ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Έλεγχος Ποιότητας Αποδοχής στην LPC Α.Ε.

Γεώργιος Κιούφης ΑΕΜ 1646

Διπλωματική Εργασία

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Σοφία Παναγιωτίδου

Κοζάνη, 2019

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζονται, αναλύονται και βελτιώνονται οι διαδικασίες ελέγχου ποιότητας που διενεργεί η εταιρεία LPC Α.Ε. κατά την παραλαβή των προμηθειών. Σκοπός είναι να δοθεί μια σαφή εικόνα του τρόπου ελέγχου κενών δοχείων, να εντοπιστούν αλλά και να αντιμετωπιστούν οι αδυναμίες του. Επιπροσθέτως, αναλύεται το βάρος των εμφιαλωμένων δοχείων του ενός λίτρου και των είκοσι λίτρων, με στόχο τον αποδοτικό έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας αλλά και τη μείωση του κόστους παραγωγής.

Αρχικά, στο πρώτο μέρος της εργασίας, διενεργείται η ανάλυση των χαρακτηριστικών του υπάρχοντος δειγματοληπτικού σχήματος για κάθε διαφορετικό μέγεθος παρτίδας, που προμηθεύεται η εταιρεία. Στη συνέχεια με χρήση του προτύπου ΕΛΟΤ 398.0, προτείνονται ένα απλό και ένα διπλό δειγματοληπτικό σχήμα, τα οποία προσαρμόζονται στις απαιτήσεις της εταιρείας και εξειδικεύονται στο είδος του προϊόντος που ελέγχεται. Έπειτα ακολουθεί η σύγκριση των δειγματοληπτικών σχημάτων, με στόχο μέσω του προσδιορισμού των χαρακτηριστικών τους, την εύρεση του κατάλληλου προς εφαρμογή σχήματος ελέγχου στο μέλλον.

Στο δεύτερο μέρος της διπλωματικής εργασίας, πραγματοποιείται μέσω των μετρήσεων του βάρους των δοχείων, που ελήφθησαν κατά τον έλεγχο των τελικών προϊόντων, πλήρης ανάλυση του χαρακτηριστικού αυτού. Εν πρώτοις, διενεργείται έλεγχος προσαρμογής στην κανονική κατανομή και έπειτα ανάλυση δυνατοτήτων, ώστε να προσδιοριστούν με ακρίβεια τα στατιστικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού. Στη συνέχεια, διενεργείται σύγκριση των μηχανών εμφιάλωσης και κατασκευή διαγραμμάτων για τον αποτελεσματικό έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας. Τέλος, υπολογίζεται το ποσοστό ελαττωματικών που παράγονται και διερευνάται η χρήση διαφορετικής αρχικής ρύθμισης κατά την εμφιάλωση των δοχείων.

Εν κατακλείδι, μέσω των αναλύσεων των δύο σταδίων της παραγωγικής διαδικασίας παρουσιάζονται οι πιθανές αστοχίες που μπορεί να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια αυτής, όπως επίσης προτείνονται ενέργειες για την αντιμετώπισή τους.

Abstracts

In this thesis, the quality control procedures, applied by LPC A.E. upon raw materials receipt are presented, analyzed and improved. The purpose is to describe in detail the quality control of empty bottles, identify and address its weaknesses. In addition, the weight of the final one liter and twenty liters products is analyzed, in order to efficiently control the production process and reduce production costs.

In the first part of the thesis, the characteristics of the existing sampling plan for each different batch size received by the company are analyzed. Then using the ELOT 398.0, standard both simple and double sampling plans are proposed, which comply with the requirements of the company and specialize in the specific product being tested. Then the sampling schemes are compared, in order to the appropriate one for future application.

In the second part of the thesis, a complete analysis of the weight of the bottles is carried out through on-site measurements obtained during the inspection of the final products. First, a goodness-of-fit test to normal distribution is carried out and then a capability analysis study is performed to accurately determine the statistical characteristics of this specific variable. Finally, a comparison of the bottle machines is performed and appropriate graphs are constructed to effectively control the production process. Finally, the percentage of defects is calculated and the use of different initial settings during bottling is investigated.

In conclusion, the analysis of the two stages of the production process identifies the potential failures that may occur during it, as well as the suggested actions to handle them.

Ευχαριστίες

Με την παράδοση της εργασίας αυτής, θέλω να ευχαριστήσω θερμά την Επίκουρη Καθηγήτρια κ. Σοφία Παναγιωτίδου για την ανάθεση του θέματος, καθώς και για τις ουσιώδεις υποδείξεις και το συνεχές ενδιαφέρον της για την πορεία της διπλωματικής εργασίας.

Επιπλέον, επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Δημήτριο Κονταξή, Διευθύνοντα Σύμβουλο της εταιρείας LPC Α.Ε., που με εμπιστεύθηκε και μου επέτρεψε να χρησιμοποιήσω τα δεδομένα της εταιρείας για την εκπόνηση της εργασίας μου, τον κ. Αλέξανδρο Τέμενο, HSSQE Manager της εταιρείας, για τη συνεχή συνεργασία του και για την πολύτιμη βοήθειά του, καθώς και το προσωπικό της LPC Α.Ε. για την αρωγή του στο έργο μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον πατέρα μου για τη συμπαράστασή του και την εμπιστοσύνη, με την οποία με περιέβαλε, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη i

Abstracts ii

Ευχαριστίες iii

Εισαγωγή 1

Η εταιρεία 1

Γενικά 3

Κεφάλαιο 1: Έλεγχος Ποιότητας Αποδοχής σε Κενά Δοχεία 7

1.1 Παρουσίαση Υπάρχοντος Δειγματοληπτικού Σχήματος 8

1.2 Ανάλυση Δειγματοληπτικού Σχήματος 9

1.3 Προτεινόμενα Δειγματοληπτικά Σχήματα 11

1.3.1 Απλό Δειγματοληπτικό Σχήμα 12

1.3.2 Διπλό Δειγματοληπτικό Σχήμα 13

1.4 Σύγκριση Δειγματοληπτικών Σχημάτων 16

Κεφάλαιο 2: Ανάλυση Βάρους Τελικών Προϊόντων 1 Λίτρου 25

2.1 Μετρήσεις και Τρόπος Δειγματοληψίας 25

2.2 Προσαρμογή Δεδομένων στην Κανονική Κατανομή 27

2.3 Ανάλυση Δυνατοτήτων 30

2.4 Σύγκριση Μηχανών 37

2.5 Υπολογισμός Δεικτών Δυνατότητας 39

2.6 Διαγράμματα Ελέγχου Ποιότητας 40

2.7 Υπολογισμός Ποσοστού Ελαττωματικών και Εύρεση Αρχικής Ρύθμισης 43

2.8 Ανάλυση Δυνατοτήτων στο MINITAB 46

Κεφάλαιο 3: Ανάλυση Βάρους Τελικών Προϊόντων20 Λίτρων 49

3.1 Μετρήσεις και Τρόπος Δειγματοληψίας 49

3.2 Προσαρμογή των Δεδομένων στην Κανονική Κατανομή 51

3.3 Ανάλυση Δυνατοτήτων και Υπολογισμός Δεικτών Δυνατότητας 53

3.4 Σύγκριση Μηχανών 55

3.5 Διαγράμματα Ελέγχου Ποιότητας 56

3.6 Υπολογισμός Ποσοστού Ελαττωματικών και Εύρεση Αρχικής Ρύθμισης 58

Κεφάλαιο 4: Έλεγχος Βάρους Τελικών Προϊόντων 65

4.1 Παρουσίαση Προτεινόμενου Δειγματοληπτικού Σχήματος 65

4.2 Χαρακτηριστικές Καμπύλες 67

Κεφάλαιο 5: Σύνοψη και Συμπεράσματα 73

5.1 Έλεγχος Αποδοχής Προμηθειών 73

5.2 Έλεγχος Αποδοχής Τελικών Προϊόντων 75

Βιβλιογραφία 79

Εισαγωγή

Η εταιρεία

Η LPC Α.Ε. είναι μια εταιρεία του ομίλου Motor Oil, η οποία δραστηριοποιείται στη βιομηχανική παραγωγή βασικών λιπαντικών και στην εμπορία παραφινών, συσκευασμένων λιπαντελαίων και άλλων προϊόντων πετρελαίου. Η έδρα της εταιρείας είναι στον Ασπρόπυργο Αττικής, όπου απασχολούνται πάνω από 200 εργαζόμενοι. Από το 1991 οι δραστηριότητες της επιχείρησης έχουν επεκταθεί, εκτός από την Ελληνική αγορά, στην υπόλοιπη Ευρώπη και στη Μέση Ανατολή. Σήμερα η LPC είναι η πρώτη εταιρεία σε πωλήσεις λιπαντικών στην Ελλάδα και εξάγει τα προϊόντα της σε πάνω από 45 χώρες. Στόχος της εταιρείας είναι η παραγωγή και διανομή ποιοτικών προϊόντων και υπηρεσιών στους πελάτες της, δημιουργώντας ένα καινοτόμο και φιλικό δίκτυο πωλήσεων. Με την πώληση λιπαντικών υψηλών προδιαγραφών, τα οποία είναι κατάλληλα για τη λίπανση κάθε είδους μηχανής, η εταιρεία έχει καταφέρει να κερδίσει την εμπιστοσύνη των πελατών της, ενώ συνεχώς προσπαθεί να καλύπτει τις ανάγκες τους. Η ευθύνη της εταιρείας είναι μεγάλη, όσον αφορά την προστασία του περιβάλλοντος, για αυτό το λόγο, από το 1980, η LPC επενδύει στην έρευνα και στην τεχνολογική καινοτομία, ώστε να επιτευχθεί η παραγωγή ποιοτικότερων προϊόντων με μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Η ιστορία της επιχείρησης ξεκινά το 1980 όπου ιδρύθηκε με την ονομασία «ΕΚΒΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΕΜΠΟΡΙΑ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΤΡΕΛΑΙΩΝ Α.Ε.» και το 1982 πραγματοποιήθηκε η έναρξη της λειτουργίας της διυλιστηριακής μονάδας παραγωγής βασικών λιπαντικών. Το διυλιστήριο δημιουργήθηκε με τα πιο σύγχρονα πρότυπα κατασκευής, την τεχνογνωσία της K.T.I Netherlands Institute και του Français de Petrol (I.F.R) με την καθοδήγηση της ιταλικής εταιρείας TECHNIPETROL. Το 1986 πραγματοποιήθηκε η έναρξη της μονάδας αναμίξεως λιπαντικών, ώστε η εταιρεία να αποκτήσει τη δυνατότητα παραγωγής τελικών προϊόντων, ενώ παράλληλα επεκτείνει τις δραστηριότητές της στο χώρο εμπορίας παραφινών. Το 1994 γίνεται η ανακατασκευή των μονάδων παραγωγής με αποτέλεσμα την επέκταση της παραγωγικής δυναμικότητας της εταιρείας από 25000 τόνους/έτος σε 40000 τόνους/έτος. Την πρώτη δεκαετία του 2000 γίνεται εισαγωγή της στο χρηματιστήριο Αθηνών με την επωνυμία πλέον «CYCLON Ελλάς Α.Ε.» και η εξαγορά της

Βουλγαρικής εταιρείας εμπορίας λιπαντικών «BULVARIA AUTOMOTIVE PRODUCTS LTD», ανοίγοντας έτσι τις δραστηριότητές της στο γειτονικό κράτος, ενώ την επόμενη χρονιά επεκτείνεται και στη Ρουμανία. Τη δεύτερη δεκαετία γίνεται διάσπαση της εταιρείας στην «AVINOIL Α.Ε.», η οποία δραστηριοποιείται στο χώρο των καυσίμων και στην «LPC Α.Ε.», η οποία μέχρι και σήμερα παραμένει η πρώτη εταιρεία εξαγωγών λιπαντικών στην Ελλάδα.

Στο ιδιόκτητο σύγχρονο διυλιστήριο παραγωγής λιπαντικών προϊόντων της εταιρείας στον Ασπρόπυργο γίνεται η παραγωγή ποικίλων βασικών λιπαντελαίων, όπως το SN 85, SN 150, SN 500 και SN 2000 και του βαριού κλάσματος ορυκτελαίων “Bright Stock” (SN-2000), καθιστώντας έτσι την LPC την μοναδική εταιρεία στην Ελλάδα, η οποία έχει τη δυνατότητα παραγωγής μια τόσο μεγάλης ποικιλίας λιπαντικών.

Οι μονάδες που απαρτίζουν την παραγωγική διαδικασία βασικών λιπαντικών είναι:

- Μονάδα αφυδατώσεως/αποστάξεως (Μ – 100)
- Μονάδα αποστάξεως σε υψηλό κενό (Μ – 200)
- Μονάδα υδρογονώσεως (Μ – 300)
- Μονάδα παραγωγής υδρογόνου (Μ – 500)
- Μονάδα εκχυλίσεως με προπάνιο (Μ – 700)
- Μονάδα παραγωγής ατμού
- Μονάδα διαθερμικού ελαίου
- Μονάδα ύδατος ψύξεως και πυροσβέσεως
- Μονάδα δημιουργίας κενού για τις Μ100 / 200 / 300
- Μονάδα αποθηκεύσεως πρώτης ύλης και προϊόντων
- Μονάδα αντλήσεως – διακινήσεως πρώτης ύλης και προϊόντων
- Μονάδα αφαλατώσεως με όσμωση
- Μονάδα ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους
- Μονάδα Υ/Σ

Η εταιρεία δραστηριοποιείται στη συσκευασία και πώληση λιπαντικών συσκευάζοντας περίπου 50000 μετρικούς τόνους τελικού προϊόντος. Στο τμήμα ανάμειξης και συσκευασίας συσκευάζονται πάνω από 200 διαφορετικοί τύποι λιπαντικών, με σκοπό την πλήρη κάλυψη των αναγκών της αγοράς. Σε συνεργασία με το τμήμα Ασφάλειας, Υγείας και Ποιότητας και του σύγχρονου και άρτια εξοπλισμένου Χημείου, γίνονται εξονυχιστικοί έλεγχοι σε όλα τα στάδια της παραγωγής, συσκευασίας και αποθήκευσης των προϊόντων, ώστε να επιτευχθεί η διασφάλιση της ποιότητας των διακινούμενων προϊόντων της εταιρείας στην αγορά.

Γενικά

Οι απαιτήσεις της αγοράς ωθούν τις επιχειρήσεις να θέτουν αυστηρότερες προδιαγραφές στην παραγωγή των προϊόντων τους. Ένα προϊόν για να θεωρηθεί πετυχημένο στην αγορά, οφείλει να συμμορφώνεται στις συγκεκριμένες προδιαγραφές. Για να επιτευχθεί αυτό οι επιχειρήσεις εκτελούν πολλαπλούς ελέγχους ποιότητας σε διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, όπου αυτό θεωρείται απαραίτητο. Λόγω του ότι οι επιχειρήσεις έχουν ως στόχο τη μείωση του κόστους παραγωγής, στο οποίο προσμετράται και το κόστος ελέγχου, οι έλεγχοι που επιλέγονται να διενεργηθούν είναι κυρίως δειγματοληπτικοί. Αρκετές είναι οι επιχειρήσεις που προσαρμόζουν τον τρόπο λειτουργίας τους έτσι ώστε να επιτευχθεί το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα. Εφαρμόζονται μέθοδοι διοίκησης ολικής ποιότητας, όπου το σύνολο των εργαζομένων της επιχείρησης έχει ως στόχο την άριστη ποιότητα των προϊόντων και των υπηρεσιών που προσφέρονται και παράλληλα επιτυγχάνονται ευνοϊκότερες συνθήκες εργασίας. Οι επιχειρήσεις για να ωθήσουν τους υπαλλήλους να εργάζονται με γνώμονα τη συλλογικότητα και το άρτιο αποτέλεσμα, δημιουργούν ένα κλίμα συνεργασίας στο χώρο εργασίας και επιβράβευσης το οποίο σε συνεργασία με τους δειγματοληπτικούς ελέγχους αυξάνει την ποιότητας των αγαθών και των υπηρεσιών που εμπορεύεται η επιχείρηση.

Ο στατιστικός έλεγχος ποιότητας αφορά την ανάπτυξη κατάλληλων μεθόδων σχεδίασης εργαλείων ελέγχου ποιότητας και χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες. Το έλεγχο ποιότητας αποδοχής, τον έλεγχο παραγωγικής διαδικασίας και τη σχεδίαση και ανάλυση στατιστικών πειραμάτων.

Ο έλεγχος ποιότητας αποδοχής είναι συνήθως δειγματοληπτικός και διενεργείται μετά το πέρας της παραγωγής του συνόλου της παρτίδας. Γίνεται λήψη ενός μεγέθους δείγματος, το οποίο επιλέγεται με βάση το μέγεθος της παρτίδας και τις απαιτήσεις της εταιρείας, ή μέσω στατιστικής ή οικονομικής βελτιστοποίησης. Μετά το πέρας του ελέγχου του συνόλου των τεμαχίων που απαρτίζουν το δείγμα, λαμβάνεται η απόφαση αποδοχής ή απόρριψης της υπό εξέταση παρτίδας. Μέρος στην επιλογή αυτή παίρνει και ο οριακός αριθμός αποδοχής, ο οποίος εκφράζει το μέγιστο αριθμό ελαττωματικών τεμαχίων που πρέπει να βρεθούν στο δείγμα ώστε η παρτίδα να θεωρείται αποδεκτή. Ο έλεγχος αποδοχής συνήθως εκτελείται κατά την παραλαβή ομοιογενών παρτίδων ή κατά τον έλεγχο παρτίδων που τίθενται προς πώληση.

Ο έλεγχος ποιότητας παραγωγικής διαδικασίας, διενεργείται κατά την παραγωγή μιας παρτίδας πριν αυτή ολοκληρωθεί. Ο ρόλος του είναι κυρίως προληπτικός και έχει ως στόχο εκτός από τον έλεγχο της ποιότητας των προϊόντων και τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας αλλά και των μηχανών για πιθανές βλάβες. Αποτελεί μια αρκετά οικονομική λύση αφού αυξάνεται η πιθανότητα εύρεσης αστοχιών προτού παραχθεί το σύνολο των προϊόντων. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα πραγματοποιείται λήψη δείγματος και μετά το πέρας του ελέγχου αυτού, λαμβάνεται η απόφαση παύσης της παραγωγικής διαδικασίας και επέμβασης σε αυτήν ή συνέχιση αυτής. Συνήθως χρησιμοποιείται κατά την παραγωγή μεγάλου όγκου προϊόντων.

Ο τρόπος δειγματοληψίας και στα δύο είδη ελέγχου πρέπει να είναι όσο το δυνατόν τυχαίος και να γίνεται λήψη τεμαχίων από διαφορετικά σημεία της παρτίδας. Είναι αναγκαίος ο έλεγχος του συνόλου των τεμαχίων και η πλήρης καταγραφής του αποτελέσματος του ελέγχου.

Η σχεδίαση και ανάλυση στατιστικών πειραμάτων έχει ως στόχο τη διερεύνηση ύπαρξης παραγόντων και σχέσεων μεταξύ αυτών που επηρεάζουν την παραγωγική διαδικασία και κατ’ επέκταση την ποιότητα των προϊόντων. Επιπλέον, έχει ως στόχο την εύρεση του τρόπου που οι συγκεκριμένοι παράγοντες επηρεάζουν το φαινόμενο αυτό με στόχο την εύρεση ενεργειών για την αντιμετώπισή τους. Συμβάλλουν λοιπόν τόσο στη σχεδίαση του προϊόντος όσο και στην παραγωγή του.

Ένα σημαντικό εργαλείο του στατιστικού ελέγχου ποιότητας είναι τα διαγράμματα ελέγχου, με το διάγραμμα ελέγχου Shewhart να αποτελεί το πιο διαδεδομένο. Μέσω των διαγραμμάτων εκτελείται η συνεχής παρακολούθηση των στατιστικών

χαρακτηριστικών των προϊόντων και πιο συγκεκριμένα της μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης. Μέσω του διαγράμματος ελέγχου μέσης τιμής ελέγχεται η μέση τιμή κάθε δείγματος εάν είναι εντός ορίων ελέγχου και εάν υπάρχει σαφή τάση (συνήθως ανοδική ή καθοδική) στην τιμή του χαρακτηριστικού του προϊόντος που μελετάται. Έμμεσα, λοιπόν, ελέγχεται κατά πόσο το χαρακτηριστικό αυτό των προϊόντων συμμορφώνεται με τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί και εντοπίζεται εάν και πότε είναι αναγκαία διορθωτική επέμβαση στην παραγωγή του. Η τυπική απόκλιση εκφράζει τη διασπορά στις τιμές των προϊόντων που παράγονται και ο έλεγχος αυτής μέσω διαγράμματος ελέγχου αποσκοπεί και στον έμμεσο έλεγχο ύπαρξης παραγόντων, όπως βλάβη στη μηχανή παραγωγής, που οδηγούν σε αύξηση της διασποράς των τιμών, όπως επίσης και στον προσδιορισμό των παραγόντων αυτών, αναλόγως του αποτελέσματος που προκαλούν. Συνιστάται η ταυτόχρονη κατασκευή και των δύο ειδών διαγραμμάτων ελέγχου, ώστε ο έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας να είναι πλήρης.

Η επιλογή και κατασκευή ενός αποδοτικού δειγματοληπτικού σχήματος αποδοχής γίνεται μέσω της ανάλυσης και σύγκρισης αυτού με τις απαιτήσεις της εταιρείας και κατά πόσο τις πληροί. Η σύγκριση αυτή γίνεται με την κατασκευή της χαρακτηριστικής καμπύλης του σχήματος, η οποία αποτελεί ένα διάγραμμα που συσχετίζει το ποσοστό ελαττωματικών μιας παρτίδας με την πιθανότητα αυτή η παρτίδα να γίνει αποδεκτή. Μέσω της χαρακτηριστικής καμπύλης γίνεται προσδιορισμός της διαχωριστικής ικανότητας του τρόπου ελέγχου, δηλαδή κατά πόσο μπορεί να διαχωρίσει τις επιθυμητές παρτίδες από τις υπόλοιπες. Επιπλέον με χρήση του διαγράμματος αυτού γίνεται ο υπολογισμός των στατιστικών σφαλμάτων του ελέγχου. Τα στατιστικά σφάλματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στην πιθανότητα αποδοχής μιας ανεπιθύμητης παρτίδας ή απόρριψης μιας επιθυμητής. Κατά την κατασκευή ενός δειγματοληπτικού σχήματος βασικός στόχος είναι η ελαχιστοποίηση των στατιστικών σφαλμάτων, ώστε να εκπληρωθούν οι απαιτήσεις της εταιρείας.

Στο πλαίσιο της βελτίωσης της ποιότητας των προϊόντων διενεργούνται έλεγχοι σε ορισμένα χαρακτηριστικά τους, ώστε μέσω της ανάλυσης των αποτελεσμάτων να προσδιοριστούν η συμπεριφορά αυτών και ο κατάλληλος τρόπος παραγωγής, για να συμμορφώνονται στις απαιτήσεις. Η συνεχής ανάλυση των δεδομένων της παραγωγικής διαδικασίας οδηγεί στη σταδιακή αύξηση της ποιότητας των αγαθών που τίθενται προς πώληση αλλά και στη βελτίωση του τρόπου λειτουργίας της επιχείρησης,

αφού παράλληλα μειώνεται και η εμφάνιση προβλημάτων κατά την παραγωγική διαδικασία.

Κεφάλαιο 1: Έλεγχος Ποιότητας Αποδοχής σε Κενά Δοχεία

Ο έλεγχος ποιότητας αποδοχής διενεργείται κατά την παραλαβή ολόκληρων ομογενών παρτίδων. Σκοπός του ελέγχου είναι να προσδιοριστεί, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια το ποσοστό ελαττωματικών της παρτίδας. Ορίζεται λοιπόν από την εταιρεία η αποδεκτή και η απορριπτέα τιμή ποσοστού ελαττωματικών και κατασκευάζεται ένα δειγματοληπτικό σχήμα, το οποίο αποτελεί ένα συνδυασμό του μεγέθους δείγματος (n) και του αποδεκτού αριθμού ελαττωματικών ανά δείγμα (c) για να επιτευχθούν οι απαιτήσεις της εταιρείας. Οι τιμές αυτές ορίζονται για συγκεκριμένα εύρη μεγεθών παρτίδων και είναι ανάλογα αυτών. Δηλαδή με την αύξηση του μεγέθους της παρτίδας, αυξάνεται το μέγεθος δείγματος και ο αποδεκτός αριθμός ελαττωματικών ανά δείγμα, με τρόπο ανάλογο ώστε να επιτευχθούν οι απαιτήσεις της εταιρείας. Ο έλεγχος ποιότητας αποδοχής πρώτων υλών, εκτός από τον έλεγχο συμμόρφωσης των χαρακτηριστικών των προϊόντων στις προδιαγραφές, συμβάλλει και στην ομαλή λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας μειώνοντας την πιθανότητα εμφάνισης αστοχιών κατά την εμφιάλωση και σφράγιση των δοχείων.

Τα δοχεία αποτελούν το κύριο υλικό συσκευασίας της επιχείρησης λόγω του μεγάλου όγκου προμήθειας αυτών, αλλά και της ευαισθησίας τους στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Τα χαρακτηριστικά των δοχείων που ελέγχονται είναι, το σχήμα, το χρώμα, το στόμιο και τέλος το σώμα του δοχείου για πιθανή ύπαρξη οπών. Το μηχανολογικό σχέδιο του συγκεκριμένου υλικού συσκευασίας είναι κοινό και ίδιο. Το χρώμα, όμως, διαφέρει από παραγγελία σε παραγγελία και από πελάτη σε πελάτη. Η επιχείρηση δίνει τη δυνατότητα στους πελάτες να επιλέξουν το ακριβές χρώμα του δοχείου, το μέγεθός του, όπως επίσης και την ετικέτα που θα φέρει επ' αυτού. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό, κατά την εμφιάλωση και τη σφράγιση των δοχείων, το πώμα να εφαρμόζει τέλεια, ώστε να αποφευχθεί η ύπαρξη διαρροών κατά την μεταφορά των προϊόντων στον πελάτη. Τέλος , κατά τον τεχνικό έλεγχο του υλικού αυτού δίνεται μεγάλη έμφαση στην εύρεση τυχόν οπών, διότι η πιθανή ύπαρξη αυτών προκαλεί διαρροές, τόσο στη γραμμή παραγωγής, όσο και κατά την μεταφορά στον τελικό καταναλωτή. Η εικόνα του προϊόντος κατά τη διάθεσή του, παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην επιτυχή διακίνησή του στην αγορά και για αυτό δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στα οπτικά χαρακτηριστικά των δοχείων.

Από τεχνικής άποψης ο έλεγχος είναι κυρίως οπτικός. Αρχικά ελέγχεται το χρώμα του δοχείου, συγκρίνοντάς το με πρότυπο χρώμα που έχει αποσταλεί από τον πελάτη. Το σώμα του δοχείου ελέγχεται οπτικά για πιθανή πλαστική παραμόρφωση αυτού και για πιθανή ύπαρξη ορατών οπών στην επιφάνειά του. Τέλος , το στόμιο των δοχείων ελέγχεται με χρήση πρότυπης επιφάνειας, ώστε να διαπιστωθεί εάν έχει ή όχι κλίση σε σχέση με το υπόλοιπο σώμα. Η επιθυμητή κλίση είναι 0°.

1.1 Παρουσίαση Υπάρχοντος Δειγματοληπτικού Σχήματος

Ο τρόπος ελέγχου των δοχείων για εξοικονόμηση χρόνου, είναι δειγματοληπτικός. Κατά την παραλαβή των παρτίδων λαμβάνεται μέγεθος δείγματος ανάλογο του μεγέθους της παρτίδας. Κατά την εξέταση του δείγματος ελέγχεται το σύνολο των τεμαχίων ως προς όλα τα χαρακτηριστικά τους και εάν βρεθεί έστω και ένα ελαττωματικό δοχείο, δηλαδή έστω και ένα που δεν πληροί τις προδιαγραφές, η παρτίδα επιστρέφεται στον προμηθευτή για αντικατάσταση αυτής με νέα. Τα αποτελέσματα του ελέγχου καταγράφονται σε φύλλα καταχώρισης και αρχειοθετούνται για μελλοντική χρήση .

Στον πίνακα 1.1.1 παρουσιάζονται τα μεγέθη των δειγμάτων για όλα τα εύρη των παρτίδων που παραλαμβάνονται.

Συνολικός αριθμός παραληφθέντων	Αριθμός τεμαχίων που λαμβάνονται
1-3	ΌΛΑ
4-64	4
65-125	5
126-216	6
217-343	7
344-512	8
513-729	9
730-1000	10
1001-1331	11
1332-1728	12
1729-2197	13
2198-2744	14
2745-3375	15
3376-4096	16
4097-4913	17
4914-5832	18
5833-6859	19
6860 και άνω	20

Πίνακας 1.1.1: Μεγέθη δειγμάτων υπάρχοντος δειγματοληπτικού σχήματος

Παρατηρείται ότι τα μεγέθη των δειγμάτων είναι αριθμητικά μικρά και οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο δειγματοληπτικός έλεγχος που γίνεται είναι στατιστικά ελλιπής. Δεν λαμβάνονται αρκετές πληροφορίες για το σύνολο της παρτίδας και κατά συνέπεια αυξάνεται η πιθανότητα στατιστικού σφάλματος.

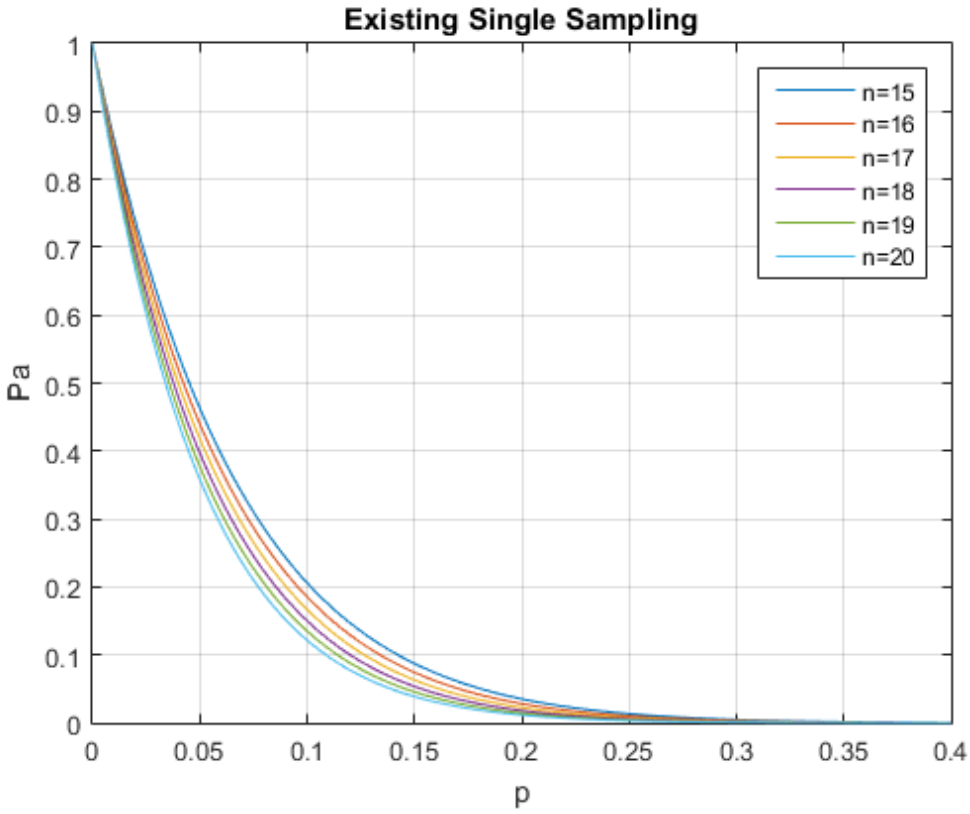
1.2 Ανάλυση Δειγματοληπτικού Σχήματος

Τα στοιχεία που ελήφθησαν από την εταιρεία αφορούσαν μόνο τα μεγέθη των παρτίδων που προμηθεύτηκε και το αποτέλεσμα του ελέγχου , χωρίς να αναγράφεται ο ακριβής αριθμός ελαττωματικών ανά δείγμα. Η επιχείρηση προμηθεύεται υλικά συσκευασίας από πολλούς προμηθευτές, εφαρμόζοντας όμως το ίδιο δειγματοληπτικό σχήμα σε όλες τις προμήθειες. Κατά συνέπεια, είναι αναγκαία η ανάλυση του δειγματοληπτικού σχήματος σε ένα εύρος τιμών του ποσοστού ελαττωματικών. Το εύρος αυτό ορίστηκε από 0 έως 0.4, θεωρώντας ότι συμπεριλαμβάνονται όλες οι διαφορετικές περιπτώσεις που θα αντιμετωπίσει η εταιρία.

Αρχικά υπολογίστηκαν οι τιμές της πιθανότητας αποδοχής (Pa) για κάθε τιμή του ποσοστού ελαττωματικών (p), στο υπολογιστικό πακέτο MATLAB, με χρήση της αθροιστικής της διωνυμικής κατανομής και της εντολής «binocdf(c,n,p)», για όλους τους συνδυασμούς τιμών και μεγέθη παρτίδων που είχε προμηθευτεί η εταιρία στο παρελθόν. Οι εταιρεία εμπορεύεται μεγέθη παρτίδων από 2745 τεμάχια και άνω επομένως το μέγεθος δείγματος κυμαίνεται με βάση τον πίνακα 1.1.1, ενώ ο αριθμός αποδοχής παραμένει ίδιος για όλες τις δειγματοληψίες και ισούται με το μηδέν. Οι χαρακτηριστικές τιμές του δειγματοληπτικού σχήματος παρουσιάζονται στον πίνακα 1.2.1 και τα αποτελέσματα της ανάλυσης στο διάγραμμα 1.2.1.

Μέγεθος Παρτίδας (N)	Μέγεθος Δείγματος (n)	Αριθμός Αποδοχής (c)	Ποσοστό Ελαττωματικών (p)
$\mathbf{2745 - 35000}\ \tau\mu\chi$	$15:1:20\ \tau\mu\chi$	$0\ \tau\mu\chi$	$0:0.001:0.4$

Πίνακας 1.2.1: Τιμές Υπάρχοντος Δειγματοληπτικού Σχήματος



Διάγραμμα 1.2.1: Χαρακτηριστικές Καμπύλες Υπάρχοντος Δειγματοληπτικού Σχήματος

Σκοπός ενός δειγματοληπτικού σχήματος είναι να αποδέχεται με μεγάλη πιθανότητα παρτίδες «καλής» ποιότητας, δηλαδή παρτίδες με επιθυμητή τιμή ποσοστού ελαττωματικών, και με πολύ μικρή τις παρτίδες «κακής» ποιότητας. Στο διάγραμμα 1.2.1 παρατηρείται ότι το δειγματοληπτικό σχήμα, ασχέτως μεγέθους δείγματος,

αποδέχεται με αρκετά αυξημένη πιθανότητα τις παρτίδες με ποσοστό ελαττωματικών 10%, της οποίας η τιμή φτάνει έως και 20%. Επιπλέον η τιμή της πιθανότητας αποδοχής των θεμιτών παρτίδων, δηλαδή με ποσοστό ελαττωματικών έως το 2%, κυμαίνεται από 80% και άνω. Επίσης, η χαρακτηριστική καμπύλη είναι φανερό ότι έχει αρκετά κακή διαχωριστική ικανότητα, η οποία οφείλεται στο μικρό μέγεθος δείγματος. Σε συνδυασμό με το μηδενικό αριθμό αποδοχής, το δειγματοληπτικό σχήμα χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα αυστηρό, αφού απορρίπτονται, με σχετικά μεγάλη πιθανότητα, παρτίδες «καλής» ποιότητας.

1.3 Προτεινόμενα Δειγματοληπτικά Σχήματα

Η βελτίωση του ελέγχου ποιότητας αποδοχής πρώτων υλών προϋποθέτει εκτός από την διεκπεραίωση ενός άρτιου τεχνικού ελέγχου, τη χρήση ενός δειγματοληπτικού σχήματος, το οποίο συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις της εταιρείας, όπως επίσης και την ορθή εφαρμογή αυτού. Η βελτίωση του δειγματοληπτικού σχήματος επιτυγχάνεται μέσω της αύξησης της τιμής του μεγέθους δείγματος και του αριθμού αποδοχής. Η αύξηση του μεγέθους δείγματος αποφέρει περισσότερες στατιστικές πληροφορίες όσον αφορά την ποιότητα της υπό εξέταση παρτίδας, ενώ ο αριθμός αποδοχής διαχωρίζει τις επιθυμητές από τις ανεπιθύμητες. Ένα δειγματοληπτικό σχήμα με αριθμό αποδοχής διάφορο του μηδενός, δεν απορρίπτει έντονα επιθυμητές παρτίδες, όμως πρέπει να συνδεθεί και με την ταυτόχρονη αύξηση του μεγέθους του δείγματος, ώστε να αποφευχθεί η αποδοχή ανεπιθύμητων παρτίδων με μεγάλη πιθανότητα. Θα εξετασθούν δύο είδη δειγματοληπτικών σχημάτων το απλό, κατά το οποίο γίνεται λήψη ενός δείγματος και το διπλό, κατά το οποίο γίνεται λήψη δύο δειγμάτων, όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο.

Τα προτεινόμενα δειγματοληπτικά σχήματα επιλέχθηκαν με βάση το πρότυπο ΕΛΟΤ 398.0, το οποίο αποτελεί μετάφραση του ISO 2859 (1974). Η χρήση προτύπων είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στο χώρο των επιχειρήσεων, αφού αποτελούν μια ικανοποιητική μέθοδο καθορισμού του δειγματοληπτικού σχήματος, ειδικά στις περιπτώσεις όπου η βελτιστοποίηση είναι αδύνατη, λόγω έλλειψης παρελθοντικών στοιχείων και μετρήσεων. Επίσης, τα πρότυπα συμβάλλουν και στην ανάπτυξη ευκολότερων συμφωνιών ανάμεσα σε διαφορετικές εταιρείες, λόγω της υψηλής δημοτικότητας τους, αφού μπορούν να αποτελέσουν κοινό τρόπο ελέγχου των προϊόντων που εμπορεύονται. Το πρότυπο όμως δεν αποτελεί την καλύτερη λύση, αφού το δειγματοληπτικό σχήμα

που προτείνει δεν είναι εξειδικευμένο στον τρόπο λειτουργίας της επιχείρησης, στα χαρακτηριστικά του υπό εξέταση προϊόντος και στον τεχνικό έλεγχο που διενεργείται.

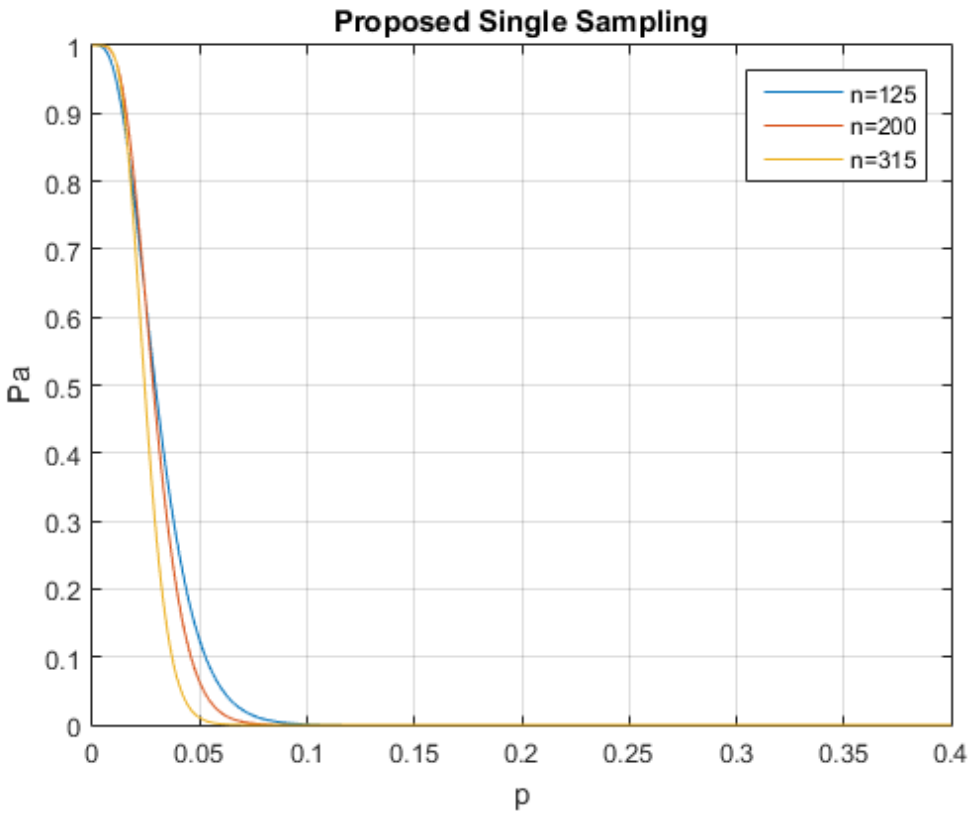
Πιο συγκεκριμένα, το πρότυπο ΕΛΟΤ 398.0 που χρησιμοποιήθηκε, είναι χωρισμένο σε τρεις γενικές στάθμες ελέγχου (I, II, III) και σε τέσσερις ειδικές (S-1,S-2,S-3,S-4). Για ορισμένο μέγεθος παρτίδας, το μέγεθος δείγματος είναι μικρό με τη χρήση των ειδικών σταθμών ελέγχου, ενώ μεγαλύτερο με τη χρήση των γενικών. Είναι σύνηθες, όταν ο τεχνικός έλεγχος είναι ιδιαίτερα δαπανηρός ή καταστροφικός, όπως για παράδειγμα ο έλεγχος των εκρηκτικών μηχανισμών, να χρησιμοποιείται μία ειδική στάθμη ελέγχου. Στην περίπτωση του ελέγχου των δοχείων, επειδή ο έλεγχος είναι από τεχνικής άποψης οπτικός, χρησιμοποιήθηκε η γενική στάθμη ελέγχου II. Μετά την επιλογή της κατάλληλης στάθμης ελέγχου, γίνεται η επιλογή της αποδεκτής στάθμης ποιότητας, η οποία αποτελεί την απαίτηση της εταιρείας. Κατά τον έλεγχο των πρώτων υλών επιλέχθηκε από την επιχείρηση ως αποδεκτή στάθμη ποιότητας το 1%. Τα εύρη των παρτίδων που εμπορεύεται η εταιρεία χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, όπου σε καθεμία αντιστοιχεί διαφορετικό μέγεθος δείγματος και αριθμός αποδοχής. Τέλος το πρότυπο είναι χωρισμένο σε τρία είδη ελέγχου, τον κανονικό, τον χαλαρό και τον αυστηρό. Για τον έλεγχο των δοχείων θεωρήθηκε κανονικός έλεγχος.

1.3.1 Απλό Δειγματοληπτικό Σχήμα

Το προτεινόμενο απλό δειγματοληπτικό σχήμα, με χρήση του προτύπου ΕΛΟΤ 398.0, παρουσιάζεται στον πίνακα 1.3.1.1 και η ανάλυση αυτού στο διάγραμμα 1.3.1.1, για το ίδιο εύρος τιμών ποσοστού ελαττωματικών με την ενότητα 1.2, με χρήση του υπολογιστικού πακέτου MATLAB και της εντολής «binocdf(c,n,p)».

Μέγεθος Παρτίδας (N)	Μέγεθος Δείγματος (n)	Αριθμός Αποδοχής (c)	Ποσοστό Ελαττωματικών (p)
2745-3200 τμχ	125 τμχ	3 τμχ	0: 0.001: 0.4
3201-10000 τμχ	200 τμχ	5 τμχ	0: 0.001: 0.4
10001-35000 τμχ	315 τμχ	7 τμχ	0: 0.001: 0.4

Πίνακας 1.3.1.1: Προτεινόμενο Απλό Δειγματοληπτικό Σχήμα



Διάγραμμα 1.3.1.1: Χαρακτηριστικές Καμπύλες Προτεινόμενου Απλού Δειγματοληπτικού Σχήματος

Στο διάγραμμα 1.3.1.1 οι χαρακτηριστικές καμπύλες έχουν καλύτερη διαχωριστική συμπεριφορά από αυτές του υπάρχοντος δειγματοληπτικού σχήματος. Παρτίδες «καλής» ποιότητας γίνονται αποδεκτές με μεγαλύτερη πιθανότητα, ενώ παρτίδες «κακής» ποιότητας γίνονται αποδεκτές με μικρότερη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτελούν οι παρτίδες με ποσοστό ελαττωματικών 10%, οι οποίες δεν γίνονται αποδεκτές καθόλου και οι παρτίδες με ποσοστό ελαττωματικών 1% γίνονται αποδεκτές με πιθανότητα 99%.

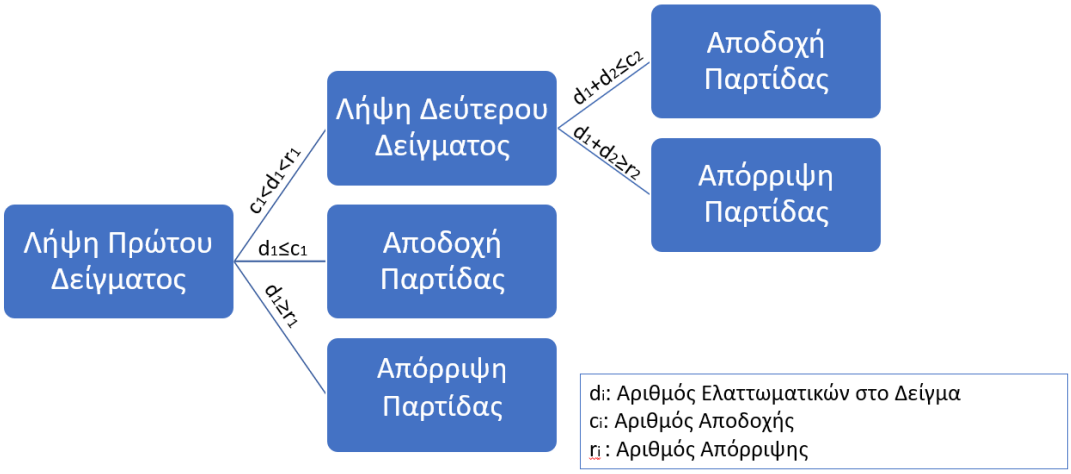
Η βελτίωση του αποτελέσματος, οφείλεται στην αύξηση του μεγέθους δείγματος, καθιστώντας έτσι τον έλεγχο πιο ακριβή, αλλά ταυτόχρονα και πιο ακριβό σε σχέση με τον ισχύοντα τρόπο ελέγχου.

1.3.2 Διπλό Δειγματοληπτικό Σχήμα

Συχνά, για τον έλεγχο αποδοχής επιλέγεται η χρήση διπλού δειγματοληπτικού σχήματος, το οποίο συνδυάζει το επιθυμητό αποτέλεσμα με την εξοικονόμηση χρόνου και πόρων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της λήψης μικρότερου μεγέθους δείγματος σε πρώτη φάση και αναλόγως του αποτελέσματος του ελέγχου γίνεται είτε λήψη δεύτερου

δείγματος είτε λήψη οριστικής απόφασης για την παρτίδα. Η πιθανότητα λήψης οριστικής απόφασης από το πρώτο δείγμα ελαχιστοποιεί τόσο το κόστος ελέγχου όσο και το μέσο μέγεθος δείγματος που χρησιμοποιείται, δηλαδή κατά μέσο όρο τον αριθμό τεμαχίων που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο παρτίδων συγκεκριμένου ποσοστού ελαττωματικών. Επομένως, μειώνεται κατά μέσο όρο το κόστος ελέγχου, χωρίς να γίνεται έκπτωση στο αποτέλεσμά του. Συνήθως τα δύο δείγματα επιλέγονται να είναι ισάριθμα για απλοποίηση της διαδικασίας ελέγχου.

Αναλυτικότερα, η δομή και ο τρόπος εφαρμογής ενός διπλού δειγματοληπτικού σχήματος παρουσιάζεται στο διάγραμμα 1.3.2.1.

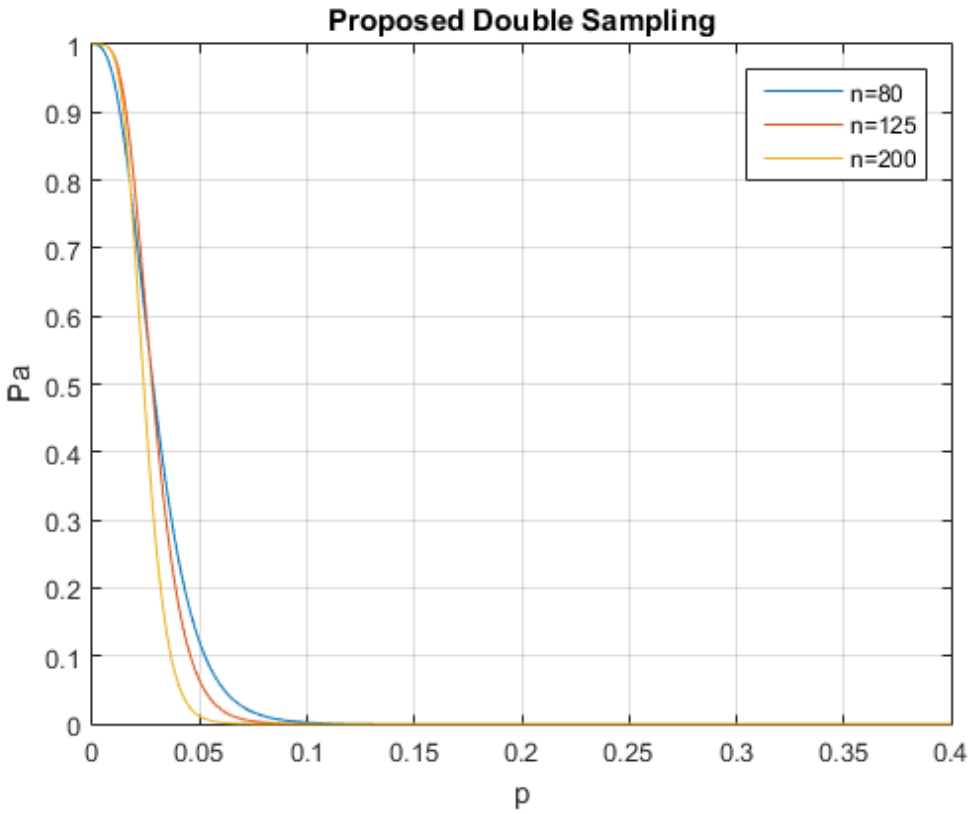


Διάγραμμα 1.3.2.1: Δομή διπλού Δειγματοληπτικού Σχήματος

Στον πίνακα 1.3.2.1 παρουσιάζεται το προτεινόμενο διπλό δειγματοληπτικό σχήμα από το πρότυπο ΕΛΟΤ 398.0 και στο διάγραμμα 1.3.2.2 η ανάλυση αυτού, με χρήση του υπολογιστικού πακέτου MATLAB και της εντολής «binocdf(c,n,p)», για το ίδιο εύρος τιμών ποσοστού ελαττωματικών.

Μέγεθος Παρτίδας (N)	2745-3200 τμχ	3201-10000 τμχ	10001-35000 τμχ
Μέγεθος Πρώτου Δείγματος (n_1)	80	125	200
Αριθμός Αποδοχής Πρώτου Δείγματος (c_1)	1	2	3
Αριθμός Απόρριψης Πρώτου Δείγματος (r_1)	3	5	6
Αριθμός Ελαττωματικών για Συνέχιση σε Δεύτερο Δείγμα	2	3 ή 4	4 ή 5
Μέγεθος Δευτέρου Δείγματος (n_2)	80	125	200
Αριθμός Αποδοχής Δευτέρου Δείγματος (c_2)	4	6	9
Αριθμός Απόρριψης Δευτέρου Δείγματος (r_2)	5	7	10
Ποσοστό Ελαττωματικών (p)	0: 0.001: 0.4	0: 0.001: 0.4	0: 0.001: 0.4

Πίνακας 1.3.2.1: Προτεινόμενο Διπλό Δειγματοληπτικό Σχήμα



Διάγραμμα 1.3.2.2: Χαρακτηριστικές Καμπύλες Προτεινόμενου Διπλού Δειγματοληπτικού Σχήματος

Στο διάγραμμα 1.3.2.2 παρατηρείται ότι δεν υπάρχουν διαφορές στις τιμές των πιθανοτήτων αποδοχής για τις ίδιες τιμές ποσοστών ελαττωματικών, σε σχέση με το

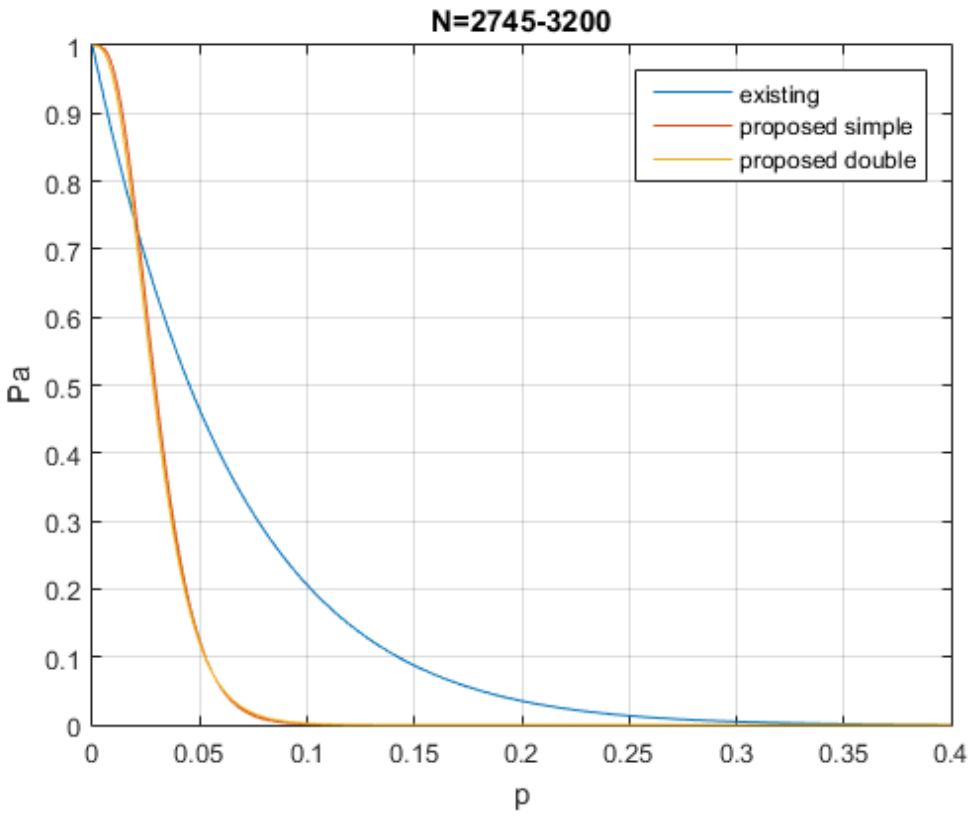
προτεινόμενο απλό δειγματοληπτικό σχήμα, αλλά ο έλεγχος, αν και πιο σύνθετος, είναι πιο οικονομικός.

1.4 Σύγκριση Δειγματοληπτικών Σχημάτων

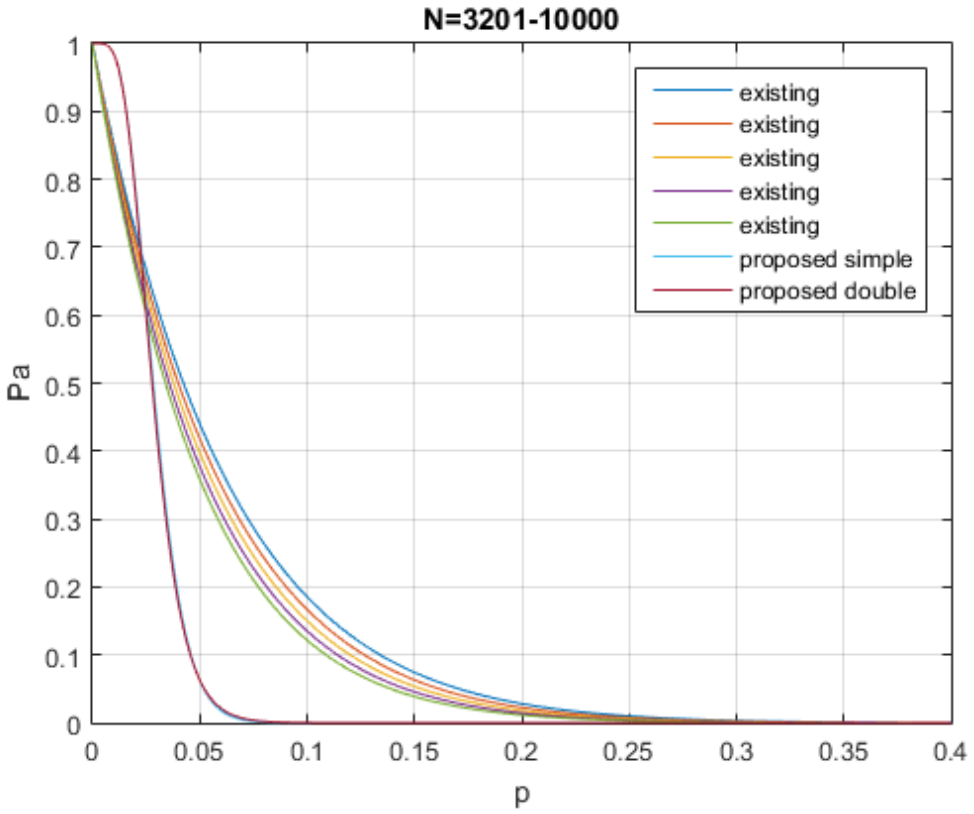
Ένα δειγματοληπτικό σχήμα για να επιλεγεί ως τρόπος ελέγχου για μια επιχείρηση πρέπει να συνδυάζει τρία βασικά χαρακτηριστικά. Πρέπει να οδηγεί στο επιθυμητό αποτέλεσμα, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εταιρείας, να είναι εύκολο στην εφαρμογή του και να μην είναι ιδιαίτερα δαπανηρό. Για αυτόν το λόγο, τα δειγματοληπτικά σχήματα συγκρίθηκαν σε τρία διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Αρχικά είναι ιδιαίτερα σημαντική η σύγκριση των χαρακτηριστικών καμπυλών αυτών, ώστε να συγκριθεί η διαχωριστική ικανότητά τους.

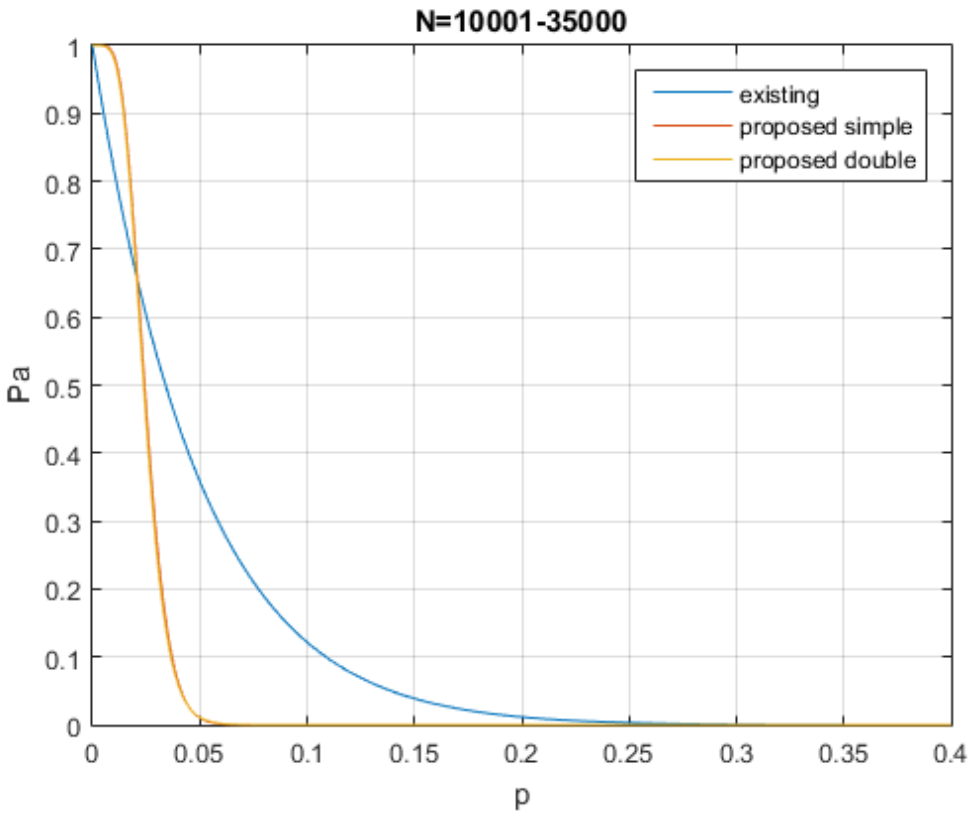
Η σύγκριση έγινε διαγραμματικά, για κάθε εύρος μεγεθών παρτίδων του προτύπου ΕΛΟΤ 398.0. Τα διαγράμματα 1.4.1 , 1.4.2 και 1.4.3 παρουσιάζουν την ανάλυση της σύγκρισης των χαρακτηριστικών καμπυλών των τριών σχημάτων. Κατασκευάστηκαν στο υπολογιστικό πακέτο MATLAB, με χρήση της αθροιστικής της διωνυμικής κατανομής και της εντολής «binocdf(c,n,p)».



Διάγραμμα 1.4.1: Σύγκριση Χαρακτηριστικών Καμπυλών για N=2745-3200 τμχ



Διάγραμμα 1.4.2: Σύγκριση Χαρακτηριστικών Καμπυλών για N=3201-10000 τμχ



Διάγραμμα 1.4.3: Σύγκριση Χαρακτηριστικών Καμπυλών για N=10001-35000 τμχ

Η σύγκριση των χαρακτηριστικών καμπυλών απέδειξε ότι τα προτεινόμενα δειγματοληπτικά σχήματα έχουν κοινή συμπεριφορά και καλύτερη διαχωριστική ικανότητα έναντι του υπάρχοντος. Η βελτίωση του αποτελέσματος καθιστά πιο αποδοτικά τα προτεινόμενα σχήματα, τα οποία συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις της εταιρείας, απαιτώντας όμως μεγαλύτερο μέγεθος δείγματος κατά την εφαρμογή τους.

Στη συνέχεια έγινε σύγκριση της μέσης εξερχόμενης ποιότητας (AOQ) των ελέγχων. Η μέση εξερχόμενη ποιότητα είναι κατά μέσο όρο το ποσοστό ελαττωματικών που διαφεύγει του ελέγχου, δηλαδή κατά μέσο όρο το ποσοστό ελαττωματικών που εισέρχεται στη γραμμή παραγωγής. Από τη στιγμή που η εταιρεία τις απορριπτέες παρτίδες τις στέλνει στον προμηθευτή για αντικατάσταση, η μέση εξερχόμενη ποιότητα υπολογίζεται για τα απλά δειγματοληπτικά σχήματα από τον τύπο:

$$AOQ = \frac{N-n}{N}p$$

όπου, N, το μέγεθος παρτίδας

n, το μέγεθος δείγματος

p, το ποσοστό ελαττωματικών

Ενώ για το διπλό δειγματοληπτικό σχήμα ο τύπος υπολογισμού είναι:

$$AOQ = \frac{(N - n_1)}{N} p \frac{P_{a1(p)}}{P_{a(p)}} + \frac{(N - n_1 - n_2)}{N} p \frac{P_{a2(p)}}{P_{a(p)}}$$

όπου, N, το μέγεθος παρτίδας

n_1, το μέγεθος του πρώτου δείγματος

n_2, το μέγεθος του δεύτερου δείγματος

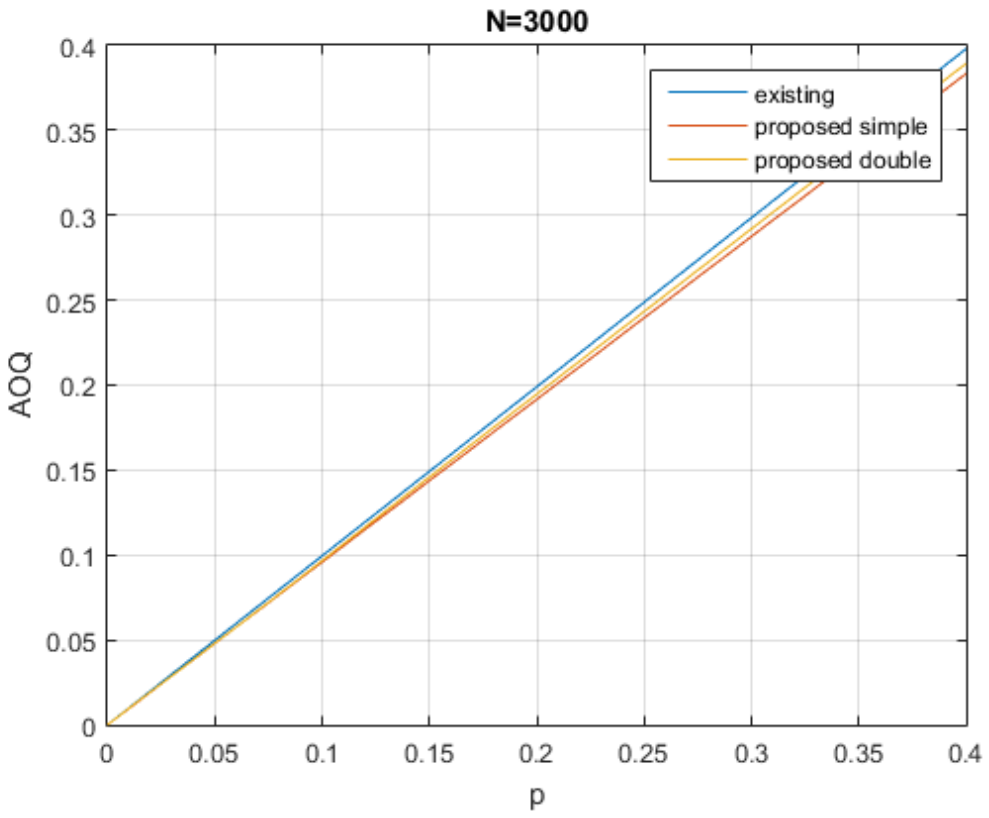
$P_{a(p)}$, η συνολική πιθανότητα αποδοχής της παρτίδας

$P_{a1(p)}$, η πιθανότητα αποδοχής της παρτίδας από το πρώτο δείγμα

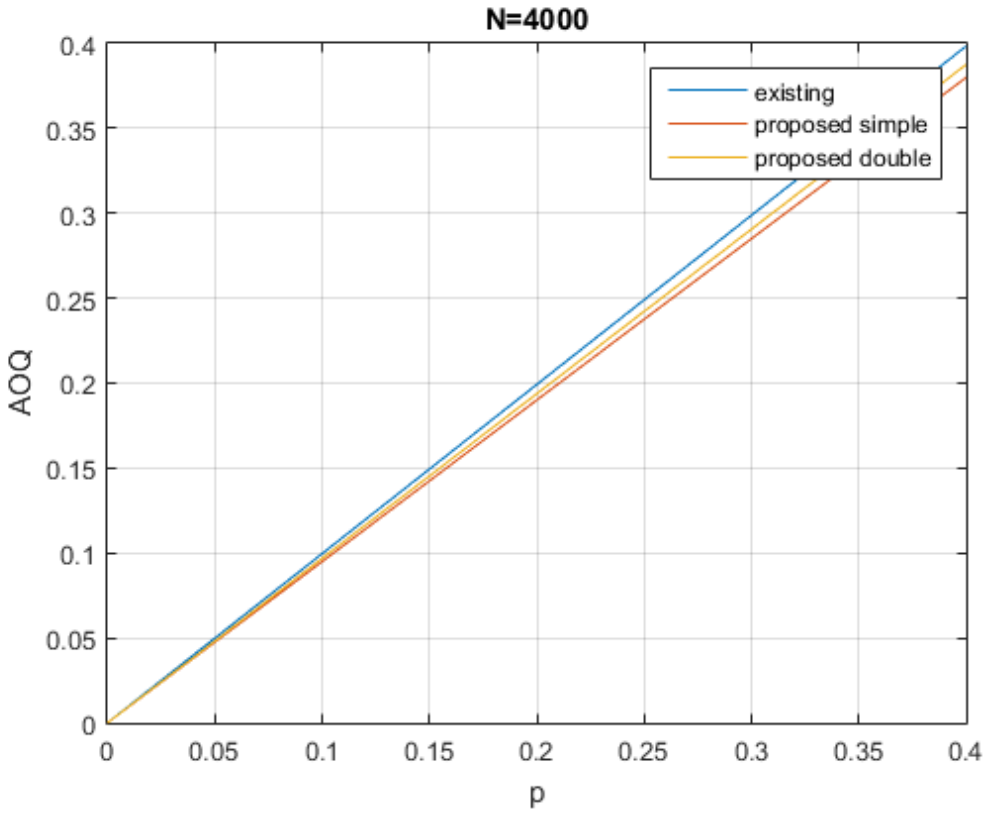
$P_{a2(p)}$, η πιθανότητα αποδοχής της παρτίδας από το δεύτερο δείγμα

p, το ποσοστό ελαττωματικών

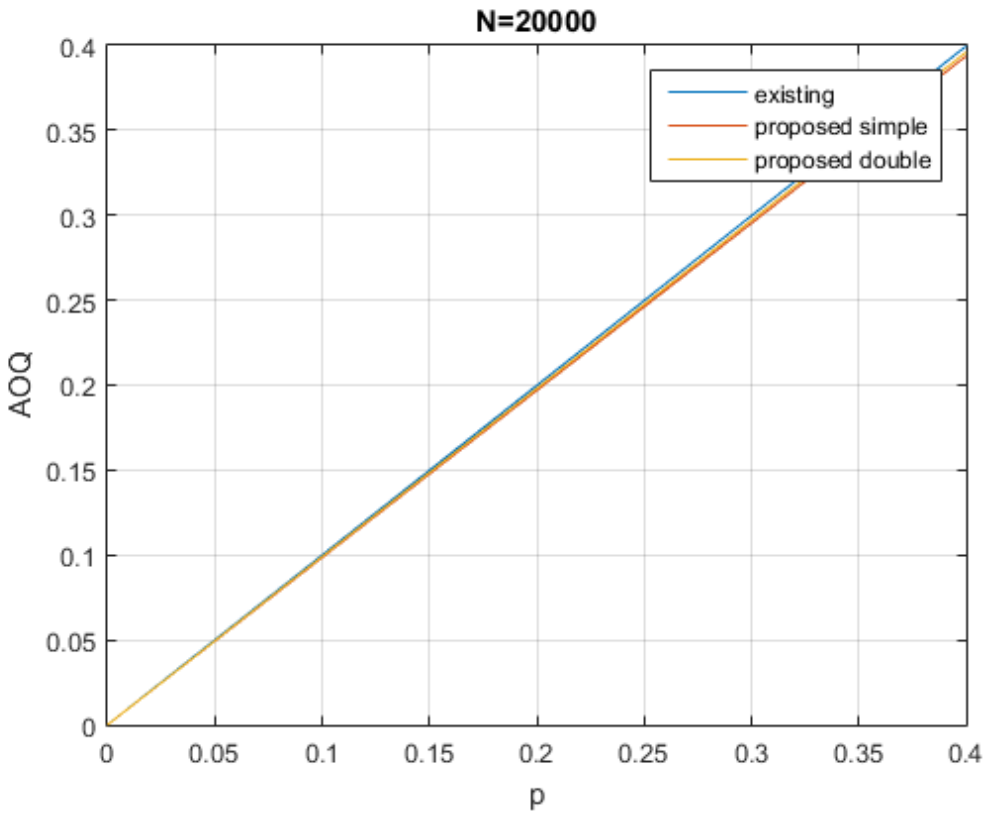
Στα διαγράμματα 1.4.4, 1.4.5 και 1.4.6 γίνεται η σύγκριση της μέσης εξερχόμενης ποιότητας των τριών δειγματοληπτικών σχημάτων για τρία τυχαία μεγέθη παρτίδων, ένα από κάθε εύρος τιμών των μεγεθών παρτίδων του προτύπου ΕΛΟΤ 398.0. Η κατασκευή των διαγραμμάτων πραγματοποιήθηκε στο υπολογιστικό πακέτο MATLAB.



Διάγραμμα 1.4.4: Σύγκριση Μέσης Εξερχόμενης Ποιότητας για N=3000 τμχ



Διάγραμμα 1.4.5: Σύγκριση Μέσης Εξερχόμενης Ποιότητας για N=4000 τμχ



Διάγραμμα 1.4.6: Σύγκριση Μέσης Εξερχόμενης Ποιότητας για N=20000 τμχ

Παρατηρείται, λοιπόν, ότι τα προτεινόμενα δειγματοληπτικά σχήματα διαθέτουν καλύτερη μέση εξερχόμενη ποιότητα, δηλαδή κατά την χρήση τους το ποσοστό ελαττωματικών που εισέρχεται στη γραμμή παραγωγής είναι αριθμητικά μικρότερο, έναντι αυτού του υπάρχοντος δειγματοληπτικού σχήματος. Κατά συνέπεια, εν πρώτοις, η χρήση των προτεινόμενων δειγματοληπτικών σχημάτων από το πρότυπο ΕΛΟΤ 398.0 συμφέρει έναντι της χρήσης του υπάρχοντος δειγματοληπτικού σχήματος.

Τέλος, ένα μεγάλο μέρος του κόστους ενός ελέγχου είναι το μέγεθος δείγματος, το οποίο μπορεί να αυξήσει τη δαπάνη του ραγδαία. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η σύγκριση του μέσου μεγέθους δείγματος. Το μέσο μέγεθος δείγματος (ASN) είναι κατά μέσο όρο ο αριθμός των τεμαχίων που λαμβάνονται για τον έλεγχο μιας παρτίδας συγκεκριμένου ποσοστού ελαττωματικών. Η σύγκριση θα γίνει διαγραμματικά και μεταξύ μόνο των προτεινόμενων δειγματοληπτικών σχημάτων, αφού είναι τα μόνα τα οποία συμμορφώνονται καλύτερα στις απαιτήσεις της εταιρείας. Το μέσο μέγεθος δείγματος για το απλό δειγματοληπτικό σχήμα ισούται με το μέγεθος δείγματος, αφού σε κάθε περίπτωση θα γίνει η λήψη των τεμαχίων για τον έλεγχο της παρτίδας και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$ASN = n$$

όπου, n, το μέγεθος του δείγματος

Ενώ για το διπλό δειγματοληπτικό σχήμα, διαφέρει λόγω της πιθανότητας λήψης οριστικής απόφασης -αποδοχή ή απόρριψη της παρτίδας- κατά τον έλεγχο του πρώτου δείγματος και υπολογίζεται από το τύπο:

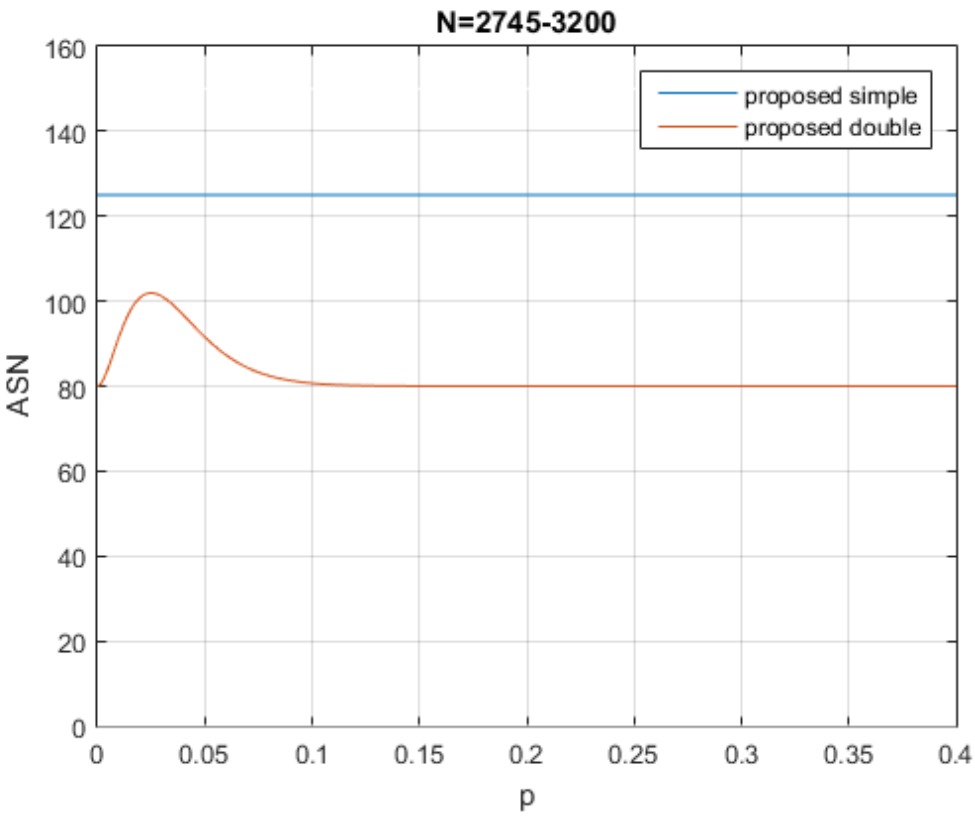
$$ASN = n_1 + n_2\left(1 - P_{1(p)}\right)$$

όπου, n_1, το μέγεθος του πρώτου δείγματος

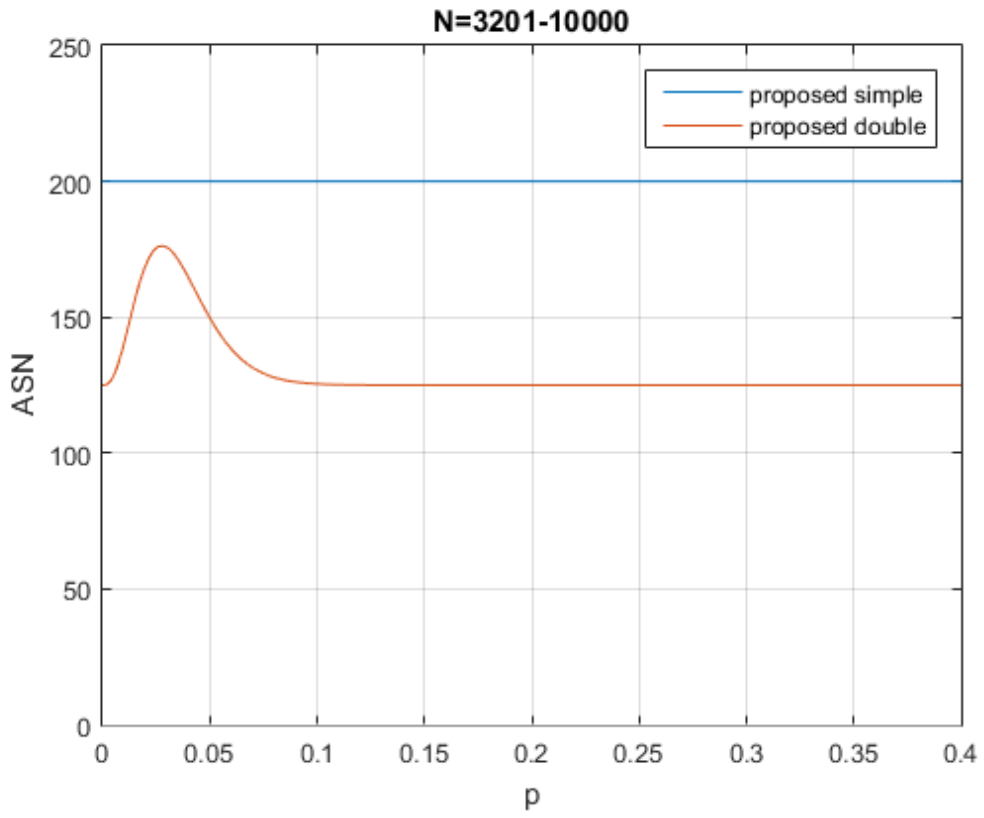
n_2, το μέγεθος του δεύτερου δείγματος

$P_{1(p)}$, η πιθανότητα λήψης οριστικής απόφασης από το πρώτο δείγμα

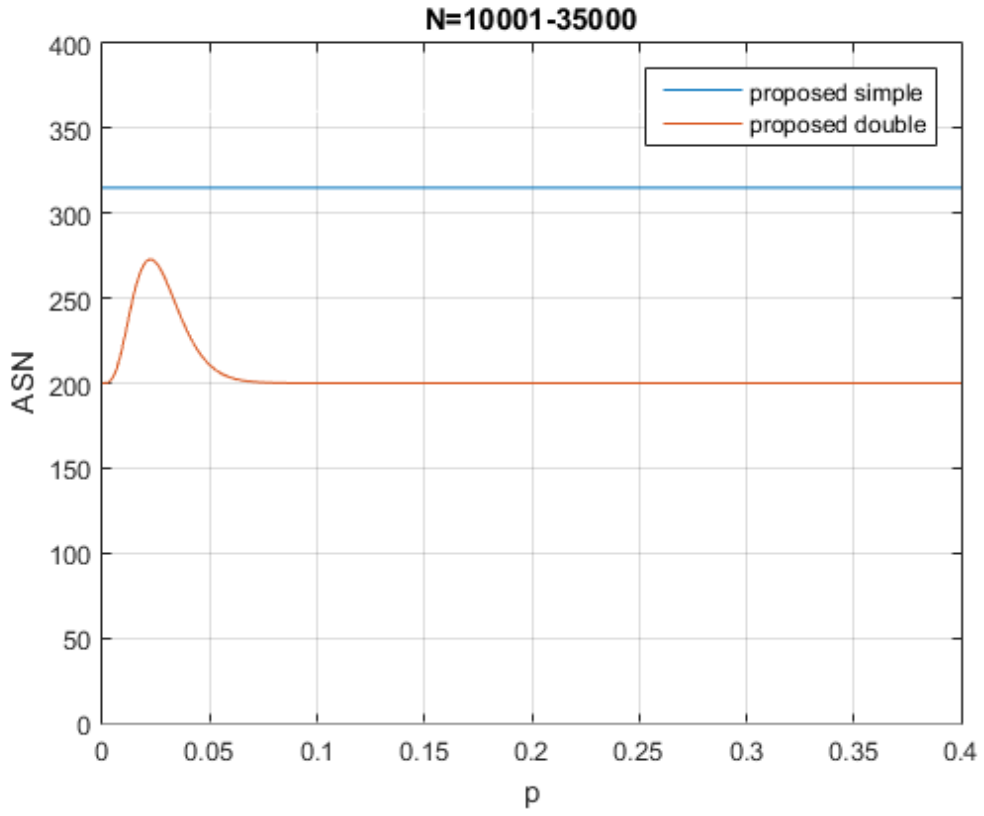
Στα διαγράμματα 1.4.7, 1.4.8 και 1.4.9 γίνεται η σύγκριση του μέσου μεγέθους δείγματος των δειγματοληπτικών σχημάτων για κάθε εύρος παρτίδων του προτύπου ΕΛΟΤ 398.0, με χρήση του υπολογιστικού πακέτου MATLAB.



Διάγραμμα 1.4.7: Σύγκριση Μέσου Μεγέθους Δείγματος για N=2745-3200 τμχ



Διάγραμμα 1.4.8: Σύγκριση Μέσου Μεγέθους Δείγματος για N=3201-10000 τμχ



Διάγραμμα 1.4.9: Σύγκριση Μέσου Μεγέθους Δείγματος για N=10001-35000 τμχ

Παρατηρείται, λοιπόν, ότι και στις τρεις περιπτώσεις το διπλό δειγματοληπτικό σχήμα χρησιμοποιεί κατά μέσο όρο λιγότερα τεμάχια έναντι του απλού, μειώνοντας έτσι το μέσο κόστος ελέγχου, αφού διατηρεί το ίδιο αποτέλεσμα ελέγχου με το απλό. Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί ότι το διπλό δειγματοληπτικό σχήμα είναι πιο περίπλοκο και δύσκολο στην εφαρμογή του και σε ορισμένες περιπτώσεις πιο χρονοβόρο.

Συνολικά, η σύγκριση των τριών δειγματοληπτικών σχημάτων οδηγεί στο συμπέρασμα, ότι τα προτεινόμενα σχήματα είναι πιο αποδοτικά από το υπάρχον, διατηρώντας καλύτερη διαχωριστική ικανότητα και μειώνοντας το ποσοστό ελαττωματικών που εισέρχεται στη γραμμή παραγωγής. Συγκριτικά μεταξύ αυτών, το διπλό δειγματοληπτικό σχήμα προσφέρει επιπλέον οικονομία στο κόστος ελέγχου, ενώ το απλό απλούστευση της διαδικασίας. Η βέλτιστη επιλογή δειγματοληπτικού σχήματος μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω βελτιστοποίησης, με χρήση οικονομικών στοιχείων κόστους και να αποτελεί την οικονομικά βέλτιστη επιλογή για την εταιρεία.

Κεφάλαιο 2: Ανάλυση Βάρους Τελικών Προϊόντων 1 Λίτρου

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει η ανάλυση του βάρους των μονόλιτρων δοχείων μετά την εμφιάλωσή τους. Στόχος της ανάλυσης αυτής είναι να δοθεί μια σαφής εικόνα του φαινομένου, να ελεγχθεί αν και κατά πόσο το βάρος διατηρείται εντός προδιαγραφών και να διερευνηθεί αν και κατά πόσο είναι εφικτή μια διαφορετική ρύθμιση των μηχανών, με στόχο την παράλληλη συμμόρφωση των προϊόντων στις προδιαγραφές και τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση λιπαντικού.

Οι προδιαγραφές, όσον αφορά τον όγκο, ορίζονται μέσω νομοθεσίας και υπάρχει πρόστιμο στους παραβάτες, αναλόγως το μέγεθος και το είδος της παράβασης. Η νομοθεσία ρητά αναφέρει ότι ο όγκος του προϊόντος, το οποίο τίθεται προς πώληση, δεν πρέπει να είναι κάτω από το 99% της αναγραφόμενης τιμής του. Κατ' επέκταση ελαττωματικά θεωρούνται μόνο τα λιποβαρή προϊόντα και πιο συγκεκριμένα εκείνα που είναι εκτός των προδιαγραφών της νομοθεσίας.

Ο έλεγχος του όγκου των δοχείων γίνεται έμμεσα με τη μέτρηση του βάρους αυτών με χρήση ζυγαριάς και μέσω της πυκνότητας του λιπαντελαίου, η οποία ορίζεται εργαστηριακά στο χημείο της επιχείρησης και υπολογίζεται το ύψος της στάθμης του λιπαντικού μέσα στο δοχείο. Ο έλεγχος για εξοικονόμηση χρόνου είναι δειγματοληπτικός και τα αποτελέσματα αναγράφονται σε φύλλα καταχώρισης. Κάθε μηχανή έχει τη δική της ζυγαριά. Οι ζυγαριές ελέγχονται τακτικά από εξωτερικούς συνεργαζόμενους φορείς, επομένως οι τιμές των μετρήσεων θεωρούνται αξιόπιστες, απαλλαγμένες από πιθανό σφάλμα του μετρητικού, το οποίο θα αλλοίωνε το τελικό αποτέλεσμα.

2.1 Μετρήσεις και Τρόπος Δειγματοληψίας

Κάθε παρτίδα που συσκευάζεται περιέχει διαφορετικό αριθμό τεμαχίων και είδος λιπαντικού, αναλόγως με τη παραγγελία του πελάτη. Κατά την εμφιάλωση λιπαντικών με μικρή πυκνότητα παρατηρείται η συστηματική υπερχείλιση δοχείων, ενώ κατά την εμφιάλωση λιπαντικών με μεγαλύτερη πυκνότητα είναι συνήθης η εμφάνιση προϊόντων εκτός προδιαγραφών. Για αυτόν το λόγο, η ρύθμιση της μηχανής γίνεται με βάση το βάρος του λιπαντικού. Ο όγκος των δοχείων δεν επηρεάζεται από τις διαφορετικές ρυθμίσεις των μηχανών, οι οποίες έχουν ως στόχο την παραγωγή

προϊόντων ίδιου όγκου, ανεξαρτήτως της πυκνότητας του εκάστοτε ρευστού. Για την εμφιάλωση των μονόλιτρων δοχείων χρησιμοποιούνται από την εταιρεία δύο μηχανές. Οι κωδικοποιημένες ονομασίες των μηχανών είναι Α και Β.

Η δειγματοληψία γίνεται με την ολοκλήρωση της παραγωγής ολόκληρης της παρτίδας. Χρησιμοποιείται το ίδιο δειγματοληπτικό σχήμα με τον έλεγχο των υλικών συσκευασίας, το οποίο αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 1.

Στους πίνακες 2.1.1 και 2.1.2 παρατίθενται οι μετρήσεις μονόλιτρων δοχείων εκφρασμένες σε όγκο και πιο συγκεκριμένα σε χιλιοστόλιτρα από την μηχανή Α και Β αντίστοιχα. Η τροποποίηση των μετρήσεων από γραμμάρια σε χιλιοστόλιτρα έγινε με στόχο την κοινή μελέτη όλων των προϊόντων, ανεξαρτήτως του ειδικού τους βάρους. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης μπορούν , με χρήση του εκάστοτε ειδικού βάρους, να αναχθούν σε γραμμάρια για κάθε είδος λιπαντικού ξεχωριστά.

Δείγματα	**Μετρήσεις**							
1	1005.21	1005.21	1005.21	1010.42	1010.42	1010.42		
2	1005.21	1005.21	1000.00	1010.42	1010.42			
3	1005.21	1005.21	1005.21	1010.42	1010.42	1010.42		
4	1005.21	1005.21	1000.00	1010.42	1005.21	1010.42		
5	1005.21	1005.21	1010.42	1010.42	1005.21			
6	1010.42	1010.42	1010.42	1005.21	1010.42	1005.21		
7	1005.21	1015.63	1010.42	1005.21	1000.00	1010.42		
8	1005.21	1010.42	1010.42	1010.42	1010.42	1010.42		
9	1005.21	1005.21	1005.21	1005.21	1000.00	1000.00	1005.21	994.79
10	1000.00	1000.00	1005.21	1010.42	1005.21	1010.42		
11	1010.42	1010.42	1005.21	1005.21	1005.21	1005.21	1005.21	
12	1005.21	1010.42	1010.42	1010.42	1010.42	1005.21		

Πίνακας 2.1.1: Μετρήσεις μονόλιτρων δοχείων από τη μηχανή Α (σε ml)

Δείγματα	Μετρήσεις							
1	1012.66	1014.77	1012.66	1010.55				
2	1010.55	1007.38	1007.38	1004.22	1007.38	1010.55		
3	1008.58	1006.44	1010.73	1010.73	1008.58	1006.44	1006.44	1008.58
4	1010.73	1008.58	1010.73	1008.58	1010.73	1008.58		
5	1010.70	1005.35	1007.49	1007.49	1010.70	1005.35		
6	1016.04	1013.90	1013.90	1016.04				
7	1007.49	1016.04	1016.04	1010.70	1016.04	1010.70		
8	1007.49	1005.35	1003.21	1005.35	1003.21	1007.49		
9	1002.08	1002.08	1002.08	1000.00	1000.00	1002.08		
10	1012.77	1012.77	1008.51	1010.64	1010.64			
11	1005.26	1005.26	1005.26	1010.53	1010.53	1005.26		
12	1005.34	1007.47	1011.74	1007.47				
13	1003.20	1005.34	1005.34					
14	1006.25	1006.25	1006.25	1004.17	1010.42			

Πίνακας 2.1.2: Μετρήσεις μονόλιτρων δοχείων από τη μηχανή Β (σε ml)

Στους πίνακες 2.1.1 και 2.1.2 παρατηρείται ότι το κάθε δείγμα περιέχει διαφορετικό πλήθος μετρήσεων και ότι στη μηχανή Β υπάρχουν περισσότερα δείγματα. Το μεταβλητό πλήθος δειγμάτων ανά μηχανή και μετρήσεων ανά δείγμα οφείλεται στα διαφορετικά μεγέθη παρτίδων και στις διαφορετικές ταχύτητες εμφιάλωσης κάθε μηχανής.

2.2 Προσαρμογή Δεδομένων στην Κανονική Κατανομή

Αρχικά, πριν πραγματοποιηθεί η ανάλυση των δεδομένων, είναι αναγκαίο να εξεταστεί αν τα δεδομένα, για την ακρίβεια οι μετρήσεις του όγκου των δοχείων, προσαρμόζονται στην κανονική κατανομή.

Πιο συγκεκριμένα, θα γίνει διαγραμματικά, έλεγχος προσαρμογής των σφαλμάτων e_{ij} στην κανονική κατανομή με χρήση του στατιστικού πακέτου MINITAB. Τα σφάλματα e_{ij} είναι ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές, αποτελούν την αριθμητική διαφορά των τιμών από τη μέση τιμή του δείγματος, στο οποίο ανήκουν και υπολογίζονται από τον τύπο:

$$e_{ij} = x_{ij} - \bar{x}_j$$

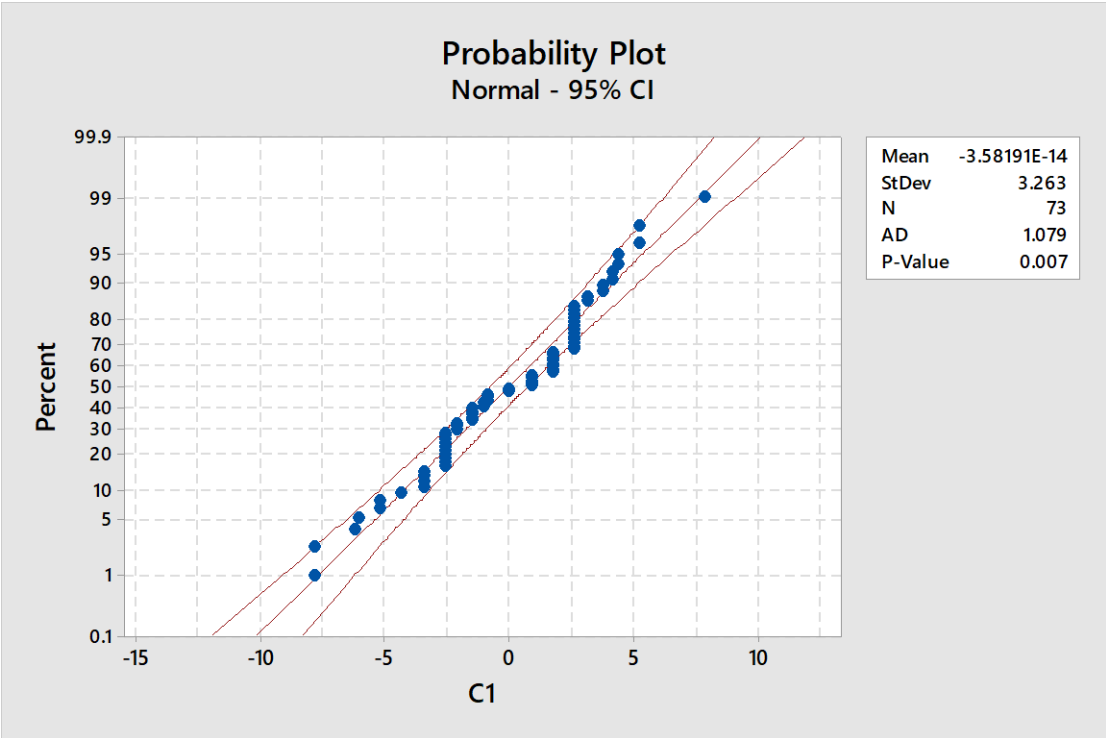
όπου, x_{ij}, οι μετρήσεις κάθε δείγματος

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}}{n_j}$$, η μέση τιμή κάθε δείγματος

Στον πίνακα 2.2.1 παρουσιάζονται οι τιμές των σφαλμάτων e_{ij} και στο διάγραμμα 2.2.1 τα αποτελέσματα του ελέγχου προσαρμογής στην κανονική κατανομή για τη μηχανή Α. Αντίστοιχα στον πίνακα 2.2.2 και στο διάγραμμα 2.2.2 για την μηχανή Β.

Δείγματα	e_{ij}							
1	-2.60	-2.60	-2.60	2.60	2.60	2.60		
2	-1.04	-1.04	-6.25	4.17	4.17			
3	-2.60	-2.60	-2.60	2.60	2.60	2.60		
4	-0.87	-0.87	-6.08	4.34	-0.87	4.34		
5	-2.08	-2.08	3.13	3.13	-2.08			
6	1.74	1.74	1.74	-3.47	1.74	-3.47		
7	-2.60	7.81	2.60	-2.60	-7.81	2.60		
8	-4.34	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87		
9	2.60	2.60	2.60	2.60	-2.60	-2.60	2.60	-7.81
10	-5.21	-5.21	0.00	5.21	0.00	5.21		
11	3.72	3.72	-1.49	-1.49	-1.49	-1.49	-1.49	
12	-3.47	1.74	1.74	1.74	1.74	-3.47		

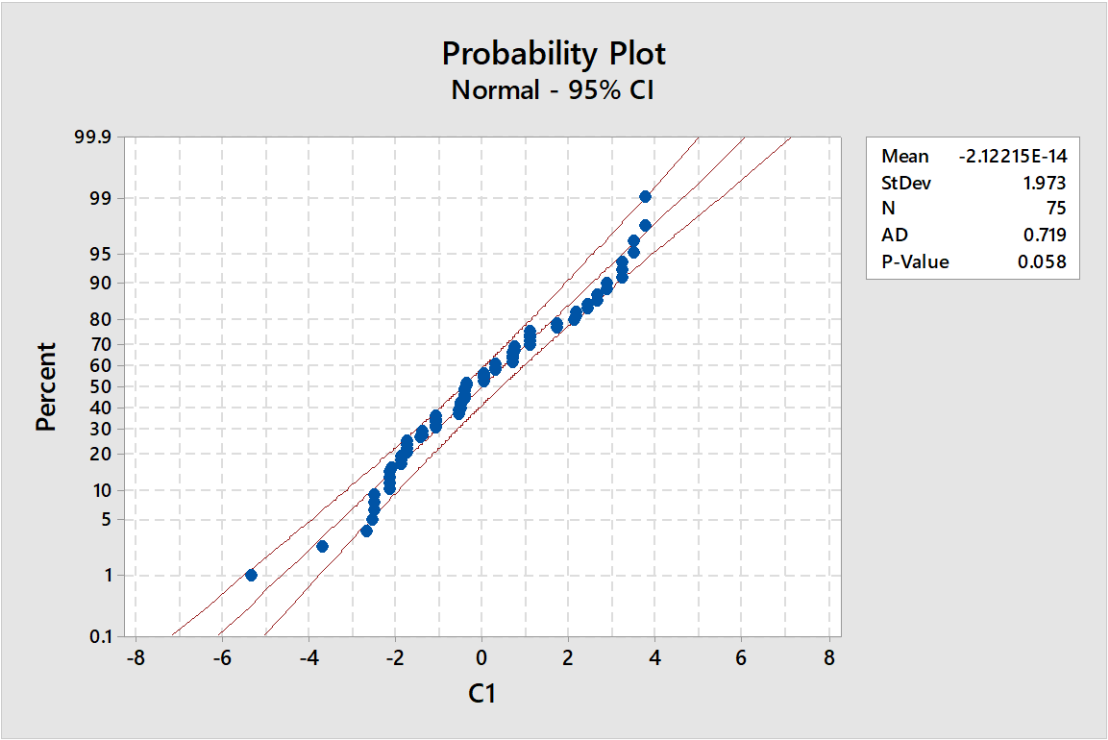
Πίνακας 2.2.1: Υπολογισμός Σφαλμάτων για τη Μηχανή Α



Διάγραμμα 2.2.1: Αποτέλεσμα Ελέγχου Προσαρμογής στην Κανονική Κατανομή για τη Μηχανή Α

Δείγματα	e_{ij}							
1	0.00	2.11	0.00	-2.11				
2	2.64	-0.53	-0.53	-3.69	-0.53	2.64		
3	0.27	-1.88	2.41	2.41	0.27	-1.88	-1.88	0.27
4	1.07	-1.07	1.07	-1.07	1.07	-1.07		
5	2.85	-2.50	-0.36	-0.36	2.85	-2.50		
6	1.07	-1.07	-1.07	1.07				
7	-5.35	3.21	3.21	-2.14	3.21	-2.14		
8	2.14	0.00	-2.14	0.00	-2.14	2.14		
9	0.69	0.69	0.69	-1.39	-1.39	0.69		
10	1.70	1.70	-2.55	-0.43	-0.43			
11	-1.75	-1.75	-1.75	3.51	3.51	-1.75		
12	-2.67	-0.53	3.74	-0.53				
13	-1.42	0.71	0.71					
14	-0.42	-0.42	-0.42	-2.50	3.75			

Πίνακας 2.2.2: Υπολογισμός Σφαλμάτων για τη Μηχανή Β



Διάγραμμα 2.2.2: Αποτέλεσμα Ελέγχου Προσαρμογής στην Κανονική Κατανομή για τη Μηχανή Β

Παρατηρείται, λοιπόν, στα διαγράμματα 2.2.1 και 2.2.2, ότι οι τιμές προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή. Παρά το γεγονός, ότι οι τιμές p-value είναι αριθμητικά μικρές, θεωρείται ότι οι μετρήσεις και των δυο μηχανών ακολουθούν την κανονική κατανομή.

2.3 Ανάλυση Δυνατοτήτων

Η ανάλυση δυνατοτήτων, συνήθως, πραγματοποιείται πριν την έναρξη της παραγωγής μεγάλου όγκου προϊόντων και έχει ως σκοπό τον υπολογισμό των δυνατοτήτων της παραγωγικής διαδικασίας. Βασίζεται σε παρελθοντικά στοιχεία και από τα αποτελέσματα αυτής διεξάγονται συμπεράσματα, όσον αφορά τη λειτουργία και την αξιοπιστία των μηχανών, την εύρεση της βέλτιστης αρχικής ρύθμισης αυτών και εύρεση αιτιών που προκαλούν προβλήματα κατά την εμφιάλωση των δοχείων.

Όπως αποδείχτηκε στην ενότητα 2.2 ο όγκος των δοχείων ακολουθεί την κανονική κατανομή, επομένως σκοπός της συγκεκριμένης ανάλυσης είναι ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών της κατανομής αυτής.

Αρχικά είναι αναγκαίος ο υπολογισμός των εκτιμητριών της μεταβλητότητας και της μέσης τιμής κάθε μηχανής. Η μέση τιμή αποτελεί τη ρύθμιση της μηχανής, η οποία

είναι πλήρως ελεγχόμενη και ορίζεται από τον υπεύθυνο μηχανικό. Μέσω της μεταβλητότητας υπολογίζεται η διασπορά των τιμών του όγκου των δοχείων. Όσο μεγαλύτερη είναι η μεταβλητότητα τόσο αυξάνεται το φάσμα τιμών που μπορεί να έχει ο όγκος των τελικών προϊόντων, επομένως τόσο αυξάνεται και η πιθανότητα εμφάνισης λιποβαρών προϊόντων, δηλαδή το ποσοστό ελαττωματικών. Είναι σύνηθες, σε μηχανές με μεγάλη μεταβλητότητα, η μέση τιμή να ορίζεται πιο πάνω από την επιθυμητή ώστε να μειωθεί ο ρυθμός εμφάνισης ελαττωματικών στα επιθυμητά επίπεδα.

Όσον αφορά την ανάλυση δυνατοτήτων για την εκτίμηση των χαρακτηριστικών του πληθυσμού της κάθε μηχανής, χρίζεται απαραίτητος ο υπολογισμός της μέσης τιμής του κάθε δείγματος ξεχωριστά μέσω του τύπου:

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}}{n_j}$$

όπου,x_{ij}, η κάθε μέτρηση

n_j,το πλήθος των μετρήσεων ανά δείγμα.

Λόγω του μεταβλητού μεγέθους δείγματος, η εκτιμήτρια της μέσης τιμής του πληθυσμού υπολογίζεται άμεσα από το σύνολο των μετρήσεων κάθε μηχανής, ισούται με το άθροισμα του συνόλου των μετρήσεων διαιρεμένο με το πλήθος αυτών και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{j=1}^{m} x_{ij}}{\sum_{j=1}^{m} n_j}$$

όπου,x_{ij},οι μετρήσεις κάθε μηχανής

n_j, το μέγεθος κάθε δείγματος

m,το πλήθος των δειγμάτων.

Στους πίνακες 2.3.1 και 2.3.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, όσον αφορά τον υπολογισμό της μέσης τιμής κάθε δείγματος και της εκτιμήτριας της μέσης τιμής κάθε πληθυσμού, για τις μηχανές Α και Β αντίστοιχα.

Δείγματα	$\overline{x}_j$	$\overline{\overline{x}}$
1	1007.81	1006.92
2	1006.25	
3	1007.81	
4	1006.08	
5	1007.29	
6	1008.68	
7	1007.81	
8	1009.55	
9	1002.60	
10	1005.21	
11	1006.70	
12	1008.68	

Πίνακας 2.3.1: Αποτελέσματα Εύρεσης της Εκτιμήτριας της Μέσης Τιμής για τη Μηχανή Α

Δείγματα	$\overline{x}_j$	$\overline{\overline{x}}$
1	1012.66	1008.31
2	1007.91	
3	1008.32	
4	1009.66	
5	1007.84	
6	1014.97	
7	1012.83	
8	1005.35	
9	1001.39	
10	1011.06	
11	1007.02	
12	1008.00	
13	1004.62	
14	1006.67	

Πίνακας 2.3.2: Αποτελέσματα Εύρεσης της Εκτιμήτριας της Μέσης Τιμής για τη Μηχανή Β

Επομένως, η εκτιμήτρια της μέσης τιμής του πληθυσμού της μηχανής Α ισούται με $\overline{\overline{x}_A} = 1006.92$ ml και της μηχανής Β με $\overline{\overline{x}_B} = 1008.31$ ml. Οι ρυθμίσεις των μηχανών είναι διαφορετικές, γεγονός που προδιαθέτει ότι και οι εκτιμήσεις των μεταβλητοτήτων, θα είναι αριθμητικά άνισες μεταξύ τους, ώστε να επιτευχθεί ίδιο αποτέλεσμα στον τελικό όγκο κάθε δοχείου και από τις δύο μηχανές.

Όπως παρατηρήθηκε στην ενότητα 2.1 το πλήθος των μετρήσεων είναι διαφορετικό σε κάθε δείγμα. Κατά αντιστοιχία με την εκτίμηση της μέσης τιμής θα πρέπει και η μεταβλητότητα να εκτιμηθεί για κάθε μηχανή ξεχωριστά, ακολουθώντας όμως την κατάλληλη μεθοδολογία για μεταβλητό μέγεθος δείγματος. Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι εκτίμηση της μεταβλητότητας. Ο πρώτος είναι μέσω των εκτιμητριών των μεταβλητοτήτων των δειγμάτων και ο δεύτερος μέσω των ευρών των μετρήσεων των δειγμάτων.

Πιο συγκεκριμένα, για την εκτίμηση μέσω του πρώτου τρόπου, αρχικά υπολογίστηκε η εκτιμήτρια της μεταβλητότητας κάθε δείγματος ξεχωριστά μέσω του τύπου:

$$S_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \left(x_{ij} - \overline{x_j}\right)^2}{df_j}$$

όπου,x_{ij}, οι μετρήσεις σε κάθε δείγματα

$\bar{x}_j$, η μέση τιμή κάθε δείγματος

n_j, το πλήθος των μετρήσεων

$df_j = n_j - 1$, οι βαθμοί ελευθερίας κάθε δείγματος

Στη συνέχεια υπολογίστηκε η εκτιμήτρια της μεταβλητότητας όλων των δειγμάτων από τον τύπο:

$$s_\rho^2 = \frac{\sum_{j=1}^{m} df_j \cdot s_j^2}{DF}$$

όπου, m, το πλήθος των δειγμάτων κάθε μηχανής

$DF = \sum_{j=1}^{m} df_j$, οι συνολικοί βαθμοί ελευθερίας

Τέλος η εκτιμήτρια της τυπικής απόκλισης, η οποία αποτελεί τη θετική ρίζα της μεταβλητότητας του πληθυσμού, υπολογίστηκε ως εξής:

$$\sigma = \frac{s_p}{c_{4(DF+1)}}$$

όπου, S_ρ, η θετική ρίζα της s_ρ^2

$$c_{4(DF+1)} = \frac{4(n-1)}{4n-3}, \text{ η διορθωτική μεταβλητή για } n = \sum_{j=1}^{m} n_j$$

Τα αποτελέσματα της προαναφερθείσας διαδικασίας για τις δύο μηχανές παρουσιάζονται στους πίνακες 2.3.3. και 2.3.4.

Δείγματα	S_j^2	S_p^2	σ
1	8.14	12.57	3.56
2	18.99		
3	8.14		
4	15.37		
5	8.14		
6	7.23		
7	29.84		
8	4.52		
9	15.50		
10	21.70		
11	6.46		
12	7.23		

Πίνακας 2.3.3:Αποτελέσματα της Εκτίμηση της Μεταβλητότητας του Πληθυσμού της Μηχανής Α μέσω των Μεταβλητοτήτων των Δειγμάτων

Δείγματα	S_j^2	s_p^2	σ
1	2.97	4.72	2.18
2	5.67		
3	3.21		
4	1.38		
5	5.80		
6	1.53		
7	13.73		
8	3.66		
9	1.15		
10	3.17		
11	7.39		
12	7.21		
13	1.52		
14	5.21		

Πίνακας 2.3.4:Αποτελέσματα της Εκτίμησης της Μεταβλητότητας του Πληθυσμού για τη Μηχανή Β μέσω των Μεταβλητοτήτων των Δειγμάτων

Επομένως οι εκτιμήσεις των τυπικών αποκλίσεων των δύο μηχανών είναι $\sigma_A = 3.56$ ml και $\sigma_B = 2.18$ ml, καθιστώντας έτσι τη μηχανή Β πιο αξιόπιστη λόγω του μικρού εύρους διασπορά των τιμών στον όγκο των δοχείων που παράγονται.

Ο δεύτερος τρόπος εκτίμησης της μεταβλητότητας των μηχανών χρησιμοποιεί το εύρος των δειγμάτων. Είναι λιγότερο αξιόπιστος από τον πρώτο διότι εκμεταλλεύεται μόνο δύο τιμές από κάθε δείγμα, την αριθμητικά μέγιστη και ελάχιστη, αφού το εύρος είναι η απόλυτη διαφορά αυτών. Οι διορθωτικές μεταβλητές d_2 και d_3 που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της τυπικής απόκλισης έχουν υπολογιστεί για κάθε μέγεθος δείγματος, οι τιμές τους είναι γνωστές και έχουν καταγραφεί σε πίνακες.

Η εκτίμηση της τυπικής απόκλισης του πληθυσμού υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\sigma = \sum_{J=1}^{m} \frac{f_j R_j}{d_{2j}}$$

όπου, $R_j = x_{maxj} - x_{minj}$, το εύρος τιμών κάθε δείγματος

$f_j = \frac{(d_{2j})^2}{(d_{3j})^2}$, ο λόγος των τετραγώνων των διορθωτικών μεταβλητών κάθε δείγματος

Εκτιμήθηκαν λοιπόν τα εύρη των δειγμάτων κάθε μηχανής και συνυπολογίζοντας τις διορθωτικές μεταβλητές κάθε δείγματος, υπολογίστηκε η τυπική απόκλιση των μηχανών. Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι η διορθωτική μεταβλητή d_2 αυξάνεται με την αύξηση του δείγματος ενώ η d_3 μειώνεται. Το μεγάλο μέγεθος δείγματος αυξάνει την πιθανότητα το εύρος τιμών που υπολογίστηκε να είναι αριθμητικά κοντά στο πραγματικό εύρος του πληθυσμού.

Οι πίνακες 2.3.5 και 2.3.6 περιέχουν τα αποτελέσματα των υπολογισμών της τυπικής απόκλισης για τη μηχανή Α και Β.

Δείγματα	R_j	d_{2j}	d_{3j}	f_j	σ
1	5.21	2.53	0.85	8.93	2.90
2	10.42	2.33	0.86	7.25	
3	5.21	2.53	0.85	8.93	
4	10.42	2.53	0.85	8.93	
5	5.21	2.33	0.86	7.25	
6	5.21	2.53	0.85	8.93	
7	10.42	2.53	0.85	8.93	
8	5.21	2.53	0.85	8.93	
9	10.42	2.85	0.82	12.06	
10	10.42	2.53	0.85	8.93	
11	5.21	2.70	0.83	10.54	
12	5.21	2.53	0.85	8.93	

Πίνακας 2.3.5.: Αποτελέσματα της Εκτίμησης της Τυπικής Απόκλισης του Πληθυσμού για τη Μηχανή Α μέσω του Εύρους κάθε Δείγματος

Δείγματα	R_j	d_{2j}	d_{3j}	f_j	σ
1	4.22	2.06	0.88	5.48	1.92
2	6.33	2.53	0.85	8.93	
3	4.29	2.85	0.82	12.06	
4	2.15	2.53	0.85	8.93	
5	5.35	2.53	0.85	8.93	
6	2.14	2.06	0.88	5.48	
7	8.56	2.53	0.85	8.93	
8	4.28	2.53	0.85	8.93	
9	2.08	2.53	0.85	8.93	
10	4.26	2.33	0.86	7.25	
11	5.26	2.53	0.85	8.93	
12	6.40	2.06	0.88	5.48	
13	2.13	1.69	0.89	3.63	
14	6.25	2.33	0.86	7.25	

Πίνακας 2.3.6.: Αποτελέσματα της Εκτίμησης της Τυπικής Απόκλισης του Πληθυσμού για τη Μηχανή Β μέσω του Εύρους κάθε Δείγματος

Εκτιμήθηκε λοιπόν η τυπική απόκλιση για τη μηχανή Α ότι είναι $\sigma_A = 2.9$ ml και για τη μηχανή Β $\sigma_B = 1.92$ ml. Συγκριτικά με τα αποτελέσματα του πρώτου τρόπου υπολογισμού οι εκτιμήσεις των μεταβλητοτήτων είναι αριθμητικά μικρότερες για κάθε

μηχανή. Εντούτοις, η μηχανή Β παραμένει να έχει μικρότερη διασπορά από την Α, λόγω των μικρότερων ευρών σε κάθε δείγμα.

Τέλος, για τον λόγο ότι η πρώτη μέθοδος εκτίμησης της μεταβλητότητας είναι πιο αξιόπιστη, αφού χρησιμοποιεί το σύνολο των μετρήσεων σε κάθε δείγμα, θεωρείται ότι οι εκτιμήτριες της τυπικής απόκλισης των δύο πληθυσμών είναι $\sigma_A = 3.56$ ml για την μηχανή Α και $\sigma_B = 2.18$ ml για τη μηχανή Β.

2.4 Σύγκριση Μηχανών

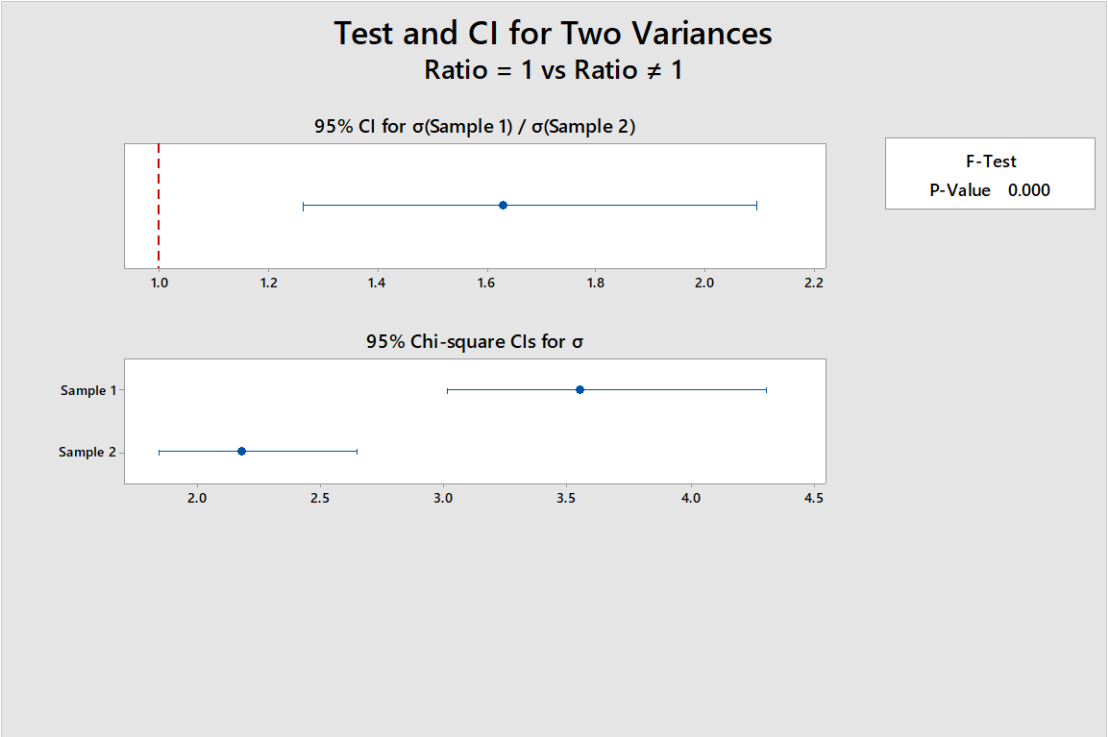
Σε μια παραγωγική διαδικασία με πολλές μηχανές είναι ιδιαίτερα σημαντική η στατιστική σύγκριση αυτών. Κάθε μηχανή έχει τη δική της μέση τιμή και μεταβλητότητα, τιμές που επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα. Η μέση τιμή κάθε μηχανής επιλέγεται από τον υπεύθυνο μηχανικό και ορίζεται από τον εκάστοτε χειριστή. Η μεταβλητότητα όμως κάθε μηχανής δεν μπορεί να επηρεαστεί άμεσα, επομένως πρέπει να υπολογιστεί με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια, λαμβάνοντας μέρος στην επιλογή της κατάλληλης αρχικής ρύθμισης. Για ευκολία κατά την παραγωγική διαδικασία γίνεται στατιστικός έλεγχος ισότητας μεταβλητοτήτων των δύο μηχανών, ώστε να αποφασιστεί εάν θα έχουν την ίδια ή διαφορετική ρύθμιση. Επιπλέον, εφόσον το αποτέλεσμα του ελέγχου είναι ότι οι τυπικές αποκλίσεις των μηχανών είναι στατιστικά ίσες, διευκολύνεται και ο έλεγχος των τελικών προϊόντων, ορίζοντας ένα δειγματοληπτικό σχήμα για όλα τα δοχεία.

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος υπόθεσης ισότητας μεταβλητοτήτων με χρήση της κατανομής F στο στατιστικό πακέτο MINITAB. Ο έλεγχος εξετάζει δύο εναλλακτικές υποθέσεις. Η υπόθεση H_0 αναφέρεται στο γεγονός ότι οι δύο τυπικές αποκλίσεις είναι στατιστικά ίσες, ενώ η H_1 ότι δεν είναι. Εξετάζεται αν ισχύει η πρώτη υπόθεση και σε πιθανή απόρριψή της αυτομάτως ισχύει η δεύτερη.

Το αποτέλεσμα του ελέγχου παρουσιάζεται στον πίνακα 2.4.1 και στο διάγραμμα 2.4.1, όπου αναγράφεται στο δεξί μέρος η τιμή p-value.

Null hypothesis			H_0: $\sigma_1 / \sigma_2 = 1$	
Alternative hypothesis			H_1: $\sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$	
Significance level			$\alpha = 0.05$	
Method	Test Statistic	DF1	DF2	P-Value
F	2.67	61	61	0.000

Πίνακας 2.4.1: Αποτέλεσμα Ελέγχου Υπόθεσης Ισότητας Μεταβλητοτήτων των Μηχανών Α και Β



Διάγραμμα 2.4.1.: Αποτέλεσμα Ελέγχου Υπόθεσης Ισότητας Μεταβλητοτήτων των Μηχανών Α και Β

Κρίνοντας διαγραμματικά αλλά και από τη τιμή p-value,η οποία ισούται με το 0, έχει απορριφθεί η υπόθεση H_0, επομένως οι μεταβλητότητες των δύο μηχανών είναι στατιστικά άνισες. Κάθε μηχανή πρέπει να έχει διαφορετική μεταχείριση κατά την εμφιάλωση μονόλιτρων δοχείων και να εξεταστεί, αν κρίνεται απαραίτητο, τα προϊόντα να ελέγχονται με διαφορετικό δειγματοληπτικό σχήμα.

2.5 Υπολογισμός Δεικτών Δυνατότητας

Οι δείκτες δυνατότητας αποτελούν ένα μέτρο σύνδεσης των δυνατοτήτων της παραγωγικής διαδικασίας με τις προδιαγραφές που έχουν καθοριστεί από την επιχείρηση για το συγκεκριμένο προϊόν. Συνήθως χρησιμοποιούνται τέσσερις δείκτες δυνατότητας.

$$c_\rho = \frac{U - L}{6\sigma}$$

$$c_{\rho L} = \frac{\mu - L}{3\sigma}$$

$$C_{\rho u} = \frac{U - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{\rho k} = min\{C_{\rho L}, C_{\rho u}\}$$

όπου, U, το άνω όριο προδιαγραφών

L, το κάτω όριο προδιαγραφών

σ, η εκτιμήτρια της τυπικής απόκλισης

μ, η μέση τιμή

Ο υπολογισμός των δεικτών έγινε στο υπολογιστικό πακέτο EXCEL για κάθε μηχανή ξεχωριστά και τα αποτελέσματα αναγράφονται στον πίνακα 2.5.1.

Μηχανές	μ	σ	U	L	c_ρ	$c_{\rho L}$	$C_{\rho u}$	$C_{\rho k}$
A	1006.92	3.56	-	990	-	1.58	-	1.58
B	1008.31	2.18	-	990	-	2.80	-	2.80

Πίνακας 2.5.1: Αποτελέσματα Υπολογισμού Δεικτών Δυνατότητας ανά Μηχανή

Λόγω της ισχύουσας νομοθεσίας, κατά την εμφιάλωση των δοχείων δεν υπάρχει άνω όριο προδιαγραφής, επομένως οι δείκτες c_ρ και $C_{\rho u}$ δεν έχουν τιμή λόγω αδυναμίας υπολογισμού αυτών, ενώ ο δείκτης $C_{\rho k}$ ισούται αριθμητικά με τον δείκτη $c_{\rho L}$.

Όταν η τιμή του δείκτη $c_{\rho L}$ είναι αριθμητικά κάτω από τη μονάδα σημαίνει ότι το εύρος των προδιαγραφών είναι μικρότερο από των δυνατοτήτων της παραγωγικής διαδικασίας, επομένως θα είναι αυξημένη η παραγωγή προϊόντων εκτός προδιαγραφών. Στη συγκεκριμένη διαδικασία οι τιμές των δεικτών είναι σε επιθυμητά

επίπεδα, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα, ότι οι φυσικές ανοχές της παραγωγικής διαδικασίας οδηγούν στην παραγωγή προϊόντων των συγκεκριμένων προδιαγραφών.

2.6 Διαγράμματα Ελέγχου Ποιότητας

Τα διαγράμματα ελέγχου ποιότητας αποτελούν μια αναπαράσταση της πορείας της παραγωγικής διαδικασίας και έχουν τρεις βασικές τιμές. Την κεντρική γραμμή που αποτελεί την επιθυμητή τιμή του χαρακτηριστικού και δύο όρια ελέγχου το άνω και το κάτω, τα οποία υπολογίζονται με βάση το επίπεδο εμπιστοσύνης που έχει επιλεγεί, το μέγεθος δείγματος, την τυπική απόκλιση και ισαπέχουν από την κεντρική γραμμή.

Στα διαγράμματα ελέγχου μέσης τιμής οι τιμές αυτές υπολογίζονται από τους τύπους:

$$AOE = \mu + k\frac{\sigma}{\sqrt{n_j}}$$

$$K\Gamma = \mu$$

$$KOE = \mu - k\frac{\sigma}{\sqrt{n_j}}$$

όπου, μ=$\bar{\bar{x}}_i$, η εκτιμήτρια της μέσης τιμής κάθε μηχανής

σ, η εκτιμήτρια της τυπικής απόκλισης του πληθυσμού

n_j, το μέγεθος του δείγματος

Ενώ στα διαγράμματα ελέγχου τυπικής απόκλισης οι τιμές υπολογίζονται από τους τύπους:

$$AOE = \sigma + k\frac{\sigma}{c_4}\sqrt{1 - c_4^2}$$

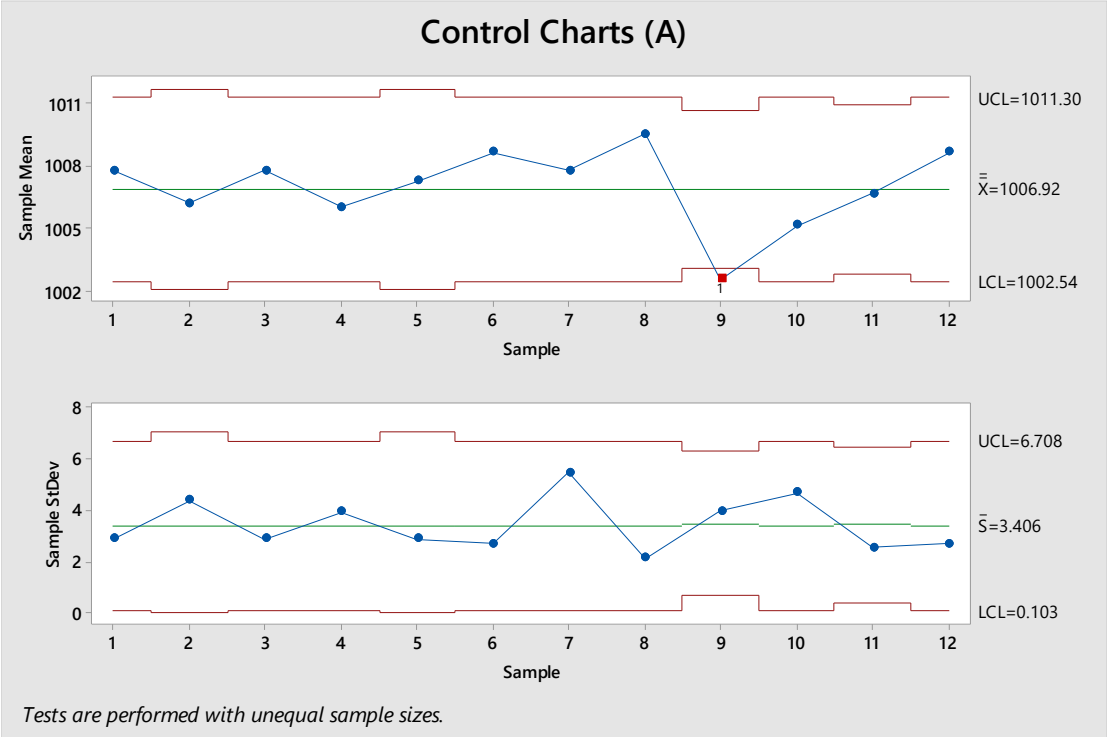
$$K\Gamma = \sigma$$

$$KOE = \sigma - k\frac{\sigma}{c_4}\sqrt{1 - c_4^2}$$

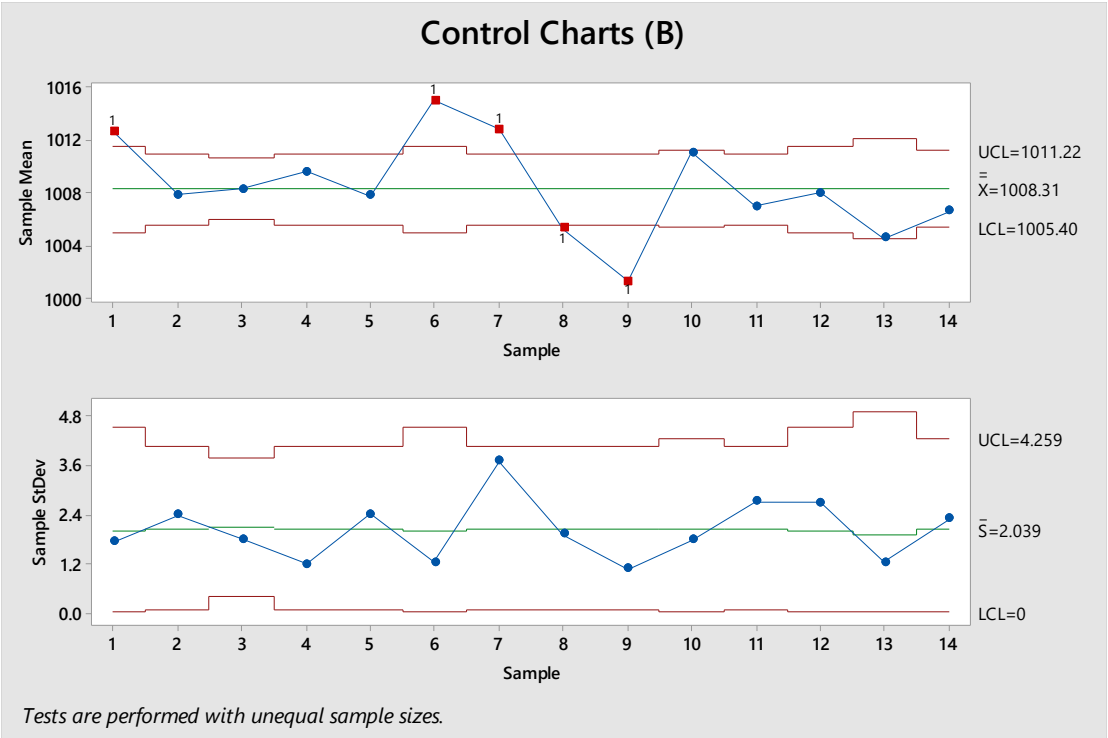
όπου, σ, η εκτιμήτρια της τυπικής απόκλισης

c_4, διορθωτική μεταβλητή

Όταν το μέγεθος δείγματος είναι μεταβλητό τα όρια του διαγράμματος δεν έχουν καθορισμένη τιμή αλλά μεταβαλλόμενη. Στο διάγραμμα τοποθετούνται οι τιμές των υπό εξέταση χαρακτηριστικών των δειγμάτων, συγκρίνονται με τα όρια και ενώνονται με γραμμή, ώστε να μελετηθεί εάν υπάρχει κάποια τάση στο χαρακτηριστικό αυτό. Ακολούθως θα κατασκευαστούν στο στατιστικό πακέτο MINITAB, διάγραμμα μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης για κάθε μηχανή ξεχωριστά για τις μετρήσεις της ενότητας 2.1.



Διάγραμμα 2.6.1: Διαγράμματα Μέσης Τιμής και Τυπικής Απόκλισης για τη Μηχανή Α



Διάγραμμα 2.6.2: Διαγράμματα Μέσης Τιμής και Τυπικής Απόκλισης για τη Μηχανή Β

Από τα διαγράμματα 2.6.1 και 2.6.2 παρατηρείται στο άνω διάγραμμα ελέγχου ότι η μέση τιμή των δειγμάτων σε ορισμένες περιπτώσεις είναι εκτός ορίων τοποθετώντας έτσι την παραγωγή σε κατάσταση εκτός στατιστικού ελέγχου. Παρ ’όλα αυτά, οι τιμές της τυπικής απόκλισης των δειγμάτων στο κάτω διάγραμμα και των δύο μηχανών είναι εντός των ορίων ελέγχου, καθιστώντας έτσι την παραγωγή σε κατάσταση εντός στατιστικού ελέγχου ως προς την τυπική απόκλιση. Επιπλέον, στα διαγράμματα των τυπικών αποκλίσεων δεν παρατηρείται κάποια τάση και οι τιμές κυμαίνονται ομοιόμορφα γύρω από την κεντρική γραμμή. Σε αντίθεση με τα διαγράμματα μέσης τιμής όπου και στις δύο μηχανές παρατηρούνται απότομες αυξομειώσεις και έντονες τάσεις. Τα φαινόμενα αυτά επηρεάζονται από τις αυθαίρετες και συνεχώς μεταβαλλόμενες ανά παρτίδα ρυθμίσεις των μηχανών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μειωτική τάση που παρατηρείται μεταξύ των δειγμάτων έξι και εννιά της μηχανής Β και η αυξητική τάση που παρατηρείται μεταξύ των δειγμάτων εννιά και δώδεκα της μηχανής Α.

Τέλος, είναι δυνατή η χρήση διαγραμμάτων ελέγχου παρακολούθησης της παραγωγικής διαδικασίας, τα οποία ως κεντρική γραμμή θα έχουν την εκάστοτε ρύθμιση της μηχανής και τα όρια ελέγχου θα υπολογίζονται με τη χρήση της εκτιμήτρια της μεταβλητότητας, η οποία έχει εκτιμηθεί κατά την ανάλυση δυνατοτήτων στην

ενότητα 2.3. Η χρήση ίδιου μεγέθους δείγματος, κατά τον έλεγχο παρτίδων ίδιου προϊόντος, θα ευνοούσε την κατασκευή των διαγραμμάτων ελέγχου και κατ' επέκταση τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας.

2.7 Υπολογισμός Ποσοστού Ελαττωματικών και Εύρεση Αρχικής Ρύθμισης

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου 2 οι προδιαγραφές των τελικών προϊόντων ορίζονται από τη νομοθεσία και για την ακρίβεια, όσον αφορά τα μονόλιτρα δοχεία, ελαττωματικά θεωρούνται εκείνα που ο όγκος τους είναι μέχρι 990 ml.

Από τη στιγμή που αποδείχθηκε στην ενότητα 2.1 ότι ο όγκος των δοχείων ακολουθεί κανονική κατανομή, τότε το ποσοστό ελαττωματικών ισούται με την πιθανότητα εμφάνισης δοχείων με όγκο έως 990 ml, η οποία υπολογίστηκε με χρήση της αθροιστικής της κανονικής κατανομής στο υπολογιστικό πακέτο EXCEL, δηλαδή:

$$p = P(X < 990)$$

όπου, p, το ποσοστό ελαττωματικών της μηχανής

X, τυχαία μεταβλητή, ο όγκος ενός δοχείου

Αρχικά έγινε ο υπολογισμός των ποσοστών ελαττωματικών που παράγουν οι μηχανές με τις ρυθμίσεις που έχουν επιλεγεί ήδη από την εταιρεία, που ισούνται με τις εκτιμήτριες των μέσων τιμών τους. Χρησιμοποιήθηκε η εντολή «norm.dist(990,$\bar{x}_i$,σ_i)» για κάθε μηχανή ξεχωριστά.

Μηχανές	$\bar{\bar{x}}_i$	σ_i	p_i
A	1006.92	3.56	1.003E-06
B	1008.31	2.18	2.249E-17

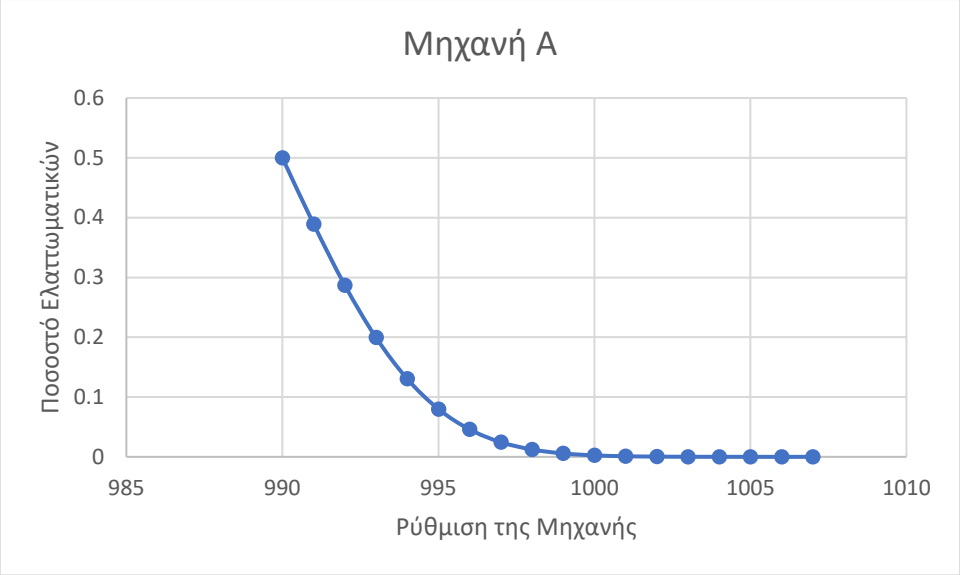
Πίνακας 2.7.1.: Αποτελέσματα Υπολογισμού Ποσοστού Ελαττωματικών για κάθε Μηχανή

Στον πίνακα 2.7.1 παρατηρείται ότι τα ποσοστά ελαττωματικό των δύο μηχανών είναι αρκετά μικρά, αποτέλεσμα της επιλογής της εταιρείας η ρύθμιση της μηχανής να είναι σε υψηλά επίπεδα. Η επιλογή αυτή έχει ως συνέπεια την παραγωγή υψηλού ποσοστού υπέρβαρων προϊόντων, δηλαδή να σπαταλάται μεγαλύτερη ποσότητα λιπαντικού για την εμφιάλωση μιας παρτίδας με το συγκεκριμένο ποσοστό ελαττωματικών, από ότι με ένα μεγαλύτερο.

Με γνώμονα την εξοικονόμηση του λιπαντικού έγινε διερεύνηση για να βρεθεί η ρύθμιση που πρέπει να επιλεχθεί, ώστε να επιτευχθούν συγκεκριμένες τιμές ποσοστού ελαττωματικών. Επίσης υπολογίστηκε η εξοικονόμηση προϊόντος που πετυχαίνεται με την εκάστοτε επιλογή ρύθμισης, έναντι της υπάρχουσας. Τα αποτελέσματα της διερεύνησης αυτής παρουσιάζονται στον πίνακα 2.7.2. και αναπαριστώνται γραφικά στο διάγραμμα 2.7.1 για την μηχανή Α και στον πίνακα 2.7.3 και διάγραμμα 2.7.2 για την μηχανή Β.

$\overline{\overline{x_A}}$	p_A	εξοικονόμηση ανά μπουκάλι (ml)
990	0.5	17
991	0.38932	16
992	0.28700	15
993	0.19954	14
994	0.13043	13
995	0.07995	12
996	0.04585	11
997	0.02456	10
998	0.01227	9
999	0.00571	8
1000	0.00247	7
1001	0.00099	6
1002	0.00037	5
1003	0.00013	4
1004	4.15635E-05	3
1005	1.24179E-05	2
1006	3.43991E-06	1
1007	8.8322E-07	0

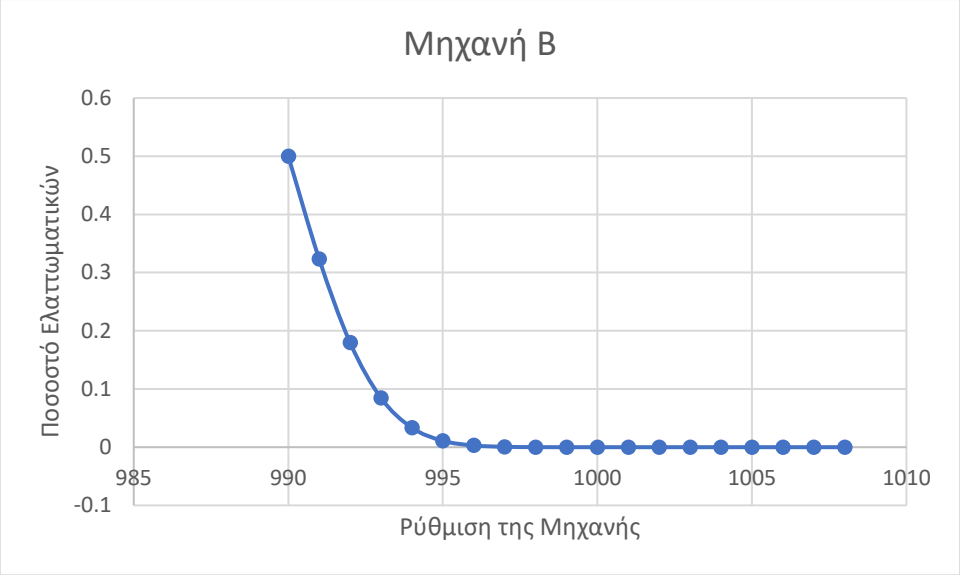
Πίνακας 2.7.2: Αποτελέσματα Υπολογισμού Ρύθμισης για τη Μηχανή Α



Διάγραμμα 2.7.1: Απεικόνιση Αποτελεσμάτων Υπολογισμού Ρύθμισης για τη Μηχανή Α

$\overline{\overline{x_B}}$	p_B	εξοικονόμηση ανά μπουκάλι (ml)
990	0.5	18
991	0.3234	17
992	0.1797	16
993	0.0846	15
994	0.0334	14
995	0.0110	13
996	0.0030	12
997	0.0007	11
998	0.0001	10
999	1.85537E-05	9
1000	2.29067E-06	8
1001	2.31057E-07	7
1002	1.90198E-08	6
1003	1.27648E-09	5
1004	6.97948E-11	4
1005	3.10712E-12	3
1006	1.12562E-13	2
1007	3.31695E-15	1
1008	7.94762E-17	0

Πίνακας 2.7.3: Αποτελέσματα Υπολογισμού Ρύθμισης για τη Μηχανή Β



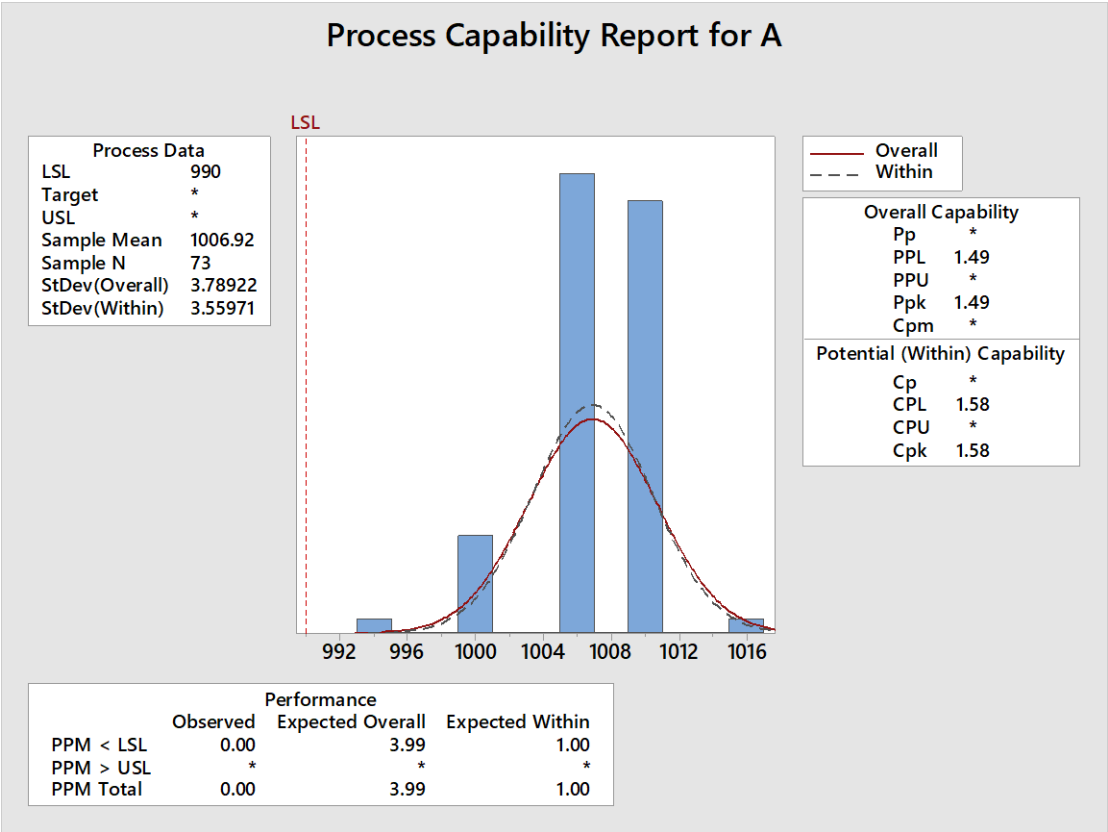
Διάγραμμα 2.7.2: Απεικόνιση Αποτελεσμάτων Ρύθμισης για τη Μηχανή Β

Κάθε επιλογή ρύθμισης έχει διαφορετικό κόστος. Όσο αυξάνεται η μέση τιμή τόσο μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης ελαττωματικών δοχείων και η εταιρεία να επωμιστεί πρόστιμο, αλλά παράλληλα αυξάνεται το κόστος παραγωγής και αντίστροφα. Η βέλτιστη επιλογή πλέον μπορεί να βρεθεί μέσω βελτιστοποίησης, χρησιμοποιώντας στοιχεία κόστους και θα αποτελεί την οικονομικά επωφελέστερη για την επιχείρηση.

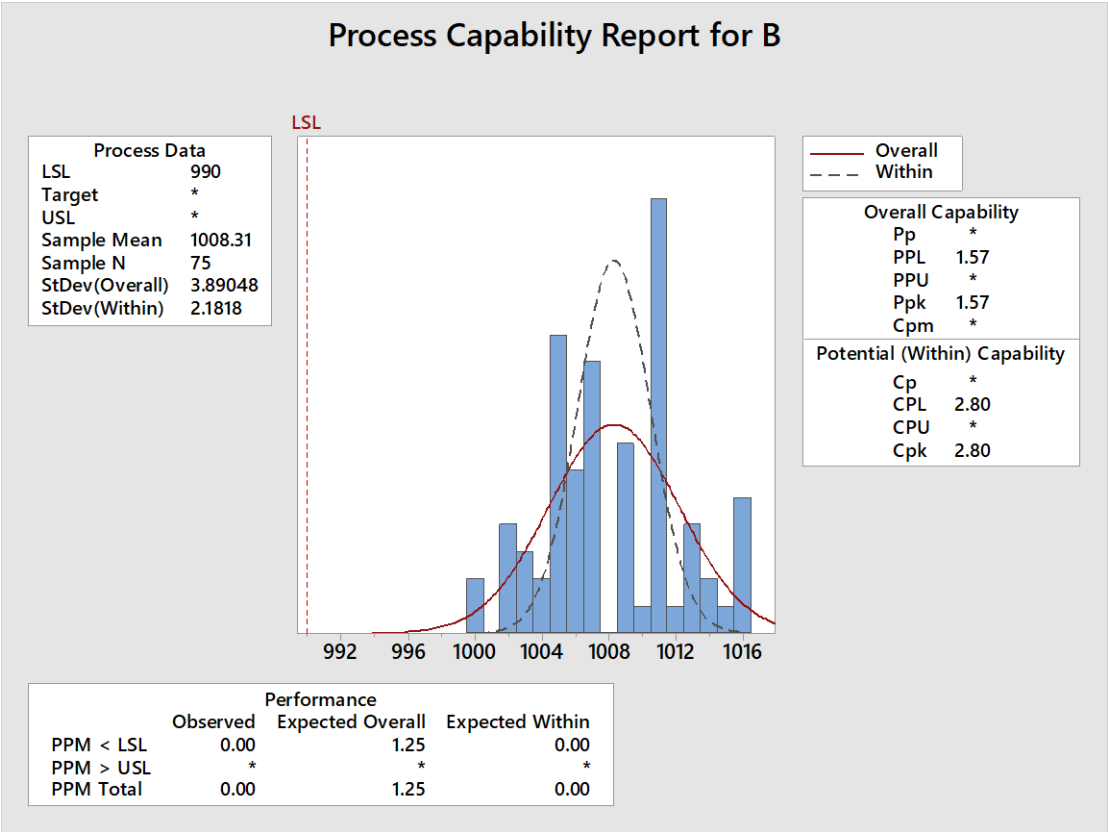
2.8 Ανάλυση Δυνατοτήτων στο MINITAB

Τα στατιστικά πακέτα, όπως το MINITAB, δίνουν τη δυνατότητα επίλυσης σύνθετων προβλημάτων σε ελάχιστο χρονικό διάστημα. Για το λόγο αυτό, η χρήση τους είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στο χώρο των επιχειρήσεων. Η ανάλυση δυνατοτήτων είναι μια διαδικασία, η οποία συχνά πραγματοποιείται με τη χρήση στατιστικών πακέτων. Στην ενότητα 2.3 πραγματοποιήθηκε αναλυτικά η ανάλυση δυνατοτήτων, όσον αφορά την εμφιάλωση μονόλιτρων δοχείων.

Στους πίνακες 2.8.1 και 2.8.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του υπολογισμού της εκτιμήτριας της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης, όπως επίσης και των δεικτών δυνατότητας, στο MINITAB, για τις μηχανές Α και Β αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα συνοδεύονται από ένα ιστόγραμμα, μέσω του οποίου εξάγεται συμπέρασμα ως προς την κανονικότητα της κατανομής.



Πίνακας 2.8.1: Αποτελέσματα της Ανάλυσης Δυνατοτήτων στο MINITAB για τη μηχανή Α



Πίνακας 2.8.2: Αποτελέσματα της Ανάλυσης Δυνατοτήτων στο MINITAB για τη μηχανή Β

Παρατηρείται, λοιπόν, ότι τα αποτελέσματα της ανάλυσης δυνατοτήτων ταυτίζονται με τα αποτελέσματα της ενότητας 2.3, όσον αφορά τις εκτιμήτριες των μέσων τιμών και των τυπικών αποκλίσεων των δύο μηχανών. Επίσης, ταυτίζονται αριθμητικά και οι τιμές των δεικτών δυνατότητας με τα αποτελέσματα της ενότητας 2.5. Τέλος, όσον αφορά τα ιστογράμματα και συγκρίνοντας το πλήθος των τιμών κάθε κλάσης, παρατηρείται ότι σε γενικές γραμμές οι κλάσεις, των οποίων το εύρος είναι αριθμητικά κοντά στην εκτιμήτρια της μέσης τιμής του πληθυσμού, εμπεριέχουν μεγαλύτερο πλήθος τιμών από αυτές που είναι μακρυά. Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα δεδομένα μας ακολουθούν κανονική κατανομή. Η εικόνα δεν ταυτίζεται πλήρως με αυτή της κανονικής κατανομής, αφού όπως απέδειξε ο έλεγχος κανονικότητας στην ενότητα 2.2, η προσαρμογή πραγματοποιήθηκε με πολύ μικρή τιμή p-value.

Κεφάλαιο 3: Ανάλυση Βάρους Τελικών Προϊόντων20 Λίτρων

Η παραγωγική διαδικασία μιας εταιρείας δεν επικεντρώνεται μόνο σε ένα προϊόν, αλλά γίνεται ταυτόχρονη παραγωγή πολλών διαφορετικών τύπων προϊόντων. Αναλυτικότερα, στη συγκεκριμένη παραγωγική διαδικασία που μελετάται, εκτός από διαφορετικό είδος λιπαντικού εμφιαλώνονται και δοχεία διαφορετικού όγκου. Η αλλαγή στον όγκο του δοχείου επιβάλλει διαφορετική αρχική ρύθμιση στη μηχανή που χρησιμοποιείται. Επιπλέον είναι σύνηθες το γεγονός να χρησιμοποιούνται διαφορετικές μηχανές για την εμφιάλωση διαφορετικών κωδικών προϊόντων, ώστε να επιτευχθεί η παράλληλη παραγωγή αυτών. Η εταιρεία χρησιμοποιεί δύο μηχανές για την εμφιάλωση εικοσάλιτρων δοχείων με κωδικοποιημένες ονομασίες, Γ και Δ. Επίσης, τα εικοσάλιτρα δοχεία υπάγονται σε διαφορετικές προδιαγραφές από τα μονόλιτρα λόγω της ισχύουσας νομοθεσίας, αφού ελαττωματικά θεωρούνται τα προϊόντα που έχουν όγκο έως 99% επί του ονομαστικού όγκου του τεμαχίου, δηλαδή έως 19800ml. Η εμφιάλωση των εικοσάλιτρων πραγματοποιείται ταυτόχρονα με αυτή των μονόλιτρων δοχείων για οικονομία χρόνου. Οι προαναφερθείσες αλλαγές οδηγούν στην ανάγκη εκ νέου ανάλυσης του φαινομένου. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ανάλυση του βάρους των εικοσάλιτρων δοχείων είναι ίδια με αυτή του κεφαλαίου 2, όμως η πλήρης ανάλυση του φαινομένου πραγματοποιήθηκε εξ' ολοκλήρου στο στατιστικό πακέτο MINITAB με χρήση των νέων δεδομένων.

3.1 Μετρήσεις και Τρόπος Δειγματοληψίας

Οι μετρήσεις, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν, ελήφθησαν κατά τον παρελθοντικό έλεγχο παρτίδων τελικών προϊόντων εικοσάλιτρων δοχείων, με χρήση ζυγαριάς. Η επιχείρηση εμφιαλώνει διαφορετικό τύπο λιπαντικού ανά παρτίδα, επομένως με χρήση της πυκνότητας κάθε λιπαντελαίου, έγινε μετατροπή των δεδομένων σε μονάδα μέτρησης όγκου. Ο τρόπος δειγματοληψίας είναι κοινός για κάθε κωδικό προϊόντος και αναλύεται στην ενότητα 1.1.

Στους πίνακες 3.1.1 και 3.1.2 παρουσιάζονται οι μετρήσεις από τις μηχανές Γ και Δ αντίστοιχα.

Δείγματα	Μετρήσεις						
1	20239.88	20107.14	20136.90	20125.00	20172.62	20083.33	20089.29
	20065.48	20125.00	20160.71	20148.81	20232.14		
2	20269.23	20285.71	20252.75	20219.78	20296.70	20252.75	
3	20206.52	20179.35	20152.17	20217.39	20211.96	20168.48	20152.17
4	20092.39	20114.13	20125.00	20086.96	20091.30		
5	20250.00	20163.04	20163.04	20217.39	20184.78		
6	20212.77	20063.83	20074.47	20074.47	20117.02	20063.83	
7	20179.35	20184.78	20222.83	20282.61	20222.83	20277.17	
8	20125.00	20157.61	20184.78	20195.65	20130.43	20228.26	
9	20123.66	20080.65	20220.43	20037.63	20059.14	20010.75	
10	20093.41	20060.44	20076.92	20082.42	20087.91		
11	20108.70	20125.00	20184.78	20157.61	20130.43		
12	20173.91	20222.83	20157.61	20146.74	20222.83	20173.91	
13	20123.66	20075.27	20182.80	20053.76	20053.76	20139.78	
14	20076.92	20131.87	20186.81	20142.86	20225.27		
15	20173.91	20244.57	20195.65	20184.78	20222.83	20141.30	
16	20141.30	20206.52	20163.04	20206.52	20152.17	20108.70	
17	20064.52	20048.39	20134.41	20150.54	20112.90		
18	20111.70	20159.57	20037.23	20111.70	20111.70	20042.55	
19	20042.55	20074.47	20037.23	20010.64	20079.79	20021.28	
20	20125.00	20266.30	20163.04	20179.35	20119.57	20222.83	20146.74
21	20228.26	20315.22	20233.70	20250.00	20141.30	20152.17	20152.17
22	20054.35	20081.52	20114.13	20152.17			

Πίνακας 3.1.1: Μετρήσεις Εικοσάλιτρων Δοχείων Μηχανής Γ

Δείγματα	Μετρήσεις								
1	20031.91	20005.32	20058.51	20085.11	20042.55				
2	20141.18	20217.65	20329.41	20194.12	20311.76	20135.29	20123.53	20129.41	20129.41
3	20170.21	20207.45	20234.04	20202.13	20164.89	20367.02	20159.57		
4	20220.43	20096.77	20053.76	20220.43	20075.27				
5	20075.27	20048.39	20102.15	20064.52	20225.81	20075.27	20080.65		
6	20097.83	20179.35	20092.39	20190.22	20173.91	20146.74	20114.13		
7	20166.67	20071.43	20196.43	20077.38	20160.71	20071.43	20101.19	20154.76	
8	19994.57	20027.17	20021.74	20027.17	20005.43	20032.61	19989.13	19989.13	
9	20170.21	20154.26	20132.98	19984.04	20117.02	20148.94			

Πίνακας 3.1.2: Μετρήσεις Εικοσάλιτρων Δοχείων Μηχανής Δ

Παρατηρείται ότι και κατά την εμφιάλωση των εικοσάλιτρων δοχείων δε λήφθηκε ισομεγέθες δείγμα ανά παρτίδα ούτε ίδιος αριθμός δειγμάτων ανά μηχανή, επομένως θα γίνει χρήση της μεθοδολογίας για μεταβλητό μέγεθος δείγματος κατ' αντιστοιχία με το κεφάλαιο 2.

3.2 Προσαρμογή των Δεδομένων στην Κανονική Κατανομή

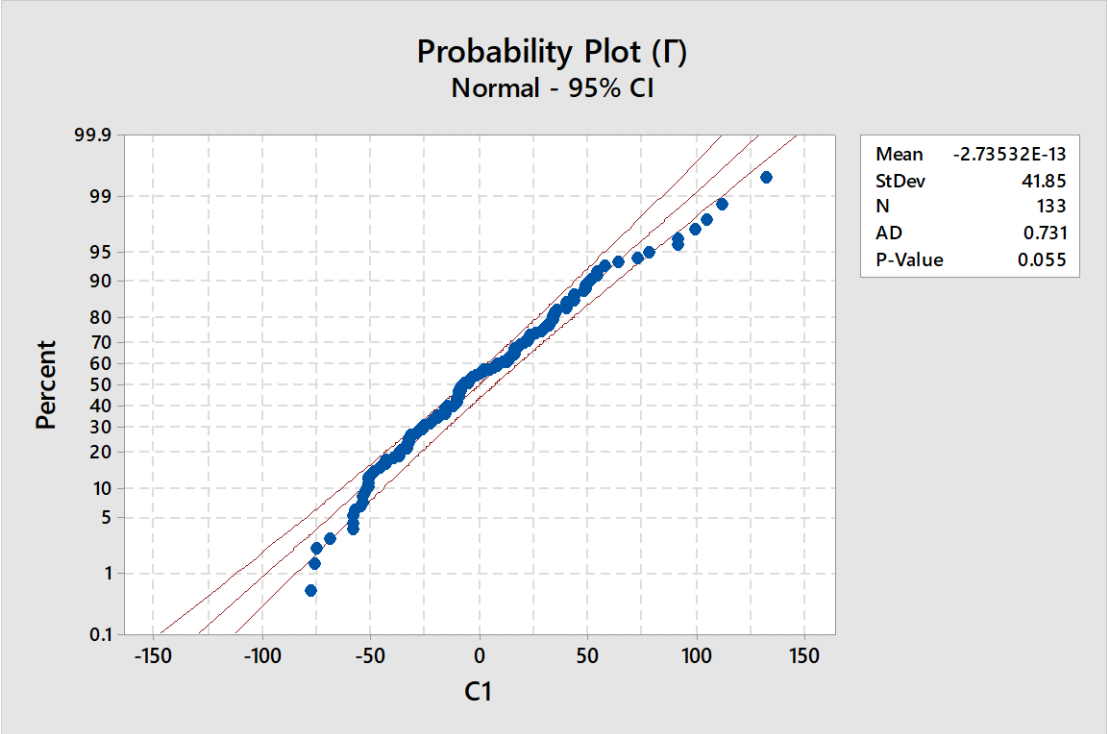
Ο έλεγχος κανονικότητας πραγματοποιήθηκε με σκοπό να διαπιστωθεί αν τα δεδομένα ακολουθούν την κανονική κατανομή. Οι πίνακες με την απόκλιση κάθε τιμής από την μέση τιμή του δείγματος που ανήκει, κατασκευάστηκαν στο υπολογιστικό πακέτο EXCEL. Έπειτα πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος κανονικότητας, διαγραμματικά στο στατιστικό πακέτο MINITAB, για κάθε μηχανή ξεχωριστά. Στους πίνακες 3.2.1 και 3.2.2 παρουσιάζονται οι αποκλίσεις των τιμών από τη μέση τιμή του δείγματος, όπου ανήκουν, για τη μηχανή Γ και Δ, ενώ στα διαγράμματα 3.2.1 και 3.2.2 τα αποτελέσματα του ελέγχου για τις μηχανές Γ και Δ αντίστοιχα.

Δείγματα	e_{ij}						
1	99.36	-33.38	-3.62	-15.53	32.09	-57.19	-51.24
	-75.05	-15.53	20.19	8.28	91.62		
2	6.41	22.89	-10.07	-43.04	33.88	-10.07	
3	22.52	-4.66	-31.83	33.39	27.95	-15.53	-31.83
4	-9.57	12.17	23.04	-15.00	-10.65		
5	54.35	-32.61	-32.61	21.74	-10.87		
6	111.70	-37.23	-26.60	-26.60	15.96	-37.23	
7	-48.91	-43.48	-5.43	54.35	-5.43	48.91	
8	-45.29	-12.68	14.49	25.36	-39.86	57.97	
9	34.95	-8.06	131.72	-51.08	-29.57	-77.96	
10	13.19	-19.78	-3.30	2.20	7.69		
11	-32.61	-16.30	43.48	16.30	-10.87		
12	-9.06	39.86	-25.36	-36.23	39.86	-9.06	
13	18.82	-29.57	77.96	-51.08	-51.08	34.95	
14	-75.82	-20.88	34.07	-9.89	72.53		
15	-19.93	50.72	1.81	-9.06	28.99	-52.54	
16	-21.74	43.48	0.00	43.48	-10.87	-54.35	
17	-37.63	-53.76	32.26	48.39	10.75		
18	15.96	63.83	-58.51	15.96	15.96	-53.19	
19	-1.77	30.14	-7.09	-33.69	35.46	-23.05	
20	-49.69	91.61	-11.65	4.66	-55.12	48.14	-27.95
21	17.86	104.81	23.29	39.60	-69.10	-58.23	-58.23
22	-46.20	-19.02	13.59	51.63			

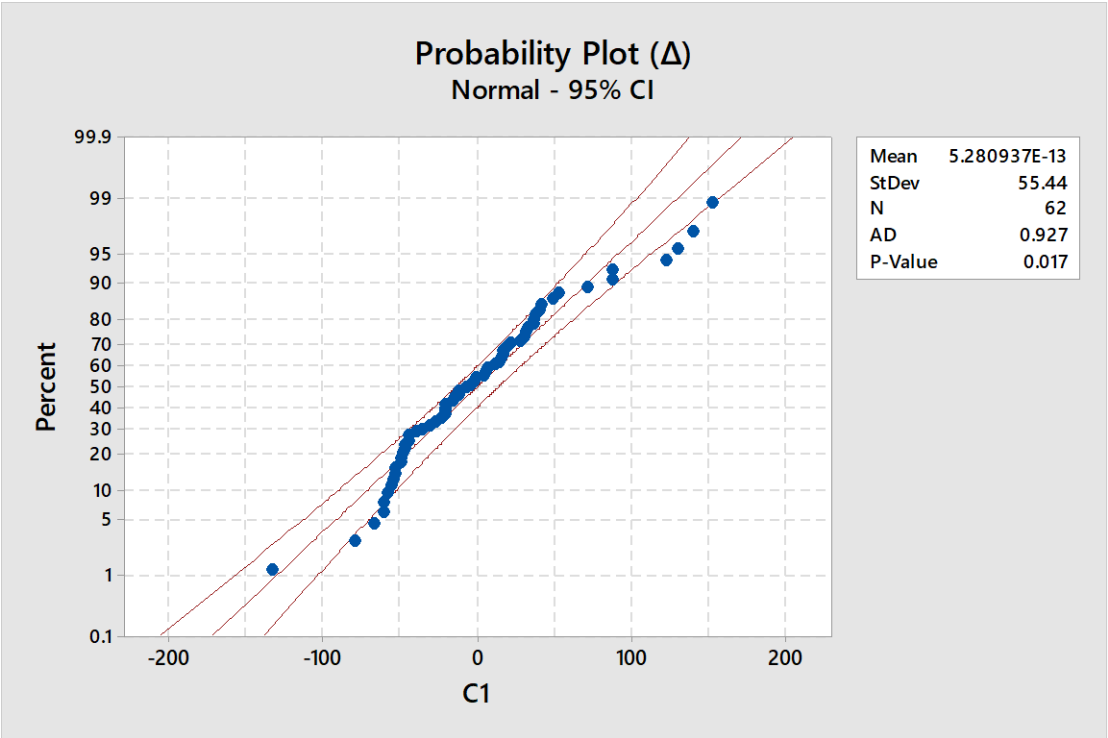
Πίνακας 3.2.1: Υπολογισμός Σφαλμάτων των Τιμών της Μηχανής Γ

Δείγματα	e_{ij}								
1	-12.77	-39.36	13.83	40.43	-2.13				
2	-49.02	27.45	139.22	3.92	121.57	-54.90	-66.67	-60.78	-60.78
3	-44.83	-7.60	19.00	-12.92	-50.15	151.98	-55.47		
4	87.10	-36.56	-79.57	87.10	-58.06				
5	-20.74	-47.62	6.14	-31.49	129.80	-20.74	-15.36		
6	-44.25	37.27	-49.69	48.14	31.83	4.66	-27.95		
7	41.67	-53.57	71.43	-47.62	35.71	-53.57	-23.81	29.76	
8	-16.30	16.30	10.87	16.30	-5.43	21.74	-21.74	-21.74	
9	52.30	36.35	15.07	-133.87	-0.89	31.03			

Πίνακας 3.2.2: Υπολογισμός Σφαλμάτων των Τιμών της Μηχανής Δ



Διάγραμμα 3.2.1: Αποτέλεσμα Ελέγχου Κανονικότητας για τη Μηχανή Γ

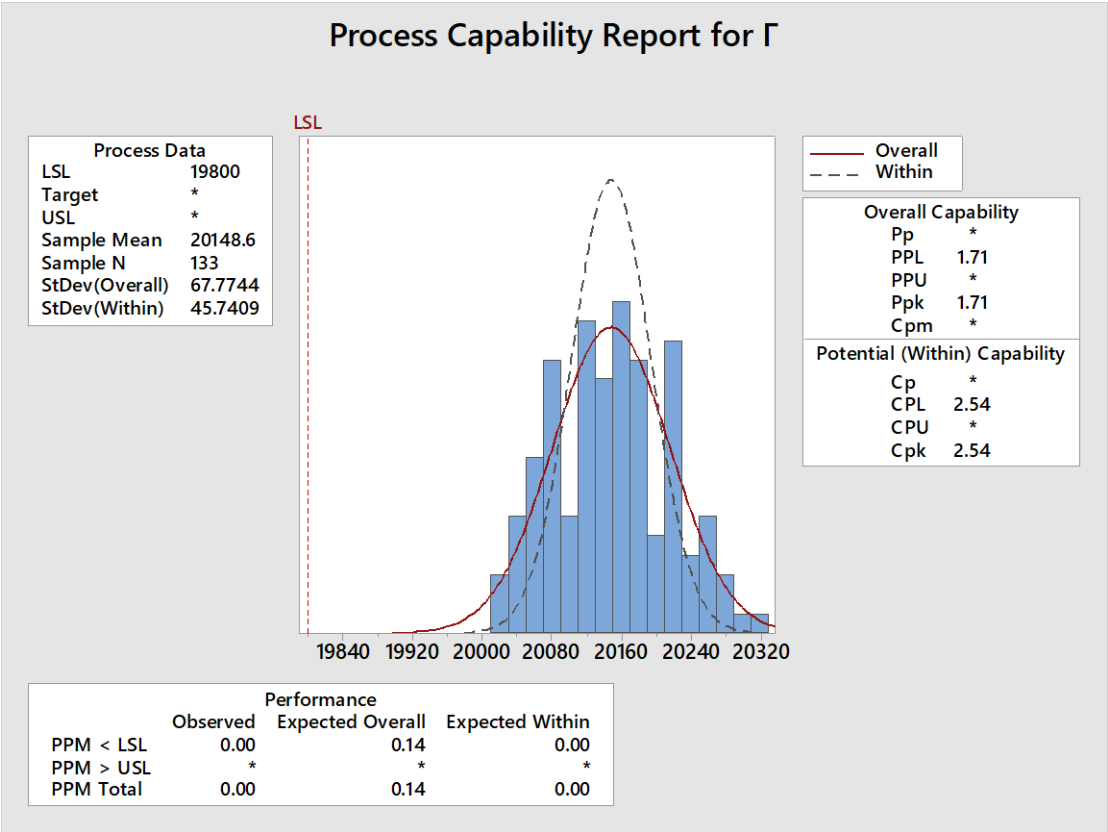


Διάγραμμα 3.2.2: Αποτέλεσμα Ελέγχου Κανονικότητας για τη Μηχανή Δ

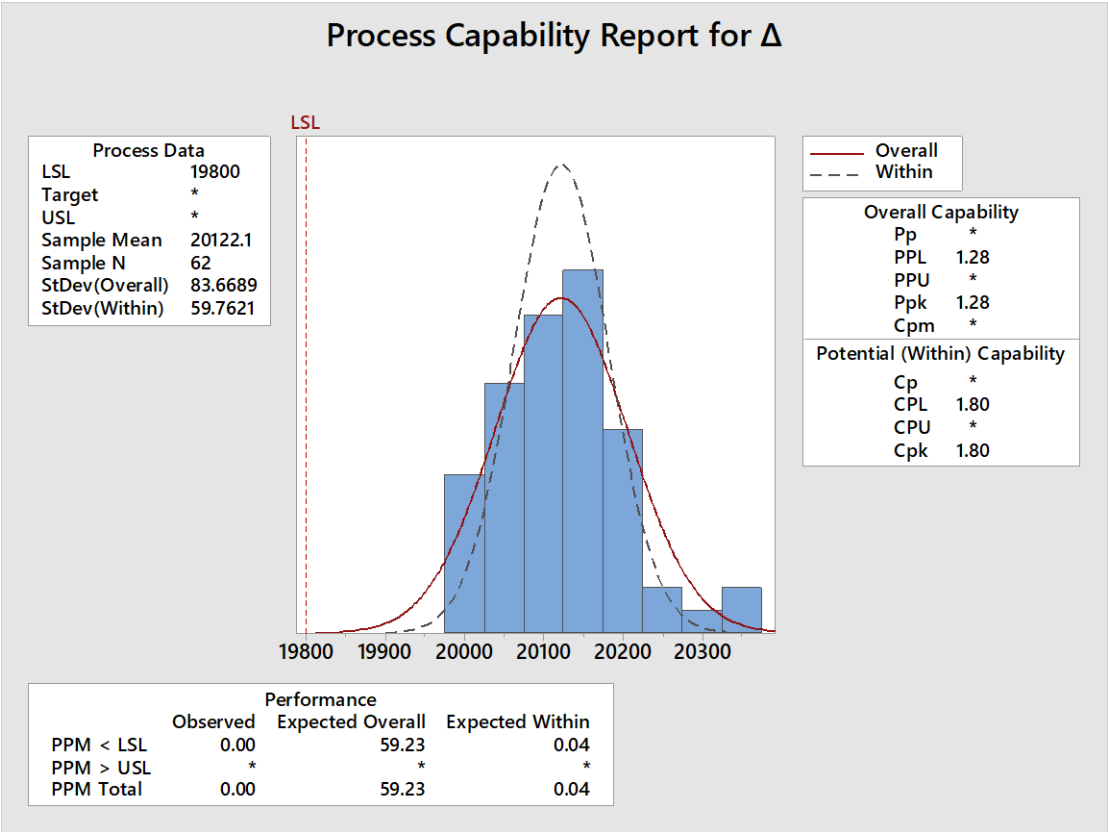
Κρίνοντας από το αποτέλεσμα των ελέγχων κανονικότητας των δύο μηχανών, τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή παρ' όλο που οι τιμές p-value των δύο ελέγχων είναι αριθμητικά μικρές, γεγονός που οφείλεται στο μικρό πλήθος μετρήσεων ανά δείγμα και σε μικρές αποκλίσεις από το θεωρητικό πρότυπο της κανονικής κατανομής.

3.3 Ανάλυση Δυνατοτήτων και Υπολογισμός Δεικτών Δυνατότητας

Η ανάλυση δυνατοτήτων αποτελείται από την εύρεση της εκτιμήτριας της μέσης τιμής και, κυρίως, της τυπικής απόκλισης του πληθυσμού κάθε μηχανής. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι ίδια με της ενότητας 2.3 και πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου MINITAB, όπως στην ενότητα 2.8. Παράλληλα έγινε ο υπολογισμός των δεικτών δυνατότητας της παραγωγικής διαδικασίας και η κατασκευή ιστογράμματος των σφαλμάτων των τιμών. Στους πίνακες 3.3.1 και 3.3.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης δυνατοτήτων των μηχανών Γ και Δ αντίστοιχα.



Πίνακας 3.3.1: Αποτέλεσμα Ανάλυσης Δυνατοτήτων για τη Μηχανή Γ



Πίνακας 3.3.2: Αποτέλεσμα Ανάλυσης Δυνατοτήτων για τη Μηχανή Δ

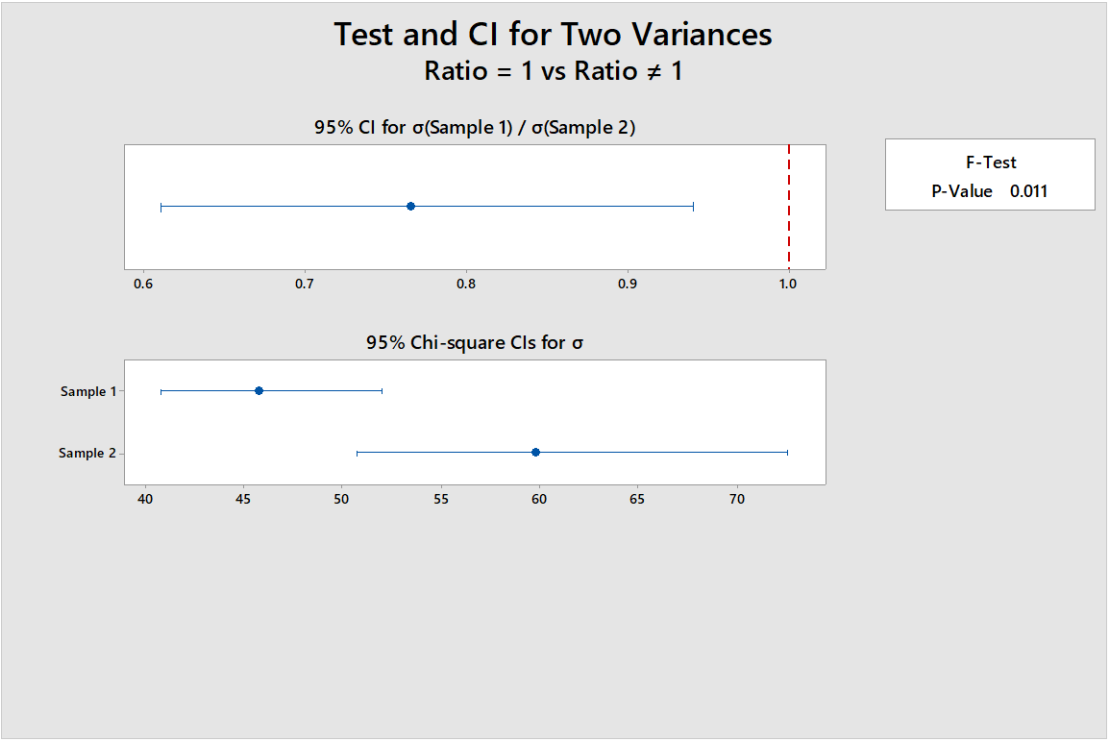
Σύμφωνα με τους πίνακες 3.3.1 και 3.3.2 η εκτιμήτρια της μέσης τιμής για τη μηχανή Γ είναι $\overline{\bar{x}_\Gamma} = 20148.6$ ml ενώ για τη μηχανή Δ είναι $\overline{\bar{x}_\Delta} = 20122.1$ ml. Επιπλέον, οι εκτιμήτριες των τυπικών αποκλίσεων είναι $\sigma_\Gamma = 45.74$ ml για την πρώτη μηχανή και $\sigma_\Delta = 59.76$ ml για τη δεύτερη. Οι δείκτες δυνατότητας και των δύο ελέγχων είναι αριθμητικά μεγαλύτεροι της μονάδας, γεγονός που αποδεικνύει ότι το εύρος των προδιαγραφών είναι μεγαλύτερο από τις φυσικές ανοχές, επομένως η παραγωγή ελαττωματικών προϊόντων δεν θα είναι ιδιαίτερα αυξημένη. Τέλος από τα ιστογράμματα συμπεραίνεται ότι οι κλάσεις των τιμών, που βρίσκονται αριθμητικά κοντά στην εκτιμήτρια της μέσης τιμής του πληθυσμού, περιέχουν μεγαλύτερο πλήθος τιμών, έναντι όσων βρίσκονται αριθμητικά μακριά, οδηγώντας έτσι στο συμπέρασμα ότι τα δεδομένα ακολουθούν την κανονική κατανομή.

3.4 Σύγκριση Μηχανών

Όσον αφορά τη σύγκριση των μηχανών διενεργήθηκε έλεγχος ισότητας μεταβλητοτήτων. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε στο στατιστικό πακέτο MINITAB, με χρήση των εκτιμητριών των τυπικών αποκλίσεων των πληθυσμών των δύο μηχανών. Τα αποτελέσματα του ελέγχου παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4.1 και στο διάγραμμα 3.4.1.

Null hypothesis			**H_0: $\sigma_1 / \sigma_2 = 1$**	
Alternative hypothesis			H_1: $\sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$	
Significance level			$\alpha = 0.05$	
Method	**Test Statistic**	**DF1**	**DF2**	**P-Value**
F	0.59	132	61	0.011

Πίνακας 3.4.1: Αποτέλεσμα Ελέγχου Ισότητας Μεταβλητοτήτων των Μηχανών Γ και Δ



Διάγραμμα 3.4.1: Αποτέλεσμα Ελέγχου Ισότητας Μεταβλητοτήτων των Μηχανών Γ και Δ

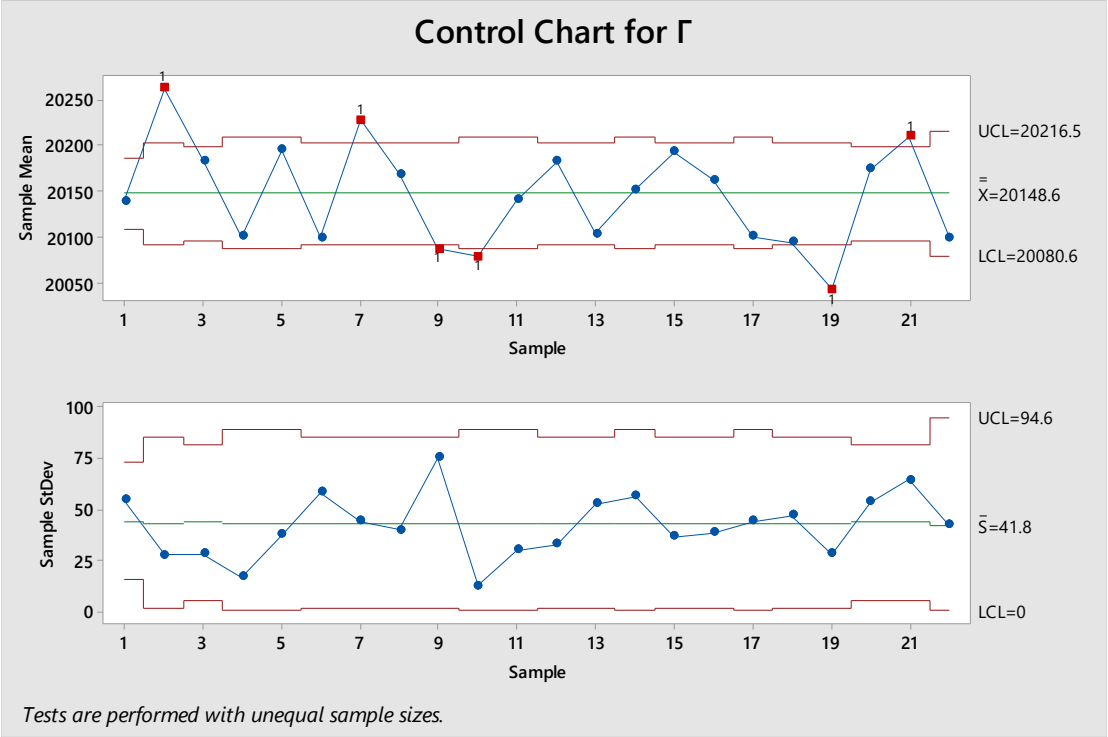
Κρίνοντας το αποτέλεσμα του ελέγχου από τον πίνακα 3.4.1 λαμβάνοντας υπόψιν την αριθμητικά μικρή τιμή p-value, οι δύο μηχανές δεν είναι στατιστικά ίσες, γεγονός που αποδεικνύεται και οπτικά από το διάγραμμα 3.4.1. Επομένως κάθε μηχανή πρέπει να έχει διαφορετική αρχική ρύθμιση, κατά την εμφιάλωση των δοχείων και διαφορετικό τρόπο ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας.

3.5 Διαγράμματα Ελέγχου Ποιότητας

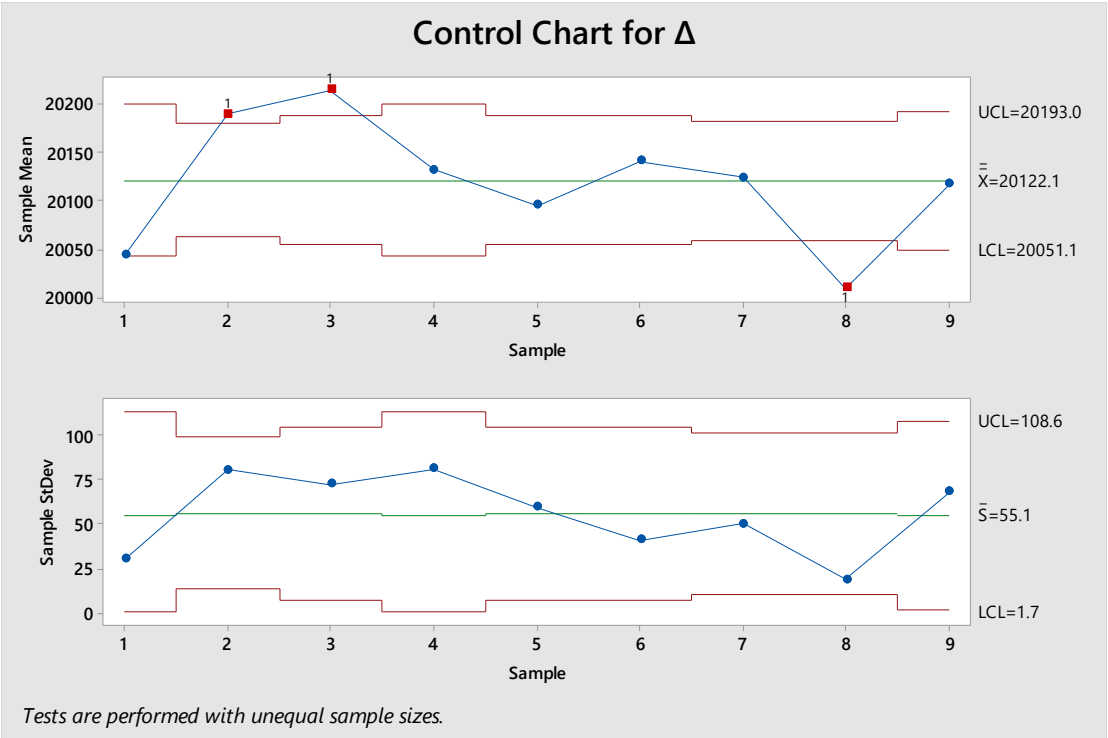
Η κατασκευή διαγραμμάτων ελέγχου ποιότητας έχουν ως στόχο τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας, ώστε να επιτευχθεί ο γρήγορος εντοπισμός δυσλειτουργιών και βλαβών, όπως επίσης και η άμεση διορθωτική παρέμβαση σε αυτά. Στη συγκεκριμένη περίπτωση γίνεται εκ των υστέρων, ώστε να διαπιστωθεί αν η παραγωγική διαδικασία ήταν εντός στατιστικού ελέγχου ή εκτός, τη χρονική στιγμή που έγινε η λήψη των δειγμάτων.

Όπως αποδείχθηκε στην ενότητα 3.4 οι δύο μηχανές έχουν στατιστικές διαφορές, επομένως απαιτείται η κατασκευή διαφορετικού διαγράμματος ελέγχου ποιότητας για κάθε μηχανή. Πραγματοποιήθηκε η κατασκευή διαγραμμάτων ελέγχου μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης, χρησιμοποιώντας ως κεντρική γραμμή την εκτιμήτρια κάθε

χαρακτηριστικού και τα όρια ελέγχου υπολογίστηκαν με βάση το επίπεδο εμπιστοσύνης που επιλέχθηκε, που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι το k=3. Στα διαγράμματα 3.5.1 και 3.5.2 παρουσιάζονται τα διαγράμματα ελέγχου για τη μηχανή Γ και Δ αντίστοιχα, τα οποία κατασκευάστηκαν με χρήση του στατιστικού πακέτου MINITAB.



Διάγραμμα 3.5.1: Διαγράμματα Μέσης Τιμής και Τυπικής Απόκλισης για τη Μηχανή Γ



Διάγραμμα 3.5.2: Διαγράμματα Μέσης Τιμής και Τυπικής Απόκλισης για τη μηχανή Δ

Στα διαγράμματα των μέσων τιμών και στις δύο μηχανές παρατηρείται ότι αρκετές τιμές είναι εκτός ορίων ελέγχου, καθιστώντας έτσι τις διεργασίες σε κατάσταση εκτός στατιστικού ελέγχου. Το γεγονός αυτό οφείλεται στις αυθαίρετες επιλογές όσον αφορά την αρχική ρύθμιση, που αποτελεί τη μέση τιμή κάθε παρτίδας. Αντιθέτως, στα διαγράμματα των τυπικών αποκλίσεων οι τιμές βρίσκονται εντός ορίων ελέγχου και κατανέμονται ομοιόμορφα γύρω από την κεντρική γραμμή, γεγονός που χαρακτηρίζει τις διεργασίες εντός στατιστικού ελέγχου ως προς το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Βέβαια ιδιαίτερη σημασία έχει η κατάσταση της διεργασίας, ως προς την τυπική απόκλιση, αφού η μέση τιμή ορίζεται άμεσα από τον υπεύθυνο μηχανικό.

3.6 Υπολογισμός Ποσοστού Ελαττωματικών και Εύρεση Αρχικής Ρύθμισης

Από τη στιγμή που βάσει νομοθεσίας υπάρχει μόνο προδιαγραφή όσον αφορά τα λιποβαρή προϊόντα, ελαττωματικά θεωρούνται τα δοχεία με όγκο κάτω από 19800 ml. Συνεπάγεται επομένως, ότι η τιμή της αρχικής ρύθμισης των μηχανών θα είναι αριθμητικά μεγαλύτερη της συγκεκριμένης προδιαγραφής, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα παραγωγής λιποβαρών δοχείων. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην αύξηση υπέρβαρων προϊόντων, δηλαδή προϊόντων με όγκο μεγαλύτερο των είκοσι λίτρων. Υπολογίστηκε λοιπόν, με χρήση του υπολογιστικού πακέτου EXCEL και της

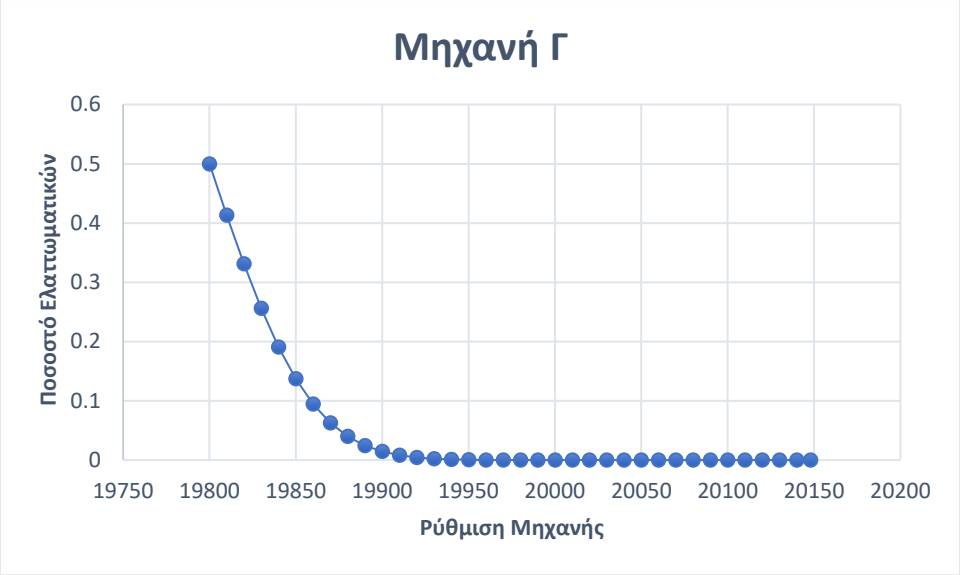
εκτιμήτριας της τυπικής απόκλισης κάθε μηχανής, η τιμή του ποσοστού ελαττωματικών για διαφορετικές τιμές αρχικών ρυθμίσεων, με χρήση της εντολής «norm.dist(x,μ,σ)» και η εξοικονόμηση προϊόντος με την επιλογή της εκάστοτε ρύθμισης, σε σχέση με την επιλογή αυτής που εκτιμήθηκε στην ανάλυση δυνατοτήτων. Στους πίνακες 3.6.1 και 3.6.2 παρουσιάζονται οι τιμές ποσοστού ελαττωματικών και εξοικονόμησης λιπαντικού για κάθε τιμή αρχικής ρύθμισης που επιλέχθηκε, όπως επίσης και διαγραμματική αναπαράσταση στα διαγράμματα 3.6.1 και 3.6.2 για τις μηχανές Γ και Δ αντίστοιχα.

$\overline{\overline{x}_\Gamma}$	p_Γ	εξοικονόμηση ανά μπουκάλι (ml)
19800	0.5	348
19810	0.4135	338
19820	0.3310	328
19830	0.2560	318
19840	0.1909	308
19850	0.1372	298
19860	0.0948	288
19870	0.0630	278
19880	0.0401	268
19890	0.0246	258
19900	0.0144	248
19910	0.0081	238
19920	0.0044	228
19930	0.0022	218
19940	0.0011	208
19950	0.0005	198
19960	0.0002	188
19970	0.0001	178
19980	4.1549E-05	168
19990	1.6342E-05	158
20000	6.1405E-06	148
20010	2.2039E-06	138
20020	7.5543E-07	128
20030	2.4727E-07	118
20040	7.7278E-08	108
20050	2.3057E-08	98
20060	6.5674E-09	88
20070	1.7855E-09	78
20080	4.6333E-10	68
20090	1.1475E-10	58
20100	2.7119E-11	48
20110	6.1163E-12	38
20120	1.3163E-12	28
20130	2.7028E-13	18
20140	5.2953E-14	8
20148	1.3895E-14	0

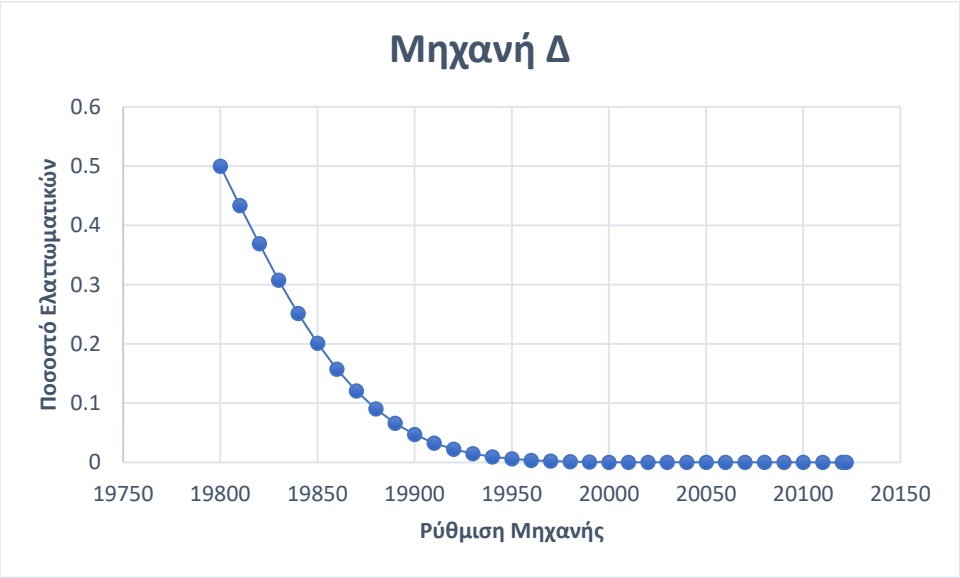
Πίνακας 3.6.1: Υπολογισμός Ποσοστού Ελαττωματικών και Αρχικής Ρύθμισης για τη Μηχανή Γ

$\overline{\overline{x}_{\Delta}}$	p_{Δ}	εξοικονόμηση ανά μπουκάλι (ml)
19800	0.5	322
19810	0.4336	312
19820	0.3689	302
19830	0.3078	292
19840	0.2516	282
19850	0.2014	272
19860	0.1577	262
19870	0.1207	252
19880	0.0903	242
19890	0.0660	232
19900	0.0471	222
19910	0.0328	212
19920	0.0223	202
19930	0.0148	192
19940	0.0096	182
19950	0.0060	172
19960	0.0037	162
19970	0.0022	152
19980	0.0013	142
19990	0.0007	132
20000	0.0004	122
20010	0.0002	112
20020	0.0001	102
20030	5.9366E-05	92
20040	2.9589E-05	82
20050	1.4359E-05	72
20060	6.7841E-06	62
20070	3.1203E-06	52
20080	1.397E-06	42
20090	6.0882E-07	32
20100	2.5825E-07	22
20110	1.0662E-07	12
20120	4.2837E-08	2
20122	3.558E-08	0

Πίνακας 3.6.2: Υπολογισμός Ποσοστού Ελαττωματικών και Αρχικής Ρύθμισης για τη Μηχανή Δ



Διάγραμμα 3.6.1: Απεικόνιση Αποτελέσματος Υπολογισμού Ποσοστού Ελαττωματικών για τη Μηχανή Γ



Διάγραμμα 3.6.2: Απεικόνιση Αποτελέσματος Υπολογισμού Ποσοστού Ελαττωματικών για τη Μηχανή Δ

Παρατηρείται στους πίνακες 3.6.1 και 3.6.2 ότι το ποσοστό ελαττωματικών των δύο μηχανών με την ισχύουσα ρύθμιση είναι p_{Γ}= 1.38E-14 για τη μηχανή Γ και για τη μηχανή Δ p_{Δ}=3.55E-08. Τα ποσοστά ελαττωματικών των δύο μηχανών είναι αποτέλεσμα της αύξησης της τιμής της αρχικής ρύθμισης κάθε μηχανής, αυξάνοντας έτσι το κόστος παραγωγής. Με την επιλογή μικρότερης τιμής αρχικής ρύθμισης, μειώνεται το κόστος παραγωγής και παράλληλα αυξάνεται το ποσοστό

ελαττωματικών. Η κατάλληλη ρύθμιση θα επιλεγεί μέσω βελτιστοποίησης, με χρήση στοιχείων κόστους και θα αποτελεί την οικονομικά συμφέρουσα για την επιχείρηση.

Η ανάλυση του βάρους των δοχείων πραγματοποιείται με σκοπό την απεικόνιση της κατάστασης της παραγωγικής διαδικασίας, τη χρονική στιγμή που πραγματοποιείται η ανάλυση, την κατασκευή αποδοτικού τρόπου ελέγχου της ποιότητας των εξερχόμενων προϊόντων και την διερεύνηση πιθανών αλλαγών στην παραγωγική διαδικασία, που μπορούν να μειώσουν το κόστος παραγωγής, χωρίς να γίνεται έκπτωση στην ποιότητα των προϊόντων της εταιρείας.

Κεφάλαιο 4: Έλεγχος Βάρους Τελικών Προϊόντων

Το βάρος των τελικών προϊόντων αποτελεί ένα βασικό χαρακτηριστικό αυτών, αφού υπάγεται σε αυστηρή νομοθεσία και η πιθανή μη συμμόρφωση των προϊόντων σε αυτή, έχει ως αποτέλεσμα η εταιρεία να δεχτεί υπέρογκα πρόστιμα. Συνεπώς, ο συνεχής έλεγχος του βάρους και κατ' επέκταση του όγκου των δοχείων είναι αναγκαίος και πραγματοποιείται στο πλαίσιο του ελέγχου αποδοχής των παρτίδων τελικών προϊόντων. Στα κεφάλαια 2 και 3 πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των βαρών των μονόλιτρων και εικοσάλιτρων δοχείων. Στα ίδια δοχεία θα κατασκευαστεί ένα δειγματοληπτικό σχήμα ελέγχου του βάρους με μέτρηση, με χρήση του προτύπου ISO 3951. Κατά τη λήψη μετρήσεων λαμβάνονται περισσότερες πληροφορίες για το υπό εξέταση χαρακτηριστικό. Το γεγονός αυτό οδηγεί, κατά την εφαρμογή των δειγματοληπτικών σχημάτων με μέτρηση, στη λήψη μικρότερου μεγέθους δείγματος, σε σχέση με την εφαρμογή των δειγματοληπτικών σχημάτων με διαλογή, όπως αυτά που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 1. Βέβαια από την άλλη πλευρά, ο έλεγχος ως προς το τεχνικό κομμάτι του είναι πιο περίπλοκος και χρονοβόρος, γεγονός που αντισταθμίζεται από τη λήψη συγκριτικά μικρότερου μεγέθους δείγματος και πολλές φορές καθιστά τον έλεγχο ακριβέστερο και οικονομικά πιο συμφέρον, σε σχέση με την διενέργεια ελέγχου ποιότητας αποδοχής με διαλογή. Επιπλέον, η αναλυτική καταγραφή των πληροφοριών κατά τον έλεγχο του δείγματος ευνοεί τις μελλοντικές μελέτες και αναλύσεις που θα διεξαχθούν πάνω στην παραγωγική διαδικασία, με σκοπό την βελτίωση τόσο της ίδιας της διαδικασίας όσο και του ελέγχου που διενεργείται.

4.1 Παρουσίαση Προτεινόμενου Δειγματοληπτικού Σχήματος

Βασική προϋπόθεση της εφαρμογής των δειγματοληπτικών σχημάτων ελέγχου αποδοχής με μέτρηση είναι ότι το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό ποιότητας που μελετάται ακολουθεί την κανονική κατανομή. Το βάρος τόσο των μονόλιτρων όσο και των εικοσάλιτρων δοχείων ακολουθεί την κανονική κατανομή, όπως έχει αποδειχθεί στις ενότητες 2.2 και 3.2 αντίστοιχα. Η τυπική απόκλιση θεωρείται άγνωστη και εκτιμήθηκε μέσω της διενέργειας της ανάλυσης δυνατοτήτων στις ενότητες 2.3 και 3.3 αντίστοιχα.

Κατά την εφαρμογή των συγκεκριμένων δειγματοληπτικών σχημάτων γίνεται λήψη δειγμάτων μεγέθους n και υπολογίζεται η διαφορά της μέσης τιμής του δείγματος από το όριο της προδιαγραφής εκφρασμένη σε τυπικές αποκλίσεις μέσω του τύπου:

$$z_L = \frac{\bar{x}_i - L}{\sigma}$$

όπου, $\bar{x}_i$,η μέση τιμή κάθε δείγματος

L ,το όριο της προδιαγραφής

σ ,η εκτιμήτρια της τυπικής απόκλισης

Έπειτα ο αριθμός z_L συγκρίνεται με τον αριθμό k, ο οποίος αποτελεί την κρίσιμη απόσταση και εάν είναι ίσος ή μεγαλύτερος αυτού, η παρτίδα γίνεται αποδεκτή, ενώ εάν είναι μικρότερος απορρίπτεται. Οι τιμές n και k αποτελούν τις παραμέτρους του συστήματος.

Η εύρεση των παραμέτρων αυτών γίνεται, είτε με βελτιστοποίηση με χρήση στατιστικών ή οικονομικών στοιχείων, είτε με χρήση διεθνών προτύπων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, λόγω της έλλειψης των στατιστικών και οικονομικών δεδομένων, επιλέχθηκε ο προσδιορισμός των τιμών n και k, να πραγματοποιηθεί με χρήση του προτύπου ISO 3951, για τα μεγέθη των παρτίδων που παράγει η εταιρεία και για αποδεκτή στάθμη ποιότητας 1%. Κατά αντιστοιχία με το πρότυπο ΕΛΟΤ 398.0 πρέπει να γίνει η επιλογή της κατάλληλης στάθμης ελέγχου μεταξύ τριών γενικών (I,II και III) και δύο ειδικών (S-3 και S-4). Η επιλογή των ειδικών σταθμών ελέγχου προϋποθέτει έναν έλεγχο ποιότητας καταστροφικό ή με μεγάλο κόστος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε η γενική στάθμη ελέγχου II, ως η πιο συνήθης και η χρήση κανονικού ελέγχου με άγνωστη μεταβλητότητα.

Το μέγεθος των παρτίδων μονόλιτρων δοχείων που παράγει η εταιρεία κυμαίνεται από 50 τεμάχια έως 700 τεμάχια και των εικοσάλιτρων δοχείων από 90 δοχεία έως 500 δοχεία. Το πρότυπο χωρίζει σε κατηγορίες τα εύρη των παρτίδων που αναφέρθηκαν, δίνοντας σε κάθε μία διαφορετικές τιμές n και k για τον έλεγχό τους.

Στους πίνακες 4.1.1 και 4.1.2 παρουσιάζονται οι παράμετροι σχεδίασης των δειγματοληπτικών σχημάτων ελέγχου του βάρους με μέτρηση των μονόλιτρων και των εικοσάλιτρων δοχείων αντίστοιχα.

Μέγεθος Παρτίδας (N)	51-90 τμχ	91-150 τμχ	151-280 τμχ	281-400 τμχ	401-500 τμχ	501-700 τμχ
Μέγεθος δείγματος (n)	7	10	15	20	25	35
Οριακή Απόσταση (k)	1.62	1.72	1.79	1.82	1.85	1.89

Πίνακας 4.1.1: Παράμετροι Δειγματοληπτικού Σχήματος Ελέγχου του Βάρους των Μονόλιτρων Δοχείων

Μέγεθος Παρτίδας (N)	90-150 τμχ	151-280 τμχ	281-400 τμχ	401-500 τμχ
Μέγεθος δείγματος (n)	10	15	20	25
Οριακή Απόσταση (k)	1.72	1.79	1.82	1.85

Πίνακας 4.1.2: Παράμετροι Δειγματοληπτικού Σχήματος Ελέγχου του Βάρους των Εικοσάλιτρων Δοχείων

Παρατηρείται, λοιπόν, ότι το εύρος του μεγέθους των παρτίδων χωρίζεται σε έξι κατηγορίες για τα μονόλιτρα δοχεία και σε τέσσερις για τα εικοσάλιτρα. Σε γενικές γραμμές τα μεγέθη δείγματος είναι αριθμητικά μικρά, όμως η ακρίβεια στην μέτρηση του βάρους καθιστά τον έλεγχο ιδιαίτερα περίπλοκο.

4.2 Χαρακτηριστικές Καμπύλες

Για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών καμπυλών θα πρέπει να γίνει η κατασκευή διαγραμμάτων συσχετισμού της πιθανότητας αποδοχής (Pa) με τη μέση τιμή κάθε δείγματος ($\bar{x}_i$).

Η πιθανότητα αποδοχής υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Pa = P(z_L \geq k)$$

όπου, $z_L = \frac{\bar{x}_i - L}{\sigma}$

k, η κρίσιμη απόσταση

Κατά τον υπολογισμό του z_L χρησιμοποιείται η εκτιμήτρια της τυπικής απόκλισης της κάθε μηχανής. Οι εκτιμήτριες υπολογίστηκαν στις ενότητες 2.3 και 3.3 αντίστοιχα και παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2.1.

Μηχανές	Εκτιμήτρια της Τυπικής Απόκλισης (σ)
Α	3.56
Β	2.18
Γ	45.74
Δ	59.76

Πίνακας 4.2.1: Εκτιμήτριες των Τυπικών Αποκλίσεων των Μηχανών

Οι μηχανές Α και Β συσκευάζουν μονόλιτρα δοχεία ενώ οι μηχανές Γ και Δ εικοσάλιτρα. Από τη στιγμή που κάθε μηχανή έχει τη δική της εκτιμήτρια της τυπικής απόκλισης και μετά τη σύγκριση αυτών, στις ενότητες 2.4 και 3.4, αποδείχθηκε ότι είναι στατιστικά άνισες μεταξύ τους και θα κατασκευαστούν τέσσερα διαγράμματα χαρακτηριστικών καμπυλών.

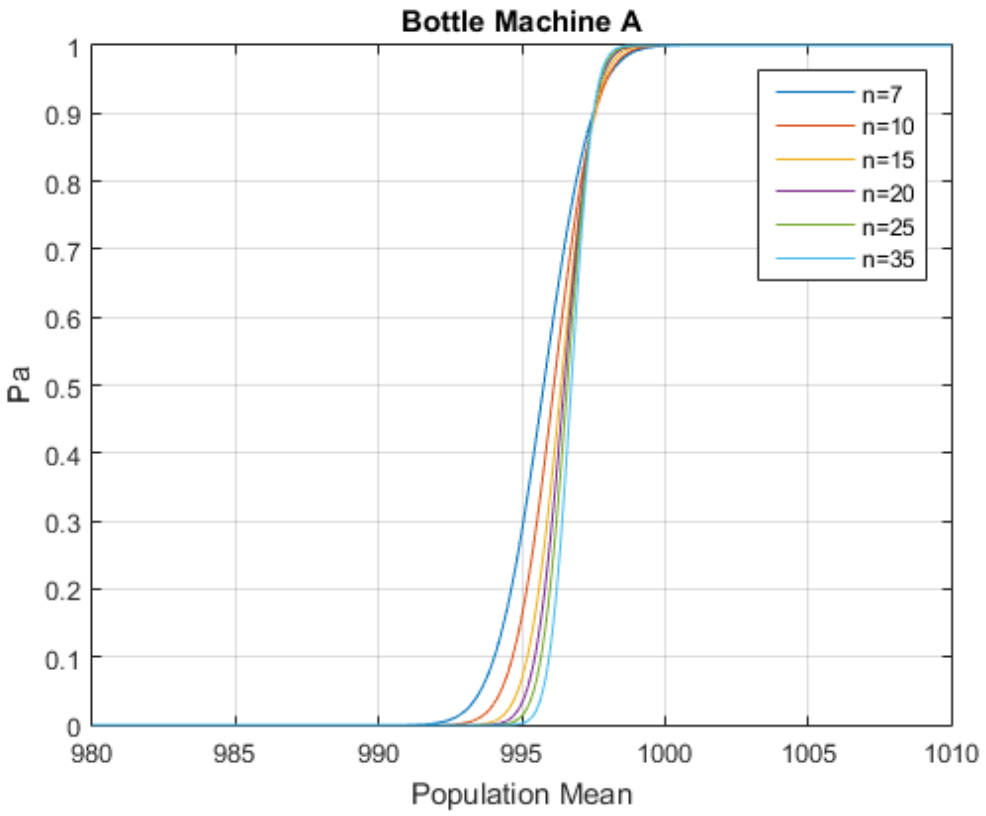
Τα δύο προϊόντα παρόλο που υπάγονται στην ίδια νομοθεσία έχουν διαφορετική τιμή ορίου προδιαγραφής και για την ακρίβεια διαθέτουν μόνο κάτω όριο. Οι τιμές των ορίων προδιαγραφής για τα δύο προϊόντα παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2.2.

Προϊόν	Όριο Προδιαγραφής (L)
Μονόλιτρα	990
Εικοσάλιτρα	19800

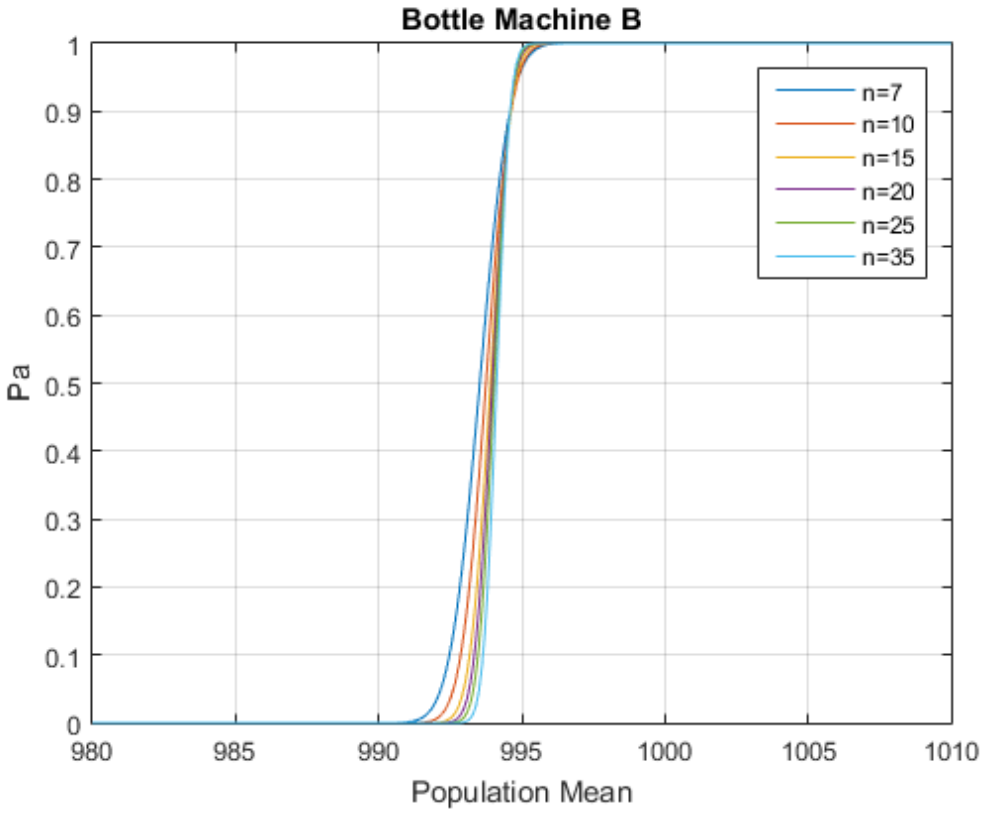
Πίνακας 4.2.2: Όρια Προδιαγραφής Προϊόντων

Επομένως στα διαγράμματα 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3 και 4.2.4 απεικονίζονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες του δειγματοληπτικού σχήματος για τις μηχανές Α, Β, Γ και Δ αντίστοιχα. Τα διαγράμματα κατασκευάστηκαν στο υπολογιστικό πακέτο MATLAB,με χρήση της εντολής «normcdf((k*s)+L,μ,s/(n^0.5))», της εκτιμήτριας της τυπικής απόκλισης της κάθε μηχανής διαιρεμένη με τη ρίζα του μεγέθους δείγματος, του ορίου προδιαγραφών κάθε προϊόντος και για εύρος μέσων τιμών του πληθυσμού από 980 ml έως 1010 ml για τα μονόλιτρα και 19600 ml έως 20200 ml για τα εικοσάλιτρα.

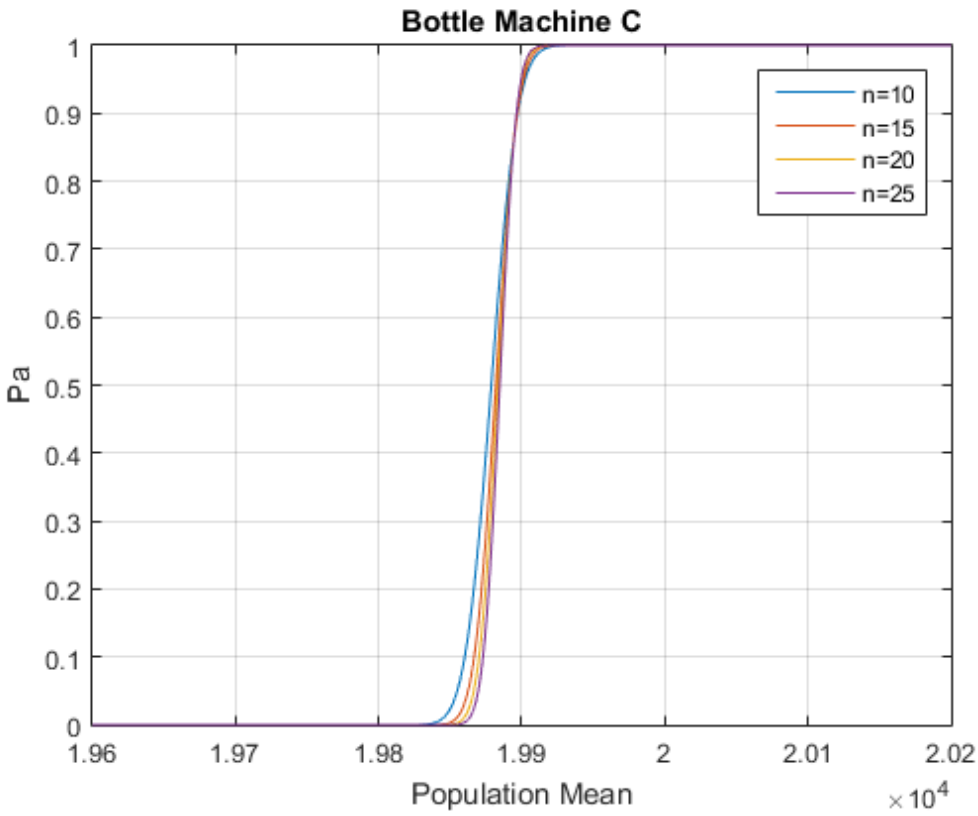
Για τιμές μικρότερες από 980 ml και 19600 ml αντίστοιχα, η πιθανότητα αποδοχής είναι αριθμητικά πολύ κοντά στο μηδέν, ενώ για τιμές μεγαλύτερες από 1010 ml και 20200 ml αντίστοιχα, η πιθανότητα αποδοχής είναι αριθμητικά πολύ κοντά στη μονάδα και για αυτόν το λόγο δεν μελετήθηκαν.



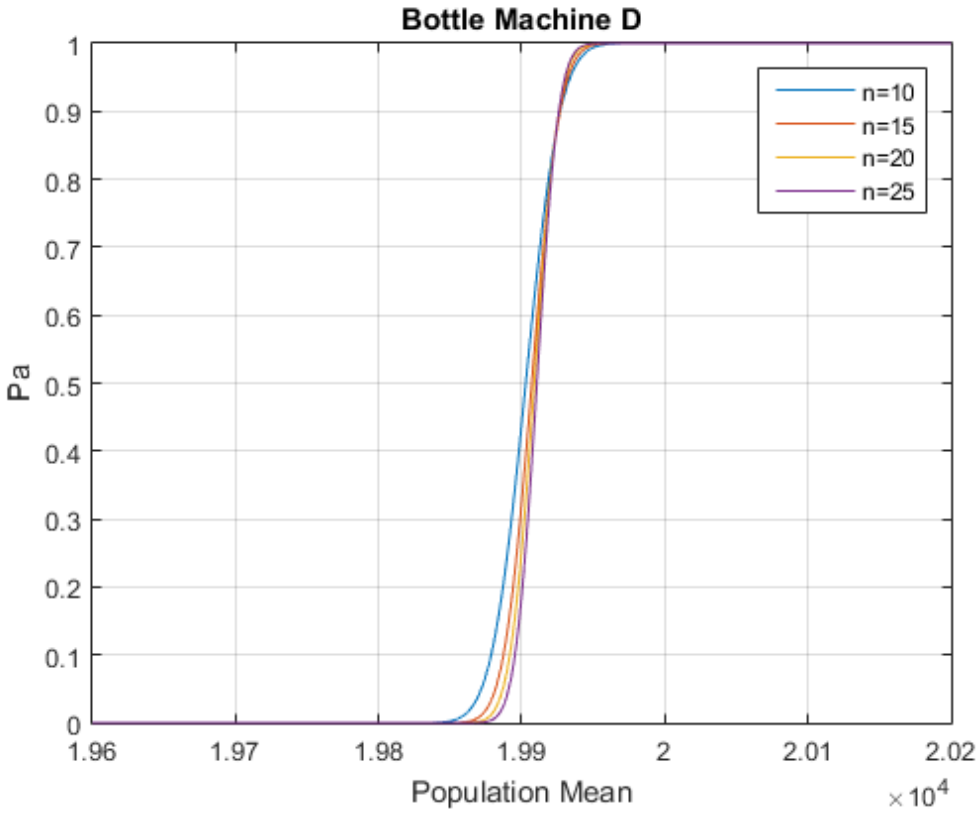
Διάγραμμα 4.2.1: Χαρακτηριστική Καμπύλη Μηχανής Α



Διάγραμμα 4.2.2: Χαρακτηριστική Καμπύλη Μηχανής Β



Διάγραμμα 4.2.3: Χαρακτηριστική Καμπύλη Μηχανής Γ



Διάγραμμα 4.2.4: Χαρακτηριστική Καμπύλη Μηχανής Δ

Παρατηρείται, λοιπόν, από τα διαγράμματα 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3 και 4.2.4, ότι το δειγματοληπτικό σχήμα που προτείνεται από το πρότυπο ISO 3951, συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις της εταιρείας, αφού παρτίδες με μέση τιμή αριθμητικά ίση ή μικρότερη της προδιαγραφής, πρακτικά δεν γίνονται αποδεκτές. Επιπλέον, όταν γίνεται λήψη συγκριτικά μεγαλύτερου μεγέθους δείγματος, η διαχωριστική ικανότητα του σχήματος βελτιώνεται, αφού λαμβάνονται περισσότερες πληροφορίες για την υπό εξέταση παρτίδα.

Κεφάλαιο 5: Σύνοψη και Συμπεράσματα

Η εμφιάλωση δοχείων με λιπαντικό αποτελεί μια παραγωγική διαδικασία ιδιαίτερα απαιτητική, που οδηγεί στη διενέργεια πολλών διαφορετικών ελέγχων ποιότητας. Ο πρώτος βασικός τομέας είναι η πραγματοποίηση ελέγχου αποδοχής των υλικών συσκευασίας κατά τη προμήθεια αυτών, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα εμφάνισης ελαττωματικών δοχείων στη γραμμή παραγωγής, συμβάλλοντας παράλληλα στη μείωση ελαττωματικών προϊόντων μετά το πέρας της εμφιάλωσης. Ο δεύτερος είναι η πραγματοποίηση ελέγχου αποδοχής σε παρτίδες τελικού προϊόντος, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα να διαφύγουν ελαττωματικά τεμάχια από την εταιρεία προς πώληση.

5.1 Έλεγχος Αποδοχής Προμηθειών

Ο έλεγχος αποδοχής των προμηθειών διενεργείται κατά την παραλαβή των προϊόντων και για λόγους οικονομίας χρόνου και κόστους ελέγχου είναι δειγματοληπτικός. Γίνεται η εφαρμογή κατάλληλου δειγματοληπτικού σχήματος με βάση τις απαιτήσεις της εταιρείας και έπειτα ανάλογα με το αποτέλεσμα αυτού, η λήψη οριστικής απόφασης για κάθε παρτίδα ξεχωριστά.

Μετά την ανάλυση που διενεργήθηκε στο κεφάλαιο 1, το ισχύον απλό δειγματοληπτικό σχήμα που εφαρμόζεται από την εταιρεία, δεν συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις της, με αποτέλεσμα να είναι αυξημένη η πιθανότητα σφάλματος κατά τον έλεγχο μιας παρτίδας. Αιτία αυτού είναι η λήψη μικρού μεγέθους δείγματος σε συνδυασμό με τη μηδενική ανοχή του στην εμφάνιση ελαττωματικών, καθιστώντας έτσι τον έλεγχο ιδιαίτερα αυστηρό. Ένας αυστηρός έλεγχος απορρίπτει με ευκολία εκτός από ανεπιθύμητες παρτίδες και επιθυμητές, αυξάνοντας έτσι το κόστος της εταιρείας, η οποία αναγκάζεται να διατηρεί αυξημένο απόθεμα πρώτων υλών. Επιπλέον, δημιουργείται πρόβλημα στις σχέσεις της εταιρείας με τους προμηθευτές από τη συχνή και άνευ λόγου επιστροφή παρτίδων «καλής» ποιότητας.

Κατά τη βελτίωση του τρόπου ελέγχου των προμηθειών επιλέχθηκε, με τη χρήση του προτύπου ΕΛΟΤ 398.0, ένα απλό δειγματοληπτικό σχήμα με αρκετά αυξημένο μέγεθος δείγματος, το οποίο παράλληλα δε χαρακτηρίζεται ως αυστηρό. Η αύξηση του μεγέθους δείγματος βελτίωσε τη διαχωριστική ικανότητα του ελέγχου, παρέχοντας περισσότερες πληροφορίες για την ποιότητα της υπό εξέταση παρτίδας. Η πιθανότητα λήψης εσφαλμένης απόφασης μειώθηκε, όπως επίσης και η άνευ λόγου απόρριψη

επιθυμητών παρτίδων. Παράλληλα παρτίδες «κακής» ποιότητας απορρίπτονται με μεγαλύτερη βεβαιότητα και επομένως κατά μέσο όρο το ποσοστό ελαττωματικών που εισέρχεται στη γραμμή παραγωγής είναι αριθμητικά μειωμένο.

Με στόχο την περαιτέρω εξοικονόμηση πόρων και χρόνου, διενεργήθηκε η κατασκευή διπλού δειγματοληπτικού σχήματος, με τη βοήθεια του προτύπου ΕΛΟΤ 398.0, το οποίο θα διαθέτει την ίδια συμπεριφορά με το προτεινόμενο απλό. Ένα διπλό δειγματοληπτικό σχήμα χαρακτηρίζεται ως πιο οικονομικός τρόπος ελέγχου, αφού διενεργείται σε δύο στάδια με τη λήψη λιγότερων τεμαχίων σε κάθε στάδιο και με αυτόν τον τρόπο δημιουργεί την πιθανότητα λήψης οριστικής απόφασης από το πρώτο δείγμα. Βέβαια το διπλό δειγματοληπτικό σχήμα είναι πιο περίπλοκο, αφού κατά την εφαρμογή του δεν γίνεται λήψη ίδιου αριθμού προϊόντων συνολικά για κάθε παρτίδα αλλά εξαρτάται από την ποιότητα αυτής. Η πιθανότητα, λοιπόν, λήψης οριστικής απόφασης από το πρώτο δείγμα μειώνει το μέσο αριθμό τεμαχίων που χρησιμοποιούνται κατά τον έλεγχο των προμηθειών, άρα και το κόστος ελέγχου, χωρίς να γίνεται έκπτωση στο αποτέλεσμα αυτού.

Στη σύγκριση των δειγματοληπτικών σχημάτων παρατηρήθηκε η υπεροχή των προτεινόμενων έναντι του υπάρχοντος, αφού διαθέτουν καλύτερη διαχωριστική ικανότητα, αλλά η αύξηση του μεγέθους δείγματος που απαιτείται, αυξάνει και το κόστος ελέγχου. Βέβαια η βελτίωση της συμπεριφοράς του ελέγχου οδήγησε και στη μείωση της μέσης εξερχόμενης ποιότητας, δηλαδή κατά μέσο όρο του ποσοστού ελαττωματικών που αποδέχεται η εταιρεία, μειώνοντας έτσι το κόστος κατά την εμφιάλωση των δοχείων. Με την εφαρμογή του διπλού δειγματοληπτικού σχήματος μειώνεται κατά μέσο όρο ο αριθμός τεμαχίων προς εξέταση, αλλά αυξάνεται η πολυπλοκότητα της διαδικασίας.

Η βέλτιστη επιλογή του δειγματοληπτικού σχήματος ελέγχου αποδοχής θα βρεθεί έπειτα από βελτιστοποίηση συνυπολογίζοντας τόσο τις απαιτήσεις της επιχείρησης όσο και το κόστος που καλείται να καλύψει σε κάθε περίπτωση. Η χρήση παρελθοντικών μετρήσεων κρίνεται απαραίτητη, όμως για να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατόν αποτέλεσμα, θα πρέπει να γίνεται λήψη μεγαλύτερου μεγέθους δείγματος ανά παρτίδα και να αναγράφεται λεπτομερώς το αποτέλεσμα του ελέγχου, ώστε να ληφθούν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες για την ποιότητα των εισερχόμενων παρτίδων των πρώτων υλών κατά τη βελτιστοποίηση του ελέγχου.

5.2 Έλεγχος Αποδοχής Τελικών Προϊόντων

Ο έλεγχος αποδοχής που διενεργείται στο τελικό προϊόν, έχει ως στόχο εκτός από την εύρεση ελαττωμάτων στη συσκευασία και την εύρεση λιποβαρών προϊόντων, τα οποία θεωρούνται μη αποδεκτά με βάση τις προδιαγραφές τους. Η ανάλυση του βάρους των δοχείων διενεργείται ξεχωριστά για κάθε τύπο προϊόντος, λόγω των διαφορετικών προδιαγραφών, της χρήσης διαφορετικών μηχανών αλλά και αρχικών ρυθμίσεων κατά την εμφιάλωση διαφορετικού τύπου δοχείου. Η ανάλυση λοιπόν πραγματοποιήθηκε για δύο δοχεία διαφορετικού ονομαστικού όγκου, τα μονόλιτρα και τα εικοσάλιτρα.

Το βάρος των δοχείων ακολουθεί κανονική κατανομή, τα χαρακτηριστικά της οποίας προσδιορίστηκαν μέσω της ανάλυσης δυνατοτήτων. Η μέση τιμή αποτελεί την αρχική ρύθμιση της μηχανής και ορίζεται από τον υπεύθυνο μηχανικό και η τυπική απόκλιση αποτελεί τη διασπορά των τιμών του βάρους των δοχείων που παράγει η μηχανή. Κατά τη σύγκριση των μηχανών κάθε κωδικού προϊόντος, διαπιστώθηκε ότι οι μηχανές έχουν στατιστικές διαφορές στη μεταβλητότητα του βάρους των προϊόντων που παράγονται, επομένως η αρχική ρύθμιση κάθε μίας πρέπει να είναι διαφορετική, όπως και ο τρόπος ελέγχου των τελικών τεμαχίων.

Μέσω των διαγραμμάτων ελέγχου, πραγματοποιείται ο έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας, με τη σύγκριση της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης κάθε δείγματος που λαμβάνεται, με τα όρια που προκύπτουν με βάση τα στατιστικά χαρακτηριστικά του μεγέθους. Κατά την κατασκευή των διαγραμμάτων των ενοτήτων 2.6 και 3.5 διαπιστώθηκε ότι η παραγωγική διαδικασία ήταν εκτός ορίων ελέγχου όσον αφορά τη μέση τιμή του βάρους των δοχείων, αλλά εντός όσον αφορά τη διασπορά των τιμών. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η επιλογή των αρχικών ρυθμίσεων ήταν αυθαίρετη, ενώ η συμπεριφορά των μηχανών αναμενόμενη και αποδεκτή.

Επιπλέον, για τη σωστή πρόληψη τέτοιων φαινομένων, αναγκαία είναι η εφαρμογή ελέγχων, πριν την ολοκλήρωση της παραγωγής του συνόλου της παρτίδας, ανά τακτά χρονικά διαστήματα και η κατασκευή κατάλληλων διαγραμμάτων ελέγχου με σκοπό να παρακολουθείται στενά αν η διαδικασία μεταβεί σε κατάσταση εκτός στατιστικού ελέγχου. Η χρήση ίδιου μεγέθους δείγματος σε κάθε δειγματοληψία συμβάλλει στην κατασκευή ακριβέστερων και απλούστερων διαγραμμάτων ελέγχου, αλλά και στην αποδοτικότερη μελλοντική ανάλυση των αποτελεσμάτων κάθε ελέγχου.

Το ποσοστό ελαττωματικών είναι αριθμητικά μικρό, αφού η αυξημένη ύπαρξη λιποβαρών δοχείων σε μια παρτίδα επιφέρει επιπλέον κόστη στην εταιρεία. Για το λόγο αυτό, η επιλογή της αρχικής ρύθμισης είναι ιδιαίτερα αυξημένη, ώστε να ελαχιστοποιηθεί το φαινόμενο αυτό. Όσο πιο μεγάλη είναι η τιμή της αρχικής ρύθμισης τόσο πιο μεγάλο είναι και το κόστος παραγωγής των τεμαχίων.

Ιδανικά θα πρέπει, μέσω βελτιστοποίησης, να βρεθεί η οικονομικά βέλτιστη επιλογή αρχικής ρύθμισης για την εταιρεία, συνυπολογίζοντας τόσο τα κόστη που καλείται να πληρώσει σε κάθε περίπτωση, όσο και την μελλοντική εξοικονόμηση λιπαντικού που μπορεί να πραγματοποιηθεί, με χρήση μιας αριθμητικά μειωμένης ρύθμισης, χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης δυνατοτήτων κάθε μηχανής.

Τέλος, όσον αφορά τον έλεγχο του βάρους των τελικών προϊόντων κατασκευάστηκε με χρήση του προτύπου ISO 3951, ένα δειγματοληπτικό σχήμα ελέγχου αποδοχής με μέτρηση, κατά το οποίο θα ελέγχεται αν το βάρος των μονόλιτρων και εικοσάλιτρων δοχείων που παράγονται, συμμορφώνεται με τις προδιαγραφές της εταιρείας. Τα δειγματοληπτικά σχήματα ελέγχου αποδοχής με μέτρηση απαιτούν μικρό μέγεθος δείγματος, αφού η πληροφορία που λαμβάνεται κατά τη ζύγιση των δοχείων είναι περισσότερη, έναντι της εφαρμογής ενός δειγματοληπτικού σχήματος ελέγχου αποδοχής με διαλογή. Από την άλλη πλευρά ο έλεγχος χαρακτηρίζεται ως πιο περίπλοκος και χρονοβόρος, αφού οι μετρήσεις που λαμβάνονται οφείλουν να είναι ακριβείς. Το δειγματοληπτικό σχήμα είναι μέρος του ελέγχου αποδοχής που διενεργείται στα τελικά προϊόντα και βοηθάει την εταιρεία τόσο στον γρήγορο όσο και στον ακριβή έλεγχο του βάρους των προϊόντων της.

Συνοψίζοντας, όσον αφορά τον έλεγχο προμηθειών, η επιλογή ενός δειγματοληπτικού σχήματος με μεγαλύτερο μέγεθος δείγματος συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων αλλά και στην ελαχιστοποίηση εμφάνισης αστοχιών κατά την εμφιάλωση των δοχείων. Επιπλέον, όσον αφορά την ανάλυση του βάρους των τελικών προϊόντων, πρέπει να χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα της ανάλυσης δυνατοτήτων κάθε διαφορετικού είδους προϊόντος και μηχανής, με σκοπό τη δημιουργία αποδοτικού και έγκαιρου τρόπου ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας αλλά και τη διερεύνηση πιο οικονομικών επιλογών κατά την παραγωγική διαδικασία. Τέλος, το δειγματοληπτικό σχήμα ελέγχου αποδοχής με μέτρηση του βάρους των τελικών προϊόντων αποτελεί μια αποδοτική και οικονομική λύση ελέγχου του συγκεκριμένου

χαρακτηριστικού, με σκοπό τη διασφάλιση της ποιότητας των, προς πώληση, προϊόντων.

Βιβλιογραφία

1. Γεώργιος Ν. Ταγαράς (2001). «Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας»: Ζήτη
2. Δημήτριος Π. Ψωινός (2001). «Στατιστική»: Ζήτη
3. Γεώργιος Χ. Ζιούτας (2003). «Πιθανότητες και Στοιχεία Στατιστικής για Μηχανικούς»: Ζήτη
4. ΕΛΟΤ 398.0 (1982), «Κανόνες και πίνακες δειγματοληψίας για ελέγχους ποιότητας με χαρακτηριστικό διαλογής», ΕΛΟΤ-Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης
5. ISO 3951 (2013), «Sampling procedures for inspection by variables», International Organization for Standardization
6. Douglas C. Montgomery, George C. Runger (2017). «Εφαρμοσμένη Στατιστική και Πιθανότητες για Μηχανικούς»: Τζιόλα
7. Αρχείο του τμήματος Ελέγχου Ποιότητας της L.P.C.A.E.
8. www.lpc.gr