

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΞΙ ΣΙΓΜΑ (6σ) ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ
ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΤΑΙΡΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**



**ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΝΑΤΑΛΙΑ ΛΑΪΝΑ (Α.Μ. 6327)
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ**

ΠΑΤΡΑ 2021

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε του τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και έχει τίτλο «Η μεθοδολογία Έξι Σίγμα (6σ) για τη βελτίωση διεργασιών εταιρίας ηλεκτρομηχανολογικών κατασκευών».

Η παρούσα πτυχιακή έχει ως στόχο την μελέτη της εφαρμογής της μεθοδολογίας Έξι Σίγμα (6σ), η οποία εστιάζει στην συλλογή και ανάλυση δεδομένων, μέσω συγκεκριμένων στατιστικών εργαλείων για την παρακολούθηση και την βελτίωση όλων των παραγωγικών διεργασιών μιας εταιρίας με στόχο την ελαχιστοποίηση της μεταβλητότητας.

Ευχαριστώ θερμά τον Επιβλέπων Καθηγητή μου κ. Γεώργιο Γιαννόπουλο για την καθοδήγηση, την παρότρυνση του να ασχοληθώ με αυτό το θέμα και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην προσπάθειά μου να ολοκληρώσω την παρούσα πτυχιακή εργασία.

Επίσης ευχαριστώ θερμά την εταιρεία TOBEA, που με εμπιστεύτηκε, μου αφιέρωσε χρόνο και μου παρείχε δεδομένα για να μελετήσω την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξή της στην διάρκεια των σπουδών μου, καθώς και τον φίλο μου Γιάννη Κανελλόπουλο για την αμέριστη συμπαράσταση, δύναμη και γνώση που μου έδωσε, ώστε να ολοκληρώσω την πτυχιακή μου εργασία.

Ναταλία Λαΐνα
Πάτρα 2021

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Η σπουδάστρια
Ναταλία Λαΐνα

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στην εφαρμογή της μεθόδου 6σ σε εταιρία συναρμολόγησης και κατασκευής ολοκληρωμένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού για την βελτίωση των ευμετάβλητων διεργασιών της.

Αρχικά γίνεται μια ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη της Διοίκησης Ολικής Ποιότητας, στην συνέχεια γίνεται αναφορά στα συστήματα Διασφάλισης Ποιότητας ISO και στην πολιτική ποιότητας της μεθοδολογίας «Έξι Σίγμα» και παρουσιάζονται τόσο κοινά χαρακτηριστικά όσο και σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δυο πολιτικές ποιότητας. Παράλληλα γίνεται αναφορά στο σημαντικό ρόλο της συντήρησης για την διασφάλιση της ποιότητας στην Βιομηχανία.

Στο τρίτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, δίνεται έμφαση στα εργαλεία που χρησιμοποιεί η μεθοδολογία, στον τρόπο που συλλέχθηκαν τα δεδομένα προς ανάλυση καθώς και στον δείκτη ικανότητας της διεργασίας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, εφαρμόζονται στην πράξη πραγματικά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί με σκοπό την βελτίωση της παραγωγής και την μείωση της μεταβλητότητας σε εταιρεία ηλεκτρομηχανολογικών εφαρμογών.

Τα σπουδαιότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία είναι ότι μέσω της μεθοδολογίας «Έξι Σίγμα» και την ανάλυση των δεδομένων, μπορεί να υπάρξει βελτίωση των διεργασιών καθώς και βελτίωση στην ποιότητα των μηχανημάτων της εταιρείας, δίνοντας έμφαση στην προληπτική συντήρηση για την αποφυγή βλαβών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	v
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ	1
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	1
2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ	3
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
2.2 ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΟΛΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	3
2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ISO 9000	7
2.4 Η ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ 6Σ	9
2.5 Ο ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ 6Σ	12
2.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΖΩΝΩΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ.....	14
2.7 ΚΟΙΝΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΞΥ TQM ΚΑΙ SIX SIGMA	16
2.8 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	19
3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	23
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	23
3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ.....	23
3.3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	25
3.4 ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ (STATISTICAL PROCESS CONTROL-SPC)	28
3.4.1 Διάγραμμα Pareto	30
3.4.2 Διάγραμμα Αιτίου-Αποτελέσματος	31
3.4.3 Ιστόγραμμα	33
3.4.4 Διάγραμμα Διασποράς.....	34
3.4.5 Διάγραμμα Ροής / Flowchart.....	35
3.4.6 Διάγραμμα Ελέγχου	36
3.4.7 Δείκτες Ικανότητας Διεργασίας, C_p	41
3.4.8 Συντελεστής προσδιορισμού R^2	41
4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	43
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	43
4.2 ΑΙΤΙΑ ΒΛΑΒΗΣ	44
4.3 ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΛΑΒΩΝ.....	45

4.4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ.....	48
4.5	ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ C_p	64
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	67
5.1	ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	67
5.2	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	69
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	71
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	75
	Παράρτημα Α - Δεδομένα από σύστημα Τηλεμετρίας για το Μηχάνημα 1	75
	Παράρτημα Β - Δεδομένα από σύστημα Τηλεμετρίας για το Μηχάνημα 2	82

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ

Πολλοί άνθρωποι δεν έχουν ξεκάθαρη εικόνα για την έννοια της ποιότητας, καθώς η πλειοψηφία εξομοιώνει την ποιότητα με το υψηλό κόστος. Ωστόσο δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η ποιότητα έχει πλέον χρησιμοποιηθεί ως ένα σύγχρονο όπλο του ανταγωνισμού μεταξύ των επιχειρήσεων, όπου η διαχείρισή της απαιτεί πλήρη κατανόηση. Η σύγχρονη έννοια της ποιότητας ορίζεται ως η συμμόρφωση του προϊόντος με τις απαιτήσεις του πελάτη. Για τον λόγο αυτό, λαμβάνοντας ως κύριο στόχο την ικανοποίηση των πελατών σχεδιάζονται συνεχώς βελτιωμένα συστήματα που διασφαλίζουν την ποιότητα του προϊόντος. Η βελτίωση της ποιότητας μέσω των συστημάτων, δεν γίνεται με την απομάκρυνση των μη ποιοτικών προϊόντων αλλά με την συγκέντρωση γνώσεων από την παραγωγική διαδικασία ώστε να μειωθούν πλήρως τα ελλοπυματικά (Juran & Godfrey, 1989). Γενικά, η συνολική διαχείριση της ποιότητας (Total Quality Management) ορίζεται ως εξής:

Ποιότητα – συνεχής ικανοποίηση πελατών.

Συνολική Ποιότητα – επίτευξη υψηλής ποιότητας σε χαμηλό κόστος.

Διαχείριση Συνολικής Ποιότητας – συμμετοχή όλου του οργανισμού στην τήρηση των διαδικασιών ποιότητας (Kanji, 1990).

Η μεθοδολογία 6σ (six sigma) αποτελεί τον σχεδιασμό βελτίωσης των διεργασιών μιας επιχείρησης με σκοπό την μείωση των ατελειών. Έχει ως βάση οργανωτικά και ποιοτικά εργαλεία που μπορούν ανά πάσα στιγμή να επιλύσουν προβλήματα που προκύπτουν στην παραγωγική διαδικασία. Τα οφέλη που προκύπτουν σε έναν οργανισμό με την χρήση της μεθοδολογίας 6σ είναι σημαντικά, καθώς προσεγγίζει διαφορετικά την λειτουργία του με στόχο την βελτίωση της απόδοσής του (Antony, 2006).

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος της εργασίας είναι η μελέτη εφαρμογής της μεθοδολογίας Έξι Σίγμα (6σ), η οποία εστιάζει στην συλλογή και ανάλυση δεδομένων, μέσω συγκεκριμένων στατιστικών εργαλείων για την παρακολούθηση και την βελτίωση όλων των παραγωγικών διεργασιών μιας εταιρίας με στόχο την ελαχιστοποίηση της μεταβλητότητας. Συγκεκριμένα, ερευνάται η δυνατότητα, με την βοήθεια της τηλεμετρίας και των αυτοματοποιημένων μετρήσεων, να εφαρμοστεί μια διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων με βάση τα εργαλεία six sigma, με επιδίωξη να προκύψουν συμπεράσματα για όλα τα στάδια των διαδικασιών προς βελτίωση του τελικού προϊόντος. Τελικός στόχος είναι να μπορεί να γίνει έλεγχος του προϊόντος-

ηλεκτρομηχανολογικού συστήματος σε πραγματικό χρόνο και να εφαρμοστεί η έννοια της προληπτικής συντήρησης, δηλαδή να πραγματοποιείται εντοπισμός προβλημάτων και βλαβών μέσω των διαγραμμάτων που εφαρμόζει η μεθοδολογία 6σ, από τα μοτίβα και τα αριθμητικά δεδομένων των οποίων διαγιγνώσκεται η συμπεριφορά του μηχανήματος κατά την πάροδο του χρόνου.

2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στην Διοίκηση Ολικής ποιότητας και στην σημασία της συνεχούς βελτίωσης των διαδικασιών στην βιομηχανία, μέσω συγκεκριμένων βημάτων διαχείρισης. Επίσης γίνεται αναφορά στον Διεθνή Οργανισμό τυποποίησης ISO (International Standard Organization) καθώς και στους δείκτες απόδοσής του.

Στην συνέχεια γίνεται αναφορά στην πολιτική της μεθοδολογίας Έξι Σίγμα, και στον τρόπο που λειτουργεί σε μια επιχείρηση. Ταυτόχρονα, αναλύεται ο ορισμός της μεθόδου six sigma και τα συστήματα ζωνών ικανότητας που τον διέπουν.

Τέλος, παρουσιάζονται τα κοινά χαρακτηριστικά ανάμεσα στην Διοίκηση Ολικής Ποιότητας και της Μεθοδολογίας 6σ, καθώς και η σημασία που έχει η διαδικασία της συντήρησης για την Διασφάλιση Ποιότητας στην βιομηχανία.

2.2 ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΟΛΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Η ποιότητα σε μια εταιρεία αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα για την ομαλή λειτουργία της και την ικανοποίηση των πελατών της. Η έννοια της ποιότητας έχει οριστεί έως σήμερα με ποικίλους τρόπους και έχει αποτυπωθεί σε τρία στάδια. Αρχικά η Διασφάλιση της ποιότητας (Quality Assurance) πριν την παραγωγή, στην συνέχεια ο Έλεγχος Ποιότητας (Quality control) κατά την διάρκεια της παραγωγής και τέλος η Επιθεώρηση ποιότητας (Quality Inspection) μετά την ολοκλήρωση της παραγωγής. Τα στάδια αυτά αποτελούν την Διοίκηση Ολικής Ποιότητας (Total Quality Management-TQM), έχοντας ως άξονα την συνεχή βελτίωση πριν, κατά την διάρκεια και έπειτα από την ολοκλήρωση της παραγωγής (Klefsjo, et al., 2001). Μια βιβλιογραφική μελέτη (Hellsten & Klefsjö, 2000) δείχνει ότι υπάρχουν κοινές βασικές αξίες στους ορισμούς που περιγράφουν την TQM, όπως η εστίαση στον πελάτη, η τήρηση των διαδικασιών, η συνεχής βελτίωση, η λήψη αποφάσεων βάση των γεγονότων που προκύπτουν. Η εξέλιξη της Διαχείρισης Ποιότητας θεωρείται ως η βάση του ανταγωνισμού και επικεντρώνεται περισσότερο στον συνολικό στρατηγικό σχεδιασμό (Hellsten & Klefsjö, 2000). Είναι ένα σύστημα διαχείρισης που αποτελείται από αλληλεξαρτώμενα στοιχεία που συνεργάζονται για την επίτευξη του στόχου του συστήματος (Suarez, 1992). Οι ρίζες της Διοίκησης Ολικής Ποιότητας (Total Quality Management) μπορούν να προσδιοριστούν χρονικά στο 1946, όταν ιδρύθηκε η Ένωση Ιαπώνων Επιστημόνων και Μηχανικών, γνωστή ως JUSE (Union of Japanese Scientists and Engineers). Η ένωση JUSE αποτελούμενη από μελετητές μηχανικούς και επηρεασμένη από την θεωρία των W. Edwards Deming και Joseph M. Juran, δυο επιστημόνων με γνώση στην βιομηχανία και την στατιστική, κατέλαβαν αγορές σε όλο τον κόσμο.

Η συμβολή του Dr. Deming στην Ιαπωνική βιομηχανία ήταν σημαντική, καθώς η φιλοσοφία της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων και της συνεχούς βελτίωσης των διαδικασιών δημιούργησαν την «Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση» και αποτυπώθηκαν στα «14 σημεία του Deming»:

1. Προσδιορισμός και εξασφάλιση των διαδικασιών βελτίωσης των προϊόντων και των υπηρεσιών.
2. Υιοθέτηση νέας φιλοσοφίας από τον οργανισμό.
3. Η ποιότητα πρέπει να συνδέεται με όλα τα ενδιαμέσα στάδια παραγωγής και όχι με την μαζική επιθεώρηση.
4. Το κόστος για να γίνει μια εργασία σωστά είναι μικρότερο από το κόστος διόρθωσης των αστοχιών.
5. Συνεχής βελτίωση των διαδικασιών σχεδιασμού, παραγωγής και εξυπηρέτησης των πελατών.
6. Καθιέρωση διαδικασιών συνεχούς εκπαίδευσης στην εργασία.
7. Θέσπιση ηγεσίας με στόχο να βοηθήσει στην βελτίωση των εργαζομένων και των διαδικασιών του οργανισμού.
8. Ενθάρρυνση της αμφίδρομης επικοινωνίας μέσα στον οργανισμό με σκοπό την μείωση του φόβου ότι «κάτι δεν θα πετύχει».
9. Κατάργηση διατμηματικών και ιεραρχικών στεγανών.
10. Κατάργηση συνθημάτων (slogans).
11. Κατάργηση προτύπων που ορίζουν αριθμητικούς στόχους στους εργαζόμενους.
12. Ενθάρρυνση της αίσθησης της υπερηφάνειας των εργαζομένων για το αποτέλεσμα της εργασίας τους.
13. Καθιέρωση προγραμμάτων εκπαίδευσης και υιοθέτηση φιλοσοφίας συνεχούς αυτό-βελτίωσης των εργαζομένων.
14. Συμμετοχή όλου του οργανισμού στην συνεχή βελτίωση της ποιότητας και της παραγωγικότητας.

Ο Dr. Deming δεν ορίζει την ποιότητα με μια μόνο φράση. Υποστηρίζει ότι η ποιότητα οποιουδήποτε προϊόντος ή υπηρεσίας μπορεί να καθοριστεί μόνο από τις ανάγκες του πελάτη. Η δυσκολία στον καθορισμό της ποιότητας είναι ο προσδιορισμός των αναγκών με μετρήσιμα χαρακτηριστικά, έτσι ώστε ένα προϊόν να σχεδιαστεί με τις προδιαγραφές που έχει ορίσει ο τελικός χρήστης. Για τον λόγο αυτό κάθε διοίκηση, για να καλύψει ή να υπερβεί τις ανάγκες του πελάτη, πρέπει να κατανοήσει τη σημασία της έρευνας και της στατιστικής σκέψης των καταναλωτών καθώς και την σημασία της εφαρμογής των στατιστικών μεθόδων στις εσωτερικές διαδικασίες.

Η διαδικασία στην οποία βασίζεται η συνεχής βελτίωση είναι γενικά γνωστή ως ο κύκλος του Deming. Το σχέδιο PDCA (Plan-Do-Check-Act) είναι μια επαναληπτική μέθοδος τεσσάρων βημάτων διαχείρισης που χρησιμοποιείται στην επιχείρηση για την τον έλεγχο και τη συνεχή βελτίωση των διαδικασιών και των προϊόντων. Τα στάδια του κύκλου απεικονίζονται στο Σχήμα 2.1 και είναι τα εξής:

1. Plan

Καθορισμός των στόχων και των διαδικασιών για να προκύψουν αποτελέσματα σύμφωνα με τις απαιτήσεις. Η εστίαση στην ακρίβεια των προδιαγραφών είναι μέρος της βελτίωσης.

2. Do

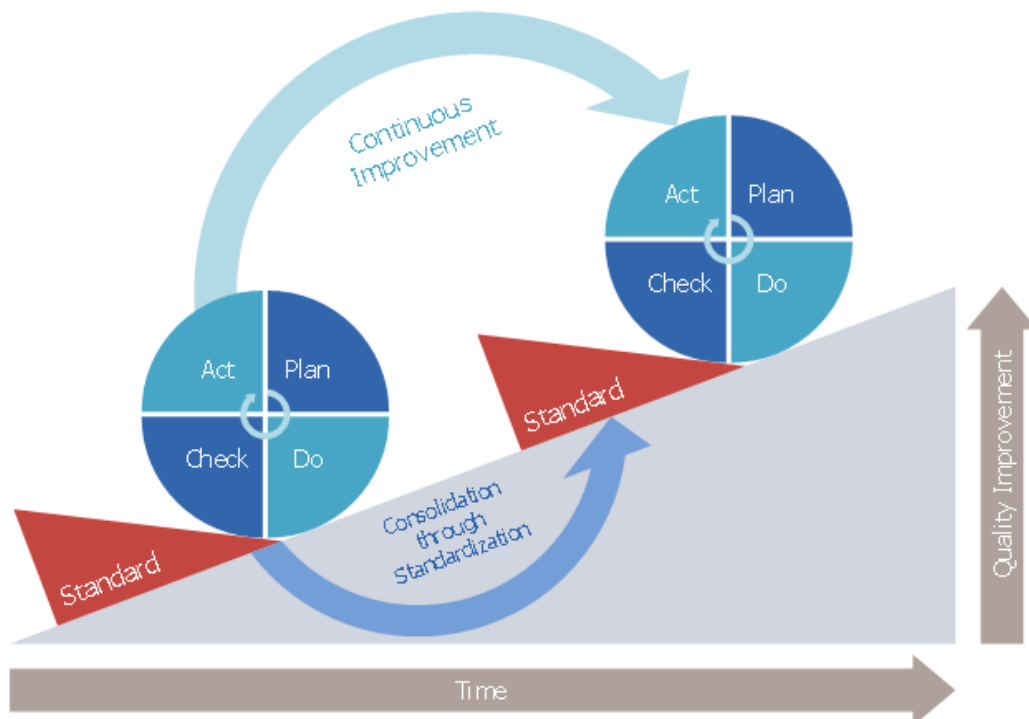
Εκτέλεση των νέων διαδικασιών και καταγραφή δεδομένων για την ανάλυση των επόμενων βημάτων του σχεδίου (Check-Act).

3. Check

Ανάλυση των δεδομένων που προκύπτουν από την νέα διαδικασία που ακολουθήθηκε και σύγκριση με τα αναμενόμενα αποτελέσματα.

4. Act

Διορθωτικές ενέργειες σχετικά με τις διαφορές που προκύπτουν. Σε αυτό το στάδιο πρέπει να καθορισθεί που θα εφαρμοστούν οι αλλαγές βελτίωσης. Στην συνέχεια να τελειοποιηθεί ο σχεδιασμός με περισσότερες λεπτομέρειες και τέλος εφόσον δεν προκύπτουν αστοχίες να παγιωθεί η διαδικασία.



Σχήμα 2.1: Ο Κύκλος του Deming (Plan-Do-Check-Act)

Παράλληλα ο Joseph M. Juran υποστηρίζει ότι η επίτευξη της ποιότητας δεν είναι τυχαίο γεγονός αλλά είναι αποτέλεσμα ενός σωστού προμελετημένου σχεδιασμού. Συγκεκριμένα προσεγγίζει την επίδωξη της ποιότητας σε δύο επίπεδα, πρώτον στον στόχο της διοίκησης να επιτύχει ένα προϊόν υψηλής ποιότητας και δεύτερον στην αποστολή των επί μέρους τμημάτων της να έχουν υψηλής ποιότητας παραγωγή. Ορίζει την ποιότητα ως «καταλληλότητα ως προς την χρήση» όσον αφορά τον σχεδιασμό, την συμμόρφωση και την ασφάλεια. Για τον λόγο αυτό, προτείνει μια στρατηγική προσέγγιση για την επίτευξη της ποιότητας, βασισμένη σε συστήματα και τεχνικές επίλυσης προβλημάτων. Ένας οργανισμός παράγει και διανέμει τα προϊόντα του μέσω μιας σειράς εξειδικευμένων δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται από κάθε τμήμα σε ολόκληρο τον οργανισμό. Η προσέγγιση αυτή επεκτείνεται σε τρεις βασικούς άξονες και είναι γνωστή ως Τριλογία του Juran:

Προσχεδιασμός ποιότητας: Στο στάδιο αυτό σχεδιάζονται και αναπτύσσονται διαδικασίες που έχουν ως στόχο την ικανοποίηση των πελατών.

Έλεγχος ποιότητας: Είναι η διαδικασία που εντοπίζει και διορθώνει τυχόν αστοχίες ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας

Βελτίωση ποιότητας: Καθορισμός στόχων ποιότητας και επίτευξη συνεχώς υψηλότερων επιδόσεων.

Η βελτίωση της ποιότητας έχει στόχο τη μείωση του «κόστους κακής ποιότητας» στις υπάρχουσες διαδικασίες. Το πιο σημαντικό, είναι η ευθύνη που έχει η διοίκηση να λαμβάνει υπόψιν τα διδάγματα που αντλούνται από την εμπειρία του παρελθόντος για την αναζήτηση καινοτόμων τρόπων που θα οδηγήσουν σε καλύτερα επίπεδα απόδοσης. Η σημαντικότητα της βελτίωσης των διαδικασιών, οδήγησε στην ανάπτυξη 10 βημάτων για την επίτευξή της.

1. Ανάπτυξη φιλοσοφίας συνεχούς βελτίωσης και επίλυσης των προβλημάτων.
2. Καθορισμός στόχων για βελτίωση της ποιότητας.
3. Οργάνωση για την επίτευξη των στόχων.
4. Παροχή εκπαίδευσης στους εργαζομένους.
5. Εκτέλεση ενεργειών για την επίλυση προβλημάτων.
6. Αναφορά σχετικά με την πρόοδο που επιτεύχθηκε.
7. Αναγνώριση σε όσους συνέβαλαν στην βελτίωση.
8. Κοινοποίηση των αποτελεσμάτων και των διδαγμάτων κατά την διαδικασία βελτίωσης.
9. Διατήρηση των στόχων.
10. Διατήρηση της δυναμικής κάνοντας την ετήσια βελτίωση μέρος του συστήματος και των διαδικασιών της εταιρείας.

Συγκρίνοντας τις θεωρίες των δυο επιστημόνων, αντιλαμβανόμαστε ότι η πρακτικές εφαρμογής τους έχουν μια βασική διαφορά. Η τεχνικές βελτίωσης του Juran, μπορούν να εφαρμοστούν μέσα από τα υπάρχοντα συστήματα διαχείρισης μιας επιχείρησης, σε αντίθεση με του Deming, που απαιτούνται ριζικές αλλαγές ιδιαίτερα στην κουλτούρα της επιχείρησης.

Μαζί με τους W. Edwards Deming και Joseph M. Juran, υπήρξαν και άλλοι μελετητές που όρισαν την έννοια της ποιότητας και παρατίθενται παρακάτω:

Ο Crosby (1979) ορίζει την ποιότητα ως *«συμμόρφωση του προϊόντος στις απαιτήσεις του πελάτη» (Conformance to requirements).*

Κατά τον Taguchi (1986) η ποιότητα ορίζεται ως *«η απώλεια που μεταδίδεται από το προϊόν στην κοινωνία από το χρόνο που το προϊόν στέλνεται στην αγορά».*

Ενώ κατά τον Feigenbaum (1951) η ποιότητα ορίζεται ως *«ένα δραστικό σύστημα που ενσωματώνει την προσπάθεια ανάπτυξης, συντήρησης και βελτίωσης της ποιότητας των διαφόρων ομάδων ενός οργανισμού ώστε η παραγωγή και οι υπηρεσίες να ικανοποιούν πλήρως τον πελάτη με το λιγότερο δυνατό κόστος»*, (Evans & Lindsay, 2008).

Όπως προαναφέρθηκε η ποιότητα μέχρι και σήμερα αποτελεί όπλο του ανταγωνισμού μεταξύ των επιχειρήσεων. Για αυτό τον λόγο, στα πλαίσια της φιλοσοφίας συνεχούς βελτίωσης γεννήθηκε η ανάγκη τυποποίησης των προδιαγραφών και των τεχνικών. Το πρότυπο ISO 9000 διασφαλίζει την ποιότητα και την μεθοδολογία βελτίωσης και αναλύεται στις επόμενες σελίδες.

2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ISO 9000

Ο Διεθνής Οργανισμός τυποποίησης ISO (International Standard Organization), ανταποκρίνεται στην ανάγκη της επιχείρησης να βελτιώσει την ποιότητα των προϊόντων ή των υπηρεσιών της και να εξασφαλίσει την ικανοποίηση του πελάτη. Το ISO 9000, ανήκει στην οικογένεια των προτύπων που θέτουν τα κριτήρια σε ένα σύστημα, βασισμένο σε μια σειρά αρχών διαχείρισης ποιότητας που εστιάζουν στην ικανοποίηση των πελατών και στην διαδικασία συνεχούς βελτίωσης (Singels, et al., 2001)

Τα πρότυπα ISO 9000 συμβάλλουν στην διασφάλιση της ποιότητας σε μια επιχείρηση με συγκεκριμένες διαδικασίες κατά την παραγωγή των προϊόντων ή των υπηρεσιών τους. Αυτές οι διαδικασίες περιγράφουν τον τρόπο διεξαγωγής των εργασιών σε έναν οργανισμό. Ακολουθώντας τις διαδικασίες που περιγράφονται στην σειρά ISO, υπάρχει η δυνατότητα εντοπισμού των λαθών και η αποτελεσματική διόρθωσή τους κατά την διάρκεια της παραγωγής. Με αυτόν τον τρόπο, οι διαδικασίες μπορούν να εγγυηθούν ότι τα προϊόντα και οι υπηρεσίες ενός οργανισμού, συμφωνούν με τις προδιαγραφές των πελατών. Ως εκ τούτου, η πιστοποίηση ISO φαίνεται να χαρακτηρίζεται ως προαπαιτούμενο για την επίτευξη της καλής ποιότητας ενός προϊόντος, καθώς παρέχει σημαντικά οφέλη σε έναν οργανισμό, που χωρίζονται σε εσωτερικά και εξωτερικά.

Τα εσωτερικά οφέλη σχετίζονται με την εσωτερική λειτουργία των οργανισμών, συγκεκριμένα με τις διαδικασίες που ακολουθούνται και τη δομή του. Παρατηρείται

αύξηση της παραγωγικότητας, βελτίωση των διαδικασιών παραγωγής και ελέγχου, μείωση του κόστους και των ελαττωματικών προϊόντων, καλύτερος έλεγχος διαχείρισης και σαφώς καλύτερα καθορισμένη δομή. Επίσης λειτουργεί υποστηρικτικά στην σωστή λήψη αποφάσεων και στην αύξηση των κινήτρων του προσωπικού με καλά οργανωμένες διαδικασίες (Singels, et al., 2001).

Ωστόσο, τα εξωτερικά οφέλη αφορούν κυρίως τον οργανισμό σε σχέση με το περιβάλλον του. Για παράδειγμα, δίνεται ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, αύξηση των πωλήσεων, δυνατότητα εισόδου σε νέες αγορές, διατήρηση των σχέσεων με τους πελάτες, αυξημένη ικανοποίηση των πελατών και εύρεση νέων, εξασφάλιση ποιότητας και αύξηση της αξιοπιστίας και της φήμης της εταιρείας που μπορεί να οδηγήσει σε δημιουργία συνεργασιών. Εκτός από όλα τα οφέλη που προαναφέρθηκαν, τα οποία μπορούν να αποκτηθούν με τη λήψη πιστοποιητικού ISO, υπάρχουν επίσης ορισμένα μειονεκτήματα, τα οποία προκύπτουν. Μερικά μειονεκτήματα που μπορούν να εντοπιστούν συχνά στη βιβλιογραφία είναι τόσο το επιπλέον κόστος για την απόκτηση πιστοποίησης ISO όσο και η αύξηση του φόρτου εργασίας ώστε να τηρούνται πάντα οι διαδικασίες. Επιπλέον, η πιστοποίηση ISO μπορεί να αποθαρρύνει τη δημιουργική και κριτική σκέψη των εργαζομένων σε έναν οργανισμό, επειδή αναγκάζονται να εργάζονται σύμφωνα με τις καλά ορισμένες διαδικασίες και τους κανόνες. Τα οφέλη και τα μειονεκτήματα συχνά, με τον έναν ή τον άλλο τρόπο, ενσωματώνονται στους δείκτες για τη μέτρηση της απόδοσης ενός οργανισμού.

Κύριο ενδιαφέρον προκαλεί η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της πιστοποίησης ISO και της απόδοσης των οργανισμών. Για τον λόγο αυτόν, υπάρχουν μελέτες που προσεγγίζουν την επίδραση των δύο αυτών μεταβλητών με διαφορετικούς δείκτες απόδοσης. Η βιβλιογραφία παρέχει για την πιστοποίηση ISO πληροφορίες σχετικά με την έννοια της οργανωτικής απόδοσης και έχει ως αποτέλεσμα τους πέντε δείκτες απόδοσης που αναλύονται παρακάτω.

1. Διαδικασία παραγωγής

Ο δείκτης απόδοσης που αφορά την παραγωγή, αντικατοπτρίζει όχι μόνο οργανισμούς παραγωγής αλλά και οργανισμούς παροχής υπηρεσιών. Η πιστοποίηση ISO οδηγεί σε πλεονεκτήματα στις διαδικασίες των οργανισμών, με τη διαδικασία παραγωγής να είναι περισσότερο σημαντική. Έτσι αναφερόμαστε σε οφέλη όπως η βελτίωση του χρόνου απόδοσης, αύξηση της τεχνικής ευελιξίας, βελτίωση των παράλληλων εργασιών, βελτίωση των προδιαγραφών του προϊόντος και τέλος βελτίωση της αποδοτικότητας.

2. Αποτελέσματα της εταιρείας

Η πιστοποίηση ISO επίσης οδηγεί σε βελτίωση των αποτελεσμάτων ενός οργανισμού. Αυτή η βελτίωση συνάδει με την εξοικονόμηση κόστους, την αύξηση των πωλήσεων και του ανταγωνισμού, καθώς και με τη αύξηση του περιθωρίου για καθαρό κέρδος.

3. Ικανοποίηση των πελατών

Η ικανοποίηση των πελατών είναι ένα σημαντικό όφελος από την πιστοποίηση ISO και είναι ο τρίτος δείκτης απόδοσης. Σε αυτήν την περίπτωση, μπορεί κανείς να σκεφτεί τη βελτίωση της αλληλεπίδρασης με αγοραστές ή πελάτες ενός οργανισμού και τη μείωση του αριθμού των ελαττωματικών.

4. Κίνητρο του προσωπικού

Η πιστοποίηση ISO έχει θετική επίδραση στους υπαλλήλους ενός οργανισμού καθώς περιλαμβάνει θέματα όπως η αύξηση των προσόντων των υπαλλήλων και των δεξιοτήτων τους σε ένα ασφαλές εργασιακό περιβάλλον.

5. Επένδυση στην έννοια της πιστοποίησης

Ο τελικός δείκτης απόδοσης δείχνει την προσπάθεια που πρέπει να καταβληθεί για την απόκτηση της πιστοποίησης ISO και την υιοθέτηση της συνεχούς βελτίωσης σε ολόκληρο τον οργανισμό (Singels, et al., 2001).

2.4 Η ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ 6Σ

Η Six Sigma (6σ) είναι μια μεθοδολογία που παρέχει στις επιχειρήσεις τα εργαλεία για τη βελτίωση της ικανότητας των επιχειρηματικών τους διαδικασιών. Είναι το ταχύτερα αναπτυσσόμενο βιομηχανικό σύστημα διαχείρισης επιχειρήσεων σήμερα και έχει ορίσει την διαδικασία ως βασική μονάδα βελτίωσης. Το όνομα "Six Sigma" προέρχεται από τη στατιστική ορολογία, όπου το ελληνικό γράμμα (σ) περιγράφει την τυπική απόκλιση (Standard Deviation) ενός συνόλου αριθμών. Η τυπική απόκλιση υπολογίζει την μεταβολή ενός συνόλου τιμών από το μέσο όρο (μ) (Yang & El-Haik, 2003).

Για να υπολογιστεί η τιμή της τυπικής απόκλισης χρειάζεται πρώτα να υπολογιστεί ο μέσος όρος του συνόλου των παρατηρήσεων που μελετάται:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}, \text{ για το δείγμα} \quad (2.1)$$

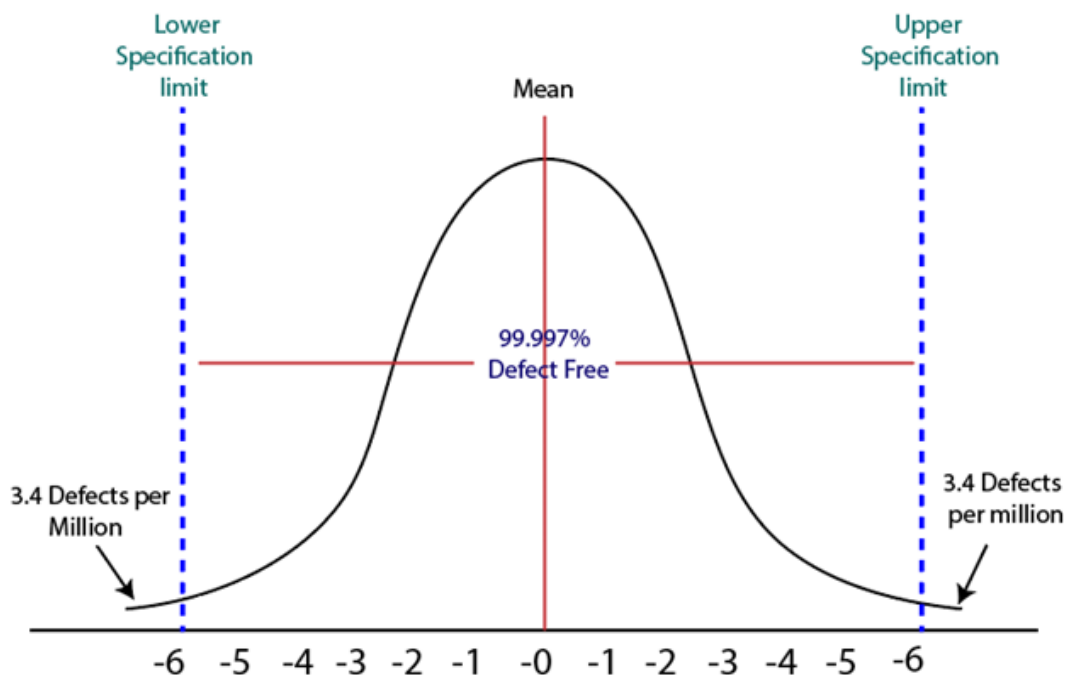
$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{(n-1)}, \text{ για το πλήθος} \quad (2.2)$$

Όπου n είναι μέγεθος δείγματος και $\sum x_i$ είναι άθροισμα όλων των παρατηρήσεων του δείγματος. Στην συνέχεια εμφανίζεται ο τύπος υπολογισμού της τυπικής απόκλισης:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (2.3)$$

Το 1985 στις ΗΠΑ, η εταιρεία Motorola Inc., με στόχο την αντιμετώπιση της απειλής του Ιαπωνικού ανταγωνισμού στη βιομηχανία ηλεκτρονικών εστίασε στην βελτίωση της ποιότητας. Αυτός ο στόχος απαιτούσε πολύ δραστικές προσπάθειες βελτίωσης. Έτσι επινοήθηκε η μεθοδολογία 6σ για να εκφράσει τον ποιοτικό στόχο της εταιρείας, δηλαδή 3,4 DPMO (Defects per Million Opportunities), όπου μια πιθανότητα ελαττώματος είναι μια αποτυχία διαδικασίας που χαρακτηρίζεται κρίσιμη για τον πελάτη.

Στην στατιστική, η μεθοδολογία 6σ δηλώνει την τυπική απόκλιση ενός συνόλου δεδομένων. Παρέχει, δηλαδή, ένα μέτρο μεταβλητότητας που δείχνει πώς όλα τα σημεία δεδομένων σε μια στατιστική κατανομή διαφέρουν από τη μέση τιμή. Η κανονική κατανομή αντιπροσωπεύει πολλά σύνολα δεδομένων στην επιχείρηση (Behara, et al., 1995). Για παράδειγμα, όπως απεικονίζεται και στο Σχήμα 2.2, το επίπεδο 2 Sigma οδηγεί σε απόδοση διαδικασίας 308,538 DPMO ή 69%, το επίπεδο 3 Sigma οδηγεί σε απόδοση διαδικασίας 66,810 DPMO ή 93.3%, το επίπεδο 4 Sigma οδηγεί σε απόδοση διαδικασίας 6,210 DPMO ή 99.38%, ενώ το 6 Sigma είναι μόνο 3,4 DPMO και 99.99966% απόδοση διεργασίας.



Σχήμα 2.2: Επίπεδα «sigma» και μετατόπιση του μέσου όρου της κανονικής κατανομής

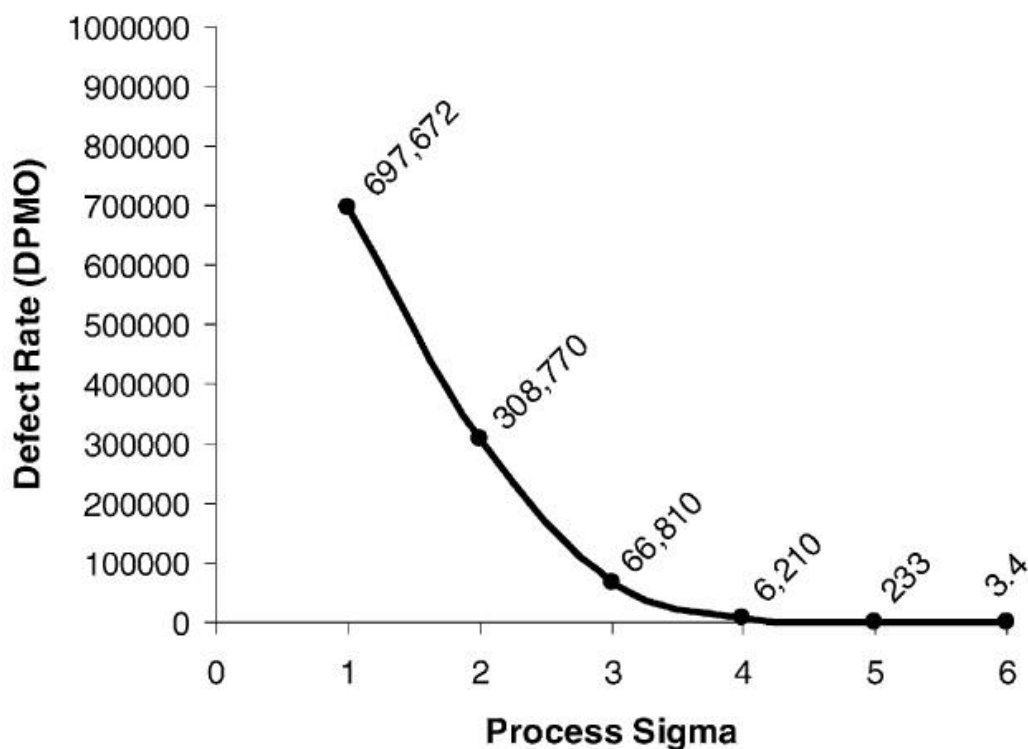
Η μεθοδολογία 6σ (six sigma) δεν επικεντρώνεται στην μέτρηση των ατελειών μιας διαδικασίας αλλά στον αριθμό των ευκαιριών που μπορούν να οδηγήσουν σε αυτές (Antony, 2006). Παρέχει στις εταιρείες μια σειρά παρεμβάσεων και στατιστικών εργαλείων που μπορούν να οδηγήσουν σε πρωτοποριακή εξέλιξη, κερδοφορία και βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων ή των υπηρεσιών (Breyfogle, et al., 2001). Σε σύγκριση με άλλα συστήματα ποιότητας, η βασική διαφορά του Six Sigma είναι ότι

επικεντρώνεται όχι μόνο στην ποιότητα των προϊόντων αλλά σε όλες τις πτυχές της επιχειρησιακής λειτουργίας βελτιώνοντας βασικές διαδικασίες και δημιουργώντας καλά σχεδιασμένα και εξαιρετικά αξιόπιστα συστήματα διαχείρισης.

Στην συνέχεια αναφέρονται πέντε βασικά στάδια της μεθοδολογίας κατά την βελτίωση μιας υπάρχουσας διαδικασίας σε έναν οργανισμό:

1. Ορισμός του προβλήματος σε σχέση με τις απαιτήσεις του πελάτη.
2. Καταμέτρηση των προβλημάτων στην λειτουργία της διαδικασίας.
3. Ανάλυση δεδομένων και προσδιορισμός των αιτιών του προβλήματος.
4. Βελτίωση της διαδικασίας.
5. Έλεγχος της νέας βελτιωμένης διαδικασίας και επιβεβαίωση ότι τα προβλήματα δεν επαναλαμβάνονται (Yang & El-Haik, 2003).

Η προσέγγιση Six Sigma βασίζεται στα δεδομένα και καθοδηγείται από τον πελάτη. Επικεντρώνεται στη μείωση της μεταβλητότητας της διαδικασίας και στη βελτιστοποίησή της και όχι στον έλεγχο της ποιότητας του προϊόντος. Για μια επιχείρηση ή παραγωγή, η ικανότητα Sigma είναι μια μέτρηση που δείχνει πόσο καλά εκτελείται η διαδικασία. Όσο υψηλότερη είναι η ικανότητα Sigma, τόσο καλύτερα ορισμένη είναι η διαδικασία, επειδή μετρά την ικανότητά της να επιτυγχάνει εργασία χωρίς ελαττώματα (Murugarran & Keeni, 2000). Το Σχήμα 2.3 δείχνει τη σχέση μεταξύ DPMO και Process Sigma, υποθέτοντας την κανονική κατανομή.



Σχήμα 2.3: Συνάρτηση μεταξύ DPMO και Process Sigma

Η πολιτική ποιότητας Six Sigma μπορεί να οριστεί σε τρία διαφορετικά επίπεδα. Ως μετρική, ως μεθοδολογία και ως φιλοσοφία. Συγκεκριμένα:

Μετρική: Το επίπεδο 6σ μπορεί να οδηγήσει σε απόδοση διαδικασίας 3,4 ελαττωματικά ανά ένα εκατομμύριο ευκαιρίες (Defects per Million Opportunities / DPMO). Παρέχει ένα τυποποιημένο σύστημα μέτρησης της διαδικασίας, καθώς δίνει τη δυνατότητα να συγκρίνουμε την απόδοση με τις απαιτήσεις των πελατών σε όλες τις διαδικασίες που προσφέρουν ανόμοια αποτελέσματα (π.χ. χρεώσεις και λειτουργίες). Η τιμή DPMO αναφέρεται είτε σε πολλαπλά ελαττώματα του ίδιου τύπου, είτε σε πολλαπλούς τύπους ελαττωμάτων.

Μεθοδολογία: Η μέθοδος Six Sigma αποτελεί ένα καλά σχεδιασμένο και εξαιρετικά αξιόπιστο σύστημα διαχείρισης με καλά ορισμένη δομή για βελτίωση χρησιμοποιώντας την λογική «Όρισε – Μέτρησε – Ανέλυσε – Βελτίωσε – Έλεγξε» [(“Define – Measure – Analyze – Improve – Control” (DMAIC))].

Φιλοσοφία: Η Six Sigma επιδιώκει την επιχειρησιακή αριστεία. Παροτρύνει τους ανθρώπους του οργανισμού να υποστηρίξουν μια κοινή γραμμή βελτίωσης, ένα κοινό στόχο και κατεύθυνση για την εταιρεία (Martens, 2001).

2.5 Ο ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ 6Σ

Ως μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων ή ως πλαίσιο βελτίωσης της διαδικασίας, η στρατηγική Six Sigma χρησιμοποιεί μια σειρά από καλά καθορισμένα βήματα. Αυτό το μοντέλο υλοποιείται μέσα από μια ποσοτικοποιημένη διεργασία επίλυσης προβλημάτων DMAIC, η οποία αποτελείται από τις φάσεις Define ή ορισμός προβλήματος, Measure ή μέτρηση του προβλήματος (συγκεκριμένα τα ελαττώματα που είναι υπεύθυνα για το πρόβλημα), Analyze ή ανάλυση των δεδομένων για να οριστούν οι βασικές αιτίες του προβλήματος (π.χ. ανάλυση ελαττωμάτων), Improvement ή βελτίωση των διεργασιών για την εξάλειψη των βασικών αιτίων των ελαττωμάτων και τέλος Control ή έλεγχος των βελτιωμένων διαδικασιών (Antony, 2006). Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι φάσεις DMAIC.

Όρισε (Define)

- Ορισμός του προβλήματος (ως γενικό έργο).
- Κατανόηση της σχέσης μεταξύ του προβλήματος και της κρίσιμης σημασίας του στα πλαίσια της ικανοποίησης των πελατών.
- Χαρτογράφηση των διεργασιών και προσδιορισμός του προβλήματος μέσα στην διαδικασία.

- Καθορισμός των δεδομένων, των αποτελεσμάτων και των ελέγχων της διεργασίας. Σχηματισμός οργανογράμματος έργου που να απεικονίζει τους ρόλους των ανθρώπων και τις ευθύνες τους. Καθορισμός των πόρων που απαιτούνται και του αντίστοιχου χρονοδιαγράμματος.
- Αιτιολόγηση της σύνδεσης του προβλήματος με την ικανοποίηση των πελατών.

Μέτρησε (Measure)

- Προσδιορισμός της τρέχουσας απόδοσης της διαδικασίας (απόδοση διαδικασίας, DPMO, βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη ικανότητα).
- Προσδιορισμός του αντικειμένου και του τρόπου μέτρησης [χαρακτηριστικό κριτικής ποιότητας - Critical to Quality (CTQ)].
- Εκπόνηση μιας απλής μελέτης συστήματος μέτρησης.
- Προσδιορισμός της λειτουργίας της διαδικασίας σε σύγκριση με άλλες μέσω της μεθόδου της συγκριτικής αξιολόγησης.
- Προσδιορισμών των δυνατών και αδύνατων σημείων προς βελτίωση.

Ανέλυσε (Analyze)

- Ορισμός των βασικών αιτιών των ελαττωμάτων στις διαδικασίες.
- Κατανόηση των βασικών αιτιών της μεταβλητότητας που οδηγούν σε ελαττώματα δίνοντας προτεραιότητα σε αυτά, για περαιτέρω διερεύνηση.
- Χρήση εργαλείων, όπως το διάγραμμα Pareto, Διάγραμμα αιτίου αποτελέσματος ή Ψαροκόκαλο, Καρτεσιανό διάγραμμα κ.α..
- Εκτίμηση πιθανών οικονομικών οφελών σε συνάρτηση με την βελτίωση της διαδικασίας.

Βελτίωσε (Improve)

- Ανάπτυξη πιθανών λύσεων για την διόρθωση των προβλημάτων και την αποτροπή της επανεμφάνισή τους.
- Αξιολόγηση κάθε πιθανής λύσης χρησιμοποιώντας έναν πίνακα κριτηρίων-αποφάσεων. Οι λύσεις που έχουν μεγαλύτερο αντίκτυπο στην ικανοποίηση των πελατών χρειάζεται να εξεταστούν για να καθοριστεί ο χρόνος, οι πόροι και το κόστος υλοποίησής τους.
- Αξιολόγηση των κινδύνων που σχετίζονται με τις πιθανές λύσης- βελτιώσεις της διαδικασίας.
- Σταδιακή βελτίωση του επιπέδου ποιότητας με πιλοτικές μελέτες σε ενδιάμεσα στάδια.
- Επανεκτίμηση της επιλεγμένης πιθανής λύσης-βελτίωσης συγκριτικά με την ικανοποίηση του πελάτη.

Έλεγχε (Control)

- Ανάπτυξη διορθωτικών ενεργειών για τη διατήρηση του βελτιωμένου επιπέδου απόδοσης της διαδικασίας.
- Ανάπτυξη νέων προτύπων και διαδικασιών για την εξασφάλιση μακροπρόθεσμων κερδών.
- Εφαρμογή σχεδίου ελέγχου της διαδικασίας
- Προσδιορισμός του υπευθύνου της νέας διαδικασίας και του ρόλου του σε αυτή.
- Επαλήθευση των οφελών και της εξοικονόμησης κόστους της βελτιωμένης διαδικασίας.
- Τεκμηρίωση της νέας μεθόδου και κοινοποίηση των διδαγμάτων που αντλήθηκαν από την βελτίωση της διαδικασίας στον υπόλοιπο οργανισμό.
- Δημοσίευση των αποτελεσμάτων εσωτερικά ή εξωτερικά και αναγνώριση της συνεισφοράς από τα μέλη της ομάδας (Antony, 2006).

2.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΖΩΝΩΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Η Διοίκηση Ολικής Ποιότητας (TQM) εξακολουθεί να κυριαρχεί στη σύγχρονη βιομηχανία, όμως πολλές εταιρείες προσπαθούν να βελτιώσουν διαδικασίες που αφορούν τόσο στρατηγικά όσο και οικονομικά ζητήματα. Μια τέτοια μεθοδολογία είναι η Six Sigma, η οποία προήλθε από την Motorola Corporation. Η συγκεκριμένη εταιρία ενσωμάτωσε στις διαδικασίες της τον όρο Six Sigma Black Belt για να περιγράψει τους υπαλλήλους που είναι εκπαιδευμένοι και έμπειροι στην εφαρμογή στατιστικών εργαλείων. Τόσο η Motorola όσο και άλλες εταιρείες, συμβουλευονται εκπαιδευμένους υπαλλήλους, για να βοηθήσουν στη μέτρηση του πόσο καλά οι τρέχουσες επιχειρηματικές στρατηγικές ικανοποιούν τους στόχους της εταιρείας. Ωστόσο αναπτύσσουν και νέες στρατηγικές για τη μείωση του κόστους και των ελαττωματικών προϊόντων, αυξάνοντας παράλληλα την κερδοφορία και την ανταγωνιστικότητα του οργανισμού. (Ingle & Roe, 2001)

Η Black Belt βασίζεται σε πέντε βήματα. Τον ορισμό του προβλήματος, την μέτρηση των κρίσιμων χαρακτηριστικών της ποιότητας (critical-to-quality), την σύγκριση και την ανάλυση των προβλημάτων, την βελτίωση και τον τελικό έλεγχο. Υπάρχουν όμως και τρία βασικά επίπεδα ζωνών ικανότητας, οι πράσινες ζώνες (Green Belt), οι μαύρες ζώνες (Black Belt) και οι κύριες μαύρες ζώνες ικανότητας (Master Black Belt), όπου παρουσιάζονται παρακάτω.

Πράσινες Ζώνες (Green Belts). Ένας υπάλληλος σε αυτήν την ζώνη είναι εκπαιδευμένος και έχει εμπειρία στην χρήση στατιστικών εργαλείων και τεχνικών στην Six Sigma. Δεν είναι όμως απαραίτητο να έχει το ίδιο επίπεδο εμπειρίας με άλλα τμήματα στον οργανισμό, καθώς βοηθά με τις δεξιότητές του στην υλοποίηση διάφορων projects. (Ingle & Roe, 2001)

Μαύρες Ζώνες (Black Belts): Στο αμέσως επόμενο επίπεδο, ο υπάλληλος είναι ειδικός στην χρήση στατιστικών εργαλείων και τεχνικών επίλυσης προβλημάτων. Αυτές οι τεχνικές Six Sigma είναι συνήθως, αλλά όχι απαραίτητα, στατιστικές. Οι εργαζόμενοι έχουν συνήθως μεγάλη εμπειρία στη χρήση εργαλείων κατάλληλων για το είδος της επιχείρησης με την οποία απασχολούνται. Έχουν επίσης δεξιότητες ηγεσίας και εμπειρία στην διαχείριση ομάδων. Ένας υπάλληλος της Black Belt αναλύει, βελτιώνει και ελέγχει τη μεθοδολογία. Υπάρχουν περίπου 120 Black Belts σε πληθυσμό περίπου 100.000 υπαλλήλων, ωστόσο σε κάποιες εταιρείες είναι προαπαιτούμενο χαρακτηριστικό των ανωτέρων θέσεων στο οργανόγραμμα.

Κύριες Μαύρες Ζώνες (Master Black Belts). Στο τελευταίο επίπεδο ζωνών, ο εργαζόμενος έχει εμπειρία για τουλάχιστον πέντε χρόνια. Χαρακτηρίζεται ως επαγγελματίας στα εργαλεία Six Sigma και στην εφαρμογή των μεθοδολογιών και έχει υπάρξει μέντορας τουλάχιστον πέντε επιτυχημένων υποψηφίων επιπέδου Μαύρης ζώνης (Black Belt). Στην εταιρεία ηλεκτρονικών General Electrics, η ηγεσία αποτελείται από εργαζόμενους Μαύρης και Κύριας Μαύρης Ζώνης (Black Belts και Master Black Belts). Η επιλογή υποψηφίων για τέτοιους ρόλους είναι επομένως ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη της πρωτοβουλίας Six Sigma και επιλέγονται σε μεγάλο βαθμό σήμερα με βάση τις δεξιότητές τους στη διαχείριση και την οργάνωση. Αυτό σημαίνει ότι στις εταιρίες όπως η General Electrics, τα άτομα αυτά αναγνωρίζονται ως πηγή για μελλοντικούς ηγέτες στον οργανισμό (Ingle & Roe, 2001).

Εφόσον τα προγράμματα Six Sigma συνεχίσουν να παρέχουν σημαντικές οικονομικές ανταμοιβές, τότε ακόμα περισσότερες εταιρείες θα αρχίσουν να χρησιμοποιούν αντίστοιχες τεχνικές. Πολλοί πιστεύουν ότι η Six Sigma Black Belt δεν περιλαμβάνει περισσότερη εκπαίδευση από αυτήν ενός πιστοποιημένου μηχανικού ποιότητας (Certified Quality Engineer-CQE). Αυτό μπορεί να ισχύει στη θεωρία, αλλά η διαφορά και το κίνητρο του Six Sigma είναι ο τρόπος που προσεγγίζει και εφαρμόζει την εκπαίδευση. Το γεγονός ότι στην βιβλιογραφία υπάρχουν ολοένα και περισσότερες αναφορές για εναλλακτικές διαδικασίες εφαρμογής, διαφοροποιεί τη Six Sigma από ένα άλλο ποιοτικό πρόγραμμα.

2.7 ΚΟΙΝΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΞΥ TQM ΚΑΙ SIX SIGMA

Αναλύοντας την Διοίκηση Ολικής Ποιότητας (Total Quality Management) και την φιλοσοφία της Μεθοδολογίας Six Sigma, προκύπτουν βασικά κοινά χαρακτηριστικά, ταυτόχρονα όμως και σημαντικές διαφορές. Στον παρακάτω Πίνακα 2-2-1 παρουσιάζονται τα κοινά σημεία στις δυο φιλοσοφίες (Snee & Hoerl, 2003).

TQM	Six Sigma
Εστίαση στην ικανοποίηση του πελάτη	
Προσπάθεια βελτίωση της ποιότητας των διαδικασιών/ των υπηρεσιών ή των στρατηγικών για την μείωση του κόστους	
Διαχείριση της διαδικασίας	
Λήψη αποφάσεων βάση γεγονότων	
Χρήση στατιστικών εργαλείων για την επίλυση προβλημάτων	

Πίνακας 2-2-1: Κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ TQM και Six Sigma

Ωστόσο, η μεθοδολογία 6 Sigma, παρουσιάζει και σημαντικές διαφορές στα χαρακτηριστικά της με την ΔΟΠ, καθώς δεν βασίζεται μόνο σε τεχνικές βελτίωσης των διαδικασιών αλλά εμβαθύνει στην αλλαγή της φιλοσοφίας του οργανισμού που θα φέρει βελτίωση στην ποιότητα και θα ικανοποιήσει τον πελάτη. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα σημεία που εστιάζει περισσότερο η πολιτική ποιότητας 6 Sigma σε σχέση με την TQM.

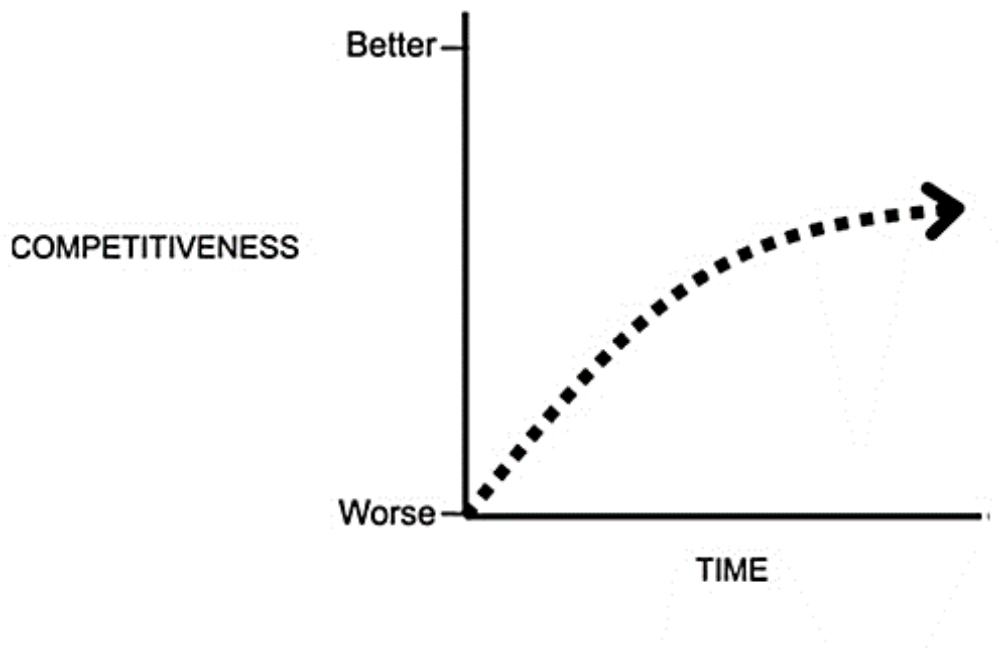
1. Αναπτύσσει διαδικασίες που οδηγούν σε θεμελιώδεις αλλαγές.
2. Ενσωματώνει εργαλεία και τεχνικές στο πλαίσιο επίλυσης προβλημάτων.
3. Εστιάζει στους στρατηγικούς επιχειρηματικούς στόχους του οργανισμού.
4. Δίνει έμφαση στην φιλοσοφία της διοίκησης.
5. Αλλάζει την πολιτική ποιότητας του οργανισμού.
6. Ανταμείβει και αναγνωρίζει την επιτυχία (Antony, 2006).

Οι μετρήσεις απόδοσης Six Sigma χρησιμοποιούνται συνήθως από τις βιομηχανίες υπηρεσιών. Οι βασικοί δείκτες απόδοσης (Key Performance Indicators- KPIs) διαφέρουν από διαδικασία σε διαδικασία και από εταιρεία σε εταιρεία. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα κοινά και ευρέως γνωστά KPIs ή μετρήσεις απόδοσης Six Sigma, σε διάφορους κλάδους υπηρεσιών, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Κόστος κακής ποιότητας (Cost of Poor Quality - COPQ) .
2. Ελαττώματα ανά εκατομμύριο πιθανότητες (Defects Per Million Opportunities - DPMO).
3. Ικανότητα διαδικασίας (Process Capability).
4. Χρόνος απόκρισης στα παράπονα πελατών.
5. Χρόνος επεξεργασίας (Processing Time).
6. Χρόνος παράδοσης ή ταχύτητα παράδοσης.
7. Χρόνος επίλυση προβλημάτων.
8. Χρόνος αναμονής πελατών.
9. Αξιοπιστία υπηρεσίας και ακρίβεια των πληροφοριών που παρέχονται στους πελάτες (Antony, 2006).

Σήμερα, η Six Sigma είναι ένας συνδυασμός της στατιστικής μέτρησης Six-Sigma και της Διοίκησης Ολικής Ποιότητας (TQM), με πρόσθετες καινοτομίες που ενισχύουν την αποτελεσματικότητά του. Τα κύρια συστατικά του Six Sigma που διατηρούνται από την TQM περιλαμβάνουν την εστίαση στον πελάτη, την αναγνώριση ότι η ποιότητα είναι ευθύνη όλων των υπαλλήλων και δίνει έμφαση στην εκπαίδευση των εργαζομένων.

Με τη Six Sigma, η αξία ενός οργανισμού περιλαμβάνει όχι μόνο την ποιότητα, αλλά τη διαθεσιμότητα, την αξιοπιστία, την απόδοση παράδοσης και τις υπηρεσίες εξυπηρέτησης των πελατών (After - Sales Service). Η απόδοση σε κάθε ένα από τα στοιχεία αυτά πρέπει να είναι υψηλή. Ως εκ τούτου, η μέτρηση Six Sigma εφαρμόζεται ευρέως, επιδιώκοντας σχεδόν τέλεια απόδοση στο χαμηλότερο επίπεδο δραστηριότητας. Τα προγράμματα Six Sigma δημιουργούν γενικά μια δομή βάσει της οποίας η εκπαίδευση των εργαζομένων τυποποιείται και υποστηρίζεται για να διασφαλιστεί η ποιότητα παραγωγής (Arnheiter & Maleyeff, 2005). Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η στρατηγική υλοποίησης των προγραμμάτων Six Sigma στις εταιρείες, εξαρτάται κατά βάση από την κουλτούρα που χαρακτηρίζει την κάθε χώρα. Για παράδειγμα κάποιες χώρες προσεγγίζουν την βελτίωση της απόδοσης των διεργασιών στα ατομικά προσόντα των εργαζομένων, ενώ άλλες στην εις βάθος εκπαίδευση όλων των εργαζομένων με στόχο την ομαδική βελτίωση (Crom, 2000). Στο Σχήμα 2.4 παρουσιάζεται η αύξηση ανταγωνιστικότητας που επιτυγχάνεται από μια εταιρεία ένεκα της υιοθέτησης της μεθόδου Six Sigma στο βάθος του χρόνου.



Σχήμα 2.4: Συνάρτηση που αναπαριστά την βελτίωση των εκροών ενός οργανισμού, με την μέθοδο six sigma

2.8 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Η συντήρηση είναι το σύνολο όλων των δραστηριοτήτων που αποσκοπούν στη διατήρηση ενός συστήματος σε κατάσταση όπου μπορεί να εκτελέσει σωστά τη λειτουργία του. Πολύ συχνά αυτά τα συστήματα είναι συστήματα παραγωγής. Κάποιες εργασίες συντήρησης μπορούν να γίνουν κατά τη διάρκεια της παραγωγής και άλλες με την διακοπή της παραγωγικής διαδικασίας. Η δεύτερη περίπτωση, μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα διαχείρισης μεταξύ του τμήματος παραγωγής και συντήρησης μιας εταιρείας. Η αποτελεσματικότητα της συντήρησης είναι ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα που επηρεάζει την οικονομία των παραγωγικών δραστηριοτήτων. Παραδοσιακά, η συντήρηση ήταν σημαντική για τους κατασκευαστικούς οργανισμούς. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, η ανάγκη αποτελεσματικότερης διαχείρισης των διαφορετικών πτυχών της συντήρησης έχει αποκτήσει μεγαλύτερη σημασία. Το πεδίο συντήρησης έχει μετατοπιστεί από μια καλά καθορισμένη επιχειρησιακή προοπτική, σε μια οργανωτική στρατηγική. Ορισμένοι συγγραφείς αποδίδουν αυτή τη μετατόπιση στη χρήση προηγμένων τεχνολογιών, αυξημένη έμφαση στην ασφάλεια και τις νέες περιβαλλοντικές νομοθεσίες. Σε ένα τέτοιο λειτουργικό περιβάλλον, ο ρόλος του διαχειριστή συντήρησης είναι κρίσιμος. Ως εκ τούτου, οι διαχειριστές συντήρησης καλούνται να ενσωματώσουν και να κατευθύνουν τις προσπάθειες συντήρησης για την επίτευξη αποτελεσματικών και αποδοτικών οργανωτικών στρατηγικών στόχων (Er-Ratby & Mabrouki, 2018).

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (European Committee for Standardization – CEN), μία από τις κύριες αρμοδιότητες του διαχειριστή συντήρησης είναι ο σχεδιασμός μιας συστηματικής στρατηγικής συντήρησης, η οποία λαμβάνει υπόψη τα παρακάτω κριτήρια:

1. Την διασφάλιση της διαθεσιμότητας του αντικείμενου.
2. Την διασφάλιση των απαιτήσεων ασφαλείας που σχετίζονται με το αντικείμενο, τόσο για την συντήρηση όσο και για τον χρήστη.
3. Τις οικονομικές ελλείψεις για να διατηρηθεί η ποιότητα του προϊόντος.

Προκειμένου να επιτευχθούν οι συνολικοί στόχοι συντήρησης, παρουσιάζονται οι ακόλουθες βασικές στρατηγικές προσεγγίσεις:

Διορθωτική ή αντιδραστική συντήρηση

Ορισμός της διορθωτικής ή αντιδραστικής συντήρησης είναι η συντήρηση που πραγματοποιείται μετά την αναγνώριση σφαλμάτων. Αυτός ο τύπος διαχείρισης είναι απλός και ακολουθεί την λογική «διορθώστε το όταν σπάσει» (Mobley, 2004), δηλαδή αποκατάσταση είτε μετά την βλάβη είτε κατά τη διάρκεια της βλάβης.

Αυτός ο τύπος συντήρησης αφορά περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, επισκευές, μη προγραμματισμένες και διορθωτικές εργασίες. Αυτή η μέθοδος υπήρξε σημαντικό μέρος των εργασιών συντήρησης από τότε που κατασκευάστηκε το πρώτο εργοστάσιο παραγωγής. Αλλά στην πραγματικότητα είναι μια προσέγγιση διαχείρισης βλάβης και όχι συντήρηση. Η διορθωτική ή αντιδραστική συντήρηση αυξάνει κατά πολύ το κόστος μιας παραγωγικής διαδικασίας, καθώς δεν υπάρχει μέσα στην διαδικασία υπάρχει σημαντικός μη προβλέψιμος παράγοντας. Αποτέλεσμα είναι για παράδειγμα, ο μεγάλος χρόνος διακοπής του μηχανήματος, η χαμηλή διαθεσιμότητα παραγωγής, υψηλό κόστος εργασίας υπερωριών και το υψηλό κόστος αποθέματος ανταλλακτικών. Η διορθωτική τεχνική δεν λαμβάνει καμία ενέργεια συντήρησης έως ότου προκληθεί βλάβη.

Προληπτική συντήρηση

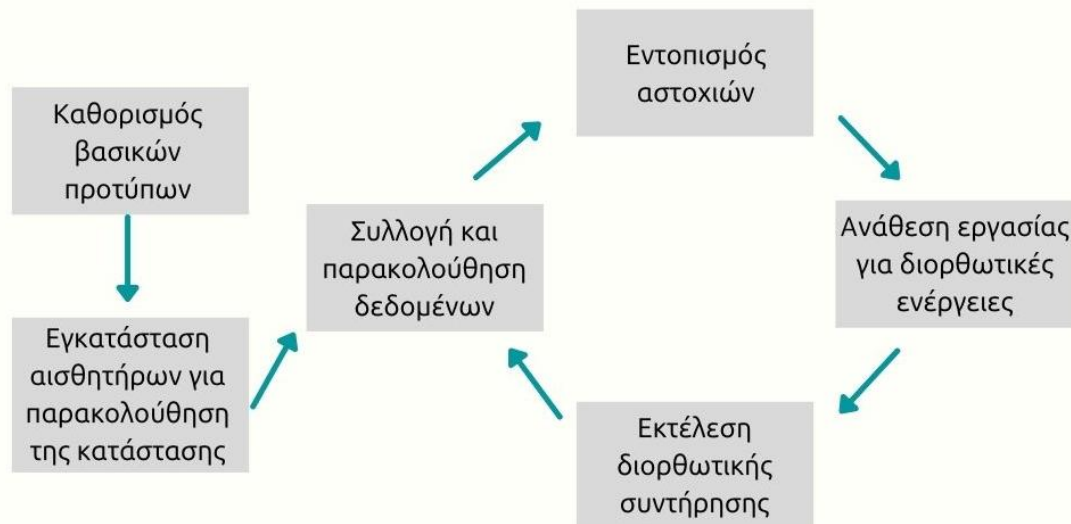
Η προληπτική συντήρηση συνδέεται με αυτό που είναι παραδοσιακά γνωστό ως «προγνωστική» και «προληπτική συντήρηση». Συγκεκριμένα, έρχεται σε αντίθεση με τις διορθωτικές εργασίες που αντιμετωπίζουν την ήδη κατάσταση αστοχίας. Η προληπτική συντήρηση βασίζεται σε θεωρητικές αναλύσεις κινδύνου, όπου λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την αποφυγή αστοχιών.

Ο ορισμός της προληπτικής συντήρησης από το ευρωπαϊκό πρότυπο παρουσιάζεται ως: «Η συντήρηση που πραγματοποιείται σε προκαθορισμένα διαστήματα ή σύμφωνα με τα καθορισμένα κριτήρια και αποσκοπεί στη μείωση της πιθανότητας αστοχίας ή της υποβάθμισης της λειτουργίας ενός αντικειμένου».

Περιοδική ή προγνωστική συντήρηση

Η πρόβλεψη συντήρησης αναφέρεται σε έναν συγκεκριμένο τύπο συντήρησης βάσει συνθηκών (Condition Based Maintenance - CBM) στην οποία τα συστήματα παρατηρούνται συνεχώς μέσω αισθητήρων ή ελεγκτών. Αυτές οι συσκευές συνδέονται με στοιχεία του συστήματος και τροφοδοτούν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στο λογισμικό. Το λογισμικό στη συνέχεια ερμηνεύει αυτά τα δεδομένα και προειδοποιεί τους τεχνικούς συντήρησης ότι πλησιάζουν σε οριακές τιμές. Η προγνωστική συντήρηση θεωρείται γενικά ως ο πιο προηγμένος και περιοδικός τύπος συντήρησης, καθώς υπάρχουν πολλά δεδομένα για ανάλυση.

Ο έλεγχος ενός μηχανήματος μπορεί να περιλαμβάνει μη επεμβατικές μετρήσεις, οπτική επιθεώρηση, και προγραμματισμένες δοκιμές. Στο Σχήμα 2.5 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής εργασιών για την συντήρηση βάσει συνθηκών (CBM).



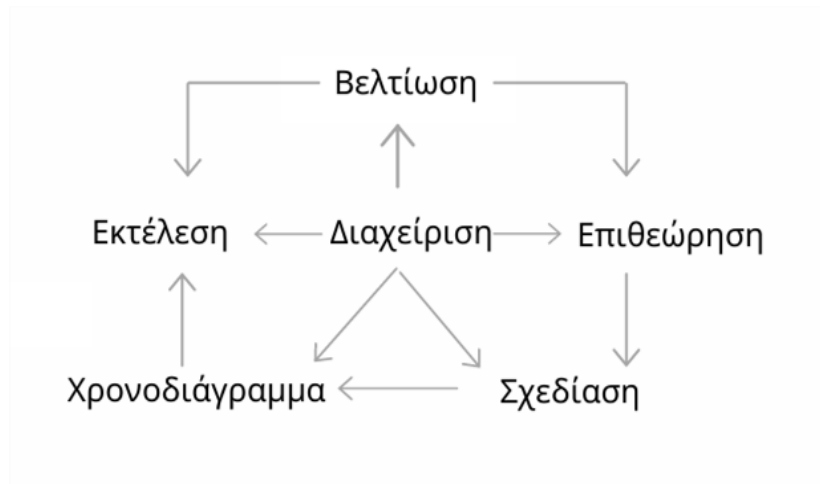
Σχήμα 2.5: Διάγραμμα Ροής Συντήρησης βάσει συνθηκών (CBM)

Προγνωστική συντήρηση και συντήρηση χειριστή: Υπάρχουν δύο επιπλέον τύποι συντήρησης που είναι σημαντικό να τονιστούν. Συντήρηση χειριστή και Προγνωστική συντήρηση.

Συντήρηση χειριστή: Ορίζεται ως η «Συντήρηση πραγματοποιείται από εξειδικευμένο χρήστη ή χειριστή».

Πρόβλεψη συντήρησης: Ορίζεται ως η «Συντήρηση που πραγματοποιήθηκε μετά από μια πρόβλεψη που προέκυψε από την ανάλυση και την αξιολόγηση σημαντικών παραμέτρων της υποβάθμισης του είδους» (Er-Ratby & Mabrouki, 2018).

Στην Σχήμα 2.6 παρακάτω, παρουσιάζονται τα βασικά βήματα για τον σχεδιασμό μιας επιτυχημένης στρατηγικής συντήρησης:



Σχήμα 2.6: Βήματα για μια επιτυχημένη στρατηγική συντήρησης (Er-Ratby & Mabrouki, 2018)

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αυτό το κεφάλαιο εισάγει τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την επίτευξη του στόχου της μελέτης, συζητώντας τη διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή δεδομένων. Όσον αφορά τις πληροφορίες της συγκεκριμένης μεθοδολογίας, παρουσιάζεται μια περιεκτική ανάλυση των συγκεκριμένων βημάτων, δίνοντας τη δυνατότητα για περαιτέρω έρευνα και βελτιώσεις.

Στην αρχή του κεφαλαίου γίνεται εισαγωγή στην εταιρεία ηλεκτρομηχανολογικών εφαρμογών και στην αρχή λειτουργίας των μηχανημάτων που εξετάζονται. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα δεδομένα των μηχανημάτων και ο τρόπος που συλλέχθηκαν. Τέλος, γίνεται αναφορά στους τρόπους και στα στατιστικά εργαλεία του στατιστικού ελέγχου που χρησιμοποιεί η μεθοδολογία Six Sigma.

3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

Η εταιρεία TOBEA ιδρύθηκε το 2012 και δραστηριοποιείται στο σχεδιασμό και την κατασκευή ειδικών κατασκευών που στοχεύουν στην βελτίωση της ποιότητας ζωής των ατόμων με κινητικά προβλήματα. Πρόκειται για έναν «Τεχνοβλαστό» του Πανεπιστημίου Πατρών και προέκυψε σαν προϊόν έρευνας που διενεργήθηκε από το Εργαστήριο Τεχνικής Μηχανικής του Πανεπιστημίου Πατρών το έτος 2009. Το πρόγραμμα περιλάμβανε το σχεδιασμό και την κατασκευή μιας συσκευής που θα παρείχε την δυνατότητα στους κινητικά ανάπηρους να αποκτήσουν πρόσβαση στη θάλασσα.

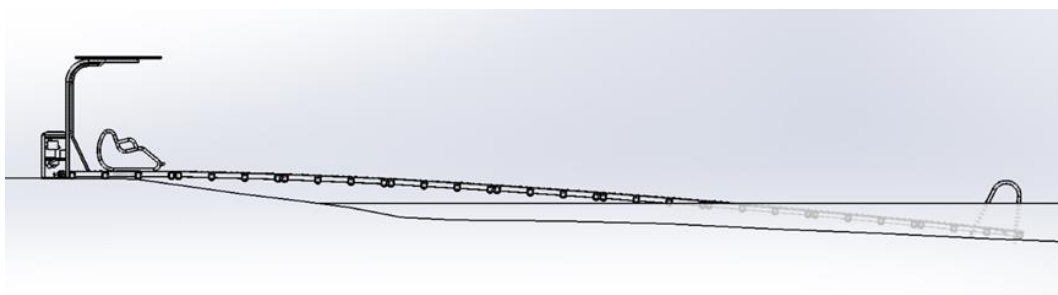
Το πρόγραμμα ανατέθηκε στο Εργαστήριο Τεχνικής Μηχανικής από την πρώην Περιφέρεια Αχαΐας. Ύστερα από την επιτυχή έκβαση του προγράμματος, η δουλειά συνεχίστηκε και η συσκευή εξελίχθηκε σε ένα προϊόν (SEATRAC™) έτοιμο για εμπορική χρήση. Παράλληλα με αυτό, η ανάγκη για άλλες συσκευές και προϊόντα, τα οποία σχετίζονται με το θέμα της βελτίωσης της ζωής των ατόμων με αναπηρία διαρκώς μεγάλωνε. Το γεγονός αυτό γέννησε την ανάγκη της ίδρυσης μιας εταιρείας που θα ικανοποιούσε τους στόχους αυτούς που από τη φύση τους θα ήταν εκτός των δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου και του Πανεπιστημίου γενικότερα.

Η συγκεκριμένη εταιρεία είναι βασισμένη σε μια σειρά αρχών διαχείρισης ποιότητας που εστιάζει στην ικανοποίηση του τελικού χρήστη του προϊόντος. Ακολουθώντας τα πρότυπα ISO 9001 και ISO 14001, δίνει έμφαση στην συνεχή βελτίωση των διαδικασιών της, ώστε να εντοπίσει και να διορθώσει τα λάθη που εμφανίζονται. Για το λόγο αυτό, η εταιρεία έχει θέσει τα θεμέλια για την ανάπτυξη ενός συστήματος συλλογής, αναφοράς και παρακολούθησης των δεδομένων που θεωρούνται

ελαττωματικά. Το σύστημα αυτό, (Continuous Improvement System) ορίζει ένα ελάττωμα ως οποιαδήποτε απόκλιση από το επιθυμητό επίπεδο ποιότητας της διαδικασίας. Εκεί καταγράφονται τα λάθη των διαδικασιών που έχουν οριστεί σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Οι πληροφορίες αντιμετωπίζονται ως εργαλείο βελτίωσης και όχι ως «κάρτα αναφοράς» της απόδοσης κάθε εργαζόμενου. Κάθε εγγραφή περιέχει λέξεις-κλειδιά, ώστε να μπορεί να γίνει ομαδοποίηση των λαθών και να αποτυπωθεί η επαναληψιμότητά τους, ώστε να οδηγήσει σε περεταίρω ενέργειες βελτίωσης. Η εταιρία βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη συνεχή βελτίωση των υπηρεσιών της και στην συνολική εμπειρία του τελικού χρήστη των προϊόντων της.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η προσέγγιση του ζητήματος της ποιότητας και την εφαρμογή της μεθοδολογίας Έξι Σίγμα (6σ), η οποία εστιάζει στην συλλογή και ανάλυση δεδομένων, μέσω συγκεκριμένων στατιστικών εργαλείων για την παρακολούθηση και την βελτίωση των διεργασιών και την ελαχιστοποίηση της μεταβλητότητάς τους.

Στα πλαίσια της ανάπτυξης της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, πραγματοποιήθηκε μελέτη στα δεδομένα λειτουργίας του βασικού προϊόντος της εταιρείας, SEATRAC™. Το προϊόν αυτό, πλέον βρίσκεται σε 117 παραλίες σε όλη την Ελλάδα και βοηθάει τους ανθρώπους με κινητικές δυσκολίες να έχουν πρόσβαση στην θάλασσα. Τα βασικά μέρη της συσκευής είναι ο πύργος ελέγχου της κίνησης, το φωτοβολταϊκό στοιχείο, οι αρθρωτοί σιδηρόδρομοι (ράγες), το φορείο κίνησης με το ειδικά διαμορφωμένο κάθισμα και η κουπαστή (Σχήμα 3.1). Η κίνηση του καθίσματος πραγματοποιείται με την χρήση ηλεκτροκινητήρα που είναι τοποθετημένος στον πύργο ελέγχου και συρματόσχοινου κατά το μήκος της διάταξης. Η κίνηση του καθίσματος πραγματοποιείται με την χρήση ασύρματου χειριστηρίου και ορίζεται ως οποιαδήποτε εντολή που δίνεται από το κεντρικό πίνακα ελέγχου, για την κίνηση του καθίσματος από την αρχή έως τον τερματισμό της. Ο χρόνος προσδιορίζει την διάρκεια της κίνησης αυτής σε δευτερόλεπτα (seconds).



Σχήμα 3.1: Πλάγια όψη συσκευής SEATRAC™

Για την μελέτη συλλέχθηκαν δεδομένα από δυο συσκευές ίδιου τύπου, τοποθετημένα σε διαφορετικά γεωγραφικά μέρη της Ελλάδας. Η εξαγωγή των δεδομένων λειτουργίας της συσκευής πραγματοποιήθηκε μέσω του κεντρικού πίνακα ελέγχου των συσκευών και το χρονικό διάστημα που μελετήθηκε είναι 122 ημέρες λειτουργίας. Έχουν καταγραφεί δεδομένα για το ρεύμα του κινητήρα, της τάσης του φωτοβολταϊκού

στοιχείου, της ισχύος καθώς και δεδομένα διάρκειας κάθε κίνησης στην χρονική περίοδο λειτουργίας της. Η καταγραφή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω του συστήματος Τηλεμετρίας που διαθέτει η κάθε συσκευή. Ο όρος τηλεμετρία περιγράφεται παρακάτω.

Τηλεμετρία: Η τηλεμετρία είναι μια υπηρεσία που επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση της συσκευής. Ο σκοπός ενός συστήματος τηλεμετρίας είναι να συλλέξει δεδομένα από ένα μέρος που είναι απομακρυσμένο και να τα μεταφέρει σε ένα σημείο όπου τα δεδομένα μπορούν να αξιολογηθούν. Με αυτόν τον τρόπο, λαμβάνονται ανά πάσα στιγμή δεδομένα που σχετίζονται με την κατάσταση του μηχανήματος π.χ. τιμές ρευμάτων, τάσεων, χρόνου κινήσεων κ.α..

Αναφορικά με την απομακρυσμένη πρόσβαση σε δεδομένα, είναι λογικό να χρησιμοποιηθεί ως μέσον μετάδοσης πληροφορίας το Internet. Συνήθως, τα συστήματα τηλεμετρίας χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο συσκευών κίνησης, όπως για παράδειγμα τα οχήματα και τα αεροσκάφη. Τα συστήματα τηλεμετρίας είναι ένα ειδικό σύνολο συστημάτων επικοινωνίας. Όταν το σύστημα τηλεμετρίας χρησιμοποιείται τόσο για τον έλεγχο όσο και για την συλλογή δεδομένων, εφαρμόζονται οι όροι εποπτικός έλεγχος και απόκτηση δεδομένων (Carden, et al., 2002). Βασική συσκευή για την καταγραφή των δεδομένων μέσω της τηλεμετρίας είναι ο κεντρικός πίνακας αυτοματισμού της συσκευής, το οποίο χρησιμοποιεί μια προγραμματιζόμενη μνήμη για την αποθήκευση εντολών, ώστε να επιτελούνται διάφορες λειτουργίες, όπως λογικές, χρονικές, μετρητικές και αριθμητικές πράξεις. Έτσι υπάρχει ο έλεγχος των μηχανών ή των διαδικασιών μέσω αναλογικών/ψηφιακών μονάδων. Η λειτουργία του συστήματος οδηγεί σε αυστηρά ελεγχόμενες διεργασίες, κατάλληλες για χρήση σε βιομηχανικές μονάδες.

3.3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όπως προαναφέρθηκε, για την μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από δυο συσκευές εγκατεστημένες σε διαφορετικά γεωγραφικά σημεία της χώρας. Η επιλογή των δύο συσκευών έγινε, δεδομένου ότι έχουν συγκρίσιμα χαρακτηριστικά όπως η περίοδος λειτουργίας τους, η πραγματοποίηση συντηρήσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά την διάρκεια της λειτουργίας τους, ο μεγάλος αριθμός των χρήσεων για κάθε μια συσκευή καθώς και οι συνολικές διαστάσεις τους. Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης και την ευκολία της κατανόησης των διαγραμμάτων θεωρείται Μηχάνημα 1 (M-1) και Μηχάνημα 2 (M-2). Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από την κεντρική μονάδα ελέγχου της κάθε συσκευής αφορούν δεδομένα από διαφορετικούς τόπους εγκατάστασης για χρονικό εύρος λειτουργίας 122 ημερών. Έτσι η εφαρμογή της μεθοδολογίας 6σ πραγματοποιείται σε δεδομένα που έχουν ήδη καταγραφεί, ώστε να εξεταστεί η μεταβλητότητα τους, με την βοήθεια διαγραμμάτων ελέγχου (Control Charts) και να συσχετιστούν με τις μεταβλητές που έχουν τεθεί. Με αυτό τον τρόπο, προτείνονται περαιτέρω βελτιώσεις για τον έλεγχο των διεργασιών.

1. Ρεύμα στον κινητήρα [Ampere]: Έχουμε καταγραφή τιμών για το ρεύμα για κάθε κίνηση της συσκευής κατά την διάρκεια της ημέρας, για το χρονικό διάστημα των 122 ημερών. Ο αριθμός των μετρήσεων (n) ανά ημέρα λειτουργίας, δεν είναι σταθερός. Παρατηρείται μέγιστος αριθμός δείγματος n (max) = 42 τιμές και ελάχιστος αριθμός δείγματος n (min) = 4 τιμές.
2. Τάση στο φωτοβολταϊκό [Volt]: Έχουμε καταγραφή τιμών για την τάση του φωτοβολταϊκού κατά την διάρκεια της ημέρας, για το χρονικό διάστημα των 122 ημερών. Ο αριθμός των μετρήσεων (n) ανά ημέρα λειτουργίας, δεν είναι σταθερός. Παρατηρείται μέγιστος αριθμός δείγματος n (max) = 42 τιμές και ελάχιστος αριθμός δείγματος n (min) = 9 τιμές.
3. Διάρκεια κίνησης [second]: Έχουμε καταγραφή της διάρκειας κάθε κίνησης, και μπορούμε να προσδιορίσουμε και την κατεύθυνσή της. Με αυτό τον τρόπο δηλαδή, μας δίνεται η δυνατότητα να συγκρίνουμε τον χρόνο της κίνησης για θετική και αρνητική φορά του κινητήρα.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι κατά την διάρκεια των ημερών λειτουργίας των συσκευών πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις ελέγχου καλής λειτουργίας για κάθε συσκευή, από εξειδικευμένο προσωπικό της εταιρείας. Έτσι, πέρα από τον απομακρυσμένο έλεγχο που μας επιτρέπει την πρόληψη πιθανής βλάβης, είναι σημαντική η καταγραφή της ενδεχομένως επηρεασμένης συμπεριφοράς των δεδομένων που δίνουν οι συσκευές σε κάθε επίσκεψη ελέγχου.

Ο Πίνακας 3-1 αφορά την πρώτη συσκευή που μελετάται (Μηχάνημα 1). Στον πίνακα εμφανίζονται κάποιες ημερομηνίες που χαρακτηρίζουν την πορεία λειτουργίας της συσκευής και λαμβάνονται υπόψιν στην μελέτη. Συγκεκριμένα, η ημερομηνία εγκατάστασης, δηλαδή η πρώτη ημέρα λειτουργίας της συσκευής, οι ημερομηνίες που έγιναν περιοδικές συντηρήσεις από εξειδικευμένο προσωπικό της εταιρείας και τέλος οι ημέρες που έγινε επίσκεψη για επιδιόρθωση κάποιας βλάβης.

Πίνακας 3-1: Πίνακας ημερομηνιών για το Μηχάνημα 1

Μηχάνημα 1	
Ημέρα εγκατάστασης	14/5/2020
Ημέρες συντήρησης	19/6/2020
	25/8/2020
	7/9/2020
Ημέρες αποκατάστασης βλάβης	30/7/2020

Ο Πίνακας 3-2 αφορά την δεύτερη συσκευή που μελετάμε (Μηχάνημα 2). Στον πίνακα εμφανίζονται κάποιες ημερομηνίες που χαρακτηρίζουν την πορεία λειτουργίας της συσκευής και λαμβάνονται υπόψιν στην μελέτη. Συγκεκριμένα, η ημερομηνία εγκατάστασης, δηλαδή η πρώτη ημέρα λειτουργίας, οι ημερομηνίες που έγιναν περιοδικές συντηρήσεις από εξειδικευμένο προσωπικό και τέλος οι ημέρες που έγινε επίσκεψη για επιδιόρθωση κάποιας βλάβης.

Πίνακας 3-2: Πίνακας ημερομηνιών για το Μηχάνημα 2

Μηχάνημα 2	
Ημέρα εγκατάστασης	14/5/2020
Ημέρες συντήρησης	10/6/2020
	27/6/2020
	15/7/2020
	10/8/2020
	19/8/2020
	31/8/2020
Ημέρες αποκατάστασης βλάβης	17/6/2020
	22/6/2020

3.4 ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ (STATISTICAL PROCESS CONTROL-SPC)

Τα στατιστικά εργαλεία είναι μέθοδοι ή μηχανισμοί που μπορούν να εφαρμοστούν σε συγκεκριμένες διεργασίες οι οποίες προωθούν τις θετικές αλλαγές και βελτιώσεις. Ένα εργαλείο έχει έναν σαφώς καθορισμένο ρόλο. Είναι ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε ότι πολλοί οργανισμοί αποκτούν σημαντικά οφέλη μέσω της εφαρμογής βασικών εργαλείων απόδοσης Six Sigma όπως είναι το διάγραμμα Pareto, το διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος, το διάγραμμα ροής, οι χάρτες ελέγχου, ο καταγισμός ιδεών, η κατηγοριοποίηση δεδομένων, η γραμμική συσχέτιση αιτίου-αποτελέσματος. Κάθε τεχνική έχει ευρύτερη εφαρμογή και απαιτεί συγκεκριμένες δεξιότητες, δημιουργικότητα και εκπαίδευση. Ο στατιστικός έλεγχος διεργασιών (Statistical Process Control - SPC) είναι μια τεχνική που χρησιμοποιεί διάφορα εργαλεία (π.χ. διαγράμματα ελέγχου, ιστογράμματα, ανάλυση αιτιών κ.λπ.) μέσα σε αυτό. Για μια επιτυχή εφαρμογή της μεθοδολογίας 6σ απαιτείται η αυστηρή εφαρμογή εργαλείων και τεχνικών σε διαφορετικά στάδια της μεθοδολογίας.

Σύμφωνα με τον Ishikawa (1986) τα βασικά εργαλεία ελέγχου ποιότητας μπορούν να αντιμετωπίσουν περισσότερο από το 80% των προβλημάτων που σχετίζονται με την ποιότητα ή τη διαδικασία. Ο σκοπός αυτής της ενότητας είναι να εξετάσει τα κοινά και ευρέως γνωστά εργαλεία και τεχνικές του Six Sigma στον κλάδο των υπηρεσιών. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η αποτελεσματική εφαρμογή εργαλείων και τεχνικών σε έναν οργανισμό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αποτελεσματική και προγραμματισμένη εκπαίδευση, την ασυμβίβαστη υποστήριξη από τα ανώτερα διευθυντικά στελέχη σε ένα περιβάλλον συνεργασίας (Antony, 2006).

Οι έννοιες και οι μέθοδοι του Στατιστικού Ελέγχου Διαδικασίας (SPC) έχουν καταστεί πολύ σημαντικές στη βιομηχανία παραγωγής και επεξεργασίας. Στόχος τους είναι η παρακολούθηση της απόδοσης μιας διαδικασίας με την πάροδο του χρόνου, προκειμένου να επαληθευτεί ότι η διαδικασία παραμένει σε «κατάσταση στατιστικού ελέγχου». Βασικός στόχος της μεθόδου SPC είναι να εμποδίσει την παραγωγή ελαττωματικής δουλειάς, εστιάζοντας στη διαδικασία παραγωγής και όχι στο τελικό προϊόν. Ενθαρρύνει τη συνεχή βελτίωση της διεργασίας, καθώς παρέχει την ευκαιρία για διόρθωση της παραγωγικής διαδικασίας (MacGregor & Kourti, 1995).

Ο SPC δεν είναι μόνο ένα σύνολο εργαλείων. Είναι μια στρατηγική για τη μείωση της μεταβλητότητας και των αιτιών που οδηγούν στα περισσότερα προβλήματα. Αυτό επιτυγχάνεται μελετώντας όλες τις πτυχές της διαδικασίας με στόχο την περισσότερη σταθερή και καλά ορισμένη διεργασία. Χρειάζεται προθυμία από τον οργανισμό για την εφαρμογή των αλλαγών, απαιτεί καινοτομία και πόρους για την ικανοποίηση των μακροπρόθεσμων απαιτήσεων του πελάτη. Οποιαδήποτε διαδικασία λειτουργεί, πρέπει να είναι αξιόπιστη. Το SPC μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίτευξη αυτού του στόχου (Oakland & Oakland, 2019).

Επιπρόσθετα, για την ανάλυση έγινε χρήση του προγράμματος Microsoft Excel, ενός απλού αλλά με πολλές δυνατότητες εργαλείου που καλύπτει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών (SPC). Τα γραφήματα ελέγχου που παρουσιάζονται παρακάτω, χρησιμοποιούν το μέσο δείγμα για την παρακολούθηση του μέσου όρου της διαδικασίας. Χρησιμοποιούν το εύρος δειγμάτων (R) ή την τυπική απόκλιση (σ) για να ανιχνεύσουν την μεταβλητότητα. Το γράφημα της τυπικής απόκλισης (σ) χρησιμοποιεί ολόκληρο το δείγμα και όχι μόνο τις μεγαλύτερες (max value) και μικρότερες τιμές (min value). Το γράφημα R, ωστόσο, είναι πιο πρακτικό όταν οι χειριστές πρέπει να κάνουν τους υπολογισμούς χειροκίνητα. (Levinson & Tumbelty , 1996)

Για να δημιουργήσουμε ένα διάγραμμα ελέγχου με βάση τα πραγματικά δεδομένα της διαδικασίας, υπολογίζεται πρώτα ο μέσος όρος της διαδικασίας και η τυπική απόκλιση χρησιμοποιώντας τους ακόλουθους τύπους:

$$\text{Μέσος όρος } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}}{N = \sum_{i=1}^m n_i} = \frac{\text{σύνολο μετρήσεων}}{\text{αριθμός μετρήσεων}} \quad (3.1)$$

$$\text{Τυπική απόκλιση } \sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n_i - 1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad (3.2)$$

Αρχικά εξετάστηκαν τα δείγματα ως προς τα βασικά στατιστικά μεγέθη και στην συνέχεια θα γίνει συσχέτιση με τους τελικούς δείκτες. Για την ανάλυση των δειγμάτων έγινε χρήση τυπικών διαγραμμάτων ελέγχου (Shewhart Charts) όπου υπάρχουν σταθερά μεγέθη δείγματος για το ίδιο χρονικό διάστημα δειγματοληψίας. Μεταβάλλοντας το μέγεθος του δείγματος ανάλογα με την τρέχουσα θέση της διαδικασίας, μπορεί να μειωθεί ο χρόνος ανίχνευσης ενός προβλήματος. Έχουν επιτευχθεί σημαντικές βελτιώσεις σε παραγωγικές διαδικασίες με τα προσαρμοσμένα διαγράμματα μεγέθους δείγματος (Prabhu, et al., 1993).

Ανεξάρτητες μεταβλητές (Independent Variables): Είναι οι προκαθορισμένες παράμετροι, όπου αν υπάρξει αλλαγή σε μια από αυτές είναι ικανή να επηρεάσει την συμπεριφορά του δείγματος. Ανεξάρτητες μεταβλητές θεωρούνται τα δεδομένα που έχουμε συλλέξει, δηλαδή το ρεύμα του κινητήρα, η τάση του φωτοβολταϊκού στοιχείου, και ο χρόνος κάθε κίνησης στον διάστημα που εξετάζουμε.

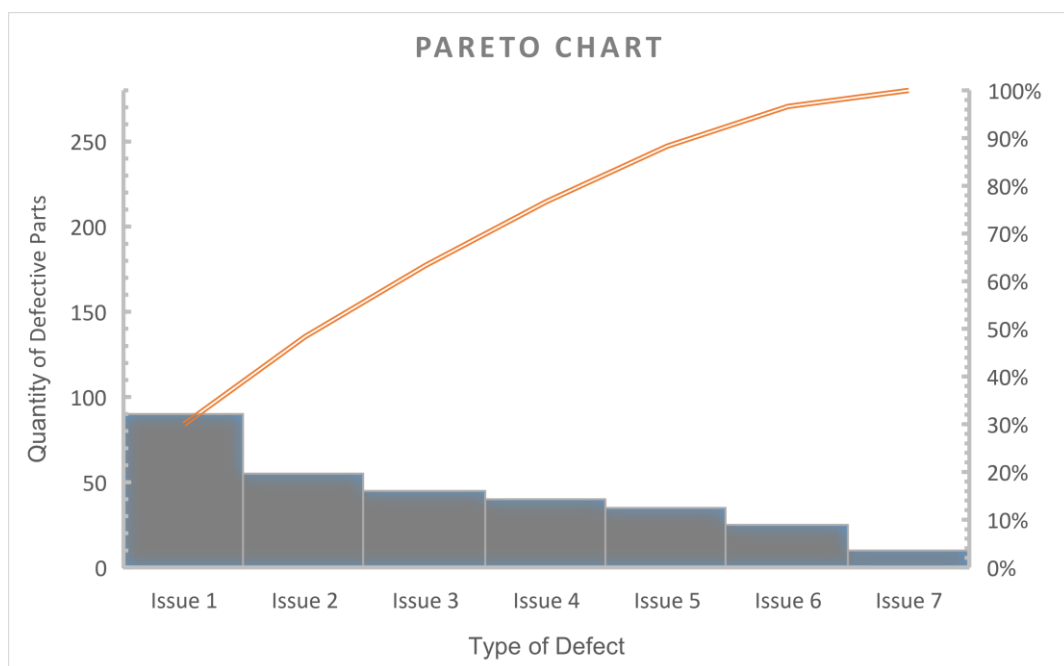
Εξαρτημένες μεταβλητές (Dependent Variables): Είναι οι παράμετροι που επηρεάζονται από την μεταβλητότητα των παραπάνω παραμέτρων. Στην περίπτωση μας θεωρούμε την απόδοση των διεργασιών. Συγκεκριμένα ορίζεται η ποιότητα διαδρομών σύμφωνα με την χρονική διάρκεια της κίνησης.

Σταθερά ελέγχου (Control Variable): Είναι οι παράμετρος που πρέπει να κρατείται σταθερή για να έχουμε αντικειμενικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα είναι η χρονική διάρκεια της δειγματοληψίας, δηλαδή του διαστήματος των 122 ημερών.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα κυριότερα στατιστικά και ποιοτικά εργαλεία που χρησιμοποιεί η μεθοδολογία Six Sigma.

3.4.1 Διάγραμμα Pareto

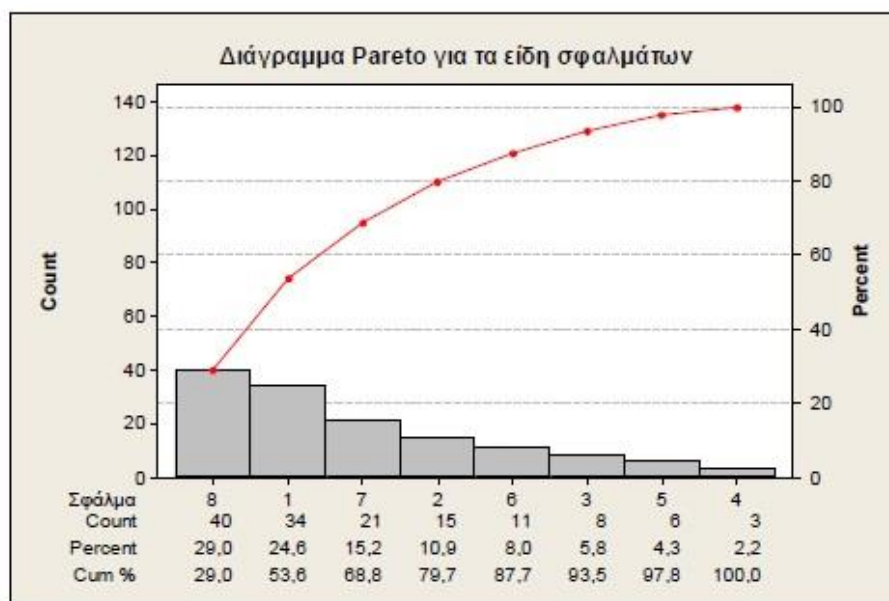
Το διάγραμμα Pareto (Σχήμα 3.2) είναι ένα γραφικό εργαλείο που προσδιορίζει ποια χαρακτηριστικά οδηγούν στην δημιουργία ενός προβλήματος (Reynard, 1995). Το όνομά του προέρχεται από τον Ιταλό οικονομολόγο, Vilfredo Pareto, ο οποίος παρατήρησε ότι η κατανομή του 80% του πλούτου της χώρας του ήταν συγκεντρωμένη στο 20% του πληθυσμού (κανόνας 80/20, αρχή Pareto). Επομένως η αρχή Pareto, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το 80% των προβλημάτων προέρχεται από το 20% των αιτιών ή ότι το 20% των αιτιών δημιουργεί το 80 % των προβλημάτων. Η ανάλυση Pareto έχει ως σκοπό να διαχωρίσει τα σημαντικά μέρη ενός προβλήματος από τα λιγότερο σημαντικά.



Σχήμα 3.2:Ενδεικτικό Διάγραμμα Pareto

Στην συνέχεια ακολουθεί παράδειγμα διαγράμματος Pareto που αφορά παραγωγή βιομηχανίας φαρμάκων. Στην περίπτωση αυτή υπάρχουν διάφορα είδη σφαλμάτων που αναλύονται. Τα βασικά βήματα που ακολουθούνται για την ανάλυση Pareto είναι τα εξής:

- Καταγραφή δεδομένων.
- Μέτρηση των στοιχείων.
- Διάταξη των στοιχείων.
- Δημιουργία των συνολικών κατανομών.
- Σχεδίαση διαγράμματος Pareto.
- Ερμηνεία του διαγράμματος Pareto (Αντζουλάκος, 2009).



Σχήμα 3.3: Παράδειγμα διαγράμματος Pareto για τα είδη των σφαλμάτων (Αντζουλάκος, 2009)

Από το παραπάνω διάγραμμα Pareto (Σχήμα 3.3) εμφανίζεται η διάταξη των σφαλμάτων ως προς τη συχνότητά τους, τα ποσοστά εμφάνισής τους καθώς και οι αθροιστικές συχνότητες και ποσοστά. Μια ενδιαφέρουσα εφαρμογή της ανάλυσης Pareto είναι η βαθύτερη ανάλυση των κυριότερων σφαλμάτων με στόχο την εύρεση της αιτίας του προβλήματος.

3.4.2 Διάγραμμα Αιτίου-Αποτελέσματος

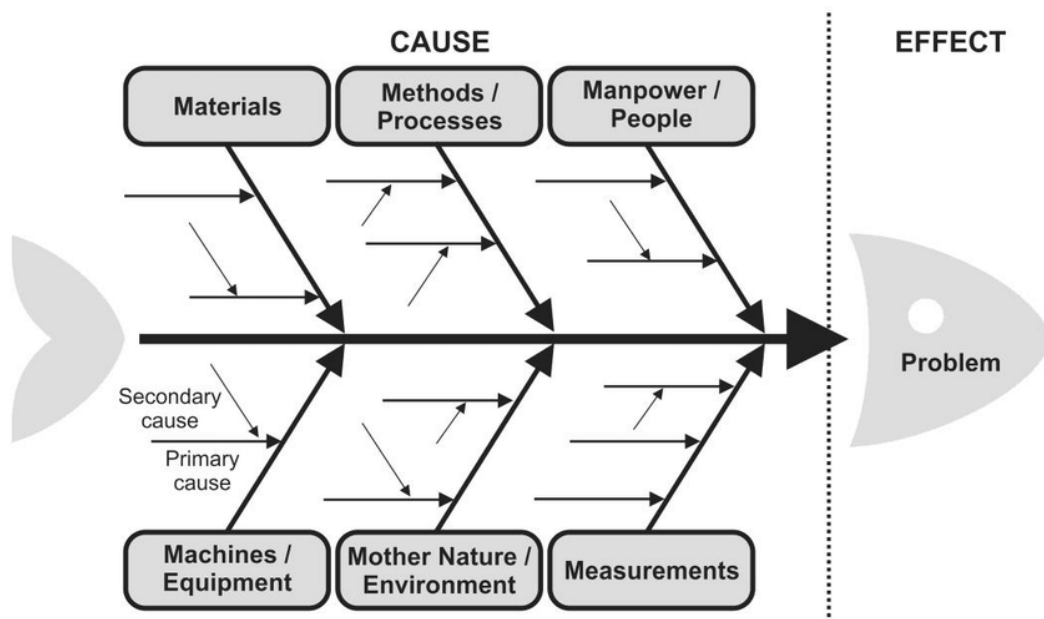
Το διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος ή ψαροκόκαλο (ονομάζεται επίσης διάγραμμα Ishikawa) είναι ένα εργαλείο για τον εντοπισμό, την ταξινόμησή και την απεικόνιση των προβλημάτων ποιότητας. Παρέχει έναν συστηματικό τρόπο εξέτασης των αποτελεσμάτων και των αιτίων που δημιουργούν ή συμβάλλουν σε αυτά τα

αποτελέσματα. Απεικονίζει γραφικά τη σχέση μεταξύ ενός δεδομένου αποτελέσματος και όλους τους παράγοντες που οδηγούν σε αυτό.

Η δομή που παρέχεται από το διάγραμμα (Σχήμα 3.4) βοηθά τα μέλη της ομάδας να αναπτύξουν μια δομημένη συλλογιστική πορεία που οδηγεί στο αποτέλεσμα. Με αυτόν τον τρόπο ενθαρρύνει τη συμμετοχή της ομάδας και χρησιμοποιεί τις ομαδικές γνώσεις της διαδικασίας για να προσδιορίσει τα δεδομένα που χρειάζονται περαιτέρω μελέτη.

Ο σχεδιασμός του διαγράμματος μοιάζει πολύ με τον σκελετό ενός ψαριού. Η αναπαράσταση μπορεί να είναι απλή, μέσω λοξών γραμμών που κλίνουν σε έναν οριζόντιο άξονα, παρουσιάζοντας την κατανομή των πολλαπλών αιτίων και των υπο-αιτίων που τα παράγουν. Το διάγραμμα εμφανίζει τη περιοχή αιτίων στο αριστερό μέρος και τη περιοχή του αποτελέσματος δεξιά.

Το διάγραμμα αιτίου- αποτελέσματος ή ψαροκόκαλο χρησιμεύει στον διαχωρισμό ή συσχέτισμό αιτίων που προκαλούν και επηρεάζουν μια συγκεκριμένη διαδικασία ή αποτέλεσμα και αναλύει τα υπάρχοντα προβλήματα, ώστε να μπορούν να ληφθούν τα κατάλληλα διορθωτικά μέτρα (Ilie & Ciocoiu , 2010).

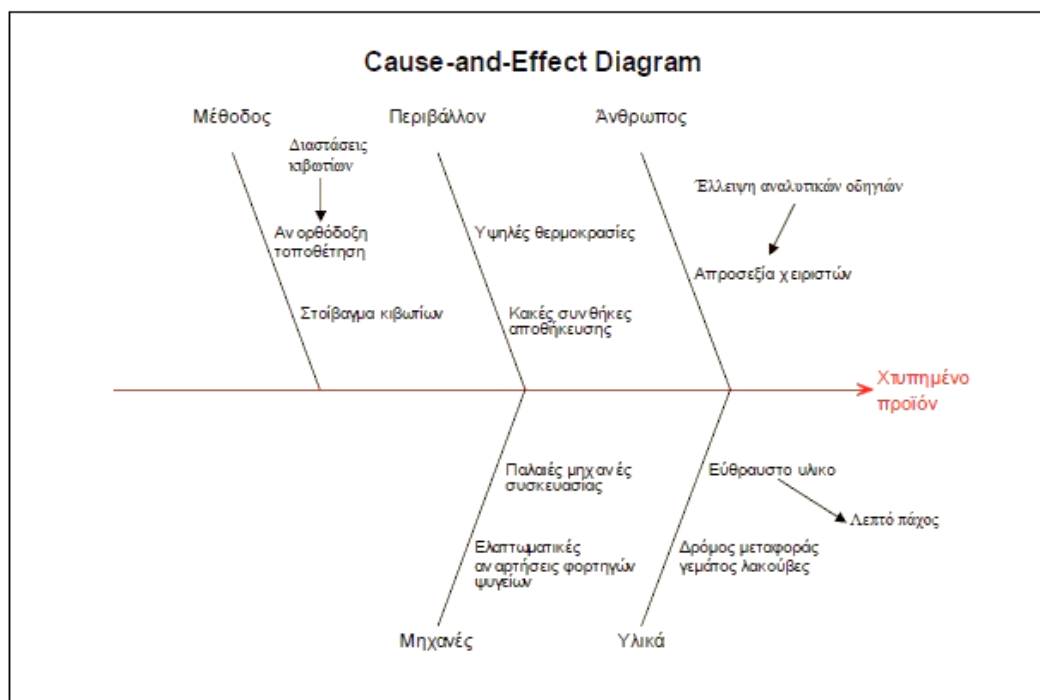


Σχήμα 3.4 Διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος ή Ψαροκόκαλο (Ilie & Ciocoiu , 2010)

Τα βασικά βήματα που ακολουθούνται για τον σχεδιασμό ενός διαγράμματος αίτιου – αποτελέσματος είναι τα εξής:

1. Προσδιορισμός του προβλήματος ή του αποτελέσματος το οποίο χρήζει ανάλυσης.
2. Δημιουργία ομάδας για την αντιμετώπιση του προβλήματος.
3. Δημιουργία της κεντρικής γραμμής και του περιγράμματος.
4. Σχεδιασμός του σκελετού του διαγράμματος, προσδιορίζοντας τα βασικά αίτια και συνδέοντάς τα με τον κεντρικό άξονα.
5. Καταγραφή των υπο-αιτιών για κάθε κύρια κατηγορία αιτιών.
6. Διάταξη των υπο-αιτιών με βάση το πόσο επηρεάζουν το αποτέλεσμα.
7. Προσδιορισμός ενεργειών για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

Στο Σχήμα 3.5 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα διαγράμματος αιτίας - αποτελέσματος που αφορά διεργασία παραγωγής προϊόντος όπου το πρόβλημα εμφανίζεται στην ποιότητα του τελικού προϊόντος που φτάνει στον καταναλωτή.

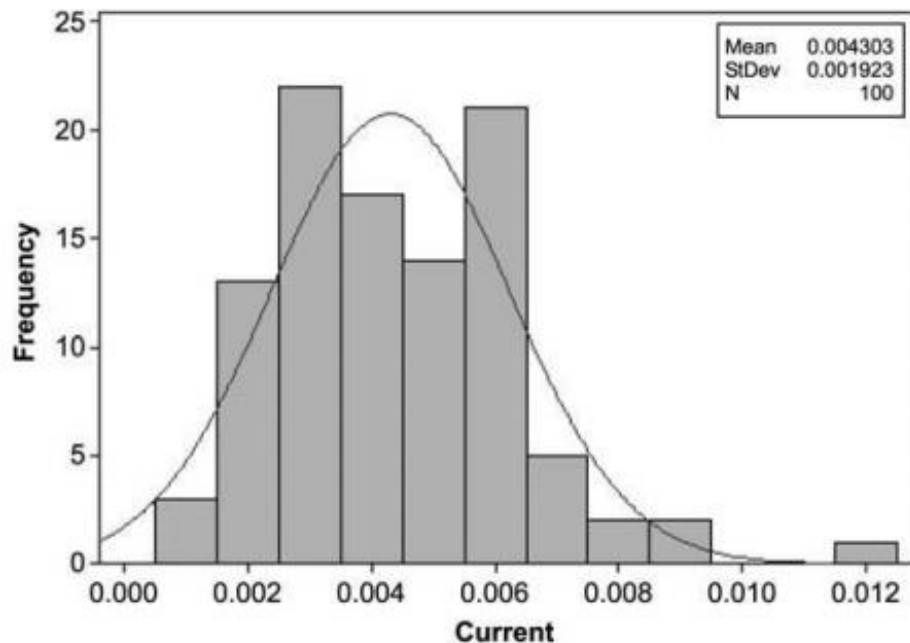


Σχήμα 3.5: Παράδειγμα διαγράμματος Αιτίου αποτελέσματος σε παραγωγή προϊόντος (Αντζουλάκος, 2009)

3.4.3 Ιστόγραμμα

Είναι ένα βασικό εργαλείο της ποιότητας, καθώς ταξινομεί σε ομάδες τα προβλήματα σε σχέση με την συχνότητα που εμφανίζονται σε μια διαδικασία (Σχήμα 3.6). Απεικονίζουν δηλαδή πόσο συχνά εμφανίζεται μια τιμή σε ένα σύνολο δεδομένων. Ο κύριος σκοπός του είναι να παρουσιάσει γραφικά και να ταξινομήσει σε ομάδες τα δεδομένα και τις μετρήσεις. Τα ιστογράμματα μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό

των πιο συχνών προβλημάτων και να διαχωρίσουν το ποσοστό εκείνο των δεδομένων που συμβαδίζουν με τις προδιαγραφές (Kumar & Sosnoski, 2009).



Σχήμα 3.6: Παράδειγμα Ιστογράμματος

Η μορφή του ιστογράμματος για μια σειρά δεδομένων είναι ικανή να μας δώσει σημαντικές πληροφορίες για αυτά. Για παράδειγμα σε μια κανονική κατανομή, τα σημεία έχουν την ίδια πιθανότητα να τείνουν σε οποιαδήποτε μεριά (αριστερά ή δεξιά) από την μέση τιμή με αποτέλεσμα να εμφανίζεται ως συμμετρική. Έτσι η μέση τιμή της και η διάμεσός της ταυτίζονται.

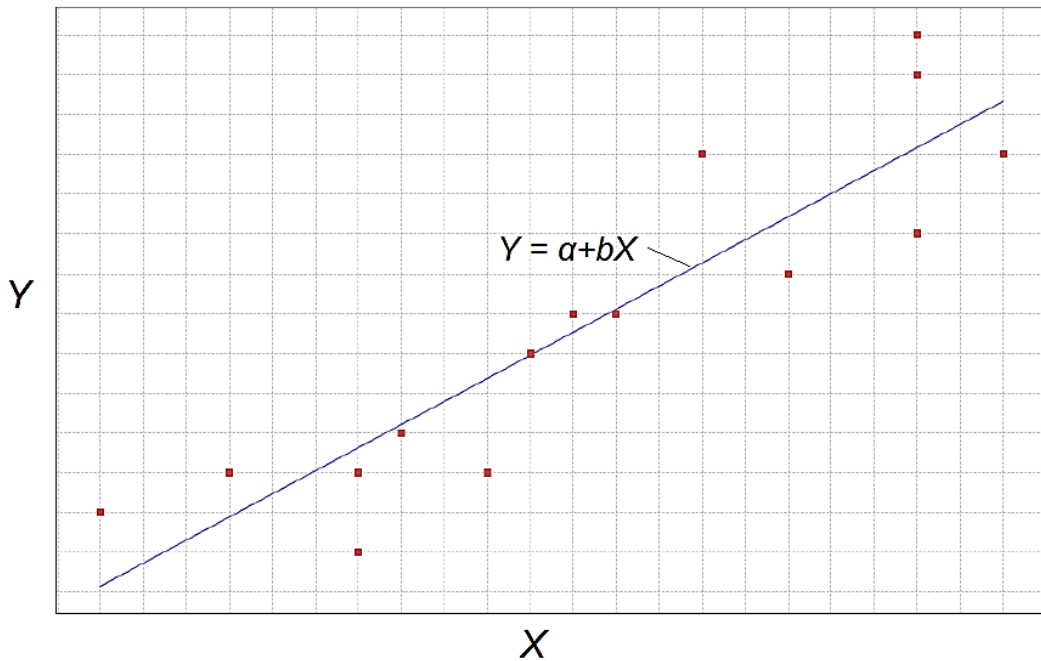
3.4.4 Διάγραμμα Διασποράς

Το διάγραμμα διασποράς (Σχήμα 3.7) δείχνει την σχέση ανάμεσα σε δυο μεταβλητές. Απεικονίζει τις τιμές δυο μεταβλητών σε σημείο πάνω στο διάγραμμα. Αν υπάρχει συσχέτιση μεταβλητών τότε τα σημεία εμφανίζονται σε μια γραμμή ή καμπύλη. Όταν τα σημεία τείνουν να ταυτιστούν με την γραμμή, τότε υπάρχει υψηλή συσχέτιση των δυο μεταβλητών.

Ο συντελεστής συσχέτισης εκφράζει τον βαθμό γραμμικής συσχέτισης r ($-1 \leq r \leq 1$). Στην περίπτωση που ο συντελεστής συσχέτισης τείνει να οδηγηθεί σε μια γραμμική συσχέτιση, τότε αναπαρίσταται η συσχέτιση μεταξύ δυο μεταβλητών με μια ευθεία γραμμή $y = a + bx$, όπου :

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (3.3)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (3.4)$$

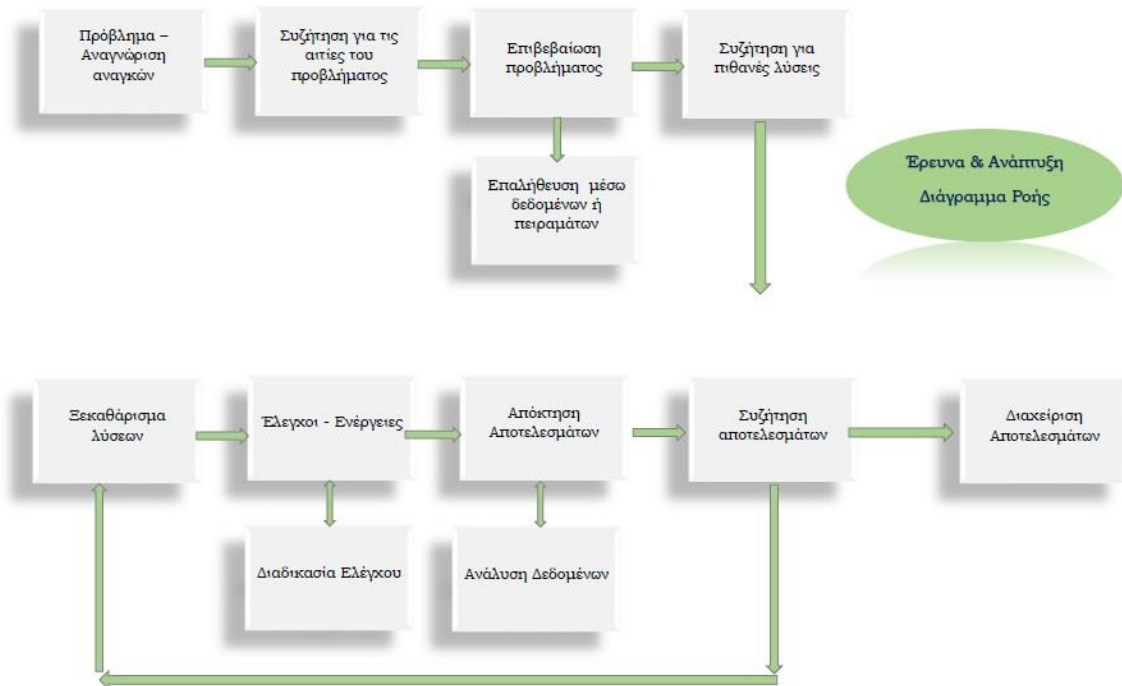


Σχήμα 3.7: Διάγραμμα Διασποράς με γραμμική συσχέτιση

3.4.5 Διάγραμμα Ροής / Flowchart

Το διάγραμμα ροής είναι μια απλή γραφική μέθοδος αναπαραγωγής μιας διαδικασίας, χρησιμοποιώντας ένα τυπικό σύνολο συμβόλων για την αναπαράσταση της ροής. Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) έχει ορίσει ένα σύνολο συμβόλων που βοηθούν στην δημιουργία και κατανόηση του διαγράμματος ροής, όπως σύμβολα «Έναρξης και Λήξης», βέλη, σύμβολα σταδίων επεξεργασίας, σύμβολα για «Υποθέσεις/Αποφάσεις» (Myler, 1998).

Το διάγραμμα ροής είναι χρήσιμο επειδή δείχνει τη συμπεριφορά του αλγορίθμου με οπτικό τρόπο. Αυτή η αναπαράσταση είναι ικανή να δώσει λύση βήμα προς βήμα σε ένα πρόβλημα και να προσομοιάσει την νέα βελτιωμένη διαδικασία. Ένα παράδειγμα διαγράμματος ροής φαίνεται στο Σχήμα 3.8.



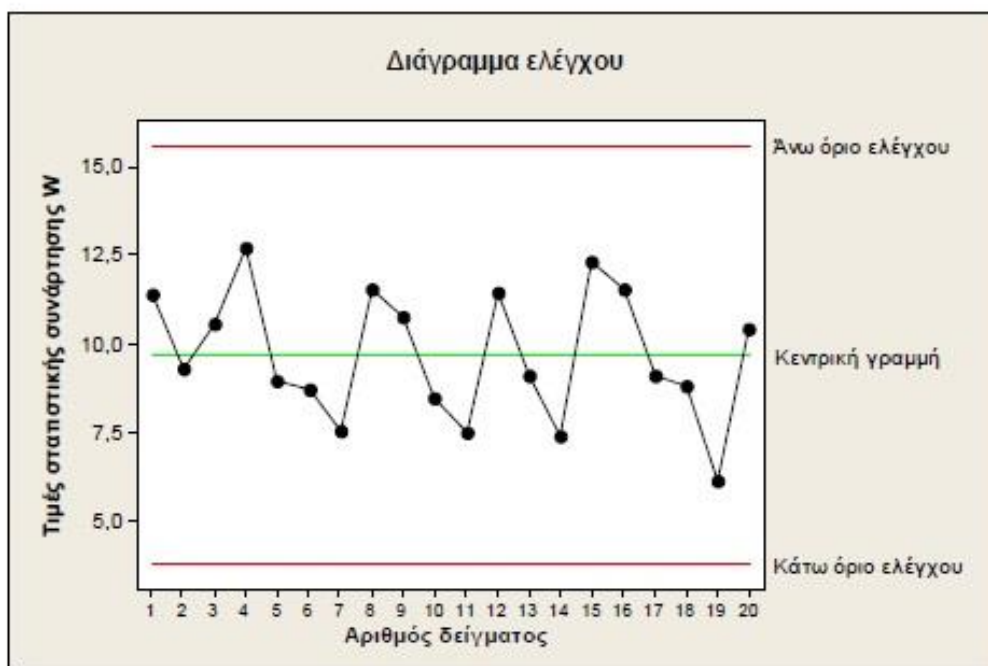
Σχήμα 3.8: Διάγραμμα Ποής/ Flowchart

3.4.6 Διάγραμμα Ελέγχου

Το βασικό χαρακτηριστικό του Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών είναι η άμεση εμφάνιση των αιτιών που οδηγούν στην μεταβλητότητα μιας διεργασίας, ώστε να πραγματοποιηθεί η μελέτη και να γίνουν οι απαραίτητες διορθωτικές ενέργειες. Σκοπός είναι να διακοπεί έγκαιρα η παραγωγή περισσότερων ελαττωματικών. Το διάγραμμα ελέγχου (control charts) είναι από τα εργαλεία της στατιστικής που ανιχνεύει σε πραγματικό χρόνο την εμφάνιση των αιτιών μεταβλητότητας σε μια διεργασία (on-line process-monitoring) και παρακολουθεί την συμπεριφορά της μεταβλητότητας των ποιοτικών χαρακτηριστικών από την μέση τιμή.

Εντός στατιστικού ελέγχου (in control process) ή σε ευσταθή κατάσταση (stable state). θεωρούμε την διεργασία η οποία λειτουργεί με την παρουσία φυσικής μεταβλητότητας, δηλαδή με κοινές ή τυχαίες αιτίες μεταβλητότητας. Ωστόσο σε μια διεργασία μπορεί να εμφανίζονται και άλλες μορφές μεταβλητότητας. Αυτές οι μορφές μεταβλητότητας δεν προέρχονται από τυχαίες αιτίες, αλλά οφείλονται συνήθως σε λάθος ρύθμιση των μηχανών ή σε λάθη των χειριστών ή ακόμα και σε χαμηλής ποιότητας πρώτες ύλες. Οι αιτίες που οδηγούν στην μεταβλητότητα ορίζονται ως ειδικές αιτίες μεταβλητότητας (special causes of variation), και η διεργασία λέμε ότι είναι εκτός ελέγχου διεργασίας (out of control process) ή σε ασταθή κατάσταση (unstable state). Έτσι οδηγούμαστε στην αλλαγή κάποιων ποιοτικών χαρακτηριστικών (quality characteristics) που επηρεάζουν την τελική ποιότητα του προϊόντος.

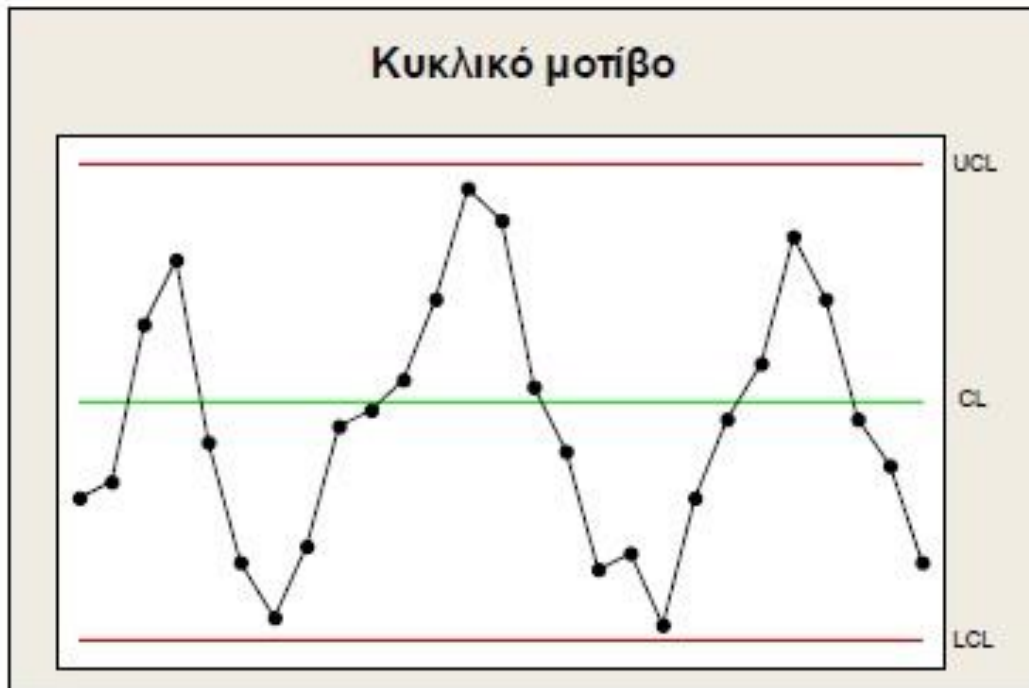
Κατά την φάση σχεδιασμού ενός προϊόντος ορίζονται και τα όρια προδιαγραφών (specifications limits) των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Συγκεκριμένα, τα άνω και κάτω όρια προδιαγραφών (upper and lower specification limits, LSL and USL) καθορίζουν τα όρια που δεν πρέπει να ξεπερνούν οι τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών για να είναι αποδεκτά. Επιπρόσθετα, ορίζεται και μια τιμή στόχος, που συνήθως βρίσκεται στο μέσο του διαστήματος [LSL, USL]. (Αντζουλάκος, 2009). Βασικός όρος που χρησιμοποιείται στον στατιστικό έλεγχο μιας παραγωγικής διαδικασίας είναι το ελλαττωματικό προϊόν. Έτσι ως ελλαττωματικό ονομάζουμε το προϊόν που έστω μια από τις τιμές των ποιοτικών του χαρακτηριστικών είναι εκτός των ορίων προδιαγραφών. (Shewhart, 1986). Παρακάτω εμφανίζεται ένα τυπικό διάγραμμα ελέγχου Shewhart (Σχήμα 3.9).



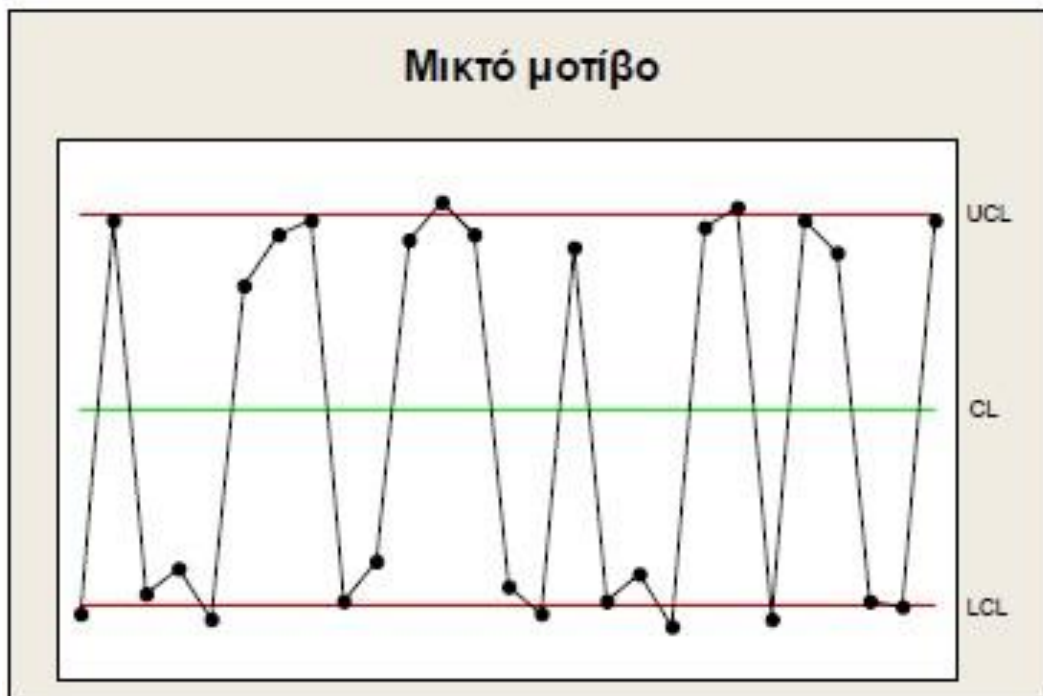
Σχήμα 3.9: Τυπικό διάγραμμα ελέγχου Shewhart (Αντζουλάκος, 2009)

Στο παραπάνω διάγραμμα, βλέπουμε να εμφανίζονται οι τιμές των δειγμάτων με την μορφή κουκίδας τα οποία συνδέονται με μια γραμμή. Ωστόσο υπάρχουν ακόμα τρεις ευθείες γραμμές, το μέσο επίπεδο διεργασίας, το άνω και το κάτω όριο ελέγχου διεργασίας. Το μέσο επίπεδο διεργασίας αντιπροσωπεύει συνήθως την μέση τιμή των στοιχείων του διαγράμματος (Mean value). Αντίστοιχα τα άνω όρια (Upper control limits, UCL) και κάτω όρια ελέγχου (Lower control limits, LCL), δείχνουν αν οι τιμές των δεδομένων βρίσκονται εντός ή εκτός ορίων, δηλαδή εντός ή εκτός στατιστικού ελέγχου. Αν αυτό συμβεί χρειάζεται περαιτέρω μελέτη για την αντιμετώπιση των αιτιών της μεταβλητότητας με τις κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες. Στην περίπτωση που τα σημεία είναι εντός των ορίων, όμως συμπεριφέρονται με έναν μη τυχαίο τρόπο, η διεργασία θεωρούμε ότι είναι εκτός στατιστικού ελέγχου.

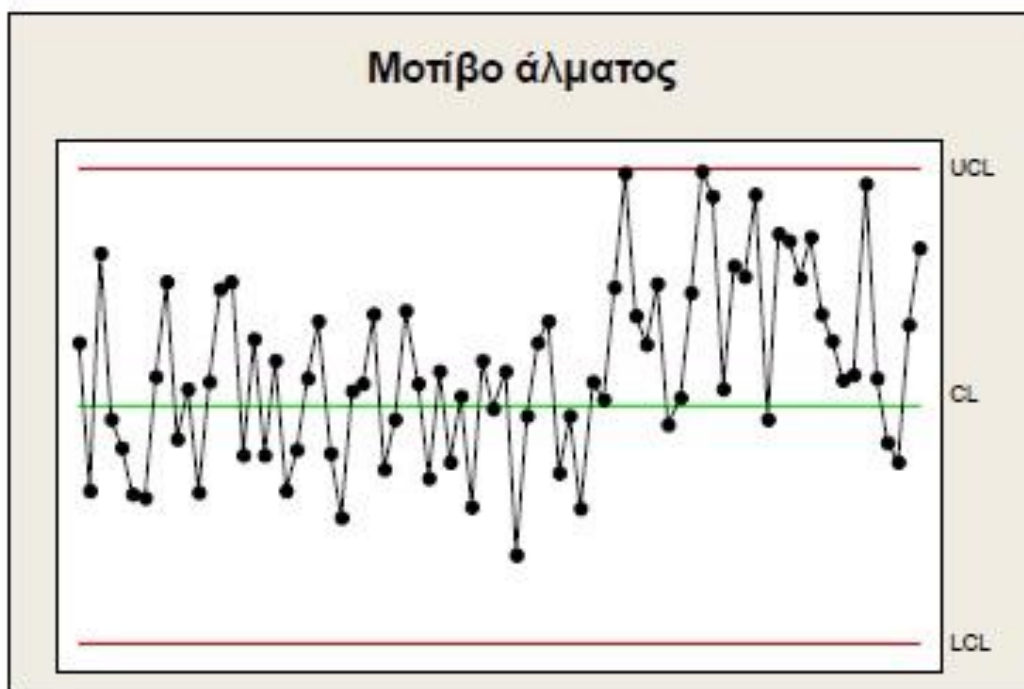
Παρακάτω παρουσιάζονται οι συνήθεις μορφές-μοτίβα διαγραμμάτων (Σχήμα 3.10 έως Σχήμα 3.14) και ο τρόπος που παρουσιάζεται στο κάθε ένα η μεταβλητότητα των σημείων.



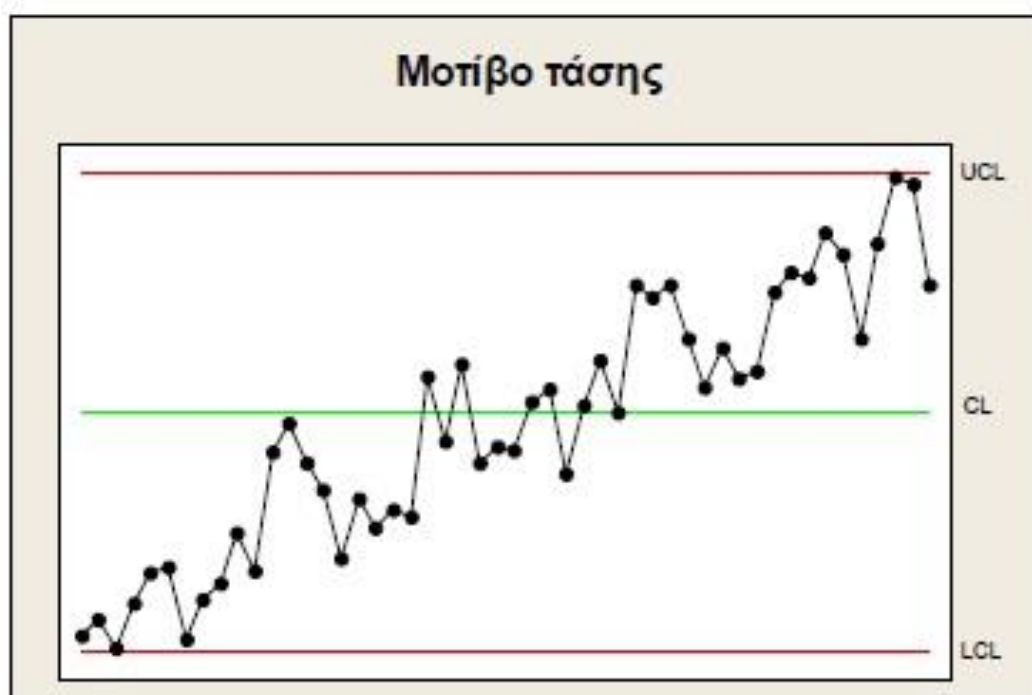
Σχήμα 3.10: Διάγραμμα με κυκλικό μοτίβο



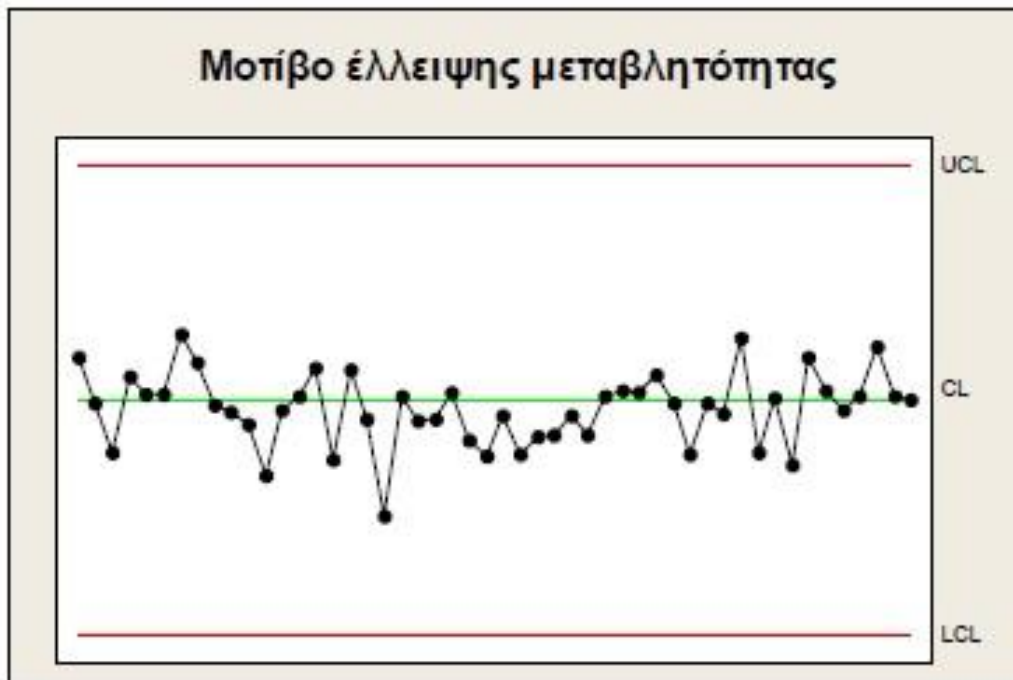
Σχήμα 3.11: Διάγραμμα με μικτό μοτίβο



Σχήμα 3.12: Διάγραμμα με μοτίβο άλματος



Σχήμα 3.13: Διάγραμμα με μοτίβο τάσης



Σχήμα 3.14: Διάγραμμα με μοτίβο έλλειψης μεταβλητότητας

Από τα παραπάνω παραδείγματα διαγραμμάτων όπου σχηματίζονται διαφορετικά μοτίβα, μπορούμε να πάρουμε χρήσιμες πληροφορίες ως προς της αιτίες της συμπεριφοράς τους. Πιθανές αιτίες που οδηγούν στις διακυμάνσεις αυτές μπορούν να είναι, ανάλογα με το μοτίβο που εμφανίζεται, οι περιβαλλοντικές συνθήκες, οι συνθήκες παραγωγής, οι χειριστές των μηχανών σε μια γραμμή παραγωγής, η φθορά των εργαλείων κ.α. (Αντζουλάκος, 2009).

3.4.7 Δείκτες Ικανότητας Διεργασίας, C_p

Οι δείκτες ικανότητας ορίζουν ποσοτικοποιημένη την ικανότητα μιας διαδικασίας να καλύψει τον στόχο της εταιρείας. Δίνουν έμφαση στην βελτίωση των διαδικασιών, και όχι μόνο στον καθορισμό ενός δείκτη που αφορά ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό.

Για την ανάλυση της ικανότητας μιας διεργασίας (process capability analysis) γίνεται χρήση του μέσου και της τυπικής απόκλισης. Την ικανότητα μιας διεργασίας να παράγει προϊόντα εντός των προδιαγραφών που έχουμε ορίσει, περιγράφουν οι δείκτες ικανότητας διεργασίας (process capability indices).

Στις περισσότερες διαδικασίες, όχι μόνο υπάρχουν αποκλίσεις από μια κατάσταση στατιστικού ελέγχου, αλλά η διαδικασία δεν λειτουργεί απαραίτητα για την εξασφάλιση βέλτιστων αποδόσεων. Για παράδειγμα ο μέσος όρος της διαδικασίας δεν επικεντρώνεται μεταξύ των άνω και κάτω ορίων ανοχής. Ο δείκτης C_p ορίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (3.5)$$

όπου USL είναι το ανώτερο όριο προδιαγραφών, LSL είναι το κατώτερο όριο προδιαγραφών και σ είναι η τυπική απόκλιση της διεργασίας. Επομένως, για να προσδιορίσουμε τον δείκτη C_p , αρκεί να υπολογίσουμε την τιμή της τυπικής απόκλισης (Juran & Godfrey, 1989).

Για να προσδιορίσουμε τον δείκτη ικανότητας C_p , αρκεί να ισχύουν τα ακόλουθα:

1. Η διεργασία να περιγράφεται από μια κανονική κατανομή
2. Οι μεταβλητές (δείγμα ή δείγματα) να είναι ανεξάρτητες.
3. Η διεργασία να είναι εντός στατιστικού ελέγχου.

3.4.8 Συντελεστής προσδιορισμού R^2

Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 αξιολογεί τη διασπορά των σημείων, γύρω από την προσαρμοσμένη γραμμή παλινδρόμησης. Ονομάζεται επίσης συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού για πολλαπλή παλινδρόμηση. Για το ίδιο σύνολο δεδομένων, οι υψηλότερες τιμές R^2 αντιπροσωπεύουν μικρότερες διαφορές μεταξύ των παρατηρήσεων. Το R^2 είναι το ποσοστό της συνολικής διασποράς του Y που αποδίδεται στην γνώση του X (Frost, 2019).

Παρακάτω παρουσιάζεται ο τύπος του συντελεστή προσδιορισμού.

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{\text{άθροισμα των τετραγώνων εξαιτίας της παλινδρόμησης}}{\text{Συνολικό άθροισμα τετραγώνων}} \quad (3.6)$$

Το R^2 είναι συνήθως μεταξύ 0 και 1 ($0 \leq R^2 \leq 1$). Η μεγαλύτερη τιμή που μπορεί να πάρει το R^2 είναι 1 και αυτό συμβαίνει όταν το σύνολο της μεταβλητότητας του Y ερμηνεύεται από την ανεξάρτητη μεταβλητή X . Αντίστοιχα η μικρότερη τιμή είναι το μηδέν, όταν το σύνολο της μεταβλητότητας του Y δεν ερμηνεύεται από την ανεξάρτητη μεταβλητή X . Συνήθως, όσο μεγαλύτερο είναι το R^2 , τόσο καλύτερα το μοντέλο παλινδρόμησης ταιριάζει στις παρατηρήσεις.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζονται και συζητούνται τα αποτελέσματα της μελέτης. Αρχικά δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα Αιτίου-Αποτελέσματος (ψαροκόκαλο) για να εντοπιστούν πιθανά αίτια που προκαλούν την βλάβη. Στην συνέχεια καταγράφηκαν τα είδη και η συχνότητα των βασικών βλαβών με σκοπό την δημιουργία ενός διαγράμματος Pareto, που θα οδηγήσει στον εντοπισμό των βασικών αιτιών που προκαλούν την βλάβη.

Επιπλέον, τα αποτελέσματα ανάλυσης δεδομένων εμφανίζονται σε πρόσθετες ενότητες με την μορφή διαφορετικών διαγραμμάτων, όπως Διαγράμματα Ελέγχου, Ιστογράμματα και Διαγράμματα Διασποράς, συνοδευόμενα από περιγραφή κειμένου με τις πληροφορίες που περιέχονται στο σχήμα. Ωστόσο χρησιμοποιήθηκαν πρόσθετα διαγράμματα για την περιγραφή του δείκτη ικανότητας της διεργασίας.

Για την ευκολότερη κατανόηση κάθε γραφήματος, χρησιμοποιήθηκαν συντομογραφίες. Συγκεκριμένα, για την αναφορά των δυο μηχανημάτων που μελετήθηκαν, χρησιμοποιούνται συντομογραφίες όπως Μηχάνημα 1 (M-1) και Μηχάνημα 2 (M-2). Επίσης για την κατεύθυνση της κίνησης του κάθε μηχανήματος ορίζεται ως S η κατεύθυνση από στεριά προς την θάλασσα και αντίστοιχα ως L η κατεύθυνση κίνησης από την θάλασσα προς την στεριά. Περαιτέρω, περιγραφή των χαρακτηριστικών αναφέρεται στην λεζάντα του σχετικού σχήματος.

Επιπρόσθετα, για την ανάλυση έγινε χρήση του προγράμματος Microsoft Excel, ενός απλού αλλά με πολλές δυνατότητες εργαλείου που καλύπτει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών (SPC). Οι πίνακες ανάλυσης δεδομένων μέσω του προγράμματος για τα δυο μηχανήματα παρατίθενται στο Παράρτημα Α και Παράρτημα Β της παρούσας εργασίας.

4.2 ΑΙΤΙΑ ΒΛΑΒΗΣ

Όπως προαναφέρθηκε, είναι πολύ σημαντικό να πραγματοποιείται συνεχή βελτίωση των διαδικασιών και να εντοπίζονται πιθανά αίτια που προκαλούν πρόβλημα. Με σκοπό τον εντοπισμό, την ανάλυση και την βελτίωση των αιτιών αυτών, δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα Αιτίου – αποτελέσματος (Fishbone chart) για την δημιουργία μιας πιο σταθερής διαδικασίας. Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα που αναπτύχθηκε, και εμφανίζει τη περιοχή αιτίων στο αριστερό μέρος και τη περιοχή του αποτελέσματος δεξιά.



Σχήμα 4.1: Διάγραμμα Αιτίου - Αποτελέσματος για Βλάβη Συσκευής

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα (Σχήμα 4.1), στην δεξιά μεριά εμφανίζεται το αποτέλεσμα, που είναι η βλάβη της συσκευής. Αριστερά ορίζονται οι αιτίες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα για όλες τις κατηγορίες όπως η μέθοδος, τα υλικά, οι μετρήσεις, οι μηχανές, το περιβάλλον και οι ανθρώπινοι πόροι. Δημιουργήθηκαν όπου ήταν δυνατόν υποδιαίρεσεις των αιτιών με σκοπό να εντοπιστεί η βασική αιτία.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας φαίνεται σημαντικός αριθμός αιτιών εμφανίζονται στις κατηγορίες μέθοδος, μετρήσεις και περιβάλλον, καθώς αναπτύσσονται περισσότερα υπο-αίτια που μπορούν να οδηγήσουν στο τελικό αποτέλεσμα. Συγκεκριμένα, κατά την διαδικασία εμφανίζονται οι μεταβλητές ρεύματος,

χρόνου και τάσης που επηρεάζονται είτε από περιβαλλοντικούς παράγοντες είτε από τον παράγοντα συντήρησης. Η ανάπτυξη του συστήματος τηλεμετρίας που αναφέραμε παραπάνω είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εμφάνιση των μεταβλητών αυτών στο διάγραμμα Αιτίου – Αποτελέσματος. Προκύπτει δηλαδή η ανάγκη της εταιρείας να ελέγξει τις τιμές της συσκευής όπως η τιμή της τάσης ή του ρεύματος και να προχωρήσει άμεσα σε περεταίρω βελτίωση της κατάστασης μέσω του απομακρυσμένου ελέγχου.

4.3 ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΛΑΒΩΝ

Για τον σχεδιασμό του διαγράμματος Pareto, συλλέχθηκαν τα κυριότερα είδη βλαβών και κωδικοποιήθηκαν για ευκολία στην επεξεργασία πινάκων και διαγραμμάτων. Τα είδη βλαβών και η κωδικοποίησή τους εμφανίζεται στον Πίνακα 4-1.

Πίνακας 4-1: Κωδικοποίηση των ειδών βλάβης

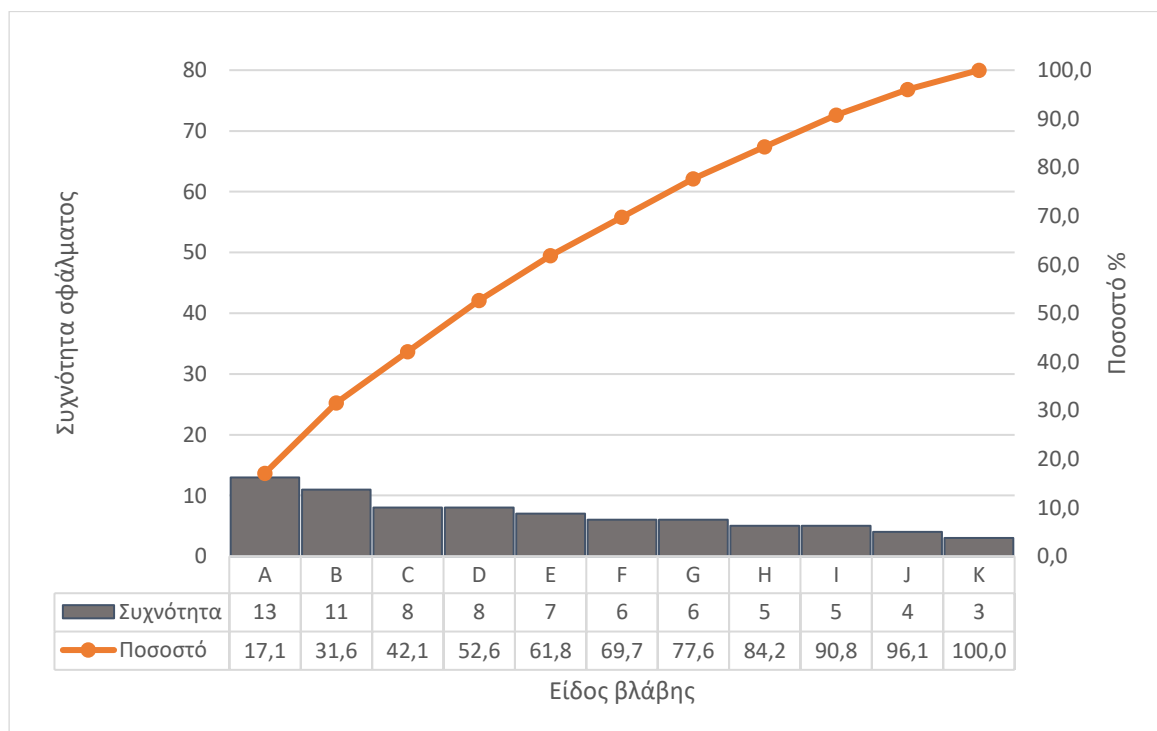
Είδος βλάβης	Διάταξη σφαλμάτων ως προς την συχνότητα
Σπάσιμο συγκόλλησης	A
Θάψιμο πύργου/ράγας πύργου	B
Συρματόσχοινο εκτός τροχαλίας	C
Εμφάνιση υλικού παραλίας (πέτρες, φύκια)	D
Βλάβη εγκεφάλου	E
Θάψιμο κουπαστής/ράγας θάλασσας	F
Βλάβη σε ρουτερ	G
φθορά μπαταριών	H
Αρνητική κλίση	I
Χαλασμένος αισθητήρας	J
Φθαρμένο συρματόσχοινο	K

Στην συνέχεια στον Πίνακα 4-2 υπολογίστηκε το ποσοστό επί τις εκατό καθώς και τις αθροιστικές συχνότητες για κάθε είδος βλάβης που παρουσιάζεται, ώστε να δημιουργηθεί το διάγραμμα Pareto.

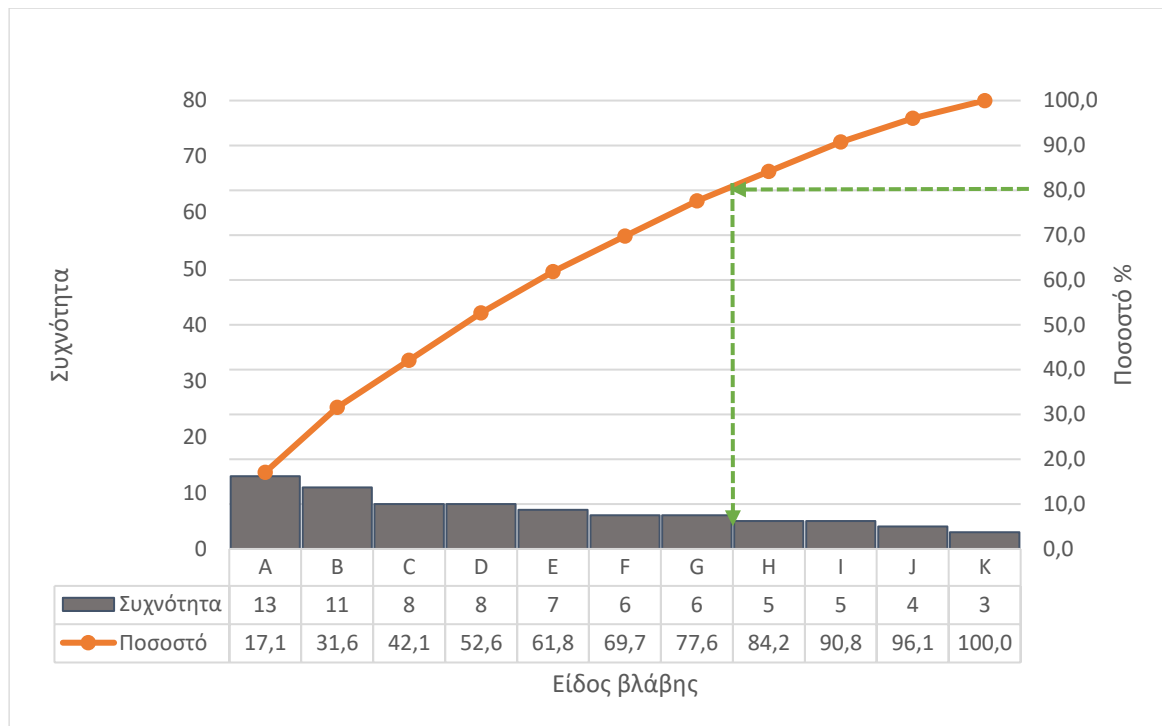
Πίνακας 4-2 Διαταγμένες αθροιστικές συχνότητες για το είδος των σφαλμάτων

Διάταξη σφαλμάτων ως προς την συχνότητα	Συχνότητα	Ποσοστό %	Αθροιστική Συχνότητα	Αθροιστικό ποσοστό %
A	13	17,1	13,00	17,11
B	11	31,6	24,00	48,68
C	8	42,1	32,00	90,79
D	8	52,6	40,00	143,42
E	7	61,8	47,00	205,26
F	6	69,7	53,00	275,00
G	6	77,6	59,00	352,63
H	5	84,2	64,00	436,84
I	5	90,8	69,00	527,63
J	4	96,1	73,00	623,68
K	3	100,0	76,00	723,68

Στο παρακάτω Διάγραμμα Pareto (Σχήμα 4.2), όπου εμφανίζεται η συχνότητα κάθε σφάλματος, προσδιορίζονται ποια χαρακτηριστικά αποτελούν τους κύριους λόγους που δημιουργούν ένα γεγονός.



Σχήμα 4.2: Διάγραμμα Pareto για την συχνότητα εμφάνισης των σφαλμάτων



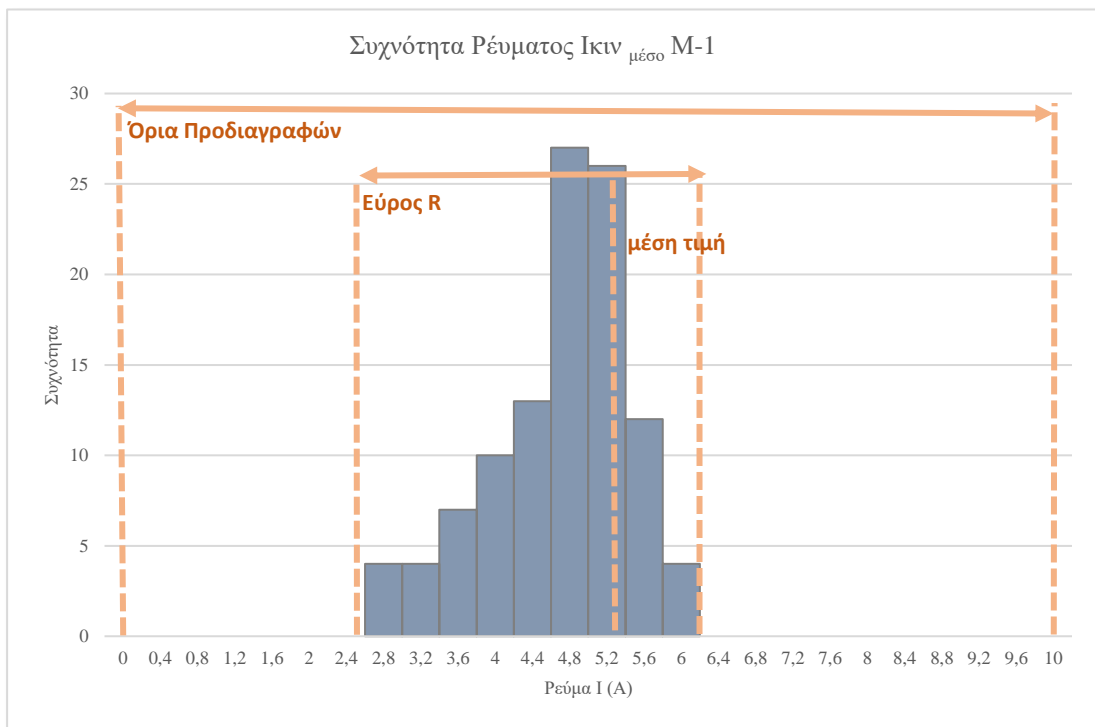
Σχήμα 4.3: Διάγραμμα Pareto με εμφάνιση της διορθωτικής γραμμής 80%-20%

Συμπερασματικά απαιτείται κατά προτεραιότητα, η βελτίωση των σφαλμάτων A έως G. Στην περίπτωση του συγκεκριμένου προϊόντος φαίνεται να μην παρατηρείται η αρχή Pareto (Σχήμα 4.3), καθώς ισχύει πως για να βελτιωθεί η ποιότητα κατά 80%, απαιτείται 60% προσπάθεια. Φαίνεται λοιπόν η σημαντικότητα πολλών αιτιών ταυτόχρονα. Ενώ σύμφωνα με την αρχή Pareto φτάνει να λυθεί μόνο το 20% των προβλημάτων για να υπάρξει 80% βελτίωση του προϊόντος

4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η συχνότητα εμφάνισης κάθε τιμής ρεύματος του κινητήρα ανά ημέρα λειτουργίας, λαμβάνοντας υπόψιν την μέση τιμή της ημέρας, για το Μηχάνημα 1 (Σχήμα 4.4) και το Μηχάνημα 2 (Σχήμα 4.5) αντίστοιχα. Σε αυτό το στάδιο, δίνεται έμφαση στην εικόνα του δείγματος και στην ικανότητα της διεργασίας.

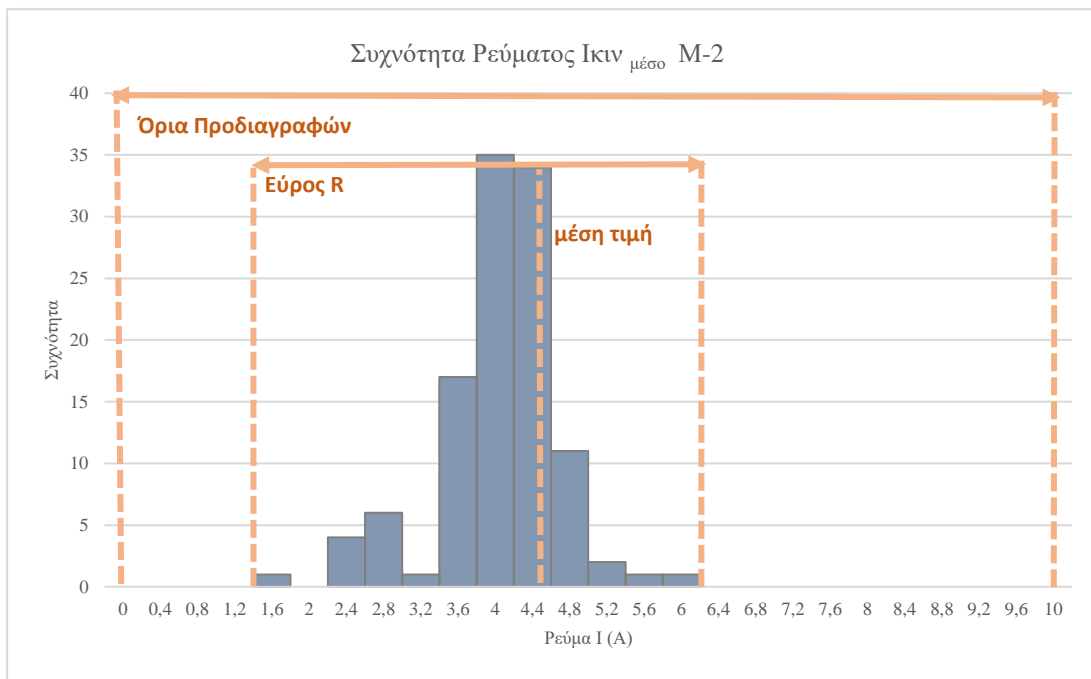
Στο Σχήμα 4.4 που αφορά το Μηχάνημα 1 διακρίνεται μικρή μετατόπιση προς τα δεξιά, καθώς η μέση τιμή δεν βρίσκεται στο κέντρο του εύρους τιμών R των ρευμάτων. Το μοτίβο αυτό εμφανίζει μη συμμετρική κατανομή Gauss όμως είναι πολύ κοντά στην κανονική κατανομή με μόνο λίγες παρατηρήσεις μακριά από την μέση τιμή.



Σχήμα 4.4: Ιστόγραμμα Συχνοτήτων Ρεύματος Ικιν μέσο για το Μηχάνημα 1

Στο Σχήμα 4.5 που αφορά το Μηχάνημα 2 διακρίνεται επίσης μικρή μετατόπιση προς τα δεξιά, καθώς η μέση τιμή αποκλίνει κατ' ελάχιστο από το κέντρο του εύρους τιμών R των ρευμάτων. Για την επιδιόρθωση της μετατόπισης των τιμών προς το άνω όριο των προδιαγραφών, προτείνεται χρήση κινητήρα με ονομαστικό ρεύμα μεγαλύτερο των 10 [A]. Το μοτίβο αυτό εμφανίζει μη συμμετρική κατανομή Gauss όμως είναι πολύ κοντά στην κανονική κατανομή με μόνο λίγες παρατηρήσεις μακριά από την μέση τιμή.

Τα όρια προδιαγραφών και στις δυο περιπτώσεις είναι ίδια, καθώς πρόκειται για μηχανήματα ίδιων τεχνικών χαρακτηριστικών, με το LSL (Low Specification Limit) να είναι 0 και το USL (Upper Specification Limit) να είναι 10 Ampere.

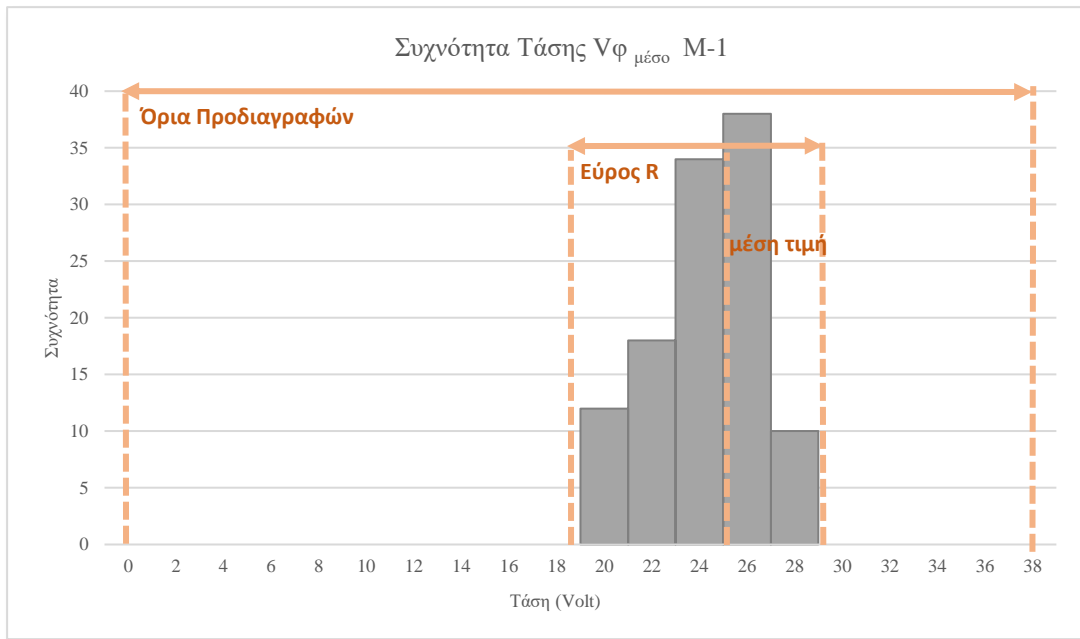


Σχήμα 4.5: Ιστόγραμμα Συχνοτήτων Ρεύματος Ικιν μέσο για το Μηχάνημα 2

Η μέση τιμή των δυο μηχανημάτων διαφέρει. Ένας βασικός λόγος είναι η ρύθμιση της τάσης του συρματόσχοινο κατά την εγκατάσταση, καθώς τότε πραγματοποιείται η ρύθμιση των τεντωτήρων των τροχαλιών που συγκρατούν το συρματόσχοινο της διάταξης. Στόχος είναι να ασκούν ικανοποιητική δύναμη πάνω στο συρματόσχοινο, για την αποφυγή αύξησης της τάσης του κινητήρα κατά την κίνηση.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η συχνότητα εμφάνισης κάθε τιμής τάσης του φωτοβολταϊκού στοιχείου ανά ημέρα λειτουργίας, λαμβάνοντας υπόψιν την μέση τιμή της ημέρας, για το Μηχάνημα 1 (Σχήμα 4.6) και το Μηχάνημα 2 (Σχήμα 4.7) αντίστοιχα. Σε αυτό το στάδιο, δίνεται έμφαση στην εικόνα του δείγματος και στην ικανότητα της διεργασίας.

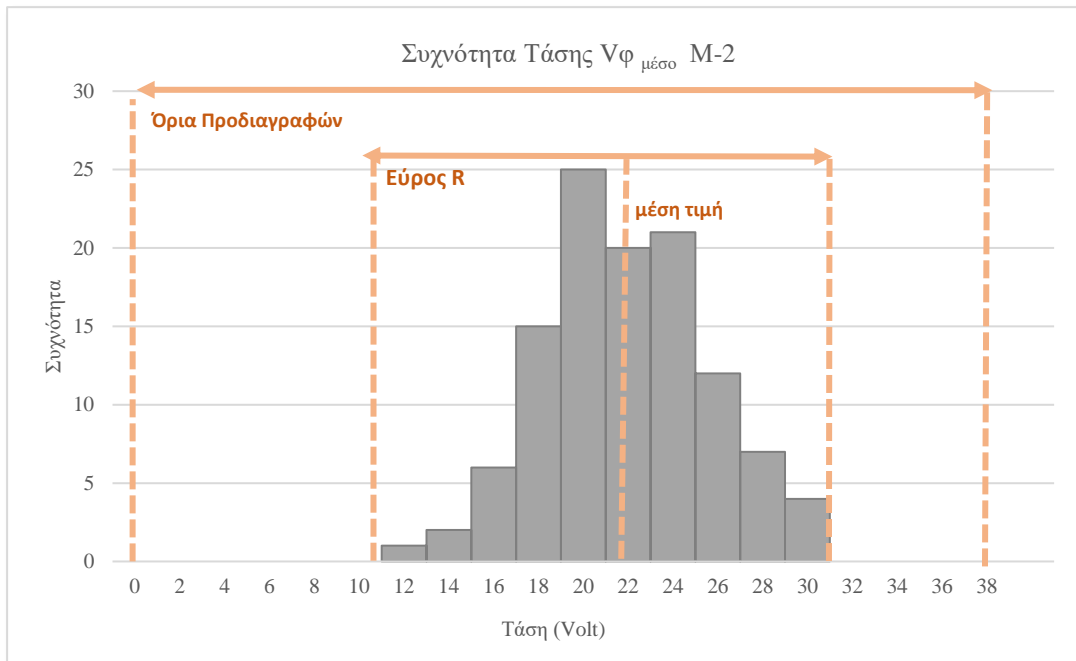
Στο Σχήμα 4.6 που αφορά το Μηχάνημα 1 διακρίνεται μετατόπιση του εύρους τιμών προς το άνω όριο των προδιαγραφών. Η μέση τιμή των τάσεων εμφανίζει συμμετρία με το εύρος των τιμών R. Παρατηρείται όμως μοτίβο γκρεμού, καθώς εμφανίζεται μεγιστοποίηση των συχνοτήτων στα 26 Volt και στην συνέχεια διακρίνεται απότομη πτώση προς την ελάχιστη μέση τιμή τάσης του φωτοβολταϊκού στοιχείου για το συγκεκριμένο μηχάνημα.



Σχήμα 4.6: Ιστόγραμμα Συχνοτήτων Τάσης V_{ϕ} μέσο για το Μηχάνημα 1

Στο Σχήμα 4.7 που αφορά το Μηχάνημα 2 εμφανίζεται μικρότερη μετατόπιση του εύρους τιμών των τάσεων προς το άνω όριο των προδιαγραφών, ενώ αντίθετα η μέση τιμή βρίσκεται στο κέντρο του εύρους τιμών R. Για την επιδιόρθωση της μετατόπισης των τιμών προς το άνω όριο των προδιαγραφών, προτείνεται χρήση φωτοβολταϊκού στοιχείου με ονομαστική τάση μεγαλύτερη των 38 [Volt]. Το μοτίβο αυτό, συγκριτικά με το Μηχάνημα 1 που περιγράφεται παραπάνω, εμφανίζει συμμετρική κατανομή Gauss.

Τα όρια προδιαγραφών και στις δυο περιπτώσεις είναι ίδια, καθώς πρόκειται για μηχανήματα ίδιων τεχνικών χαρακτηριστικών, με το LSL (Low Specification Limit) να είναι 0 και το USL (Upper Specification Limit) να είναι 38 Volt.

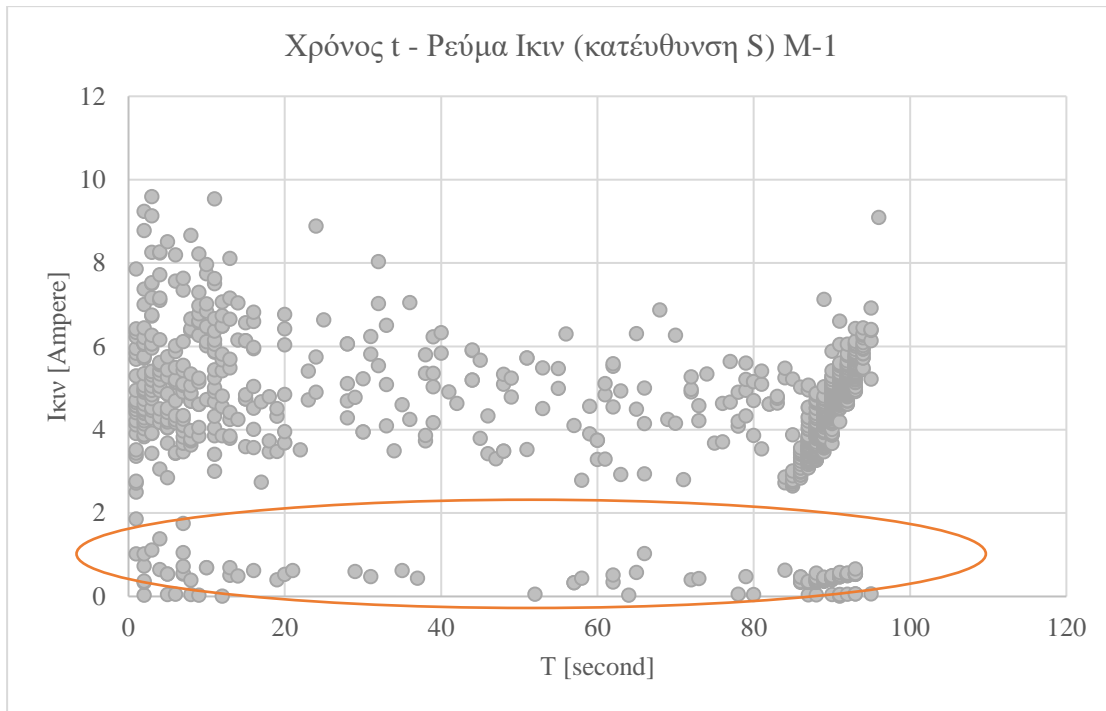


Σχήμα 4.7: Ιστογράμμο Συχνοτήτων Τάσης V_{ϕ} μέσο για το Μηχάνημα 2

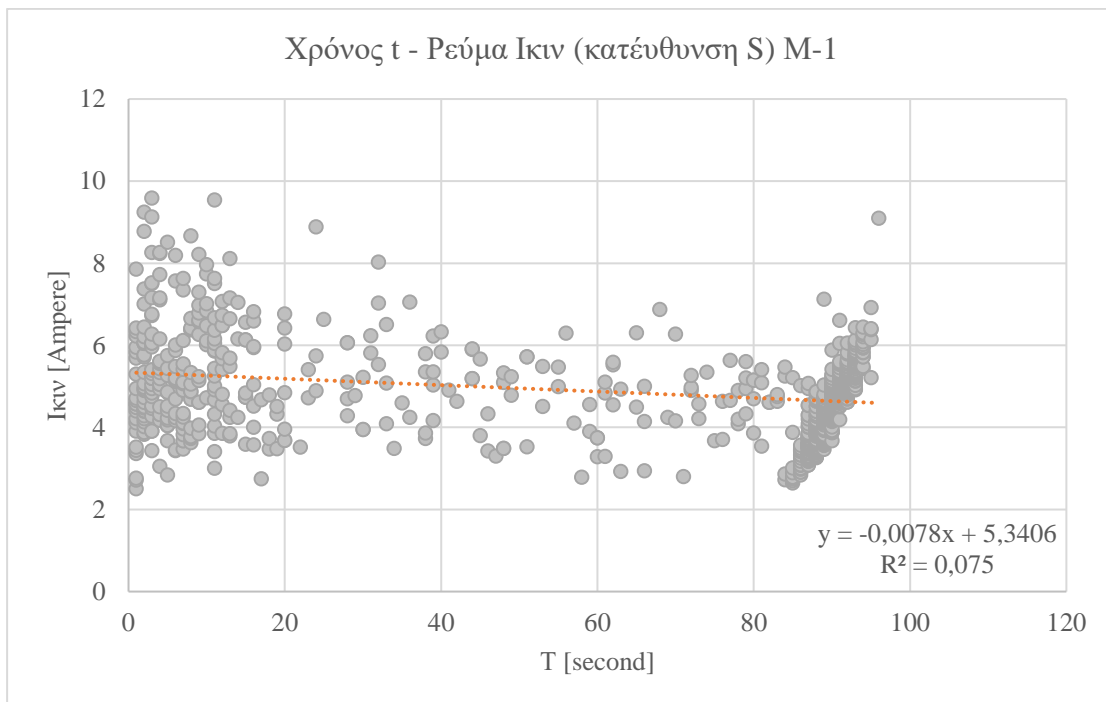
Στην συνέχεια, παρουσιάζονται διαγράμματα διασποράς που εμφανίζουν την συσχέτιση μεταξύ των τιμών του χρόνου κίνησης των δυο μηχανημάτων και των αντίστοιχων τιμών των Ρευμάτων $I_{κιν}$ του κινητήρα. Η τιμές αφορούν όλο το δείγμα τιμών για κάθε ημέρα λειτουργίας και τα διαγράμματα χωρίζονται ανάλογα με την κατεύθυνση της κίνησης, δηλαδή σε δυο κατευθύνσεις. Συγκεκριμένα πρόκειται για την κατεύθυνση S, όπου το κάθισμα της συσκευής κινείται από την στεριά προς την θάλασσα και την κατεύθυνση επιστροφής L, όπου το κάθισμα της συσκευής κινείται από την θάλασσα προς την στεριά.

Το Σχήμα 4.8 αφορά το Μηχάνημα 1 με κατεύθυνση S. Με σκοπό την δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος τιμών για το μηχανήμα και την περαιτέρω ανάλυσή του, δημιουργείται ένα δεύτερο διάγραμμα (Σχήμα 4.9) όπου έχουν αφαιρεθεί οι ακραίες τιμές ($< 2,0$ Ampere) οι οποίες ανάγονται σε ειδικά αίτια κατά την χρήση. Τα σημεία αυτά, δηλαδή οι ακραίες τιμές, αφορούν δοκιμαστικές κινήσεις του μηχανήματος πριν από την χρήση και ανήκουν σε ένα υποσύνολο σημείων όπως φαίνεται στο διάγραμμα. Πρόκειται για μια διαφορετική πειραματική ομάδα μετρήσεων, διότι αντιπροσωπεύουν τιμές που δεν αφορούν την πλήρη διαδρομή του καθίσματος προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

Στο Σχήμα 4.9, έχοντας αφαιρέσει το υποσύνολο σημείων των δοκιμών, εμφανίζεται μικρός βαθμός συσχέτισης. Παρατηρείται μια αρνητική μορφή συσχέτισης, με φθίνουσα ευθεία γραμμή από τα αριστερά προς τα δεξιά, όπου ισχύει $y = -0,0078x + 5,3406$ και $R^2 = 0,075$.



Σχήμα 4.8: Διάγραμμα Διασποράς Χρόνου κίνησης T σε συνάρτηση με το Ρεύμα Ικιν (κατεύθυνση προς θάλασσα) για Μηχάνημα 1



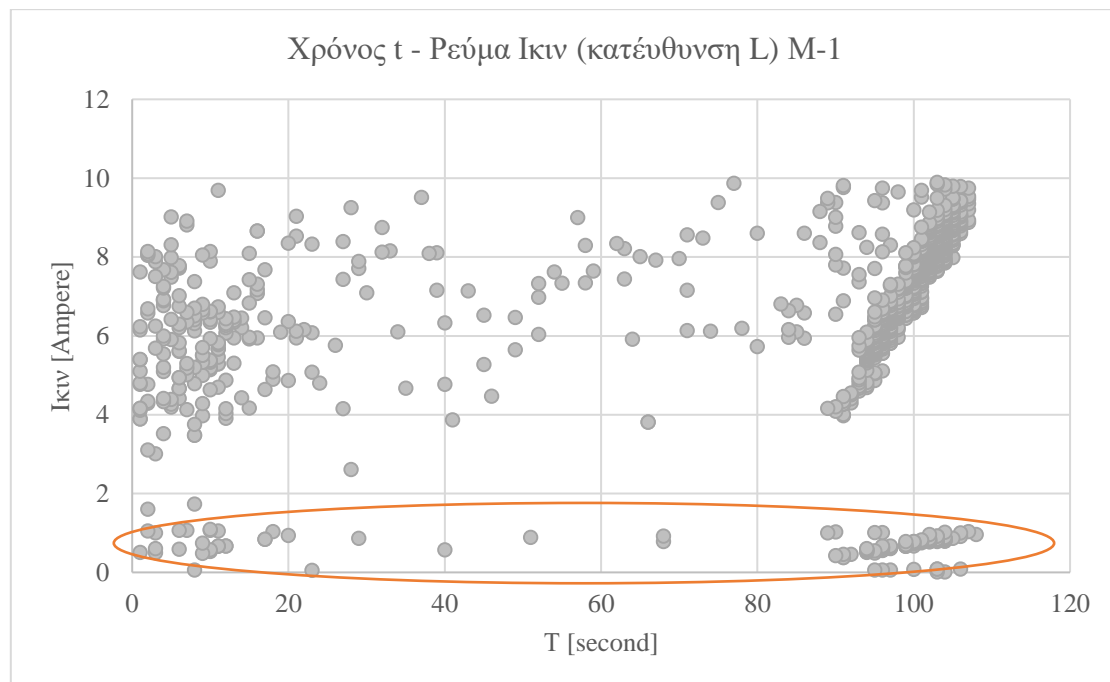
Σχήμα 4.9: Διάγραμμα Διασποράς Χρόνου T σε συνάρτηση με το Ρεύμα Ικιν (κατεύθυνση προς θάλασσα) για Μηχάνημα 1, αφαιρώντας τα δοκιμαστικά σημεία

Το Σχήμα 4.10 αφορά το Μηχάνημα 1 με κατεύθυνση L. Με σκοπό την δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος τιμών για το μηχάνημα και την περαιτέρω ανάλυσή του, δημιουργείται ένα δεύτερο διάγραμμα (Σχήμα 4.11) όπου έχουν αφαιρεθεί οι ακραίες τιμές (<3,0 Ampere) οι οποίες ανάγονται σε ειδικά αίτια κατά την χρήση. Τα σημεία αυτά, αφορούν δοκιμαστικές κινήσεις του μηχανήματος πριν από την χρήση και ανήκουν σε ένα υποσύνολο σημείων όπως φαίνεται στο διάγραμμα. Πρόκειται για μια διαφορετική πειραματική ομάδα μετρήσεων, διότι αντιπροσωπεύουν τιμές που δεν αφορούν την πλήρη διαδρομή του καθίσματος προς οποιαδήποτε κατεύθυνση

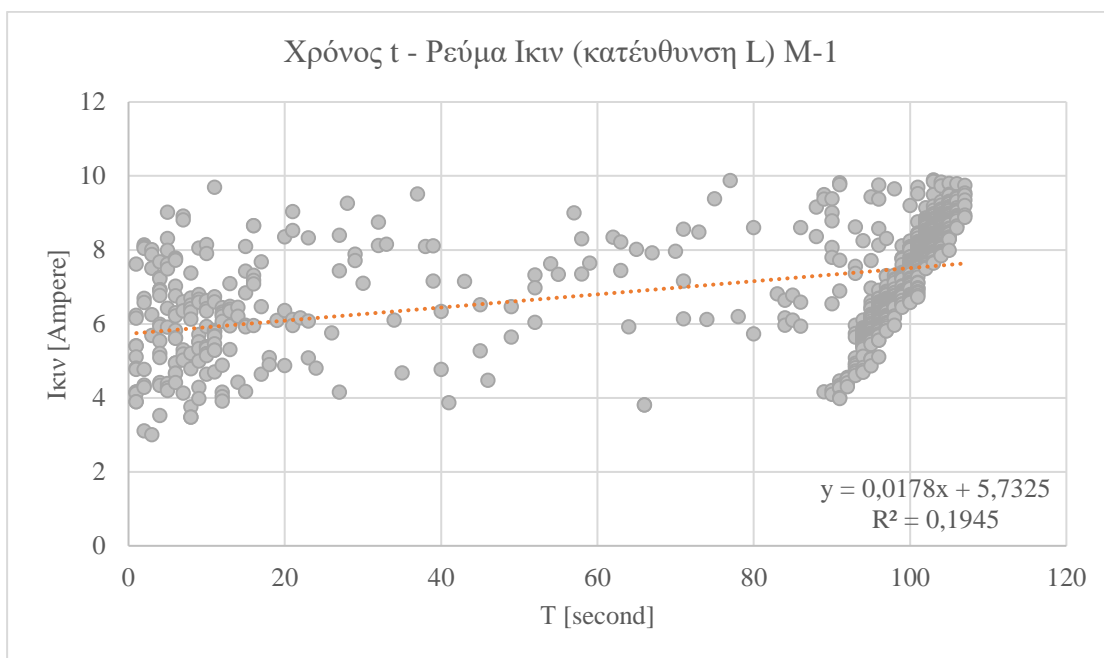
Στο παρακάτω Σχήμα 4.11, έχοντας αφαιρέσει το υποσύνολο των σημείων, εμφανίζεται μικρός βαθμός συσχέτισης. Παρατηρείται θετική μορφή συσχέτισης, με αύξουσα ευθεία γραμμή από τα αριστερά προς τα δεξιά, όπου ισχύει $y = 0,0178x + 5,7325$ και $R^2 = 0,1945$.

Στην συνέχεια κατασκευάζεται ένα τρίτο διάγραμμα (Σχήμα 4.12), το οποίο εστιάζει στις τιμές με την μεγαλύτερη γραμμική συσχέτιση, δηλαδή στις τιμές των ρευμάτων του κινητήρα που αντιστοιχούν σε χρόνο $T > 80$ second, όπου ισχύει $y = 0,218x - 14,268$ και $R^2 = 0,5715$. Φαίνεται στο διάγραμμα αυτό πως το ρεύμα που διαρρέει τον κίνητρα έχει γραμμική συσχέτιση με τον χρόνο της διαδρομής, υπάρχει δηλαδή μια γραμμική αλληλεξάρτηση με το R να είναι ίσο με 0,75.

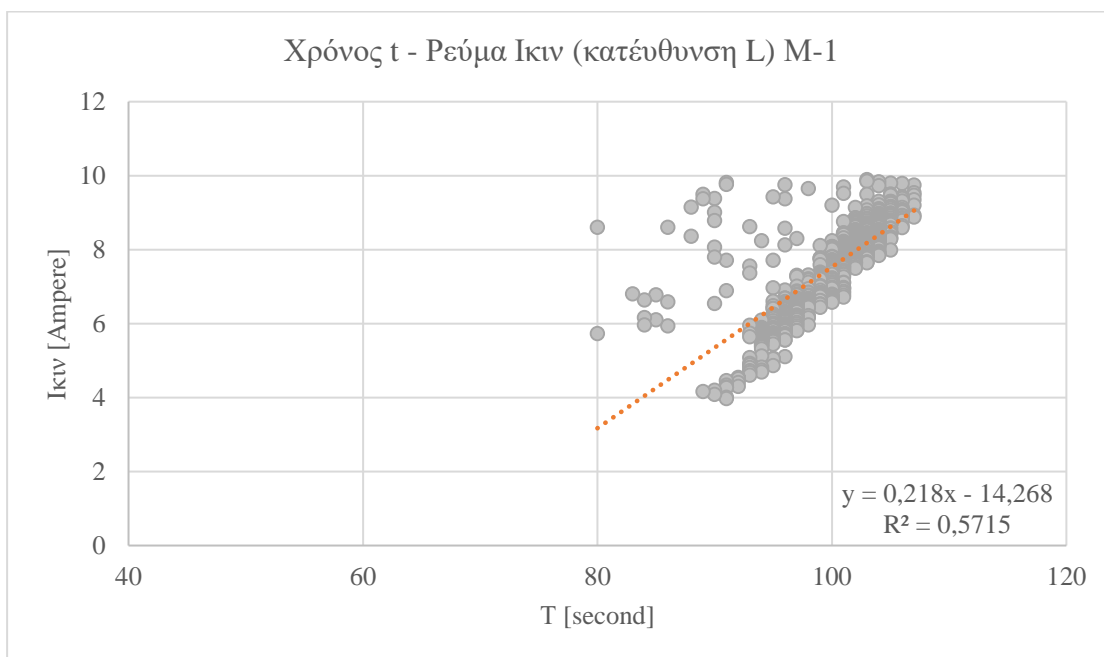
Παρατηρείται στα διαγράμματα του Μηχανήματος 1 ότι η κατεύθυνση επηρεάζει το αποτέλεσμα, καθώς κατά την κατεύθυνση L, δηλαδή στην επιστροφή από την θάλασσα προς την στεριά, φαίνεται αύξηση των τιμών ρεύματος του κινητήρα και κατ' επέκταση του χρόνου κίνησης, σε σχέση με την κατεύθυνση S που υπάρχει κίνηση από την στεριά προς την θάλασσα.



Σχήμα 4.10 Διάγραμμα Διασποράς Χρόνου κίνησης T σε συνάρτηση με το Ρεύμα $I_{κιν}$ (κατεύθυνση προς στεριά) για Μηχάνημα 1



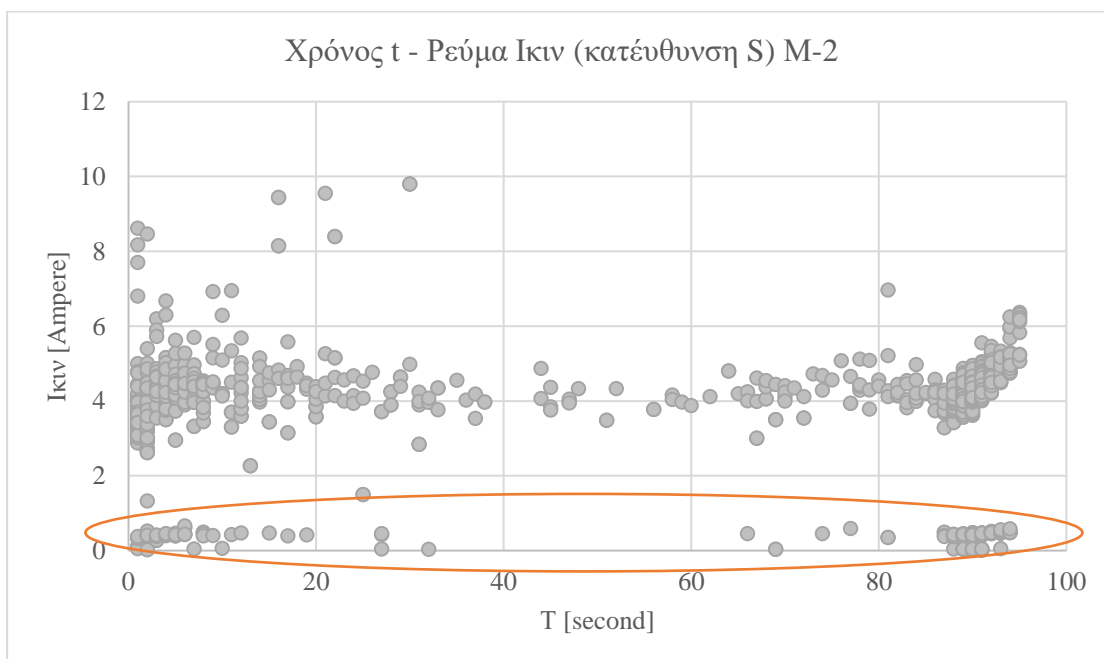
Σχήμα 4.11: Διάγραμμα Διασποράς Χρόνου T σε συνάρτηση με το Ρεύμα Ικιν (κατεύθυνση προς στεριά) για Μηχάνημα 1, αφαιρώντας τα δοκιμαστικά σημεία.



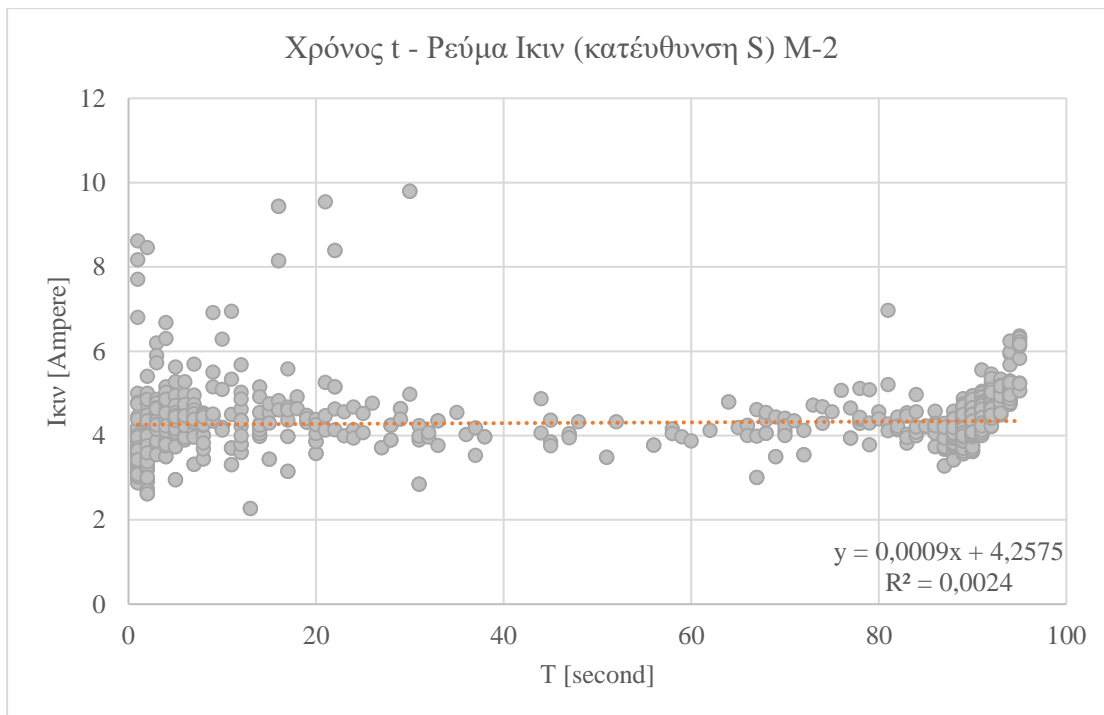
Σχήμα 4.12: Διάγραμμα Διασποράς Χρόνου T σε συνάρτηση με το Ρεύμα Ικιν (κατεύθυνση προς στεριά) για Μηχάνημα 1, για χρόνο $T > 80$ second.

Το Σχήμα 4.13, αφορά το Μηχάνημα 2 με κατεύθυνση S. Με σκοπό την δημιουργία αντίστοιχα ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος τιμών και την περαιτέρω ανάλυσή του, δημιουργείται ένα δεύτερο διάγραμμα (Σχήμα 4.14) όπου έχουν αφαιρεθεί οι ακραίες τιμές (< 2,0 Ampere) οι οποίες ανάγονται σε ειδικά αίτια κατά την χρήση. Τα σημεία αυτά, δηλαδή οι ακραίες τιμές, αφορούν δοκιμαστικές κινήσεις του μηχανήματος πριν από την χρήση και ανήκουν σε ένα υποσύνολο σημείων όπως φαίνεται στο διάγραμμα. Πρόκειται, όπως προαναφέρθηκε, για μια διαφορετική πειραματική ομάδα μετρήσεων, διότι αντιπροσωπεύουν τιμές που δεν αφορούν την πλήρη διαδρομή του καθίσματος προς οποιαδήποτε κατεύθυνση

Στο Σχήμα 4.14, έχοντας αφαιρέσει το σύνολο σημείων των δοκιμών, φαίνεται μια σταθερότητα στις τιμές του κινητήρα κατά της κατεύθυνση S, καθώς εμφανίζεται μια ευθεία γραμμή που τείνει να είναι της μορφής $y = b$.



Σχήμα 4.13: Διάγραμμα Διασποράς Χρόνου κίνησης T σε συνάρτηση με το Ρεύμα $I_{κιν}$ (κατεύθυνση προς θάλασσα) για Μηχάνημα 2



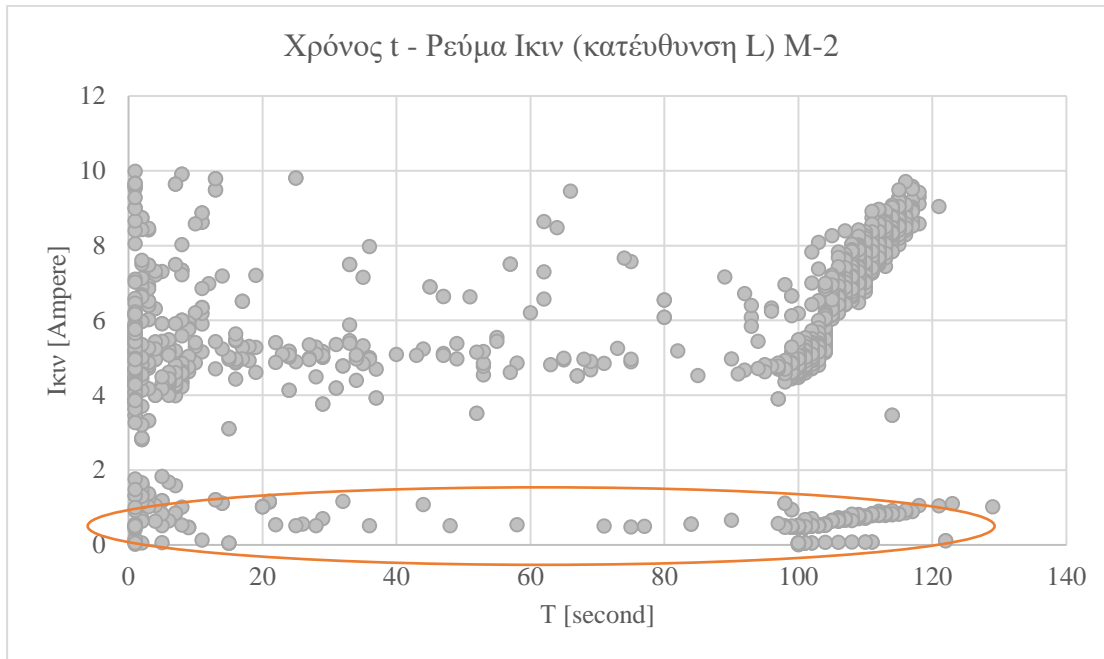
Σχήμα 4.14: Διάγραμμα Διασποράς Χρόνου T σε συνάρτηση με το Ρεύμα $I_{κιν}$ (κατεύθυνση προς θάλασσα) για Μηχάνημα 2, αφαιρώντας τα δοκιμαστικά σημεία.

Το Σχήμα 4.15 αφορά το Μηχάνημα 2 με κατεύθυνση L. Με σκοπό την δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος τιμών για το μηχάνημα και την περαιτέρω ανάλυσή του, δημιουργείται ένα δεύτερο διάγραμμα (Σχήμα 4.16) όπου έχουν αφαιρεθεί οι ακραίες τιμές ($<3,0$ Ampere) οι οποίες ανάγονται σε ειδικά αίτια κατά την χρήση. Τα σημεία αυτά, αφορούν δοκιμαστικές κινήσεις του μηχανήματος πριν από την χρήση και ανήκουν σε το υποσύνολο των δοκιμαστικών τιμών που δεν αφορούν πλήρη διαδρομή προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

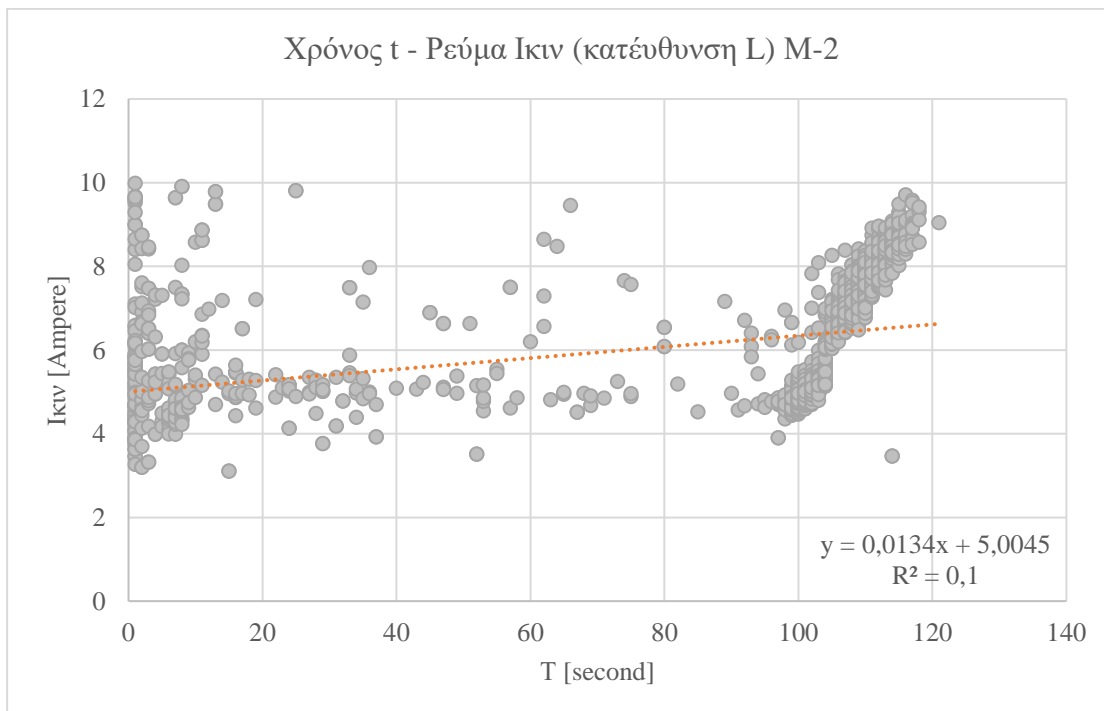
Στο παρακάτω Σχήμα 4.16, έχοντας αφαιρέσει το σύνολο σημείων, εμφανίζεται αύξηση στο ρεύμα του κινητήρα όσο αυξάνεται αντίστοιχα ο χρόνος της διαδρομής. Συμπερασματικά φαίνεται πως η μείωση του χρόνου κίνησης της διάταξης μπορεί να επιφέρει μείωση των τιμών του ρεύματος του κινητήρα κατά την διεύθυνση S. Παρατηρείται θετική μορφή συσχέτισης, με αύξουσα ευθεία γραμμή από τα αριστερά προς τα δεξιά, όπου ισχύει $y = 0,0134x + 5,0045$ και $R^2 = 0,1$.

Στην συνέχεια κατασκευάζεται ένα τρίτο διάγραμμα (Σχήμα 4.17), το οποίο εστιάζει στις τιμές με την μεγαλύτερη γραμμική συσχέτιση, δηλαδή στις τιμές των ρευμάτων του κινητήρα που αντιστοιχούν σε χρόνο $T > 80$ second, όπου ισχύει $y = 0,2426x - 19,219$ και $R^2=0,85$. Φαίνεται στο διάγραμμα πως το ρεύμα που διαρρέει τον κίνητρα έχει γραμμική συσχέτιση με τον χρόνο της διαδρομής, υπάρχει δηλαδή μια γραμμική αλληλεξάρτηση με το R να είναι ίσο με 0,92.

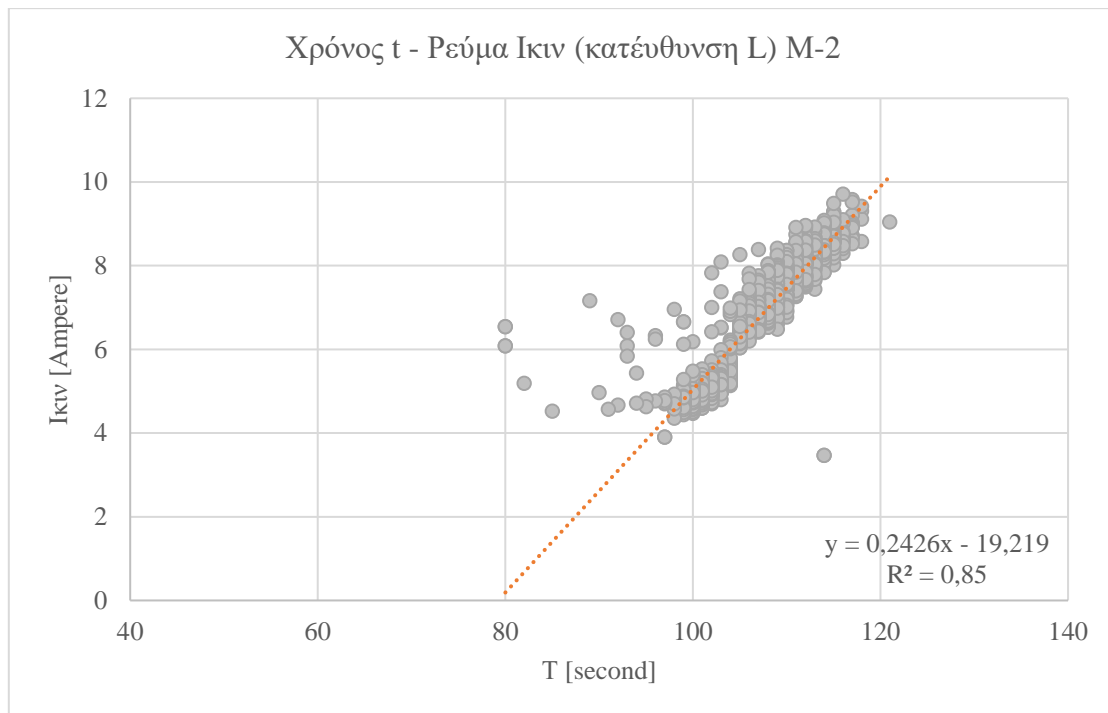
Παρατηρείται στα διαγράμματα του Μηχανήματος 2 ότι η κατεύθυνση επηρεάζει το αποτέλεσμα, καθώς κατά την κατεύθυνση L, δηλαδή στην επιστροφή από την θάλασσα προς την στεριά, φαίνεται αύξηση των τιμών ρεύματος του κινητήρα και κατ' επέκταση του χρόνου κίνησης, σε σχέση με την κατεύθυνση S που υπάρχει κίνηση από την στεριά προς την θάλασσα.



Σχήμα 4.15: Διάγραμμα Διασποράς Χρόνου κίνησης T σε συνάρτηση με το Ρεύμα Ικιν (κατεύθυνση προς στεριά) για Μηχάνημα 2



Σχήμα 4.16: Διάγραμμα Διασποράς Χρόνου T σε συνάρτηση με το Ρεύμα Ικιν (κατεύθυνση προς στεριά) για Μηχάνημα 2 αφαιρώντας τα δοκιμαστικά σημεία

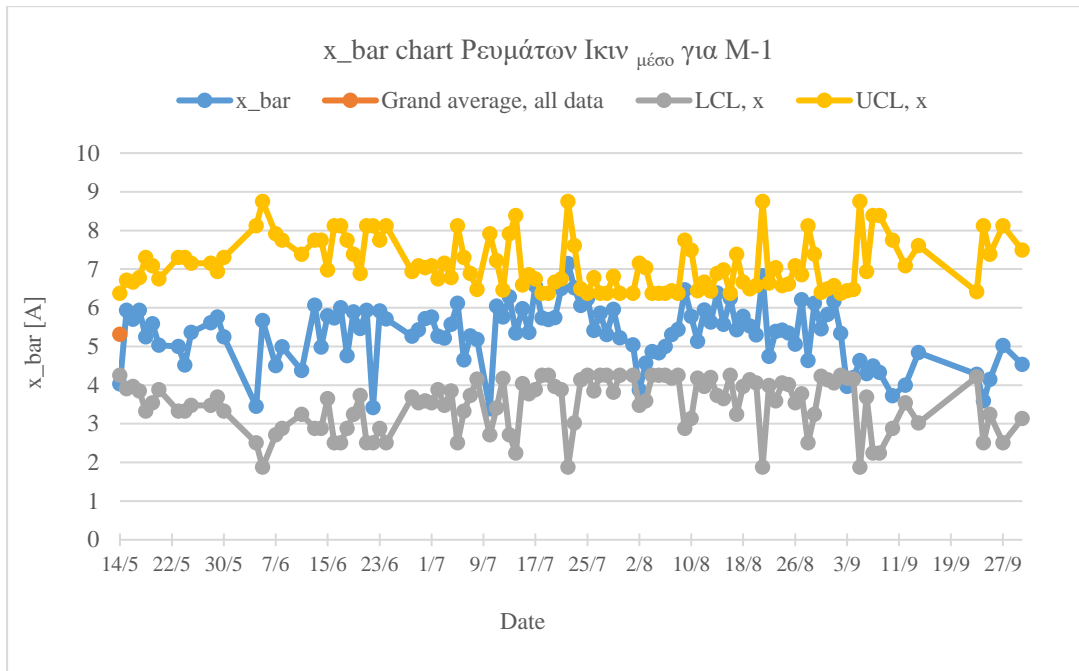


Σχήμα 4.17: Διάγραμμα Διασποράς Χρόνου T σε συνάρτηση με το Ρεύμα $I_{κιν}$ (κατεύθυνση προς στεριά) για Μηχάνημα 1, για χρόνο $T > 80$ second.

Συμπερασματικά προκύπτει για τα Μηχανήματα 1 και 2, ότι με την αύξηση του χρόνου κίνησης αυξάνεται και το ρεύμα του κινητήρα. Επομένως με την αύξηση της ταχύτητας που κινείται το κάθισμα προς τις δυο κατευθύνσεις, μπορεί να μειωθεί ο χρόνος και εν συνεχεία οι τιμές ρευμάτων του κινητήρα. Κάτι τέτοιο χρήζει περαιτέρω μελέτης καθώς θα πρέπει να μελετηθεί κατά πόσο σχεδιαστικά είναι εφικτό ώστε να εξασφαλιστεί η ασφάλεια του τελικού χρήστη.

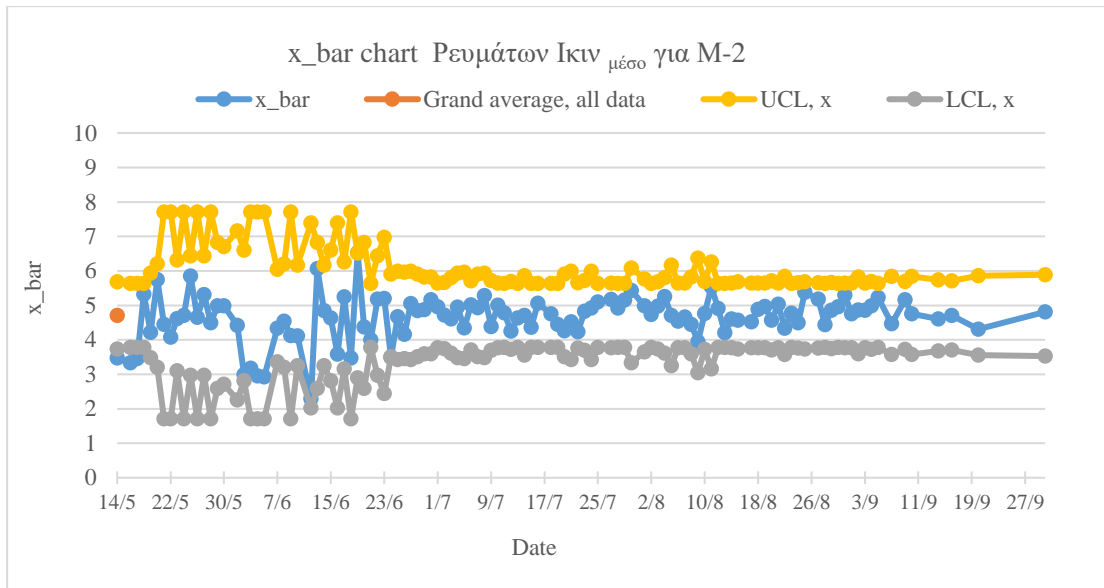
Με σκοπό να αναλυθούν περαιτέρω τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από τα δυο μηχανήματα που μελετάμε, παρουσιάζονται στην συνέχεια τα διαγράμματα ελέγχου για όλο το δείγμα τιμών Ρεύματος και Τάσης κατά την χρονική περίοδο λειτουργίας των δυο μηχανημάτων (M-1 και M-2).

Στο Σχήμα 4.18 εμφανίζονται οι μετρήσεις των δειγμάτων ρεύματος του Μηχανήματος 1 εντός των ορίων διεργασίας. Με εξαίρεση κάποιες τιμές που τείνουν να ξεπεράσουν το άνω ή κάτω όριο ελέγχου με την διεργασία να είναι εκτός στατιστικού ελέγχου.



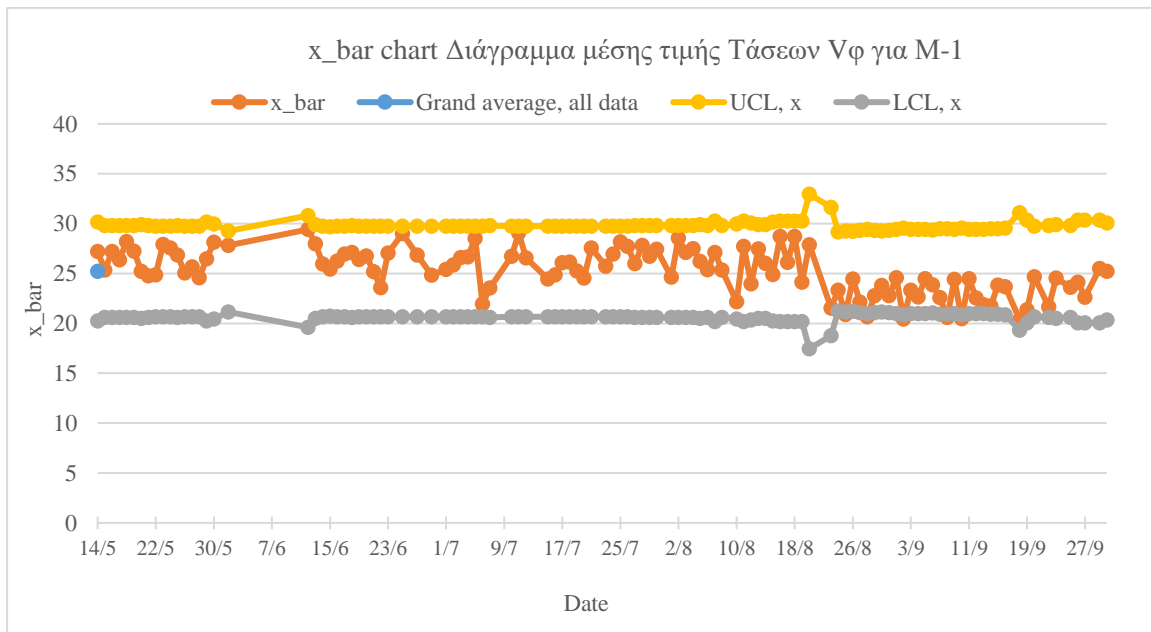
Σχήμα 4.18: Διάγραμμα Ελέγχου μέσης τιμής Ρεύματος $I_{κιν}$ για την περίοδο λειτουργίας του Μηχανήματος 1

Στο Σχήμα 4.19 εμφανίζονται οι μετρήσεις των δειγμάτων ρεύματος του Μηχανήματος 2 εντός των ορίων διεργασίας. Παρατηρείται αλλαγή του μοτίβου έπειτα από τις 25 Ιουνίου. Συγκεκριμένα κατά την πρώτη περίοδο λειτουργίας του μηχανήματος φαίνεται μεγάλη διακύμανση των τιμών του ρεύματος η οποία φαίνεται να σταθεροποιείται απότομα. Το αίτιο που οδηγεί στην ομαλότητα των τιμών γύρω από την μέση τιμή και εντός των ορίων διεργασίας είναι όπως αναφέρεται στον Πίνακα 3-2 του προηγούμενου Κεφαλαίου, η συντήρηση που πραγματοποιήθηκε στο μηχάνημα στις 27 Ιουνίου.



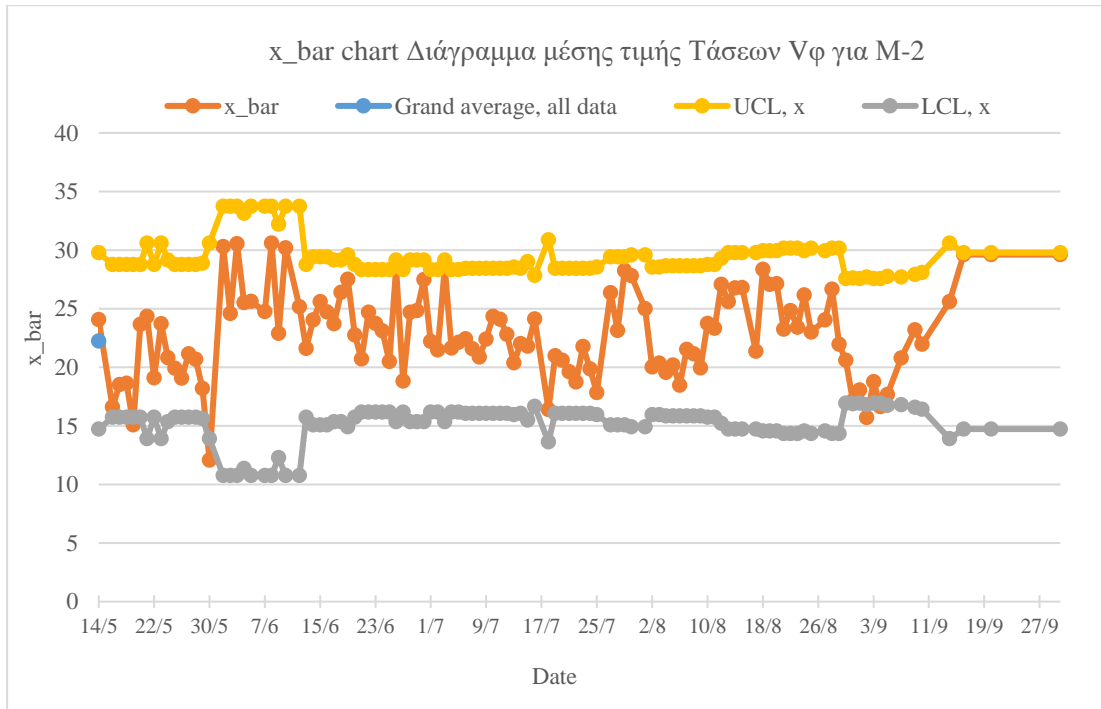
Σχήμα 4.19: Διάγραμμα Ελέγχου μέσης τιμής Ρεύματος $I_{κιν}$ για την περίοδο λειτουργίας του Μηχανήματος 2

Στο Σχήμα 4.20 εμφανίζονται οι μετρήσεις των δειγμάτων τάσης του Μηχανήματος 1. Οι τιμές κυμαίνονται εντός των ορίων ελέγχου, με κάποιες τιμές να τείνουν να ξεπεράσουν το κάτω όριο ελέγχου κατά την χρονική περίοδο μετά τις 24 Αυγούστου, όπου παρατηρείται αλλαγή του μοτίβου σε μοτίβο γκρεμού, καθώς η μέση τιμή των τάσεων ξαφνικά μειώνεται. Το αίτιο που οδηγεί στην αλλαγή μοτίβου είναι όπως φαίνεται στον Πίνακας 3-1 του προηγούμενου Κεφαλαίου, η συντήρηση που πραγματοποιήθηκε στο μηχάνημα στις 25 Αυγούστου.



Σχήμα 4.20: Διάγραμμα Ελέγχου μέσης τιμής Τάσης $V_{φ}$ για την περίοδο λειτουργίας του Μηχανήματος 1

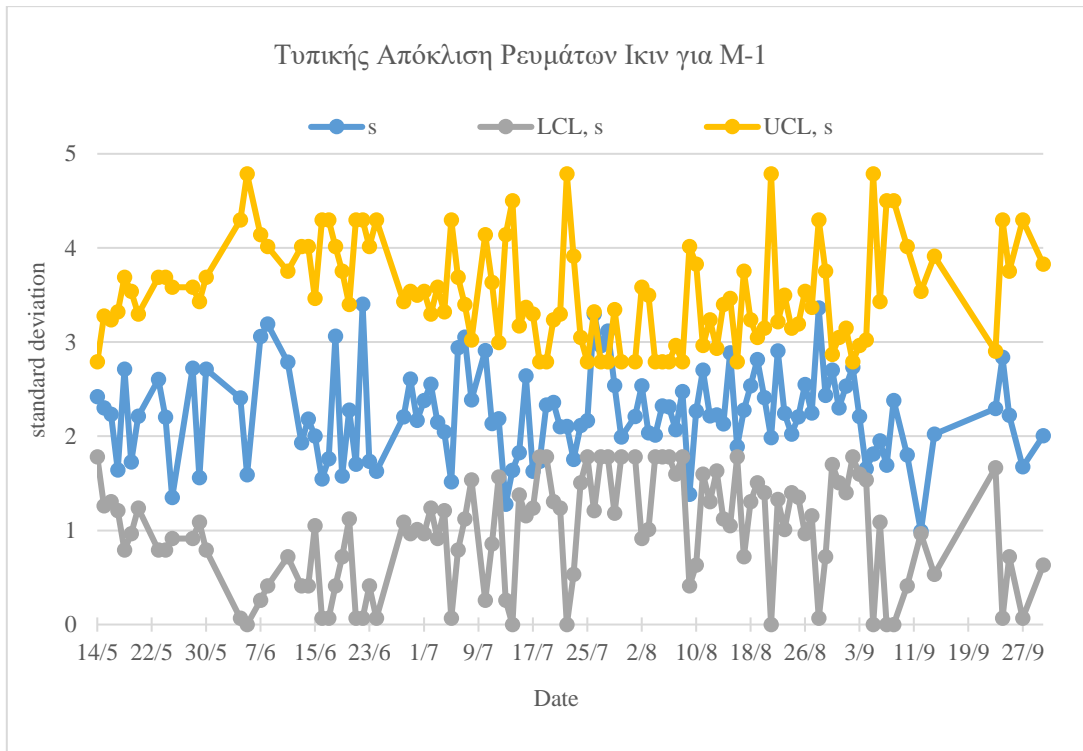
Στο Σχήμα 4.21 εμφανίζονται οι μετρήσεις των δειγμάτων τάσης του φωτοβολταϊκού του Μηχανήματος 2. Συγκεκριμένα εμφανίζεται ένα μοτίβο άλματος με απότομη αύξηση της μέσης τιμής στις 30 Μαΐου. Στην συνέχεια ακολουθεί μια σχετικά σταθερή συμπεριφορά, με απότομη μείωση κοντά στο κάτω όριο στις 3 Σεπτεμβρίου, καθώς έχει προηγηθεί προληπτική συντήρηση του μηχανήματος.



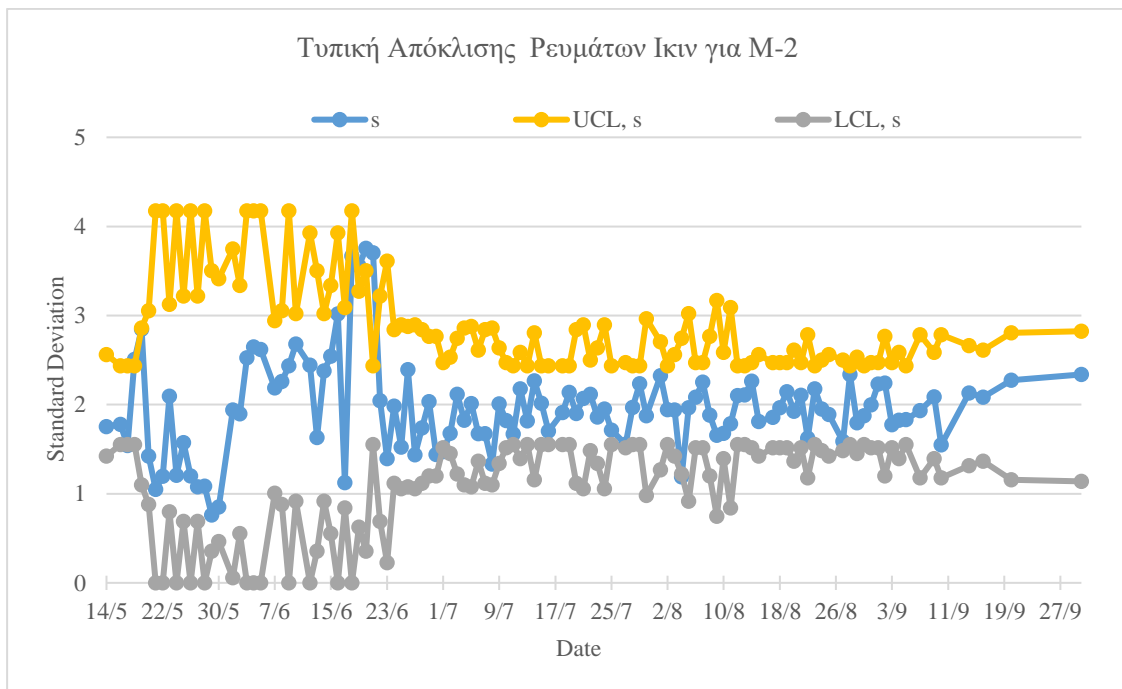
Σχήμα 4.21: Διάγραμμα Ελέγχου μέσης τιμής Τάσης Vφ για την περίοδο λειτουργίας του Μηχανήματος 2

Στην συνέχεια στο Σχήμα 4.22 και στο Σχήμα 4.23 παρουσιάζεται η τυπική απόκλιση των ρευμάτων του κινητήρα για τα δυο μηχανήματα αντίστοιχα. Στο πρώτο διάγραμμα εμφανίζεται μη ελεγχόμενο μοτίβο τάσης, όπου τα σημεία του διαγράμματος κινούνται με τεχνητό τρόπο γύρω από την κεντρική γραμμή (μέσος) χωρίς να υπάρχει κάποια αξιοσημείωτη μεταβλητότητα.

Αντίθετα στο δεύτερο διάγραμμα διακρίνεται μια απότομη πτώση μετά τις 21 Ιουνίου, όπου η τιμή ξεπερνά το άνω όριο των προδιαγραφών. Στην συνέχεια ακολουθεί σχετική σταθεροποίηση των τιμών γύρω από την κεντρική γραμμή. Βασική αιτία της μεταβλητότητας είναι η επίσκεψη τεχνικών για την συντήρηση του μηχανήματος.

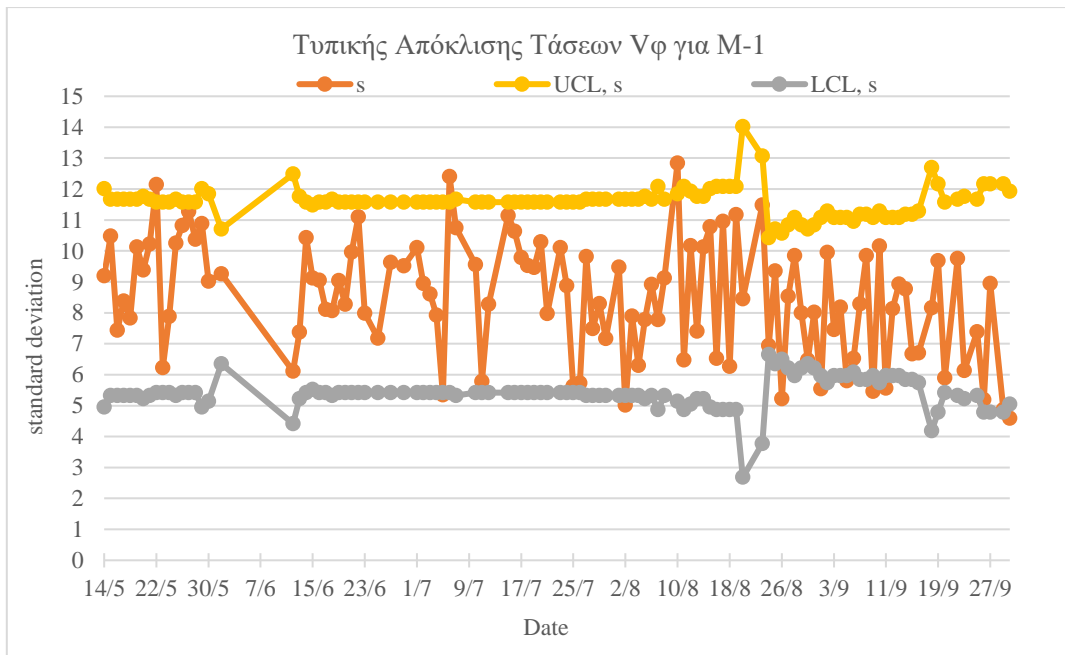


Σχήμα 4.22: Διάγραμμα ελέγχου Τυπικής Απόκλισης Ρευμάτων Ικιν κατά την χρονική περίοδο λειτουργίας του Μηχανήματος 1

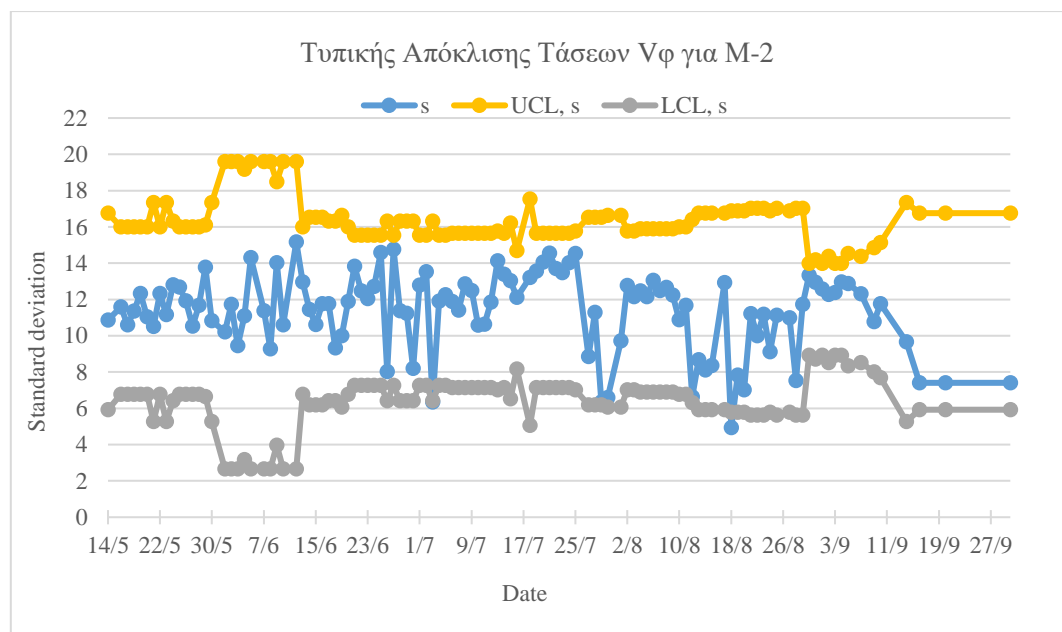


Σχήμα 4.23: Διάγραμμα ελέγχου Τυπικής Απόκλισης Ρευμάτων Ικιν κατά την χρονική περίοδο λειτουργίας του Μηχανήματος 2

Αντίστοιχα παρουσιάζονται στην συνέχεια το Σχήμα 4.24 και το Σχήμα 4.25, που αφορούν τα διαγράμματα τυπικής απόκλισης της τάσης του φωτοβολταϊκού για τα δυο μηχανήματα αντίστοιχα. Διακρίνονται τιμές που ξεπερνούν τα όρια των προδιαγραφών. Όπως για παράδειγμα στο πρώτο διάγραμμα, οι τιμές την 6^η Ιουλίου και την 10^η Αυγούστου περνούν το άνω όριο. Στην συνέχεια ακολουθεί καθοδικό μοτίβο, καθώς όπως παρουσιάζεται στον Πίνακας 3-1 υπάρχει προληπτική συντήρηση του μηχανήματος από την εταιρεία.



Σχήμα 4.24: Διάγραμμα ελέγχου Τυπικής Απόκλισης Τάσεων Vφ κατά την χρονική περίοδο λειτουργίας του Μηχανήματος 1



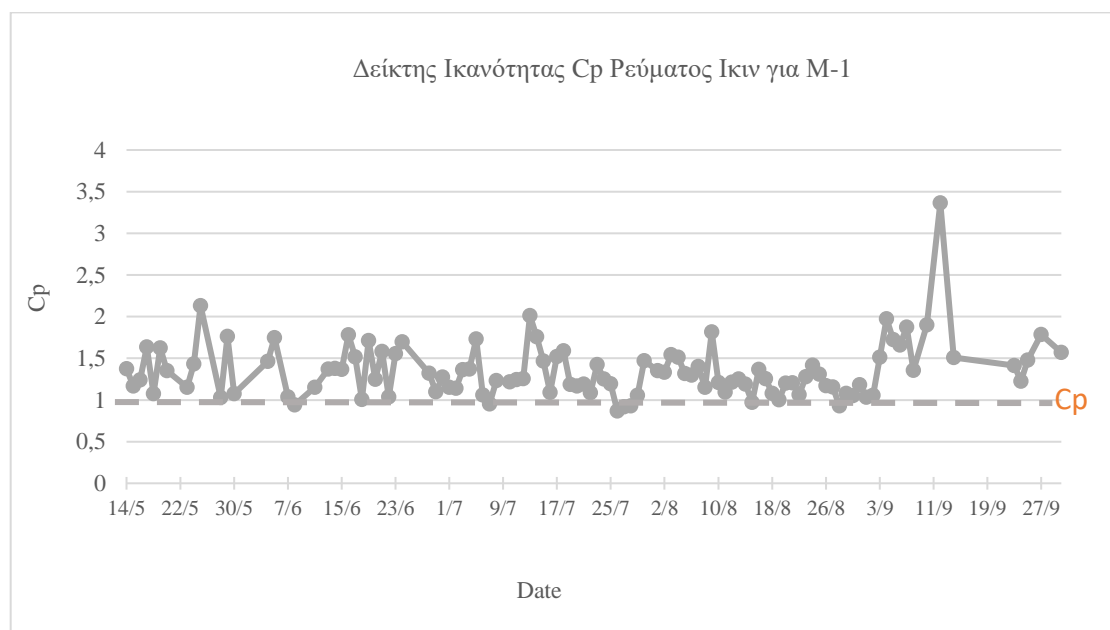
Σχήμα 4.25: Διάγραμμα ελέγχου Τυπικής Απόκλισης Τάσεων Vφ κατά την χρονική περίοδο λειτουργίας του Μηχανήματος 2

4.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ C_p

Για τον υπολογισμό των δεικτών ικανότητας, γίνεται χρήση του παρακάτω μαθηματικού τύπου, όπου USL είναι το ανώτερο όριο προδιαγραφών (Upper Specification Limit) και σ είναι η τυπική απόκλιση της διεργασίας. Επομένως, για να προσδιορίσουμε τον δείκτη C_p , έχουμε υπολογίσει την τιμή της τυπική απόκλισης.

$$C_p = \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma} \quad (4.2)$$

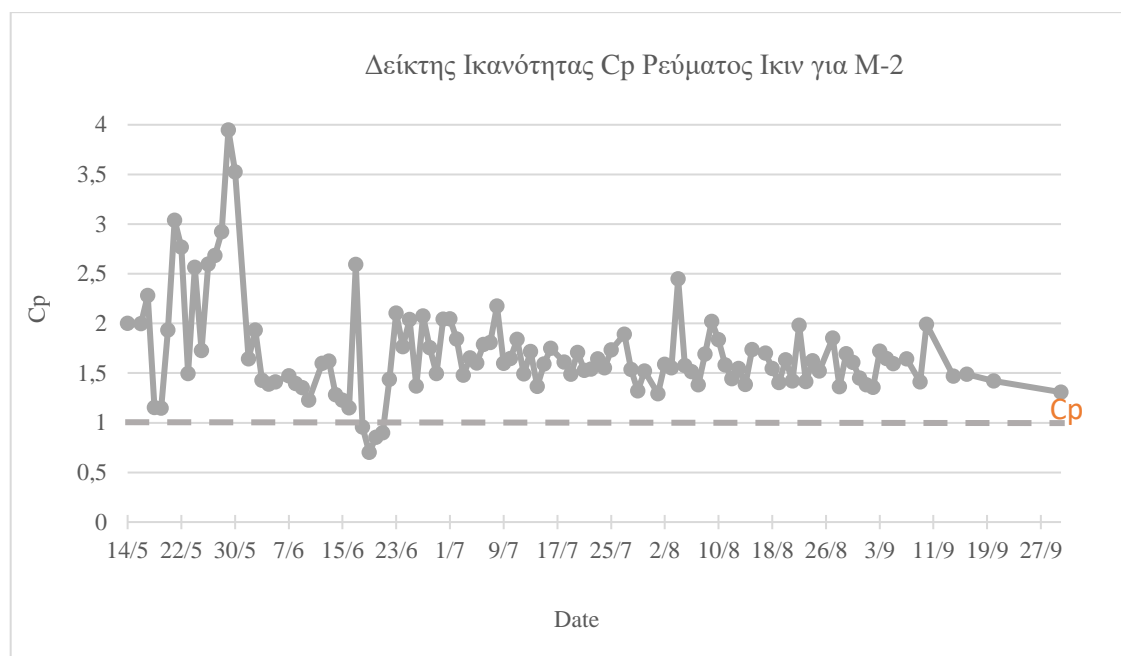
Υπολογίσαμε τους δείκτες ικανότητας για κάθε ημέρα λειτουργίας τόσο για το μέσο Ρεύμα I_{kin} όσο και για την μέση Τάση V_ϕ . Παρακάτω παρουσιάζονται οι υπολογισμοί των τιμών αυτών και στην συνέχεια οι τιμές αποτυπώνονται στα αντίστοιχα διαγράμματα για τα δυο μηχανήματα που εξετάζουμε.



Σχήμα 4.26: Δείκτης Ικανότητας διεργασίας C_p για τιμές Ρευμάτων I_{kin} για το Μηχάνημα 1

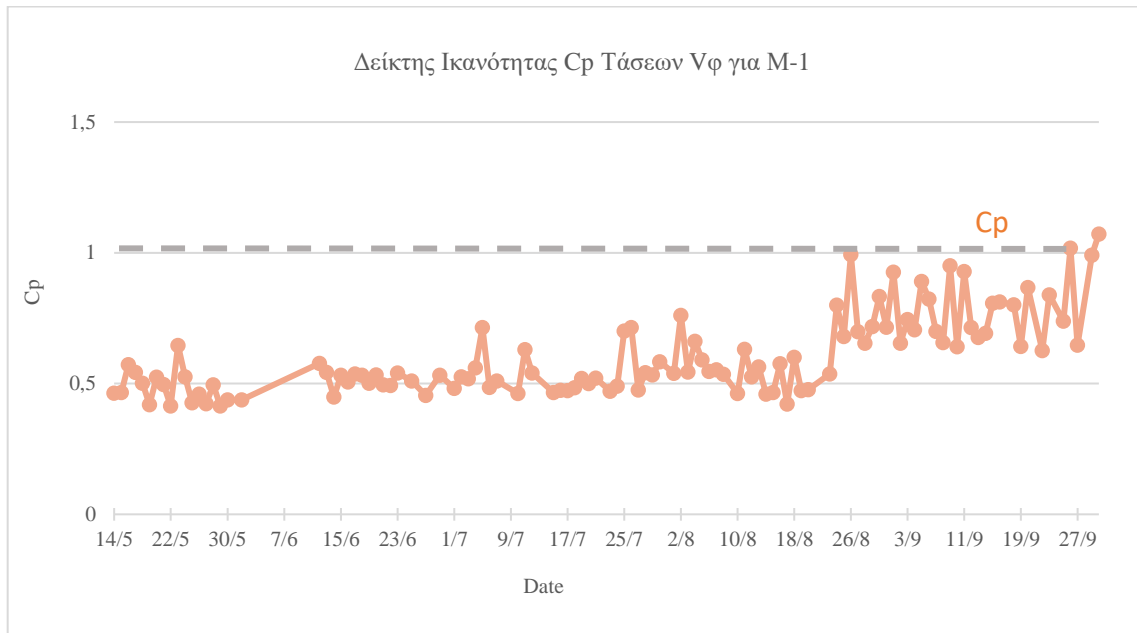
Στο παραπάνω διάγραμμα του Σχήμα 4.26 εμφανίζεται ο δείκτης ικανότητας της διεργασίας που αφορά το ρεύμα του κινητήρα για το Μηχάνημα 1 κατά την περίοδο λειτουργίας του. Οι τιμές κυμαίνονται πάνω από την μονάδα ($C_p > 1$) επομένως η διεργασία θεωρείται ικανή, ωστόσο βρίσκονται πολύ κοντά στο $C_p = 1$.

Αντίστοιχα στο Σχήμα 4.27 εμφανίζεται ο δείκτης ικανότητας της διεργασίας που αφορά το ρεύμα του κινητήρα για το Μηχάνημα 2. Η διεργασία ομοίως θεωρείται ικανή, ωστόσο διακρίνονται τιμές μικρότερες της μονάδας κατά την 19 Ιουνίου. Έπειτα ακολουθεί σταθερό μοτίβο.

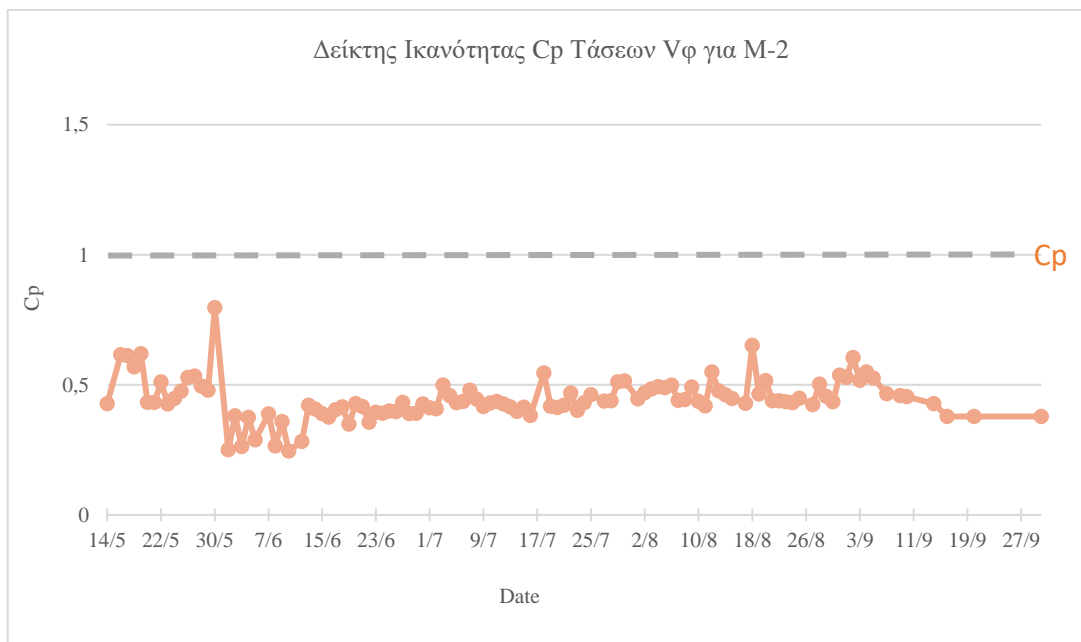


Σχήμα 4.27: Δείκτης Ικανότητας διεργασίας Cp για τιμές Ρευμάτων Ικιν για το Μηχάνημα 2

Στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 4.28 και Σχήμα 4.29) εμφανίζεται ο δείκτης ικανότητας της διεργασίας που αφορά την τάση του φωτοβολταϊκού για το Μηχάνημα 1 και το Μηχάνημα 2, αντίστοιχα. Οι τιμές κυμαίνονται κάτω από την μονάδα ($C_p < 1$) επομένως η διεργασία θεωρείται μη ικανή και στις δυο περιπτώσεις μηχανημάτων. Για την βελτίωση του δείκτη ικανότητας της διεργασίας προτείνεται η χρήση φωτοβολταϊκού πάνελ μεγαλύτερης απόδοσης.



Σχήμα 4.28: Δείκτης Ικανότητας διεργασίας Cp για τιμές Τάσεων Vφ για το Μηχάνημα 1



Σχήμα 4.29: Δείκτης Ικανότητας διεργασίας Cp για τιμές Τάσεων Vφ για το Μηχάνημα 2

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Μια σύντομη ανακεφαλαίωση ολόκληρης της μελέτης παρέχεται σε αυτό το κεφάλαιο. Ο κύριος στόχος της εργασίας ήταν η μελέτη εφαρμογής της μεθοδολογίας Έξι Σίγμα (6σ), η οποία εστιάζει στην συλλογή και ανάλυση δεδομένων, μέσω συγκεκριμένων στατιστικών εργαλείων για την ελαχιστοποίηση της μεταβλητότητας και κατ' επέκταση την βελτίωση όλων των διεργασιών. Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε για δυο μηχανήματα με την βοήθεια του συστήματος τηλεμετρίας που διαθέτει η εταιρεία με σκοπό να μελετά την συμπεριφορά τους. Για αυτό τον λόγο μέσω αυτοματοποιημένων μετρήσεων που δόθηκαν, εφαρμόστηκε μια διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων βάση των εργαλείων Six Sigma. Και προέκυψαν συμπεράσματα για όλα τα στάδια των διαδικασιών προς βελτίωση του τελικού προϊόντος.

Όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από δυο συσκευές εγκατεστημένες σε διαφορετικά γεωγραφικά σημεία της χώρας, έχοντας συγκρίσιμα χαρακτηριστικά. Ως βασικά χαρακτηριστικά κάθε συσκευής θεωρούνται η χρονική περίοδος λειτουργίας, ο αριθμός συντηρήσεων που πραγματοποιήθηκαν, η συχνότητα που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και οι συνολικές διαστάσεις τους.

Σε πρώτο στάδιο δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα Αιτίου-Αποτελέσματος (ψαροκόκαλο) για να εντοπιστούν πιθανά αίτια που προκαλούν βλάβη. Στην συνέχεια καταγράφηκαν τα είδη και η συχνότητα των βασικών βλαβών και δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα Pareto, που οδήγησε στο συμπέρασμα ότι απαιτείται κατά προτεραιότητα, η βελτίωση των σφαλμάτων G έως K, δηλαδή των αιτιών που ανήκουν στις κατηγορίες «Περιβάλλον» και «Μετρήσεις» και οδηγούν στο αποτέλεσμα της βλάβης της συσκευής. Σύμφωνα με την αρχή Pareto, η βελτίωση κατά 80% της ποιότητας του προϊόντος μπορεί να πραγματοποιηθεί με κάτω από 20% προσπάθεια.

Στην συνέχεια με χρήση διαγραμμάτων όπως Διαγράμματα Ελέγχου, Ιστογράμματα Διαγράμματα Διασποράς και διαγράμματα που περιγράφουν την ικανότητα της διεργασίας έγινε ανάλυση των μετρήσεων όπου προέκυψαν συμπεράσματα και προτάσεις για βελτίωση.

Αρχικά παρουσιάστηκαν Ιστογράμματα τόσο για τις τιμές των ρευμάτων του κινητήρα όσο και για τις τιμές των τάσεων του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Για την επιδιόρθωση της μετατόπισης των τιμών προς το άνω όριο των προδιαγραφών, προτάθηκε η χρήση κινητήρα με ονομαστικό ρεύμα μεγαλύτερο των 10 [A]. Αντίστοιχα για τις τιμές των τάσεων η χρήση φωτοβολταϊκού στοιχείου με ονομαστική τάση μεγαλύτερη των 38 [Volt]. Στην

συνέχεια παρουσιάστηκαν διαγράμματα διασποράς που εμφανίζουν την συσχέτιση μεταξύ των τιμών του χρόνου κίνησης των δυο μηχανημάτων και των αντίστοιχων τιμών των Ρευμάτων Ικιν του κινητήρα. Παρατηρήθηκε πως η κατεύθυνση επηρεάζει το αποτέλεσμα, καθώς κατά την κατεύθυνση L, δηλαδή στην επιστροφή από την θάλασσα προς την στεριά, παρουσιάζεται αύξηση των τιμών ρεύματος του κινητήρα και κατ' επέκταση του χρόνου κίνησης, σε σχέση με την κατεύθυνση S που υπάρχει κίνηση από την στεριά προς την θάλασσα. Επομένως αξίζει να σημειωθεί πως η αλλαγή του κινητήρα μπορεί να επιφέρει βελτίωση της απόδοσης κατά την κατεύθυνση L, όπου δέχεται και την μεγαλύτερη πίεση κατά την λειτουργία του. Ταυτόχρονα, προκύπτει πως η αύξηση της ταχύτητας και κατ' επέκταση η μείωση του χρόνου διαδρομής μπορεί να βελτιώσει την μέση τιμή των ρευμάτων του κινητήρα. Κάτι τέτοιο όμως χρήζει περαιτέρω μελέτης καθώς θα πρέπει να μελετηθεί κατά πόσο σχεδιαστικά είναι εφικτό ώστε να εξασφαλιστεί η ασφάλεια του τελικού χρήστη.

Στην συνέχεια παρουσιάστηκαν διαγράμματα ελέγχου για όλο το δείγμα τιμών Ρεύματος και Τάσης κατά την χρονική περίοδο λειτουργίας των δυο μηχανημάτων. Παρατηρήθηκαν διάφορες μορφές μοτίβων, όπως το μοτίβο γκρεμού, μοτίβο τάσης ακόμα και μη ελεγχόμενο μοτίβο τάσης με μεγάλα όρια ελέγχου. Βασικά αίτια των μεταβολών είναι οι επισκέψεις συντήρησης ή επιδιόρθωσης βλάβης από τεχνικούς της εταιρείας, καθώς παρατηρήθηκε σε πολλές περιπτώσεις σταθεροποίηση των τιμών μετά από τεχνικό έλεγχο.

Τέλος, δημιουργήθηκαν διαγράμματα που χαρακτήρισαν την εκάστοτε διεργασία ως ικανή ή μη ικανή. Τα διαγράμματα αυτά δείχνουν τον δείκτη ικανότητα Cp για το ρεύμα του κινητήρα και την τάση του φωτοβολταϊκού κατά την περίοδο λειτουργίας των μηχανημάτων. Στις περιπτώσεις των ρευμάτων προέκυψαν ικανές διεργασίες, με δυνατότητα βελτίωσης, ενώ στις περιπτώσεις των τάσεων οι διεργασίες θεωρούνται ως μη ικανές και χρήζουν βελτίωσης.

Τα στατιστικά εργαλεία της μεθοδολογίας Six Sigma (6σ) δεν είναι μόνο ένα σύνολο εργαλείων. Είναι μια στρατηγική για τη μείωση της μεταβλητότητας και των αιτιών που οδηγούν στα περισσότερα προβλήματα. Αυτό επιτυγχάνεται μελετώντας όλες τις πτυχές της διαδικασίας με στόχο την περισσότερο σταθερή και καλά ορισμένη διεργασία.

Στην επόμενη ενότητα, παρουσιάζονται οι προοπτικές του συστήματος που έχει αναπτυχθεί και οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

5.2 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Από την μελέτη των δυο μηχανημάτων που πραγματοποιήθηκε προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα. Ο ρόλος της μεθοδολογίας 6σ και η έννοια της προληπτικής συντήρησης για αποφυγή πιθανών βλαβών, φάνηκε να είναι σημαντικά στοιχεία για την βελτίωση των διεργασιών. Η ανάπτυξη του αυτοματοποιημένου συστήματος στατιστικού ελέγχου SPC (Statistics Process Control), με χρήση αλγόριθμων πρόγνωσης βλάβης, προσδίδει στην εταιρεία ένα υψηλό επίπεδο διαχείρισης της ποιότητας των προϊόντων της. Με βάση την ανάλυση των διαγραμμάτων που προηγήθηκαν για τα δυο μηχανήματα προτείνεται η ύπαρξη ημερήσιας αναφοράς των τιμών του μηχανήματος, εστιάζοντας στην μορφή των μοτίβων που παρουσιάζονται, όπως είναι το μοτίβο τάσης ή γκρεμού. Ταυτόχρονα αξίζει να ληφθεί υπόψιν το πεδίο της Μηχανικής μάθησης (Machine Learning).

Η μηχανική εκμάθηση διερευνά τα δεδομένα, μέσω αλγόριθμων προκειμένου να κάνει πρόβλεψη πάνω σε αυτά αυτόματα μέσω εμπειρίας. Είναι ένα από τα πιο γρήγορα αναπτυσσόμενα τεχνικά πεδία, που εμπεριέχεται στην επιστήμη των υπολογιστών και της στατιστικής και βρίσκεται στον πυρήνα της τεχνητής νοημοσύνης. Η πρόσφατη πρόοδος στη Μηχανική Μάθηση οφείλεται τόσο στην ανάπτυξη νέων αλγορίθμων μάθησης όσο και στη συνεχή βελτίωση της διαθεσιμότητας των δεδομένων του διαδικτύου. Η υιοθέτηση μεθόδων μηχανικής εκμάθησης σε έναν οργανισμό μπορεί να οδηγήσει σε πιο τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων, ανεξάρτητα από τον τομέα που δραστηριοποιείται η επιχείρηση (Jordan & Mitchell, 2015). Έτσι, αξίζει να υιοθετηθεί η έννοια της Μηχανικής Μάθησης με σκοπό την αποφυγή αντιδραστικής ή περιοδικής συντήρησης, αλλά την εφαρμογή προγνωστικής συντήρησης των μηχανημάτων της εταιρείας. Η εφαρμογή αυτή είναι ικανή να επιφέρει σημαντική μείωση του κόστους, καθώς το σύστημα αυτό στοχεύει στην αποφυγή άσκοπης επίσκεψης των τεχνικών. Σε αυτό το σημείο μπορεί να εισαχθεί η έννοια της συντήρησης βάσει συνθηκών (Condition Based Maintenance - CBM). Δηλαδή μια στρατηγική συντήρησης που υπαγορεύει ότι η συντήρηση πρέπει να εκτελείται μόνο όταν ορισμένοι δείκτες δείχνουν σημάδια μειωμένης απόδοσης ή επερχόμενης βλάβης. Ο έλεγχος ενός μηχανήματος μπορεί να περιλαμβάνει μη επεμβατικές μετρήσεις, οπτική επιθεώρηση, και προγραμματισμένες δοκιμές.

Ακόμα, ενδιαφέρον εμφανίζει η μελέτη περισσότερων μεταβλητών που επηρεάζουν την συμπεριφορά του εκάστοτε μηχανήματος. Για παράδειγμα η μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού και του αέρα κατά την περίοδο λειτουργίας, καθώς και ο κυματισμός και οι παλίρροιες που εμφανίζονται στην παραλία που εγκαθίσταται κάθε διάταξη. Ταυτόχρονα, δεδομένα όπως η σύσταση του εδάφους, μπορούν να επιφέρουν περαιτέρω συμπεράσματα για την βελτίωση της διαδικασίας εγκατάστασης του μηχανήματος από τους

τεχνικούς. Τα παραπάνω μπορούν να επιτευχθούν με την τοποθέτηση κατάλληλων αισθητήρων όπου τα δεδομένα τους θα λαμβάνονται υπόψιν στον σχηματισμό των τελικών διαγραμμάτων.

Σχετικά με την βελτίωση της ικανότητας των μηχανημάτων, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, προτείνεται η χρήση φωτοβολταϊκού πάνελ μεγαλύτερης απόδοσης, όπως για παράδειγμα το διφασικό ηλιακό πάνελ BSC (bifacial solar cell). Είναι ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο που μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν φωτίζεται και στις δύο επιφάνειες. Αντίθετα των μονοφασικών στοιχείων που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μόνο όταν το φως προσκρούει στην μια επιφάνεια. Τα BSC στοιχεία μπορούν να επιφέρουν αύξηση απόδοσης έως και 30%.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahmad, R. & Kamaruddin, S., 2012. An overview of time-based and condition-based maintenance in industrial application. *Computers & Industrial Engineering*, pp. 135-149.
- Antony, J., 2006. Six sigma for service processes. *Business process management journal*, 12(2), pp. 234-248.
- Antony, j. & Kaye, M., 2000. *Experimental Quality: A strategic approach to achieve and improve quality*. Boston: Springer Science & Business Media.
- Arnheiter, . D. E. & Maleyeff, J., 2005. The integration of lean management and Six Sigma. *Lean management*, Τόμος Vol. 17 , pp. 5-18.
- Behara, R. S., Fontenot, G. F. & Gresham, A., 1995. Customer satisfaction measurement and analysis using six sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 12(3), pp. 9-18.
- Breyfogle, F. W., Cupello, J. M. & Meadows, B., 2001. *Managing Six Sigma: A Practical Guide to Understanding, Assessing, and Implementing the strategy that yields bottom-line success*. Canada: John Wiley & Sons.
- Carden, F., Jedlicka, R. P. & Henry, R., 2002. *Telemetry systems engineering*. s.l.:Artech House.
- Crom, S., 2000. Implementing Six Sigma in Europe. *Quality Progress*, 33(10), p. 73.
- Er-Ratby , M. & Mabrouki, M., 2018. Critical Study of the Different Types of Maintenance Used in Industry. *Applied Sciences, Engineering and Technology*, 3(15), pp. 91-97.
- Evans, J. & Lindsay, W., 2008. *Managing for Quality and Performance Excellence*. s.l.:Thomson South Western.
- Frost, J., 2019. *Regression Analysis*. 1 επιμ. s.l.:s.n.
- Hellsten, U. & Klefsjö, B., 2000. *TQM as a management system consisting of values, techniques and tools*. s.l.:The TQM Magazine.
- Hillier, F. S., 1969. \bar{X} - and R-Chart Control Limits Based on a Small Number of Subgroups. *Journal of Quality Technology, A Quarterly Journal of Methods, Applications and Related Topics*, 1(1), pp. 17-26.
- Ilie, G. & Ciocoiu , C., 2010. Application of fishbone diagram to determine the risk of an event with multiple causes. *Management research and practice*, 2(1), pp. 1-20.
- Ingle, S. & Roe, W., 2001. Six sigma black belt implementation. *The TQM Magazine*, 13(4), pp. 273 - 280.

- Ishikawa, K., 1982. *Guide to quality control*. New York: Asian Productivity Organization.
- Jordan, M. I. & Mitchell, T. M., 2015. Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), pp. 255-260.
- Juran, J. M. & Godfrey, A. B., 1989. *Juran's quality handbook*. 5th επιμ. USA: The McGraw-Hill Companies.
- JUSE, 2015. *JUSE Union of Japanese Scientists and Engineers*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <http://www.juse.or.jp/english/profile/>
- Kanji, G. K., 1990. *Total quality management: the*. United Kingdom: Routledge.
- Klefsjo, B., Wiklund, H. & Edgeman, R. L., 2001. Six sigma seen as a methodology for total quality management. *Measuring Business Excellence* 5(1), pp. 31-35.
- Kumar, S. & Sosnoski, M., 2009. Using DMAIC Six Sigma to systematically improve shopfloor production quality and costs. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 58(3), pp. 254-273.
- Levinson, W. A. & Tumbelty, F., 1996. *Spc Essentials and Productivity Improvement: A Manufacturing Approach*. 1 επιμ. s.l.:ASQC Quality Press.
- Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S. & Choo, A. S., 2003. Six Sigma: a goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, 2(21), pp. 193-203.
- MacGregor, J. & Kourti, T., 1995. Statistical process control of multivariate processes. *Control Engineering Practice*, 3(3), pp. 403-414.
- Martens, S. L., 2001. Operationally deploying six sigma. *ASQ World Conference on Quality and Improvement Proceedings*, p. 751.
- McQuater, R. E., Scurr, C. H., Dale, B. G. & Hillman, P. G., 1995. Using quality tools and techniques successfully. *The TQM Magazine*, 7(6), pp. 37-42.
- Murugappan, M. & Keeni, G., 2000. Quality Improvement - The Six Sigma Way. *Proceedings First Asia-Pacific Conference on Quality Software*, pp. 248-257.
- Myler, H. R., 1998. *Fundamentals of Engineering Programming with C and Fortran*. s.l.:Cambridge University Press.
- Oakland, R. J. & Oakland, J. S., 2019. *Statistical Process Control*. 7 επιμ. New York: Routledge.
- Prabhu, S. S., Runger, G. S. & Keats, J. b., 1993. \bar{X} chart with adaptive sample sizes. *THE INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION*, 31(12), pp. 2895-2909.

Reynard, S., 1995. *Pareto Charts: Plain & Simple*. USA: Joiner Associates, Inc. . Staff. Joiner Assocs..

Ross, J. E. & Perry, S., 1999. *Total Quality Management: Text, Cases, and Readings*. 3rd επιμ. USA: CRC Press.

Shewhart, W. A., 1986. *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*. USA: Washington D.C..

Singels, J., Ruel, G. & Water, H. v. d., 2001. ISO 9000 series - Certification and performance. *Quality & Reliability Management*, 18(1), pp. 62 - 75.

Snee, R. D. & Hoerl, R. W., 2003. *Leading Six Sigma: A Step-by-step Guide Based on Experience with GE and Other Six Sigma Companies*. USA: FT Prentice Hall.

Stamatis, D., 2003. *Six Sigma Fundamentals: A Complete Introduction to the System, Methods, and Tools*. s.l.: CRC Press.

Suarez, G. J., 1992. *Three Experts on Quality Managment: Philip B. Crosby, W. Edwards Deming, Joseph M. Juran*. Arlington: TQLO Publication.

Yang, K. & El-Haik, B., 2003. *Design for Six Sigma A Roadmap for Product Development*. United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc.

Αντζουλάκος, Δ., 2009. *Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας*. Β επιμ. Πειραιάς: Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Α - Δεδομένα από σύστημα Τηλεμετρίας για το Μηχάνημα 1

Όπως προαναφέρθηκε, η τηλεμετρία είναι μια υπηρεσία που επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση της συσκευής. Επομένως δίνονται δίνει δεδομένα με σκοπό την ανάλυση της κατάστασης του μηχανήματος ανά πάσα στιγμή. Τα βασικά δεδομένα που θα αναλύσουμε παρακάτω είναι οι τιμές ρευμάτων του κινητήρα, η τάση του φωτοβολταϊκού στοιχείου και ο χρόνος κάθε κίνησης κατά την διάρκεια της λειτουργίας του. Στον παρακάτω Πίνακα Π-1 εμφανίζονται τα δεδομένα για το πρώτο μηχάνημα (Μηχάνημα 1) που μελετήθηκε.

								Process characterization based on:				Control limits and centerline							Control limits and centerline				
	Data (measurement)								std. dev		Range	using s chart							using R chart				
Sample	1	2	3	4	5	6	n	x_bar	s	s/c4	R	s_bar	LCL, x	UCL, x	LCL, s	UCL, s	Cp	R_bar	LCL, x	UCL, x	LCL, R	UCL, R	
14/5/2020	3,896	4,661	3,945	0,327	0,380	3,083	42	4,03	2,418	2,425	8,4	2,286	4,252	6,374	1,780	2,792	1,374	9,385	4,354	6,272	5,366		
15/5/2020	5,175	9,471	5,203	6,570	5,280	8,816	24	5,94	2,300	2,325	8,6	2,267	3,910	6,717	1,259	3,275	1,168	8,069	4,045	6,582	3,644		
16/5/2020	4,952	6,371	4,576	8,192	4,512	8,392	26	5,70	2,233	2,255	8,1	2,269	3,965	6,662	1,304	3,235	1,239	8,215	4,095	6,532	3,835		
17/5/2020	4,973	5,843	4,289	8,030	6,059	3,745	22	5,93	1,642	1,662	4,7	2,265	3,847	6,779	1,210	3,319	1,638	7,912	3,988	6,638	3,438		
18/5/2020	4,865	5,883	4,225	8,023	0,432	8,073	12	5,25	2,713	2,775	7,6	2,241	3,328	7,298	0,792	3,689	1,075	6,750	3,519	7,107	1,912		
19/5/2020	5,264	5,871	5,722	6,923	5,190	7,776	15	5,59	1,726	1,757	7,3	2,251	3,538	7,089	0,964	3,539	1,624	7,192	3,709	6,918	2,492		
20/5/2020	4,315	0,466	5,593	0,458	5,770	4,334	23	5,03	2,213	2,238	7,6	2,266	3,880	6,747	1,235	3,297	1,351	7,992	4,018	6,609	3,544		
23/5/2020	4,619	5,432	0,398	7,791	4,095	7,674	12	5,00	2,603	2,663	7,4	2,241	3,328	7,298	0,792	3,689	1,152	6,750	3,519	7,107	1,912		
24/5/2020	4,592	5,572	4,008	7,888	4,279	4,592	12	4,52	2,203	2,254	7,1	2,241	3,328	7,298	0,792	3,689	1,434	6,750	3,519	7,107	1,912		
25/5/2020	4,616	5,551	4,686	4,614	5,540	4,207	14	5,36	1,349	1,376	4,1	2,248	3,476	7,151	0,913	3,583	2,133	7,057	3,652	6,974	2,315		
28/5/2020	4,938	6,530	0,461	9,065	5,762	4,303	14	5,61	2,723	2,776	8,6	2,248	3,476	7,151	0,913	3,583	1,027	7,057	3,652	6,974	2,315		
29/5/2020	4,936	6,321	4,221	8,379	4,907	5,196	18	5,76	1,559	1,582	4,2	2,259	3,693	6,934	1,088	3,429	1,762	7,540	3,849	6,778	2,950		
30/5/2020	4,865	5,883	4,225	8,023	0,432	8,073	12	5,25	2,713	2,775	7,6	2,241	3,328	7,298	0,792	3,689	1,075	6,750	3,519	7,107	1,912		
4/6/2020	4,913	5,961	4,264	0,807	4,681	0,082	6	3,45	2,406	2,529	5,9	2,181	2,506	8,120	0,066	4,296	1,461	5,250	2,776	7,850	0,000		
5/6/2020	4,733	5,739	4,316	7,878			4	5,67	1,591	1,727	3,6	2,112	1,875	8,751	0,000	4,785	1,746	4,265	2,206	8,421	0,000		
7/6/2020	5,719	0,057	4,301	1,205	7,966	4,293	7	4,50	3,057	3,187	7,9	2,199	2,714	7,912	0,259	4,139	1,036	5,602	2,964	7,662	0,424		
8/6/2020	4,635	8,084	0,460	5,686	4,389	8,093	8	4,99	3,192	3,307	7,7	2,212	2,882	7,744	0,409	4,014	0,941	5,898	3,116	7,510	0,803		
11/6/2020	4,718	5,722	0,048	5,680	4,348	8,409	11	4,37	2,787	2,858	8,4	2,235	3,240	7,386	0,718	3,753	1,151	6,573	3,440	7,187	1,680		
13/6/2020	4,714	5,569	4,225	8,467	4,587	8,075	8	6,07	1,930	2,000	4,3	2,212	2,882	7,744	0,409	4,014	1,370	5,898	3,116	7,510	0,803		
14/6/2020	4,848	5,532	4,389	7,642	4,458	7,734	8	4,98	2,183	2,262	6,9	2,212	2,882	7,744	0,409	4,014	1,377	5,898	3,116	7,510	0,803		
15/6/2020	5,029	6,166	6,486	4,086	8,466	6,422	17	5,79	2,001	2,033	7,7	2,256	3,646	6,981	1,051	3,462	1,367	7,432	3,806	6,821	2,808		
16/6/2020	4,686	5,565	4,383	7,648	4,459	7,665	6	5,73	1,547	1,626	3,3	2,181	2,506	8,120	0,066	4,296	1,781	5,250	2,776	7,850	0,000		
17/6/2020	4,739	5,888	4,617	8,230	4,430	8,124	6	6,00	1,759	1,848	3,8	2,181	2,506	8,120	0,066	4,296	1,515	5,250	2,776	7,850	0,000		
18/6/2020	4,921	5,598	0,624	6,117	4,422	8,392	8	4,76	3,061	3,172	8,3	2,212	2,882	7,744	0,409	4,014	1,006	5,898	3,116	7,510	0,803		
19/6/2020	4,872	5,605	4,331	4,321	8,042	6,562	11	5,89	1,577	1,617	4,1	2,235	3,240	7,386	0,718	3,753	1,714	6,573	3,440	7,187	1,680		
20/6/2020	4,698	5,819	4,348	4,687	8,518	0,465	19	5,46	2,278	2,310	8,5	2,260	3,736	6,891	1,122	3,398	1,250	7,642	3,888	6,739	3,083		
21/6/2020	4,917	5,653	4,395	7,967	4,521	8,138	6	5,93	1,701	1,788	3,7	2,181	2,506	8,120	0,066	4,296	1,581	5,250	2,776	7,850	0,000		
22/6/2020	0,501	5,836	0,437	8,615	4,319	0,810	6	3,42	3,402	3,575	8,2	2,181	2,506	8,120	0,066	4,296	1,037	5,250	2,776	7,850	0,000		
23/6/2020	4,819	5,628	4,219	8,038	4,587	8,025	8	5,92	1,732	1,795	3,8	2,212	2,882	7,744	0,409	4,014	1,555	5,898	3,116	7,510	0,803		
24/6/2020	4,849	5,572	4,145	7,536	4,291	7,881	6	5,71	1,629	1,712	3,7	2,181	2,506	8,120	0,066	4,296	1,696	5,250	2,776	7,850	0,000		
28/6/2020	4,950	5,808	4,534	5,557	4,315	7,894	18	5,26	2,206	2,239	7,6	2,259	3,693	6,934	1,088	3,429	1,320	7,540	3,849	6,778	2,950		

29/6/2020	4,846	5,817	5,351	3,524	7,949	4,806	15	5,43	2,605	2,652	8,4	2,251	3,538	7,089	0,964	3,539	1,096	7,192	3,709	6,918	2,492
30/6/2020	4,791	5,701	4,636	7,832	4,375	0,796	16	5,72	2,167	2,203	8,0	2,254	3,594	7,032	1,009	3,499	1,274	7,316	3,760	6,867	2,656
1/7/2020	4,703	5,669	4,614	7,915	4,461	8,159	15	5,76	2,380	2,423	8,4	2,251	3,538	7,089	0,964	3,539	1,154	7,192	3,709	6,918	2,492
2/7/2020	4,647	8,354	4,217	4,744	0,562	4,501	23	5,27	2,553	2,583	8,6	2,266	3,880	6,747	1,235	3,297	1,140	7,992	4,018	6,609	3,544
3/7/2020	4,723	8,160	4,787	5,645	5,799	4,043	14	5,22	2,147	2,189	8,6	2,248	3,476	7,151	0,913	3,583	1,364	7,057	3,652	6,974	2,311
4/7/2020	4,592	8,165	0,619	4,103	3,471	3,967	22	5,57	2,047	2,072	8,2	2,265	3,847	6,779	1,210	3,319	1,373	7,912	3,988	6,638	3,438
5/7/2020	4,834	8,225	4,716	6,759	4,860	7,322	6	6,12	1,516	1,594	3,5	2,181	2,506	8,120	0,066	4,296	1,732	5,250	2,776	7,850	0,000
6/7/2020	4,800	8,268	5,816	4,781	0,475	0,558	12	4,65	2,940	3,007	7,8	2,241	3,328	7,298	0,792	3,689	1,061	6,750	3,519	7,107	1,912
7/7/2020	5,127	5,675	4,636	7,987	4,693	0,000	19	5,27	3,052	3,095	9,2	2,260	3,736	6,891	1,122	3,398	0,953	7,642	3,888	6,739	3,083
8/7/2020	0,058	7,369	5,815	0,437	4,111	4,183	35	5,18	2,387	2,401	9,0	2,279	4,151	6,476	1,535	3,022	1,232	8,873	4,263	6,364	4,696
10/7/2020	5,201	0,790	4,907	0,544	4,636	0,042	7	3,39	2,911	3,034	7,5	2,199	2,714	7,912	0,259	4,139	1,215	5,602	2,964	7,662	0,424
11/7/2020	5,248	4,097	8,106	4,920	6,120	5,115	13	6,04	2,134	2,179	7,6	2,245	3,406	7,220	0,857	3,633	1,243	6,910	3,590	7,037	2,123
12/7/2020	5,367	8,112	5,308	7,245	0,052	5,890	36	5,76	2,184	2,196	8,9	2,280	4,167	6,459	1,565	2,994	1,257	8,946	4,278	6,349	4,792
13/7/2020	5,884	5,673	7,089	5,856	5,290	5,345	7	6,28	1,278	1,332	3,6	2,199	2,714	7,912	0,259	4,139	2,013	5,602	2,964	7,662	0,424
14/7/2020	5,473	4,281	4,690	4,159	8,131		5	5,35	1,639	1,744	4,0	2,154	2,238	8,388	0,000	4,500	1,760	4,818	2,534	8,093	0,000
15/7/2020	4,878	7,966	4,943	5,599	4,498	0,771	29	5,98	1,825	1,841	8,4	2,272	4,037	6,590	1,375	3,170	1,465	8,435	4,159	6,467	4,122
16/7/2020	4,768	8,350	5,261	6,134	0,492	8,069	20	5,37	2,642	2,677	9,0	2,262	3,776	6,851	1,154	3,370	1,089	7,737	3,924	6,703	3,209
17/7/2020	4,794	8,918	5,113	5,939	5,154	8,173	23	6,57	1,627	1,645	5,3	2,266	3,880	6,747	1,235	3,297	1,522	7,992	4,018	6,609	3,544
18/7/2020	5,078	8,527	5,111	5,912	6,158	5,418	42	5,73	1,734	1,739	8,5	2,286	4,252	6,374	1,780	2,792	1,589	9,385	4,354	6,272	5,366
19/7/2020	5,076	8,547	5,539	0,634	0,492	8,243	42	5,70	2,330	2,336	8,9	2,286	4,252	6,374	1,780	2,792	1,188	9,385	4,354	6,272	5,366
20/7/2020	5,938	0,621	5,060	8,584	5,427	0,584	26	5,74	2,359	2,382	8,4	2,269	3,965	6,662	1,304	3,235	1,167	8,215	4,095	6,532	3,835
21/7/2020	5,193	5,816	4,798	7,964	4,938	8,134	23	6,50	2,100	2,124	9,7	2,266	3,880	6,747	1,235	3,297	1,191	7,992	4,018	6,609	3,544
22/7/2020	5,283	9,028	5,369	8,909			4	7,15	2,104	2,283	3,7	2,112	1,875	8,751	0,000	4,785	1,086	4,265	2,206	8,421	0,000
23/7/2020	5,481	6,194	5,020	4,337	8,434	5,498	9	6,51	1,753	1,808	4,6	2,222	3,021	7,605	0,531	3,912	1,424	6,152	3,242	7,385	1,132
24/7/2020	6,077	5,292	6,888	7,757	4,229	4,939	34	6,06	2,113	2,126	9,0	2,277	4,134	6,493	1,506	3,049	1,253	8,800	4,248	6,379	4,600
25/7/2020	6,876	8,562	5,670	8,694	5,723	0,064	42	6,24	2,166	2,172	9,5	2,286	4,252	6,374	1,780	2,792	1,195	9,385	4,354	6,272	5,366
26/7/2020	6,137	6,761	5,657	9,158	5,397	9,376	22	5,41	3,296	3,335	9,7	2,265	3,847	6,779	1,210	3,319	0,869	7,912	3,988	6,638	3,438
27/7/2020	5,936	9,256	9,873	9,094	8,259	1,018	42	5,86	2,960	2,968	9,3	2,286	4,252	6,374	1,780	2,792	0,917	9,385	4,354	6,272	5,366
28/7/2020	8,031	8,971	8,913	0,719	9,692	5,911	42	5,31	3,116	3,124	9,8	2,286	4,252	6,374	1,780	2,792	0,930	9,385	4,354	6,272	5,366
29/7/2020	6,299	8,365	9,015	5,833	1,039	4,279	21	5,96	2,538	2,570	8,4	2,263	3,813	6,814	1,183	3,344	1,055	7,827	3,957	6,669	3,327
30/7/2020	6,270	7,159	5,971	6,325	8,143	8,113	42	5,22	1,990	1,995	8,5	2,286	4,252	6,374	1,780	2,792	1,471	9,385	4,354	6,272	5,366
1/8/2020	4,316	8,313	3,929	8,270	3,969	5,991	42	5,04	2,209	2,215	8,4	2,286	4,252	6,374	1,780	2,792	1,353	9,385	4,354	6,272	5,366
2/8/2020	4,633	6,520	0,418	7,031	4,151	0,575	14	3,87	2,536	2,585	7,5	2,248	3,476	7,151	0,913	3,583	1,331	7,057	3,652	6,974	2,311
3/8/2020	3,946	0,521	3,864	3,845	6,713	4,167	16	4,57	2,036	2,070	7,1	2,254	3,594	7,032	1,009	3,499	1,544	7,316	3,760	6,867	2,656
4/8/2020	0,414	5,723	3,993	7,752	4,374	7,841	42	4,87	2,012	2,018	8,3	2,286	4,252	6,374	1,780	2,792	1,513	9,385	4,354	6,272	5,366
5/8/2020	0,689	0,450	7,829	3,822	8,242	4,450	42	4,83	2,320	2,326	8,2	2,286	4,252	6,374	1,780	2,792	1,317	9,385	4,354	6,272	5,366

6/8/2020	6,937	4,348	8,153	6,574	4,146	3,791	42	5,00	2,310	2,316	8,8	2,286	4,252	6,374	1,780	2,792	1,298	9,385	4,354	6,272	5,366
7/8/2020	0,460	0,798	4,575	6,581	4,327	5,737	37	5,31	2,068	2,078	8,1	2,281	4,183	6,444	1,597	2,965	1,401	9,019	4,292	6,335	4,887
8/8/2020	6,972	6,666	4,813	6,403	4,753	8,422	42	5,44	2,475	2,482	9,1	2,286	4,252	6,374	1,780	2,792	1,153	9,385	4,354	6,272	5,366
9/8/2020	5,244	8,707	5,547	6,603	4,927	8,236	8	6,47	1,381	1,431	3,8	2,212	2,882	7,744	0,409	4,014	1,818	5,898	3,116	7,510	0,803
10/8/2020	5,469	7,801	5,288	0,615	4,719	8,181	10	5,78	2,268	2,332	7,6	2,229	3,139	7,488	0,632	3,826	1,208	6,375	3,348	7,278	1,422
11/8/2020	4,969	3,976	5,247	0,000	0,340	6,289	37	5,13	2,701	2,714	9,2	2,281	4,183	6,444	1,597	2,965	1,095	9,019	4,292	6,335	4,887
12/8/2020	5,247	6,661	4,961	6,549	0,487	8,613	26	5,95	2,215	2,237	8,4	2,269	3,965	6,662	1,304	3,235	1,212	8,215	4,095	6,532	3,835
13/8/2020	5,377	0,866	5,001	8,008	4,694	6,484	38	5,63	2,227	2,237	8,6	2,282	4,198	6,429	1,629	2,934	1,253	9,092	4,305	6,321	4,983
14/8/2020	5,081	8,073	5,499	6,439	5,056	6,443	19	6,38	2,132	2,162	8,7	2,260	3,736	6,891	1,122	3,398	1,191	7,642	3,888	6,739	3,083
15/8/2020	5,020	8,237	5,374	6,676	0,511	0,000	17	5,57	2,887	2,932	9,2	2,256	3,646	6,981	1,051	3,462	0,973	7,432	3,806	6,821	2,808
16/8/2020	5,242	9,423	5,296	6,887	4,752	6,631	42	6,24	1,890	1,895	8,9	2,286	4,252	6,374	1,780	2,792	1,368	9,385	4,354	6,272	5,366
17/8/2020	4,873	8,860	2,666	5,041	8,128	5,230	11	5,43	2,278	2,336	8,0	2,235	3,240	7,386	0,718	3,753	1,254	6,573	3,440	7,187	1,680
18/8/2020	4,884	8,576	4,646	8,270	5,002	6,405	26	5,78	2,535	2,561	9,4	2,269	3,965	6,662	1,304	3,235	1,081	8,215	4,095	6,532	3,835
19/8/2020	5,108	9,206	5,032	6,772	4,593	0,847	34	5,53	2,815	2,833	8,8	2,277	4,134	6,493	1,506	3,049	1,003	8,800	4,248	6,379	4,600
20/8/2020	5,340	9,429	6,724	0,659	5,239	0,820	30	5,30	2,409	2,429	9,4	2,273	4,058	6,569	1,399	3,147	1,204	8,508	4,179	6,448	4,218
21/8/2020	5,047	8,835	5,202	8,228			4	6,83	1,983	2,153	3,8	2,112	1,875	8,751	0,000	4,785	1,205	4,265	2,206	8,421	0,000
22/8/2020	0,000	3,558	5,224	0,643	0,466	6,563	27	4,74	2,905	2,932	9,8	2,270	3,990	6,637	1,327	3,214	1,062	8,288	4,117	6,509	3,931
23/8/2020	5,262	6,242	4,630	6,144	4,767	6,136	16	5,39	2,244	2,282	7,6	2,254	3,594	7,032	1,009	3,499	1,279	7,316	3,760	6,867	2,656
24/8/2020	6,654	5,533	3,835	4,394	4,329	8,325	30	5,42	2,020	2,037	9,0	2,273	4,058	6,569	1,399	3,147	1,416	8,508	4,179	6,448	4,218
25/8/2020	4,985	8,013	4,965	6,158	4,488	0,841	28	5,35	2,206	2,226	8,5	2,271	4,014	6,613	1,350	3,192	1,308	8,361	4,139	6,488	4,027
26/8/2020	5,220	7,580	0,508	6,136	4,526	8,089	15	5,06	2,549	2,595	7,7	2,251	3,538	7,089	0,964	3,539	1,169	7,192	3,709	6,918	2,492
27/8/2020	4,859	8,912	0,532	7,770	5,056	6,180	20	6,21	2,247	2,277	8,6	2,262	3,776	6,851	1,154	3,370	1,156	7,737	3,924	6,703	3,209
28/8/2020	0,522	7,651	5,178	6,106	0,472	7,901	6	4,64	3,360	3,532	7,4	2,181	2,506	8,120	0,066	4,296	0,929	5,250	2,776	7,850	0,000
29/8/2020	5,022	8,744	0,520	7,894	5,174	6,164	11	6,12	2,433	2,494	8,2	2,235	3,240	7,386	0,718	3,753	1,080	6,573	3,440	7,187	1,680
30/8/2020	5,216	8,988	5,330	6,619	4,586	6,509	40	5,46	2,703	2,713	9,5	2,284	4,226	6,400	1,700	2,867	1,054	9,238	4,331	6,296	5,174
31/8/2020	5,171	9,044	5,299	6,363	4,839	8,688	34	5,83	2,301	2,316	9,1	2,277	4,134	6,493	1,506	3,049	1,184	8,800	4,248	6,379	4,600
1/9/2020	5,819	6,839	5,613	6,410	5,337	9,726	30	6,16	2,533	2,554	9,3	2,273	4,058	6,569	1,399	3,147	1,031	8,508	4,179	6,448	4,218
2/9/2020	5,023	0,959	5,382	6,441	0,483	1,014	42	5,34	2,733	2,740	9,3	2,286	4,252	6,374	1,780	2,792	1,057	9,385	4,354	6,272	5,366
3/9/2020	6,306	0,787	5,236	6,076	6,123	3,006	37	3,97	2,208	2,219	7,9	2,281	4,183	6,444	1,597	2,965	1,515	9,019	4,292	6,335	4,887
4/9/2020	3,366	4,299	2,784	6,827	2,897	4,263	35	4,20	1,655	1,665	6,8	2,279	4,151	6,476	1,535	3,022	1,975	8,873	4,263	6,364	4,696
5/9/2020	3,218	5,445	3,077	6,811			4	4,64	1,810	1,964	3,7	2,112	1,875	8,751	0,000	4,785	1,725	4,265	2,206	8,421	0,000
6/9/2020	3,174	6,841	3,253	4,090	2,752	6,561	18	4,30	1,950	1,979	7,0	2,259	3,693	6,934	1,088	3,429	1,659	7,540	3,849	6,778	2,950
7/9/2020	3,367	4,338	4,656	2,864	7,226		5	4,49	1,692	1,800	4,4	2,154	2,238	8,388	0,000	4,500	1,874	4,818	2,534	8,093	0,000
8/9/2020	0,361	6,510	5,047	5,588	4,128		5	4,33	2,379	2,531	6,1	2,154	2,238	8,388	0,000	4,500	1,355	4,818	2,534	8,093	0,000
10/9/2020	3,312	3,977	3,432	0,336	3,520	3,273	8	3,73	1,801	1,867	6,1	2,212	2,882	7,744	0,409	4,014	1,901	5,898	3,116	7,510	0,803
12/9/2020	3,677	3,911	3,733	3,103	3,490	3,871	15	3,99	0,991	1,009	3,8	2,251	3,538	7,089	0,964	3,539	3,365	7,192	3,709	6,918	2,492

14/9/2020	3,587	6,216	3,733	3,103	3,490	3,871	9	4,85	2,021	2,085	5,0	2,222	3,021	7,605	0,531	3,912	1,510	6,152	3,242	7,385	1,132
23/9/2020	1,018	1,382	6,753	4,909	5,155	5,556	39	4,28	2,294	2,303	8,4	2,283	4,212	6,414	1,664	2,902	1,412	9,165	4,318	6,308	5,079
24/9/2020	0,379	0,495	3,619	6,791	3,507	6,766	6	3,59	2,836	2,981	6,4	2,181	2,506	8,120	0,066	4,296	1,223	5,250	2,776	7,850	0,000
25/9/2020	3,577	4,677	0,344	6,675	0,339	6,541	11	4,15	2,224	2,280	6,3	2,235	3,240	7,386	0,718	3,753	1,477	6,573	3,440	7,187	1,680
27/9/2020	3,934	5,044	3,421	6,625	3,658	7,445	6	5,02	1,676	1,762	4,0	2,181	2,506	8,120	0,066	4,296	1,785	5,250	2,776	7,850	0,000
30/9/2020	4,008	5,066	0,356	6,869	3,288	6,774	10	4,54	2,007	2,063	6,5	2,229	3,139	7,488	0,632	3,826	1,572	6,375	3,348	7,278	1,422

BC5

$= (14-AS)/(3*AT5)$

Data Συσκευη-1_v09 *

	A	B	C	D	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	
1																							
2					Process characterization based on:					Control limits and centerline					Control limits and centerline								
3	Data (measurement)					std. dev				Range				using s chart					using R chart				
4	Sample	1	2	3	n	\bar{x}	s	s/c4	R	R/d2	\bar{s}	LCL, \bar{x}	UCL, \bar{x}	LCL, s	UCL, s	Cp		\bar{R}	LCL, R	UCL, R	LCL, R	UCL, R	
5	14/5/2020	3,896	4,661	3,945	42	4.03	2.418	2.425	8.4	1.858	2.286	4.252	6.374	1.780	2.792	1.374		9.385	4.354	6.272	5.366	13.404	
6	15/5/2020	5,175	9,471	5,203	24	5.94	2.300	2.325	8.6	2.196	2.267	3.910	6.717	1.259	3.275	1.168		8.069	4.045	6.582	3.644	12.494	
7	16/5/2020	4,952	6,371	4,576	26	5.70	2.233	2.255	8.1	2.031	2.269	3.965	6.662	1.304	3.235	1.239		8.215	4.095	6.532	3.835	12.595	
8	17/5/2020	4,973	5,843	4,289	22	5.93	1.642	1.662	4.7	1.240	2.265	3.847	6.779	1.210	3.319	1.638		7.912	3.988	6.638	3.438	12.386	
9	18/5/2020	4,865	5,883	4,225	12	5.25	2.713	2.775	7.6	2.345	2.241	3.328	7.298	0.792	3.689	1.075		6.750	3.519	7.107	1.912	11.588	
10	19/5/2020	5,264	5,871	5,722	15	5.59	1.726	1.757	7.3	2.106	2.251	3.538	7.089	0.964	3.539	1.624		7.192	3.709	6.918	2.492	11.891	
11	20/5/2020	4,315	0,466	5,593	23	5.03	2.213	2.238	7.6	1.973	2.266	3.880	6.747	1.235	3.297	1.351		7.992	4.018	6.609	3.544	12.441	
12	23/5/2020	4,619	5,432	0,398	12	5.00	2.603	2.663	7.4	2.269	2.241	3.328	7.298	0.792	3.689	1.152		6.750	3.519	7.107	1.912	11.588	
13	24/5/2020	4,592	5,572	4,008	12	4.52	2.203	2.254	7.1	2.179	2.241	3.328	7.298	0.792	3.689	1.434		6.750	3.519	7.107	1.912	11.588	
14	25/5/2020	4,616	5,551	4,686	14	5.36	1.349	1.376	4.1	1.213	2.248	3.476	7.151	0.913	3.583	2.133		7.057	3.652	6.974	2.315	11.799	
15	28/5/2020	4,938	6,530	0,461	14	5.61	2.723	2.776	8.6	2.526	2.248	3.476	7.151	0.913	3.583	1.027		7.057	3.652	6.974	2.315	11.799	
16	29/5/2020	4,936	6,321	4,221	18	5.76	1.559	1.582	4.2	1.161	2.259	3.693	6.934	1.088	3.429	1.762		7.540	3.849	6.778	2.950	12.130	
17	30/5/2020	4,865	5,883	4,225	12	5.25	2.713	2.775	7.6	2.345	2.241	3.328	7.298	0.792	3.689	1.075		6.750	3.519	7.107	1.912	11.588	
18	4/6/2020	4,913	5,961	4,264	6	3.45	2.406	2.529	5.9	2.319	2.181	2.506	8.120	0.066	4.296	1.461		5.250	2.776	7.850	0.000	10.520	
19	5/6/2020	4,733	5,739	4,316	4	5.67	1.591	1.727	3.6	1.730	2.112	1.875	8.751	0.000	4.785	1.746		4.265	2.206	8.421	0.000	9.732	
20	7/6/2020	5,719	0,057	4,301	7	4.50	3.057	3.187	7.9	2.924	2.199	2.714	7.912	0.259	4.139	1.036		5.602	2.964	7.662	0.424	10.780	
21	8/6/2020	4,635	8,084	0,460	8	4.99	3.192	3.307	7.7	2.703	2.212	2.882	7.744	0.409	4.014	0.941		5.898	3.116	7.510	0.803	10.993	
22	11/6/2020	4,718	5,722	0,048	11	4.37	2.787	2.858	8.4	2.648	2.235	3.240	7.386	0.718	3.753	1.151		6.573	3.440	7.187	1.680	11.465	
23	13/6/2020	4,714	5,569	4,225	8	6.07	1.930	2.000	4.3	1.501	2.212	2.882	7.744	0.409	4.014	1.370		5.898	3.116	7.510	0.803	10.993	
24	14/6/2020	4,848	5,532	4,389	8	4.98	2.183	2.262	6.9	2.435	2.212	2.882	7.744	0.409	4.014	1.377		5.898	3.116	7.510	0.803	10.993	
25	15/6/2020	5,029	6,166	6,486	17	5.79	2.001	2.033	7.7	2.138	2.256	3.646	6.981	1.051	3.462	1.367		7.432	3.806	6.821	2.808	12.056	
26	16/6/2020	4,686	5,565	4,383	6	5.73	1.547	1.626	3.3	1.295	2.181	2.506	8.120	0.066	4.296	1.781		5.250	2.776	7.850	0.000	10.520	
27	17/6/2020	4,739	5,888	4,617	6	6.00	1.759	1.848	3.8	1.499	2.181	2.506	8.120	0.066	4.296	1.515		5.250	2.776	7.850	0.000	10.520	
28	18/6/2020	4,921	5,598	0,624	8	4.76	3.061	3.172	8.3	2.931	2.212	2.882	7.744	0.409	4.014	1.006		5.898	3.116	7.510	0.803	10.993	
29	19/6/2020	4,872	5,605	4,331	11	5.89	1.577	1.617	4.1	1.279	2.235	3.240	7.386	0.718	3.753	1.714		6.573	3.440	7.187	1.680	11.465	
30	20/6/2020	4,698	5,819	4,348	19	5.46	2.278	2.310	8.5	2.293	2.260	3.736	6.891	1.122	3.398	1.250		7.642	3.888	6.739	3.083	12.200	
31	21/6/2020	4,917	5,653	4,395	6	5.93	1.701	1.788	3.7	1.477	2.181	2.506	8.120	0.066	4.296	1.581		5.250	2.776	7.850	0.000	10.520	
32	22/6/2020	0,501	5,836	0,437	6	3.42	3.402	3.575	8.2	3.227	2.181	2.506	8.120	0.066	4.296	1.037		5.250	2.776	7.850	0.000	10.520	
33	23/6/2020	4,819	5,628	4,219	8	5.92	1.732	1.795	3.8	1.341	2.212	2.882	7.744	0.409	4.014	1.555		5.898	3.116	7.510	0.803	10.993	
34	24/6/2020	4,849	5,572	4,145	6	5.71	1.629	1.712	3.7	1.474	2.181	2.506	8.120	0.066	4.296	1.696		5.250	2.776	7.850	0.000	10.520	

2. DATA MOTOR CURRENT

3.CHARTS MOTOR CURRENT

4. DATA VOLTAGE PANEL

5. CHARTS VOL ...

AVERAGE \times \checkmark f_x = $\$N\$114-\$AX5*LOOKUP(\$ARS;\$AS\$123:\$A\$164;D\$123:D\$164)$

Data_Zυαρεση-1_v09 *

	A	B	C	D	E	F	G	H	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	SA	SB	SC	SD	SE	SF	SG	SH	SI
1																										
2																										
3																										
4	Sample	1	2	3	4	5	6	7		Process characterization based on:				Control limits and centerline using s chart				Control limits and centerline using R chart								
5										std. dev		Range		UCL				LCL				Cp				
6	14/5/2020	3,896	4,661	3,945	0,327	0,380	3,083	3,808	4,2	0,01	2,418	2,425	6,4	1,858	0,286	-5,8114	6,374	1,780	2,792	1,374		9,385	4,334	6,272	3,366	13,404
7	15/5/2020	5,175	9,471	5,203	6,570	5,280	8,816	4,869	2,4	5,94	2,300	1,325	8,6	2,196	2,267	0,910	6,717	1,259	3,275	1,168		8,069	4,045	6,582	3,644	12,494
8	16/5/2020	4,952	6,371	4,576	8,192	4,512	8,392	0,442	6,6	6,70	2,233	2,255	6,1	2,031	2,269	3,965	6,662	1,304	3,233	1,239		8,215	4,093	6,332	3,835	12,593
9	17/5/2020	4,973	5,843	4,289	8,030	6,059	3,745	8,104	6,2	6,93	1,642	1,662	4,7	1,240	2,265	3,447	6,779	1,210	3,319	1,638		7,912	3,988	6,638	3,438	12,386
10	18/5/2020	4,865	5,883	4,225	8,023	0,432	8,073	4,865	1,2	5,25	1,713	1,775	7,6	2,345	2,241	3,328	7,298	0,792	3,689	1,075		6,750	3,519	7,107	1,912	11,388
11	19/5/2020	5,264	5,871	5,722	6,923	5,190	7,776	5,264	6,5	5,99	1,726	1,757	7,3	2,106	2,251	3,538	7,089	0,964	3,539	1,624		7,192	3,709	6,918	2,402	11,891
12	20/5/2020	4,315	0,466	5,593	0,458	5,770	4,334	8,052	5,3	5,03	2,213	2,238	7,8	1,973	2,268	3,880	6,747	1,235	3,297	1,351		7,992	4,018	6,609	3,544	12,441
13	23/5/2020	4,619	5,432	0,398	7,791	4,095	7,674	4,619	1,2	5,00	2,603	2,663	7,4	2,269	2,241	3,328	7,298	0,792	3,689	1,152		6,750	3,519	7,107	1,912	11,388
14	24/5/2020	4,592	5,572	4,008	7,888	4,279	4,592	5,572	1,2	4,52	2,203	2,254	7,1	2,179	2,241	3,328	7,298	0,792	3,689	1,474		6,750	3,519	7,107	1,912	11,388
15	25/5/2020	4,616	5,551	4,685	4,614	5,540	4,207	8,339	1,4	4,36	1,949	1,776	6,1	1,213	2,248	3,476	7,151	0,913	3,583	2,133		7,057	3,652	6,974	2,315	11,799
16	28/5/2020	4,938	6,530	0,461	9,065	5,762	4,303	8,201	6,4	6,61	1,723	2,776	6,6	2,526	2,248	3,476	7,151	0,913	3,583	1,027		7,057	3,652	6,974	2,315	11,799
17	29/5/2020	4,936	6,321	4,221	8,379	4,907	5,196	5,380	1,8	5,76	1,559	1,582	4,2	1,161	2,259	3,693	6,934	1,088	3,429	1,762		7,540	3,849	6,778	2,950	12,130
18	30/5/2020	4,865	5,883	4,225	8,023	0,432	8,073	4,865	1,2	5,25	1,713	1,775	7,6	2,345	2,241	3,328	7,298	0,792	3,689	1,075		6,750	3,519	7,107	1,912	11,388
19	4/6/2020	4,913	5,961	4,264	8,007	4,681	0,082		6,2	5,45	2,406	2,320	5,9	2,319	2,181	2,306	8,120	0,066	4,296	1,461		5,250	2,776	7,850	0,000	0,520
20	5/6/2020	4,733	5,739	4,316	7,878				4,4	5,67	1,591	1,127	5,6	1,730	2,112	1,875	8,751	0,000	4,785	1,746		4,265	2,206	8,421	0,000	9,732
21	7/6/2020	5,719	0,057	4,301	1,205	7,966	4,293	7,951	6,0	4,50	2,057	3,187	5,9	2,924	2,199	2,714	7,912	0,259	4,139	1,036		5,602	2,964	7,662	0,424	10,780
22	8/6/2020	4,635	8,084	0,460	5,886	4,389	8,093	0,432	6,0	4,99	1,192	1,307	6,7	2,703	2,212	2,882	7,744	0,409	4,014	0,941		5,898	3,116	7,510	0,803	10,993
23	11/6/2020	4,718	5,722	0,048	5,680	4,348	8,409	4,457	6,1	4,37	1,787	2,858	6,4	2,648	2,233	3,240	7,386	0,718	3,753	1,151		6,573	3,440	7,187	1,680	11,465
24	13/6/2020	4,714	5,569	4,225	8,467	4,587	8,075	4,423	6,8	6,97	1,930	2,000	4,3	1,501	2,212	2,882	7,744	0,409	4,014	1,370		5,898	3,116	7,510	0,803	10,993
25	14/6/2020	4,848	5,532	4,389	7,642	4,458	7,734	4,436	6,0	4,98	2,183	2,262	6,9	2,433	2,212	2,882	7,744	0,409	4,014	1,377		5,898	3,116	7,510	0,803	10,993
26	15/6/2020	5,029	6,166	6,486	4,086	8,466	6,422	6,358	5,7	5,79	2,001	2,033	7,7	2,138	2,256	3,446	6,981	1,051	3,462	1,367		7,432	3,806	6,821	2,808	12,056
27	16/6/2020	4,686	5,565	4,383	7,648	4,439	7,665		6,0	5,73	1,547	1,626	5,3	1,293	2,181	2,306	8,120	0,066	4,296	1,781		5,250	2,776	7,850	0,000	0,520
28	17/6/2020	4,739	5,888	4,617	8,230	4,430	8,124		6,0	6,00	1,759	1,848	5,8	1,499	2,181	2,306	8,120	0,066	4,296	1,515		5,250	2,776	7,850	0,000	0,520
29	18/6/2020	4,921	5,598	0,624	6,117	4,422	8,392	0,046	6,0	4,76	1,061	1,172	6,3	2,931	2,212	2,882	7,744	0,409	4,014	1,006		5,898	3,116	7,510	0,803	10,993
30	19/6/2020	4,872	5,605	4,331	8,042	6,562	5,922	6,1	6,89	1,577	1,617	4,1	1,279	2,233	3,240	7,386	0,718	3,753	1,151		6,573	3,440	7,187	1,680	11,465	
31	20/6/2020	4,698	5,819	4,348	4,687	8,518	0,465	8,306	6,9	5,46	1,278	1,310	6,5	2,293	2,260	3,736	6,891	1,122	3,398	1,250		7,642	3,888	6,739	3,083	12,200
32	21/6/2020	4,917	5,653	4,395	7,967	4,521	8,138		6,0	5,93	1,701	1,788	5,7	1,477	2,181	2,306	8,120	0,066	4,296	1,581		5,250	2,776	7,850	0,000	0,520
33	22/6/2020	0,501	5,836	0,437	8,615	4,319	0,810		6,0	5,42	1,402	3,575	5,2	3,227	2,181	2,306	8,120	0,066	4,296	1,037		5,250	2,776	7,850	0,000	0,520
34	23/6/2020	4,819	5,628	4,219	8,038	4,587	8,025	4,274	6,0	5,92	1,732	1,795	5,8	1,341	2,212	2,882	7,744	0,409	4,014	1,555		5,898	3,116	7,510	0,803	10,993
35	24/6/2020	4,849	5,572	4,145	7,536	4,291	7,881		6,0	5,71	1,829	1,712	5,7	1,474	2,181	2,306	8,120	0,066	4,296	1,696		5,250	2,776	7,850	0,000	0,520
36	28/6/2020	4,950	5,808	4,534	5,557	4,315	7,894	4,817	1,8	6,26	2,206	2,239	6,8	2,096	2,259	3,693	6,934	1,088	3,429	1,320		7,540	3,849	6,778	2,950	12,130
37	29/6/2020	4,846	5,817	5,351	3,524	7,949	4,806	5,933	6,5	6,41	2,603	2,652	6,4	2,419	2,251	3,538	7,089	0,964	3,339	1,096		7,192	3,709	6,918	2,492	11,891
38	30/6/2020	4,791	5,701	4,636	7,832	4,375	0,796	4,435	1,6	5,72	1,167	1,203	6,0	2,262	2,254	3,594	7,632	1,609	3,499	1,274		7,316	3,760	6,867	2,656	11,977
39	1/7/2020	4,703	5,669	4,614	7,915	4,461	8,159	4,731	1,5	5,76	1,580	2,423	6,4	2,427	2,251	3,538	7,089	0,964	3,539	1,154		7,192	3,709	6,918	2,492	11,891
40	2/7/2020	4,647	8,354	4,217	4,744	0,562	4,501	7,826	2,3	5,27	2,553	2,583	6,6	2,230	2,266	3,880	6,747	1,235	3,297	1,140		7,992	4,018	6,609	3,544	12,441
41	3/7/2020	4,723	8,160	4,787	5,645	5,799	4,043	3,301	1,4	5,22	2,147	2,189	6,6	2,536	2,248	3,476	7,151	0,913	3,583	1,364		7,057	3,652	6,974	2,315	11,799
42	4/7/2020	4,592	8,165	0,619	4,103	3,471	3,967	6,879	2,2	5,57	2,047	2,072	6,2	2,152	2,265	3,447	6,779	1,210	3,319	1,373		7,912	3,988	6,638	3,438	12,386
43	5/7/2020	4,834	8,225	4,716	6,759	4,860	7,322		6,0	6,12	1,516	1,594	6,5	1,383	2,181	2,306	8,120	0,066	4,296	1,732		5,250	2,776	7,850	0,000	0,520
44	6/7/2020	4,800	8,268	5,816	4,781	0,475	7,633		6,2	4,65	2,940	3,007	6,8	2,406	2,241	3,328	7,298	0,792	3,689							

Παράρτημα Β - Δεδομένα από σύστημα Τηλεμετρίας για το Μηχάνημα 2

Στον παρακάτω Πίνακα Π-2 εμφανίζονται τα δεδομένα για το δεύτερο μηχάνημα (Μηχάνημα 2) που μελετήθηκε.

Πίνακας Π-2

Sample	Data (measurement)				n	Process characterization based on:				Control limits and centerline			Control limits and centerline							
	1	2	3	4		x_bar	std. dev	s/c4	Range	using s chart		LCL, s	UCL, s	Cp	using R chart		LCL, R	UCL, R		
	s_bar	LCL, x	UCL, x	R_bar		LCL, x	UCL, x	LCL, R	UCL, R											
14/5/2020	3,2	3,2	3,2	2,8	38	3,47	1,754	1,761	9,3	1,991	3,735	5,682	1,422	2,560	2,001	8,150	3,805	5,612	4,466	11,833
16/5/2020	4,2	5,0	4,2	5,0	42	3,34	1,780	1,784	7,2	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,997	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014
17/5/2020	3,8	0,6	4,2	1,0	42	3,46	1,541	1,546	6,6	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	2,280	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014
18/5/2020	3,8	5,1	3,6	4,8	42	5,32	2,507	2,514	9,4	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,154	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014
19/5/2020	0,5	5,6	4,9	5,5	24	4,22	2,844	2,875	8,8	1,978	3,484	5,933	1,099	2,858	1,146	7,233	3,571	5,845	3,266	11,199
20/5/2020	5,0	6,1	4,5	5,3	16	5,75	1,422	1,446	4,0	1,967	3,208	6,208	0,881	3,053	1,933	6,558	3,316	6,101	2,381	10,735
21/5/2020	4,8	5,2	4,8	2,9	4	4,45	1,048	1,138	2,3	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	3,039	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723
22/5/2020	5,1	2,9	5,1	3,2	4	4,08	1,195	1,297	2,2	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	2,767	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723
23/5/2020	5,2	5,5	5,2	5,1	14	4,62	2,093	2,134	7,1	1,962	3,105	6,312	0,797	3,127	1,494	6,325	3,220	6,197	2,075	10,570
24/5/2020	5,3	2,9	5,3	5,4	4	4,71	1,207	1,310	2,5	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	2,565	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723
25/5/2020	4,9	8,3	4,9	8,3	12	5,85	1,573	1,609	3,7	1,955	2,976	6,440	0,691	3,219	1,727	6,050	3,100	6,316	1,714	10,380
26/5/2020	2,9	5,4	4,9	5,4	4	4,66	1,199	1,302	2,5	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	2,596	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723
27/5/2020	5,0	5,4	4,6	5,0	12	5,31	1,078	1,103	3,4	1,955	2,976	6,440	0,691	3,219	2,685	6,050	3,100	6,316	1,714	10,380
28/5/2020	4,9	2,9	4,9	5,3	4	4,50	1,084	1,176	2,4	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	2,923	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723
29/5/2020	5,0	5,5	5,1	3,2	8	4,99	0,761	0,789	2,3	1,930	2,587	6,830	0,357	3,503	3,946	5,287	2,739	6,678	0,720	9,853
30/5/2020	4,9	5,4	4,9	5,4	9	4,98	0,852	0,879	3,0	1,939	2,708	6,708	0,464	3,414	3,526	5,515	2,852	6,565	1,015	10,014
1/6/2020	5,0	5,4	5,1	5,6	6	4,42	1,942	2,040	5,1	1,903	2,259	7,158	0,058	3,748	1,645	4,706	2,434	6,982	0,000	9,430
2/6/2020	5,1	5,4	0,6	4,2	10	3,00	1,899	1,952	5,4	1,945	2,811	6,606	0,552	3,339	1,932	5,714	2,947	6,470	1,274	10,154
3/6/2020	0,5	5,5	1,6	5,2	4	3,18	2,526	2,741	5,0	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	1,428	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723
4/6/2020	5,1	5,4	0,5	0,9	4	2,96	2,649	2,875	4,9	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	1,389	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723

5/6/2020	4,9	5,4	0,5	0,9	4	2,93	2,618	2,842	5,0	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	1,410	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723
7/6/2020	5,2	0,6	5,2	5,7	20	4,34	2,187	2,216	7,5	1,974	3,367	6,050	1,007	2,941	1,473	6,935	3,463	5,954	2,876	10,994
8/6/2020	5,1	5,7	4,6	5,1	16	4,54	2,260	2,298	8,2	1,967	3,208	6,208	0,881	3,053	1,395	6,558	3,316	6,101	2,381	10,735
9/6/2020	5,2	5,6	0,5	5,2	4	4,12	2,435	2,643	5,1	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	1,353	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723
10/6/2020	3,1	5,2	5,6	0,5	17	4,12	2,681	2,723	8,2	1,969	3,253	6,164	0,917	3,021	1,229	6,662	3,357	6,059	2,517	10,806
12/6/2020	4,9	0,8	0,2	0,5	5	2,29	2,443	2,599	4,8	1,880	2,025	7,392	0,000	3,927	1,598	4,319	2,217	7,200	0,000	9,132
13/6/2020	4,9	8,7	5,0	7,5	8	6,06	1,633	1,692	4,0	1,930	2,587	6,830	0,357	3,503	1,621	5,287	2,739	6,678	0,720	9,853
14/6/2020	5,2	0,6	4,8	8,6	17	4,85	2,378	2,415	8,1	1,969	3,253	6,164	0,917	3,021	1,283	6,662	3,357	6,059	2,517	10,806
15/6/2020	4,8	0,5	4,8	8,3	10	4,64	2,543	2,614	7,8	1,945	2,811	6,606	0,552	3,339	1,227	5,714	2,947	6,470	1,274	10,154
16/6/2020	0,5	0,5	4,8	4,7	5	3,58	3,017	3,209	6,9	1,880	2,025	7,392	0,000	3,927	1,151	4,319	2,217	7,200	0,000	9,132
17/6/2020	5,3	5,6	4,5	4,8	15	5,25	1,124	1,144	3,9	1,965	3,159	6,258	0,841	3,088	2,594	6,446	3,270	6,147	2,234	10,658
18/6/2020	4,9	0,5	0,5	8,0	4	3,48	3,669	3,983	7,6	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	0,956	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723
19/6/2020	9,5	8,6	8,0	7,7	11	6,52	3,556	3,646	9,6	1,951	2,899	6,517	0,627	3,275	0,701	5,891	3,029	6,388	1,506	10,277
20/6/2020	1,5	1,6	2,2	1,7	8	4,38	3,753	3,889	8,5	1,930	2,587	6,830	0,357	3,503	0,854	5,287	2,739	6,678	0,720	9,853
21/6/2020	7,0	0,1	1,3	1,2	42	4,00	3,705	3,715	9,6	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	0,899	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014
22/6/2020	5,3	8,6	3,8	5,2	12	5,18	2,045	2,092	8,1	1,955	2,976	6,440	0,691	3,219	1,437	6,050	3,100	6,316	1,714	10,386
23/6/2020	4,5	4,6	6,7	4,0	7	5,20	1,393	1,452	3,6	1,919	2,441	6,976	0,226	3,612	2,105	5,021	2,603	6,814	0,380	9,662
24/6/2020	0,4	5,2	0,4	4,9	25	3,49	1,984	2,005	6,5	1,979	3,508	5,908	1,118	2,841	1,765	7,298	3,594	5,822	3,352	11,244
25/6/2020	4,2	5,4	4,2	4,5	22	4,67	1,524	1,542	7,3	1,976	3,429	5,988	1,056	2,896	2,041	7,092	3,521	5,896	3,082	11,102
26/6/2020	4,3	5,1	4,1	4,6	23	4,16	2,394	2,422	9,6	1,977	3,457	5,960	1,078	2,877	1,370	7,164	3,547	5,870	3,176	11,151
27/6/2020	4,3	5,1	4,2	4,9	22	5,05	1,438	1,456	5,1	1,976	3,429	5,988	1,056	2,896	2,074	7,092	3,521	5,896	3,082	11,102
28/6/2020	4,5	5,1	4,2	8,0	25	4,85	1,738	1,756	7,6	1,979	3,508	5,908	1,118	2,841	1,756	7,298	3,594	5,822	3,352	11,244
29/6/2020	4,3	4,9	4,4	7,2	29	4,87	2,034	2,052	8,3	1,983	3,594	5,823	1,199	2,766	1,495	7,560	3,674	5,743	3,695	11,423
30/6/2020	4,7	5,2	5,0	5,2	29	5,16	1,441	1,454	8,2	1,983	3,594	5,823	1,199	2,766	2,043	7,560	3,674	5,743	3,695	11,423
1/7/2020	4,6	5,0	5,0	5,7	41	4,96	1,471	1,476	7,5	1,994	3,771	5,645	1,517	2,470	2,047	8,346	3,839	5,578	4,724	11,963
2/7/2020	4,9	5,0	4,4	4,7	39	4,72	1,679	1,686	7,5	1,992	3,748	5,669	1,452	2,532	1,843	8,215	3,816	5,600	4,552	11,878
3/7/2020	4,6	0,7	4,5	0,5	30	4,61	2,116	2,134	8,6	1,984	3,613	5,804	1,221	2,746	1,479	7,626	3,691	5,725	3,781	11,471
4/7/2020	5,0	5,2	4,8	7,7	24	4,95	1,824	1,844	7,4	1,978	3,484	5,933	1,099	2,858	1,654	7,233	3,571	5,845	3,266	11,193
5/7/2020	4,7	0,5	0,5	4,8	23	4,35	2,010	2,033	6,9	1,977	3,457	5,960	1,078	2,877	1,600	7,164	3,547	5,870	3,176	11,151
6/7/2020	4,7	5,1	4,7	5,0	36	5,01	1,676	1,685	7,9	1,989	3,708	5,708	1,366	2,612	1,788	8,019	3,780	5,637	4,295	11,742

7/7/2020	4,7	5,1	0,5	5,1	25	4,93	1,672	1,690	7,6	1,979	3,508	5,908	1,118	2,841	1,808	7,298	3,594	5,822	3,352	11,24
8/7/2020	4,7	4,6	5,1	4,5	24	5,29	1,334	1,349	4,4	1,978	3,484	5,933	1,099	2,858	2,176	7,233	3,571	5,845	3,266	11,19
9/7/2020	4,7	5,2	4,6	5,2	35	4,38	2,007	2,019	7,8	1,988	3,694	5,723	1,340	2,637	1,598	7,953	3,767	5,650	4,209	11,69
10/7/2020	4,7	5,1	5,2	5,2	41	5,01	1,822	1,828	8,2	1,994	3,771	5,645	1,517	2,470	1,645	8,346	3,839	5,578	4,724	11,96
11/7/2020	5,2	4,8	5,2	4,8	42	4,78	1,670	1,674	7,4	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,840	8,412	3,849	5,568	4,809	12,01
12/7/2020	5,0	5,1	0,4	7,4	37	4,26	2,177	2,188	7,4	1,990	3,722	5,695	1,393	2,587	1,492	8,084	3,793	5,624	4,381	11,78
13/7/2020	4,8	4,9	4,3	7,6	42	4,64	1,818	1,823	7,6	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,716	8,412	3,849	5,568	4,809	12,01
14/7/2020	7,6	0,1	4,5	4,8	27	4,71	2,269	2,290	7,8	1,981	3,554	5,863	1,158	2,804	1,365	7,429	3,636	5,780	3,523	11,33
15/7/2020	4,5	5,0	5,0	0,0	42	4,37	2,016	2,021	8,5	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,592	8,412	3,849	5,568	4,809	12,01
16/7/2020	4,2	6,5	3,8	6,5	42	5,06	1,702	1,707	8,0	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,751	8,412	3,849	5,568	4,809	12,01
18/7/2020	4,6	5,1	4,6	5,1	42	4,76	1,912	1,917	8,2	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,612	8,412	3,849	5,568	4,809	12,01
19/7/2020	4,7	5,1	0,4	8,4	42	4,45	2,139	2,144	8,3	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,488	8,412	3,849	5,568	4,809	12,01
20/7/2020	4,6	5,2	4,5	7,7	25	4,26	1,900	1,920	7,5	1,979	3,508	5,908	1,118	2,841	1,709	7,298	3,594	5,822	3,352	11,24
21/7/2020	4,5	5,0	4,4	5,0	22	4,52	2,069	2,094	7,7	1,976	3,429	5,988	1,056	2,896	1,527	7,092	3,521	5,896	3,082	11,10
22/7/2020	0,5	5,0	4,3	0,8	40	4,24	2,115	2,123	7,8	1,993	3,760	5,657	1,483	2,502	1,539	8,281	3,828	5,589	4,638	11,92
23/7/2020	4,8	5,1	4,4	7,8	35	4,83	1,860	1,871	7,7	1,988	3,694	5,723	1,340	2,637	1,644	7,953	3,767	5,650	4,209	11,69
24/7/2020	3,6	4,7	5,1	4,4	22	4,93	1,949	1,972	8,0	1,976	3,429	5,988	1,056	2,896	1,552	7,092	3,521	5,896	3,082	11,10
25/7/2020	4,7	5,1	4,5	8,0	42	5,10	1,714	1,718	8,0	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,732	8,412	3,849	5,568	4,809	12,01
27/7/2020	5,2	5,3	5,3	5,3	41	5,17	1,556	1,561	7,9	1,994	3,771	5,645	1,517	2,470	1,892	8,346	3,839	5,578	4,724	11,96
28/7/2020	5,1	5,0	5,1	4,7	42	4,92	1,968	1,973	8,5	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,538	8,412	3,849	5,568	4,809	12,01
29/7/2020	4,9	5,1	4,5	8,0	42	5,15	2,236	2,242	8,7	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,319	8,412	3,849	5,568	4,809	12,01
30/7/2020	4,5	8,0	4,5	8,2	19	5,44	1,876	1,902	7,8	1,972	3,332	6,085	0,979	2,965	1,521	6,849	3,431	5,986	2,764	10,93
1/8/2020	4,4	8,4	4,6	5,1	32	4,99	2,324	2,340	8,5	1,986	3,648	5,769	1,266	2,705	1,293	7,757	3,724	5,693	3,952	11,56
2/8/2020	4,6	0,5	4,3	5,0	42	4,74	1,945	1,950	8,2	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,587	8,412	3,849	5,568	4,809	12,01
3/8/2020	4,5	5,1	4,5	8,0	38	4,98	1,939	1,947	8,5	1,991	3,735	5,682	1,422	2,560	1,551	8,150	3,805	5,612	4,466	11,83
4/8/2020	4,5	5,1	4,2	5,1	30	5,25	1,190	1,200	3,8	1,984	3,613	5,804	1,221	2,746	2,450	7,626	3,691	5,725	3,781	11,47
5/8/2020	8,0	0,5	5,4	5,0	17	4,71	1,965	1,996	7,5	1,969	3,253	6,164	0,917	3,021	1,576	6,662	3,357	6,059	2,517	10,80
6/8/2020	0,5	4,6	5,1	0,5	41	4,54	2,083	2,089	7,8	1,994	3,771	5,645	1,517	2,470	1,514	8,346	3,839	5,578	4,724	11,96
7/8/2020	4,3	8,1	4,4	0,8	41	4,66	2,253	2,260	7,9	1,994	3,771	5,645	1,517	2,470	1,382	8,346	3,839	5,578	4,724	11,96
8/8/2020	6,8	4,4	0,7	4,1	29	4,45	1,881	1,898	7,1	1,983	3,594	5,823	1,199	2,766	1,692	7,560	3,674	5,743	3,695	11,42

9/8/2020	4,1	0,5	4,1	4,5	13	3,95	1,657	1,692	6,5	1,959	3,044	6,373	0,748	3,170	2,021	6,194	3,164	6,253	1,903	10,485
10/8/2020	4,5	5,0	3,9	4,7	37	4,77	1,677	1,685	7,9	1,990	3,722	5,695	1,393	2,587	1,835	8,084	3,793	5,624	4,381	11,788
11/8/2020	8,7	4,0	6,3	4,2	15	5,54	1,785	1,817	4,7	1,965	3,159	6,258	0,841	3,088	1,580	6,446	3,270	6,147	2,234	10,658
12/8/2020	4,3	8,6	4,3	5,1	42	4,91	2,101	2,107	8,5	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,442	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014
13/8/2020	4,3	0,5	0,3	4,4	42	4,21	2,110	2,116	7,1	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,546	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014
14/8/2020	4,3	4,9	0,4	0,6	41	4,61	2,262	2,270	8,3	1,994	3,771	5,645	1,517	2,470	1,384	8,346	3,839	5,578	4,724	11,969
15/8/2020	0,4	5,0	0,4	7,7	38	4,57	1,810	1,818	7,5	1,991	3,735	5,682	1,422	2,560	1,737	8,150	3,805	5,612	4,466	11,833
17/8/2020	4,1	4,9	4,0	6,9	41	4,53	1,857	1,863	7,8	1,994	3,771	5,645	1,517	2,470	1,701	8,346	3,839	5,578	4,724	11,969
18/8/2020	4,3	5,0	4,4	5,3	41	4,89	1,964	1,970	8,7	1,994	3,771	5,645	1,517	2,470	1,546	8,346	3,839	5,578	4,724	11,969
19/8/2020	4,3	5,0	4,4	5,2	41	4,97	2,145	2,151	8,3	1,994	3,771	5,645	1,517	2,470	1,403	8,346	3,839	5,578	4,724	11,969
20/8/2020	4,0	5,1	4,2	8,5	36	4,57	1,924	1,935	8,2	1,989	3,708	5,708	1,366	2,612	1,634	8,019	3,780	5,637	4,295	11,742
21/8/2020	4,0	7,8	4,0	7,1	41	5,03	2,104	2,111	8,7	1,994	3,771	5,645	1,517	2,470	1,420	8,346	3,839	5,578	4,724	11,969
22/8/2020	4,5	5,1	4,4	5,2	28	4,34	1,624	1,639	6,6	1,982	3,575	5,842	1,178	2,786	1,983	7,495	3,656	5,761	3,609	11,380
23/8/2020	4,0	5,1	4,2	8,0	42	4,77	2,176	2,182	8,8	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,413	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014
24/8/2020	4,5	5,2	4,2	5,2	40	4,50	1,951	1,958	8,1	1,993	3,760	5,657	1,483	2,502	1,624	8,281	3,828	5,589	4,638	11,924
25/8/2020	4,5	5,3	4,5	5,4	38	5,38	1,890	1,898	8,9	1,991	3,735	5,682	1,422	2,560	1,521	8,150	3,805	5,612	4,466	11,833
27/8/2020	4,3	5,3	4,4	5,3	40	5,18	1,588	1,593	8,0	1,993	3,760	5,657	1,483	2,502	1,852	8,281	3,828	5,589	4,638	11,924
28/8/2020	0,4	0,5	0,4	5,0	42	4,44	2,339	2,346	8,8	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,362	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014
29/8/2020	4,3	5,1	4,1	4,3	39	4,86	1,797	1,804	7,5	1,992	3,748	5,669	1,452	2,532	1,696	8,215	3,816	5,600	4,552	11,878
30/8/2020	4,5	5,3	0,4	5,2	42	4,96	1,875	1,881	9,3	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,607	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014
31/8/2020	0,0	5,4	4,7	5,5	41	5,30	1,998	2,005	8,7	1,994	3,771	5,645	1,517	2,470	1,451	8,346	3,839	5,578	4,724	11,969
1/9/2020	4,4	5,4	4,5	8,2	41	4,76	2,231	2,238	8,6	1,994	3,771	5,645	1,517	2,470	1,381	8,346	3,839	5,578	4,724	11,969
2/9/2020	4,3	5,2	4,6	7,9	29	4,87	2,242	2,262	7,8	1,983	3,594	5,823	1,199	2,766	1,357	7,560	3,674	5,743	3,695	11,423
3/9/2020	4,5	5,2	4,2	5,0	41	4,85	1,773	1,779	7,6	1,994	3,771	5,645	1,517	2,470	1,720	8,346	3,839	5,578	4,724	11,969
4/9/2020	0,4	5,2	4,3	5,2	37	4,99	1,826	1,835	8,0	1,990	3,722	5,695	1,393	2,587	1,645	8,084	3,793	5,624	4,381	11,788
5/9/2020	4,4	5,2	4,0	5,1	42	5,23	1,832	1,836	7,4	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,596	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014
7/9/2020	4,7	5,6	4,1	3,6	28	4,47	1,934	1,951	7,8	1,982	3,575	5,842	1,178	2,786	1,642	7,495	3,656	5,761	3,609	11,380
9/9/2020	4,6	5,3	0,4	5,2	37	5,16	2,089	2,099	8,5	1,990	3,722	5,695	1,393	2,587	1,411	8,084	3,793	5,624	4,381	11,788
10/9/2020	4,8	5,4	4,6	5,4	28	4,76	1,547	1,561	8,1	1,982	3,575	5,842	1,178	2,786	1,991	7,495	3,656	5,761	3,609	11,380
14/9/2020	4,6	5,4	5,0	0,5	34	4,61	2,131	2,144	8,4	1,987	3,679	5,737	1,314	2,660	1,469	7,888	3,753	5,664	4,124	11,652

16/9/2020	4,6	5,3	4,4	1,9	36	4,71	2,083	2,095	8,5	1,989	3,708	5,708	1,366	2,612	1,487	8,019	3,780	5,637	4,295	11,742
20/9/2020	4,9	4,4	6,4	4,4	27	4,31	2,276	2,297	7,1	1,981	3,554	5,863	1,158	2,804	1,419	7,429	3,636	5,780	3,523	11,333
30/9/2020	7,0	4,3	7,7	0,4	26	4,81	2,340	2,364	7,9	1,980	3,532	5,885	1,138	2,823	1,308	7,364	3,616	5,801	3,438	11,290

AVERAGE : X ✓ fx =STDEV(B6:AQ6)

Data_Συσκευή-2_v08 *

	A	B	C	D	E	AR	AS	AT	AU	AV	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ		
1																									
2	Process characterization based on: Control limits and centerline											Control limits and centerline													
3	Data (measurement)					std. dev					Range					using s chart					using R chart				
4	Sample	1	2	3	4	n	x_bar	s	s/4	R	s_bar	LCL_x	UCL_x	LCL_s	UCL_s	Cp	R_bar	LCL_r	UCL_r	LCL_R	UCL_R				
5	14/5/2020	3,2	3,2	3,2	2,8	38	3,47	1,754	1,761	9,3	1,991	3,735	5,682	1,422	2,560	2,001	8,150	3,805	5,612	4,466	11,833				
6	16/5/2020	4,2	5,0	4,2	5,0	42	3,34	=STDEV(B6:AQ6)	1,784	7,2	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,997	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014				
7	17/5/2020	3,8	0,6	4,2	1,0	42	3,46	1,541	1,546	6,6	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	2,280	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014				
8	18/5/2020	3,8	5,1	3,6	4,8	42	3,32	2,507	2,514	9,4	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,154	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014				
9	19/5/2020	0,5	5,6	4,9	5,5	24	4,22	2,844	2,875	8,8	1,978	3,484	5,933	1,099	2,858	1,146	7,233	3,571	5,845	3,266	11,199				
10	20/5/2020	5,0	6,1	4,5	5,3	16	5,75	1,422	1,446	4,0	1,967	3,208	6,208	0,881	3,053	1,933	6,558	3,316	6,101	2,381	10,735				
11	21/5/2020	4,8	5,2	4,8	2,9	4	4,45	1,048	1,138	2,3	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	3,039	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723				
12	22/5/2020	5,1	2,9	5,1	3,2	4	4,08	1,195	1,297	2,2	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	2,767	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723				
13	23/5/2020	5,2	5,5	5,2	5,1	14	4,62	2,093	2,134	7,1	1,962	3,105	6,312	0,797	3,127	1,494	6,325	3,220	6,197	2,075	10,576				
14	24/5/2020	5,3	2,9	5,3	5,4	4	4,71	1,207	1,310	2,5	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	2,565	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723				
15	25/5/2020	4,9	8,3	4,9	8,3	12	5,85	1,573	1,609	3,7	1,955	2,976	6,440	0,691	3,219	1,727	6,050	3,100	6,316	1,714	10,386				
16	26/5/2020	2,9	5,4	4,9	5,4	4	4,66	1,199	1,302	2,5	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	2,596	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723				
17	27/5/2020	5,0	5,4	4,6	5,0	12	5,31	1,078	1,103	3,4	1,955	2,976	6,440	0,691	3,219	2,685	6,050	3,100	6,316	1,714	10,386				
18	28/5/2020	4,9	2,9	4,9	5,3	4	4,50	1,084	1,176	2,4	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	2,923	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723				
19	29/5/2020	5,0	5,5	5,1	3,2	8	4,99	0,761	0,789	2,3	1,930	2,587	6,830	0,357	3,503	3,946	5,287	2,739	6,678	0,720	9,853				
20	30/5/2020	4,9	5,4	4,9	5,4	9	4,98	0,852	0,879	3,0	1,939	2,708	6,708	0,464	3,414	3,526	5,515	2,852	6,565	1,015	10,014				
21	1/6/2020	5,0	5,4	5,1	5,6	6	4,42	1,942	2,040	5,1	1,903	2,259	7,158	0,058	3,748	1,645	4,706	2,434	6,982	0,000	9,430				
22	2/6/2020	5,1	5,4	0,6	4,2	10	3,00	1,899	1,952	5,4	1,945	2,811	6,606	0,552	3,339	1,932	5,714	2,947	6,470	1,274	10,154				
23	3/6/2020	0,5	5,5	1,6	5,2	4	3,18	2,326	2,741	5,0	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	1,428	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723				
24	4/6/2020	5,1	5,4	0,5	0,9	4	2,96	2,649	2,875	4,9	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	1,389	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723				
25	5/6/2020	4,9	5,4	0,5	0,9	4	2,93	2,618	2,842	5,0	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	1,410	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723				
26	7/6/2020	5,2	0,6	5,2	5,7	20	4,34	2,187	2,216	7,5	1,974	3,367	6,050	1,007	2,941	1,473	6,935	3,463	5,954	2,876	10,994				
27	8/6/2020	5,1	5,7	4,6	5,1	16	4,54	2,260	2,298	8,2	1,967	3,208	6,208	0,881	3,053	1,395	6,558	3,316	6,101	2,381	10,735				
28	9/6/2020	5,2	5,6	0,5	5,2	4	4,12	2,435	2,643	5,1	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	1,353	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723				
29	10/6/2020	3,1	5,2	5,6	0,5	17	4,12	2,681	2,723	8,2	1,969	3,253	6,164	0,917	3,021	1,229	6,662	3,357	6,059	2,517	10,806				
30	12/6/2020	4,9	0,8	0,2	0,5	5	2,29	2,443	2,599	4,8	1,880	2,025	7,392	0,000	3,927	1,598	4,319	2,217	7,200	0,000	9,132				
31	13/6/2020	4,9	8,7	5,0	7,5	8	6,06	1,633	1,692	4,0	1,930	2,587	6,830	0,357	3,503	1,621	5,287	2,739	6,678	0,720	9,853				
32	14/6/2020	5,2	0,6	4,8	8,6	17	4,85	2,378	2,415	8,1	1,969	3,253	6,164	0,917	3,021	1,283	6,662	3,357	6,059	2,517	10,806				
33	15/6/2020	4,8	0,5	4,8	8,3	10	4,64	2,543	2,614	7,8	1,945	2,811	6,606	0,552	3,339	1,227	5,714	2,947	6,470	1,274	10,154				
34	16/6/2020	0,5	0,5	4,8	4,7	5	3,58	3,017	3,209	6,9	1,880	2,025	7,392	0,000	3,927	1,151	4,319	2,217	7,200	0,000	9,132				
35	17/6/2020	5,3	5,6	4,5	4,8	15	5,25	1,124	1,144	3,9	1,965	3,159	6,258	0,841	3,088	2,594	6,446	3,270	6,147	2,234	10,658				
36	18/6/2020	4,9	0,5	0,5	8,0	4	3,48	3,669	3,983	7,6	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	0,956	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723				
37	19/6/2020	9,5	8,6	8,0	7,7	11	6,52	3,556	3,646	9,6	1,951	2,899	6,517	0,627	3,275	0,701	5,891	3,029	6,388	1,506	10,277				
38	20/6/2020	1,5	1,6	2,2	1,7	8	4,38	3,753	3,889	8,5	1,930	2,587	6,830	0,357	3,503	0,834	5,287	2,739	6,678	0,720	9,853				
39	21/6/2020	7,0	0,1	1,3	1,2	42	4,00	3,705	3,715	9,6	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	0,899	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014				
40	22/6/2020	5,3	8,6	3,8	5,2	12	5,18	2,045	2,092	8,1	1,955	2,976	6,440	0,691	3,219	1,437	6,050	3,100	6,316	1,714	10,386				

1. INFO | 2. DATA MOTOR CURRENT | 3. CHARTS MOTOR CURRENT | 4. DATA VOLTAGE PANEL | 5. ... (+) |

Edit [grid icon] [print icon]

AVERAGE \times \checkmark f_x $= (14-AS7)/(3*AT7)$

Data_Συσκευή-2_v08 * x

	A	B	C	D	E	AR	AS	AT	AU	AV	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI							
1																													
2						Process characterization based on:										Control limits and centerline													
3	Data (measurement)					std. dev					Range					using s chart							Control limits and centerline using R chart						
4	Sample	1	2	3	4	n	x_bar	s	s/c4	R	s_bar	LCL_x	UCL_x	LCL_s	UCL_s	Cp	R_bar	LCL_x	UCL_x	LCL_R	UCL_R								
5	14/5/2020	3,2	3,2	3,2	2,8	38	3,47	1,754	1,761	9,3	1,991	3,735	5,682	1,422	2,560	2,001	8,150	3,805	5,612	4,466	11,833								
6	16/5/2020	4,2	5,0	4,2	5,0	42	3,34	1,780	1,784	7,2	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,997	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014								
7	17/5/2020	3,8	0,6	4,2	1,0	42	3,46	1,541	1,546	6,6	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	$= (14-AS7)$	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014								
8	18/5/2020	3,8	5,1	3,6	4,8	42	5,32	2,507	2,514	9,4	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	1,154	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014								
9	19/5/2020	0,5	5,6	4,9	5,5	24	4,22	2,844	2,875	8,8	1,978	3,484	5,933	1,099	2,858	1,146	7,233	3,571	5,845	3,266	11,199								
10	20/5/2020	5,0	6,1	4,5	5,3	16	5,75	1,422	1,446	4,0	1,967	3,208	6,208	0,881	3,053	1,933	6,558	3,316	6,101	2,381	10,735								
11	21/5/2020	4,8	5,2	4,8	2,9	4	4,45	1,048	1,138	2,3	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	3,039	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723								
12	22/5/2020	5,1	2,9	5,1	3,2	4	4,08	1,195	1,297	2,2	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	2,767	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723								
13	23/5/2020	5,2	5,5	5,2	5,1	14	4,62	2,093	2,134	7,1	1,962	3,105	6,312	0,797	3,127	1,494	6,325	3,220	6,197	2,075	10,576								
14	24/5/2020	5,3	2,9	5,3	5,4	4	4,71	1,207	1,310	2,5	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	2,565	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723								
15	25/5/2020	4,9	8,3	4,9	8,3	12	5,85	1,573	1,609	3,7	1,955	2,976	6,440	0,691	3,219	1,727	6,050	3,100	6,316	1,714	10,386								
16	26/5/2020	2,9	5,4	4,9	5,4	4	4,66	1,199	1,302	2,5	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	2,596	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723								
17	27/5/2020	5,0	5,4	4,6	5,0	12	5,31	1,078	1,103	3,4	1,955	2,976	6,440	0,691	3,219	2,685	6,050	3,100	6,316	1,714	10,386								
18	28/5/2020	4,9	2,9	4,9	5,3	4	4,50	1,084	1,176	2,4	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	2,923	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723								
19	29/5/2020	5,0	5,5	5,1	3,2	8	4,99	0,761	0,789	2,3	1,930	2,587	6,830	0,357	3,503	3,946	5,287	2,739	6,678	0,720	9,853								
20	30/5/2020	4,9	5,4	4,9	5,4	9	4,98	0,852	0,879	3,0	1,939	2,708	6,708	0,464	3,414	3,526	5,515	2,852	6,565	1,015	10,014								
21	1/6/2020	5,0	5,4	5,1	5,6	6	4,42	1,942	2,040	5,1	1,903	2,259	7,158	0,058	3,748	1,645	4,706	2,434	6,982	0,000	9,430								
22	2/6/2020	5,1	5,4	0,6	4,2	10	3,00	1,899	1,952	5,4	1,945	2,811	6,606	0,552	3,339	1,932	5,714	2,947	6,470	1,274	10,154								
23	3/6/2020	0,5	5,5	1,6	5,2	4	3,18	2,526	2,741	5,0	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	1,428	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723								
24	4/6/2020	5,1	5,4	0,5	0,9	4	2,96	2,649	2,875	4,9	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	1,389	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723								
25	5/6/2020	4,9	5,4	0,5	0,9	4	2,93	2,618	2,842	5,0	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	1,410	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723								
26	7/6/2020	5,2	0,6	5,2	5,7	20	4,34	2,187	2,216	7,5	1,974	3,367	6,050	1,007	2,941	1,473	6,935	3,463	5,954	2,876	10,994								
27	8/6/2020	5,1	5,7	4,6	5,1	16	4,54	2,260	2,298	8,2	1,967	3,208	6,208	0,881	3,053	1,395	6,558	3,316	6,101	2,381	10,735								
28	9/6/2020	5,2	5,6	0,5	5,2	4	4,12	2,435	2,643	5,1	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	1,353	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723								
29	10/6/2020	3,1	5,2	5,6	0,5	17	4,12	2,681	2,723	8,2	1,969	3,253	6,164	0,917	3,021	1,229	6,662	3,357	6,059	2,517	10,806								
30	12/6/2020	4,9	0,8	0,2	0,5	5	2,29	2,443	2,599	4,8	1,880	2,025	7,392	0,000	3,927	1,598	4,319	2,217	7,200	0,000	9,132								
31	13/6/2020	4,9	8,7	5,0	7,5	8	6,06	1,633	1,692	4,0	1,930	2,587	6,830	0,357	3,503	1,621	5,287	2,739	6,678	0,720	9,853								
32	14/6/2020	5,2	0,6	4,8	8,6	17	4,85	2,378	2,415	8,1	1,969	3,253	6,164	0,917	3,021	1,283	6,662	3,357	6,059	2,517	10,806								
33	15/6/2020	4,8	0,5	4,8	8,3	10	4,64	2,543	2,614	7,8	1,945	2,811	6,606	0,552	3,339	1,227	5,714	2,947	6,470	1,274	10,154								
34	16/6/2020	0,5	0,5	4,8	4,7	5	3,58	3,017	3,209	6,9	1,880	2,025	7,392	0,000	3,927	1,151	4,319	2,217	7,200	0,000	9,132								
35	17/6/2020	5,3	5,6	4,5	4,8	15	5,25	1,124	1,144	3,9	1,965	3,159	6,258	0,841	3,088	2,594	6,446	3,270	6,147	2,234	10,658								
36	18/6/2020	4,9	0,5	0,5	8,0	4	3,48	3,669	3,983	7,6	1,843	1,708	7,708	0,000	4,175	0,956	3,823	1,923	7,494	0,000	8,723								
37	19/6/2020	9,5	8,6	8,0	7,7	11	6,52	3,556	3,646	9,6	1,951	2,899	6,517	0,627	3,275	0,701	5,891	3,029	6,388	1,506	10,277								
38	20/6/2020	1,5	1,6	2,2	1,7	8	4,38	3,753	3,889	8,5	1,930	2,587	6,830	0,357	3,503	0,854	5,287	2,739	6,678	0,720	9,853								
39	21/6/2020	7,0	0,1	1,3	1,2	42	4,00	3,705	3,715	9,6	1,995	3,783	5,634	1,553	2,436	0,899	8,412	3,849	5,568	4,809	12,014								
40	22/6/2020	5,3	8,6	3,8	5,2	12	5,18	2,045	2,092	8,1	1,955	2,976	6,440	0,691	3,219	1,437	6,050	3,100	6,316	1,714	10,386								

1. INFO

2. DATA MOTOR CURRENT

3. CHARTS MOTOR CURRENT

4. DATA VOLTAGE PANEL

5. ... \oplus

