

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΛΑΒΩΝ
ΕΚΤΥΠΩΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ OFFSET
ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ**

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΚΑΡΑΓΑΤΣΔΗΣ

Διπλωματούχος Μηχανικός Παραγωγής και Διοίκησης Πανεπιστημίου Θράκης

A.M. : M010515001

ΒΟΛΟΣ 2017

© 2017 Καραγατολής Δημήτριος

Η έγκριση της μεταπτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων) Δρ. Γεώργιος Λυμπερόπουλος
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Γεώργιος Σαχαρίδης
Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Δημήτριος Παντελής
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Για τη συγγραφή της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή, κύριο Γιώργο Λυμπερόπουλο, ο οποίος είχε την επίβλεψή της, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, δίνοντας μου τη δυνατότητα να εκπονήσω την εργασία που επιθυμούσα. Οι συμβουλές του, η καθοδήγησή του, η διάθεσή του για συνεργασία και η επικοινωνία μαζί του αποτέλεσαν πολύτιμη βοήθεια για την ολοκλήρωσή της.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους αυτούς που με στήριξαν κατά τη ενθαρρύνοντας την προσπάθειά μου.

Δημήτρης Καραγατσλής

Περίληψη

Αντικείμενο αυτής της διπλωματικής εργασίας αποτελούν ο έλεγχος βλαβών και η αντιμετώπισή τους στην παραγωγική διαδικασία εκτυπώσεων σε γραμμή παραγωγής, σε βιομηχανικό περιβάλλον.

Συγκεκριμένα, θα ασχοληθούμε με την διαδικασία εκτύπωσης σε μηχανές offset. Θα αναφερθούμε στα μέρη από τα οποία αποτελείται μία Sheetfed OFFSET μηχανή εκτυπώσεων, στη λειτουργία της, στην τεχνολογία που χρησιμοποιεί καθώς και στα σενάρια βλαβών που παρατηρούνται κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Θα εξετάσουμε τις βλάβες, που εντοπίστηκαν κατά τη διάρκεια μιας τριετίας (2012-2014).

Η εργασία αυτή περιγράφει τη μεθοδολογία ανάλυσης βλαβών μιας αυτοματοποιημένης γραμμής παραγωγής, όπως είναι οι εκτυπωτικές μηχανές offset με βάση τα δεδομένα επισκευής-βλάβης του συστήματος. Επίσης, στην εργασία αναπτύσσεται μια μεθοδολογία για την αύξηση της παραγωγής, τη βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων και τη διασφάλιση της πλήρους διαθεσιμότητας των μηχανών. Χωρίζεται σε τέσσερα στάδια που στόχο έχουν να οδηγήσουν στην εφαρμογή βελτιωμένων πολιτικών συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού. Το πλεονέκτημα της προτεινόμενης μεθοδολογίας, κατά την εφαρμογή της, είναι ο συνεχής και σχολαστικός έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας μέσω δεικτών απόδοσης και αυτοαξιολόγησης, που οδηγούν σε νέους στόχους για τους δείκτες απόδοσης του συστήματος σε έναν κύκλο συνεχούς βελτίωσης.

Τέλος, θα προτείνουμε τρόπους αντιμετώπισης των βλαβών και βελτιστοποίησης της γραμμής παραγωγής, ώστε να μειωθεί στο ελάχιστο δυνατό η σπατάλη όλων των υλικών, που προέρχονται από την εκτυπωτική διαδικασία, με αποτέλεσμα τη μεγιστοποίηση της απόδοσης παραγωγής και την βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων, προστατεύοντας παράλληλα το περιβάλλον με τις καλύτερες δυνατές προδιαγραφές και τεχνολογικά μέσα.

Abstract

In the printing industry, the production process requires the non-stop operation of automatic production line equipment. A stoppage in a production line, due to a failure, causes a drop in the production rate as well as quality problems on the products. This work describes a methodology of analyzing the reliability of an automatic production line from the failure - repair data of the system and presents maintenance policies that can be adapted in a certain industry. This methodology is based on analyzing the reliability data of an automatic production line. The advantage of the suggested methodology, upon its application, is the continuous and thorough inspection of the production process through measurements of the Overall Equipment Effectiveness, which leads to new targets for the OEE of the system in a circle of continuous improvement

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
Περίληψη	4
Abstract.....	5
Περιεχόμενα.....	6
Κατάλογος εικόνων	7
Κατάλογος πινάκων.....	8
Κατάλογος διαγραμμάτων	9
1. Εισαγωγή	10
2. Εισαγωγή στο περιβάλλον του εργοστασίου εκτυπώσεων : Η Sheetfed OFFSET εκτυπωτική μηχανή	12
3. Η Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance ή TPM) ...	26
4. Είδη βλαβών σε εκτυπωτικές μηχανές. Εφαρμογή.....	38
5. Η πρώτη ερμηνεία των δεδομένων	45
6. Επεξεργασία των δεδομένων βλαβών	50
7. Υπολογισμός των σημαντικότερων στατιστικών δεδομένων βλαβών.....	64
8. Συμπεράσματα	65
9. Προτάσεις	71
Βιβλιογραφία	74
Ηλεκτρονική βιβλιογραφία.....	74

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1. Σύμπλεγμα κυλίνδρων εκτυπωτικής μηχανής ενός χρώματος.....	13
Εικόνα 2. Σύστημα αφαίρεσης φύλλου από παλέτα.	14
Εικόνα 3. Επιφάνεια με ταινίες.	14
Εικόνα 4. Μηχανή τροφοδοσίας.	15
Εικόνα 5. Κύλινδροι μεταφοράς.	16
Εικόνα 6. Το σωστό ύψος της παλέτας.	17
Εικόνα 7. Το σύστημα ύγρανσης.	19
Εικόνα 8. Απεικόνιση της πλάκας εκτύπωσης (επιφάνεια λευκή υδρόφιλη, επιφάνεια χρωματισμένη υδρόφοβη).....	20
Εικόνα 9. Ο κύλινδρος της πλάκας εκτύπωσης.	21
Εικόνα 10. Η μορφή του κυλίνδρου αποτύπωσης.	22
Εικόνα 11. Η εικόνα μιας μηχανής εκτύπωσης.	23
Εικόνα 12. Μονάδα μεταφοράς.	24
Εικόνα 12. Μηχανή Man-Roland 900.	38

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1. Τα στάδια εξελίξεις του TPM.	26
Πίνακας 2. Η σχέση μεταξύ TPM, παραγωγικής συντήρησης και προληπτικής συντήρησης.	28
Πίνακας 3. Κωδικοποίηση συστημάτων μηχανών.	40
Πίνακας 4. Κωδικοποίηση βλαβών.	43
Πίνακας 5. Μέγεθος δείγματος βλαβών.	44
Πίνακας 6. Υπολογισμός του OEE για το 2012 για την μηχανή 700.	45
Πίνακας 7. Υπολογισμός του OEE για το 2013 για την μηχανή 700.	45
Πίνακας 8. Υπολογισμός του OEE για το 2014 για την μηχανή 700.	46
Πίνακας 9. Υπολογισμός του OEE για το 2012 για την μηχανή 900.	46
Πίνακας 10. Υπολογισμός του OEE για το 2013 για την μηχανή 900.	47
Πίνακας 11. Υπολογισμός του OEE για το 2014 για την μηχανή 900.	47
Πίνακας 12. Κατανομές TTF και TTR.	60
Πίνακας 13. Η προσαρμογή της κατανομής Weibull βάση της τιμής β	61
Πίνακας 14. Οι παράμετροι Weibull για κάθε μηχανή και για τις σημαντικότερες βλάβες.	62
Πίνακας 15. Οι πιο σημαντικές βλάβες βάσει των 5 κριτηρίων για την 700.	65
Πίνακας 16. Οι πιο σημαντικές βλάβες βάσει των 5 κριτηρίων για την 900.	66
Πίνακας 17. Περιγραφή των σημαντικότερων βλαβών βάσει των 5 κριτηρίων για την 700 και 900.	67
Πίνακας 18. Στατιστική ανάλυση σημαντικότερων βλαβών για την 700.	68
Πίνακας 19. Στατιστική ανάλυση σημαντικότερων βλαβών για την 900.	68
Πίνακας 20. Στατιστική ανάλυση σπάνιων βλαβών για την 700.	69
Πίνακας 21. Στατιστική ανάλυση σπάνιων βλαβών για την 900.	70

Κατάλογος διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Απεικόνιση της ΟΕΕ ολικής απόδοσης του εξοπλισμού σε τρία έτη. .	48
Διάγραμμα 2. Η συχνότητα χρόνου όλων των βλαβών βάση δείγματος για 700.	52
Διάγραμμα 3. Η συχνότητα χρόνου επισκευής όλων των βλαβών βάση δείγματος για 700.	52
Διάγραμμα 4. Η συχνότητα χρόνου βλαβών βάση δείγματος για βλάβη 11 της 700.	53
Διάγραμμα 5. Η συχνότητα χρόνου επισκευής βάση δείγματος για βλάβη 11 της 700.	53
Διάγραμμα 6. Η συχνότητα χρόνου βλάβης βάση δείγματος για βλάβη 6 της 700.	54
Διάγραμμα 7. Η συχνότητα χρόνου επισκευής βάση δείγματος για βλάβη 6 της 700.	54
Διάγραμμα 8. Η συχνότητα χρόνου βλάβης βάση δείγματος για βλάβη 15 της 700. .	55
Διάγραμμα 9. Η συχνότητα χρόνου επισκευής βάση δείγματος για βλάβη 15 της 700.	55
Διάγραμμα 10. Η συχνότητα χρόνου όλων των βλαβών βάση δείγματος για 900. ...	56
Διάγραμμα 11. Η συχνότητα χρόνου επισκευής όλων των βλαβών βάση δείγματος για 900.	56
Διάγραμμα 12. Η συχνότητα χρόνου βλαβών βάση δείγματος για βλάβη 11 της 900.	57
Διάγραμμα 13. Η συχνότητα χρόνου επισκευής βάση δείγματος για βλάβη 11 της 900.	57
Διάγραμμα 14. Η συχνότητα χρόνου βλαβών βάση δείγματος για βλάβη 9 της 900.	58
Διάγραμμα 15. Η συχνότητα χρόνου επισκευής βάση δείγματος για βλάβη 9 της 900.	58
Διάγραμμα 14. Η συχνότητα χρόνου βλαβών βάση δείγματος για βλάβη 21 της 900.	59

1. Εισαγωγή

Η ανταγωνιστικότητα μιας επιχείρησης εξαρτάται κυρίως στην ικανότητά της να έχει αποδοτικά αποτελέσματα σε διαστάσεις όπως το κόστος, η ποιότητα, χρόνος παράδοσης και η ταχύτητα, η καινοτομία και η ευελιξία στο να μπορεί να προσαρμόζεται στις διάφορες αλλαγές ανάλογα με τη ζήτηση. Ενώ, η ευθυγράμμιση των λειτουργιών με τις στρατηγικές προτεραιότητες της επιχείρησης είναι κύρια για την ανταγωνιστικότητά της, η συνεχής βελτίωση των εσωτερικών διαδικασιών παίζει σπουδαίο συμπληρωματικό ρόλο σε αυτήν¹.

Η ύπαρξη αυτοματοποιημένων μηχανημάτων στις βιομηχανικές διεργασίες, έδωσε ένα μεγάλο άνοιγμα στην αγορά που βοήθησε ταυτόχρονα στην ταχύτητα παραγωγής καθώς και στην καλύτερη ποιότητα των προϊόντων.

Η επιχείρηση επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από το κόστος που δημιουργείται από την ανικανότητα του εξοπλισμού να λειτουργεί συνεχώς. Αυτό συνεπάγεται μειωμένη παραγωγή και μπορεί να οδηγήσει και σε υποβάθμιση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων με αποτέλεσμα τη μείωση της τιμής διάθεσής τους στην αγορά ή την απόρριψή τους σαν ελαττωματικά. Το αποτέλεσμα είναι οικονομικές απώλειες για την βιομηχανία.

Μία σύγχρονη αυτόματη γραμμή μεταφοράς, αποτελείται από έναν ορισμένο αριθμό σταθμών εργασίας, που συνδέονται και ολοκληρώνονται με έναν κοινό μηχανισμό μεταφοράς και ένα κοινό σύστημα ελέγχου. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να επιτευχθεί υψηλή παραγωγικότητα.

Σε αυτή την εργασία, θα εκτελέσουμε μια λεπτομερή στατιστική ανάλυση σε ένα σύνολο δεδομένων αποτυχίας πεδίου, που λαμβάνονται από δυο μηχανές εκτυπώσεων, οι οποίες θεωρούνται αυτοματοποιημένες γραμμές παραγωγής. Επειδή οι αυτοματοποιημένες γραμμές παραγωγής είναι συστήματα έντασης κεφαλαίου, είναι ιδιαίτερα σημαντική η εξασφάλιση της απρόσκοπτης λειτουργίας τους. Μία στάση σε μια γραμμή παραγωγής λόγω βλάβης, πέρα από την μείωση της απόδοσης παραγωγής, μπορεί να επιφέρει και ποιοτικά προβλήματα στα παραγόμενα προϊόντα².

¹ <http://dasta.eap.gr/files/ianos/%CE%97%20%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%20%CF%83%CF%84%CE%B9%CF%82%20%CE%93%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%A4%CE%AD%CF%87%CE%BD%CE%B5%CF%82%20%CE%94%CF%85%CE%BD%CE%B1%CF%84%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B5%CF%82%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%B5%CF%85%CE%BA%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82%20%CE%BA.%20%CE%A0%CE%BF%CE%BB%CE%AF%CF%84%CE%B7%CF%82.pdf>.

² Τσαρούχας, 2005.

Τα στοιχεία, που χρησιμοποιούνται, καλύπτουν μια περίοδο τριών ετών (2012-2014). Με δεδομένη την εκτεταμένη διάρκεια της περιόδου, που καλύπτεται, ελπίζουμε ότι αυτή η μελέτη θα χρησιμεύσει ως μια έγκυρη πηγή πληροφοριών για τα εργοστάσια εκτυπώσεων, τα οποία επιθυμούν να βελτιώσουν το σχεδιασμό και τη λειτουργία των εκτυπωτικών μηχανών.

Ο δόκιμος κατοχυρωμένος όρος που περιγράφει την βιομηχανία-κλάδο των εκτυπώσεων και της τυπογραφίας προσδιορίζεται, ως η σύνθετη δομή καλλιτεχνικών, διοικητικών, τεχνολογικών και παραγωγικών χαρακτηριστικών, τα οποία συνδυάζονται αρμονικά μεταξύ τους και ολοκληρώνονται στο τελικό έντυπο προϊόν.

Η ονομασία Γραφικές τέχνες, κρίνεται ως η πλέον δόκιμη για τον χαρακτηρισμό του κλάδου, διότι εκφράζει με ακρίβεια όλες τις επεξεργασίες που λαμβάνουν χώρα έτσι ώστε να μετατραπούν οι ιδέες σε χειρόγραφα, σε σχέδια και εικόνες, σε συγκροτημένη ενιαία μορφή ως τελικού εντύπου σε πολλά αντίτυπα³.

Οι τομείς των γραφικών τεχνών είναι:

- ✓ **Δημιουργικό-Γραφιστική.**
- ✓ **Διοίκηση-Διαχείριση εκδόσεων και παραγωγικών διαδικασιών.**
- ✓ **Προεκτύπωση.**
- ✓ **Εκτυπώσεις.**
- ✓ **Μετεκτύπωση-Περατώσεις.**
- ✓ **Ειδικές εργασίες γραφικών τεχνών.**

³ Τσολάκος 1995, 13-19.

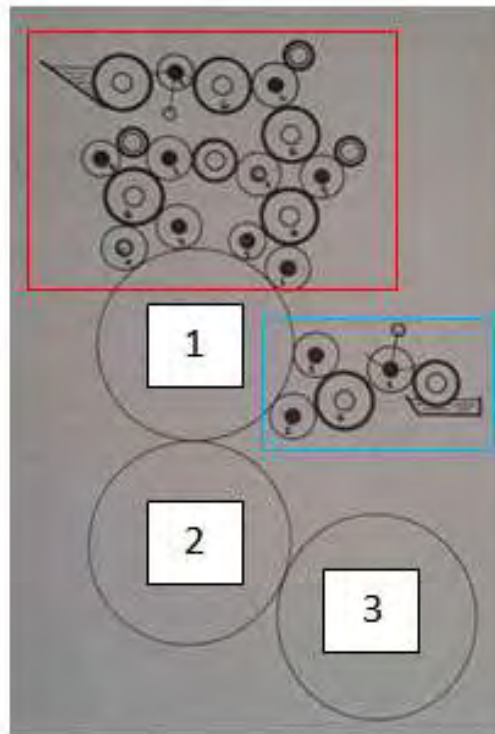
2. Εισαγωγή στο περιβάλλον του εργοστασίου εκτυπώσεων : Η Sheetfed OFFSET εκτυπωτική μηχανή

Μια sheetfed μηχανή⁴ αποτελείται από ένα τροφοδότη, μία ή περισσότερες μονάδες εκτύπωσης, συσκευές μεταφοράς για να μεταφέρει το χαρτί μέσω της μηχανής, την μηχανή μεταφοράς, και διάφορες βοηθητικές συσκευές (όπως μια κονσόλα ελέγχου). Η μονάδα εκτύπωσης μιας sheetfed λιθογραφικής μηχανής αποτελείται γενικά από τρεις βασικούς κυλίνδρους και τα συστήματα ύγρανσης και μελανώματος της πλάκας:

- **Κύλινδρος πλάκας εκτύπωσης:** είναι ο κύλινδρος που φέρει την πλάκα εκτύπωσης, από εύκαμπτο υλικό με σκοπό την μεταφορά του μελανιού στις περιοχές της εικόνας και με διάλυμα νερού με σκοπό να απωθεί το μελάνι από περιοχές μη απεικόνισης.
- **Κύλινδρος Blanket-offset:** είναι ο κύλινδρος που φέρει την εικόνα από την πλάκα εκτύπωσης στην επιφάνεια εκτύπωσης. Περιβάλλεται από το καουτσούκ το οποίο αποτελείται από ύφασμα επικαλυμμένο με συνθετικό καουτσούκ.
- **Κύλινδρος αποτύπωσης:** είναι ο κύλινδρος που έρχεται σε επαφή με το κύλινδρο offset και μεταφέρει την εκτυπωμένη επιφάνεια.
- **Σύστημα ύγρανσης:** είναι ένα σύμπλεγμα κυλίνδρων που μεταφέρει το διάλυμα νερού στη πλάκα εκτύπωσης. Η βάση του διαλύματος είναι το νερό και τα προσθετά που περιέχει είναι οξύ, αραβικό κόμμι, και ισοπροπυλική αλκοόλη ή άλλους διαβρέκτες⁵(μπλε τμήμα στην εικόνα 1).
- **Σύστημα μελανώματος:** μια σειρά κυλίνδρων που εφαρμόζουν μια μετρημένη ποσότητα μελανιού στην εκτυπωτική πλάκα (κόκκινο τμήμα στην εικόνα 1).

⁴ http://agpcptech.weebly.com/uploads/1/2/4/2/12423472/unit_iii.pdf

⁵ μια χημική ουσία που μπορεί να προστεθεί σε ένα υγρό για να μειωθεί η επιφανειακή τάση του και να καταστεί πιο αποτελεσματική στη διάδοση και τη διείσδυση πάνω στις επιφάνειες.



Εικόνα 1. Σύμπλεγμα κυλίνδρων εκτυπωτικής μηχανής ενός χρώματος

Εκτός από μία ή περισσότερες μονάδες εκτύπωσης, μια εκτυπωτική μηχανή περιλαμβάνει επίσης τα εξής:

- Μηχανή τροφοδοσίας – Feeder: που ανυψώνει και προωθεί την εκτυπωτική επιφάνεια από την παλέτα, όπου είναι τοποθετημένη, στην πρώτη εκτυπωτική μηχανή.
- Συσκευές μεταφοράς: γενικά είναι κύλινδροι με άρπαγες του φύλλου διαμέσου της εκτυπωτικής μηχανής.
- Μηχανή παράδοσης: η οποία λαμβάνει και στοιβάζει το εκτυπωμένο φύλλο.

Μονάδες για Sheetfed offset μηχανές εκτύπωσης

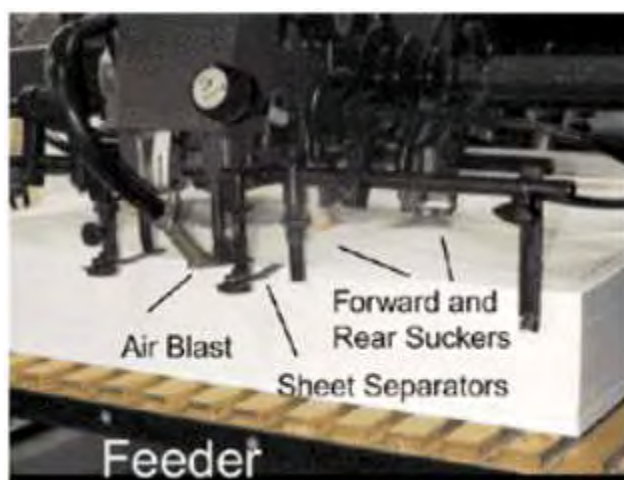
Υπάρχουν πέντε βασικές μονάδες που απαιτούνται για τη διαδικασία εκτύπωσης:

- Μηχανή τροφοδοσίας
- Σύστημα μελάνωσης
- Σύστημα ύγρανσης
- Μονάδα εκτύπωσης
- Μονάδα μεταφοράς

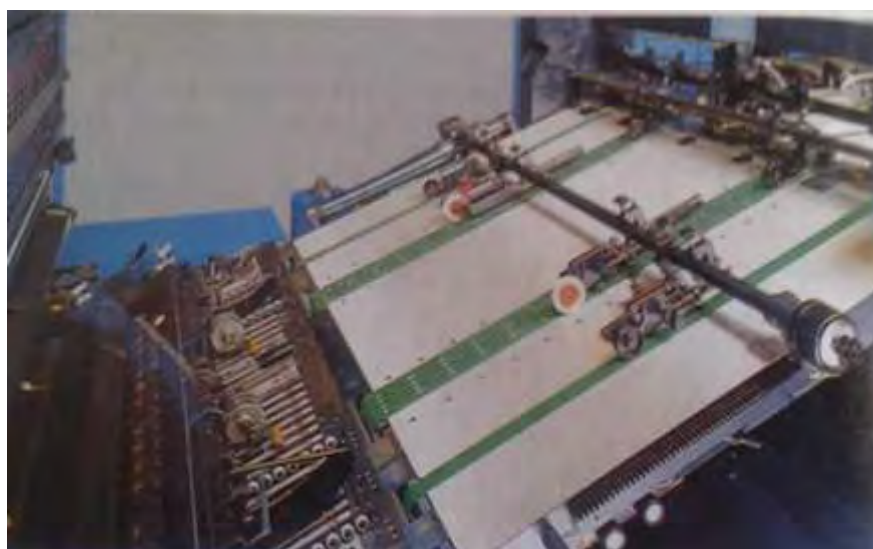
Στην συνέχεια θα υπάρξει λεπτομερής επεξήγηση της κάθε μονάδας εκτύπωσης.

Μηχανή τροφοδοσίας:

Η διαδικασία της τροφοδοσίας ξεκινά, όταν ένα φύλλο αφαιρείται από την παλέτα, όπου είναι τοποθετημένο (εικόνα 2), εισέρχεται σε μια επιφάνεια με ταινίες (εικόνα 3) ευθυγραμμίζεται στο τέλος της ταινίας, ώστε να τροφοδοτήσει την πρώτη μονάδα εκτύπωσης.



Εικόνα 2. Σύστημα αφαίρεσης φύλλον από παλέτα.

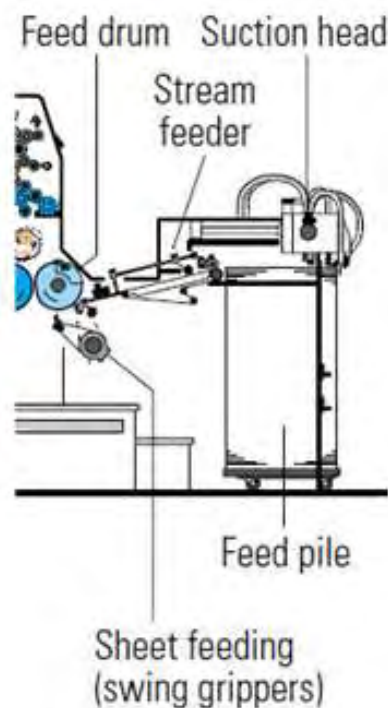


Εικόνα 3. Επιφάνεια με ταινίες.

- Η διαχείριση του φύλλου:

Η σωστή ρύθμιση και ο συγχρονισμός όλων των στοιχείων, που αποτελούν μια μηχανή τροφοδοσίας, πρέπει να τηρούνται. Ο ανεπαρκής έλεγχος της ροής του φύλλου μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την επανειλημμένη διακοπή της εκτύπωσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον κίνδυνο να καταστραφεί η πλάκα εκτύπωσης και να αυξηθούν το πόσο της απώλειας των φύλλων. Τα στάδια της τροφοδοσίας είναι τέσσερα.

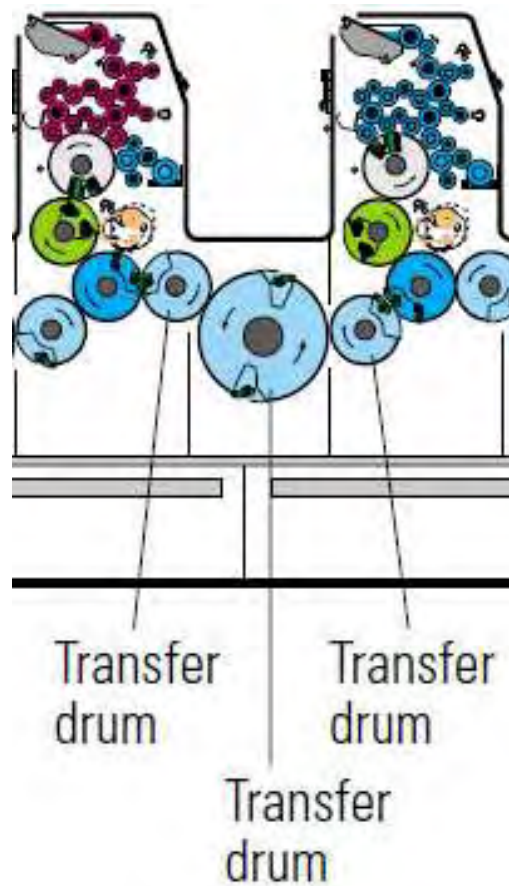
- Στάδιο τροφοδοσίας: είναι το στάδιο, όπου το χαρτί αφαιρείται από την παλέτα, εισέρχεται σε ένα επίπεδο με ταινίες (καταρράκτης) και όπου στο τέλος ευθυγραμμίζεται (στην εικόνα 4 suction head και stream feeder).



Εικόνα 4. Μηχανή τροφοδοσίας.

- Στάδιο τροφοδοσίας εκτυπωτικής μονάδας: είναι το στάδιο κατά το οποίο το φύλλο μεταφέρεται από τον καταρράκτη στον κύλινδρο αποτύπωσης της πρώτης εκτυπωτικής μηχανής (στην εικόνα 5 feed drum και sheet feeding – swing grippers).
- Στάδιο μεταφοράς φύλλων: όπου το φύλλο μεταφέρεται μεταξύ των κυλίνδρων αποτύπωσης σε εκτυπωτικές μηχανές περισσότερων χρωμάτων (εικόνα 5 transfer drum).

- Στάδιο παράδοσης: όπου τα εκτυπωμένα φύλλα ευθυγραμμίζονται και στοιβάζονται σε παλέτα.



Εικόνα 5. Κύλινδροι μεταφοράς.

Οι μηχανές, που θα μελετηθούν στην εργασία αυτή, είναι μηχανές τροφοδοσίας ροής, όπου περισσότερα από ένα φύλλα εισέρχονται στην εκτυπωτική διαδικασία. Είναι σημαντικό να αναφερθούν τα τμήματα, που απαρτίζουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα τροφοδοσίας.

- **Βεντούζες ανύψωσης:** στο πίσω μέρος της φοράς εισαγωγής υπάρχουν ακροφύσια που διαχωρίζουν τα πρώτα πέντε φύλλα. Οι βεντούζες ανύψωσης ανασηκώνουν το πρώτο φύλλο και το πόδι πίεσης τροφοδοσίας σταματά το επόμενο φύλλο της παλέτας, ενώ ένα ακροφύσιο ωθεί το φύλλο που ανασηκώθηκε.
- **Βεντούζες μεταφοράς:** αυτές οι βεντούζες μεταφέρουν το φύλλο στους κυλίνδρους προώθησης, ενώ οι βεντούζες ανύψωσης έχουν ήδη ανυψώσει το επόμενο φύλλο για τη μεταφορά.

- **Ύψος παταριού:** Είναι κρίσιμος παράγοντας για την σωστή ροή του φύλλου (εικόνα 6). Πρέπει να βρίσκεται 5mm χαμηλότερα από τα πτερύγια εκτροπής, στο πρόσθιο μέρος της παλέτας. Η λάθος τοποθέτηση σε ύψος σημαίνει την καθυστέρηση εισαγωγής του φύλλου (στην περίπτωση που είναι χαμηλά) ή την τροφοδότηση της μηχανής με περισσότερα από ένα φύλλα (στην περίπτωση που είναι ψηλά).



Εικόνα 6. Το σωστό ύψος της παλέτας.

- **Λαμάκια διαχωρισμού:** τοποθετούνται στο πίσω μέρος με σκοπό να παίρνουν ένα φύλλο τη φορά ασκώντας πίεση στα φύλλα.
- **Βουρτσάκια-combers:** αποτελούν επιπρόσθετο μέτρο για την αποφυγή μεταφοράς περισσότερων φύλλων τη φορά.
- **Οπίσθιοι φυσητήρες:** χρησιμοποιούνται με σκοπό να προωθούν το φύλλο στη σωστή κατεύθυνση.
- **Πλευρικοί φυσητήρες:** χρησιμοποιούνται με σκοπό να αποκολλούν το συμπιεσμένο χαρτί.

Μονάδα μελανώματος

Αποτελείται από ένα σύνολο κυλίνδρων, που αποθέτουν μια περιορισμένη ποσότητα μελάνης στη πλάκα εκτύπωσης. Εκτός από μία ή περισσότερες μονάδες εκτύπωσης, η εκτυπωτική μηχανή περιλαμβάνει επίσης τα ακόλουθα:

- **Μελανείο:** είναι το δοχείο στο οποίο τοποθετείται η μελάνη που τροφοδοτεί την μηχανή.
- **Κύλινδρος επαφής:** είναι ο κύλινδρος, που έρχεται πρώτος σε επαφή με το μελανείο και προσθέτει την απαιτούμενη ποσότητα μελάνης στο σύστημα, όποτε απαιτείται.

Σύστημα μελανώματος

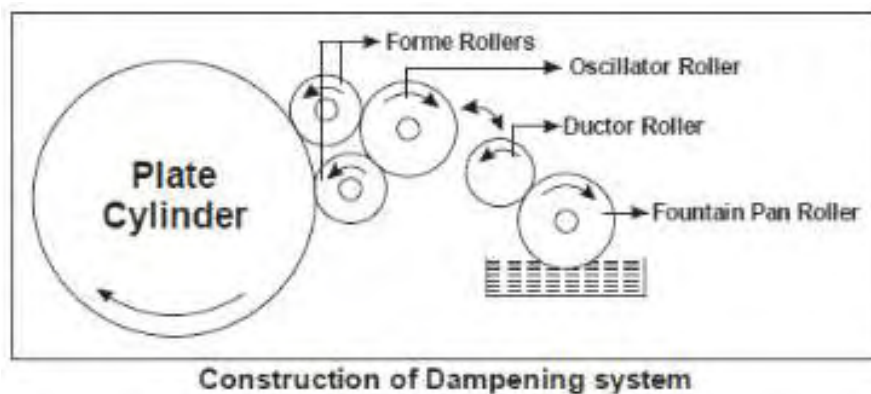
- **Κύλινδροι παλινδρόμησης:** κινούμενοι κύλινδροι, που όχι μόνο περιστρέφονται, αλλά μετακινούνται στον άξονα τους για τη διανομή και την εξομάλυνση της ποσότητας μελάνης και διαγραφή αποτυπώματος από την όψη των κυλίνδρων.
- **Ενδιάμεσοι κύλινδροι:** Βοηθητικοί κύλινδροι για τον καλύτερο έλεγχο της μελάνης. Ονομάζονται κύλινδροι διανομέα, όταν έρχονται σε επαφή με δύο κυλίνδρους, και κύλινδροι διαδρομής (rider), όταν έρχονται σε επαφή με τον κύλινδρο παλινδρομήσεως, με σκοπό την προσθήκη περισσότερων κυλίνδρων για να δοθεί η απαραίτητη ποσότητα μελάνης, έτσι ώστε να λειτουργεί μέσα σε ένα κατάλληλο ιξώδες και πάχος για τη σωστή εκτύπωση. Απαιτούνται λόγω της θιξοτροπικής⁶ φύσεως των λιθογραφικής τυπογραφικής μελάνης.
- **Κύλινδροι φόρμας:** μια σειρά τριών έως πέντε κυλίνδρων, που έρχονται σε επαφή με την πλάκα εκτύπωσης και μεταφέρουν μελάνη προς αυτή.

Καθώς ο κύλινδρος τροφοδοσίας μελάνης γυρίζει, η μελάνη καθυστερεί λόγω μιας λεπίδας, η οποία βρίσκεται πολύ κοντά στον κύλινδρο τροφοδοσίας. Η απόσταση μεταξύ της λεπίδας και του κυλίνδρου ρυθμίζεται μέσω της κονσόλας ελέγχου εκτύπωσης. Το σύστημα αποτελείται από μια σειρά ηλεκτροκινητήρες με βίδες –οδηγούς, που βοηθούν στη μετατόπιση των δοντιών της λεπίδας. Η ρύθμιση διαφέρει ανάλογα με την ποσότητα της μελάνης, που απαιτεί η κάθε εργασία.

⁶ Μια ιδιότητα ενός ρευστού, όπως το μελάνι εκτύπωσης, που περιγράφει τη συνοχή, το πάχος και το ιξώδες που μειώνεται με την εφαρμογή της τάσης ή άλλων δυνάμεων. Μερικά μελάνια, όπως τα offset, είναι σκληρά και παχύρρευστα, ενώ είναι μέσα στα δοχεία τους, αλλά μόλις χρησιμοποιηθούν γίνονται λεπτότερα και πιο ρευστά, τυπικά λόγω της ασταθούς δομής που σχηματίζεται από τα στερεά σωματίδια μέσα στο μελάνι που διασπώνται όταν εφαρμόζεται δύναμη. Αν το θιξοτροπικό μελάνι δεν δουλεύεται, επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση. Θιξοτροπία είναι ένας λόγος για τον οποίο οι εκτυπωτικές μηχανές offset απαιτούν τόσο πολλούς κυλίνδρους, ώστε να εφαρμοστεί αρκετή πίεση στο μελάνι για να μειώνεται το ιξώδες και να είναι ευκολότερη η μεταφορά στην πλάκα, στην κουβέρτα - offset, και τελικά στην επιφάνεια εκτύπωσης. Θιξοτροπία καλείται επίσης η μείωση της διάτμησης. Μερικά μελάνια εμφανίζουν την αντίθετη ιδιότητα, δηλαδή το ιξώδες αυξάνει όταν εφαρμόζεται πίεση.

Σύστημα ύγρανσης

Είναι μια σειρά κυλίνδρων (εικόνα 7) που διαβρέχει την πλάκα εκτύπωσης με ένα διάλυμα ύγρανσης με βάση το νερό, το οποίο περιέχει πρόσθετα όπως οξύ, αραβικό κόμμι, και ισοπροπυλική αλκοόλη ή άλλους παράγοντες ύγρανσης.



Εικόνα 7. Το σύστημα ύγρανσης.

Τα συστήματα ύγρανσης, που χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση της sheetfed offset λιθογραφικής εκτύπωσης, κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες α) διακοπτόμενης ροής και β) συνεχούς ροής. Η διακοπτόμενη ροή του συστήματος ύγρανσης, που συνήθως αναφέρεται ως ένα συμβατικό σύστημα ύγρανσης, αποτελείται από τα ακόλουθα:

- **Το δοχείο του διαλύματος:** το οποίο παρέχει το διάλυμα ύγρανσης στην πλάκα εκτύπωσης.
- **Τους κυλίνδρους νερού – δοσομετρικούς:** που λαμβάνουν την απαραίτητη ποσότητα διαλύματος, η οποία διαφέρει ανάλογα την εργασία.
- **Κύλινδρος επαφής:** έρχεται περιοδικά σε επαφή με τον δοσομετρικό κύλινδρο και μεταφέρει το διάλυμα νερού στον κύλινδρο παλινδρόμησης.
- **Κύλινδρος παλινδρόμησης:** μετατοπίζεται πάνω στον άξονά του για την εξομάλυνση της κατανομής της ποσότητας του διαλύματος στο σύστημα ύγρανσης.
- **Κύλινδροι φόρμας:** μεταφέρουν το διάλυμα στην πλάκα εκτύπωσης.

Μονάδα εκτύπωσης

Η μονάδα εκτύπωσης των εκτυπωτικών μηχανών που θα εξετάσουμε αποτελείται από τρεις κύλινδρους, οι οποίοι είναι:

- I. Ο Κύλινδρος πλάκας εκτύπωσης.
- II. Ο Κύλινδρος blanket-offset.
- III. Ο Κύλινδρος αποτύπωσης.

Κύλινδρος πλάκας εκτύπωσης

Ένα αλουμίνιο ή διμεταλλικό έλασμα είναι τοποθετημένο πάνω στον κύλινδρο. Στη πλάκα υπάρχει η εικόνα που πρόκειται να εκτυπωθεί. Οι κύλινδροι ύγρανσης και μελανώματος έρχονται σε επαφή με την πλάκα εκτύπωσης. Στις υδρόφοβες περιοχές επικάθεται η μελάνη, ενώ στις υδρόφιλες στρώμα διαλύματος νερού (εικόνα 8).



Εικόνα 8. Απεικόνιση της πλάκας εκτύπωσης (επιφάνεια λευκή υδρόφιλη, επιφάνεια χρωματισμένη υδρόφοβη).

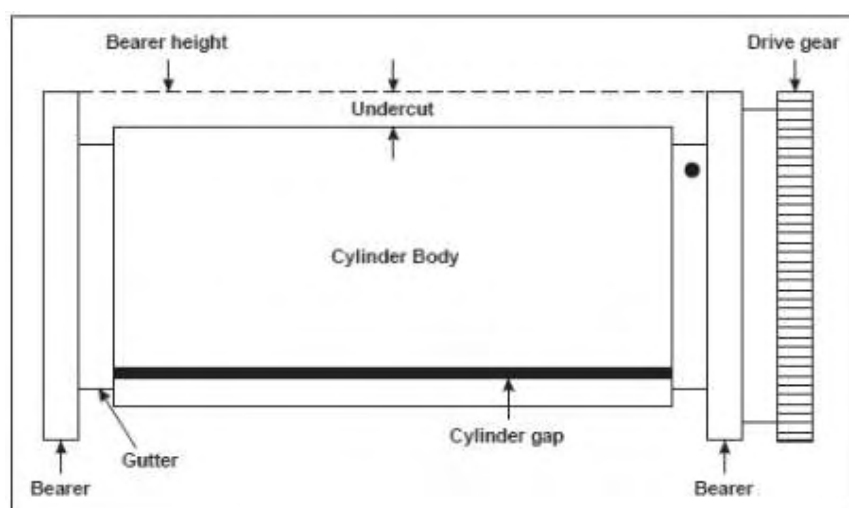
Ο κύλινδρος (εικόνα 9) βρίσκεται στην κορυφή του συμπλέγματος και έχει τέσσερις κύριες λειτουργίες:

- Φέρει την πλάκα εκτύπωσης.
- Φέρει σε επαφή την πλάκα με το σύστημα ύγρανσης στα σημεία όπου δεν υπάρχει εργασία.
- Φέρνει σε επαφή την πλάκα με το σύστημα μελανώματος στα σημεία όπου υπάρχει εργασία.
- Μεταφέρει τη μελάνη στον κύλινδρο blanket-offset.

Φορέας-Bearer, σε κάθε άκρο της κυλίνδρου, υπάρχει ένας σκληρός μεταλλικός δακτύλιος προσαρτημένος στο σώμα του κυλίνδρου. Σε πολλές μηχανές, οι φορείς του κυλίνδρου πλάκας εκτύπωσης έρχονται σε επαφή με τους φορείς του κυλίνδρου -κουβέρτα κατά την εκτύπωση.

Ύψος υποκοπής, η πλάκα εκτύπωσης είναι μικρότερη σε διάμετρο από τους φορείς. Η διαφορά μεταξύ της ακτίνας της επιφανείας εκτύπωσης και του φορέα ονομάζεται ύψος υποκοπής. Η **κλέμα-αρπάγη** είναι το σύστημα, που λαμβάνει την πλάκα εκτύπωσης και τη φέρει σε επαφή με τον κύλινδρο. Η πλάκα εκτύπωσης σε πλάτος είναι μικρότερη από το κύλινδρο και ορίζεται ως **διάστημα Gutter**.

Γρανάζι κίνησης, ο κύλινδρος κινείται από αυτό το γρανάζι, το οποίο συνδέεται με το κύλινδρο blanket-offset με σκοπό την αρμονική και συγχρονισμένη περιστροφή των δύο κυλίνδρων.



Εικόνα 9. Ο κύλινδρος της πλάκας εκτύπωσης.

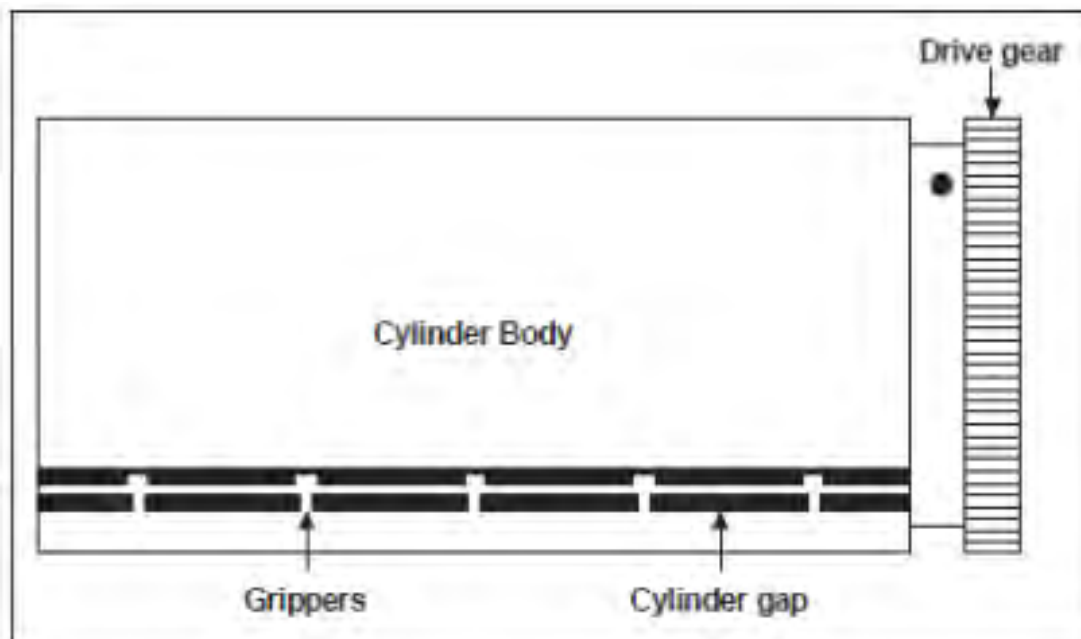
Κύλινδρος blanket-offset

Η δομή του διαφέρει ελάχιστα από του κυλίνδρου της πλάκας εκτύπωσης, περιέχει τα ίδια στοιχεία με μόνη διαφορά τις κλέμες - αρπάγες, οι οποίες διαφέρουν γιατί φέρουν το καουτσούκ blanket-offset.

Η θέση του κυλίνδρου είναι ανάμεσα στον κύλινδρο της πλάκας εκτύπωσης και στον κύλινδρο αποτύπωσης. Σε σχέση με τους άλλους κυλίνδρους πρέπει να είναι ρυθμιζόμενη η θέση του διότι το πάχος της επιφάνειας εκτύπωσης διαφέρει σε κάθε εργασία. Η απόσταση του κυλίνδρου offset και του κυλίνδρου αποτύπωσης ρυθμίζονται από ένα έκκεντρο σινεμπλόκ.

Κύλινδρος αποτύπωσης

Ο κύλινδρος αυτός (εικόνες 10 - 11) είναι ο φορέας της εκτυπωμένης επιφάνειας και με την απαιτούμενη πίεση στον κύλινδρο blanket-offset γίνεται η μεταφορά της μελάνης στην επιφάνεια εκτύπωσης. Ο κύλινδρος έχει γρανάζι και κενό.

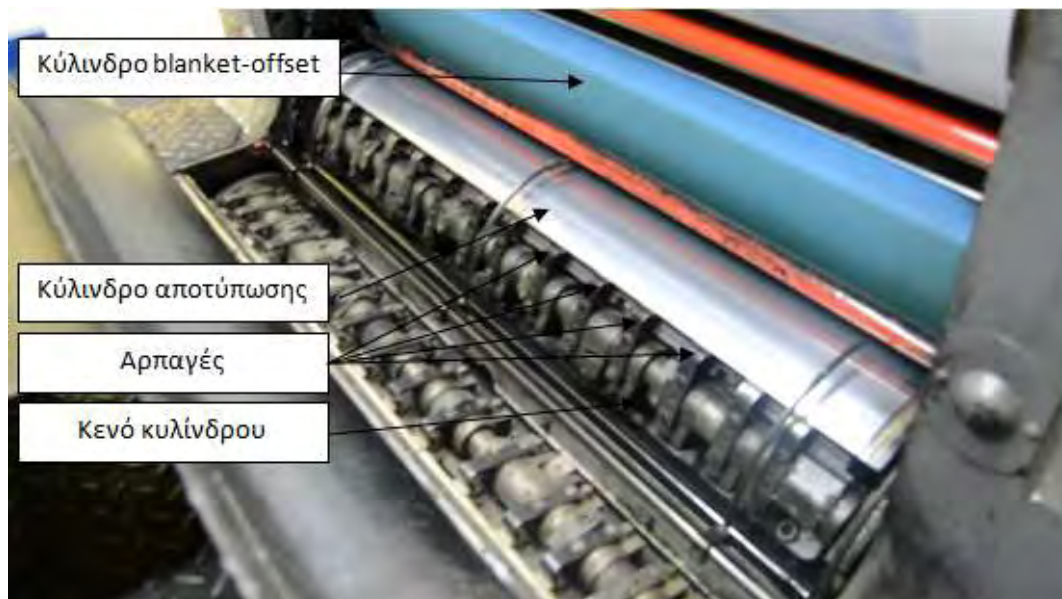


Εικόνα 10. Η μορφή του κυλίνδρου αποτύπωσης.

Στο κενό φιλοξενεί τον άξονα αρπάγης πάνω στο οποίο τοποθετούνται οι αρπάγες, που συγκρατούν το φύλλο κατά την εκτύπωση.

Οι αρπάγες κρατούν το μη εκτυπωμένο χαρτί και ο κύλινδρος γυρίζει και το πιέζει στην επιφάνεια, η οποία είναι εμποτισμένη με μελάνη του κυλίνδρου offset.

Η επιφάνεια του κυλίνδρου είναι στο ίδιο επίπεδο με το φορέα-bearers σε σχέση με τους άλλους δύο τύπους κυλίνδρων. Οι φορείς - bearers του κυλίνδρου χρησιμοποιούνται ως μέσο ευθυγράμμισης της εκτυπωτικής μονάδας, όποτε βρίσκεται σε λειτουργία.



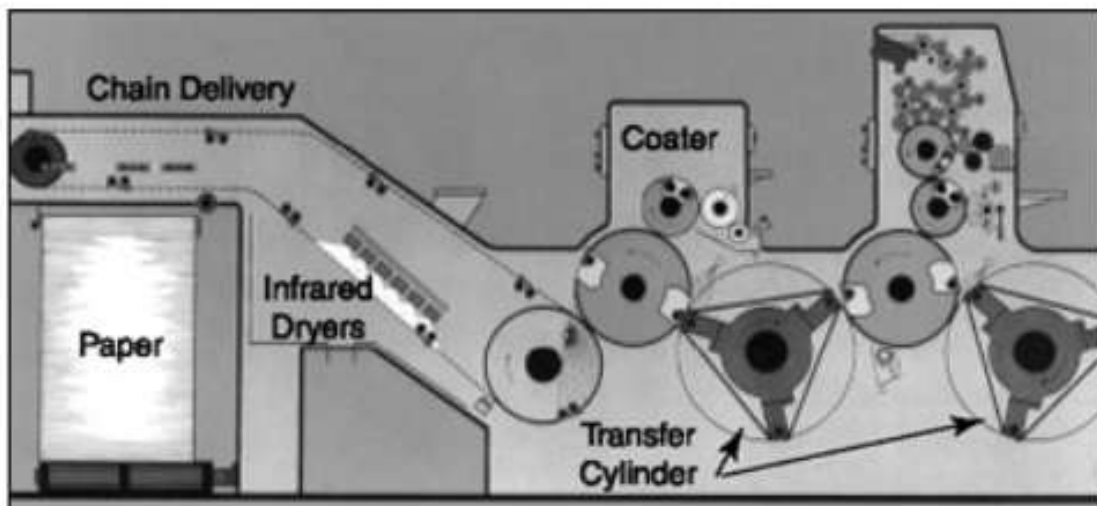
Εικόνα 11. Η εικόνα μιας μηχανής εκτύπωσης.

Υπάρχουν δύο βασικοί μηχανισμοί για την μεταβολή του διάκενου μεταξύ του κυλίνδρου αποτύπωσης και του κυλίνδρου blanket-offset, ώστε να είναι δυνατή η εκτύπωση διαφορετικών σε πάχος υλικών.

- Στον πρώτο μηχανισμό, ο κύλινδρος τοποθετείται σε ένα σύμπλεγμα έκκεντρων γραναζιών. Η μεταβολή ενός μοχλού προκαλεί τη μετατόπιση προς ή εκτός του κυλίνδρου offset-blanket.
- Στο δεύτερο μηχανισμό, η μέθοδος χρησιμοποιεί δύο σύνολα έκκεντρων γραναζιών, αλλά αυτά βρίσκονται στον κύλινδρο blanket-offset. Το εσωτερικό σύμπλεγμα ρυθμίζει την επαφή του κυλίνδρου blanket-offset με τον κύλινδρο της πλάκας εκτύπωσης κατά την οποία η διαδικασία γίνεται αυτόματα. Το εξωτερικό σύμπλεγμα μετακινεί τον κύλινδρο blanket-offset μόνο σε σχέση με τον κύλινδρο αποτύπωσης.

Μονάδα μεταφοράς

Το τμήμα παράδοσης (εικόνα 12) ξεκινά, όταν το φύλλο αφήνει τον τελικό κύλινδρο αποτύπωσης. Μεταφορείς οι οποίοι αποτελούνται από ένα σύνολο αρπαγών παραλαμβάνουν το εκτυπωμένο φύλλο και το μεταφέρουν στη παλέτα παράδοσης.



Εικόνα 12. Μονάδα μεταφοράς.

Στη φάση της μεταφοράς τα εκτυπωμένα χαρτιά γωνιάζονται και στοιβάζονται και ο χειριστής ελέγχει την ποιότητα εκτύπωσης.

Στη μονάδα μεταφοράς υπάρχουν τα ακόλουθα συστήματα:

- **Σύστημα ανακύρτωσης,**

Μια συσκευή σε κάποιες sheetfed εκτυπωτικές μηχανές βρίσκεται μεταξύ του τελευταίου κυλίνδρου αποτύπωσης και της παλέτας παράδοσης. Χρησιμοποιείται για να αφαιρέσει την κύρτωση από τα εκτυπωμένα φύλλα. Ένας τυπικός αντικυρτωτής φύλλων αποτελείται από δύο κυλίνδρους ή ημικυκλικές πλάκες πάνω από τις οποίες περνά το εκτυπωμένο φύλλο. Καθώς διέρχεται πάνω από το διάκενο αυτών των δύο κυλίνδρων (αλλά όχι μέσα από αυτό) ένα κενό τραβά προς τα κάτω το φύλλο, για την εξάλειψη τυχόν τάσεων κύρτωσης του.

- **Αρθρωτοί τροχοί**

Ένα σύνολο κινητών δίσκων, που συνδέονται με την επιφάνεια του κυλίνδρου παράδοσης, χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των τυπωμένων φύλλων από τον κύλινδρο αποτύπωσης προς τον δίσκο διανομής. Οι αρθρωτοί τροχοί μπορούν να μετακινηθούν έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν έρχονται σε επαφή με τις μη τυπωμένες περιοχές των φύλλων.

- **Κύλινδροι επιβράδυνσης,**

Οι κύλινδροι αυτοί αναρροφούν το εκτυπωμένο φύλλο με σκόπο την επιβράδυνση και τη σταθεροποίησή του, καθώς εισέρχεται στους μεταφορείς. Είναι συνήθως τοποθετημένοι ακριβώς πίσω από τον οπίσθιο οδηγό φύλλου και κάτω από την αλυσίδα διανομής.

- **Σύστημα Blow-down**

Μια σειρά οπών αέρα, ακροφύσιων ή ανεμιστήρων χρησιμοποιούνται στο τμήμα παράδοσης ως αυτόνομο σύστημα ή σε συνδυασμό με κυλίνδρους επιβράδυνσης για να επιβραδυνθεί ένα εκτυπωμένο φύλλο καθώς αφήνει τον διανομέα και εισέρχεται στη παλέτα παράδοσης. Η δύναμη του αέρα, που πνέει προς τα κάτω, κρατά το φύλλο σταθερό, καθώς είναι έτοιμο να πέσει πάνω στο σωρό.

- **Σφήνες,**

Ξύλινες ή πλαστικές χρησιμοποιούνται κατά την εκκίνηση για να κρατήσουν τακτοποιημένο ένα σωρό φύλλων. Χρησιμοποιούνται επίσης για την εξουδετέρωση της κύρτωσης των φύλλων.

- **Πλευρικοί γωνιαστές**

Είναι κινητή συσκευή, η οποία γωνιάζει το φύλλο σε ένα σωρό. Για να διασφαλιστεί το σωστό γώνιασμα της παλέτας είναι απαραίτητη η σωστή τοποθέτηση των συσκευών.

3. Η Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance ή TPM)

Ιστορικά σύμφωνα με τους Ιάπωνες επιστήμονες ήταν σημαντική η υιοθέτηση των πολιτικών της παραγωγικής συντήρησης (PM), της προληπτικής συντήρησης (MP) και της αξιοπιστίας του μηχανολογικού εξοπλισμού.

Η Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance ή TPM), είναι μια πολιτική συντήρησης, που πρωτοεμφανίστηκε στην Ιαπωνία το 1971 και σταδιακά πέρασε στις αμερικανικές και μετά στις ευρωπαϊκές βιομηχανίες, όπως δηλώνει ο Dyer⁷. Ο Nakajima⁸ βεβαιώνει ότι λειτουργεί ως σύστημα διαχείρισης, που αποβλέπει στη μείωση του αριθμού βλαβών και των ελαττωματικών προϊόντων, με την ταυτόχρονη βελτιστοποίηση λειτουργίας του εξοπλισμού, την αύξηση του ρυθμού παραγωγής και της εργατικής ασφάλειας (πίνακας 1).

Στάδιο 1	Συντήρηση σε περίπτωση βλάβης
Στάδιο 2	Προληπτική συντήρηση
Στάδιο 3	Παραγωγική συντήρηση
Στάδιο 4	TPM Ολική συντήρηση παραγωγής

Πίνακας 1. Τα στάδια εξελίξεις του TPM.

Το TPM είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα συντήρησης που χρησιμοποιεί όλο το ανθρώπινο δυναμικό του εργοστασίου από το διευθυντή παραγωγής έως τον χειριστή μηχανής. Ο Dillon⁹ αναφέρει ότι η βασική φιλοσοφία της TPM μοιάζει με τη θεωρία του ελέγχου ολικής ποιότητας (TQM), επικεντρώνεται όμως στον εξοπλισμό και όχι στα προϊόντα. Χαρακτηριστικό της μεθόδου αυτής είναι η αυτόνομη συντήρηση των εγκαταστάσεων, που συνδυάζει την ευφυΐα και τη δεξιοτεχνία των ανθρώπων με τα μηχανήματα του εργοστασίου. Ο Kotze¹⁰ αποβλέπει στην εξοικείωση των χειριστών με τον μηχανολογικό εξοπλισμό μαθαίνοντάς τους να τον εκτιμούν και να τον αισθάνονται σαν κάτι δικό τους. Έχει αποδειχθεί από μελέτες ότι το 80-90% των εργασιών συντήρησης θα πρέπει να ολοκληρώνονται από τους

⁷ 1991.

⁸ 1988.

⁹ 1997.

¹⁰ 1993.

χειριστές των μηχανών, καθώς επίσης το 75% των προβλημάτων συντήρησης θα πρέπει να προβλέπονται από τους χειριστές στο αρχικό στάδιο (δηλαδή πριν τη βλάβη), με συνεχείς ελέγχους οπτικούς, ακουστικούς και οσφρητικούς, όπως παρατήρησαν οι Maggard και Rhyne¹¹.

Στην Ελλάδα ασχολήθηκαν με το θέμα της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (Total Productive Maintenance) οι Λυμπερόπουλος και Τσαρούχας¹² σε άρθρα και μονογραφίες, στην προσπάθεια τους να αναδείξουν τη συντήρηση του εξοπλισμού των βιομηχανιών σε πρώτη γραμμή παράγοντα για τη βελτιστοποίηση της παραγωγής και την αύξηση της κερδοφορίας.

Ορισμός και διακριτικά γνωρίσματα της TPM

Η TPM μπορεί να θεωρηθεί ως η παραγωγική συντήρηση με τη συμμετοχή του συνόλου των τμημάτων της επιχείρησης. Τα στοιχεία που την απαρτίζουν είναι:

1. Η προσπάθεια αύξησης της απόδοσης των μηχανημάτων.
2. Η καθιέρωση ενός αυστηρού συστήματος PM για τον εξοπλισμό καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του.
3. Η εφαρμογή ισχύει σε όλα τα τμήματα.
4. Η πολιτική αυτή είναι καθολική από το επίπεδο παραγωγής μέχρι την ανώτερη διοίκηση.
5. Βασίζεται στην προώθηση της πολιτικής του PM μέσω της εφαρμογής των θεωριών των κινήτρων motivation management¹³.

Η λέξη «ολική» στον όρο **ολική παραγωγική συντήρηση** (πίνακας 2) έχει τρεις έννοιες, που περιγράφουν τα κύρια χαρακτηριστικά της:

1. **Ολική αποδοτικότητα** που αποδίδεται στην οικονομική απόδοση και κερδοφορία.
2. **Ολικό σύστημα συντήρησης** που συμπεριλαμβάνει την προληπτική συντήρηση και την βελτίωση της αποδοτικότητας της συντήρησης, καθώς και πρόληψη της συντήρησης.
3. **Ολική συμμετοχή όλων των εργαζομένων που** περιλαμβάνει αυτόνομη συντήρηση από τους χειριστές μέσα από τις δραστηριότητες μικρών ομάδων.

¹¹ 1992.

¹² Τσαρούχας Π., 1999 Liberopoulos G., Tsarouhas P., 2002, Liberopoulos G., Tsarouhas P., 2005, Τσαρούχας Π., Λυμπερόπουλος Γ., 2005, Τσαρούχας Π., 2005 Tsarouhas P., 2014.

¹³ Ο τύπος μάνατζμεντ που βασίζεται στην δημιουργία μικρών ομάδων δράσης.

	TPM χαρακτηριστικά	Χαρακτηριστικά παραγωγικής συντήρησης	Χαρακτηριστικά προληπτικής συντήρησης
Οικονομική αποδοτικότητα (PM)	○	○	○
Ολική συντήρηση συστήματος (MP-PM-MI)	○	○	
Αυτόνομη συντήρηση από τους χειριστές (δράση μικρών ομάδων)	○		

TPM = παραγωγική συντήρηση + δραστηριότητες μικρών ομάδων
MP = πρόληψη συντήρησης
PM = προληπτική συντήρηση
MI = βελτίωση συντηρησιμότητας

Πίνακας 2. Η σχέση μεταξύ TPM, παραγωγικής συντήρησης και προληπτικής συντήρησης.

Αξιοπιστία

Η αξιοπιστία συνδέεται άμεσα με τη συχνότητα με την οποία εμφανίζονται οι βλάβες στο υπό μελέτη σύστημα (αυτόματη γραμμή μεταφοράς) και κατ' επέκταση από τις συνέπειες που επιφέρουν στο σύστημα. Σε πολλές περιπτώσεις η λέξη «βλάβη» σημαίνει μη ικανοποιητική λειτουργία. Σε αυτές τις περιπτώσεις η διαπίστωση βλάβης εναπόκειται συνήθως στην κρίση του χειριστή ή του συντηρητή. Μπορεί, παρόλα αυτά, να υπάρχουν ορισμένες βλάβες που να οδηγούν στην πλήρη λειτουργική αστοχία του εξοπλισμού, στις οποίες δεν θα υπεισέρχεται η υποκειμενική κρίση. Ο σκοπός είναι να καταβάλλεται κάθε δυνατή προσπάθεια για να ελαττωθούν, και εφόσον είναι εφικτό να εξαλειφθούν οι αιτίες ανικανότητας των μηχανών της γραμμής παραγωγής.

Κάθε τεχνολογικό σύστημα έχει μια ορισμένη τιμή αξιοπιστίας, το κόστος της οποίας, από την πλευρά του κατασκευαστή, πριν την πώληση περιλαμβάνει το

κόστος έρευνας, ανάπτυξης, εργατικών, υλικών, μεταφορικών κ.λ.π. Το κόστος του συστήματος μετά την πώληση περιλαμβάνει γενικά το κόστος της εγκατάστασης, της ενάρξεως λειτουργίας, της εγγυήσεως, και της φήμης του κατασκευαστή. Είναι κατανοητό, ότι το κόστος πριν από την πώληση αυξάνει καθώς αυξάνει η αξιοπιστία του προϊόντος, διότι για να υπάρχει μεγαλύτερη αξιοπιστία χρειάζεται περισσότερη έρευνα, εξαρτήματα και γενικά υλικά καλύτερης ποιότητας, καλύτερες μηχανουργικές κατεργασίες, αυστηρός ποιοτικός έλεγχος κ.λ.π. Το κόστος μετά την πώληση μειώνεται καθώς αυξάνει η αξιοπιστία, διότι όσο αυξάνει η αξιοπιστία τόσο ελαττώνονται οι βλάβες, τόσο αυξάνει η λειτουργικότητα και η αποδοτικότητα, και μειώνονται οι δαπάνες εγγύησης, συντήρησης και επισκευών¹⁴.

Το κόστος ενός τεχνολογικού συστήματος για τον αγοραστή διαμορφώνεται από την αξία κτήσεως του προϊόντος και από το κόστος υποστηρίξεώς του. Το κόστος υποστηρίξεως του συστήματος διαμορφώνεται από το κόστος συντηρήσεως και αποκατάστασης των βλαβών, τις οικονομικές απώλειες από τους χρόνους ακινησίας κ.λ.π. Έτσι, το κόστος υποστηρίξεως ελαττώνεται καθώς αυξάνεται η αξιοπιστία του συστήματος, διότι, όταν η αξιοπιστία του είναι μεγάλη, παρουσιάζονται πιο λίγες βλάβες, οπότε τόσο το κόστος για την αποκατάστασή τους, όσο και οι απώλειες από τους νεκρούς χρόνους που προκαλούν, μειώνονται.

Απ' όσα αναφέρθηκαν παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι είναι συμφέρον τόσο του κατασκευαστή, όσο και του αγοραστή να παράγουν ή να αγοράζουν αντίστοιχα αξιόπιστο εξοπλισμό. Ειδικότερα, από την πλευρά του εργοστασίου, που μας ενδιαφέρει, αν ο εξοπλισμός έχει βέλτιστη αξιοπιστία, έχει γίνει ένα ουσιαστικό βήμα προς την κατεύθυνση της ελαχιστοποίησης των οικονομικών συνεπειών των βλαβών και των φθορών του.

Η συλλογή δεδομένων για τον προσδιορισμό του κατάλληλου μοντέλου αξιοπιστίας και συντηρησιμότητας, απαιτεί την συλλογή και ανάλυση δεδομένων επισκευής και βλαβών. Υπάρχουν δύο είδη προσέγγισης για την εφαρμογή της κατάλληλης κατανομής αξιοπιστίας από τα δεδομένα βλαβών. Η πρώτη μέθοδος, που είναι και η πιο συνήθης, αφορά στην εφαρμογή μιας θεωρητικής κατανομής όπως η εκθετική, η Weibull, η κανονική ή λογαριθμική κανονική κατανομή. Η δεύτερη προέρχεται απευθείας από τα δεδομένα σαν μια εμπειρική συνάρτηση αξιοπιστίας ή ρυθμού βλαβών.

¹⁴2004, 2005

Η θεωρητική κατανομή¹⁵ προτιμάται από την εμπειρική για τους ακόλουθους λόγους :

- Το εμπειρικό μοντέλο δεν μας δίνει περαιτέρω πληροφορίες πέρα από μια μικρή περιοχή των δεδομένων του δείγματος που εξετάζουμε.
- Μας ενδιαφέρει να προσδιορίσουμε την βασική πιθανοτική φύση της διαδικασίας βλάβης. Το δείγμα είναι ένα πολύ μικρό (τυχαίο), υποσύνολο του πληθυσμού των χρόνων βλάβης, εμείς θέλουμε να βρούμε την κατανομή από όπου προήλθε το δείγμα και δεν μας ενδιαφέρει άμεσα το δείγμα καθαυτό.
- Συχνά η διαδικασία βλαβών είναι αποτέλεσμα κάποιου φαινομένου με το οποίο σχετίζεται κάποια συγκεκριμένη κατανομή.
- Μικρά δείγματα μας δίνουν πολύ μικρή πληροφόρηση όσον αφορά στην διαδικασία της βλάβης. Εν τούτοις εάν το δείγμα συμπίπτει με μία θεωρητική κατανομή τότε μπορούμε να αποκομίσουμε πολύ ισχυρότερα αποτελέσματα βασιζόμενοι στις ιδιότητες της θεωρητικής κατανομής.

Το επόμενο βήμα είναι ο προσδιορισμός της υποψήφιας κατανομής από την ανάλυση των δεδομένων. Σε αυτή τη φάση είναι χρήσιμο να υπολογίσουμε και να σχεδιάσουμε το γράφημα (ιστόγραμμα) της εμπειρικής συνάρτησης ρυθμού βλαβών. Από το γράφημα είναι δυνατόν να καθορίσουμε εάν ο ρυθμός βλαβών είναι φθίνων, αύξων ή σταθερός. Σταθερός ρυθμός βλαβών μας οδηγεί στην χρήση εκθετικής κατανομής, φθίνων ρυθμός βλαβών επιτρέπει την χρήση Weibull κατανομής. Αύξων ρυθμός βλαβών υπονοεί είτε την Weibull, είτε την κανονική ή την λογαριθμική κανονική κατανομή.

Μία αυτόματη γραμμή μεταφοράς είναι ένας συνδυασμός μηχανημάτων που ολοκληρώνονται μέσα από ένα πολύπλοκο αυτόματο υπολογιστικό σύστημα. Κάθε μηχανήμα ή σταθμός εργασίας είναι και αυτός με την σειρά του συνδυασμός πολλών εξαρτημάτων όπου το καθένα είναι εξίσου πολύπλοκο και αποτελείται από πολλά ανόμοια και αλληλεξαρτημένα υποεξαρτήματα. Μια τυπική γραμμή παραγωγής αυτού του είδους μπορεί να απαρτίζεται, εκτός από τα μηχανικά μέρη, από ηλεκτρολογικά, ηλεκτρονικά, υδραυλικά, λογισμικό πρόγραμμα καθώς και τον

¹⁵ Τσαρούχας – Λυμπερόπουλος 2005, 363.

ανθρώπινο παράγοντα. Κάθε ένα από αυτά τα μέρη έχει και διαφορετική κατανομή βλαβών¹⁶.

Πολιτικές Συντήρησης

Το έργο της συντήρησης είναι η υποστήριξη του σκοπού κάθε επιχείρησης να παράγει προϊόντα που να ικανοποιούν τις ανθρώπινες ανάγκες με το μικρότερο δυνατό κόστος και την καλύτερη ποιότητα. Επίσης το αντικείμενο της εργασίας της συντήρησης διαφέρει από βιομηχανία σε βιομηχανία και εξαρτάται από το μέγεθος του εργοστασίου, το είδος της βιομηχανίας, την πολιτική της εταιρίας, το ωράριο εργασίας, την προϊστορία της λειτουργίας του εργοστασίου. Όσο αξιόπιστο και να είναι το τεχνολογικό σύστημα θα υπάρξει, χωρίς αμφιβολία, κάποια χρονική στιγμή που το σύστημα θα πάθει βλάβη. Οι βλάβες αυτές θα προκαλέσουν την ακινησία του με τις ανάλογες οικονομικές συνέπειες¹⁷.

Το κόστος ακινησίας, δηλαδή οι οικονομικές συνέπειες που δημιουργούνται από το γεγονός ότι το σύστημα δεν λειτουργεί, εξαρτάται κυρίως από την διάρκεια του χρόνου που αυτό δεν λειτουργεί. Έτσι για να μειώσουμε το μέσο χρόνο ακινησίας ανά χρονική περίοδο, θα πρέπει να μειώσουμε το μέσο ρυθμό βλαβών. Τούτο μπορεί να πραγματοποιηθεί εφαρμόζοντας την κατάλληλη πολιτική συντήρησης.

Οι τρεις βασικοί τύποι πολιτικών συντήρησης, που εξετάζουμε στην αυτόματη γραμμή μεταφοράς, είναι οι ακόλουθοι:

1. **Διορθωτική Συντήρηση (απρογραμματίστη):** Αφορά αποκατάσταση μιας βλάβης που κατά κανόνα εμφανίστηκε αιφνίδια. Σκοπός της είναι να θεραπεύσει την εμφανισθείσα ανωμαλία.
2. **Προληπτική Συντήρηση (προγραμματισμένη):** Περιλαμβάνει περιοδικές επιθεωρήσεις του μηχανολογικού εξοπλισμού με σκοπό την διάγνωση, πρόβλεψη καταστάσεων και συνθηκών που είναι δυνατό να προκαλέσουν φθορά των μηχανημάτων. Η προληπτική συντήρηση διακρίνεται σε :
 - i. Προγραμματισμένη προληπτική συντήρηση, που στηρίζεται σε μια λεπτομερειακή περιγραφή περιοδικών ελέγχων και επεμβάσεων που σκοπό έχουν την αντικατάσταση ή αποκατάσταση της λειτουργίας εξαρτημάτων ή

¹⁶ Liberopoulos – Tsarouhas 2002.

¹⁷ Τσαρούχας – Λυμπερόπουλος 2005, 5-6.

μηχανημάτων. Κύριο χαρακτηριστικό της προληπτικής συντήρησης είναι ότι εκτελείται σε σταθερά χρονικά διαστήματα.

- ii. Οριακή συντήρηση, που εκτελείται κατά περίπτωση μόνο όταν παρουσιαστούν ανησυχητικές ενδείξεις υποψίας βλάβης, οπότε καθίσταται αναγκαία η συντήρηση του εξοπλισμού.
 - iii. Προγνωστική ή/και προβλεπτική συντήρηση, που στηρίζεται σε μια ουσιαστική εκτίμηση της πραγματικής κατάστασης του εξοπλισμού και στοχεύει στη σταδιακή μετατόπιση των εργασιών συντήρησης από εργασίες αποκατάστασης – επισκευής βλαβών σε διαδικασίες πρόληψης – πρόβλεψης.
3. **Επιβελτιωτική συντήρηση**, είναι ο τύπος της συντήρησης που δεν είναι στην ευθύνη του χρήστη αλλά προϋποθέτει την ενεργό συμμετοχή του. Συλλέγονται πληροφορίες από την συμπεριφορά του μηχανήματος, σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του και συγκεκριμενοποιούνται σε τεχνικές βελτιώσεις συνήθως από την κατασκευάστρια εταιρία.

Μια πραγματική πολιτική συντήρησης είναι συνήθως ένας συνδυασμός των προαναφερθέντων τύπων συντήρησης. Χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε την πολιτική διορθωτικής συντήρησης όπου η γραμμή παραγωγής σταματάει για να επισκευαστεί η συγκεκριμένη βλάβη όσο το δυνατόν συντομότερα, επαναφέροντας τον εξοπλισμό στην αρχική κατάσταση λειτουργίας. Στην πολιτική συντήρησης "χρήση της αποτυχίας", η γραμμή παραγωγής λειτουργεί μέχρι να υποστεί βλάβη. Όταν εμφανιστεί μία βλάβη, η βλάβη αυτή επιδιορθώνεται, ενώ παράλληλα γίνεται και προληπτική συντήρηση στον υπόλοιπο εξοπλισμό της γραμμής. Στην πολιτική "προληπτικής συντήρησης" μπορεί να γίνεται συντήρηση περιοδικά κάθε 15 ημέρες, 21 ημέρες, 30 ημέρες κλπ. Δηλαδή ανάλογα με την αξιοπιστία και τις ανάγκες του εξοπλισμού (σε βλάβες) θα πρέπει να γίνει η χρήση της κατάλληλης πολιτικής συντήρησης προκειμένου να έχουμε την καλύτερη λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού.

Μεθοδολογία συνδυασμού αξιοπιστίας, συντήρησης, παραγωγής και ποιότητας

Στη βιομηχανία εκτυπώσεων, η διαδικασία παραγωγής απαιτεί την απρόσκοπτη λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού. Μία βλάβη σε μια από τις υπό-μηχανές, πέρα από την μείωση της παραγωγής, μπορεί να επιφέρει και ποιοτικά προβλήματα στα παραγόμενα προϊόντα. Στην συνέχεια αναπτύσσουμε μία

μεθοδολογία για την άμεση αντιμετώπιση του προβλήματος, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα και καλύτερες συνθήκες ασφάλειας και υγείας στο χώρο εργασίας.

Η όλη διαδικασία της μεθοδολογίας θα χωριστεί για λόγους καλύτερης ανάλυσής του, σε τέσσερα στάδια, τα οποία έχουν ως εξής:

Στάδιο 1: Συλλογή Δεδομένων, χρονομέτρηση και καταγραφή των χρόνων.

Στη γραμμή παραγωγής θα πρέπει να γίνει λεπτομερής καταγραφή, από τα αρχεία συντήρησης της εταιρίας (εάν υπάρχουν καταγεγραμμένα), βλαβών, επισκευής και νεκρών χρόνων προκειμένου να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων. Από αυτά τα στοιχεία, με την βοήθεια των μαθηματικών μοντέλων του Ebeling¹⁸ και Bain¹⁹, θα έχουμε την αξιοπιστία για κάθε μηχανήμα και κάθε σταθμό εργασίας της γραμμής παραγωγής. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν τα πιο πάνω δεδομένα, τότε πρέπει να ξεκινήσει άμεσα η διαδικασία καταγραφής δεδομένων, προκειμένου να δημιουργηθεί μια στοιχειώδης βάση δεδομένων και θα εφαρμόσουμε την ίδια πολιτική που περιγράψαμε πιο πάνω.

Στη συνέχεια θα πρέπει να καταγραφούν όλες οι συνιστώσες που συνθέτουν το σύστημα παραγωγής - συντήρησης, από την πρώτη μέχρι την τελευταία μηχανή της γραμμής παραγωγής.

Η πιο πάνω διαδικασία θα μας βοηθήσει να εντοπίσουμε τα αδύνατα σημεία της γραμμής παραγωγής. Σαν "αδύνατα" σημεία θεωρούμε τα σημεία αυτά που αποτελούν πηγές προβλημάτων και εμποδίζουν την ομαλή λειτουργία της γραμμής.

Επίσης, θα πρέπει να γίνει χρονομέτρηση και καταγραφή των απωλειών χρόνου που παρατηρούνται κατά την παραγωγική διαδικασία. Στις εργασίες που θα γίνουν περιλαμβάνονται τα ακόλουθα:

- Καθορισμός των λειτουργιών - στοιχείων εργασίας των οποίων θα μετρηθεί ο πρότυπος χρόνος.
- Σχεδιασμός της μεθόδου εκτέλεσης (επιλογή μεταξύ στιγμιαίων παρατηρήσεων ή άμεσης χρονομέτρησης).
- Εκτέλεση των χρονομετρήσεων.
- Έκδοση πρότυπων χρόνων ανά μηχανήμα ή σταθμό εργασίας στη γραμμή παραγωγής.
- Στο σημείο αυτό θα υπολογιστούν για κάθε μηχανή και κάθε προϊόν που παράγεται στη μηχανή, οι παρακάτω χρόνοι:

¹⁸ 1997.

¹⁹ 1991.

- Χρόνος start - up (έναρξη παραγωγής μέχρι και σταθεροποίηση)
- Χρόνος set -up (αλλαγή προϊόντος στη γραμμή παραγωγής και ρυθμίσεις μέχρι την ομαλή ροή λειτουργίας).
- Χρόνος επεξεργασίας προϊόντος.

Επίσης, θα καταγραφούν:

- ✓ Ο νεκρός χρόνος λόγω βλαβών (downtime).
- ✓ Η ταχύτητα λειτουργίας της μηχανής (πραγματική) και θα συγκριθεί με αυτή που δίνει ο κατασκευαστής.
- ✓ Ο αριθμός προϊόντων που απαιτούν επανεργασία (rework) και των άχρηστων προϊόντων (scrap).
- ✓ Ο χαμένος χρόνος από τα μικρά σταματήματα των μηχανών (π.χ λόγω φρακαρίσματος φύλλων) που διορθώνονται άμεσα και εύκολα.

Τα παραπάνω καταγράφονται σε συνεργασία με τους χειριστές αφού προηγουμένως:

- Έχουν σχεδιαστεί τα κατάλληλα έντυπα για να καταγράφονται οι χρόνοι και τα στοιχεία που απαιτούνται.
- Έχουν ενημερωθεί και εκπαιδευθεί για την ορολογία που χρησιμοποιείται και τη σημασία της ακρίβειας των μετρήσεων.

Στάδιο 2: Ανάπτυξη προγράμματος εκπαίδευσης και υπολογισμός δεικτών απόδοσης.

Η εκπαίδευση του προσωπικού είναι από τις βασικές αιτίες επιτυχίας στην εγκατάσταση, εφαρμογή και εξέλιξη του έργου. Η εκπαίδευση θα ήταν ελλιπής και ουσιαστικά ανεπαρκής, αν δεν περιελάμβανε εργαλεία δουλειάς και καθοδήγηση στις νέες απαιτήσεις που θα θέσουμε. Οι απαιτήσεις αυτές πρέπει να γίνουν κατανοητές και να εμπεδωθούν πλήρως, αφού θα αποτελέσουν καθημερινό καθήκον του προσωπικού που εμπλέκεται.

Μετά την μέτρηση χρόνων για καθορισμένο χρονικό διάστημα, που θα καλύψει όλα τα προϊόντα στη γραμμή παραγωγής, θα υπολογιστούν οι παρακάτω δείκτες απόδοσης²⁰:

- Δείκτης Παραγωγικότητας **P** (Productivity efficiency)
- Δείκτης Ποιότητας **Q** (Quality rate)
- Δείκτης Διαθεσιμότητας **A** (Availability)

²⁰ Nakajima 1989.

- Συνολικός δείκτης Απόδοσης Εξοπλισμού **OEE** (**O**verall **E**quipment **E**ffectiveness)

Στον υπολογισμό της συνολικής αποτελεσματικότητας ενός εργοστασίου συμβάλουν τα τρία μεγάλα τμήματά του: η παραγωγή, η συντήρηση και η διασφάλιση ποιότητας. Η συμμετοχή του καθενός από αυτά έχει ποσοτικοποιηθεί και έχει εκφραστεί στους δείκτες που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Ο τρόπος υπολογισμού της αποτελεσματικής χρήσης

Αρχικά πρέπει να εξεταστούν οι μεταβλητές με τις οποίες ποσοτικοποιείται η αποτελεσματική χρήση. Αρχικά θα εξεταστεί:

Η διαθεσιμότητα

Το ποσοστό λειτουργίας ορίζεται σε μια αναλογία του χρόνου λειτουργίας με το χρόνο φόρτωσης, με εξαίρεση τα διαστήματα διακοπής. Ο μαθηματικός τύπος είναι:

$$\begin{aligned} \text{Διαθεσιμότητα} &= \frac{\text{χρόνος λειτουργίας}}{\text{χρόνος φόρτωσης}} \\ &= \frac{\text{χρόνος φόρτωσης} - \text{διαστημά διακοπής}}{\text{χρόνος φόρτωσης}} \end{aligned}$$

Στην περίπτωση του *χρόνου φόρτωσης*, αυτός υπολογίζεται από την αφαίρεση της προγραμματισμένης διακοπής λειτουργίας από το συνολικό διαθέσιμο χρόνο ανά συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Το προγραμματισμένο *διάστημα διακοπής* αναφέρεται στο συνολικό χρόνο κατά τον οποίο είναι προγραμματισμένη η διακοπή της λειτουργίας όπου εμπεριέχονται ο χρόνος συντήρησης και η διοικητική ενημέρωση.

Αποδοτικότητα

Είναι το γινόμενο της τιμής της ταχύτητας λειτουργίας και το καθαρό ποσοστό λειτουργίας. Το *ποσοστό της ταχύτητας λειτουργίας* του εξοπλισμού αναφέρεται στη διαφορά μεταξύ της ιδανικής ταχύτητας και της πραγματικής ταχύτητας λειτουργίας. Ο μαθηματικός τύπος είναι:

$$\text{Ποσοστό ταχύτητας λειτουργίας} = \frac{\text{Θεωρητικός χρόνος κύκλου}}{\text{πραγματικός χρόνος κύκλου}}$$

Το *καθαρό ποσοστό λειτουργίας* μετρά τη διατήρηση μιας συγκεκριμένης ταχύτητας σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Το ποσοστό αυτό δεν μπορεί να μας πει, όμως, αν η πραγματική ταχύτητα είναι πιο γρήγορη ή πιο αργή από τη πρότυπη ταχύτητα. Υπολογίζει τις ζημίες που προκύπτουν από μικρού χρόνου ταχύτητες, καταγράφονται οι στάσεις, καθώς και εκείνες που δεν καταγράφονται στα ημερολόγια, όπως τα μικρά προβλήματα και οι προσαρμοστικές απώλειες:

$$\begin{aligned} \text{Καθαρό ποσοστό λειτουργίας} &= \frac{\text{Πραγματικός χρόνος επεξεργασίας}}{\text{Χρόνος επεξεργασίας}} \\ &= \frac{\text{Επεξεργασμένη ποσότητα} \cdot \text{Πραγματικός χρόνου κύκλου}}{\text{Χρόνος επεξεργασίας}} \end{aligned}$$

Τέλος, η *αποδοτικότητα* υπολογίζεται:

$$\begin{aligned} \text{Αποδοτικότητα} \\ &= \text{Πραγματικός χρόνος επεξεργασίας} \\ &\cdot \text{Ποσοστό ταχύτητας λειτουργίας} \end{aligned}$$

Για να ελεγχθεί η συνολική αποδοτικότητα του εξοπλισμού χρησιμοποιείται ο τύπος (OEE):

$$\begin{aligned} \text{Συνολική Αποδοτικότητα του εξοπλισμού} \\ &= \text{Διαθεσιμότητα} \cdot \text{Αποδοτικότητα} \\ &\cdot \text{Ποσοστό των ποιοτικών προϊόντων} \end{aligned}$$

Στάδιο 3: μελέτη μεθόδων για ελαχιστοποίηση των απωλειών χρόνου.

Στη γραμμή παραγωγής πλέον ο μελετητής θα επικεντρωθεί στις βελτιώσεις που είναι δυνατόν να επιτευχθούν. Στο στάδιο τούτο θα απαντηθούν ερωτήματα όπως:

- Είναι δυνατή η μείωση του χρόνου εκτέλεσης εργασιών, ρύθμισης και καθαρισμού του εξοπλισμού;
- Ποιοι τρόποι βελτίωσης του προγραμματισμού της συντήρησης των μηχανών είναι οι καλύτεροι έτσι ώστε η παραγωγή προϊόντων και η ποιότητά τους να διασφαλίζονται;
- Τι κέρδος αναμένεται από την καλύτερη εκμετάλλευση των μηχανών;

- Πόσο εύκολος θα είναι πλέον ο ποιοτικός έλεγχος;

Πιο συγκεκριμένα θα γίνουν:

Εφαρμογή μεθόδων για το καθορισμό προγράμματος δράσης εξισορρόπησης των χρόνων και μείωση των απωλειών λόγω βλάβης του εξοπλισμού. Παραχώρηση αρμοδιοτήτων ρύθμισης και συντηρήσεως στους χειριστές που θα γίνουν ταυτόχρονα ελεγκτές και μικροσυντηρητές. Εφαρμογή πολιτικών συντήρησης, προληπτικής αντικατάστασης και περιοδικού ελέγχου για αύξηση της αξιοπιστίας των μηχανών. Εκπαίδευση των χειριστών με βάση τα αποτελέσματα των παραπάνω ενεργειών.

Στάδιο 4: εκτίμηση της άποψης του προσωπικού για τα αποτελέσματα της μελέτης.

Κατόπιν, πρέπει να συγκριθούν οι ενδείξεις των δεικτών απόδοσης με την άποψη των ανθρώπων που εμπλέκονται με την μεθοδολογία. Δηλαδή με τους χειριστές των μηχανών, τους εργοδηγούς, τους συντηρητές, τους προϊσταμένους παραγωγής ποιοτικού ελέγχου και συντήρησης. Με τον τρόπο αυτό θα έχουμε και έναν εσωτερικό δείκτη απόδοσης, μια αυτοαξιολόγηση της δουλειάς που έγινε. Με βάση την εμπειρία που θα έχει αποκτηθεί και με τη χρήση των αποτελεσμάτων της «νέας» πολιτικής συντήρησης θα ορισθούν νέες τιμές-στόχοι για τους δείκτες απόδοσης.

Στη συνέχεια θα εφαρμοστεί πάλι η διαδικασία μέτρησης χρόνων και επανυπολογισμού των δεικτών απόδοσης. Το ενδιαφέρον είναι ότι το προσωπικό θα κληθεί να φτάσει στόχους που το ίδιο θα έχει θέσει.

Τελικά, θα αξιολογηθεί συνολικά η όλη προσπάθεια και θα κερδηθεί σημαντική εμπειρία για τους τρόπους με τους οποίους πραγματοποιήθηκαν αυτά που έγιναν η οποία θα χρησιμοποιηθεί για να γίνουν στο μέλλον καλύτερα και αποδοτικότερα.

4. Είδη βλαβών σε εκτυπωτικές μηχανές. Εφαρμογή.

Η μεθοδολογία εφαρμόζεται σε γραμμή παραγωγής που αποτελείται από δύο εκτυπωτικές μηχανές offset, οι οποίες είναι αντιπροσωπευτικές των αυτόματων γραμμών παραγωγής. Αρχικά, έγινε η ανάλυση δεδομένων για χρονικό διάστημα τριών ετών (2012-2014) από τα ημερολόγια παραγωγής της εταιρίας.

Η πολιτική συντήρησης η οποία υιοθετείται και εφαρμόζεται μέχρι σήμερα, προκειμένου να αυξηθεί η Αξιοπιστία και η Διαθεσιμότητα της γραμμής είναι προγραμματισμένη συντήρηση κάθε εβδομάδα. Στην τελευταία αξιολογούνται κάποια σοβαρά προβλήματα που έχουν παρατηρηθεί κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας και επισκευάζονται στο πρώτο κενό της παραγωγής. Επιπλέον, γίνεται και διορθωτική συντήρηση κάθε φορά που υπάρχει βλάβη κατά την διάρκεια της παραγωγής.

Η εκτύπωση είναι μια σύνθετη διαδικασία και η διαδικασία παραγωγής οφείλει να εξελίσσεται ομαλά χωρίς διακοπές από βλάβες. Κάθε σταμάτημα της διαδικασίας συνεπάγεται απώλεια φύλλων και καταστροφή των αναλωσίμων εκτύπωσης, μέχρι να ομαλοποιηθεί η ροή της. Επειδή η παραγωγική διαδικασία των εκτυπώσεων είναι σχεδόν η ίδια για όλα τα προϊόντα, με τη χρήση των ίδιων μηχανών, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι και η Αξιοπιστία της γραμμής παραγωγής για κάθε προϊόν είναι σχεδόν η ίδια.

Παρουσίαση του εξοπλισμού

Οι εκτυπωτικές μηχανές που θα μελετηθούν είναι:

- Μηχανή Man-Roland 700 (dim. 100x70) 5-colors + varnish unit + UV.
- Μηχανή Man-Roland 900 (dim. 140x100) 5-colors + varnish unit + UV (2014).



Εικόνα 12. Μηχανή Man-Roland 900.

Οι μηχανές έχουν, εκτός από το σύστημα που απεικονίζεται, μονάδα ψύξης και σύστημα με λάμπες UV για την ικανότητα προσθήκης βερνικιού UV. Το ψυγείο είναι τοποθετημένο πλευρικά της μηχανής με σκοπό να παρέχει το διάλυμα νερού στη σωστή θερμοκρασία, ώστε να διασφαλίζεται η ποιότητα εκτύπωσης. Οι λάμπες είναι τέσσερις και είναι τοποθετημένες οι τρεις σε σειρά στην μηχανή παράδοσης και μια, η οποία ορίζεται ως ενδιάμεση λάμπα, τοποθετείται στο τέλος των μηχανών εκτύπωσης.

Κάθε μηχανή για να εκτυπώσει απαιτεί την παρουσία δύο ατόμων α) του εκτυπωτή και β) του βοηθού εκτύπωσης. Ο εκτυπωτής είναι υπεύθυνος για την διασφάλιση της ποιότητας κατά την εκτύπωση, ενώ ο βοηθός εξασφαλίζει τη συνέχεια της ροής των φύλλων και την απαιτούμενη ποσότητα μελάνης, που πρέπει να βρίσκεται εντός των μελανείων, όπως και τα άλλα υγρά εκτύπωσης.

Δεν υπάρχουν διαφορές στη λειτουργία των δύο συγκεκριμένων μηχανών με αποτέλεσμα, όταν το πρόγραμμα της μιας μηχανής είναι μεγαλύτερο, οι χειριστές μπορούν να κατανέμονται ανάλογα.

Για το χρονικό διάστημα που μας ενδιαφέρει, και οι δύο μηχανές δουλεύουν τρεις οχτάωρες βάρδιες με παύσεις κατά τη διάρκεια του Σαββατοκύριακου πλην ελαχίστων εξαιρέσεων..

Η πρώτη βάρδια της εβδομάδας ξεκινάει το πρωί της Δευτέρας και κάνει την προβλεπόμενη συντήρηση το Σάββατο. Ο στόχος της προβλεπόμενης συντήρησης είναι η εξασφάλιση καλών συνθηκών λειτουργίας, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν βλάβες κατά τη διάρκεια της παραγωγής και θέματα ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων.

Το Σάββατο κατά την προβλεπόμενη συντήρηση γίνεται:

- ✓ **Καθαρισμός των μελανείων.**
- ✓ **Καθαρισμός των κυλίνδρων αποτύπωσης.**
- ✓ **Καθαρισμός των κυλίνδρων blanket-offset.**
- ✓ **Καθαρισμός των αποξεστών μελανιού.**
- ✓ **Καθαρισμός και αλλαγή νερού του ψυγείου.**
- ✓ **Καθαρισμός μαχαιριού του βερνικιού.**

Παρόλα αυτά, αυτού του είδους οι μηχανές, όταν λειτουργούν με υψηλούς ρυθμούς παραγωγής, είναι φυσικό να παρουσιάζουν φθορές και βλάβες.

Στη συνέχεια στον ΠΙΝΑΚΑ 3 παρουσιάζεται η κωδικοποίηση των συστημάτων που απαρτίζουν τις εκτυπωτικές μηχανές και στον ΠΙΝΑΚΑ 4 η κωδικοποίηση των βλαβών, που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ		
Τμήμα εκτυπώσεων	WS 1	
Εκτυπωτικές μηχανές	WS 1 M 1.1	MAN-ROLAND 700
	WS 1 M 1.2	MAN-ROLAND 900
Υπο-μηχανές	WS 1 M 1.1 SM 1.1.1	Μηχανή τροφοδοσίας
	WS 1 M 1.1 SM 1.1.2	Μηχανή εκτύπωσης 1
	WS 1 M 1.1 SM 1.1.3	Μηχανή εκτύπωσης 2
	WS 1 M 1.1 SM 1.1.4	Μηχανή εκτύπωσης 3
	WS 1 M 1.1 SM 1.1.5	Μηχανή εκτύπωσης 4
	WS 1 M 1.1 SM 1.1.6	Μηχανή εκτύπωσης 5
	WS 1 M 1.1 SM 1.1.7	Μονάδα Βερνικιού
	WS 1 M 1.1 SM 1.1.8	Σύστημα με λάμπες UV
	WS 1 M 1.1 SM 1.1.9	Μηχανή εξαγωγής φύλλων
	WS 1 M 1.1 SM 1.1.10	Σύστημα ψύξης
	WS 1 M 1.1 SM 1.1.11	Κομπρεσέρ αέρα
	WS 1 M 1.2 SM 1.2.1	Μηχανή τροφοδοσίας
	WS 1 M 1.2 SM 1.2.2	Μηχανή εκτύπωσης 1
	WS 1 M 1.2 SM 1.2.3	Μηχανή εκτύπωσης 2
	WS 1 M 1.2 SM 1.2.4	Μηχανή εκτύπωσης 3
	WS 1 M 1.2 SM 1.2.5	Μηχανή εκτύπωσης 4
	WS 1 M 1.2 SM 1.2.6	Μηχανή εκτύπωσης 5
	WS 1 M 1.2 SM 1.2.7	Μονάδα Βερνικιού
	WS 1 M 1.2 SM 1.2.8	Σύστημα με λάμπες UV
	WS 1 M 1.2 SM 1.2.9	Μηχανή εξαγωγής φύλλων
	WS 1 M 1.2 SM 1.2.10	Σύστημα ψύξης
	WS 1 M 1.2 SM 1.2.11	Κομπρεσέρ αέρα
Εξωτερικοί παράγοντες	WS 2 M 2.1	Παροχή νερού
	WS 2 M 2.1	Ηλεκτρική ενέργεια

Πίνακας 3. Κωδικοποίηση συστημάτων μηχανών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΒΛΑΒΩΝ

Failure mode	Περιγραφή
F.1.J.K.1	ΚΑΨΙΜΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
F.1.J.K.2	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ
F.1.J.K.3	ΣΩΛΗΝΑΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΚΟΜΜΕΝΟΣ
F.1.J.K.4	ΣΒΗΣΙΜΟΛΑΜΠΙΑΣ UV (ΥΠΑΡΧΟΥΝ 4 UV ΛΑΜΠΕΣ)
F.1.J.K.5	ΔΕΝ ΠΛΕΝΕΙ ΣΩΣΤΑ Η ΜΗΧΑΝΗ
F.1.J.K.6	ΠΗΡΕ ΦΥΛΛΟ Η ΜΗΧΑΝΗ
F.1.J.K.7	ΜΟΝΤΑΖ (ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΩΡΑ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ)
F.1.J.K.8	ΤΣΙΓΚΟΣ (ΓΟΜΑ, ΧΤΥΠΗΜΑ)
F.1.J.K.9	ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΟΥΤΣΟΥΚ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ
F.1.J.K.10	ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΠΙΕΣΗΣ
F.1.J.K.11	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΟΥΤΣΟΥΚ ΒΕΡΝΙΚΙΟΥ
F.1.J.K.12	ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΛΑΜΠΙΑΣ UV
F.1.J.K.13	ΝΕΟΙ ΤΣΙΓΚΟΙ ΑΛΛΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ
F.1.J.K.14	ΒΟΥΛΩΣΕ Η ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΒΕΡΝΙΚΙΟΥ
F.1.J.K.15	ΑΛΛΑΓΗ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΒΕΡΝΙΚΙΟΥ
F.1.J.K.16	ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ
F.1.J.K.17	ΧΑΛΑΣΜΕΝΟ ΜΕΛΑΝΙ
F.1.J.K.18	ΔΕΝ ΣΤΕΓΝΩΝΕΙ Η ΜΗΧΑΝΗ
F.1.J.K.19	ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΝΕΡΟΥ (ΚΟΜΜΕΝΗ Ή ΒΟΥΛΩΜΕΝΗ)
F.1.J.K.20	ΡΥΘΜΙΣΗ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ
F.1.J.K.21	ΑΛΛΑΓΗ ΜΑΧΑΙΡΙΟΥ ΣΤΟ ΒΕΡΝΙΚΙ
F.1.J.K.22	ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΑΕΡΑ

F.1.J.K.23	ΑΛΛΑΓΗ ΑΝΤΛΙΑΣ ΒΕΡΝΙΚΙΟΥ
F.1.J.K.24	ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΜΕΛΑΝΙΟΥ
F.1.J.K.25	ΒΛΑΒΗ ΣΤΟ ΜΟΤΕΡ ΣΚΟΝΗΣ
F.1.J.K.26	ΔΙΑΚΟΠΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ
F.1.J.K.27	ΒΛΑΒΗ ΤΡΟΜΠΙΑΣ ΝΕΡΟΥ
F.1.J.K.28	ΒΛΑΒΗ ΛΑΜΠΙΑΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ
F.1.J.K.29	ΒΛΑΒΗ ΦΩΤΟΚΥΤΤΑΡΟΥ ΜΙΚΡΟ ΜΕΓΑΛΟ ΣΧΗΜΑ (ΕΙΣΑΓΩΓΗ)
F.1.J.K.30	ΒΛΑΒΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΠΑΤΑΡΙΟΥ
F.1.J.K.31	ΒΛΑΒΗ ΜΟΤΕΡ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ ΝΕΡΟΥ
F.1.J.K.32	ΕΠΕΣΑΝ ΜΕΛΑΝΙΑ ΣΤΗ ΜΗΧΑΝΗ
F.1.J.K.33	ΠΡΟΒΛΗΜΑ INVERTER (LUST)
F.1.J.K.34	ΧΑΛΑΣΜΕΝΟ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
F.1.J.K.35	ΔΕΝ ΣΤΡΩΝΟΥΝ ΤΑ ΦΥΛΛΑ ΣΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ (ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΦΙΛΤΡΩΝ ΚΑΙ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ)
F.1.J.K.36	ΒΟΥΛΩΜΕΝΕΣ ΣΧΙΣΜΕΣ ΑΕΡΟΚΑΖΑΝΑ
F.1.J.K.37	ΒΓΗΚΕ Ο ΤΣΙΓΚΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΛΕΜΑ - ΑΡΠΑΓΗ
F.1.J.K.38	ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΟ ΣΤΕΓΝΩΤΗΡΙΟ
F.1.J.K.39	ΠΡΟΒΛΗΜΑ PINS ΤΣΙΓΚΩΝ
F.1.J.K.40	ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΦΛΟΓΕΡΑΣ
F.1.J.K.41	ΔΕΝ ΓΙΝΕΤΑΙ ΡΥΘΜΙΣΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗΣ
F.1.J.K.42	ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΟ ΠΟΔΑΡΑΚΙ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ
F.1.J.K.43	ΔΕΝ ΠΛΕΝΟΥΝ ΣΩΣΤΑ ΟΙ ΜΗΧΑΝΕΣ (ΡΥΘΜΙΣΗ ΞΥΣΤΡΩΝ)
F.1.J.K.44	ΔΕΝ ΤΡΑΒΟΥΣΕ Η ΓΩΝΙΑ
F.1.J.K.45	ΔΙΑΡΟΗ ΑΕΡΑ ΑΕΡΟΘΑΛΑΜΟΥ
F.1.J.K.46	ΒΛΑΒΗ ΣΤΟ NON-ΣΤΟΠ

F.1.J.K.47	ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΛΕΙΝΕΙ ΤΟ ΨΥΓΕΙΟ
F.1.J.K.48	ΜΟΤΕΡ ΑΛΛΑΓΗ ΠΑΧΟΥΣ ΜΗΧΑΝΗΣ
F.1.J.K.49	ΜΟΤΕΡ ΔΕΞΙΟΥ ΣΤΟΠ ΕΞΑΓΩΓΗΣ
F.1.J.K.50	ΜΟΤΕΡ ΑΡΠΑΓΕΣ

Πίνακας 4. Κωδικοποίηση βλαβών.

Οι πιο συνήθεις βλάβες που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, για κάθε μηχανή παρουσιάζονται στον πίνακα 5:

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. ΜΕΓΕΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΒΛΑΒΩΝ			
700		900	
Βλάβες	Δείγμα	Βλάβες	Δείγμα
1	4	1	4
2	4	2	10
4	1	3	3
6	10	4	20
7	9	5	10
8	19	6	17
9	88	7	12
11	136	8	2
13	20	9	20
14	10	10	3
15	2	11	39
16	5	12	2
20	25	13	4
21	47	14	12
23	8	15	14
26	11	16	13
27	1	17	3
28	1	19	9

30	9	20	6
31	1	21	8
33	6	22	1
34	13	23	6
35	4	24	4
36	9	25	1
37	3	26	9
38	9	27	1
39	13	28	1
40	2	29	2
41	4	30	1
42	13	31	2
43	2	32	2
44	4	33	1
45	4	34	1
46	5	41	1
47	7	43	2
49	7	47	1
50	2	49	1

Πίνακας 5. Μέγεθος δείγματος βλαβών.

5. Η πρώτη ερμηνεία των δεδομένων

Σύμφωνα με τα δεδομένα βλαβών των μηχανών Offset 700 και 900 έγινε ο υπολογισμός των δεικτών του TPM.

700		
2012		
Processed amount	8.552.765	φύλλα
Actual cycle time	0,0004	ώρα
Theoretical cycle time	0,00035	ώρα
Operating time	3.097	ώρες
Defect amount	675.927	φύλλα
Loading time	3.128	ώρες
Downtime	30,93	ώρες
Availability	99,01%	
Productivity efficiency	96,65%	
Quality rate	92,10%	
Overall equipment effectiveness	88,14%	

Πίνακας 6. Υπολογισμός του OEE για το 2012 για την μηχανή 700.

700		
2013		
Processed amount	13.468.631	φύλλα
Actual cycle time	0,0004	ώρα
Theoretical cycle time	0,00035	ώρα
Operating time	5.366	ώρες
Defect amount	614.431	φύλλα
Loading time	5.424	ώρες
Downtime	58	ώρες
Availability	98,93%	
Productivity efficiency	87,85%	
Quality rate	95,44%	
Overall equipment effectiveness	82,95%	

Πίνακας 7. Υπολογισμός του OEE για το 2013 για την μηχανή 700.

700		
2014		
Processed amount	13.858.994	φύλλα
Actual cycle time	0,0004	ώρα
Theoretical cycle time	0,00035	ώρα
Operating time	6.023	ώρες
Defect amount	629.874	φύλλα
Loading time	6.064	ώρες
Downtime	40,83	ώρες
Availability	99,33%	
Productivity efficiency	80,53%	
Quality rate	95,46%	
Overall equipment effectiveness	76,36%	

Πίνακας 8. Υπολογισμός του OEE για το 2014 για την μηχανή 700.

900		
2012		
Processed amount	9.240.868	φύλλα
Actual cycle time	0,0003	ώρα
Theoretical cycle time	0,00030	ώρα
Operating time	3.216	ώρες
Defect amount	675.927	φύλλα
Loading time	3.296	ώρες
Downtime	79,75	ώρες
Availability	97,58%	
Productivity efficiency	86,20%	
Quality rate	92,69%	
Overall equipment effectiveness	77,96%	

Πίνακας 9. Υπολογισμός του OEE για το 2012 για την μηχανή 900.

900		
2013		
Processed amount	10.987.738	φύλλα
Actual cycle time	0,0004	ώρα
Theoretical cycle time	0,00030	ώρα
Operating time	4.301	ώρες
Defect amount	300.317	φύλλα
Loading time	4.376	ώρες
Downtime	75,08	ώρες
Availability	98,28%	
Productivity efficiency	76,64%	
Quality rate	97,27%	
Overall equipment effectiveness	73,27%	

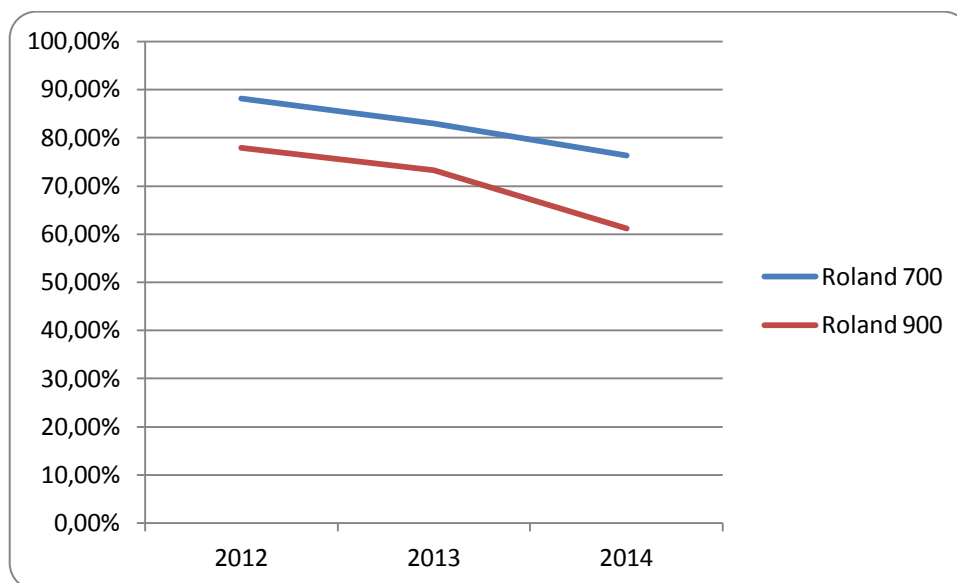
Πίνακας 10. Υπολογισμός του OEE για το 2013 για την μηχανή 900.

900		
2014		
Processed amount	11.949.331	φύλλα
Actual cycle time	0,0005	ώρα
Theoretical cycle time	0,00030	ώρα
Operating time	5.647	ώρες
Defect amount	282.593	φύλλα
Loading time	5.720	ώρες
Downtime	73,08	ώρες
Availability	98,72%	
Productivity efficiency	63,48%	
Quality rate	97,64%	
Overall equipment effectiveness	61,19%	

Πίνακας 11. Υπολογισμός του OEE για το 2014 για την μηχανή 900.

Τα διαγράμματα αυτά μας παρουσιάζουν ότι η **διαθεσιμότητα** (Availability) των μηχανών είναι υψηλή, για την 700 κυμαίνεται από 98,3% έως 99,33% και για την 900 κυμαίνεται από 97,58% έως 98,72. Αντίθετα η παραγωγική απόδοση (Productivity efficiency) μειώνεται για την 700 για το 2012 είναι 96,65% και το 2014 φτάνει στο 80,53% και για την 900 για το 2012 είναι 86,20% και το 2014 φτάνει στο

63,48% (Διάγραμμα 1). Η μείωση της παραγωγικής απόδοσης μπορεί να δηλώνει ότι η εταιρία έχει μειωμένη παραγωγικότητα, η οποία μπορεί να οφείλεται ή στην μείωση των πωλήσεων (πιθανώς λόγω της εφαρμογής των capital control το 2014) ή στη διατήρηση των ίδιων πελατών και τη βελτίωση των ικανοτήτων του προσωπικού σε συνδυασμό με την εφαρμογή νέων τεχνικών εκτύπωσης και διαχείρισής της πράγμα που σημαίνει ότι η εταιρία έχει περιθώρια να αυξήσει το πελατολόγιό της.



Διάγραμμα 1. Απεικόνιση της ΟΕΕ ολικής απόδοσης του εξοπλισμού σε τρία έτη.

Αυτή η εικόνα μπορεί να βελτιωθεί περισσότερο με την περαιτέρω μείωση των νεκρών χρόνων (downtime) του εξοπλισμού, που θα οδηγήσει: σε επιπλέον αύξηση της παραγωγικότητας, στη Βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων, στην Αύξηση της συμμετοχής των χειριστών στην ρύθμιση και συντήρηση του εξοπλισμού, μέσω της βελτίωσης της προληπτικής συντήρησης και μέσω της αύξησης του δείκτη συντήρησης, στη Βελτίωση των συνθηκών ασφαλείας και υγείας στον χώρο εργασίας, στη Μείωση του κόστους παραγωγής μέσω της μέτρησης χρόνων και βελτίωσης των απωλειών, στην Οικονομία σε φυσικούς πόρους και ενέργεια, μέσω της μείωσης των νεκρών χρόνων, του συνολικού χρόνου διεργασίας καθώς και την εφαρμογή συντονισμένης συντήρησης.

Τα ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα μπορούν να επεκταθούν πέρα από τα άμεσα ορατά. Η επιχείρηση αποκτάει τη δυνατότητα αυτοαξιολόγησης μέσω της δυνατότητας ελέγχου των διεργασιών παραγωγής και συντήρησης. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται βελτίωση της ικανότητας του προσωπικού, μέσα από την

παραχώρηση αρμοδιοτήτων, αλλά και την ανάληψη ευθυνών. Δίνεται η δυνατότητα μέσω της καλής γνώσης του αντικειμένου να χρησιμοποιούνται εναλλακτικές λύσεις σε μεταβαλλόμενες ζητήσεις μέσω μεταβολής του μείγματος παραγωγής στις γραμμές και βελτίωσης των χρόνων start up (ξεκίνημα) και set up (αλλαγής προϊόντος).

Η καταγραφή των απωλειών, θα δώσει πλήρη εικόνα της απόδοσης του συνδυασμού "μηχανής- ανθρώπου" και της ποιοτικής τους έκφρασης μέσω των δεικτών απόδοσης. Θα αποκαλυφθούν αδύνατα σημεία και θα δοθούν προτεραιότητες στην εφαρμογή διορθωτικών ενεργειών, όπως η μείωση των καθυστερημένων παραδόσεων.

Γενικά, η καλύτερη γνώση της παραγωγικής δυναμικότητας και των υλικών εκτύπωσης θα συμβάλει στη μείωση των ποιοτικών προβλημάτων.

6. Επεξεργασία των δεδομένων βλαβών

Είχαμε πρόσβαση σε χειρόγραφα αρχεία των αποτυχιών τα οποία συμπληρώνει η τεχνική γραμμή κατά τη διάρκεια κάθε βάρδιας.

Τα δεδομένα καλύπτουν μια χρονική περίοδο τριών ετών. Κατά την περίοδο αυτή, οι μηχανές λειτουργούν μέχρι και 24 ώρες με τρεις βάρδιες 8-h κατά τη διάρκεια κάθε ημέρας. Τα αρχεία περιλαμβάνουν τις βλάβες, που είχαν συμβεί κατά τη διάρκεια κάθε βάρδιας, τα μέτρα που λήφθηκαν για να επισκευαστεί η κάθε βλάβη, αλλά όχι την ακριβή διάρκεια της αποτυχίας. Αυτό δεν είχε άμεση επίδραση στην παραγωγή και, συνεπώς, δεν περιέχεται στα δεδομένα.

Οι ακριβείς ορισμοί των TTF και TTR που χρησιμοποιούνται περιγράφονται στη συνέχεια.

Η TTF ενός συγκεκριμένου εξοπλισμού σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο ορίζεται ως ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή που ο εξοπλισμός αρχίζει να λειτουργεί μετά την βλάβη έως ότου εμφανιστεί μια νέα βλάβη.

Η TTF δεν περιλαμβάνει στους χρόνους τα Σαββατοκύριακα και τα διαλείμματα, κατά τη διάρκεια των οποίων δεν λειτουργεί η γραμμή, αλλά περιλαμβάνει τους χρόνους μεταξύ διαδοχικών εργασιών προληπτικής συντήρησης για τη γραμμή. Το γεγονός συνεπάγεται ότι η TTF μπορεί να επηρεαστεί από την ενεργό πολιτική συντήρησης. Αυτό μπορεί να μην είναι επιθυμητό για μια ανάλυση αξιοπιστίας point-of-view, αλλά είναι αναπόφευκτο, γιατί καμία επιχείρηση δεν είναι διατεθειμένη να λειτουργήσει μια πραγματική γραμμή παραγωγής για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να εκτελέσει προληπτική συντήρηση, ακριβώς έτσι ώστε να μπορεί να συλλέγει καθαρά TTF δεδομένα. Παρόλα αυτά, στις εκτυπωτικές μηχανές που μελετώνται, η συμβολή της προληπτικής συντήρησης στο TTF είναι ελάχιστη, επειδή η εταιρία εκτελεί προληπτική συντήρηση σε μικρή κλίμακα.

Πιο συγκεκριμένα, η πολιτική προληπτικής συντήρησης που εφαρμόζεται έχει ως στόχο να εξασφαλίσει καλές συνθήκες λειτουργίας για τη γραμμή μέσω του προσεκτικού καθαρισμού, και όχι να αντικαταστήσει προληπτικά τμήματα – ανταλλακτικά του εξοπλισμού για να βελτιώσει τον κύκλο ζωής του. Συνήθως, δεν αντικαθίστανται τα μέρη της μηχανής, όπως προτείνουν οι κατασκευαστές στα εγχειρίδιά τους, εκτός αν αυτά καταστραφούν τελείως.

Μια άλλη ομάδα αποτυχιών που επηρεάζουν τη λειτουργία του συστήματος είναι οι διακοπές στην παροχή ηλεκτρικού ρεύματος ή του αέρα. Οι παραπάνω

βλάβες, ωστόσο, έχουν μικρή επίπτωση στην TTF, γιατί συμβαίνουν σπάνια. Ως εκ τούτου, εκτός από αυτές τις λίγες μικρές εξαιρέσεις, οι αποτυχίες όλων των θέσεων εργασίας εξαρτώνται από το χρόνο.

Η TTR του αποτυχημένου εξοπλισμού είναι ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή που ο εξοπλισμός πηγαίνει προς τα κάτω και σταματά μέχρι τη στιγμή που ανεβαίνει και αρχίζει να λειτουργεί ξανά.

Περιλαμβάνει το χρόνο μέχρι την άφιξη του τεχνικού, που είναι υπεύθυνος για την εύρυθμη λειτουργία της γραμμής παραγωγής (συνήθως είναι ο εκτυπωτής). Αυτός ο χρόνος είναι σχεδόν μηδενικός, επειδή ο εκτυπωτής επιβλέπει πάντα το σύστημα.

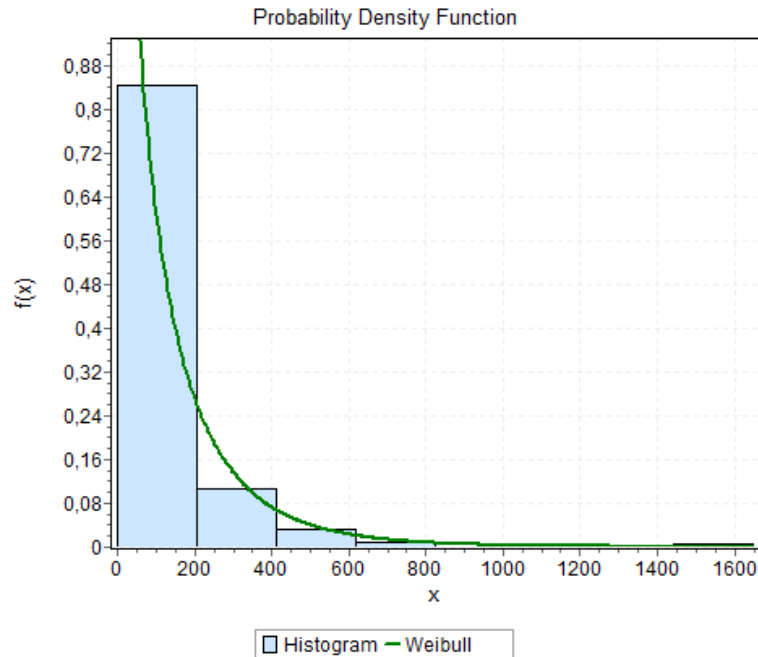
Η TTR περιλαμβάνει επίσης το χρόνο που χρειάζεται για να εντοπίσει ο αρμόδιος την ακριβή αιτία της βλάβης και να σχεδιάσει τις απαραίτητες ενέργειες για την επισκευή. Μόλις η βλάβη εντοπιστεί, ο βοηθός εκτύπωσης πηγαίνει να πάρει τα απαραίτητα ανταλλακτικά από την αποθήκη, ενώ ο εκτυπωτής ξεκινά τη διαδικασία επιδιόρθωσης. Γι' αυτό ο χρόνος αυτός δεν υπολογίζεται στην TTR. Όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα ανταλλακτικά, οι υπεύθυνοι βρίσκουν μια προσωρινή λύση επισκευής. Η διαδικασία επισκευής είναι το μεγαλύτερο μέρος της TTR και συνήθως διεκπεραιώνεται από το πλήρωμα της εκτυπωτικής μηχανής. Σε περίπτωση σημαντικής βλάβης, μπορεί να απαιτηθεί η συνδρομή εξωτερικών συνεργατών.

Προσδιορισμός των κατανομών αποτυχίας και επισκευής

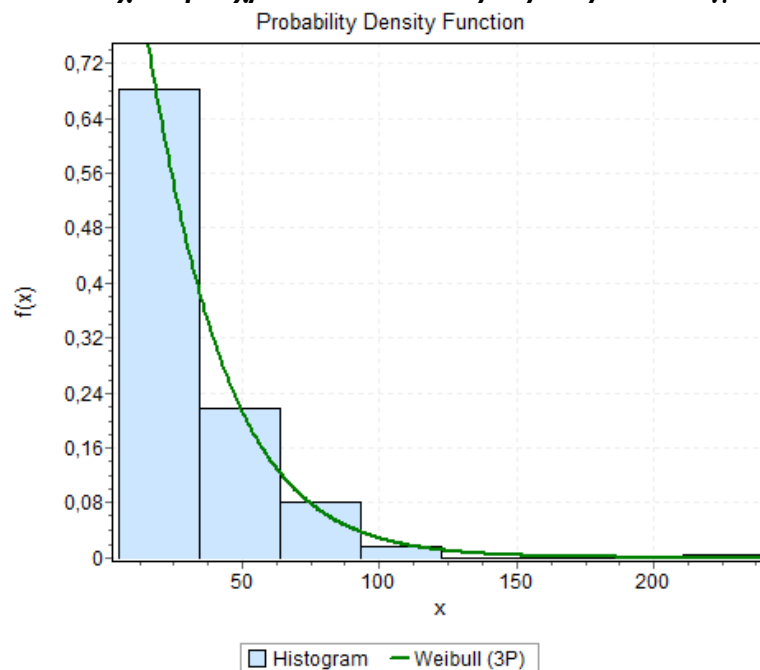
Ένας από τους κύριους στόχους της ανάλυσης των δεδομένων βλαβών είναι ο καθορισμός των κατανομών των χρόνων αποτυχίας και επισκευής. Ο εντοπισμός των κατανομών είναι και τέχνη και επιστήμη, δεδομένου ότι απαιτούνται κατανόηση της βλάβης, γνώση των χαρακτηριστικών των θεωρητικών κατανομών και της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων.

Από τα στοιχεία βλαβών των εκτυπωτικών μηχανών, στόχος μας είναι να προσδιοριστούν οι κατανομές των TTF και TTR για κάθε μηχανή και ύστερα να αναλυθούν και τρεις από τις σημαντικότερες βλάβες για κάθε μηχανή.

Για να ληφθεί μια γραφική αναπαράσταση της κατανομής συχνότητας των δεδομένων αποτυχίας, κατασκευάστηκαν ιστογράμματα των TTF και TTR²¹ με τη χρήση ειδικού προγράμματος²².



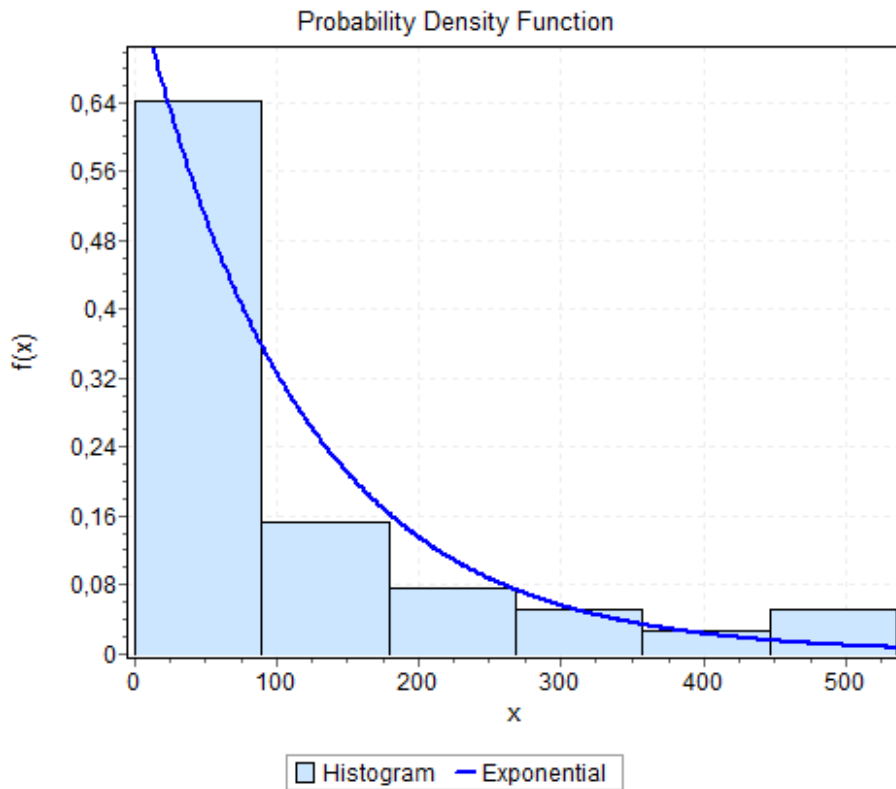
Διάγραμμα 2. Η συχνότητα χρόνου όλων των βλαβών βάσει δείγματος για 700.



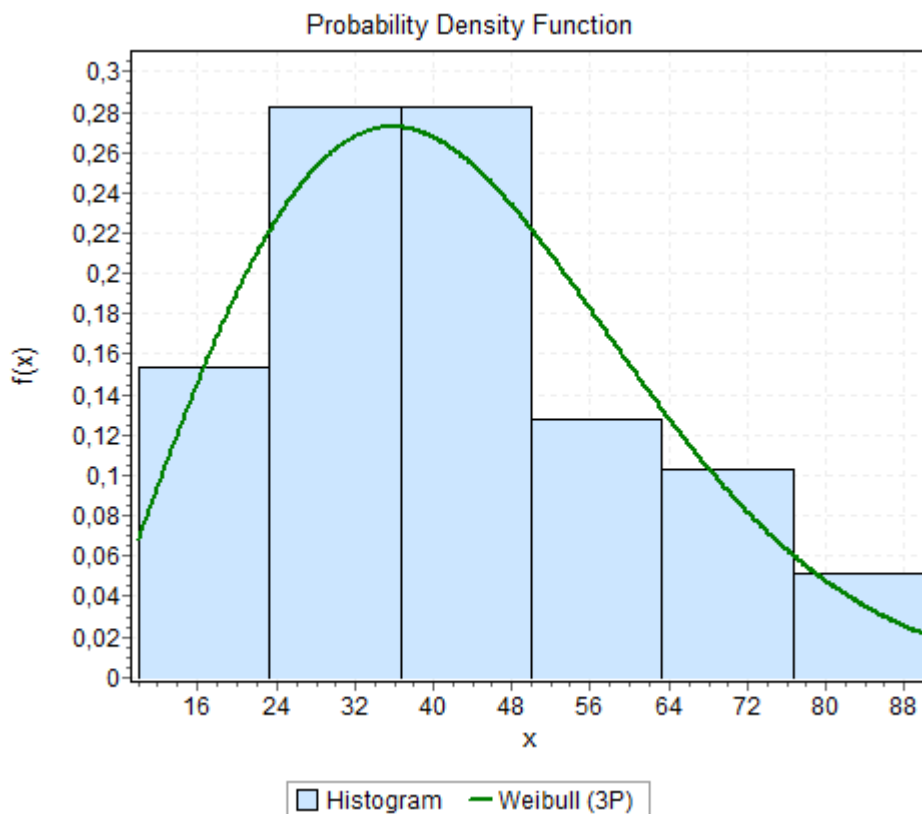
Διάγραμμα 3. Η συχνότητα χρόνου επισκευής όλων των βλαβών βάσει δείγματος για 700.

²¹ Τα ιστογράμματα και οι κατανομές που αντιστοιχούν στο καθένα αφορούν τις μηχανές 700 και 900 για συνολικό χρονικό διάστημα τριών ετών και για τις τρεις σημαντικές βλάβες για κάθε μηχανή.

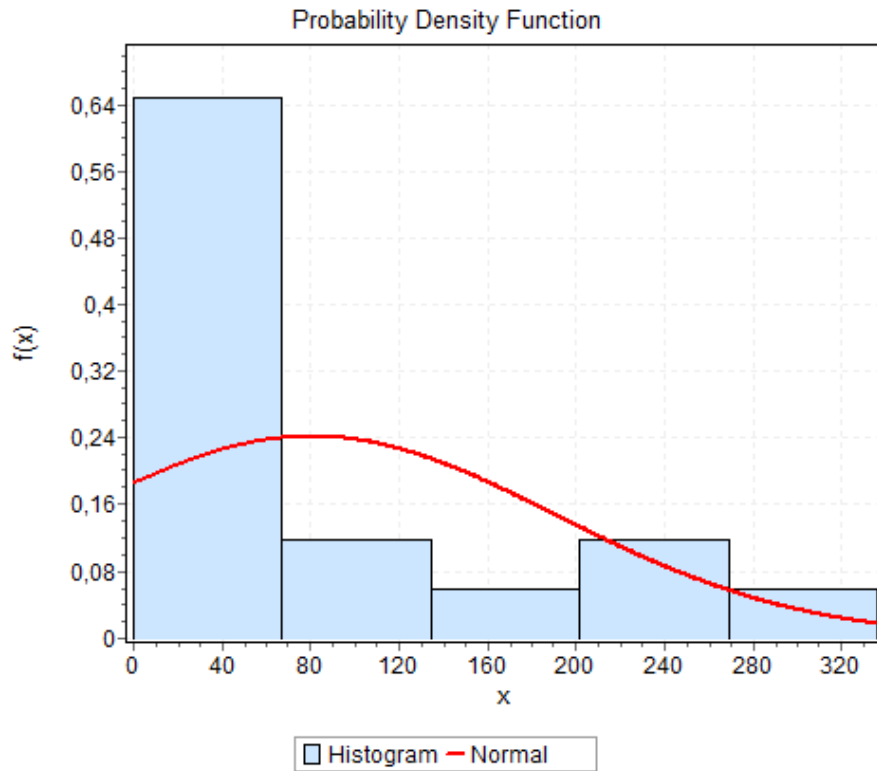
²² EasyFit 5.6 Professional.



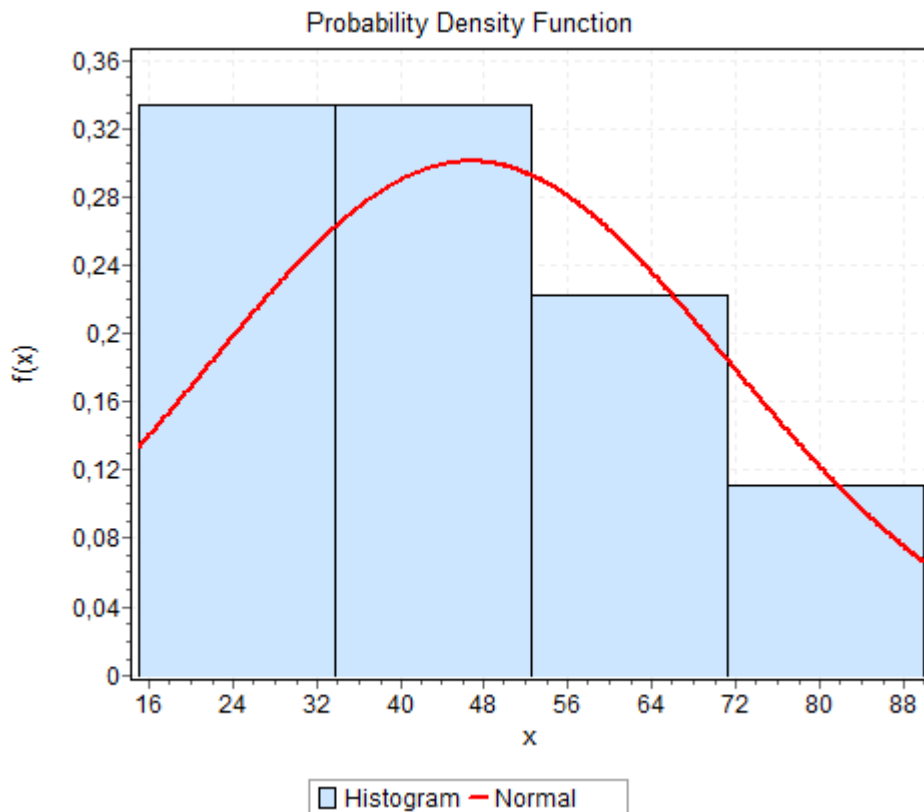
Διάγραμμα 4. Η συχνότητα χρόνου βλαβών βάσει δείγματος για βλάβη 11 της 700.



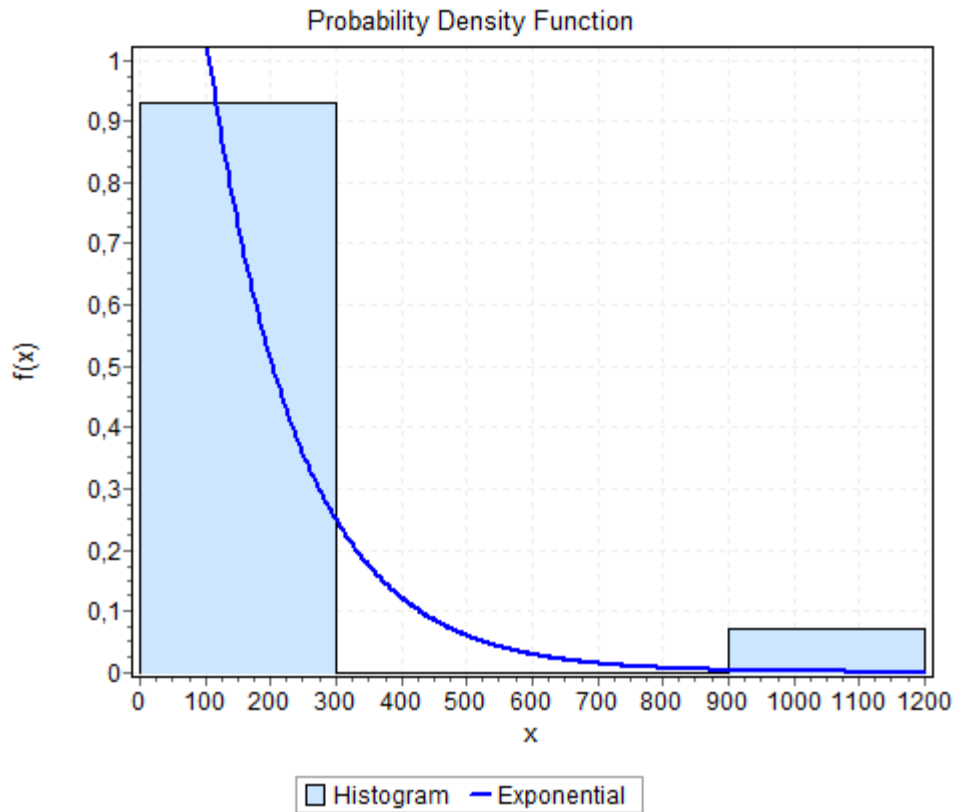
Διάγραμμα 5. Η συχνότητα χρόνου επισκευής βάσει δείγματος για βλάβη 11 της 700.



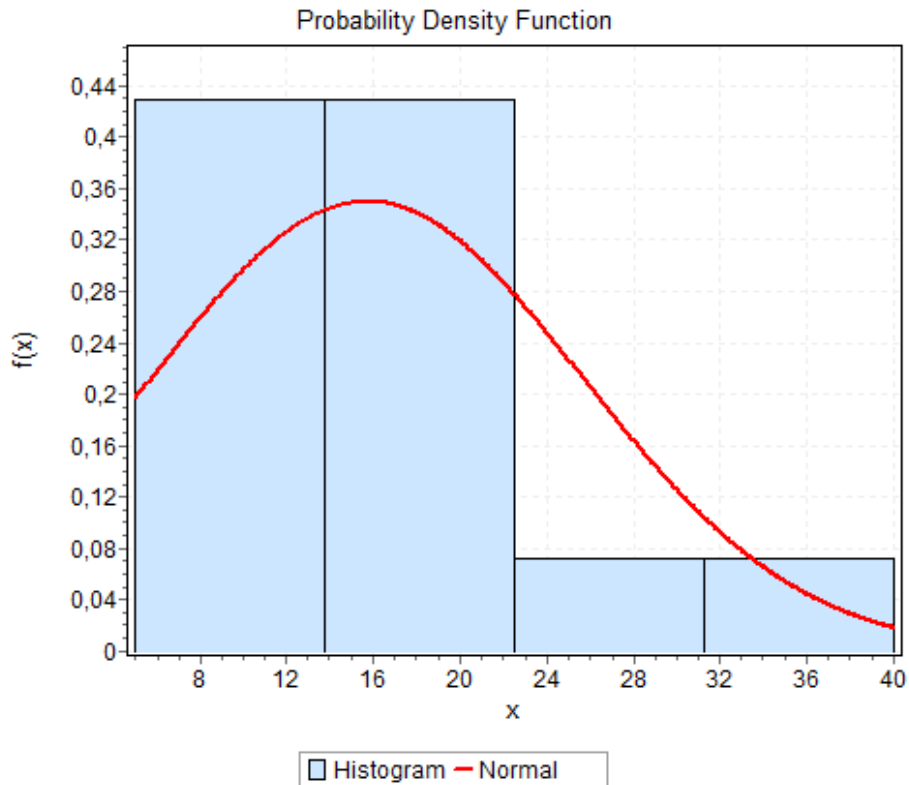
Διάγραμμα 6. Η συχνότητα χρόνου βλάβης βάσει δείγματος για βλάβη 6 της 700.



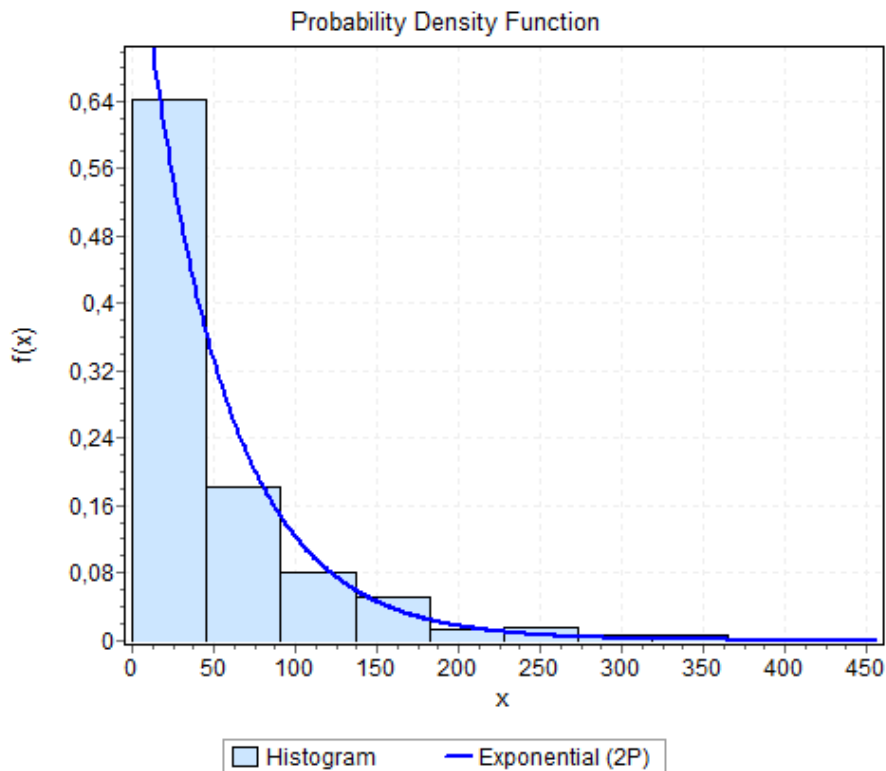
Διάγραμμα 7. Η συχνότητα χρόνου επισκευής βάσει δείγματος για βλάβη 6 της 700.



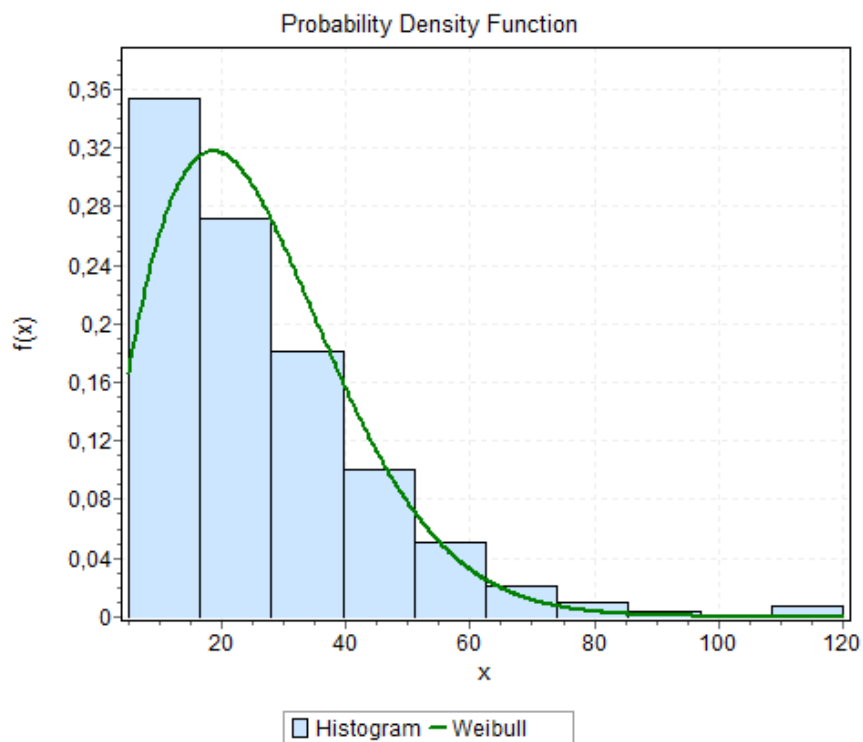
Διάγραμμα 8. Η συχνότητα χρόνου βλάβης βάσει δείγματος για βλάβη 15 της 700.



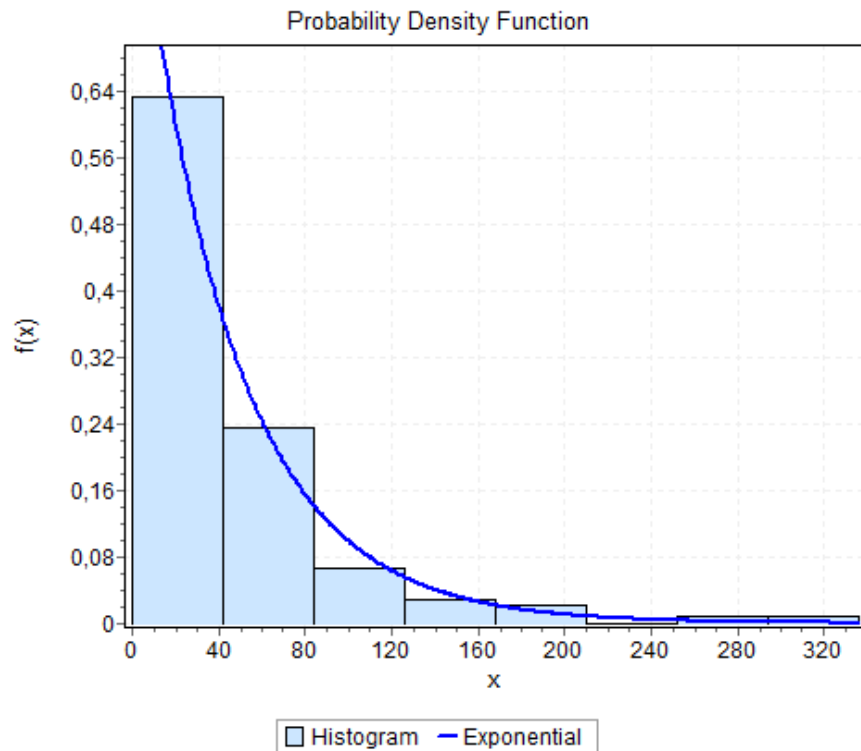
Διάγραμμα 9. Η συχνότητα χρόνου επισκευής βάσει δείγματος για βλάβη 15 της 700.



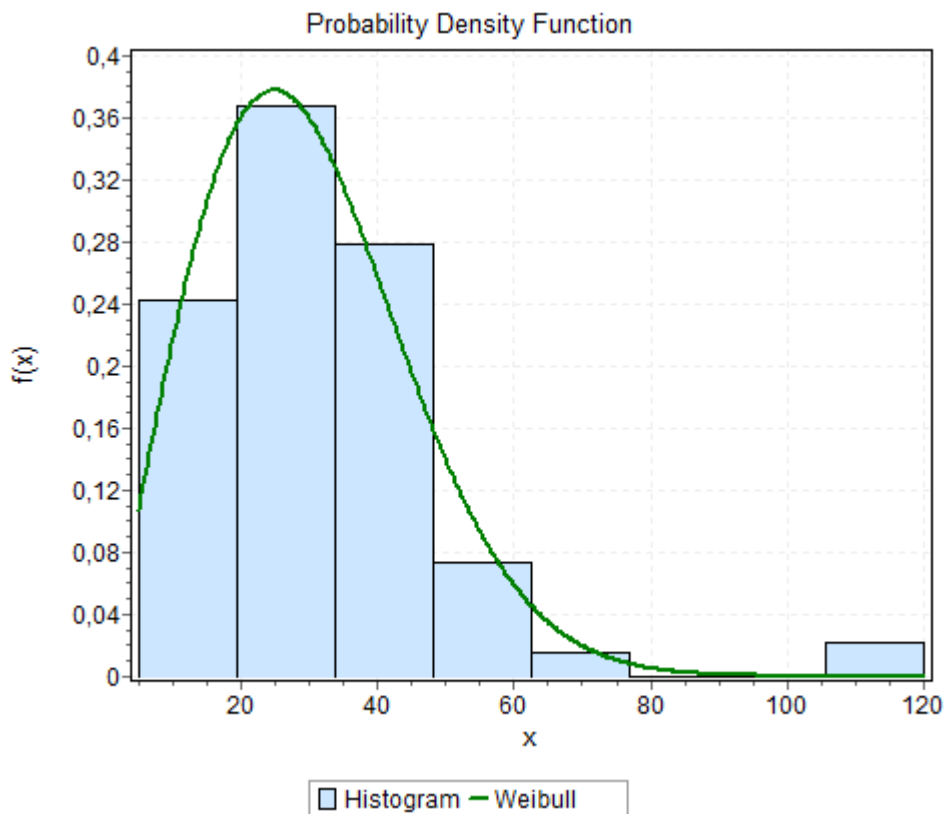
Διάγραμμα 10. Η συχνότητα χρόνου όλων των βλαβών βάσει δείγματος για 900.



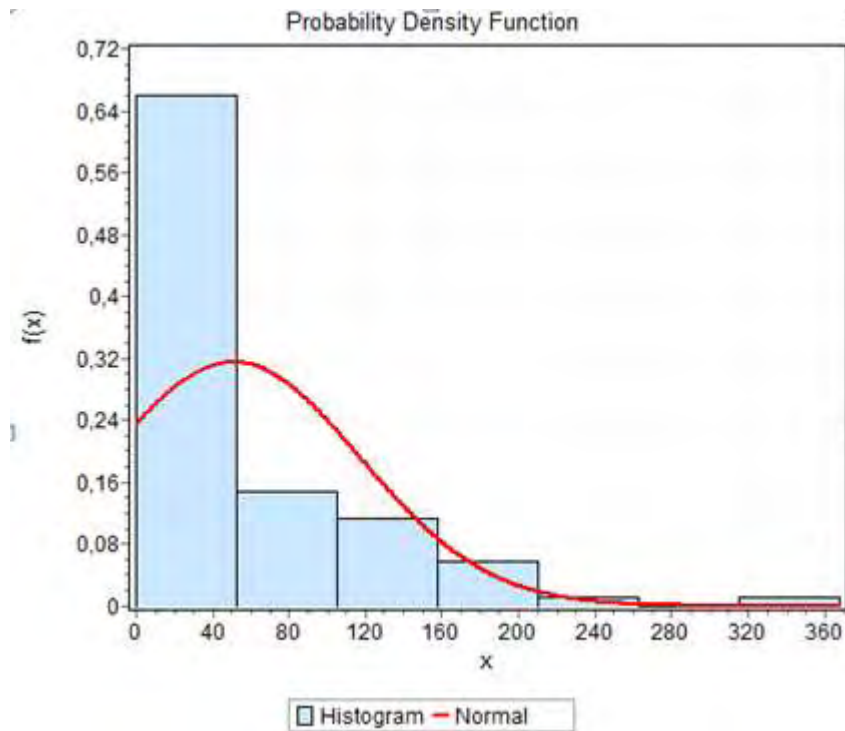
Διάγραμμα 11. Η συχνότητα χρόνου επισκευής όλων των βλαβών βάσει δείγματος για 900.



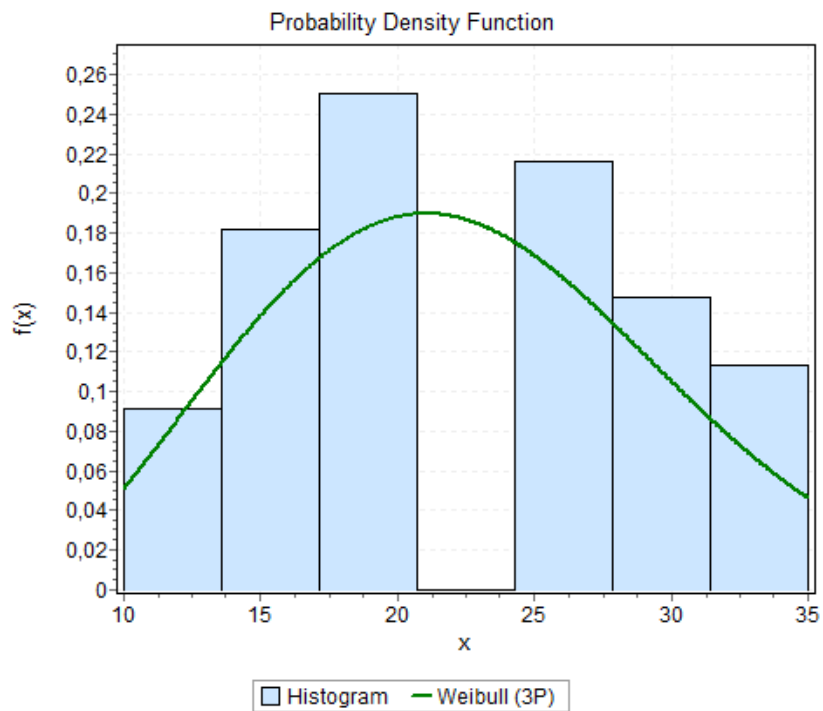
Διάγραμμα 12. Η συχνότητα χρόνου βλαβών βάσει δείγματος για βλάβη 11 της 900.



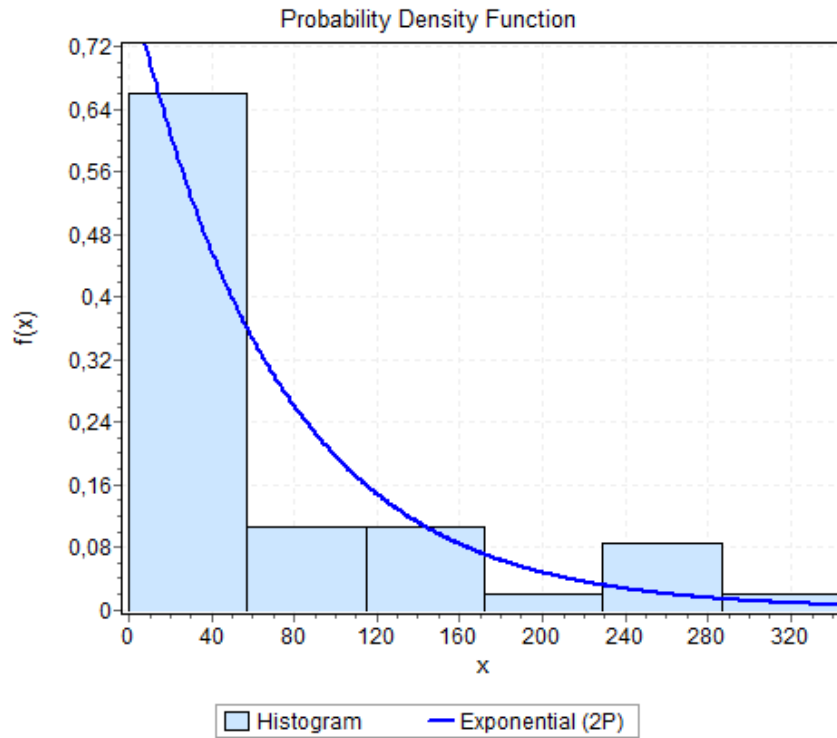
Διάγραμμα 13. Η συχνότητα χρόνου επισκευής βάσει δείγματος για βλάβη 11 της 900.



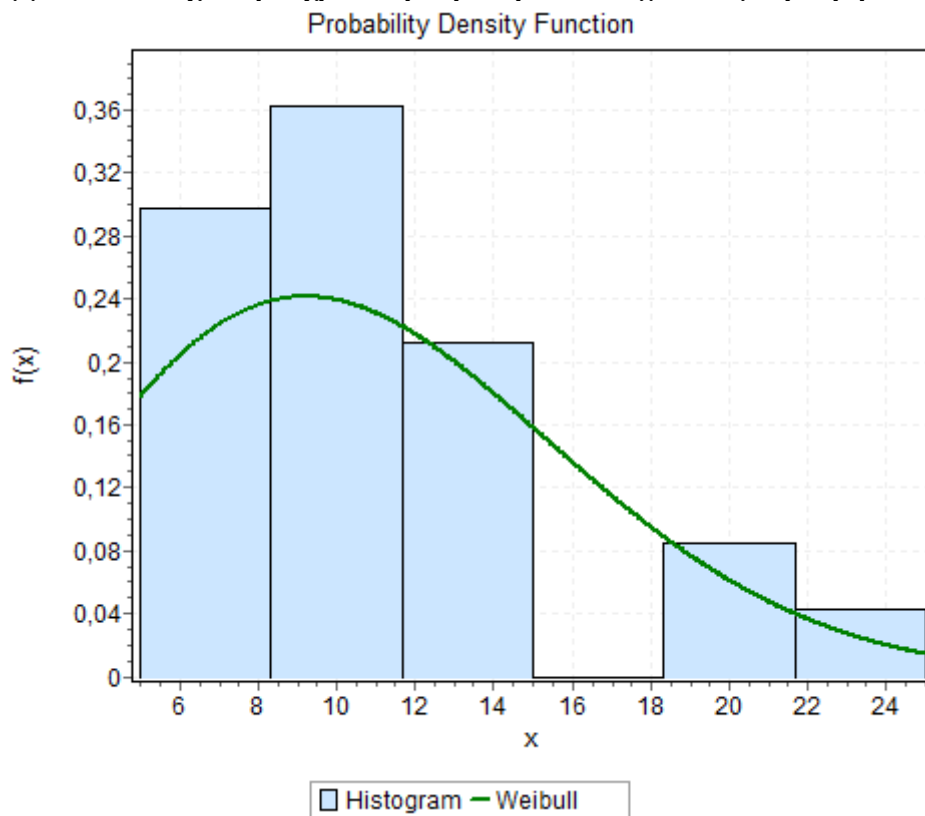
Διάγραμμα 14. Η συχνότητα χρόνου βλαβών βάσει δείγματος για βλάβη 9 της 900.



Διάγραμμα 15. Η συχνότητα χρόνου επισκευής βάσει δείγματος για βλάβη 9 της 900.



Διάγραμμα 16. Η συχνότητα χρόνου βλαβών βάσει δείγματος για βλάβη 21 της 900.



Διάγραμμα 17. Η συχνότητα χρόνου επισκευής βάσει δείγματος για βλάβη 21 της 900.

Τέλος παρουσιάζουμε σε μορφή πίνακα (**Πίνακας 12**) τα παραπάνω ιστογράμματα και τις κατανομές που αντιστοιχούν σε αυτά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12. ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ TTF ΚΑΙ TTR			
700		900	
ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ
TTF 700 2012-13-14	Weibull	TTF 900 2012-13-14	Exponential (2P)
TTR 700 2012-13-14	Weibull (3P)	TTR 900 2012-13-14	Weibull
TTF ΒΛΑΒΗ 11	Exponential	TTF ΒΛΑΒΗ 11	Exponential
TTR ΒΛΑΒΗ 11	Weibull	TTR ΒΛΑΒΗ 11	Weibull
TTF ΒΛΑΒΗ 6	Normal	TTF ΒΛΑΒΗ 9	Normal
TTR ΒΛΑΒΗ 6	Normal	TTR ΒΛΑΒΗ 9	Weibull (3P)
TTF ΒΛΑΒΗ 15	Exponential	TTF ΒΛΑΒΗ 21	Exponential (2P)
TTR ΒΛΑΒΗ 15	Normal	TTR ΒΛΑΒΗ 21	Weibull

Πίνακας 12. Κατανομές TTF και TTR.

Για τα TTF και TTR δεδομένα, βρήκαμε ότι η κατανομή Weibull παρείχε την καλύτερη προσαρμογή στα δεδομένα των βλαβών για την μηχανή 700 ενώ για την 900 όχι, γιατί τα TTF δεδομένα ακολουθούν εκθετική κατανομή.

Οι παράμετροι της κατανομής Weibull είναι το σχήμα και η κλίμακα. Η παράμετρος σχήμα της κατανομής Weibull ενός TTF (ή TTR), συμβολίζεται με β , παρέχει ενδείξεις για τη συμπεριφορά της βλάβης (ή της επισκευής) και ειδικότερα το σχήμα της συνάρτησης παρουσιάζει το ποσοστό αποτυχίας (ή επισκευής).

Το ποσοστό αποτυχίας ή συχνότητα κινδύνου είναι ένα πολύ γνωστό όρος στη θεωρία της αξιοπιστίας που παρέχει ένα στιγμιαίο ρυθμό (σε χρόνο t) της αποτυχίας. Είναι η πιθανότητα (όσο το Δt τείνει στο μηδέν) ότι ένα εξάρτημα του εξοπλισμού θα αποτύχει στο διάστημα $[t, t + \Delta t]$, δεδομένου ότι έχει ανταπεξέλθει μέχρι την χρονική στιγμή t , διαιρούμενο με το Δt .

Το ποσοστό αποτυχίας ορίζεται ως $f(t)/R(t)$, όπου $f(t)$ είναι η συνάρτηση πυκνότητας και $R(t)$ είναι η συνάρτηση αξιοπιστίας (θέλουμε η πιθανότητα της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού θα πρέπει να υπερβαίνει το χρόνο t) της κατανομής TTF.

Η τιμή του $\beta > 1$ σημαίνει ότι υπάρχει υψηλό ποσοστό αποτυχίας (ή ποσοστό επικινδυνότητας), ενώ σε αντίθετη περίπτωση (η τιμή του $\beta < 1$) υποδηλώνει μειωμένο ποσοστό βλάβης.

Στον **Πίνακα 13** παρουσιάζεται για κάθε τιμή β πως κρίνεται η καλύτερη κατανομή:

Η τιμή του β	Η κατανομή
$\beta=1$	Weibull
$1 < \beta < 2$	convex
$\beta=2$	Γραμμική
$\beta > 2$	concave
$1 < \beta < 3$	Weibull είναι λοξή
$\beta > 3$	Η Weibull τείνει στη συμμετρία (κανονική κατανομή)

Πίνακας 13. Η προσαρμογή της κατανομής Weibull βάση της τιμής β

Όταν $\beta = 1$, το ποσοστό αποτυχίας είναι σταθερό και η κατανομή Weibull ταυτίζεται με την εκθετική κατανομή. Όταν $1 < \beta < 2$, το ποσοστό αποτυχίας αυξάνεται και η κοίλη του. Όταν $\beta = 2$ η αύξηση γίνεται γραμμικά. Όταν $\beta > 2$, το ποσοστό αποτυχίας αυξάνεται και κυρτά. Τέλος, όταν $1 < \beta < 3$, η κατανομή Weibull είναι λοξή, ενώ όταν $\beta > 3$, η κατανομή Weibull τείνει στη συμμετρία, όπως η κανονική κατανομή.

Η παράμετρος κλίμακας της κατανομής Weibull, συμβολίζεται με θ , επηρεάζει τόσο η μέση τιμή και η διασπορά της κατανομής. Όταν η θ αυξηθεί, η αξιοπιστία σε μια δεδομένη χρονική στιγμή αυξάνεται, ενώ η κλίση μειώνει το ποσοστό κινδύνου. Η παράμετρος θ της κατανομής Weibull ενός TTF χρόνου καλείται επίσης το χαρακτηριστικό της ζωής, και έχει μονάδες πανομοιότυπες με εκείνες του TTF²³.

Οι παράμετροι της κατανομής Weibull για το TTF και TTR από τις πιο σημαντικές βλάβες που παρατηρηθήκαν, όπου ο δείκτης αντιστοιχίας ορίζεται ως το

²³ Ebeling, 1997

άνω όριο του *Kolmogorov-Smirnov goodness-of-fit* στατιστικό μοντέλο²⁴. Το οποίο σημαίνει την σύγκριση της μέγιστης διακύμανσης μεταξύ της αθροιστικής συνάρτησης κατανομής της βλάβης και της υπονήφιας θεωρητικής κατανομής (στην περίπτωση αυτή, της κατανομής Weibull).

	TTF		TTR	
	Παράμετρος σχήμα β	Παράμετρος κλίμακας θ	Παράμετρος σχήμα β	Παράμετρος κλίμακας θ
700	0,82141	114,63	1,0644	27,111
Βλάβη 6	0,86666	106,3	1,557	49,164
Βλάβη 11	0,21593	93,819	2,0644	42,842
Βλάβη 15	0,18441	59,788	1,4804	16,445
900	0,19019	27,722	1,8026	29,133
Βλάβη 9	0,14641	12,177	2,4785	18,881
Βλάβη 11	0,13886	23,792	2,102	33,705
Βλάβη 21	1,0314	93,235	2,13336	12,382

Πίνακας 14. Οι παράμετροι Weibull για κάθε μηχανή και για τις σημαντικότερες βλάβες

Όταν η παράμετρος β της Weibull κατανομής της TTF είναι κοντά στο 1, αυτό σημαίνει ότι η TTF είναι περίπου εκθετικά κατανεμημένη και η αντίστοιχη βλάβη έχει σταθερό ποσοστό αποτυχίας. Αν η μηχανή έχει σταθερό ποσοστό αποτυχίας, η πιθανότητα να εκδηλώσει βλάβη την επόμενη στιγμή είναι ανεξάρτητη από το πόσο καιρό έχει λειτουργήσει. Αυτό υποδηλώνει ότι ο εξοπλισμός δεν εξαρτάται από το χρόνο της προηγούμενης βλάβης.

Η εκθετική κατανομή είναι η μόνη κατανομή που παράγει σταθερά ποσοστά αποτυχίας. Όποια βλάβη έχει αυτή την κατανομή, λέγεται ότι διαθέτει τη λεγόμενη **memoryless property**²⁵. Η αιτιολογία για την εκθετική κατανομή της TTF (π.χ. Βλάβη 11 και για τις δύο μηχανές) είναι ότι αυτές οι βλάβες προκαλούνται από

²⁴ Zio 2007, 186.

²⁵ Liberopoulos, Tsarouhas 2003, 92.

αιφνίδια εξωτερική παρέμβαση στον αντίστοιχο εξοπλισμό και ως εκ τούτου δεν έχουν σχέση με την ηλικία του εξοπλισμού.

Από τον **Πίνακα 14** μπορούμε επίσης να δούμε ότι η παράμετρος β της κατανομής Weibull της TTR είναι μεγαλύτερη από 1 για όλες τις βλάβες και μηχανές. Αυτό σημαίνει ότι τα ποσοστά επισκευής αυξάνονται, συμπεραίνοντας ότι όσο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ένα εξάρτημα του εξοπλισμού επισκευάζεται για να ξαναχρησιμοποιηθεί, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα ότι σύντομα θα χρειαστεί νέα επισκευή.

Αυτό είναι φυσιολογικό, επειδή η διαδικασία επισκευής αποτελείται από ένα σύνολο επιμέρους εργασιών, που πρέπει να εκτελεστούν με μια συγκεκριμένη σειρά, και έτσι όπως το TTR αυξάνεται, όλο και περισσότερες μεμονωμένες εργασίες πρέπει να ολοκληρωθούν για να φτάσουν στην ολοκλήρωση της συντήρησης.

7. Υπολογισμός των σημαντικότερων στατιστικών δεδομένων βλαβών.

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιείται από τα δεδομένα αποτυχίας είναι πολύ σημαντική για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τα δεδομένα και μπορεί να είναι χρήσιμη για τον εντοπισμό σημαντικών αδυναμιών, καθώς και τον εντοπισμό ή την εξάλειψη των αιτίων για την ύπαρξη TTF και TTR. Από τα αρχεία excel, υπολογίζεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση των δεδομένων βλαβών για κάθε μηχανή. Το μέγεθος του δείγματος για τον υπολογισμό των παραμέτρων του TTR είναι ίσο με τον αριθμό των αποτυχιών, N, ενώ το μέγεθος του δείγματος για τον υπολογισμό των παραμέτρων του TTF είναι ίσο προς N - 1. Η διαθεσιμότητα ορίζεται ως το ποσοστό του χρόνου κατά το οποίο οι εκτυπωτικές μηχανές εκτυπώνουν. Πιο συγκεκριμένα, η διαθεσιμότητα υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Διαθεσιμότητα} = \frac{MTTF}{(MTTF + MTTR)}$$

Το μέγεθος του δείγματος των βλαβών σε κάποια μηχανήματα είναι πολύ μικρό. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση της F1.1.3.22, υπήρχε μόνο μία αποτυχία, οπότε δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα για να υπολογίσουμε TTF. Σε άλλες περιπτώσεις όπως στην βλάβη με κωδικό F1.1.3.8, υπήρχαν μόνο δύο αποτυχίες, οπότε το μέγεθος του δείγματος είναι πολύ μικρό για να παρέχει αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με τα δεδομένα, ειδικά TTF. Τα υποσυστήματα με τις περισσότερες βλάβες και την χαμηλότερη διαθεσιμότητα είναι η SM1.1.7 και η SM1.2.7 για την 700 και 900 αντίστοιχα.

Ο συντελεστής διακύμανσης (CV) μιας τυχαίας μεταβλητής αντιπροσωπεύει την αναλογία της τυπικής απόκλισης προς το μέσο όρο, και αυτό είναι ένα χρήσιμο στατιστικό δεδομένο για τη σύγκριση του βαθμού μεταβολής από μία σειρά δεδομένων σε μια άλλη, ακόμη και αν τα μέση τιμή τους διαφέρει η μια από την άλλη. Ο συντελεστής διακύμανσης (CV) των TTF, εάν είναι > του 1, σημαίνει ότι υπάρχει υψηλή διακύμανση, σε αντίθετη περίπτωση (< του 1) χαρακτηρίζεται από μικρή διακύμανση.

8. Συμπεράσματα

Από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων βλαβών, εντοπίστηκαν οι πιο σημαντικές μορφές βλάβης σύμφωνα με διάφορα κριτήρια. Οι Πίνακες 12 και 13 απαριθμεί τις πιο σημαντικές μορφές βλαβών, μεταξύ των μορφών αστοχίας που συνέβησαν πάνω από έξι φορές, σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια:

- Μικρότερη MTTF.
- Μεγαλύτερο CV του TTF.
- Μεγαλύτερο MTTR.
- Μεγαλύτερο CV του TTR.
- Μικρότερη διαθεσιμότητα.

Μικρότερο TTF	Μεγαλύτερο TTF CV	Μεγαλύτερο TTR	Μεγαλύτερο TTR CV	Μικρότερο Availability
11	4	16	15	11
4	19	26	14	26
20	23	6	20	16
26	6	11	7	6
9	2	7	6	9
15	26	5	5	5
6	15	9	11	7
5	21	14	26	4
16	7	19	19	15
14	11	23	16	14
19	5	15	2	20
21	20	2	23	19
2	14	21	21	2
7	9	4	9	21
23	16	20	4	23

Πίνακας 15. Οι πιο σημαντικές βλάβες βάσει των 5 κριτηρίων για την 700.

Μικρότερο TTF	Μεγαλύτερο TTF CV	Μεγαλύτερο TTR	Μεγαλύτερο TTR CV	Μικρότερο Availability
11	6	7	7	11
9	47	26	11	14
21	36	11	42	8
39	23	6	8	13
13	8	13	20	9
20	13	42	26	7
8	42	34	30	6
34	9	47	21	26
36	20	38	6	42
47	38	23	39	34
42	34	49	14	21
30	11	8	36	47
26	14	9	34	36
14	39	36	23	49
7	30	30	13	30
49	7	14	38	20
6	26	21	47	23
23	49	20	9	38
38	21	39	49	39

Πίνακας 16. Οι πιο σημαντικές βλάβες βάσει των 5 κριτηρίων για την 900.

Βλάβη	Περιγραφή
F1.J.K.2	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ
F1.J.K.4	ΣΒΗΣΙΜΟΛΑΜΠΙΑΣ UV (ΥΠΑΡΧΟΥΝ 4 UV ΛΑΜΠΕΣ)
F1.J.K.5	ΔΕΝ ΠΛΕΝΕΙ ΣΩΣΤΑ Η ΜΗΧΑΝΗ
F1.J.K.6	ΠΗΡΕ ΦΥΛΛΟ Η ΜΗΧΑΝΗ
F1.J.K.7	ΜΟΝΤΑΖ (ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΩΡΑ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ)
F1.J.K.8	ΤΣΙΓΚΟΣ (ΓΟΜΑ, ΧΤΥΠΗΜΑ)
F1.J.K.9	ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΟΥΤΣΟΥΚ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ
F1.J.K.11	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΟΥΤΣΟΥΚ ΒΕΡΝΙΚΙΟΥ
F1.J.K.13	ΝΕΟΙ ΤΣΙΓΚΟΙ ΑΛΛΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ
F1.J.K.14	ΒΟΥΛΩΣΕ Η ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΒΕΡΝΙΚΙΟΥ
F1.J.K.15	ΑΛΛΑΓΗ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΒΕΡΝΙΚΙΟΥ
F1.J.K.16	ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ
F1.J.K.19	ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΝΕΡΟΥ (ΚΟΜΜΕΝΗ Ή ΒΟΥΛΩΜΕΝΗ)
F1.J.K.20	ΡΥΘΜΙΣΗ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ
F1.J.K.21	ΑΛΛΑΓΗ ΜΑΧΑΙΡΙΟΥ ΣΤΟ ΒΕΡΝΙΚΙ
F1.J.K.23	ΑΛΛΑΓΗ ΑΝΤΛΙΑΣ ΒΕΡΝΙΚΙΟΥ
F1.J.K.26	ΔΙΑΚΟΠΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ
F1.J.K.30	ΒΛΑΒΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΠΑΤΑΡΙΟΥ
F1.J.K.34	ΧΑΛΑΣΜΕΝΟ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
F1.J.K.36	ΒΟΥΛΩΜΕΝΕΣ ΣΧΙΣΜΕΣ ΑΕΡΟΚΑΖΑΝΑ
F1.J.K.38	ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΟ ΣΤΕΓΝΩΤΗΡΙΟ
F1.J.K.39	ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΡΙΝΣ ΤΣΙΓΚΩΝ
F1.J.K.42	ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΟ ΠΟΔΑΡΑΚΙ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ
F1.J.K.47	ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΛΕΙΝΕΙ ΤΟ ΨΥΓΕΙΟ
F1.J.K.49	ΜΟΤΕΡ ΔΕΞΙΟΥ ΣΤΟΠ ΕΞΑΓΩΓΗΣ

Πίνακας 17. Περιγραφή των σημαντικότερων βλαβών βάσει των 5 κριτηρίων για την 700 και 900.

ΒΛΑΒΕΣ	ΔΕΙΓΜΑ	MTTF	CV	M.T.T.R.	CV	AVAILABILITY
2	10	1728,80	1,57	15,50	0,36	99,98506
4	20	882,00	3,15	14,25	0,17	99,97308
5	10	1431,20	1,11	28,00	0,48	99,96740
6	17	1382,12	1,58	47,35	0,50	99,94293
7	12	1880,67	1,24	31,67	0,50	99,97194
9	20	992,00	0,97	22,25	0,27	99,96263
11	39	560,41	1,12	42,69	0,46	99,87319
14	12	1607,33	1,03	19,17	0,62	99,98013
15	14	1285,71	1,34	15,71	0,63	99,97963
16	13	1523,08	0,84	72,31	0,40	99,92094
19	9	1623,30	1,94	18,33	0,41	99,98118
20	6	938,67	1,10	10,83	0,61	99,98077
21	8	1634,67	1,27	14,38	0,29	99,98535
23	6	1994,67	1,80	17,50	0,30	99,98538
26	9	970,67	1,44	70,56	0,41	99,87900

Πίνακας 18. Στατιστική ανάλυση σημαντικότερων βλαβών για την 700.

ΒΛΑΒΕΣ	ΔΕΙΓΜΑ	MTTF	CV	M.T.T.R.	CV	AVAILABILITY
6	10	2469,60	1,89	56,00	0,48	99,96222
7	9	2105,78	1,12	89,44	0,83	99,92926
8	19	1162,95	1,44	24,74	0,54	99,96456
9	88	287,36	1,30	22,44	0,33	99,87000
11	136	191,12	1,23	56,58	0,62	99,50900
13	20	935,20	1,41	56,00	0,39	99,90030
14	10	2010,40	1,20	18,00	0,44	99,98508
20	25	1022,40	1,30	10,80	0,53	99,98240
21	47	532,94	0,70	11,06	0,50	99,96541
23	8	2677,00	1,50	26,88	0,41	99,98327
26	11	1927,27	1,07	86,82	0,52	99,92498
30	9	1584,89	1,14	19,44	0,52	99,97956
34	13	1410,46	1,26	33,08	0,43	99,96093
36	9	1438,22	1,72	22,22	0,44	99,97425
38	9	2747,56	1,28	27,22	0,34	99,98349
39	13	879,38	1,20	8,46	0,44	99,98397
42	13	1577,85	1,32	50,00	0,55	99,94721
47	7	1544,00	1,83	29,29	0,33	99,96840
49	7	2145,14	0,97	26,43	0,21	99,97947

Πίνακας 19. Στατιστική ανάλυση σημαντικότερων βλαβών για την 900.

Από τους **Πίνακες 16, 17** η βλάβη με τη μικρότερη απόδοση για την 700 (σε ποσοστό 99,8732%) και για την 900 (σε ποσοστό 90,6055%) είναι η καταστροφή του καουτσούκ βερνικιού (F1.J.K.11). Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να εξεταστεί ποια υλικά επιδρούν αρνητικά και προκαλούν την καταστροφή του και η τεχνική κατασκευής του για να αποφεύγονται αστοχίες στη μορφοποίηση. Η διαθεσιμότητα της F1.J.K.11 είναι τόσο χαμηλή, επειδή έχει μια σχετικά υψηλή μέση τιμή TTR (42.69 min για την 700 και 56,58 min για την 900) και σχετικά μικρή μέση τιμή TTF (560.41 ώρες για 700 και 191,12 ώρες για την 900). Παρατηρήθηκε επίσης ότι εκτός από υψηλή TTR και χαμηλή TTF το σύνολο των περιστατικών που εντοπίστηκαν (39 για την 700 και 136 για την 900) αποτελούν το μεγαλύτερο δείγμα βλάβης και στις δύο μηχανές.

Οι εκτυπώσεις αποτελούνται από υλικά ευαίσθητα, τα οποία μπορούν να καταστραφούν από ένα λάθος στη ροή, που θα δημιουργηθεί από ένα χαλασμένο φύλλο ή από ξένα υλικά τα οποία βρίσκονται μεταξύ των φύλλων στις παλέτες ή και λόγω της καυστικότητας του βερνικιού UV. Η δεύτερη και τρίτη βλάβη με την μικρότερη διαθεσιμότητα για την 700 (ποσοστό 99.8790% και 99.9209%), αντίστοιχα, είναι οι F1.J.K.26 και F1.J.K.16 (βλ. Πίνακα 15), οπότε θα πρέπει να εξεταστούν τα αποτελέσματα και οι αιτίες που προκαλούν αυτού του είδους βλάβες. Η δεύτερη και τρίτη βλάβη με την μικρότερη διαθεσιμότητα για την 900 (ποσοστό 95.4982% και ποσοστό 95.8695%), αντίστοιχα, είναι οι F1.J.K.14 και F1.J.K.8 (βλ. Πίνακα 15), οπότε θα πρέπει να εξεταστούν τα αποτελέσματα και οι αιτίες που προκαλούν αυτές του είδους βλάβες.

ΒΛΑΒΕΣ	ΔΕΙΓΜΑ	MTTF	CV	M.T.T.R.	CV	AVAILABILITY
3	3	3570,67	1,02	31,67	0,09	99,98522
8	2	4716,00	1,41	10,00	0,00	99,99647
10	3	4114,67	0,97	23,33	0,25	99,99055
12	2	1200,00	1,41	20,00	0,71	99,97223
13	4	3172,00	0,93	36,25	0,61	99,98096
17	3	4258,67	1,40	25,00	0,53	99,99022
24	4	2018,00	1,06	18,75	0,46	99,98452
29	2	420,00	1,41	35,00	1,01	99,86130
31	2	444,00	1,41	40,00	0,88	99,85007
32	2	2016,00	1,41	45,00	0,47	99,96281

Πίνακας 20. Στατιστική ανάλυση σπάνιων βλαβών για την 700.

ΒΛΑΒΕΣ	ΔΕΙΓΜΑ	MTTF	STDEV	M.T.T.R.	STDV	AVAILABILITY
1	4	202,00	259,75	8,75	4,79	99,9279
2	4	4438,00	7098,35	18,75	8,54	99,9930
15	2	972,00	1374,62	32,50	3,54	99,9443
16	5	4262,40	6681,31	45,00	20,00	99,9824
33	6	3369,33	5696,24	40,83	13,93	99,9798
35	4	1362,00	2252,88	11,25	7,50	99,9862
37	3	4922,67	8436,40	55,00	13,23	99,9814
40	2	3516,00	4972,37	7,50	3,54	99,9964
41	4	5058,00	6542,64	22,50	6,45	99,9926
43	2	740,00	1046,52	25,00	7,07	99,9437
44	4	4108,00	6052,12	22,50	13,23	99,9909
45	4	4674,00	8207,70	17,50	6,45	99,9938
46	5	2451,20	2236,72	26,00	10,84	99,9823

Πίνακας 21. Στατιστική ανάλυση σπάνιων βλαβών για την 900.

Από τους Πίνακες 18 και 19, μπορεί επίσης να παρατηρηθεί ότι ορισμένες βλάβες απαιτούν πολύ μεγάλους χρόνους επισκευής, αλλά αυτές εμφανίζονται σπάνια (π.χ. F1.J.K.37 για 900, Πίνακας 19). Επίσης, υπάρχουν βλάβες οι οποίες έχουν απασχολήσει τους χειριστές για ένα συγκεκριμένο διάστημα, ώσπου να αντικατασταθεί το εξάρτημα, και από τότε δεν απασχόλησε την επιχείρηση τουλάχιστον για το διάστημα της μελέτης (π.χ. F1.J.K.8 για 700 και F1.J.K.1 για 900). Η αιτία αυτού του συμβάντος αποδίδεται στο μικρό MTTF. Επιπλέον ο συνδυασμός μικρού δείγματος και μεγάλου χρόνου επισκευής (MTTR) οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το ανταλλακτικό πρέπει να ελέγχεται και να αντικαθίσταται σε χρονικό διάστημα που είναι ίσο με το MTTF, με σκοπό την εξάλειψη των σπάνιων βλαβών²⁶.

²⁶ Για αυτές τις βλάβες το MTTF θα πρέπει να αντιστοιχεί στον κύκλο ζωής του εξαρτήματος.

9. Προτάσεις

Μέσα από την ανάλυση βλαβών στο συγκεκριμένο βιομηχανικό περιβάλλον μπορεί να προταθεί μια μεθοδολογία συντήρησης για την βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων και την εκμηδένιση των νεκρών χρόνων.

Σημαντικό μέρος της ποιότητας εκτύπωσης είναι η συνέπεια στο χώρο παραγωγής. Ο μόνος τρόπος για να επιτευχθεί αυτή είναι η εφαρμογή ενός προγράμματος προληπτικής συντήρησης που θα εξασφαλίσει τις επιθυμητές συνθήκες εκτύπωσης.

Μια offset μηχανή απαιτεί ένα αυστηρό πρόγραμμα συντήρησης που επιβάλλεται να ακολουθείται από όλο το προσωπικό. Αυτό πρόγραμμα θα πρέπει να τεθεί σε ισχύ άμεσα, ώστε να λειτουργεί η μηχανή αποτελεσματικά.

Χωρίς το κατάλληλο πρόγραμμα συντήρησης στην offset μηχανή θα υπάρξουν πολλά προβλήματα εκτύπωσης, που δεν θα έχουν καμία σχέση με την εκπαίδευση του προσωπικού. Οι εκτυπωτές θα αντιμετωπίσουν προβλήματα στο χειρισμό μιας μηχανής, της οποίας το επίπεδο συντήρησης είναι χαμηλό. Η ποιότητα εκτύπωσης θα επιδεινωθεί ραγδαία. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη σπατάλη χαρτιού και την αύξηση του κόστους εργασίας (γιατί απαιτείται περισσότερος χρόνος για την εκτύπωση μιας παραγγελίας και μερικές φορές την επανεκτύπωσή της).

Κάθε κατασκευαστής προτείνει μια συντήρηση ρουτίνας στο εγχειρίδιο χρήσης του μηχανικού εξοπλισμού. Στο πλήρωμα των μηχανών θα πρέπει να δοθεί ένας κατάλογος με τα επιθυμητά σημεία ελέγχου για την ημερήσια, εβδομαδιαία και μηνιαία συντήρηση του εξοπλισμού για τον οποίο είναι υπεύθυνοι.

Σημαντικό είναι το προσωπικό να είναι ενήμερο για τη σημασία της συντήρησης και την ανάγκη υιοθέτησης ενός συστηματικού ελέγχου που θα έχει ως σκοπό να συμβάλει στη διατήρηση της σωστής κατάστασης λειτουργίας της εκτυπωτικής μηχανής.

Ο υπεύθυνος παραγωγής κατά την κατάρτιση του καταλόγου συντήρησης πρέπει να συμπεριλάβει τις ακόλουθες βασικές εργασίες:

Στην ημερήσια συντήρηση:

1. Πριν από την έναρξη λειτουργίας οι κύλινδροι του συστήματος ύγρανσης θα πρέπει να είναι καθαροί από σκόνες και κατάλοιπα μελάνης.
2. Πριν την εκτύπωση πρέπει να ελέγχεται εάν οι μηχανές είναι καλά πλυμένες.

3. Όταν αφαιρούνται οι πλάκες εκτύπωσης ο κύλινδρος πρέπει να ελέγχεται και να καθαρίζεται.
4. Τα καουτσούκ offset-blanket θα πρέπει να πλένονται σχολαστικά με ένα καλό υγρό. Είναι σημαντικό να γίνεται αμέσως μετά το τέλος της εκτύπωσης.
5. Πρέπει να γίνεται συστηματικός έλεγχος του PH και της αγωγιμότητας του εισερχόμενου διάλυμα ύγρανσης.
6. Ο έλεγχος όλων των ρυθμίσεων των κυλίνδρων.
7. Να ελέγχεται αν στις μονάδες εκτύπωσης ο κύλινδρος αποτύπωσης είναι καθαρός.
8. Έλεγχος των πυκνόμετρων για τη σωστή βαθμονόμηση. και την εξασφάλιση χρήσης των κατάλληλων προτύπων.

Στην εβδομαδιαία συντήρηση:

1. Τα συστήματα ύγρανσης πρέπει να στραγγίζονται και να καθαρίζονται. Κάθε εξάρτημα πρέπει να ξεπλένεται με νερό πριν την πλήρωση του. Σύστημα. Αυτό θα περιλαμβάνει:
 - τη δεξαμενή του κυκλοφορητή.
 - τη λεκάνη δημιουργίας του διαλύματος.
 - το σύστημα παροχής και επιστροφής του διαλύματος.
2. Έλεγχος του καουτσούκ blanket-offset, αν είναι σφιχτά δεμένο και αν το συνολικό πάχος με τα υποστρώματα να είναι σωστό.
3. Καθαρισμός των συστημάτων πλύσης καουτσούκ.

Στην μηνιαία συντήρηση:

1. Έλεγχος όλων των iron-to-iron ρυθμίσεων, που καθορίζονται από τον κατασκευαστή. Αυτός μπορεί να γίνεται με GO-NO-GO εργαλεία μετρήσεων που υπάρχουν στο εμπόριο για το σκοπό αυτό ή με παρατήρηση των μετρητών της ίδιας της μηχανής.
2. Οι κύλινδροι μελανώματος πρέπει να μελανώνονται, να ελέγχονται σωστά με τη μέθοδο λωρίδας για να εξασφαλίσουν τη σωστή διείσδυση της μελάνης από το μελανείο στην πλάκα εκτύπωσης και το σύστημα πλύσης να καθαρίζει σωστά τη μονάδα εκτύπωσης. να ελέγχεται η σκληρότητα των κυλίνδρων.
3. Να γίνεται η λίπανση που συνιστάται από τον κατασκευαστή.
4. Έλεγχος του PH και της αγωγιμότητας του διαλύματος.

5. Ο έλεγχος και εάν απαιτείται ο καθαρισμός του CIC²⁷.
6. Καθαρισμός των συστημάτων αλλαγής των τσίγκων.

Συνοψίζοντας, την πρώτη περίοδο χρήσης των μηχανών κατά την οποία δεν ακολουθείται ένα πρόγραμμα συντήρησης δεν μπορούν να αναδειχτούν τα προβλήματα που θα ακολουθήσουν. Ωστόσο, μετά από το αρχικό διάστημα, εάν δεν τηρείται σχολαστικά ένα πρόγραμμα συντήρησης, αυτό θα οδηγήσει σε αύξηση του κόστους λόγω των νεκρών χρόνων των επισκευών και των διακοπών της παραγωγικής διαδικασίας, αλλά και λόγω της καταστροφής των αναλωσίμων (μελάνες και άλλα υλικά εκτύπωσης, χαρτόνια, χαρτιά). Το κόστος μιας καλής συντήρησης μακροπρόθεσμα θα είναι μικρότερο από εκείνο των αποτυχιών στην παραγωγική διαδικασία.

²⁷ Central Impression drum Cleaner

Βιβλιογραφία

- Ebeling Ch., 1997, An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering, New York.
- Liberopoulos G., Tsarouhas P., 2002, Systems Analysis Speeds Up Chipita's Food-Processing Line, Interfaces Vol. 32, No. 3, 62-76.
- Liberopoulos G., Tsarouhas P., 2005, Reliability analysis of an automated pizza production line, Journal of Food Engineering. 69 (2005), 79-96.
- Nakajima S., 1988, Introduction to TPM: Total Productive Maintenance.
- Tsarouhas P., 2014, Performance evaluation of the croissant production line with reparable machines, Springerlinke.com.
- Us Ink A division of Sun Chemical Corporation, The Importance of Press Maintenance, Volume XVII
- Zio En., 2007, An introduction to the basics of Reliability and Risk Analysis, Series in Quality, Reliability and Engineering Statistics, Vol. 13.
- Τσαρούχας Π., Λυμπερόπουλος Γ., 2005, Αξιοπιστία, Ποιότητα και Συντήρηση Αυτοματοποιημένων Συστημάτων Παραγωγής, Πρακτικά 4^{ου} συνεδρίου Τεχνολογίας Τροφίμων, Πειραιάς 18-19 Φεβρουαρίου 2005 Τόμος 1, 359-371.
- Τσαρούχας Π., 1999, Βελτίωση γραμμής παραγωγής κρουασάν, Μεταπτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Τσαρούχας Π., 2005, Ποσοτική ανάλυση αξιοπιστίας, ποιότητας και απόδοσης αυτοματοποιημένων συστημάτων παραγωγής, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Τσολάκος Κ., 1985, Εκτυπωτική μέθοδος της Όφσετ, Αθήνα.
- Τσολάκος Κ., 1995, Τεχνικός Οδηγός της Όφσετ, Αθήνα.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

- http://agpcptech.weebly.com/uploads/1/2/4/2/12423472/unit_iii.pdf ανακτήθηκε 22/12/2016
- <http://dasta.eap.gr/files/ianos/%CE%97%20%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%20%CF%83%CF%84%CE%B9%CF%82%20%CE%93%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%A4%CE%AD%CF%87%CE%BD%CE%B5%CF%82%20%CE%94%CF%85%CE%BD%CE%B1%CF%84%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B5%CF%82>

[%20CE%BA%CE%B1%CE%B9%20CE%B5%CF%85%CE%BA%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82%20CE%BA.%20CE%A0%CE%BF%CE%BB%CE%AF%CF%84%CE%B7%CF%82.pdf](#) ανακτήθηκε 20/02/2017