

The Impact of the Maintenance Practices on the Performance of Manufacturing Firms

Alexandros Diamantidis

Dept. of Production & Management Engineering
Democritus University of Thrace
adiaman@civil.duth.gr

Anastasios Diamantidis,

Dept. of Production & Management Engineering
Democritus University of Thrace
adiamant@pme.duth.gr

Prodromos Chatzoglou

Dept. of Production & Management Engineering
Democritus University of Thrace
pchatzog@pme.duth.gr

Abstract

The maintenance and management of the productive equipment are critical activities and influence not only the production cost but also the firm performance. Till the 80's decade the maintenance was treated as a "necessary evil", "unanticipated" or "unlucky fact". However, the introduction of new maintenance practices and strategies, transformed maintenance from a cost-oriented factor to a profit-oriented. Nowadays an increased number of firms tend to replace the traditional maintenance practices with new practices which are more dynamic and aim to improve firm performance. In other words, these new practices are based on training, technical expertise, resources and contribute to performance improvement.

The purpose of this research is to investigate the relation between maintenance practices, production technology and firm performance. In detail, the research factors are characteristics of production technology (technical complexity, interdependence, technical variety, flexibility of production process, new equipment establishment), the maintenance practices (communication and coordination, technical expertise, outsourcing, strategies) and firm performance (equipment availability, equipment productivity, environmental performance, customer satisfaction, employee satisfaction).

Keywords: maintenance management, maintenance performance, preventive maintenance, predictive maintenance, CMMS

Πρακτικές Συντήρησης και η Επίδραση τους στην Απόδοση της Επιχείρησης

Περίληψη

Η συντήρηση και η διαχείριση του παραγωγικού εξοπλισμού είναι μια από τις πιο σημαντικές δραστηριότητες και επηρεάζει όχι μόνο το κόστος παραγωγής, αλλά και την απόδοση της επιχείρησης. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1980 η συντήρηση αντιμετωπιζόταν ως «αναγκαίο κακό», «απρόβλεπτο» ή «ατυχές γεγονόσ». Η εισαγωγή νέων πρακτικών συντήρησης έχει σκοπό να μεταβάλλει την έννοια της συντήρησης από κέντρο κόστους σε προστιθέμενη αξία για την επιχείρηση. Από την άλλη μεριά η σωστή εφαρμογή των πρακτικών αυτών απαιτούν ισχυρές δεσμεύσεις σε εκπαίδευση, τεχνικά μέσα και πόρους (υλικούς και μη). Ο υπεύθυνος για

τη συντήρηση οφείλει να εφαρμόσει αυτές τις πρακτικές στο βαθμό που αυτός κρίνει, ανάλογα με το περιβάλλον της παραγωγικής διαδικασίας.

Στόχος της έρευνας είναι να αναδείξει τους παράγοντες που επηρεάζουν τις πρακτικές συντήρησης και να ερευνήσει στο κατά πόσο αυτές μπορούν να συμβάλουν στην απόδοση της επιχείρησης σε διάφορους τομείς, όπως η ικανοποίηση των πελατών, η ικανοποίηση των εργαζομένων, η μείωση του κόστους, το περιβάλλον και την κατάσταση του εξοπλισμού της παραγωγικής διαδικασίας.

Για το σκοπό της έρευνας, συντάχθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο εστάλη σε Ελληνικές κυρίως επιχειρήσεις. Λαμβάνοντας τα αποτελέσματα της έρευνας διαμορφώνεται το μοντέλο της έρευνας το οποίο παρουσιάζει τις διαφορές συσχετίσεις μεταξύ των παραγόντων.

Λέξεις-Κλειδιά: πρακτικές συντήρησης, απόδοση συντήρησης, CMMS, προληπτική συντήρηση, προβλεπτική συντήρηση

JEL Classifications:

Εισαγωγή

Μέσα σε ένα κλίμα ανταγωνισμού και συνεχούς εξέλιξης η επιβίωση των επιχειρήσεων εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την ικανότητά τους να βελτιώνονται και να καινοτομούν με ρυθμούς ταχύτερους από τους ανταγωνιστές τους σε όλο το φάσμα των δραστηριοτήτων τους. Η διαχείριση και η συντήρηση του παραγωγικού εξοπλισμού είναι μια δραστηριότητα που απαιτεί να δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα και αυτό γιατί το κόστος της αποτελεί σημαντικό μέρος του συνολικού κόστους λειτουργίας. Ανάλογα με τον κλάδο το κόστος συντήρησης σαν ποσοστό του συνολικού κόστους του παραγόμενου προϊόντος κυμαίνεται από 15% στις ελαφρές βιομηχανικές μονάδες (για παράδειγμα βιομηχανία τροφίμων) έως 40% στις βαριές βιομηχανικές εγκαταστάσεις (για παράδειγμα χαρτοβιομηχανία, χαλυβουργία).

Η συντήρηση επιδρά θετικά σε τομείς της επιχείρησης, όπως η κερδοφορία και η παραγωγικότητα. Η χαμένη παραγωγή εξαιτίας μιας ξαφνικής βλάβης ανακτάται με επιπρόσθετο κόστος, όπως υπερωρίες ενώ αν η διακοπή είναι μεγάλη τότε υπάρχει ο κίνδυνος να χαθούν παραγγελίες και πελάτες. Ως εκ τούτου η σημασία της λειτουργίας της συντήρησης έχει αυξηθεί χάρη στο ρόλο της στη διατήρηση και τη βελτίωση της διαθεσιμότητας και της απόδοσης του εξοπλισμού, της επίτευξης συνεπών παραδόσεων των παραγγελιών, της ποιότητας των προϊόντων και της διατήρησης της συνολικής οικονομικής απόδοσης της επιχείρησης σε υψηλά επίπεδα.

Παραδοσιακά η συντήρηση θεωρείτο αναγκαίο κακό στην πραγματικότητα όμως αποτελεί ένα κέντρο κέρδους. Με την εφαρμογή μιας αποδοτικής στρατηγικής συντήρησης μπορούν να αποφευχθούν πολλές βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες δαπάνες. Αυτό συμβαίνει γιατί επιδρά στην παραγωγή και σε λειτουργικά στοιχεία αυτής, όπως ποιότητα, κόστος, απόδοση, περιβάλλον και ασφάλεια. Η αποδοτικότητα και η παραγωγικότητα μιας επιχείρησης εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τον τρόπο οργάνωσης της συντήρησης που έχει ως σκοπό τη μέγιστη δυνατή αξιοποίηση του μηχανολογικού εξοπλισμού. Λόγω την σημαντικής αύξησης των επενδύσεων πάνω σε αυτό τον τομέα δημιουργήθηκε η ανάγκη μέτρησης της απόδοσης των πρακτικών συντήρησης ώστε να ελέγχεται η αποτελεσματικότητα της. Επιπλέον αξίζει να σημειωθεί ότι οι πρακτικές συντήρησης δεν είναι οι ίδιες για κάθε επιχείρηση, αλλά η εφαρμογή τους εξαρτάται από την παραγωγική διαδικασία.

Σκοπός της παρούσης έρευνας είναι να αναδειχθεί η ανάγκη για αξιολόγηση των πρακτικών συντήρησης σε μια επιχείρηση. Συγκεκριμένα πρόκειται να κατασκευαστεί ένα μοντέλο το οποίο μετρά την απόδοση της συντήρησης λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες παραγωγής και τις πρακτικές συντήρησης ανάλογα με την κλίμακα και το είδος της επιχείρησης. Πρέπει να σημειωθεί ότι το μοντέλο αυτό αποτελεί προϊόν εκτενούς μελέτης δημοσιευμένων άρθρων και συνθέτει τις απόψεις πολλών ερευνητών πάνω στους παράγοντες που επηρεάζουν την αξιολόγηση των πρακτικών συντήρησης.

Ειδικότερα μελετώνται οι:

- 1 *Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαχείριση της συντήρησης. Τεχνική πολυπλοκότητα, Τεχνική ποικιλία, Ευελιξία παραγωγικής διαδικασίας.*
- 2 *Παράγοντες που διαμορφώνουν τις πρακτικές. Χρήση αυτοματοποιημένου συστήματος, Διαχείριση ανταλλακτικών, Αποτροπή και αντίδραση στις βλάβες του παραγωγικού εξοπλισμού (στρατηγική συντήρησης - προληπτική προβλεπτική).*
- 3 *Παράγοντες που διαμορφώνουν την απόδοση της επιχείρησης. Τέτοιοι παράγοντες είναι: Κατάσταση εξοπλισμού, Μείωση κόστους, Προστασία του περιβάλλοντος.*

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η σημασία της λειτουργίας της συντήρησης

Όλες οι επιχειρήσεις δημιουργούνται, δρουν και αναπτύσσονται μέσα σε ένα δυναμικό περιβάλλον που συνεχώς εξελίσσεται. Παρόλη την τεχνολογική εξέλιξη του μηχανολογικού εξοπλισμού παραγωγής, είναι πολύ δύσκολο να λειτουργεί και να αποδίδει, τουλάχιστον στο επίπεδο που είναι σχεδιασμένος να το κάνει, χωρίς την απαραίτητη επίβλεψη και συντήρηση. Η συντήρηση σε μια βιομηχανία έχει στόχο να υποστηρίζει την παραγωγή έτσι ώστε να είναι συνεχής η παράγωγή προϊόντων, με το μικρότερο δυνατό κόστος και την καλύτερη ποιότητα, σύμφωνα με τα πρότυπα της εταιρίας. Συνοπτικά, οι στόχοι της συντήρησης είναι (Kelly 1998):

- 1 Παροχή πληροφοριών για περαιτέρω βελτίωση του εξοπλισμού και της οργάνωσης
- 2 Οικονομική λειτουργία- Μέγιστη παραγωγικότητα
- 3 Απρόσκοπτη λειτουργία- Μείωση χαμένου χρόνου
- 4 Βελτιστοποίηση ποιότητας
- 5 Βελτιστοποίηση χρήσης ά υλών

Η συντήρηση είναι μια επιχειρησιακή λειτουργία που εξυπηρετεί και υποστηρίζει τις βασικές παραγωγικές διαδικασίες μέσα μια επιχείρηση. Ορίζεται ως ο συνδυασμός όλων των τεχνικών και διοικητικών ενεργειών που έχουν ως σκοπό να αποκαταστήσουν ένα αντικείμενο σε μια κατάσταση ώστε να μπορεί να εκτελέσει τη λειτουργία που έχει οριστεί να κάνει (British standard glossary of terms 1993). Η διαδικασία της συντήρησης προσθέτει αξία από την σκοπιά του κέρδους, της ποιότητας, του χρόνου και των παρεχόμενων υπηρεσιών (Zhu et al. 2002). Επομένως, η λειτουργία της συντήρησης έχει γίνει θεμελιώδης για να διατηρήσει μια επιχείρηση την ανταγωνιστικότητά της (Najjar and Alsayouf 2004). Χωρίς καλοδιατηρημένο εξοπλισμό μια βιομηχανία είναι σε μειονεκτική θέση σε

μια αγορά που απαιτεί προϊόντα χαμηλού κόστους, υψηλής ποιότητας και παραδοτέα στην κατάλληλη στιγμή (Stephen 2000, Swanson 2001, Swanson 2003, Cholasuke et al. 2004). Υπογραμμίζεται ότι δεδομένου ότι οι επιχειρήσεις και οι πελάτες βασίζονται στη διαθεσιμότητα, την αξιοπιστία και την ποιότητα των υπηρεσιών, οποιοσδήποτε συμβιβασμός σε αυτές τις περιοχές πιθανόν να οδηγήσει σε μειωμένα κέρδη και αύξηση των δαπανών.

Το κόστος της συντήρησης σήμερα μπορεί να αντιπροσωπεύει έως και το 40% των λειτουργικών εξόδων λειτουργίας μιας επιχείρησης. Ο όρος «συντήρηση» σε μια βιομηχανία περιλαμβάνει τα κάτωθι (Kamoun 2005):

- Παρακολούθηση της κατάστασης εξοπλισμού παραγωγής
- Ανάλυση των αιτιών και επιπτώσεων των βλαβών και τήρηση αρχείου βλαβών
- Καθαριότητα του εξοπλισμού
- Τεχνικό και χρονικό σχεδιασμό εργασιών
- Διαχείριση υλικών, ανταλλακτικών και εγχειριδίων λειτουργίας
- Διαχείριση ανθρωπίνου δυναμικού
- Προληπτικές ενέργειες και αντικαταστάσεις
- Προληπτικούς, προγνωστικούς και διαγνωστικούς ελέγχους
- Επισκευές, βελτιώσεις, κατασκευές

Από τα προαναφερθέντα γίνεται αντιληπτό λοιπόν ότι η συντήρηση δεν αφορά μόνο τις επισκευές, όπως γενικά θεωρείται από πολλούς, αλλά αποτελεί έναν κρίσιμη σημασίας παράγοντα στη ζωή της επιχείρησης. Διαφορετικά, η διατήρηση του εξοπλισμού και των στοιχείων του σε ικανοποιητική κατάσταση λειτουργίας μέσω της συντήρησης (Swanson 2001):

- Μειώνει το επενδύμενο Κεφάλαιο
- Μειώνει την ποιοτική υποβάθμιση του εξοπλισμού
- Μειώνει τις βλάβες του εξοπλισμού
- Αυξάνει τη διάρκεια ζωής των μηχανών
- Αυξάνει την παραγωγικότητα του προσωπικού της συντήρησης
- Ελαττώνει την απώλεια πελατείας
- Βελτιώνει τη συμμόρφωση σε νόμους και κανονισμούς
- Μειώνει την απόρριψη προϊόντων που είναι ελαττωματικά
- Αυξάνει την αξιοπιστία
- Μειώνει τους τραυματισμούς
- Μειώνει την κατανάλωση ενέργειας
- Μειώνει την ποσότητα των απαραίτητων διαθέσιμων ανταλλακτικών

Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Διαχείριση της Συντήρησης

Η τεχνολογία παραγωγής διαμορφώνει τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος μέσα στις εγκαταστάσεις παραγωγής. Σύμφωνα με τον Fry (1982) η τεχνολογία γίνεται αντιληπτή με όρους, όπως το επίπεδο αυτοματοποίησης, η ολοκλήρωση και η ποικιλία μέσα στις εγκαταστάσεις.

Οι ειδικές διαστάσεις που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν αυτές τις έννοιες και διαμορφώνουν το περιβάλλον της επιχείρησης είναι: η τεχνική πολυπλοκότητα, αλληλεξάρτηση, η τεχνική ποικιλία, ο νέος εξοπλισμός και η ευελιξία της παραγωγής.

Τεχνική πολυπλοκότητα (Woodward 1965, Hayes and Wheelwright 1984)

Η τεχνική πολυπλοκότητα έχει οριστεί ως βαθμός στον οποίο η ανθρώπινη προσπάθεια αντικαθίσταται από τις μηχανές. Ο Woodward (1965) υποστήριξε ότι η αυξημένη τεχνική πολυπλοκότητα οδηγεί σε αυξημένο έλεγχο πάνω στη ροή των διαδικασιών και σε πιο προβλέψιμα αποτελέσματα για την παραγωγή. Εντούτοις, αυξανόμενη αυτοματοποίηση επίσης σημαίνει ότι ο εξοπλισμός είναι πιο πολύπλοκος και αυτό κάνει τη διάγνωση των προβλημάτων δυσκολότερη.

Σε ένα ιδιαίτερα αυτοματοποιημένο εργοστάσιο, οι περιορισμοί του έλεγχου των υπολογιστών, ο ολοκληρωμένος χαρακτήρας του εξοπλισμού και οι αυξανόμενες απαιτήσεις για εξειδίκευση καθιστούν δυσκολότερο τον εντοπισμό και λύση των προβλημάτων του εξοπλισμού (Buchanan and Bessant 1985). Η τεχνολογία παραγωγής μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις γενικές κατηγορίες που συνδέονται με τα διαφορετικά επίπεδα τεχνικής πολυπλοκότητας: μικρής παρτίδας, μεσαίας παρτίδας και μαζικής παραγωγής (Hayes and Wheelwright 1984). Τα αποτελέσματα των διαφόρων επιπέδων τεχνικής πολυπλοκότητας μπορούν να γίνουν κατανοητά από την περιγραφή των χαρακτηριστικών της τεχνολογίας μικρής παρτίδας και μαζικής παραγωγής.

Τεχνική ποικιλία (Perrow 1967, Swanson 1997)

Η τεχνική ποικιλία περιγράφει την ποικιλομορφία του μηχανολογικού εξοπλισμού και επηρεάζει άμεσα τον αριθμό των προβλημάτων που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Η τεχνική ποικιλία μπορεί επίσης να επηρεάσει το βαθμό εμφάνισης δύσκολων και νέων προβλημάτων (Perrow 1967).

Όταν η τεχνική ποικιλία είναι χαμηλή, τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται είναι αρκετά επαναλαμβανόμενα και οι διαδικασίες για την επίλυση τους μπορούν να τυποποιηθούν. Ο Skinner (1974) περιέγραψε την τεχνική ποικιλία με όρους «εστίασης». Ανέλυσε ότι ένα «εστιασμένο» εργοστάσιο διαθέτει ένα περιορισμένο αριθμό εξοπλισμού διαφορετικής τεχνολογίας. Κατά συνέπεια, τα προβλήματα είναι πιο προβλέψιμα και συνήθη. Συγκεκριμένα, όταν χρησιμοποιείται ένας ενιαίος τύπος εξοπλισμού στην παραγωγή τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται είναι ομοιόμορφα. Αντιθέτως, η έλλειψη «εστίασης» ή ένα υψηλό επίπεδο τεχνικής ποικιλίας σημαίνει ότι νέα ή άγνωστα προβλήματα μπορούν να προκύψουν συχνότερα και το σύνολο των προβλημάτων πρέπει να αναλυθεί χρησιμοποιώντας πολλές και διαφορετικές τεχνικές. Συμπερασματικά, ο βαθμός εμφάνισης απροσδόκητων προβλημάτων καθιστούν την τεχνική ποικιλία έναν καθοριστικό παράγοντα στη διαχείριση συντήρησης.

Ευελιξία παραγωγικής διαδικασίας (Lorens et al. 2005, Bobrowski and Park 1993, Cox 1989)

Ο Nakamura (1992) υιοθέτησε μια πιο λειτουργική άποψη ορίζοντας την ευελιξία ως «την ικανότητα να προσαρμοστεί γρήγορα ένα σύστημα σε οποιαδήποτε αλλαγή των σχετικών παραγόντων, όπως το τελικό προϊόν, η διαδικασία, τα φορτία και η αστοχία του εξοπλισμού». Τέλος, ένας πιο ολοκληρωμένος ορισμός της ευελιξίας δόθηκε από τον Upton (1994) και είναι: «η ικανότητα αλλαγής ή αντίδρασης με μικρή ποινή σε χρόνο, προσπάθεια, κόστος ή απόδοση».

Ωστόσο οι επιχειρήσεις συχνά παρουσιάζουν αδυναμία στο χρονικό διάστημα που απαιτείται για την κατασκευή νέων προϊόντων εξαιτίας της χαμηλής ευελιξίας. Αυτή η αδυναμία οφείλεται σε μεγάλο ποσοστό στην αναποτελεσματικότητα της συντήρησης.

Αυτοματοποιημένα συστήματα οργάνωσης και διοίκησης της συντήρησης (Computerized Maintenance Management Systems - CMMS)

Έχει γίνει κατανοητό ότι η αποδοτικότητα και η αποτελεσματικότητα των διευθυντών συντήρησης εξαρτάται από την ποιότητα και την ταχύτητα παροχής των πληροφοριών που αφορούν την παραγωγική διαδικασία και της κατάστασης του εξοπλισμού. Οι πληροφορίες δεν είναι τίποτα άλλο από επεξεργασμένα δεδομένα. Τα δεδομένα παρέχονται από οποιοδήποτε τμήμα και με συνεχή τρόπο, για να είναι όμως χρήσιμα στη λήψη αποφάσεων πρέπει να οργανωθούν με κατάλληλο τρόπο και μορφή. Όταν γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων από τον ανθρώπινο παράγοντα απαιτείται πολύς χρόνος γεγονός που καθιστά τα δεδομένα λιγότερα χρήσιμα στη λήψη αποφάσεων (Levitt 1997).

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα, που έχουν επιπτώσεις σε κάθε ανάληψη πρωτοβουλίας για βελτίωση του συστήματος συντήρησης στις βιομηχανίες, είναι η ελλιπής καταγραφή του ιστορικού των επισκευών του μηχανολογικού εξοπλισμού, η φτωχή διαχείριση ανταλλακτικών και η αδυναμία εφαρμογής νέων πρακτικών συντήρησης σε σύγχρονα συστήματα παραγωγής (Ben Daya et al. 2009). Επιπλέον, σε συνδυασμό με την επαναλαμβανόμενη φύση πολλών δραστηριοτήτων θεωρείται αναγκαία η χρήση των υπολογιστών. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί τα λεγόμενα Συστήματα Οργάνωσης και Διοίκησης της Συντήρησης (Computerized Maintenance Management Systems - CMMS), τα οποία επίσης υποστηρίζουν την επικοινωνία και το συντονισμό μεταξύ διαφορετικών λειτουργιών της παραγωγής (Huber 1990).

Τα Υπολογιστικά Συστήματα Οργάνωσης και Διοίκησης της Συντήρησης, που αποτελούν μια βάση δεδομένων όπου συγκεντρώνονται πληροφορίες για τη συντήρηση, έχουν γίνει το σημείο αναφοράς για τη διαχείριση του εξοπλισμού από τις αρχές της δεκαετίας του '80 και αντιμετωπίζονται ως κλειδιά για τη βελτίωση της απόδοσης της συντήρησης (Ben Daya et al. 2009). Αυτά τα συστήματα παρέχουν στη συντήρηση γρήγορη πρόσβαση σε πληροφορίες, όταν αυτό απαιτείται, και μπορούν να αναλύουν την κατάσταση του εξοπλισμού λαμβάνοντας υπόψη το ιστορικό επισκευής του (Dunn and Johnson 1991). Σκοπός τους είναι να καταστήσουν τα στελέχη της συντήρησης πιο αποδοτικά και τη λήψη των αποφάσεων από τους διευθυντές ευκολότερη. Τα περισσότερα λογισμικά των εταιριών συμπεριλαμβάνουν τα κάτωθι:

Σχεδιασμός και προγραμματισμός εργασιών

Παρακολούθηση δραστηριοτήτων Προληπτικής και Προβλεπτικής Συντήρησης

Έλεγχος των αποθεμάτων για συντήρηση (ανταλλακτικά και αναλώσιμα) και των υπολοίπων απαιτητήτων πόρων

Αποθήκευση πληροφοριών για τον εξοπλισμό, τα σχέδια, τις εγγυήσεις και τα ιστορικά στοιχεία (Hannan and Keyport 1991, Wireman 1991)

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, η χρήση τεχνολογιών επεξεργασίας πληροφοριών παρέχει στη συντήρηση τη δυνατότητα να αντιδρά σε ένα συνεχώς αυξανόμενο όγκο προβλημάτων και να συντονίζει τις δραστηριότητές της με άλλες εντός του εργοστασίου (Dunn 1996, Coopers and Lybrand 2001, Ingalls 2000).

Πρακτικές συντήρησης

Προληπτική συντήρηση

Ο παραγωγικός εξοπλισμός έγινε πολυπλοκότερος και οι βλάβες συχνότερες. Η μακροζωία, η διαθεσιμότητα και το κόστος άρχισαν να

θεωρούνται σημαντικοί παράγοντες για την επίτευξη των στόχων των επιχειρήσεων (Moubray 2004). Η Προληπτική συντήρηση (preventive maintenance) επίσημα ορίζεται ως «η συντήρηση που διενεργείται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα ανταποκρινόμενη σε συγκεκριμένα κριτήρια και στοχεύει στη μείωση της πιθανότητας βλάβης ή χειροτέρευσης της λειτουργίας ενός αντικειμένου» (Gits 1992, Herbaty 1990). Αυτά τα προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα μπορεί να είναι είτε με βάση το χρόνο, είτε με βάση τη χρήση και καθορίζονται με τη χρήση στατιστικών μοντέλων.

Συγκεντρωτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της προληπτικής συντήρησης παρουσιάζονται ακολούθως (Worsham 2005).

Πλεονεκτήματα

Μείωση εμφάνισης βλαβών και της έκτασης των απαιτούμενων επιδιορθώσεων σε σχέση με την επισκευαστική συντήρηση, επομένως και λιγότερες διακοπές της παραγωγικής διαδικασίας.

Βελτιστοποιημένος σχεδιασμός της συντήρησης επειδή ο προγραμματισμός γίνεται εκ των προτέρων.

Μείωση πιθανότητας εκδήλωσης εργατικών ατυχημάτων λόγω καλής κατάστασης του εξοπλισμού.

Αυξημένη ποιότητα συντήρησης επειδή η εργασία δεν γίνεται υπό την πίεση του χρόνου

Μείωση του κόστους των επισκευών λόγω της μείωσης των δευτερευουσών αστοχιών

Μειωμένο κόστος λόγω υπερωριών και ορθολογιστικότερη χρήση των τεχνικών συντήρησης γιατί η εργασία τους γίνεται βάσει προγράμματος και όχι εκτάκτως για την αποκατάσταση ξαφνικών βλαβών.

Μειονεκτήματα

Αύξηση δραστηριοτήτων και του κόστους συντήρησης

Αυξημένο κόστος συντήρησης λόγω ανάλωσης πολλών ανταλλακτικών τα οποία δεν έχουν εξαντλήσει το όριο ζωής τους, αλλά και λόγω μαζικών συντηρήσεων σε μηχανήματα που δεν το απαιτούσαν, επειδή έχουν συμπληρώσει την προγραμματισμένη περίοδο λειτουργίας

Η προληπτική συντήρηση μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε φθορά του εξοπλισμού που σχετίζεται με τη διάρκεια ζωής του

Σε περίπτωση που δεν υπάρχει συνεννόηση μεταξύ των τμημάτων παραγωγής και συντήρησης είναι δύσκολο να βρεθεί ο κατάλληλος χρόνος σταματήματος των μηχανημάτων για επισκευή

Αυξημένη πιθανότητα βλάβης λόγω νηπιακής θνησιμότητας των νέων εξαρτημάτων

Προβλεπτική συντήρηση

Από τις αρχές της δεκαετίας του '70, ο βιομηχανικός εξοπλισμός αυτοματοποιήθηκε σε πολύ μεγάλο βαθμό και έγινε περισσότερος περίπλοκος. Έννοιες, όπως η αξιοπιστία, η διαθεσιμότητα, η ασφάλεια και η ποιότητα άρχισαν να θεωρούνται πολύ σημαντικές. Τα πληροφοριακά συστήματα συντήρησης (Maintenance Management Information Systems) και τα όργανα παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού άρχισαν να εφαρμόζονται ευρέως στη βιομηχανία. Η αυτοματοποίηση και η εξέλιξη στις τεχνολογίες πληροφοριών έχουν καταστήσει τη χρήση τους στη βιομηχανία πολύ πιο εύκολη. Η προβλεπτική συντήρηση (Predictive Maintenance) αξιοποιεί πρακτικές, όπως η καταμέτρηση θερμοκρασίας, θορύβου, δονήσεων, ανάλυση λιπαντικού και διάβρωσης με σκοπό να ανιχνεύσει πιθανές αιτίες μελλοντικών αστοχιών (Vanzile and Otis 1992). Όταν ένας ή περισσότεροι από αυτούς τους δείκτες φτάσουν σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο επιδείνωσης ειδοποιείται το τμήμα συντήρησης

προκειμένου να αποκατασταθεί η επιθυμητή κατάσταση για τον εξοπλισμό. Αυτό σημαίνει ότι ο εξοπλισμός τίθεται εκτός υπηρεσίας μόνο όταν υπάρχουν ενδείξεις ότι υπάρχει χειροτέρευση της κατάστασής του. Η έξυπνη αυτή συντήρηση αυτή βασίζεται στην ίδια αρχή με την προληπτική συντήρηση, αν και χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό κριτήριο για τον προσδιορισμό του πότε υπάρχει ανάγκη για συντήρηση (Swanson 1997).

Χαρακτηριστικά προβλεπτικής συντήρησης

Όπως αναφέρθηκε, η μέθοδος προβλεπτικής συντήρησης βασίζεται στη χρήση συστημάτων μέτρησης και ελέγχου που επιτρέπουν την ουσιαστική διάγνωση της πραγματικής φυσικής κατάστασης του εξοπλισμού όσο αυτό βρίσκεται σε λειτουργία. Στόχος είναι η πρόγνωση του χρόνου επισκευής ή συντήρησης πριν από την εμφάνιση σοβαρών προβλημάτων ή βλαβών (Levitt 2003).

Ανάλογα με τα συμπεράσματα επιλέγονται οι κατάλληλες ενέργειες που εξασφαλίζουν την όσο το δυνατό μεγαλύτερη παραμονή της λειτουργίας ενός συστήματος στα φυσιολογικά όρια. Κάνοντας μια γενική αποτίμηση της μεθόδου της προβλεπτικής συντήρησης, τα αποτελέσματα συνοψίζονται ως εξής (Morris, 2006):

Πλεονεκτήματα

Βέλτιστη χρήση του εξοπλισμού με αύξηση της διαθεσιμότητας και του παραγωγικού χρόνου αφού οι κυριότεροι έλεγχοι συντήρησης γίνονται εν λειτουργία

Μειωμένο κόστος λειτουργίας λόγω αύξησης της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού

Μειωμένο κόστος συντήρησης λόγω μειωμένης κατανάλωσης ανταλλακτικών τα οποία εξαντλούν το όριο ζωής τους

Μείωση των άσκοπων συντηρήσεων

Ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εκδήλωσης εργατικών ατυχημάτων λόγω της αύξησης της ασφάλειας και αξιοπιστίας του εξοπλισμού

Μείωση αποθεμάτων ανταλλακτικών

Μείωση των δευτερευουσών ζημιών γιατί ο εξοπλισμός μπορεί να τεθεί εκτός λειτουργίας πριν συμβεί κάποια μεγάλη ζημιά άρα και μείωση του κόστους των επισκευών

Ανάλυση των αιτιών και των αστοχιών του εξοπλισμού και δημιουργία συνθηκών για τη βελτίωσή του

Μειωμένο κόστος λόγω υπερωριών και οικονομικότερη χρήση των τεχνικών συντήρησης γιατί εργάζονται βάσει προγράμματος και όχι εκτάκτως για την αποκατάσταση ξαφνικών βλαβών

Μειονεκτήματα

Απαιτήση σε εξειδικευμένο εξοπλισμό και ειδική εκπαίδευση

Απαιτείται η πάροδος κάποιου χρόνου μέχρι να φανεί η εξέλιξη των μετρούμενων μεγεθών και να διαγνωσθεί η κατάσταση της μηχανής.

Από τα παραπάνω, είναι αντιληπτό ότι η εφαρμογή του συστήματος απαιτεί επενδύσεις από την επιχείρηση σε εξειδικευμένο προσωπικό, όργανα και χρόνο.

Απόδοση της Συντήρησης

Δείκτες απόδοσης της συντήρησης

Η απόδοση της συντήρησης είναι ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα που διέπουν την οικονομική διοίκηση των επιχειρήσεων. Ωστόσο, η απόδοση αυτή συχνά υποβιβάζεται σε λειτουργία δευτερεύουσας σημασίας και

παραμελείται ή αγνοείται (Singh *et al.* 2000). Σαφέστατα, πρέπει ακόμη να γίνουν πολλά προκειμένου να επιτευχθεί η αρμονία μεταξύ των εταιρικών στόχων και των πρακτικών συντήρησης. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι η πολυπλοκότητα της λειτουργίας της συντήρησης καθιστά συχνά δύσκολο να αναπτυχθεί μια άμεση σχέση μεταξύ των διοικητικών αποφάσεων και της συνολικής επιτυχίας ή της αποτυχίας του συστήματος συντήρησης.

Για την μέτρηση της απόδοσης της συντήρησης χρησιμοποιούνται διάφοροι δείκτες. Οι δείκτες αυτοί που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της απόδοσης όταν είναι καλά ορισμένοι τότε μπορούν να καλύψουν διάφορα κενά επικοινωνίας μεταξύ του τομέα συντήρησης και της συνολικής εταιρικής στρατηγικής. Επιπλέον οι δείκτες της απόδοσης μπορούν να υποστηρίξουν ένα σημαντικό σύνδεσμο μεταξύ του τμήματος συντήρησης και των διοικητικών αποφάσεων και να υποστηρίξουν την εφαρμογή και την εκτέλεση των πρωτοβουλιών βελτίωσης παρέχοντας ενδείξεις για τις επιδόσεις της τρέχουσας και της επιθυμητής απόδοσης (Kaplan 1983, White and Pun 1996, Neely *et al.* 1995). Μια ακόμη σημαντική χρήση των δεικτών είναι ότι μπορούν να βοηθήσουν τους διευθυντές συντήρησης να επικεντρώσουν το προσωπικό συντήρησης και τους υλικούς πόρους σε συγκεκριμένους τομείς του συστήματος παραγωγής που ενδεχομένως επηρεάζουν την απόδοση της παραγωγικής διαδικασίας.

Μια ομάδα συγγραφέων επέλεξε να επικεντρωθεί σε συγκεκριμένες προσεγγίσεις για τη μέτρηση της απόδοσης της συντήρησης που έχουν σχέση με τις οργανωτικές αλλαγές, την εκτέλεση των στόχων της επιχείρησης και άλλες λειτουργίες. Οι Armitage και Jardine (1968) σημείωσαν ότι στην καλύτερη περίπτωση αυτοί οι δείκτες προειδοποιούν για την αναγκαιότητα λήψης κάποιων διορθωτικών μέτρων. Αντιστρόφως, οι κανόνες λήψης αποφάσεων πρέπει να είναι σε τέτοια θέση ώστε η επιθυμητή εξέλιξη να μπορεί να καθοριστεί με βάση τις τιμές των δεικτών απόδοσης. Ο Campbell (1995) ταξινομεί τους δείκτες απόδοσης που χρησιμοποιούνται πιο συχνά σε παράγοντες με βάση το αντικείμενο τους. Εξελίσσονταν την έρευνα που δημοσιεύτηκε από τους Kaplan και Norton (1992), ο Brown *et al.* (1994) τονίζει διάφορες προοπτικές της μέτρησης της απόδοσης της συντήρησης και προσδιορίζει τους κυριότερους τύπους μέτρων απόδοσης: μείωση του κόστους, μέτρηση εξοπλισμού παραγωγικής διαδικασίας, μέτρηση περιβαλλοντικής απόδοσης

Ο δείκτης απόδοσης που σχετίζεται με μείωση του κόστους της επιχείρησης

Η παραγωγική διαδικασία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το επίπεδο συντήρησης που εφαρμόζεται. Το τμήμα συντήρησης λειτουργεί παράλληλα με τα συστήματα παραγωγής για να τα διατηρήσει σε καλή κατάσταση και ασφαλή ώστε να λειτουργούν με το ελάχιστο κόστος. Ένας τρόπος για τη μείωση του κόστους της συντήρησης και του κόστους παραγωγής είναι η βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων της συντήρησης (Duffuaa και Al-Sultan, 1997) η οποία συμβάλλει στην απόδοση της συντήρησης. Μερικές σημαντικές μεταβλητές είναι:

Μείωση του κόστους συντήρησης Η μεταβλητή αυτή περιλαμβάνει τη μείωση των υλικών συντήρησης και την εξοικονόμηση πόρων μέσω καλύτερης διαχείρισης του προσωπικού (Wireman 2007). Ενδεικτικά μπορούν να αναφερθούν τα ακόλουθα μεγέθη:

Κόστος συντήρησης ανά προϊόν. Ο παράγοντας αυτός είναι ο πιο ευρέως διαδεδομένος για τη μέτρηση της απόδοσης της συντήρησης. Ορίζεται ως το συνολικό κόστος συντήρησης προς τον όγκο της παραγωγής και είναι

εκφρασμένες επίσης σε ευρώ/ποσότητα παραγωγής. Ο όγκος, όμως της παραγωγής δεν είναι σταθερός, αλλά λαμβάνει διάφορες τιμές για λόγους που δεν υπάγονται στον έλεγχο του τμήματος συντήρησης.

Κόστος συντήρησης ανά ώρα. Ορίζεται ως ο λόγος του συνολικού κόστους συντήρησης προς τις συνολικές εργατοώρες

Δείκτης κόστους συντήρησης. Ορίζεται ως ο λόγο του κόστους συντήρησης προς το συνολικό κόστος της παραγωγής

Μείωση του κόστους παραγωγής. Σημαντική μεταβλητή μέτρησης της απόδοσης της συντήρησης σε μια βιομηχανία είναι η παραγωγικότητα η οποία σημαίνει μείωση του κόστους παραγωγής. Ενδεικτικά μπορούν να αναφερθούν τα ακόλουθα μεγέθη:

Ποσοστό απόδοσης. Το ποσοστό αυτό δείχνει την ταχύτητα της παραγωγής και εκφράζεται ως ο λόγος της ποσότητας των προϊόντων / χρόνο που παράχθηκαν. Οι πρακτικές συντήρησης επηρεάζουν την παραγωγικότητα. Η κατάσταση του εξοπλισμού μπορεί να συμπεριλάβει μεγέθη με βάση το θόρυβο, τους κραδασμούς και τη θερμοκρασία. Αυτό μπορεί να επηρεάσει την παραγωγικότητα.

Κόστος παραγωγής ανά προϊόν. Ο δείκτης αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαπίστωση των επιπτώσεων των εργασιών συντήρησης. Ενδεικτικά αναφέρεται ως μονάδα μέτρησης το €/ποσότητα παραγωγής

Ο δείκτης απόδοσης που σχετίζεται με το περιβάλλον (Tam et al. 2006, Bennet 1999)

Αυτός ο δείκτης περιλαμβάνει μια σειρά από μεταβλητές οι οποίες άμεσα ή έμμεσα σχετίζονται με το περιβάλλον. Το περιβάλλον αποτελεί την πηγή των πόρων που μπορεί να αντλήσει ο άνθρωπος και κατά επέκταση ένας οργανισμός. Η κατάσταση του περιβάλλοντος είναι δυναμική και είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι επιχειρήσεις πρέπει να κατανοούν και να ορίζουν τις δυνατότητες τους με βάση το τι μπορούν να αντλήσουν από το περιβάλλον (Porter, 1990). Το περιβάλλον από το οποίο πλασιώνεται μια επιχείρηση περιλαμβάνει τον αέρα, το νερό, τη γη και τους φυσικούς πόρους (Tam et al. 2006). Το εξωτερικό περιβάλλον μιας επιχείρησης ξεκινάει από την ίδια την επιχείρηση και εκτείνεται στο παγκόσμιο σύστημα. Ο αντίκτυπος που έχει η μόλυνση του περιβάλλοντος στη συνολική διάρκεια ζωής της παραγωγικής διαδικασίας αποτελεί σοβαρό πρόβλημα για τις βιομηχανίες (Polster et al. 1996 Morledge and Jackson, 2001) και αποτελεί αξιοσημείωτη πρόκληση για βελτίωση.

Ο δείκτης απόδοσης που σχετίζεται με τον παραγωγικό εξοπλισμό (Parida and Chattopadhyay 2007)

Σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές (Kelly 1989, Tsang 1998, Visser and Pretorius, 2003) οι στόχοι της συντήρησης έχουν άμεση σχέση με την επίτευξη των στόχων της παραγωγικής διαδικασίας μέσω της υψηλής διαθεσιμότητας του εξοπλισμού, την επίτευξη της επιθυμητής ποιότητας και της τήρησης των κανόνων ασφαλείας. Η κακή απόδοση των μηχανών, ο μεγάλος χρόνος διακοπής και η ατελέσφορη συντήρηση των εγκαταστάσεων οδηγούν στη μείωση των κερδών, απώλεια των ευκαιριών αγοράς και την απώλεια της παραγωγής. Επιπρόσθετα, οι πόροι της συντήρησης πρέπει να χρησιμοποιούνται έτσι ώστε ο παραγωγικός εξοπλισμός να είναι σε καλή κατάσταση, η βιομηχανία να επιτυγχάνει το προσδόκιμο όριο ζωής και η χρήση της ενέργειας και της κατανάλωσης των πρώτων υλών να είναι η βέλτιστη δυνατή (Dekker 1996). Οι μεταβλητές που συνθέτουν αυτόν το

δείκτη εκφράζονται ως εξής:

Ποιότητα. Ο δείκτης αυτός αναφέρεται στην ποιότητα των παραγομένων. Ειδικότερα είναι ο λόγος των αποδεκτών ποιοτικά προϊόντων προς το συνολικό αριθμό που παράγονται. Αυτή η μεταβλητή χρησιμοποιείται ευρέως από το τμήμα ποιοτικού ελέγχου της επιχείρησης.

Διαθεσιμότητα. Η διαθεσιμότητα εκφράζεται ως το ποσοστό διαθεσιμότητας του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή. Μπορεί να μετρηθεί ως Μέσος Χρόνος μεταξύ βλαβών (**MTBF**) = αριθμός ωρών λειτουργίας/ αριθμός βλαβών ή ως Μέσος χρόνος για επισκευή (**MTTR**) = άθροισμα του συνολικού χρόνου επισκευής/αριθμός βλαβών.

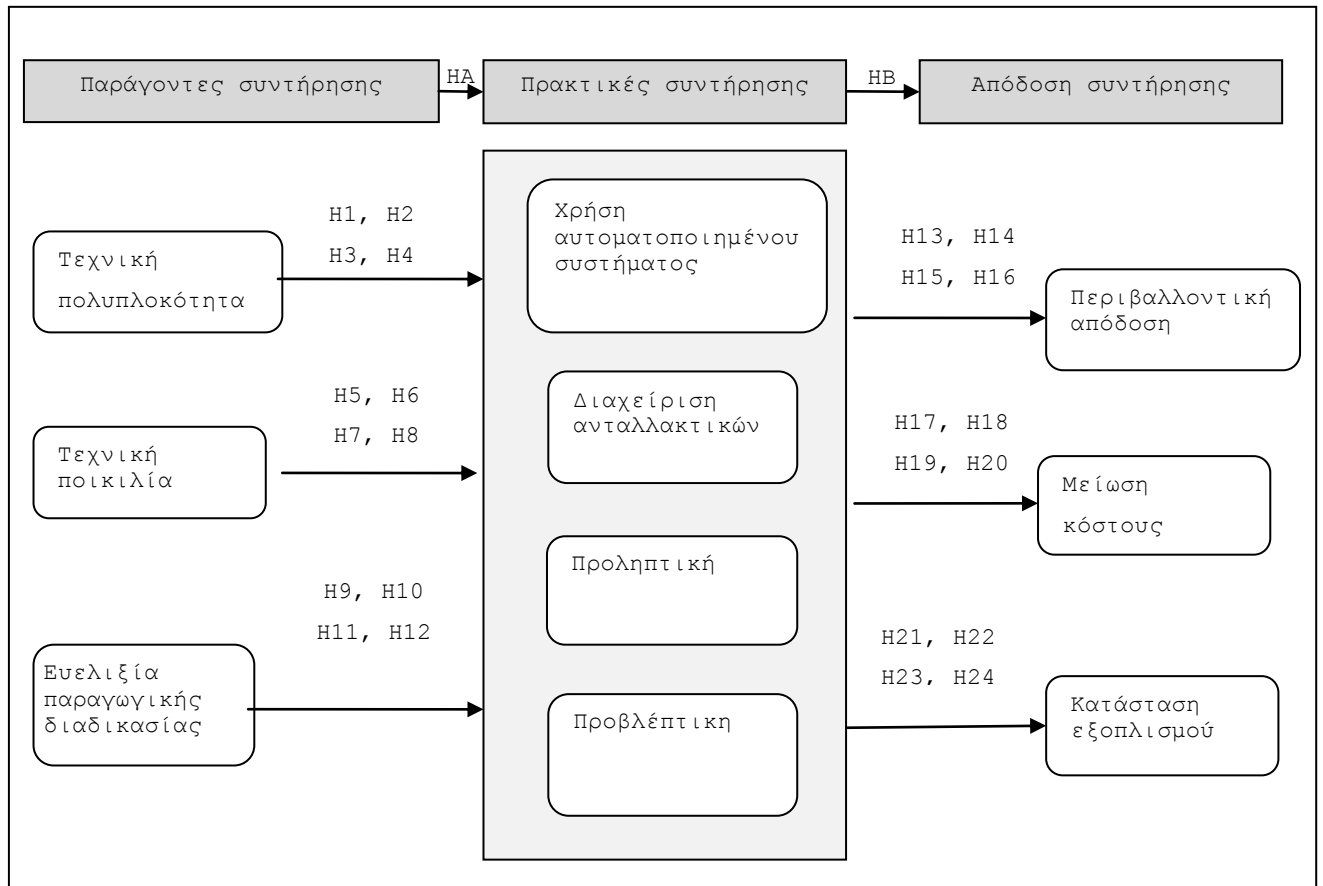
Παραγωγικότητα. Σε γενικές γραμμές η παραγωγικότητα ορίζεται ως ο λόγος της εξόδου προς την είσοδο ενός παραγωγικού συστήματος. Η έξοδος του συστήματος παραγωγής είναι τα προϊόντα, ενώ η είσοδος αποτελείται από διάφορους πόρους, όπως η εργασία, ο παραγωγικός εξοπλισμός και ότι άλλο χρησιμοποιείται για την παραγωγή των προϊόντων. Με δεδομένη είσοδο εάν μπορούν να εξαχθούν περισσότερα προϊόντα τότε επιτυγχάνεται υψηλότερη αποδοτικότητα της παραγωγικής διαδικασίας και άρα μείωση του κόστους παραγωγής. Μπορεί να εκφραστεί ως οι πόροι που δαπανώνται για μια συγκεκριμένη παραγωγή.

Ερευνητικό Μοντέλο

Σκοπός της έρευνας είναι η διερεύνηση των πρακτικών συντήρησης που εφαρμόζονται στον κλάδο της βιομηχανίας και πως αυτές επηρεάζουν την απόδοσή της. Το μοντέλο που κατασκευάζεται είναι το αποτέλεσμα της σύνθεσης ερευνητικών συμπερασμάτων και απόψεων ερευνητών που ασχολήθηκαν με το συγκεκριμένο τομέα σε διεθνές επίπεδο. Καταβλήθηκε προσπάθεια να συμπεριληφθούν όσο το δυνατόν περισσότεροι παράγοντες ώστε το μοντέλο να λαμβάνει υπόψη τους βασικότερους από αυτούς που επηρεάζουν τις πρακτικές συντήρησης και έτσι τα αποτελέσματα να παρουσιάζουν μεγαλύτερη ακρίβεια.

Το προτεινόμενο μοντέλο, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1, είναι το αποτέλεσμα διεξοδικής μελέτης όλων των δεικτών και των παραγόντων που τους αποτελούν. Το μοντέλο αυτό δείχνει τους παράγοντες που επηρεάζουν τις πρακτικές συντήρησης και το πώς αυτές επηρεάζουν την απόδοση της συντήρησης. Παρατηρώντας το μοντέλο διακρίνεται ότι αποτελείται από 16 βασικούς δείκτες. Αυτοί είναι: η αλληλεξάρτηση, η τεχνική πολυπλοκότητα, πολιτική αγοράς νέου εξοπλισμού, η ευελιξία παραγωγικής διαδικασίας, η τεχνική ποικιλία, η επικοινωνία και ο συντονισμός, η εκπαίδευση του προσωπικού, η αντίδραση σε βλάβη, η ανάθεση εργασιών σε εξωτερικούς συνεργάτες, η κατάσταση του εξοπλισμού η μείωση του κόστους, η ικανοποίηση των πελατών, η ασφάλεια του προσωπικού και η περιβαλλοντική απόδοση.

Οι δείκτες αυτοί με τη σειρά τους ομαδοποιούνται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες που αφορούν α) τους παράγοντες που επηρεάζουν τις πρακτικές συντήρησης και έχουν σχέση με την τεχνολογία παραγωγής, β) τις πρακτικές συντήρησης και γ) την απόδοση της συντήρησης. Οι τρεις αυτές κατηγορίες είναι και τα στάδια που πρέπει να έχει στο μυαλό του ένας διευθυντής συντήρησης κατά το σχεδιασμό της εταιρικής στρατηγικής για τη συντήρηση. Απώτερος σκοπός των σταδίων αυτών είναι η επίτευξη μιας συντήρησης που να προσδίδει αξία στην επιχείρηση.



Διάγραμμα 1: Το ερευνητικό μοντέλο που προέκυψε από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση

Διερεύνηση Υποθέσεων

Το μοντέλο που δημιουργήθηκε αποτελείται από παράγοντες που επηρεάζουν σε μεγάλο ή μικρό βαθμό τις πρακτικές και την απόδοση της συντήρησης. Αυτοί οι παράγοντες που θεωρούνται και οι πιο σημαντικοί έχουν διυλιστεί από σύγχρονες δημοσιευμένες έρευνες και τη βιβλιογραφία. Μια σύγχρονη βιομηχανία που αποφασίζει την εφαρμογή διάφορων πρακτικών συντήρησης και θέλει να είναι αποτελεσματικές οφείλει να λάβει υπόψη όλους τους παράγοντες που αναπτύχθηκαν στα παραπάνω κεφάλαια.

Πίνακας 1: Πίνακας διερεύνησης υπόθεσης HA

| Υπόθεση | Αιτιώδης Σχέση | Μελετητές |
|---------|--|---|
| H1 | Τεχνική πολυπλοκότητα → Στρατηγική αντίδρασης στις βλάβες | Swanson (1997) |
| H2 | Τεχνική πολυπλοκότητα → Τεχνική εξειδίκευση | Swanson (1997) |
| H3 | Τεχνική πολυπλοκότητα → Επικοινωνία και συντονισμός | Swanson (1997), Tsang (2002) |
| H4 | Τεχνική πολυπλοκότητα → Ανάθεση εργασιών σε εξωτερικούς συνεργάτες | Cholesuke et al. (2004) |
| H5 | Τεχνική ποικιλία → Στρατηγική αντίδρασης στις βλάβες | Swanson (1997) |
| H6 | Τεχνική ποικιλία → Τεχνική εξειδίκευση | Swanson (1997), Morisson and Upton (1994) |
| H7 | Τεχνική ποικιλία → Επικοινωνία και συντονισμός | Swanson (1997) |
| H8 | Τεχνική ποικιλία → Ανάθεση εργασιών σε εξωτερικούς συνεργάτες | Cholesuke et al. (2004) |
| H9 | Ευελιξία παραγωγικής διαδικασίας → Στρατηγική αντίδρασης στις | Pintelon et al. (2004), |

| | | |
|-----|---|--|
| | βλάβες | Pinjala et al. (2004) |
| H10 | Ευελιξία παραγωγικής διαδικασίας → Τεχνική εξειδίκευση | Pintelon et al. (2004), Pinjala et al. (2004) |
| H11 | Ευελιξία παραγωγικής διαδικασίας → Επικοινωνία και συντονισμός | Pintelon et al. (2004), Pinjala et al. (2004) |
| H12 | Ευελιξία παραγωγικής διαδικασίας → Ανάθεση εργασιών σε εξωτερικούς συνεργάτες | Pintelon et al. (2004), Pinjala et al. (2004) |

Πίνακας 2: Πίνακας διερεύνησης υπόθεσης ΗΒ

| | | |
|-----|---|---|
| H13 | Στρατηγική αντίδρασης στις βλάβες → Περιβαλλοντική απόδοση | Cholesuke et al. (2004), Klassen and Whybark (1999) |
| H14 | Στρατηγική αντίδρασης στις βλάβες → Μείωση κόστους | Swanson (2001), Kirby (2000) |
| H15 | Στρατηγική αντίδρασης στις βλάβες → Κατάσταση του εξοπλισμού | Swanson (2001), Kutucuoglu et al. (2002) |
| H16 | Τεχνική εξειδίκευση → Περιβαλλοντική απόδοση | Pintelon et al. (2006) |
| H17 | Τεχνική εξειδίκευση → Μείωση κόστους | Cholesuke et al. (2004), Nakajima (1988) |
| H18 | Τεχνική εξειδίκευση → Κατάσταση του εξοπλισμού | Swanson (2001) |
| H19 | Χρήση αυτοματοποιημένου συστήματος → Περιβαλλοντική απόδοση | Pintelon et al. (2006) |
| H20 | Χρήση αυτοματοποιημένου συστήματος → Μείωση κόστους | Cholesuke et al. (2004), Kirby (2000), Levitt (1997) |
| H21 | Χρήση αυτοματοποιημένου συστήματος → Κατάσταση του εξοπλισμού | Pintelon et al. (2006) |

Στους Πίνακες 1 και 2 παρουσιάζονται όλες οι ερευνητικές υποθέσεις που ελήφθησαν από τη βιβλιογραφία και είναι το αντικείμενο της παρούσας έρευνας. Η κάθε μία από τις στατιστικές υποθέσεις Ηα και Ηβ απαρτίζεται από 20 επιμέρους υποθέσεις.

Ερευνητική Μεθοδολογία

Η έρευνα που διεξήχθη περιλαμβάνει επιχειρήσεις κυρίως από την Ελλάδα, Οι βιομηχανίες οργανώθηκαν με βάση το μέγεθος και το είδος τις παραγωγής. Σημαντικό μέρος των ληφθέντων ερωτηματολογίων ανήκει στις λεγόμενες «βαριές» βιομηχανίες, όπως η επεξεργασία χάρτου, στις οποίες υπάρχει ανάγκη για 24ωρη συντήρηση. Για πρακτικούς λόγους οι βιομηχανίες κατηγοριοποιήθηκαν σε 3 ομάδες: τις μικρές βιομηχανίες, τις μεσαίες βιομηχανίες και τις μεγάλες βιομηχανίες (Πίνακας 3) ώστε να αυξηθεί το εύρος του δείγματος. Στον Πίνακα 3 ορίζονται τα κριτήρια κάθε κατηγορίας και τα ποσοστά που συμμετέχουν στην έρευνα.

Πίνακας 3: Προέλευση ερωτηματολογίων της έρευνας

| Κατηγορίες Επιχειρήσεων | Αριθμός εργαζομένων | Κύκλος εργασιών | Αριθμός |
|-------------------------|---------------------|-----------------|---------|
| Μεγάλες | > 250 | > 50 εκ. € | 28 |
| Μεσαίες | < 250 | < 50 εκ. € | 54 |
| Μικρές | < 50 | < 10 εκ. € | 48 |

Η προσπάθεια που καταβλήθηκε για τη συλλογή των ερωτηματολογίων ήταν μεγάλη. Ο χρόνος που απαιτούνταν για τη συμπλήρωση του ήταν 10-15 λεπτά. Μέσω τηλεομοιοτυπίας και ηλεκτρονικής αλληλογραφίας εστάλησαν συνολικά 800 ερωτηματολόγια και επιστράφηκαν συμπληρωμένα 130 (Μ. Ο.

16%). Το πρώτο ερωτηματολόγιο στάλθηκε στις 10 Αυγούστου 2011 και το τελευταίο στις 20 Ιανουαρίου 2012. Ο χαμηλός δείκτης επιστροφής των ερωτηματολογίων οφείλεται στο ότι η μέτρηση της συντήρησης είναι ουσιαστικά μια «ακτινογραφία» της εσωτερικής κατάστασης των επιχειρήσεων κάτι που πολλοί από τους ερωτώμενους δεν θέλησαν να δημοσιοποιήσουν

Η επιλογή των ερωτήσεων έγινε ούτως ώστε να ληφθούν απαντήσεις που αφορούν το σύνολο των παραγόντων που συνθέτουν τις πρακτικές και την απόδοση της συντήρησης. Το ερωτηματολόγιο που σχεδιάστηκε για την παρούσα έρευνα αποτελείται από 101 ερωτήσεις που συνθέτουν τα πέντε κύρια μέρη: α) Γενικές πληροφορίες για τη βιομηχανία και τον συμμετέχοντα, β) Περιγραφή των παραγόντων που επηρεάζουν τον τρόπο διαχείρισης της συντήρησης, γ) Πρακτικές που εφαρμόζει το τμήμα συντήρησης, δ) Ο βαθμός έμφασης της γενικής διοίκησης για τη συντήρηση, ε) Μέτρηση απόδοσης συντήρησης.

Ανάλυση και Ερμηνεία των Αποτελεσμάτων

Περιγραφικά στοιχεία

Προκειμένου να παρουσιαστεί η συχνότητα των διαφορετικών τιμών των δεδομένων για κάθε μεταβλητή κατασκευάζονται Πίνακες με την ανάλυση συχνοτήτων. Σύμφωνα με τις απαντήσεις που δόθηκαν συγκεντρώθηκαν τα κάτωθι στοιχεία.

Πίνακας 4: Περιγραφικά στατιστικά αποτελέσματα ερευνητικού δείγματος

| | | <u>Στατιστικά Αποτελέσματα</u> | |
|---------------------------------------|---------------------------------|--|---|
| Χαρακτηριστικά ανά των στελεχών | Επαγγελματική Θέση | Γεν. Διευθυντής: 42% | Υπεύθυνος Συντ: 29% Υπεύθυνος Παρ.: 29% |
| | Εκπαίδευση | Μεταπτυχιακή: 20% | Τεχνολογική: 28% Πανεπιστημιακή: 38% Δευτεροβάθμια: 14% |
| | Επαγγελματική Εμπειρία (χρόνια) | 2 - 5 16 6 - 20 71 | 21< 43 |
| Χαρακτηριστικά επιχείρησης | Συνολικός αριθμός εργαζομένων | 50: 46% 51-250: 38% | >250 16% |
| | Κλάδος | Πλαστικά: 12% Μέταλλο: 9% Τρόφιμα: 29% | Εύλο: 9% Χαρτί: 12% Άλλο: 29% |
| | Πωλήσεις | < 10 εκ €: 60% 10 εκ -50 εκ€: 28% | >50 εκ €: 12% |
| | Ανταγωνιστική Θέση | Ηγέτης: 21% Μεγ. παίχτης: 42% Ανταγωνιστική: 32% | Μικρός παίχτης: 5% Ουραγός: 0,0% |

* Εκατομμύρια Euro / (Μέγεθος δείγματος, N=130)

Παραγοντική Ανάλυση

Πίνακας 5: Ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας

| Παράγοντας | Αποτελέσματα | Μεταβλητή | Φορτίσεις |
|--|-----------------------|---|-----------|
| Χρήση αυτοματοποιημένου συστήματος συντήρησης | K.M.O.= 0.736 | Το αυτοματοποιημένο σύστημα συντήρησης χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό και τον σχεδιασμό των εργασιών | 0.850 |
| | Bartlett's Sig = 0.00 | Το αυτοματοποιημένο σύστημα συντήρησης χρησιμοποιείται για τη διάγνωση βλαβών του εξοπλισμού | 0.792 |
| | (TVE) = 62.278 | Το αυτοματοποιημένο σύστημα συντήρησης χρησιμοποιείται για την καταγραφή του ιστορικού επισκευής του εξοπλισμού | 0.752 |
| | Cronbach (a) =0.896 | Το αυτοματοποιημένο σύστημα συντήρησης χρησιμοποιείται για τον έλεγχο και τον χρονοπρογραμματισμό των εργασιών συντήρησης | 0.716 |
| | | Το αυτοματοποιημένο σύστημα συντήρησης χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του αποθέματος της αποθήκης ανταλλακτικών | 0.729 |

| | | | |
|---------------------------------|---|--|---|
| | | Το αυτοματοποιημένο σύστημα συντήρησης χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό των αγορών νέων ανταλλακτικών Το αυτοματοποιημένο σύστημα συντήρησης χρησιμοποιείται για τον ολικό έλεγχο του κόστους συντήρησης | 0.831 0.842 |
| Διαχείριση ανταλλακτικών | Bartlett's Sig = 0.005 (TVE) =51.716 Cronbach (a) =0.682 | Ο έλεγχος των ανταλλακτικών που έχουν αποσυρθεί από την αποθήκη γίνεται μέσω προσωπικής παρατήρησης Η διαχείριση των ανταλλακτικών γίνεται με βάση το πόσο αναγκαίο είναι Η διαχείριση των ανταλλακτικών γίνεται με βάση το χρόνο παράδοσης Η διαχείριση των ανταλλακτικών γίνεται με βάση την τιμή του ανταλλακτικού Η διαχείριση των ανταλλακτικών γίνεται με βάση το βαθμό επισκευασιμότητας του υλικού Η διαχείριση των ανταλλακτικών γίνεται με βάση το κόστος αποθήκευσης Ο έλεγχος της στάθμης ανταλλακτικών γίνεται μέσω μαθηματικών μοντέλων, όπως η οικονομική παραγγελία ποσοτήτων ή με τη χρήση οδηγών μέγιστου - ελάχιστου αποθέματος Ο έλεγχος της αποθήκης ανταλλακτικών γίνεται μέσω ετήσιας καταμέτρησης του 100% του αποθέματος ή μέσω τακτικών ελέγχων σε τακτικά χρονικά διαστήματα | 0.790 0.719 0.692 0.668 |
| Τεχνική ποιότητα | K.M.O. = 0.572 Bartlett's Sig = 0.001 (TVE) = 82.469 Cronbach (a) =0.954 | Ο εξοπλισμός είναι τυποποιημένος Η ηλικία του εξοπλισμού είναι μεγαλύτερη από 20 έτη Η προμήθεια του εξοπλισμού έγινε από μερικούς επώνυμους κατασκευαστές εξοπλισμού Η ηλικία του εξοπλισμού είναι από 0-20 έτη | 0.908 0.908 |
| Προβλεπτική συντήρηση | K.M.O. = 0.723 Bartlett's Sig = 0.00 (TVE) = 56.25 Cronbach (a) =0.797 | Οι περισσότεροι έλεγχοι στα μηχανήματα γίνονται από τους χειριστές όταν αυτά είναι σε λειτουργία Υπάρχει ένα περιοδικό σύστημα ελέγχου του εξοπλισμού που αναγνωρίζει τα πιθανά προβλήματα πριν συμβεί η παύση της παραγωγής λόγω βλάβης Οι επιθεωρήσεις γίνονται ακριβώς όπως ορίστηκαν όταν καθορίστηκαν Υπάρχει σύστημα ιεράρχησης προτεραιοτήτων που χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό και την αξιολόγηση των εργασιών συντήρησης και αυτό είναι αποδεκτό από όλους τους εργαζομένους του εργοστασίου. Το πλήθος των εργασιών συντήρησης προέρχεται από τις διάφορες τακτικές επιθεωρήσεις Υπάρχουν διαθέσιμα όργανα που βοηθούν στη διάγνωση της κατάστασης ενός μηχανήματος | 0.529 0.776 0.865 0.721 0.813 |
| Προληπτική συντήρηση | K.M.O. = 0.679 Bartlett's Sig = 0.00 (TVE) = 67.087 Cronbach (a) =0.831 | Όταν συμβαίνει κάποια βλάβη ενημερώνονται οι διαδικασίες συντήρησης ώστε να μην ξανασυμβεί το ίδιο πρόβλημα στο μέλλον Περισσότερο από 80% των προγραμματισμένων εργασιών ολοκληρώνεται μέσα στην εβδομάδα Υπάρχουν μετρήσεις με σκοπό την παρακολούθηση της απόδοσης και του αποτελέσματος της διαδικασίας Προληπτικής Συντήρησης Οι διαδικασίες Προληπτικής Συντήρησης αναθεωρούνται και ενημερώνονται όταν γίνονται αλλαγές στον εξοπλισμό ή τις πρακτικές Οι επισκευές λόγω βλάβης ενός μηχανήματος καταλαμβάνουν το 15% του συνολικού εβδομαδιαίου χρόνου συντήρησης Υπάρχει πρόγραμμα λίπανσης που διαβεβαιώνει ότι ο εξοπλισμός λιπαίνεται τακτικά με το κατάλληλο λιπαντικό | 0.870 0.757 0.834 0.812 |
| Ευελξία παραγωγικής διαδικασίας | K.M.O. = 0.577 Bartlett's Sig = 0.00 (TVE) = 71.007 Cronbach (a) =0.795 | Κατά την παραγωγική διαδικασία υπάρχει ευελξία στην ποσότητα που παράγεται Κατά την παραγωγική διαδικασία υπάρχει ευελξία στην παραγωγή διαφόρων τύπων προϊόντων Κατά την παραγωγική διαδικασία υπάρχει ευελξία του εργατικού δυναμικού | 0.802 0.888 0.836 |
| Εξοπλισμός | K.M.O. = 0.663 Bartlett's Sig = 0.00 (TVE) = 68.945 Cronbach (a) =0.772 | Πόσο συνέβαλλε, τα 2 τελευταία έτη, η συντήρηση στη διαθεσιμότητα του παραγωγικού εξοπλισμού Πόσο συνέβαλλε, τα 2 τελευταία έτη, η συντήρηση στην αύξηση της παραγωγικότητας Πόσο συνέβαλλε, τα 3 τελευταία έτη η συντήρηση στη μείωση των ελαττωματικών προϊόντων | 0.797 0.883 0.808 |
| Κόστος | K.M.O. = 0.5 Bartlett's Sig = 0.00 (TVE) = 70.5 Cronbach (a) =0.578 | Πόσο συνέβαλλε, τα 2 τελευταία έτη, η συντήρηση στη μείωση του κόστους συντήρησης Πόσο συνέβαλλε, τα 2 τελευταία έτη, η συντήρηση στη μείωση του κόστους παραγωγής | 0.840 0.840 |
| Περιβαλλοντική απόδοση | K.M.O. = 0.627 Bartlett's Sig = 0.00 (TVE) = 65.197 Cronbach (a) =0.731 | Πόσο συνέβαλλε, τα 2 τελευταία έτη, η συντήρηση στη μείωση των εκπνεόμενων ατμοσφαιρικών ρύπων Πόσο συνέβαλλε, τα 2 τελευταία έτη, η συντήρηση στη μείωση των αναγκών σε νερό Πόσο συνέβαλλε, τα 2 τελευταία έτη, η συντήρηση στη μείωση των απαιτούμενων α' υλών Πόσο συνέβαλλε, τα 2 τελευταία έτη, η συντήρηση στη μείωση των παρατηρήσεων λόγω περιβαλλοντικής μόλυνσης από δημόσιες υπηρεσίες | 0.742 0.876 0.798 |

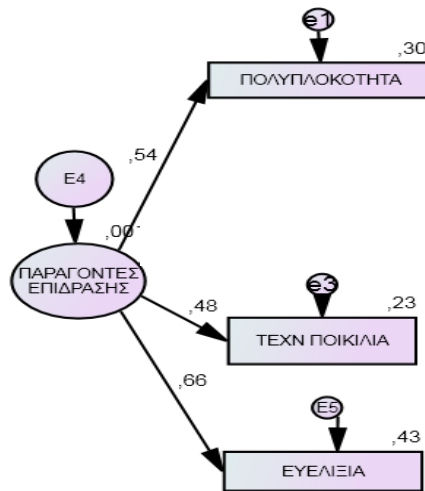
Οι δείκτες οι οποίοι εξετάστηκαν για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της παραγοντικής ανάλυσης είναι οι: α) K.M.O., β) Bartlett 's test of sphericity, γ) Total Variance Explained (TVE) και δ) φορτίσεις της κάθε μεταβλητής στον παράγοντα που ανήκει. Σύμφωνα με τον Malhotra (1999), για να είναι δυνατή η χρήση της παραγοντικής ανάλυσης, θα πρέπει ο δείκτης K.M.O. να παίρνει τιμές μεγαλύτερες του 0.6, η σημαντικότητα (significance) του δείκτη Bartlett 's test of sphericity να είναι μικρότερο από 0.05, το TVE να είναι μεγαλύτερο από 60% και οι φορτίσεις της κάθε μεταβλητής να είναι μεγαλύτερες από 0.7.

Εξετάζοντας τα αποτελέσματα της παραγοντικής ανάλυσης, διαπιστώνεται ότι, έστω και οριακά, οι υπό-εξέταση παράγοντες πληρούν τις παραπάνω προϋποθέσεις και, άρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περαιτέρω διερεύνηση του μοντέλου και των ερευνητικών υποθέσεων. Θα πρέπει να υπογραμμισθεί ότι για παράγοντες με δύο μεταβλητές δεν ισχύει ο περιορισμός ότι ο Κ.Μ.Ο. θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος του 0.6. Η αξιοπιστία μπορεί να ερευνηθεί με ποικίλους τρόπους, πιο συνηθισμένος τρόπος όμως είναι μέσω του δείκτη Cronbach alpha (α). Σύμφωνα με αυτό το δείκτη, θεωρούνται αποδεκτές τιμές μεγαλύτερες του 0,7 (De Vellis 1991).

Παραγοντική Ανάλυση Δευτέρας Τάξης

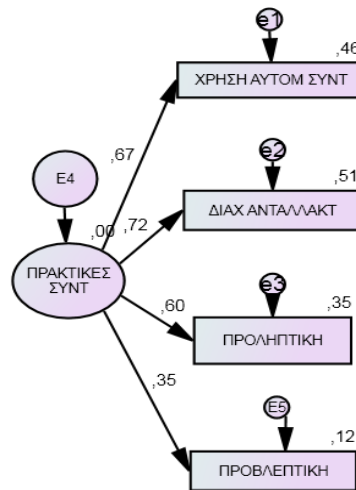
Το επόμενο βήμα ήταν η διανομή του τελικού ερωτηματολογίου σε 750 επιχειρήσεις εκ των οποίων απάντησαν 161. Τελικά, 130 ερωτηματολόγια ήταν σωστά συμπληρωμένα και κατάλληλα για την εξαγωγή στατιστικών συμπερασμάτων. Με την χρήση των συστημάτων δομικών εξισώσεων έγινε παραγοντική ανάλυση δευτέρας τάξης για να διαπιστωθεί κατά πόσο οι εναπομείναντες παράγοντες ικανοποιούν τις αρχικές υποθέσεις Ηα και Ηβ.

Τα στατιστικά μέτρα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τον παραπάνω έλεγχο είναι: Ο λόγος της ελάχιστης απόκλισης με τους βαθμούς ελευθερίας (CMIN/DF) (Bollen 1989). Ως όριο λαμβάνεται ο αριθμός 5. Ο δείκτης καλής προσαρμογής (Goodness of Fit Index - GFI) (Jöreskog and Sorbom 1984). Ικανοποιητικές θεωρούνται τιμές μεγαλύτερες του 0.9. Ο συγκριτικός δείκτης προσαρμογής (Comparative Fit Index - CFI) (Bentler 1990). Τιμές μεγαλύτερες του 0.90 δείχνουν καλή προσαρμογή. Ο δείκτης υπολοίπου της ρίζας των μέσων τετραγώνων (Root Mean Residual - RMR) (Hair et al. 1995). Ως αποδεκτές θεωρούνται τιμές μικρότερες του 0.1. Ο δείκτης της μέσης τετραγωνικής ρίζας του λάθους της προσέγγισης (Root Mean Square Error of Approximation - RMSEA) (Steiger 1990). Η τιμή που αντιπροσωπεύει καλή προσαρμογή είναι μεταξύ 0.05 και 0.08.



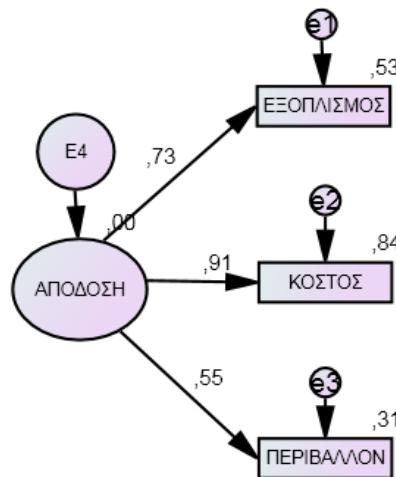
| $\chi^2/ d. f.$ | GFI | CFI | RMR | RMSEA |
|-----------------|-------|-----|-------|-------|
| 0.472 | 0.996 | 1 | 0.027 | 0 |

Διάγραμμα 2: Καταλληλότητα μοντέλου παραγόντων συντήρησης



| $\chi^2/ d. f.$ | GFI | CFI | RMR | RMSEA |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| 1.919 | 0.985 | 0.976 | 0.034 | 0.084 |

Διάγραμμα 3: Καταλληλότητα μοντέλου πρακτικών συντήρησης



| $\chi^2/ d. f.$ | GFI | CFI | RMR | RMSEA |
|-----------------|-----|-----|-----|-------|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

Διάγραμμα 4: Καταλληλότητα μοντέλου απόδοσης συντήρησης

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.2 διαπιστώνεται ότι οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν για την προσαρμογή των δεδομένων στο προτεινόμενο μοντέλο έδωσαν αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα.

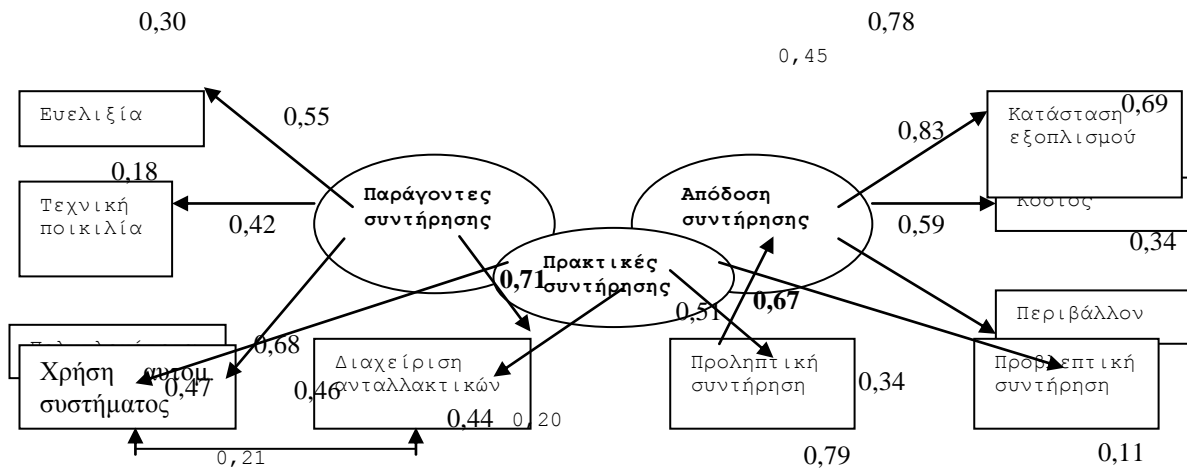
Με τη βοήθεια όλων των ανωτέρω στατιστικών αναλύσεων (Σχήμα 6.9, Σχήμα 6.10, Σχήμα 6.11) διαμορφώθηκε το μοντέλο του Σχήματος 6.12 που ελέγχει την εγκυρότητα των υποθέσεων H_0 και H_1 .

Σχολιάζοντας το παρακάτω μοντέλο διακρίνεται εύκολα η ισχυρή σχέση μεταξύ των παραγόντων της συντήρησης και των πρακτικών συντήρησης (H_0)

και μεταξύ των πρακτικών συντήρησης και της απόδοσης της συντήρησης (Hβ). Από τη μεριά του υπεύθυνου συντήρησης αυτό δεν πρέπει να παραμελείται. Το περιβάλλον της παραγωγικής διαδικασίας ή αλλιώς οι παράγοντες της συντήρησης διαμορφώνουν το βαθμό εφαρμογής διαφόρων πρακτικών συντήρησης και αυτές με τη σειρά τους διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην απόδοση.

Τα παραπάνω ευρήματα επαληθεύουν πλήρως την αναφερθείσα βιβλιογραφία που αναφέρεται στο ότι η συντήρηση προσθέτει αξία στην επιχείρηση και δεν είναι ένα «αναγκαίο κακό».

0,61



| $\chi^2 / d.f.$ | GFI | CFI | RMR | RMSEA |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| 1,763 / 0,38 | 0,921 | 0,924 | 0,067 | 0,77 |

Διάγραμμα 5: Συνθετικό μοντέλο της έρευνας

Άμεση και Έμμεση Σχέση Μεταβλητών

Μετά την ανάλυση αξιοπιστίας των μεταβλητών μελετάται η σχέση (άμεση ή/και έμμεση) που παρουσιάζουν μεταξύ τους. Η άμεση σχέση απεικονίζει την βασική σύνδεση των μεταβλητών του μοντέλου της έρευνας. Η έμμεση σχέση δηλώνει ότι οι μεταβλητές μεταξύ τους μπορούν να έχουν και έμμεση αλληλεπίδραση. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6: Άμεσες και έμμεσες επιδράσεις των παραγόντων του ερευνητικού μοντέλου

| | | Παράγοντες που επηρεάζουν τη συντήρηση | Πρακτικές συντήρησης | Απόδοση συντήρησης |
|------------------------|---|--|----------------------|--------------------|
| Πρακτικές συντήρησης | A | 0.711 | | |
| | E | | | |
| | Σ | 0.711 | | |
| Απόδοση συντήρησης | A | | 0.67 | |
| | E | 0.476 | | |
| | Σ | 0.476 | 0.67 | |
| Περιβαλλοντική απόδοση | A | | | 0.585 |
| | E | 0.279 | 0.392 | |

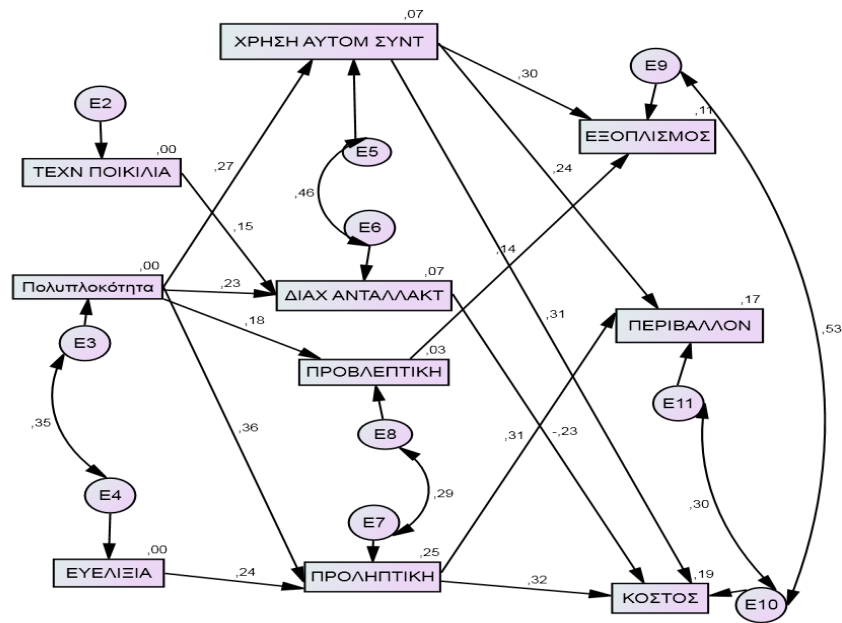
| | | | | |
|---|---|--------------|--------------|--------------|
| | Σ | 0.279 | 0.392 | 0.585 |
| Κόστος | A | | | 0.833 |
| | E | 0.397 | 0.558 | |
| | Σ | 0.397 | 0.558 | 0.833 |
| Κατάσταση εξοπλισμού | A | | | 0.784 |
| | E | 0.373 | 0.525 | |
| | Σ | 0.373 | 0.525 | 0.784 |
| Χρήση αυτομ. συστήματος | A | | | 0.463 |
| | E | 0.329 | | |
| | Σ | 0.329 | 0.463 | |
| Διαχείριση ανταλλακτικών | A | | | 0.443 |
| | E | 0.315 | | |
| | Σ | 0.315 | 0.443 | |
| Προληπτική Συντήρηση | A | | | 0.889 |
| | E | 0.632 | | |
| | Σ | 0.632 | | 0.889 |
| Προβλεπτική συντήρηση | A | | | 0.336 |
| | E | 0.239 | | |
| | Σ | 0.239 | | 0.336 |
| Ευελιξία παραγωγικής διαδικασίας | A | | | 0.511 |
| | E | | | |
| | Σ | | | 0.551 |
| Τεχνική ποικιλία | A | | | 0.422 |
| | E | | | |
| | Σ | | | 0.422 |
| Τεχνική πολυπλοκότητα | A | | | 0.684 |
| | E | | | |
| | Σ | | | 0.684 |

Σχολιάζοντας τα δεδομένα του Πίνακα 6 διαπιστώνονται τα κάτωθι:

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συντήρηση έχουν έμμεση σχέση με την προληπτική συντήρηση κυρίως (0.632), αλλά και με την επικοινωνία (0.329), την προβλεπτική συντήρηση (0.239), τη διαχείριση των ανταλλακτικών (0.315) και την επικοινωνία (0.329).

Επιπλέον, επαληθεύτηκε ότι όντως οι πρακτικές συντήρησης παρουσιάζουν ισχυρή σχέση με την κατάσταση του εξοπλισμού (0.784) και τη μείωση του κόστους (0.833). Ακόμη, ισχυρή είναι και η σχέση των πρακτικών συντήρησης και της περιβαλλοντικής απόδοσης (0.585).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συντήρηση έχουν έμμεση επίδραση στην περιβαλλοντική απόδοση (0.279), τη μείωση του κόστους (0.397) και την κατάσταση του εξοπλισμού (0.373)



Διαγραμμα 6: Επιμέρους υποθέσεις που εξετάζονται από το ερευνητικό μοντέλο

Εξέταση Επιμέρους Υποθέσεων

Σε αυτό το στάδιο εξετάζονται οι επιμέρους υποθέσεις του αρχικού ερευνητικού μοντέλου με τους τελικούς παράγοντες (Σχήμα 6).

Εξετάζοντας το Σχήμα 6 διακρίνονται τα εξής:

Επαληθεύεται η υπόθεση H5 η οποία ισχυρίζεται ότι η τεχνική πολυπλοκότητα επηρεάζει άμεσα τον τρόπο αντίδρασης της επιχείρησης στις βλάβες και τη διαχείριση των ανταλλακτικών. Υπενθυμίζεται ότι ως τεχνική πολυπλοκότητα είναι ο τύπος της παραγωγικής διαδικασίας που εφαρμόζεται. Άρα όσο η παραγωγική διαδικασία είναι προγραμματισμένη να παράγει ένα τύπο προϊόντος σε μεγάλες ποσότητες χωρίς να υπάρχει διακοπή τόσο απαραίτητη είναι η προληπτική-προβλεπτική συντήρηση, η ανάγκη για διαχείριση των ανταλλακτικών και η χρήση ενός αυτοματοποιημένου συστήματος ελέγχου συντήρησης.

Επιπλέον από το Σχήμα 6.9 διακρίνεται ότι η ευελιξία έχει σχέση με την προληπτική συντήρηση μόνο. Άρα η υπόθεση H17 επαληθεύεται μόνο κατά ένα μέρος. Δηλαδή όταν υπάρχει ανάγκη η παραγωγική διαδικασία να προσαρμόζεται στην ποσότητα ή το είδος των παραγόμενων προϊόντων τότε η προληπτική συντήρηση παίζει μεγάλο ρόλο. Από την άλλη μεριά χωρίς προληπτική συντήρηση στον εξοπλισμό η ευελιξία δεν μπορεί να εφαρμοστεί σωστά γιατί δεν διασφαλίζεται ότι ο εξοπλισμός είναι σε καλή κατάσταση για να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις. Επιπρόσθετα το μοντέλο παρουσιάζει και μια νέα σχέση. Ότι ευελιξία ταυτίζεται με την τεχνική πολυπλοκότητα. Δηλαδή όπου η παραγωγική διαδικασία είναι προγραμματισμένη να παράγει σημαντικό αριθμό ποσοτήτων προϊόντων τότε πρέπει να υπάρχει ευελιξία στον τρόπο παραγωγής τους και στο ανθρώπινο δυναμικό και η παραγωγική διαδικασία δεν πρέπει να διακόπτεται ή να υπάρχουν νεκροί χρόνοι.

Μια άλλη σχέση που προέκυψε από το μοντέλο είναι η σχέση μεταξύ τεχνικής ποικιλίας και διαχείρισης ανταλλακτικών. Δηλαδή η υπόθεση H9 επαληθεύεται μόνο κατά ένα μικρό μέρος. Αυτό σημαίνει ότι όσο ο

τεχνικός εξοπλισμός της παραγωγικής διαδικασία παρουσιάζει ποικιλότητα τόσο απαραίτητη είναι η διαχείριση των ανταλλακτικών. Ο υπεύθυνος συντήρησης οφείλει να γνωρίζει ότι επειδή ο εξοπλισμός παρουσιάζει ποικιλία παρόμοια ποικιλία υπάρχει και στους τύπους των ανταλλακτικών. Οπότε για να εξασφαλιστεί η επάρκειά τους είναι ανάγκη να διαχειρίζονται με κάποιο τρόπο.

Η χρήση αυτοματοποιημένου συστήματος συντήρησης διακρίνεται να έχει ισχυρές σχέσεις με την κατάσταση του εξοπλισμού, την περιβαλλοντική απόδοση και τη μείωση του κόστους. Δηλαδή επαληθεύονται οι υποθέσεις H31, H32, H33. Εξηγώντας το παραπάνω φαίνεται ότι η χρήση αυτοματοποιημένου συστήματος συντήρησης (CMMS) δρα ευεργετικά στην κατάσταση του εξοπλισμού. Δηλαδή όταν ο προγραμματισμός των εργασιών και ο έλεγχος του εξοπλισμού γίνεται με CMMS τότε διασφαλίζεται και η σωστή λειτουργία του. Ερμηνεύοντας και τη σχέση του CMMS με την περιβαλλοντική απόδοση συμπεραίνεται ότι επειδή το CMMS αυξάνει το βαθμό ελέγχου του συνόλου του εξοπλισμού τότε υπάρχει πληροφόρηση και για τις περιπτώσεις που ρυπαίνεται το περιβάλλον αναγκάζοντας τον υπεύθυνο να προβεί στις κατάλληλες ενέργειες. Ακόμη, σημαντική είναι και η συμβολή του CMMS στη μείωση του κόστους. Με το CMMS ελέγχονται όλοι οι πόροι που απαιτεί ο εξοπλισμός σε υλικά και ανθρώπινο δυναμικό και έτσι περιορίζεται και το κόστος της συντήρησης και της παραγωγικής διαδικασίας γενικότερα.

Με αξιοσημείωτη σχέση που προέκυψε από το μοντέλο είναι η αρνητική σχέση της διαχείρισης ανταλλακτικών και του κόστους. Παράλληλα με το παραπάνω παρουσιάζεται και με νέα σχέση μεταξύ της διαχείρισης των ανταλλακτικών και του CMMS. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί συνολικά ως εξής: Η διαχείριση των ανταλλακτικών όταν γίνεται χωρίς τη βοήθεια ενός CMMS τότε επιδρά αρνητικά στη μείωση του κόστους. Όταν όμως η διαχείριση των ανταλλακτικών γίνεται με χρήση του CMMS τότε συμβάλλει πραγματικά στον περιορισμό του κόστους.

Από το μοντέλο προκύπτει και μια σχέση μεταξύ της προβλεπτικής συντήρησης και της κατάστασης του εξοπλισμού η οποία είναι ικανοποιητικά ισχυρή. Οπότε πάλι η υπόθεση H23 επαληθεύεται μόνο κατά ένα μέρος. Επιπρόσθετα η προβλεπτική συντήρηση εμφανίζεται να σχετίζεται και με τη προληπτική συντήρηση. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί ότι επειδή η προβλεπτική συντήρηση είναι πιο σύγχρονη της προληπτικής συντήρησης ουσιαστικά «χτίζεται» πάνω στις πρακτικές της προληπτικής συντήρησης. Στην ουσία οι επιχειρήσεις προβαίνουν σε μια πιο «επιθετικής» μορφής συντήρηση με σκοπό να εστιάζουν τις ενέργειές τους μόνο στα σημεία που μπορεί να προκαλέσουν πρόβλημα στην παραγωγική διαδικασία και όχι στο σύνολό τους. Η άμεση σχέση με την κατάσταση του εξοπλισμού αποδεικνύει ότι αν εφαρμόζεται σωστά τότε επιτυγχάνει το στόχο της.

Μια ακόμη σχέση που φαίνεται στο μοντέλο είναι οι σχέσεις προληπτικής συντήρησης- περιβαλλοντικής απόδοσης και προληπτικής συντήρησης- μείωση κόστους. Άρα οι υποθέσεις H21 και H22 επαληθεύονται σε ένα μέρος. Η συσχέτιση της προληπτικής συντήρησης με την περιβαλλοντική συντήρηση μπορεί να αναλυθεί στο ότι όταν ο εξοπλισμός, όπως λέβητες, φίλτρα, διαχωριστές κ.λπ. συντηρείται προληπτικά σύμφωνα με κάποιο πρόγραμμα τότε αυτό ελαττώνει την έκλυση ρύπων, αερίων και μη, και βελτιώνει τη σχέση της επιχείρησης με το περιβάλλον. Παράλληλα όταν η παραγωγική διαδικασία παράγει προϊόντα ποιοτικά αποδεκτά τότε μειώνονται τα σκάρα προϊόντα και άρα οι απαιτήσεις σε α' ύλες. Σε συμφωνία με τα παραπάνω η προληπτική συντήρηση όταν εφαρμόζεται σωστά τότε μειώνει το κόστος. Έμμεσα επαληθεύεται η θεωρία που αναφέρει ότι

όσο η επισκευαστική συντήρηση, που είναι από τη φύση της παθητικής μορφής, εφαρμόζεται πιο συχνά στη παραγωγική διαδικασία τόσο αυξάνεται το κόστος.

Τέλος, από το μοντέλο προκύπτουν και δύο νέες σχέσεις που είναι μεταξύ της κατάστασης του εξοπλισμού - μείωσης του κόστους και περιβαλλοντικής απόδοσης- μείωση κόστους. Τα αποτελέσματα αυτά με μια γρήγορη ματιά ερμηνεύονται ως φυσιολογικά. Δηλαδή, όταν ο παραγωγικός εξοπλισμός παρουσιάζει υψηλή διαθεσιμότητα και παράγει προϊόντα εντός των προδιαγραφών της επιχείρησης τότε μειώνεται το κόστος της επιχείρησης. Από την άλλη μεριά η παραγωγή ελαττωματικών προϊόντων αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα κόστους για την επιχείρηση επειδή για την παρασκευή τους δαπανήθηκαν ποσότητες υλών, ενέργειας και ανθρωποωρών. Αυτή η δαπάνη των υλικών επιδρά και στη περιβαλλοντική απόδοση της επιχείρησης γιατί οι πόροι του φυσικού περιβάλλοντος δεν είναι ανεξάντλητοι.

Από διοικητική σκοπιά λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα του ερευνητικού μοντέλου συμπεραίνεται ότι λειτουργία της συντήρησης πρέπει να προσαρμοστεί στο περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί. Η μελέτη υποστηρίζει το σύνολο των στρατηγικών συντήρησης που έχουν επισημανθεί από τη βιβλιογραφία ως σημαντικές για την απόδοση συντήρησης. Ειδικότερα, από όλους τους παράγοντες που διαμορφώνουν το περιβάλλον της παραγωγικής διαδικασίας και άρα της συντήρησης, η τεχνική πολυπλοκότητα επηρεάζει το σύνολο των πρακτικών συντήρησης. Όταν απαιτείται να υπάρχει ευελιξία στην παραγωγική διαδικασία τότε είναι απαραίτητη η αξιοποίηση ενός συστήματος προληπτικής συντήρησης. Επιπρόσθετα, στην περίπτωση που ο εξοπλισμός παρουσιάζει μεγάλη πολυμορφία καλό είναι να υπάρχει ένα σύστημα διαχείρισης ανταλλακτικών. Η χρήση των νέων τεχνολογιών, όπως των αυτομάτων συστημάτων διαχείρισης συντήρησης εκτός του ότι βοηθά στη διαχείριση των πόρων της συντήρησης συμβάλει παράλληλα στην καλή κατάσταση του εξοπλισμού, καλύτερη αξιοποίηση των φυσικών πόρων και φυσικά στη μείωση του κόστους. Τέλος, η χρήση μιας νέας στρατηγικής συντήρησης που ενεργεί δυναμικά στον εξοπλισμό προλαμβάνοντας τις βλάβες και τις διακοπές της παραγωγικής διαδικασίας είναι επιβεβλημένη προκειμένου να αυξηθεί η απόδοση της συντήρησης.

Συμπεράσματα

Το σημαντικότερο συμπέρασμα αυτής της μελέτης είναι ότι οι πρακτικές συντήρησης πρέπει να προσαρμόζονται στο περιβάλλον της επιχείρησης. Πιο πολύπλοκα περιβάλλοντα απαιτούν διαφορετικές πρακτικές συντήρησης σε σχέση με λιγότερο σύνθετα περιβάλλοντα. Επιπλέον δεν πρέπει να υποτιμάται και η χρήση των νέων τεχνολογιών ως πρακτικές συντήρησης. Η χρήση αυτών ελαχιστοποιούν το χρόνο διακοπής λόγω βλάβης της παραγωγικής διαδικασίας και αυξάνουν τη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού.

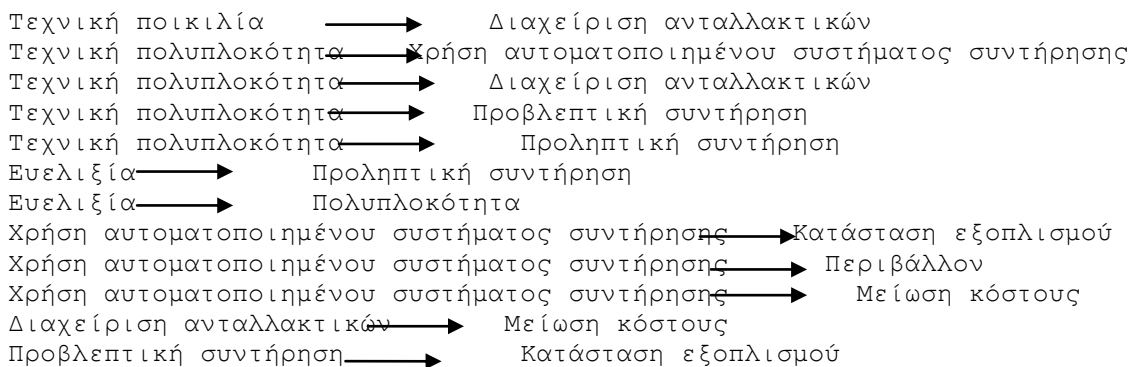
Στο μοντέλο που παρουσιάστηκε, αναφέρονται οι 4 κυριότερες πρακτικές συντήρησης που επηρεάζουν την απόδοση της συντήρησης και της επιχείρησης γενικότερα. Ο υπεύθυνος συντήρησης που έχει ως στόχο την αύξηση της απόδοσης της συντήρησης οφείλει να γνωρίζει καλά τον περιβάλλον της παραγωγικής διαδικασίας ώστε να εφαρμόσει τις πρακτικές συντήρησης με το επίπεδο βαρύτητας που θεωρεί κατάλληλο.

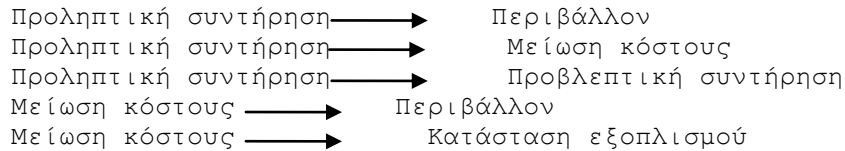
Το πρωταρχικό κίνητρο για συντήρηση σε μια επιχείρηση είναι η διατήρηση της παραγωγικότητας σε υψηλά επίπεδα. Όταν η συντήρηση είναι αντιληπτή μόνο ως δευτερεύουσα λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας τότε μπορεί να υπάρξει ασυνέχεια και χάσμα μεταξύ της συνολικής

επιχειρηματικής στρατηγικής και της συντήρησης. Αυτός ο παραδοσιακός τρόπος σκέψης εμποδίζει τις εταιρίες να αντιληφθούν πλήρως τις δυνατότητες της συντήρησης. Διαφορετικά, οι στρατηγικές αποφάσεις της διοίκησης που αφορούν θέματα της παραγωγικής διαδικασίας μπορούν να πέσουν στο κενό και η επιχείρηση να μην μπορεί να ανταπεξέλθει στον ανταγωνισμό.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο στρατηγικού ελέγχου μιας επιχείρησης. Βοηθούν στην υπενθύμιση κάποιων ενεργειών που πρέπει να έχουν υπόψη τους οι διευθυντές για το είδος της στρατηγικής σκέψης και τη νοοτροπία που πρέπει να υιοθετήσουν. Προκειμένου να διατηρήσουν την παραγωγή σε υψηλή ταχύτητα -πράγμα που τους βοηθά στην επιβίωση της επιχείρησης - είναι υποχρεωμένοι να αλλάξουν τη συνολική θεώρησή τους για τη συντήρηση από επισκευαστική σε προληπτική - προβλεπτική. Φυσικά για να επιτευχθεί αυτό οφείλουν να έχουν και το κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό που να μπορεί να συμμετέχει ενεργά στις διαδικασίες της συντήρησης.

Συγκεκριμένα, η εργασία αυτή παρουσιάζει τα αποτελέσματα της έρευνας στη συντήρηση μεταξύ 130 βιομηχανιών. Οι βιομηχανίες που εξετάστηκαν προέρχονται κυρίως από τους κλάδους των πλαστικών, των τροφίμων, των μετάλλων και του χάρτου. Προκειμένου οι πληροφορίες να σχετίζονται με την πραγματική κατάσταση τα ερωτηματολόγια εστάλησαν σε διοικητικά στελέχη της παραγωγής. Με την ανάλυση αξιοπιστίας των παραγόντων και την παραγοντική ανάλυση που έγινε με τη βοήθεια των στατιστικών πακέτων AMOS και SPSS ερευνήθηκε και επαληθεύτηκε αρχικά η σχέση μεταξύ του περιβάλλοντος της παραγωγικής διαδικασίας και των πρακτικών συντήρησης, όπως επίσης και των πρακτικών συντήρησης με την απόδοση της συντήρησης. Με τη δευτερεύουσα παραγοντική ανάλυση και την άμεση ή έμμεση συσχέτιση των μεταβλητών αποδείχθηκαν σχέσεις οι οποίες αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Αποδείχθηκαν ισχυρές οι σχέσεις μεταξύ της ευελιξίας και της τεχνικής πολυπλοκότητας. Στις βιομηχανίες που χρησιμοποιούν τεχνολογία μεγάλων παρτίδων προϊόντων η ευελιξία βρίσκει μεγάλη εφαρμογή ώστε η παραγωγή να είναι αδιάκοπη. Φυσικά στις βιομηχανίες αυτού του είδους η εφαρμογή της μεθόδου της προληπτικής συντήρησης αποτελεί προϋπόθεση για την ομαλή λειτουργία. Επιπρόσθετα, ανάλογη σχέση υπάρχει μεταξύ της τεχνικής ποικιλίας και της διαχείρισης των ανταλλακτικών. Όσο περισσότερα είναι τα είδη των ανταλλακτικών τόσο απαιτείται ένας τρόπος διαχείρισής τους. Στην εφαρμογή του ιδιαίτερα βοηθά η χρήση ενός πληροφοριακού συστήματος συντήρησης. Επιπλέον, από το μοντέλο διακρίνεται ότι το σύστημα αυτό συμβάλει στη μείωση του κόστους, την καλή κατάσταση του εξοπλισμού και τη μείωση των ρύπων. Η μείωση των ρύπων επειδή εξαρτάται από τον τρόπο διαχείρισης των πόρων συνδέεται με την καλή κατάσταση του εξοπλισμού και άρα την εξοικονόμηση οικονομικών πόρων. Σχηματικά οι σχέσεις που προέκυψαν είναι:





Περιορισμοί της Έρευνας

Κάθε έρευνα έχει μια συγκριμένη ισχύ εντός ορισμένων ορίων. Η παρούσα έρευνα παρουσιάζει τα εξής όρια: Πρώτον έλαβε χώρα σε ορισμένους τομείς της βιομηχανίας που δρουν κυρίως στην Ελλάδα. Δεύτερον τα μεγέθη των βιομηχανιών ήταν συγκεκριμένα όσον αφορά το μερίδιο της αγοράς και τον αριθμό των εργαζομένων. Τέλος, η παρούσα έρευνα έλαβε μέρος σε μια χρονική περίοδο που το τραπεζικό σύστημα δοκιμάζεται από μεγάλη κρίση και έμμεσα επηρεάζεται η συνολική λειτουργία των επιχειρήσεων που συνδέονται με αυτό.

Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Προκειμένου η έρευνα να συμπεριλάβει περισσότερα στοιχεία πρέπει να ληφθούν υπόψη τα κάτωθι:

- Αύξηση των τομέων της βιομηχανίας: πρέπει να εξεταστούν τομείς τις βιομηχανίας οι οποίες δεν υφίσταται στο ελληνικό επιχειρηματικό περιβάλλον, όπως παραγωγή ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, οχημάτων, προϊόντων υψηλής τεχνολογίας κ.λπ. κατασκευή, μεταφορά, κ.λπ..
- Λόγω του ότι υπάρχει περιορισμός του μεγέθους του δείγματος δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί μια πιο λεπτομερής στατιστική ανάλυση. Οπότε ένα μεγαλύτερος αριθμός δείγματος παράγει πιο ακριβή συμπεράσματα.
- Διερεύνηση της απόδοσης της συντήρησης σε σχέση με μοντέρνα συστήματα παραγωγής, όπως η διαχείριση ολικής ποιότητας (TQM) και λιτή παραγωγή (LM).

Βιβλιογραφία

- Armitage, W. Jardine, A.K.S. (1968), "Maintenance performance - a decision problem", *International Journal of Production Research*, **7**(1), pp. 15-22
- Bennet, R. Gabriel, H. I. (1999), "Organisational Factors and Knowledge Management within Large Marketing Departments: An Empirical Study", *Journal of Knowledge Management*, **3**(3), pp. 212-225
- Bentler, P. M. (1990), "Comparative Fit Indexes in Structural Models", *Psychological Bulletin*, **107**(2), pp. 238-246
- Bobrowski, P. M., Park, P. S. (1993), "An evaluation of labor assignment rules when workers are not perfectly interchangeable", *Journal of Operations Management*, **11**(1), pp. 257-268
- Bollen. K. A. (1989), *Structural Equations with Latent Variables*, John Wiley and Sons, New York
- Buchanan, D. Bessant, J. (1985) Failure, uncertainty and control: the role of operators in a computer integrated production system. *J. Mgmt. Stud.* **22**(3), pp. 282-308
- Campbell, J.D. (1995), "Outsourcing in maintenance management: a valid alternative to self- provision", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, **1**(3), pp.18-24

- Cholasuke, C. Bhardwa, R. Antony, J. (2004), "The status of maintenance management in UK manufacturing organisations: results from a pilot survey", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, **10**(1), pp. 5-15
- Coopers & Lybrand (2001), "Maintenance benchmarking", unpublished source, lecture material, TPM module, University of Warwick, Warwick
- Cox, T. (1989), "Towards the measurement of manufacturing flexibility", *Production and Inventory Management Journal*, **30**(1), pp. 68-72
- Dekker, R. (1996), "Applications of maintenance optimization models: a review and analysis", *Reliability Engineering and System Safety*, **51**, pp. 229-40
- Duffuaa, SO and Al- Sultan, KS (1997), "Mathematical programming approaches for the management of the maintenance planning and scheduling", *J of Qual in Maint Eng*, **3**(3), pp. 163-76
- Dunn, A. (1996), "A framework for achieving best practice in maintenance", a conference paper presented to the West Australian Maintenance Conference, 30 October
- Dunn, R. and Johnson, D. (1991), "Getting started in computerized maintenance", *Mgmt. Plant Eng.*, **45**(6), pp. 55-58
- Fry, L. (1982), "Technology- structure research: three critical issues", *Acad. Mgmt. J.*, **25**(30), pp. 532-552
- Gits, C. (1992), "Design of maintenance concepts", *Internat. J. Prod. Econom.*, **24**(2), pp. 17-226
- Hair, F. Anderson, R. Tatham, R. Black, W. (1995), *Multivariate Data Analysis with Readings*, 4th Edition, Prentice- Hall International, London
- Hannan, V. Keyport, D. (1991), "Automating a maintenance work control system", *Plant Eng.*, **21**, pp. 108- 1 IO
- Hayes, R. and Wheelwright, S. (1984), "Restoring Our Competitive Edge", *Competing Through Manufacturing*, Wiley, New York
- Herbaty, F. (1990), *Handbook of Maintenance Management: Cost Effective Practices*, 2nd ed. Noyes Publications, Park Ridge, NJ
- Huber, G. (1990), "A theory of the effects of advanced information processing technologies on organization design, intelligence and decision making", *Acad. Mgmt. Rev.*, **15**(1), pp. 47-71
- Ingalls, P. (2000), "World class maintenance" (online), Total Productive Maintenance online, available at: www.tpmonline.com/articles_on_tatal_productive_maintenance/tpm/newpractices.htm (accessed 30 April)
- Jöreskog, K. G. Sörbom, D. (1984), *LISREL 7: A Guide to Programs and Applications*, 3rd edition, SPSS Inc., Chicago
- Kamoun, F. (2005), "Toward best maintenance practices in communications network management", *Int. Journal of Network Management*, **15**(5), pp. 321-334
- Kaplan, RS. (1983), "Measuring manufacturing performance: a new challenge for managerial accounting research", *Account Rev*, **58**(4), pp. 686-703
- Kaplan, RS. and Norton, DP. (1996), *The Balance Scorecard*, Harvard Business School Press, Boston, MA. Brown TJ, Churchill GA, Peter JP, *Improving the measurement of service quality*, *J Retailing* 1993;69:127 - 39 (Spring)
- Kelly, A. (1989), *Maintenance and its Management*, Conference communication London
- Kirby, K.E. (2000), "There is goal in those reliability and maintenance (R&M) practices" (online), Associates of the Maintenance and Reliability Center of the University of Tennessee, Society of Maintenance and Reliability Professional, available at:

- www.smrp.org/vl/newsletter/news_winter00-01.html#a2 (accessed 29 March 2002)
- Levitt, J. (1997), *The Handbook of Maintenance Management*, Industrial Press Inc., New York, NY
- Lorens, F. J. Molina, L. M., Verdu, A. J. (2005). "Flexibility of manufacturing systems, strategic change and performance", *International Journal of Production Economics*, **98**(1), pp. 273-289
- Morledge, R. Jackson, F. (2001), "Reducing environmental pollution caused by construction plant", *Environmental Management and Health*, **12**(2), pp. 191-206
- Neely, AD. Gregory, M. and Platts, K. (1995), "Performance Measurement System Design - A Literature Review and Research Agenda", *Int J of Oper and Prod Manag*, **15**(4), pp. 80-116
- Parida, A. and Chattopadhyay, G. (2007), "Development of a multi-criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement (MPM)", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, **13**(3), pp. 241-258
- Perrow, C. (1967), "A framework for the comparative analysis of organizations", *Amer. Soc., Rev.* 32: 194208
- Porter, M. (1990), *The Competitive Advantage of Nations*, Free Press: New York
- Singh, H. Motwani, J. and Kumar, A. (2000), "A review and analysis of the state-of-the-art research on productivity measurement", *Ind Manag and Data Syst*, **100**(5), pp. 234-241
- Skinner, W. (1974), *The focused factory*. Har. Bus. Rev., pp.113-121
- Steiger, J. H. (1990), "Structural Model Evaluation and Modification: An Interval Estimation Approach", *Multivariate Behavioral Research*, **25**(1), pp. 173-180
- Stephen, T.D. (2000), "Positioning maintenance as a competitive advantage", *Plant Engineering*, **54**(5), 66-69
- Swanson, L. (1997), "An empirical study of the relationship between production technology and maintenance management", *International Journal of Production Economics*, **53**, pp. 191-207
- Swanson, L. (2001), "Linking maintenance strategies to performance", *International Journal of Production Economics*, **70**(3), pp. 237-244
- Swanson, L. (1999), "The impact of new production technologies on the maintenance function: An empirical study", *International Journal of Production Research*, **37**(4), pp. 849 - 869
- Tam, V. Tam, C. Kenneth, T. W. Cheung, S. O. (2006), "Critical factors for environmental performance assessment (EPA) in the Hong Kong construction industry", *Construction Management and Economics*, **24**(11), pp. 1113 - 1123
- Tsang, A.H.C. (1999), "Measuring maintenance performance: a holistic approach", *International Journal of Operations and Production management*, **19**(7), pp. 691-715
- Upton, D. M. (1994), "The management of manufacturing flexibility", *California Management Review*, **1**(1), pp. 72-89
- VanZile, D. Otis, I. (1992), *Measuring and controlling machine performance*, In: Salvendy, G. (Ed.), *Handbook of Industrial Engineering*, Wiley, New York
- Visser, J.K. Pretorius, M.W. (2003), "The development of a performance measurement system for maintenance", *SA Journal of Industrial Engineering*, **14**(1), pp. 83-97
- White, AS. and Pun, KF. (1996), "A performance measurement paradigm for integrating strategy formulation: a review of systems and frameworks", *int J of manag rev*, **7**, pp. 49-71
- Wireman, T. (1991), *Total Productive Maintenance, an American Approach*. Industrial Press, New York

- Woodward, J. (1965), *Industrial Organization: Theory and Practice*, Oxford University Press, Oxford
- Worsham, W. (2005), "Is Preventive Maintenance Necessary?", Reliability Center, Inc
- Zhu, G. Gelders, L. Pintelon, L. (2002), "Object/objective- oriented maintenance management", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, **8**(4), pp. 306-318