

Δρ. Παναγιώτης Τσαρούχας

Δρ. Ευάγγελος Ψωμάς

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ



ISBN 978-960-456-450-7

© Copyright, 2016, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Τσαρούχας Παναγιώτης, Ψωμάς Ευάγγελος

Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται κατά τις διατάξεις του ελληνικού νόμου (Ν.2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα) και τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως η άνευ γραπτής άδειας του εκδότη κατά οποιοδήποτε τρόπο ή μέσο αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρονική, μηχανική ή άλλη) και η εν γένει εκμετάλλευσή του συνόλου ή μέρους του έργου.

Φωτοστοιχειοθεσία
Εκτύπωση
Βιβλιοδεσία

Π. ΖΗΤΗ & Σια ΟΕ

18ο χλμ Θεσ/νίκης-Περαίας

Τ.Θ. 4171 • Περαία Θεσσαλονίκης • Τ.Κ. 570 19

Τηλ.: 2392.072.222 - Fax: 2392.072.229 • e-mail: info@ziti.gr



www.ziti.gr

ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ - ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ:

Αρμενοπούλου 27, 546 35 Θεσσαλονίκη

Τηλ.: 2310.203.720, Fax: 2310.211.305 • e-mail: sales@ziti.gr

ΑΠΟΘΗΚΗ ΑΘΗΝΩΝ - ΠΩΛΗΣΗ ΧΟΝΔΡΙΚΗ:

Χαριλάου Τρικούπη 22, 106 79 Αθήνα

Τηλ.-Fax: 210.3816.650 • e-mail: athina@ziti.gr

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟ: www.ziti.gr

Πρόλογος

Ο έλεγχος ποιότητας είναι μια διαδικασία που μπορεί αρχικά να ξεκινήσει από τη βιομηχανία σε επίπεδο παραγωγής αλλά κατόπιν εξελίχθηκε σε μια ευρεία έννοια που αγκαλιάζει όλη την εφοδιαστική αλυσίδα. Μπορεί να εφαρμοστεί κατά την φάση του σχεδιασμού, της παραγωγής, του ελέγχου και της υποστήριξης μετά την πώληση ενός προϊόντος. Επίσης, μπορεί να αξιολογήσει την ικανότητα ενός οργανισμού ή επιχείρησης που προσφέρει τεχνογνωσία υπηρεσιών. Η μέτρηση της ικανότητας των διαδικασιών αυτών γίνεται με τις Τεχνικές Βελτίωσης της Ποιότητας.

Το παρόν σύγγραμμα επικεντρώνεται στα εργαλεία και τις τεχνικές του Ποιοτικού Ελέγχου για την βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και των υπηρεσιών. Στο πλαίσιο αυτό αναλύεται ο τρόπος εφαρμογής των στατιστικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται και εξετάζονται οι δύο βασικοί κλάδοι του Ελέγχου Ποιότητας, δηλαδή ο Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών και η Ανάλυση Αξιοπιστίας. Αποτελεί ένα σημαντικό εγχειρίδιο στο πεδίο της Διοίκησης Ποιότητας. Κάθε κεφάλαιο ξεκινά με σαφή αναφορά του θεωρητικού υπόβαθρου και υποστηρίζεται από λυμένα παραδείγματα όπου η πλειοψηφία των δεδομένων έχουν ληφθεί από την βιομηχανία.

Στο 1ο κεφάλαιο περιγράφονται οι βασικές έννοιες των πιθανοτήτων και της στατιστικής. Επίσης γίνεται εφαρμογή των βασικών στατιστικών μεθόδων για τον έλεγχο της ποιότητας. Για την καλύτερη κατανόηση των εννοιών και των μεθόδων, γίνεται χρήση λυμένων παραδειγμάτων.

Το 2ο κεφάλαιο έχει στο επίκεντρό του τη Διαχείριση Διεργασιών υπό το πρίσμα της Στατιστικής επιστήμης. Προτάσσει τρόπους ελέγχου και βελτίωσης των διεργασιών μιας επιχείρησης με βάση τα Στατιστικά Εργαλεία και Τεχνικές. Το θεωρητικό υπόβαθρο των στατιστικών εργαλείων ποιότητας συνοδεύεται από απλά παραδείγματα εφαρμογής τους με σκοπό την καλύτερη κατανόησή τους.

Το 3ο κεφάλαιο διαπραγματεύεται την Ανάλυση Αξιοπιστίας, Διαθεσιμότητας και Συντηρησιμότητας τεχνολογικών συστημάτων, ένα από τα αναβαθμισμένα θέματα της ποιότητας. Συγκεκριμένα, παρουσιάζει τις σύγχρονες τάσεις και πρακτικές που θα πρέπει να έχουμε υπόψη για τον έλεγχο ποιότητας ενός συστήματος παραγωγής.

Το 4ο κεφάλαιο αναφέρεται σε μια πραγματική περίπτωση μελέτης για την Ανάλυση Αξιοπιστίας και Συντηρησιμότητας σε γραμμή παραγωγής χάρτινων σακων. Αξιολογείται η πολιτική ποιότητας που εφαρμόζει η συγκεκριμένη επιχείρηση και μετά την ανάλυση προτείνονται συγκεκριμένες προτάσεις για την βελτίωση και τον έλεγχο της ποιότητας και την αύξηση της παραγωγικότητας του συστήματος.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους διάφορους φορείς και τις επιχειρήσεις για την παροχή των δεδομένων, καθώς και τον Εκδοτικό Οίκο Ζήτη.

Παναγιώτης Τσαρούχας & Ευάγγελος Ψωμάς

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Βασικές έννοιες πιθανοτήτων και στατιστικής

1.1. Εισαγωγή	3
1.2. Δειγματοχώρος, τυχαίο πείραμα, ενδεχόμενο	4
1.3. Πιθανότητα	6
1.3.1. Ορισμός της πιθανότητας	6
α) Κλασικός ορισμός	6
β) Στατιστικός ή εμπειρικός ορισμός	7
γ) Αξιωματικός ορισμός	7
1.3.2. Ιδιότητες πιθανοτήτων	7
1.3.3. Πιθανότητα: δεσμευμένη ή υπό συνθήκη	8
1.3.4. Θεώρημα ολικής πιθανότητας	9
1.3.5. Θεώρημα του Bayes	9
1.4. Βασικές αρχές απαρίθμησης	11
1.4.1. Πολλαπλασιαστικός κανόνας	11
1.4.2. Διατάξεις χωρίς επανατοποθέτηση	12
1.4.3. Διατάξεις με επανατοποθέτηση.....	13
1.4.4. Συνδυασμοί χωρίς επανατοποθέτηση.....	13
1.4.5. Συνδυασμοί με επανατοποθέτηση	14
1.5. Περιγραφική στατιστική	15
1.5.1. Απόλυτη και σχετική συχνότητα	16
1.5.2. Ιστόγραμμα	18
1.5.3. Στατιστικά περιγραφικά μέτρα	19
α) Μέτρα κεντρικής τάσης	19
β) Μέτρα μεταβλητότητας	20
γ) Μέτρα ασυμμετρίας	20
1.5.4. Τυχαίες μεταβλητές - Κατανομές	22
1.5.4.1. Διακριτές κατανομές	22
1.5.4.2. Κατανομή Bernoulli	23
1.5.4.3. Διωνυμική κατανομή	24
1.5.4.4. Κατανομή Poisson	26
1.5.4.5. Γεωμετρική κατανομή	27

1.5.4.6. Συνεχείς κατανομές	28
1.5.4.7. Κανονική κατανομή (Normal distribution)	29
1.5.4.8. Εκθετική κατανομή (Exponential distribution)	30
1.5.4.9. Weibull κατανομή	31
1.5.4.10. Λογαριθμική-κανονική κατανομή (Lognormal distribution)	32
1.6. Εκτίμηση σημείου και διαστήματος	33
1.7. Έλεγχος υποθέσεων	36
1.8. Ανάλυση διακύμανσης ή διασποράς	38
Ανάλυση διασποράς κατά έναν παράγοντα	39
Επεξεργασία του αθροίσματος των τετραγώνων	40
Πίνακας ανάλυσης διασποράς	41
Βιβλιογραφία	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Στατιστικός Έλεγχος Διεργασίας (Statistical Process Control)

2.1. Εισαγωγή	49
2.2. Η στατιστική σκέψη	49
2.2.1. Εννέα σημαντικές αρχές για τη θεώρηση της ζωής του ανθρώπου βασισμένες στη στατιστική σκέψη	50
2.2.2. Οι βασικές αρχές της στατιστικής σκέψης	54
2.2.3. Λόγοι έλλειψης στατιστικής σκέψης στο σημερινό επιχειρηματικό περιβάλλον	56
2.3. «Εκτός Σειράς» και «Εν Σειρά» Έλεγχος της Ποιότητας	59
2.4. Η ιστορία του Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών	63
2.5. Διαχείριση διεργασιών και Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών	65
2.6. Διεργασία «εντός και εκτός στατιστικού ελέγχου»	68
2.7. Συστατικά στοιχεία για την επιτυχημένη εφαρμογή Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών	69
2.8. Τα οφέλη του Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών	76
2.9. Προβλήματα και δυσκολίες στην εφαρμογή ΣΕΔ σε μια επιχείρηση	76
2.10. Ορθότητα και Πιστότητα διεργασίας	78
2.11. Δείκτες δυνατότητας διεργασιών	80
2.12. Εργαλεία Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών	90
2.12.1. Ιστόγραμμα και διάγραμμα στελέχους – φύλλου	91
2.12.2. Φύλλο ελέγχου	96

2.12.3. Διάγραμμα Pareto	97
2.12.4. Διάγραμμα αιτίου – αποτελέσματος	100
2.12.5. Διάγραμμα διασποράς ή διασκόρπισης	103
2.12.6. Διάγραμμα συγκέντρωσης ελαττωμάτων	106
2.12.7. Διαγράμματα Ελέγχου (Control Charts)	106
2.12.7.1. Τα διαγράμματα ελέγχου σε επιχειρήσεις βιομηχανικές και παροχής υπηρεσιών	106
2.12.7.2. Κατασκευή διαγράμματος ελέγχου	109
2.12.7.3. Προϋποθέσεις κατασκευής διαγραμμάτων ελέγχου	113
2.12.7.4. Διαγράμματα ελέγχου και στατιστικός έλεγχος υποθέσεων	114
2.12.7.5. Επιλογή των ορίων ελέγχου	117
2.12.7.6. Μέγεθος δείγματος και συχνότητα δειγματοληψίας	120
2.12.7.7. Έλεγχος βάσει μεταβλητών και έλεγχος βάσει ιδιοτήτων	122
2.12.7.8. Μοτίβα σημείων στα διαγράμματα ελέγχου	129
2.12.7.9. Διαγράμματα ελέγχου μεταβλητών τιμών	135
2.12.7.9.1. Διαγράμματα ελέγχου μέσης τιμής και εύρους (\bar{X} -chart , R-chart)	135
2.12.7.9.2. Διαγράμματα ελέγχου μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης (\bar{x} -chart, s-chart)	152
2.12.7.9.3. Διαγράμματα ελέγχου μεταβλητών για μεταβλητό μέγεθος δείγματος	158
2.12.7.10. Διαγράμματα ελέγχου ιδιοτήτων	161
2.12.7.10.1. Διάγραμμα ελέγχου p με σταθερό μέγεθος δείγματος	161
2.12.7.10.2. Διάγραμμα ελέγχου p με μεταβλητό μέγεθος δείγματος	172
2.12.7.10.3. Διάγραμμα ελέγχου np	176
2.12.7.10.4. Διαγράμματα ελέγχου των μη συμμορφώσεων (ελαττωμάτων)	180
2.12.7.10.4.1. Διάγραμμα ελέγχου c (c-chart)	181
2.12.7.10.4.2. Διάγραμμα ελέγχου u (u-chart) για σταθερό μέγεθος δείγματος	186
2.12.7.10.4.3. Διάγραμμα ελέγχου u (u-chart) για μεταβλητό μέγεθος δείγματος	188
Βιβλιογραφία	192

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

195

***Ανάλυση Αξιοπιστίας Διαθεσιμότητας και Συντηρησιμότητας
Βιομηχανικών Συστημάτων***

3.1. Η Θεωρία της αξιοπιστίας	197
3.1.1. Εισαγωγή	197
3.1.2. Σύγκριση Αξιοπιστίας και Ποιοτικού Ελέγχου	198
3.1.3. Η έννοια της αστοχίας	199
3.1.4. Χρόνος λειτουργίας, χρόνος εκτός λειτουργίας και χρόνος επισκευής	201
3.1.5. Η έννοια της Αξιοπιστίας	202
3.1.6. Ρυθμός αστοχιών	204
3.1.7. Κύρια Χαρακτηριστικά Αξιοπιστίας	205
3.2. Αξιοπιστία συστημάτων	207
Α) Διάταξη συστήματος εν σειρά	207
Β) Συστήματα με παράλληλη διάταξη	209
3.3. Βελτιστοποίηση της αξιοπιστίας	211
3.4. Συντήρηση και συντηρησιμότητα	214
3.4.1. Υπολογισμός του μέσου χρόνου επισκευής του συστήματος	216
3.5. Διαθεσιμότητα	218
3.5.1 Υπολογισμός της διαθεσιμότητας του συστήματος	220
3.6. Ολική Παραγωγική Συντήρηση	220
Βιβλιογραφία	222

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

225

***Περίπτωση Αξιοπιστίας και Συντηρησιμότητας σε γραμμή
παραγωγής χάρτινων σάκων***

Περίληψη	227
4.1. Διαδικασία παραγωγής χάρτινων σάκων	227
4.2. Πολιτική συντήρησης της γραμμής παραγωγής	229
4.3. Συλλογή δεδομένων αστοχίας	230
4.4. Περιγραφική στατιστική των δεδομένων	231
4.4.1. Εντοπισμός σημαντικότερων μηχανών ανάλογα με τον αριθμό αποτυχιών	231
4.4.2. Διαδικασία υπολογισμού στατιστικών δεδομένων με τη χρήση του στατιστικού πακέτου MINITAB	232

4.5. Ανάλυση αξιοπιστίας και συντηρησιμότητας	234
4.5.1. Έλεγχος ανεξαρτησίας των δεδομένων TBF και TTR	234
4.5.2. Ανάλυση ύπαρξης τάσης στους χρόνους TBF και TTR	235
4.5.3. Έλεγχος αυτοσυσχέτισης δεδομένων TBF και TTR	236
4.5.4. Διερεύνηση κατανομών των χρόνων TBF και TTR	238
4.6. Υπολογισμός αξιοπιστίας και συντηρησιμότητας	239
4.6.1. Υπολογισμός της αξιοπιστίας με την μέθοδο Power Law Process (PLP)	239
4.6.2. Υπολογισμός της αξιοπιστίας και συντηρησιμότητας με την παραμετρική ανάλυση κατανομών	242
4.7. Συμπεράσματα	245
Βιβλιογραφία	247
Παράρτημα: Στατιστικοί Πίνακες	251
Πίνακας 1. Αθροιστικός πίνακας κανονικής κατανομής	252
Πίνακας 2. Πίνακας των τιμών της F -κατανομής	254
Πίνακας 3. Πίνακας τιμών της t_v -κατανομής	258
Πίνακας 4. Συντελεστές Διαγραμμάτων Ελέγχου	259

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Βασικές έννοιες πιθανοτήτων και στατιστικής



1.1 Εισαγωγή

Στις βιομηχανικές διεργασίες είναι αναγκαία η μελέτη ενός μεγέθους ή ιδιότητας που χαρακτηρίζει ένα σύνολο από τα παραγόμενα προϊόντα. Θα μπορούσε για παράδειγμα να μελετηθεί το ποσοστό των ελαττωματικών προϊόντων στην γραμμή παραγωγής κατά την διάρκεια μιας ημέρας, ή να αξιολογηθούν τα παράπονα των πελατών από την χρήση του προϊόντος. Ένα τέτοιο σύνολο καλείται *πληθυσμός ή δειγματοχώρος*. Ο πληθυσμός μπορεί να είναι πεπερασμένος ή άπειρος, ανάλογα με το πώς μελετάται. Εάν ενδιαφερόμαστε για τον αριθμό των παραγόμενων προϊόντων σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (π.χ. μια ώρα, μια οκτάωρη βάρδια, ένα 24ωρο κλπ) τότε αναφερόμαστε σε πεπερασμένο πληθυσμό, ενώ όταν το χρονικό διάστημα είναι άπειρο τότε αναφερόμαστε σε άπειρο πληθυσμό. Επειδή συνήθως θα πρέπει άμεσα να έχουμε κάποια αποτελέσματα από μια μελέτη ή σε κάποιες περιπτώσεις το κόστος ελέγχου ανά μονάδα προϊόντος είναι μεγάλο, τότε είναι πολύ δύσκολο και ενδεχομένως αδύνατον να συλλέξουμε αριθμητικά δεδομένα για καθένα στοιχείο του συνόλου. Για τον λόγο αυτό θεωρούμε ένα υποσύνολο από τον πληθυσμό, όπου τον ονομάζουμε *δείγμα*. Το δείγμα, κάτω από κάποιες προϋποθέσεις, μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιπροσωπεύει τον πληθυσμό από τον οποίο προέρχεται, επομένως μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα από το δείγμα αντί του πληθυσμού. Επίσης, για να είναι αξιόπιστα τα συμπεράσματα, θα πρέπει το δείγμα να είναι τυχαίο.

Η στατιστική είναι μια εφαρμοσμένη μαθηματική επιστήμη που έχει ως σκοπό την μελέτη και κατανόηση φαινομένων ή ιδιοτήτων του πληθυσμού, με την χρήση πληροφοριών από ένα αντιπροσωπευτικό μέρος του πληθυσμού το δείγμα. Η στατιστική ακολουθεί μια συγκεκριμένη διαδικασία που συνίσταται στα εξής στάδια:

- α) Την συλλογή δεδομένων, δηλαδή την συλλογή αριθμητικών τιμών ενός στατιστικού μεγέθους το οποίο γίνεται με δυο τρόπους: i) από την καταγραφή που χρησιμοποιείται κάθε φορά για την παρατήρηση ή την μέτρηση κάθε μονάδας του πληθυσμού και ii) από τη δειγματοληψία που γίνεται όταν είναι αρκετό ένα μικρό τμήμα του πληθυσμού.
- β) Την ταξινόμηση των δεδομένων, που είναι ο κατάλληλος τρόπος παρουσίασης των δεδομένων έτσι ώστε να μας βοηθήσει να προχωρήσουμε στην μαθηματική ανάλυση.
- γ) Την ανάλυση των δεδομένων, που είναι ο υπολογισμός με την χρήση μαθηματικών μοντέλων και μεθόδων προκειμένου να εξάγουμε τις πληροφορίες που χρειαζόμαστε, και

δ) Την εξαγωγή συμπερασμάτων, που είναι η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, βασιζόμενοι στα στατιστικά δεδομένα.

Επομένως, ο κύριος σκοπός της στατιστικής είναι να εξαγάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για τον πληθυσμό με βάση το δείγμα μας, με απώτερο στόχο την λήψη αποφάσεων και τη δυνατότητα προβλέψεων.

1.2 Δειγματοχώρος, τυχαίο πείραμα, ενδεχόμενο

Η θεωρία πιθανοτήτων είναι το βοηθητικό εργαλείο των μαθηματικών όπου στην στατιστική μας δίνει την δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων για όλο τον πληθυσμό. Ως 'πείραμα' θεωρούμε μια ενέργεια που πραγματοποιείται κάτω από ορισμένες ελεγχόμενες συνθήκες και μετά την ολοκλήρωσή της καταγράφονται συγκεκριμένα αποτελέσματα. Ως 'τυχαίο πείραμα' θεωρείται εκείνο που η γνώση των συνθηκών που πραγματοποιείται κάθε φορά, μας καθορίζει ένα σύνολο δυνατών αποτελεσμάτων για κάθε πείραμα. Η ιδιομορφία του τυχαίου πειράματος έγκειται στο ότι λόγω της τυχειότητάς του τα αποτελέσματα δεν μπορούν να καθοριστούν εκ των προτέρων. Έτσι, ο χρόνος ζωής των ελαστικών ενός οχήματος είναι διαφορετικός όταν το όχημα κινείται στον αυτοκινητόδρομο με ένα άλλο ίδιου τύπου όχημα που κινείται σε χωματόδρομο και υφίσταται τυχαίες αστοχίες λόγω του ανώμαλου οδοστρώματος.

Ονομάζουμε πληθυσμό ή δειγματοχώρο (sample space) το σύνολο όλων των δυνατών αποτελεσμάτων ενός τυχαίου πειράματος και το συμβολίζουμε με το γράμμα S . Τα στοιχεία που απαρτίζουν το S τα ονομάζουμε δειγματοσημεία, και στην συνέχεια θα συμβολίζονται ως s , που είναι το αποτέλεσμα ενός τυχαίου πειράματος που πραγματοποιήθηκε.

Παράδειγμα 1.1. Η ρίψη ενός κέρματος μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα κορόνα (K) ή γράμματα (Γ), δηλαδή ο δειγματοχώρος $S = \{K, \Gamma\}$. ♦

Παράδειγμα 1.2. Η ρίψη ενός ζαριού μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τον δειγματοχώρο $S = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$. ♦

Παράδειγμα 1.3. Βιομηχανία συσκευάζει φιάλες με γάλα σε χαρτοκιβώτια των 20 τεμαχίων. Κάθε φιάλη γάλακτος μπορεί να έχει το προβλεπόμενο βάρος ή να είναι λιποβαρής, άρα ο αριθμός των λιποβαρή μπουκαλιών σε ένα χαρτοκιβώτιο μπορεί να είναι:

$$S = \{0\text{λιποβαρή}, 1\text{λιποβαρή}, 2\text{λιποβαρή}, \dots, 20\text{λιποβαρή}\}.$$
 ♦

Παράδειγμα 1.4. Ο αριθμός των ελαττωματικών προϊόντων σε μια μαζική γραμμική παραγωγής κρουασάν μπορεί να είναι:

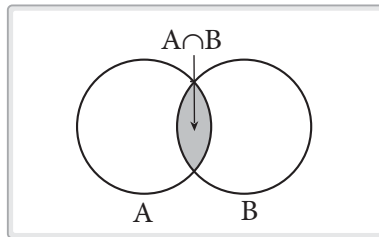
$$S = \{0\text{ελαττωματικά}, 1\text{ελαττωματικό}, 2\text{ελαττωματικά}, 3\text{ελαττωματικά}, \dots\}$$

Στην πράξη υπάρχει ένα ανώτερο όριο στα ελαττωματικά προϊόντα κρουασάν, όμως επειδή αναφέρεται σε μαζική παραγωγή μπορεί να είναι παρά πολύ μεγάλο και θεωρούμε ότι τείνει στο άπειρο. ♦

Ενδεχόμενο ονομάζεται κάθε υποσύνολο του δειγματοχώρου S . Εάν ένα ενδεχόμενο είναι πραγματοποιησίμο, τότε ονομάζεται *γεγονός*.

Θεωρούμε A, B δύο ενδεχόμενα του δειγματοχώρου S . Εάν το A συνεπάγεται το B και το B συνεπάγεται το A , τότε τα A, B είναι ισοδύναμα ή ίσα, συμβολίζονται ως $A=B$, και θα πρέπει να πραγματοποιούνται ταυτόχρονα.

Η *διάζευξη* δυο ενδεχομένων A και B , είναι το άθροισμα ή η ένωση αυτών, συμβολίζονται ως $A \cup B$ ή $A+B$, και σημαίνει την πραγματοποίηση του A ή του B ή και των δύο μαζί.



Σχήμα 1.1. Γραφική απεικόνιση του $A \cap B$.

Η *σύζευξη* δυο ενδεχομένων A και B , είναι το γινόμενο ή η τομή αυτών, συμβολίζονται ως $A \cap B$ ή $A \cdot B$, και σημαίνει την ταυτόχρονη πραγματοποίηση του A και του B (σχήμα 1.1).

Δυο ενδεχόμενα είναι *ασυμβίβαστα* ή *ξένα* όταν η πραγματοποίηση του ενός αποκλείει την πραγματοποίηση του άλλου. Δηλαδή είναι ενδεχόμενα που δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα, επομένως δεν έχουν κοινά σημεία στον δειγματοχώρο, $A \cap B = \emptyset$.

Το *συμπληρωματικό* ή αντίθετο του ενδεχομένου A είναι το ενδεχόμενο που συνίσταται στην μη πραγματοποίησή του, και συμβολίζεται A^c ή A' .

Δυο ενδεχόμενα A και B είναι *ανεξάρτητα* μεταξύ τους όταν η πραγματοποίηση του ενός δεν εξαρτάται από την πραγματοποίηση του άλλου. Επίσης ισχύει: $P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B)$, δηλαδή η πιθανότητα να συμβούν και τα δύο ενδεχόμενα, ισούται με το γινόμενο των πιθανοτήτων να συμβεί το καθένα χωριστά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Στατιστικός Έλεγχος Διεργασίας (Statistical Process Control)



Παράδειγμα 2.16. Από μια διεργασία λαμβάνονται 36 δείγματα 100 προϊόντων το καθένα. Κάθε προϊόν αξιολογείται ως προς την ικανότητά του να ικανοποιεί τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί από τον πελάτη και αναλόγως χαρακτηρίζεται σαν συμμορφούμενο ή μη. Έτσι, σε κάθε δείγμα γνωρίζουμε πόσα από τα 100 είναι μη συμμορφούμενα προϊόντα και συνεπώς μπορούμε να υπολογίσουμε τα ποσοστά αυτών ανά δείγμα. Τα στοιχεία δίνονται στον πίνακα 2.22. Ζητείται, να κατασκευαστεί το διάγραμμα ελέγχου p .

Πίνακας 2.22. Δεδομένα 36 δειγμάτων μιας διεργασίας.

Δείγμα	Μη συμμορφούμενες μονάδες (D_i)	p_i	Δείγμα	Μη συμμορφούμενες μονάδες (D_i)	p_i
1	27	0,27	19	18	0,18
2	18	0,18	20	36	0,36
3	24	0,24	21	24	0,24
4	42	0,42	22	15	0,15
5	21	0,21	23	27	0,27
6	15	0,15	24	45	0,45
7	21	0,21	25	18	0,18
8	27	0,27	26	24	0,24
9	15	0,15	27	12	0,12
10	27	0,27	28	21	0,21
11	3	0,03	29	6	0,06
12	21	0,21	30	18	0,18
13	27	0,27	31	27	0,27
14	42	0,42	32	33	0,33
15	21	0,21	33	24	0,24
16	24	0,24	34	27	0,27
17	12	0,12	35	21	0,21
18	30	0,3	36	24	0,24

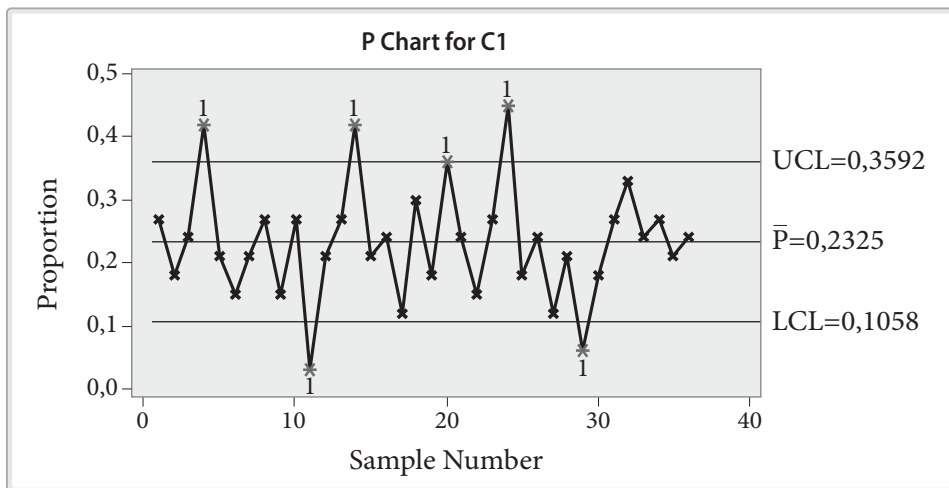
Το άθροισμα όλων των μη συμμορφούμενων στοιχείων είναι με τα νέα δεδομένα $\sum D_i = 837$, ενώ η μέση τιμή των δειγματικών αναλογιών των μη συμμορφούμενων p_i είναι, αντικαθιστώντας στον τύπο 2.29: $837 / (36 \cdot 100) = 0,2325$. Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε τα όρια ελέγχου και την κεντρική γραμμή του διαγράμματος ελέγχου p , από τον τύπο 2.30.

$$AOE = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{n}} = 0,2325 + 3\sqrt{\frac{0,2325 \cdot (1 - 0,2325)}{100}} = 0,3592$$

$$KOE = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{n}} = 0,2325 - 3\sqrt{\frac{0,2325 \cdot (1 - 0,2325)}{100}} = 0,1058$$

Κεντρική γραμμή = 0,2325.

Στο σχήμα 2.45 δίνεται το ζητούμενο διάγραμμα ελέγχου p , από όπου παρατηρούμε ότι αρκετά σημεία του διαγράμματος βρίσκονται εκτός της ζώνης των ορίων ελέγχου, συνεπώς πρόκειται για μια διεργασία «εκτός στατιστικού ελέγχου».



Σχήμα 2.45. Διάγραμμα ελέγχου p για τα δεδομένα του πίνακα 2.22.

2.12.7.10.2. Διάγραμμα ελέγχου p με μεταβλητό μέγεθος δείγματος

Μέχρι τώρα διαχειριστήκαμε περιπτώσεις που το χαρακτηριστικό ποιότητας που μας ενδιέφερε ήταν η αναλογία των ελαττωματικών – μη συμμορφούμενων μονάδων σε δείγματα σταθερού μεγέθους. Ωστόσο, μπορεί το μέγεθος του δείγματος να μεταβάλλεται. Στην περίπτωση αυτή υπάρχουν δύο εναλλακτικές λύσεις. Πρώτον να υπολογίσουμε τα όρια ελέγχου για κάθε δείγμα χωριστά, και δεύτερον να υπολογίσουμε κοινά όρια ελέγχου για όλα τα δείγματα, βασιζόμενοι σε μια μέση τιμή μεγέθους δείγματος. Θα δούμε και τις δύο αυτές περιπτώσεις ξεχωριστά.

A. Μεταβλητό μέγεθος δείγματος και μεταβλητά όρια ελέγχου

Σ' αυτή την περίπτωση μας ενδιαφέρει η αναλογία ελαττωματικών-μη συμμορ-

φούμενων μονάδων σε μια διεργασία από την οποία λαμβάνουμε δείγματα μεταβλητού μεγέθους. Στην περίπτωση αυτή μια από τις ενδεχόμενες λύσεις είναι να υπολογίσουμε όρια ελέγχου για κάθε δείγμα χωριστά. Έτσι για το i -δείγμα μεγέθους n_i τα όρια ελέγχου δίνονται από τον παρακάτω τύπο, μαζί με την κεντρική γραμμή του διαγράμματος:

$$\left. \begin{aligned} AOE &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{n_i}} \\ KOE &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{n_i}} \\ \text{Κεντρική γραμμή} &= \bar{p} = \frac{\sum D_i}{\sum n_i} \end{aligned} \right\} \quad (2.31)$$

Παράδειγμα 2.17. Ας θεωρήσουμε μια διεργασία της οποίας θέλουμε να μελετήσουμε την αναλογία των ελαττωματικών-μη συμμορφούμενων μονάδων. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα λαμβάνουμε δείγματα μεταβλητού μεγέθους και σε κάθε ένα από αυτά βρίσκουμε πόσα προϊόντα είναι μη συμμορφούμενα με τις προδιαγραφές που ορίζει ο πελάτης. Τα δεδομένα των δειγμάτων δίνονται στον πίνακα 2.23. Ζητείται να κατασκευαστεί το διάγραμμα ελέγχου p .

Πίνακας 2.23. Δεδομένα 25 δειγμάτων μιας διεργασίας.

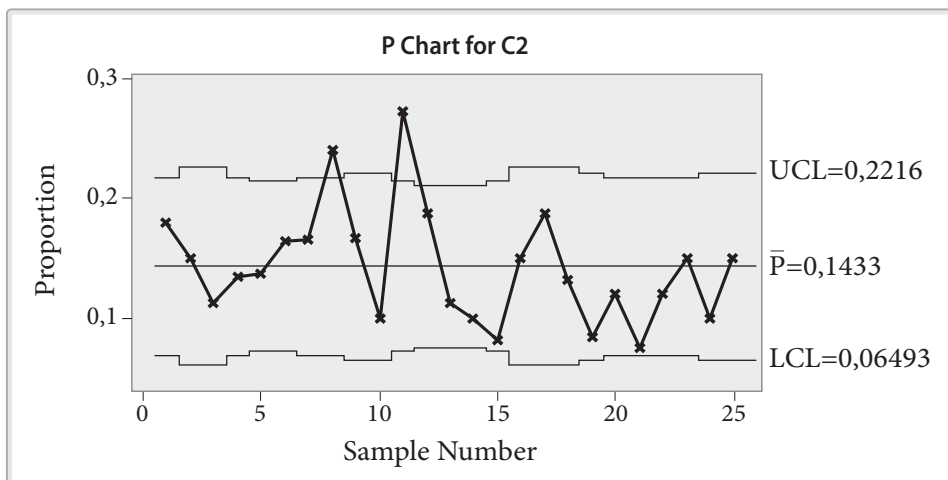
α/α δείγματος	Μέγεθος δείγματος (n)	Μη συμμορφούμενες μονάδες (D_i)	p_i
1	200	36	0,18
2	160	24	0,15
3	160	18	0,11
4	200	27	0,14
5	220	30	0,14
6	220	36	0,16
7	200	33	0,17
8	200	48	0,24
9	180	30	0,17
10	180	18	0,10
11	220	60	0,27
12	240	45	0,19
13	240	27	0,11

α/α δείγματος	Μέγεθος δείγματος (n)	Μη συμμορφούμενες μονάδες (D _i)	p _i
14	240	24	0,10
15	220	18	0,08
16	160	24	0,15
17	160	30	0,19
18	160	21	0,13
19	180	15	0,08
20	200	24	0,12
21	200	15	0,08
22	200	24	0,12
23	200	30	0,15
24	180	18	0,10
25	180	27	0,15

Με βάση τον τύπο 2.31 υπολογίζουμε τα όρια ελέγχου για κάθε δείγμα χωριστά, ενώ η κεντρική γραμμή του διαγράμματος είναι:

$$\bar{p} = \frac{\sum D_i}{\sum n_i} = \frac{702}{4900} = 0,143.$$

Στο σχήμα 2.46 δίνεται το ζητούμενο διάγραμμα ελέγχου, από το οποίο παρατηρούμε ότι η διεργασία είναι εκτός στατιστικού ελέγχου, διότι δύο σημεία βρίσκονται εκτός των αντίστοιχων ορίων ελέγχου.



Σχήμα 2.47. Διάγραμμα ελέγχου p για τα δεδομένα του πίνακα 2.23.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ανάλυση Αξιοπιστίας, Διαθεσιμότητας και Συντηρησιμότητας Βιομηχανικών Συστημάτων



3.1 Η Θεωρία της αξιοπιστίας

3.1.1. Εισαγωγή

Η καλή ποιότητα της παραγωγής ενός προϊόντος απαιτεί την καλή ποιότητα των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του προϊόντος από την μια και την σωστή λειτουργία των μηχανών που απαιτούνται για την παραγωγή του από την άλλη. Στη μηχανική και στην στατιστική, η αξιοπιστία έχει μια σαφή έννοια, που μπορεί να υπολογιστεί, εκτιμηθεί, μετρηθεί και να σχεδιαστεί. Έτσι, η αξιοπιστία είναι μια συγκεκριμένη έννοια, που κατατάσσεται στο ίδιο επίπεδο με την απόδοση, παραγωγικότητα και την ποιότητα του εξοπλισμού ή του συστήματος.

Η έννοια της αξιοπιστίας πρωτοεμφανίστηκε την δεκαετία το 1930 κατά την εφαρμογή πιθανοθεωρίας στις ηλεκτρικές γεννήτριες παραγωγής ρεύματος. Ωστόσο, πραγματική εφαρμογή των βασικών εννοιών αξιοπιστίας εφαρμόστηκαν κατά τον II παγκόσμιο πόλεμο από τους Γερμανούς για να βελτιώσουν την λειτουργία/ευστοχία των V1 και V2 ρουκετών. Επίσης, από την αρχή της βιομηχανικής εποχής, το πρόβλημα της αξιοπιστίας ήταν σημαντικό και έπρεπε να μελετηθεί. Ένα κλασσικό παράδειγμα είναι τα ρουλεμάν (ball and roller bearings), όπου έχουν γίνει εκτεταμένες μελέτες των χαρακτηριστικών της ζωής τους από τις πρώτες μέρες της μεταφοράς με σιδηρόδρομο. Αρχικά, η μελέτη της αξιοπιστίας αφορούσε μηχανολογικά συστήματα, όμως με την ανακάλυψη του ηλεκτρισμού σημαντική προσπάθεια έγινε για να καταστεί αξιόπιστη η προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμη με την ανάπτυξη και εξάπλωση των αεροσκαφών άρχισαν και οι προβληματισμοί και η ανάγκη επίλυσης προβλημάτων αξιοπιστίας που σχετίζονται όχι μόνο με τον εξοπλισμό που μεταφέρεται δια αέρος, αλλά και με τους ανθρώπους που χρησιμοποιούν τα αεροπλάνα σαν μέσα μεταφοράς. Τα προβλήματα αυτά ήταν πολύ πιο δύσκολο να αντιμετωπισθούν και επιλυθούν από ό,τι αυτά της αξιοπιστίας σταθερού εξοπλισμού ή εξοπλισμού που μεταφέρεται χερσαία ή θαλάσσια. Πάραυτα αξιοσημείωτη πρόοδος έγινε και σ' αυτόν τον τομέα, κυρίως εξαιτίας της εξέλιξης στον σχεδιασμό των αεροσκαφών των τελευταίων δεκαετιών και της ευφυούς προσέγγισης των σχετικών προβλημάτων. Εύκολα κανείς διαπιστώνει, με τις πιο πάνω αναφορές στην αξιοπιστία, ότι αυτό που ο σημερινός άνθρωπος ακούει, αντιλαμβάνεται και κατανοεί σαν ποιότητα προϊόντος ή παροχής υπηρεσίας έχει σε μεγάλο βαθμό να κάνει με το επίπεδο αξιοπιστίας του προϊόντος ή της υπηρεσίας. Δηλαδή όσο πιο αξιόπιστο είναι ένα προϊόν, ή μία υπηρεσία τόσο πιο ποιοτικό θεωρείται, επομένως αποτελεί αντικείμενο προβολής από το δίκτυο προώθησης του προϊόντος ή της υπηρεσίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Περίπτωση Μελέτης:

Ανάλυση Αξιοπιστίας και Συντηρησιμότητας
σε γραμμή παραγωγής χάρτινων σάκων



Περίληψη

Η εφαρμογή σε μια εταιρεία με συγκεκριμένη πολιτική συντήρησης είναι πολύ σημαντικό για τη γραμμή παραγωγής, διότι βοηθάει στο να συνεχίζεται απρόσκοπτα η παραγωγική διαδικασία και να είναι μεγάλος ο χρόνος λειτουργίας της γραμμής παραγωγής άρα παρουσιάζει μεγάλη αξιοπιστία το σύστημα. Επειδή όμως μόνο η εφαρμογή μιας πολιτικής συντήρησης δεν είναι αρκετή, οι υπεύθυνοι συντήρησης χρειάζεται να συγκεντρώνουν τα δεδομένα που σχετίζονται με τις βλάβες του συστήματος ώστε από τα συμπεράσματα που βγαίνουν από αυτά τα δεδομένα να κατευθύνουν τη συντήρηση για να διατηρήσουν τη βιωσιμότητα της γραμμής παραγωγής. Στη παρούσα μελέτη περίπτωσης παρουσιάζεται η ανάλυση των δεδομένων των χρόνων αποτυχίας και επισκευών μιας γραμμής παραγωγής χάρτινων σάκων και γίνεται μια προσπάθεια να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα τα οποία θα βοηθήσουν τους υπεύθυνους της εταιρείας να αυξήσουν την αξιοπιστία του συστήματος που διαχειρίζονται και κατ' επέκταση την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος.

4.1 Διαδικασία παραγωγής χάρτινων σάκων

Η εταιρεία δραστηριοποιείται στον κλάδο της παραγωγής και εμπορία χάρτινων σάκων και τσαντών που προορίζονται για βιομηχανικά προϊόντα, χημικά και φάρμακα προϊόντα υγιεινής, τρόφιμα, ζωοτροφές, καθώς επίσης και για οικοδομικά υλικά. Επίσης, η εταιρεία παρέχει ολοκληρωμένες, αξιόπιστες, ασφαλείς και περιβαλλοντικά φιλικές λύσεις στους πελάτες της.

Σαν πρώτη ύλη χρησιμοποιείται κυρίως χαρτί τύπου *kraft* σε ρολά τα οποία εισάγονται κυρίως από τη μητρική εταιρεία και είναι φτιαγμένα από πολύ ξύλου. Το χαρτί είναι λευκό ή καφέ σε διάφορες διαστάσεις, διάφορα βάρη και διάφορες ποιότητες. Σαν δευτερές ύλες χρησιμοποιούνται τα μελάνια με βάση το νερό και η αμυλούχος κόλλα.

Η εταιρεία για την παραγωγή των προϊόντων της χρησιμοποιεί σύγχρονο αυτοματοποιημένο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, εγκατεστημένο με τέτοιο τρόπο ώστε η παραγωγή να πραγματοποιείται με συνθήκες ασφάλειας και υγιεινής για το προσωπικό της. Η γραμμή παραγωγής που θα μελετήσουμε αποτελείται από τέσσερις μηχανές τις οποίες περιγράφουμε παρακάτω:

◆ **Μηχανή Σωλήνων (Μηχανή 1):** Τα ρολά χαρτιού τοποθετούνται στην αρχή της μηχανής σωλήνων. Η μηχανή έχει τέσσερις θέσεις για ρολά, μία θέση για κάθε φύλλο του χαρτόσακου. Στη συνέχεια αφού τεθεί σε λειτουργία η μηχανή, τα ρολά ξετυλίγονται και αρχίζουν να περνάνε ανάμεσα από ένα σύστημα κυλίν-

δρων και καρφιών το οποίο βοηθάει στον αερισμό του χαρτόσακου. Έπειτα τα φύλλα χαρτιού αρχίζουν να έρχονται κοντά το ένα με το άλλο και να εφάπτονται μεταξύ τους. Στη συνέχεια περνάνε από ένα σύστημα μαχαιριών και χαράζονται στο κατάλληλο μήκος του σάκου. Μετά περνάνε από τους κυλίνδρους κόλλας και τοποθετείται αυτόματα η κόλλα στα σημεία που θα γίνει η συγκόλληση του χαρτόσακου. Παρακάτω, το χαρτί με τη βοήθεια κάποιων πλαισίων διπλώνει και πιέζεται ώστε να κολλήσει στα σημεία που έχει κόλλα. Κατόπιν περνάει μέσα από μία πρέσα, η οποία τραβάει το χαρτί και το χωρίζει στα σημεία που έχει χαραχτεί και δημιουργείτε ο «σωλήνας», δηλαδή ο χαρτόσακος ο οποίος είναι ανοιχτός και από πάνω και από κάτω. Τέλος αφού δημιουργηθεί ένα πακέτο «σωλήνων», περνάει από μία πρέσα η οποία το πιέζει ώστε να βγει ο εγκλωβισμένος αέρας και με τη βοήθεια μεταφορικής ταινίας, το κάθε πακέτο οδηγείται στην επόμενη μηχανή.

◆ **Μηχανή Πυθμένων-Επικαλύψεων (Μηχανή 2 και 3):** Καθώς τα πακέτο χαρτόσακων έρχεται με την μεταφορική ταινία, μπαίνει στην τροφοδοσία της μηχανής «πυθμένων». Στη συνέχεια ο κάθε χαρτόσακος χωρίζεται και περνάει από ένα σύστημα μαχαιριών το οποίο κόβει το χαρτί σε συγκεκριμένα σημεία. Έπειτα με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα ο σάκος ανοίγει και από τις δύο άκρες του «σωλήνα» και προστίθεται κόλλα σε όποια σημεία χρειάζεται. Σε αυτό το σημείο εισέρχεται στη παραγωγική διαδικασία η μηχανή επικαλύψεων (μηχανή 3) η οποία δουλεύει παράλληλα με τη μηχανή 2 και τοποθετεί, στη μια πλευρά του ανοιγμένου χαρτόσακου, τη βαλβίδα, δηλαδή το άνοιγμα για το γέμισμα του σάκου από τον πελάτη. Μετά ο ανοιγμένος σάκος, με τη χρήση κάποιων ειδικών πλαισίων ξανακλείνει και τότε η μηχανή 3 τοποθετεί, για ενίσχυση των πυθμένων, μία επιπλέον λωρίδα χαρτιού. Στη συνέχεια οι χαρτόσακοι περνάνε από δύο μεγάλες ρόδες πίεσης, ώστε να βοηθηθούν να κολλήσουν άμεσα και στην έξοδο της μηχανής γίνεται καταμέτρηση και σχηματισμός πακέτου με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων.

◆ **Μηχανή Παλετοποίησης (Μηχανή 4):** Το κάθε πακέτο χαρτόσακων που δημιουργείται στην έξοδο της μηχανής 2, μεταφέρεται με ειδική ανυψωτική διάταξη στη μηχανή παλετοποίησης, στην οποία μια αυτόματη και προγραμματιζόμενη κατά περίπτωση δαγκάνα, τοποθετεί το κάθε πακέτο χαρτόσακων σε παλέτα, με τέτοιο τρόπο ώστε ούτε το προϊόν να τραυματίζεται, αλλά και να παραδίδεται στο πελάτη σε συσκευασία κατάλληλη για τη δική του παραγωγική διαδικασία.

◆ **Μηχανή Εξωτερικών παραγόντων (Μηχανή 5):** Το υπό μελέτη σύστημα έχει ως βασική του πηγή ενέργειας το ηλεκτρικό ρεύμα, για αυτό το ασταθές δίκτυο της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) μας αναγκάζει να συνυπολογίσουμε στη μελέτη και τα σταματήματα της μηχανής λόγω διακοπής ρεύματος και αυτό παρουσιάζεται σαν μηχανή 5 του συστήματος.