



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ασφαλής λειτουργία εγκαταστάσεων στον τομέα των Πάρκων
Ψυχαγωγίας & Υδάτινων Πάρκων**

Ευάγγελος Κοσμέτος

Επιβλέπων: Δημάκος Κωνσταντίνος, Καθηγητής, Τμήμα Πολ. Μηχ. ΠΑ.Δ.Α.

Β' Αξιολογητής: Τσάλης Θωμάς

Πάτρα, 2026

Δήλωση Πρωτοτυπίας

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, με τίτλο «Ασφαλής λειτουργία εγκαταστάσεων στον τομέα των Πάρκων Ψυχαγωγίας & Υδάτινων Πάρκων», αποτελεί προϊόν δικής μου εργασίας και δεν συνιστά προϊόν αντιγραφής. Στις δημοσιευμένες ή μη πηγές στις οποίες αναφέρομαι έχουν χρησιμοποιηθεί εισαγωγικά όπου απαιτείται και έχουν παρατεθεί οι πλήρεις βιβλιογραφικές αναφορές σύμφωνα με το πρότυπο APA. Η εργασία αυτή, στο σύνολό της ή σε μέρη της, δεν έχει υποβληθεί ως ερευνητικό έργο για την απόκτηση άλλου πτυχίου ή τίτλου σπουδών στο Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο ή σε άλλο εκπαιδευτικό ίδρυμα της ημεδαπής ή της αλλοδαπής.

Ευάγγελος Κοσμέτος

Πάτρα, Μάιος 2026

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας οφείλω να εκφράσω τις εγκάρδιες ευχαριστίες μου σε όλους εκείνους που, άμεσα ή έμμεσα, στήριξαν την προσπάθεια αυτή. Σημαντική ήταν και η συνεισφορά των συναδέλφων μηχανικών, επιθεωρητών, τεχνικών και κατασκευαστών με τους οποίους είχα την τύχη να εργαστώ στο πραγματικό έργο που χρησιμοποιήθηκε ως μελέτη περίπτωσης. Χωρίς τη συστηματική τριβή με τις πραγματικές απαιτήσεις της εφαρμογής, πολλές από τις διαπιστώσεις που διατυπώνονται στην εργασία θα παρέμεναν σε ένα αυστηρά θεωρητικό επίπεδο.

Τέλος, ευχαριστώ ολόψυχα την οικογένειά μου καθώς και τη μέλλουσα μου σύζυγο Δανάη για την κατανόηση και τη στήριξη που μου παρείχαν σε όλο το διάστημα των μεταπτυχιακών μου σπουδών, και ιδιαίτερα κατά την περίοδο της εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία πραγματεύεται την ασφαλή λειτουργία εγκαταστάσεων στον τομέα των πάρκων ψυχαγωγίας και των υδάτινων πάρκων, μέσα από τη συγκριτική θεώρηση τριών βασικών κανονιστικών αξόνων: του ευρωπαϊκού πλαισίου, με κύρια αναφορά στις σειρές EN 13814 και EN 1069, του αμερικανικού πλαισίου της σειράς ASTM F24, με έμφαση στα ASTM F2291, F770, F2137, F846, F2376 και F3493, και του ελληνικού νομικού πλαισίου, όπως αυτό διαμορφώνεται από την Υ.Α. 50116/2020, τις Υ.Α. 76142/2021 και 112482/2022, την Κ.Υ.Α. 65006/2022 και τις προγενέστερες ρυθμίσεις για τα υδάτινα παίγνια εντός και εκτός τουριστικών καταλυμάτων.

Στο ευρωπαϊκό πλαίσιο εξετάζεται η σειρά EN 13814, η οποία καλύπτει τις απαιτήσεις σχεδιασμού και κατασκευής, τους κανόνες λειτουργίας, συντήρησης και χρήσης, καθώς και τις διαδικασίες επιθεώρησης κατά τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία και τη χρήση. Παράλληλα, αναλύεται η σειρά EN 1069-1/-2 για τις νεροτσουλήθρες δημόσιας χρήσης, καθώς και το EN 17232 για τον εξοπλισμό υδάτινου παιχνιδιού. Στην αμερικανική πλευρά, παρουσιάζονται τα κρίσιμα πρότυπα της σειράς ASTM F24, με ιδιαίτερη έμφαση στο ASTM F2291 για τον σχεδιασμό, στο ASTM F2137 για τη μέτρηση δυναμικών χαρακτηριστικών και, ως προς τα υδάτινα πάρκα, στα ASTM F2376 και F3493, καθώς και στο ASTM F2461 για τη συντήρηση υδάτινων πάρκων.

Ένας από τους κεντρικούς άξονες της εργασίας είναι η συστηματική παρουσίαση των ορίων επιτάχυνσης που εφαρμόζονται στους χρήστες ψυχαγωγικών διατάξεων και νεροτσουληθρών. Η ανάλυση στηρίζεται στη μεθοδολογία SARC και στη χρήση φίλτρου Butterworth χαμηλής διέλευσης 5 Hz, το οποίο αποτελεί κοινή τεχνική βάση μεταξύ EN και ASTM και επιτρέπει τη συγκρισιμότητα των μετρήσεων. Σε αυτό το πλαίσιο εξετάζονται τα όρια επιτάχυνσης ανά κατεύθυνση κίνησης, η διάκριση μεταξύ παρατεταμένων επιταχύνσεων και στιγμιαίων συμβάντων, η επίδραση της διάρκειας έκθεσης, ο ρόλος του ρυθμού μεταβολής της επιτάχυνσης, καθώς και ειδικές περιπτώσεις όπως το push-pull effect, το whiplash, οι χρήστες κάτω των 48 in. και η αντιστοίχιση των επιταχύνσεων με τα απαιτούμενα συστήματα συγκράτησης.

Στο ελληνικό πεδίο, η εργασία αποτυπώνει τη μετάβαση από το παλαιότερο, περισσότερο ερμηνευτικό κανονιστικό περιβάλλον της δεκαετίας του 2010, όπως αυτό αποτυπώθηκε και στο έγγραφο Δ.Π.Π. 722/29-02-2016 της Γενικής Γραμματείας Βιομηχανίας, στο πληρέστερο σημερινό πλαίσιο που διαμορφώθηκε με την Υ.Α. 50116/2020. Το πλαίσιο αυτό εισήγαγε υποχρεωτικούς ελέγχους εγκατάστασης, αρχικής λειτουργίας και περιοδικής επανεπιθεώρησης, με καθοριστικό ρόλο για τους διαπιστευμένους από το Ε.ΣΥ.Δ. φορείς ελέγχου κατά ISO/IEC 17020. Παράλληλα, εξετάζονται οι μεταγενέστερες τροποποιήσεις και συμπληρώσεις, καθώς και η Κ.Υ.Α. 65006/2022 για τη γνωστοποίηση λειτουργίας των πάρκων ψυχαγωγίας, των τσίρκων και των παγοδρομίων.

Η μελέτη ολοκληρώνεται με τη συγκριτική θεώρηση EN–ASTM και με μελέτη περίπτωσης υδάτινου πάρκου μεγάλης κλίμακας στη Μέση Ανατολή, στην οποία ο γράφων συμμετείχε ως μηχανικός Διασφάλισης και Ελέγχου Ποιότητας (QA/QC). Η ανάλυση δείχνει ότι το ευρωπαϊκό σύστημα χαρακτηρίζεται από οριζόντια προσέγγιση κύκλου ζωής, ενώ το αμερικανικό σύστημα βασίζεται σε αρθρωτή, εξειδικευμένη και συχνά επικαιροποιημένη δομή. Η εναρμόνιση των ορίων επιτάχυνσης μεταξύ EN 13814 και ASTM F2291 αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα τεχνικά επιτεύγματα της τελευταίας δεκαετίας. Η ελληνική νομοθεσία εμφανίζει σαφή ευθυγράμμιση με τα ευρωπαϊκά πρότυπα, αλλά εξακολουθεί να απαιτεί βελτιώσεις στην ακρίβεια εφαρμογής και στην κατανομή ευθυνών μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων. Η εργασία προτείνει συγκεκριμένα μέτρα για την ενίσχυση του ρόλου των διαπιστευμένων φορέων, την ενσωμάτωση της λογικής διαχείρισης κινδύνου κατά ISO 31000 και την ένταξη των ελέγχων επιτάχυνσης στις τελικές δοκιμές αποδοχής επί τόπου, δηλαδή στα Site Acceptance Tests (SAT).

Abstract

This MSc dissertation examines the safe operation of amusement parks and water parks through a comparative analysis of three main regulatory pillars: the European framework, mainly represented by the EN 13814 and EN 1069 series; the American framework of the ASTM F24 series, with emphasis on ASTM F2291, F770, F2137, F846, F2376 and F3493; and the Greek legal framework, as shaped by Ministerial Decree 50116/2020, Ministerial Decrees 76142/2021 and 112482/2022, Joint Ministerial Decree 65006/2022 and earlier provisions concerning water games operating inside and outside tourist accommodation facilities.

Within the European framework, the dissertation examines the EN 13814 series, which covers design and manufacture requirements, operation, maintenance and use rules, and inspection procedures during design, manufacture, operation and use. In parallel, it analyses the EN 1069-1/-2 series for public-use water slides, as well as EN 17232 for water play equipment. On the American side, the key standards of the ASTM F24 series are examined, with particular emphasis on ASTM F2291 for design, ASTM F2137 for the measurement of dynamic characteristics and, in relation to water parks, ASTM F2376 and F3493, together with ASTM F2461 for water park maintenance.

A central pillar of the dissertation is the systematic presentation of acceleration limits applicable to users of amusement rides and water slides. The analysis is based on the SARC methodology and on the use of a 5 Hz Butterworth low-pass filter, which forms a common technical basis between CEN and ASTM and supports the comparability of measurements. In this context, the dissertation examines acceleration limits along the body-coordinate axes, the distinction between sustained accelerations and impact events, the effect of exposure duration, the role of jerk/onset, and specific cases such as the push-pull effect, whiplash, riders under 48 in., and the correlation between acceleration categories and the required restraint systems.

In the Greek context, the dissertation maps the transition from the older and more interpretive regulatory environment of the 2010s, as reflected in the General Secretariat for Industry document Δ.Π.Π. 722/29-02-2016, to the more comprehensive current framework established by Ministerial Decree 50116/2020. This framework introduced mandatory installation inspections, initial operation inspections and periodic re-inspections, with a key role assigned to ESYD-accredited inspection bodies operating under ISO/IEC 17020. The subsequent amendments and supplementary provisions are also examined, together with Joint Ministerial Decree 65006/2022 on the notification of operation of amusement parks, circuses and ice rinks.

The study concludes with a comparative review of EN and ASTM and with a large-scale water park case study in the Middle East, in which the author participated as a Quality Assurance / Quality Control engineer. The analysis shows that the European system is characterised by a horizontal, life-cycle-oriented approach, whereas the American system relies on a modular, specialised and frequently

updated structure. The harmonisation of acceleration limits between EN 13814 and ASTM F2291 constitutes one of the most significant technical achievements of the past decade. Greek legislation is clearly aligned with European standards, but further improvements are still required in terms of implementation precision and allocation of responsibilities among the involved parties. The dissertation proposes specific measures for strengthening the role of accredited inspection bodies, embedding ISO 31000 risk-management thinking and integrating acceleration testing into Site Acceptance Tests (SAT).

Πρόλογος

Η ενασχόλησή μου με τον τομέα της ασφάλειας εγκαταστάσεων ξεκίνησε από την τριβή με μηχανολογικές κατασκευές μεγάλης τεχνικής πολυπλοκότητας, όπως: συστήματα νεροτσουλήθρων μεγάλου ύψους, αντλιοστασιακά συγκροτήματα, μηχανισμούς κίνησης υδάτινων ψυχαγωγικών εγκαταστάσεων, καθώς και μηχανολογικές διατάξεις πάρκων αναψυχής που υπόκεινται σε υψηλά φορτία και δυναμικές καταπονήσεις με απαιτητικά συστήματα ασφαλούς συγκράτησης. Η εμπειρία μου ως μηχανικός Διασφάλισης και Ελέγχου Ποιότητας (Quality Assurance / Quality Control) σε σύνθετα έργα υδάτινων πάρκων μεγάλης κλίμακας με έφερε αντιμέτωπο με μια πραγματικότητα στην οποία η συμμόρφωση με τα πρότυπα δεν είναι αυτονόητη: είναι αποτέλεσμα μιας διαρκούς και ενίοτε επίπονης διαλεκτικής διαδικασίας μεταξύ σχεδιαστή, κατασκευαστή, φορέα λειτουργίας και ανεξάρτητου επιθεωρητή.

Η πρώτη παρατήρηση που με οδήγησε στην επιλογή του θέματος ήταν η σχετική απουσία ολοκληρωμένης ελληνόφωνης βιβλιογραφίας που να συνδυάζει τη συστηματική παρουσίαση των ευρωπαϊκών και αμερικανικών προτύπων με την πρακτική εφαρμογή τους. Η ελληνική βιβλιογραφία είτε εξαντλείται σε γενικές αναφορές νομοθεσίας είτε αρκείται σε αποσπασματικές αναλύσεις ατυχημάτων, σπάνια όμως αποτυπώνει τη γέφυρα μεταξύ του κανονιστικού πλαισίου και της πρακτικής της επιθεώρησης στο πεδίο. Η παρούσα διπλωματική εργασία γεννήθηκε ακριβώς από αυτή την ανάγκη γεφύρωσης: μεταξύ της θεωρητικής μελέτης των προτύπων και της εμπειρίας ενός πραγματικού έργου πιστοποίησης.

Ένα δεύτερο κίνητρο υπήρξε η αναγνώριση ότι το κανονιστικό πλαίσιο γύρω από τις μετρήσεις επιταχύνσεων και τα όρια g-force έχει μετασημματιστεί ριζικά τα τελευταία 25 χρόνια: από αποσπασματικές και μη εναρμονισμένες οδηγίες, σε ένα συνεκτικό σύνολο διεθνώς αναγνωρισμένων τεχνικών προτύπων. Ορόσημο αυτής της εξέλιξης αποτέλεσε η συμφωνία συνεργασίας μεταξύ EN και ASTM (2019), μέσω της οποίας η μέθοδος που παρουσιάζεται στο πρότυπο ASTM F2137 καθιερώθηκε ως κοινά αποδεκτό πρωτόκολλο μέτρησης επιταχύνσεων σε διεθνές επίπεδο.

Στην ελληνική πραγματικότητα, ωστόσο, η σχετική τεχνογνωσία παραμένει κατακερματισμένη σε ξενόγλωσσες πηγές και σπανίως ενσωματώνεται σε ελληνόγλωσσο εκπαιδευτικό ή επαγγελματικό υλικό. Η παρούσα εργασία επιχειρεί να καλύψει αυτό ακριβώς το κενό μέσω ενός εκτενούς κεφαλαίου αφιερωμένου στις μετρήσεις επιταχύνσεων βάσει των προτύπων ASTM και EN, με αξιοποίηση του πρόσφατου τεχνικού δοκιμίου του Matthias Rohde (2024) καθώς και των προτύπων ASTM F2291 και F3493. Πρόκειται για μία από τις πρωτότυπες συμβολές της εργασίας.

Η συγγραφή αυτής της εργασίας υπήρξε για μένα και αφορμή αυτοκριτικής. Διαπιστώνεις, όσο εμβαθύνεις, ότι η ασφάλεια δεν κλείνει με την έκδοση ενός πιστοποιητικού. Σε αναγκάζει να

αναρωτηθείς αν η τεκμηρίωσή σου πραγματικά στέκει, αν οι διαδικασίες σου αντέχουν σε κριτική εξέταση, αν έχεις τη διάθεση να επιμείνεις εκεί που πρέπει.

Ελπίζω η εργασία αυτή να φανεί χρήσιμη σε συναδέλφους μηχανικούς QA/QC, σε επιθεωρητές διαπιστευμένων φορέων, σε φοιτητές με παρόμοια ερευνητικά ενδιαφέροντα και σε λειτουργούς/ιδιοκτήτες εγκαταστάσεων του κλάδου. Την παραδίδω με τη φιλοδοξία να συμβάλει, έστω και λίγο, στη συζήτηση γύρω από την ασφαλή λειτουργία πάρκων ψυχαγωγίας και υδάτινων πάρκων στη χώρα μας.

Λίστα Συντομογραφιών

Συντομογραφία	Πλήρης Όρος
ASTM	American Society for Testing and Materials
CEN	European Committee for Standardization
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
DRA	Design Risk Assessment
EAS	Euro Attractions Show
EAASI	European Association of Amusement Suppliers and Industry
EN	European Norm / Ευρωπαϊκό Πρότυπο
ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.	Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας
ΕΛΟΤ	Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης
Ε.ΣΥ.Δ.	Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης
ΕΣΥΠ	Εθνικό Σύστημα Υποδομών Ποιότητας
FAI	First Article Inspection
FAT	Factory Acceptance Test
FRP	Fibre Reinforced Plastic / Πολυεστερικά Ενισχυμένα Πλαστικά
G	Earth gravitational acceleration ($1\text{ G} \approx 9,81\text{ m/s}^2$)
HSE	Health and Safety Executive (Ηνωμένο Βασίλειο)
IAAPA	International Association of Amusement Parks and Attractions
ISO	International Organization for Standardization
ITP	Inspection and Test Plan
Κ.Υ.Α.	Κοινή Υπουργική Απόφαση
NDT	Non-Destructive Testing / Μη Καταστροφικός Έλεγχος
OURA	Operation and Use Risk Assessment
QA	Quality Assurance / Διασφάλιση Ποιότητας
QC	Quality Control / Έλεγχος Ποιότητας
RCM	Reliability Centred Maintenance
SARC	Standardized Amusement Ride Characterization Test
SAT	Site Acceptance Test
TC	Technical Committee
TÜV	Technischer Überwachungsverein
QA/QC	Διασφάλισης Ποιότητας (QA) και του Ελέγχου Ποιότητας (QC)
ΦΕΚ	Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως
Υ.Α.	Υπουργική Απόφαση
§	Παράγραφος

Πίνακας Περιεχομένων

Εισαγωγή	16
1. Αντικείμενο της εργασίας	16
2. Ερευνητική αναγκαιότητα και επιστημονικό υπόβαθρο.....	17
3. Σκοπός και στόχοι της εργασίας	18
4. Θεωρητικό πλαίσιο και έννοιες κλειδιά.....	19
5. Ερευνητικά ερωτήματα.....	20
6. Μεθοδολογία της έρευνας.....	20
7. Δομή της εργασίας.....	22
8. Σύνοψη και σύνδεση κεφαλαίων	23
Κεφάλαιο 1. Το ευρωπαϊκό κανονιστικό πλαίσιο: EN 13814, EN 1069 και EN 17232.....	24
1.1 Εισαγωγή	24
1.2 Η ευρωπαϊκή κανονιστική φιλοσοφία	24
1.3 Το πρότυπο EN 13814 για τα πάρκα ψυχαγωγίας	25
1.3.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή.....	25
1.3.2 EN 13814-1 — Σχεδιασμός και κατασκευή	25
1.3.3 EN 13814-2 — Λειτουργία, συντήρηση και χρήση.....	27
1.3.4 EN 13814-3 — Επιθεώρηση	28
1.4 Το πρότυπο EN 1069 για τα υδάτινα πάρκα.....	29
1.4.1 Πεδίο εφαρμογής	29
1.4.2 Κατηγοριοποίηση νεροτσουληθρών κατά EN 1069-1 §4.....	30
1.4.3 Σχεδιαστικές απαιτήσεις του κυρίως τμήματος ολίσθησης	31
1.4.4 EN 1069-2 — Οδηγίες χρήσης, λειτουργίας και συντήρησης	33
1.5 EN 17232 — Εξοπλισμός υδάτινων παιγνίων	35
1.6 Διαχείριση κινδύνου: DRA, OURA, ISO 31000	36
1.7 Ο ρόλος της διασφάλισης και του ελέγχου ποιότητας (QA/QC).....	37
1.8 Κριτική αποτίμηση.....	38
1.9 Συμπεράσματα κεφαλαίου	40
Κεφάλαιο 2. Το αμερικανικό κανονιστικό πλαίσιο: η σειρά ASTM F24.....	41
2.1 Εισαγωγή	41
2.2 Η κανονιστική φιλοσοφία της ASTM F24	42
2.3 ASTM F2291 - Σχεδιασμός ψυχαγωγικών διατάξεων.....	43
2.3.1 Πεδίο εφαρμογής	43
2.3.2 Κατηγορίες Συστημάτων Ασφάλισης (Restraint Categories §6.4.3)	44
2.3.3 Όρια Επιτάχυνσης (§7)	46
2.3.4 Κριτήριο Κόπωσης (§8.3).....	46

2.4 ASTM F2137 — Μέτρηση δυναμικών χαρακτηριστικών	47
2.5 ASTM F770 — Ιδιοκτησία, λειτουργία, συντήρηση και επιθεώρηση	47
2.6 ASTM F846 — Δοκιμές λειτουργικής απόδοσης.....	49
2.7 ASTM F1193 — Ποιότητα, παραγωγή και κατασκευή.....	49
2.8 ASTM F2974 — Έλεγχος συμμόρφωσης.....	50
2.9 ASTM F2376 - Συστήματα νεροτσουληθρών	51
2.9.1 Πεδίο εφαρμογής και ταξινόμηση	51
2.9.2 Όρια επιτάχυνσης στα συστήματα νεροτσουληθρών (§4.4.11).....	52
2.9.3 Ακτίνα καμπυλότητας (§4.4.10)	52
2.10 ASTM F3493 — Μετρήσεις επιτάχυνσης (G-Force) σε νεροτσουλήθρες.....	53
2.11 ASTM F2461 — Εξοπλισμός υδάτινου παιχνιδιού	54
2.12 ASTM F2374 και ASTM F2065 — Απαιτήσεις για φουσκωτές ψυχαγωγικές διατάξεις και συναφείς εγκαταστάσεις	55
2.13 ASTM F3559 — Επισκόπηση σειράς F24	55
2.14 Θεσμικό πλαίσιο στις ΗΠΑ	56
2.15 Κριτική αποτίμηση.....	56
2.16 Συμπεράσματα κεφαλαίου	57
Κεφάλαιο 3. Επιταχύνσεις και όρια G-Force στις ψυχαγωγικές διατάξεις και τις νεροτσουλήθρες	59
3.1 Εισαγωγή	59
3.2 Ιστορική αναδρομή και πολιτική εναρμόνισης.....	61
3.3 Ορολογία βάσει ASTM F2291 και EN 13814.....	62
3.4 Σύστημα συντεταγμένων και τοποθέτηση αισθητήρων.....	64
3.5 Η μεθοδολογία μέτρησης SARC κατά F2137	66
3.5.1 Κατηγορίες συχνοτικής απόκρισης καναλιού.....	66
3.5.2 Προδιαγραφές αισθητήρα	66
3.5.3 Επιτόπια βαθμονόμηση.....	67
3.5.4 Βάρη προσομοίωσης για τη δοκιμή SARC.....	67
3.5.5 Επεξεργασία δεδομένων και φίλτρο Butterworth.....	67
3.5.6 Δοκιμαστικός κύκλος και έκθεση δοκιμής	68
3.6 Τα όρια επιτάχυνσης κατά ASTM F2291	68
3.6.1 Όρια παρατεταμένης επιτάχυνσης	68
3.6.2 Ταυτόχρονες επιταχύνσεις σε δύο άξονες.....	70
3.6.3 Αναστροφές επιτάχυνσης στους άξονες X και Y.....	70
3.6.4 Μεταβάσεις στον άξονα Z	71
3.6.5 Όριο κόπωσης κατασκευής: κριτήριο 35.000 ωρών λειτουργίας	72
3.7 Τα όρια επιτάχυνσης κατά EN 13814-1, Παράρτημα I	72
3.7.1 Γενικές προβλέψεις.....	72
3.7.2 Επιταχύνσεις στον άξονα X (Εικόνα I.2).....	73

3.7.3 Επιταχύνσεις στον άξονα Y (Εικόνα I.4).....	74
3.7.4 Επιταχύνσεις στον άξονα Z (Εικόνα I.5)	75
3.8 Σύγκριση ASTM F2291 και EN 13814-1: σημεία εναρμόνισης και διαφοροποίησης	76
3.9 Κατηγορίες συστημάτων ασφάλισης κατά F2291 §6.4.3	77
3.10 Όρια επιτάχυνσης σε νεροτσουλήθρες	78
3.10.1 Όρια επιτάχυνσης κατά EN 1069-1 §7.7.3 — Πίνακας 7.....	78
3.10.3 ASTM F3493 — μέτρηση επιταχύνσεων (G-Force) σε νεροτσουλήθρες	80
3.11 Συμπεράσματα κεφαλαίου	82
Κεφάλαιο 4. Συγκριτική θεώρηση EN και ASTM	83
4.1 Εισαγωγή	83
4.2 Διαφορές στη δομή των κανονιστικών συστημάτων	84
4.3 Συγκριτική θεώρηση της ρυθμιστικής φιλοσοφίας.....	85
4.4 Αντιπαραβολή τεχνικών απαιτήσεων σχεδιασμού και κατασκευής	86
4.5 Σύγκριση λειτουργίας, συντήρησης και επιθεώρησης	87
4.6 Ο ρόλος των εμπλεκόμενων φορέων	89
4.7 Διαχείριση κινδύνου και κανονιστική λογική.....	90
4.8 Επιπτώσεις στα συστήματα διασφάλισης και ελέγχου ποιότητας	91
4.9 Συνολική συγκριτική αποτίμηση	92
4.10 Συμπεράσματα κεφαλαίου	94
Κεφάλαιο 5. Το ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο: παίγνια ψυχαγωγίας και παίγνια νερού	95
5.1 Εισαγωγή	95
5.2 Η μετάβαση από το προγενέστερο πλαίσιο του 2020.....	95
5.3 Η Υπουργική Απόφαση 50116/2020 ως κομβική τομή	97
5.3.1 Άρθρο 1 - Σκοπός και πεδίο εφαρμογής	97
5.3.2 Άρθρο 2 - Ορισμοί	98
5.3.3 Άρθρο 3 - Γενικές διατάξεις.....	99
5.3.4 Άρθρο 4 - Αρχικός Τεχνικός Έλεγχος	100
5.3.5 Άρθρο 11 - Αναγνωρισμένοι φορείς ελέγχου	101
5.4 Μεταγενέστερες τροποποιήσεις: Υ.Α. 76142/2021 και 112482/2022.....	102
5.4.1 Υ.Α. 76142/2021 (ΦΕΚ Β΄ 3243/22.7.2021).....	102
5.4.2 Υ.Α. 112482/2022 (ΦΕΚ Β΄ 6004/24.11.2022).....	102
5.5 Νόμος 4796/2021	103
5.6 Κ.Υ.Α. 65006/2022 και διαδικασίες γνωστοποίησης	103
5.7 Ειδικότερη ανάλυση: παίγνια ψυχαγωγίας / λούνα παρκ	103
5.8 Ειδικότερη ανάλυση: παίγνια νερού / water parks.....	104
5.9 Αρμόδιες αρχές, αδειοδοτούσες αρχές και διοικητική εποπτεία	105
5.10 Σύγκριση με EN και ASTM.....	106
5.11 Κριτική αποτίμηση του ελληνικού πλαισίου	107

5.12 Συμπεράσματα κεφαλαίου	108
Κεφάλαιο 6. Μελέτη περίπτωσης: εμπειρία πιστοποίησης σε υδάτινο πάρκο μεγάλης κλίμακας	109
6.1 Εισαγωγή στη μελέτη περίπτωσης.....	109
6.2 Περιγραφή του έργου και τεχνικά χαρακτηριστικά.....	110
6.3 Ρόλος του ερευνητή και αντικείμενο της πιστοποίησης	111
6.4 Μεθοδολογικό πλαίσιο της μελέτης περίπτωσης.....	112
6.4.1 Έλεγχος σχεδιασμού (Design Review).....	113
6.4.2 Τεκμηρίωση παρατηρήσεων και λίστες παρατηρήσεων (punch lists).....	114
6.4.3 Ενδιάμεσες επιθεωρήσεις πεδίου	114
6.5 Τελικές επιθεωρήσεις και Site Acceptance Tests (SAT)	117
6.6 Κριτήρια αξιολόγησης κατά τις δοκιμές.....	119
6.7 Κύριες κατηγορίες ευρημάτων και μη συμμορφώσεων.....	121
6.8 Διαχείριση μη συμμορφώσεων και διορθωτικών ενεργειών	122
6.9 Ο ρόλος του μηχανικού Διασφάλισης και Ελέγχου Ποιότητας στη διασφάλιση της ασφαλούς λειτουργίας.....	123
6.10 Συσχέτιση της μελέτης περίπτωσης με τη συγκριτική ανάλυση EN–ASTM	124
6.11 Συμπεράσματα της μελέτης περίπτωσης	125
Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα και προτάσεις.....	126
7.1 Εισαγωγικές παρατηρήσεις.....	126
7.2 Συστηματικές απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα	126
7.2.1 EE1 — Δομή και φιλοσοφία ασφάλειας στα ευρωπαϊκά, αμερικανικά και διεθνή πρότυπα	127
7.2.2 EE2 — Όρια επιτάχυνσης, διεθνής εναρμόνιση και μετρητική αξιολόγηση.....	127
7.2.3 EE3 — Ενσωμάτωση του ευρωπαϊκού life-cycle safety στην ελληνική έννομη τάξη	128
7.2.4 EE4 — Ρόλος των διαπιστευμένων φορέων ISO/IEC 17020 και διασύνδεση με τα στάδια ελέγχου.....	128
7.2.5 EE5 — Πρακτική σύνδεση κανονιστικών απαιτήσεων με διαδικασίες QA/QC σε πραγματικό έργο	129
7.2.6 EE6 — Κατηγορίες μη συμμορφώσεων και διαχείρισή τους.....	129
7.2.7 EE7 — Ρεαλιστικές προτάσεις βελτίωσης για το ελληνικό περιβάλλον	130
7.3 Συμπεράσματα από την ανάλυση του ευρωπαϊκού πλαισίου	130
7.4 Συμπεράσματα από την ανάλυση του αμερικανικού πλαισίου ASTM.....	131
7.5 Συγκριτικά συμπεράσματα από την αντιπαραβολή EN και ASTM.....	132
7.6 Συμπεράσματα από την ανάλυση του ελληνικού πλαισίου	132
7.7 Συμπεράσματα από τη μελέτη περίπτωσης.....	133
7.8 Θεωρητική και πρακτική συμβολή της εργασίας	133
7.9 Περιορισμοί της έρευνας	134
7.10 Προτάσεις για τη βελτίωση της επιθεωρησιακής και κανονιστικής πρακτικής.....	134
7.11 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	135

7.12 Τελική αποτίμηση	135
Βιβλιογραφία	137
Α. Τεχνικά πρότυπα ASTM.....	137
Β. Τεχνικά πρότυπα EN / ISO	138
Γ. Τεχνικά κείμενα και Βιομηχανικά Reports.....	138
Δ. Επιστημονικά άρθρα και βιβλία	139
Ε. Ελληνική νομοθεσία και επίσημα έγγραφα.....	140
Παράρτημα Α – Ενδεικτική λίστα ελέγχου design review	142
Παράρτημα Β – Υπόδειγμα Punch List	143
Παράρτημα Γ – Δομή δοκιμών Site Acceptance Test (SAT)	144
Παράρτημα Δ – Χρονολογική εξέλιξη ελληνικού πλαισίου.....	145
Παράρτημα Ε – Ενδεικτικός πίνακας αξιολόγησης κινδύνου κατά ISO 31000	146

Εισαγωγή

1. Αντικείμενο της εργασίας

Η ασφαλής λειτουργία εγκαταστάσεων στον τομέα των πάρκων ψυχαγωγίας (amusement parks) και των υδάτινων πάρκων (water parks) αποτελεί ένα ιδιαίτερα σύνθετο πεδίο εφαρμογής της τεχνικής, της επιθεώρησης συμμόρφωσης και της διαχείρισης κινδύνου. Οι συγκεκριμένες εγκαταστάσεις χαρακτηρίζονται από υψηλή μηχανολογική και λειτουργική πολυπλοκότητα, από δυναμικές καταπονήσεις που αναπτύσσονται κατά τη χρήση, από έντονη αλληλεπίδραση ανθρώπου-εξοπλισμού και από αυξημένη ανάγκη για συστηματικό έλεγχο σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής τους. Η πολυπλοκότητα αυτή καθιστά την ασφάλεια όχι ένα απλό τεχνικό ζητούμενο σχεδιασμού, αλλά μια διαρκή διαδικασία πρόληψης, επαλήθευσης, επιτήρησης και τεκμηριωμένης συμμόρφωσης.

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η ισχύουσα τεχνική θέση των απαιτήσεων ασφαλείας έχει διαμορφωθεί από το πρότυπο EN 13814 [15], το οποίο στην αναθεωρημένη του έκδοση καλύπτει σε τρία ξεχωριστά μέρη τον σχεδιασμό και την κατασκευή (Μέρος 1), τη λειτουργία, τη συντήρηση και τη χρήση (Μέρος 2) και την επιθεώρηση κατά τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία και τη χρήση (Μέρος 3). Παράλληλα, για το πεδίο των υδάτινων πάρκων ισχύει το EN 1069-1 [13] (απαιτήσεις ασφαλείας και μέθοδοι δοκιμής) και το EN 1069-2 [14] (οδηγίες χρήσης, λειτουργίας και συντήρησης), ενώ για τα μόνιμα παιδικά πάρκα προστέθηκε το EN 17232 [19]. Στην άλλη πλευρά του Ατλαντικού, η ASTM International, μέσα από την Επιτροπή F24, διαθέτει ένα ευρύ φάσμα προτύπων: από το F2291 [9] για τον σχεδιασμό, το F770 [4] για την ιδιοκτησία/λειτουργία/συντήρηση και επιθεώρηση και το F2137 [5] για τη μέτρηση των δυναμικών χαρακτηριστικών, έως τα εξειδικευμένα F2376 [8] και F3493 [11] για τα υδάτινα πάρκα και τις δοκιμές με πραγματικούς δοκιμαστές και όργανα καταγραφής επιταχύνσεων, καθώς και το F2461 [3] για τη συντήρηση υδάτινων εγκαταστάσεων.

Η ελληνική έννομη τάξη, παρά την καθυστερημένη συστηματοποίησή της, έχει πλέον αποκτήσει ολοκληρωμένο πλαίσιο μέσω της Υπουργικής Απόφασης 50116/2020 [62], όπως τροποποιήθηκε από τις 76142/2021 [63] και 112482/2022 [64], της Κοινής Υπουργικής Απόφασης 65006/2022 [56] και του Νόμου 4796/2021 [59]. Κατά την αρχική φάση, και έως τα μέσα της δεκαετίας του 2010, το πεδίο των υδάτινων παιγνίων είχε αφεθεί σε ένα ερμηνευτικό κενό, όπως αποτυπώνει χαρακτηριστικά το έγγραφο της Γενικής Γραμματείας Βιομηχανίας Δ.Π.Π. 722/29-02-2016, στο οποίο επιβεβαιωνόταν η σημασία των ΕΛΟΤ EN 1069-1 και ΕΛΟΤ EN 1069-2 χωρίς όμως υποχρεωτική επιβολή σε εθνικό επίπεδο.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην εξέταση όλων αυτών των πλαισίων μέσα από συγκριτικό πρίσμα, με ιδιαίτερη έμφαση τόσο στις τεχνικές διατάξεις όσο και στα ποσοτικά κριτήρια ασφαλείας. Κεντρικό σημείο της ανάλυσης συνιστούν τα όρια επιτάχυνσης (g-force) για

χρήστες ψυχαγωγικών διατάξεων: ο τρόπος μέτρησης, η εναρμόνιση μεταξύ ASTM F2291 και EN 13814, το ζήτημα της διάρκειας, του ρυθμού μεταβολής της επιτάχυνσης και του τύπου του συστήματος συγκράτησης. Για το πεδίο των υδάτινων πάρκων, αναλύεται το νέο ASTM F3493, που εξειδικεύει την ASTM F2137 στις δοκιμές με πραγματικούς δοκιμαστές που φέρουν όργανα μέτρησης πάνω σε νεροτσουλήθρες.

2. Ερευνητική αναγκαιότητα και επιστημονικό υπόβαθρο

Η ερευνητική αναγκαιότητα της παρούσας εργασίας απορρέει από τέσσερις αλληλένδετους παράγοντες. Πρώτον, ο κλάδος των εγκαταστάσεων αναψυχής αναπτύσσεται διαρκώς διεθνώς. Σύμφωνα με τα στοιχεία της IAAPA (2024), στη Βόρεια Αμερική και μόνο επισκέπτονται ετησίως πάνω από 425 εκατομμύρια άτομα τα μόνιμα εγκατεστημένα πάρκα ψυχαγωγίας, ενώ διεθνώς ο αριθμός ξεπερνά το ένα δισεκατομμύριο επισκέψεων ετησίως. Αυτή η κλίμακα δημιουργεί αυξανόμενες τεχνικές απαιτήσεις σχεδιασμού, ανάγκες επιθεώρησης και πιεστικότερη ζήτηση για συστηματικές διαδικασίες συμμόρφωσης.

Δεύτερον, τα τεχνικά και κανονιστικά πρότυπα που εφαρμόζονται διεθνώς δεν συγκροτούν ένα ενιαίο, ομοιογενές πλαίσιο. Διακρίνονται δύο κυρίαρχες κανονιστικές παραδόσεις (η ευρωπαϊκή EN και η αμερικανική ASTM), καθώς και αρκετές εθνικές παραλλαγές (GB 8408 στην Κίνα, AS 3533 στην Αυστραλία, GOCT P 52170 στη Ρωσία). Η κατανόηση των ομοιοτήτων, των διαφορών και κυρίως των σημείων εναρμόνισης αποτελεί προϋπόθεση για κάθε μηχανικό QA/QC, επιθεωρητή ή φορέα λειτουργίας που δραστηριοποιείται διεθνώς.

Τρίτον, η υπάρχουσα βιβλιογραφία είτε επικεντρώνεται σε αποσπασματικά δεδομένα τραυματισμών είτε σε μεμονωμένες τεχνικές πτυχές. Σπάνια συνδέει επαρκώς το κανονιστικό επίπεδο με την πραγματική επιθεωρησιακή πρακτική στο πεδίο. Η ελληνόφωνη βιβλιογραφία είναι ακόμη πιο περιορισμένη, με αποτέλεσμα οι φοιτητές και οι νεοεισερχόμενοι μηχανικοί να έχουν σημαντική δυσκολία να ανακτήσουν συνεκτικό υλικό μελέτης.

Τέταρτον, και ίσως πιο σημαντικά για την παρούσα εργασία, το ζήτημα των επιταχύνσεων αποτελεί ένα ταχέως εξελισσόμενο τεχνικό πεδίο, στο οποίο πρόσφατα εργάστηκαν διεθνείς ομάδες ειδικών. Η συμφωνία EN/ASTM (2019, με επέκταση 2022) για την υιοθέτηση κοινής μεθοδολογίας μέτρησης και η εναρμόνιση των ορίων στο F2291 [9] και στο Παράρτημα I του EN 13814 [15] έχουν αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται και επιθεωρούνται οι ψυχαγωγικές διατάξεις. Η ολοκληρωμένη αποτύπωση των κανόνων αυτών στα ελληνικά συνιστά πρωτότυπη συμβολή.

Η συνδυαστική ανάλυση των κανονιστικών πλαισίων και της πρακτικής εφαρμογής στο πεδίο είναι συμβατή με τη λογική του ISO 31000 [21], όπως αναπτύσσεται αναλυτικότερα στο θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας και στο Κεφάλαιο 1, §1.6.

3. Σκοπός και στόχοι της εργασίας

Κεντρικός σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η συστηματική, συγκριτική και τεκμηριωμένη παρουσίαση του τρόπου με τον οποίο συγκροτείται και εφαρμόζεται η ασφάλεια στις εγκαταστάσεις πάρκων ψυχαγωγίας και υδάτινων πάρκων, τόσο σε κανονιστικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο, με ειδική βαρύτητα στα όρια επιτάχυνσης που εφαρμόζονται στους χρήστες. Πιο συγκεκριμένα, η εργασία θέτει τους ακόλουθους ειδικούς στόχους:

1. Να παρουσιάσει σε βάθος το ευρωπαϊκό κανονιστικό πλαίσιο για τα πάρκα ψυχαγωγίας (πρότυπο EN 13814 [15]) και τα υδάτινα πάρκα (πρότυπο EN 1069 [13] και EN 17232 [19]), αναδεικνύοντας τη λογική της ασφάλειας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους.
2. Να εξετάσει το αμερικανικό κανονιστικό υπόδειγμα μέσα από τη σειρά ASTM F24 [1], εστιάζοντας στα κρισιμότερα πρότυπα του πλαισίου, όπως τα ASTM F2291 [9], F770 [4], F2137 [5], F846 [2], F1193 [6], F2974 [10], F2065 [7], F2376 [8], F2461 [3] και F3493 [11], καθώς και στη φιλοσοφία της συνεχούς επικαιροποίησης των προτύπων που χαρακτηρίζει τη λειτουργία της επιτροπής ASTM F24.
3. Να αναλύσει διεξοδικά τα όρια επιτάχυνσης για ψυχαγωγικές διατάξεις και νεροτσουλήθρες, να συγκρίνει τις αντίστοιχες απαιτήσεις EN/ASTM και να συστηματοποιήσει τις παρατηρήσεις του πρόσφατου τεχνικού δοκιμίου του Matthias Rohde [33].
4. Να συγκρίνει EN, ASTM σε επίπεδο δομής, φιλοσοφίας ρύθμισης, τεχνικών απαιτήσεων, διαχείρισης κινδύνου, ρόλου των φορέων επιθεώρησης και πρακτικής εφαρμογής.
5. Να αναπτύξει αναλυτικά την ελληνική νομοθεσία τόσο για τα παιχνίδια νερού/υδάτινα πάρκα όσο και για τα παίγνια ψυχαγωγίας/λούνα παρκ, με πλήρη αναφορά στα Υ.Α. 50116/2020, 76142/2021, 112482/2022, Κ.Υ.Α. 65006/2022, Ν. 4796/2021 και στο ερμηνευτικό έγγραφο Δ.Π.Π. 722/2016.
6. Να αναδείξει, μέσα από μελέτη περίπτωσης μεγάλης κλίμακας, τον τρόπο με τον οποίο οι κανονιστικές απαιτήσεις μεταφράζονται στην πράξη σε design review, ITP, ενδιάμεσες επιθεωρήσεις, Site Acceptance Tests (SAT) και διαχείριση μη συμμορφώσεων (NCRs).
7. Να διατυπώσει στοχευμένες προτάσεις βελτίωσης για την επιθεωρησιακή και κανονιστική πρακτική στην Ελλάδα, την εκπαίδευση μηχανικών QA/QC και την ενσωμάτωση των αρχών της ISO 31000 [21].

4. Θεωρητικό πλαίσιο και έννοιες κλειδιά

Η παρούσα εργασία τοποθετείται στη διασταύρωση τριών βασικών προσεγγίσεων που είναι κρίσιμες για την κατανόηση της ασφάλειας στις ψυχαγωγικές διατάξεις και στα υδάτινα πάρκα: της διαχείρισης κινδύνου, της κανονιστικής ρύθμισης και των ανθρώπινων παραγόντων. Οι τρεις αυτές προσεγγίσεις διαμορφώνουν το θεωρητικό υπόβαθρο μέσα από το οποίο εξετάζονται οι διαφορές μεταξύ του ευρωπαϊκού και του αμερικανικού κανονιστικού πλαισίου, καθώς και η ελληνική θεσμική απόκριση.

Η διαχείριση κινδύνου, όπως αποτυπώνεται στο ISO 31000:2018 [21], αντιμετωπίζει τον κίνδυνο ως αποτέλεσμα αβεβαιότητας και προτείνει έναν συστηματικό κύκλο αναγνώρισης, ανάλυσης, αξιολόγησης, αντιμετώπισης, παρακολούθησης και επικοινωνίας. Στο πεδίο των ψυχαγωγικών διατάξεων, η προσέγγιση αυτή εκφράζεται κυρίως μέσω της εκτίμησης κινδύνου σχεδιασμού, Design Risk Assessment (DRA), και της εκτίμησης κινδύνου λειτουργίας και χρήσης, Operation and Use Risk Assessment (OURA). Η πρώτη συνδέεται με τη φάση του σχεδιασμού και την ευθύνη του κατασκευαστή, ενώ η δεύτερη με τη λειτουργική χρήση και την ευθύνη του φορέα εκμετάλλευσης. Η σειρά EN 13814 [15] ενσωματώνει ρητά αυτή τη λογική κύκλου ζωής, ενώ η σειρά ASTM F24 ακολουθεί μια λιγότερο τυποποιημένη, αλλά επίσης ουσιαστική, προσέγγιση εκτίμησης κινδύνου.

Η θεωρία της κανονιστικής ρύθμισης επιτρέπει τη διάκριση μεταξύ ρύθμισης βάσει κανόνων και ρύθμισης βάσει επίδοσης. Στην πρώτη περίπτωση, το πλαίσιο ορίζει με μεγαλύτερη σαφήνεια τις απαιτούμενες ενέργειες, ενώ στη δεύτερη εστιάζει στο επιδιωκόμενο αποτέλεσμα, αφήνοντας μεγαλύτερο περιθώριο τεχνικής κρίσης στους εμπλεκόμενους. Όπως αναδεικνύεται στη συγκριτική ανάλυση του Κεφαλαίου 4, το ευρωπαϊκό σύστημα EN εμφανίζεται περισσότερο δομημένο και καθοδηγητικό, ενώ το αμερικανικό σύστημα ASTM παρέχει μεγαλύτερη τεχνική ευελιξία και εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την πολιτειακή νομοθεσία των ΗΠΑ.

Η προσέγγιση των ανθρώπινων παραγόντων αναδεικνύει ότι η ασφάλεια δεν εξαρτάται μόνο από τη μηχανική αρτιότητα της διάταξης, αλλά και από τη συμπεριφορά των χρηστών, την επάρκεια του προσωπικού λειτουργίας, την ποιότητα της επιτήρησης και την τεχνική κρίση των επιθεωρητών. Το EN 13814-1 αναγνωρίζει ότι η συμπεριφορά των επισκεπτών αποτελεί παράγοντα κινδύνου που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, ενώ η σχετική βιβλιογραφία έχει δείξει ότι αρκετά ατυχήματα προκύπτουν από συνδυασμό τεχνικών, οργανωτικών και ανθρώπινων παραγόντων.

Προς αυτή την κατεύθυνση, ορισμένες βασικές έννοιες χρησιμοποιούνται με συγκεκριμένο περιεχόμενο. Ως «πιστοποίηση» νοείται η τεκμηριωμένη βεβαίωση συμμόρφωσης από ανεξάρτητο φορέα ελέγχου. Ως «επιθεώρηση» νοείται η συστηματική εξέταση μιας διάταξης ή εγκατάστασης σε συγκεκριμένο χρόνο, σύμφωνα με προκαθορισμένα κριτήρια και τις αρχές του ISO/IEC 17020 [20]. Ως «διασφάλιση ποιότητας» νοείται το σύνολο των διεργασιών που αποσκοπούν στην παροχή εύλογης

βεβαιότητας συμμόρφωσης, ενώ ως «έλεγχος ποιότητας» οι τεχνικές ενέργειες επαλήθευσης των απαιτήσεων. Τέλος, ως «λειτουργική ασφάλεια» νοείται η ικανότητα μιας διάταξης να λειτουργεί με αποδεκτό επίπεδο κινδύνου καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής της.

Οι έννοιες αυτές αποτελούν το ερμηνευτικό υπόβαθρο για την ανάλυση των τεχνικών, κανονιστικών και επιθεωρησιακών απαιτήσεων που αναπτύσσονται στα επόμενα κεφάλαια.

5. Ερευνητικά ερωτήματα

Η διπλωματική οργανώνεται γύρω από επτά ερευνητικά ερωτήματα, τα οποία διασταυρώνονται με τα παραπάνω αντικείμενα και στόχους:

1. Πώς δομείται η ασφάλεια στα ευρωπαϊκά, αμερικανικά και διεθνή πρότυπα του τομέα και ποιες είναι οι κρίσιμες διαφορές δομής, μεθόδου και φιλοσοφίας μεταξύ τους;
2. Με ποιο τρόπο τα όρια επιτάχυνσης για ψυχαγωγικές διατάξεις και νεροτσουλήθρες έχουν εναρμονιστεί διεθνώς, ποιες παραμένουν οι αποκλίσεις και πώς μετράται σήμερα η δυναμική συμπεριφορά μιας εγκατάστασης;
3. Πώς ενσωματώνεται η ευρωπαϊκή φιλοσοφία της ασφάλειας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των πάρκων αναψυχής και των υδάτινων πάρκων στην ελληνική έννομη τάξη και σε ποιο βαθμό η Υ.Α. 50116/2020, οι τροποποιήσεις της και η Κ.Υ.Α. 65006/2022 διασφαλίζουν στην πράξη επαρκές επίπεδο ελέγχου;
4. Ποιος είναι ο ρόλος των διαπιστευμένων από το Ε.ΣΥ.Δ. φορέων κατά ISO/IEC 17020 [20] και πώς διασυνδέεται με τα στάδια ελέγχου εγκατάστασης, αρχικής και περιοδικής λειτουργίας;
5. Ποια είναι η πρακτική σύνδεση μεταξύ των κανονιστικών απαιτήσεων και των διαδικασιών QA/QC σε επίπεδο πραγματικού έργου;
6. Ποιες είναι οι κύριες κατηγορίες μη συμμορφώσεων που εμφανίζονται κατά τις ενδιάμεσες και τελικές επιθεωρήσεις σε ένα έργο μεγάλης κλίμακας και πώς διαχειρίζονται;
7. Ποιες είναι οι ρεαλιστικές προτάσεις βελτίωσης για το ελληνικό περιβάλλον, ώστε να ενσωματωθούν με συνεκτικό τρόπο οι αρχές ISO 31000 [21] και η εναρμονισμένη μεθοδολογία SARC των επιταχύνσεων;
- 8.

6. Μεθοδολογία της έρευνας

Η παρούσα εργασία ακολουθεί συνδυαστική μεθοδολογική προσέγγιση, η οποία βασίζεται αφενός στη συγκριτική ανάλυση εγγράφων και αφετέρου στη μελέτη περίπτωσης. Η επιλογή των δύο αυτών

μεθόδων εξυπηρετεί τον διττό χαρακτήρα της έρευνας. Η συγκριτική ανάλυση εγγράφων επιτρέπει την αποτύπωση και αντιπαραβολή της θεσμικής και κανονιστικής διάστασης των βασικών πλαισίων που εξετάζονται, δηλαδή του ευρωπαϊκού, του αμερικανικού και του ελληνικού. Αντίστοιχα, η μελέτη περίπτωσης επιτρέπει τη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι κανονιστικές απαιτήσεις εφαρμόζονται στην πράξη, μέσα από την εμπειρία πραγματικού έργου πιστοποίησης σε υδάτινο πάρκο μεγάλης κλίμακας.

Η συγκριτική ανάλυση εγγράφων ακολουθεί τη μεθοδολογική προσέγγιση του Bowen [35], σύμφωνα με την οποία τα επίσημα έγγραφα μπορούν να αξιοποιηθούν ως βασικές πηγές για τη συστηματική διερεύνηση ενός φαινομένου. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας εξετάστηκαν: α) ευρωπαϊκά πρότυπα, όπως η σειρά EN 13814 [15], η σειρά EN 1069 [13] και το EN 17232 [19], β) πρότυπα της σειράς ASTM F24, όπως τα ASTM F2291 [9], F2376 [8], F2137 [5], F3493 [11], F770 [4], F846 [2], F1193 [6], F2974 [10], F2461 [3], F2374, F2065 [7] και F3559 [12], γ) ελληνικά νομοθετικά και κανονιστικά κείμενα, όπως η Υ.Α. 50116/2020, οι μεταγενέστερες τροποποιήσεις της, ο Ν. 4796/2021 και η Κ.Υ.Α. 65006/2022, καθώς και δ) δευτερογενείς πηγές, όπως τεχνικοί οδηγοί, εκθέσεις αρμόδιων οργανισμών και ακαδημαϊκή βιβλιογραφία.

Η ανάλυση επικεντρώθηκε σε συγκεκριμένες τεχνικές και θεσμικές παραμέτρους, ώστε να είναι δυνατή η συστηματική σύγκριση των πλαισίων. Ειδικότερα, εξετάστηκαν τα όρια επιτάχυνσης, οι απαιτήσεις σχεδιασμού, οι διαδικασίες επιθεώρησης, οι ρόλοι των εμπλεκόμενων φορέων, τα κριτήρια αποδοχής, οι απαιτήσεις τεχνικής τεκμηρίωσης και ο τρόπος με τον οποίο κάθε κανονιστικό σύστημα αντιλαμβάνεται τη διαχείριση κινδύνου. Έτσι, η εργασία δεν περιορίζεται σε απλή περιγραφή των προτύπων, αλλά επιχειρεί να αναδείξει τις ουσιαστικές διαφορές δομής, φιλοσοφίας και πρακτικής εφαρμογής μεταξύ των διαφορετικών πλαισίων.

Η μελέτη περίπτωσης, σύμφωνα με τη μεθοδολογική προσέγγιση του Yin [45], χρησιμοποιείται ως μέσο εμπειρικής διερεύνησης της εφαρμογής των παραπάνω απαιτήσεων σε πραγματικές συνθήκες έργου. Πρόκειται για μελέτη μοναδικής περίπτωσης, η οποία έχει εργαλειακό χαρακτήρα, καθώς δεν αποσκοπεί απλώς στην περιγραφή ενός συγκεκριμένου έργου, αλλά χρησιμοποιείται για την ανάδειξη ευρύτερων συμπερασμάτων σχετικά με τη μετάφραση των κανονιστικών απαιτήσεων σε διαδικασίες ελέγχου, τεκμηρίωσης και πιστοποίησης. Το εξεταζόμενο έργο αφορά υδάτινο πάρκο μεγάλης κλίμακας, στο οποίο η τεχνική αξιολόγηση επικεντρώθηκε κυρίως στις νεροτσουλήθρες, στις συναφείς υδάτινες διατάξεις και στις διαδικασίες ελέγχου που απαιτούνται πριν από τη διάθεσή τους προς χρήση από το κοινό.

Τα δεδομένα της μελέτης περίπτωσης αντλήθηκαν από τη συμμετοχική παρατήρηση του ερευνητή, την εξέταση τεχνικής τεκμηρίωσης, όπως σχέδια, εγχειρίδια, εκθέσεις δοκιμών και τεχνικές αναφορές, την παρακολούθηση επιτόπιων ελέγχων, τη συμμετοχή σε διαδικασίες τεκμηρίωσης ευρημάτων και τη διαμόρφωση λιστών παρατηρήσεων. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στον τρόπο με τον οποίο οι απαιτήσεις

των προτύπων μετατρέπονται σε πρακτικά εργαλεία ελέγχου, όπως Design Review, Inspection and Test Plans (ITPs), ενδιάμεσες επιθεωρήσεις, Site Acceptance Tests (SATs) Punch Lists και διαδικασίες διαχείρισης μη συμμορφώσεων.

Η αξιοπιστία της ανάλυσης ενισχύεται από τη συνδυαστική αξιοποίηση κανονιστικών κειμένων, εμπειρικών δεδομένων από τη μελέτη περίπτωσης και δευτερογενούς βιβλιογραφίας. Όταν οι διαφορετικές κατηγορίες πηγών συγκλίνουν προς το ίδιο συμπέρασμα, το συμπέρασμα αυτό θεωρείται ισχυρότερα τεκμηριωμένο. Όταν εμφανίζονται αποκλίσεις, αυτές δεν παραλείπονται, αλλά αναδεικνύονται ως αντικείμενο ανάλυσης. Παράλληλα, η αξιοπιστία της ανάλυσης ενισχύεται μέσω της αναφοράς σε συγκεκριμένες παραγράφους των προτύπων και των κανονιστικών κειμένων, ώστε να είναι δυνατή η επαλήθευση των επιμέρους τεχνικών ισχυρισμών.

Οι περιορισμοί της μεθοδολογικής επιλογής αναγνωρίζονται ρητά. Η μελέτη περίπτωσης βασίζεται σε ένα μόνο έργο, γεγονός που περιορίζει τη δυνατότητα στατιστικής γενίκευσης των ευρημάτων. Ωστόσο, η αξία της έγκειται στην αναλυτική γενίκευση, δηλαδή στη δυνατότητα εξαγωγής ευρύτερων συμπερασμάτων μέσα από τη σύνδεση των εμπειρικών δεδομένων με το θεωρητικό και κανονιστικό πλαίσιο της εργασίας. Επιπλέον, η ανάλυση της εφαρμογής των προτύπων ASTM στις επιμέρους Πολιτείες των ΗΠΑ παραμένει περιορισμένη, καθώς η εργασία εστιάζει κυρίως στα ίδια τα πρότυπα της ASTM F24 και όχι στις διαφορετικές πολιτειακές νομοθεσίες. Τέλος, η ελληνική περίπτωση εξετάζεται με βάση τα διαθέσιμα νομικά και κανονιστικά κείμενα έως τον Μάιο του 2026.

Από δεοντολογική άποψη, η μελέτη περίπτωσης ακολουθεί τις αρχές της ανωνυμοποίησης, της εμπιστευτικότητας και της επαγγελματικής υπευθυνότητας. Επομένως, δεν αναφέρονται ονομαστικά το έργο, ο πελάτης, οι προμηθευτές ή άλλα στοιχεία που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην άμεση ταυτοποίηση της εγκατάστασης. Παράλληλα, παραλείπονται τεχνικές λεπτομέρειες που θα μπορούσαν να αποκαλύψουν ευαίσθητες πληροφορίες ασφάλειας ή εμπιστευτικά δεδομένα του έργου. Όλες οι παρατηρήσεις διατυπώνονται με τρόπο συμβατό με τον ρόλο του ερευνητή ως μηχανικού Διασφάλισης και Ελέγχου Ποιότητας στο συγκεκριμένο έργο και αποσκοπούν στην επιστημονική ανάλυση της διαδικασίας ελέγχου, όχι στην αξιολόγηση ή έκθεση συγκεκριμένων εμπλεκόμενων μερών.

7. Δομή της εργασίας

Η εργασία οργανώνεται σε επτά κύρια κεφάλαια, εκτός από τα προλεγόμενα και τα παραρτήματα. Το πρώτο κεφάλαιο αναλύει το ευρωπαϊκό κανονιστικό πλαίσιο για τα πάρκα ψυχαγωγίας (EN 13814 [15]) και τα υδάτινα πάρκα (EN 1069 [13] και EN 17232 [19]). Το δεύτερο εστιάζει στο αμερικανικό πλαίσιο της σειράς ASTM F24, με ιδιαίτερη βαρύτητα στα F2291 [9], F770 [4], F2137 [5], F2376 [8] και F3493 [11]. Το τρίτο κεφάλαιο αποτελεί μία από τις βασικές τεχνικές συμβολές της εργασίας, καθώς επικεντρώνεται στις επιταχύνσεις και στα όρια g-force. Σε αυτό αναλύονται η μεθοδολογία

μέτρησης, τα όρια ανά άξονα, τα φαινόμενα whiplash, push-pull και jerk, οι συνδυασμοί των αξόνων x/y/z, οι restraint roses και οι ειδικές προβλέψεις για χρήστες κάτω των 48 in. Το τέταρτο κεφάλαιο προχωρά στη συγκριτική θεώρηση των συστημάτων EN και ASTM, αναδεικνύοντας τις βασικές διαφορές δομής, φιλοσοφίας και πρακτικής εφαρμογής. Το πέμπτο παρουσιάζει το ελληνικό νομικό πλαίσιο για τα παιχνίδια νερού και τα παίγνια ψυχαγωγίας, διακριτά αλλά σε αντιπαράβολή. Το έκτο πραγματοποιεί τη μελέτη περίπτωσης. Το έβδομο συνοψίζει τα συμπεράσματα και τις προτάσεις.

Στα παραρτήματα συμπεριλαμβάνονται: Ενδεικτική λίστα ελέγχου Design Review, Υπόδειγμα Punch List, Δομή δοκιμών Site Acceptance Test (SAT), Χρονολογική εξέλιξη ελληνικού πλαισίου, Ενδεικτικός πίνακας αξιολόγησης κινδύνου κατά ISO.

8. Σύνοψη και σύνδεση κεφαλαίων

Συνοψίζοντας, η παρούσα διπλωματική φιλοδοξεί να αποτελέσει συνεκτικό κανονιστικό και τεχνικό εγχειρίδιο αναφοράς για τον τομέα των πάρκων ψυχαγωγίας και υδάτινων πάρκων στην ελληνική και ευρωπαϊκή πραγματικότητα, με ειδική έμφαση στις επιταχύνσεις. Η συνδυαστική προσέγγιση κανονιστικής ανάλυσης, συγκριτικής μελέτης, εξειδικευμένης πραγμάτευσης των ορίων G-Force και πραγματικής μελέτης περίπτωσης διασφαλίζει ότι το τελικό κείμενο δεν αποτελεί απλώς ένα παράγωγο της βιβλιογραφίας, αλλά μια προσπάθεια συμβολής στη γέφυρα μεταξύ θεωρίας και πεδίου. Σε ένα κλάδο όπου το λάθος μπορεί να έχει ανυπολόγιστο κόστος, η συστηματοποίηση του τεχνικού και κανονιστικού περιεχομένου είναι από μόνη της μια συμβολή στην ασφάλεια.

Κεφάλαιο 1. Το ευρωπαϊκό κανονιστικό πλαίσιο: EN 13814, EN 1069 και EN 17232

1.1 Εισαγωγή

Το ευρωπαϊκό κανονιστικό πλαίσιο για την ασφάλεια στις εγκαταστάσεις αναψυχής χτίστηκε σταδιακά μέσα από παράλληλες πορείες τυποποίησης. Το πρότυπο EN 13814 [15] αναπτύχθηκε από την Τεχνική Επιτροπή CEN/TC 152 για την ασφάλεια των μηχανικών διατάξεων πάρκων ψυχαγωγίας και έχει αντικαταστήσει το παλαιότερο γερμανικό DIN 4112 "Fliegende Bauten" και την πρώτη ευρωπαϊκή έκδοσή του 2004. Στην ισχύουσα έκδοση EN 13814-1/-2/-3, καλύπτει σχεδιασμό/κατασκευή (Μέρος 1), λειτουργία/συντήρηση/χρήση (Μέρος 2) και επιθεώρηση (Μέρος 3). Παράλληλα, το πρότυπο EN 1069 [13] αναπτύχθηκε από τη CEN/TC 136 για τις νεροτσουλήθρες δημόσιας χρήσης· η ισχύουσα έκδοση είναι EN 1069-1 (Μέρος 1: απαιτήσεις ασφαλείας και μέθοδοι δοκιμής) και EN 1069-2 [14] (Μέρος 2: οδηγίες λειτουργίας και συντήρησης). Το EN 17232 [19] αναπτύχθηκε από την ίδια CEN/TC 136 και καλύπτει το συμπληρωματικό πεδίο του water play equipment δημόσιας χρήσης, ρητά εξαιρώντας τις water slides (που υπάγονται στο EN 1069).

Πέρα από τα βασικά πρότυπα που αναφέρθηκαν, η ασφάλεια των εγκαταστάσεων υποστηρίζεται από ένα ευρύτερο σύνολο συμπληρωματικών ευρωπαϊκών προτύπων. Πιο συγκεκριμένα το EN 15288-1/-2 για τις δημόσιες πισίνες, το EN 13451-1/-2/-3 για τον εξοπλισμό πισινών, το πρότυπο EN 1176 για τα παιδικά παιχνίδια ελεύθερου χώρου, και το EN 1177 για τις επιφάνειες απορρόφησης κρούσης. Από αυτή την ευρύτερη οικογένεια, η εργασία επικεντρώνεται στις άμεσα εφαρμοστέα πρότυπα (EN 13814, EN 1069, EN 17232), χρησιμοποιώντας τα υπόλοιπα ως πλαίσιο αναφοράς.

1.2 Η ευρωπαϊκή κανονιστική φιλοσοφία

Η ευρωπαϊκή τυποποίηση χαρακτηρίζεται από οριζόντια, λειτουργική και βασισμένη στις απαιτήσεις ("essential requirements approach") φιλοσοφία. Σε αντίθεση με ένα συνταγολογικό σύστημα, το ευρωπαϊκό σύστημα ορίζει τι πρέπει να επιτευχθεί (π.χ. προστασία του χρήστη), αφήνοντας στον σχεδιαστή την επιλογή των μέσων. Το EN 13814 [15] ενσωματώνει το performance-based πλαίσιο μέσω της Design Risk Assessment (DRA), στην οποία ο σχεδιαστής τεκμηριώνει την αναγνώριση κινδύνων, τα μέτρα μετριασμού και τον υπολειπόμενο κίνδυνο. Παράλληλα, στη φάση λειτουργίας, ο φορέας λειτουργίας εκπονεί τη συμμετρική Operation and Use Risk Assessment (OURA), η οποία είναι ευθυγραμμισμένη με τη φιλοσοφία ISO 31000 [21].

Η ολοκληρωμένη αντιμετώπιση κύκλου ζωής (σχεδιασμός → κατασκευή → λειτουργία → συντήρηση → επιθεώρηση → τροποποιήσεις → απόσυρση) αποτυπώνεται στη διαίρεση του EN 13814

σε τρία μέρη, καθένα απευθυνόμενο σε διαφορετική φάση και κοινό. Επιπλέον, η ευρωπαϊκή τυποποίηση δέχεται "national deviations" όπου η εθνική νομοθεσία είναι αυστηρότερη — χωρίς ποτέ να μειώνεται το βασικό επίπεδο ασφάλειας.

1.3 Το πρότυπο EN 13814 για τα πάρκα ψυχαγωγίας

1.3.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή

Η ιστορία του EN 13814 [15] ξεκινά τη δεκαετία του 1980 με την προσπάθεια μετατροπής του DIN 4112 σε ευρωπαϊκό πρότυπο. Μετά από δεκαεξαιτείς εργασίες, η πρώτη έκδοση του EN 13814 δημοσιεύθηκε το 2004 και υιοθετήθηκε από τα τότε 28 κράτη μέλη του CEN [32]. Η ταχεία ανάπτυξη της βιομηχανίας, η εμφάνιση νέων τύπων διατάξεων και η πίεση για εναρμόνιση με την ASTM οδήγησαν στην αναθεώρηση που εκκίνησε ως πρωτοβουλία EAASI/IAAPA το 2009 και ολοκληρώθηκε με την έγκριση της δεύτερης έκδοσης του EN 13814 από το CEN στις 13 Μαΐου 2018 και τη δημοσίευσή της εντός του 2019, διαρθρωμένης πλέον σε τρία μέρη: Μέρος 1 (σχεδιασμός και κατασκευή), Μέρος 2 (λειτουργία, συντήρηση και χρήση) και Μέρος 3 (επιθεώρηση). Συμπληρωματική τροποποίηση εκδόθηκε το 2024, χωρίς να μεταβάλλει τη βασική δομή του προτύπου.

1.3.2 EN 13814-1 — Σχεδιασμός και κατασκευή

Το Μέρος 1 του προτύπου απευθύνεται κυρίως στον σχεδιαστή και στον κατασκευαστή της ψυχαγωγικής διάταξης, όπως αυτοί ορίζονται στην παράγραφο 3.9. Το αντικείμενό του καλύπτει τις βασικές απαιτήσεις σχεδιασμού (§4), τα φορτία και τους σχετικούς υπολογισμούς (§4.3), τις απαιτήσεις υλικών (§4.5), τις συγκολλήσεις (§4.6), την αξιολόγηση έναντι κόπωσης (§4.7), τα συστήματα συγκράτησης των επιβατών (§5 και Παράρτημα C), τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου (§6 και Παράρτημα B), καθώς και την απαιτούμενη τεχνική τεκμηρίωση (§7).

Σημαντικό ρόλο παίζουν και τα παραρτήματα του προτύπου, τα οποία συμπληρώνουν το κύριο σώμα των απαιτήσεων. Το Παράρτημα A, το οποίο έχει κανονιστικό χαρακτήρα, αφορά τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό και τα συστήματα ελέγχου. Τα υπόλοιπα παραρτήματα έχουν πληροφοριακό χαρακτήρα και παρέχουν καθοδήγηση για κρίσιμα ζητήματα, όπως ο σχεδιασμός των συστημάτων ασφάλισης των χρηστών (Παράρτημα C), το αρχείο συντήρησης της ψυχαγωγικής διάταξης (Παράρτημα D), οι κύριοι κίνδυνοι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη (Παράρτημα E), η συμπεριφορά των χρηστών (Παράρτημα F), η περιορισμένη προσβασιμότητα (Παράρτημα G), ο φάκελος ασφαλείας (Παράρτημα H) και οι επιδράσεις των επιταχύνσεων στους χρήστες (Παράρτημα I).

Ως προς τις παραμέτρους φορτίσεων (§4.3.3), το πρότυπο καθορίζει συγκεκριμένες τιμές και παραδοχές για τον υπολογισμό των δράσεων που επηρεάζουν την κατασκευή. Για ψυχαγωγικές

διατάξεις σε λειτουργία, οι ανεμοπιέσεις βασίζονται σε βασική ταχύτητα ανέμου δεκαλέπτου ίση με $v_{b,0} = 15\text{m/s}$ και σε ριπή διάρκειας τριών δευτερολέπτων ίση με 21m/s , μετρούμενες σε ύψος **10 m**. Για προσωρινά εγκατεστημένες διατάξεις που βρίσκονται εκτός λειτουργίας και έχουν χρόνο εγκατάστασης μικρότερο των τριών μηνών, εφαρμόζεται μειωτικός συντελεστής πιθανότητας $c_{prob} = 85$.

Για τα κινούμενα φορτία, ο συντελεστής δυναμικής επίδρασης (§4.3.5.2) λαμβάνεται ίσος με $\phi_1 = 1$, εκτός εάν ο τύπος ή η μορφή της κατασκευής απαιτεί υψηλότερη τιμή. Επιπλέον, για ταχύτητες έως 3 m/s , οι δυνάμεις κίνησης και πέδησης μπορούν να υπολογίζονται με επιτάχυνση $\alpha = 0,7\text{m/s}^2$, εφόσον δεν πραγματοποιείται ακριβέστερος υπολογισμός. Για τις κοχλιωτές συνδέσεις (§4.7.4), το πρότυπο προβλέπει τη χρήση κοχλιών κατηγοριών αντοχής 4.6, 5.6, 8.8 και 10.9, σύμφωνα με τα πρότυπα EN ISO 898-1, EN ISO 4014, EN ISO 4016, EN ISO 4017, EN ISO 4018 και EN 14399.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται και στην αξιολόγηση έναντι κόπωσης (§4.7.3). Το πρότυπο απαιτεί έλεγχο κόπωσης για στοιχεία που υπόκεινται σε περισσότερους από 10.000 κύκλους φόρτισης. Κατά την αξιολόγηση λαμβάνονται υπόψη παράμετροι όπως η μηχανική αντοχή του υλικού, οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες, οι επιδράσεις μεγέθους και μορφής, η διάβρωση, η επιφανειακή επεξεργασία, η εναλλασσόμενη αντοχή, το όριο αντοχής σε κόπωση και η αντοχή υπό συνθήκες λειτουργίας. Επιπλέον, για την κρουστική αντοχή υλικών αναφέρεται ενέργεια δοκιμής Charpy V-notch $K = 27\text{ J}$ σε θερμοκρασία $T = +20\text{ }^\circ\text{C}$, με δυνατότητα προσαρμογής των απαιτήσεων ανάλογα με τη θερμοκρασία λειτουργίας και το πάχος του υλικού.

Όσον αφορά τον φάκελο ελεύθερης διέλευσης του χρήστη, η νεότερη έκδοση του προτύπου εισήγαγε διευρυμένη προσέγγιση, η οποία λαμβάνει υπόψη τόσο τη ζώνη κινδύνου τραυματισμού όσο και τον τύπο του συστήματος ασφάλισης. Οι ζώνες κινδύνου διαβαθμίζονται από περιοχές χαμηλής επικινδυνότητας έως περιοχές στις οποίες η παρουσία του χρήστη θεωρείται μη αποδεκτή. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει πιο ρεαλιστική αξιολόγηση του διαθέσιμου χώρου γύρω από τον χρήστη, λαμβάνοντας υπόψη τη θέση του σώματος, την πιθανή κίνηση κατά τη λειτουργία και το επίπεδο προστασίας που παρέχει το σύστημα συγκράτησης [32].

Τέλος, ως προς τα συστήματα συγκράτησης των επιβατών, το Μέρος 1 του προτύπου καθορίζει πέντε κατηγορίες συγκράτησης (§5 και Παράρτημα C). Η κατηγοριοποίηση αυτή παρουσιάζει αντιστοιχία με τη λογική του ASTM F2291 [9] και αποσκοπεί στη συστηματική αξιολόγηση του βαθμού περιορισμού της κίνησης του επιβάτη, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της ψυχαγωγικής διάταξης, τις αναπτυσσόμενες επιταχύνσεις και τους προβλέψιμους κινδύνους κατά τη λειτουργία. Στην πράξη, η κατηγορία συγκράτησης στην οποία εντάσσεται μια διάταξη καθορίζει το περιεχόμενο του ελέγχου σχεδιασμού και τα κριτήρια αποδοχής κατά τις τελικές δοκιμές, καθώς ο επιθεωρητής επαληθεύει ότι το επιλεγμένο σύστημα ασφάλισης αντιστοιχεί στις αναπτυσσόμενες επιταχύνσεις και

στον φάκελο ασφαλείας του χρήστη, ελέγχοντας και επιτόπου την ορθή λειτουργία του πριν από την παράδοση της διάταξης προς χρήση.

1.3.3 EN 13814-2 — Λειτουργία, συντήρηση και χρήση

Το Μέρος 2 του προτύπου απευθύνεται κυρίως στον υπεύθυνο λειτουργίας της ψυχαγωγικής διάταξης, όπως αυτός ορίζεται στην παράγραφο 3.1. Σε αντίθεση με το Μέρος 1, το οποίο εστιάζει στον σχεδιασμό και στην κατασκευή, το Μέρος 2 αφορά τη φάση της ζωής λειτουργίας της διάταξης και καθορίζει ελάχιστες απαιτήσεις για την ασφαλή λειτουργία, συντήρηση, επιθεώρηση και δοκιμή της.

Περαιτέρω, το Μέρος 2 καλύπτει, μεταξύ άλλων, τη συντήρηση της διάταξης, τις διαδικασίες λειτουργίας, την παρακολούθηση και καταγραφή της χρήσης, τις διαδικασίες έναρξης και παύσης λειτουργίας, τη διαχείριση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, τις διαδικασίες εκκένωσης, την τήρηση βιβλίων καταγραφής, τα προγράμματα συντήρησης, τα εγχειρίδια λειτουργίας και τις απαιτήσεις εκπαίδευσης του προσωπικού. Οι διαδικασίες αυτές αποσκοπούν στη διατήρηση της ασφάλειας της διάταξης καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργικής της ζωής.

Κεντρική θέση στο Μέρος 2 κατέχει η Εκτίμηση Κινδύνου Λειτουργίας και Χρήσης — Operation and Use Risk Assessment (OURA). Η εκτίμηση αυτή λειτουργεί συμπληρωματικά προς την Εκτίμηση Κινδύνου Σχεδιασμού — Design Risk Assessment (DRA) — του Μέρους 1. Κατά συνέπεια, το πρότυπο διακρίνει δύο κρίσιμες διαστάσεις της ασφάλειας: αφενός την ενσωμάτωση της ασφάλειας στον σχεδιασμό και στην κατασκευή, και αφετέρου τη διαχείριση των κινδύνων κατά τη λειτουργία, τη χρήση, την επιτήρηση και τη συντήρηση της διάταξης.

Ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται επίσης στη συμπεριφορά των επισκεπτών ως παράγοντα που επηρεάζει την ασφάλεια. Το Παράρτημα F του Μέρους 1, το οποίο έχει πληροφοριακό χαρακτήρα, καθώς και οι αντίστοιχες απαιτήσεις του Μέρους 2, αναδεικνύουν ότι η ασφάλεια δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την τεχνική αρτιότητα της διάταξης, αλλά και από τον τρόπο με τον οποίο οι επισκέπτες ενημερώνονται, καθοδηγούνται, επιτηρούνται και αλληλεπιδρούν με τον εξοπλισμό.

Υπό αυτές τις συνθήκες, ιδιαίτερη σημασία έχουν η σαφής και έγκαιρη ενημέρωση των χρηστών μέσω κατάλληλης σήμανσης, η πρόβλεψη ζητημάτων προσβασιμότητας, η πρόληψη ανθρωπίνων λαθών ή μη προβλεπόμενης συμπεριφοράς και η ενσωμάτωση των παραμέτρων αυτών στην Εκτίμηση Κινδύνου Λειτουργίας και Χρήσης. Παράλληλα, η συντήρηση πρέπει να πραγματοποιείται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή και να συνοδεύεται από συστηματική τήρηση αρχείων, ώστε να διασφαλίζεται η ιχνηλασιμότητα των επιθεωρήσεων, των τεχνικών παρεμβάσεων, των βλαβών και των διορθωτικών ενεργειών.

1.3.4 EN 13814-3 — Επιθεώρηση

Το Μέρος 3 του προτύπου αποτελεί μία από τις σημαντικότερες διαφοροποιήσεις της σειράς EN 13814:2019 [15], καθώς οργανώνει την επιθεώρηση ως αυτοτελές και διακριτό πεδίο απαιτήσεων. Το πρότυπο φέρει τον τίτλο «Απαιτήσεις επιθεώρησης κατά τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία και τη χρήση» και καθορίζει απαιτήσεις για τις αναγκαίες ανεξάρτητες επιθεωρήσεις ψυχαγωγικών διατάξεων που έχουν σχεδιαστεί, κατασκευαστεί, λειτουργούν και χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τα Μέρη 1 και 2 της σειράς EN 13814.

Το αντικείμενο του Μέρους 3 καλύπτει την επιθεώρηση σε διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής της ψυχαγωγικής διάταξης. Η επιθεώρηση δεν περιορίζεται στον τελικό έλεγχο πριν από τη θέση σε λειτουργία, αλλά συνδέεται με τον έλεγχο του σχεδιασμού, την επιθεώρηση κατά την παραγωγή ή κατασκευή, την αρχική επιθεώρηση πριν από τη χρήση, καθώς και την περιοδική επιθεώρηση κατά τη διάρκεια της λειτουργικής ζωής της διάταξης. Συνεπώς, η επιθεώρηση ενσωματώνεται σε όλη την αλυσίδα ασφάλειας: σχεδιασμό, κατασκευή, εγκατάσταση, λειτουργία, χρήση και επανέλεγχο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η σύνδεση του Μέρους 3 με τις έννοιες της ανεξαρτησίας, της αμεροληψίας και της τεχνικής επάρκειας των φορέων επιθεώρησης. Η λογική αυτή συνδέεται με το ISO/IEC 17020 [20], το οποίο καθορίζει απαιτήσεις για τη λειτουργία φορέων που πραγματοποιούν επιθεωρήσεις. Το ISO/IEC 17020 εφαρμόζεται σε φορείς επιθεώρησης τύπου Α, Β και Γ, με τη διάκριση αυτή να συνδέεται κυρίως με τον βαθμό ανεξαρτησίας τους από το αντικείμενο που επιθεωρείται.

Σε συνέχεια αυτού, η διαπίστευση ενός φορέα επιθεώρησης από αρμόδια εθνική αρχή διαπίστευσης, όπως το Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης (Ε.ΣΥ.Δ.) στην Ελλάδα, μπορεί να λειτουργήσει ως τεκμήριο τεχνικής επάρκειας, αμεροληψίας και συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις του ISO/IEC 17020. Ωστόσο, η απαίτηση διαπίστευσης πρέπει να εξετάζεται σε συνάρτηση με το εκάστοτε εθνικό κανονιστικό πλαίσιο, τις συμβατικές απαιτήσεις του έργου ή τις απαιτήσεις της αρμόδιας αρχής.

Σημαντική πτυχή του Μέρους 3 είναι και η συστηματική προσέγγιση των τεχνικών ελέγχων. Στο πλαίσιο των επιθεωρήσεων μπορούν να αξιοποιούνται, όπου απαιτείται, μη καταστροφικές μέθοδοι ελέγχου για την αξιολόγηση κρίσιμων στοιχείων, όπως συγκολλήσεις, μεταλλικά μέρη, συνδέσεις και περιοχές που υπόκεινται σε κόπωση ή αυξημένη καταπόνηση. Η χρήση τέτοιων μεθόδων ενισχύει την αξιοπιστία της επιθεώρησης, ιδίως σε διατάξεις που υφίστανται επαναλαμβανόμενα φορτία ή παρουσιάζουν υψηλή δυναμική καταπόνηση.

Επιπλέον, το Μέρος 3 αναδεικνύει τη βαρύτητα του επανελέγχου/επαναεπιθεώρησης σε περιπτώσεις τροποποιήσεων. Κάθε ουσιώδης μεταβολή στον σχεδιασμό, στη λειτουργία, στη δομή, στα συστήματα συγκράτησης, στα ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου ή σε άλλο κρίσιμο στοιχείο της ψυχαγωγικής διάταξης μπορεί να επηρεάσει το αρχικό επίπεδο ασφάλειας. Γι' αυτό, τέτοιες μετατροπές πρέπει να αξιολογούνται τεχνικά και, όπου απαιτείται, να οδηγούν σε

επικαιροποίηση της τεχνικής τεκμηρίωσης, των υπολογισμών, της εκτίμησης κινδύνου και των αποτελεσμάτων της επιθεώρησης/ελέγχου.

Το Μέρος 3 αντιμετωπίζει επίσης ξεχωριστά τις δύο ειδικές κατηγορίες διατάξεων: εκείνες που διαθέτουν τεκμηριωμένο ιστορικό ασφαλούς λειτουργίας στο πεδίο, και εκείνες που είχαν αξιολογηθεί υπό προγενέστερο κανονιστικό πλαίσιο. Στις περιπτώσεις αυτές, το ιστορικό λειτουργίας ή η προηγούμενη συμμόρφωση μπορούν να αξιοποιηθούν ως στοιχείο τεχνικής αξιολόγησης, δεν υποκαθιστούν όμως τον τεκμηριωμένο επανέλεγχο. Ο επανέλεγχος καθίσταται μάλιστα απαραίτητος όταν προστίθενται νέες απαιτήσεις, πραγματοποιούνται τροποποιήσεις στη διάταξη ή ζητείται επικαιροποίηση της αξιολόγησης της ασφάλειας υπό το ισχύον πλαίσιο.

Συνολικά, το Μέρος 3 ενισχύει σημαντικά τον ρόλο της ανεξάρτητης επιθεώρησης στο πλαίσιο του EN 13814. Η επιθεώρηση δεν αντιμετωπίζεται πλέον ως απλή τελική επιβεβαίωση, αλλά ως οργανωμένη, τεκμηριωμένη και επαναλαμβανόμενη διαδικασία αξιολόγησης, η οποία συνοδεύει την ψυχαγωγική διάταξη σε όλη τη διάρκεια της ζωής της, από τον σχεδιασμό και την κατασκευή έως τη λειτουργία, τις μετέπειτα τροποποιήσεις και τους περιοδικούς ελέγχους ασφάλειας.

1.4 Το πρότυπο EN 1069 για τα υδάτινα πάρκα

1.4.1 Πεδίο εφαρμογής

Το EN 1069-1 [13] (§1, Πεδίο εφαρμογής) εφαρμόζεται σε όλες τις νεροτσουλήθρες που εγκαθίστανται σε κολυμβητικές δεξαμενές δημόσιας χρήσης. Το πρότυπο ορίζει τη νεροτσουλήθρα ως «εξοπλισμό ή εγκατάσταση με επιφάνεια ολίσθησης, πάνω στην οποία ο χρήστης ολισθαίνει με τη βοήθεια ροής νερού» (§3.3). Στις παραγράφους 3.5 έως 3.8 ορίζονται διαδοχικά τα τέσσερα κύρια τμήματα της διαδρομής: το τμήμα εκκίνησης (§3.5), κύριο τμήμα ολίσθησης (§3.6), το τελικό τμήμα (§3.7) και η ζώνη υποδοχής (§3.8). Η ισχύουσα έκδοση του EN 1069-1 αντικατέστησε την προηγούμενη έκδοση του προτύπου και ενσωμάτωσε τεχνικές τροποποιήσεις που επηρεάζουν άμεσα τον σχεδιασμό, την κατασκευή, την εγκατάσταση και την αξιολόγηση της ασφαλούς λειτουργίας των νεροτσουληθρών. Σε πρακτικό επίπεδο, η συμμόρφωση με το EN 1069-1 αποτελεί βασικό τεχνικό σημείο αναφοράς τόσο για τους κατασκευαστές όσο και για τους φορείς λειτουργίας και επιθεώρησης. Ειδικότερα, το πρότυπο υποστηρίζει τη διαδικασία τεχνικής αποδοχής, αρχικής και περιοδικής επιθεώρησης, καθώς και την τεκμηρίωση της ασφαλούς λειτουργίας των νεροτσουληθρών σε εγκαταστάσεις δημόσιας χρήσης. Η πρακτική σημασία των απαιτήσεων αυτών αναδεικνύεται περαιτέρω στη μελέτη περίπτωσης του Κεφαλαίου 6.

1.4.2 Κατηγοριοποίηση νεροτσουλήθρων κατά EN 1069-1 §4

Σύμφωνα με την παράγραφο 4 του προτύπου, οι νεροτσουλήθρες ταξινομούνται σε δέκα βασικούς τύπους, ορισμένοι από τους οποίους περιλαμβάνουν επιμέρους υποκατηγορίες. Η ταξινόμηση βασίζεται κυρίως στη γεωμετρία της διαδρομής, στο ύψος, στη μέση κλίση, στον αριθμό των τροχιών, στον τρόπο κίνησης του χρήστη και στις αναπτυσσόμενες ταχύτητες. Ειδικότερα, το πρότυπο διακρίνει τις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Τύπος 1.1:** Ευθείες νεροτσουλήθρες για παιδιά, με ύψος $\leq 1,0$ m από το τμήμα εκκίνησης έως τη στάθμη του νερού και μέση κλίση ≤ 70 %. Σχεδιάζονται είτε για έναν χρήστη είτε σε πλατιά μορφή, με ταυτόχρονη χρήση από περισσότερους χρήστες.
- **Τύπος 1.2:** Ευθείες νεροτσουλήθρες μονής τροχιάς για παιδιά, με μέση κλίση ≤ 70 % και ύψος $1.000 \text{ mm} < h \leq 3.000 \text{ mm}$
- **Τύπος 2.1:** Καμπύλες νεροτσουλήθρες μονής τροχιάς για παιδιά, με μέση κλίση ≤ 70 % και ύψος $\leq 3.000 \text{ mm}$
- **Τύπος 2.2:** Ελικοειδείς νεροτσουλήθρες μονής τροχιάς για παιδιά, με μέση κλίση ≤ 70 %, ύψος $\leq 3.000 \text{ mm}$ και σταθερή ακτίνα καμπυλότητας.
- **Τύπος 3:** Νεροτσουλήθρες μονής τροχιάς με μέση κλίση ≤ 13 % (εκτός του τελικού τμήματος). Η μέση ταχύτητα χρηστών δεν υπερβαίνει τα 5 m/s και η μέγιστη τα 8 m/s .
- **Τύπος 4:** Νεροτσουλήθρες ταχύτητας μονής τροχιάς, με μέση κλίση μεταξύ 13 % και 20 %. Μέση ταχύτητα $\leq 10 \text{ m/s}$ και μέγιστη $\leq 14 \text{ m/s}$.
- **Τύπος 5:** Νεροτσουλήθρες υψηλής ταχύτητας μονής τροχιάς, με μέση κλίση τουλάχιστον 20 %. Η μέγιστη ταχύτητα μπορεί να υπερβαίνει τα 14 m/s .
- **Τύπος 6.1:** Νεροτσουλήθρες πολλαπλών τροχιών, με χωριστές παράλληλες διαδρομές (ευθείες ή καμπύλες), μέση κλίση ≤ 13 %, μέση ταχύτητα $\leq 5 \text{ m/s}$ και μέγιστη $\leq 8 \text{ m/s}$.
- **Τύπος 6.2:** Νεροτσουλήθρες πολλαπλών παράλληλων τροχιών, με μέση κλίση 13 – 25 %, μέση ταχύτητα $\leq 10 \text{ m/s}$ και μέγιστη $\leq 14 \text{ m/s}$.
- **Τύπος 7:** Πλατιές ευθείες νεροτσουλήθρες με μέγιστη κλίση 35 %, ύψος $\leq 8 \text{ m}$ πάνω από τη στάθμη του νερού και $\leq 7,7 \text{ m}$ πάνω από το έδαφος, και μέγιστη ταχύτητα $\leq 8 \text{ m/s}$.
- **Τύπος 8:** Νεροτσουλήθρες μονής τροχιάς με διαμήκη κατιόντα και ανιόντα τμήματα, στα οποία ο χρήστης ολισθαίνει και προς τα πάνω, ενίοτε με υποβοήθηση από πίδακα νερού ή από ειδική μηχανική διάταξη.
- **Τύπος 9:** Πλατιές ευθείες νεροτσουλήθρες μονής τροχιάς με εγκάρσια ταλάντωση.
- **Τύπος 10:** Σύνθετες νεροτσουλήθρες στις οποίες ο χρήστης εξέρχεται σε λεκάνη και κατεβαίνει μέσω σπειροειδούς διαδρομής, με ή χωρίς τμήμα ελεύθερης πτώσης.

Η παραπάνω ταξινόμηση δεν έχει μόνο περιγραφικό χαρακτήρα, αλλά αποτελεί βασικό στάδιο της τεχνικής αξιολόγησης. Ο τύπος στον οποίο εντάσσεται κάθε νεροτσουλήθρα καθορίζει τις ειδικές

απαιτήσεις που εφαρμόζονται κατά τον σχεδιασμό, την εγκατάσταση και τις δοκιμές αποδοχής. Στην πρακτική της επιθεώρησης, η ορθή κατηγοριοποίηση προηγείται της αξιολόγησης των επιμέρους απαιτήσεων, καθώς επηρεάζει άμεσα κρίσιμα κριτήρια, όπως η γεωμετρία της διαδρομής, οι επιτρεπόμενες ταχύτητες, το τελικό τμήμα, η ζώνη υποδοχής, οι αποστάσεις ασφαλείας, η στάση του χρήστη και οι απαιτούμενες δοκιμές.

Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι νεροτσουλήθρες ταχύτητας και υψηλής ταχύτητας, όπως οι Τύποι 4 και 5, στις οποίες η τεχνική αξιολόγηση δεν περιορίζεται στη γεωμετρική συμμόρφωση, αλλά επεκτείνεται στην επάρκεια του τελικού τμήματος, στη συμπεριφορά του χρήστη, στη ζώνη υποδοχής και, όπου απαιτείται, στη μέτρηση επιταχύνσεων. Αντίθετα, στις παιδικές νεροτσουλήθρες χαμηλού ύψους, όπως οι Τύποι 1.1 και 1.2, ο έλεγχος επικεντρώνεται κυρίως στη γεωμετρία, στην επιφάνεια ολίσθησης, στην προσβασιμότητα και στην απουσία αιχμηρών ακμών.

Η διαφοροποίηση αυτή αναδεικνύεται και στη μελέτη περίπτωσης του Κεφαλαίου 6, όπου οι διατάξεις υψηλότερης ταχύτητας και δυναμικής καταπόνησης υποβλήθηκαν σε αυξημένες απαιτήσεις ελέγχου και δοκιμών σε σχέση με τις απλούστερες διατάξεις χαμηλότερου κινδύνου.

1.4.3 Σχεδιαστικές απαιτήσεις του κυρίως τμήματος ολίσθησης

Στην παράγραφο 7 του EN 1069-1 [13], με τίτλο «Κυρίως τμήμα ολίσθησης», αναλύονται οι ακριβείς γεωμετρικές και υδραυλικές απαιτήσεις, καθώς και οι απαιτήσεις ως προς τα υλικά κατασκευής:

- **Παράγραφος 7.3 Επιφάνεια:** λεία, χωρίς αιχμηρά άκρα ή γωνίες και χωρίς εξογκώματα. Κατά την επιθεώρηση των τμημάτων FRP ελέγχονται η ποιότητα της επιφάνειας, η απουσία ρωγμών, εκδορών και αιχμηρών ακμών, η κατάσταση της προστατευτικής επίστρωσης (gel-coat), καθώς και η ομαλή συναρμογή των διαδοχικών τμημάτων της νεροτσουλήθρας, ώστε να μην δημιουργούνται προεξοχές, ανισοσταθμίες ή ακμές αντίθετες προς τη φορά κίνησης του χρήστη κατά τη μετάβαση από το ένα τμήμα στο επόμενο.
- **Παράγραφος 7.7 Σχήμα και ταχύτητα:** ακτίνες καμπυλότητας και μέγιστες επιτρεπόμενες ταχύτητες ανά τύπο νεροτσουλήθρας.
 - Η § 7.7.2 εξετάζει την τροχιά ολίσθησης του χρήστη, με σκοπό την αποτροπή ανεπιθύμητων δυναμικών φαινομένων, όπως η περιστροφή, η ανατροπή, η πρόσκρουση στα πλευρικά τοιχώματα της νεροτσουλήθρας, η εκτεταμένη πλευρική ταλάντωση, η απώλεια ευστάθειας και η πιθανή εκτίναξη του χρήστη εκτός της διαδρομής.
 - § 7.7.3 Μέγιστη επιτάχυνση σε ολισθαίνοντα χρήστη (Πίνακας 7 του προτύπου EN 1069-1): επιτρέπεται έως 4 g για διάρκεια < 0,1 s και έως 2,6 g για διάρκεια ≥ 0,1 s. Η μέγιστη επιτάχυνση υπολογίζεται ως το διανυσματικό άθροισμα της κεντρομόλου επιτάχυνσης και της επιτάχυνσης της βαρύτητας. Τα όρια αυτά δεν αξιολογούνται μόνο

σε επίπεδο υπολογιστικού σχεδιασμού, αλλά επαληθεύονται και κατά τις τελικές δοκιμές αποδοχής, με χρήση κατάλληλα τοποθετημένου εξοπλισμού καταγραφής επιταχύνσεων σε δοκιμαστές. Τα διαγράμματα που προκύπτουν από τις μετρήσεις συγκρίνονται με τις οριακές τιμές του εφαρμοζόμενου προτύπου, ώστε να τεκμηριωθεί η αποδεκτή δυναμική συμπεριφορά της νεροτσουλήθρας. Όπως προέκυψε από τη μελέτη περίπτωσης, αυξημένες τιμές επιτάχυνσης ενδέχεται να εμφανιστούν σε ζώνες μετάβασης της διαδρομής και μπορούν να αντιμετωπιστούν με στοχευμένες ρυθμίσεις, όπως η προσαρμογή της παροχής νερού, πριν από την επανάληψη των μετρήσεων.

- **Η παράγραφος 7.8 αφορά τους σωλήνες και τα καλυμμένα τμήματα της νεροτσουλήθρας.** Όταν η διαδρομή περιλαμβάνει χαρακτηριστικά που ενδέχεται να προκαλέσουν αποπροσανατολισμό, αιφνιδιασμό ή άγχος στον χρήστη, όπως πλήρως σκοτεινά τμήματα, ειδικά οπτικά ή ηχητικά εφέ ή συστήματα ψεκασμού νερού εντός της διαδρομής, ο χρήστης πρέπει να ενημερώνεται πριν από την είσοδό του στη νεροτσουλήθρα, σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παράγραφο 5.2 του EN 1069-2 [14].
- **Παράγραφος 7.9 Τελικό τμήμα:** σχεδιάζεται έτσι ώστε να προετοιμάζει τον χρήστη για ασφαλή υποδοχή στο τέλος της διαδρομής, μέσω σταδιακής μείωσης της ταχύτητάς του.
 - Η §7.9.2.2.1 προβλέπει ότι το τελικό τμήμα επιβράδυνσης μπορεί να εφαρμόζεται σε όλους τους τύπους νεροτσουληθρών, εκτός από τις τσουλήθρες Τύπου 10 με ελεύθερη πτώση στο νερό μετά την έξοδο από την κυκλική χοάνη (λεκάνη τύπου bowl). Το τελικό τμήμα επιβράδυνσης είναι υποχρεωτικό όταν η ταχύτητα του χρήστη στο σημείο κατάληξης υπερβαίνει τα 10 m/s. Κατά την επιθεώρηση, η ύπαρξη και η επάρκεια του τμήματος αυτού αξιολογούνται με τη βοήθεια δοκιμών, σε συνάρτηση με τη μετρούμενη ταχύτητα εξόδου του χρήστη, ώστε να τεκμηριωθεί εάν η συγκεκριμένη διάταξη εμπίπτει στην απαίτηση πρόβλεψης ειδικού τμήματος επιβράδυνσης.
 - Σύμφωνα με την § 7.9.2.2.2, το τελικό τμήμα επιβράδυνσης με πλευρική έξοδο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική λύση έναντι της διάταξης ασφαλούς επιβράδυνσης. Ο σχεδιασμός του πρέπει να εξασφαλίζει την ασφαλή επιβράδυνση και ακινητοποίηση του χρήστη, καθώς και τη γρήγορη απομάκρυνσή του από τη ζώνη υποδοχής, ώστε να περιορίζεται ο κίνδυνος παρεμβολής με επόμενους χρήστες.
- **Στην παράγραφο 8.1 του EN 1069-1 παρουσιάζονται οι ειδικές απαιτήσεις για το κύριο τμήμα ολίσθησης της νεροτσουλήθρας ανά τύπο.** Οι επιμέρους παράγραφοι §8.1.1 έως §8.1.10 αντιστοιχούν στους Τύπους 1 έως 10 και εξειδικεύουν τις απαιτήσεις σχεδιασμού ανάλογα με τη γεωμετρία, το ύψος, την κλίση, την ταχύτητα, τη μορφή της διαδρομής, τον αριθμό των παράλληλων διαδρομών και τη χρήση βοηθητικών μέσων ολίσθησης. Η διάκριση αυτή είναι κρίσιμη, διότι κάθε τύπος νεροτσουλήθρας παρουσιάζει διαφορετικό επίπεδο κινδύνου και συνεπώς απαιτεί διαφορετική τεχνική αξιολόγηση ως προς τις διαστάσεις, τις ελεύθερες ζώνες, την επιφάνεια ολίσθησης, τις επιταχύνσεις και την ασφαλή κατάληξη του χρήστη.

- Στην παράγραφο 8.2 του EN 1069-1 καθορίζονται οι απαιτήσεις για τη ζώνη υποδοχής και την πισίνα υποδοχής της νεροτσουλήθρας. Στην §8.2.2 αφορά τις γενικές και ειδικές απαιτήσεις των πισινών υποδοχής, όπως οι διαστάσεις, το βάθος, η αποφυγή πρόσκρουσης σε τοιχώματα ή στον πυθμένα, η οριοθέτηση των διαδρομών και η ασφαλής αποχώρηση του χρήστη. Στην §8.2.3 εξειδικεύει τις απαιτήσεις ασφαλούς τερματισμού της διαδρομής, λαμβάνοντας υπόψη την ταχύτητα εξόδου, τη στάση σώματος, τον τύπο της νεροτσουλήθρας και τη γεωμετρία της πισίνας. Οι απαιτήσεις αυτές είναι κρίσιμες, διότι το τελικό στάδιο της διαδρομής αποτελεί σημείο αυξημένου κινδύνου, ιδίως σε νεροτσουλήθρες υψηλής ταχύτητας ή σύνθετης γεωμετρίας. Στο πλαίσιο του ελέγχου σχεδιασμού, οι απαιτήσεις αυτές επαληθεύονται με αντιπαραβολή του βάθους και των διαστάσεων της πισίνας υποδοχής σε σχέση με τον τύπο της νεροτσουλήθρας και την προβλεπόμενη ταχύτητα εξόδου. Κατά την επιτόπια επιθεώρηση, ελέγχεται η αντιστοιχία της κατασκευής προς τα εγκεκριμένα σχέδια.
- Στην παράγραφο 8.3 του EN 1069-1 καθορίζονται οι απαιτήσεις για τις ελεύθερες ζώνες ασφαλείας της νεροτσουλήθρας. Οι ζώνες αυτές διασφαλίζουν ότι ο χρήστης, κατά την ολίσθηση, δεν έρχεται σε επαφή με σταθερά στοιχεία, στηρίξεις, τοιχώματα ή άλλα εμπόδια. Η αξιολόγησή τους λαμβάνει υπόψη τον τύπο της νεροτσουλήθρας, τη γεωμετρία της διαδρομής, την ταχύτητα, τη στάση σώματος και τη χρήση βοηθητικών μέσων ολίσθησης. Η ορθή πρόβλεψη των ελεύθερων ζωνών ασφαλείας είναι κρίσιμη για την αποφυγή προσκρούσεων, παγιδεύσεων και τραυματισμών.

1.4.4 EN 1069-2 — Οδηγίες χρήσης, λειτουργίας και συντήρησης

Σύμφωνα με το πεδίο εφαρμογής του Μέρους 2, όπως αυτό ορίζεται στην παράγραφο 1, το EN 1069-2 [14] καθορίζει τις απαιτήσεις που αφορούν τις οδηγίες χρήσης, την ασφαλή λειτουργία, τη συντήρηση και τη συνοδευτική τεχνική τεκμηρίωση που απαιτείται πριν από τη θέση της νεροτσουλήθρας σε λειτουργία. Το πρότυπο λειτουργεί συμπληρωματικά προς το EN 1069-1 [13], καθώς δεν εστιάζει κυρίως στον σχεδιασμό και στις μεθόδους δοκιμής, αλλά στη διασφάλιση της ασφαλούς λειτουργίας της εγκατάστασης μετά την κατασκευή και πριν ή κατά τη χρήση της από το κοινό. Οι κύριες παράγραφοι του προτύπου μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Σύμφωνα με την παράγραφο 3.1, ως υπεύθυνος λειτουργίας νοείται η εταιρεία, ο οργανισμός, η αρμόδια αρχή ή το φυσικό πρόσωπο που έχει τον συνολικό έλεγχο της εγκατάστασης της νεροτσουλήθρας και φέρει την ευθύνη για την ασφαλή λειτουργία της.
- Η παράγραφος 4.2 προβλέπει την εκπόνηση εκτίμησης κινδύνου λειτουργίας από τον υπεύθυνο λειτουργίας της εγκατάστασης. Η εκτίμηση αυτή πρέπει να βασίζεται στα αποτελέσματα της Εκτίμησης Κινδύνου Σχεδιασμού — Design Risk Assessment (DRA) — και να εναρμονίζεται με τις απαιτήσεις του EN 15288-2, ώστε οι κίνδυνοι που έχουν αναγνωριστεί κατά τον σχεδιασμό να λαμβάνονται υπόψη και στη φάση της λειτουργίας της νεροτσουλήθρας.

- **Στην παράγραφο 5.1 καθορίζονται οι απαιτήσεις για την παροχή πληροφοριών και οδηγιών προς τους χρήστες της νεροτσουλήθρας.** Η ενότητα αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς η ασφαλής χρήση της εγκατάστασης δεν εξαρτάται μόνο από τον τεχνικό σχεδιασμό, αλλά και από την επαρκή ενημέρωση των χρηστών σχετικά με τον επιτρεπόμενο τρόπο χρήσης, τους περιορισμούς συμμετοχής, τις απαγορεύσεις, τη σωστή στάση σώματος και τις οδηγίες αποχώρησης από τη ζώνη υποδοχής.
- **Στην παράγραφο 5.1.2 καθορίζονται οι απαιτήσεις που αφορούν τον σχεδιασμό, την επιλογή και τη χρήση της σήμανσης.** Η σήμανση αποτελεί βασικό μέσο πρόληψης κινδύνων, καθώς παρέχει στους χρήστες τις απαραίτητες πληροφορίες πριν από τη χρήση της νεροτσουλήθρας. Συνεπώς, πρέπει να είναι κατανοητή, ευδιάκριτη, κατάλληλα χωροθετημένη και προσαρμοσμένη στον τύπο της νεροτσουλήθρας, ώστε να υποστηρίζει την ασφαλή συμπεριφορά των χρηστών και τη συμμόρφωσή τους με τις οδηγίες λειτουργίας.
- **Η παράγραφος 5.1.3 εξειδικεύει τις απαιτήσεις για τη σήμανση στην είσοδο της νεροτσουλήθρας.** Η σήμανση στο σημείο αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς αποτελεί το τελευταίο στάδιο ενημέρωσης του χρήστη πριν από τη χρήση της εγκατάστασης. Μέσω αυτής πρέπει να παρέχονται με σαφή και άμεσο τρόπο οι βασικές οδηγίες ασφαλούς χρήσης, οι περιορισμοί συμμετοχής, η επιτρεπόμενη στάση σώματος, οι απαγορεύσεις και κάθε άλλη κρίσιμη πληροφορία που απαιτείται για την ασφαλή έναρξη της ολίσθησης.
- **Στην παράγραφο 5.1.4 καθορίζονται οι απαιτήσεις για την παροχή πρόσθετων πληροφοριών προς τους χρήστες.** Οι πληροφορίες αυτές συμπληρώνουν τη βασική σήμανση και χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται περαιτέρω διευκρίνιση σχετικά με τον τρόπο χρήσης της νεροτσουλήθρας, τους περιορισμούς συμμετοχής, τις ειδικές οδηγίες ασφαλείας, τα χαρακτηριστικά της διαδρομής ή τυχόν ιδιαίτερες συνθήκες που πρέπει να γνωρίζει ο χρήστης πριν από την ολίσθηση.
- **Στις παραγράφους 6 και 7 καθορίζονται οι απαιτήσεις επιθεώρησης της νεροτσουλήθρας.** Ειδικότερα, γίνεται διάκριση μεταξύ των επιθεωρήσεων που διενεργούνται από τον υπεύθυνο λειτουργίας και της ανεξάρτητης περιοδικής επιθεώρησης που πραγματοποιείται από αρμόδιο εξωτερικό φορέα ή εμπειρογνώμονα. Οι επιθεωρήσεις του υπεύθυνου λειτουργίας έχουν χαρακτήρα τακτικής παρακολούθησης και αποσκοπούν στον έγκαιρο εντοπισμό φθορών, βλαβών, αποκλίσεων ή λειτουργικών προβλημάτων. Αντίθετα, η ανεξάρτητη περιοδική επιθεώρηση αποτελεί πιο ολοκληρωμένη τεχνική αξιολόγηση της εγκατάστασης και συμβάλλει στην επιβεβαίωση της ασφαλούς κατάστασης της νεροτσουλήθρας κατά τη διάρκεια της λειτουργικής της ζωής.

Τέλος, **στην παράγραφο 4.2 επισημαίνεται επίσης η ανάγκη αξιολόγησης του κινδύνου σύγκρουσης ή παρεμβολής μεταξύ χρηστών.** Η παράμετρος αυτή πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον καθορισμό των χρονικών διαστημάτων μεταξύ διαδοχικών εκκινήσεων, ώστε να διασφαλίζεται ότι οι χρήστες διατηρούν επαρκή απόσταση μεταξύ τους καθ' όλη τη διάρκεια της διαδρομής και ότι μειώνεται ο κίνδυνος επαφής, σύγκρουσης ή αλληλεπίδρασης στην περιοχή υποδοχής.

1.5 EN 17232 — Εξοπλισμός υδάτινων παιχνιδιών

Σύμφωνα με την παράγραφο 1, η οποία καθορίζει το πεδίο εφαρμογής του προτύπου, το EN 17232 [19] εφαρμόζεται σε εξοπλισμό, επιμέρους στοιχεία και κατασκευές υδάτινου παιχνιδιού που προορίζονται για χρήση σε χώρους δημόσιων υδάτινων δραστηριοτήτων, κατά κανόνα εντός εγκαταστάσεων πισίνας. Κοινό χαρακτηριστικό των εγκαταστάσεων αυτών είναι ότι το νερό αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της προβλεπόμενης χρήσης του εξοπλισμού. Το πρότυπο καλύπτει επίσης εγκαταστάσεις υδάτινου ψεκασμού και διαδραστικού παιχνιδιού, όπως τα spray parks. Παράλληλα, το πρότυπο ορίζει ρητές εξαιρέσεις από το πεδίο εφαρμογής του, προκειμένου να διαχωριστεί ο εξοπλισμός υδάτινου παιχνιδιού από άλλες κατηγορίες εγκαταστάσεων που καλύπτονται από διαφορετικά πρότυπα ή κανονιστικά πλαίσια. Ειδικότερα, εξαιρούνται:

- **Τα πλωτά είδη αναψυχής**, όπως φουσκωτά ή πλωτά βοηθήματα και λοιπός εξοπλισμός αναψυχής που προορίζεται για χρήση στο νερό, τα οποία εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της σειράς προτύπων EN ISO 25649.
- **Οι τεχνητοί τοίχοι αναρρίχησης**, συμπεριλαμβανομένων των αντίστοιχων κατασκευών και συστημάτων αναρριχητικής δραστηριότητας, οι οποίοι εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της σειράς προτύπων EN 12572.
- **Τα παιχνίδια**, δηλαδή προϊόντα που προορίζονται κυρίως για χρήση από παιδιά στο πλαίσιο παιχνιδιού και τα οποία εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της σειράς προτύπων EN 71.
- **Οι νεροτσουλήθρες**, δηλαδή εγκαταστάσεις με επιφάνεια ολίσθησης στις οποίες ο χρήστης ολισθαίνει με τη χρήση νερού ως μέσου μείωσης της τριβής, οι οποίες εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της σειράς προτύπων EN 1069 [13] , όπως αναλύθηκε στην ενότητα 1.4 της παρούσας εργασίας.
- **Οι τοίχοι αναρρίχησης ή bouldering που είναι εγκατεστημένοι στον περιβάλλοντα χώρο πισίνας**. Οι εγκαταστάσεις αυτές δεν εμπίπτουν στο EN 17232, καθώς καλύπτονται από το ειδικότερο πρότυπο EN 17164.
- **Ο υδάτινος εξοπλισμός ή τα υδάτινα στοιχεία που δεν έχουν ως κύριο σκοπό το παιχνίδι ή τη διαδραστική χρήση από το κοινό**. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται, ενδεικτικά, διακοσμητικές πηγές, σιντριβάνια και λοιπές υδάτινες κατασκευές αισθητικού ή αρχιτεκτονικού χαρακτήρα, οι οποίες δεν εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του EN 17232.
- **Ο εξοπλισμός υδάτινου παιχνιδιού σε πισίνες οικιακής χρήσης**, καθώς το EN 17232 αφορά εγκαταστάσεις δημόσιας χρήσης και όχι ιδιωτικές οικιακές πισίνες.
- **Ο εξοπλισμός παιδικής χαράς**, δηλαδή ο εξοπλισμός που προορίζεται για παιχνίδι σε παιδικές χαρές και συναφείς χώρους αναψυχής. Ο εξοπλισμός αυτός δεν εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής του EN 17232, καθώς καλύπτεται από τη σειρά προτύπων EN 1176.

Συνοψίζοντας, το EN 17232 δεν πρέπει να θεωρείται πρότυπο που αντικαθιστά τα ειδικότερα πρότυπα για τις νεροτσουλήθρες ή τον εξοπλισμό παιδικής χαράς. Αντιθέτως, λειτουργεί

συμπληρωματικά προς τη σειρά EN 1069, η οποία εφαρμόζεται στις νεροτσουλήθρες, και προς τη σειρά EN 1176, η οποία εφαρμόζεται στον εξοπλισμό παιδικής χαράς. Η εφαρμογή του EN 17232 αφορά κυρίως εξοπλισμό υδάτινου παιχνιδιού, όπου το νερό αποτελεί ουσιώδες στοιχείο της χρήσης, χωρίς όμως ο εξοπλισμός να εμπίπτει στις ειδικότερες κατηγορίες των νεροτσουληθρών ή των κλασικών παιδικών χαρών. Σε ένα πραγματικό υδάτινο πάρκο, η ορθή οριοθέτηση του πεδίου εφαρμογής αποτελεί το πρώτο πρακτικό βήμα της τεχνικής αξιολόγησης. Κάθε διάταξη πρέπει να αντιστοιχίζεται στο κατάλληλο πρότυπο, καθώς από την αντιστοίχιση αυτή εξαρτώνται ο κατάλογος ελέγχου, οι τεχνικές απαιτήσεις και τα κριτήρια αποδοχής που θα εφαρμοστούν. Όπως αναδείχθηκε στη μελέτη περίπτωσης, οι υδάτινες περιοχές παιδικής αναψυχής απαιτούσαν ακριβώς αυτή τη διάκριση, ώστε ο διαδραστικός εξοπλισμός να αξιολογηθεί κατά EN 17232 και οι νεροτσουλήθρες κατά EN 1069.

Ως εκ τούτου, το EN 17232 συνδέεται με σειρά συναφών προτύπων, τα οποία υποστηρίζουν την τεχνική αξιολόγηση του εξοπλισμού ανάλογα με το επιμέρους αντικείμενο ελέγχου. Ενδεικτικά, παραπέμπει στη σειρά EN 1069 για τις νεροτσουλήθρες, στη σειρά EN 1176 για τον εξοπλισμό παιδικής χαράς, στο EN 1177 για τις επιφάνειες απορρόφησης κρούσεων, στη σειρά EN 13451 για τον εξοπλισμό πισίνας, στα EN 15288-1 και EN 15288-2 για τις απαιτήσεις σχεδιασμού και λειτουργίας των κολυμβητικών εγκαταστάσεων, καθώς και στη σειρά EN ISO 3834 για τις απαιτήσεις ποιότητας που αφορούν συγκολλητές κατασκευές.

Έχοντας περιγράψει τα βασικά ευρωπαϊκά πρότυπα ασφάλειας, ακολουθεί η εξέταση του εργαλείου που τα ενοποιεί σε επίπεδο διαχείρισης κινδύνου: η αξιολόγηση κινδύνου σχεδιασμού (DRA) και η αξιολόγηση κινδύνου λειτουργίας (OURA).

1.6 Διαχείριση κινδύνου: DRA, OURA, ISO 31000

Στη νεότερη έκδοση της σειράς EN 13814 [15], η διαχείριση κινδύνου αποτελεί βασικό στοιχείο της κανονιστικής προσέγγισης και ενσωματώνεται με διακριτό και τεκμηριωμένο τρόπο τόσο στη φάση του σχεδιασμού όσο και στη φάση της λειτουργίας. Η προσέγγιση αυτή αποτυπώνεται κυρίως μέσα από δύο συμπληρωματικές διαδικασίες εκτίμησης κινδύνου:

- **Η Εκτίμηση Κινδύνου Σχεδιασμού — *Design Risk Assessment (DRA)*** αποτελεί έγγραφο που εκπονείται από τον σχεδιαστή της ψυχαγωγικής διάταξης, όπως αυτός ορίζεται στην §3.9 του EN 13814-1. Η DRA λειτουργεί ως εργαλείο τεκμηρίωσης του ασφαλούς σχεδιασμού, εντός του συμφωνημένου αντικειμένου προμήθειας. Στο ίδιο πνεύμα, λαμβάνονται υπόψη η διαμόρφωση της διάταξης, η αναγνώριση και αξιολόγηση των κινδύνων, ο καθορισμός των απαιτούμενων αντοχών, συμπεριλαμβανομένης της αντοχής σε κόπωση, ο σχεδιασμός των

ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων ελέγχου, το απαιτούμενο επίπεδο ποιότητας της παραγωγής, τα κριτήρια επιθεώρησης και η απαραίτητη τεχνική τεκμηρίωση.

- **Η Εκτίμηση Κινδύνου Λειτουργίας και Χρήσης — Operation and Use Risk Assessment (OURA)** συνδέεται με τη φάση της λειτουργίας και εκπονείται από τον υπεύθυνο λειτουργίας της εγκατάστασης. Η OURA λειτουργεί συμπληρωματικά προς την DRA, καθώς μεταφέρει την αξιολόγηση κινδύνου από το στάδιο του σχεδιασμού στο στάδιο της πραγματικής χρήσης. Εξετάζει κινδύνους που σχετίζονται με τη λειτουργία, την εποπτεία, τη συμπεριφορά των χρηστών, τη συντήρηση, τη διαχείριση εκτάκτων αναγκών και τις διαδικασίες καθημερινής λειτουργίας. Αντίστοιχη λογική απαντά και στο EN 1069-2 [14], όπου στην παράγραφο 4.2 προβλέπεται εκτίμηση κινδύνου λειτουργίας από τον υπεύθυνο λειτουργίας της νεροτσουλήθρας, βασισμένη στα αποτελέσματα της DRA.

Η διάκριση μεταξύ DRA και OURA δείχνει ότι η διαχείριση κινδύνου δεν περιορίζεται στη φάση του σχεδιασμού, αλλά επεκτείνεται σε όλο τον κύκλο ζωής της εγκατάστασης. Η DRA επικεντρώνεται στους κινδύνους που πρέπει να αντιμετωπιστούν μέσω του σχεδιασμού, της κατασκευής και της τεχνικής τεκμηρίωσης, ενώ η OURA επικεντρώνεται στους κινδύνους που ανακύπτουν κατά τη λειτουργία, τη χρήση, την επιτήρηση και τη συντήρηση.

Η προσέγγιση αυτή είναι συμβατή με τη λογική του ISO 31000:2018 [21], το οποίο αποτελεί αναγνωρισμένη καλή πρακτική για τη συστηματική διαχείριση κινδύνου, όπως αναπτύσσεται στην §4 της Εισαγωγής. Στο πεδίο των διατάξεων ψυχαγωγίας, και ιδίως στο πλαίσιο του τεχνικού φακέλου κάθε διάταξης, η ύπαρξη τεκμηριωμένων εκτιμήσεων κινδύνου, όπως η Design Risk Assessment (DRA) και η Operation and Use Risk Assessment (OURA), ενισχύει την πληρότητα της τεχνικής αξιολόγησης και τη σύνδεση της διάταξης με τις απαιτήσεις της σειράς EN 13814. Η συσχέτιση των ανωτέρω με το ελληνικό κανονιστικό πλαίσιο και την Υ.Α. 50116/2020 [62] αναλύεται ειδικότερα στο Κεφάλαιο 5.

1.7 Ο ρόλος της διασφάλισης και του ελέγχου ποιότητας (QA/QC)

Το EN 13814-1 [15], στην παράγραφο 7, καθορίζει αναλυτικές απαιτήσεις για την τεχνική τεκμηρίωση που πρέπει να συνοδεύει την ψυχαγωγική διάταξη. Η τεκμηρίωση αυτή παρέχει στον αξιολογητή τη βάση για να επαληθεύσει ότι ο σχεδιασμός, η κατασκευή, οι δοκιμές και οι επιθεωρήσεις έχουν πραγματοποιηθεί με συστηματικό και ελεγχόμενο τρόπο.

Οι μεγάλοι διεθνείς κατασκευαστές ψυχαγωγικών διατάξεων και εξοπλισμού υδάτινων πάρκων, όπως οι *Vekoma*, *Bolliger & Mabillard*, *Mack Rides*, *Intamin*, *Premier Rides*, *WhiteWater West*, *ProSlide* και *Polin*, εφαρμόζουν συνήθως οργανωμένα συστήματα διασφάλισης ποιότητας και ελέγχου

ποιότητας. Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν διαδικασίες όπως η **επιθεώρηση πρώτου τεμαχίου** (*First Article Inspection — FAI*), οι **ενδιάμεσοι έλεγχοι κατά την παραγωγή** (*in-process checks*), οι **εργοστασιακές δοκιμές αποδοχής** (*Factory Acceptance Tests — FAT*), η **επιθεώρηση πριν από την αποστολή** (*Pre-shipment Inspection*) και οι **δοκιμές αποδοχής στο πεδίο** (*Site Acceptance Tests — SAT*).

Οι παραπάνω διαδικασίες έχουν ιδιαίτερη σημασία, διότι δημιουργούν μία αλυσίδα ιχνηλασιμότητας από το στάδιο της παραγωγής έως την τελική εγκατάσταση και θέση σε λειτουργία. Άρα, τα αποτελέσματα των ελέγχων, των δοκιμών και των επιθεωρήσεων πρέπει να καταγράφονται με συστηματικό τρόπο και να είναι διαθέσιμα τόσο στον υπεύθυνο λειτουργίας της εγκατάστασης όσο και στους ανεξάρτητους επιθεωρητές. Σε επίπεδο τεχνικής τεκμηρίωσης, η αλυσίδα αυτή αποτυπώνεται στις αναφορές μη συμμόρφωσης (NCRs) και στις δομημένες λίστες παρατηρήσεων (punch lists), όπου κάθε εύρημα συνδέεται με τη σχετική απαίτηση ή παράγραφο του εφαρμοστέου προτύπου και παρακολουθείται έως την τεκμηριωμένη άρση ή αποδοχή του.

Ως προς τις απαιτήσεις συγκολλήσεων, το EN 13814-1, στην παράγραφο 4.6, παραπέμπει σε συναφή πρότυπα ποιότητας και ελέγχου συγκολλητών κατασκευών. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνεται η σειρά EN ISO 3834, η οποία αφορά τις απαιτήσεις ποιότητας για συγκολλήσεις μεταλλικών υλικών. Επιπλέον, για την πιστοποίηση προσωπικού που εκτελεί μη καταστροφικούς ελέγχους γίνεται αναφορά στο EN ISO 9712, ενώ για τον έλεγχο συγκολλήσεων με ραδιογραφίες γίνεται αναφορά στο EN ISO 17636.

Αντίστοιχα, για τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου, το πρότυπο παραπέμπει σε σχετικά διεθνή πρότυπα, όπως το IEC 60204-1 για τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό μηχανών, το ISO 13849-1 για τα μέρη των συστημάτων ελέγχου που σχετίζονται με την ασφάλεια και το IEC 61508 για τη λειτουργική ασφάλεια ηλεκτρικών, ηλεκτρονικών και προγραμματιζόμενων ηλεκτρονικών συστημάτων που σχετίζονται με την ασφάλεια.

Ως εκ τούτου, το EN 13814-1 δεν περιορίζεται σε γενικές απαιτήσεις σχεδιασμού, αλλά συνδέει την τεχνική συμμόρφωση της ψυχαγωγικής διάταξης με ένα ευρύτερο σύστημα τεκμηρίωσης, ποιοτικού ελέγχου, επιθεώρησης και εφαρμογής εξειδικευμένων προτύπων για κρίσιμα τεχνικά αντικείμενα, όπως οι συγκολλήσεις, οι μη καταστροφικοί έλεγχοι και τα συστήματα ασφαλούς ελέγχου.

1.8 Κριτική αποτίμηση

Η ευρωπαϊκή προσέγγιση της σειράς EN 13814:2019 [15] παρουσιάζει υψηλό βαθμό ωριμότητας, καθώς ενσωματώνει την αρχή της εκτίμησης κινδύνου σε όλον τον κύκλο ζωής της διάταξης. Ωστόσο, μια κριτική ανάγνωση αναδεικνύει και τις εγγενείς αδυναμίες της. Πρώτον, η εκτεταμένη χρήση πληροφοριακών παραρτημάτων (Annexes A έως I) δημιουργεί ένα γκρίζο πεδίο μεταξύ

υποχρεωτικότητας και προαιρετικότητας: το Annex I περί επιταχύνσεων, παρά τον τυπικά πληροφοριακό χαρακτήρα του, στην πράξη αντιμετωπίζεται ως καθιερωμένη τεχνική απαίτηση συμμόρφωσης. Δεύτερον, η εξάρτηση της εφαρμογής από εθνικές μεταφορές μπορεί να οδηγήσει σε ανομοιόμορφη ερμηνεία μεταξύ κρατών-μελών, ένα ζήτημα που η σειρά EN 1069 [13] για τις νεροτσουλήθρες αντιμετωπίζει καλύτερα μέσω πιο σαφών αριθμητικών ορίων. Τρίτον, η ανανέωση των προτύπων (πρώτη έκδοση 2004, δεύτερη 2019, τροποποίηση 2024) ακολουθεί χαμηλότερο ρυθμό από αυτόν της ASTM, γεγονός που μπορεί να καθυστερήσει την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών μέτρησης. Παρ' όλα αυτά, η συνεκτική του δομή με ρητή σύνδεση σχεδιασμού, λειτουργίας και επιθεώρησης παραμένει το σημαντικότερο πλεονέκτημά του έναντι του αμερικανικού αντίστοιχου.

Το ευρωπαϊκό σύστημα παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα ως προς τη συνολική προσέγγιση της ασφάλειας των ψυχαγωγικών διατάξεων. Βασικό του χαρακτηριστικό είναι η οριζόντια κάλυψη ολόκληρου του κύκλου ζωής της εγκατάστασης, από τον σχεδιασμό και την κατασκευή έως τη λειτουργία, τη συντήρηση, την επιθεώρηση και την περιοδική επαναξιολόγηση. Παράλληλα, η ενσωμάτωση της διαχείρισης κινδύνου στο κανονιστικό πλαίσιο ενισχύει την πρόληψη και μετατοπίζει την ασφάλεια από την απλή συμμόρφωση σε μία πιο συστηματική και τεκμηριωμένη διαδικασία αξιολόγησης. Επιπλέον, η εμπλοκή ανεξάρτητων φορέων επιθεώρησης, με αναφορά στις αρχές του ISO/IEC 17020 [20], ενισχύει την αξιοπιστία, την αμεροληψία και την τεχνική επάρκεια της διαδικασίας ελέγχου.

Ωστόσο, το ευρωπαϊκό πλαίσιο παρουσιάζει και ορισμένες αδυναμίες. Οι κύκλοι αναθεώρησης των προτύπων είναι συχνά μεγάλοι, γεγονός που μπορεί να δημιουργεί καθυστέρηση στην ενσωμάτωση νέων τεχνολογικών εξελίξεων ή καινοτόμων σχεδιαστικών λύσεων. Επιπλέον, οι εθνικές διαφοροποιήσεις και οι επιμέρους απαιτήσεις των κρατών μελών μπορούν να δημιουργήσουν ασυνέπειες στην εφαρμογή, παρά τον γενικό στόχο της ευρωπαϊκής εναρμόνισης. Σε ορισμένες χώρες, η εμπλοκή ανεξάρτητων φορέων επιθεώρησης μπορεί επίσης να είναι λιγότερο ισχυρή ή λιγότερο συστηματική, ανάλογα με το εθνικό κανονιστικό πλαίσιο και τις διοικητικές πρακτικές που εφαρμόζονται.

Παρά τις αδυναμίες αυτές, η ευρωπαϊκή προσέγγιση έχει συμβάλει αποφασιστικά στη διαμόρφωση ενός πιο εναρμονισμένου και τεχνικά τεκμηριωμένου πλαισίου ασφάλειας για τις ψυχαγωγικές διατάξεις. Η σύνδεση του σχεδιασμού, της λειτουργίας, της διαχείρισης κινδύνου και της ανεξάρτητης επιθεώρησης αποτελεί ουσιώδες στοιχείο της συνολικής κανονιστικής φιλοσοφίας και έχει επηρεάσει όχι μόνο την ευρωπαϊκή αγορά, αλλά και τη διεθνή πρακτική στον τομέα των πάρκων ψυχαγωγίας και των υδάτινων πάρκων.

1.9 Συμπεράσματα κεφαλαίου

Το ευρωπαϊκό κανονιστικό πλαίσιο για τις εγκαταστάσεις αναψυχής συγκροτείται από συμπληρωματικές οικογένειες προτύπων, οι οποίες καλύπτουν διαφορετικές κατηγορίες εξοπλισμού και διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής τους. Η σειρά **EN 13814 [15]** αφορά τις μηχανικές ψυχαγωγικές διατάξεις, η σειρά **EN 1069 [13]** εφαρμόζεται στις νεροτσουλήθρες δημόσιας χρήσης, ενώ το **EN 17232 [19]** καλύπτει τον εξοπλισμό υδάτινου παιχνιδιού, χωρίς να αντικαθιστά τα ειδικότερα πρότυπα που εφαρμόζονται στις νεροτσουλήθρες ή στον εξοπλισμό παιδικής χαράς.

Η σειρά **EN 13814** αποτελεί τον βασικό κορμό του ευρωπαϊκού κανονιστικού πλαισίου για τις ψυχαγωγικές διατάξεις, καθώς καλύπτει ολιστικά τον κύκλο ζωής τους, από τον σχεδιασμό και την κατασκευή έως τη λειτουργία, τη συντήρηση και την επιθεώρηση. Η αναλυτική σύγκριση με τη σειρά **ASTM F24 [1]** παρουσιάζεται στην §4.2 του Κεφαλαίου 4.

Αντίστοιχα, η σειρά **EN 1069** εξειδικεύει τις απαιτήσεις για τις νεροτσουλήθρες δημόσιας χρήσης, εισάγοντας αναλυτική ταξινόμηση σε δέκα τύπους και συνδέοντας κάθε τύπο με συγκεκριμένες απαιτήσεις σχεδιασμού, ταχύτητας, κλίσης, επιτάχυνσης, ζώνης υποδοχής και λειτουργικής ασφάλειας. Κεντρική σημασία φέρουν οι απαιτήσεις για τις επιταχύνσεις, τις ελεύθερες ζώνες ασφαλείας, τα τελικά τμήματα επιβράδυνσης, τη σήμανση, τις πρακτικές δοκιμές και την περιοδική επιθεώρηση, καθώς αποδεικνύουν ότι η νεροτσουλήθρα αντιμετωπίζεται ως δυναμικό σύστημα και όχι απλώς ως στατική κατασκευή.

Το **EN 17232** συμπληρώνει το ευρωπαϊκό πλαίσιο καλύπτοντας τον εξοπλισμό υδάτινου παιχνιδιού, δηλαδή εγκαταστάσεις όπου το νερό αποτελεί ουσιώδες στοιχείο της εμπειρίας χρήσης. Η ρητή εξαίρεση των νεροτσουληθρών και του εξοπλισμού παιδικής χαράς από το πεδίο εφαρμογής του δείχνει ότι το ευρωπαϊκό σύστημα επιδιώκει σαφή κανονιστική διάκριση μεταξύ συγγενών, αλλά τεχνικά διαφορετικών κατηγοριών εξοπλισμού.

Συνολικά, το ευρωπαϊκό πλαίσιο χαρακτηρίζεται από δομημένη και πολυεπίπεδη προσέγγιση της ασφάλειας. Η σύνδεση των προτύπων με την τεχνική τεκμηρίωση, τη διαχείριση κινδύνου, τη λειτουργική εποπτεία, την περιοδική επιθεώρηση και την ανεξάρτητη αξιολόγηση ενισχύει την αξιοπιστία του συστήματος και συμβάλλει στην εναρμόνιση των απαιτήσεων σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Παράλληλα, η προσέγγιση αυτή δημιουργεί το κατάλληλο υπόβαθρο για τη σύγκριση με το αμερικανικό κανονιστικό μοντέλο της σειράς **ASTM F24**, το οποίο εξετάζεται στο επόμενο κεφάλαιο.

Κεφάλαιο 2. Το αμερικανικό κανονιστικό πλαίσιο: η σειρά ASTM F24

2.1 Εισαγωγή

Η American Society for Testing and Materials, η οποία σήμερα είναι γνωστή ως **ASTM International**, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους και πλέον επιδραστικούς μη κυβερνητικούς οργανισμούς τυποποίησης διεθνώς. Ιδρύθηκε το 1898 και έχει αναπτύξει μεγάλο αριθμό τεχνικών προτύπων, προδιαγραφών, πρακτικών και οδηγιών, τα οποία εφαρμόζονται σε ευρύ φάσμα βιομηχανικών και τεχνικών πεδίων.

Στον τομέα των πάρκων ψυχαγωγίας, των μηχανικών διατάξεων αναψυχής και των συναφών υδάτινων εγκαταστάσεων, αρμόδια είναι η τεχνική επιτροπή **ASTM F24 [1] - Amusement Rides and Devices**. Η επιτροπή αυτή συγκεντρώνει εκπροσώπους από διαφορετικές κατηγορίες εμπλεκομένων, όπως κατασκευαστές, φορείς λειτουργίας, επιθεωρητές, μηχανικούς, αρχές, ασφαλιστικούς φορείς και λοιπούς τεχνικούς εμπειρογνώμονες. Σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία, η επιτροπή F24 διαθέτει σημαντικό αριθμό μελών και οργανώνεται σε επιμέρους υποεπιτροπές, οι οποίες καλύπτουν διαφορετικές τεχνικές θεματικές του κλάδου [32], [1].

Η οικογένεια προτύπων **ASTM F24** περιλαμβάνει σειρά σημαντικών προτύπων για το εξεταζόμενο αντικείμενο. Ενδεικτικά, το **ASTM F2291 [9]** αφορά τον σχεδιασμό ψυχαγωγικών διατάξεων, το **ASTM F770 [4]** την ιδιοκτησία, λειτουργία, συντήρηση και επιθεώρηση, το **ASTM F2137 [5]** τη μέτρηση δυναμικών χαρακτηριστικών, το **ASTM F846 [2]** τις δοκιμές απόδοσης, το **ASTM F1193 [6]** την ποιότητα κατασκευής και παραγωγής, ενώ το **ASTM F2974 [10]** αφορά τις διαδικασίες ελέγχου συμμόρφωσης. Για τις υδάτινες εγκαταστάσεις ιδιαίτερη σημασία έχουν το **ASTM F2376 [8]**, το οποίο εφαρμόζεται στα συστήματα νεροτσουληθρών, το **ASTM F2461 [3]**, που αφορά τον εξοπλισμό υδάτινου παιχνιδιού, και το **ASTM F3493 [11]**, το οποίο σχετίζεται με τις μετρήσεις επιταχύνσεων σε νεροτσουλήθρες. Επιπλέον, το **ASTM F2374** αφορά τις φουσκωτές ψυχαγωγικές διατάξεις.

Η οργανωτική δομή της επιτροπής F24 επιτρέπει την εξειδικευμένη ανάπτυξη προτύπων ανά τεχνικό αντικείμενο. Ενδεικτικά, η υποεπιτροπή **F24.24** σχετίζεται με ζητήματα σχεδιασμού και κατασκευής, η **F24.40** με θέματα λειτουργίας και συντήρησης, στα οποία εντάσσεται και το ASTM F770, ενώ η **F24.70** αφορά διατάξεις και εξοπλισμό που σχετίζονται με το νερό, όπως τα συστήματα νεροτσουληθρών και οι μετρήσεις επιταχύνσεων σε αυτές. Ως εκ τούτου, το αμερικανικό πλαίσιο ASTM F24 συγκροτεί ένα πολυεπίπεδο και εξειδικευμένο σύστημα τεχνικής τυποποίησης, το οποίο καλύπτει διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής των ψυχαγωγικών και υδάτινων διατάξεων.

2.2 Η κανονιστική φιλοσοφία της ASTM F24

Το κανονιστικό σύστημα της ASTM F24 παρουσιάζει ορισμένα διακριτά χαρακτηριστικά, τα οποία το διαφοροποιούν από το ευρωπαϊκό σύστημα προτύπων.

- Πρώτον, τα πρότυπα της ASTM λειτουργούν ως δυναμικά πρότυπα (living standards), καθώς αναθεωρούνται και επικαιροποιούνται σε τακτική βάση. Η επιτροπή F24 συνεδριάζει περιοδικά, ενώ οι τεχνικές συζητήσεις πραγματοποιούνται σε επιμέρους ομάδες εργασίας με τη συμμετοχή εξειδικευμένων μελών του κλάδου. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει ταχύτερη ενσωμάτωση νέων τεχνικών δεδομένων, εμπειρίας από το πεδίο, συμβάντων, καινοτόμων σχεδιαστικών λύσεων και νέων τεχνολογιών.
- Δεύτερον, η ASTM αποτελεί ιδιωτικό, μη κερδοσκοπικό οργανισμό τυποποίησης, χωρίς άμεση κρατική ιδιότητα. Τα πρότυπά της δεν είναι αυτομάτως υποχρεωτικά από μόνα τους, αλλά αποκτούν δεσμευτικό χαρακτήρα όταν υιοθετούνται από αρμόδιες κρατικές, πολιτειακές ή τοπικές αρχές, ή όταν ενσωματώνονται σε συμβάσεις, τεχνικές προδιαγραφές έργων ή ασφαλιστικές απαιτήσεις. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, αρκετές πολιτείες έχουν ενσωματώσει πρότυπα της σειράς ASTM F24, όπως το ASTM F2291 [9], στο δικό τους κανονιστικό πλαίσιο, ενώ αντίστοιχη χρήση τους παρατηρείται και σε άλλες χώρες.
- Τρίτον, τα πρότυπα της ASTM F24 έχουν αποκτήσει διεθνή εμβέλεια. Παρότι προέρχονται από το αμερικανικό σύστημα τυποποίησης, χρησιμοποιούνται ευρέως και εκτός Ηνωμένων Πολιτειών, είτε ως κύριο πλαίσιο αξιολόγησης είτε ως συμπληρωματική τεχνική αναφορά. Η χρήση τους απαντάται σε έργα και αγορές όπως η Σιγκαπούρη, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, χώρες της Νότιας Αμερικής, η Αυστραλία, η Νότια Κορέα, καθώς και σε ορισμένες ευρωπαϊκές περιπτώσεις όπου εφαρμόζονται συμπληρωματικά προς τα EN πρότυπα.
- Τέταρτον, η ASTM F24 λειτουργεί μέσω ενός συστήματος ομάδων εργασίας (task groups), οι οποίες αναλαμβάνουν την ανάπτυξη, αναθεώρηση και τεχνική παρακολούθηση συγκεκριμένων προτύπων ή θεματικών πεδίων. Οι ομάδες αυτές συγκροτούνται από εξειδικευμένους εμπειρογνώμονες και μπορεί να αφορούν αντικείμενα όπως οι επιταχύνσεις, τα συστήματα συγκράτησης, τα συστήματα ελέγχου, η προσβασιμότητα, οι νεροτσουλήθρες και άλλες ειδικές κατηγορίες εξοπλισμού. Η δομή αυτή επιτρέπει μεγαλύτερη τεχνική εξειδίκευση και ταχύτερη αντίδραση σε νέες ανάγκες του κλάδου.

Σε σύγκριση με το ευρωπαϊκό σύστημα, η προσέγγιση της ASTM μπορεί να χαρακτηριστεί ως περισσότερο ευέλικτη, ταχύτερη και εξειδικευμένη, αλλά λιγότερο ολιστική. Το ευρωπαϊκό σύστημα τείνει να οργανώνει την ασφάλεια μέσα από ενιαίες οικογένειες προτύπων που καλύπτουν συνολικά τον κύκλο ζωής της εγκατάστασης. Αντίθετα, το ASTM F24 λειτουργεί περισσότερο ως πλέγμα επιμέρους προτύπων, τα οποία πρέπει να εφαρμόζονται συνδυαστικά. Για τον κατασκευαστή ή τον

φορέα αξιολόγησης, η συμμόρφωση με το αμερικανικό πλαίσιο αποτελεί συχνά ένα σύνθετο σύστημα τεχνικής αντιστοίχισης, όπου απαιτείται η ταυτόχρονη εφαρμογή πολλών προτύπων ανάλογα με το είδος της διάταξης, το στάδιο του έργου και το τεχνικό αντικείμενο ελέγχου.

2.3 ASTM F2291 - Σχεδιασμός ψυχαγωγικών διατάξεων

2.3.1 Πεδίο εφαρμογής

Το **ASTM F2291 [9]** (έγκριση 15 Μαΐου 2019, δημοσίευση Ιούνιος 2019, με διορθωτική σημείωση *Erratum 1* τον Αύγουστο 2019 στο παράρτημα X6) αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της σειράς προτύπων της ASTM F24. Το πρότυπο υπάγεται στην αρμοδιότητα της υποεπιτροπής **F24.24 (Design and Manufacture)** και καθορίζει τα βασικά κριτήρια για τον σχεδιασμό ψυχαγωγικών διατάξεων.

Σύμφωνα με την παράγραφο 1.1, «this practice establishes criteria for the design of amusement rides, devices and major modifications to amusement rides and devices», δηλαδή το πρότυπο καθορίζει τα κριτήρια σχεδιασμού για νέες ψυχαγωγικές διατάξεις, για συσκευές αναψυχής, καθώς και για σημαντικές τροποποιήσεις υφιστάμενων εγκαταστάσεων.

Στην παράγραφο 1.2 ορίζονται ρητές εξαιρέσεις από το πεδίο εφαρμογής του ASTM F2291. Συγκεκριμένα, το πρότυπο δεν εφαρμόζεται σε διατάξεις που κατευθύνονται/χειρίζονται απευθείας από τον χρήστη (π.χ. go karts, bumper cars ή bumper boats), σε τεχνητούς τοίχους αναρρίχησης, σε φουσκωτές κατασκευές (air-supported structures), σε ξηρές τσουλήθρες (dry slides), σε κερματοφόρες διατάξεις (coin-operated rides), σε υδάτινες ψυχαγωγικές διατάξεις (water-related amusement rides/devices), καθώς και σε εγκαταστάσεις για τις οποίες τα κριτήρια σχεδιασμού καλύπτονται από άλλο πρότυπο ASTM.

Το πρότυπο περιλαμβάνει επίσης ένα υποχρεωτικό παράρτημα (*mandatory annex*, §1.3), το οποίο παρέχει το σκεπτικό, το ιστορικό, ερμηνείες, σχέδια και σχόλια, τα οποία πρέπει να θεωρούνται υποχρεωτικά κριτήρια σχεδιασμού. Επιπλέον, υπάρχει και μη υποχρεωτικό παράρτημα (§1.4), το οποίο παρέχει συμπληρωματικές πληροφορίες (*supplementary information*) για την καλύτερη κατανόηση και εφαρμογή των απαιτήσεων του προτύπου.

2.3.2 Κατηγορίες Συστημάτων Ασφάλισης (Restraint Categories §6.4.3)

Η παράγραφος 6.4.3 του ASTM F2291 [9] καθορίζει τις κατηγορίες συστημάτων ασφάλισης για ψυχαγωγικές διατάξεις, με στόχο τη διασφάλιση της παραμονής του χρήστη στη θέση του κατά τη διάρκεια της ολίσθησης ή άλλων δυναμικών κινήσεων. Τα συστήματα ασφάλισης αποτελούν βασικό στοιχείο της λειτουργικής ασφάλειας, καθώς περιορίζουν τον κίνδυνο ανατροπής, εκτίναξης ή ανεπιθύμητης μετακίνησης του χρήστη.

Το πρότυπο διαχωρίζει τα συστήματα ασφάλισης ανάλογα με τη λειτουργία της διάταξης, τον τύπο της κίνησης και την ευκολία πρόσβασης ή απελευθέρωσης του χρήστη. Οι κύριες κατηγορίες περιλαμβάνουν:

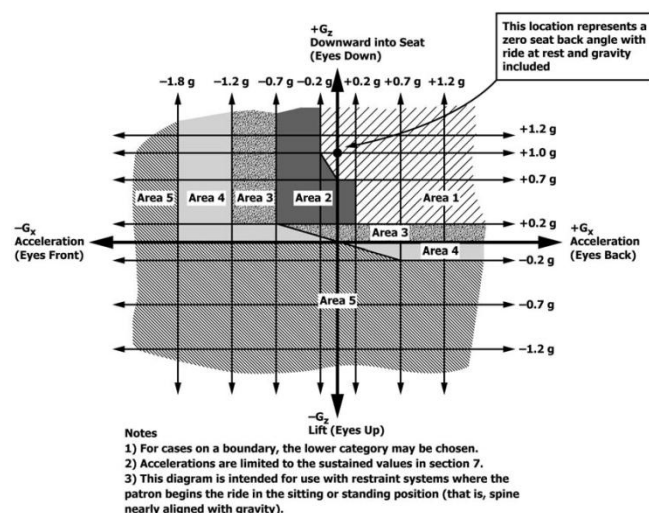
1. **Ζώνες μέσης:** απλές ζώνες που συγκρατούν τον χρήστη στη θέση του, κατάλληλες για διατάξεις χαμηλής δυναμικής φόρτισης, όπου οι πλευρικές ή εγκάρσιες επιταχύνσεις είναι περιορισμένες.
2. **Μπάρες ώμων:** συγκρατούν τον χρήστη στη μέση και στους ώμους, κατάλληλες για διατάξεις με υψηλότερες επιταχύνσεις ή περιστροφές.
3. **Συνδυαστικά συστήματα:** συνδυασμός ζώνης μέσης και μπάρας ώμων, κατάλληλο για διατάξεις με πολύπλοκη κίνηση και υψηλή δυναμική φόρτιση.
4. **Παθητικά συστήματα συγκράτησης:** περιλαμβάνουν περιφράξεις, πλευρικά στηρίγματα ή όρια που περιορίζουν την κίνηση του χρήστη χωρίς άμεση σύνδεση με το σώμα του.

Το **διάγραμμα καθορισμού συστήματος ασφάλισης** της §6.4.3 διαχωρίζει τον χώρο επιτάχυνσης σε πέντε περιοχές (Περιοχή 1 έως Περιοχή 5), στις οποίες αντιστοιχούν διαφορετικές κατηγορίες συστημάτων ασφάλισης (Κλάση 1 έως Κλάση 5), σύμφωνα με την ένταση των δυναμικών φορτίων και τη θέση του χρήστη. Οι λεπτομέρειες των κατηγοριών παρουσιάζονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3 της παρούσας εργασίας.

Πίνακας 1: Συστήματα ασφάλισης σύμφωνα με ASTM F2291

Περιοχή επιτάχυνσης	Αντίστοιχη κλάση συστήματος ασφάλισης	Γενικό επίπεδο δυναμικής καταπόνησης	Ενδεικτική απαίτηση ασφάλισης
Περιοχή 1	Κλάση 1	Χαμηλή	Βασικό σύστημα ασφάλισης, κατάλληλο για ήπιες κινήσεις και μικρές επιταχύνσεις
Περιοχή 2	Κλάση 2	Χαμηλή έως μέτρια	Ενισχυμένο βασικό σύστημα ασφάλισης, ανάλογα με τη διαμόρφωση της διάταξης
Περιοχή 3	Κλάση 3	Μέτρια	Σύστημα ασφάλισης αυξημένης απόδοσης, κατάλληλο για μεγαλύτερες επιταχύνσεις και πιο σύνθετη κίνηση
Περιοχή 4	Κλάση 4	Υψηλή	Ισχυρότερο σύστημα ασφάλισης, κατάλληλο για έντονες δυναμικές καταπονήσεις
Περιοχή 5	Κλάση 5	Πολύ υψηλή	Εξειδικευμένο σύστημα ασφάλισης για τις δυσμενέστερες συνθήκες λειτουργίας

Η παρακάτω εικόνα (εικόνα 1) παρουσιάζει σχηματικά τη λογική του διαγράμματος καθορισμού συστήματος ασφάλισης της παραγράφου 6.4.3 του ASTM F2291. Το διάγραμμα αυτό διακρίνει τον χώρο επιτάχυνσης της ψυχαγωγικής διάταξης σε πέντε περιοχές, στις οποίες αντιστοιχούν πέντε διαφορετικές κλάσεις συστημάτων ασφάλισης. Όσο αυξάνεται η δυναμική καταπόνηση του χρήστη, τόσο αυξάνεται και το απαιτούμενο επίπεδο ασφάλισης.



Εικόνα 1: Διάγραμμα κατηγοριοποίησης συστημάτων ασφάλισης

Η παράγραφος 6.4.1 καθορίζει ειδικές απαιτήσεις για παιδικές διατάξεις μικρού ύψους, όπου ο εξοπλισμός πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να αποτρέπεται η πρόσβαση σε επικίνδυνα ανοίγματα ή η διείσδυση αντικειμένων που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο τα παιδιά, ή να διαθέτει σύστημα συγκράτησης με κλείδωμα.

Η παράγραφος 6.4.2 αφορά διατάξεις μικτής χρήσης, όπου συνυπάρχουν παιδιά ύψους μικρότερου των 122 cm και ενήλικες. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτούνται κατάλληλες ρυθμίσεις στα συστήματα ασφάλισης, ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής χρήση για όλους τους επιβάτες.

Η επιλογή κατάλληλου συστήματος ασφάλισης πρέπει να βασίζεται σε **εκτίμηση κινδύνου**, η οποία λαμβάνει υπόψη τη δυναμική της διαδρομής, τις επιταχύνσεις, τον τύπο της ψυχαγωγικής διάταξης και τη θέση του χρήστη κατά τη διάρκεια της λειτουργίας. Η εφαρμογή των συστημάτων ασφάλισης διασφαλίζει την παραμονή του χρήστη στη θέση του ακόμη και υπό ακραίες συνθήκες φόρτισης, ενώ επιτρέπει την ασφαλή απομάκρυνση μετά τη διαδρομή.

Η σωστή εφαρμογή των συστημάτων ασφάλισης συνδέεται άμεσα με την **εκτίμηση κινδύνου σχεδιασμού** και την **εκτίμηση κινδύνου λειτουργίας**, διασφαλίζοντας ότι οι τεχνικές και λειτουργικές απαιτήσεις συμμορφώνονται με τα πρότυπα ASTM και ενισχύουν τη συνολική ασφάλεια της εγκατάστασης.

2.3.3 Όρια Επιτάχυνσης (§7)

Η §7.1 του ASTM F2291 [9] καθορίζει τα όρια επιτάχυνσης για ψυχαγωγικές διατάξεις. Το πρότυπο διακρίνει: (α) όρια παρατεταμένης επιτάχυνσης ξεχωριστά για τους άξονες G_x , G_y , G_z , (β) ταυτόχρονα συνδυασμένα όρια σε δύο άξονες μέσω ελλειπτικών καμπυλών, (γ) όρια αναστροφών στους άξονες X και Y, (δ) ειδικές απαιτήσεις για μεταβάσεις στον άξονα Z που σχετίζονται με το φαινόμενο push-pull. Όλα τα όρια εφαρμόζονται σε δεδομένα που λαμβάνονται με τη μέθοδο SARC του F2137 [5] και επεξεργάζονται με φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων Butterworth (4-pole, single pass, 5 Hz cutoff).

Η αναλυτική παρουσίαση των ορίων αυτών, με όλες τις τιμές, τις τεχνικές παραμέτρους και τις προϋποθέσεις εφαρμογής, παρουσιάζεται διεξοδικά στο Κεφάλαιο 3 (§3.6) της παρούσας εργασίας, όπου επίσης παρατίθεται η σύγκριση με τα αντίστοιχα όρια του EN 13814-1 [15] Annex I.

2.3.4 Κριτήριο Κόπωσης (§8.3)

Η §8.3 του ASTM F2291 [9] ορίζει ότι όλες οι κύριες κατασκευές μιας ψυχαγωγικής διάταξης (track, columns, hubs, arms) πρέπει να σχεδιάζονται για ελάχιστη διάρκεια ζωής έναντι κόπωσης 35.000 ωρών λειτουργίας, όπου ώρα λειτουργίας ορίζεται ως μία ώρα κανονικής λειτουργίας συμπεριλαμβανομένων των φάσεων εκκίνησης και παύσης. Η αναλυτική παρουσίαση του κριτηρίου και των σχεδιαστικών του συνεπειών παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 3 (§3.6.5).

2.4 ASTM F2137 — Μέτρηση δυναμικών χαρακτηριστικών

Το **ASTM F2137** [5] αποτελεί βασικό πρότυπο αναφοράς για τη μέτρηση των δυναμικών χαρακτηριστικών ψυχαγωγικών διατάξεων. Το πρότυπο εκδόθηκε αρχικά το 2001 και έχει αναθεωρηθεί επανειλημμένα, γεγονός που αποτυπώνει τη συνεχή εξέλιξη των μεθόδων μέτρησης, της επεξεργασίας δεδομένων και των απαιτήσεων τεχνικής αξιολόγησης στον κλάδο των ψυχαγωγικών διατάξεων.

Η σημασία του προτύπου έγκειται στο ότι παρέχει οργανωμένη μεθοδολογία για τη συλλογή, επεξεργασία και αξιολόγηση δεδομένων που σχετίζονται με τις επιταχύνσεις και τα δυναμικά χαρακτηριστικά μίας διάταξης κατά τη λειτουργία της. Κατά αυτόν τον τρόπο, οι μετρήσεις δεν αντιμετωπίζονται ως απλή καταγραφή τιμών, αλλά ως τεκμηριωμένη διαδικασία αξιολόγησης της πραγματικής δυναμικής συμπεριφοράς της εγκατάστασης.

Στο πλαίσιο της συσχέτισης μεταξύ του ευρωπαϊκού και του αμερικανικού κανονιστικού πλαισίου, το **ASTM F2137** αποκτά ιδιαίτερη σημασία, καθώς χρησιμοποιείται ως τεχνικό πρότυπο αναφοράς για μετρήσεις δυναμικών παραμέτρων. Η αναφορά σε αυτό στο πλαίσιο του **EN 13814** [15] ενισχύει την τεχνική διαλειτουργικότητα μεταξύ των δύο συστημάτων και συμβάλλει στη διαμόρφωση κοινής βάσης αξιολόγησης των επιταχύνσεων και της δυναμικής συμπεριφοράς των ψυχαγωγικών διατάξεων.

Οι αναλυτικές τεχνικές απαιτήσεις του **F2137** — δηλαδή οι κατηγορίες συχνοτικής απόκρισης CFC10A/CFC60B (§5.1), οι προδιαγραφές αισθητήρα ως προς την εγκάρσια ευαισθησία και την απόκριση συχνοτήτων (§6), η διαδικασία ετήσιας και επιτόπιας βαθμονόμησης (§8, §10.2.2), τα βάρη προσομοίωσης 145–170 lb ανά θέση επιβάτη ενηλίκων (§12.1.1.1) και οι απαιτήσεις τοποθέτησης πολυαξονικών αισθητήρων (§9) — παρουσιάζονται ολοκληρωμένα στο Κεφάλαιο 3 (§3.5) στο πλαίσιο της μεθοδολογίας SARC. Η συγκεκριμένη οργάνωση επιτρέπει την ενιαία συζήτηση όλων των τεχνικών παραμέτρων μέτρησης μαζί με τη συναφή ευρωπαϊκή πρακτική του παραρτήματος I του **EN 13814-1**, που ρητά παραπέμπει στη μεθοδολογία του **F2137**.

2.5 ASTM F770 — Ιδιοκτησία, λειτουργία, συντήρηση και επιθεώρηση

Το **ASTM F770** [4], το οποίο εγκρίθηκε την 1η Ιουνίου 2018, μπορεί να θεωρηθεί ως το αμερικανικό πρότυπο που αντιστοιχεί λειτουργικά στο **EN 13814-2** [16], καθώς εστιάζει στη φάση της λειτουργίας, της συντήρησης, της επιθεώρησης και της εκπαίδευσης προσωπικού για ψυχαγωγικές διατάξεις. Το πρότυπο υπάγεται στην αρμοδιότητα της υποεπιτροπής **F24.40**, η οποία ασχολείται με θέματα λειτουργίας.

Σύμφωνα με την **παράγραφο 1.1**, το ASTM F770 παρέχει κατευθυντήριες οδηγίες για τις διαδικασίες λειτουργίας, συντήρησης και επιθεώρησης ψυχαγωγικών διατάξεων, οι οποίες εκτελούνται από τον ιδιοκτήτη ή τον υπεύθυνο λειτουργίας της εγκατάστασης. Επιπλέον, στην **παράγραφο 3.1** διευκρινίζεται ότι σκοπός του προτύπου είναι η καθιέρωση πληροφοριών και διαδικασιών για τη λειτουργία, τη συντήρηση, την επιθεώρηση και την εκπαίδευση που σχετίζονται με τις ψυχαγωγικές διατάξεις.

Στην **παράγραφο 4.1** καθορίζεται ότι ο ιδιοκτήτης ή ο υπεύθυνος λειτουργίας πρέπει να διαθέτει οργανωμένα προγράμματα για τα βασικά πεδία διαχείρισης της διάταξης. Συγκεκριμένα, το πρότυπο αναφέρεται σε:

- πρόγραμμα λειτουργίας, σύμφωνα με την **παράγραφο 5**,
- πρόγραμμα συντήρησης, σύμφωνα με την **παράγραφο 6**,
- πρόγραμμα επιθεώρησης, σύμφωνα με την **παράγραφο 7**,
- πρόγραμμα εκπαίδευσης, σύμφωνα με την **παράγραφο 8**.

Η **παράγραφος 5** αφορά τις απαιτήσεις λειτουργίας και προβλέπει την ύπαρξη κατάλληλου εγγράφου λειτουργίας, στο οποίο περιγράφονται οι βασικές διαδικασίες που πρέπει να εφαρμόζονται κατά την καθημερινή χρήση της διάταξης. Κεντρική σημασία έχει η παράγραφος 5.2.1.9, η οποία αναφέρεται στις διαδικασίες που πρέπει να προηγούνται της εκκένωσης, με σκοπό την αποτροπή απρόβλεπτης ή μη ελεγχόμενης κίνησης της διάταξης.

Η **παράγραφος 6** αφορά τη συντήρηση. Σε αυτή τη βάση, ο ιδιοκτήτης ή ο υπεύθυνος λειτουργίας πρέπει να γνωρίζει και να εφαρμόζει τις οδηγίες του εγχειριδίου συντήρησης του κατασκευαστή. Παράλληλα, πρέπει να διαθέτει κατάλληλο πρόγραμμα συντήρησης, δοκιμών και επιθεώρησης, ώστε να διασφαλίζεται ότι η διάταξη παραμένει σε ασφαλή και λειτουργικά αποδεκτή κατάσταση. Η παράγραφος 6.1.1 προβλέπει επίσης τη χρήση καταλόγου ελέγχου από κάθε άτομο που εκτελεί προγραμματισμένες εργασίες συντήρησης, ώστε οι εργασίες αυτές να πραγματοποιούνται με συστηματικό και τεκμηριωμένο τρόπο.

Η **παράγραφος 7** αφορά το πρόγραμμα επιθεώρησης. Ειδικότερα, η παράγραφος 7.1.1 προβλέπει την επιθεώρηση πριν από την έναρξη λειτουργίας της διάταξης. Πριν από τη μεταφορά ή επιβίβαση χρηστών, ο ιδιοκτήτης ή ο υπεύθυνος λειτουργίας πρέπει να πραγματοποιεί ή να μεριμνά για την πραγματοποίηση καθημερινής επιθεώρησης πριν από το άνοιγμα της διάταξης στο κοινό. Η επιθεώρηση αυτή πρέπει να τεκμηριώνεται και να υπογράφεται, ώστε να υπάρχει σαφής καταγραφή ότι η διάταξη ελέγχθηκε πριν από τη χρήση της.

Σύμφωνα με την παράγραφο 7.1.1.1, η επιθεώρηση πριν από τη λειτουργία πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα μέσα που μεταφέρουν χρήστες, καθώς και τα συστήματα ασφάλισης, τους μηχανισμούς κλειδώματος και τα λοιπά κρίσιμα στοιχεία που σχετίζονται με την ασφαλή συγκράτηση των χρηστών.

Παράλληλα, το πρότυπο παραπέμπει στο ASTM F1193 [6], το οποίο αφορά τις απαιτήσεις ποιότητας, κατασκευής και παραγωγής ψυχαγωγικών διατάξεων.

Συνολικά, το ASTM F770 μεταφέρει το επίκεντρο από τον σχεδιασμό στη λειτουργική διαχείριση της ψυχαγωγικής διάταξης. Η ασφάλεια δεν αντιμετωπίζεται ως αποτέλεσμα μόνο του αρχικού σχεδιασμού ή της κατασκευής, αλλά ως συνεχής διαδικασία που απαιτεί οργανωμένη λειτουργία, τεκμηριωμένη συντήρηση, καθημερινές επιθεωρήσεις, κατάλληλη εκπαίδευση προσωπικού και συστηματική τήρηση αρχείων.

2.6 ASTM F846 — Δοκιμές λειτουργικής απόδοσης

Το ASTM F846 [2], με τίτλο *Standard Guide for Testing Performance of Amusement Rides and Devices*, αποτελεί οδηγό για τη διενέργεια δοκιμών λειτουργικής απόδοσης σε ψυχαγωγικές διατάξεις. Εκδόθηκε αρχικά το 1992 και επανεγκρίθηκε σε μεταγενέστερες εκδόσεις, μεταξύ άλλων το 2009 και το 2017.

Το πρότυπο παρέχει κατευθυντήριες οδηγίες για την επαλήθευση της λειτουργικής συμπεριφοράς μίας διάταξης πριν από τη θέση της σε κανονική λειτουργία. Υπό αυτό το πρίσμα, μπορούν να πραγματοποιούνται δοκιμές χωρίς φορτίο, μερικού φορτίου και πλήρους φορτίου, καθώς και έλεγχοι κρίσιμων λειτουργιών, όπως η έκτακτη ακινητοποίηση, οι διαδικασίες εκκένωσης και η ορθή λειτουργία των συστημάτων ασφάλισης των χρηστών.

Συνολικά, το ASTM F846 λειτουργεί ως γενικό πλαίσιο δοκιμών απόδοσης. Όταν απαιτείται ποσοτική μέτρηση δυναμικών χαρακτηριστικών, η διαδικασία συνδέεται με το ASTM F2137 [5], ενώ για τις νεροτσουλήθρες μπορεί να εξειδικεύεται περαιτέρω μέσω του ASTM F3493 [11]. Έτσι, η πρακτική ακολουθία αξιολόγησης μπορεί να αποδοθεί ως: ASTM F846 → ASTM F2137 → ASTM F3493, με το τελευταίο να εφαρμόζεται ειδικά σε συστήματα νεροτσουληθρών.

2.7 ASTM F1193 — Ποιότητα, παραγωγή και κατασκευή

Το ASTM F1193 [6] καθορίζει τα ελάχιστα κριτήρια ποιότητας που πρέπει να εφαρμόζονται κατά την παραγωγή και κατασκευή ψυχαγωγικών διατάξεων. Το πρότυπο λειτουργεί ως βασικό εργαλείο διασφάλισης ποιότητας, καθώς συνδέει τον εγκεκριμένο σχεδιασμό με την πραγματική κατασκευαστική διαδικασία και την τεχνική τεκμηρίωση που τη συνοδεύει.

Σε αυτή τη λογική, το F1193 καλύπτει ζητήματα όπως η εφαρμογή κατάλληλων προτύπων συγκόλλησης, οι απαιτήσεις μη καταστροφικών ελέγχων σε κρίσιμα συγκολλημένα σημεία, η

παραλαβή και ιχνηλασιμότητα των υλικών, οι διαστασιολογικοί έλεγχοι, καθώς και οι απαιτήσεις για βαφές και προστατευτικές επιστρώσεις. Οι μη καταστροφικοί έλεγχοι μπορεί να περιλαμβάνουν, ανάλογα με το αντικείμενο και την κρίσιμότητα της κατασκευής, υπερηχητικό έλεγχο, μαγνητοσκοπικό έλεγχο, έλεγχο με διεισδυτικά υγρά και ραδιογραφικό έλεγχο.

Κρίσιμη σημασία έχει η έννοια της **επιθεώρησης πρώτου τεμαχίου** — *First Article Inspection (FAI)* — η οποία αφορά τον έλεγχο του πρώτου παραγόμενου στοιχείου μίας σειράς. Η διαδικασία αυτή επιβεβαιώνει ότι η παραγωγή έχει ρυθμιστεί ορθά και ότι το παραγόμενο στοιχείο συμμορφώνεται με τα εγκεκριμένα σχέδια, τις διαστάσεις, τις ανοχές, τα υλικά και τις απαιτήσεις ποιότητας πριν από τη συνέχιση της μαζικής παραγωγής. Οι απαιτήσεις αυτές δεν παραμένουν σε θεωρητικό επίπεδο. Στην πράξη, η παρακολούθηση των εργοστασιακών ελέγχων και των δοκιμών αποδοχής (*Factory Acceptance Tests* — *FAT*), ο οπτικός και, όπου απαιτείται, μη καταστροφικός έλεγχος των συγκολλήσεων στους μεταλλικούς φορείς, καθώς και η επαλήθευση της ιχνηλασιμότητας των υλικών, αποτελούν βασικά σημεία μέσω των οποίων επιβεβαιώνεται η συμμόρφωση της κατασκευής προς τα εγκεκριμένα σχέδια και τις τεχνικές απαιτήσεις του έργου.

Το **ASTM F1193** συνδέεται επίσης με το πρόγραμμα επιθεώρησης του **ASTM F770** [4], καθώς η παράγραφος 7.1.1 του F770 παραπέμπει στο F1193 στο πλαίσιο της επιθεώρησης πριν από την έναρξη λειτουργίας. Έτσι λοιπόν, η ποιότητα της κατασκευής και η τεκμηρίωση της παραγωγής εντάσσονται στη συνολική διαδικασία λειτουργικής ασφάλειας της ψυχαγωγικής διάταξης.

2.8 ASTM F2974 — Έλεγχος συμμόρφωσης

Το **ASTM F2974** [10], με τίτλο *Standard Practice for Auditing Amusement Rides and Devices*, αφορά τις διαδικασίες ελέγχου συμμόρφωσης ψυχαγωγικών διατάξεων και των αντίστοιχων διαδικασιών λειτουργίας τους. Το πρότυπο εστιάζει στην τεκμηριωμένη αξιολόγηση του κατά πόσο ο σχεδιασμός, η κατασκευή, η λειτουργία, η συντήρηση, η επιθεώρηση και η σχετική τεχνική τεκμηρίωση ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των εφαρμοζόμενων προτύπων ASTM F24.

Ουσιαστική σημασία έχει η διάκριση μεταξύ εσωτερικών ελέγχων και εξωτερικών ελέγχων από τρίτο ανεξάρτητο μέρος. Οι εσωτερικοί έλεγχοι πραγματοποιούνται από τον ίδιο τον οργανισμό ή τον υπεύθυνο λειτουργίας, με σκοπό την παρακολούθηση της συμμόρφωσης των διαδικασιών και τον έγκαιρο εντοπισμό αποκλίσεων. Αντίθετα, οι εξωτερικοί έλεγχοι παρέχουν ανεξάρτητη αξιολόγηση της συμμόρφωσης και ενισχύουν την αντικειμενικότητα και την αξιοπιστία της διαδικασίας.

Το πρότυπο προβλέπει επίσης τη χρήση καταλόγων ελέγχου συμμόρφωσης, οι οποίοι βοηθούν στη συστηματική εξέταση των απαιτήσεων του εφαρμοζόμενου προτύπου και στη διασφάλιση ότι κανένα κρίσιμο σημείο δεν παραλείπεται. Παράλληλα, η μεθοδολογία ανάλυσης βασικής αιτίας

χρησιμοποιείται για τη διερεύνηση αποκλίσεων, αστοχιών ή επαναλαμβανόμενων ευρημάτων, ώστε να εντοπίζεται όχι μόνο το άμεσο πρόβλημα, αλλά και η βαθύτερη αιτία που το προκαλεί.

2.9 ASTM F2376 - Συστήματα νεροτσουληθρών

2.9.1 Πεδίο εφαρμογής και ταξινόμηση

Το **ASTM F2376 [8]**, το οποίο εγκρίθηκε στις 15 Σεπτεμβρίου 2021, υπάγεται στην αρμοδιότητα της υποεπιτροπής **F24.70**, η οποία ασχολείται με ψυχαγωγικές διατάξεις και εξοπλισμό που σχετίζονται με το νερό. Σύμφωνα με την **παράγραφο 1.1**, το πρότυπο εφαρμόζεται στην ταξινόμηση, τον σχεδιασμό, την παραγωγή, την κατασκευή, τις σημαντικές τροποποιήσεις και τη λειτουργία των συστημάτων νεροτσουληθρών.

Στην **παράγραφο 1.3** καθορίζονται οι εξαιρέσεις από το πεδίο εφαρμογής του προτύπου. Το ASTM F2376 δεν εφαρμόζεται σε νεροτσουλήθρες που προορίζονται για ιδιωτική οικιακή χρήση, ούτε σε υδάτινες ψυχαγωγικές διατάξεις στις οποίες η επαφή του χρήστη με το νερό είναι δευτερεύουσα ή περιστασιακή, όπως οι διαδρομές τύπου log flume και shoot-the-chutes. Επίσης, εξαιρούνται διατάξεις που καλύπτονται ειδικά από άλλο πρότυπο ASTM, τεχνητοί ποταμοί αργής ροής νερού (lazy river), φουσκωτές νεροτσουλήθρες που εγκαθίστανται στην ξηρά και καλύπτονται από το ASTM F2374, καθώς και πλωτά φουσκωτά είδη αναψυχής που εμπίπτουν στη σειρά EN/ISO 25649.

Η **παράγραφος 4.1.1** καθορίζει τις βασικές κατηγορίες συστημάτων νεροτσουληθρών. Σε αυτές περιλαμβάνονται οι νεροτσουλήθρες σώματος, οι παιδικές νεροτσουλήθρες, οι νεροτσουλήθρες με στρώμα, οι ελικοειδείς ή καμπύλες νεροτσουλήθρες, οι ειδικές νεροτσουλήθρες, οι νεροτσουλήθρες με ειδικό όχημα ή βοηθητικό μέσο, οι νεροτσουλήθρες ταχύτητας και οι νεροτσουλήθρες με σωλήνα. Για τις παιδικές νεροτσουλήθρες αναφέρονται ειδικά κριτήρια, όπως ύψος μικρότερο από 48 in., δηλαδή περίπου 122 cm, μέγιστη απόσταση πτώσης 3 in., δηλαδή περίπου 7,6 cm, και βάθος νερού έως 24 in., δηλαδή περίπου 61 cm. Οι νεροτσουλήθρες ταχύτητας χαρακτηρίζονται από ταχύτητα χρήστη ίση ή μεγαλύτερη από 25 ft/s, δηλαδή περίπου 7,6 m/s.

Έτσι, το ASTM F2376 αντιμετωπίζει τα συστήματα νεροτσουληθρών ως διακριτή κατηγορία ψυχαγωγικών διατάξεων που απαιτεί ειδική ταξινόμηση και τεχνική αξιολόγηση. Η κατηγοριοποίηση του εξοπλισμού αποτελεί βασικό αρχικό στάδιο της διαδικασίας αξιολόγησης, καθώς από αυτήν εξαρτώνται οι απαιτήσεις σχεδιασμού, δοκιμών, λειτουργίας και τεκμηρίωσης που εφαρμόζονται σε κάθε περίπτωση.

2.9.2 Όρια επιτάχυνσης στα συστήματα νεροτσουληθρών (§4.4.11)

Η παράγραφος 4.4.11 του ASTM F2376 [8] καθορίζει διαφορετικά όρια επιτάχυνσης ανάλογα με τη στάση σώματος του χρήστη: 2 g για χρήστες σε καθιστή ή πρηνή θέση (με δυνατότητα αύξησης σε 3 g για διάρκεια < 1 s, §4.4.11.1) και 3 g για ύπτια θέση ολίσθησης (§4.4.11.2). Η προσέγγιση αυτή διαφοροποιείται φιλοσοφικά από εκείνη του EN 1069-1 [13], που στην §7.7.3 (Πίνακας 7 του προτύπου) καθορίζει όρια με βάση τη διάρκεια έκθεσης ($4\text{ g} < 0,1\text{ s}$, $2,6\text{ g} \geq 0,1\text{ s}$). Η πρακτική σημασία των ορίων αυτών αναδεικνύεται κατά τις τελικές δοκιμές αποδοχής, όπου οι μετρούμενες επιταχύνσεις συγκρίνονται με τα αντίστοιχα αποδεκτά όρια του εφαρμοζόμενου προτύπου. Σε περιπτώσεις όπου οι τιμές προσεγγίζουν τα όρια, ιδίως σε ζώνες μετάβασης της διαδρομής, μπορεί να απαιτηθούν στοχευμένες τεχνικές ρυθμίσεις, όπως προσαρμογή της παροχής νερού ή επανέλεγχος της δυναμικής συμπεριφοράς της νεροτσουλήθρας, πριν από την τελική αποδοχή.

Η αναλυτική σύγκριση μεταξύ των δύο προσεγγίσεων, δηλαδή όρια ανά στάση σώματος (F2376) έναντι όρια ανά διάρκεια έκθεσης (EN 1069-1) καθώς και η εξέταση της εκάστοτε τεχνικής λογικής, πραγματοποιείται στο Κεφάλαιο 3 (§3.10) της παρούσας εργασίας.

2.9.3 Ακτίνα καμπυλότητας (§4.4.10)

Η παράγραφος 4.4.10 του ASTM F2376 [8] καθορίζει απαιτήσεις για τις ακτίνες καμπυλότητας σε κρίσιμα σημεία της διαδρομής ολίσθησης. Οι απαιτήσεις αυτές αποσκοπούν στη μείωση του κινδύνου τραυματισμού του χρήστη κατά την επαφή με ενώσεις, αρμούς ή μεταβάσεις της νεροτσουλήθρας.

Σύμφωνα με την **παράγραφο 4.4.10.3**, για τις νεροτσουλήθρες σώματος, οι ακμές των εγκάρσιων αρμών πρέπει να διαμορφώνονται με ακτίνα καμπυλότητας έως $3/16\text{ in.}$, δηλαδή περίπου 4,8 mm. Για τους διαμήκεις αρμούς σε κλειστές διαδρομές, η αντίστοιχη ακτίνα καμπυλότητας ορίζεται έως $1/4\text{ in.}$, δηλαδή περίπου 6,4 mm, ενώ για τους διαμήκεις αρμούς στα πλευρικά τοιχώματα ανοιχτών διαδρομών η ακτίνα καμπυλότητας ορίζεται έως $3/8\text{ in.}$, δηλαδή περίπου 9,5 mm.

Αντίστοιχα, η **παράγραφος 4.4.10.4** αφορά τις νεροτσουλήθρες με χρήση στρώματος (mat racer) και τις νεροτσουλήθρες με χρήση κουλούρας (tube slide). Στις περιπτώσεις αυτές, οι ακμές των εγκάρσιων αρμών πρέπει να διαμορφώνονται με ακτίνα καμπυλότητας έως $1/2\text{ in.}$, δηλαδή περίπου 12,7 mm.

Οι απαιτήσεις αυτές δείχνουν ότι το ASTM F2376 δεν περιορίζεται μόνο στη γενική γεωμετρία της νεροτσουλήθρας, αλλά εξετάζει και τις λεπτομέρειες επαφής μεταξύ χρήστη και επιφάνειας ολίσθησης. Η ορθή διαμόρφωση των ακμών και των αρμών είναι κρίσιμη, καθώς ακόμη και μικρές κατασκευαστικές ασυνέχειες μπορούν να προκαλέσουν δυσφορία, εκδορές ή τραυματισμούς, ιδιαίτερα σε σημεία όπου ο χρήστης κινείται με αυξημένη ταχύτητα ή βρίσκεται σε άμεση επαφή με την

επιφάνεια της νεροτσουλήθρας. Στην πραγματικότητα, η απαίτηση αυτή αξιολογείται κατά τις ενδιάμεσες επιθεωρήσεις πεδίου στα πολυεστερικά στοιχεία (FRP). Ο έλεγχος επικεντρώνεται στη διαμόρφωση των ακμών, στην ομαλότητα των εγκάρσιων και διαμήκων αρμών, στην ποιότητα της επιφάνειας ολίσθησης και στην απουσία τοπικών ασυνεχειών που θα μπορούσαν να έρθουν σε επαφή με το σώμα του χρήστη. Με τον τρόπο αυτό, η απαίτηση του προτύπου μετατρέπεται σε συγκεκριμένο επιθεωρησιακό κριτήριο, το οποίο συνδέει την ποιότητα κατασκευής των FRP στοιχείων με την ασφαλή χρήση της νεροτσουλήθρας.

2.10 ASTM F3493 — Μετρήσεις επιτάχυνσης (G-Force) σε νεροτσουλήθρες

Το ASTM F3493 [11], το οποίο εγκρίθηκε την 1η Ιανουαρίου 2023 και δημοσιεύθηκε τον Φεβρουάριο του 2023, αποτελεί μία από τις νεότερες και πλέον εξειδικευμένες προσθήκες στο πεδίο της τεχνικής αξιολόγησης νεροτσουληθρών. Το πρότυπο αναλύεται διεξοδικά στο Κεφάλαιο 3 της παρούσας εργασίας· ωστόσο, στο παρόν σημείο κρίνεται σκόπιμη η συνοπτική αναφορά στο αντικείμενο και στις βασικές τεχνικές του απαιτήσεις.

Το ASTM F3493 αφορά την απόκτηση ποσοτικών δεδομένων σχετικά με τα δυναμικά χαρακτηριστικά των νεροτσουληθρών, μέσω μετρήσεων που πραγματοποιούνται με τη συμμετοχή δοκιμαστών οι οποίοι φέρουν κατάλληλο όργανο καταγραφής. Κατά συνέπεια, το πρότυπο εξειδικεύει τη διαδικασία μέτρησης των επιταχύνσεων και της πραγματικής δυναμικής συμπεριφοράς του χρήστη κατά την ολίσθηση.

Οι τεχνικές λεπτομέρειες της μεθοδολογίας, δηλαδή τοποθέτηση του οργάνου μέτρησης στην ξιφοειδή απόφυση του στέρνου (§10.5), εκτέλεση τουλάχιστον τριών διαδοχικών κύκλων δοκιμής για κάθε διαμόρφωση (§11.10), και επεξεργασία δεδομένων με φίλτρο Butterworth 4-pole, single-pass, 5 Hz cutoff (§11.11) — παρουσιάζονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3 (§3.10.3) της παρούσας εργασίας. Το F3493 παραπέμπει στο F2137 [5] για τις γενικές απαιτήσεις μέτρησης, εντάσσοντάς το στο ευρύτερο σύστημα προτύπων της ASTM για την αξιολόγηση δυναμικών χαρακτηριστικών. Σε επίπεδο τελικών δοκιμών αποδοχής, η μεθοδολογία αυτή εφαρμόζεται μέσω δοκιμαστών που φέρουν κατάλληλα τοποθετημένο όργανο καταγραφής επιταχύνσεων. Τα δεδομένα που προκύπτουν από τις δοκιμές υποβάλλονται σε επεξεργασία με φίλτρο Butterworth και τα αντίστοιχα διαγράμματα συγκρίνονται με τα αποδεκτά όρια του ASTM F2376 [8] και του EN 1069-1 [13], ανάλογα με το εφαρμοζόμενο πλαίσιο αξιολόγησης. Με τον τρόπο αυτό, η μέτρηση των επιταχύνσεων δεν αποτελεί απλή καταγραφή τιμών, αλλά τεκμηριωμένο εργαλείο επιβεβαίωσης της δυναμικής συμπεριφοράς της νεροτσουλήθρας πριν από την τελική αποδοχή της.

2.11 ASTM F2461 — Εξοπλισμός υδάτινου παιχνιδιού

Το ASTM F2461 [3] αφορά τον εξοπλισμό υδάτινου παιχνιδιού και διαφοροποιείται ουσιαστικά από το ASTM F2376 [8], το οποίο εφαρμόζεται στα συστήματα νεροτσουληθρών μεγαλύτερης κλίμακας. Σύμφωνα με την **παράγραφο 1.1**, το F2461 καλύπτει την παραγωγή, την κατασκευή, τη λειτουργία και τη συντήρηση του εξοπλισμού υδάτινου παιχνιδιού, καθώς και διαφόρων τύπων δημόσιων υδάτινων στοιχείων παιχνιδιού και σύνθετων κατασκευών.

Στην **παράγραφο 1.2** καθορίζονται οι κατηγορίες εξοπλισμού που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του προτύπου. Σε αυτές περιλαμβάνονται υδάτινα στοιχεία στα οποία είναι δυνατή η αναρρίχηση, στοιχεία που έχουν σχεδιαστεί ώστε να αποτρέπουν την αναρρίχηση, σύνθετες κατασκευές παιχνιδιού, χειριστήρια που ενεργοποιούνται από τους χρήστες, ψεκαστήρες νερού, σιντριβάνια και μικρές τσουλήθρες που εγκαθίστανται σε υγρές επιφάνειες, παιδικές πισίνες μικρού βάθους, κολυμβητικές δεξαμενές και πισίνες αναψυχής. Το πρότυπο καλύπτει επίσης νεροτσουλήθρες ύψους έως 6 ft, δηλαδή περίπου 1,83 m.

Αντίστοιχα, η **παράγραφος 1.3** καθορίζει τις εξαιρέσεις από το πεδίο εφαρμογής του F2461. Το πρότυπο δεν εφαρμόζεται σε εξοπλισμό παιδικής χαράς που δεν διαθέτει είσοδο ή έξοδο σε πισίνα, σε εξοπλισμό οικιακής χρήσης, σε νεροτσουλήθρες που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του ASTM F2376, σε πλωτικά βοηθήματα ή συσκευές επίπλευσης, στις ίδιες τις κολυμβητικές δεξαμενές ως κατασκευές, καθώς και σε στοιχεία που αφορούν ειδικά την προσβασιμότητα.

Το ASTM F2461 μπορεί να θεωρηθεί ως το αμερικανικό αντίστοιχο του EN 17232 [19], καθώς και τα δύο πρότυπα καλύπτουν εξοπλισμό υδάτινου παιχνιδιού και όχι τις κύριες εγκαταστάσεις νεροτσουληθρών. Η λειτουργία του είναι συμπληρωματική προς το ASTM F2376, καθώς καλύπτει μικρότερες, διαδραστικές ή παιδικού χαρακτήρα υδάτινες κατασκευές, όπου το νερό αποτελεί βασικό στοιχείο του παιχνιδιού και της εμπειρίας χρήσης.

Επιπλέον, το F2461 συνδέεται με άλλα πρότυπα που αφορούν την ασφάλεια του παιδικού παιχνιδιού και των συναφών κατασκευών. Ενδεικτικά, παραπέμπει στο ASTM F1487, το οποίο αφορά τις απαιτήσεις ασφάλειας για εξοπλισμό παιδικής χαράς δημόσιας χρήσης, καθώς και στο ASTM F1918, το οποίο αφορά κλειστές κατασκευές παιχνιδιού με μαλακά στοιχεία (soft play equipment). Η σύνδεση αυτή αναδεικνύει τον υβριδικό χαρακτήρα του εξοπλισμού υδάτινου παιχνιδιού, ο οποίος βρίσκεται στο όριο μεταξύ υδάτινων εγκαταστάσεων, παιδικών δραστηριοτήτων και εξοπλισμού αναψυχής.

2.12 ASTM F2374 και ASTM F2065 — Απαιτήσεις για φουσκωτές ψυχαγωγικές διατάξεις και συναφείς εγκαταστάσεις

Για τις φουσκωτές ψυχαγωγικές διατάξεις, η σειρά προτύπων της ASTM F24 περιλαμβάνει διακριτές κανονιστικές αναφορές, ανάλογα με το είδος και τον τρόπο χρήσης του εξοπλισμού. Το ASTM F2374 αφορά γενικά τις φουσκωτές ψυχαγωγικές διατάξεις και καλύπτει απαιτήσεις που σχετίζονται με τον σχεδιασμό, την κατασκευή, την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τη συντήρησή τους. Αντίστοιχα, το ASTM F2065 [7] αφορά ειδικότερες περιπτώσεις φουσκωτών διατάξεων, ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής της εκάστοτε έκδοσης του προτύπου.

Η διάκριση αυτή είναι σημαντική σε σχέση με τα συστήματα νεροτσουληθρών. Το ASTM F2376 [8], στην παράγραφο 1.3, εξαιρεί από το πεδίο εφαρμογής του τις φουσκωτές νεροτσουλήθρες που εγκαθίστανται στην ξηρά και τις παραπέμπει στο ASTM F2374. Συνεπώς, οι φουσκωτές νεροτσουλήθρες επί εδάφους δεν αξιολογούνται ως συμβατικά συστήματα νεροτσουληθρών, αλλά ως φουσκωτές ψυχαγωγικές διατάξεις, με βάση τις ειδικές απαιτήσεις που αφορούν τη σταθερότητα, την αγκύρωση, την πίεση αέρα, την ακεραιότητα του υλικού και τη λειτουργική επιτήρηση.

Παράλληλα, τα πλωτά είδη αναψυχής καλύπτονται από τη σειρά EN 25649, η οποία αφορά φουσκωτά ή πλωτά είδη αναψυχής που προορίζονται για χρήση στο νερό. Με βάση όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι η επιλογή του κατάλληλου προτύπου εξαρτάται από το αν η διάταξη είναι σταθερή ή πλωτή, αν εγκαθίσταται στην ξηρά ή στο νερό και αν λειτουργεί ως φουσκωτή ψυχαγωγική διάταξη, ως σύστημα νεροτσουλήθρας ή ως πλωτό είδος αναψυχής.

2.13 ASTM F3559 — Επισκόπηση σειράς F24

Το ASTM F3559 [12], με τίτλο *Standard Guide for ASTM F24 Standards Governing Lifecycle Management of Amusement Rides and Devices*, λειτουργεί ως οδηγός επισκόπησης των προτύπων της σειράς ASTM F24. Σκοπός του είναι να βοηθήσει στον εντοπισμό των κατάλληλων προτύπων που εφαρμόζονται σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής μίας ψυχαγωγικής διάταξης, από τον σχεδιασμό και την κατασκευή έως τη λειτουργία, την επιθεώρηση και τη συντήρηση.

Η σημασία του προτύπου έγκειται στο ότι το αμερικανικό πλαίσιο της ASTM βασίζεται σε πολλαπλά επιμέρους πρότυπα, τα οποία εφαρμόζονται συνδυαστικά. Επομένως, το F3559 λειτουργεί ως εργαλείο κανονιστικής χαρτογράφησης, διευκολύνοντας σχεδιαστές, κατασκευαστές, υπεύθυνους λειτουργίας και επιθεωρητές να επιλέγουν το κατάλληλο πρότυπο ανάλογα με το τεχνικό αντικείμενο και τη φάση αξιολόγησης.

Ως εκ τούτου, το ASTM F3559 δεν εισάγει νέες ειδικές τεχνικές απαιτήσεις για συγκεκριμένο εξοπλισμό, αλλά υποστηρίζει τη συστηματική και συνεπή εφαρμογή της σειράς ASTM F24 σε όλο τον κύκλο ζωής των ψυχαγωγικών διατάξεων.

2.14 Θεσμικό πλαίσιο στις ΗΠΑ

Το θεσμικό πλαίσιο για τις ψυχαγωγικές διατάξεις στις ΗΠΑ χαρακτηρίζεται από έντονη αποκέντρωση. Σε ομοσπονδιακό επίπεδο, η εποπτεία αφορά κυρίως τις κινητές ψυχαγωγικές διατάξεις, όπως αυτές που χρησιμοποιούνται σε καρναβάλια και προσωρινές εγκαταστάσεις, μέσω της Consumer Product Safety Commission (CPSC). Αντίθετα, τα μόνιμα εγκατεστημένα πάρκα ψυχαγωγίας και τα υδάτινα πάρκα ρυθμίζονται κυρίως σε επίπεδο πολιτείας.

Σύμφωνα με τον κατάλογο Directory of State Amusement Ride Safety Officials της CPSC, το κανονιστικό καθεστώς διαφέρει σημαντικά μεταξύ των πολιτειών. Ορισμένες διαθέτουν οργανωμένη αρμόδια αρχή και θεσμοθετημένες διαδικασίες επιθεώρησης, ενώ άλλες βασίζονται περισσότερο στην ευθύνη των ιδιοκτητών, των υπεύθυνων λειτουργίας, των τοπικών επιθεωρητών και των ανεξάρτητων τεχνικών εμπειρογνομόνων.

Στο πλαίσιο αυτής της ανάλυσης, τα πρότυπα της σειράς ASTM F24 λειτουργούν συχνά ως κοινή τεχνική βάση αναφοράς. Αν και αναπτύσσονται από ιδιωτικό οργανισμό τυποποίησης, αποκτούν πρακτική ή κανονιστική ισχύ όταν υιοθετούνται από πολιτειακές αρχές ή ενσωματώνονται σε συμβατικές, ασφαλιστικές ή τεχνικές απαιτήσεις. Έτσι, το αμερικανικό σύστημα διαφοροποιείται από το ευρωπαϊκό, καθώς βασίζεται περισσότερο σε συνδυασμό πολιτειακής ρύθμισης, ιδιωτικών προτύπων και λειτουργικής ευθύνης του υπεύθυνου λειτουργίας.

2.15 Κριτική αποτίμηση

Η σειρά προτύπων ASTM F24 αποτελεί ένα από τα πλέον τεχνικά εξειδικευμένα συστήματα τυποποίησης στον τομέα των ψυχαγωγικών διατάξεων και των υδάτινων πάρκων. Βασικό της πλεονέκτημα είναι η ανάπτυξη εξειδικευμένων προτύπων για επιμέρους τεχνικά αντικείμενα, όπως ο σχεδιασμός, η λειτουργία, η συντήρηση, οι μετρήσεις επιταχύνσεων, οι νεροτσουλήθρες και ο εξοπλισμός υδάτινου παιχνιδιού. Η αρθρωτή αυτή δομή επιτρέπει μεγαλύτερη τεχνική ακρίβεια και ταχύτερη προσαρμογή στις τεχνολογικές εξελίξεις, ιδιαίτερα μέσω της λειτουργίας εξειδικευμένων υποεπιτροπών, όπως η F24.24 για τον σχεδιασμό, η F24.40 για τη λειτουργία και η F24.70 για τις υδάτινες διατάξεις.

Ωστόσο, το ίδιο χαρακτηριστικό αποτελεί και βασική αδυναμία του συστήματος. Η συμμόρφωση δεν προκύπτει συνήθως από την εφαρμογή ενός ενιαίου προτύπου, αλλά από τη συνδυαστική ανάγνωση και εφαρμογή πολλών διαφορετικών προτύπων. Αυτό μπορεί να δυσχεράνει την ομοιόμορφη εφαρμογή των απαιτήσεων, ιδίως σε σύνθετες εγκαταστάσεις όπου εμπλέκονται διαφορετικές κατηγορίες εξοπλισμού. Σε αντίθεση με το ευρωπαϊκό πλαίσιο, και ειδικότερα με τη λογική του EN 13814 [15], η σειρά ASTM F24 δεν συγκροτεί εξαρχής ένα πλήρως ενιαίο πλαίσιο κύκλου ζωής που να καλύπτει με συνεκτικό τρόπο τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία, την επιθεώρηση και τη συντήρηση. Το πρόσφατο ASTM F3559 [12] επιχειρεί να περιορίσει αυτό το κενό, λειτουργώντας ως εργαλείο χαρτογράφησης των επιμέρους προτύπων, χωρίς όμως να αποτελεί πλήρη ενοποίηση του συστήματος.

Επιπλέον, η εφαρμογή των προτύπων ASTM στις Ηνωμένες Πολιτείες επηρεάζεται από την αποκεντρωμένη κανονιστική δομή της χώρας. Καθώς η υιοθέτηση και η επιβολή των προτύπων εξαρτώνται σε σημαντικό βαθμό από το κανονιστικό πλαίσιο κάθε πολιτείας, η πρακτική εφαρμογή τους μπορεί να διαφοροποιείται. Έτσι, ένα πρότυπο μπορεί σε μία πολιτεία να έχει δεσμευτικό χαρακτήρα, εφόσον έχει ενσωματωθεί στη σχετική νομοθεσία, ενώ σε άλλη να χρησιμοποιείται κυρίως ως τεχνική αναφορά ή κατευθυντήρια οδηγία. Η διαφοροποίηση αυτή περιορίζει την ομοιομορφία του συστήματος σε εθνικό επίπεδο και καθιστά την ανεξάρτητη επιθεώρηση λιγότερο ομοιογενή σε σχέση με την ευρωπαϊκή προσέγγιση.

Παρά τις αδυναμίες αυτές, η ASTM F24 παραμένει ένα ιδιαίτερα δυναμικό και τεχνοκρατικό σύστημα τυποποίησης. Η τακτική επικαιροποίηση πολλών προτύπων, η εξειδίκευση των τεχνικών επιτροπών και η διεθνής χρήση τους ενισχύουν τη σημασία τους πέρα από τα όρια των Ηνωμένων Πολιτειών. Συνολικά, το αμερικανικό σύστημα μπορεί να θεωρηθεί περισσότερο ευέλικτο και τεχνικά εξειδικευμένο, αλλά λιγότερο ενοποιημένο και θεσμικά ομοιόμορφο από το αντίστοιχο ευρωπαϊκό πλαίσιο.

2.16 Συμπεράσματα κεφαλαίου

Η σειρά ASTM F24 αποτελεί ένα αρθρωτό, τεχνικά εξειδικευμένο και διεθνώς αναγνωρισμένο σύστημα προτύπων για τις ψυχαγωγικές διατάξεις. Στον τομέα των πάρκων ψυχαγωγίας, βασικό ρόλο έχουν τα ASTM F2291 [9] για τον σχεδιασμό, ASTM F770 [4] για τη λειτουργία, συντήρηση και επιθεώρηση, και ASTM F2137 [5] για τη μέτρηση δυναμικών χαρακτηριστικών. Τα πρότυπα αυτά συμπληρώνονται από το ASTM F1193 [6] για την ποιότητα κατασκευής, το ASTM F2974 [10] για τον έλεγχο συμμόρφωσης και το ASTM F846 [2] για τις δοκιμές λειτουργικής απόδοσης.

Στον τομέα των υδάτινων πάρκων, ιδιαίτερη σημασία έχουν τα ASTM F2376 [8] για τα συστήματα νεροτσουληθρών, ASTM F2461 [3] για τον εξοπλισμό υδάτινου παιχνιδιού και ASTM F3493 [11] για

τις μετρήσεις επιταχύνσεων σε νεροτσουλήθρες. Η δομή αυτή παρέχει εξειδικευμένη τεχνική κάλυψη για διαφορετικές κατηγορίες εξοπλισμού και στάδια αξιολόγησης.

Σε σύγκριση με το ευρωπαϊκό πλαίσιο, η προσέγγιση της ASTM είναι ταχύτερη και περισσότερο εξειδικευμένη, αλλά απαιτεί συνδυαστική ανάγνωση πολλών επιμέρους προτύπων. Το επόμενο κεφάλαιο εξετάζει ειδικότερα τα όρια επιταχύνσεων, πεδίο στο οποίο τα πρότυπα EN και ASTM παρουσιάζουν σημαντική τεχνική σύγκλιση τα τελευταία χρόνια.

Κεφάλαιο 3. Επιταχύνσεις και όρια G-Force στις ψυχαγωγικές διατάξεις και τις νεροτσουλήθρες

3.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί την τεχνική «καρδιά» της εργασίας και συγκεντρώνει σε ένα ενιαίο σώμα όλη τη λεπτομερή ανάλυση των επιταχύνσεων και των δυναμικών χαρακτηριστικών των ψυχαγωγικών διατάξεων. Με τη συγκεκριμένη οργάνωση επιδιώκεται να αποφευχθούν επικαλύψεις με τα κεφάλαια 1 και 2, τα οποία περιορίζονται στη γενική παρουσίαση των αντίστοιχων προτύπων (EN 13814 [15], EN 1069 [13], ASTM F2291 [9], F2137 [5], F2376 [8], F3493 [11]) και παραπέμπουν στο παρόν κεφάλαιο για τις τεχνικές λεπτομέρειες. Έτσι, ο αναγνώστης που επιθυμεί την επισκόπηση ενός προτύπου ανατρέχει στο κεφάλαιο 1 ή 2, ενώ ο αναγνώστης που επιθυμεί την τεχνική ανάλυση των ορίων, της μεθοδολογίας SARC, των κατηγοριών ασφάλισης και του φαινομένου push-pull ανατρέχει στο παρόν κεφάλαιο.

Η ασφάλεια του χρήστη σε μία ψυχαγωγική διάταξη δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τη δομική αντοχή της κατασκευής, την αξιοπιστία των συστημάτων ελέγχου ή την επάρκεια της συντήρησης. Εξαρτάται επίσης από τις δυναμικές καταπονήσεις που ασκούνται άμεσα στο ανθρώπινο σώμα κατά τη λειτουργία της διάταξης. Οι καταπονήσεις αυτές εκφράζονται κυρίως μέσω των επιταχύνσεων που αναπτύσσονται κατά την κίνηση και αποτελούν κρίσιμο παράγοντα για την αξιολόγηση της ασφάλειας, της άνεσης και της φυσιολογικής ανεκτικότητας του χρήστη.

Σε διατάξεις όπως τρενάκια αναψυχής, πύργοι ελεύθερης πτώσης, περιστρεφόμενες ψυχαγωγικές διατάξεις ή νεροτσουλήθρες υψηλής ταχύτητας, το σώμα του χρήστη υπόκειται σε επιταχύνσεις διαφορετικής κατεύθυνσης και έντασης κατά τη διάρκεια της διαδρομής. Οι επιταχύνσεις αυτές μπορεί να είναι θετικές ή αρνητικές, στιγμιαίες ή παρατεταμένες, ομαλές ή απότομες. Η επίδρασή τους στον ανθρώπινο οργανισμό εξαρτάται όχι μόνο από το μέγεθος της επιτάχυνσης, αλλά και από τη διάρκειά της, την κατεύθυνσή της, τον ρυθμό μεταβολής της, τη στάση σώματος του χρήστη και τον βαθμό στήριξης ή ασφάλισής του από το αντίστοιχο σύστημα ασφάλισης.

Η υπέρβαση των αποδεκτών ορίων επιτάχυνσης μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη καταπόνηση του ανθρώπινου οργανισμού, επηρεάζοντας τη φυσιολογική ανεκτικότητα, τη σταθερότητα της σωματικής στάσης και, κατ' επέκταση, την ασφάλεια του χρήστη. Ενδεικτικά, απότομες μεταβολές επιτάχυνσης μπορούν να προκαλέσουν καταπόνηση του αυχένα, φαινόμενα ώθησης και έλξης του σώματος, ναυτία, απώλεια προσανατολισμού. Σε ακραίες περιπτώσεις, η υπέρβαση των ορίων μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε απώλεια συνείδησης που σχετίζεται με υψηλές επιταχύνσεις. Για τον λόγο αυτό, τα σύγχρονα πρότυπα δεν αντιμετωπίζουν τις επιταχύνσεις ως δευτερεύουσα λειτουργική παράμετρο, αλλά ως

βασικό στοιχείο του σχεδιασμού, της δοκιμής και της τεχνικής επιβεβαίωσης της ασφάλειας των ψυχαγωγικών διατάξεων.

Η συστηματοποίηση των ορίων επιτάχυνσης αποτέλεσε αντικείμενο διεθνούς τεχνικού διαλόγου για αρκετές δεκαετίες. Η ανάγκη εναρμόνισης προέκυψε από το γεγονός ότι διαφορετικά κανονιστικά πλαίσια χρησιμοποιούσαν διαφορετικά όρια, διαφορετικές μεθόδους μέτρησης και διαφορετικούς τρόπους επεξεργασίας των δεδομένων. Η τεχνική σύγκλιση μεταξύ CEN και ASTM συνέβαλε σημαντικά στη διαμόρφωση κοινής βάσης για τη μέτρηση, την επεξεργασία και την αξιολόγηση των επιταχύνσεων στις ψυχαγωγικές διατάξεις.

Στο αμερικανικό πλαίσιο, βασικό πρότυπο για τα όρια επιτάχυνσης αποτελεί το ASTM F2291, ενώ η μεθοδολογία μέτρησης των δυναμικών χαρακτηριστικών καθορίζεται από το ASTM F2137. Στο ευρωπαϊκό πλαίσιο, οι αντίστοιχες απαιτήσεις ενσωματώνονται στο EN 13814-1, ιδίως στο παράρτημα που αφορά τις επιδράσεις των επιταχύνσεων στους χρήστες. Για τις νεροτσουλήθρες, το ASTM F2376, στην παράγραφο 4.4.11, καθορίζει τα όρια επιτάχυνσης ανάλογα με τη στάση σώματος του χρήστη, ενώ το ASTM F3493 εξειδικεύει τη μέθοδο μέτρησης με δοκιμαστές που φέρουν κατάλληλα όργανα καταγραφής. Αντίστοιχα, στην ευρωπαϊκή πλευρά, το EN 1069-1, στην παράγραφο 7.7.3 και στον Πίνακα 7 του προτύπου (βλέπε Εικόνα 2), καθορίζει τα όρια επιτάχυνσης για τις νεροτσουλήθρες.

Table 7 — Gravitational acceleration and related duration

Acceleration <i>g</i>	Duration <i>s</i>
≤ 4	< 0,1
≤ 2,6	≥ 0,1
NOTE g = gravity force; 1 g = 9,8 m/s ² .	

Εικόνα 2: Όρια επιτάχυνσης για νεροτσουλήθρες σύμφωνα με τον Πίνακα 7 του προτύπου EN 1069-1 (§7.7.3)

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται συνολικά το πλαίσιο αξιολόγησης των επιταχύνσεων στις ψυχαγωγικές διατάξεις και στις νεροτσουλήθρες. Η ανάλυση περιλαμβάνει την ιστορική πορεία της εναρμόνισης μεταξύ EN και ASTM, τους βασικούς ορισμούς, το σύστημα συντεταγμένων του ανθρώπινου σώματος, τη μεθοδολογία μέτρησης κατά ASTM F2137, τα όρια επιτάχυνσης ανά άξονα και διάρκεια έκθεσης, τον τρόπο αξιολόγησης του ρυθμού έναρξης της επιτάχυνσης, τους περιορισμούς σε απότομες αντιστροφές, τις ελλειπτικές καμπύλες συνδυασμένων επιταχύνσεων, καθώς και τις ειδικές απαιτήσεις για χρήστες μικρότερου ύψους. Τέλος, εξετάζονται ειδικά τα όρια επιτάχυνσης στις νεροτσουλήθρες σύμφωνα με το EN 1069 και το ASTM F2376, ώστε να αναδειχθεί ο βαθμός τεχνικής σύγκλισης των δύο κανονιστικών προσεγγίσεων.

3.2 Ιστορική αναδρομή και πολιτική εναρμόνισης

Η ανάγκη καθορισμού ορίων επιτάχυνσης στις ψυχαγωγικές διατάξεις αναγνωρίστηκε αρχικά στο γερμανικό πρότυπο DIN 4112 “Fliegende Bauten”, το οποίο αποτέλεσε για δεκαετίες βασικό σημείο αναφοράς στον ευρωπαϊκό χώρο. Ωστόσο, η τεχνολογική εξέλιξη των ψυχαγωγικών διατάξεων, με μεγαλύτερες ταχύτητες, αυξημένα ύψη και πιο σύνθετες κινήσεις, ανέδειξε την ανάγκη για πιο εξειδικευμένα και διεθνώς εναρμονισμένα όρια επιταχύνσεων.

Στις αρχές του 21ου αιώνα, η ASTM ανέπτυξε το ASTM F2291 [9], ενώ η CEN προχώρησε στην έκδοση του EN 13814 [15]. Παράλληλα, διαφορετικά εθνικά ή περιφερειακά πρότυπα εφαρμόστηκαν σε χώρες όπως η Ρωσία, η Αυστραλία, η Κίνα και ο Καναδάς. Κατά συνέπεια, το ASTM F2137 [5] καθιερώθηκε ως βασικό διεθνές πρότυπο αναφοράς για τη μέτρηση των δυναμικών χαρακτηριστικών των ψυχαγωγικών διατάξεων.

Η προσπάθεια εναρμόνισης μεταξύ των ευρωπαϊκών και αμερικανικών απαιτήσεων ξεκίνησε ως πρωτοβουλία ιδιωτικών φορέων, όπως η EAASI και η IAAPA, και στη συνέχεια εντάχθηκε σε πιο επίσημη διαδικασία μέσω της CEN. Στο πλαίσιο της διαδικασίας εναρμόνισης συγκροτήθηκαν εξειδικευμένες ομάδες εργασίας, οι οποίες εξέτασαν επιμέρους τεχνικά αντικείμενα κρίσιμα για την ασφάλεια των ψυχαγωγικών διατάξεων. Τα αντικείμενα αυτά περιλάμβαναν, μεταξύ άλλων, τη δομική επάρκεια και τους μηχανισμούς, τις πλατφόρμες και τα μέσα πρόσβασης, τη συμπεριφορά των χρηστών και την εκτίμηση κινδύνου, τη λειτουργία και τη συντήρηση, τις επιταχύνσεις και τα συστήματα ασφάλισης, καθώς και τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου.

Η διαδικασία αυτή συνέβαλε καθοριστικά στη διαμόρφωση της νεότερης έκδοσης της σειράς EN 13814, η οποία ενσωματώνει με πιο συστηματικό τρόπο τη διαχείριση κινδύνου, την τεκμηριωμένη επιθεώρηση και τη σύγκλιση των ορίων επιτάχυνσης με το αμερικανικό πλαίσιο της ASTM. Η συνεργασία μεταξύ CEN και ASTM ενισχύθηκε περαιτέρω μέσω της Συμφωνίας Τεχνικής Συνεργασίας του 2019 και της επέκτασής της το 2022, επιβεβαιώνοντας την ανάγκη για κοινή τεχνική βάση στην αξιολόγηση της ασφάλειας των ψυχαγωγικών διατάξεων.

Συνολικά, η ιστορική εξέλιξη των προτύπων δείχνει μία σαφή μετάβαση από εθνικά, αποσπασματικά πλαίσια προς μία περισσότερο εναρμονισμένη διεθνή προσέγγιση. Η σύγκλιση μεταξύ EN και ASTM, ιδίως ως προς τη μέτρηση και αξιολόγηση των επιταχύνσεων, αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα βήματα για την τεχνική ομοιογένεια και την ενίσχυση της ασφάλειας στον κλάδο των πάρκων ψυχαγωγίας και των υδάτινων πάρκων.

3.3 Ορολογία βάσει ASTM F2291 και EN 13814

Τόσο το ASTM F2291 [9] όσο και το EN 13814-1 [15] χρησιμοποιούν εξειδικευμένη ορολογία για την περιγραφή και αξιολόγηση των επιταχύνσεων στις ψυχαγωγικές διατάξεις. Οι βασικοί όροι που χρησιμοποιούνται στο παρόν κεφάλαιο είναι οι ακόλουθοι:

- **Παρατεταμένη επιτάχυνση** (*sustained acceleration / sustained acceleration event*):

Ως παρατεταμένη επιτάχυνση ορίζεται η επιτάχυνση με διάρκεια ίση ή μεγαλύτερη των 200 ms. Ο όρος αναφέρεται στο ASTM F2291 §3.1.2 και αντιστοιχεί στο EN 13814-1 §3.46. Η διάκριση αυτή είναι σημαντική, επειδή τα βασικά όρια επιτάχυνσης των προτύπων εφαρμόζονται κυρίως σε επιταχύνσεις επαρκούς διάρκειας, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν τη φυσιολογική απόκριση του χρήστη.

- **Επιτάχυνση κρούσης** (*impact acceleration*):

Ως επιτάχυνση κρούσης νοείται η επιτάχυνση με διάρκεια μικρότερη των 200 ms, σύμφωνα με το ASTM F2291 §3.1.1. Οι επιταχύνσεις αυτού του τύπου δεν αξιολογούνται με τον ίδιο τρόπο όπως οι παρατεταμένες επιταχύνσεις, καθώς βρίσκονται εκτός των χρονικών ορίων στα οποία βασίζονται οι αντίστοιχες καμπύλες φυσιολογικής ανεκτικότητας. Για τον λόγο αυτό, δεν εμπίπτουν στα όρια του ASTM F2291 §7.1.4 ούτε στις αντίστοιχες απαιτήσεις του EN 13814-1, Παράρτημα I, §I.2.2.1.

- **Ρυθμός έναρξης της επιτάχυνσης** (*onset*):

Ο όρος αναφέρεται στον ρυθμό μεταβολής της επιτάχυνσης ως προς τον χρόνο. Σύμφωνα με το ASTM F2291 §7.1.4.8 και την αντίστοιχη απεικόνιση στο EN 13814-1, Εικόνα I.3 (βλέπε εικόνα 3), ο υπολογισμός γίνεται ως κλίση της βέλτιστα προσαρμοσμένης ευθείας σε χρονικό παράθυρο 100 ms, το οποίο περιλαμβάνει 50 ms πριν και 50 ms μετά τη χρονική στιγμή που εξετάζεται. Η ευθεία αυτή προσδιορίζεται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

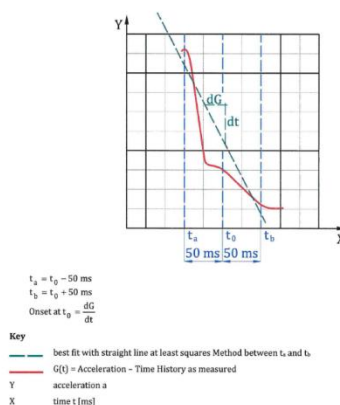


Figure I.3 — Onset calculation

Εικόνα 3: Απεικόνιση ρυθμού μεταβολής της επιτάχυνσης ως προς τον χρόνο βάση EN 13814-1

- **Τυποποιημένη δοκιμή χαρακτηρισμού ψυχαγωγικής διάταξης** (*Standardized Amusement Ride Characterization Test — SARC Test*):

Η τυποποιημένη δοκιμή χαρακτηρισμού ψυχαγωγικής διάταξης αποτελεί τη βασική μέθοδο μέτρησης που καθορίζεται στο ASTM F2137 [5] §12. Για να είναι δυνατή η αποδεκτή σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα όρια του ASTM F2291 ή του EN 13814-1, τα δεδομένα πρέπει να έχουν αποκτηθεί σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία.

- **Φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων Butterworth** (*Butterworth low-pass filter*):

Η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται με φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων Butterworth, τετραπολικό, μίας διέλευσης, με συχνότητα αποκοπής $F_n = 5$ Hz. Η απαίτηση αυτή προβλέπεται στο ASTM F2291 §7.1.1.2 και αναφέρεται επίσης στο Παράρτημα I του EN 13814-1. Η χρήση του φίλτρου αποσκοπεί στη μείωση του θορύβου και στην πιο αξιόπιστη αξιολόγηση των επιταχύνσεων που είναι ουσιώδεις για την ασφάλεια του χρήστη.

- **Φαινόμενο ώθησης-έλξης** (*push-pull effect*):

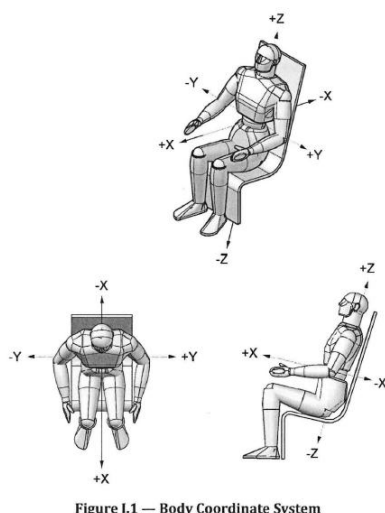
Το φαινόμενο ώθησης-έλξης μπορεί να εμφανιστεί όταν ο χρήστης εκτεθεί σε αρνητική κατακόρυφη επιτάχυνση για ορισμένη διάρκεια και στη συνέχεια ακολουθήσει θετική κατακόρυφη επιτάχυνση. Το ASTM F2291 §7.1.7.1 αντιμετωπίζει το φαινόμενο αυτό μέσω αυστηρότερων ορίων για χρονικό διάστημα 6 s μετά τη μετάβαση, ώστε να περιορίζεται ο κίνδυνος προσωρινών φυσιολογικών επιπτώσεων.

- **Μεταβολή ταχύτητας Δv** (*delta-v*):

Ο όρος Δv αναφέρεται στη μεταβολή της ταχύτητας μέσα σε χρονικό διάστημα έως 200 ms, σύμφωνα με το ASTM F2291 §3.1. Η παράμετρος αυτή είναι σημαντική για την αξιολόγηση απότομων μεταβολών της κίνησης, ιδίως όταν η μεταβολή της ταχύτητας συμβαίνει σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.

- **Σύστημα συντεταγμένων σώματος** (*body-axis coordinate system*):

Το σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των επιταχύνσεων είναι ορθογώνιο και συνδέεται με τους άξονες του ανθρώπινου σώματος, όχι με τους άξονες του οχήματος ή της διάταξης. Ο άξονας Z θεωρείται θετικός προς τα επάνω, κατά μήκος της σπονδυλικής στήλης. Η επιτρεπόμενη απόκλιση ευθυγράμμισης είναι $\pm 5^\circ$, σύμφωνα με το ASTM F2137 §9.1.2 και το EN 13814-1, Παράρτημα I, Εικόνα I.1.

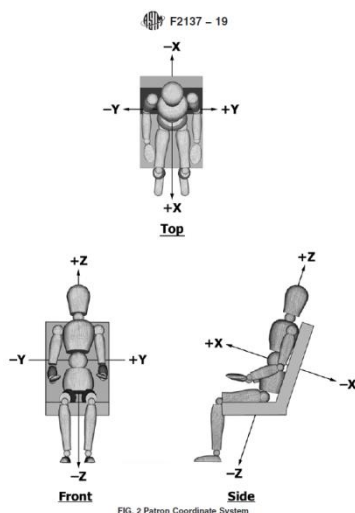


Εικόνα 4: Σύστημα συντεταγμένων σώματος βαση EN 13814-1

3.4 Σύστημα συντεταγμένων και τοποθέτηση αισθητήρων

Σύμφωνα με την Εικόνα 2 (βλέπε εικόνα 5) του ASTM F2137 [5] και την Εικόνα I.1 (βλέπε εικόνα 4 § 3.3) του EN 13814-1 [15], η αξιολόγηση των επιταχύνσεων βασίζεται σε καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, το οποίο συνδέεται με τους άξονες του σώματος του χρήστη και όχι με τους άξονες του οχήματος ή της διάταξης. Η επιλογή αυτή είναι κρίσιμη, διότι τα όρια επιτάχυνσης αφορούν την καταπόνηση που δέχεται το ανθρώπινο σώμα και όχι απλώς την κίνηση της κατασκευής.

Ο άξονας Z είναι κατακόρυφος και θεωρείται θετικός προς τα επάνω, ευθυγραμμισμένος με τη σπονδυλική στήλη του χρήστη. Ο άξονας X αντιστοιχεί στη διεύθυνση εμπρός–πίσω, ενώ ο άξονας Y αντιστοιχεί στην εγκάρσια διεύθυνση αριστερά–δεξιά. Η επιτρεπόμενη απόκλιση ευθυγράμμισης ορίζεται σε $\pm 5^\circ$, ανοχή η οποία επιτρέπει πρακτική εφαρμογή της μεθόδου μέτρησης ακόμη και σε διατάξεις με ασυνήθιστες θέσεις καθίσματος ή μη συμβατικές στάσεις σώματος. Η νεότερη έκδοση του EN 13814 έχει υιοθετήσει τη λογική του συστήματος συντεταγμένων της ASTM, σε αντίθεση με παλαιότερες προσεγγίσεις, όπως το DIN 1080, όπου ο άξονας Z οριζόταν θετικός προς τα κάτω.



Εικόνα 5: Σύστημα συντεταγμένων σώματος βάση ASTM F2137

Σύμφωνα με το EN 13814-1, §I.2.2.2, οι κατευθύνσεις των επιταχύνσεων ορίζονται ως εξής:

- $+a_z$: επιτάχυνση που πιέζει το σώμα προς τα κάτω, προς το κάθισμα.
- $-a_z$: επιτάχυνση που τείνει να ανυψώσει το σώμα από το κάθισμα.
- $+a_y$: επιτάχυνση που πιέζει το σώμα προς τα δεξιά.
- $-a_y$: επιτάχυνση που πιέζει το σώμα προς τα αριστερά.
- $+a_x$: επιτάχυνση που πιέζει το σώμα προς τα πίσω, προς την πλάτη του καθίσματος.
- $-a_x$: επιτάχυνση που ωθεί το σώμα προς τα εμπρός.

Ως προς τη θέση του αισθητήρα, στις ψυχαγωγικές διατάξεις το ASTM F2137, §9.1 και §9.2 προβλέπει την τοποθέτηση τριαξονικού επιταχυνσιόμετρου στο κάθισμα, ώστε να καταγράφεται η δυναμική καταπόνηση που μεταφέρεται στον χρήστη. Όταν απαιτούνται μετρήσεις πολλαπλών αξόνων στο ίδιο σημείο, η §9.2.2 ορίζει ότι το κέντρο της μάζας μέτρησης του επιταχυνσιόμετρου πρέπει να βρίσκεται εντός 60 mm από το σημείο αναφοράς, ενώ οι άξονες μέτρησης πρέπει να είναι μεταξύ τους ορθογώνιοι με ανοχή 1° .

Για τις νεροτσουλήθρες, η μεθοδολογία διαφοροποιείται, καθώς η μέτρηση πραγματοποιείται απευθείας πάνω στον χρήστη που φέρει το όργανο καταγραφής. Σύμφωνα με το ASTM F3493 [11], §10.5, ο αισθητήρας τοποθετείται στην περιοχή του στήθους, αμέσως πριν και πάνω από την ξιφοειδή απόφυση. Η θέση αυτή επιλέγεται ώστε η μέτρηση να προσεγγίζει καλύτερα τις επιταχύνσεις που δέχεται το σώμα κατά την ολίσθηση. Σε ειδικές περιπτώσεις, όπως σε νεροτσουλήθρες με χρήση στρώματος όπου ο χρήστης ολισθαίνει με το κεφάλι προς τα εμπρός ή διαδρομές στις οποίες το στήθος μπορεί να έρθει σε επαφή με την επιφάνεια ολίσθησης, η θέση του αισθητήρα διαφοροποιείται σύμφωνα με τα διαγράμματα του Παραρτήματος 1 του ASTM F3493.

3.5 Η μεθοδολογία μέτρησης SARC κατά F2137

3.5.1 Κατηγορίες συχνοτικής απόκρισης καναλιού

Το ASTM F2137 [5], στην παράγραφο 5.1, ορίζει δύο βασικές κατηγορίες συχνοτικής απόκρισης καναλιού:

- **CFC10A:** FL = 0,0 Hz, FH = 10,0 Hz, FN = 16,7 Hz, FS = 120 Hz, η οποία χρησιμοποιείται για συμβάντα χαμηλής συχνότητας.
- **CFC60B:** FL = 0,0 Hz, FH = 60,0 Hz, FN = 100 Hz, FS = 720 Hz, η οποία χρησιμοποιείται για συμβάντα υψηλότερης συχνότητας.

Σύμφωνα με τον ορισμό της παραγράφου 3.1.4, για κάθε κατηγορία συχνοτικής απόκρισης πρέπει να διατηρείται συγκεκριμένη σχέση μεταξύ της ανώτερης συχνότητας FH, της φυσικής συχνότητας FN και της συχνότητας δειγματοληψίας FS. Ειδικότερα, η φυσική συχνότητα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,667 φορές μεγαλύτερη από την ανώτερη συχνότητα, ενώ η συχνότητα δειγματοληψίας πρέπει να είναι τουλάχιστον 12 φορές μεγαλύτερη από την ανώτερη συχνότητα. Η απαίτηση αυτή διασφαλίζει ότι το μετρητικό σύστημα διαθέτει επαρκή συχνοτική απόκριση και κατάλληλη συχνότητα δειγματοληψίας, ώστε να αποτυπώνει αξιόπιστα τα δυναμικά χαρακτηριστικά της ψυχαγωγικής διάταξης χωρίς σημαντική απώλεια πληροφορίας.

Επιπλέον, η παράγραφος 7.2.1 απαιτεί τα δεδομένα να αποκτώνται με ελάχιστη κατηγορία CFC = 10. Για ψηφιακά συστήματα καταγραφής, η ελάχιστη ανάλυση δείγματος ορίζεται σε 0,10 % της πλήρους κλίμακας (§7.2.2), ενώ για αναλογικά συστήματα σε 2 % της πλήρους κλίμακας (§5.2). Τέλος, η μέγιστη επιτρεπόμενη μη γραμμικότητα δεν πρέπει να υπερβαίνει το 2,5 % της πλήρους κλίμακας (§5.3).

3.5.2 Προδιαγραφές αισθητήρα

Σύμφωνα με το ASTM F2137 [5], §6, ο αισθητήρας μέτρησης πρέπει να πληροί συγκεκριμένες απαιτήσεις ακρίβειας και απόκρισης. Η εγκάρσια ευαισθησία του δεν πρέπει να υπερβαίνει το 3 % (§6.3), ώστε να περιορίζεται η επίδραση μετρήσεων από μη επιθυμητές διευθύνσεις. Επιπρόσθετα, η αλυσίδα μέτρησης πρέπει να καλύπτει το απαιτούμενο εύρος συχνοτήτων του καναλιού μέτρησης, από τη χαμηλή συχνότητα ορίου FL έως και το διπλάσιο της υψηλής συχνότητας ορίου FH. Παράλληλα, δεν πρέπει να παρουσιάζει ενίσχυση κορυφής μεγαλύτερη από +6 dB στη φυσική συχνότητα του συστήματος (§6.2).

Αναφορικά με τη βαθμονόμηση, η §8 προβλέπει ετήσια επιβεβαίωση της ορθής λειτουργίας όλων των επιμέρους στοιχείων της αλυσίδας μέτρησης. Η αναφορική βαθμονόμηση δεν πρέπει να εισάγει σφάλμα μεγαλύτερο από 1,5 % της πλήρους κλίμακας (§8.3).

3.5.3 Επιτόπια βαθμονόμηση

Το ASTM F2137 [5], §10.2.2 καθορίζει διαδικασία επιτόπιας βαθμονόμησης του επιταχυνσιόμετρου. Η διαδικασία βασίζεται στη μεταβολή του προσανατολισμού του ευαίσθητου άξονα του επιταχυνσιόμετρου σε σχέση με τη διεύθυνση της επιτάχυνσης της βαρύτητας. Αρχικά, το επιταχυνσιόμετρο τοποθετείται με τον ευαίσθητο άξονά του κάθετο σε επίπεδη επιφάνεια και καταγράφεται ένδειξη +1 g. Στη συνέχεια περιστρέφεται κατά 90°, ώστε να καταγραφεί ένδειξη 0 g, και τέλος τοποθετείται ανεστραμμένο, ώστε να καταγραφεί ένδειξη -1 g.

Η διαδικασία αυτή, γνωστή ως δοκιμή αναστροφής εύρους 2 g, παρέχει πρακτική επιτόπια επαλήθευση τριών σημείων. Τα αποτελέσματα της δοκιμής πρέπει να καταγράφονται στην έκθεση δοκιμής.

3.5.4 Βάρη προσομοίωσης για τη δοκιμή SARC

Το ASTM F2137 [5], §12.1.1 καθορίζει τις απαιτήσεις για τα βάρη προσομοίωσης που χρησιμοποιούνται κατά τη δοκιμή χαρακτηρισμού της ψυχαγωγικής διάταξης. Για διατάξεις που επιτρέπουν τη χρήση από ενήλικες, το συνολικό βάρος προσομοίωσης ανά θέση χρήστη πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 145 και 170 lb, δηλαδή περίπου 66 έως 77 kg. Για διατάξεις που προορίζονται αποκλειστικά για παιδιά, εφαρμόζονται διαφορετικές τιμές, σύμφωνα με το §12.1.1.2.

Όλα τα βάρη προσομοίωσης πρέπει να καταγράφονται στην τεχνική έκθεση, καθώς αποτελούν κρίσιμη παράμετρο για την επαλήθευση των συνθηκών δοκιμής και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

3.5.5 Επεξεργασία δεδομένων και φίλτρο Butterworth

Σύμφωνα με το ASTM F2291 [9], §7.1.1.2, τα αρχικά δεδομένα μέτρησης πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία με φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων Butterworth, τετραπολικό, μίας διέλευσης, με συχνότητα αποκοπής 5 Hz. Η απαίτηση αυτή έχει υιοθετηθεί στο πλαίσιο της τεχνικής σύγκλισης μεταξύ EN και ASTM για την αξιολόγηση των επιταχύνσεων.

Η επιλογή της συχνότητας των 5 Hz συνδέεται με τη φυσιολογική απόκριση του ανθρώπινου σώματος, καθώς επιταχύνσεις υψηλότερης συχνότητας θεωρείται ότι δεν επηρεάζουν με τον ίδιο τρόπο το νευρομυϊκό σύστημα. Το φίλτρο Butterworth χρησιμοποιείται λόγω της ομαλής απόκρισής του και της περιορισμένης παραμόρφωσης των δεδομένων. Η ίδια αρχή επεξεργασίας εφαρμόζεται και στις μετρήσεις νεροτσουληθρών σύμφωνα με το ASTM F3493 [11], §11.11.

3.5.6 Δοκιμαστικός κύκλος και έκθεση δοκιμής

Τα ASTM F2137 [5] και ASTM F3493 [11], §11 προβλέπουν την εκτέλεση τουλάχιστον τριών διαδοχικών δοκιμαστικών κύκλων για κάθε διαμόρφωση φόρτισης της διάταξης. Κατά τη δοκιμή πρέπει να καταγράφονται η αρχική θέση και ο προσανατολισμός της ψυχαγωγικής διάταξης, ώστε τα αποτελέσματα να μπορούν να αξιολογηθούν και να επαναληφθούν με συνέπεια.

Η έκθεση δοκιμής πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα κρίσιμα στοιχεία της διαδικασίας, όπως την ημερομηνία, την εγκατάσταση, την ονομασία της διάταξης, τα ανθρωπομετρικά στοιχεία των δοκιμαστών, τον εξοπλισμό μέτρησης, τα μοντέλα και τους σειριακούς αριθμούς των οργάνων, τις ημερομηνίες βαθμονόμησης, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τα τεχνικά στοιχεία του κατασκευαστή. Όπου εφαρμόζεται, πρέπει επίσης να καταγράφονται στοιχεία όπως ο τύπος του οχήματος ή του βοηθητικού μέσου ολίσθησης, καθώς και η ρυθμισμένη παροχή νερού κατά τη δοκιμή, ιδίως στην περίπτωση νεροτσουληθρών, όπου η παροχή επηρεάζει άμεσα τη δυναμική συμπεριφορά του χρήστη.

3.6 Τα όρια επιτάχυνσης κατά ASTM F2291

3.6.1 Όρια παρατεταμένης επιτάχυνσης

Με βάση με την παράγραφο 7.1.4 του ASTM F2291 [9], τα όρια παρατεταμένης επιτάχυνσης παρουσιάζονται σε τρία βασικά διαγράμματα, ανάλογα με τον άξονα φόρτισης του σώματος του χρήστη: την Εικόνα 6 για τον άξονα G_x (βλέπε εικόνα 6), την Εικόνα 7 για τον άξονα G_y (βλέπε εικόνα 6) και την Εικόνα 8 για τον άξονα G_z (βλέπε εικόνα 7).

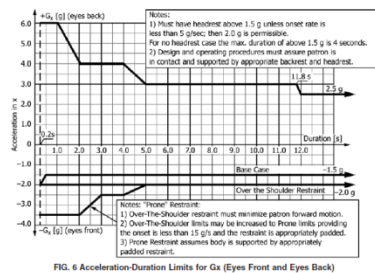


FIG. 6 Acceleration-Duration Limits for Gx (Eyes Front and Eyes Back)

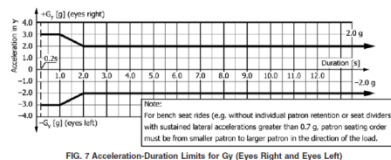


FIG. 7 Acceleration-Duration Limits for Gy (Eyes Right and Eyes Left)

Εικόνα 6: Διαγράμματα παρατεταμένης επιτάχυνσης αξόνων G_x & G_y βάση ASTM F2291

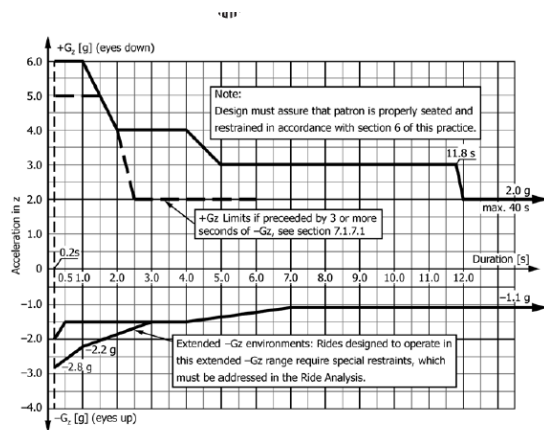


FIG. 8 Acceleration-Duration Limits for Gz (Eyes Down and Eyes Up)

Εικόνα 7: Διαγράμματα παρατεταμένης επιτάχυνσης αξόνα G_z βάση ASTM F2291

Η μονάδα μέτρησης είναι το G, όπου $1 G = 32,2 \text{ ft/s}^2 = 9,81 \text{ m/s}^2$ (§7.1.4.1). Τα όρια αφορούν τη συνολική επιτάχυνση, συμπεριλαμβανομένης της βαρύτητας της Γης (§7.1.4.5). Επομένως, ένα ακίνητο σώμα εμφανίζει τιμή 1 G στον κατακόρυφο άξονα και 0 G στους οριζόντιους άξονες.

Το πρότυπο διευκρινίζει ότι τα συγκεκριμένα όρια δεν εφαρμόζονται σε επιταχύνσεις λόγω κρούσης διάρκειας μικρότερης των 200 ms (§7.1.4.2). Παράλληλα, τα όρια σταθερής κατάστασης ισχύουν χωρίς χρονικό περιορισμό, εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά, ενώ εκθέσεις διάρκειας μεγαλύτερης των 90 s δεν καλύπτονται από το συγκεκριμένο πλαίσιο αξιολόγησης (§7.1.4.6).

Για χρήστες με ύψος μικρότερο από 48 in., δηλαδή περίπου 122 cm, απαιτείται ειδική αξιολόγηση ως προς το εάν τα γενικά όρια είναι κατάλληλα ή εάν πρέπει να εφαρμοστούν αυστηρότερες τιμές (§7.1.4.3). Επιπλέον, τα όρια διαφοροποιούνται ανάλογα με τον τύπο του συστήματος ασφάλισης, όπως η βασική περίπτωση, τα συστήματα ασφάλισης ώμων και τα συστήματα για πρηνή θέση (§7.1.4.7).

Τέλος, η παράγραφος 7.1.4.8 καθορίζει τη μέθοδο υπολογισμού του ρυθμού μεταβολής της επιτάχυνσης. Ο ρυθμός αυτός προσδιορίζεται από την κλίση της ευθείας που προσαρμόζεται στα δεδομένα επιτάχυνσης με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, για χρονικό διάστημα 100 ms. Με

επακόλουθο το πρότυπο δεν εξετάζει μόνο τη μέγιστη τιμή της επιτάχυνσης, αλλά και την ταχύτητα με την οποία αυτή μεταβάλλεται, στοιχείο κρίσιμο για την αξιολόγηση της δυναμικής καταπόνησης του χρήστη.

3.6.2 Ταυτόχρονες επιταχύνσεις σε δύο άξονες

Με κριτήριο την παράγραφο 7.1.5.1 του ASTM F2291 [9], όταν επιταχύνσεις αναπτύσσονται ταυτόχρονα σε δύο άξονες, η συνολική τους επίδραση πρέπει να παραμένει εντός καθορισμένων ορίων, τα οποία αποτυπώνονται με ελλειπτικές καμπύλες. Για κάθε τεταρτημόριο, η καμπύλη ορίζεται από έλλειψη με κέντρο το σημείο (0,0), ενώ οι ακτίνες της αντιστοιχούν στα επιτρεπόμενα όρια επιτάχυνσης διάρκειας 200 ms για τους αντίστοιχους άξονες. Η σχετική γραφική απεικόνιση παρουσιάζεται στις Εικόνες 10 έως 17 του προτύπου. Συνδυασμένες επιταχύνσεις που υπερβαίνουν τα όρια για διάρκεια μικρότερη των 200 ms δεν αξιολογούνται στο πλαίσιο αυτής της απαίτησης.

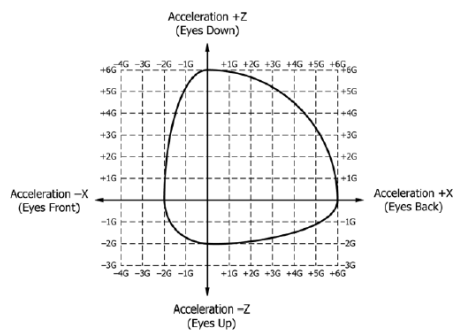


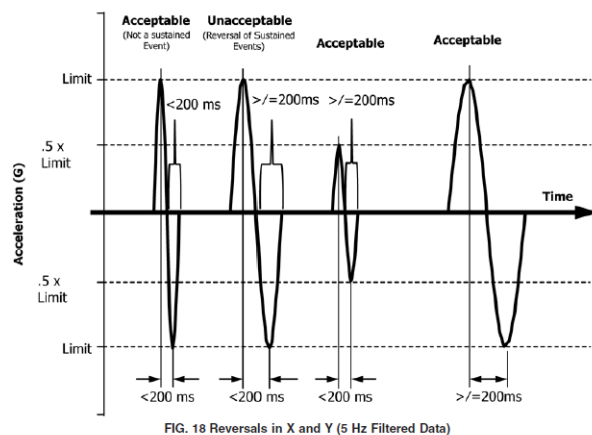
FIG. 11 Allowable Combined Magnitude of X and Z Accelerations

X Axis: Base/OTS Limit
Z Axis: Extended Limit

Εικόνα 8: Ενδεικτική γραφική παράσταση επιταχύνσεων δυο αξόνων βάση ASTM F2291

3.6.3 Αναστροφές επιτάχυνσης στους άξονες X και Y

Η παράγραφος 7.1.6.1 καθορίζει τις απαιτήσεις για τις διαδοχικές αναστροφές επιτάχυνσης στους άξονες X και Y. Όταν δύο διαδοχικά συμβάντα παρατεταμένης επιτάχυνσης έχουν αντίθετη κατεύθυνση, ο χρόνος μετάβασης από τη μία κορυφή στην άλλη πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 200 ms. Εάν η μετάβαση αυτή πραγματοποιηθεί σε χρόνο μικρότερο των 200 ms, τότε το επιτρεπόμενο όριο των μέγιστων τιμών μειώνεται κατά 50 %. Η απαίτηση αυτή αποσκοπεί στον περιορισμό των απότομων μεταβολών της επιτάχυνσης, οι οποίες μπορούν να αυξήσουν τη δυναμική καταπόνηση του χρήστη. Η σχετική απεικόνιση παρουσιάζεται στην Εικόνα 18 του προτύπου (βλέπε εικόνα 9).



Εικόνα 9: Γραφική απεικόνιση αναστροφών επιταχύνσεων στους άξονες X και Y βάση F2291

3.6.4 Μεταβάσεις στον άξονα Z

Η παράγραφος 7.1.7 του ASTM F2291 [9] καθορίζει ειδικούς κανόνες για τις μεταβάσεις της κατακόρυφης επιτάχυνσης, δηλαδή της επιτάχυνσης στον άξονα Z.

Πρώτον, σύμφωνα με την παράγραφο 7.1.7.1, όταν οι χρήστες εκτίθενται σε αρνητική επιτάχυνση G_z για διάρκεια μεγαλύτερη των 3s, τα επιτρεπόμενα όρια της επόμενης θετικής επιτάχυνσης G_z μειώνονται για χρονικό διάστημα 6s μετά τη μετάβαση. Μετά την παρέλευση των 6 s, τα όρια επανέρχονται στις κανονικές τιμές. Η απαίτηση αυτή συνδέεται με την αντιμετώπιση του φαινομένου ώθησης-έλξης, κατά το οποίο η μετάβαση από αρνητική σε θετική κατακόρυφη επιτάχυνση μπορεί να αυξήσει τη καταπόνηση του χρήστη.

Δεύτερον, σύμφωνα με την παράγραφο 7.1.7.2, όταν η κατακόρυφη επιτάχυνση μεταβάλλεται από συνθήκη παρατεταμένης έλλειψης βαρύτητας, δηλαδή από 0 G ή από αρνητικότερες τιμές, σε θετική επιτάχυνση ίση ή μεγαλύτερη από 2 G, η μετάβαση αυτή πρέπει να πραγματοποιείται σε χρονικό διάστημα τουλάχιστον 133 ms. Η απαίτηση αυτή αποσκοπεί στον περιορισμό απότομων μεταβολών της κατακόρυφης φόρτισης του σώματος, οι οποίες μπορούν να αυξήσουν τη φυσιολογική καταπόνηση του χρήστη.

3.6.5 Όριο κόπωσης κατασκευής: κριτήριο 35.000 ωρών λειτουργίας

Παράλληλα με τα όρια που αφορούν τη δυναμική καταπόνηση του χρήστη, το ASTM F2291 [9] §8.3.1 καθορίζει απαιτήσεις για την αντοχή σε κόπωση των κύριων κατασκευαστικών στοιχείων, όπως η διαδρομή κύλισης, τα υποστυλώματα, οι κόμβοι σύνδεσης και οι βραχίονες. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να σχεδιάζονται για ελάχιστη διάρκεια ζωής έναντι κόπωσης 35.000 ωρών λειτουργίας.

Ως ώρα λειτουργίας νοείται μία ώρα κανονικής λειτουργίας της διάταξης, συμπεριλαμβανομένων των φάσεων έναρξης και παύσης λειτουργίας. Το κριτήριο αυτό αποτυπώνει την ανάγκη σχεδιασμού των ψυχαγωγικών διατάξεων για μακροχρόνια χρήση και επαναλαμβανόμενες δυναμικές φορτίσεις.

3.7 Τα όρια επιτάχυνσης κατά EN 13814-1, Παράρτημα I

Το παράρτημα I του EN 13814-1 [15], το οποίο έχει πληροφοριακό χαρακτήρα, πραγματεύεται τις επιδράσεις των επιταχύνσεων στους χρήστες των ψυχαγωγικών διατάξεων. Παρότι δεν έχει κανονιστικό χαρακτήρα, παρέχει ένα σημαντικό τεχνικό πλαίσιο αναφοράς για την αξιολόγηση των επιταχύνσεων, ιδίως σε σχέση με τη διεύθυνση, τη διάρκεια και την ένταση των φορτίσεων. Οι βασικές προβλέψεις του διαρθρώνονται ως εξής:

3.7.1 Γενικές προβλέψεις

Σύμφωνα με την παράγραφο I.1, οι επιταχύνσεις που ασκούνται στους χρήστες κατά τη λειτουργία ψυχαγωγικών διατάξεων πρέπει να περιορίζονται σε ανεκτά επίπεδα. Τα όρια αυτά δεν αφορούν την άνεση ή φαινόμενα όπως η ναυτία λόγω κίνησης, αλλά τη φυσιολογική ανεκτικότητα και την ασφάλεια του χρήστη.

Η παράγραφος I.2.1 αναφέρει ότι οι θέσεις των χρηστών πρέπει να διαθέτουν κατάλληλο σχεδιασμό ως προς την πλευρική στήριξη, την επένδυση, τα προσκέφαλα και τα συστήματα ασφάλισης. Επιπλέον, οι μετρήσεις πρέπει να διενεργούνται σύμφωνα με τη μεθοδολογία του ASTM F2137 [5], ώστε να εξασφαλίζεται ενιαία και συγκρίσιμη διαδικασία καταγραφής. Τα δεδομένα που προκύπτουν από τη δοκιμή υποβάλλονται στη συνέχεια σε επεξεργασία με φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων Butterworth. Σε περιπτώσεις όπου κατά τον σχεδιασμό εμπλέκονται κρουστικές δυνάμεις, συνιστάται η μείωση των επιτρεπόμενων τιμών τουλάχιστον κατά 10 %.

Η παράγραφος I.2.2.1 θέτει τους βασικούς περιορισμούς εφαρμογής των ορίων. Συγκεκριμένα, δεν εξετάζονται απότομες επιταχύνσεις διάρκειας μικρότερης των 200 ms, λόγω ανεπαρκών διαθέσιμων δεδομένων. Τα όρια αφορούν χρήστες με ύψος ίσο ή μεγαλύτερο από 1,20 m, ενώ για παιδιά μικρότερου ύψους γίνεται παραπομπή στο αντίστοιχο παράρτημα του ASTM F2291 [9]. Τα όρια δεν αποσκοπούν επίσης στην αξιολόγηση περιπτώσεων χρηστών με ειδικές σωματικές ιδιαιτερότητες ή περιορισμούς, ενώ οι επιταχύνσεις σταθερής κατάστασης καλύπτονται από το πρότυπο μόνο για διάρκεια έκθεσης έως 90 s.

3.7.2 Επιταχύνσεις στον άξονα X (Εικόνα I.2)

Η Εικόνα I.2 του EN 13814-1 [15] (βλέπε εικόνα 10) παρουσιάζει τα όρια διάρκειας/επιτάχυνσης για τον άξονα X, δηλαδή για επιταχύνσεις που ενεργούν στη διεύθυνση εμπρός/πίσω του σώματος του χρήστη, κάθετα προς τη σπονδυλική στήλη. Τα όρια διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος του συστήματος ασφάλισης:

- **Βασικό σύστημα ασφάλισης κάτω μέρους του σώματος (*Base Case — Lower Body Restraint, Class 4*):**

Η βασική καμπύλη αφορά συστήματα ασφάλισης που περιορίζουν κυρίως το κάτω μέρος του σώματος, όπως συστήματα κατηγορίας 4. Στη θετική διεύθυνση $+a_x$, όπου το σώμα πιέζεται προς την πλάτη του καθίσματος, επιτρέπονται υψηλότερες τιμές επιτάχυνσης για σύντομες διάρκειες, με μέγιστη τιμή περίπου 6,0 g. Καθώς η διάρκεια έκθεσης αυξάνεται, τα επιτρεπόμενα όρια μειώνονται σταδιακά. Στην αρνητική διεύθυνση $-a_x$, όπου το σώμα τείνει να κινηθεί προς τα εμπρός, το όριο είναι αυστηρότερο και αναφέρεται τιμή περίπου -1,5 g.

- **Σύστημα ασφάλισης ώμων / άνω κορμού (*Over-the-Shoulder Restraint, Class 5*):**

Η δεύτερη καμπύλη αφορά συστήματα ασφάλισης που περιορίζουν αποτελεσματικότερα την κίνηση του άνω κορμού, όπως συστήματα κατηγορίας 5. Στην περίπτωση αυτή, η πρόσθια μετακίνηση του σώματος περιορίζεται περισσότερο σε σχέση με τη βασική περίπτωση. Γι' αυτό, στην αρνητική διεύθυνση $-a_x$ επιτρέπεται αυξημένο όριο, περίπου -2,0 g, υπό την προϋπόθεση ότι το σύστημα ασφάλισης είναι κατάλληλα σχεδιασμένο.

- **Σύστημα ασφάλισης για πρινή θέση (*Prone Restraint*):**

Η τρίτη καμπύλη αφορά διατάξεις στις οποίες ο χρήστης βρίσκεται σε πρινή θέση και υποστηρίζεται από ειδικά διαμορφωμένο σύστημα ασφάλισης. Στην περίπτωση αυτή προβλέπονται υψηλότερες επιτρεπόμενες τιμές στην αρνητική διεύθυνση $-G_x$, λόγω της διαφορετικής στάσης σώματος και του τρόπου στήριξης του χρήστη.

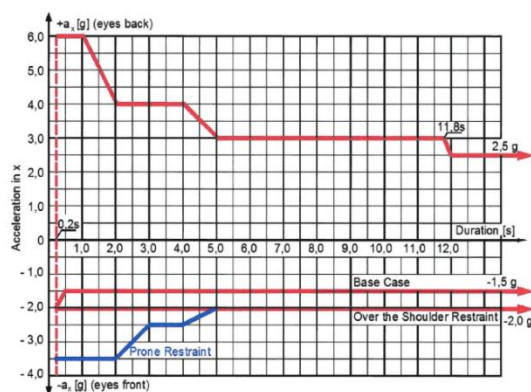


Figure 1.2 — Time Duration Limits for Accelerations in X-Direction (Perpendicular to the Spine)

Εικόνα 10: Γραφική απεικόνιση ορίων διάρκειας/επιτάχυνσης για τον άξονα X βάση EN 13814-1

3.7.3 Επιταχύνσεις στον άξονα Y (Εικόνα I.4)

Η Εικόνα I.4 του EN 13814-1 [15] (βλέπε εικόνα 11) καθορίζει τα όρια διάρκειας/επιτάχυνσης για τον άξονα Y, δηλαδή για τις πλευρικές επιταχύνσεις που ασκούνται στο σώμα του χρήστη. Οι διευθύνσεις $+a_y$ και $-a_y$ αντιστοιχούν σε επιταχύνσεις που ωθούν το σώμα αντίστοιχα προς τη δεξιά ή την αριστερή πλευρά.

Τα όρια που παρουσιάζονται στο διάγραμμα διαφοροποιούνται ανάλογα με τη διάρκεια έκθεσης. Για σύντομες διάρκειες επιτρέπονται υψηλότερες τιμές, οι οποίες προσεγγίζουν περίπου τα ± 4 g, ενώ για παρατεταμένη έκθεση τα επιτρεπόμενα όρια μειώνονται, φθάνοντας περίπου τα ± 2 g. Η διαφοροποίηση αυτή αποτυπώνει τη βασική αρχή ότι ο ανθρώπινος οργανισμός μπορεί να ανεχθεί υψηλότερες πλευρικές επιταχύνσεις μόνο για περιορισμένο χρονικό διάστημα, ενώ η παρατεταμένη πλευρική φόρτιση απαιτεί αυστηρότερα όρια.

Σημαντική θέση κατέχει ότι οι πλευρικές επιταχύνσεις δεν αξιολογούνται μόνο ως αριθμητικές τιμές, αλλά σε συνάρτηση με τον σχεδιασμό της θέσης του χρήστη. Για παρατεταμένες πλευρικές επιταχύνσεις ίσες ή μεγαλύτερες από 0,5 g, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στον σχεδιασμό του καθίσματος, της πλάτης, του προσκέφαλου, της επένδυσης και των συστημάτων ασφάλισης, σύμφωνα και με τη σχετική λογική του ASTM F2291 [9] §6.4.4.1. Η απαίτηση αυτή είναι κρίσιμη, καθώς η επαρκής πλευρική στήριξη περιορίζει την ανεπιθύμητη μετακίνηση του σώματος και μειώνει τον κίνδυνο πρόσκρουσης ή αυξημένης καταπόνησης του χρήστη κατά τη λειτουργία της διάταξης.

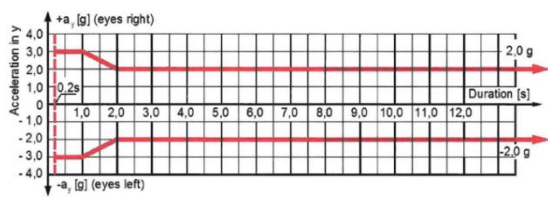


Figure I.4 — Time Duration Limits for Accelerations in y-Direction

Εικόνα 11: Γραφική απεικόνιση ορίων διάρκειας/επιτάχυνσης για τον άξονα Y βάση EN 13814-1

3.7.4 Επιταχύνσεις στον άξονα Z (Εικόνα I.5)

Η Εικόνα I.5 του EN 13814-1 [15] (βλέπε εικόνα 12) παρουσιάζει τα όρια διάρκειας/επιτάχυνσης για τον άξονα Z, δηλαδή για τις κατακόρυφες επιταχύνσεις που ασκούνται στο σώμα του χρήστη. Οι βασικές προβλέψεις μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- **Θετική κατακόρυφη επιτάχυνση ($+a_z$ / $+G_z$)**

Η θετική διεύθυνση αντιστοιχεί σε φόρτιση που πιέζει το σώμα του χρήστη προς το κάθισμα. Για σύντομες διάρκειες, το πρότυπο επιτρέπει υψηλότερες τιμές, οι οποίες προσεγγίζουν περίπου τα +6,0 g.

- **Μείωση ορίων με αύξηση της διάρκειας**

Όσο αυξάνεται η διάρκεια έκθεσης, τα επιτρεπόμενα όρια της θετικής κατακόρυφης επιτάχυνσης μειώνονται σταδιακά. Ενδεικτικά, οι τιμές υποχωρούν περίπου στα +5,0 g, +4,0 g και +3,0 g, ανάλογα με τη διάρκεια της επιτάχυνσης.

- **Παρατεταμένη θετική κατακόρυφη επιτάχυνση**

Για χαμηλότερες τιμές επιτάχυνσης, το πρότυπο επιτρέπει μεγαλύτερη διάρκεια έκθεσης. Ενδεικτικά, επιτάχυνση περίπου +2 g μπορεί να αξιολογείται για διάρκεια έως περίπου 40 s, σύμφωνα με το σχετικό διάγραμμα.

- **Αρνητική κατακόρυφη επιτάχυνση ($-a_z$ / $-G_z$)**

Η αρνητική διεύθυνση αντιστοιχεί σε συνθήκη κατά την οποία το σώμα του χρήστη τείνει να αποφορτιστεί ή να ανυψωθεί από το κάθισμα. Η αξιολόγηση της αρνητικής επιτάχυνσης είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς επηρεάζει άμεσα την απαίτηση επάρκειας του συστήματος ασφάλισης.

- **Ειδική περίπτωση μετά από αρνητική επιτάχυνση**

Η Εικόνα I.5 περιλαμβάνει ξεχωριστή καμπύλη για την περίπτωση όπου θετική επιτάχυνση $+G_z$ ακολουθεί προηγούμενη έκθεση του χρήστη σε αρνητική επιτάχυνση $-G_z$ διάρκειας τουλάχιστον 3 s.

- **Φαινόμενο ώθησης-έλξης (*push-pull effect*)**

Στην παραπάνω περίπτωση εφαρμόζονται μειωμένα όρια για τη θετική κατακόρυφη επιτάχυνση, λόγω του φαινομένου ώθησης-έλξης. Η πρόβλεψη αυτή είναι εναρμονισμένη με τη λογική του ASTM F2291 [9] §7.1.7.1 και αποσκοπεί στον περιορισμό της φυσιολογικής επιβάρυνσης του χρήστη κατά τη μετάβαση από αρνητική σε θετική κατακόρυφη επιτάχυνση.

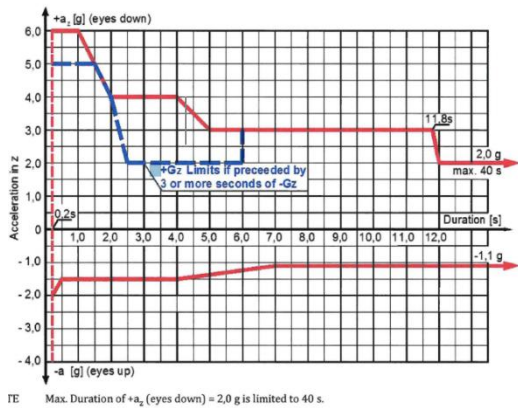


Figure 1.5 — Time Duration Limits for Accelerations in Z-Direction (Parallel to Spine)

Εικόνα 12: Γραφική απεικόνιση ορίων διάρκειας/επιτάχυνσης για τον άξονα Z βάση EN 13814-1

3.8 Σύγκριση ASTM F2291 και EN 13814-1: σημεία εναρμόνισης και διαφοροποίησης

Παρά τη σημαντική τεχνική εναρμόνιση μεταξύ ASTM F2291 [9] και EN 13814-1 [15], εντοπίζονται ορισμένες διαφοροποιήσεις που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση ψυχαγωγικών διατάξεων.

1. Κανονιστικός χαρακτήρας των ορίων επιτάχυνσης

Στο ASTM F2291, τα όρια επιτάχυνσης αποτελούν μέρος των υποχρεωτικών απαιτήσεων του προτύπου. Αντίθετα, στο EN 13814-1, τα αντίστοιχα όρια περιλαμβάνονται στο Παράρτημα I, το οποίο έχει πληροφοριακό χαρακτήρα. Αυτό σημαίνει ότι, στο ευρωπαϊκό πλαίσιο, η τελική τεκμηρίωση των ορίων επιτάχυνσης παραμένει ευθύνη του σχεδιαστή, στο πλαίσιο της Εκτίμησης Κινδύνου Σχεδιασμού (*Design Risk Assessment — DRA*). Ωστόσο, στην πράξη, το Παράρτημα I αποτελεί τη βασική ευρωπαϊκή τεχνική αναφορά και η απόκλιση από αυτό θα απαιτούσε ειδική και επαρκώς τεκμηριωμένη αιτιολόγηση.

2. Συμπερίληψη της βαρύτητας στις μετρήσεις

Το ASTM F2291 §7.1.4.5 αναφέρει ρητά ότι τα όρια αφορούν τη συνολική επιτάχυνση (*total net acceleration*), στην οποία περιλαμβάνεται και η επιτάχυνση της βαρύτητας. Αντίστοιχη πρακτική ακολουθείται και στο EN 13814-1, Παράρτημα I, όπου οι τιμές δίνονται σε g και αξιολογούνται με βάση μετρήσεις που πραγματοποιούνται υπό την επίδραση της γήινης βαρύτητας.

3. Κοινή μεθοδολογία μέτρησης και επεξεργασίας

Τα δύο πρότυπα συγκλίνουν ουσιαστικά ως προς τη μέθοδο μέτρησης, καθώς βασίζονται στη μεθοδολογία του ASTM F2137 [5] και στη δοκιμή χαρακτηρισμού ψυχαγωγικής διάταξης (SARC Test). Επίσης, υιοθετούν κοινή επεξεργασία των δεδομένων με φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων Butterworth, τετραπολικό, μίας διέλευσης, με συχνότητα αποκοπής 5 Hz.

4. Κοινό σύστημα συντεταγμένων

Και τα δύο πρότυπα χρησιμοποιούν σύστημα συντεταγμένων συνδεδεμένο με τους άξονες του σώματος του χρήστη. Ο άξονας Z ορίζεται κατά μήκος της σπονδυλικής στήλης, με επιτρεπόμενη ανοχή ευθυγράμμισης $\pm 5^\circ$.

5. Κοινές βασικές αρχές αξιολόγησης

Η εναρμόνιση επεκτείνεται και σε επιμέρους τεχνικά ζητήματα, όπως η διάκριση μεταξύ παρατεταμένων και κρουστικού χαρακτήρα επιταχύνσεων, οι κανόνες για αναστροφές επιτάχυνσης, οι μεταβάσεις στον άξονα Z, η αντιμετώπιση χρηστών μικρότερου ύψους και η σύνδεση των ορίων με τις κατηγορίες συστημάτων ασφάλισης.

Συνολικά, η σύγκριση δείχνει ότι τα ASTM F2291 και EN 13814-1 έχουν πλέον συγκλίνει σε μεγάλο βαθμό ως προς τη μεθοδολογία μέτρησης και την τεχνική αξιολόγηση των επιταχύνσεων. Η βασική διαφοροποίηση αφορά κυρίως τον κανονιστικό χαρακτήρα του αντίστοιχου παραρτήματος στο ευρωπαϊκό πρότυπο και όχι την ουσία των τεχνικών ορίων.

3.9 Κατηγορίες συστημάτων ασφάλισης κατά F2291 §6.4.3

Σύμφωνα με το ASTM F2291 [9], η επιλογή του κατάλληλου συστήματος ασφάλισης βασίζεται στο διάγραμμα καθορισμού συστήματος ασφάλισης της Εικόνας 2 (βλέπε εικόνα 1 Κεφαλαίου 2 §2.3.2). Το διάγραμμα αυτό συσχετίζει τις αναπτυσσόμενες επιταχύνσεις με πέντε διακριτές περιοχές, στις οποίες αντιστοιχούν πέντε κατηγορίες συστημάτων ασφάλισης. Οι κατηγορίες αυτές παρουσιάζονται στις παραγράφους §6.4.3.4 έως §6.4.3.8.

- **Περιοχή 1 / Κατηγορία 1**

Στην περιοχή αυτή δεν απαιτείται σύστημα ασφάλισης βάσει της δυναμικής ανάλυσης της διάταξης. Ωστόσο, άλλες απαιτήσεις του προτύπου ή της αξιολόγησης κινδύνου μπορεί να οδηγήσουν στην επιλογή υψηλότερης κατηγορίας ασφάλισης.

- **Περιοχή 2 / Κατηγορία 2**

Απαιτείται σύστημα ασφάλισης με μηχανισμό ασφάλισης για έναν ή περισσότερους χρήστες. Ο χειρισμός ή ο έλεγχος του συστήματος μπορεί να γίνεται είτε από τον χρήστη είτε από τον χειριστή της διάταξης. Στην κατηγορία αυτή δεν προβλέπεται απαίτηση εφεδρικού μηχανισμού για τη λειτουργία ασφάλισης.

- **Περιοχή 3 / Κατηγορία 3**

Απαιτείται σύστημα ασφάλισης με μηχανισμό ασφάλισης, του οποίου η τελική θέση πρέπει να μπορεί να προσαρμόζεται στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά του χρήστη. Τυπικό

παράδειγμα αποτελεί η μπάρα μέσης με περισσότερες από μία θέσεις ασφάλισης. Στην κατηγορία αυτή απαιτείται επιβεβαίωση από τον χειριστή ότι το σύστημα έχει ασφαλίσει ορθά.

- **Περιοχή 4 / Κατηγορία 4**

Το σύστημα ασφάλισης πρέπει να διαθέτει μηχανισμό κλειδώματος ανά χρήστη. Επιπρόσθετα, πρέπει να ασφαρίζει αυτόματα και να μπορεί να απασφαλιστεί μόνο από τον χειριστή ή τον υπεύθυνο λειτουργίας. Επιπλέον, απαιτείται εφεδρική λειτουργία για τον μηχανισμό κλειδώματος, ώστε να διασφαλίζεται η αξιοπιστία του συστήματος σε περίπτωση αστοχίας.

- **Περιοχή 5 / Κατηγορία 5**

Στην Κατηγορία 5, το σύστημα ασφάλισης πρέπει να διαθέτει μηχανισμό κλειδώματος και αξιόπιστη επιβεβαίωση της ασφαλισμένης θέσης του, είτε μέσω οπτικής ένδειξης είτε μέσω ηλεκτρονικής παρακολούθησης. Εάν διαπιστωθεί αστοχία ή μη ορθή λειτουργία σε οποιοδήποτε παρακολουθούμενο στοιχείο, η διάταξη πρέπει να διακόπτει τον κύκλο λειτουργίας ή να αποτρέπει την έναρξή του. Επιπλέον, η κατηγορία αυτή απαιτεί αυξημένη ασφάλεια συγκράτησης, η οποία μπορεί να επιτευχθεί είτε με συνδυασμό συστήματος ώμων και μπάρας μέσης είτε με άλλο ισοδύναμο σύστημα που διατηρεί την ασφαλή συγκράτηση του χρήστη ακόμη και σε περίπτωση μεμονωμένης αστοχίας.

Σύμφωνα με την παράγραφο 6.4.4.1, το διάγραμμα καθορισμού συστήματος ασφάλισης δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως το μοναδικό κριτήριο επιλογής, αλλά ως εργαλείο υποστήριξης του σχεδιασμού. Η τελική επιλογή της κατηγορίας ασφάλισης πρέπει να προκύπτει από τη συνολική ανάλυση της ψυχαγωγικής διάταξης και να λαμβάνει υπόψη πρόσθετες παραμέτρους που μπορούν να επηρεάσουν την ασφάλεια του χρήστη. Σε αυτές περιλαμβάνονται η διάρκεια και το μέγεθος των επιταχύνσεων, το ύψος της διάταξης από το έδαφος, οι επιδράσεις του ανέμου, πιθανές μη προβλεπόμενες θέσεις ακινητοποίησης, η ανάπτυξη πλευρικών επιταχύνσεων ίσων ή μεγαλύτερων από 0,5 g, καθώς και ο προβλεπόμενος τρόπος λειτουργίας και χρήσης της διάταξης.

3.10 Όρια επιτάχυνσης σε νεροτσουλήθρες

3.10.1 Όρια επιτάχυνσης κατά EN 1069-1 §7.7.3 — Πίνακας 7

Το EN 1069-1 [13], στην παράγραφο 7.7.3, καθορίζει τη μέγιστη επιτρεπόμενη επιτάχυνση που μπορεί να δεχθεί ο χρήστης κατά την ολίσθηση στη νεροτσουλήθρα. Τα σχετικά όρια παρουσιάζονται στον Πίνακα 7 του προτύπου (βλέπε εικόνα 2 § 3.1), ο οποίος συσχετίζει τη βαρυτική επιτάχυνση με τη διάρκεια έκθεσης του χρήστη.

Αξιολόγηση βαρύτητα έχει ότι το πρότυπο δεν αξιολογεί την κεντρομόλο επιτάχυνση απομονωμένα. Αντιθέτως, η κεντρομόλος επιτάχυνση και η επιτάχυνση της βαρύτητας συνυπολογίζονται διανυσματικά, ώστε να προκύψει η συνολική επιτάχυνση που δέχεται ο χρήστης. Ενδεικτικά, για ταχύτητα χρήστη $v = 16 \text{ m/s}$ και ακτίνα τροχιάς $r = 11,0 \text{ m}$, η κεντρομόλος επιτάχυνση υπολογίζεται ως:

$$a = v^2 / r = 23,27 \text{ m/s}^2 = 2,37 \text{ g}$$

Λαμβάνοντας υπόψη και τη βαρυτική επιτάχυνση, η συνολική μέγιστη επιτάχυνση προκύπτει ως:

$$a_{\max} = \sqrt{(2,37^2 + 1^2)} \text{ g} = 2,57 \text{ g}$$

Η απαίτηση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς δείχνει ότι η πραγματική καταπόνηση του χρήστη δεν εξαρτάται μόνο από την ταχύτητα και τη γεωμετρία της διαδρομής, αλλά και από τη συνισταμένη δράση όλων των επιταχύνσεων που αναπτύσσονται κατά την ολίσθηση.

Τα όρια του EN 1069-1 είναι γενικά αυστηρότερα από τα αντίστοιχα όρια που εφαρμόζονται στις ψυχαγωγικές διατάξεις που εμπίπτουν στο πεδίο του ASTM F2291 [9] ή του EN 13814 [15]. Η διαφοροποίηση αυτή είναι τεχνικά εύλογη, καθώς στις νεροτσουλήθρες ο χρήστης δεν προστατεύεται από συστήματα ασφάλισης αντίστοιχα με εκείνα των ψυχαγωγικών διατάξεων του ASTM F2291 ή του EN 13814. Το σώμα του χρήστη ή τα βοηθητικά μέσα ολίσθησης, όπως στρώματα ή κουλούρες, παρέχουν περιορισμένη μόνο στήριξη και προστασία. Κατά συνέπεια, η γεωμετρία της διαδρομής, η ταχύτητα, η παροχή νερού και οι αναπτυσσόμενες επιταχύνσεις πρέπει να ελέγχονται με ιδιαίτερη αυστηρότητα.

3.10.2 Όρια επιτάχυνσης κατά ASTM F2376 §4.4.11

Το ASTM F2376, στην **παράγραφο 4.4.11**, καθορίζει τα όρια επιτάχυνσης για τα συστήματα νεροτσουληθρών, διαφοροποιώντας τις απαιτήσεις ανάλογα με τη θέση του σώματος του χρήστη κατά την ολίσθηση. Η προσέγγιση αυτή διαφέρει από το EN 1069, καθώς το ASTM δεν βασίζεται αποκλειστικά στη διάρκεια της επιτάχυνσης, αλλά λαμβάνει υπόψη και τη στάση σώματος του χρήστη.

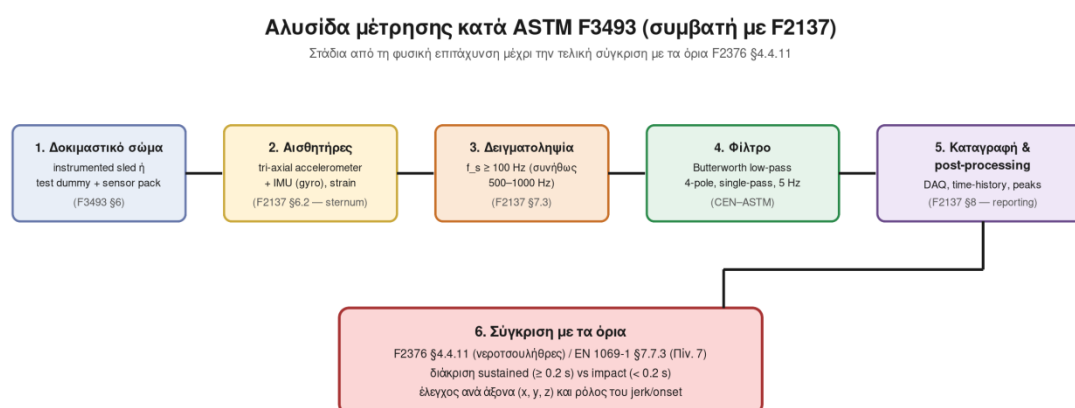
Σύμφωνα με την **παράγραφο 4.4.11.1**, η διαδρομή της νεροτσουλήθρας πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε οι χρήστες που ολισθαίνουν σε καθιστή ή πρηνή θέση να μην εκτίθενται σε επιτάχυνση μεγαλύτερη από 2 g. Η αξιολόγηση της επιτάχυνσης λαμβάνει υπόψη τόσο την επίδραση της βαρύτητας όσο και την επιτάχυνση που προκύπτει λόγω της ολίσθησης εντός της διαδρομής. Το όριο μπορεί να αυξηθεί έως 3 g, υπό την προϋπόθεση ότι η διάρκεια έκθεσης είναι μικρότερη από 1 s.

Αντίστοιχα, η **παράγραφος 4.4.11.2** αφορά τους χρήστες που ολισθαίνουν σε ύπτια θέση. Στην περίπτωση αυτή, η διαδρομή πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε η επιτάχυνση που δέχεται ο χρήστης να

μην υπερβαίνει τα 3 g, λαμβάνοντας υπόψη τη συνδυασμένη επίδραση της βαρύτητας και των επιταχύνσεων που αναπτύσσονται κατά την ολίσθηση.

Σε σύγκριση με το EN 1069-1, το οποίο στην παράγραφο 7.7.3 και στον Πίνακα 7 επιτρέπει μέγιστη επιτάχυνση έως 4 g για διάρκεια μικρότερη από 0,1 s και έως 2,6 g για διάρκεια ίση ή μεγαλύτερη από 0,1 s, το ASTM F2376 ακολουθεί διαφορετική λογική. Το ASTM είναι αυστηρότερο ως προς τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή σε καθιστή ή πρηνή θέση, καθώς θέτει όριο 3 g, αλλά επιτρέπει τη διατήρηση αυτής της τιμής για μεγαλύτερη διάρκεια, έως 1 s. Η σύγκριση αυτή αναδεικνύει ότι τα δύο πρότυπα επιδιώκουν συγκρίσιμο επίπεδο ασφάλειας, αλλά μέσω διαφορετικής τεχνικής προσέγγισης: το EN δίνει μεγαλύτερη έμφαση στη διάρκεια της επιτάχυνσης, ενώ το ASTM διαφοροποιεί τα όρια με βάση τη θέση του σώματος του χρήστη.

3.10.3 ASTM F3493 — μέτρηση επιταχύνσεων (G-Force) σε νεροτσουλήθρες



Εικόνα 13: Αλυσίδα μέτρησης κατά ASTM F3493

Το ASTM F3493, το οποίο εκδόθηκε την 1η Ιανουαρίου 2023, αποτελεί μία από τις νεότερες και πιο εξειδικευμένες προσθήκες της ASTM στο πεδίο αξιολόγησης των νεροτσουληθρών. Το πρότυπο αφορά την απόκτηση ποσοτικών δεδομένων για τα δυναμικά χαρακτηριστικά της ολίσθησης, μέσω δοκιμών με χρήστες που φέρουν κατάλληλο εξοπλισμό μέτρησης.

Πριν από την εφαρμογή της μεθόδου του F3493, πρέπει να έχει προηγηθεί κατάλληλη τεχνική αξιολόγηση και δοκιμή της νεροτσουλήθρας (commissioning), ώστε να τεκμηριώνεται ότι η διαδρομή αναμένεται εύλογα να συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του ASTM F2376 [8], συμπεριλαμβανομένων των ορίων επιτάχυνσης. Η απαίτηση αυτή, όπως προβλέπεται στην παράγραφο 1.2, είναι κρίσιμη, διότι η δοκιμή πραγματοποιείται με πραγματικούς χρήστες και επομένως προϋποθέτει ότι η νεροτσουλήθρα είναι κατάλληλη και ασφαλής για ανθρώπινη δοκιμή.

Τα βασικά σημεία της μεθοδολογίας μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- **Συνυπολογισμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας**

Η παράγραφος 5.1 προβλέπει ότι ο συνυπολογισμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας κατά την επεξεργασία και ερμηνεία των μετρήσεων πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ASTM F2137 [5] §12.1.8.

- **Μετρητικός εξοπλισμός και βαθμονόμηση**

Οι απαιτήσεις για τα κανάλια δεδομένων, τους αισθητήρες, τα συστήματα καταγραφής και τη βαθμονόμηση παραπέμπουν στο ASTM F2137, σύμφωνα με τις παραγράφους 6.1, 7.1, 8.1 και 9.1 του F3493.

- **Θέση τοποθέτησης αισθητήρα**

Η παράγραφος 10.5 ορίζει ότι ο αισθητήρας τοποθετείται στην περιοχή του στέρνου, αμέσως πριν και πάνω από την ξιφοειδή απόφυση, ώστε η μέτρηση να αποτυπώνει όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικά τις επιταχύνσεις που δέχεται το σώμα του χρήστη κατά την ολίσθηση.

- **Απαίτηση επαναληψιμότητας της μέτρησης**

Σύμφωνα με την παράγραφο 11.10, για κάθε εξεταζόμενη διαμόρφωση μέτρησης πρέπει να πραγματοποιούνται τουλάχιστον τρεις διαδοχικές δοκιμές. Η απαίτηση αυτή αποσκοπεί στην ενίσχυση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, καθώς επιτρέπει τη σύγκριση διαδοχικών μετρήσεων και περιορίζει τον κίνδυνο εξαγωγής συμπερασμάτων από μεμονωμένη μη αντιπροσωπευτική δοκιμή.

- **Επεξεργασία δεδομένων μέτρησης**

Η παράγραφος 11.11 καθορίζει ότι τα δεδομένα που προκύπτουν από τη μέτρηση πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία με φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων Butterworth, τετραπολικό και μίας διέλευσης, με συχνότητα αποκοπής 5 Hz. Η διαδικασία αυτή αποσκοπεί στη μείωση του ανεπιθύμητου θορύβου και στην εξαγωγή αντιπροσωπευτικών τιμών επιτάχυνσης, κατάλληλων για τεχνική αξιολόγηση και σύγκριση με τα προβλεπόμενα όρια.

- **Τεκμηρίωση της δοκιμής**

Η παράγραφος 12 προσδιορίζει τα στοιχεία που πρέπει να τεκμηριώνονται στην έκθεση δοκιμής, ώστε η διαδικασία μέτρησης να είναι πλήρης, επαληθεύσιμη και τεχνικά αξιολογήσιμη. Στα στοιχεία αυτά περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, η ημερομηνία της δοκιμής, η εγκατάσταση στην οποία πραγματοποιήθηκε, η ονομασία της νεροτσουλήθρας, τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαστών, το βάρος και το ύψος τους, η ενδυμασία που χρησιμοποιήθηκε, οι περιβαλλοντικές συνθήκες κατά τη δοκιμή, καθώς και τα τεχνικά στοιχεία του κατασκευαστή.

Συνολικά, το ASTM F3493 εξειδικεύει τη γενική μεθοδολογία μέτρησης του ASTM F2137 για την περίπτωση των νεροτσουληθρών. Η σημασία του έγκειται στο ότι επιτρέπει την τεκμηριωμένη αξιολόγηση της πραγματικής δυναμικής συμπεριφοράς του χρήστη κατά την ολίσθηση, υπό συνθήκες που προσεγγίζουν τη λειτουργική χρήση της εγκατάστασης.

3.11 Συμπεράσματα κεφαλαίου

Το πεδίο των επιταχύνσεων αποτελεί σήμερα ένα από τα πλέον εναρμονισμένα αντικείμενα της διεθνούς τυποποίησης των ψυχαγωγικών διατάξεων. Η τεχνική συνεργασία μεταξύ EN και ASTM συνέβαλε στη διαμόρφωση κοινής μεθοδολογίας μέτρησης, με βασική αναφορά το ASTM F2137 [5], καθώς και σε σημαντική σύγκλιση των ορίων επιτάχυνσης μεταξύ του ASTM F2291 [9] §7.1.4 και του Παραρτήματος I του EN 13814-1 [15].

Στον τομέα των νεροτσουληθρών, το ASTM F2376 [8] §4.4.11 και το EN 1069-1 [13] §7.7.3, Πίνακας 7 καθορίζουν διακριτές, αλλά τεχνικά συμβατές προσεγγίσεις. Το ASTM F2376 διαφοροποιεί τα όρια ανάλογα με τη στάση σώματος του χρήστη, ενώ το EN 1069-1 τα συνδέει κυρίως με τη διάρκεια της επιτάχυνσης. Παράλληλα, το ASTM F3493 [11] συμπληρώνει το πλαίσιο, παρέχοντας ειδική μεθοδολογία για τη μέτρηση επιταχύνσεων σε νεροτσουλήθρες με τη χρήση δοκιμαστών που φέρουν κατάλληλο εξοπλισμό μέτρησης.

Η ανάλυση των πρωτογενών απαιτήσεων ανέδειξε κρίσιμες τεχνικές παραμέτρους, όπως τις κατηγορίες συστημάτων ασφάλισης, την αξιολόγηση της ταυτόχρονης δράσης επιταχύνσεων σε δύο άξονες μέσω ελλειπτικών ορίων αποδοχής, την ελάχιστη διάρκεια μετάβασης από συνθήκη 0 G ή αρνητικότερη προς επιτάχυνση ίση ή μεγαλύτερη από 2 G, καθώς και τη χρήση φίλτρου χαμηλών συχνοτήτων Butterworth 5 Hz για την επεξεργασία των δεδομένων.

Συνολικά, η αξιολόγηση των επιταχύνσεων δεν αποτελεί απλή αριθμητική σύγκριση με επιτρεπόμενα όρια. Αποτελεί σύνθετη τεχνική διαδικασία, η οποία συνδέει τη γεωμετρία της διάταξης, τη θέση του σώματος του χρήστη, τα συστήματα ασφάλισης, τη διάρκεια έκθεσης, τη μεθοδολογία μέτρησης και την επεξεργασία των δεδομένων. Η εναρμόνιση των απαιτήσεων EN και ASTM ενισχύει τη διεθνή συγκρισιμότητα των αποτελεσμάτων και συμβάλλει ουσιαστικά στη συστηματική τεκμηρίωση της ασφάλειας σε πάρκα ψυχαγωγίας και υδάτινα πάρκα.

Κεφάλαιο 4. Συγκριτική θεώρηση EN και ASTM

4.1 Εισαγωγή

Η συγκριτική θεώρηση των δύο βασικών κανονιστικών πλαισίων στον τομέα των πάρκων ψυχαγωγίας και των υδάτινων πάρκων, δηλαδή του ευρωπαϊκού πλαισίου EN και του αμερικανικού πλαισίου ASTM, δεν αποτελεί μόνο θεωρητική ή βιβλιογραφική προσέγγιση. Αντιθέτως, έχει άμεση πρακτική σημασία για μηχανικούς, επιθεωρητές, στελέχη διασφάλισης και ελέγχου ποιότητας, κατασκευαστές και υπεύθυνους λειτουργίας που δραστηριοποιούνται σε διεθνή έργα ή σε εγκαταστάσεις όπου συνυπάρχει εξοπλισμός ευρωπαϊκής και αμερικανικής προέλευσης.

Η ανάγκη αυτής της σύγκρισης ενισχύεται από το γεγονός ότι τα μεγάλα έργα ψυχαγωγίας και υδάτινων πάρκων υλοποιούνται συχνά από διεθνείς κατασκευαστές, με τεχνικές απαιτήσεις που βασίζονται άλλοτε σε ευρωπαϊκά και άλλοτε σε αμερικανικά πρότυπα. Σε τέτοια έργα, η ορθή κατανόηση των διαφορών και των σημείων σύγκλισης μεταξύ EN και ASTM είναι απαραίτητη για την τεκμηριωμένη αξιολόγηση του σχεδιασμού, της κατασκευής, της εγκατάστασης, των δοκιμών, της λειτουργίας και της επιθεώρησης.

Τα τελευταία χρόνια, η τεχνική σύγκλιση μεταξύ των δύο συστημάτων έχει ενισχυθεί σημαντικά, ιδίως μετά τις νεότερες αναθεωρήσεις της σειράς EN 13814 [15] και του ASTM F2291 [9]. Η συνεργασία μεταξύ EN και ASTM έχει συμβάλει στην εναρμόνιση κρίσιμων απαιτήσεων, όπως η μεθοδολογία μέτρησης των δυναμικών χαρακτηριστικών, τα όρια επιταχύνσεων και η προσέγγιση των συστημάτων ασφάλισης. Παρά τη σύγκλιση αυτή, τα δύο πλαίσια εξακολουθούν να διατηρούν διαφορετική δομή και κανονιστική φιλοσοφία.

Στο παρόν κεφάλαιο, η σύγκριση πραγματοποιείται σε επτά βασικά επίπεδα: τη δομή των προτύπων, τη ρυθμιστική φιλοσοφία, τις τεχνικές απαιτήσεις σχεδιασμού και κατασκευής, τη λειτουργία, συντήρηση και επιθεώρηση, τον ρόλο των εμπλεκόμενων φορέων, τη διαχείριση κινδύνου και τις επιπτώσεις στα συστήματα διασφάλισης και ελέγχου ποιότητας. Μέσω αυτής της ανάλυσης επιδιώκεται να αναδειχθούν όχι μόνο οι διαφορές μεταξύ των δύο προσεγγίσεων, αλλά και ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά στην πράξη.

4.2 Διαφορές στη δομή των κανονιστικών συστημάτων

Η πρώτη βασική διαφοροποίηση μεταξύ του ευρωπαϊκού και του αμερικανικού πλαισίου αφορά τον τρόπο οργάνωσης των προτύπων. Η σειρά EN 13814 [15] ακολουθεί μία περισσότερο ολιστική και οριζόντια προσέγγιση, καθώς συγκροτείται ως κεντρικό πρότυπο σε τρία μέρη. Κάθε μέρος καλύπτει διαφορετικό στάδιο του κύκλου ζωής της ψυχαγωγικής διάταξης και απευθύνεται σε διαφορετικούς εμπλεκόμενους: τον σχεδιαστή και κατασκευαστή, τον υπεύθυνο λειτουργίας και τον φορέα επιθεώρησης.

Αντίθετα, η σειρά ASTM F24 [1] έχει περισσότερο αρθρωτή δομή. Το αμερικανικό πλαίσιο δεν οργανώνεται γύρω από ένα ενιαίο πρότυπο, αλλά μέσα από επιμέρους εξειδικευμένα πρότυπα, καθένα από τα οποία καλύπτει συγκεκριμένο τεχνικό αντικείμενο ή στάδιο αξιολόγησης. Έτσι, για την πλήρη αξιολόγηση μίας ψυχαγωγικής διάταξης απαιτείται συνδυαστική εφαρμογή διαφορετικών προτύπων, όπως το ASTM F2291 [9] για τον σχεδιασμό, το ASTM F1193 [6] για την ποιότητα παραγωγής και κατασκευής, το ASTM F846 [2] για τις δοκιμές λειτουργικής απόδοσης, το ASTM F2137 [5] για τις μετρήσεις δυναμικών χαρακτηριστικών, το ASTM F770 [4] για τη λειτουργία και συντήρηση, και το ASTM F2974 [10] για τον έλεγχο συμμόρφωσης.

Πίνακας 2: Συγκριτικός πίνακας EN 13814 vs ASTM F24

Αξονας	EN 13814	ASTM F24
Δομή προτύπων	Ολιστική, τριμερής δομή	Αρθρωτή δομή με επιμέρους εξειδικευμένα πρότυπα
Συχνότητα αναθεώρησης	Μεγαλύτεροι κύκλοι αναθεώρησης	Συχνότερη επικαιροποίηση επιμέρους προτύπων
Ρυθμιστική προσέγγιση	Συνδυασμός απαιτήσεων επίδοσης και βασικών τεχνικών απαιτήσεων	Συνδυασμός απαιτήσεων επίδοσης και ειδικότερων τεχνικών προβλέψεων
Επιθεώρηση	Διακριτό Μέρος 3 για την επιθεώρηση	Απαιτήσεις καταναεμημένες σε πρότυπα όπως F770 και F2974
Διαχείριση κινδύνου (Risk management)	Ρητή διάκριση μεταξύ DRA και OURA	Ενσωμάτωση κυρίως μέσω F2291 και συναφών οδηγιών
Εθνική εφαρμογή	Εθνικές διαφοροποιήσεις εντός ευρωπαϊκού πλαισίου	Υιοθέτηση ανά πολιτεία ή μέσω συμβάσεων/κανονισμών
Ορολογία	Ορισμοί εντός των επιμέρους μερών	Κεντρική ορολογία μέσω ASTM F747 και επιμέρους προτύπων
Δεσμευτικότητα	Εξαρτάται από το ευρωπαϊκό και εθνικό κανονιστικό πλαίσιο	Εξαρτάται από πολιτειακή νομοθεσία, συμβατικές απαιτήσεις ή υιοθέτηση από αρμόδιες αρχές

Σύμφωνα με τον παραπάνω συγκριτικό πίνακα γίνεται αντιληπτό ότι το EN 13814 προσφέρει μεγαλύτερη συνοχή ως ενιαίο πλαίσιο αξιολόγησης, ιδιαίτερα χρήσιμο σε νέες εγκαταστάσεις όπου απαιτείται σαφής αντιστοίχιση μεταξύ σχεδιασμού, λειτουργίας και επιθεώρησης. Αντίθετα, η σειρά ASTM F24 παρέχει μεγαλύτερη εξειδίκευση και ευελιξία, καθώς η αρθρωτή της δομή επιτρέπει ταχύτερη προσαρμογή σε νέες τεχνολογίες, ειδικές κατηγορίες εξοπλισμού και επιμέρους τεχνικά ζητήματα. Με βάση τα παραπάνω, το ευρωπαϊκό πλαίσιο εμφανίζει υπεροχή ως προς τη συνολική κανονιστική συνοχή, ενώ το αμερικανικό ως προς την ταχύτητα προσαρμογής και την τεχνική εξειδίκευση.

4.3 Συγκριτική θεώρηση της ρυθμιστικής φιλοσοφίας

Το ευρωπαϊκό πλαίσιο βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη λογική της ευρωπαϊκής Νέας Προσέγγισης (*New Approach*), σύμφωνα με την οποία τα πρότυπα καθορίζουν κρίσιμες απαιτήσεις ασφάλειας, χωρίς να επιβάλλουν πάντοτε μία μοναδική τεχνική λύση. Με βάση τα παραπάνω, ο σχεδιαστής έχει τη δυνατότητα να επιλέξει τα κατάλληλα μέσα συμμόρφωσης, υπό την προϋπόθεση ότι η επιλογή αυτή συνοδεύεται από επαρκή τεχνική αιτιολόγηση, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει υπολογισμούς, εκτίμηση κινδύνου, ελέγχους, δοκιμές και τεκμηριωμένα στοιχεία συμμόρφωσης.

Αντίθετα, η σειρά ASTM F24, παρότι αναπτύσσεται από ιδιωτικό μη κερδοσκοπικό οργανισμό τυποποίησης, εμφανίζει σε αρκετά σημεία πιο συγκεκριμένη και πρακτικά καθοδηγητική δομή. Σε ορισμένες απαιτήσεις περιλαμβάνει αριθμητικά όρια, συγκεκριμένες παραμέτρους, μεθόδους υπολογισμού και προκαθορισμένα κριτήρια αξιολόγησης. Με αυτόν τον τρόπο, η εφαρμογή του προτύπου μπορεί να είναι πιο άμεση σε τεχνικό επίπεδο, αλλά απαιτεί ταυτόχρονα προσεκτική επιλογή των κατάλληλων επιμέρους προτύπων.

Παρά τις επιμέρους διαφοροποιήσεις τους, η τεχνική συνέργεια μεταξύ EN και ASTM έχει ενισχύσει τη σύγκλιση των δύο πλαισίων προς μία προσέγγιση που έχει ως επίκεντρο την επίδοση, στην οποία η συμμόρφωση δεν αξιολογείται μόνο με βάση τυπικές απαιτήσεις, αλλά και με βάση την αποδεδειγμένη τεχνική συμπεριφορά της διάταξης. Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στα όρια επιτάχυνσης, στη μεθοδολογία μέτρησης των δυναμικών χαρακτηριστικών και στις απαιτήσεις δομικής επάρκειας, όπου η αξιολόγηση δεν περιορίζεται σε τυπική συμμόρφωση, αλλά συνδέεται με την αποδεδειγμένη τεχνική συμπεριφορά της διάταξης.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η απαίτηση του ευρωπαϊκού πλαισίου για διασφάλιση της ασφάλειας του χρήστη υπό προβλεπόμενες συνθήκες λειτουργίας. Η απαίτηση αυτή μπορεί να τεκμηριωθεί μέσω κατάλληλου μηχανολογικού σχεδιασμού, ελέγχου παραγωγής, εργοστασιακών δοκιμών, δοκιμών επί τόπου και ανεξάρτητης επιθεώρησης. Αντίστοιχα, στο αμερικανικό πλαίσιο, το ASTM F2291 [9] προβλέπει συγκεκριμένα αριθμητικά κριτήρια και μεθόδους υπολογισμού για

κρίσιμα δομικά στοιχεία, ώστε η επάρκεια της διάταξης να αποδεικνύεται με σαφή και επαληθεύσιμο τρόπο.

Από την ανάλυση αυτή προκύπτει ότι η ουσιαστική διάκριση δεν βρίσκεται τόσο στον τελικό στόχο των δύο πλαισίων, ο οποίος είναι η ασφαλής λειτουργία της ψυχαγωγικής διάταξης, αλλά στον τρόπο με τον οποίο τεκμηριώνεται η συμμόρφωση. Το ευρωπαϊκό σύστημα δίνει μεγαλύτερη έμφαση στην ολοκληρωμένη τεχνική αιτιολόγηση εντός ενός ενιαίου πλαισίου, ενώ το αμερικανικό σύστημα παρέχει πιο εξειδικευμένα εργαλεία και αριθμητικά κριτήρια ανά τεχνικό αντικείμενο.

4.4 Αντιπαραβολή τεχνικών απαιτήσεων σχεδιασμού και κατασκευής

Η αντιπαραβολή των τεχνικών απαιτήσεων δείχνει ότι τα δύο πλαίσια παρουσιάζουν σημαντική σύγκλιση ως προς τον τελικό στόχο της ασφάλειας, αλλά διαφοροποιούνται ως προς τα πρότυπα αναφοράς, τη μεθοδολογία τεκμηρίωσης και τον τρόπο εφαρμογής των απαιτήσεων. Τα βασικά σημεία μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- **Στατικά φορτία και δομικός σχεδιασμός**

Στο αμερικανικό πλαίσιο, τα πρότυπα ASTM παραπέμπουν σε αμερικανικά πρότυπα σχεδιασμού και φορτίσεων, όπως το ASCE/SEI 7, ανάλογα με το είδος της κατασκευής και το πεδίο εφαρμογής. Αντίστοιχα, στο ευρωπαϊκό πλαίσιο, ο δομικός σχεδιασμός βασίζεται κυρίως στους Ευρωκώδικες, όπως το EN 1990 και τα συναφή πρότυπα σχεδιασμού. Οι βασικές αρχές υπολογισμού είναι συγκρίσιμες, ωστόσο μπορεί να υπάρχουν διαφοροποιήσεις στον τρόπο προσδιορισμού επιμέρους δράσεων, όπως ο άνεμος, το χιόνι και η σεισμική φόρτιση.

- **Δυναμικά φορτία και κόπωση**

Και τα δύο πλαίσια αναγνωρίζουν τη σημασία των δυναμικών φορτίων και της κόπωσης, ιδίως σε ψυχαγωγικές διατάξεις που υπόκεινται σε επαναλαμβανόμενους κύκλους λειτουργίας. Το ASTM F2291 [9] περιλαμβάνει ειδικές απαιτήσεις για την αξιολόγηση της διάρκειας ζωής έναντι κόπωσης, ενώ το ευρωπαϊκό πλαίσιο συνδέει την αξιολόγηση αυτή με τους Ευρωκώδικες και τις σχετικές απαιτήσεις δομικής επάρκειας. Παρότι η μεθοδολογική βάση διαφέρει, ο στόχος είναι κοινός, δηλαδή η διασφάλιση της αντοχής των κρίσιμων στοιχείων σε μακροχρόνια επαναλαμβανόμενη φόρτιση.

- **Όρια επιτάχυνσης**

Στο πεδίο των επιταχύνσεων παρατηρείται υψηλός βαθμός εναρμόνισης. Όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 3, τα όρια του ASTM F2291 και του EN 13814-1 [15] έχουν συγκλίνει σε μεγάλο βαθμό, ενώ η μέθοδος μέτρησης βασίζεται στο ASTM F2137 [5]. Η σύγκλιση αυτή αποτελεί ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα τεχνικής εναρμόνισης μεταξύ των δύο πλαισίων.

- **Συστήματα ασφάλισης χρηστών**

Οι κατηγορίες συστημάτων ασφάλισης παρουσιάζουν επίσης ουσιαστική εναρμόνιση. Το αμερικανικό σύστημα των κατηγοριών 1 έως 5 και η αντίστοιχη ευρωπαϊκή προσέγγιση βασίζονται στην ίδια λογική: όσο αυξάνεται η δυναμική φόρτιση και ο κίνδυνος ανεπιθύμητης μετακίνησης του χρήστη, τόσο αυξάνεται και το απαιτούμενο επίπεδο ασφάλισης.

- **Σύνθετα υλικά και υαλοενισχυμένο πολυμερές υλικό**

Στις νεροτσουλήθρες και σε στοιχεία από σύνθετα υλικά, το αμερικανικό πλαίσιο παραπέμπει σε πρότυπα ASTM όπως τα ASTM D570 για απορρόφηση νερού, ASTM D638 για εφελκυσμό και ASTM D790 για κάμψη. Στο ευρωπαϊκό πλαίσιο χρησιμοποιούνται αντίστοιχα πρότυπα EN/ISO, όπως τα EN ISO 527 και EN ISO 178. Η τεχνική λογική είναι παρόμοια, αλλά οι δοκιμές και οι μέθοδοι αναφοράς προέρχονται από διαφορετικές οικογένειες προτύπων.

- **Συγκολλήσεις και ποιότητα κατασκευής**

Και τα δύο πλαίσια δίνουν ιδιαίτερη σημασία στην ποιότητα των συγκολλήσεων και στην τεκμηρίωση της κατασκευής. Στο ευρωπαϊκό πλαίσιο, κρίσιμο ρόλο έχουν πρότυπα όπως τα EN ISO 3834 και, όπου εφαρμόζεται, το EN 1090. Στο αμερικανικό πλαίσιο γίνεται συχνά χρήση προτύπων όπως το AWS D1.1. Παρά τη διαφορετική προέλευση των προτύπων, και οι δύο προσεγγίσεις επιδιώκουν τη διασφάλιση ελεγχόμενης ποιότητας συγκολλήσεων, την τεκμηριωμένη ιχνηλασιμότητα των κατασκευαστικών εργασιών και την αξιολόγηση των κρίσιμων συνδέσεων που σχετίζονται με τη δομική ασφάλεια της διάταξης.

- **Ηλεκτρικά συστήματα και συστήματα ελέγχου**

Στο ευρωπαϊκό πλαίσιο, οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και τα συστήματα ελέγχου συνδέονται με πρότυπα όπως το IEC 60204-1, το ISO 13849-1 και το IEC 61508. Στο αμερικανικό πλαίσιο χρησιμοποιούνται αντίστοιχα πρότυπα και κώδικες, όπως το NFPA 79, ανάλογα με το είδος της διάταξης και το κανονιστικό περιβάλλον εφαρμογής. Και στις δύο περιπτώσεις, ο βασικός στόχος είναι η ασφαλής λειτουργία των συστημάτων ελέγχου και η αποτροπή επικίνδυνων αστοχιών.

4.5 Σύγκριση λειτουργίας, συντήρησης και επιθεώρησης

Στο επίπεδο της λειτουργίας, της συντήρησης και της επιθεώρησης, το EN 13814-2 [16] και το ASTM F770 [4] παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες. Και τα δύο πρότυπα αντιμετωπίζουν την ασφαλή λειτουργία της ψυχαγωγικής διάταξης ως συνεχή διαδικασία, η οποία δεν περιορίζεται στην αρχική πιστοποίηση ή στην τελική επιθεώρηση, αλλά απαιτεί καθημερινό έλεγχο, τεκμηριωμένη συντήρηση, εκπαίδευση προσωπικού και συστηματική καταγραφή των ενεργειών.

Πίνακας 3: Συγκριτικός πίνακας EN 13814-2 vs ASTM F77

Παράμετρος	EN 13814-2	ASTM F770 (αναθεωρήσεις)
Καθημερινή επιθεώρηση	Πριν από την έναρξη λειτουργίας	Επιθεώρηση πριν από το άνοιγμα της διάταξης
Περιοδική / ετήσια επιθεώρηση	Τουλάχιστον ανά 12 μήνες ή σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πλαισίου εφαρμογής	Ετήσια επιθεώρηση ή σύμφωνα με την πολιτειακή νομοθεσία / τις ισχύουσες απαιτήσεις
Βιβλίο καταγραφής	Απαιτείται συστηματική τήρηση αρχείων	Απαιτείται συστηματική τήρηση αρχείων
Πρόγραμμα συντήρησης	Βασίζεται στις οδηγίες του κατασκευαστή	Βασίζεται στις οδηγίες του κατασκευαστή
Εκπαίδευση χειριστών	Τεκμηριωμένη εκπαίδευση και επανεκπαίδευση	Τεκμηριωμένη εκπαίδευση και επανεκπαίδευση
Έλεγχος συστημάτων ασφάλισης	Κατά τη λειτουργία και πριν από τη χρήση από τον χρήστη	Κατά τη λειτουργία και πριν από τη χρήση από τον χρήστη
Επιθεώρηση μετά από συμβάν	Μετά από έντονα καιρικά φαινόμενα, πρόσκρουση ή άλλο σημαντικό συμβάν	Μετά από έντονα καιρικά φαινόμενα, πρόσκρουση ή άλλο σημαντικό συμβάν
Αναφορά ατυχήματος	Σύμφωνα με τις εθνικές απαιτήσεις	Σύμφωνα με την αρμόδια πολιτειακή αρχή και, όπου εφαρμόζεται, την CPSC

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι και τα δύο πρότυπα δίνουν ιδιαίτερη βαρύτητα στη λειτουργική διαχείριση της ασφάλειας. Η καθημερινή επιθεώρηση πριν από τη λειτουργία, η τήρηση αρχείων, η εφαρμογή προγράμματος συντήρησης, η εκπαίδευση των χειριστών και ο έλεγχος των συστημάτων ασφάλισης αποτελούν κοινές απαιτήσεις και στα δύο πλαίσια.

Η βασική διαφοροποίηση εντοπίζεται στον τρόπο οργάνωσης της επιθεώρησης. Στο ευρωπαϊκό πλαίσιο, το EN 13814-3 [17] αποτελεί διακριτό μέρος της σειράς και είναι αφιερωμένο ειδικά στις απαιτήσεις επιθεώρησης κατά τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία και τη χρήση της διάταξης. Η δομή αυτή προσφέρει μεγαλύτερη σαφήνεια στον επιθεωρητή, καθώς συγκεντρώνει τις σχετικές απαιτήσεις σε αυτοτελές κανονιστικό μέρος.

Στο αμερικανικό πλαίσιο, η αντίστοιχη λειτουργία κατανέμεται σε περισσότερα πρότυπα. Το ASTM F770 εντάσσει την επιθεώρηση στο πλαίσιο της λειτουργίας, της συντήρησης και της ευθύνης του ιδιοκτήτη ή υπεύθυνου λειτουργίας, ενώ το ASTM F2974 [10] καλύπτει ειδικότερα τη διαδικασία ελέγχου συμμόρφωσης. Η ύπαρξη του F2974 αναδεικνύει ότι, στο αμερικανικό σύστημα, ο έλεγχος συμμόρφωσης αντιμετωπίζεται ως διακριτή διαδικασία, η οποία μπορεί να πραγματοποιείται είτε εσωτερικά είτε από εξωτερικό φορέα, σύμβουλο ή αρμόδια αρχή, ανάλογα με το κανονιστικό και συμβατικό πλαίσιο εφαρμογής.

Από τη σύγκριση προκύπτει ότι, ενώ το EN 13814 [15] παρέχει πιο συγκεντρωμένη και άμεσα αναγνωρίσιμη δομή για την επιθεώρηση, το ASTM F24 ακολουθεί πιο κατανεμημένη προσέγγιση, στην οποία η επιθεώρηση, η λειτουργία, η συντήρηση και ο έλεγχος συμμόρφωσης οργάνωνονται μέσα από συνδυασμό επιμέρους προτύπων.

4.6 Ο ρόλος των εμπλεκομένων φορέων

Ο ρόλος των εμπλεκομένων φορέων διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ του ευρωπαϊκού και του αμερικανικού πλαισίου. Στο ευρωπαϊκό σύστημα, η κατανομή των ευθυνών εμφανίζεται πιο δομημένη και συνδέεται άμεσα με τα στάδια του κύκλου ζωής της ψυχαγωγικής διάταξης.

Σε γενικές γραμμές, η αλυσίδα ευθυνών στο ευρωπαϊκό πλαίσιο μπορεί να συνοψιστεί ως εξής:

- **Σχεδιαστής / κατασκευαστής**
Έχει την ευθύνη για τον ασφαλή σχεδιασμό της διάταξης, την εκπόνηση της Εκτίμησης Κινδύνου Σχεδιασμού (DRA), την τεχνική τεκμηρίωση, τους υπολογισμούς, τα σχέδια και, όπου εφαρμόζεται, τη διαδικασία εξέτασης τύπου.
- **Κοινοποιημένος οργανισμός**, όπου απαιτείται σήμανση CE
Συμμετέχει στη διαδικασία αξιολόγησης συμμόρφωσης, όταν αυτό προβλέπεται από το αντίστοιχο κανονιστικό πλαίσιο ή την εφαρμοζόμενη ευρωπαϊκή νομοθεσία.
- **Φορέας επιθεώρησης** σύμφωνα με τη λογική του ISO/IEC 17020 [20] Αναλαμβάνει την ανεξάρτητη τεχνική αξιολόγηση και επιθεώρηση της διάταξης. Ανάλογα με το καθεστώς ανεξαρτησίας και τον ρόλο του, μπορεί να αντιστοιχεί σε φορέα τύπου A, B ή Γ.
- **Υπεύθυνος λειτουργίας**
Έχει την ευθύνη για την ασφαλή λειτουργία, τη συντήρηση, την επιτήρηση, την τήρηση αρχείων και την Εκτίμηση Κινδύνου Λειτουργίας και Χρήσης (OURA). Η ευθύνη του δεν περιορίζεται στην καθημερινή λειτουργία, αλλά εκτείνεται στη διαρκή διατήρηση της διάταξης σε ασφαλή κατάσταση.
- **Αρμόδια δημόσια αρχή**
Έχει εποπτικό ρόλο, ο οποίος μπορεί να περιλαμβάνει αδειοδότηση, έλεγχο συμμόρφωσης, αποδοχή πιστοποιητικών ή επιβολή πρόσθετων εθνικών απαιτήσεων, ανάλογα με το θεσμικό πλαίσιο κάθε χώρας.

Στο αμερικανικό σύστημα, η κατανομή ευθυνών είναι περισσότερο αποκεντρωμένη και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το κανονιστικό πλαίσιο κάθε πολιτείας. Σε ορισμένες πολιτείες υπάρχουν

αρμόδιοι κρατικοί επιθεωρητές για τις ψυχαγωγικές διατάξεις, ενώ σε άλλες η τεχνική αξιολόγηση ανατίθεται σε ανεξάρτητους μηχανικούς ή τρίτους φορείς επιθεώρησης. Σε αρκετές περιπτώσεις, οι μηχανικοί που συμμετέχουν στη διαδικασία πρέπει να διαθέτουν την ιδιότητα του Professional Engineer (PE) και να πληρούν τις ειδικές απαιτήσεις πιστοποίησης ή αναγνώρισης της αντίστοιχης πολιτείας.

Παράλληλα, για κινητές ψυχαγωγικές διατάξεις, όπως αυτές που χρησιμοποιούνται σε καρναβάλια και προσωρινές εγκαταστάσεις, η Επιτροπή Ασφάλειας Καταναλωτικών Προϊόντων των Ηνωμένων Πολιτειών (*Consumer Product Safety Commission — CPSC*) διατηρεί ρόλο σε ομοσπονδιακό επίπεδο, κυρίως ως προς την εποπτεία, την παρακολούθηση συμβάντων και την έκδοση προειδοποιήσεων ασφαλείας. Αντίθετα, τα μόνιμα εγκατεστημένα πάρκα ψυχαγωγίας και υδάτινα πάρκα ρυθμίζονται κυρίως σε επίπεδο πολιτείας.

Η σύγκριση αυτή αναδεικνύει ότι το ευρωπαϊκό πλαίσιο χαρακτηρίζεται από πιο σαφή και ιεραρχημένη κατανομή ρόλων μεταξύ σχεδιαστή, κατασκευαστή, υπεύθυνου λειτουργίας, φορέα επιθεώρησης και δημόσιας αρχής. Το αμερικανικό πλαίσιο, από την άλλη πλευρά, βασίζεται περισσότερο σε συνδυασμό πολιτειακής ρύθμισης, ευθύνης του υπεύθυνου λειτουργίας, ανεξάρτητων μηχανικών και προτύπων της ASTM, τα οποία υιοθετούνται κατά περίπτωση από την αρμόδια αρχή ή τις συμβατικές απαιτήσεις του έργου.

4.7 Διαχείριση κινδύνου και κανονιστική λογική

Η διαχείριση κινδύνου είναι από τα πεδία στα οποία τα δύο πλαίσια αποκλίνουν περισσότερο. Στο ευρωπαϊκό σύστημα, η λογική της συστηματικής εκτίμησης και τεκμηρίωσης κινδύνων ενσωματώνεται με πιο εμφανή τρόπο μέσω της **Εκτίμησης Κινδύνου Σχεδιασμού** (*Design Risk Assessment - DRA*) και της **Εκτίμησης Κινδύνου Λειτουργίας και Χρήσης** (*Operation and Use Risk Assessment - OURA*). Οι δύο αυτές διαδικασίες συνδέουν τη διαχείριση κινδύνου τόσο με τη φάση του σχεδιασμού όσο και με τη φάση της λειτουργίας, ενισχύοντας τη συνολική προσέγγιση του κύκλου ζωής της ψυχαγωγικής διάταξης.

Στο αμερικανικό πλαίσιο, η σειρά ASTM F24 ενσωματώνει επίσης στοιχεία αξιολόγησης κινδύνου, κυρίως μέσω του ASTM F2291 [9] και των σχετικών παραρτημάτων του. Ωστόσο, η έννοια της εκτίμησης κινδύνου δεν εμφανίζεται πάντοτε με την ίδια ρητή και διακριτή μορφή όπως στο EN 13814 [15]. Αντίθετα, ενσωματώνεται περισσότερο μέσα από τεχνικά κριτήρια σχεδιασμού, όρια επιταχύνσεων, απαιτήσεις συστημάτων ασφάλισης, διαδικασίες λειτουργίας και ελέγχους συμμόρφωσης.

Από την πλευρά του υπεύθυνου λειτουργίας, το ευρωπαϊκό πλαίσιο δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στην OURA, ως τεκμηριωμένη διαδικασία αναγνώρισης και διαχείρισης κινδύνων κατά τη λειτουργία και χρήση της διάταξης. Αντίστοιχα, το ASTM F770 [4] καθορίζει απαιτήσεις για διαδικασίες λειτουργίας, συντήρησης, επιθεώρησης και εκπαίδευσης, χωρίς όμως να χρησιμοποιεί με τον ίδιο τρόπο την έννοια της εκτίμησης κινδύνου ως αυτοτελούς υποχρέωσης.

Στην πράξη, σε μεγάλης κλίμακας οργανισμούς λειτουργίας πάρκων ψυχαγωγίας, όπως ενδεικτικά οι Disney, Universal, SeaWorld, Cedar Fair και Six Flags, η διαχείριση κινδύνου οργανώνεται συνήθως μέσα από εσωτερικά συστήματα διαδικασιών, ελέγχων, εκπαίδευσης και παρακολούθησης. Τα συστήματα αυτά λειτουργούν συμπληρωματικά προς τις απαιτήσεις των προτύπων ASTM και συχνά υπερβαίνουν την ελάχιστη κανονιστική απαίτηση, καθώς σε τέτοιες εγκαταστάσεις η ασφάλεια εξαρτάται από τον συνδυασμό σχεδιασμού, τεχνικής τεκμηρίωσης, λειτουργικής εποπτείας, συντήρησης, εκπαίδευσης προσωπικού και διαχείρισης της συμπεριφοράς των χρηστών.

Η σύγκριση αναδεικνύει ότι το ευρωπαϊκό πλαίσιο παρουσιάζει πιο σαφή και δομημένη ενσωμάτωση της διαχείρισης κινδύνου μέσω των DRA και OURA, ενώ το αμερικανικό πλαίσιο ενσωματώνει τη λογική αυτή περισσότερο μέσα από επιμέρους τεχνικές και λειτουργικές απαιτήσεις. Και στις δύο περιπτώσεις, η σύγχρονη πρακτική του κλάδου οδηγεί σε ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης κινδύνου, τα οποία δεν περιορίζονται στην απλή τήρηση των ελάχιστων απαιτήσεων των προτύπων.

4.8 Επιπτώσεις στα συστήματα διασφάλισης και ελέγχου ποιότητας

Η σύγκριση μεταξύ των πλαισίων EN και ASTM έχει άμεση πρακτική σημασία για τον μηχανικό διασφάλισης και ελέγχου ποιότητας, καθώς επηρεάζει τον τρόπο οργάνωσης της τεκμηρίωσης, των επιθεωρήσεων, των δοκιμών και της παρακολούθησης συμμόρφωσης. Τα βασικά σημεία μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- **Τεχνική τεκμηρίωση:**

Το ευρωπαϊκό πλαίσιο δίνει ιδιαίτερη έμφαση στη συστηματική τεκμηρίωση κατά τη φάση του σχεδιασμού και της λειτουργίας, κυρίως μέσω της Εκτίμησης Κινδύνου Σχεδιασμού (DRA) και της Εκτίμησης Κινδύνου Λειτουργίας και Χρήσης (OURA). Αντίστοιχα, το αμερικανικό πλαίσιο απαιτεί τεκμηρίωση κρίσιμων διαδικασιών, όπως αρχεία βαθμονόμησης, αρχεία εκπαίδευσης, ημερολόγια επιθεώρησης και αρχεία συντήρησης, χωρίς όμως να οργανώνεται πάντοτε γύρω από ένα τόσο σαφές σχήμα τεκμηρίωσης τύπου DRA/OURA.

- **Έλεγχοι παραγωγής και δοκιμές αποδοχής:**

Διαδικασίες όπως η επιθεώρηση πρώτου τεμαχίου (FAI), οι εργοστασιακές δοκιμές αποδοχής (FAT) και οι δοκιμές αποδοχής στο πεδίο (SAT) αποτελούν κρίσιμα ορόσημα και στα δύο πλαίσια. Στο ASTM, οι σχετικές απαιτήσεις συνδέονται κυρίως με πρότυπα όπως το F1193 [6] για την ποιότητα παραγωγής και κατασκευής και το F846 [2] για τις δοκιμές λειτουργικής απόδοσης. Στο ευρωπαϊκό πλαίσιο, οι αντίστοιχες διαδικασίες εντάσσονται κυρίως στη λογική των Μερών 1 και 3 της σειράς EN 13814 [15].

- **Μη καταστροφικοί έλεγχοι (NDT):**

Και τα δύο πλαίσια αναγνωρίζουν τη σημασία των μη καταστροφικών ελέγχων για την αξιολόγηση κρίσιμων συγκολλήσεων, μεταλλικών στοιχείων και δομικών συνδέσεων. Η διαφορά εντοπίζεται κυρίως στα πρότυπα αναφοράς. Στο ευρωπαϊκό πλαίσιο χρησιμοποιούνται πρότυπα της σειράς EN/ISO, όπως το EN ISO 17636 για ραδιογραφικό έλεγχο, ενώ στο αμερικανικό πλαίσιο εφαρμόζονται αντίστοιχα πρότυπα ASTM, όπως τα ASTM E165, ASTM E709 και ASTM E1444, ανάλογα με τη μέθοδο ελέγχου.

- **Διαχείριση παρατηρήσεων και διορθωτικών ενεργειών (Punch List management):**

Στην πράξη και στα δύο πλαίσια, η διαχείριση ποιότητας στηρίζεται σε δομημένους καταλόγους παρατηρήσεων και εκκρεμοτήτων (Punch Lists). Μέσω της διαδικασίας αυτής καταγράφονται οι μη συμμορφώσεις, οι τεχνικές παρατηρήσεις, οι απαιτούμενες διορθωτικές ενέργειες και η κατάσταση ολοκλήρωσής τους. Η πρακτική αυτή ενισχύει την ιχνηλασιμότητα και διευκολύνει την παρακολούθηση της συμμόρφωσης από τον κατασκευαστή, τον υπεύθυνο λειτουργίας και τον ανεξάρτητο επιθεωρητή.

- **Συστήματα διαχείρισης ποιότητας και περιβάλλοντος (ISO 9001 & ISO 14001):**

Πρότυπα όπως το ISO 9001 και το ISO 14001 λειτουργούν συμπληρωματικά προς τα τεχνικά πρότυπα EN και ASTM. Το ISO 9001 υποστηρίζει τη συστηματική οργάνωση των διαδικασιών ποιότητας, της τεκμηρίωσης, των ελέγχων και των διορθωτικών ενεργειών, ενώ το ISO 14001 συνδέεται με τη διαχείριση περιβαλλοντικών παραμέτρων. Σε μεγάλα διεθνή έργα, η εφαρμογή τέτοιων συστημάτων αποτελεί συνήθη πρακτική και ενισχύει τη συνολική αξιοπιστία της διαδικασίας ελέγχου.

4.9 Συνολική συγκριτική αποτίμηση

Η συνολική συγκριτική θεώρηση των δύο κανονιστικών πλαισίων δείχνει ότι ούτε το ευρωπαϊκό ούτε το αμερικανικό πλαίσιο μπορεί να χαρακτηριστεί, με απόλυτους όρους, ως αξιολογικά «ανώτερο». Αντιθέτως, τα δύο πλαίσια εκφράζουν διαφορετικές κανονιστικές παραδόσεις και διαφορετικούς τρόπους οργάνωσης της ασφάλειας. Το EN 13814 [15] αντανακλά την ευρωπαϊκή προσέγγιση, η οποία βασίζεται σε ένα περισσότερο ενιαίο και συστηματοποιημένο πλαίσιο, με σαφή σύνδεση μεταξύ σχεδιασμού, κατασκευής, λειτουργίας, επιθεώρησης και ανεξάρτητης τεχνικής αξιολόγησης. Αντίθετα, η σειρά ASTM F24 βασίζεται σε μια πιο αρθρωτή δομή επιμέρους προτύπων, η οποία προσφέρει

μεγαλύτερη ευελιξία, τεχνική εξειδίκευση και δυνατότητα ταχύτερης προσαρμογής στις τεχνολογικές εξελίξεις. Η ουσιαστικότερη σύγκλιση δεν εντοπίζεται τόσο στη ρυθμιστική φιλοσοφία που τα διέπει, όσο στη μεθοδολογία μέτρησης και αξιολόγησης της ασφάλειας των χρηστών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η σύνδεση του **Παραρτήματος I** του **EN 13814-1** με τη μεθοδολογία **SARC** του **ASTM F2137 [5]**, η οποία λειτουργεί ως τεχνική γέφυρα μεταξύ των δύο προσεγγίσεων. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η μελλοντική εναρμόνιση είναι πιο ρεαλιστικό να επιδιωχθεί σε επίπεδο τεχνικών κριτηρίων, μεθόδων δοκιμής και αποδοχής κινδύνου, παρά σε επίπεδο πλήρους ρυθμιστικής ενοποίησης

Σε συνέχεια της παραπάνω αποτίμησης, διαπιστώνεται ότι, παρά τις διαφορές στη δομή και στον τρόπο εφαρμογής, τα πλαίσια EN, ASTM και ISO έχουν πλέον συγκλίνει σε σημαντικό βαθμό ως προς τη βασική τεχνική φιλοσοφία τους. Για έναν μηχανικό διασφάλισης και ελέγχου ποιότητας, η ταυτόχρονη αξιοποίηση των δύο συστημάτων δεν αποτελεί κανονιστική αντίφαση, αλλά μπορεί να λειτουργήσει συμπληρωματικά. Τα όρια επιτάχυνσης έχουν εναρμονιστεί σε μεγάλο βαθμό, οι κατηγορίες συστημάτων ασφάλισης παρουσιάζουν ουσιαστική αντιστοιχία, ενώ οι αρχές διαχείρισης κινδύνου ακολουθούν κοινή λογική πρόληψης, τεκμηρίωσης και επαλήθευσης.

Ωστόσο, η τεχνική αυτή σύγκλιση δεν αναιρεί τις ουσιαστικές διαφοροποιήσεις που εξακολουθούν να υφίστανται μεταξύ των δύο πλαισίων. Οι διαφοροποιήσεις αυτές εντοπίζονται κυρίως στα εξής σημεία:

- **Ρόλος διαπιστευμένων φορέων επιθεώρησης:**

Στο ευρωπαϊκό πλαίσιο, η εμπλοκή ανεξάρτητων και, όπου απαιτείται, διαπιστευμένων φορέων επιθεώρησης εμφανίζεται πιο θεσμικά οργανωμένη και ενσωματωμένη στη συνολική διαδικασία αξιολόγησης.

- **Συχνότητα αναθεώρησης προτύπων:**

Τα πρότυπα ASTM αναθεωρούνται και επικαιροποιούνται συνήθως με μεγαλύτερη συχνότητα, γεγονός που επιτρέπει ταχύτερη ανταπόκριση σε νέες τεχνολογίες, τεχνικά δεδομένα και ανάγκες του κλάδου.

- **Κάλυψη εξειδικευμένων τεχνικών πεδίων:**

Το αμερικανικό πλαίσιο διαθέτει σε ορισμένες περιπτώσεις πιο εξειδικευμένα πρότυπα για ειδικά αντικείμενα, όπως το ASTM F3493 [11] για τη μέτρηση επιταχύνσεων σε νεροτσουλήθρες με δοκιμαστές που φέρουν μετρητικό εξοπλισμό.

- **Γλώσσα και κανονιστική κουλτούρα:**

Το ευρωπαϊκό πλαίσιο διατυπώνεται συχνά με πιο θεσμικό και κανονιστικό χαρακτήρα, ενώ το πλαίσιο ASTM έχει περισσότερο τεχνικό και εφαρμοσμένο προσανατολισμό, με έμφαση σε συγκεκριμένες μεθόδους, διαδικασίες και πρακτικά κριτήρια αξιολόγησης.

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι τα δύο συστήματα δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται ως ανταγωνιστικά, αλλά ως δύο διαφορετικές προσεγγίσεις με υψηλό βαθμό τεχνικής συμβατότητας. Η συνδυαστική τους κατανόηση ενισχύει την ικανότητα του μηχανικού να αξιολογεί διεθνή έργα, να

αναγνωρίζει τις απαιτήσεις κάθε πλαισίου και να τεκμηριώνει την ασφάλεια με τρόπο πλήρη, επαληθεύσιμο και τεχνικά αξιόπιστο.

4.10 Συμπεράσματα κεφαλαίου

Σε ένα διεθνές περιβάλλον όπου κατασκευαστές, υπεύθυνοι λειτουργίας και επιθεωρητές δραστηριοποιούνται συχνά πέρα από τα όρια μίας χώρας, η σύγκλιση των κανονιστικών πλαισίων αποκτά ιδιαίτερη σημασία. Η δυνατότητα κοινής τεχνικής γλώσσας μεταξύ EN και ASTM διευκολύνει τον σχεδιασμό, την κατασκευή, την επιθεώρηση και τη λειτουργία ψυχαγωγικών διατάξεων σε έργα με διεθνή χαρακτηριστήρα.

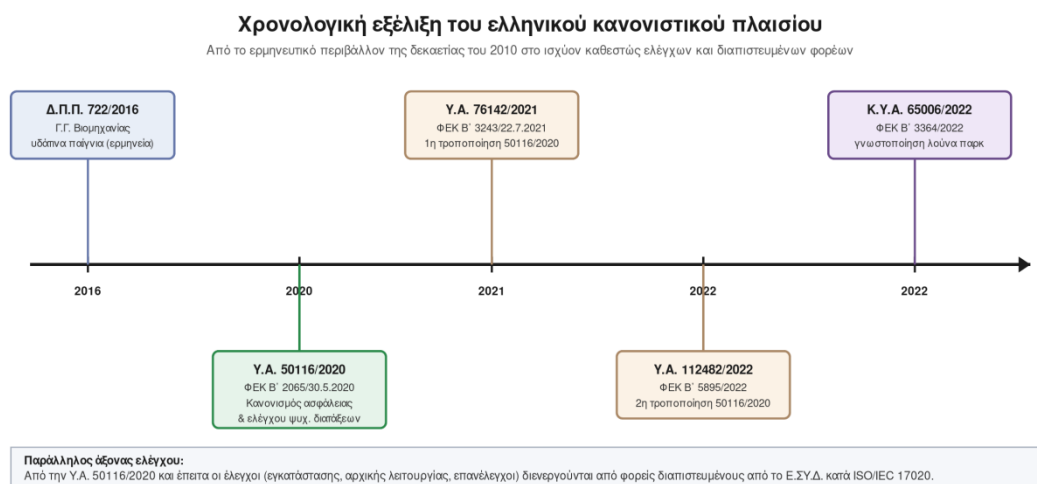
Στο ευρωπαϊκό πλαίσιο, η αναθεώρηση της σειράς EN 13814 [15] το 2019 αποτέλεσε σημαντικό βήμα προς αυτή την κατεύθυνση, ιδίως μέσω της εναρμόνισης των ορίων επιτάχυνσης και της μεθοδολογίας αξιολόγησης με το αμερικανικό πλαίσιο. Αντίστοιχα, η σειρά ASTM F24 έχει ενισχύσει τη διεθνή της επιρροή μέσω της συχνής επικαιροποίησης, της τεχνικής εξειδίκευσης και της ενσωμάτωσής της σε διαφορετικά εθνικά ή περιφερειακά κανονιστικά πλαίσια, όπως σε αρκετές πολιτείες των Ηνωμένων Πολιτειών και στον Καναδά.

Από τη συγκριτική ανάλυση προκύπτει ότι τα δύο συστήματα δεν λειτουργούν πλέον ως πλήρως ανεξάρτητες ή αντικρουόμενες προσεγγίσεις. Αντίθετα, παρουσιάζουν σημαντική τεχνική σύγκλιση, ιδιαίτερα στα πεδία των επιταχύνσεων, των συστημάτων ασφάλισης, της μέτρησης δυναμικών χαρακτηριστικών και της διαχείρισης κινδύνου. Οι διαφορές που παραμένουν αφορούν κυρίως τη δομή, τη θεσμική εφαρμογή, τη συχνότητα αναθεώρησης και τον τρόπο οργάνωσης της επιθεώρησης.

Η σύγκλιση αυτή διαμορφώνει σήμερα ένα κοινό τεχνικό υπόβαθρο για τη διεθνή αξιολόγηση της ασφάλειας σε πάρκα ψυχαγωγίας και υδάτινα πάρκα. Το επόμενο κεφάλαιο εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο οι παραπάνω κανονιστικές αρχές αποτυπώνονται και εφαρμόζονται στο ελληνικό θεσμικό πλαίσιο.

Κεφάλαιο 5. Το ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο: παίγνια ψυχαγωγίας και παίγνια νερού

5.1 Εισαγωγή



Εικόνα 14: Χρονολογική εξέλιξη του ελληνικού κανονιστικού πλαισίου — από την Δ.Π.Π. 722/2016 έως την Κ.Υ.Α. 65006/2022 [56]

Το ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο για την ασφάλεια των ψυχαγωγικών εγκαταστάσεων και των υδάτινων παιγνίων έχει μετασχηματιστεί σε μεγάλο βαθμό τα τελευταία δεκαπέντε έτη. Από ένα πρώιμο, ερμηνευτικό πλαίσιο με αποσπασματικό χαρακτήρα κατά την δεκαετία του 2000–2010, η ελληνική έννομη τάξη εντάχθηκε στο σύγχρονο και ολιστικό πλαίσιο της Υπουργικής Απόφασης 50116/2020 [62] του Υφυπουργού Ανάπτυξης και Επενδύσεων, η οποία δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ Β' 2065/30.5.2020 τιτλοφορούμενη ως «Κανονισμός ασφάλειας και ελέγχου εξοπλισμού και διατάξεων ψυχαγωγίας», και τις μετέπειτα τροποποιήσεις της.

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται τόσο το νομοθετικό πλαίσιο για τα παίγνια ψυχαγωγίας (πάρκα ψυχαγωγίας, λούνα παρκ) όσο και για τα παίγνια νερού (waterparks, νεροτσουλήθρες).

5.2 Η μετάβαση από το προγενέστερο πλαίσιο του 2020

Πριν την έκδοση της Υπουργικής Απόφασης 50116/2020, η ρύθμιση δεν ήταν κωδικοποιημένη και βασιζόταν σε διάσπαρτες διατάξεις. Δεδομένου του προαναφερθέντος πλαισίου, ακολουθεί συνοπτική παρουσίαση των κυριότερων ρυθμίσεων: Ν. 2323/1995 (Α 145) και τροποποιήσεις του (Ν. 4264/2014 [58], Α 145) για το υπαίθριο εμπόριο, που αναφερόταν και σε λούνα παρκ, τσίρκα και παγοδρόμια.

- Σύμφωνα με τον Ν. 2323/1995 (Α 145) και τροποποιήσεις του (Ν. 4264/2014, Α 145), τα λούνα παρκ, τα τσίρκα και τα παγοδρόμια θεωρούνται υπαίθριες ψυχαγωγικές εγκαταστάσεις, για τις οποίες απαιτείται άδεια εγκατάστασης και λειτουργίας από τις αρμόδιες αρχές, σύμφωνα με προδιαγραφές ασφαλείας και έλεγχους.
- Το Π.Δ. 12/2005 έδωσε έμφαση στους όρους και τις προϋποθέσεις για την ίδρυση ψυχαγωγικών εγκαταστάσεων, με ιδιαίτερη σημασία στην διαδικασία έκδοσης αδειών και στους απαραίτητους ελέγχους λειτουργίας.
- Η Υ.Α. 16793 (ΦΕΚ 2086/29.9.2009) για τις «Προδιαγραφές Ψυχαγωγικών Θεματικών Πάρκων για την υπαγωγή τους στο καθεστώς κινήτρων του ν. 3299/2004», έκανε λόγο για τις προδιαγραφές ίδρυσης και λειτουργίας θεματικών πάρκων, εξετάζοντας πτυχές τεχνικών υποδομών, ελέγχων λειτουργίας αλλά και χωροθέτησης. Στην συγκεκριμένη υπουργική απόφαση, έγινε αναφορά και για την λειτουργία θεματικών πάρκων εντός ξενοδοχειακών μονάδων.
- Ο Ν. 4276/2014 [57] (άρθρο 49, παρ. 8) αφορά κατά κύριο λόγο την απλούστευση διαδικασιών λειτουργίας τουριστικών επιχειρήσεων. Ο νόμος αυτός θέτει ρυθμίσεις για τα παίγνια νερού εντός ξενοδοχειακών μονάδων.

Η σύγχυση που επικρατούσε αναφορικά με το κανονιστικό πλαίσιο των υδάτινων ψυχαγωγικών εγκαταστάσεων είναι εμφανής στο έγγραφο Δ.Π.Π. 722/29-02-2016 της Γενικής Γραμματείας Βιομηχανίας του Υπουργείου Οικονομίας, Ανάπτυξης και Τουρισμού, το οποίο υπογράφεται από τον Γενικό Γραμματέα Βιομηχανίας, κ. Ευστράτιο Ζαφείρη. Το συγκεκριμένο έγγραφο εκδόθηκε σε απάντηση σχετικού ερωτήματος του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΕΕ) (αρ. πρωτ. 6354/07-03-2016) και αποσαφηνίζει το ισχύον νομικό πλαίσιο που διέπει τη λειτουργία των υδάτινων πάρκων αναψυχής (waterparks) στην Ελλάδα. Ειδικότερα, στο έγγραφο επισημαίνεται :

- Για την εγκατάσταση και λειτουργία παιγνίων νερού εντός ξενοδοχειακών καταλυμάτων εφαρμόζονται οι διατάξεις της παρ. 8 του άρθρου 49 του Ν. 4276/2014 (ΦΕΚ Α' 155/30.07.2014) περί «Απλούστευσης διαδικασιών για τη λειτουργία τουριστικών επιχειρήσεων, τουριστικών υποδομών και ειδικών μορφών τουριστικών υποδομών», καθώς και οι προβλέψεις των εκάστοτε ισχυουσών Κοινών Υπουργικών Αποφάσεων που εκδίδονται από τον Υπουργό Οικονομίας, Ανάπτυξης και Τουρισμού.
- Επίσης, η ακολουθούμενη διαδικασία βασίζεται στις διατάξεις της Υπουργικής Απόφασης 16793 (ΦΕΚ Β' 2086/29.09.2009) περί «Πρότυπων Ψυχαγωγικών Θεματικών Πάρκων», η οποία εκδόθηκε από τους Υπουργούς Εσωτερικών και Οικονομίας, Ανάπτυξης και Τουρισμού.
- Σε ισχύ για τα παραπάνω υπήρξε και το άρθρο 39 του Ν. 4264/2014 (ΦΕΚ Α' 145), όπως αυτές παραπέμπουν στην παρ. 6 του άρθρου 39 του Ν. 2323/1995, καθώς και οι σχετικές προβλέψεις του Π.Δ. 12/2005, με αρμόδιες αρχές τις υπηρεσίες της τοπικής αυτοδιοίκησης και του Υπουργείου Εσωτερικών.

Επιπροσθέτως, στο έγγραφο επιβεβαιώνεται ότι στην Ελλάδα εφαρμόζονται τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 1069-1 [13] «Water slides - Part 1: Safety requirements and test methods (Νεροτσουλήθρες - Μέρος 1:

Απαιτήσεις ασφαλείας και μέθοδοι δοκιμής)» και ΕΛΟΤ EN 1069-2 [14] «Water slides - Part 2 (Νεροτσουλήθρες - Μέρος 2: Οδηγίες)». Συμπληρωματικά, αναφέρεται ότι τα παίγνια νερού εν γένει υποστηρίζονται από ένα ευρύτερο σύνολο συναφών προτύπων, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται τα ΕΛΟΤ EN 15288-1 και ΕΛΟΤ EN 15288-2 για τις πισίνες, καθώς και τα ΕΛΟΤ EN 13451-1, -2 και -3 για τον εξοπλισμό πισίνας.

Η κατακλείδα του εγγράφου Δ.Π.Π. 722/2016 είναι ενδεικτική της υφιστάμενης θεσμικής ασάφειας, καθώς αναφέρεται ότι «η πρωτοβουλία για την ανάπτυξη νομοθετικού πλαισίου υποχρεωτικής εφαρμογής στην ελληνική επικράτεια ευρωπαϊκών προτύπων για την κατασκευή, τον αρχικό και τους περιοδικούς ελέγχους παιγνίων νερού, είτε αυτά βρίσκονται εντός είτε εκτός ξενοδοχειακών μονάδων, δεν ανήκει στη Γενική Γραμματεία Βιομηχανίας». Έτσι λοιπόν, το έγγραφο αναδεικνύει την ύπαρξη ενός κανονιστικού κενού, καθώς τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN ναί μεν υπήρχαν και εφαρμόζονταν σε τεχνικό επίπεδο, αλλά η εθνική νομοθεσία δεν είχε θεσπίσει την υποχρεωτική εφαρμογή τους, ούτε είχε καθορίσει έναν σαφή και ενιαίο φορέα ελέγχου. Παράλληλα, επισημαίνεται ότι μέσω του Εθνικού Συστήματος Υποδομών Ποιότητας (ΕΣΥΠ), το οποίο τελεί υπό την εποπτεία της Γενικής Γραμματείας Βιομηχανίας, δίνεται η δυνατότητα να παρασχεθεί υποστήριξη αναφορικά με την ερμηνεία των προτύπων και τη διερεύνηση της ενδεχόμενης υιοθέτησης ενός συστήματος πιστοποίησης.

5.3 Η Υπουργική Απόφαση 50116/2020 ως κομβική τομή

Η Υπουργική Απόφαση υπ' αριθμ. 50116 του Υφυπουργού Ανάπτυξης και Επενδύσεων, η οποία δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ Β' 2065/30.05.2020 με τίτλο «Κανονισμός ασφάλειας και ελέγχου εξοπλισμού και διατάξεων ψυχαγωγίας», αποτέλεσε καθοριστική κανονιστική τομή. Η εν λόγω Υπουργική Απόφαση δομείται σε επιμέρους άρθρα και συνοδεύεται από σχετικά Παραρτήματα. Τα κυριότερα σημεία της παρουσιάζονται στη συνέχεια.

5.3.1 Άρθρο 1 - Σκοπός και πεδίο εφαρμογής

Στο άρθρο 1 καθορίζονται οι γενικές αρχές, οι κανόνες ασφάλειας στον χειρισμό, στη συντήρηση και στον έλεγχο των διατάξεων και των εξοπλισμών ψυχαγωγίας. Στο πεδίο εφαρμογής της Απόφασης εντάσσονται ρητώς οι ακόλουθες κατηγορίες:

- νεροτσουλήθρες,

- παίγνια ψυχαγωγίας λούνα παρκ,
- παγοδρόμια,
- παιδικά παίγνια αυξημένης πολυπλοκότητας,
- καθώς και υποστηρικτικές εγκαταστάσεις.

Η Υπουργική Απόφαση απευθύνεται σε όλους τους «φορείς εκμετάλλευσης διατάξεων και εξοπλισμών» ψυχαγωγίας.

5.3.2 Άρθρο 2 - Ορισμοί

Στο άρθρο 2 περιλαμβάνει τους θεμελιώδεις ορισμούς. Ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται στους ακόλουθους:

- **«Υπεύθυνος εκμετάλλευσης»:** Ως οικονομικός φορέας ορίζεται το φυσικό ή νομικό πρόσωπο που φέρει την ευθύνη για τον πλήρη έλεγχο μιας διάταξης ψυχαγωγίας.
- **«Αρχικός Τεχνικός Έλεγχος»:** Ως έλεγχος ορίζεται η διαδικασία που διενεργείται από αναγνωρισμένο φορέα ελέγχου, σύμφωνα με τις προβλέψεις του άρθρου 4.
- **«Περιοδικός Τεχνικός Έλεγχος»:** Ως περιοδικός έλεγχος ορίζεται η διαδικασία που διενεργείται από αναγνωρισμένο φορέα ελέγχου, σύμφωνα με το άρθρο 5, σε τακτά χρονικά διαστήματα τα οποία καθορίζονται στην παρ. 7 του άρθρου 3 και στο Παράρτημα Ι.
- **«Έκτακτος Τεχνικός Έλεγχος»:** Ως έκτακτος έλεγχος ορίζεται η διαδικασία που διενεργείται από αναγνωρισμένο φορέα ελέγχου κατόπιν σχετικού αιτήματος.
- **«Ενδελεχής τεχνικός έλεγχος»:** Εκτενής αξιολόγηση των διαδικασιών και πραγματοποίηση δοκιμών, βάσει του προτύπου EN ISO 12100.
- **«Έκθεση Τεχνικού Ελέγχου»:** Ως Έκθεση Τεχνικού Ελέγχου ορίζεται το επίσημο έγγραφο που εκδίδει ο αναγνωρισμένος φορέας ελέγχου.
- **«Οργανισμός αξιολόγησης της συμμόρφωσης»:** Ως «Οργανισμός αξιολόγησης της συμμόρφωσης» ορίζεται ο οργανισμός που διενεργεί δραστηριότητες αξιολόγησης συμμόρφωσης, όπως βαθμονομήσεις, δοκιμές, πιστοποίηση και επιθεώρηση.
- **«Αναγνωρισμένος φορέας ελέγχου»:** Ως Αναγνωρισμένος φορέας ελέγχου ορίζεται ο διαπιστευμένος κατά το πρότυπο διαπίστευσης EN ISO/IEC 17020 [20] οργανισμός αξιολόγησης της συμμόρφωσης, ο οποίος έχει λάβει έγκριση αναγνώρισης.

5.3.3 Άρθρο 3 - Γενικές διατάξεις

Το άρθρο 3 ρυθμίζει τις βασικές υποχρεώσεις. Σύμφωνα με την παρ. 2, οι διατάξεις ψυχαγωγίας και οι υποστηρικτικές εγκαταστάσεις θεωρείται ότι πληρούν τις απαιτήσεις ασφαλείας, εφόσον συμμορφώνονται με το εναρμονισμένο ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13814 [15], όπως εκάστοτε ισχύει, το οποίο περιλαμβάνει το ακόλουθο τρίπτυχο:

- ΕΛΟΤ EN 13814-1: Ασφάλεια μηχανημάτων και διατάξεων ψυχαγωγικών πάρκων - Μέρος 1: Απαιτήσεις σχεδιασμού και κατασκευής.
- ΕΛΟΤ EN 13814-2 [16]: Ασφάλεια μηχανημάτων και διατάξεων ψυχαγωγικών πάρκων - Μέρος 2: Απαιτήσεις για λειτουργία, συντήρηση και χρήση.
- ΕΛΟΤ EN 13814-3 [17]: Ασφάλεια μηχανημάτων και διατάξεων ψυχαγωγικών πάρκων - Μέρος 3: Απαιτήσεις για τον έλεγχο σχεδιασμού, κατασκευής, λειτουργίας και χρήσης.

Σύμφωνα με την παρ. 4, κάθε διάταξη ψυχαγωγίας συνοδεύεται από Τεχνικό Φάκελο, ο οποίος καταρτίζεται βάσει των απαιτήσεων του ΕΛΟΤ EN 13814 και περιλαμβάνει τα αναγκαία τεχνικά χαρακτηριστικά, τα αρχεία εκτίμησης επικινδυνότητας (όπως τα αποτελέσματα DRA – Design Risk Assessment και OURA – Operation and Use Risk Assessment), τα μηχανολογικά και ηλεκτρολογικά σχέδια, τα σχετικά πιστοποιητικά, καθώς και την ημερομηνία και φύση των εργασιών συντήρησης, επισκευών και ελέγχου. Επιπροσθέτως, περιλαμβάνει το Αρχείο Λειτουργίας, Συντήρησης και Συμβάντων της διάταξης. Ο Τεχνικός Φάκελος συντάσσεται από τον κατασκευαστή, τηρείται με ευθύνη του φορέα εκμετάλλευσης και τίθεται διαρκώς στη διάθεση των αρμόδιων αρχών και του αναγνωρισμένου φορέα ελέγχου. Η σαφής αναφορά στις διαδικασίες DRA και OURA στην Υπουργική Απόφαση κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική, καθώς είναι συμβατή με την ορολογία που χρησιμοποιείται στο ΕΛΟΤ EN 13814-1 (§3.9) και στο ΕΛΟΤ EN 13814-2. Με αυτόν τον τρόπο, ο Τεχνικός Φάκελος αποτελεί βασικό αντικείμενο ελέγχου κατά την αρχική και περιοδική αξιολόγηση μίας ψυχαγωγικής διάταξης. Μέσω αυτού, ο αναγνωρισμένος φορέας ελέγχου μπορεί να επαληθεύσει ότι ο σχεδιασμός, η εγκατάσταση, οι δοκιμές, η συντήρηση, οι τροποποιήσεις και τα τυχόν συμβάντα έχουν τεκμηριωθεί με συστηματικό τρόπο. Επομένως, ο φάκελος δεν λειτουργεί μόνο ως διοικητική απαίτηση, αλλά ως εργαλείο ιχνηλασιμότητας και τεχνικής τεκμηρίωσης της ασφαλούς λειτουργίας της διάταξης.

Σύμφωνα με την παρ. 5, Όλες οι διατάξεις ψυχαγωγίας και οι υποστηρικτικές εγκαταστάσεις υποχρεούνται να υποβάλλονται σε «Αρχικό Τεχνικό Έλεγχο», κατά το άρθρο 4.

Η συχνότητα του περιοδικού ελέγχου προσδιορίζεται κατά περίπτωση και δεν προβλέπεται ως ενιαία απαίτηση για το σύνολο του εξοπλισμού. Κατά τον καθορισμό της περιοδικότητας λαμβάνονται υπόψη, κατά προτεραιότητα, οι οδηγίες και απαιτήσεις του κατασκευαστή, καθώς και τα εφαρμοστέα πρότυπα στα οποία υπάγεται ο εξοπλισμός. Εφόσον δεν προκύπτει συγκεκριμένη περιοδικότητα από

τις ανωτέρω πηγές, εφαρμόζεται η κατηγοριοποίηση του Παραρτήματος Ι (βλέπε εικόνα 15). Σε κάθε άλλη περίπτωση, προβλέπεται ετήσιος περιοδικός έλεγχος.

Στην παρ. 8, καθορίζεται η διεξαγωγή τεχνικού ελέγχου, αποκλειστικά από αναγνωρισμένους φορείς ελέγχου, κατά τα προβλεπόμενα στο άρθρο 11.

Τέλος στην παρ. 9, αναφέρεται ότι οι υπεύθυνοι εκμετάλλευσης δύνανται να επιλέγουν αναγνωρισμένο φορέα ελέγχου της επιλογής τους, ο οποίος οφείλει να είναι αναγνωρισμένος στο αντίστοιχο πεδίο. Ωστόσο, σε περίπτωση αλλαγής φορέα ελέγχου, ο νέος φορέας ελέγχου πρέπει να ενημερώνεται για τα ευρήματα του προηγούμενου

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ		ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	
		ΣΤΑΘΕΡΕΣ	ΠΕΡΙΟΔΕΥΟΥΣΕΣ
1.	ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΨΥΧΑΓΩΓΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΑΜΑΤΑ ΓΙΑ ΠΑΙΔΙΑ (μικρότερα των 15 ετών) Παρόδεγμα: Μίνι σκυότερ, περιστρεφόμενες διατάξεις (μικρά carousel), πίστες με αυτοκινητάκια, πίστες με βαρκάκια, ηλεκτρικά τρένακια, μικρές κούνιες, κλειστές διαδρομές με ράγες για πιλάκια και συνοδοί, διατάξεις με αεροπλάνα για πιλάκια, τουαλέτες, νάρκισ, θωμάκια διασκέλης , ελπίστρες, πολλαπλών διαστάσεων, σκοποβολή, ηλεκτρικός απόδρομος κλπ (ΔΡΑΚΟΣ, CONVOY, 3-D / 4-D, ESCAPE ROOMS κ.ά.)	12 μήνες	12 μήνες
2.	ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΨΥΧΑΓΩΓΙΑΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΑΙΣΘΗΣΕΩΝ (ταχύτητα κατώτερη των 12 στρεφών / λεπτό) Παρόδεγμα: Συγκρουόμενα αυτοκινητάκια, αυτοκινητάκια-σκυότερ, περιστρεφόμενες διατάξεις, καρουσέλ, πίστες με αυτοκινητάκια, μεγάλες πονοφακές ρόδες, περιστρεφόμενες διατάξεις με ανυψωτικά στοιχεία, τρένα του τρόμου, ηλεκτρικά ή θερμικά καρτ, θέλαμοι γέλιου, μεγάλα εκκενρή περιορισμένης κίνησης, διατάξεις περιστρεφόμενης πλατφόρμας με στοιχεία ανύψωσης, προσομοιωτές, διατάξεις καθοδηγούμενων οχημάτων σε υδάτινο περιβάλλον κ.λπ. (PIEPATE, VR GAMES, FLUME RIDES κ.ά.)	12 μήνες	8 μήνες
3.	ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΨΥΧΑΓΩΓΙΑΣ ΕΝΤΟΝΩΝ ΑΙΣΘΗΣΕΩΝ (ταχύτητα ανώτερη των 12 στρεφών / λεπτό) Παρόδεγμα: Μεγάλα εκκενρή περιστροφή 360°, περιστρεφόμενες διατάξεις μεγάλης ταχύτητας, διατάξεις με αεροπλάνα για ενήλικες, διατάξεις πολλαπλών στοιχείων περιστροφής με ή χωρίς δυνατότητα μεταβολής κλίσης (ΣΦΥΡΙ, ΤΑΥΡ, ΜΙΛΑΡΙΝΑ, ΣΑΛΙ, MUSIC EXPRESS, EVOLUTION, CANYON, TOP-SPIN, PARATROOPER, ROTOR, BOOMERANG, MATTERHORN, JET-BOB, κ.ά.)	12 μήνες	8 μήνες
4.	ΛΟΙΠΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΨΥΧΑΓΩΓΙΑΣ ΕΝΤΟΝΩΝ ΑΙΣΘΗΣΕΩΝ Παρόδεγμα: Τρένοια σε ράγες (roller coaster), πύργοι με γονόλες πτώσης, περιστρεφόμενες διατάξεις μεγάλης ταχύτητας με περιστροφή στο κατακόρυφο επίπεδο ή κοντά σε αυτό (ENTERPRISE, UFO, ROUND UP, BOOSTERS, EJECTION SEAT, DROP TOWERS, κ.ά.)	12 μήνες	8 μήνες

Εικόνα 15: Πίνακας κατηγοριών διατάξεων ψυχαγωγίας βάση παρατήματος Ι Υπουργικής Απόφασης 50116/2020

5.3.4 Άρθρο 4 - Αρχικός Τεχνικός Έλεγχος

Κατά την παρ. 1, Ο Αρχικός Τεχνικός Έλεγχος διενεργείται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN 13814, όπως εκάστοτε ισχύει, από αναγνωρισμένο φορέα ελέγχου, ο οποίος έχει λάβει τη σχετική έγκριση κατά το άρθρο 11. Ο έλεγχος εφαρμόζεται στο σύνολο των διατάξεων που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της παρούσας.

Την ίδια στιγμή, στην παρ. 2 διευκρινίζεται ότι για διατάξεις που έχουν τεθεί σε λειτουργία πριν την έναρξη ισχύος της απόφασης, ο Αρχικός Τεχνικός Έλεγχος περιλαμβάνει:

- Έλεγχο καταλληλότητας βάσει αρχών σχεδιασμού και έλεγχος χωροθέτησης.

- Ανασκόπηση τεχνικού φακέλου κατασκευαστή σύμφωνα με το πρότυπο σχεδίασης/κατασκευής.
- Ανασκόπηση εγχειριδίου λειτουργίας και συντήρησης.
- Ανασκόπηση διαδικασίας εκκένωσης.
- Έλεγχο σχεδίων, διαγραμμάτων συνδέσεων, πληροφοριών για φορτία, υλικά και επιφανειακή επεξεργασία.
- Έλεγχο δυνατότητας ασφαλούς διεξαγωγής συντήρησης και συνεχούς επιθεώρησης.
- Έλεγχο συμμόρφωσης προς αναθεωρημένα έγγραφα.
- Έλεγχο έδρασης και δομικών στοιχείων.
- Έλεγχο μηχανολογικού εξοπλισμού.
- Έλεγχο πνευματικών και υδραυλικών διατάξεων.
- Έλεγχο ηλεκτρολογικής εγκατάστασης και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.

Ο κατάλογος αυτός δεν αποτελεί απλή διοικητική απαρίθμηση δικαιολογητικών, αλλά αποτυπώνει τη βασική δομή του Αρχικού Τεχνικού Ελέγχου. Ο αναγνωρισμένος φορέας ελέγχου καλείται να αξιολογήσει διαδοχικά την τεχνική τεκμηρίωση της διάταξης, τη χωροθέτηση και την έδρασή της, τα δομικά και μηχανολογικά στοιχεία, τις πνευματικές, υδραυλικές και ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, καθώς και τις διαδικασίες λειτουργίας, συντήρησης και εκκένωσης. Με τον τρόπο αυτό, η απαίτηση της Υ.Α. 50116/2020 συνδέει τον έλεγχο εγγράφων με την επιτόπια τεχνική αξιολόγηση και διαμορφώνει ένα πλαίσιο ελέγχου που δεν περιορίζεται στην ύπαρξη φακέλου, αλλά εξετάζει εάν η διάταξη μπορεί να λειτουργήσει με αποδεκτό επίπεδο ασφάλειας.

5.3.5 Άρθρο 11 - Αναγνωρισμένοι φορείς ελέγχου

Στο άρθρο 11 καθορίζονται οι προϋποθέσεις αναγνώρισης των φορέων ελέγχου. Σύμφωνα με τη σαφή απαίτηση, οι φορείς πρέπει να είναι διαπιστευμένοι κατά EN ISO/IEC 17020 [20] από το Ε.ΣΥ.Δ. Οι φορείς αυτοί διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Τύπος Α:** Πλήρως ανεξάρτητοι φορείς ελέγχου, οι οποίοι δεν σχετίζονται με τον κατασκευαστή, τον προμηθευτή, τον εγκαταστάτη ή τον φορέα λειτουργίας (operator).
- **Τύπος Β:** Εσωτερικοί φορείς ελέγχου, οι οποίοι διενεργούν ελέγχους αποκλειστικά για λογαριασμό της μητρικής τους επιχείρησης.
- **Τύπος Γ:** Φορείς οι οποίοι δύνανται να διατηρούν εμπορική σχέση με τα ελεγχόμενα μέρη, υπό την προϋπόθεση ότι τηρούν συγκεκριμένα κριτήρια ανεξαρτησίας και αμεροληψίας.

Στις περιπτώσεις πάρκων ψυχαγωγίας και υδάτινων πάρκων (water parks), ο Φορέας Τύπου Α είναι ο πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενος. Οι φορείς ελέγχου εκδίδουν τα πιστοποιητικά συμμόρφωσης σύμφωνα με την οδηγία ΟΕΦ-22 του Ε.ΣΥ.Δ. («Τρόπος αναγραφής πιστοποιητικών διαπίστευσης», 03.07.2025). Τα εν λόγω πιστοποιητικά υποβάλλονται στις αρμόδιες αρχές και ενσωματώνονται στον φάκελο γνωστοποίησης λειτουργίας. Η λογική αυτή αναδεικνύει τον ρόλο του διαπιστευμένου φορέα ελέγχου ως ανεξάρτητου μηχανισμού τεχνικής τεκμηρίωσης της συμμόρφωσης. Η έκδοση πιστοποιητικού ή έκθεσης ελέγχου δεν αποτελεί απλή διοικητική πράξη, αλλά βασίζεται στην αξιολόγηση του τεχνικού φακέλου, της εγκατάστασης, των κρίσιμων τεχνικών στοιχείων και των απαιτούμενων διαδικασιών ελέγχου, σύμφωνα με το πεδίο διαπίστευσης του φορέα και τις απαιτήσεις της Υ.Α. 50116/2020.

5.4 Μεταγενέστερες τροποποιήσεις: Υ.Α. 76142/2021 και 112482/2022

Η ΥΑ 50116/2020 τροποποιήθηκε δύο φορές με βάση την εμπειρία της πρώτης εφαρμογής, προκειμένου να βελτιωθεί το κανονιστικό πλαίσιο και να αποσαφηνιστούν επιμέρους τεχνικές και διαδικαστικές απαιτήσεις που ανέκυψαν κατά την εφαρμογή της.

5.4.1 Υ.Α. 76142/2021 (ΦΕΚ Β΄ 3243/22.7.2021)

Κατά την πρώτη τροποποίηση με την Υ.Α. 76142/2021 [63] (ΦΕΚ Β΄ 3243/22.7.2021) συμπεριλήφθηκαν τεχνικές διορθώσεις και επήλθαν αποσαφηνίσεις ως προς το πεδίο εφαρμογής της ρύθμισης. Παράλληλα, ρυθμίστηκαν μεταβατικές διατάξεις για τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις, στοχεύοντας στην διευκόλυνση της ομαλής προσαρμογής τους στο νέο πλαίσιο, ενώ παράλληλα έγιναν προσαρμογές στα χρονοδιαγράμματα διενέργειας των προβλεπόμενων ελέγχων [51].

5.4.2 Υ.Α. 112482/2022 (ΦΕΚ Β΄ 6004/24.11.2022)

Κατά τη δεύτερη τροποποίηση, ενσωματώθηκαν αρκετές ακόμη αναθεωρήσεις, κατά κύριο λόγο στις διαδικασίες πιστοποίησης για παλαιότερες εγκαταστάσεις, στις προβλέψεις για τις μεταβολές του εξοπλισμού, καθώς και στην επικαιροποίηση των τεχνικών παρατηρημάτων, ώστε να ευθυγραμμίζονται με την αναθεωρημένα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 13814 [15] και ΕΛΟΤ EN 1069-1 [54]. Με αυτές τις τροποποιήσεις η εφαρμογή της ΥΑ 50116/2020 έχει αποκτήσει σήμερα τη σταθερή της μορφή.

5.5 Νόμος 4796/2021

Ο Ν. 4796/2021 [59] (ΦΕΚ 63/Α'/17.04.2021) αποτελεί συμπληρωματικό νομοθέτημα, το οποίο τροποποίησε και συμπλήρωσε κρίσιμες διατάξεις που αφορούν τον τομέα, ιδίως ως προς τις διαδικασίες αδειοδότησης, τις αρμοδιότητες των εμπλεκόμενων αρχών, καθώς και το πλαίσιο επιβολής κυρώσεων σε περιπτώσεις μη συμμόρφωσης. Στο περιεχόμενό του ενσωματώθηκαν σχετικές παραπομπές στις Υπουργικές Αποφάσεις 50116/2020 και 76142/2021 [50], οι οποίες εξειδικεύουν επιμέρους τεχνικές και διοικητικές απαιτήσεις του κανονιστικού πλαισίου.

5.6 Κ.Υ.Α. 65006/2022 και διαδικασίες γνωστοποίησης

Η Κοινή Υπουργική Απόφαση 65006/2022 (ΦΕΚ Β' 3367/2022) συνιστά ιδιαίτερα σημαντική κανονιστική προσθήκη, καθώς καθορίζει τη διαδικασία έγκρισης και γνωστοποίησης λειτουργίας ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων, όπως λούνα παρκ, τσίρκα και παγοδρόμια. Με την παραπάνω απόφαση εισάγεται η διαδικασία ηλεκτρονικής γνωστοποίησης μέσω της ψηφιακής πύλης notifybusiness.gov.gr (νυν OpenBusiness Portal του Υπουργείου Ανάπτυξης), ενώ παράλληλα εναρμονίζεται το εθνικό πλαίσιο με τη φιλοσοφία του Ν. 4442/2016, ο οποίος στοχεύει στην απλούστευση και εκσυγχρονισμό της διαδικασίας αδειοδότησης επιχειρηματικών δραστηριοτήτων [55], [53], [52].

Στη διαδικασία γνωστοποίησης, ο επιχειρηματίας υποβάλλει ηλεκτρονικά τη γνωστοποίηση μέσω της πύλης notifybusiness.gov.gr και καταθέτει το σύνολο των απαιτούμενων δικαιολογητικών, όπως αρχιτεκτονικά και τεχνικά σχέδια, πιστοποιητικά συμμόρφωσης διαπιστευμένων φορέων, ασφαλιστήρια συμβόλαια και σχέδια εκκένωσης. Η έναρξη λειτουργίας δύναται να πραγματοποιηθεί αυτοδικαίως μετά την υποβολή της γνωστοποίησης. Ο έλεγχος και η εποπτεία ασκούνται εκ των υστέρων από τις αρμόδιες αρχές, μέσω δειγματοληπτικών επιθεωρήσεων ή υστέρα από καταγγελία.

5.7 Ειδικότερη ανάλυση: παίγνια ψυχαγωγίας / λούνα παρκ

Για το πεδίο των παιγνίων ψυχαγωγίας, ο φάκελος γνωστοποίησης λειτουργίας περιλαμβάνει κατ' ελάχιστον το σύνολο των απαραίτητων τεχνικών και διοικητικών στοιχείων που τεκμηριώνουν τη συμμόρφωση της δραστηριότητας με το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο, και ειδικότερα:

- Τεχνική περιγραφή κάθε διάταξης ψυχαγωγίας, με αναλυτική αποτύπωση των λειτουργικών χαρακτηριστικών και των βασικών τεχνικών παραμέτρων.

- Πιστοποιητικά συμμόρφωσης κατά ΕΛΟΤ EN 13814 [15] (Μέρη 1, 2 και 3) ή κατά ισοδύναμα διεθνή πρότυπα.
- Πιστοποιητικό ελέγχου εγκατάστασης από διαπιστευμένο από το Ε.ΣΥ.Δ. φορέα κατά ISO/IEC 17020 [20].
- Πιστοποιητικό αρχικού ελέγχου λειτουργίας.
- Σχέδιο εκκένωσης και πυρασφάλειας, σύμφωνα με τις ισχύουσες απαιτήσεις πολιτικής προστασίας και πυρασφάλειας.
- Σύμβαση με αδειοδοτημένη εταιρεία ή υπεύθυνο τεχνικής υποστήριξης για την τήρηση βιβλίων καταγραφής, ελέγχου και συντήρησης του εξοπλισμού.
- Ασφαλιστήριο συμβόλαιο αστικής ευθύνης έναντι τρίτων, σε ισχύ καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας.

Αναφορικά με την αδειοδότηση, έχει μετατοπιστεί από ένα προληπτικό σύστημα προηγούμενων περιόδων σε ένα σύστημα εκ των υστέρων εποπτείας. Παράλληλα, η ευθύνη του φορέα λειτουργίας έχει ενισχυθεί σημαντικά, καθώς η μη συμμόρφωση με το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο συνεπάγεται την επιβολή κυρώσεων, οι οποίες δύνανται να περιλαμβάνουν διοικητικά πρόστιμα, αναστολή λειτουργίας ακόμη και ποινικές κυρώσεις, σε πολύ σοβαρές περιπτώσεις.

5.8 Ειδικότερη ανάλυση: παίγνια νερού / water parks

Για τα παίγνια νερού εφαρμόζεται η ίδια κανονιστική λογική, με την επιβολή ειδικών τεχνικών προδιαγραφών και απαιτήσεων που απορρέουν από τη φύση και τη λειτουργία τους. Αναλυτικότερα:

- Εφαρμόζεται το ΕΛΟΤ EN 1069-1 [13], το οποίο καθορίζει τις απαιτήσεις σχεδιασμού και τις μεθόδους δοκιμών για νεροτσουλήθρες, συμπεριλαμβανομένων των διαφόρων τύπων, των ταχυτήτων, των ακτίνων καμπυλότητας, του τελικού τμήματος (slide run-out) και της λεκάνης κατάληξης (landing pool).
- Εφαρμόζεται το ΕΛΟΤ EN 1069-2 [14], το οποίο αφορά τις οδηγίες χρήσης, λειτουργίας και συντήρησης, καθώς και την εκτίμηση επιχειρησιακού κινδύνου (operational risk assessment), σύμφωνα με την ανάλυση DRA του κατασκευαστή.
- Συμπληρωματικά εφαρμόζονται τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 15288-1 και EN 15288-2 για τις απαιτήσεις ασφάλειας και λειτουργίας κολυμβητικών δεξαμενών, καθώς και τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 13451-1, EN 13451-2 και EN 13451-3 που αφορούν τον εξοπλισμό πισινών.
- Σε περιπτώσεις παιδικών περιοχών υδάτινου παιχνιδιού (splash pads και water play structures), εφαρμόζονται τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 17232 [19] και ΕΛΟΤ EN 1176, τα οποία ρυθμίζουν τον εξοπλισμό παιδικών χαρών και παιχνιδιών ελεύθερου χώρου.

Για τα water parks που λειτουργούν εντός ξενοδοχειακών μονάδων εφαρμόζονται επιπροσθέτως οι ειδικές διατάξεις της τουριστικής νομοθεσίας, όπως προβλέπονται ιδίως στον Ν. 4276/2014 και στην Υπουργική Απόφαση 16793/2009 [61]. Κατά συνέπεια, ο φορέας λειτουργίας υποχρεούται να συμμορφώνεται και με το κανονιστικό πλαίσιο που διέπει τις τουριστικές εγκαταστάσεις, όπως αυτό καθορίζεται από τη Γενική Γραμματεία Τουριστικής Πολιτικής και Ανάπτυξης.

Οι νεροτσουλήθρες σε υδάτινα πάρκα στην Ελλάδα, πρέπει να διαθέτουν τα ακόλουθα τεκμήρια:

- Πιστοποιητικό συμμόρφωσης σχεδιασμού/κατασκευής κατά ΕΛΟΤ EN 1069-1.
- Πιστοποιητικό λειτουργικής παραλαβής (θέση σε λειτουργία) κατά ΕΛΟΤ EN 1069-2.
- Πιστοποιητικό ελέγχου εγκατάστασης και αρχικής λειτουργίας από διαπιστευμένο φορέα.
- Πιστοποιητικό περιοδικού ελέγχου (ετήσιο).
- Τεκμηρίωση των ρυθμίσεων υδραυλικού συστήματος, παροχών, βάθους landing pool.
- Εγχειρίδιο και βιβλίο καταγραφής συντήρησης.

Τα τεκμήρια αυτά δεν αποτελούν απλή τυπική απαίτηση, αλλά συγκροτούν τον βασικό φάκελο τεχνικής τεκμηρίωσης που απαιτείται για την αξιολόγηση μιας νεροτσουλήθρας πριν και κατά τη λειτουργία της. Μέσω των πιστοποιητικών σχεδιασμού και κατασκευής, των εκθέσεων ελέγχου εγκατάστασης και αρχικής λειτουργίας, των περιοδικών ελέγχων, της τεκμηρίωσης της παροχής νερού και των λειτουργικών ρυθμίσεων του υδραυλικού συστήματος, του βάθους της πισίνας υποδοχής και των αρχείων συντήρησης, ο φορέας λειτουργίας και ο διαπιστευμένος φορέας ελέγχου μπορούν να επαληθεύσουν ότι η εγκατάσταση έχει αξιολογηθεί με βάση τις εφαρμοζόμενες απαιτήσεις των προτύπων και της ελληνικής νομοθεσίας. Με τον τρόπο αυτό, οι νομοθετικές προβλέψεις μετατρέπονται σε συγκεκριμένα ελεγκτικά παραδοτέα, τα οποία υποστηρίζουν την ιχνηλασιμότητα, την περιοδική επιθεώρηση και τη συνεχή τεκμηρίωση της ασφαλούς λειτουργίας της εγκατάστασης.

5.9 Αρμόδιες αρχές, αδειοδοτούσες αρχές και διοικητική εποπτεία

Η διάρθρωση των ευθυνών έχει ως εξής:

- Υπουργείο Ανάπτυξης (Γενική Γραμματεία Βιομηχανίας): αρμόδιο για τον συνολικό σχεδιασμό και την εποπτεία του κανονιστικού πλαισίου, συμπεριλαμβανομένης της ΥΑ 50116/2020 και των εκάστοτε τροποποιήσεών της.
- Υπουργείο Εσωτερικών: αρμόδιο για την εποπτεία της λειτουργίας των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης, οι οποίοι λειτουργούν ως αδειοδοτούσες αρχές για συγκεκριμένες κατηγορίες δραστηριοτήτων.
- Υπουργείο Τουρισμού: αρμόδιο για την εποπτεία των water parks και συναφών εγκαταστάσεων που λειτουργούν εντός τουριστικών καταλυμάτων και μονάδων.

- Ε.ΣΥ.Δ.: αρμόδιος φορέας για τη διαπίστευση των οργανισμών ελέγχου και την εποπτεία της λειτουργίας τους σύμφωνα με το πρότυπο ISO/IEC 17020 [20].
- Διαπιστευμένοι φορείς ελέγχου: αρμόδιοι για τη διενέργεια ελέγχων εγκατάστασης, αρχικής λειτουργίας και περιοδικών επιθεωρήσεων.
- Operator (φορέας λειτουργίας): υπεύθυνος για την ηλεκτρονική γνωστοποίηση λειτουργίας μέσω της πλατφόρμας notifybusiness.gov.gr, την τήρηση αρχείων και βιβλίων καταγραφής, καθώς και την καθημερινή συντήρηση και ασφαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων.
- Δήμοι και Περιφέρειες: αρμόδιοι για τη διενέργεια εκ των υστέρων δειγματοληπτικών ελέγχων και την άσκηση εποπτείας συμμόρφωσης.

Η κατανομή αυτή των ρόλων αποσαφηνίζει τη διαδρομή της τεχνικής και διοικητικής τεκμηρίωσης. Ο διαπιστευμένος φορέας ελέγχου διενεργεί τους προβλεπόμενους ελέγχους εγκατάστασης, αρχικής λειτουργίας και περιοδικής επιθεώρησης, και εκδίδει τα αντίστοιχα πιστοποιητικά ή εκθέσεις ελέγχου. Στη συνέχεια, ο φορέας λειτουργίας αξιοποιεί τα έγγραφα αυτά για την τεκμηρίωση της συμμόρφωσης της εγκατάστασης και, όπου απαιτείται, για την υποβολή ή επικαιροποίηση του φακέλου γνωστοποίησης λειτουργίας. Με αυτόν τον τρόπο, η τεχνική αξιολόγηση από τον διαπιστευμένο φορέα ελέγχου συνδέεται με τη διοικητική εποπτεία των αρμόδιων αρχών και με τη συνεχή ευθύνη του φορέα λειτουργίας για την ασφαλή λειτουργία της εγκατάστασης.

5.10 Σύγκριση με EN και ASTM

Η σύγκριση του ελληνικού κανονιστικού πλαισίου με τα αντίστοιχα διεθνή πρότυπα καταδεικνύει τα ακόλουθα:

- Πλήρη ενσωμάτωση των ευρωπαϊκών προτύπων ΕΛΟΤ EN, με ρητή ευθυγράμμιση προς τη φιλοσοφία των προτύπων EN 13814 [15] και EN 1069 [13], καθώς και αξιοποίηση εργαλείων τεχνικής τεκμηρίωσης όπως η ανάλυση κινδύνου DRA και η αξιολόγηση επιχειρησιακού κινδύνου OURA κατά τον Τεχνικό Φάκελο.
- Υποχρεωτική συμμετοχή πιστοποιημένων φορέων ελέγχου σύμφωνα με το πρότυπο EN ISO/IEC 17020 [20], γεγονός που, σε ορισμένες περιπτώσεις, απαιτεί αυστηρότερη και πιο οργανωμένη προσέγγιση συγκριτικά με αντίστοιχα συστήματα, όπως αυτά που τηρούνται σε επιμέρους πολιτείες των Ηνωμένων Πολιτειών.
- Θέσπιση συστήματος γνωστοποίησης λειτουργίας και μεταγενέστερης εποπτείας (modernized post-hoc supervision), το οποίο εναρμονίζεται με τις αρχές απλούστευσης διοικητικών διαδικασιών του Ν. 4442/2016 και αναθέτει την ευθύνη συμμόρφωσης στον φορέα λειτουργίας.
- Σχετική έλλειψη εξειδικευμένων νομοθετικών ρυθμίσεων για τεχνικές λεπτομέρειες υψηλής ακρίβειας, όπως τα όρια επιτάχυνσης, οι οποίες ρυθμίζονται αποκλειστικά από τα εφαρμοστέα πρότυπα ΕΛΟΤ EN.

Σε αντιδιαστολή με το αμερικανικό σύστημα, η ελληνική ρύθμιση παρουσιάζει κυρίως νομοθετικό χαρακτήρα, ορίζοντας διαδικασίες και αρμοδιότητες, ενώ οι τεχνικές προδιαγραφές ρυθμίζονται μέσω παραπομπής σε εφαρμοστέα πρότυπα.

5.11 Κριτική αποτίμηση του ελληνικού πλαισίου

Το ελληνικό κανονιστικό πλαίσιο, όπως διαμορφώθηκε από την Υ.Α. 50116/2020 και τις τροποποιήσεις της, αποτελεί αναμφισβήτητη πρόοδο σε σύγκριση με την προηγούμενη κατάσταση κανονιστικού κενού. Από κριτική σκοπιά, όμως, οφείλει να επισημανθεί ότι παραμένουν τρία ουσιώδη ζητήματα. Πρώτον, η εξάρτηση από τους διαπιστευμένους φορείς ως μοναδικό μηχανισμό ελέγχου δημιουργεί ένα στενό σημείο καθώς η Ελλάδα διαθέτει σχετικά μικρό αριθμό διαπιστευμένων φορέων κατά EN ISO/IEC 17020 [20] για το συγκεκριμένο αντικείμενο, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει καθυστερήσεις και ασύμμετρη γεωγραφική κάλυψη. Δεύτερον, η μετάβαση στο σύστημα γνωστοποίησης μέσω notifybusiness.gov.gr (Κ.Υ.Α. 65006/2022) ακολουθεί μεν τη φιλοσοφία της απλούστευσης του Ν. 4442/2016, αλλά δημιουργεί κενά εποπτείας, αφού οι έλεγχοι γίνονται κυρίως εκ των υστέρων και δειγματοληπτικά. Τρίτον, παρά την ευθυγράμμιση με τα ΕΛΟΤ EN 13814 και ΕΛΟΤ EN 1069, παρατηρείται απουσία λεπτομερούς εθνικού καθοδηγητικού εγγράφου που να μεταφράζει τις τεχνικές απαιτήσεις σε εφαρμόσιμες διαδικασίες αφήνοντας σημαντικά περιθώρια διαφορετικής ερμηνείας από διαφορετικούς φορείς. Οι παρατηρήσεις αυτές δεν υποβαθμίζουν τη συνολική θετική εξέλιξη, αλλά αναδεικνύουν συγκεκριμένα σημεία όπου μια επόμενη επικαιροποίηση θα ενίσχυε σημαντικά την αποτελεσματικότητα του πλαισίου.

Συνολικά, το ελληνικό κανονιστικό πλαίσιο παρουσιάζει σαφή πλεονεκτήματα, καθώς ευθυγραμμίζεται με την ευρωπαϊκή φιλοσοφία ασφάλειας, καλύπτει βασικά στάδια του κύκλου ζωής των εγκαταστάσεων, αποσαφηνίζει σε μεγαλύτερο βαθμό τους ρόλους των εμπλεκόμενων μερών και ενισχύει την αξιοπιστία της διαδικασίας μέσω της συμμετοχής διαπιστευμένων φορέων. Ωστόσο, η πρακτική εφαρμογή του εξακολουθεί να εμφανίζει αδυναμίες, όπως η ανομοιόμορφη εφαρμογή σε επίπεδο δήμων, η ανάγκη συστηματικότερης εκπαίδευσης των επιθεωρητών, η απουσία εθνικού μητρώου εγκαταστάσεων ή διατάξεων, η μη απόλυτα σαφής κατανομή αρμοδιοτήτων μεταξύ των εμπλεκόμενων αρχών και η ανάγκη ενίσχυσης του συστήματος κυρώσεων. Επομένως, η επόμενη φάση εξέλιξης του πλαισίου δεν θα πρέπει να περιοριστεί στην τυπική συμμόρφωση με τα ευρωπαϊκά πρότυπα, αλλά να εστιάσει στη βελτίωση της εφαρμογής, της εποπτείας και της θεσμικής συνέχειας.

5.12 Συμπεράσματα κεφαλαίου

Η ελληνική νομοθεσία έχει παρουσιάσει σημαντική και σταδιακά συστηματοποιημένη εξέλιξη τα τελευταία πέντε έτη, μεταβαίνοντας από ένα πιο αποσπασματικό και εν μέρει ασαφές ρυθμιστικό πλαίσιο της περιόδου γύρω στο 2010 (Δ.Π.Π. 722/2016) σε ένα πλέον συνεκτικό και λειτουργικά ολοκληρωμένο σύστημα. Η εξέλιξη αυτή αποτυπώνεται ιδίως στην ΥΑ 50116/2020 (ΦΕΚ Β' 2065/30.5.2020), στις μεταγενέστερες τροποποιήσεις της (76142/2021, 112482/2022 [64]), στην Κ.Υ.Α. 65006/2022, καθώς και στον Ν. 4796/2021, οι οποίες κατέστησαν πιο σαφείς τις διαδικασίες και τις αρμοδιότητες και ενίσχυσαν τη συνοχή του πλαισίου.

Σε τεχνικό επίπεδο, η υποχρεωτική εφαρμογή των προτύπων ΕΛΟΤ EN 13814 [15] και EN 1069 [13] θέτει ένα ενιαίο και αναγνωρισμένο ευρωπαϊκό πλαίσιο ασφάλειας και σχεδιασμού, μειώνοντας την ερμηνευτική αβεβαιότητα και ενισχύοντας τη διαλειτουργικότητα σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Ενώ την ίδια στιγμή, η διενέργεια ελέγχων από φορείς διαπιστευμένους κατά EN ISO/IEC 17020 [20] μέσω του Ε.ΣΥ.Δ. εγγυάται την ανεξαρτησία, την αξιοπιστία και την τεχνική επάρκεια των ελεγκτικών μηχανισμών.

Η ψηφιακή διάσταση της εφαρμογής ενισχύεται μέσω της πλατφόρμας notifybusiness.gov.gr, η οποία απλοποιεί και τυποποιεί τη διαδικασία γνωστοποίησης λειτουργίας, καθιστώντας τη διοικητική λειτουργία πιο διαφανή και αποτελεσματική. Τέλος, η ρητή αναγνώριση των DRA και OURΑ στον Τεχνικό Φάκελο αποτελεί σημαντική ένδειξη εναρμόνισης με την ευρωπαϊκή τυποποίηση, καθώς καθιστά πληρέστερη την τεκμηρίωση της συμμόρφωσης και συμβάλει στην μετάβαση προς ένα πιο ώριμο ρυθμιστικό πλαίσιο, με πυρήνα τα πρότυπα.

Κεφάλαιο 6. Μελέτη περίπτωσης: εμπειρία πιστοποίησης σε υδάτινο πάρκο μεγάλης κλίμακας

6.1 Εισαγωγή στη μελέτη περίπτωσης

Η μελέτη περίπτωσης που παρουσιάζεται στο παρόν κεφάλαιο βασίζεται στην επαγγελματική εμπειρία του γράφοντος από τη συμμετοχή του, ως μηχανικού Διασφάλισης και Ελέγχου Ποιότητας, στη διαδικασία παραλαβής και τεχνικής αξιολόγησης υδάτινου πάρκου μεγάλης κλίμακας στη Μέση Ανατολή. Το έργο περιλάμβανε ευρύ φάσμα προηγμένων νεροτσουληθρών, υδάτινων διατάξεων και συναφών εγκαταστάσεων, οι οποίες είχαν σχεδιαστεί με βάση τις απαιτήσεις της σειράς EN 1069-1/-2 και είχαν κατασκευαστεί από διεθνώς αναγνωρισμένους κατασκευαστές του κλάδου.

Για λόγους εμπιστευτικότητας, τα στοιχεία που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην άμεση ταυτοποίηση του έργου, όπως η ακριβής τοποθεσία εντός της περιοχής, τα ονόματα προμηθευτών, οι εμπορικοί συνεργάτες και τα οικονομικά ή συμβατικά δεδομένα, έχουν παραληφθεί ή ανωνυμοποιηθεί. Η ανάλυση δεν αποσκοπεί στην παρουσίαση εμπιστευτικών τεχνικών δεδομένων του συγκεκριμένου έργου, αλλά στην ανάδειξη της μεθοδολογίας, των διαδικασιών ελέγχου, των βασικών τεχνικών ευρημάτων και των αρχών που διέπουν την επιθεώρηση και πιστοποίηση τέτοιων εγκαταστάσεων.

Η συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης αξιοποιείται ως μέσο σύνδεσης της θεωρητικής ανάλυσης των προηγούμενων κεφαλαίων με την εφαρμογή των απαιτήσεων στο πεδίο. Όπως αναλύθηκε, τα κανονιστικά πλαίσια EN και ASTM καθορίζουν απαιτήσεις που αφορούν τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία, τη συντήρηση, τις δοκιμές και την επιθεώρηση των ψυχαγωγικών και υδάτινων διατάξεων. Ωστόσο, η πρακτική εφαρμογή των απαιτήσεων αυτών σε ένα σύνθετο έργο μεγάλης κλίμακας παρουσιάζει πρόσθετες τεχνικές και οργανωτικές προκλήσεις.

Ειδικότερα, σε ένα τέτοιο έργο εμπλέκονται διεθνείς ομάδες με διαφορετικές τεχνικές πρακτικές, πολλοί προμηθευτές και κατασκευαστές, παράλληλες εργασίες σε διαφορετικά τμήματα της εγκατάστασης, αυστηρά χρονοδιαγράμματα παράδοσης και υψηλές απαιτήσεις τεκμηρίωσης. Υπό αυτές τις συνθήκες, η πιστοποίηση δεν αποτελεί απλή τελική επιθεώρηση, αλλά οργανωμένη διαδικασία σταδιακής επαλήθευσης της συμμόρφωσης, από τον έλεγχο της τεχνικής τεκμηρίωσης έως τις επιτόπιες δοκιμές και την τελική αξιολόγηση της ασφαλούς λειτουργίας.

Η μελέτη περίπτωσης, επομένως, εξετάζει πώς οι απαιτήσεις των προτύπων μεταφράζονται σε πραγματικές διαδικασίες ελέγχου, πώς οργανώνεται η τεχνική τεκμηρίωση, πώς αξιολογούνται τα ευρήματα και πώς τεκμηριώνεται η συμμόρφωση πριν από την παράδοση της εγκατάστασης προς λειτουργία.

6.2 Περιγραφή του έργου και τεχνικά χαρακτηριστικά

Το έργο αφορά υδάτινο πάρκο μεγάλης κλίμακας στη Μέση Ανατολή, σχεδιασμένο για ημερήσια εξυπηρέτηση μεγάλου αριθμού επισκεπτών. Η εγκατάσταση περιλάμβανε διαφορετικές κατηγορίες εξοπλισμού και υποδομών, γεγονός που καθιστούσε αναγκαία την εφαρμογή περισσότερων του ενός τεχνικών προτύπων και μεθοδολογιών ελέγχου.

Το αντικείμενο του έργου περιλάμβανε, μεταξύ άλλων:

- **Νεροτσουλήθρες κλασικού τύπου**, όπως νεροτσουλήθρες σώματος (body slides), νεροτσουλήθρες με κουλούρες (tube slides), νεροτσουλήθρες κατάλληλες για οικογένειες (family rafts) και νεροτσουλήθρες με στρώμα (mat slides).
- **Νεροτσουλήθρες υψηλής ταχύτητας**, στις οποίες οι ταχύτητες των χρηστών μπορούν να υπερβαίνουν περίπου τα 7,6 m/s. Για τις διατάξεις αυτές εφαρμόζονται αυξημένες απαιτήσεις σχεδιασμού και δοκιμών, σύμφωνα με το EN 1069-1 [13] και, όπου χρησιμοποιείται ως τεχνική αναφορά, το ASTM F2376 [8].
- **Ειδικές νεροτσουλήθρες σύνθετης γεωμετρίας**, όπως διατάξεις με χοάνες, ημικυλινδρικά τμήματα ή ανηφορικές διαδρομές με μηχανική ή υδραυλική υποβοήθηση. Οι διατάξεις αυτές απαιτούν ιδιαίτερη αξιολόγηση ως προς τη γεωμετρία, τις επιταχύνσεις, τη συμπεριφορά του χρήστη και την ασφαλή έξοδο από τη διαδρομή.
- **Πισίνες κυματισμού και τεχνητοί ποταμοί**, όπου η αξιολόγηση δεν περιορίζεται στη γεωμετρία, αλλά περιλαμβάνει ζητήματα υδραυλικής λειτουργίας, κυκλοφορίας νερού, επιτήρησης, προσβασιμότητας και ασφαλούς χρήσης από το κοινό.
- **Υδάτινες περιοχές παιδικής αναψυχής**, με μικρές νεροτσουλήθρες, διαδραστικό εξοπλισμό υδάτινου παιχνιδιού και επιφάνειες ψεκασμού. Για τις περιοχές αυτές λαμβάνονται υπόψη, ανάλογα με το είδος του εξοπλισμού, οι απαιτήσεις των EN 17232 [19], EN 1176 και EN 1069.
- **Αντλιοστάσια και μηχανολογικοί χώροι**, με αντλίες υψηλής ισχύος, σωληνώσεις, βαλβίδες, φίλτρα, δεξαμενές, συστήματα δοσομέτρησης και διατάξεις ελέγχου παροχής.
- **Συστήματα επεξεργασίας και διαχείρισης νερού**, τα οποία περιλαμβάνουν φίλτρανση, απολύμανση, χημική δοσομέτρηση, παρακολούθηση ποιότητας νερού και λειτουργικό έλεγχο των σχετικών παραμέτρων.

Από κατασκευαστική και τεχνική άποψη, ένα τέτοιο έργο συνδυάζει πολλαπλά αντικείμενα μηχανικού. Περιλαμβάνει στατικές μελέτες για κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα και χάλυβα, μεγάλης κλίμακας κατασκευές από σύνθετα υλικά ενισχυμένα με ίνες γυαλιού (FRP) για τις επιφάνειες ολίσθησης, σύνθετα μηχανολογικά συστήματα αντλιοστασίων, ηλεκτρικά συστήματα ισχύος και αυτοματισμού, καθώς και συστήματα επιτήρησης και ασφάλειας, όπως κλειστά κυκλώματα παρακολούθησης και διαδικασίες εκκένωσης.

6.3 Ρόλος του ερευνητή και αντικείμενο της πιστοποίησης

Ο γράφων συμμετείχε στο έργο ως μηχανικός **Διασφάλισης και Ελέγχου Ποιότητας**, με αντικείμενο την υποστήριξη, παρακολούθηση και τεκμηρίωση της διαδικασίας επιθεώρησης και πιστοποίησης των νεροτσουληθρών και των συναφών υδάτινων διατάξεων. Ο ρόλος αυτός δεν περιορίστηκε σε μία μεμονωμένη φάση του έργου, αλλά κάλυψε διαδοχικά στάδια, από τον έλεγχο της τεχνικής τεκμηρίωσης έως τις επιτόπιες επιθεωρήσεις, τις δοκιμές αποδοχής και τη συγκρότηση του τελικού φακέλου παράδοσης.

Ειδικότερα, το αντικείμενο συμμετοχής περιλάμβανε:

- **Συμμετοχή στην παρακολούθηση και τεκμηρίωση** των δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε νεροτσουλήθρα ή επιμέρους διάταξη από τον κατασκευαστή, με σκοπό την καταγραφή των τεχνικών ευρημάτων, την παρακολούθηση των εκκρεμοτήτων και την τεκμηρίωση των διορθωτικών ενεργειών έως την τελική αποδοχή.
- **Έλεγχο της τεχνικής τεκμηρίωσης και των σχεδίων**, στο πλαίσιο της διαδικασίας ελέγχου σχεδιασμού (*design review*), με βασικά κριτήρια τη συμμόρφωση προς τα **EN 1069-1/-2**, τις απαιτήσεις του κατασκευαστή και τα εγκεκριμένα τεχνικά στοιχεία του έργου.
- **Παρακολούθηση εργοστασιακών ελέγχων και δοκιμών αποδοχής** (Factory Acceptance Tests - FAT), όπου αυτό απαιτήθηκε, με σκοπό την επιβεβαίωση ότι τα επιμέρους στοιχεία είχαν κατασκευαστεί σύμφωνα με τα εγκεκριμένα σχέδια, τις προδιαγραφές υλικών και τις απαιτήσεις ποιότητας.
- **Παρακολούθηση της διαδικασίας λειτουργικής παράδοσης επί τόπου** (*on-site commissioning*) από τον κατασκευαστή των νεροτσουληθρών και έλεγχος των αντίστοιχων τεχνικών εγγράφων μετά την ολοκλήρωσή της. Η διαδικασία αυτή περιλάμβανε την επιβεβαίωση των βασικών λειτουργικών ρυθμίσεων, των δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν από τον κατασκευαστή και της πληρότητας των σχετικών εγγράφων που τεκμηριώναν την ετοιμότητα των νεροτσουληθρών για τις τελικές δοκιμές αποδοχής.
- **Συμμετοχή στη διενέργεια και τεκμηρίωση των επιθεωρήσεων** του φορέα πιστοποίησης κατά τη φάση εγκατάστασης και συναρμολόγησης. Το αντικείμενο των επιθεωρήσεων περιλάμβανε την αξιολόγηση των στοιχείων από σύνθετα υλικά ενισχυμένα με ίνες γυαλιού, των μεταλλικών φορέων στήριξης, των συνδέσεων και των επιμέρους εξαρτημάτων εγκατάστασης, με σκοπό την επιβεβαίωση της συμμόρφωσης προς τα εφαρμοζόμενα πρότυπα, την καταγραφή τεχνικών ευρημάτων και την τεκμηρίωση των απαιτούμενων διορθωτικών ενεργειών.
- **Διαχείριση αναφορών μη συμμόρφωσης** (*Non-Conformity Reports — NCRs*) και παρακολούθηση των σχετικών διορθωτικών ενεργειών, ώστε κάθε απόκλιση να αξιολογείται, να τεκμηριώνεται και να κλείνει με επαρκή τεχνική αιτιολόγηση.

- **Συμμετοχή στις τελικές δοκιμές αποδοχής επί τόπου** (*Site Acceptance Tests — SAT*), συμπεριλαμβανομένων των λειτουργικών δοκιμών, των δοκιμών ολίσθησης και των δοκιμών με κατάλληλους δοκιμαστές ή μέσα προσομοίωσης, όπου αυτό απαιτήθηκε από τη διαδικασία αποδοχής.
- **Διενέργεια μετρήσεων επιταχύνσεων και ανάλυση των αντίστοιχων διαγραμμάτων**, στο πλαίσιο των τελικών δοκιμών αποδοχής επί τόπου. Η διαδικασία αυτή περιλάμβανε την καταγραφή των επιταχύνσεων κατά την ολίσθηση, την επεξεργασία των δεδομένων και την αξιολόγηση των διαγραμμάτων σε σχέση με τα αποδεκτά όρια του εφαρμοζόμενου προτύπου, με σκοπό την τεκμηρίωση της ασφαλούς δυναμικής συμπεριφοράς της νεροτσουλήθρας.
- **Τεκμηρίωση του τελικού αρχείου παράδοσης**, το οποίο υποβλήθηκε στον υπεύθυνο λειτουργίας της εγκατάστασης. Το αρχείο αυτό συγκέντρωνε την απαιτούμενη τεχνική τεκμηρίωση της διαδικασίας πιστοποίησης, συμπεριλαμβανομένων των πιστοποιητικών, των εκθέσεων επιθεώρησης, των αναφορών δοκιμών και των λοιπών στοιχείων που ήταν απαραίτητα για την τελική πιστοποίηση της εγκατάστασης.

6.4 Μεθοδολογικό πλαίσιο της μελέτης περίπτωσης

Η μελέτη περίπτωσης ακολούθησε δομημένη μεθοδολογία τεχνικής αξιολόγησης και πιστοποίησης, οργανωμένη σε διαδοχικές φάσεις. Η διαδικασία περιλάμβανε τον έλεγχο της τεχνικής τεκμηρίωσης και του σχεδιασμού, τις ενδιάμεσες επιτόπιες επιθεωρήσεις κατά τη φάση εγκατάστασης, τις τελικές επιθεωρήσεις και δοκιμές αποδοχής επί τόπου, καθώς και την τεκμηρίωση του τελικού αρχείου παράδοσης.

Σε επίπεδο τεχνικής αξιολόγησης, κύρια βάση αποτέλεσαν τα **EN 1069-1/-2**, τα οποία καθορίζουν τις απαιτήσεις ασφάλειας, τις μεθόδους δοκιμής, τις οδηγίες λειτουργίας και τις απαιτήσεις συντήρησης για τις νεροτσουλήθρες. Παράλληλα, το **ASTM F2376 [8]** χρησιμοποιήθηκε ως συμπληρωματική τεχνική αναφορά, ιδίως για τη συγκριτική αξιολόγηση απαιτήσεων που σχετίζονται με τον σχεδιασμό, την ταξινόμηση, τη λειτουργία και τα όρια επιτάχυνσης των συστημάτων νεροτσουληθρών.

Για τις περιοχές υδάτινης παιδικής αναψυχής και του διαδραστικού εξοπλισμού υδάτινου παιχνιδιού, ελήφθησαν υπόψη, όπου ήταν σχετικό, οι απαιτήσεις του **EN 17232 [19]**, ενώ σε περιπτώσεις εξοπλισμού με χαρακτηριστικά παιδικής χαράς έγινε συσχέτιση με τη σειρά **EN 1176**. Η διάκριση αυτή ήταν απαραίτητη, καθώς το έργο περιλάμβανε διαφορετικές κατηγορίες εξοπλισμού, οι οποίες δεν υπάγονται όλες στο ίδιο κανονιστικό πλαίσιο.

Η μεθοδολογία της μελέτης περίπτωσης δεν περιορίστηκε σε μία τελική επιθεώρηση, αλλά βασίστηκε σε σταδιακή και τεκμηριωμένη διαδικασία ελέγχου. Υπό αυτή την έννοια, οι απαιτήσεις των προτύπων συνδέθηκαν με την πραγματική κατάσταση του έργου, την παρακολούθηση των τεχνικών

ευρημάτων, την αξιολόγηση των δοκιμών και την τεκμηρίωση της συμμόρφωσης πριν από την τελική αποδοχή της εγκατάστασης.

6.4.1 Έλεγχος σχεδιασμού (Design Review)

Ο έλεγχος σχεδιασμού πραγματοποιήθηκε σε δύο διακριτά στάδια. Στο πρώτο στάδιο εξετάστηκαν τα γενικά σχέδια διάταξης της εγκατάστασης και τα αρχικά έγγραφα σχεδιασμού, με σκοπό την κατανόηση της συνολικής διαμόρφωσης του έργου, της θέσης των νεροτσουληθρών, των περιοχών εκκίνησης και υποδοχής, των μηχανολογικών χώρων και των βασικών λειτουργικών διαδρομών των χρηστών.

Στο δεύτερο στάδιο εξετάστηκαν τα αναλυτικά σχέδια κάθε νεροτσουλήθρας. Ο έλεγχος επικεντρώθηκε στη γεωμετρία της διαδρομής, στις ακτίνες καμπυλότητας, στις κλίσεις, στα ύψη των πλευρικών τοιχωμάτων, στις διαστάσεις των πισινών υποδοχής, στις ζώνες ασφαλείας και στις αντίστοιχες παραπομπές προς τους υπολογισμούς του κατασκευαστή. Παράλληλα, εξετάστηκαν οι υπολογιστικές μελέτες αντοχής και στήριξης. Η αξιολόγηση όλων των παραπάνω πραγματοποιήθηκε με βάση τις απαιτήσεις του κατασκευαστή και του EN 1069-1 [13], ώστε να επιβεβαιωθεί ότι ο σχεδιασμός ανταποκρίνεται τόσο στις τεχνικές προδιαγραφές του έργου όσο και στις απαιτήσεις του εφαρμοζόμενου προτύπου.

Κατά τον έλεγχο σχεδιασμού αξιολογήθηκαν, μεταξύ άλλων, ζητήματα που σχετίζονται με τη λειτουργική ασφάλεια και τη συμμόρφωση της εγκατάστασης. Ειδικότερα, εξετάστηκε εάν η παροχή νερού επαρκεί για την ομαλή λειτουργία της επιφάνειας ολίσθησης (με βάση τις προδιαγραφές του κατασκευαστή), εάν το βάθος και οι διαστάσεις της πισίνας υποδοχής ανταποκρίνονται στον τύπο της νεροτσουλήθρας, καθώς και εάν τα στοιχεία από σύνθετα υλικά ενισχυμένα με ίνες γυαλιού (FRP) συνοδεύονται από κατάλληλες αναφορές δοκιμών και τεχνική τεκμηρίωση.

Επιπλέον, αξιολογήθηκαν τα υποστηρικτικά μηχανολογικά και λειτουργικά συστήματα, όπως οι αντλίες, η ισχύς και η επάρκεια των συστημάτων τροφοδοσίας νερού, οι προβλέψεις ασφαλούς λειτουργίας, οι θέσεις εποπτείας των ναυαγοσωστών και η κάλυψη κρίσιμων σημείων μέσω συστημάτων επιτήρησης. Κατά συνέπεια, ο έλεγχος σχεδιασμού δεν περιορίστηκε στη γεωμετρία και στη στατική επάρκεια των επιμέρους διατάξεων, αλλά επεκτάθηκε στο σύνολο των συστημάτων που επηρεάζουν την ασφαλή λειτουργία της εγκατάστασης.

6.4.2 Τεκμηρίωση παρατηρήσεων και λίστες παρατηρήσεων (punch lists)

Όλα τα ευρήματα που προέκυψαν κατά το design review τεκμηριώθηκαν σε δομημένες λίστες παρατηρήσεων (punch lists). Κάθε εύρημα καταγραφόταν με σαφή κατηγοριοποίηση προτεραιότητας (critical / major / minor / observation), αναλυτική περιγραφή, παραπομπή στην αντίστοιχη παράγραφο του προτύπου ή της τεχνικής προδιαγραφής. Με τον τρόπο αυτό, κάθε παρατήρηση συνδεόταν άμεσα με συγκεκριμένη απαίτηση, γεγονός που διευκόλυνε την τεχνική αξιολόγηση, την παρακολούθηση και το κλείσιμο των εκκρεμοτήτων.

Οι αντίστοιχες punch lists διανεμήθηκαν στους κατασκευαστές, στους μελετητές μηχανικούς και στον γενικό συντονιστή του έργου, με καθορισμένη ημερομηνία απόκρισης. Για ευρήματα αυξημένης σοβαρότητας, οριζόταν σαφής προτεραιότητα παρακολούθησης και απαιτούνταν τεκμηριωμένη απάντηση από τον αρμόδιο κατασκευαστή ή μελετητή, έως την υποβολή και αξιολόγηση της αντίστοιχης διορθωτικής ενέργειας.

Η εμπειρία από το έργο ανέδειξε ότι η συστηματική χρήση punch lists, είτε μέσω Excel είτε μέσω εξειδικευμένων ψηφιακών εργαλείων όπως Aconex, ProjectWise, BIM 360 και Procore, είναι κρίσιμη σε έργα τέτοιας κλίμακας. Σε περιβάλλον όπου εμπλέκονται πολλαπλές ομάδες, διαφορετικοί κατασκευαστές και παράλληλες εργασίες, οι μεμονωμένες προφορικές παρατηρήσεις είναι εύκολο να χαθούν μέσα στον καθημερινό όγκο πληροφοριών και στην πίεση της παραγωγής. Αντίθετα, η ψηφιακή τεκμηρίωση ενισχύει την ιχνηλασιμότητα των ευρημάτων, διευκολύνει την αναζήτηση πληροφοριών, επιτρέπει την παρακολούθηση της εξέλιξης κάθε παρατήρησης και καθιστά δυνατή τη σύνταξη συγκεντρωτικών αναφορών για τη διοίκηση του έργου και τους επιθεωρητές.

6.4.3 Ενδιάμεσες επιθεωρήσεις πεδίου

Οι ενδιάμεσες επιτόπιες επιθεωρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε προκαθορισμένα στάδια προόδου της εγκατάστασης. Τα στάδια αυτά περιλάμβαναν, μεταξύ άλλων, την ολοκλήρωση των μεταλλικών φορέων στήριξης, την εγκατάσταση των στοιχείων από σύνθετα υλικά ενισχυμένα με ίνες γυαλιού (FRP), την ολοκλήρωση του υδραυλικού δικτύου, την ολοκλήρωση των αντλιοστασίων, την εγκατάσταση του ηλεκτρολογικού δικτύου και την ολοκλήρωση των συστημάτων ασφάλειας και επιτήρησης. Κάθε επιθεώρηση συνοδευόταν από αντίστοιχο κατάλογο ελέγχου, ο οποίος βασιζόταν στα προκαθορισμένα κριτήρια επιθεώρησης και δοκιμών του έργου.

Στα στοιχεία από σύνθετα υλικά ενισχυμένα με ίνες γυαλιού, τα βασικά σημεία ελέγχου αφορούσαν την ποιότητα της επιφάνειας ολίσθησης, την απουσία ρωγμών, εκδορών, αιχμηρών ακμών ή τοπικών ατελειών, καθώς και την επάρκεια της τελικής προστατευτικής επίστρωσης. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε

επίσης στις ενώσεις μεταξύ των επιμέρους τμημάτων της νεροτσουλήθρας, όπου ελέγχθηκαν η ορθή επικάλυψη των στοιχείων, η εφαρμογή των στεγανωτικών υλικών και η επάρκεια των μηχανικών συνδέσεων.



Εικόνα 16: Ενδεικτικές φωτογραφίες από φθορές ή ακατάλληλες επισκευές του FRP πάνω στην επιφάνεια ολίσθησης του χρήστη.

Στα μεταλλικά στοιχεία στήριξης, ο έλεγχος επικεντρώθηκε στη συμμόρφωση των συγκολλήσεων με τις εγκεκριμένες διαδικασίες συγκόλλησης, στην οπτική επιθεώρηση των συνδέσεων και, όπου απαιτούνταν, στην εφαρμογή μη καταστροφικών ελέγχων. Παράλληλα, αξιολογήθηκε η αντιδιαβρωτική προστασία των μεταλλικών επιφανειών, συμπεριλαμβανομένης της γαλβανισμένης προστασίας και των συστημάτων βαφής, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του έργου και τα εφαρμοζόμενα πρότυπα. Σημειώνεται ότι, λόγω της δέσμευσης εμπιστευτικότητας, παρατίθεται περιορισμένο, ανωνυμοποιημένο φωτογραφικό υλικό από τυπικά σημεία επιθεώρησης, το οποίο δεν επιτρέπει την ταυτοποίηση του έργου, οι κατηγορίες των τυπικών ευρημάτων —όπως ασυνέχειες ή ατέλειες συγκολλήσεων στους μεταλλικούς φορείς και τοπικές αποκολλήσεις ή ρωγμές στα στοιχεία FRP— περιγράφονται αναλυτικά και, όπου εντοπίστηκαν, αποκαταστάθηκαν πριν από την τελική αποδοχή.



Εικόνα 17: Ενδεικτικές φωτογραφίες ακατάλληλων μηχανικών συνδέσεων και συγκολλήσεων με ανεπαρκή ποιότητα εκτέλεσης στη μεταλλική κατασκευή.

Στα υδραυλικά συστήματα, οι έλεγχοι περιλάμβαναν, λειτουργικές δοκιμές αντλιών και επιβεβαίωση ότι η παροχή νερού αντιστοιχούσε στις προκαθορισμένες τιμές λειτουργίας κάθε νεροτσουλήθρας. Η επαρκής και σταθερή παροχή νερού αποτέλεσε κρίσιμο στοιχείο, καθώς επηρεάζει άμεσα την τριβή, την ταχύτητα και τη συνολική συμπεριφορά του χρήστη κατά την ολίσθηση.

Στα ηλεκτρολογικά συστήματα, οι έλεγχοι περιλάμβαναν ελέγχους μόνωσης, ελέγχους πολικότητας, επαλήθευση της γείωσης και των ισοδυναμικών συνδέσεων, καθώς και λειτουργική επαλήθευση των διατάξεων προστασίας διαφορικού ρεύματος. Οι έλεγχοι αυτοί ήταν απαραίτητοι λόγω της λειτουργίας του εξοπλισμού σε περιβάλλον με έντονη παρουσία νερού και αυξημένες απαιτήσεις ηλεκτρικής ασφάλειας.

Τέλος, στα συστήματα ελέγχου και αυτοματισμού, οι επιθεωρήσεις περιλάμβαναν λειτουργικούς ελέγχους του προγραμματιζόμενου ελεγκτή, επαλήθευση των λειτουργιών ασφαλούς αστοχίας και δοκιμές των διατάξεων έκτακτης ακινητοποίησης. Ως εκ τούτου, επιβεβαιώθηκε ότι τα κρίσιμα συστήματα ελέγχου ανταποκρίνονταν στις απαιτήσεις ασφαλούς λειτουργίας και ότι τα κρίσιμα συστήματα ελέγχου ενεργοποιούν τις προβλεπόμενες λειτουργίες ασφαλείας σε περίπτωση απόκλισης από την κανονική λειτουργία.

6.5 Τελικές επιθεωρήσεις και Site Acceptance Tests (SAT)

Οι τελικές επιθεωρήσεις πραγματοποιήθηκαν μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης και αποσκοπούσαν στην επιβεβαίωση της συνολικής συμμόρφωσης και λειτουργικής καταλληλότητας των νεροτσουληθρών και των συναφών διατάξεων, πριν από τη διάθεσή τους προς χρήση από το κοινό. Η διαδικασία περιλάμβανε επανέλεγχο των στοιχείων που είχαν αξιολογηθεί σε προηγούμενα στάδια, με ιδιαίτερη έμφαση στα σημεία που είχαν χαρακτηριστεί ως κρίσιμα ή είχαν αποτελέσει αντικείμενο παρατηρήσεων κατά τις ενδιάμεσες επιθεωρήσεις.

Παράλληλα, πραγματοποιήθηκαν οι τελικές δοκιμές αποδοχής επί τόπου (SAT), με σκοπό την αξιολόγηση της πραγματικής λειτουργικής συμπεριφοράς των εγκαταστάσεων υπό συνθήκες που προσεγγίζουν τη μελλοντική χρήση τους. Οι δοκιμές αυτές αποτέλεσαν βασικό στάδιο τεχνικής τεκμηρίωσης, καθώς επέτρεψαν τη συσχέτιση του εγκεκριμένου σχεδιασμού με την πραγματική λειτουργία των νεροτσουληθρών.

Οι δοκιμές αποδοχής περιλάμβαναν τις ακόλουθες βασικές κατηγορίες:

1. **Δοκιμές χωρίς χρήστες:** Οι νεροτσουλήθρες τέθηκαν σε λειτουργία χωρίς χρήστες, με σκοπό τον έλεγχο της ροής του νερού, της σωστής λειτουργίας των αντλιών, των αρχικών ρυθμίσεων λειτουργίας και των βασικών ορίων ασφαλείας της εγκατάστασης.
2. **Δοκιμές με φορτία προσομοίωσης:** Χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλα φορτία προσομοίωσης, όπως σάκοι άμμου ή ομοιώματα πληρωμένα με νερό, ώστε να αξιολογηθεί η συμπεριφορά της νεροτσουλήθρας υπό συνθήκες που προσομοιώνουν τη μάζα ενός μέσου χρήστη.



Εικόνα 18: Πραγματοποίηση δοκιμών υπέρβαρου με φορτία προσομοίωσης 10% άνω του ανώτατου επιτρεπόμενου ορίου βάρους, με χρήση πλαστικών βαρελιών νερού.

3. **Δοκιμές με δοκιμαστές και μετρήσεις επιταχύνσεων:** Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές με πραγματικούς δοκιμαστές που έφεραν κατάλληλα τοποθετημένο εξοπλισμό καταγραφής επιταχύνσεων, όπου αυτό απαιτούνταν από τη διαδικασία αξιολόγησης. Τα μετρούμενα

διαγράμματα και οι τιμές επιτάχυνσης συγκρίθηκαν με τις τιμές σχεδιασμού και με τα αποδεκτά όρια του εφαρμοζόμενου προτύπου. Σε περιπτώσεις αποκλίσεων, πραγματοποιήθηκαν επανέλεγχοι και, όπου απαιτήθηκε, ρυθμίσεις όπως προσαρμογή της παροχής νερού ή αλλαγές στο βοηθητικό μέσο ολίσθησης, πριν από την επανάληψη των μετρήσεων.



Εικόνα 19: Απεικόνιση τοποθέτησης οργάνου καταγραφής επιταχύνσεων σε δοκιμαστή κατά τις δοκιμές αποδοχής στο πεδίο (SAT)

4. **Δοκιμές συνεχούς λειτουργίας:** Σε επιλεγμένα συστήματα πραγματοποιήθηκαν δοκιμές συνεχούς λειτουργίας για παρατεταμένο χρονικό διάστημα, με σκοπό την αξιολόγηση της σταθερότητας του εξοπλισμού και τον εντοπισμό πιθανών θερμικών, μηχανολογικών ή λειτουργικών προβλημάτων που θα μπορούσαν να εμφανιστούν κατά τη μακροχρόνια χρήση.
5. **Δοκιμές εκκένωσης και απομάκρυνσης χρήστη:** Ελέγχθηκαν οι διαδικασίες απομάκρυνσης χρήστη σε περίπτωση ακινητοποίησης σε ενδιάμεσο σημείο της διαδρομής. Η αξιολόγηση αφορούσε την προσβασιμότητα, τον χρόνο ανταπόκρισης, τη δυνατότητα ασφαλούς προσέγγισης και την επάρκεια των προβλεπόμενων διαδικασιών εκκένωσης.



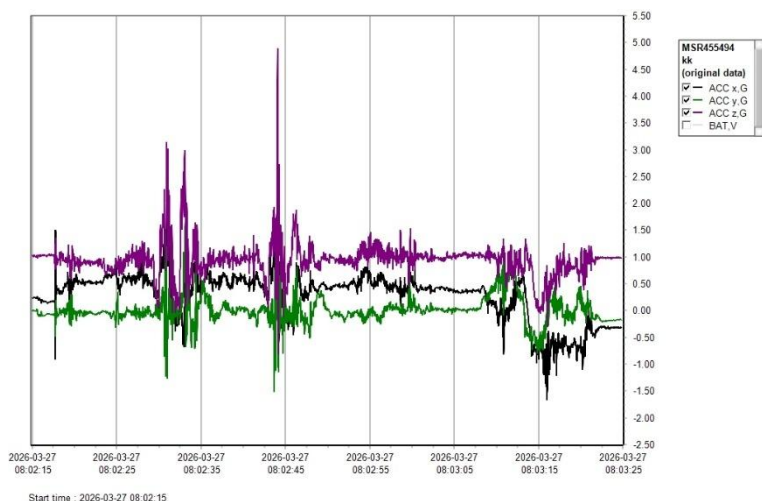
Εικόνα 20: Απεικόνιση δοκιμής εκκένωσης και ασφαλούς απομάκρυνσης χρηστών μετά την ενεργοποίηση του κομβίου κινδύνου (E-stop button).

6. **Δοκιμές συστημάτων έκτακτης διακοπής:** Πραγματοποιήθηκε επαλήθευση της λειτουργίας των διατάξεων έκτακτης διακοπής, ώστε να επιβεβαιωθεί ότι η ενεργοποίησή τους οδηγεί στην προβλεπόμενη ασφαλή παύση ή ελεγχόμενη διακοπή της λειτουργίας του αντίστοιχου συστήματος.
7. **Λειτουργικοί έλεγχοι επιμέρους συστημάτων ασφαλείας και σήμανσης**
Όπου υπήρχαν σχετικά συστήματα, ελέγχθηκε η λειτουργία των συστημάτων ασφάλισης, της σήμανσης, των φωτεινών ή ηχητικών ενδείξεων, καθώς και των λοιπών συστημάτων επικοινωνίας ή καθοδήγησης των χρηστών.

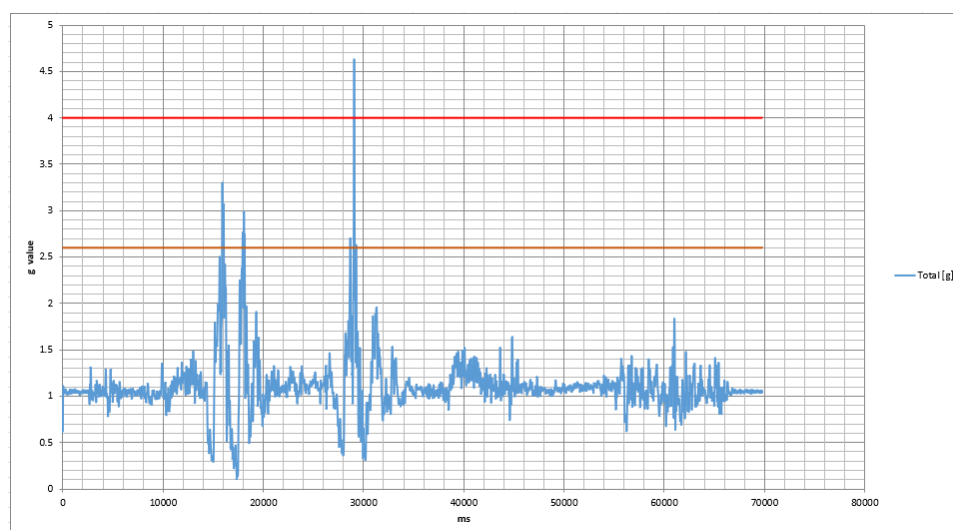
6.6 Κριτήρια αξιολόγησης κατά τις δοκιμές

Για κάθε δοκιμή καθορίστηκαν συγκεκριμένα κριτήρια αποδοχής, τα οποία ήταν ευθυγραμμισμένα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή και τις απαιτήσεις των εφαρμοζόμενων προτύπων **EN 1069-1/-2** και, όπου χρησιμοποιήθηκε συμπληρωματικά, **ASTM F2376** [8]. Στις δοκιμές επιταχύνσεων, όπου αυτές εφαρμόστηκαν, ακολουθήθηκε η μεθοδολογία του **ASTM F3493** [11], με επεξεργασία των δεδομένων μέσω φίλτρου χαμηλών συχνοτήτων Butterworth, τετραπολικού, μίας διέλευσης, με συχνότητα αποκοπής 5 Hz. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τα αποδεκτά όρια του **ASTM F2376** και του **EN 1069-1**.

Στις νεροτσουλήθρες που ελέγχθηκαν, οι μέγιστες τιμές επιτάχυνσης παρέμειναν εντός των ορίων του εφαρμοζόμενου προτύπου. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρήθηκαν τιμές κοντά στα αποδεκτά όρια, κυρίως σε συγκεκριμένες ζώνες μετάβασης της διαδρομής. Τα ευρήματα αυτά οδήγησαν σε τεχνικές βελτιώσεις, όπως προσαρμογή της παροχής νερού ή επεμβάσεις στην επιφάνεια ολίσθησης, με σκοπό τη βελτίωση της δυναμικής συμπεριφοράς της νεροτσουλήθρας και την αύξηση του περιθωρίου ασφαλείας.



Εικόνα 21: Απεικόνιση εξαγωγής μη επεξεργασμένων δεδομένων από τον εξοπλισμό καταγραφής επιταχύνσεων, με διαγράμματα επιτάχυνσης-χρόνου για τους άξονες G_x , G_y και G_z .



Εικόνα 22: Απεικόνιση επεξεργασμένων δεδομένων μετά την εφαρμογή τετραπολικού φίλτρου Butterworth μίας διέλευσης στα 5 Hz, βάσει των μη επεξεργασμένων δεδομένων της εικόνας 20.

Στις δοκιμές των υδραυλικών συστημάτων, τα βασικά κριτήρια αποδοχής αφορούσαν τη διατήρηση της παροχής νερού εντός των προκαθορισμένων ορίων του κατασκευαστή, την επιβεβαίωση της ορθής λειτουργίας των αντλιών, τη διατήρηση της διαφορικής πίεσης εντός των προβλεπόμενων τιμών και την επάρκεια της ροής για την ασφαλή και ομαλή λειτουργία της επιφάνειας ολίσθησης. Παράλληλα, λαμβάνονταν υπόψη οι απαιτήσεις του έργου και οι ισχύουσες διατάξεις υγιεινής και ποιότητας νερού, όπου αυτές εφαρμόζονταν.

Στις δοκιμές δομικής ακεραιότητας, τα κριτήρια αποδοχής περιλάμβαναν την απουσία διαρροών, την απουσία παραμορφώσεων εκτός των αποδεκτών ανοχών και τη γενική επιβεβαίωση ότι τα επιμέρους στοιχεία είχαν εγκατασταθεί και λειτουργούσαν σύμφωνα με τις απαιτήσεις του

κατασκευαστή και του εφαρμοζόμενου προτύπου. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων επέτρεψε την τεκμηρίωση της κατασκευαστικής και λειτουργικής επάρκειας των επιμέρους συστημάτων πριν από την τελική αποδοχή.

6.7 Κύριες κατηγορίες ευρημάτων και μη συμμορφώσεων

Από τη συστηματική παρακολούθηση των ευρημάτων κατά τη διάρκεια του έργου προέκυψαν ορισμένες επαναλαμβανόμενες κατηγορίες παρατηρήσεων και μη συμμορφώσεων. Η κατηγοριοποίησή τους ήταν απαραίτητη για την ιεράρχηση των διορθωτικών ενεργειών, την παρακολούθηση της εξέλιξής τους και την τεκμηρίωση της τελικής αποδοχής της εγκατάστασης.

Πίνακας 4: Ενδεικτικός πίνακας παρατηρήσεων κατά τις φάσεις των επιτόπιων επιθεωρήσεων

Κατηγορία ευρήματος	Ενδεικτικά ευρήματα	Επικινδυνότητα
FRP στοιχεία	Ρωγμές στην τελική επίστρωση, τοπικές ατέλειες στην ποιότητα επιφάνειας, ελλιπής σύνδεση μεταξύ τμημάτων	Major
Μεταλλικές κατασκευές και συγκολλήσεις	Ελλιπής τεκμηρίωση διαδικασιών συγκόλλησης, ατέλειες συγκολλήσεων, αποκλίσεις στη γεωμετρία συνδέσεων	Major/Critical
Υδραυλικά συστήματα	Διαρροές σε φλαντζωτές συνδέσεις, αποκλίσεις της παροχής νερού από τις προβλεπόμενες ρυθμίσεις	Minor/Major
Ηλεκτρολογικά συστήματα	Ελλιπής ισοδυναμική σύνδεση, ανεπαρκής σήμανση καλωδίων, υπέρβαση της επιτρεπόμενης ακτίνας καμπυλότητας καλωδίων	Minor
Σήμανση και οδηγίες χρήσης	Ελλιπείς προειδοποιητικές πινακίδες, μη κατάλληλη γλωσσική απόδοση των οδηγιών, καθυστερημένη τοποθέτηση σήμανσης	Minor/Major
Συστήματα ελέγχου και αυτοματισμού	Σφάλματα στο λογισμικό ελέγχου, μη ορθή απόδοση καταστάσεων βλάβης, ανεπαρκής τεκμηρίωση δοκιμών σε σενάρια αστοχίας	Major
Τεχνική τεκμηρίωση	Ελλιπή τελικά σχέδια αποτύπωσης, λανθασμένες παραπομπές σε τεχνικά έγγραφα και μη επικαιροποιημένα πιστοποιητικά	Minor
Λειτουργία και εκπαίδευση	Ελλιπή εγχειρίδια λειτουργίας, ανεπαρκής τεκμηρίωση εκπαίδευσης προσωπικού, απουσία υποστηρικτικού εκπαιδευτικού υλικού	Minor/Major

Η παραπάνω κατηγοριοποίηση επέτρεψε τη διάκριση μεταξύ ευρημάτων μικρής, μέσης και υψηλής σοβαρότητας. Τα ευρήματα μικρότερης σοβαρότητας αφορούσαν κυρίως ζητήματα τεκμηρίωσης, σήμανσης ή τοπικών κατασκευαστικών αποκλίσεων χωρίς άμεση επίδραση στην ασφαλή λειτουργία. Αντίθετα, τα ευρήματα υψηλότερης σοβαρότητας συνδέονταν με κρίσιμα τεχνικά στοιχεία, όπως οι

μεταλλικές συνδέσεις, η συμπεριφορά των συστημάτων ελέγχου, οι διορθώσεις σε στοιχεία της διαδρομής και η συμμόρφωση με τις απαιτήσεις ασφαλούς λειτουργίας.

Οι μη συμμορφώσεις που χαρακτηρίστηκαν ως υψηλής σοβαρότητας απαιτούσαν άμεση τεχνική αξιολόγηση, εφαρμογή διορθωτικής ενέργειας και επανέλεγχο πριν από την αποδοχή της αντίστοιχης διάταξης. Καμία διάταξη δεν μπορούσε να θεωρηθεί τεχνικά αποδεκτή όσο παρέμενε ανοικτό εύρημα κρίσιμης σημασίας. Συνεπώς, διαπιστώνεται ότι διασφαλίστηκε ότι η τελική αποδοχή βασίστηκε σε τεκμηριωμένη επίλυση των κρίσιμων ευρημάτων και όχι σε απλή διοικητική ολοκλήρωση της διαδικασίας.

6.8 Διαχείριση μη συμμορφώσεων και διορθωτικών ενεργειών

Η διαχείριση των μη συμμορφώσεων ακολούθησε δομημένη διαδικασία, με σκοπό την τεκμηριωμένη καταγραφή των ευρημάτων, την αξιολόγηση της σοβαρότητάς τους, την εφαρμογή κατάλληλων διορθωτικών ενεργειών και την επιβεβαίωση της αποτελεσματικής αποκατάστασής τους. Η διαδικασία αυτή αποτέλεσε κρίσιμο εργαλείο για τη διασφάλιση της τεχνικής συμμόρφωσης των νεοτροσυληθρών και των συναφών διατάξεων πριν από την τελική αποδοχή.

Για κάθε αναφορά μη συμμόρφωσης ακολουθήθηκαν τα ακόλουθα βασικά στάδια:

- 1. Αναγνώριση και τεκμηρίωση του ευρήματος:** Το εύρημα καταγραφόταν σε ειδικό έντυπο μη συμμόρφωσης, συνοδευόμενο από φωτογραφική τεκμηρίωση, σαφή περιγραφή της θέσης του ευρήματος και αναφορά στην αντίστοιχη τεχνική προδιαγραφή, σχέδιο ή απαίτηση του εφαρμοζόμενου προτύπου.
- 2. Κατηγοριοποίηση της σοβαρότητας:** Κάθε εύρημα ταξινομούνταν ανάλογα με τη σοβαρότητά του, ενδεικτικά ως critical, major, minor ή observation. Η κατηγοριοποίηση αυτή επέτρεπε την ιεράρχηση των διορθωτικών ενεργειών και την κατάλληλη παρακολούθηση των ευρημάτων υψηλότερης τεχνικής σημασίας.
- 3. Ανάλυση αιτίας:** Για ευρήματα αυξημένης σοβαρότητας, ο κατασκευαστής ή ο αρμόδιος ανάδοχος καλούνταν να εξετάσει την αιτία της μη συμμόρφωσης. Η ανάλυση μπορούσε να βασίζεται σε μεθόδους όπως η προσέγγιση των 5 Why ή το διάγραμμα Ishikawa, με σκοπό να εντοπιστεί όχι μόνο το άμεσο πρόβλημα, αλλά και η βαθύτερη αιτία που το προκάλεσε.
- 4. Καθορισμός διορθωτικής ενέργειας:** Η προτεινόμενη διορθωτική ενέργεια αξιολογούνταν ως προς την τεχνική της επάρκεια, τη συμβατότητά της με τις απαιτήσεις του κατασκευαστή και τη συμμόρφωσή της με το εφαρμοζόμενο πρότυπο. Όπου απαιτούνταν, η διορθωτική ενέργεια τεκμηριωνόταν με αναθεωρημένα σχέδια, τεχνικές οδηγίες ή πρόσθετη τεχνική αιτιολόγηση.
- 5. Υλοποίηση της διορθωτικής ενέργειας:** Η αποκατάσταση εκτελούνταν από τον αρμόδιο κατασκευαστή ή ανάδοχο και παρακολουθούνταν με αυξημένη προσοχή, ιδίως όταν

αφορούσε κρίσιμα στοιχεία της νεροτσουλήθρας, όπως επιφάνειες ολίσθησης, μεταλλικές στηρίξεις, συστήματα παροχής νερού ή στοιχεία που επηρεάζουν την ασφαλή λειτουργία.

6. **Επανελέγχος και επιβεβαίωση αποκατάστασης:** Μετά την ολοκλήρωση της διορθωτικής ενέργειας πραγματοποιούνταν επανελέγχος, ώστε να επιβεβαιωθεί ότι η μη συμμόρφωση είχε αποκατασταθεί επαρκώς. Ο επανελέγχος μπορούσε να περιλαμβάνει οπτική επιθεώρηση, έλεγχο τεκμηρίωσης, πρόσθετες μετρήσεις ή επανάληψη δοκιμών, ανάλογα με τη φύση του ευρήματος.
7. **Κλείσιμο της αναφοράς μη συμμόρφωσης:** Η αναφορά μη συμμόρφωσης έκλεινε μόνο μετά την τεκμηριωμένη επιβεβαίωση της αποκατάστασης. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλιζόταν ότι κάθε εύρημα είχε αντιμετωπιστεί ουσιαστικά και όχι μόνο σε επίπεδο διοικητικής καταγραφής.
8. **Ανάλυση τάσεων:** Η συγκεντρωτική αξιολόγηση των αναφορών μη συμμόρφωσης επέτρεψε την αναγνώριση επαναλαμβανόμενων αιτιών και τεχνικών μοτίβων. Η ανάλυση αυτή ήταν χρήσιμη για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με αδυναμίες στη μελέτη, στην παραγωγή, στην εγκατάσταση ή στον συντονισμό μεταξύ των εμπλεκόμενων ομάδων.

Από την ανάλυση των τάσεων προέκυψε ότι σημαντικό μέρος των σοβαρότερων μη συμμορφώσεων συνδεόταν με δύο βασικές κατηγορίες αιτιών: αφενός με ανεπαρκή επικοινωνία μεταξύ των ομάδων σχεδιασμού και κατασκευής, και αφετέρου με περιορισμένη εξοικείωση ορισμένων τοπικών συνεργείων με τις απαιτήσεις των διεθνών προτύπων. Τα ευρήματα αυτά αποτέλεσαν σημαντική πηγή διδαγμάτων για το έργο, καθώς ανέδειξαν την ανάγκη ενισχυμένου συντονισμού, σαφέστερης τεχνικής επικοινωνίας και καλύτερης ενημέρωσης των εμπλεκόμενων συνεργείων πριν από την εκτέλεση κρίσιμων εργασιών.

6.9 Ο ρόλος του μηχανικού Διασφάλισης και Ελέγχου Ποιότητας στη διασφάλιση της ασφαλούς λειτουργίας

Η μελέτη περίπτωσης ανέδειξε ότι ο ρόλος του μηχανικού Διασφάλισης και Ελέγχου Ποιότητας είναι καθοριστικός για την τεχνικά ορθή και ασφαλή ολοκλήρωση ενός υδάτινου πάρκου μεγάλης κλίμακας. Η συμβολή του δεν περιορίζεται στην καταγραφή παρατηρήσεων ή στον έλεγχο επιμέρους εργασιών, αλλά εκτείνεται στη συνολική παρακολούθηση της συμμόρφωσης του έργου με τις απαιτήσεις των εφαρμοζόμενων προτύπων, των τεχνικών προδιαγραφών και της διαδικασίας πιστοποίησης.

Σε έργα τέτοιας πολυπλοκότητας, η ασφάλεια δεν διαμορφώνεται μόνο κατά την τελική επιθεώρηση. Αντιθέτως, προκύπτει σταδιακά μέσα από τον έλεγχο της τεχνικής τεκμηρίωσης, την παρακολούθηση της εγκατάστασης, την αξιολόγηση των ευρημάτων, τη διαχείριση των μη συμμορφώσεων, την επαλήθευση των διορθωτικών ενεργειών και τη συμμετοχή στις τελικές δοκιμές αποδοχής. Ο μηχανικός Διασφάλισης και Ελέγχου Ποιότητας λειτουργεί ως κρίσιμος συνδετικός

κρίκος μεταξύ του σχεδιασμού, της κατασκευής, της επιθεώρησης, των δοκιμών και της τελικής τεκμηρίωσης.

Η έγκαιρη εμπλοκή του από το στάδιο του ελέγχου σχεδιασμού είναι ιδιαίτερα σημαντική. Εάν ο έλεγχος ποιότητας περιοριστεί μόνο στην τελική φάση του έργου, αρκετές αποκλίσεις είναι πιθανό να εντοπιστούν καθυστερημένα, όταν η αποκατάστασή τους είναι τεχνικά δυσκολότερη, πιο χρονοβόρα και πιο δαπανηρή. Αντίθετα, η συνεχής παρουσία του μηχανικού Διασφάλισης και Ελέγχου Ποιότητας σε όλες τις φάσεις του έργου επιτρέπει την έγκαιρη αναγνώριση κρίσιμων ζητημάτων και τη σταδιακή επιβεβαίωση της συμμόρφωσης πριν από την τελική αποδοχή.

Ιδιαίτερη σημασία είχε επίσης η συστηματική τεκμηρίωση των ευρημάτων. Η χρήση ψηφιακών εργαλείων, όπως Aconex, BIM 360 και ψηφιακές punch lists, συνέβαλε στην ιχνηλασιμότητα των παρατηρήσεων, στην παρακολούθηση της εξέλιξης κάθε ευρήματος και στη συγκέντρωση των απαραίτητων τεχνικών στοιχείων για την τελική αξιολόγηση. Σε ένα έργο με πολλούς εμπλεκόμενους, παράλληλες εργασίες και αυστηρό χρονοδιάγραμμα, η προφορική επικοινωνία δεν επαρκεί. Η τεκμηριωμένη καταγραφή αποτελεί βασική προϋπόθεση για διαφάνεια, τεχνική συνέπεια και αξιόπιστη επιθεώρηση.

Η βασική διαπίστωση της μελέτης είναι ότι ένα έργο που τεκμηριώνεται με πληρότητα μπορεί να αξιολογηθεί και να επιθεωρηθεί με μεγαλύτερη αξιοπιστία. Ο μηχανικός Διασφάλισης και Ελέγχου Ποιότητας δεν λειτουργεί απλώς ως μηχανισμός εντοπισμού αποκλίσεων, αλλά ως βασικός παράγοντας πρόληψης, τεχνικού συντονισμού, συμμόρφωσης και τελικής διασφάλισης της ασφαλούς λειτουργίας της εγκατάστασης.

6.10 Συσχέτιση της μελέτης περίπτωσης με τη συγκριτική ανάλυση EN-ASTM

Στο έργο που εξετάστηκε, το βασικό κανονιστικό πλαίσιο για την τεχνική αξιολόγηση των νεροτσουληθρών ήταν η σειρά EN 1069-1/-2. Ωστόσο, λόγω της διεθνούς φύσης του έργου και της εμπλοκής κατασκευαστών με εμπειρία σε διαφορετικά κανονιστικά περιβάλλοντα, ήταν αναγκαία η κατανόηση και η συσχέτιση των ευρωπαϊκών απαιτήσεων με αντίστοιχες απαιτήσεις του πλαισίου ASTM.

Η πρακτική εμπειρία του έργου επιβεβαίωσε ότι η σύγκλιση μεταξύ EN και ASTM στον τομέα των νεροτσουληθρών είναι πλέον σημαντική. Ιδίως ως προς τις μετρήσεις επιταχύνσεων και τη δυναμική αξιολόγηση της ολίσθησης, οι μεθοδολογίες που βασίζονται στα ASTM F2137 [5] και ASTM F3493 [11] μπορούν να αξιοποιηθούν συμπληρωματικά για την τεχνική τεκμηρίωση της συμμόρφωσης με τα όρια του EN 1069-1. Παρά τις επιμέρους διαφορές στη διατύπωση και στη δομή των απαιτήσεων, τα

δύο πλαίσια οδηγούν σε συμβατή τεχνική αξιολόγηση της ασφαλούς συμπεριφοράς του χρήστη κατά την ολίσθηση.

Η μελέτη περίπτωσης ανέδειξε επίσης ότι η συμμόρφωση δεν εξαρτάται μόνο από την εφαρμογή ενός μεμονωμένου προτύπου. Αντιθέτως, απαιτεί συνδυασμό τεχνικής τεκμηρίωσης, επιτόπιων επιθεωρήσεων, δοκιμών, μετρήσεων, παρακολούθησης ευρημάτων και τελικής αξιολόγησης. Η προσέγγιση αυτή συνδέεται άμεσα με τη λογική του κύκλου ζωής που διατρέχει το ευρωπαϊκό πλαίσιο, αλλά και με την πιο εξειδικευμένη και πρακτικά προσανατολισμένη φιλοσοφία των προτύπων ASTM.

Με βάση τα παραπάνω, η μελέτη περίπτωσης λειτουργεί ως πρακτική επιβεβαίωση της συγκριτικής ανάλυσης των προηγούμενων κεφαλαίων. Δείχνει ότι, σε διεθνή έργα υδάτινων πάρκων, η παράλληλη κατανόηση των απαιτήσεων EN και ASTM δεν αποτελεί θεωρητική πολυτέλεια, αλλά ουσιαστική προϋπόθεση για την τεχνικά τεκμηριωμένη επιθεώρηση, την αξιολόγηση της ασφάλειας και την ορθή ολοκλήρωση της διαδικασίας πιστοποίησης.

6.11 Συμπεράσματα της μελέτης περίπτωσης

Η μελέτη περίπτωσης ανέδειξε τρία βασικά συμπεράσματα. Πρώτον, η εφαρμογή των κανονιστικών απαιτήσεων στο πεδίο είναι μία σύνθετη τεχνική διαδικασία, η οποία απαιτεί συστηματική προετοιμασία, σαφή κατανομή αρμοδιοτήτων, συνεχή παρακολούθηση και πειθαρχημένη τεκμηρίωση. Η συμμόρφωση δεν αποδεικνύεται μόνο μέσα από τα σχέδια ή τα πιστοποιητικά, αλλά μέσα από τη διαδοχική επιβεβαίωση της ορθής εφαρμογής τους στο πραγματικό έργο.

Δεύτερον, η σύγκλιση μεταξύ EN και ASTM, ιδίως στο πεδίο των επιταχύνσεων και των μεθοδολογιών μέτρησης, καθιστά εφικτή τη συνδυαστική αξιοποίηση των δύο πλαισίων σε διεθνή έργα. Το EN 1069-1 [13] παρέχει το βασικό ευρωπαϊκό πλαίσιο για τις νεροτσουλήθρες, ενώ τα ASTM F2376 [8], F2137 [5] και F3493 [11] μπορούν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά, ιδίως σε θέματα δυναμικής αξιολόγησης και μετρήσεων.

Τρίτον, ο ρόλος του μηχανικού Διασφάλισης και Ελέγχου Ποιότητας είναι καθοριστικός σε όλη τη διάρκεια του έργου. Η συμβολή του πρέπει να ξεκινά ήδη από τον έλεγχο της τεχνικής τεκμηρίωσης και του σχεδιασμού, να συνεχίζεται κατά τις επιτόπιες επιθεωρήσεις και τις δοκιμές, και να ολοκληρώνεται με την τεκμηρίωση του τελικού αρχείου παράδοσης. Η ασφαλής λειτουργία ενός υδάτινου πάρκου δεν αποτελεί αποτέλεσμα μίας μεμονωμένης τελικής πιστοποίησης, αλλά προϊόν ολοκληρωμένης διαδικασίας ελέγχου, τεκμηρίωσης, διορθωτικών ενεργειών και τεχνικής επιβεβαίωσης σε όλα τα κρίσιμα στάδια του έργου.

Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα και προτάσεις

7.1 Εισαγωγικές παρατηρήσεις

Στο παρόν κεφάλαιο συνοψίζονται τα βασικά συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας και διατυπώνονται οι τελικές προτάσεις βελτίωσης. Η παρουσίαση οργανώνεται με βάση τα επτά ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν στην εισαγωγή, ώστε να αποτυπωθεί με συστηματικό τρόπο ο βαθμός στον οποίο αυτά απαντήθηκαν μέσα από τη συγκριτική ανάλυση των προτύπων, την εξέταση του ελληνικού κανονιστικού πλαισίου και τη μελέτη περίπτωσης.

Σε αυτό το πλαίσιο, το τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζει τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας και απαντά συστηματικά στα επτά ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν στην εισαγωγή. Οι απαντήσεις αυτές δεν αποτελούν απλή επανάληψη των επιμέρους κεφαλαίων, αλλά συνθέτουν τα κύρια ευρήματα της συγκριτικής ανάλυσης, της νομοθετικής διερεύνησης και της μελέτης περίπτωσης. Παράλληλα, αξιοποιούνται ως βάση για τη διατύπωση ρεαλιστικών προτάσεων βελτίωσης της ελληνικής επιθεωρησιακής και κανονιστικής πρακτικής.

Οι προτάσεις που διατυπώνονται εστιάζουν ιδίως: α) στην ανάγκη έκδοσης εθνικών κατευθυντήριων οδηγιών για την ενιαία εφαρμογή της Υ.Α. 50116/2020 [62], β) στην ενίσχυση της εκπαίδευσης και τεχνικής επάρκειας των εμπλεκόμενων μηχανικών και επιθεωρητών, γ) στην πιο συστηματική ενσωμάτωση των αρχών του ISO 31000 [21] στις διαδικασίες εκτίμησης και διαχείρισης κινδύνου, και δ) στην υιοθέτηση εναρμονισμένων μεθοδολογιών μέτρησης και αξιολόγησης των επιταχύνσεων, όπως η μεθοδολογία SARC. Έτσι λοιπόν, η εργασία επιχειρεί να συνδέσει τη θεωρητική και κανονιστική ανάλυση με συγκεκριμένες δυνατότητες βελτίωσης του ελληνικού πλαισίου ελέγχου.

7.2 Συστηματικές απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται οι συνοπτικές απαντήσεις στα επτά ερευνητικά ερωτήματα της διπλωματικής εργασίας. Κάθε απάντηση συνδέεται με τα επιμέρους κεφάλαια όπου αναπτύχθηκε η σχετική τεκμηρίωση και αποτυπώνει τα βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν από τη συγκριτική ανάλυση των προτύπων, την εξέταση της ελληνικής νομοθεσίας και τη μελέτη περίπτωσης έργου μεγάλης κλίμακας.

7.2.1 EE1 — Δομή και φιλοσοφία ασφάλειας στα ευρωπαϊκά, αμερικανικά και διεθνή πρότυπα

Η ασφάλεια στα ευρωπαϊκά, αμερικανικά και διεθνή πρότυπα του τομέα δομείται με διαφορετικό τρόπο, τόσο σε επίπεδο κανονιστικής αρχιτεκτονικής όσο και σε επίπεδο φιλοσοφίας. Το ευρωπαϊκό πλαίσιο, και ιδίως η σειρά EN 13814 [15], οργανώνεται γύρω από μια περισσότερο ενιαία λογική κύκλου ζωής, η οποία συνδέει τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία, τη συντήρηση και την επιθεώρηση. Η προσέγγιση αυτή ενσωματώνει με σαφέστερο τρόπο την έννοια της προληπτικής διαχείρισης κινδύνου, ιδίως μέσω της απαίτησης για Design Risk Assessment και Operation and Use Risk Assessment.

Αντίθετα, το αμερικανικό πλαίσιο της ASTM F24 [1] βασίζεται σε αρθρωτή δομή, αποτελούμενη από επιμέρους εξειδικευμένα πρότυπα, τα οποία εφαρμόζονται συνδυαστικά ανάλογα με το αντικείμενο της αξιολόγησης. Η προσέγγιση αυτή παρέχει μεγαλύτερη τεχνική ευελιξία στον σχεδιαστή, τον κατασκευαστή και τον φορέα αξιολόγησης, αλλά δεν συγκροτείται εξ αρχής ως ενιαίο σύστημα κύκλου ζωής με την ίδια σαφήνεια που εμφανίζει το ευρωπαϊκό πλαίσιο. Σε επίπεδο κανονιστικής φιλοσοφίας, το ευρωπαϊκό πλαίσιο εμφανίζεται περισσότερο καθοδηγητικό, με σαφέστερα προσδιορισμένες τεχνικές απαιτήσεις, ενώ το αμερικανικό πλαίσιο παρέχει μεγαλύτερη τεχνική ευελιξία, δίνοντας έμφαση στην τεκμηριωμένη απόδειξη της ασφάλειας και της λειτουργικής επίδοσης κάθε εγκατάστασης.

Κατά συνέπεια, η κρίσιμη διαφορά μεταξύ των δύο συστημάτων δεν περιορίζεται στο περιεχόμενο των τεχνικών απαιτήσεων, αλλά αφορά κυρίως τον τρόπο με τον οποίο κάθε σύστημα αντιλαμβάνεται τη σχέση μεταξύ σχεδιασμού, κινδύνου, λειτουργίας και επιθεώρησης.

7.2.2 EE2 — Όρια επιτάχυνσης, διεθνής εναρμόνιση και μετρητική αξιολόγηση

Η εναρμόνιση των ορίων επιτάχυνσης μεταξύ EN και ASTM είναι μερική, αλλά ουσιαστική. Στις ψυχαγωγικές διατάξεις, τα δύο συστήματα συγκλίνουν κυρίως ως προς τη μεθοδολογία επεξεργασίας των δεδομένων, καθώς τόσο το ASTM F2291 [9] §7.1.1.2 όσο και το EN 13814-1 [15] Annex I I.2.1 υιοθετούν φίλτρο Butterworth 4-pole με συχνότητα αποκοπής 5 Hz και τη μεθοδολογία SARC του ASTM F2137 [5]. Η σύγκλιση αυτή δημιουργεί κοινή τεχνική βάση για την αξιολόγηση της δυναμικής συμπεριφοράς των εγκαταστάσεων.

Στις νεροτσουλήθρες, αντίθετα, οι αποκλίσεις παραμένουν πιο έντονες. Το ASTM F2376 [8] §4.4.11 βασίζει τα όρια επιτάχυνσης κυρίως στη στάση σώματος του χρήστη, ενώ το EN 1069-1 [13] §7.7.3 τα συνδέει με τη διάρκεια έκθεσης στην επιτάχυνση. Παρά τις διαφορές αυτές, η εξέλιξη της

μετρητικής τεχνολογίας, ιδίως μέσω του ASTM F3493 [11]:2023 και της ειδικής μεθοδολογίας μέτρησης σε νεροτσουλήθρες, δείχνει ότι ο τομέας κινείται προς πιο τεκμηριωμένη και συγκρίσιμη αξιολόγηση. Επομένως, όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 3, οι επιμέρους αριθμητικές αποκλίσεις δεν αναιρούν τη διαμόρφωση μιας κοινής τεχνικής γλώσσας ως προς τη μέτρηση, την επεξεργασία και την ερμηνεία των επιταχύνσεων.

7.2.3 EE3 — Ενσωμάτωση του ευρωπαϊκού life-cycle safety στην ελληνική έννομη τάξη

Η ενσωμάτωση της ευρωπαϊκής φιλοσοφίας life-cycle safety στην ελληνική έννομη τάξη είναι ουσιαστική σε επίπεδο αρχών, αλλά παραμένει μερικώς ατελής σε επίπεδο εφαρμογής. Η Υ.Α. 50116/2020 (ΦΕΚ Β΄ 2065/30.05.2020), όπως τροποποιήθηκε με τις Υ.Α. 76142/2021 [63] και 112482/2022 [64], υιοθετεί ρητά τη λογική του ευρωπαϊκού πλαισίου, μέσω της αναφοράς στο ΕΛΟΤ EN 13814 [15] και της ενσωμάτωσης των εννοιών Design Risk Assessment (DRA) και Operation and Use Risk Assessment (OURA). Παράλληλα, η Κ.Υ.Α. 65006/2022 [56] συμπληρώνει το πλαίσιο, εισάγοντας τη διαδικασία γνωστοποίησης λειτουργίας. Στην πράξη, ωστόσο, η εποπτεία εξακολουθεί να βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε εκ των υστέρων δειγματοληπτικούς ελέγχους, ενώ παραμένουν ανοικτά ζητήματα ως προς την επάρκεια του διαπιστευμένου ανθρώπινου δυναμικού και την ενιαία ερμηνεία των απαιτήσεων από τις αδειοδοτούσες αρχές, όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 5.

7.2.4 EE4 — Ρόλος των διαπιστευμένων φορέων ISO/IEC 17020 και διασύνδεση με τα στάδια ελέγχου

Οι διαπιστευμένοι από το Ε.ΣΥ.Δ. φορείς κατά ISO/IEC 17020 [20] αποτελούν κεντρικό μηχανισμό του συστήματος τεχνικού ελέγχου, καθώς συνδέουν τις κανονιστικές απαιτήσεις με την πρακτική επιβεβαίωση της συμμόρφωσης. Σύμφωνα με το άρθρο 11 της Υ.Α. 50116/2020, είναι αρμόδιοι για την έκδοση των πιστοποιητικών συμμόρφωσης που αφορούν τον Αρχικό, τον Περιοδικό και τον Έκτακτο Τεχνικό Έλεγχο. Η διασύνδεσή τους με τα στάδια ελέγχου είναι σαφής: ο σχεδιασμός αξιολογείται μέσω design review, η κατασκευή μέσω επιθεωρήσεων παραγωγής και μη καταστροφικών ελέγχων, η εγκατάσταση μέσω επιτόπιων ελέγχων και Site Acceptance Tests, ενώ η λειτουργία επαναξιολογείται μέσω των περιοδικών επιθεωρήσεων. Όπως αναδείχθηκε στη μελέτη περίπτωσης, ο φορέας Τύπου Α, λόγω της πλήρους ανεξαρτησίας του, αποτελεί την πλέον κατάλληλη μορφή φορέα ελέγχου για εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας και αυξημένης τεχνικής πολυπλοκότητας (Κεφάλαιο 6).

7.2.5 EE5 — Πρακτική σύνδεση κανονιστικών απαιτήσεων με διαδικασίες QA/QC σε πραγματικό έργο

Η σύνδεση μεταξύ των κανονιστικών απαιτήσεων και των διαδικασιών QA/QC είναι άμεση και αμφίδρομη. Από τη μία πλευρά, τα πρότυπα και το εφαρμοζόμενο κανονιστικό πλαίσιο καθορίζουν το ελάχιστο περιεχόμενο των διαδικασιών ελέγχου, προσδιορίζοντας το αντικείμενο της επιθεώρησης, τις μεθόδους ελέγχου, τα κριτήρια αποδοχής και τη συχνότητα αξιολόγησης. Από την άλλη πλευρά, οι διαδικασίες QA/QC που εφαρμόζονται σε πραγματικό έργο εξειδικεύουν τις γενικές απαιτήσεις και τις προσαρμόζουν στις τεχνικές ιδιαιτερότητες της εγκατάστασης. Στο εξεταζόμενο έργο στο Κατάρ, η σύνδεση αυτή αποτυπώθηκε μέσω Inspection and Test Plans, NDT reports, punch lists, witness points και hold points, με τεχνικό υπόβαθρο τα εφαρμοζόμενα πρότυπα για νεροτσυλήθρες, ιδίως τα EN 1069 [13] και ASTM F2376/F3493 [11]. Επομένως, όπως αναδείχθηκε στη μελέτη περίπτωσης, οι κανονιστικές απαιτήσεις μετατρέπονται στην πράξη σε ελεγχόμενες διαδικασίες επιθεώρησης, τεκμηρίωσης και επαλήθευσης της συμμόρφωσης (Κεφάλαιο 6).

7.2.6 EE6 — Κατηγορίες μη συμμορφώσεων και διαχείρισή τους

Από την εμπειρική ανάλυση του εξεταζόμενου έργου προκύπτει ότι οι μη συμμορφώσεις και τα τεχνικά ευρήματα που εμφανίζονται κατά τις ενδιάμεσες και τελικές επιθεωρήσεις δεν περιορίζονται σε μία ενιαία κατηγορία, αλλά κατανέμονται σε διαφορετικά τεχνικά και οργανωτικά πεδία. Ειδικότερα, εντοπίστηκαν ευρήματα που αφορούσαν τα στοιχεία από σύνθετα υλικά ενισχυμένα με ίνες γυαλιού (FRP), τις μεταλλικές κατασκευές και τις συγκολλήσεις, τα υδραυλικά και ηλεκτρολογικά συστήματα, τα συστήματα ελέγχου και αυτοματισμού, τη σήμανση και τις οδηγίες χρήσης, καθώς και την πληρότητα της τεχνικής τεκμηρίωσης και των στοιχείων λειτουργίας και εκπαίδευσης. Η κατηγοριοποίηση αυτή επέτρεψε τη διάκριση μεταξύ ευρημάτων μικρής, μέσης και υψηλής σοβαρότητας και συνέβαλε στην ιεράρχηση των απαιτούμενων διορθωτικών ενεργειών.

Η διαχείριση των μη συμμορφώσεων πραγματοποιήθηκε μέσω δομημένης διαδικασίας, η οποία περιλάμβανε την αναγνώριση και τεκμηρίωση του ευρήματος, την αξιολόγηση της σοβαρότητάς του, την ανάλυση της αιτίας, τον καθορισμό και την υλοποίηση της κατάλληλης διορθωτικής ενέργειας, τον επανέλεγχο και το τεκμηριωμένο κλείσιμο της αναφοράς μη συμμόρφωσης. Ιδιαίτερη σημασία είχε επίσης η ανάλυση τάσεων, καθώς επέτρεψε την αναγνώριση επαναλαμβανόμενων αιτιών, όπως η ανεπαρκής επικοινωνία μεταξύ των ομάδων σχεδιασμού και κατασκευής και η περιορισμένη εξοικείωση ορισμένων συνεργείων με τις απαιτήσεις των διεθνών προτύπων. Επομένως, όπως αναδείχθηκε στο Κεφάλαιο 6, η διαχείριση των μη συμμορφώσεων δεν αποτελεί απλή διοικητική

διαδικασία, αλλά κρίσιμο μηχανισμό τεκμηρίωσης, πρόληψης και διασφάλισης της ασφαλούς ολοκλήρωσης ενός υδάτινου πάρκου μεγάλης κλίμακας.

7.2.7 EE7 — Ρεαλιστικές προτάσεις βελτίωσης για το ελληνικό περιβάλλον

Με βάση τη συγκριτική ανάλυση των προτύπων, την εξέταση της ελληνικής νομοθεσίας και τα ευρήματα της μελέτης περίπτωσης, οι προτάσεις βελτίωσης για το ελληνικό περιβάλλον πρέπει να εστιάζουν κυρίως στην ενιαία εφαρμογή των απαιτήσεων, στην τεχνική επάρκεια των εμπλεκόμενων φορέων και στη συστηματικότερη διαχείριση του κινδύνου. Πρώτη βασική πρόταση είναι η έκδοση εθνικών κατευθυντήριων οδηγιών για την εφαρμογή της Υ.Α. 50116/2020, ώστε οι αδειοδοτούσες αρχές, οι φορείς ελέγχου και οι διαχειριστές εγκαταστάσεων να ερμηνεύουν με ενιαίο τρόπο τις απαιτήσεις των προτύπων και της νομοθεσίας.

Παράλληλα, κρίνεται αναγκαία η ενίσχυση της εκπαίδευσης των μηχανικών, των επιθεωρητών και των υπευθύνων λειτουργίας, ιδίως σε θέματα EN 13814 [15], EN 1069 [13], διαχείρισης μη συμμορφώσεων, τεχνικής τεκμηρίωσης και διαδικασιών QA/QC. Η μελέτη περίπτωσης ανέδειξε ότι η ασφαλής ολοκλήρωση μιας εγκατάστασης δεν εξαρτάται μόνο από την τελική επιθεώρηση, αλλά από τη συνεχή παρακολούθηση, την ιχνηλασιμότητα των ευρημάτων, την επαλήθευση διορθωτικών ενεργειών και την ορθή τεκμηρίωση σε όλα τα στάδια του έργου.

Τέλος, η ενσωμάτωση των αρχών του ISO 31000 [21] μπορεί να προσφέρει ένα πιο συνεκτικό πλαίσιο για τη διαχείριση κινδύνου, συνδέοντας τις εκτιμήσεις DRA/OURA με την πραγματική λειτουργία των εγκαταστάσεων. Αντίστοιχα, η αξιοποίηση της εναρμονισμένης μεθοδολογίας SARC στις μετρήσεις επιταχύνσεων θα μπορούσε να ενισχύσει τη συγκρισιμότητα, τη διαφάνεια και την τεχνική αξιοπιστία των ελέγχων. Συνολικά, η βελτίωση του ελληνικού πλαισίου δεν απαιτεί μόνο νέες ρυθμίσεις, αλλά κυρίως σαφέστερη καθοδήγηση, εξειδικευμένη εκπαίδευση και πιο συστηματική εφαρμογή των υφιστάμενων κανονιστικών εργαλείων στην πράξη.

7.3 Συμπεράσματα από την ανάλυση του ευρωπαϊκού πλαισίου

Το ευρωπαϊκό κανονιστικό πλαίσιο συγκροτείται γύρω από το πρότυπο EN 13814 [15] για τα πάρκα ψυχαγωγίας και το πρότυπο EN 1069-1/-2 για τα υδάτινα πάρκα, με το συμπληρωματικό EN 17232 [19] για τα παιδικά πάρκα. Τα κύρια συμπεράσματα είναι:

- Το EN 13814 εκπληρώνει μια συνεκτική, οριζόντια, life-cycle προσέγγιση μέσω της τριμερούς δομής (σχεδιασμός, λειτουργία, επιθεώρηση), που υπερβαίνει την κλειστή τεχνική φιλοσοφία του DIN 4112.
- Η εισαγωγή Design Risk Assessment (DRA) και Operation and Use Risk Assessment (OURA) ως διακριτών υποχρεώσεων αποτελεί την πιο σημαντική θεωρητική καινοτομία της αναθεώρησης 2019, ευθυγραμμίζοντας τη ρύθμιση με το ISO 31000 [21].
- Το EN 1069 παρέχει εξαντλητικές απαιτήσεις σχεδιασμού και λειτουργίας για νεροτσουλήθρες, καλύπτοντας όλες τις κατηγορίες από τσουλήθρες σώματος (body slides) έως τσουλήθρες ταχύτητας (speed slides) και τσουλήθρες με σαμπρέλα (rafting slides).
- Η εναρμόνιση των ορίων επιτάχυνσης με το ASTM F2291 [9] (μέσω της εργασίας της CEN-ASTM ομάδα εργασίας του 2019) αποτελεί ένα τεχνικό επίτευγμα διεθνούς εμβέλειας, που έχει ωφελήσει σχεδιαστές, κατασκευαστές και επιθεωρητές.
- Η ένταξη των ανεξάρτητων διαπιστευμένων φορέων ελέγχου κατά ISO/IEC 17020 [20] ως κρίσιμων κρίκων της επιθεωρησιακής αλυσίδας είναι ένα από τα δυνατότερα σημεία του ευρωπαϊκού μοντέλου.

7.4 Συμπεράσματα από την ανάλυση του αμερικανικού πλαισίου ASTM

Το αμερικανικό πλαίσιο της σειράς ASTM F24 χαρακτηρίζεται από modular αρχιτεκτονική, ταχεία ανανέωση και διεθνή υιοθέτηση. Τα κύρια συμπεράσματα είναι:

- Η ποικιλία και εξειδίκευση των επιμέρους προτύπων (F2291 [9], F770 [4], F2137 [5], F2376 [8], F2461 [3], F3493 [11], F1193 [6], F2974 [10]) επιτρέπει την ακριβή κάλυψη συγκεκριμένων ζητημάτων.
- Η φιλοσοφία των «διαρκώς επικαιροποιούμενων προτύπων», σε συνδυασμό με τις δύο ετήσιες συνεδριάσεις της αρμόδιας επιτροπής, συμβάλλει στη συνεχή προσαρμογή των απαιτήσεων στις πλέον σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις του κλάδου.
- Η ASTM είναι ιδιαίτερα ισχυρή στα εξειδικευμένα ζητήματα μέτρησης (F2137 και F3493) και αποτελεί διεθνές σημείο αναφοράς για δοκιμές με πραγματικούς δοκιμαστές που φέρουν όργανα καταγραφής επιταχύνσεων.
- Η εφαρμογή της παραμένει εξαρτημένη από τον βαθμό αποδοχής και ενσωμάτωσής της στην πολιτειακή νομοθεσία των ΗΠΑ, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται διαφοροποιήσεις ως προς την εφαρμογή των απαιτήσεων μεταξύ των επιμέρους Πολιτειών.
- Η εναρμόνιση με EN κατά τη δεκαετία 2010 έχει αναβαθμίσει σημαντικά τη διεθνή χρησιμότητά της.

7.5 Συγκριτικά συμπεράσματα από την αντιπαραβολή EN και ASTM

Από την αντιπαραβολή προκύπτει ότι σήμερα τα δύο πλαίσια έχουν συγκλίνει σε ένα πολύ προχωρημένο βαθμό, με μικρές αλλά σημαντικές αποκλίσεις:

- Στα όρια επιτάχυνσης η εναρμόνιση είναι ουσιαστικά πλήρης (Annex I του EN 13814 [15] και F2291 [9]).
- Στις κατηγορίες restraints η εναρμόνιση είναι ομοίως πλήρης (5 κατηγορίες, εναρμονισμένες restraint roses).
- Στις μετρήσεις, το EN παραπέμπει στο F2137 [5] καθώς η μέθοδος SARC είναι κοινή.
- Στις διαδικασίες επιθεώρησης, το EN ακολουθεί ένα πιο ολοκληρωμένο πλαίσιο κύκλου ζωής, ενώ το ASTM κατανέμει τις απαιτήσεις επιθεώρησης σε περισσότερα επιμέρους πρότυπα.
- Στη φιλοσοφία διαχείρισης κινδύνου, το EN υιοθετεί DRA/OURA ρητά ενώ το ASTM ενσωματώνει κριτήρια αξιολόγησης βάσει κινδύνου με λιγότερο εκτεταμένο τρόπο.
- Στις νεροτσουλήθρες, το ASTM F3493 [11] εισάγει εξειδικευμένη μεθοδολογία μέτρησης επιταχύνσεων με όργανα τοποθετημένα σε πραγματικούς δοκιμαστές, στοιχείο που δεν απαντάται με την ίδια εξειδίκευση στο πλαίσιο του EN.

7.6 Συμπεράσματα από την ανάλυση του ελληνικού πλαισίου

Η ελληνική νομοθεσία έχει σήμερα ωριμάσει σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο που εναρμονίζεται με τα ευρωπαϊκά πρότυπα και τις διαδικασίες:

- Η ΥΑ 50116/2020 σηματοδότησε την κομβική τομή καθώς εισήγαγε υποχρεωτικούς ελέγχους εγκατάστασης, αρχικής λειτουργίας και περιοδικής επανεξέτασης, με συμμετοχή διαπιστευμένων από το Ε.ΣΥ.Δ. φορέων κατά ISO/IEC 17020 [20].
- Οι τροποποιήσεις (ΥΑ 76142/2021, ΥΑ 112482/2022) ενσωμάτωσαν τεχνικές βελτιώσεις και μεταβατικές διατάξεις.
- Η Κ.Υ.Α. 65006/2022 εισήγαγε το σύστημα γνωστοποίησης λειτουργίας μέσω notifybusiness.gov.gr, ευθυγραμμίζοντας τη διαδικασία αδειοδότησης με τη φιλοσοφία του Ν. 4442/2016.
- Πριν από την Υ.Α. 50116/2020, το πλαίσιο ήταν περισσότερο αποσπασματικό και ερμηνευτικό, όπως αποτυπώνεται στο έγγραφο Δ.Π.Π. 722/2016. Τα ΕΛΟΤ EN 1069 [13] αποτελούσαν ήδη τη βασική τεχνική αναφορά για τις νεροτσουλήθρες, χωρίς όμως να έχουν ενταχθεί ακόμη σε ένα σαφές και ενιαίο υποχρεωτικό πλαίσιο τεχνικού ελέγχου.
- Παραμένουν προκλήσεις στην εφαρμογή του πλαισίου, ιδίως ως προς την ανομοιομορφη εποπτεία μεταξύ δήμων, την εκπαίδευση των επιθεωρητών και την απουσία ενιαίου ψηφιακού μητρώου εγκαταστάσεων.

7.7 Συμπεράσματα από τη μελέτη περίπτωσης

Η μελέτη περίπτωσης ενός μεγάλου υδάτινου πάρκου ανέδειξε ότι:

- Η εφαρμογή των κανονιστικών απαιτήσεων στο πεδίο είναι μια συνεχής διαδικασία, όχι ένα τελικό checkpoint.
- Ο ρόλος του μηχανικού QA/QC είναι κεντρικός και ξεκινά από το design review.
- Τα ψηφιακά εργαλεία τεκμηρίωσης (BIM 360, Aconex) έχουν γίνει απαραίτητα για ολοκληρωμένα έργα.
- Η εναρμόνιση EN/ASTM επιτρέπει στην πράξη την ταυτόχρονη ικανοποίηση και των δύο, που είναι χρήσιμη όταν το έργο εμπλέκει διεθνείς κατασκευαστές.
- Η ολοκλήρωση των SAT με όργανα τοποθετημένα σε πραγματικούς δοκιμαστές κατά F3493 [11] παρέχει αυξημένη βεβαιότητα ότι οι τιμές επιτάχυνσης παραμένουν εντός των ορίων.

7.8 Θεωρητική και πρακτική συμβολή της εργασίας

Η συμβολή της εργασίας μπορεί να συνοψιστεί σε τέσσερις άξονες:

- Πρώτη ολοκληρωμένη ελληνόφωνη αναλυτική παρουσίαση των ορίων επιτάχυνσης σε ψυχαγωγικές διατάξεις και νεροτσουλήθρες, αξιοποιώντας τα πιο πρόσφατα EN/ASTM/ISO και το τεχνικό δοκίμιο του Matthias Rohde [33].
- Πρώτη ολοκληρωμένη παρουσίαση του ελληνικού νομοθετικού πλαισίου για παίγνια ψυχαγωγίας και παίγνια νερού, το προγενέστερο του 2020 ερμηνευτικό περιβάλλον έως την ΥΑ 50116/2020 και τις τροποποιήσεις.
- Πρώτη ενσωμάτωση μιας πραγματικής μελέτης περίπτωσης σε ελληνική διπλωματική, αξιοποιώντας την εμπειρία ενός μηχανικού QA/QC σε διεθνές έργο μεγάλης κλίμακας.
- Διατύπωση συγκεκριμένων προτάσεων για τη βελτίωση της επιθεωρησιακής και κανονιστικής πρακτικής στην Ελλάδα.

7.9 Περιορισμοί της έρευνας

Η έρευνα παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς που πρέπει να αναγνωριστούν:

- Η μελέτη περίπτωσης βασίζεται στην εμπειρία ενός μηχανικού με αποτέλεσμα να μην αποτελεί στατιστικά αντιπροσωπευτικό δείγμα.
- Η εμπιστευτικότητα του συγκεκριμένου έργου δεν επέτρεψε την αποκάλυψη συγκεκριμένων τεχνικών δεδομένων.
- Η έρευνα δεν περιλάμβανε πρωτογενείς συνεντεύξεις με επιθεωρητές διαπιστευμένων φορέων στην Ελλάδα.
- Η εξέταση της ευρωπαϊκής νομοθεσίας περιορίστηκε στα κύρια πρότυπα CEN καθώς δεν εξετάστηκαν όλα τα συμπληρωματικά (π.χ. EN 15288, EN 13451, EN 1176) σε πλήρες βάθος.
- Τα δεδομένα ατυχημάτων που παρουσιάζονται προέρχονται κυρίως από βιβλιογραφία και αναφορές της IAAPA και της CPSC και δεν εκτελέστηκε πρωτογενής συλλογή στατιστικών.

7.10 Προτάσεις για τη βελτίωση της επιθεωρησιακής και κανονιστικής πρακτικής

Με βάση τα συμπεράσματα της εργασίας, διατυπώνονται οι ακόλουθες προτάσεις:

1. Δημιουργία ενιαίου ψηφιακού μητρώου ψυχαγωγικών διατάξεων και νεροτσουλήθρων στην Ελλάδα, υπό την εποπτεία της Γενικής Γραμματείας Βιομηχανίας ή του Ε.ΣΥ.Δ., με όλα τα στοιχεία πιστοποίησης, ελέγχων και συμβάντων ανά εγκατάσταση.
2. Συστηματοποίηση της εκπαίδευσης των επιθεωρητών των διαπιστευμένων φορέων, με ειδικούς κύκλους μαθημάτων για τις μετρήσεις επιτάχυνσης κατά F2137/F3493 [11] και στα όρια EN 13814 [15] Παράρτημα Ι.
3. Ενσωμάτωση των αρχών ISO 31000 [21] ρητά στις τεχνικές προδιαγραφές, ώστε η DRA και η OURΑ να γίνουν θεσμοθετημένες υποχρεώσεις και στην ελληνική νομοθεσία.
4. Καθιέρωση εθνικών οδηγιών εφαρμογής της ΥΑ 50116/2020 και των ΕΛΟΤ EN 13814 / EN 1069 [13], ώστε να γεφυρώνουν την ευρωπαϊκή τυποποίηση με την ελληνική πρακτική.
5. Καθιέρωση των Site Acceptance Tests (SAT) με πραγματικούς δοκιμαστές και κατάλληλα τοποθετημένα όργανα καταγραφής επιταχύνσεων ως υποχρεωτικού σταδίου αξιολόγησης σε έργα νεροτσουληθρών μεγάλης κλίμακας ή υψηλής ταχύτητας.
6. Σύνδεση των δεδομένων ατυχημάτων με ένα κεντρικό σύστημα αναφοράς (αντίστοιχο με την CPSC των ΗΠΑ) για την παρακολούθηση επαναλαμβανόμενων τάσεων και μοτίβων.

7. Εκπαίδευση των φορέων λειτουργίας στις απαιτήσεις διαχείρισης κινδύνου και στη συστηματική παρακολούθηση των ευρημάτων ατυχημάτων μέσω ανάλυσης βασικών αιτιών (root cause analysis).
8. Επέκταση του πλαισίου της Κ.Υ.Α. 65006/2022 ώστε να περιλάβει εκτενέστερα και τα water parks (όχι μόνο τα λούνα παρκ, τσίρκα και παγοδρόμια).

7.11 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η περαιτέρω ερευνητική εξέλιξη στο πεδίο μπορεί να αξιοποιήσει τα εξής:

- Συστηματική στατιστική ανάλυση ατυχημάτων σε ελληνικά πάρκα ψυχαγωγίας και υδάτινα πάρκα, με συστηματικό σχεδιασμό συλλογής δεδομένων.
- Πειραματική σύγκριση ορίων επιτάχυνσης μεταξύ EN 13814 [15], ASTM F2291 [9], με πραγματικές μετρήσεις σε επιλεγμένες διατάξεις.
- Ανάλυση των επιπτώσεων της ψηφιακής τεκμηρίωσης (digital twins, BIM, IoT-based monitoring) στην επιθεωρησιακή πρακτική.
- Συστηματική σύγκριση των ελληνικών εφαρμογών της ΥΑ 50116/2020 με αντίστοιχες πρακτικές σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες (Γερμανία, Ιταλία, Ισπανία, Ολλανδία).
- Διερεύνηση της σύνδεσης ορίων επιτάχυνσης με τραυματισμούς, ιδιαίτερα σε υδάτινες διατάξεις (καθώς η σχετική βιβλιογραφία είναι σχεδόν αποκλειστικά Αμερικανική).

7.12 Τελική αποτίμηση

Η ασφαλής λειτουργία των πάρκων ψυχαγωγίας και των υδάτινων πάρκων αποτελεί πεδίο στο οποίο συγκλίνουν η συμμόρφωση με τα κανονιστικά πρότυπα, η μηχανική αρτιότητα, η συστηματική επιθεώρηση, η τεχνική τεκμηρίωση και η εμπειρία του πεδίου. Η παρούσα εργασία ανέδειξε ότι σήμερα υπάρχουν ισχυρά εργαλεία για την υποστήριξη της ασφάλειας στον τομέα: εναρμονισμένα ευρωπαϊκά και αμερικανικά πρότυπα, σαφέστερο ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο, διαπιστευμένοι φορείς τεχνικού ελέγχου και ώριμη τεχνογνωσία ως προς την αξιολόγηση των επιταχύνσεων και των δυναμικών φορτίσεων. Παράλληλα, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικά περιθώρια βελτίωσης στην πρακτική εφαρμογή των απαιτήσεων, στην εκπαίδευση των εμπλεκόμενων μηχανικών και επιθεωρητών, στην ποιότητα της τεχνικής τεκμηρίωσης και στη συνεχή εποπτεία των εγκαταστάσεων. Η ασφάλεια, επομένως, δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ένα τελικό σημείο συμμόρφωσης, αλλά ως διαρκής διαδικασία επαγρύπνησης, επαλήθευσης και συνεχούς βελτίωσης.

Με την ολοκλήρωση της εργασίας, επιδιώκεται το παρόν κείμενο να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο αναφοράς για φοιτητές, μηχανικούς, επιθεωρητές και διοικητικά στελέχη που δραστηριοποιούνται στον κλάδο. Η σύνταξη ενός αναλυτικού ελληνόγλωσσου τεχνικού κειμένου, το οποίο συνδέει τα πρότυπα EN και ASTM με την ελληνική νομοθεσία και την πρακτική επιθεώρησης, με ειδική έμφαση στις επιταχύνσεις και στα όρια G-Force, φιλοδοξεί να συμβάλει στη συστηματικότερη κατανόηση του αντικειμένου και να αποτελέσει βάση για περαιτέρω μελέτη, εφαρμογή και βελτίωση της επιθεωρησιακής πρακτικής.

Βιβλιογραφία

Α. Τεχνικά πρότυπα ASTM

- [1] ASTM International. (n.d.). Committee F24 on amusement rides and devices. ASTM International. Ανακτήθηκε στις 15 Απριλίου 2026 από <https://www.astm.org/membership-participation/technical-committees/committee-f24>
- [2] ASTM International. (2017). ASTM F846: Standard guide for testing performance of amusement rides and devices. ASTM International. <https://www.astm.org/f0846.html>
- [3] ASTM International. (2018). ASTM F2461: Standard practice for manufacture, construction, operation, and maintenance of aquatic play equipment. ASTM International.
- [4] ASTM International. (2018). ASTM F770-18: Standard practice for ownership, operation, maintenance, and inspection of amusement rides and devices. ASTM International. <https://www.astm.org/f0770.html>
- [5] ASTM International. (2019). ASTM F2137: Standard practice for measuring the dynamic characteristics of amusement rides and devices. ASTM International. <https://www.astm.org/f2137.html>
- [6] ASTM International. (2020). ASTM F1193: Standard practice for quality, manufacture, and construction of amusement rides and devices. ASTM International.
- [7] ASTM International. (2020). ASTM F2065: Standard practice for design, manufacture, operation, and maintenance of inflatable amusement devices. ASTM International.
- [8] ASTM International. (2021). ASTM F2376: Standard practice for classification, design, manufacture, construction, and operation of water slide systems. ASTM International. <https://www.astm.org/f2376.html>
- [9] ASTM International. (2019). ASTM F2291-19e1: Standard practice for design of amusement rides and devices. ASTM International.
- [10] ASTM International. (2022b). ASTM F2974: Standard practice for auditing amusement rides and devices. ASTM International.
- [11] ASTM International. (2023). ASTM F3493: Standard practice for measuring dynamic characteristics of water slide systems using instrumented humans. ASTM International. <https://www.astm.org/f3493.html>
- [12] ASTM International. (2024). ASTM F3559: Standard guide for ASTM F24 standards governing lifecycle management of amusement rides and devices. ASTM International.

Β. Τεχνικά πρότυπα EN / ISO

- [13] CEN. (2017a). EN 1069-1: Water slides — Part 1: Safety requirements and test methods. European Committee for Standardization.
- [14] CEN. (2017b). EN 1069-2: Water slides — Part 2: Instructions. European Committee for Standardization.
- [15] CEN. (2019a). EN 13814-1: Safety of amusement rides and amusement devices — Part 1: Design and manufacture. European Committee for Standardization.
- [16] CEN. (2019b). EN 13814-2: Safety of amusement rides and amusement devices — Part 2: Operation, maintenance and use. European Committee for Standardization.
- [17] CEN. (2019c). EN 13814-3: Safety of amusement rides and amusement devices — Part 3: Requirements for inspection during design, manufacture, operation and use. European Committee for Standardization.
- [18] CEN. (2019d, June 20). The new EN 13814 series brings about safer amusement devices. CEN-CENELEC. <https://www.cencenelec.eu/european-standardization/european-standards/>
- [19] CEN. (2020). EN 17232: Water play equipment and features — Safety requirements, test methods and operational requirements. European Committee for Standardization.
- [20] International Organization for Standardization. (2012). ISO/IEC 17020: Conformity assessment — Requirements for the operation of various types of bodies performing inspection. ISO.
- [21] International Organization for Standardization. (2018). ISO 31000: Risk management — Guidelines. ISO. <https://www.iso.org/standard/65694.html>
- [22] iTeh Standards. (2024). EN 13814-1 safety of amusement rides and amusement devices — Part 1: Design and manufacture [Preview record]. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/bab0800e-efe2-4116-9f0c-74553e9cacdd/en-13814-1-2019a1-2024>
- [23] SIST. (2019). EN 13814-3 safety of amusement rides and amusement devices — Part 3: Requirements for inspection during design, manufacture, operation and use [Catalog record]. <https://ecommerce.sist.si/catalog/standards/cen/19f64233-38e6-4418-b7fc-26c8aa3f0ded/en-13814-3-2019>

Γ. Τεχνικά κείμενα και Βιομηχανικά Reports

- [24] Consumer Product Safety Commission. (2024). Directory of state amusement ride safety officials. U.S. Consumer Product Safety Commission. <https://www.cpsc.gov/s3fs-public/DirectoryofStateAmusementRideSafetyOfficials.pdf>
- [25] Consumer Product Safety Commission. (2025). Restraint failures on mobile amusement rides. U.S. Consumer Product Safety Commission.

- [26] Health and Safety Executive. (2017). Fairgrounds and amusement parks: Guidance on safe practice (HSG175) (3rd ed.). HSE Books. <https://www.hse.gov.uk/pubns/books/hsg175.htm>
- [27] International Association of Amusement Parks and Attractions. (n.d.-a). ASTM standards | Safety guidelines. IAAPA. <https://iaapa.org/safety/safety-guidelines/ASTM>
- [28] International Association of Amusement Parks and Attractions. (n.d.-b). Ride safety regulation. IAAPA.
- [29] International Association of Amusement Parks and Attractions. (n.d.-c). Safety reports. IAAPA.
- [30] International Association of Amusement Parks and Attractions. (2022). Amusement facility safety inspection guide. IAAPA.
- [31] International Association of Amusement Parks and Attractions. (2024). North America fixed-site amusement ride safety report (2022 data update). IAAPA.
- [32] Kupers, H. (2014). Safety standards in amusement rides [Presentation]. IAAPA Safety Institute, Euro Attractions Show, Amsterdam, 22 September 2014. Vekoma Rides Manufacturing BV.
- [33] Rohde, M. (2024). Some details about the development of acceleration limits for amusement rides (1st ed.) [Technical paper]. Author.
- [34] TÜV SÜD. (2021). Safety and security in amusement parks [White paper]. TÜV SÜD.

Δ. Επιστημονικά άρθρα και βιβλία

- [35] Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40.
- [36] Söyüncü, S., Cete, Y., Bozan, H., & Oktay, C. (2009). Water park injuries. *Ulus Travma ve Acil Cerrahi Dergisi*, 15(5), 480–484.
- [37] Spath, D. (Ed.). (2011). *Advances in occupational, social and organizational ergonomics*. CRC Press.
- [38] Williamson, M., Watura, R., & Cobby, M. (2018). Pubic symphysis diastasis sustained from a waterslide injury. *Case Reports in Orthopedics*, 2018, Article 3128937. <https://doi.org/10.1155/2018/3128937>
- [39] Wood, J. (2017). *The global theme park industry*. CABI.
- [40] Woodcock, K. (2007). Rider errors and amusement ride safety: Observation at three carnival midways. *Accident Analysis & Prevention*, 39(2), 390–397.
- [41] Woodcock, K. (2008). Content analysis of 100 consecutive media reports of amusement ride accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 40(1), 89–96.
- [42] Woodcock, K. (2014a). Human factors and use of amusement ride control interfaces. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44(1), 99–106.
- [43] Woodcock, K. (2014b). Model of safety inspection. *Safety Science*, 62, 145–156.

- [44] Woodcock, K. (2014c). Amusement ride injury data in the United States. *Safety Science*, 62, 466–474.
- [45] Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE.

Ε. Ελληνική νομοθεσία και επίσημα έγγραφα

- [46] Γενική Γραμματεία Βιομηχανίας. (2016, 29 Φεβρουαρίου). Νομοθετικό πλαίσιο εφαρμογής ελέγχου στα παιχνίδια νερού – waterparks στην Ελλάδα (Εγγραφο Δ.Π.Π. 722, ΤΕΕ 6354/7-3-2016). Υπουργείο Οικονομίας, Ανάπτυξης και Τουρισμού.
- [47] Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης. (n.d.). Αίτηση για διαπίστευση φορέα ελέγχου ISO/IEC 17020. Ε.ΣΥ.Δ. Ανακτήθηκε στις 15 Απριλίου 2026 από <https://esyd.gr/aitisi-gia-diapistefsi-forea-elegchou-iso-iec-170202012/>
- [48] Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης. (2025). ΟΕΦ-22: Τρόπος αναγραφής πιστοποιητικών διαπίστευσης. Ε.ΣΥ.Δ. https://esyd.gr/wp-content/uploads/2023/07/OEF_22_03_07_2025.pdf
- [49] ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. (2020). Υ.Α. 50116/2020 (ΦΕΚ 2065/Β'/30.5.2020): Κανονισμός ασφάλειας και ελέγχου εξοπλισμού και διατάξεων ψυχαγωγίας. <https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/ya-501162020-fek-2065b-3052020>
- [50] ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. (2021a). Ν. 4796/2021 (ΦΕΚ 63/Α'/17.4.2021). <https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/n-47962021-fek-63a-1742021>
- [51] ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. (2021b). Υ.Α. 76142/2021 (ΦΕΚ 3243/Β'/22.7.2021): Τροποποίηση της υπ' αρ. 50116/20-5-2020 απόφασης. <https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/ya-761422021-fek-3243b-2272021>
- [52] ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. (2022). Υ.Α. 65006/2022 (ΦΕΚ 3364/Β'/30.6.2022). <https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/ya-650062022-fek-3364b-3062022>
- [53] European Union and Greek Government. (n.d.). Έγκριση εγκατάστασης, έγκριση λειτουργίας και γνωστοποίηση λειτουργίας ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων λούνα παρκ, τσίρκων και παγοδρομίων. EUGO / gov.gr. Ανακτήθηκε στις 15 Απριλίου 2026 από <https://eugo.gov.gr/services/835642>
- [54] Forin. (2022). Υ.Α. 112482/2022: Τροποποίηση της υπ' αρ. 50116/20.5.2020 απόφασης. <https://www.forin.gr/articles/article/66521/ua-112482-2022>
- [55] Ministry of Development. (n.d.). Ψυχαγωγικές δραστηριότητες λούνα-παρκ, τσίρκων και παγοδρομίων. OpenBusiness Portal. Ανακτήθηκε στις 15 Απριλίου 2026 από <https://openbusiness-portal.mindev.gov.gr/activities/psychagogikes-drastiriotites-louna-park-tsirkon-kai-pagodromion/>
- [56] Κοινή Υπουργική Απόφαση 65006/2022. Καθορισμός διαδικασίας έγκρισης και γνωστοποίησης λειτουργίας ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων. ΦΕΚ Β' 3364/30.06.2022.

- [57] Νόμος 4276/2014. Απλούστευση διαδικασιών για τη λειτουργία τουριστικών επιχειρήσεων και τουριστικών υποδομών, ειδικών μορφών τουριστικών υποδομών. ΦΕΚ 155/Α/30.07.2014.
- [58] Νόμος 4264/2014. Άρθρο 39: Αδειοδότηση υπαίθριου εμπορίου. ΦΕΚ 145/Α/2014.
- [59] Νόμος 4796/2021. ΦΕΚ 63/Α/17.4.2021.
- [60] Thessaloniki Municipality. (2020). Εφημερίδα της Κυβερνήσεως: Υ.Α. 50116/2020 (ΦΕΚ 2065/Β'/30.05.2020) [PDF mirror]. https://thessaloniki.gr/wp-content/uploads/2022/12/50116_2020.pdf
- [61] Υπουργική Απόφαση 16793/2009. Πρότυπες Ψυχαγωγικές Θεματικές Πάρκα εντός ξενοδοχειακών μονάδων. ΦΕΚ 2086/29.9.2009.
- [62] Υπουργική Απόφαση 50116/2020. Καθορισμός όρων, προϋποθέσεων, τεχνικών προδιαγραφών, εμπλεκόμενων φορέων, διαδικασιών ελέγχου και πιστοποίησης για την ασφαλή λειτουργία των ψυχαγωγικών διατάξεων. ΦΕΚ Β' 2065/30.05.2020.
- [63] Υπουργική Απόφαση 76142/2021. Τροποποίηση της Υ.Α. 50116/2020. ΦΕΚ Β' 3243/22.7.2021.
- [64] Υπουργική Απόφαση 112482/2022. Τροποποίηση της Υ.Α. 50116/2020. ΦΕΚ Β' 6004/24.11.2022.

Παράρτημα Α – Ενδεικτική λίστα ελέγχου design review

Ο ακόλουθος ενδεικτικός κατάλογος αποτυπώνει τα βασικά σημεία ελέγχου που εξετάζονται κατά τη διαδικασία τεχνικής ανασκόπησης σχεδιασμού (**design review**) νεροτσουλήθρας ή ψυχαγωγικής διάταξης. Ο κατάλογος δεν έχει εξαντλητικό χαρακτήρα και πρέπει να προσαρμόζεται στις ιδιαιτερότητες, την κατηγορία, το επίπεδο κινδύνου και τις τεχνικές απαιτήσεις κάθε έργου.

A/A	Σημείο ελέγχου	Πρότυπο
1	Επαλήθευση γεωμετρίας (ακτίνες, κλίσεις, ύψη)	EN 1069-1 / F2376
2	Υπολογισμός ταχυτήτων ολίσθησης	EN 1069-1 / F2376
3	Επαλήθευση παροχών νερού (L/h ή GPM)	EN 1069-1 / F2376
4	Διαστάσεις landing pool και απόσταση από slide exit	EN 1069-1 / F2376
5	Ύψη splashguards / flume risers	EN 1069-1 / F2376
6	Δομικοί υπολογισμοί υπό στατικά και δυναμικά φορτία	EN 13814-1 / F2291 / F2376
7	Σχεδίαση συστημάτων συγκράτησης (όπου ισχύει)	EN 13814-1 / F2291
8	Έλεγχος ορίων επιτάχυνσης σε προσομοίωση	EN 13814-1 (Annex I) / F2291 / F3493
9	Σχέδια αντλιοστασίων (αντλίες, valves, controls)	EN 1069-1
10	Σχέδια electrical/control συστημάτων	EN 13814-1 / F2291
11	Σχέδια emergency stop και evacuation	EN 13814-2 / F770
12	Σχέδια σήμανσης και warning signs	EN 1069-2 / EN 13814-2 / F770
13	Σχέδια access ramps και επιθεώρησης	EN 13814-2 / F770
14	Σχέδια πρόσβασης για εργασίες συντήρησης (maintenance access)	EN 13814-2 / F2461
15	Documentation στα ελληνικά για operators	YA 50116/2020
16	Μελέτη εκτίμησης κινδύνου κατά τον σχεδιασμό (DRA)	EN 13814-1 / ISO 31000
17	Πρόγραμμα εκπαίδευσης προσωπικού	EN 13814-2 / F770
18	Έλεγχος συμμόρφωσης παιδικής υδάτινης περιοχής με τα πρότυπα EN 17232 και EN 1176	EN 17232 / EN 1176

Παράρτημα Β – Υπόδειγμα Punch List

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό υπόδειγμα δομής punch list, όπως χρησιμοποιείται σε ενδιάμεσες επιθεωρήσεις πεδίου.

NCR ID	Σημείο	Περιγραφή	Πρότυπο	Σοβαρότητα	Διορθωτική ενέργεια	Status
NCR-001	Slide A, Joint 12	Ελλιπής επικάλυψη FRP	EN 1069-1 §6.3	Major	Επανεπικάλυψη με gel coat	Closed
NCR-002	Pump Room 1	Διαρροή σε flange DN200	Internal spec	Minor	Αντικατάσταση gasket	Closed
NCR-003	Slide B, Splashguard 3	Λείπει 50 mm ύψος	EN 1069-1 §5.4	Critical	Επανατοποθέτηση panel	Closed
NCR-004	Control Room	Λάθος εμφάνιση status σε HMI	EN 13814-1 §8.5	Major	Software patch	Open
NCR-005	Slide C, Exit	Λάθος γλώσσα warning sign	YA 50116/2020	Minor	Επανεκτύπωση signage	Closed
NCR-006	Stair Tower 2	NDT report: ένδειξη σε συγκόλληση	EN ISO 17640	Major	Επανεξέταση + επιδιόρθωση	Closed

Παράρτημα Γ – Δομή δοκιμών Site Acceptance Test (SAT)

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τις δοκιμές που διενεργούνται κατά την διεξαγωγή ενός SAT για κάθε νεροτσουλήθρα. Κάθε βήμα συνοδεύεται και από τα αντίστοιχα κριτήρια αποδοχής.

Βήμα	Δοκιμή	Κριτήρια	Πρότυπο
1	No-load test (3+ κύκλοι)	Σταθερή ροή νερού, καμία διαρροή	EN 1069-2 / F2376
2	Dummy load test (sandbags)	Σταθερή ταχύτητα, καμία αστοχία	EN 1069-2 / F2376
3	Instrumented human test	G-Values εντός ορίων F2376 / EN 1069	F3493
4	Continuous operation (8-24 h)	Καμία αστοχία, συντελεστής K90 > 0.95	Internal QA/QC
5	Emergency stop test	Πλήρης παύση < 5 s, ασφαλής εκκένωση	EN 13814-2 / F770
6	Evacuation drill	Εκκένωση < 5 min για ένα παγιδευμένο χρήστη	EN 13814-2 / F770
7	Water quality test	pH, χλώριο εντός ορίων	EN 15288 / Εθνική νομοθεσία
8	Documentation review	Πλήρες handover dossier	YA 50116/2020

Παράρτημα Δ – Χρονολογική εξέλιξη ελληνικού πλαισίου

Έτος	Νομοθέτημα / Γεγονός	Σύντομη περιγραφή
1995	N. 2323/1995 (Α 145)	Διατάξεις για υπαίθριο εμπόριο και ψυχαγωγικές δραστηριότητες
2005	Π.Δ. 12/2005	Αδειοδότηση συγκεκριμένων ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων
2009	Υ.Α. 16793/2009 (ΦΕΚ 2086 Β/29.9.2009)	Πρότυπα Ψυχαγωγικά Θεματικά Πάρκα εντός ξενοδοχείων
2014	N. 4264/2014 (ΦΕΚ 145 Α)	Τροποποίηση Ν. 2323/1995
2014	N. 4276/2014 (ΦΕΚ 155 Α)	Απλούστευση τουριστικών υποδομών (παίγνια νερού εντός ξενοδοχείων)
2016	Έγγραφο Δ.Π.Π. 722/29-02-2016	Ερμηνεία νομοθεσίας για παιγνίδια νερού (waterparks)
2020	Υ.Α. 50116/2020 (ΦΕΚ 2065 Β/30.05.2020)	Κανονισμός ασφάλειας και ελέγχου ψυχαγωγικών διατάξεων
2021	N. 4796/2021 (ΦΕΚ 63 Α/17.4.2021)	Συμπληρωματικές διατάξεις
2021	Υ.Α. 76142/2021 (ΦΕΚ 3243 Β/22.7.2021)	Πρώτη τροποποίηση ΥΑ 50116/2020
2022	Κ.Υ.Α. 65006/2022 (ΦΕΚ 3364 Β)	Διαδικασία γνωστοποίησης λειτουργίας λούνα παρκ
2022	Υ.Α. 112482/2022 (ΦΕΚ 6004 Β)	Δεύτερη τροποποίηση ΥΑ 50116/2020

Παράρτημα Ε – Ενδεικτικός πίνακας αξιολόγησης κινδύνου κατά ISO 31000

Ο παρακάτω πίνακας προτείνεται για χρήση στις φάσεις DRA (από τον σχεδιαστή) και OURA (από τον φορέα λειτουργίας). Κάθε εντοπιζόμενος κίνδυνος καταγράφεται με σοβαρότητα (1-5) και πιθανότητα (1-5).

Πιθανότητα ↓ / Σοβαρότητα →	1 - Αμελητέα	2 - Ελάχιστων	3 - Μέτρια	4 - Σοβαρή	5 - Καταστροφική
5 - Σχεδόν βέβαιη	5 (Μεσαία)	10 (Υψηλή)	15 (Υψηλή)	20 (Κρίσιμη)	25 (Κρίσιμη)
4 - Πιθανή	4 (Χαμηλή)	8 (Μεσαία)	12 (Υψηλή)	16 (Υψηλή)	20 (Κρίσιμη)
3 - Δυνατή	3 (Χαμηλή)	6 (Μεσαία)	9 (Μεσαία)	12 (Υψηλή)	15 (Υψηλή)
2 - Απίθανη	2 (Χαμηλή)	4 (Χαμηλή)	6 (Μεσαία)	8 (Μεσαία)	10 (Υψηλή)
1 - Σπάνια	1 (Αμελητέα)	2 (Χαμηλή)	3 (Χαμηλή)	4 (Χαμηλή)	5 (Μεσαία)

- ✓ **Κρίσιμοι κίνδυνοι (≥ 20):** απαιτούν άμεση δράση και επαναξιολόγηση πριν τη λειτουργία.
- ✓ **Υψηλοί κίνδυνοι (9–16):** απαιτούν επιπλέον μέτρα μετριασμού και τεκμηριωμένη παρακολούθηση.
- ✓ **Μεσαίοι κίνδυνοι (4–8):** απαιτούν ένταξη σε σύστημα παρακολούθησης.