62	138.51	138.64	138.02	138.13	138.10	138.51	138.62	138.59	137.83	138.32	138.27
138.31	138.25	138.34	138.41	138.43	138.42	138.52	138.27	138.54	138.30	137.99	138.23	138.66	138.65	138.76	138.07	137.85	138.14
138.29	138.56	138.60	138.53	138.23	138.40	138.64	138.53	138.45	138.14	138.26	138.19	138.63	138.63	138.52	138.30	138.24	137.81
138.57	138.70	138.29	138.40	138.42	138.26	138.67	138.73	138.77	138.24	138.06	138.08	138.48	138.51	138.66	138.11	138.23	138.18
138.40	138.28	138.64	138.45	138.39	138.06	138.56	138.51	138.63	138.07	138.11	138.48	138.65	138.61	138.64	138.08	138.19	138.22
138.61	138.25	138.60	138.43	138.54	138.62	138.50	138.69	138.58	138.32	138.31	138.15	138.70	138.70	138.74	138.17	138.20	137.96
138.48	138.57	138.51	138.38	138.50	138.66	138.61	138.50	138.54	137.97	138.29	138.08	138.59	138.63	138.73	138.15	138.11	137.95
138.58	138.46	138.65	138.67	138.43	138.07	138.68	138.64	138.54	138.35	138.35	137.94	138.61	138.52	138.72	138.22	138.19	138.15
138.65	138.41	138.68	138.29	138.49	138.35	138.76	138.62	138.65	138.41	138.16	138.30	138.61	138.66	138.61	138.02	138.28	138.17
138.73	138.66	138.68	138.37	138.37	138.08	138.49	138.70	138.54	138.27	138.18	138.26	138.63	138.52	138.53	138.56	138.12	138.25
138.59	138.53	138.55	138.31	138.37	138.33	138.60	138.59	138.56	138.11	138.21	138.02	138.60	138.71	138.57	138.27	138.17	138.09
138.75	138.38	138.25	138.36	138.49	138.34	138.67	138.59	138.46	138.32	138.36	138.43	138.76	138.53	138.63	137.99	138.17	137.80
138.65	138.58	138.34	138.31	138.38	138.54	138.51	138.69	138.69	138.46	138.33	138.34	138.63	138.59	138.63	137.91	137.91	138.46
138.49	138.50	138.45	138.34	138.45	138.13	138.53	138.45	138.50	137.91	137.93	138.25	138.58	138.57	138.57	138.16	137.95	137.75
138.52	138.37	138.71	138.52	138.55	138.35	138.59	138.70	138.52	138.45	138.09	138.16	138.50	138.63	138.62	138.05	137.88	138.16
138.62	138.56	138.32	138.33	138.35	138.53	138.59	138.46	138.57	138.16	138.10	138.09	138.55	138.54	138.57	137.95	138.04	137.80
138.62	138.29	138.17	138.40	138.35	138.09	138.47	138.76	138.53	138.02	138.39	138.31	138.70	138.61	138.62	138.25	138.06	138.13
138.54	138.45	138.58	138.34	138.60	138.38	138.76	138.62	138.53	138.07	138.01	138.15	138.53	138.67	138.60	138.31	137.94	137.99
138.40	138.52	138.39	138.33	138.33	138.54	138.59	138.51	138.74	138.05	138.12	138.29	138.65	138.57	138.66	137.76	138.26	137.92
138.49	138.51	138.57	138.45	138.40	138.43	138.65	138.61	138.56	138.19	137.99	138.36	138.56	138.65	138.56	138.09	138.18	138.19
138.48	138.61	138.46	138.43	138.50	138.74	138.50	138.60	138.64	138.25	138.17	137.96	138.63	138.59	138.62	138.03	138.19	137.95
138.43	138.46	138.58	138.40	138.27	137.78	138.71	138.59	138.37	138.26	138.23	138.69	138.57	138.59	138.57	137.93	137.93	138.01
138.34	138.42	138.53	138.40	138.36	138.00	138.52	138.56	138.63	138.22	138.35	138.20	138.56	138.47	138.66	138.15	138.28	138.16
138.45	138.44	138.54	138.43	138.25	137.93	138.54	138.66	138.48	138.07	138.27	138.22	138.71	138.57	138.47	138.16	137.91	138.17
138.63	138.52	138.49	138.45	138.34	138.70	138.57	138.45	138.69	138.16	138.14	137.99	138.57	138.64	138.69	138.08	138.27	137.90
138.71	138.36	138.54	138.34	138.44	138.22	138.64	138.40	138.72	137.90	137.87	138.14	138.58	138.58	138.56	137.84	137.90	137.89
138.25	138.43	138.70	138.54	138.39	138.29	138.57	139.02	138.40	138.21	138.38	138.46	138.63	138.51	138.59	137.98	138.19	137.95
138.47	138.49	138.55	138.41	138.42	138.31	138.56	138.49	138.45	138.15	138.06	138.31	138.66	138.56	138.62	138.08	137.91	137.87
138.51	138.73	138.53	138.31	138.19	137.95	138.58	138.71	138.68	138.06	138.14	138.22	138.51	138.69	138.67	138.02	138.08	138.05
138.45	138.38	138.72	138.29	138.24	138.49	138.70	138.77	138.87	138.15	138.16	138.25	138.55	138.60	138.52	138.20	138.14	138.19
138.46	138.47	138.56	138.60	138.58	138.09	138.68	138.57	138.58	138.33	138.36	138.39	138.50	138.54	138.63	137.74	138.20	138.30
138.37	138.39	138.60	138.38	138.23	138.73	138.59	138.65	138.66	138.39	138.31	138.34	138.57	138.61	138.52	138.34	138.05	138.14
138.59	138.71	138.45	138.45	138.50	138.34	138.66	138.47	138.57	138.24	138.39	138.32	138.60	138.66	138.53	138.12	138.14	138.24
138.29	138.50	138.51	138.46	138.26	138.19	138.57	138.50	138.67	138.21	138.04	138.60	138.66	138.63	138.55	137.77	138.00	138.09
138.49	138.52	138.43	138.47	138.28	138.82	138.46	138.64	138.68	138.15	138.27	138.08	138.73	138.68	138.64	138.12	138.05	138.17

Σχήμα 4.15

Στις επόμενες 3 καρτέλες φαίνεται η διαδικασία (τρία βήματα) που ακολουθούμε, χρησιμοποιώντας το minitab για να κάνουμε την απαιτούμενη ανάλυση.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	
1	138,404	138,650	138,624	138,517	138,523	138,733	138,585	138,759	138,398	138,404	137,865	137,904	138,543	138,588	138,626	138,060	138,119	138,001						
2	138,706	138,393	138,505	138,412	138,623	138,237	138,761	138,811	138,593	138,028	138,274	138,292	138,548	138,627	138,532	138,153	137,972	138,101						
3	138,475	138,657	138,494	138,325	138,496	138,297	138,563	138,687	138,631	138,050	138,390	138,139	138,547	138,610	138,643	138,132	138,086	137,949						
4	138,368	138,481	138,478	138,683	138,478	138,100	138,368	138,481	138,577	138,278	138,341	138,262	138,593	138,610	138,637	138,022	138,121	138,071						
5	138,478	138,401	138,657	138,371	138,312	138,704	138,580	138,405	138,702	138,185	138,511	137,817	138,545	138,591	138,588	138,122	137,972	138,003						
6	138,651	138,745	138,634	138,279	138,443	138,649	138,626	138,582	138,435	138,358	138,244	138,138	138,618	138,523	138,446	138,134	137,827	137,979						
7	138,378	138,513	138,653	138,204	138,474	138,704	138,522	138,541	138,715	138,207	137,975	138,216	138,587	138,616	138,484	138,255	138,132	138,205						
8	138,303	138,668	138,494	138,331	138,353	138,190	138,751	138,620	138,616	138,366	138,362	138,160	138,481	138,502	138,582	138,445	138,311	137,887						
9	138,683	138,625	138,494	138,331	138,353	138,678	138,360	138,714	138,522	138,223	138,178	138,354	138,515	138,479	138,534	138,305	138,000	138,044						
10	138,655	138,530	138,634	138,279	138,443	138,495	138,732	138,474	138,696	138,322	138,142	138,408	138,524	138,631	138,648	137,848	137,805	138,265						
11	138,679	138,394	138,398	138,407	138,421	138,975	138,562	138,473	138,664	138,227	138,255	138,269	138,598	138,671	138,768	138,079	137,924	138,198						
12	138,530	138,261	138,511	138,466	138,403	138,555	138,303	138,631	138,610	138,175	138,243	138,406	138,565	138,575	138,790	138,261	138,085	137,977						
13	138,555	138,530	138,530	138,530	138,530	138,822	138,411	138,693	138,587	138,097	137,831	138,040	138,619	138,534	138,478	137,968	138,434	137,905						
14	138,684	138,321	138,634	138,279	138,443	138,308	138,417	138,482	138,13	138,308	138,489	138,544	138,562	138,242	137,983	138,283	138,662	138,548	138,611	138,070	138,222	137,997		
15	138,417	138,482	138,398	138,407	138,421	138,970	138,623	138,509	138,542	138,017	138,128	138,099	138,507	138,624	138,587	137,832	138,318	138,266						
16	138,479	138,548	138,398	138,407	138,421	138,314	138,517	138,267	138,542	138,304	137,991	138,225	138,657	138,654	138,757	138,071	137,852	138,142						
17	138,314	138,249	138,249	138,342	138,407	138,421	138,404	138,642	138,525	138,542	138,141	138,259	138,187	138,630	138,626	138,500	138,302	138,239	137,810					
18	138,295	138,559	138,559	138,559	138,559	138,570	138,570	138,702	138,289	138,403	138,417	138,261	138,689	138,729	138,768	138,241	138,060	138,080	138,482	138,510	138,658	138,113	138,226	138,175
19	138,401	138,277	138,641	138,454	138,394	138,062	138,401	138,277	138,641	138,454	138,394	138,062	138,564	138,514	138,630	138,070	138,112	138,484	138,648	138,607	138,638	138,091	138,186	138,217
20	138,610	138,246	138,603	138,432	138,540	138,617	138,610	138,246	138,603	138,432	138,540	138,617	138,499	138,687	138,575	138,320	138,311	138,145	138,698	138,698	138,739	138,170	138,200	137,960
21	138,465	138,574	138,506	138,378	138,496	138,680	138,465	138,574	138,506	138,378	138,496	138,680	138,613	138,503	138,536	137,967	138,286	138,079	138,586	138,634	138,735	138,152	138,110	137,947
22	138,577	138,455	138,653	138,672	138,426	138,066	138,577	138,455	138,653	138,672	138,426	138,066	138,577	138,455	138,653	138,672	138,426	138,066	138,608	138,521	138,725	138,219	138,188	138,152
23	138,654	138,405	138,683	138,286	138,486	138,347	138,654	138,405	138,683	138,286	138,486	138,347	138,765	138,618	138,655	138,411	138,156	138,302	138,608	138,665	138,607	138,018	138,284	138,172
24	138,729	138,659	138,662	138,370	138,370	138,084	138,729	138,659	138,662	138,370	138,370	138,084	138,490	138,705	138,539	138,272	138,176	138,262	138,631	138,519	138,532	138,564	138,117	138,251
25	138,592	138,529	138,546	138,306	138,366	138,330	138,592	138,529	138,546	138,306	138,366	138,330	138,600	138,589	138,564	138,111	138,212	138,020	138,598	138,712	138,572	138,267	138,171	138,094
26	138,746	138,382	138,251	138,364	138,492	138,342	138,746	138,382	138,251	138,364	138,492	138,342	138,675	138,591	138,462	138,319	138,356	138,434	138,763	138,526	138,628	137,992	138,166	137,801
27	138,652	138,575	138,341	138,309	138,380	138,542	138,652	138,575	138,341	138,309	138,380	138,542	138,508	138,691	138,690	138,465	138,328	138,336	138,629	138,588	138,632	137,910	137,914	138,457
28	138,489	138,500	138,451	138,343	138,455	138,130	138,489	138,500	138,451	138,343	138,455	138,130	138,528	138,445	138,499	137,906	137,933	138,247	138,584	138,570	138,571	138,159	137,946	137,753
29	138,517	138,374	138,710	138,523	138,553	138,353	138,517	138,374	138,710	138,523	138,553	138,353	138,587	138,704	138,518	138,448	138,092	138,158	138,497	138,627	138,616	138,047	137,976	138,157
30	138,619	138,560	138,321	138,331	138,354	138,530	138,619	138,560	138,321	138,331	138,354	138,530	138,588	138,462	138,567	138,165	138,099	138,092	138,554	138,544	138,566	137,952	138,041	137,802
31	138,624	138,290	138,171	138,403	138,352	138,087	138,624	138,290	138,171	138,403	138,352	138,087	138,470	138,764	138,528	138,016	138,390	138,312	138,704	138,607	138,623	138,249	138,059	138,131
32	138,536	138,448	138,576	138,335	138,602	138,378	138,536	138,448	138,576	138,335	138,602	138,378	138,763	138,617	138,528	138,070	138,009	138,147	138,533	138,673	138,595	138,313	137,938	137,995
33	138,405	138,515	138,394	138,333	138,330	138,536	138,405	138,515	138,394	138,333	138,330	138,536	138,585	138,513	138,737	138,048	138,124	138,286	138,652	138,566	138,664	137,763	138,256	137,919
34	138,486	138,506	138,567	138,450	138,398	138,430	138,486	138,506	138,567	138,450	138,398	138,430	138,650	138,614	138,564	138,191	137,987	138,355	138,555	138,651	138,564	138,090	138,178	138,189
35	138,476	138,606	138,459	138,426	138,497	138,735	138,476	138,606	138,459	138,426	138,497	138,735	138,600	138,597	138,642	138,253	138,174	137,958	138,629	138,589	138,619	138,033	138,185	137,950
36	138,431	138,457	138,580	138,397	138,268	137,779	138,431	138,457	138,580	138,397	138,268	137,779	138,710	138,590	138,366	138,259	138,230	138,690	138,570	138,588	138,574	137,931	137,931	138,007
37	138,345	138,416	138,531	138,400	138,361	137,998	138,345	138,416	138,531	138,400	138,361	137,998	138,518	138,559	138,625	138,224	138,348	138,202	138,563	138,471	138,656	138,150	138,278	138,159
38	138,417	138,482	138,398	138,407	138,421	138,970	138,417	138,482	138,398	138,407	138,421	138,970	138,517	138,517	138,517	138,517	138,517	138,517	138,517	138,517	138,517	138,517	138,517	138,517

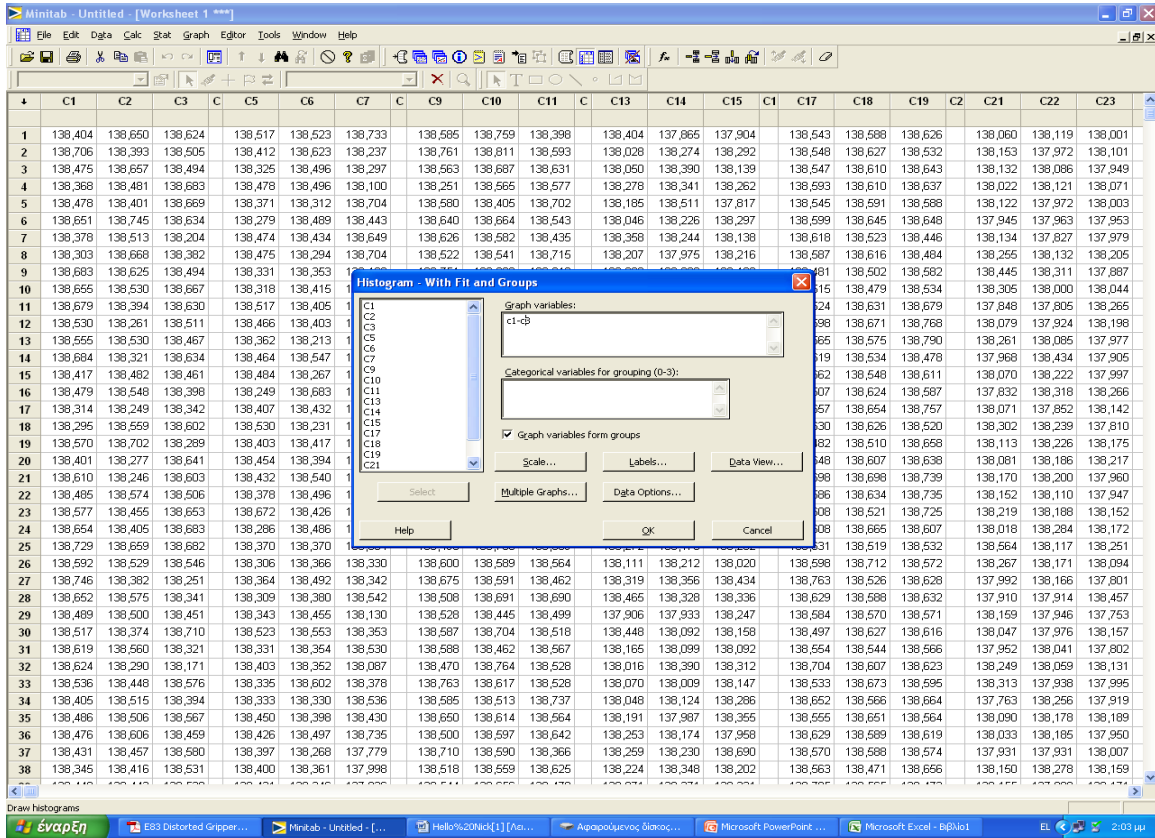
1^ο βήμα

Histograms

- Simple
- With Fit
- With Outline and Groups
- With Fit and Groups

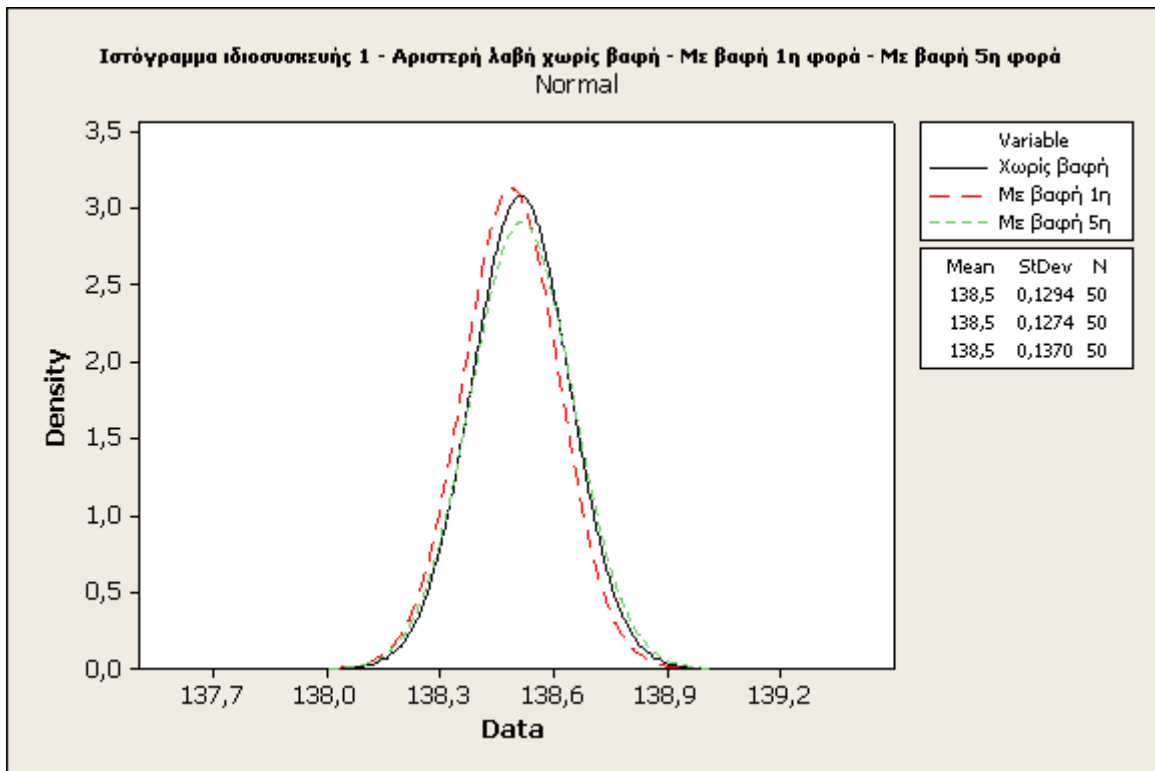
Help OK Cancel

2^ο βήμα

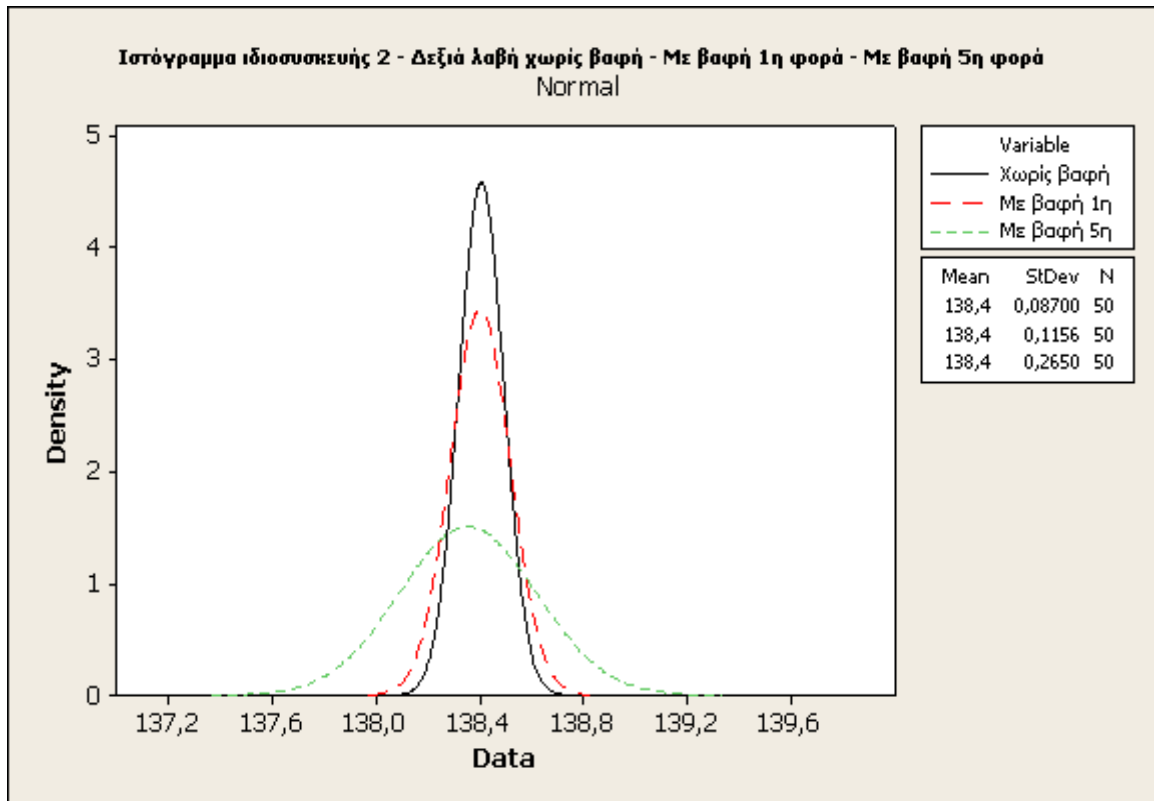


3^ο βήμα

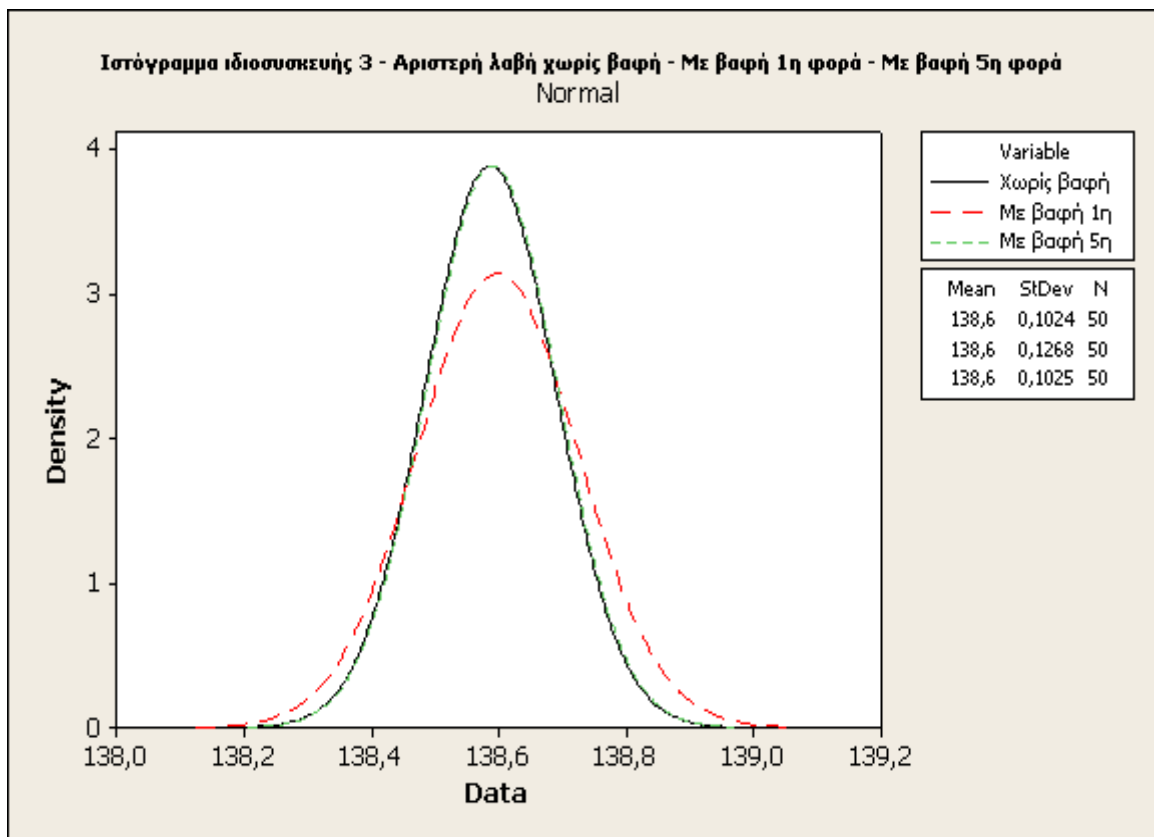
Σχήμα 4.16



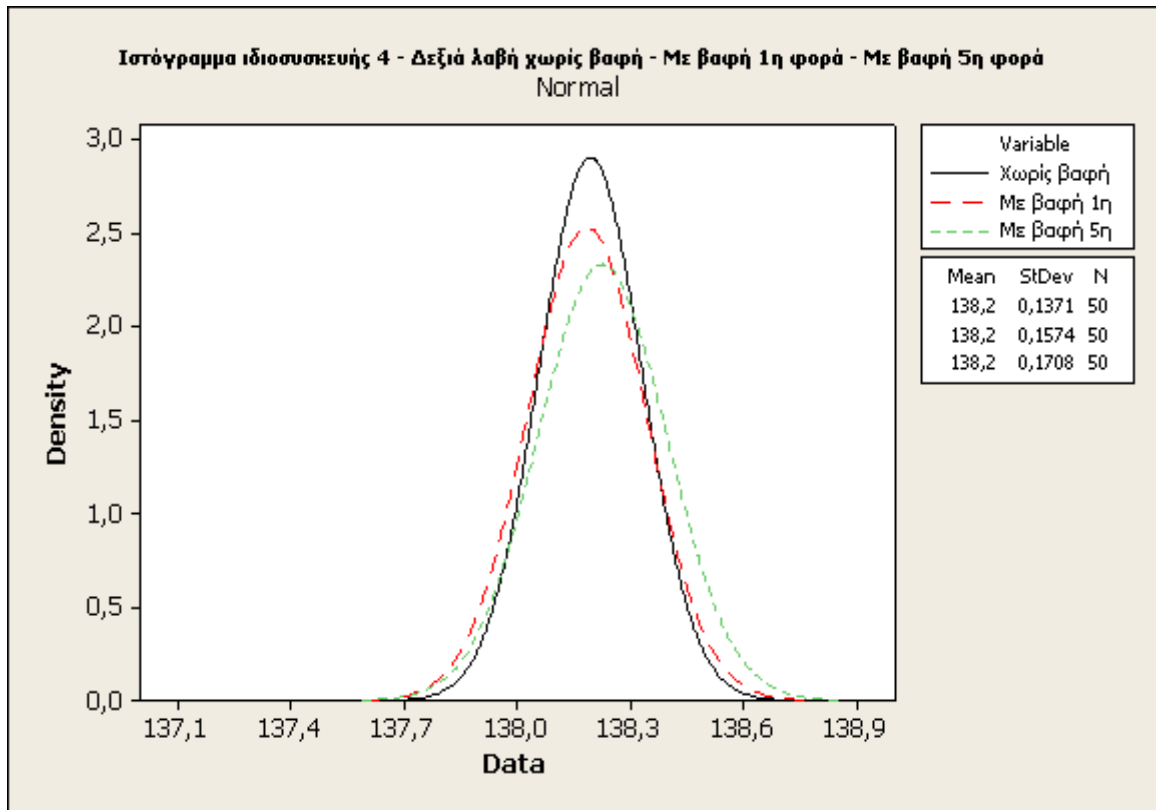
Γράφημα 4.16



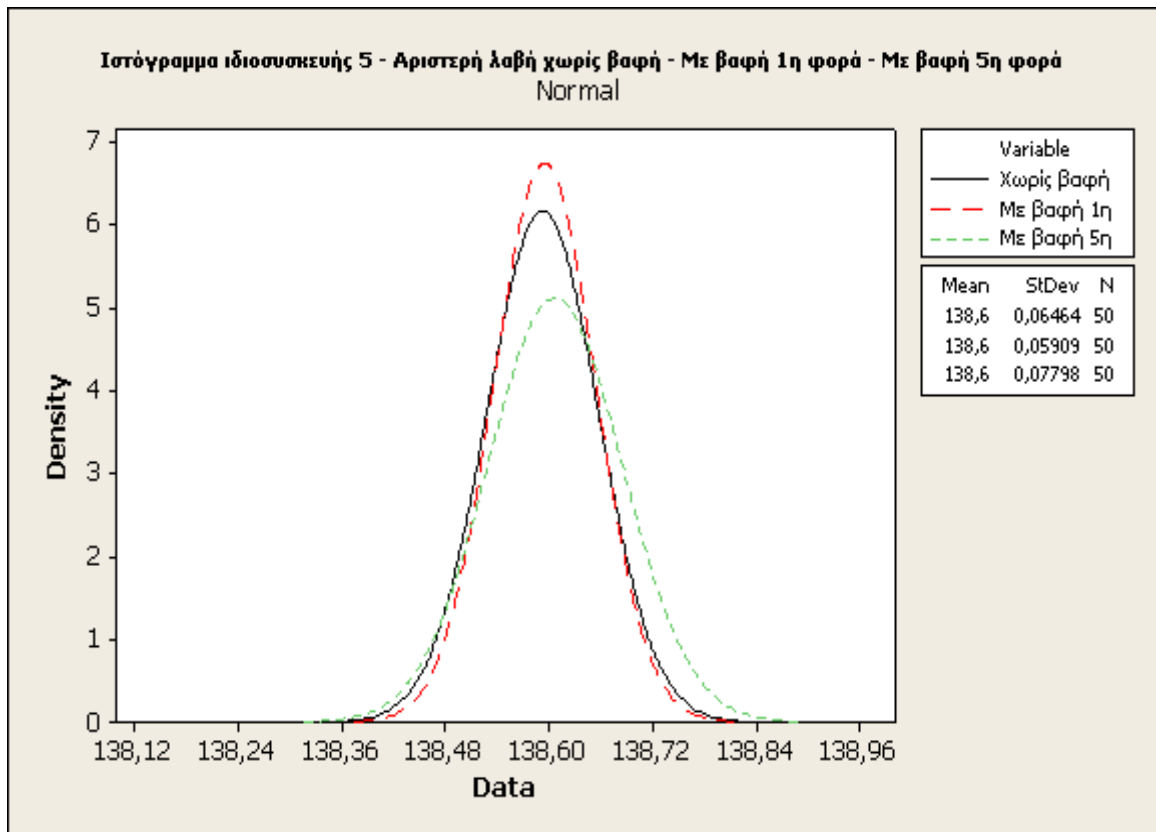
Γράφημα 4.17



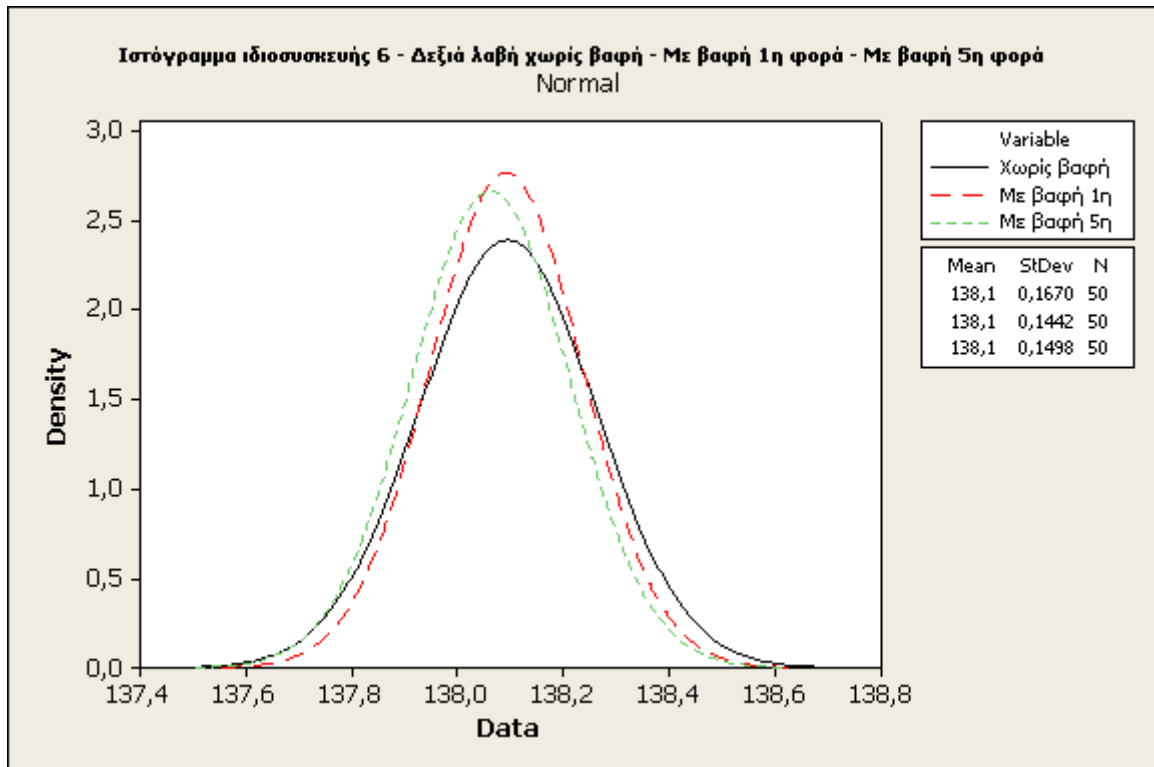
Γράφημα 4.18



Γράφημα 4.19



Γράφημα 4.20



Γράφημα 4.21

Με την βοήθεια των παραπάνω 6 γραφημάτων για τις διαφορετικές ιδιοσυσκευές βαφής, παρατηρούμε ότι παρόλο που οι ιδιοσυσκευές πέρασαν 5 φορές από την διαδικασία βαφής διατήρησαν την αξιοπιστία τους και σαφώς το καλιμπράρισμα που αρχικώς τους είχε γίνει.

Έτσι, φαίνεται ότι ο νέος τύπος 'B' της ιδιοσυσκευής βαφής που σκεφτήκαμε ως εναλλακτική λύση για να βελτιώσουμε την διαδικασία βαφής είναι αποτελεσματικός.

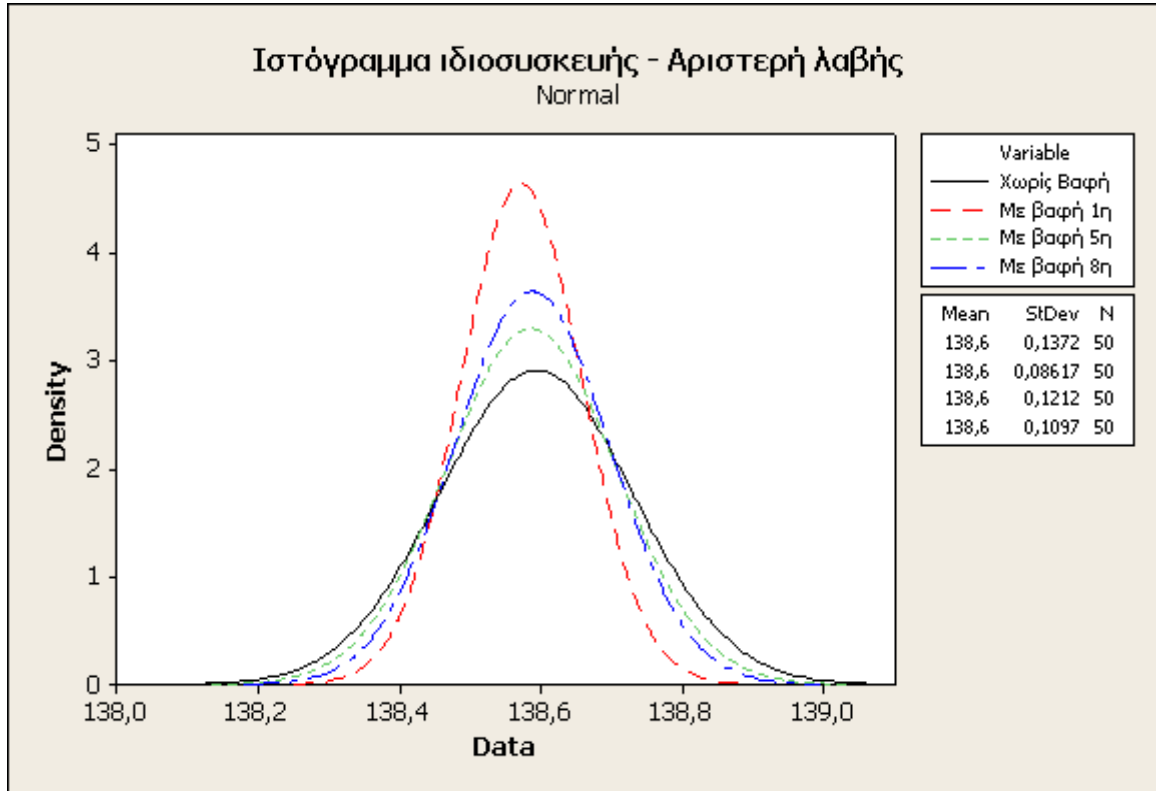
Στο συγκεκριμένο στάδιο μας βοήθησε το κεφάλαιο 3.17.

4.17 Ικανότητα Διαδικασίας ιδιοσυσκευής ‘B’ μετά από 8 βαψίματα

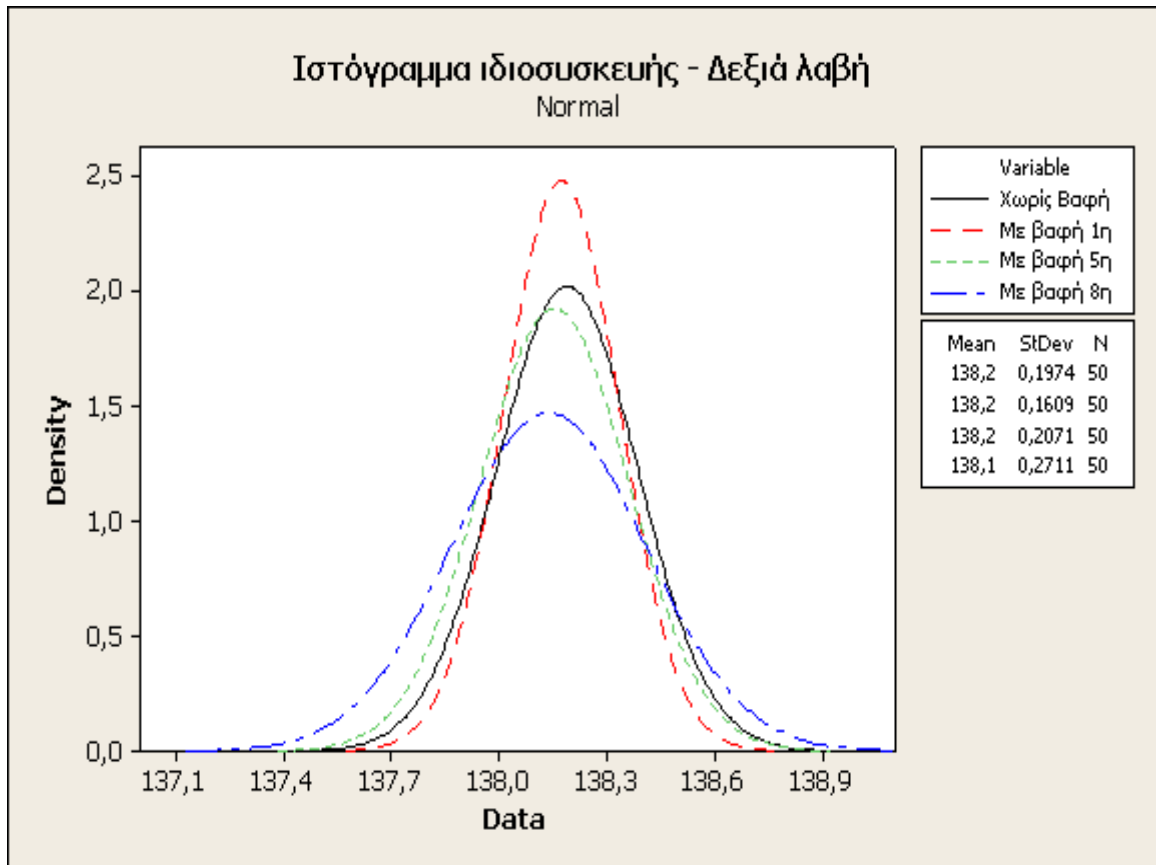
Για να σιγουρευτούμε ακόμα περισσότερο για την καινούργια ιδιοσυσκευή, θελήσαμε να κάνουμε ένα τελικό έλεγχο σε δυο από τις 6 ιδιοσυσκευές (1 για δεξιά και 1 για αριστερή λαβή), δηλαδή να δούμε αν διατηρεί το καλιμπράρισμα της έπειτα από οχτώ περάσματα στην διαδικασία της βαφής.

1	Ιδιοσυσκευή Αριστερής λαβής					Ιδιοσυσκευή Δεξιάς λαβής			
	Χωρίς βαφή	Με Βαφή 1η	Με Βαφή 5η	Με Βαφή 8η		Χωρίς βαφή	Με Βαφή 1η	Με Βαφή 5η	Με Βαφή 8η
2									
3	138,47	138,48	138,48	138,60		138,09	138,36	137,88	138,34
4	138,52	138,53	138,59	138,58		138,32	138,11	137,86	138,02
5	138,51	138,66	138,46	138,78		138,30	137,95	138,09	138,27
6	138,52	138,61	138,46	138,44		138,38	138,17	138,07	138,26
7	138,72	138,67	138,51	138,42		138,18	138,19	138,26	137,94
8	138,55	138,55	138,46	138,45		138,04	138,08	138,17	138,45
9	138,59	138,58	138,61	138,66		138,07	138,28	138,14	138,22
10	138,38	138,52	138,49	138,64		138,30	138,03	138,25	137,91
11	138,57	138,58	138,56	138,61		138,31	138,34	138,24	138,29
12	138,49	138,57	138,71	138,81		138,26	138,18	137,91	137,72
13	138,67	138,59	138,47	138,71		138,38	138,07	138,25	138,11
14	138,76	138,69	138,68	138,72		138,42	138,25	138,28	138,13
15	138,90	138,54	138,69	138,46		138,21	138,07	138,19	138,40
16	138,62	138,57	138,70	138,48		138,33	138,13	137,54	138,70
17	138,46	138,69	138,82	138,63		138,12	138,28	138,11	138,30
18	138,50	138,44	138,65	138,52		138,34	138,14	138,53	138,38
19	138,56	138,62	138,54	138,56		138,30	138,31	138,27	137,96
20	138,63	138,59	138,51	138,44		138,06	138,15	138,11	138,14
21	138,90	138,65	138,45	138,56		138,35	138,10	138,01	138,44
22	138,71	138,66	138,57	138,47		138,22	138,15	138,26	138,27
23	138,47	138,36	138,77	138,64		138,47	138,38	137,91	137,66
24	138,60	138,61	138,75	138,69		137,94	138,13	138,25	137,73
25	138,80	138,65	138,61	138,67		138,38	138,20	138,39	138,21
26	138,59	138,61	138,66	138,43		138,25	138,22	138,28	138,30
27	138,49	138,65	138,29	138,56		138,31	138,32	138,40	137,99
28	138,59	138,39	138,67	138,54		137,81	138,30	138,25	137,74
29	138,84	138,55	138,61	138,50		138,15	138,04	138,02	138,14
30	138,57	138,55	138,49	138,58		138,04	138,09	138,07	138,77
31	138,51	138,57	138,51	138,60		138,01	138,24	138,30	137,84
32	138,52	138,54	138,75	138,56		137,60	138,44	138,56	137,95
33	139,01	138,55	138,49	138,74		138,20	138,21	138,27	138,36
34	138,71	138,47	138,70	138,79		138,26	138,22	138,00	137,94
35	138,41	138,54	138,55	138,77		138,26	138,01	138,32	137,66
36	138,69	138,63	138,53	138,62		138,07	138,23	138,17	138,56
37	138,78	138,39	138,69	138,73		137,98	138,14	137,87	138,09
38	138,55	138,68	138,47	138,56		138,43	138,40	138,17	138,11
39	138,38	138,59	138,42	138,50		138,52	138,25	137,85	138,23
40	138,57	138,52	138,66	138,50		138,48	138,35	138,28	138,07
41	138,47	138,43	138,78	138,56		137,85	138,21	138,04	138,10
42	138,62	138,74	138,34	138,52		138,14	137,73	138,28	138,13
43	138,58	138,57	138,63	138,44		138,32	138,62	138,18	138,52
44	138,52	138,64	138,67	138,59		137,91	138,13	138,33	138,05
45	138,65	138,60	138,69	138,61		138,04	137,98	137,96	137,63
46	138,70	138,62	138,69	138,52		138,47	138,20	137,98	138,22
47	138,64	138,61	138,46	138,58		137,93	137,84	138,37	138,29
48	138,49	138,71	138,73	138,50		138,18	138,18	138,51	137,97
49	138,45	138,64	138,57	138,50		137,81	138,30	138,26	137,85
50	138,56	138,49	138,74	138,79		138,22	137,79	138,29	137,76
51	138,50	138,41	138,54	138,58		138,24	138,23	137,67	138,37
52	138,48	138,54	138,48	138,78		138,27	138,02	138,10	138,47

Σχήμα 4.17



Γράφημα 4.22



Γράφημα 4.23

Όπως φαίνεται παραπάνω δεν υπάρχει πρόβλημα στις ιδιοσυσκευές ακόμα και με οχτώ περάσματα.

Τα παραπάνω αποτελέσματα φανέρωσαν την πηγή του προβλήματος αλλά και την λύση του.

Πρέπει να εξετάσουμε όμως πριν εφαρμόσουμε την προτεινόμενη λύση, δηλαδή την κατασκευή καινούργιων ιδιοσυσκευών βαφής τύπου 'B', ποιό θα είναι το κόστος μιας τέτοιας επένδυσης.

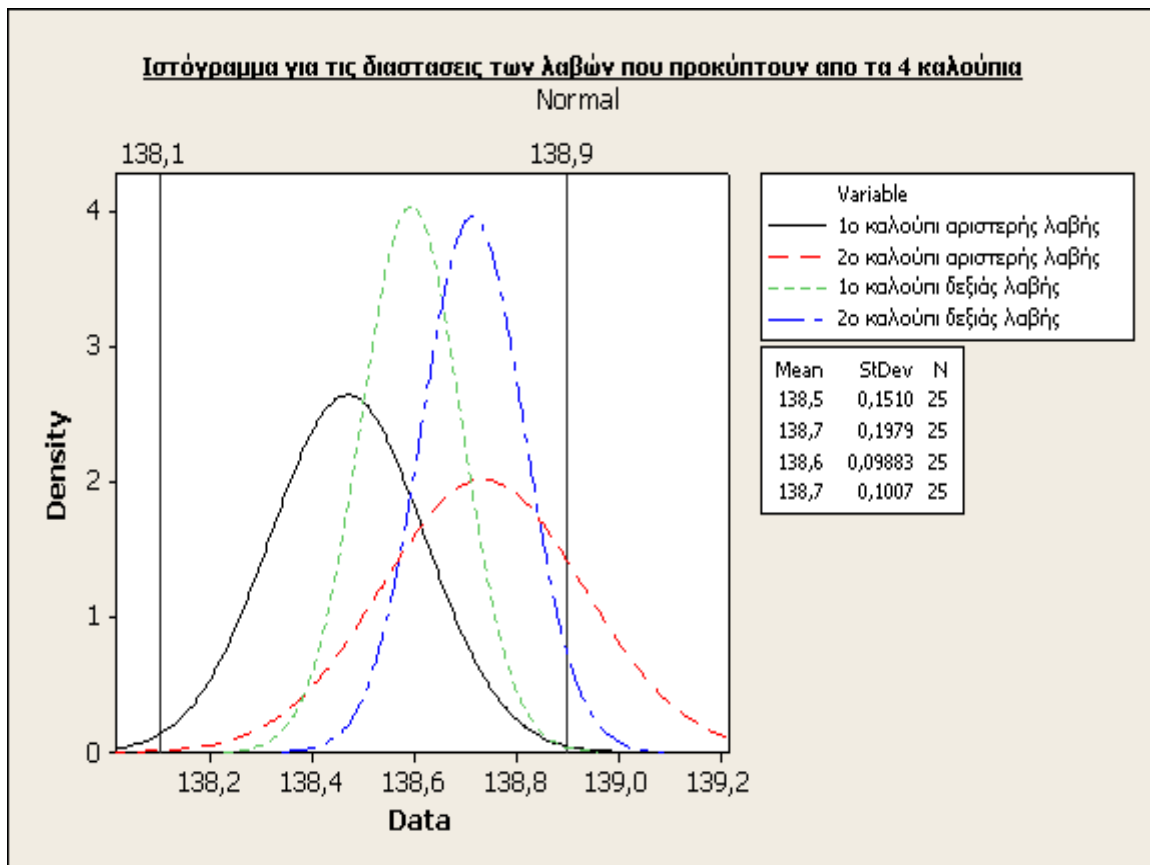
Έτσι, η προϋπολογιζόμενη δαπάνη για την κατασκευή 250 καινούργιων ιδιοσυσκευών, σύμφωνα με την αγορά, ανέρχεται στα 70.000 €, ήτοι 280 € / ιδιοσυσκευή.

Στο συγκεκριμένο στάδιο μας βοήθησε το κεφάλαιο 3.17.

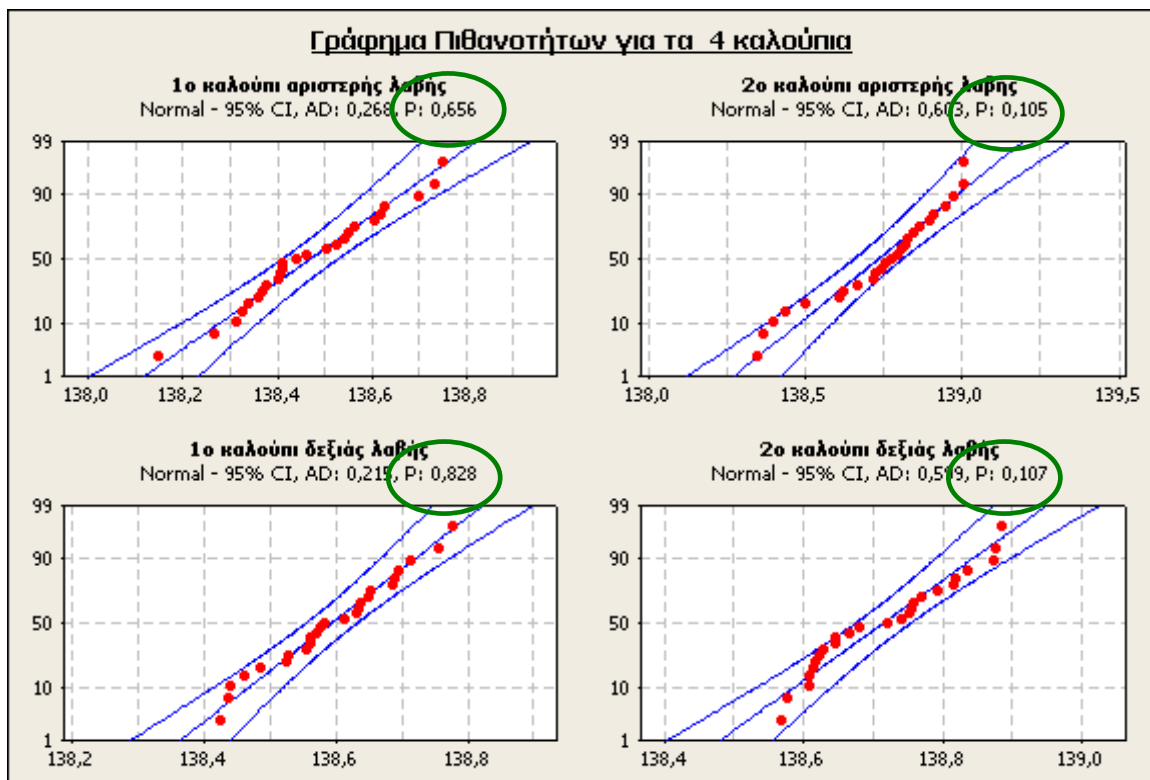
4.18 Αξιοπιστία Καλουπιών

Όπως είδαμε στην αρχή του έργου με την βοήθεια της Ανάλυσης Pareto το 13% των μη αποδεκτών λαβών ήταν στο στάδιο του καλουπιού. Παρακάτω θα δούμε τι ακριβώς συμβαίνει και με αυτό το πρόβλημα.

1ο καλούπι αριστερής λαβής	2ο καλούπι αριστερής λαβής	1ο καλούπι δεξιάς λαβής	2ο καλούπι δεξιάς λαβής
138,550	138,776	138,462	138,624
138,340	138,795	138,563	138,665
138,608	138,827	138,436	138,753
138,626	139,005	138,528	138,681
138,361	139,004	138,653	138,817
138,565	138,398	138,576	138,792
138,148	138,845	138,635	138,755
138,326	138,948	138,571	138,720
138,369	138,807	138,714	138,608
138,464	138,610	138,440	138,577
138,525	138,623	138,486	138,886
138,411	138,866	138,650	138,874
138,503	138,719	138,614	138,820
138,752	138,974	138,583	138,837
138,620	138,758	138,779	138,759
138,411	138,743	138,426	138,769
138,439	138,898	138,695	138,647
138,735	138,912	138,633	138,614
138,545	138,364	138,757	138,646
138,268	138,725	138,691	138,569
138,700	138,435	138,556	138,740
138,405	138,668	138,686	138,617
138,377	138,348	138,637	138,628
138,403	138,501	138,562	138,877
138,315	138,820	138,527	138,608



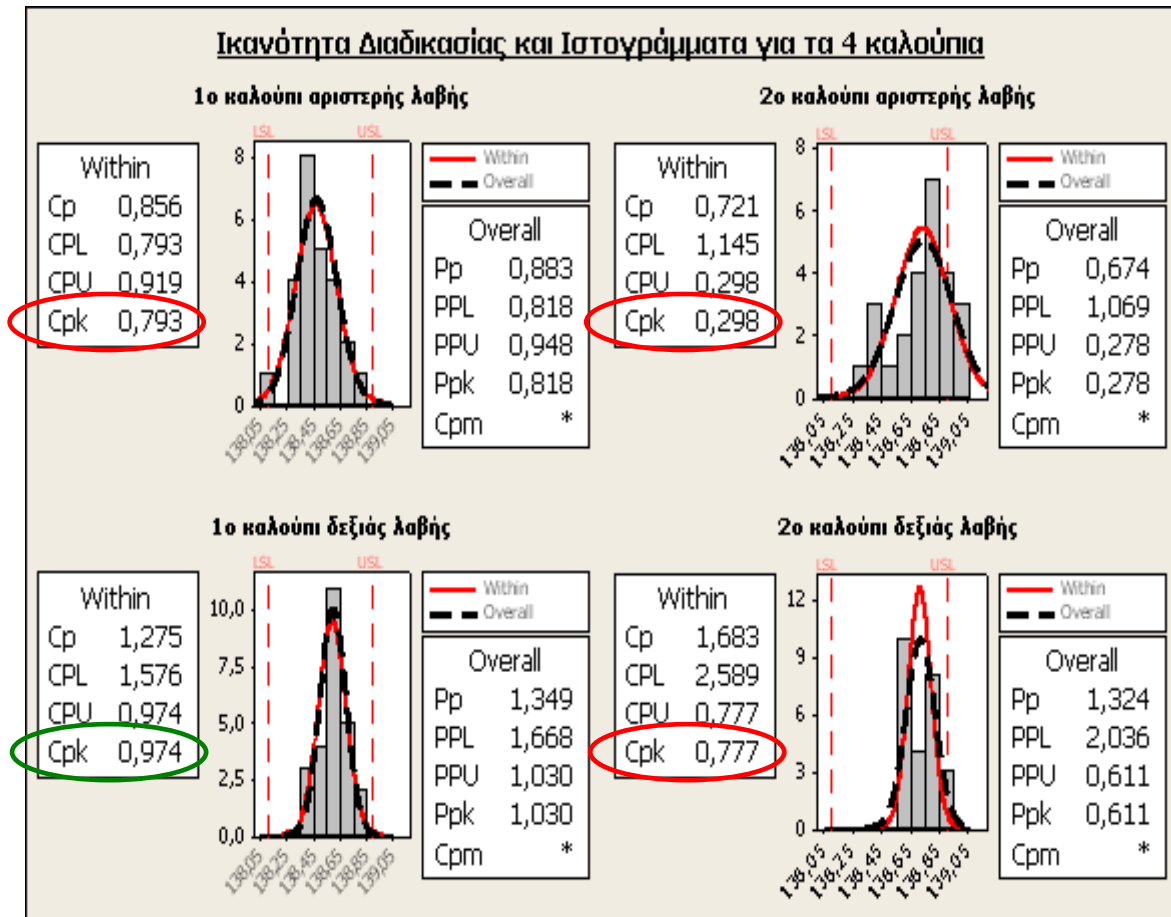
Γράφημα 4.24



Γράφημα 4.25

Καταρχήν παρατηρούμε ότι και για τα τέσσερα καλούπια όλο το πλήθος των μετρήσεων που έχουμε πάρει για τις λαβές είναι αξιόπιστα, αφού το $P \geq 0,05$.

4.18.1 Ικανότητα Διαδικασίας Καλουπιών



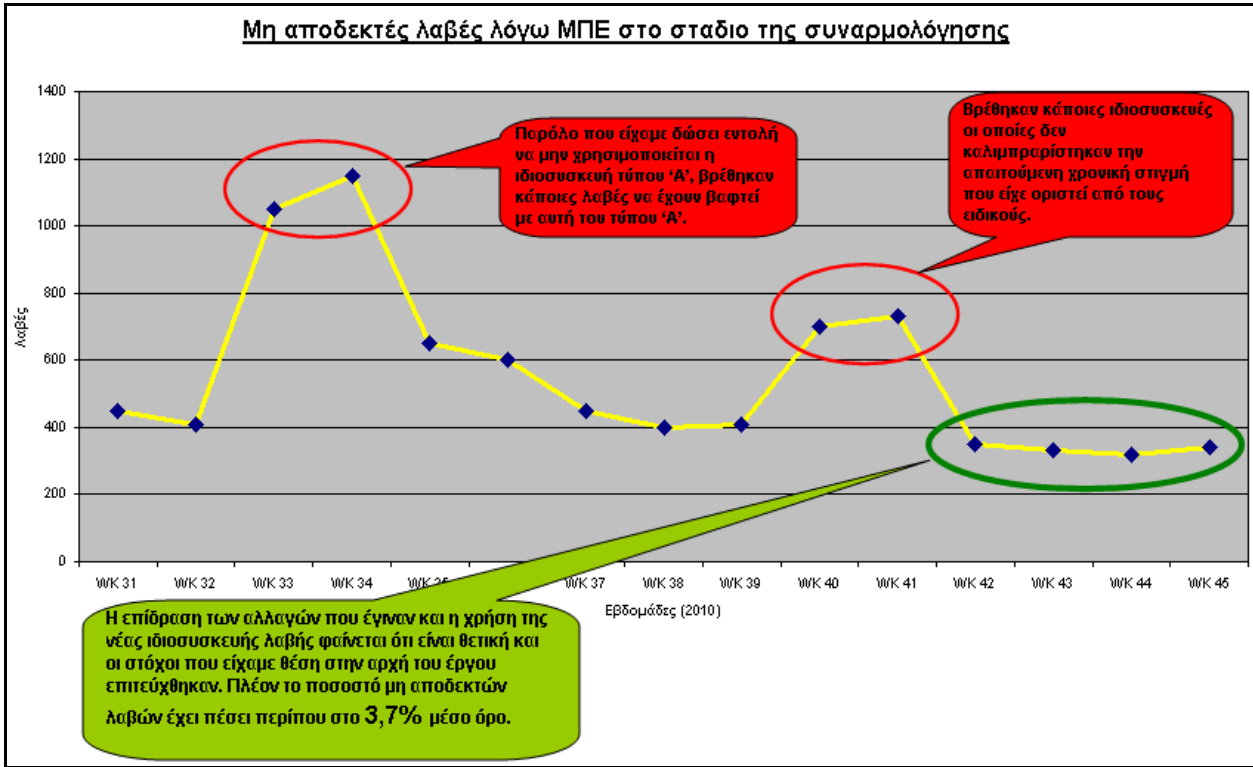
Γράφημα 4.26

Τα παραπάνω αποτελέσματα της ικανότητας διαδικασίας φανερώνουν ότι και τα 4 καλούπια χρειάζονται ρυθμίσεις. Το 1^ο καλούπι της δεξιάς λαβής έχει καλύτερα αποτελέσματα αλλά και αυτό σε καμιά περίπτωση δεν φτάνει τα στάνταρ του Cpk 1.33, το οποίο θεωρείται ως ελάχιστο όριο.

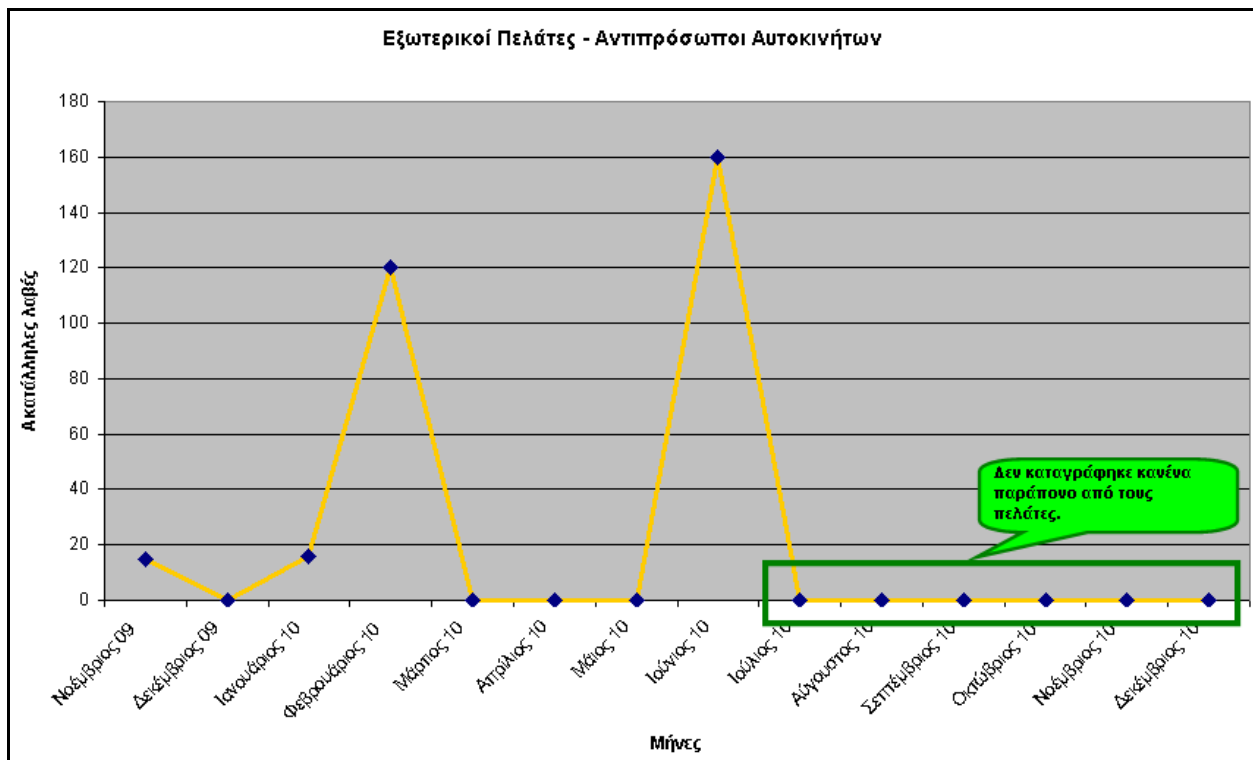
Έτσι, πρέπει να γίνουν ενέργειες και για τροποποίηση των καλουπιών ώστε να μην υπάρχει κανένα περιθώριο για ελαττωματικές λαβές.

Επίσης είναι αυτονόητο ότι κάθε τόσο όλες οι ιδιοσυσκευές και τα καλούπια θα ελέγχονται και θα καλιμπράρονται αν αυτό κρίνεται σκόπιμο.

4.19 Έλεγχος εφαρμογής των αλλαγών στην διαδικασία – Γραφήματα ελέγχου



Γράφημα 4.27



Γράφημα 4.28

Οι μη αποδεκτές λαβές που φαίνονται στο γράφημα 4.28 δεν τοποθετήθηκαν πάνω στα αμάξια εξαιτίας των ελέγχων που θέσαμε και την παρακολούθηση της παραγωγής, μέχρι να βεβαιωθούμε ότι εφαρμόστηκαν όλες οι προτεινόμενες αλλαγές και το προσωπικό τις ακολουθεί πιστά.

4.20 Επόμενα βήματα

- A) Κλείσιμο του έργου:** Παραμόρφωση αριστερής και δεξιάς λαβής πόρτας αυτοκινήτου

- B) Άνοιγμα του έργου:** Σταθεροποίηση της διαδικασίας καλουπιού διότι απ' ότι φάνηκε υπάρχουν και εκεί κάποια προβλήματα.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

Η επιτυχής εφαρμογή και υλοποίηση έργων με την στρατηγική μέθοδο Six Sigma έχουν πολλαπλασιαστεί τα τελευταία 10 χρόνια. Λειτουργεί ως μια μεγάλη κινητήρια δύναμη για επιχειρήσεις που αποσκοπούν να βελτιώσουν τα προϊόντα και τις διαδικασίες τους σε πρακτικό κομμάτι, με μετρήσιμα αποτελέσματα και όχι σε θεωρητικό επίπεδο.

Η βασική ιδέα πάνω στην οποία στηρίζεται η Six Sigma, είναι ότι αν εξακριβώσουμε, μετρήσουμε το μέγεθος των ελαττωμάτων που έχουμε σε μια διαδικασία, τότε μπορούμε μεθοδικά να κατανοήσουμε τρόπους ώστε να τα εξαλείψουμε και να επιφέρουμε κέρδος στην εταιρία και ικανοποίηση στον πελάτη.

Δεν είναι λίγες οι επιχειρήσεις που έχουν τμήματα με ειδικευμένο πιστοποιημένο προσωπικό αποκλειστικά απασχολούμενο σε έργα Six Sigma, με προεξέχουσες τις General Electric, Motorola, Thyssen Krupp και άλλες πολυεθνικές.

Η Six Sigma είναι εύκολο να εφαρμοστεί διότι δεν είναι υπόθεση ενός, δυο ανθρώπων αλλά αντιθέτως γίνεται μια ομαδική δουλειά από τον Διευθύνοντα Σύμβουλο που θα καταστρώσει το πλάνο και θα μεταδώσει στο προσωπικό την αφοσίωση του στο έργο, τα Διευθυντικά στελέχη που θα δώσουν τις κατευθύνσεις, τους εργαζόμενους που θα συλλέξουν ή θα παραδώσουν τα απαραίτητα στοιχεία και φυσικά το ειδικευμένο προσωπικό Six Sigma που θα χρησιμοποιήσει τα απαιτούμενα εργαλεία. Έτσι, η συμμετοχή όλων είναι απαραίτητη και όλοι νιώθουν ότι προσφέρουν στο έργο.

Για να ενεργοποιηθεί πιο ευρέως η Six Sigma ειδικά στις ελληνικές επιχειρήσεις, χρειάζεται να αλλάξει η νοοτροπία των ανθρώπων, είτε είναι υψηλόβαθμα στελέχη είτε απλοί υπάλληλοι και να αποδεχτούμε ότι πάντα υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης σε κάθε έργο και διαδικασία. Δεν πρέπει να νιώθει ο υπάλληλος ότι πάμε να τον ελέγξουμε για να εξακριβώσουμε αν κάνει σωστά την δουλειά του αλλά παρεμβαίνοντας να βοηθήσουμε και τον ίδιο, παρέχοντας του τα απαραίτητα, ώστε η εργασία του και ο κόπος του να γίνει ακόμα πιο αποτελεσματικός.

Επίσης, οι Ελληνικές επιχειρήσεις πρέπει να δίνουν έμφαση στην συνεχή εκπαίδευση των εργαζομένων τους, διότι θα έχουν ανταποδοτικά οφέλη στο μέλλον.

Η μέθοδος Six Sigma μπορεί να έχει αποτελέσματα σε όλες τις παραγωγικές μονάδες και σε όλες τις εταιρίες που υπάρχουν διαδικασίες, ώστε να μπορούν οι ειδικοί Six Sigma να συλλέξουν δεδομένα και να εφαρμόσουν τα εργαλεία τους.

Προσωπικά, μέσα από την Διπλωματική αποκόμισα ευρεία γνώση σχετικά με την Διαχείριση Έργων και πως με την σωστή προσέγγιση μπορείς να συνεισφέρεις στην δουλειά σου, να γίνεις πιο αποτελεσματικός και να δημιουργήσεις αξία για την εταιρία.

Με βοήθησε να καταλάβω ότι πρέπει να είσαι ομαδικός στον χώρο εργασίας σου και να λειτουργείς μεθοδικά, με στόχους και πλάνο.

Επιπλέον, ήρθα σε επαφή με τα δυο πιο άμεσα ανεπτυγμένα συστήματα, το SPC XL και Minitab, που βοηθούν στην εφαρμογή των εργαλείων της Six Sigma. Ειδικά μέσω του Case Study το οποίο ανέλαβα αλλά και του κεφαλαίου 3, χρησιμοποίησα τα δυο αυτά συστήματα σε πολλές περιπτώσεις, με μεγάλη λεπτομέρεια και επεξήγηση, ώστε να γίνεται από τον καθένα κατανοητή η χρήση τους.

Επίσης, επωφελήθηκα από την απόφαση του εργοδότη μου, να προχωρήσει στην πιστοποίηση κάποιων εργαζομένων της εταιρίας στην 'Πράσινη Ζώνη' Six Sigma, αφού μέσα σε αυτούς τους εργαζομένους ήμουν και εγώ.

Τέλος, η στρατηγική μέθοδος Six Sigma, με βοήθησε να καταλάβω ότι για να επιτύχει συνολικά τους στόχους που θέτει η κάθε επιχείρηση και ο καθένας επαγγελματίας ξεχωριστά για τα έργα που αναλαμβάνει, δεν επαρκεί μόνο ο εντοπισμός των ελαττωμάτων αλλά είναι εξίσου σημαντικό να υπάρχει και συνεχή βελτίωση της συνολικής απόδοσης της διαχείρισης.

Η Six Sigma είναι η κινητήριος δύναμη για την επίτευξη των δυο παραπάνω στόχων.

Βιβλιογραφία / Αναφορές

1. Rath @ Strong. Rath @ Strong's Six Sigma Pocket Guide, Oct. 2000
2. www.valuebasedmanagement.net
3. www.12manage.com/methods_value_based_management.html
4. Subir Chowdhury. The Power of Six Sigma, Apr. 2001
5. Pande Neuman @ Cavanagh . The Six Sigma Way, May 2000
6. en.wikipedia.org/wiki/Six_Sigma
7. www.isixsigma.com/tool-templates
8. www.discover6sigma.org/cat/methods-tools-techniques
9. George Eckes. Making Six Sigma Last, Managing the Balance Between Cultural and Technical Change, May 2001
10. www.dmaictools.com
11. George Eckes. The Six Sigma Revolution, How General Electric and Others Turned Process Into Profits, Nov 2000
12. www.sigmazone.com/spcxl.htm
13. www.minitab.com/en-us/default.aspx
14. http://media.wiley.com/product_data/excerpt/40/04712512/0471251240.pdf
15. www.ssaandco.com