



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση και Τεχνολογία Ποιότητας (ΔΙΠ)

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Διερεύνηση Αξιοπιστίας και Βελτιστοποίηση
Συντηρησιμότητας Εξοπλισμού Μονάδας Ξήρανσης σε
Βιομηχανία Παραγωγής Δομικών Υλικών

Σαλτογιάννης Θ. Βασίλειος

Επιβλέπων καθηγητής: Καραγρηγορίου Αλέξανδρος
Συν Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Μαλεφάκη Σωτηρία

Πάτρα
Μάιος , 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή (συγγραφέας/δημιουργός) που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Σε όλους όσους στάθηκαν δίπλα μου σε αυτό το μονοπάτι

Πάντες ἄνθρωποι τοῦ εἰδέναι ὀρέγονται φύσει, Ἀριστοτέλης

Περιεχόμενα	
Περίληψη	1
Abstract.....	2
Κεφάλαιο 1	3
1. Βασικές έννοιες αξιοπιστίας και συντήρησης.....	3
1.1 Ιστορική Εξέλιξη της Συντήρησης.....	4
1.2 Έννοια της Συντήρησης	5
1.3 Έννοια της Συντηρησιμότητας (Maintainability)	7
1.4 Έννοια της Αξιοπιστίας (Reliability).....	8
1.5 Έννοια της Διαθεσιμότητας (Availability)	9
1.6 Αποτυχία και Αστοχία Συστήματος.....	9
1.7 Απόδοση Εξοπλισμού	10
1.8 Μέσος Χρόνος Μεταξύ Βλαβών (MTBF).....	11
1.9 Μέσος Χρόνος Επισκευής (MTTR).....	12
1.10 Μαθηματική Διατύπωση Βασικών Εννοιών.....	12
1.10.1 Χρόνος έως την Αστοχία ή Αποτυχία (Time To Failure – TTF).....	13
1.10.2 Ρυθμός Αστοχίας (Hazard Rate)	13
1.10.3 Μέσος Χρόνος έως την Αστοχία (Mean Time To Failure – MTTF).....	14
1.10.4 Μέσος Χρόνος Μεταξύ Βλαβών (Mean Time Between Failures – MTBF).....	14
1.10.5 Μέσος Χρόνος Επισκευής (Mean Time To Repair – MTTR)	15
1.10.6 Διαθεσιμότητα Συστήματος.....	15
1.10.7 Αξιοπιστία Συστήματος σε Δομή Σειράς (Series System Reliability)	16
1.10.8 Αξιοπιστία Συστήματος Παράλληλη Δομή (Parallel System Reliability)	16
Κεφάλαιο 2	17
2. Συντήρηση, Παραγωγική Αποτελεσματικότητα και RAM υπό το Πρίσμα των Προτύπων	17
2.1 Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance – TPM).....	17
2.2 Η Σχέση της Συντήρησης με την Παραγωγή.....	19
2.3 ISO 55000 - Asset Management.....	21
2.4 ISO 13306 - Maintenance Terminology	22
2.5 IEC 60050-192 - International Electrotechnical Vocabulary / Dependability	23
2.6 Σχέση των προτύπων ISO και IEC με το RAM (Reliability - Availability - Maintainability) ...	24
2.7 ISO 45001 Σύστημα Διαχείρισης Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία και Συντήρηση	26
2.8 Υγιεινή και Ασφάλεια στη Συντήρηση Βιομηχανικού Εξοπλισμού.....	27
2.9 Σύνδεση Υγιεινής και Ασφάλειας με το RAM	28

Κεφάλαιο 3	28
3. Περιγραφή μελέτη περίπτωσης, ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων	28
3.1 Περιγραφή Μελέτης Περίπτωσης	29
3.2 Περιγραφή Υποσυστημάτων της Μονάδας Ξήρανσης	30
3.2.1 Καυστήρας	30
3.2.2 Μηχανολογικός Εξοπλισμός Κίνησης	30
3.2.3 Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός Αυτοματισμού	30
3.2.4 Ηλεκτρομειωτήρας.....	31
3.3 Πολιτική Συντήρησης της Μονάδας Ξήρανσης.....	31
3.4 Συλλογή δεδομένων συντήρησης	33
3.5 Επεξεργασία των Δεδομένων.....	33
3.5.2 Στατιστική Ανάλυση για τον Υπολογισμό Δεικτών Αξιοπιστίας	34
3.5.3 Ανάλυση Διαθεσιμότητας Συστήματος (Availability).....	42
3.6 Σύγκριση Kaplan–Meier και Weibull Ανάλυσης.....	44
3.6.1 Kaplan–Meier, μη παραμετρική εκτίμηση καμπύλης επιβίωσης.....	45
3.6.2 Weibull fitting, παραμετρική εκτίμηση κατανομής χρόνου αστοχίας	46
3.7 Στατιστική Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull	48
3.8 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για τα έτη 2019 -2025	56
3.8.1 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για το έτος 2019	56
3.8.2 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για το έτος 2020	58
3.8.3 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για το έτος 2021	59
3.8.4 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για το έτος 2022	60
3.8.5 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για το έτος 2023	62
3.8.6 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για το έτος 2024	63
3.8.7 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για το έτος 2025	64
3.9 Γραμμή τάσης της κατανομής Weibull με χρήση Excel	65
3.10 Προσαρμογή Κατανομής Weibull με Χρήση του Λογισμικού MINITAB.....	70
3.10.1 Ανάλυση Αξιοπιστίας Καυστήρα (Burner 2022) με Κατανομή Weibull	71
3.10.2 Ανάλυση Αξιοπιστίας Μηχανολογικού Εξοπλισμού Κίνησης για το έτος 2022 (Mechanical Drive Equipment 2022) με Κατανομή Weibull	72
3.10.3 Ανάλυση Αξιοπιστίας Καυστήρα για το έτος 2023 (Burner 2023) με Κατανομή Weibull.....	73
3.10.4 Ανάλυση Αξιοπιστίας Μηχανολογικού Εξοπλισμού Κίνησης για το έτος 2023 (Mechanical Drive Equipment 2023) με Κατανομή Weibull	75
3.10.5 Ανάλυση Αξιοπιστίας Μηχανολογικού Εξοπλισμού Κίνησης για το έτος 2024 (Mechanical Drive Equipment 2024) με Κατανομή Weibull	77

3.10.6 Ανάλυση Αξιοπιστίας Καυστήρα για το έτος 2025 (Burner 2025) με Κατανομή Weibull	78
3.10.7 Ανάλυση Αξιοπιστίας Μηχανολογικού Εξοπλισμού Κίνησης για το έτος 2025 (Mechanical Drive Equipment 2025) με Κατανομή Weibull	80
Κεφάλαιο 4	81
4. Συμπεράσματα –Προτάσεις	81
4.1 Συμπεράσματα Ανάλυσης Αξιοπιστίας της Μονάδας Ξήρανσης	82
4.2 Προτάσεις Βελτίωσης και Βελτιστοποίησης της Συντήρησης της Μονάδας Ξήρανσης	83
Βιβλιογραφικές Αναφορές	85
Παράρτημα Α : Πίνακες υπολογισμού δεικτών αξιοπιστίας για τα έτη 2019 -2025	87
Παράρτημα Β : Πίνακες ανάλυσης μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για τα έτη 2019 -2025	94

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 : Σύγκριση Διεθνών Προτύπων Διαχείρισης Εξοπλισμού και Συντήρησης	25
Πίνακας 3.1: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2019	35
Πίνακας 3.2: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2020	36
Πίνακας 3.3: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2021	37
Πίνακας 3.4: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2022	38
Πίνακας 3.5: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2023	39
Πίνακας 3.6: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2024	40
Πίνακας 3.7: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2025	41
Πίνακας 3.8: Συγκεντρωτικός Πίνακας Διαθεσιμότητα Συστήματος (Availability)	43
Πίνακας 3.9: Πίνακας σύγκριση Kaplan–Meier και Weibull ανάλυσης	45
Πίνακας 3.10: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2019	49
Πίνακας 3.11: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2020	50
Πίνακας 3.12: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2021	51
Πίνακας 3.13: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2022	52
Πίνακας 3.14: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2023	53
Πίνακας 3.15: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2024	54
Πίνακας 3.16: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2025	55
Πίνακας 3.17: Weibull παράμετροι για τις υπομονάδες Burner και Mechanical Drive Equipment	55

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 3.1: Καμπύλη επιβίωσης Kaplan–Meier για το έτος 2019	56
Διάγραμμα 3.2: Καμπύλη επιβίωσης Kaplan–Meier για το έτος 2020	58
Διάγραμμα 3.3: Καμπύλη επιβίωσης Kaplan–Meier για το έτος 2021	59
Διάγραμμα 3.4: Καμπύλη επιβίωσης Kaplan–Meier για το έτος 2022	60
Διάγραμμα 3.5: Καμπύλη επιβίωσης Kaplan–Meier για το έτος 2023	62
Διάγραμμα 3.6: Καμπύλη επιβίωσης Kaplan–Meier για το έτος 2024	63
Διάγραμμα 3.7: Καμπύλη επιβίωσης Kaplan–Meier για το έτος 2025	64
Διάγραμμα 3.8: Γραμμή τάσης της κατανομής Weibull για την υπομονάδα Burner του συστήματος ξήρανσης για τα έτη 2022,2023 και 2025	67
Διάγραμμα 3.9: Γραμμή τάσης της κατανομής Weibull για την υπομονάδα Mechanical Drive Equipment του συστήματος ξήρανσης για τα έτη 2021 έως και 2025	68

Διάγραμμα 3.10: Κατανομής Weibull με χρήση του λογισμικού MINITAB για την υπομονάδα Burner του έτους 2022	71
Διάγραμμα 3.11: Κατανομής Weibull με χρήση του λογισμικού MINITAB για την υπομονάδα Mechanical Drive Equipment του έτους 2022	72
Διάγραμμα 3.12: Κατανομής Weibull με χρήση του λογισμικού MINITAB για την υπομονάδα Burner του έτους 2023	74
Διάγραμμα 3.13: Κατανομής Weibull με χρήση του λογισμικού MINITAB για την υπομονάδα Mechanical Drive Equipment του έτους 2023	75
Διάγραμμα 3.14: Κατανομής Weibull με χρήση του λογισμικού MINITAB για την υπομονάδα Mechanical Drive Equipment του έτους 2024	77
Διάγραμμα 3.15: Κατανομής Weibull με χρήση του λογισμικού MINITAB για την υπομονάδα Burner του έτους 2025	78
Διάγραμμα 3.16: Κατανομής Weibull με χρήση του λογισμικού MINITAB για την υπομονάδα Mechanical Drive Equipment του έτους 2025	80

Κατάλογος Εξισώσεων

$F(t) = P(T \leq t)$ (2.1)	13
$R(t) = P(T > t) = 1-F(t)$ (2.2).....	13
$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$ (2.3).....	13
$MTTF = E(T) = \int_0^{\infty} tf(t) dt$ (2.4).....	14
$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt$ (2.5).....	14
$MTBF = \frac{\text{Συνολικός χρόνος λειτουργίας}}{\text{Αριθμός βλαβών}}$ (2.6)	14
$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n TTR_i}{n}$ (2.7)	15
$A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$ (2.8)	15
$R_{sys}(t) = \prod_{i=1}^n Ri(t)$ (2.9)	16
$R_{sys}(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1-Ri(t))$ (2.10)	16
$Availability = \frac{MTTF}{MTTF+MTTR}$ (3.1)	16
$Availability_{system} = A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4$ (3.2)	16
$\widehat{S}(t) = \prod_{t_i \leq t} \frac{n_i - d_i}{n_i}$ (3.3)	46
$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^k}$ (3.4).....	47
$f(t) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^k}, t \geq 0$ (3.5).....	47
$h(t) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{k-1}$ (3.6)	47
$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^k}$ (3.7)	65
$\ln(-\ln(1-F(t))) = k \ln(t) - k \ln(\lambda)$ (3.8)	66
$y = ax + b$ (3.9).....	66
$\lambda = e^{\frac{b}{k}}$ (3.10)	66

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της αξιοπιστίας και η βελτιστοποίηση της συντηρησιμότητας του εξοπλισμού, και συγκεκριμένα της Μονάδας Ξήρανσης Εργοστασίου που δραστηριοποιείται στην παραγωγή δομικών υλικών. Μέσω της ανάλυσης και επεξεργασίας πραγματικών λειτουργικών και συντηρησιακών δεδομένων, επιχειρείται ο εντοπισμός των υπομονάδων της μονάδας ξήρανσης που παρουσιάζουν μειωμένη απόδοση ή αυξημένη συχνότητα βλαβών και, ως εκ τούτου, χρήζουν βελτίωσης.

Η μελέτη επικεντρώνεται στον εντοπισμό των κύριων αιτίων αστοχιών, χρησιμοποιώντας δείκτες όπως: ο TTF (Time to Failure – Χρόνος μέχρι τη βλάβη), ο TTR (Time to Repair – Χρόνος επισκευής), ο MTBF (Mean Time Between Failures – Μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών), ο MTTR (Mean Time to Repair – Μέσος χρόνος επισκευής) και της Διαθεσιμότητα του Συστήματος (Availability). Επιπλέον, εφαρμόζονται στατιστικά εργαλεία όπως η Kaplan–Meier και η Weibull ανάλυση, με στόχο την αναγνώριση των κρίσιμων υπομονάδων και την εξαγωγή τεκμηριωμένων προτάσεων για βελτίωση της συντηρησιμότητας και της συνολικής απόδοσης του εξοπλισμού.

Απώτερος στόχος είναι, η μείωση των χρόνων προληπτικής και διορθωτικής συντήρησης, ο περιορισμός των απρογραμματίστων διακοπών λειτουργίας και η ενίσχυση της αξιοπιστίας και της παραγωγικότητας της μονάδας. Τα αποτελέσματα της μελέτης αναμένεται να προσφέρουν πρακτικές κατευθύνσεις για τη βελτίωση της λειτουργικής αποδοτικότητας και τη διασφάλιση της συνεχούς και ομαλής παραγωγικής διαδικασίας.

Abstract

The aim of this thesis is to investigate the reliability and optimize the maintainability of equipment, specifically the Drying Unit of a factory engaged in the production of construction materials. Through the analysis and processing of real operational and maintenance data, the study seeks to identify the subsystems of the drying unit that exhibit reduced performance or increased failure frequency and, consequently, require improvement. The study focuses on identifying the main causes of failures, using indices such as TTF (Time to Failure), TTR (Time to Repair), MTBF (Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time to Repair), and System Availability. Additionally, statistical tools such as Kaplan–Meier and Weibull analysis are applied to recognize critical subsystems and to derive evidence-based recommendations for improving maintainability and the overall performance of the equipment.

The ultimate goal is to reduce preventive and corrective maintenance times, limit unplanned downtime, and enhance the reliability and productivity of the unit. The results of this study are expected to provide practical guidance for improving operational efficiency and ensuring the continuous and smooth functioning of the production process.

Κεφάλαιο 1

1. Βασικές έννοιες αξιοπιστίας και συντήρησης

Η συντήρηση και η αξιοπιστία των βιομηχανικών συστημάτων αποτελούν θεμελιώδεις παράγοντες για τη βιώσιμη, ασφαλή και οικονομικά αποδοτική λειτουργία της σύγχρονης βιομηχανίας (EN 13306, 2017). Σε ένα περιβάλλον αυξημένου ανταγωνισμού και συνεχούς τεχνολογικής εξέλιξης, η ικανότητα των βιομηχανικών επιχειρήσεων να διατηρούν τον εξοπλισμό τους σε υψηλό επίπεδο λειτουργικής ετοιμότητας επηρεάζει άμεσα την παραγωγικότητα, την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, τη συμμόρφωση με κανονισμούς ασφάλειας και τελικά, τη συνολική ανταγωνιστικότητά τους (Blanchard & Fabrycky, 2011).

Η διαρκώς αυξανόμενη πολυπλοκότητα των βιομηχανικών συστημάτων, η ενσωμάτωση αυτοματισμών, αισθητήρων και ψηφιακών τεχνολογιών, καθώς και η αυξημένη αλληλεξάρτηση μεταξύ των επιμέρους υποσυστημάτων, καθιστούν τις αστοχίες πιο δύσκολα προβλέψιμες και συχνά πιο δαπανηρές (Dhillon, 2006). Παράλληλα, οι σύγχρονες βιομηχανίες καλούνται να λειτουργούν με ελάχιστους χρόνους διακοπής, αυστηρά χρονοδιαγράμματα παραγωγής και περιορισμένους πόρους, γεγονός που ενισχύει την ανάγκη για δομημένες και αποδοτικές στρατηγικές συντήρησης. Στο πλαίσιο αυτό, η μετάβαση από την καθαρά διορθωτική συντήρηση σε πιο εξελιγμένες μορφές, όπως η προληπτική και η προγνωστική συντήρηση, αποτελεί κρίσιμο βήμα για τη βελτίωση της λειτουργικής απόδοσης των συστημάτων (Mobley, 2002; Moubray, 1997).

Η αξιοπιστία ενός συστήματος συνδέεται άμεσα με την πιθανότητα απρόσκοπτης λειτουργίας του σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα (O'Connor & Kleyner, 2012), ενώ η συντηρησιμότητα εκφράζει την ευκολία και την ταχύτητα με την οποία μπορεί να αποκατασταθεί μετά από μια βλάβη (Dhillon, 2006). Οι δύο αυτές έννοιες, σε συνδυασμό με τη διαθεσιμότητα, η οποία αποτυπώνει την πιθανότητα το σύστημα να βρίσκεται σε λειτουργική κατάσταση σε μια τυχαία χρονική στιγμή (IEC 60050-192, 2015), αποτελούν βασικούς δείκτες αξιολόγησης της συνολικής απόδοσης του εξοπλισμού. Η κατανόηση και η ποσοτικοποίηση των παραπάνω μεγεθών επιτρέπουν τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σχετικά με τον σχεδιασμό, τη λειτουργία και τη συντήρηση των βιομηχανικών συστημάτων (Blanchard & Fabrycky, 2011; Wireman, 2014). Οι έννοιες αυτές αποτελούν το θεωρητικό

υπόβαθρο για την ανάλυση αξιοπιστίας και συντηρησιμότητας της Μονάδας Ξήρανσης που παρουσιάζεται στα επόμενα κεφάλαια της παρούσας διατριβής.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται αρχικά μια σύντομη ιστορική ανασκόπηση της εξέλιξης της συντήρησης, με σκοπό την ανάδειξη των βασικών σταδίων και τάσεων που οδήγησαν στις σύγχρονες πρακτικές διαχείρισης συντήρησης (EN 13306, 2017). Στη συνέχεια, ορίζονται και αναλύονται οι βασικές έννοιες και δείκτες που χρησιμοποιούνται στην παρούσα διατριβή, όπως η συντήρηση, η συντηρησιμότητα, η αξιοπιστία, η διαθεσιμότητα, η αποτυχία συστήματος, η απόδοση εξοπλισμού, καθώς και οι βασικοί δείκτες αξιολόγησης της λειτουργικής συμπεριφοράς των συστημάτων, MTBF (Mean Time Between Failures) και MTTR (Mean Time To Repair), οι οποίοι αποτελούν θεμελιώδη εργαλεία για τη μελέτη και τη βελτιστοποίηση των στρατηγικών συντήρησης (Dhillon, 2006; Mobley, 2002; O'Connor & Kleynner, 2012).

1.1 Ιστορική Εξέλιξη της Συντήρησης

Η συντήρηση ως οργανωμένη τεχνική δραστηριότητα έχει εξελιχθεί σημαντικά με την ανάπτυξη των βιομηχανιών και την πρόοδο της τεχνολογίας. Στα πρώτα στάδια της βιομηχανικής επανάστασης, η συντήρηση είχε καθαρά διορθωτικό χαρακτήρα, δηλαδή οι επεμβάσεις γίνονταν μόνο αφού εμφανιζόταν βλάβη, με στόχο την αποκατάσταση της λειτουργίας του εξοπλισμού. Αυτή η προσέγγιση ήταν απλή, αλλά είχε σημαντικά μειονεκτήματα, όπως συχνές και απρόβλεπτες διακοπές λειτουργίας, υψηλό κόστος επισκευών και μειωμένη ασφάλεια λειτουργίας (EN 13306, 2017).

Με την πρόοδο της βιομηχανίας και την ανάγκη για βελτιωμένη διαθεσιμότητα των παραγωγικών συστημάτων κατά τον 20^ο αιώνα, αναπτύχθηκε η προληπτική συντήρηση (preventive maintenance), η οποία στηρίζεται σε προγραμματισμένες επιθεωρήσεις και αντικαταστάσεις εξαρτημάτων σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα (Dhillon, 2006). Αν και αποτελεσματικότερη από τη διορθωτική συντήρηση, αυτή η στρατηγική παραμένει περιορισμένη, καθώς βασίζεται σε στατιστικούς χρόνους ζωής και δεν λαμβάνει υπόψη την πραγματική κατάσταση των μηχανών (Mobley, 2002).

Από τη δεκαετία του 1970 και έπειτα πραγματοποιήθηκε σημαντική πρόοδος με την ανάπτυξη της Συντήρησης Βασισμένης στην Αξιοπιστία (RCM – Reliability-Centered Maintenance). Η RCM συνδυάζει στοιχεία από διάφορες στρατηγικές συντήρησης και βασίζεται στην ανάλυση τρόπων αστοχίας και των επιπτώσεών τους, καθορίζοντας την

καταλληλότερη στρατηγική συντήρησης για κάθε σύστημα (Dhillon, 2006; O'Connor & Kleynner, 2012).

Στις τελευταίες δεκαετίες, η συντήρηση έχει εισέλθει σε μια νέα εποχή με την εμφάνιση της προβλεπτικής συντήρησης (predictive maintenance) και της συντήρησης βάσει κατάστασης (condition-based maintenance). Αυτές οι σύγχρονες προσεγγίσεις αξιοποιούν τεχνολογίες αισθητήρων, αυτοματισμού, ανάλυσης δεδομένων και IoT για να παρακολουθούν την κατάσταση του εξοπλισμού σε πραγματικό χρόνο και να προβλέπουν πιθανές βλάβες, έτσι ώστε οι επεμβάσεις να πραγματοποιούνται μόνο όταν είναι απαραίτητο (Moblely, 2002; Wireman, 2014). Η εφαρμογή αυτών των τεχνικών μειώνει σημαντικά το κόστος και τις απρογραμματίστες διακοπές λειτουργίας, αντικαθιστώντας τις προγραμματισμένες ενέργειες βάσει χρόνου, με ενέργειες βάσει πραγματικών δεδομένων (Moubray, 1997).

Συνολικά, η εξέλιξη της συντήρησης από τη διορθωτική στην προληπτική, στη συντήρηση βασισμένη στην αξιοπιστία και στη σύγχρονη προβλεπτική συντήρηση αντικατοπτρίζει την πρόοδο της τεχνολογίας και την ανάγκη για βέλτιστη διαχείριση των τεχνικών πόρων, με στόχο τη μείωση των βλαβών, την αύξηση της διαθεσιμότητας και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των βιομηχανικών συστημάτων (EN 13306, 2017; Dhillon, 2006; Mobley, 2002).

1.2 Έννοια της Συντήρησης

Η συντήρηση αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας, της διαθεσιμότητας και της ασφάλειας του τεχνικού εξοπλισμού σε βιομηχανικές και τεχνικές εγκαταστάσεις. Ορίζεται ως το σύνολο των τεχνικών, διοικητικών και διαχειριστικών ενεργειών που αποσκοπούν στη διατήρηση ή την αποκατάσταση ενός εξοπλισμού σε κατάσταση κατά την οποία μπορεί να επιτελεί την προβλεπόμενη λειτουργία του καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του (EN 13306, 2017).

Σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 13306, η συντήρηση περιλαμβάνει όλες τις ενέργειες που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια ζωής ενός στοιχείου, με σκοπό τη διατήρησή του ή την επαναφορά του σε λειτουργική κατάσταση. Η έννοια της συντήρησης δεν περιορίζεται μόνο στις τεχνικές επεμβάσεις, αλλά επεκτείνεται και στον σχεδιασμό, τον προγραμματισμό, τη διαχείριση πόρων και την αξιολόγηση του κόστους και των κινδύνων (Kelly & Harris, 1978).

Στη σύγχρονη βιομηχανία, η συντήρηση αποτελεί βασικό μέρος της διοίκησης περιουσιακών στοιχείων (asset management) και συνδέεται άμεσα με τη συνολική στρατηγική μιας

επιχείρησης, συμβάλλοντας στη μείωση του λειτουργικού κόστους, στην αύξηση της παραγωγικότητας και στη βελτίωση της ασφάλειας και της περιβαλλοντικής συμμόρφωσης (ISO 55000, 2014).

Η συντήρηση διακρίνεται στις ακόλουθες βασικές κατηγορίες:

a) Διορθωτική συντήρηση (Corrective Maintenance)

Η διορθωτική συντήρηση περιλαμβάνει τις ενέργειες που πραγματοποιούνται μετά την εμφάνιση βλάβης ή αστοχίας του εξοπλισμού, με στόχο την αποκατάσταση της λειτουργικότητάς του (EN 13306, 2017). Μπορεί να είναι άμεση, όταν απαιτείται άμεση επέμβαση λόγω διακοπής λειτουργίας, ή αναβαλλόμενη, όταν η επισκευή προγραμματίζεται σε μεταγενέστερο χρόνο. Η αποκλειστική εφαρμογή διορθωτικής συντήρησης οδηγεί συχνά σε αυξημένο κόστος και μειωμένη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού (Wireman, 2014).

b) Προληπτική συντήρηση (Preventive Maintenance)

Η προληπτική συντήρηση περιλαμβάνει προγραμματισμένες ενέργειες που πραγματοποιούνται σε προκαθορισμένα χρονικά ή λειτουργικά διαστήματα, ανεξάρτητα από την πραγματική κατάσταση του εξοπλισμού. Στόχος της είναι η μείωση της πιθανότητας εμφάνισης βλαβών και η επιμήκυνση της ωφέλιμης ζωής του εξοπλισμού (Moubray, 1997). Παραδείγματα αποτελούν οι περιοδικές επιθεωρήσεις, η λίπανση, οι ρυθμίσεις και οι προγραμματισμένες αντικαταστάσεις εξαρτημάτων.

c) Προβλεπτική συντήρηση (Predictive / Condition-Based Maintenance)

Η προβλεπτική συντήρηση βασίζεται στην παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού μέσω μετρήσεων και διαγνωστικών τεχνικών, όπως ανάλυση κραδασμών, θερμογραφία και ανάλυση λιπαντικών. Μέσω της ανάλυσης δεδομένων, καθίσταται δυνατή η πρόβλεψη της αστοχίας πριν την εμφάνισή της και η πραγματοποίηση επεμβάσεων μόνο όταν είναι απαραίτητες, επιτυγχάνοντας βελτιστοποίηση κόστους και αυξημένη διαθεσιμότητα (Moblely, 2002). Η προβλεπτική συντήρηση αποτελεί βασικό στοιχείο της Συντήρησης με Κέντρο την Αξιοπιστία (RCM) και των σύγχρονων βιομηχανικών εφαρμογών της Βιομηχανίας 4.0, όπου η χρήση αισθητήρων και συστημάτων ανάλυσης δεδομένων παίζει καθοριστικό ρόλο (Moubray, 1997).

1.3 Έννοια της Συντηρησιμότητας (Maintainability)

Η συντηρησιμότητα (maintainability) αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά απόδοσης ενός τεχνικού συστήματος και αναφέρεται στην ικανότητά του να συντηρείται, να επισκευάζεται ή να αποκαθίσταται σε λειτουργική κατάσταση εντός καθορισμένου χρονικού διαστήματος, υπό συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας και με δεδομένους πόρους (EN 13306, 2017). Αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό σχεδίασης και επηρεάζει άμεσα την αποτελεσματικότητα της στρατηγικής συντήρησης που εφαρμόζεται.

Σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο IEC 60050-192, η συντηρησιμότητα συνδέεται με τη δομή, τη διάταξη και τη λειτουργική φιλοσοφία του εξοπλισμού, ενώ δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την ποιότητα της συντήρησης αλλά και από τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα έχει σχεδιαστεί (IEC 60050-192, 2015). Η υψηλή συντηρησιμότητα επιτρέπει τη γρήγορη διάγνωση βλαβών, την εύκολη πρόσβαση στα κρίσιμα εξαρτήματα και την ταχεία αντικατάσταση ή επισκευή τους.

Παράγοντες που επηρεάζουν καθοριστικά τη συντηρησιμότητα περιλαμβάνουν την προσβασιμότητα των εξαρτημάτων, την τυποποίηση και διαθεσιμότητα ανταλλακτικών, την ευκολία διάγνωσης και εντοπισμού βλαβών, καθώς και το επίπεδο τεχνικής κατάρτισης και εμπειρίας του προσωπικού συντήρησης (Blanchard & Fabrycky, 2011). Επιπλέον, η χρήση τεκμηριωμένων διαδικασιών και συστημάτων υποστήριξης συντήρησης συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση της συντηρησιμότητας.

Η συντηρησιμότητα εκφράζεται ποσοτικά μέσω δεικτών απόδοσης, με σημαντικότερο τον Μέσο Χρόνο Επισκευής (Mean Time To Repair – MTTR), ο οποίος εκφράζει τον μέσο χρόνο που απαιτείται για την αποκατάσταση μιας βλάβης. Μικρότερες τιμές MTTR υποδηλώνουν υψηλότερη συντηρησιμότητα και οδηγούν σε αυξημένη διαθεσιμότητα του συστήματος (Dhillon, 2006).

Η συντηρησιμότητα συνδέεται άμεσα με τη διαθεσιμότητα (availability) και την αξιοπιστία (reliability) ενός συστήματος, αποτελώντας βασικό στοιχείο του τριπτύχου RAM (Reliability- Availability -Maintainability). Η βελτίωση της συντηρησιμότητας έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου εκτός λειτουργίας, τη βελτιστοποίηση του κόστους συντήρησης και τη συνολική αύξηση της επιχειρησιακής απόδοσης (Blanchard & Fabrycky, 2011)

1.4 Έννοια της Αξιοπιστίας (Reliability)

Η αξιοπιστία (reliability) ενός συστήματος ή εξοπλισμού ορίζεται ως η πιθανότητα να εκτελέσει την απαιτούμενη λειτουργία του χωρίς αστοχία, για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και υπό καθορισμένες συνθήκες λειτουργίας (IEC 60050-192, 2015). Αποτελεί θεμελιώδη έννοια της μηχανικής αξιοπιστίας και σχετίζεται άμεσα με την απόδοση, την ασφάλεια και τη διαθεσιμότητα των τεχνικών συστημάτων.

Σύμφωνα με το πρότυπο EN 13306, η αξιοπιστία εκφράζει την ικανότητα ενός στοιχείου να λειτουργεί χωρίς βλάβη για καθορισμένο χρονικό διάστημα, υπό δεδομένες συνθήκες, και αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό που καθορίζεται κυρίως κατά το στάδιο του σχεδιασμού και της επιλογής υλικών (EN 13306, 2017). Σε αντίθεση με τη συντηρησιμότητα, η αξιοπιστία δεν επηρεάζεται άμεσα από την ταχύτητα αποκατάστασης μιας βλάβης, αλλά από τη συχνότητα και τον τρόπο εμφάνισής της.

Η αξιοπιστία αποτελεί στοχαστική έννοια, καθώς οι αστοχίες εμφανίζονται τυχαία και επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες, όπως οι συνθήκες λειτουργίας, οι μηχανικές καταπονήσεις και η γήρανση των υλικών. Για τον λόγο αυτό, περιγράφεται μέσω πιθανοτικών συναρτήσεων και στατιστικών κατανομών, όπως η εκθετική, η Weibull και η κανονική κατανομή (O'Connor & Kleynner, 2012).

Στη μηχανική αξιοπιστίας, η αξιοπιστία ενός συστήματος εκφράζεται συχνά μέσω της συνάρτησης επιβίωσης $R(t)$, η οποία ορίζεται ως η πιθανότητα το σύστημα να μην έχει αστοχήσει μέχρι τον χρόνο t και δίνεται από τη σχέση: $R(t) = P(T > t)$ όπου T είναι η τυχαία μεταβλητή που αντιπροσωπεύει τον χρόνο μέχρι την αστοχία (Dhillon, 2006). Η συνάρτηση αξιοπιστίας συνδέεται άμεσα με τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας και τον ρυθμό αστοχίας (hazard rate), ο οποίος περιγράφει την πιθανότητα εμφάνισης αστοχίας ανά μονάδα χρόνου.

Η αξιοπιστία αποτελεί βασικό στοιχείο του πλαισίου RAM (Reliability-Availability-Maintainability) και επηρεάζει καθοριστικά τη διαθεσιμότητα ενός συστήματος, καθώς χαμηλή αξιοπιστία οδηγεί σε συχνές βλάβες και αυξημένο χρόνο εκτός λειτουργίας (Blanchard & Fabrycky, 2011). Η βελτίωση της αξιοπιστίας επιτυγχάνεται κυρίως μέσω κατάλληλου σχεδιασμού, επιλογής αξιόπιστων εξαρτημάτων και ελέγχου των συνθηκών λειτουργίας.

1.5 Έννοια της Διαθεσιμότητας (Availability)

Η διαθεσιμότητα (availability) εκφράζει το ποσοστό του συνολικού χρόνου κατά τον οποίο ένα σύστημα βρίσκεται σε λειτουργικά διαθέσιμη κατάσταση, ικανό να εκτελέσει την προβλεπόμενη λειτουργία του. Αποτελεί κρίσιμο δείκτη απόδοσης για συστήματα συνεχούς ή υψηλής σημασίας λειτουργίας όπως οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις, (IEC 60050-192, 2015).

Η διαθεσιμότητα συνδυάζει άμεσα την αξιοπιστία και τη συντηρησιμότητα, καθώς εξαρτάται, τόσο από τη συχνότητα εμφάνισης βλαβών, όσο και από τον χρόνο που απαιτείται για την αποκατάστασή τους. Ένα σύστημα με υψηλή αξιοπιστία αλλά χαμηλή συντηρησιμότητα ή αντίστροφα ενδέχεται να παρουσιάζει μειωμένη συνολική διαθεσιμότητα (EN 13306, 2017).

Στη μηχανική αξιοπιστίας, ιδιαίτερη σημασία έχει η λειτουργική ή βασική διαθεσιμότητα (inherent availability), η οποία λαμβάνει υπόψη μόνο τον χρόνο λειτουργίας και τον χρόνο αποκατάστασης λόγω βλαβών, χωρίς να συνυπολογίζονται καθυστερήσεις που οφείλονται σε οργανωτικούς ή διοικητικούς παράγοντες (Blanchard & Fabrycky, 2011). Η λειτουργική διαθεσιμότητα ορίζεται μαθηματικά ως: $Availability = MTBF / (MTBF + MTTR)$ όπου ο Μέσος Χρόνος Μεταξύ Βλαβών (Mean Time Between Failures – MTBF) αποτελεί δείκτη της αξιοπιστίας του συστήματος, ενώ ο Μέσος Χρόνος Επισκευής (Mean Time To Repair – MTTR) εκφράζει τη συντηρησιμότητά του (Dhillon, 2006).

Η αύξηση της διαθεσιμότητας επιτυγχάνεται είτε μέσω βελτίωσης της αξιοπιστίας, μειώνοντας τη συχνότητα εμφάνισης βλαβών, είτε μέσω βελτίωσης της συντηρησιμότητας, μειώνοντας τον χρόνο αποκατάστασης. Για τον λόγο αυτό, η διαθεσιμότητα αποτελεί βασικό μέγεθος του πλαισίου RAM (Reliability-Availability-Maintainability) και χρησιμοποιείται ευρέως στη λήψη αποφάσεων που αφορούν τον σχεδιασμό, τη λειτουργία και τη στρατηγική συντήρησης των τεχνικών συστημάτων (O'Connor & Kleyner, 2012).

1.6 Αποτυχία και Αστοχία Συστήματος

Η αποτυχία/αστοχία (failure) ενός συστήματος ή εξαρτήματος ορίζεται ως η παύση της ικανότητάς του να εκτελεί την απαιτούμενη λειτουργία, εντός των καθορισμένων ορίων απόδοσης και υπό δεδομένες συνθήκες λειτουργίας (IEC 60050-192, 2015). Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, οι όροι αστοχία και αποτυχία θεωρούνται ισοδύναμοι και χρησιμοποιούνται για την απόδοση του αγγλικού όρου failure. Η αστοχία δεν ταυτίζεται

απαραίτητα με την πλήρη αχρηστία του συστήματος, καθώς μπορεί να είναι πλήρης ή μερική, ανάλογα με το βαθμό υποβάθμισης της λειτουργίας.

Σύμφωνα με το πρότυπο EN 13306, η αστοχία μπορεί να προκύψει είτε αιφνίδια είτε σταδιακά, ως αποτέλεσμα της γήρανσης των υλικών, της μηχανικής φθοράς, των ηλεκτρικών ή ηλεκτρονικών σφαλμάτων, καθώς και εξωτερικών παραγόντων όπως περιβαλλοντικές καταπονήσεις ή ανθρώπινα λάθη κατά τη λειτουργία και τη συντήρηση (EN 13306, 2017). Η κατανόηση των αιτιών της αστοχίας αποτελεί βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματική διαχείριση του κύκλου ζωής του εξοπλισμού.

Η ανάλυση των αστοχιών αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο της μηχανικής αξιοπιστίας, καθώς επιτρέπει τον εντοπισμό των κρίσιμων σημείων ενός συστήματος και την αξιολόγηση των συνεπειών κάθε αστοχίας στη συνολική λειτουργία του. Μέσω μεθόδων, όπως η Ανάλυση Τρόπων και Επιπτώσεων Αστοχίας (Failure Modes and Effects Analysis-FMEA) και η Ανάλυση Δέντρου Σφαλμάτων (Fault Tree Analysis-FTA), καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός των πιθανών τρόπων αστοχίας και η ιεράρχηση των κινδύνων (O'Connor & Kleynner, 2012).

Η συστηματική μελέτη των αστοχιών συμβάλλει στη βελτιστοποίηση της στρατηγικής συντήρησης, καθώς παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για τη βελτίωση της αξιοπιστίας και της συντηρησιμότητας, τη μείωση του χρόνου εκτός λειτουργίας και την ενίσχυση της ασφάλειας του συστήματος. Παράλληλα, η ανάλυση αστοχιών υποστηρίζει τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων κατά το στάδιο του σχεδιασμού και της λειτουργίας των τεχνικών συστημάτων (Dhillon, 2006).

1.7 Απόδοση Εξοπλισμού

Η απόδοση του εξοπλισμού αναφέρεται στην ικανότητα ενός τεχνικού συστήματος να παράγει το επιθυμητό έργο με αποδοτικό, αξιόπιστο και ποιοτικά αποδεκτό τρόπο, αξιοποιώντας στο μέγιστο τους διαθέσιμους πόρους. Αποτελεί βασικό κριτήριο αξιολόγησης της λειτουργίας των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και συνδέεται άμεσα με την παραγωγικότητα, το κόστος λειτουργίας και τη συνολική ανταγωνιστικότητα μιας επιχείρησης (Wireman, 2014).

Η αξιολόγηση της απόδοσης του εξοπλισμού βασίζεται σε επιμέρους δείκτες που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα, τη λειτουργική ταχύτητα και την ποιότητα της παραγωγικής διαδικασίας. Η διαθεσιμότητα επηρεάζεται κυρίως από τη συχνότητα των βλαβών, τη διάρκεια των χρόνων επισκευής και τους προγραμματισμένους ή μη προγραμματισμένους

χρόνους διακοπής λειτουργίας. Η λειτουργική απόδοση εκφράζει τον βαθμό στον οποίο ο εξοπλισμός λειτουργεί σε σχέση με τη θεωρητική του δυναμικότητα, ενώ η ποιότητα αφορά το ποσοστό των παραγόμενων προϊόντων που πληρούν τις τεχνικές και λειτουργικές προδιαγραφές.

Η απόδοση του εξοπλισμού επηρεάζεται άμεσα από την αποτελεσματικότητα της στρατηγικής συντήρησης που εφαρμόζεται. Η αυξημένη συχνότητα βλαβών και οι παρατεταμένοι χρόνοι αποκατάστασης οδηγούν σε μειωμένη παραγωγική ικανότητα και αυξημένο λειτουργικό κόστος. Αντίθετα, η εφαρμογή σύγχρονων πρακτικών συντήρησης, όπως η προληπτική και η προβλεπτική συντήρηση, συμβάλλει στη μείωση των απρογραμμάτιστων διακοπών, στη βελτίωση της αξιοπιστίας του εξοπλισμού και στη σταθεροποίηση της παραγωγικής διαδικασίας (Moblely, 2002).

Η συστηματική παρακολούθηση της απόδοσης του εξοπλισμού επιτρέπει τον εντοπισμό αδυναμιών στη λειτουργία των βιομηχανικών συστημάτων και υποστηρίζει τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για τη βελτίωση της αποδοτικότητας. Μέσω της ανάλυσης των απωλειών λειτουργίας και ποιότητας, καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός των βασικών αιτιών μείωσης της απόδοσης και η εφαρμογή στοχευμένων διορθωτικών ενεργειών στο πλαίσιο της συνεχούς βελτίωσης (Wireman, 2014).

1.8 Μέσος Χρόνος Μεταξύ Βλαβών (MTBF)

Ο Μέσος Χρόνος Μεταξύ Βλαβών (Mean Time Between Failures – MTBF) αποτελεί έναν από τους βασικότερους δείκτες αξιοπιστίας και χρησιμοποιείται ευρέως για την αξιολόγηση της απόδοσης και της λειτουργικής συμπεριφοράς τεχνικών συστημάτων. Εκφράζει τον αναμενόμενο χρόνο λειτουργίας ενός συστήματος μεταξύ δύο διαδοχικών αστοχιών, υπό συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας (IEC 60050-192, 2015).

Ο MTBF υπολογίζεται ως ο λόγος του συνολικού χρόνου λειτουργίας ενός συστήματος προς τον αριθμό των βλαβών που εμφανίστηκαν σε αυτό το χρονικό διάστημα, σύμφωνα με τη σχέση: $MTBF = \text{Συνολικός χρόνος λειτουργίας} / \text{Αριθμός βλαβών}$. Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται κυρίως για επισκευάσιμα συστήματα, όπου μετά από κάθε αστοχία πραγματοποιείται αποκατάσταση και επαναφορά του εξοπλισμού σε λειτουργική κατάσταση (EN 13306, 2017). Μεγαλύτερες τιμές MTBF υποδηλώνουν υψηλότερη αξιοπιστία, καθώς οι βλάβες εμφανίζονται με μικρότερη συχνότητα.

Στη μηχανική αξιοπιστίας, ο MTBF συνδέεται άμεσα με τον ρυθμό αστοχίας, ιδιαίτερα στην περίπτωση συστημάτων με σταθερό ρυθμό αστοχίας, όπου ο MTBF αποτελεί το αντίστροφο

του ρυθμού αστοχίας (λ) (Dhillon, 2006). Παράλληλα, ο MTBF αποτελεί κρίσιμο παράγοντα στον υπολογισμό της διαθεσιμότητας, καθώς συνδυάζεται με τον μέσο χρόνο επισκευής (MTTR) για την αξιολόγηση της συνολικής λειτουργικής απόδοσης ενός συστήματος.

Η συστηματική παρακολούθηση και ανάλυση του MTBF παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για τον εντοπισμό αδυναμιών, τη βελτίωση του σχεδιασμού και τη βελτιστοποίηση της στρατηγικής συντήρησης, συμβάλλοντας στη μείωση των βλαβών και στη βελτίωση της αξιοπιστίας του εξοπλισμού (O'Connor & Kleyner, 2012).

1.9 Μέσος Χρόνος Επισκευής (MTTR)

Ο Μέσος Χρόνος Επισκευής (Mean Time To Repair – MTTR) αποτελεί βασικό δείκτη συντηρησιμότητας και χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ικανότητας ενός συστήματος να αποκαθίσταται μετά την εμφάνιση μιας βλάβης. Εκφράζει τον μέσο απαιτούμενο χρόνο για την αποκατάσταση μιας αστοχίας και την επαναφορά του συστήματος σε πλήρως λειτουργική κατάσταση, υπό καθορισμένες συνθήκες και με δεδομένους διαθέσιμους πόρους (IEC 60050-192, 2015).

Ο MTTR υπολογίζεται ως ο λόγος του συνολικού χρόνου που απαιτήθηκε για επισκευές προς τον αριθμό των βλαβών που αντιμετωπίστηκαν, σύμφωνα με τη σχέση: $MTTR = \text{Συνολικός χρόνος επισκευής} / \text{Αριθμός βλαβών}$. Μικρότερες τιμές MTTR υποδηλώνουν υψηλότερη συντηρησιμότητα, καθώς οι βλάβες αποκαθίστανται ταχύτερα, μειώνοντας τον χρόνο εκτός λειτουργίας του εξοπλισμού (EN 13306, 2017). Ο δείκτης αυτός επηρεάζεται από παράγοντες όπως η προσβασιμότητα των εξαρτημάτων, η διαθεσιμότητα ανταλλακτικών, η τεχνική κατάρτιση του προσωπικού συντήρησης και η αποτελεσματικότητα των διαδικασιών διάγνωσης και αποκατάστασης (Blanchard & Fabrycky, 2011).

Ο MTTR συνδέεται άμεσα με τη διαθεσιμότητα ενός συστήματος, καθώς χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της λειτουργικής διαθεσιμότητας σε συνδυασμό με τον μέσο χρόνο μεταξύ βλαβών (MTBF). Συνεπώς, η μείωση του MTTR αποτελεί βασικό στόχο των σύγχρονων στρατηγικών συντήρησης, συμβάλλοντας στη βελτίωση της επιχειρησιακής απόδοσης και στη μείωση του λειτουργικού κόστους (Dhillon, 2006).

1.10 Μαθηματική Διατύπωση Βασικών Εννοιών

Η ποσοτική ανάλυση της συντήρησης και της αξιοπιστίας βασίζεται στη χρήση μαθηματικών μοντέλων πιθανοτήτων και στατιστικής, τα οποία επιτρέπουν την περιγραφή και την

πρόβλεψη της συμπεριφοράς των τεχνικών συστημάτων ως προς τις αστοχίες και τη λειτουργική τους διαθεσιμότητα. Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται οι βασικοί μαθηματικοί ορισμοί και δείκτες που χρησιμοποιούνται στη μηχανική αξιοπιστίας και οι οποίοι εφαρμόζονται στη συνέχεια για την ανάλυση των δεδομένων της παρούσας διατριβής (Dhillon, 2006).

1.10.1 Χρόνος έως την Αστοχία ή Αποτυχία (Time To Failure – TTF)

Ο χρόνος έως την αστοχία/αποτυχία (Time To Failure-TTF) ορίζεται ως ο χρόνος λειτουργίας ενός συστήματος ή εξαρτήματος μέχρι την εμφάνιση της πρώτης αστοχίας/αποτυχίας. Έστω τυχαία μεταβλητή $T \geq 0$, η οποία αντιπροσωπεύει το χρόνο με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας $f(t)$ (O'Connor & Kleyner, 2012).

Η συνάρτηση κατανομής πιθανότητας (Cumulative Distribution Function – CDF) της T ορίζεται ως:

$$F(t) = P(T \leq t) \quad (2.1)$$

και εκφράζει την πιθανότητα το σύστημα να έχει αστοχήσει μέχρι τον χρόνο t .

Η συνάρτηση αξιοπιστίας (Reliability Function) ορίζεται ως:

$$R(t) = P(T > t) = 1 - F(t) \quad (2.2)$$

και εκφράζει την πιθανότητα το σύστημα να εξακολουθεί να λειτουργεί χωρίς αστοχία στον χρόνο t . Οι παραπάνω συναρτήσεις αποτελούν θεμελιώδη εργαλεία στη στατιστική ανάλυση δεδομένων αξιοπιστίας και στη μοντελοποίηση της διάρκειας ζωής τεχνικών συστημάτων.

1.10.2 Ρυθμός Αστοχίας (Hazard Rate)

Ο ρυθμός αστοχίας ή συνάρτηση κινδύνου (hazard rate ή Hazard Function) $\lambda(t)$ εκφράζει την πιθανότητα εμφάνισης αστοχίας ανά μονάδα χρόνου, υπό την προϋπόθεση ότι το σύστημα έχει επιβιώσει έως τον χρόνο t και ορίζεται μαθηματικά ως:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.3)$$

Ο ρυθμός αστοχίας χρησιμοποιείται ευρέως για την περιγραφή της συμπεριφοράς των τεχνικών συστημάτων κατά τα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής τους, καθώς αποτυπώνει τη μεταβολή της πιθανότητας αστοχίας με την πάροδο του χρόνου. Η ανάλυση και η ερμηνεία της συνάρτησης κινδύνου αποτελούν βασικό αντικείμενο της στατιστικής αξιοπιστίας και της πιθανοθεωρητικής μοντελοποίησης αστοχιών (Dhillon, 2006).

1.10.3 Μέσος Χρόνος έως την Αστοχία (Mean Time To Failure – MTTF)

Για μη επισκευάσιμα συστήματα, ο μέσος χρόνος έως την αστοχία (Mean Time To Failure - MTTF) ορίζεται ως η αναμενόμενη τιμή της τυχαίας μεταβλητής T , η οποία συμβολίζεται με $E(T)$ και εκφράζει τον χρόνο λειτουργίας έως την πρώτη αστοχία. Ο δείκτης αυτός αποτελεί βασικό μέτρο αξιοπιστίας και συνδέεται άμεσα με την κατανομή του χρόνου ζωής του συστήματος (EN 13306, 2017).

Μαθηματικά, ο MTTF υπολογίζεται ως:

$$MTTF = E(T) = \int_0^{\infty} tf(t)dt \quad (2.4)$$

ή ισοδύναμα:

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (2.5)$$

1.10.4 Μέσος Χρόνος Μεταξύ Βλαβών (Mean Time Between Failures – MTBF)

Ο μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών (Mean Time Between Failures – MTBF) εκφράζει τον μέσο χρόνο λειτουργίας ενός επισκευάσιμου συστήματος μεταξύ δύο διαδοχικών αστοχιών και υπολογίζεται ως (IEC 60050-192, 2015):

$$MTBF = \frac{\text{Συνολικός χρόνος λειτουργίας}}{\text{Αριθμός βλαβών}} \quad (2.6)$$

Ο δείκτης MTBF χρησιμοποιείται ευρέως στην αξιολόγηση της αξιοπιστίας και της λειτουργικής σταθερότητας βιομηχανικών και μηχανολογικών συστημάτων. Από στατιστικής άποψης, αποτελεί εκτίμηση της αναμενόμενης διάρκειας λειτουργίας μεταξύ αστοχιών και συνδέεται με στοχαστικά μοντέλα ανανεωτικών διεργασιών και ανάλυσης κύκλου ζωής.

1.10.5 Μέσος Χρόνος Επισκευής (Mean Time To Repair – MTTR)

Ο μέσος χρόνος επισκευής (MTTR) εκφράζει τον μέσο χρόνο που απαιτείται για την αποκατάσταση ενός συστήματος μετά από μια βλάβη, ώστε να επανέλθει σε κανονική λειτουργία και υπολογίζεται ως (Blanchard & Fabrycky, 2011) :

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n TTR_i}{n} \quad (2.7)$$

Όπου:

- a) TTR_i = Time To Repair της i -οστής βλάβης, δηλαδή ο χρόνος που χρειάστηκε για να επισκευαστεί η βλάβη.
- b) n = συνολικός αριθμός βλαβών που καταγράφηκαν.

Ο δείκτης MTTR αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την εκτίμηση της διαθεσιμότητας και της αποδοτικότητας των τεχνικών συστημάτων και, σε συνδυασμό με τους δείκτες MTTF και MTBF, εντάσσεται σε ολοκληρωμένα στοχαστικά μοντέλα αξιοπιστίας και συντήρησης.

1.10.6 Διαθεσιμότητα Συστήματος

Η διαθεσιμότητα (Availability) ενός συστήματος εκφράζει την πιθανότητα το σύστημα να βρίσκεται σε λειτουργική κατάσταση σε μια τυχαία χρονική στιγμή. Για επισκευάσιμα συστήματα, η λειτουργική διαθεσιμότητα ορίζεται ως συνάρτηση τόσο της αξιοπιστίας όσο και της συντηρησιμότητας και δίνεται από τη σχέση (Dhillon, 2006):

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2.8)$$

Ο δείκτης διαθεσιμότητας συνδυάζει τον μέσο χρόνο λειτουργίας μεταξύ βλαβών και τον μέσο χρόνο επισκευής, αποτυπώνοντας τη συνολική επιχειρησιακή απόδοση του συστήματος. Από στατιστικής σκοπιάς, η διαθεσιμότητα ερμηνεύεται μέσω στοχαστικών μοντέλων εναλλαγής λειτουργικών και μη λειτουργικών καταστάσεων και εντάσσεται στο πλαίσιο της θεωρίας αξιοπιστίας και συντήρησης αποτελώντας βασικό δείκτη στο πλαίσιο RAM (Reliability–Availability–Maintainability).

1.10.7 Αξιοπιστία Συστήματος σε Δομή Σειράς (Series System Reliability)

Ένα σύστημα σε σειρά λειτουργεί μόνο εφόσον όλα τα υποσυστήματα του λειτουργούν χωρίς αστοχία. Η αστοχία ενός και μόνο υποσυστήματος οδηγεί σε αστοχία ολόκληρου του συστήματος (O'Connor & Kleyner, 2012).

Για ένα σύστημα που αποτελείται από n nnn στατιστικά ανεξάρτητα υποσυστήματα, η συνολική αξιοπιστία του συστήματος δίνεται από τη σχέση:

$$R_{sys}(t) = \prod_{i=1}^n Ri(t) \quad (2.9)$$

Όπου:

- a) $Ri(t)$ είναι η συνάρτηση αξιοπιστίας του i -οστού υποσυστήματος στον χρόνο t ,
- b) \prod δηλώνει το γινόμενο των επιμέρους αξιοπιστιών $Ri(t)$.

Η παραπάνω διατύπωση αποτελεί άμεσο αποτέλεσμα της πιθανοθεωρητικής μοντελοποίησης ανεξάρτητων αστοχιών και χρησιμοποιείται εκτενώς στη μηχανική αξιοπιστίας για την ανάλυση σύνθετων τεχνικών συστημάτων. Η στατιστική θεμελίωση τέτοιων δομών αξιοπιστίας εντάσσεται στη σύγχρονη ανάλυση συστημάτων και στη θεωρία στοχαστικών μοντέλων ζωής.

1.10.8 Αξιοπιστία Συστήματος Παράλληλη Δομή (Parallel System Reliability)

Σε αντίθεση με τα συστήματα σε σειρά, ένα σύστημα σε παράλληλη διάταξη απαιτεί τη λειτουργία μόνο ενός ή περισσότερων κρίσιμων υποσυστημάτων για να θεωρηθεί το σύνολο λειτουργικό. Η παράλληλη δομή χρησιμοποιείται συχνά για τη βελτίωση της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας κρίσιμων διαδικασιών, καθώς μειώνει την πιθανότητα ολικής αστοχίας του συστήματος. Μαθηματικά, για ένα σύστημα με n ανεξάρτητα υποσυστήματα σε παράλληλη σύνδεση, η συνολική αξιοπιστία δίνεται από τη σχέση:

$$R_{sys}(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - Ri(t)) \quad (2.10)$$

Όπου:

- a) $Ri(t)$ είναι η συνάρτηση αξιοπιστίας του i -οστού υποσυστήματος στον χρόνο t ,
- b) \prod δηλώνει το γινόμενο των παραγόντων $1 - Ri(t)$

Η εφαρμογή παραλλήλων διατάξεων είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε βιομηχανικές μονάδες υψηλής σημασίας, όπως μονάδες ξήρανσης ή γραμμές παραγωγής δομικών υλικών, όπου η

διακοπή λειτουργίας μπορεί να έχει σημαντικές οικονομικές και λειτουργικές συνέπειες (O'Connor & Kleynor, 2012; Dhillon, 2006). Η ανάλυση τέτοιων διατάξεων συνδυάζεται συχνά με τεχνικές FMEA και Weibull για την αναγνώριση κρίσιμων υποσυστημάτων και την εκτίμηση κινδύνου, υποστηρίζοντας την υιοθέτηση στρατηγικών συντήρησης με στόχο τη μέγιστη διαθεσιμότητα και αξιοπιστία του εξοπλισμού.

Κεφάλαιο 2

2. Συντήρηση, Παραγωγική Αποτελεσματικότητα και RAM υπό το Πρίσμα των Προτύπων

Η αποτελεσματική διαχείριση της συντήρησης αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη βελτιστοποίηση της παραγωγικής απόδοσης και της ασφάλειας των βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Το κεφάλαιο αυτό εξετάζει σύγχρονες φιλοσοφίες συντήρησης, όπως η Ολική Παραγωγική Συντήρηση (TPM), τη σχέση της συντήρησης με την παραγωγή, καθώς και διεθνή πρότυπα διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων και συντήρησης (ISO 55000, ISO 13306, IEC 60050-192). Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη σημασία της αξιοπιστίας (Reliability), της διαθεσιμότητας (Availability) και της συντηρησιμότητας (Maintainability) – γνωστών ως RAM – ως βασικών δεικτών απόδοσης του εξοπλισμού και εργαλεία λήψης τεκμηριωμένων αποφάσεων για τη βελτιστοποίηση των στρατηγικών συντήρησης.

2.1 Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance – TPM)

Η Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance – TPM) αποτελεί μια ολοκληρωμένη και σύγχρονη φιλοσοφία διοίκησης της συντήρησης και της παραγωγής, η οποία αναπτύχθηκε στην Ιαπωνία κατά τη δεκαετία του 1970. Κύριος θεωρητικός εκφραστής της προσέγγισης αυτής υπήρξε ο Seiichi Nakajima, σε συνεργασία με το Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), ο οποίος εισήγαγε ένα συστηματικό πλαίσιο με στόχο τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας του βιομηχανικού εξοπλισμού (Nakajima, 1988).

Η Ολική Παραγωγική Συντήρηση στοχεύει στη μεγιστοποίηση της Συνολικής Αποτελεσματικότητας του Εξοπλισμού μέσω της πρόληψης βλαβών, της μείωσης των λειτουργικών απωλειών και της ενεργού συμμετοχής του συνόλου του ανθρώπινου

δυναμικού. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις συντήρησης, όπου η ευθύνη περιορίζεται στο τεχνικό τμήμα, η Ολική Παραγωγική Συντήρηση ενσωματώνεται στη συνολική στρατηγική της επιχείρησης και αντιμετωπίζει τη συντήρηση ως κρίσιμο παράγοντα ποιότητας, παραγωγικότητας και ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος (Wireman, 2004).

Οι βασικοί στόχοι της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης συνοψίζονται ως εξής:

- a) η εξάλειψη ή δραστική μείωση των βλαβών του εξοπλισμού,
- b) η μείωση των απωλειών της παραγωγικής διαδικασίας,
- c) η διασφάλιση και βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων,
- d) η αύξηση της ασφάλειας και της αξιοπιστίας των εγκαταστάσεων,
- e) η καλλιέργεια κουλτούρας συνεχούς βελτίωσης και συμμετοχής του προσωπικού.

Κεντρικός δείκτης αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης αποτελεί η Συνολική Αποτελεσματικότητα του Εξοπλισμού (Overall Equipment Effectiveness – OEE), η οποία προκύπτει από τον συνδυασμό τριών βασικών παραμέτρων: της διαθεσιμότητας, της απόδοσης και της ποιότητας. Ο δείκτης OEE χρησιμοποιείται ευρέως στη βιβλιογραφία ως εργαλείο ποσοτικοποίησης της αποδοτικότητας και εντοπισμού απωλειών (Nakajima, 1988).

Η εφαρμογή της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης βασίζεται σε οκτώ θεμελιώδεις πυλώνες, οι οποίοι λειτουργούν συμπληρωματικά:

1. Αυτόνομη συντήρηση, με ενεργό συμμετοχή των χειριστών σε βασικές εργασίες, όπως καθαρισμός, επιθεώρηση και λίπανση.
2. Προγραμματισμένη συντήρηση, η οποία περιλαμβάνει τον συστηματικό σχεδιασμό προληπτικών και προβλεπτικών ενεργειών.
3. Εστιασμένη βελτίωση (Kaizen), μέσω ομαδικής ανάλυσης και εξάλειψης των απωλειών.
4. Εκπαίδευση και ανάπτυξη προσωπικού, με στόχο την ενίσχυση τεχνικών και λειτουργικών δεξιοτήτων.
5. Συντήρηση ποιότητας, που αποσκοπεί στην πρόληψη ελαττωμάτων και στη σταθεροποίηση των διεργασιών.
6. Ασφάλεια, υγεία και περιβάλλον, με απώτερο σκοπό τα μηδενικά ατυχήματα.
7. Εφαρμογή της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης σε διοικητικές λειτουργίες, επεκτείνοντας τη φιλοσοφία και σε μη παραγωγικές διεργασίες.

8. Αρχικός σχεδιασμός εξοπλισμού, με ενσωμάτωση των αρχών της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης ήδη από το στάδιο της μελέτης και εγκατάστασης (Wireman, 2004).

Σύμφωνα με τη φιλοσοφία της, η συνολική αποδοτικότητα του εξοπλισμού επηρεάζεται από συγκεκριμένες κατηγορίες απωλειών. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι: οι βλάβες του εξοπλισμού, οι χρόνοι ρυθμίσεων και αλλαγών, οι μικροστάσεις, η μειωμένη ταχύτητα λειτουργίας και η παραγωγή ελαττωματικών προϊόντων. Οι απώλειες αυτές συνδέονται άμεσα με τον δείκτη της Συνολικής Αποτελεσματικότητας του Εξοπλισμού (OEE) και αποτελούν βασικό πεδίο ανάλυσης και παρέμβασης στο πλαίσιο της (Nakajima, 1988).

Η εφαρμογή της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης συμβάλλει ουσιαστικά στη βελτίωση της παραγωγικής απόδοσης, καθώς μειώνει τους χρόνους ακινητοποίησης, σταθεροποιεί τη ροή της παραγωγής και ενισχύει την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Παράλληλα, η ενεργός συμμετοχή των εργαζομένων διευκολύνει την έγκαιρη αναγνώριση προβλημάτων και οδηγεί σε αποτελεσματικότερη λήψη αποφάσεων σε λειτουργικό επίπεδο (Mobley, 2002).

Τα βασικά πλεονεκτήματα της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης περιλαμβάνουν την αύξηση της συνολικής αποδοτικότητας του εξοπλισμού, τη μείωση του κόστους συντήρησης και παραγωγής, τη βελτίωση της ποιότητας και της ασφάλειας, καθώς και την ανάπτυξη μιας ισχυρής εταιρικής κουλτούρας συνεχούς βελτίωσης. Ωστόσο, η επιτυχής εφαρμογή της, προϋποθέτει μακροχρόνια δέσμευση της διοίκησης, αποτελεσματική διαχείριση της αντίστασης του προσωπικού στην αλλαγή και συνεχή εκπαίδευση και αξιολόγηση των εμπλεκόμενων (Bhadury, 2012).

2.2 Η Σχέση της Συντήρησης με την Παραγωγή

Η συντήρηση αποτελεί βασικό παράγοντα για την επίτευξη υψηλής παραγωγικότητας σε βιομηχανικές μονάδες, καθώς η αξιοπιστία και η διαθεσιμότητα του εξοπλισμού επηρεάζουν άμεσα την απόδοση της παραγωγικής διαδικασίας (Mobley, 2002). Η αποτελεσματική διαχείριση της συντήρησης δεν περιορίζεται στην αποκατάσταση βλαβών, αλλά περιλαμβάνει προληπτικές και προβλεπτικές ενέργειες, με στόχο τη συνεχή λειτουργία του εξοπλισμού χωρίς απρόβλεπτες διακοπές (Wireman, 2004).

Η σχέση μεταξύ συντήρησης και παραγωγής μπορεί να περιγραφεί μέσα από τρεις βασικούς άξονες:

1. Διαθεσιμότητα εξοπλισμού: Η προληπτική συντήρηση μειώνει τις απρόβλεπτες διακοπές λειτουργίας, αυξάνοντας τη διαθεσιμότητα των μηχανών και επιτρέποντας σταθερότερο ρυθμό παραγωγής (Nakajima, 1988).
2. Απόδοση παραγωγής: Η έγκαιρη συντήρηση βελτιστοποιεί την ταχύτητα λειτουργίας του εξοπλισμού και μειώνει τις μικροστάσεις, ενισχύοντας την παραγωγική ικανότητα και την εκμετάλλευση των εγκαταστάσεων.
3. Ποιότητα προϊόντων: Η σωστή λειτουργία του εξοπλισμού μέσω συντήρησης εξασφαλίζει σταθερή ποιότητα προϊόντων, μειώνοντας ελαττωματικά κομμάτια και επανεργασίες (Bhadury, 2012).

Η συντήρηση ενσωματώνεται με την παραγωγή μέσω διαφόρων στρατηγικών, όπως η προληπτική συντήρηση, που βασίζεται σε προγραμματισμένες επιθεωρήσεις και αντικαταστάσεις εξαρτημάτων πριν εμφανιστεί βλάβη, και η προγνωστική συντήρηση, η οποία χρησιμοποιεί δεδομένα λειτουργίας και τεχνικές ανάλυσης για την εκτίμηση της πιθανότητας αστοχίας (Moble, 2002; Jardine et al., 2006).

Η στενή συνεργασία των τμημάτων συντήρησης και παραγωγής οδηγεί σε πολλαπλά οφέλη:

- a) Μείωση μη προγραμματισμένων διακοπών, αυξάνοντας τη συνολική παραγωγική απόδοση (OEE).
- b) Ελαχιστοποίηση κόστους, λόγω λιγότερων επανεργασιών, βλαβών και κατανάλωσης ενέργειας.
- c) Σταθερότητα διαδικασιών, που επιτρέπει καλύτερο προγραμματισμό της παραγωγής και διαχείριση των πόρων.

Επιπλέον, η ενσωμάτωση της συντήρησης στην παραγωγική στρατηγική προάγει την κουλτούρα συνεχούς βελτίωσης, καθώς η παρακολούθηση και ανάλυση αστοχιών εντοπίζει κρίσιμα σημεία στον εξοπλισμό και στις διαδικασίες (Nakajima, 1988). Η αποτελεσματική συντήρηση αποτελεί επομένως κρίσιμο στοιχείο για την ανταγωνιστικότητα και την αποδοτικότητα της βιομηχανικής μονάδας, ενώ η αδράνεια ή η ελλιπής εφαρμογή συντήρησης μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη παραγωγή, αυξημένα κόστη και υποβάθμιση της ποιότητας.

Συμπερασματικά, η συντήρηση και η παραγωγή δεν αποτελούν ανεξάρτητες λειτουργίες, αλλά αλληλοεξαρτώμενες διαδικασίες, όπου η αποτελεσματικότητα της μιας επηρεάζει άμεσα την απόδοση της άλλης. Η βέλτιστη συνεργασία μεταξύ τους αποτελεί στρατηγικό εργαλείο για τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας, της ποιότητας και της αξιοπιστίας του εξοπλισμού και της παραγωγικής διαδικασίας συνολικά.

2.3 ISO 55000 - Asset Management

Το ISO 55000 αποτελεί το βασικό διεθνές πρότυπο για τη διαχείριση περιουσιακών στοιχείων (Asset Management), παρέχοντας ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο στρατηγικών, πολιτικών και διαδικασιών για τη βέλτιστη αξιοποίηση των τεχνικών, οικονομικών και ανθρώπινων πόρων μιας επιχείρησης (ISO 55000, 2014). Στόχος του προτύπου είναι η μεγιστοποίηση της αξίας των περιουσιακών στοιχείων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, με παράλληλη διασφάλιση της αξιοπιστίας, της διαθεσιμότητας και της αποδοτικότητας του εξοπλισμού.

Η εφαρμογή του ISO 55000 επιτρέπει στις βιομηχανικές μονάδες να αναγνωρίσουν τα κρίσιμα περιουσιακά στοιχεία, αξιολογώντας την επίδρασή τους στην παραγωγική διαδικασία και τη συνολική επιχειρησιακή απόδοση. Μέσω της ανάλυσης κινδύνου και της ιεράρχησης των στοιχείων, η επιχείρηση μπορεί να καθορίσει στρατηγικές συντήρησης που προσαρμόζονται στη σημασία κάθε υποσυστήματος, μειώνοντας τους χρόνους εκτός λειτουργίας και αυξάνοντας την αξιοπιστία του εξοπλισμού (Alsyouf, 2009). Επιπλέον, το πρότυπο ενισχύει τη συντονισμένη χρήση πόρων, εξασφαλίζοντας ότι το προσωπικό, τα ανταλλακτικά και οι διαδικασίες συντήρησης αξιοποιούνται με τον πλέον αποδοτικό τρόπο.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της υιοθέτησης του ISO 55000 είναι η δυνατότητα ολοκληρωμένης διαχείρισης του κύκλου ζωής των περιουσιακών στοιχείων. Από τη φάση σχεδιασμού και προμήθειας μέχρι τη λειτουργία, τη συντήρηση και τελικά την απόσυρση, το πρότυπο παρέχει οδηγίες για τη συστηματική παρακολούθηση, αξιολόγηση και βελτιστοποίηση της απόδοσης των συστημάτων. Αυτό περιλαμβάνει την εφαρμογή μεθοδολογιών πρόβλεψης βλαβών, ανάλυσης αξιοπιστίας (reliability analysis) και βελτιστοποίησης συντηρησιμότητας (maintainability), με απώτερο στόχο την αύξηση της διαθεσιμότητας και τη μείωση του λειτουργικού κόστους (ISO 55000, 2014; Smith & Hinchcliffe, 2004).

Η ολιστική προσέγγιση του ISO 55000 συνδέει άμεσα την στρατηγική συντήρησης με τη συνολική επιχειρησιακή αποδοτικότητα και την ασφάλεια των εγκαταστάσεων. Μέσω της τυποποίησης διαδικασιών, της καταγραφής και ανάλυσης δεδομένων λειτουργίας και της συνεχούς βελτίωσης, οι επιχειρήσεις μπορούν να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις που βελτιώνουν την αξιοπιστία, μειώνουν τους απρογραμμάτιστους χρόνους διακοπής και ενισχύουν τη βιωσιμότητα των βιομηχανικών μονάδων (Alsyouf, 2009; ISO 55000, 2014). Συνολικά, το ISO 55000 αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο διαχείρισης που ενσωματώνει τη συντήρηση, τη διαχείριση κινδύνου και την επιχειρησιακή στρατηγική σε ένα ενιαίο πλαίσιο,

προσφέροντας σαφή κατευθύνσεις για τη μεγιστοποίηση της αξίας των περιουσιακών στοιχείων καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους.

2.4 ISO 13306 - Maintenance Terminology

Το ISO 13306 αποτελεί διεθνές πρότυπο που καθορίζει τους βασικούς όρους, έννοιες και μεθοδολογίες για τη συντήρηση τεχνικών συστημάτων (ISO, 2017). Παρέχει ένα κοινό λεξιλόγιο για έννοιες όπως συντηρησιμότητα (maintainability), αξιοπιστία (reliability), διαθεσιμότητα (availability), αποτυχία και αστοχία (failure), καθώς και δείκτες όπως MTBF (Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time To Repair) και TTF (Time To Failure). Η τυποποίηση των όρων αυτών διευκολύνει τη συγκριτική ανάλυση δεδομένων, την αξιολόγηση της απόδοσης του εξοπλισμού και τον σχεδιασμό στρατηγικών συντήρησης.

Η εφαρμογή του ISO 13306 σε βιομηχανικές μονάδες επιτρέπει την ποσοτική αξιολόγηση της RAM (Reliability- Availability -Maintainability), υποστηρίζοντας αποφάσεις που μειώνουν τους χρόνους εκτός λειτουργίας και ενισχύουν την αποδοτικότητα του εξοπλισμού. Με την ανάλυση των δεικτών MTBF, MTTR και Availability, οι υπεύθυνοι συντήρησης μπορούν να εντοπίσουν κρίσιμα υποσυστήματα και να εφαρμόσουν στοχευμένες προληπτικές και προβλεπτικές ενέργειες.

Το πρότυπο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στο στάδιο λειτουργίας και συντήρησης του κύκλου ζωής του εξοπλισμού, όπου η παρακολούθηση των επιδόσεων και η καταγραφή των βλαβών επιτρέπουν την έγκαιρη πρόβλεψη προβλημάτων και τη βελτιστοποίηση της στρατηγικής συντήρησης. Επιπλέον, η χρήση τυποποιημένων όρων και δεικτών δημιουργεί μια σταθερή βάση για ανάλυση δεδομένων και benchmarking μεταξύ διαφορετικών μονάδων ή εγκαταστάσεων, ενισχύοντας την επιχειρησιακή απόδοση και την ασφάλεια (Dhillon, 2006; O'Connor & Kleyner, 2012).

Συνολικά, το ISO 13306 αποτελεί βασικό εργαλείο για τη διαχείριση της αξιοπιστίας, της διαθεσιμότητας και της συντηρησιμότητας, συνδέοντας τη λειτουργική παρακολούθηση με την στρατηγική συντήρησης και προσφέροντας σαφή καθοδήγηση για τη βελτίωση της απόδοσης των συστημάτων καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους.

2.5 IEC 60050-192 - International Electrotechnical Vocabulary / Dependability

Το IEC 60050-192 αποτελεί μέρος του Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικού Λεξικού (International Electrotechnical Vocabulary – IECV) και επικεντρώνεται στη μηχανική αξιοπιστίας και τα συναφή μεγέθη dependability, όπως αξιοπιστία (reliability), διαθεσιμότητα (availability), συντηρησιμότητα (maintainability), ρυθμός αστοχίας (hazard rate) και χρόνοι MTBF, MTTR, TTF (IEC 60050-192, 2015). Το πρότυπο παρέχει σαφείς ορισμούς και μεθοδολογίες υπολογισμού αυτών των δεικτών, διασφαλίζοντας συνέπεια και συγκρισιμότητα των μετρήσεων σε διαφορετικές βιομηχανικές μονάδες.

Η εφαρμογή του IEC 60050-192 διευκολύνει την ακριβή εκτίμηση της λειτουργικής συμπεριφοράς του εξοπλισμού και την ανάλυση κινδύνων, υποστηρίζοντας τη βελτιστοποίηση στρατηγικών συντήρησης. Οι δείκτες που ορίζει το πρότυπο χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση κρίσιμων υπομονάδων, την πρόβλεψη πιθανών αστοχιών και τη λήψη αποφάσεων που μειώνουν τον χρόνο εκτός λειτουργίας και ενισχύουν την ασφάλεια των εγκαταστάσεων.

Το IEC 60050-192 είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στο στάδιο λειτουργίας και συντήρησης του κύκλου ζωής του εξοπλισμού, όπου η συνεπής καταγραφή και ανάλυση δεδομένων για την αξιοπιστία και τη συντηρησιμότητα επιτρέπει τη συνεχή βελτίωση της διαθεσιμότητας και της συνολικής απόδοσης των συστημάτων. Επιπλέον, παρέχει τη βάση για την ενσωμάτωση σύγχρονων τεχνολογιών παρακολούθησης και προβλεπτικής συντήρησης, όπως ανάλυση κραδασμών, θερμογραφία και condition-based monitoring, ενισχύοντας την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα και την πρόβλεψη βλαβών (Dhillon, 2006; Blanchard & Fabrycky, 2011).

Συνολικά, το IEC 60050-192 αποτελεί θεμελιώδες εργαλείο για τη διαχείριση αξιοπιστίας, διαθεσιμότητας και συντηρησιμότητας, συνδέοντας τους διεθνείς όρους με πρακτικές εφαρμογές στη βιομηχανία και υποστηρίζοντας τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων καθ' όλη τη διάρκεια ζωής των συστημάτων.

2.6 Σχέση των προτύπων ISO και IEC με το RAM (Reliability - Availability - Maintainability)

Τα πρότυπα ISO 55000, ISO 13306 και IEC 60050-192 λειτουργούν συμπληρωματικά, συγκροτώντας ένα συνεκτικό και ολοκληρωμένο πλαίσιο για την εφαρμογή και αξιολόγηση του RAM (Reliability-Availability-Maintainability) στη βιομηχανική διαχείριση εξοπλισμού. Κάθε πρότυπο συμβάλλει σε διαφορετικό επίπεδο: στρατηγικό, εννοιολογικό και μεθοδολογικό, υποστηρίζοντας τη συστηματική βελτιστοποίηση της απόδοσης των περιουσιακών στοιχείων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους.

Το ISO 55000 παρέχει το στρατηγικό πλαίσιο διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων, εντός του οποίου το RAM ενσωματώνεται ως βασικός δείκτης επιχειρησιακής απόδοσης. Μέσω της προσέγγισης κύκλου ζωής και της ανάλυσης κινδύνου, το πρότυπο καθοδηγεί τον προσδιορισμό κρίσιμων περιουσιακών στοιχείων και τη διαμόρφωση στρατηγικών συντήρησης που στοχεύουν στη μεγιστοποίηση της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας, με παράλληλη βελτιστοποίηση του κόστους και των διαθέσιμων πόρων.

Το ISO 13306 λειτουργεί σε εννοιολογικό και λειτουργικό επίπεδο, παρέχοντας το κοινό λεξιλόγιο και τους βασικούς δείκτες που απαιτούνται για την ποσοτική αξιολόγηση του RAM. Οι ορισμοί και τα μεγέθη που εισάγει όπως: MTBF, MTTR και Availability, επιτρέπουν τη συστηματική παρακολούθηση της αξιοπιστίας και της συντηρησιμότητας του εξοπλισμού, υποστηρίζοντας τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για την εφαρμογή προληπτικών και προβλεπτικών στρατηγικών συντήρησης.

Το IEC 60050-192 συμπληρώνει τα παραπάνω πρότυπα, παρέχοντας ακριβείς και διεθνώς αποδεκτούς ορισμούς και μεθοδολογίες υπολογισμού των μεγεθών αξιοπιστίας. Η συμβολή του είναι κρίσιμη για τη διασφάλιση της συνέπειας, της ακρίβειας και της συγκρισιμότητας των μετρήσεων RAM, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα υψηλής πολυπλοκότητας και αυξημένων απαιτήσεων ασφάλειας και αξιοπιστίας.

Συνολικά, το RAM αποτελεί τον συνδετικό κρίκο μεταξύ στρατηγικής, διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων και λειτουργικής απόδοσης του εξοπλισμού. Το ISO 55000 καθορίζει το "γιατί" και το "πότε", το ISO 13306 το "τι" μετράται, και το IEC 60050-192 το "πώς" ορίζονται και υπολογίζονται οι δείκτες αξιοπιστίας, διαθεσιμότητας και συντηρησιμότητας. Η συνδυαστική εφαρμογή των προτύπων αυτών επιτρέπει τη μείωση των απρογραμμάτιστων διακοπών, τη βελτίωση της διαθεσιμότητας και την ενίσχυση της βιωσιμότητας και της ασφάλειας των βιομηχανικών συστημάτων καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους.

Πίνακας 2.1 : Σύγκριση Διεθνών Προτύπων Διαχείρισης Εξοπλισμού και Συντήρησης

ΠΡΟΤΥΠΟ	ΣΤΟΧΟΣ	ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΚΥΡΙΟΙ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ	ΣΧΕΣΗ ΜΕ RAM
ISO 55000 – Asset Management	Παρέχει ολοκληρωμένο πλαίσιο διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων για βέλτιστη αξιοποίηση τεχνικών, οικονομικών και ανθρώπινων πόρων	Ολόκληρος ο κύκλος ζωής των περιουσιακών στοιχείων (σχεδιασμός έως απόσυρση)	KPI απόδοσης εξοπλισμού, προτεραιότητες κρίσιμων στοιχείων	Reliability: σωστός σχεδιασμός & προτεραιοποίηση, Availability: μειωμένοι χρόνοι διακοπής, Maintainability: βελτιστοποίηση διαδικασιών & πόρων
ISO 13306 – Maintenance Terminology	Ορίζει κοινό λεξιλόγιο και μεθοδολογίες συντήρησης τεχνικών συστημάτων	Ορίζει κοινό λεξιλόγιο και μεθοδολογίες συντήρησης τεχνικών συστημάτων	MTBF, MTTR, TTF, Availability, Failure Modes	Παρέχει ποσοτικούς δείκτες για Reliability, Availability, Maintainability, υποστηρίζοντας στοχευμένες στρατηγικές συντήρησης
IEC 60050-192 – Dependability	Ορίζει διεθνείς όρους αξιοπιστίας και συντηρησιμότητας για συνεπή μέτρηση και ανάλυση	Μηχανική αξιοπιστίας, ηλεκτροτεχνικός εξοπλισμός και γενικά τεχνικά συστήματα	MTBF, MTTR, TTF, Hazard Rate, Availability	Διασφαλίζει συνέπεια των δεικτών RAM και υποστηρίζει ανάλυση αστοχιών & βελτιστοποίηση διαθεσιμότητας

2.7 ISO 45001 Σύστημα Διαχείρισης Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία και Συντήρηση

Το ISO 45001:2018 αποτελεί το διεθνές πρότυπο για τη διαχείριση της Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία (Occupational Health and Safety Management), παρέχοντας ένα ολοκληρωμένο και συστηματικό πλαίσιο πολιτικών, διαδικασιών και ελέγχων για τη δημιουργία ασφαλών συνθηκών εργασίας και τη μείωση των επαγγελματικών κινδύνων. Στόχος του προτύπου είναι η πρόληψη εργατικών ατυχημάτων και επαγγελματικών ασθενειών, η διασφάλιση της συμμόρφωσης με την ισχύουσα νομοθεσία, καθώς και η ανάπτυξη και εδραίωση κουλτούρας πρόληψης και ασφάλειας σε όλα τα επίπεδα του οργανισμού.

Το πρότυπο προωθεί μια ολιστική προσέγγιση στη διαχείριση κινδύνων, απαιτώντας την αναγνώριση και αξιολόγηση των κινδύνων σε κάθε στάδιο των δραστηριοτήτων του οργανισμού. Παράλληλα, καθοδηγεί τον σχεδιασμό, την εφαρμογή και την παρακολούθηση μέτρων πρόληψης, ενσωματώνοντας τη συμμετοχή των εργαζομένων, την εκπαίδευση και τη συνεχή ενημέρωσή τους, καθώς και τη φιλοσοφία της συνεχούς βελτίωσης του Συστήματος Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία (ΥΑΕ).

Η εφαρμογή του ISO 45001 επιτρέπει στις επιχειρήσεις να αξιολογούν συστηματικά την πιθανότητα και τη σοβαρότητα των κινδύνων, εφαρμόζοντας στοχευμένα και αποτελεσματικά μέτρα ελέγχου και πρόληψης. Ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζει η ενσωμάτωση της Υγείας και Ασφάλειας στις διαδικασίες συντήρησης, καθώς η συντήρηση αποτελεί δραστηριότητα αυξημένου κινδύνου λόγω της άμεσης επαφής των εργαζομένων με εξοπλισμό, μηχανές και ενεργά συστήματα. Το ISO 45001 συμβάλλει στον συστηματικό σχεδιασμό των εργασιών συντήρησης, στην καθιέρωση ασφαλών διαδικασιών εργασίας, στη χρήση κατάλληλων μέσων ατομικής προστασίας και στην εφαρμογή πρακτικών όπως η απομόνωση ενέργειας και η ασφαλής επαναλειτουργία του εξοπλισμού. Μέσω αυτών των μηχανισμών, επιτυγχάνεται η μείωση των εργατικών ατυχημάτων και των απρογραμμάτιστων διακοπών λειτουργίας, η αύξηση της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού, καθώς και η βέλτιστη αξιοποίηση των ανθρώπινων και υλικών πόρων. Με τον τρόπο αυτό, το ISO 45001 συνδέει άμεσα τη διαχείριση της Υγείας και Ασφάλειας με τη στρατηγική συντήρησης και τη συνολική επιχειρησιακή στρατηγική, ενισχύοντας τη διαχείριση κινδύνων και τη βελτίωση της λειτουργικής απόδοσης των βιομηχανικών μονάδων.

2.8 Υγιεινή και Ασφάλεια στη Συντήρηση Βιομηχανικού Εξοπλισμού

Η υγιεινή και η ασφάλεια στη συντήρηση αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για τη βιώσιμη και αξιόπιστη λειτουργία των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, καθώς οι εργασίες συντήρησης συγκαταλέγονται στις δραστηριότητες με τον υψηλότερο δείκτη επαγγελματικού κινδύνου. Οι τεχνικοί συντήρησης εκτίθενται συχνά σε μηχανικούς, ηλεκτρικούς, χημικούς και εργονομικούς κινδύνους, ιδίως κατά τη διάρκεια επεμβάσεων σε εξοπλισμό υπό τάση, σε περιορισμένους χώρους, σε εργασίες σε ύψος, καθώς και κατά την επαφή με θερμές επιφάνειες στο πλαίσιο αποκατάστασης έκτακτων βλαβών (International Labour Organization, 2013).

Η συστηματική ενσωμάτωση της υγιεινής και ασφάλειας στη στρατηγική συντήρησης προϋποθέτει την εφαρμογή δομημένων διαδικασιών εκτίμησης κινδύνου, την τυποποίηση των εργασιών και την εκπαίδευση του προσωπικού. Πρότυπα όπως το ISO 45001 καθορίζουν τις απαιτήσεις για τη διαχείριση της επαγγελματικής υγείας και ασφάλειας, παρέχοντας ένα πλαίσιο πρόληψης ατυχημάτων και επαγγελματικών ασθενειών μέσω της αναγνώρισης κινδύνων, της αξιολόγησης επικινδυνότητας και της εφαρμογής ελέγχων ασφαλείας (ISO 45001:2018). Στο πλαίσιο της συντήρησης, η χρήση διαδικασιών lock out-tag out-Try out (LOTOTO), αδειών εργασίας (permit to work) και μέσων ατομικής προστασίας (PPE) αποτελεί βασική προϋπόθεση για την αποφυγή σοβαρών ατυχημάτων.

Η σύνδεση της ασφάλειας με τη διαχείριση αξιοπιστίας και συντηρησιμότητας είναι άμεση. Ανεπαρκώς σχεδιασμένες εργασίες συντήρησης ή πιέσεις για μείωση του χρόνου αποκατάστασης (MTTR) μπορούν να οδηγήσουν σε παραβλέψεις κρίσιμων μέτρων ασφαλείας, αυξάνοντας την πιθανότητα ατυχημάτων και δευτερογενών αστοχιών. Αντίθετα, η ενσωμάτωση αρχών ασφαλούς σχεδιασμού και εργονομίας ενισχύει τη συντηρησιμότητα του εξοπλισμού και μειώνει τόσο τον κίνδυνο τραυματισμών όσο και τους απρογραμματίστους χρόνους εκτός λειτουργίας (Dhillon, 2006; Reason, 1997).

Η εφαρμογή προληπτικών και προβλεπτικών στρατηγικών συντήρησης συμβάλλει ουσιαστικά στη βελτίωση της υγείας και ασφάλειας, καθώς μειώνει την ανάγκη για επείγουσες παρεμβάσεις υπό δυσμενείς συνθήκες. Η συνεχής παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού, η ανάλυση βλαβών και η τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων περιορίζουν την έκθεση του προσωπικού σε επικίνδυνα σενάρια, ενισχύοντας παράλληλα τη συνολική επιχειρησιακή απόδοση (Mobley, 2002).

Συνολικά, η υγιεινή και ασφάλεια στη συντήρηση δεν αποτελεί μεμονωμένη λειτουργία, αλλά αναπόσπαστο μέρος της στρατηγικής διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων. Η

αποτελεσματική εφαρμογή συστημάτων διαχείρισης ασφάλειας, σε συνδυασμό με τις αρχές αξιοπιστίας και συντηρησιμότητας, συμβάλλει στη δημιουργία ενός ασφαλούς εργασιακού περιβάλλοντος, στη μείωση των ατυχημάτων και στη διασφάλιση της μακροχρόνιας βιωσιμότητας των βιομηχανικών εγκαταστάσεων.

2.9 Σύνδεση Υγιεινής και Ασφάλειας με το RAM

Η αξιοπιστία (Reliability) επηρεάζεται από την ορθότητα και την πληρότητα των εργασιών συντήρησης, οι οποίες, όταν εκτελούνται υπό ασφαλείς συνθήκες και σύμφωνα με τυποποιημένες διαδικασίες, μειώνουν την πιθανότητα ανθρωπίνων σφαλμάτων και δευτερογενών αστοχιών. Παράλληλα, η συντηρησιμότητα (Maintainability) ενισχύεται μέσω του ασφαλούς σχεδιασμού του εξοπλισμού και της εργονομικής διάταξης των συστημάτων, διευκολύνοντας την εκτέλεση εργασιών συντήρησης με μειωμένο κίνδυνο και μικρότερους χρόνους αποκατάστασης (MTTR). Η διαθεσιμότητα (Availability) επηρεάζεται τόσο άμεσα όσο και έμμεσα από την ασφάλεια, καθώς τα εργατικά ατυχήματα, οι μη ασφαλείς πρακτικές και οι διακοπές λειτουργίας λόγω συμβάντων ασφάλειας οδηγούν σε αυξημένους χρόνους εκτός λειτουργίας και απώλεια παραγωγικής ικανότητας. Στο πλαίσιο του ISO 55000, η ενσωμάτωση της υγιεινής και ασφάλειας στις αποφάσεις συντήρησης και διαχείρισης κινδύνου διασφαλίζει ότι οι στρατηγικές RAM δεν στοχεύουν αποκλειστικά στη βελτιστοποίηση τεχνικών δεικτών, αλλά και στη διατήρηση ενός ασφαλούς και βιώσιμου εργασιακού περιβάλλοντος. (ISO 55000, 2014; ISO 45001, 2018).

Κεφάλαιο 3

3. Περιγραφή μελέτη περίπτωσης, ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η ανάλυση της μονάδας ξήρανσης ενός εργοστασίου παραγωγής δομικών υλικών, με έμφαση στην αξιοπιστία, τη συντηρησιμότητα και τη διαθεσιμότητά της. Αναλύεται η δομή και λειτουργία των επιμέρους υποσυστημάτων της μονάδας, η πολιτική συντήρησης που εφαρμόζεται, καθώς και η συλλογή και επεξεργασία δεδομένων για την περίοδο 2019–2025.

Το κεφάλαιο στοχεύει στην ποσοτική αξιολόγηση της λειτουργικής συμπεριφοράς της μονάδας, μέσω δεικτών όπως ο χρόνος έως τη βλάβη (TTF), ο χρόνος επισκευής (TTR), ο μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών (MTBF), ο μέσος χρόνος επισκευής (MTTR) και η διαθεσιμότητα (Availability), χρησιμοποιώντας παράλληλα μεθόδους ανάλυσης αξιοπιστίας Kaplan–Meier και Weibull fitting. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρέχουν τη βάση για τη βελτιστοποίηση της συντήρησης και την ενίσχυση της λειτουργικής απόδοσης της μονάδας ξήρανσης

3.1 Περιγραφή Μελέτης Περίπτωσης

Το υπό εξέταση σύστημα αποτελείται από μία μονάδα ξήρανσης, η οποία εντάσσεται στη γραμμή παραγωγής δομικών υλικών. Η μονάδα απαρτίζεται από τέσσερα βασικά και αλληλοεξαρτώμενα υποσυστήματα:

1. Καυστήρας (Burner)
2. Μηχανολογικός εξοπλισμός κίνησης (Mechanical Drive Equipment)
3. Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός αυτοματισμού (Electrical Automation Equipment)
4. Ηλεκτρομειωτήρας (Electric Motor/Gearbox)

Η μονάδα ξήρανσης χαρακτηρίζεται ως σύστημα σε σειρά, όπου η εύρυθμη λειτουργία κάθε υποσυστήματος είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη συνολική λειτουργικότητα. Συνεπώς, η απόδοση του συστήματος επηρεάζεται άμεσα από τη διαθεσιμότητα κάθε μονάδας.

Για το διάστημα 2019–2025, πραγματοποιείται αναλυτική μελέτη των εξής δεικτών:

1. TTF (Time to Failure) – Χρόνος μέχρι τη βλάβη
2. TTR (Time to Repair) – Χρόνος επισκευής
3. MTBF (Mean Time Between Failures) – Μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών
4. MTTR (Mean Time to Repair) – Μέσος χρόνος επισκευής
5. Availability – Διαθεσιμότητα συστήματος

Παράλληλα, εφαρμόζονται δύο μέθοδοι ανάλυσης αξιοπιστίας:

1. Kaplan–Meier (μη παραμετρική μέθοδος)
2. Weibull fitting (παραμετρική μέθοδος)

με σκοπό την αξιολόγηση της πιθανότητας αστοχίας, της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού και της απρόσκοπτης λειτουργίας του.

3.2 Περιγραφή Υποσυστημάτων της Μονάδας Ξήρανσης

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τα επιμέρους υποσυστήματα που απαρτίζουν το σύστημα ξήρανσης, καθώς και τον λειτουργικό ρόλο που διαδραματίζει το καθένα. Η λειτουργία όλων των υποσυστημάτων είναι κρίσιμη για την παραγωγική διαδικασία.

3.2.1 Καυστήρας

Ο καυστήρας αποτελεί το πρωτεύον υποσύστημα θερμικής ενέργειας της μονάδας. Λειτουργεί με καύσιμο υγραέριο (LPG) και αξιοποιεί τη χημική διεργασία καύσης, κατά την οποία το καύσιμο αντιδρά με οξυγόνο του αέρα παράγοντας θερμότητα και καυσαέρια. Η παραγόμενη θερμότητα μεταφέρεται στο ξηραντήριο μέσω ενός συστήματος αγωγών και φυγοκεντρικών ανεμιστήρων. Η σταθερότητα της θερμοκρασίας αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την ποιότητα του τελικού προϊόντος.

3.2.2 Μηχανολογικός Εξοπλισμός Κίνησης

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός κίνησης περιλαμβάνει άξονες, γρανάζια, αλυσίδες, ράουλα και ρουλεμάν ολίσθησης γραφίτη, τα οποία είναι σχεδιασμένα για λειτουργία σε υψηλές θερμοκρασίες. Το εν λόγω σύστημα εξασφαλίζει την ομαλή περιστροφή του ξηραντηρίου και τη συνεχή ροή υλικού.

Η παρουσία γραφιτούχων ρουλεμάν μειώνει σημαντικά την τριβή και αυξάνει την αξιοπιστία του συστήματος, ωστόσο τα εξαρτήματα αυτά υπόκεινται σε φυσιολογική φθορά λόγω υψηλών θερμικών φορτίων και συνεχούς λειτουργίας.

3.2.3 Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός Αυτοματισμού

Το υποσύστημα αυτοματισμού περιλαμβάνει:

1. μονάδες PLC,
2. αισθητήρες θέσης, θερμοκρασίας, ροής και κίνησης,
3. όργανα ενδείξεων ασφάλειας,
4. καλωδιώσεις και ηλεκτρονικούς ελεγκτές.

Το σύστημα αυτοματισμού είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο της διαδικασίας ξήρανσης, τη ρύθμιση παραμέτρων και την αναγνώριση-σήμανση βλαβών. Αποτελεί θεμελιώδες υποσύστημα για την ασφαλή, ενεργειακά αποδοτική και συνεχόμενη λειτουργία της μονάδας.

3.2.4 Ηλεκτρομειωτήρας

Ο ηλεκτρομειωτήρας αποτελεί τη μονάδα παροχής ροπής στο κεντρικό γρανάξι του συστήματος. Μέσω της μετάδοσης κίνησης προς τον άξονα και τα ράουλα, εξασφαλίζεται η σταθερή περιστροφή του ξηραντηρίου.

Η ορθή λειτουργία του ηλεκτρομειωτήρα είναι καθοριστική για την αξιοπιστία του μηχανολογικού συστήματος, καθώς τυχόν αστοχία του συνεπάγεται άμεση διακοπή της παραγωγικής διαδικασίας.

3.3 Πολιτική Συντήρησης της Μονάδας Ξήρανσης

Η συντήρηση του εξοπλισμού του εργοστασίου και κατ' επέκταση της υπό μελέτη μονάδας ξήρανσης, βασίζεται σε τρεις κύριες κατηγορίες: διορθωτική, προληπτική και προβλεπτική συντήρηση. Οι επεμβάσεις αυτές, συντηρήσεις ή επισκευές, πραγματοποιούνται αποκλειστικά από εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό και τους μηχανικούς συντήρησης της εταιρείας.

Το εργοστάσιο λειτουργεί επτά ημέρες την εβδομάδα επί εικοσιτετραώρου, σε τρεις βάρδιες, πρωινή, απογευματινή και βραδινή και το πρόγραμμα συντήρησης περιλαμβάνει τις ακόλουθες κατηγορίες ενεργειών:

1. Καθαρισμό των μηχανών και των επιμέρους εξαρτημάτων,
2. Λίπανση κινούμενων μερών
3. Ρυθμίσεις και ευθυγραμμίσεις των μηχανισμών
4. Προληπτική αντικατάσταση ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού με υψηλό δείκτη φθοράς
5. Αντικατάσταση ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού με βάσει τις προδιαγραφές του κατασκευαστή
6. Έλεγχος ασφαλιστικών διατάξεων όπως, αισθητήρες, βαλβίδες ασφαλείας, φωτοκύτταρα, προστατευτικά καλύμματα, θερμοστοιχεία
7. Έλεγχος ηλεκτρολογικού εξοπλισμού όπως, καλωδιώσεις, πίνακες, ρελέ, γειώσεις, μονώσεις
8. Διαγνωστικοί έλεγχοι θερμογράφησης
9. Επικαιροποίηση λογισμικού και έλεγχος PLC
10. Καταγραφή εργασιών συντήρησης για ιχνηλασιμότητα και ανάλυση βλαβών
11. Επισκευή και αποκατάσταση βλαβών που προκύπτουν κατά τη λειτουργία.

12. Εκπαίδευση χειριστών ώστε να μειώνονται οι κακές πρακτικές που προκαλούν βλάβες
13. Αξιολόγηση κινδύνων (risk assessment) και αναθεώρηση διαδικασιών συντήρησης

Η διορθωτική συντήρηση πραγματοποιείται καθ' όλη τη διάρκεια του ημερήσιου κύκλου λειτουργίας, ανάλογα με τις αστοχίες και τις βλάβες που ενδέχεται να παρουσιαστούν στον εξοπλισμό, απαιτώντας άμεση επέμβαση για την αποκατάσταση της λειτουργίας.

Η προληπτική συντήρηση υλοποιείται κατά κύριο λόγο στις προγραμματισμένες ημερομηνίας και ώρες, βάσει του εκάστοτε προγράμματος προληπτικών εργασιών που καταρτίζεται από τον υπεύθυνο του τμήματος συντηρήσεων, το οποίο διαμορφώνεται λαμβάνοντας υπόψη τα ακόλουθα:

1. Τις ώρες λειτουργίας των μηχανών,
2. Το ιστορικό των δεδομένων βλαβών
3. Τις προδιαγραφές του κατασκευαστή των ανταλλακτικών
4. Την συνολική παραγωγική δραστηριότητα της μονάδας

Η συγκροτημένη αυτή στρατηγική συντήρησης επιτρέπει την ελαχιστοποίηση του μη προγραμματισμένου χρόνου εκτός λειτουργίας, βελτιώνει τη διαθεσιμότητα της μονάδας και συμβάλλει στη μακροχρόνια αξιοπιστία του συστήματος.

Η προβλεπτική συντήρηση βασίζεται σε μετρήσιμα δεδομένα κατάστασης του εξοπλισμού επιτρέποντας την πρόβλεψη του χρόνου εμφάνισης μιας βλάβης. Η υπό παρακολούθηση μονάδα υπόκειται σε μια συνεχή ή περιοδική καταγραφή της πραγματικής κατάστασης, με στόχο την έγκαιρη ανίχνευση φθορών και τη στοχευμένη και προγραμματισμένη επέμβαση πριν τη διακοπή της λειτουργίας λόγω βλάβης.

Ο σκοπός αυτού του τύπου συντήρησης είναι να επιφέρει μείωση απρογραμματίστων βλαβών, βελτιστοποίηση χρόνων λειτουργίας, ελαχιστοποίηση κόστους συντήρησης, αύξηση διάρκειας ζωής εξοπλισμού και για την επίτευξη αυτών περιλαμβάνει μια σειρά από εξειδικευμένες διαγνωστικές και παρακολουθητικές ενέργειες όπως:

1. Δονησιομέτρηση: ανίχνευση ανισοροπιών, εκκεντρότητας, χαλαρώσεων, φθοράς ρουλεμάν, αστοχιών κίνησης
2. Θερμογράφιση: ανίχνευση θερμικών ανωμαλιών σε ηλεκτρικούς πίνακες, κινητήρες, ρουλεμάν, συστήματα ισχύος
3. Ανάλυση λιπαντικών: έλεγχος ρύπων, μετάλλων φθοράς, ιξώδους, επιμολύνσεων και ποιότητας λιπαντικού

4. Υπερηχητικός έλεγχος: ανίχνευση διαρροών, φθορά ρουλεμά και προβλημάτων λίπανσης
5. Έλεγχος μόνωσης ηλεκτρικών κυκλωμάτων: για πρόβλεψη αστοχιών σε κινητήρες, καλώδια και ηλεκτρικές εγκαταστάσεις
6. Παρακολούθηση κατάστασης εξοπλισμού σε πραγματικό χρόνο: συλλογή δεδομένων με PLC για θερμοκρασίες, ταχύτητα κίνησης, ρεύματα και τάσεις

3.4 Συλλογή δεδομένων συντήρησης

Η ορθή αξιολόγηση της συντηρησιμότητας της μονάδας ξήρανσης προϋποθέτει τη συστηματική συλλογή, οργάνωση και ανάλυση των δεδομένων λειτουργίας και βλαβών για την περίοδο 2019–2025. Τα δεδομένα αυτά προέρχονται από ημερολόγια συντήρησης, καταγραφές της ομάδας τεχνικών και των εργαζομένων παράγωγης, καθώς και από διαγνωστικούς ελέγχους πρότυπης και προβλεπτικής συντήρησης.

Στην υπό μελέτη περίπτωση τα δεδομένων που συλλέχθηκαν, αφορούν:

1. Χρόνος έναρξης (Time Start)
2. Χρόνος εκτός λειτουργίας λόγω βλαβών (Downtime Failures)
3. Αριθμός βλαβών (Number of Failures)
4. Χρόνος επισκευή (Repair Time)

Η συγκέντρωση αυτών των δεδομένων παρέχει ολοκληρωμένη εικόνα της κατάστασης του εξοπλισμού και επιτρέπει τον υπολογισμό κρίσιμων δεικτών αξιοπιστίας, όπως:

1. Χρόνος έως τη βλάβη (Time To Failure, TTF)
2. Χρόνος έως την επισκευή (Time To Repair, TTR)
3. Μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών (Mean Time Between Failures, MTBF)
4. Μέσος χρόνος επισκευής (Mean Time To Repair, MTTR)
5. Διαθεσιμότητα (Availability)

3.5 Επεξεργασία των Δεδομένων

Μετά την συλλογή των δεδομένων έγινε η επιμέρους ομαδοποίηση και κατηγοριοποίηση τους, πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση για τον υπολογισμό των δεικτών αξιοπιστίας και τέλος εφαρμόστηκαν δυο μέθοδοι μοντελοποίησης αξιοπιστίας κατά Kaplan–Meier και Weibull fitting.

3.5.1 Ομαδοποίηση και Κατηγοριοποίηση

Τα δεδομένα ταξινομήθηκαν ανά υποσύστημα:

1. Καυστήρας (Burner)
2. Μηχανολογικός εξοπλισμός κίνησης (Mechanical Drive Equipment)
3. Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός αυτοματισμού (Electrical Automation Equipment)
4. Ηλεκτρομειωτήρας (Electric Motor/Gearbox)

και καταγράφηκε χρόνος έναρξης λειτουργίας, ο χρόνος εκτός λειτουργίας λόγω βλαβών, ο αριθμός των βλαβών ανά υποσύστημα καθώς και ο χρόνος επισκευή.

3.5.2 Στατιστική Ανάλυση για τον Υπολογισμό Δεικτών Αξιοπιστίας

Τα δεδομένα της περιόδου 2019 έως και 2025 ομαδοποιήθηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν για κάθε υπομονάδα του συστήματος. Για κάθε περίπτωση καταγράφηκαν ο αριθμός των βλαβών (Number of Failures), ο χρόνος μέχρι την εμφάνιση της βλάβης (Time To Failure, TTF) και ο χρόνος αποκατάστασης της βλάβης (Time To Repair, TTR).

Οι χρονικές καταγραφές των βλαβών και των επισκευών πραγματοποιήθηκαν σε ώρες λειτουργίας (operating hours), συνεπώς όλοι οι υπολογισμοί των δεικτών TTF, TTR, MTBF και MTTR βασίζονται σε ωριαία δεδομένα.

Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών (Mean Time Between Failures, MTBF), ο οποίος προκύπτει από τη διαίρεση του συνολικού χρόνου λειτουργίας με τον αριθμό των βλαβών ανά μήνα. Αντίστοιχα, ο μέσος χρόνος επισκευής (Mean Time To Repair, MTTR) υπολογίστηκε ως το πηλίκο του συνολικού χρόνου επισκευής προς τον αριθμό των βλαβών.

Η διαθεσιμότητα του συστήματος σε μηνιαία βάση υπολογίστηκε ως ο λόγος του μέσου χρόνου λειτουργίας μεταξύ των βλαβών προς το άθροισμα του μέσου χρόνου λειτουργίας και του μέσου χρόνου αποκατάστασης, σύμφωνα με τη σχέση:

$$Availability = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \quad (3.1)$$

Τέλος, υπολογίστηκαν:

- a) η μηνιαία διαθεσιμότητα του συστήματος ως το γινόμενο των διαθεσιμοτήτων των επιμέρους υπομονάδων για κάθε μήνα, καθώς η διάταξη λειτουργίας είναι σε διάταξη σειράς, δηλαδή:

$$Availability_{system} = A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \quad (3.2)$$

- b) η ετήσια διαθεσιμότητα ανά υπομονάδα
- c) η συνολική ετήσια διαθεσιμότητα του συστήματος

Οι υπολογισμοί αυτοί παρέχουν μια ολοκληρωμένη εικόνα της απόδοσης και της αξιοπιστίας των επιμέρους υποσυστημάτων, όπως παρουσιάζεται στους Πίνακες 3.1 έως 3.7.

Πίνακας 3.1: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2019

DRYING FACILITY JANUARY-DECEMBER 2019									
BURNER	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY	1/7/2019 6:00	3/7/2019 12:17	1	1,45	54,2833	1,45			
	3/7/2019 12:17	8/7/2019 16:39	1	13,08	124,3667	13,08	60,411	6,077	0,9086
	8/7/2019 16:39	8/7/2019 19:14	1	3,7	2,5833	3,7			
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			3		181,233	18,23			

AVAILABILITY PER MONTH	
0,9651	JANUARY
0,9420	FEBRUARY
1,0000	MARCH
0,9960	APRIL
0,9887	MAY
1,0000	JUNE
0,9062	JULY
0,9138	AUGUST
0,9994	SEPTEMBER
1,0000	OCTOBER
0,9910	NOVEMBER
1,0000	DECEMBER
0,9752	TOTAL YEAR AVAILABILITY 2019
	Average annual system availability

MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT									
	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY	3/1/2019 6:00	23/1/2019 10:29	1	5,57	484,4833	5,57	484,4833	5,57	0,9886
FEBRUARY	1/2/2019 6:00	13/2/2019 8:23	1	4,82	290,3833	4,82			
	13/2/2019 8:23	15/2/2019 6:00	1	3,28	45,6167	3,28	124,2889	3,61	0,9718
MARCH	15/2/2019 6:00	16/2/2019 18:52	1	2,73	36,8667	2,73			
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY	1/7/2019 6:00	22/7/2019 8:55	1	1,35	506,9167	1,35	506,9167	1,35	0,9973
AUGUST	20/8/2019 6:00	21/8/2019 7:33	1	2,37	25,5500	2,37	25,5500	2,37	0,9151
SEPTEMBER	2/9/2019 6:00	18/9/2019 11:47	1	0,22	389,7833	0,22	389,7833	0,22	0,9994
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER	1/11/2019 6:00	27/11/2019 12:55	1	5,7	630,9167	5,7	630,9167	5,7000	0,9910
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			8		2410,517	26,04			

OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
439,2400	JANUARY
499,1300	FEBRUARY
452,6200	MARCH
408,0000	APRIL
450,3800	MAY
408,0000	JUNE
519,2000	JULY
200,6800	AUGUST
394,5300	SEPTEMBER
513,3700	OCTOBER
448,0000	NOVEMBER
360,0000	DECEMBER
5093,1500	TOTAL OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES

ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT									
	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY	3/1/2019 6:00	10/1/2019 15:14	1	4,32	177,2333	4,32	177,2333	4,32	0,9762
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			1		177,233	4,32			

TOTAL YEAR AVAILABILITY 2019	
0,9964	YEAR AVAILABILITY BURNER
0,9949	YEAR AVAILABILITY MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT
0,9992	YEAR AVAILABILITY ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT
0,9978	YEAR AVAILABILITY ELECTRIC MOTOR / GEARBOX
0,9884	TOTAL YEAR AVAILABILITY 2019
	multiplication of subunit availability

ELECTRIC MOTOR / GEARBOX									
	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY	1/2/2019 6:00	11/2/2019 11:47	1	7,78	245,7833	7,78	245,7833	7,78	0,9693
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL	1/4/2019 6:00	19/4/2019 9:50	1	1,75	435,8333	1,75	435,8333	1,75	0,9960
MAY	6/5/2019 6:00	10/5/2019 14:34	1	1,2	104,5667	1,2	104,5667	1,2	0,9887
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST	20/8/2019 6:00	29/8/2019 5:23	1	0,32	215,3833	0,32	215,3833	0,32	0,9985
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			4		1001,567	11,05			

YEAR AVAILABILITY 2019	Number of Failures Total	Time To Failure Total (TTF _{total})	Time To Repair Total (TTR _{total})	MTBF year	MTTR year	Year Availability
A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime)	16	3770,5500	59,6400	235,6594	3,7275	0,9844

Πίνακας 3.2: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2020

DRYING FACILITY JANUARY-DECEMBER 2020									
BURNER	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST	3/8/2020 6:00	5/8/2020 23:20	1	1,42	65,3333	1,42	65,333	1,42	0,9787
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			1		65,333	1,42			
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY	3/2/2020 6:00	19/2/2020 14:19	1	7,87	392,3167	7,87	210,9083	6,52	0,9700
MARCH	19/2/2020 14:19	20/2/2020 19:49	1	5,17	29,5000	5,17			
APRIL	23/4/2020 6:00	29/4/2020 10:11	1	1,98	148,1833	1,98	148,1833	1,98	0,9868
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST	14/8/2020 6:00	27/8/2020 15:47	1	2,2	321,7833	2,2	321,7833	2,2	0,9932
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			4		891,783	17,22			
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			0		0,000	0			
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			0		0,000	0			
YEAR AVAILABILITY 2020									
A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime)			Number of Failures Total		Time To Failure Total (TTF _{total})	Time To Repair Total (TTR _{total})	MTBF year	MTTR year	Year Availability
			5		957,1167	18,6400	191,4233	3,728	0,9809

AVAILABILITY PER MONTH	
1,0000	JANUARY
0,9700	FEBRUARY
1,0000	MARCH
0,9868	APRIL
1,0000	MAY
1,0000	JUNE
1,0000	JULY
0,9721	AUGUST
1,0000	SEPTEMBER
1,0000	OCTOBER
1,0000	NOVEMBER
1,0000	DECEMBER
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2020	
0,9941	Average annual system availability

OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
447,8300	JANUARY
471,5300	FEBRUARY
472,0000	MARCH
360,0000	APRIL
472,0000	MAY
504,0000	JUNE
504,0000	JULY
552,0000	AUGUST
400,0000	SEPTEMBER
480,0000	OCTOBER
424,0000	NOVEMBER
429,5000	DECEMBER
TOTAL OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
5516,8600	

TOTAL YEAR AVAILABILITY 2020	
A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime) per subunit	
0,9997	YEAR AVAILABILITY BURNER
0,9969	YEAR AVAILABILITY MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT
1,0000	YEAR AVAILABILITY ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT
1,0000	YEAR AVAILABILITY ELECTRIC MOTOR / GEARBOX
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2020	
0,9966	multiplication of subunit availability

Πίνακας 3.3: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2021

DRYING FACILITY JANUARY-DECEMBER 2021									
BURNER	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE	1/6/2021 6:00	22/6/2021 7:23	1	1,07	505,383	1,07	505,383	1,07	0,9979
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER	1/12/2021 6:00	10/12/2021 19:16	1	0,25	229,267	0,25	229,267	0,25	0,9989
TOTALS			2		734,650	1,32			
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL	1/4/2021 6:00	14/4/2021 9:23	1	1,67	315,3833	1,67	315,3833	1,67	0,9947
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE	1/6/2021 6:00	26/6/2021 0:18	1	3,08	594,3	3,08	594,3	3,08	0,9948
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST	14/8/2021 6:00	31/8/2021 11:08	1	1,65	413,1333	1,65	413,1333	1,65	0,9960
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER	1/11/2021 6:00 1/11/2021 17:13 18/11/2021 11:28 18/11/2021 11:28	1/11/2021 17:13 18/11/2021 11:28 29/11/2021 0:14	1 1 1	6,2 1,72 4,76	11,2167 402,2500 252,7667	6,2 1,72 4,76	222,0778	4,2267	0,9813
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			5		1989,050	19,08			
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY	7/1/2021 6:00	21/1/2021 15:10	1	0,37	345,1667	0,37	345,1667	0,37	0,9989
FEBRUARY	1/2/2021 6:00	3/2/2021 11:20	1	1,97	53,3333	1,97	53,3333	1,97	0,9644
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE	3/6/2021 6:00	30/6/2021 0:18	1	0,22	642,3	0,22	642,3	0,22	0,9997
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER	1/10/2021 6:00	9/10/2021 14:30	1	0,28	200,5	0,28	200,5	0,28	0,9986
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			4		1241,300	2,84			
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			0		0,000	0			
YEAR AVAILABILITY 2021	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime)		Number of Failures Total	Time To Failure Total (TTF _{total})	Time To Repair Total (TTR _{total})	MTBF year	MTTR year	Year Availability	
			12	3965,0000	23,2400	330,4167	1,9367	0,9942	

AVAILABILITY PER MONTH	
0,9989	JANUARY
0,9644	FEBRUARY
1,0000	MARCH
0,9947	APRIL
1,0000	MAY
0,9924	JUNE
1,0000	JULY
0,9960	AUGUST
1,0000	SEPTEMBER
0,9986	OCTOBER
0,9813	NOVEMBER
0,9989	DECEMBER
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2021	
0,9938	Average annual system availability

OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
417,0800	JANUARY
417,0800	FEBRUARY
548,0000	MARCH
552,0000	APRIL
528,0000	MAY
675,9300	JUNE
643,0000	JULY
352,0000	AUGUST
516,4000	SEPTEMBER
625,5000	OCTOBER
600,2700	NOVEMBER
478,7700	DECEMBER
TOTAL OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
6354,0300	

TOTAL YEAR AVAILABILITY 2021	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime) per subunit
0,9998	YEAR AVAILABILITY BURNER
0,9970	YEAR AVAILABILITY MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT
0,9996	YEAR AVAILABILITY ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT
1,0000	YEAR AVAILABILITY ELECTRIC MOTOR / GEARBOX
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2021	
0,9964	multiplication of subunit availability

Πίνακας 3.4: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2022

DRYING FACILITY JANUARY-DECEMBER 2022									
BURNER	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH	1/3/2022 6:00	5/3/2022 10:13	1	4,98	100,217	4,98	100,217	4,98	0,9527
	1/4/2022 6:00	13/4/2022 16:27	1	1,53	298,450	1,53			
APRIL	13/4/2022 16:27	28/4/2022 8:11	1	2,99	351,733	2,99	226,856	2,5500	0,9889
	28/4/2022 8:11	29/4/2022 14:34	1	3,13	30,383	3,13			
MAY	1/5/2022 6:00	22/5/2022 1:54	1	17,84	499,900	17,84	499,900	17,84	0,9655
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY	1/7/2022 6:00	10/7/2022 6:33	1	1,67	216,550	1,67	216,550	1,67	0,9923
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
	1/9/2022 6:00	9/9/2022 14:52	1	11,32	200,867	11,32			
SEPTEMBER	9/9/2022 14:52	10/9/2022 9:40	1	2,22	18,800	2,22	157,2708	5,0575	0,9688
	10/9/2022 9:40	22/9/2022 13:29	1	0,82	291,817	0,82			
	22/9/2022 13:29	27/9/2022 11:05	1	5,87	117,600	5,87			
	1/10/2022 6:00	9/10/2022 11:16	1	0,6	197,267	0,6			
OCTOBER	9/10/2022 11:16	26/10/2022 19:13	1	1,42	415,950	1,42	306,6083	1,01	0,9967
	1/11/2022 6:00	19/11/2022 12:17	1	4,35	438,283	4,35			
NOVEMBER	19/11/2022 12:17	21/11/2022 16:39	1	4,5	52,367	4,5	177,3611	4,8333	0,9735
	21/11/2022 16:39	23/11/2022 10:05	1	5,65	41,433	5,65			
DECEMBER	1/12/2022 6:00	17/12/2022 8:50	1	1,68	386,833	1,68	386,833	1,68	0,9957
TOTALS			16	3658,450	70,57				
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY	3/1/2022 6:00	10/1/2022 20:56	1	2,13	182,9333	2,13	68,9444	1,8767	0,9735
	10/1/2022 20:56	11/1/2022 15:21	1	0,78	18,4167	0,78			
	11/1/2022 15:21	11/1/2022 20:50	1	2,71	5,4823	2,71			
FEBRUARY	1/2/2022 6:00	3/2/2022 9:10	1	3,88	51,1667	3,88	165,7167	3,8500	0,9773
	1/2/2022 6:00	3/2/2022 4:18	1	5,25	46,3000	5,25			
	3/2/2022 4:18	12/2/2022 13:05	1	0,5	224,7833	0,5			
	12/2/2022 13:05	26/2/2022 17:42	1	5,77	340,6167	5,77			
	1/3/2022 6:00	15/3/2022 18:12	1	2,73	348,2000	2,73			
MARCH	15/3/2022 18:12	16/3/2022 0:30	1	2	6,3000	2	200,9611	1,9800	0,9902
	16/3/2022 0:30	26/3/2022 8:53	1	1,21	248,3833	1,21			
APRIL	1/4/2022 6:00	7/4/2022 7:28	1	1,65	145,4667	1,65	89,8833	0,7900	0,9913
	7/4/2022 7:28	11/4/2022 6:46	1	0,4	95,3000	0,4			
	11/4/2022 6:46	12/4/2022 11:39	1	0,32	28,8833	0,32			
MAY	1/5/2022 6:00	27/5/2022 5:08	1	3,35	623,1333	3,35	623,133	3,35	0,9947
JUNE	1/6/2022 6:00	7/6/2022 10:42	1	6,92	148,7000	6,92	91,1500	4,9600	0,9484
	7/6/2022 10:42	8/6/2022 20:18	1	3	33,6000	3			
JULY	1/7/2022 6:00	11/7/2022 16:55	1	7,83	250,9167	7,83	133,0750	5,6550	0,9592
	11/7/2022 16:55	12/7/2022 8:09	1	3,48	15,2333	3,48			
	1/8/2022 6:00	5/8/2022 21:40	1	1,05	111,6667	1,05			
AUGUST	5/8/2022 21:40	10/8/2022 11:58	1	2,25	110,3000	2,25	76,5556	1,7167	0,9781
	30/8/2022 11:58	30/8/2022 19:40	1	1,85	7,7000	1,85			
SEPTEMBER	1/9/2022 6:00	11/9/2022 17:41	1	1,67	251,6833	1,67	337,6500	1,6200	0,9952
	11/9/2022 17:41	29/9/2022 9:18	1	1,57	423,6167	1,57			
OCTOBER	1/10/2022 6:00	26/10/2022 17:23	1	1,9	611,3833	1,9	611,3833	1,9000	0,9969
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			24	4330,167	64,21				
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			0	0	0,000	0			
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY	1/7/2022 6:00	5/7/2022 11:49	1	2,97	101,8167	2,97	101,8167	2,97	0,9717
AUGUST	1/8/2022 6:00	1/8/2022 15:35	1	6,98	9,5833	6,98	109,6167	4,95	0,9568
	1/8/2022 15:35	10/8/2022 9:14	1	2,92	209,6500	2,92			
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			3		321,050	12,87			
YEAR AVAILABILITY 2022	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime)	Number of Failures Total	Time To Failure Total (TTF _{total})	Time To Repair Total (TTR _{total})	MTBF year	MTTR year	Year Availability		
		43	8309,6667	147,6500	193,2481	3,43372093	0,9825		

AVAILABILITY PER MONTH	
0,9735	JANUARY
0,9773	FEBRUARY
0,9434	MARCH
0,9803	APRIL
0,9604	MAY
0,9484	JUNE
0,9349	JULY
0,9358	AUGUST
0,9642	SEPTEMBER
0,9936	OCTOBER
0,9735	NOVEMBER
0,9957	DECEMBER
0,9642	TOTAL YEAR AVAILABILITY 2022
	Average annual system availability

OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
571,0000	JANUARY
638,3000	FEBRUARY
621,1500	MARCH
514,9100	APRIL
684,1400	MAY
606,7900	JUNE
587,7200	JULY
287,1300	AUGUST
700,7500	SEPTEMBER
649,8300	OCTOBER
600,0000	NOVEMBER
447,0000	DECEMBER
6909,2300	TOTAL OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES

TOTAL YEAR AVAILABILITY 2022	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime) per subunit
0,9899	YEAR AVAILABILITY BURNER
0,9908	YEAR AVAILABILITY MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT
1,0000	YEAR AVAILABILITY ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT
0,9981	YEAR AVAILABILITY ELECTRIC MOTOR / GEARBOX
0,9790	TOTAL YEAR AVAILABILITY 2022
	(multiplication of subunit availability)

Πίνακας 3.5: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2023

DRYING FACILITY JANUARY-DECEMBER 2023										
BURNER	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability	
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY	1/2/2023 6:00	21/2/2023 8:23	1	1,17	482,383	1,17	482,383	1,170	0,9976	
	1/3/2023 6:00	1/3/2023 22:51	1	0,85	16,850	0,85				
	1/3/2023 22:51	11/3/2023 15:05	1	0,9	232,233	0,9				
MARCH	11/3/2023 15:05	12/3/2023 0:16	1	3,67	9,183	3,67	126,863	1,722	0,9866	
	12/3/2023 0:16	26/3/2023 10:40	1	2,6	346,400	2,6				
	26/3/2023 10:40	27/3/2023 16:19	1	0,59	29,650	0,59				
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	0	1
MAY	2/5/2023 6:00	14/5/2023 10:26	1	1,28	292,433	1,28				
	14/5/2023 10:26	15/5/2023 10:26	1	2,95	24,000	2,95	158,217	2,115	0,9868	
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1/7/2023 6:00	18/7/2023 12:35	1	2,8	414,583	2,8				
JULY		18/7/2023 12:35	25/7/2023 17:16	1	8,9	172,683	8,9	200,017	4,4333	0,9783
	25/7/2023 17:16	26/7/2023 6:03	1	1,6	12,783	1,6				
	1/8/2023 6:00	2/8/2023 16:50	1	2,32	34,833	2,32				
AUGUST		25/8/2023 16:50	28/8/2023 16:50	1	1,32	72,000	1,32	53,417	1,82	0,9671
SEPTEMBER	1/9/2023 6:00	1/9/2023 19:30	1	8,47	13,500	8,47	13,500	8,47	0,6145	
	1/10/2023 6:00	3/10/2023 11:58	1	5,37	53,967	5,37				
OCTOBER	3/10/2023 11:58	8/10/2023 14:25	1	2,28	122,450	2,28	96,917	3,96	0,9607	
	8/10/2023 14:25	13/10/2023 8:45	1	4,23	114,333	4,23				
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			17		2444,267	51,3				
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability	
JANUARY	2/1/2023 6:00	9/1/2023 11:30	1	2,07	173,500	2,07	173,500	2,0700	0,9882	
FEBRUARY	1/2/2023 6:00	15/2/2023 1:14	1	0,97	331,233	0,97	331,233	0,9700	0,9971	
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1/4/2023 6:00	3/4/2023 7:37	1	2,03	49,6167	2,03				
APRIL		3/4/2023 7:37	8/4/2023 11:51	1	2	124,2333	2	145,1056	2,8533	0,9807
	8/4/2023 11:51	19/4/2023 9:19	1	4,53	261,4667	4,53				
MAY	2/5/2023 6:00	8/5/2023 17:43	1	1,25	155,7167	1,25	155,7167	1,2500	0,9920	
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST	25/8/2023 6:00	29/8/2023 15:37	1	3,53	105,6167	3,53	105,6167	3,5300	0,9677	
SEPTEMBER	1/9/2023 6:00	21/9/2023 10:32	1	1,42	484,5333	1,42	260,5667	2,8450	0,9892	
	21/9/2023 10:32	22/9/2023 23:08	1	4,27	36,6000	4,27				
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER	1/11/2023 6:00	23/11/2023 9:29	1	1	531,4833	1	531,4833	1,0000	0,9981	
	1/12/2023 6:00	7/12/2023 4:17	1	4,98	142,2833	4,98				
DECEMBER	7/12/2023 4:17	19/12/2023 14:50	1	5,57	298,5000	5,57	127,4208	4,5525	0,9655	
	19/12/2023 14:50	21/12/2023 4:23	1	4,67	37,5000	4,67				
	21/12/2023 4:23	22/12/2023 1:41	1	2,99	31,3000	2,99				
TOTALS			14		2763,683	41,28				
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability	
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			0		0,000	0				
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability	
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			0		0,000	0				
YEAR AVAILABILITY 2023	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime)	Number of Failures Total	Time To Failure Total (TTF _{Total})	Time To Repair Total (TTR _{Total})	MTBF year	MTTR year	Year Availability			
		31	5207,9500	92,58	167,9984	2,986451613	0,9825			

AVAILABILITY PER MONTH	
0,9882	JANUARY
0,9947	FEBRUARY
0,9866	MARCH
0,9807	APRIL
0,9790	MAY
1,0000	JUNE
0,9783	JULY
0,9358	AUGUST
0,6078	SEPTEMBER
0,9607	OCTOBER
0,9981	NOVEMBER
0,9655	DECEMBER
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2023	
0,9480	Average annual system availability

OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
596,2500	JANUARY
615,1200	FEBRUARY
724,0000	MARCH
511,4300	APRIL
712,0000	MAY
680,0500	JUNE
687,3300	JULY
305,7200	AUGUST
626,1000	SEPTEMBER
668,9400	OCTOBER
672,6700	NOVEMBER
288,0000	DECEMBER
TOTAL OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
7087,6100	

TOTAL YEAR AVAILABILITY 2023	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime) per subunit
0,9928	YEAR AVAILABILITY BURNER
0,9942	YEAR AVAILABILITY MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT
1,0000	YEAR AVAILABILITY ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT
1,0000	YEAR AVAILABILITY ELECTRIC MOTOR / GEARBOX
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2023	
0,9871	multiplication of subunit availability

Πίνακας 3.6: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2024

DRYING FACILITY JANUARY-DECEMBER 2024									
BURNER	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY	1/2/2024 6:00	12/2/2024 17:09	1	0,4	275,150	0,4	275,1500	0,4000	0,9985
MARCH	0	0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL	0	0	0	0	0	0	0	0	1
MAY	0	0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE	0	0	0	0	0	0	0	0	1
JULY	1/7/2024 6:00	8/7/2024 11:46	1	0,75	173,767	0,75	161,475	1,2750	0,9922
AUGUST	8/7/2024 11:46	14/7/2024 16:57	1	1,8	149,183	1,8			
SEPTEMBER	1/9/2024 6:00	12/9/2024 18:05	1	0,57	276,083	0,57	276,083	0,57	0,9979
OCTOBER	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			4		874,1833333	3,52			
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTR)	Availability
JANUARY	2/1/2024 6:00	20/1/2024 6:48	1	2,65	432,8000	2,65	432,8000	2,6500	0,9939
FEBRUARY	1/2/2024 6:00	16/2/2024 9:46	1	5,4	363,7667	5,4	363,7667	5,4000	0,9854
MARCH	0	0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL	1/4/2024 6:00	2/4/2024 11:19	1	8,25	29,3167	8,25			
	2/4/2024 11:19	3/4/2024 13:55	1	8,47	26,6000	8,47	83,7667	6,4633	0,9284
	3/4/2024 13:55	11/4/2024 17:18	1	2,67	195,3833	2,67			
	10/5/2024 6:00	10/5/2024 11:25	1	2,22	5,4167	2,22			
	10/5/2024 11:25	14/5/2024 19:48	1	2,12	104,3823	2,12	113,0833	2,5233	0,9782
	14/5/2024 19:48	24/5/2024 9:15	1	3,23	229,4500	3,23			
	1/6/2024 6:00	7/6/2024 14:15	1	3,43	152,2500	3,43			
	7/6/2024 14:15	15/6/2024 3:31	1	16,74	181,2667	16,74			
	15/6/2024 3:31	19/6/2024 10:52	1	4,7	103,3500	4,7			
	19/6/2024 10:52	22/6/2024 9:06	1	4,48	70,2333	4,48	110,4000	7,8317	0,9338
	22/6/2024 9:06	26/6/2024 6:48	1	5,25	93,7000	5,25			
	26/6/2024 6:48	28/6/2024 20:24	1	12,39	61,6000	12,39			
JULY	1/7/2024 6:00	2/7/2024 23:19	1	12,1	41,3167	12,1	41,3167	12,1000	0,7735
AUGUST	14/8/2024 6:00	30/8/2024 17:40	1	2,59	395,6667	2,59	395,6667	2,5900	0,9932
SEPTEMBER	1/9/2024 6:00	11/9/2024 10:12	1	8,93	244,2000	8,93	218,8500	6,4000	
	11/9/2024 10:12	19/9/2024 11:42	1	3,87	193,5000	3,87			0,9716
OCTOBER	1/10/2024 6:00	24/10/2024 19:27	1	3,52	565,4500	3,52			
	24/10/2024 19:27	31/10/2024 8:34	1	2,17	157,1167	2,17	361,2833	2,8450	0,9922
NOVEMBER	1/11/2024 6:00	6/11/2024 11:44	1	5,4	125,7333	5,4			
	6/11/2024 11:44	19/11/2024 16:10	1	1,73	316,4333	1,73	150,7417	2,9900	0,9806
	19/11/2024 16:10	22/11/2024 1:40	1	2,3	57,5000	2,3			
	22/11/2024 1:40	26/11/2024 6:58	1	2,53	103,3000	2,53			
DECEMBER	1/12/2024 6:00	13/12/2024 11:34	1	5,63	293,5667	5,63	293,5667	9,6300	0,9682
TOTALS			25		4543,300	136,77			
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTR)	Availability
JANUARY	0	0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY	0	0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH	0	0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL	0	0	0	0	0	0	0	0	1
MAY	0	0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE	0	0	0	0	0	0	0	0	1
JULY	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER	0	0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			0		0,000	0			
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTR)	Availability
JANUARY	0	0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY	1/2/2024 6:00	7/2/2024 3:29	1	3,78	141,6500	3,78			
MARCH	7/2/2024 3:29	25/2/2024 0:53	1	8	429,2333	8	285,4417	5,89	0,9798
APRIL	0	0	0	0	0	0	0	0	1
MAY	0	0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE	0	0	0	0	0	0	0	0	1
JULY	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER	1/9/2024 6:00	15/9/2024 7:19	1	1,23	337,3167	1,23	337,3167	1,23	0,9964
OCTOBER	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			3		908,200	13,01			
YEAR AVAILABILITY 2024	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime)		Number of Failures Total		Time To Failure Total (TTF _{total})	Time To Repair Total (TTR _{total})	MTBF year	MTR year	Year Availability
			32		6325,6833	159,3	197,6776	4,790625	0,9763

AVAILABILITY PER MONTH	
0,9939	JANUARY
0,9640	FEBRUARY
1,0000	MARCH
0,9284	APRIL
0,9782	MAY
0,9338	JUNE
0,7674	JULY
0,9935	AUGUST
0,9661	SEPTEMBER
0,9922	OCTOBER
0,9806	NOVEMBER
0,9682	DECEMBER
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2024	
0,9555	Average annual system availability

OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
667,5000	JANUARY
596,8700	FEBRUARY
647,1300	MARCH
652,2000	APRIL
544,0000	MAY
677,3700	JUNE
543,3200	JULY
417,8700	AUGUST
691,1300	SEPTEMBER
617,8500	OCTOBER
680,2000	NOVEMBER
467,6200	DECEMBER
TOTAL OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
7203,0700	

TOTAL YEAR AVAILABILITY 2024	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime) per subunit
0,9995	YEAR AVAILABILITY BURNER
0,9814	YEAR AVAILABILITY MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT
1,0000	YEAR AVAILABILITY ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT
0,9982	YEAR AVAILABILITY ELECTRIC MOTOR / GEARBOX
0,9791	TOTAL YEAR AVAILABILITY 2024 (multiplication of subunit availability)

Πίνακας 3.7: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2025

DRYING FACILITY JANUARY-DECEMBER 2025										
BURNER	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability	
JANUARY		0	0	0	0	0	0,0000	0	1	
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0,0000	0	1	
MARCH		0	0	0	0	0	0,0000	0	1	
APRIL	1/4/2025 6:00	10/4/2025 19:09	1	0,5	229,090	0,5	229,0900	0,5	0,9978	
MAY	1/5/2025 6:00	31/5/2025 8:34	1	2,7	722,567	2,7	722,5667	2,7	0,9963	
JUNE	1/6/2025 6:00	4/6/2025 17:05	1	0,4	83,083	0,4				
	4/6/2025 17:05	26/6/2025 22:35	1	2,42	533,500	2,42	308,2917	1,41	0,9954	
JULY	21/7/2025 6:00	26/7/2025 8:39	1	1,63	122,650	1,63	98,2083	2,1750	0,9789	
AUGUST	26/7/2025 8:39	29/7/2025 10:25	1	2,72	73,767	2,72				
			0	0	0	0	0,0000	0	1	
SEPTEMBER	1/9/2025 6:00	28/9/2025 16:32	1	5,02	658,533	5,02	342,3833	3,075	0,9911	
	28/9/2025 16:32	29/9/2025 18:46	1	1,13	26,233	1,13				
OCTOBER	1/10/2025 6:00	4/10/2025 6:10	1	0,83	72,167	0,83	170,1375	1,675	0,9903	
	4/10/2025 6:10	13/10/2025 6:15	1	2,82	216,083	2,82				
	13/10/2025 6:15	25/10/2025 11:52	1	1,8	293,617	1,8				
	25/10/2025 11:52	29/10/2025 14:33	1	1,25	98,683	1,25				
NOVEMBER	1/11/2025 9:45	7/11/2025 9:45	1	1,26	147,750	1,26				
	7/11/2025 9:45	28/11/2025 11:35	1	1,67	505,833	1,67	326,7917	1,465	0,9955	
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1	
TOTALS			14		3783,5167	26,15				
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability	
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1	
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1	
MARCH	1/3/2025 6:00	10/3/2025 23:28	1	3,06	233,4667	3,06	327,3000	1,7050	0,9948	
	10/3/2025 23:28	28/3/2025 12:36	1	0,35	421,1333	0,35				
APRIL	1/4/2025 6:00	10/4/2025 17:25	1	4,5	227,4167	4,5	227,4167	4,5000	0,9806	
MAY	1/5/2025 6:00	23/5/2025 11:47	1	11,95	533,7833	11,95	533,7833	11,9500	0,9781	
JUNE	1/6/2025 6:00	14/6/2025 6:16	1	1,83	312,2667	1,83	461,5417	1,9000	0,9959	
	1/6/2025 6:00	26/6/2025 16:49	1	1,97	610,8167	1,97				
	1/7/2025 6:00	8/7/2025 10:58	1	2,77	172,9667	2,77				
JULY	8/7/2025 10:58	21/7/2025 16:30	1	4,83	317,5333	4,83	186,1111	3,5267	0,9814	
	21/7/2025 16:30	24/7/2025 12:20	1	2,98	67,8333	2,98				
AUGUST	1/8/2025 6:00	9/8/2025 20:50	1	3,63	206,8333	3,63	206,8333	3,6300	0,9828	
SEPTEMBER	1/9/2025 6:00	6/9/2025 22:40	1	2,95	136,6667	2,03	136,6667	2,0300	0,9854	
OCTOBER	1/10/2025 6:00	17/10/2025 17:09	1	3	395,1500	3	361,8500	4,0250	0,9890	
NOVEMBER	17/10/2025 17:09	31/10/2025 9:42	1	5,05	328,5500	5,05				
DECEMBER		0	0	0	0,0000	0	0	0	1	
DECEMBER	1/12/2025 6:00	9/12/2025 17:23	1	2,03	203,3833	2,03	203,3833	2,03	0,9901	
TOTALS			14		4167,800	49,98				
ELECTRICAL AUTOMATION	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability	
JANUARY	8/1/2025 6:00	16/1/2025 11:17	1	2,31	197,283233	2,31	197,283233	2,31	0,9884	
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1	
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1	
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1	
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1	
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1	
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1	
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1	
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1	
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1	
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1	
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1	
TOTALS			1		197,283	2,31				
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability	
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1	
FEBRUARY	1/2/2025 6:00	18/2/2025 9:21	1	2,85	411,3667	2,85	411,3667	2,8300	0,9932	
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1	
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1	
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1	
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1	
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1	
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1	
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1	
OCTOBER	1/10/2025 6:00	15/10/2025 11:21	1	3,62	341,3500	3,62	341,3500	3,62	0,9895	
NOVEMBER	1/11/2025 6:00	1/11/2025 19:19	1	2,33	13,3167	2,33	13,3167	2,33	0,8511	
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1	
TOTALS			3		766,033	8,78				
YEAR AVAILABILITY 2025	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime)		Number of Failures Total	Time To Failure Total (TTF _{Total})	Time To Repair Total (TTR _{Total})	MTBF year	MTTR year	Year Availability		
			32	8914,6333	87,22	278,5823	2,7256	0,9903		

AVAILABILITY PER MONTH (multiplication of subunit availability)	
0,5884	JANUARY
0,9932	FEBRUARY
0,9948	MARCH
0,9785	APRIL
0,9745	MAY
0,9914	JUNE
0,9601	JULY
0,9828	AUGUST
0,9766	SEPTEMBER
0,9691	OCTOBER
0,8473	NOVEMBER
0,9901	DECEMBER
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2025	
0,9706	Average Annual system availability

OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
566,0000	JANUARY
651,0700	FEBRUARY
712,0000	MARCH
449,6500	APRIL
731,4200	MAY
617,0900	JUNE
576,0000	JULY
336,5800	AUGUST
712,4500	SEPTEMBER
649,4200	OCTOBER
618,0000	NOVEMBER
430,7000	DECEMBER
TOTAL OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
7050,3800	

TOTAL YEAR AVAILABILITY 2025	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime) per subunit
0,9963	YEAR AVAILABILITY BURNER
0,9930	YEAR AVAILABILITY MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT
0,9997	YEAR AVAILABILITY ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT
0,9988	YEAR AVAILABILITY ELECTRIC MOTOR / GEARBOX
0,9877	TOTAL YEAR AVAILABILITY 2025 (multiplication of subunit availability)

3.5.3 Ανάλυση Διαθεσιμότητας Συστήματος (Availability)

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκε εκτενής ανάλυση της διαθεσιμότητας των υποσυστημάτων της μονάδας ξήρανσης σε μηνιαία και ετήσια βάση για την περίοδο 2019–2025. Η μηνιαία διαθεσιμότητα υπολογίστηκε για κάθε υποσύστημα ξεχωριστά και αποτελεί βασικό δείκτη αξιολόγησης της λειτουργικής αξιοπιστίας της μονάδας, καθώς επιτρέπει την παρακολούθηση της χρονικής εξέλιξης της απόδοσης, την ανίχνευση περιόδων αυξημένων βλαβών και τον εντοπισμό των υποσυστημάτων που επηρεάζουν δυσανάλογα τη συνολική λειτουργία.

Η ανάλυση των μηνιαίων δεδομένων καταδεικνύει ότι η διαθεσιμότητα παρουσιάζει διαφοροποιήσεις τόσο μεταξύ των υποσυστημάτων όσο και μεταξύ των μηνών του ίδιου έτους. Ορισμένα υποσυστήματα εμφανίζουν υψηλή και σταθερή διαθεσιμότητα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ άλλα παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις, γεγονός που υποδηλώνει αυξημένη ευαισθησία σε λειτουργικές καταπονήσεις, συνθήκες φόρτισης ή ανεπαρκείς πρακτικές συντήρησης. Οι διακυμάνσεις αυτές αναδεικνύουν τον ρόλο των κρίσιμων υποσυστημάτων, των οποίων οι αστοχίες έχουν άμεσο και σημαντικό αντίκτυπο στη συνολική διαθεσιμότητα της μονάδας ξήρανσης.

Παράλληλα, υπολογίστηκε η ετήσια διαθεσιμότητα κάθε υποσυστήματος με βάση τον συνολικό χρόνο λειτουργίας και τον συνολικό χρόνο διακοπής λειτουργίας σε ετήσια κλίμακα. Επιπλέον, εκτιμήθηκε η ετήσια διαθεσιμότητα του συνόλου του συστήματος ξήρανσης, λαμβάνοντας υπόψη το συνολικό λειτουργικό και μη λειτουργικό χρόνο όλων των υπομονάδων. Η ετήσια αυτή προσέγγιση παρέχει μια συνοπτική αλλά ουσιαστική εικόνα της συνολικής αξιοπιστίας της μονάδας και επιτρέπει τη σύγκριση της απόδοσης μεταξύ διαφορετικών ετών.

Ο συνδυασμός της μηνιαίας και της ετήσιας ανάλυσης καθιστά εφικτή την αναγνώριση τόσο βραχυχρόνιων όσο και μακροχρόνιων τάσεων στη διαθεσιμότητα. Μέσω της προσέγγισης αυτής μπορούν να εντοπιστούν επαναλαμβανόμενα μοτίβα αστοχιών, περίοδοι αυξημένου λειτουργικού κινδύνου και ανάγκες για στοχευμένη προληπτική συντήρηση ή τεχνικές παρεμβάσεις. Κατ' επέκταση, τα αποτελέσματα της ανάλυσης αποτελούν πολύτιμο εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων για τη βελτιστοποίηση της στρατηγικής συντήρησης και την ενίσχυση της λειτουργικής αξιοπιστίας της μονάδας.

Συνολικά, η εκτενής ανάλυση της διαθεσιμότητας αναδεικνύει κρίσιμα σημεία βελτίωσης και συμβάλλει στην ιεράρχηση των παρεμβάσεων συντήρησης, με τελικό στόχο τη μείωση των

διαστημάτων εκτός λειτουργίας και την επίτευξη υψηλών επιπέδων διαθεσιμότητας και αξιοπιστίας της μονάδας ξήρανσης σε βάθος χρόνου.

Πίνακας 3.8: Συγκεντρωτικός Πίνακας Διαθεσιμότητα Συστήματος (Availability)

AVAILABILITY							
A/A	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
JANUARY	0,9651	1,0000	0,9989	0,9735	0,9882	0,9939	0,9884
FEBRUARY	0,9420	0,9700	0,9644	0,9773	0,9947	0,9640	0,9932
MARCH	1,0000	1,0000	1,0000	0,9434	0,9866	1,0000	0,9948
APRIL	0,9960	0,9868	0,9947	0,9803	0,9807	0,9284	0,9785
MAY	0,9887	1,0000	1,0000	0,9604	0,9790	0,9782	0,9745
JUNE	1,0000	1,0000	0,9924	0,9484	1,0000	0,9338	0,9914
JULY	0,9062	1,0000	1,0000	0,9249	0,9783	0,7674	0,9601
AUGUST	0,9138	0,9721	0,9960	0,9358	0,9358	0,9935	0,9828
SEPTEMBER	0,9994	1,0000	1,0000	0,9642	0,6078	0,9661	0,9766
OCTOBER	1,0000	1,0000	0,9986	0,9936	0,9607	0,9922	0,9691
NOVEMBER	0,9910	1,0000	0,9813	0,9735	0,9981	0,9806	0,8473
DECEMBER	1,0000	1,0000	0,9989	0,9957	0,9655	0,9682	0,9901
TOTAL YEAR AVAILABILITY: Average annual system availability	0,9752	0,9941	0,9938	0,9642	0,9480	0,9555	0,9706
YEAR AVAILABILITY BURNER (A1)	0,9964	0,9997	0,9998	0,9899	0,9928	0,9995	0,9963
YEAR AVAILABILITY MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT (A2)	0,9949	0,9969	0,9970	0,9908	0,9942	0,9814	0,9930
YEAR AVAILABILITY ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT (A3)	0,9992	1,0000	0,9996	1,0000	1,0000	1,0000	0,9997
YEAR AVAILABILITY ELECTRIC MOTOR / GEARBOX (A4)	0,9978	1,0000	1,0000	0,9981	1,0000	0,9982	0,9988
TOTAL YEAR AVAILABILITY: multiplication of subunit availability	0,9884	0,9966	0,9964	0,9790	0,9871	0,9791	0,9877
TOTAL YEAR AVAILABILITY:(Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime) of the entire system	0,9844	0,9809	0,9942	0,9825	0,9825	0,9763	0,9903

Η διερεύνηση της διαθεσιμότητας του συστήματος για την περίοδο 2019–2025 καταδεικνύει ότι, σε μηνιαία βάση, η λειτουργική του απόδοση χαρακτηρίζεται κατά κανόνα από ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα διαθεσιμότητας. Στη συντριπτική πλειονότητα των μηνών, οι τιμές υπερβαίνουν το 0,95 και σε αρκετές περιπτώσεις προσεγγίζουν ή ισούνται με τη μονάδα, γεγονός που υποδηλώνει ομαλή και σταθερή λειτουργία των επιμέρους υποσυστημάτων. Παρά τη συνολικά θετική εικόνα, εντοπίζονται μεμονωμένα χρονικά διαστήματα με αισθητή υποβάθμιση της διαθεσιμότητας, τα οποία υποδηλώνουν την εμφάνιση αστοχιών αυξημένης διάρκειας ή δυσλειτουργιών σε κρίσιμα σημεία του συστήματος. Οι αποκλίσεις αυτές, αν και χρονικά περιορισμένες, ασκούν δυσανάλογα μεγάλη επίδραση στη συνολική απόδοση, αναδεικνύοντας τη δομική ευαισθησία του συστήματος σε συγκεκριμένα υποσυστήματα με αυξημένη λειτουργική βαρύτητα.

Η ετήσια αποτίμηση της διαθεσιμότητας αποκαλύπτει ουσιώδεις διαφοροποιήσεις ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία υπολογισμού. Η ετήσια διαθεσιμότητα που προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό των μηνιαίων τιμών παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις και σημαντική υποβάθμιση σε ορισμένα έτη, αντανακλώντας τη σωρευτική επίδραση μεμονωμένων μηνών χαμηλής διαθεσιμότητας. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές σε περιόδους όπου καταγράφονται παρατεταμένες ή επαναλαμβανόμενες διακοπές λειτουργίας, οι οποίες επηρεάζουν δυσμενώς τον συνολικό δείκτη. Αντιθέτως, η διαθεσιμότητα που υπολογίζεται βάσει του συνολικού λειτουργικού χρόνου, τόσο σε επίπεδο υποσυστημάτων όσο και για το σύνολο του συστήματος, διατηρείται σε υψηλά και σχετικά σταθερά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου, γεγονός που υποδηλώνει υψηλό βαθμό επιχειρησιακής ετοιμότητας σε μακροσκοπικό επίπεδο.

Ωστόσο, η παρατηρούμενη απότομη μείωση της ετήσιας διαθεσιμότητας σε συγκεκριμένα έτη, καταδεικνύει τον καθοριστικό ρόλο των υποσυστημάτων στη συνολική λειτουργία της μονάδας. Η αστοχία των υποσυστημάτων αυτών επιβάλλει περιορισμούς στη συνολική απόδοση και αναδεικνύει την ανάγκη στοχευμένης διαχείρισης των κρίσιμων σημείων αστοχίας. Συνεπώς, τα αποτελέσματα της ανάλυσης υποστηρίζουν την υιοθέτηση στρατηγικών συντήρησης βασισμένων στην αξιοπιστία, με έμφαση στην προληπτική παρέμβαση, την έγκαιρη ανίχνευση βλαβών και τον περιορισμό της επίδρασης μεμονωμένων αστοχιών στη συνολική διαθεσιμότητα του συστήματος.

3.6 Σύγκριση Kaplan–Meier και Weibull Ανάλυσης

Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκαν τόσο μη παραμετρικές όσο και παραμετρικές μέθοδοι ανάλυσης αξιοπιστίας, με σκοπό την πληρέστερη αξιολόγηση της λειτουργικής συμπεριφοράς της μονάδας ξήρανσης.

Η Kaplan–Meier ανάλυση χρησιμοποιήθηκε για την αποτύπωση της πραγματικής πιθανότητας διατήρησης σε λειτουργία χωρίς αστοχία, χωρίς την ανάγκη υπόθεσης κατανομής των χρόνων αστοχίας. Αντίθετα, η προσαρμογή Weibull αξιοποιήθηκε για τη μοντελοποίηση της κατανομής του χρόνου έως την αστοχία, επιτρέποντας την εκτίμηση των παραμέτρων που σχετίζονται με τους μηχανισμούς φθοράς και τη δυνατότητα πρόβλεψης της μελλοντικής συμπεριφοράς του συστήματος.

Ο συνδυασμός των δύο προσεγγίσεων προσφέρει μια ολοκληρωμένη εικόνα της αξιοπιστίας και υποστηρίζει αποτελεσματικότερα τον σχεδιασμό προληπτικής συντήρησης και βελτιστοποίησης της λειτουργίας της μονάδας.

Πίνακας 3.9: Πίνακας σύγκριση Kaplan–Meier και Weibull ανάλυσης

ΣΥΓΚΡΙΣΗ KAPLAN-MEIER ΚΑΙ WEIBULL ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΗΝ ΜΟΝΑΔΑ ΞΗΡΑΝΣΗΣ		
ΚΡΙΤΗΡΙΟ	KAPLAN-MEIER	WEIBULL
ΤΥΠΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	Μη παραμετρική	Παραμετρική
ΥΠΟΘΕΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ	Δεν απαιτείται	Υπόθεση κατανομής Weibull
ΧΡΗΣΗ ΣΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΞΗΡΑΝΣΗΣ	Εκτίμηση πραγματικής συμπεριφοράς αστοχιών	Μοντελοποίηση και πρόβλεψη αστοχιών
ΤΥΠΟΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ	Βηματική	Συνεχής
ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΟΥ ΕΩΣ ΤΗΝ ΑΣΤΟΧΙΑ	Περιγραφική	Αναλυτική
ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΛΟΓΟΚΡΙΜΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	Πλήρης	Πλήρης
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	Δεν απαιτούνται	Παράμετροι σχήματος (β) και κλίμακας (η)
ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	Περιορισμένη	Εκτενής
ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΕΤΗΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	Πολύ καλή	Πολύ καλή (με επαρκή δεδομένα)
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ	Περιορισμένη	Υψηλή
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΠΡΟΔΗΛΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	Έμμεση	Άμεση
ΡΟΛΟΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΓΑΣΙΑ	Βασική εκτίμηση αξιοπιστίας	Προηγμένη ανάλυση αξιοπιστίας

3.6.1 Kaplan–Meier, μη παραμετρική εκτίμηση καμπύλης επιβίωσης

Η ανάλυση Kaplan–Meier αποτελεί μία από τις πλέον διαδεδομένες μη παραμετρικές μεθόδους εκτίμησης της συνάρτησης επιβίωσης $S(t)$ και χρησιμοποιείται ευρέως στη μελέτη της αξιοπιστίας συστημάτων στη μηχανική συντήρησης. Η συνάρτηση επιβίωσης εκφράζει την πιθανότητα ένα σύστημα, ένα μηχάνημα ή μια μονάδα να παραμένει σε λειτουργία χωρίς αστοχία πέραν ενός συγκεκριμένου χρονικού σημείου t (Kaplan & Meier, 1958).

Κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου Kaplan–Meier αποτελεί το γεγονός ότι δεν απαιτεί υποθέσεις σχετικά με την κατανομή του χρόνου έως το συμβάν, σε αντίθεση με παραμετρικές προσεγγίσεις όπως η εκθετική ή η Weibull κατανομή. Η ιδιότητα αυτή καθιστά τη μέθοδο ιδιαίτερα κατάλληλη για την ανάλυση πραγματικών δεδομένων αξιοπιστίας, τα οποία συχνά παρουσιάζουν αβεβαιότητα, ανομοιογένεια και περιορισμένο μέγεθος δείγματος (Kleinbaum & Klein, 2012).

Επιπλέον, η Kaplan–Meier ανάλυση επιτρέπει τη διαχείριση λογοκριμένων δεδομένων (censored data), δηλαδή περιπτώσεων όπου το υπό μελέτη συμβάν- βλάβη δεν έχει εμφανιστεί μέχρι το τέλος της περιόδου παρατήρησης ή η παρακολούθηση διακόπτεται για λόγους ανεξάρτητους από το συμβάν. Η δυνατότητα αυτή είναι κρίσιμη στην ανάλυση αξιοπιστίας βιομηχανικού εξοπλισμού, καθώς συχνά μεγάλος αριθμός μηχανημάτων παραμένει λειτουργικός καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης.

Ο υπολογισμός της καμπύλης Kaplan–Meier βασίζεται στα διακριτά χρονικά σημεία t_i στα οποία παρατηρείται η εμφάνιση του συμβάντος. Σε κάθε χρονικό σημείο υπολογίζεται η υπό συνθήκη πιθανότητα επιβίωσης, δεδομένου ότι το σύστημα έχει επιβιώσει έως εκείνη τη χρονική στιγμή. Η συνολική συνάρτηση επιβίωσης προκύπτει ως το διαδοχικό γινόμενο των επιμέρους πιθανοτήτων επιβίωσης, γεγονός που έχει οδηγήσει στον χαρακτηρισμό της μεθόδου ως product-limit estimator (Collett, 2015).

Η εκτίμηση της συνάρτησης επιβίωσης Kaplan–Meier δίνεται από τη σχέση:

$$\widehat{S}(t) = \prod_{t_i \leq t} \frac{n_i - d_i}{n_i} \quad (3.3)$$

όπου:

- a) t_i είναι ο χρόνος εμφάνισης του i -οστού γεγονότος,
- b) n_i ο αριθμός των μονάδων σε κίνδυνο αστοχίας ακριβώς πριν από τον χρόνο t_i ,
- c) d_i ο αριθμός των γεγονότων που παρατηρούνται στον χρόνο t_i .

Η προκύπτουσα καμπύλη επιβίωσης έχει βηματική μορφή και μειώνεται μόνο στα χρονικά σημεία όπου καταγράφονται γεγονότα, γεγονός που επιτρέπει τον σαφή εντοπισμό περιόδων αυξημένου κινδύνου αστοχίας. Η γραφική απεικόνιση της καμπύλης Kaplan–Meier αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τη σύγκριση διαφορετικών πληθυσμών, στρατηγικών συντήρησης ή συνθηκών λειτουργίας εξοπλισμού (Collett, 2015).

Στο πλαίσιο της συντήρησης και της αξιοπιστίας, η Kaplan–Meier ανάλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της διάρκειας ζωής μηχανημάτων, για τη σύγκριση προληπτικών και διορθωτικών στρατηγικών συντήρησης, καθώς και για την υποστήριξη αποφάσεων που σχετίζονται με τον προγραμματισμό παρεμβάσεων και τη βελτιστοποίηση της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού (Mobley, 2002). Η ευελιξία και η ερμηνευτική της σαφήνεια καθιστούν τη μέθοδο ιδιαίτερα χρήσιμη σε εφαρμογές βιομηχανικής συντήρησης και διαχείρισης κινδύνου.

3.6.2 Weibull fitting, παραμετρική εκτίμηση κατανομής χρόνου αστοχίας

Η Weibull fitting ανάλυση αποτελεί μια παραμετρική μέθοδο αξιοπιστίας, η οποία χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση του χρόνου έως την αστοχία ενός συστήματος ή μηχανήματος. Σε αντίθεση με τη μη παραμετρική προσέγγιση Kaplan–Meier, η μέθοδος Weibull βασίζεται στην παραδοχή ότι οι χρόνοι αστοχίας ακολουθούν την κατανομή Weibull, επιτρέποντας την ποσοτική περιγραφή της συμπεριφοράς αστοχίας μέσω συγκεκριμένων παραμέτρων (Weibull, 1951).

Η κατανομή Weibull είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στη μηχανική αξιοπιστία, καθώς μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικά είδη μηχανισμών αστοχίας και σε όλα τα στάδια ζωής ενός εξοπλισμού, από την αρχική φθορά έως την τελική φάση γήρανσης (Barlow & Proschan, 1996). Η παραμετρική προσέγγιση προσφέρει τη δυνατότητα όχι μόνο εκτίμησης της

συνάρτησης επιβίωσης αλλά και πρόβλεψης μελλοντικών αστοχιών, υπολογισμού μέσου χρόνου έως την αστοχία (MTBF) και αξιολόγησης στρατηγικών συντήρησης.

Η συνάρτηση αξιοπιστίας (survival function) της κατανομής Weibull δίνεται από τον τύπο:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^k} \quad (3.4)$$

όπου:

- a) t , είναι ο χρόνος λειτουργίας,
- b) k , η παράμετρος σχήματος (shape parameter), η οποία καθορίζει τη μορφή του ρυθμού αστοχίας,
- c) λ , η παράμετρος κλίμακας (scale parameter), η οποία καθορίζει τη χρονική κλίμακα της κατανομής.

η αντίστοιχη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (Probability Density Function - PDF) δίνεται από:

$$f(t) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^k}, t \geq 0 \quad (3.5)$$

ενώ ο ρυθμός αστοχίας (hazard function) καθορίζεται από:

$$h(t) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{k-1} \quad (3.6)$$

Η παράμετρος σχήματος k καθορίζει τη συμπεριφορά του ρυθμού αστοχίας: για $k < 1$ υπάρχει μειούμενος ρυθμός αστοχίας (αρχική φθορά), για $k=1$ ο ρυθμός είναι σταθερός (τυχαία αστοχία, εκθετική κατανομή), ενώ για $k>1$ ο ρυθμός αυξάνεται με το χρόνο (γήρανση).

Η παράμετρος κλίμακας λ καθορίζει τη χρονική κλίμακα της κατανομής και σχετίζεται με τον χαρακτηριστικό χρόνο ζωής του εξοπλισμού (Weibull, 1951; Barlow & Proschan, 1996).

Ο χαρακτηριστικός χρόνος ζωής του συστήματος, όπως ορίζεται στην κατανομή Weibull, αντιστοιχεί στην παράμετρο κλίμακας λ (scale parameter) και εκφράζει τη χρονική κλίμακα στην οποία εξελίσσεται η διαδικασία αστοχίας. Πιο συγκεκριμένα, αποτελεί τον χρόνο $t = \lambda$ για τον οποίο η αθροιστική συνάρτηση αστοχίας ικανοποιεί τη σχέση $F(t) = 1 - e^{-1} \approx 0,632$, γεγονός που σημαίνει ότι περίπου το 63,2% του πληθυσμού των εξεταζόμενων μονάδων έχει ήδη υποστεί αστοχία έως το συγκεκριμένο χρονικό σημείο. Ο χαρακτηριστικός αυτός χρόνος

δεν ταυτίζεται με τον μέσο χρόνο ζωής του συστήματος, αλλά αποτελεί σημείο αναφοράς της κατανομής, επιτρέποντας τη σύγκριση της ταχύτητας συσσώρευσης αστοχιών μεταξύ διαφορετικών συστημάτων ή υπομονάδων. Μεγαλύτερες τιμές του λ υποδηλώνουν βραδύτερη εξέλιξη των αστοχιών και συνεπώς υψηλότερη αξιοπιστία, ενώ μικρότερες τιμές αντιστοιχούν σε ταχύτερη εμφάνιση αστοχιών και μειωμένη διάρκεια λειτουργίας.

Η μέθοδος Weibull παρέχει ένα ισχυρό εργαλείο για τον σχεδιασμό προληπτικής και προγνωστικής συντήρησης, επιτρέποντας την ποσοτική αξιολόγηση των κινδύνων και την εκτίμηση της διάρκειας ζωής εξοπλισμού, και αποτελεί συμπληρωματική τεχνική στην Kaplan–Meier ανάλυση για συστήματα όπου η παραμετρική υπόθεση είναι βάσιμη.

3.7 Στατιστική Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull

Με βάση τα δεδομένα των αστοχιών, καθώς και τον χρόνο έως την εμφάνισή τους, πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση χρησιμοποιώντας τις μεθόδους Kaplan–Meier και Weibull για την περίοδο 2019–2025 (Πίνακες 3.10 έως 3.16).

Η μέθοδος Kaplan–Meier χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της επιβίωσης των υπομονάδων με την πάροδο του χρόνου, παρέχοντας μια μη παραμετρική προσέγγιση στην εκτίμηση της συνάρτησης επιβίωσης.

Η μέθοδος Weibull εφαρμόστηκε για την παραμετρική εκτίμηση της κατανομής χρόνου ζωής των συστημάτων, επιτρέποντας τον υπολογισμό πιθανοτήτων αστοχίας και την πρόβλεψη της μελλοντικής αξιοπιστίας.

Η ανάλυση αυτή επιτρέπει την αξιολόγηση των τάσεων αστοχιών, την εκτίμηση της μέσης διάρκειας ζωής, καθώς και τον προγραμματισμό προληπτικής συντήρησης με βάση τα στατιστικά χαρακτηριστικά των δεδομένων.

Πίνακας 3.10: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2019

KAPLAN-MEIER AND WEIBULL METHOD JANUARY-DECEMBER 2019												
BURNER												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula only for failures)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	439,2400		0 JULY (3)	2,5833	14	1	0,9286		0,0486	0,9491	-2,9991	0,3509 14303,40734
FEBRUARY	499,1300		0 JULY (1)	54,2833	13	1	0,8571		0,1181	3,9942	-2,0744	
MARCH	452,6200		0 JULY (2)	124,3667	12	1	0,7857		0,1875	4,6232	-1,5720	
APRIL	408,0000		0 AUGUST	200,6800	11	0	0,7857					
MAY	450,3800		0 DECEMBER	360,0000	10	0	0,7857					
JUNE	408,0000		0 SEPTEMBER	394,5300	9	0	0,7857					
JULY (1)	54,2833		1 APRIL	408,0000	8	0	0,7857					
JULY (2)	124,3667		1 JUNE	408,0000	7	0	0,7857					
JULY (3)	2,5833		1 JANUARY	439,2400	6	0	0,7857					
AUGUST	200,6800		0 NOVEMBER	448,0000	5	0	0,7857					
SEPTEMBER	394,5300		0 MAY	450,3800	4	0	0,7857					
OCTOBER	513,3700		0 MARCH	452,6200	3	0	0,7857					
NOVEMBER	448,0000		0 FEBRUARY	499,1300	2	0	0,7857					
DECEMBER	360,0000		0 OCTOBER	513,3700	1	0	0,7857					
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	439,2400		0 FEBRUARY (3)	26,8667	14	1	0,9286		0,0486	3,2909	-2,9991	0,512 5347,449515
FEBRUARY (1)	290,3833		1 FEBRUARY (2)	45,1667	13	1	0,8571		0,1181	3,8104	-2,0744	
FEBRUARY (2)	45,6167		1 AUGUST	200,6800	12	0	0,8571		0,1875	5,6712	-1,5720	
FEBRUARY (3)	36,8667		1 FEBRUARY (1)	290,3833	11	1	0,7792					
MARCH	452,6200		0 DECEMBER	360,0000	10	0	0,7792					
APRIL	408,0000		0 SEPTEMBER	394,5300	9	0	0,7792					
MAY	450,3800		0 APRIL	408,0000	8	0	0,7792					
JUNE	408,0000		0 JUNE	408,0000	7	0	0,7792					
JULY	519,2000		0 JANUARY	439,2400	6	0	0,7792					
AUGUST	200,6800		0 NOVEMBER	448,0000	5	0	0,7792					
SEPTEMBER	394,5300		0 MAY	450,3800	4	0	0,7792					
OCTOBER	513,3700		0 MARCH	452,6200	3	0	0,7792					
NOVEMBER	448,0000		0 OCTOBER	513,3700	2	0	0,7792					
DECEMBER	360,0000		0 JULY	519,2000	1	0	0,7792					
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	177,2333		1 JANUARY	177,2333	12	1	0,9167		0,0565	5,1775	-2,8455	#0IAIP_0I
FEBRUARY	499,1300		0 AUGUST	200,6800	11	0	0,9167					
MARCH	452,6200		0 DECEMBER	360,0000	10	0	0,9167					
APRIL	408,0000		0 SEPTEMBER	394,5300	9	0	0,9167					
MAY	450,3800		0 APRIL	408,0000	8	0	0,9167					
JUNE	408,0000		0 JUNE	408,0000	7	0	0,9167					
JULY	519,2000		0 NOVEMBER	448,0000	6	0	0,9167					
AUGUST	200,6800		0 MAY	450,3800	5	0	0,9167					
SEPTEMBER	394,5300		0 MARCH	452,6200	4	0	0,9167					
OCTOBER	513,3700		0 FEBRUARY	499,1300	3	0	0,9167					
NOVEMBER	448,0000		0 OCTOBER	513,3700	2	0	0,9167					
DECEMBER	360,0000		0 JULY	519,2000	1	0	0,9167					
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	439,2400		0 MAY	104,5667	12	1	0,9167		0,0565	4,6498	-2,8455	1,5528 664,1999307
FEBRUARY	245,7833		1 AUGUST	215,3833	11	1	0,8333		0,1371	5,3724	-1,9142	
MARCH	452,6200		0 FEBRUARY	245,7833	10	1	0,7500		0,2177	5,5045	-1,4042	
APRIL	435,8333		1 DECEMBER	360,0000	9	0	0,7500					
MAY	104,5667		1 SEPTEMBER	394,5300	8	0	0,7500					
JUNE	408,0000		0 JUNE	408,0000	7	0	0,7500					
JULY	519,2000		0 APRIL	435,8333	6	1	0,6250					
AUGUST	215,3833		1 JANUARY	439,2400	5	0	0,6250					
SEPTEMBER	394,5300		0 NOVEMBER	448,0000	4	0	0,6250					
OCTOBER	513,3700		0 MARCH	452,6200	3	0	0,6250					
NOVEMBER	448,0000		0 OCTOBER	513,3700	2	0	0,6250					
DECEMBER	360,0000		0 JULY	519,2000	1	0	0,6250					

Πίνακας 3.11: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2020

KAPLAN-MEIER AND WEIBULL METHOD JANUARY-DECEMBER 2020												
BURNER												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	447,8300	0	AUGUST	65,3333	12	1	0,9167	0,0565	4,1795	-2,8455		#0IAIP_0I
FEBRUARY	471,5300	0	APRIL	360,0000	11	0	0,9167					
MARCH	472,0000	0	NOVEMBER	424,0000	10	0	0,9167					
APRIL	360,0000	0	DECEMBER	425,5000	9	0	0,9167					
MAY	472,0000	0	JANUARY	447,8300	8	0	0,9167					
JUNE	504,0000	0	FEBRUARY	471,5300	7	0	0,9167					
JULY	504,0000	0	MARCH	472,0000	6	0	0,9167					
AUGUST	65,3333	1	MAY	472,0000	5	0	0,9167					
SEPTEMBER	496,0000	0	OCTOBER	480,0000	4	0	0,9167					
OCTOBER	480,0000	0	SEPTEMBER	496,0000	3	0	0,9167					
NOVEMBER	424,0000	0	JUNE	504,0000	2	0	0,9167					
DECEMBER	425,5000	0	JULY	504,0000	1	0	0,9167					
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	447,8300	0	FEBRUARY (2)	29,5000	13	1	0,9231	0,0522	3,3844	-2,9252	0,6553	2725,9583
FEBRUARY (1)	392,3167	1	APRIL	148,1833	12	1	0,8462	0,1269	4,9985	-1,9976		
FEBRUARY (2)	29,5000	1	AUGUST	321,7833	11	1	0,7692	0,2015	5,7739	-1,4916		
MARCH	472,0000	0	FEBRUARY (1)	392,3167	10	1	0,6923	0,2761	5,9721	-1,1297		
APRIL	148,1833	1	NOVEMBER	424,0000	9	0	0,6923					
MAY	472,0000	0	DECEMBER	425,5000	8	0	0,6923					
JUNE	504,0000	0	JANUARY	447,8300	7	0	0,6923					
JULY	552,0000	0	MARCH	472,0000	6	0	0,6923					
AUGUST	321,7833	1	MAY	472,0000	5	0	0,6923					
SEPTEMBER	496,0000	0	OCTOBER	480,0000	4	0	0,6923					
OCTOBER	480,0000	0	SEPTEMBER	496,0000	3	0	0,6923					
NOVEMBER	424,0000	0	JUNE	504,0000	2	0	0,6923					
DECEMBER	425,5000	0	JULY	552,0000	1	0	0,6923					
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	447,8300	0	APRIL	360,0000	12	0	1,0000					#0IAIP_0I
FEBRUARY	471,5300	0	AUGUST	400,0000	11	0	1,0000					
MARCH	472,0000	0	NOVEMBER	424,0000	10	0	1,0000					
APRIL	360,0000	0	DECEMBER	425,5000	9	0	1,0000					
MAY	472,0000	0	JANUARY	447,8300	8	0	1,0000					
JUNE	504,0000	0	FEBRUARY	471,5300	7	0	1,0000					
JULY	552,0000	0	MARCH	472,0000	6	0	1,0000					
AUGUST	400,0000	0	MAY	472,0000	5	0	1,0000					
SEPTEMBER	496,0000	0	OCTOBER	480,0000	4	0	1,0000					
OCTOBER	480,0000	0	SEPTEMBER	496,0000	3	0	1,0000					
NOVEMBER	424,0000	0	JUNE	504,0000	2	0	1,0000					
DECEMBER	425,5000	0	JULY	552,0000	1	0	1,0000					
ELECTRIC MOTOR GEARBOX												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	447,8300	0	APRIL	360,0000	12	0	1,0000					#0IAIP_0I
FEBRUARY	471,5300	0	NOVEMBER	424,0000	11	0	1,0000					
MARCH	472,0000	0	DECEMBER	425,5000	10	0	1,0000					
APRIL	360,0000	0	JANUARY	447,8300	9	0	1,0000					
MAY	472,0000	0	FEBRUARY	471,5300	8	0	1,0000					
JUNE	504,0000	0	MARCH	472,0000	7	0	1,0000					
JULY	504,0000	0	MAY	472,0000	6	0	1,0000					
AUGUST	552,0000	0	OCTOBER	480,0000	5	0	1,0000					
SEPTEMBER	496,0000	0	SEPTEMBER	496,0000	4	0	1,0000					
OCTOBER	480,0000	0	JUNE	504,0000	3	0	1,0000					
NOVEMBER	424,0000	0	JULY	504,0000	2	0	1,0000					
DECEMBER	425,5000	0	AUGUST	552,0000	1	0	1,0000					

Πίνακας 3.12: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2021

KAPLAN-MEIER AND WEIBULL METHOD JANUARY-DECEMBER 2021											
BURNER											
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-S(t)))	k λ (scale)
JANUARY	417,0800		0 DECEMBER	229,2667	12	1	0,9167	0,0565	5,4349	-2,8455	1,1781 2566,2026
FEBRUARY	449,5000		0 AUGUST	352,0000	11	0	0,9167		5,8636		
MARCH	548,0000		0 JANUARY	417,0800	10	0	0,9167		6,0333		
APRIL	552,0000		0 FEBRUARY	449,5000	9	0	0,9167		6,1081		
MAY	528,0000		0 JUNE	505,3833	8	1	0,8021	0,1371	6,2253	-1,9142	
JUNE	505,3833		1 SEPTEMBER	516,4000	7	0	0,8021		6,2469		
JULY	643,0000		0 MAY	528,0000	6	0	0,8021		6,2691		
AUGUST	352,0000		0 MARCH	548,0000	5	0	0,8021		6,2936		
SEPTEMBER	516,4000		0 APRIL	552,0000	4	0	0,8021		6,3135		
OCTOBER	625,5000		0 NOVEMBER	600,2700	3	0	0,8021		6,3074		
NOVEMBER	600,2700		0 OCTOBER	625,5000	2	0	0,8021		6,4386		
DECEMBER	229,2667		1 JULY	643,0000	1	0	0,8021		6,4661		
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT											
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k λ (scale)
JANUARY	417,0800		0 NOVEMBER (1)	11,2167	14	1	0,9286	0,0486	2,4174	-2,9991	0,5285 4184,2085
FEBRUARY	449,5000		0 NOVEMBER (3)	252,7667	13	1	0,8571	0,1181	5,5325	-2,0744	
MARCH	548,0000		0 APRIL	315,3833	12	1	0,7857	0,1875	5,7538	-1,5720	
APRIL	315,3833		1 NOVEMBER (2)	402,2500	11	1	0,7143	0,2569	5,9971	-1,1441	
MAY	528,0000		0 AUGUST	413,1333	10	1	0,6429	0,3264	6,0238	-0,9286	
JUNE	594,3000		1 JANUARY	417,0800	9	0	0,6429				
JULY	643,0000		0 FEBRUARY	449,5000	8	0	0,6429				
AUGUST	413,1333		1 DECEMBER	478,7700	7	0	0,6429				
SEPTEMBER	516,4000		0 SEPTEMBER	516,4000	6	0	0,6429				
OCTOBER	625,5000		0 MAY	528,0000	5	0	0,6429				
NOVEMBER (1)	11,2167		1 MARCH	548,0000	4	0	0,6429				
NOVEMBER (2)	402,2500		1 JUNE	594,3000	3	1	0,4286	0,3958	6,3874	-0,6854	
NOVEMBER (3)	252,7667		1 OCTOBER	625,5000	2	0	0,4286				
DECEMBER	478,7700		0 JULY	643,0000	1	0	0,4286				
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT											
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k λ (scale)
JANUARY	345,1667		1 FEBRUARY	53,3333	12	1	0,9167	0,0565	3,9766	-2,8455	0,7387 2523,7250
FEBRUARY	53,3333		1 OCTOBER	200,5000	11	1	0,8333	0,1371	5,3008	-1,9142	
MARCH	548,0000		0 JANUARY	345,1667	10	1	0,7500	0,2177	5,8440	-1,4042	
APRIL	552,0000		0 AUGUST	352,0000	9	0	0,7500				
MAY	528,0000		0 DECEMBER	478,7700	8	0	0,7500				
JUNE	642,2000		1 SEPTEMBER	516,4000	7	0	0,7500				
JULY	643,0000		0 MAY	528,0000	6	0	0,7500				
AUGUST	352,0000		0 MARCH	548,0000	5	0	0,7500				
SEPTEMBER	516,4000		0 APRIL	552,0000	4	0	0,7500				
OCTOBER	200,5000		1 NOVEMBER	600,2700	3	0	0,7500				
NOVEMBER	600,2700		0 JUNE	642,2000	2	1	0,3750	0,2984	6,4651	-1,0374	
DECEMBER	478,7700		0 JULY	643,0000	1	0	0,3750				
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX											
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k λ (scale)
JANUARY	417,0800		0 JANUARY	417,0800	12	0	1,0000				0,0149 /0,1
FEBRUARY	449,5000		0 FEBRUARY	449,5000	11	0	1,0000				
MARCH	548,0000		0 MARCH	548,0000	10	0	1,0000				
APRIL	552,0000		0 APRIL	552,0000	9	0	1,0000				
MAY	528,0000		0 MAY	528,0000	8	0	1,0000				
JUNE	675,9300		0 JUNE	675,9300	7	0	1,0000				
JULY	643,0000		0 JULY	643,0000	6	0	1,0000				
AUGUST	352,0000		0 AUGUST	352,0000	5	0	1,0000				
SEPTEMBER	516,4000		0 SEPTEMBER	516,4000	4	0	1,0000				
OCTOBER	625,5000		0 OCTOBER	625,5000	3	0	1,0000				
NOVEMBER	600,2700		0 NOVEMBER	600,2700	2	0	1,0000				
DECEMBER	478,7700		0 DECEMBER	478,7700	1	0	1,0000				

Πίνακας 3.13: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2022

KAPLAN-MEIER AND WEIBULL METHOD JANUARY-DECEMBER 2022												
BURNER												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	571,0000	0	SEPTEMBER (2)	18,8000	20	1	0,9500	0,0343	2,9339	-3,3548	1,0358	349,8152
FEBRUARY	638,8300	0	APRIL (3)	30,3833	19	1	0,9000	0,0833	3,4139	-2,4417		
MARCH	100,2167	1	NOVEMBER (3)	41,4333	18	1	0,8500	0,1324	3,7241	-1,9921		
APRIL (1)	298,8500	1	NOVEMBER (2)	52,2667	17	1	0,8000	0,1814	3,9583	-1,6988		
APRIL (2)	351,7333	1	MARCH	100,2167	16	1	0,7500	0,2304	4,6073	-1,3399		
APRIL (3)	30,3833	1	SEPTEMBER (4)	117,6000	15	1	0,7000	0,2794	4,7673	-1,1157		
MAY	499,9000	1	OCTOBER (1)	197,2667	14	1	0,6500	0,3284	5,2846	-0,9210		
JUNE	606,7800	0	SEPTEMBER (1)	200,8667	13	1	0,6000	0,3775	5,3028	-0,7460		
JULY	216,5500	1	JULY	216,5500	12	1	0,5500	0,4265	5,3778	-0,5871		
AUGUST	287,1200	0	AUGUST	287,1200	11	0	0,5000	0,4755				
SEPTEMBER (1)	200,8667	1	SEPTEMBER (3)	291,8167	10	1	0,4500	0,5245	5,6761	-0,2965		
SEPTEMBER (2)	18,8000	1	APRIL (1)	298,4500	9	1	0,4000	0,5735	5,6986	-0,1599		
SEPTEMBER (3)	291,8167	1	APRIL (2)	351,7333	8	1	0,3500	0,6225	5,8629	-0,0360		
SEPTEMBER (4)	117,6000	1	DECEMBER	386,8333	7	1	0,3000	0,6716	5,9580	0,1074		
OCTOBER (1)	197,2667	1	OCTOBER (2)	415,9500	6	1	0,2750	0,7206	6,0306	0,2430		
OCTOBER (2)	415,9500	1	NOVEMBER (1)	438,2833	5	1	0,2200	0,7696	6,0829	0,3839		
NOVEMBER (1)	438,2833	1	MAY	499,9000	4	1	0,1650	0,8186	6,2144	0,5349		
NOVEMBER (2)	52,2667	1	JANUARY	571,0000	3	0	0,1650	0,8676				
NOVEMBER (3)	41,4333	1	JUNE	606,7800	2	0	0,1650	0,9167				
DECEMBER	386,8333	1	FEBRUARY	638,8300	1	0	0,1650	0,9657				
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY (1)	182,9333	1	JANUARY (3)	5,4833	25	1	0,9615	0,0205	1,7017	-3,6166	0,7818	193,6748
JANUARY (2)	18,8167	1	MARCH (2)	6,3000	25	1	0,9321	0,0644	1,8405	-2,7096		
JANUARY (3)	5,4833	1	AUGUST (3)	7,7000	24	1	0,8846	0,1023	2,0412	-2,2267		
FEBRUARY (1)	51,1667	1	JULY (2)	16,2333	23	1	0,8462	0,1402	2,2735	-1,8905		
FEBRUARY (2)	46,3000	1	JANUARY (2)	18,4167	22	1	0,8077	0,1780	2,9133	-1,6294		
FEBRUARY (3)	224,7833	1	APRIL (3)	28,8833	21	1	0,7692	0,2159	3,3633	-1,4137		
FEBRUARY (4)	340,6167	1	JUNE (2)	33,6000	20	1	0,7308	0,2538	3,5145	-1,2285		
MARCH (1)	348,2000	1	FEBRUARY (2)	46,3000	19	1	0,6923	0,2917	3,8351	-1,0647		
MARCH (2)	6,3000	1	FEBRUARY (1)	51,1667	18	1	0,6538	0,3297	3,9351	-0,2888		
MARCH (3)	248,3833	1	APRIL (2)	95,3000	17	1	0,6154	0,3676	4,5570	-0,7810		
APRIL (1)	145,4667	1	AUGUST (2)	116,3000	16	1	0,5769	0,4053	4,7032	-0,6545		
APRIL (2)	95,3000	1	AUGUST (1)	111,6667	15	1	0,5385	0,4432	4,7155	-0,5353		
APRIL (3)	28,8833	1	APRIL (1)	145,4667	14	1	0,5000	0,4811	4,9799	-0,4216		
MAY	623,1333	1	JUNE (1)	140,2000	13	1	0,4615	0,5189	5,0019	-0,3123		
JUNE (1)	148,7000	1	JANUARY (1)	182,9333	12	1	0,4231	0,5568	5,2091	-0,2061		
JUNE (2)	33,6000	1	FEBRUARY (3)	224,7833	11	1	0,3846	0,5947	5,4151	-0,1019		
JULY (1)	250,9167	1	MARCH (3)	248,3833	10	1	0,3462	0,6326	5,5150	0,0012		
JULY (2)	15,2333	1	JULY (1)	250,9167	9	1	0,3077	0,6705	5,5251	0,1044		
AUGUST (1)	111,6667	1	SEPTEMBER (1)	291,8167	8	1	0,2692	0,7083	5,5282	0,2088		
AUGUST (2)	110,3000	1	FEBRUARY (4)	340,6167	7	1	0,2308	0,7462	5,8308	0,3157		
AUGUST (3)	7,7000	1	MARCH (1)	348,2000	6	1	0,1923	0,7841	5,8528	0,4272		
SEPTEMBER (1)	251,6833	1	SEPTEMBER	423,6167	5	1	0,1538	0,8220	6,0488	0,5457		
SEPTEMBER (2)	423,6167	1	DECEMBER	447,0000	4	0	0,1538	0,8598				
OCTOBER	611,3833	1	NOVEMBER	600,0000	3	0	0,1538	0,8977				
NOVEMBER	600,0000	0	OCTOBER	611,3833	2	1	0,0769	0,9356	6,4157	1,0090		
DECEMBER	447,0000	0	MAY	623,1333	1	1	0,0000	0,9735	6,4348	1,2892		
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	571,0000	0	AUGUST	287,1200	12	0	1,0000					NO/IAIP_/OI
FEBRUARY	638,8300	0	DECEMBER	447,0000	11	0	1,0000					
MARCH	621,1500	0	APRIL	514,9100	10	0	1,0000					
APRIL	514,9100	0	JANUARY	571,0000	9	0	1,0000					
MAY	684,1400	0	JULY	587,7200	8	0	1,0000					
JUNE	606,7800	0	NOVEMBER	600,0000	7	0	1,0000					
JULY	587,7200	0	JUNE	606,7800	6	0	1,0000					
AUGUST	287,1200	0	MARCH	621,1500	5	0	1,0000					
SEPTEMBER	700,7500	0	FEBRUARY	638,8300	4	0	1,0000					
OCTOBER	649,8300	0	OCTOBER	649,8300	3	0	1,0000					
NOVEMBER	600,0000	0	MAY	684,1400	2	0	1,0000					
DECEMBER	447,0000	0	SEPTEMBER	700,7500	1	0	1,0000					
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	571,0000	0	AUGUST (1)	9,5833	13	1	0,9231	0,0522	2,2600	-2,9252	0,4468	7053,1912
FEBRUARY	638,8300	0	JULY	101,8167	12	1	0,8462	0,1269	4,6232	-1,9976		
MARCH	621,1500	0	AUGUST (2)	209,6500	11	1	0,7692	0,2015	5,3454	-1,4916		
APRIL	514,9100	0	DECEMBER	447,0000	10	0	0,7692					
MAY	684,1400	0	APRIL	514,9100	9	0	0,7692					
JUNE	606,7800	0	JANUARY	571,0000	8	0	0,7692					
JULY	101,8167	1	NOVEMBER	600,0000	7	0	0,7692					
AUGUST (1)	9,5833	1	JUNE	606,7800	6	0	0,7692					
AUGUST (2)	209,6500	1	MARCH	621,1500	5	0	0,7692					
SEPTEMBER	700,7500	0	FEBRUARY	638,8300	4	0	0,7692					
OCTOBER	649,8300	0	OCTOBER	649,8300	3	0	0,7692					
NOVEMBER	600,0000	0	MAY	684,1400	2	0	0,7692					
DECEMBER	447,0000	0	SEPTEMBER	700,7500	1	0	0,7692					

Πίνακας 3.14: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2023

KAPLAN-MEIER AND WEIBULL METHOD JANUARY-DECEMBER 2023												
BURNER												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF - using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_j))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	596,2500	0	MARCH (3)	9,1833	22	1	0,9545	0,0313	2,2174	-3,4499	0,7611	235,1265
FEBRUARY	482,3833	1	JULY (3)	12,7833	21	1	0,9091	0,0759	2,5481	-2,5392		
MARCH (1)	16,8500	1	SEPTEMBER	13,5000	20	1	0,8636	0,1205	2,6027	-2,0523		
MARCH (2)	232,2333	1	MARCH (1)	16,8500	19	1	0,8182	0,1652	2,6244	-1,7116		
MARCH (3)	9,1833	1	MAY (2)	24,0000	18	1	0,7727	0,2098	3,1781	-1,4661		
MARCH (4)	346,4000	1	MARCH (5)	29,6500	17	1	0,7273	0,2545	3,3895	-1,2254		
MARCH (5)	29,6500	1	AUGUST (1)	34,8333	16	1	0,6818	0,2991	3,5506	-1,0345		
APRIL	511,4300	1	OCTOBER (1)	53,9667	15	1	0,6364	0,3438	3,9884	-0,8646		
MAY (1)	292,2333	1	AUGUST (2)	72,0000	14	1	0,5909	0,3884	4,2767	-0,7100		
MAY (2)	24,0000	1	OCTOBER (3)	114,3333	13	1	0,5455	0,4330	4,7391	-0,5666		
JUNE	680,0500	0	OCTOBER (2)	122,4500	12	1	0,5000	0,4777	4,8077	-0,4316		
JULY (1)	414,5833	1	JULY (2)	172,6833	11	1	0,4545	0,5223	5,1515	-0,3027		
JULY (2)	172,6833	1	MARCH (2)	232,2333	10	1	0,4091	0,5670	5,4477	-0,1798		
JULY (3)	22,7833	1	DECEMBER	288,0000	9	0	0,4091	0,6116				
AUGUST (1)	34,8333	1	MAY (1)	292,4333	8	1	0,3536	0,6563	5,6782	0,0656		
AUGUST (2)	72,0000	1	MARCH (4)	346,4000	7	1	0,3068	0,7009	5,8476	0,1881		
SEPTEMBER	13,5000	1	JULY (1)	414,5833	6	1	0,2557	0,7455	6,0273	0,3138		
OCTOBER (1)	53,9667	1	FEBRUARY	482,3833	5	1	0,2045	0,7902	6,1787	0,4456		
OCTOBER (2)	122,4500	1	APRIL	511,4300	4	0	0,2045	0,8348				
OCTOBER (3)	114,3333	1	JANUARY	596,2500	3	0	0,2045	0,8795				
NOVEMBER	672,6700	0	NOVEMBER	672,6700	2	0	0,2045	0,9241				
DECEMBER	288,0000	0	JUNE	680,0500	1	0	0,2045	0,9688				
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF - using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_j))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	173,5000	1	DECEMBER (3)	27,5500	18	1	0,9444	0,0380	3,3160	-3,2497	0,9869	338,3550
FEBRUARY	331,2333	1	DECEMBER (4)	31,3000	17	1	0,8889	0,0924	3,4436	-2,3336		
MARCH	724,0000	0	SEPTEMBER (2)	36,6000	16	1	0,8333	0,1467	3,6000	-1,8408		
APRIL (1)	49,6167	1	APRIL (1)	49,6167	15	1	0,7778	0,2011	3,9043	-1,4939		
APRIL (2)	124,2333	1	AUGUST	105,6167	14	1	0,7222	0,2554	4,6988	-1,2209		
APRIL (3)	261,4667	1	APRIL (2)	124,2333	13	1	0,6667	0,3098	4,8222	-0,9922		
MAY	155,7167	1	DECEMBER (1)	142,2833	12	1	0,6111	0,3641	4,9578	-0,7924		
JUNE	680,0500	0	MAY	155,7167	11	1	0,5556	0,4185	5,0480	-0,6123		
JULY	687,3300	0	JANUARY	173,5000	10	1	0,5000	0,4728	5,1562	-0,4459		
AUGUST	105,6167	1	APRIL (3)	261,4667	9	1	0,4444	0,5272	5,5663	-0,2890		
SEPTEMBER (1)	484,5333	1	DECEMBER (2)	298,5500	8	1	0,3889	0,5815	5,6989	-0,1380		
SEPTEMBER (2)	36,6000	1	FEBRUARY	331,2333	7	1	0,3333	0,6359	5,8028	0,0102		
OCTOBER	668,9400	0	SEPTEMBER (1)	484,5333	6	1	0,2778	0,6902	6,1832	0,1586		
NOVEMBER	531,4833	1	NOVEMBER	531,4833	5	1	0,2222	0,7446	6,2757	0,3110		
DECEMBER (1)	142,2833	1	OCTOBER	668,9400	4	0	0,2222					
DECEMBER (2)	298,5500	1	JUNE	680,0500	3	0	0,2222					
DECEMBER (3)	37,5500	1	JULY	687,3300	2	0	0,2222					
DECEMBER (4)	31,3000	1	MARCH	724,0000	1	0	0,2222					
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF - using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_j))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	596,2500	0	DECEMBER	288,0000	12	0	1,0000					0,0101
FEBRUARY	615,1200	0	AUGUST	305,7200	11	0	1,0000					
MARCH	724,0000	0	APRIL	511,4300	10	0	1,0000					
APRIL	511,4300	0	JANUARY	596,2500	9	0	1,0000					
MAY	712,0000	0	FEBRUARY	615,1200	8	0	1,0000					
JUNE	680,0500	0	SEPTEMBER	636,1000	7	0	1,0000					
JULY	687,3300	0	OCTOBER	668,9400	6	0	1,0000					
AUGUST	305,7200	0	NOVEMBER	672,6700	5	0	1,0000					
SEPTEMBER	626,1000	0	JUNE	680,0500	4	0	1,0000					
OCTOBER	668,9400	0	JULY	687,3300	3	0	1,0000					
NOVEMBER	672,6700	0	MAY	712,0000	2	0	1,0000					
DECEMBER	288,0000	0	MARCH	724,0000	1	0	1,0000					
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF - using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_j))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	596,2500	0	DECEMBER	288,0000	13	0	1,0000					
FEBRUARY	615,1200	0	AUGUST	305,7200	12	0	1,0000					
MARCH	724,0000	0	APRIL	511,4300	11	0	1,0000					
APRIL	511,4300	0	JANUARY	596,2500	10	0	1,0000					
MAY	712,0000	0	FEBRUARY	615,1200	9	0	1,0000					
JUNE	680,0500	0	SEPTEMBER	636,1000	8	0	1,0000					
JULY	687,3300	0	OCTOBER	668,9400	7	0	1,0000					
AUGUST	305,7200	0	NOVEMBER	672,6700	6	0	1,0000					
SEPTEMBER	626,1000	0	JUNE	680,0500	4	0	1,0000					
OCTOBER	668,9400	0	JULY	687,3300	3	0	1,0000					
NOVEMBER	672,6700	0	MAY	712,0000	2	0	1,0000					
DECEMBER	288,0000	0	MARCH	724,0000	1	0	1,0000					

Πίνακας 3.15: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2024

KAPLAN-MEIER AND WEIBULL METHOD JANUARY-DECEMBER 2024												
BURNER												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan-Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	667,5000	0	JULY (2)	149,1833	13	1	0.9231	0.0522	5.0052	-2.9252	2.2952	479,1488
FEBRUARY	275,1500	1	JULY (1)	173,7667	12	1	0.8462	0.1269	5.1577	-1.9976		
MARCH	647,1300	0	FEBRUARY	275,1500	11	1	0.7692	0.2015	5.6173	-1.4916		
APRIL	652,2000	0	SEPTEMBER	276,0833	10	1	0.6923	0.2761	5.6207	-1.1297		
MAY	544,0000	0	AUGUST	417,8700	9	0	0.6923	0.3507				
JUNE	677,3700	0	DECEMBER	467,6200	8	0	0.6923	0.4254				
JULY (1)	173,7667	1	MAY	544,0000	7	0	0.6923	0.5000				
JULY (2)	149,1833	1	OCTOBER	617,8500	6	0	0.6923	0.5746				
AUGUST	417,8700	0	MARCH	647,1300	5	0	0.6923	0.6493				
SEPTEMBER	276,0833	0	APRIL	652,2000	4	0	0.6923	0.7239				
OCTOBER	617,8500	0	JANUARY	667,5000	3	0	0.6923	0.7985				
NOVEMBER	680,2000	0	JUNE	677,3700	2	0	0.6923	0.8731				
DECEMBER	467,6200	0	NOVEMBER	680,2000	1	0	0.6923	0.9478				
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan-Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	432,8000	1	MAY (1)	5,4167	26	1	0.9615	0.0205	1.6895	-3.6166	1.087	218,0910
FEBRUARY	363,7667	1	APRIL (2)	26,6000	25	1	0.9231	0.0644	3.2809	-2.7096		
MARCH	647,1300	0	APRIL (1)	29,3167	24	1	0.8846	0.1023	3.3782	-2.2267		
APRIL (1)	29,3167	1	JULY	41,3167	23	1	0.8462	0.1402	3.7213	-1.8905		
APRIL (2)	26,6000	1	NOVEMBER (3)	57,5000	22	1	0.8077	0.1790	4.0518	-1.6294		
APRIL (3)	195,3833	1	JUNE (5)	61,6000	21	1	0.7692	0.2159	4.1207	-1.4137		
MAY (1)	5,4167	1	JUNE (4)	70,2333	20	1	0.7308	0.2538	4.2518	-1.2285		
MAY (2)	104,3833	1	JUNE (3)	93,7000	19	1	0.6923	0.2917	4.5401	-1.0647		
MAY (3)	229,4500	1	NOVEMBER (4)	103,3000	18	1	0.6538	0.3295	4.6376	-0.9168		
JUNE (1)	152,2500	1	JUNE (2)	103,3000	17	1	0.6154	0.3674	4.6381	-0.7810		
JUNE (2)	181,5667	1	MAY (2)	104,3833	16	1	0.5769	0.4053	4.6481	-0.6545		
JUNE (3)	103,3500	1	NOVEMBER (1)	125,7333	15	1	0.5385	0.4432	4.8342	-0.5353		
JUNE (4)	70,2333	1	JUNE (1)	152,2500	14	1	0.5000	0.4811	5.0255	-0.4216		
JUNE (5)	93,7000	1	OCTOBER (2)	157,1167	13	1	0.4615	0.5189	5.0570	-0.3123		
JUNE (6)	61,6000	1	JUNE (2)	161,2667	12	1	0.4231	0.5568	5.2000	-0.2061		
JULY	41,3167	1	SEPTEMBER (2)	193,5000	11	1	0.3846	0.5947	5.2653	-0.1019		
AUGUST	395,6667	1	APRIL (3)	195,3833	10	1	0.3462	0.6326	5.2750	0.0012		
SEPTEMBER (1)	244,2000	1	MAY (3)	229,4500	9	1	0.3077	0.6705	5.4357	0.1044		
SEPTEMBER (2)	193,5000	1	SEPTEMBER (1)	244,2000	8	1	0.2692	0.7083	5.4980	0.2088		
OCTOBER (1)	565,8500	1	DECEMBER	293,5667	7	1	0.2308	0.7462	5.6821	0.3157		
OCTOBER (2)	157,1167	1	NOVEMBER (2)	316,4333	6	1	0.1923	0.7841	5.7571	0.4272		
NOVEMBER (1)	125,7333	1	FEBRUARY	363,7667	5	1	0.1538	0.8220	5.8965	0.5457		
NOVEMBER (2)	316,4333	1	AUGUST	395,6670	4	1	0.1154	0.8598	5.9806	0.6755		
NOVEMBER (3)	57,5000	1	JANUARY	432,8000	3	1	0.0769	0.8977	6.0703	0.8242		
NOVEMBER (4)	103,3000	1	OCTOBER (1)	565,8500	2	1	0.0385	0.9356	6.3376	1.0090		
DECEMBER	293,5667	1	MARCH	647,1300	1	1	0.0385	0.9735				
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan-Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	667,5000	0	AUGUST	417,8700	12	0	1.0000					RSIAMP_01
FEBRUARY	596,8700	0	DECEMBER	467,6200	11	0	1.0000					
MARCH	647,1300	0	JULY	543,3300	10	0	1.0000					
APRIL	652,2000	0	MAY	544,0000	9	0	1.0000					
MAY	544,0000	0	FEBRUARY	596,8700	8	0	1.0000					
JUNE	677,3700	0	OCTOBER	617,8500	7	0	1.0000					
JULY	543,3300	0	MARCH	647,1300	6	0	1.0000					
AUGUST	417,8700	0	APRIL	652,2000	5	0	1.0000					
SEPTEMBER	691,1300	0	JANUARY	667,5000	4	0	1.0000					
OCTOBER	617,8500	0	JUNE	677,3700	3	0	1.0000					
NOVEMBER	680,2000	0	NOVEMBER	680,2000	2	0	1.0000					
DECEMBER	467,6200	0	SEPTEMBER	691,1300	1	0	1.0000					
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan-Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	667,5000	0	FEBRUARY (1)	141,6500	13	1	0.9231	0.0522	4.9534	-2.9252	1.4279	1146,6627
FEBRUARY (1)	141,6500	1	SEPTEMBER	337,3167	12	1	0.8462	0.1269	5.8210	-1.9976		
FEBRUARY (2)	429,2333	1	AUGUST	417,8700	11	0	0.8462	0.2015	6.0352	-1.4916		
MARCH	647,1300	0	FEBRUARY (2)	439,2333	10	1	0.7615	0.2761	6.0850	-1.1297		
APRIL	652,2000	0	DECEMBER	467,6200	9	0	0.7615	0.3507				
MAY	544,0000	0	JULY	543,3300	8	0	0.7615	0.4254				
JUNE	677,3700	0	MAY	544,0000	7	0	0.7615	0.5000				
JULY	543,3300	0	OCTOBER	617,8500	6	0	0.7615	0.5746				
AUGUST	417,8700	0	MARCH	647,1300	5	0	0.7615	0.6493				
SEPTEMBER	337,3167	1	APRIL	652,2000	4	0	0.7615	0.7239				
OCTOBER	617,8500	0	JANUARY	667,5000	3	0	0.7615	0.7985				
NOVEMBER	680,2000	0	JUNE	677,3700	2	0	0.7615	0.8731				
DECEMBER	467,6200	0	NOVEMBER	680,2000	1	0	0.7615	0.9478				

Πίνακας 3.16: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2025

KAPLAN-MEIER AND WEIBULL METHOD JANUARY-DECEMBER 2025												
BURNER												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored-months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability-CDF using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	566,0000		0 SEPTEMBER (2)	26,2333	19		1	0.9474	0.0361	3,2670		
FEBRUARY	651,0700		0 OCTOBER (1)	72,1667	18		1	0.8947	0.0876	4,2790		
MARCH	712,0000		0 JULY (2)	73,7667	17		1	0.8421	0.1392	4,3009		
APRIL	220,0500		1 JUNE (1)	83,0833	16		1	0.7855	0.1907	4,4158		
MAY	722,5667		1 OCTOBER (4)	98,8833	15		1	0.7368	0.2423	4,5919		
JUNE (1)	83,0833		1 JULY (1)	122,6500	14		1	0.6842	0.2938	4,8093		
JUNE (2)	533,5000		1 NOVEMBER (1)	147,7500	13		1	0.6316	0.3454	4,9955		
JULY (1)	122,6500		1 OCTOBER (2)	216,0833	12		1	0.5789	0.3969	5,3757		
JULY (2)	73,7667		1 APRIL	220,0500	11		1	0.5263	0.4485	5,4339		
AUGUST	336,5800		0 OCTOBER (3)	293,6167	10		1	0.4737	0.5000	5,4823		
SEPTEMBER (1)	658,5333		1 AUGUST	336,5800	9		0	0.4737	0.5515			
SEPTEMBER (2)	26,2333		1 DECEMBER	430,7000	8		0	0.4737	0.6031			
OCTOBER (1)	71,1667		1 NOVEMBER (2)	505,8333	7		1	0.4090	0.6546	6,2262		0.0613
OCTOBER (2)	216,0833		1 JUNE (2)	533,5000	6		1	0.3383	0.7062	6,2795		0.2028
OCTOBER (3)	293,6167		1 JANUARY	566,0000	5		0	0.3383	0.7577			
OCTOBER (4)	98,8833		1 FEBRUARY	651,0700	4		0	0.3383	0.8093			
NOVEMBER (1)	147,7500		1 SEPTEMBER (1)	658,5333	3		1	0.2256	0.8608	6,4900		0.6791
NOVEMBER (2)	505,8333		1 MARCH	712,0000	2		0	0.2256	0.9124			
DECEMBER	430,7000		0 MAY	772,5667	1		1	0.0000	0.9639	6,6497		1.2006
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored-months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability-CDF using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	566,0000		0 JULY (3)	67,8333	17		1	0.9412	0.0402	4,2173		
FEBRUARY	651,0700		0 SEPTEMBER	136,6667	16		1	0.8824	0.0977	4,9179		
MARCH (1)	233,4667		1 JULY (1)	172,9667	15		1	0.8235	0.1552	5,1531		
MARCH (2)	421,1333		1 DECEMBER	203,3833	14		1	0.7647	0.2126	5,3151		
APRIL	227,1667		1 AUGUST	206,8333	13		1	0.7059	0.2701	5,3319		
MAY	533,7833		1 APRIL	227,1667	12		1	0.6471	0.3276	5,4268		
JUNE (1)	312,2667		1 MARCH (1)	233,4667	11		1	0.5882	0.3851	5,4530		
JUNE (2)	610,8167		1 JUNE (1)	312,2667	10		1	0.5294	0.4425	5,7439		
JULY (1)	172,9667		1 JULY (2)	317,5333	9		1	0.4706	0.5000	5,7606		
JULY (2)	317,5333		1 OCTOBER (2)	328,5000	8		1	0.4118	0.5575	5,7947		
JULY (3)	67,8333		1 OCTOBER (1)	395,1500	7		1	0.3529	0.6149	5,9793		
AUGUST	206,8333		1 MARCH (2)	421,1333	6		1	0.2941	0.6724	6,0429		
SEPTEMBER	136,6667		1 MAY	553,7833	5		1	0.2353	0.7299	6,3168		
OCTOBER (1)	395,1500		1 JANUARY	566,0000	4		0	0.2353	0.7874			
OCTOBER (2)	328,5000		1 JUNE (2)	610,8167	3		0	0.1569	0.8448	6,4148		0.6223
NOVEMBER	618,0000		0 NOVEMBER	618,0000	2		0	0.1569	0.9023			
DECEMBER	203,3833		1 FEBRUARY	651,0700	1		0	0.1569	0.9598			
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored-months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability-CDF using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	197,2833		1 JANUARY	197,2833	12		1	0.9167	0.0565	5,2846		
FEBRUARY	651,0700		0 AUGUST	336,5800	11		0	0.9167	0.1371			
MARCH	712,0000		0 DECEMBER	430,7000	10		0	0.9167	0.2177			
APRIL	449,6500		0 APRIL	449,6500	9		0	0.9167	0.2984			
MAY	731,4200		0 JULY	576,0000	8		0	0.9167	0.3790			
JUNE	617,0900		0 JUNE	617,0900	7		0	0.9167	0.4597			
JULY	576,0000		0 NOVEMBER	618,0000	6		0	0.9167	0.5403			
AUGUST	336,5800		0 OCTOBER	649,4200	5		0	0.9167	0.6210			
SEPTEMBER	712,4500		0 FEBRUARY	651,0700	4		0	0.9167	0.7016			
OCTOBER	649,4200		0 MARCH	712,0000	3		0	0.9167	0.7823			
NOVEMBER	618,0000		0 SEPTEMBER	712,4500	2		0	0.9167	0.8629			
DECEMBER	430,7000		0 MAY	731,4200	1		0	0.9167	0.9435			
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored-months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability-CDF using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JANUARY	566,0000		0 NOVEMBER	13,3167	12		1	0.9167	0.0565	2,5890		
FEBRUARY	411,3667		1 AUGUST	336,5800	11		0	0.9167	0.1371	5,8188		
MARCH	712,0000		0 OCTOBER	341,3500	10		0	0.8250	0.2177			
APRIL	449,6500		0 FEBRUARY	411,3667	9		1	0.7333	0.2984	6,0195		
MAY	731,4200		0 DECEMBER	430,7000	8		0	0.7333	0.3790			
JUNE	617,0900		0 APRIL	449,6500	7		0	0.7333	0.4597			
JULY	576,0000		0 JANUARY	566,0000	6		0	0.7333	0.5403			
AUGUST	336,5800		0 JULY	576,0000	5		0	0.7333	0.6210			
SEPTEMBER	712,4500		0 JUNE	617,0900	4		0	0.7333	0.7016			
OCTOBER	341,3500		1 MARCH	712,0000	3		0	0.7333	0.7823			
NOVEMBER	13,3167		1 SEPTEMBER	712,4500	2		0	0.7333	0.8629			
DECEMBER	430,7000		0 MAY	731,4200	1		0	0.7333	0.9435			

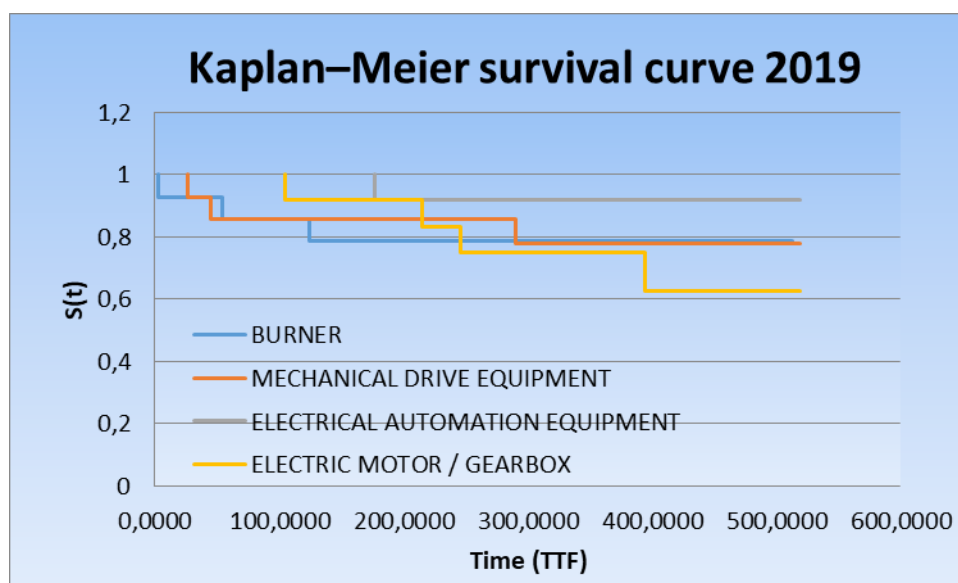
3.8 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για τα έτη 2019 - 2025

Με βάση τα δεδομένα που προέκυψαν από τη στατιστική ανάλυση επιβίωσης με τη μέθοδο Kaplan–Meier, κατασκευάστηκαν καμπύλες επιβίωσης για κάθε έτος της περιόδου 2019 έως και 2025. Η μέθοδος Kaplan–Meier χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της συνάρτησης επιβίωσης, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τα συμβάντα ενδιαφέροντος όσο και τις λογοκριμένες παρατηρήσεις, οι οποίες προκύπτουν όταν η παρακολούθηση των υποκειμένων διακόπτεται πριν την εμφάνιση του συμβάντος.

Οι καμπύλες επιβίωσης απεικονίζουν την πιθανότητα επιβίωσης των υπό μελέτη περιπτώσεων σε συνάρτηση με τον χρόνο και επιτρέπουν την παρακολούθηση της χρονικής εξέλιξης της επιβίωσης εντός κάθε έτους, καθώς και τη σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών ετών της εξεταζόμενης περιόδου. Μέσω της γραφικής αυτής αναπαράστασης καθίσταται δυνατή η αξιολόγηση διαφορών στα πρότυπα επιβίωσης, όπως η ταχύτερη ή βραδύτερη μείωση της πιθανότητας επιβίωσης, καθώς και η αναγνώριση πιθανών μεταβολών στη δυναμική του φαινομένου κατά την πάροδο του χρόνου.

Τα διαγράμματα επιβίωσης που προέκυψαν, επιτρέπουν την ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση της αξιοπιστίας κάθε κατηγορίας εξοπλισμού σε συνάρτηση με τον χρόνο λειτουργίας.

3.8.1 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για το έτος 2019



Διάγραμμα 3.1: Καμπύλη επιβίωσης Kaplan–Meier για το έτος 2019

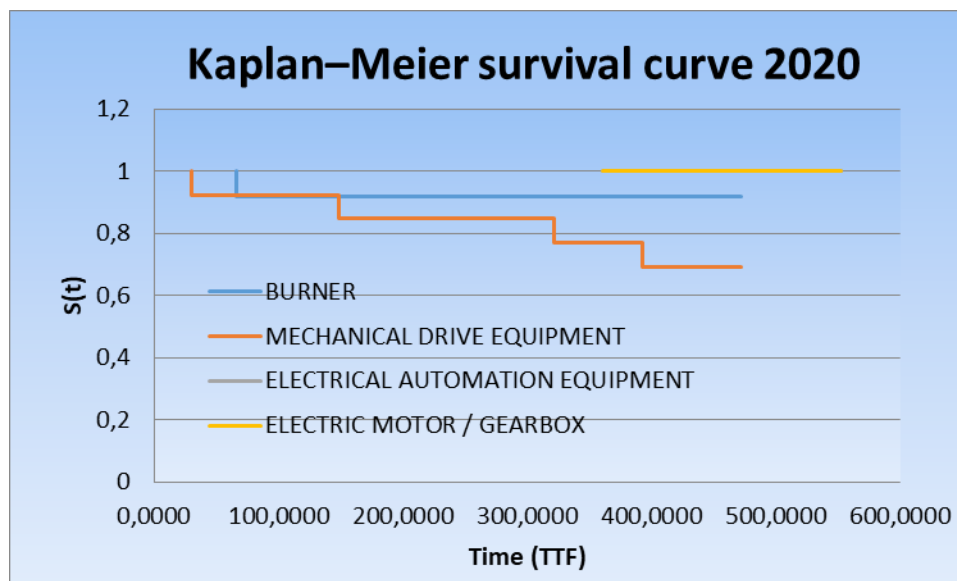
Για την υπομονάδα Καυστήρα (Burner 2019) για το έτος 2019, η καμπύλη επιβίωσης εμφανίζει τρεις απότομες πτώσεις της συνάρτησης επιβίωσης σε μικρούς χρόνους λειτουργίας, ενώ στη συνέχεια η καμπύλη παραμένει ουσιαστικά σταθερή μέχρι το τέλος της περιόδου παρακολούθησης. Η μορφή αυτή υποδηλώνει την ύπαρξη πρώιμων αστοχιών, οι οποίες εκδηλώνονται κατά την αρχική φάση ζωής του εξοπλισμού. Μετά την υπέρβαση αυτής της φάσης, η αξιοπιστία του συστήματος παραμένει υψηλή, με την τελική πιθανότητα επιβίωσης να εκτιμάται σε περίπου 78,6%.

Για την υπομονάδα Μηχανολογικός Εξοπλισμός Κίνησης (Mechanical Drive Equipment 2019) για το έτος 2019, η καμπύλη επιβίωσης παρουσιάζει πολλαπλές πτώσεις στα αρχικά στάδια λειτουργίας, οδηγώντας σε ταχεία μείωση της συνάρτησης $S(t)$ κάτω από το επίπεδο του 80%. Η απουσία περαιτέρω πτώσεων σε μεταγενέστερους χρόνους υποδηλώνει ότι οι αστοχίες εντοπίζονται κυρίως στην αρχική φάση ζωής του εξοπλισμού. Η συμπεριφορά αυτή καταδεικνύει μειωμένη αρχική αξιοπιστία, πιθανώς συνδεδεμένη με προβλήματα κατασκευαστικών ατελειών ή αρχικές αστοχίες ρύθμισης και ευθυγράμμισης.

Για την υποομάδα Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός Αυτοματισμού (Electrical Automation Equipment 2019) για το έτος 2019, η καμπύλη επιβίωσης χαρακτηρίζεται από μία μόνο πτώση, ενώ για το μεγαλύτερο μέρος της περιόδου παρακολούθησης η τιμή της $S(t)$ παραμένει άνω του 90%. Η περιορισμένη αυτή μείωση υποδηλώνει υψηλή αξιοπιστία του εξοπλισμού και χαμηλή συχνότητα αστοχιών. Παρά τον μικρό αριθμό καταγεγραμμένων αστοχιών, η μέθοδος Kaplan–Meier παρέχει αξιόπιστη εκτίμηση της επιβίωσης, καθώς δεν απαιτεί παραδοχές σχετικά με την κατανομή των δεδομένων.

Για την υπομονάδα Ηλεκτρομειωτήρας (Electric Motor/Gearbox 2019) για το έτος 2019, η καμπύλη επιβίωσης εμφανίζει διαδοχικές και σταδιακές πτώσεις σε όλο το χρονικό εύρος λειτουργίας. Η απουσία εκτεταμένων οριζόντιων τμημάτων υποδηλώνει συνεχή μείωση της αξιοπιστίας με τον χρόνο, γεγονός που συνάδει με μηχανισμούς φθοράς και γήρανσης. Η τελική πιθανότητα επιβίωσης εκτιμάται σε περίπου 62,5%, υποδεικνύοντας αυξημένη πιθανότητα αστοχίας σε προχωρημένα στάδια λειτουργίας.

3.8.2 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για το έτος 2020



Διάγραμμα 3.2: Καμπύλη επιβίωσης Kaplan–Meier για το έτος 2020

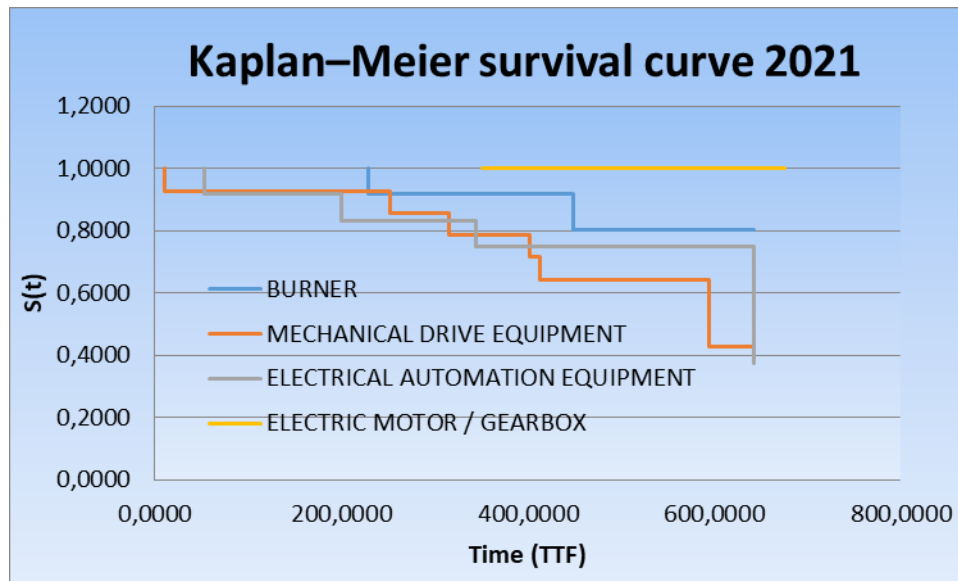
Για την υπομονάδα Καυστήρα (Burner, 2020) για το έτος 2020, η καμπύλη επιβίωσης παρουσιάζει μία μόνο απότομη πτώση σε πρώιμο χρόνο λειτουργίας, ενώ στη συνέχεια παραμένει πλήρως σταθερή έως το τέλος της περιόδου παρακολούθησης. Η συμπεριφορά αυτή υποδηλώνει την εμφάνιση μεμονωμένης πρώιμης αστοχίας, χωρίς ωστόσο να παρατηρείται περαιτέρω υποβάθμιση της αξιοπιστίας του εξοπλισμού. Η τελική πιθανότητα επιβίωσης εκτιμάται σε περίπου 91,67%, γεγονός που καταδεικνύει συνολικά υψηλή αξιοπιστία της υπομονάδας κατά το έτος 2020.

Για την υπομονάδα Μηχανολογικού Εξοπλισμού Κίνησης (Mechanical Drive Equipment, 2020) για το έτος 2020, η καμπύλη επιβίωσης εμφανίζει διαδοχικές πτώσεις, κυρίως στα αρχικά στάδια λειτουργίας, οδηγώντας σε σταδιακή μείωση της συνάρτησης επιβίωσης $S(t)$. Η τελική τιμή της επιβίωσης διαμορφώνεται σε περίπου 69,23%. Η κατανομή των πτώσεων υποδηλώνει ότι οι αστοχίες εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στην αρχική φάση ζωής του εξοπλισμού, ενώ η απουσία πρόσθετων πτώσεων σε μεταγενέστερους χρόνους υποδηλώνει σταθεροποίηση της αξιοπιστίας μετά την αρχική περίοδο λειτουργίας.

Για την υπομονάδα Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού Αυτοματισμού (Electrical Automation Equipment, 2020) για το έτος 2020, η καμπύλη επιβίωσης παραμένει αμετάβλητη σε όλο το χρονικό διάστημα παρακολούθησης, χωρίς να παρατηρείται καμία πτώση της συνάρτησης $S(t)$. Η απουσία καταγεγραμμένων αστοχιών υποδηλώνει εξαιρετικά υψηλή αξιοπιστία του εξοπλισμού κατά το έτος 2020.

Αντίστοιχα, και για την υπομονάδα Ηλεκτρομειωτήρα (Electric Motor/Gearbox, 2020) για το έτος 2020, η καμπύλη επιβίωσης παραμένει πλήρως οριζόντια καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης, γεγονός που υποδηλώνει την απουσία αστοχιών. Η σταθερότητα της συνάρτησης επιβίωσης καταδεικνύει υψηλή λειτουργική αξιοπιστία του εξοπλισμού κατά το εξεταζόμενο έτος.

3.8.3 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για το έτος 2021



Διάγραμμα 3.3: Καμπύλη επιβίωσης Kaplan–Meier για το έτος 2021

Για την υπομονάδα Καυστήρα (Burner, 2021) για το έτος 2021, η καμπύλη επιβίωσης παρουσιάζει δύο διακριτές πτώσεις της συνάρτησης επιβίωσης, οι οποίες αντιστοιχούν σε καταγεγραμμένες αστοχίες κατά τη διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης. Η πρώτη πτώση εμφανίζεται σε σχετικά πρώιμο χρόνο λειτουργίας, ενώ η δεύτερη σε μεταγενέστερο στάδιο. Μετά την τελευταία αστοχία, η καμπύλη παραμένει σταθερή έως το τέλος της περιόδου. Η τελική πιθανότητα επιβίωσης εκτιμάται σε 80,21%, γεγονός που υποδηλώνει ικανοποιητική συνολική αξιοπιστία, με τις αστοχίες να μην παρουσιάζουν συστηματική αύξηση με τον χρόνο λειτουργίας.

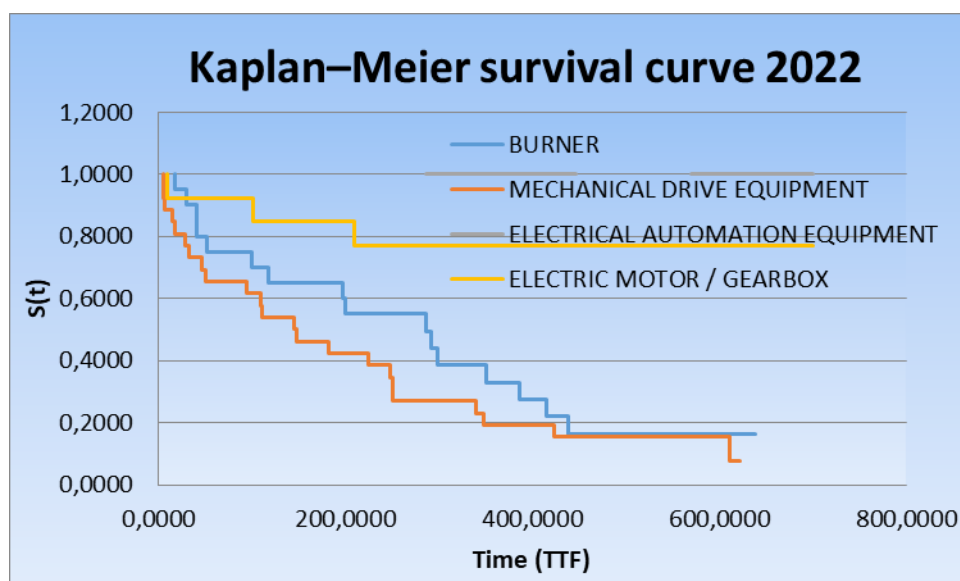
Για την υπομονάδα Μηχανολογικού Εξοπλισμού Κίνησης (Mechanical Drive Equipment, 2021) για το έτος 2021, η καμπύλη επιβίωσης εμφανίζει πολλαπλές και διαδοχικές πτώσεις σε όλο το χρονικό εύρος λειτουργίας. Ιδιαίτερα έντονες πτώσεις παρατηρούνται τόσο σε πολύ πρώιμους χρόνους όσο και σε ενδιάμεσα στάδια λειτουργίας, οδηγώντας σε σημαντική μείωση της συνάρτησης επιβίωσης. Η τελική τιμή της $S(t)$ διαμορφώνεται σε 42,86%,

γεγονός που καταδεικνύει χαμηλή συνολική αξιοπιστία της υπομονάδας για το έτος 2021. Η μορφή της καμπύλης υποδηλώνει την ύπαρξη τόσο πρώιμων αστοχιών όσο και αστοχιών που εκδηλώνονται κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, γεγονός που υποδεικνύει ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης των αιτίων και ενίσχυσης της στρατηγικής συντήρησης.

Για την υπομονάδα Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού Αυτοματισμού (Electrical Automation Equipment, 2021) για το έτος 2021, η καμπύλη επιβίωσης χαρακτηρίζεται από διαδοχικές πτώσεις της συνάρτησης επιβίωσης, με τις αστοχίες να κατανέμονται τόσο σε πρώιμα όσο και σε μεταγενέστερα στάδια λειτουργίας. Η συνάρτηση επιβίωσης μειώνεται σταδιακά και στο τέλος της περιόδου παρακολούθησης διαμορφώνεται σε 37,5%. Η συμπεριφορά αυτή υποδηλώνει μειωμένη αξιοπιστία του εξοπλισμού για το έτος 2021, με τις αστοχίες να μην περιορίζονται αποκλειστικά στην αρχική φάση ζωής, αλλά να εμφανίζονται και κατά τη διάρκεια της λειτουργικής ζωής του συστήματος.

Για την υπομονάδα Ηλεκτρομειωτήρα (Electric Motor/Gearbox, 2021) για το έτος 2021, δεν καταγράφεται καμία αστοχία καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης. Ως εκ τούτου, η καμπύλη επιβίωσης παραμένει πλήρως οριζόντια, με τη συνάρτηση επιβίωσης $S(t)$ να διατηρείται ίση με 100% σε όλο το χρονικό εύρος. Η απουσία αστοχιών υποδηλώνει εξαιρετικά υψηλή αξιοπιστία του εξοπλισμού για το έτος 2021 και επιβεβαιώνει τη σταθερή λειτουργία της υπομονάδας υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας.

3.8.4 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για το έτος 2022



Διάγραμμα 3.4: Καμπύλη επιβίωσης Kaplan–Meier για το έτος 2022

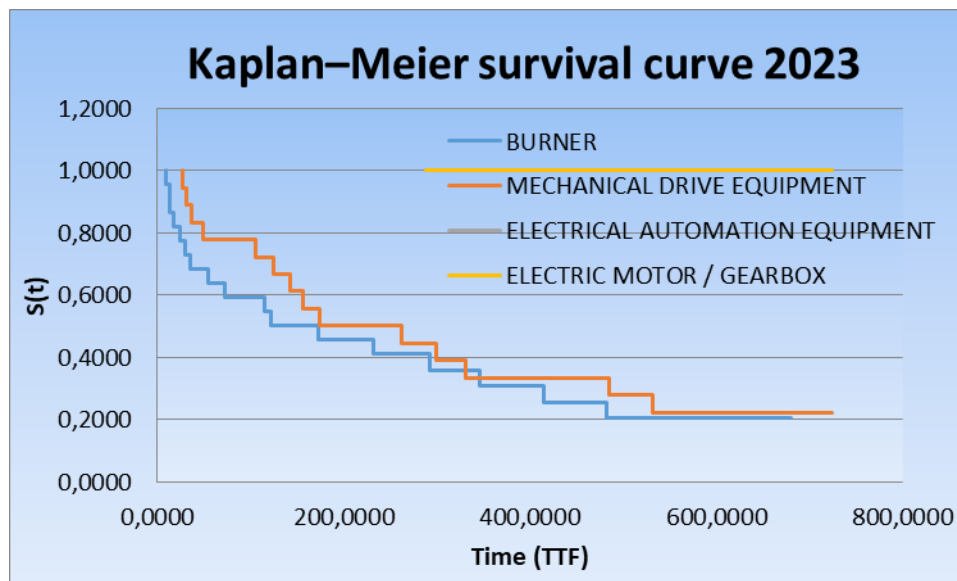
Για την υπομονάδα Καυστήρα (Burner, 2022) για το έτος 2022, η καμπύλη επιβίωσης παρουσιάζει συνεχείς και διαδοχικές πτώσεις της συνάρτησης επιβίωσης καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης, με τις αστοχίες να εμφανίζονται τόσο σε πολύ πρώιμους όσο και σε μεταγενέστερους χρόνους λειτουργίας. Μετά την τελευταία καταγεγραμμένη αστοχία, η καμπύλη παραμένει σταθερή έως το τέλος της περιόδου. Η τελική πιθανότητα επιβίωσης $S(t)$ είναι 16,5%, γεγονός που υποδηλώνει σημαντικά μειωμένη συνολική αξιοπιστία της υπομονάδας για το έτος 2022, με τον εξοπλισμό να παρουσιάζει υψηλή επιρρέπεια σε αστοχίες καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του.

Για την υπομονάδα Μηχανολογικού Εξοπλισμού Κίνησης (Mechanical Drive Equipment, 2022) για το έτος 2022, η καμπύλη επιβίωσης εμφανίζει έντονες και πολλαπλές πτώσεις από τα πρώτα στάδια λειτουργίας, οι οποίες συνεχίζονται και σε ενδιάμεσα χρονικά διαστήματα. Η συνεχής μείωση της συνάρτησης επιβίωσης οδηγεί σε μηδενικές τιμές, γεγονός που υποδηλώνει εξαιρετικά χαμηλή αξιοπιστία της υπομονάδας για το έτος 2022. Η μορφή της καμπύλης υποδεικνύει την ύπαρξη πρώιμων αστοχιών, αλλά και συνεχόμενων προβλημάτων κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, γεγονός που απαιτεί διερεύνηση των αιτιών και ενίσχυση της στρατηγικής συντήρησης.

Για την υπομονάδα Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού Αυτοματισμού (Electrical Automation Equipment, 2022) για το έτος 2022, δεν καταγράφονται αστοχίες καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης. Η καμπύλη επιβίωσης παραμένει πλήρως οριζόντια, με τη συνάρτηση $S(t)$ ίση με 100% σε όλο το χρονικό εύρος. Η απουσία αστοχιών υποδηλώνει εξαιρετικά υψηλή αξιοπιστία της υπομονάδας για το έτος 2022 και επιβεβαιώνει τη σταθερή λειτουργία του εξοπλισμού υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας.

Για την υπομονάδα Ηλεκτρομειωτήρα (Electric Motor/Gearbox, 2022) για το έτος 2022, η καμπύλη επιβίωσης παρουσιάζει τρεις διακριτές πτώσεις σε πρώιμους και ενδιάμεσους χρόνους λειτουργίας, ενώ στη συνέχεια παραμένει σχεδόν σταθερή έως το τέλος της περιόδου. Η τελική πιθανότητα επιβίωσης εκτιμάται σε 76,92%, γεγονός που υποδηλώνει ικανοποιητική συνολική αξιοπιστία της υπομονάδας για το έτος 2022, με τις αστοχίες να εντοπίζονται κυρίως στην αρχική και ενδιάμεση φάση ζωής του εξοπλισμού.

3.8.5 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για το έτος 2023



Διάγραμμα 3.5: Καμπύλη επιβίωσης Kaplan–Meier για το έτος 2023

Για την υπομονάδα Καυστήρα (Burner, 2023) για το έτος 2023, η καμπύλη επιβίωσης παρουσιάζει πολλαπλές και διαδοχικές πτώσεις κατά τη διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης. Οι αστοχίες καταγράφονται τόσο σε πρώιμο όσο και σε ενδιάμεσο χρόνο λειτουργίας, με αποτέλεσμα η συνάρτηση $S(t)$ να μειώνεται σταδιακά σε τελική τιμή 20,45%. Η μορφή αυτή υποδηλώνει την ύπαρξη τόσο πρώιμων όσο και μεσοπρόθεσμων αστοχιών, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για συστηματική παρακολούθηση και βελτίωση των διαδικασιών συντήρησης.

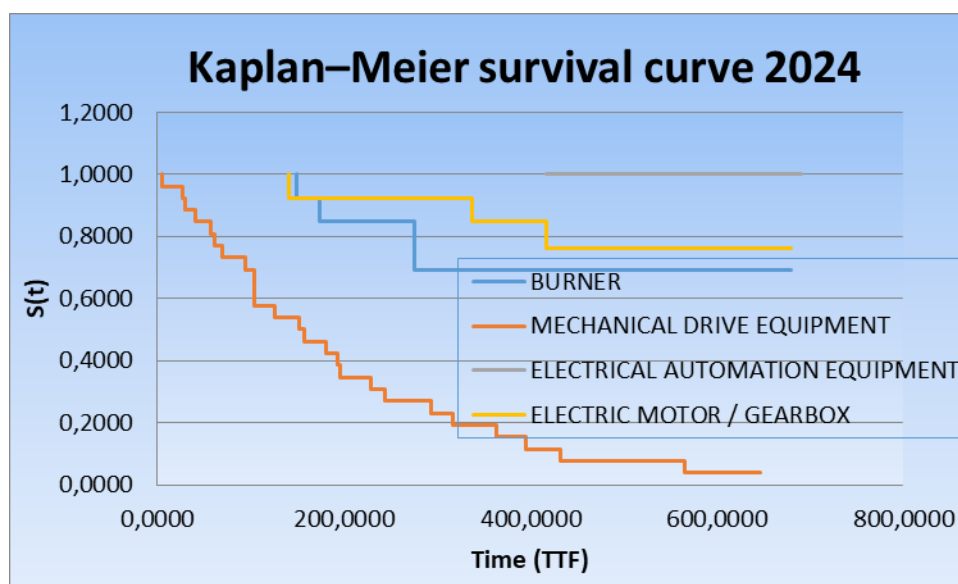
Για την υπομονάδα Μηχανολογικού Εξοπλισμού Κίνησης (Mechanical Drive Equipment, 2023) για το έτος 2023, η καμπύλη επιβίωσης εμφανίζει συνεχείς και έντονες πτώσεις σε όλο το χρονικό εύρος λειτουργίας. Οι πρώιμες αστοχίες σε συνδυασμό με τις μεσοπρόθεσμες και μεταγενέστερες οδηγούν σε τελική τιμή $S(t)$ 22,22%, γεγονός που υποδεικνύει χαμηλή συνολική αξιοπιστία της υπομονάδας για το έτος 2023. Η συμπεριφορά αυτή υποδηλώνει ότι οι αστοχίες δεν περιορίζονται σε συγκεκριμένα στάδια ζωής, αλλά εμφανίζονται καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας.

Για την υπομονάδα Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού Αυτοματισμού (Electrical Automation Equipment, 2023) για το έτος 2023, δεν καταγράφονται αστοχίες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η καμπύλη επιβίωσης παραμένει πλήρως οριζόντια με $S(t)$ ίση με 100%,

υποδηλώνοντας εξαιρετικά υψηλή αξιοπιστία και σταθερή λειτουργία της υπομονάδας υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες.

Αντιστοίχως και για την υπομονάδα Ηλεκτρομειωτήρα (Electric Motor/Gearbox, 2023) για το έτος 2023, δεν καταγράφονται αστοχίες κατά τη διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης. Ως αποτέλεσμα, η καμπύλη επιβίωσης παραμένει πλήρως οριζόντια με $S(t)=100\%$, υποδεικνύοντας υψηλή αξιοπιστία και αδιάκοπη λειτουργία της υπομονάδας καθ' όλη τη διάρκεια του 2023.

3.8.6 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για το έτος 2024



Διάγραμμα 3.6: Καμπύλη επιβίωσης Kaplan–Meier για το έτος 2024

Για την υπομονάδα Καυστήρα (Burner, 2024) για το έτος 2024, η καμπύλη επιβίωσης παρουσιάζει δύο διακριτές πτώσεις κατά τη διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης. Η πρώτη αστοχία εμφανίζεται σε πρώιμο στάδιο, ενώ η δεύτερη σε μεταγενέστερο χρόνο λειτουργίας. Μετά την τελευταία αστοχία, η καμπύλη παραμένει σταθερή έως το τέλος του έτους. Η τελική πιθανότητα επιβίωσης εκτιμάται σε 69,23%, γεγονός που υποδηλώνει ικανοποιητική συνολική αξιοπιστία της υπομονάδας, με τις αστοχίες να μην παρουσιάζουν συστηματική αύξηση με τον χρόνο λειτουργίας.

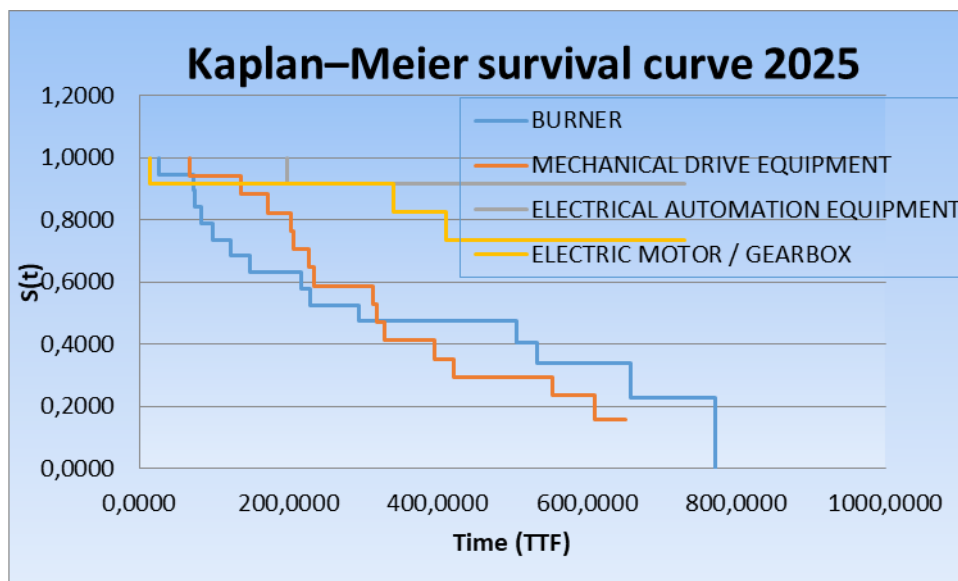
Για την υπομονάδα Μηχανολογικού Εξοπλισμού Κίνησης (Mechanical Drive Equipment, 2024) για το έτος 2024, η καμπύλη επιβίωσης εμφανίζει συνεχείς πτώσεις σε όλο το χρονικό εύρος λειτουργίας, με έντονες αστοχίες τόσο σε πρώιμα όσο και σε μεσοπρόθεσμα στάδια. Η συνάρτηση επιβίωσης $S(t)$ μειώνεται σταδιακά σε τελική τιμή 3,85%, υποδεικνύοντας

χαμηλή συνολική αξιοπιστία της υπομονάδας για το έτος 2024. Η μορφή της καμπύλης υποδηλώνει την ανάγκη ενίσχυσης της στρατηγικής συντήρησης και περαιτέρω διερεύνησης των αιτιών των πρώιμων και μεταγενέστερων αστοχιών.

Για την υπομονάδα Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού Αυτοματισμού (Electrical Automation Equipment, 2024) για το έτος 2024, δεν καταγράφονται αστοχίες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η καμπύλη επιβίωσης παραμένει πλήρως οριζόντια με $S(t)=100\%$, υποδεικνύοντας υψηλή αξιοπιστία και αδιάκοπη λειτουργία της υπομονάδας.

Για την υπομονάδα Ηλεκτρομειωτήρα (Electric Motor/Gearbox, 2024) για το έτος 2024, η καμπύλη επιβίωσης παρουσιάζει περιορισμένες πτώσεις, με τις αστοχίες να καταγράφονται κυρίως σε πρώιμο στάδιο λειτουργίας. Η τελική τιμή της $S(t)$ διαμορφώνεται σε 76,15%, υποδηλώνοντας καλή συνολική αξιοπιστία της υπομονάδας για το έτος 2024, με περιορισμένο αριθμό αστοχιών που δεν επηρεάζει σημαντικά τη λειτουργική διάρκεια

3.8.7 Καμπύλες Επιβίωσης με τη Μέθοδο Kaplan–Meier για το έτος 2025



Διάγραμμα 3.7: Καμπύλη επιβίωσης Kaplan–Meier για το έτος 2025

Για την υπομονάδα Καυστήρα (Burner, 2025) για το έτος 2025, η καμπύλη επιβίωσης εμφανίζει πολλαπλές πτώσεις κατά τη διάρκεια του έτους, με αστοχίες να καταγράφονται τόσο σε πρώιμο όσο και σε ενδιάμεσο στάδιο λειτουργίας. Η τελική τιμή της συνάρτησης επιβίωσης προσεγγίζει 0%, γεγονός που υποδηλώνει σημαντική μείωση της αξιοπιστίας της υπομονάδας για το έτος 2025 και την ανάγκη επανεξέτασης της στρατηγικής συντήρησης και των διαδικασιών πρόληψης αστοχιών.

Για την υπομονάδα Μηχανολογικού Εξοπλισμού Κίνησης (Mechanical Drive Equipment, 2025) για το έτος 2025, η καμπύλη επιβίωσης παρουσιάζει διαδοχικές πτώσεις καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Οι αστοχίες εμφανίζονται τόσο σε πρώιμα όσο και σε μεταγενέστερα στάδια, με αποτέλεσμα η τελική πιθανότητα επιβίωσης να μειώνεται σημαντικά σε 15,69%, υποδηλώνοντας χαμηλή συνολική αξιοπιστία και ανάγκη για ενίσχυση προληπτικής συντήρησης και περαιτέρω ανάλυση των αιτιών αστοχιών.

Για την υπομονάδα Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού Αυτοματισμού (Electrical Automation Equipment, 2025) για το έτος 2025, παρατηρείται μόνο μία πρώιμη αστοχία, ενώ δεν καταγράφονται άλλες κατά τη διάρκεια του έτους. Η συνάρτηση επιβίωσης παραμένει σε υψηλά επίπεδα της τάξεως 91,67%, υποδεικνύοντας υψηλή αξιοπιστία του εξοπλισμού για το έτος 2025.

Για την υπομονάδα Ηλεκτρομειωτήρα (Electric Motor/Gearbox, 2025) για το έτος 2025, καταγράφονται περιορισμένες αστοχίες κυρίως σε πρώιμο στάδιο λειτουργίας. Η τελική τιμή της $S(t)$ διαμορφώνεται σε 73,33%, γεγονός που υποδηλώνει καλή συνολική αξιοπιστία της υπομονάδας για το 2025, με τις αστοχίες να μην επηρεάζουν σημαντικά τη λειτουργική διάρκεια.

3.9 Γραμμή τάσης της κατανομής Weibull με χρήση Excel

Η γραμμή τάσης Weibull αναφέρεται στη γραφική απεικόνιση της κατανομής Weibull, η οποία προκύπτει από τη μαθηματική προσαρμογή της σε εμπειρικά δεδομένα χρόνου έως την εμφάνιση ενός συμβάντος αστοχίας. Στόχος της εφαρμογής της γραμμής τάσης είναι η ποσοτική περιγραφή και η ερμηνεία της συμπεριφοράς επιβίωσης ή αστοχίας ενός συστήματος σε συνάρτηση με τον χρόνο λειτουργίας. Η γραμμή τάσης προκύπτει μέσω της εφαρμογής γραμμικής παλινδρόμησης στα μετασχηματισμένα δεδομένα της κατανομής Weibull, επιτρέποντας την εκτίμηση των παραμέτρων της κατανομής.

Η κατανομή Weibull αποτελεί μία ευέλικτη παραμετρική κατανομή, η οποία μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικά πρότυπα κινδύνου μέσω των παραμέτρων της. Η παράμετρος σχήματος (k) καθορίζει τη μορφή της καμπύλης και τον τρόπο μεταβολής του ρυθμού αστοχίας στον χρόνο, ενώ η παράμετρος κλίμακας (λ) καθορίζει τη χρονική κλίμακα της κατανομής και σχετίζεται εμμέσως με τον χαρακτηριστικό χρόνο ζωής (characteristic life) του συστήματος. Η κατανομή Weibull εκφράζεται μαθηματικά ως:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^k} \quad (3.7)$$

όπου:

- a) $F(t)$ είναι η πιθανότητα εμφάνισης αστοχίας μέχρι το χρόνο t
- b) k είναι η παράμετρος σχήματος (shape parameter)
- c) λ είναι η παράμετρος κλίμακας (scale parameter), η οποία καθορίζει τη χρονική κλίμακα της κατανομής και σχετίζεται με τον χαρακτηριστικό χρόνο ζωής του συστήματος (characteristic life).

Μέσω του συνδυασμού αυτών των παραμέτρων, η κατανομή μπορεί να περιγράψει τόσο περιπτώσεις πρώιμων αστοχιών όσο και φαινόμενα φθοράς ή γήρανσης του εξοπλισμού.

Για την εκτίμηση των παραμέτρων της κατανομής και την κατασκευή της γραμμής τάσης Weibull, η εξίσωση 3.7 μετασχηματίζεται σε γραμμική μορφή μέσω λογαριθμικού μετασχηματισμού. Ο μετασχηματισμός αυτός επιτρέπει την εφαρμογή γραμμικής παλινδρόμησης στα δεδομένα, ώστε να προκύψει η ευθεία γραμμή τάσης που προσαρμόζεται καλύτερα στα σημεία του διαγράμματος. Με την εφαρμογή διπλού λογαριθμικού μετασχηματισμού προκύπτει η σχέση:

$$\ln(-\ln(1 - F(t))) = k \ln(t) - k \ln(\lambda) \quad (3.8)$$

Η παραπάνω εξίσωση έχει τη μορφή γραμμικής σχέσης:

$$y = ax + b \quad (3.9)$$

όπου:

- a) $y = \ln(-\ln(1 - F(t)))$
- b) $x = \ln(t)$
- c) $a = k$, που αντιστοιχεί στην κλίση της ευθείας
- d) $b = -k \ln(\lambda)$, που αντιστοιχεί στην τεταγμένη στο μηδέν

Η ευθεία που προκύπτει από την εφαρμογή της γραμμικής παλινδρόμησης στα μετασχηματισμένα δεδομένα αποτελεί τη γραμμή τάσης Weibull. Από την κλίση της ευθείας προσδιορίζεται η παράμετρος σχήματος k , ενώ από την τεταγμένη στο μηδέν υπολογίζεται η παράμετρος κλίμακας λ μέσω της σχέσης:

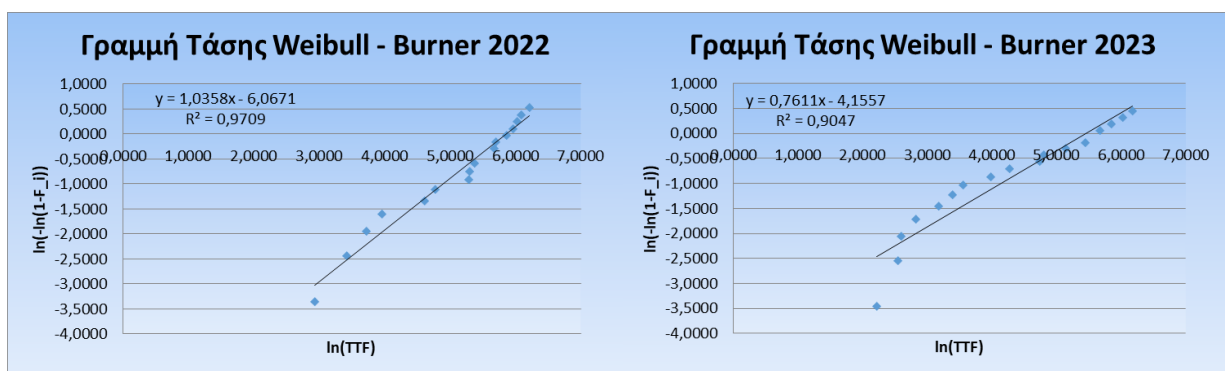
$$\lambda = e^{-\frac{b}{k}} \quad (3.10)$$

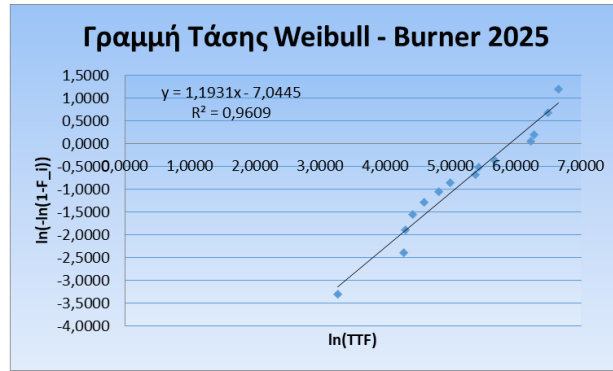
Η γραφική απεικόνιση επιτρέπει την οπτική αξιολόγηση της προσαρμογής του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα, καθώς και την αναγνώριση της γενικής τάσης επιβίωσης.

Για την αξιόπιστη προσαρμογή της κατανομής Weibull απαιτούνται τουλάχιστον 5 έως 6 σημεία αστοχίας, ενώ προτιμάται να υπάρχουν περισσότερα από 10 για καλύτερη ακρίβεια. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο αριθμός των διαθέσιμων σημείων αστοχίας είναι μικρότερος από το ελάχιστο ή δεν υπάρχουν καθόλου σημεία αστοχίας, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η αξιόπιστη προσαρμογή της κατανομής Weibull και ο σχεδιασμός της αντίστοιχης γραμμής τάσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν πραγματοποιείται γραφική απεικόνιση.

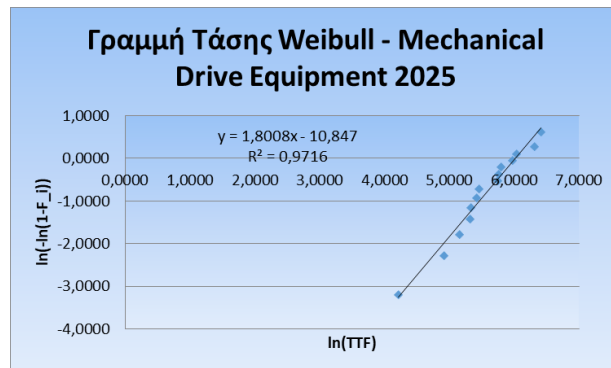
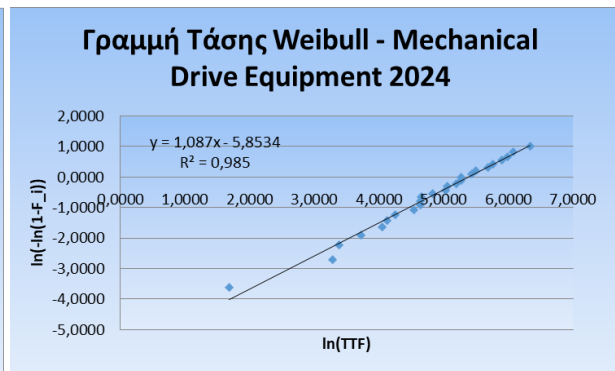
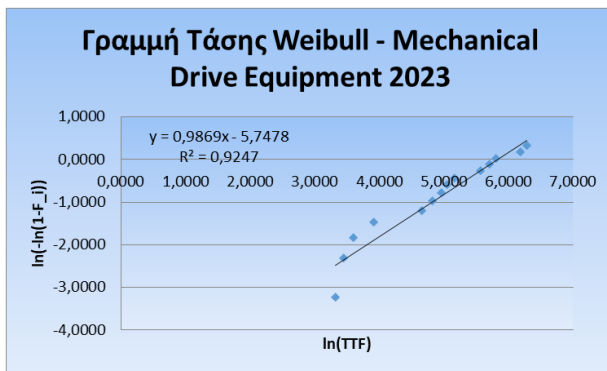
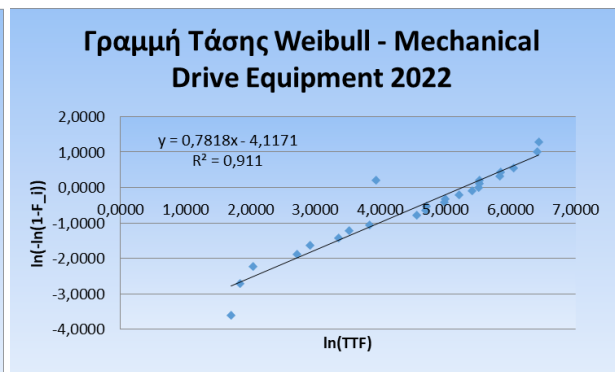
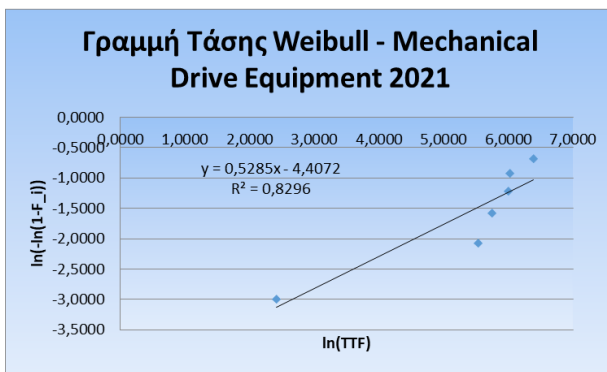
Σημειώνεται ότι, όταν ο αριθμός των σημείων είναι περιορισμένος, οι εκτιμήσεις των παραμέτρων της κατανομής k και λ , έχουν περιορισμένη αξιοπιστία και δεν πρέπει να θεωρούνται ακριβείς στατιστικές εκτιμήσεις.

Στα διαγράμματα 3.8 και 3.9 παρουσιάζεται η γραμμή τάσης για τις υπομονάδες, burner και mechanical drive equipment, του συστήματος ξήρανσης που πληρούν τις προϋποθέσεις για αξιόπιστη γραφική απεικόνιση και προσαρμογή της κατανομής Weibull. Στην περίπτωση των συγκεκριμένων υπομονάδων, ο αριθμός των διαθέσιμων καταγεγραμμένων αστοχιών ήταν επαρκής ώστε τα δεδομένα να θεωρηθούν εξεργάσιμα και να καταστεί δυνατή η εφαρμογή της κατανομής Weibull. Μέσω της διαδικασίας αυτής προκύπτει η αντίστοιχη γραμμή τάσης με τη χρήση γραμμικής παλινδρόμησης των μετασχηματισμένων δεδομένων, από την οποία υπολογίζονται οι παράμετροι της κατανομής k και λ . Οι παράμετροι αυτές επιτρέπουν την ερμηνεία της συμπεριφοράς αστοχίας των συγκεκριμένων υπομονάδων σε συνάρτηση με τον χρόνο λειτουργίας.





Διάγραμμα 3.8: Γραμμή τάσης της κατανομής Weibull για την υπομονάδα Burner του συστήματος ξήρανσης για τα έτη 2022,2023 και 2025



Διάγραμμα 3.9: Γραμμή τάσης της κατανομής Weibull για την υπομονάδα Mechanical Drive Equipment του συστήματος ξήρανσης για τα έτη 2021 έως και 2025

Πίνακας 3.17: Weibull παράμετροι για τις υπομονάδες Burner και Mechanical Drive Equipment

WEIBULL PARAMETER				
A/A	BURNER		MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT	
YEAR/PARAMETER	Shape Parameter (k)	Scale Parameter (λ)	Shape Parameter (k)	Scale Parameter (λ)
2021	–	–	0,5285	4184,2085
2022	1,0358	349,8152	0,7818	193,6748
2023	0,7611	235,1265	0,9869	338,3550
2024	–	–	1,0870	218,0910
2025	1,1931	366,6350	1,8008	412,9944

Η γραμμή τάσης Weibull μας παρέχει πληροφορίες για την παράμετρο σχήματος k που αποτελεί το βασικότερο μέγεθος ερμηνείας της κατανομής, καθώς περιγράφει τη συμπεριφορά του ρυθμού αστοχίας ως συνάρτηση του χρόνου. Όταν η τιμή του k είναι μικρότερη της μονάδας ($k < 1$), ο ρυθμός αστοχίας μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, γεγονός που υποδηλώνει την παρουσία πρώιμων αστοχιών. Η συμπεριφορά αυτή συνδέεται συνήθως με αστοχίες που οφείλονται σε κατασκευαστικές ατέλειες, προβλήματα εξοπλισμού ή κακή προσαρμογή του εξοπλισμού στις συνθήκες λειτουργίας. Αντίθετα, όταν οι τιμές του k είναι περίπου ίσες με τη μονάδα ($k \approx 1$) αντιστοιχούν σε σχεδόν σταθερό ρυθμό αστοχίας, ο οποίος χαρακτηρίζει τυχαίες αστοχίες ανεξάρτητες του χρόνου λειτουργίας, στην περίπτωση αυτή, η κατανομή Weibull προσεγγίζει εκφυλιστικά την εκθετική κατανομή. Η τάση αυτή παρατηρείται στην υπομονάδα Burner για το έτος 2022 ($k=1,0358$), καθώς και στην υπομονάδα Mechanical Drive Equipment για τα έτη 2023 ($k=0,9869$) και 2024 ($k=1,0870$), όπου οι τιμές της παραμέτρου σχήματος είναι πολύ κοντά στη μονάδα, υποδηλώνοντας σχεδόν σταθερό ρυθμό αστοχίας. Τέλος, όταν οι τιμές του k είναι μεγαλύτερες της μονάδας ($k > 1$) υποδηλώνουν αυξανόμενο ρυθμό αστοχίας, χαρακτηριστικό φαινομένων φθοράς, κόπωσης ή γήρανσης των υλικών, όπου η πιθανότητα αστοχίας αυξάνεται όσο αυξάνεται ο χρόνος λειτουργίας. Η συμπεριφορά αυτή παρατηρείται στην υπομονάδα Burner για το έτος 2025 ($k=1,1931$), αλλά κυρίως στην υπομονάδα Mechanical Drive Equipment για το ίδιο έτος ($k=1,8008$), γεγονός που καταδεικνύει την επιτακτική ανάγκη εντατικοποίησης των διαδικασιών παρακολούθησης και εφαρμογής προληπτικών και προβλεπτικών στρατηγικών συντήρησης.

Επίσης, από τα δεδομένα της γραμμής τάσης υπολογίζεται και η παράμετρος κλίμακας λ (βλ. εξίσωση 3.10) η οποία σχετίζεται με τον χαρακτηριστικό χρόνο ζωής του συστήματος και λειτουργεί ως παράγοντας χρονικής κλιμάκωσης της κατανομής. Συγκεκριμένα, η τιμή

του λ αντιστοιχεί στον χρόνο λειτουργίας στον οποίο η αθροιστική πιθανότητα αστοχίας προσεγγίζει το 63,2%. Μεγαλύτερες τιμές της παραμέτρου λ υποδηλώνουν μεγαλύτερη αναμενόμενη διάρκεια ζωής και υψηλότερο επίπεδο αξιοπιστίας, ενώ μικρότερες τιμές υποδηλώνουν ταχύτερη συσσώρευση αστοχιών και μειωμένη αξιοπιστία του εξοπλισμού.

Η συνδυαστική ερμηνεία των παραμέτρων k και λ επιτρέπει την πλήρη κατανόηση της συμπεριφοράς αστοχίας ενός συστήματος. Η παράμετρος k καθορίζει τη μορφή και την εξέλιξη του ρυθμού αστοχίας, ενώ η παράμετρος λ προσδιορίζει τη χρονική κλίμακα στην οποία εκδηλώνονται οι αστοχίες. Συνεπώς, δύο συστήματα μπορεί να εμφανίζουν παρόμοιες τιμές της παραμέτρου λ , αλλά σημαντικά διαφορετική συμπεριφορά αξιοπιστίας, εάν διαφέρουν ως προς την τιμή του k . Η ανάλυση των δύο αυτών παραμέτρων αποτελεί κρίσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας και την κατανόηση των κυρίαρχων μηχανισμών αστοχίας.

Εφόσον είναι γνωστές οι παράμετροι σχήματος k και κλίμακας λ της κατανομής Weibull, καθίσταται δυνατός ο υπολογισμός όλων των βασικών μεγεθών αξιοπιστίας του συστήματος. Συγκεκριμένα, μπορεί να προσδιοριστεί η συνάρτηση αξιοπιστίας $R(t)$, η αθροιστική πιθανότητα αστοχίας $F(t)$, καθώς και ο χρονικά μεταβαλλόμενος ρυθμός αστοχίας $h(t)$, επιτρέποντας την πλήρη περιγραφή της συμπεριφοράς του εξοπλισμού στον χρόνο. Επιπλέον, δύναται να υπολογιστεί η μέση αναμενόμενη διάρκεια ζωής, η διάμεσος διάρκεια ζωής, καθώς και ο απαιτούμενος χρόνος λειτουργίας για την επίτευξη συγκεκριμένου επιπέδου αξιοπιστίας. Συνεπώς, η γνώση των παραμέτρων k και λ δεν περιορίζεται σε ποιοτική ερμηνεία της μορφής της καμπύλης, αλλά παρέχει τη δυνατότητα ποσοτικής πρόβλεψης της απόδοσης και της υπολειπόμενης διάρκειας ζωής του συστήματος

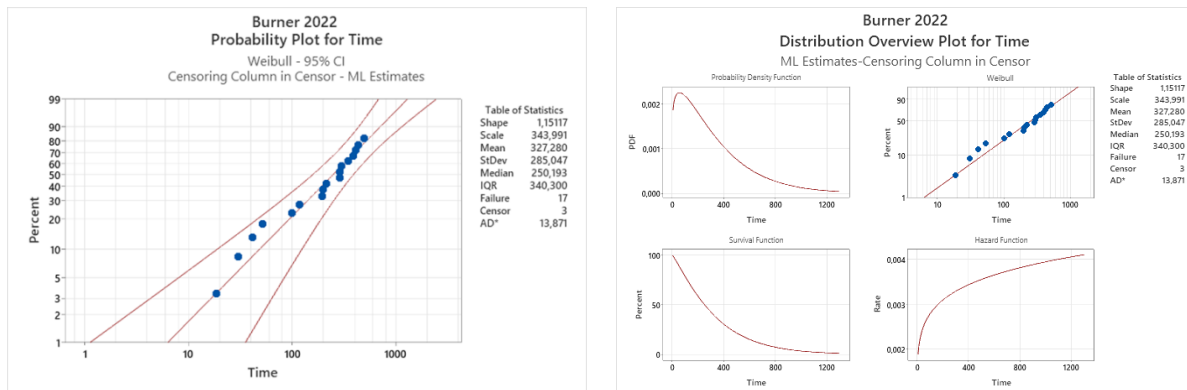
3.10 Προσαρμογή Κατανομής Weibull με Χρήση του Λογισμικού MINITAB

Για την παραμετρική ανάλυση επιβίωσης και αξιοπιστίας εφαρμόστηκε επίσης η κατανομή Weibull μέσω του στατιστικού λογισμικού MINITAB. Η προσαρμογή της κατανομής πραγματοποιήθηκε μέσω της διαδικασίας Distribution Analysis (Weibull), κατά την οποία εκτιμήθηκαν οι βασικές παράμετροι της κατανομής, δηλαδή η παράμετρος σχήματος (k) και η παράμετρος κλίμακας (λ).

Η διαδικασία εφαρμόστηκε μόνο στις υπομονάδες για τα έτη που παρουσίασαν πάνω από δέκα αστοχίες, ώστε οι εκτιμήσεις των παραμέτρων να είναι αξιόπιστες και στατιστικά έγκυρες. Η χρήση της κατανομής Weibull μέσω του MINITAB παρείχε μια παραμετρική και

μαθηματικά συνεπή προσέγγιση για την ανάλυση επιβίωσης, η οποία συμπληρώνει τις μη παραμετρικές μεθόδους, όπως η Kaplan–Meier, και ενισχύει τη δυνατότητα ερμηνείας και πρόβλεψης της συμπεριφοράς του εξεταζόμενου πληθυσμού.

3.10.1 Ανάλυση Αξιοπιστίας Καυστήρα (Burner 2022) με Κατανομή Weibull



Διάγραμμα 3.10: Κατανομής Weibull με χρήση του λογισμικού MINITAB για την υπομονάδα Burner του έτους 2022

Η κατανομή Weibull προσαρμόστηκε στα δεδομένα του Καυστήρα για το έτος 2022 (Burner 2022) και αξιολογήθηκε μέσω του διαγράμματος πιθανότητας Weibull. Από το διάγραμμα παρατηρείται ότι τα πειραματικά σημεία ακολουθούν ικανοποιητικά τη θεωρητική ευθεία και βρίσκονται κυρίως εντός των ορίων εμπιστοσύνης 95%, γεγονός που υποδηλώνει ότι το μοντέλο Weibull αποτελεί κατάλληλη επιλογή για την περιγραφή της στοχαστικής συμπεριφοράς των χρόνων αστοχίας.

Η τιμή του τροποποιημένου κριτηρίου Anderson–Darling (AD) είναι σχετικά αυξημένη (AD = 13,871). Το αποτέλεσμα αυτό κρίνεται αναμενόμενο, δεδομένου του περιορισμένου μεγέθους του δείγματος καθώς και της παρουσίας λογοκριμένων παρατηρήσεων, οι οποίες επηρεάζουν τη στατιστική ευαισθησία του κριτηρίου.

Η εκτιμώμενη παράμετρος σχήματος της κατανομής είναι $k = 1,15117$, ενώ η παράμετρος κλίμακας ανέρχεται σε $\lambda = 343,991$ μονάδες χρόνου. Η τιμή της παραμέτρου σχήματος, η οποία στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι μεγαλύτερη της μονάδας, υποδηλώνει αυξανόμενο ρυθμό αστοχίας με την πάροδο του χρόνου. Συνεπώς, οι αστοχίες του καυστήρα χαρακτηρίζονται κυρίως ως αστοχίες φθοράς.

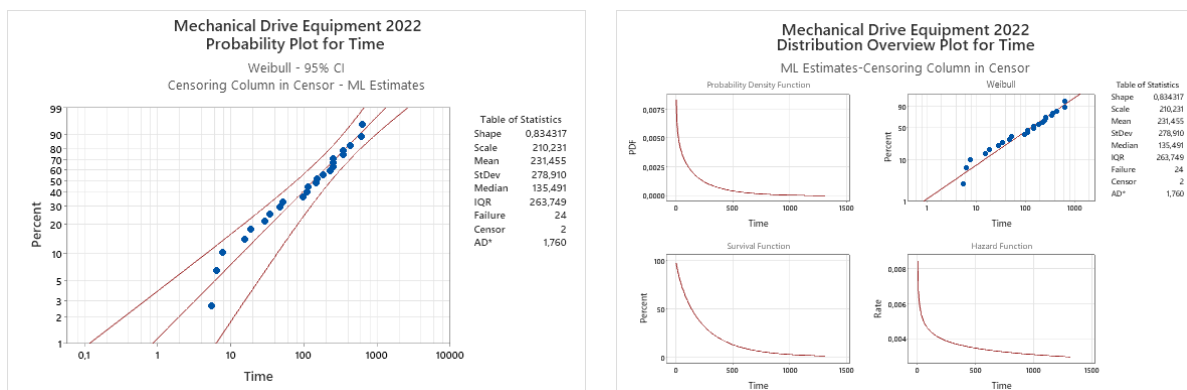
Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας παρουσιάζει δεξιά ασύμμετρη μορφή, γεγονός που υποδηλώνει ότι σημαντικός αριθμός αστοχιών λαμβάνει χώρα σε σχετικά πρώιμα στάδια λειτουργίας, ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται μακριά ουρά προς μεγαλύτερους χρόνους ζωής.

Το χαρακτηριστικό αυτό αντανακλά τη σημαντική μεταβλητότητα των δεδομένων, η οποία ενδέχεται να σχετίζεται με διαφοροποιήσεις στις συνθήκες λειτουργίας, στην ποιότητα συντήρησης ή στα εφαρμοζόμενα φορτία καταπόνησης.

Η συνάρτηση επιβίωσης καταδεικνύει σταδιακή μείωση της πιθανότητας επιτυχούς λειτουργίας με την αύξηση του χρόνου. Ειδικότερα, ο διάμεσος χρόνος ζωής υπολογίζεται περίπου στις 250 μονάδες χρόνου, γεγονός που σημαίνει ότι με πιθανότητα 50% ο καυστήρας αστοχεί πριν από το συγκεκριμένο χρονικό σημείο. Για χρόνους λειτουργίας άνω των 800 ωρών, η πιθανότητα επιβίωσης καθίσταται ιδιαίτερα χαμηλή.

Η συνάρτηση κινδύνου εμφανίζει μονοτονικά αυξανόμενη τάση. Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει την ύπαρξη μηχανισμού φθοράς και υποδηλώνει ότι η πιθανότητα αστοχίας αυξάνεται συνεχώς όσο αυξάνεται ο χρόνος λειτουργίας του καυστήρα. Επομένως, η συγκεκριμένη κατηγορία εξοπλισμού δεν χαρακτηρίζεται από τυχαίες αστοχίες, αλλά από προβλέψιμη υποβάθμιση της αξιοπιστίας με την πάροδο του χρόνου.

3.10.2 Ανάλυση Αξιοπιστίας Μηχανολογικού Εξοπλισμού Κίνησης για το έτος 2022 (Mechanical Drive Equipment 2022) με Κατανομή Weibull



Διάγραμμα 3.11: Κατανομής Weibull με χρήση του λογισμικού MINITAB για την υπομονάδα Mechanical Drive Equipment του έτους 2022

Η κατανομή Weibull προσαρμόστηκε στα δεδομένα χρόνου του Μηχανικού Εξοπλισμού Κίνησης (Mechanical Drive Equipment) για το έτος 2022 και αξιολογήθηκε μέσω του διαγράμματος πιθανότητας Weibull. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι τα πειραματικά σημεία ακολουθούν σε μεγάλο βαθμό τη θεωρητική ευθεία και βρίσκονται κυρίως εντός των ορίων εμπιστοσύνης 95%, γεγονός που καταδεικνύει πολύ καλή προσαρμογή του μοντέλου Weibull στα δεδομένα.

Η τιμή του τροποποιημένου κριτηρίου Anderson–Darling (AD) είναι σχετικά χαμηλή ($AD = 1,760$), γεγονός που επιβεβαιώνει ποσοτικά την καταλληλότητα της επιλεγμένης κατανομής για την περιγραφή της στοχαστικής συμπεριφοράς των χρόνων αστοχίας του εξοπλισμού. Σε συνδυασμό με την οπτική επιθεώρηση του διαγράμματος πιθανότητας, προκύπτει ότι το μοντέλο παρουσιάζει υψηλό βαθμό αξιοπιστίας.

Η εκτιμώμενη παράμετρος σχήματος της κατανομής είναι $k = 0,834317$, ενώ η παράμετρος κλίμακας ανέρχεται σε $\lambda = 210,231$ μονάδες χρόνου. Η τιμή της παραμέτρου σχήματος, η οποία είναι μικρότερη της μονάδας, υποδηλώνει φθίνοντα ρυθμό αστοχίας με την πάροδο του χρόνου. Το χαρακτηριστικό αυτό συνδέεται με αστοχίες πρώιμης ζωής, οι οποίες ενδέχεται να σχετίζονται με κατασκευαστικές ατέλειες ή αρχικές αστοχίες ρύθμισης και ευθυγράμμισης.

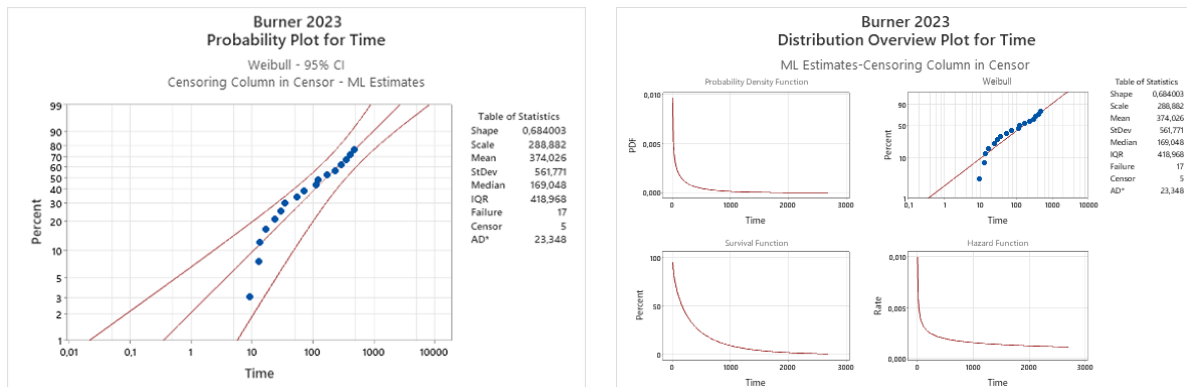
Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας παρουσιάζει δεξιά ασύμμετρη μορφή, γεγονός που υποδηλώνει ότι σημαντικός αριθμός αστοχιών λαμβάνει χώρα σε σχετικά πρώιμα στάδια λειτουργίας, ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται μακριά ουρά προς μεγαλύτερους χρόνους ζωής. Το χαρακτηριστικό αυτό αντανακλά τη σημαντική μεταβλητότητα των δεδομένων, η οποία ενδέχεται να σχετίζεται με διαφοροποιήσεις στις συνθήκες εγκατάστασης, στην ποιότητα κατασκευής ή στις αρχικές ρυθμίσεις λειτουργίας του εξοπλισμού.

Η συνάρτηση επιβίωσης καταδεικνύει απότομη μείωση της πιθανότητας επιτυχούς λειτουργίας στα πρώτα χρονικά διαστήματα και στη συνέχεια πιο ήπια φθίνουσα πορεία. Ειδικότερα, ο διάμεσος χρόνος ζωής υπολογίζεται περίπου στις 135 μονάδες χρόνου, γεγονός που σημαίνει ότι με πιθανότητα 50% ο εξοπλισμός αστοχεί πριν από το συγκεκριμένο χρονικό σημείο. Για μεγαλύτερους χρόνους λειτουργίας, η πιθανότητα επιβίωσης μειώνεται σταδιακά, χωρίς ωστόσο να μηδενίζεται, υποδηλώνοντας την ύπαρξη μονάδων με αυξημένη αντοχή.

Η συνάρτηση κινδύνου εμφανίζει μονοτονικά φθίνουσα τάση. Το εύρημα αυτό υποδεικνύει ότι η πιθανότητα αστοχίας μειώνεται με την αύξηση του χρόνου λειτουργίας, γεγονός που συνδέεται με φαινόμενα πρώιμων αστοχιών. Επομένως, ο εξεταζόμενος εξοπλισμός δεν χαρακτηρίζεται από μηχανισμό φθοράς λόγω γήρανσης, αλλά κυρίως από αστοχίες που σχετίζονται με αρχικές ατέλειες ή προβλήματα κατά την έναρξη της λειτουργίας του.

Η συμπεριφορά αυτή παρατηρείται στην υπομονάδα Burner για το έτος 2025 ($k = 1,1931$), αλλά κυρίως στην υπομονάδα Mechanical Drive Equipment για το ίδιο έτος ($k = 1,8008$), γεγονός που καταδεικνύει την επιτακτική ανάγκη εντατικοποίησης των διαδικασιών παρακολούθησης και εφαρμογής προληπτικών και προβλεπτικών στρατηγικών συντήρησης.

3.10.3 Ανάλυση Αξιοπιστίας Καυστήρα για το έτος 2023 (Burner 2023) με Κατανομή Weibull



Διάγραμμα 3.12: Κατανομής Weibull με χρήση του λογισμικού MINITAB για την υπομονάδα Burner του έτους 2023

Η κατανομή Weibull προσαρμόστηκε στα δεδομένα χρόνου του Καυστήρα (Burner) για το έτος 2023 και αξιολογήθηκε μέσω του διαγράμματος πιθανότητας Weibull. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι τα πειραματικά σημεία ακολουθούν σε ικανοποιητικό βαθμό τη θεωρητική ευθεία, αν και παρατηρούνται αποκλίσεις κυρίως στα χαμηλά ποσοστημόρια. Παρά ταύτα, η πλειονότητα των σημείων βρίσκεται εντός των ορίων εμπιστοσύνης 95%, γεγονός που υποδηλώνει αποδεκτή προσαρμογή του μοντέλου Weibull στα διαθέσιμα δεδομένα.

Η τιμή του τροποποιημένου κριτηρίου Anderson–Darling (AD) είναι αρκετά αυξημένη ($AD = 23,348$), στοιχείο που υποδηλώνει ότι η προσαρμογή του μοντέλου δεν είναι άριστη και ότι υφίστανται αποκλίσεις μεταξύ της θεωρητικής κατανομής και των εμπειρικών δεδομένων. Ωστόσο, σε συνδυασμό με την οπτική επιθεώρηση του διαγράμματος πιθανότητας, το μοντέλο Weibull μπορεί να θεωρηθεί επαρκές για περιγραφική ανάλυση της στοχαστικής συμπεριφοράς των χρόνων αστοχίας του καυστήρα.

Η εκτιμώμενη παράμετρος σχήματος της κατανομής είναι $k=0,684003$, ενώ η παράμετρος κλίμακας ανέρχεται σε $\lambda=268,883$ μονάδες χρόνου. Η τιμή της παραμέτρου σχήματος, η οποία είναι σαφώς μικρότερη της μονάδας, υποδηλώνει φθίνοντα ρυθμό αστοχίας με την πάροδο του χρόνου. Το χαρακτηριστικό αυτό συνδέεται με φαινόμενα αστοχιών πρώιμης ζωής, οι οποίες ενδέχεται να σχετίζονται με επισκευάστηκες ατέλειες κατά την συντήρηση του ή λόγο προβλημάτων κατά τη θέση σε λειτουργία του καυστήρα.

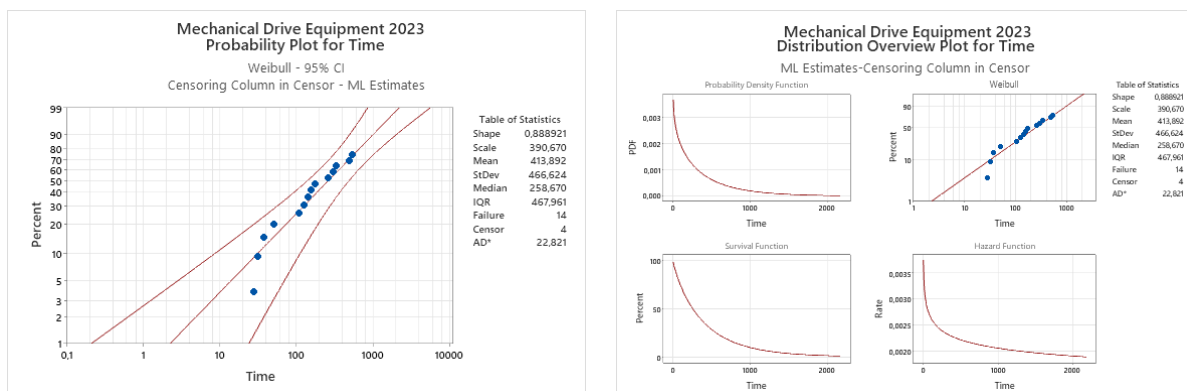
Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας παρουσιάζει έντονα δεξιά ασύμμετρη μορφή, γεγονός που υποδηλώνει ότι σημαντικός αριθμός αστοχιών εκδηλώνεται σε πρώιμα στάδια

λειτουργίας του καυστήρα, ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται μακριά ουρά προς μεγαλύτερους χρόνους ζωής. Το χαρακτηριστικό αυτό αντανακλά τη σημαντική διασπορά των δεδομένων, η οποία ενδέχεται να σχετίζεται με διαφοροποιήσεις στις συνθήκες λειτουργίας, στην ποιότητα συντήρησης ή στα εφαρμοζόμενα φορτία καταπόνησης.

Η συνάρτηση επιβίωσης καταδεικνύει απότομη μείωση της πιθανότητας επιτυχούς λειτουργίας κατά τα πρώτα χρονικά διαστήματα και στη συνέχεια πιο ήπια φθίνουσα πορεία. Ειδικότερα, ο διάμεσος χρόνος ζωής υπολογίζεται περίπου στις 170 μονάδες χρόνου, γεγονός που σημαίνει ότι με πιθανότητα 50% ο καυστήρας αστοχεί πριν από το συγκεκριμένο χρονικό σημείο. Για μεγαλύτερους χρόνους λειτουργίας, η πιθανότητα επιβίωσης μειώνεται σημαντικά, αν και εξακολουθεί να παραμένει μη μηδενική ακόμη και για χρόνους άνω των 1000 ωρών, υποδηλώνοντας την ύπαρξη περιορισμένου αριθμού μονάδων με αυξημένη ανθεκτικότητα.

Η συνάρτηση κινδύνου εμφανίζει μονοτονικά φθίνουσα τάση. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι η πιθανότητα αστοχίας μειώνεται με την αύξηση του χρόνου λειτουργίας, χαρακτηριστικό που συνδέεται με φαινόμενα πρώιμων αστοχιών. Συνεπώς, η αξιοπιστία του καυστήρα δεν περιορίζεται από μηχανισμούς φθοράς λόγω γήρανσης, αλλά επηρεάζεται κυρίως από αστοχίες που εμφανίζονται στα αρχικά στάδια λειτουργίας.

3.10.4 Ανάλυση Αξιοπιστίας Μηχανολογικού Εξοπλισμού Κίνησης για το έτος 2023 (Mechanical Drive Equipment 2023) με Κατανομή Weibull



Διάγραμμα 3.13: Κατανομής Weibull με χρήση του λογισμικού MINITAB για την υπομονάδα Mechanical Drive Equipment του έτους 2023

Η κατανομή Weibull προσαρμόστηκε στα δεδομένα χρόνου του Μηχανικού Εξοπλισμού Κίνησης (Mechanical Drive Equipment) για το έτος 2023 και η καταλληλότητά της αξιολογήθηκε μέσω του διαγράμματος πιθανότητας Weibull. Από το διάγραμμα προκύπτει

ότι τα πειραματικά σημεία ακολουθούν ικανοποιητικά τη θεωρητική ευθεία και βρίσκονται κυρίως εντός των ορίων εμπιστοσύνης 95%, γεγονός που υποδηλώνει ικανοποιητική προσαρμογή του μοντέλου Weibull στα διαθέσιμα δεδομένα.

Η τιμή του τροποποιημένου κριτηρίου Anderson–Darling (AD) είναι σχετικά αυξημένη (AD = 22,821), γεγονός που υποδηλώνει αποκλίσεις των δεδομένων από τη θεωρητική κατανομή, οι οποίες ωστόσο δεν αναιρούν τη χρησιμότητα του μοντέλου για τη γενική περιγραφή της στοχαστικής συμπεριφοράς των χρόνων αστοχίας. Σε συνδυασμό με την οπτική επιθεώρηση του διαγράμματος πιθανότητας, η προσαρμογή κρίνεται αποδεκτή για σκοπούς ανάλυσης αξιοπιστίας.

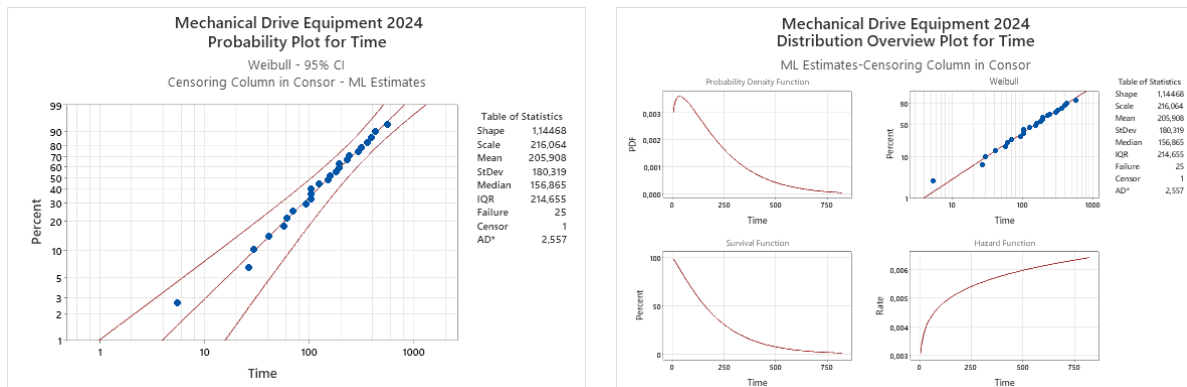
Η εκτιμώμενη παράμετρος σχήματος της κατανομής είναι $k=0,888921$, ενώ η παράμετρος κλίμακας ανέρχεται σε $\lambda=390,670$ μονάδες χρόνου. Η τιμή της παραμέτρου σχήματος, η οποία είναι μικρότερη της μονάδας, υποδηλώνει φθίνοντα ρυθμό αστοχίας με την πάροδο του χρόνου. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι ενδεικτικό φαινομένων πρώιμων αστοχιών και μπορεί να σχετίζονται με κατασκευαστικές ατέλειες ή αρχικές αστοχίες ρύθμισης και ευθυγράμμισης.

Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας παρουσιάζει έντονα δεξιά ασύμμετρη μορφή, γεγονός που υποδηλώνει ότι σημαντικός αριθμός αστοχιών εμφανίζεται σε πρώιμα στάδια λειτουργίας, ενώ παρατηρείται μακριά ουρά προς μεγαλύτερους χρόνους ζωής. Η μορφή αυτή αντανακλά τη σημαντική διασπορά των δεδομένων και ενδέχεται να σχετίζεται με διαφοροποιήσεις στις συνθήκες λειτουργίας, στην ποιότητα κατασκευής ή στις αρχικές ρυθμίσεις των επιμέρους μονάδων του εξοπλισμού.

Η συνάρτηση επιβίωσης καταδεικνύει απότομη μείωση της πιθανότητας επιτυχούς λειτουργίας κατά τα αρχικά χρονικά διαστήματα, ακολουθούμενη από πιο ήπια φθίνουσα πορεία. Ο διάμεσος χρόνος ζωής εκτιμάται στις 258 μονάδες χρόνου, γεγονός που σημαίνει ότι με πιθανότητα 50% ο εξοπλισμός αστοχεί πριν από το συγκεκριμένο χρονικό σημείο. Για μεγαλύτερους χρόνους λειτουργίας, η πιθανότητα επιβίωσης μειώνεται προοδευτικά χωρίς να μηδενίζεται, υποδηλώνοντας την ύπαρξη μονάδων με αυξημένη αντοχή.

Η συνάρτηση κινδύνου εμφανίζει μονοτονικά φθίνουσα τάση σε όλο το εξεταζόμενο χρονικό εύρος. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι η πιθανότητα αστοχίας μειώνεται με την αύξηση του χρόνου λειτουργίας, επιβεβαιώνοντας ότι ο εξεταζόμενος μηχανικός εξοπλισμός δεν παρουσιάζει μηχανισμό φθοράς λόγω γήρανσης, αλλά χαρακτηρίζεται κυρίως από αστοχίες πρώιμης ζωής. Συνεπώς, η βελτίωση της αξιοπιστίας του εξοπλισμού αναμένεται να επιτευχθεί κυρίως μέσω της βελτιστοποίησης των διαδικασιών εγκατάστασης, εκκίνησης και αρχικού ελέγχου λειτουργίας.

3.10.5 Ανάλυση Αξιοπιστίας Μηχανολογικού Εξοπλισμού Κίνησης για το έτος 2024 (Mechanical Drive Equipment 2024) με Κατανομή Weibull



Διάγραμμα 3.14: Κατανομής Weibull με χρήση του λογισμικού MINITAB για την υπομονάδα Mechanical Drive Equipment του έτους 2024

Η κατανομή Weibull προσαρμόστηκε στα δεδομένα χρόνου του Μηχανικού Εξοπλισμού Κίνησης (Mechanical Drive Equipment) για το έτος 2024 και αξιολογήθηκε μέσω του διαγράμματος πιθανότητας Weibull. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι τα πειραματικά σημεία ακολουθούν σε μεγάλο βαθμό τη θεωρητική ευθεία και βρίσκονται κυρίως εντός των ορίων εμπιστοσύνης 95%, γεγονός που καταδεικνύει πολύ καλή προσαρμογή του μοντέλου Weibull στα δεδομένα.

Η τιμή του τροποποιημένου κριτηρίου Anderson–Darling (AD) είναι χαμηλή ($AD = 2,557$), γεγονός που επιβεβαιώνει ποσοτικά την καταλληλότητα της κατανομής Weibull για την περιγραφή της στοχαστικής συμπεριφοράς των χρόνων αστοχίας του εξοπλισμού. Σε συνδυασμό με την οπτική επιθεώρηση του διαγράμματος πιθανότητας, η προσαρμογή του μοντέλου κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική.

Η εκτιμώμενη παράμετρος σχήματος της κατανομής είναι $k=1,14468$, ενώ η παράμετρος κλίμακας ανέρχεται σε $\lambda=216,064$ μονάδες χρόνου. Η τιμή της παραμέτρου σχήματος, η οποία είναι μεγαλύτερη της μονάδας, υποδηλώνει αυξανόμενο ρυθμό αστοχίας με την πάροδο του χρόνου. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι ενδεικτικό μηχανισμού φθοράς λόγω γήρανσης, όπου η πιθανότητα αστοχίας αυξάνεται καθώς ο εξοπλισμός συσσωρεύει χρόνο λειτουργίας.

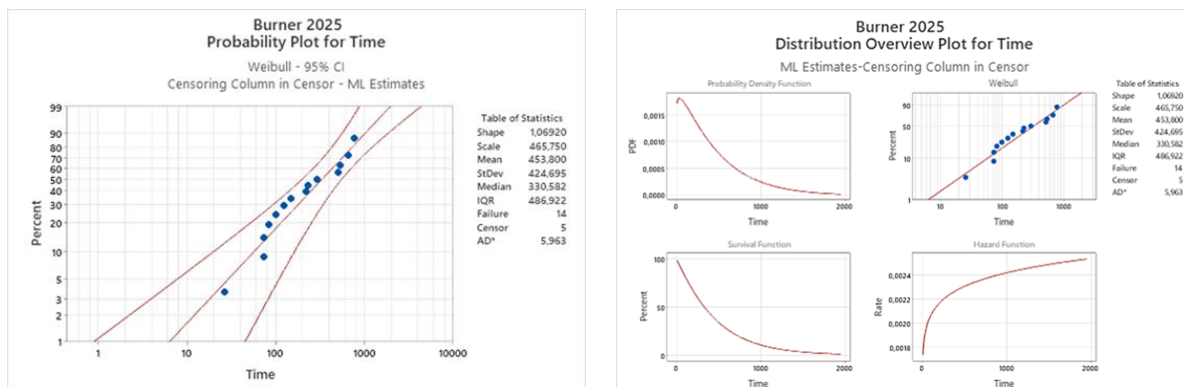
Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας παρουσιάζει έντονα δεξιά ασύμμετρη μορφή, γεγονός που υποδηλώνει ότι σημαντικός αριθμός αστοχιών εμφανίζεται σε πρώιμα στάδια λειτουργίας, ενώ παρατηρείται μακριά ουρά προς μεγαλύτερους χρόνους ζωής. Η μορφή αυτή αντανακλά τη σημαντική διασπορά των δεδομένων και ενδέχεται να σχετίζεται με

διαφοροποιήσεις στις συνθήκες λειτουργίας, στην ποιότητα κατασκευής ή στις αρχικές ρυθμίσεις των επιμέρους μονάδων του μηχανικού εξοπλισμού.

Η συνάρτηση επιβίωσης καταδεικνύει απότομη μείωση της πιθανότητας επιτυχούς λειτουργίας κατά τα αρχικά χρονικά διαστήματα, ακολουθούμενη από πιο ήπια φθίνουσα πορεία σε μεταγενέστερους χρόνους. Ο διάμεσος χρόνος ζωής εκτιμάται περίπου στις 157 μονάδες χρόνου, γεγονός που σημαίνει ότι με πιθανότητα 50% ο εξοπλισμός αστοχεί πριν από το συγκεκριμένο χρονικό σημείο. Για μεγαλύτερους χρόνους λειτουργίας, η πιθανότητα επιβίωσης μειώνεται προοδευτικά χωρίς να μηδενίζεται, υποδηλώνοντας την ύπαρξη υποσυνόλου μονάδων με αυξημένη αντοχή και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Η συνάρτηση κινδύνου εμφανίζει ήπια μονοτονικά αυξανόμενη τάση σε όλο το εξεταζόμενο χρονικό εύρος. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι, αν και οι αστοχίες πρώιμης ζωής είναι κυρίαρχες, παρατηρείται ταυτόχρονα και μια σταδιακή αύξηση της πιθανότητας αστοχίας με την πάροδο του χρόνου, η οποία συνδέεται με φαινόμενα ήπιας φθοράς. Η τιμή της παραμέτρου σχήματος της κατανομής Weibull, $k=1,14468$, επιβεβαιώνει ότι το σύστημα δεν χαρακτηρίζεται από έντονο μηχανισμό γήρανσης, αλλά ούτε και από πλήρως τυχαίες αστοχίες.

3.10.6 Ανάλυση Αξιοπιστίας Καυστήρα για το έτος 2025 (Burner 2025) με Κατανομή Weibull



Διάγραμμα 3.15: Κατανομής Weibull με χρήση του λογισμικού MINITAB για την υπομονάδα Burner του έτους 2025

Η κατανομή Weibull προσαρμόστηκε στα δεδομένα χρόνου του Καυστήρα (Burner) για το έτος 2025 και αξιολογήθηκε μέσω του διαγράμματος πιθανότητας Weibull. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι τα πειραματικά σημεία ακολουθούν σε ικανοποιητικό βαθμό τη θεωρητική ευθεία και βρίσκονται κατά κύριο λόγο εντός των ορίων εμπιστοσύνης 95%,

γεγονός που καταδεικνύει καλή προσαρμογή του μοντέλου Weibull στα διαθέσιμα δεδομένα χρόνου αστοχίας.

Η τιμή του τροποποιημένου κριτηρίου Anderson–Darling (AD) είναι σχετικά χαμηλή (AD=5,963), επιβεβαιώνοντας ποσοτικά την αποδεκτή καταλληλότητα της κατανομής Weibull για την περιγραφή της στοχαστικής συμπεριφοράς των χρόνων αστοχίας του καυστήρα. Σε συνδυασμό με την οπτική επιθεώρηση του διαγράμματος πιθανότητας, η συνολική προσαρμογή του μοντέλου κρίνεται ικανοποιητική, παρά τη σχετικά αυξημένη διασπορά που παρατηρείται κυρίως στα άκρα του δείγματος.

Η εκτιμώμενη παράμετρος σχήματος της κατανομής είναι $k=1,06920$, ενώ η παράμετρος κλίμακας ανέρχεται σε $\lambda=465,750$ μονάδες χρόνου. Η τιμή της παραμέτρου σχήματος, η οποία είναι ελαφρώς μεγαλύτερη της μονάδας, υποδηλώνει ήπια αυξανόμενο ρυθμό αστοχίας με την πάροδο του χρόνου. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι ενδεικτικό ενός ασθενούς μηχανισμού φθοράς λόγω γήρανσης, χωρίς ωστόσο την παρουσία έντονης επιταχυνόμενης φθοράς, γεγονός που διαφοροποιεί τη συμπεριφορά του καυστήρα τόσο από συστήματα αμιγώς τυχαίων αστοχιών όσο και από συστήματα έντονης γήρανσης.

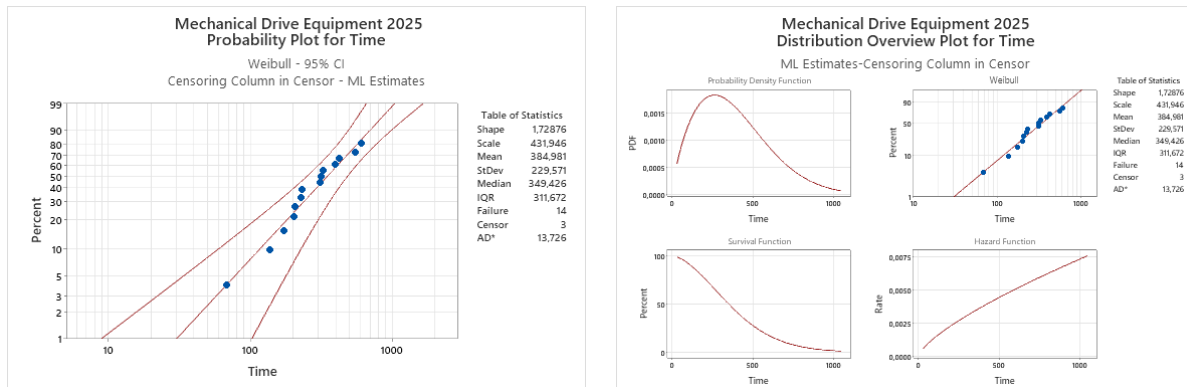
Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας παρουσιάζει έντονα δεξιά ασύμμετρη κατανομή, με υψηλές τιμές για μικρούς χρόνους λειτουργίας και σταδιακή μείωση καθώς ο χρόνος αυξάνεται. Η μορφή αυτή υποδηλώνει ότι σημαντικός αριθμός αστοχιών εκδηλώνεται στα πρώιμα στάδια ζωής του καυστήρα, ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται μακριά ουρά προς μεγαλύτερους χρόνους λειτουργίας, γεγονός που αντανακλά τη σημαντική διασπορά των δεδομένων. Η συμπεριφορά αυτή ενδέχεται να σχετίζεται με διαφοροποιήσεις στις συνθήκες λειτουργίας, στην ποιότητα συντήρησης ή στα εφαρμοζόμενα φορτία καταπόνησης.

Η συνάρτηση επιβίωσης καταδεικνύει απότομη μείωση της πιθανότητας επιτυχούς λειτουργίας κατά τα αρχικά χρονικά διαστήματα, ακολουθούμενη από πιο ήπια φθίνουσα πορεία σε μεταγενέστερους χρόνους. Ο διάμεσος χρόνος ζωής εκτιμάται περίπου στις 330 μονάδες χρόνου, γεγονός που σημαίνει ότι με πιθανότητα 50% ο καυστήρας αστοχεί πριν από το συγκεκριμένο χρονικό σημείο. Για μεγαλύτερους χρόνους λειτουργίας, η πιθανότητα επιβίωσης μειώνεται προοδευτικά χωρίς να μηδενίζεται, υποδηλώνοντας την ύπαρξη μονάδων με αυξημένη αντοχή και παρατεταμένη διάρκεια ζωής.

Η συνάρτηση κινδύνου εμφανίζει μονοτονικά αυξανόμενη τάση σε όλο το εξεταζόμενο χρονικό εύρος. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι η πιθανότητα αστοχίας αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου, γεγονός που συνδέεται με την ανάπτυξη μηχανισμών φθοράς κατά τη διάρκεια της λειτουργικής ζωής του εξοπλισμού. Η τιμή της παραμέτρου σχήματος της κατανομής Weibull, $k=1,06920$, υποδεικνύει ότι ο μηχανισμός φθοράς είναι ήπιος, χωρίς

έντονα χαρακτηριστικά επιταχυνόμενης γήρανσης, αλλά σαφώς διαφοροποιείται από τη συμπεριφορά αμιγώς τυχαίων αστοχιών.

3.10.7 Ανάλυση Αξιοπιστίας Μηχανολογικού Εξοπλισμού Κίνησης για το έτος 2025 (Mechanical Drive Equipment 2025) με Κατανομή Weibull



Διάγραμμα 3.106: Κατανομής Weibull με χρήση του λογισμικού MINITAB για την υπομονάδα Mechanical Drive Equipment του έτους 2025

Η κατανομή Weibull προσαρμόστηκε στα δεδομένα χρόνου του Μηχανικού Εξοπλισμού Κίνησης (Mechanical Drive Equipment) για το έτος 2025 και αξιολογήθηκε μέσω του διαγράμματος πιθανότητας Weibull. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι τα πειραματικά σημεία ακολουθούν σε ικανοποιητικό βαθμό τη θεωρητική ευθεία και βρίσκονται κατά κύριο λόγο εντός των ορίων εμπιστοσύνης 95%, γεγονός που καταδεικνύει καλή προσαρμογή του μοντέλου Weibull στα δεδομένα, παρά ορισμένες αποκλίσεις κυρίως στις ουρές της κατανομής.

Η τιμή του τροποποιημένου κριτηρίου Anderson–Darling (AD) είναι σχετικά υψηλή ($AD = 13,726$), γεγονός που υποδηλώνει ότι, αν και η κατανομή Weibull περιγράφει ικανοποιητικά τη γενική τάση των δεδομένων, η προσαρμογή δεν είναι άριστη σε όλα τα σημεία του εύρους τιμών. Σε συνδυασμό με την οπτική επιθεώρηση του διαγράμματος πιθανότητας, το μοντέλο κρίνεται επαρκές για αναλυτικούς και προγνωστικούς σκοπούς, με πιθανή ύπαρξη περισσότερων του ενός μηχανισμών αστοχίας.

Η εκτιμώμενη παράμετρος σχήματος της κατανομής είναι $k = 1,72876$, ενώ η παράμετρος κλίμακας ανέρχεται σε $\lambda = 431,946$ μονάδες χρόνου. Η τιμή της παραμέτρου σχήματος, η οποία είναι σαφώς μεγαλύτερη της μονάδας, υποδηλώνει αυξανόμενο ρυθμό αστοχίας με την πάροδο του χρόνου. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι ενδεικτικό μηχανισμού φθοράς λόγω γήρανσης και συσσωρευτικής καταπόνησης, όπου η πιθανότητα αστοχίας αυξάνεται όσο ο εξοπλισμός παραμένει σε λειτουργία.

Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας παρουσιάζει δεξιά ασύμμετρη μορφή, με συγκέντρωση των αστοχιών σε ενδιάμεσους χρόνους ζωής και μακριά ουρά προς μεγαλύτερους χρόνους. Η μορφή αυτή υποδηλώνει σημαντική διασπορά στα δεδομένα και πιθανή ετερογένεια του πληθυσμού, η οποία μπορεί να σχετίζεται με διαφοροποιήσεις στις συνθήκες λειτουργίας, στην ποιότητα κατασκευής ή στις αρχικές ρυθμίσεις των επιμέρους μονάδων του μηχανικού εξοπλισμού.

Η συνάρτηση επιβίωσης καταδεικνύει σταδιακή μείωση της πιθανότητας επιτυχούς λειτουργίας με την πάροδο του χρόνου, χωρίς απότομη πτώση στα αρχικά στάδια ζωής. Ο διάμεσος χρόνος ζωής εκτιμάται περίπου στις 349 μονάδες χρόνου, γεγονός που σημαίνει ότι με πιθανότητα 50% ο εξοπλισμός αστοχεί πριν από το συγκεκριμένο χρονικό σημείο. Για μεγαλύτερους χρόνους λειτουργίας, η πιθανότητα επιβίωσης μειώνεται προοδευτικά, υποδηλώνοντας την ύπαρξη υποσυνόλου μονάδων με αυξημένη ανθεκτικότητα και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Η συνάρτηση κινδύνου εμφανίζει σαφώς μονοτονικά αυξανόμενη τάση σε όλο το εξεταζόμενο χρονικό εύρος. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι ο κυρίαρχος μηχανισμός αστοχίας σχετίζεται με φαινόμενα φθοράς και γήρανσης και όχι με τυχαίες ή πρώιμες αστοχίες.

Κεφάλαιο 4

4. Συμπεράσματα –Προτάσεις

Στην παρούσα ενότητα συνοψίζονται και αξιολογούνται τα αποτελέσματα της ανάλυσης αξιοπιστίας, συντηρησιμότητας και διαθεσιμότητας της μονάδας ξήρανσης, όπως αυτά προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων λειτουργίας και συντήρησης της περιόδου 2019–2025. Η ανάλυση βασίστηκε σε συνδυασμό μη παραμετρικών και παραμετρικών μεθόδων, με τη μέθοδο Kaplan–Meier και την κατανομή Weibull να αποτελούν τα κύρια εργαλεία αποτύπωσης της συμπεριφοράς αστοχίας των επιμέρους υποσυστημάτων.

Στις επόμενες υποενότητες παρουσιάζονται αφενός τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση της λειτουργικής συμπεριφοράς της μονάδας ξήρανσης και αφετέρου προτάσεις βελτίωσης και βελτιστοποίησης της συντήρησης, με στόχο τη διατήρηση και περαιτέρω ενίσχυση της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας του συστήματος.

4.1 Συμπεράσματα Ανάλυσης Αξιοπιστίας της Μονάδας Ξήρανσης

Η ανάλυση συντηρησιμότητας, αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας της μονάδας ξήρανσης για την περίοδο 2019–2025 κατέδειξε ότι το σύστημα, παρά την πολυπλοκότητά του και τη συνεχή λειτουργία σε απαιτητικό βιομηχανικό περιβάλλον, παρουσιάζει συνολικά υψηλό επίπεδο επιχειρησιακής ετοιμότητας. Η συστηματική συλλογή και επεξεργασία δεδομένων συντήρησης επέτρεψε την ποσοτική αξιολόγηση της λειτουργικής συμπεριφοράς των επιμέρους υποσυστημάτων και την ανάδειξη κρίσιμων σημείων βελτίωσης.

Η μονάδα ξήρανσης, ως σύστημα σε σειρά, εμφανίζει αυξημένη ευαισθησία σε αστοχίες των επιμέρους υποσυστημάτων, καθώς η δυσλειτουργία οποιασδήποτε υπομονάδας οδηγεί σε άμεση διακοπή της παραγωγικής διαδικασίας. Από την ανάλυση των δεικτών MTBF, MTTR και Availability προκύπτει ότι η συνολική διαθεσιμότητα του συστήματος διατηρείται σε υψηλά επίπεδα, κυρίως λόγω της αποτελεσματικής πολιτικής συντήρησης και της άμεσης αποκατάστασης των βλαβών. Ωστόσο, η εμφάνιση μεμονωμένων βλαβών μεγάλης διάρκειας έχει δυσανάλογα μεγάλο αντίκτυπο στη συνολική απόδοση, επιβεβαιώνοντας τη σημασία της πρόληψης και της έγκαιρης διάγνωσης.

Η ανάλυση σε επίπεδο υποσυστημάτων ανέδειξε σαφείς διαφοροποιήσεις ως προς την αξιοπιστία τους. Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός αυτοματισμού παρουσιάζει διαχρονικά υψηλή αξιοπιστία, με ελάχιστες αστοχίες και σταθερές καμπύλες επιβίωσης σε όλα σχεδόν τα έτη της μελέτης. Αντίθετα, ο μηχανολογικός εξοπλισμός κίνησης εμφανίζει επαναλαμβανόμενα χαμηλότερα επίπεδα αξιοπιστίας, με έντονη παρουσία τόσο πρώιμων όσο και λειτουργικών αστοχιών, γεγονός που τον καθιστά το πλέον κρίσιμο υποσύστημα της μονάδας. Ο καυστήρας παρουσιάζει μεταβαλλόμενη συμπεριφορά ανά έτος, με περιόδους υψηλής αλλά και ιδιαίτερα μειωμένης αξιοπιστίας, ενώ ο ηλεκτρομειωτήρας εμφανίζει γενικά καλή λειτουργική συμπεριφορά, με αστοχίες που σχετίζονται κυρίως με μηχανισμούς φθοράς.

Η εφαρμογή της μεθόδου Kaplan–Meier παρείχε αξιόπιστη αποτύπωση της πραγματικής συμπεριφοράς αστοχίας των υποσυστημάτων χωρίς την ανάγκη παραδοχών για την κατανομή των δεδομένων, επιτρέποντας τον εντοπισμό πρώιμων, τυχαίων και αστοχιών φθοράς. Παράλληλα, η παραμετρική ανάλυση Weibull συμπλήρωσε τη μελέτη, προσφέροντας ερμηνεία των μηχανισμών αστοχίας μέσω των παραμέτρων σχήματος και κλίμακας. Οι τιμές της παραμέτρου σχήματος k επιβεβαίωσαν την ύπαρξη τόσο πρώιμων αστοχιών ($k < 1$) όσο και φαινομένων φθοράς ($k > 1$), ανάλογα με το υποσύστημα και το έτος λειτουργίας.

Συνολικά, τα αποτελέσματα της ανάλυσης καταδεικνύουν ότι η υφιστάμενη στρατηγική συντήρησης συμβάλλει ουσιαστικά στη διατήρηση υψηλής διαθεσιμότητας της μονάδας ξήρανσης. Παρ' όλα αυτά, η μελέτη αναδεικνύει την ανάγκη περαιτέρω ενίσχυσης της προληπτικής και προβλεπτικής συντήρησης, με έμφαση στα υποσυστήματα που παρουσιάζουν επαναλαμβανόμενες αστοχίες. Η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης αξιοπιστίας μπορεί να αποτελέσει ισχυρό εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων για τη βελτιστοποίηση των πρακτικών συντήρησης, τη μείωση του μη προγραμματισμένου χρόνου εκτός λειτουργίας και τη μακροχρόνια βελτίωση της λειτουργικής αξιοπιστίας της μονάδας

4.2 Προτάσεις Βελτίωσης και Βελτιστοποίησης της Συντήρησης της Μονάδας Ξήρανσης

Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης αξιοπιστίας, συντηρησιμότητας και διαθεσιμότητας της μονάδας ξήρανσης για την περίοδο 2019–2025, προκύπτουν συγκεκριμένες προτάσεις οι οποίες μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της λειτουργικής συμπεριφοράς του συστήματος, στη μείωση των αστοχιών και στη μακροχρόνια αύξηση της διαθεσιμότητας.

Καταρχάς, κρίνεται απαραίτητη η περαιτέρω ενίσχυση της προληπτικής και προβλεπτικής συντήρησης στα υποσυστήματα που εμφανίζουν επαναλαμβανόμενες αστοχίες και μειωμένη αξιοπιστία. Ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει να δοθεί στον μηχανολογικό εξοπλισμό κίνησης, ο οποίος, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της Kaplan–Meier και της Weibull ανάλυσης, αποτελεί το πλέον ευάλωτο υποσύστημα της μονάδας. Προτείνεται η αναθεώρηση των διαστημάτων προληπτικής συντήρησης, με βάση τα πραγματικά δεδομένα MTBF και τις παρατηρούμενες καμπύλες επιβίωσης, ώστε οι παρεμβάσεις να πραγματοποιούνται πριν από την εμφάνιση κρίσιμων αστοχιών.

Παράλληλα, συνιστάται η συστηματική εφαρμογή τεχνικών προβλεπτικής συντήρησης, όπως η δονησιομέτρηση, η θερμογράφηση, η ανάλυση λιπαντικών, η αντικατάσταση ανταλλακτικό, με αυξημένη συχνότητα στα κρίσιμα μηχανολογικά εξαρτήματα. Η αξιοποίηση των τεχνικών αυτών μπορεί να οδηγήσει σε έγκαιρη ανίχνευση φθορών, όπως ανισορροπίες, κακή ευθυγράμμιση, φθορά ρουλεμάν ή ανεπαρκή λίπανση, μειώνοντας σημαντικά τον κίνδυνο αιφνίδιων και παρατεταμένων διακοπών λειτουργίας.

Για τον καυστήρα, ο οποίος σε ορισμένα έτη παρουσιάζει αυξανόμενο ρυθμό αστοχίας και συμπεριφορά φθοράς, προτείνεται η υιοθέτηση στρατηγικής αντικατάστασης βασισμένης στην αξιοπιστία. Η αξιοποίηση των παραμέτρων της κατανομής Weibull, ιδίως της παραμέτρου σχήματος και του χαρακτηριστικού χρόνου ζωής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για

τον προσδιορισμό βέλτιστων χρονικών σημείων προληπτικής αντικατάστασης ή εκτεταμένου ελέγχου, πριν η πιθανότητα αστοχίας καταστεί ιδιαίτερα υψηλή.

Επιπλέον, κρίνεται σκόπιμη η περαιτέρω τυποποίηση και ψηφιοποίηση της διαδικασίας καταγραφής των δεδομένων συντήρησης. Η δημιουργία ή αναβάθμιση ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης συντήρησης (CMMS) θα επιτρέψει την ακριβέστερη καταγραφή των χρόνων βλαβών, των χρόνων επισκευής και των αιτιών αστοχίας. Με τον τρόπο αυτό θα ενισχυθεί η ποιότητα των δεδομένων και θα καταστεί δυνατή η πιο αξιόπιστη εφαρμογή στατιστικών μοντέλων αξιοπιστίας στο μέλλον.

Ιδιαίτερη σημασία θα πρέπει επίσης να δοθεί στην εκπαίδευση του προσωπικού λειτουργίας και συντήρησης. Η ανάλυση των δεδομένων υποδεικνύει ότι μέρος των αστοχιών, ιδίως πρώιμων, ενδέχεται να σχετίζεται με λανθασμένες πρακτικές χειρισμού, ανεπαρκείς ρυθμίσεις ή αποκλίσεις από τις προβλεπόμενες διαδικασίες λειτουργίας. Η συνεχής εκπαίδευση και η ενίσχυση της κουλτούρας συντήρησης μπορούν να συμβάλουν ουσιαστικά στη μείωση των ανθρωπογενών σφαλμάτων και στην αύξηση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού.

Ακόμη, προτείνεται η εφαρμογή στρατηγικών συντήρησης βασισμένων στην αξιοπιστία (Reliability Centered Maintenance – RCM), με στόχο την ιεράρχηση των παρεμβάσεων συντήρησης σύμφωνα με τη λειτουργική κρισιμότητα κάθε υποσυστήματος. Μέσω της προσέγγισης αυτής, οι διαθέσιμοι πόροι συντήρησης μπορούν να κατευθυνθούν κατά προτεραιότητα στα υποσυστήματα που έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση στη συνολική διαθεσιμότητα της μονάδας.

Τέλος, η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης για τη συνεχή αναθεώρηση της στρατηγικής συντήρησης κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική. Η περιοδική επανεκτίμηση των δεικτών αξιοπιστίας και των παραμέτρων Weibull, σε συνδυασμό με νέα δεδομένα λειτουργίας, μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο δυναμικής βελτιστοποίησης της συντήρησης. Με τον τρόπο αυτό, η μονάδα ξήρανσης μπορεί να επιτύχει περαιτέρω μείωση του μη προγραμματισμένου χρόνου εκτός λειτουργίας, βελτιστοποίηση του κόστους συντήρησης και διατήρηση υψηλών επιπέδων λειτουργικής αξιοπιστίας σε βάθος χρόνου.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Alsyouf, I. (2009). Maintenance practices in Swedish industries: Survey results and analysis. *International Journal of Production Economics*, 121(1), 212–223.
- Barlow, R. E., & Proschan, F. (1996). *Mathematical theory of reliability*. SIAM.
- Bhadury, B. (2012). *Principles and practice of total productive maintenance*. Allied Publishers.
- Blanchard, B. S., & Fabrycky, W. J. (2011). *Systems engineering and analysis* (5th ed.). Pearson.
- Collett, D. (2015). *Modelling survival data in medical research* (3rd ed.). CRC Press.
- Dhillon, B. S. (2006). *Maintainability, maintenance, and reliability for engineers*. CRC Press.
- European Committee for Standardization. (2017). EN 13306:2017 – Maintenance – Maintenance terminology. CEN.
- International Electrotechnical Commission. (2015). IEC 60050-192: International electrotechnical vocabulary – Dependability. IEC.
- International Organization for Standardization. (2014). ISO 55000:2014 - Asset management – Overview, principles and terminology. ISO.
- International Organization for Standardization. (2017). ISO 13306:2017 - Maintenance terminology. ISO.
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 45001:2018 - Occupational health and safety management systems - Requirements with guidance for use.
- International Labour Organization. (2013). *Safety and health in the use of machinery: ILO code of practice*. Geneva: International Labour Office.
- Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483–1510.
- Kaplan, E. L., & Meier, P. (1958). Nonparametric estimation from incomplete observations. *Journal of the American Statistical Association*, 53(282), 457–481.
- Kelly, A., & Harris, M. (1978). *Management of industrial maintenance*. Butterworths.

- Kleinbaum, D. G., & Klein, M. (2012). *Survival analysis: A self-learning text* (3rd ed.). Springer.
- Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Moubray, J. (1997). *Reliability-centered maintenance* (2nd ed.). Industrial Press.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total productive maintenance*. Productivity Press.
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Aldershot, UK: Ashgate.
- O'Connor, P. D. T., & Kleyner, A. (2012). *Practical reliability engineering* (5th ed.). Wiley.
- Smith, D. J., & Hinchcliffe, G. R. (2004). *RCM guide: Getting started with reliability-centred maintenance*. Elsevier.
- Weibull, W. (1951). A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics*, 18, 293–297.
- Wireman, T. (2014). *Maintenance management*. Industrial Press.
- Wireman, T. (2004). *Total Productive Maintenance*. New York: Industrial Press

Παράρτημα Α : Πίνακες υπολογισμού δεικτών αξιοπιστίας για τα έτη 2019 -2025

Πίνακας 3.17: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2019

DRYING FACILITY JANUARY-DECEMBER 2019									
BURNER	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY	1/7/2019 6:00	3/7/2019 12:17	1	1,45	54,2833	1,45	60,411	6,077	0,9086
	3/7/2019 12:17	8/7/2019 16:39	1	13,08	124,3667	13,08			
	8/7/2019 16:39	8/7/2019 19:14	1	3,7	2,5833	3,7			
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			3		181,233	18,23			
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY	3/1/2019 6:00	23/1/2019 10:29	1	5,57	484,4833	5,57	484,4833	5,57	0,9886
FEBRUARY	1/2/2019 6:00	13/2/2019 8:23	1	4,82	290,3833	4,82	124,2889	3,61	0,9718
	13/2/2019 8:23	15/2/2019 6:00	1	3,28	45,6167	3,28			
	15/2/2019 6:00	16/2/2019 18:52	1	2,73	36,8667	2,73			
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY	1/7/2019 6:00	22/7/2019 8:55	1	1,35	506,9167	1,35	506,9167	1,35	0,9973
AUGUST	20/8/2019 6:00	21/8/2019 7:33	1	2,37	25,5500	2,37	25,5500	2,37	0,9151
SEPTEMBER	2/9/2019 6:00	18/9/2019 11:47	1	0,22	389,7833	0,22	389,7833	0,22	0,9994
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER	1/11/2019 6:00	27/11/2019 12:55	1	5,7	630,9167	5,7	630,9167	5,7000	0,9910
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			8		2410,517	26,04			
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY	3/1/2019 6:00	10/1/2019 15:14	1	4,32	177,2333	4,32	177,2333	4,32	0,9762
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			1		177,233	4,32			
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY	1/2/2019 6:00	11/2/2019 11:47	1	7,78	245,7833	7,78	245,7833	7,78	0,9693
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL	1/4/2019 6:00	19/4/2019 9:50	1	1,75	435,8333	1,75	435,8333	1,75	0,9960
MAY	6/5/2019 6:00	10/5/2019 14:34	1	1,2	104,5667	1,2	104,5667	1,2	0,9887
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST	20/8/2019 6:00	29/8/2019 5:23	1	0,32	215,3833	0,32	215,3833	0,32	0,9985
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			4		1001,567	11,05			
YEAR AVAILABILITY 2019			Number of Failures Total	Time To Failure Total (TTF _{total})	Time To Repair Total (TTR _{total})	MTBF year	MTTR year	Year Availability	
A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime)			16	3770,5500	59,6400	235,6594	3,7275	0,9844	

AVAILABILITY PER MONTH	
0,9651	JANUARY
0,9420	FEBRUARY
1,0000	MARCH
0,9960	APRIL
0,9887	MAY
1,0000	JUNE
0,9062	JULY
0,9138	AUGUST
0,9994	SEPTEMBER
1,0000	OCTOBER
0,9910	NOVEMBER
1,0000	DECEMBER
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2019	
0,9752	Average annual system availability

OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
439,2400	JANUARY
499,1300	FEBRUARY
452,6200	MARCH
408,0000	APRIL
450,3800	MAY
408,0000	JUNE
519,2000	JULY
200,6800	AUGUST
394,5300	SEPTEMBER
513,3700	OCTOBER
448,0000	NOVEMBER
360,0000	DECEMBER
TOTAL OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
5093,1500	

TOTAL YEAR AVAILABILITY 2019	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime) per subunit
0,9964	YEAR AVAILABILITY BURNER
0,9949	YEAR AVAILABILITY MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT
0,9992	YEAR AVAILABILITY ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT
0,9978	YEAR AVAILABILITY ELECTRIC MOTOR / GEARBOX
0,9884	TOTAL YEAR AVAILABILITY 2019 multiplication of subunit availability

Πίνακας 3.18: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2020

DRYING FACILITY JANUARY-DECEMBER 2020									
BURNER	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST	3/8/2020 6:00	5/8/2020 23:20	1	1,42	65,3333	1,42	65,333	1,42	0,9787
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			1		65,333	1,42			
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY	3/2/2020 6:00	19/2/2020 14:19	1	7,87	392,3167	7,87	210,9083	6,52	0,9700
MARCH	19/2/2020 14:19	20/2/2020 19:49	1	5,17	29,5000	5,17			
APRIL	23/4/2020 6:00	29/4/2020 10:11	1	1,98	148,1833	1,98	148,1833	1,98	0,9868
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST	14/8/2020 6:00	27/8/2020 15:47	1	2,2	321,7833	2,2	321,7833	2,2	0,9932
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			4		891,783	17,22			
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			0		0,000	0			
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			0		0,000	0			

AVAILABILITY PER MONTH	
1,0000	JANUARY
0,9700	FEBRUARY
1,0000	MARCH
0,9868	APRIL
1,0000	MAY
1,0000	JUNE
1,0000	JULY
0,9721	AUGUST
1,0000	SEPTEMBER
1,0000	OCTOBER
1,0000	NOVEMBER
1,0000	DECEMBER
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2020	
0,9941	Average annual system availability

OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
447,8300	JANUARY
471,5300	FEBRUARY
472,0000	MARCH
360,0000	APRIL
472,0000	MAY
504,0000	JUNE
504,0000	JULY
552,0000	AUGUST
400,0000	SEPTEMBER
480,0000	OCTOBER
424,0000	NOVEMBER
429,5000	DECEMBER
TOTAL OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
5516,8600	

TOTAL YEAR AVAILABILITY 2020	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime) per subunit
0,9997	YEAR AVAILABILITY BURNER
0,9969	YEAR AVAILABILITY MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT
1,0000	YEAR AVAILABILITY ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT
1,0000	YEAR AVAILABILITY ELECTRIC MOTOR / GEARBOX
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2020	
0,9966	multiplication of subunit availability

YEAR AVAILABILITY 2020	Number of Failures Total	Time To Failure Total (TTF _{total})	Time To Repair Total (TTR _{total})	MTBF year	MTTR year	Year Availability
A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime)	5	957,1167	18,6400	191,4233	3,728	0,9809

Πίνακας 3.19: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2021

DRYING FACILITY JANUARY-DECEMBER 2021									
BURNER	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE	1/6/2021 6:00	22/6/2021 7:23	1	1,07	505,383	1,07	505,383	1,07	0,9979
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER	1/12/2021 6:00	10/12/2021 19:16	1	0,25	229,267	0,25	229,267	0,25	0,9989
TOTALS			2		734,650	1,32			
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL	1/4/2021 6:00	14/4/2021 9:23	1	1,67	315,3833	1,67	315,3833	1,67	0,9947
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE	1/6/2021 6:00	26/6/2021 0:18	1	3,08	594,3	3,08	594,3	3,08	0,9948
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST	14/8/2021 6:00	31/8/2021 11:08	1	1,65	413,1333	1,65	413,1333	1,65	0,9960
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER	1/11/2021 6:00	1/11/2021 17:13	1	6,2	11,2167	6,2			
	1/11/2021 17:13	18/11/2021 11:28	1	1,72	402,2500	1,72	222,0778	4,2267	0,9813
	18/11/2021 11:28	29/11/2021 0:14	1	4,76	252,7667	4,76			
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			6		1989,050	19,08			
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY	7/1/2021 6:00	21/1/2021 15:10	1	0,37	345,1667	0,37	345,1667	0,37	0,9989
FEBRUARY	1/2/2021 6:00	3/2/2021 11:20	1	1,97	53,3333	1,97	53,3333	1,97	0,9644
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE	3/6/2021 6:00	30/6/2021 0:18	1	0,22	642,3	0,22	642,3	0,22	0,9997
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER	1/10/2021 6:00	9/10/2021 14:30	1	0,28	200,5	0,28	200,5	0,28	0,9986
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			4		1241,300	2,84			
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			0		0,000	0			

AVAILABILITY PER MONTH	
0,9989	JANUARY
0,9644	FEBRUARY
1,0000	MARCH
0,9947	APRIL
1,0000	MAY
0,9924	JUNE
1,0000	JULY
0,9960	AUGUST
1,0000	SEPTEMBER
0,9986	OCTOBER
0,9813	NOVEMBER
0,9989	DECEMBER
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2021	
0,9938	Average annual system availability

OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
417,0800	JANUARY
417,0800	FEBRUARY
548,0000	MARCH
552,0000	APRIL
528,0000	MAY
675,9300	JUNE
643,0000	JULY
352,0000	AUGUST
516,4000	SEPTEMBER
625,5000	OCTOBER
600,2700	NOVEMBER
478,7700	DECEMBER
TOTAL OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
6354,0300	

TOTAL YEAR AVAILABILITY 2021	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime) per subunit
0,9998	YEAR AVAILABILITY BURNER
0,9970	YEAR AVAILABILITY MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT
0,9996	YEAR AVAILABILITY ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT
1,0000	YEAR AVAILABILITY ELECTRIC MOTOR / GEARBOX
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2021	
0,9964	multiplication of subunit availability

YEAR AVAILABILITY 2021	Number of Failures Total	Time To Failure Total (TTF _{total})	Time To Repair Total (TTR _{total})	MTBF year	MTR year	Year Availability
A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime)	12	3965,0000	23,2400	330,4167	1,9367	0,9942

Πίνακας 3.20: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2022

DRYING FACILITY JANUARY-DECEMBER 2022									
BURNER	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH	1/3/2022 6:00	5/3/2022 10:13	1	4,98	100,217	4,98	100,217	4,98	0,9527
APRIL	1/4/2022 6:00	13/4/2022 16:27	1	1,53	298,450	1,53			
	13/4/2022 16:27	28/4/2022 8:11	1	2,99	351,733	2,99	226,856	2,5500	0,9889
MAY	28/4/2022 8:11	29/4/2022 14:34	1	3,13	30,383	3,13			
	1/5/2022 6:00	22/5/2022 1:54	1	17,84	499,900	17,84	499,900	17,84	0,9655
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY	1/7/2022 6:00	10/7/2022 6:33	1	1,67	216,550	1,67	216,550	1,67	0,9923
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER	1/9/2022 6:00	9/9/2022 14:52	1	11,32	200,867	11,32			
	9/9/2022 14:52	10/9/2022 9:40	1	2,22	18,800	2,22			
	10/9/2022 9:40	22/9/2022 13:29	1	0,82	291,817	0,82	157,2708	5,0575	0,9688
OCTOBER	22/9/2022 13:29	27/9/2022 11:05	1	5,87	117,600	5,87			
	1/10/2022 6:00	9/10/2022 11:16	1	0,6	197,267	0,6			
NOVEMBER	9/10/2022 11:16	26/10/2022 19:13	1	1,42	415,950	1,42	306,6083	1,01	0,9967
	1/11/2022 6:00	19/11/2022 12:17	1	4,35	438,283	4,35			
DECEMBER	19/11/2022 12:17	21/11/2022 16:39	1	4,5	52,367	4,5	177,3611	4,8333	0,9735
	21/11/2022 16:39	23/11/2022 10:05	1	5,65	41,433	5,65			
TOTALS	1/12/2022 6:00	17/12/2022 8:50	1	1,68	386,833	1,68	386,833	1,68	0,9957
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT									
	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY	3/1/2022 6:00	10/1/2022 20:56	1	2,13	182,9333	2,13			
FEBRUARY	10/1/2022 20:56	11/1/2022 15:21	1	0,78	18,4167	0,78	68,9444	1,8767	0,9735
	11/1/2022 15:21	11/1/2022 20:50	1	2,72	5,4833	2,72			
	1/2/2022 6:00	3/2/2022 9:10	1	3,88	51,1667	3,88			
MARCH	1/2/2022 6:00	3/2/2022 4:18	1	5,25	46,3000	5,25			
	3/2/2022 4:18	12/2/2022 13:05	1	0,5	224,7833	0,5	165,7167	3,8500	0,9773
APRIL	12/2/2022 13:05	26/2/2022 17:42	1	5,77	340,6167	5,77			
	1/3/2022 6:00	15/3/2022 18:12	1	2,73	348,2000	2,73			
	15/3/2022 18:12	16/3/2022 0:30	1	2	6,3000	2	200,9611	1,9800	0,9902
MAY	16/3/2022 0:30	26/3/2022 8:53	1	1,21	248,3833	1,21			
	1/4/2022 6:00	7/4/2022 7:28	1	1,65	145,4667	1,65			
JUNE	7/4/2022 7:28	11/4/2022 6:46	1	0,4	95,3000	0,4	89,8833	0,7900	0,9913
	11/4/2022 6:46	12/4/2022 11:39	1	0,32	28,8833	0,32			
JULY	1/5/2022 6:00	27/5/2022 5:08	1	3,35	623,1333	3,35	623,133	3,35	0,9947
AUGUST	1/6/2022 6:00	7/6/2022 10:42	1	6,92	148,7000	6,92			
	7/6/2022 10:42	8/6/2022 20:18	1	3	33,6000	3	91,1500	4,9600	0,9484
SEPTEMBER	1/7/2022 6:00	11/7/2022 16:55	1	7,83	250,9167	7,83			
	11/7/2022 16:55	12/7/2022 8:09	1	3,48	15,2333	3,48	133,0750	5,6550	0,9592
	1/8/2022 6:00	5/8/2022 21:40	1	1,05	111,6667	1,05			
OCTOBER	5/8/2022 21:40	10/8/2022 11:58	1	2,25	110,3000	2,25			
	30/8/2022 11:58	30/8/2022 19:40	1	1,85	7,7000	1,85	76,5556	1,7167	0,9781
NOVEMBER	1/9/2022 6:00	11/9/2022 17:41	1	1,67	251,6833	1,67			
	11/9/2022 17:41	29/9/2022 9:18	1	1,57	423,6167	1,57	337,6500	1,6200	0,9952
DECEMBER	1/10/2022 6:00	26/10/2022 17:23	1	1,9	611,3833	1,9	611,3833	1,9000	0,9969
TOTALS			24		4330,167	64,21			
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT									
	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			0		0,000	0			
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX									
	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY	1/7/2022 6:00	5/7/2022 11:49	1	2,97	101,8167	2,97	101,8167	2,97	0,9717
AUGUST	1/8/2022 6:00	1/8/2022 15:35	1	6,98	9,5833	6,98			
	1/8/2022 15:35	10/8/2022 9:14	1	2,92	209,6500	2,92	109,6167	4,95	0,9568
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			3		321,050	12,87			
YEAR AVAILABILITY 2022									
A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime)			Number of Failures Total		Time To Failure Total (TTF _{total})	Time To Repair Total (TTR _{total})	MTBF year	MTTR year	Year Availability
			43		8309,6667	147,6500	193,2481	3,43372093	0,9825

AVAILABILITY PER MONTH	
0,9735	JANUARY
0,9773	FEBRUARY
0,9434	MARCH
0,9803	APRIL
0,9604	MAY
0,9484	JUNE
0,9249	JULY
0,9358	AUGUST
0,9642	SEPTEMBER
0,9936	OCTOBER
0,9735	NOVEMBER
0,9957	DECEMBER
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2022	
0,9642	Average annual system availability

OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
571,0000	JANUARY
638,8300	FEBRUARY
621,1500	MARCH
514,9100	APRIL
684,1400	MAY
606,7800	JUNE
587,2200	JULY
287,1200	AUGUST
700,7500	SEPTEMBER
649,8300	OCTOBER
600,0000	NOVEMBER
447,0000	DECEMBER
TOTAL OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
6909,2300	

TOTAL YEAR AVAILABILITY 2022	
0,9899	YEAR AVAILABILITY BURNER
0,9908	YEAR AVAILABILITY MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT
1,0000	YEAR AVAILABILITY ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT
0,9981	YEAR AVAILABILITY ELECTRIC MOTOR / GEARBOX
0,9790	TOTAL YEAR AVAILABILITY 2022 (multiplication of subunit availability)

Πίνακας 3.21: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2023

DRYING FACILITY JANUARY-DECEMBER 2023									
BURNER	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY	1/2/2023 6:00	21/2/2023 8:23	1	1,17	482,383	1,17	482,383	1,1700	0,9976
	1/3/2023 6:00	1/3/2023 22:51	1	0,85	16,850	0,85			
	1/3/2023 22:51	11/3/2023 15:05	1	0,9	232,233	0,9			
MARCH	11/3/2023 15:05	12/3/2023 0:16	1	3,67	9,183	3,67	126,863	1,722	0,9866
	12/3/2023 0:16	26/3/2023 10:40	1	2,6	346,400	2,6			
	26/3/2023 10:40	27/3/2023 16:19	1	0,59	29,650	0,59			
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY	2/5/2023 6:00	14/5/2023 10:26	1	1,28	292,433	1,28			
	14/5/2023 10:26	15/5/2023 10:26	1	2,95	24,000	2,95	158,217	2,115	0,9868
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY	1/7/2023 6:00	18/7/2023 12:35	1	2,8	414,583	2,8			
	18/7/2023 12:35	25/7/2023 17:16	1	8,9	172,683	8,9	200,017	4,4333	0,9783
	25/7/2023 17:16	26/7/2023 6:03	1	1,6	12,783	1,6			
	1/8/2023 6:00	2/8/2023 16:50	1	2,32	34,833	2,32			
AUGUST							53,417	1,82	0,9671
	25/8/2023 16:50	28/8/2023 16:50	1	1,32	72,000	1,32			
SEPTEMBER	1/9/2023 6:00	1/9/2023 19:30	1	8,47	13,500	8,47	13,500	8,47	0,6145
	1/10/2023 6:00	3/10/2023 11:58	1	5,37	53,967	5,37			
OCTOBER	3/10/2023 11:58	8/10/2023 14:25	1	2,28	122,450	2,28	96,917	3,96	0,9607
	8/10/2023 14:25	13/10/2023 8:45	1	4,23	114,333	4,23			
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			17		2444,267	51,3			
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY	2/1/2023 6:00	9/1/2023 11:30	1	2,07	173,5000	2,07	173,5000	2,0700	0,9882
FEBRUARY	1/2/2023 6:00	15/2/2023 1:14	1	0,97	331,2333	0,97	331,2333	0,9700	0,9971
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
	1/4/2023 6:00	3/4/2023 7:37	1	2,03	49,6167	2,03			
APRIL							145,1056	2,8533	0,9807
	3/4/2023 7:37	8/4/2023 11:51	1	2	124,2333	2			
	8/4/2023 11:51	19/4/2023 9:19	1	4,53	261,4667	4,53			
MAY	2/5/2023 6:00	8/5/2023 17:43	1	1,25	155,7167	1,25	155,7167	1,2500	0,9920
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST	25/8/2023 6:00	29/8/2023 15:37	1	3,53	105,6167	3,53	105,6167	3,5300	0,9677
SEPTEMBER	1/9/2023 6:00	21/9/2023 10:32	1	1,42	484,5333	1,42	260,5667	2,8450	0,9892
	21/9/2023 10:32	22/9/2023 23:08	1	4,27	36,6000	4,27			
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER	1/11/2023 6:00	23/11/2023 9:29	1	1	531,4833	1	531,4833	1,0000	0,9981
	1/12/2023 6:00	7/12/2023 4:17	1	4,98	142,2833	4,98			
DECEMBER	7/12/2023 4:17	19/12/2023 14:50	1	5,57	298,5500	5,57	127,4208	4,5525	0,9655
	19/12/2023 14:50	21/12/2023 4:23	1	4,67	37,5500	4,67			
	21/12/2023 4:23	22/12/2023 11:41	1	2,99	31,3000	2,99			
TOTALS			14		2763,683	41,28			
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			0		0,000	0			
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			0		0,000	0			
YEAR AVAILABILITY 2023	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime)		Number of Failures Total		Time To Failure Total (TTF _{total})	Time To Repair Total (TTR _{total})	MTBF year	MTTR year	Year Availability
			31		5207,9500	92,58	167,9984	2,986451613	0,9825

AVAILABILITY PER MONTH	
0,9882	JANUARY
0,9947	FEBRUARY
0,9866	MARCH
0,9807	APRIL
0,9790	MAY
1,0000	JUNE
0,9783	JULY
0,9358	AUGUST
0,6078	SEPTEMBER
0,9607	OCTOBER
0,9981	NOVEMBER
0,9655	DECEMBER
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2023	
0,9480	Average annual system availability

OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
596,2500	JANUARY
615,1200	FEBRUARY
724,0000	MARCH
511,4300	APRIL
712,0000	MAY
680,0500	JUNE
687,3300	JULY
305,7200	AUGUST
626,1000	SEPTEMBER
668,9400	OCTOBER
672,6700	NOVEMBER
288,0000	DECEMBER
TOTAL OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
7087,6100	

TOTAL YEAR AVAILABILITY 2023	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime) per subunit
0,9928	YEAR AVAILABILITY BURNER
0,9942	YEAR AVAILABILITY MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT
1,0000	YEAR AVAILABILITY ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT
1,0000	YEAR AVAILABILITY ELECTRIC MOTOR / GEARBOX
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2023	
0,9871	multiplication of subunit availability

Πίνακας 3.22: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2024

DRYING FACILITY JANUARY-DECEMBER 2024										AVAILABILITY PER MONTH		
BURNER	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability			
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,9935	JANUARY
FEBRUARY	1/2/2024 6:00	12/2/2024 17:09	1	0,4	275,150	0,4	275,1500	0,4000	0,9985	0,9640	0,9640	FEBRUARY
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,0000	MARCH
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,9284	APRIL
MAY		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,9782	MAY
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,9338	JUNE
JULY	1/7/2024 6:00	8/7/2024 11:46	1	0,75	173,767	0,75	161,475	1,2750	0,9922	0,7674	0,7674	JULY
AUGUST		8/7/2024 11:46	14/7/2024 16:57	1	1,8	149,183	1,8	0	0	1	0,9935	AUGUST
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,9661	SEPTEMBER
OCTOBER	1/9/2024 6:00	12/9/2024 18:05	1	0,57	276,083	0,57	276,083	0,57	0,9979	0,9922	0,9922	OCTOBER
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,9806	NOVEMBER
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,9682	DECEMBER
TOTALS			4		874,1833333	3,52					0,9555	TOTAL YEAR AVAILABILITY 2024
												Average annual system availability
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT										OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES		
	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability			
JANUARY	2/1/2024 6:00	20/1/2024 6:48	1	2,65	432,8000	2,65	432,8000	2,6500	0,9939	596,5000	JANUARY	
FEBRUARY	1/2/2024 6:00	16/2/2024 9:46	1	5,4	363,7667	5,4	363,7667	5,4000	0,9854	596,8700	FEBRUARY	
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	0	1	647,1300	MARCH
APRIL	1/4/2024 6:00	2/4/2024 11:19	1	8,25	29,3167	8,25	83,7667	6,4633	0,9284	652,2000	APRIL	
	2/4/2024 11:19	3/4/2024 13:55	1	8,47	26,6000	8,47				544,0000	MAY	
	3/4/2024 13:55	11/4/2024 17:18	1	2,67	195,3833	2,67				677,3700	JUNE	
MAY	10/5/2024 6:00	10/5/2024 11:25	1	2,22	5,4167	2,22				543,3300	JULY	
	10/5/2024 11:25	14/5/2024 19:48	1	2,12	104,3833	2,12	113,0833	2,5233	0,9782	417,8700	AUGUST	
	14/5/2024 19:48	24/5/2024 9:15	1	3,23	229,4500	3,23				691,1300	SEPTEMBER	
JUNE	1/6/2024 6:00	7/6/2024 14:15	1	3,43	152,2500	3,43				617,8500	OCTOBER	
	7/6/2024 14:15	15/6/2024 3:31	1	16,74	181,2667	16,74				680,2000	NOVEMBER	
	15/6/2024 3:31	19/6/2024 10:52	1	4,7	103,3500	4,7				467,6200	DECEMBER	
	19/6/2024 10:52	22/6/2024 9:06	1	4,48	70,2333	4,48	110,4000	7,8317	0,9338		TOTAL OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
	22/6/2024 9:06	26/6/2024 6:48	1	5,25	93,7000	5,25				7203,0700		
	26/6/2024 6:48	28/6/2024 20:24	1	12,39	61,6000	12,39						
JULY	1/7/2024 6:00	2/7/2024 23:19	1	12,1	41,3167	12,1	41,3167	12,1000	0,7735			
AUGUST	14/8/2024 6:00	30/8/2024 17:40	1	2,59	395,6667	2,59	395,6667	2,5900	0,9935			
SEPTEMBER	1/9/2024 6:00	11/9/2024 10:12	1	8,93	244,2000	8,93	218,8500	6,4000	0,9716			
	11/9/2024 10:12	19/9/2024 11:42	1	3,87	193,5000	3,87						
OCTOBER	1/10/2024 6:00	24/10/2024 19:27	1	3,52	565,4500	3,52	361,2833	2,8450	0,9922			
	24/10/2024 19:27	31/10/2024 8:34	1	2,17	157,1167	2,17						
NOVEMBER	1/11/2024 6:00	6/11/2024 11:44	1	5,4	125,7333	5,4						
	6/11/2024 11:44	19/11/2024 16:10	1	1,73	316,4333	1,73	150,7417	2,9900	0,9806			
	19/11/2024 16:10	22/11/2024 1:40	1	2,3	57,5000	2,3						
	22/11/2024 1:40	26/11/2024 8:58	1	2,53	103,3000	2,53						
DECEMBER	1/12/2024 6:00	13/12/2024 11:34	1	9,63	293,5667	9,63	293,5667	9,6300	0,9682			
TOTALS			25		4543,300	136,77						
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT										TOTAL YEAR AVAILABILITY 2024		
	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime) per subunit		
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,9995	YEAR AVAILABILITY BURNER
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,9814	YEAR AVAILABILITY MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,0000	YEAR AVAILABILITY ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,9982	YEAR AVAILABILITY ELECTRIC MOTOR / GEARBOX
MAY		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,9791	TOTAL YEAR AVAILABILITY 2024 (multiplication of subunit availability)
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
JULY		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
TOTALS			0		0,000	0						
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX										YEAR AVAILABILITY 2024		
	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime)		
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
FEBRUARY	1/2/2024 6:00	7/2/2024 3:39	1	3,78	141,6500	3,78	285,4417	5,89	0,9798			
	7/2/2024 3:39	25/2/2024 0:53	1	8	429,2333	8						
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
MAY		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
JULY		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
SEPTEMBER	1/9/2024 6:00	15/9/2024 7:19	1	1,23	337,3167	1,23	337,3167	1,23	0,9964			
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	0	1		
TOTALS			3		908,200	13,01						
YEAR AVAILABILITY 2024			Number of Failures Total		Time To Failure Total (TTF _{total})	Time To Repair Total (TTR _{total})	MTBF year	MTTR year	Year Availability			
A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime)			32		6325,6833	153,3	197,6776	4,790625	0,9763			

Πίνακας 3.23: Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας για το έτος 2025

DRYING FACILITY JANUARY-DECEMBER 2025									
BURNER	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0,0000	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0,0000	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0,0000	0	1
APRIL	1/4/2025 6:00	10/4/2025 19:03	1	0,5	229,050	0,5	229,0500	0,5	0,9978
MAY	1/5/2025 6:00	31/5/2025 8:34	1	2,7	722,567	2,7	722,5667	2,7	0,9963
JUNE	1/6/2025 6:00	4/6/2025 17:05	1	0,4	83,083	0,4			
	4/6/2025 17:05	26/6/2025 22:35	1	2,42	533,500	2,42	308,2917	1,41	0,9954
JULY	21/7/2025 6:00	26/7/2025 8:39	1	1,63	122,650	1,63	98,2083	2,1750	0,9783
	26/7/2025 8:39	29/7/2025 10:25	1	2,72	73,767	2,72			
AUGUST		0	0	0	0	0	0,0000	0	1
SEPTEMBER	1/9/2025 6:00	28/9/2025 16:32	1	5,02	658,533	5,02	342,3833	3,075	0,9911
	28/9/2025 16:32	29/9/2025 18:46	1	1,13	26,233	1,13			
OCTOBER	1/10/2025 6:00	4/10/2025 6:10	1	0,83	72,167	0,83			
	4/10/2025 6:10	13/10/2025 6:15	1	2,82	216,083	2,82	170,1375	1,675	0,9903
	13/10/2025 6:15	25/10/2025 11:52	1	1,8	293,617	1,8			
	25/10/2025 11:52	29/10/2025 14:33	1	1,25	98,683	1,25			
NOVEMBER	1/11/2025 6:00	7/11/2025 9:45	1	1,26	147,750	1,26			
	7/11/2025 9:45	28/11/2025 11:35	1	1,67	505,833	1,67	326,7917	1,465	0,9955
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			14		3783,5167	26,15			
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH	1/3/2025 6:00	10/3/2025 23:28	1	3,06	233,4667	3,06	327,3000	1,7050	0,9948
	10/3/2025 23:28	28/3/2025 12:36	1	0,35	421,1333	0,35			
APRIL	1/4/2025 6:00	10/4/2025 17:25	1	4,5	227,4167	4,5	227,4167	4,5000	0,9806
MAY	1/5/2025 6:00	23/5/2025 11:47	1	11,95	533,7833	11,95	533,7833	11,9500	0,9781
JUNE	1/6/2025 6:00	14/6/2025 6:16	1	1,83	312,2667	1,83	461,5417	1,9000	0,9959
	1/6/2025 6:00	26/6/2025 16:49	1	1,97	610,8167	1,97			
JULY	1/7/2025 6:00	8/7/2025 10:58	1	2,77	172,9667	2,77			
	8/7/2025 10:58	21/7/2025 16:30	1	4,83	317,5333	4,83	186,1111	3,5267	0,9814
	21/7/2025 16:30	24/7/2025 12:20	1	2,98	67,8333	2,98			
AUGUST	1/8/2025 6:00	9/8/2025 20:50	1	3,63	206,8333	3,63	206,8333	3,6300	0,9828
SEPTEMBER	1/9/2025 6:00	6/9/2025 22:40	1	2,95	136,6667	2,03	136,6667	2,0300	0,9854
	1/10/2025 6:00	17/10/2025 17:09	1	3	395,1500	3	361,8500	4,0250	0,9890
OCTOBER	17/10/2025 17:09	31/10/2025 9:42	1	5,05	328,5500	5,05			
NOVEMBER		0	0	0	0,0000	0	0	0	1
DECEMBER	1/12/2025 6:00	9/12/2025 17:23	1	2,03	203,3833	2,03	203,3833	2,03	0,9901
TOTALS			14		4167,800	49,98			
ELECTRICAL AUTOMATION	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY	8/1/2025 6:00	16/1/2025 11:17	1	2,31	197,2833333	2,31	197,2833333	2,31	0,9884
FEBRUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER		0	0	0	0	0	0	0	1
NOVEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			1		197,283	2,31			
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX	Time Start	downtime (Failures)	Number of Failures	Repair time	Time To Failure (TTF)	Time To Repair (TTR)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time To Repair (MTTR)	Availability
JANUARY		0	0	0	0	0	0	0	1
FEBRUARY	1/2/2025 6:00	18/2/2025 9:22	1	2,83	411,3667	2,83	411,3667	2,8300	0,9932
MARCH		0	0	0	0	0	0	0	1
APRIL		0	0	0	0	0	0	0	1
MAY		0	0	0	0	0	0	0	1
JUNE		0	0	0	0	0	0	0	1
JULY		0	0	0	0	0	0	0	1
AUGUST		0	0	0	0	0	0	0	1
SEPTEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
OCTOBER	1/10/2025 6:00	15/10/2025 11:21	1	3,62	341,3500	3,62	341,3500	3,62	0,9895
NOVEMBER	1/11/2025 6:00	1/11/2025 19:19	1	2,33	13,3167	2,33	13,3167	2,33	0,8511
DECEMBER		0	0	0	0	0	0	0	1
TOTALS			3		766,033	8,78			
YEAR AVAILABILITY 2025	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime)		Number of Failures Total	Time To Failure Total (TTF _{total})	Time To Repair Total (TTR _{total})	MTBF year	MTTR year	Year Availability	
			32	8914,6333	87,22	278,5823	2,7256	0,9903	

AVAILABILITY PER MONTH (multiplication of subunit availability)	
0,9884	JANUARY
0,9932	FEBRUARY
0,9948	MARCH
0,9785	APRIL
0,9745	MAY
0,9914	JUNE
0,9601	JULY
0,9828	AUGUST
0,9766	SEPTEMBER
0,9691	OCTOBER
0,8473	NOVEMBER
0,9901	DECEMBER
TOTAL YEAR AVAILABILITY 2025	
Average annual system availability	
0,9706	

OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
566,0000	JANUARY
651,0700	FEBRUARY
712,0000	MARCH
449,6500	APRIL
731,4200	MAY
617,0900	JUNE
576,0000	JULY
336,5800	AUGUST
712,4500	SEPTEMBER
649,4200	OCTOBER
618,0000	NOVEMBER
430,7000	DECEMBER
TOTAL OPERATING HOURS PER MONTH EXCLUDING FAILURES	
7050,3800	

TOTAL YEAR AVAILABILITY 2025	A = (Total Operating Time) / (Total Operating Time + Downtime) per subunit
0,9963	YEAR AVAILABILITY BURNER
0,9930	YEAR AVAILABILITY MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT
0,9997	YEAR AVAILABILITY ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT
0,9988	YEAR AVAILABILITY ELECTRIC MOTOR / GEARBOX
0,9877	TOTAL YEAR AVAILABILITY 2025 multiplication of subunit availability

Παράρτημα Β : Πίνακες ανάλυσης μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για τα έτη 2019 -2025

Πίνακας 3.24: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2019

KAPLAN-MEIER AND WEIBULL METHOD JANUARY-DECEMBER 2019												
BURNER												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula only for failures)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	439,2400		0 JULY (3)	2,5833	14	1	0,9286	0,0486	0,9491	-2,9991	0,3509	14303,40734
FEBRUARY	499,1300		0 JULY (1)	54,2833	13	1	0,8571	0,1181	3,9942	-2,0744		
MARCH	452,6200		0 JULY (2)	124,3667	12	1	0,7857	0,1875	4,8232	-1,5720		
APRIL	408,0000		0 AUGUST	200,6800	11	0	0,7857					
MAY	450,3800		0 DECEMBER	360,0000	10	0	0,7857					
JUNE	408,0000		0 SEPTEMBER	394,5300	9	0	0,7857					
JULY (1)	54,2833		1 APRIL	408,0000	8	0	0,7857					
JULY (2)	124,3667		1 JUNE	408,0000	7	0	0,7857					
JULY (3)	2,5833		1 JYNUARY	439,2400	6	0	0,7857					
AUGUST	200,6800		0 NOVEMBER	448,0000	5	0	0,7857					
SEPTEMBER	394,5300		0 MAY	450,3800	4	0	0,7857					
OCTOBER	513,3700		0 MARCH	452,6200	3	0	0,7857					
NOVEMBER	448,0000		0 FEBRUARY	499,1300	2	0	0,7857					
DECEMBER	360,0000		0 OCTOBER	513,3700	1	0	0,7857					
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	439,2400		0 FEBRUARY (3)	26,8667	14	1	0,9286	0,0486	3,2909	-2,9991	0,512	5347,449515
FEBRUARY (1)	290,3833		1 FEBRUARY (2)	45,1667	13	1	0,8571	0,1181	3,8104	-2,0744		
FEBRUARY (2)	45,6167		1 AUGUST	200,6800	12	0	0,8571	0,1875	5,6712	-1,5720		
FEBRUARY (3)	36,8667		1 FEBRUARY (1)	290,3833	11	1	0,7792					
MARCH	452,6200		0 DECEMBER	360,0000	10	0	0,7792					
APRIL	408,0000		0 SEPTEMBER	394,5300	9	0	0,7792					
MAY	450,3800		0 APRIL	408,0000	8	0	0,7792					
JUNE	408,0000		0 JUNE	408,0000	7	0	0,7792					
JULY	519,2000		0 JYNUARY	439,2400	6	0	0,7792					
AUGUST	200,6800		0 NOVEMBER	448,0000	5	0	0,7792					
SEPTEMBER	394,5300		0 MAY	450,3800	4	0	0,7792					
OCTOBER	513,3700		0 MARCH	452,6200	3	0	0,7792					
NOVEMBER	448,0000		0 OCTOBER	513,3700	2	0	0,7792					
DECEMBER	360,0000		0 JULY	519,2000	1	0	0,7792					
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	177,2333		1 JYNUARY	177,2333	12	1	0,9167	0,0565	5,1775	-2,8455		#ΔIAIP,/0I
FEBRUARY	499,1300		0 AUGUST	200,6800	11	0	0,9167					
MARCH	452,6200		0 DECEMBER	369,0000	10	0	0,9167					
APRIL	408,0000		0 SEPTEMBER	394,5300	9	0	0,9167					
MAY	450,3800		0 APRIL	408,0000	8	0	0,9167					
JUNE	408,0000		0 JUNE	408,0000	7	0	0,9167					
JULY	519,2000		0 NOVEMBER	448,0000	6	0	0,9167					
AUGUST	200,6800		0 MAY	450,3800	5	0	0,9167					
SEPTEMBER	394,5300		0 MARCH	452,6200	4	0	0,9167					
OCTOBER	513,3700		0 FEBRUARY	499,1300	3	0	0,9167					
NOVEMBER	448,0000		0 OCTOBER	513,3700	2	0	0,9167					
DECEMBER	360,0000		0 JULY	519,2000	1	0	0,9167					
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	439,2400		0 MAY	104,5667	12	1	0,9167	0,0565	4,6498	-2,8455	1,5528	664,1999307
FEBRUARY	245,7833		1 AUGUST	215,3833	11	1	0,8333	0,1371	5,3724	-1,9142		
MARCH	452,6200		0 FEBRUARY	245,7833	10	1	0,7500	0,2177	5,5045	-1,4042		
APRIL	435,8333		1 DECEMBER	360,0000	9	0	0,7500					
MAY	104,5667		1 SEPTEMBER	394,5300	8	0	0,7500					
JUNE	408,0000		0 JUNE	408,0000	7	0	0,7500					
JULY	519,2000		0 APRIL	435,8333	6	1	0,6250					
AUGUST	215,3833		1 JYNUARY	439,2400	5	0	0,6250					
SEPTEMBER	394,5300		0 NOVEMBER	448,0000	4	0	0,6250					
OCTOBER	513,3700		0 MARCH	452,6200	3	0	0,6250					
NOVEMBER	448,0000		0 OCTOBER	513,3700	2	0	0,6250					
DECEMBER	360,0000		0 JULY	519,2000	1	0	0,6250					

Πίνακας 3.25: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2020

KAPLAN-MEIER AND WEIBULL METHOD JANUARY-DECEMBER 2020												
BURNER												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	447,8300	0	AUGUST	65,3333	12	1	0,9167	0,0565	4,1795	-2,8455		#ΔΙΑΠ, /0!
FEBRUARY	471,5300	0	APRIL	360,0000	11	0	0,9167					
MARCH	472,0000	0	NOVEMBER	424,0000	10	0	0,9167					
APRIL	360,0000	0	DECEMBER	429,5000	9	0	0,9167					
MAY	472,0000	0	JYNUARY	447,8300	8	0	0,9167					
JUNE	504,0000	0	FEBRUARY	471,5300	7	0	0,9167					
JULY	504,0000	0	MARCH	472,0000	6	0	0,9167					
AUGUST	65,3333	1	MAY	472,0000	5	0	0,9167					
SEPTEMBER	496,0000	0	OCTOBER	480,0000	4	0	0,9167					
OCTOBER	480,0000	0	SEPTEMBER	496,0000	3	0	0,9167					
NOVEMBER	424,0000	0	JUNE	504,0000	2	0	0,9167					
DECEMBER	429,5000	0	JULY	504,0000	1	0	0,9167					
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	447,8300	0	FEBRUARY (2)	29,5000	13	1	0,9231	0,0522	3,3844	-2,9252	0,6553	2725,9583
FEBRUARY (1)	392,3167	1	APRIL	148,1833	12	1	0,8462	0,1269	4,9985	-1,9976		
FEBRUARY (2)	29,5000	1	AUGUST	321,7833	11	1	0,7692	0,2015	5,7739	-1,4916		
MARCH	472,0000	0	FEBRUARY (1)	392,3167	10	1	0,6923	0,2761	5,9721	-1,1297		
APRIL	148,1833	1	NOVEMBER	424,0000	9	0	0,6923					
MAY	472,0000	0	DECEMBER	429,5000	8	0	0,6923					
JUNE	504,0000	0	JYNUARY	447,8300	7	0	0,6923					
JULY	552,0000	0	MARCH	472,0000	6	0	0,6923					
AUGUST	321,7833	1	MAY	472,0000	5	0	0,6923					
SEPTEMBER	496,0000	0	OCTOBER	480,0000	4	0	0,6923					
OCTOBER	480,0000	0	SEPTEMBER	496,0000	3	0	0,6923					
NOVEMBER	424,0000	0	JUNE	504,0000	2	0	0,6923					
DECEMBER	429,5000	0	JULY	552,0000	1	0	0,6923					
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	447,8300	0	APRIL	360,0000	12	0	1,0000					#ΔΙΑΠ, /0!
FEBRUARY	471,5300	0	AUGUST	400,0000	11	0	1,0000					
MARCH	472,0000	0	NOVEMBER	424,0000	10	0	1,0000					
APRIL	360,0000	0	DECEMBER	429,5000	9	0	1,0000					
MAY	472,0000	0	JYNUARY	447,8300	8	0	1,0000					
JUNE	504,0000	0	FEBRUARY	471,5300	7	0	1,0000					
JULY	552,0000	0	MARCH	472,0000	6	0	1,0000					
AUGUST	400,0000	0	MAY	472,0000	5	0	1,0000					
SEPTEMBER	496,0000	0	OCTOBER	480,0000	4	0	1,0000					
OCTOBER	480,0000	0	SEPTEMBER	496,0000	3	0	1,0000					
NOVEMBER	424,0000	0	JUNE	504,0000	2	0	1,0000					
DECEMBER	429,5000	0	JULY	552,0000	1	0	1,0000					
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	447,8300	0	APRIL	360,0000	12	0	1,0000					#ΔΙΑΠ, /0!
FEBRUARY	471,5300	0	NOVEMBER	424,0000	11	0	1,0000					
MARCH	472,0000	0	DECEMBER	429,5000	10	0	1,0000					
APRIL	360,0000	0	JYNUARY	447,8300	9	0	1,0000					
MAY	472,0000	0	FEBRUARY	471,5300	8	0	1,0000					
JUNE	504,0000	0	MARCH	472,0000	7	0	1,0000					
JULY	504,0000	0	MAY	472,0000	6	0	1,0000					
AUGUST	552,0000	0	OCTOBER	480,0000	5	0	1,0000					
SEPTEMBER	496,0000	0	SEPTEMBER	496,0000	4	0	1,0000					
OCTOBER	480,0000	0	JUNE	504,0000	3	0	1,0000					
NOVEMBER	424,0000	0	JULY	504,0000	2	0	1,0000					
DECEMBER	429,5000	0	AUGUST	552,0000	1	0	1,0000					

Πίνακας 3.26: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2021

KAPLAN-MEIER AND WEIBULL METHOD JANUARY-DECEMBER 2021												
BURNER												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-S(t)))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	417,0800	0	DECEMBER	229,2667	12	1	0,9167	0,0565	5,4349	-2,8455	1,1781	2566,2026
FEBRUARY	449,5000	0	AUGUST	352,0000	11	0	0,9167		5,8636			
MARCH	548,0000	0	JYNUARY	417,0800	10	0	0,9167		6,0333			
APRIL	552,0000	0	FEBRUARY	449,5000	9	0	0,9167		6,1081			
MAY	528,0000	0	JUNE	505,3833	8	1	0,8021	0,1371	6,2253	-1,9142		
JUNE	505,3833	1	SEPTEMBER	516,4000	7	0	0,8021		6,2469			
JULY	643,0000	0	MAY	528,0000	6	0	0,8021		6,2691			
AUGUST	352,0000	0	MARCH	548,0000	5	0	0,8021		6,3063			
SEPTEMBER	516,4000	0	APRIL	552,0000	4	0	0,8021		6,3135			
OCTOBER	625,5000	0	NOVEMBER	600,2700	3	0	0,8021		6,3974			
NOVEMBER	600,2700	0	OCTOBER	625,5000	2	0	0,8021		6,4386			
DECEMBER	229,2667	1	JULY	643,0000	1	0	0,8021		6,4661			
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	417,0800	0	NOVEMBER (1)	11,2167	14	1	0,9286	0,0486	2,4174	-2,9991	0,5285	4184,2085
FEBRUARY	449,5000	0	NOVEMBER (3)	252,7667	13	1	0,8571	0,1181	5,5325	-2,0744		
MARCH	548,0000	0	APRIL	315,3833	12	1	0,7857	0,1875	5,7538	-1,5720		
APRIL	315,3833	1	NOVEMBER (2)	402,2500	11	1	0,7143	0,2569	5,9971	-1,2141		
MAY	528,0000	0	AUGUST	413,1333	10	1	0,6429	0,3264	6,0238	-0,9266		
JUNE	594,3000	1	JYNUARY	417,0800	9	0	0,6429					
JULY	643,0000	0	FEBRUARY	449,5000	8	0	0,6429					
AUGUST	413,1333	1	DECEMBER	478,7700	7	0	0,6429					
SEPTEMBER	516,4000	0	SEPTEMBER	516,4000	6	0	0,6429					
OCTOBER	625,5000	0	MAY	528,0000	5	0	0,6429					
NOVEMBER (1)	11,2167	1	MARCH	548,0000	4	0	0,6429					
NOVEMBER (2)	402,2500	1	JUNE	594,3000	3	1	0,4286	0,3958	6,3874	-0,6854		
NOVEMBER (3)	252,7667	1	OCTOBER	625,0000	2	0	0,4286					
DECEMBER	478,7700	0	JULY	643,0000	1	0	0,4286					
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	345,1667	1	FEBRUARY	53,3333	12	1	0,9167	0,0565	3,9766	-2,8455	0,7387	2523,7250
FEBRUARY	53,3333	1	OCTOBER	200,5000	11	1	0,8333	0,1371	5,3008	-1,9142		
MARCH	548,0000	0	JYNUARY	345,1667	10	1	0,7500	0,2177	5,8440	-1,4042		
APRIL	552,0000	0	AUGUST	352,0000	9	0	0,7500					
MAY	528,0000	0	DECEMBER	478,7700	8	0	0,7500					
JUNE	642,3000	1	SEPTEMBER	516,4000	7	0	0,7500					
JULY	643,0000	0	MAY	528,0000	6	0	0,7500					
AUGUST	352,0000	0	MARCH	548,0000	5	0	0,7500					
SEPTEMBER	516,4000	0	APRIL	552,0000	4	0	0,7500					
OCTOBER	200,5000	1	NOVEMBER	600,2700	3	0	0,7500					
NOVEMBER	600,2700	0	JUNE	642,3000	2	1	0,3750	0,2984	6,4651	-1,0374		
DECEMBER	478,7700	0	JULY	643,0000	1	0	0,3750					
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	417,0800	0	JYNUARY	417,0800	12	0	1,0000					#ΔΙΑΠ./ΟΙ
FEBRUARY	449,5000	0	FEBRUARY	449,5000	11	0	1,0000					
MARCH	548,0000	0	MARCH	548,0000	10	0	1,0000					
APRIL	552,0000	0	APRIL	552,0000	9	0	1,0000					
MAY	528,0000	0	MAY	528,0000	8	0	1,0000					
JUNE	675,9300	0	JUNE	675,9300	7	0	1,0000					
JULY	643,0000	0	JULY	643,0000	6	0	1,0000					
AUGUST	352,0000	0	AUGUST	352,0000	5	0	1,0000					
SEPTEMBER	516,4000	0	SEPTEMBER	516,4000	4	0	1,0000					
OCTOBER	625,5000	0	OCTOBER	625,5000	3	0	1,0000					
NOVEMBER	600,2700	0	NOVEMBER	600,2700	2	0	1,0000					
DECEMBER	478,7700	0	DECEMBER	478,7700	1	0	1,0000					

Πίνακας 3.27: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2022

KAPLAN-MEIER AND WEIBULL METHOD JANUARY-DECEMBER 2022												
BURNER												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	571,0000	0	SEPTEMBER (2)	18,8000	20	1	0,9500	0,0343	2,9339	-3,3548	1,0358	349,8152
FEBRUARY	638,8300	0	APRIL (3)	30,8333	19	1	0,9000	0,0833	3,4139	-2,4417		
MARCH	100,2167	1	NOVEMBER (3)	41,4333	18	1	0,8500	0,1324	3,7241	-1,9521		
APRIL (1)	298,4500	1	NOVEMBER (2)	52,3667	17	1	0,8000	0,1814	3,9583	-1,6088		
APRIL (2)	351,7333	1	MARCH	100,2167	16	1	0,7500	0,2304	4,6073	-1,3399		
APRIL (3)	30,3833	1	SEPTEMBER (4)	117,6000	15	1	0,7000	0,2794	4,7673	-1,1157		
MAY	499,9000	1	OCTOBER (1)	197,2667	14	1	0,6500	0,3284	5,2846	-0,9210		
JUNE	606,7800	0	SEPTEMBER (1)	200,8667	13	1	0,6000	0,3775	5,3026	-0,7467		
JULY	216,5500	1	JULY	216,5500	12	1	0,5500	0,4265	5,3778	-0,5871		
AUGUST	287,1200	0	AUGUST	287,1200	11	0	0,5500	0,4755				
SEPTEMBER (1)	200,8667	1	SEPTEMBER (3)	291,8167	10	1	0,4950	0,5245	5,6761	-0,2965		
SEPTEMBER (2)	18,8000	1	APRIL (1)	298,4500	9	1	0,4400	0,5735	5,6986	-0,1599		
SEPTEMBER (3)	291,8167	1	APRIL (2)	351,7333	8	1	0,3850	0,6225	5,8629	-0,0260		
SEPTEMBER (4)	117,6000	1	DECEMBER	386,8333	7	1	0,3300	0,6716	5,9580	0,1074		
OCTOBER (1)	197,2667	1	OCTOBER (2)	415,9500	6	1	0,2750	0,7206	6,0306	0,2430		
OCTOBER (2)	415,9500	1	NOVEMBER (1)	438,2833	5	1	0,2200	0,7696	6,0829	0,3839		
NOVEMBER (1)	438,2833	1	MAY	499,9000	4	1	0,1650	0,8186	6,2144	0,5349		
NOVEMBER (2)	52,3667	1	JYNUARY	571,0000	3	0	0,1650	0,8676				
NOVEMBER (3)	41,4333	1	JUNE	606,7800	2	0	0,1650	0,9167				
DECEMBER	386,8333	1	FEBRUARY	638,8300	1	0	0,1650	0,9657				
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY (1)	182,9333	1	JYNUARY (3)	5,4833	26	1	0,9615	0,0265	1,7017	-3,6166	0,7818	193,6748
JYNUARY (2)	18,4167	1	MARCH (2)	6,3000	25	1	0,9231	0,0644	1,8405	-2,7096		
JYNUARY (3)	5,4833	1	AUGUST (3)	7,7000	24	1	0,8846	0,1023	2,0412	-2,2267		
FEBRUARY (1)	51,1667	1	JULY (2)	15,2333	23	1	0,8462	0,1402	2,2735	-1,8905		
FEBRUARY (2)	46,3000	1	JYNUARY (2)	18,4167	22	1	0,8077	0,1780	2,9133	-1,6294		
FEBRUARY (3)	224,7833	1	APRIL (3)	28,8833	21	1	0,7692	0,2159	3,3633	-1,4137		
FEBRUARY (4)	340,6167	1	JUNE (2)	33,6000	20	1	0,7308	0,2538	3,5145	-1,2285		
MARCH (1)	348,2000	1	FEBRUARY (2)	46,3000	19	1	0,6923	0,2917	3,8351	-1,0647		
MARCH (2)	6,3000	1	FEBRUARY (1)	51,1667	18	1	0,6538	0,3303	3,9351	0,2088		
MARCH (3)	248,3833	1	APRIL (2)	95,3000	17	1	0,6154	0,3674	4,5570	-0,7810		
APRIL (1)	145,4667	1	AUGUST (2)	110,3000	16	1	0,5769	0,4053	4,7032	-0,6545		
APRIL (2)	95,3000	1	AUGUST (1)	111,6667	15	1	0,5385	0,4432	4,7155	-0,5353		
APRIL (3)	28,8833	1	APRIL (1)	145,4667	14	1	0,5000	0,4811	4,9799	-0,4216		
MAY	623,1333	1	JUNE (1)	148,7000	13	1	0,4615	0,5189	5,0019	-0,3123		
JUNE (1)	148,7000	1	JYNUARY (1)	182,9333	12	1	0,4231	0,5568	5,2091	-0,2061		
JUNE (2)	33,6000	1	FEBRUARY (3)	224,7833	11	1	0,3846	0,5947	5,4151	-0,1019		
JULY (1)	250,9167	1	MARCH (3)	248,3833	10	1	0,3462	0,6326	5,5150	0,0012		
JULY (2)	15,2333	1	JULY (1)	250,9167	9	1	0,3077	0,6705	5,5251	0,1044		
AUGUST (1)	111,6667	1	SEPTEMBER (1)	251,6833	8	1	0,2692	0,7083	5,5282	0,2088		
AUGUST (2)	110,3000	1	FEBRUARY (4)	340,6167	7	1	0,2308	0,7462	5,8308	0,3157		
AUGUST (3)	7,7000	1	MARCH (1)	348,2000	6	1	0,1923	0,7841	5,8528	0,4272		
SEPTEMBER (1)	251,6833	1	SEPTEMBER	423,6167	5	1	0,1538	0,8220	6,0488	0,5457		
SEPTEMBER	423,6167	1	DECEMBER	447,0000	4	0	0,1538	0,8598				
OCTOBER	611,3833	1	NOVEMBER	600,0000	3	0	0,1538	0,8977				
NOVEMBER	600,0000	0	OCTOBER	611,3833	2	1	0,0769	0,9356	6,4157	1,0090		
DECEMBER	447,0000	0	MAY	623,1333	1	1	0,0000	0,9735	6,4348	1,2892		
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	571,0000	0	AUGUST	287,1200	12	0	1,0000					#ΔΙΑΠ./0!
FEBRUARY	638,8300	0	DECEMBER	447,0000	11	0	1,0000					
MARCH	621,1500	0	APRIL	514,9100	10	0	1,0000					
APRIL	514,9100	0	JYNUARY	571,0000	9	0	1,0000					
MAY	684,1400	0	JULY	587,7200	8	0	1,0000					
JUNE	606,7800	0	NOVEMBER	600,0000	7	0	1,0000					
JULY	587,7200	0	JUNE	606,7800	6	0	1,0000					
AUGUST	287,1200	0	MARCH	621,1500	5	0	1,0000					
SEPTEMBER	700,7500	0	FEBRUARY	638,8300	4	0	1,0000					
OCTOBER	649,8300	0	OCTOBER	649,8300	3	0	1,0000					
NOVEMBER	600,0000	0	MAY	684,1400	2	0	1,0000					
DECEMBER	447,0000	0	SEPTEMBER	700,7500	1	0	1,0000					
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	571,0000	0	AUGUST (1)	9,5833	13	1	0,9231	0,0522	2,2600	-2,9252	0,4468	7053,1912
FEBRUARY	638,8300	0	JULY	101,8167	12	1	0,8462	0,1269	4,6232	-1,9976		
MARCH	621,1500	0	AUGUST (2)	209,6500	11	1	0,7692	0,2015	5,3454	-1,4916		
APRIL	514,9100	0	DECEMBER	447,0000	10	0	0,7692					
MAY	684,1400	0	APRIL	514,9100	9	0	0,7692					
JUNE	606,7800	0	JYNUARY	571,0000	8	0	0,7692					
JULY	101,8167	1	NOVEMBER	600,0000	7	0	0,7692					
AUGUST (1)	9,5833	1	JUNE	606,7800	6	0	0,7692					
AUGUST (2)	209,6500	1	MARCH	621,1500	5	0	0,7692					
SEPTEMBER	700,7500	0	FEBRUARY	638,8300	4	0	0,7692					
OCTOBER	649,8300	0	OCTOBER	649,8300	3	0	0,7692					
NOVEMBER	600,0000	0	MAY	684,1400	2	0	0,7692					
DECEMBER	447,0000	0	SEPTEMBER	700,7500	1	0	0,7692					

Πίνακας 3.28: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2023

KAPLAN-MEIER AND WEIBULL METHOD JANUARY-DECEMBER 2023												
BURNER												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	596,2500	0	MARCH (3)	9,1833	22	1	0,9545	0,0313	2,2174	-3,4499	0,7611	235,1265
FEBRUARY	482,3833	1	JULY (3)	12,7833	21	1	0,9091	0,0759	2,5481	-2,5392		
MARCH (1)	16,8500	1	SEPTEMBER	13,5000	20	1	0,8636	0,1205	2,6027	-2,0523		
MARCH (2)	232,2333	1	MARCH (1)	16,8500	19	1	0,8182	0,1652	2,8244	-1,7118		
MARCH (3)	9,1833	1	MAY (2)	24,0000	18	1	0,7727	0,2098	3,1781	-1,4461		
MARCH (4)	346,4000	1	MARCH (5)	29,6500	17	1	0,7273	0,2545	3,3895	-1,2254		
MARCH (5)	29,6500	1	AUGUST (1)	34,8333	16	1	0,6818	0,2991	3,5506	-1,0345		
APRIL	511,4300	1	OCTOBER (1)	53,9667	15	1	0,6364	0,3438	3,9884	-0,8646		
MAY (1)	292,4333	1	AUGUST (2)	72,0000	14	1	0,5909	0,3884	4,2767	-0,7100		
MAY (2)	24,0000	1	OCTOBER (3)	114,3333	13	1	0,5455	0,4330	4,7391	-0,5666		
JUNE	680,0500	0	OCTOBER (2)	122,4500	12	1	0,5000	0,4777	4,8077	-0,4316		
JULY (1)	414,5833	1	JULY (2)	172,6833	11	1	0,4545	0,5223	5,1515	-0,3027		
JULY (2)	172,6833	1	MARCH (2)	232,2333	10	1	0,4091	0,5670	5,4477	-0,1780		
JULY (3)	12,7833	1	DECEMBER	288,0000	9	0	0,4091	0,6116				
AUGUST (1)	34,8333	1	MAY (1)	292,4333	8	1	0,3580	0,6563	5,6782	0,0656		
AUGUST (2)	72,0000	1	MARCH (4)	346,4000	7	1	0,3068	0,7009	5,8476	0,1881		
SEPTEMBER	13,5000	1	JULY (1)	414,5833	6	1	0,2557	0,7455	6,0273	0,3138		
OCTOBER (1)	53,9667	1	FEBRUARY	482,3833	5	1	0,2045	0,7902	6,1787	0,4456		
OCTOBER (2)	122,4500	1	APRIL	511,4300	4	0	0,2045	0,8348				
OCTOBER (3)	114,3333	1	JYNUARY	596,2500	3	0	0,2045	0,8795				
NOVEMBER	672,6700	0	NOVEMBER	672,6700	2	0	0,2045	0,9241				
DECEMBER	288,0000	0	JUNE	680,0500	1	0	0,2045	0,9688				
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	173,5000	1	DECEMBER (3)	27,5500	18	1	0,9444	0,0380	3,3160	-3,2497	0,9869	338,3550
FEBRUARY	331,2333	1	DECEMBER (4)	31,3000	17	1	0,8889	0,0924	3,4436	-2,3336		
MARCH	724,0000	0	SEPTEMBER (2)	36,6000	16	1	0,8333	0,1467	3,6000	-1,8408		
APRIL (1)	49,6167	1	APRIL (1)	49,6167	15	1	0,7778	0,2011	3,9043	-1,4939		
APRIL (2)	124,2333	1	AUGUST	105,6167	14	1	0,7222	0,2554	4,6598	-1,2209		
APRIL (3)	261,4667	1	APRIL (2)	124,2333	13	1	0,6667	0,3098	4,8222	-0,9922		
MAY	155,7167	1	DECEMBER (1)	142,2833	12	1	0,6111	0,3641	4,9578	-0,7924		
JUNE	680,0500	0	MAY	155,7167	11	1	0,5556	0,4185	5,0480	-0,6123		
JULY	687,3300	0	JYNUARY	173,5000	10	1	0,5000	0,4728	5,1562	-0,4459		
AUGUST	105,6167	1	APRIL (3)	261,4667	9	1	0,4444	0,5272	5,5663	-0,2890		
SEPTEMBER (1)	484,5333	1	DECEMBER (2)	298,5500	8	1	0,3889	0,5815	5,6989	-0,1380		
SEPTEMBER (2)	36,6000	1	FEBRUARY	331,2333	7	1	0,3333	0,6359	5,8028	0,0102		
OCTOBER	668,9400	0	SEPTEMBER (1)	484,5333	6	1	0,2778	0,6902	6,1832	0,1586		
NOVEMBER	531,4833	1	NOVEMBER	531,4833	5	1	0,2222	0,7446	6,2757	0,3110		
DECEMBER (1)	142,2833	1	OCTOBER	668,9400	4	0	0,2222					
DECEMBER (2)	298,5500	1	JUNE	680,0500	3	0	0,2222					
DECEMBER (3)	37,5500	1	JULY	687,3300	2	0	0,2222					
DECEMBER (4)	31,3000	1	MARCH	724,0000	1	0	0,2222					
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	596,2500	0	DECEMBER	288,0000	12	0	1,0000					#ΔΙΑΠ./0!
FEBRUARY	615,1200	0	AUGUST	305,7200	11	0	1,0000					
MARCH	724,0000	0	APRIL	511,4300	10	0	1,0000					
APRIL	511,4300	0	JYNUARY	596,2500	9	0	1,0000					
MAY	712,0000	0	FEBRUARY	615,1200	8	0	1,0000					
JUNE	680,0500	0	SEPTEMBER	626,1000	7	0	1,0000					
JULY	687,3300	0	OCTOBER	668,9400	6	0	1,0000					
AUGUST	305,7200	0	NOVEMBER	672,6700	5	0	1,0000					
SEPTEMBER	626,1000	0	JUNE	680,0500	4	0	1,0000					
OCTOBER	668,9400	0	JULY	687,3300	3	0	1,0000					
NOVEMBER	672,6700	0	MAY	712,0000	2	0	1,0000					
DECEMBER	288,0000	0	MARCH	724,0000	1	0	1,0000					
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	596,2500	0	DECEMBER	288,0000	13	0	1,0000					
FEBRUARY	615,1200	0	AUGUST	305,7200	12	0	1,0000					
MARCH	724,0000	0	APRIL	511,4300	11	0	1,0000					
APRIL	511,4300	0	JYNUARY	596,2500	10	0	1,0000					
MAY	712,0000	0	FEBRUARY	615,1200	9	0	1,0000					
JUNE	680,0500	0	SEPTEMBER	626,1000	8	0	1,0000					
JULY	687,3300	0	OCTOBER	668,9400	7	0	1,0000					
AUGUST	305,7200	0	NOVEMBER	672,6700	6	0	1,0000					
SEPTEMBER	626,1000	0	JUNE	680,0500	4	0	1,0000					
OCTOBER	668,9400	0	JULY	687,3300	3	0	1,0000					
NOVEMBER	672,6700	0	MAY	712,0000	2	0	1,0000					
DECEMBER	288,0000	0	MARCH	724,0000	1	0	1,0000					

Πίνακας 3.29: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2024

KAPLAN-MEIER AND WEIBULL METHOD JANUARY-DECEMBER 2024												
BURNER												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	667,5000	0	JULY (2)	149,1833	13	1	0,9231	0,0522	5,0052	-2,9252	2,2952	479,1488
FEBRUARY	275,1500	1	JULY (1)	173,7667	12	1	0,8462	0,1269	5,1577	-1,9976		
MARCH	647,1300	0	FEBRUARY	275,1500	11	1	0,7692	0,2015	5,6173	-1,4916		
APRIL	652,2000	0	SEPTEMBER	276,0833	10	1	0,6923	0,2761	5,6207	-1,1297		
MAY	544,0000	0	AUGUST	417,8700	9	0	0,6923	0,3507				
JUNE	677,3700	0	DECEMBER	467,6200	8	0	0,6923	0,4254				
JULY (1)	173,7667	1	MAY	544,0000	7	0	0,6923	0,5000				
JULY (2)	149,1833	1	OCTOBER	617,8500	6	0	0,6923	0,5746				
AUGUST	417,8700	0	MARCH	647,1300	5	0	0,6923	0,6493				
SEPTEMBER	276,0833	1	APRIL	652,2000	4	0	0,6923	0,7239				
OCTOBER	617,8500	0	JYNUARY	667,5000	3	0	0,6923	0,7985				
NOVEMBER	680,2000	0	JUNE	677,3700	2	0	0,6923	0,8731				
DECEMBER	467,6200	0	NOVEMBER	680,2000	1	0	0,6923	0,9478				
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	432,8000	1	MAY (1)	5,4167	26	1	0,9615	0,0265	1,6895	-3,6166	1,087	218,0910
FEBRUARY	363,7667	1	APRIL (2)	26,6000	25	1	0,9231	0,0644	3,2809	-2,7096		
MARCH	647,1300	0	APRIL (1)	29,3167	24	1	0,8846	0,1023	3,3782	-2,2267		
APRIL (1)	29,3167	1	JULY	41,3167	23	0	0,8462	0,1402	3,7213	-1,8905		
APRIL (2)	26,6000	1	NOVEMBER (3)	57,5000	22	1	0,8077	0,1780	4,0518	-1,6294		
APRIL (3)	195,3833	1	JUNE (6)	61,6000	21	1	0,7692	0,2159	4,1207	-1,4137		
MAY (1)	5,4167	1	JUNE (4)	70,2333	20	1	0,7308	0,2538	4,2518	-1,2285		
MAY (2)	104,3833	1	JUNE (5)	93,7000	19	1	0,6923	0,2917	4,5401	-1,0647		
MAY (3)	229,4500	1	NOVEMBER (4)	103,3000	18	1	0,6538	0,3295	4,6376	-0,9168		
JUNE (1)	152,2500	1	JUNE (3)	103,3500	17	1	0,6154	0,3674	4,6381	-0,7810		
JUNE (2)	181,2667	1	MAY (2)	104,3833	16	1	0,5769	0,4053	4,6481	-0,6545		
JUNE (3)	103,3500	1	NOVEMBER (1)	125,7333	15	1	0,5385	0,4432	4,8342	-0,5353		
JUNE (4)	70,2333	1	JUNE (1)	152,2500	14	1	0,5000	0,4811	5,0255	-0,4216		
JUNE (5)	93,7000	1	OCTOBER (2)	157,1167	13	1	0,4615	0,5189	5,0570	-0,3123		
JUNE (6)	61,6000	1	JUNE (2)	181,2667	12	1	0,4231	0,5568	5,2000	-0,2061		
JULY	41,3167	1	SEPTEMBER (2)	193,5000	11	1	0,3846	0,5947	5,2653	-0,1019		
AUGUST	395,6667	1	APRIL (3)	195,3833	10	1	0,3462	0,6326	5,2750	0,0012		
SEPTEMBER (1)	244,2000	1	MAY (3)	229,4500	9	1	0,3077	0,6705	5,4357	0,1044		
SEPTEMBER (2)	193,5000	1	SEPTEMBER (1)	244,2000	8	1	0,2692	0,7083	5,4980	0,2088		
OCTOBER (1)	565,4500	1	DECEMBER	293,5667	7	1	0,2308	0,7462	5,6821	0,3157		
OCTOBER (2)	157,1167	1	NOVEMBER (2)	316,4333	6	1	0,1923	0,7841	5,7571	0,4272		
NOVEMBER (1)	125,7333	1	FEBRUARY	363,7667	5	1	0,1538	0,8220	5,8965	0,5457		
NOVEMBER (2)	316,4333	1	AUGUST	395,6670	4	1	0,1154	0,8598	5,9806	0,6755		
NOVEMBER (3)	57,5000	1	JYNUARY	432,8000	3	1	0,0769	0,8977	6,0703	0,8242		
NOVEMBER (4)	103,3000	1	OCTOBER (1)	565,4500	2	1	0,0385	0,9356	6,3376	1,0090		
DECEMBER	293,5667	1	MARCH	647,1300	1	0	0,0385	0,9735				
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	667,5000	0	AUGUST	417,8700	12	0	1,0000					#AIAIP./OI
FEBRUARY	596,8700	0	DECEMBER	467,6200	11	0	1,0000					
MARCH	647,1300	0	JULY	543,3300	10	0	1,0000					
APRIL	652,2000	0	MAY	544,0000	9	0	1,0000					
MAY	544,0000	0	FEBRUARY	596,8700	8	0	1,0000					
JUNE	677,3700	0	OCTOBER	617,8500	7	0	1,0000					
JULY	543,3300	0	MARCH	647,1300	6	0	1,0000					
AUGUST	417,8700	0	APRIL	652,2000	5	0	1,0000					
SEPTEMBER	691,1300	0	JYNUARY	667,5000	4	0	1,0000					
OCTOBER	617,8500	0	JUNE	677,3700	3	0	1,0000					
NOVEMBER	680,2000	0	NOVEMBER	680,2000	2	0	1,0000					
DECEMBER	467,6200	0	SEPTEMBER	691,1300	1	0	1,0000					
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F_i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	667,5000	0	FEBRUARY (1)	141,6500	13	1	0,9231	0,0522	4,9534	-2,9252	1,4279	1146,6627
FEBRUARY (1)	141,6500	1	SEPTEMBER	337,3167	12	1	0,8462	0,1269	5,8210	-1,9976		
FEBRUARY (2)	429,2333	1	AUGUST	417,8700	11	0	0,8462	0,2015	6,0352	-1,4916		
MARCH	647,1300	0	FEBRUARY (2)	439,2333	10	1	0,7615	0,2761	6,0850	-1,1297		
APRIL	652,2000	0	DECEMBER	467,6200	9	0	0,7615	0,3507				
MAY	544,0000	0	JULY	543,3300	8	0	0,7615	0,4254				
JUNE	677,3700	0	MAY	544,0000	7	0	0,7615	0,5000				
JULY	543,3300	0	OCTOBER	617,8500	6	0	0,7615	0,5746				
AUGUST	417,8700	0	MARCH	647,1300	5	0	0,7615	0,6493				
SEPTEMBER	337,3167	1	APRIL	652,2000	4	0	0,7615	0,7239				
OCTOBER	617,8500	0	JYNUARY	667,5000	3	0	0,7615	0,7985				
NOVEMBER	680,2000	0	JUNE	677,3700	2	0	0,7615	0,8731				
DECEMBER	467,6200	0	NOVEMBER	680,2000	1	0	0,7615	0,9478				

Πίνακας 3.30: Ανάλυση Μεθόδου Kaplan–Meier και Weibull για το έτος 2025

KAPLAN-MEIER AND WEIBULL METHOD JANUARY-DECEMBER 2025												
BURNER												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	566,0000		0 SEPTEMBER (2)	26,2333	19	1	0,9474	0,0361	3,2670	-3,3036	1,1931	366,6350
FEBRUARY	651,0700		0 OCTOBER (1)	72,1667	18	1	0,8947	0,0876	4,2790	-2,3891		
MARCH	712,0000		0 JULY (2)	73,7667	17	1	0,8421	0,1392	4,3009	-1,8980		
APRIL	229,0500		1 JUNE (1)	83,0833	16	1	0,7895	0,1907	4,4198	-1,5530		
MAY	722,5667		1 OCTOBER (4)	98,6833	15	1	0,7368	0,2423	4,5919	-1,2822		
JUNE (1)	83,0833		1 JULY (1)	122,6500	14	1	0,6842	0,2938	4,8093	-1,0559		
JUNE (2)	533,5000		1 NOVEMBER (1)	147,7500	13	1	0,6316	0,3454	4,9955	-0,8588		
JULY (1)	122,6500		1 OCTOBER (2)	216,0833	12	1	0,5789	0,3969	5,3757	-0,6818		
JULY (2)	73,7667		1 APRIL	229,0500	11	1	0,5263	0,4485	5,4339	-0,5191		
AUGUST	336,5800		0 OCTOBER (3)	293,6167	10	1	0,4737	0,5000	5,6823	-0,3665		
SEPTEMBER (1)	658,5333		1 AUGUST	336,5800	9	0	0,4737	0,5515				
SEPTEMBER (2)	26,2333		1 DECEMBER	430,7000	8	0	0,4737	0,6031				
OCTOBER (1)	72,1667		1 NOVEMBER (2)	505,8333	7	1	0,4060	0,6546	6,2262	0,0613		
OCTOBER (2)	216,0833		1 JUNE (2)	533,5000	6	1	0,3383	0,7062	6,2795	0,2028		
OCTOBER (3)	293,6167		1 JYNUARY	566,0000	5	0	0,3383	0,7577				
OCTOBER (4)	98,6833		1 FEBRUARY	651,0700	4	0	0,3383	0,8093				
NOVEMBER (1)	147,7500		1 SEPTEMBER (1)	658,5333	3	0	0,2256	0,8608	6,4900	0,6791		
NOVEMBER (2)	505,8333		1 MARCH	712,0000	2	0	0,2256	0,9124				
DECEMBER	430,7000		0 MAY	772,5667	1	1	0,0000	0,9639	6,6497	1,2006		
MECHANICAL DRIVE EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	566,0000		0 JULY (3)	67,8333	17	1	0,9412	0,0402	4,2171	-3,1927	1,8008	412,9944
FEBRUARY	651,0700		0 SEPTEMBER	136,6667	16	1	0,8824	0,0977	4,9175	-2,2749		
MARCH (1)	233,4667		1 JULY (1)	172,9667	15	1	0,8235	0,1552	5,1531	-1,7801		
MARCH (2)	421,1333		1 DECEMBER	203,3833	14	1	0,7647	0,2126	5,3151	-1,4310		
APRIL	227,4167		1 AUGUST	206,8333	13	1	0,7059	0,2701	5,3319	-1,1556		
MAY	533,7833		1 APRIL	227,4167	12	1	0,6471	0,3276	5,4268	-0,9241		
JUNE (1)	312,2667		1 MARCH (1)	233,4667	11	1	0,5882	0,3851	5,4530	-0,7211		
JUNE (2)	610,8167		1 JUNE (1)	312,2667	10	1	0,5294	0,4425	5,7439	-0,5373		
JULY (1)	172,9667		1 JULY (2)	317,5333	9	1	0,4706	0,5000	5,7606	-0,3665		
JULY (2)	317,5333		1 OCTOBER (2)	328,5500	8	1	0,4118	0,5575	5,7947	-0,2043		
JULY (3)	67,8333		1 OCTOBER (1)	395,1500	7	1	0,3529	0,6149	5,9793	-0,0467		
AUGUST	206,8333		1 MARCH (2)	421,1333	6	1	0,2941	0,6724	6,0429	0,1098		
SEPTEMBER	136,6667		1 MAY	553,7833	5	1	0,2353	0,7299	6,3168	0,2692		
OCTOBER (1)	395,1500		1 JYNUARY	566,0000	4	0	0,2353	0,7874				
OCTOBER (2)	328,5500		1 JUNE (2)	610,8167	3	1	0,1569	0,8448	6,4148	0,6223		
NOVEMBER	618,0000		0 NOVEMBER	618,0000	2	0	0,1569	0,9023				
DECEMBER	203,3833		1 FEBRUARY	651,0700	1	0	0,1569	0,9598				
ELECTRICAL AUTOMATION EQUIPMENT												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	197,2833		1 JYNUARY	197,2833	12	1	0,9167	0,0565	5,2846	-2,8455		#ΔΙΑΠ/0!
FEBRUARY	651,0700		0 AUGUST	336,5800	11	0	0,9167	0,1371				
MARCH	712,0000		0 DECEMBER	430,7000	10	0	0,9167	0,2177				
APRIL	449,6500		0 APRIL	449,6500	9	0	0,9167	0,2984				
MAY	731,4200		0 JULY	576,0000	8	0	0,9167	0,3790				
JUNE	617,0900		0 JUNE	617,0900	7	0	0,9167	0,4597				
JULY	576,0000		0 NOVEMBER	618,0000	6	0	0,9167	0,5403				
AUGUST	336,5800		0 OCTOBER	649,4200	5	0	0,9167	0,6210				
SEPTEMBER	712,4500		0 FEBRUARY	651,0700	4	0	0,9167	0,7016				
OCTOBER	649,4200		0 MARCH	712,0000	3	0	0,9167	0,7823				
NOVEMBER	618,0000		0 SEPTEMBER	712,4500	2	0	0,9167	0,8629				
DECEMBER	430,7000		0 MAY	731,4200	1	0	0,9167	0,9435				
ELECTRIC MOTOR / GEARBOX												
MONTH (damage)	Time To Failure (TTF)	EVENT (1 = damage occurred, 0 = censored - months without damage)	MONTH (ascending order) (damage)	Time (TTF, hours in ascending order)	n (at risk)	d (EVENT)	S(t) Kaplan–Meier	Fi (Cumulative probability - CDF- using the Benard formula)	ln(TTF)	ln(-ln(1-F _i))	k (shape)	λ (scale)
JYNUARY	566,0000		0 NOVEMBER	13,3167	12	1	0,9167	0,0565	2,5890	-2,8455	0,422	11951,6616
FEBRUARY	411,3667		1 AUGUST	336,5800	11	0	0,9167	0,1371	5,8188	-1,9142		
MARCH	712,0000		0 OCTOBER	341,3500	10	1	0,8250	0,2177				
APRIL	449,6500		0 FEBRUARY	411,3667	9	1	0,7333	0,2984	6,0195	-1,0374		
MAY	731,4200		0 DECEMBER	430,7000	8	0	0,7333	0,3790				
JUNE	617,0900		0 APRIL	449,6500	7	0	0,7333	0,4597				
JULY	576,0000		0 JYNUARY	566,0000	6	0	0,7333	0,5403				
AUGUST	336,5800		0 JULY	576,0000	5	0	0,7333	0,6210				
SEPTEMBER	712,4500		0 JUNE	617,0900	4	0	0,7333	0,7016				
OCTOBER	341,3500		1 MARCH	712,0000	3	0	0,7333	0,7823				
NOVEMBER	13,3167		1 SEPTEMBER	712,4500	2	0	0,7333	0,8629				
DECEMBER	430,7000		0 MAY	731,4200	1	0	0,7333	0,9435				