



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Δ.Π.Μ.Σ. «ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«Μελέτη εφαρμογής Ολικής Παραγωγικής
Συντήρησης (Total Productive Maintenance –
T.P.M.) σε Συσκευαστήριο Εργοστασιακής
Εγκατάστασης»

Παναγιώτης Παπανικολόπουλος
Επιβλέπων: Ιωάννης Αντωνιάδης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Δ.Π.Μ.Σ. «Συστήματα Αυτοματισμού» της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π. κατά το ακαδημαϊκό έτος 2011-2012.

Με την ολοκλήρωση της προσπάθειάς μου αυτής θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα της εργασίας κύριο Ιωάννη Αντωνιάδη, Αναπληρωτή Καθηγητή Ε.Μ.Π., για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αλλά και για τις σημαντικές συμβουλές και υποστήριξη που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της διπλωματικής.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους τους ανθρώπους του κοντινού μου περιβάλλοντος για όσα μου προσέφεραν μέχρι σήμερα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	1
1 Θεωρητικό μέρος.....	2
1.1 Πολιτική της συντήρησης.....	2
1.1.1 Προληπτική συντήρηση.....	2
1.1.2 Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance – T.P.M.).....	3
1.1.2.1 Ορισμός.....	3
1.1.2.2 Πλεονεκτήματα.....	3
1.1.2.3 Στόχοι TPM.....	4
1.1.3 Οι πυλώνες της TPM.....	5
1.1.3.1 Αυτόνομη Συντήρηση (Autonomous Management – A.M.).....	5
Πολιτική.....	6
Στόχοι.....	6
Βήματα.....	6
1.1.3.2 Εστιασμένη Βελτίωση (Focus Improvement – F.I.).....	8
Πολιτική Kaizen.....	8
Εργαλεία.....	8
Στόχοι.....	9
1.1.3.3 Συντήρηση Ποιότητας (Progressive Quality – P.Q.).....	9
Πολιτική.....	10
Στόχοι.....	10
Απαιτήσεις δεδομένων (data requirements).....	10
1.1.3.4 Εκπαίδευση και Επιμόρφωση (Training & Education – T.&E.).....	11
Πολιτική.....	11
Στόχοι.....	11
Βήματα.....	11
1.1.3.5 Υγιεινή, Ασφάλεια και Προστασία Περιβάλλοντος (Health, Safety & Environmental Protection).....	12
Ασφάλεια και Υγιεινή.....	12
Προστασία Περιβάλλοντος.....	13
1.1.4 Προγραμματισμένη Συντήρηση (Planned Maintenance – P.M.).....	13
1.1.4.1 Ορισμός στόχων και ανάπτυξη.....	15
1.1.4.2 Εξάλειψη απωλειών με χρήση κατάλληλων μεθόδων.....	15
1.1.4.3 Συστήματα Προγραμματισμένης Συντήρησης.....	16
1.1.4.4 Βήμα 1 ^ο : Αξιολόγηση εξοπλισμού και κατανόηση παρούσας κατάστασης.....	16
Ενημέρωση καταλόγου μηχανημάτων.....	16
Κατηγοριοποίηση μηχανημάτων βάσει κρισιμότητας (Equipment Criticality Analysis).....	17
Καθορισμός επιπέδου σπουδαιότητας αστοχιών.....	18
1.1.4.5 Βήμα 2 ^ο : Αποκατάσταση επιδεινώσεως και βελτίωση αδύνατων σημείων.....	19
Αποκατάσταση επιδεινωμένων συνθηκών.....	19
Βελτίωση αδύνατων σημείων.....	19
1.1.4.6 Βήμα 3 ^ο : Δημιουργία συστήματος διαχείρισης πληροφοριών.....	19
Συστηματική ανάλυση βλαβών.....	19
Οργάνωση πληροφοριών.....	21
1.1.4.7 Βήμα 4 ^ο : Οργάνωση συστήματος περιοδικής συντήρησης.....	24
Ανάπτυξη οπτικοποιημένου συστήματος περιοδικής συντήρησης.....	25
Ανάλυση Κρισιμότητας και Επίδρασης Κατάστασης Αστοχίας (Failure Mode and Effect Criticality Analysis – F.M.E.C.A.).....	25

Επικεντρωμένη στην Αξιοπιστία Συντήρηση (Reliability Centered Maintenance – R.C.M.).....	26
1.1.4.8 Βήμα 5 ^ο : Οργάνωση συστήματος προβλεπτικής συντήρησης (predictive maintenance).....	28
1.1.4.9 Βήμα 6 ^ο : Αξιολόγηση του Συστήματος Προγραμματισμένης Συντήρησης.....	29
Καλύτερη Πρακτική Συντήρησης Μηχανήματος (Best Machine Maintenance Practice – B.M.M.P.).....	30
1.2 Εργαλεία και μεθοδολογίες.....	31
1.2.1 Ελάττωση βλαβών.....	31
1.2.1.1 Εκτίμηση της έκτασης των βλαβών.....	31
1.2.1.2 Βήμα 1 ^ο : Ταυτοποίηση τύπων βλαβών.....	32
Ορισμός συστήματος συλλογής δεδομένων.....	33
Ανάπτυξη βλαβών και πραγματοποίηση ανάλυσης Pareto.....	33
1.2.1.3 Βήμα 2 ^ο : Αποκατάσταση βασικών συνθηκών στις κρίσιμες περιοχές και ορισμός προτύπων.....	34
Πραγματοποίηση αρχικού καθαρισμού και σήμανσης.....	35
Καθορισμός και εφαρμογή προτύπων Καθαρισμού Επιθεώρησης Λίπανσης Συσφίξεων (Cleaning Inspection Lubrication Tightening – C.I.L.T. standards).....	37
Μάθημα Ενός Σημείου (One Point Lesson – O.P.L.).....	38
Αποκατάσταση όλων των Πρότυπων Διαδικασιών Λειτουργίας (Standard Operating Procedures – S.O.P.).....	39
1.2.1.4 Βήμα 3 ^ο : Προσβολή επαναλαμβανόμενων βλαβών (repetitive breakdown).....	40
Πραγματοποίηση ανάλυσης «5 Γιατί» για τις καταστάσεις αστοχίας.....	40
Καθιέρωση συστήματος παρακολούθησης για επανεμφάνισεις.....	41
1.2.1.5 Βήμα 4 ^ο : Επισήμανση των αιτίων των σποραδικών βλαβών (sporadic breakdown).....	41
Εισαγωγή νέου ορισμού βλάβης για βελτίωση του συστήματος συλλογής δεδομένων.....	41
Εισαγωγή του Εντύπου Ανάλυσης Βλαβών (Breakdown Analysis Sheet).....	42
Ανάλυση Αδύνατων Στοιχείων (Weak Component Analysis – W.C.A.).....	42
Καθορισμός του συστήματος υποστήριξης.....	43
Εφαρμογή του συστήματος και συνεχής παρακολούθηση αναλύσεων και αποτελεσμάτων.....	43
1.2.1.6 Βήμα 5 ^ο : Καθορισμός προγράμματος προληπτικής συντήρησης.....	43
Εφαρμογή ενεργειών και αντίμετρων.....	44
Δημιουργία συστήματος Προγραμματισμένης Συντήρησης.....	44
Δημιουργία του πίνακα του μηχανήματος.....	44
1.2.2 5S.....	45
1.2.3 Ο κύκλος Σχεδιάσε-Εφάρμοσε-Έλεγξε-Πράξε (Plan-Do-Check-Act – P.D.C.A.).....	46
1.2.4 Ανάλυση Pareto.....	50
1.2.5 Βασικοί Δείκτες Επίδοσης (Key Performance Indicators – K.P.I.s).....	53
Δείκτης Λειτουργικής Επίδοσης (Operational Performance Indicator – O.P.I.).....	53
Διαθεσιμότητα (Availabiliy).....	54
Επίδοση (Performance).....	55
Ποιότητα (Quality).....	55
Δείκτης Λειτουργικής Επίδοσης N.O.N.A. (OPI NONA).....	56
Αποτελεσματικότητα (Effectivity).....	56
Αποδοτικότητα (Efficiency).....	56
Μέσος Χρόνος Μεταξύ Παρεμβάσεων (Mean Time Between Touch – M.T.B.T.).....	57
Αξιοποίηση πόρων (Asset utilization).....	57
Ονομαστική ταχύτητα (Nominal capacity).....	57

Αξιοποίηση (Utilization).....	57
Αναλογία Ομάδων Συντήρησης (Team Maintenance Ratio).....	57
Αποδοτικότητα Σχεδίου Εργασίας (Labour Plan Efficiency).....	57
Προεργασία (Preparation).....	58
Επίδοση Γραμμής (Line Performance).....	58
Αναλογία Καθυστερήσης Αλλαγών (Changeover Downtime Ratio).....	58
Αξιοπιστία (Reliability).....	60
Συντηρησιμότητα (Maintainability).....	62
2 Εφαρμογή.....	64
2.1 Ανελκυστήρας γεμάτων παλετών.....	65
2.1.1 Σχεδιασμός.....	65
2.1.1.1 Ανάλυση δεδομένων – Κατανόηση παρούσας κατάστασης.....	65
2.1.1.2 Ορισμός ομάδας – Χρονοδιάγραμμα.....	71
2.1.1.3 Ανάλυση «5 Γιατί».....	71
2.1.2 Ενέργειες επίλυσης.....	72
2.1.3 Καταγραφή αποτελεσμάτων – Σταθεροποίηση.....	73
2.1.4 Τυποποίηση – Μελλοντικές ενέργειες.....	76
2.2 Μεταφορικές άδειων παλετών.....	77
2.2.1 Σχεδιασμός.....	77
2.2.1.1 Ανάλυση δεδομένων – Κατανόηση παρούσας κατάστασης.....	77
2.2.1.2 Ορισμός ομάδας – Χρονοδιάγραμμα.....	82
2.2.1.3 Ανάλυση «5 Γιατί».....	82
2.2.2 Ενέργειες επίλυσης.....	83
2.2.3 Καταγραφή αποτελεσμάτων – Σταθεροποίηση.....	85
2.2.4 Τυποποίηση – Μελλοντικές ενέργειες.....	86
3 Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις.....	87
Βιβλιογραφία.....	88
Παράρτημα.....	90
Ανάλυση OPI.....	91
Έντυπο Ανάλυσης Βλάβης (υπόδειγμα).....	92
Έντυπο FMECA (υπόδειγμα).....	93
Έντυπο RCM (υπόδειγμα).....	94
Έντυπο Ταυτότητας Ομάδας (Team ID Card) ανελκυστήρα γεμάτων παλετών.....	95
Έντυπα Ανάλυσης «5 Γιατί» ανελκυστήρα γεμάτων παλετών.....	96
Έντυπα SOP ανελκυστήρα γεμάτων παλετών.....	99
Έντυπο Ταυτότητας Ομάδας (Team ID Card) μεταφορικών άδειων παλετών.....	100
Έντυπα Ανάλυσης «5 Γιατί» μεταφορικών άδειων παλετών.....	101
Έντυπα SOP μεταφορικών άδειων παλετών.....	102

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση και μελέτη δραστηριοτήτων ομάδων του Πυλώνα Προγραμματισμένης Συντήρησης ενός συστήματος Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (Total Productive Maintenance – T.P.M.) σε συσκευαστήριο εργοστασιακής εγκατάστασης.

Η TPM, ως σύστημα, σκοπεύει στη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας του εξοπλισμού προς βελτίωση της παραγωγικότητας, στην καθιέρωση ενός ολοκληρωμένου συστήματος Παραγωγικής Συντήρησης, εστιασμένου σε όλο τον κύκλο ζωής του εξοπλισμού, στο συγχρονισμό όλων των τμημάτων, από το σχεδιασμό μέχρι το χειρισμό και τη συντήρηση, που σχετίζονται με τον εξοπλισμό, στην άμεση εμπλοκή όλων, από τα ανώτατα διοικητικά στελέχη ως του εργαζόμενους στο χώρο παραγωγής, καθώς και στη διεύθυνση ομαδικών ενεργειών που αποσκοπούν στην επίτευξη στόχων της επιχείρησης.

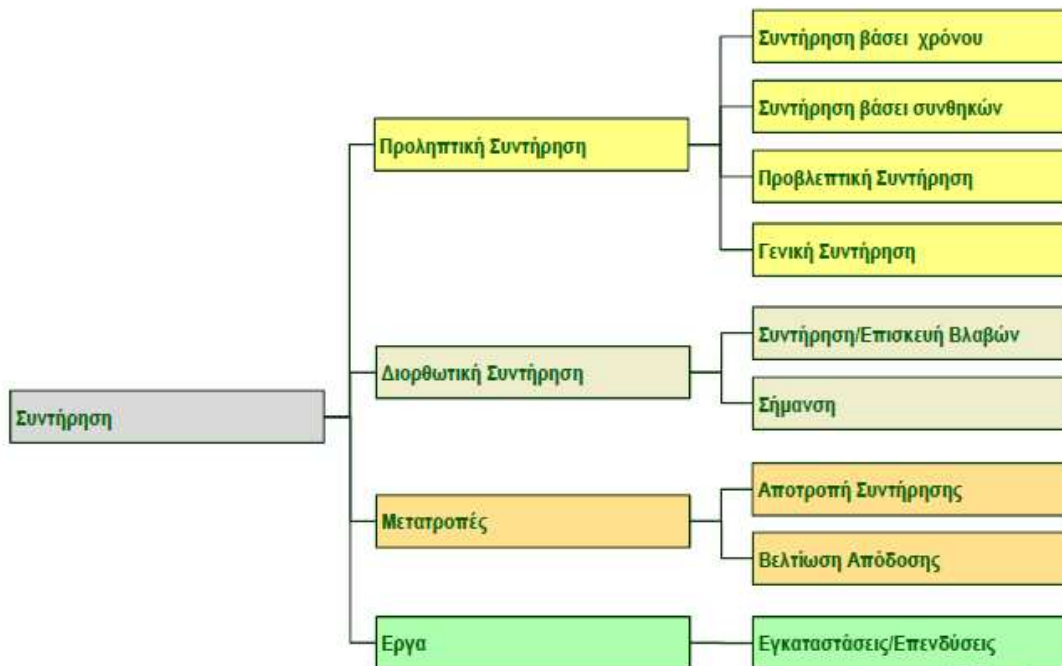
Η μελέτη της TPM εστιάστηκε στην παρουσίαση ομάδων εργασίας, βασισμένων στη μεθοδολογία της, που σχετίζονται με τον Πυλώνα Προγραμματισμένης Συντήρησης. Ο ρόλος της Προγραμματισμένης Συντήρησης έγκειται στην αύξηση της επίδοσης της εγκατάστασης και στην ελάττωση του κόστους συντήρησης, μέσω της εξάλειψης των μη προγραμματισμένων σταματημάτων και της ανάπτυξης ενός οικονομικά αποτελεσματικού συστήματος προγραμματισμένης συντήρησης.

Πιο συγκεκριμένα, οι ομάδες δραστηριοποιήθηκαν στη χρήση και ανάπτυξη της μεθοδολογίας ελάττωσης βλαβών σε μηχανήματα του εξοπλισμού συσκευαστηρίου εργοστασιακής εγκατάστασης. Ο τρόπος εργασίας βασίστηκε στον κύκλο P.D.C.A. (Plan-Do-Check-Act).

1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1 Πολιτική της συντήρησης

Στην εικόνα 1.1 συνοψίζονται οι διάφορες πολιτικές-μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση εξοπλισμού, ενώ στη συνέχεια γίνεται επιγραμματική αναφορά σε καθεμιά από αυτές.



Εικόνα 1.1: Πολιτικές-μέθοδοι συντήρησης.

1.1.1 Προληπτική συντήρηση

Συντήρηση Βάσει Χρόνου (Time Based Maintenance – T.B.M.): Εργασία συντήρησης με προκαθορισμένο σταμάτημα (χρόνος, ώρες λειτουργίας)

Συντήρηση Βάσει Συνθηκών (Condition Based Maintenance – C.B.M.): Εργασία συντήρησης με βάση την κατάσταση των εξαρτημάτων, καθορισμένη από περιοδικούς ελέγχους.

Προβλεπτική Συντήρηση (Predictive Maintenance): Εργασία συντήρησης με βάση την τάση φθοράς του μηχανήματος.

Γενική Συντήρηση (Overhaul Maintenance): Ανακατασκευή/Συναρμολόγηση εξοπλισμού.

1.1.2 Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance – T.P.M.)

1.1.2.1 Ορισμός

Στη βιβλιογραφία συναντώνται διάφοροι ορισμοί για την TPM. Μερικοί από αυτούς παρατίθενται στη συνέχεια:

- Είναι η γενική κίνηση κάποιων επιχειρήσεων να προσπαθούν να καταφέρουν περισσότερα μειώνοντας τις δαπάνες. [Lawrence, 1999]
- Είναι μία ολοκληρωμένη προσέγγιση του κύκλου ζωής της συντήρησης και της υποστήριξης του εργοστασίου. [Blanchard, 1997]
- Είναι ένα πρόγραμμα το οποίο «ασχολείται με όλα τα στάδια της ζωής του εξοπλισμού και περιλαμβάνει όλους τους υπαλλήλους από το προσωπικό της παραγωγής και την συντήρηση έως και την ανώτατη διοίκηση. [McKone & Schroeder, 1997]
- Είναι μια μεθοδολογία και μια φιλοσοφία της στρατηγικής διοίκησης του εξοπλισμού που εστιάζει στο να χτίσει την ποιότητα του προϊόντος μεγιστοποιώντας την αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού. Αγκαλιάζει την ιδέα της συνεχούς βελτίωσης και της συνολικής συμμετοχής όλων των υπαλλήλων από όλα τα τμήματα. [Society_of_Manufacturing_Engineers, 1995]
- Είναι μία μέθοδος βελτίωσης που σχεδιάστηκε για να βελτιστοποιήσει την αξιοπιστία του εξοπλισμού και να εξασφαλίσει την αποτελεσματική διοίκηση των κεφαλαίων του εργοστασίου. [Robinson & Ginder, 1995]
- Προορίζει να φέρει τις λειτουργίες παραγωγής και συντήρησης μαζί, χρησιμοποιώντας καλές πρακτικές δουλειάς, ομαδική εργασία και συνεχή βελτίωση. [Cooke, 2000]
- Είναι όλες οι στρατηγικές που χρειάζονται για να χτιστούν γερά θεμέλια στη συντήρηση. [Steinbacher, 1993]

1.1.2.2 Πλεονεκτήματα

Χρήση της TPM οδηγεί σε βελτίωση παραγωγής (*Productivity – P*), ποιότητας (*Quality – Q*), κόστους (*Cost – C*), διανομής (*Delivery – D*), ασφάλειας (*Safety-S*) και ηθικού (*Morale – M*). Αναλυτικότερα για τα *PQCDSM*:

Παραγωγικότητα

- Η Καθαρή Παραγωγικότητα πολλαπλασιάζεται 1,5 με 2 φορές.
- Ο αριθμός των σταματημάτων λειτουργίας του εξοπλισμού μειώνεται από το 1/10 έως το 1/250 της βασικής γραμμής.
- Η αποτελεσματικότητα όλων των εγκαταστάσεων είναι 1,5 με 2 φορές μεγαλύτερη.

Ποιότητα

- Ποσοστό ατέλειας διαδικασίας μειωμένο κατά 90 %.
- Επιστροφές και αξιώσεις των πελατών μειωμένες κατά 75 %.

Κόστος

- Κόστη παραγωγής μειωμένα κατά 30 %.

Διανομή

- Τελειωμένα αγαθά και υπό εξέλιξη εργασία (Work in Progress – W.I.P.) μειωμένα κατά 50 %.

Ασφάλεια

- Εξάλειψη ατυχημάτων διακοπής λειτουργίας.
- Εξάλειψη ατυχημάτων μόλυνσης.

Ηθικό

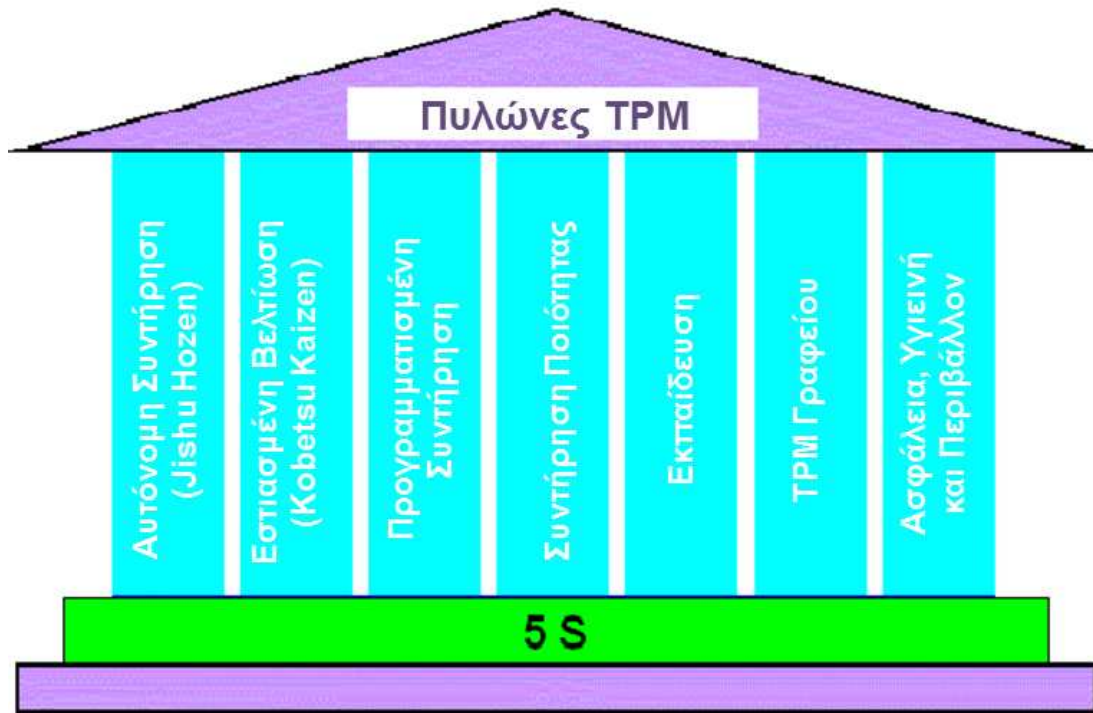
- Προτάσεις βελτίωσης υπαλλήλων πάνω από 5 έως 10 φορές.

1.1.2.3 Στόχοι TPM

- Αποφυγή απωλειών σε ένα γρήγορα μεταβαλλόμενο οικονομικό περιβάλλον.
- Παραγωγή των αγαθών χωρίς υποβάθμιση της ποιότητας των προϊόντων.
- Ελάττωση κόστους.
- Παραγωγή μιας μερίδας μικρής ποσότητας στο συντομότερο δυνατό χρονικό διάστημα.
- Τα προϊόντα που καταλήγουν στους καταναλωτές πρέπει να έχουν μηδενικά ελαττώματα.
- Εξάλειψη ατυχημάτων.

1.1.3 Οι Πυλώνες της TPM

Οι βασικές αρχές της TPM οργανώνονται σε πυλώνες (*pillars*). Στη βιβλιογραφία θα συναντήσει κανείς διάφορες αποκλίσεις όσον αφορά τον αριθμό και τα ονόματα των πυλώνων. Στην εικόνα 1.2 φαίνεται το μοντέλο του Nakajima, ενώ ακολουθεί συνοπτική παρουσίασή τους.



Εικόνα 1.2: Μοντέλο πυλώνων TPM Nakajima.

1.1.3.1 Αυτόνομη Συντήρηση (Autonomous Maintenance – A.M.)

Αυτόνομη Συντήρηση (Autonomous Maintenance – A.M.) είναι η διαδικασία με την οποία οι χειριστές δέχονται και μοιράζονται τις αρμοδιότητές τους (σε σχέση με τη συντήρηση) για την εξασφάλιση της απόδοσης και της υγείας του εξοπλισμού. [Robinson & Ginder, 1995] Η κινητήριος δύναμή της είναι η δημιουργία εργατών ειδικευμένων στον εξοπλισμό έτσι ώστε να προφυλάσσουν τον δικό τους εξοπλισμό. [Shirose, 1996] Η AM είναι ο ακρογωνιαίος λίθος των δραστηριοτήτων της TPM. [Komatsu, 1999]

Αυτός ο στυλοβάτης συνδέεται με την εξέλιξη των γνώσεων των χειριστών για να είναι σε θέση να ανταπεξέλθουν στους μικρούς στόχους της συντήρησης, δίνοντας έτσι την ελευθερία στους εξειδικευμένους ανθρώπους συντήρησης να ξοδέψουν το χρόνο τους σε δραστηριότητες που επιφέρουν προστιθέμενη αξία και στις τεχνικές επισκευές.

Η AM περιλαμβάνει τη συμμετοχή όλων των εργατών. Ο καθένας τους συντηρεί τον δικό του εξοπλισμό και καθοδηγεί τις ενέργειες έτσι ώστε να βρίσκεται σε καλή κατάσταση και να λειτουργεί σωστά. Είναι ο πιο βασικός από τους πυλώνες της TPM. Αν οι διαδικασίες της AM είναι ανεπαρκείς, τα αναμενόμενα αποτελέσματα δε θα πραγματοποιηθούν ακόμα και αν οι υπόλοιποι πυλώνες λειτουργήσουν κανονικά. [Komatsu, 1999]

Πολιτική

Η ΑΜ εξουσιοδοτεί τους χειριστές του εξοπλισμού να γίνουν πεπειραμένοι διευθυντές των παραγωγικών δραστηριοτήτων τους, δηλαδή:

- Να μπορούν να ανιχνεύσουν σημάδια παραγωγικών απωλειών.
- Να ανακαλύπτουν τις ενδείξεις οποιασδήποτε ανωμαλίας.
- Να μπορούν να αντιδράσουν σε αυτές τις ανακαλύψεις επιδιώκοντας τη συνεχή λειτουργία του εξοπλισμού. [Japan Institute of Plant Maintenance, 1997]

Στόχοι [Suzuki, 1994]

- Πρόβλεψη της επιδείνωσης του εξοπλισμού μέσα από σωστές εργασίες και καθημερινές επιθεωρήσεις.
- Επαναφορά του εξοπλισμού στην ιδανική του κατάσταση με σωστή διοίκηση.
- Καθιέρωση των βασικών συνθηκών που χρειάζονται για να διατηρηθεί ο εξοπλισμός καλά συντηρημένος.

Βήματα

Βήμα 1^ο: Αρχικός καθαρισμός

- Επόπτης και χειριστής πρέπει να συζητήσουν και να θέσουν μια ημερομηνία για την εφαρμογή του καθαρισμού.
- Πρέπει να τακτοποιηθούν όλα τα αντικείμενα που απαιτούνται για τον καθαρισμό.
- Την ημέρα που έχει συμφωνηθεί, οι υπάλληλοι πρέπει να καθαρίσουν πολύ καλά τον εξοπλισμό με τη βοήθεια του τμήματος συντήρησης.
- Σκόνη, λεκέδες, πετρέλαιο και γράσα πρέπει να αφαιρεθούν.
- Διαρροή πετρελαίου, χαλαρά καλώδια, χαλαρές βίδες, διαβρωμένα έδρανα είναι τα στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διάρκεια του καθαρισμού.
- Στη συνέχεια, τα προβλήματα του καθαρισμού κατηγοριοποιούνται και επισυνάπτονται ετικέτες όπου αυτά παρουσιάζονται. Λευκές ετικέτες τοποθετούνται όπου τα προβλήματα μπορούν να διορθωθούν από τους ίδιους τους χειριστές ενώ κόκκινες όπου χρειάζεται η βοήθεια του τμήματος συντήρησης.
- Το περιεχόμενο της ετικέτας μεταφέρεται σε έναν κατάλογο.
- Σημειώνεται η περιοχή που ήταν απρόσιτη.
- Ο αρχικός καθαρισμός τελειώνει όταν τα ανοικτά μέρη της μηχανής κλείσουν και τεθεί σε λειτουργία η μηχανή.

Βήμα 2^ο: Εξάλειψη πηγών ακαθαρσιών και δύσκολα καθαριζόμενων και επιθεωρούμενων σημείων

- Οι απρόσιτες περιοχές πρέπει να γίνουν εύκολα προσβάσιμες. Για παράδειγμα, όπου είναι απαραίτητο ο χειριστής να ανοίξει μια πόρτα για να προβεί στην επιθεώρηση της μηχανής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ακρυλικά φύλλα από τα οποία κανείς μπορεί να περάσει εύκολα χρησιμοποιώντας μόνο το σώμα του, διατηρώντας έτσι ελεύθερα τα χέρια του αν ενδεχομένως είναι απαραίτητο να κρατάει κάποιο εργαλείο.
- Για να αποτραπεί το λύσιμo των μηχανών στα εξαρτήματά τους θα πρέπει να γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες.
- Ορισμένα από τα μέρη των μηχανών πρέπει να τροποποιηθούν για να αποτραπεί η συσσώρευση ρύπων και σκόνης.

Βήμα 3^ο: Δημιουργία και τήρηση προτύπων καθαρισμού, επιθεώρησης, λίπανσης

- Το πρόγραμμα JH πρέπει να εφαρμοστεί και να ακολουθηθεί αυστηρά σύμφωνα με τη μεθοδολογία που προβλέπει ο κανονισμός του.
- Πρέπει να πραγματοποιηθεί σχέδιο σχετικά με τον καθαρισμό, την επιθεώρηση και τη λίπανση.
- Είναι απαραίτητο, το σχέδιο το οποίο θα υλοποιηθεί να περιλαμβάνει λεπτομέρειες όπως τότε θα γίνουν οι εργασίες, τι εργασίες θα πρέπει να γίνουν και πώς αυτές θα υλοποιηθούν.

Βήμα 4^ο: Γενική επιθεώρηση

- Οι υπάλληλοι εκπαιδεύονται σε επιστημονικούς κλάδους όπως πνευματικά συστήματα, ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, υδραυλικές εγκαταστάσεις, λιπαντικά, ψυκτικά μέσα, συστήματα μετάδοσης κίνησης, μπουλόνια, περικόχλια ασφαλείας καθώς επίσης και στον τομέα της ασφάλειας και υγιεινής της εργασίας.
- Η εκπαίδευση των υπαλλήλων στοχεύει στην βελτίωση των τεχνικών δεξιοτήτων τους αλλά και στην βαθύτερη και πληρέστερη κατανόηση των εγχειρίδιων επιθεώρησης.
- Σε αυτό το σημείο, οι χειριστές μοιράζονται με τους συναδέλφους τους τις γνώσεις που απέκτησαν μέσα από αυτή την εκπαίδευση. Αποτέλεσμα όλης αυτής της διαδικασίας είναι η εμβάθυνση στον τρόπο λειτουργίας των μηχανών αλλά και στις μεθόδους συντήρησης αυτών.

Βήμα 5^ο: Αυτόνομη επιθεώρηση

- Χρησιμοποιούνται νέες μέθοδοι καθαρισμού και λίπανσης.
- Κάθε υπάλληλος προετοιμάζει το δικό του αυτόνομο διάγραμμα/πρόγραμμα κατόπιν συνεννόησης με τον επόπτη.
- Τα μέρη που δεν έχουν εμφανίσει ποτέ οποιοδήποτε πρόβλημα ή που δεν χρειάζονται οποιαδήποτε επιθεώρηση αφαιρούνται από τον *Κατάλογο Επιθεώρησης* με βάση την εμπειρία.
- Η συχνότητα καθαρισμού και επιθεώρησης μειώνεται με βάση την εμπειρία.

Βήμα 6^ο: Τυποποίηση

- Μέχρι το βήμα αυτό δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή μόνο στα μηχανήματα και στον εξοπλισμό. Εντούτοις, σε αυτό το βήμα οργανώνονται οι περιοχές γύρω από τα μηχανήματα. Τα απαραίτητα αντικείμενα πρέπει να οργανωθούν σωστά έτσι ώστε ο χρόνος εύρεσής τους να μειώνεται στο ελάχιστο.
- Το περιβάλλον εργασίας τροποποιείται έτσι ώστε να μην υπάρχει καμία δυσκολία στο να πάρει κανείς οποιοδήποτε αντικείμενο.
- Ο κάθε χειριστής πρέπει να ακολουθεί τις οδηγίες εργασίας αυστηρά.
- Τα απαραίτητα ανταλλακτικά πρέπει να προμηθεύονται έγκαιρα έτσι ώστε ανά πάσα στιγμή να είναι διαθέσιμα.

Βήμα 7^ο: Αυτόνομη διαχείριση

Περιλαμβάνει τη δημιουργία ομάδων αυτόνομης συντήρησης και προώθηση συνεχών βελτιώσεων.

1.1.3.2 Εστιασμένη Βελτίωση (Focus Improvement – F.I.)

Και σημαίνει αλλαγή και Zen σημαίνει καλό. Η Εστιασμένη Βελτίωση (Focus Improvement – F.I.) περιλαμβάνει όλες τις ενέργειες που μεγιστοποιούν τη γενική αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού, των διαδικασιών και των εργοστασίων μέσω της εξάλειψης των απωλειών και της βελτίωσης των αποδόσεων. [Suzuki, 1994]

Στόχος της FI είναι οι Μηδενικές Απώλειες. Η μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας του εξοπλισμού προϋποθέτει την πλήρη εξάλειψη των αστοχιών, των ατελειών και άλλων αρνητικών φαινομένων – με άλλα λόγια των απωλειών που προκύπτουν από τη λειτουργία του εξοπλισμού. [Nakajima, 1988]

Η αρχή που κρύβεται πίσω από αυτό είναι ότι ένας πολύ μεγάλος αριθμός μικρών βελτιώσεων είναι πιο αποτελεσματική κίνηση σε ένα οργανωτικό περιβάλλον απ' ό,τι μερικές βελτιώσεις μεγάλης αξίας [Nakajima, 1984] Είναι γεγονός ότι οι μηχανές εικονικά πραγματοποιούν το 100 % από την παραγωγική εργασία. Το μόνο που κάνουν οι άνθρωποι είτε αυτοί είναι χειριστές, τεχνικοί, μηχανικοί ή μανάτζερ είναι να καλύπτουν τις ανάγκες των μηχανών με όποιο τρόπο χρειάζεται. Όσο πιο καλά λειτουργήσουν οι μηχανές τόσο το εργοστάσιο θα γίνει παραγωγικότερο και η εταιρία ακόμη πιο επιτυχημένη. [Leflar, 2001] Με τη χρησιμοποίηση μιας λεπτομερούς και συστηματικής μεθόδου, χρησιμοποιώντας τα διάφορα εργαλεία Kaizen απαλείφονται οι απώλειες. Αυτές οι δραστηριότητες δεν περιορίζονται στους χώρους παραγωγής αλλά μπορούν να εφαρμοστούν στις διοικητικές περιοχές επίσης. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην πολιτική που ακολουθείται κατά την εφαρμογή των μεθόδων Kaizen.

Πολιτική Kaizen

- Σενάρια πρακτικής μηδενικών απωλειών σε κάθε σφαίρα της δραστηριότητας.
- Συνεχής αναζήτηση για την επίτευξη μείωσης των δαπανών.
- Συνεχής επιδίωξη της βελτίωσης της αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων.
- Εκτενής χρήση της ανάλυσης παραγωγικής συντήρησης ως εργαλείο για την εξάλειψη των απωλειών.
- Εστίαση στον εύκολο χειρισμό των μηχανών από τους χειριστές.

Εργαλεία

- Ανάλυση Παραγωγικής Συντήρησης (Productive Maintenance Analysis)
- Ανάλυση Γιατί-Διότι (Why-Why Analysis)
- Περίληψη των απωλειών
- Κατάλογος Βελτιώσεων
- Συνοπτικό Φύλλο Βελτιώσεων

Στόχοι

Ως ένας από τους στυλοβάτες των δραστηριοτήτων TPM, το Kaizen στοχεύει στον αποδοτικό εξοπλισμό, την καλύτερη αξιοποίηση των χειριστών, του υλικού και της ενέργειας. Οι δραστηριότητες Kaizen προσπαθούν να εξαλείψουν τις 16 σημαντικότερες απώλειες οι οποίες παρατίθενται στον πίνακα 1.1. [Shigose, 1992]

Πίνακας 1.1: Οι 16 σημαντικότερες απώλειες.

Κατηγορία απωλειών	Τύπος απώλειας
Απώλειες που εμποδίζουν την αποδοτικότητα του εξοπλισμού	1. Απώλειες από αστοχίες – Απώλειες από σταματήματα
	2. Απώλειες λόγω ρύθμισης των μηχανών
	3. Ελάττωμα πτερυγίου
	4. Απώλειες λόγω ξεκινήματος μηχανής
	5. Δευτερεύουσες διακοπές/ Απώλειες λόγω μικρών σταματημάτων
	6. Απώλειες λόγω λειτουργίας σε γαμηλές ταχύτητες
	7. Απώλειες λόγω ατελειών και επανάληψης εργασιών
	8. Σχεδιασμένη απώλεια χρόνου λόγω διακοπής
Απώλειες που εμποδίζουν την αποδοτικότητα της ανθρώπινης εργασίας.	9. Απώλεια Διοίκησης
	10. Απώλεια λειτουργικών κινήσεων
	11. Απώλεια λόγω της ελλιπούς οργάνωσης των γραμμών παραγωγής
	12. Απώλεια στην εφοδιαστική αλυσίδα
	13. Απώλεια μετρήσεων και ρυθμίσεων
Απώλειες που εμποδίζουν την αποδοτική χρήση των πόρων παραγωγής.	14. Απώλεια Ενέργειας
	15. Απώλεια λόγω καταστροφής εργαλείου
	16. Απώλεια Παραγωγής

1.1.3.3 Συντήρηση Ποιότητας (Progressive Quality – P.Q.)

Η *Συντήρηση Ποιότητας (Progressive Quality – P.Q.)* είναι η καθιέρωση συνθηκών οι οποίες θα αποκλείσουν την εμφάνιση ατελειών και θα ελέγχουν αυτές τις συνθήκες έτσι ώστε να εξαλείψουν αυτές τις ατέλειες. [Japan Institute of Plant Maintenance, 1996]

Επιτυγχάνεται καθιερώνοντας συνθήκες που οδηγούν σε μηδενικές απώλειες, διατηρώντας τις σε συγκεκριμένα πρότυπα, ερευνώντας και παρακολουθώντας τις ώστε να μην παρουσιάζουν μεταβολές και εκτελώντας προληπτικές ενέργειες πριν εμφανιστούν οι ατέλειες ή αστοχίες εξοπλισμού/διαδικασιών. Κεντρική ιδέα της PQ είναι ότι εστιάζει στην πρόληψη, *πριν συμβεί* κάτι (προσανατολισμένη στην αιτία προσέγγιση) αντί να καθορίζει αντίμετρα *αφού συμβεί* κάτι (προσανατολισμένη στα αποτελέσματα προσέγγιση). [Japan Institute of Plant Maintenance, 1996] Η PQ υποστηρίζει ένα στόχο-κλειδί της TPM, την επιβεβαίωση ότι εξοπλισμός και διαδικασίες είναι τόσο αξιόπιστα, ώστε να λειτουργούν πάντα ορθά. [Schonberger, 1986]

Προϋπόθεση για την εφαρμογή της PQ είναι να μπει ο εξοπλισμός, οι διατάξεις συναρμολόγησης και τα εργαλεία στην επιθυμητή κατάσταση έτσι ώστε να διασφαλιστεί η υψηλή ποιότητα των διαδικασιών. Το ίδιο θα πρέπει να γίνει και με τις διαδικασίες, τις δεξιότητες του ανθρώπινου δυναμικού καθώς επίσης και με τις μεθόδους εργασίας που θα

πρέπει να ακολουθηθούν. Επιπρόσθετα, στις προϋποθέσεις για την επιτυχή εφαρμογή της Συντήρησης Ποιότητας περιλαμβάνονται η κατάργηση της επιταχυνόμενης επιδείνωσης του εξοπλισμού, η εξάλειψη των προβλημάτων των διαδικασιών και η εξέλιξη ειδικευμένων και ικανών χρηστών. [Shirose, 1996]

Οι δραστηριότητες της PQ θέτουν τις συνθήκες του εξοπλισμού έτσι ώστε να αποκλίνουν από ποιοτικές ατέλειες. Είναι σύμφωνες με τον βασικό κανόνα που επιβάλλει τη διατήρηση *άριστου εξοπλισμού* για να επιτευχθεί η *άριστη ποιότητα* των προϊόντων. Οι συνθήκες ελέγχονται και μετρούνται μέσα στο χρόνο για να επιβεβαιωθεί ότι οι μετρούμενες τιμές είναι μέσα στις πρότυπες έτσι ώστε να αποτραπούν οι ατέλειες. Η μεταβολή των μετρήσεων παρακολουθείται για να μπορεί κανείς να προβλέψει τις πιθανότητες εμφάνισης ατελειών που προκύπτουν και για να λάβει προληπτικά μέτρα αντιμετώπισης.

Πολιτική

- Καταστάσεις απαλλαγμένες από ατέλειες και έλεγχος του εξοπλισμού.
- Εστίαση στην πρόληψη των ατελειών από την πηγή τους.
- Εστίαση στο roka-yoke σύστημα (μη νοθεύσιμο σύστημα).
- Προγραμματισμένη αναζήτηση και διαχωρισμός των ατελειών.
- Αποτελεσματική εφαρμογή της εξασφάλισης ποιότητας των χειριστών.

Στόχοι

- Επίτευξη και διατήρηση μηδενικών καταγγελιών πελατών.
- Ελάττωση ατελειών διαδικασίας κατά 50 %.
- Ελάττωση κόστους ποιότητας κατά 50 %.

Απαιτήσεις δεδομένων (data requirements)

Οι ατέλειες στην ποιότητα διακρίνονται σε *ατέλειες που σχετίζονται με τον πελάτη (customer-end defects)* και σε *εσωτερικές ατέλειες (in house defects)*. Για τα δεδομένα που αναφέρονται στον πελάτη (customer-end data), πρέπει να συλλέγονται στοιχεία που αφορούν θέματα όπως απορρίψεις γραμμών παραγωγής και καταγγελίες διαφόρων τομέων, ενώ οι εσωτερικές ατέλειες περιλαμβάνουν δεδομένα σχετικά με προϊόντα και διεργασίες. Αναλυτικότερα:

- *Δεδομένα σχετικά με τα προϊόντα (data related to product)* Ατέλειες προϊόντων, μέγεθος ατέλειας, διαχωρισμός σε ουσιώδη και επουσιώδη, θέση της ατέλειας σε σχέση με το σχεδιάγραμμα, μέγεθος και συχνότητα της εμφάνισης της ατέλειας, τάση εμφάνισης στην αρχή και στο τέλος κάθε παραγωγής, ταχύτητα αποκατάστασης της διακοπής/των τροποποιήσεων/της περιοδικής αντικατάστασης των τμημάτων του εξοπλισμού.
- *Στοιχεία σχετικά με τις διεργασίες (data related to processes)*: Συνθήκες λειτουργίας για μία μεμονωμένη υπό-διεργασία (sub-process) που σχετίζεται με τους ανθρώπους, τις μεθόδους, τα υλικά και τις μηχανές, τυποποιημένες ρυθμίσεις/συνθήκες της υπο-διεργασίας, πραγματικό αρχείο των ρυθμίσεων/συνθηκών κατά τη διάρκεια εμφάνισης της ατέλειας.

1.1.3.4 Εκπαίδευση και Επιμόρφωση (Training & Education – T.&E.)

Στόχος είναι να υπάρχουν πολλών ειδικοτήτων, αναζωογονημένοι υπάλληλοι με υψηλό ηθικό που να είναι πρόθυμοι να δουλέψουν και να εκτελέσουν όλες τις απαραίτητες λειτουργίες αποτελεσματικά και ανεξάρτητα. Προσφέρεται εκπαίδευση στους χειριστές για να αναβαθμίσουν τις ικανότητές τους. Δεν είναι ικανοποιητικό να ξέρουν μόνο το πώς γίνεται μια εργασία, δηλαδή δεν έχουν *τεχνογνωσία (know-how)*, αλλά θα πρέπει να γνωρίζουν επίσης το *γιατί* συμβαίνει κάτι (*know-why*). Οι χειριστές μέσα από την εμπειρία κερδίζουν την *τεχνογνωσία*, γνωρίζουν τις ενέργειες που πρέπει να κάνουν για να αντιμετωπίσουν ένα πρόβλημα. Είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν μία κατάσταση χωρίς να γνωρίζουν την πρωταρχική αιτία του προβλήματος ούτε γιατί το κάνουν έτσι. Ως εκ τούτου γίνεται απαραίτητο να εκπαιδευθούν στο να αντιλαμβάνονται το γιατί παρουσιάζεται ένα πρόβλημα, να αποκτήσουν δηλαδή το *know-why*. Οι υπάλληλοι πρέπει να εκπαιδευθούν και να περάσουν από τις τέσσερις φάσεις μίας συγκεκριμένης δεξιότητας/αντικειμένου. Ο στόχος είναι να δημιουργηθεί ένα εργοστάσιο το εργατικό δυναμικό του οποίου θα αποτελείται από ειδικά εκπαιδευμένους χειριστές. Οι τέσσερις διαφορετικές φάσεις ανάπτυξης των δεξιοτήτων είναι οι εξής [Suzuki, 1994]:

- *Φάση 1^η*: Τίποτα δεν είναι γνωστό.
- *Φάση 2^η*: Οι χειριστές γνωρίζουν την θεωρία αλλά δεν μπορούν να την εφαρμόσουν.
- *Φάση 3^η*: Μπορούν να εφαρμόσουν τη θεωρία αλλά δεν μπορούν να τη διδάξουν.
- *Φάση 4^η*: Μπορούν να εφαρμόσουν τη θεωρία αλλά και να τη διδάξουν.

Πολιτική

- Εστίαση στη βελτίωση της γνώσης, των δεξιοτήτων και των τεχνικών.
- Δημιουργία ενός περιβάλλοντος κατάρτισης και εκπαίδευσης που βασίζεται στις ανάγκες που γίνονται αντιληπτές.
- Πρόγραμμα σπουδών κατάρτισης και σεμινάρια κ.λπ. κατάλληλα για τις ανάγκες των υπαλλήλων
- Κατάρτιση για την εξάλειψη της κούρασης των υπαλλήλων και για να γίνει η εργασία πιο ευχάριστη.

Στόχοι

- Επίτευξη και διατήρηση μηδενικών απωλειών λόγω έλλειψης γνώσης/δεξιοτήτων/τεχνικών.
- 100 % συμμετοχή στο σχέδιο πρότασης.

Βήματα

- *Βήμα 1^ο*: Καθιέρωση συστήματος εκπαίδευσης για την λειτουργία των μηχανών αλλά και τη συντήρησή τους.
- *Βήμα 2^ο*: Έλεγχος της παρούσας κατάστασης της εκπαίδευσης και της κατάρτισης.
- *Βήμα 3^ο*: Καθιέρωση του συστήματος κατάρτισης για την ικανότητα λειτουργίας και συντήρησης επάνω στη διαβάθμιση.
- *Βήμα 4^ο*: Κατάρτιση των υπαλλήλων για την αναβάθμιση των δεξιοτήτων λειτουργίας και συντήρησης.

- Βήμα 5^ο: Προετοιμασία του ημερολογίου κατάρτισης.
- Βήμα 6^ο: Ξεκίνημα του συστήματος εκπαίδευσης.
- Βήμα 7^ο: Αξιολόγηση των δραστηριοτήτων και μελέτη της μελλοντικής προσέγγισης.

1.1.3.vi Υγιεινή, Ασφάλεια και Προστασία Περιβάλλοντος (Health, Safety & Environmental Protection – H.S.&E.P)

Η εξασφάλιση της αξιοπιστίας του εξοπλισμού, η πρόβλεψη του ανθρώπινου λάθους και η εξάλειψη των ατυχημάτων είναι οι βασικές αρχές της TPM. [Suzuki, 1994] Κανένα πρόγραμμα TPM δεν είναι σημαντικό αν δεν εστιάζει σε θέματα που έχουν να κάνουν με το περιβάλλον και με την ασφάλεια.

Ελαττωματικός ή μη αξιόπιστος εξοπλισμός είναι πηγή κινδύνου για τον χειριστή και για το περιβάλλον. Ο στόχος της TPM για μηδενικές ατέλειες και για μηδενικές αστοχίες υποστηρίζει άμεσα την ιδέα των μηδενικών ατυχημάτων.

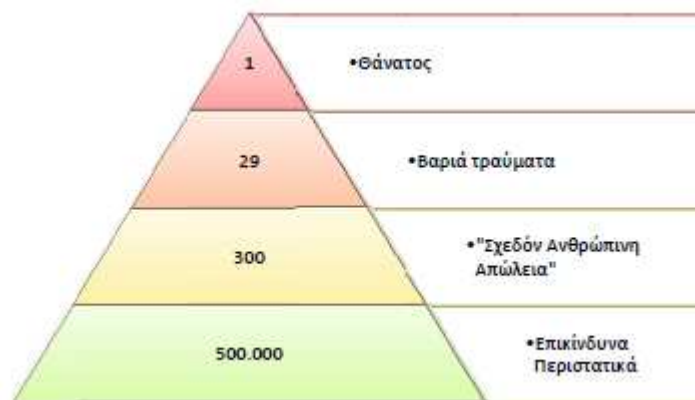
Η AM διδάσκει στους χειριστές του εξοπλισμού πώς να χειρίζονται σωστά τον εξοπλισμό και να διατηρούν καθαρό και οργανωμένο το σταθμό εργασίας. Τα 5S εξαλείφουν τις μη ασφαλείς συνθήκες στο χώρο εργασίας.

Οι χειριστές που έχουν εκπαιδευτεί σύμφωνα με τις αρχές της TPM καταλαβαίνουν καλύτερα τον εξοπλισμό τους και τις διαδικασίες και έχουν την δυνατότητα να ανιχνεύσουν και να επιλύσουν τις ανωμαλίες που μπορεί να καταλήξουν σε μη ασφαλείς καταστάσεις.

Η λειτουργία του εξοπλισμού από μη εξειδικευμένους χειριστές ελαχιστοποιείται λόγω της επέκτασης της TPM. Οι χειριστές αναλαμβάνουν την ευθύνη για την ασφάλεια και την προστασία του περιβάλλοντος στους σταθμούς εργασίας, η οποίες αναπτύσσονται ραγδαία και ενισχύονται σαν μέρος από της PQ της TPM.

Ασφάλεια και Υγιεινή

Σύμφωνα με μελέτη που έγινε πάνω στα βιομηχανικά ατυχήματα, 88 % από αυτά προκλήθηκαν από μη ασφαλείς ενέργειες των ανθρώπων, 10 % από μη ασφαλείς φυσικές συνθήκες και 2 % θεωρήθηκε ως «θέλημα Θεού». Η έρευνα αυτή κατέληξε επίσης στο συμπέρασμα ότι σε κάθε 500.000 περιστατικά ασφαλείας εμφανίζονται περίπου 300 που παραλίγο να οδηγήσουν σε ανθρώπινη απώλεια, 29 σε τραυματίες και 1 που οδήγησε σε θάνατο, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.3 που παρατίθεται στη συνέχεια. [Heinrich, 1980]



Εικόνα1.3: Τύποι ατυχημάτων σύμφωνα με Heinrich.

Προστασία Περιβάλλοντος

Η προστασία του περιβάλλοντος είναι ένα θέμα στο οποίο δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα κατά την εφαρμογή των αρχών της TPM. Σύμφωνα με τον Ichikawa, η βιομηχανική διοίκηση του 21^{ου} αιώνα δε θα είναι αποτελεσματική αν παραγκωνιστούν τα περιβαλλοντικά ζητήματα. Βιομηχανική διοίκηση που δε λαμβάνει υπόψη θέματα που αφορούν το περιβάλλον θα αποβάλλεται από την κοινωνία. [Ichikawa, 1999]

Σήμερα, η έννοια της προστασίας του περιβάλλοντος περιλαμβάνει την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, την ελαχιστοποίηση των τοξικών αποβλήτων και την μείωση της κατανάλωσης πρώτων υλών.

Η TPM θέτει τους εξής *αντικειμενικούς στόχους* μέσα από τον πυλώνα H.S.&E.P: [Ichikawa, 1999]

- Δημιουργία *Συστήματος Περιβαλλοντικής Διοίκησης (Environmental Management System – E.M.S.)* το οποίο θα ενοποιεί τα περιβαλλοντικά ζητήματα σε ένα σύστημα. Αυτός ο στόχος είναι σύμφωνος με το ISO 14001/14004.
- Εφαρμογή των δραστηριοτήτων, μέσα από το πρόγραμμα TPM, έτσι ώστε να μειωθεί η επίδραση των βιομηχανικών λειτουργιών στο περιβάλλον.
- Δημιουργία συστημάτων τα οποία θα έχουν ως στόχο τη μείωση της επίδρασης του περιβάλλοντος από την ανάπτυξη των βιομηχανικών προϊόντων και διεργασιών
- Εμπλουτισμός των γνώσεων όλων των υπαλλήλων σε θέματα που έχουν σχέση με το περιβάλλον.

Το EMS είναι ένα μέρος της δουλειάς και πρέπει να εφαρμοστεί μέσα από την TPM. Στην ουσία, περιλαμβάνει περιβαλλοντική εκπαίδευση, ανάπτυξη προϊόντων και εξοπλισμού δίνοντας ιδιαίτερη βαρύτητα στον παράγοντα *περιβάλλον*. Το σύστημα αυτό πρέπει να είναι κατάλληλο έτσι ώστε να αναπτύξει αυτά τα θέματα σε όλους τους άλλους πυλώνες. [Ichikawa, 1999]

1.1.4 Προγραμματισμένη Συντήρηση (Planned Maintenance – P.M.)

Ο ρόλος της *Προγραμματισμένης Συντήρησης (Planned Maintenance – P.M.)* έγκειται στην αύξηση της επίδοσης της εγκατάστασης και στην ελάττωση του κόστους συντήρησης (μέχρι και 30 %), μέσω της εξάλειψης των μη προγραμματισμένων σταματημάτων και της ανάπτυξης ενός οικονομικά αποτελεσματικού συστήματος προγραμματισμένης συντήρησης. Το τελευταίο επιτυγχάνεται με:

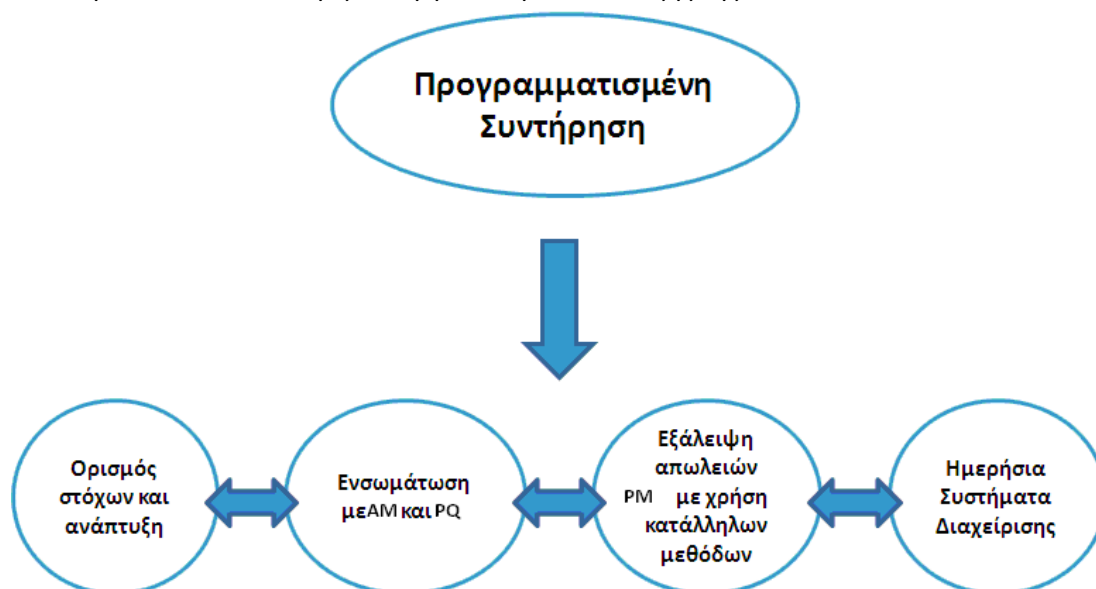
- ενίσχυση των ικανοτήτων του προσωπικού και εφαρμογή συστημάτων στην οργάνωση της συντήρησης,
- εμπλοκή των χειριστών παραγωγής.

Τα παραπάνω συνοψίζονται σε ένα πρόγραμμα *τεσσάρων σταδίων*, οργανωμένο σε *έξι βήματα*. Στον πίνακα 1.2 παρουσιάζεται η διάρθρωση σταδίων και βημάτων, καθώς και η παράλληλη ανάπτυξη Προγραμματισμένης και Αυτόνομης Συντήρησης.

Πίνακας 1.2: Παράλληλη ανάπτυξη Προγραμματισμένης και Αυτόνομης Συντήρησης οργανωμένη σε τέσσερα στάδια.

	1 σταθεροποίηση μεσοδιαστημάτων αστοχιών	2 επιμήκυνση διάρκειας ζωής εξοπλισμού	3 περιοδική αποκατάσταση επιδείνωσης	4 πρόβλεψη διάρκειας ζωής εξοπλισμού
Αυτόνομη Συντήρηση	Βήμα 1 ^ο : Αρχικός καθαρισμός	Βήμα 4 ^ο : Γενική επιθεώρηση	Βήμα 5 ^ο : Αυτόνομη επιθεώρηση	Βήμα 6 ^ο : Τυποποίηση
	Βήμα 2 ^ο : Εξάλειψη πηγών ακαθαρσιών και δύσκολα καθαριζόμενων και επιθεωρούμενων περιοχών			Βήμα 7 ^ο : Αυτόνομη διαχείριση
	Βήμα 3 ^ο : Δημιουργία και τήρηση προτύπων καθαρισμού, επιθεώρησης λίπανσης			
Προγραμματισμένη Συντήρηση	Βήμα 1 ^ο : Αξιολόγηση εξοπλισμού και κατανόηση παρούσας κατάστασης			
	Βήμα 2 ^ο : Αποκατάσταση επιδείνωσης και βελτίωση αδυναμιών		καθιέρωση διορθωτικής συντήρησης	Βήμα 6 ^ο : Αξιολόγηση Συστήματος Προγραμματισμένης Συντήρησης
		Βήμα 3 ^ο : Δημιουργία συστήματος διαχείρισης πληροφορίας	καθιέρωση περιοδικής συντήρησης	
			Βήμα 4 ^ο : Δημιουργία συστήματος περιοδικής συντήρησης	
			Βήμα 5 ^ο : Δημιουργία συστήματος προβλεπτικής συντήρησης	

Στην εικόνα 1.4 συνοψίζεται η φιλοσοφία ανάπτυξης της PM:



Εικόνα 1.4: Φιλοσοφία ανάπτυξης Προγραμματισμένης Συντήρησης.

1.1.4.1 Ορισμός στόχων και ανάπτυξη

Ένα σύστημα προγραμματισμένης συντήρησης ορίζει τους στόχους για:

- καθυστερήσεις (% προγραμματισμένου χρόνου),
- βελτίωση της αξιοπιστίας (πλήθος βλαβών/μήνα),
- κόστος συντήρησης (€/μονάδα),
- αύξηση του OPI (%),
- διαθεσιμότητα, συντηρησιμότητα και δείκτες επίδοσης .

1.1.4.2 Εξάλειψη απωλειών με χρήση κατάλληλων μεθόδων

Στον πίνακα 1.3 συνοψίζονται οι κατηγορίες απωλειών που συναντώνται, τα αίτια στα οποία οφείλονται και οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι εξάλειψής τους.

Πίνακας 1.3: Κατηγορίες απωλειών, αίτια και μέθοδο εξάλειψής τους.

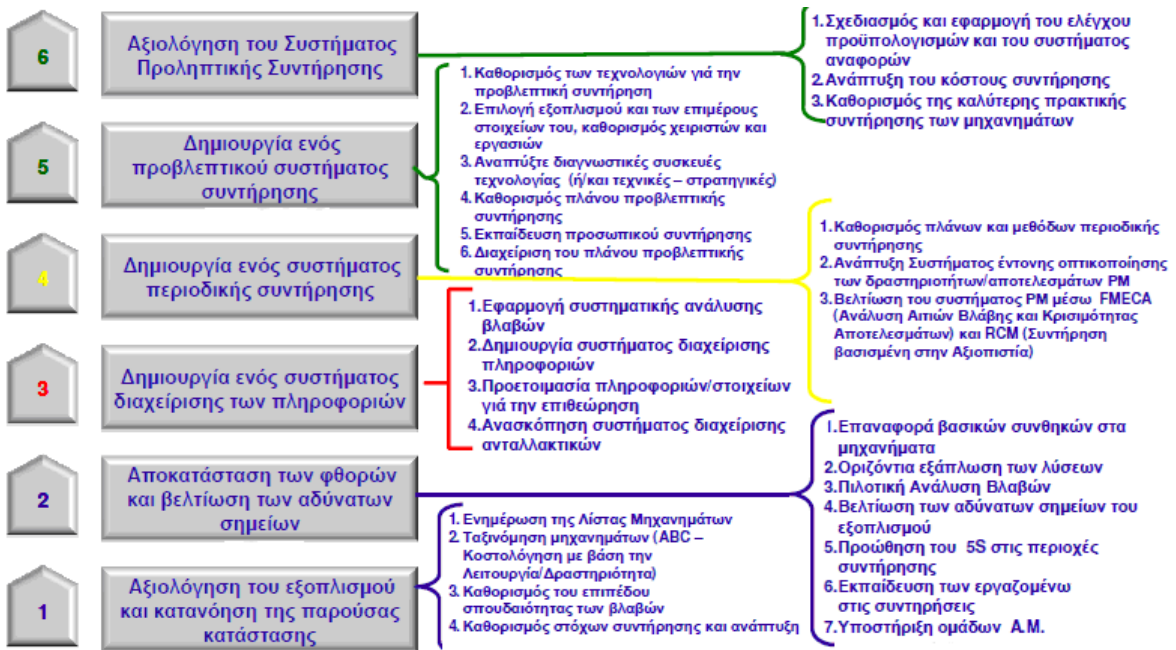
απώλεια	αίτιο	μέθοδος
Μηχανή <ul style="list-style-type: none"> • βλάβες • μικροσταματήματα • απώλειες ταχύτητας 	<ul style="list-style-type: none"> • αστοχία εξαρτημάτων • μη προγραμματισμένα σταματήματα • μηχανολογικοί περιορισμοί 	<ul style="list-style-type: none"> • ελάττωση βλαβών • ελάττωση μικροσταματημάτων • ελάττωση απωλειών ταχύτητας
Ανθρώπινο δυναμικό <ul style="list-style-type: none"> • No Value Added (N.V.A.) 	<ul style="list-style-type: none"> • μέθοδοι επισκευής 	<ul style="list-style-type: none"> • ελάττωση M.T.T.R.
Υλικά <ul style="list-style-type: none"> • ανταλλακτικά 		

1.1.4.3 Συστήματα Προγραμματισμένης Συντήρησης

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα προγραμματισμένης συντήρησης περιλαμβάνει επιμέρους υποσυστήματα:

- Σύστημα Ημερήσιου Ελέγχου (Daily Control System – D.C.S.)
- Σύστημα διαχείρισης λιπαντικών
- Σύστημα διαχείρισης ανταλλακτικών
- Προβλεπτική συντήρηση
- Σύστημα διαχείρισης κόστους συντήρησης
- Ενίσχυση τεχνολογίας και δεξιοτήτων προσωπικού

Στην εικόνα 1.5 παρουσιάζεται η διάρθρωση των έξι βημάτων εφαρμογής της Προγραμματισμένης Συντήρησης, ενώ στη συνέχεια αναπτύσσονται τα βασικά σημεία καθενός από αυτά:



Εικόνα 1.5: Ανάπτυξη Προγραμματισμένης Συντήρησης οργανωμένη σε έξι βήματα.

1.1.4.4 Βήμα 1^ο: Αξιολόγηση εξοπλισμού και κατανόηση παρούσας κατάστασης

Ενημέρωση καταλόγου μηχανημάτων

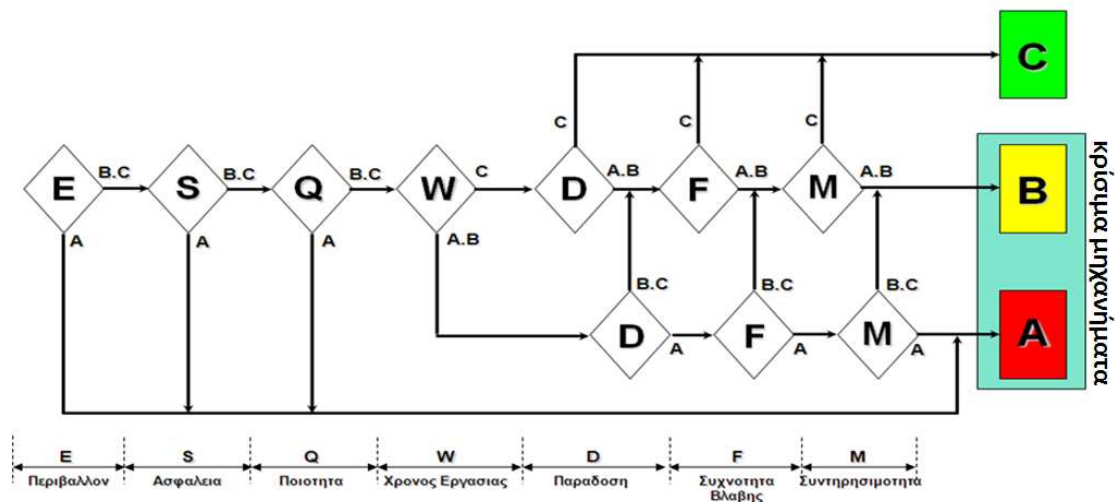
Πραγματοποιείται ανανέωση των καταλόγων απογραφής των μηχανημάτων ώστε να είναι διαθέσιμη η τρέχουσα εικόνα της εγκατάστασης από την άποψη του εγκατεστημένου εξοπλισμού. Κατ' αυτόν τον τρόπο, αποφεύγονται μελλοντικά σφάλματα και καθυστερήσεις που αφορούν μηχανήματα που έχουν απεγκατασταθεί, τροποποιηθεί ή είναι πρόσφατα τοποθετημένα..

Κατηγοριοποίηση μηχανημάτων βάσει κρισιμότητας (Equipment Criticality Analysis)

Ο υπάρχων εξοπλισμός ταξινομείται σε κλάσεις (A, B, C) βάσει κριτηρίων. Στον πίνακα 1.4 παρατίθενται τα επιμέρους κριτήρια και ακολουθεί το διάγραμμα ροής (εικόνα 1.6) σύμφωνα με το οποίο γίνεται η αξιολόγηση των μηχανημάτων:

Πίνακας 1.4: Κριτήρια κατάταξης εξοπλισμού σε κλάσεις κρισιμότητας.

		A	B	C
E	Περιβάλλον	Δημιουργία παραμέτρων εκτός νομικών προδιαγραφών με επιδράσεις προς τα έξω.	Δημιουργία παραμέτρων εκτός νομικών προδιαγραφών με εσωτερικές επιδράσεις.	Καμμία περιβαλλοντογική επίδραση
S	Ασφάλεια	Πιθανότητα προκλήσης θανάτου ή μόνιμης αναπηρίας.	Πιθανότητα προκλήσης προσωρινής αναπηρίας ή επαγγελματικής ασθένειας.	Ενεχει κινδύνους όχι όμως ατυχήματα ή ανικανότητα.
Q	Ποιότητα	Ποιοτικές ασυμφωνίες αντιληπτές από τους πελάτες	Ποιοτικές ασυμφωνίες που προκαλούν απορριψη παρτίδας.	Can cause re-process or has no impact
W	Χρόνος Παραγωγής	24 ώρες / ημέρα	8 – 24 ώρες / ημέρα	< 8 ώρες / ημέρα
D	Παράδοση	Επίδραση σε ολη τη παραγωγή του εργοστασίου	Επίδραση στη γραμμή παραγωγής.	Καμμία επίδραση στην παραγωγή
F	Συχνότητα	F > "12" BD / μήνα	"1" < F < "12" BD / μήνα	F < "Y" BD / μήνα
M	Ευκολία Συντήρησης	MTTR > "25" λεπτά	"T" min < MTTR < "Z" λεπτά	MTTR < "T" λεπτά



Εικόνα 1.6: Διάγραμμα ροής για την κατάταξη των μηχανημάτων βάσει κρισιμότητας.

Καθορισμός του επιπέδου σπουδαιότητας αστοχιών

Στην εικόνα 1.7 παρουσιάζεται ένα μεθοδολογικό εργαλείο βάσει του οποίου μπορεί να ποσοτικοποιηθεί το επίπεδο σπουδαιότητας μιας αστοχίας.

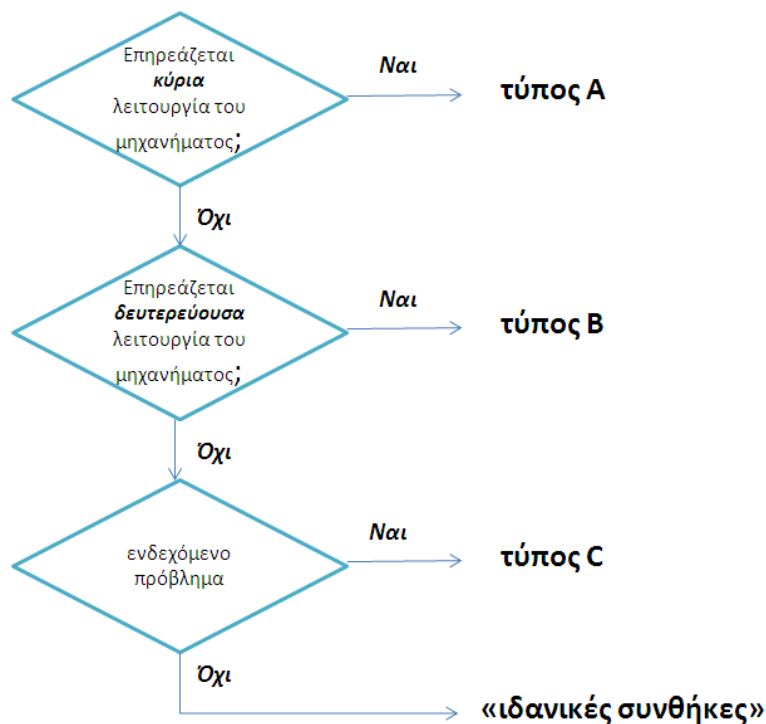
5x5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

↑ συχρότητα (MTBF)	< 1/ημέρα	5	6	7	8	9
	1/ημέρα – 1/εβδομάδα	4	5	6	7	8
	1/εβδομάδα – 3/εβδομάδα	3	4	5	6	7
	3/εβδομάδα – 6/εβδομάδα	2	3	4	5	6
	>6/εβδομάδα	1	2	3	4	5
	↑ ↔	5 – 15 min	15 – 30 min	30 – 45 min	45 – 60 min	< 60 min
		↔ διάρκεια (MTTR)				

Εικόνα 1.7: Πίνακας αξιολόγησης επιπέδου σπουδαιότητας αστοχιών.

Χρησιμοποιώντας τον παραπάνω πίνακα και πολλαπλασιάζοντας κάθε φορά με έναν αριθμό που αντιστοιχεί στην κρισιμότητα του μηχανήματος (ίσο με 3,2,1 για μηχανήματα κατηγορίας A, B και C, αντίστοιχα), μπορεί να εκτιμηθεί το επίπεδο της αστοχίας.

Μια άλλη μέθοδος αξιολόγησης των αστοχιών φαίνεται στο διάγραμμα ροής (εικόνα 1.8) που ακολουθεί:



Εικόνα 1.8: Διάγραμμα ροής για την αξιολόγηση του επιπέδου σπουδαιότητας των αστοχιών.

1.1.4.5 Βήμα 2^ο: Αποκατάσταση επιδείνωσης και βελτίωση αδύνατων σημείων

Αποκατάσταση επιδεινωμένων συνθηκών

Περιλαμβάνει την υποστήριξη της Αυτόνομης Συντήρησης σε διάφορα επίπεδα ανάπτυξής της. Ειδικότερα:

Βήματα 1 & 2

- Εξάλειψη αστοχιών.
- Υπόδειξη μικρών βελτιώσεων που θα πραγματοποιηθούν από τους τεχνικούς.
- Εξάλειψη εστιών μόλυνσης.
- Απλές δραστηριότητες (easy to... activities).
- Βασική εκπαίδευση με χρήση Μαθημάτων Ενός Σημείου (One Point Lesson – O.P.L.).

Βήμα 3

- Διαχείριση λιπαντικών.
- Γνώση λόγων που πραγματοποιείται η λίπανση.
- Γνώση του τρόπου που γίνεται η λίπανση.
- Απλές δραστηριότητες λίπανσης (easy to... lubricate).
- Πρότυπα λίπανσης και Πρότυπες Διαδικασίες Λειτουργίας (Standard Operating Procedures – S.O.P.).
- Διαχείριση δραστηριοτήτων καθαρισμού, επιθεώρησης, λίπανσης.
- Εκπαίδευση χειριστών.

Βήμα 4

- Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού σχετικού με τη επιθεώρηση.
- Εκπαίδευση χειριστών.
- Υποστήριξη βελτίωσης μεθόδων επιθεώρησης.

Βελτίωση αδύνατων σημείων

- Εκπαίδευση προσωπικού συντήρησης.
- Προγράμματα ελάττωσης απωλειών (αδύνατα στοιχεία-εξαρτήματα, μηχανήματα).
- Ημερήσια συνάντηση Τμήματος Συντήρησης.

1.1.4.6 Βήμα 3^ο: Δημιουργία συστήματος διαχείρισης πληροφοριών

Συστηματική ανάλυση βλαβών

Η διάρθρωση του συστήματος ανάλυσης βλαβών έχει ως εξής:

- Καθορισμός διαδικασίας για την ανάλυση βλαβών.
- Σχεδιασμός του οργανισμού για την εφαρμογή της ανάλυσης βλαβών.
- Συμπερίληψη της ανάλυσης βλαβών στο DCS.
- Παρακολούθηση των αποτελεσμάτων.
- Επανεφαρμογή.

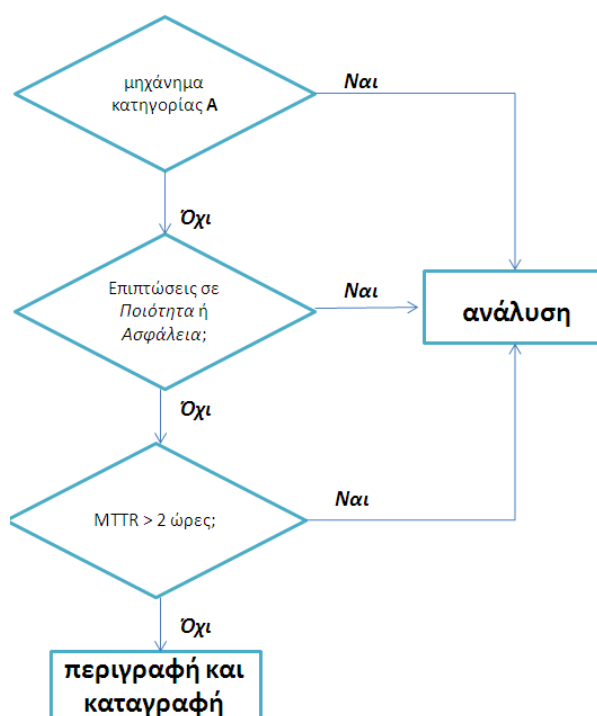
Για την επιτυχημένη εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος απαιτείται η κατάλληλη προεργασία ώστε να επιτευχθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα και να αποκομιστούν τα περισσότερα δυνατά οφέλη. Παρατίθενται τα ακόλουθα παραδείγματα:

- Καθορισμός κατάλληλου *Εντύπου Ανάλυσης Βλαβών (Breakdown Analysis Sheet)*, που αποτελεί εργαλείο που βοηθάει τη λεπτομερέστερη ανάλυση της βλάβης (παράρτημα).
- Προετοιμασία και πραγματοποίηση πιλοτικού προγράμματος ανάλυσης βλάβης, ώστε να δοθεί ένα κατανοητό και ολοκληρωμένο παράδειγμα εφαρμογής της ανάλυσης.
- Εκπαίδευσης των τεχνικών συντήρησης στις βλάβες και έλεγχος των απαιτούμενων για την ανάλυση δεξιοτήτων.
- Εκπαίδευση χειριστών παραγωγής ώστε να είναι σε θέση να παρέχουν τις κατάλληλες πληροφορίες που αφορούν την ανάλυση βλάβης.
- Καθορισμός των απαιτούμενων για την ολοκλήρωση της ανάλυσης συνθηκών.
- Ανασκόπηση του συστήματος και εξάπλωση των συνθηκών.

Βασικά σημεία της ανάλυσης βλαβών είναι:

- Κάθε βλάβη έχει διαφορετικό πρωταρχικό αίτιο.
- Η ανάλυση βλαβών πρέπει να προχωρά σε βάθος ώστε να ταυτοποιούνται τα εκάστοτε πρωταρχικά αίτια.
- Μια ορθά πραγματοποιημένη ανάλυση επιτρέπει την εξάλειψη των βλαβών δια παντός.
- Επανεφαρμογή της αποκτηθείσας εμπειρίας είναι στρατηγικής σημασίας (σε υπάρχοντα μηχανήματα/εξαρτήματα που ενδεχομένως έχουν το ίδιο πρόβλημα, σε νέα μηχανήματα με τον ορισμό των σχεδιαστικών προτύπων σε συνδυασμό με το Τμήμα Σχεδιασμού).

Θεμελιώδες είναι να οριστεί ποιες βλάβες είναι αυτές που απαιτείται να αναλυθούν. Το διάγραμμα ροής (εικόνα 1.9) που ακολουθεί συγκεντρώνει τον τρόπο λειτουργίας πάνω στο ζήτημα αυτό.



Εικόνα 1.9: Διάγραμμα ροής για τον καθορισμό των προς ανάλυση βλαβών.

Οργάνωση πληροφοριών

Το σύστημα συντήρησης είναι εν γένει αρκετά περίπλοκο και απαιτεί προηγμένη διαχείριση των δεδομένων, η οποία συνίσταται στην απάντηση των εξής:

- Ποιες πληροφορίες είναι χρήσιμες;
- Ποιος τις διαχειρίζεται;
- Πότε;

Το πώς γίνονται τα παραπάνω συνοψίζεται στην ύπαρξη ενός δομημένου συστήματος πληροφοριών. Ένα τέτοιο σύστημα περιλαμβάνει τα εξής θεμελιώδη στοιχεία:

- Έγγραφα εξοπλισμού
Περιγραφή εξοπλισμού, σειριακός αριθμός, αριθμός σχεδίου, προμηθευτής, ημερομηνία αγοράς, ημερομηνία δοκιμής, αλλαγές προδιαγραφών, καταγραφή συντηρήσεων κ.λπ.
- Φύλλο Ανάλυσης Βλάβης
Εξοπλισμός, υποσύνολο, στοιχείο-εξάρτημα, ημερομηνία, βάρδια, χειριστής, περιγραφή κατάστασης αστοχίας, περιγραφή παρέμβασης, χρόνος επισκευής (Time To Repair – T.T.R.), προτάσεις κ.λπ.
- Προγραμματισμένη Συντήρηση
Εξοπλισμός, υποσύνολο, στοιχείο-εξάρτημα, λειτουργία, λειτουργικές αστοχίες, καταστάσεις αστοχίας, αποτελέσματα αστοχίας, καθήκοντα Τμήματος Συντήρησης, εμπλεκόμενος χειριστής (ηλεκτρονικός, μηχανικός κ.ο.κ.), συχνότητα, παρακολούθηση τάσης.
- Πληροφορίες δεξιοτήτων/εκπαίδευσης
Χειριστής, προσωπικό Προγραμματισμένης Συντήρησης, λειτουργία, επίπεδο δεξιοτήτων (τρέχον, στόχος), ατομικό πρόγραμμα εκπαίδευσης, εγχειρίδια εκπαίδευσης, διάγραμμα εκτίμησης δεξιοτήτων κ.λπ.
- Καταγραφή ανταλλακτικών
Ταυτότητα ανταλλακτικών (περιγραφή, λειτουργία, προμηθευτής, εξοπλισμός, θέση), επίπεδο αποθεμάτων (αξία, συμβατότητα, μέση χρήση, επίπεδο/ποσότητα παραγγελιών, κύκλος εργασιών), κόστος (έμμεση εργασία, χρησιμοποίηση χώρου, υποτιμήσεις)
- Κόστος συντήρησης
Κόστος βλαβών, εργασία, τροποποίηση υλικών-εξοπλισμού, εργολαβίες, κατανάλωση ενέργειας, κόστος Προληπτικής Συντήρησης, κόστος ανταλλακτικών, ειδικά εργαλεία κ.λπ.
- Παρακολούθηση και αξιολόγηση επίδοσης
Το Σύστημα Πληροφοριών Συντήρησης αποτελείται από μεθόδους, διαδικασίες και εργαλεία που αποσκοπούν στη ρύθμιση της συλλογής δεδομένων, την επεξεργασία τους με σκοπό τη λήψη αποφάσεων, την υποστήριξη στοιχείων για ζητήματα σχετικά με τη συντήρηση και την παροχή πληροφοριών για λειτουργίες.

Στην εικόνα 1.10 παρουσιάζονται τα επιμέρους στοιχεία που μπορεί να απαρτίζουν ένα σύστημα συντήρησης.



Εικόνα 1.10: Επιμέρους στοιχεία συστήματος συντήρησης.

Ημερήσια Συνάντηση Τμήματος Συντήρησης (Daily Maintenance Meeting)

- Καθορισμός εισερχόμενων δεδομένων DCS (καταγραφή πλήθους και διάρκειας βλαβών), δραστηριότητες επανεφαρμογής, δραστηριότητες βελτίωσης, σημάνσεις και φύλλα προβλημάτων
- Καθορισμός συμμετεχόντων Προσωπικό Προγραμματισμένης Συντήρησης, ομαδάρχης κ.λπ.
- Καθορισμός βασικών δραστηριοτήτων
- Διατήρηση ανάλυσης βλαβών και εξέλιξής της υπό έλεγχο

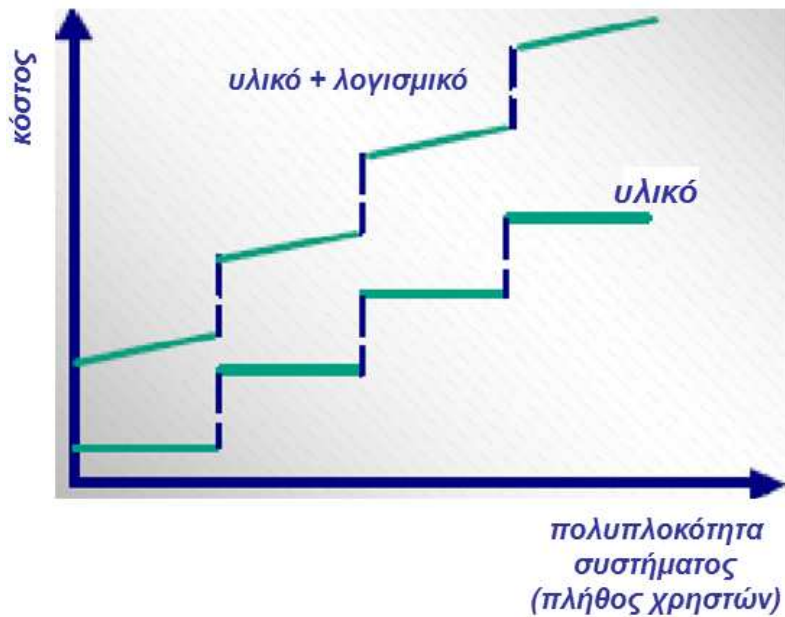
Παρακολούθηση ανάλυσης βλαβών

Περιλαμβάνει την παρουσίαση της εξέλιξης των βλαβών, την καταγραφή των βασικότερων από αυτές, την τήρηση αρχείων φύλλων ανάλυσης βλαβών, οπτικοποιημένο πρόγραμμα δραστηριοτήτων, καθώς και καταγραφή ενδεχόμενων βελτιώσεων και οπτικοποίησή τους μέσω OPL.

Κόστος και πλεονεκτήματα

Η διαστασιολόγηση του συστήματος πληροφοριών πρέπει να γίνει βάσει κόστους και πλεονεκτημάτων.

Στο διάγραμμα 1.1 παρουσιάζεται η εξέλιξη του κόστους (υλικού, λογισμικού) συναρτήσει της πολυπλοκότητας του συστήματος.



Διάγραμμα 1.1: Κόστος συστήματος πληροφοριών (υλικού και λογισμικού) συναρτήσει πολυπλοκότητας.

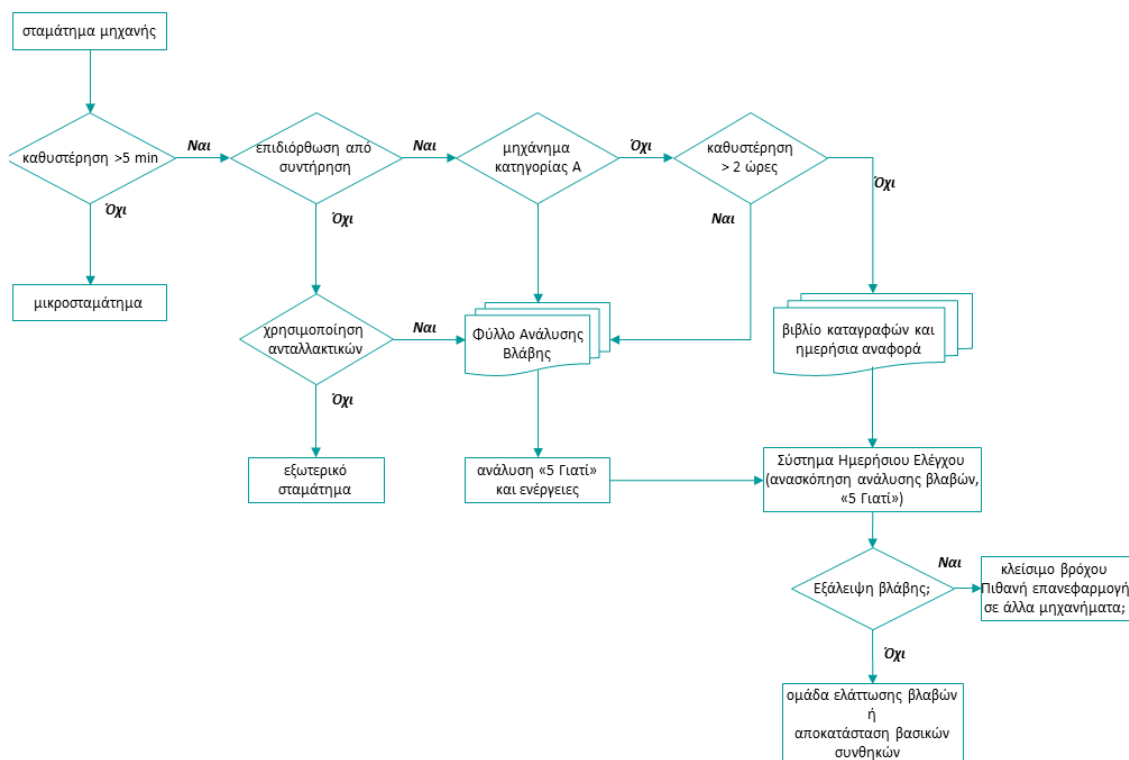
Τα πλεονεκτήματα εφαρμογής και χρήσης ενός συστήματος πληροφοριών είναι πως οι πληροφορίες

- παρέχονται έγκαιρα,
- ανακτώνται εύκολα,
- είναι αξιόπιστες.

Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι να προγραμματίζονται ορθότερα οι απαιτούμενες παρεμβάσεις, να είναι αποτελεσματικότερες και, ως εκ τούτου, να βελτιώνεται η παραγωγικότητα εξοπλισμού και ανθρώπινου δυναμικού.

Όσον αφορά τα ανταλλακτικά, μέσω υπολογισμού της αξίας των αποθεμάτων και καταγραφής των ποσοτήτων, επιτυγχάνεται η ελάττωση τόσο του πλήθους τους, όσο και του κόστους των παραγγελιών.

Στο διάγραμμα ροής (εικόνα 1.11) συνοψίζεται η διαδικασία ανάλυσης βλάβης και ο συσχετισμός της με το DCS.



Εικόνα 1.11: Διάγραμμα ροής ανάλυσης βλάβης.

1.1.4.7 Βήμα 4^ο: Οργάνωση συστήματος περιοδικής συντήρησης

Στόχος

Παρουσίαση μιας πρακτικής μεθοδολογίας που θα καθορίζει, ελέγχει και διαχειρίζεται τις δραστηριότητες προληπτικής συντήρησης.

Ζητήματα

Η πρόληψη βλαβών είναι εφικτή εφόσον υπάρχει γνώση των μηχανημάτων και των βλαβών που ενδέχεται να παρουσιάσουν, επιλέγονται οι κατάλληλες δραστηριότητες προγραμματισμένης συντήρησης και υπό την προϋπόθεση θεώρησης του κόστους των μέτρων πρόληψης.

Δομή

- i. Συλλογή όλων των πεπραγμένων κατά την εφαρμογή των προηγούμενων βημάτων υλοποίησης του συστήματος και μέσω αυτών, ανάπτυξη ενός οπτικοποιημένου συστήματος προγραμματισμένης συντήρησης.
- ii. Κατανόηση της χρησιμότητας και αποτελεσματικότητας των δραστηριοτήτων συντήρησης.
- iii. Εύρεση και ενσωμάτωση νέων μεθόδων-εργαλείων προς ανανέωση και αναβάθμιση του υπάρχοντος συστήματος.

Ανάπτυξη οπτικοποιημένου συστήματος περιοδικής συντήρησης

Η οπτικοποίηση του συστήματος περιοδικής συντήρησης κρίνεται απαραίτητη για τους εξής λόγους:

- Είναι οικονομική η εισαγωγή του.
- Είναι εύκολα προσβάσιμο.
- Τροποποιείται και βελτιώνεται εύκολα.
- Είναι ορατό από όλους.
- Ελαττώνεται η γραφειοκρατία.
- Καθιστά δυνατή την σύγκριση του επιπέδου επίδοσης των εξαρτημάτων με τον κύκλο ζωής τους.

Μια μορφή ενός τέτοιου τύπου οπτικοποιημένου συστήματος είναι ο πίνακας δραστηριοτήτων (activities board), που παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για τις παρεμβάσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν εβδομαδιαία στο μηχάνημα σε διάστημα ενός έτους. Τοποθετείται πλησίον του μηχανήματος που αφορά και αποτελείται από 52 τομείς, ένα για κάθε εβδομάδα, στους οποίους περιέχονται πληροφορίες σχετικά με τις ενέργειες προληπτικής συντήρησης που απαιτούνται για το μηχάνημα. Ειδικότερα συγκεκριμενοποιούνται:

- Σημείο (τμήμα μηχανήματος).
- Τρόπος (εργαλεία, μέθοδοι, τιμές αναφοράς).
- Προσωπικό (χειριστής, ηλεκτρολόγος, μηχανολόγος, ηλεκτρονικός κ.λπ.).
- Χρόνος (συχνότητα).

Η χρησιμοποίηση μεθόδων προληπτικής συντήρησης συμβάλει στην εκμάθηση της συμπεριφοράς των στοιχείων-εξαρτημάτων με την πάροδο του χρόνου. Έτσι, είναι δυνατός ο ορισμός του τεχνικού χρόνου ζωής του εξαρτήματος. Παράλληλα, γίνεται καταγραφή των εβδομαδιαίων παρεμβάσεων και των ενδεχόμενων προβλημάτων αποσκοπώντας στη βελτίωση μεθόδων εργασίας και συντηρησιμότητας, καθώς και στην απλοποίηση των δραστηριοτήτων συντήρησης.

Ανάλυση Κρισιμότητας και Επίδρασης Κατάστασης Αστοχίας (Failure Mode and Effect Criticality Analysis – F.M.E.C.A.)

Ως *Αστοχία* για ένα μηχάνημα ορίζεται η αδυναμία εκτέλεσης των λειτουργιών για τις οποίες είναι σχεδιασμένο.

Λειτουργία είναι αυτό που ο κάτοχος ή ο χρήστης του φυσικού αντικειμένου ή συστήματος θέλει αυτό να επιτελεί.

Λειτουργική Αστοχία ορίζεται η αδυναμία του μηχανήματος να πραγματοποιεί συγκεκριμένη λειτουργία σε ένα πρότυπο επίπεδο επίδοσης το οποίο είναι αποδεκτό από το χειριστή.

Συνοψίζοντας, ως *Κατάσταση Αστοχίας* ορίζεται η τεχνική αστοχία που παράγει τη λειτουργική αστοχία.

Η *Επίδραση της Αστοχίας (Failure Effect)* εξαρτάται κυρίως από τις συνέπειες (επίπτωση) της αστοχίας στο λειτουργικό περιβάλλον και τις συνθήκες (εμφάνιση) υπό τις οποίες συμβαίνει η αστοχία.

Οι *Επιπτώσεις της Αστοχίας (Failure Impact)* γίνονται αντιληπτές, κυρίως, αναφορικά με τους παρακάτω παράγοντες:

- Ασφάλεια (συνέπειες στους εργαζόμενους).
- Περιβάλλον (συνέπειες στο περιβάλλον/περιοχή).
- Ποιότητα (ελαττώματα ή άλλες απώλειες ποιότητας).
- Παραγωγή (απώλεια προϊόντος/πρώτων υλών).

Η *Εμφάνιση της Αστοχίας (Failure Occurrence)* ορίζεται βάσει:

- Συχνότητας (πόσο συχνά συμβαίνει αστοχία).
- Επισκευής (χρόνος, κόστος).
- Ανίχνευσης (τρόπος προσδιορισμού ενδεχόμενου εμφάνισης αστοχίας).

Η *Κρισιμότητα της Αστοχίας (Failure Criticality)* ορίζεται βάσει των υπόλοιπων επιδράσεων (επίπτωσης και εμφάνισης) και της μεταξύ τους αλληλεπίδρασης.

Τα κύρια *Αίτια* κάθε κατάστασης αστοχίας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν βάσει της πιθανότητας εμφάνισής τους (υψηλή, μεσαία, χαμηλή).

Συνοψίζοντας, η ανάλυση του δείκτη κρισιμότητας βοηθάει στην ιεράρχηση των ενεργειών που αποσκοπούν στην ελάττωση της επίδρασης των καταστάσεων αστοχίας στη διεργασία/εξοπλισμό.

Επικεντρωμένη στην Αξιοπιστία Συντήρηση (Reliability Centred Maintenance – R.C.M.)

Ορισμός

Η *Επικεντρωμένη στην Αξιοπιστία Συντήρηση (Reliability Centered Maintenance – R.C.M.)* είναι μια μέθοδος καθορισμού των δραστηριοτήτων της προγραμματισμένης συντήρησης, που μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα μηχάνημα με σκοπό την εξάλειψη των ταυτοποιημένων βλαβών (καταστάσεων αστοχίας).

Βασικά στοιχεία

Τα κυριότερα στοιχεία της RCM συνοψίζονται στην απάντηση των εξής επτά ερωτημάτων:

1. Ποιες είναι οι λειτουργίες και τα συσχετιζόμενα πρότυπα επίδοσης του εξοπλισμού/μηχανήματος/εξαρτήματος στο παρόν πλαίσιο λειτουργίας;
2. Με ποιους τρόπους ενδέχεται να αστοχήσει κατά την εκπλήρωση των λειτουργιών του;
3. Ποια τα αίτια κάθε λειτουργικής αστοχίας;
4. Τι συμβαίνει όταν λαμβάνει χώρα κάθε αστοχία;
5. Με ποιο τρόπο επηρεάζει κάθε αστοχία;
6. Πώς προλαμβάνεται η αστοχία;
7. Τι πρέπει να γίνει αν δε μπορεί να βρεθεί κατάλληλο προληπτικό μέτρο;

Υλοποίηση

Το εύρος στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η RCM προσδιορίζεται από την εφαρμογή της FMECA στο πρώτο λειτουργικό επίπεδο (το υψηλότερο δυνατό). Αυτό εξασφαλίζει ότι η RCM θα διεξαχθεί μόνο στα απαραίτητα-κρισιμότερα υποσύνολα και όχι σε πολύ εκτεταμένη βάση, γεγονός που θα οδηγούσε σε παρεμβάσεις χωρίς απόσβεση.

Για την πραγματοποίηση της RCM ακολουθούνται κάποια βήματα τα οποία διαρθρώνονται ως εξής:

1. Κατακερματισμός του μηχανήματος σε υποσυστήματα και στοιχεία-εξαρτήματα.

2. Καθορισμός λειτουργικών αστοχιών.
3. Ανάλυση αιτίων λειτουργικών αστοχιών.
4. Ταυτοποίηση αποτελεσμάτων αστοχιών.
5. Επιλογή της καταλληλότερης πολιτικής συντήρησης.

Αποτελέσματα

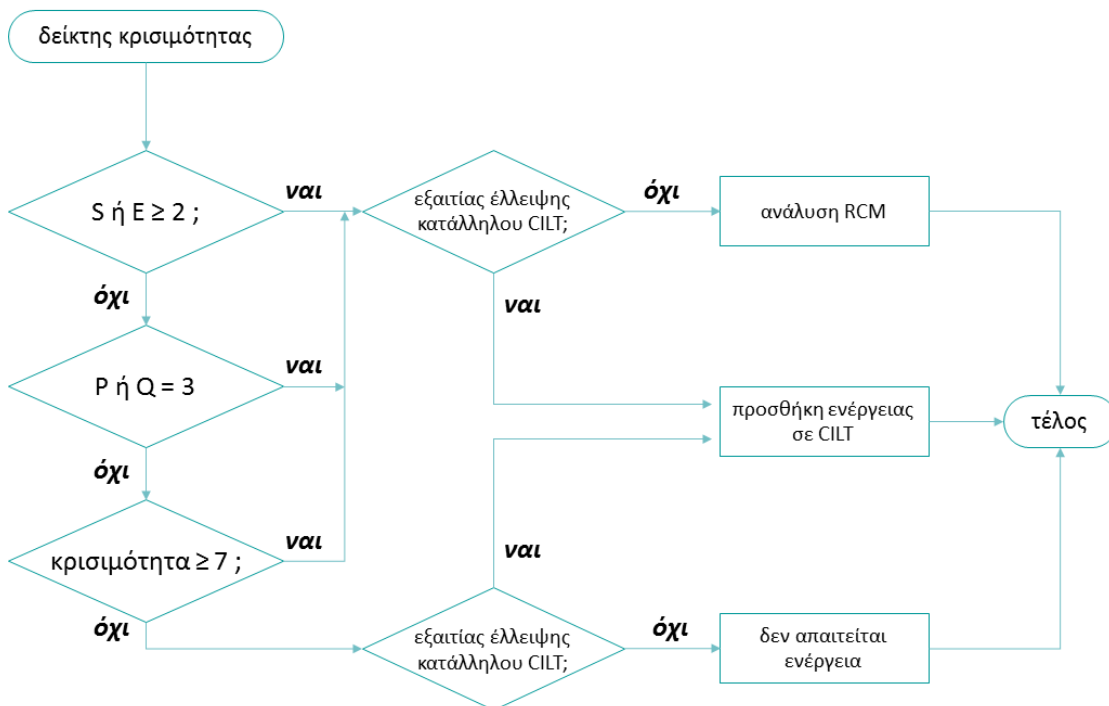
Εφαρμόζοντας την RCM επιτυγχάνεται καλύτερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του μηχανήματος, καθώς και καθαρότερη αντίληψη των δυνατοτήτων και περιορισμών του.

Ταυτόχρονα, κατανοείται σε μεγαλύτερο βάθος ο τρόπος με τον οποίο μπορεί ένα μηχάνημα να αποτύχει, καθώς και τα πρωταρχικά αίτια κάθε αποτυχίας. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια συντήρησης είναι ορθά εστιασμένη στην προσπάθεια βελτίωσης των κατάλληλων προβλημάτων. Το τελευταίο, όχι μόνο βοηθά στην πρόληψη αστοχιών που συμβαίνουν από μόνες τους, αλλά επίσης οδηγεί τους ανθρώπους να σταματήσουν να ενεργούν με τρόπο που μπορεί να προκαλέσει αστοχίες.

Καταρτίζονται κατάλογοι με προτεινόμενες ενέργειες που εξασφαλίζουν ότι το μηχάνημα συνεχίζει να λειτουργεί στο επιθυμητό επίπεδο επιδόσεων. Τέτοιοι κατάλογοι παίρνουν τρεις μορφές:

- Χρονοδιαγράμματα συντήρησης που προορίζονται να πραγματοποιηθούν από το τμήμα συντήρησης.
- Αναθεωρημένες διαδικασίες χειρισμού για τους χειριστές των μηχανημάτων.
- Κατάλογος περιοχών όπου πρέπει να πραγματοποιηθούν αλλαγές (συνήθως σχεδιαστικές) για την αντιμετώπιση καταστάσεων στις οποίες η συντήρηση δεν μπορεί να συμβάλει ώστε το μηχάνημα να αποδώσει τα επιθυμητά με την παρούσα διαμόρφωση.

Τέλος, η RCM συμβάλει στη βελτίωση της ομαδικής δουλειάς.



Εικόνα 1.12: Διάγραμμα ροής για τον καθορισμό της χρήσης ανάλυσης RCM.

1.1.4.8 Βήμα 5^ο: Οργάνωση συστήματος προβλεπτικής συντήρησης (predictive maintenance)

Στόχος

Ορισμός ενός εύρους μεθόδων προληπτικής συντήρησης που επιτρέπουν τον εντοπισμό ελαττωμάτων πριν συμβούν καταστροφικές αστοχίες.

Ζητήματα

Οι μέθοδοι προβλεπτικής συντήρησης μετρούν τις συνθήκες λειτουργίας του μηχανήματος και ενδεχόμενη τάση αλλαγής σε αυτές, χρησιμοποιώντας παραμέτρους όπως θερμοκρασία, κραδασμοί, πίεση κ.λπ. που συνδέονται με την επιδείνωση και την εμφάνιση αστοχίας.

Δομή

Η δομή της προβλεπτικής συντήρησης συνίσταται στην ανάπτυξη αντίληψης για τον εντοπισμό αδυναμιών και στις ενέργειες πρόληψης.

Φιλοσοφία

Για τον εντοπισμό ενδείξεων επιδείνωσης της λειτουργίας χρησιμοποιούνται οι παρατηρήσεις και τα δεδομένα μπορούν να γίνουν αντιληπτά από τις αισθήσεις. Συγκεκριμένα, απαντώντας στις ακόλουθες ερωτήσεις προσδιορίζεται ο τρόπος εργασίας για την επίτευξη αυτού του σκοπού:

- Υπήρχαν ενδείξεις δυσλειτουργίας πριν την αστοχία του μηχανήματος;
- Παρουσιάζει η κατάσταση αστοχίας πρόωρα σημάδια;
- Ποιες ενδείξεις υποδηλώνουν πρόωρη αστοχία;
- Για ποιο λόγο η αστοχία δε γίνεται να εντοπιστεί αρκούντως έγκαιρα βάσει των ενδείξεων;
- Τι πρέπει να γίνει για τον εντοπισμό των ενδείξεων;
- Τι είδους γνώση και δεξιότητες οφείλει να έχει ο χειριστής για να είναι ικανός να εντοπίσει πρόωρες ενδείξεις;

Μέθοδοι

Στον πίνακα 1.5 συγκεντρώνονται οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες μέθοδοι προβλεπτικής συντήρησης με σύντομη περιγραφή του αντικειμένου τους:

Πίνακας 1.5: Μέθοδοι Προβλεπτικής Συντήρησης.

<i>μέθοδος διάγνωσης</i>	<i>περιεχόμενο διάγνωσης</i>
υπέρυθρη ακτινοβολία	χρησιμοποιώντας κάμερα υπέρυθρης ακτινοβολίας καταγράφονται και αναγνωρίζονται σημεία με αυξημένη θερμοκρασία
πίεση	μέτρηση πίεσης και γνώση μη κανονικής λειτουργίας του μηχανήματος από ενδείξεις απώλειας πίεσης
κραδασμοί	μέτρηση κραδασμών και πραγματοποίηση διάγνωσης βάσει του επιπέδου τους
ανάλυση λιπαντικών	ανάλυση των χρησιμοποιούμενων λιπαντικών για τη διαπίστωση της κατάστασής τους
διεισδυτικά υγρά	αποκάλυψη-εντοπισμός επιφανειακών ατελειών με χρήση διεισδυτικών ή φθορίζοντων υγρών
μέτρηση διαστάσεων	διαπίστωση μη κανονικής λειτουργίας βάσει μέτρησης των φυσικών διαστάσεων του μηχανήματος
μέτρηση μόνωσης	μέτρηση της μονωτικής ικανότητας ηλεκτρολογικού εξοπλισμού ή καλωδίων
ηλεκτρική αντίσταση	μέτρηση της τιμής της ηλεκτρικής αντίστασης ηλεκτρολογικού εξοπλισμού

1.1.4.9 Βήμα 6^ο: Αξιολόγηση του Συστήματος Προγραμματισμένης Συντήρησης

Οι δραστηριότητες της συντήρησης επηρεάζουν:

- Κόστος (παραγωγικότητα, συντήρηση, φθορά, καταναλώσεις).
- Εξερχόμενη ποιότητα (ποιότητα προϊόντος, ομοιομορφία).
- Εξυπηρέτηση πελατών (καταγραφή ανταλλακτικών, ενέργεια).
- Ασφάλεια (ατυχήματα, ρύπανση).

Καλύτερη Πρακτική Συντήρησης Μηχανήματος (Best Machine Maintenance Practice – B.M.M.P.)

Στον πίνακα 1.6 αναπτύσσεται η διαδοχή των βημάτων που ακολουθούνται για την επίτευξη της Καλύτερης Πρακτικής Συντήρησης Μηχανήματος (Best Machine Maintenance Practice – B.M.M.P.):

Πίνακας 1.6: Βήματα επίτευξης BMMP.

επίπεδο	σκοπός	βήμα	στόχος	ενέργεια/εργαλείο	
1	προσδιορισμός πραγματικής κατάστασης	1.1	κατακερματισμός μηχανήματος σε υποσυστήματα και στοιχεία-εξαρτήματα	<ul style="list-style-type: none"> • διάγραμμα λειτουργικότητας μηχανής 	
		1.2	εκτίμηση παραμέτρων μηχανήματος	<ul style="list-style-type: none"> • βλάβες, δραστηριότητες προληπτικής συντήρησης • K.P.I.s 	<ul style="list-style-type: none"> • Διαλογή απωλειών σύμφωνα με 4M • Χρόνος παρέμβασης
		1.3	ορισμός προτεραιοτήτων	<ul style="list-style-type: none"> • διαστρωμάτωση 	<ul style="list-style-type: none"> • ανάλυση Pareto
		1.4	εκτίμηση κόστος συντήρησης	<ul style="list-style-type: none"> • βλάβες (κόστος παρέμβασης) • άμεσο κόστος απωλειών παραγωγής • τρέχον κόστος σφαλμάτων συντήρησης • τρέχον κόστος παραγωγής 	<ul style="list-style-type: none"> • κόστος Προγραμματισμένης και Αυτόνομης Συντήρησης • μικροσταματήματα λόγω μηχανημάτων • σύνολο άλλων απωλειών • ανταλλακτικά
2	προσδιορισμός στόχου		<ul style="list-style-type: none"> • πλήθος βλαβών/μικροσταματημάτων • MTBF, MDT, MTTR • πλήθος παρεμβάσεων χειριστών • επίπεδο ποιότητας 	<ul style="list-style-type: none"> • NVA • μη επανδρωμένη λειτουργία 	
3	κατηγοριοποίηση στοιχείων-εξαρτημάτων και διεξαγωγή ανάλυσης	3.1	θεώρηση βλαβών που έλαβαν χώρα και ενδεχόμενων βλαβών (κατάλογος φθαρτών μερών)	<ul style="list-style-type: none"> • διεξαγωγή ανάλυσης πρωταρχικού αιτίου (τυχαία, φθαρτά, πρόωρη αστοχία) 	
4	ορισμός αντίμετρων	4.1	αίτια απομάκρυνσης τυχαίων/πρόωρων αστοχιών	<ul style="list-style-type: none"> • σχεδιαστικές τροποποιήσεις • εκπαίδευση/δεξιότητες 	<ul style="list-style-type: none"> • τεκμηρίωση
		4.2	εξάλειψη βλαβών λόγω προβλημάτων φθαρτών μερών	<ul style="list-style-type: none"> • καθορισμός καλύτερων ενεργειών βάσει RCM • καθορισμός χαμηλότερης συχνότητας 	<ul style="list-style-type: none"> • βελτιστοποίηση χρόνου παρεμβάσεων
5	εκτίμηση νέου κόστους καλύτερης συντήρησης	5.1	αυτοματοποίηση γραφείου		

1.2 Εργαλεία και μεθοδολογίες

1.2.1 Ελάττωση βλαβών

Βασικές θεωρήσεις στην προσέγγιση της ελάττωσης βλαβών είναι πως οι βλάβες μπορούν να ελαττωθούν δραστικά χωρίς την πραγματοποίηση περίπλοκων τροποποιήσεων στο μηχάνημα, καθώς και ότι, στην πραγματικότητα, οι περισσότερες από αυτές παράγονται από απλά αίτια.

Προχωρώντας ένα βήμα παραπέρα, μπορεί να θεωρηθεί πως οι βλάβες προκαλούνται από *κρυμμένες ανωμαλίες*, οι οποίες πρέπει να απομακρύνονται και όχι να παραβλέπονται. Ως κρυμμένες ανωμαλίες μπορούν να θεωρηθούν τα εξής:

- συσσώρευση σκόνης ή/ και ακαθαρσιών ή/ και πρώτων υλών,
- τριβή, αντίσταση, χαλαρότητα, διαρροές,
- διάβρωση, παραμόρφωση, ατέλειες, ρωγμές,
- ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών, αυξημένες δονήσεις, θόρυβος κ.ά.

Μερικά συνήθη αίτια βλαβών είναι:

- σχεδιαστικές αδυναμίες,
- ελλιπής προληπτική συντήρηση,
- προηγούμενη πρόχειρη επισκευή,
- μη ορθός χειρισμός,
- χαμηλή ποιότητα ανταλλακτικών,
- έλλειψη ανταλλακτικών.

1.2.1.1 Εκτίμηση της έκτασης των βλαβών

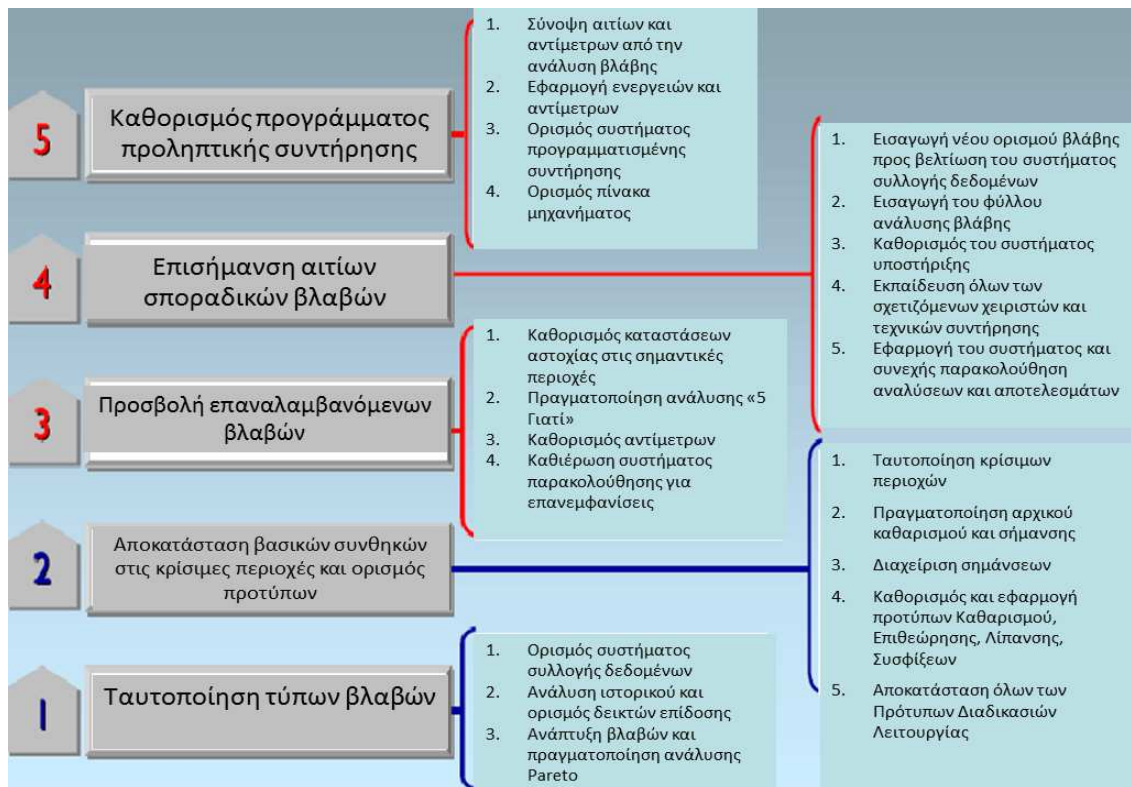
Ένας ευχερής τρόπος για την εκτίμηση της έκτασης των βλαβών που λαμβάνουν χώρα σε μια παραγωγική μονάδα δίνεται από τον εξής τύπο:

$$\text{καθυστερήσεις λόγω βλαβών} = \text{πλήθος βλαβών} \times \text{μέσος χρόνος επισκευής}$$

όπου το *πλήθος βλαβών* εξαρτάται από την αξιοπιστία του μηχανήματος (συχνότητα εμφάνισης βλαβών, αναμονή για συντήρηση, διάγνωση, αναμονή ανταλλακτικών, επισκευή, δοκιμή, επανεκκίνηση λειτουργίας) και ο *μέσος χρόνος επισκευής* σχετίζεται με παράγοντες όπως οργανωτικές μεταβλητές και συντηρησιμότητα του μηχανήματος, ενώ δεν εξαρτάται απόλυτα από τον τύπο της βλάβης.

Βάσει του αποτελέσματος του παραπάνω υπολογισμού ακολουθείται και η πολιτική που ενδείκνυται σε κάθε περίπτωση. Έτσι, στην περίπτωση που το πλήθος των βλαβών είναι μεγάλο, δίνεται προτεραιότητα στους *τρόπους* με τους οποίους αυτές θα ελαττωθούν. Στη συνέχεια και αφού έχει επιτευχθεί ο στόχος της ελάττωσης των βλαβών, η ανάλυση μπορεί να επικεντρωθεί στη βελτίωση των χρόνων επισκευής μέσω της αρτιότερης οργάνωσης της συντήρησης.

Για την επίτευξη της ελάττωσης των βλαβών ακολουθείται μια διαδοχή δραστηριοτήτων που συνοψίζεται σε 5 βήματα (εικόνα 1.13) και αναπτύσσεται στη συνέχεια.

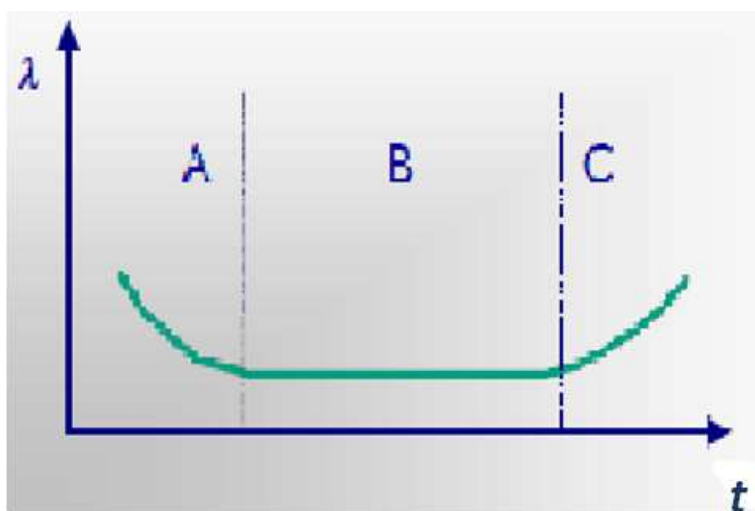


Εικόνα 1.13: Βήματα ανάπτυξης μεθοδολογίας ελάττωσης βλαβών

1.2.1.iii Βήμα 1^ο: Ταυτοποίηση τύπων βλαβών

Στόχος είναι ο καθορισμός του πλήθους των βλαβών (σημείου εκκίνησης και επιθυμητού σημείου) και η ταυτοποίηση των κρισιμότερων περιοχών του μηχανήματος.

Μια απλή κατηγοριοποίηση των τύπων βλαβών βάσει του χρόνου ζωής του μηχανήματος παρατίθεται στο διάγραμμα 1.2.



Διάγραμμα 1.2: Κατηγοριοποίηση τύπων βλαβών βάσει χρόνου ζωής μηχανήματος.

Όπου οι περιοχές A, B, C για πρώιμες, τυχαίες και βλάβες λόγω γήρανσης του μηχανήματος, αντίστοιχα. Σημειώνεται ότι οι βλάβες τύπου A και σε κάποιες περιπτώσεις οι τύπου B οφείλονται σε σχεδιαστικές αδυναμίες.

Ορισμός συστήματος συλλογής δεδομένων

Περιλαμβάνει την κατάρτιση πινάκων στους οποίους θα καταχωρούνται πρωτογενή δεδομένα σχετικά με την εμφάνιση βλαβών. Τέτοια στοιχεία μπορεί να είναι:

- ημερομηνία και βάρδια στην οποία υπήρχε συμβάν,
- το όνομα του χειριστή του μηχανήματος στο οποίο εμφανίστηκε βλάβη,
- το όνομα του τεχνικού του Τμήματος Συντήρησης που ανέλαβε την επιδιόρθωση,
- πότε παρουσιάστηκε η βλάβη, πότε έγινε επέμβαση στο μηχάνημα, πότε έγινε επανεκκίνηση του μηχανήματος,
- ποιο εξάρτημα χάλασε με αποτέλεσμα να προκληθεί βλάβη,
- η κατάσταση αστοχίας (failure mode),
- η διορθωτική παρέμβαση,
- ενδεχόμενα μακροπρόθεσμα αντίμετρα.

Ανάπτυξη βλαβών και πραγματοποίηση ανάλυσης Pareto

Η ανάπτυξη βλαβών περιλαμβάνει την παρουσίαση των βλαβών ανά τμήμα, υποσύνολο, συστατικό στοιχείο κ.ο.κ. ειδικότερα, οι βλάβες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν και ποσοτικοποιηθούν με διάφορους τρόπους:

- Γενική αιτία (μηχανολογική, ηλεκτρολογική, ηλεκτρονική, ποιοτική κ.λπ.).
- Διάρκεια.
- Εξάρτημα που αντικαταστάθηκε.
- Τρόπος εμφάνισης (αιφνίδιος, προοδευτική επιδείνωση).
- Επιπτώσεις στην ασφάλεια.

Είναι χρήσιμη όταν γίνεται μετάβαση από τα αντικείμενα στις ενέργειες. Βασικά σημεία της είναι:

- Βελτίωση του συστήματος συλλογής δεδομένων.
- Όταν η συχνότητα βλαβών είναι υψηλή, ελαττώνεται υιοθετώντας μια προσέγγιση ανάπτυξης βασισμένη στη συχνότητα εμφάνισης των βλαβών.
- Όταν η συχνότητα των βλαβών είναι χαμηλή, είναι δυνατή η ενασχόληση με το Μέσο Χρόνο Καθυστερήσεων (Mean Downtime – M.D.T.) για την ελάττωσή τους, που καθιστά εφικτό τον έλεγχο οργανωτικών παραμέτρων.
- Καθορίζει τη στρατηγική που θα ακολουθηθεί (προτεραιότητες, διαδικασία εργασίας, ομάδες κ.λπ.).

Πιο συγκεκριμένα, ανάλογα με τον τύπο βλάβης που θα αναγνωριστεί από την ανάπτυξη βλαβών, καθορίζεται και ο κατάλληλος τρόπος εργασίας. Ειδικότερα:

Επαναλαμβανόμενες βλάβες

Ο ορισμός ομάδας εξαρτάται από τη συχνότητα εμφάνισης.

Σποραδικές βλάβες

- Ανάλυση Αδύνατων Στοιχείων (Weak Component Analysis – W.C.A.)
Οι προσπάθειες της ομάδας επικεντρώνονται στα στοιχεία-εξαρτήματα στα οποία εμφανίζονται συχνότερα αστοχίες-βλάβες.
- Συστηματική ανάλυση
Περιλαμβάνει εκπαίδευση και ανάπτυξη/βελτίωση της προληπτικής συντήρησης.

Καταστροφικές βλάβες

Ανάπτυξη πρόληψης.

1.2.1.3 Βήμα 2^ο: Αποκατάσταση βασικών συνθηκών στις κρίσιμες περιοχές και ορισμός προτύπων

Στόχος είναι η εξάλειψη ανωμαλιών που οφείλονται στην επιταχυνόμενη επιδείνωση του μηχανήματος, η αποκατάσταση των βασικών συνθηκών στις κρισιμότερες περιοχές του και ο καθορισμός συστήματος διατήρησης αυτών των συνθηκών.

Τα κίνητρα πραγματοποίησης αυτού του βήματος είναι διττά και αφορούν τόσο τα μηχανήματα, όσο και τον ανθρώπινο παράγοντα. Αναφορικά με τα μηχανήματα, επιδιώκεται η αποκατάσταση των αρχικών συνθηκών του εξοπλισμού εξαλείφοντας απώλειες που οφείλονται σε ανεπαρκή καθαρισμό. Όσο για τους χειριστές των μηχανημάτων, έχουμε τα εξής οφέλη:

- Εκμάθηση αναγνώρισης προβλημάτων.
- Κατανόηση της σημασίας της εργασίας του ορθού καθαρισμού (*ο καθαρισμός είναι επιθεώρηση*) και βελτίωση της ικανότητας εντοπισμού μικρών προβλημάτων.
- Εκμάθηση του εξοπλισμού σε μεγαλύτερο βάθος.
- Εκμάθηση αναγνώρισης πηγών μόλυνσης.

Στο πλαίσιο της επίτευξης των παραπάνω, εντάσσεται η προώθηση *απλών δραστηριοτήτων (easy to... activities)*, οι οποίες συνοψίζονται στα εξής:

Συντηρησιμότητα

- Καθαρισμός (τεχνικός καθαρισμός, καθαρισμός χώρου εργασίας).
- Επιθεώρηση (χρήση των αισθήσεων).
- Επισκευή (επείγουσες επισκευές, λειτουργίες Περιοδικής Συντήρησης).

Λειτουργικότητα

- Λειτουργία (προσαρμογές, επιθεώρηση προϊόντος, εκκίνηση/τερματισμός, διαχείριση ανωμαλιών, αλλαγή υλικών).
- Ρύθμιση (αλλαγή προϊόντος, αλλαγή μεγέθους).

Ταυτοποίηση κρίσιμων περιοχών

Επιλέγονται οι περιοχές από τις οποίες θα ξεκινήσει η ανάλυση βάσει

- του πλήθους των ανωμαλιών που παρατηρούνται (ανάλυση Pareto) και
- της κατάστασης της γραμμής παραγωγής.

Πραγματοποίηση αρχικού καθαρισμού και σήμανσης

Αρχικός καθαρισμός

Μέσω του αρχικού καθαρισμού επιτυγχάνεται η εκμάθηση του εξοπλισμού σε μεγαλύτερο βάθος και λεπτομέρεια από τους εμπλεκόμενους. Δίνεται η δυνατότητα να αναγνωριστούν και να τονιστούν τυχόν ανωμαλίες, ενώ προωθείται η εκμάθηση της ταυτοποίησης πηγών μόλυνσης. Κατ' αυτόν τον τρόπο, αναδεικνύεται η σημασία της διατήρησης ενός επιπέδου καθαριότητας. Συνολικά, πραγματοποιείται η αποκατάσταση του εξοπλισμού στις αρχικές του συνθήκες λειτουργίας.

Σήμανση

Η διαδικασία της σήμανσης περιλαμβάνει την τοποθέτηση ετικετών (εικόνα 1.14) στα σημεία του μηχανήματος όπου παρουσιάζεται ανωμαλία. Τέτοιου τύπου ετικέτες αποτελούν εργαλείο για την ανάδειξη ανωμαλιών. Χρησιμοποιούνται συμπληρώνοντας τα απαιτούμενα από αυτές στοιχεία και τοποθετώντας τις στα σημεία που παρατηρήθηκε η ανωμαλία. Αν αυτή αφορά κινούμενο μέρος, η ετικέτα πρέπει να τοποθετηθεί το πλησιέστερο δυνατόν στο εν λόγω σημείο. Σημειώνεται πως για τη βέλτιστη διαχείριση των συμβάντων απαιτείται η διατήρηση της πρωτότυπης ετικέτας, ενώ στο μηχάνημα τοποθετείται αντίγραφο του πρωτότυπου.

<p>Αναφορά Βλάβης</p> <p>Ομαδα : _____ Ημερομηνία : _____ Ονομα : _____ Μηχάνημα : _____ Τμήμα : _____ Εντολή εργασίας : _____</p> <p>Βλάβες / Μη κανονικές συνθήκες</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Ασυνήθιστη λειτουργία</td> <td><input type="checkbox"/> Ελλειψη/Υπερβολική Λιπανση</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Κατεστραμμενα μέρη</td> <td><input type="checkbox"/> Ελλειψη αέρα / νερού / CO₂ ατμού</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Ελλειψη / Αχρηστα υλικά</td> <td><input type="checkbox"/> Απώλειες προϊόντος</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Δυσκολία καθαρισμού</td> <td><input type="checkbox"/> Εκτεθειμενα καλωδια</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Δυσκολία πρόσβασης</td> <td><input type="checkbox"/> Μη σωστή ευθυγράμμιση</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Θόρυβος / Δόνηση / Οσμές</td> <td><input type="checkbox"/> Ελλειψη διεύκρινσης</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Αρρυθμιστα τμηματα</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Ασυνήθιστη Θερμοκρασια η Πίεση</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> ΑΣΦΑΛΕΙΑ</td> </tr> </table> <p>Επιδιορθωθη απο : _____ Υπογραφή : _____ Χρονος επισκευης : _____</p>	<input type="checkbox"/> Ασυνήθιστη λειτουργία	<input type="checkbox"/> Ελλειψη/Υπερβολική Λιπανση	<input type="checkbox"/> Κατεστραμμενα μέρη	<input type="checkbox"/> Ελλειψη αέρα / νερού / CO ₂ ατμού	<input type="checkbox"/> Ελλειψη / Αχρηστα υλικά	<input type="checkbox"/> Απώλειες προϊόντος	<input type="checkbox"/> Δυσκολία καθαρισμού	<input type="checkbox"/> Εκτεθειμενα καλωδια	<input type="checkbox"/> Δυσκολία πρόσβασης	<input type="checkbox"/> Μη σωστή ευθυγράμμιση	<input type="checkbox"/> Θόρυβος / Δόνηση / Οσμές	<input type="checkbox"/> Ελλειψη διεύκρινσης	<input type="checkbox"/> Αρρυθμιστα τμηματα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Ασυνήθιστη Θερμοκρασια η Πίεση	<input checked="" type="checkbox"/> ΑΣΦΑΛΕΙΑ	<p>Αναφορά # _____</p> <p style="text-align: center;">Συνοψη περιγραφη / Λεπτομερειες</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <p style="text-align: center;">Προτασεις / Διορθωτικες ενεργειες</p> <hr/> <hr/> <hr/>
<input type="checkbox"/> Ασυνήθιστη λειτουργία	<input type="checkbox"/> Ελλειψη/Υπερβολική Λιπανση																
<input type="checkbox"/> Κατεστραμμενα μέρη	<input type="checkbox"/> Ελλειψη αέρα / νερού / CO ₂ ατμού																
<input type="checkbox"/> Ελλειψη / Αχρηστα υλικά	<input type="checkbox"/> Απώλειες προϊόντος																
<input type="checkbox"/> Δυσκολία καθαρισμού	<input type="checkbox"/> Εκτεθειμενα καλωδια																
<input type="checkbox"/> Δυσκολία πρόσβασης	<input type="checkbox"/> Μη σωστή ευθυγράμμιση																
<input type="checkbox"/> Θόρυβος / Δόνηση / Οσμές	<input type="checkbox"/> Ελλειψη διεύκρινσης																
<input type="checkbox"/> Αρρυθμιστα τμηματα	<input type="checkbox"/>																
<input type="checkbox"/> Ασυνήθιστη Θερμοκρασια η Πίεση	<input checked="" type="checkbox"/> ΑΣΦΑΛΕΙΑ																

Εικόνα 1.14: Υπόδειγμα ετικέτας-σήμανσης αναφοράς βλάβης.

Η σήμανση είναι μια διαδικασία που αποτελείται από 2 φάσεις. Η 1^η φάση αφορά το στάδιο πριν τον καθαρισμό του μηχανήματος. Περιλαμβάνει τη σήμανση «μικρών»

ανωμαλιών που μπορούν να απομακρυνθούν γρήγορα και εύκολα πριν τον καθαρισμό. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η αποκατάσταση των βασικών συνθηκών. Χρήσιμη είναι η λήψη φωτογραφιών πριν και μετά τις εκτελούμενες ενέργειες για την ευχερέστερη ανάδειξη των βελτιώσεων. Η 2^η φάση σχετίζεται με την ανάδειξη των ανωμαλιών που απαιτούν βαθύτερη ανάλυση και περισσότερο χρόνο για την απομάκρυνσή τους. Ως αποτέλεσμα βελτιώνεται η εργασία του καθαρισμού του μηχανήματος αφού γίνεται ευχερέστερη. Σημειώνεται πως η σήμανση είναι μια συνεχής ενέργεια.

Η πληρέστερη εφαρμογή της διαδικασίας της σήμανσης απαιτεί

- οπτικοποίηση (για το προσωπικό) του προγραμματισμού ενεργειών,
- καταχώρηση των σημάνσεων (χειρόγραφη και ηλεκτρονική).

Συνολικότερα, η διαδικασία εξάλειψης των σημάνσεων μπορεί να διευκολυνθεί από τη χρήση μοντελοποιημένων μηχανημάτων, στα οποία:

- Κατηγοριοποιούνται οι τύποι αστοχιών.
- Καταγράφονται οι απαιτούμενες δεξιότητες για την επιδιόρθωση των ελαττωμάτων.
- Καταγράφονται οι χρόνοι αποκατάστασης ή βελτίωσης, καθώς και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.
- Καταγράφεται το κόστος.

Προετοιμασία υλικού καθαρισμού και σήμανσης

- Κατάλληλος ρουχισμός.
- Υλικά καθαρισμού (καθαριστικά υγρά, υφάσματα κ.λπ.).
- Ετικέτες σημάνσεων και συνοδευτικό υλικό για την καταχώρησή τους (γραφική ύλη).
- Φωτογραφική μηχανή.

Διαχείριση σημάνσεων

Η διαδικασία διαχείρισης των σημάνσεων έχει ως εξής:

1. Εντοπισμός ανωμαλίας.
2. Έκδοση σήμανσης.
3. Προγραμματισμός αφαίρεσης σήμανσης (ορισμός ομάδων χειριστών, εμπλοκή τεχνικών συντήρησης και εργολάβων).
4. Αφαίρεση σήμανσης και συμπλήρωση του δελτίου καταχώρησης σημάνσεων.
5. Ανάλυση σήμανσης.
6. Εξάλειψη σήμανσης (εφαρμογή αντίμετρων, επίτευξη αποτελέσματος, καθορισμός προτύπου, συμπλήρωση δελτίου καταχώρησης σημάνσεων, αρχειοθέτηση σημάνσεων).

Στον πίνακα 1.7 συνοψίζεται ο τρόπος διαχείρισης των σημάνσεων βασισμένος στα βήματα που παρατέθηκαν παραπάνω.

Πίνακας 1.7: Βήματα μεθοδολογίας διαχείρισης σημάνσεων.

<i>βήμα</i>	<i>δραστηριότητα</i>	<i>ποιος</i>	<i>πότε</i>
1	έκδοση σήμανσης	οποιοσδήποτε	οποτεδήποτε
2	σχεδιασμός αφαίρεσης σήμανσης	ομαδάρχης	καθημερινά
3	αφαίρεση σήμανσης	συντάκτης σήμανσης	ημερομηνία λήξης
4	ταυτοποίηση αντίμετρων	μέλος ομάδας	εβδομαδιαία
5	εφαρμογή αντίμετρων	συντάκτης σήμανσης	ημερομηνία λήξης

Αφαίρεση σήμανσης

Η αφαίρεση των σημάνσεων πρέπει να ξεκινά από την ανωμαλία που έχει προτεραιότητα. Αυτό, πρακτικά, σημαίνει πως σε ένα διάγραμμα Pareto πρέπει να εξεταστεί το συμβάν με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης.

Παρακολούθηση σημάνσεων

Η εισαγωγή και καθιέρωση συστήματος παρακολούθησης των σημάνσεων αποτελεί θεμελιώδες συστατικό στοιχείο ενός ολοκληρωμένου και λειτουργικού συστήματος διαχείρισης σημάνσεων. Ένα τέτοιο σύστημα περιλαμβάνει στοιχεία όπως:

- Οπτικοποίηση με χρήση γραφημάτων του πλήθους των σημάνσεων που έχουν τοποθετηθεί και του ποσοστού αυτών που έχουν απομακρυνθεί με σκοπό την εκτίμηση της ταχύτητας απόκρισης του συστήματος αλλά και της αποτελεσματικότητας των χειριστών μέσω της καταγραφής των σημάνσεων που έχουν επιλυθεί από αυτούς.
- Κατηγοριοποίηση των σημάνσεων προς διαπίστωση του πλήθους των ανωμαλιών που έχουν ταυτοποιηθεί και ποιες αποτελούν τις σημαντικότερες από αυτές.
- Μέτρηση του πλήθους των σημάνσεων που έχουν τοποθετηθεί από τους χειριστές.
- Ανάλυση σημάνσεων προς αξιολόγηση των εκπαιδευτικών αναγκών.

Καθορισμός και εφαρμογή προτύπων Καθαρισμού Επιθεώρησης Λίπανσης Συσφίξεων (Cleaning Inspection Lubrication Tightening standards – C.I.L.T. standards)

Η ολοκλήρωση της εφαρμογής του συστήματος σημάνσεων απαιτεί την εισαγωγή προτύπων για τις πραγματοποιούμενες εργασίες ώστε να εξασφαλιστεί η συνέχεια των βελτιώσεων που επιτεύχθηκαν.

Τα πρότυπα αφορούν εργασίες καθαρισμού, επιθεώρησης, λίπανσης και συσφίξεων. Πιο συγκεκριμένα, μέσω αυτών καθορίζονται:

- οι δραστηριότητες που πρέπει να πραγματοποιηθούν στο μηχάνημα και στον περιβάλλοντα χώρο (κατάλογος εργασιών κατά την αποκατάσταση),
- οι συχνότητες με τις οποίες θα εκτελούνται αυτές οι δραστηριότητες βάσει εμπειρίας ή/και τεχνικών εγχειριδίων (κατασκευαστικά δεδομένα),
- τα εργαλεία και τα υλικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

Σύστημα επιθεώρησης προτύπων CILT

Η εφαρμογή των προτύπων CILT απαιτεί την ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος επιθεώρησης που αποτελεί βασική προϋπόθεση για την σωστή εφαρμογή αλλά και τη συνεχή βελτίωσή τους.

Για την αξιολόγηση των προτύπων χρησιμοποιούνται *λίστες ελέγχου* οι οποίες περιλαμβάνουν:

- τον κατακερματισμό του μηχανήματος σε περιοχές,
- τον καθορισμό του κατάλληλου προτύπου για κάθε συστατικό στοιχείο,
- τη δημιουργία οπτικών προτύπων για κάθε συστατικό στοιχείο (λήψη φωτογραφιών προς αποφυγή υποκειμενικών κρίσεων),
- καθιέρωση βαθμολογίας για κάθε συστατικό στοιχείο.

Σημειώνεται, πως όσον αφορά τη βαθμολογία, δίνεται είτε η ανώτερη είτε μηδέν, καθώς δεν γίνεται να θεωρηθούν ενδιάμεσες καταστάσεις σχετικά με εργασίες καθαρισμού, επιθεώρησης, λίπανσης και συσφίξεων.

Η αποτελεσματικότητα του συστήματος επιθεώρησης έγκειται στο σύστημα παρακολούθησης σύμφωνα με το οποίο:

- καθιερώνεται ελάχιστη βαθμολογία επιθεώρησης,
- καθιερώνεται βαθμολογία συναγερμού επιθεώρησης,
- συλλέγονται αποτελέσματα επιθεωρήσεων σε εβδομαδιαία βάση,
- αποτυπώνονται τα αποτελέσματα και με χρήση γραφικών παραστάσεων,
- καθορίζεται πως αν η βαθμολογία της επιθεώρησης είναι κάτω από τα επίπεδα συναγερμού, σταματά η παραγωγή και αποκαθίσταται το μηχάνημα.

Μάθημα Ενός Σημείου (One Point Lesson – O.P.L)

Ορισμός

- Είναι ένα μάθημα 5 έως 10 min (συνήθως διαρκεί λιγότερο από 15 min) πάνω σε ένα συγκεκριμένο αντικείμενο.
- Πρέπει να γράφεται όσο πιο απλά γίνεται.
- Το σημείο ή το θέμα πάνω στο οποίο θα αναφέρεται μπορεί να είναι μία λειτουργία του εξοπλισμού, η εγκατάσταση διάταξης κράτησης της συναρμολόγησης, μέθοδοι καθαρισμού, τύποι λίπανσης και μέθοδοι επιθεώρησης.
- Προετοιμάζεται γενικά από τους επόπτες ή από τους αρχηγούς της ομάδας και μερικές φορές από τους ίδιους τους χειριστές.
- Τα OPL χρειάζονται για να μεταλαμπαδεύσουν τη γνώση, να βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας των μηχανών και να βελτιώσουν τη γνώση για την πρόληψη των ατελειών στη συντήρηση του εξοπλισμού.

Τύποι

- Φύλλο βασικών πληροφοριών: Απαραίτητη, βασική γνώση. Καταγράφονται τα βασικά στοιχεία των μεθόδων όπως δραστηριότητες συντήρησης, μικρές επιδιορθώσεις, καθορισμός λειτουργιών μηχανών, καθαρισμούς, επιθεωρήσεις, λιπάνσεις.
- Φύλλο μελέτης προβλήματος: Διδάσκει πώς να αποτραπεί η επανάληψη ενός πραγματικού προβλήματος εξοπλισμού.

- Μαθήματα Βελτίωσης/Kaizen: Περιγράφει την προσέγγιση και τα βασικά μέτρα σε μία επιτυχημένη περίπτωση βελτίωσης.

Μέθοδοι υλοποίησης

Για την υλοποίηση των μαθημάτων ενός σημείου χρησιμοποιούνται όλες οι αισθήσεις του ανθρώπου: *γεύση, αφή, όσφρηση, ακοή, όραση*. Η συγκέντρωση των δεδομένων εμφανίζεται σε ποσοστά:

- 83 % με την *όραση* (εικόνες, σκίτσα, γραφήματα, σχέδια)
- 11 % με την *ακοή* (σφυρίγματα, κροταλίσματα, τσιρίγματα)
- 3,5 % με την *όσφρηση* (χημικές ουσίες, μυρωδιά της πυρκαγιάς)
- 1,5 % με την *αφή* (επιφάνειες, τραχύτητα, θερμότητα)
- 1 % με τη *γεύση* (γλυκός, πικρός, αλμυρός, ξινός - βιομηχανία τροφίμων)

Επίδραση στους εργαζόμενους

- 20 % λόγω ακουστικών ερεθισμάτων
- 30 % λόγω όρασης
- 50 % λόγω οπτικοακουστικών ερεθισμάτων
- 70 % από αυτά που συζητά
- 90 % από αυτά που κάνει ο ίδιος

Διαχείριση OPL

- Υπάλληλοι του εργοστασίου και οι επόπτες.
 - Υπάλληλοι από το τμήμα συντήρησης, ηλεκτρονικοί και μηχανικοί.
- Υπάλληλοι από το τεχνικό γραφείο, μηχανικοί και τεχνικοί.

Αποκατάσταση όλων των Πρότυπων Διαδικασιών Λειτουργίας (Standard Operating Procedures – S.O.P.)

Ολοκληρώνοντας το βήμα της αποκατάστασης των βασικών συνθηκών, αξιολογείται κατά πόσο υπάρχουν Πρότυπες Διαδικασίες Λειτουργίας. Στην περίπτωση που υπάρχουν αλλά δεν χρησιμοποιούνται θα πρέπει να εκτιμηθεί ο λόγος για τον οποίο αυτό συμβαίνει. Επιπλέον αξιολογείται αν χρειάζεται να διορθωθούν ή να δημιουργηθούν νέες.

1.2.1.4 Βήμα 3^ο: Προσβολή επαναλαμβανόμενων βλαβών (repetitive breakdowns)

Στόχος είναι η ταυτοποίηση των καταστάσεων αστοχίας, των βαθύτερων αιτιών και των αντίμετρων που αφορούν βλάβες που εμφανίζονται στις κρίσιμότερες περιοχές, η εφαρμογή των επιλεγέντων αντίμετρων και η καθιέρωση συστήματος παρακολούθησης ενδεχόμενης επανεμφάνισης.

Αναλύοντας τη συχνότητα εμφάνισης των επαναλαμβανόμενων βλαβών σε διάφορα επίπεδα είναι δυνατή η οργάνωση ομάδων με τη μεγαλύτερη δυνατή επίδραση στα αποτελέσματα. Η εκάστοτε ομάδα μπορεί να εστιάσει στο σύνολο του μηχανήματος, σε τμήμα του ή απλά σε μια κατάσταση αστοχίας, να χρησιμοποιήσει τη βασική πορεία ανάλυσης ή πιο προηγμένα εργαλεία.

Πραγματοποίηση ανάλυσης «5 Γιατί» για τις καταστάσεις αστοχίας

Ανάλυση «5 Γιατί»

Η Ανάλυση «5 Γιατί» βοηθά στην ταυτοποίηση των πρωταρχικών αιτιών του προβλήματος. Συνίσταται στην απάντηση της ερώτησης «Γιατί;» 5 φορές, εμβαθύνοντας σταδιακά με σκοπό τον καθορισμό αποτελεσματικών αντίμετρων.

Τα πρωταρχικά αίτια (*root causes*) ενός προβλήματος είναι η προέλευση μιας αλυσίδας γεγονότων που οδηγούν στο καθαυτό πρόβλημα.

Η διαδικασία καθορισμού των αιτιών έχει ως εξής:

- Έχοντας ως αφετηρία το πρόβλημα τίθεται το ερώτημα «Γιατί;»
- Ως αποτέλεσμα, δίνονται κάποιες πιθανές απαντήσεις (αποφεύγονται οι εικασίες και δίνεται βάρος στη συλλογή αποδεικτικών στοιχείων).
- Σε οποιοδήποτε επίπεδο ανάλυσης, προκρίνεται η εκκίνηση της εμβάθυνσης από την πιο πιθανή απάντηση και στη συνέχεια η εξερεύνηση των υπόλοιπων.

Για την πραγματοποίηση της ανάλυσης προτείνονται τα εξής:

- Χρήση μικρών και απλών προτάσεων.
- Όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια, αποφυγή γενικόλογων εκφράσεων.
- Ποσοτικοποίηση των εκφράσεων.
- Να μην τερματίζεται η ανάλυση όσο υπάρχει δυνατότητα να προχωρά σε μεγαλύτερο βάθος (αν γίνεται, δηλαδή, να τεθεί και πάλι το ερώτημα «Γιατί;»).
- Εμβάθυνση μέχρι του σημείου ταυτοποίησης του πρωταρχικού αιτίου για κάθε πιθανό πρόβλημα.
- Η ταυτοποίηση ενός πρωταρχικού αιτίου συνίσταται στη δυνατότητα σύνδεσής του με μια ενέργεια που θα το απομακρύνει δια παντός. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η ανάλυση θεωρείται πως έχει λήξει όταν έχουν προσδιοριστεί όλα τα ενδεχόμενα πρωταρχικά αίτια και σε αυτά έχουν αντιστοιχηθεί τα κατάλληλα αντίμετρα.
- Προσεκτική απαρίθμηση όλων των αιτιών και ενεργειών για να διατηρείται η λογική συνέχεια της ανάλυσης και η σύνδεση μεταξύ τους.
- Θα πρέπει να είναι δυνατή η λογική μετάβαση κατά την αντίθετη κατεύθυνση, δηλαδή από τα ενδεχόμενα πρωταρχικά αίτια προς τη κατάσταση αστοχίας μέσω των διαφορετικών «Γιατί;». Αυτό αποτελεί και μέτρο ορθής εκτέλεσης της ανάλυσης.
- Η εν λόγω ανάλυση πρέπει πάντα να υποστηρίζεται από πραγματικά δεδομένα. Αν δεν είναι επαρκή, απαιτείται συλλογή τους. Η ανάλυση – σε οποιοδήποτε επίπεδό της – δεν γίνεται να βασιστεί σε εμπειρικά στοιχεία.

Συνοψίζοντας, τρεις θεμελιώδεις κανόνες της ανάλυσης 5 γιατί είναι

- εργασία στο σημείο ενδιαφέροντος,
- εξέταση του αντικειμένου με τη χρήση των αισθήσεων (όραση, αφή, ακοή),
- έλεγχος των διαθέσιμων δεδομένων (διαγράμματα, σχέδια κ.λπ.).

Συνήθη σφάλματα που ενδέχεται να παρουσιαστούν κατά την εκτέλεση της ανάλυσης μπορεί να είναι:

- λογικά άλματα σε συμπεράσματα,
- προσβολή των συμπτωμάτων και όχι των αιτιών,

- συγκέντρωση ανεπαρκών δεδομένων,
- μη χρήση των αισθήσεων κατά την εξέταση των εξαρτημάτων,
- εργασία σε προβλήματα πολύ γενικά ή πολύ μεγάλου εύρους,
- εμπλοκή όχι όλου του σχετιζόμενου προσωπικού.

4 M

Σημαντική παράμετρος μιας ανάλυσης «5 Γιατί» είναι η φύση των πρωταρχικών αιτιών στα οποία θα καταλήξει. Για την καλύτερη ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιείται το σχήμα των 4 M που αντιστοιχεί στις εξής λέξεις:

- Material (Υλικό)
Ποιότητα/διαθεσιμότητα ανταλλακτικών, λιπαντικά, πρώτες ύλες.
- Machine (Μηχανή)
Σχεδιαστικές αδυναμίες.
- Method (Μέθοδος)
Πρότυπα εργασίας (παραγωγή, συντήρηση).
Συντήρηση (εργαλεία, πρότυπα ποιότητας, αποθήκη ανταλλακτικών, ταυτοποίηση ανταλλακτικών).
Πρότυπα επιθεώρησης/αντικατάστασης (ελέγχου, λίπανσης, καθαρισμού).
- Man (Άνθρωπος)
Παραγωγή, Συντήρηση (γνώσεις, δυνατότητες/δεξιότητες, συμπεριφορά).

Καθιέρωση συστήματος παρακολούθησης για επανεμφάνισεις

Ένα σύστημα παρακολούθησης ενδεχόμενων επανεμφάνισεων περιλαμβάνει τη διεξαγωγή ανάλυσης «5 Γιατί» και την ταυτοποίηση των πρωταρχικών αιτιών τους. Πιο συγκεκριμένα, αν κάποιο πρόβλημα εμφανίζεται για πρώτη φορά, πραγματοποιείται ανάλυση. Αν έχουμε επαναλαμβανόμενες εμφανίσεις ενώ έχουν ήδη εφαρμοστεί αντίμετρα, τότε θα πρέπει να επανεξεταστεί η πραγματοποιηθείσα ανάλυση γιατί αποτελεί ένδειξη λάθους ή ανεπαρκούς ολοκλήρωσής της. Σε αυτή την περίπτωση, καθορίζονται επιπρόσθετα αντίμετρα.

1.2.1.5 Βήμα 4^ο: Επισήμανση των αιτιών των σποραδικών βλαβών (sporadic breakdowns)

Στόχος είναι η συγκέντρωση της μεγαλύτερης δυνατής γνώσης από όλα τα είδη βλαβών και η ανακάλυψη των αιτιών και λύσεων για καθένα από αυτά.

Οι περισσότερες σποραδικές βλάβες προκαλούνται από σφάλματα χειρισμού και έλλειψη προληπτικής συντήρησης. Η ανάλυση βλαβών παρέχει πληροφορίες σχετικές με τον τρόπο οργάνωσης των αντίμετρων. Κατά τον καθορισμό προτεραιοτήτων είναι απαραίτητη η μελέτη της συχνότητας εμφάνισής τους.

Εισαγωγή νέου ορισμού της βλάβης για βελτίωση του συστήματος συλλογής δεδομένων

Όπου το πλήθος των βλαβών έχει δραστικά ελαττωθεί, είναι απαραίτητο να εισαχθεί η μέτρηση των MTBF και MTTR. Το MTBF αντιπροσωπεύει την ικανότητα του συστήματος να

λειτουργεί χωρίς βλάβες, ενώ το MTTR την ικανότητά του να αποκαθίσταται και να συντηρείται στις λειτουργικές του συνθήκες.

Βασικά σημεία στη βελτίωση του συστήματος δεδομένων είναι:

- Επικύρωση του υπάρχοντος συστήματος πληροφοριών.
- Βελτίωση των καταγραφών.
- Επαναπροσδιορισμός της ροής κυκλοφορίας.

Εισαγωγή του Φύλλου Ανάλυσης Βλαβών (Breakdown Analysis Sheet)

Το φύλλο ανάλυσης βλαβών αποτελεί ένα απλό εργαλείο ανάλυσης κάθε βλάβης (παράρτημα). Περιλαμβάνει πληροφορίες όπως:

- Μηχάνημα, υποσύνολο, στοιχείο-εξάρτημα που παρουσίασε αστοχία-βλάβη.
- Ημερομηνία, βάρδια, όνομα χειριστή που ήταν παρών όταν παρουσιάστηκε η αστοχία-βλάβη.
- Περιγραφή της κατάστασης αστοχίας.
- Περιγραφή της πραγματοποιηθείσας παρέμβασης.
- Καταγραφή του χρόνου επισκευής (Time To Repair – T.T.R.).
- Προτάσεις για βελτιώσεις.

Ανάλυση Αδύνατων Στοιχείων (Weak Component Analysis – W.C.A.)

Η Ανάλυση Αδύνατων Στοιχείων (Weak Component Analysis – W.C.A.) είναι μια στρατηγική βελτίωσης για προχωρημένα στάδια ενός συστήματος Προγραμματισμένης Συντήρησης.

Αφού έχουν αντιμετωπιστεί οι επαναλαμβανόμενες βλάβες και οι σποραδικές είναι υπό έλεγχο, απαιτείται η ανάπτυξη μιας μεθόδου που θα επιτρέπει την οργάνωση ομάδων ικανών να επιτύχουν σχετικούς στόχους σε διασταυρούμενα ζητήματα που αφορούν το εργοστάσιο. Σε αυτό το στάδιο, ο στόχος βελτίωσης συνίσταται στην προσβολή εξαρτημάτων που παρουσιάζουν ανακυκλούμενα προβλήματα αξιοπιστίας σε διάφορα μηχανήματα του εξοπλισμού.

Οι σποραδικές βλάβες μπορεί να υποκρύπτουν μοντέλα επαναλαμβανόμενων αστοχιών στο επίπεδο των στοιχείων-εξαρτημάτων. Για την ταυτοποίηση των αδύνατων στοιχείων-εξαρτημάτων είναι αναγκαία η συλλογή επιπλέον δεδομένων άρα και η εισαγωγή του κατάλληλου εγγράφου. Πραγματοποίηση ανάλυσης Pareto για κάθε στοιχείο-εξάρτημα αποκαλύπτει αυτό που υπόκειται στις περισσότερες βλάβες. Υπό αυτό το πρίσμα, ορίζονται ομάδες για τα κρίσιμα στοιχεία-εξαρτήματα., οι οποίες πραγματοποιούν ανάλυση των καταστάσεων αστοχίας για καθένα από αυτά και προτείνουν αντίμετρα. Τα αποτελέσματα των πιλοτικών προγραμμάτων εφαρμόζονται σε όλες τις περιοχές (έλεγχος αποτελεσμάτων και οφέλη, τυποποίηση των λύσεων για εφαρμογή με χαμηλό κόστος, καθορισμός σχεδίου εφαρμογής και αρμοδιότητες, παρακολούθηση χρόνου, κόστους και αποτελεσμάτων) .

Καθορισμός του συστήματος υποστήριξης

Στον πίνακα 1.8 συνοψίζεται μια διαδικασία υποστήριξης του συστήματος ανάλυσης βλαβών:

Πίνακας 1.8: Μεθοδολογία παρακολούθησης και υποστήριξης συστήματος ανάλυσης βλαβών.

	<i>βήμα ανάλυσης</i>	<i>ποιος</i>	<i>πότε</i>
1	δεδομένα βλαβών, τι συνέβη, προηγούμενα σημάδια	Χειριστής	τη στιγμή της βλάβης
2	εξάρτημα που εμφάνισε αστοχία, κατάσταση αστοχίας, διορθωτική επέμβαση, ανταλλακτικά	Τεχνικός Συντήρησης	μετά την επανεκκίνηση του μηχανήματος
3	Ανάλυση Πρωταρχικού Αιτίου (Root Cause Analysis – R.C.A.) – 5 Γιατί	Τεχνικός Συντήρησης & Χειριστής	άμεση επανεξέταση του 1 ^{ου} σχεδίου σε διάστημα 24 ωρών
4	ταυτοποίηση αντίμετρων και προγραμματισμός	Ομάδα	το συντομότερο δυνατόν, 1 εβδομάδα μέγιστο
5	εφαρμογή και παρακολούθηση	Ομάδα	καθημερινά

Εφαρμογή του συστήματος και συνεχής παρακολούθηση αναλύσεων και αποτελεσμάτων

Ελέγχονται η συχνότητα των βλαβών, η πληρότητα συλλογής δεδομένων, η ποιότητα της ανάλυσης, η αποτελεσματικότητα των ενεργειών και ειδικότερα σε κάθε βλάβη κάθε βήμα της ανάλυσης που έχει ολοκληρωθεί.

1.2.1.6 Βήμα 5^ο: Καθορισμός προγράμματος προληπτικής συντήρησης

Στόχος είναι η εφαρμογή συστήματος για τη συντήρηση των αποτελεσμάτων που επιτεύχθηκαν με την εξάλειψη επαναλαμβανόμενων και σποραδικών βλαβών.

Εφαρμογή ενεργειών και αντίμετρων

Καταρτίζεται κατάλογος αντίμετρων για κάθε πρωταρχικό αίτιο που αναγνωρίστηκε, ως εξής:

Πίνακας 1.9: Σύνοψη αντίμετρων ανά πρωταρχικό αίτιο που αναγνωρίζεται από την ανάλυση.

<i>πρωταρχικό αίτιο</i>	<i>αντίμετρο</i>
σχεδιαστικό ελάττωμα	σχεδιαστική τροποποίηση
έλλειψη προληπτικής συντήρησης	δραστηριότητες προληπτικής συντήρησης
επιτόλαια επιδιόρθωση	εκπαίδευση τεχνικών συντήρησης
εσφαλμένος χειρισμός παραγωγής	εκπαίδευση χειριστών
ποιότητα / έλλειψη ανταλλακτικών	βελτίωση συστήματος διαχείρισης ανταλλακτικών

Καταρτίζεται πρόγραμμα ενεργειών σύμφωνα με την ανάλυση βλαβών που πραγματοποιήθηκε, το οποίο περιλαμβάνει την προγραμματισμένη ενέργεια, τον υπεύθυνο εκτέλεσής της, την προγραμματισμένη ημερομηνία εκτέλεσής της, την πραγματική ημερομηνία εκτέλεσης και ενδεχόμενες παρατηρήσεις σχετικά με τα πεπραγμένα.

Δημιουργία συστήματος προγραμματισμένης συντήρησης

Ορισμός συστήματος προληπτικής συντήρησης εύκολα αντιληπτού και κατανοητού από όλους τους εμπλεκόμενους. Τέτοιου τύπου συστήματα πλεονεκτούν έχοντας χαμηλό κόστος εισαγωγής, εύκολη πρόσβαση, τροποποίηση και βελτίωση, περιορισμένη γραφειοκρατία και σύνδεση με την επίδοση και διάρκεια ζωής του εξοπλισμού.

Δημιουργία του πίνακα του μηχανήματος (*machine board*)

Με την ολοκλήρωση του 5^{ου} βήματος η ομάδα θα πρέπει να έχει εδραιωθεί και ο πίνακας έργου μετατρέπεται στον πίνακα μηχανήματος που αποτελεί ένα απλό σύστημα για διατήρηση του ελέγχου.

1.2.2 5S

Η TPM ξεκινάει με τα 5S. Τα προβλήματα δεν μπορούν να γίνουν σαφώς αντιληπτά όταν ο χώρος εργασίας είναι ανοργάνωτος. Ο καθαρισμός και η οργάνωση του εργασιακού χώρου βοηθάει την ομάδα να ανακαλύψει τα προβλήματα. Το να γίνουν τα προβλήματα ορατά είναι το πρώτο βήμα για βελτίωση του εργασιακού περιβάλλοντος. Τα 5S βασίζονται στην ιαπωνική προσέγγιση που υποστηρίζει την καθιέρωση και τη διατήρηση ενός οργανωμένου και αποτελεσματικού χώρου εργασίας.

Τα 5S είναι «μία συστηματική μέθοδος για να οργανωθεί, να καθαριστεί και να τυποποιηθεί ένας χώρος εργασίας αλλά και να διατηρηθεί σε αυτή την κατάσταση» [Productivity, 1999]

Στον πίνακα 1.10 παρουσιάζεται η επεξήγηση των όρων *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu*, *shitsuke*. [Productivity, 1996]

Πίνακας 1.10: Επεξήγηση όρων 5S.

Ιαπωνικός όρος	Αγγλικός Όρος	Αντίστοιχος όρος με "S"	Ελληνική μετάφραση
<i>Seiri</i>	Organization	Sort	Ξεχώρισε
<i>Seiton</i>	Tidiness	Systematize	Αποθήκευσε – Δώσε όρια
<i>Seiso</i>	Cleaning	Sweep	Γυάλισε το χώρο σου
<i>Seiketsu</i>	Standardization	Standardize	Καθόρισε Standards
<i>Shitsuke</i>	Discipline	Self - Discipline	Συνέχισε – Ακολούθησε τους κανόνες

Ξεχώρισε (*Seiri*)

Σημαίνει κατηγοριοποιώ και οργανώνω τα πράγματα ως κρίσιμα, σημαντικά, συχνά χρησιμοποιούμενα, άχρηστα ή αντικείμενα που δεν είναι αναγκαία προς το παρόν. Τα ανεπιθύμητα αντικείμενα μπορούν να αποθηκευτούν. Τα κρίσιμα στοιχεία πρέπει να τοποθετηθούν σε θέση που να υπάρχει άμεση πρόσβαση και αυτά που δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στο εγγύς μέλλον να αποθηκευτούν. Για το βήμα αυτό, η αξία του αντικειμένου πρέπει να αποφασιστεί με βάση τη χρησιμότητα και όχι το κόστος. Υλοποίηση του βήματος αυτού έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση του χρόνου αναζήτησης.

Συστηματοποίηση (*Seiton*)

Το βήμα αυτό βασίζεται στη λογική ότι «Κάθε αντικείμενο έχει μια θέση, και μόνο μια θέση». Τα αντικείμενα πρέπει να τοποθετηθούν πίσω, στην ίδια θέση, μετά από τη χρήση. Για να προσδιορίσουν τα αντικείμενα εύκολα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ετικέτες με ονόματα και χρώματα. Για την τοποθέτηση των αντικειμένων χρησιμοποιούνται κάθετα ράφια. Τα βαριά αντικείμενα καταλαμβάνουν την χαμηλότερη θέση.

Γυάλισε (Seiso)

Το βήμα αυτό περιλαμβάνει τον καθαρισμό του χώρου εργασίας από λάδια, πετρέλαιο, απόβλητα, απορρίμματα κ.λπ. Δεν πρέπει να υπάρχουν αιωρούμενα καλώδια ή διαρροή πετρελαίου από τις μηχανές.

Τυποποίηση (Seiketsu)

Οι υπάλληλοι πρέπει να συζητήσουν και να αποφασίσουν σχετικά με τα πρότυπα που πρέπει να καθοριστούν για τη διατήρηση του χώρου εργασίας/των μηχανών/των διαβάσεων τακτοποιημένα και καθαρά. Με τον όρο πρότυπα αναφερόμαστε στις φωτογραφίες αυτές που απεικονίζουν τον εξοπλισμό σε πολύ καλή κατάσταση, μετά από την εφαρμογή των τριών πρώτων S.

Αυτοπειθαρχία (Shitsuke)

Το τελευταίο βήμα βασίζεται στην αρχή «Οι υπάλληλοι της επιχείρησης πρέπει να θεωρήσουν τα 5S σαν τρόπο ζωής και να αυτοπειθαρχήσουν. Αυτό περιλαμβάνει να ακολουθούν τις διαδικασίες εργασίας, να δουλεύουν με στόχο την ακρίβεια, δηλαδή, με λίγα λόγια, να αφοσιώνονται στην εταιρία για την οποία εργάζονται.

Για να μπορέσει μια επιχείρηση να προχωρήσει στη σωστή και αποτελεσματική εφαρμογή των 5S προτείνεται οι αρμόδιοι υπάλληλοι να συντάσσουν *Φόρμες Επιθεώρησης Περιοχής* στις οποίες θα καταχωρούν στοιχεία σχετικά με την αξιολόγηση του προβλήματος. Στις φόρμες αυτές ο εργαζόμενος θα βαθμολογεί σε μια κλίμακα από το 0 (ανύπαρκτα αποτελέσματα) έως το 4 (άριστη εφαρμογή) ανάλογα με το πόσο σωστά υλοποιήθηκε το κάθε βήμα στη συγκεκριμένη περιοχή.

1.2.3 Ο κύκλος Σχεδίασε-Εφάρμοσε-Έλεγε-Πράξε (Plan-Do-Check-Act- P.D.C.A.)

Ο κύκλος βελτίωσης PDCA αποτελεί ένα γνωστό μοντέλο που έχει στόχο τη συνεχή βελτίωση και δημιουργία καινοτόμων αλλαγών, με απώτερο σκοπό την ελάττωση της διαφοράς μεταξύ αναγκών της παραγωγής και απόδοσης του εξοπλισμού. Ο κύκλος PDCA είναι επίσης γνωστός με άλλα δύο ονόματα, τα οποία είναι *κύκλος του Shewart* (που πρώτος εισήγαγε τον κύκλο το 1939 στο βιβλίο του *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*) και *κύκλος του Deming* (που προώθησε τον κύκλο ως ένα πρωταρχικό μέσο για τη συνεχή βελτίωση της διεργασίας και απέδωσε την ανάπτυξή τους στον ίδιο το Shewart).

Όπως προαναφέρθηκε, ο κύκλος PDCA αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια:

1. Σχεδίασε (Plan)
2. Εφάρμοσε (Do)
3. Έλεγε (Check)
4. Πράξε (Act)



Εικόνα 1.15: Ο κύκλος βελτίωσης PDCA.

Σχεδιασμός

Περιλαμβάνει τη μελέτη και κατανόηση της παρούσας κατάστασης του εξοπλισμού:

- Συλλογή δεδομένων.
- Προσδιορισμός προβλημάτων.
- Ανάλυση αιτιών.
- Ανάπτυξη σχεδίων λύσης και δράσης (ενδεχόμενη χρήση εργαλείων).

Εφαρμογή

Το σχέδιο εφαρμόζεται σε δοκιμαστική βάση, για παράδειγμα σε εργαστηριακό επίπεδο ή σε ένα πιλοτικό μηχάνημα με σκοπό την εκτίμηση της προτεινόμενης λύσης και την παροχή κατάλληλων δεδομένων. Τα πειραματικά δεδομένα συλλέγονται και τεκμηριώνονται.

Έλεγχος ή Μελέτη

Προσδιορίζεται αν το δοκιμαστικό σχέδιο δουλεύει σωστά, μέσω αξιολόγησης των αποτελεσμάτων, καταγραφής της αποκτηθείσας γνώσης και προσδιορισμού της αναγκαιότητας συνυπολογισμού άλλων ζητημάτων ή δυνατοτήτων. Ουσιαστικά, απαντάται το ερώτημα «Τι μπορεί να μάθει κανείς από τα αποτελέσματα;». Συχνά η πρώτη λύση πρέπει να τροποποιηθεί ή και να απορριφθεί. Νέες λύσεις προτείνονται και αξιολογούνται με επιστροφή στη φάση της *εφαρμογής*.

Πράξη

Οι βελτιώσεις τυποποιούνται και το τελικό σχέδιο εφαρμόζεται ως η «τρέχουσα καλύτερη πρακτική» και διαδίδεται σε όλα τα επίπεδα της εταιρείας.

Η διαδικασία των τεσσάρων σταδίων που περιγράφηκε παραπάνω, οδηγείται πίσω στη φάση σχεδιασμού για τον προσδιορισμό άλλων δυνατοτήτων βελτίωσης. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.15, ο κύκλος είναι ατέρμων και έτσι εστιάζει στη συνεχή βελτίωση. Βασίζεται στην προϋπόθεση ότι η βελτίωση προέρχεται από την εφαρμογή γνώσης που

μπορεί να καταστήσει μια λειτουργία ευκολότερη, ορθότερη, οικονομικότερη και περισσότερο ικανή για παραγωγή άριστων προϊόντων. Γενικά, όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο της αποκτούμενης κατάλληλης γνώσης, τόσο καλύτερες θα είναι οι βελτιώσεις που θα επιτευχθούν. Κατ' αυτό τον τρόπο, κάθε προσέγγιση στη βελτίωση πρέπει να βασίζεται στην οικοδόμηση γνώσης και στη μετέπειτα κατάλληλη εφαρμογή της. Αυτό οδηγεί σε μια ομάδα τριών θεμελιωδών ερωτήσεων που αποτελούν τη βάση του μοντέλου προσέγγισης *δοκιμής και μάθησης* της βελτίωσης, όπου ο όρος *δοκιμή* προτείνει ότι μια αλλαγή θα δοκιμαστεί και ο όρος *μάθηση* υπονοεί την ύπαρξη κριτηρίων βάσει των οποίων θα μελετηθεί η δοκιμή. Η εστίαση σε αυτές τις ερωτήσεις επιταχύνει την οικοδόμηση της γνώσης, δίνοντας έμφαση σε μια δομή για την εκμάθηση, τη χρήση των δεδομένων και το σχεδιασμό αποτελεσματικών μετρήσεων ή δοκιμών. Οι τρεις ερωτήσεις είναι:

1. τι θέλουμε να επιτύχουμε;
2. τι αλλαγές μπορούν να γίνουν που θα οδηγήσουν σε βελτίωση;
3. πώς μπορούμε να γνωρίζουμε ότι μια συγκεκριμένη αλλαγή αποτελεί βελτίωση;

Εκτός των εργαλείων για βελτίωση, υπάρχουν έξι περιοχές γνώσεις που μπορούν να κατευθύνουν τις προσπάθειες βελτίωσης και ουσιαστικά απάντησης των τριών παραπάνω ερωτημάτων, οι οποίες είναι:

Εκτίμηση ενός συστήματος

Ένα σύστημα αποτελεί αλληλοεξαρτώμενες ομάδες από αντικείμενα, ανθρώπους ή διεργασίες με κοινό στόχο. Η εκτίμηση ενός συστήματος είναι θεμελιώδης για την απάντηση των ερωτήσεων «Τι θέλουμε να επιτύχουμε;» και «Τι αλλαγές μπορούμε να κάνουμε που μπορούν να οδηγήσουν σε βελτίωση;». Χωρίς την εκτίμηση ενός συστήματος, οι αλλαγές μπορούν να επιφέρουν υποδεέστερη βελτιστοποίηση, υπό την έννοια ότι εμφανίζεται ευεργετικό για ένα μέρος του συστήματος, δεν είναι ευεργετικό για το σύστημα ως σύνολο. Κάποιες ιδέες για αλλαγές που βασίστηκαν στην εκτίμηση του συστήματος είναι

- ο προσδιορισμός και η απομάκρυνση της βραδύτητας μιας παραγωγικής διαδικασίας,
- η ελαχιστοποίηση των βημάτων σε μια παραγωγική διαδικασία ή του αριθμού των εργαζομένων που εμπλέκονται,
- η πραγματοποίηση εργασιών παράλληλα και όχι σε αλληλουχία,
- η εξομάλυνση της ροής των εργασιών.

Δεδομένα

Ο Shewart δίνει έμφαση στη σημαντικότητα των δεδομένων για την οικοδόμηση της γνώσης και έχει εστιάσει ιδιαίτερα στη συλλογή και αναπαράσταση των δεδομένων με το χρόνο. Παραδείγματα δεδομένων αποτελούν φυσικοχημικές μετρήσεις, εικόνες, τύποι ελαττωμάτων, απαντήσεις ερωτημάτων από έρευνα. Ενώ οι άνθρωποι συσχετίζουν τη λήψη δεδομένων με το φυσικό κόσμο, για τη βελτίωση της επίδοσης είναι εξίσου σημαντική η γνώση των εμπειριών των ανθρώπων. Όταν ένας κατάλογος από πιθανές αλλαγές για βελτίωση έχει αναπτυχθεί, απαιτούνται διαφορετικές ομάδες δεδομένων για την απάντηση στο ερώτημα «Τι αλλαγές μπορούμε να κάνουμε που μπορούν να οδηγήσουν σε βελτίωση;». Τα δεδομένα είναι απαραίτητα για την επιβεβαίωση ότι μια συγκεκριμένη αλλαγή θα αποτελέσει βελτίωση. Η συλλογή δεδομένων σχεδιάζεται κατά τη φάση

σχεδιασμού του PDCA κύκλου και πραγματοποιείται κατά τη φάση εφαρμογής, ενώ τα δεδομένα αναλύονται μετέπειτα, κατά τη φάση ελέγχου.

Διακύμανση

Οι ιδέες του Shewart για τη διακύμανση, είναι ειδικά σημαντικές για την απάντηση στο ερώτημα «Τι αλλαγές μπορούμε να κάνουμε που μπορούν να οδηγήσουν σε βελτίωση;». Αν η διακύμανση σε ένα σύστημα επηρεάζεται από ειδικές αιτίες (special causes of variation), η βελτίωση μπορεί να προέλθει από την κατανόηση των αιτιών αυτών, ενώ αν το σύστημα έχει μόνο εγγενούς αιτίας διακύμανση (inherent variation), συνήθως απαιτούνται περισσότερο θεμελιώδεις αλλαγές.

Ανάπτυξη και δοκιμή της αλλαγής

Πολλές φορές, θεμελιώδεις αλλαγές, που συχνά εμφανίζονται ως μη λογικές, απαιτούνται για τη βελτίωση ενός σταθερού συστήματος. Σε αυτή την περίπτωση, πρέπει να αποφεύγονται αλλαγές που δίνουν επιπρόσθετη πολυπλοκότητα στο σύστημα, εστιάζουν περισσότερο στους εργαζόμενους παρά στο σύστημα, καθώς και αλλαγές που εισάγουν την επιθεώρηση στο σύστημα. Οι αλλαγές κοινής λογικής πρέπει να δοκιμάζονται πάντα πρώτα, αλλά πολλές φορές επηρεάζουν αισθητά το σύστημα. Πολλές φορές που επιφέρουν αλλαγές βρίσκονται στα όρια λειτουργίας ενός συστήματος και πολλές φορές η διεύρυνση αυτών των ορίων θεωρείται πλεονεκτική.

Υπάρχουν πάντα δυσκολίες, όταν οι πιθανές αλλαγές δοκιμάζονται. Για τη συνεχή οικοδόμηση γνώσης, ο δοκιμές πρέπει να πραγματοποιούνται σε μικρή κλίμακα, με προσομοίωση της αλλαγής, τον έλεγχο των επιμέρους συνιστωσών πριν από τον έλεγχο ολόκληρης της αλλαγής, τον έλεγχό της πρώτα σε αυτούς που τη ανέπτυξαν, καθώς και μαζί με μια υπάρχουσα διεργασία ή προϊόν ή την εφαρμογή της δοκιμής σε μία μόνο εγκατάσταση ή ένα μόνο προϊόν. Σε αυτή την περίπτωση ο κύκλος είναι πολλαπλός. Οι πρώτοι κύκλοι δοκιμάζουν την εφικτότητα της αλλαγής υπό διαφορετικές συνθήκες και βασιζόμενοι στην αποκτούμενη γνώση από κάποιον από τους κύκλους η ίδια αλλαγή δοκιμάζεται υπό διαφορετικές συνθήκες σε άλλον κύκλο. Για να τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών ικανά, ώστε να γίνουν προβλέψεις για το αν η αλλαγή θα είναι ευεργετική για τη μελλοντική λειτουργία, πρέπει να χρησιμοποιηθεί μεγάλο εύρος συνθηκών, γιατί συνθήκες που θα υπάρξουν στο μέλλον α είναι διαφορετικές από εκείνες της δοκιμής. Έτσι, ο βαθμός εμπιστοσύνης στα αποτελέσματα είναι αυξημένος, καθώς τα ίδια συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν υπό ποικιλία συνθηκών πραγματοποίησης των δοκιμών.

Συνεργασία

Η συνεργασία είναι πολλή σημαντική στις προσπάθειες βελτίωσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι αλλαγές περιλαμβάνουν περισσότερα του ενός άτομου. Η επιτυχία της αλλαγής εξαρτάται από τις αποφάσεις και την υποστήριξη του κάθε εμπλεκόμενου. Η συνεργασία προάγεται από την αντίληψη ότι διαφορετικοί άνθρωποι έχουν διαφορετικές ανησυχίες, όταν βρίσκονται αντιμέτωποι με μια αλλαγή. Αυτές οι ανησυχίες μπορούν να προσδιοριστούν με το να συμπεριληφθούν πολλαπλά μέτρα ποιότητας, όταν προσπαθούν να απαντήσουν το ερώτημα «Πώς μπορούμε να γνωρίζουμε ότι μια συγκεκριμένη αλλαγή αποτελεί βελτίωση;». Περιλαμβάνοντας ένα μέτρο ποιότητας που σχετίζεται περισσότερο

με τις ανησυχίες τους και τα ενδιαφέροντά τους, επιτρέπει στους εργαζόμενους να είναι πιο συνεργάσιμοι και πιο δημιουργικοί στην απάντηση του ερωτήματος.

Ο κύκλος PDCA έχει, επίσης αναλυθεί σε μια διαδικασία επτά βημάτων, όπως αρχικά περιγράφηκε από τον Kume. Ανεξάρτητα, όμως, από τον ακριβή αριθμό των βημάτων της διαδικασίας βελτίωσης, είναι η δομή του κύκλου βελτίωσης που καθιστά ικανά τα μέλη μιας ομάδας να φέρουν εις γνώση τα προβλήματα με μεγαλύτερη βεβαιότητα. Κάθε μέλος της ομάδας, που μπορεί να αντιπροσωπεύει όλα τα επίπεδα μιας εταιρείας, συμμετέχει σε κάθε βήμα αυτής της διαδικασίας χρησιμοποιώντας τις ικανότητες επίλυσης προβλημάτων και το ομαδικό πνεύμα.

Προβλήματα κύκλων βελτίωσης

Είναι γεγονός ότι οι κύκλοι βελτίωσης είναι ένα σύγχρονο εργαλείο στα χέρια των επιχειρήσεων που είναι σε θέση να επιλύσει κάθε είδους προβλήματα με μόνο όριο τις δυνατότητες της κάθε ομάδας. Παράλληλα, όμως, είναι μια τεχνική που δεν αποδίδει αμέσως και ο βαθμός επιτυχίας της εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Από τη στιγμή που θα ληφθεί η απόφαση εφαρμογής των κύκλων βελτίωσης, μέχρι να γίνουν οι πρώτες προτάσεις, απαιτούνται συνήθως αρκετές εβδομάδες, ενώ για να φανούν τα πρώτα θετικά αποτελέσματα χρειάζεται να περάσουν αρκετοί μήνες. Όσο για το βαθμό επιτυχίας τους, στατιστικές έρευνες τις χώρες που ήδη εφαρμόζονται για αρκετό διάστημα, έδειξαν ότι 2 στις 3 προσπάθειες εφαρμογής πετυχαίνουν, ενώ μόνο 1 στις 3 συνεχίζει να είναι επιτυχής για μακρύ χρονικό διάστημα.

Στις εκτός Ιαπωνίας χώρες, οι κύκλοι βελτίωσης αντιμετωπίζονται συνήθως αρνητικά από τους εργαζόμενους για διάφορους λόγους, οι συνηθέστεροι από τους οποίους είναι:

- Οι τεχνικές των κύκλων βελτίωσης θεωρούνται ξενόφερτες και δε συμφωνούν με τον παραδοσιακό τρόπο εργασίας των χωρών αυτών
- Τα διοικητικά στελέχη δε δέχονται ότι και τα κατώτερα στελέχη θα παίρνουν μέρος στη λήψη αποφάσεων για το μέλλον της εταιρείας. Αυτό, βέβαια, δε συμβαίνει στην Ιαπωνία όπου ανέκαθεν οι καλές ιδέες γίνονταν δεκτές απ' όπου κι αν προέρχονταν
- Οι εργαζόμενοι θεωρούν τους κύκλους βελτίωσης ως ένα τρόπο που χρησιμοποιεί η διοίκηση για να αναγκαστούν να δουλέψουν περισσότερο προς όφελος της επιχείρησης και όχι δικό τους
- Λόγω της σημαντικής διαφοράς νοοτροπίας από τους Ιάπωνες συναδέλφους τους, οι εργαζόμενοι στις επιχειρήσεις δυτικού τύπου θέλουν να έχουν πρόσθετη χρηματική αμοιβή, τόσο για τη συμμετοχή τους στην ομάδα εργασίας, όσο και για τις καλές ιδέες που θα προτείνουν.

Φυσικά, οι προαναφερθέντες λόγοι σε πολύ λίγες περιπτώσεις αναφέρονται, ενώ η συχνότερη δικαιολογία είναι ότι το μέγεθος της επιχείρησης δεν είναι αρκετά μεγάλο, για να αποδώσουν οι τεχνικές των κύκλων βελτίωσης. Αυτό είναι άτοπο γιατί, όπως έχει δείξει η μέχρι τώρα πείρα, αν είναι θετικοί ο άλλοι παράγοντες, τότε οι κύκλοι βελτίωσης μπορούν να εφαρμοστούν από μικρές οικογενειακές επιχειρήσεις μέχρι μεγάλες πολυεθνικές, με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Σχετικά με ο χρόνο που μπορεί να εφαρμόζεται ένα πρόγραμμα κύκλων βελτίωσης, δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι κανόνες, αλλά σίγουρα μπορεί αν διαρκέσει για όσο διάστημα υπάρχουν οι συνθήκες που είχαν συνηγορήσει στην καθιέρωσή του. Στο διάστημα αυτό οι

δραστηριότητες των κύκλων πρέπει να ανανεώνονται συνεχώς, ώστε η δημιουργική τους μορφή να διατηρείται χωρίς να παρουσιάζεται κάμψη της απόδοσής τους. Ορισμένες ενέργειες που προτείνονται για τη διαρκή ανανέωση ενός κύκλου βελτίωσης είναι: Όταν περάσου αρκετοί μήνες εφαρμογής ενός κύκλου, η ομάδα συσκέπτεται, έχοντας και έναν εξωομαδικό σύμβουλο. Με τη βοήθεια συμβούλου γίνεται αναθεώρηση της εργασίας της ομάδας, μέσα από την οποία παρουσιάζονται οι επιτυχίες και οι ανάγκες της. Στη συνέχεια, τίθενται οι στόχοι και προσδιορίζονται οι ανάγκες που θα εκπληρωθούν τους επόμενους μήνες, μέχρι την επόμενη σύσκεψη αυτής της μορφής. Οι συσκέψεις δίνουν νέα ώθηση στην ομάδα και βοηθούν ακόμη περισσότερο αν είναι κοινές για περισσότερες από μία ομάδες της ίδιας ή διαφορετικών ενεργειών.

1.2.4 Ανάλυση Pareto

Η ανάλυση Pareto βασίζεται στο *διάγραμμα Pareto* το οποίο είναι μια απλή γραφική μέθοδος κατάταξης αιτιών προβλημάτων ανάλογα με τη συχνότητα εμφάνισής τους. Βοηθά στην εστίαση της προσοχής και των προσπαθειών βελτίωσης και επίλυσης στα πιο συχνά εμφανιζόμενα προβλήματα, σε συνδυασμό με την καλύτερη χρήση των διαθέσιμων πόρων.

Το διάγραμμα Pareto βασίζεται στην *αρχή του Pareto*, η οποία δηλώνει ότι τα περισσότερα αποτελέσματα οφείλονται σε σχετικά λίγα αίτια. Ο «80:20» κανόνας είναι ένας ικανοποιητικός εμπειρικός κανόνας σύμφωνα με τον οποίο το 80 % των προβλημάτων μπορούν να αποδοθούν σε μόλις 20 % των κατηγοριών αιτιών που σχετίζονται με την εμφάνιση του συγκεκριμένου προβλήματος. Η αρχή αυτή βρίσκει εφαρμογή σε πολλούς τομείς όπως στα παράπονα πελατών, στα κόστη επιδιόρθωσης και εγγύησης, στα ελαττώματα προϊόντων, στα εργατικά ατυχήματα, στη χρήση ενέργειας, στις πωλήσεις και, ασφαλώς, στις αιτίες για τους χρόνους σταματημάτων λειτουργίας της παραγωγής ή στις αιτίες για τον ίδιο χρόνο σταματημάτων.

Η χρήση της ανάλυσης Pareto προωθείται ως ένα τυπικό εργαλείο χρήσιμο στις προσπάθειες βελτίωσης της απόδοσης σε πολλές βιομηχανίες. Η προσπάθεια εξάλειψης των λίγων, αλλά συχνότερα εμφανιζόμενων προβλημάτων, οδηγεί και στη βελτίωση των λιγότερο συχνά εμφανιζόμενων προβλημάτων. Με αυτό τον τρόπο βελτιώνεται και το ηθικό των ανθρώπων που εμπλέκονται άμεσα στην επίλυση των προβλημάτων που σχετίζονται με την παραγωγή. Επίσης, έχει διαπιστωθεί εμπειρικά ότι η βελτίωση των «λίγων και σημαντικών» προβλημάτων είναι ευκολότερη από την αντίστοιχη βελτίωση των «πολλών και ασήμαντων».

Βασικές προϋποθέσεις στη χρήση συχνότητων για την εξαγωγή συμπερασμάτων είναι:

- *Ο βαθμός σημαντικότητας πρέπει να είναι ο ίδιος για όλες τις κατηγορίες.* Για το αν ισχύει ή όχι το τελευταίο απαιτείται μια προκαταρκτική ανάλυση σε επίπεδο διοίκησης. Αν ο βαθμός σημαντικότητας δεν είναι ο ίδιος για όλες τις κατηγορίες, αποτελεί χρήσιμη προσέγγιση να δοθούν βαρύτητες σε κάθε κατηγορία που θα αντανακλούν το βαθμό σημαντικότητάς τους. Αυτή η διαδικασία μπορεί να περιλαμβάνει αντιστοίχιση κάθε κατηγορίας με χρηματικές αξίες, κόστη, πιθανότητες για απώλειες χρήματος ή βλάβες ή κάθε άλλο μέτρο σημαντικότητας. Οποιοδήποτε μέτρο σημαντικότητας που θα χρησιμοποιηθεί μπορεί να βασίζεται στην κρίση του διευθυντή παραγωγής ή σε απόφαση ομάδας στη διοίκηση. Αφού προσδιοριστεί το μέτρο σημαντικότητας που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, όπως και οι συχνότητες εμφάνισης κάθε κατηγορίας, ο

πολλαπλασιασμός της τιμής του μέτρου σημαντικότητας που έχει οριστεί για κάθε κατηγορία επί την αντίστοιχη συχνότητα, δίνει μια σειρά δεδομένων, των οποίων η κατανόηση προσφέρει πολλά περισσότερα από τις συχνότητες εμφάνισης μεμονωμένα. Έτσι, αν είναι γνωστά τα κόστη που σχετίζονται με κάθε κατηγορία, μπορεί να κατασκευαστεί διάγραμμα Pareto που βασίζεται στα ολικά κόστη που συνεπάγονται καθένα από τα προβλήματα, με την προϋπόθεση ότι αυτά μπορούν να προσδιοριστούν ή, τουλάχιστον, εκτιμηθούν. Με αυτόν τον τρόπο, ένα διάγραμμα Pareto που βασίζεται στα ολικά κόστη βοηθά να προσδιοριστούν και να εξαλειφθούν οι κατηγορίες προβλημάτων με τα υψηλότερα, αποβαίνοντας χρήσιμο στους υπεύθυνους στη διοίκηση. Ένα τέτοιο διάγραμμα, όμως, δεν επιδεικνύει κατ' ανάγκη τα «λίγα και σημαντικά» προβλήματα που προσδιορίζονται από το αντίστοιχο διάγραμμα που βασίζεται μόνο στις συχνότητες εμφάνισης. Τα δύο είδη διαγραμμάτων προτείνεται και μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό.

- *Η πιθανότητα εμφάνισης είναι ίδια για κάθε κατηγορία.* Οι συνέπειες της παραβίασης της προηγούμενης προϋπόθεσης φαίνονται αν πρόκειται, για παράδειγμα, για μια εταιρεία που διαθέτει τρία ίδιου τύπου μηχανήματα τα οποία παράγουν το ίδιο προϊόν αλλά σε διαφορετικούς ρυθμούς. Αυτό συνεπάγεται ότι η πιθανότητα για ελαττωματικά προϊόντα δεν είναι η ίδια και για τις τρεις μηχανές. Συγκεκριμένα, μηχανές με υψηλότερο ρυθμό παραγωγής έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να δώσουν ελαττωματικά προϊόντα. Συνεπώς, ο αριθμός των ελαττωματικών, σε αυτή την περίπτωση, δεν είναι τόσο σημαντικός σε σχέση με το ρυθμό παραγωγής ελαττωματικών από μια συγκεκριμένη μηχανή, που προκύπτει με διαίρεση του πλήθους των ελαττωματικών δια του πλήθους των παραγόμενων προϊόντων.

Αν κανένας από τους παραπάνω περιορισμούς δεν ικανοποιείται, πρέπει να χρησιμοποιηθεί συνδυασμός των προαναφερθεισών προσεγγίσεων. Συγκεκριμένα, οι συχνότητες πρέπει, αρχικά, να μετατραπούν σε ρυθμούς εμφάνισης και στις εξαγόμενες τιμές να δοθούν βαθμοί βαρύτητας, σύμφωνα με ένα προκαθορισμένο μέτρο σημαντικότητας.

Βήματα κατασκευής διαγράμματος Pareto

Η γενική διαδικασία κατασκευής ενός διαγράμματος Pareto είναι:

- i. Προσδιορισμός της μεθόδου κατάταξης δεδομένων. Αρχικά, προσδιορίζεται τι πρέπει να καταγραφεί (το ίδιο το πρόβλημα, τα αποτελέσματά του, τα αίτιά του κ.λπ.).
- ii. Καταγραφή όλων των στοιχείων. Ο κατάλογος πρέπει να είναι εκτενής και πλήρης προς αποφυγή εξαγωγής λανθασμένων συμπερασμάτων. Τα αίτια καταγράφονται με τη σειρά που συμβαίνουν σε φύλλα ελέγχου σε κατάλληλο χρονικό διάστημα.
- iii. Μέτρηση των στοιχείων. Πρέπει να χρησιμοποιείται η ίδια μονάδα μέτρησης για κάθε στοιχείο (χρηματική αξία, χρόνος, συχνότητα, αριθμός ή ποσότητα κ.λπ.).
- iv. Κατάταξη των στοιχείων. Πραγματοποιείται βάσει της συχνότητας των μετρήσεων ή τους κόστους που αντιστοιχεί στα μετρούμενα στοιχεία και πάντα κατά ελαττούμενη σειρά (ειδοποιός διαφορά από τις κατανομές συχνοτήτων ή τα ιστογράμματα).
- v. Κατασκευή αθροιστικών συχνοτήτων. Οι μετρήσεις αθροίζονται κατά φθίνουσα σειρά κατάταξης και κάθε αθροιστική συχνότητα παρουσιάζεται ως ποσοστό επί του συνόλου. Αυτό το βήμα είναι προαιρετικό.

- vi. Σχεδιασμός και ερμηνεία διαγράμματος Pareto. Το αθροιστικό ποσοστό της μέτρησης στον κατακόρυφο άξονα ως προς το αθροιστικό ποσοστό του στοιχείου στον οριζόντιο άξονα (σε μια από τις μορφές που μπορεί να λάβει το διάγραμμα) σχηματίζουν την καμπύλη Pareto. Από μια σημαντική αλλαγή στην κλίση της καμπύλης Pareto προσδιορίζεται το ποσοστό των «λίγων» αιτιών που είναι υπεύθυνο για ένα σημαντικό ποσοστό του κόστους που συνεπάγονται αυτά τα προβλήματα.

Συνήθως, ένα αρχικό διάγραμμα Pareto οδηγεί σε άλλο διάγραμμα Pareto, όπως, για παράδειγμα, η συχνότητα εμφάνισης βλάβης σε ένα μηχάνημα του εξοπλισμού αναλύεται σε συχνότητα εμφάνισης βλάβης στα συστατικά του στοιχεία κ.ο.κ. Επίσης, διαγράμματα Pareto κατασκευάζονται πριν και μετά τη βελτίωση, η οποία, συνήθως, οδηγεί - άμεσα ή με συνεχή προσπάθεια - στην εξάλειψη του προβλήματος. Συχνά, παριστάνονται γραφικά για σύγκριση οι συχνότητες εμφάνισης των προβλημάτων πριν και μετά τη λήψη συγκεκριμένων μέτρων βελτίωσης.

Συνοψίζοντας, η ανάλυση Pareto είναι ένα πολύ χρήσιμο και απλό εργαλείο, με την προϋπόθεση να υπάρχει γνώση των περιορισμών του. Σημειώνεται, ότι αν τα δείγματα είναι μικρά, λαμβανόμενα σε ένα μικρό χρονικό διάστημα κατά το οποίο η διεργασία ενδέχεται να είναι ασταθής, το διάγραμμα μπορεί να μην δείξει τη διαφορά μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών, με αποτέλεσμα να μην είναι αξιόπιστο. Έτσι, η συλλογή δεδομένων πρέπει να γίνεται για όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικό χρονικό διάστημα. Επιπρόσθετα, το διάγραμμα Pareto δε φανερώνει τη διακύμανση στον αριθμό των εμφανίσεων συγκεκριμένων προβλημάτων. Ένα πρόβλημα που εμφανίστηκε πολλές φορές τον τελευταίο μήνα μπορεί να μην προκύψει από το μήνα, έστω και αν δεν πραγματοποιήθηκε καμιά διορθωτική ενέργεια προς βελτίωσή του. Το διάγραμμα Pareto γίνεται αποτελεσματικότερο χρησιμοποιούμενο σε συνδυασμό με διαγράμματα ελέγχου ή χρονιαία διαγράμματα για κάθε κατηγορία.

Τέλος, διάφορες στατιστικές μέθοδοι έχουν προταθεί για τη σύγκριση διαγραμμάτων Pareto, όπως:

- για τις ίδιες κατηγορίες ελαττωμάτων σε διαφορετικούς χρόνους ή για διαφορετικές μηχανές (M-test) και
- για διάφορες μηχανές συγχρόνως, σε διάφορες χρονικές στιγμές (χ^2 test).

Με τον τρόπο αυτό, διαπιστώνεται αν συγκεκριμένες βελτιωτικές ενέργειες (προγράμματα συντήρησης κ.λπ.) είχαν πραγματικό αποτέλεσμα ή αν μια αξιοσημείωτη αιτία διακύμανσης εμφανίστηκε ξαφνικά, με την παρατήρηση σημαντικής στατιστικής διαφοράς στα διαγράμματα Pareto.

1.2.5 Βασικοί Δείκτες Επίδοσης (Key Performance Indicators – K.P.I.)

Δείκτης Λειτουργικής Επίδοσης (Operational Performance Indicator – O.P.I.)

Ο **O.P.I.** είναι ο θεωρητικά απαιτούμενος χρόνος για την παραγωγή Άριστου Προϊόντος (βάσει της Ονομαστικής Ταχύτητας) και εκφράζεται ως επί τοις εκατό ποσοστό του Επανδρωμένου Χρόνου:

$$OPI = \frac{\text{Θεωρητικός Χρόνος Παραγωγής}}{\text{Επανδρωμένος Χρόνος}} \times 100 \%$$

Ένας γενικότερος τύπος υπολογισμού του OPI ο οποίος συναντάται στη βιβλιογραφία ως τύπος υπολογισμού της *Ολικής Αποδοτικότητας Εξοπλισμού (Overall Equipment Efficiency – O.E.E.)* είναι ο εξής:

$$OPI = \text{Διαθεσιμότητα} \times \text{Επίδοση} \times \text{Ποιότητα} ,$$

που μπορεί να μετασχηματιστεί στους

$$OPI = \text{Αποτελεσματικότητα} \times \text{Αποδοτικότητα}$$

ή

$$OPI = \text{Αναλογία Ομάδων Συντήρησης} \times \text{Αποδοτικότητα Σχεδίου Εργασίας} \\ \times OPI\ NONA$$

Στο παράρτημα παρατίθεται σχήμα για την καλύτερη κατανόηση της σημασίας του OPI, ενώ παρακάτω παρατίθενται επεξηγήσεις για τα μεγέθη που υπεισέρχονται σε αυτόν.

Διαθεσιμότητα (Availability)

Διαθεσιμότητα είναι η πιθανότητα ένα σύστημα να βρίσκεται σε λειτουργική κατάσταση κατά την έναρξη μιας εργασίας σε τυχαίο χρόνο [NASA-STD-8729.1]. Αφορά τη διάρκεια του ωφέλιμου χρόνου μιας λειτουργίας και είναι μέτρο του πόσο συχνά ένα σύστημα είναι σε καλή κατάσταση. Συχνά εκφράζεται ως το πηλίκο του ωφέλιμου χρόνου λειτουργίας (uptime) προς το συνολικό χρόνο [ωφέλιμος χρόνος + καθυστερήσεις (downtime)] με πολλές διαφορετικές εναλλακτικές. Ο ωφέλιμος χρόνος και οι καθυστερήσεις αφορούν διαχωρισμένες καταστάσεις. Ο ωφέλιμος χρόνος αναφέρεται στην ικανότητα πραγματοποίησης της εργασίας και οι καθυστερήσεις στην αντίθετη κατάσταση [Barringer, 1997]. Τα σχετικά με τη διαθεσιμότητα ζητήματα συνδέονται με τρεις κύριους παράγοντες:

- i. Αύξηση του χρόνου μέχρι την αστοχία.
- ii. Ελάττωση καθυστερήσεων λόγω επισκευών ή προγραμματισμένης συντήρησης.
- iii. Πραγματοποίηση των ανωτέρω με το βέλτιστο κόστος [Davidson, 1998].

Ειδικότερα, ως διαθεσιμότητα ορίζεται το ποσοστό του *Επανδρωμένου Χρόνου* κατά το οποίο λειτουργεί η γραμμή:

$$\text{Διαθεσιμότητα} = \frac{\text{Χρόνος Λειτουργίας}}{\text{Επανδρωμένος Χρόνος}} \times 100 \%$$

Τρία συχνά χρησιμοποιούμενα μέτρα διαθεσιμότητας παρουσιάζονται ακολούθως [Ireson, 1996]:

Εγγενής Διαθεσιμότητα (Inherent or Intrinsic or Technical Availability – A_i)

Η πιθανότητα ένα σύστημα να λειτουργεί ικανοποιητικά σε δεδομένο χρονικό σημείο χρησιμοποιούμενο υπό συγκεκριμένες συνθήκες σε ιδανικό περιβάλλον υποστήριξης (προσωπικό, εργαλεία, ανταλλακτικά κ.λπ. άμεσα διαθέσιμα), μη συμπεριλαμβανομένου του χρόνου διοικητικής μέριμνας, αναμονής και καθυστερήσεων λόγω προληπτικής συντήρησης [NASA-STD-8729.1]. Σχετίζεται με την οπτική υπό το πρίσμα του προσωπικού συντήρησης.

Ειδικότερα εκφράζει τη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού μη συμπεριλαμβανομένων των *Βλαβών*.

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\% ,$$

όπου MTBF Mean Time Between Failures (Μέσος Χρόνος Μεταξύ Βλαβών)
MTTR Mean Time To Repair (Μέσος Χρόνος Επισκευών).

Επιτευχθείσα Διαθεσιμότητα (Achieved Availability – A_a)

Η πιθανότητα ένα σύστημα να λειτουργεί ικανοποιητικά σε δεδομένο χρονικό σημείο χρησιμοποιούμενο υπό συγκεκριμένες συνθήκες σε ιδανικό περιβάλλον υποστήριξης (προσωπικό, εργαλεία, ανταλλακτικά κ.λπ. άμεσα διαθέσιμα), μη συμπεριλαμβανομένου του χρόνου διοικητικής μέριμνας και αναμονής. Περιλαμβάνει καθυστερήσεις λόγω προληπτικής και διορθωτικής συντήρησης [NASA-STD-8729.1]. Αφορά τη διαθεσιμότητα υπό το πρίσμα του τμήματος συντήρησης.

$$A = \frac{MTBT}{MTBT + MST} \times 100\% ,$$

όπου MTBM Mean Time Between Maintenance (Μέσος Χρόνος Μεταξύ Συντηρήσεων).

Λειτουργική Διαθεσιμότητα (Operational Availability - A_o)

Η πιθανότητα ένα σύστημα να λειτουργεί ικανοποιητικά σε δεδομένο χρονικό σημείο υπό πραγματικές ή ρεαλιστικές συνθήκες και περιβάλλον υποστήριξης περιλαμβανομένων χρόνου διοικητικής μέριμνας, προετοιμασίας, αναμονής και καθυστερήσεων λόγω προληπτικής και διορθωτικής συντήρησης. Αυτό το μέτρο επεκτείνει τον ορισμό της διαθεσιμότητας σε στοιχεία που ελέγχονται από το διοικητικό προσωπικό, όπως ποιότητα και διαθεσιμότητα ανταλλακτικών [NASA-STD-8729.1]. Είναι η διαθεσιμότητα ειδομένη από το χρήστη.

Ειδικότερα, εκφράζει τη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού μη συμπεριλαμβανομένων των *Μικροσταματημάτων*.

$$A = \frac{MTBT}{MTBT + MST} \times 100\% .$$

όπου MTBT Mean Time Between Touch (Μέσος Χρόνος Μεταξύ Παρεμβάσεων)
MST Mean Stoppage Time (Μέσος Χρόνος Σταματημάτων).

Επίδοση (Performance)

Το ποσοστό του Χρόνου Λειτουργίας κατά το οποίο δεν έχουμε *Μικροσταματήματα* και *Απώλειες Ταχύτητας*:

$$\text{Επίδοση} = \frac{\text{Χρόνος Παραγωγής}}{\text{Χρόνος Λειτουργίας}} \times 100\%$$

Ποιότητα (Quality)

Το ποσοστό της Εξόδου Αριστων Προϊόντων σύμφωνα με τα όρια ανοχών:

$$\text{Ποιότητα} = \frac{\text{Θεωρητικός Χρόνος Παραγωγής}}{\text{Θεωρητικός Χρόνος Παραγωγής} + \text{Απορρίψεις} + \text{Επανεργασία}} \times 100\%$$

ή

$$\text{Ποιότητα} = \frac{\text{Άριστο Προϊόν}}{\text{Άριστο Προϊόν} + \text{Απορρίψεις} + \text{Επανεργασία}}$$

ή

$$\text{Ποιότητα} = \frac{\text{Θεωρητικός Χρόνος Παραγωγής}}{\text{Χρόνος Παραγωγής}}$$

Δείκτης Λειτουργικής Επίδοσης N.O.N.A. (O.P.I. N.O.N.A)

Ο όρος **N.O.N.A.** είναι το αρκτικόλεξο του *No Order No Activity* που υποδηλώνει το σύνολο των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται από μια ομάδα (καθαρισμοί, εκπαιδεύσεις κ.λπ.) και έχουν άμεση σχέση με τις συνήθεις εργασίες της, οι οποίες, όμως, δε θα πραγματοποιούνταν αν υπήρχαν εντολές (orders) ή άλλες προγραμματισμένες εργασίες.

Επομένως, ο **O.P.I. N.O.N.A.** είναι ο θεωρητικά απαιτούμενος χρόνος για την παραγωγή *Άριστου Προϊόντος* και εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις εκατό του *Ενεργού Χρόνου Εργασίας*:

$$\text{OPI NONA} = \frac{\text{Θεωρητικός Χρόνος Παραγωγής}}{\text{Ενεργός Χρόνος Εργασίας}} \times 100 \%$$

ή

$$\text{OPI NONA} = \text{Προεργασία} \times \text{Αποδοτικότητα}$$

Σημειώνεται ότι η διαφορά μεταξύ OPI και OPI NONA έγκειται στο ότι ο OPI περιγράφει το συνολικό χρόνο που σπαταλάται στη γραμμή, ενώ το OPI NONA το χρόνο κατά τον οποίο οι ομάδες είναι παρούσες στη γραμμή. Πιο συγκεκριμένα, ο OPI περιλαμβάνει, επιπλέον του OPI NONA, τα NONA και το *Χρόνο Συντήρησης Πέραν Των Χειριστών*.

Αποτελεσματικότητα (Effectivity)

Περιλαμβάνει όλους τους παράγοντες για τους οποίους η γραμμή δεν ανταποκρίνεται:

$$\text{Αποτελεσματικότητα} = \frac{\text{Διαθέσιμος Χρόνος Παραγωγής}}{\text{Επανδρωμένος Χρόνος}} \times 100 \%$$

ή

Αποτελεσματικότητα

$$= \text{Προεργασία} \times \text{Αποτελεσματικότητα Σχεδίου Συντήρησης} \\ \times \text{Αναλογία Ομάδων Συντήρησης}$$

Αποδοτικότητα (Efficiency)

Περιγράφει πόσο καλά λειτουργεί η γραμμή λαμβάνοντας υπόψη όλες τις μη προγραμματισμένες διαταράξεις:

$$\text{Αποδοτικότητα} = \frac{\text{Θεωρητικός Χρόνος Παραγωγής}}{\text{Διαθέσιμος Χρόνος Παραγωγής}} \times 100 \%$$

Μέσος Χρόνος Μεταξύ Παρεμβάσεων (Mean Time Between Touch – M.T.B.T.)

Μ.Τ.Β.Τ. είναι ο μέσος όρος των χρόνων μεταξύ δύο διαδοχικών παρεμβάσεων στο μηχάνημα λόγω μικροσταματημάτων:

$$MTBT = \frac{\text{Χρόνος Λειτουργίας}}{\text{Πλήθος Μικροσταματημάτων}}$$

Αξιοποίηση Πόρων (Asset Utilization)

Ο χρόνος που απαιτείται για την παραγωγή Άριστου Προϊόντος εκφρασμένος ως επί τοις εκατό ποσοστό του Συνολικού Χρόνου:

$$\text{Αξιοποίηση Πόρων} = \frac{\text{Θεωρητικός Χρόνος Παραγωγής}}{\text{Συνολικός Χρόνος}} \times 100 \%$$

$$\text{Αξιοποίηση Πόρων} = \text{OPI} \times \text{Αξιοποίηση}$$

Ονομαστική Ταχύτητα (Nominal Capacity)

Η Ονομαστική Ταχύτητα ως δείκτης εκφράζει τη σταθμισμένη μέση τιμή για τις Ονομαστικές Ταχύτητες του μηχανήματος για τους διαφορετικούς τύπους παραγόμενων προϊόντων:

Ονομαστική Ταχύτητα

$$= \frac{\text{Σύνολο Άριστων Προϊόντων}}{\text{Σύνολο Θεωρητικών Χρόνων Παραγωγής των διαφορετικών τύπων παραγόμενων προϊόντων}}$$

Μετράται σε μονάδες παραγόμενου προϊόντος / hr.

Αξιοποίηση (Utilization)

Το επί τοις εκατό ποσοστό του Συνολικού Χρόνου κατά το οποίο υπάρχει οποιοδήποτε τύπου δραστηριότητα:

$$\text{Αξιοποίηση} = \frac{\text{Συνολικός Χρόνος} - \text{Μη Χρησιμοποιούμενος Χρόνος}}{\text{Συνολικός Χρόνος}} \times 100 \%$$

Αναλογία Ομάδων Συντήρησης (Team Maintenance Ratio)

Η Αναλογία Ομάδων Συντήρησης ισούται με 100 % αν όλες οι εργασίες συντήρησης πραγματοποιούνται από τις ομάδες.

$$\text{Αναλογία Ομάδων Συντήρησης} = \frac{\text{Λειτουργικός Χρόνος Εργασίας}}{\text{Επανθρωμένος Χρόνος}} \times 100\%$$

Αποδοτικότητα Σχεδίου Εργασίας (Labour Planning Efficiency)

Ο χρόνος τον οποίο οι ομάδες χρειάζονται για την πραγματοποίηση των συνηθισμένων εργασιών τους σε σχέση με το χρόνο που είναι παρούσες:

$$\text{Αποδοτικότητα Σχεδίου Εργασίας} = \frac{\text{Ενεργός Χρόνος Εργασίας}}{\text{Λειτουργικός Χρόνος Εργασίας}} \times 100\%$$

Ισούται με 100 % όταν NONA = 0.

Προεργασία (Preparation)

Ο χρόνος που απαιτείται για να προετοιμάσουν οι ομάδες τη γραμμή, πραγματοποιώντας Αλλαγές και εργασίες που σχετίζονται με Προγραμματισμένα Σταματήματα:

$$\text{Προεργασία} = \frac{\text{Διαθέσιμος Χρόνος Παραγωγής}}{\text{Ενεργός Χρόνος Εργασίας}} \times 100 \%$$

Επίδοση Γραμμής (Line Performance)

Η αποδοτικότητα της γραμμής μη λαμβάνοντας υπόψη τα Εξωτερικά Σταματήματα:

$$\text{Επίδοση Γραμμής} = \frac{\text{Θεωρητικός Χρόνος Παραγωγής}}{\text{Πραγματικός Χρόνος Παραγωγής}} \times 100\%$$

Αναλογία Καθυστερήσης Αλλαγών (Change-over Downtime Ratio)

Το επί τοις εκατό ποσοστό του Διαθέσιμου Χρόνου Παραγωγής που καταναλώνεται για την πραγματοποίηση Αλλαγών:

Αναλογία Καθυστερήσης Αλλαγών

$$= \frac{\text{Χρόνος Αλλαγών}}{\text{Διαθέσιμος Χρόνος Παραγωγής} + \text{Χρόνος Αλλαγών}} \times 100 \%$$

Ακολουθεί παράθεση επεξηγήσεων των όρων που υπεισέρχονται στους ορισμούς των δεικτών που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Συνολικός Χρόνος: Ένας μήνας.

Επανδρωμένος Χρόνος: Ο χρόνος κατά τον οποίο υπάρχει οποιοδήποτε είδους δραστηριότητα στη γραμμή.

$$\text{Επανδρωμένος Χρόνος} = \text{Συνολικός Χρόνος} - \text{Μη Χρησιμοποιούμενος Χρόνος}$$

Μη Χρησιμοποιούμενος Χρόνος: Χρόνος κατά τον οποίο δεν υπάρχει δραστηριότητα στη γραμμή, τόσο από την παραγωγή, όσο και από τη συντήρηση (π.χ. Σαββατοκύριακα, αργίες κ.λπ.).

Λειτουργικός Χρόνος Εργασίας: Χρόνος κατά τον οποίο οι χειριστές είναι παρόντες στη γραμμή και πραγματοποιούν αποκλειστικά τις συνήθεις εργασίες.

Λειτουργικός Χρόνος Εργασίας

$$= \text{Συνολικός Χρόνος} - \text{Μη Χρησιμοποιούμενος Χρόνος} \\ - \text{Συντήρηση Πέραν Χειριστών}$$

Συντήρηση Πέραν Χειριστών: Εργασίες συντήρησης που δεν πραγματοποιούνται από τους χειριστές της γραμμής (π.χ. εξειδικευμένο τμήμα συντήρησης). Περιλαμβάνονται εργασίες συντήρησης από τεχνικούς εκτός βάρδιας κατά τη διάρκεια της νύχτας ή του Σαββατοκύριακου, ετήσια συντήρηση κατά τη διάρκεια του χειμώνα, αλλαγές που δεν πραγματοποιούνται από τους χειριστές.

Ενεργός Χρόνος Εργασίας: χρόνος κατά τον οποίο οι χειριστές πραγματοποιούν εργασίες σχετικές με εντολές παραγωγής (production orders) και **Προγραμματισμένα Σταματήματα**.

Ενεργός Χρόνος Εργασίας

= **Συνολικός Χρόνος – Μη Χρησιμοποιούμενος Χρόνος**

– **Συντήρηση Πέραν Χειριστών – NONA**

Διαθέσιμος Χρόνος Παραγωγής: Χρόνος κατά τον οποίο οι χειριστές εκτελούν εντολές παραγωγής.

Διαθέσιμος Χρόνος Παραγωγής

= **Συνολικός Χρόνος – Μη Χρησιμοποιούμενος Χρόνος**

– **Συντήρηση Πέραν Χειριστών – NONA**

– **Προγραμματισμένα Σταματήματα – Αλλαγές**

Προγραμματισμένα Σταματήματα: Σταματήματα κατά τα οποία οι χειριστές είναι παρόντες για την πραγματοποίηση προγραμματισμένων δραστηριοτήτων (π.χ. καθαρισμοί, προγραμματισμένη συντήρηση, συναντήσεις, εκκίνηση/τερματισμός μηχανημάτων, γενική επισκευή, εκπαιδεύσεις κ.λπ.).

Αλλαγές: Μετρημένος χρόνος αλλαγών στον παλετοποιητή.

Πραγματικός Χρόνος Παραγωγής: Χρόνος μεταξύ της παραγωγής πρώτου και τελευταίου προϊόντος μη συμπεριλαμβανομένων των **Εξωτερικών Σταματημάτων**.

Βλάβη (Breakdown – Bd): Κάθε σταμάτημα μεγαλύτερο των 5 min, το οποίο περιλαμβάνει τεχνική επισκευή, συνήθως αντικατάσταση των φθαρμένων εξαρτημάτων, εξαιρουμένων των **Εξωτερικών Σταματημάτων** εξαιτίας εξωτερικών αιτιών (π.χ. διακοπή ρεύματος κ.λπ.).

Απώλειες Ταχύτητας (Speed Losses): Οι απώλειες χρόνου λόγω λειτουργίας του μηχανήματος σε μικρότερη από την **Ονομαστική Ταχύτητά** του.

Ονομαστική Ταχύτητα (Nominal Speed or Capacity): Η ταχύτητα του μηχανήματος για συγκεκριμένο τύπο παραγόμενου προϊόντος. Μετράται σε **μονάδες παραγόμενου προϊόντος / hr**.

Μικροσταμάτημα (Minor Stop - MS): Κάθε σταμάτημα μικρότερο των 5 min που προκαλεί καθυστέρηση στην παραγωγή.

Εξωτερικά Σταματήματα: Σταματήματα μεγαλύτερα των 5 min λόγω εξωτερικών αιτιών. Ως εξωτερικά, θεωρούνται τα αίτια που προέρχονται έξω από τα όρια του υπό εξέταση

τμήματος της μονάδας (π.χ. διακοπές ρεύματος, προβλήματα στις βοηθητικές εγκαταστάσεις κ.λπ.).

Χρόνος Λειτουργίας: Χρόνος κατά τον οποίο η γραμμή λειτουργεί, συμπεριλαμβανομένων μικρών διαταραχών και λειτουργίας σε μικρότερη της *Ονομαστικής Ταχύτητας*.

Χρόνος Λειτουργίας

- = *Συνολικός Χρόνος – Μη Χρησιμοποιούμενος Χρόνος*
- *Συντήρηση Πέραν Χειριστών – ΝΟΝΑ*
- *Προγραμματισμένα Σταματήματα – Αλλαγές*
- *Εξωτερικά Σταματήματα – Βλάβες*

Χρόνος Παραγωγής: Χρόνος κατά τον οποίο έχει παραχθεί προϊόν στην *Ονομαστική Ταχύτητα* συμπεριλαμβανομένων *Απορρίψεων και Επανεργασίας*.

Χρόνος Παραγωγής

$$= \text{Θεωρητικός Χρόνος Παραγωγής} + \text{Απορρίψεις και Επανεργασία}$$

Θεωρητικός Χρόνος Παραγωγής: Χρόνος κατά τον οποίο παράχθηκε Άριστο Προϊόν, χωρίς σταματήματα, στην *Ονομαστική Ταχύτητα*.

$$\text{Θεωρητικός Χρόνος Παραγωγής} = \frac{\text{Άριστο Προϊόν}}{\text{Ονομαστική Ταχύτητα}}$$

Άριστο Προϊόν: Ποσότητα παραχθέντος προϊόντος που διατίθεται στην αγορά και συμμορφώνεται με τα όρια ανοχών όλων των προτύπων ποιότητας.

Απορρίψεις και Επανεργασία: Χρόνος κατά τον οποίο παράχθηκε προϊόν με ποιοτικά ελαττώματα, συμπεριλαμβανομένων των προϊόντων σε αναμονή.

$$\text{Απορρίψεις και Επανεργασία} = \frac{\text{Απορρίψεις και Επανεργασία (μονάδες προϊόντος)}}{\text{Ονομαστική Ταχύτητα (μονάδες} \frac{\text{προϊόντος}}{\text{hr}})}$$

Αξιοπιστία (Reliability)

Γενικά

Αξιοπιστία είναι η πιθανότητα μια λειτουργική μονάδα να εκτελεί μια απαιτούμενη λειτουργία υπό καθορισμένες προϋποθέσεις - συνθήκες για δεδομένο χρονικό διάστημα. [ISO/IEC 2382-14].

Η αξιοπιστία αφορά την ελάττωση της συχνότητας των αστοχιών σε δεδομένο χρονικό διάστημα και είναι μέτρο της πιθανότητας εκτέλεσης μιας λειτουργίας ελεύθερης αστοχιών για το διάστημα αυτό, δηλαδή το μέτρο επιτυχίας μιας λειτουργίας ελεύθερης αστοχιών. Συχνά, εκφράζεται ως εξής:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

όπου λ ο ρυθμός βλάβης (σταθερά).

Για το χρήστη ενός προϊόντος, ως αξιόπιστη νοείται μια μακράς διάρκειας και χωρίς αστοχίες λειτουργία. Μεγάλες περίοδοι χωρίς διακοπές λόγω βλαβών οδηγούν σε αυξημένη παραγωγική ικανότητα ενώ απαιτούνται λιγότερα ανταλλακτικά και ανθρώπινο

δυναμικό για τις δραστηριότητες της συντήρησης με αποτέλεσμα χαμηλότερα κόστη. Για τον προμηθευτή του προϊόντος, η αξιοπιστία μετράται από την ολοκλήρωση μιας ελεύθερης βλαβών περιόδου εγγύησης υπό καθορισμένες λειτουργικές συνθήκες με ελάχιστες αστοχίες κατά τη διάρκεια σχεδιασμού του προϊόντος.

Βελτίωση της αξιοπιστίας επιτυγχάνεται με αυξημένο κεφαλαιουχικό κόστος. Φέρνει όμως, ως αντιστάθμισμα, την προσδοκία βελτίωσης της διαθεσιμότητας, ελάττωσης των καθυστερήσεων, του κόστους συντήρησης και του δευτερεύοντος κόστους λόγω αστοχιών, καταλήγοντας σε περισσότερες ευκαιρίες για δημιουργία κέρδους εξαιτίας της απρόσκοπτης λειτουργίας του εξοπλισμού για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Ενώ οι γενικοί υπολογισμοί αξιοπιστίας σχετίζονται με σταθερούς ρυθμούς βλάβης, λεπτομερέστεροι υπολογισμοί βασίζονται σε θεωρήσεις καταστάσεων αστοχίας, οι οποίες μπορεί να είναι παιδική θνησιμότητα (ελαττούμενος ρυθμός βλάβης), πιθανή αστοχία (σταθερός ρυθμός βλάβης) ή επιδείνωση (αυξανόμενος ρυθμός βλάβης) [Barringer, 1997].

Βασικές έννοιες

Ρυθμός βλάβης

Ως Ρυθμός Βλάβης στο διάστημα $[t_1, t_2]$, ορίζεται το πηλίκο της πιθανότητας να συμβεί βλάβη στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα – δεδομένου ότι δεν έχει συμβεί πριν τη στιγμή t_1 – προς τη διάρκεια του διαστήματος αυτού [MIL-HDBK-338B]:

$$\lambda(t) = \frac{R(t_1) - R(t_2)}{(t_2 - t_1)R(t_1)}.$$

Μέσος Χρόνος Βλαβών (Mean Time To Failure – M.T.T.F.)

Είναι ο αναμενόμενος χρόνος εμφάνισης βλάβης και δίνεται από τον τύπο [MIL-HDBK-338B]:

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt.$$

Μέσος Χρόνος Μεταξύ Βλαβών (Mean Time Between Failures – M.T.B.F.)

Η εν λόγω έννοια εμφανίζεται πού συχνά στη σχετική με αξιοπιστία βιβλιογραφία. Βρίσκει εφαρμογή σε επισκευάσιμα αντικείμενα των οποίων τα στοιχεία που παρουσίασαν βλάβη αντικαθίστανται [MIL-HDBK-338B].

Ειδικότερα, ορίζεται ως ο μέσος όρος των χρόνων μεταξύ δύο διαδοχικών σταματημάτων του εξοπλισμού ή της γραμμής λόγω βλαβών:

$$MTBF = \frac{\text{Χρόνος Λειτουργίας}}{\text{Πλήθος Βλαβών}}$$

ή

MTBF

$$= \frac{\text{Διαθέσιμος Χρόνος Παραγωγής} - \text{Σύνολο Βλαβών} - \text{Σύνολο Εξωτερικών Σταματημάτων}}{\text{Πλήθος Βλαβών}}$$

Συντηρησιμότητα (Maintainability)

Συντηρησιμότητα είναι ένα μέτρο της ευκολίας και της ταχύτητας με την οποία ένα σύστημα ή εξοπλισμός μπορεί να αποκατασταθεί στη λειτουργική του κατάσταση μετά από βλάβη. Είναι χαρακτηριστικό του σχεδιασμού εξοπλισμού και εγκατάστασης, της διαθεσιμότητας του προσωπικού στα απαιτούμενα επίπεδα δεξιοτήτων, της καταλληλότητας των διαδικασιών συντήρησης και του εξοπλισμού δοκιμών, καθώς και του φυσικού περιβάλλοντος στο οποίο πραγματοποιείται η συντήρηση. Μια έκφραση της συντηρησιμότητας είναι η πιθανότητα ένα αντικείμενο να διατηρηθεί ή αποκατασταθεί σε δεδομένη κατάσταση και χρονικό διάστημα, όταν η συντήρηση πραγματοποιείται σύμφωνα με τις θεσπισμένες διαδικασίες και χρησιμοποιώντας του κατάλληλους πόρους [NASA-STD-8729.1].

Η συντηρησιμότητα σχετίζεται με τη διάρκεια των διακοπών λειτουργίας λόγω συντήρησης ή με το πόσος χρόνος απαιτείται για να πραγματοποιηθούν οι δραστηριότητες της συντήρησης σύμφωνα με δεδομένα στοιχεία. Τα εν λόγω στοιχεία περιλαμβάνουν συντήρηση (όλες τις απαραίτητες ενέργειες για τη διατήρηση ενός αντικειμένου ή την επαναφορά του σε προσδιορισμένη καλή κατάσταση) πραγματοποιούμενη από προσωπικό με τις απαραίτητες δεξιότητες, χρησιμοποιώντας τις ενδεδειγμένες διαδικασίες και πόρους ανάλογα με το επίπεδο. Τα χαρακτηριστικά της συνήθως προσδιορίζονται από το σχεδιασμό του εξοπλισμού, ο οποίος και ορίζει τις διαδικασίες συντήρησης και τη διάρκεια των επισκευών. Εκφράζεται ως εξής [Barringer, 1997]:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} ,$$

όπου μ ρυθμός συντήρησης (σταθερά).

Βασικές έννοιες

Ένας καλός τρόπος παρουσίασης των βασικών εννοιών της συντηρησιμότητας είναι η αντιπαράβολή τους με τις αντίστοιχες που αφορούν την αξιοπιστία. Προκύπτουν με πανομοιότυπο τρόπο, αντικαθιστώντας το χρόνο βλάβης με το χρόνο επισκευής, το ρυθμό βλάβης λ με το ρυθμό επισκευής μ και την πιθανότητα βλάβης λόγω παρόδου χρόνου t , $F(t)$ με την πιθανότητα πραγματοποίησης επιτυχημένης επισκευής σε χρόνο t , $M(t)$.

Στον πίνακα 1.11 συγκεντρώνονται οι αντιστοιχίες εννοιών:

Πίνακας 1.11: Αντιστοίχιση βασικών εννοιών αξιοπιστίας και συντηρησιμότητας.

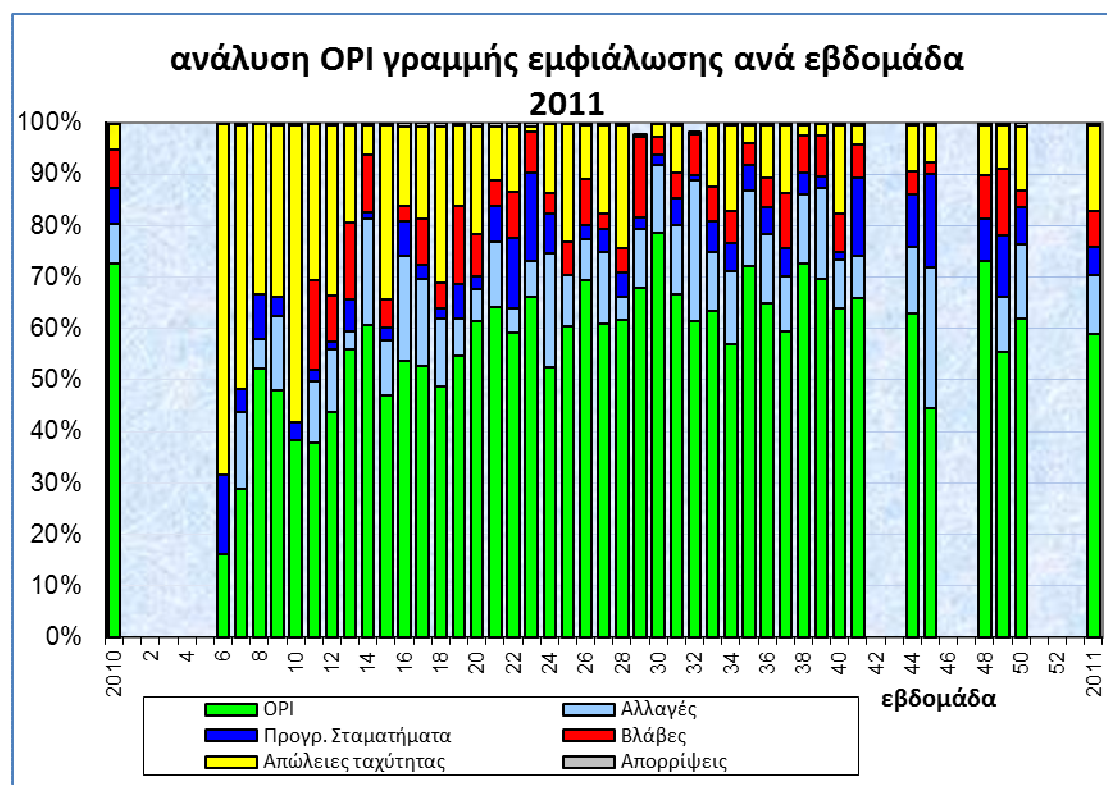
αξιοπιστία	συντηρησιμότητα
χρόνος βλάβης (συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας) $f(t)$	χρόνος συντήρησης (συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας) $g(t)$
αξιοπιστία $R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt$	συντηρησιμότητα $M(t) = \int_0^t g(t) dt$
ρυθμός βλάβης $\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$	ρυθμός επισκευής $\mu(t) = \frac{g(t)}{1 - M(t)}$
Μέσος Χρόνος Βλαβών (M.T.T.F) $MTTF = \int_{-\infty}^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) dt$	Μέσος Χρόνος Επισκευής (M.T.T.R.) $MTTR = \int_{-\infty}^{\infty} t g(t) dt$

Μέσος Χρόνος Επισκευών (Mean Time To Repair – M.T.T.R.)

Είναι ο μέσος όρος των χρόνων που απαιτούνται για επαναφορά των συνθηκών λειτουργίας του μηχανήματος μετά από κάθε βλάβη:

$$MTTR = \frac{\text{Άθροισμα Χρόνων Επισκευής}}{\text{Πλήθος Βλαβών}}$$

2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ



Διάγραμμα 2.1: Ανάλυση ΟΡΙ γραμμής εμφιάλωσης ανά εβδομάδα 2011.

Στο διάγραμμα παρουσιάζεται αναλυτικά η συνεισφορά στην ελάττωση του ΟΡΙ λόγω των εξής παραγόντων:

- **Προγραμματισμένα σταματήματα**
- **Απώλειες ταχύτητας & Μικροσταματήματα**
- **Αλλαγές προϊόντος**
- **Βλάβες**
- **Απορρίψεις**

Από την εξέταση του διαγράμματος φαίνεται πως οι βλάβες προκαλούν σημαντικό ποσοστό των καθυστερήσεων. Ως εκ τούτου απαιτείται ανάλυση σε μεγαλύτερο βάθος για την ανακάλυψη των παραμέτρων που αφορούν τις βλάβες και την τελική ελάττωση-εξάλειψή τους.

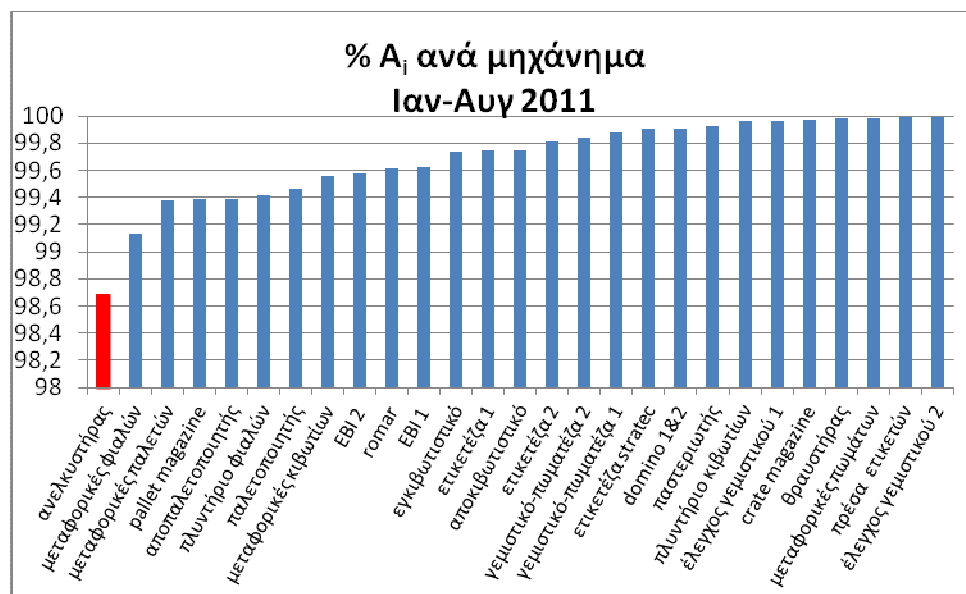
Οι μεθοδολογίες ανάλυσης και ομάδες εργασίας που πρόκειται να αναπτυχθούν στη συνέχεια βασίζονται στη φιλοσοφία του κύκλου PDCA.

2.1 Ανελκυστήρας γεμάτων παλετών

2.1.1 Σχεδιασμός

2.1.1.1 Ανάλυση δεδομένων – Κατανόηση παρούσας κατάστασης

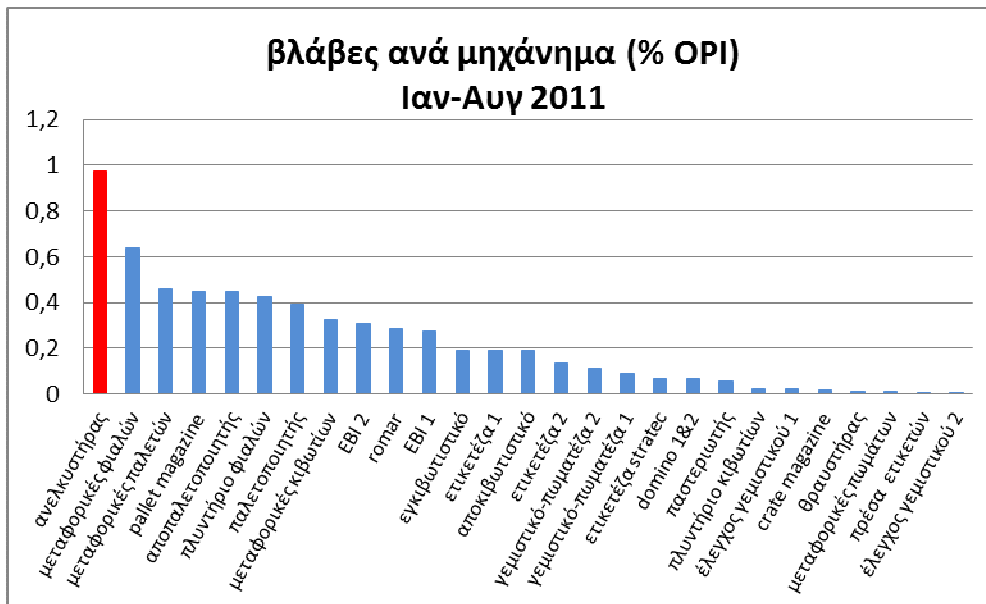
Αρχικά, παρουσιάζεται η A_0 για το χρονικό διάστημα Ιανουαρίου–Αυγούστου 2011.



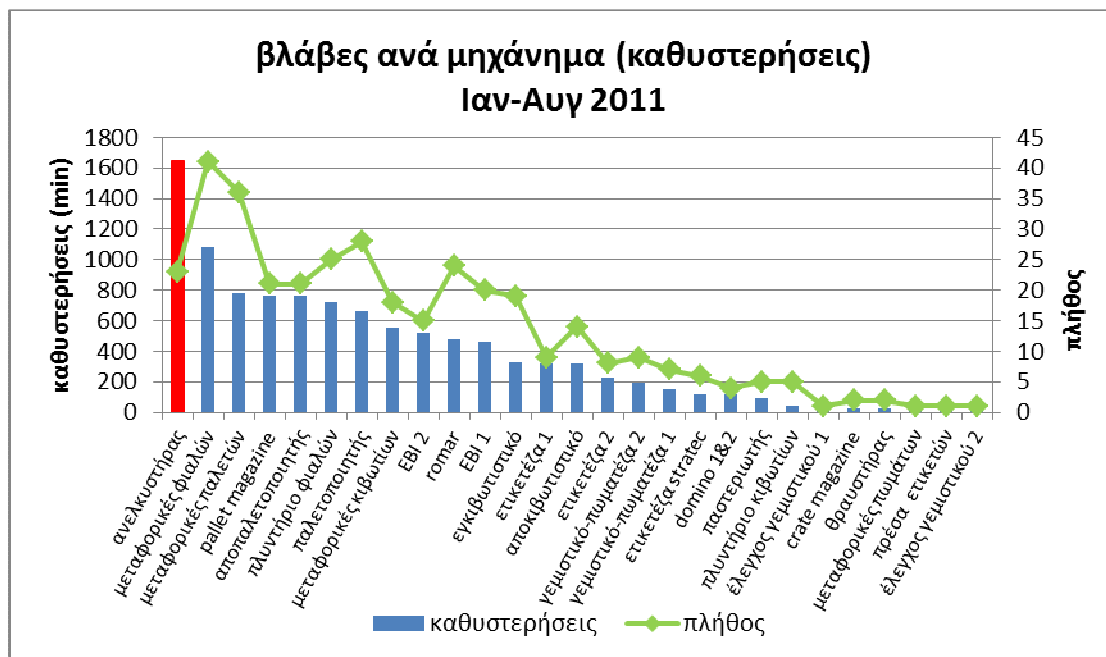
Διάγραμμα 2.2: % A_i ανά μηχάνημα (Ιανουάριος – Αύγουστος 2011).

Παρατηρείται ότι ο ανελκυστήρας γεμάτων παλετών είναι το χειρότερο μηχάνημα με A_i ίση με 98,69 %, γεγονός που αναδεικνύει την ανάγκη παραπέρα ενασχόλησης με το συγκεκριμένο μηχάνημα.

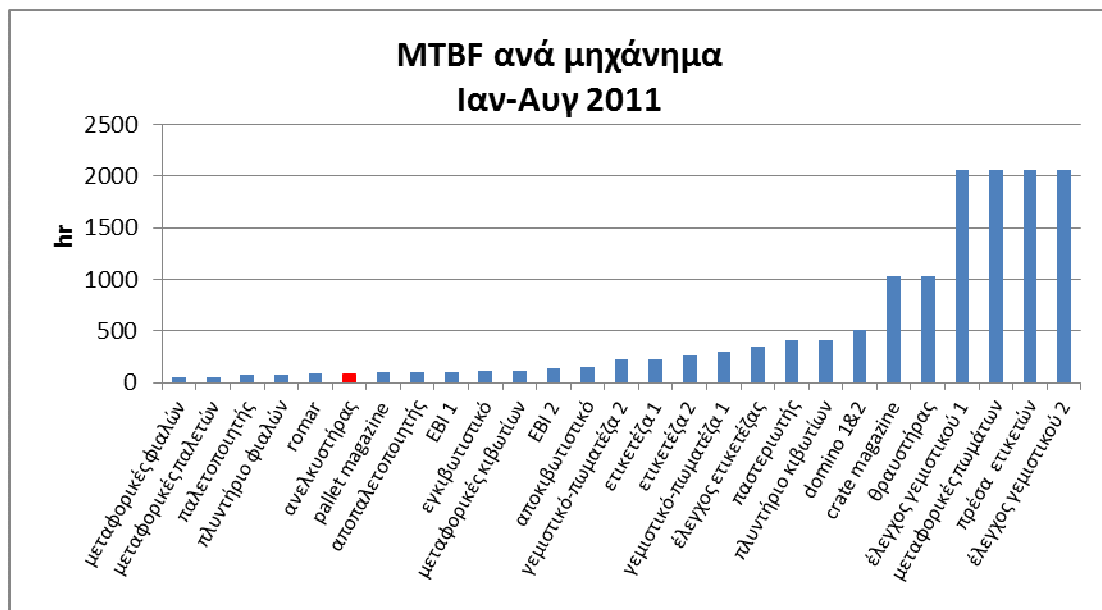
Στα διαγράμματα που ακολουθούν (2.3 – 2.6) παρουσιάζονται οι κυριότεροι δείκτες επίδοσης του συσκευαστηρίου για την μελετώμενη περίοδο:



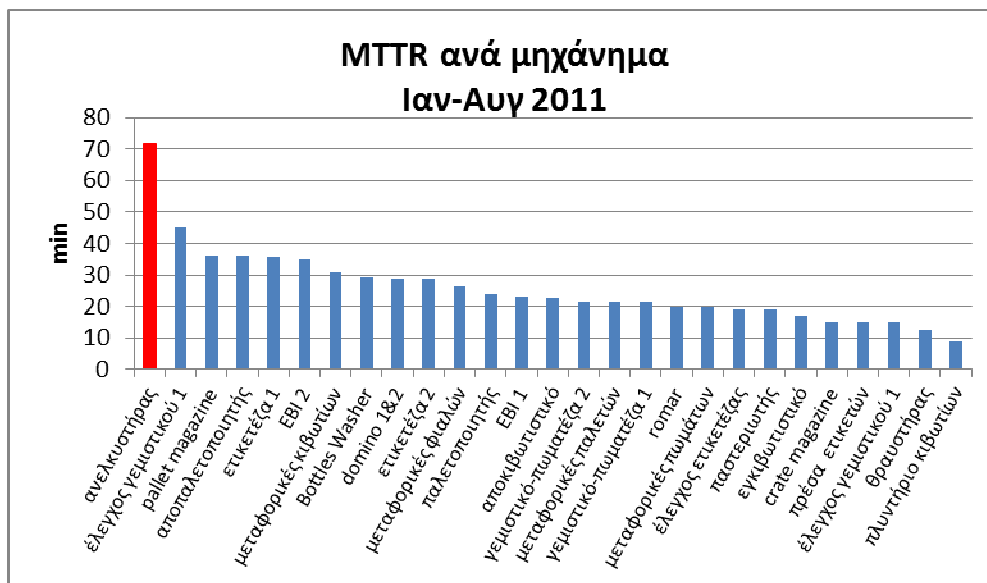
Διάγραμμα 2.3: Βλάβες ανά μηχάνημα ως % επιβάρυνση στον OPI (Ιανουάριος – Αύγουστος 2011).



Διάγραμμα 2.4: Βλάβες ανά μηχάνημα (Ιανουάριος – Αύγουστος 2011).



Διάγραμμα 2.5: MTBF ανά μηχανήμα (Ιανουάριος – Αύγουστος 2011).

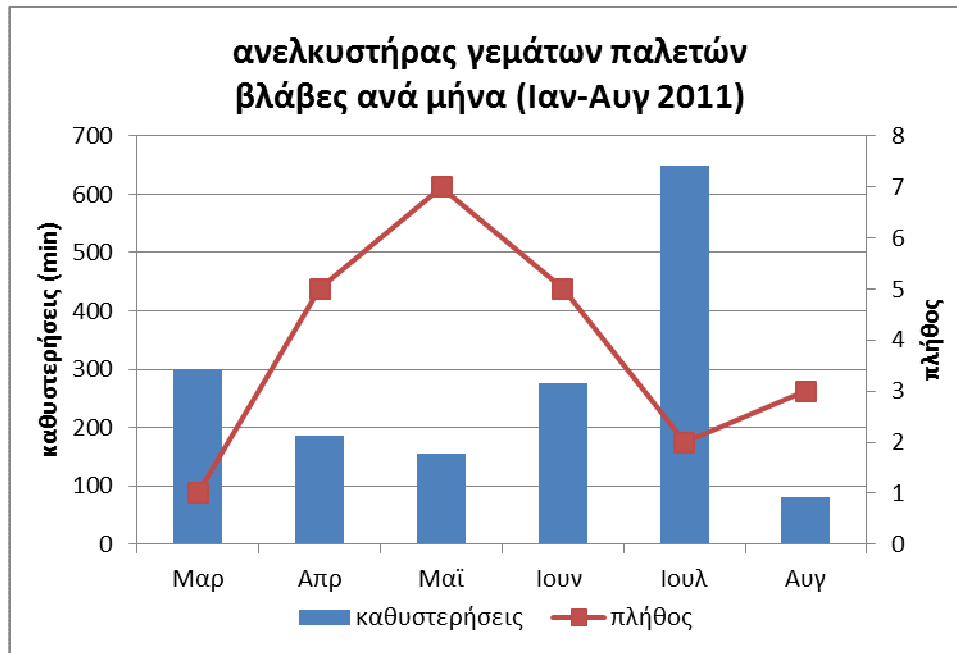


Διάγραμμα 2.6: MTTR ανά μηχανήμα (Ιανουάριος – Αύγουστος 2011).

Από τη μελέτη των γραφημάτων που παρατέθηκαν, συνοψίζονται τα εξής, όσον αφορά τον **ανελκυστήρα γεμάτων παλετών**:

- **OPI** Είναι το μηχανήμα που – αναφορικά με τις βλάβες - επιβαρύνει το δείκτη κατά το μεγαλύτερο ποσοστό (0,97 %).
- **Καθυστερήσεις** Είναι το χειρότερο μηχανήμα όσον αφορά το χρόνο καθυστερήσεων, που είναι ίσος με 1645 min, ενώ έχει παρουσιάσει 23 βλάβες, δηλαδή τον 5^ο μεγαλύτερο αριθμό. Η διάσταση που εμφανίζεται μεταξύ πλήθους βλαβών και χρόνου καθυστερήσεων οφείλεται στον υψηλό MTTR.
- **MTBF** Κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα (89,77 hr), που το καθιστούν το 6^ο χειρότερο μηχανήμα.
- **MTTR** Είναι το χειρότερο μηχανήμα με τον υψηλότερο MTTR ίσο με 71,5 min.

Ακολουθεί ανάλυση βλαβών ανά μήνα για το χρονικό διάστημα Ιανουαρίου-Αυγούστου 2011:



Διάγραμμα 2.7: Βλάβες ανά μηχάνημα για ανελκυστήρα γεμάτων παλετών (Ιανουάριος – Αύγουστος 2011).

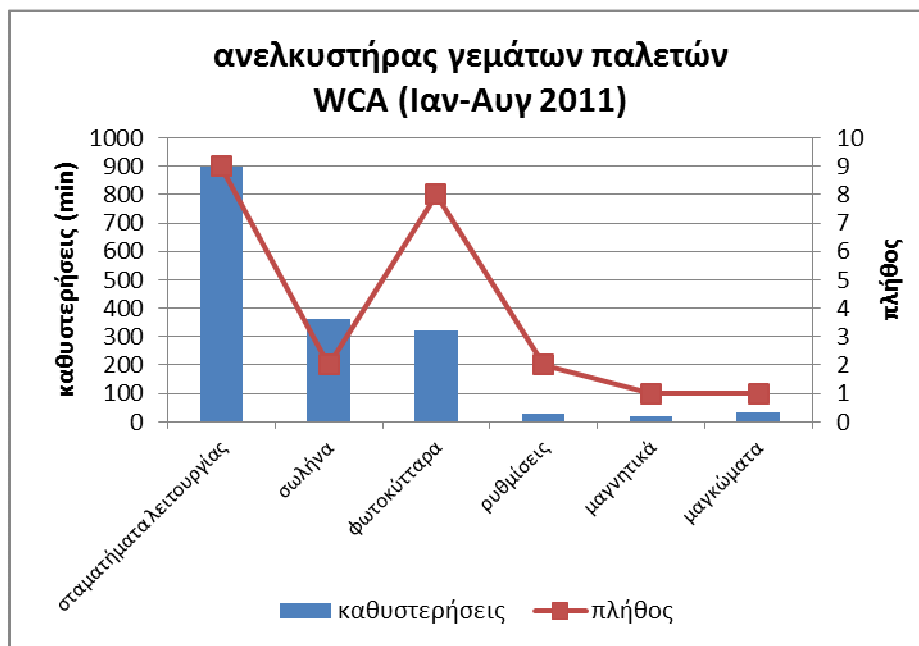
Από το παραπάνω φαίνεται πως, γενικά, υπάρχει αυξητική τάση όσον αφορά τις βλάβες.

Από την ανάλυση που προηγήθηκε επιβεβαιώνεται η ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης του *ανελκυστήρα γεμάτων παλετών*, αφού στην πλειοψηφία των περιπτώσεων παρουσιάζει τις χειρότερες επιδόσεις. Για το λόγο αυτό, ακολουθεί ανάλυση βλαβών σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια, που συμπεριλαμβάνει και WCA που αποσκοπεί στον προσδιορισμό των στοιχείων-εξαρτημάτων του υπό μελέτη μηχανήματος, τα οποία εμφανίζουν τις περισσότερες βλάβες.

Ακολουθούν οι αναλύσεις βλαβών ανά τμήμα και η WCA:



Διάγραμμα 2.8: Βλάβες ανά τμήμα για ανελκυστήρα γεμάτων παλετών (Ιανουάριος – Αύγουστος 2011).

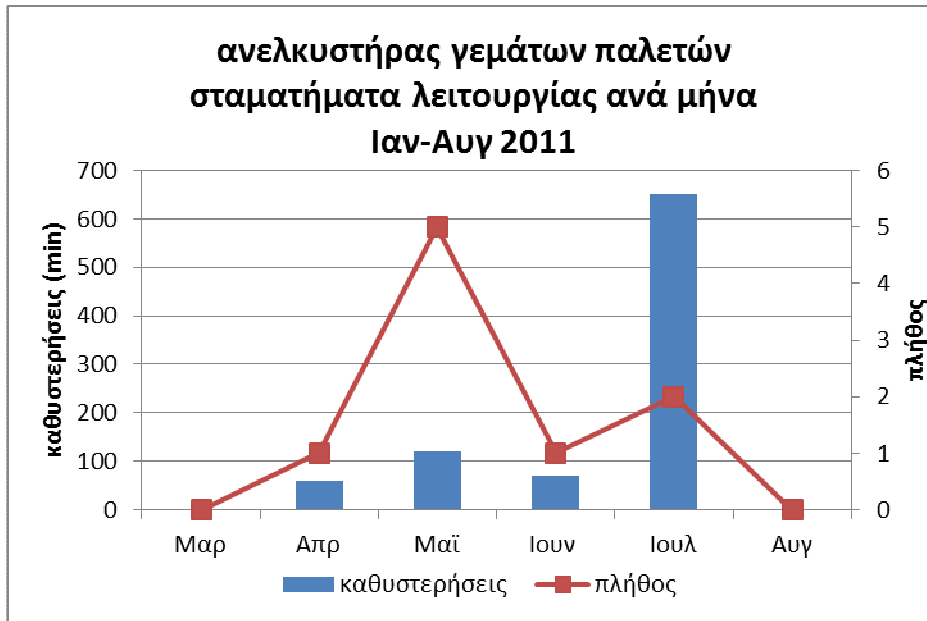


Διάγραμμα 2.9: WCA για ανελκυστήρα γεμάτων παλετών (Ιανουάριος – Αύγουστος 2011).

Από την ανάλυση των βλαβών ανά τμήμα προκύπτει πως οι ηλεκτρονικές είναι αυτές που προκαλούν τη μεγαλύτερη καθυστέρηση (955 min έναντι 330 min λόγω ηλεκτρολογικών και 360 min λόγω μηχανολογικών) και ενδεχομένως να απαιτείται να εστιαστεί εκεί η ανάλυση.

Από την WCA προκύπτει ότι τα σταματημένα λειτουργίας είναι αυτά που έχουν το μεγαλύτερο πλήθος (9) και προκαλούν τις μεγαλύτερες καθυστερήσεις (900 min).

Αναλυτικότερα για τα σταματήματα λειτουργίας έχουμε:



Διάγραμμα 2.10: Σταματήματα λειτουργίας ανά μήνα για ανελκυστήρα γεμάτων παλετών (Ιανουάριος – Αύγουστος 2011)



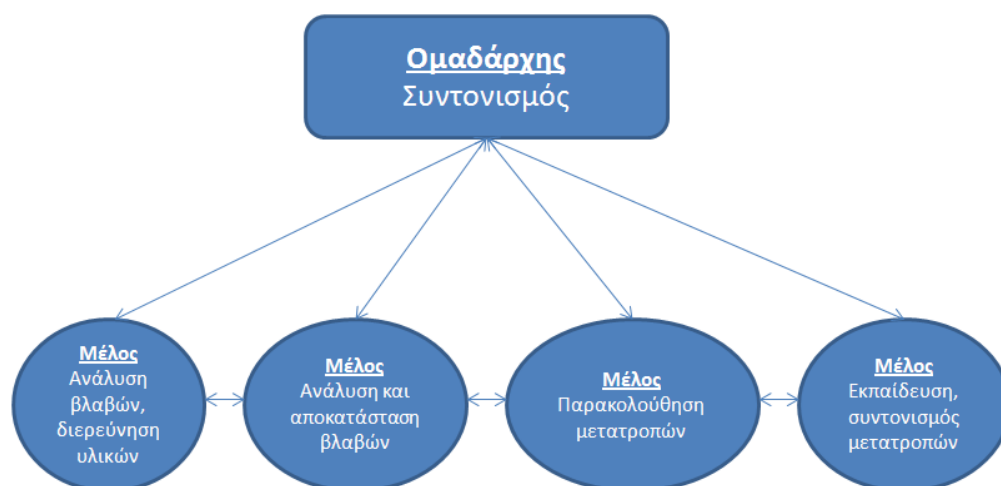
Διάγραμμα 2.11: Σταματήματα λειτουργίας ανά τμήμα για ανελκυστήρα γεμάτων παλετών (Ιανουάριος – Αύγουστος 2011).

Από το διάγραμμα 2.10 προκύπτει ότι τα σταματήματα λειτουργίας παρουσιάζουν αυξητική τάση στο υπό μελέτη χρονικό διάστημα, ενώ στο διάγραμμα 2.11 παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες καθυστερήσεις οφείλονται σε ηλεκτρονικές βλάβες (760 ηλεκτρονικές έναντι 140 ηλεκτρολογικών), γεγονός που συμπίπτει με την παρατήρηση από το διάγραμμα 2.8 που παρουσίαζε το σύνολο των βλαβών ανά τμήμα.

2.1.1.2 Ορισμός ομάδας - Χρονοδιάγραμμα

Αφού το πρόβλημα εστιάστηκε στα *σταματήματα λειτουργίας* και μάλιστα ηλεκτρολογικής προέλευσης, ακολουθεί ο ορισμός της ομάδας που θα αναλάβει την αντιμετώπισή του.

Η ομάδα που ορίστηκε είναι πενταμελής και έχει την εξής δομή και καθήκοντα:



Εικόνα 2.1: Δομή ομάδας ελάττωσης βλαβών.

Παράλληλα με τον ορισμό της ομάδας, καθορίζεται η ταυτότητά της που περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τα εξής στοιχεία:

- **Περιγραφή** Καταγράφηκαν πολλές βλάβες στον *ανελκυστήρα γεμάτων παλετών*
- **Προϋποθέσεις** Δύο συναντήσεις της ομάδας το μήνα, διαθεσιμότητα μελών ομάδας, σωστή μεταφορά της πληροφορίας από την ομάδα στους ανθρώπους της παραγωγής.
- **Μεθοδολογία** Flash Kaizen
- **Διάρκεια ομάδας** 26/09/2011 – 14/10/2011
- **Κριτήρια επιλογής** Επιλέχθηκε ο *ανελκυστήρας γεμάτων παλετών* γιατί, όπως προέκυψε από την ανάλυση βλαβών, είναι το χειρότερο μηχάνημα.
- **Στόχος** Μηδενικές βλάβες από *σταματήματα λειτουργίας*
- **Σύνδεση με στόχο εργοστασίου** Αύξηση του OPI κατά 0, 5 %.
- **Χρονοδιάγραμμα δραστηριοτήτων ομάδας**

Τα παραπάνω συνοψίζονται και παρουσιάζονται στο *φύλλο ταυτότητας ομάδας (team identity card)*(παράρτημα).

2.1.1.3 Ανάλυση «5 Γιατί»

Για την εξεύρεση των πρωταρχικών αιτιών της βλάβης πραγματοποιείται ανάλυση «5 Γιατί» (παράρτημα).

Στον πίνακα 2.1 συνοψίζονται τα κυριότερα σημεία της ανάλυσης:

Πίνακας 2.1: Στοιχεία ανάλυσης «5 Γιατί» για ανελκυστήρα γεμάτων παλετών.

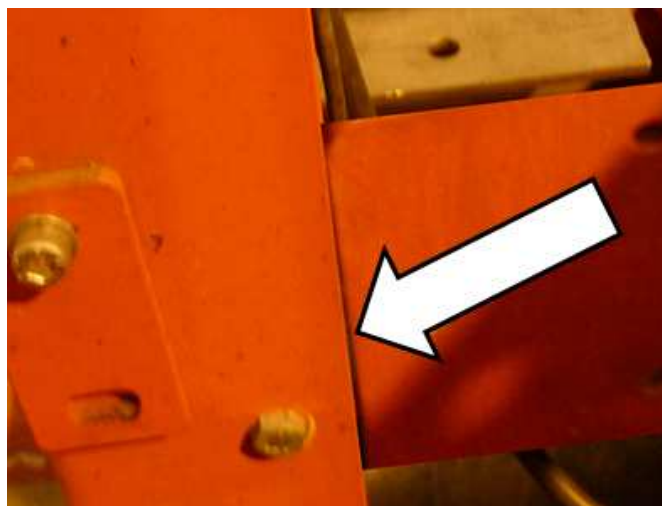
<i>κατάσταση αστοχίας</i>	<i>πρωταρχικό αίτιο</i>	<i>4M</i>	<i>αντίμετρα</i>
η παλέτα δεν προχωράει στις αλυσίδες πριν τις πόρτες για τα γεμάτα (μένει στα ράουλα)	αυξημένες δονήσεις	μηχανή	αλλαγή στήριξης (στο δάπεδο)

2.1.2 Ενέργειες επίλυσης

Αφού αναγνωριστούν τα πρωταρχικά αίτια και οριστούν τα απαραίτητα αντίμετρα, ακολουθεί η πραγματοποίηση των ενεργειών που καθορίστηκαν από την ανάλυση.

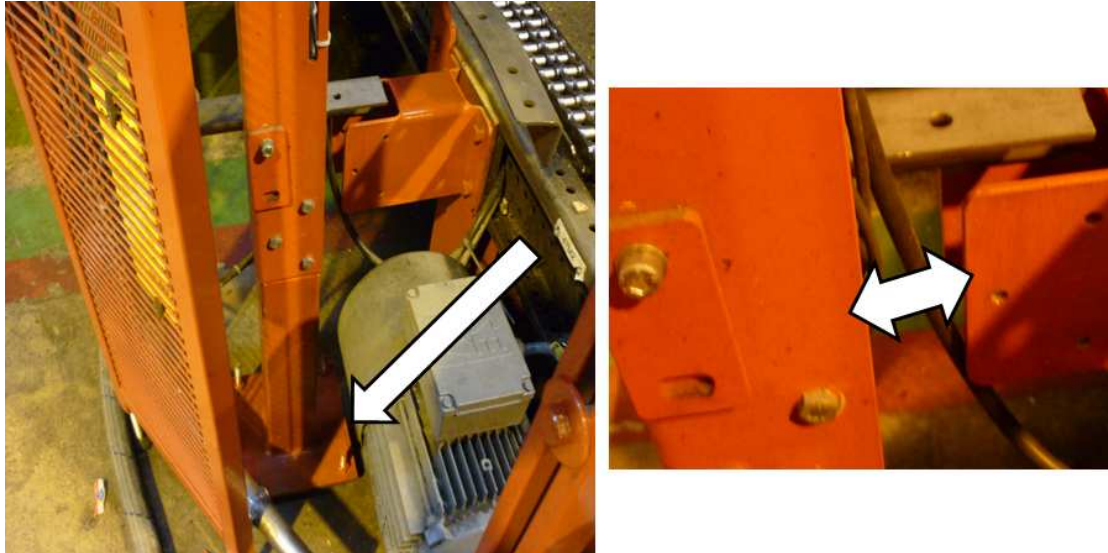
Αυξημένες δονήσεις στα φωτοκύτταρα

Πρόβλημα: Απώλεια εστίασης φωτοκυττάρων λόγω αυξημένων δονήσεων από την κίνηση των παλετών.



Εικόνα 2.2: Επαφή με τις μεταφορικές με αποτέλεσμα αυξημένες δονήσεις.

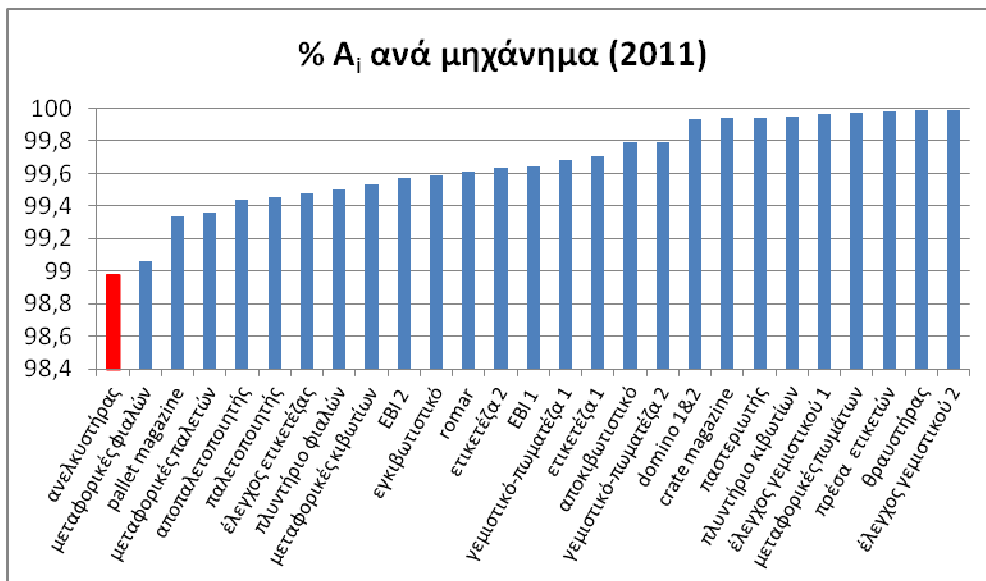
Λύση: Κόπηκε ο σύνδεσμος με το διάδρομο και στερεώθηκε στο δάπεδο.



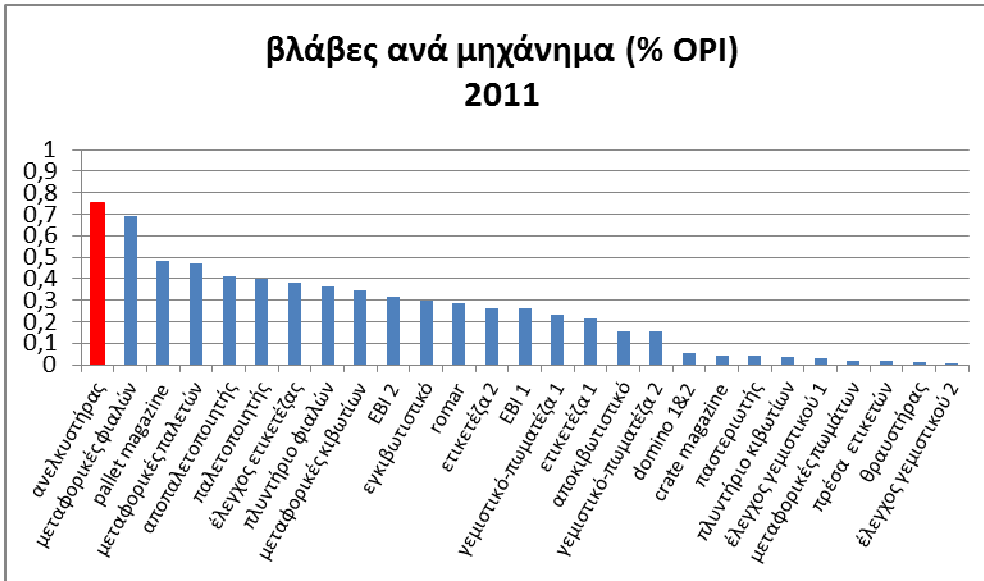
Εικόνα 2.3: Στήριξη στο δάπεδο (αριστερά). Κοπή συνδέσμου με τις μεταφορικές (δεξιά).

2.1.3 Καταγραφή αποτελεσμάτων – Σταθεροποίηση

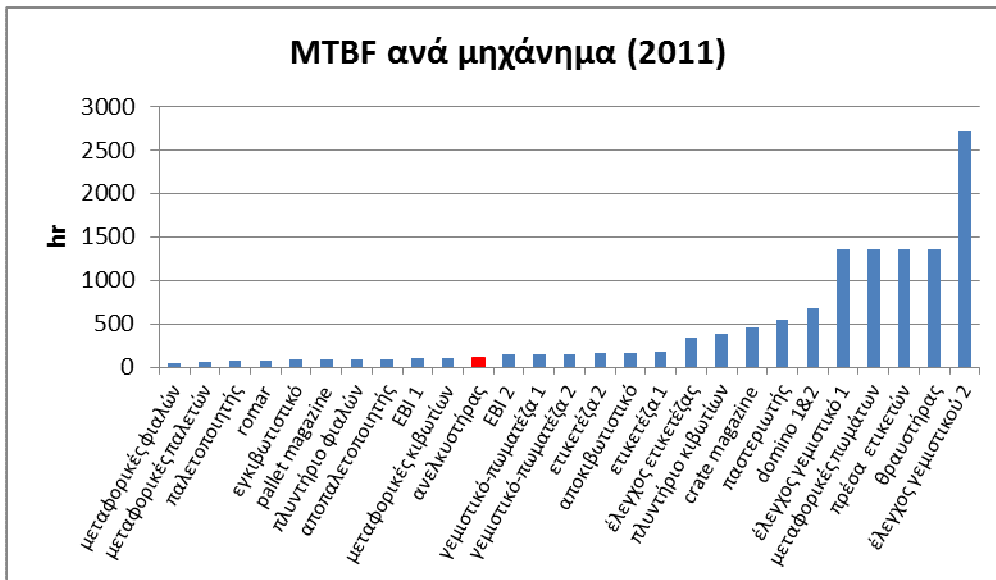
Από την καταγραφή αποτελεσμάτων καθ' όλη τη διάρκεια του 2011, λαμβάνουμε τα ακόλουθα για τους βασικότερους δείκτες επίδοσης:



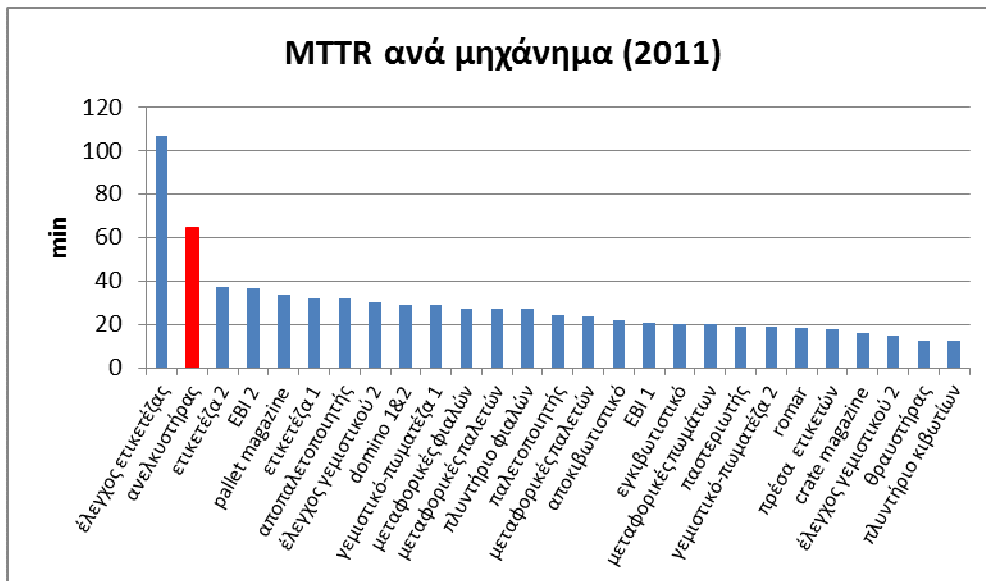
Διάγραμμα 2.12: % A_i ανά μηχάνημα (συνολικά για 2011).



Διάγραμμα 2.13: Βλάβες ανά μηχάνημα ως % ελάττωση ΟΡΙ (συνολικά για 2011).



Διάγραμμα 2.14: MTBF ανά μηχάνημα (συνολικά για 2011).

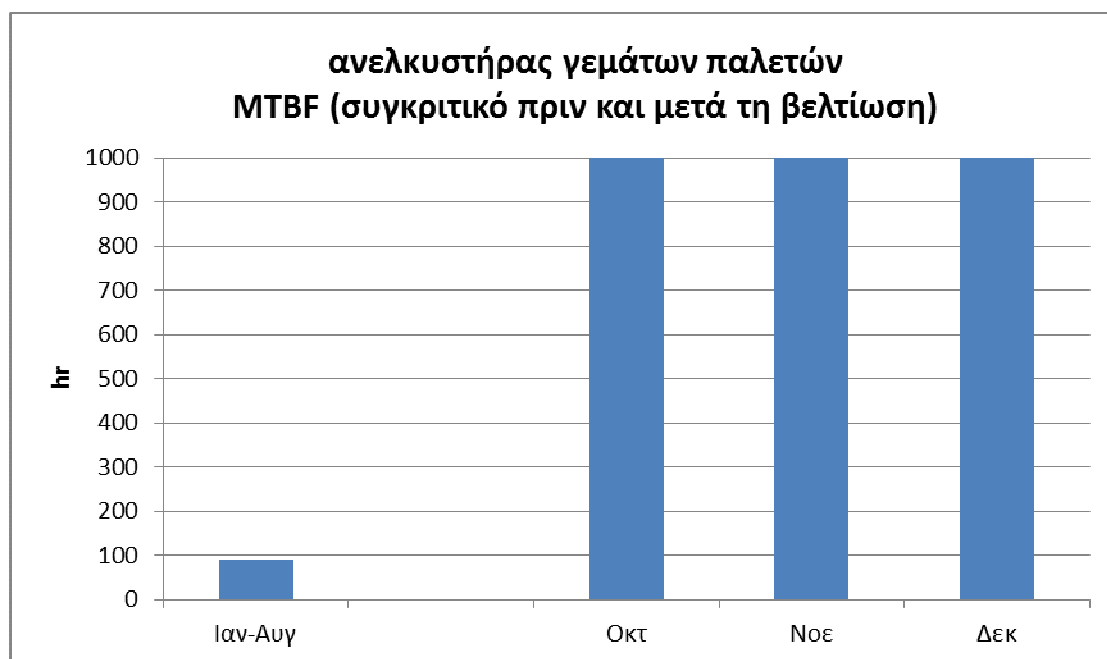


Διάγραμμα 2.15: MTTR ανά μηχάνημα (συνολικά για 2011).

Συγκρίνοντας τα παραπάνω με τα αντίστοιχα διαγράμματα (2.3-2.6) για το χρονικό διάστημα Ιανουαρίου – Αυγούστου, συνοψίζονται τα εξής:

- **A_i** Αύξηση από 98,68 % σε 98,98 %.
- **OPI** Ελάττωση της συνεισφοράς των βλαβών 0,97 % σε 0,75 %.
- **MTBF** Από 6^ο χειρότερο μηχάνημα κατέβηκε στην 11^η θέση, με αύξηση του δείκτη κατά 15,92 % (από 89,77 hr σε 104,06 hr).
- **MTTR** Ελάττωση του δείκτη κατά 9,65 % (από 71,52 min σε 64,62 min).

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η μηνιαία παρακολούθηση των αποτελεσμάτων, από τη λήψη των αντίμετρων κι έπειτα (Οκτώβριος – Δεκέμβριος 2011):



Διάγραμμα 2.16: MTBF για ανελκυστήρα γεμάτων παλετών πριν και μετά τη βελτίωση.

Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την ημερήσια καταγραφή βλαβών (DCS), για τα σταματήματα λειτουργίας επιτεύχθηκαν μηδενικές βλάβες για το χρονικό διάστημα Οκτωβρίου – Δεκεμβρίου 2011.

2.1.4 Τυποποίηση – Μελλοντικές ενέργειες

Στα πλαίσια της τυποποίησης των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκαν τα ακόλουθα:

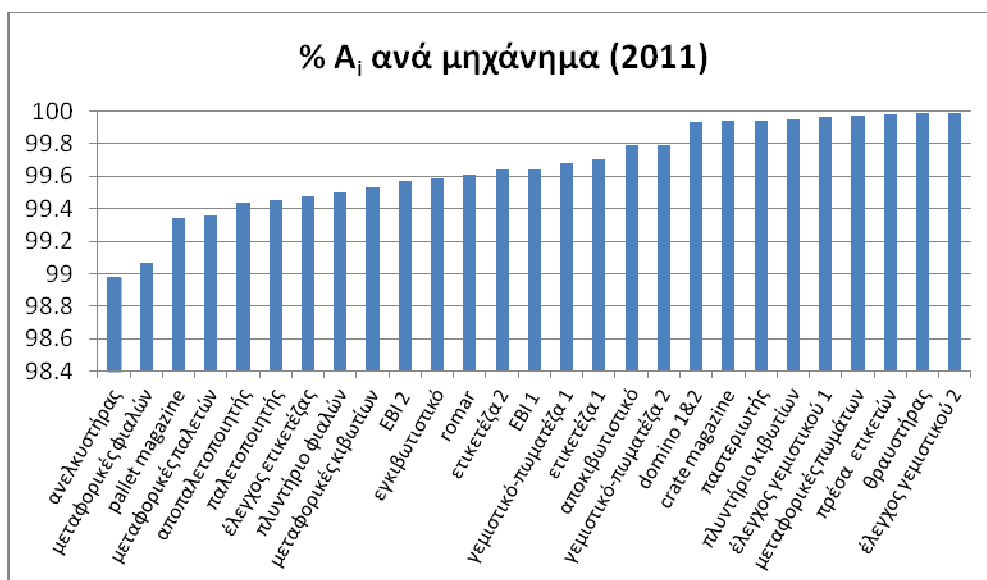
- Οι μετατροπές-βελτιώσεις που έγιναν καταρτίζονται σε μορφή εγγράφων SOP (παράρτημα).
- Εφαρμογή των μετατροπών-βελτιώσεων και στον *ανεγκυστήρα άδειων παλετών*.
- Προσθήκη στις ετήσιες επιθεωρήσεις (πρότυπα CILT).

Μέσω του DCS παρακολουθείται η κατάσταση του μηχανήματος, ώστε σε περίπτωση επανεμφάνισης του προβλήματος να επαναληφθεί η διαδικασία για να εξευρεθούν ενδεχόμενα σφάλματα στην ανάλυση και αν αναθεωρηθούν αποφάσεις και ενέργειες.

2.2 Μεταφορικές άδειων παλετών

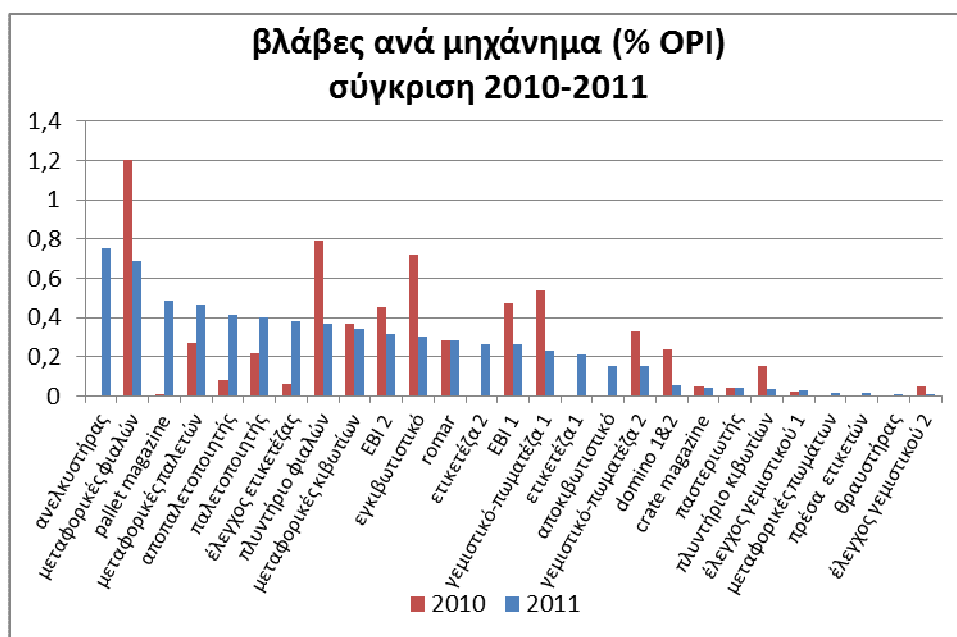
2.2.1 Σχεδιασμός

2.2.1.1 Ανάλυση δεδομένων – Κατανόηση παρούσας κατάστασης



Διάγραμμα 2.17: % A_i ανά μηχάνημα (συνολικά για 2011)

Μεταφορικές φιαλών, rallet magazine και μεταφορικές άδειων παλετών είναι τα χειρότερα μηχανήματα με A_i ίσες με 99,06 %, 99,33 % και 99,36 %, αντίστοιχα. Ο ανελκυστήρας γεμάτων παλετών μπορεί να είναι το χειρότερο μηχάνημα, αλλά έχει προηγηθεί ομάδα για τη βελτίωσή του - με θετικά αποτελέσματα – οπότε και δε θα μας απασχολήσει στην παρούσα φάση.



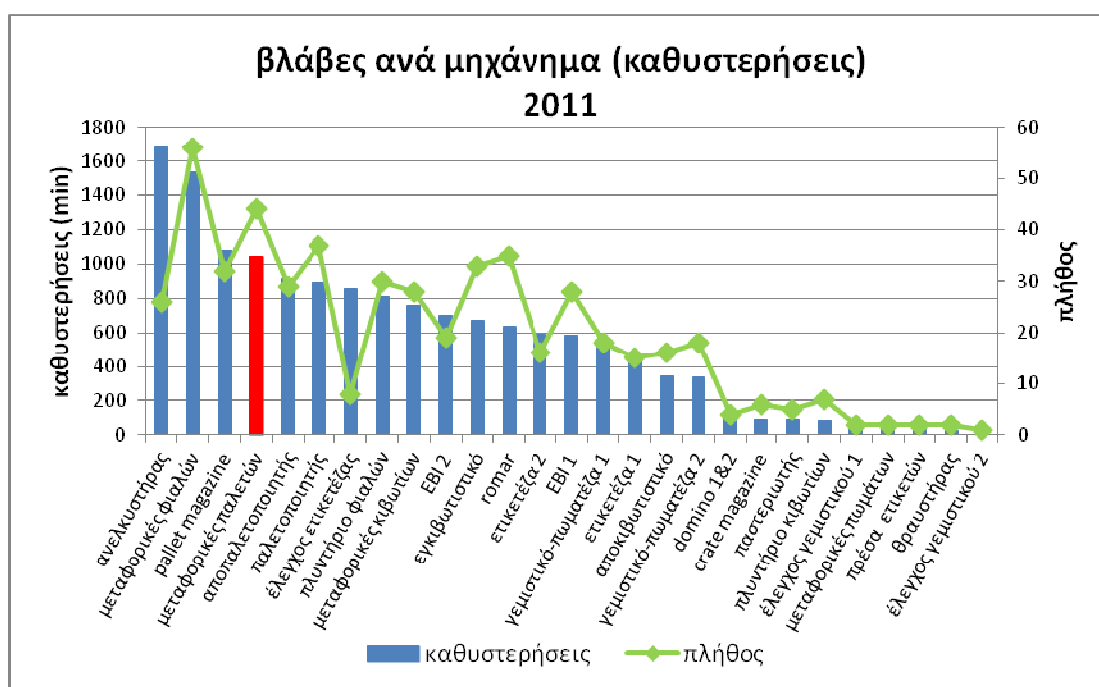
Διάγραμμα 2.18: βλάβες ανά μηχάνημα (% OPI). Συγκριτικό 2010-2011.

Όσον αφορά τη συνεισφορά των βλαβών στον ΟΡΙ για το 2011, μεταφορικές φιαλών, pallet magazine και μεταφορικές άδειων παλετών αποτελούν και σε αυτή την περίπτωση τα χειρότερα μηχανήματα με ποσοστά 0,69 %, 0,48 % και 0,47 %, αντίστοιχα. Συγκριτικά με το 2010, παρατηρούνται τα εξής:

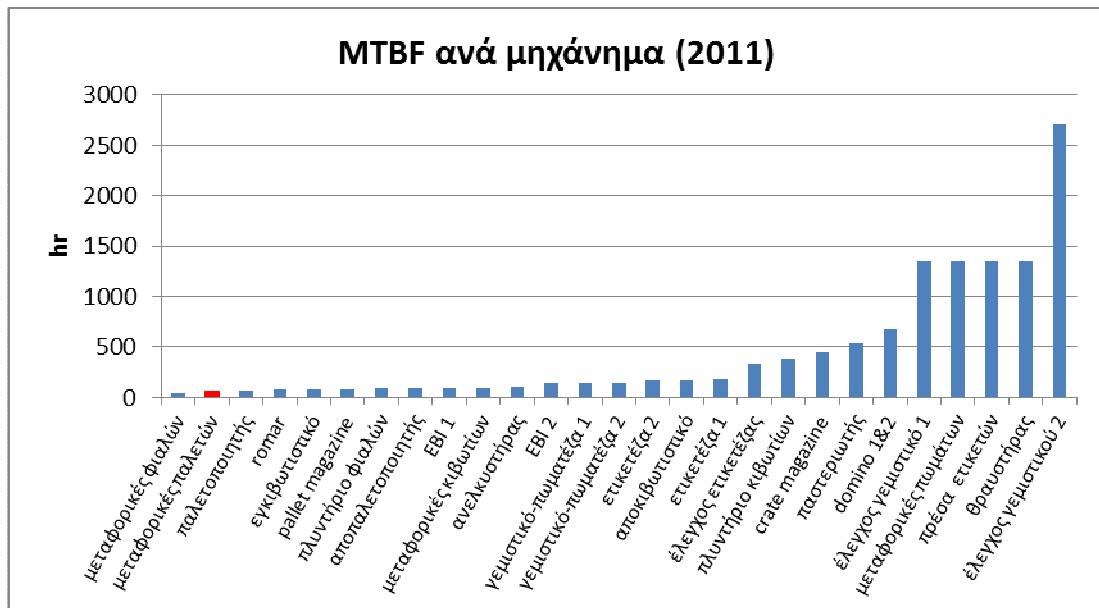
- **Μεταφορικές φιαλών** Ελάττωση κατά 0,51 % (από 1,2 % σε 0,69 %)
- **Μεταφορικές άδειων παλετών** Αύξηση κατά 0,2% (από 0,27 % σε 0,47 %)
- **Pallet magazine** Δεν υπάρχουν δεδομένα γιατί είναι πρόσφατα εγκατεστημένο

Στόχος είναι να προσβληθούν τα μηχανήματα εκείνα που «επιβαρύνουν» τον ΟΡΙ σε βλάβες κατά το μεγαλύτερο ποσοστό. Άρα, η επεξεργασία των δεδομένων εστιάζεται στα προαναφερθέντα μηχανήματα, δηλαδή τα χειρότερα. Όπως, όμως, ήδη αναφέρθηκε, στις μεταφορικές φιαλών παρατηρείται ελάττωση 42,5 % το 2011 συγκριτικά με το 2010, το οποίο μεταφράζεται σε 0,51 % μικρότερη συνεισφορά στην ελάττωση του ΟΡΙ. Από αυτό συνάγεται ότι οι ενέργειες που έλαβαν χώρα κατά το 2010 είχαν θετικά αποτελέσματα. Ως εκ τούτου δεν κρίνεται απαραίτητη η περαιτέρω ενασχόληση με το συγκεκριμένο.

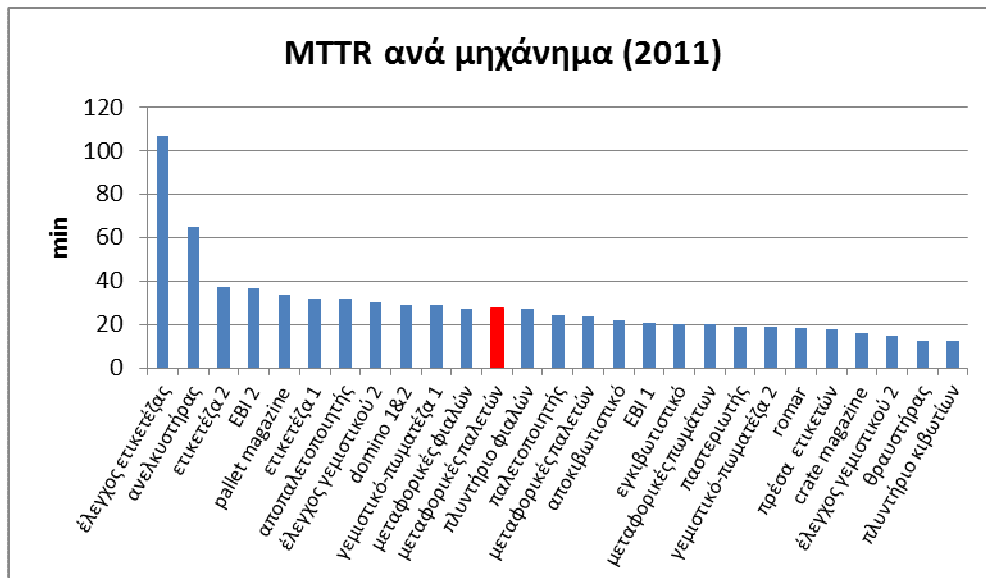
Συμπερασματικά, από τη στιγμή που και στο pallet magazine δεν υπάρχουν συγκριτικά δεδομένα, η ανάλυση θα εστιαστεί στις μεταφορικές άδειων παλετών.



Διάγραμμα 2.19: Βλάβες ανά μηχανήμα (συνολικά για 2011).



Διάγραμμα 2.20: MTBF ανά μηχανήμα (συνολικά για 2011)

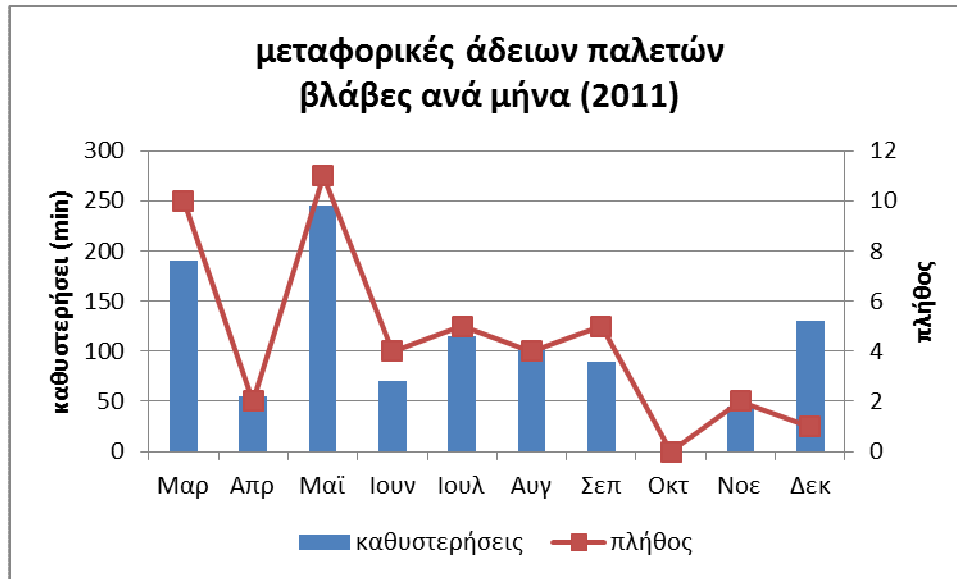


Διάγραμμα 2.21: MTTR ανά μηχανήμα (συνολικά για 2011).

Από τη μελέτη των γραφημάτων που προηγήθηκαν, συνοψίζονται τα εξής, όσον αφορά τις μεταφορικές άδειων παλετών:

- **Καθυστερήσεις** Είναι το 4^ο χειρότερο μηχανήμα με συνολικές καθυστερήσεις λόγω βλαβών 1045 min, ενώ εμφανίζει το 2^ο, κατά σειρά, μεγαλύτερο πλήθος (44).
- **MTBF** Είναι το 2^ο χειρότερο μηχανήμα με τιμή ίση με 61,49 hr.
- **MTTR** Κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα με τιμή ίση με 27,32 min.

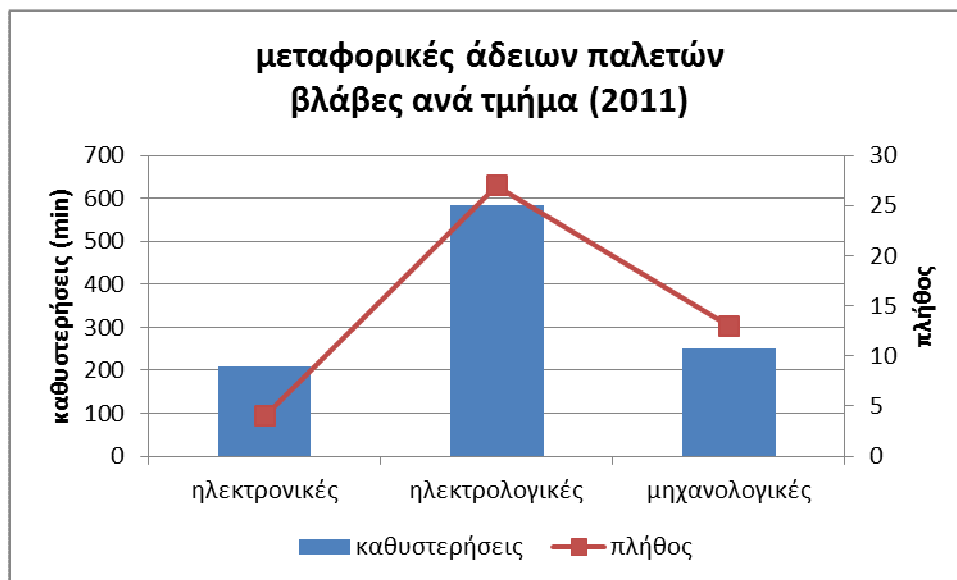
Ακολουθεί ανάλυση βλαβών για το 2011:



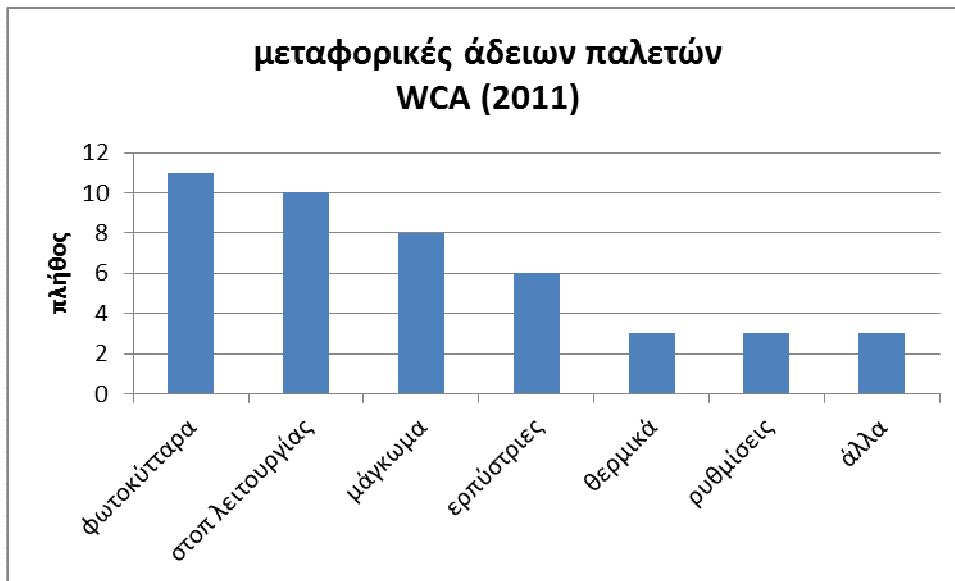
Διάγραμμα 2.22: Βλάβες ανά μήνα στις μεταφορικές άδειων παλετών (κατά το 2011).

Φαίνεται πως οι καθυστερήσεις και το πλήθος των βλαβών κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα, αν και σημειώνουν κάμψη κατά τους τελευταίους μήνες.

Ακολουθούν οι αναλύσεις βλαβών ανά τμήμα και η WCA:



Διάγραμμα 2.23: Βλάβες ανά τμήμα για τις μεταφορικές άδειων παλετών (συνολικά για 2011).

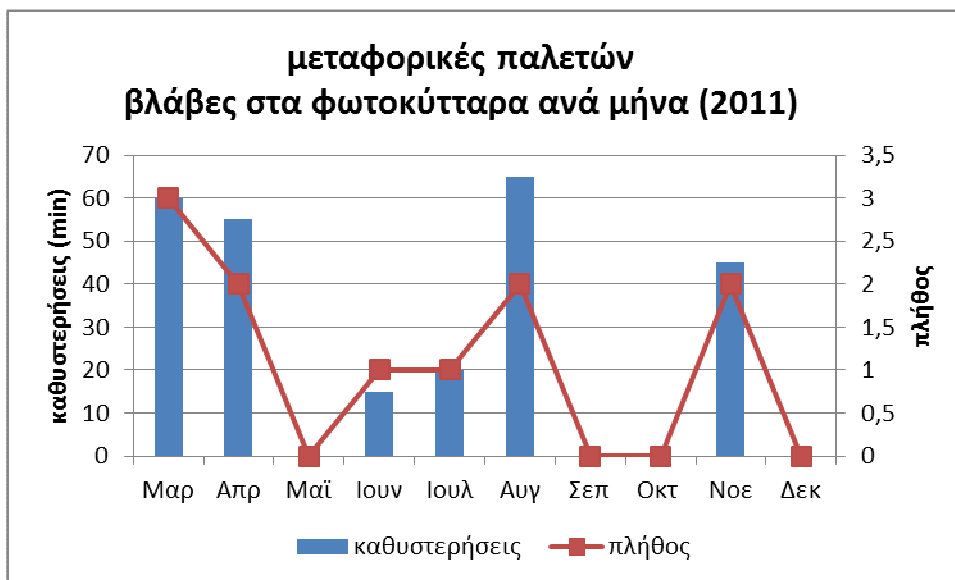


Διάγραμμα 2.24: WCA για μεταφορικές άδειων παλετών (συνολικά για 2011).

Οι καθυστερήσεις που οφείλονται σε ηλεκτρολογικές βλάβες (585 min) είναι περίπου διπλάσιες συγκριτικά με τις αντίστοιχες που αφορούν μηχανολογικές (250 min) και ηλεκτρονικές (210 min), μεμονωμένα, γεγονός που κατευθύνει το πού θα επικεντρωθεί η ανάλυση.

Από την WCA προκύπτει πως τα *φωτοκύτταρα* είναι το συχνότερο εμφανιζόμενο αδύνατο στοιχείο.

Αναλυτικότερα, για τα *φωτοκύτταρα* έχουμε:



Διάγραμμα 2.25: Βλάβες στα φωτοκύτταρα ανά μήνα για μεταφορικές παλετών (κατά το 2011).

Προκύπτει ότι οι βλάβες στα φωτοκύτταρα κυμαίνονται, γενικά, σε υψηλά επίπεδα κατά τη διάρκεια του 2011, ενώ από την ημερήσια καταγραφή των βλαβών προκύπτει ότι το

σύνολο των προβλημάτων στα φωτοκύτταρα ήταν ηλεκτρολογικής προέλευσης, που επαληθεύει την υπόθεση που πραγματοποιήθηκε προηγούμενα.

2.2.1.2 Ορισμός ομάδας - Χρονοδιάγραμμα

Η ομάδα που θα αναλάβει την αντιμετώπιση του προβλήματος έχει αντίστοιχη δομή και καταμερισμό αρμοδιοτήτων με την ομάδα που ορίστηκε για την αντιμετώπιση του προβλήματος στον *ανεγκυστήρα γεμάτων παλετών*.

Αντίστοιχα, τα στοιχεία που περιλαμβάνονται στην ταυτότητα (παράρτημα) της ομάδας είναι τα εξής:

- **Περιγραφή** Καταγράφηκαν πολλές βλάβες στις μεταφορικές άδειων παλετών, λόγω φωτοκυττάρων.
- **Προϋποθέσεις** Δύο συναντήσεις της ομάδας το μήνα, διαθεσιμότητα μελών ομάδας, σωστή μεταφορά της πληροφορίας από την ομάδα στους ανθρώπους της παραγωγής.
- **Μεθοδολογία** Flash Kaizen.
- **Διάρκεια ομάδας** 05/12/2011 – 19/12/2011.
- **Κριτήρια επιλογής** Υπάρχουν πολλά φωτοκύτταρα στις μεταφορικές άδειων παλετών και απαιτούνταν ο χειριστής να φεύγει συχνά από τη θέση του.
- **Στόχος** Μηδενικές βλάβες από φωτοκύτταρα.
- **Σύνδεση με στόχο εργοστασίου** Αύξηση στον OPI κατά 0, 27 %.
- **Χρονοδιάγραμμα δραστηριοτήτων ομάδας**

2.2.1.3 Ανάλυση «5 Γιατί»

Για την εξεύρεση των πρωταρχικών αιτιών της βλάβης πραγματοποιείται ανάλυση «5 Γιατί» (παράρτημα).

Στον πίνακα 2.2 συνοψίζονται τα κυριότερα σημεία της ανάλυσης:

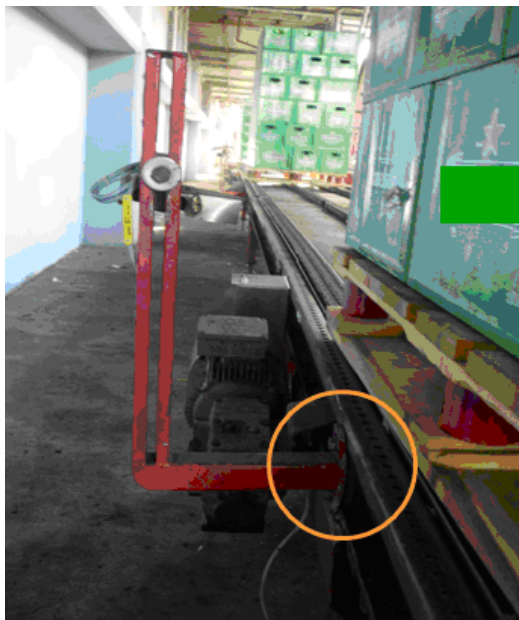
Πίνακας 2.2: Στοιχεία ανάλυσης «5 Γιατί» για μεταφορικές άδειων παλετών.

<i>κατάσταση αστοχίας</i>	<i>πρωταρχικό αίτιο</i>	<i>4M</i>	<i>αντίμετρα</i>
σταμάτησε η μεταφορική των άδειων παλετών	αυξημένες δονήσεις λόγω στήριξης στις μεταφορικές	μηχανή	αλλαγή τρόπου στήριξης (στο δάπεδο)
	κακή διαλογή	άνθρωπος	ενημέρωση εργολάβου

2.2.2 Ενέργειες επίλυσης

Αυξημένες δονήσεις στα φωτοκύτταρα

Πρόβλημα: Αυξημένες δονήσεις λόγω του ότι η βάση των φωτοκυττάρων είναι στερεωμένη στις μεταφορικές.



Εικόνα 2.4: Η βάση των φωτοκυττάρων είναι στερεωμένη στις μεταφορικές.

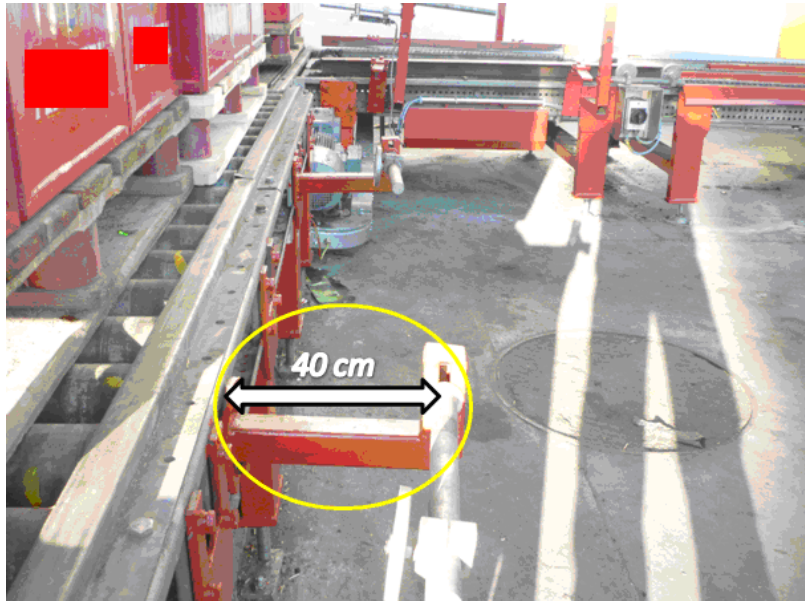
Λύση: Τοποθέτηση εξωτερικής βάσης και στήριξη στο δάπεδο.



Εικόνα 2.5: Στήριξη στο δάπεδο.

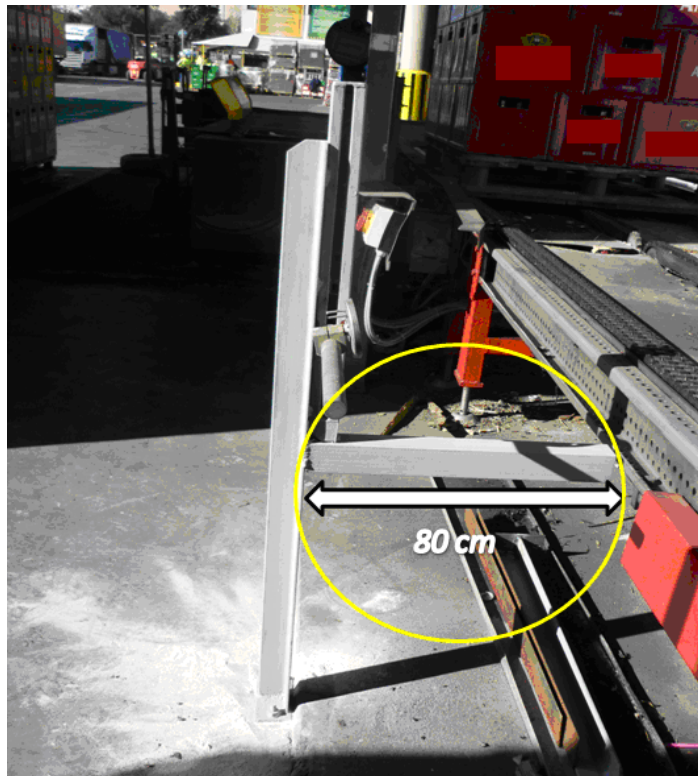
Απόσταση φωτοκυττάρων από τις μεταφορικές

Πρόβλημα: Ο βραχίονας στον οποίο στηρίζονται τα φωτοκύτταρα είναι πολύ κοντά στις μεταφορικές (40 cm) με αποτέλεσμα τον κίνδυνο καταστροφής των φωτοκυττάρων από ενδεχόμενη στραβή παλέτα.



Εικόνα 2.6: Το μήκος βραχίονα των φωτοκυττάρων είναι ίσο με 40 cm.

Λύση: Διπλασιασμός του μήκους του βραχίονα (80 cm).



Εικόνα 2.7: Διπλασιασμός του μήκους βραχίονα των φωτοκυττάρων (80 cm).

Αυξημένες δονήσεις στα φωτοκύτταρα ελέγχου στραβών παλετών

Πρόβλημα: Η βάση δεν είναι αρκετά σταθερή με αποτέλεσμα αυξημένες δονήσεις στα φωτοκύτταρα που πραγματοποιούν τον έλεγχο για στραβές παλέτες.



Εικόνα 2.8: Η βάση των φωτοκυττάρων ελέγχου στραβών παλετών δεν είναι σταθερή.

Λύση: Τοποθέτηση επιπλέον βάσης για μεγαλύτερη σταθερότητα.



Εικόνα 2.9: Τοποθέτηση επιπλέον βάση στα φωτοκύτταρα ελέγχου στραβών παλετών.

2.2.3 Καταγραφή αποτελεσμάτων – Σταθεροποίηση

Από την ημερήσια καταγραφή βλαβών συμπεραίνεται η επίτευξη μηδενικών βλαβών όσον αφορά τα φωτοκύτταρα για το χρονικό διάστημα Ιανουαρίου – Μαρτίου 2012.

2.2.4 Τυποποίηση – Μελλοντικές ενέργειες

Στα πλαίσια της τυποποίησης των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκαν τα εξής:

- Οι μετατροπές-βελτιώσεις που έγιναν καταρτίζονται σε μορφή εγγράφων *SOP* (παράρτημα).
- Προσθήκη στις ετήσιες συντηρήσεις (πρότυπα CILT)

Μέσω του DCS παρακολουθείται η κατάσταση του μηχανήματος, ώστε σε περίπτωση επανεμφάνισης του προβλήματος να επαναληφθεί η διαδικασία για να εξευρεθούν ενδεχόμενα σφάλματα στην ανάλυση και να αναθεωρηθούν αποφάσεις και ενέργειες.

3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Επίτευξη μηδενικών βλαβών μετά την εφαρμογή των βελτιώσεων που προτάθηκαν από τις ομάδες, τόσο για τον ανεγκυστήρα γεμάτων παλετών, όσο και για τις μεταφορικές άδειων παλετών, που επιβεβαιώνεται από την ημερήσια καταγραφή βλαβών του εξοπλισμού μέσω του DCS.
- Βελτίωση των δεικτών που αφορούν τον ανεγκυστήρα γεμάτων παλετών.

Πίνακας 3.1: Σύγκριση δεικτών ανεγκυστήρα γεμάτων παλετών πριν και μετά τις βελτιώσεις.

	πριν	μετά
A_i	98,68 %	98,98 %
OPI	0,97 %	0,75 %
MTBF	89,77 hr	104,06 hr
MTTR	71,52 min	64,62 min

- Οι βελτιώσεις στις μεταφορικές άδειων παλετών μπορεί να έχουν επιφέρει μηδενικές βλάβες, σύμφωνα με το DCS, αλλά λόγω του ότι η βελτίωση είναι πρόσφατη και η παραγωγή κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα τη δεδομένη χρονική περίοδο, δε γίνεται να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με τους δείκτες.
- Τυποποίηση των βελτιώσεων που πραγματοποιήθηκαν μέσω κατάρτισης εγγράφων SOP, OPL και CILT.
- Οριζόντια επέκταση βελτιώσεων και σε άλλα μηχανήματα του εξοπλισμού που παρουσιάζουν παρόμοιες ιδιομορφίες.
- Κλείσιμο του κύκλου PDCA και παρακολούθηση των βελτιώσεων μέσω DCS για εντοπισμό ενδεχόμενης επανεμφάνισης και, σε αυτή την περίπτωση, επανάληψής του.
- Συνεχής εκπαίδευση και επιμόρφωση των μελών των ομάδων πάνω στην TPM.
- Συνεχείς συναντήσεις των μελών των ομάδων με τον ομαδάρχη, το Συντονιστή TPM και τον Προϊστάμενο Συσκευαστηρίου, για αποδοτικότερη συνεργασία και μετάδοση πληροφοριών.
- Διαρκής βελτίωση CILT standards, ώστε μέσω της σωστής εφαρμογής τους να αποκαλύπτονται εστίες ακαθαρσιών και ενδεχόμενα σημεία παρουσίας βλαβών.
- Επιπλέον προτάσεις για ενδεχόμενες βελτιώσεις στα μηχανήματα.
- Συνεχής εκπαίδευση και επιμόρφωση χειριστών πάνω στο TPM με σκοπό την αύξηση της Λειτουργικής Διαθεσιμότητας της γραμμής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Barringer, P. (1997). "Availability, Reliability, Maintainability, and Capability." Triplex Chapter Of The Vibrations Institute.

Blanchard, B. (1997). "An Enhanced Approach for Implementing Total Productive Maintenance in the Manufacturing Environment." *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 3(2): 69-90.

Cooke, F. L. (2000). "Implementing TPM in Plant Maintenance: Some Organisational Barriers." *International Journal of Quality and Reliability Management* 17(9): 1003-1016.

Davidson, John 1988, *The Reliability of Mechanical Systems*, Mechanical Engineering Publications Limited for The Institution of Mechanical Engineers, London.

Heinrich, H. W. (1980). *Industrial Accident Prevention: A Safety Management Approach*. New York, McGraw-Hill.

Ichikawa, A. (1999). "How to Incorporate New Environmental Management Problems in TPM Activities." *JIPM TPM* 10: 13-15.

Ireson, W. Grant, Clyde F. Coombs, Jr., Richard Y. Moss 1996, *Handbook of Reliability Engineering and Management*, 2nd edition, McGraw-Hill.

ISO/IEC 2382-14, 1997, *Information Technology - Vocabulary, Part 14: Reliability, maintainability and availability*.

Japan_Institute_of_Plant_Maintenance, Ed. (1996). *TPM Total Productive Maintenance Encyclopedia*. Tokyo, Japan Institute of Plant Maintenance.

Japan_Institute_of_Plant_Maintenance, Ed. (1997). *Autonomous Maintenance for Operators*. Portland, OR, Productivity Press.

Komatsu, M. (1999). "What is Autonomous Maintenance." *JIPM TPM* 12: 2-7.

Lawrence, J. L. (1999). "Use Mathematical Modeling to Give Your TPM Implementation Effort an Extra Boost." *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 5(1): 62-69.

Leflar, J. (2001). *Practical TPM*. Portland, OR, Productivity Press.

McKone, K. E., R. G. Schroeder, et al. (1999). "Total Productive Maintenance: A contextual View." *Journal of Operations Management* 17: 123-144.

MIL-HDBK-338B, Section 5: Reliability/Maintainability/Availability Theory.

Nakajima, S. (1984). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Cambridge, MA, Productivity Press.

Nakajima, S. (1988). *Introduction to Total Productive Maintenance*. Cambridge, MA, Productivity Press.

NASA-STD-8729.1

Productivity, I. (1999). 5S for TPM - Supporting and Maintaining Total Productive Maintenance: Participant Guide. Portland, OR, Productivity, Inc.

Productivity_Press_Development_Team (1996). 5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace. Portland, OR, Productivity Press.

Robinson, C. J. and A. P. Ginder (1995). Implementing TPM: The North American Experience. Portland, OR, Productivity Press.

Schonberger, R. J. (1986). World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied. New York, The Free Press.

Shirose, K. (1992). TPM for Operators. Portland, OR, Productivity Press.

Shirose, K., Ed. (1996). TPM-Total Productive Maintenance: New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries. Tokyo, Japan, Japan Institute of Plant Maintenance.

Society_of_Manufacturing_Engineers (1995). Total Productive Maintenance in America. Dearborn, MI, Society of Manufacturing Engineers.

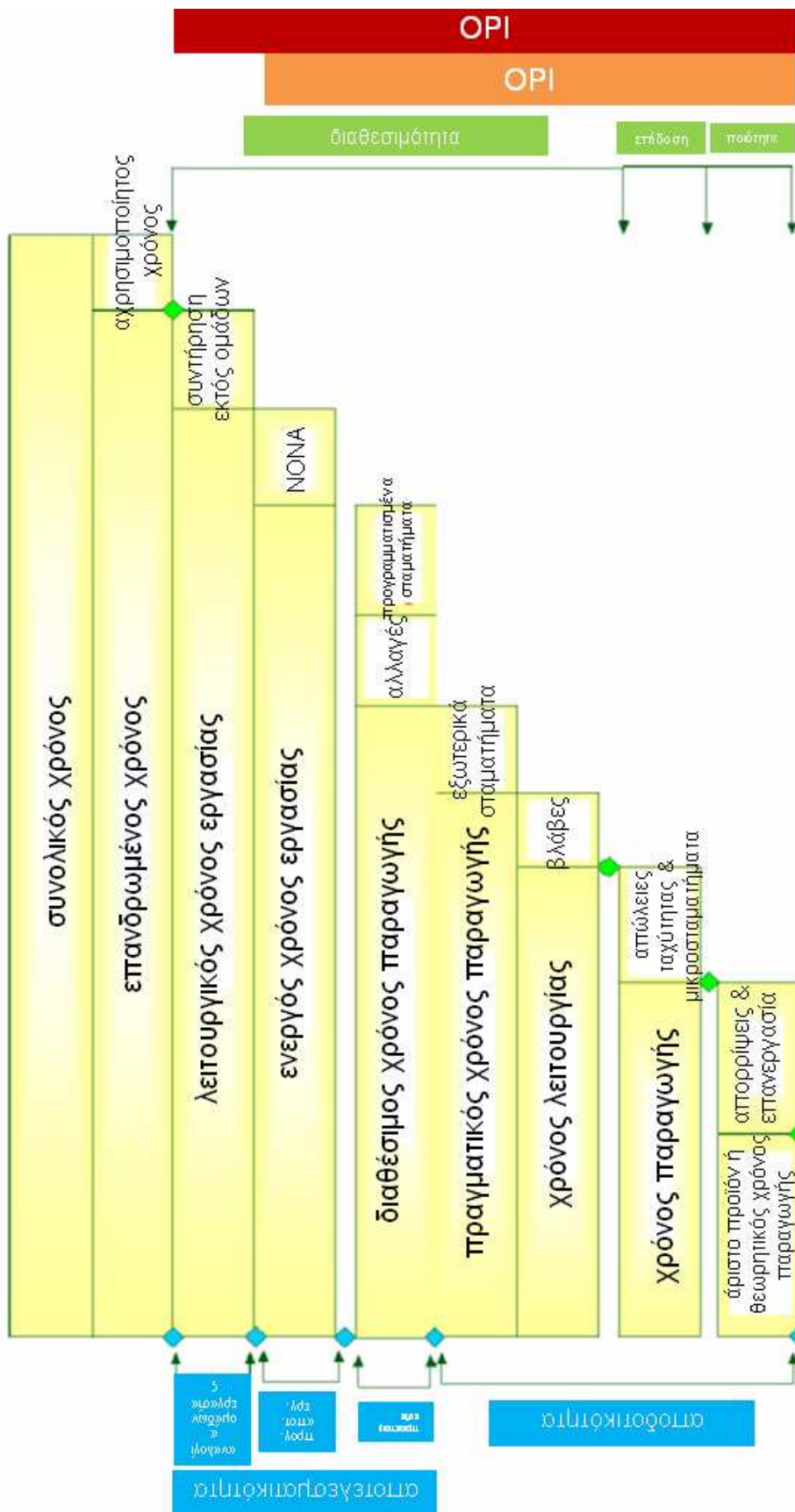
Steinbacher, H. R. and N. L. Steinbacher (1993). TPM for America: What It Is and Why You Need It. Cambridge, MA, Productivity Press.

Suzuki, T., Ed. (1994). TPM in Process Industries. Portland, OR, Productivity Press.

Τζια Κ. (2007). Έλεγχος ποιότητας διεργασιών και προϊόντων. Αθήνα, Ε.Μ.Π.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ανάλυση OPI



Έντυπο Ανάλυσης Βλάβης (υπόδειγμα)

ΕΝΤΥΠΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΒΛΑΒΗΣ

ΣΕΡΙΣΤΗΣ:	ΗΜΕΡΜΙΑ:	ΩΡΑ:	ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΛΑΒΗΣ: (Πολύ λεπτομερής περιγραφή βλάβης)
ΣΤΟΙΧΟΣ ΧΡΟΝΟΣ	ΓΡΑΜΜΗ:	ΜΗΣΑΜΗ:	ΣΗΜΑΙΑ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΒΛΑΒΗΣ: (Παράρτ. Φύση/Υφασμα/Ποσότητα/Χώρα/Όχι)
ΕΠΙΒΙΟΡΘΩΣΗ ΑΠΟ:	ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΙΣΚΕΤΗΣ:	ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ - ΑΝΕΓΡΕΣΗΣ:	ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΡΧΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΒΛΑΒΗΣ:
ΠΕΡΙΓΡΦΗ ΤΟΥ ΑΣΤΟΣΙΑΣ ΠΟΥ ΒΡΕΘΗΚΕ & ΤΗΣ ΕΠΙΣΚΕΤΗΣ (Πιέξτε με γκρι κουμπί να αποδομη το προβληματικό ζευγαριό μηχανής)	ΑΝΤΑΦΛΑΚΤΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΑΝ: SAP Nr:		
ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟ:	ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟ:	ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟ:	ΕΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟ:
ΗΜΕΡΜΙΑ	ΗΜΕΡΜΙΑ	ΗΜΕΡΜΙΑ	ΗΜΕΡΜΙΑ
ΓΙΑΤΙ 1	ΓΙΑΤΙ 2	ΓΙΑΤΙ 3	ΓΙΑΤΙ 4
ΓΙΑΤΙ 5	ΑΝΤΙΜΕΤΡΑ:	ΠΟΙΟΣ:	ΗΜΕΡΜΙΑ ΟΠΟΚΗΡΟΣ:
<input type="checkbox"/> Επιταχυνόμενη φόρτωση <input type="checkbox"/> Αποθήκη φόρτα <input type="checkbox"/> Αύξωση ελαστικού <input type="checkbox"/> Ανεπαρκής έλαιο <input type="checkbox"/> ... Σε περίπτωση πρόβληοις πύοιοιοι οι τριτωι σφαιρομολοιότες την κοσμητή ανάλυση 5 ΓΥΑΤΤ	<input type="checkbox"/> Βασικός σμήνιοις <input type="checkbox"/> Σωστής χειριση <input type="checkbox"/> Φωσφορνη αβηκ <input type="checkbox"/> Αδυναμία της κατασκευής <input type="checkbox"/> Χειρτάττιοι <input type="checkbox"/> Σφάλμα από την συντήρηση	<input type="checkbox"/> Μέθοδοι <input type="checkbox"/> Υλικό <input type="checkbox"/> Μησαί <input type="checkbox"/> Σύστημα φορτωσιμότητας <input type="checkbox"/> Παράρτοιοι ο τριτωι <input type="checkbox"/> Μετατροπή <input type="checkbox"/> ΣΦΡΥΣΗ/ΦΥΛΕΠΟΙΕΙ <input type="checkbox"/> Ανοσθη φέρση <input type="checkbox"/> Αι σίδηρο	<input type="checkbox"/> ΑΗ <input type="checkbox"/> ΡΗ <input type="checkbox"/> ΡΘ <input type="checkbox"/> ΡΗ <input type="checkbox"/> ΤΜΕ <input type="checkbox"/> Αι σίδηρο
Μία ή περισσότερες ενέργειες & κωδικό/αριθμοί με SOP, PM or CIL Transfer dr. Εξάδωση την εφαρμογή. (σφαιξ σε άλλεσ γραμμάξ ή κοσμητή/αρίθμοτα)			Ποισ:
Εξάρτασ σφαιρομολοιότες από	Εξάρτασ: 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53	Μη σφαιρομολοιότες:	Ημερομηνία ολοκλήρωσης:

Έντυπο FMECA (υπόδειγμα)

Κατάσταση Αστοχίας και Ανάλυση Επίδρασης Κρισιμότητας (FMECA)				Σελίδα
Logo	Εργοστάσιο	Μησίονηρα	Κωδικός	Υποσύστημα
	Γραμμή/Περιοχή	Σύστημα	Κωδικός	Ομάδα
				Ημερομηνία
			Έκδοση	

Εξόρτημα	Κατάσταση αστοχίας		Επίδραση					Κρισιμότητα			Αιτία	
	Κωδικός	Περιγραφή	S Ασφάλεια	Z Περιβάλλον	A Ποιότητα	P Παραγωγή	F Συνεχότητα	R Επισκευή	D Αντικείμενο	Κωδικός	Περιγραφή	Πρόβλημα

Έντυπο RCM (υπόδειγμα)

Logo		Εργοστάσιο		Μηκάνημα		Κωδικός		Υποσύστημα		Σελίδα							
		Γραμμή/Περιοχή		Σύστημα		Κωδικός		Ομάδα		Ημερομηνία Έκδοσης							
Σελίδα Απόφασης για Επικεντρωμένη στην Αξιοπιστία Συντήρηση (RCM)																	
Αναφορά Πληροφορίας	Αξιολόγηση Επιπτώσεων			H1 S1 O1 N1			H2 S2 O2 N2			H3 S3 O3 N3			Προτεινόμενη Ενέργεια		Συννοήτα	Ποιός	Πότε
	C	F	FF	FM	H	S	E	O	H4	H5	S4	Προκαθορισμένη Ενέργεια					

Team Identity Card								
Εργοστάσιο:					Ημερομηνία 28/9/2011			
Όνομα ομάδας: Ελάττωση βλαβών στον ανελκυστήρα γεμάτων παλετών					Οραδάρης:			
Αριθμός ομάδας:					Διευκοδυτής:			
Μέλη ομάδας								
Πελάτης :					Τμήμα: ΕΜΘΙΑΛΩΤΗΡΙΟ			
Περιγραφή αποστολής:								
Αυξημένες βλάβες στην ανελκυστήρα γεμάτων παλετών								
Προποθέσεις:								
2 κινεματόσειες της ομάδας τη μέρα								
Διαθεσιμότητα μελών ομάδας								
Συετά ρεσταυρή κλάση/μερίκις στην ομάδα από τους ανθρώπους της παραγωγής								
Μεθοδολογία:								
FLASH KAIZEN								
Έναρξη		26/9/11		Λήξη		14/10/11		
Κριτήρια επιλογής και στόχοι								
A. Κριτήρια επιλογής								
Ελάττωση βλαβών στην ανελκυστήρα γεμάτων παλετών (χειρότερη ραξάνα)								
Έγερσης η χειριστής από τη θέση του								
B. Στόχος								
Μαθησιακές βλάβες								
C. Γιατί κινδυνεύει με την πτώση του Εργασταρίου								
Αύξηση OPI κατά 0,95 %								
Έλεγχος στο ΗείΘ								
Αν βρέθηκε κάποια μεστική καταχώρηση								
Γ. Προγραμματισμός								
ΕΒΔΟΜΑΔΑ								
Βάρα	W-39	W-39	W-39	W-40	W-40	W-40	W-41	Βραχυτηριότητες
Έναρξη								Ανάδωμα ξεθωριάσεων-Parata
1								Σύστημα-Αυτοματισμού, Πίεση
2								5 Γιατί-φραγκόκοδο, Πρωτοειρήνητες
3								Αυτοματισμού λειτουργικών μηχανών
4								Αυτίρατα - OPL
5								Επιπέδωσης - Πρώτου CILT
6								Καταγραφή αποτελεσμάτων Σταθεροποίησης

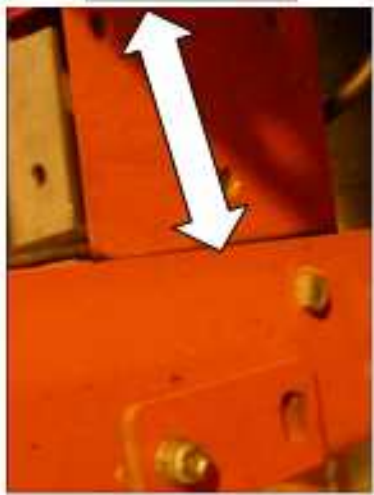
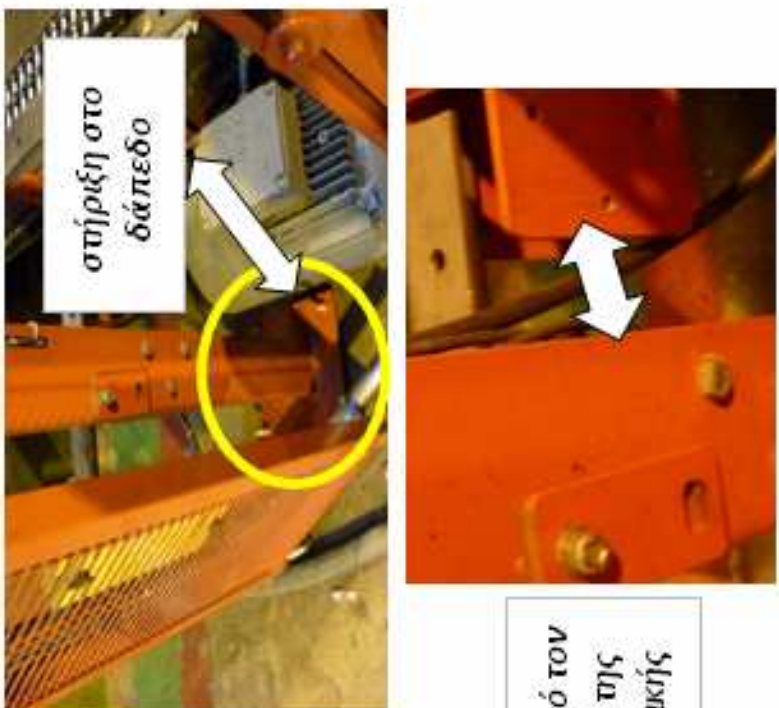


Έντυπο Ανάλυσης «5 Γιατί» ανελκυστήρα γεμάτων παλετών

Περιγραφή προβλήματος	Πιθανές αιτίες					4M		Ενέργειες	
	Γιατί (1)	Γιατί (2)	Γιατί (3)	Γιατί (4)	Γιατί (5)	Εργαλείο	4M	ΠΡΟΦΗΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	ΜΙΟΦΑΝΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
<p>Η παλέτα δεν προχωράει και εισάβει στις αλυσίδες πριν τις πόρτες στον ανελκυστήρα γεμάτων παλετών (έγινε στα βιάουλα)</p>	<p>ενταλή στα αναμειγνύοντα μόνιτα παλέτα</p>	<p>ξενωθήσαν οι ημιπαλέτες ενέκταση</p>	<p>Ρ/Κ/2α σφάλμα η ημιπαλέτες κομμάτιας</p>	<p>εκ/κ/σφάλμα ημιπαλέτες κομμάτιας ενέκταση</p>	<p>κ/σ/η/σφάλμα βάρους</p>	Εργαλείο	<p>μηχανή</p>		<p>επιστροφή στο 2α πεδίο</p>
	<p>πρόβλημα αναστολή/μείωση κίνησης</p>	<p>OK</p>							

Περιγραφή προβλήματος	Πιθανές αιτίες						4M	Ενέργειες	
	Γιατί (1)	Γιατί (2)	Γιατί (3)	Γιατί (4)	Γιατί (5)	ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ		ΒΙΟΡΘΩΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	
<p>Η παλέτα δεν προχωράει να εισέλθει στο αμαξοβόρ γιατίως παλέτες</p>	<p>Γενικό γυαλο αμάξευ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>			
	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>			
		<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>			
	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>			
		<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>			
		<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>	<p>Γενικό αμαξοβόρ</p>			

Περιγραφή προβλήματος	Πιθανές αιτίες						4M	Ευρήσεις	
	Γενιά (1)	Γενιά (2)	Γενιά (3)	Γενιά (4)	Γενιά (5)	Συνολικά		ΠΡΟΒΛΗΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΡΕΣΕΙΣ	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΡΕΣΕΙΣ
<p>η καλύτερα δεν προτιμάει να εισέλθει στο σακσόνι της γράφοντας καλύτερα</p>	πρόβλημα στα αθλήματα								
	πρόβλημα στην είσοδο						υψηλά	κλιμακωτή προληπτική	αποκλιμακωμένη είσοδος

Έντυπο SOP ανελκυστήρα γεμάτων παλετών

<p>Βασική Γνώση Εκδότης:</p>	<p>Εργ.: ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑΣ</p>	<p>ΠΥΛΩΝΑΣ - Π Μ</p>	<p>Κωδικός: ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑΣ ΓΕΜ. ΠΑΛΕΤΩΝ (ΔΕΣΜΗ ΦΩΣΤΟΚΥΤΑΡΩΝ)</p>	<p>Σελ.: 1/1</p>
<p>Πρόβλημα: <input checked="" type="checkbox"/> Εισαγωγή:</p>		<p>Βελτίωση</p>		
<p>Εκδότης:</p>		<p>Εκδοχή: Ημ/γν: 10/2011</p>		
<p>Πριν</p>  <p>κολλημένο στο μπουλιμέ της μεταφορικής</p>	<p>Μετά</p>  <p>σπύριξη στο δάπεδο</p> <p>κόψιμο από τον μπουλιμέ της μεταφορικής</p>	<p>Βελτίωση: Κόπτε ο συντάκτης με τη μεταφορική και σπύριξε στο δάπεδο.</p>		
<p>Αποτέλεσμα: Ασφαλή Διοίκηση</p>				
<p>ΑΣΦΑΛΕΙΑ</p>				
<p>Αποφυγή ατυχήματος</p>				
<p>Ημέρα: εκπαίδευσης</p>	<p>Εκπαιδευτής</p>	<p>ΦΟΡΑΤΕ ΓΑΝΤΙΑ</p>	<p>ΦΟΡΑΤΕ ΠΑΡΟΝΤΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ</p>	 
<p>Εκπαιδευόμενος</p>				

Team Identity Card								
Εργοστάσιο:				Ημερομηνία 2/12/2011				
Όνομα ομάδας: Ελάττωση βλαβών από φωτοκύτταρα στις μεταφορικές άδειες				Οραδάρης:				
Αριθμός ομάδας:				Διευθυντής:				
Μέλη ομάδας								
Πελάτης :				Τμήμα: ΕΜΦΙΑΛΩΤΗΡΙΟ				
Περιγραφή αποστολής:								
Παζέλ βλάβες στις μεταφορικές άδειες παλετών από φωτοκύτταρα								
Προϋποθέσεις:								
2 υπαυτάσεις της ομάδας								
Διαθεσιμότητα ρεζών ομάδας								
Συντά μεταφορά εξαρτημάτων στην ομάδα από τους ανθρώπους της παραγωγής								
Μεθοδολογία:								
FLASH KEIZEN								
Εναρξη		Dec-11		Λήξη		Dec-11		
Κριτήρια επιλογής και στόχοι								
A. Κριτήρια επιλογής								
Υπάρξουν πολλά φωτοκύτταρα στις μεταφορικές άδειες παλετών								
Έρριψε ο βεριστής από τη θέση του								
B. Στόχος								
Μαθησιακές βλάβες από φωτοκύτταρα								
C. Γιατί συμφέρεται με τον στόχο του Εργοστασίου								
Αύξηση OPI κατά 0,26%								
Γ. Προγραμματισμός								
	ΕΒΔΟΜΑΔΑ							
Βάση	W-49	W-49	W-50	W-50	W-51	W-51	W-51	Επισημειώσεις
Εναρξη								Ανάδραση Θεοφάνους-Parata
1								Σύρανα-Αυγουστίνου, Πίτσου
2								5 Γιατί-φωρμικόκαδο, Πρωτοπαπίδης
3								Αυγουστίνου Δειτυργιάνη συνθεσών
4								Αντίετρα - OPI
5								Επανάδραση - Πρίτσια GILT
6								Καταγραφή αποτελεσμάτων Σταθερνούσια

Έντυπο Ανάλυσης «5 Γιατί» μεταφορικών άδειων παλετών

Περιγραφή προβλήματος	Πιθανές αιτίες					4M	Ενέργειες		
	Γιατί (1)	Γιατί (2)	Γιατί (3)	Γιατί (4)	Γιατί (5)		ΠΡΟΒΛΗΠΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	ΜΙΟΥΣΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	
<p>σταμάτουμε παλέτες στις μεταφορικές άδειες παλετών</p>									
			<ul style="list-style-type: none"> □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ 						
			<ul style="list-style-type: none"> □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ 	<ul style="list-style-type: none"> □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ 	<ul style="list-style-type: none"> □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ 				
			<ul style="list-style-type: none"> □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ 	<ul style="list-style-type: none"> □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ 	<ul style="list-style-type: none"> □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ 	<ul style="list-style-type: none"> □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ 			

Έντυπα SOP μεταφορικών άδειων παλετών

Εργ.: ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΠΑΛΕΤΩΝ	Κωδικός: ΠΥΛΩΝΑΣ - Π Σ	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΑΔΕΙΩΝ ΠΑΛΕΤΩΝ
Πρόβλεψη Εισόδησ:	Εισόδησ:	Εισόδησ:
Εισόδησ:	Εισόδησ:	Εισόδησ:

Πριν



Μετά



Πρόβλεψη: Η απόσταση βόλα βόλα είναι πολύ κοντά στις μεταφορές με αποθήκευση με
 συμπίεση να πρόβλεψη τις σε ρεβέρ τα μεταφερόμενες παλέτες.

Πρόβλεψη: Τοποθέτηση 80 cm στο 43cm.

Άλλες πληροφορίες: Ασφάλειά Διοίκηση

ΑΣΦΑΛΕΙΑ	Αποφυγή ατυχημάτων		
Ηλεκτρική αποδέσμευση			
Επιστροφή της			
Επιστρέφοντας			
		ΦΟΡΕΤΕ ΓΑΝΤΙΑ	ΦΟΡΕΤΕ ΠΑΡΑΤΗΛΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Εργ.: ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΠΑΛΕΤΩΝ	Κωδικός: ΠΥΛΩΝΑΣ - Π.Σ.
Βασική Γνώση Εκδότης:	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΑΔΕΙΣΕΩΝ ΠΑΛΕΤΩΝ
Πρόβλεψη: <input checked="" type="checkbox"/>	Βελτίωση
Εισηγητής:	Εκδοση: 1
	Ημ/νμ: 12/2011
	Σελ.: 1/1

Πριν



Μετά



σταθεροποίηση
ελέγχου
στραβών
παλετών

Πρόβλεψη: Ασπίδα βόας με αποτελεσματικό συζυγμένο βουήσας στον έλεγχο στραβών παλετών.

Βελτίωση: Τοποθέτηση επιπέδου βόας.

Αποτέλεσμα: Ασφαλής διάβαση

ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Ημ/νμ: εκπαίδευσης
Εκπαιδευτής
Εκπαιδευόμενος

Αποφυγή ατυχήματος



ΦΟΡΑΤΕ ΓΑΝΤΙΑ

ΦΟΡΑΤΕ ΠΑΡΟΥΤΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ



Εργ.: ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΠΑΛΕΤΣΩΝ	Κωδικός: ΠΥΛΩΝΑΣ - Π.Μ	Κωδικός: ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΕΣ ΠΑΛΕΤΣΩΝ
Βασική Γνώση	Πρόβλημα: <input checked="" type="checkbox"/>	Βελτίωση
Εκδότης:	Εισαγής:	Εκδόση: 1
	Ημ/μν 12/2011	Σελ: 1/1



Πριν



Μετά



Πρόβλημα: Ασάφης βίαση με οποτ έλεσμο: αυξημένες δονήσεις στις μεταφορικές άδειων πολετών	Βελτίωση: Τοποθέτηση εξωτερικής βίασης
---	--

Αποτέλεσμα: Ασφαλής διάβαση	Αποφυγή ατυχημάτων				
Ημ/μν: εκπαίδευσης					
Εκπαιδευτής					
Εκπαιδευόμενος					
ΑΣΦΑΛΕΙΑ					
					
ΦΟΡΑΤΕ ΓΑΝΤΙΑ	ΦΟΡΑΤΕ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ				