

*«ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ
ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ»*

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΓΚΙΒΙΣΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α.Μ.: 38830
ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: ΚΟΝΔΥΛΗ ΑΙΜΙΛΙΑ
ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΣΑΓΙΑΣ
ΑΘΗΝΑ 2020

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
Εισαγωγή.....	3
A. Θεωρητικό Πλαίσιο.....	5
A.1 Ιστορική Αναδρομή.....	5
A.2 Στόχοι Συντήρησης.....	6
A.3 Μέθοδοι Συντήρησης.....	8
A.3.1 Διορθωτική συντήρηση (Run to failure ή breakdown maintenance).....	8
A.3.2 Προληπτική συντήρηση (Preventive maintenance).....	10
A.3.3 Προβλεπτική συντήρηση (Predictive or condition-based maintenance).....	11
A.3.4 Συντήρηση με γνώμονα την Αξιοπιστία (<i>Reliability Centered Maintenance</i>).....	16
A.3.5 Ολική Παραγωγική συντήρηση (Total productive maintenance).....	19
A.4 Ανάλυση Προληπτικής Συντήρησης.....	21
B. Μεθοδολογία και στόχοι της έρευνας.....	25
Γ. Μελέτη Περίπτωσης: βιομηχανία παραγωγής μηχανημάτων συσκευασίας.....	26
Γ.1 Προφίλ εταιρείας.....	26
Γ.2 Μέθοδος συντήρησης της εταιρείας.....	28
Γ.3 Εφαρμογή της Προληπτικής Συντήρησης.....	32
Γ.4 Σύγκριση μεθόδων.....	54
Δ. Συζήτηση.....	57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.....	59
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	68
Ηλεκτρονικές πηγές.....	69

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται προσπάθεια να μελετηθεί η ισχύουσα μέθοδος συντήρησης μιας εταιρείας παραγωγής μηχανημάτων συσκευασίας και σε επόμενο στάδιο να δημιουργηθεί ένα εναλλακτικό, βελτιωμένο πλάνο βασισμένο στην προληπτική συντήρηση. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται ιστορική αναδρομή στα είδη των μεθόδων συντήρησης στα χαρακτηριστικά τους, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και το πως εξελίχθηκαν παράλληλα με τις ανάγκες της βιομηχανίας. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία και οι στόχοι της έρευνας. Στη συνέχεια στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η σημερινή κατάσταση και λειτουργία της υπό μελέτη εταιρείας, όσον αφορά τον μηχανολογικό εξοπλισμό που χρησιμοποιεί και το τρόπο συντήρησής τους. Έπειτα, προτείνεται ένας διαφορετικός τρόπος συντήρησης χρησιμοποιώντας τα χαρακτηριστικά της προληπτικής συντήρησης προσαρμοσμένα στις δυνατότητες και τις ανάγκες της συγκεκριμένης εταιρείας. Στο τέλος, γίνεται σύγκριση της υπάρχουσας με τη προτεινόμενη μέθοδο συντήρησης, στο κόστος, τη χρονική διάρκεια και την αποτελεσματικότητα. Συμπερασματικά, σύμφωνα με τη μελέτη περίπτωσης, προτείνεται η προληπτική μέθοδος συντήρησης ως μια βελτιωμένη και αποτελεσματικότερη μέθοδος συντήρησης για την συγκεκριμένη εταιρεία.

Εισαγωγή

Η Συντήρηση είναι ένα σύνολο δραστηριοτήτων, που στόχο έχουν τη διατήρηση της έκρυθμης λειτουργίας μιας παραγωγικής μονάδας ή την επαναφορά της σε ένα σύνολο συνθηκών που θα της επιτρέψει να συνεχίσει να εκτελεί αυτή τη λειτουργία. Αντικείμενο της αποτελεί ο έλεγχος, οι δοκιμές, οι μετρήσεις, οι αντικαταστάσεις, οι ρυθμίσεις εξαρτημάτων, οι επισκευές και σε κάποιες περιπτώσεις διοικητικές ενέργειες.

Από μια άποψη, η συντήρηση μπορεί να χαρακτηριστεί ως επιστήμη, αφού η εκτέλεσή της εξαρτάται άμεσα ή έμμεσα από τις περισσότερες ή όλες τις επιστήμες. Ταυτόχρονα, είναι μια τέχνη, επειδή τα φαινομενικά πανομοιότυπα προβλήματα απαιτούν τακτικά και λαμβάνουν ποικίλες προσεγγίσεις και δράσεις και επειδή ορισμένοι διευθυντές, αρχιτέκτονες και μηχανικοί εμφανίζουν μεγαλύτερη ικανότητα σε αυτό συγκριτικά με άλλους. Ωστόσο, αποτελεί πρωτίστως μια φιλοσοφία, γιατί μπορεί να εφαρμοστεί εντατικά, μετριοπαθώς ή καθόλου, ανάλογα με ένα ευρύ φάσμα μεταβλητών, που συχνά υπερβαίνουν πιο άμεσες και προφανείς λύσεις. Επιπλέον, η συντήρηση είναι μια φιλοσοφία γιατί πρέπει να είναι προσεκτικά προσαρμοσμένη στη λειτουργία ή την οργάνωση που χρησιμεύει και επειδή ο τρόπος που την αντιμετωπίζουν οι υπεύθυνοι της εκάστοτε βιομηχανίας, διαμορφώνει την αποτελεσματικότητά της (Higgins, et al., 2002).

Με τον όρο συντήρηση αναφερόμαστε σε όλες τις κατάλληλες ενέργειες για τη διατήρηση ενός στοιχείου, τμήματος ή εξοπλισμού, ή αλλιώς την επαναφορά του σε μια δεδομένη κατάσταση.

Ειδικότερα, ως μηχανική της συντήρησης ορίζεται η δραστηριότητα συντήρησης εξοπλισμού/ αντικειμένων, η οποία αναπτύσσει τις έννοιες, τα κριτήρια και τις τεχνικές απαιτήσεις, κατά τη φάση της σύλληψης του πλάνου συντήρησης καθώς και της απόκτησης των απαραίτητων πόρων που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια της φάσης λειτουργίας, ώστε να εξασφαλίζεται η αποτελεσματική υποστήριξη της συντήρησης του εξοπλισμού (Dhillon, 2002).

Η σωστή συντήρηση συντελεί στην ελαχιστοποίηση των προβλημάτων, τη μείωση του κινδύνου, την αύξηση της παραγωγικότητας, τη βελτίωση της ποιότητας και την ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής. Αυτό ισχύει τόσο για τα βιομηχανικά όσο και για τα περιουσιακά στοιχεία υποδομής, από ιδιωτικές ή κυβερνητικές βιομηχανίες που παράγουν και προμηθεύουν προϊόντα καθώς και υπηρεσίες (Manzini, et al., 2009).

Ο στρατηγικός ρόλος της συντήρησης αποκτά μεγαλύτερη σημασία καθώς η κοινωνία αναπτύσσεται με πολυπλοκότητα, ο παγκόσμιος ανταγωνισμός αυξάνεται και η τεχνολογική έρευνα καταλήγει σε νέες εφαρμογές. Συνεπώς, η ανάγκη για δράσεις συντήρησης θα συνεχίσει να αυξάνεται στο μέλλον καθώς και η ανάγκη για περαιτέρω μείωση του κόστους παραγωγής, δηλ. Αύξηση της αποτελεσματικότητας και βελτίωση της ασφάλειας και της ποιότητας των προϊόντων και διαδικασιών (Manzini, et al., 2009).

A. Θεωρητικό Πλαίσιο

A.1 Ιστορική Αναδρομή

Από τη Βιομηχανική Επανάσταση, η συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού ήταν μια πρόκληση. Μέχρι τα μέσα του εικοστού αιώνα, η συντήρηση πραγματοποιούνταν με απρογραμματίστο τρόπο και για μεγάλο χρονικό διάστημα είχε μείνει πίσω από άλλους τομείς βιομηχανικής διαχείρισης, κατά την εφαρμογή επίσημων τεχνικών και τεχνολογίας πληροφοριών. Έπειτα από τις πολλαπλές αρνητικές επιπτώσεις, που είχε η έλλειψη συγκεκριμένης μεθόδου συντήρησης, στη κερδοφορία των επιχειρήσεων, πολλά στελέχη αναθεώρησαν την οργάνωση της συντήρησης και ανέπτυξαν νέες προσεγγίσεις, που προωθούν την αποτελεσματική οργάνωση συντήρησης (Ben-Daya, 2009).

Ίσως οι πιο δραματικές αλλαγές συνέβησαν τα τελευταία πενήντα χρόνια. Αυτές οι αλλαγές επηρεάστηκαν από τον τρόπο που εξελίχθηκε η ίδια η βιομηχανία.

Πριν από τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο τα μηχανήματα ήταν γενικά αρκετά ανθεκτικά και σχετικά αργά. Τα όργανα και τα συστήματα ελέγχου ήταν πολύ βασικά. Οι απαιτήσεις της παραγωγής δεν ήταν υπερβολικές, έτσι ώστε η διακοπή κάποιας μηχανής δεν αποτελούσε κρίσιμο ζήτημα. Η χρήση της μεθόδου “λειτουργία ως τη βλάβη”, πρόσφερε την αποτελεσματικότητα που χρειαζόταν μια επιχείρηση, για να είναι κερδοφόρα. Πολλά μηχανήματα που κατασκευάστηκαν εκείνη την περίοδο λειτουργούν ακόμη και σήμερα, γεγονός που φανερώνει την ανθεκτικότητα και αξιοπιστία τους.

Από τη δεκαετία του '50 με την ανοικοδόμηση της βιομηχανίας μετά τον πόλεμο, ιδιαίτερα της Ιαπωνίας και της Γερμανίας, αναπτύχθηκε μια πολύ πιο ανταγωνιστική αγορά. Η αποτυχία μιας μηχανής και η διακοπή της παραγωγής αποτελούσε πρόβλημα. Το κόστος της εργασίας αυξήθηκε ολοένα και περισσότερο, οδηγώντας στην αυτοματοποίηση. Τα μηχανήματα ήταν ελαφρύτερης κατασκευής και λειτουργούσαν σε υψηλότερες ταχύτητες, με αποτέλεσμα να θεωρούνται λιγότερο αξιόπιστα. Συνεπώς, η βιομηχανία απαιτούσε καλύτερη συντήρηση, έτσι ξεκίνησε η σχεδίαση της προληπτικής συντήρησης (Brown, & Sondalini, 2013).

Παρόλο που έχει σημειωθεί εντυπωσιακή πρόοδος στη διατήρηση του εξοπλισμού με αποτελεσματικό τρόπο, η συντήρηση αυτού του τομέα εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση λόγω παραγόντων όπως το μέγεθος, το κόστος, η πολυπλοκότητα και ο ανταγωνισμός. Περιττό να πούμε ότι οι σημερινές πρακτικές συντήρησης είναι καθοδηγούμενες από την αγορά, ιδίως για τη βιομηχανία παραγωγής, τους προμηθευτές υπηρεσιών κλπ. Ένα οποιοδήποτε συμβάν μπορεί να παρουσιάσει άμεσες συνέπειες για το περιβάλλον, τις επιδόσεις ή την ασφάλεια. Συνεπώς, υπάρχει ανάγκη για αποτελεσματικές πρακτικές διαχείρισης και συντήρησης, που θα επηρεάζουν θετικά τους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας όπως η ασφάλεια, η ποιότητα των προϊόντων, η ταχύτητα της καινοτομίας, η τιμή, η ευχρηστία και η αξιόπιστη παράδοση.

Κάθε χρόνο ξοδεύονται δισεκατομμύρια δολάρια για τη συντήρηση εξοπλισμού σε όλο τον κόσμο. Με τα χρόνια έχουν σημειωθεί πολλές νέες εξελίξεις στον τομέα αυτό. Οι όροι "συντήρηση" και "τεχνική συντήρησης" μπορεί να σημαίνουν διαφορετικά πράγματα σε διαφορετικούς ανθρώπους. Για παράδειγμα, το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ θεωρεί ότι η τεχνική συντήρησης είναι ένας κλάδος, ο οποίος βοηθά στην απόκτηση πόρων που χρειάζονται για την ίδια τη συντήρηση και παρέχει πολιτικές και σχέδια για τη χρήση των πόρων κατά την εκτέλεση της συντήρησης. Στον αντίλογο, οι δραστηριότητες συντήρησης θεωρούνται εκείνες που χρησιμοποιούν πόρους για την φυσική εκτέλεση των ενεργειών και των καθηκόντων που σχετίζονται με τη συντήρηση του εξοπλισμού για δοκιμή, συντήρηση, επισκευή, βαθμονόμηση, γενική επισκευή, τροποποίηση κ.ο.κ. (Dhillon, 2002)

A.2 Στόχοι Συντήρησης.

Η συντήρηση ως εργαλείο είναι ένας στρατηγικός πόρος που χρησιμοποιείται κατά την αρχική φάση σχεδίασης ενός συστήματος παραγωγής. Η ανάλυση και η πρόβλεψη της αξιοπιστίας των επιδόσεων του εξοπλισμού βελτιώνει δραματικά την αποτελεσματικότητα της υλοποίησης του συστήματος παραγωγής. Είναι πολύ σημαντικό να προβλεφθούν οι μελλοντικές εργασίες συντήρησης, το κόστος τόσο των εγκαταστάσεων όσο και της σχεδίασης χωροταξίας των μηχανών, ώστε να

αποφευχθούν οι μακρές διακοπές λειτουργίας. Ο ρόλος της συντήρησης έχει ολοένα και μεγαλύτερη σημασία, οδηγώντας έτσι σε ένα νέο εννοιολογικό πλαίσιο: ο λεγόμενος σχεδιασμός συντήρησης ενσωματώνει άμεσα τις αρχές συντήρησης στη διαδικασία του σχεδιασμού (Manzini, et al., 2009).

Παλαιότερα, οι βιομηχανίες δεν έδιναν την πρέπουσα σημασία στη μέθοδο συντήρησης που θα ακολουθούσαν. Συνήθως, επισκεύαζαν τον εξοπλισμό αφού παρουσίαζε σφάλμα. Ωστόσο, μια ακατάλληλη μέθοδος συντήρησης εξοπλισμού σε ένα εργοστάσιο μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τεράστια οικονομική ζημιά. Παράλληλα, η αναποτελεσματική συντήρηση επηρεάζει σημαντικά την ικανότητα παραγωγής ποιοτικών και ανταγωνιστικών προϊόντων στην αγορά. Έτσι χώρες χωρίς συγκεκριμένη φιλοσοφία συντήρησης, δύσκολα μπορούν να ανταγωνιστούν χώρες όπως η Ιαπωνία, οι οποίες έχουν αναπτύξει έναν προηγμένο τρόπο και φιλοσοφία διαχείρισης της κατασκευής και της συντήρησης των μηχανημάτων (Mobley, 2002).

Η σημασία ενός κατάλληλου προγράμματος συντήρησης δεν μπορεί να αγνοηθεί, επειδή διαδραματίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα της παραγωγής. Όπως και στην προσωπική ασφάλιση υγείας, η συντήρηση μπορεί να θεωρηθεί ως η φροντίδα της υγείας των μηχανημάτων και του εξοπλισμού κατασκευής μιας βιομηχανίας. Απαιτείται να μειωθούν οι σπατάλες και να είναι δυνατή η συνεχής και αποτελεσματική λειτουργία ενός εργοστασίου, μιας επιχείρησης ή μιας υπηρεσίας. Το κόστος της τακτικής συντήρησης είναι πολύ μικρό, όταν συγκρίνεται με το κόστος μιας μεγάλης δυσλειτουργίας μιας μηχανής, όπου θα χρειαστεί η παύση της παραγωγής για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Ο βασικός στόχος της συντήρησης είναι να διασφαλιστεί, ότι όλος ο εξοπλισμός που απαιτείται για την παραγωγή, λειτουργεί με απόδοση 100% ανά πάσα στιγμή. Μέσω σύντομων καθημερινών επιθεωρήσεων, καθαρισμού, λίπανσης και μικρών προσαρμογών, μικρά προβλήματα μπορούν να εντοπιστούν και να διορθωθούν πριν γίνουν ένα σημαντικό πρόβλημα που μπορεί να σταματήσει μια γραμμή παραγωγής. Ένα καλό πρόγραμμα συντήρησης έχει ανάγκη την συμμετοχή συνολικά της εταιρείας και την υποστήριξη από όλους, από το ανώτερο στέλεχος έως το προσωπικό του συνεργείου (Krar, 2015).

A.3 Μέθοδοι Συντήρησης

Οι βιομηχανικές μονάδες, κυρίως στον ελλαδικό χώρο, συνήθως χρησιμοποιούν δύο τύπους διαχείρισης της συντήρησης: (1) διορθωτική συντήρηση ή λειτουργία ως τη βλάβη (run to failure) ή (2) προληπτική συντήρηση. Πρόκειται για τις δύο πιο διαδεδομένες μεθόδους συντήρησης, οι οποίες εφαρμόστηκαν με την εμφάνιση των πρώτων μηχανών. Πρώτη χρονολογείται η διορθωτική συντήρηση, από τις αρχές της βιομηχανίας. Με την εξέλιξη και τη δημιουργία πολυπλοκότερου εξοπλισμού, μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, έκανε την εμφάνιση της η προληπτική συντήρηση. Η λογική της διορθωτικής συντήρησης είναι απλή και άμεση. Όταν ένα μηχάνημα σπάσει, “διόρθωσε το”.

A.3.1 Διορθωτική συντήρηση (Run to failure ή breakdown maintenance)

Η διορθωτική συντήρηση είναι μια τεχνική αντιδραστικής διαχείρισης, που περιμένει την αποτυχία του μηχανήματος ή του εξοπλισμού, πριν από οποιαδήποτε ενέργεια συντήρησης. Είναι ίσως η πιο δαπανηρή μέθοδος διαχείρισης της συντήρησης. Ωστόσο, σε αυτό το είδος διαχείρισης, οι μηχανές και άλλος εξοπλισμός δεν ανακατασκευάζονται, ούτε πραγματοποιούνται σημαντικές επισκευές μέχρι να αποτύχει η λειτουργία του εξοπλισμού (Moblely, 2011).

Μια βιομηχανία, η οποία ακολουθεί αυτό το είδος συντήρησης λειτουργεί σύμφωνα με μια σειρά σταδίων. Αρχικά, ο χειριστής μιας μηχανής παρατηρεί μια δυσλειτουργία ή βλάβη στην μηχανή και ειδοποιεί τον υπεύθυνο, δίνοντας του όλα τα απαραίτητα στοιχεία της μηχανής και τα χαρακτηριστικά της βλάβης που εμφανίστηκε. Στη συνέχεια, ο υπεύθυνος συμπληρώνει μια φόρμα καταγράφοντας αναλυτικά το πρόβλημα και την στέλνει στο αντίστοιχο συνεργείο, το οποίο είναι υπεύθυνο για το συγκεκριμένο μηχάνημα. Το συνεργείο με τη σειρά του μελετά τη βλάβη και υπολογίζει τα υλικά και τα ανταλλακτικά που θα χρειαστούν, το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποκατάσταση της ζημιάς και το συνολικό κόστος. Μια τέτοια διαδικασία μπορεί να επιτευχθεί μέσα από ένα πλήρως οργανωμένο σύστημα καταγραφής βλαβών. Όταν ολοκληρωθεί η επισκευή και επανέλθει η

λειτουργία της μηχανής το συνεργείο πιστοποιεί την συντήρηση του μηχανήματος, η οποία καταγράφεται στο ιστορικό του συγκεκριμένου μηχανήματος, ώστε να είναι ανά πάσα στιγμή διαθέσιμες οι πληροφορίες για μελλοντική χρήση.

Τα μεγάλα έξοδα που συνδέονται με αυτό το είδος διαχείρισης της συντήρησης είναι:

1. υψηλό κόστος αποθεμάτων ανταλλακτικών,
2. υψηλό κόστος υπερωριακής εργασίας,
3. υψηλό χρόνο διακοπής της μηχανής και
4. χαμηλή διαθεσιμότητα παραγωγής.

Δεδομένου ότι δεν υπάρχει καμία προσπάθεια πρόβλεψης των απαιτήσεων συντήρησης, ένα εργοστάσιο χρησιμοποιεί την διορθωτική συντήρηση σε όλες τις πιθανές αποτυχίες εντός της εγκατάστασης. Αυτή η ενεργός μέθοδος διαχείρισης αναγκάζει το τμήμα συντήρησης να διατηρεί εκτεταμένα αποθέματα ανταλλακτικών, που περιλαμβάνουν ανταλλακτικά μηχανήματα ή τουλάχιστον όλα τα κύρια

εξαρτήματα για όλους τους κρίσιμους εξοπλισμούς του εργοστασίου. Η εναλλακτική λύση είναι να υπάρχει άμεσα διαθέσιμος ένας αντιπρόσωπος του εκάστοτε εξοπλισμού, ο οποίος μπορεί να παράσχει άμεση πρόσβαση σε όλα τα απαιτούμενα εξαρτήματα. Αυτό ωστόσο είχε ως συνέπεια, τα ασφάλιστρα για ταχεία παράδοση να αυξάνουν σημαντικά το κόστος των εξαρτημάτων επισκευής και του χρόνου αναμονής που απαιτούνται για τη διόρθωση των βλαβών του μηχανήματος. Για να ελαχιστοποιηθεί η μείωση της παραγωγής, που δημιουργείται από μη αναμενόμενες βλάβες ενός μηχανήματος, το προσωπικό συντήρησης πρέπει να είναι σε θέση να ανταπεξέλθει άμεσα σε όλες τις βλάβες.

Το αποτέλεσμα αυτού του τύπου διαχείρισης της συντήρησης είναι το υψηλότερο κόστος συντήρησης και η μικρότερη διαθεσιμότητα μηχανημάτων επεξεργασίας. Η ανάλυση των δαπανών συντήρησης υποδηλώνει ότι η επισκευή που πραγματοποιείται κατά τη διορθωτική συντήρηση ή αλλιώς λειτουργία ως τη βλάβη, θα είναι κατά μέσο όρο τριπλάσια σε κόστος, από την ίδια επισκευή που πραγματοποιείται σε προγραμματισμένη ή προληπτική συντήρηση. Ο προγραμματισμός της επισκευής παρέχει τη δυνατότητα ελαχιστοποίησης του χρόνου επισκευής και του σχετικού κόστους εργασίας. Παρέχει επίσης τα μέσα για τη

μείωση των αρνητικών επιπτώσεων των επειγουσών αποστολών και της χαμένης παραγωγής (Mobley, 2011).

Η λειτουργία ως τη βλάβη θα μπορούσε να είναι αποτελεσματική μέθοδος συντήρησης υπό συνθήκες. Για παράδειγμα η εφαρμογή της θα ήταν δυνατή σε μια βιομηχανία με εξοπλισμό χαμηλού κόστους, ο οποίος επιδιορθώνεται σχετικά εύκολα ή τα μηχανήματα δεν ξεπερνούν ένα συγκεκριμένο αριθμό ή ακόμα σε ένα εργοστάσιο όπου μια αναπάντεχη βλάβη του εξοπλισμού από τη φύση του δεν θα προκαλέσει σημαντικό πρόβλημα στην παραγωγή και κίνδυνο στην ανθρώπινη ασφάλεια. Επίσης, η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε έκτακτες περιπτώσεις όταν κάποια βλάβη δεν προβλέφθηκε ή δεν παρεμποδίστηκε όπως ήταν προγραμματισμένο.

A.3.2 Προληπτική συντήρηση (Preventive maintenance)

Η φιλοσοφία της προληπτικής συντήρησης (Preventive maintenance) είναι ο προγραμματισμός των διαδικασιών συντήρησης σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα, με βάση τις ημερολογιακές ημέρες ή τις ώρες λειτουργίας των μηχανών. Εδώ η επισκευή ή αντικατάσταση του κατεστραμμένου εξοπλισμού πραγματοποιείται πριν να εμφανιστούν προβλήματα. Πρόκειται για μια προσέγγιση συντήρησης, στην οποία το προσωπικό έχει αρκετό χρονικό περιθώριο, γνώσεις και ικανότητες, ώστε να εκτελέσει την προληπτική εργασία συντήρησης.

Το κύριο μειονέκτημα είναι ότι η προγραμματισμένη συντήρηση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την εκτέλεση κάποιων εργασιών συντήρησης πολύ νωρίς ή πολύ αργά. Ο εξοπλισμός αφαιρείται για γενική επισκευή μετά από προκαθορισμένο αριθμό ωρών λειτουργίας. Είναι πιθανό τα εξαρτήματα να αντικαθίστανται όταν υπάρχει ακόμη κάποια υπολειπόμενη διάρκεια ζωής σε αυτά. Αυτό μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής, κατά το χρονικό διάστημα της συντήρησης, χωρίς να υπάρχει πραγματική βλάβη. Σε πολλές περιπτώσεις, υπάρχει επίσης πιθανότητα μειωμένης απόδοσης, λόγω εσφαλμένης μεθόδου επισκευής. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μηχανήματα αποσυναρμολογούνται, αφαιρούνται από αυτά

λειτουργικά εξαρτήματα και αντικαθίστανται από καινούρια, τα οποία δεν είναι σπάνιο φαινόμενο να παρουσιάζουν σφάλματα (Scheffer & Girdhar, 2004).

A.3.3 Προβλεπτική συντήρηση (Predictive or condition-based maintenance)

Οι παραπάνω τύποι συντήρησης των μηχανημάτων παραγωγής συναντώνται στην πλειοψηφία των βιομηχανιών στον Ελλαδικό χώρο, με τη προληπτική συντήρηση να έχει επικρατήσει αισθητά. Τα τελευταία χρόνια ήρθε στην επιφάνεια μια νέα μέθοδος συντήρησης, η προβλεπτική, η οποία βασίζει την λειτουργία της, στην τρέχουσα κατάσταση του εξοπλισμού.

Η προβλεπτική συντήρηση (Predictive or condition-based maintenance) βασίζεται στην παρακολούθηση και διάγνωση σε πραγματικό χρόνο των στοιχείων του συστήματος, τις διεργασίες και τις γραμμές παραγωγής. Η πρωταρχική στρατηγική είναι να αναλάβουν οι υπεύθυνοι δράση όταν αντικείμενα ή μέρη των μηχανημάτων, δείχνουν ορισμένες συμπεριφορές που συνήθως οδηγούν στην αποτυχία του εξοπλισμού, στην υποβαθμισμένη απόδοση ή στην πτωτική πορεία της ποιότητας του προϊόντος. Αρχικά, η προβλεπτική συντήρηση προκλήθηκε από την εκτέλεση ελέγχων συστήματος σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα, που στόχο είχαν την ανάλυση της κατάστασης του εξοπλισμού, των μηχανών ή των εξαρτημάτων των μηχανημάτων. Κατά τα τελευταία χρόνια, έχει παρατηρηθεί πως η προβλεπτική συντήρηση εφαρμόζεται σε προβλήματα ασφάλειας στο διαδίκτυο, στη διαχείριση υποδομών, παραγωγή ενέργειας και μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ναυτικά συστήματα, και σε πολλές βιομηχανικές αλυσίδες ανά τον κόσμο (Lughofer & Sayed-Mouchaweh, 2019).

Το παραπάνω γεγονός οφείλεται, σύμφωνα με τους ειδικούς, στα εμφανή πλεονεκτήματα της μεθόδου:

- Αύξηση της παραγωγικότητας της μηχανής: Με την εφαρμογή της προβλεπτικής συντήρησης, γίνεται δυνατή η μείωση του χρόνου διακοπής της γραμμής παραγωγής, λόγω μη αναμενόμενων αποτυχιών εξοπλισμού.
- Διεύρυνση των χρονικών διαστημάτων μεταξύ γενικών επισκευών: Αυτή η φιλοσοφία συντήρησης επιτρέπει στους υπεύθυνους συντήρησης να

προγραμματίζουν την προκαθορισμένη συντήρηση, όποτε πραγματικά απαιτείται.

- Η προγνωστική συντήρηση εντοπίζει συγκεκριμένα ελαττώματα, με αποτέλεσμα οι εργασίες συντήρησης να χαρακτηρίζονται ως πιο εστιασμένες, αντί να διερευνούν όλες τις πιθανότητες για την ανίχνευση προβλημάτων.
- Βελτίωση του χρόνου επισκευής: Δεδομένου ότι τα συγκεκριμένα προβλήματα εξοπλισμού είναι γνωστά εκ των προτέρων, μπορούν να προγραμματιστούν εργασίες συντήρησης. Αυτό κάνει τις εργασίες συντήρησης ταχύτερες και πιο ομαλές. Καθώς οι μηχανές σταματούν πριν από τις βλάβες, εξαλείφεται η πιθανότητα δευτερογενής ζημίας, μειώνοντας έτσι το χρόνο επισκευής.
- Αύξηση της διάρκειας ζωής του μηχανήματος: Ένα καλά συντηρημένο μηχανήμα διαρκεί αποδεδειγμένα περισσότερο.
- Οι πόροι που θα χρειαστούν για τις προγραμματισμένες επισκευές μπορούν να προβλεφθούν: Η πρόβλεψη των σφαλμάτων του εξοπλισμού μειώνει το χρόνο ανίχνευσης, επομένως και το χρόνο αναφοράς σφάλματος, την ανάθεση του στο κατάλληλο προσωπικό, τη σωστή τεκμηρίωση, την εξασφάλιση των απαραίτητων ανταλλακτικών, εργαλείων και άλλων αντικειμένων που απαιτούνται για την επισκευή.
- Βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος: Μια από τις σημαντικότερες επιδράσεις μιας βελτιωμένης μεθόδου συντήρησης είναι η βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων.
- Αποθήκευση κόστους συντήρησης: Μελέτες έχουν δείξει ότι η εφαρμογή ενός σωστού σχεδίου συντήρησης, οδηγεί σε εξοικονόμηση χρημάτων κατά μέσο όρο 20-25%, συνυπολογίζοντας και την αύξηση της παραγωγής. (Scheffer & Girdhar, 2004).

Η προβλεπτική συντήρηση επικεντρώνεται στην αναγνώριση μιας αποτυχίας όσο το δυνατόν νωρίτερα. Όσο νωρίτερα εντοπίζεται μια βλάβη, τόσο περισσότερος χρόνος

υπάρχει, ώστε να αποφασιστεί ο τρόπος διαχείρισης του εξοπλισμού και η εξισορρόπηση της απαίτησης για συνεχή λειτουργία.

Υπάρχουν πολλά εργαλεία και τεχνικές, τα οποία κατέχουν οι ομάδες συντήρησης. Αυτά τα εργαλεία και οι τεχνικές εστιάζουν στην ανίχνευση των διακυμάνσεων του εξοπλισμού και τη μέτρηση του ρυθμού μεταβολής των διακυμάνσεων. Μέσα από αυτές προβλέπεται η μελλοντική απόδοση του εξοπλισμού και η επόμενη πορεία δράσης. Μια πιθανή παρέμβαση στον εξοπλισμό, βασίζεται συνήθως στην κρισιμότητα της κατάστασης, στην επιδείνωση της διακύμανσης σε σχέση με το φάκελο συνιστώμενης λειτουργίας και στην προβλεπόμενη ανάλυση τάσεων.

Οι τεχνικές της προβλεπτικής συντήρησης βασίζονται στην τεχνολογία, η οποία επιτρέπει την ηλεκτρονική παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού. Ωστόσο η διαδικασία αυτή τείνει να είναι δαπανηρή και η εφαρμογή της είναι πολύ επιλεκτική. Υπάρχουν τώρα νέες εξελίξεις στην τεχνολογία επιτήρησης μέσω διαδικτύου, που περιλαμβάνουν την ασύρματη τεχνολογία, για να μειωθεί το κόστος εγκατάστασης των ενσύρματων αισθητήρων. Επιπλέον, είναι διαθέσιμη η περιήγηση στο διαδίκτυο των δεδομένων σχετικά με τις συνθήκες του ηλεκτρονικού εξοπλισμού και ένα σύστημα προειδοποίησης για την ενημέρωση του χειριστή ή της ομάδας συντήρησης σχετικά με τυχόν διακυμάνσεις μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή μηνυμάτων κειμένου. Παρακάτω αναλύονται τέσσερις βασικοί μέθοδοι προβλεπτικής συντήρησης.

A.3.3.1 Παρακολούθηση των κραδασμών του εξοπλισμού

Η παρακολούθηση κραδασμών παρέχει μια ποιοτική πηγή πληροφόρησης σχετικά με την κατάσταση του εξοπλισμού της εργοστασιακής εγκατάστασης. Είναι ένα βασικό στοιχείο οποιασδήποτε προσπάθειας εφαρμογής της προβλεπτικής συντήρησης σε μια εταιρεία. Συνήθως ένα μέλος της ομάδας συντήρησης, ένας τεχνικός παρακολούθησης κραδασμών ακολουθεί έναν προκαθορισμένο κύκλο συντήρησης στην εγκατάσταση και καταγράφει τις μετρήσεις των κραδασμών χρησιμοποιώντας μια ηλεκτρονική φορητή συσκευή. Ο προκαθορισμένος κύκλος συντήρησης αφορά συγκεκριμένα σημεία ενός εξοπλισμού, στα οποία μέσω της ηλεκτρονικής φορητής

μηχανής πραγματοποιείται καταμέτρηση των δονήσεων. Για παράδειγμα, αυτές μπορεί να είναι στον άξονα Χ και Υ ενός περιβλήματος αντλίας. Τα δεδομένα στη συνέχεια αποθηκεύονται στη φορητή συσκευή. Στη συνέχεια, ένα πακέτο λογισμικού μπορεί να διαγνώσει τα δεδομένα δόνησης και να προσδιορίσει εάν υπερβαίνει το φάκελο λειτουργίας και, αν ναι, ενεργοποιείται συναγερμός. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές διαθέσιμες τεχνικές παρακολούθησης κραδασμών που αυξάνουν το κόστος καθώς αυξάνεται η ακρίβεια και ο αριθμός των λειτουργιών. Αυτά τα δεδομένα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την αναγνώριση των τρόπων αστοχίας του αρχικού εξοπλισμού. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να ελέγξουν ότι η συντήρηση του εξοπλισμού έχει γίνει σωστά.

A.3.3.2 Παρακολούθηση θερμικών ταλαντώσεων.

Υπάρχει ένας αριθμός τεχνικών θερμικής μέτρησης για την παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού. Ορισμένες από τις κορυφαίες τεχνικές σημειώνονται παρακάτω. Η θερμική καταγραφή χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της θερμικής (υπέρυθρης) ενέργειας που εκπέμπεται από ένα αντικείμενο. Η υπέρυθρη ενέργεια είναι παρόμοια με το ορατό φως αλλά δεν είναι ανιχνεύσιμη από το γυμνό ανθρώπινο μάτι. Αντ' αυτού χρησιμοποιείται μια θερμική φωτογραφική μηχανή και ένα λογισμικό, τα οποία μπορούν να παράσχουν ένα πλήθος δεδομένων κατάστασης εξοπλισμού. Η θερμική καταγραφή μπορεί να είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο και κατάλληλο για μια σειρά εφαρμογών παρακολούθησης κατάστασης για μια ποικιλία εξοπλισμού, τόσο στατική όσο και περιστρεφόμενη. Αυτές περιλαμβάνουν την επιθεώρηση και τον εντοπισμό των προβλημάτων στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό, τις πυρίμαχες εγκαταστάσεις, τους θερμαντήρες, τους κινητήρες και τον περιστρεφόμενο εξοπλισμό, μεταξύ άλλων.

Η μέτρηση θερμικού σημείου μετρά τη θερμοκρασία ενός ειδικού αισθητήρα που έρχεται σε επαφή με μια επιφάνεια του αντικειμένου του εξοπλισμού. Οι ειδικοί αισθητήρες θερμοκρασίας συνδέονται με τα επίμαχα σημεία στον εξοπλισμό εγκατάστασης, όπως αντλία ή έδρανο κινητήρα. Ο αισθητήρας μετρά απευθείας την θερμοκρασία. Τα δεδομένα μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα ηλεκτρονικό σύστημα παρακολούθησης κατάστασης και να αναλυθούν. Είναι διαθέσιμες επίσης

χειροκίνητες συσκευές ή πυρόμετρα χειρός, που μπορούν να μετρήσουν την εκπεμπόμενη υπέρυθρη ακτινοβολία από μια επιφάνεια. Αυτό διαβάζεται τοπικά στον εξοπλισμό κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ή του κύκλου συντήρησης.

5.4.5.3 Ανάλυση Λιπαντικών

Όταν ο εξοπλισμός ενός εργοστασίου λειτουργεί με χαμηλής ποιότητας ή μολυσμένο λάδι και υδραυλικά υγρά, έχει ως αποτέλεσμα την ταχύτερη φθορά, το υψηλότερο κόστος ενέργειας και τελικά την πρόωρη αποτυχία εξοπλισμού.

Η αποτελεσματικότητα της λίπανσης λαδιού μπορεί να προσδιοριστεί με ανάλυση του επιπέδου αλλοίωσης του ελαίου, περιεκτικότητας σε νερό και θραύσματα στο έλαιο. Αυτή είναι μια σημαντική τεχνική παρακολούθησης της κατάστασης, επειδή παρέχει μια προληπτική ένδειξη της εμφάνισης της βλάβης του εξοπλισμού. Τελικά μας επιτρέπει να βελτιώσουμε την αξιοπιστία του εξοπλισμού μας.

Ένα πρόγραμμα παρακολούθησης κατάστασης ανάλυσης πετρελαίου λαμβάνει δείγματα λαδιού από τον εξοπλισμό εγκατάστασης και τα ελέγχει. Αυτά συγκρίνονται σύμφωνα με ένα σύνολο στοιχείων πετρελαϊκής απόδοσης, όπως το νερό και το περιεχόμενο των συντριμμίων. Στη συνέχεια, η ειδική ομάδα θα προβεί σε αξιολόγηση για κάθε δείγμα για να διαπιστώσει εάν υπάρχουν αποκλίσεις από τα όρια απόδοσης πετρελαίου. Τα αποτελέσματα δημοσιεύονται σε μια έκθεση ανάλυσης πετρελαίου μαζί με διορθωτικές ενέργειες και ανακοινώνονται στις ομάδες συντήρησης και λειτουργίας.

5.4.5.4 Διαδικτυακά συστήματα παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο (Online Asset Condition Monitoring).

Τα on-line συστήματα παρακολούθησης είναι διαθέσιμα για τη μέτρηση των περισσότερων παραμέτρων της κατάστασης του εξοπλισμού, όπου υπάρχει αισθητήρας. Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν πίεση, δόνηση, θερμοκρασία και κατάσταση λαδιού. Οι αισθητήρες είναι στερεωμένοι στον εξοπλισμό εγκατάστασης σε προκαθορισμένες θέσεις όπου λαμβάνονται οι μετρήσεις. Συχνά είναι χρήσιμο να

συνδυάζονται οι μέθοδοι παρακολούθησης της κατάστασης ενός εξοπλισμού, ώστε να παρέχεται καλύτερη και πιο αξιόπιστη πληροφόρηση (Deighton, 2016).

A.3.4 Συντήρηση με γνώμονα την Αξιοπιστία (*Reliability Centered Maintenance*)

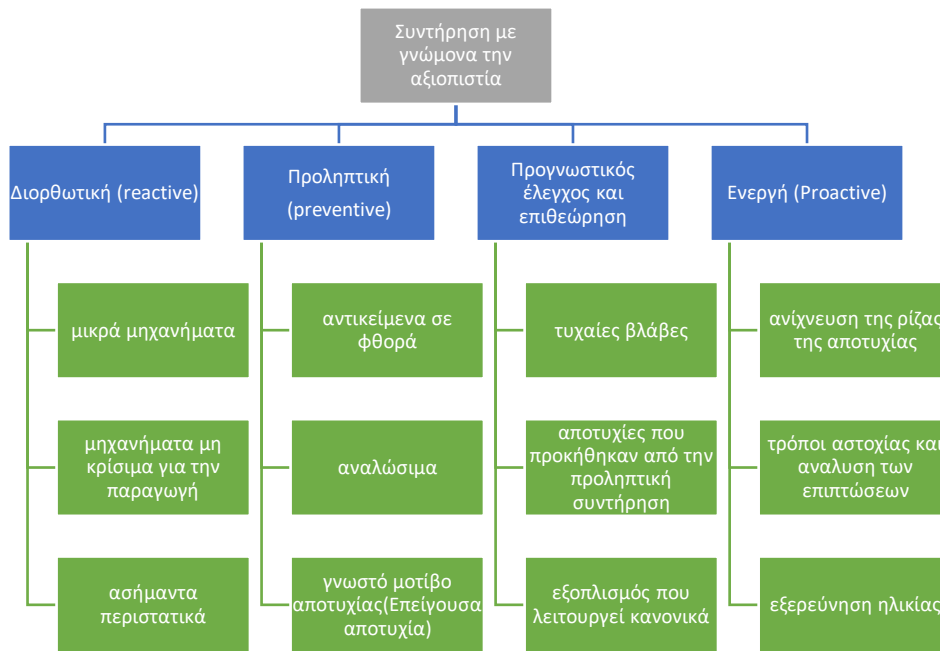
Πέρα από τα βασικά ήδη συντήρησης, στον βιομηχανικό χώρο εμφανίζονται διαφορετικοί τρόποι συντήρησης, οι οποίοι αποτελούν εξέλιξη των παραπάνω. Στην διάρκεια της δεκαετίας του 1960 και του 1970, η εμπορική αεροπορική βιομηχανία, λόγω του υψηλού κόστους συντήρησης, τις συχνές ανεπιθύμητες αστοχίες των εξαρτημάτων και την απαίτηση του επιβάτη, να του προσφέρεται η μέγιστη ασφάλεια, οδήγησαν στην ανάπτυξη της νέας διαδικασίας και πολιτικής συντήρησης των αεροσκαφών, της Συντήρησης με γνώμονα την Αξιοπιστία (*Reliability Centered Maintenance*). Η συγκεκριμένη μέθοδος συντήρησης αποτελεί μια λογική διαδικασία εντοπισμού σφαλμάτων στον εξοπλισμό μιας επιχείρησης, βασισμένο στον προληπτικό τρόπο συντήρησης. Είναι μια συστηματική διαδικασία για να καθορίσει τι πρέπει να γίνει, ώστε να διατηρηθεί η τρέχουσα λειτουργία μιας επιχείρησης σύμφωνα με το επιχειρησιακό πλάνο. Συγκεκριμένα, παράγει αποτελεσματικά συστήματα διαχείρισης των σφαλμάτων. Δημιουργεί σχέδια συντήρησης με τα οποία τοποθετούνται σε προτεραιότητα οι απαιτούμενες διαδικασίες συντήρησης, ανάλογα με τις συνέπειές τους και τις αιτίες αποτυχίας. Παράλληλα, λαμβάνει αποφάσεις σχετικά με τις εργασίες που εκτελούνται από τον χειριστή, τις εφάπαξ αλλαγές στις διαδικασίες, τις αλλαγές σχεδιασμού και ακόμα, υπό τις κατάλληλες συνθήκες, τη λειτουργία ενός εξοπλισμού σε αποτυχία.

Ουσιαστικά, η συντήρηση με γνώμονα την Αξιοπιστία είναι ένα σύνολο καθηκόντων που παράγονται με βάση μια συστηματική αξιολόγηση, η οποία χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη ή τη βελτιστοποίηση ενός προγράμματος συντήρησης. Αυτό το είδος συντήρησης καταγράφει τις συνέπειες ασφάλειας και λειτουργικότητας των βλαβών και προσδιορίζει τους μηχανισμούς που είναι υπεύθυνοι για αυτές τις αποτυχίες. Η συντήρηση με γνώμονα την αξιοπιστία (RCM) δεν είναι απαραίτητως μέθοδος συντήρησης, είναι περισσότερο μια μέθοδος ανάλυσης βλαβών για τον προσδιορισμό των μεθόδων συντήρησης που θα λειτουργούν καλύτερα για κάθε κομμάτι μηχανής (Bloom, 2005. Sifonte & Reyes-Picknell, 2017).

Σύμφωνα με τον Bloom (2005) η συγκεκριμένη μέθοδος συντήρησης περιλαμβάνει τρεις φάσεις, οι οποίες πολλές φορές συγχέονται. Η πρώτη φάση, η οποία είναι η πιο σημαντική, είναι η αναγνώριση του εξοπλισμού που απαιτεί προληπτική συντήρηση. Η δεύτερη φάση είναι ο προσδιορισμός των διαφόρων τύπων δραστηριοτήτων και καθηκόντων προληπτικής συντήρησης, συμπεριλαμβανομένων των τεχνικών πρόβλεψης συντήρησης, που πρέπει να εκτελούνται στον αναγνωρισμένο εξοπλισμό. Η τρίτη φάση διασφαλίζει ότι οι προληπτικές εργασίες συντήρησης, που έχουν καθοριστεί, εκτελούνται σωστά και εγκαίρως.

Η συντήρηση με γνώμονα την αξιοπιστία (RCM) είναι ο βέλτιστος συνδυασμός πρακτικών συντήρησης, χρόνου ή διαστήματος, βάσει συνθηκών και προληπτικής συντήρησης. Αυτές οι βασικές στρατηγικές συντήρησης, αντί να εφαρμόζονται ανεξάρτητα, ενσωματώνονται, για να επωφεληθούν από τις αντίστοιχες δυνάμεις τους, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η αξιοπιστία της εγκατάστασης και του εξοπλισμού, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα το κόστος κύκλου ζωής. Ολική παραγωγική συντήρηση (TPM), συνολική διασφάλιση συντήρησης, προληπτική συντήρηση και πολλές άλλες καινοτόμες προσεγγίσεις για προβλήματα συντήρησης στοχεύουν στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των μηχανών για την τελική βελτίωση της παραγωγικότητας (Islam, 2010).

Τα βασικά συστατικά της συντήρησης με γνώμονα την αξιοπιστία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:



Εικόνα 1: Χαρακτηριστικά "Συντήρησης με γνώμονα την αξιοπιστία".

Η εφαρμογή μια τέτοιας μεθόδου απαιτεί την ολοκλήρωση μιας ακολουθίας βημάτων, ώστε να επιτευχθεί ο αρχικός στόχος. Το πρώτο βήμα είναι η ενδελεχής έρευνα του συνολικού λειτουργικού συστήματος, του εξοπλισμού μια βιομηχανίας για παράδειγμα. Πρέπει να γίνει καταγραφή και ανάλυση της κατάστασης του εξοπλισμού σε πλήρη λειτουργία και τι χρειάζεται ώστε να λειτουργούν όλα σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Στο δεύτερο βήμα προσδιορίζονται οι πιθανές καταστάσεις τις οποίες ονομάζουμε βλάβες, όπου μπορούν να εμφανιστούν και να εμποδίσουν την ορθή λειτουργία του μηχανισμού. Στο τρίτο βήμα εντοπίζονται τα αίτια που ευθύνονται για ενδεχόμενες δυσλειτουργίες του εξοπλισμού. Στο τέταρτο βήμα πραγματοποιείται μια μελέτη, με την οποία αναλύονται οι επιδράσεις των βλαβών, που θα εμφανιστούν με ποιόν τρόπο και τη ζημιά θα προκαλέσουν στην παραγωγή. Στο πέμπτο βήμα, ως άμεση συνέχεια του προηγούμενου, δίνεται βάση στις επιπτώσεις των πιθανών δυσλειτουργιών του εξοπλισμού, κατά συνέπεια δημιουργείται ένας κατάλογος, στον οποίο διαβαθμίζονται οι πιθανές βλάβες σύμφωνα με τον αντίκτυπο που εμφανίζουν (ασφάλεια εργαζομένων, περιβάλλον και διαθεσιμότητα εξοπλισμού). Στο έκτο βήμα υπολογίζεται ο συντελεστής κρισιμότητας (το γινόμενο της πιθανότητας εμφάνισης μιας βλάβης Χ τον συντελεστή του προηγούμενου βήματος), σύμφωνα με τον οποίο ιεραρχούνται σε φθίνουσα μορφή οι βλάβες. Τέλος, χρησιμοποιώντας το παραπάνω πίνακα, ανάλογα με τον

βαθμό κρισιμότητας επιλέγεται το είδος συντήρησης, κυρίως για τις βλάβες υψηλού κινδύνου.

Τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου συντήρησης αναφέρονται επιγραμματικά παρακάτω:

- Προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια και περιβαλλοντική ακεραιότητα.
- Βελτιώνει την λειτουργία της παραγωγής (το παραγόμενο προϊόν, την ποιότητα του και τις υπηρεσίες του πελάτη).
- Αποτελεσματικότερη συντήρηση (ότι ξοδεύεται για την συντήρηση του εξοπλισμού, ξοδεύεται εκεί που θα επιφέρει το βέλτιστο αποτέλεσμα).
- Περισσότερη και χρησιμότερη διάρκεια ζωής των ακριβών εξαρτημάτων.
- Μια κατανοητή και λεπτομερής βάση δεδομένων.
- Περισσότερα κίνητρα ως προς τους εργαζόμενους.
- Αποτελεσματικότερη ομαδική συνεργασία. (Moubray, 2001)

Η παραπάνω μέθοδος συντήρησης χρησιμοποιείται κυρίως στην βιομηχανία αεροσκαφών, αλλά βρίσκει εφαρμογή στην βιομηχανία πυρηνικής ενέργειας και στα στρατιωτικά συστήματα. Θεωρείται μια από τις πιο επιτυχημένες τεχνικές συντήρησης στον τομέα της, ωστόσο απαιτεί ακρίβεια, προγραμματισμό και τη συλλογική συνεργασία πολλών ειδικοτήτων.

A.3.5 Ολική Παραγωγική συντήρηση (Total productive maintenance)

Μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο πολλές εταιρίες επιθυμούσαν να προσφέρουν προϊόντα υψηλότερης ποιότητας, γεγονός που απαιτούσε την εξέλιξη στις μεθόδους συντήρησης. Οι περισσότερες βασιζόντουσαν στην προληπτική συντήρηση. Ωστόσο, το 1971 στην Ιαπωνία έκανε την εμφάνισή της μια νέα μέθοδος, η Ολική παραγωγική συντήρηση, που στόχο είχε τη βελτίωση της διαθεσιμότητας και της παραγωγικότητας της μηχανής, μέσω της χρήσης αποδοτικότερων πόρων συντήρησης και παραγωγής. Ολοκληρωμένη πρόταση της συγκεκριμένης μεθόδου παρουσίασε ο Nakajima (1988), ο οποίος θεωρείται ο πατέρας της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (Agustiady & Cudney, 2016).

Η *Ολική Παραγωγική συντήρηση* μπορεί να αναλυθεί με βάση τους τρεις όρους του ονόματός της:

- *Ολική*: αντιπροσωπεύει τη συνολική συμμετοχή των εργαζομένων, δηλαδή το σύνολο των προϊσταμένων όλων των τμημάτων παραγωγής, θέλοντας να τονίσει την σημασία της αποτελεσματικότητας της ομαδικής συνεργασίας.
- *Παραγωγική*: δηλώνει την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών, που στόχο έχουν να καλύψουν ή να υπερβούν τις προσδοκίες των πελατών, γεγονός το οποίο μπορεί να επιτευχθεί, εάν οι μηχανές και ο εξοπλισμός διατηρούν ένα υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας.
- *Συντήρηση*: συμβολίζει τη διατήρηση του εξοπλισμού και της λειτουργίας των εγκαταστάσεων, σε μια κατάσταση τόσο καλή ή καλύτερη από την αρχική (Díaz-Reza, García-Alcaraz, & Martínez-Loya, 2019).

Η ολική παραγωγική συντήρηση είναι μια καινοτόμος προσέγγιση στη συντήρηση του εξοπλισμού, που οργανώνει το προσωπικό συντήρησης και τους χειριστές του εξοπλισμού, έτσι ώστε να εργάζονται σε ομάδες και να εστιάζουν στην εξάλειψη των βλαβών και των ελαττωμάτων. Πρόκειται για μια συστηματική προσέγγιση για τη βελτίωση των συστημάτων παραγωγής και ποιότητας, η οποία υποστηρίζει πως ο ίδιος ο χειριστής ενός μηχανήματος οφείλει να γνωρίζει και πως να το συντηρεί. Με αυτό τον τρόπο δεν χάνεται πολύτιμος χρόνος σε ανούσιες διαδικασίες. Η πλήρης υποστήριξη όλων των εργαζομένων και της ανώτατης διοίκησης είναι απαραίτητη για την επιτυχία αυτού του τύπου συντήρησης. Η Ολική παραγωγική συντήρηση προσπαθεί να αυξήσει την παραγωγικότητα επενδύοντας στην κατάλληλη συντήρηση για να μειώσει τις απώλειες (Agustiady & Cudney, 2016).

Η ολική παραγωγική συντήρηση αύξησε τη δημοτικότητα της λόγω των πλεονεκτημάτων, που σύμφωνα με τους ειδικούς προσφέρει στην βιομηχανία. Αρχικά, εξασφαλίζει δραστικά και αξιοσημείωτα αποτελέσματα τα οποία περιλαμβάνουν μείωση των καταστροφών, σφαλμάτων και ατυχημάτων, καθώς και την αύξηση της ποιότητας και της ασφάλειας συμμετοχής των εργαζομένων. Δεύτερον, βελτιώνει το περιβάλλον εργασίας με τέτοιο τρόπο ώστε να επικρατεί η καθαριότητα, η τάξη και, κατά συνέπεια, να δημιουργούνται ασφαλείς συνθήκες εργασίας. Τρίτον, προωθεί την ανάπτυξη των εργαζομένων, βοηθώντας τους να

διευρύνουν τις γνώσεις και τις ικανότητες τους, κυρίως στους τομείς παραγωγής και συντήρησης. Τέλος, στοχεύει στην επίτευξη υψηλότερου επιπέδου συμμετοχής και χειραφέτησης των εργαζομένων, ώστε να αυξηθεί το επίπεδο δέσμευσης και αφοσίωσης για το χώρο εργασίας τους και για την εταιρεία γενικότερα (Díaz-Reza, García-Alcaraz, & Martínez-Loya, 2019).

A.4 Ανάλυση Προληπτικής Συντήρησης

Βασικός στόχος όλων των ειδών βιομηχανίας είναι η παραγωγή προϊόντων ή υπηρεσιών. Η μέθοδος συντήρησης που χρησιμοποιείται από την εκάστοτε εταιρία αποτελεί για εκείνη ένα σημαντικό κόστος. Ωστόσο, η συνεχόμενη και αποτελεσματική λειτουργία του εξοπλισμού είναι απαραίτητη για την παραγωγή, γεγονός που καθιστά ουσιώδης την εφαρμογή μιας συντήρησης, η οποία να προλαμβάνει τυχόν σφάλματα και αποτυχίες λειτουργίας μηχανών. Αυτός είναι και ο λόγος που η συντριπτική πλειοψηφία την σημερινής βιομηχανίας έχει αναθεωρήσει και επιλέγει αντί για την διορθωτική συντήρηση (breakdown maintenance), μια μέθοδο συντήρησης, που να της προσφέρει την ασφάλεια που χρειάζεται, όπως η προληπτική συντήρηση.

Ως προληπτική συντήρηση ορίζονται όλες οι απαιτούμενες δράσεις ενός προσχεδιασμένου, εξειδικευμένου και συγκεκριμένου προγράμματος ενεργειών που έχει ως σκοπό τη διατήρηση ενός εξαρτήματος ή εξοπλισμού σε μια δεδομένη λειτουργική κατάσταση μέσω της διαδικασίας του ελέγχου και της επιδιόρθωσης. Αυτές οι δράσεις αποτελούν προληπτικά βήματα τα οποία απαιτούνται για την καθυστέρηση ή μείωση της πιθανότητας αστοχιών ή την αποφυγή μη αποδεκτού επιπέδου φθοράς σε μελλοντική συντήρηση αντί της επιδιόρθωσης αφότου έχουν προκύψει (Dhillon, 2002).

Σύμφωνα με τον Cruzan (2009), υπάρχουν πολλοί λόγοι για να επιλέξει μια επιχείρηση τη μέθοδο της προληπτικής συντήρησης:

1. *Αυξάνει την διάρκεια ζωής του εξοπλισμού.* Χαρακτηριστικό παράδειγμα της χρήσης της προληπτικής συντήρησης στην καθημερινότητα είναι το

μεταφορικό μέσο. Οι περισσότεροι άνθρωποι που οδηγούν αυτοκίνητο, προγραμματίζουν το service του, χωρίς να έχει παρουσιαστεί κάποια βλάβη. Σκοπός τους είναι η πρόληψη της πιθανής βλάβης και η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του. Έτσι και στη βιομηχανία, η προγραμματισμένη συντήρηση σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, έχουν ως συνέπεια την αποτελεσματικότερη λειτουργία του εξοπλισμού.

2. *Μειώνει τα κόστη.* Έχει αποδειχθεί πως η προληπτική συντήρηση βοηθάει μια επιχείρηση, αλλά και τον καθημερινό άνθρωπο να αποφύγει τα υψηλά έξοδα μιας βλάβης εξοπλισμού. Αρχικά, τις περισσότερες φορές δεν χρειάζεται να αγοραστεί επιπλέον εξοπλισμός λόγω αποτυχίας, διότι αυξάνεται η διάρκεια της λειτουργίας του. Επίσης, η προληπτική συντήρηση μπορεί να μειώσει το κόστος της πρόσληψης εξωτερικών εργολάβων. Σε όλους οργανισμούς, τα τμήματα συντήρησης εξαρτώνται περιστασιακά από εξωτερικούς εργολάβους με εξειδικευμένες δεξιότητες. Εάν η συντήρηση δεν εκτελείται με συνέπεια από το εσωτερικό προσωπικό, τα προβλήματα που συχνά θα μπορούσαν να αποφευχθούν, μπορεί να μετατραπούν σε δαπανηρές υπηρεσίες επισκευής. Τέλος, ο χρόνος που ο εξοπλισμός δεν λειτουργεί μπορεί επίσης να αποτελέσει πηγή αυξημένου κόστους. Η σωστή προληπτική συντήρηση του εξοπλισμού θα μειώσει το χρόνο διακοπής λειτουργίας.
3. *Εξοικονομεί ενέργεια.* Το κόστος ενέργειας είναι δυνατόν να μειωθεί μέσω της προληπτικής συντήρησης. Με την πρόσφατη αύξηση του κόστους του φυσικού αερίου, της ηλεκτρικής ενέργειας και του πετρελαίου, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι πιο σημαντική από ποτέ. Η ολίσθηση των κινητήριων ιμάντων, των βρώμικων ηλεκτρικών κινητήρων και των φραγμένων φίλτρων αέρα, προκαλούν αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και μπορούν εύκολα να διορθωθούν μέσω της κατάλληλης συντήρησης.
4. *Βελτιώνει την εμπειρία των υπηρεσιών.* Σε όλες τις εγκαταστάσεις, είτε αυτή είναι βιομηχανία, χώρος υγειονομικής περίθαλψης, χώρος εστίασης, σχολείο και πολλά άλλα, βασικός στόχος είναι η ικανοποιητική παροχή προϊόντων και υπηρεσιών. Η ύπαρξη συνεχόμενων παραπόνων ως προς το εξαγόμενο προϊόν ή υπηρεσία, μπορεί να επιλυθεί με τη χρήση ενός σωστού συστήματος συντήρησης, ώστε όλα να λειτουργούν όπως πρέπει, χωρίς αποτυχίες.

5. *Κάνει τη δουλειά των εργαζομένων ευκολότερη.* Στην αρχή της εφαρμογής ενός συστήματος συντήρησης απαιτείται η συμμετοχή και εργασία όλων. Όταν όμως αρχίσει και δουλεύουν όλα σύμφωνα με το πρόγραμμα, τα αποτελέσματα είναι θεαματικά. Η δουλειά όλων γίνεται ευκολότερη, διότι μειώνονται οι καταστάσεις έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση βλάβης, υπάρχει λιγότερο άγχος και λιγότεροι δυσαρεστημένοι πελάτες.

Επιπλέον πλεονεκτήματα αναφέρει ο Levitt (2003), όπως ότι αυξάνει τον έλεγχο για όλα τα χρήματα που δαπανώνται, αυξάνει τον έλεγχο των εξαρτημάτων, μειώνοντας τον χρόνο απογραφής, διασφαλίζει ότι όλα τα εξαρτήματα χρησιμοποιούνται για εγκεκριμένους σκοπούς, μειώνει την πιθανότητα προστίμων και κυρώσεων, διευκολύνει τον εντοπισμό των προβληματικών περιοχών, ώστε να επικεντρωθεί η προσοχή, αυξάνει τις διαθέσιμες πληροφορίες για τις προδιαγραφές του εξοπλισμού, εξασφαλίζει μείωση του συνολικού κόστους συντήρησης, μέσω της καλύτερης χρήσης της εργασίας και των υλικών.

Μια αποτελεσματική μέθοδος συντήρησης, όπως η προληπτική, εξαρτάται από απλά αλλά βασικά καθήκοντα, τα οποία θα οδηγήσουν σε ένα αξιόπιστο εργοστασιακό σύστημα. Αυτά είναι οι επιθεωρήσεις, οι ανθρώπινες αισθήσεις, αισθητήρες και τα κατώτατα όρια.

Αναλυτικότερα, όταν λέμε *επιθεωρήσεις* εννοούμε τον τακτικό έλεγχο του εξοπλισμού, ο οποίος μειώνει την πιθανότητα ξαφνικής βλάβης. Από την άλλη οι *ανθρώπινες αισθήσεις* χαρακτηρίζονται από την ικανότητα να αντιλαμβάνονται μέσω ήχων, αφής ή και μυρωδιάς, αν κάτι λειτουργεί σωστά ή όχι. Ωστόσο, ο άνθρωπος αδυνατεί να αναγνωρίσει έγκαιρα, κάποιες ανεπαίσθητες αλλαγές ενός μηχανήματος ή πιθανόν να του ξεφύγει κάτι, γι' αυτό υπάρχουν οι *αισθητήρες*. Η τεχνολογία των αισθητήρων έχει παρουσιάσει θεαματική εξέλιξη, σε ακρίβεια, ταχύτητα, μέγεθος και κόστος. Οι αισθητήρες πίεσης, θερμοκρασίας, επιτάχυνσης, μετρητές στροφών, κραδασμών και πολλά άλλα, βοηθούν σημαντικά στον έλεγχο αποτελεσματικής λειτουργίας μηχανημάτων, ενώ ειδοποιούν σε περίπτωση διαφοροποίησης από το αναμενόμενο. Τέλος, πρέπει να καθοριστεί ένα κατώτατο όριο, το οποίο θα δείχνει ότι ένα μηχάνημα δυσλειτουργεί. Για να οριστεί το κατώτατο όριο, πρέπει να συλλέξει ο ειδικός

πληροφορίες σχετικά με τις μετρήσεις που μπορούν να υπάρχουν, ενώ ο εξοπλισμός λειτουργεί με ασφάλεια και ποιες μετρήσεις είναι ακριβώς πριν ή κατά τη στιγμή της βλάβης. Όταν οριστεί το σημείο θραύσης, δίνεται ένα χρονικό περιθώριο αντίδρασης από τους τεχνικούς. Όσο νωρίτερα ορίζεται το όριο και γίνεται αποτελεσματική προληπτική συντήρηση, τόσο μεγαλύτερη είναι η βεβαιότητα ότι θα γίνει πριν από την αποτυχία (Moblely, 2011).

Η διαδικασία εφαρμογής της προληπτικής συντήρησης ακολουθεί μια σειρά από απαραίτητες ενέργειες. Αρχικά, κάθε μηχάνημα οφείλει να είναι καταγεγραμμένο σύμφωνα με ένα μοναδικό σειριακό αριθμό στα αρχεία ιστορικού ολόκληρου του εξοπλισμού, μαζί με τις ακριβείς πληροφορίες για τη λειτουργία του και τις βλάβες που έχει παρουσιάσει. Έπειτα, ιδιαίτερα σημαντικές είναι οι συστάσεις του κατασκευαστή για το διάστημα μεταξύ της κάθε συντήρησης, οι οδηγίες των εγχειριδίων συντήρησης, καθώς και μια λίστα με τα αναλώσιμα και ανταλλακτικά που θα χρειαστούν. Παράλληλα, ορίζεται το εξουσιοδοτημένο προσωπικό, τα κατάλληλα όργανα και τα εργαλεία ελέγχου. Στο τέλος υπάρχει μια λίστα ελέγχου με σαφείς οδηγίες, που πρέπει να υπογραφεί, ενώ σημαντική καθ' όλη τη διάρκεια είναι η συνεργασία των χρηστών και η υποστήριξη της διοίκησης (Moblely, 2011).

Οι παραπάνω διαδικασίες της προληπτικής συντήρησης έχουν την δυνατότητα να προσαρμοστούν ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε εταιρίας, είτε αυτή πρόκειται για μια μικρή τοπική επιχείρηση, είτε για μια υψηλής παραγωγής βιομηχανία. Η εφαρμογή της προληπτικής συντήρησης έχει αντίκρισμα σε πολλαπλά περιβάλλοντα ακόμα και εκτός βιομηχανίας (συντήρηση οικιακών κλιματιστικών ή αυτοκινήτου).

B. Μεθοδολογία και στόχοι της έρευνας.

Στη παρούσα εργασία εξετάζεται το υπάρχων σύστημα συντήρησης των μηχανημάτων, του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων μιας τεχνικής εμπορικής βιομηχανικής εταιρείας. Συγκεκριμένα, μελετάται ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η συντήρηση των μηχανημάτων παραγωγής τη τελευταία πενταετία 2014 - 2019. Αρχικά έγινε αναλυτική καταγραφή του παραγωγικού εξοπλισμού (μηχανολογικού και μη). Στη συνέχεια συγκεντρώθηκαν όλες οι τεχνικές πληροφορίες που ήταν διαθέσιμες και αφορούν τις διαδικασίες συντήρησης που ακολουθεί η εταιρεία. Εν συνεχεία μελετώντας τους ισολογισμούς της εταιρείας για τα οικονομικά έτη 2014 έως 2019 σε συνδυασμό με το αρχείο τιμολόγιων από επισκευές και ανταλλακτικά που χρησιμοποιήθηκαν για αυτές, καθώς και σε συνεννόηση με τη γραμματεία και το προϊστάμενο παραγωγής, έγινε μια προσέγγιση του κόστους συντήρησης και του αριθμού των εργατωρών όπως και το κόστος αυτών. Με τις παραπάνω διαδικασίες προέκυψε ένα μέσο ετήσιο κόστος της υπάρχουσας μεθόδου συντήρησης η οποία αποτελεί και το μέτρο σύγκρισης για το προτεινόμενο πρόγραμμα συντήρησης που μελετάται σε αυτή την εργασία.

Έπειτα μελετήθηκε η βιβλιογραφία για την εφαρμογή της προληπτικής συντήρησης στο χώρο της βιομηχανίας παραγωγής μηχανημάτων συσκευασίας. Λαμβάνοντας υπόψιν τις πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν, σε συνδυασμό όλων των παραπάνω στοιχείων και σύμφωνα με τις δυνατότητες και τις ανάγκες της υπό μελέτη εταιρείας καταρτίστηκε πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης σε δύο φάσεις. Πρώτα έγινε αναλυτική περιγραφή των εργασιών συντήρησης του εξοπλισμού, των ανταλλακτικών και αναλωσίμων καθώς και του πρωτοκόλλου που θα ακολουθείται. Σε δεύτερη φάση έγινε αναλυτική μελέτη του κόστους όλων των ενεργειών που περιλαμβάνει το προτεινόμενο πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης (υλικά, ανταλλακτικά, κόστος εργασίας)

Τέλος, έγινε σύγκριση της υφιστάμενης μεθόδου διορθωτικής συντήρησης με την προτεινόμενη, ως προς τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα, τα κόστη, την αποτελεσματικότητα, την ευκολία εφαρμογής, καθώς και σε τι βαθμό μπορούν να βοηθήσουν την εταιρεία να αναπτυχθεί περισσότερο μελλοντικά.

Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά, οι στόχοι και τα βήματα της έρευνας:

1. Καταγραφή των υφιστάμενων εγκαταστάσεων, του βιομηχανικού εξοπλισμού παραγωγής.
2. Ανάλυση της μεθόδου συντήρησης και όλων των διαδικασιών που ακολουθεί η εταιρία.
3. Πρόταση εναλλακτικής μεθόδου συντήρησης προσαρμοσμένη στο προφίλ και στις ανάγκες της εταιρίας (προληπτική συντήρηση).
4. Σύγκριση των δύο μεθόδων ως προς τη λειτουργικότητα, την αποτελεσματικότητα και το κόστος.

Γ. Μελέτη Περίπτωσης: βιομηχανία παραγωγής μηχανημάτων συσκευασίας.

Γ.1 Προφίλ εταιρείας.

Η εταιρεία προς μελέτη (δεν θα κατονομαστεί στη παρούσα εργασία) ιδρύθηκε το 1986, και άρχισε να ασχολείται με τον τομέα του βιομηχανικού εξοπλισμού από το 1987. Συγκεκριμένα, δραστηριοποιείται στον εμπορικό και κατασκευαστικό τομέα και στην παροχή υπηρεσιών, μελετών, σχεδιασμού, τεχνικής υποστήριξης και Service. Ο ειδικός τομέας της αγοράς που απευθύνεται η εν λόγω εταιρεία είναι αυτός των μηχανημάτων συσκευασίας, πλήρωσης, επεξεργασίας, μαρκαρίσματος - κωδικοποίησης και ειδικών κατασκευών.

Το Μηχανολογικό τμήμα και το τμήμα Μελετών και Κατασκευών Αυτοματισμών της εταιρείας, βρίσκεται επίσης στον ίδιο χώρο, με ιδιόκτητο μηχανουργείο 1000 τ.μ., που διαθέτει μηχανολογικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό για κατασκευές, επισκευές, με χρήση CAD/CAM, εργαλειομηχανές CNC, και συμβατικές εργαλειομηχανές. Η εταιρεία διαθέτει άδεια λειτουργίας για την μεταποιητική και την εμπορική της δραστηριότητα, είναι μέλος του Μητρώου Ελλήνων Κατασκευαστών, μέλος του ΕΒΕΠ, και μέλος σε διάφορες άλλες επαγγελματικές και τεχνικές ενώσεις.

Η εταιρεία έχει πραγματοποιήσει τα τελευταία χρόνια εξαγωγές μηχανημάτων Ευρωπαίων προμηθευτών σε γειτονικές χώρες, και από τα μέσα του 1996 εξάγει και μηχανήματα ίδιας κατασκευής σε πολυεθνικές εταιρίες σε χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης και της Μεσογείου. Κατασκευές πραγματοποιούνται και σε συνεργασία με άλλους Ευρωπαίους κατασκευαστές, οι οποίοι δραστηριοποιούνται στον ίδιο κλάδο στις χώρες του (joint venture). Τα μηχανήματα που παράγονται διαθέτουν πιστοποίηση CE, και η εταιρία ακολουθεί τα πρότυπα του ISO 9001/2015.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται αναλυτικά ο υπάρχων μηχανολογικός εξοπλισμός της εταιρείας. Κάποια μηχανήματα όπως οι τόρνοι (Trens Trecin SN 50), η φρέζα Rambo, τα πριόνια BIANCO 330 MAN, τα κάθετο δράπανο bimak 25 Cr, οι ηλεκτροσυγκολλήσεις Tig (Smart 200A TP-2000) και Mig (Telwin Mastermig 300), χρησιμοποιούνται σε καθημερινή βάση (βλέπε: [ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1](#)). Επιπλέον, γίνεται εκτεταμένη χρήση εργαλείων χειρός, είτε απλών είτε ηλεκτρικών (κλειδιά για εξάγωνα περικόχλια, κλειδιά άλεν, κατσαβίδια, κολαούζα χειρός, δράπανα επαναφορτιζόμενα ή μη χειρός, τροχοί χειρός).

	Όνομασία μηχανήματος	Είδος εξοπλισμού	Χώρα κατασκευής	Έτος Κατασκευής	Ποσότητα
1	Aris Arad SNB 400X2000	Τόρνος	Ρουμανία	1980	1
2	Trens Trecin SN 50 C	Τόρνος	Σλοβακία	1998	1
3	Rambo	Φρέζα	Ταϊβάν	1999	1
4	HAAS VF4	Φρέζα CNC	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	2003	1
5	BIANCO 330 MAN	Πριόνι	Ιταλία	2004	2
6	bimak 25 Cr	Κάθετο Δράπανο	-	1990	1
7	Telwin Plasma Arc 43/1	Plasma Cutter	Ιταλία	1987	1
8	Galagar Smart 200A TP-2000	Tig Ηλεκτροσυγκόλληση	Ισπανία	2008	1
9	Telwin Mastermig 300	Mig Ηλεκτροσυγκόλληση	Ιταλία	1991	1

Γ.2 Μέθοδος συντήρησης της εταιρείας.

Η εταιρία προς μελέτη χρησιμοποιεί μέχρι και σήμερα τη μέθοδο της διορθωτικής συντήρησης ή λειτουργίας ως τη βλάβη (run to failure). Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι η πιο διαδεδομένη στην Ελλάδα, ειδικότερα στις μικρού μεγέθους κατασκευαστικές εταιρίες όπου οι ρυθμοί παραγωγής είναι χαμηλότεροι και οι πόροι περιορισμένοι.

Αναλυτικότερα, η χρήση της διορθωτικής συντήρησης προσφέρει εξοικονόμηση χρημάτων σε μια εταιρεία με περιορισμένους πόρους, σε σχέση με μια δαπανηρή μέθοδο προληπτικής συντήρησης, η οποία απαιτεί μια συγκεκριμένη ετήσια χρηματική δαπάνη. Επίσης η ύπαρξη απαρχαιωμένου εξοπλισμού μπορεί να δυσκολέψει την εύρεση ανταλλακτικών, ενώ ταυτόχρονα η εταιρεία κατασκευής ενός μηχανήματος, έχει σταματήσει πλέον την τεχνική υποστήριξη του ή έχει πάψει τη λειτουργία της. Τέλος, ο περιορισμένος όγκος παραγωγής μιας μικρής εταιρείας συνεπάγεται μικρότερες φθορές στον παραγωγικό της εξοπλισμό, συγκριτικά με μια μεγαλύτερη, καθιστώντας την «λειτουργία ως τη βλάβη» μια εύκολη λύση συντήρησης, διότι δεν προϋποθέτει ειδικό σχεδιασμό και προγραμματισμό.

Το γεγονός ότι εταιρείες παραγωγής μικρού μεγέθους δεν επιλέγουν μια πιο οργανωμένη μέθοδο συντήρησης, έχει ως αποτέλεσμα να αδυνατούν πολλές φορές να είναι συνεπείς στους προ συμφωνηθέντες, με τους πελάτες τους, χρόνους παράδοσης που έχουν ορίσει εξ αρχής για τα προϊόντα τους. Αυτό συμβαίνει λόγω ξαφνικής βλάβης κάποιου σημαντικού μηχανήματος στη παραγωγή, γεγονός το οποίο δεν επιτρέπει τη χρήση του όσο αυτό επισκευάζεται. Η παραπάνω κατάσταση θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί αν εφαρμοζόταν μια διαφορετική μέθοδος συντήρησης.

Συγκεκριμένα, στην εταιρεία που μελετά η παρούσα εργασία ακολουθούνται οι παρακάτω διαδικασίες όσον αφορά τη συντήρηση του βασικού μηχανολογικού εξοπλισμού της εταιρείας, που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως μια μορφή προληπτικής συντήρησης:

- αλλαγή σαπουνελαίου εργαλειομηχανών (τόρνος, φρέζα) και κοπτικών (ηλεκτρικό επιδαπέδιο πριόνι) σε μηνιαία βάση.
- Αλλαγή λάμας ηλεκτρικού επιδαπέδιου πριονιού όταν μειώνεται η ταχύτητα κοπής και αυξάνεται ο θόρυβος της λάμας κατά την διαδικασία της κοπής. (αντίληψη χειριστή χρησιμοποιώντας τις αισθήσεις του -ακοή).
- Αλλαγή τσοκ συγκράτησης εργαλείων (τρυπάνια, κοντύλια) φρέζας όταν διαπιστώνεται εκκεντρότητα στη κυκλική κίνηση του κατά τη λειτουργία καθώς και αυξημένος θόρυβος (αντίληψη χειριστή χρησιμοποιώντας τις αισθήσεις του -ακοή, όραση).

Ο χρόνος ο οποίος δαπανάται για την πλέον βασική συντήρηση των εργαλειομηχανών (αλλαγή σαπουνελαίων, καθαρισμός γρεζιών, λίπανση κινητών μερών) κυμαίνεται από **60 λεπτά έως 120 λεπτά κάθε δύο μήνες**. Οι χρόνοι αυτοί είναι κατά προσέγγιση, διότι δεν ακολουθείται κάποιο συγκεκριμένο πρόγραμμα, ούτε καταγράφονται οι ενέργειες που πραγματοποιούνται κατά τη διαδικασία της συντήρησης. Ένα ενδεικτικό ετήσιο κόστος για τις παραπάνω βασικές διαδικασίες είναι 40€ το δίμηνο $\times 6$ (δίμηνα) = 240€ το χρόνο. Σε αυτήν την τιμή περιλαμβάνονται υλικά και εργατοώρες.

Αντίθετα, σε πολλές περιπτώσεις, τεχνικός προβαίνει σε επιδιόρθωση κάποιου μηχανήματος αφότου έχει προηγηθεί ολική βλάβη, η οποία καθιστά το μηχάνημα μη λειτουργικό. Παραδείγματος χάρη:

- Βραχυκύκλωμα ηλεκτρικού πίνακα τόννου, λόγω ελλιπούς συντήρησης.
- Διαρροή κυκλώματος παροχής πεπιεσμένου αέρα, αεροσυμπιεστή του μηχανουργείου.
- Κακή απόδοση κεντρικού αεροσυμπιεστή (χαμηλή πίεση αέρα), λόγω ελλιπούς συντήρησης.

Για σημαντική βλάβη, που καθιστά τη χρήση της μηχανής αδύνατη, ο χρόνος επισκευής κυμαίνεται από 1 έως 5 εργάσιμες μέρες. Αυτό εξαρτάται από τη φύση της βλάβης, δηλαδή τη δυσκολία επισκευής και των ανταλλακτικών που θα χρειαστούν. Συνέπεια των παραπάνω είναι η μείωση ή και η παύση της παραγωγής για το αντίστοιχο χρονικό διάστημα.

Την συντήρηση του κάθε μηχανήματος αναλαμβάνει συνήθως ο χειρίστης του εφόσον διαθέτει την εμπειρία να το πράξει και δεν ξεπερνάει το γνωστικό του αντικείμενο (αλλαγή σαπουνελαίου τόννου ή φρέζας από το χειριστή της). Σε πιο εξειδικευμένες περιπτώσεις όπως η βλάβη του ηλεκτρικού κυκλώματος μιας εργαλειομηχανής, την επισκευή του αναλαμβάνει ο ηλεκτρολόγος της εταιρίας ή σε δυσκολότερες περιπτώσεις εξωτερικός συνεργάτης-τεχνικός.

Οικονομικά Έτη	Κόστος Επισκευών Εξωτερικών συνεργατών	Κόστος υλικών εσωτερικών επισκευών	Κόστος υλικών συντήρησης	Κόστος εργατωρών εσωτερικής συντήρησης	Κόστος εργατωρών εσωτερικών επισκευών	Κόστος Προγραμματισμένων service εξοπλισμού και μέσωσ εταιρείας (ανταλλακτικά και εργασία)	Συνολικό Κόστος συντήρησης ανά έτος
2014-2015	315,00 €	350,00 €	200,00 €	250,00 €	280,00 €	1.620,00 €	3.015,00 €
2015-2016	430,00 €	560,00 €	230,00 €	260,00 €	413,00 €	1.840,00 €	3.733,00 €
2016-2017	610,00 €	452,00 €	215,00 €	240,00 €	300,00 €	2.050,00 €	3.867,00 €
2017-2018	700,00 €	412,00 €	238,00 €	270,00 €	320,00 €	2.240,00 €	4.180,00 €
2018-2019	720,00 €	330,00 €	229,00 €	275,00 €	280,00 €	2.130,00 €	3.964,00 €

Ενδεικτικά παρατίθεται παρακάτω ο ετήσιος ισολογισμός του ημερολογιακού έτους 2017 – 2018 όπου καταγράφονται ζημιές – έκτακτα έξοδα της τάξεως των 4.100,09 €. Από αυτό το ποσό, τα 1.432,00 € αφορούν επισκευές σε βλάβες εξοπλισμού και περιλαμβάνει τα κόστη των επισκευών των εξωτερικών συνεργατών, το κόστος των υλικών των επισκευών που πραγματοποιήθηκαν εσωτερικά καθώς και το κόστος των εργατωρών που δαπανήθηκαν για να πραγματοποιηθούν αυτές οι εσωτερικές επισκευές. Σε αυτό το κόστος δεν αποτυπώνονται οι χαμένες ώρες παραγωγής λόγω βλάβης εξοπλισμού (χρόνος επισκευής). Ωστόσο δεν υπάρχει αναλυτικότερη καταγραφή για τα κόστη ώστε να γνωρίζουμε ποια από αυτά τα ποσά αντιστοιχούν στο παραγωγικό εξοπλισμό και ποια στο λοιπό εξοπλισμό της εταιρείας. Το υπόλοιπο ποσό πλέον του ποσού των 1.432,00 € αφορά ζημιές από επιστροφές ελαττωματικών προϊόντων της εταιρίας ή επισκευές αυτών λόγω βλάβης μέσα στο διάστημα της εγγυήσεως καλής λειτουργίας που τα συνοδεύει (ένα έτος). Μελετώντας τους ισολογισμούς της τελευταίας πενταετίας (2014-2019) προκύπτει ένα μέσο κόστος εφαρμογής του υπάρχοντος συστήματος επιδιορθωτικής συντήρησης της τάξεως των 3.751,00 € ανά έτος.

ΑΝΩΝΥΜΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ									
ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΣ									
Η ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΠΡΟΕΡΧΕΤΑΙ ΑΠΟ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ Ν.2166 ΜΕ ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ 31/03/2008									
ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟ	Ποσά κλειόμενης χρήσης 2018			Ποσά προηγ. χρήσης 2017			ΠΑΘΗΤΙΚΟ	Ποσά κλειόμενης χρήσης 2018	Ποσά προηγούμενης χρήσης 2017
	Αξία Κτήσεως	Αποβέσεις	Αναπόβεστη Αξία	Αξία Κτήσεως	Αποβέσεις	Αναπόβεστη Αξία			
Γ. ΠΑΓΙΟ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟ									
Η. ΕΝΣΩΜΑΤΕΣ ΑΚΙΝΗΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ							Α. ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ		
1. Γηπέδο-Οικόπεδο	341.629,93	-	341.629,93	341.629,93	-	341.629,93	Ι. ΜΕΤΟΧΙΚΟ ΕΤΑΙΡΙΚΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ		
3. Έπιπλα και τακτικά έργα	379.991,53	360.096,55	19.894,98	379.991,53	329.697,23	50.294,30	(30.000 Μετοχές χ 10,00 ευρώ)	300.000,00	300.000,00
4. Μηχανήματα-τεχνικές εγκαταστάσεις & λοιπός εξοπλισμός	79.845,27	79.844,90	0,37	79.845,27	79.440,81	404,46	1. Καταβλημένο	0,00	0,00
5. Μεταφορικά μέσα	99.342,52	87.777,46	11.565,06	94.342,52	82.917,46	11.625,06	2. Οφειλόμενο	300.000,00	300.000,00
6. Επιστά και λοιπός εξοπλισμός	268.226,71	268.214,56	12,15	268.226,71	268.214,56	12,15	ΙΙΙ. ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΑΠΡΟΔΡΑΜΟΓΗΣ	0,00	178.542,34
ΣΥΝΟΛΟ ΑΚΙΝΗΤΟΠΟΙΗΣΕΩΝ (Π)	1.169.035,96	795.933,47	373.102,49	1.164.235,96	760.270,06	403.965,90	2. Διαφορές από αναπροσαρμογή αξίας λοιπων παρουσιασικών στοιχείων	0,00	178.542,34
ΙΙΙ. ΣΥΜΜΕΤΟΧΕΣ & ΑΔΙΕΞ. ΜΑΚΡΟΠΡΟΣΩΠ. ΔΙΑΙΤΗΣΕΙΣ							ΙΓ. ΑΠΟΘΕΜΑΤΙΚΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ		
7. Λοιπές μακροπρόθεσμες απαιτήσεις			2.900,00			2.900,00	1. Τακτικό αποθεματικό	79.144,36	79.144,36
ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΓΙΟΥ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΥ (Π+ΙΙΙ)	376.002,49			406.865,90			5. Απορρολιγμένα αποθεματικά επί των διατάξεων νόμων (Ν.3220/04)	0,00	79.113,33
Α. ΚΥΚΛΟΦΟΡΟΥΝ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟ							ΙΔ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΙΣ ΝΕΟ		
Ι. ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ							Υπόλοιπο καρδών προ. χρ. εις νέο	0,00	162.644,76
1. Εμπορεύματα			132.446,52			187.160,52	Υπόλοιπο ζητημών προ. εις νέο	-6.537,51	122.662,56
2. Προϊόντα έτοιμα & ημιτελή			35.990,00			56.040,00	ΙΙΙ. ΠΟΣΑ ΠΡΟΟΡΓΙΣΤΑ ΔΙΣΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	180.000,00	180.000,00
4. Πρώτες & βοηθ. ύλες-Αναλώσιμα υλικά-Ανταλλάκτα και είδη συντακτικής			0,00			0,00	3. Αποθεματικά διατθ. για ασξ. κεφαλαίων	180.000,00	180.000,00
5. Προκαταβολές για αγορές αποθεμάτων			831,07			0,00	ΣΥΝΟΛΟ ΙΔΙΩΝ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ (ΑΙ+ΑΙΥ+ΑΥ)	552.606,85	676.782,23
			169.267,59			246.241,82	Β. ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ		
ΙΙ. ΔΙΑΙΤΗΣΕΙΣ							ΓΙΑ ΚΙΝΗΤΟΥΣ & ΞΕΘΛΑ		
1. Πελάτες		158.167,93			73.805,57		2. Λοιπές προβλέψεις	-	-
Μείον: Προβλέψεις		0,00	158.167,93		0,00	73.805,57	Γ. ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ		
2α. Γραμμάτια εισπρακτέα			0,00			3.350,00	Ι. ΜΑΚΡΟΠΡΟΣΩΠ. ΥΠΟΧΡΕΩΣ.		
2β. Γραμμάτια σε καθυστέρηση			10.000,00			10.000,00	8. Λοιπές Μακροπρόθ. Υποχρεώσεις	0,00	0,00
3α. Επιστητές εισπρακτέες (μεταχρον.)			7.451,82			16.476,57			
3β. Επιστητές σε καθυστέρηση (οργανωμένες)			86.757,50			87.757,50	ΙΙ. ΠΡΑΞΥΠΟΘΕΣΙΜΕΣ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ		
7. Αμοιβές κατά όργανα διοίκησης			0,00			0,00	1. Προμηθευτές	207.182,12	208.569,46
11. Χρεώστες διάφοροι			118,93			9.164,21	2α. Επενταγές πληρωτέες (μεταχρον.)	11.460,37	28.307,98
			262.496,18			200.553,85	β. γραμμάτια πληρωτέα	0,00	0,00
ΙΥ. ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ							4. Προκαταβολές πελατών	300.000,00	0,00
1. Ταμείο			257.086,51			7.867,63	5. Υποχρεώσεις από φόρους-τέλη	5.660,14	2.487,78
3. Καταθέσεις όψεως και προθεσμίας			40.370,80			66.235,56	6. Ασφαλιστικοί οργανισμοί	6.180,61	7.271,05
			297.457,31			74.103,19	10. Μέρηματα πληρωτέα	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΟΥΝΤΟΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΥ (ΑΙ+ΑΙΥ+ΑΥ)	729.221,08			520.898,86			11. Πιστώτες διάφοροι	22.133,48	4.346,26
Ε. ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΟΙ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΙ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΥ							Σύνολο υποχρεώσεων (Π)	552.616,72	250.982,53
4. Λοιποί μεταβατ. λοισμοί ενεργηκού (Αγορές υπό παραλαβή)			0,00			0,00			
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΥ (Γ+Δ+Ε)	1.105.223,57			927.764,76			ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ (Α+Β+Γ+Δ)	1.105.223,57	927.764,76

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΧΡΗΣΕΩΣ 31ης ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2018				ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΘΕΣΕΩΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ			
	Ποσά κλειόμενης χρήσης 2018	Ποσά προηγούμενης χρήσης 2017		Ποσά κλειόμενης χρήσης 2018	Ποσά προηγούμενης χρήσης 2017		
Ι. Αποτελέσματα εκμετάλλευσης							
Κύκλος εργασιών (πωλήσεις)	490.890,67	507.313,76					
ΜΕΙΟΝ: Κόστος πωλήσεων	337.781,14	361.194,55					
Μικτά αποτελέσματα (κέρδη) εκμετάλλευσης	153.109,53	146.119,21					
ΠΛΕΟΝ: Άλλα έσοδα εκμετάλλευσης	1.261,22	16.476,57					
Σύνολο ΜΕΙΟΝ:	154.370,75	149.147,91					
1. Έξοδα διοικητικής λειτουργίας	117.530,69	102.439,17					
3. Έξοδα λειτουργίας διαθεσίμων	156.202,15	273.732,84					
Μερικά αποτελέσματα (κέρδη) εκμετάλλευσης	-119.362,09	-122.080,73					
Πλεον:							
4. Πιστωτικοί τόκοι & συναφή έσοδα	6,22	18,53					
Μείον:							
3. Χρεωστικοί τόκοι & συναφή έξοδα	719,42	-713,20					
Ολικά αποτελέσματα (κέρδη) εκμετάλλευσης	-120.075,29	-122.662,56					
ΙΙ. ΠΛΕΟΝ: Έκτακτα αποτελέσματα							
1. Έκτακτα & ανόργανα έσοδα	0,00	0,00					
2. Έκτακτα κέρδη	0,00	0,00					
4. Έσοδα από προβλέψεις προηγούμενων χρήσεων	0,00	0,00					
Μείον:							
1. Έκτακτα & ανόργανα έξοδα	0,00	0,00					
2. Έκτακτες ζημιές	4.100,09	0,00					
4. Προβλέψεις για κινδύνους & έξοδα	0,00	4.100,09					
Οργανικά & έκτακτα αποτελέσματα (κέρδη)	-124.175,38	-122.662,56					
ΜΕΙΟΝ: Σύνολο αποβέσεων πάγιων στοιχείων	35.663,41	36.662,22					
Μείον: Οι ενσωματωμένες στο λειτουργικό κόστος	35.663,41	36.662,22					
Καθαρά αποτελέσματα (κέρδη) χρήσεως προ φόρων	-124.175,38	-122.662,56					
Αθήνα 30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2018							
Ο ΠΡΟΕΔΡΟΣ & ΔΙΕΥΘ. ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ			ΤΟ ΜΕΛΟΣ Δ.Σ.			Ο ΛΟΓΙΤΗΣ	

Γ.3 Εφαρμογή της Προληπτικής Συντήρησης.

Στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι η κατάρτιση ενός πλάνου προληπτικής συντήρησης βασισμένο στις ανάγκες, τα δεδομένα και τους στόχους της εταιρίας που μελετάται. Όπως έχει προαναφερθεί η εταιρεία διαθέτει πληθώρα εργαλειομηχανών και μηχανημάτων εκ των οποίων κάποια χρησιμοποιούνται σε καθημερινή βάση, άλλα πιο σπάνια και άλλα σχεδόν ποτέ. Τα κύρια μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή είναι τα εξής (βλέπε: [ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1](#)):

- Τόρνος Trens Trecin SN 50 C
- Τόρνος Aris Arad SNB 400X2000
- Φρέζα Rambo
- Πριόνι BIANCO 330 MAN
- Κάθετο Δράπανο bimak 25 Cr
- Φρέζα CNC κέντρο-κάθετης κατεργασίας HAAS VF4
- Κομπρεσέρ παροχής πεπιεσμένου αέρα κτιριακής εγκατάστασης
- Mig Telwin Mastermig 300
- Tig Galagar Smart 200A TP-2000
- Plasma cutter Telwin Plasma Arc 43/1

Ο τόρνος είναι μια από τις βασικότερες εργαλειομηχανές επεξεργασίας μετάλλου στη βιομηχανία. Το 40% των εργασιών κοπής, διάτρησης και επιφανειακής κατεργασίας μεταλλικών εξαρτημάτων πραγματοποιούνται στον τόρνο. Οι τόρνοι χωρίζονται σε χειροκίνητους ή συμβατικού και ψηφιακά καθοδηγούμενους (CNC). Στον συμβατικό τόρνο ο χειριστής αναλαμβάνει εξολοκλήρου τις ενέργειες και τις ρυθμίσεις που απαιτούνται για την λειτουργία της μηχανής, ενώ στον ψηφιακά καθοδηγούμενο ο χειριστής συμμετέχει πολύ λιγότερο, αφού μεγάλο μέρος των παραμέτρων λειτουργίας καθορίζεται από την μονάδα ψηφιακής καθοδήγησης την οποία χειρίζεται προγραμματιστής. Η εταιρεία που μελετάται στην παρούσα εργασία κάνει χρήση συμβατικού τόρνου, ο οποίος αποτελείται από: το κρεβάτι, το κιβώτιο ταχυτήτων, το εργαλειοφορείο, την κουκουβάγια ή κεντροφορέα, την κινητήρια άτρακτο σπειρωμάτων, την άτρακτο προώσεων και την άτρακτο εμπλοκής (βικιπαίδεια: <https://el.wikipedia.org/wiki/Τόρνος>).

Η φρέζα είναι μια εργαλειομηχανή, η οποία χρησιμοποιείται για την μορφοποίηση μετάλλων και άλλων σκληρών υλικών. Οι φρέζες χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες την οριζόντια και την κάθετη. Η ονομασία αφορά τον άξονα περιστροφής της κεφαλής. Σε αντίθεση με τις διατρητικές μηχανές, όπου το υλικό είναι σταθερό και το κοπτικό κινείται κάθετα διαπερνώντας το, οι φρέζες περιλαμβάνουν κίνηση του υλικού. Επίσης το κοπτικό μπορεί να κατεργάζεται το υλικό και πλευρικά. Μία φρέζα μπορεί να είναι χειροκίνητη, μηχανικώς αυτοματοποιημένη ή ελεγχόμενη από υπολογιστή μέσω αριθμητικού ελέγχου. Οι φρέζες μπορούν να εκτελέσουν πληθώρα κατεργασιών όπως διάνοιξη σχισμών, πλανάρισμα, διάτρηση, δημιουργία σπειρωμάτων (φιλιάρισμα), τομή απολήξεων, δημιουργία οδεύσεων (routing) κλπ. (Ορφανίδης, Α., Μποτσαρης Π.Ν., 2012).

Παρακάτω παρατίθεται η προβλεπόμενη συντήρηση βάση των κατασκευαστών για όλα τα μηχανήματα της εταιρίας ανεξαρτήτως της χρησιμότητας και της συχνότητας χρήσης τους.

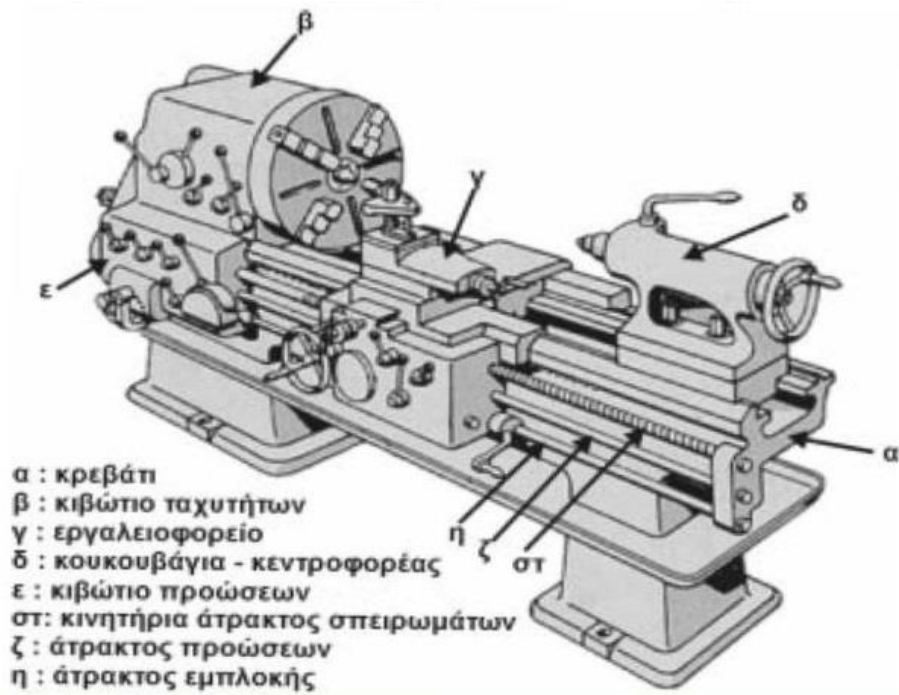
Τόρνος Aris Arad SNB 400X2000 ρουμάνικης προέλευσης	
Εργασίες	Συχνότητα
Αλλαγή λαδιών κιβωτίου (No 32)	Κάθε ένα (1) χρόνο
Αλλαγή λαδιών σπόρτι (No 10)	Κάθε ένα (1) χρόνο
Αλλαγή ιμάντες	Κάθε τέσσερα (4) χρόνια
Αλλαγή σαπουνέλαιου	Κάθε δύο (2) μήνες
Καθαρισμός, πετρελαίωση	Κάθε εβδομάδα
Τόρνος Trens Trencin SN 50 C σλοβάκις προέλευσης	
Εργασίες	Συχνότητα
Αλλαγή λαδιών κιβωτίου (No 32)	Κάθε ένα (1) χρόνο
Αλλαγή λαδιών σπόρτι (No 10)	Κάθε ένα (1) χρόνο
Αλλαγή ιμάντες (4 τεμάχια)	Κάθε τέσσερα (4) χρόνια
Αλλαγή σαπουνέλαιου	Κάθε δύο (2) μήνες
Καθαρισμός, πετρελαίωση	Κάθε εβδομάδα
Καθαρισμός αντλίας	Κάθε δύο (2) μήνες
Φρέζα Rambo ταϊβανέζικης προέλευσης	
Εργασίες	Συχνότητα
Αλλαγή λαδιών (No 30)	Κάθε ένα (1) χρόνο
Κίνηση γρανάζια, συμπλήρωμα λάδια	Κάθε ένα (1) μήνα
Αλλαγή σαπουνέλαιου	Κάθε δύο (2) μήνες
Καθαρισμός, πετρελαίωση	Κάθε εβδομάδα
Φρέζα CNC κέντρο-κάθετης κατεργασίας HAAS VF4 αμερικάνικης προέλευσης	
Εργασίες	Συχνότητα
Αλλαγή υδραυλικού λαδιού κεφαλής	Κάθε δώδεκα (12) μήνες
Αλλαγή φίλτρου αέρα	Κάθε έξι (6) μήνες

Αλλαγή ιμάντα κίνησης encoder	Κάθε δώδεκα (12) μήνες
Αλλαγή σαπουνέλαιου	Κάθε 4 (4) μήνες
Συμπλήρωμα λαδιών CHIBA	Κάθε 2 (2) εβδομάδες
Καθαρισμός	Κάθε εβδομάδα
Πριόνι BIANCO 330 MAN ιταλικής προέλευσης	
Εργασίες	Συχνότητα
Αλλαγή βαλβολίνες	Κάθε ένα (1) χρόνο
Αλλαγή ρουλεμάν	Κάθε δύο (2) χρόνια
Αλλαγή σαπουνέλαιου	Κάθε δύο (2) μήνες
Καθαρισμός αντλίας	Κάθε δύο (2) μήνες
Καθαρισμός εβδομαδιαίος	Στο τέλος κάθε εβδομάδας
Καθαρισμός ημερήσιος	Στο τέλος κάθε ημέρας
Αλλαγή κορδέλας κοπής	Κάθε έξι (6) μήνες ή και πιο συχνά ανάλογα με τη χρήση
Κάθετο Δράπανο bimak 25 Cr	
Εργασίες	Συχνότητα
Αλλαγή ρουλεμάν	Κάθε δύο (2) χρόνια
Αλλαγή ιμάντες	Κάθε δύο (2) χρόνια
Καθαρισμός, λίπανση	Κάθε ημέρα

Λαμβάνοντας υπόψιν τις προτεινόμενες διαδικασίες συντήρησης των κατασκευαστών, δημιουργήθηκε ένα πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης για την υπό μελέτη εταιρία. Το πρόγραμμα προσαρμόστηκε στις ανάγκες και οικονομικές δυνατότητες της εταιρίας, ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει σε αυτό. Οι εργασίες συντήρησης κατηγοριοποιήθηκαν σύμφωνα με το χρονικό διάστημα στο οποίο θα πρέπει να πραγματοποιούνται. Υπάρχουν ενέργειες όπου γίνονται σε ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία, διμηνιαία, εξαμηνιαία και ετήσια βάση.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε ημερήσια βάση ο κάθε χειριστής οφείλει να ελέγχει οπτικά και ακουστικά τον μηχανολογικό εξοπλισμό τον οποίο χειρίζεται ώστε να διαπιστώνονται άμεσα τυχόν αποκλίσεις από την κανονική λειτουργία και να προλαμβάνονται έγκαιρα τυχόν βλάβες. Τα σημεία ελέγχου για τον χειριστή ανά μηχανή απεικονίζονται παρακάτω:

Για τον τόρνο είναι τα εξής:



Εικόνα 2. Πηγή: <https://docplayer.gr/4349927-Tornoi-ekpaideytis-andreas-ioannoy.html>

Για τη φρέζα είναι τα εξής:



Εικόνα 3. Πηγή: <https://docplayer.gr/10792577-Frezarisma-me-to-frezarisma-mporoyme-na-katergastoyme-epipedes-i-kampyles-epifaneies-esohes-aylakia-akoma-kai-odontotoys-trohoys.html>

Για τα πριόνια αρκεί ο χειριστής να ελέγξει οπτικά τη κατάσταση της λάμας κοπής (σημείο 1), το σύστημα ροής σαπουνελαίου κοπής αν ρέει κανονικά κατά τη λειτουργία της κοπής (σημείο 2) και το πάνω μέρος του μεταλλικού φίλτρου το κάδου συλλογής του σαπουνελαίου (σημείο 3) για τυχόν εμπλοκή λόγω της συλλογής μεγάλης ποσότητας γρεζιών που μπλοκάρει την αποστράγγιση του σαπουνελαίου και την ανακύκλωση του στο υδραυλικό σύστημα.



Εικόνα 4. Πριόνι BIANCO 330 MAN

Για το κάθετο δράπανο ο χειριστής ελέγχει οπτικά το περιστρεφόμενο τσοκ (σημείο 1), τη μικρομετρική βάση με τη μέγγενη συγκράτησης (σημείο 2), και τέλος ανοίγει το πάνω καπάκι (σημείο 3), για να ελέγξει τη κατάσταση του ιμάντα μετάδοσης κίνησης.



Εικόνα 5. Δράπανο bimak 25 Cr

Για τα υπόλοιπα μηχανήματα συγκόλλησης και κοπής (TIG, MIG, Plasma Cutter) πέρα από τις ετήσιες εργασίες συντήρησης που γίνονται από εξωτερικούς συνεργάτες

εκτός εταιρείας, θα πρέπει κάθε φορά που χρησιμοποιούνται να καθαρίζονται καλά εξωτερικά με τη χρήση πεπιεσμένου αέρα καθώς και με ένα υφασμάτινο καθαρό πανί. Οι εξωτερικές τους επιφάνειες μπορούν να καθαρίζονται με ένα ήπιο καθαριστικό με ιδιαίτερη μέριμνα να μην εισχωρήσει νερό εσωτερικά και αφού πρώτα αποσυνδεθούν από το ρεύμα. Επίσης πρέπει να ελέγχεται οπτικά η κατάσταση των καλωδίων για τυχόν φθορές που μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρό εργατικό ατύχημα. Επιπλέον πρέπει να ελέγχετε ενδελεχώς οπτικά και ακουστικά η κατάσταση των φιαλών προστατευτικών αερίων (ARGON) που τα συνοδεύουν για τυχόν φθορές και διαρροές. Μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται και για ατομικά μέσα προστασίας του συγκολλητή (μάσκα, γάντια, ποδιά, κουκούλα) μέσα από ένα βασικό έλεγχο αυτών ώστε να εξασφαλίζεται ότι είναι σε κατάσταση να επιτελέσουν το ρόλο τους επιτυχώς. Οι παραπάνω ρουτίνες δε κοστολογούνται ως προς τις εργατοώρες διότι αποτελούν βασική προϋπόθεση ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή χρήση αυτών των μηχανών και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι αυτών των εργασιών.

Τέλος, ο κάθε χειριστής οφείλει να αφήνει τον εξοπλισμό σε καλή κατάσταση στο τέλος της βάρδιας του. Το χρονικό διάστημα των διαδικασιών αυτών είναι αμελητέο και αποτελεί κομμάτι της καθημερινής ρουτίνας της εταιρίας οπότε δεν υπολογίζεται στο συνολικό κόστος της μελέτης.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι εργασίες συντήρησης του μηχανολογικού και μη εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή, βάση της συχνότητας εκτέλεσης τους μέσα στο έτος ανεξάρτητα από το εάν εκτελούνται εντός της εταιρείας από δικούς τις υπαλλήλους ή αν εκτελούνται από εξωτερικούς συνεργάτες.

ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ							
ΕΙΔΟΣ-ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΜΗΧΑΝΗΣ	ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ	ΥΛΙΚΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΙΚΩΝ	ΕΡΓΑΤΟΩΡΕΣ ΑΝΑ ΜΗΝΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΤΟΩΡΩΝ ΑΝΑ ΜΗΝΑ (€)	ΜΗΝΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ
Τόρνος Trens Trencin SN 50 C	Καθαρισμός, πετρελαίωση	Χειριστής	Καθαριστικό πανί, Πετρέλαιο, Λάδι SAE 10	0,50€	30' λεπτά	5€	22€
	Λίπανση						
Τόρνος Aris Arad SNB 400X2000	Καθαρισμός, πετρελαίωση	Χειριστής	Καθαριστικό πανί πετρέλαιο Λάδι SAE 10	0,50€	30' λεπτά	5€	22€
	Λίπανση						
Φρέζα Rambo	Καθαρισμός, πετρελαίωση	Χειριστής	Καθαριστικό πανί πετρέλαιο Λάδι SAE 10	0,50€	30' λεπτά	5€	22€
	Λίπανση						
Πρίονι BIANCO 330 MAN 1	Καθαρισμός	Χειριστής	Δεν απαιτούνται αναλώσιμα	0€	30' λεπτά	5€	20€
Πρίονι BIANCO 330 MAN 2	Καθαρισμός	Χειριστής	Δεν απαιτούνται αναλώσιμα	0€	30' λεπτά	5€	20€
Κάθετο Δράπανο bimak 25 Cr	Καθαρισμός	Χειριστής	Δεν απαιτούνται αναλώσιμα	0€	20' λεπτά	3€	18,8€
	Λίπανση	Χειριστής	Λάδι SAE 10	0,50€	10' λεπτά	1,7 €	
ΣΥΝΟΛΟ				2,0€	180' λεπτά	29,7€	124,8 €

Στο παραπάνω πίνακα, αναγράφονται επιγραμματικά οι εργασίες που πραγματοποιούνται σε εβδομαδιαία βάση, ο υπεύθυνος συντήρησης, τα απαραίτητα υλικά και το κόστος της κάθε εργασίας. Αναλυτικότερα όσο αναφορά τους τόρνους οι διαδικασίες που ακολουθούνται κατά τη διάρκεια του καθαρισμού είναι οι εξής:

- Αφαίρεση του όγκου των γρεζιών από τον κάδο του τόρνου και απόρριψη τους στον αντίστοιχο κάδο ανάλογα με το είδος του υλικού (INOX, σίδηρο, αλουμίνιο, πλαστικό).
- Απομάκρυνση εναπομεινάντων γρεζιών από τις επιφάνειες του τόρνου με τη χρήση επαγγελματικής σκούπας αναρρόφησης και ενός σκληρού πινέλου

χειρός για τα σημεία όπου ο η χρήση σκούπας δεν είναι αρκετή για το καθαρισμό και έχουμε υπολείμματα (πχ σημεία με σπειρώματα ή εγκοπές, τραπεζοειδή ντίζα κίνησης της κουκουβάγιας, κτλ.)

- Καλό σκούπισμα των επιφανειών για την απομάκρυνση σκόνης και λιπαντικών με τη χρήση υφασμάτινου πανιού.
- Πετρελαίωση των εκτεθειμένων (μη βαμμένων) εργαζόμενων επιφανειών (πχ γλίστρες, ντίζες κλπ.).
- Αφαίρεση πετρελαίου και υπολειμμάτων με ένα καθαρό υφασμάτινο πανί, διότι το πετρέλαιο περιέχει ίχνη νερού, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε διάβρωση των μη βαμμένων μεταλλικών μερών.
- Λίπανση μη βαμμένων μεταλλικών μερών με ψιλό λάδι SAE 10 (πχ γλίστρες τórνου) για την εξασφάλιση της ομαλής λειτουργίας και την αποφυγή διάβρωσης. Συγκεκριμένα τοποθετούνται δύο τρεις σταγόνες ψιλό λάδι SAE 10 ανά σημείο σε μέρη όπου υπάρχουν κινητά εξαρτήματα όπως στις γλίστρες του τórνου. Αφού τοποθετηθεί το λάδι στη ποσότητα που προαναφέρθηκε, ο χειριστής μετακινεί ταυτόχρονα το σεπόρτι στον Τόρνο ή την κεφαλή και τη φρεζοτράπεζα στη φρέζα. Κατόπιν σκουπίζει ελαφρά με απορροφητικό χαρτί τις επιφάνειες των γλιστρών που μένουν ακάλυπτες.

Αντίστοιχα για τη φρέζα ακολουθείται η ίδια διαδικασία εργασιών με τον τórνο όπως περιγράφεται αναλυτικότερά παραπάνω. Τέλος, για το πριόνι ο χειριστής συλλέγει τα κομμάτια που έχουν προκύψει από τις κοπές (ρετάλια), από το σώμα του πριονιού, κατόπιν αφαιρεί με ηλεκτρική σκούπα τα γρέζια και με ένα πινέλο απομακρύνει τα εναπομείναντα γρέζια από δύσκολα σημεία και εσοχές. Στο πίσω μέρος του πριονιού υπάρχει ο κάδος συλλογής του σαπουνελαίου που χρησιμοποιείται κατά την κοπή και στο σημείο αποστράγγισης (οπή με σχάρα) του οποίου συγκεντρώνονται γρέζια που παρασύρονται από το σαπουνέλαιο, τα οποία πρέπει να απομακρύνονται από

το χειριστή με τη χρήση ειδικής διάτρητης σπάτουλας. Αφού προηγηθούν όλα τα προηγούμενα βήματα καθαρίζονται οι επιφάνειες με ένα καθαρό υφασμάτινο πανί.

Το κόστος των εβδομαδιαίων εργασιών συντήρησης περιλαμβάνει τα υλικά καθώς και το κόστος εργασίας σε εργατοώρες με ένα ενδεικτικό μέσο κόστος εργασίας 10,00€ ανά ώρα, σε ετήσια βάση σύμφωνα με το παραπάνω πίνακα και προκύπτει ως εξής:

Μηνιαίο κόστος*12 μήνες ανά έτος=124,8*12=1497,6 €

ΔΙΜΗΝΙΑΙΟ ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ							
ΕΙΔΟΣ-ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΜΗΧΑΝΗΣ	ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ	ΥΛΙΚΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΙΚΩΝ	ΕΡΓΑΤΟΩΡΕΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΤΟΩΡΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
Τόρνος Trens Trencin SN 50 C	Αλλαγή σαπουνέλαιου	Χειριστής	Σαπουνέλαιο 1lt	5€	20 ' λεπτά	3€	8€
	Καθαρισμός αντλίας						
Τόρνος Aris Arad SNB 400X2000	Αλλαγή σαπουνέλαιου	Χειριστής	Σαπουνέλαιο 1lt	5€	20 ' λεπτά	3€	8€
	Καθαρισμός αντλίας						
Φρέζα Rambo	Αλλαγή σαπουνέλαιου	Χειριστής	Σαπουνέλαιο 1lt	5€	15 ' λεπτά	2,5€	7,5€
	Κίνηση γρανάζια, συμπλήρωμα λάδια		Λιπαντικό βαλβολίνη 90 1/4lt	1,25€	20' λεπτά	3€	4,25€
Πρίονι BIANCO 330 MAN 1	Αλλαγή σαπουνέλαιου	Χειριστής	Σαπουνέλαιο 1lt	5€	15 ' λεπτά	2,5€	7,5€
	Καθαρισμός αντλίας						
Πρίονι BIANCO 330 MAN 2	Αλλαγή σαπουνέλαιου	Χειριστής	Σαπουνέλαιο 1lt	5€	15 ' λεπτά	2,5€	7,5€
	Καθαρισμός αντλίας						
ΣΥΝΟΛΟ				26,25€	105 ' λεπτά	16,5€	42,75 €

Στο παραπάνω πίνακα, αναφέρονται οι εργασίες που πραγματοποιούνται σε διμηνιαία βάση. Συγκεκριμένα, στους τόρνους οι διαδικασίες που ακολουθούνται κατά τη διμηνιαία συντήρηση είναι οι εξής:

Αρχικά πραγματοποιείται αποστράγγιση του παλιού σαπουνελαίου ανοίγοντας την τάπα αποστράγγισης, κατόπιν αφαιρείται το καπάκι της δεξαμενής καθώς και του μεταλλικού φίλτρου τύπου πλέγματος το οποίο και καθαρίζεται διεξοδικά. Μετά καθαρίζεται και η δεξαμενή της αντλίας από υπολείμματα σαπουνελαίου και γρεζιών που έχουν εισχωρήσει μέσα, και επανατοποθετείται το φίλτρο στη θέση του καθώς και το καπάκι. Τέλος από την ειδική τάπα πλήρωσης τοποθετείται νέο σαπουνέλαιο.

Για τη φρέζα ο χειριστής στραγγίζει τα παλιά σαπουνέλαιο και πληρώνει τη φρέζα με το καινούργιο, επίσης συμπληρώνει λάδι ¼ lt (βαλβολίνη Νο 90) στο γριναζωτό κιβώτιο κίνησης. Παρόμοια, ακολουθείται η ίδια διαδικασία, που περιγράφεται παραπάνω για τα πριόνια με την αφαίρεση του σαπουνελαίου, τον καθαρισμό της αντλίας από τα γρέζια και τις ακαθαρσίες που έχουν συγκεντρωθεί με το καιρό και την συμπλήρωση με το νέο σαπουνέλαιο.

Το κόστος των διμηνιαίων εργασιών συντήρησης σε ετήσια βάση σύμφωνα με το παραπάνω πίνακα και προκύπτει ως εξής:

διμηνιαίο κόστος*6 ανά έτος=42,75*6=256,5 €

ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΟ ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ							
ΕΙΔΟΣ-ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΜΗΧΑΝΗΣ	ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ	ΥΛΙΚΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΙΚΩΝ	ΕΡΓΑΤΟΩΡΕΣ/ ΜΗΝΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΤΟΩΡΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
Πριόνι BIANCO 330 MAN 1	Αλλαγή κορδέλας κοπής	Χειριστής	Κορδέλα κοπής	15€	15' λεπτά	2,5€	30€
Πριόνι BIANCO 330 MAN 2	Αλλαγή κορδέλας κοπής	Χειριστής	Κορδέλα κοπής	15€	15' λεπτά	2,5€	30€
ΣΥΝΟΛΟ				30€	30' λεπτά	5€	60 €

Για την αφαίρεση της φθαρμένης κορδέλας του πριονιού και την αντικατάσταση της με καινούργια ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία. Αρχικά αφαιρείται ο τάκος ευθυγράμμισης της κορδέλας και κατόπιν το πλαϊνό καπάκι που προστατεύει την

κύρια τροχαλία πάνω στην οποία δουλεύει η λάμα κοπής. Το καπάκι της τροχαλίας συγκρατείται κλειστό με ένα κλιπ το οποίο ανοίγει χειροκίνητα χωρίς τη χρήση εργαλείου. Αφού αφαιρεθεί ο τάκος συγκράτησης ο οποίος είναι υπεύθυνος και για την τάνυση της κορδέλας, μπορεί πλέον να αφαιρεθεί η παλιά κορδέλα και αφού καθαριστεί η τροχαλία με ένα καθαρό υφασμάτινο πανί και ένα πινέλο χειρός από ακαθαρσίες, να τοποθετηθεί η καινούργια. Τέλος αφού τοποθετηθεί η καινούργια λάμα τοποθετείται πάλι το προστατευτικό καπάκι και κατόπιν ο τάκος τάνυσης και ευθυγράμμισης της κορδέλας.

Το κόστος των εξαμηνιαίων εργασιών συντήρησης σε ετήσια βάση σύμφωνα με το παραπάνω πίνακα και προκύπτει ως εξής:

εξαμηνιαίο κόστος*2 ανά έτος=60*2=120,0 €

ΕΤΗΣΙΟ ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ							
ΕΙΔΟΣ-ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΜΗΧΑΝΗΣ	ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ	ΥΛΙΚΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΙΚΩΝ	ΕΡΓΑΤΟΩΡΕΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΤΟΩΡΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
Τόρνος Trens Trencin SN 50 C	Αλλαγή λαδιών κιβωτίου (No 32)	Χειριστής	Υδραυλικό λάδι (No 32)- 5lt, Λάδι No 10 - 4lt	20€	60' λεπτά	10€	46€
	Αλλαγή λαδιών σπόρτι (No 10)			16€			
Τόρνος Aris Arad SNB 400X2000	Αλλαγή λαδιών κιβωτίου (No 32)	Χειριστής	Υδραυλικό λάδι (No 32)- 5lt, Λάδι No 10 - 4lt	20€	60' λεπτά	10€	46€
	Αλλαγή λαδιών σπόρτι (No 10)			16€			
Φρέζα Rambo	Αλλαγή λαδιών (No 30)	Χειριστής	Λάδι SAE 4lt	16€	30' λεπτά	5€	21€
Πριόνι BIANCO 330 MAN	Αλλαγή βαλβολίνες	Χειριστής	Βαλβολίνες 3lt	18€	30' λεπτά	5€	23€
Πριόνι BIANCO 330 MAN	Αλλαγή βαλβολίνες	Χειριστής	Βαλβολίνες 3lt	18€	30' λεπτά	5€	23€
Mig	Service, εσωτερικός καθαρισμός	Εξωτερικός συνεργάτης	-	-	-	-	100€

Tig	Service, εσωτερικός καθαρισμός	Εξωτερικός συνεργάτης	-	-	-	-	60€
Κομπρεσέρ CSL 20HP – 15kW	Service, εσωτερικός καθαρισμός	Εξωτερικός συνεργάτης	-	-	-	-	200€ (χωρίς βλάβη)
Plasma cutter	Service, εσωτερικός καθαρισμός	Εξωτερικός συνεργάτης	-	-	-	-	100€
Οχήματα μεταφοράς	Ετήσιο service βάσει προδιαγραφών κατασκευαστή	Εξωτερικός συνεργάτης	-	-	-	-	200€/όχημα +50%=600€ σύνολο (2 οχήματα)
Οχήματα ειδικού σκοπού (klark)	Ετήσιο service βάσει προδιαγραφών κατασκευαστή	Εξωτερικός συνεργάτης	-	-	-	-	300€ (χωρίς ζημιά)
ΣΥΝΟΛΟ				124€	210' λεπτά	35€	1.519 €

Στο παραπάνω πίνακα, αναγράφονται οι εργασίες που πραγματοποιούνται σε ετήσια βάση. Συγκεκριμένα όσο αναφορά τους τόνους οι διαδικασίες που ακολουθούνται κατά την ετήσια συντήρηση είναι οι εξής:

- Αποστράγγιση παλαιών λαδιών κιβωτίου (No 32) αφού αφαιρεθεί το προστατευτικό καπάκι που αποκαλύπτει την τάπα αποστράγγισης λαδιών και βρίσκεται στο κάτω μέρος του σώματος του τόνου και αφαίρεση της τάπας αποστράγγισης.
- Αποστράγγιση παλαιών λαδιών σπόρτι (No 10) με αντίστοιχο τρόπο.
- Πλήρωση νέων λαδιών κιβωτίου (No 32) αφού αφαιρεθεί η ειδική τάπα πλήρωσης λαδιών που βρίσκεται στο πάνω μέρος του σώματος του τόνου και κατόπιν ξανά κλείσιμο αφού ολοκληρωθεί η πλήρωση με νέα λάδια.
- Πλήρωση νέων λαδιών σπόρτι (No 10) όμοια με τη παραπάνω διαδικασία.

Για τη φρέζα ακολουθείται παρόμοια διαδικασία όπως περιγράφεται παραπάνω για τους τόνους. Ομοίως για τα πριόνια αφαιρείται η τάπα αποστράγγισης και γίνεται αποστράγγιση των παλιών βαλβολίνων, κατόπιν επανατοποθετείται η τάπα

αποστράγγισης και αφαιρείται η τάπα πλήρωσης. Γεμίζεται από την οπή πλήρωσης με νέες βαλβολίνες και επανατοποθετείται η τάπα πλήρωσης στη θέση της.

Η εταιρεία διαθέτει οχήματα μεταφοράς εμπορευμάτων Van Opel Combo 1.6 lt petrol μοντέλο 2007 και Opel Corsa Diesel 1.4 lt μοντέλο 2008 , καθώς και οχήματα ειδικού σκοπού όπως περονοφόρο ανυψωτικό φορτίων (Klark) Toyota 2,5 Τόνων Diesel μοντέλο 1995. Τα οχήματα μεταφοράς εμπορευμάτων θα ελέγχονται απαραίτητως κάθε φορά πριν την χρήση τους στα εξής σημεία: έλεγχος στάθμης λιπαντικών κινητήρα, πίεση ελαστικών, στάθμη ψυκτικού υγρού. Η ετήσια συντήρηση για τα οχήματα μεταφοράς περιλαμβάνει τα εξής:

- Γενικό έλεγχο όλων των υποσυστημάτων τους (κινητήρας, σύστημα διεύθυνσης, σύστημα πέδησης, ελαστικά)
- Αλλαγή λιπαντικών και φίλτρου λαδιού κινητήρα
- Αλλαγή φίλτρο αέρα
- Αλλαγή υγρών φρένων
- Αλλαγή λιπαντικού υγρού συστήματος διεύθυνσης
- Αλλαγή ψυκτικού υγρού
- Έκδοση κάρτας καυσαερίων

Το ετήσιο κόστος για τις εργασίες τακτικής συντήρησης των οχημάτων έχει υπολογιστεί ενδεικτικά στα 200 € ανά όχημα το οποίο προσαυξάνεται τουλάχιστον κατά πενήντα τοις εκατό, διότι υπάρχουν εργασίες συντήρησης που διενεργούνται σε διετή ή τριετή βάση όπως είναι η αλλαγή ελαστικών, αλλαγή τακακιών στο σύστημα πέδησης, αλλαγή σπινθηριστήρων στα βενζινοκίνητα οχήματα καθώς και έκτακτες βλάβες που δεν μπορούν να προϋπολογιστούν εδώ. Οπότε το κόστος για κάθε όχημα διαμορφώνεται ενδεικτικά και κατά εκτίμηση με βάση τιμολόγια εργασιών και ανταλλακτικών προηγούμενων ετών από το αρχείο της εταιρείας στα 300,00 € ανά έτος για κάθε όχημα.

Το κόστος των ετήσιων εργασιών συντήρησης υπολογίζοντας το κόστος των υλικών και των εργατωρών σύμφωνα με το παραπάνω πίνακα διαμορφώνεται στα 1.519€.

Το τελικό ετήσιο κόστος συντήρησης για τις συμβατικές εργαλειομηχανές και το λοιπό μηχανολογικό και μη εξοπλισμό είναι:

Μηνιαίο κόστος*12 μήνες ανά έτος=124,8*12=1497,6 €+ διμηνιαίο κόστος*6 ανά έτος=42,75*6=256,5 €+ εξαμηνιαίο κόστος*2 ανά έτος=60*2=120,0 €+ετήσιο κόστος 1.519€=3.393,1 €.

Η συντήρηση του εξοπλισμού, μηχανολογικού και μη, ο οποίος συντηρείται από εξωτερικούς συνεργάτες θα προγραμματίζετε σε περιόδους όπου δε θα επιβαρύνεται η παραγωγική διαδικασία. Για τη συγκεκριμένη εταιρεία αυτό το διάστημα είναι ο Αύγουστος, όπου δεν υπάρχει παραγωγική διαδικασία μιας και είναι το διάστημα καθολικής λήψης ετήσιας άδειας για το προσωπικό της και το μόνο που είναι λειτουργικό είναι κάποιες διοικητικές λειτουργίες.

Παρακάτω παρατίθενται οι εργασίες συντήρησης της εργαλειομηχανής C.N.C. που διαθέτει η εταιρεία βάση του βιβλίου συντήρησης του κατασκευαστή και σύμφωνα με το προτεινόμενο πρόγραμμα που καταρτίστηκε. Ο συγκεκριμένος εξοπλισμός μελετήθηκε ξεχωριστά διότι είναι μεγαλύτερης πολυπλοκότητας από τις υπόλοιπες υπάρχουσες συμβατικές εργαλειομηχανές και έχει σημαντικά αυξημένες ανάγκες συντήρησης.

Φρέζα CNC HAAS VF4:



Εικόνα 6. ΦΡΕΖΑ HAAS VF4. Πηγή HAAS VF SERIES Operator's Manual January 2003

Εργασίες σε ημερήσια βάση:

- Έλεγχος επιπέδου ψυκτικού υγρού (ειδικά όταν χρησιμοποιείται ροή ψυκτικού υγρού μέσω του εργαλείου- TSC).
- Καθαρισμός γρεζιών από τα καλύμματα μετακίνησης (X-Y άξονες) της τράπεζας.
- Καθαρισμός γρεζιών στη συσκευή συγκράτησης και αλλαγής εργαλείων.

- Σκούπισμα της ατράκτου περιστροφής των εργαλείων με ένα υφασμάτινο καθαρό πανί και εφαρμογή λεπτού φιλμ λιπαντικού (Mobil Vactra #2).

Απαιτούμενος χρόνος εργασιών: 15 λεπτά ημερησίως, κόστος εργασίας 2,50 €

Κόστος υλικών: 0,50 € , σύνολο : 3,00 € ανά ημέρα X 20 μέρες το μήνα= 60,00 € X 12 μήνες= 720,00 € ετησίως.

Εργασίες σε εβδομαδιαία βάση:

- Έλεγχος φίλτρου ψυκτικού υγρού ροής μέσω του εργαλείου-TSC και αντικατάσταση αν απαιτείται.
- Καθαρισμός καλαθιού συγκέντρωσης γρεζιών στη δεξαμενή ψυκτικού υγρού.
- Καθαρισμός δεξαμενής ψυκτικού υγρού από γρέζια και ακαθαρσίες αφού αποσυνδέσουμε την αντλία από τον ελεγκτή της και απενεργοποιήσουμε την εργαλειομηχανή.
- Έλεγχος φιλτρορυθμιστή αέρα ώστε να επιτυγχάνεται πίεση 85 psi, καθώς επίσης και της πίεσης στην άτρακτο συγκράτησης του εργαλείου, η οποία πρέπει να είναι στα 17 psi.
- Λίπανση με γράσο στο κωνικό τσοκ εργαλείων που τοποθετείται στη περιστρεφόμενη άτρακτο.
- Καθαρισμός εξωτερικών επιφανειών με ένα ήπιο καθαριστικό. Να μην χρησιμοποιείται διαλύτες και ισχυρά καθαριστικά.

Απαιτούμενος χρόνος εργασιών: 60 λεπτά εβδομαδιαίως, κόστος εργασίας 10,00 €

Κόστος υλικών: 1,00 € , σύνολο : 11,00 € ανά εβδομάδα X 48 εβδομάδες το χρόνο= 528,00 € ετησίως.

Εργασίες σε μηνιαία βάση:

- Έλεγχος επιπέδων λιπαντικού λαδιού (Mobil DTE 25) στο κιβώτιο γρاناζιών από το τζαμάκι ένδειξης στάθμης και συμπλήρωση από την τάπα στο πλάι του κουτιού αν χρειάζεται.
- Έλεγχος λειτουργίας καλυμμάτων ασφαλείας (συρόμενες πόρτες) και λίπανση στις ράγες τους με λεπτόρρευστο λάδι (Mobil Vactra #2) αν απαιτείται.
- Λίπανση με γράσο στην εξωτερική ακμή του κυλίνδρου συγκράτησης πολλαπλών εργαλείων.

Απαιτούμενος χρόνος εργασιών: 30 λεπτά μηνιαίως, κόστος εργασίας 5,00 €

Κόστος υλικών: 2,00 € , σύνολο : 7,00 € ανά μήνα X 12 μήνες το χρόνο= 84,00 € ετησίως.

Εργασίες σε εξαμηνιαία βάση:

- Σχολαστικός καθαρισμός δεξαμενής με μυκητοκτόνο φάρμακο και αλλαγή ψυκτικού υγρού (150 λίτρα σύνολο, περιεκτικότητα 95 % νερό, 5% σαπουνέλαιο).
- Έλεγχος υδραυλικών σωληνώσεων και βανών ψυκτικού υγρού για ρωγμές.

Απαιτούμενος χρόνος εργασιών: 120 λεπτά εξαμηνιαίως, κόστος εργασίας 20,00 €

Κόστος υλικών: σαπουνέλαιο 7,5 λίτρα 35,00 € , σύνολο : 55,00 € ανά εξάμηνο X 2= 110,00 € ετησίως.

Εργασίες σε ετήσια βάση:

- Αλλαγή λιπαντικού λαδιού κιβωτίου γρاناζιών εξολοκλήρου (Mobil DTE 25 1 λίτρο) αφού προηγηθεί άντληση του παλιού από το κάτω μέρος του κιβωτίου. Αφαιρείται το καπάκι επιθεώρησης κάτω από την άτρακτο περιστροφής (Spindle head) και πλήρωση λαδιού από πάνω μέχρι να εμφανιστούν σταγόνες λαδιού από το σωλήνα υπερπλήρωσης.
- Έλεγχος φίλτρου λαδιού και καθαρισμού από ακαθαρσίες στο κάτω μέρος του.

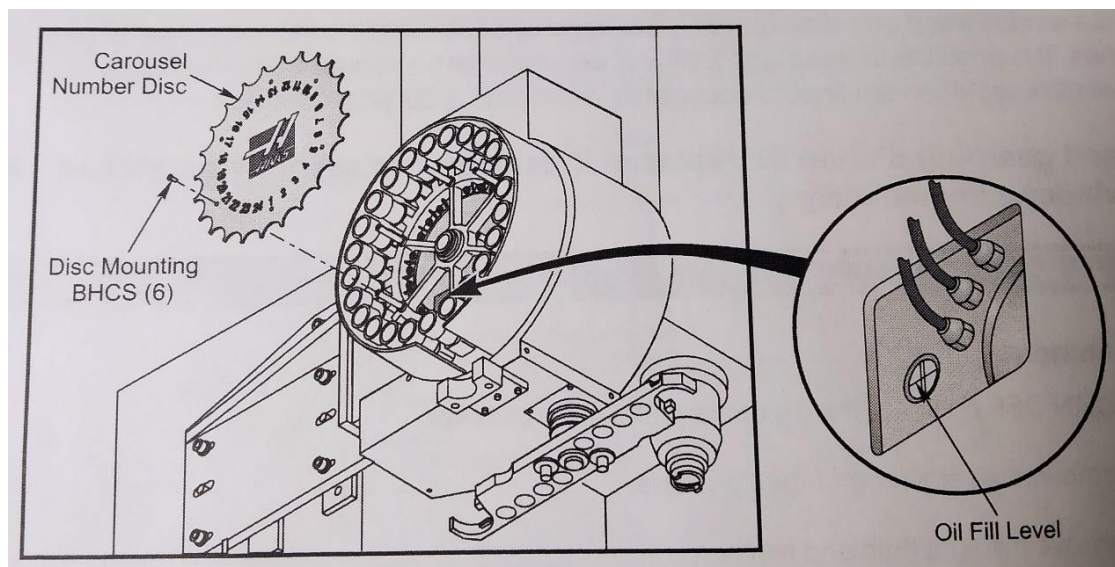
- Έλεγχος στάθμης λιπαντικού περιστροφικού εναλλάκτη εργαλείων από το ειδικό τζαμάκι ελέγχου (SMTC oil level).

Απαιτούμενος χρόνος εργασιών: 120 λεπτά ετησίως, κόστος εργασίας 20,00 €

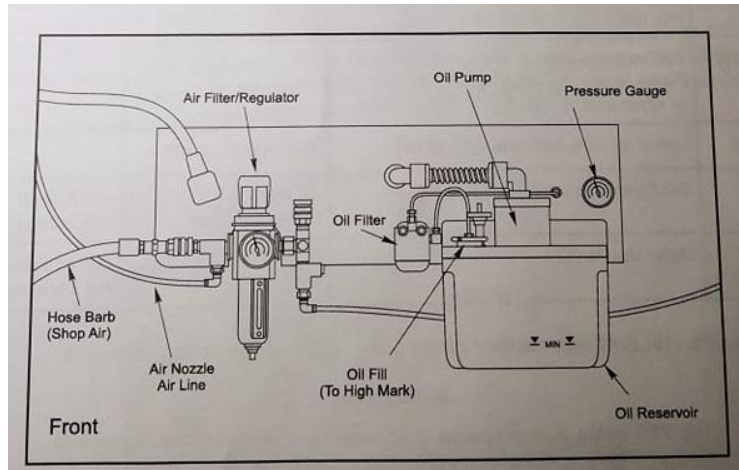
Κόστος υλικών: λιπαντικό Mobil DTE 25 1 λίτρο 10,00 € , σύνολο : 30,00 € ετησίως.

Συνολικό ετήσιο κόστος για όλες τις απαιτούμενες εργασίες= Συνολικό ημερήσιο κόστος+ συνολικό εβδομαδιαίο κόστος+ συνολικό μηνιαίο κόστος+ συνολικό εξαμηνιαίο κόστος+ ετήσιο κόστος= 720,00 €+ 528,00 €+ 84,00 €+ 110,00 €+ 30,00 € = 1.472,00 €.

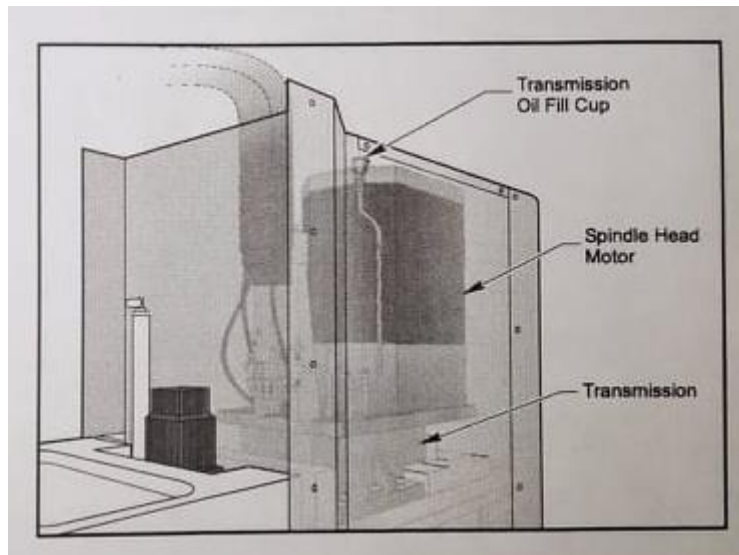
Παρακάτω απεικονίζονται τα σημεία ελέγχου και συντήρησης της εργαλειομηχανής C.N.C HAAS VF4 περιγράφονται στο πρόγραμμα συντήρησης που παρατέθηκε παραπάνω.



Εικόνα 7. Σημεία ελέγχου επιπέδου λιπαντικού Εναλλάκτη εργαλείων. Πηγή HAAS VF SERIES Operator's Manual January 2003



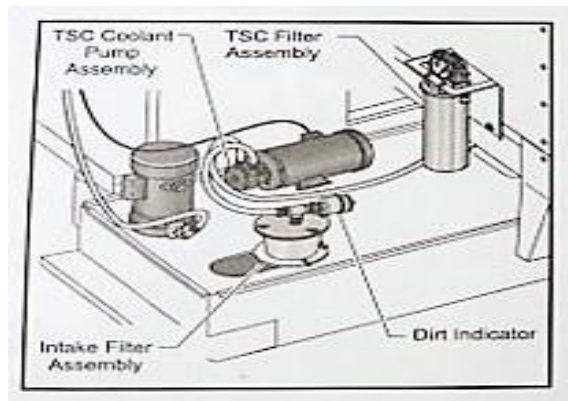
Εικόνα 8. Εξωτερικό κύκλωμα λίπανσης. Πηγή HAAS VF SERIES Operator's Manual January 2003



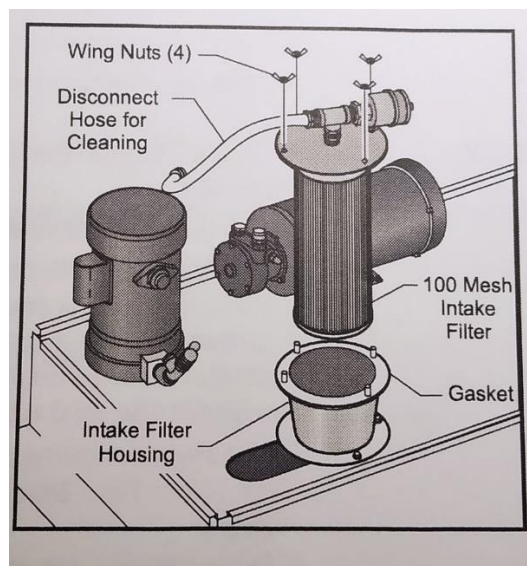
Εικόνα 9. Θέση τάπας πλήρωσης λιπαντικού κουτιού μετάδοσης κίνησης (γρανάζια). Πηγή HAAS VF SERIES Operator's Manual January 2003



Εικόνα 10. Καθαρισμός και θέση φίλτρου πλέγματος δεξαμενής ψυκτικού υγρού. Πηγή HAAS VF SERIES Operator's Manual January 2003



Εικόνα 11. Διάταξη αντλίας ψυκτικού υγρού. Πηγή HAAS VF SERIES Operator's Manual January 2003



Εικόνα 12. Καθαρισμός φίλτρου εισαγωγής ψυκτικού υγρού ροής μέσα από το εργαλείο (TSC). Πηγή HAAS VF SERIES Operator's Manual January 2003

Ο χειριστής του μηχανήματος ο οποίος αναλαμβάνει μια εργασία συντήρησης είναι υποχρεωμένος να συμπληρώνει μια φόρμα καταγραφής των ενεργειών και των διαδικασιών που πραγματοποίησε κατά τη διάρκεια της προγραμματισμένης συντήρησης μετά το πέρας αυτής. Σκοπός είναι η αρχειοθέτηση τους ανά μηχάνημα για μελλοντική χρήση. Η ύπαρξη ιστορικού συντήρησης, επισκευών και βλαβών για τον εξοπλισμό είναι πολύ σημαντική για την μελλοντική αντιμετώπιση προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν όσο αφορά τη λειτουργία του μηχανήματος.

Παρακάτω παρατίθεται ένα δείγμα της προτεινόμενης φόρμας συντήρησης

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟΥ	Ε.03/0
	Σελ. 1 από ...

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ή ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ :

.....

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ :

.....

A/A	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	ΠΡΟΓΡ/ΝΗ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

A/A	ΕΚΤΑΚΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Στην παραπάνω εικονιζόμενη φόρμα ο χειριστής- τεχνικός συντήρησης οφείλει να συμπληρώσει τα παρακάτω. Αρχικά την ονομασία του μηχανήματος προς συντήρηση καθώς και το όνομα του ολογράφως. Στη συνέχεια συμπληρώνει τις εργασίες συντήρησης που πραγματοποίησε πάνω στο μηχάνημα αναφέροντας επιγραμματικά και τα ανταλλακτικά που χρησιμοποίησε. Δίπλα στις εργασίες συμπληρώνει και τον αύξοντα αριθμό κάθε εργασίας, με τη σειρά που αυτές πραγματοποιήθηκαν. Επίσης συμπληρώνει την προγραμματισμένη ημερομηνία εκτέλεσης των εργασιών συντήρησης, μετά την ημερομηνία που πραγματικά εκτελέστηκαν. Τέλος υπογράφει και καταγράφει τις παρατηρήσεις του όσο αναφορά τις εργασίες που πραγματοποίησε και αν όλα πήγαν βάση πλάνου ή αν παρουσιάστηκαν επιπλοκές. Σε περίπτωση περιπλοκών και εκτάκτων βλαβών ο συντηρητής συμπληρώνει και στο κάτω μέρος της φόρμας τις εργασίες έκτακτης συντήρησης που πραγματοποίησε πάλι με αύξοντα αριθμό, ημερομηνία εκτέλεσης των εργασιών, υπογραφή και τέλος των παρατηρήσεων του σχετικά με αυτές. Οι παραπάνω φόρμες συντήρησης θα συγκεντρώνονται σε φυσικό αρχείο το οποίο θα ψηφιοποιείτε μέσω σκαναρίσματος της κάθε φόρμας, ώστε να υπάρχει και σε ηλεκτρονική μορφή. Το αρχείο συντήρησης θα επιτηρείτε από τον προϊστάμενο παραγωγής, ο οποίος σε συνεννόηση με τη γραμματεία θα προγραμματίζει τις ημερομηνίες συντήρησης του εκάστοτε μηχανολογικού εξοπλισμού. Για το λοιπό εξοπλισμό, όπως είναι τα οχήματα και οι κτηριακές εγκαταστάσεις, αποκλειστική ευθύνη προγραμματισμού της συντήρησης βάσει του καταρτισμένου προγράμματος, θα έχει η γραμματεία σε συνεργασία με τη διεύθυνση της εταιρείας. Για το οικονομικό σκέλος της συντήρησης, ζήτηση και συγκέντρωση προσφορών για ανταλλακτικά και υπηρεσίες υπεύθυνη είναι η γραμματεία της εταιρίας πάντα σε συνεργασία με το προϊστάμενο παραγωγής όσο αφορά το μηχανολογικό εξοπλισμό καθώς και τη διεύθυνση της εταιρίας, για την έγκριση των απαιτούμενων για τις εργασίες συντήρησης κονδυλίων. Για τις ανάγκες της τήρησης του πλάνου συντήρησης από το προϊστάμενο παραγωγής σε συνεργασία

με έναν υπάλληλο της γραμματείας θα διατίθεται χρόνος 30 λεπτών την εβδομάδα για τον καθένα το σύνολο 60 λεπτά τη βδομάδα με κόστος 10 € ανά βδομάδα (ενδεικτικό κόστος εργατοώρας 10 €) οπότε σε ετήσια βάση το διοικητικό κόστος της συντήρησης θα είναι $10€ \cdot 48 \text{ εβδομάδες} = 480 \text{ €}$

Το συνολικό ετήσιο κόστος του προγράμματος που καταρτίστηκε για τη παρούσα εργασία ανέρχεται σε 3.393,1 € (κόστος ετήσιας συντήρησης συμβατικών εργαλειομηχανών και λοιπού μη μηχανολογικού εξοπλισμού)+ 1.472,00 €(κόστος ετήσιας συντήρησης εργαλειομηχανών C.N.C.)+ 480 € (ετήσιο διοικητικό κόστος της συντήρησης)=5.345,1 €

Σε αυτό το ποσό θα γίνει μια προσαύξηση της τάξης του 50% που περιλαμβάνει έκτακτες βλάβες εξοπλισμού και μέσων που δε δύναται να προϋπολογιστούν οπότε το τελικό κόστος διαμορφώνεται στα $5.345,1 + 5.345,1 \cdot 0,50 = 8.017,65 \text{ €}$.

Εφόσον το παραπάνω διαθέσιμο ποσό δε δαπανηθεί ολόκληρο μέσα στο έτος για το οποίο προϋπολογίστηκε και υπάρχει πλεόνασμα στο τέλος, προτείνεται να δημιουργηθεί εντός της εταιρίας ένα ταμείο συντήρησης το οποίο θα μαζεύει αυτά τα πλεονασματικά κεφάλαια και θα τα επενδύει στη περαιτέρω ανάπτυξη του συστήματος της συντήρησης με νέα μέσα και τεχνικές.

Γ.4 Σύγκριση μεθόδων

Σε αυτό το κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί σύγκριση μεταξύ του υπάρχοντος τρόπου συντήρησης (λειτουργία ως τη βλάβη – run to failure ή διορθωτική συντήρηση- breakdown maintenance) και του προτεινόμενου (προληπτική συντήρηση – preventive maintenance). Η σύγκριση θα βασιστεί στο κόστος της κάθε συντήρησης, στις εργατοώρες που χάνονται κατά τη διάρκεια της συντήρησης (παύση παραγωγής) και στην αποτελεσματικότητα της κάθε μεθόδου, την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων και τη γενική οργάνωση που η κάθε μια προσφέρει στην εταιρεία .

Από τους ισολογισμούς των τελευταίων πέντε ετών (2014-2019) σε συνδυασμό με τα αρχεία εκτάκτων και τακτικών εξόδων επισκευών και συντήρησης προέκυψε ένα μέσο κόστος της τάξεως των 3.751,00 € ανά έτος για τη μέθοδο διορθωτικής συντήρησης που εφαρμόζει μέχρι και σήμερα η εταιρεία.

Το ενδεικτικό κόστος του προτεινόμενου προγράμματος προληπτικής συντήρησης διαμορφώθηκε στα 8.017,65 €. Μέσα σε αυτό το ποσό περιλαμβάνεται προσαύξηση πενήντα τοις εκατό σε σχέση με το υπολογισμένο κόστος του προγράμματος (5.345,1 €), λόγω εκτάκτων βλαβών που μπορεί να προκύψουν λόγω της ηλικίας του μηχανολογικού εξοπλισμού και δε μπορούν να προβλεφθούν εκ των προτέρων καθώς και του μεταβαλλόμενου κόστους επισκευών και ανταλλακτικών στην αγορά.

Στη πρώτη περίπτωση της υπάρχουσας συντήρησης τα έξοδα προέρχονται από έκτακτες βλάβες μηχανολογικού εξοπλισμού οι οποίες συνεπάγονται μερική διακοπή της παραγωγικής διαδικασίας, αγορά ανταλλακτικών, πληρωμές εξωτερικών συνεργείων επιδιόρθωσης των παραπάνω βλαβών και επιστροφές ελαττωματικών μηχανημάτων (προϊόντα εταιρείας) καθώς και κάποιων προγραμματισμένων ετησίων συντηρήσεων όπως αυτές των οχημάτων .

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω δεδομένα, υπάρχει φανερή διαφορά μεταξύ του κόστους συντήρησης της κάθε μεθόδου, της τάξης του 4.266,65 € (ενδεικτικά). Η εφαρμογή προληπτικής συντήρησης είναι σαφώς πιο κοστοβόρα αλλά μετά από κάποιο σημαντικό διάστημα εφαρμογής της το επιπλέον προϋπολογισμένο κόστος του συν 50 % θα μειωθεί σημαντικά λόγω της βελτίωσης της κατάστασης του εξοπλισμού ως αποτέλεσμα αυτής, γεγονός που σημαίνει ότι αυτά ποσά θα είναι διαθέσιμα στην εταιρεία ως κέρδος ή ως βάση επένδυσης σε νέο εξοπλισμό ή σε περαιτέρω ανάπτυξη της μεθόδου συντήρησης.

Σε αντίθετη περίπτωση διατήρησης της υπάρχουσας μεθόδου διορθωτικής συντήρησης, τα έκτακτα έξοδα και οι ζημιές θα βαίνουν αυξανόμενα όσο φθείρετε ο εξοπλισμός. Σε περίπτωση σημαντικής βλάβης ενός σημαντικού κομματιού του παραγωγικού εξοπλισμού της εταιρείας, όπως είναι για παράδειγμα η C.N.C. φρέζα της HAAS το κόστος επισκευής θα είναι πολύ υψηλό και μπορεί να ξεπεράσει τον ετήσιο προϋπολογισμό και των δύο προγραμμάτων συντήρησης. Γίνεται λοιπόν εύκολα αντιληπτό ότι με τη μακρόχρονη εφαρμογή της προληπτικής συντήρησης μειώνεται σημαντικά η πιθανότητα τέτοιων οικονομικών ζημιών. Επιπλέον, στη παραπάνω περίπτωση μεγάλης βλάβης κρίσιμου παραγωγικού εξοπλισμού, υπάρχει σοβαρή επίπτωση στη διαδικασία της παραγωγής, η οποία μπορεί να επιφέρει καθυστερήσεις στους χρόνους παράδοσης των προϊόντων, γεγονός που συνεπάγεται

οικονομική ζημιά, άμεσα ή μακροπρόθεσμα. Για παράδειγμα, σε περίπτωση μη τήρησης της ημερομηνίας παράδοσης, όταν υπάρχει συμβόλαιο αγοράς με ρήτρα, η αγορά δύναται να ακυρωθεί από τον πελάτη, γεγονός που έχει πέρα από το οικονομικό κόστος και τη γενική δυσφήμιση της εταιρείας στην αγορά.

Επόμενο μέτρο σύγκρισης των δύο μεθόδων συντήρησης είναι ο αριθμός των εργατωρών, που απαιτούνται για την υποστήριξη της κάθε μεθόδου καθώς και το διάστημα παύσης της παραγωγής. Στη λειτουργία ως τη βλάβη είναι αδύνατο να προϋπολογιστεί ο αριθμός των εργατωρών και ο χρόνος παύσης της παραγωγής. Αντίθετα, στη προληπτική συντήρηση το αρχικά σχεδιασμένο οργανόγραμμα παρέχει ακριβή αριθμό εργατωρών που θα χρησιμοποιηθούν για τις διαδικασίες συντήρησης, συγκεκριμένες ημερομηνίες διεξαγωγής τους, καθώς και ενδεικτικό κόστος των εργατωρών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να υπάρχει η δυνατότητα η συντήρηση να προγραμματιστεί σε κάποια χρονική στιγμή που δεν θα απαιτείται η χρήση των συγκεκριμένων μηχανημάτων για την παραγωγική διαδικασία. Έτσι η εταιρεία μπορεί να επιλέγει πότε θα πραγματοποιήσει μια διαδικασία συντήρησης, ώστε να έχει την λιγότερη δυνατή ζημιά στην παραγωγική διαδικασία.

Επιπλέον, η προληπτική συντήρηση εξασφαλίζει την ορθότερη λειτουργία των μηχανημάτων παραγωγής (μεγαλύτερη ακρίβεια), που έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται η ποιότητα των παραγόμενων εξαρτημάτων και την εξασφάλιση της έγκαιρης παράδοσης του προϊόντος στο πελάτη. Σε αντίθεση με τη «διορθωτική συντήρηση» όπου δεν εξασφαλίζεται η βέλτιστη λειτουργία των μηχανημάτων παραγωγής λόγω μη συντήρησης που ως αποτέλεσμα έχει τη πτώση της ποιότητας των παραγόμενων εξαρτημάτων. Επιπλέον με τη «διορθωτική συντήρηση» δεν εξασφαλίζεται η έγκαιρη παράδοση του προϊόντος στο πελάτη διότι δε μπορεί να προβλεφθεί τυχόν βλάβη που θα έχει ως αποτέλεσμα τη παύση ή τη καθυστέρηση της παραγωγής μέχρι αυτή να αποκατασταθεί. Όπως προαναφέρθηκε, η ύπαρξη οργανωμένου πλάνου συντήρησης διασφαλίζει την ορθότερη λειτουργία των μηχανημάτων, το οποίο με τη σειρά του εξασφαλίζει ποιοτικότερο και ανθεκτικότερο σε βλάβες τελικό προϊόν. Το τελευταίο είναι πολύ σημαντικό διότι διασφαλίζει ότι τα παραγόμενα προϊόντα θα είναι λειτουργικά και χωρίς βλάβες μέσα στο διάστημα της

εγγύησης του κατασκευαστή, γεγονός το οποίο συνεπάγεται αυξημένο κέρδος και μειωμένες χρηματικές ζημιές για την εταιρία παραγωγής.

Δ. Συζήτηση

Στο σύγχρονο κόσμο της βιομηχανίας υπάρχουν πολλά είδη συντήρησης τα οποία εξυπηρετούν διαφορετικές ανάγκες και αποτελούν το ένα εξέλιξη του άλλου. Στη βάση αυτών των μεθόδων υπάρχει η «λειτουργία ως τη βλάβη». Η εξέλιξη αυτής είναι η προληπτική συντήρηση στην οποία έχουν βασιστεί και όλες οι μεταγενέστερες μέθοδοι. Η ανάγκη για νέες μεθόδους συντήρησης προέκυψε από την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο.

Σε αυτό το πνεύμα της εξέλιξης στηρίχθηκε η παρούσα εργασία, στην οποία παρουσιάζεται μια πρόταση μεθόδου προληπτικής συντήρησης, για εταιρία παραγωγής μηχανημάτων συσκευασίας, έναντι της «λειτουργίας ως τη βλάβη» (run to failure). Σκοπός αυτής της πρότασης είναι να βοηθήσει την εταιρεία να βελτιώσει την παραγωγή της, να αποκτήσει πραγματική εικόνα του κόστους της συντήρησης, να αυξήσει την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, να προσφέρει το γενικότερο αίσθημα ελέγχου, αυστηρότερου προγραμματισμού των διαδικασιών και να συνεισφέρει στην καλύτερη οργάνωση όλης της δομής της.

Αναλύοντας τα αποτελέσματα της μελέτης περίπτωσης που πραγματοποιήθηκε, και συγκρίνοντας τις δύο μεθόδους είναι προφανή τα πλεονεκτήματα της προληπτικής συντήρησης για την υπό μελέτη εταιρεία. Προτείνεται λοιπόν η εφαρμογή του πλάνου που δημιουργήθηκε, για το χρονικό διάστημα του ενός έτους από την εταιρεία και η επαναξιολόγηση του μετά το πέρας αυτού. Στόχος είναι μέσα από μικρά βήματα και αλλαγές να περιοριστούν οι συνεχείς και μακροχρόνιες βλάβες των μηχανημάτων και να επιτευχθεί η καλύτερη αναλογία κόστους-αποτελέσματος στον τομέα της συντήρησης.

Η εταιρία βασιζόμενη στην εμπειρία που θα αποκομίσει από την εφαρμογή της παραπάνω μεθόδου προληπτικής συντήρησης επί ένα ή περισσότερα έτη, θα μπορεί μελλοντικά να εφαρμόσει ακόμα πιο εξελιγμένες μεθόδους προληπτικής συντήρησης. Για παράδειγμα ένα πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης βασισμένο

στη χρήση ειδικών αισθητήρων (πίεσης, θερμοκρασίας, επιτάχυνσης, μετρητές στροφών, κραδασμών και πολλά άλλα) παρακολούθησης των μηχανημάτων σε πραγματικό χρόνο, ώστε να γίνονται αντιληπτές τυχόν αποκλίσεις στα προκαθορισμένα φυσιολογικά όρια ορθής λειτουργίας του εξοπλισμού, και να προλαμβάνονται εγκαίρως τυχόν βλάβες πριν αυτές εκδηλωθούν.

Ένα τέτοιο σενάριο θα ήταν ιδιαίτερος χρήσιμο σε περίπτωση που γινόταν μια συνολική αναβάθμιση στη παραγωγική ικανότητα της εταιρίας η οποία θα περιελάβανε εκσυγχρονισμό των εργαλειομηχανών με τη χρήση CNC μηχανών ως κύριων μέσων παραγωγής, καθώς και μια συνολική αυτοματοποίηση δημιουργώντας έτσι μια μικρή γραμμή παραγωγής ικανή να παράγει εξαρτήματα σε μεγαλύτερη ποσότητα, ταχύτητα και ποιότητα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Μηχανολογικός Εξοπλισμός:

1. Τόρνος Trens Aris Arad SNB 400X2000 Ρουμάνικης προέλευσης



Εικόνα 13.1 Τόρνος Aris Arad SNB 400X2000 ρουμάνικης προέλευσης



Εικόνα 1.14 Χαρακτηριστικά τόρνου

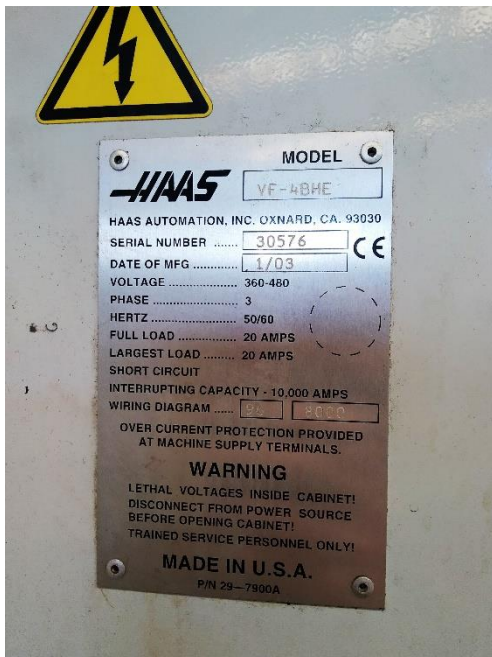
2. Τόρνος Trens Trencin SN 50 C σλοβάκινης προέλευσης



3. Φρέζα Rambo ταϊβανέζικης προέλευσης



4. Φρέζα CNC κέντρο-κάθετης κατεργασίας HAAS VF4 αμερικάνικης προέλευσης



5. Πριόνι BIANCO 330 MAN ιταλικής προέλευσης



6. Κάθετο Δράπανο bimak 25cr



7. Plasma Cutter Telwin Plasma Arc 43/1



8. Ηλεκτροσυγκόλληση Galagar Smart 200A TP-2000



9. Ηλεκτροσυγκόλληση Mig Telwin Mastermig 300



Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Agustiady, T. K., & Cudney, E. A. (2016). *Total productive maintenance: strategies and implementation guide*. CRC Press.
- Ben-Daya, M., Ait-Kadi, D., Duffuaa, S. O., Knezevic, J., & Raouf, A. (2009). *Handbook of maintenance management and engineering* (Vol. 7). London: Springer.
- Bloom, N. (2005). *Reliability Centered Maintenance (RCM): Implementation Made Simple: Implementation Made Simple*. McGraw Hill Professional.
- Brown, P., & Sondalini, M. (2013). *Asset Maintenance Management. The Path toward Defect Elimination. The Evolution of Maintenance Practices*.
- Cruzan, R. (2009). *Manager's guide to preventive building maintenance*. The Fairmont Press, Inc..
- Deighton, M. G. (2016). Chapter 5-Maintenance Management. *Facility Integrity Management*, 87-139.
- Dhillon, B. S. (2002). *Engineering maintenance: a modern approach*. cRc press.
- Díaz-Reza, J. R., García-Alcaraz, J. L., & Martínez-Loya, V. (2019). *Impact Analysis of Total Productive Maintenance: Critical Success Factors and Benefits*. Springer.
- Higgins, L. R., Mobley, R. K., & Smith, R. (2002). *Maintenance engineering handbook*. New York, NY, USA: McGraw-Hill.
- ISO/IEC 2384-14, 1997, Information technology – Vocabulary, Part 14: Reliability, maintainability and availability
- Islam, H. (2010). Reliability-centered maintenance methodology and application: a case study. *Engineering, 2010*.)
- Krar, S. (2015). The IMPORTANCE of MAINTENANCE (Changing from a FAIL and FIX Approach to a PREDICT and PREVENT Approach). *Retrieved May, 2, 2016*.
- Levitt, J. (2003). *Complete guide to preventive and predictive maintenance*. Industrial Press Inc..

- Lughofer, E., & Sayed-Mouchaweh, M. (Eds.). (2019). *Predictive Maintenance in Dynamic Systems: Advanced Methods, Decision Support Tools and Real-World Applications*. Springer.
- Manzini, R., Regattieri, A., Pham, H., & Ferrari, E. (2009). *Maintenance for industrial systems*. Springer Science & Business Media.
- Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance*. Elsevier.
- Mobley, R. K. (2011). *Maintenance fundamentals*. Elsevier.
- Moubray, J. (2001). *Reliability-centered maintenance*. Industrial Press Inc..
- Ορφανίδης, Α., Μποτσαρης Π.Ν., (2012). *Βασικές αρχές συστημάτων CNC/CAM/CAE*. Καράκος, Ξάνθη.
- Scheffer, C., & Girdhar, P. (2004). *Practical machinery vibration analysis and predictive maintenance*. Elsevier.
- Sifonte, J. R., & Reyes-Picknell, J. V. (2017). *Reliability Centered Maintenance—Reengineered: Practical Optimization of the RCM Process with RCM-R®*. Productivity Press.
- VF-SERIES Programming and Operation Manual. (January 2003). USA, Haas Technical Publications.
- Yin, R. K. (2017). *Case study research and applications: Design and methods*. Sage publications.

Ηλεκτρονικές πηγές

<https://el.wikipedia.org/wiki/Τόρνος>

<https://docplayer.gr/4349927-Tornoi-ekpaideytis-andreas-ioannoy.html>

<https://docplayer.gr/10792577-Frezarisma-me-to-frezarisma-mporoyme-na-katergastoyme-epipedes-i-kampyles-epifaneies-esohes-aylakia-akoma-kai-odontotoys-trohoys.html>