



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Αντικεραυνική Προστασία σε Στρατιωτικές Εγκαταστάσεις

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεώργιος Μ. Κακούρος

Καθηγητής : Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος

Επιβλέποντες : Δρ. Ιωάννης Φ. Γκόνοσ

Χρήστος Αθ. Χριστοδούλου

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2010



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Αντικεραυνική Προστασία σε Στρατιωτικές Εγκαταστάσεις

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεώργιος Μ. Κακούρος

Καθηγητής : Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος

Επιβλέποντες : Δρ. Ιωάννης Φ. Γκόνοσ

Χρήστος Αθ. Χριστοδούλου

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 30^η Σεπτεμβρίου του 2010.

.....
Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος
Καθηγητής

.....
Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Καθηγητής

.....
Κων/νος Γ. Καραγιαννόπουλος
Καθηγητής

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2010

.....
Γεώργιος Μ. Κακούρος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Γεώργιος Κακούρος, 2010

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύσσεται η τεχνική μεθοδολογία προστασίας των κτιριακών εγκαταστάσεων με ιδιαίτερη έμφαση στις εγκαταστάσεις που προορίζονται για στρατιωτική χρήση. Αναλύονται και επεξηγούνται όλες οι απαραίτητες τεχνικές παράμετροι για την υλοποίηση της εξωτερικής και εσωτερικής αντικεραυνικής προστασίας, παρέχονται όλες οι κατασκευαστικές οδηγίες για την υλοποίηση της και επισημαίνονται οι δυσχέρειες που πιθανώς παρουσιαστούν με βάσει τα ισχύοντα πρότυπα αντικεραυνικής προστασίας.

Επίσης παρέχεται η μεθοδολογία επιθεώρησης και ελέγχου υφιστάμενων αντικεραυνικών συστημάτων με έμφαση στην προστασία της ανθρώπινης ζωής του στρατιωτικού προσωπικού. Παρουσιάζεται ενδεικτικά η μελέτη εγκατάστασης αντικεραυνικής προστασίας σε ένα στρατιωτικό κτίριο και δίδονται επιπλέον πληροφορίες σχετικά με την ατομική αντικεραυνική προστασία του στρατιωτικού προσωπικού.

Τέλος αναπτύσσεται, σε ότι αφορά τον προκαταρκτικό σχεδιασμό εκτίμησης κινδύνου μιας κατασκευής καθώς και για τον έλεγχο αντικεραυνικής προστασίας μιας υφιστάμενης κατασκευής, κατάλληλο λογισμικό σε γλώσσα Visual Basic 2008 σύμφωνα με τα ισχύοντα πρότυπα που διευκολύνει τον μελετητή για την γρήγορη και αποτελεσματική εγκατάσταση προστασίας και έλεγχο μιας εγκατάστασης.

Λέξεις κλειδιά

Σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ), Εκτίμηση κινδύνου, Εξωτερική Αντικεραυνική Προστασία, Συλλεκτήριο Σύστημα, Αγωγός Καθόδου, Σύστημα Γείωσης, Εσωτερική Αντικεραυνική Προστασία, Ζώνη Κεραυνικής Προστασίας (LPZ), Ισοδυναμική σύνδεση, Χωρική Θωράκιση, Συσκευή προστασίας υπερτάσεων (SPD), Κεραυνικός Ηλεκτρομαγνητικός παλμός (LEMP)

Abstract

In the present diploma thesis, technical procedures for protection of structures and especially for military facilities are developed. Technical parameters for implementation of external and internal lightning protection are being analyzed and constructional instructions for the proper installation of an Lightning Protection System (LPS) according to the international norms and patterns are presented.

Moreover, methodology of inspection and technical surveillance on existing LPS is provided, focusing on human life protection of the military personnel. A representative and detailed case study of installation LPS on an existing military structure is presented and instructions for the personal lightning protection are provided.

Additionally a program for the risk assessment on a structure due to lightning phenomena and the subsequent surges, is developed. This program has been designed through “Visual Studio 2008” with the use of “Visual Basic 2008” and comprises all modern norms and patterns concerning protection against lightning.

Key Words

Lightning protection system (LPS), Risk assessment, External Lightning Protection, Air-termination System, Down- conductors, Earth-termination System, Internal Lightning Protection, Lightning Protection Zone (LPZ), Equipotential bonding, Spatial Shielding, Surge Protection Device (SPD), Lightning Electromagnetic Pulse (LEMP)

Πρόλογος

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε με σκοπό την διευκόλυνση του μελετητή μηχανικού για την εγκατάσταση και επίβλεψη της αντικεραυνικής υποδομής για την προστασία του προσωπικού που ζει και κινείται μέσα στις στρατιωτικές εγκαταστάσεις προς προάσπιση των συμφερόντων της πατρίδας.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Ιωάννη Σταθόπουλο, μετά από παρότρυνση του οποίου κινήθηκα για την ανάληψη της διπλωματικής εργασίας, την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και τις πολύτιμες συμβουλές που μου προσέφερε, καθ' όλη τη διάρκεια της άψογης συνεργασίας μας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα, τον Δρ. Ηλεκτρολόγο Μηχανικό Ιωάννη Γκόνο, για την συμπαράστασή του, την πολύτιμη βοήθειά του και συμβολή του στην εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο Διδάκτορα Χρήστο Χριστοδούλου για την εξαιρετική υποστήριξη και κυρίως για το υπέροχο κλίμα συνεργασίας και συνεννόησης που διαμορφώθηκε μεταξύ μας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνεργάτη μου σε αυτή την προσπάθεια, συνάδελφο και καλό μου φίλο Κωνσταντίνο Πασχαλίδη για το όμορφο ταξίδι γνώσης που περάσαμε μαζί, τη γυναίκα μου Μαρία για την απεριόριστη υπομονή και συμπαράσταση που έδειξε, τους γονείς μου και τα αδέρφια μου, για την αγάπη, εμπιστοσύνη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια, στην δύσκολη και συνεχή προσπάθεια για την επίτευξη των στόχων μου.

Η εργασία αυτή αφιερώνεται με πολλή αγάπη στην οικογένεια μου.

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
2	ΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	16
2.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	16
2.2	ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΕΡΑΥΝΟΥ.....	17
2.3	Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΕΩΝ	18
2.3.1	Κατηγορίες κεραυνικών εκκενώσεων.....	18
2.3.2	Φάσεις των κεραυνικών εκκενώσεων	19
2.4	ΚΕΡΑΥΝΟΙ ΜΕΤΑΞΥ ΝΕΦΟΥΣ – ΓΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΑ	21
2.4.1	Κατερχόμενοι κεραυνοί	22
2.4.2	Ανερχόμενοι κεραυνοί	24
2.5	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΕΡΑΥΝΟΥ	25
2.6	ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	27
2.6.1	Μέγιστες καθορισμένες τιμές των κεραυνικών παραμέτρων	28
2.6.2	Καθορισμένες τιμές ελάχιστων τιμών κεραυνικών παραμέτρων.....	29
2.7	ΙΣΟΚΕΡΑΥΝΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ	30
3	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ (RISK ASSESSMENT).....	32
3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	32
3.2	ΠΗΓΕΣ - ΤΥΠΟΙ ΒΛΑΒΩΝ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ	33
3.2.1	Πηγές βλαβών	33
3.2.2	Τύποι βλαβών.....	34
3.2.3	Τύποι απωλειών	34
3.2.3.1	Τύποι απωλειών στα κτίρια.....	34
3.2.3.2	Τύποι απωλειών στις υπηρεσίες.....	34
3.3	ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	35
3.3.1	Συνιστώσες κινδύνου σε κτίριο.....	36
3.3.2	Συνιστώσες κινδύνου σε υπηρεσία	37
3.4	ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	38

3.4.1	Σύνθεση και ομαδοποίηση συνιστωσών κινδύνου στην περίπτωση κτιρίου	38
3.4.2	Σύνθεση και ομαδοποίηση συνιστωσών κινδύνου στην περίπτωση υπηρεσίας	39
3.5	ΒΑΣΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	40
3.6	ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	42
3.6.1	Καθορισμός των παραγόντων μέσου ετήσιου αριθμού επικίνδυνων περιστατικών N	42
3.6.1.1	Αριθμός επικίνδυνων περιστατικών N_D για ένα κτίριο(‘b’ κατάληξη μιας γραμμής).....	42
3.6.1.2	Αριθμός επικίνδυνων περιστατικών N_{Da} για ένα κτίριο (‘a’ κατάληξη μιας γραμμής)	45
3.6.1.3	Αριθμός επικίνδυνων περιστατικών N_M εξαιτίας κεραυνών κοντά στο κτίριο	46
3.6.1.4	Αριθμός επικίνδυνων περιστατικών N_L εξαιτίας κεραυνών πάνω στην γραμμή μιας υπηρεσίας	46
3.6.2	Υπολογισμός της πιθανότητας βλάβης P_x σε κτίριο.....	48
3.6.2.1	Πιθανότητα P_A κεραυνού σε κτίριο να προκαλέσει τραυματισμό	48
3.6.2.2	Πιθανότητα P_B κεραυνού σε κτίριο να προκαλέσει φυσική καταστροφή.	48
3.6.2.3	Πιθανότητα P_C κεραυνού σε κτίριο να προκαλέσει καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων	49
3.6.2.4	Πιθανότητα P_M κεραυνού κοντά στο κτίριο να προκαλέσει καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων	49
3.6.2.5	Πιθανότητα P_U κεραυνού πάνω σε γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει τραυματισμό σε έμβια όντα.....	51
3.6.2.6	Πιθανότητα P_V κεραυνού πάνω σε γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει φυσική καταστροφή	52
3.6.2.7	Πιθανότητα P_W κεραυνού πάνω σε γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων	52
3.6.2.8	Πιθανότητα P_Z κεραυνού κοντά σε εισερχόμενη γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων.....	52
3.6.3	Υπολογισμός της απώλειας L_x σε ένα κτίριο	53
3.6.3.1	Απώλεια της ανθρώπινης ζωής	53
3.6.3.2	Καθορισμός των συντελεστών απώλειας.....	54
3.7	ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΓΡΑΜΜΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.....	56

3.7.1	Καθορισμός των μέσου ετήσιου αριθμού επικίνδυνων περιστατικών N σε μια γραμμή.....	56
3.7.2	Υπολογισμός της πιθανότητας βλάβης $P'x$ σε υπηρεσία.....	56
3.7.2.1	Πιθανότητες P'_B και P'_C κεραυνού σε κτίριο στο οποίο συνδέεται γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει βλάβες.....	56
3.7.2.2	Πιθανότητες P'_V και P'_W κεραυνού στην γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει βλάβες.....	58
3.7.2.3	Πιθανότητα P'_Z κεραυνού κοντά στην γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει βλάβες.....	59
3.7.3	Υπολογισμός της απώλειας $L'x$ σε υπηρεσία.....	59
3.7.3.1	Απώλεια της υπηρεσίας στο κοινό.....	59
3.8	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΧΩΡΙΣΜΟΥ ΣΕ ΖΩΝΕΣ.....	60
3.8.1	Χωρισμός σε ζώνες Z_S κτιρίου.....	60
3.8.1.1	Κτίρια μιας ζώνης.....	60
3.8.1.2	Κτίρια πολλαπλών ζωνών.....	60
3.8.2	Χωρισμός σε ζώνες S_S υπηρεσίας.....	61
3.9	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	61
4	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ..	65
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	65
4.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	65
4.3	ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΟΥ ΚΕΡΑΥΝΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΣΑΠ.....	67
4.3.1	Θερμικές Συνέπειες.....	67
4.3.2	Μηχανικές Συνέπειες.....	68
4.3.3	Ηλεκτρικές Συνέπειες.....	70
4.4	ΤΟ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	71
4.4.1	Μέθοδοι προσδιορισμού προστατευμένης περιοχής.....	71
4.4.1.1	Μέθοδος γωνίας προστασίας.....	72
4.4.1.2	Μέθοδος του κλωβού ανοίγματος.....	75
4.4.1.3	Μέθοδος κυλιόμενης σφαίρας.....	76
4.4.2	Χρήση Φυσικών στοιχείων.....	78
4.4.3	Κατασκευαστικά στοιχεία.....	79
4.4.3.1	Ενσωμάτωση κλωβών.....	79

4.4.3.2	Αγώγιμα και μη αγώγιμα στοιχεία της οροφής.....	81
4.4.3.3	Ηλεκτρική εγκατάστασή που προεξέχει.....	82
4.5	ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΓΩΓΩΝ ΚΑΘΟΔΟΥ.....	83
4.5.1	Βασικές αρχές εγκατάστασης αγωγών καθόδου.....	83
4.5.2	Αγωγοί καθόδου σε απομονωμένο ΣΑΠ.....	85
4.5.3	Χρήση Φυσικών στοιχείων.....	86
4.5.3	Σύνδεσμος Ελέγχου.....	89
4.5.4	Κατασκευαστικές οδηγίες.....	90
4.5.4.1	Απομόνωση του εξωτερικού ΣΑΠ.....	92
4.6	ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΙΩΣΗΣ.....	92
4.6.1	Διάταξη γείωσης τύπου Α.....	93
4.6.1.1	Χρήσεις και εγκατάσταση διάταξης γείωσης τύπου Α.....	94
4.6.2	Διάταξη γείωσης τύπου Β.....	95
4.6.2.1	Χρήσεις και εγκατάσταση περιμετρικού ηλεκτροδίου για γείωση τύπου Β.	96
4.6.2.2	Χρήσεις και εγκατάσταση θεμελιακής γείωσης.....	96
4.6.3	Υλικά γειώσεων.....	98
4.7	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΣΑΠ.....	98
4.7.1	Επιτρεπτά υλικά εξωτερικού ΣΑΠ.....	98
4.7.2	Υλικά και διαστάσεις των επί μέρους συστημάτων εξωτερικού ΣΑΠ.....	99
4.7.3	Υλικά στερέωσης.....	100
4.7.4	Προστασία από διάβρωση.....	102
4.7.4.1	Υλικά στο χώμα και στον αέρα.....	103
4.7.4.2	Υλικά στο σκυρόδεμα.....	105
5	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ΠΛΗΓΜΑΤΑ.....	106
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	106
5.2	ΖΩΝΕΣ ΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ - LPZ.....	107
5.3	ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	108
5.4	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΣΑΠ – ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ S.....	109
5.4.1	Υπολογισμός του συντελεστή k_c για την εύρεση της απόστασης s.....	110
5.4.1.1	Υπολογισμός του συντελεστή k_c σε συστήματα με γείωση τύπου Α.....	112
5.4.2	Θεώρηση του μήκους l για τον υπολογισμό της απόστασης ασφάλειας s.....	114

5.5	ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ	116
5.6	ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ ΜΕ ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ	116
5.6.1	Ισοδυναμικές συνδέσεις με αγωγούς για μεταλλικές εγκαταστάσεις	116
5.6.2	Ισοδυναμικές συνδέσεις με αγωγούς για εξωτερικά αγωγήματα.....	119
5.6.3	Ισοδυναμικές συνδέσεις με αγωγούς για εισερχόμενες ηλεκτρικές και τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις	120
5.7	ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ ΜΕ SPD.....	122
5.8	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ - ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ SPD	123
5.8.1	SPD ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας	124
5.8.2	Κλάση SPD ανάλογα με τον τρόπο ελέγχου	124
5.8.3	Συντονισμός SPD	125
5.8.4	Ενεργειακός συντονισμός SPD	126
5.8.4.1	Ενεργειακός συντονισμός SPD τύπου περιορισμένης τάσης.....	127
5.8.4.2	Ενεργειακός συντονισμός SPD τύπου περιορισμένης τάσης και διακοπτικού τύπου.....	128
5.8.5	Επιλογή SPD	128
5.8.5.1	Επιλογή ανάλογα με το επίπεδο της τάσης προστασίας	128
5.8.5.2	Επιλογή ανάλογα με τη θέση και το ρεύμα εκφόρτισης	130
5.8.6	Εγκατάσταση συντονισμένων SPD.....	131
5.8.6.1	Εγκατάσταση με κριτήριο τη θέση.....	132
5.8.6.2	Απόσταση προστασίας από ταλάντωση I_{po}	132
5.8.6.3	Απόσταση προστασίας από επαγωγή I_{pi}	132
5.8.6.4	Διαδικασία για εγκατάσταση συντονισμένων SPD	133
5.9	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΑΛΜΟ (LEMP)	133
5.10	ΓΕΙΩΣΗ ΚΑΙ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΞΗ	134
5.10.1	Γείωση και μείωση του LEMP.....	135
5.11	ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΚΑΙ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΩΝ	138
5.11.1	Χωρική Θωράκιση	138
5.11.2	Θωράκιση και δρομολόγηση των καλωδιώσεων	141
5.11.2.1	Θωράκιση των καλωδιώσεων	141
5.11.2.2	Δρομολόγηση των καλωδιώσεων.....	142
5.11.2.3	Εφαρμογή θωράκισης και δρομολόγησης.....	143
5.12	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ LEMP ΕΠΙ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΚΤΙΡΙΑ.....	144

5.13	ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΜΕΝΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	147
6	ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	151
6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	151
6.2	ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΈΝΑΝΤΙ ΤΆΣΕΩΝ ΣΤΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ	152
6.2.1	Μέτρα προστασίας έναντι τάσεων επαφής	152
6.2.2	Μέτρα προστασίας έναντι βηματικών τάσεων.....	153
6.2.3	Μέτρα προστασίας της ανθρώπινης ζωής σε στρατιωτικές εγκαταστάσεις ...	154
6.3	ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΙΣ.....	156
6.3.1	Σκοπός και χρόνος επιθεώρησης.....	156
6.3.2	Διεξαγωγή της επιθεώρησης	157
6.3.2.1	Επιθεώρηση συστήματος προστασίας από LEMP	159
6.3.3	Μετρήσεις στην επιθεώρηση.....	161
6.3.3.1	Μέτρηση της αντίστασης γείωσης	161
6.3.3.2	Δοκιμή ηλεκτρικής συνέχειας αγωγών των ισοδυναμικών συνδέσεων ..	165
6.3.3.3	Προτεινόμενη μέθοδος για την ταχεία επιθεώρηση ΣΑΠ υπό προϋποθέσεις	165
6.4	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	169
6.4.1	Διαδικασία συντήρησης	170
7	ΜΕΛΕΤΕΣ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΣΕ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	171
7.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	171
7.2	ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΜΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	171
7.3	ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΦΥΛΑΚΙΟΥ.....	172
7.3.1	Στρατιωτικό Φυλάκιο Διμοιρίας Προκάλυψης	172
7.3.2	Εκτίμηση Κινδύνου	175
7.3.2.1	Χαρακτηριστικά του κτιρίου	175
7.3.2.2	Διαχωρισμός σε ζώνες προστασίας.....	176
7.3.2.3	Υπολογισμοί Παραμέτρων	177
7.3.2.4	Αναγνώριση Συνιστωσών κινδύνου	178
7.3.2.5	Αντιμετώπιση Κινδύνου – Λύσεις προστασίας.....	179
7.3.3	Σχεδίαση του εξωτερικού ΣΑΠ.....	181

7.3.3.1	Συλλεκτήριο σύστημα	181
7.3.3.2	Αγωγοί καθόδου	182
7.3.3.3	Σύστημα Γείωσης	183
7.3.4	Σχεδίαση του εσωτερικού ΣΑΠ	183
7.3.5	Προστασία των εσωτερικών συστημάτων από υπερρεύματα- υπερτάσεις με SPD	184
8	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ (RISK ASSESSMENT) ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....	186
8.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	186
8.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	187
8.2.1	Γενικά.....	187
8.2.2	Έναρξη προγράμματος.....	188
8.2.3	Βήμα «ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ»	189
8.2.4	Βήμα «ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ»	191
8.2.5	Βήμα «ΖΩΝΕΣ».....	192
8.2.6	Βήμα «ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ-ΖΩΝΕΣ».....	195
8.2.7	Βήμα «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ».....	196
8.2.8	Βήμα «ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ».....	197
8.3	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΕΡΑΥΝΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΓΙΑ ΈΝΑ ΦΥΛΑΚΙΟ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ.....	198
8.3.1	Γενικά.....	198
8.3.2	Έναρξη προγράμματος.....	198
8.3.3	Βήμα «ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ»	198
8.3.4	Βήμα «ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ»	200
8.3.5	Βήμα «ΖΩΝΕΣ».....	201
8.3.6	Βήμα «ΥΠΗΡΕΣΕΣ-ΖΩΝΕΣ».....	203
8.3.7	Βήμα «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ».....	204
8.4.1	Λήψη γενικών μέτρων μείωσης του κεραυνικού κινδύνου	206
8.4.2	Λήψη αντικεραυνικών μέτρων (1η πρόταση)	209
8.4.3	Λήψη αντικεραυνικών μέτρων (2η πρόταση)	212
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	214
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	216

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια προσπάθεια για την παρουσίαση και κωδικοποίηση της ισχύουσας τεχνικής διαδικασίας για την μελέτη, εγκατάσταση, επιθεώρηση και συντήρηση των διατάξεων της αντικεραυνικής προστασίας μιας εγκατάστασης με έμφαση τα κτίρια που προορίζονται για την εκπλήρωση της στρατιωτικής αποστολής. Επίσης αναπτύσσεται λογισμικό σε γλώσσα Visual Basic 2008 για την ταχεία και ακριβή προκαταρκτική μελέτη ή έλεγχο ανάγκης προστασίας σε μια κατασκευή.

Ξεκινώντας στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται το φαινόμενο του κεραυνού σε ότι αφορά την εμφανισή του την διαδικασία σχηματισμού και εξέλιξης του φαινομένου. Αναπτύσσονται τα κεραυνικά χαρακτηριστικά του κεραυνού και παρουσιάζεται το κεραυνικό ρεύμα υπό τη θεώρηση του προτύπου IEC 62305-1 μέσα από το οποίο γίνεται η προτυποποίηση της αντικεραυνικής προστασίας σε σχέση με τα κεραυνικά χαρακτηριστικά και την εμφανισή τους στην γήινη ατμόσφαιρα.

Στο κεφάλαιο 3 δίνεται η μεθοδολογία για την εκτίμηση κινδύνου σε κατασκευές με έμφαση στην προστασία της ανθρώπινης ζωής πρωτίστως και των κατασκευών σύμφωνα με το πρότυπο IEC 62305-2. Κατά την προκαταρκτική φάση της αντικεραυνικής σχεδίασης ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ), θεμελιώδους σημασίας είναι η όσο το δυνατόν ακριβέστερη εκτίμηση του κεραυνικού κινδύνου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται πληρέστερη αντιμετώπιση των επιπτώσεων του κεραυνού στον άνθρωπο και τις κατασκευές. Σημαντικός παράγοντας στην εκτίμηση αυτή είναι να προβλέψουμε το είδος και την προέλευση του κινδύνου, κάτι που έχει άμεση εξάρτηση από το σημείο προσβολής του κεραυνού (και κατά συνέπεια την πηγή του κεραυνικού ρεύματος που ενδεχομένως να προκαλέσει απώλειες), καθώς και τη φύση της κατασκευής.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται οι τεχνικές σχεδίασης που αφορούν στην προστασία μιας κατασκευής από φυσική καταστροφή και ταυτόχρονα τον περιορισμό του κινδύνου έναντι της ανθρώπινης ζωής από κεραυνοπληξία σε κτίριο, τα οποία και αποτελούν την εξωτερική αντικεραυνική προστασία μιας εγκατάστασης. Το εξωτερικό Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ) έχει ως σκοπό, να συλλαμβάνει τους άμεσους κεραυνούς, και στην συνέχεια, να διοχετεύει το ρεύμα του κεραυνού από το σημείο του

πλήγματος και να το διαχέει στο έδαφος χωρίς να προκαλεί θερμικές και μηχανικές ζημιές στην κατασκευή που χρήζει προστασίας και επικίνδυνες υπερτάσεις για τους ανθρώπους [3].

Στο κεφάλαιο 5 συμπληρώνεται η αντικεραυνική προστασία μιας κατασκευής με την περιγραφή των τεχνικών εγκατάστασης της εσωτερικής αντικεραυνικής προστασίας. Αφενός με τον σχεδιασμό εντός της κατασκευής μιας σειράς ζωνών προστασίας (LPZ- Lightning Protection Zones) και αφετέρου σε μια σειρά από προστατευτικά μέτρα που ως σκοπό έχουν την αποτροπή δημιουργίας επικίνδυνων σπινθήρων μεταξύ των αγωγών του εξωτερικού ΣΑΠ και των φυσικών μερών αυτού, τα οποία υποδέχονται το κεραυνικό ρεύμα και το διοχετεύουν προς τη γη και των εσωτερικών μεταλλικών μερών και συστημάτων της κτιριακής εγκατάστασης. Επίσης παρουσιάζονται οι τεχνικές για την αποτροπή εισερχόμενων κεραυνικών υπερτάσεων μέσω σε μια κτιριακή εγκατάσταση και σε κάθε LPZ περαιτέρω, καθώς και στην θωράκιση από την ανάπτυξη επαγωγικών τάσεων και την απευθείας ηλεκτρομαγνητική επίδραση.

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται οι διαδικασίες ελέγχου-επιθεώρησης και συντήρησης. Οι διαδικασίες αυτές λόγω της φύσης τους και της αίσθησης του «μη επιτακτικού» που δίνουν, τείνουν να παραμελούνται από το υπεύθυνο προσωπικό και γι αυτό το λόγο παρουσιάζονται ξεχωριστά. Η παραμονή ενός συστήματος επί μακρό χρονικό διάστημα εγκυμονεί κινδύνους για την επαρκή προστασία ενός κτιρίου, καθώς μια σειρά από παράγοντες τείνουν να μεταβάλλονται με την πάροδο των ετών. Έτσι τυχόν προσθήκες στο κτίριο ή εξωτερικά αυτού, αποσύσφιξη των στοιχείων του ΣΑΠ, μηχανική φθορά λόγω εργασιών στις οροφές, φθορά από μη ενημερωμένους χρήστες των κτιρίων, αλλοίωση και φθορά λόγω γήρανσης ή διάβρωσης, αποστερούν την ορθή λειτουργία του και θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλεια του προσωπικού και των εγκαταστάσεων. Παρουσιάζονται επίσης μέτρα για την αντιμετώπιση των βηματικών τάσεων και τάσεων επαφής στις κτιριακές εγκαταστάσεις.

Στο κεφάλαιο 7 γίνεται εφαρμογή σχεδίασης αντικεραυνικής προστασίας. Αρχικά πραγματοποιείται εκτίμηση κινδύνου για ένα κτίριο, από όπου και προκύπτουν τα διάφορα πιθανά μέτρα προστασίας των κτιρίων. Για την εκτίμηση κινδύνου θεωρούνται καταστάσεις και παράμετροι των κατασκευών που προσομοιάζουν με την πραγματικότητα και λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες της στρατιωτικής αποστολής. Στη συνέχεια εφαρμόζεται κατόπιν οικονομοτεχνικής θεώρησης αντικεραυνική προστασία, που αφορά μέτρα τόσο της εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας (σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στο κεφ.4), όσο και της εσωτερικής (σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στο κεφ.5). Στην μελέτη γίνεται υπολογισμός των απαιτούμενων υλικών για την πραγματοποίηση της και δίνονται πρακτικές οδηγίες προς αυτήν την κατεύθυνση.

Στο κεφάλαιο 8 παρουσιάζεται το λογισμικό που αναπτύχθηκε με τη γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic 2008 στη σουίτα εργαλείων ανάπτυξης Visual Studio, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας και αφορά στον υπολογισμό της εκτίμησης κινδύνου σε ένα κτίριο.

Το υπόψη υπολογιστικό πρόγραμμα βασίστηκε κατά κύριο λόγο στο σύγχρονο πρότυπο κανονισμό της διεθνούς επιτροπής IEC – 62305-2, που αφορά στην αντικεραυνική προστασία και ειδικότερα στην εκτίμηση του κεραυνικού κινδύνου (risk assessment).

Το πρόγραμμα περιέχει 4 βήματα εισόδου δεδομένων: «ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ»- «ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ» - «ΖΩΝΕΣ» - «ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ-ΖΩΝΕΣ» στο κάθε ένα από τα παραπάνω βήματα εισάγονται δεδομένα που αφορούν στα περιγραφικά ονόματα των βημάτων (και καρτελών στο πρόγραμμα). Ακολουθεί ένα βήμα που αφορά στα «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ» και ένα βήμα που αφορά στην οικονομική εκτίμηση της αντικεραυνικής προστασίας «ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ».

Τέλος παρατίθεται ένα παράρτημα που αφορά στην ατόμικη αντικεραυνική προστασία. Λόγω της ιδιαιτερότητας των στρατιωτικών εγκαταστάσεων (πολλές φορές σε απομονωμένους λόφους), της φύσεως των στρατιωτικών εργασιών και της εν υπαίθρω διαβίωσης το στρατιωτικό προσωπικό είναι εκτεθειμένο στο κεραυνικό πλήγμα και μπορούμε να θεωρήσουμε την ενημέρωση και εκπαίδευση του προσωπικού σε μεθόδους ατομικής προστασίας ως ενισχυτικό-πολλαπλασιαστικό και απαραίτητο παράγοντα της αντικεραυνικής προστασίας. Δια μέσου της κατανόησης του κινδύνου και των επιπτώσεων του κεραυνικού ρεύματος στον ανθρώπινο οργανισμό μπορούμε να διαπιστώσουμε ατέλειες του ήδη εγκατεστημένου συστήματος αντικεραυνικής προστασίας σε στρατιωτικές εγκαταστάσεις και να αποτρέψουμε απώλειες ανθρωπίνων ζώων και τραυματισμών σε θεωρούμενες προστατευμένες περιοχές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2 ΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

2.1 Εισαγωγή

Το φαινόμενο του κεραυνού είναι ένα μεγαλειώδες φυσικό φαινόμενο το οποίο προκαλεί δέος στον άνθρωπο. Οι αρχαίοι Έλληνες έδωσαν στο φαινόμενο θεϊκές διαστάσεις και το απέδωσαν ως όπλο του Δία, δωρισμένο σε αυτόν από τους Κύκλωπες. Μάλιστα θεωρούσαν τα σημεία του εδάφους στα οποία συχνά πλήττονταν από κεραυνούς ως «ιερά» και έχτιζαν σε αυτά λατρευτικούς ναούς προς κατευνασμό της θεϊκής συμπεριφοράς. Παρόμοιες μυθολογικές προεκτάσεις συναντούμε και σε πολλούς άλλους αρχαίους πολιτισμούς [7].



Εικόνα 2.1 Το φαινόμενο του κεραυνού[9]

Υπό την θεώρηση της επιστήμης στον σύγχρονο κόσμο η κεραυνική εκκένωση μπορεί να οριστεί ως μια μορφή ηλεκτρικής διάσπασης χαρακτηριζόμενης από υψηλό ρεύμα σε πολύ μεγάλα διάκενα. Παρατηρείται στην γήινη ατμόσφαιρα μεταξύ σημείων υψηλής συγκέντρωσης φορτίων και φόρτισης, ώστε να διασπάται ηλεκτρικά ο αέρας της

ατμόσφαιρας. Χαρακτηρίζεται από την υψηλή ταχύτητα εξέλιξης του, κατά την οποία παράγεται το οπτικό του αποτέλεσμα, η αστραπή. Συνοδεύεται από τη βροντή ηχητικό αποτέλεσμα, λόγω της απότομης εκτόνωσης των αερίων γύρω από τον κεραυνικό οχετό.

Από την εποχή του Franklin οι ακίδες αντικεραυνικής προστασίας διαπιστώθηκε ότι εξασφαλίζουν προστασία στα κτίρια από τα κεραυνικά πλήγματα. Πρώτη εγκατάσταση αλεξικέραυνου Φρανκλίνου φαίνεται ότι έγινε το 1760 στο σπίτι του εμπόρου WEST στη Φιλαδέλφεια. Σε σύντομο χρονικό διάστημα και μετά από κεραυνική εκκένωση έλυσε ένα μέρος της ακίδας, γεγονός που αξιολογήθηκε σαν απόδειξη για τη μεγάλη χρησιμότητα αυτής της μεθόδου στην αποτροπή των δυσμενών συνεπειών των κεραυνών [5].

Με την πάροδο του χρόνου, η Αντικεραυνική Προστασία έχει μελετηθεί εκτενώς και έχουν προταθεί διάφοροι τύποι αλεξικέραυνων και άλλων μεθόδων για την προστασία κτιρίων, εξοπλισμών, και ζωντανών οργανισμών από τον κεραυνό. Μέχρι όμως τον 20 αιώνα και την ανάπτυξη της τεχνολογίας παρατήρησης (εικόνα – πάλμογραφος) η μελέτη του φαινομένου και η αντικεραυνική προστασία γινόταν με εμπειρικό τρόπο [8].

2.2 Συνθήκες Σχηματισμού Κεραυνού

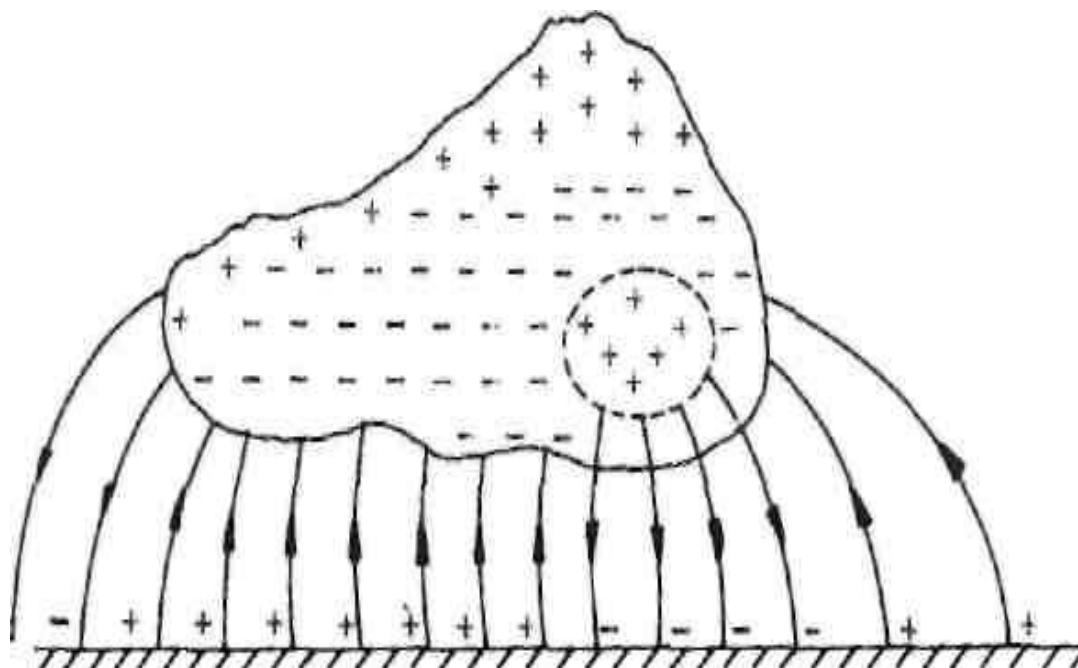
Η γήινη ατμόσφαιρα σε συνθήκες καλοκαιρίας χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ηλεκτρικού πεδίου, μεταξύ της επιφάνειας ενός στρώματος της ιονόσφαιρας κατειλημμένου με θετικά ηλεκτρικά φορτία, γνωστού και ως στρώματος Haenyside, ευρισκόμενου σε μια μέση απόσταση περί τα 100 km από την επιφάνεια του εδάφους [5].

Σκέψεις για τη διατύπωση μιας μονοσήμαντης θεωρίας όσον αφορά τους μηχανισμούς διαχωρισμού των ηλεκτρικών φορτίων στο εσωτερικό των νεφών έχουν γίνει προ πολλού, αλλά μέχρι σήμερα δεν υπάρχει συμφωνία αναφορικά με το διαχωρισμό των ηλεκτρικών φορτίων εντός των νεφών. Υπάρχουν διάφορες θεωρίες οι οποίες βασίζονται είτε στην φόρτιση των σταγονιδίων του νέφους είτε στη μεταφορά φορτίων σε ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας με ανοδικά ρεύματα που οφείλονται σε θερμοκρασιακές διαφορές [5,6].

Από τα πειραματικά επιβεβαιωμένα χαρακτηριστικά ενός ηλεκτρισμένου νέφους έχουμε τα εξής [5]:

Ένα ηλεκτρισμένο σύννεφο περιέχει ηλεκτρικά φορτία και των δύο πρόσημων σε ίσες ποσότητες. Φορτία του κάθε πρόσημου καταλαμβάνουν διακεκριμένες περιοχές του νέφους. Με λίγα λόγια η φόρτιση ενός νέφους στην πραγματικότητα δεν είναι τίποτε άλλο παρά ένας διαχωρισμός φορτίων. Τα σύννεφα παρουσιάζουν, κατά κανόνα, στο κάτω μέρος τους ένα σημαντικό φορτίο αρνητικής πολικότητας που κυμαίνεται από μερικές δεκάδες έως μερικές εκατοντάδες και ένα φορτίο θετικής πολικότητας στο άνω μέρος τους. Έτσι στο χώρο μεταξύ σύννεφου και γης αναπτύσσεται ένα ηλεκτρικό πεδίο, του οποίου οι δυναμικές

γραμμές καταλήγουν στη γη πάνω σε επαγόμενα φορτία, αντίθετης πολικότητας από αυτή που έχουν τα φορτία του σύννεφου (σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1 Κατανομή του φορτίου εντός του νέφους και το ηλεκτρικό πεδίο με τη γή[5]

➤ Η πυκνότητα και η διασπορά των φορτίων και των δύο πρόσημων δημιουργούν μία συγκεχυμένη εικόνα μέσα στο νέφος, η οποία διαρκώς μεταβάλλεται, γεγονός που εμποδίζει τη συστηματική ταξινόμηση των ηλεκτρικών καταστάσεων που μπορούν να επικρατούν μέσα σ' ένα ηλεκτρισμένο νέφος.

➤ Ο διαχωρισμός των φορτίων μέσα στο νέφος συμβαίνει μέσα σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα (μερικά πρώτα λεπτά της ώρας έως μισή ώρα περίπου).

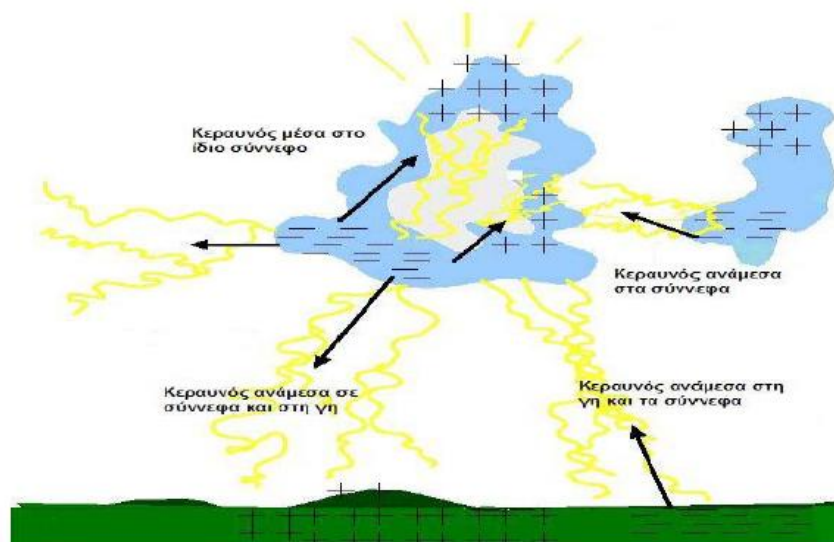
2.3 Ο μηχανισμός των ατμοσφαιρικών εκκενώσεων

2.3.1 Κατηγορίες κεραυνικών εκκενώσεων

Οι ατμοσφαιρικές εκκενώσεις διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες [5,6]

(εικόνα 2.2) :

- α) Μεταξύ νέφους και γης και αντίστροφα
- β) Εντός του ίδιου νέφους
- γ) Μεταξύ των νεφών



Εικόνα 2.2 Κατηγορίες κεραυνικών εκκενώσεων [9]

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας μας ενδιαφέρει όπως γίνεται αντιληπτό η πρώτη κατηγορία εκκενώσεων.

2.3.2 Φάσεις των κεραυνικών εκκενώσεων

Οι φάσεις της εκκενώσεις είναι τρεις [5,6]:

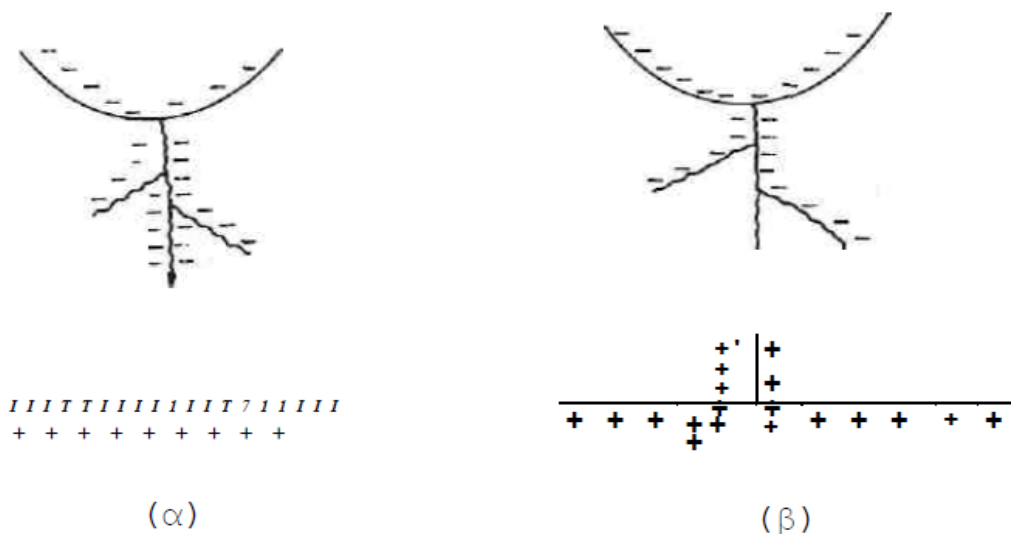
- Προεκκένωση
- Εκκένωση Αντίθετης Φοράς
- Κύρια εκκένωση

α) Προεκκένωση

Το ηλεκτρισμένο νέφος λίγο πριν από μία κεραυνική εκκένωση, προερχόμενη απ' αυτό, εμφανίζεται μακροσκοπικά σαν ένα ηλεκτρικό δίπολο, εξαιτίας του οποίου επάγονται στο έδαφος πεδία με ένταση πάνω από 5 kV/m. Στις παρυφές περιοχών του νέφους με μεγάλη πυκνότητα φορτίου, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μπορεί να πάρει αρκετά μεγάλες τιμές. Οι υψηλές αυτές εντάσεις, συνδυαζόμενες με τη μικρή πυκνότητα του αέρα και μερικούς άλλους παράγοντες που προκαλούν πρόσθετη τοπική ενίσχυση του ηλεκτρικού πεδίου, μπορούν να προκαλέσουν έναρξη ιονισμού των μορίων του αέρα από κρούσεις ηλεκτρονίων. Ο ιονισμός αυτός αποτελεί το πρώτο βήμα για την έναρξη μίας ηλεκτρικής εκκένωσης [5].

Το επόμενο βήμα είναι ο σχηματισμός ενός οχετού ο οποίος ακολουθεί τις δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου. Ο οχετός ακολουθεί την κατεύθυνση που θα προκαλέσει την ηλεκτρική σύνδεση και αλληλεξουδετέρωση των δύο ετερόνυμων φορτίων. Αν οι γραμμές μέγιστης πεδιακής έντασης κατευθύνονται προς το έδαφος, ο οχετός, (καλούμενος οχετός προεκκενώσεως), θα κατευθυνθεί προς αυτό. Η προεκκένωση ξεκινάει από κάποια

περιοχή του σύννεφου όπου το ηλεκτρικό πεδίο θα απέκτησε πολύ μεγάλες τιμές της τάξεως μερικών εκατοντάδων V/m. Δημιουργείται, έτσι, ένας αγωγίμος δρόμος (οχετός), ο οποίος τροφοδοτείται συνέχεια με φορείς ηλεκτρικού φορτίου από το σύννεφο. Έχουμε, κατά συνέπεια, τη δημιουργία υψηλού ηλεκτρικού πεδίου που σε μία διαδικασία ανακύκλωσης συμβάλλει στην προώθηση του προς τη γη. Έτσι η προεκκένωση, αφού ξεκινήσει, αναπτύσσεται από μόνη της στο χώρο του ηλεκτρικού πεδίου, εφ' όσον τροφοδοτείται από την πλευρά του σύννεφου με μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου [5] (Σχήμα 2.2 (α)).



Σχήμα 2.2 (α) Προεκκένωση (β) Εκκένωση αντίθετης φοράς [5]

Ενδέχεται να έχουμε και διακλαδώσεις του αγωγίμου οχετού, που δεν απολήγουν όμως σε γεφύρωση του προς τη γη, λόγω του ότι δεν υπάρχει διαθεσιμότητα μεγάλου αριθμού ηλεκτρικών φορέων. Η μέση ταχύτητα προωθήσεως του οχετού προεκκενώσεως είναι περίπου 0,3 m/μs. Η ταχύτητα αυτή όσο μεγάλη και εάν φαίνεται, συγκρινόμενη με την ταχύτητα μετάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο κενό (300 m/μs) προκύπτει ίση με το ένα χιλιοστό αυτής περίπου [5].

β) Εκκένωση Αντίθετης Φοράς

Η διαμήκης πτώση τάσεως κατά μήκος του οχετού προεκκενώσεως διαφέρει στις διάφορες θέσεις του, η μέση τιμή της όμως είναι μικρότερη από 0,1 kV/cm. Έτσι ο οχετός προεκκενώσεως εμφανίζεται, περίπου σαν μία μεταλλική προεξοχή που επεκτείνεται από το σύννεφο προς το έδαφος. Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου γύρω από τον οχετό προεκκενώσεως και ιδίως στο άκρο του προς το έδαφος, είναι πολύ μεγάλη και υπερβαίνει κατά πολύ την πεδιακή ένταση που απαιτείται για τον ιονισμό του αέρα από κρούσεις (γύρω στα 30kV/cm). Αυτός είναι και ο λόγος που ο οχετός περιβάλλεται διαρκώς από ένα μανδύα Corona (στεμματοειδούς εκκενώσεως), που εκτείνεται μερικά μέτρα γύρω από αυτόν. Το πάχος του μανδύα αυτού είναι μεγαλύτερο στο προς το έδαφος άκρο του οχετού

και αυξάνει όσο η κεφαλή του οχετού πλησιάζει στο έδαφος. Καθώς τώρα ο οχετός κατέρχεται στη γη αυξάνει το ηλεκτρικό πεδίο της γης. Έτσι είναι δυνατό να δημιουργήσει ένα φαινόμενο τύπου Corona, το οποίο καταλήγει σε μια ανερχόμενη εκκένωση (σχήμα 2.2 (β)), η οποία τείνει να συναντήσει τον κατερχόμενο οχετό, οπότε και έχουμε πλήρη γεφύρωση του διακένου αέρα, μ' άλλα λόγια, κεραυνικό πλήγμα [5].

Η απόσταση που θα πρέπει να φτάσει η κεφαλή του κατερχόμενου οχετού για να ξεκινήσει απ' τη γη η εκκένωση αντίθετης φοράς χαρακτηρίζεται σαν απόσταση εναύσεως [5].

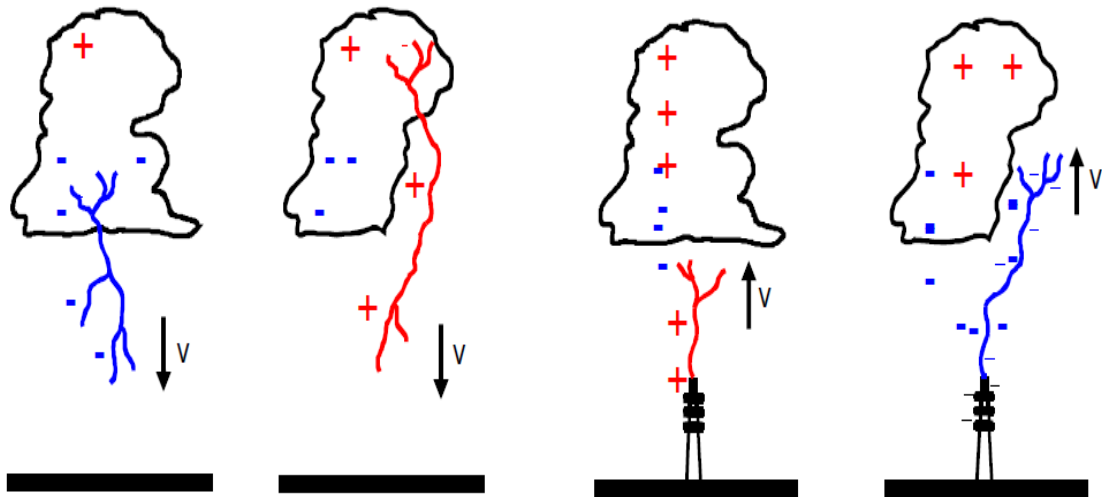
γ)Κύρια εκκένωση

Στην τελευταία αυτή φάση, η οποία εξελίσσεται με ιδιαίτερα μεγάλη ταχύτητα, έχουμε γεφύρωση της αποστάσεως μεταξύ νέφους και γης. Ήδη προϋπάρχει αγωγίμος οχετός προεκκενώσεως που παίρνει τη μορφή ενός πλήρους οχετού εκκενώσεως. Τα κυκλοφορούντα ρεύματα δια μέσου του οχετού είναι της τάξεως των (10 ...100)kA, με κλίσεις μετώπου της τάξεως (20...100) kA/μs ενώ η διάρκεια ροής των ρευμάτων αυτών είναι της τάξεως μερικών δεκάδων μs.

Το μήκος ενός κεραυνικού οχετού εξαρτάται από το ύψος που βρίσκεται το αντίστοιχο καταιγιδόφορο νέφος. Η διάμετρος ενός οχετού εκκενώσεως είναι της τάξεως μερικών εκατοστών, γιατί από μόνο του το πλάσμα που αναφέρθηκε προηγουμένως, λόγω του μαγνητικού πεδίου αυτοσυμπιέζεται. Η μεγάλη λαμπρότητα του ηλεκτρικού τόξου εξηγεί τέλος και το γεγονός ότι ο κεραυνικός οχετός συχνά οδηγεί σε παροδικές θαμβώσεις [5].

2.4 Κεραυνοί μεταξύ νέφους – γής και αντίστροφα

Οι κεραυνοί αυτής της κατηγορίας είναι και αυτοί που παρουσιάζουν το και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον καθώς επηρεάζουν την ανθρώπινη ζωή και δραστηριότητα και παρατηρούνται όταν το ηλεκτρικό πεδίο πάρει την κρίσιμη τιμή πλησίον του νέφους, οπότε έχουμε εκκένωση κατερχόμενη, ή πλησίον της γης, οπότε έχουμε εκκένωση ανερχόμενη. Σαν πολικότητα της εκκένωσης μεταξύ σύννεφου - γης, λαμβάνεται εκείνη του φορτίου του κάτω μέρους του σύννεφου που την προκάλεσε [5] (σχήμα 2.3). Η παρατήρηση του φαινομένου και η καταγραφή των χαρακτηριστικών του ξεκίνησε στα μέσα περίπου του περασμένου αιώνα και ευνοήθηκε από την εισαγωγή στην επιστημονική έρευνα της φωτογραφίας και του παλμογράφου [8].



Σχήμα 2.3 Ανάλογα με τη φορά τους οι κεραυνοί διακρίνονται σε ανερχόμενους και κατερχόμενους και ανάλογα με την πολικότητά τους σε θετικούς και αρνητικούς, σχηματίζοντας έτσι τις τέσσερις παραπάνω περιπτώσεις [8]

Τα πλέον σημαντικά δεδομένα προέρχονται από τα πειράματα του καθηγητή Berger, ο οποίος καταμέτρησε κεραυνικά ρεύματα από το 1943 έως το 1971 σε δύο πύργους τηλεπικοινωνίας στο βουνό Σαν Σαλβατόρε, στην Ελβετία. Η κορυφή του βουνού αυτού είναι 915m από την επιφάνεια της θάλασσας και 640 από την λίμνη του Λουγκάνο. Οι δύο πύργοι έχουν ύψος 70m συμπεριλαμβανομένης και της ακίδας στην κορυφή τους. Τα ρεύματα που καταγράφηκαν (100 περίπου ανερχόμενοι κεραυνοί και περισσότεροι από 200 κατερχόμενοι) αποτελούν και τη βάση για τον σχεδιασμό της αντικεραυνικής προστασίας σύμφωνα με το πρότυπο IEC 62305 [8].

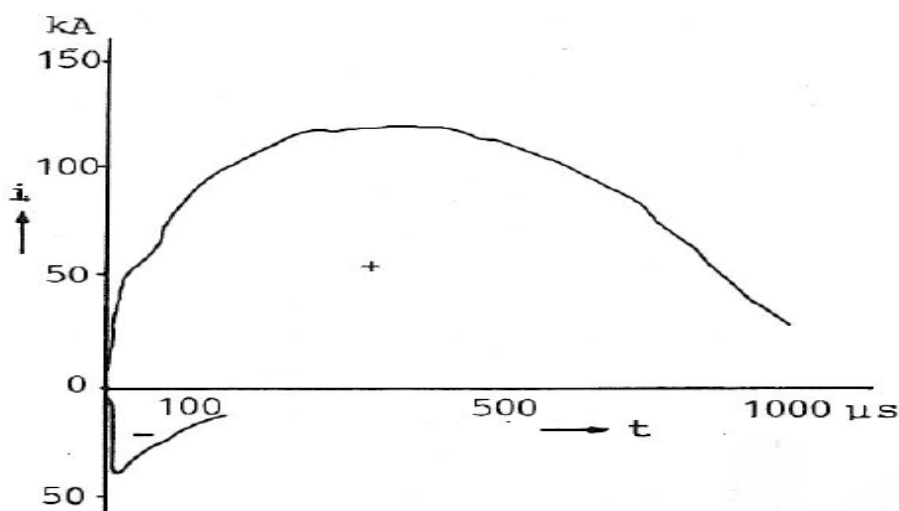
Σε μία περιοχή με εύκρατο κλίμα τα χαρακτηριστικά του κεραυνού επηρεάζονται από την ορειογραφική κατάσταση της περιοχής. Στις ορεινές περιοχές η ένταση του ρεύματος του κεραυνού όπως και το σχετικό φορτίο είναι μικρά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η μικρή απόσταση γης-νέφους προκαλεί εκκενώσεις στη γη πριν ολοκληρωθεί η διαδικασία φορτίσεως του νέφους και στο ότι το μικρό, σχετικά, μήκος του αγωγού του κεραυνού έχει σαν αποτέλεσμα τη συσσώρευση ενός μικρού μόνον φορτίου κατά μήκος αυτού [5].

Ο αριθμός των εκκενώσεων στις ορεινές περιοχές είναι πάντοτε μεγαλύτερος από εκείνον στις πεδινές. Στις πεδινές περιοχές όπου η απόσταση νέφους-γης είναι μεγαλύτερη σημειώνονται λιγότερες εκκενώσεις αλλά με υψηλή ένταση ρεύματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σπάνια, σχετικά, το ηλεκτρικό πεδίο είναι τέτοιο ώστε να επιτρέπει κεραυνό νέφους-γης. Η μεγάλη ένταση ρεύματος οφείλεται στην παρουσία νεφών πολύ φορτισμένων και σχετών εκκενώσεως μεγάλου μήκους [5].

2.4.1 Κατερχόμενοι κεραυνοί

Μικρά κτίρια έως 100 m ύψος πλήττονται σχεδόν αποκλειστικά από κατερχόμενους κεραυνούς. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 2.4) φαίνονται τα διαγράμματα των

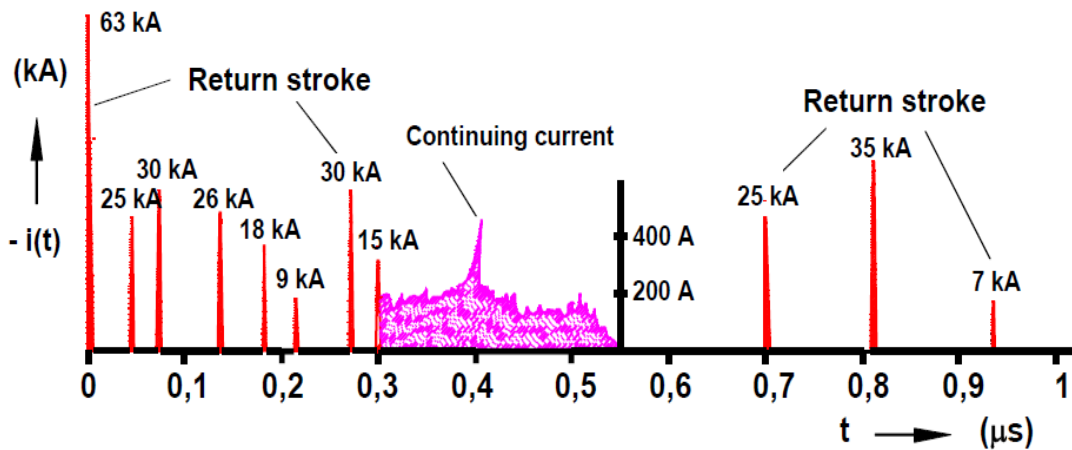
κατερχόμενων θετικών και αρνητικών πρώτων κεραυνικών ρευμάτων. Τα αρνητικά κεραυνικά ρεύματα διακρίνονται από ένα ταχέως ανερχόμενο τμήμα (από 100 ns έως 10 μs) ακολουθούμενο από τμήμα μεγαλύτερης κλίσης και παύουν ουσιαστικά μετά από 100 μs. Τα θετικά κεραυνικά ρεύματα διαρκούν πολύ περισσότερο (έως και πάνω από 2 ms), αλλά με μικρότερη κλίση μετώπου και για το λόγο αυτό μεταφέρουν στο έδαφος πολύ μεγαλύτερη ποσότητα φορτίου σε σύγκριση με τα αρνητικά πρώτα κεραυνικά ρεύματα [5,8].



Σχήμα 2.4 Σχηματική παράσταση πρώτων κατερχόμενων κεραυνικών ρευμάτων θετικού (πάνω) και αρνητικού (κάτω), από όπου και διακρίνονται τα χαρακτηριστικά κλίσεως μετώπου και μεταφερόμενου φορτίου [5]

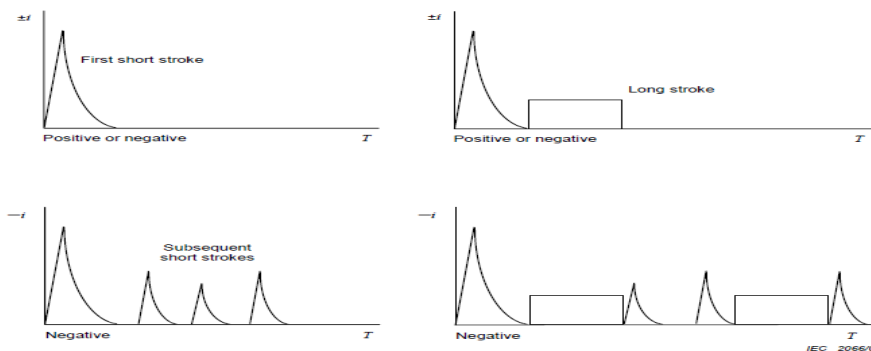
Τα πρώτα κεραυνικά ρεύματα ακολουθούνται συνήθως από ύστερα κεραυνικά ρεύματα μέσα από το ίδιο δημιουργηθέν κεραυνικό κανάλι. Περίπου τα $\frac{3}{4}$ των αρνητικών κατερχομένων κεραυνών περιέχουν περισσότερα από ένα κεραυνικά ρεύματα. Κατά μέσο όρο ένας αρνητικός κατερχόμενος κεραυνός αποτελείται από ένα πρώτο κεραυνικό ρεύμα και περίπου τρία ύστερα. Σε αντίθεση οι λιγότεροι θετικοί κατερχόμενοι κεραυνοί περιέχουν έναν μόνο πρώτο κεραυνικό ρεύμα χωρίς επακόλουθους [1,8].

Το επόμενο σχήμα (σχήμα 2.5) παρουσιάζει ένα πολλαπλό αρνητικό κατερχόμενο κεραυνό αποτελούμενο από 11 κεραυνικά πλήγματα (βραχεία) και ένα συνεχές (μακρό) ρεύμα (μετά το 8^ο πλήγμα). Από την παρατήρηση του διαγράμματος διαφαίνεται ότι το πρώτο κεραυνικό πλήγμα έχει πολύ μεγαλύτερο ρεύμα κορυφής από τα επόμενα και ότι τα ύστερα κεραυνικά ρεύματα διαθέτουν πολύ μεγαλύτερες κλίσεις μετώπου από το πρώτο κεραυνικό ρεύμα. Το συνεχές τώρα κεραυνικό ρεύμα έχει πολύ μικρότερο πλάτος ρεύματος της τάξεως των μερικών εκατοντάδων A, αλλά πολύ μεγαλύτερης διάρκειας της τάξεως των μερικών εκατοντάδων ms [8].



Σχήμα 2.5 Σχηματική παράσταση αρνητικού κατερχόμενου πολλαπλού κεραυνικού πλήγματος αποτελούμενου από 11 κρουστικά κεραυνικά ρεύματα και ένα συνεχές [8]

Τα πειραματικά αυτά μετρούμενα δεδομένα λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό της αντικεραυνικής προστασίας από το πρότυπο IEC- 62305 προκειμένου να ληφθούν υπόψη τα κεραυνικά χαρακτηριστικά. Το διεθνές πρότυπο παρουσιάζει ένα τυπικό κατερχόμενο κεραυνό όπως παρακάτω (σχήμα 2.6)

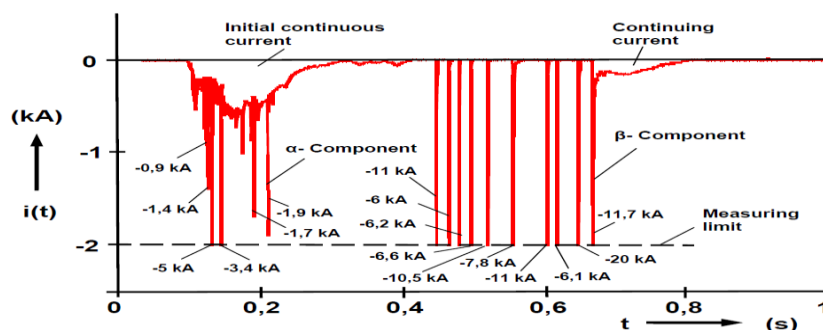


Σχήμα 2.6 Σχηματική παράσταση κατερχόμενων κεραυνών σύμφωνα με το IEC 62305-1. (συνήθως πλήττει επίπεδες περιοχές και χαμηλότερα κτίρια) [1]

2.4.2 Ανερχόμενοι κεραυνοί

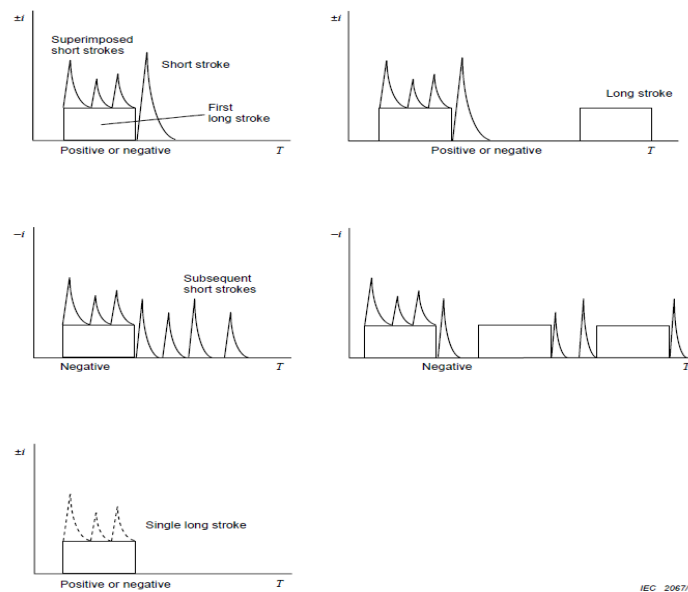
Σε υψηλά κτίρια ή εάν υπάρχει κάποια αιχμηρή κατασκευή, το πεδίο πλησίον του εδάφους μπορεί να γίνει τόσο έντονο ώστε να δημιουργηθεί μια ανερχόμενη εκκένωση. Ο αριθμός των ανερχόμενων δε εκκενώσεων είναι κατά την καλοκαιρινή περίοδο πολύ μεγαλύτερος από εκείνον των κατερχόμενων. Λόγω του σημαντικού ύψους των νεφών από το έδαφος πολλές εκκενώσεις συμβαίνουν μεταξύ των νεφών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μια απότομη μεταβολή του ηλεκτρικού πεδίου στην επιφάνεια του εδάφους η οποία ευνοεί την ανάπτυξη ανερχόμενης εκκένωσης από μια προεξοχή [5].

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται ένας αρνητικός ανερχόμενος κεραυνός καταμετρημένος στον πύργο Peissenberg, στη Γερμανία. Κρουστικά ρεύματα υπερτίθενται στο αρχικά δημιουργούμενο συνεχές κεραυνικό ρεύμα. Αυτές οι αποκαλούμενες α-συνιστώσες είναι μικρής διάρκειας με πλάτη μερικών kA. Μετά τη παύση του αρχικού συνεχούς ρεύματος, ακολουθούν οι β-συνιστώσες. Μετά από αυτή τη φάση ενδεχομένως να υπάρχει και επιπλέον συνεχές κεραυνικό ρεύμα (σχήμα 2.7).



Σχήμα 2.7 Σχηματική παράσταση αρνητικού ανερχόμενου κεραυνού καταγεγραμμένου στο πύργο Peissenberg της Γερμανίας [8]

Το διεθνές πρότυπο παρουσιάζει ένα τυπικό ανερχόμενο κεραυνό όπως παρακάτω (σχήμα 2.8)



Σχήμα 2.8 Σχηματική παράσταση ανερχόμενων κεραυνών σύμφωνα με το IEC 62305-1. (συνήθως πλήττει προεξοχές και υψηλότερα κτίρια) [1]

2.5 Παράμετροι κεραυνού

Το κεραυνικό ρεύμα είναι κύρια αιτία όλων των θερμικών και μηχανικών επιπτώσεων και των επαγόμενων υπερτάσεων που προκαλούνται από τον κεραυνό. Οι παράμετροι του κεραυνικού ρεύματος που έχουν επιπτώσεις ενοχλητικές έως και καταστροφικές για τις ανθρώπινες ζωές και εγκαταστάσεις είναι [5,8]:

- α) Η **μέγιστη τιμή ρεύματος**, η οποία προκαλεί υπερπήδηση

μονωτήρων και καταστροφή των μονωτικών υλικών, εξαιτίας της ανύψωσης του δυναμικού του σημείου του πλήγματος. Είναι σημαντικός παράγοντας για τη σχεδίαση του συστήματος γείωσης, καθώς το κεραυνικό ρεύμα που εισέρχεται στη γη προκαλεί διαμέσου της αντίστασης γης μια πτώση τάσης. Το μέγιστο ρεύμα καθορίζει την τιμή της τάσης αυτής, η οποία ίσως να οδηγεί σε πλευρικά πλήγματα όταν αγωγίμες γραμμές υπηρεσιών εισέρχονται σε κτίρια.

β) Η **μέγιστη κλίση του κεραυνικού ρεύματος** $(di/dt)_{\max}$, το οποίο καθορίζει τις επαγόμενες τάσεις σε βρόχους κυκλωμάτων, τάσεις που αναπτυσσόμενες σε π.χ λογικά κυκλώματα ή κυκλώματα που περιλαμβάνουν ευαίσθητα ηλεκτρονικά στοιχεία του συστήματος πλοήγησης ή τηλεπικοινωνίας των αεροσκαφών, μπορούν να έχουν δραματικές συνέπειες.

γ) Το **μεταφερόμενο φορτίο** $Q = \int i(t) \cdot dt$, το οποίο ευθύνεται για την τοπική τήξη και τη διάτρηση μεταλλικών επιφανειών μικρού πάχους.

δ) Η **ειδική ενέργεια** $W/R = \int i^2(t) \cdot dt$, είναι ανάλογο της εκλυόμενης ενέργειας, η οποία προκαλεί θερμικά φαινόμενα (τήξη μετάλλων, έναυση εύφλεκτων ατμών ή αερίων) όταν το κεραυνικό ρεύμα ρέει δια μέσου μεταλλικών αγωγών.

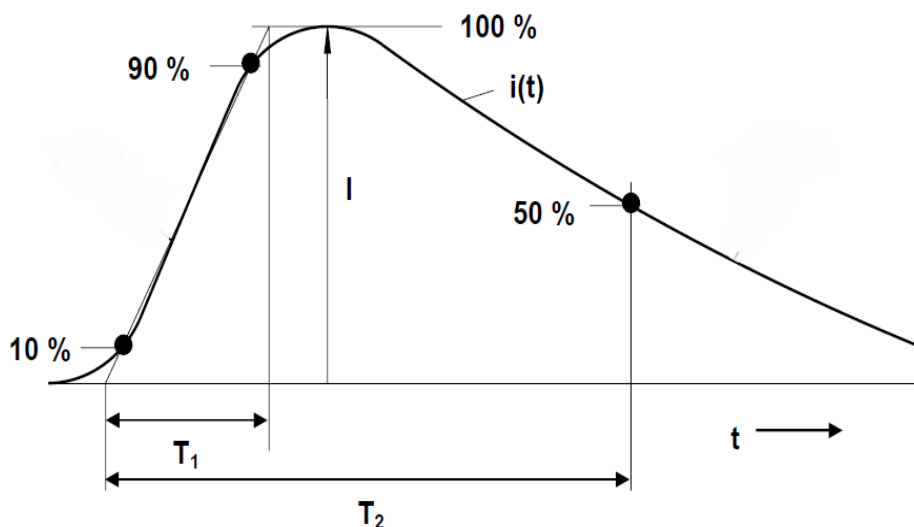
Μετρήσεις αποκάλυψαν ότι οι κεραυνικές παράμετροι των ανερχόμενων κεραυνών δεν υπερβαίνουν τις αντίστοιχες των κατερχόμενων. Για το λόγο αυτό οι κεραυνικές παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη στο IEC-62305 βασίζονται στις παραμέτρους του κατερχόμενου κεραυνού. Οι συνιστώσες που λαμβάνονται υπόψη για των καθορισμό των κεραυνικών παραμέτρων στο διεθνές πρότυπο είναι:

- Το πρώτο βραχύ κρουστικό κεραυνικό ρεύμα
- Το επόμενο βραχύ κρουστικό κεραυνικό ρεύμα
- Το μακρό κεραυνικό ρεύμα.

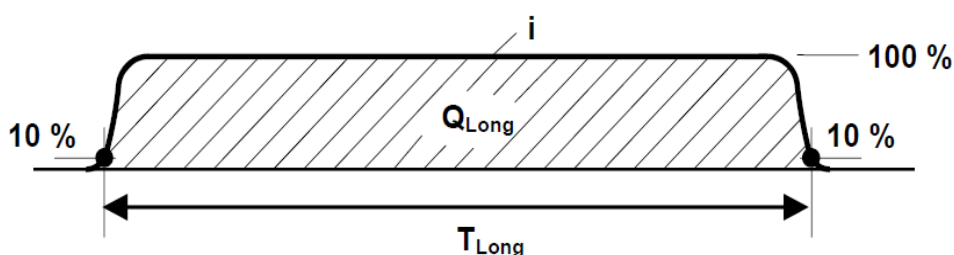
Το πρώτο βραχύ κεραυνικό ρεύμα λαμβάνει υπόψη τον κίνδυνο από το πρώτο κρουστικό πλήγμα του κατερχόμενου κεραυνού. Ο κίνδυνος επικεντρώνεται στο γεγονός ότι ο θετικός κεραυνός έχει υψηλότερες τιμές μεγίστου ρεύματος κορυφής, μεγαλύτερο μεταφερόμενο φορτίο και μεγαλύτερες τιμές ειδικής ενέργειας W/R , σε σύγκριση με τον αρνητικό. Σε ότι αφορά τη μέγιστη κλίση μετώπου παρατηρήθηκε από τις μετρήσεις του Berger ότι είναι πολύ μεγαλύτερη στην περίπτωση του επόμενου βραχέως κρουστικού ρεύματος και ασυσχέτιστη με τις άλλες παραμέτρους και για το λόγο αυτό για τον

καθορισμό της μέγιστης τιμής λαμβάνεται υπόψη η τιμή που μπορούν να δώσουν τα επόμενοι βραχέα κρουστικά κεραυνικά ρεύματα [1,8].

Το επόμενο σχήματα (σχήμα 2.9 και 2.10) παριστά τη μορφή του βραχέως και μακρού κεραυνικού ρεύματος σύμφωνα με το πρότυπο IEC 62305-1. Το βραχύ κρουστικό ρεύμα (πρώτο ή επόμενο) έχει κλίση μετώπου T_1 και χρόνο ημίσεως εύρους T_2 . Το μακρό κεραυνικό ρεύμα λαμβάνει υπόψη τη μεταφορά φορτίου των συνεχών κεραυνικών ρευμάτων.



Σχήμα 2.9 Σχηματική παράσταση βραχέως κρουστικού κεραυνικού ρεύματος σύμφωνα με το IEC-62305-1[1]



Σχήμα 2.10 Σχηματική παράσταση μακρού κεραυνικού ρεύματος κατά IEC-62305-1 [1]

2.6 Καθορισμός των επιπέδων προστασίας με βάση τα κεραυνικά χαρακτηριστικά

Το διεθνές πρότυπο IEC 62305-1 καθορίζει τέσσερις στάθμες αντικεραυνικής προστασίας (LPL-lightning protection level) προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες προστασίας διαφόρων κατασκευών. Για παράδειγμα ένα κτίριο κατοικίας μέσα τη πόλη απαιτεί μικρότερο επίπεδο προστασίας από ένα εργοστάσιο παραγωγής εκρηκτικών ή εύφλεκτων υλικών. Για αξιόπιστη προστασία έναντι θερμικών – μηχανικών φαινομένων του κεραυνού και επαγόμενων υπερτάσεων ελήφθησαν υπόψη οι μέγιστες τιμές των κεραυνικών παραμέτρων όπως προκύπτουν από στατιστικές κατανομές κεραυνικών

ρευμάτων. Έτσι καθορίστηκε για αντικεραυνική προστασία κλάσης I (LPL I) κεραυνικές παράμετροι οι οποίες δεν θα υπερβαίνουν τους πραγματικά συμβαίνοντες κεραυνούς με πιθανότητα 99 %. Για προστασία LPL II οι παράμετροι μειώνονται στο 75 % και για επίπεδα III και IV στο 50% του επιπέδου I. Από την άλλη πλευρά για την προστασία των κατασκευών θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα ελάχιστα παρατηρούμενα μέγιστα πλάτη του κεραυνικού ρεύματος τα οποία μπορούν να πλήξουν τις εγκαταστάσεις και να παρακάμψουν τα μετρά προστασίας [1].

2.6.1 Μέγιστες καθορισμένες τιμές των κεραυνικών παραμέτρων

Για τον καθορισμό των παραπάνω επιπέδων δεν θα μπορούσε να παραληφθεί ότι οι θετικοί κεραυνοί διαφέρουν κατά την εποχή και τη γεωγραφική κατάσταση της περιοχής και ότι αποτελούν το 10 % των κεραυνών μεταξύ νέφους γης. Επίσης το υπόλοιπο 90 % είναι αρνητικοί κεραυνοί. Όπως προαναφέρθηκε ο καθορισμός των παραμέτρων βασίστηκε στις μετρήσεις του Berger και εκδόθηκαν από το CIGRE Electra No. 41 or No. 69. Με βάση αυτές τις μετρήσεις τα επιθυμητά επίπεδα προστασίας και τις στατιστικές κατανομές καθορίστηκαν οι παρακάτω τιμές κεραυνικών παραμέτρων ανάλογα με το επίπεδο προστασίας (πίνακας 2.1) [1] .

Πρώτο βραχύ κεραυνικό ρεύμα			LPL		
Ρευματικές Παράμετροι	Σύμβολο	Μονάδα	I	II	III/IV
Μέγιστο ρεύμα	I_{max}	kA	200	150	100
Φορτίο	Q_{short}	C	100	75	50
Ειδική Ενέργεια	W/R	MJ/Ω	10	5,6	2,5
Μορφή Κύματος	T_1/T_2	μs/μs	10/350		
Επακόλουθο βραχύ κεραυνικό ρεύμα			LPL		
Ρευματικές Παράμετροι	Σύμβολο	Μονάδα	I	II	III/IV
Μέγιστο ρεύμα	I_{max}	kA	50	37,5	25
Μέση κλίση μετώπου	di/dt	kA/μs	200	150	100
Μορφή Κύματος	T_1/T_2	μs/μs	0,25/100		
Μακρό κεραυνικό ρεύμα			LPL		
Ρευματικές Παράμετροι	Σύμβολο	Μονάδα	I	II	III/IV
Φορτίο	Q_{long}	C	200	150	100
Διάρκεια	T_{long}	s	0,5		
Κεραυνός			LPL		
Ρευματικές Παράμετροι	Σύμβολο	Μονάδα	I	II	III/IV
Συνολικό Φορτίο	Q_{flash}	C	300	225	150

Πίνακας 2.1 Καθορισμός μεγίστων τιμών κεραυνικών παραμέτρων ανάλογα με το LPL σύμφωνα με το IEC 62305-1[1].

Στον παραπάνω πίνακα οι τιμές I,Q και W/R καθορίζονται από το θετικούς κεραυνούς (επειδή το 10% των τιμών τους είναι πολύ υψηλότερο από τις ανώτερες τιμές του 1% των αρνητικών κεραυνών). Επίσης φαίνεται η μορφή του κεραυνού 10/350 μs για (τυπική τιμή) για το πρώτο κρουστικό πλήγμα και 0,25/100 μs για το επόμενο κρουστικό πλήγμα καθώς και ότι λαμβάνεται υπόψη ως μέγιστη τιμή κλίσης μετώπου αυτή του επόμενου βραχέως κρουστικού ρεύματος. Για τον υπολογισμό του μέγιστου μεταφερόμενου

φορτίου προστίθενται το μεταφερόμενο φορτίου του πρώτου βραχέως κεραυνικού ρεύματος και του μακρού κεραυνικού ρεύματος το οποίο λόγω φύσεως μεταφέρει μεγάλες τιμές φορτίου αλλά παρουσιάζει αμελητέα ειδική ενέργεια W/R [1].

2.6.2 Καθορισμένες τιμές ελάχιστων τιμών κεραυνικών παραμέτρων

Η ικανότητα υποδοχής του κεραυνικού ρεύματος συνδέεται με τις ελάχιστες τιμές κεραυνικών παραμέτρων και την σχετιζόμενη με αυτά ακτίνα της κυλιόμενης σφαίρας. Τα γεωμετρικά όρια της περιοχής που προστατεύεται έναντι πληγμάτων καθορίζεται χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της κυλιόμενης σφαίρας, η οποία ακολουθεί το ηλεκτρογεωμετρικό μοντέλο και αναλύεται ενδελεχέστερα στο κεφάλαιο της προστασίας των εγκαταστάσεων.

Η ακτίνα αυτή που στην ουσία μας δίνει και την απόσταση έναυσης στο πρότυπο IEC 62305-1 καθορίζεται ως $r = 10 I^{0,65}$

Για δεδομένες τιμές τις ακτίνας θεωρείται ότι όλοι οι κεραυνοί με μέγιστες τιμές υψηλότερες από τις καθορισμένες ελάχιστες τιμές του μέγιστου πλάτους ρεύματος I θα συλλαμβάνονται από τις απολήξεις της προστασίας. Για το λόγο αυτό τα ελάχιστα παρατηρούμενα πλάτη αρνητικών και θετικών κεραυνών καθορίζουν και τη πιθανότητα της πιθανότητας σύλληψης του κεραυνού. Σύμφωνα με τη συχνότητα των κεραυνών και την πιθανότητα σύλληψης τους από ένα σύστημα προστασίας καθορίζονται οι παρακάτω τιμές ελάχιστων πλατών κεραυνικού ρεύματος ανάλογα με το LPL (πίνακας 2.2) [1].

Κριτήρια Υποδοχής			LPL			
	Σύμβολο	Μονάδα	I	II	III	IV
Ελάχιστο κεραυνικό ρεύμα κορυφής	I	kA	3	5	10	16
Ακτίνα κυλιόμενης σφαίρας	r	m	20	30	45	60

Πίνακας 2.2 Καθορισμός ελάχιστων τιμών κεραυνικού μέγιστου πλάτους ρεύματος και ακτίνα μεθόδου κυλιόμενης σφαίρας ανάλογα με το LPL σύμφωνα με το IEC 62305-1[1].

Οι παραπάνω μέγιστες και ελάχιστες τιμές των παραμέτρων καθορίστηκαν στο πρότυπο μετά από τη μελέτη στατιστικών κατανομών μετρήσεων κεραυνών και με αντίστοιχο καθορισμό των απαιτήσεων ανάλογα με το LPL. Συνοπτικά οι πιθανότητες που καθορίζονται στο πρότυπο ανάλογα με το LPL φαίνονται στο παρακάτω πίνακα (πίνακας 2.3)

Πιθανότητα ότι οι ρευματικές παράμετροι του κεραυνού	LPL			
	I	II	III	IV
Να είναι μικρότερες από τις μέγιστες τιμές του Πίνακα 2.1	0,99	0,98	0,97	0,97
Να είναι μεγαλύτερες από τις μέγιστες τιμές του Πίνακα 2.2	0,99	0,97	0,91	0,84

Πίνακας 2.3 Πιθανότητα υπέρβασης των κεραυνικών παραμέτρων ανάλογα με το LPL σύμφωνα με το IEC 62305-1[1].

2.7 Ισοκεραυνικές καμπύλες

Κεραυνική στάθμη συγκεκριμένου τόπου είναι το πλήθος των ημερών καταιγίδος που αντιστοιχούν στο συγκεκριμένο τόπο μέσα σ' ένα χρόνο. Μέρα καταιγίδας χαρακτηρίζεται εκείνη κατά τη διάρκεια της οποίας ακούγεται μία (τουλάχιστον) βροντή [5].

Καίτοι ο ορισμός αυτός φαίνεται ελάχιστα επιστημονικός, παρέχει, εν τούτοις, τη δυνατότητα εκτίμησης του κινδύνου κεραυνοπληξίας στο συγκεκριμένο τόπο. Έτσι το **1/10 της κεραυνικής στάθμης** δίνει το πλήθος των κατ' έτος στατιστικώς αναμενόμενων κεραυνοπληξιών προς γη ανά Km² επιφανείας σύμφωνα με το IEC 62305 [1].

Σύνδεση τόπων ίδιας κεραυνικής στάθμης δίνει τις ισοκεραυνικές καμπύλες.

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 2.4) παρουσιάζονται οι τιμές του μέσου όρου ημερών καταιγίδας ανά έτος (Td), που χρησιμοποιούνται στο πρόγραμμα, για διάφορες περιοχές της Ελλάδας [9]. Χαρακτηριστικά αναφέρονται οι κεραυνικές στάθμες μερικών ελληνικών πόλεων: Αθήνα 17, Θεσσαλονίκη 21, Βόλος 12, Γιάννινα 33, Καλαμάτα 10. Στο δυτικοευρωπαϊκό χώρο οι αντίστοιχες τιμές είναι μεταξύ 10 και 30, (στα κράσπεδα των Άλπεων έως και 40), ενώ μεγίστη θεωρείται παγκοσμίως η κεραυνική στάθμη στην πόλη Kampala της Uganda. (240) [5].

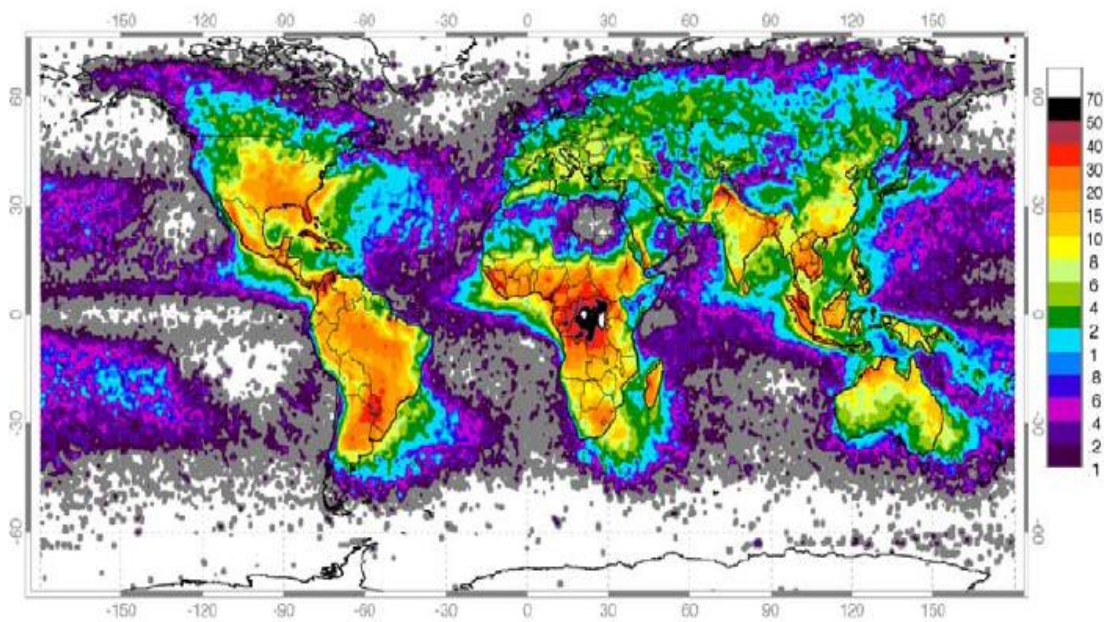
Στις εικόνες 2.3 και 2.4 παρατίθενται ο ελληνικός χάρτης με τις ισοκεραυνικές καμπύλες και παγκόσμιος χάρτης συχνότητας εμφάνισης κεραυνού [10]

Περιοχή	Μέσος όρος ημερών καταιγίδων ανά έτος T _d
Ανατολική Πελοπόννησος Ανατολική Στερεά Εύβοια Ανατολική Κρήτη	Μέχρι 25
Κεντρική Πελοπόννησος Κεντρική Μακεδονία Ανατολική Μακεδονία Θράκη Βόρειοι Σποράδες Κυκλάδες	Μέχρι 35
Δυτική Μακεδονία Κρήτη Ανατολικά Νησιά Αιγαίου Νότια Πελοπόννησος	Μέχρι 45
Νησιά Ιονίου Ήπειρος Δυτική Στερεά Κεντρική Στερεά Δυτική Πελοπόννησος	Μέχρι 55

Πίνακας 2.4 Τιμές του μέσου όρου τιμών ημερών καταιγίδας ανά περιοχή της Ελλάδος [9]



Σχήμα 2.3 Ισοθερμικές καμπύλες στον ελλαδικό χώρο [9]



Εικόνα 2.4. Συχνότητα εμφάνισης κεραυνού παγκοσμίως [10]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ (RISK ASSESSMENT)

3.1 Εισαγωγή

Κατά την προκαταρκτική φάση της αντικεραυνικής σχεδίασης ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ), θεμελιώδους σημασίας είναι η όσο το δυνατόν ακριβέστερη εκτίμηση του κεραυνικού κινδύνου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται πληρέστερη αντιμετώπιση των επιπτώσεων του κεραυνού στον άνθρωπο και τις κατασκευές. Λέγοντας κεραυνικό κίνδυνο εννοούμε την πιθανότητα προσβολής ανθρώπου ή κατασκευής από το κεραυνικό ρεύμα με ενδεχόμενες βλάβες. Σημαντικός παράγοντας στην εκτίμηση αυτή είναι να προβλέψουμε το είδος και την προέλευση του κινδύνου, κάτι που έχει άμεση εξάρτηση από το σημείο προσβολής του κεραυνού (και κατά συνέπεια την πηγή του κεραυνικού ρεύματος που ενδεχομένως να προκαλέσει απώλειες), καθώς και τη φύση της κατασκευής.

Τα μέχρι και πριν λίγα χρόνια πρότυπα [11] αντιμετώπιζαν σχετικά απλοϊκά την εκτίμηση κινδύνου δίνοντας αποτελέσματα κυρίως για την εξωτερική προστασία ενός κτιρίου. Το νέο ισχύον πρότυπο [2] δίδει ιδιαίτερη βαρύτητα στην ορθή εκτίμηση κινδύνου λαμβάνοντας υπόψη σε μια κατασκευή και τον εισερχόμενο κεραυνικό κίνδυνο μέσα από τις συνδεόμενες σε αυτό υπηρεσίες (δίκτυο ΧΤ, τηλεφωνικές γραμμές). Για να το πετύχει αυτό αναλύει τον κίνδυνο ανάλογα με την προέλευση της κεραυνοπληξίας, την επίπτωση του ενδεχόμενου κεραυνικού κινδύνου ανάλογα με τη φύση της κατασκευής, ενώ διαχωρίζει και υπολογίζει αντίστοιχα τις κατασκευές σε ζώνες προστασίας για την οικονομικότερη και πληρέστερη σχεδίαση. Επίσης καταδεικνύει την σπουδαιότητα συμπληρωματικών στην αντικεραυνική προστασία μέτρων, όπως πχ την πυρασφάλεια των κατασκευών.

Στο παρόν κεφάλαιο δίνεται η μεθοδολογία για την εκτίμηση κινδύνου (σύμφωνα με το Πρότυπο 62305-2) σε κατασκευές με έμφαση στην προστασία της ανθρώπινης ζωής πρωτίστως και των κατασκευών σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Εφαρμογή της μεθοδολογίας παρέχεται στο αντίστοιχο κεφάλαιο των μελετών.

3.2 Πηγές - τύποι βλαβών και απώλειες στα κτίρια

3.2.1 Πηγές βλαβών

Το κεραυνικό ρεύμα αποτελεί την αιτία όλων των βλαβών που προκύπτουν από το φαινόμενο του κεραυνού. Ανάλογα με το σημείο της κεραυνοπληξίας διακρίνουμε τις παρακάτω πηγές βλαβών στα κτίρια:

S1: Κεραυνοπληξία στο κτίριο

Στην περίπτωση αυτή ενδεχομένως να προκληθούν:

- Άμεσες μηχανικές ζημιές, φωτιά και/ή έκρηξη εξαιτίας του ίδιου του καυτού κεραυνικού τόξου πλάσματος, εξαιτίας του ρεύματος που προκαλεί ωμική θέρμανση στους αγωγούς, ή εξαιτίας του κεραυνικού φορτίου που προκαλεί λιώσιμο μετάλλων
- Φωτιά και/ή έκρηξη από σπινθήρες που προκαλούνται από υπερτάσεις εξαιτίας της ωμικής και επαγωγικής συμπεριφοράς των αγωγών
- Τραυματισμοί σε ανθρώπους από βηματικές τάσεις και τάσεις επαφής
- Καταστροφή ή δυσλειτουργία των εσωτερικών συστημάτων λόγω του κεραυνικού ηλεκτρομαγνητικού παλμού (LEMP) που προκαλεί ανάπτυξη επαγωγικών τάσεων σε κλειστούς βρόχους καθώς και απευθείας επίδραση του εκπεμπόμενου μαγνητικού πεδίου.

S2: Κεραυνοπληξία κοντά στο κτίριο

Στην περίπτωση αυτή ενδεχομένως να προκληθεί καταστροφή ή δυσλειτουργία των εσωτερικών συστημάτων λόγω του κεραυνικού ηλεκτρομαγνητικού παλμού (LEMP).

S3: Κεραυνοπληξία στην υπηρεσία που συνδέεται στο κτίριο

Στην περίπτωση αυτή ενδεχομένως να προκληθεί:

- Φωτιά και/ή έκρηξη προερχόμενη από σπινθήρες εξαιτίας των υπερτάσεων και του κεραυνικού ρεύματος που μεταδίδονται δια μέσου της γραμμής της συνδεδεμένης υπηρεσίας
- Τραυματισμό σε ανθρώπους εξαιτίας των τάσεων επαφής και μέσα στο κτίριο εξαιτίας του κεραυνικού ρεύματος που μεταδίδονται δια μέσου της γραμμής της συνδεδεμένης υπηρεσίας
- Καταστροφή ή δυσλειτουργία των εσωτερικών συστημάτων λόγω των υπερτάσεων που εμφανίζονται στις συνδεδεμένες γραμμές και μεταδίδονται στο κτίριο

S4: Κεραυνοπληξία κοντά στην υπηρεσία που συνδέεται στο κτίριο

Στην περίπτωση αυτή ενδεχομένως να προκληθεί καταστροφή ή δυσλειτουργία των εσωτερικών συστημάτων λόγω των επαγόμενων υπερτάσεων στις συνδεδεμένες γραμμές και μεταδίδονται στο κτίριο

3.2.2 Τύποι βλαβών

Αποτέλεσμα του κεραυνικού ρεύματος αποτελούν οι τρεις παρακάτω τύποι βλαβών :

D1: Τραυματισμοί σε έμβια όντα (άνθρωπο – ζώα) λόγω βηματικών τάσεων και τάσεων επαφής

D2: Φυσική καταστροφή (φωτιά, έκρηξη, μηχανική καταστροφή) εξαιτίας των επιδράσεων του κεραυνικού ρεύματος συμπεριλαμβανομένων των σπινθήρων

D3: Καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων (ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών) λόγω του LEMP

Βλάβη σε υπηρεσία προκαλεί καταστροφή στα φυσικά μέσα (γραμμή ή αγωγό) που χρησιμοποιούνται για την υπηρεσία, καθώς επίσης και στον συνδεδεμένο ηλεκτρονικό και ηλεκτρικό εξοπλισμό. Υπηρεσία θεωρείται η φυσική σύνδεση μεταξύ ενός τηλεπικοινωνιακού κτιρίου και του κτιρίου του χρήστη ή μεταξύ δυο κτιρίων για γραμμές τηλεπικοινωνιακές, ο Υ/Σ ΥΤ και το κτίριο του χρήστη για ηλεκτρικές γραμμές και ο σταθμός διανομής και το κτίριο του χρήστη στη περίπτωση των αγωγών. Στην περίπτωση των στρατιωτικών εγκαταστάσεων υπηρεσία θεωρούμε και την περίπτωση γραμμών μεταφοράς δεδομένων από μέσα επιτήρησης και για το λόγο αυτό θα αναφερθούμε και εδώ.

3.2.3 Τύποι απωλειών

3.2.3.1 Τύποι απωλειών στα κτίρια

Κάθε τύπος βλάβης μόνος ή σε συνδυασμό με άλλους, προκαλεί διαφορετικού τύπου απώλειας μέσα στο κτίριο που εξαρτάται τα χαρακτηριστικά του. Τύποι απωλειών που εμφανίζονται στα κτίρια είναι :

L1: Απώλεια της ανθρώπινης ζωής

L2: Απώλεια της υπηρεσίας στο κοινό

L3: Απώλεια της πολιτιστικής κληρονομιάς

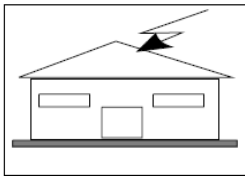
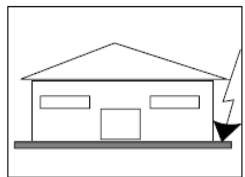
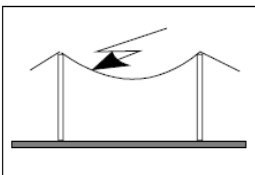
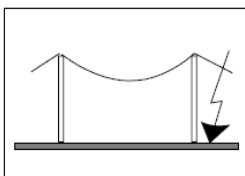
L4: Απώλεια της οικονομικής αξίας (το κτίριο και τα περιεχόμενα του)

3.2.3.2 Τύποι απωλειών στις υπηρεσίες

L'2: Απώλεια της υπηρεσίας στο κοινό

L'4: Απώλεια της οικονομικής αξίας (υπηρεσία και απώλεια λειτουργίας)

Όλα τα παραπάνω εμφανίζονται σχηματικά στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 3.1) [1,2]

Σημείο Πλήγματος	Πηγή Βλάβης	Κτίριο		Υπηρεσία	
		Τύπος Βλάβης	Τύπος Απώλειας	Τύπος Βλάβης	Τύπος Απώλειας
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 ²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ¹⁾ , L2, L4	D2 D3	L'2, L'4 L'2, L'4
	S2	D3	L1 ¹⁾ , L2, L4		
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 ²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ¹⁾ , L2, L4	D2 D3	L'2, L'4 L'2, L'4
	S4	D3	L1 ¹⁾ , L2, L4	D3	L'2, L'4

- 1) Μόνο για κτίρια με κίνδυνο έκρηξης και για νοσοκομεία ή αλλά κτίρια όπου καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων θέτει άμεσα σε κίνδυνο την ανθρώπινη ζωή.
2) Μόνο για ιδιοκτησίες όπου ζώα μπορεί να θανατωθούν.

Σχήμα 3.1 Πηγές – τύποι βλαβών και τύποι απωλειών στα κτίρια και υπηρεσίες [2]

3.3 Κίνδυνος και συνιστώσες κινδύνου

Κίνδυνος R (Risk) είναι η τιμή της πιθανής μέσης ετήσιας απώλειας. Για κάθε τύπο απώλειας που μπορεί να εμφανιστεί σε ένα κτίριο, υπολογίζεται ανάλογα και ο σχετικός κίνδυνος. Κατ' αυτόν τον τρόπο διακρίνουμε ανάλογα με τον τύπο της απώλειας και τον αντίστοιχο κίνδυνο όπως παρακάτω :

R1: Κίνδυνος της απώλειας της ανθρώπινης ζωής

R2: Κίνδυνος της απώλειας της υπηρεσίας στο κοινό

R3: Κίνδυνος απώλειας της πολιτιστικής κληρονομιάς

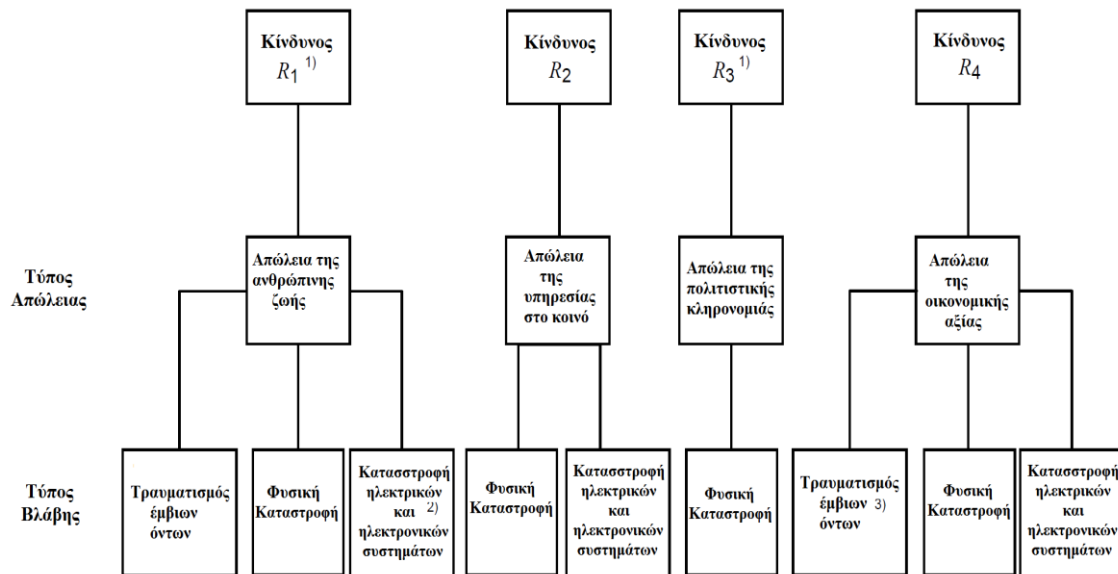
R4: Κίνδυνος της απώλειας της οικονομικής αξίας

Ο κίνδυνος στην περίπτωση υπηρεσίας μπορεί να διακριθεί ως ακολούθως:

R'2: Κίνδυνος της απώλειας της υπηρεσίας στο κοινό

R'4: Κίνδυνος της απώλειας της οικονομικής αξίας

Σχηματικά έχουμε :



1)Μόνο για κτίρια

2)Μόνο για νοσοκομεία ή άλλα κτίρια όπου η αστοχία των εσωτερικών συστημάτων θέτει άμεσα σε κίνδυνο την ανθρώπινη ζωή

3)Μόνο για περιπτώσεις όπου ζώα μπορεί να θανατωθούν

Σχήμα 3.2 Τύποι απώλειας και αντίστοιχος κίνδυνος [1]

Η ανάγκη για αντικεραυνική προστασία είναι απαραίτητη εάν ο κίνδυνος R (R_1 έως R_3) προκύπτει από την εκτίμηση κινδύνου προκύπτει να είναι μεγαλύτερος από ένα προκαθορισμένο επίπεδο κινδύνου R_T (tolerable risk) όπως παρακάτω (πίνακας 3.1).

Τύποι Απώλειας	R_T (y^{-1})
Απώλεια της ανθρώπινης ζωής ή μόνιμος τραυματισμός	10^{-5}
Απώλεια της υπηρεσίας στο κοινό	10^{-3}
Απώλεια της πολιτιστικής κληρονομιάς	10^{-3}

Πίνακας 3.1 Τυπικές τιμές ανεκτού κινδύνου [2]

Εάν ο εκτιμώμενος κίνδυνος είναι $R > R_T$ τότε απαιτείται η λήψη μέτρων τέτοιων που να μειώνουν τον κίνδυνο (R_1 έως R_3) κάτω από το ανεκτό επίπεδο κινδύνου.

3.3.1 Συνιστώσες κινδύνου σε κτίριο

Προκειμένου να εκτιμηθεί ο κίνδυνος σε ένα κτίριο, ορίζονται επιμέρους συνιστώσες κινδύνου:

Εξαιτίας κεραυνών στο κτίριο

R_A : Συνιστώσα κινδύνου σχετιζόμενη με τραυματισμό σε ζώντες οργανισμούς από βηματικές τάσεις και τάσεις επαφής σε ζώνες έως και 3m έξω από το κτίριο. Απώλεια L1 και στην περίπτωση κτιρίων σταυλισμού ζώων απώλεια L4 εμφανίζεται.

R_B: Συνιστώσα σχετιζόμενη με φυσική καταστροφή που προκαλείται από επικίνδυνο σπινθήρα μέσα στο κτίριο προκαλώντας φωτιά ή έκρηξη. Όλοι οι τύποι των απωλειών δύνανται να εμφανιστούν.

R_C: Συνιστώσα σχετιζόμενη με καταστροφή εσωτερικών συστημάτων λόγω του LEMP. Απώλεια τύπου L2 και L4 εμφανίζονται και τύπος L1 στην περίπτωση κτιρίων με κίνδυνο έκρηξης και νοσοκομείων ή άλλων κτιρίων όπου καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων συνεπάγεται κίνδυνο της ανθρώπινης ζωής.

Εξαιτίας κεραυνών κοντά στο κτίριο

R_M: Συνιστώσα σχετιζόμενη με καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων εξαιτίας του LEMP. Απώλεια L2 και L4 εμφανίζονται και τύπος L1 στην περίπτωση κτιρίων με κίνδυνο έκρηξης και νοσοκομείων ή άλλων κτιρίων όπου καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων συνεπάγεται κίνδυνο της ανθρώπινης ζωής.

Εξαιτίας κεραυνών στην υπηρεσία που συνδέεται στο κτίριο

R_U: Συνιστώσα κινδύνου σχετιζόμενη με τραυματισμό σε ζώντες οργανισμούς από τάσεις επαφής μέσα στο κτίριο, εξαιτίας του κεραυνικού ρεύματος που εισέρχεται στο κτίριο δια μέσου της γραμμής. Τύπος απώλειας L1 και στην περίπτωση κτηνοτροφικών κατασκευών απώλειες τύπου L4 μπορούν να συμβούν.

R_V: Συνιστώσα κινδύνου σχετιζόμενη με φυσική καταστροφή (φωτιά ή έκρηξη από σπινθήρες μεταξύ εξωτερικών κατασκευών και μεταλλικών μερών γενικά τοποθετημένων στο σημείο εισόδου της γραμμής στο κτίριο) εξαιτίας του εισερχομένου λόγω της γραμμής ρεύματος. Όλοι οι τύποι απωλειών μπορεί να εμφανιστούν.

R_W: Συνιστώσα σχετιζόμενη με καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων εξαιτίας επαγόμενων υπερτάσεων σε εισερχόμενες γραμμές. Απώλεια L2 και L4 εμφανίζονται και τύπος L1 στην περίπτωση κτιρίων με κίνδυνο έκρηξης και νοσοκομείων ή άλλων κτιρίων όπου καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων συνεπάγεται κίνδυνο της ανθρώπινης ζωής.

Εξαιτίας κεραυνών κοντά στην υπηρεσία που συνδέεται στο κτίριο

R_Z: Συνιστώσα σχετιζόμενη με καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων εξαιτίας επαγόμενων υπερτάσεων σε εισερχόμενες γραμμές. Απώλεια L2 και L4 εμφανίζονται και τύπος L1 στην περίπτωση κτιρίων με κίνδυνο έκρηξης και νοσοκομείων ή άλλων κτιρίων όπου καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων συνεπάγεται κίνδυνο της ανθρώπινης ζωής.

3.3.2 Συνιστώσες κινδύνου σε υπηρεσία

Αντίστοιχα προκειμένου να εκτιμηθεί ο κίνδυνος σε μια υπηρεσία, ορίζονται επιμέρους συνιστώσες κινδύνου:

Εξαιτίας κεραυνών πάνω στην υπηρεσία

R_V: Συνιστώσα κινδύνου σχετιζόμενη με φυσική καταστροφή εξαιτίας των μηχανικών και θερμικών επιδράσεων του κεραυνικού ρεύματος. Όλοι οι τύποι απωλειών μπορεί να εμφανιστούν (L'2 και L'4) .

R_W: Συνιστώσα σχετιζόμενη με καταστροφή του εξοπλισμού εξαιτίας υπερτάσεων λόγω ωμικής διασύνδεσης. Απώλειες L'2 και L'4 εμφανίζονται.

Εξαιτίας κεραυνών κοντά στην υπηρεσία

R_Z: Συνιστώσα σχετιζόμενη με καταστροφή των γραμμών και του εξοπλισμού εσωτερικών συστημάτων εξαιτίας επαγόμενων υπερτάσεων που επάγονται στις γραμμές. Απώλεια L'2 και L'4 εμφανίζονται.

Εξαιτίας κεραυνών στο κτίριο που συνδέεται η υπηρεσία

R_B: Συνιστώσα σχετιζόμενη με φυσική καταστροφή που προκαλείται λόγω των μηχανικών και θερμικών επιδράσεων του κεραυνικού ρεύματος. Όλοι οι τύποι απωλειών μπορεί να εμφανιστούν (L'2 και L'4) .

R_C: Συνιστώσα σχετιζόμενη με καταστροφή του εξοπλισμού εξαιτίας υπερτάσεων από ωμική διασύνδεση. Απώλειες L'2 και L'4 εμφανίζονται.

3.4 Σύνθεση και ομαδοποίηση συνιστωσών κινδύνου

3.4.1 Σύνθεση και ομαδοποίηση συνιστωσών κινδύνου στην περίπτωση κτιρίου

Ανάλογα με τον κίνδυνο που προκαλούν σε ένα κτίριο οι συνιστώσες κινδύνου συντίθενται ανάλογα :

- Κίνδυνος για την ανθρώπινη ζωή R1

$$R1 = R_A + R_B + R_C^{1)} + R_M^{1)} + R_U + R_V + R_W^{1)} + R_Z^{1)} \text{ (Εξίσωση 3.1)}$$

1) Μόνο στην περίπτωση κτιρίων με κίνδυνο έκρηξης και νοσοκομείων ή άλλων κτιρίων όπου καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων συνεπάγεται κίνδυνο της ανθρώπινης ζωής

- Κίνδυνος για απώλεια υπηρεσίας στο κοινό R2

$$R2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z \text{ (Εξίσωση 3.2)}$$

- Κίνδυνος για απώλεια πολιτιστικής κληρονομιάς R3

$$R3 = R_B + R_V \text{ (Εξίσωση 3.3)}$$

- Κίνδυνος για απώλεια οικονομικής αξίας R4

$$R4 = R_A^{2)} + R_B + R_C + R_M + R_U^{2)} + R_V + R_W + R_Z \text{ (Εξίσωση 3.4)}$$

2) Μόνο στην περίπτωση κτιρίων όπου ζώα μπορεί να χαθούν

Ανάλογα με την **πηγή** που τις προκαλεί οι συνιστώσες ομαδοποιούνται όπως παρακάτω:

$$R = R_D + R_I \text{ (Εξίσωση 3.5)}$$

Όπου R_D ο κίνδυνος λόγω κεραυνοπληξίας στο κτίριο (πηγή S1) : $R_D = R_A + R_B + R_C$ (Εξίσωση 3.6) και R_I ο κίνδυνος λόγω όλων των υπολοίπων πηγών (S2, S3,S4) : $R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$ (Εξίσωση 3.7).

Ανάλογα με τον **τύπο των βλαβών** έχουμε:

$$R = R_S + R_F + R_O \text{ (Εξίσωση 3.8)}$$

Όπου, R_S ο κίνδυνος λόγω τραυματισμών κατά της ανθρώπινης ζωής (D1) ο οποίος και ορίζεται ως το άθροισμα

$$R_S = R_A + R_U \text{ (Εξίσωση 3.9)}$$

R_F ο κίνδυνος λόγω φυσικής καταστροφής (D2), που ορίζεται

$$R_F = R_B + R_V \text{ (Εξίσωση 3.10)}$$

R_O ο κίνδυνος λόγω καταστροφής εσωτερικών συστημάτων (D3), που ορίζεται

$$R_O = R_C + R_M + R_W + R_Z \text{ (Εξίσωση 3.11)}$$

3.4.2 Σύνθεση και ομαδοποίηση συνιστωσών κινδύνου στην περίπτωση υπηρεσίας

Ανάλογα με την κατηγορία απώλειας διακρίνουμε:

- Κίνδυνος για απώλεια υπηρεσίας στο κοινό $R'2$

$$R'2 = R'_V + R'_W + R'_Z + R'_B + R'_C \text{ (Εξίσωση 3.12)}$$

- Κίνδυνος για απώλεια οικονομικής αξίας $R4$

$$R'4 = R'_V + R'_W + R'_Z + R'_B + R'_C \text{ (Εξίσωση 3.13)}$$

Ανάλογα με την πηγή που τις προκαλεί οι συνιστώσες ομαδοποιούνται όπως παρακάτω:

$$R' = R'_D + R'_I \text{ (Εξίσωση 3.14)}$$

Όπου R'_D ο κίνδυνος λόγω κεραυνοπληξίας στην υπηρεσία (πηγή S3): $R'_D = R'_V + R'_W$ (Εξίσωση 3.15) και R'_I ο κίνδυνος λόγω όλων των υπολοίπων πηγών (S1 και S4) : $R'_I = R'_B + R'_C + R'_Z$ (Εξίσωση 3.16).

Ανάλογα με τον τύπο των βλαβών έχουμε:

$$R' = R'_F + R'_O \text{ (Εξίσωση 3.17)}$$

Όπου, R'_F ο κίνδυνος λόγω φυσικής καταστροφής (D2), που ορίζεται

$$R'_F = R'_V + R'_B \text{ (Εξίσωση 3.18)}$$

R'_O ο κίνδυνος λόγω καταστροφής εσωτερικών συστημάτων (D3), που ορίζεται

$$R'_O = R'_W + R'_Z + R'_C \text{ (Εξίσωση 3.19)}$$

3.5 Βασική Εξίσωση Υπολογισμού Κινδύνου

Προκειμένου στη συνέχεια να υπολογίσουμε αριθμητικά κάθε συνιστώσα κινδύνου θα χρησιμοποιήσουμε την παρακάτω βασική εξίσωση προσαρμοσμένη σε κάθε περίπτωση με παράγοντες αυξομείωσης ανάλογα με τη συνιστώσα

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x \text{ (Εξίσωση 3.20),}$$

Όπου N_x , είναι ο αριθμός των επικίνδυνων των επικίνδυνων γεγονότων ανά έτος και εξαρτάται την κεραυνική πυκνότητα N_g , τα φυσικά χαρακτηριστικά του προς προστασία κτιρίου, τα παρακείμενα κτίρια και το έδαφος.

P_x , είναι η πιθανότητα της βλάβης σε ένα κτίριο και επηρεάζεται γενικά από τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και τα λαμβανόμενα μέτρα

L_x , είναι η συνεπακόλουθη απώλεια και επηρεάζεται γενικά από την προοριζόμενη χρήση του κτιρίου την παρουσία ανθρώπων, την αξία των αγαθών που υπόκεινται στη βλάβη και τα λαμβανόμενα μέτρα.

Μνημονικά για τον σχεδιαστή θα μπορούσαμε να ονομάσουμε την εξίσωση αυτή ως εξίσωση «Να-πο-λη»

Αντίστοιχα ισχύουν και στην περίπτωση υπηρεσίας.

Κατά συνιστώσα η παραπάνω εξισώσεις δίνονται στους παρακάτω πίνακες για την περίπτωση κτιρίου και υπηρεσίας αντίστοιχα (πίνακας 3.2 και 3.4) :

Πηγή της Βλάβης Βλάβη	S1 Κεραυνός στο κτίριο	S2 Κεραυνός κοντά στο κτίριο	S3 Κεραυνός σε μία εισερχόμενη γραμμή	S4 Κεραυνός κοντά σε μια εισερχόμενη γραμμή	Κίνδυνος σύμφωνα με τον τύπο της Βλάβης
D1 Τραυματισμός ζωντανών οργανισμών	$R_A = N_D \times P_A \times r_a \times L_t$		$R_U = (N_L + N_{Da}) \times P_U \times r_U \times L_t$		$R_S = R_A + R_U$
D2 Φυσική Καταστροφή	$R_B = N_D \times P_B \times r_p \times h_z \times r_t \times L_f$		$R_V = (N_L + N_{Da}) \times P_V \times r_p \times h_z \times r_t \times L_f$		$R_F = R_B + R_V$
D3 Καταστροφή Ηλεκτρικών και Ηλεκτρονικών Συστημάτων	$R_C = N_D \times P_C \times L_o$	$R_M = N_M \times P_M \times L_o$	$R_W = (N_L + N_{Da}) \times P_W \times L_o$	$R_Z = (N_I - N_L) \times P_Z \times L_o$	$R_O = R_C + R_M + R_W + R_Z$
Κίνδυνος σύμφωνα με την πηγή της Βλάβης	$R_D = R_A + R_B + R_C$	$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$			

Πίνακας 3.2 Συνιστώσες κινδύνου στην εκτίμηση κινδύνου κτιρίου[2]

Σύμβολο	Ορισμός	Τιμή σύμφωνα με:
Μέσος ετήσιος αριθμός επικίνδυνων περιστατικών εξαιτίας κεραυνών		
N_D	Στο κτίριο	Εξ.3.21
N_M	Κοντά στο κτίριο	Εξ.3.25
N_L	Σε μια εισερχόμενη γραμμή στο κτίριο	Εξ.3.26
N_I	Κοντά σε μια εισερχόμενη στο κτίριο γραμμή	Εξ.3.27
N_{Da}	Στο κτίριο στο 'α' άκρο μιας γραμμής υπηρεσίας	Εξ.3.24
Πιθανότητα ένας κεραυνός στο κτίριο να προκαλέσει		
P_A	Τραυματισμό σε έμβια όντα	Πιν.3.11
P_B	Φυσική Καταστροφή	Πιν.3.12
P_C	Καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων	Πιν.3.13
Πιθανότητα ένας κεραυνός κοντά στο κτίριο να προκαλέσει		
P_M	Καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων	Παρ.3.6.2.4
Πιθανότητα ένας κεραυνός στην γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει		
P_U	Τραυματισμό σε έμβια όντα	Παρ.3.6.2.5
P_V	Φυσική Καταστροφή	Παρ.3.6.2.6
P_W	Καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων	Παρ.3.6.2.7
Πιθανότητα ένας κεραυνός κοντά στην γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει		
P_Z	Καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων	Παρ.3.6.2.8
Απώλεια εξαιτίας		
$L_A = L_U = r_a \times L_t$	Τραυματισμού σε έμβια όντα	Παρ.3.6.3.1-Πιν.3.2
$L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_f$	Φυσικής Καταστροφής	Παρ.3.6.3.1-Πιν.3.2
$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O$	Καταστροφής των εσωτερικών συστημάτων	Παρ.3.6.3.1-Πιν.3.3

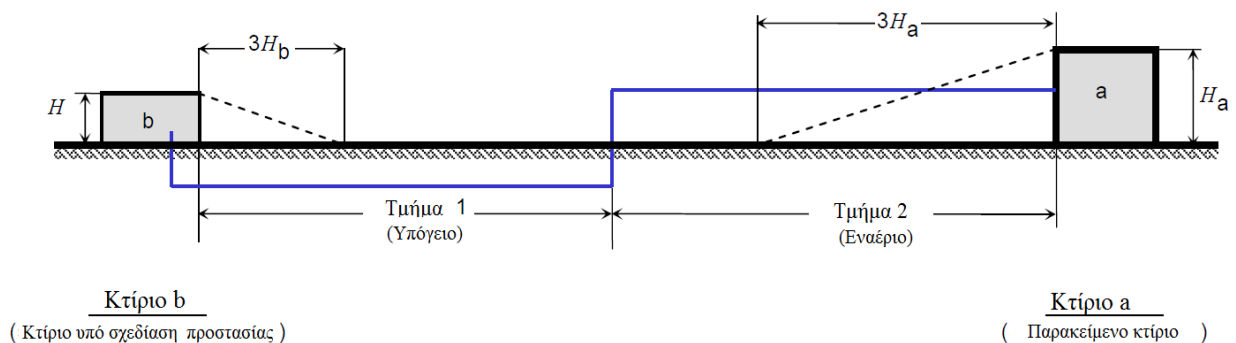
Πίνακας 3.3 Επεξήγηση των παραμέτρων στην εκτίμηση κινδύνου κτιρίου [2]

Πηγή της Βλάβης	S3 Κεραυνός σε μία γραμμή Υπηρεσίας	S4 Κεραυνός κοντά σε μια γραμμή Υπηρεσίας	S1 Κεραυνός στο κτίριο	Κίνδυνος σύμφωνα με τον τύπο της Βλάβης
D2 Φυσική Καταστροφή	$R'_V = N_L \times P'_V \times L'_V$		$R'_B = N_D \times P'_B \times L'_B$	$R_F = R'_V + R'_B$
D3 Καταστροφή Ηλεκτρικών και Ηλεκτρονικών Συστημάτων	$R'_W = N_L \times P'_W \times L'_W$	$R'_Z = (N_I - N_L) \times P'_Z \times L'_Z$	$R'_C = N_D \times P'_C \times L'_C$	$R_O = R'_Z + R'_W + R'_C$
Κίνδυνος σύμφωνα με την πηγή της Βλάβης	$R_D = R'_V + R'_W$	$R_I = R'_Z + R'_B + R'_C$		

Πίνακας 3.4 Συνιστώσες κινδύνου στην εκτίμηση κινδύνου υπηρεσίας [2]

Σύμβολο	Ορισμός	Τιμή σύμφωνα με:
Μέσος ετήσιος αριθμός επικίνδυνων περιστατικών εξαιτίας κεραυνών		
N_D	Στο κτίριο που συνδέεται στην Υπηρεσία	Εξ.3.21
N_L	Στην γραμμή Υπηρεσίας	Εξ.3.26
N_I	Κοντά σε μία γραμμή Υπηρεσίας	Εξ.3.27
Πιθανότητα ένας κεραυνός στο παρακείμενο κτίριο να προκαλέσει		
P'_B	Φυσική Καταστροφή	Παρ.3.7.2.1
P'_C	Καταστροφή στον εξοπλισμό	Παρ.3.7.2.1
Πιθανότητα ένας κεραυνός στην γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει		
P'_V	Φυσική Καταστροφή	Παρ.3.7.2.2
P'_W	Καταστροφή του εξοπλισμού της υπηρεσίας	Παρ.3.7.2.2
Πιθανότητα ένας κεραυνός κοντά στην γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει		
P'_Z	Καταστροφή του εξοπλισμού της υπηρεσίας	Παρ.3.7.2.3
Απώλεια εξαιτίας		
$L'_B = L'_V = L'_I$	Φυσικής Καταστροφής	Παρ.3.7.3.1-Πιν.3.28
$L'_C = L'_W = L'_Z = L'_O$	Καταστροφή του εξοπλισμού της υπηρεσίας	Παρ.3.7.3.1-Πιν.3.28

Πίνακας 3.5 Επεξήγηση των παραμέτρων στην εκτίμηση κινδύνου υπηρεσίας [2]



Σχήμα 3.3 Κτίρια στα άκρα μιας γραμμής υπηρεσίας: στο 'b' άκρο βρίσκεται το προς προστασία κτίριο (κτίριο b) και στο 'a' άκρο ένα παρακείμενο κτίριο (κτίριο a) [2]

3.6 Ανάλυση των παραγόντων στην εκτίμηση κινδύνου κτιρίων

3.6.1 Καθορισμός των παραγόντων μέσω ετήσιου αριθμού επικίνδυνων περιστατικών N

3.6.1.1 Αριθμός επικίνδυνων περιστατικών N_D για ένα κτίριο ('b' κατάληξη μιας γραμμής)

Για ένα κτίριο το οποίο είναι υπό εκτίμηση κινδύνου και βρίσκεται στο 'b' άκρο μιας γραμμής όπως αυτό ορίζεται στην σχήμα 3.3, παρατηρείται ετησίως μέσος ετήσιος αριθμός επικίνδυνων περιστατικών:

$$N_D = N_g \times A_{d/b} \times C_{d/b} \times 10^{-6} \text{ (Εξίσωση 3.21)}$$

Όπου : N_g είναι η κεραυνική πυκνότητα (1/Km²/έτος)

$A_{d/b}$ είναι η επιφάνεια συλλογής του απομονωμένου κτιρίου (m²)

$C_{d/b}$ είναι ο συντελεστής τοποθεσίας (Πίνακας 3.7)

➤ *Κεραυνική Πυκνότητα*

Η κεραυνική πυκνότητα N_g είναι ο αριθμός των κεραυνών στο έδαφος ανά km² και ανά έτος. Η τιμή αυτή διατίθεται από διάφορες υπηρεσίες. Οπού δεν διατίθεται μπορεί να θεωρηθεί ως το 1/10 των ημερών καταιγίδας του έτους, αριθμός που μπορεί να ληφθεί από τους ισοκεραυνικούς χάρτες.

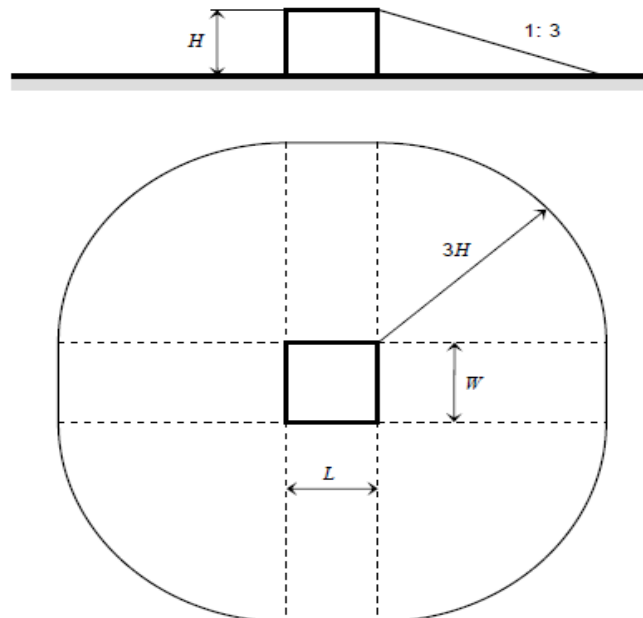
➤ *Επιφάνεια συλλογής κτιρίου $A_{d/b}$*

Για απομονωμένα κτίρια σε επίπεδο έδαφος η επιφάνεια συλλογής είναι η περιοχή ορίζεται από την τομή μεταξύ του εδάφους και μιας γραμμής με κλίση 1/3 η οποία περνά τα ανώτερα μέρη της κατασκευής και περιστρέφεται γύρο από αυτήν. Καθορισμός της επιφάνειας πραγματοποιείται γραφικά ή υπολογισμό.

➤ *Τετραγωνικό κτίριο*

Για ένα απομονωμένο με μήκος L , πλάτος W και ύψος H σε επίπεδο έδαφος η επιφάνεια συλλογής είναι

$$A_d = L \times W + 6 \times H \times (L + W) + 9 \times \pi \times (H)^2 \text{ (Εξίσωση 3.22)}$$



Σχήμα 3.4 Επιφάνεια συλλογής απομονωμένου τετραγωνικού κτιρίου[2]

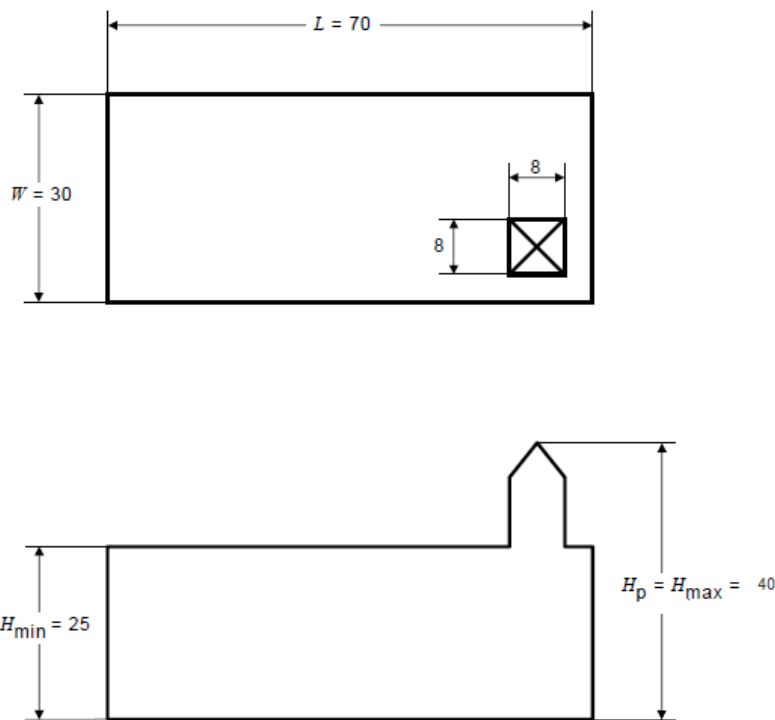
➤ *Κτίρια σύνθετου σχήματος*

Εάν η κατασκευή έχει μια σύνθετη μορφή όπως οι ανυψωμένες προεξοχές στεγών (σχήμα 3.5), μια γραφική μέθοδος πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσει την

συλλέκτρια επιφάνεια (σχήμα 3.6). Επειδή οι διαφορές μπορούν να είναι πάρα πολύ μεγάλες, αναλόγως με το εάν χρησιμοποιείται η μέγιστη επιφάνεια A_{dmax} ή η ελάχιστη επιφάνεια A_{dmin} , μια αποδεκτή κατά προσέγγιση εκτίμηση της περιοχής συλλογής είναι το μέγιστο μεταξύ της ελάχιστης επιφάνειας A_{dmin} και της περιοχής συλλογής που αποδίδεται στην ανυψωμένη προεξοχή A_d' . Η περιοχή συλλογής που αποδίδεται στην προεξοχή μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο:

$$A_d' = 9 \pi \times (H_p)^2 \quad (\text{Εξίσωση 3.23}),$$

Όπου H_p είναι το ύψος της προεξοχής.

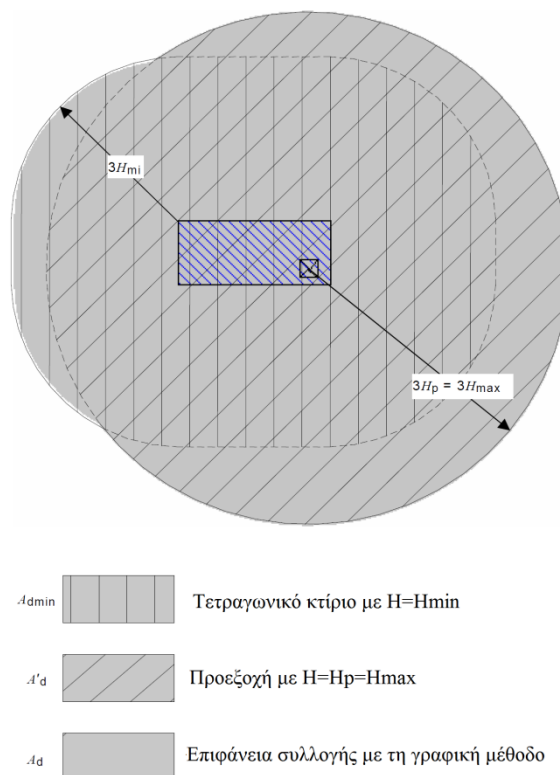


Σχήμα 3.5 Υπολογισμός επιφάνεια συλλογής σε σύνθετα κτίρια[2]

Οι διαφορετικές τιμές της επιφάνειας συλλογής σύμφωνα με τις παραπάνω μεθόδους δίνονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 3.6)

	Γραφική μέθοδος	Κτίριο (max διαστάσεις)	Κτίριο (min διαστάσεις)	Προεξοχή
Διαστάσεις κτιρίου (m) L,W,H	Σχήμα 3.7	70×30×40	70×30×25	40
m ²	$A_{gr} = 47700$	$A_{dmax} = 71316$	$A_{dmin} = 34770$ Σχήμα 3.6	$A_d' = 45240$ Σχήμα 3.6

Πίνακας 3.6 Διαφορετικές τιμές επιφάνειας συλλογής σε σύνθετα κτίρια [2]



Σχήμα 3.6 Υπολογισμός επιφάνειας συλλογής σε σύνθετα κτίρια ανάλογα με την γραφική μέθοδο [2]
 ➤ Συντελεστής τοποθεσίας $C_{d/b}$

Τοποθεσία	C_d
Κατασκευή που περιβάλλεται από υψηλότερες κατασκευές ή δέντρα	0,25
Κατασκευή που περιβάλλεται από άλλες κατασκευές ή δέντρα με το ίδιο ύψος ή μικρότερο	0,5
Απομονωμένη κατασκευή χωρίς άλλες κατασκευές στην περιοχή	1
Απομονωμένη κατασκευή στην κορυφή λόφου	2

Πίνακας 3.7 Συντελεστής τοποθεσίας C_d [2]

3.6.1.2 Αριθμός επικίνδυνων περιστατικών N_{Da} για ένα κτίριο ('α' κατάληξη μιας γραμμής)

Ο μέσος ετήσιος αριθμός των επικίνδυνων περιστατικών εξαιτίας κεραυνών σε ένα κτίριο στο 'α' άκρο μιας γραμμής (σχήμα 3.3), υπολογίζεται από το γινόμενο:

$$N_{Da} = N_g \times A_{d/a} \times C_{d/a} \times C_t \times 10^{-6} \text{ (Εξίσωση 3.24),}$$

όπου, N_g είναι η κεραυνική πυκνότητα (1/Km²/έτος)

$A_{d/a}$ είναι η επιφάνεια συλλογής του απομονωμένου παρακείμενου κτιρίου (σχήμα 3.7) (m²)

$C_{d/a}$ είναι ο συντελεστής τοποθεσίας του παρακείμενου κτιρίου (Πίνακας 3.7)

C_t είναι ο συντελεστής διόρθωσης από την παρουσία Μ/Σ ΜΤ/ΧΤ στην γραμμή η οποία συνδέεται στο κτίριο και βρίσκεται μεταξύ του σημείου κεραυνοπληξίας και του κτιρίου (Πίνακας 3. 8).

Μετασχηματιστής	C_t
Γραμμή υπηρεσίας με μετασχηματιστή δύο περιελίξεων	0,2
Μόνο γραμμή υπηρεσίας	1

Πίνακας 3.8 Συντελεστής διόρθωσης από την παρουσία Μ/Σ C_t [2]

3.6.1.3 Αριθμός επικίνδυνων περιστατικών N_M εξαιτίας κεραυνών κοντά στο κτίριο

Ο μέσος ετήσιος αριθμός των επικίνδυνων περιστατικών εξαιτίας κεραυνών κοντά στο κτίριο, υπολογίζεται από το γινόμενο:

$$N_M = N_g \times (A_m - A_{d/b} C_{d/b}) \times 10^{-6} \text{ (Εξίσωση 3.25),}$$

όπου, N_g είναι η κεραυνική πυκνότητα (1/Km²/έτος)

A_m είναι η επιφάνεια συλλογής κεραυνών που συμβαίνουν σε μια περιοχή κοντά στο κτίριο και η οποία εκτείνεται σε μια ζώνη με απόσταση 250 m από την περίμετρο του κτιρίου (σχήμα 3.7) (m²)

Εάν $N_M < 0$, τότε θεωρούμε $N_M=0$.

3.6.1.4 Αριθμός επικίνδυνων περιστατικών N_L εξαιτίας κεραυνών πάνω στην γραμμή μιας υπηρεσίας

Για γραμμή ενός τμήματος, ο αριθμός N_L , υπολογίζεται ως εξής:

$$N_L = N_g \times A_l \times C_d \times C_t \times 10^{-6} \text{ (Εξίσωση 3.26),}$$

όπου, N_g είναι η κεραυνική πυκνότητα (1/Km²/έτος)

A_l είναι η επιφάνεια συλλογής μιας γραμμής (Πίνακας 3.10, Σχήμα 3.7) (m²)

C_d είναι ο συντελεστής τοποθεσίας της γραμμής υπηρεσίας (Πίνακας 3.7)

C_t είναι ο συντελεστής διόρθωσης από την παρουσία Μ/Σ ΜΤ/ΧΤ στην γραμμή η οποία συνδέεται στο κτίριο και βρίσκεται μεταξύ του σημείου κεραυνοπληξίας και του κτιρίου (Πίνακας 3. 8).

3.6.1.5 Αριθμός επικίνδυνων περιστατικών N_I εξαιτίας κεραυνών στο έδαφος κοντά στην γραμμή μιας υπηρεσίας

Για γραμμή ενός τμήματος, ο αριθμός N_I , υπολογίζεται ως εξής:

$$N_I = N_g \times A_i \times C_e \times C_t \times 10^{-6} \text{ (Εξίσωση 3.27),}$$

όπου, N_g είναι η κεραυνική πυκνότητα (1/Km²/έτος)

A_i είναι η επιφάνεια συλλογής λόγω κεραυνοπληξίας κοντά γραμμής υπηρεσίας (Πίνακας 3.10, Σχήμα 3.7) (m^2)

C_e είναι ο συντελεστής περιβάλλοντος (Πίνακας 3.9)

C_i είναι ο συντελεστής διόρθωσης από την παρουσία Μ/Σ ΜΤ/ΧΤ στην γραμμή η οποία συνδέεται στο κτίριο και βρίσκεται μεταξύ του σημείου κεραυνοπληξίας και του κτιρίου (Πίνακας 3. 8).

Περιβάλλον	C_e
Αστικό με ψηλά κτίρια ¹⁾	0
Αστικό ²⁾	0,1
Προαστιακό ³⁾	0,5
Αγροτικό	1

1)Υψος κτιρίων $\geq 20m$,2) Υψος κτιρίων $10 \div 20m$ 3)Υψος κτιρίων $< 10 m$

Πίνακας 3.9 Συντελεστής περιβάλλοντος C_e [2]

➤ *Επιφάνειες συλλογής γραμμής υπηρεσίας A_l και A_i*

Υπολογίζεται με χρήση του παρακάτω πίνακα, όπου επίσης :

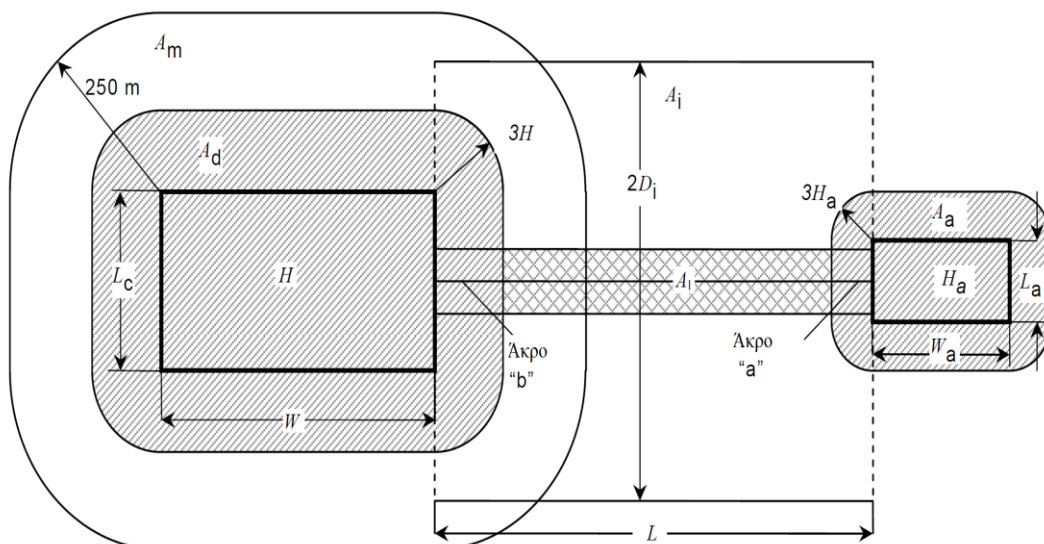
	Εναέρια	Υπόγεια
A_l	$(L_c - 3(H_a + H_b)) 6 H_c$	$(L_c - 3(H_a + H_b)) \sqrt{\rho}$
A_i	$1\ 000 L_c$	$25 L_c \sqrt{\rho}$

Πίνακας 3.10 Υπολογισμός της επιφάνειας συλλογής μιας γραμμής υπηρεσίας, ανάλογα με την τοποθέτηση της και διαχωρισμό ανάλογα με το πλήγμα (A_l) πάνω στη γραμμή και (A_i) κοντά στη γραμμή [2]

- A_l η επιφάνεια συλλογής στην περίπτωση κεραυνοπληξίας πάνω στην γραμμή
- A_i η επιφάνεια συλλογής στην περίπτωση κεραυνοπληξίας στο έδαφος κοντά στην γραμμή H_c το ύψος των αγωγών της υπηρεσίας από το έδαφος (m)
- L_c το μήκος του τμήματος της υπηρεσίας από το κτίριο έως το πρώτο κόμβο (σημείο γείωσης) (m). Μέγιστη τιμή θεωρείται 1000 m.
- H_a το ύψος του κτιρίου που συνδέεται στο 'a' άκρο της υπηρεσίας (m)
- H_b το ύψος του κτιρίου που συνδέεται στο 'b' άκρο της υπηρεσίας (m)
- ρ είναι η ειδική αντίσταση του εδάφους όπου είναι θαμμένη η υπηρεσία (Ωm). Μέγιστη τιμή θεωρείται 500 Ωm .

Για τους σκοπούς του υπολογισμού

- όπου τιμή L_c είναι άγνωστη, τότε θεωρούμε $L_c = 1\ 000 m$
- όπου η ρ είναι άγνωστη, τότε θεωρούμε $\rho = 500 \Omega m$.
- για υπόγεια καλώδια που διατρέχουν κάτω από γείωση πλέγματος, τότε θεωρούμε $A_l = A_i = 0$
- το υπό σχεδίαση προστασίας κτίριο θεωρείται ότι συνδέεται στο 'b' άκρο της γραμμής υπηρεσίας



Σχήμα 3.7 Επιφάνειες συλλογής [2]

3.6.2 Υπολογισμός της πιθανότητας βλάβης P_x σε κτίριο

3.6.2.1 Πιθανότητα P_A κεραυνού σε κτίριο να προκαλέσει τραυματισμό

Η πιθανότητα P_A αφορά τραυματισμό λόγω βηματικών τάσεων και τάσεων επαφής, και δίνεται στον παρακάτω πίνακα συναρτήσεων των μέτρων προστασίας (Πίνακας 3.11).

Μέτρο Προστασίας	P_A
Χωρίς μέτρα προστασίας	1
Ηλεκτρική μόνωση των εκτεθειμένων αγωγών καθόδου (π.χ. 3mm πάχους πολυαιθυλένιο)	10^{-2}
Αποτελεσματική ισοδυναμική γείωση του εδάφους	10^{-2}
Προειδοποιητικές Πινακίδες	10^{-1}

Πίνακας 3.11 Τιμές της πιθανότητας P_A συναρτήσεων των μέτρων προστασίας [2].

Σε περίπτωση λήψης περισσότερων μέτρων λαμβάνεται υπόψη το γινόμενο των πιθανοτήτων.

3.6.2.2 Πιθανότητα P_B κεραυνού σε κτίριο να προκαλέσει φυσική καταστροφή

Η τιμή της πιθανότητας δίδεται συναρτήσεων του επιπέδου προστασίας (LPL), σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.12)

Χαρακτηριστικά του κτιρίου	Κλάση του ΣΑΠ	P_B
Κτίριο χωρίς ΣΑΠ	-	1
Κτίριο με ΣΑΠ	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Κτίριο με συλλεκτήριο σύστημα που αντιστοιχεί σε κλάση I και συνεχές μεταλλικό ή οπλισμένου σκυροδέματος σκελετό που λειτουργεί ως φυσικό σύστημα αγωγών καθόδου		0,01
Κτίριο με μεταλλική οροφή ή συλλεκτήριο σύστημα, πιθανώς και με φυσικά στοιχεία της οροφής, με πλήρη προστασία έναντι απευθείας κεραυνοπληξίας των στοιχείων της οροφής και συνεχές μεταλλικό ή οπλισμένου σκυροδέματος σκελετό που λειτουργεί ως φυσικό σύστημα αγωγών καθόδου		0,001

Πίνακας 3.12 Τιμές της πιθανότητας P_B συναρτήσεων του LPL [2].

3.6.2.3 Πιθανότητα P_C κεραυνού σε κτίριο να προκαλέσει καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων

Η πιθανότητα P_C εξαρτάται από την εφαρμοσμένη προστασία απαγωγής υπερτάσεων με ανάλογες συσκευές SPD (Surge Protective Device) σε συντονισμό. Είναι δηλαδή:

$$P_C = P_{SPD} \text{ (Εξίσωση 3.28)}$$

Οι τιμές της P_{SPD} , συναρτήσει του LPL για το οποίο είναι σχεδιασμένες οι συσκευές SPD δίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.13)

Κλάση Προστασίας	P_{SPD}
-	1
IV-III	0,03
II	0,02
I	0,01
Σημείωση α)	0,005-0,001

Σημείωση α) Μικρότερες τιμές της P_{SPD} επιτυγχάνονται στην περίπτωση συσκευών SPD με καλύτερα χαρακτηριστικά (υψηλότερη ικανότητα αντοχής στο ρεύμα, χαμηλότερο επίπεδο προστασίας, κτλ.) σε σύγκριση με τις απαιτήσεις που ορίζονται για LPL I

Πίνακας 3.13 Τιμές της πιθανότητας P_{SPD} συναρτήσει του LPL [2].

Για να είναι αποτελεσματική η προστασία των SPD, θα πρέπει οι συσκευές να βρίσκονται σε σωστή διάταξη (περισσότερα στο κεφ. 5).

3.6.2.4 Πιθανότητα P_M κεραυνού κοντά στο κτίριο να προκαλέσει καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων

Η πιθανότητα P_M , εξαρτάται από τα εφαρμοσμένα μέτρα αντικεραυνικής προστασίας, σύμφωνα με τον παράγοντα K_{MS} (περιγράφεται παρακάτω). Όταν δεν λαμβάνονται μέτρα με SPD σε συντεταγμένη σειρά, η τιμή P_M είναι ίση με την τιμή της πιθανότητας P_{MS} , η οποία και επεξηγείται παρακάτω. Η τιμή της πιθανότητας P_{MS} συναρτήσει του παράγοντα K_{MS} , ο οποίος είναι παράγοντας που σχετίζεται με τα λαμβανόμενα μέτρα, δίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.14). Στην περίπτωση που λαμβάνονται μέτρα με SPD σε συντονισμό, η τιμή της P_M είναι η μικρότερη μεταξύ P_{SPD} (Πίνακας 3.13) και P_{MS} .

K_{MS}	P_{MS}
$\geq 0,4$	1
0,15	0,9
0,07	0,5
0,035	0,1
0,021	0,01
0,016	0,005
0,015	0,003
0,014	0,001
$\leq 0,013$	0,000 1

Πίνακας 3.14 Τιμές της πιθανότητας P_{MS} συναρτήσει του παράγοντα K_{MS} [2].

Για εσωτερικά συστήματα με εξοπλισμό που του οποίου η τάση μόνωσης δεν συμφωνεί με τα σχετικά στάνταρς που αφορούν τον τύπο τους, τότε $P_{MS}=1$.

Οι τιμές του συντελεστή K_{MS} εξάγονται από το γινόμενο:

$$K_{MS} = K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4} \text{ (Εξίσωση 3.29)}$$

Όπου : K_{S1} : λαμβάνει υπόψη την αποτελεσματικότητα της προστασίας του κτιρίου, το ΣΑΠ ή άλλες θωρακίσεις στα όρια μεταξύ στα όρια της ζώνης αντικεραυνικής προστασίας (Lightning Protection Zone) LPZ 0/1 (περισσότερα στο κεφ.5)

K_{S2} : λαμβάνει υπόψη την αποτελεσματικότητα της προστασίας των θωρακίσεων των εσωτερικών συστημάτων του κτιρίου στα όρια των LPZ X/Y ($X>0$, $Y>1$).

K_{S3} : λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά της εσωτερικής καλωδίωσης (Πίνακας 3.15)

K_{S4} : λαμβάνει υπόψη την αντίσταση μόνωσης του υπό προστασία συστήματος.

Μέσα σε μια LPZ, σε απόσταση ασφαλείας από τα όρια της δικτυωτής προστασίας (περισσότερα στο κεφ.5) με πλάτος πλέγματος w , οι συντελεστές K_{S1} και K_{S2} για ΣΑΠ ή χωρική τύπου δικτύου θωρακίσεις αξιολογούνται ως:

$$K_{S1} = K_{S2} = 0,12 \times w \text{ (Εξίσωση 3.30)}$$

όπου $w(m)$, είναι το πλάτος του τύπου δικτύου χωρικής θωράκισης, ή του τύπου πλέγματος αγωγών καθόδου ή η απόσταση μεταξύ του κτιρίου και των μεταλλικών κολονών, ή η απόσταση μεταξύ των κολονών οπλισμένου σκυροδέματος που λειτουργούν ως φυσικό ΣΑΠ. Για συνεχής μεταλλικές θωρακίσεις με πάχος από 0,1 έως 0,5 mm, τότε $K_{S1} = K_{S2} = 10^{-4}$ έως 10^{-5} .

Όπου βρόχοι επαγωγής υπάρχουν κοντά στα όρια της προστασίας μιας LPZ μικρότερες από την απόσταση ασφαλείας οι τιμές K_{S1} και K_{S2} είναι μεγαλύτερες. Για παράδειγμα οι τιμές διπλασιάζονται όπου η απόσταση από την θωράκιση κυμαίνεται μεταξύ 0,1 και 0,2 w. Μέγιστη τιμή για $K_{S1} = 1$.

Τύπος Εσωτερικής Καλωδίωσης	K_{S3}
Αθωράκιστη καλωδίωση-καμία προφύλαξη αποφυγής βρόχων ¹⁾	1
Αθωράκιστη καλωδίωση - προφύλαξη αποφυγής μεγάλων βρόχων ²⁾	0,2
Αθωράκιστη καλωδίωση - προφύλαξη αποφυγής βρόχων ³⁾	0,02
Θωρακισμένη καλωδίωση με αντίσταση ⁴⁾ $5 < R_S \leq 20 \Omega/km$	0,001
Θωρακισμένη καλωδίωση με αντίσταση ⁴⁾ $1 < R_S \leq 5 \Omega/km$	0,0002
Θωρακισμένη καλωδίωση με αντίσταση ⁴⁾ $R_S \leq 1 \Omega/km$	0,0001

¹⁾ Αγωγοί βρόχων με διαφορετική δρομολόγηση σε μεγάλα κτίρια (επιφάνεια βρόχων της τάξης 50m²)
²⁾ Αγωγοί βρόχων με δρομολόγηση στο ίδιο κανάλι ή αγωγοί βρόχων σε διαφορετική δρομολόγηση σε μικρά κτίρια (επιφάνεια βρόχων της τάξης 10m²)
³⁾ Αγωγοί βρόχων με δρομολόγηση στο ίδιο καλώδιο (επιφάνεια βρόχων της τάξης 0,5m²)
⁴⁾ Καλώδιο με θωράκιση αντίστασης $R_S(\Omega/km)$ συνδεδεμένο στον ισοδυναμικό ζυγό και στα δύο άκρα και εξοπλισμό συνδεδεμένο στον ίδιο ζυγό

Πίνακας 3.15 Τιμές του συντελεστή K_{S3} συναρτήσει της εσωτερικής καλωδίωσης [2].

Για καλωδίωση μέσα σε συνεχή γειωμένα στα άκρα τους (ισοδυναμικά) μεταλλικά κανάλια, οι τιμές του συντελεστή K_{S3} υποδεκαπλασιάζεται.

Ο συντελεστής K_{S4} αποτιμάται ως:

$$K_{S4} = 1,5/U_w \text{ (Εξίσωση 3.31),}$$

όπου, U_w είναι η τάξη της αντίστασης μόνωσης σε κρουστική τάση του υπό προστασία συστήματος σε kV. Σε περίπτωση ύπαρξης διαφόρων τάξεων μόνωσης λαμβάνεται η μικρότερη.

3.6.2.5 Πιθανότητα P_U κεραυνού πάνω σε γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει τραυματισμό σε έμβια όντα

Η τιμή της P_U εξαιτίας τάσεων επαφής, εισερχομένων στο κτίριο υπερτάσεων από την γραμμή υπηρεσίας, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της μόνωσης της γραμμής υπηρεσίας, την αντίσταση μόνωσης των συνδεδεμένων εσωτερικών συστημάτων, τα τυπικά προστατευτικά μέτρα (Πίνακας 3.11) και τα SPD που εφαρμόζονται στο σημείο εισόδου της υπηρεσίας.

Όταν δεν παρέχεται προστασία με SPD για ισοδυναμική σύνδεση, η τιμή της P_U ισοδυναμεί με την τιμή P_{LD} , όπως δίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.16) και αντιστοιχεί στην πιθανότητα καταστροφής των εσωτερικών συστημάτων εξαιτίας κεραυνού στην συνδεδεμένη γραμμή υπηρεσίας.

U_w kV	$5 < R_S \leq 20$ Ω/km	$1 < R_S \leq 5$ Ω/km	$R_S \leq 1$ Ω/km
1,5	1	0,8	0,4
2,5	0,95	0,6	0,2
4	0,9	0,3	0,04
6	0,8	0,1	0,02

R_S (Ω/km): Αντίσταση της θωράκισης του καλωδίου

Πίνακας 3.16 Τιμές της P_{LD} συναρτήσει της αντίστασης R_S της προστασίας της καλωδίωσης και της αντίστασης μόνωσης U_w του εξοπλισμού [2].

Για γραμμές χωρίς μόνωση $P_{LD}=1$.

Όταν υπάρχει προστασία με SPD για ισοδυναμική σύνδεση, ως τιμή της P_U λαμβάνεται η μικρότερη μεταξύ P_{LD} και P_{SPD} .

Όταν υπάρχουν προστατευτικά μέτρα όπως φυσική απαγόρευση, προειδοποιητικές πινακίδες κτλ. η τιμή της P_U μειώνεται περαιτέρω με πολλαπλασιασμό της με τις τιμές της πιθανότητας P_A όπως αυτή δίνεται στον πίνακα 3.11.

3.6.2.6 Πιθανότητα P_V κεραυνού πάνω σε γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει φυσική καταστροφή

Η τιμή της P_V εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της μόνωσης της γραμμής υπηρεσίας, την αντίσταση μόνωσης των συνδεδεμένων εσωτερικών συστημάτων, και την προστασία με SPD.

Όταν δεν παρέχεται προστασία με SPD για ισοδυναμική σύνδεση, η τιμή της P_V ισοδυναμεί με την τιμή P_{LD} , όπως δίνεται στον πίνακα 3.16 και αντιστοιχεί στην πιθανότητα καταστροφής των εσωτερικών συστημάτων εξαιτίας κεραυνού στην συνδεδεμένη γραμμή υπηρεσίας.

Όταν υπάρχει προστασία με SPD για ισοδυναμική σύνδεση, ως τιμή της P_V λαμβάνεται η μικρότερη μεταξύ P_{LD} και P_{SPD} .

3.6.2.7 Πιθανότητα P_W κεραυνού πάνω σε γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων

Η τιμή της P_W εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της μόνωσης της γραμμής υπηρεσίας, την αντίσταση μόνωσης των συνδεδεμένων εσωτερικών συστημάτων, και την προστασία με SPD.

Όταν δεν παρέχεται προστασία με SPD για ισοδυναμική σύνδεση, η τιμή της P_W ισοδυναμεί με την τιμή P_{LD} , όπως δίνεται στον πίνακα 3.16 και αντιστοιχεί στην πιθανότητα καταστροφής των εσωτερικών συστημάτων εξαιτίας κεραυνού στην συνδεδεμένη γραμμή υπηρεσίας.

Όταν υπάρχει προστασία με SPD για ισοδυναμική σύνδεση, ως τιμή της P_W λαμβάνεται η μικρότερη μεταξύ P_{LD} και P_{SPD} .

3.6.2.8 Πιθανότητα P_Z κεραυνού κοντά σε εισερχόμενη γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων

Η τιμή της P_Z εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της μόνωσης της γραμμής υπηρεσίας, την αντίσταση μόνωσης των συνδεδεμένων εσωτερικών συστημάτων, και λοιπά προστατευτικά μέτρα.

Όταν δεν παρέχεται προστασία με SPD για ισοδυναμική σύνδεση, η τιμή της P_Z ισοδυναμεί με την τιμή P_{LI} , όπως αυτή δίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακα 3.17) και αντιστοιχεί στην πιθανότητα καταστροφής των εσωτερικών συστημάτων εξαιτίας κεραυνού κοντά στην συνδεδεμένη γραμμή υπηρεσίας.

Όταν υπάρχει προστασία με SPD για ισοδυναμική σύνδεση, ως τιμή της P_Z λαμβάνεται η μικρότερη μεταξύ P_{LI} και P_{SPD} .

U_w kV	Καθόλου θωράκιση	Θωράκιση όχι συνδεδεμένη στον ζυγό ισοδυναμικής γείωσης όπου ο εξοπλισμός είναι συνδεδεμένος	Θωράκιση συνδεδεμένη στον ζυγό ισοδυναμικής γείωσης και εξοπλισμός συνδεδεμένος στον ίδιο ζυγό		
			$5 < R_S \leq 20$ Ω/km	$1 < R_S \leq 5$ Ω/km	$R_S \leq 1$ Ω/km
1,5	1	0,5	0,15	0,04	0,02
2,5	0,4	0,2	0,06	0,02	0,008
4	0,2	0,1	0,03	0,008	0,004
6	0,1	0,05	0,02	0,004	0,002

R_S : Αντίσταση της θωράκισης καλωδίου (Ω/km).
Σημείωση: Ακριβέστερη αξιολογήση του K_S για θωρακισμένες και αθωράκιστες γραμμές στο ITU Recommendation K.46

Πίνακας 3.17 Τιμές της P_{LI} συναρτήσει της αντίστασης R_S της προστασίας της καλωδίωσης και της αντίστασης μόνωσης U_w του εξοπλισμού [2].

3.6.3 Υπολογισμός της απώλειας L_X σε ένα κτίριο

Η απώλεια L_X αναφέρεται στην μέση σχετική ποσότητα κάθε ενός τύπου βλάβης το οποίο μπορεί να προκληθεί από κεραυνό. Η τιμή της εξαρτάται από τον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται μέσα σε επικίνδυνη περιοχή, τον τύπο και την σημασία της υπηρεσίας και τον αριθμό των αγαθών που βλάπτονται. Διαφέρει ανάλογα με τον τύπο της απώλειας και με τον τύπο βλάβης που προκαλεί την απώλεια. Έτσι διακρίνουμε:

L_t : την απώλεια εξαιτίας του τραυματισμού από τάσεις επαφής και βηματικές

L_f : την απώλεια λόγω φυσικής καταστροφής

L_o : την απώλεια λόγω καταστροφής των εσωτερικών συστημάτων

Στην συνέχεια θα αναφερθούμε στην απώλεια της ανθρώπινης ζωής η οποία και ενδιαφέρει κυρίως στην αντικεραυνική σχεδίαση των στρατιωτικών εγκαταστάσεων.

3.6.3.1 Απώλεια της ανθρώπινης ζωής

Οι τιμή των L_t , L_f , L_o , καθορίζονται σε όρους του σχετικού αριθμού θυμάτων από την ακόλουθη σχέση

$$L_X = (n_p / n_t) \times (t_p / 8760) \text{ (Εξίσωση 3.32),}$$

όπου, n_p / n_t , ο λόγος του αριθμού των πιθανών θυμάτων/τον λόγο του συνολικού αριθμού ατόμων στο κτίριο.

t_p : ο χρόνος σε ώρες ανά χρόνο για τον οποίο άτομα είναι παρόντα στην επικίνδυνη περιοχή, εξωτερικά του κτιρίου (μόνο L_t) ή εσωτερικά του κτιρίου (L_t, L_f και L_o).

Όταν δεν μπορούμε να καθορίσουμε τις παραπάνω τιμές, χρησιμοποιούμε τις τυπικές τιμές του παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.18).

Τύπος Κτιρίου	L_t
Όλοι οι τύποι – (άτομα μέσα στο κτίριο)	10^{-4}
Όλοι οι τύποι – (άτομα εκτός του κτιρίου)	10^{-2}
Τύπος Κτιρίου	L_f
Νοσοκομεία, Ξενοδοχεία, δημόσια κτίρια	10^{-1}
Βιομηχανικά, εμπορικά, σχολεία	5×10^{-2}
Δημόσιοι χώροι διασκέδασης, εκκλησίες, μουσεία	2×10^{-2}
Άλλα	10^{-2}
Τύπος Κτιρίου	L_o
Κτίριο με κίνδυνο έκρηξης	10^{-1}
Νοσοκομεία	10^{-3}

Πίνακας 3.18 Τυπικές μέσες τιμές των οντοτήτων απωλειών L_t , L_f , L_o [2].

3.6.3.2 Καθορισμός των συντελεστών απώλειας

Η απώλεια της ανθρώπινης ζωής σε ένα κτίριο, επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά του κτιρίου. Αυτά λαμβάνονται υπόψη ως συντελεστές αύξησης και μείωσης της συνεπακόλουθης απώλειας της εξίσωσης 3.20 όπως καθορίζονται στους πίνακες 3.2 και 3.3. Αυτοί είναι:

- r_a ο συντελεστής μείωσης της απώλειας της ανθρώπινης ζωής που εξαρτάται από τον τύπο του χώματος (Πίνακας 3.19)
- r_u ο συντελεστής μείωσης της απώλειας της ανθρώπινης ζωής που εξαρτάται από τον τύπο του πατώματος (Πίνακας 3.19)

Τύπος Επιφάνειας	Αντίσταση επαφής $k\Omega^1$	r_a και r_u
Αγροτικός, τσιμέντο	≤ 1	10^{-2}
Μάρμαρο, πλακάκι	1-10	10^{-3}
Χαλίκι, μοκέτα, χαλί	10-100	10^{-4}
Άσφαλτος, ξύλο, μουσαμάς	≥ 100	10^{-5}

¹⁾Τιμές μετρηθείσες μεταξύ ενός 400 cm² ηλεκτρόδιου πιεσμένο με δύναμη 500N στο σημείο άπειρης γης

Πίνακας 3.19 Τιμές των συντελεστών μείωσης της απώλειας r_a και r_u συναρτήσει του τύπου του εδάφους και του πατώματος [2].

➤ r_p ο συντελεστής μείωσης της απώλειας εξαιτίας της φυσικής καταστροφής εξαρτάται από τις προφυλάξεις έναντι των συνεπειών φωτιάς (Πίνακας 3.20)

Εξοπλισμός πυροπροστασίας	r_p
Καθόλου εξοπλισμός	1
Ένα από τα ακόλουθα: πυροσβεστήρες, χειροκίνητοι μόνιμα τοποθετημένοι πυροσβεστήρες, εγκαταστάσεις συναγερμού πυροπροστασίας, πυροσβεστικές κάνουλες, πυρίμαχα διαχωριστικά, προστατευμένες οδοί διαφυγής	0,5
Ένα από τα ακόλουθα: αυτόματοι μόνιμα τοποθετημένοι πυροσβεστήρες, αυτόματες εγκαταστάσεις συναγερμού πυροπροστασίας ¹⁾	0,2
¹⁾ Μόνο εάν προστατεύονται από υπερτάσεις και άλλες καταστροφές και πυροσβέστες μπορούν να αφιχθούν σε λιγότερο από 10 λεπτά.	

Πίνακας 3.20 Τιμές των συντελεστών μείωσης της απώλειας r_a και r_u συναρτήσει του τύπου του εδάφους και του πατώματος [2].

Εάν περισσότερες της μιας προφυλάξεις λαμβάνονται, η τιμή της r_p λαμβάνεται η μικρότερη αντίστοιχη από αυτές. Σε κτίρια με κίνδυνο έκρηξης $r_p = 1$.

➤ r_f ο συντελεστής μείωσης της απώλειας εξαιτίας της φυσικής καταστροφής εξαρτάται από τον κίνδυνο φωτιάς στο κτίριο (Πίνακας 3.21)

Κίνδυνος Φωτιάς	r_f
Έκρηξη	1
Υψηλός	10^{-1}
Κοινός	10^{-2}
Χαμηλός	10^{-3}
Όχι	0

Πίνακας 3.21 Τιμές του συντελεστή μείωσης της απώλειας r_f συναρτήσει του κινδύνου φωτιάς [2].

Σημείωση : Σε περίπτωση κτιρίων με κίνδυνο έκρηξης και κτιρίων περιεχόντων εκρηκτικά μια πιο λεπτομερή αξιολόγηση του συντελεστή r_f απαιτείται. Κτίρια με Υψηλό κίνδυνο φωτιάς θεωρούνται κτίρια κατασκευασμένα από εύφλεκτα υλικά, κτίσματα με οροφές από εύφλεκτα υλικά, ή κτίρια με ειδικό φορτίο φωτιάς μεγαλύτερο από 800 MJ/m^2 . Με κοινό κίνδυνο κτίρια με ειδικό φορτίο φωτιάς μεταξύ 400 και 800 MJ/m^2 . Με χαμηλό κίνδυνο κτίρια που περιέχουν σπάνια εύφλεκτα υλικά και έχουν ειδικό φορτίο φωτιάς μικρότερο από 400 MJ/m^2 . Ειδικό φορτίο φωτιάς είναι ο λόγος της ενέργειας του συνολικού ποσού των εύφλεκτων υλικών προς τη συνολική έκταση του κτιρίου.

➤ h_z ο συντελεστής αύξησης της απώλειας εξαιτίας της φυσικής καταστροφής όταν ένας ειδικός κίνδυνος εμφανίζεται (Πίνακας 3.22)

Είδος ειδικού κινδύνου	h_z
Κανένας κίνδυνος	1
Χαμηλό επίπεδο πανικού (π.χ. ένα διώροφο κτίριο και αριθμός ατόμων πάνω από 100)	2
Μέσο επίπεδο πανικού (π.χ. κτίρια σχεδιασμένα για πολιτιστικά ή αθλητικά γεγονότα με παρόντα άτομα από 100 έως 1000)	5
Δυσκολία εκκένωσης (π.χ. κτίρια με ακινητοποιημένα άτομα, νοσοκομεία)	5
Υψηλό επίπεδο πανικού (π.χ. κτίρια σχεδιασμένα για πολιτιστικά ή αθλητικά γεγονότα με παρόντα άτομα πάνω από 1000)	10
Κίνδυνος για τα περιβάλλοντα κτίρια ή το περιβάλλον	20
Μόλυνση για τα περιβάλλοντα κτίρια ή το περιβάλλον	50

Πίνακας 3.22 Τιμές του συντελεστή αύξησης της απώλειας h_z συναρτήσει ειδικών κινδύνων [2].

3.7 Ανάλυση των παραγόντων στην εκτίμηση κινδύνου γραμμών υπηρεσιών

3.7.1 Καθορισμός των μέσου ετήσιου αριθμού επικίνδυνων περιστατικών N σε μια γραμμή

Για τον καθορισμό του μέσου αριθμού των επικίνδυνων περιστατικών N σε μια γραμμή λαμβάνονται υπόψη τα καθοριζόμενα και στην περίπτωση κτιρίων στα οποία συνδέεται μια γραμμή υπηρεσίας της παραγράφου 3.6.1.

3.7.2 Υπολογισμός της πιθανότητας βλάβης $P'x$ σε υπηρεσία

3.7.2.1 Πιθανότητες P'_B και P'_C κεραυνού σε κτίριο στο οποίο συνδέεται γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει βλάβες

Η πιθανότητα P'_B ένας κεραυνός σε κτίριο στο οποίο συνδέεται η υπηρεσία να προκαλέσει φυσική καταστροφή και η πιθανότητα P'_C ένας κεραυνός στο κτίριο στο οποίο συνδέεται η γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει καταστροφή του εξοπλισμού της υπηρεσίας σχετίζονται με το ρεύμα αστοχίας I_a . Το I_a εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της γραμμής, τον αριθμό των εισερχόμενων στο κτίριο υπηρεσιών και στα ληφθέντα μέτρα.

Για γραμμές χωρίς μόνωση λαμβάνεται $I_a=0$. Για γραμμές με μόνωση το ρεύμα αστοχίας αξιολογείται ως εξής

$$I_a \text{ (kA)} = 25 n \times U_w / (R_s \times K_d \times K_p) \text{ (Εξίσωση 3.33)}$$

Όπου, K_d , συντελεστής που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της γραμμής (Πίνακας 3.23).

K_p , συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την επίδραση των ληφθέντων μέτρων προστασίας (Πίνακας 3.24)

U_w , η αντίσταση μόνωσης (kV), (Πίνακας 3.25 για τα καλώδια και Πίνακας 3.26 για την συσκευή)

R_s , η αντίσταση της μόνωσης του καλωδίου (Ω/km).

n , ο αριθμός των εισερχόμενων υπηρεσιών στο κτίριο.

Γραμμή	K_d
Με θωράκιση σε επαφή με το χώμα	1
Με θωράκιση χωρίς επαφή με το χώμα	0,4

Πίνακας 3.23 Τιμές του συντελεστή K_d συναρτήσει των χαρακτηριστικών της μονωμένης γραμμής [2].

Μέτρο Προστασίας	K_p
Καθόλου μέτρα προστασίας	1
Επιπρόσθετα θωρακισμένα καλώδια-ένας αγωγός1)	0,6
Επιπρόσθετα θωρακισμένα καλώδια-δύο αγωγοί1)	0,4
Κανάλι καλωδίων προστασίας έναντι κεραυνικού ρεύματος	0,1
Καλώδιο προστασίας έναντι κεραυνικού ρεύματος	0,02
Επιπρόσθετα θωρακισμένα καλώδια-ατσάλινος αγωγός	0,01
1)Το θωρακισμένο καλώδιο εγκαθίσταται περίπου 30cm πάνω από το καλώδιο, δύο θωρακισμένα καλώδια εγκαθίστανται συμμετρικά 30 cm εκτεθειμένα σε σχέση με τον άξονα του καλωδίου	

Πίνακας 3.24 Τιμές του συντελεστή K_p συναρτήσει των μέτρων προστασίας [2].

Τύπος Συσκευής	U_n kV	U_w kV
Τηλ/νιακή – Μονωμένη με χαρτί	-	1,5
Τηλ/νιακή- PVC,PE μονωμένη	-	5
Ισχύος	≤ 1	15
Ισχύος	3	45
Ισχύος	6	60
Ισχύος	10	75
Ισχύος	15	95
Ισχύος	20	125

Πίνακας 3.25 Τιμές αντίστασης μόνωσης U_w συναρτήσει του τύπου του καλωδίου [2].

Τύπος Συσκευής	U_w kV
Ηλεκτρονική	1,5
Ηλεκτρική συσκευή χρήστη ($U_n < 1kV$)	2,5
Ηλεκτρική συσκευή δικτύου ($U_n < 1kV$)	6

Πίνακας 3.26 Τιμές αντίστασης μόνωσης U_w συναρτήσει του τύπου της συσκευής [2].

Οι τιμές των P'_B και P'_C συναρτήσει του ρεύματος αστοχίας δίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.27).

Όταν παρέχεται προστασία με SPD, οι παραπάνω τιμές λαμβάνονται ως οι αντίστοιχες P_{SPD} (Πίνακας 3.13)

I_a kA	P'_B, P'_C, P'_V, P'_W
0	1
3	0,99
5	0,95
10	0,9
20	0,8
30	0,6
40	0,4
50	0,3
60	0,2
80	0,1
100	0,05
150	0,02
200	0,01
300	0,005
400	0,002
600	0,001

Πίνακας 3.27 Τιμές των πιθανοτήτων P'_B, P'_C, P'_V, P'_W , συναρτήσει του ρεύματος αστοχίας I_a [2].

3.7.2.2 Πιθανότητες P'_V και P'_W κεραυνού στην γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει βλάβες

Η πιθανότητα P'_V ένας κεραυνός σε γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει φυσική καταστροφή και η πιθανότητα P'_W ένας κεραυνός στην γραμμή της υπηρεσίας να προκαλέσει καταστροφή του εξοπλισμού της υπηρεσίας σχετίζονται με το ρεύμα αστοχίας I_a .

Για γραμμές χωρίς μόνωση λαμβάνεται $I_a=0$. Για γραμμές με μόνωση το ρεύμα αστοχίας αξιολογείται ως εξής

$$I_a \text{ (kA)} = 25 U_w / (R_s \times K_d \times K_p) \text{ (Εξίσωση 3.34)}$$

Όπου, K_d , συντελεστής που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της γραμμής (Πίνακας 3.23).

K_p , συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την επίδραση των ληφθέντων μέτρων προστασίας (Πίνακας 3.24)

U_w , η αντίσταση μόνωσης (kV), (Πίνακας 3.25 για τα καλώδια και Πίνακας 3.26 για την συσκευή)

R_s , η αντίσταση της μόνωσης του καλωδίου (Ω/km).

Για γραμμές τηλεπικοινωνίας η P'_V , εκτιμάται ως εξής:

$I_a = 40 \text{ kA}$ για καλώδια με θωράκιση μολύβδου

$I_a = 40 \text{ kA}$ για καλώδια με θωράκιση αλουμινίου

Οι τιμές των P'_V και P'_W συναρτήσει του ρεύματος αστοχίας δίνονται στον πίνακα 3.26.

3.7.2.3 Πιθανότητα P'_Z κεραυνού κοντά στην γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει βλάβες

Η πιθανότητα P'_Z ένας κεραυνός κοντά σε γραμμή υπηρεσίας να προκαλέσει καταστροφή του συνδεδεμένου εξοπλισμού εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της γραμμής και τα ληφθέντα μέτρα προστασίας.

Όταν δεν παρέχεται προστασία με SPD, η τιμή της P'_Z ισοδυναμεί με την αντίστοιχη τιμή P_{LI} (Πίνακας 3.17)

Όταν υπάρχει προστασία με SPD, ως τιμή της P'_Z λαμβάνεται η μικρότερη μεταξύ P_{LI} (Πίνακας 3.17) και P_{SPD} (Πίνακας 3.13).

3.7.3 Υπολογισμός της απώλειας L'_X σε υπηρεσία

Η απώλεια L'_X αναφέρεται στην μέση σχετική ποσότητα κάθε ενός τύπου βλάβης το οποίο μπορεί να προκληθεί από κεραυνό σε υπηρεσία. Η τιμή της εξαρτάται από τον τύπο και την σπουδαιότητα της υπηρεσίας στο κοινό και τον αξία των αγαθών που βλάπτονται. Διαφέρει ανάλογα με τον τύπο της απώλειας και με τον τύπο βλάβης που προκαλεί την απώλεια. Έτσι διακρίνουμε:

L'_f : την απώλεια λόγω φυσικής καταστροφής

L'_o : την απώλεια λόγω καταστροφής των εσωτερικών συστημάτων

Στην συνέχεια θα αναφερθούμε στην απώλεια της υπηρεσίας στο κοινό η οποία και ενδιαφέρει κυρίως στην αντικεραυνική σχεδίαση των στρατιωτικών εγκαταστάσεων.

3.7.3.1 Απώλεια της υπηρεσίας στο κοινό

Οι τιμές των L'_f , L'_o , καθορίζονται σε όρους του σχετικής απώλειας από την ακόλουθη σχέση

$$L'_X = (n_p / n_t) \times (t_p / 8760) \text{ (Εξίσωση 3.35),}$$

όπου, n_p / n_t , ο λόγος του αριθμού των χρηστών που δεν εξυπηρετούνται /τον λόγο του συνολικού αριθμού χρηστών.

t_p : ο χρόνος σε ώρες απώλειας της υπηρεσίας

Όταν δεν μπορούμε να καθορίσουμε τις παραπάνω τιμές, χρησιμοποιούμε τις τυπικές τιμές του παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.28)

Τύπος Υπηρεσίας	L'_f	L'_o
Αέριο, νερό	10^{-1}	10^{-2}
TV, Τηλεπικοινωνία, Παροχή ρεύματος	10^{-2}	10^{-3}

Πίνακας 3.28 Τυπικές μέσες τιμές L'_f , L'_o [2].

3.8 Διαδικασία χωρισμού σε ζώνες

Προκειμένου να προχωρήσουμε σε εκτίμηση των διαφόρων συνιστωσών κινδύνου μπορούμε να διαχωρίσουμε το κτίριο ή την υπηρεσία σε ζώνες Z_S και S_S αντίστοιχα. Εντούτοις ένα κτίριο ή μια υπηρεσία μπορεί να θεωρηθεί ως μιας ζώνης.

3.8.1 Χωρισμός σε ζώνες Z_S κτιρίου

Ζώνες Z_S καθορίζονται ανάλογα με τον τύπο του εδάφους και του πατώματος (R_A και R_U), τα τμήματα με αντοχή σε φωτιά (R_B και R_V) και τις χωρικές θωρακίσεις (R_C και R_M). Επιπλέον οι ζώνες διαχωρίζονται με βάση τη διάταξη των εσωτερικών συστημάτων (R_C και R_M), τα μέτρα προστασίας που υπάρχουν ή θα τοποθετηθούν (όλες οι συνιστώσες) και τις απώλειες L_X (όλες οι συνιστώσες).

3.8.1.1 Κτίρια μιας ζώνης

Στην περίπτωση αυτή όλο το κτίριο περιλαμβάνεται σε μία ζώνη.

Για τις συνιστώσες R_A , R_B , R_U , R_V , R_W και R_Z μόνο μια τιμή λαμβάνεται για κάθε μια. Όπου περισσότερες τιμές υπάρχουν λαμβάνεται υπόψη η μεγαλύτερη.

Για τις συνιστώσες R_C και R_M , αν περισσότερα από ένα εσωτερικά συστήματα περιλαμβάνονται τότε οι αντίστοιχες τιμές προκύπτουν από τα αντίστοιχες παραμέτρους κάθε συστήματος :

$$P_C = 1 - (1 - P_{C1}) \times (1 - P_{C2}) \times (1 - P_{C3}) \text{ (Εξίσωση 3.36)}$$

$$P_M = 1 - (1 - P_{M1}) \times (1 - P_{M2}) \times (1 - P_{M3}) \text{ (Εξίσωση 3.37)}$$

Οι τυπικές τιμές απώλειας θεωρούνται για κάθε ζώνη ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου. Με εξαίρεση τις P_C και P_M , εάν περισσότερες της μιας τιμές για τις παραμέτρους πιθανοτήτων υπάρχουν σε μια ζώνη, οδηγούμαστε σε χρήση της μεγαλύτερης τιμής. Ορίζοντας ένα κτίριο ως μιας ζώνης ίσως να οδηγήσει σε ακριβές λύσεις προστασίας επειδή κάθε μέτρο επεκτείνεται σε όλο το κτίριο.

3.8.1.2 Κτίρια πολλαπλών ζωνών

Στην περίπτωση αυτή ένα κτίριο διαχωρίζεται σε πολλαπλές ζώνες. Ο κίνδυνος για το κτίριο προκύπτει από το άθροισμα των αντίστοιχων κινδύνων όλων των ζωνών. Σε κάθε ζώνη ο κίνδυνος προκύπτει από το άθροισμα των συνιστωσών κινδύνου.

Διαχωρίζοντας ένα κτίριο σε ζώνες οδηγούμαστε σε οικονομικότερες λύσεις καθώς εφαρμόζονται ανάλογα μέτρα με τα χαρακτηριστικά των ζωνών.

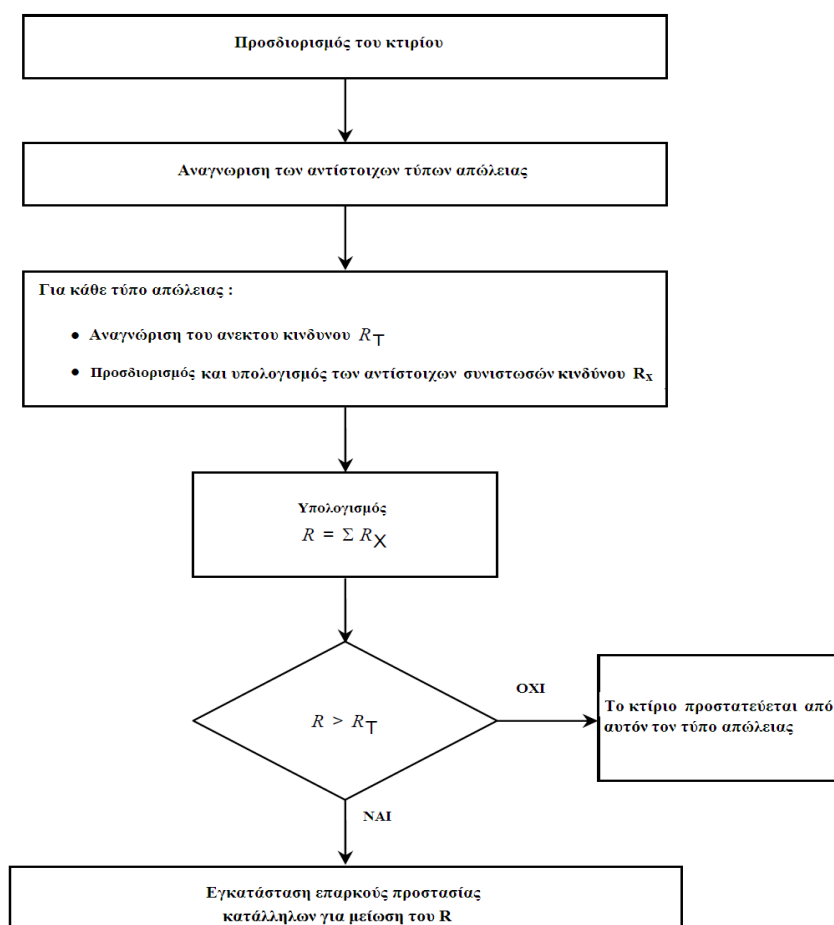
3.8.2 Χωρισμός σε ζώνες S_S υπηρεσίας

Ζώνες S_S καθορίζονται ανάλογα με τον τύπο της υπηρεσίας (εναέρια ή θαμμένη), με παράγοντες που επηρεάζουν την επιφάνεια συλλογής (C_d , C_e , C_l), τα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας (τύπος της μόνωσης της γραμμής και αντίσταση θωράκισης). Επιπλέον οι ζώνες διαχωρίζονται με βάση τους τύπους των συσκευών και τα μέτρα προστασίας που υπάρχουν ή θα τοποθετηθούν .

Αντίστοιχα σε με τα κτίρια αν περισσότερες από μια τιμές αντιστοιχούν σε μια παράμετρο της ζώνης, λαμβάνεται υπόψη ή υψηλότερη.

3.9 Διαδικασία για την αξιολόγηση της ανάγκης προστασίας

Για την αξιολόγηση της αντικεραυνικής προστασίας λαμβάνονται υπόψη οι τρεις βασικές συνιστώσες κινδύνου (R_1 , R_2 , R_3 για κτίριο) ανάλογα με τη φύση του κτιρίου και ($R'1$, $R'2$ για υπηρεσία), ενώ η συνιστώσα R_4 και $R'4$ λαμβάνεται υπόψη για την οικονομική αποτίμηση της προστασίας. Στη συνέχεια ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα τα οποία τα βλέπουμε και σχηματικά (σχήμα 3.8 για κτίρια και υπηρεσίες)



Σχήμα 3.8 Διαδικασία αξιολόγησης ανάγκης προστασίας [2]

Προστατευτικά μέτρα λαμβάνονται στη συνέχεια προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος σύμφωνα με το τύπο της βλάβης. Τα μέτρα αυτά λαμβάνονται σύμφωνα με τα επόμενα κεφάλαια και αφορούν σε προστασία

- Για την ανθρώπινη ζωή και τη φυσική καταστροφή (κεφ. 4)
- Για την καταστροφή των εσωτερικών συστημάτων (κεφ. 5)

Λαμβάνονται δηλαδή μέτρα για την **εξωτερική** και **εσωτερική** αντικεραυνική προστασία καθώς και για την προστασία των συστημάτων από τον ηλεκτρομαγνητικό παλμό (LEMP), δηλαδή τις εισερχόμενες και επαγόμενες υπερτάσεις και την απευθείας εκπεμπόμενη ακτινοβολία.

Τα μέτρα λαμβάνονται ανάλογα με τον εκτιμώμενο κίνδυνο και προκειμένου να μειώσουν κατά κύριο λόγο τις συνιστώσες που φέρουν την κύρια ευθύνη του κινδύνου. Παρακάτω καταδεικνύεται η επίδραση των εξωτερικών παραγόντων στις συνιστώσες κινδύνου (Πίνακας 3.29 για κτίρια και 3.30 για υπηρεσίες). Επιπλέον για την βέλτιστη λύση που μπορεί να προκύπτει θα πρέπει να διενεργείται τεχνοοικονομικός έλεγχος της λύσης με γνώμονα το γεγονός ότι η κατάλληλη λύση θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν συμφέρουσα.

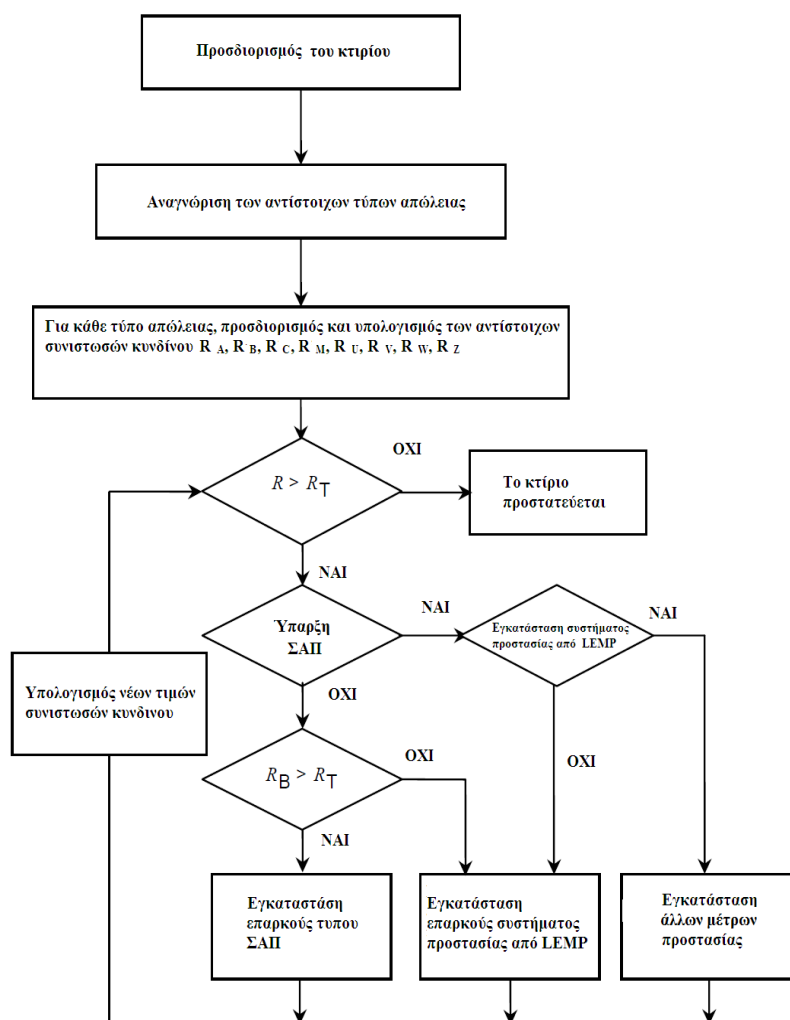
Χαρακτηριστικά κτιρίου και των εσωτερικών συστημάτων	R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z
Προστατευτικά μέτρα								
Επιφάνεια συλλογής	X	X	X	X	X	X	X	X
Ειδική αντίσταση εδάφους	X							
Ειδική αντίσταση πατώματος					X			
Μέτρα φυσικού περιορισμού, προειδοποιητικές πινακίδες, ισοδυναμική γείωση εδάφους	X				X			
ΣΑΠ	X ¹⁾	X	X ²⁾	X ²⁾	X ³⁾	X ³⁾		
Συντεταγμένη προστασία με SPD			X	X			X	X
Χωρική δικτυωτή θωράκιση			X	X				
Θωράκιση εξωτερικών καλωδιώσεων					X	X	X	X
Θωράκιση εσωτερικών καλωδιώσεων			X	X				
Πρόβλεψη δρομολόγησης καλωδίωσης			X	X				
Δίκτυο Ισοδυναμικής Διασύνδεσης			X					
Πυροπροστασία		X				X		
Πυρανίχνευση		X				X		
Ειδικοί κίνδυνοι		X				X		
Αντίσταση Μόνωσης			X	X	X	X	X	X
¹⁾ Στην περίπτωση «φυσικών» ή ΣΑΠ σύμφωνα με τα πρότυπα με αποστάσεις αγωγών καθόδου <10m, όπου μέτρα φυσικής απομόνωσης λαμβάνονται, ο κίνδυνος που προκαλείται από βηματικές ή τάσεις επαφής και αφορά την ανθρώπινη ζωή είναι αμελητέος ²⁾ Μόνο για εξωτερικά ΣΑΠ τύπου πλέγματος ³⁾ Λόγω της ισοδυναμικής σύνδεσης								

Πίνακας 3.29 Παράγοντες που επηρεάζουν τις συνιστώσες κινδύνου σε ένα κτίριο [2]

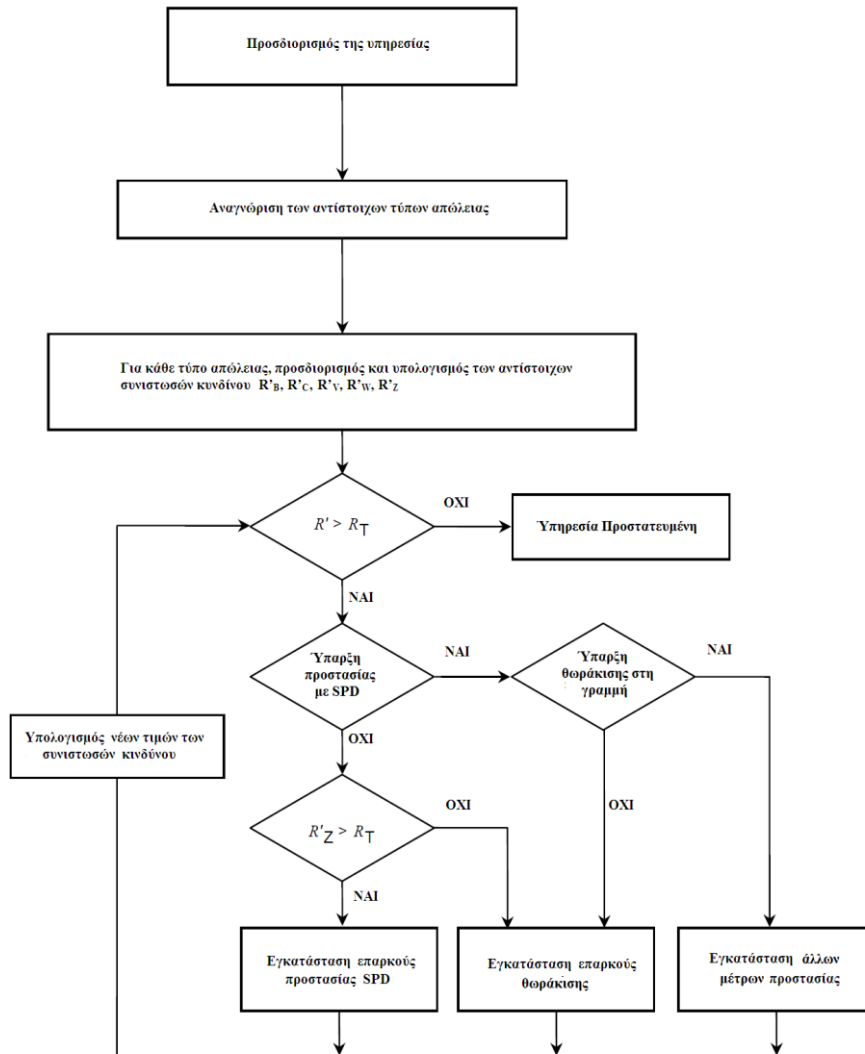
Χαρακτηριστικά υπηρεσίας Προστατευτικά μέτρα	R'_v	R'_w	R'_z	R'_B	R'_c
Επιφάνεια συλλογής	X	X	X	X	X
Θωράκιση καλωδίου	X	X	X	X	X
Προστατευτικό αντικεραυνικό καλώδιο	X	X	X	X	X
Προστατευτικός αγωγός καλωδίων	X	X	X	X	X
Επιπρόσθετοι θωρακισμένοι αγωγοί	X	X	X	X	X
Αντίσταση Μόνωσης	X	X	X	X	X
SPD	X	X	X	X	X

Πίνακας 3.30 Παράγοντες που επηρεάζουν τις συνιστώσες κινδύνου σε μια υπηρεσία [2]

Προκειμένου να εγκαταστήσουμε τέλος την αντικεραυνική εξωτερική ή εσωτερική προστασία θα ακολουθήσουμε τα παρακάτω βήματα (σχήμα 3.9 για κτίρια και 3.10 για υπηρεσίες) :



Σχήμα 3.11 Διαδικασία για την επιλογή προστατευτικών μέτρων στα κτίρια [2]



Σχήμα 3.12 Διαδικασία για την επιλογή προστατευτικών μέτρων σε γραμμές υπηρεσιών [2]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4 ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Αφού έχει ολοκληρωθεί η εκτίμηση κινδύνου σε μια κτιριακή εγκατάσταση, έχει προκύψει η ανάγκη προστασίας του καθώς και το επίπεδο της προστασίας αυτής. Στη συνέχεια ο εγκαταστάτης θα πρέπει να προβεί στον σχεδιασμό της αντικεραυνικής προστασίας ακολουθώντας μια σειρά από κανόνες που πηγάζουν από διάφορους παράγοντες. Οι κυριότεροι από αυτούς αφορούν την φάση τοποθέτησης της προστασίας (πριν ή μετά την κατασκευή του κτιρίου), την ίδια την κατασκευή του κτιρίου, τη χρήση του κτιρίου, την σύσταση του εδάφους κ.α. Έτσι θα επιτύχει την εφαρμογή της κλάσης προστασίας σε ότι αφορά αφενός την ίδια την προστασία της κατασκευής από απευθείας κεραυνοπληξία και αφετέρου την αποφυγή προς αυτή εισερχόμενων υπερτάσεων και ανάπτυξη επαγωγικών τάσεων και άλλων ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων.

Το τμήμα εκείνο της σχεδίασης που αφορά την προστασία της κατασκευής από φυσική καταστροφή και ταυτόχρονα τον περιορισμό του κινδύνου έναντι της ανθρώπινης ζωής από κεραυνοπληξία στο κτίριο αποτελεί την εξωτερική αντικεραυνική προστασία μιας εγκατάστασης και θα αποτελέσει το αντικείμενο του παρόντος κεφαλαίου. Τα εξωτερικό Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ) έχει ως σκοπό, να συλλαμβάνει τους άμεσους κεραυνούς, και στην συνέχεια, να διοχετεύει το ρεύμα του κεραυνού από το σημείο του πλήγματος και να το διαχέει στο έδαφος χωρίς να προκαλεί θερμικές και μηχανικές ζημιές στην κατασκευή που χρήζει προστασίας και επικίνδυνες υπερτάσεις για τους ανθρώπους [3].

Για τον λόγο ακριβώς της προστασίας της ανθρώπινης ζωής χρησιμοποιούνται κάποιες βασικές έννοιες και εφαρμογές της απόστασης ασφαλείας και της εσωτερικής ισοδυναμικής σύνδεσης των μεταλλικών εγκαταστάσεων. Αν και εφαρμόζονται στο εσωτερικό των εγκαταστάσεων και ανήκουν στο εσωτερικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, θα λέγαμε ότι αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα θεώρησης του εξωτερικού ΣΑΠ και θα πρέπει πάντα να λαμβάνεται μέριμνα για την τήρησή τους.

4.2 Περιγραφή του Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας

Οι κίνδυνοι στα κτίρια οφείλονται κυρίως στην πρόκληση πυρκαγιών αλλά και σε εκρηκτικά φαινόμενα που οφείλονται σε απότομη ατμοποίηση ποσοτήτων νερού. Τέτοιο

κίνδυνο διατρέχουν οι στέγες, οι εξώστες και οι κεφαλές των καπνοδόχων [13]. Σκοπός της εγκατάστασης ενός αλεξικέραυνου είναι η έναντι των κεραυνών προστασία κτιρίων ή υπαίθριων εγκαταστάσεων, κινητών ή ακινήτων, των ενοίκων και του περιεχομένου αυτών [5].

Η θεμελιώδης αρχή για προστασία της ζωής και των κατασκευών έναντι κεραυνοπληξίας είναι να επιτρέπει στην κεραυνική εκκένωση να εισέρχεται στη γη χωρίς να προκαλεί απώλεια ή καταστροφή. Ένα μονοπάτι χαμηλής σύνθετης αντίστασης θα πρέπει να επιτευχθεί, το οποίο θα πρέπει να «προτιμηθεί» από το κεραυνικό ρεύμα σε σχέση με τα υψηλότερης αντίστασης μονοπάτια που προσφέρονται από τα υλικά κατασκευής του κτιρίου, όπως το ξύλο, το σκυρόδεμα, η πέτρα [14].

Ένα σύστημα αντικεραυνικής προστασίας αποκτά την κλάση του από το αντίστοιχο επίπεδο προστασίας το οποίο καλείται να καλύψει (Παρ 2.6). Έτσι διακρίνουμε σε πρώτη φάση **ΣΑΠ I-II-III-IV** κλάσης [3].

Η βασική διάκρισή του ΣΑΠ αφορά την τοποθέτηση του επί της κατασκευής [3]:

- **Απομονωμένο από το κτίριο.**
- **Μη απομονωμένο από το κτίριο**

Στις πλείστες των περιπτώσεων το εξωτερικό ΣΑΠ, μπορεί να είναι σε επαφή με την κατασκευή που χρήζει προστασίας. Όταν όμως, οι θερμικές επιπτώσεις στο σημείο του πλήγματος ή στους αγωγούς που διαρρέονται από ρεύμα κεραυνού, μπορούν να προκαλέσουν ζημιά στην κατασκευή που χρήζει προστασίας ή στο περιεχόμενο της, τότε, συνιστάται να υπάρχει απόσταση μεταξύ των αγωγών του ΣΑΠ, και εύφλεκτων επιφανειών, εγκατάσταση δηλαδή απομονωμένου ΣΑΠ.

Μονωμένο ή απομονωμένο ΣΑΠ ορίζεται ως το σύστημα του οποίου τόσο οι συλλεκτήρια εγκατάσταση όσο και το σύστημα αγωγών καθόδου είναι τοποθετημένα έτσι ώστε η οδός ροής του κεραυνικού ρεύματος να μην έρχεται σε επαφή με την κατασκευή που χρίζει προστασίας. Τυπικές περιπτώσεις κατασκευών που χρίζουν εγκατάσταση μονωμένου ΣΑΠ είναι κατασκευές με εύφλεκτη επικάλυψη, εύφλεκτους τοίχους και με κίνδυνο έκρηξης ή πυρκαγιάς. Εγκατάσταση απομονωμένου ΣΑΠ συνιστάται και σε περιπτώσεις όπου ενδέχεται να πραγματοποιηθούν μελλοντικά αλλαγές, είτε στην δομή ή το περιεχόμενο της υπό προστασία κατασκευής, είτε αλλαγή στην χρήση της [3]. Η εγκατάστασή του παρουσιάζει δυσκολίες λόγω της αναγκαιότητας ύπαρξης χώρου. Έτσι η εγκατάσταση τέτοιων ΣΑΠ, περιορίζεται σε κατασκευές με σημαντικούς κινδύνους από πιθανό κεραυνικό πλήγμα, όπως αποθήκες καυσίμων και πυρομαχικών κλπ.

Τα κύρια μέρη του εξωτερικού ΣΑΠ είναι :

- **Το συλλεκτήριο σύστημα**
- **Το σύστημα αγωγών καθόδου**
- **Το σύστημα γείωσης**

Επίσης μέρος του εξωτερικού ΣΑΠ μπορεί να αποτελούν και φυσικά μεταλλικά στοιχεία του κτιρίου τα οποία εφόσον πληρούν καθορισμένα κριτήρια μπορούν να περιληφθούν στα παραπάνω υποσυστήματα. Η χρήση τέτοιων στοιχείων βελτιώνει την αποτελεσματικότητα του εξωτερικού ΣΑΠ.

Ως προς τη φυσική υλοποίηση του συλλεκτηρίου συστήματος που αφορά στην υποδοχή του κεραυνικού ρεύματος και κρίνεται, επομένως, ως επιτυχής εάν μπορεί να δώσει "έγκαιρα" συνδετικό οχετό, πριν από οποιοδήποτε σημείο της υπό προστασία κατασκευής, ώστε ο κεραυνός να πλήξει αυτήν (τη διάταξη) και εν συνεχεία το κεραυνικό ρεύμα να οδηγηθεί με ασφάλεια προς τη γη [5], διακρίνουμε συλλεκτήρια συστήματα αποτελούμενα :

- Από ακίδες
- Τεταμένα σύρματα
- Από κλωβούς συλλογής.

Ο υπολογισμός και η κατασκευή των εγκαταστάσεων αλεξικέραυνων πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω απαιτήσεις [5]:

- Ηλεκτρική ασφάλεια.
- Μηχανική αντοχή.
- Προστασία έναντι σκωριάσεως.
- Αποφυγή υπερθερμάνσεως των αγωγών.
- Προσαρμογή στις αρχιτεκτονικές απαιτήσεις.
- Οικονομία δαπανών εγκατάστασης και συντηρήσεως.

4.3 Συνέπειες του κεραυνικού ρεύματος στο εξωτερικό ΣΑΠ

Το ΣΑΠ θα πρέπει να σχεδιαστεί και να εγκατασταθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ανταπεξέρχεται των θερμικών, μηχανικών, ηλεκτρικών συνεπειών του κεραυνού σε αυτό και στο προστατευόμενο κτίριο.

4.3.1 Θερμικές Συνέπειες

Η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω ωμικής συμπεριφοράς κατά την διέλευση του ρεύματος θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη για τη σωστή διαστασιολόγηση των αγωγών, η ελάχιστη διατομή των οποίων θα πρέπει να αποτρέπει την υπερθέρμανση από ένα επίπεδο το οποίο μπορεί να προκαλέσει κίνδυνο φωτιάς στον παρακείμενο τοίχο [1].

Η θερμική ενέργεια που παράγεται από τον πλήρη κεραυνικό παλμό οφείλεται στην ωμική αντίσταση της διαδρομής που ακολουθεί δια μέσου του ΣΑΠ, επί την ειδική ενέργεια του κρουστικού παλμού. Η ενέργεια αυτή εκφρασμένη σε Joules ή W*s, είναι :

$$W = R \times \int i^2 dt \text{ (Εξίσωση 4.1)}$$

Η ενέργεια αυτή προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας των αγωγών του ΣΑΠ συναρτήσει των ηλεκτρικών και φυσικών χαρακτηριστικών των αγωγών [1]. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η αύξηση της θερμοκρασίας των αγωγών σε σχέση με τη φύση του αγωγού, τη διατομή και την ειδική ενέργεια του κεραυνού (Πίνακας 4.1):

Διατομή mm ²	Υλικό											
	Αλουμίνιο			Χάλυβας			Χαλκός			Ανοξείδωτος χάλυβας*		
	W/R (MJ/Ω)			W/R (MJ/Ω)			W/R (MJ/Ω)			W/R (MJ/Ω)		
	2,5	5,6	10	2,5	5,6	10	2,5	5,6	10	2,5	5,6	10
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	564	-	-	-	-	-	169	542	-	-	-	-
16	146	454	-	1120	-	-	56	143	309	-	-	-
25	52	132	283	211	913	-	22	51	98	940	-	-
50	12	28	52	37	96	211	5	12	22	190	460	940
100	3	7	12	9	20	37	1	3	5	45	100	190

*Ωστενιτικός μη μαγνητικός

Πίνακας 4.1 Αύξηση της θερμοκρασίας των αγωγών για διαφορετικές διατομές σε σχέση με την ειδική ενέργεια W/R[1]. Κελιά στα οποία υπάρχει παύλα υποδηλώνουν ότι για τη δεδομένη διατομή και ειδική ενέργεια υπερβάλλεται το σημείο τήξης του αγωγού.

Αν ένας κεραυνός πλήξει ένα μονωτικό υλικό ή ένα αγωγό, ο οποίος δεν χαρακτηρίζεται από την κατάλληλη διατομή, τότε το σημείο του πλήγματος θα αποκτήσει πολύ ψηλή θερμοκρασία με συνέπεια την διάτρηση του υλικού ή την ανάφλεξή του. Ο κίνδυνος να τρυπηθεί ένα λεπτό μεταλλικό φύλλο έχει πρακτική σημασία, για τα μεταλλικά φύλλα που χρησιμοποιούνται σαν υλικό οροφής (και στην επιφάνεια αεροσκαφών) [6].

Η θεώρηση του παραπάνω φαινομένου λαμβάνεται υπόψη στην διαστασιολόγηση των αγωγών του ΣΑΠ (Πίνακες 4.8 και 4.9) και στις ελάχιστες διατομές υλικών που χρησιμοποιούνται ως φυσικά τμήματα του εξωτερικού ΣΑΠ (Πίνακας 4.3) .

4.3.2 Μηχανικές Συνέπειες

Οι μηχανικές συνέπειες του πλήγματος ενός κεραυνού οφείλονται [1]:

- Στη ηλεκτροδυναμικές δυνάμεις
- Στις μαγνητική αλληλεπίδραση των αγωγών

Δύο παράλληλοι αγωγοί, οι οποίοι μοιράζονται την εκφόρτιση του ρεύματος κεραυνού, υπόκεινται σε ελκτικές δυνάμεις. Οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις που αναπτύσσονται από το κεραυνικό ρεύμα i , που διαρρέει ένα αγωγό με μακριά παράλληλα τμήματα μήκους l , και απόστασης d , μεταξύ τους (Σχήμα 4.1), μπορούν να υπολογιστούν από την πιο κάτω σχέση [1]:

$$F(t) = \frac{\mu_0}{2\pi} i^2(t) \frac{l}{d} \quad (\text{Εξίσωση 4.2})$$

όπου:

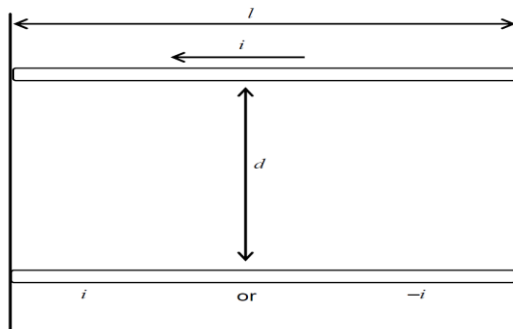
$F(t)$: η ηλεκτρομαγνητική δύναμη (N)

$i(t)$: το ρεύμα του κεραυνού (A)

μ_0 : η μαγνητική διαπερατότητα του κενού $4\pi 10^{-7}$ H/m

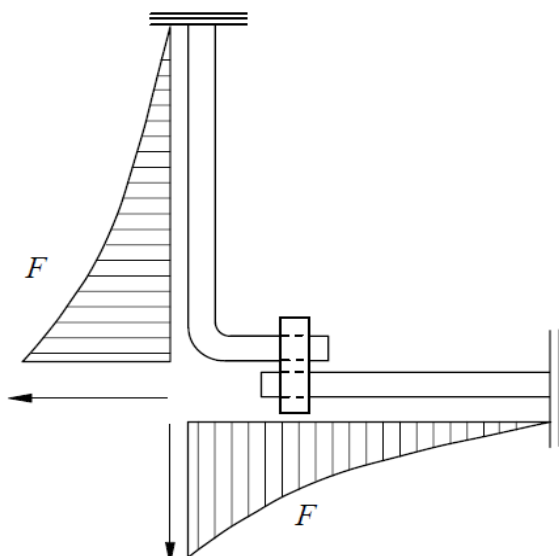
l : είναι η απόσταση των αγωγών (m)

d : απόσταση μεταξύ των ευθύγραμμων παράλληλων τμημάτων του αγωγού (m)

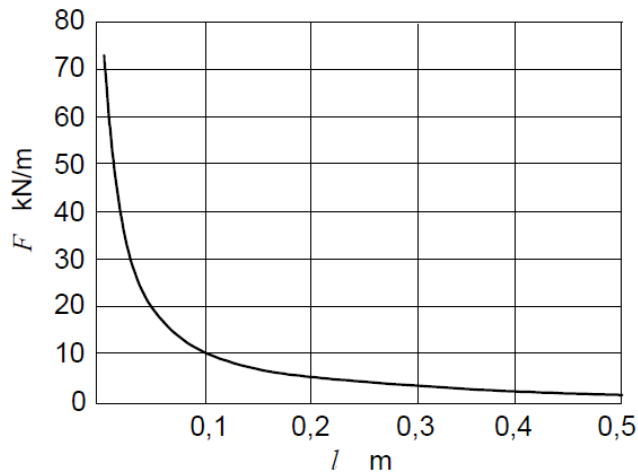


Σχήμα 4.1 Ηλεκτροδυναμική πίεση μεταξύ δύο αγωγών που διαρρέονται από κεραυνικό ρεύμα [1]

Σε ένα ΣΑΠ, ένα τυπικό παράδειγμα δίνεται από μια συμμετρική γωνιακή διάταξη η οποία σχηματίζει γωνιά 90° , με ένα σφικτήρα που τοποθετείται κοντά στην γωνία (Σχήμα 4.2). Στο σχήμα 4.3 φαίνεται επίσης το διάγραμμα με την δύναμη που ασκείται στους αγωγούς. Η αξονική δύναμη στον οριζόντιο αγωγό τείνει να τραβήξει τον αγωγό από το σφικτήρα και να ευθυγραμμίσει κάθε κλίση ενός αγωγού, για αυτό και ο σφικτήρας θα πρέπει να τοποθετείται σε κοντινή απόσταση από την γωνία του αγωγού.



Σχήμα 4.2 Διάγραμμα τάσεων σε αγωγούς κάθετα συνδεδεμένους [1]



Σχήμα 4.3 Διάγραμμα τάσεων ανά μονάδα μήκους του οριζόντιου αγωγού για ρεύμα κορυφής 100 kA και μήκος αγωγού 0,5 m [1]

Αυτές οι δυνάμεις που τείνουν να ισιώσουν έναν αγωγό που σε κάποιο σημείο σχηματίζει μια ορθή γωνία, είναι δυνατόν να μην προκαλέσει ζημιά σε έναν αγωγό συνηθισμένου διαμέτρου εάν ληφθεί πρόνοια η ακτίνα καμπυλότητας του αγωγού να είναι σχετικά μεγάλη αποφεύγοντας δηλαδή τις απότομες αλλαγές κατεύθυνσης, η στερεώνοντας με ασφάλεια τον αγωγό στον τοίχο σε μικρή απόσταση από την απότομη γωνία [6].

Πλαστική παραμόρφωση των αγωγών του ΣΑΠ, μπορεί να εμφανιστεί όταν η μηχανική πίεση υπερβαίνει το όριο ελαστικότητας του υλικού. Εάν το υλικό που συνθέτει τη δομή του ΣΑΠ είναι μαλακό, παραδείγματος χάριν το αργίλιο ή ο ανοπτημένος χαλκός, οι ηλεκτροδυναμικές δυνάμεις μπορεί να παραμορφώσουν τους αγωγούς στις γωνίες και τους βρόχους. Τα συστατικά του ΣΑΠ πρέπει επομένως να σχεδιαστούν έτσι ώστε να αντιστέκονται σε αυτές τις δυνάμεις και να εμφανίζουν ουσιαστικά ελαστική συμπεριφορά [1].

4.3.3 Ηλεκτρικές Συνέπειες

Μια συνέπεια του πλήγματος ενός κεραυνού, είναι η εσωτερική διάσπαση που μπορεί να συμβεί μεταξύ των αγωγών του ΣΑΠ και εσωτερικών αγωγίμων στοιχείων της κατασκευής γνωστή και ως «επικίνδυνος σπινθήρας ή side flash». Αν υποθεθεί ότι ένας συλλεκτήριος αγωγός πλήττεται από ένα κεραυνό ρεύματος i , το ρεύμα αυτό θα εκφορτιστεί στην γη, μέσω του αγωγού του ΣΑΠ. Ο δρόμος αυτός παρουσιάζει μια αυτεπαγωγή L , και μια αντίσταση γείωσης R . Η κορυφή λοιπόν του ΣΑΠ, παρουσιάζει ως προς την γη διαφορά δυναμικού που δίνεται από τον τύπο [5]:

$$V = i \times R + L \times di/dt \text{ (Εξίσωση 4.3)}$$

και ενδεχομένως να αναπτύξει σπινθήρα μεταξύ του αγωγού του ΣΑΠ και μιας εσωτερικής γειωμένης εγκατάστασης π.χ του δικτύου ύδρευσης.

Το παραπάνω φαινόμενο εισάγει την έννοια της **απόστασης ασφαλείας s** καθώς και της ισοδυναμικής σύνδεσης του εξωτερικού ΣΑΠ με τα εσωτερικά συστήματα, τα οποία αναπτύσσονται παρακάτω.

Επίσης το κεραυνικό ρεύμα λόγω της υψηλής κλίσης μετώπου είναι δυνατό να επάγει τάσεις σε βρόχους εντός των κτιρίων ή να επηρεάζει τα εσωτερικά συστήματα με την εκπεμπόμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, φαινόμενα που αντιμετωπίζονται από το εσωτερικό αντικεραυνικό σύστημα.

4.4 Το συλλεκτήριο σύστημα

Το συλλεκτήριο σύστημα αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό διάκρισης του τύπου του εξωτερικού ΣΑΠ και διακρίνεται ανάλογα με την υλοποίηση όπως προαναφέρθη:

- Από ακίδες (και με μεμονωμένους ιστούς)
- Τεταμένα σύρματα
- Από κλωβούς συλλογής.

4.4.1 Μέθοδοι προσδιορισμού προστατευμένης περιοχής

Τα στοιχεία του συλλεκτηρίου συστήματος εγκαθίστανται κυρίως στα εκτεθειμένα ανώτερα άκρα ενός κτιρίου με σκοπό την δημιουργία μιας προστατευμένης ζώνης που περιλαμβάνει το κτίριο και τις απόμερους κατασκευές. Οι μέθοδοι που ακολουθούνται για τον προσδιορισμό της θέσης των στοιχείων του συστήματος συλλογής είναι:

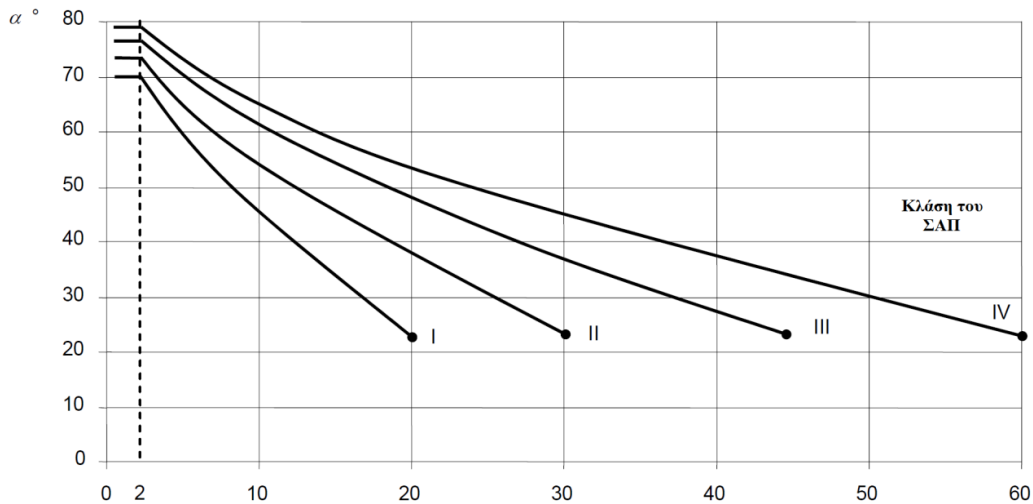
- η μέθοδος της γωνίας προστασίας
- η μέθοδος του κλωβού ανοίγματος
- η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας

Όλες οι μέθοδοι είναι ισοδύναμες. Γενικά όμως η μέθοδος της γωνίας προστασίας είναι κατάλληλη για μικρά κτίρια και κτίρια απλού σχήματος, η μέθοδος του κλωβού ανοίγματος κατάλληλη για κτίρια με επίπεδες επιφάνειες και η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας για σύνθετου σχήματος κτίρια και κατασκευές.

Για κάθε κλάση του ΣΑΠ δίνονται και οι απαιτήσεις σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες [3]:

Κλάση ΣΑΠ	Μέθοδος Προστασίας		
	Μέθοδος κυλιόμενης σφαίρας r (m)	Άνοιγμα πλέγματος W (m)	Γωνία Προστασίας α°
I	20	5×5	Όπως στο παρακάτω σχήμα
II	30	10×10	
III	45	15×15	
IV	60	20×20	

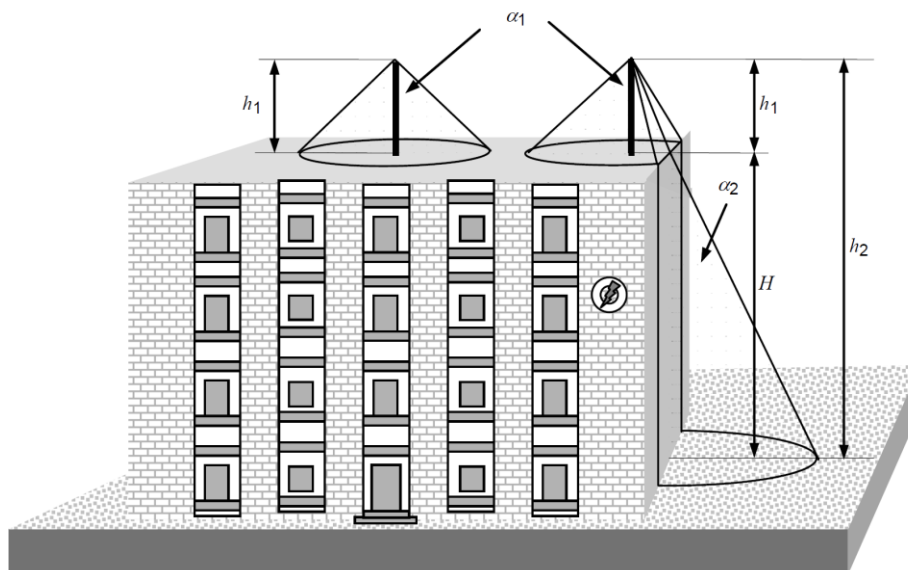
Πίνακας 4.2 Μέγιστες τιμές της ακτίνας της κυλιόμενης σφαίρας, το άνοιγμα του πλέγματος του κλωβού και της γωνίας προστασίας αντιστοίχως με την κλάση του ΣΑΠ [3]



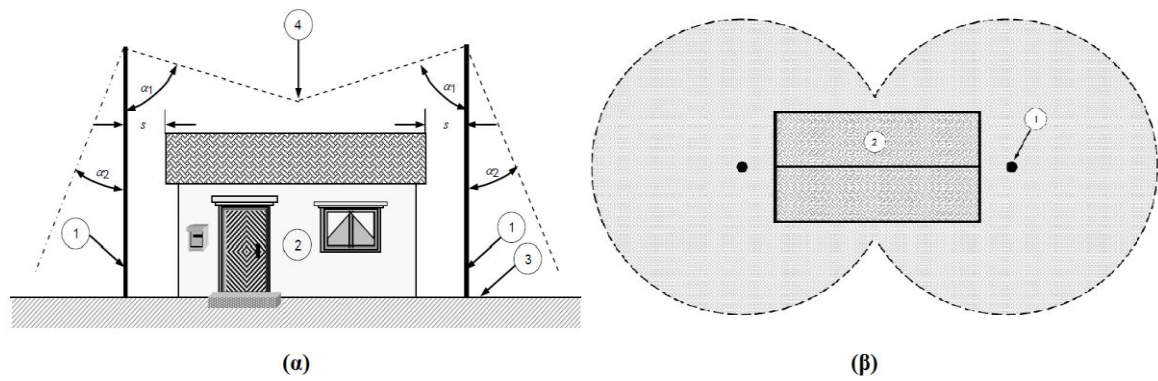
Σημείωση: H είναι το ύψος του αγωγού συλλογής πάνω από το επίπεδο αναφοράς της προς προστασία περιοχής
Σχήμα 4.4 Γωνία προστασίας ανάλογα με τη κλάση του ΣΑΠ και το ύψος της ακίδας [3]

4.4.1.1 Μέθοδος γωνίας προστασίας

Όλοι οι αγωγοί συλλογής, ακίδες, ιστοί και καλώδια θα πρέπει να τοποθετούνται, ώστε όλα τα σημεία της κατασκευής να περικλείονται στην περιοχή προστασίας που ορίζονται από την γωνία προστασίας. Η γωνία προστασίας δίδεται από το σχήμα 4.4, με ύψος h , το ύψος του σημείου συλλογής πάνω από το επίπεδο της προστατευόμενης επιφάνειας. Ένα μοναδικό σημείο συλλογής (περίπτωση ακίδας) δημιουργεί έναν κώνο προστασίας (σχήμα 4.5), έτσι ανάλογα με το θεωρούμενο αυτό ύψος η γωνία προστασίας μεταβάλλεται. Παρακάτω παρουσιάζονται περιπτώσεις προστασίας κατασκευών με τον κώνο προστασίας που δημιουργούν ακίδες απομονωμένες και μη από τα κτίρια (Σχήμα 4.6 και 4.7)

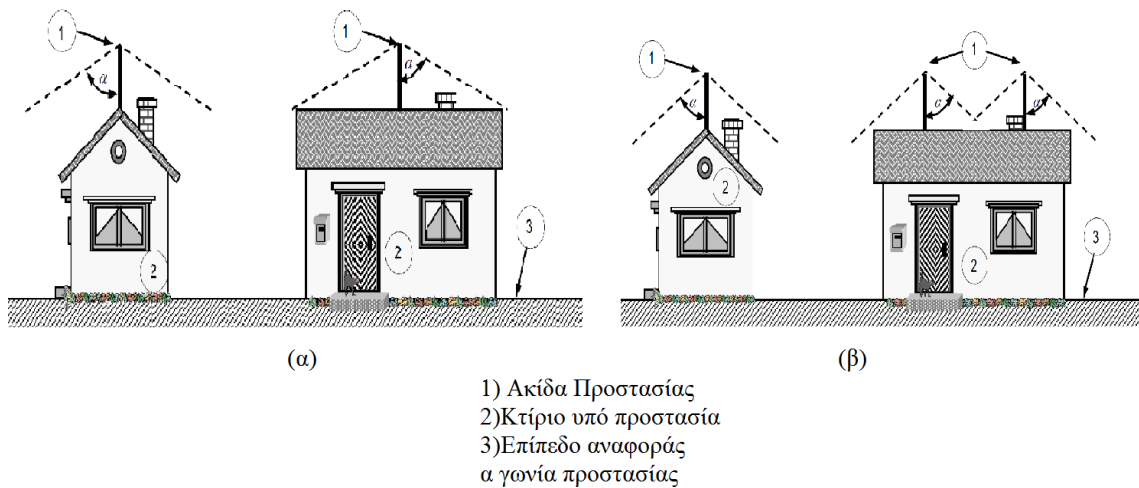


Σχήμα 4.5 Γωνία προστασίας θεωρούμενη για διαφορετικά ύψη επιπέδων προστασίας [3]. Ανάλογα με το επίπεδο αναφοράς προστασίας μεταβάλλεται η γωνία προστασίας (α_1 για h_1 και α_2 και h_2) σύμφωνα με τον σχήμα 4.4.



- 1) Ιστός ακίδας
- 2) Υπό προστασία κτίριο
- 3) Εδαφος ως επίπεδο αναφοράς
- 4) Διαστάυρωση κώνων προστασίας
- s απόσταση ασφαλείας για αποφυγή τόξου

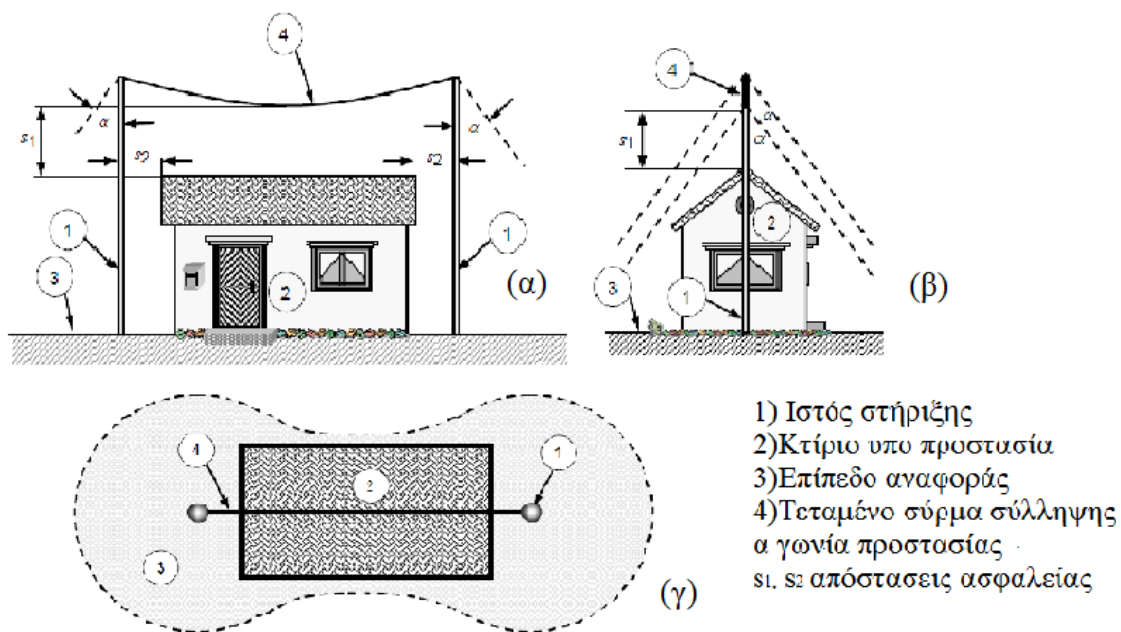
Σχήμα 4.6 Προστασία κτιρίου με τη μέθοδο της ακτίνας προστασίας με ακίδες σε απομονωμένο ΣΑΠ (δύο επίπεδα (α) πρόσοψη (β) κάτοψη) [3] Οι ράβδοι προστατεύουν σημαντικά όταν το ύψος τους είναι μικρότερο από την ακτίνα της κεραυνικής σφαίρας (κατά VDE 0185, μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος για μία ράβδο 20 μέτρα, για πολλές ράβδους 30 μέτρα).



- 1) Ακίδα Προστασίας
- 2) Κτίριο υπό προστασία
- 3) Επίπεδο αναφοράς
- α γωνία προστασίας

Σχήμα 4.7 Προστασία κτιρίου με τη μέθοδο της ακτίνας προστασίας με (α) ακίδα ή (β) ακίδες σε ενσωματωμένο ΣΑΠ [3] Ο τύπος αυτός προστασίας ενδείκνυται για κατασκευές με εύφλεκτη επικάλυψη, εύφλεκτους τοίχους και με κίνδυνο έκρηξης ή πυρκαγιάς και σε περιπτώσεις όπου ενδέχεται να πραγματοποιηθούν μελλοντικά αλλαγές, είτε στην δομή ή το περιεχόμενο της υπό προστασία κατασκευής, είτε αλλαγή στην χρήση της [3]

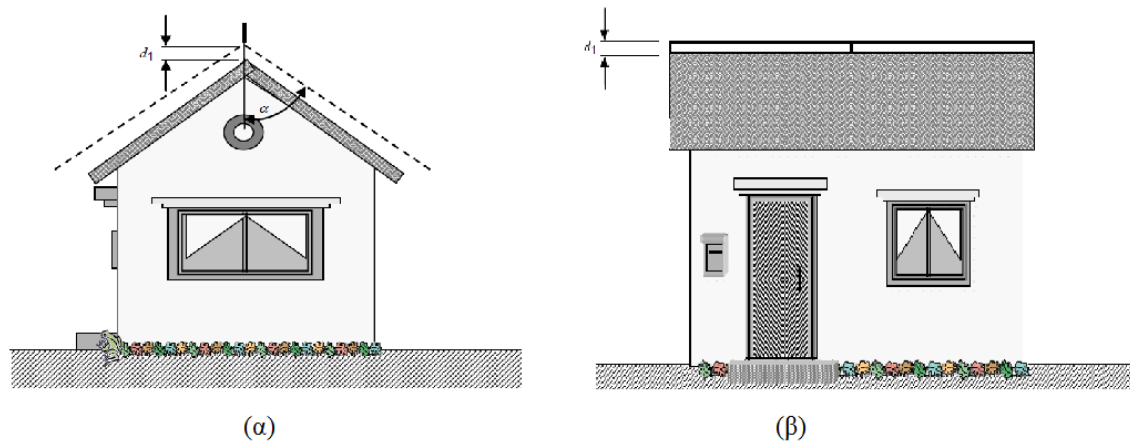
Στην περίπτωση τεταμένων καλωδίων και κλωβών το σχήμα προστασίας μεταβάλλεται ανάλογα με την ίδια λογική της δημιουργίας του κώνου με την επιδίωξη να παραμένει η περίληψη του κτιρίου στην προστατευμένη περιοχή (Σχήμα 4.8 απομονωμένο ΣΑΠ και 4.9 ενσωματωμένο ΣΑΠ)



Σχήμα 4.8 Προστασία κτιρίου με τη μέθοδο της ακτίνας προστασίας με τεταμένα καλώδια σε απομονωμένο ΣΑΠ [3]. Οι κανονισμοί VDE 0185 ορίζουν περιορισμό ύψους 20 μέτρα για ένα συρματόσχοινο.



Εικόνα 4.1 Παράδειγμα εγκατάστασης αποθήκευσης πυρομαχικών του αμερικανικού ναυτικού [7]. Σε τέτοιες περιπτώσεις η χρήση απομονωμένου ΣΑΠ είναι προτιμητέα.



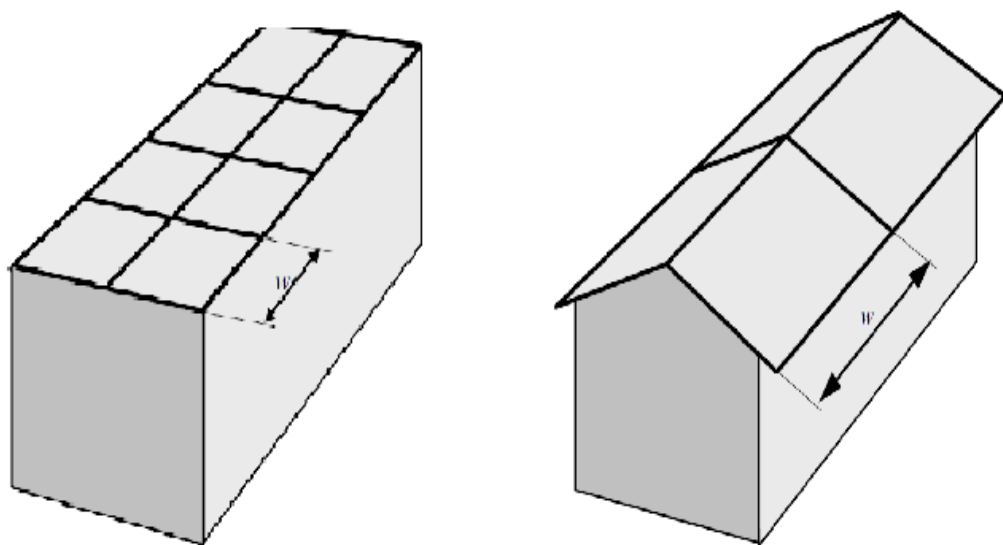
d_1 : απόσταση οριζόντιου σύρματος από την οροφή
α γωνία προστασίας

Σχήμα 4.9 Προστασία κτιρίου με τη μέθοδο της ακτίνας προστασίας σε ενσωματωμένο ΣΑΠ(δύο επίπεδα(α) πλάγια όψη (β) πρόοψη) [3]. Σε χαμηλά σπίτια και άλλες παρόμοιες κατασκευές με κεκλιμένη στέγη, ένας συλλεκτήριος αγωγός θα πρέπει να εγκαθίσταται κατά μήκος της ακμής της στέγης [3].

Η γωνία προστασίας έχει γεωμετρικά όρια και δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε ακίδες που ξεπερνούν το μήκος της αντίστοιχης ακτίνας της κυλιόμενης σφαίρας r (Σχήμα 4.4).

4.4.1.2 Μέθοδος του κλωβού ανοίγματος

Ένας μεταλλικός κλωβός με ανοίγματα μικρότερης διάστασης w προστατεύει ότι βρίσκεται στο εσωτερικό του. Το w κυμαίνεται από 5m έως 20m, ανάλογα με την στάθμη προστασίας, όπως φαίνεται στον πίνακα 4.2 (Σχήμα4.10) .



Σχήμα 4.10 Προστασία κτιρίου με τη μέθοδο του κλωβού ανοίγματος με μήκος w [3]

Ένα κτίριο προστατεύεται με τη μέθοδο αυτή, όταν:

- 1) Οι αγωγοί που συνθέτουν τους κλωβούς τοποθετούνται:
 - i) στις ακμές της οροφής
 - ii) στις προεξοχές της οροφής
 - iii) στις γραμμές της τομής των κεκλιμένων επιφανειών της οροφής εφόσον η κλίση υπερβαίνει το 1/10.
- 2) Οι διάσταση του w δεν ξεπερνά τις τιμές που καθορίζονται στον Πίνακα 4.2.
- 3) Το δίκτυο του συλλεκτηρίου συστήματος πρέπει να διαμορφώνεται με τέτοιο τρόπο ώστε το ρεύμα του κεραυνού να συναντά τουλάχιστον δύο χωριστές μεταλλικές οδεύσεις προς το σύστημα γείωσης.
- 4) Καμία μεταλλική εγκατάσταση δεν προεξέχει του προστατευμένου χώρου από τα συλλεκτήρια συστήματα.
- 5) Οι αγωγοί του συλλεκτηρίου συστήματος ακολουθούν όσο το δυνατόν σύντομες και ευθείες οδεύσεις.

4.4.1.3 Μέθοδος κυλιόμενης σφαίρας

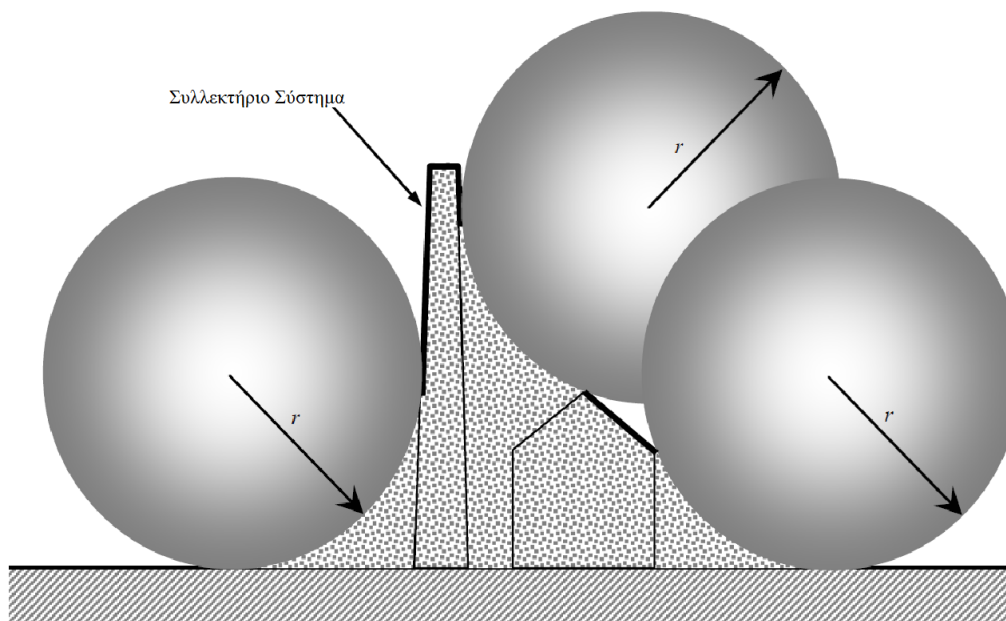
Με τη μέθοδο αυτή επιδιώκεται η κάλυψη όλων των εκτεθειμένων επιφανειών ενός κτιρίου με αγωγούς σύλληψης σε κλωβό ή ακίδες ως εξής: κατασκευάζεται μοντέλο του κτιρίου (υπό κλίμακα 1:100 έως 1:500). Με την ίδια κλίμακα κατασκευάζεται σφαίρα ακτίνας r που στην ουσία είναι η απόσταση διάσπασης, η απόσταση δηλαδή από την οποία ανερχόμενος συνεκτικός οχετός θα δημιουργηθεί πάνω στην κατασκευή προκειμένου να ενωθεί με τον κατερχόμενο (η τιμή της r λαμβάνεται από τον Πίνακα 4.2).

Στο κέντρο αυτής της σφαίρας θεωρείται ότι βρίσκεται η κεφαλή του κατερχομένου οχετού που έχει πλησιάσει το κτίσμα ή το έδαφος σε απόσταση r . Η σφαίρα κυλιέται σε όλες τις δυνατές διευθύνσεις γύρω και πάνω από το προς προστασία κτίσμα.

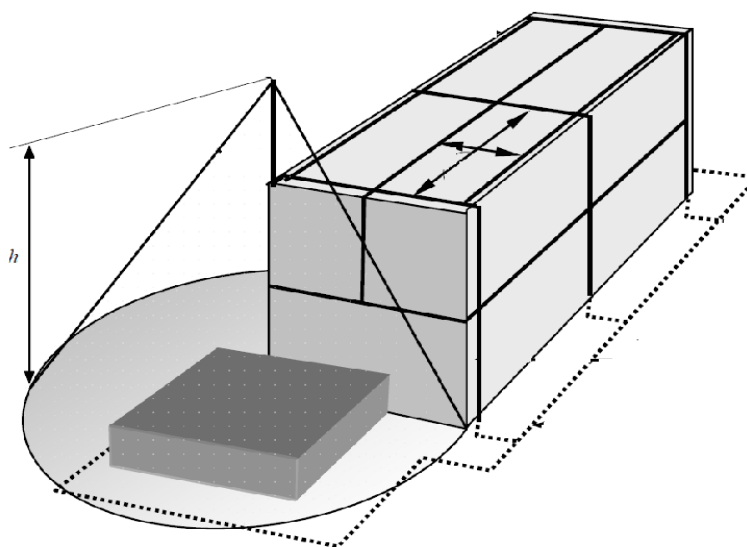
Εάν κατά την κίνηση της έρχεται σε επαφή μόνο με στοιχεία της διάταξης αντικεραυνικής προστασίας έχει καλώς. Αντιθέτως, απαιτείται συμπλήρωση της διάταξης αντικεραυνικής προστασίας, εφόσον η σφαίρα έρχεται σε επαφή με τμήματα του υπό προστασία κτίσματος [5].

Παρακάτω δίνονται παραδείγματα εφαρμογής της μεθόδου (Σχήματα 4.11 και 4.12).

Η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας καλύπτει όλες τις περιπτώσεις και ως επί το πλείστον χρησιμοποιείται για την προστασία ειδικών κατασκευών (γέφυρες καλωδιωτές, πύργοι τηλεοράσεως) και συμπλήρωση του ΣΑΠ σε μία σύνθετη κατασκευή (Σχήμα 4.12)



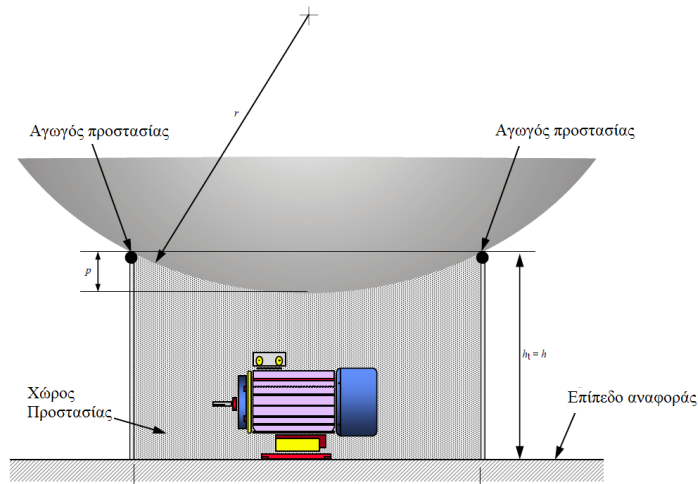
Σχήμα 4.11 Εφαρμογή της μεθόδου της κυλιόμενης σφαίρας ακτίνας r σε κατασκευή με παρακείμενη υψηλή καμινάδα [3]. Σε όσα σημεία η κυλιόμενη σφαίρα θίγει την εγκατάσταση τοποθετούνται συλλεκτήριοι αγωγοί. Το μήκος της ακτίνας r δίνεται στον πίνακα 4.2



Σχήμα 4.12 Εφαρμογή της μεθόδου της κυλιόμενης σφαίρας για συμπλήρωση της προστασίας παρακείμενης κατασκευής. Η κύρια κατασκευή προστατεύεται από ΣΑΠ κλωβού [3].

Ο προστατευμένος χώρος που παράγεται από το ΣΑΠ είναι η περιοχή η οποία δεν έρχεται δε επαφή με την κυλιόμενη σφαίρα. Με τη χρήση της μεθόδου μπορεί να επιτευχθεί η προστασία κατασκευών όπως του σχήματος 4.13, όπου δύο παράλληλοι οριζόντιοι αγωγοί του ΣΑΠ επιτρέπουν εισχώρηση της σφαίρας σε απόσταση p κάτω από το επίπεδο που δημιουργούν και έτσι επιτυγχάνεται προστασία. Το μήκος αυτό της εισχώρησης δίνεται από την εξίσωση:

$$p = r - [r^2 - (d/2)^2]^{1/2}, \text{ (Εξίσωση 4.3)}$$



Σχήμα 4.13 Εφαρμογή της μεθόδου της κλιωμένης σφαίρας για την προστασία ηλεκτρικής εγκατάστασης. Οι αγωγοί προστασίας θα πρέπει να τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο ώστε για το ύψος των εγκαταστάσεων να ισχύει $p < h_1$ - (ύψος εγκατάστασης) [3].

4.4.2 Χρήση Φυσικών στοιχείων

Φυσικά στοιχεία της υπό προστασία κατασκευής μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέρος του ΣΑΠ εφόσον βέβαια τηρούν κάποιες προϋποθέσεις, σύμφωνα με τα παρακάτω [3]: α) Μεταλλική στέγη

Για την μεταλλική σκέπη, πρέπει να εξασφαλίζεται ισχυρή ηλεκτρική συνέχεια μεταξύ των διαφόρων τμημάτων (π.χ. με μπρουτζοκόλληση, ηλεκτροσυγκόλληση, αναδίπλωση με συμπίεση, βίδωμα) [6].

Εάν η στέγη είναι μεταλλική (π.χ. λαμαρίνα) και όχι μονωμένη, και έχει εκτεταμένα μεταλλικά πλαίσια γυμνά ή απλώς βαμμένα (μια ελαφριά επικάλυψη προστατευτικής βαφής ή 1 mm ασφάλτου ή 0.5 mm PVC δεν θεωρείται μόνωση), αυτά μπορούν να αντικαταστήσουν την εγκατάσταση έλξης αρκεί να έχουν πάχος τουλάχιστον t' σύμφωνα με τις τιμές του παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.3) :

Κλάση ΣΑΠ	Υλικό	Πάχος α t mm	Πάχος β t' mm
I έως IV	Μόλυβδος	-	2,0
	Χάλυβας (ανοξειδωτος, γαλβανισμένος)	4	0,5
	Τιτάνιο	4	0,5
	Χαλκός	5	0,5
	Αλουμίνιο	7	0,65
	Ψευδάργυρος	-	0,7

^a t αποτρέπει διάτρηση, τοπική τήξη ή ανάφλεξη
^b t' μόνο για μεταλλικά φύλλα εάν δεν είναι σημαντικό να αποτραπεί διάτρηση, τοπική τήξη ή ανάφλεξη

Πίνακας 4.3: Ελάχιστο πάχος των υλικών με τα οποία είναι κατασκευασμένη η μεταλλική στέγη, στην οποία επιθυμούμε ή όχι να αποφύγουμε τοπικές τήξεις και διατρήσεις [3].

Εάν το περιεχόμενο της υπό προστασία κατασκευής είναι τέτοιο (όπως καύσιμα και πυρομαχικά) ώστε να είναι ανεπιθύμητη η διάτρηση και τήξη τότε τα υλικά της μεταλλικής στέγης πρέπει να έχουν τις διαστάσεις t που ορίζονται επίσης στον πιο πάνω πίνακα (Πίνακας 4.3)

Εάν η μεταλλική σκέπη είναι καλυμμένη με μονωτικά τότε χρειάζεται συλλεκτήρια εγκατάσταση και σύνδεση της σκέπης κάθε 10m με την συλλεκτήρια εγκατάσταση.

β) Μεταλλικά στοιχεία της κατασκευής της οροφής (στηρίγματα, ενδοσυνδεδεμένος χαλύβδινος οπλισμός κτλ) που βρίσκονται κάτω από μη μεταλλική οροφή υπό την προϋπόθεση ότι το υπερκείμενο τμήμα μπορεί να εξαιρεθεί από την κατασκευή που χρήζει προστασίας.

γ) Μεταλλικά μέρη όπως υδρορροές, διακοσμητικά στοιχεία, κιγκλιδώματα, κτλ των οποίων η διατομή δεν είναι μικρότερη από αυτήν που καθορίζεται για τα τυποποιημένα στοιχεία του συλλεκτηρίου συστήματος.

δ) Μεταλλικοί σωλήνες και δεξαμενές, υπό την προϋπόθεση ότι είναι κατασκευασμένα από υλικά που τηρούν τις προδιαγραφές του πίνακα 4.3 και ότι δεν θα προκληθεί κίνδυνος ή οποιαδήποτε ανεπιθύμητη κατάσταση αν διατηρηθούν.

ε) Μεταλλικοί σωλήνες και δεξαμενές γενικώς, υπό την προϋπόθεση ότι είναι κατασκευασμένα από υλικά πάχους τουλάχιστον ίσου με την τιμή που δίνεται στον πίνακα 4.3 και ότι η άνοδος της θερμοκρασίας στην εσωτερική επιφάνεια στο σημείο του πλήγματος δεν συνεπάγεται κίνδυνο.

Εάν οι όροι για το πάχος δεν τηρούνται, οι σωλήνες και οι δεξαμενές θα ενσωματωθούν στη δομή που προστατεύεται.

4.4.3 Κατασκευαστικά στοιχεία

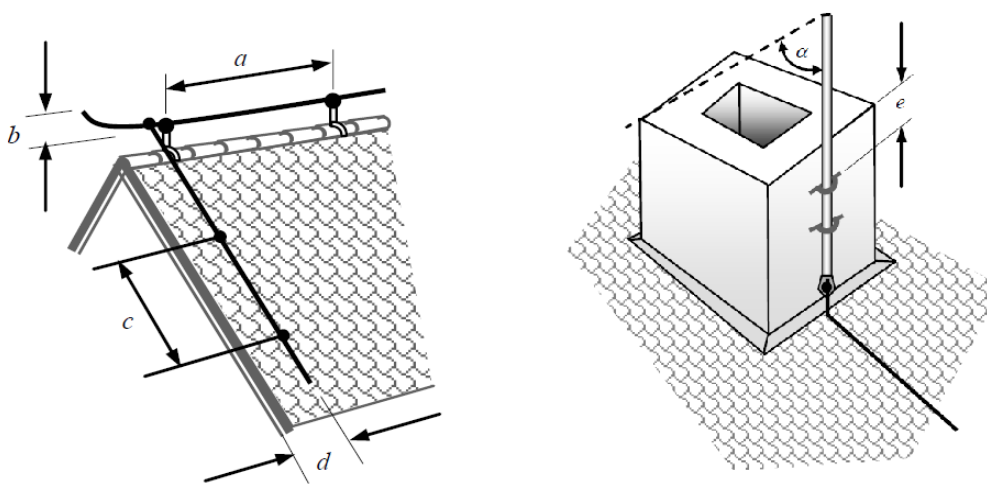
4.4.3.1 Ενσωμάτωση κλωβών

Οι αγωγοί του συλλεκτηρίου συστήματος αλλά και οι αγωγοί καθόδου θα πρέπει να διασυνδέονται στο επίπεδο της στέγης προκειμένου να παρέχουν όδευση στο κεραυνικό ρεύμα προς τη γη. Οι αγωγοί στερεώνονται στις οροφές χρησιμοποιώντας είτε αγωγίμους, είτε μονωτικούς συνδέσμους και προσαρμοστήρες όσο πιο κοντά στις ακμές. Σε περίπτωση εύφλεκτου υλικού οροφής θα πρέπει να τηρείται απόσταση από αυτή όχι μικρότερη του 0,1 m και μονωτικοί προσαρμοστήρες (σε περίπτωση ακόμα πιο εύφλεκτης οροφής π.χ. από άχυρο 0,15 m) [3]. Σε περίπτωση μη εύφλεκτου υλικού τοποθετούνται απευθείας στην οροφή. Στερεώνονται σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στον παρακάτω πίνακα:

Διάταξη	Σημεία στερέωσης για αγωγούς ταινίας και πολύκλωνους mm	Σημεία στερέωσης για κυκλικούς συμπαγείς αγωγούς mm
Οριζόντιοι αγωγοί σε οριζόντιες επιφάνειες	500	1000
Οριζόντιοι αγωγοί σε κάθετες επιφάνειες	500	1000
Κάθετοι αγωγοί από το έδαφος έως και 20 m	1000	1000
Κάθετοι αγωγοί από ύψος 20m και πάνω	500	1000

Πίνακας 4.4 Αποστάσεις στερέωσης επί των τοιχωμάτων [3]

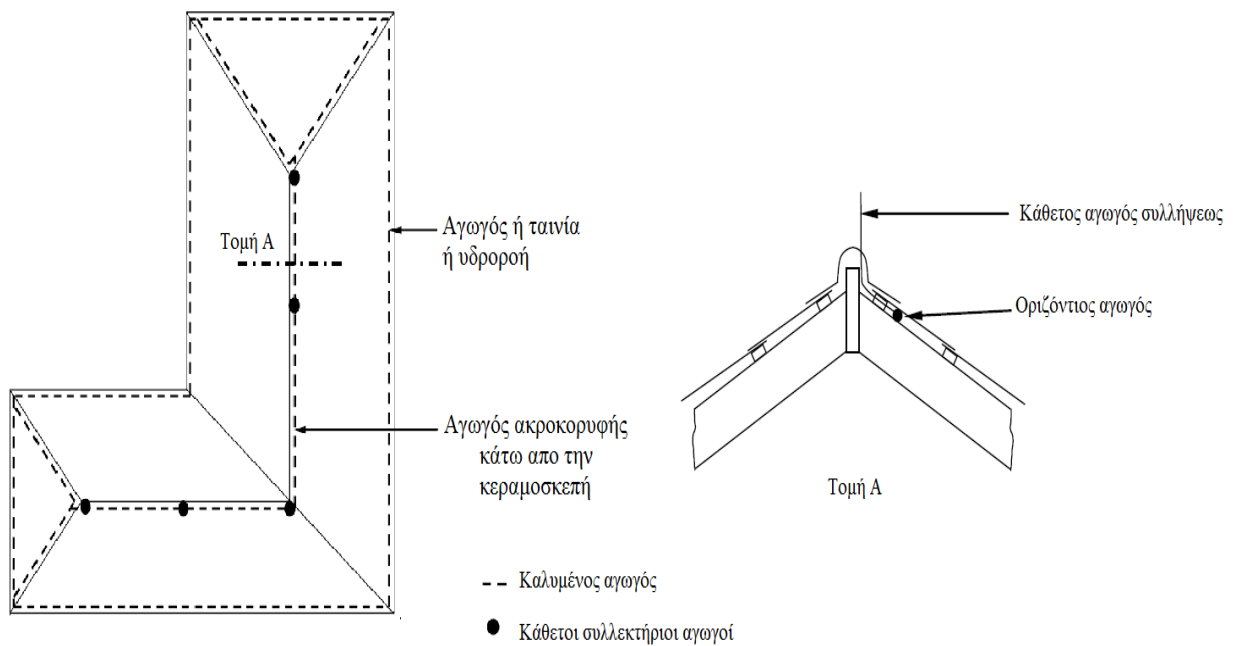
Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται κατασκευαστικές λεπτομέρειες στην στερέωση αγωγών συλλεκτηρίου συστήματος.



Σχήμα 4.14 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες [3]

- $a=1\text{ m}$ (στερέωση συλλεκτηρίου αγωγού)
- $b=0,15\text{ m}$ (προαιρετική προεξοχή στην άκρη της στέγης)
- $c=1\text{ m}$ (στερέωση συλλεκτηρίου αγωγού)
- $d=$ όσο κοντότερα στην άκρη
- $e=0,2\text{ m}$ (στερέωση ακίδας για προστασία καμινάδας)

Όσο είναι δυνατό οι αγωγοί του συλλεκτηρίου συστήματος θα πρέπει να τοποθετούνται σε ευθεία διάταξη σε σχέση με τους αγωγούς καθόδου. Σε μη αγώγιμες οροφές οι αγωγοί μπορούν να τοποθετούνται είτε κάτω είτε πάνω από τη κεραμοσκεπή. Αν και η στερέωση είναι ευκολότερη κάτω από την κεραμοσκεπή και αντιμετωπίζει μικρότερο κίνδυνο διάβρωσης, είναι προτιμότερο όπου οι δυνατότητες στερέωσης το ευνοούν, η στερέωση να γίνεται πάνω από την κεραμοσκεπή οπότε και διευκολύνεται η επιθεώρηση. Αγωγοί κάτω από την κεραμοσκεπή θα πρέπει να φέρουν προεξοχές πάνω από τα κεραμίδια και σε αποστάσεις λιγότερο από 10 m (σχήμα 4.15)



Σχήμα 4.15 Παράδειγμα σχεδίασης μη απομονωμένου ΣΑΠ σε κεραμοσκεπή με κεκαλυμμένους αγωγούς[3]

Όταν η επιφάνεια της οροφής ξεπερνά το άνοιγμα των κλωβών όπως ορίζεται στον πίνακα 4.2 τότε θα πρέπει να τοποθετούνται επιπλέον συλλεκτήριοι αγωγοί.

Οι αγωγοί του ΣΑΠ και οι ακίδες θα πρέπει να εξασφαλίζονται από τυχόν δυνατούς ανέμους και εργασίες που εκτελούνται στην οροφή [3].

Σε περίπτωση εξωτερικού ΣΑΠ σε περιοχές με έντονες χιονοπτώσεις οι κατώτεροι οριζόντιοι αγωγοί του συλλεκτηρίου θα πρέπει να τοποθετούνται σε επίπεδο τέτοιο ώστε να διευκολύνουν την αποβολή του χιονιού.

4.4.3.2 Αγωγή και μη αγωγή στοιχεία της οροφής

Τμήματα της στέγης, μη μεταλλικά, τα οποία δεν προεξέχουν πάνω από 0,3 m από το επίπεδο του κλωβού, και βρίσκονται μέσα στην ζώνη προστασίας, θεωρούνται ότι είναι προστατευμένα. Μεταλλικά τμήματα της στέγης (π.χ σωληνώσεις), που και πάλι δεν προεξέχουν πάνω από 0,3m, η επιφάνειά τους είναι μικρότερη του 1m², το μεγαλύτερο μήκος τους είναι μικρότερο των 2 m και απέχουν το πολύ 0,5 m από τους αγωγούς της διάταξης, δεν χρειάζεται να ενωθούν με τον συλλεκτήριο κλωβό.

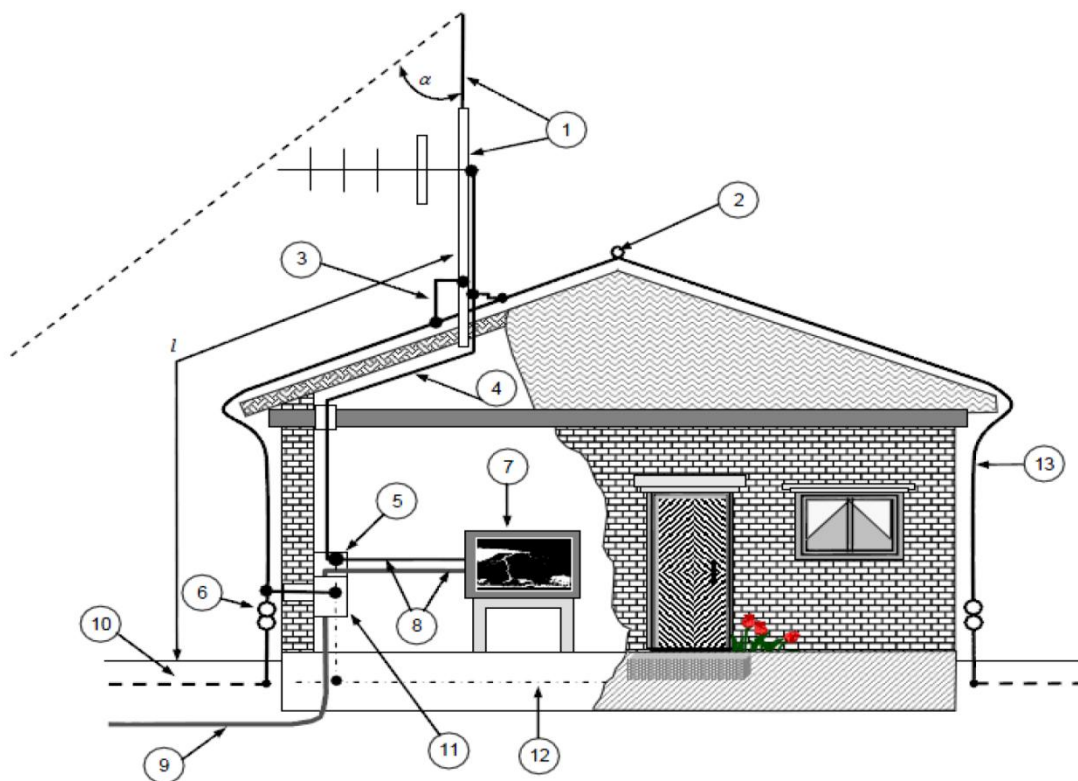
Αν δεν ισχύουν τα πιο πάνω, τότε τα μη μεταλλικά σημεία που προεξέχουν, προστατεύονται με μια ράβδο που ενώνεται με την συλλεκτήρια εγκατάσταση, ενώ τα μεταλλικά συνδέονται απευθείας με τον κλωβό. Τα μη αγωγή μέρη της στέγης, τα οποία δεν βρίσκονται μέσα στην περιοχή προστασίας, και δεν προεξέχουν περισσότερο από 0,5 μέτρα από αυτή, δεν χρειάζονται περαιτέρω αντικεραυνική προστασία με συλλεκτήριους αγωγούς.

Καμινάδες από μονωτικό υλικό, όταν δεν είναι εντός της περιοχής προστασίας, θα πρέπει να προστατευτούν με επιπλέον συλλεκτήρια ράβδο, τέτοιου ύψους, ώστε ολόκληρη

η καμινάδα να βρίσκεται εντός της περιοχής προστασίας (σχήμα 4.14). Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι, ακόμα και αν η καμινάδα είναι κατασκευασμένη, από μη αγωγίμο υλικό, στο εσωτερικό της υπάρχει ένα στρώμα αιθάλης, το οποίο ακόμα και με την απουσία βροχής, διατηρεί κάποια αγωγιμότητα [3].

4.4.3.3 Ηλεκτρική εγκατάσταση που προεξέχει

Ιστοί κεραιών, θα πρέπει να προστατεύονται από άμεσα κεραυνικά πλήγματα, και να βρίσκονται τοποθετημένα εντός της περιοχής προστασίας, ή με ένα απομονωμένο ΣΑΠ ειδικά γι' αυτό τον σκοπό. Εάν αυτό δεν είναι δυνατό, θα πρέπει να συνδέεται με το ήδη υπάρχον συλλεκτήριο σύστημα. Το καλώδιο της κεραίας, θα πρέπει να εισάγεται στη δομή κατά προτίμηση από την κοινή είσοδο για όλες τις υπηρεσίες ή κοντά στη βασική συνδετική ράβδο του ΣΑΠ [3]. Όλα τα παραπάνω φαίνονται στο σχήμα 4.16.



Σχήμα 4.16 Παράδειγμα σχεδίασης ΣΑΠ χρησιμοποιώντας ως ακίδα συλλήψεως τον ιστό της κεραίας

- 1.Μεταλλικός ιστός
 - 2.Οριζόντιος συλλεκτήριος αγωγός, τοποθετημένος στην ακμή της στέγης
 - 3.Σύνδεση αγωγού καθόδου με τον μεταλλικό ιστό
 - 4.Καλώδιο κεραίας
 - 5.Ζυγός ισοδυναμικής σύνδεσης, στην οποία συνδέεται το καλώδιο της κεραίας
 - 6.Σημείο ελέγχου
 - 7.TV
 - 8.Παράλληλη δρομολόγηση του καλωδίου κεραιών και του καλωδίου ηλεκτρικής παροχής
 - 9.Ηλεκτρικό καλώδιο
 - 10.Σύστημα γείωσης
 - 11.Κεντρική παροχή με SPD
 - 12.Ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης
 - 13.Αγωγός καθόδου
- α.γωνία προστασίας

4.5 Το σύστημα αγωγών καθόδου

Το σύστημα των αγωγών καθόδου είναι το τμήμα εκείνο του εξωτερικού ΣΑΠ που αναλαμβάνει να διοχετεύσει το ρεύμα από το συλλεκτήριο σύστημα στο σύστημα γείωσης.

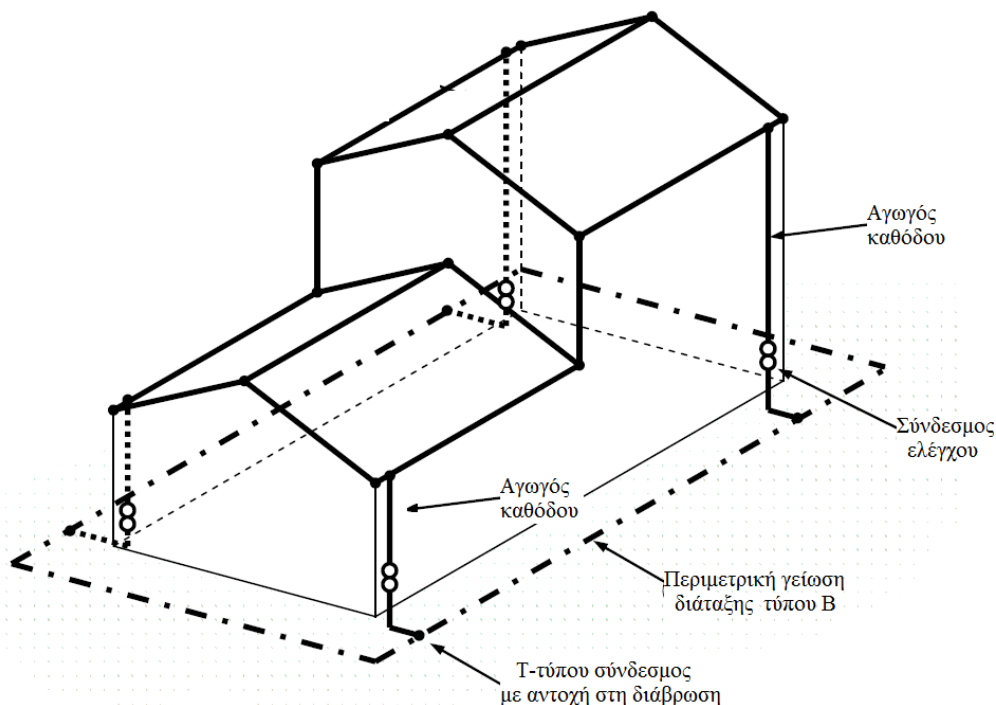
4.5.1 Βασικές αρχές εγκατάστασης αγωγών καθόδου

Για να μειωθεί η πιθανότητα βλάβης λόγω της ροής του ρεύματος του κεραυνού στο ΣΑΠ, και να βελτιωθεί η προστασία, οι αγωγοί καθόδου πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε σε σχέση με το σημείο του πλήγματος μέχρι τη γη [3]:

- α) Να υπάρχουν αρκετές παράλληλες οδοί ροής του ρεύματος (τουλάχιστον δύο για συστήματα κλωβού).
- β) Το μήκος των οδών ροής του ρεύματος να είναι το μικρότερο δυνατόν (φαινόμενο side flash) .
- γ) Να γίνονται ισοδυναμικές συνδέσεις οπουδήποτε είναι απαραίτητο (κεφάλαιο 5)

Η γεωμετρική διάταξη των αγωγών καθόδου και των περιμετρικών δακτυλίων επιδρά στον καθορισμό της απόστασης ασφαλείας s (κεφάλαιο 5).

Συνήθως προτιμούνται συνεχείς και όχι συνενωμένοι αγωγοί οι οποίοι εγκαθίστανται και στερεώνονται εξωτερικά του κτιρίου, πάνω στους τοίχους [5] (Σχήμα 4.17).



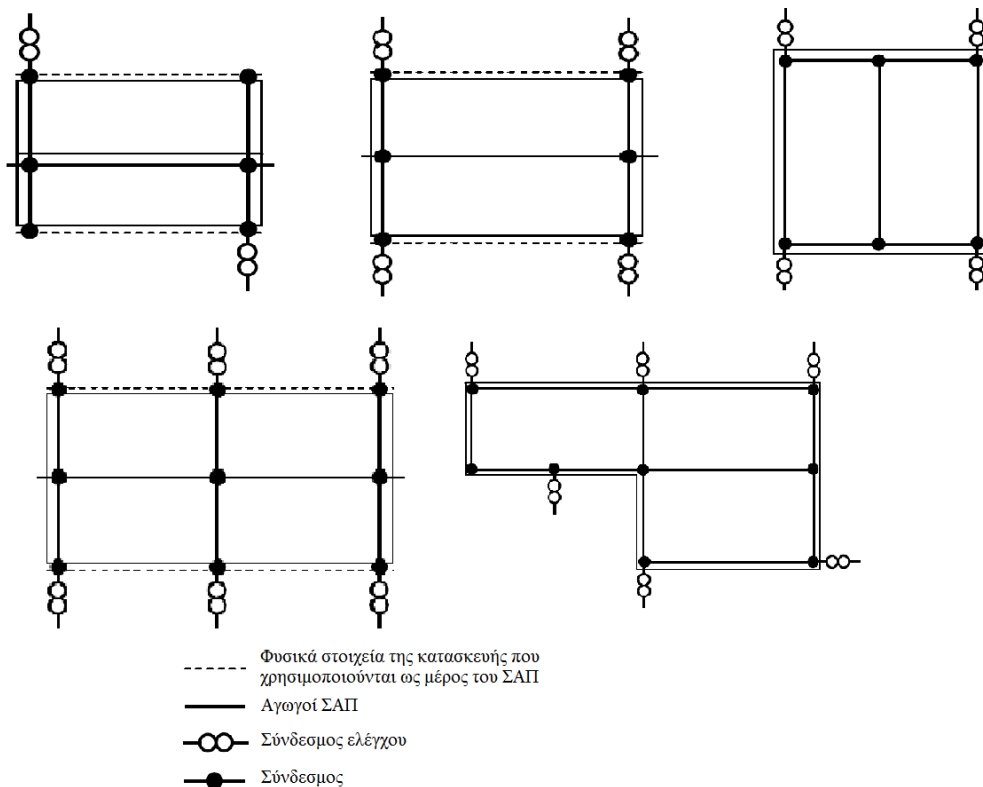
Σχήμα 4.17 Παράδειγμα σχεδίασης ΣΑΠ σε κτίριο με διαφορετικά επίπεδα οροφής [3]. Οι αγωγοί καθόδου στερεώνονται εξωτερικά πάνω στους τοίχους σε αποστάσεις που καθορίζονται στον πίνακα 4.3, ενώ όσο το δυνατόν είναι συνεχείς.

Τυπικές τιμές απόστασης των αγωγών καθόδου σε ένα κτίριο δίνονται ανάλογα με το LPL στον παρακάτω πίνακα [3]:

Κλάση ΣΑΠ	Τυπική απόσταση m
I	10
II	10
III	15
IV	20

Πίνακας 4.5 Τυπικές αποστάσεις μεταξύ αγωγών καθόδου επί των τοιχωμάτων και μεταξύ περιμετρικών δακτυλίων διασύνδεσης των αγωγών καθόδου συναρτήσει της κλάσης του ΣΑΠ [3].

➤ Οι αποστάσεις αυτές θα πρέπει να διατηρούνται όσο γίνεται σταθερές, σε περίπτωση που αυτό δεν είναι δυνατόν μια μεταβολή στην τοποθέτηση $\pm 20\%$ είναι ανεκτή εφόσον ο μέσος όρος είναι αυτός του παραπάνω πίνακα [3]. Στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 4.18) παρουσιάζεται παράδειγμα γεωμετρίας διάταξης των αγωγών



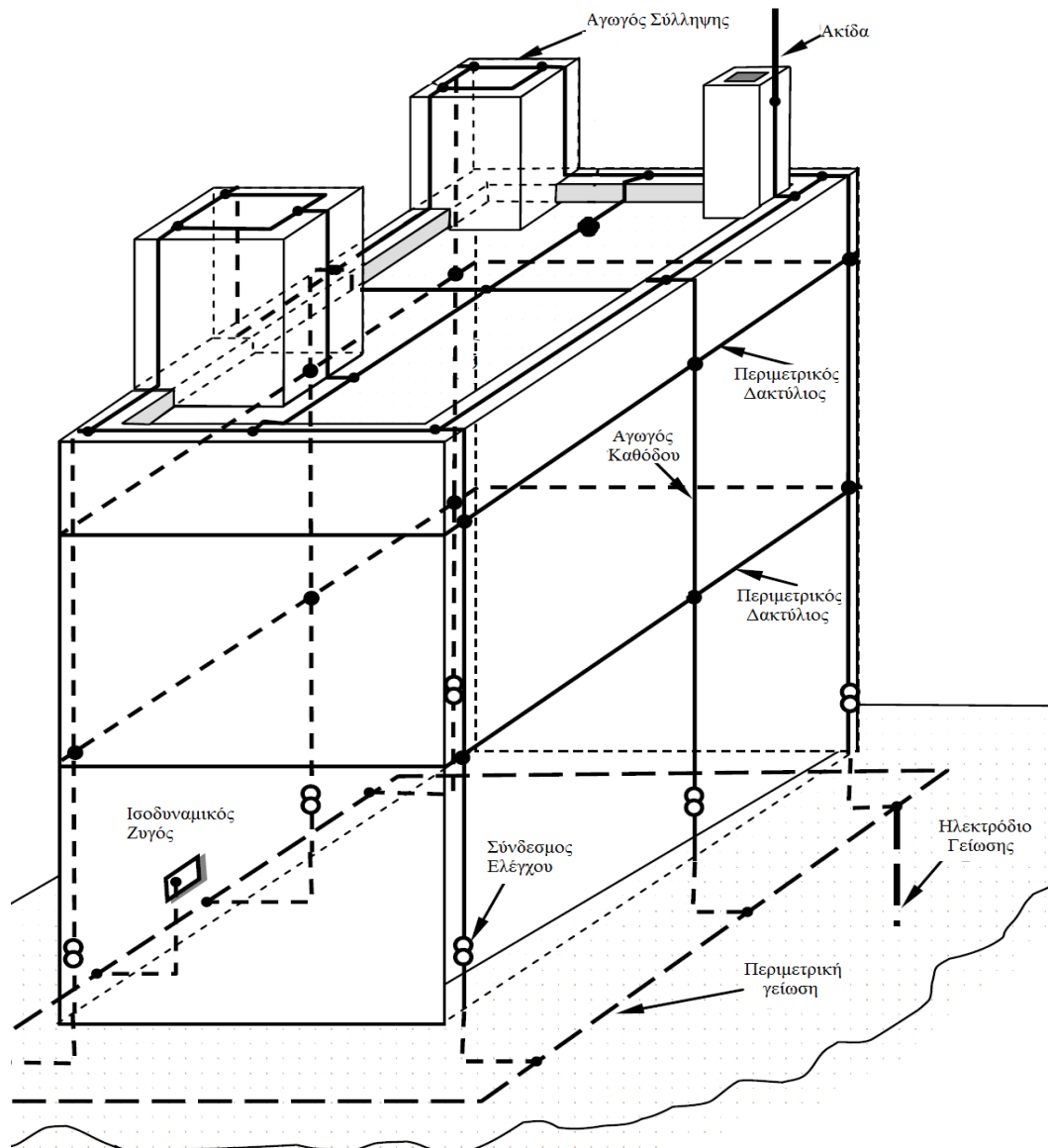
Σχήμα 4.18 Παραδείγματα διάταξης αγωγών καθόδου με χρήση και φυσικών στοιχείων ως μέρος του ΣΑΠ [3] Με τοποθέτηση κυρίως σε γωνίες και σε ίσες αποστάσεις (όσο το δυνατόν).

➤ Αγωγοί καθόδου θα πρέπει να τοποθετούνται σε κάθε εκτεθειμένη γωνία του κτιρίου, όπου αυτό είναι δυνατό.

➤ Εάν δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθούν αγωγοί καθόδου στην μια πλευρά ή μέρος αυτής λόγω πρακτικών ή αρχιτεκτονικών περιορισμών, οι αγωγοί καθόδου που θα τοποθετούνταν σε εκείνη τη πλευρά θα πρέπει να τοποθετούνται αντισταθμιστικά στις

άλλες πλευρές. Οι αποστάσεις μεταξύ αυτών των αγωγών δεν θα πρέπει να είναι μικρότερες από το $\frac{1}{3}$ των αποστάσεων του πίνακα 4.5.

➤ Η όδευση του κεραυνικού ρεύματος βελτιώνεται τόσο αυξάνοντας τον αριθμό των αγωγών καθόδου όσο και με την ισοδυναμική διασύνδεση των αγωγών καθόδου. Η διασύνδεση με δακτυλίους αγωγούς θα πρέπει να γίνεται για υψηλά κτίρια και σε αποστάσεις σύμφωνα με τον πίνακα 4.5 (Σχήμα 4.19).



Σχήμα 4.19 Περιμετρικοί δακτύλιοι διασύνδεσης των αγωγών καθόδου σε υψηλό κτίριο με εξωτερικό ΣΑΠ κλωβού που συμπληρώνεται με ακίδες όπου απαιτείται [3]. Διακρίνεται ακόμα το σύστημα γείωσης διάταξης συνδυασμού Β (περιμετρικός δακτύλιος) και Α (ηλεκτρόδιο γείωσης) και ο ισοδυναμικός ζυγός, μέρος του εσωτερικού ΣΑΠ (κεφ.5).

4.5.2 Αγωγοί καθόδου σε απομονωμένο ΣΑΠ

Η χωροθέτηση των αγωγών καθόδου σε ένα μη απομονωμένο ΣΑΠ, γίνεται ανάλογα με τον τρόπο που είναι εγκατεστημένο το συλλεκτήριο σύστημα, ως εξής [3]:

- Το συλλεκτήριο Σύστημα αποτελείται από ράβδους.

Αν το συλλεκτήριο σύστημα αποτελείται από μία ράβδο απαιτείται τουλάχιστον ένας αγωγός καθόδου. Αν το συλλεκτήριο σύστημα αποτελείται από ανεξάρτητες ράβδους, απαιτείται τουλάχιστον ένας αγωγός καθόδου για κάθε ράβδο.

- Το συλλεκτήριο σύστημα αποτελείται από τεταμένα σύρματα.

Απαιτείται τουλάχιστον ένας αγωγός καθόδου για κάθε άκρο των συρμάτων.

- Το συλλεκτήριο σύστημα αποτελείται από πλέγμα αγωγών.

Απαιτούνται τουλάχιστον **δύο αγωγοί** καθόδου, κατανομημένοι στη περίμετρο της κατασκευής που χρήζει προστασίας. Η χρησιμοποίηση τουλάχιστον δύο αγωγών καθόδου επιβάλλεται, γιατί υπάρχει πάντοτε η πιθανότητα ένας εκ των δύο αγωγών καθόδου να καταστραφεί, οπότε θα υπάρχει ο δεύτερος μέσω του οποίου θα γίνει η εκφόρτιση.

4.5.3 Χρήση Φυσικών στοιχείων

Η χρήση φυσικών στοιχείων της κατασκευής ως αγωγών καθόδου, για μεγιστοποίηση του αριθμού των παράλληλων αγωγίμων διαδρόμων, συνιστάται, αφού όχι μόνο περιορίζει την πτώση τάσης στο σύστημα των αγωγών καθόδου, αλλά μειώνει και τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές στο χώρο της υπό προστασία κατασκευής. Ως φυσικοί αγωγοί καθόδου μπορούν να θεωρηθούν τα ακόλουθα τμήματα των κατασκευών [3] :

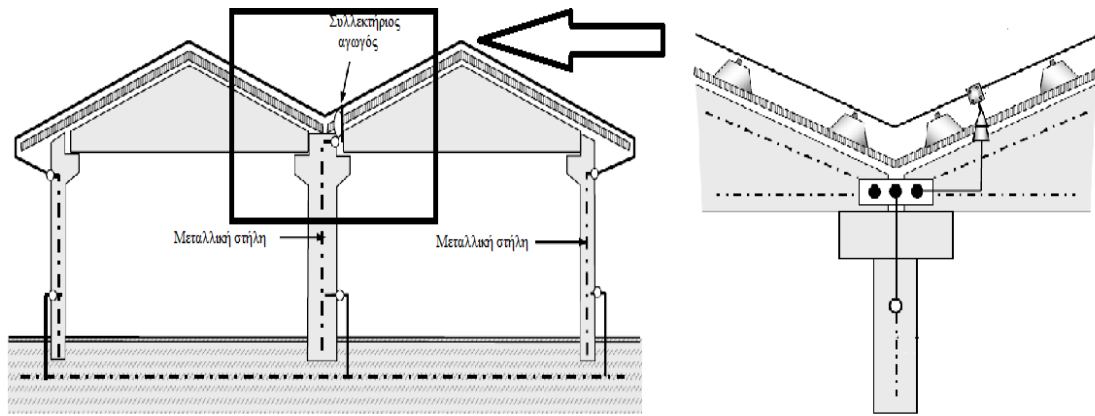
- α) Μεταλλικές εγκαταστάσεις με την προϋπόθεση ότι:

Η ηλεκτρική συνέχεια μεταξύ των διαφόρων τμημάτων τους είναι αξιόπιστη. (Όταν δηλαδή ο αριθμός των συνδέσεων κατά μήκος των αγωγών είναι ο ελάχιστος δυνατός και οι συνδέσεις εξασφαλίζονται με μπρουτζοκόλληση, ηλεκτροσυγκόλληση, συμπίεση ή βίδωμα).

Οι διαστάσεις τους είναι τουλάχιστον ίσες με αυτές που καθορίζονται για τους τυποποιημένους αγωγούς καθόδου (πίνακας 4.8).

Οι μεταλλικές εγκαταστάσεις μπορούν να επικαλύπτονται με μονωτικό υλικό. Εάν οι σωληνώσεις μεταφέρουν κάποιο εύφλεκτο υλικό, τότε δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φυσικοί αγωγοί καθόδου [3].

- β) Ο μεταλλικός σκελετός της κατασκευής (σχήμα 4.20).



Σχήμα 4.20 Διασύνδεση του μεταλλικού σκελετού βιομηχανικής κατασκευής με το εξωτερικό ΣΑΠ και χρήση ως αγωγός καθόδου [3]. Τέτοιου τύπου κατασκευές είναι πολλά στρατιωτικού ενδιαφέροντος κτίρια όπως κτίρια συντηρήσεως τεχνικού υλικού και επισκευών



Εικόνα 4.2 Σύνδεση μεταλλικής στήλης της κατασκευής με το σύστημα γείωσης [18].

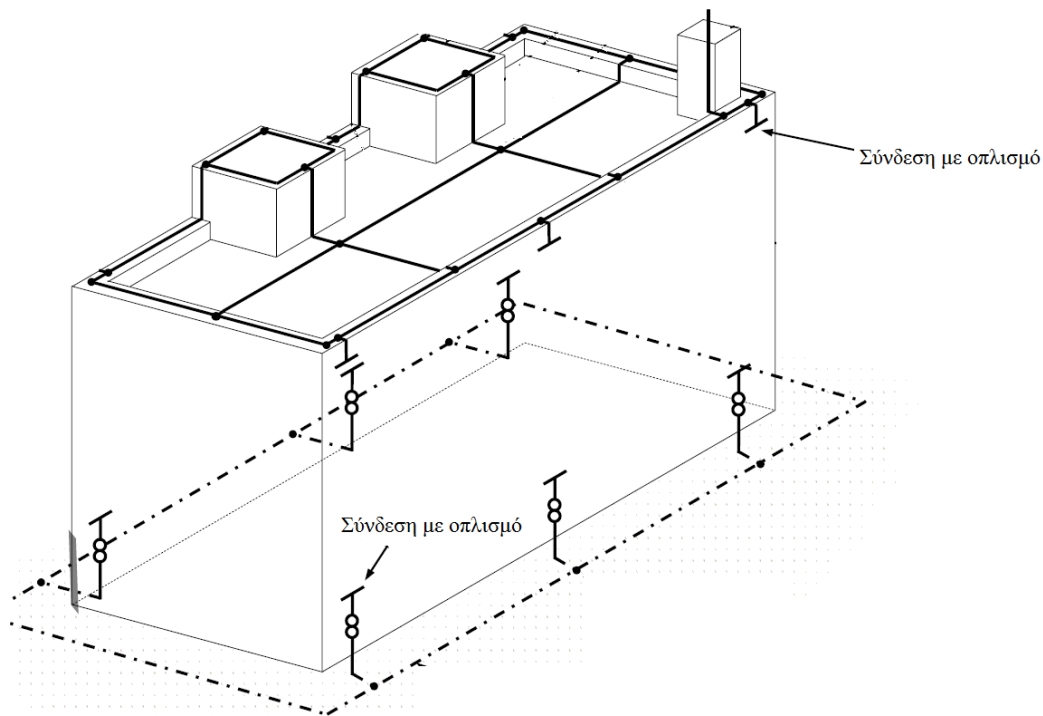
Για να θεωρηθούν αυτοί οι αγωγοί σαν φυσικοί αγωγοί καθόδου θα πρέπει οπωσδήποτε ο οπλισμός των στηλών να συνδεθεί, τόσο με το συλλεκτήριο σύστημα όσο και με το σύστημα γείωσης (Εικόνα 4.2). Αποφεύγεται με αυτόν τον τρόπο και η δημιουργία επικίνδυνου σπινθήρα μεταξύ των διαφορετικών αγωγίμων μερών της κατασκευής αφού, μια μερίδα του κεραυνικού ρεύματος θα διατρέξει και τους εσωτερικούς αυτούς αγωγούς καθόδου. Αυτό το γεγονός όμως, και το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που πιθανόν να δημιουργηθεί, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στον σχεδιασμό και την εγκατάσταση, των εσωτερικών ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών εγκαταστάσεων (κεφ.5). Εάν αυτές οι συνδέσεις δεν πραγματοποιούνται και ένα κεραυνικό πλήγμα εμφανιζόταν, μόνο ο ένας ή μερικοί από αυτούς τους εσωτερικούς αγωγούς καθόδου θα μπορούσε να μεταφέρει το ρεύμα προς την γείωση.

γ) Ο ενδοσυνδεδεμένος χαλύβδινος οπλισμός της κατασκευής.

Ο χαλύβδινος οπλισμός κατασκευών σκυροδέματος θεωρείται ότι αποτελεί αγωγίμη σύνδεση και επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν αγωγός καθόδου όταν πληροί τις ακόλουθες προϋποθέσεις [3]:

Να έχει επιτευχθεί ηλεκτρική συνέχεια του χαλύβδινου οπλισμού μεταξύ των επιμέρους τμημάτων ενός προκατασκευασμένου στοιχείου από οπλισμένο σκυρόδεμα, όπως επίσης και μεταξύ του συνόλου των προκατασκευασμένων στοιχείων.

Να συνδέει το συλλεκτήριο σύστημα με το σύστημα γείωσης. Αν δεν εξασφαλίζεται η ηλεκτρική συνέχεια μεταξύ των αγωγών, όπως καθορίζεται πιο πάνω, επιπλέον αγωγοί καθόδου θα πρέπει να εγκατασταθούν. Η εγκατάσταση του ενδοσυνδεδεμένου χαλύβδινου οπλισμού της κατασκευής, σαν μέρος του ΣΑΠ, και συγκεκριμένα σαν αγωγός καθόδου, γίνεται όπως φαίνεται στο σχήμα 4.21.



Σχήμα 4.21 Διασύνδεση του οπλισμού του πετόν με το ΣΑΠ [3]. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να ισχύουν όλοι οι περιορισμοί για την ηλεκτρική συνέχεια. Διαφορετικά θα πρέπει να τοποθετηθούν εντός του οπλισμού αγωγοί καθόδου, εάν άλλοι περιορισμοί αποτρέπουν την εξωτερική τοποθέτηση.

δ) Στοιχεία των όψεων, προεξέχοντα κιγκλιδώματα και επιμέρους κατασκευές των μεταλλικών όψεων με την προϋπόθεση ότι:

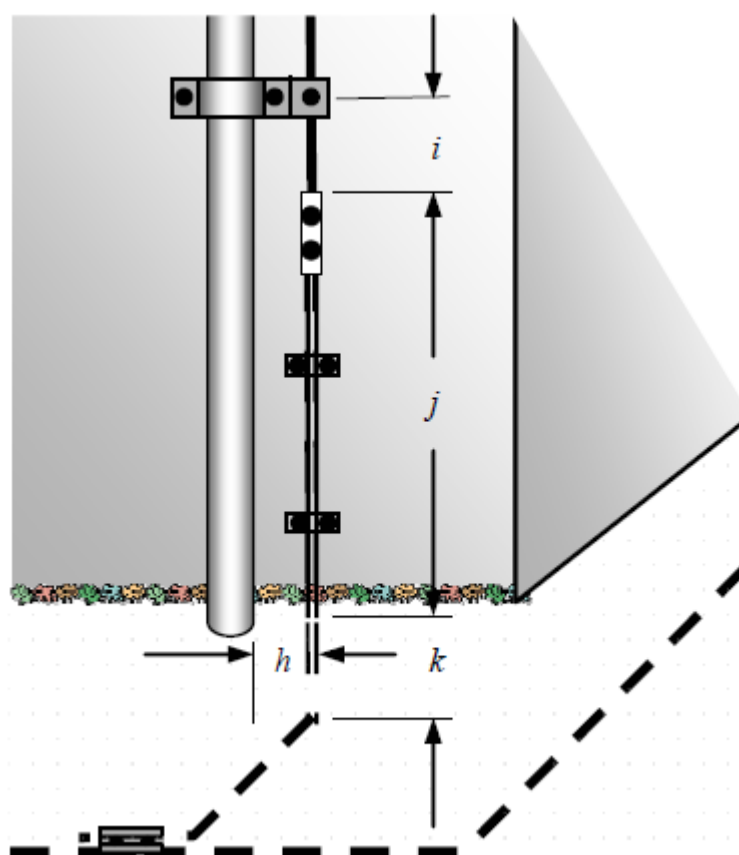
Οι διαστάσεις τους είναι σύμφωνα με τις απαιτήσεις για τους αγωγούς καθόδου και ότι το πάχος τους δεν είναι μικρότερο από 0,5 mm - η ηλεκτρική τους συνέχεια στη κατακόρυφη διεύθυνση είναι αξιόπιστη. (Όταν δηλαδή ο αριθμός των συνδέσεων κατά μήκος των αγωγών είναι ο ελάχιστος δυνατός και οι συνδέσεις εξασφαλίζονται με μπρουτζοκόλληση, ηλεκτροσυγκόλληση, συμπίεση ή βίδωμα).

Η απόσταση μεταξύ των μεταλλικών μερών δεν ξεπερνά το 1 mm και η επιφάνεια επικάλυψης μεταξύ δύο στοιχείων είναι τουλάχιστον 100 cm².

Οι οριζόντιοι περιμετρικοί αγωγοί δεν είναι απαραίτητοι, αν χρησιμοποιούνται ως αγωγοί καθόδου ο σκελετός χαλύβδινος κατασκευής ή ο ενδοσυνδεδεμένος οπλισμός κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα.

4.5.3 Σύνδεσμος Ελέγχου

Στο σημείο σύνδεσης με το σύστημα γείωσης πρέπει να τοποθετείται σε κάθε αγωγό καθόδου ένας σύνδεσμος ελέγχου. Οι σύνδεσμοι ελέγχου διευκολύνουν τις μετρήσεις της αντίστασης της γης στο σύστημα γείωσης, καθώς επίσης και το ότι ένας επαρκής αριθμός συνδέσεων με το σύστημα γείωσης υπάρχει ακόμα. Σχήμα 4.22.



Σχήμα 4.22 Εγκατάσταση συνδέσμου ελέγχου σε αγωγό καθόδου [3]. Διακρίνεται και η διασύνδεση του αγωγού με κατερχόμενο αγωγό όμβριων που βρίσκεται εγγύτερα από την απόσταση ασφαλείας s .

$$h=0,05 \text{ m}$$

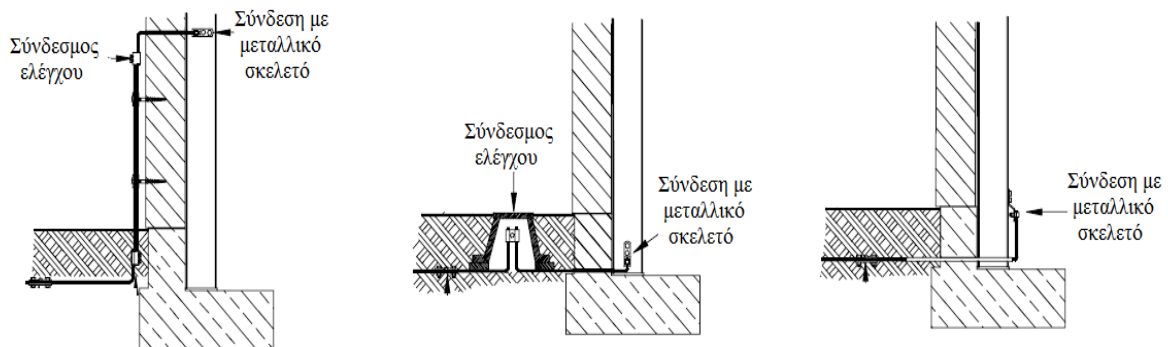
$$i=0,3 \text{ m}$$

$$j=1,5 \text{ m}$$

$$k=0,5 \text{ m}$$

Ο σύνδεσμος πρέπει να ανοίγει με τη βοήθεια ενός εργαλείου, για να υπάρχει δυνατότητα να γίνουν μετρήσεις, αλλά κανονικά πρέπει να είναι κλειστός. Στο πιο κάτω σχήμα φαίνονται περιπτώσεις συνδέσεων ελέγχου, οι οποίοι μπορούν να εγκατασταθούν

είτε στο εσωτερικό είτε στο εξωτερικό της κατασκευής, είτε σε κουτί ελέγχου στην γη, έξω από την κατασκευή (Σχήμα 4.23).

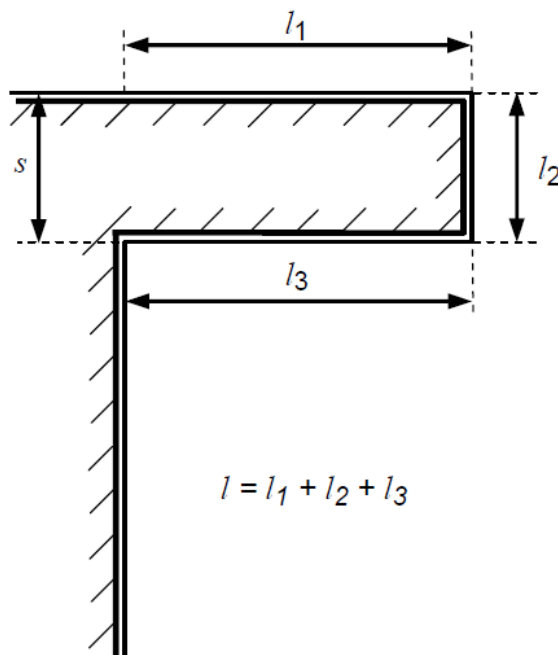


Σχήμα 4.23 Εγκατάσταση συνδέσμου ελέγχου κατά περιπτώσεις [3].

4.5.4 Κατασκευαστικές οδηγίες

➤ Οι αγωγοί καθόδου πρέπει να τοποθετούνται ευθείς και κατακόρυφοι ώστε να εξασφαλίζεται η συντομότερη και άμεση όδευση προς τη γη και η τοποθέτησή τους πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να αποτελούν όσον είναι δυνατόν, την απευθείας συνέχεια των συλλεκτήριων αγωγών.

➤ Πρέπει να αποφεύγεται ο σχηματισμός βρόχων. Όπου αυτό δεν είναι δυνατόν, η απόσταση d , του διακένου που σχηματίζεται μεταξύ δύο σημείων του αγωγού και το μήκος l του αγωγού μεταξύ αυτών των σημείων πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της απόστασης ασφάλειας. (σχήμα 4.24).



Σχήμα 4.24 Δημιουργία βρόχου κατά την εγκατάσταση του εξωτερικού ΣΑΠ. Η απόσταση d θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την απόσταση ασφάλειας s (κεφ.5) [3].

➤ Οι αγωγοί καθόδου ενός μη μονωμένου ΣΑΠ από την κατασκευή που χρήζει προστασίας μπορούν να εγκαθίστανται ως ακολούθως:

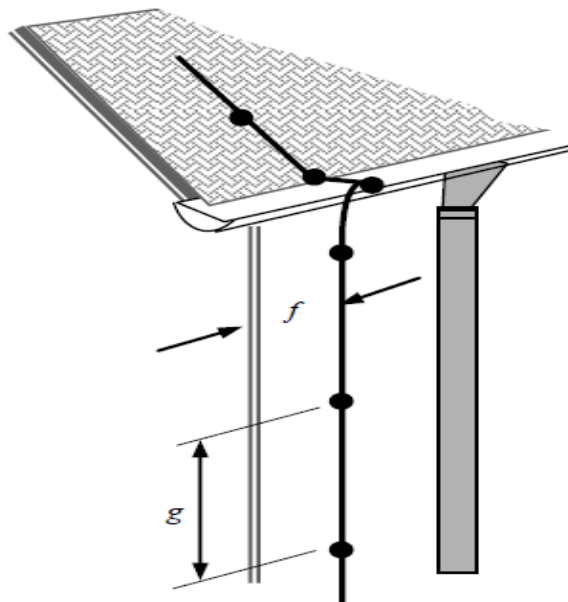
- αν ο τοίχος είναι από μη εύφλεκτο υλικό οι αγωγοί καθόδου μπορούν να εγκαθίστανται στην επιφάνεια ή μέσα στον τοίχο.

- αν ο τοίχος είναι από εύφλεκτο υλικό οι αγωγοί καθόδου μπορούν να εγκαθίστανται στην επιφάνεια των τοίχων, με την προϋπόθεση ότι, η άνοδος της θερμοκρασίας τους, λόγω ροής του ρεύματος του κεραυνού, δεν είναι επικίνδυνη για το υλικό του τοίχου.

- αν ο τοίχος είναι από εύφλεκτο υλικό και η άνοδος της θερμοκρασίας των αγωγών καθόδου είναι επικίνδυνη, τότε οι αγωγοί καθόδου πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε η απόσταση μεταξύ αυτών και του τοίχου να είναι πάντοτε μεγαλύτερη από 0,1 m . Μεταλλικά εξαρτήματα στήριξης μπορούν να εφάπτονται του τοίχου.

Όταν η απόσταση του αγωγού καθόδου από ένα εύφλεκτο υλικό, δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί, τότε η διατομή του αγωγού δεν μπορεί να είναι μικρότερη από **100 mm²**.

➤ Ο αριθμός των συνδέσεων κατά μήκος των αγωγών πρέπει να είναι ο ελάχιστος δυνατός και να εξασφαλίζονται με μπρουτζοκόλληση, ηλεκτροσυγκόλληση, συμπίεση ή βίδωμα [3]. Οι αποστάσεις στις οποίες πρέπει να συνδέονται και να στερεώνονται οι συλλεκτήριο αγωγοί και οι αγωγοί καθόδου φαίνονται στον πίνακα 4.4 (σχήμα 4.25)



Σχήμα 4.25 Εγκατάσταση αγωγού καθόδου [3]. Τοποθετείται κατά το δυνατόν στην απροστάτευτη ακμή του κτιρίου και στερεώνεται ανάλογα με τα καθοριζόμενα στον πίνακα 4.4

$f=0,3\text{ m}$

$g=1\text{ m}$

4.5.4.1 Απομόνωση του εξωτερικού ΣΑΠ

Η απομόνωση του εξωτερικού ΣΑΠ μπορεί να επιτυγχάνεται μέσω καταλλήλων διαχωριστικών υλικών ή μέσω κατάλληλης διαχωριστικής απόστασης μεταξύ των τμημάτων.

Η διαχωριστική απόσταση d μεταξύ των αγωγών καθόδου αφενός και των μεταλλικών εγκαταστάσεων και των εσωτερικών ηλεκτρικών και τηλεπικοινωνιακών εγκαταστάσεων της κατασκευή που χρήζει προστασίας αφετέρου, δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την απόσταση ασφαλείας s . Η απόσταση αυτή καθώς και ο υπολογισμός της θα αναλυθεί περαιτέρω ως μέρος του εσωτερικού ΣΑΠ.

Για την ολοκληρωμένη σχεδίαση των αγωγών καθόδου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο εσωτερικός εξοπλισμός και γενικά το εσωτερικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας.

4.6 Το σύστημα γείωσης

Το σύστημα γείωσης αποτελεί το μέρος του εξωτερικού ΣΑΠ που έχει ως σκοπό την διοχέτευση με ασφάλεια του κεραυνικού ρεύματος στη γη. Η αντίσταση των γειωτών καθορίζει την ανύψωση της τάσης του ΣΑΠ έναντι του περιβάλλοντος και γι αυτό το λόγο είναι επιθυμητό να είναι μικρή. Η αντίσταση γείωσης ενός ηλεκτροδίου, ορίζεται ως ο λόγος της διαφοράς δυναμικού ενός σημείου του ηλεκτροδίου και ενός σημείου του εδάφους, σε Volts, προς το ρεύμα εκκένωσης σε Ampere [6].

Για την σωστή σχεδίαση του συστήματος γείωσης προκειμένου να διοχετεύει το κεραυνικό ρεύμα, ρεύμα με υψίσυχη συμπεριφορά, το σχήμα και οι διαστάσεις αποτελούν σημαντικά κριτήρια. Με μέτρηση σε χαμηλές συχνότητες η αντίσταση γείωσης θα πρέπει να λαμβάνει όσο το δυνατόν χαμηλές τιμές και **κάτω από 10 Ω** [3]. Επίσης από την πλευρά της αντικεραυνικής σχεδίασης ένα ολοκληρωμένο σύστημα γείωσης για όλους τους σκοπούς συνίσταται (αντικεραυνική προστασία, ηλεκτρική γείωση και τηλεπικοινωνιακών συστημάτων) [3].

Σημαντική λειτουργία της γείωσης είναι η δημιουργία μικρών διαφορών δυναμικού μεταξύ των αγώγιμων μερών μιας κατασκευής και ο περιορισμός των βηματικών τάσεων και των τάσεων επαφής (σε συνδυασμό με την εφαρμογή ισοδυναμικών συνδέσεων) που μπορούν να αναπτυχθούν. Το σύστημα γείωσης μπορεί επίσης να συλλάβει ρεύματα κεραυνού που ρέουν μέσα στο έδαφος και οφείλονται σε εκφορτίσεις κεραυνών σε γειτονικές περιοχές.

Για συστήματα γείωσης δύο βασικοί τύποι διάταξης των ηλεκτροδίων γείωσης εφαρμόζονται. Οι διατάξεις αυτές είναι οι τύπου A και B οι οποίες και χρησιμοποιούνται κατά μόνας, αλλά και σε συνδυασμό για την επίτευξη της επιθυμητής τιμής της γείωσης.

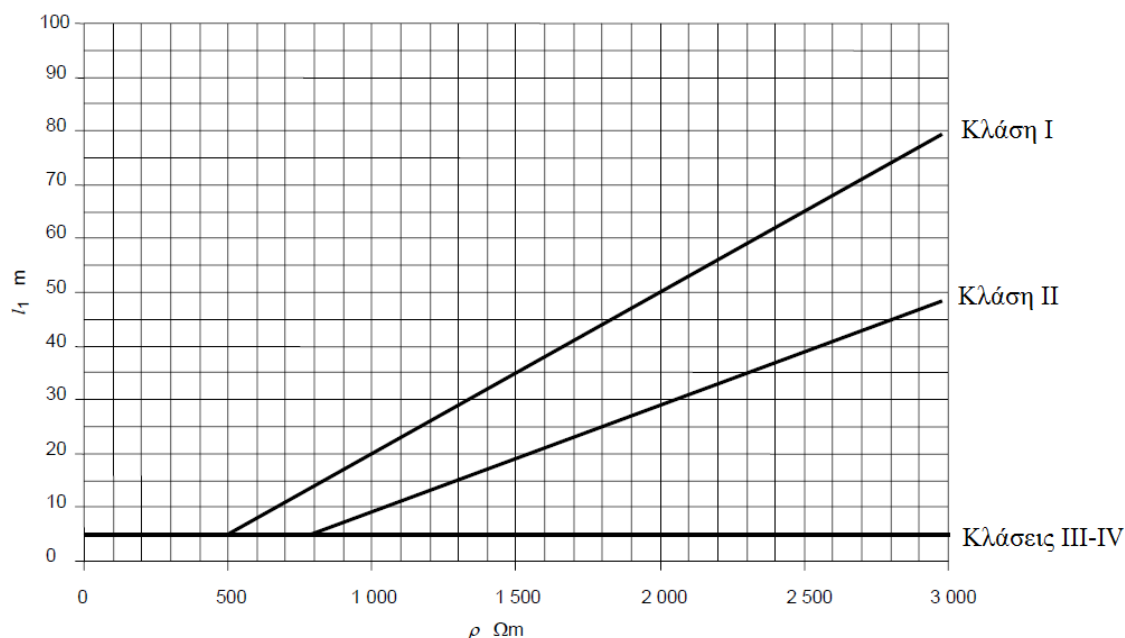
4.6.1 Διάταξη γείωσης τύπου Α

Ο τύπος αυτός διάταξης χρησιμοποιεί οριζόντια και κάθετα τοποθετημένα ηλεκτρόδια μέσα στη γη εκτός του υπό προστασία κτιρίου. Ο ελάχιστος αριθμός ηλεκτροδίων είναι δυο.

Το ελάχιστο μήκος κάθε ηλεκτροδίου είναι:

- l_1 - για ακτινικά οριζόντια ηλεκτρόδια ή
- $0,5 l_1$ - για κατακόρυφα (ή κεκλιμένα) ηλεκτρόδια(π.χ. πλάκες, ράβδοι)

όπου l_1 είναι το ελάχιστο μήκος ακτινικού ηλεκτροδίου που μεταβάλλεται σε σχέση με την ειδική αντίσταση του εδάφους ρ , όπως φαίνεται στο σχήμα 4.26. Όσο αυξάνεται η ειδική αντίσταση του εδάφους, αυξάνονται και οι απαιτήσεις του μήκους των ηλεκτροδίων.



Σχήμα 4.26 Μήκος ηλεκτροδίου γείωσης l_1 συναρτήσει της ειδικής αντίστασης ρ του εδάφους και της κλάσης προστασίας [3].

Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση του εδάφους, ορίζεται ως η αντίσταση μεταξύ δύο απέναντι πλευρών ενός κύβου εδάφους, ακμής 1 μέτρου και μετριέται σε Ωm . Η ειδική αντίσταση εδάφους εξαρτάται από την πυκνότητα και την σύστασή του. Υπάρχει ποικιλία εδαφών και ειδικών αντιστάσεων (εδάφη χωματώδη, αμμώδη, βραχώδη, υγρά, ξηρά, ανομοιογενή, κλπ.) με αντίστοιχη ποικιλία τιμών ειδικών αντιστάσεων. Όσο ξηρότερο και περισσότερο πετρώδες είναι το έδαφος, τόσο μεγαλύτερη η ειδική αντίστασή του, ρ_E , μετρούμενη συνήθως σε Ωm . Σε ανισότροπα εδάφη η ειδική αντίσταση μεταβάλλεται κατά μήκος του ηλεκτροδίου γείωσης, και ενδεχομένως με μη γραμμικό τρόπο [15]. Ενδεικτικές μέσες τιμές ειδικών αντιστάσεων εδαφών, δίνονται στον πίνακα 4.6.

Τύπος εδάφους	Ειδική αντίσταση ρ_E (Ωm)
Ελώδες έδαφος	30
Αργιλώδες, πηλώδες ή αγρού	100
Υγρή άμμος	200
Υγρά χαλίκια	500
Ξηρή άμμος,	1000
Πετρώδες και ξηρά χαλίκια	3000

Πίνακας 4.6 Ειδική αντίσταση ρ_E του εδάφους ανάλογα με τη φύση του εδάφους [15].

4.6.1.1 Χρήσεις και εγκατάσταση διάταξης γείωσης τύπου A

➤ Η εγκατάσταση γείωσης τύπου A, είναι κατάλληλη για χαμηλές κυρίως κατασκευές (όπως χαμηλά σπίτια), για ήδη κτισμένα κτίρια, για κτίρια στα οποία το συλλεκτήριο σύστημα υλοποιείται με ράβδους και τεντωμένα σύρματα, και για απομονωμένα ΣΑΠ.

➤ Τα ακτινικά ηλεκτρόδια γείωσης θα πρέπει να συνδέονται στα χαμηλότερα σημεία των αγωγών καθόδου στους συνδέσμους έλεγχου. Τα ακτινικά ηλεκτρόδια εάν είναι δυνατό θα πρέπει να τερματίζονται από κάθετα.

➤ Κάθε αγωγός καθόδου θα πρέπει να τερματίζεται σε ηλεκτρόδιο γείωσης.

➤ Το ηλεκτρόδιο γείωσης, πρέπει να απέχει μια ικανοποιητική απόσταση γειννίασης, από τυχόν μεταλλικούς σωλήνες ή υπάρχουσα καλώδια που μπορεί να υπάρχουν στην περιοχή της εγκατάστασης του.

➤ Είναι σημαντικό να μετριέται η αντίσταση του εδάφους κατά την διάρκεια της εγκατάστασης του συστήματος γείωσης και να εξασφαλιστεί μια μόνιμη αγωγήμη σύνδεση κατά μήκος ολόκληρου του ηλεκτροδίου. Εάν υπάρχει η πιθανότητα μιας μελλοντικής αύξησης της αντίστασης κοντά στην επιφάνεια (για παράδειγμα, λόγω ξηρασίας του εδάφους), τότε θα πρέπει τα ηλεκτρόδια να βυθιστούν ακόμη περισσότερο στο έδαφος, ή να επιλεγεί ένα μεγαλύτερο μήκος για αυτά.

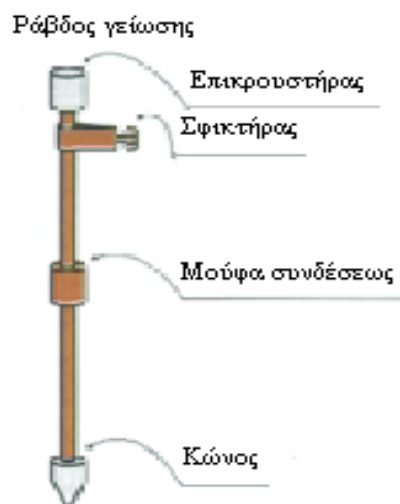
➤ Τα ακτινικά ηλεκτρόδια θα πρέπει να τοποθετούνται σε βάθος μεγαλύτερο από 0,5 m για περιβάλλοντα με χαμηλές θερμοκρασίες, καθώς το παγωμένο χώμα παρουσιάζει εξαιρετικά μικρή αγωγιμότητα.

➤ Τα κάθετα ηλεκτρόδια παρέχουν καλύτερη σταθερότητα αντίστασης ανεξαρτήτως της εποχής.

➤ Τα ηλεκτρόδια γείωσης πρέπει να εγκαθίστανται έξω από τον χώρο που χρήζει προστασίας, σε βάθος τουλάχιστον 0,5 m και να είναι κατανεμημένα όσο το δυνατό

ομοιόμορφα για να ελαχιστοποιούνται τα φαινόμενα ηλεκτρικής σύζευξης μέσα στο έδαφος.

➤ Όπου περιορισμός του χώρου ή άλλες ιδιαιτερότητες το επιβάλλουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ηλεκτρόδια άλλου σχήματος πέρα από τα ακτινικά π.χ πλάκας ή συνδυασμού πλακών.



Σχήμα 4.27 Ηλεκτρόδιο γείωσης και τα κύρια μέρη αυτού. Ιδιαίτερη μέριμνα θα πρέπει να λαμβάνεται για την αξιοπιστία της κατασκευής τους (Πίνακας 4.9) και την αντοχή σε διάβρωση (Παρ.4.7.4)[15]

4.6.2 Διάταξη γείωσης τύπου Β

Ο τύπος Β της διάταξης γείωσης αφορά, είτε σε ένα περιμετρικό δακτυλικό ηλεκτρόδιο γείωσης εξωτερικά του κτιρίου σε επαφή με το χώμα του εδάφους τουλάχιστον 80% του μήκους του, είτε σε ένα θεμελιακό ηλεκτρόδιο (που σε περιπτώσεις αφορά και δικτυωτό ηλεκτρόδιο) αποκαλούμενο και ως θεμελιακή γείωση [3].

Για κάθε ένα από αυτά τα ηλεκτρόδια, η μέση ακτίνα r_e της περιοχής που περιλαμβάνει θα πρέπει να μην είναι μικρότερο από :

$$r_e \leq l_l \text{ (Εξίσωση 4.4)}$$

όπου l_l το μήκος του ηλεκτροδίου ανάλογα με τη κλάση του ΣΑΠ, όπως καθορίζεται στον πίνακα 4.6. Σε περίπτωση που το μήκος αυτό υπολείπεται θα πρέπει να συμπληρώνεται ανάλογα με ανεξάρτητα ηλεκτρόδια μηκών l_v για κάθετα και l_r για οριζόντια όπως παρακάτω:

$$l_v = (l_l - r_e)/2 \text{ (Εξίσωση 4.5)} \quad \text{και} \quad l_r = l_l - r_e \text{ (Εξίσωση 4.6)}$$

Τα επιπλέον ηλεκτρόδια δεν πρέπει να είναι λιγότερα από δύο και θα πρέπει να αποτελούν προέκταση των αγωγών καθόδου, τοποθετημένα σε ίσες αποστάσεις εάν είναι δυνατό [3].

Η διάταξη γείωση τύπου Β, προτιμάται σε κατασκευές όπου η μορφολογία της περιοχής αποτελείται κυρίως από συμπαγείς απογυμνωμένους βράχους, σε κατασκευές

όπου το συλλεκτήριο σύστημα αποτελείται από κλωβούς, και σε κτίρια όπου υπάρχει μεγάλος αριθμός αγωγών καθόδου. Η γείωση τύπου B, προτιμάται επίσης σε κατασκευές από μονωτικό υλικό, όπως ξύλο ή τούβλο, χωρίς ο σκελετός της κατασκευής να έχει κάποια χαλύβδινη ενίσχυση. Επίσης για κατασκευές με εκτενή ηλεκτρονικά συστήματα ή με υψηλό κίνδυνο πυρκαγιάς [3].

Η γείωση τύπου B, δίνει επίσης την δυνατότητα ισοδυναμικής σύνδεσης των αγωγών καθόδου στο επίπεδο της γης, δεδομένου ότι οι διάφοροι αγωγοί καθόδου παρουσιάζουν διαφορετικά δυναμικά, λόγω της άνισης κατανομής του κεραυνικού ρεύματος που οφείλεται στην ανομοιομορφία της ειδικής αγωγιμότητας του εδάφους. Τα διαφορετικά δυναμικά, συντελούν στην ροή ισοδύναμων ρευμάτων διαμέσου το περιμετρικού ηλεκτροδίου γείωσης, έτσι ώστε η μέγιστη μεταβολή δυναμικού να περιορίζεται, και όλα τα συστήματα εξίσωσης δυναμικού που είναι συνδεδεμένα με το ηλεκτρόδιο στα πλαίσια της υπό προστασία κατασκευής, να αποκτούν τελικώς το ίδιο δυναμικό [3].

Για βραχώδη εδάφη συνίσταται αποκλειστικά η χρήση γείωσης τύπου B, λόγω του ότι τα εδάφη αυτά παρουσιάζουν υψηλότερη αντίσταση. Εάν λόγω της μορφολογίας του εδάφους, το ηλεκτρόδιο τύπου B δεν μπορεί να τοποθετηθεί μέσα στο χώμα, τότε θα τοποθετείται στην επιφάνεια του εδάφους, με την προϋπόθεση ότι θα προστατεύεται από τυχόν μηχανικές ζημιές. Από τυχόν μηχανικές ζημιές, θα πρέπει να προστατεύονται και ακτινικά ηλεκτρόδια γείωσης, τα οποία βρίσκονται πάνω ή κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, με την τοποθέτησή τους σε σκυρόδεμα, ή καλύπτοντας τα με πέτρες [3].

4.6.2.1 Χρήσεις και εγκατάσταση περιμετρικού ηλεκτροδίου για γείωση τύπου B

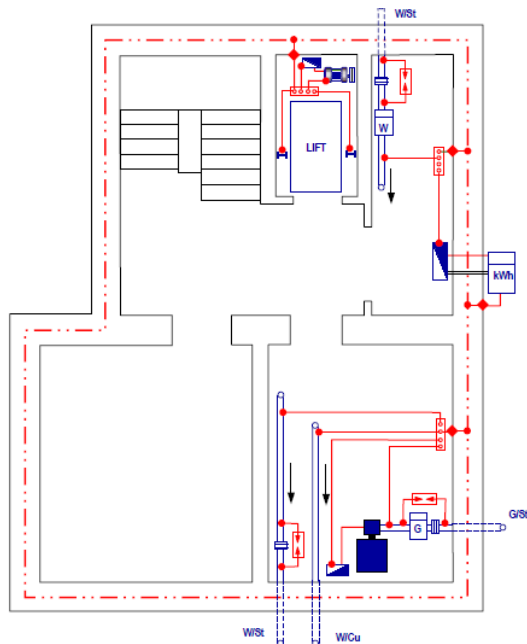
- Το περιμετρικό ηλεκτρόδιο τοποθετείται σε ήδη κατασκευασμένα κτίρια, καθώς σε υπό κατασκευή κτίρια προτιμάται το αποτελεσματικότερο θεμελιακό.
- Το περιμετρικό ηλεκτρόδιο γείωσης πρέπει να τοποθετείται κατά προτίμηση μέσα στο έδαφος σε βάθος τουλάχιστον 0,5 m και σε απόσταση τουλάχιστον 1 m από τους τοίχους.

4.6.2.2 Χρήσεις και εγκατάσταση θεμελιακής γείωσης

Η χρήση της θεμελιακής γείωσης είναι υποχρεωτική [17], πλην όμως μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε νεοαναγειρόμενα κτίρια.

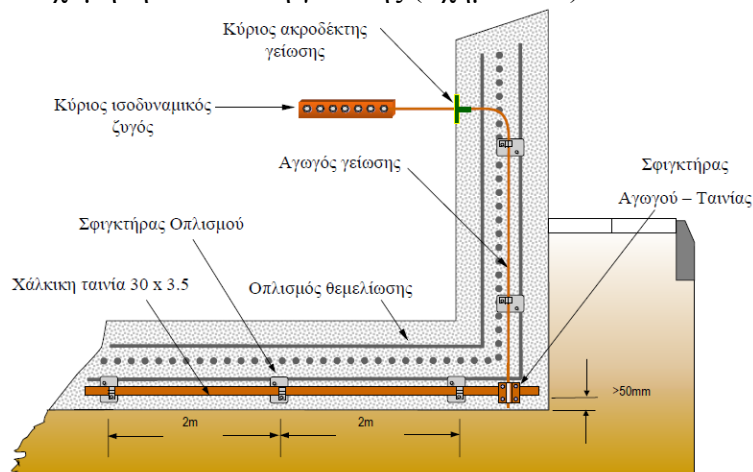
- Τοποθετείται στο κάτω μέρος των θεμελίων ενός κτιρίου, είναι ενσωματωμένο στο σκυρόδεμα της κατασκευής και περιλαμβάνει τους αγωγούς, οι οποίοι εγκαθίστανται κάτω από το έδαφος της κατασκευής. Η τοποθέτηση γίνεται στην βάση των εξωτερικών τοίχων και σχηματίζεται έτσι ένας κλειστός βρόχος (Σχήμα 4.28).

Σύμβολο	Περιγραφή
	Θεμελιακή γείωση
	Κύριος ζυγός γείωσης
	Κύριος ακροδέκτης γείωσης
	Ηλεκτρικός πίνακας
	Σπινθηρατής
	Ισοδυναμική σύνδεση
	Ηλεκτρική παροχή
	Μονωτική φλάντζα
	Ορατός σωλήνας
	Θαμμένος σωλήνας
	Οδηγός ανελκυστήρα
	Μετρητής



Σχήμα 4.28 Ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης σε οικιακή εγκατάσταση [18]. Στο σχήμα διακρίνονται και οι αναμονές των ισοδυναμικών ζυγών και η σύνδεση τους με μεταλλικές εγκαταστάσεις της οικίας(κεφ.5)

Τέτοιου είδους ηλεκτρόδια, έχουν το πλεονέκτημα ότι, εάν είναι καλυμμένα από σκυρόδεμα, για τουλάχιστον 50 mm, θεωρούνται προστατευμένα έναντι της διάβρωσης. Επειδή το έδαφος και το σκυρόδεμα των θεμελίων είναι υγρά όλο το έτος, η θεμελιακή γείωση έχει σχετικά χαμηλή αντίσταση γείωσης (Σχήμα 4.29).



Σχήμα 4.29 Ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης και τα βασικά μέρη του [18]. Η εγκατάσταση θεμελιακής γείωσης πέρα του ότι είναι συμφέρουσα καθώς επιτυγχάνει μικρές τιμές αντίστασης και δεν επηρεάζεται από την χρόνια παραμονή είναι υποχρεωτική στις νέες κατασκευές [17]

➤ Οι ίδιοι τύποι που αφορούν την ελάχιστη ακτίνα της γείωσης τύπου Β και τα επιπρόσθετα ηλεκτρόδια (εξισώσεις 4.5, 4.6), ισχύουν και για το ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης.

4.6.3 Υλικά γειώσεων

Τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται για ηλεκτρόδια γείωσης πρέπει να τηρούν τις προϋποθέσεις του πίνακα 4.9 και η συμπεριφορά τους απέναντι στην διάβρωση πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη.

4.7 Υλικά και διαστάσεις του εξωτερικού ΣΑΠ

Τα υλικά ενός ΣΑΠ θα πρέπει να παρέχουν αντίσταση στα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα του κεραυνικού ρεύματος και σε πιθανές δυνάμεις εξ' ατυχήματος χωρίς να προκαλείται καταστροφή τους [3].

4.7.1 Επιτρεπτά υλικά εξωτερικού ΣΑΠ

Τα υλικά ενός ΣΑΠ κατασκευάζονται από υλικά που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.7).

Υλικό	Χρήση			Διάβρωση		
	αέρας	έδαφος	σκυρό-δεμα	Αντοχή	Αυξανόμενη	Κίνδυνος καταστροφής σε γαλβανική σύζευξη με
Χαλκός	Συμπαγής Πολύκλωνος	Συμπαγής Πολύκλωνος Ως περίβλημα	Συμπαγής Πολύκλωνος Ως περίβλημα	έναντι πολλών υλικών	-θεϊκές ενώσεις -οργανικά υλικά	-
Χάλυβας γαλβανισμένος εν θερμώ	Συμπαγής Πολύκλωνος	Συμπαγής	Συμπαγής Πολύκλωνος	Αποδεκτός σε αέρα, σκυρόδεμα και χόμα	υψηλή περιεκτικότητα χλωριδίων	χαλκό
Ανοξείδωτος χάλυβας	Συμπαγής Πολύκλωνος	Συμπαγής Πολύκλωνος	Συμπαγής Πολύκλωνος	έναντι πολλών υλικών	υψηλή περιεκτικότητα χλωριδίων	-
Αλουμίνιο	Συμπαγής Πολύκλωνος	Ακατάλληλος	Ακατάλληλος	αποδεκτό στις ατμόσφαιρες που περιέχουν χαμηλές συγκεντρώσεις θείου και χλωριδίου	βασικά εδάφη	χαλκό
Μόλυβδος	Συμπαγής Ως περίβλημα	Συμπαγής Ως περίβλημα	Ακατάλληλος	σε εδάφη με μεγάλη συγκέντρωση σε σουλφίδια	όξινα εδάφη	χαλκό Ανοξείδωτο χάλυβα

ΣΗΜΕΙΩΣΗ:

1. Οι πολύκλωνοι αγωγοί είναι πιο ευάλωτοι στην διάβρωση από τους συμπαγής αγωγούς. Είναι ακόμα ευάλωτοι κατά την είσοδό τους ή έξοδό τους από έδαφος/σκυρόδεμα. Γι' αυτό τον λόγο οι πολύκλωνοι γαλβανισμένοι αγωγοί από ατσάλι δεν συνιστώνται για το έδαφος.
2. Ο γαλβανισμένος χάλυβας μπορεί να διαβρωθεί σε έδαφος αργιλίου ή υγρό χόμα.
3. Ο γαλβανισμένος χάλυβας σε σκυρόδεμα δεν πρέπει να επεκταθεί στο χόμα λόγω πιθανής διάβρωσης του έξω από το σκυρόδεμα.
4. Ο γαλβανισμένος χάλυβας σε επαφή με ενισχυμένο από χάλυβα σκυρόδεμα, μπορεί υπό κάποιες περιστάσεις να προκαλέσει ζημία στο σκυρόδεμα.
5. Η χρήση του μολύβδου για την γείωση συνήθως απαγορεύεται για περιβαλλοντικούς λόγους.

Πίνακας 4.7 Πίνακας υλικών ΣΑΠ και συνθήκες χρήσεις [3].

4.7.2 Υλικά και διαστάσεις των επί μέρους συστημάτων εξωτερικού ΣΑΠ

Τα υλικά του ΣΑΠ διαστασιολογούνται κατά τέτοιο τρόπο προκειμένου να ανταπεξέρχονται στις θερμικές συνέπειες του κεραυνικού ρεύματος (Παρ.4.3) σε ότι αφορά τα συστήματα συλλήψεως και καθόδου (λιγότερο για διάβρωση), καθώς και στην διασπορά του ρεύματος μέσα στη γη, αλλά και στις ιδιαιτερότητες διάβρωσης μέσα στο έδαφος σε ότι αφορά το σύστημα γείωσης. Αυτές οι δύο βασικές διακρίσεις παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 4.8 και 4.9).

Υλικό	Μορφή	Διατομή mm ²	Σχόλια ¹⁰⁾
Χαλκός	Ταινία	50 ⁸⁾	2 mm mín. πάχος
	Στρογγυλός ⁷⁾	50 ⁸⁾	8 mm διάμετρος
	Πολύκλωνος	50 ⁸⁾	1,7 mm mín. διάμετρος κάθε κλώνου
	Στρογγυλός ^{3),4)}	200 ⁸⁾	16 mm διάμετρος
Χαλκός επικασσιτερωμένος ¹⁾	Ταινία	50 ⁸⁾	2 mm mín. πάχος
	Στρογγυλός ⁷⁾	50 ⁸⁾	8 mm διάμετρος
	Πολύκλωνος	50 ⁸⁾	1,7 mm mín. διάμετρος κάθε κλώνου
Αλουμίνιο	Ταινία	70	3 mm mín. πάχος
	Στρογγυλός	50 ⁸⁾	8 mm διάμετρος
	Πολύκλωνος	50 ⁸⁾	1,7 mm mín. διάμετρος κάθε κλώνου
Κράμα Αλουμινίου	Ταινία	50 ⁸⁾	2,5 mm mín. πάχος
	Στρογγυλός	50	8 mm διάμετρος
	Πολύκλωνος	50 ⁸⁾	1,7 mm mín. διάμετρος κάθε κλώνου
	Στρογγυλός ³⁾	200 ⁸⁾	16 mm διάμετρος
Χάλυβας θερμά επιψευδαργυρωμένος ²⁾	Ταινία	50 ⁸⁾	2,5 mm mín. πάχος
	Στρογγυλός ⁹⁾	50	8 mm διάμετρος
	Πολύκλωνος	50 ⁸⁾	1,7 mm mín. διάμετρος κάθε κλώνου
	Στρογγυλός ^{3),4),9)}	200 ⁸⁾	16 mm διάμετρος
Ανοξειδωτος χάλυβας ⁵⁾	Ταινία ⁸⁾	50 ⁸⁾	2 mm mín. πάχος
	Στρογγυλός ⁶⁾	50	8 mm διάμετρος
	Πολύκλωνος	70 ⁸⁾	1,7 mm mín. διάμετρος κάθε κλώνου
	Στρογγυλός ^{3),4)}	200 ⁸⁾	16 mm διάμετρος

- 1) Εν θερμώ ή ηλεκτρολυτικά επιμεταλλωμένος, ελάχιστο πάχος επικάλυψης 1μm.
- 2) Η επιφάνεια επιψευδαργύρωσης πρέπει να είναι λεία, συνεχής, χωρίς χρωματικές διακυμάνσεις, με ελάχιστο πάχος 50 μm.
- 3) Για χρήση ως ράβδου σύλληψης (ακίδα). Σε περιπτώσεις όπου η μηχανική καταπόνηση, όπως π.χ. ανεμοπίεση, δεν είναι κρίσιμη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί διάμετρος $\varnothing 16$, μέγιστου μήκους 1m, ως ακίδα σύλληψης με επιπλέον στήριξη.
- 4) Για χρήση σαν προστατευτικός αγωγός σύνδεσης του αγωγού καθόδου με το σύστημα γείωσης.
- 5) Περιεκτικότητα σε Χρώμιο $\geq 16\%$, Νικέλιο $\geq 8\%$, Ανθρακα $\leq 0,07\%$
- 6) Για ανοξειδωτο χάλυβα εγκιβωτισμένο σε μπετό και/ή σε απευθείας επαφή με εύφλεκτα υλικά, οι ελάχιστες διαστάσεις πρέπει να αυξηθούν σε 78mm² (10mm διάμετρο) για στρογγυλό αγωγό και 75mm² (3mm ελάχιστο πάχος) για ταινία.
- 7) Η διατομή 50 mm² (8mm διάμετρος) μπορεί να μειωθεί σε 28mm² (6mm διάμετρος) σε συγκεκριμένες εφαρμογές όπου δεν απαιτείται ιδιαίτερη μηχανική αντοχή. Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να μειώνεται η απόσταση μεταξύ διαδοχικών στηριγμάτων σε 40-50cm.
- 8) Αν απαιτείται υψηλή θερμική και μηχανική αντοχή, οι διαστάσεις αυτές μπορούν να αυξάνονται σε 60mm² για ταινίες και 78mm² για στρογγυλούς αγωγούς.
- 9) Η ελάχιστη διατομή για να αποφεύγεται τήξη είναι 16mm² (χαλκός), 25mm² (αλουμίνιο), 50mm² (χάλυβας) and 50mm² (ανοξειδωτος χάλυβας) για ειδική ενέργεια 10.000 kJ/Ω.
- 10) Πάχος, πλάτος και διάμετρος καθορίζονται με ανοχή $\pm 10\%$.

Πίνακας 4.8 Πίνακας υλικών, διάταξης και ελάχιστων διατομών των αγωγών των συστημάτων συλλογής και καθόδου και ακίδων συλλογής [3].

Υλικό	Μορφή	Ελάχιστες Διαστάσεις			Σχόλια
		Ηλεκτρόδιο Γείωσης Ø mm	Αγωγός Γείωσης	Πλάκα Γείωσης mm	
Χαλκός	Πολύκλωνος ³⁾ Στρογγυλός ³⁾ Ταινία ³⁾ Στρογγυλός Σωλήνα Πλάκα Πλάκα πλέγματος	15 ⁸⁾ 20	50 mm ² 50 mm ² 50 mm ²	500 x 500 600 x 600	1,7 mm min. διάμετρος κάθε κλώνου 8 mm διάμετρος 2mm min. πάχος 2mm min. πάχος τοιχώματος 2mm min. πάχος 25 mm x 2 mm διατομή Ελάχιστο μήκος αγωγού πλέγματος: 4,8 m
Χάλυβας	Γαλβανισμένος στρογγυλός ^{1,2)} Γαλβανισμένη σωλήνα ^{1,2)} Γαλβανισμένη ταινία ¹⁾ Γαλβανισμένη πλάκα ¹⁾ Γαλβανισμένη πλάκα πλέγματος ¹⁾ Στρογγυλός επιχάλκωμένος ⁴⁾ Γυμνός στρογγυλός ⁵⁾ Γυμνή ή γαλβανισμένη ταινία ^{5),6)} Γαλβανισμένος πολύκλωνος ^{5),6)} Γαλβανισμένος διατομής σταυρού ¹⁾	16 ⁹⁾ 25 14 50 x 50 x 3	10mm διάμετρος 90 mm ² 10mm διάμετρος 75 mm ² 70 mm ²	500 x 500 600 x 600	2 mm min. πάχος τοιχώματος 3 mm min. πάχος 3 mm min. πάχος 30 mm x 3 mm διατομή 250 µm ελάχιστο πάχος επιχάλκωσης Επιχάλκωση με 99,9% χαλκό 3 mm min. πάχος 1,7 mm min. διάμετρος κάθε κλώνου
Ανοξείδωτος Χάλυβας ⁷⁾	Στρογγυλός Ταινία	15	10mm διάμετρος 100 mm ²		2 mm min. thick

1) Η επιφάνεια επιψευδαργύρωσης πρέπει να είναι λεία, συνεχής με ελάχιστο πάχος 50 µm για στρογγυλούς αγωγούς και 70 µm για αγωγούς ταινίας.

2) Τα σπειρώματα πρέπει να έχουν κατασκευαστεί πριν την επιψευδαργύρωση.

3) Μπορεί να είναι και επικασιτερωμένος.

4) Ο χαλκός πρέπει να είναι ηλεκτρολυτικά τοποθετημένος πάνω στον χάλυβα.

5) Για χρήση αποκλειστικά ως εγκιβωτισμένος σε μπετό.

6) Επιτρέπεται μόνο όταν είναι σωστά συνδεδεμένος τουλάχιστον κάθε 5m με τον χάλυβα του οπλισμού των τμημάτων των θεμελίων που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος.

7) Περιεκτικότητα σε Χρώμιο ≥ 16%, Νικέλιο ≥ 5%, Μολυβδαίνιο ≥ 2%, Ανθρακα ≤ 0,08%

8) Σε μερικές χώρες επιτρέπεται 12 mm.

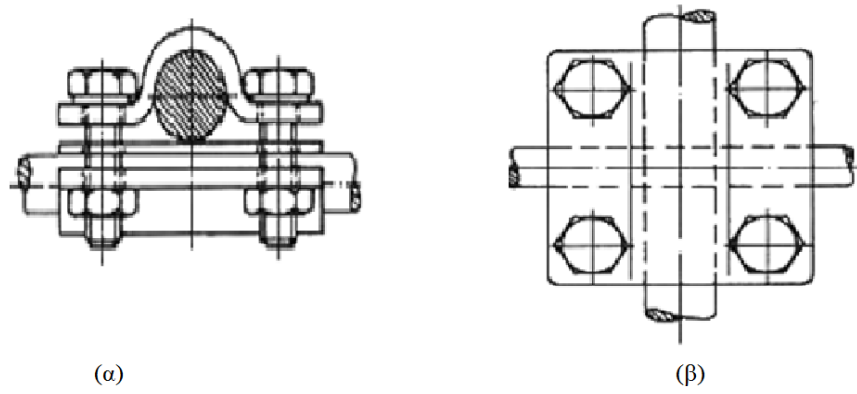
9) Προστατευτικοί αγωγοί χρησιμοποιούνται σε μερικές χώρες για να συνδέουν τους αγωγούς καθόδου με το σημείο είσοδου του αγωγού στο έδαφος.

Πίνακας 4.9 Πίνακας υλικών, διάταξης και ελάχιστων διατομών των αγωγών, πλακών και ηλεκτροδίων γείωσης [3].

4.7.3 Υλικά στερέωσης

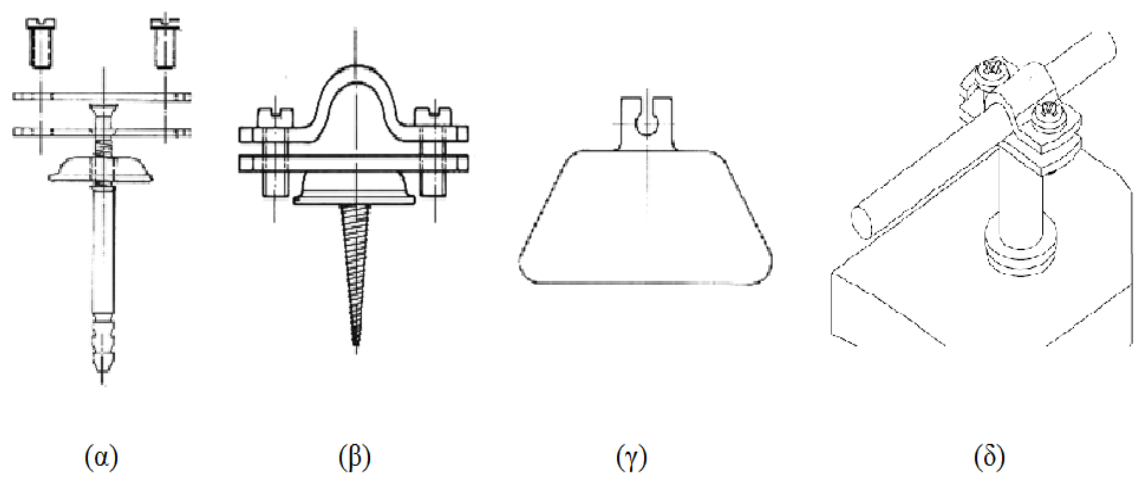
Οι αγωγοί του ΣΑΠ και οι ακίδες συλλογής θα πρέπει να στερεώνονται μηχανικά ώστε να αντέχουν τις δυνάμεις λόγω του ανέμου καθώς και εργασίες στην οροφή [3]. Βασικές αποστάσεις στερέωσης δίνονται στον πίνακα 4.4. Επί μέρους οδηγίες ανάλογα με τύπο του ΣΑΠ δίνονται στις παραγράφους των αντίστοιχων συστημάτων.

Η σύνδεση των αγωγών επιτυγχάνεται με τους κατάλληλους σφικκτήρες διασταυρώσεως ή συνδέσεως (Σχήμα 4.30).



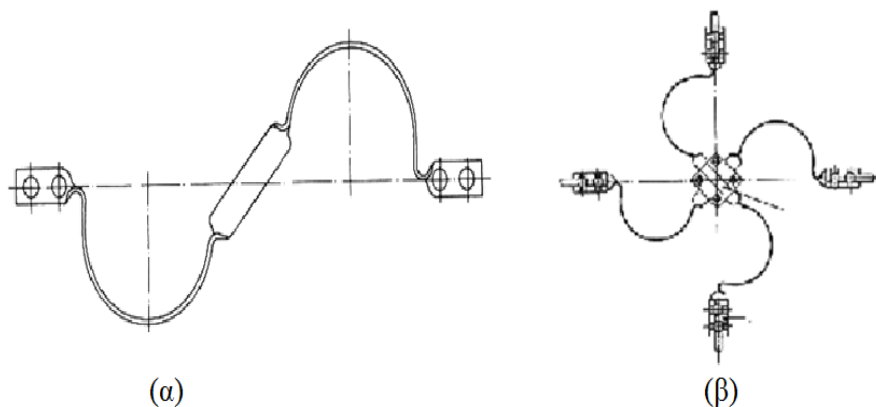
Σχήμα 4.30 Σφικτήρες σύσφιξης τύπου διασταύρωσης. Οι σφικτήρες και συνδετήρες θα πρέπει να πληρούν μια σειρά παραμέτρων που αφορούν την διάσταση των αγωγών, το υλικό των αγωγών, τη φύση του περιβάλλοντος [7].

Ανάλογα με το είδος της επιφάνειας χρησιμοποιούνται διαφορετικά στηρίγματα. Σε μη στεγανοποιημένη επιφάνεια χρησιμοποιούνται ειδικά στηρίγματα (Σχήμα 4.31(β)). Όταν τοποθετούνται σε οριζόντια επιφάνεια, είναι απαραίτητη η χρήση ροδέλας στεγανοποίησης από ελαστικό τύπου NEOPREN. Σε μονωμένες ή στεγανοποιημένες επιφάνειες χρησιμοποιούνται διαφορετικά στηρίγματα (Σχήμα 4.31(γ)) με πλαστικό περίβλημα, ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες, τα οποία είναι εργοστασιακά γεμισμένα με μη συρρικνούμενο κονίαμα. Η σταθεροποίηση του στηρίγματος επιτυγχάνεται δια επαλείψεως της εξωτερικής επιφάνειας με ειδικό ασφαλικό συγκολλητικό.



Σχήμα 4.31 Εξαρτήματα στήριξης. Ανάλογα με τον τύπο του αγωγού τη φύση του τοίχου και της επιφάνειας και της συνθήκες στεγανότητας θα πρέπει να επιλεγούν τα κατάλληλα στηρίγματα π.χ (δ) για περίπτωση αγωγών σε κεραμίδι [7].

Εξαρτήματα απορρόφησης συστολών - διαστολών (Σχήμα 4.32) παρεμβάλλονται ανά 20 m μήκους του συλλεκτηρίου αγωγού καθώς και σε διασταυρώσεις αγωγών και, με σκοπό την αποτροπή εφαρμογής δυνάμεων στον συλλεκτήριο αγωγό και την αποφυγή θραύσης του στηρίγματος ή της μόνωσης λόγω της δύναμης η οποία ασκείται επί των στηριγμάτων και των σημείων στήριξης αυτών.



Σχήμα 4.31 Εξαρτήματα απορρόφησης σε ΣΑΠ (α) συνδέσεως και (β) διασταυρώσεως [7].

Τα στηρίγματα θα είναι από το ίδιο υλικό με εκείνο των αγωγών του συλλεκτηρίου συστήματος για την αποφυγή ηλεκτροχημικής διάβρωσης. Εάν δεν είναι δυνατή η χρήση ίδιου υλικού, τότε θα παρεμβάλλεται διμεταλλικό εξάρτημα μεταξύ των δύο ανόμοιων υλικών ή θα χρησιμοποιείται εξάρτημα από υλικό συμβατό με αμφότερα τα υλικά (π.χ. ανοξείδωτα ή πλαστικά παρεμβύσματα κ.λπ.).

Υλικό αγωγού συλλεκτηρίου συστήματος	Υλικό στηρίγματος αγωγού
Χαλκός	Χάλκινο, χάλκινο επικασσιτερωμένο, πλαστικό, ανοξείδωτο
Χαλκός επικασσιτερωμένος	Χάλκινο, χάλκινο επικασσιτερωμένο, πλαστικό, ανοξείδωτο
Χάλυβας θερμά επιψευδαργυρωμένος	Χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο, ανοξείδωτο, πλαστικό
Αλουμίνιο	Χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο, ανοξείδωτο, πλαστικό
Ανοξείδωτος χάλυβας	Χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο, ανοξείδωτο, πλαστικό

Πίνακας 4.10 Πίνακας υλικών των στηριγμάτων για την αποφυγή ηλεκτροχημικής διάβρωσης [18].

4.7.4 Προστασία από διάβρωση

Το φαινόμενο της διάβρωσης των υλικών, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη αφού υπάρχει ο κίνδυνος να μειωθεί η αποτελεσματικότητα του ΣΑΠ. Τα υλικά που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν στην εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας, θα πρέπει να έχουν αντιδιαβρωτικά χαρακτηριστικά. Από τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός ΣΑΠ, κατά σειρά τα πιο ηλεκτροαρνητικά είναι: ο ψευδάργυρος (Zn), το αλουμίνιο (Al), ο σίδηρος, ο γαλβανισμένος (St/tZn) και ο ανοξείδωτος χάλυβας (SS), ο μόλυβδος και ο χαλκός (Cu), τα οποία ως επί το πλείστο χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του ΣΑΠ.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά υλικά του ΣΑΠ που επιτρέπουν την απευθείας επαφή και ποια από αυτά απαιτούν τη λήψη μέτρων έναντι της διάβρωσης για την πραγματοποίηση επαφής (Πίνακας 4.11):

	St/Zn	Al	Cu	SS
St/Zn	✓	✓	✗	✓
Al	✓	✓	✗	✓
Cu	✗	✗	✓	✓
SS	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 4.11 Πίνακας υλικών που επιτρέπεται η απευθείας επαφή ή απαιτείται η λήψη μέτρων για προστασία από τη διάβρωση [18].

Το νερό ή η υγρασία κάτω και πάνω από το έδαφος, μπορεί να λειτουργήσει σαν ηλεκτρολύτης, και η ηλεκτρολυτική του δράση μπορεί να αυξηθεί από τυχόν ακαθαρσίες που είναι διαλυμένες στον αέρα στο νερό και στο έδαφος.

Το υλικό των καλωδίων και των ράβδων του συλλεκτηρίου συστήματος, θα πρέπει να είναι ηλεκτροχημικά συμβατό με το υλικό των στοιχείων των συνδέσεων και ενώσεων, καθώς επίσης να παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στην διάβρωση, σε ιδιαίτερα έντονα διαβρωτική ατμόσφαιρα, και σε περιοχή με έντονη υγρασία. Επίσης, συνδέσεις μεταξύ διαφορετικών υλικών θα πρέπει να αποφεύγονται.

Η διάβρωση αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα, ιδιαίτερα για τα ηλεκτρόδια και τους αγωγούς γείωσης και αυτό οφείλεται στην ηλεκτρολυτική ιδιότητα ορισμένων εδαφών, καθώς και στο ότι η γη, χρησιμοποιείται σαν επιστροφή σε συστήματα μεταφοράς συνεχούς ρεύματος. Το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα έντονο σε βιομηχανικές περιοχές, λόγω των πολλών χαλύβδινων υπόγειων στοιχείων που χρησιμοποιούνται.

4.7.4.1 Υλικά στο χώμα και στον αέρα

Ο βαθμός διάβρωσης ενός μετάλλου εξαρτάται τόσο από το είδος του μετάλλου όσο και από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται. Περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η υγρασία, τα διαλυμένα άλατα (που διαμορφώνουν έτσι έναν ηλεκτρολύτη), ο βαθμός αερισμού, και η θερμοκρασία επηρεάζουν τον βαθμό διάβρωσης. Επιπλέον, οι τοπικές συνθήκες, με τους διαφορετικούς φυσικούς ή βιομηχανικούς μολυσματικούς παράγοντες, μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές παραλλαγές σε διαφορετικά μέρη του κόσμου, γεγονός που κάνει ακόμα πιο δύσκολη την προστασία έναντι της διάβρωσης. Για να ελαχιστοποιηθεί η διάβρωση σε ένα ΣΑΠ προτείνονται τα ακόλουθα μέτρα:

- Αποφυγή επαφής ανόμοιων μετάλλων, με διαφορετική ηλεκτροχημική ή γαλβανική δραστηριότητα.
- Η τοποθέτηση χαλκού πάνω από γαλβανισμένα μέρη ή αλουμίνιο, θα πρέπει να αποφεύγονται εκτός αν παρέχεται αντιδιαβρωτική προστασία.
- Οι αγωγοί αλουμινίου δεν πρέπει να συνδεθούν άμεσα με ασβεστούχες επιφάνειες οικοδόμησης όπως ο ασβεστόλιθος και το ασβεστοκονίαμα, και δεν πρέπει ποτέ να χρησιμοποιηθούν στο χώμα.

- Αποφυγή χρήσης ευαίσθητων στην διάβρωση μετάλλων σε ιδιαίτερα επιθετικό περιβάλλον.
- Χρήση μονωτικού υλικού για αποκλεισμό της υγρασίας σε ενώσεις αγωγών .
- Κάλυψη ή απομόνωση μετάλλων ευαίσθητων σε διαβρωτικά υγρά ή αέρια στην περιοχή της εγκατάστασης.
- Εάν μεταλλικοί σωλήνες, οι οποίοι είναι ενωμένοι με το ισοδυναμικό σύστημα και με το σύστημα γείωσης, εισέρχονται στο χώμα, και δεν είναι μονωμένοι (ισχύει και για σωλήνες με προστατευτική στρώση μπογιάς ή ασφάλτου), τότε το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένοι, πρέπει να είναι το ίδιο με το υλικό του συστήματος γείωσης. Όπου αυτό δεν είναι δυνατό, τότε το σύστημα των σωληνώσεων πρέπει να απομονώνεται από τις εγκαταστάσεις του ΣΑΠ, με τις οποίες είναι ισοδυναμικά συνδεδεμένο, μέσω μονωμένων τμημάτων.
- Οι αγωγοί μπορούν να καλυφτούν με PVC, για προστασία από την διάβρωση.
- Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για ενώσεις μεταξύ των αγωγών στο χώμα, θα πρέπει να έχουν την ίδια συμπεριφορά απέναντι στην διάβρωση, με τους αγωγούς του συστήματος γείωσης. Στενά συνδεδεμένες ενώσεις θα πρέπει να προστατεύονται από την διάβρωση.

Για την εφαρμογή των παραπάνω, οι ακόλουθες προφυλάξεις παρατίθενται ως παραδείγματα:

- Το ελάχιστο πάχος ή διάμετρος ενός κλώνου πολύκλωνου καλωδίου θα πρέπει να είναι 1,5mm για χάλυβα, αλουμίνιο, χαλκό, κράμα χαλκού ή κράματα νικελίου/χρωμίου /χαλκού.
- Ένας μονωτικός διαχωριστής συνίσταται όπου η ένωση μεταξύ κοντινών(ή επαπτόμενων) ανόμοιων μετάλλων θα μπορούσαν να προκαλέσουν διάβρωση, αλλά η ένωση δεν είναι ηλεκτρικά απαραίτητη.
- Αγωγοί του συστήματος γείωσης οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι από **χάλυβα**, στην μεταβατική περιοχή μεταξύ εδάφους και αέρα, ή σκυροδέματος και αέρα, θα πρέπει να προστατεύονται για απόσταση **0,3 m** πάνω από την στάθμη του εδάφους. Η προστασία θα πρέπει να αποτελείται από επικάλυψη αρκετού πάχους, η οποία θα έχει ικανοποιητική πρόσφυση στον χάλυβα, και δεν θα είναι διαπερατή από την υγρασία. Για αγωγούς από χαλκό ή ανοξείδωτο χάλυβα, κάτι τέτοιο δεν είναι απαραίτητο [6].
- Αγωγοί αλουμινίου δεν θα πρέπει να θάβονται απ'ευθείας στο χώμα ούτε να τοποθετούνται απευθείας στο σκυρόδεμα, εκτός εάν καλύπτονται από ανθεκτική στενά εφαρμοσμένη μόνωση
- Ενώσεις **χαλκού - αλουμινίου** θα πρέπει να **αποφεύγονται**. Σε όσες περιπτώσεις δεν είναι δυνατό στις ενώσεις θα πρέπει να χρησιμοποιείται διμεταλλικό φύλο **Al-Cu**.

- Συνδετήρες ή επιστρώσεις για αγωγούς αλουμινίου θα πρέπει να είναι από παρόμοιο μέταλλο ή ικανής διάστασης για προστασία από ακραίες καιρικές συνθήκες
- Ο χαλκός είναι κατάλληλος για χρήση στις περισσότερες περιπτώσεις ηλεκτροδίων γείωσης εκτός από όξινες, αμμωνιακές ή θειώδης συνθήκες. Εντούτοις, ενδέχεται να δημιουργήσει γαλβανική φθορά σε σιδηρά υλικά με τα οποία συνδέεται. Αυτό ενδεχομένως απαιτεί ειδική μελέτη διάβρωσης.
- Ανοξειδωτος χάλυβας ή άλλα κράματα νικελίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παρόμοιες αντιδιαβρωτικές απαιτήσεις. Εντούτοις σε αναερόβιες συνθήκες, όπως σε άργιλο, διαβρώνονται εξίσου με τον μαλακό χάλυβα.
- Ενώσεις μεταξύ **χάλυβα και χαλκού** ή χάλκινου κράματος στον αέρα θα πρέπει να είναι πλήρως επικασσιτερωμένες ή προστατευμένες έναντι υγρασίας.
- Στα σημεία όπου υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος διάβρωσης, όπως στα ψηλότερα σημεία καμινάδων, προτείνεται ο ανοξειδωτος χάλυβας ή και ο γαλβανισμένος χαλκός. Αν και η ηλεκτρική αντίσταση είναι αρκετά ψηλότερη από αυτή του συνηθισμένου χάλυβα, μεγαλώνοντας την διατομή του, επιτυγχάνεται η ίδια αντίσταση, με σαφώς όμως καλύτερη συμπεριφορά απέναντι στην διάβρωση.

4.7.4.2 Υλικά στο σκυρόδεμα

Η ενσωμάτωση του γαλβανισμένου ή όχι, χάλυβα στο σκυρόδεμα, προσφέρει μια σταθεροποίηση της φυσικής δυνατότητας του μετάλλου, λόγω του ομοιόμορφα αλκαλικού περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται. Επιπλέον, το σκυρόδεμα, αποκτά υψηλή ειδική αντίσταση της τάξης των 200 Ωm ή και υψηλότερης. Επιπλέον, η χαλύβδινες ράβδοι ενίσχυσης, αποκτούν μεγαλύτερη αντοχή στην διάβρωση από όταν είναι εκτεθειμένες. Συνδέσεις μέσα στο σκυρόδεμα μεταξύ οπλισμού και χάλυβα, δεν χρειάζονται προστασία. Σε περίπτωση όμως συνδέσεων με άλλα υλικά γείωσης πρέπει να παρέχεται αντιδιαβρωτική προστασία [6].

Συστήματα γείωσης από ανοξειδωτο χάλυβα ή χαλκό μπορούν να συνδέονται **απ' ευθείας** με τον οπλισμό μέσα στο σκυρόδεμα [3].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΚΕΡΑΥΝΙΚΑ ΠΛΗΓΜΑΤΑ

5.1 Εισαγωγή

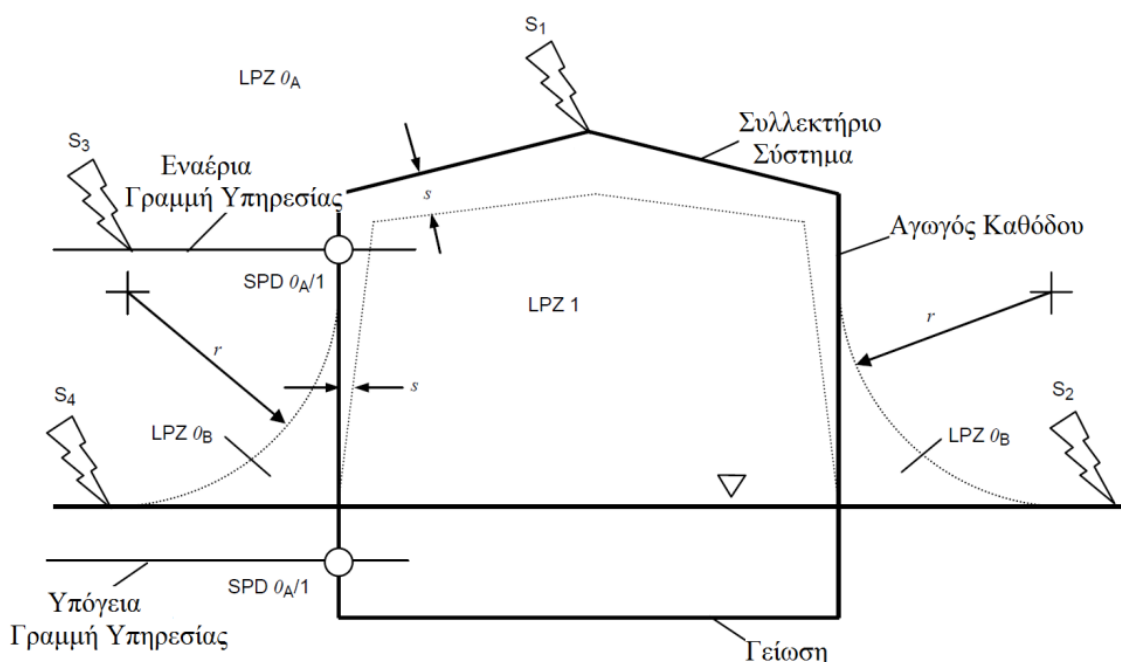
Η εξωτερική αντικεραυνική προστασία των εγκαταστάσεων δεν εξασφαλίζει αυτόκλητα από τον κεραυνικό κίνδυνο και πλήγμα. Συνέχεια και συμπλήρωση της εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας αποτελεί η εσωτερική αντικεραυνική προστασία. Ο σχεδιασμός της αφορά αφενός στον σχεδιασμό εντός της κατασκευής μιας σειράς ζωνών προστασίας (LPZ- Lightning Protection Zones) και αφετέρου σε μια σειρά από προστατευτικά μέτρα που ως σκοπό έχουν την αποτροπή δημιουργίας επικίνδυνων σπινθήρων μεταξύ των αγωγών του εξωτερικού ΣΑΠ και των φυσικών μερών αυτού, τα οποία υποδέχονται το κεραυνικό ρεύμα και το διοχετεύουν προς τη γη και των εσωτερικών μεταλλικών μερών και συστημάτων της κτιριακής εγκατάστασης [3]. Για την επιτυχή αποτροπή του παραπάνω φαινομένου θα πρέπει είτε να σχεδιάζεται το εξωτερικό ΣΑΠ κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μειώνεται το ρεύμα που διαρρέει τους αγωγούς καθόδου είτε να εξασφαλίζεται ισοδυναμική σύνδεση ή απομόνωση των μερών υπό μεγάλη διαφορά δυναμικού λόγω κεραυνικού ρεύματος [3]. Για τον λόγο αυτό θα γίνει λόγος και εφαρμογή του περιοριστή κρουστικής υπέρτασης (SPD), το οποίο είναι μια συσκευή που έχει σχεδιαστεί για να περιορίζει την κρουστική υπέρταση μεταξύ δύο τμημάτων όπως σπινθηριστής (SG-Spark Gap) και βαρίστορ μετάλλου – οξειδίου (MOV- Metal Oxide Varistor).

Το κεραυνικό ρεύμα από την άλλη ως πηγή κινδύνου είναι ένα φαινόμενο υψηλής ενέργειας. Συγκρινόμενη η ενέργεια που εκλύεται από έναν κεραυνό (πολλές εκατοντάδες MJ) με την ενέργεια των ευαίσθητων εσωτερικών συστημάτων (κυρίως των ηλεκτρονικών της τάξης των mJ), γίνεται αντιληπτό ότι επιπλέον μέτρα για την προστασία αυτών των εσωτερικών συστημάτων θα πρέπει να ληφθούν [4]. Η προστασία αυτή συνίσταται στην αποτροπή εισερχόμενων κεραυνικών υπερτάσεων μέσω σε μια κτιριακή εγκατάσταση και σε κάθε LPZ περαιτέρω, καθώς και στην θωράκιση από την ανάπτυξη επαγωγικών τάσεων και την απευθείας ηλεκτρομαγνητική επίδραση. Τα παραπάνω συνιστούν μέτρα προστασίας από τον κεραυνικό ηλεκτρομαγνητικό παλμό (Lightning Electromagnetic Pulse – LEMP).

5.2 Ζώνες Κεραυνικής Προστασίας - LPZ

Η σχεδίαση της εσωτερικής προστασίας των εγκαταστάσεων απαιτεί τον διαχωρισμό του όγκου που θα προστατευθεί σε ζώνες αντικεραυνικής προστασίας προκειμένου να οριστούν χώροι διαφορετικής δριμύτητας κεραυνικής ηλεκτρομαγνητικής κρούσης και να προσδιορισθούν τοποθεσίες για τα σημεία σύνδεσης στα σύνορα μεταξύ των ζωνών. Οι ζώνες χαρακτηρίζονται από σημαντικές μεταβολές των ηλεκτρομαγνητικών συνθηκών στα όρια τους και οριοθετούνται από με τα προστασίας όπως είναι το ΣΑΠ, θωρακισμένα καλώδια, μαγνητικές θωρακίσεις και SPD [1].

Μια πρώτη προσέγγιση των ζωνών γίνεται στο παρακάτω σχήμα και αφορά τον διαχωρισμό σε ένα κτίριο εξωτερικά και εσωτερικά (Σχήμα 5.1)



Σχήμα 5.1 Διαχωρισμός LPZ σε κτίριο [1]. Διακρίνονται οι διαφορετικές πηγές πλήγματος (S_1, S_2, S_3, S_4), η ακτίνα κυλιόμενης σφαίρας r για το επίπεδο προστασίας και η απόσταση ασφαλείας s . Σε κάθε αλλαγή LPZ τοποθετείται SPD.

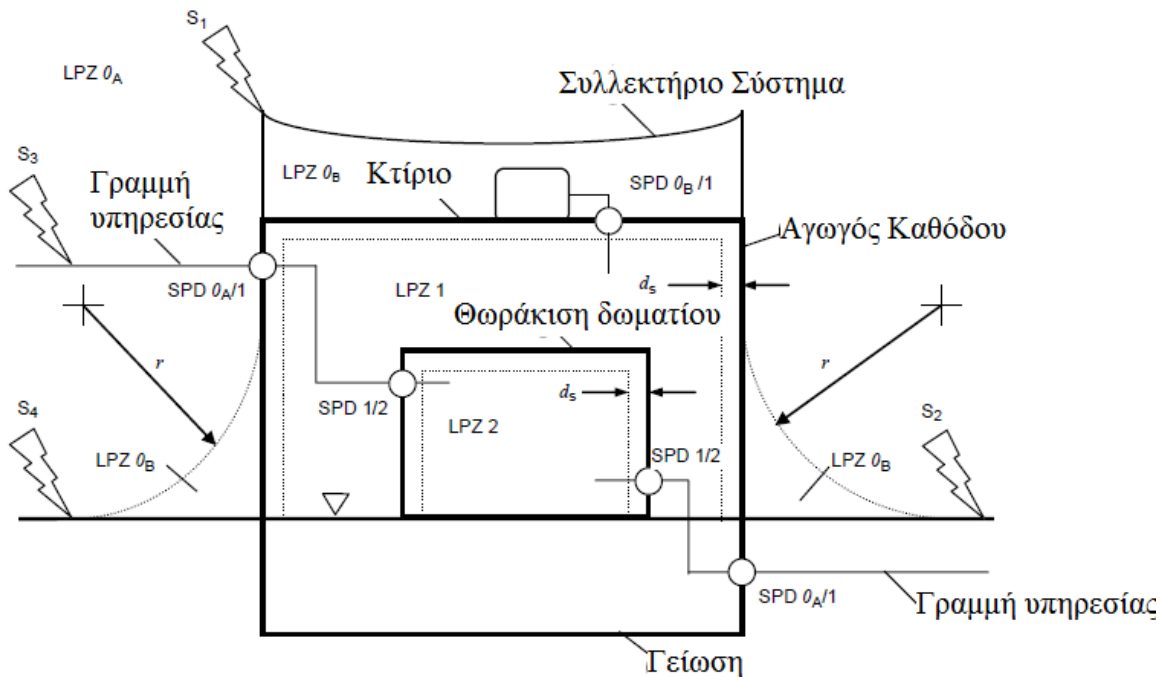
Οι ζώνες προστασίας ορίζονται όπως παρακάτω:

Ζώνη LPZ 0_A όπου η απειλή υφίσταται λόγω του απευθείας κεραυνικού πλήγματος και όλου του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Τα εσωτερικά συστήματα εκτίθενται σε πλήρες ή μερικό κεραυνικό ρεύμα.

Ζώνη LPZ 0_B προστατευμένη από το απευθείας κεραυνικό πλήγμα αλλά η απειλή υφίσταται εξαιτίας του πλήρους ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Τα εσωτερικά συστήματα εκτίθενται σε μερικό κεραυνικό ρεύμα.

Ζώνη LPZ 1 όπου το κεραυνικό ρεύμα περιορίζεται από διαχωρισμό και από SPD στα όρια της. Η χωρική θωράκιση (spatial shielding) που ενδεχομένως υφίσταται εξασθενεί το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.

Πλέον των παραπάνω ενδεχομένως να σχεδιασθούν για την προστασία των εσωτερικών συσκευών επιπλέον ζώνες LPZ 2,...,n όπου το κρουστικό ρεύμα περιορίζεται περαιτέρω από επιπλέον διαχωρισμό του κεραυνικού ρεύματος λόγω γείωσης και λόγω SPD στα όρια τους. Επιπροσθέτως περιορίζεται η επίδραση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (Σχήμα 5.2).



Σχήμα 5.2 Διαχωρισμός LPZ σε κτίριο [1]. Διακρίνεται η περαιτέρω δημιουργία της LPZ2 με κατάλληλη θωράκιση ενός δωματίου του κτιρίου και SPD στα όρια 1 / 2 .

Με βάση τα παραπάνω για να προστατευθεί ένα αντικείμενο, θα πρέπει να τοποθετηθεί μέσα την LPZ (ή να δημιουργηθεί ζώνη γύρω από αυτό) της οποίας τα ηλεκτρομαγνητικά χαρακτηριστικά είναι συμβατά με την ικανότητα του αντικειμένου να ανθίσταται σε βλάβες από τέτοια επίδραση [1].

5.3 Σύστημα εσωτερικής αντικεραυνικής προστασίας

Το σύστημα εσωτερικής αντικεραυνικής προστασίας το οποίο είναι το ίδιο ανεξάρτητα της κλάσης του ΣΑΠ (εκτός από την απόσταση ασφαλείας) αποτρέπει την δημιουργία σπινθήρων. Σπινθήρες αναπτύσσονται μεταξύ του εξωτερικού ΣΑΠ και [3] :

- Μεταλλικών εγκαταστάσεων
- Εσωτερικών συστημάτων
- Εξωτερικών αγωγίμων μερών και γραμμών που εισέρχονται στο κτίριο.

Για την αποτροπή των παραπάνω φαινομένων εφαρμόζεται:

- Ηλεκτρική απομόνωση των αγωγίμων μερών
- Ισοδυναμική σύνδεση

5.4 Ηλεκτρική απομόνωση του εξωτερικού ΣΑΠ – απόσταση ασφαλείας s

Η απομόνωση του εξωτερικού ΣΑΠ μπορεί να επιτυγχάνεται μέσω καταλλήλων διαχωριστικών υλικών ή μέσω κατάλληλης διαχωριστικής απόστασης μεταξύ των τμημάτων. Η διαχωριστική απόσταση d μεταξύ των αγωγών καθόδου αφενός και των μεταλλικών εγκαταστάσεων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την απόσταση ασφαλείας s ($d > s$).

Η απόσταση ασφαλείας s , η οποία χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της απόστασης που πρέπει να υπάρχει μεταξύ αγωγίμων μερών της εγκατάστασης Αντικεραυνικής Προστασίας υπολογίζεται ως εξής [3]:

όπου:

$$s = k_i \times (k_c / k_m) \times I \text{ (m)} \text{ (Εξίσωση 5.1)}$$

όπου: k_i : εξαρτάται από την επιλεγόμενη στάθμη προστασίας του ΣΑΠ (Πίνακας 5.1).

k_m : εξαρτάται από το διαχωριστικό υλικό (Πίνακας 5.2).

k_c : εξαρτάται από το ρεύμα του κεραυνού που ρέει στους αγωγούς καθόδου (παρ.5.3.1).

I (m): είναι το μήκος του αγωγού καθόδου από το σημείο που πρόκειται να ελεγχθεί η γειννίαση μέχρι το πλησιέστερο σημείο ισοδυναμικής σύνδεσης.

Οι επικίνδυνοι σπινθήρες μεταξύ του εξωτερικού ΣΑΠ και των καλωδίων ή εξωτερικών αγωγίμων τμημάτων που εισέρχονται στην κατασκευή δεν μπορούν να αποφευχθούν μόνο με μόνωση μέσω της απόστασης ασφαλείας. Για το λόγο αυτό η ισοδυναμική σύνδεση είναι απαραίτητο να εξασφαλίζεται (με απευθείας σύνδεση ή μέσω SPD), στο σημείο εισόδου τους στην κατασκευή.

Κλάση ΣΑΠ	k_i
I	0,08
II	0,06
III και IV	0,04

Πίνακας 5.1 Τιμές για τον συντελεστή k_i για τον υπολογισμό της απόστασης ασφαλείας [3].

Υλικό	k_m
Αέρας	1
Μπετόν, τούβλα	0,5
Όταν υπάρχουν διάφορα μονωτικά υλικά σε σειρά, μια καλή πρακτική είναι να χρησιμοποιείται χαμηλότερη τιμή για τον k_m	

Πίνακας 5.2 Τιμές για τον συντελεστή k_m για τον υπολογισμό της απόστασης ασφαλείας [3].

5.4.1 Υπολογισμός του συντελεστή k_c για την εύρεση της απόστασης s

Ο συντελεστής κατανομής k_c , προσδιορίζει την κατανομή του κεραυνικού ρεύματος στους αγωγούς καθόδου και εξαρτάται από το συνολικό αριθμό n και τη θέση των αγωγών καθόδου (Πίνακας 5.3).

Τύπος συλλεκτηρίου συστήματος	Αριθμός αγωγών καθόδου n	k_c	
		Γείωση τύπου Α	Γείωση τύπου Β
Ακίδα	1	1	1
Σύρμα	2	0,66 ^{δ)}	0,5 ... 1 (Σχήμα 5.3) ^{α)}
Κλωβού	4 και περισσότεροι	0,44 ^{δ)}	0,25 ... 1 (Σχήμα 5.4) ^{β)}
Κλωβού	4 και περισσότεροι, ενωμένοι με οριζόντιο περιμετρικό αγωγό	0,44 ^{δ)}	1/n ... 0,5 (Σχήμα 5.5) ^{γ)}

α) Τιμές κυμαίνονται από 0,5 όπου $c \ll h$, έως 1 με $h \ll c$ (Σχήμα 5.3)

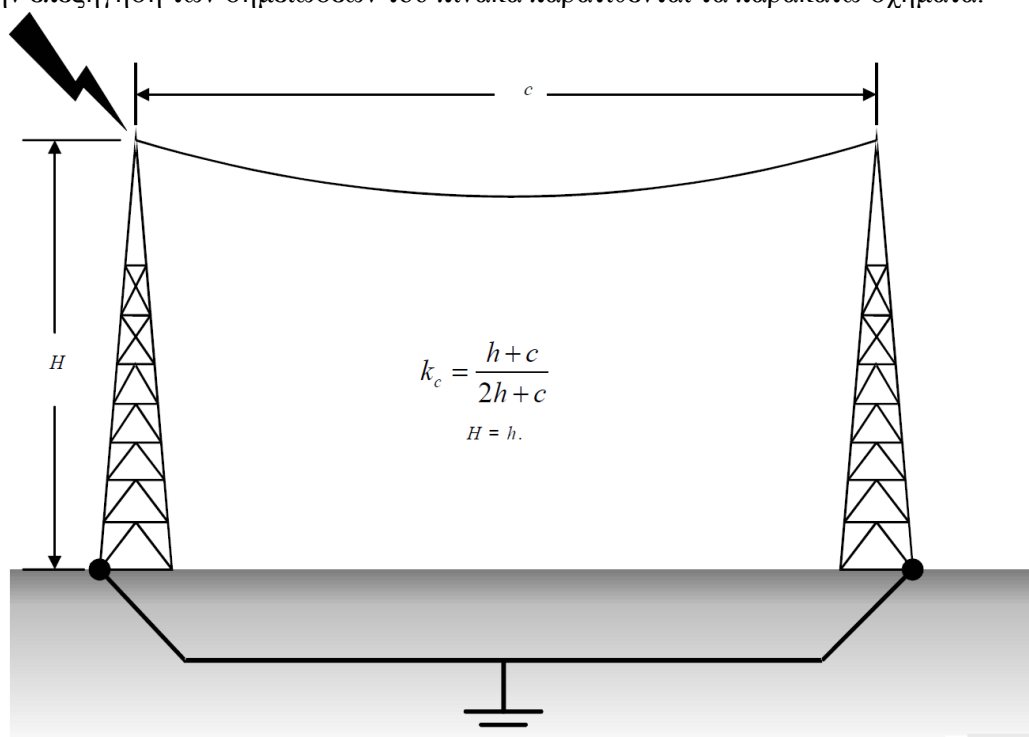
β) Η εξίσωση του σχήματος 5.4 είναι προσεγγιστική και αναφέρεται σε κυβικού σχήματος κτίρια με $n \geq 4$. Οι τιμές h, c, s, d κυμαίνονται από 5 έως 20 m.

γ) Όταν υπάρχουν περιμετρικοί αγωγοί η διανομή του ρεύματος είναι περισσότερο ομογενής στα κατώτερα μέρη και ο συντελεστής k_c μειώνεται. Έγκυρο για ψηλά κτίρια.

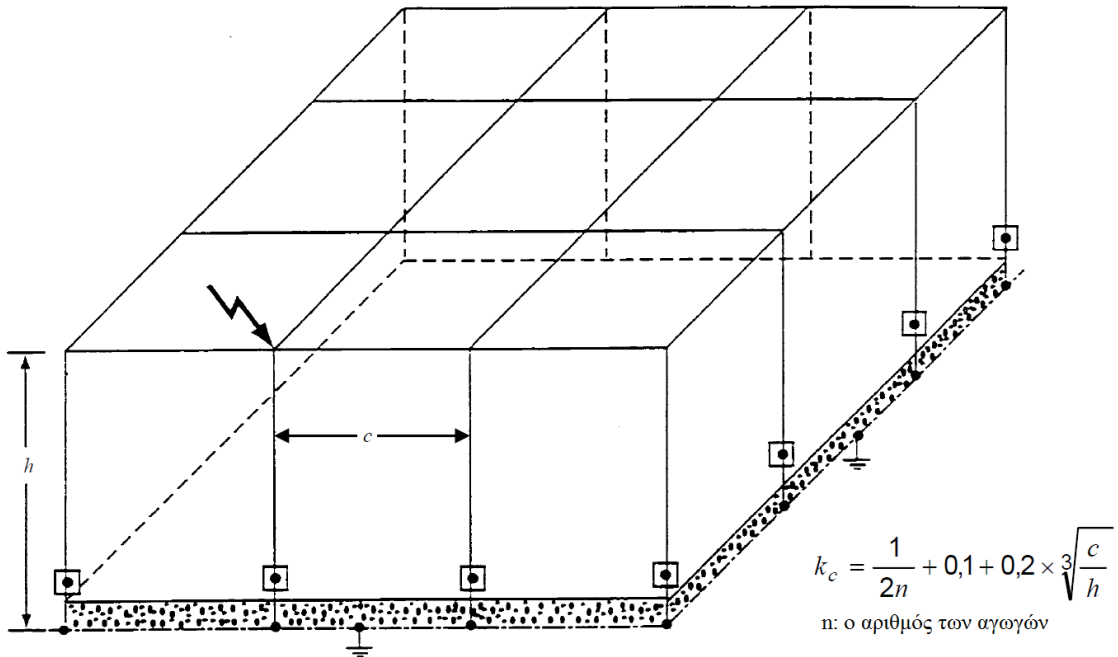
δ) Οι τιμές είναι έγκυρες για μονά ηλεκτρόδια γείωσης με συγκρίσιμες αντιστάσεις γείωσης. Εάν οι αντιστάσεις γείωσης διαφέρουν σημαντικά, τότε $k_c=1$.

Πίνακας 5.3 Τιμές για τον συντελεστή k_c για τον υπολογισμό της απόστασης ασφαλείας συναρτήσει του τύπου του συλλεκτηρίου συστήματος και της διάταξης της γείωσης [3]

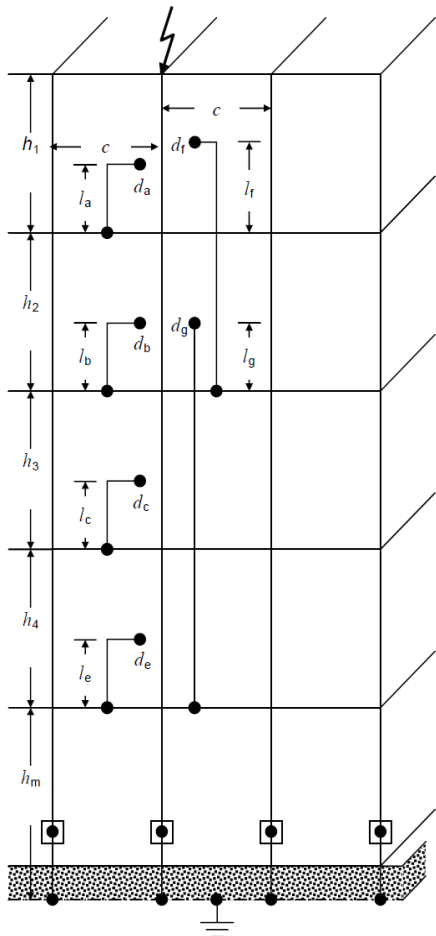
Για την επεξήγηση των σημειώσεων του πίνακα παρατίθενται τα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 5.3 Υπολογισμός του συντελεστή k_c στην περίπτωση τεταμένου σύρματος και γείωσης διάταξης τύπου Β [3]



Σχήμα 5.4 Υπολογισμός του συντελεστή k_c στην περίπτωση δικτυωτών τεταμένων συρμάτων και γείωσης διάταξης τύπου B [3].



$$k_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \times \sqrt[3]{\frac{c}{h}}$$

$$k_{c2} = \frac{1}{n} + 0,1$$

$$k_{c3} = \frac{1}{n} + 0,01$$

$$k_{c4} = \frac{1}{n}$$

$$d_a \geq s_a = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c1} \times l_a \quad d_b \geq s_b = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c2} \times l_b$$

$$d_c \geq s_c = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c3} \times l_c \quad d_e \geq s_e = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c4} \times l_e$$

$$d_f \geq s_f = \frac{k_i}{k_m} \times (k_{c1} \times l_f + k_{c2} \times h_2)$$

$$d_g \geq s_g = \frac{k_i}{k_m} \times (k_{c2} \times l_g + k_{c3} \times h_3 + k_{c4} \times h_4)$$

Σχήμα 5.5: Παράδειγμα υπολογισμού της απόστασης ασφαλείας στη περίπτωση συλλεκτηρίου συστήματος πλέγματος, αγωγών καθόδου ενδοσυνδεδεμένος με δακτυλίους και σύστημα γείωσης τύπου B[3]. Όπου m είναι ο συνολικός αριθμός επιπέδων και η απόσταση ασφαλείας μεταβάλλεται και υπολογίζεται για κάθε επίπεδο.

5.4.1.1 Υπολογισμός του συντελεστή k_c σε συστήματα με γείωση τύπου A

Στην περίπτωση γείωσης τύπου A χρησιμοποιούνται τα παρακάτω σχήματα για τον υπολογισμό του συντελεστή k_c (σχήμα 5.6). Ο συντελεστής εξαρτάται από τον διαχωρισμό του κεραυνικού ρεύματος που εξαρτάται από τον συνολικό αριθμό αγωγών καθόδου, άλλα και την διάταξη της γείωσης [3]. Η απόσταση ασφαλείας εξαρτάται από την πτώση τάσης του συντομότερου σημείου από το οποίο θεωρείται η απόσταση αυτή, στο ηλεκτρόδιο του εδάφους ή στο κοντινότερο σημείο ισοδυναμικής σύνδεσης.

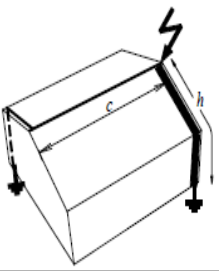
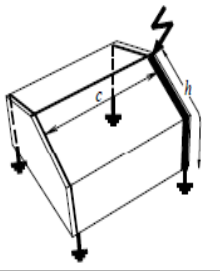

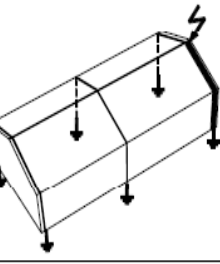
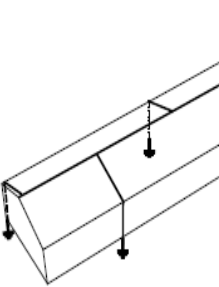
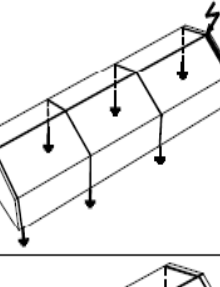
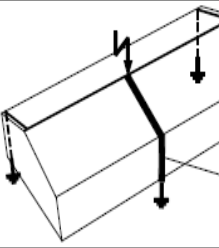
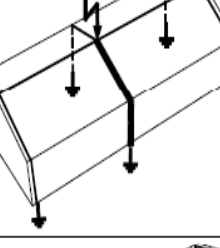
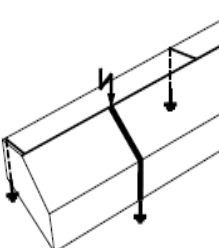
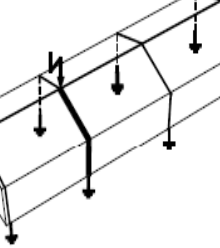
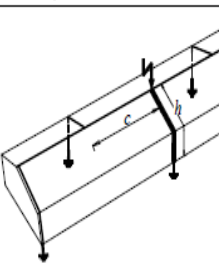
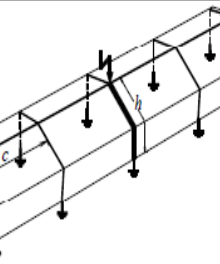
Εάν ο αγωγοί καθόδου διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα καθ' όλο το μήκος τους χρησιμοποιείται η παρακάτω σχέση

$$s = k_i \times k_c \times l \text{ (Εξίσωση 5.2)}$$

Εάν οι αγωγοί διαρρέονται από διαφορετικό (μειούμενο) ρεύμα κατά μήκος τότε:

$$s = k_i (k_{c1} \times l_1 + k_{c2} \times l_2 + \dots + k_{cn} \times l_n) \text{ (Εξίσωση 5.3)}$$

Το σημείο κεραυνοπληξίας, απαραίτητο για το k_c και το σημείο όπου υπολογίζεται η απόσταση ασφαλείας ίσως διαφέρουν.

	$\frac{c}{h} =$	0,33	0,50	1,00	2,00		$\frac{c}{h} =$	0,33	0,50	1,00	2,00
	k_c	0,57	0,60	0,66	0,75		k_c	0,31	0,33	0,37	0,41
	k_c	0,47	0,52	0,62	0,73		k_c	0,28	0,33	0,37	0,41
	k_c	0,44	0,50	0,62	0,73		k_c	0,27	0,33	0,37	0,41
	k_c	0,40	0,43	0,50	0,60		k_c	0,23	0,25	0,30	0,35
	k_c	0,35	0,39	0,47	0,59		k_c	0,21	0,24	0,29	0,35
	k_c	0,31	0,35	0,45	0,58		k_c	0,20	0,23	0,29	0,35

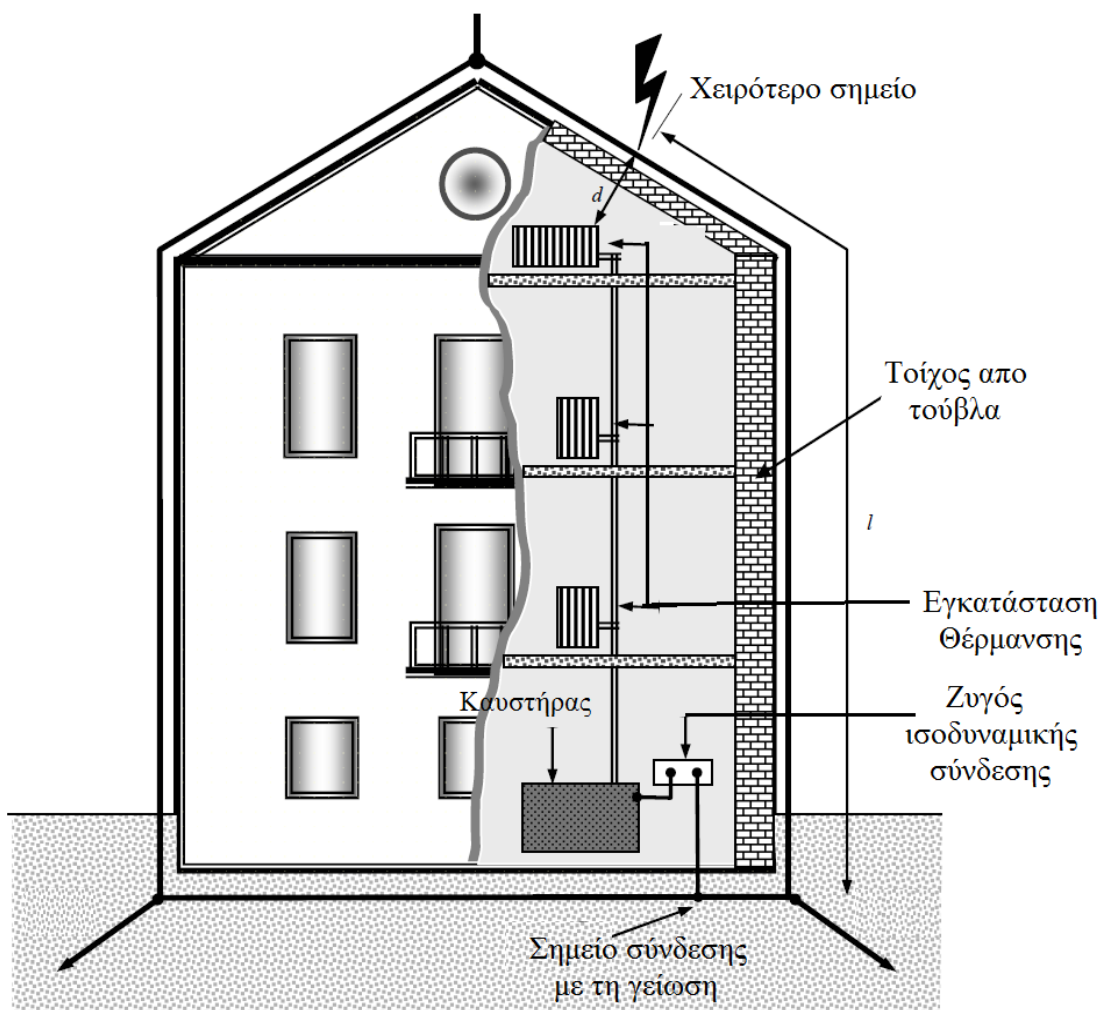
Σχήμα 5.6: Υπολογισμός του συντελεστή διαχωρισμού k_c για την περίπτωση εγκαταστάσεων με συλλεκτήριο αγωγό στην κορυφοακμή της στέγης και γείωση τύπου A[3]. Στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται ο λόγος c/h της απόστασης μεταξύ διαδοχικών αγωγών καθόδου και του ύψους που διατρέχει το ρεύμα έως τη γη. Ο συντελεστής διαφέρει ανάλογα με το σημείο κεανοπληξίας κάτι που λαμβάνεται υπόψη. Για ενδιάμεσες τιμές χρησιμοποιείται γραμμική παρεμβολή.

5.4.2 Θεώρηση του μήκους l για τον υπολογισμό της απόστασης ασφαλείας s

Το μήκος l της εξίσωσης 5.1 για τον υπολογισμό της απόστασης ασφαλείας s , είναι η απόσταση μεταξύ του σημείου ισοδυναμικής σύνδεσης (παρ 5.4) και του σημείου εγγύτητας κατά μήκος του αγωγού καθόδου [3].

Το μήκος και η διαδρομή του αγωγού εντός του κτιρίου από το σημείο ισοδυναμικής σύνδεσης στο σημείο εγγύτητας έχει γενικά μικρή επίπτωση στην απόσταση ασφαλείας, αλλά όταν ο αγωγός αυτός βρίσκεται κοντά στον αγωγό καθόδου η απόσταση ασφαλείας είναι μικρότερη [3].

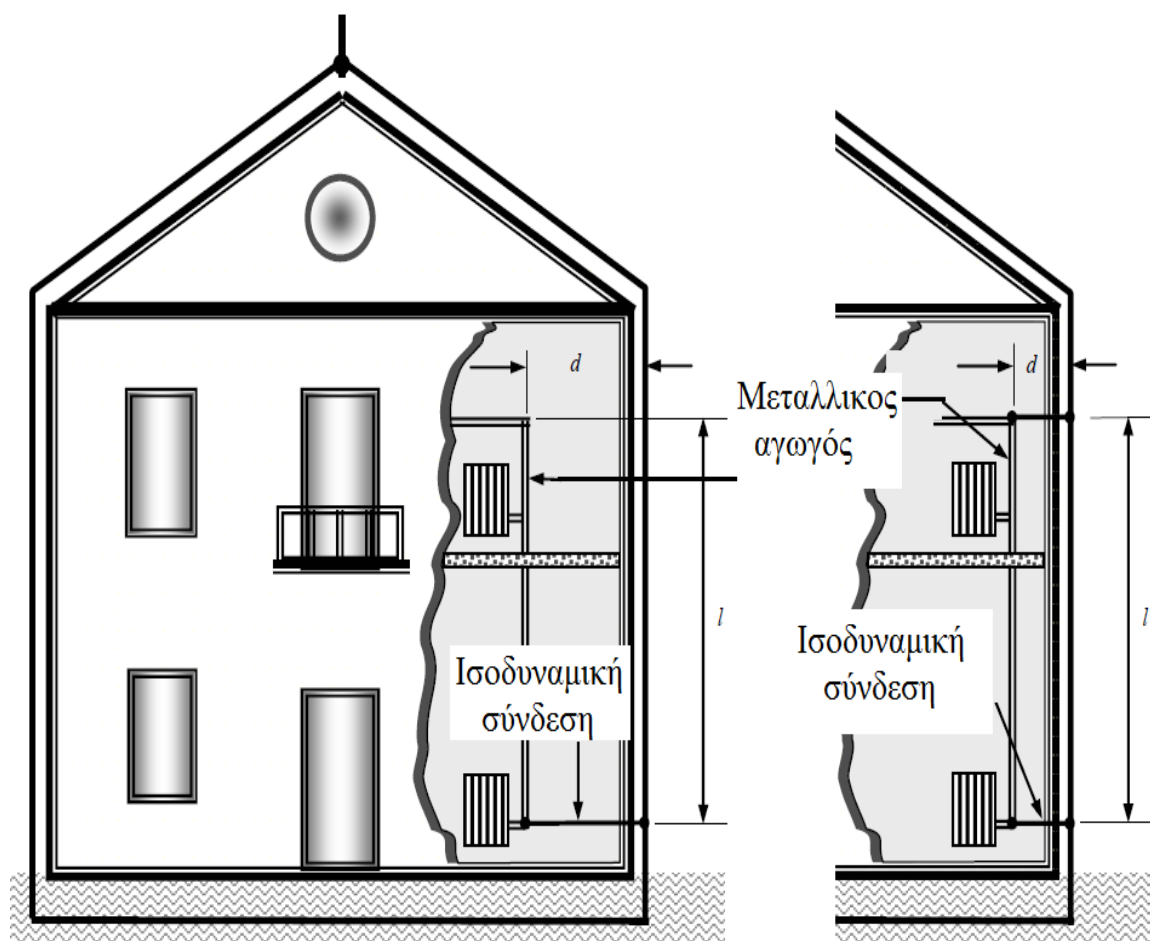
Για κτίρια χωρίς αγωγή υλικά κατασκευής (τούβλα, ξύλο), η απόσταση l υπολογίζεται από το πιο απομακρυσμένο ανεπιθύμητο σημείο κεραυνοπληξίας (σχήμα 5.7), έως το σημείο σύνδεσης του συστήματος ισοδυναμικής σύνδεσης με τον αγωγό καθόδου και τη γείωση.



Σχήμα 5.7: Υπολογισμός του μήκους l σε περίπτωση κατοικίας στο χειρότερο δυνατό σημείο. Για την αποφυγή σπινθήρα θα πρέπει $d > s$ [3].

Όταν δεν είναι δυνατόν να διατηρηθεί απόσταση d μεγαλύτερη από την απόσταση ασφαλείας s , τότε θα πρέπει να συνδέεται το πιο απομακρυσμένο σημείο της εγκατάστασης στο εξωτερικό ΣΑΠ (σχήμα 5.8).

Για τους παραπάνω λόγους θα πρέπει οι ηλεκτρικοί αγωγοί μιας εγκατάστασης θα πρέπει να σχεδιάζονται με βάση τις απαιτήσεις για την απόσταση ασφαλείας s , διαφορετικά θα πρέπει να περικλείονται σε αγωγίμες θωρακίσεις, οι οποίες με την σειρά τους διασυνδέονται με το εξωτερικό ΣΑΠ και την γείωση.



Σχήμα 5.8: Παραδείγματα απόστασης ασφαλείας με εσωτερικό μεταλλικό σύστημα. Στην δεύτερη περίπτωση όπου $d < s$, το σύστημα θέρμανσης συνδέεται με το εξωτερικό ΣΑΠ [3].

Γενικά για την απόσταση ασφαλείας ισχύουν:

➤ Στην περίπτωση μεγάλων κτιρίων η απόσταση ασφαλείας είναι μεγάλη για να υπερκαλύπτεται. Αυτό συνεπάγεται επιπρόσθετη σύνδεση των μεταλλικών εγκαταστάσεων με το εξωτερικό ΣΑΠ. Κατά συνέπεια μέρος του κεραυνικού ρεύματος θα διαρρέυσει τις μεταλλικές αυτές εγκαταστάσεις προς τη γη.

➤ Ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή συμβαίνει σε αυτές τις περιπτώσεις διασύνδεσης των μεταλλικών εσωτερικών εγκαταστάσεων κάτι που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.

5.5 Ισοδυναμικές συνδέσεις

Οι ισοδυναμικές συνδέσεις και κατά συνέπεια η εξίσωση δυναμικού, επιτυγχάνεται με την γεφύρωση του ΣΑΠ με τον μεταλλικό σκελετό της κατασκευής, με τις μεταλλικές εγκαταστάσεις, με τα εξωτερικά αγωγία τμήματα και με τις ηλεκτρικές και τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις που βρίσκονται στο εσωτερικό της κατασκευής που χρήζει προστασίας [3].

Μια ισοδυναμική σύνδεση πραγματοποιείται με:

- συνδετήριους αγωγούς, όπου η ηλεκτρική συνέχεια δεν εξασφαλίζεται με φυσικές συνδέσεις
- περιοριστή κρουστικής υπέρτασης (SPD), όπου δεν επιτρέπεται άμεση γεφύρωση.

Οι SPD, πρέπει να τοποθετούνται σε σημεία τέτοια, ώστε να μπορούν να επιθεωρούνται [3] (παρ 5.8).

5.6 Ισοδυναμικές συνδέσεις με συνδετήριους αγωγούς

5.6.1 Ισοδυναμικές συνδέσεις με αγωγούς για μεταλλικές εγκαταστάσεις

Μεταλλικές εγκαταστάσεις, θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους και με τον ζυγό εξίσωσης δυναμικού, όπως ορίζεται πιο κάτω [3]:

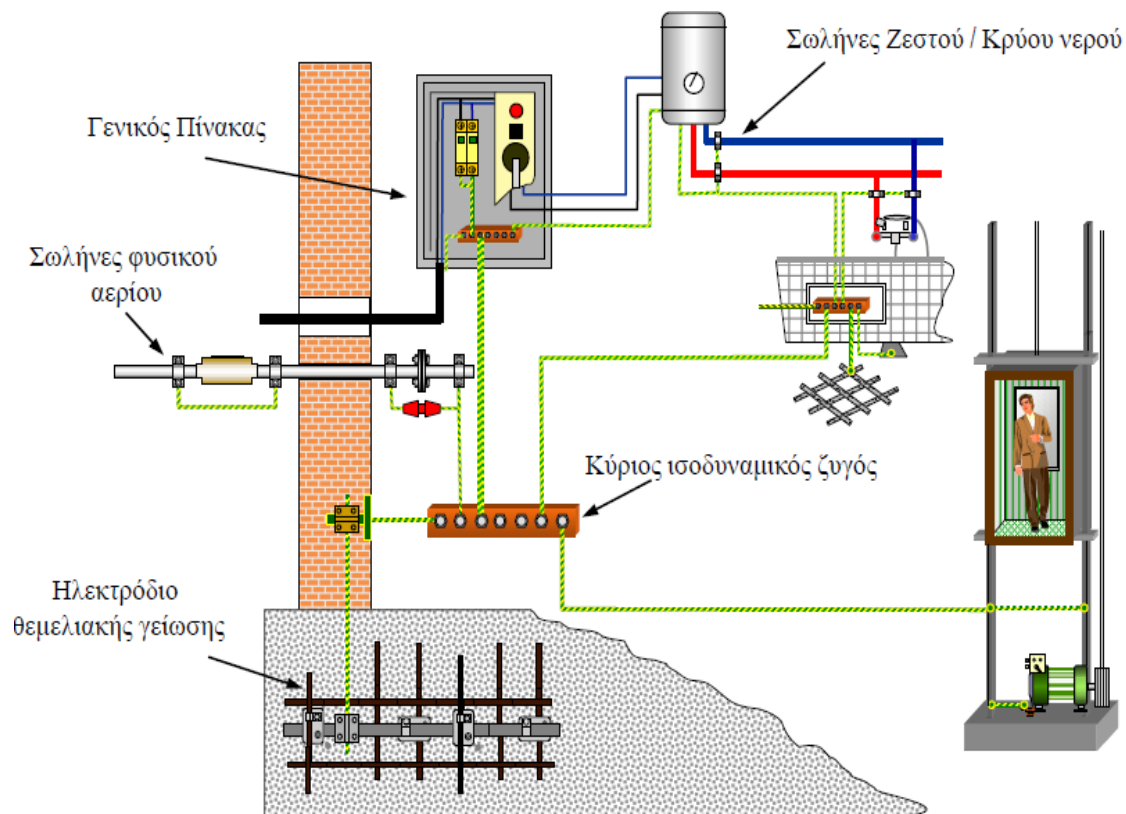
Σε απομονωμένο ΣΑΠ, οι ισοδυναμικές συνδέσεις πρέπει να γίνονται πάντα στην στάθμη του εδάφους.

Σε μη απομονωμένο ΣΑΠ, ισοδυναμικές συνδέσεις πρέπει να γίνονται στις ακόλουθες θέσεις :

- α) Στο υπόγειο ή περίπου στη στάθμη του εδάφους.

Ο ζυγός εξίσωσης δυναμικού (ο οποίος είναι χάλκινος ή από γαλβανισμένο χάλυβα **50 mm²**) (σχήμα 5.9), εγκαθίσταται κατά προτίμηση στην εσωτερική πλευρά ενός εξωτερικού τοίχου κοντά τόσο στο επίπεδο του εδάφους, όσο και στο κεντρικό πίνακα χαμηλής τάσης και συνδεδεμένος με το σύστημα γείωσης. Οι συνδετήριοι αγωγοί πρέπει να συνδέονται στον ζυγό εξίσωσης δυναμικού ο οποίος να είναι κατασκευασμένος και εγκατεστημένος με τρόπο τέτοιο ώστε να είναι εύκολα προσπελάσιμος για επιθεώρηση. Σε κτίρια μεγάλων διαστάσεων μπορούν να εγκατασταθούν και περισσότεροι από ένας, ζυγοί εξίσωσης δυναμικού (για κτίρια με ύψος άνω των 30 μέτρων συνιστάται να εγκαθίστανται ισοδυναμικοί ζυγοί κάθε 20 μέτρα). Επίσης σε περιπτώσεις εισόδου στην κατασκευή πολλών γραμμών υπηρεσιών θα πρέπει να τοποθετούνται αντίστοιχα ισοδυναμικοί ζυγοί οι οποίοι θα πρέπει να διασυνδέονται μεταξύ τους.

Στην περίπτωση κατασκευής, με οπλισμένο σκυρόδεμα, τα χαλύβδινα θεμέλια, πρέπει να συνδεθούν με τον ζυγό εξίσωσης δυναμικού, εξασφαλίζοντας έτσι ισοδυναμική σύνδεση σε ολόκληρη την κατασκευή.



Σχήμα 5.9: Παράδειγμα ισοδυναμικής σύνδεσης σε ζυγό κάτω από τον ηλεκτρικό πίνακα αγωγίμων μεταλλικών μερών μιας οικιακής εγκατάστασης. Ο ζυγός ισοδυναμικής σύνδεσης συνδέεται στη συνέχεια με τη θεμελιακή γείωση της κατασκευής [18] Στο σημείο μη αγωγίμων συνδέσεων σε γραμμές όπως π.χ. στο σημείο εισόδου της σωλήνας φυσικού αερίου ηλεκτρική συνέχεια εξασφαλίζεται με διασύνδεση ή χρήση σπινθηριστή.

Οι ελάχιστες διατομές των αγωγών που συνδέουν διαφορετικούς ζυγούς εξίσωσης δυναμικού, και των αγωγών που συνδέουν τους ζυγούς, με το σύστημα γείωσης, καθώς και οι ελάχιστες διατομές που συνδέουν τις μεταλλικές εγκαταστάσεις με τους ζυγούς, φαίνονται στους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 5.3 και 5.4 αντίστοιχα):

Κλάση ΣΑΠ	Υλικό	Διατομή mm ²
I έως IV	Χαλκός	14
	Αλουμίνιο	22
	Χάλυβας	50

Πίνακας 5.3: Ελάχιστες διαστάσεις αγωγών που συνδέουν διαφορετικούς ζυγούς ισοδυναμικής σύνδεσης ή τους ζυγούς με τη γείωση [3].

Κλάση ΣΑΠ	Υλικό	Διατομή mm ²
I έως IV	Χαλκός	5
	Αλουμίνιο	8
	Χάλυβας	16

Πίνακας 5.4: Ελάχιστες διαστάσεις αγωγών που συνδέουν τους ζυγούς ισοδυναμικής σύνδεσης με τις εσωτερικές εγκαταστάσεις [3].

β) Όπου δεν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις απόστασης ασφάλειας (παρ 5.3).

Στην περίπτωση αυτή πραγματοποιείται διασύνδεση για την αποφυγή δημιουργίας τόξου.

Μεταλλικά μέρη της εγκατάστασης (εικόνα 5.1) αλλά και μεταλλικά μέρη τα οποία δεν ανήκουν στην εγκατάσταση αλλά βρίσκονται πλησίον των αγωγών καθόδου θα πρέπει να διασυνδέονται με το εξωτερικό ΣΑΠ [3].



Εικόνα 5.1 Σύνδεση εξωτερικής μεταλλικής πόρτας στο εξωτερικό ΣΑΠ λόγω παραβίασης της απόστασης ασφαλείας s (Φωτογραφία που λήφθηκε για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας).

5.6.2 Ισοδυναμικές συνδέσεις με αγωγούς για εξωτερικά αγωγήμα τμήματα

Οι ισοδυναμικές συνδέσεις σε εξωτερικά αγωγήμα τμήματα, όπως σωληνώσεις, πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο είσοδο στην υπό προστασία κατασκευή. Οι αγωγοί σύνδεσης πρέπει να αντέχουν τμήμα του ρεύματος του κεραυνού που ρέει διαμέσου αυτών, το οποίο υπολογίζεται πιο κάτω.

Το κεραυνικό ρεύμα, όταν ρέει προς τη γη, μοιράζεται στο σύστημα γείωσης, στα εξωτερικά αγωγήμα τμήματα και στις εισερχόμενες παροχές που είναι συνδεδεμένες απευθείας ή μέσω SPD σε αυτό. Το τμήμα I_f του κεραυνικού ρεύματος που ρέει αντίστοιχα σε κάθε εξωτερικό αγωγήμα τμήμα ή καλώδιο, υπολογίζεται από τον τύπο:

$$I_f = k_e \times I, \text{ (Εξίσωση 5.4)}$$

όπου το k_e εξαρτάται:

- από το πλήθος των αγωγών
- την ισοδύναμη αντίσταση γείωσής τους
- την ισοδύναμη αντίσταση γείωσης του συστήματος γείωσης.

Για υπόγεια εγκατάσταση ισχύει:

$$k_e = \frac{Z}{Z_1 + Z(n_1 + n_2 \frac{Z_1}{Z_2})} \text{ (Εξίσωση 5.5)}$$

Για επίγεια εγκατάσταση ισχύει:

$$k_e = \frac{Z}{Z_2 + Z(n_2 + n_1 \frac{Z_2}{Z_1})} \text{ (Εξίσωση 5.6)}$$

όπου Z : ισοδύναμη αντίσταση γείωσης του συστήματος γείωσης.

Z_1 : ισοδύναμη αντίσταση γείωσης των εξωτερικών υπόγειων τμημάτων ή καλωδίων (πίνακας 5.5).

Z_2 : ισοδύναμη αντίσταση γείωσης του συστήματος γείωσης που συνδέει το σύστημα γείωσης με τα υπέργεια τμήματα ή καλώδια. Εναλλακτικά, εάν δεν είναι γνωστή η Z_2 μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την Z_1 .

n_1 : Συνολικός αριθμός των υπόγειων εξωτερικών τμημάτων ή καλωδίων.

n_2 : Συνολικός αριθμός των υπέργειων εξωτερικών τμημάτων ή καλωδίων.

I : Ρεύμα κεραυνού αντίστοιχο με την επιλεγείσα στάθμη προστασίας.

Στον πιο κάτω πίνακα φαίνονται οι τιμές των ισοδύναμων αντιστάσεων γείωσης, Z και Z₁, ανάλογα με την ειδική αντίσταση του εδάφους.

ρ (Ωm)	Z ₁ (Ω)	Ισοδύναμη αντίσταση γείωσης Z, ανάλογα με την Στάθμη Προστασίας		
		I	II	III και IV
≤100	8	4	4	4
200	11	6	6	6
500	16	10	10	10
1000	22	10	15	20
2000	28	10	15	40
3000	35	10	15	60

Πίνακας 5.5: Τιμές των ισοδύναμων αντιστάσεων γείωσης, Z και Z₁, ανάλογα με την ειδική αντίσταση του εδάφους [1].

5.6.3 Ισοδυναμικές συνδέσεις με αγωγούς για εισερχόμενες ηλεκτρικές και τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις

Ισοδυναμικές συνδέσεις για ηλεκτρικές και τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις με συνδετήριους αγωγούς πρέπει να γίνονται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο σημείο εισόδου στην κατασκευή που χρήζει προστασίας και μόνο όταν πρόκειται για θωρακισμένα καλώδια ή οδεύουν μέσα σε μεταλλικό περίβλημα (για ενεργούς αγωγούς χρησιμοποιούνται SPD).

Γενικά είναι επιθυμητό όλες οι γραμμές υπηρεσιών να εισέρχονται στην κατασκευή από κοινή είσοδο [3].

Οι ισοδυναμικές συνδέσεις είναι απαραίτητες εάν η διατομή αυτών των θωρακίσεων είναι μικρότερη από την τιμή S_C.

Η ροή του κεραυνικού ρεύματος μέσω της ηλεκτρικής θωράκισης ενός καλωδίου, μπορεί να προκαλέσει υπερτάσεις μεταξύ των ενεργών αγωγών και αυτής, οι οποίες με την σειρά τους πιθανόν να γίνουν αιτία δημιουργίας επικίνδυνων σπινθήρων. Οι υπερτάσεις αυτές εξαρτώνται από το υλικό και τις διαστάσεις της ηλεκτρικής θωράκισης, καθώς και το μήκος και την θέση του καλωδίου.

Η ελάχιστη διατομή, S_{Cmin}, της ηλεκτρικής θωράκισης, για την αποφυγή επικίνδυνων σπινθήρων, υπολογίζεται από τον πιο κάτω τύπο:

$$S_{Cmin} = \frac{I_f \times \rho_c \times L_c \times 10^6}{U_w} \quad (\text{mm}^2)$$

(Εξίσωση 5.7)

όπου: I_f : είναι το ρεύμα που διαρρέει την ηλεκτρική θωράκιση, σε kA

ρ_c : είναι η ειδική αντίσταση της ηλεκτρικής θωράκισης σε Ωm

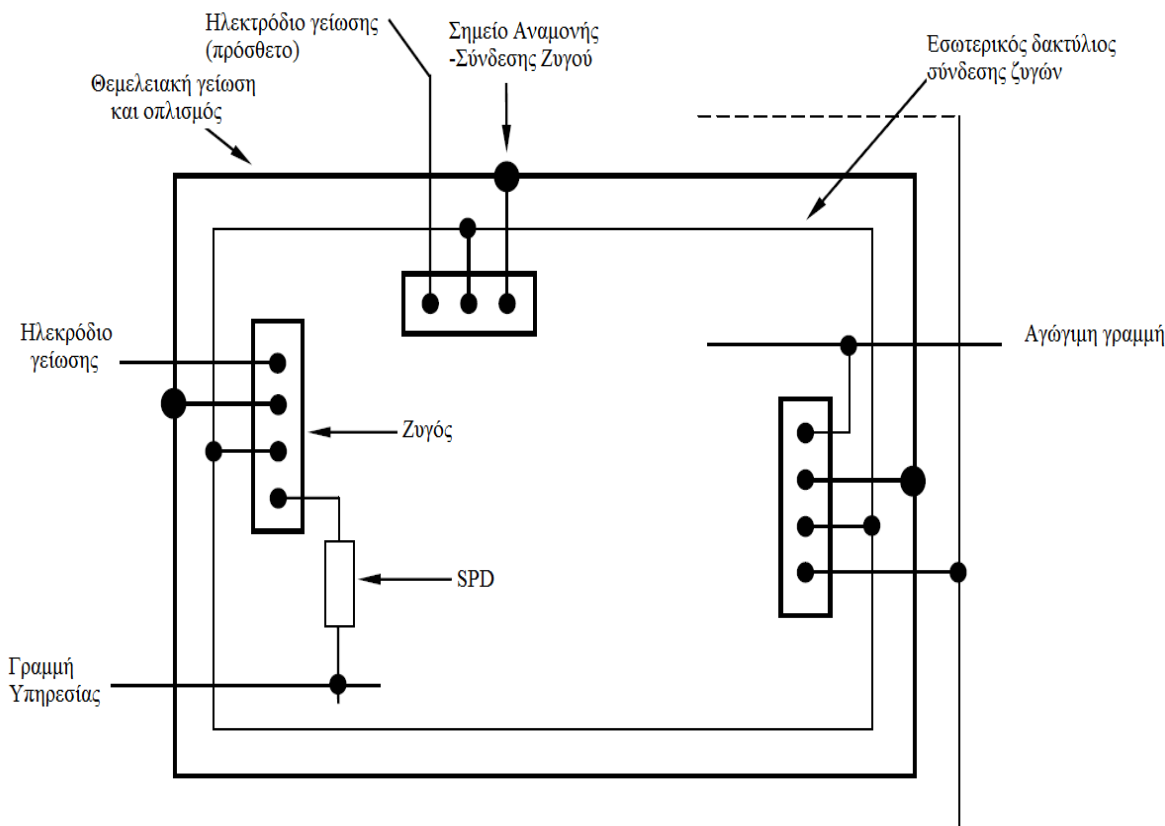
L_c : είναι το μήκος του καλωδίου σε m (πίνακας 5.6)

U_w : κρουστική τάση διάσπασης καλωδίου σε kV (πίνακες 3.25 και 3.26) [2]

Κατάσταση της ηλεκτρικής θωράκισης	L_c
Σε επαφή με χώμα ειδικής αντίστασης ρ	$L_c \leq 8 \leq \sqrt{\rho}$
Μονωμένο από το χώμα ή στον αέρα	L_c η απόσταση μεταξύ του κτιρίου και του πλησιέστερου σημείου γείωσης της θωράκισης

Πίνακας 5.6: Μήκος καλωδίου ανάλογα με την κατάσταση της θωράκισης [3].

Όταν οι γραμμές ισχύος και τηλεπικοινωνιακές αλλά και άλλες αγωγιμές εισέρχονται στο κτίριο σε διαφορετικές τοποθεσίες και χρειάζονται για το λόγο αυτό διάφορους ζυγούς ισοδυναμικής σύνδεσης, οι ζυγοί αυτοί θα πρέπει να τοποθετούνται όσο το δυνατό κοντύτερα στη γη και να συνενώνονται μεταξύ τους και με το σύστημα γείωσης [3] (Σχήμα 5.10).

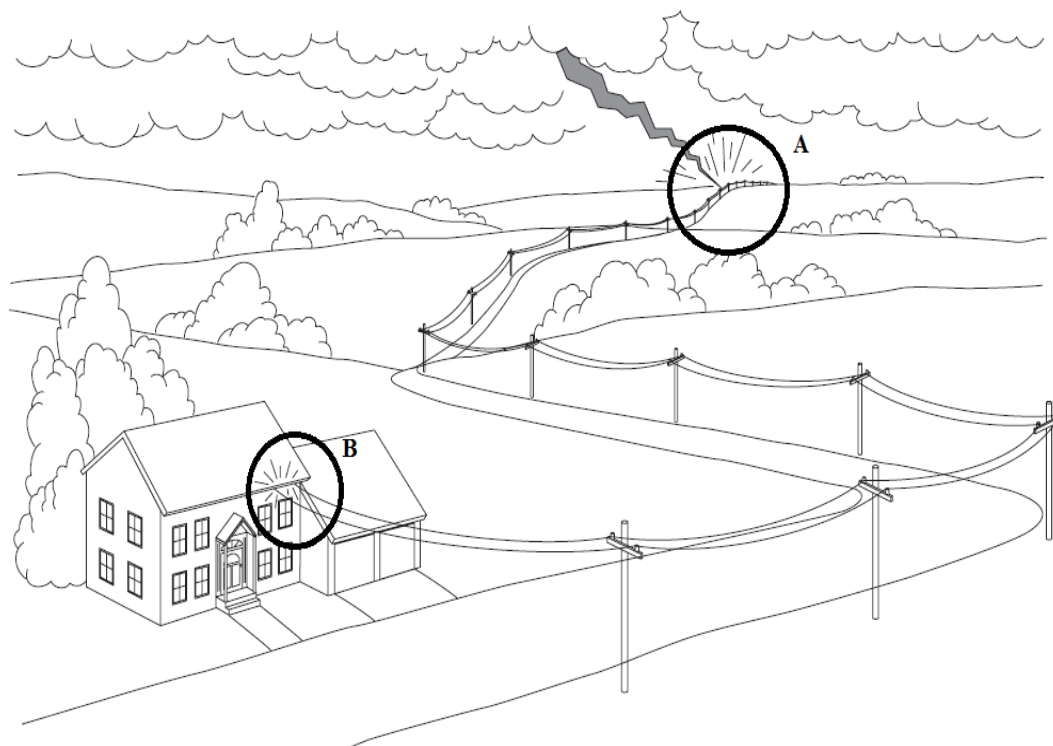


Σχήμα 5.10: Παράδειγμα πολλών εισόδων γραμμών και αγωγιμών τμημάτων και αντιστοιχών ζυγών διασυνδεδεμένων μεταξύ τους [3].

5.7 Ισοδυναμικές συνδέσεις με SPD

Ισοδυναμικές συνδέσεις με SPD πραγματοποιούνται γενικά εκεί όπου ισοδυναμική σύνδεση με αγωγό δεν επιτρέπεται. Αυτό συμβαίνει γενικά στην περίπτωση ενεργών αγωγών (του δικτύου ηλεκτρικής παροχής) ή αγωγών πληροφορίας (τηλεπικοινωνιακό δίκτυο).

Κύρια χρήση των SPD γίνεται για την απαγωγή κεραυνικών ρευμάτων στην εγκατάσταση από γραμμές εισερχομένων υπηρεσιών ή οπουδήποτε αλλού προς τη γη. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η περίπτωση της εισερχόμενης σε κατασκευή υπέρταση λόγω κεραυνού (Σχήμα 5.10) :



Σχήμα 5.11: Εισερχόμενη υπέρταση λόγω κεραυνοπληξίας σε γραμμή υπηρεσίας (S3)[19]. Η κεραυνοπληξία στο σημείο A μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο σημείο B (Κίνδυνος R_U , R_V , R_W (κεφ.3)). Μάλιστα για περιπτώσεις κατασκευών όπου το R_D (κίνδυνος από πλήγματα στο κτίριο είναι αμελητέος) τότε για αντικεραυνική προστασία το εξωτερικό ΣΑΠ μπορεί να παραληφθεί και το κτίριο καλύπτεται από SPD ανάλογης κλάσης [3].

Η αποτελεσματική προστασία των εσωτερικών συστημάτων έναντι υπερτάσεων απαιτεί την συστηματική προσέγγιση για τοποθέτηση σειράς συσκευών SPD σε συντεταγμένη διάταξη (σχήμα 5.2) για την ηλεκτρική και τηλεπικοινωνιακή γραμμή. Γενικά η αρχή του συντονισμού των SPD είναι η ίδια και για τις δύο περιπτώσεις, αλλά εξαιτίας της μεγάλης ποικιλότητας των ηλεκτρονικών συστημάτων και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών (αναλογικά ή ψηφιακά, DC ή AC, συχνότητα λειτουργίας), οι κανόνες για την εκλογή και εγκατάσταση συντονισμένης SPD διαφέρουν σε σχέση με εκείνους που αφορούν τα ηλεκτρικά συστήματα μόνο [4].

5.8 Περιγραφή - αρχή λειτουργίας SPD

Προκειμένου να προστατευθεί ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός από υπερτάσεις, απαιτείται η εγκατάσταση ειδικών συστημάτων απαγωγής κρουστικών υπερτάσεων (Surge Protective Device, SPD) στην παροχή ηλεκτρικής τροφοδοσίας τους αλλά και στις εισερχόμενες στο κτίριο γραμμές πληροφορίας. Αυτά τα συστήματα διοχετεύουν τα κρουστικά ρεύματα προς τη γη, εμποδίζοντάς τα να εισβάλουν στον εξοπλισμό και να τον καταστρέψουν [21].

Τα ηλεκτρονικά είναι ευαίσθητα σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και καταστρέφονται από τις κρουστικές υπερτάσεις. Κρουστικές υπερτάσεις δημιουργούνται στο δίκτυο εξαιτίας του φαινομένου της επαγωγής κατά τη διάρκεια των κεραυνοπτώσεων είτε λόγω απευθείας πλήξης τους, καθώς επίσης και από προβλήματα του δικτύου ηλεκτρικής παροχής. Οι κρουστικές υπερτάσεις που εμφανίζονται στους αγωγούς τροφοδοσίας είναι παλμοί μεγάλου πλάτους και διάρκειας μερικών μs . Η κρουστική υπέρταση συχνά υπερβαίνει την τάση διάσπασης του διηλεκτρικού που χρησιμοποιείται για την μόνωση του ηλεκτρονικού εξοπλισμού, προκαλώντας έτσι βαθμιαία εξασθένηση της μόνωσης και τελικά την καταστροφή του εξοπλισμού [21].

Κατά τη διάρκεια μιας υπέρτασης, η διάταξη SPD διαρρέεται από κρουστικό ρεύμα μεγάλης έντασης, το οποίο συχνά υπερβαίνει δεκάδες ή εκατοντάδες kA , προκειμένου να καταλήξει στη γη. Παρά το γεγονός ότι στην αγωγή κατάστασή του το SPD παρουσιάζει αρκετά χαμηλή ωμική αντίσταση, εντούτοις λόγω του πολύ υψηλού ρεύματος εκλύεται μεγάλο ποσό θερμότητας στο εσωτερικό του SPD [21].

Τα SPD θα πρέπει να ανθίστανται στο αναμενόμενο μέρος του κεραυνικού ρεύματος που θα τα διαρρεύσει χωρίς να καταστραφούν. Επίσης ένα SPD θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα και την διακοπτική διάρκεια να εξαλείψει επακόλουθο ρεύμα (follow-on currents) από την ενεργό ηλεκτρική γραμμή [4]. Θα πρέπει δηλαδή η παραμένουσα τάση κατά την λειτουργία τους να είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη τιμή της εναλλασσόμενης τάσης του δικτύου ώστε το ρεύμα των γραμμών να μη βρίσκει οδό προς τη γη.

Συνοψίζοντας θα τοποθετούσαμε την αρχή λειτουργίας τους είναι η εξής: ο κάθε απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων, SPD, χαρακτηρίζεται σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας του, από μία πολύ υψηλή αντίσταση μεταξύ των άκρων του. Όταν στο δίκτυο που είναι συνδεδεμένος εφαρμοστεί μία κρουστική τάση, το SPD βραχυκυκλώνει τα άκρα του σε χρόνο της τάξης ns , μειώνοντας έτσι τις διαφορές δυναμικού μεταξύ των ηλεκτρικά μονωμένων αγωγών και μεταξύ των γειωμένων μερών, σε στάθμη που πρέπει να είναι χαμηλότερη της διηλεκτρικής αντοχής των μονωτικών της εγκατάστασης. Η τάση αυτή ονομάζεται τάση προστασίας (U_p) και είναι το βασικότερο κριτήριο επιλογής του SPD. Όταν η τάση του δικτύου επανέλθει στα φυσιολογικά επίπεδα, ο απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων, SPD, αυτόματα επανέρχεται στην αρχική φυσιολογική του θέση, χωρίς την

ανάγκη διακοπής της παροχής του ηλεκτρικού δικτύου, αντικατάσταση τηκτών, ή επαναοπλισμού αυτόματων διακοπών.

5.8.1 SPD ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας

Στα πλαίσια της αντικεραυνικής προστασίας δύο τύποι SPD χρησιμοποιούνται:

- SPD τάσης διακοπτικού τύπου (voltage switching).
- SPD τύπου περιορισμένης τάσης (voltage-limiting).

Ο Το SPD διακοπτικού τύπου έχει υψηλή σύνθετη αντίσταση όταν δεν είναι παρούσα κρουστική υπέρταση, αλλά μπορεί να λάβει ξαφνικά αμελητέα σύνθετη αντίσταση σε απόκριση παρουσίας υπέρτασης. Παραδείγματα τέτοιου τύπου SPD είναι ο σπινθηριστής (Spark Gap – SG). Πρόκειται για διάταξη με δυο μεταλλικά ηλεκτρόδια τοποθετημένα μέσα σε κεραμικό σωλήνα ο οποίος περιέχει αέριο ή μείγμα αερίων. Ο σπινθηριστής ενεργοποιείται όταν η τάση στα άκρα του ξεπεράσει μια συγκεκριμένη τάση έναυσης. Η χαρακτηριστική τάσης ρεύματος αυτού του τύπου SPD είναι ασυνεχής.

Το SPD περιορισμού τάσης έχει υψηλή σύνθετη αντίσταση όταν δεν είναι παρούσα κρουστικός παλμός, αλλά τη μειώνει με συνεχή τρόπο όταν παρουσιάζεται κρουστικό ρεύμα και τάση. Παραδείγματα τέτοιου τύπου SPD είναι το βαρίστορ μετάλλου – οξειδίου –Metal Oxide Varistor (MOV). Το βαρίστορ αποτελείται από ένα λεπτό στρώμα οξειδίου του ψευδαργύρου. Όταν στο υλικό αυτό εφαρμόζεται χαμηλή τάση, το υλικό παρουσιάζει μεγάλη ωμική αντίσταση, επιτρέποντας τη διέλευση ρεύματος πολύ χαμηλής έντασης (μικροαμπέρ). Καθώς η τάση αυξάνεται, το βαρίστορ άγει περισσότερο μέχρι η τάση να υπερβεί το κατώφλι αγωγιμότητας (breakdown voltage) πάνω από το οποίο το ρεύμα αυξάνεται ραγδαία, λόγω της ραγδαίας αύξησης της αγωγιμότητας του υλικού. Στοιχεία βαρίστορ MOV εμφανίζουν εξαιρετική αντοχή σε ρεύματα μεγάλης έντασης, έχουν γρήγορη απόκριση και παρουσιάζουν χαμηλή τιμή παραμένουσας τάσης. Η μέγιστη παραμένουσα τάση (Voltage Limiting) είναι αυτή που αντιστοιχεί στο μέγιστο ρεύμα εκφόρτισης που μπορεί να αντέξει ο συγκεκριμένος απαγωγός. Η χαρακτηριστική τάσης ρεύματος αυτού του τύπου SPD είναι συνεχής.

5.8.2 Κλάση SPD ανάλογα με τον τρόπο ελέγχου

Τα SPD καλούνται να αντιμετωπίσουν το κεραυνικό ρεύμα οι τρεις παράμετροι του οποίου, όπως περιγράφονται στο κεφ.3 είναι:

- Ο πρώτος βραχύς παλμός
- Οι επόμενοι βραχείς παλμοί
- Ο μακρός παλμός

Ο πρώτος βραχύς παλμός ενός απευθείας κεραυνικού ρεύματος, ο οποίος είναι και ο κυρίαρχος παράγοντας από την πλευρά της μεταφερόμενης ενέργειας (φορτίο και πλάτος), προσομοιώνεται με ένα παλμό 10/350 μs. Οι επόμενοι παλμοί εξαιτίας των διαφορετικών παραμέτρων, αλλά και εξαιτίας του γεγονότος ότι μερικά ή επαγόμενα κεραυνικά ρεύματα έχουν διαφορετικούς τύπους προσομοίωσης [4].

Για την προσομοίωση των ρευμάτων χρησιμοποιούνται οι παρακάτω παλμοί:

- $I_{10/350}$ ένα ρεύμα με τύπο παλμού 10/350 που χρησιμοποιείται κυρίως για έλεγχο της αναρροφούμενης ενέργειας μιας διάταξης SPD.
- $I_{8/20}$ ένα ρεύμα με τύπο παλμού 8/20.
- I_{CWG} είναι το ρεύμα εξόδου μιας γεννήτριας συνδυασμού. Ο τύπος του παλμού εξαρτάται από το φορτίο στα άκρα της (1,2/50 για ανοικτοκύκλωμα και 8/20 για βραχυκύκλωμα).
- I_{RAMP} ένα ρεύμα με κλίση μετώπου 0,1kA/μs. Ορίζεται για να προσομοιώσει μερικά κεραυνικά ρεύματα εντός ενός συστήματος τα οποία έχουν την ελάχιστη κλίση μετώπου λόγω της αλληλεπίδρασης με την εγκατάσταση XT. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της διασύνδεσης των SPD.

Χρησιμοποιώντας τους παραπάνω παλμούς τα SPD κατηγοριοποιούνται σε κλάσεις ελέγχου σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61643-1, οι οποίες χαρακτηρίζουν τις συσκευές ανάλογα με τη δυνατότητα για απαγωγή του κεραυνικού ρεύματος (και ποιου μέρους αυτού) και στην ουσία σηματοδοτούν το σημείο της εγκατάστασης τους σε μια κατασκευή.

Οι κλάσεις αυτές ελέγχου είναι:

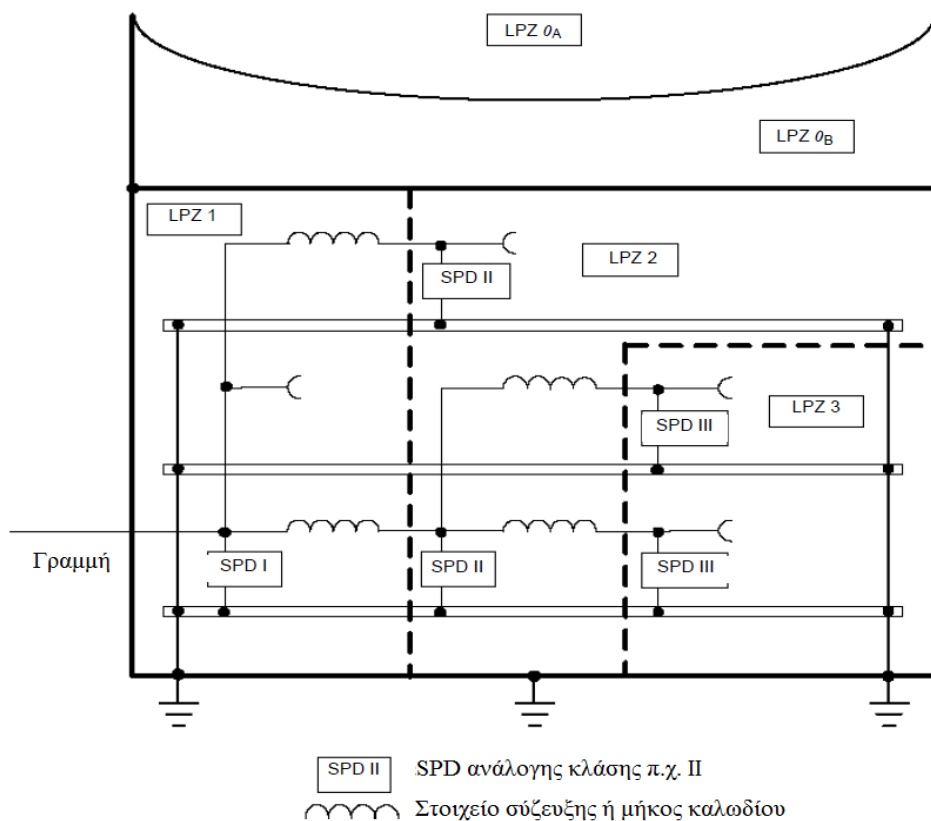
- SPD κλάσης I. Πρόκειται για SPD δοκιμασμένα με ρεύμα I_{imp} (κρουστικός παλμός 10/350) τα οποία προορίζονται για γραμμές ισχύος που δέχονται άμεσα κεραυνικά πλήγματα και τοποθετούνται στα όρια της εξωτερικής LPZ 0/1 και συνήθως πριν τον κύριο πίνακα παροχής.
- SPD κλάσης II. Πρόκειται για SPD δοκιμασμένα με ρεύμα I_n (κρουστικός παλμός 8/20) τα οποία τοποθετούνται είτε κοντά στην είσοδο της γραμμής υπηρεσίας στο κτίριο (στο κύριο πίνακα) είτε κοντά στην συσκευή (π.χ σε έναν υποπίνακα ή μια γραμμή παροχής).
- SPD κλάσης III. Πρόκειται για SPD δοκιμασμένα με ρεύμα I_{CWG} και τοποθετούνται κοντά στην προστατευόμενη συσκευή.

5.8.3 Συντονισμός SPD

Εξαιτίας της «ρευματικής» ποικιλότητας του κεραυνικού πλήγματος και την διαφορετική ικανότητα των συσκευών για προστασία, λέμε ότι έχουμε συντονισμένη διάταξη SPD όταν δύο οι περισσότερα SPD τοποθετούνται το ένα μετά το άλλο στο ίδιο

κύκλωμα με τέτοιο τρόπο ώστε να διαμοιράζεται η ενέργεια μεταξύ τους ανάλογα με την ικανότητα απορρόφησης [4].

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 5.12) δίνεται ένα παράδειγμα εγκατάστασης SPD σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο σε ένα κτίριο. Τα SPD τοποθετούνται σύμφωνα με τη λογική των LPZ, ανάλογα με την κλάση ελέγχου και τις απαιτήσεις προστασίας των συσκευών. Με τον τρόπο αυτό το κύριο μέρος ενός εισερχόμενου κεραυνικού ρεύματος θα οδηγηθεί στη γη με το SPD στην LPZ 0_A/1. Τα επόμενα SPD θα πρέπει να επιλέγονται και να τοποθετούνται με τρόπο ώστε η εναπομένουσα κεραυνική απειλή που εισέρχεται στο κτίριο συν τα επαγόμενα ρεύματα και πεδία να αντιμετωπίζονται με επιτυχία.



Σχήμα 5.12: Παράδειγμα εγκατάστασης συντονισμένης διάταξης SPD σε δίκτυο ισχύος [4].

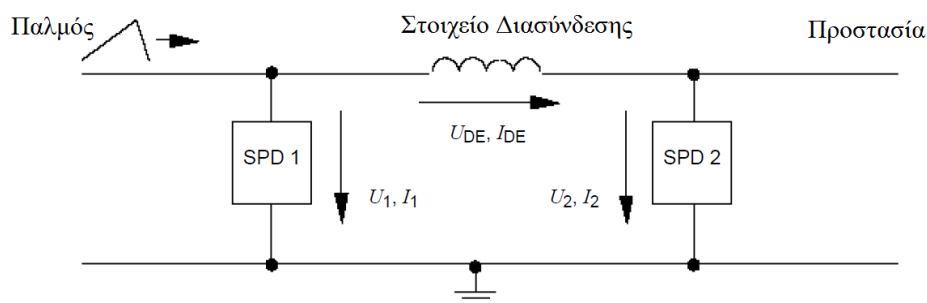
Γραμμές που εισέρχονται από την LPZ 0_A μεταφέρουν μέρος του απευθείας κεραυνικού ρεύματος, γι αυτό το λόγο τα SPD δοκιμάζονται με I_{imp} ανάλογα με το μέγεθος του ρεύματος αυτού. Ανάλογα γραμμές που εισέρχονται από την LPZ 0_B μεταφέρουν μόνο επαγόμενους παλμούς και γι αυτό το λόγο τα SPD στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να αντιμετωπίζουν παλμούς 8/20 (κλάσης II) ή γεννήτριας συνδυασμού (κλάσης III) [4].

5.8.4 Ενεργειακός συντονισμός SPD

Ο ενεργειακός συντονισμός είναι απαραίτητος προκειμένου να αποφευχθεί η υπερφόρτιση ενός SPD σε εσωτερικό σημείο της εγκατάστασης, καθορίζοντας αρχικά τα χαρακτηριστικά και την αντοχή κάθε SPD ανάλογα με τη θέση του και τις ιδιότητες του και

στη συνέχεια αξιολογώντας τη συνεργασία δύο ή περισσότερων SPD σε συντονισμό. Με αυτό τον τρόπο συντονισμός επιτυγχάνεται όταν κάθε SPD απάγει ποσό ενέργειας μικρότερο ή ίσο με το ποσό που αντέχει εκ κατασκευής.

Ο κύριος τρόπος διασύνδεσης δύο SPD παρουσιάζεται παρακάτω (Σχήμα 5.13):



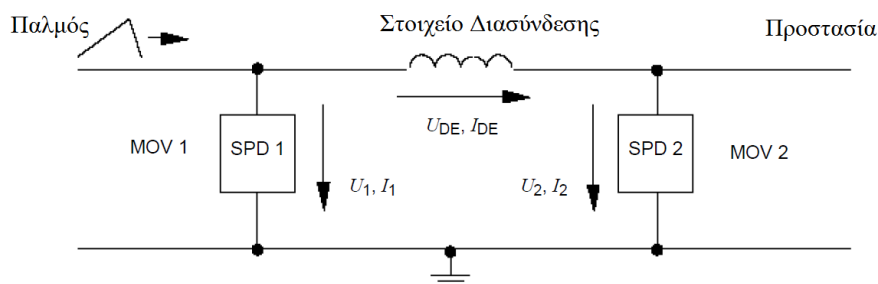
Σχήμα 5.13: Παράδειγμα ενεργειακού συντονισμού διάταξης SPD [4]

Οι βασικές αρχές συνεργασίας συνίστανται σε :

- Συντονισμός με τις χαρακτηριστικές τάσης/ρεύματος (χωρίς στοιχεία διασύνδεσης).
- Συντονισμός χρησιμοποιώντας στοιχεία διασύνδεσης (ωμικά στοιχεία κυρίως για δίκτυα πληροφοριών και επαγωγικά στοιχεία κυρίως για ηλεκτρικά δίκτυα). Στην περίπτωση αυτή η κλίση μετώπου διαδραματίζει καθοριστικό ρολό.
- Συντονισμός με ηλεκτρονικά πυροδοτούμενα SPD (χωρίς τη χρήση στοιχείων διασύνδεσης).

5.8.4.1 Ενεργειακός συντονισμός SPD τύπου περιορισμένης τάσης

Παράδειγμα τέτοιου συντονισμού παρουσιάζεται παρακάτω (Σχήμα 5.14):



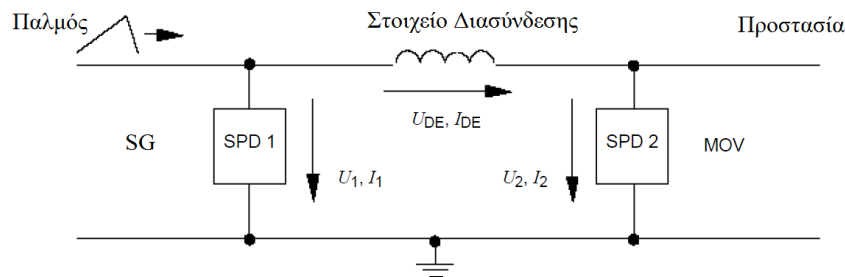
Σχήμα 5.14: Παράδειγμα διάταξης δυο SPD τύπου MOV [4].

Στην περίπτωση αυτή συντονισμός επιτυγχάνεται όταν ή αναρροφούμενη από τα SPD ενέργεια δεν υπερβαίνει την μέγιστη επιτρεπτή.

Με τη χρήση επιπλέον επαγωγικών στοιχείων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι τύποι των κρουστικών παλμών.

5.8.4.2 Ενεργειακός συντονισμός SPD τύπου περιορισμένης τάσης και διακοπτικού τύπου

Παράδειγμα τέτοιου συντονισμού παρουσιάζεται παρακάτω (Σχήμα 5.15):



Σχήμα 5.15: Παράδειγμα διάταξης δυο SPD τύπου SG και MOV [4].

Η έναυση του σπινθηριστή SG εξαρτάται από την παραμένουσα τάση U_{res} στο MOV και τη δυναμική πτώση τάσης U_{DE} στο στοιχείο διασύνδεσης. Όταν η τάση U_1 ξεπεράσει την τάση έναυσης του SG U_{SPARK} , ο σπινθηριστής ενεργοποιείται και συντονισμός επιτυγχάνεται. Αυτό εξαρτάται από

- Τα χαρακτηριστικά του MOV
- Την κλίση μετώπου
- Το στοιχείο διασύνδεσης

Όταν επαγωγικό στοιχείο χρησιμοποιείται, ο χρόνος ανόδου και το μέγεθος του ρεύματος κορυφής του παλμού θα πρέπει να ληφθεί υπόψη. Όσο μεγαλύτερη η κλίση τόσο μικρότερο στοιχείο απαιτείται.

Σε περίπτωση μη έναυσης του σπινθηριστή όλο το κεραυνικό ρεύμα διαπερνά το MOV. Έτσι απαιτείται επιπρόσθετο επαγωγικό στοιχείο διασύνδεσης.

5.8.5 Επιλογή SPD

5.8.5.1 Επιλογή ανάλογα με το επίπεδο της τάσης προστασίας

Τα εσωτερικά συστήματα προστατεύονται εάν :

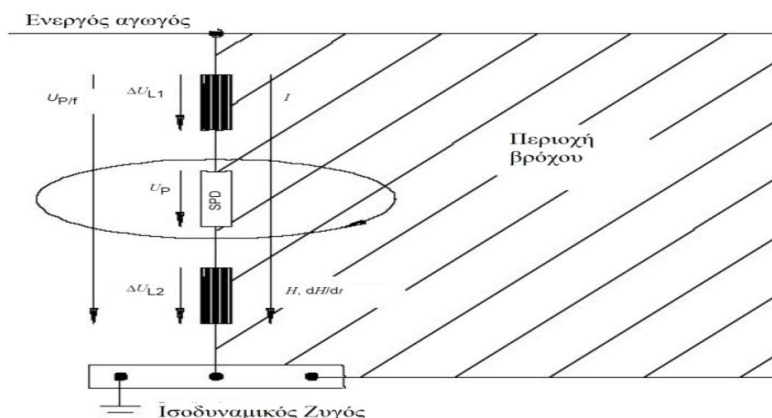
- Η διηλεκτρική αντοχή τους U_w είναι μεγαλύτερη ή ίση με την τάση του επιπέδου προστασίας U_P που επιτυγχάνουν τα SPD, συν ένα περιθώριο λόγω πτώσης τάσης στους αγωγούς.
- Είναι συντονισμένοι κατά σειρά ώστε να απορροφούν ανάλογα την μεταφερόμενη ενέργεια.

Όταν ένα SPD συνδέεται με τον εξοπλισμό, η επαγωγική πτώση τάσης ΔU των συνδεόντων αγωγών προστίθεται στο επίπεδο προστασίας U_P του SPD. Έτσι το αποτελεσματικό επίπεδο προστασίας $U_{P/f}$ ορίζεται η τάση στα άκρα του SPD που προκύπτει από το επίπεδο προστασίας και την πτώση τάσης στους αγωγούς που το συνδέουν (σχήμα 5.16), η οποία μπορεί να θεωρηθεί :

$$U_{P/f} = U_P + \Delta U \text{ για SPD περιορισμού τάσης}$$

$$U_{P/f} = \max (U_P, \Delta U) \text{ για SPD διακοπτικού τύπου}$$

Όταν ένα SPD μεταφέρει ένα μερικό κεραυνικό ρεύμα, $\Delta U = 1 \text{ kV}$ ανά μέτρο ή τουλάχιστον ένα περιθώριο ασφαλείας 20% θα πρέπει να θεωρηθεί στην περίπτωση αγωγών σύνδεσης $\leq 0,5 \text{ m}$. Όταν ένα SPD μεταφέρει επαγόμενα ρεύματα μόνο το ΔU μπορεί να αγνοηθεί.



Σχήμα 5.16: Υπέρταση μεταξύ του ενεργού αγωγού και της γης κατά την προστασία με SPD[4].

I = μερικό κεραυνικό ρεύμα

$U_{P/f} = U_P + \Delta U$ το ύψος της υπέρτασης μεταξύ ενεργού αγωγού και ζυγού

U_P η τάση περιορισμού του SPD

$\Delta U = \Delta U_{L1} + \Delta U_{L2}$ η επαγωγική πτώση τάσης στους αγωγούς σύνδεσης

$H, dH/dt$ το μαγνητικό πεδίο και η χρονική παράγωγος

Οι αγωγοί σύνδεσης θα πρέπει να έχουν τις παρακάτω διαστάσεις (Πίνακας 5.7) :

Κλάση SPD	Υλικό αγωγών	Διατομή (mm ²)
I	Cu	5
II		3
III		1

Πίνακας 5.7: Διαστάσεις αγωγών για τη σύνδεση SPD [4].

Για στιβαρές ηλεκτρικές συσκευές ένα επίπεδο προστασίας $U_P = 4 \text{ kV}$ σε 230/400 V ηλεκτρικά συστήματα θεωρείται επαρκές. Όμως για ηλεκτρονικές συσκευές ένα τέτοιο επίπεδο προστασίας δεν είναι αποδεκτό. Χρησιμοποιώντας συντονισμένη διάταξη με SPD επιτυγχάνεται η μείωση των υπερτάσεων κάτω από 2,5 ή ακόμα 1,5 kV, οπότε και επιτυγχάνεται επαρκής προστασία για τις ηλεκτρονικές συσκευές [20].

Η αντίσταση μόνωσης U_W εξοπλισμού ορίζεται :

Για τις γραμμές ισχύος και τερματικό εξοπλισμό από το πρότυπο IEC 60664-1.

Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό ορίζονται τέσσερις κατηγορίες μόνωσης από υπέρταση για ονομαστική τάση των συσκευών 230/400V:

Κατηγορία I: διηλεκτρική αντοχή **1,5 kV**. Πρόκειται για εξοπλισμό που συνδέεται στο ηλεκτρικό κύκλωμα μιας εγκατάστασης για το οποίο όμως θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα προστασίας. Παράδειγμα αποτελούν ηλεκτρονικές συσκευές.

Κατηγορία **II**: διηλεκτρική αντοχή **2,5 kV**. Πρόκειται για εξοπλισμό που συνδέεται απευθείας στο ηλεκτρικό κύκλωμα μιας εγκατάστασης για να λειτουργήσει. Παράδειγμα αποτελούν ηλεκτρικές συσκευές, φορητά εργαλεία και παρόμοια οικιακά φορτία.

Κατηγορία **III**: διηλεκτρική αντοχή **4 kV**. Πρόκειται για εξοπλισμό που μόνιμα εγκατεστημένο στο ηλεκτρικό κύκλωμα μιας εγκατάστασης. Παράδειγμα αποτελούν ηλεκτρικοί διακόπτες και βιομηχανικός εξοπλισμός μόνιμα εγκατεστημένος στην εγκατάσταση.

Κατηγορία **IV**: διηλεκτρική αντοχή **6 kV**. Πρόκειται για εξοπλισμό που χρησιμοποιείται σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση. Παράδειγμα αποτελούν ηλεκτρικοί μετρητές και εξοπλισμός προστασίας από υπερτάσεις.

Τις γραμμές τηλ/νιας και αντίστοιχα τερματικά από τα ITU K20 και K21.

Για άλλες γραμμές και εξοπλισμό σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

5.8.5.2 Επιλογή ανάλογα με τη θέση και το ρεύμα εκφόρτισης

Τα SPD επιλέγονται ανάλογα με τη θέση τους στην εγκατάσταση, σύμφωνα με:

i. Στην είσοδο της γραμμής στο κτίριο (στα όρια της LPZ1, π.χ. στον κύριο πίνακα παροχής):

- SPD δοκιμασμένα με I_{imp} (κλάσης I).

Το απαιτούμενο κρουστικό ρεύμα I_{imp} του SPD υπολογίζεται ανάλογα με το επίπεδο κεραυνικής προστασίας και για ενδεχόμενο κεραυνικό ρεύμα στην περίπτωση εξωτερικών αγωγίων μερών σύμφωνα με την παρ 5.6.2 ($I_{imp} \geq I_f$) ή για την περίπτωση ενεργών αγωγών σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.8):

LPL	Συστήματα XT			Γραμμές Τηλνιας		
	Πλήγμα στην υπηρεσία	Πλήγμα κοντά στην υπηρεσία	Πλήγμα κοντά ή στο κτίριο	Πλήγμα στην υπηρεσία	Πλήγμα κοντά στην υπηρεσία	Πλήγμα κοντά ή στο κτίριο
	Πηγή πλήγματος S3 Παλμός 10/350μs (kA)	Πηγή πλήγματος S4 Παλμός 8/20μs (kA)	Πηγή πλήγματος S1 και S2 (επαγόμενος παλμός μόνο για το S2) Παλμός 8/20μs (kA)	Πηγή πλήγματος S3 Παλμός 10/350μs (kA)	Πηγή πλήγματος S4 Παλμός 5/300μs (εκτίμηση για 8/20 μs) (kA)	Πηγή πλήγματος S2 Παλμός 8/20μs (kA)
III-IV	5	2,5	0,1	1	0,01(0,05)	0,05
I-II	10	5	0,2	2	0,02(0,1)	0,1

Πίνακας 5.8: Αναμενόμενα κρουστικά υπερρεύματα εξαιτίας κεραυνικών πλήγμάτων [3].

Για θωρακισμένες γραμμές οι τιμές των υπερρευμάτων μειώνονται κατά έναν συντελεστή 0,5.

➤ SPD δοκιμασμένα με I_n (κλάσης II)

Αυτός ο τύπος SPD χρησιμοποιείται σε εισερχόμενες γραμμές ευρισκόμενες πλήρως μέσα στην LPZ 0_B ή όταν η πιθανότητα αποτυχίας λόγω απευθείας πληγμάτων (S1 και S3) μπορεί να αγνοηθούν. Το απαιτούμενο ονομαστικό ρεύμα I_n του SPD εξάγεται από το LPL σύμφωνα με τον πίνακα 5.8

Υπάρχουν συσκευές SPD που συγκεντρώνουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά σε μια συσκευή και τοποθετούνται στην είσοδο της γραμμής στο κτίριο (Εικόνα 5.2):



Εικόνα 5.2 SPD κλάσης I και II σε μια συσκευή (FLASHTRAB compact) [20].

ii) Κοντά στην υπό προστασία συσκευή (στο όριο της LPZ 2 και υψηλότερα, πχ σε υποπίνακα ή σε πρίζα)

➤ SPD δοκιμασμένα με I_n (κλάσης II)

Το απαιτούμενο ονομαστικό ρεύμα εκφόρτισης I_n του SPD παρέχεται για ζώνη LPZ1 χωρίς θωράκιση και μέτρα προστασίας δίνονται από τον πίνακα 5.8, ενώ για ανώτερες ζώνες ή για ζώνη 1 με θωράκιση θεωρούνται περαιτέρω μειωμένες.

Οι παλμοί εξαιτίας των φαινομένων επαγωγής που παράγονται είτε από κοντινά πλήγματα (S2) ή από κεραυνικό ρεύμα που διαρρέει το εξωτερικό ΣΑΠ ή χωρική θωράκιση είναι της μορφής 8/20 μ s [1].

➤ SPD δοκιμασμένα με παλμό γεννήτριας συνδυασμού (κλάσης III)

Η απαιτούμενη τάση ανοιχτοκύκλωσης U_{OC} της γεννήτριας επιλέγεται ώστε το προκύπτον I_{SC} ρεύμα βραχυκύκλωσης να σύμφωνα με την παραπάνω περίπτωση.

5.8.6 Εγκατάσταση συντονισμένων SPD

Για την εγκατάσταση αποτελεσματικής προστασίας με συνδυασμό SPD θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τόσο το σημείο τοποθέτησης, οι συνδεόμενοι αγωγοί (πίνακας 5.7), η

απόσταση προστασίας λόγω φαινομένων ταλάντωσης και η απόσταση προστασίας λόγω φαινομένων επαγωγής.

5.8.6.1 Εγκατάσταση με κριτήριο τη θέση

Όσο κοντύτερα προς το σημείο εισόδου της γραμμής στο κτίριο τοποθετείται ένα SPD, τόσο περισσότερο εξοπλισμό εντός του κτιρίου προστατεύει (οικονομικό πλεονέκτημα). Από την άλλη, όσο κοντύτερα σε μια συσκευή τοποθετείται ένα SPD τόσο αποτελεσματικότερη η προστασία του [4].

5.8.6.2 Απόσταση προστασίας από ταλάντωση I_{po}

Κατά τη διάρκεια λειτουργίας ενός SPD, η τάση μεταξύ των άκρων του περιορίζεται σε $U_{P/f}$ στο σημείο του SPD. Εάν το μήκος του κυκλώματος μεταξύ του SPD και του εξοπλισμού είναι πολύ μεγάλο, η διάδοση των υπερτάσεων μπορεί να οδηγήσει σε ένα φαινόμενο ταλάντωσης. Στην περίπτωση ενός ανοιχτοκυκλώματος στα άκρα του εξοπλισμού, μπορεί να οδηγήσει την υπέρταση μέχρι και $2 \times U_{P/f}$ και να οδηγήσει σε αστοχία του εξοπλισμού ακόμα και εάν $U_{P/f} \leq U_W$.

Η απόσταση προστασίας από ταλάντωση I_{po} είναι η μέγιστη απόσταση του κυκλώματος μεταξύ SPD και εξοπλισμού, για το οποίο η προστασία του SPD είναι ακόμα επαρκής. Εξαρτάται από την τεχνολογία του SPD, τους κανόνες εγκατάστασης και το φορτίο [4].

Εάν το μήκος του κυκλώματος είναι λιγότερο από 10m ή $U_{P/f} < U_W/2$, τότε η απόσταση αυτή μπορεί να αγνοηθεί. Όταν το μήκος του κυκλώματος $>10m$, και $U_{P/f} > U_W/2$, η απόσταση προστασίας από ταλάντωση υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$I_{po} = [U_W - U_{P/f}] / k \text{ (m)} \text{ (Εξίσωση 5.8)}$$

όπου, $k = 25 \text{ V/m}$.

5.8.6.3 Απόσταση προστασίας από επαγωγή I_{pi}

Κεραυνικά πλήγματα στο κτίριο ή κοντά σε αυτό επάγουν υπερτάσεις στο βρόχο του κυκλώματος του SPD και του εξοπλισμού, οι οποίες υπερτίθενται στο U_P και μειώνει την ικανότητα προστασίας του SPD. Οι επαγόμενες αυτές υπερτάσεις αυξάνονται ανάλογα με τις διαστάσεις του βρόχου (δρομολόγηση, μήκος του κυκλώματος, απόσταση μεταξύ PE και ενεργών αγωγών και περιοχή βρόχου μεταξύ αγωγών ισχύος και σημάτων) και μειώνονται με εξασθένηση του μαγνητικού πεδίου (χωρική θωράκιση και/η θωράκιση γραμμών) [4].

Η απόσταση προστασίας από επαγωγή I_{pi} είναι το μέγιστο μήκος του κυκλώματος μεταξύ SPD και εξοπλισμού, για την οποία η προστασία του SPD είναι επαρκής. Γενικά μειώνεται με τη μείωση του μεγέθους του βρόχου μεταξύ SPD και εξοπλισμού όταν το μαγνητικό πεδίο είναι μεγάλο. Το μαγνητικό πεδίο μειώνεται επίσης με χωρική θωράκιση του κτιρίου (παρ.5.11) (LPZ1) ή των ζωνών LPZ 2 και υψηλότερα και με τη θωράκιση των

γραμμών (θωρακισμένα καλώδια και κανάλια αγωγών). Όπου λαμβάνονται τα παραπάνω μέτρα η απόσταση ασφάλειας από επαγωγή μπορεί να μη λαμβάνεται υπόψη [4].

Σε εξαιρετικά δυσμενείς περιπτώσεις με μεγάλα επαγόμενα ρεύματα η απόσταση προστασίας από επαγωγή υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση

$$I_{pi} = [U_W - U_{P/f}] / h \text{ (m) (Εξίσωση 5.9),}$$

όπου, $h = 300 \times K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3}$ (V/m) για πλήγματα κοντά στο κτίριο, ή

$h = 300 \times K_{S0} \times K_{S2} \times K_{S3}$ (V/m) για πλήγματα στο κτίριο.

K_{S1}, K_{S2}, K_{S3} ορίζονται στο κεφ.3

K_{S0} , είναι ένας συντελεστής ο οποίος λαμβάνει υπόψη την αποτελεσματικότητα της θωράκισης στο όριο της LPZ0/1 και δίνεται από $K_{S0} = 0,06 \times w$ για ΣΑΠ κλωβού με άνοιγμα w , ή $K_{S0} = k_c$ (παρ.5.4.1).

5.8.6.4 Διαδικασία για εγκατάσταση συντονισμένων SPD

Μια συντονισμένη διάταξη SPD εγκαθίσταται σύμφωνα με τα ακόλουθα βήματα [4]:

1) Στο σημείο εισόδου της γραμμής στο κτίριο (στο όριο της LPZ1) εγκαθιστούμε SPD 1 σύμφωνα με την παρ.5.8.5.2 (ανάλογα με το ρεύμα εκφόρτισης) .

2) Καθορισμός της αντίστασης μόνωσης U_W των εσωτερικών συστημάτων που θέλουμε να προστατεύσουμε.

3) Επιλογή της τάσης προστασίας U_{P1} του SPD 1 για την εξασφάλιση του επιπέδου αποτελεσματικής προστασίας $U_{P/f1} < U_W$.

4) Έλεγχος των απαιτήσεων των αποστάσεων προστασίας $I_{po/1}$ και $I_{pi/1}$, και εάν τα βήματα 3),4) καλύπτονται τότε ο εξοπλισμός προστατεύεται από το SPD 1. Διαφορετικά ένα επιπλέον SPD 2 απαιτείται.

5) Εγγύτερα στον εξοπλισμό (στο όριο της LPZ2, π.χ σε υποπίνακα) εγκαθιστούμε SPD2 (παρ.5.8.5.2) και ενεργειακά συντονισμένο με το SPD 1.

6) Επιλογή της τάσης προστασίας U_{P2} του SPD 2 για την εξασφάλιση του επιπέδου αποτελεσματικής προστασίας $U_{P/f2} < U_W$.

7) Έλεγχος των απαιτήσεων των αποστάσεων προστασίας $I_{po/2}$ και $I_{pi/2}$, και εάν τα βήματα 6),7) καλύπτονται τότε ο εξοπλισμός προστατεύεται από το SPD 2. Διαφορετικά ένα επιπλέον SPD 3 απαιτείται.

5.9 Σύστημα προστασίας από ηλεκτρομαγνητικό παλμό (LEMP)

Τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα είναι υποκείμενα σε καταστροφή από ηλεκτρομαγνητικό παλμό (LEMP). Τα συστήματα αυτά έχουν περιορισμένο επίπεδο μόνωσης σε υπερτάσεις και σε μαγνητικά πεδία με αποτέλεσμα να καταστραφούν ή να μη λειτουργούν σωστά όταν υπόκεινται σε τέτοιες καταστάσεις. Πολύ περισσότερο για

εξοπλισμό σε εξωτερικό περιβάλλον (π.χ. σε στρατιωτικού ενδιαφέροντος χώρους εξοπλισμός επιτήρησης) κινδυνεύει εξαιτίας του απεριόριστου μαγνητικού πεδίου και του κινδύνου απευθείας πλήγματος. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα έναντι του LEMP [4]. Το σύστημα προστασίας από LEMP, LPMS (LEMP Protection Measures System) συνίσταται αρχικά στον χωρισμό του κτιρίου σε ζώνες προστασίας LPZ, όπως αναφέρθηκαν στην παρ.5.2.

Στη συνέχεια λαμβάνονται μέτρα για την θωράκιση των ζωνών αυτών από :

- Αγόμενους και επαγόμενους παλμούς που διαδίδονται προς μια συσκευή από την εσωτερική καλωδίωση.
- Επίδραση ακτινοβολημένων ηλεκτρομαγνητικών πεδίων απευθείας προς τη συσκευή.

Οι δύο αυτοί παράγοντες συνιστούν το LEMP.

Η σειρά των μέτρων εκείνων που συνιστούν το σύστημα προστασίας περιλαμβάνουν:

- Γείωση και ισοδυναμική διασύνδεση

Το σύστημα γείωσης διασπείρει όπως αναφέρθηκε στο κεφ.4 το κεραυνικό ρεύμα στη γη, ενώ η ισοδυναμική διασύνδεση ελαχιστοποιεί τις διαφορές δυναμικού και μειώνεται έτσι η ανάπτυξη μαγνητικών πεδίων.

- Μαγνητική θωράκιση και δρομολόγηση καλωδιώσεων

Η χωρική θωράκιση εξασθενίζει το μαγνητικό πεδίο μέσα σε μια LPZ, που δημιουργείται από πλήγματα απευθείας ή κοντά στο κτίριο και μειώνει τις εσωτερικές υπερτάσεις. Η θωράκιση των εσωτερικών καλωδιώσεων χρησιμοποιώντας θωρακισμένα καλώδια ή κανάλια οδήγησης καλωδίων ελαχιστοποιεί τις επαγόμενες υπερτάσεις.

Η δρομολόγηση των εσωτερικών καλωδιώσεων ελαχιστοποιεί τους βρόχους και τις επαγόμενες τάσεις.

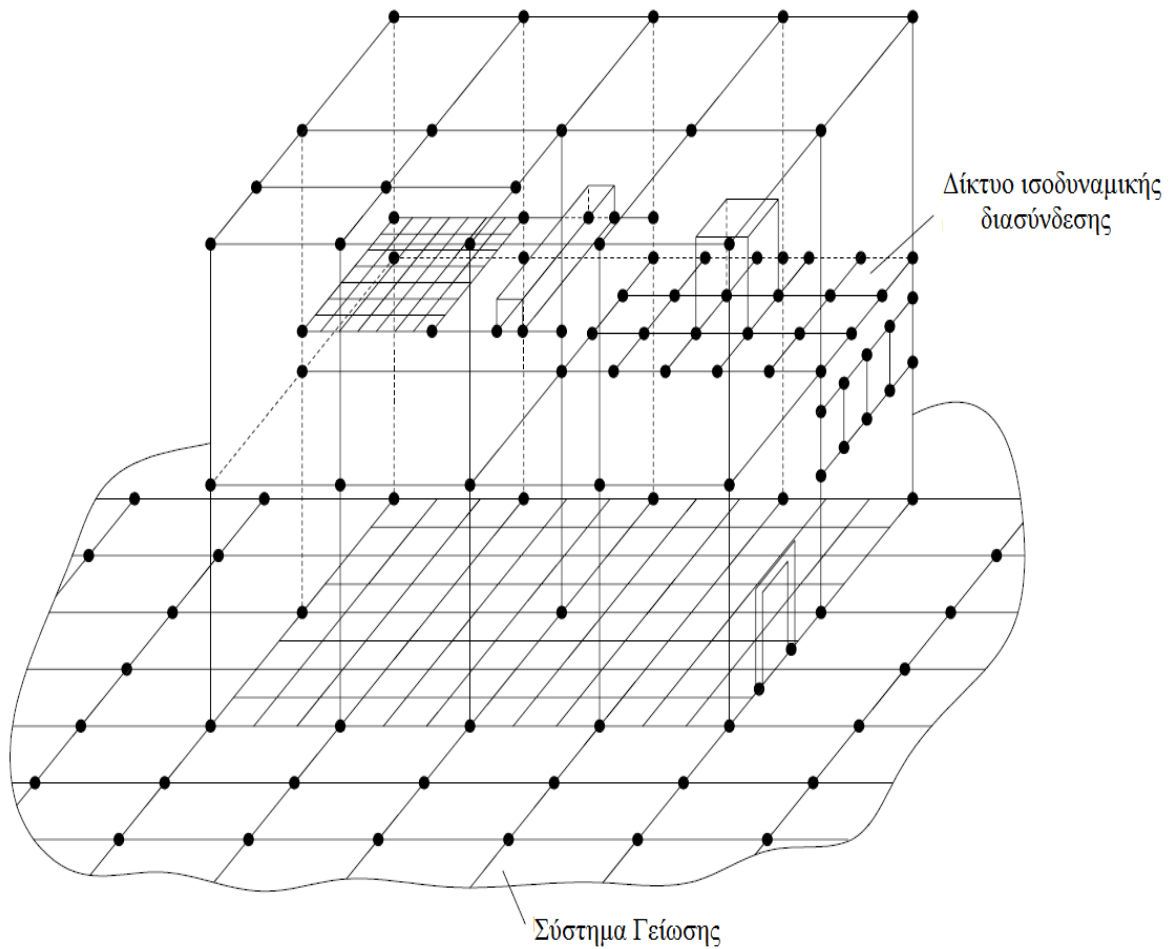
Η θωράκιση των εξωτερικών εισερχόμενων στο κτίριο γραμμών μειώνει τις μεταφερόμενες υπερτάσεις / υπερρεύματα.

- Συντονισμένη προστασία SPD

Η συντονισμένη προστασία με SPD περιορίζει την επίδραση κρουστικών παλμών εξωτερικών και εσωτερικών, όπως αναπτύχθηκε παραπάνω.

5.10 Γείωση και ισοδυναμική διασύνδεση

Κατάλληλη γείωση και ισοδυναμική διασύνδεση για τον σκοπό μείωσης της επίδρασης του LEMP περιλαμβάνει το σύστημα γείωσης και το δίκτυο ισοδυναμικής διασύνδεσης (σχήμα 5.17).

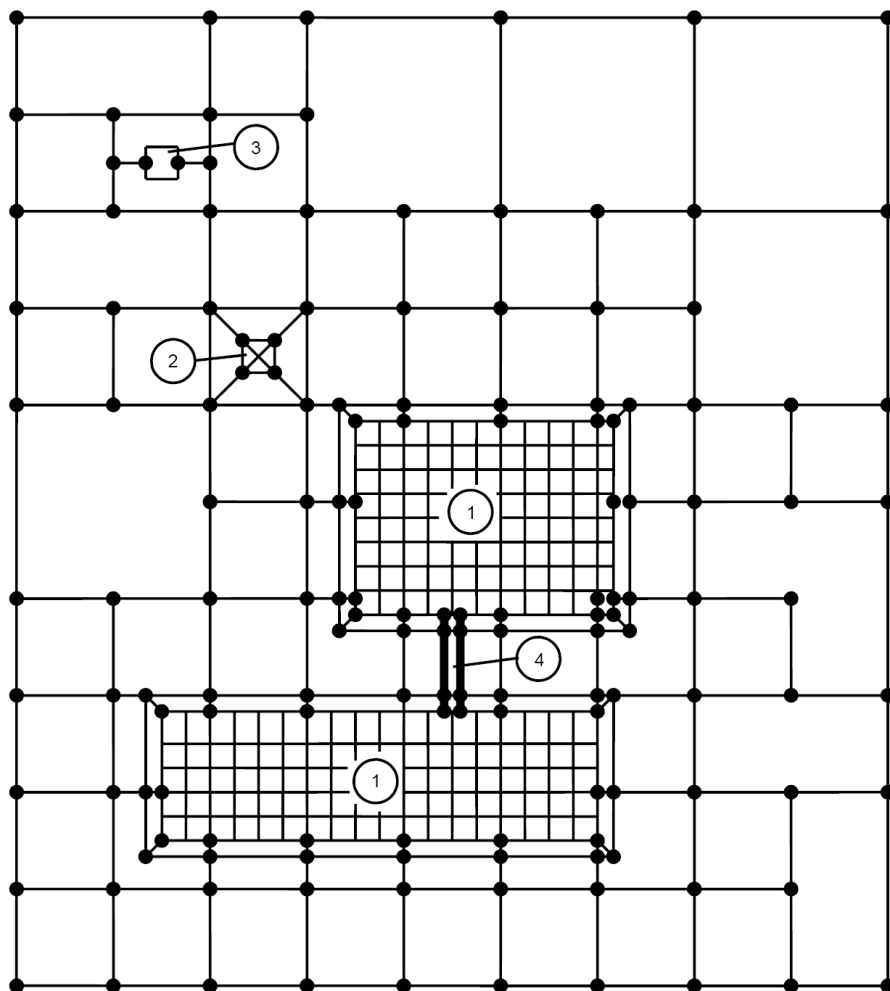


Σχήμα 5.17: Σύστημα γείωσης και ισοδυναμικής διασύνδεσης [4].

5.10.1 Γείωση και μείωση του LEMP

Από την πλευρά της μείωσης του LEMP η γείωση διάταξης τύπου Β προτιμάται σε κτίρια με εσωτερικές ηλεκτρονικές συσκευές [4].

Ο περιμετρικός δακτύλιος γείωσης γύρω από ένα κτίριο ή θεμελιακή γείωση θα πρέπει να ολοκληρώνονται σε ένα δίκτυο κάτω από το κτίριο με άνοιγμα πλέγματος τα 5m. Κάτι τέτοιο βελτιώνει θεαματικά την λειτουργία της γείωσης (σχήμα 5.18). Στην περίπτωση της θεμελιακής γείωσης κάτι τέτοιο επιτυγχάνεται εάν ο οπλισμός του πατώματος στο υπόγειο σχηματίζει πλέγμα με άνοιγμα τα 5m [4].



- 1 Κτίριο με θεμελιακή γείωση και δίκτυο πλέγματος
- 2 Πύργος μεσα στην εγκατάσταση
- 3 Ανεξάρτητος εξοπλισμός
- 4 Κανάλι καλωδίων

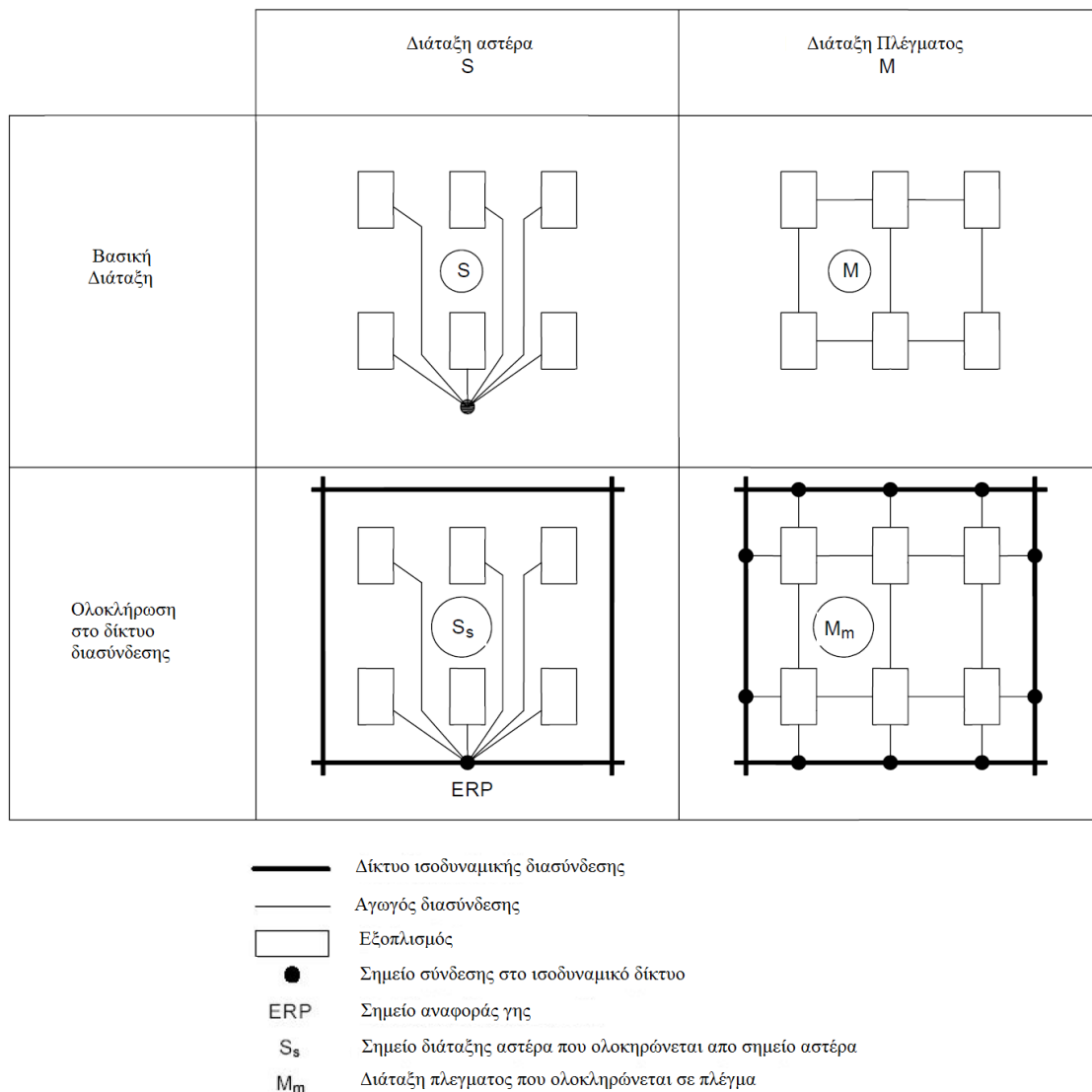
Σχήμα 5.18: Ολοκλήρωση του συστήματος γείωσης σε δίκτυο πλέγματος σε μια εγκατάσταση [4].

5.10.2 Ισοδυναμική διασύνδεση

Ένα δίκτυο ισοδυναμικής σύνδεσης πραγματοποιείται με τη διασύνδεση των αγωγίων μερών του κτιρίου ή τμημάτων των εσωτερικών συστημάτων και με διασύνδεση μεταλλικών μερών ή αγωγίων υπηρεσιών στα όρια κάθε LPZ απευθείας ή με SPD [4].

Το δίκτυο ισοδυναμικής διασύνδεσης διατάσσεται σαν ένα τρισδιάστατο δίκτυο με τυπικό άνοιγμα πλέγματος τα 5m (σχήμα 5.17). Αυτό απαιτεί πολλαπλές διασυνδέσεις των μεταλλικών εξαρτημάτων (οπλισμός του σκυροδέματος, οδηγοί ανελκυστήρων, μεταλλικές οροφές, μεταλλικά πλαίσια των παραθύρων και πορτών, αγωγοί υπηρεσιών, κανάλια καλωδίων κ.α.). Οι ζυγοί ισοδυναμικής γείωσης και η μαγνητική θωράκιση (παρ.5.11) της LPZ θα πρέπει να διασυνδέονται παρόμοια [4].

Τα αγώγιμα μέρη και ο αγωγός προστασίας PE των εσωτερικών συστημάτων θα πρέπει να διασυνδέονται σύμφωνα με τις επόμενες διατάξεις (Σχήμα 5.19):



Σχήμα 5.19: Ενοποίηση των ηλεκτρονικών συστημάτων σε ισοδυναμική διασύνδεση [4]

Εάν χρησιμοποιείται διάταξη αστέρα S, όλα τα μεταλλικά εξαρτήματα των εσωτερικών συστημάτων απομονώνονται από το σύστημα γείωσης. Η διάταξη S θα ενοποιείται στο σύστημα γείωσης με ένα μόνο ζυγό το οποίο διαδραματίζει το σημείο αναφοράς γης ERP προκύπτοντας έτσι η διάταξη S_s. Όταν η διάταξη S χρησιμοποιείται, όλες οι γραμμές μεταξύ μεμονωμένου εξοπλισμού θα πρέπει να είναι παράλληλες με τους αγωγούς διασύνδεσης προκειμένου να αποφεύγονται βρόχοι. Η διάταξη S χρησιμοποιείται όπου εσωτερικά συστήματα βρίσκονται σε σχετικά μικρές ζώνες και όλες οι γραμμές εισέρχονται στη ζώνη σε ένα μόνο σημείο [4].

Εάν χρησιμοποιείται διάταξη τύπου M, τα μεταλλικά μέρη των εσωτερικών συστημάτων δεν απομονώνονται από το σύστημα γείωσης, αλλά θα πρέπει να ενοποιούνται σε πολλαπλά σημεία προκύπτοντας έτσι διάταξη M_M. Η διάταξη M προτιμάται για εσωτερικά συστήματα με σχετικά εκτενής ζώνες ή σε ένα ολόκληρο κτίριο, όπου πολλές γραμμές διατρέχουν τη ζώνη ή πολλές γραμμές εισέρχονται στο κτίριο σε διάφορα σημεία [4].

Σε σύνθετα συστήματα οι παραπάνω διατάξεις μπορούν να συνυπάρξουν σε υβριδικά σχήματα.

Οι απαιτούμενοι ζυγοί ισοδυναμικής σύνδεσης αναφέρθηκαν παραπάνω σε ότι αφορά τις διαστάσεις τους (Πίνακες 5.3, 5.4) και την τοποθέτηση τους (παρ.5.6.1). Επιπλέον για τις ανάγκες της ισοδυναμικής διασύνδεσης θα πρέπει :

- Να διασυνδέονται και οι αγωγοί προστασίας PE.
- Η μαγνητική θωράκιση.
- Να διασυνδέονται με τη γείωση με όσο το δυνατό κοντινότερες οδεύσεις (με αγωγούς διασύνδεσης όχι μεγαλύτερους από 0,5m).
- Στα όρια των ζωνών οι ζυγοί τοποθετούνται όσο το δυνατόν εγγύτερα στο σημείο εισόδου στην LPZ.

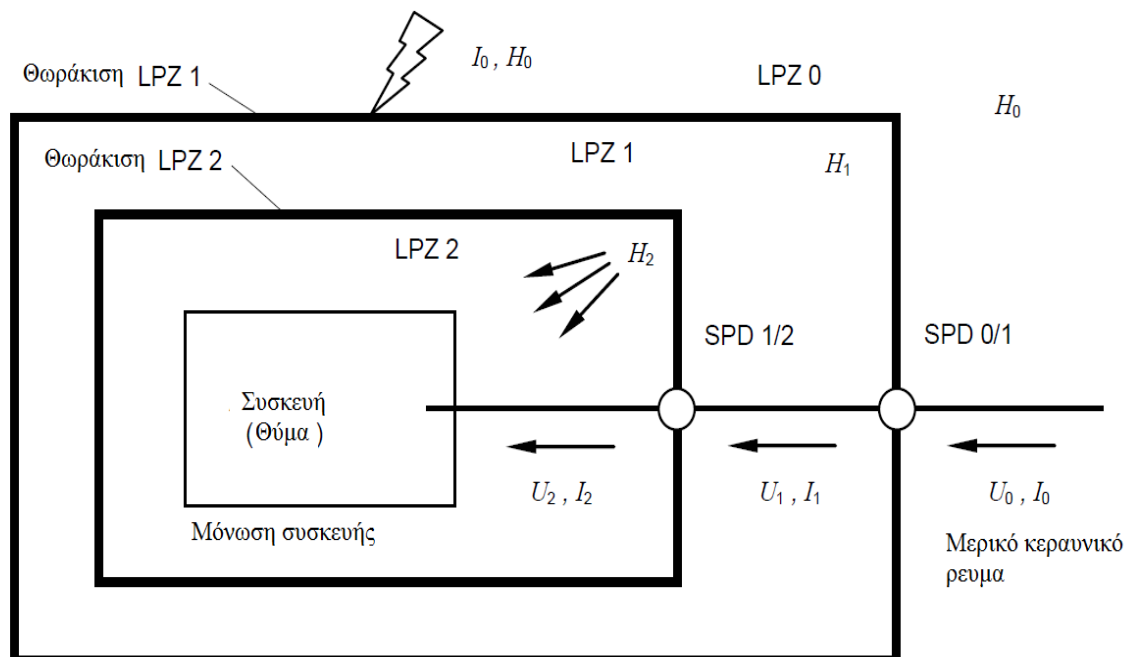
5.11 Μαγνητική θωράκιση και δρομολόγηση καλωδιώσεων

Η μαγνητική θωράκιση μειώνει το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και το μέγεθος των εσωτερικών υπερτάσεων και η δρομολόγηση ελαχιστοποιεί τις υπερτάσεις αυτές.

Για την ικανότητα προστασίας των συσκευών από μαγνητικά πεδία εφαρμόζονται δοκιμές σύμφωνα με τα πρότυπα IEC 61000-4-9 και IEC 61000-4-10. Εξοπλισμός που δεν συμμορφώνεται με τις δοκιμές ραδιοσυχνοτήτων και ατρωσίας από παρεμβολές όπως ορίζονται από σχετικά πρότυπα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (EMC), ενδεχομένως κινδυνεύουν από απευθείας μαγνητικά πεδία. Από την άλλη αστοχία του εξοπλισμού που συμμορφώνεται με τα παραπάνω πρότυπα μπορεί να αγνοηθεί [4].

5.11.1 Χωρική Θωράκιση

Η χωρική θωράκιση (σχήμα 5.20) ορίζει την προστατευόμενη ζώνη, η οποία μπορεί να είναι όλο το κτίριο ή μέρος αυτού. Μπορεί να είναι δικτυωτές ή συνεχείς μεταλλικές θωρακίσεις ή ακόμα και φυσικά μεταλλικά μέρη του κτιρίου.

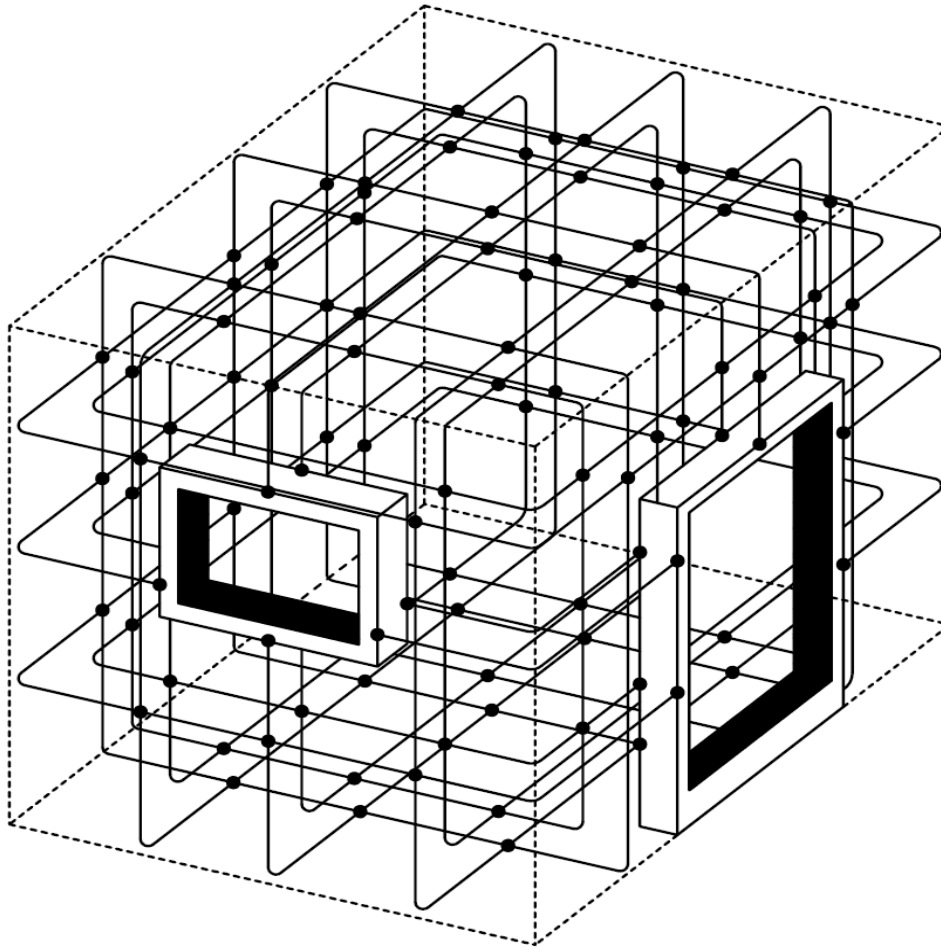


Σχήμα 5.20: Παράδειγμα χρησιμοποίησης μαγνητικών θωρακίσεων και συντονισμένης προστασίας με SPD [4]. Η συσκευή προστατεύεται από εισερχόμενες κρουστικούς παλμούς ($U_2 \ll U_0$ και $I_2 \ll I_0$) και από ακτινοβολούμενα μαγνητικά πεδία ($H_2 \ll H_0$) [4].

Η κύρια πηγή κινδύνου προέρχεται από το κεραυνικό ρεύμα I_0 και το μαγνητικό πεδίο H_0 . Το μερικό κεραυνικό ρεύμα που εισέρχεται στην εγκατάσταση έχει την ίδια μορφή παλμού. Εγκαθιστώντας μαγνητική θωράκιση και SPD στα όρια των LPZ, η επίδραση του κεραυνικού φαινομένου μειώνεται στο επίπεδο μόνωσης της συσκευής [4].

Στην πράξη θωράκιση δημιουργείται από φυσικά στοιχεία του κτιρίου όπως ο οπλισμός στα πατώματα και οροφές, το μεταλλικό σκελετό, μεταλλικές οροφές και μεταλλικές προσόψεις. Αποτελεσματική θωράκιση απαιτεί άνοιγμα πλέγματος μικρότερο από 5m. Για εσωτερικές LPZ θωράκιση επιτυγχάνεται είτε τοποθετώντας επί τούτου θωράκιση, είτε χρησιμοποιώντας μεταλλικά περιβλήματα ή το μεταλλικό περίβλημα των ίδιων των συσκευών.

Με χρήση του οπλισμού μιας κατασκευής, του σκελετού και άλλων στοιχείων (πόρτες, παράθυρα) δημιουργείται θωράκιση όπως στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 5.21).



- Σημεία συγκόλλησης ή συννέωσης σε κάθε ράβδο και στις διασταυρώσεις

Σχήμα 5.21: Παράδειγμα δικτυωτής χωρικής θωράκισης [4]. Στην πράξη δεν είναι δυνατόν σε κάθε σημείο διασταύρωσης να υπάρχει ένωση. Μια πρακτική θεώρηση απαιτεί ενώσεις κάθε 1m.

Για την πληρέστερη προστασία μιας συσκευής μέσα σε χωρική θωράκιση θα πρέπει να τοποθετείται όσο το δυνατόν στο εσωτερικό του δημιουργούμενου χώρου και να τηρείται μια απόσταση ασφαλείας από τη θωράκιση, καθώς στα πιο εσωτερικά σημεία του χώρου το μαγνητικό πεδίο μειώνεται περαιτέρω και ο κίνδυνος για τη συσκευή μειώνεται. Κοντά στην θωράκιση αναπτύσσονται σχετικά υψηλά μαγνητικά πεδία εξαιτίας του κεραμικού ρεύματος που διέρρει τη θωράκιση (ιδιαίτερα για τη LPZ 1).

Το εξωτερικό ΣΑΠ δεν μπορεί να θεωρηθεί θωράκιση εάν είναι κατασκευασμένο με άνοιγμα πλέγματος πάνω από 5m .

Στα όρια των ζωνών LPZ $0_A/1$, τα υλικά και οι διαστάσεις των μαγνητικών θωρακίσεων θα πρέπει να συμφωνούν αναλόγως με τις απαιτήσεις για τους συλλεκτήριους αγωγούς και τους αγωγούς καθόδου και άλλα φυσικά στοιχεία όπως αναφέρονται στους πίνακες 4.3 και 4.8.

Για μαγνητικές θωρακίσεις που δεν θα μεταφέρουν κεραμικά ρεύματα δεν απαιτούνται οι παραπάνω διαστάσεις.

5.11.2 Θωράκιση και δρομολόγηση των καλωδιώσεων

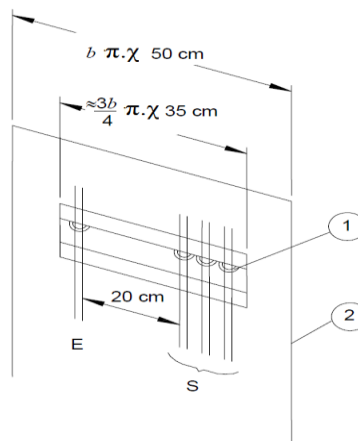
5.11.2.1 Θωράκιση των καλωδιώσεων

Η θωράκιση των εσωτερικών καλωδιώσεων ενδεχομένως να μην επιτρέπεται ή να υπάρχει. Για το λόγο αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεταλλικοί οδηγοί (Εικόνα 5.3) και το μεταλλικό περίβλημα των συσκευών.



Εικόνα 5.3: Μεταλλικά κανάλια καλωδίων για μαγνητική θωράκιση [7].

Μέσα σε αυτού του είδους τα κανάλια θα πρέπει να διαχωρίζονται οι ηλεκτρικές γραμμές από τις γραμμές πληροφορίας για την αποφυγή παρεμβολών όπως στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 5.22) :



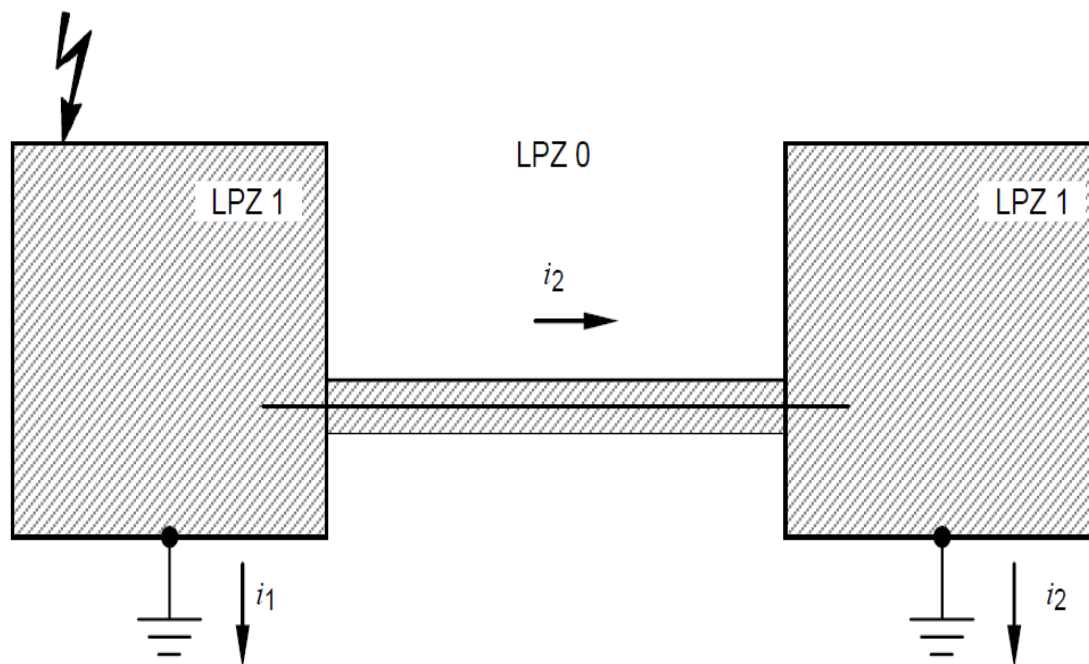
- 1 Στερέωση καλωδίου με ή χωρίς σύνδεση των θωρακίσεων
- 2 Στα άκρα το μαγνητικό πεδίο είναι μεγαλύτερο από το κέντρο
- E Ηλεκτρικές γραμμές
- S Γραμμές σημάτων

Σχήμα 5.22: Παράδειγμα σωστής διάταξης καλωδιώσεων ρεύματος και σημάτων μέσα σε κανάλι [4].

Η θωράκιση των εξωτερικών καλωδιώσεων που εισέρχονται στα κτίρια περιλαμβάνει τη θωράκιση των ίδιων των καλωδίων, κλειστά μεταλλικά κανάλια και από μπετόν με διασυνδεδεμένο τον οπλισμό.

Όταν καλώδια τα οποία συνδέουν διαφορετικά κτίρια θα πρέπει να διατρέχουν μεταλλικά κανάλια, τα οποία θα πρέπει να συνδέονται στα άκρα τους ισοδυναμικά στους ζυγούς των αντίστοιχων ισοδυναμικών συνδέσεων των δύο κτιρίων (Σχήμα 5.23).

Εάν οι θωρακίσεις των καλωδίων που γειώνονται στα σημεία εισόδου αντέχουν το ενδεχόμενο κεραυνικό ρεύμα, επιπρόσθετα μεταλλικά κανάλια δεν απαιτούνται.



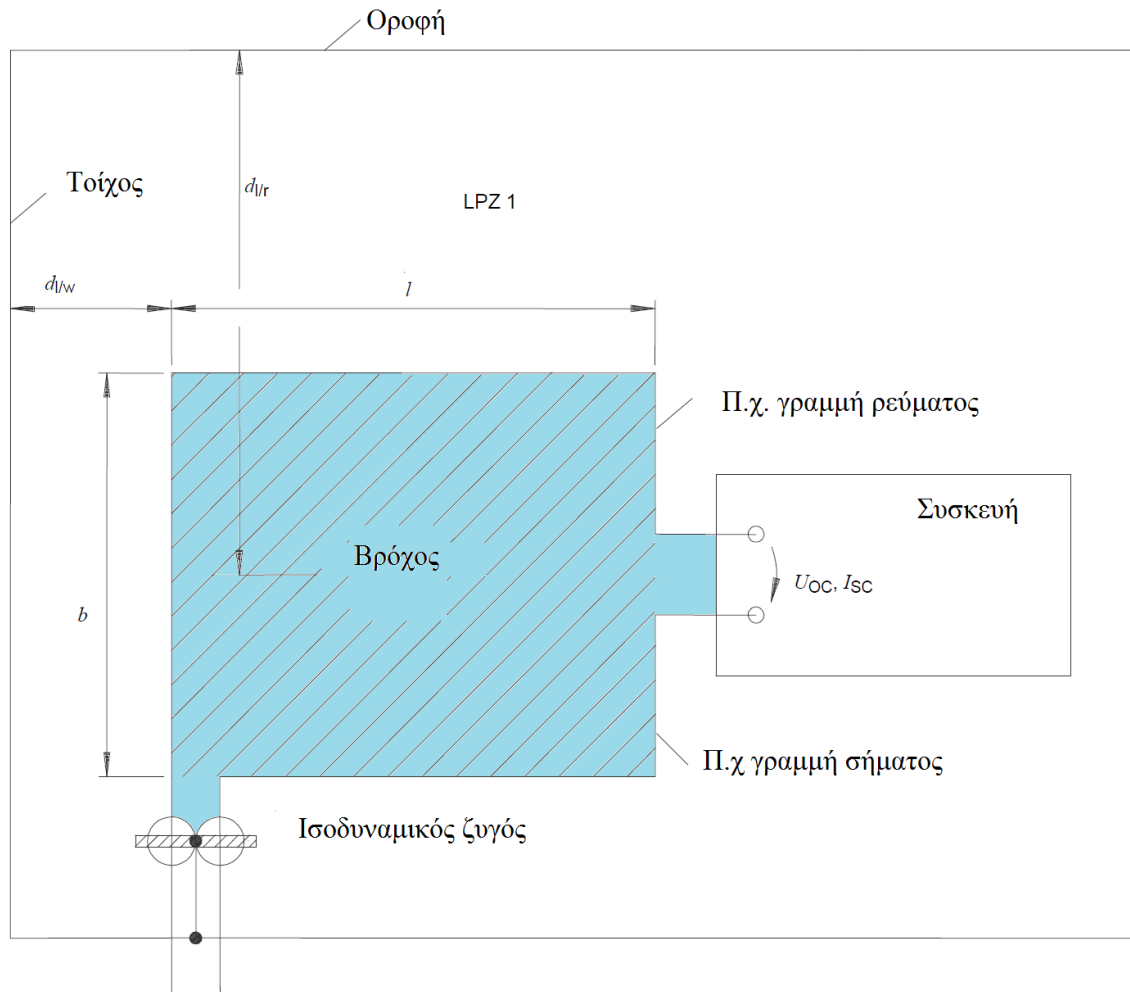
Σχήμα 5.23: Παράδειγμα θωράκισης καλωδίωσης που συνδέει κτίρια [4]. Εφόσον η θωράκιση μπορεί να μεταφέρει το μερικό κεραυνικό ρεύμα i_2 (περίπου το 50% του πλήρους, καθώς το άλλο 50% διασπείρεται στη γη) δεν απαιτείται η χρήση SPD.

5.11.2.2 Δρομολόγηση των καλωδιώσεων

Όταν εντός των κτιρίων δημιουργούνται μεγάλοι βρόχοι καλωδιώσεων υπάρχει κίνδυνος ανάπτυξης επαγωγικών τάσεων. Η κατάλληλη δρομολόγηση των καλωδιώσεων ελαχιστοποιεί την δημιουργία επαγόμενων κρουστικών παλμών καθώς μειώνεται η επιφάνεια των βρόχων. Αυτό επιτυγχάνεται με δρομολόγηση των καλωδιώσεων κοντά σε φυσικά γειωμένα στοιχεία ή δρομολογώντας καλώδια ισχύος και σημάτων μαζί (σε αυτή τη περίπτωση μια ελάχιστη απόσταση θα πρέπει να τηρείται για την αποφυγή παρεμβολής). Τα ενεργά καλώδια που συνδέονται σε ηλεκτρονικές συσκευές θα πρέπει να δρομολογούνται όσο το δυνατό κοντύτερα σε μεταλλικά εξαρτήματα της κατασκευής ή μέσα σε μεταλλικούς οδηγούς.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 5.24) φαίνεται η ανάπτυξη ενός επαγόμενου παλμού σε τετραγωνικό βρόχο. Η ανάπτυξη επαγόμενων παλμών στα άκρα της συσκευής μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία ή και καταστροφή της ακόμα και αν η κεραυνοπληξία δεν γίνει πάνω στο κτίριο αλλά κοντά σε αυτό. Μάλιστα υπάρχει και μεθοδολογία για τον υπολογισμό του

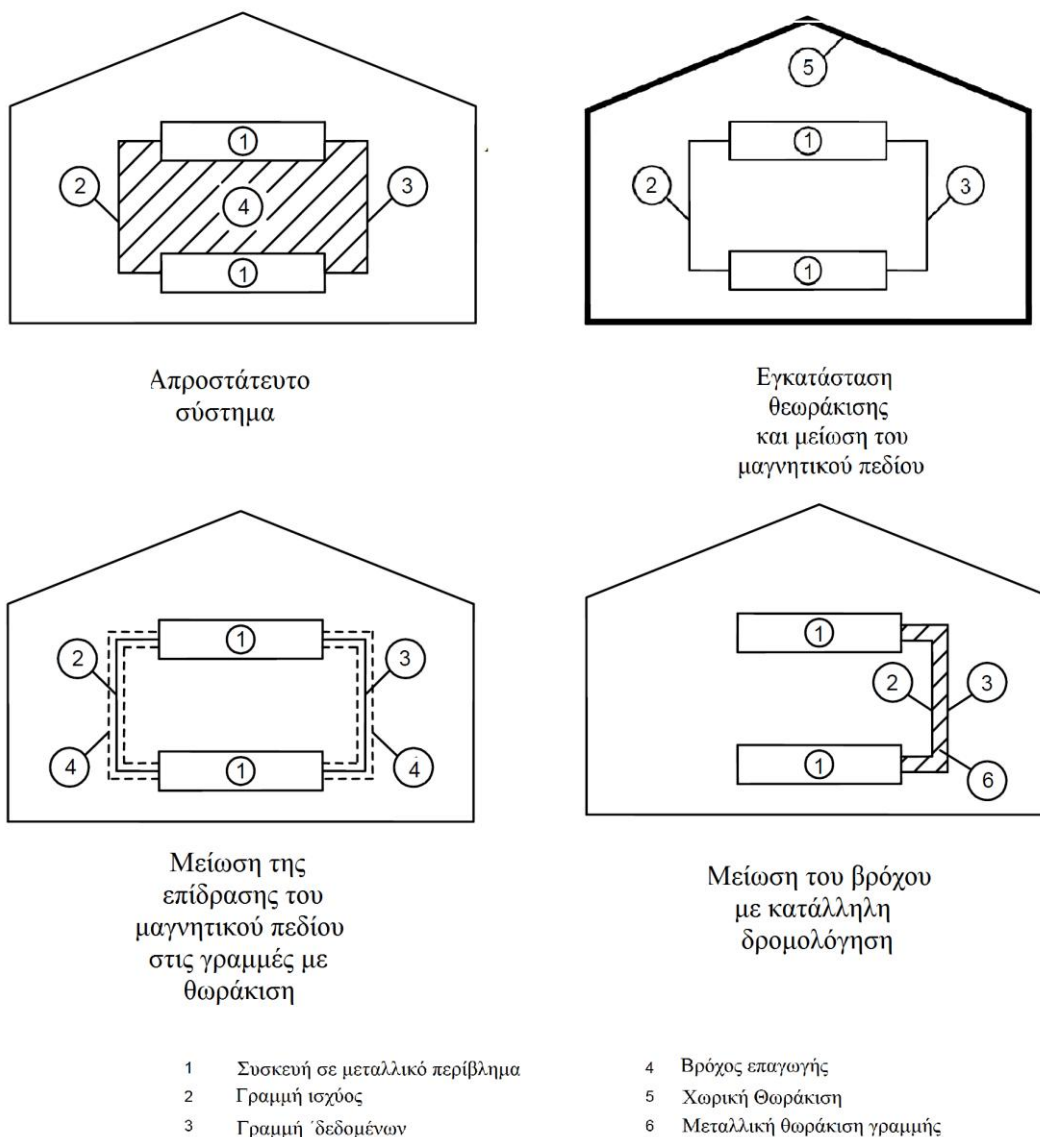
[4]. Βρόχοι άλλων σχημάτων θα πρέπει να μετασχηματίζονται σε τετραγωνικούς προκειμένου να γίνουν οι υπολογισμοί.



Σχήμα 5.24: Παράδειγμα ανάπτυξης επαγόμενων τάσεων και ρευμάτων σε ένα τετραγωνικό βρόχο από δίφορες καλωδιώσεις [4].

5.11.2.3 Εφαρμογή θωράκισης και δρομολόγησης

Τα μέτρα θωράκισης και δρομολόγησης για τον περιορισμό της επίδρασης των αναπτυσσόμενων μαγνητικών πεδίων μπορούν να λαμβάνονται σε συνδυασμό ή κατά μόνας. Παρακάτω (σχήμα 5.25) παρουσιάζεται η εφαρμογή των μέτρων και η επίδραση τους στις εσωτερικές συσκευές και συστήματα:



Σχήμα 5.25: Παράδειγμα εφαρμογής μαγνητικής θωράκισης και δρομολόγησης [4].

5.12 Εφαρμογή μέτρων για την αντιμετώπιση του LEMP επί των ηλεκτρονικών συστημάτων σε υπάρχοντα κτίρια

Η εφαρμογή μέτρων για την ανάπτυξη συστήματος έναντι του LEMP παρουσιάζει δυσχέρειες στην περίπτωση υπάρχουσών κατασκευών καθώς η εφαρμογή τους συναντά κατασκευαστικούς περιορισμούς. Για κάθε υπάρχουσα εγκατάσταση τα μέτρα για την αντιμετώπιση του LEMP θα πρέπει να περιλαμβάνουν την θεώρηση των παρακάτω σημείων:

➤ Παροχή ισχύος

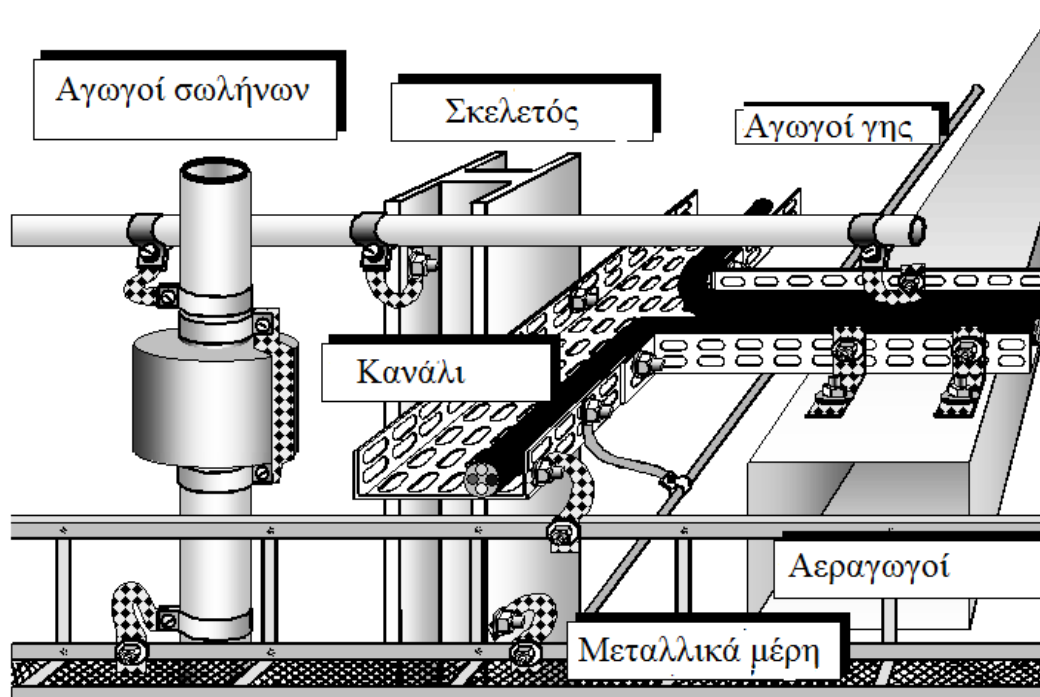
Σε περιπτώσεις κυρίων αγωγών παροχής σε συστήματα TN-C υπάρχει παρεμβολή λόγω της κοινής γείωσης γραμμών σήματος και PEN. Συνίσταται η αντικατάσταση νέων

παροχών σε σύστημα TN-S (με ξεχωριστό αγωγό PE) και διασύνδεση με τις υπάρχουσες παροχές με Μ/Σ απομόνωσης.

➤ Δρομολόγηση και θωράκιση γραμμών

Δρομολόγηση νέων ηλεκτρικών γραμμών και γραμμών σημάτων θα πρέπει να γίνεται μαζί σε κοντινές αποστάσεις. Το μέτρο αυτό είναι αναγκαίο εάν η θωράκιση της ζώνης LPZ 1 είναι αμελητέα. Όπου αυτό είναι εφικτό θα πρέπει να εφαρμόζονται οι παρακάτω αρχές [4]:

- Ελαχιστοποίηση του βρόχου
- Ηλεκτροδότηση νέων συσκευών από νέες παροχές και δρομολόγηση καλωδιώσεων με μικρούς βρόχους
- Χρήση θωρακισμένων καλωδίων ιδιαίτερα για γραμμές σημάτων οι οποίες θα πρέπει να συνδέονται ισοδυναμικά σε κάθε άκρο.
- Χρήση μεταλλικών καναλιών με ξεχωριστά τμήματα για καλώδια ισχύος και σημάτων, ισοδυναμικά συνδεδεμένων. Οι συνδέσεις θα πρέπει να γίνονται με σύσφιξη βιδών ή συνδετήριους αγωγούς σύμφωνα με το IEC 61000-5-2 (σχήμα 5.26).



Σχήμα 5.26: Ισοδυναμική διασύνδεση των καναλιών δρομολόγησης σύμφωνα με το IEC 61000-5-2 [22].

➤ Χωρική θωράκιση με βελτίωση του ΣΑΠ

Για την δημιουργία ικανοποιητικής θωράκισης στη ζώνη LPZ1 απαιτείται δικτυωτή θωράκιση με άνοιγμα πλέγματος 5m. Το ΣΑΠ μπορεί να παράξει αυτή τη θωράκιση[4] :

- Με σύνδεση του με τυχόν μεταλλικές οροφές

- Μειώνοντας το άνοιγμα πλέγματος του ΣΑΠ και την απόσταση μεταξύ των αγωγών καθόδου σε αποστάσεις <math>< 5\text{m}</math>.
- Χρησιμοποίηση του οπλισμού δεδομένου ότι τηρούνται οι απαιτήσεις ηλεκτρικής συνέχειας.
- Εγκατάσταση εύκαμπτων συνδετήριων αγωγών σε παρακείμενα ξεχωριστά οπλισμένα τμήματα της κατασκευής (αρμούς διαστολής) (Εικόνα 5.4)



Εικόνα 5.4: Ισοδυναμική διασύνδεση οπλισμού παρακείμενων τμημάτων [18].

➤ *Περαιτέρω χωρική θωράκιση*

Για χωρική θωράκιση περαιτέρω της ζώνης LPZ1 θα πρέπει να κατασκευάζονται μεταλλικοί κλωβοί με κατάλληλα υλικά εντός των δωματίων που ορίζουν την επιπλέον ζώνη.

➤ *Δίκτυο ισοδυναμικής διασύνδεσης*

Οι υπάρχουσες πεπαλαιωμένες διατάξεις γείωσης ίσως να μην παρέχουν ικανοποιητικό ισοδυναμικό πεδίο για κεραυνικά ρεύματα με συχνότητες έως μερικά MHz, επειδή η σύνθετη αντίσταση τους είναι πολύ υψηλή για αυτές τις συχνότητες. Ακόμα και ένα ΣΑΠ σχεδιασμένο σωστά με ισοδυναμική σύνδεση των εσωτερικών μερών ενδεχομένως να μην παρέχει ικανοποιητική προστασία των ηλεκτρονικών συστημάτων.

Για το λόγο αυτό ένα δίκτυο ισοδυναμικής διασύνδεσης με άνοιγμα 5m και μικρότερο συνιστάται. Γενικά το δίκτυο ισοδυναμικής διασύνδεσης δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ως αγωγός επιστροφής ισχύος μόνο ή σήματος. Για τον λόγο αυτό ο αγωγός προστασίας PE θα πρέπει να συνδέεται στο δίκτυο ισοδυναμικής διασύνδεσης ενώ ο PEN όχι.

Απευθείας σύνδεση ενός αγωγού γης λειτουργίας σε ένα χαμηλής αντίστασης δίκτυο επιτρέπεται, επειδή στην περίπτωση αυτή η παρεμβολή μεταξύ ηλεκτρικών γραμμών και γραμμών σήματος θα είναι πολύ μικρή. Απευθείας σύνδεση του αγωγού PEN ή σε αλλά

μεταλλικά τμήματα που συνδέονται με αυτόν δεν επιτρέπεται προκειμένου να αποφεύγεται η παρεμβολή των ηλεκτρονικών συστημάτων [4].

➤ *Διεπιφάνειες απομόνωσης*

Για την αποφυγή παρεμβολών μεταξύ παλαιού και νέου εξοπλισμού, διαχωρισμός μεταξύ τους επιτυγχάνεται με:

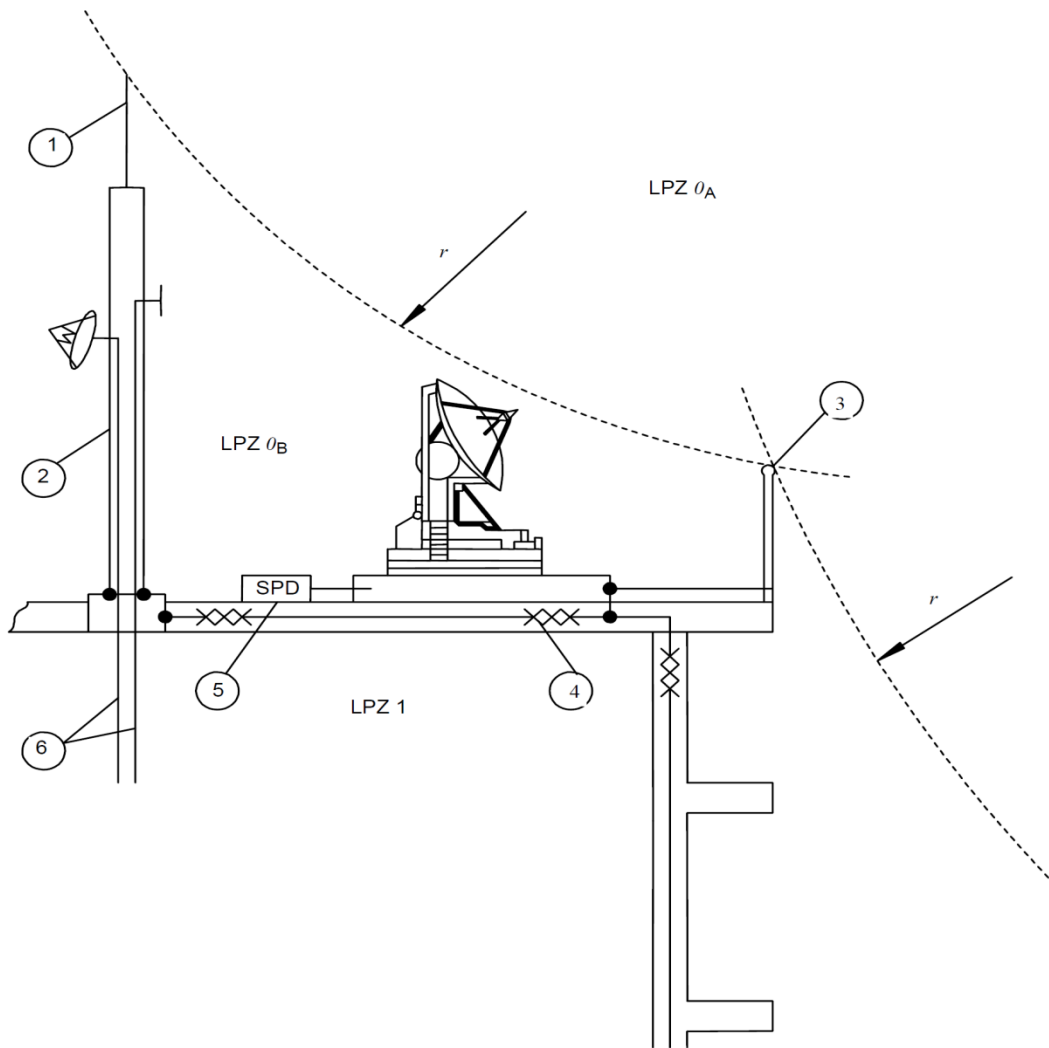
- Κατηγορίας μόνωσης II (δηλαδή με διπλή μόνωση και χωρίς ανάγκη γείωσης)
- Μ/Σ απομόνωσης
- Σύνδεση με οπτικές ίνες
- Οπτικούς συζεύκτες

➤ *Χρησιμοποίηση SPD*

Απαγωγείς κρουστικών υπερτάσεων θα πρέπει να τοποθετούνται στα όρια των LPZ με συντονισμένο τρόπο για την προστασία των συσκευών. Σε κτίρια με μη συντονισμένη διάταξη SPD ενδεχομένως να προκληθεί βλάβη στις ηλεκτρονικές διατάξεις[4].

5.13 Προστασία εξωτερικά τοποθετημένου εξοπλισμού

Για την προστασία εξωτερικά τοποθετημένου εξοπλισμού (συσκευές επιτήρησης, κεραίες, αισθητήρες, και οποιοσδήποτε άλλος ηλεκτρικός, ηλεκτρονικός ή εξοπλισμό τηλεπικοινωνίας τοποθετημένος στην οροφή σε ιστούς ή κιβώτια λειτουργίας) θα πρέπει να λαμβάνεται πρωτίστως μέριμνα για την τοποθέτηση του εξοπλισμού εντός της LPZ 0_B (Σχήμα 5.27).



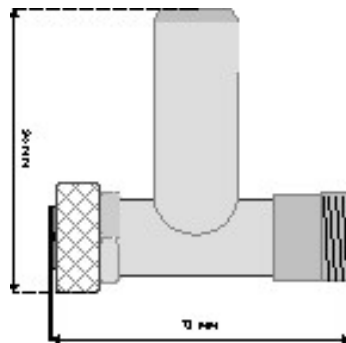
- 1 Ακίδα συλλογής
 - 2 Χαλύβδινος ιστός κεραίων
 - 3 Κάγκελα
 - 4 Διασυνδεδεμένοι οπλισμός
 - 5 Γραμμή από την LPZ 0B απαιτεί SPD στο σημείο εισόδου
 - 6 Γραμμές από την LPZ 1 (μέσω στον ιστό) ενδεχομενος δεν απαιτούν την προστασία με SPD στην είσοδο
- r ακτίνα της κυλιόμενης σφαίρας

Σχήμα 5.27 Προστασία εξωτερικά τοποθετημένου εξοπλισμού [4].

Σε ψηλά κτίρια με χρήση της μεθόδου της κυλιόμενης σφαίρας θα πρέπει να εξασφαλίζεται η προστασία του εξοπλισμού από απευθείας πλήγμα. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να συμπληρώνεται το συλλεκτήριο σύστημα για την αποφυγή απευθείας κεραυνοπληξίας με χρήση και φυσικών στοιχείων (κάγκελα, ιστοί κτλ) [4].

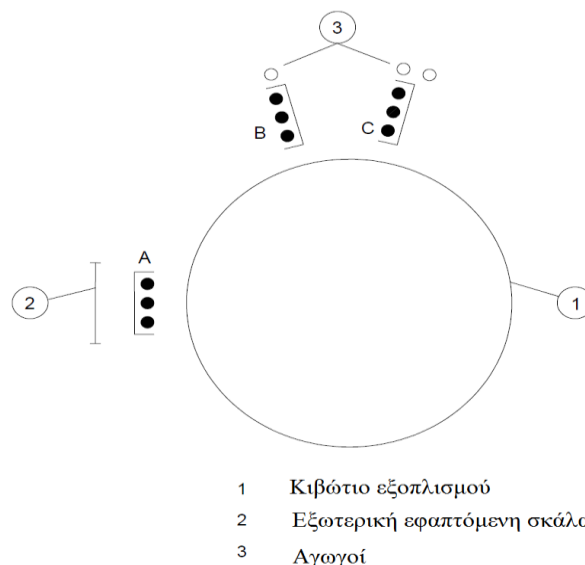
Σε ορισμένες περιπτώσεις κεραιές τοποθετούνται σε εκτεθειμένες θέσεις προκειμένου να αποφύγουν την επίδραση γειτονικών αγωγών του ΣΑΠ. Επίσης ορισμένες κεραιές είναι σχεδιασμένες με αυτοπροστασία καθώς μόνο καλά γειωμένα στοιχεία τους εκτίθενται σε κεραυνικό ρεύμα. Άλλες ίσως απαιτούν την εγκατάσταση SPD στο καλώδιο τους [Σχήμα 5.28] για την απαγωγή υπερτάσεων από το καλώδιο στον δέκτη ή πομπό. Το

κύκλωμα προστασίας του απαγωγού δεν πρέπει να επηρεάζει την καλή λειτουργία των συσκευών, ούτε να προκαλεί απώλεια της ισχύος και εξασθένηση του σήματος που συλλαμβάνει η συσκευή, για αυτό και πρέπει να είναι ανάλογης ισχύος και συχνότητας. Όταν ΣΑΠ διατίθεται οι ιστοί και οι βάσεις τους θα πρέπει να συνδέονται με αυτό εάν η απόσταση ασφαλείας δεν τηρείται [4].



Σχήμα 5.28 SPD καλωδίου κεραίας (ΕΛΕΜΚΟ)[18]. Έχουν εφαρμογή στην προστασία δικτύων σταθμών κινητής τηλεφωνίας, σημάτων RADAR και γενικώς ψηφιακών δικτύων μεγάλων ταχυτήτων. Η εγκατάστασή τους συνιστάται να είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην υπό προστασία συσκευή. Επίσης η γείωσή τους πρέπει να είναι κοινή με αυτή της υπό προστασίας συσκευής. Εάν το κρουστικό ρεύμα είναι μεγαλύτερο από την ικανότητα του απαγωγού, τότε παραμένει βραχυκυκλωμένος με τη γείωση προσφέροντας κατ' αυτόν τον τρόπο προστασία των συσκευών μέχρι την αντικατάστασή του.

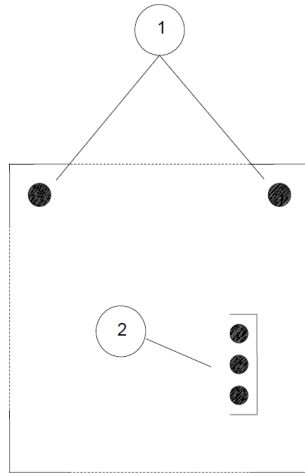
Καλώδια τα οποία κατευθύνονται προς τον εξωτερικό εξοπλισμό θα πρέπει να τοποθετούνται μέσα σε μεταλλικό αγωγό και να εξέρχονται από αυτόν σε ένα μόνο σημείο. Όπου αυτό είναι δυνατόν μπορούν να χρησιμοποιούνται αγωγοί – μέρος του κτιρίου. Σε περίπτωση που οι αγωγοί διατρέχουν εξωτερικά τμήματα, όπως στην περίπτωση εξωτερικών μεταλλικών κιβωτίων του εξοπλισμού, θα πρέπει να βρίσκονται κοντά στην κατασκευή και να εκμεταλλεύονται την φυσική θωράκιση από μεταλλικούς αγωγούς, χαλύβδινες σκάλες ή άλλα καλά γειωμένα αγωγίμα στοιχεία (Σχήμα 5.29).



- 1 Κιβώτιο εξοπλισμού
- 2 Εξωτερική εραπτόμενη σκάλα
- 3 Αγωγοί

Σχήμα 5.29 Τοποθέτηση των καναλιών καλωδίωσης κοντά σε φυσικά στοιχεία για καλύτερη θωράκιση [4].

Σε ιστούς σχήματος L, τα καλώδια θα πρέπει να τοποθετούνται στο εσωτερικό της γωνίας του L για τη μέγιστη προστασία (Σχήμα 5.27).



- 1 Ιδανικές θέσεις αγωγών σε γωνίες δοκών
- 2 Εναλλακτική τοποθέτηση διασυνδεδεμένου καναλιού μέσα στη δοκό

Σχήμα 5.30 Τοποθέτηση αγωγών και καναλιών καλωδίωσης μέσα σε μεταλλικές δοκούς ιστών [4].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6 ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

6.1 Εισαγωγή

Η αντικεραυνική προστασία των εγκαταστάσεων αφού σχεδιαστεί και τοποθετηθεί σε μια εγκατάσταση παραμένει σε αυτή συνήθως για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι στρατιωτικές εγκαταστάσεις, στις οποίες η εγκατάσταση ΣΑΠ είναι πολλές φορές αρκετών δεκαετιών. Η παραμονή ενός τέτοιου συστήματος επί μακρό χρονικό διάστημα εγκυμονεί κινδύνους για την επαρκή προστασία ενός κτιρίου, καθώς μια σειρά από παράγοντες τείνουν να μεταβάλλονται με την πάροδο των ετών. Έτσι τυχόν προσθήκες στο κτίριο ή εξωτερικά αυτού, αποσύσφιξη των στοιχείων του ΣΑΠ, μηχανική φθορά λόγω εργασιών στις οροφές, φθορά από μη ενημερωμένους χρήστες των κτιρίων, αλλοίωση και φθορά λόγω γήρανσης ή διάβρωσης, αποστερούν την ορθή λειτουργία του και θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλεια του προσωπικού και των εγκαταστάσεων.

Για την αντιμετώπιση όλων αυτών των δυσμενών παραγόντων και την διασφάλιση ορθής λειτουργίας της αντικεραυνικής προστασίας ενός κτιρίου, αποφασιστικής σημασίας αποτελούν οι διαδικασίες ελέγχου-επιθεώρησης και συντήρησης. Οι διαδικασίες αυτές λόγω της φύσης τους και της αίσθησης του «μη επιτακτικού» που δίνουν, τείνουν να παραμελούνται από το υπεύθυνο προσωπικό και γι αυτό το λόγο παρουσιάζονται ξεχωριστά.

Ως μέρος της επιθεώρησης παρουσιάζονται επίσης μέτρα για την αντιμετώπιση των βηματικών τάσεων και τάσεων επαφής στις κτιριακές εγκαταστάσεις. Τα μέτρα αυτά θα πρέπει να αναγνωρίζει ο υπεύθυνος επιθεωρητής κατά την διάρκεια της επιθεώρησης και να εισηγείται την εγκατάσταση τους όπου δεν υπάρχουν. Ενώ αποτελούν μέρος της εγκατάστασης της αντικεραυνικής προστασίας θα πρέπει να ελέγχεται πάντοτε η ύπαρξη τους και η αποτελεσματικότητά τους.

6.2 Μέτρα προστασίας έναντι τάσεων στο προσωπικό

Σε ορισμένες περιπτώσεις η εγκατάσταση των αγωγών καθόδου εξωτερικά της κατασκευής μπορεί να ενέχει κινδύνους για τη ζωή, ακόμη και αν έχει πραγματοποιηθεί βάση των απαιτήσεων των προηγούμενων κεφαλαίων. Οι κίνδυνοι οφείλονται στην ανάπτυξη βηματικών τάσεων και τάσεων επαφής κατά τη διάρκεια κεραυνικού πλήγματος.

6.2.1 Μέτρα προστασίας έναντι τάσεων επαφής

Οι κίνδυνοι από τάσεις επαφής μειώνονται σε αποδεκτό επίπεδο εφόσον ισχύει τουλάχιστον μία από τις ακόλουθες συνθήκες:

α) Η πιθανότητα ατόμων να προσεγγίζουν ή η διάρκεια της παρουσίας τους εξωτερικά του κτιρίου και κοντά στους αγωγούς καθόδου είναι μικρή.

β) Σε περίπτωση μεταλλικών κατασκευών, το φυσικό σύστημα αγωγών καθόδου αποτελείται από μερικές κολώνες του εκτεταμένου μεταλλικού σκελετού του κτιρίου.

γ) Η ειδική αντίσταση της επιφάνειας του εδάφους εντός τριών μέτρων από τους αγωγούς καθόδου δεν είναι μικρότερη από 5 kΩm.

Ένα στρώμα μονωτικού υλικού όπως ένα στρώμα ασφάλτου πάχους 5cm ή ένα στρώμα από χαλίκι 15cm γενικά μειώνει τον κίνδυνο σε επιτρεπτό επίπεδο.

Εάν κανένα από τους παραπάνω περιορισμούς εφαρμόζεται, τότε προστατευτικά μέτρα θα πρέπει να εφαρμόζονται όπως παρακάτω:

➤ Οι αγωγοί καθόδου περιβάλλονται με μονωτικό με ικανότητα τουλάχιστον 100kV υπό κρουστική τάση 1.2/50μs

Σαν μέτρο τέτοιας μόνωσης είναι η εγκατάσταση αγωγών καθόδου με μόνωση 3mm δικτυωτού πολυαιθυλενίου (PEX).

➤ Μέτρα φυσικής απομόνωσης και/ ή προειδοποιητικές πινακίδες προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα επαφής με τους αγωγούς καθόδου



Σχήμα 6.1 Κίνδυνος ηλεκτροπληξίας σύμφωνα με το ISO 3864-1. Οι απαιτήσεις του προτύπου αυτού θα πρέπει να εφαρμόζονται κατά την σηματοδότηση κινδύνου [7].

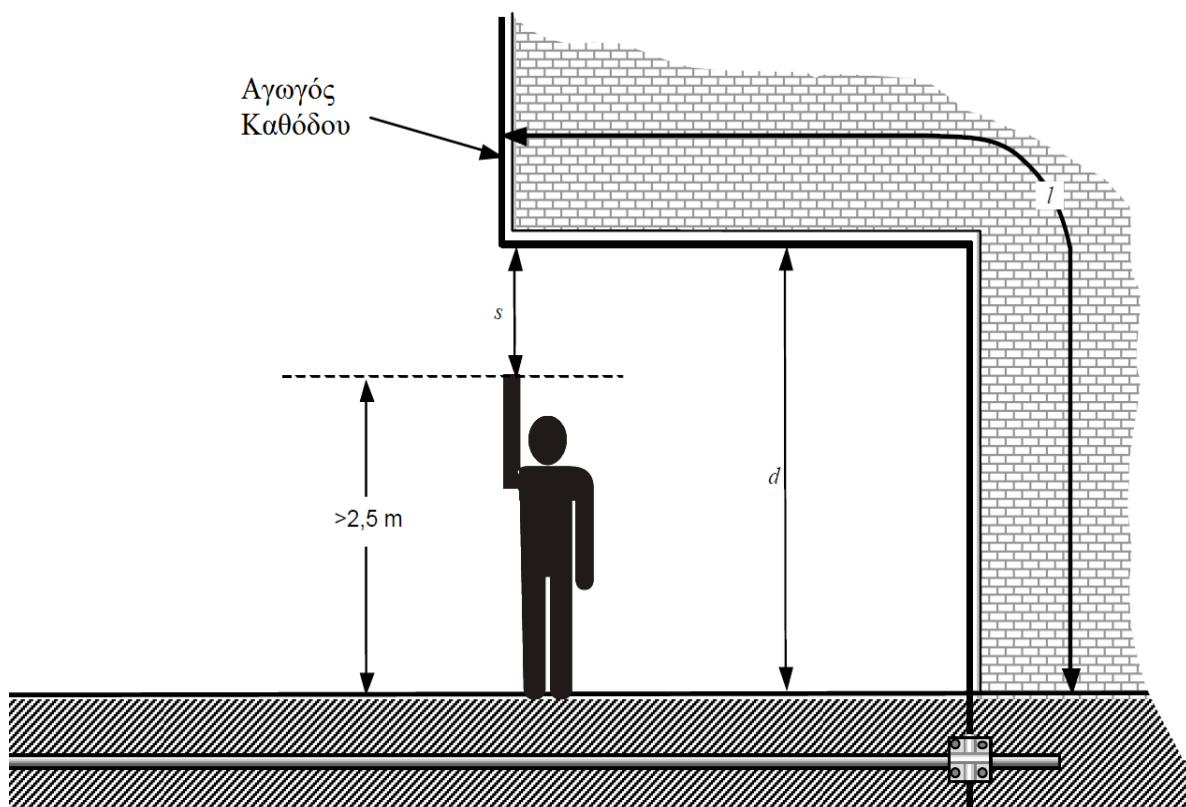
Επίσης η εγκατάσταση των αγωγών καθόδου χρειάζεται προσοχή όταν ο αγωγός καθόδου διατρέχει κάποια προεξοχή του κτιρίου, κοντά στην οποία πιθανόν να βρεθεί άνθρωπος. Σε τέτοια περίπτωση υπάρχει η πιθανότητα το κεραυνικό ρεύμα που διαρρέει τους αγωγούς καθόδου, δημιουργήσει οδό, διαμέσου του ανθρώπου, προς την γη, με τις γνωστές συνέπειες.

Για να αποφύγουμε τέτοιο κίνδυνο μια απόσταση d , όπως στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 6.2) πρέπει να διατηρείται, η οποία εκφράζεται από τη σχέση:

$$d > 2,5 + s \text{ (Εξίσωση 6.1)}$$

όπου: s είναι η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας για την απομόνωση του εξωτερικού ΣΑΠ.

2,5: είναι το μέσο ύψος ενός ανθρώπου με τεντωμένα χέρια (m).



Σχήμα 6.2 Κίνδυνος ηλεκτροπληξίας από επικίνδυνη δρομολόγηση αγωγού καθόδου που πρέπει να ελέγχεται κατά την επιθεώρηση του ΣΑΠ [3].

6.2.2 Μέτρα προστασίας έναντι βηματικών τάσεων

Οι κίνδυνοι από βηματικές τάσεις μειώνονται σε αποδεκτό επίπεδο εφόσον ισχύει τουλάχιστον μία από τις ακόλουθες συνθήκες:

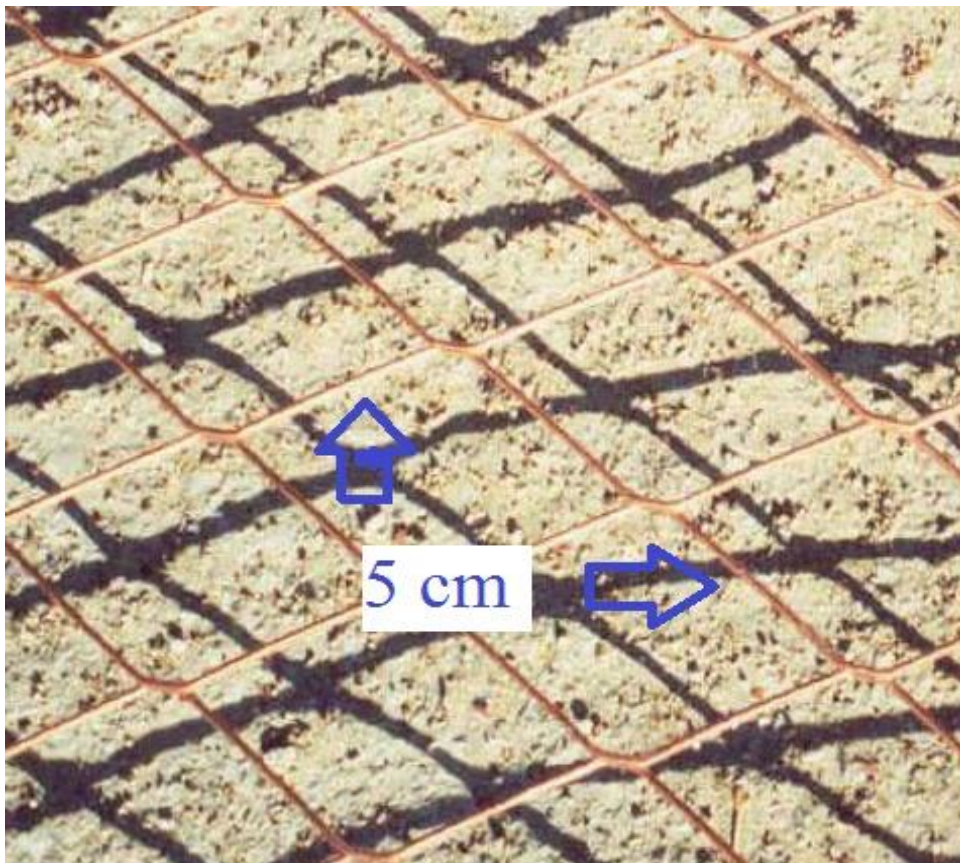
α) Η πιθανότητα ατόμων να προσεγγίζουν ή η διάρκεια της παρουσίας τους εξωτερικά του κτιρίου και σε ακτίνα 3m από τους αγωγούς καθόδου είναι μικρή.

β) Η ειδική αντίσταση της επιφάνειας του εδάφους εντός τριών μέτρων από τους αγωγούς καθόδου δεν είναι μικρότερη από 5 kΩm.

Ένα στρώμα μονωτικού υλικού όπως ένα στρώμα ασφάλτου πάχους 5cm ή ένα στρώμα από χαλίκι 15 cm γενικά μειώνει τον κίνδυνο σε επιτρεπτό επίπεδο.

Εάν κανένα από τους παραπάνω περιορισμούς εφαρμόζεται, τότε προστατευτικά μέτρα θα πρέπει να εφαρμόζονται όπως παρακάτω:

- Μέτρα φυσικής απομόνωσης και/ ή προειδοποιητικές πινακίδες προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα προσέγγισης σε απόσταση τουλάχιστον 3m από τους αγωγούς καθόδου
- Ο χώρος γύρω από τον αγωγό καθόδου έχει ισοδυναμική γείωση (εγκατάσταση ηλεκτροδίου γείωσης μορφής πυκνού πλέγματος διαστάσεων 5x5cm) (Εικόνα 6.1).



Εικόνα 6.1 Παράδειγμα υλικού για την ισοδυναμική γείωση της περιοχής σε απόσταση μέχρι και 3m από τον αγωγό καθόδου. Το πλέγμα θα πρέπει να συνδεθεί με τον αγωγό καθόδου και με το σύστημα γείωσης. Επιπλέον θα πρέπει να επιστρώνεται η περιοχή με μονωτικό υλικό [18].

6.2.3 Μέτρα προστασίας της ανθρώπινης ζωής σε στρατιωτικές εγκαταστάσεις

Παρακάτω παρουσιάζονται περιπτώσεις της αντικεραυνικής προστασίας που χρήζουν προσοχής σε στρατιωτικές εγκαταστάσεις:

➤ *Περίπτωση τοποθέτησης φυλακίου σκοπιάς κοντά σε ΣΑΠ*

Σε αρκετές περιπτώσεις ενδεχομένως να υπάρχει κατασκευαστεί ένα μικρό κτίσμα που χρησιμοποιείται ως σκοπιά κοντά σε ευαίσθητες από πλευράς ασφάλειας εγκαταστάσεις όπως είναι κεντρικές αποθήκες οπλισμού σε στρατόπεδα. Λόγω της φύσεως της κατασκευής και της χρήσης των εγκαταστάσεων, υπάρχει παρουσία του προσωπικού σε αυτές καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και ανεξαρτήτως των καιρικών συνθηκών.

Σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να γίνεται έλεγχος προστασίας από βηματικές και τάσεις επαφής όπως αναφέρεται παραπάνω. Ελάχιστη απόσταση θα πρέπει να τηρείται από τους αγωγούς καθόδου. Ο πλησιέστερος αγωγός καθόδου σε περίπτωση μη μετακινήσεως της σκοπιάς να μονώνεται και η περιοχή να επιστρώνεται με άσφαλτο 5cm ή χαλίκι 15cm.

Στην περίπτωση τέτοιων φυλακίων σκοπιών σε υψηλά εδάφη, απομονωμένα κτίρια σε απομονωμένα εδάφη μπορούν να αντικαθίστανται τα φυλάκια αυτά με ειδικά κουβούκλια με αντικεραυνική προστασία (Εικόνα 6.2).



Εικόνα 6.2 Παράδειγμα μεταλλικού καταφυγίου αντικεραυνικής προστασίας (κλωβός Quasi- Faraday) [7].

➤ *Περίπτωση τοποθέτησης φυλακίου σκοπιάς κοντά σε ιστό με ακίδα*

Ενδεχομένως σε στρατιωτικές εγκαταστάσεις όπου χρησιμοποιούνται ακίδες για την προστασία εγκαταστάσεων και περιοχών από κεραυνικά πλήγματα, με παράλληλη τοποθέτηση κοντά σε αυτά φυλακίων σκοπιών όπως παραπάνω. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να ακολουθούνται όσα αναφέρθηκαν παραπάνω ή να τοποθετούνται οι σκοπιές αυτές σε απόσταση από τις ακίδες.

➤ *Περίπτωση αποθήκευσης εύφλεκτων υλικών κοντά σε αγωγούς καθόδου.*

Ενδεχομένως κοντά σε εγκαταστάσεις συντήρησης και επισκευών να τοποθετούνται συνήθως προς προσωρινή φύλαξη φιάλες αερίων για την διεξαγωγή επισκευών, όπως για παράδειγμα φιάλες προπανίου ή άλλων υλικών παρόλο που προβλέπεται ειδικός χώρος φύλαξης τέτοιων υλικών. Σε περίπτωση κεραυνού ενδεχομένως να προκληθεί ατύχημα με απρόβλεπτες συνέπειες για το τεχνικό προσωπικό μιας στρατιωτικής εγκατάστασης (Εικόνα 6.3).



Εικόνα 6.3 Παράδειγμα αμέλειας με τοποθέτηση φιαλών προπανίου κοντά σε αγωγό καθόδου [7].

6.3 Επιθεωρήσεις

6.3.1 Σκοπός και χρόνος επιθεώρησης

Σκοπός των επιθεωρήσεων είναι :

α) Η συμμόρφωση του ΣΑΠ με τα πρότυπα που ισχύουν και όσα αναφέρονται παραπάνω

β) Όλα τα εξαρτήματα του ΣΑΠ είναι σε καλή κατάσταση, λειτουργικά και δεν παρουσιάζουν διάβρωση

γ) Επιπρόσθετες υπηρεσίες ή κατασκευές συμπεριλαμβάνονται στην αντικεραυνική προστασία του κτιρίου

Η επιθεώρηση θα πρέπει να διεξάγεται από εξειδικευμένο προσωπικό με γνώση των ισχυόντων προτύπων.

Οι επιθεωρήσεις θα πρέπει να γίνονται :

- Κατά την διάρκεια της κατασκευής ενός κτιρίου, με σκοπό τον έλεγχο της ορθής διάταξης της θεμελιακής γείωσης και των ηλεκτροδίων γείωσης και των αναμονών ισοδυναμικών ζυγών
- Μετά την εγκατάσταση του ΣΑΠ
- Μετά από επισκευές, αλλαγές στο κτίριο ή σε περίπτωση κεραυνοπληξίας της κατασκευής
- Περιοδικά για την εξακρίβωση της ορθής λειτουργίας

Το πρότυπο IEC-62305-3 καθορίζει την περιοδική επιθεώρηση των αντικεραυνικών διατάξεων όπως στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.1) :

Επίπεδο προστασίας	Οπτική επιθεώρηση (έτος)	Πλήρης επιθεώρηση (έτος)	Επιθεώρηση σημαντικών συστημάτων (έτος)
I και II	1	2	1
III και IV	2	4	1

Σημείωση: Συστήματα προστασίας που εφαρμόζονται σε κτίρια με κίνδυνο έκρηξης θα πρέπει να επιθεωρούνται οπτικά κάθε 6 μήνες. Ηλεκτρικές δοκιμές των εγκαταστάσεων θα πρέπει να διεξάγονται κάθε ένα έτος.

Αποδεκτή εξαίρεση στο ετήσιο πρόγραμμα θα ήταν η εκπόνηση των επιθεωρήσεων κάθε 14 ή 15 μήνες για την αποτίμηση της αντίστασης γείωσης σε διαφορετικές περιόδους για την αποτίμηση των εποχιακών διακυμάνσεων.

Πίνακας 6.1 Προγραμματισμός των επιθεωρήσεων βάσει του προτύπου 62305-3 [3].

Το σύστημα αντικεραυνικής διάταξης θα πρέπει να επιθεωρείται οπτικά τουλάχιστον μια φορά ετησίως [3]. Σε περιοχές όπου ακραία καιρικά φαινόμενα είναι συνήθη και επηρεάζουν τα κτίρια το μεσοδιάστημα μπορεί να μειωθεί. Οι παράγοντες που καθορίζουν το μεσοδιάστημα αυτό και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι[3]:

- Κατηγορία της εγκατάστασης, ειδικά σε περιπτώσεις όπου οι συνέπειες μιας κεραυνοπληξίας είναι καταστροφικές
- Κλάση του ΣΑΠ
- Τοπικοί παράγοντες όπως για παράδειγμα έντονα διαβρωτική ατμόσφαιρα λόγω βιομηχανικής περιοχής ή λόγω εγγύτητας στην θάλασσα
- Τα υλικά κατασκευής ενός ΣΑΠ
- Ο τύπος του εδάφους

6.3.2 Διεξαγωγή της επιθεώρησης

Η διεξαγωγή της επιθεώρησης απαιτεί την δημιουργία ενός μνημονίου ενεργειών, το οποίο θα διευκολύνει την όλη διαδικασία. Το μνημόνιο θα πρέπει να παρέχει στον επιθεωρητή κάθε απαραίτητη πληροφορία για τον σκοπό της επιθεώρησης, σε ότι αφορά

την σωστή εγκατάσταση του συστήματος, τις διαδικασίες μετρήσεων και ιδιαίτερα σημεία που χρήζουν αντιμετώπισης.

Η διαδικασία της επιθεώρησης περιλαμβάνει τους παρακάτω ελέγχους [3]:

➤ **Έλεγχος τεχνικών συνοδευτικών εντύπων**

Συνίσταται στον έλεγχο όλων των συνοδευτικών εγγράφων και σχεδίων του μητρώου του ΣΑΠ του κτιρίου που επιθεωρείται, για διαπίστωση της πληρότητας τους, συμφωνίας με τα ισχύοντα πρότυπα και συμφωνία του ΣΑΠ με το σχέδιο.

➤ **Οπτικός Έλεγχος**

Ο οπτικός έλεγχος επιβεβαιώνει ότι :

- Το σχέδιο του ΣΑΠ συμμορφώνεται στα ισχύοντα πρότυπα,
 - Το ΣΑΠ είναι σε καλή κατάσταση,
 - Δεν υπάρχουν χαλαρές συνδέσεις και κομμένοι αγωγοί ή κατεστραμμένοι σύνδεσμοι,
 - Κανένα μέρος του συστήματος δεν είναι «αδυνατισμένο» λόγω διάβρωσης, ειδικά στο επίπεδο του εδάφους,
 - Όλες οι ορατές συνδέσεις της γείωσης είναι άθικτες και λειτουργικά ενεργές
- (Εικόνα 6.4)



Εικόνα 6.4 *Πρώιμο στάδιο διάβρωσης σε ηλεκτρόδιο γείωσης [7] Η κατασκευή φρεατίων γείωσης διευκολύνει την διεξαγωγή επιθεώρησης στο σύστημα γείωσης γι αυτό και συνίσταται. Σε περίπτωση μη κατασκευής θα πρέπει κατά την αρχική εγκατάσταση να λαμβάνονται από τον αρμόδιο φορέα παραλαβής του έργου φωτογραφίες πιστοποίησης της καλής εγκατάστασης.*

➤ Όλοι οι ορατοί αγωγοί και εξαρτήματα στερεώνονται στις αντίστοιχες επιφάνειες με τρόπο που να εξασφαλίζεται η μηχανική προστασία (λειτουργικά και σωστά τοποθετημένα),

➤ Δεν έχουν πραγματοποιηθεί τροποποιήσεις στο κτίριο, οι οποίες απαιτούν επιπρόσθετη προστασία,

➤ Δεν υπάρχει ένδειξη βλάβης στο ΣΑΠ, στα SPD ή καταστροφή των ασφαλειών που προστατεύουν τα SPD,

➤ Έχει εγκατασταθεί σωστή ισοδυναμική σύνδεση για κάθε νέα υπηρεσία ή επιπρόσθετες εγκαταστάσεις εντός του κτιρίου από την προηγούμενη επιθεώρηση και έχει διεξαχθεί γι' αυτές δοκιμή ηλεκτρικής συνέχειας,

➤ Συνδετήριои ισοδυναμικοί αγωγοί εντός του κτιρίου υφίστανται και είναι λειτουργικοί,

➤ Τηρούνται οι αποστάσεις ασφαλείας,

➤ Οι αγωγοί ισοδυναμικής διασύνδεσης, σύνδεσμοι, συστήματα θωράκισης, η δρομολόγηση καλωδιώσεων και SPD έχουν ελεγχθεί και δοκιμαστεί.

➤ **Διεξαγωγή Δοκιμών**

Η διεξαγωγή των δοκιμών συνίσταται:

➤ Σε δοκιμές ηλεκτρικής συνέχειας ιδιαίτερα στα μέρη του ΣΑΠ που δεν είναι ορατά.

➤ Σε μέτρηση της αντίστασης γείωσης. Όλες οι μετρήσεις θα πρέπει να καταγράφονται τεχνικές εκθέσεις και να αντιμετωπίζονται ανάλογα (παρ6.3.3).

➤ **Συμπλήρωση τεχνικών αναφορών**

Ο επιθεωρητής θα πρέπει να συμπληρώνει μια τεχνική αναφορά ή οποία θα πρέπει να τηρείται με στο μητρώο του ΣΑΠ μαζί με προηγούμενες αναφορές επιθεώρησης και συντήρησης. Οι αναφορές αυτές θα πρέπει να περιλαμβάνουν τα παρακάτω στοιχεία:

➤ Γενική κατάσταση των αγωγών του συλλεκτηρίου συστήματος και λοιπών στοιχείων του,

➤ Ασφάλεια στην στερέωση των αγωγών επί του κτιρίου,

➤ Γενικό επίπεδο διάβρωσης και προστασία από διάβρωση,

➤ Τις μετρήσεις της αντίστασης γείωσης των ηλεκτροδίων γείωσης,

➤ Κάθε παρέκκλιση από τα ισχύοντα πρότυπα,

➤ Καταγραφή όλων των αλλαγών του ΣΑΠ ή το κτιρίου

➤ Αποτελέσματα δοκιμών συνέχειας.

6.3.2.1 Επιθεώρηση συστήματος προστασίας από LEMP

Η επιθεώρηση του συστήματος προστασίας από LEMP ακολουθεί την ίδια διαδικασία (και εν πολλοίς περιλαμβάνεται) στην γενική περίπτωση του συστήματος αντικεραυνικής

προστασίας που αναφέρθηκε παραπάνω. Θα πρέπει να γίνεται μαζί με την επιθεώρηση του ΣΑΠ προκειμένου να διασφαλίζεται η προστασία και των εσωτερικών συστημάτων. Η διαδικασία περιλαμβάνει σε αντιστοιχία με το ΣΑΠ[4] :

➤ **Έλεγχος τεχνικών συνοδευτικών εντύπων**

Συνίσταται στον έλεγχο όλων των συνοδευτικών εγγράφων και σχεδίων του μητρώου του συστήματος προστασίας από LEMP του κτιρίου που επιθεωρείται, για διαπίστωση της πληρότητας τους, συμφωνίας με τα ισχύοντα πρότυπα και συμφωνία του με το σχέδιο.

➤ **Οπτικός Έλεγχος**

Ο οπτικός έλεγχος επιβεβαιώνει ότι :

- Δεν υπάρχουν χαλαρές συνδέσεις και κομμένοι αγωγοί ή κατεστραμμένοι σύνδεσμοι,
- Κανένα μέρος του συστήματος δεν είναι «αδυνατισμένο» λόγω διάβρωσης, ειδικά στο επίπεδο του εδάφους,
- Συνδετήριοι ισοδυναμικοί αγωγοί, θωρακίσεις των αγωγών και κανάλια αγωγών εντός του κτιρίου υφίστανται και είναι λειτουργικά,
- Δεν έχουν πραγματοποιηθεί τροποποιήσεις στο κτίριο, ή εγκατασταθεί επιπρόσθετα εσωτερικά συστήματα τα οποία απαιτούν περαιτέρω προστασία,
- Δεν υπάρχει ένδειξη βλάβης στο ΣΑΠ, στα SPD ή καταστροφή των ασφαλειών που προστατεύουν τα SPD,
- Τα SPD γειώνονται (Εικόνα 6.5)



Εικόνα 6.5 Παράδειγμα SPD καλωδίου σήματος το οποίο δεν γειώνεται με αποτέλεσμα να μην παρέχεται προστασία [7].

- Η δρομολόγηση καλωδιώσεων δεν δημιουργεί μεγάλους βρόχους,
- Τηρούνται οι αποστάσεις ασφαλείας από μαγνητικές θωρακίσεις,
- Οι αγωγοί ισοδυναμικής διασύνδεσης, σύνδεσμοι, συστήματα θωράκισης, και SPD έχουν ελεγχθεί και δοκιμαστεί.

➤ **Διεξαγωγή Δοκιμών**

Η διεξαγωγή των δοκιμών συνίσταται σε δοκιμές ηλεκτρικής συνέχειας ιδιαίτερα στα μέρη του συστήματος ισοδυναμικής διασύνδεσης που δεν είναι ορατά.

➤ **Συμπλήρωση τεχνικών αναφορών**

Οι αναφορές αυτές θα πρέπει να περιλαμβάνουν τα παρακάτω στοιχεία:

- Γενική κατάσταση του συστήματος έναντι LEMP
- Κάθε παρέκκλιση από το αρχικό σχέδιο εγκατάστασης,
- Αποτελέσματα δοκιμών συνέχειας.

6.3.3 Μετρήσεις στην επιθεώρηση

6.3.3.1 Μέτρηση της αντίστασης γείωσης

Αντίσταση γείωσης είναι η αντίσταση από το ηλεκτρόδιο γείωσης μέχρι την άπειρη γη, όταν δεν υπάρχουν άλλα ηλεκτρόδια στο έδαφος. Άπειρη γη είναι ένα σημείο στην επιφάνεια σε θεωρητικά άπειρη απόσταση από τον γειωτή. Λαμβάνεται σαν σημείο αναφοράς των δυναμικών. Λέμε ότι, η τάση της άπειρης γης είναι μηδέν [15].

Πρόκειται για την αντίσταση γείωσης του κάθε τοπικού ηλεκτροδίου και όπου είναι πρακτικό η αντίσταση προς τη γη ενός ολοκληρωμένου συστήματος γείωσης. Κάθε μεμονωμένο ηλεκτρόδιο γείωσης θα πρέπει να μετράται μετά την απομόνωση στο σημείο ελέγχου μεταξύ του ηλεκτροδίου και του αγωγού καθόδου (απομονωμένη μέτρηση) [3].

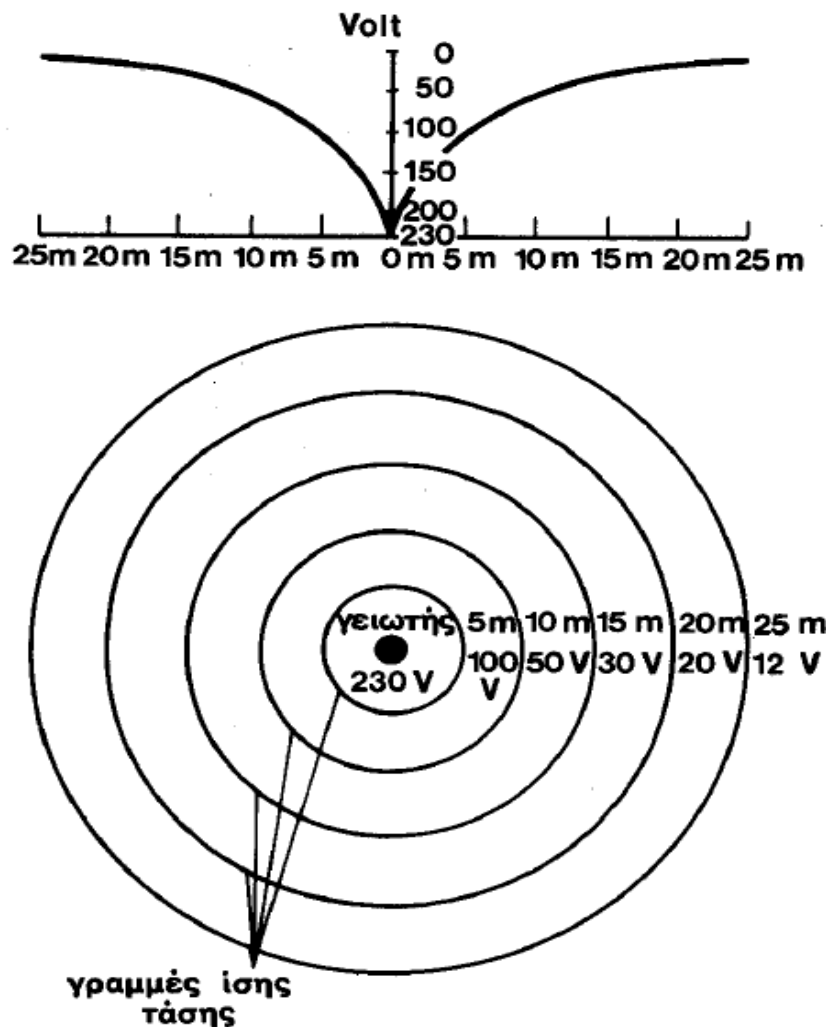
Εάν η αντίσταση γείωσης του συστήματος γείωσης υπερβαίνει τα **10 Ω**, θα πρέπει να διεξάγεται έλεγχος για την επιβεβαίωση ότι το μήκος των ηλεκτροδίων αντιστοιχεί στην ειδική αντίσταση του εδάφους όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 4.4. Σε περίπτωση σημαντικής αύξησης της αντίστασης γείωσης θα πρέπει να ερευνάται ο λόγος της αύξησης [3].

Σε πολλές περιοχές και ιδιαίτερα στις περιοχές στις οποίες επικρατούν μεγάλες εποχιακές μεταβολές στη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση, η μεταβολή της αντίστασης γείωσης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μετρώντας το προφίλ της ειδικής αντίστασης με το βάθος σε διαφορετικές καιρικές περιόδους. Βελτίωση του συστήματος γείωσης θα πρέπει να γίνεται όταν οι μετρούμενες τιμές αντίστασης έχουν μεγαλύτερες τιμές από την

αντίσταση που υπολογίζεται κατά τη σχεδίαση και ειδικά όταν η αντίσταση αυξάνεται σταθερά μεταξύ των επιθεωρήσεων [3].

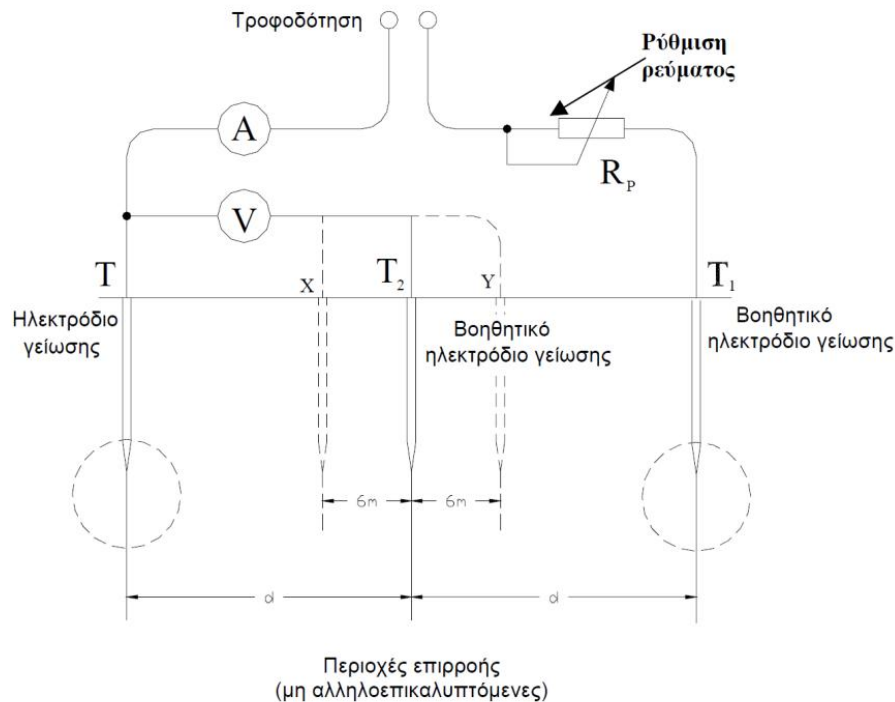
Η αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου, για μία δοσμένη εκφόρτιση ρεύματος είναι ο λόγος, της τάσης V (σε Volts) μεταξύ του σημείου σύνδεσης του ηλεκτροδίου και ενός πιο μακρινού σημείου της γης, και της εκφόρτισης ρεύματος I (σε Amperes), και επομένως έχουμε $R = V/I$.

Αν ένας γειωτής τεθεί υπό τάση U ($=100\%$) ως προς την άπειρη γη, δημιουργείται ένα πεδίο ροής και δυναμικού γύρω από τον γειωτή. Όσο περισσότερο απομακρυνόμαστε από τον γειωτή, τόσο μειώνεται η τάση. Το διάγραμμα τάσης - απόστασης ονομάζεται χοάνη δυναμικού του γειωτή (Σχήμα 6.3) [15].



Σχήμα 6.3 Χοάνη δυναμικού ενός γειωτή [15].

Για την μέτρηση της αντίστασης γείωσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ακόλουθη μέθοδος που δίνεται ως παράδειγμα [17]:



Σχήμα 6.4 Διάταξη με χρήση ηλεκτροδίων για την μέτρηση της αντίστασης γείωσης [17].

Μεταξύ του προς μέτρηση ηλεκτροδίου γείωσης T και ενός βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης T₁ τοποθετημένου σε τέτοια απόσταση από το T, ώστε να μην αλληλεπικαλύπτονται οι περιοχές επιρροής τους (για συνήθης περιπτώσεις είναι περίπου 40 m), διοχετεύεται εναλλασσόμενο ρεύμα σταθερής τιμής I.

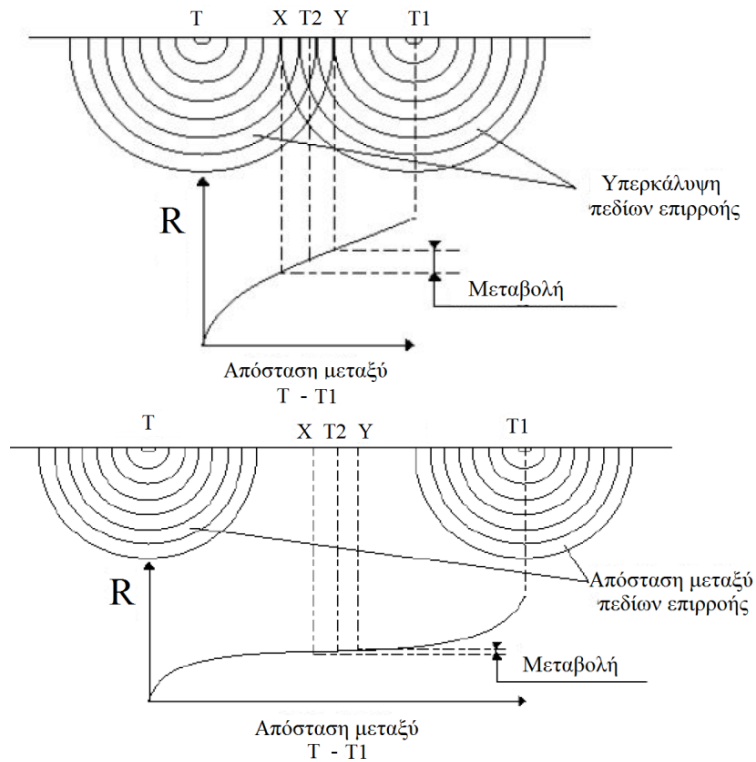
Ένα δεύτερο βοηθητικό ηλεκτρόδιο γείωσης T₂, που μπορεί να είναι ένας μεταλλικός πάσσαλος που εμπηγνύεται στο έδαφος, τοποθετείται στο μέσο του διαστήματος μεταξύ T και T₁ και μετριέται η τάση U μεταξύ T και T₂.

Η αντίσταση γείωσης R_G της T είναι :

$$R_G = U / I \text{ (Εξίσωση 6.2)}$$

υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχει αλληλοεπικάλυψη των περιοχών επιρροής.

Για να εξακριβωθεί ότι οι περιοχές επιρροής δεν αλληλεπικαλύπτονται, πραγματοποιούνται δύο ακόμη μετρήσεις με μετακίνηση του δεύτερου βοηθητικού ηλεκτροδίου γείωσης T₂ κατά περίπου 6m πιο μακριά και κατά περίπου 6m μέτρα πιο κοντά προς τη γείωση T. Αν τα αποτελέσματα αυτών των τριών μετρήσεων ουσιαστικά συμπίπτουν, λαμβάνεται ως αντίσταση της γείωσης T ο μέσος όρος των τριών τιμών. Διαφορετικά επαναλαμβάνονται οι μετρήσεις με αυξημένη την απόσταση μεταξύ T και T₁ (Σχήμα 6.5).



Σχήμα 6.5 Παράδειγμα αλληλεπικαλυπτόμενων και μη πεδίων επιρροής [15].

Για την διεξαγωγή των παραπάνω μετρήσεων συνήθως χρησιμοποιούνται σχεδιασμένες προς τούτο συσκευές οι οποίες εγχύουν ρεύμα με συχνότητα διαφορετική από αυτή του δικτύου και πολλαπλασίων της (αρμονικών) για την αποφυγή παρεμβολών (Εικόνα 6.6).



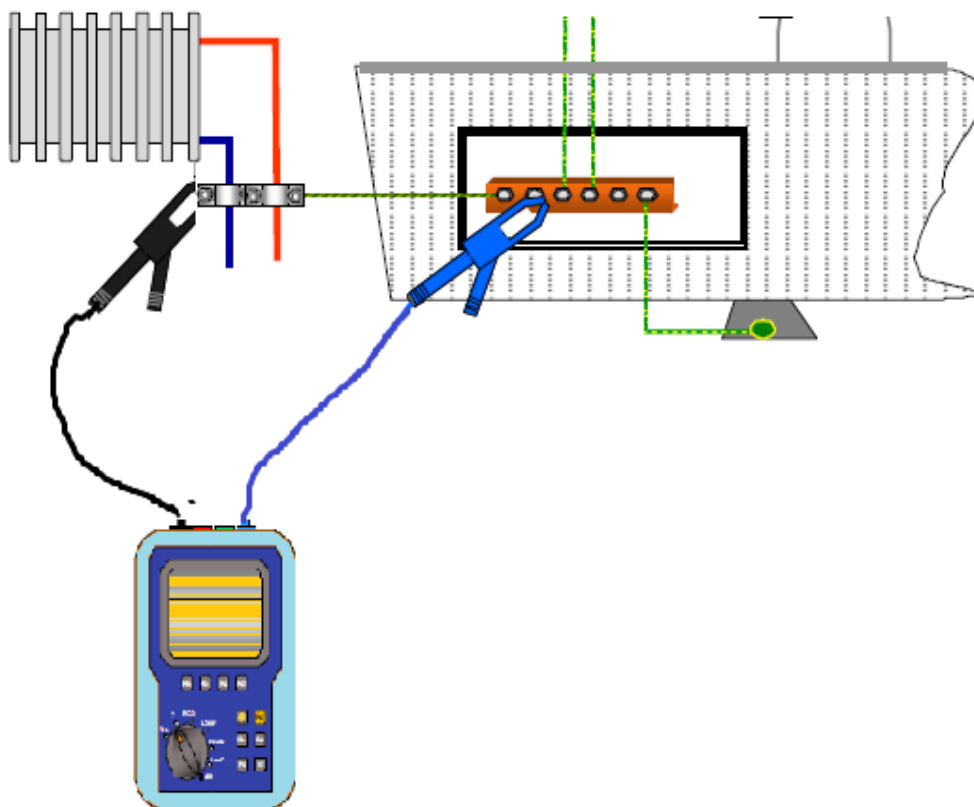
Εικόνα 6.6 Συσκευές μέτρησης της γείωσης του εργαστηρίου υψηλών τάσεων του ΕΜΠ. Απαραίτητη προϋπόθεση για μια σωστή μέτρηση είναι η διακρίβωση του οργάνου από αναγνωρισμένο για τον σκοπό αυτό φορέα (Φωτογραφία που λήφθηκε κατά τη διάρκεια μέτρησης αντίστασης γείωσης)

Αν η μέτρηση εκτελείται με ρεύμα με συχνότητα δικτύου, η εσωτερική σύνθετη αντίσταση του χρησιμοποιούμενου βολτομέτρου πρέπει να είναι τουλάχιστον 200 Ω/V [17].

Η πηγή του ρεύματος που θα χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση πρέπει να είναι απομονωμένη από το δίκτυο διανομής. Για τον σκοπό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί, π.χ., ένας μετασχηματιστής απομόνωσης (π.χ με δύο τυλίγματα) [17].

6.3.3.2 Δοκιμή ηλεκτρικής συνέχειας αγωγών των ισοδυναμικών συνδέσεων

Η συνέχεια των αγωγών πρέπει να εξακριβωθεί με την εκτέλεση δοκιμής με μια πηγή που συνιστάται να έχει εν κενώ τάση μεταξύ 4V και 24V συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος και με ρεύμα τουλάχιστον 0,2 A [17] (Σχήμα 6.6).



Σχήμα 6.6 Παράδειγμα δοκιμής ηλεκτρικής συνέχειας μη ορατών συνδετήριων ισοδυναμικών αγωγών μεταξύ ενός ζυγού και του συστήματος θέρμανσης. Συσκευές για τη δοκιμή διατίθενται στο εμπόριο [18].

6.3.3.3 Προτεινόμενη μέθοδος για την ταχεία επιθεώρηση ΣΑΠ υπό προϋποθέσεις

Παρακάτω παρατίθεται μια προτεινόμενη μεθοδολογία για την ταχεία επιθεώρηση (όχι ακριβή μέτρηση) συστημάτων αντικεραυνικής προστασίας με τη χρήση ενός ψηφιακού ωμόμετρου τύπου τσιμπίδας (Εικόνα 6.7)



Εικόνα 6.7 Ψηφιακό ωμόμετρο τύπου τσιμπίδας του εργαστηρίου υψηλών τάσεων του ΕΜΠ (Φωτογραφία που λήφθηκε κατά τη διάρκεια μέτρησης αντίστασης γείωσης).

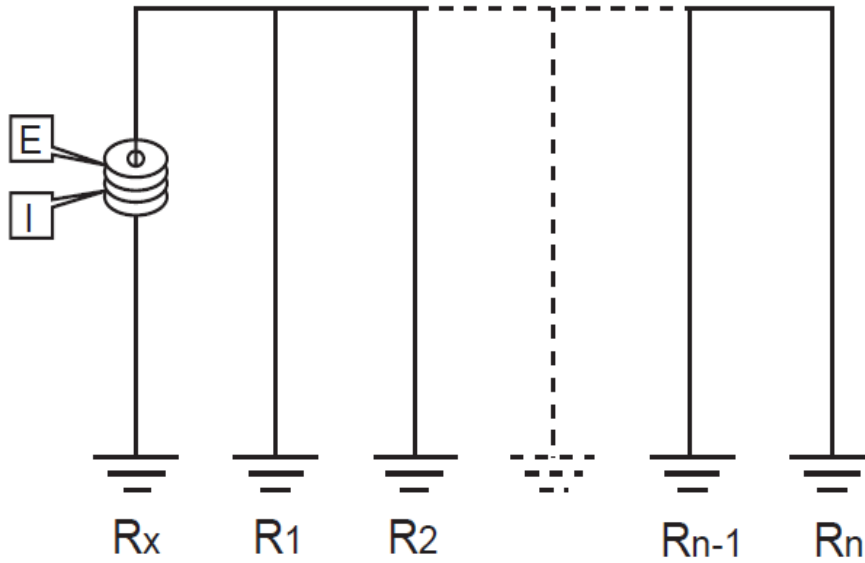
Στην περίπτωση αυτή οι περιορισμοί που τίθενται για την κατασκευή του ΣΑΠ είναι οι παρακάτω:

- Το ΣΑΠ είναι τύπου κλωβού
- Η γείωση είναι τύπου Α με κατακόρυφα ηλεκτρόδια
- Υπάρχουν αρκετοί αγωγοί καθόδου στην εγκατάσταση (π.χ. έξι και πάνω)
- Το αποτέλεσμα περιέχει σφάλμα αντιστρόφως ανάλογο του αριθμού των αγωγών καθόδου
- Το χώμα του εδάφους θεωρείται ομογενές

Παρότι τίθενται οι παραπάνω περιορισμοί, στις στρατιωτικές εγκαταστάσεις είναι σύνηθες να έχουμε συστήματα αντικεραυνικής προστασίας με κλωβούς σε κτίρια με αρκετούς αγωγούς καθόδου που συνδέονται σε μονά ή συνδεδεμένα σε τρίγωνο ηλεκτρόδια γείωσης, διάταξης δηλαδή γείωσης τύπου Α. Έτσι η παρακάτω μεθοδολογία μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμη.

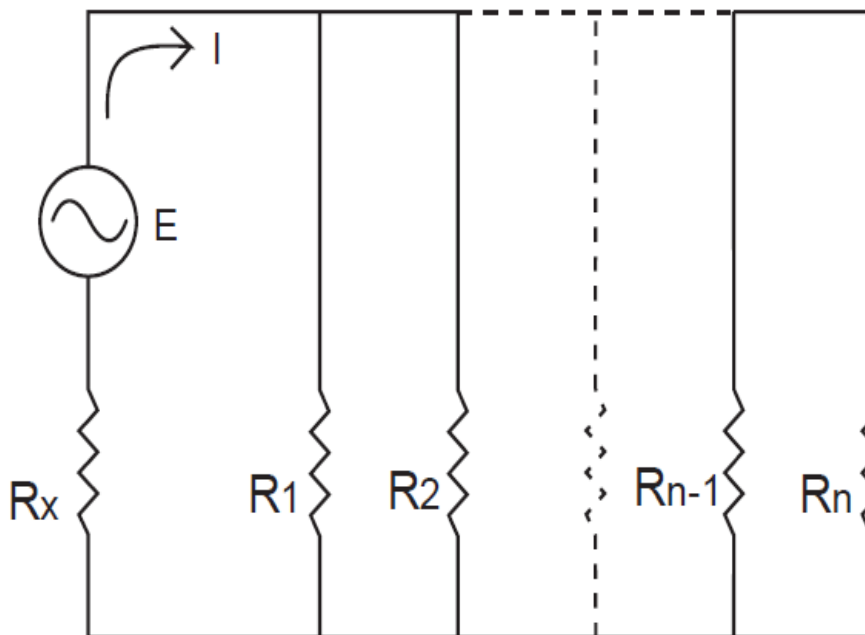
Ένα βασικό πλεονέκτημα της διαδικασίας είναι ότι δεν απαιτείται η απομόνωση του ηλεκτροδίου της γείωσης, ενώ παρέχεται και ένδειξη για την ηλεκτρική συνέχεια του συστήματος του κλωβού.

Η αρχή λειτουργίας ενός τέτοιου ψηφιακού γειωσόμετρου βασίζεται στο ότι μπορεί να υπολογίσει τον λόγο E/I μιας τάσης E , η οποία εφαρμόζεται από τη συσκευή με επαγωγικό τρόπο, σε ένα ηλεκτρόδιο γείωσης R_X και του ρεύματος I που ρέει στον αγωγό αυτόν. Στην περίπτωση αυτή ένα σύστημα κλωβού με αρκετούς αγωγούς καθόδου που συνδέονται σε ηλεκτρόδια ($R_1 \dots R_n$) και μια συσκευή στο ηλεκτρόδιο R_X προσομοιώνεται παρακάτω (Σχήμα 6.7).



Σχήμα 6.7 Σύστημα κλωβού με αρκετά ηλεκτρόδια και η μέτρηση στον πρώτο αγωγό

Στην περίπτωση αυτή εισάγεται σφάλμα στην μέτρηση του R_x , από τον παράλληλο συνδυασμό των υπόλοιπων ηλεκτροδίων, ο οποίος προστίθεται στην τιμή του R_x . Κυκλωματικό ισοδύναμο δίνεται παρακάτω (Σχήμα 6.8).



Σχήμα 6.8 Κυκλωματικό ισοδύναμο του προηγούμενου σχήματος

Η συνολική μετρούμενη αντίσταση δίνεται ως εξής:

$$\frac{E}{I} = R_x + \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}, \text{ (Εξίσωση 6.3),}$$

Υπερτίθεται δηλαδή ως σφάλμα στην μέτρηση ο παράλληλος συνδυασμός των αντιστάσεων γείωσης των υπόλοιπων ηλεκτροδίων, αφού θεωρούμε αμελητέα την ωμική αντίσταση του συστήματος του κλωβού σε μια συνήθη εγκατάσταση. Αν υποθέσουμε ότι το χώμα είναι ομογενές και όλα τα ηλεκτρόδια σε κάθε αγωγό καθόδου είναι ίδια, ίσα σε αριθμό και διαθέτουν παρόμοιες αντιστάσεις γείωσης τότε οδηγούμαστε σε τιμές με σφάλμα όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.2).

Αριθμός Αγωγών Καθόδου	2	4	6	8	10
Υπερτιθέμενο Σφάλμα	100 %	33 %	20 %	14%	11%

Πίνακας 6.2 Υπερτιθέμενο σφάλμα σε μέτρηση της αντίστασης γείωσης.

Έτσι προκειμένου να προβούμε σε σωστή επιθεώρηση θα πρέπει το κτίριο μας να διαθέτει αρκετούς αγωγούς καθόδου, πρακτικά έξι και πάνω.

Με τη χρήση του παραπάνω οργάνου μπορούμε μέσα σε λίγα λεπτά για ένα κτίριο να αποφανθούμε εάν δεν υπάρχει πρόβλημα με την τιμή της αντίστασης γείωσης, αν μετρήσουμε τιμές αντίστασης με το υπερτιθέμενο σφάλμα κοντά στο όριο των 10Ω. Κατ' αυτόν τον τρόπο εξοικονομούμε χρόνο για επιστάμενες μετρήσεις σε άλλα κτίρια. Σε ένα κτίριο με έξι αγωγούς καθόδου ένα υποθέσουμε ότι απαιτείται από ένα έμπειρο συνεργείο δύο ατόμων μιάμιση ώρα για την μέτρηση των αντιστάσεων των ηλεκτροδίων (15 λεπτά/μέτρηση) μπορούμε να μιλάμε για εξοικονόμηση δεκάδων εργατοωρών η οποία κατά περιπτώσεις να υπερκαλύπτει το κόστος αγοράς και διακρίβωσης ενός τέτοιου οργάνου.

Επιπλέον εάν σε κάποιο αγωγό καθόδου οδηγηθούμε σε πολύ μεγάλες τιμές, αυτό θα είναι δείγμα ηλεκτρικής ασυνέχειας του κλωβού, κάτι που χρήζει περαιτέρω επιθεώρησης, εάν η αντίσταση γείωσης του συνδεδεμένου ηλεκτροδίου γείωσης με την επισταμένη μέτρηση δεν παρουσιάζει πρόβλημα.

Η παραπάνω μέθοδος εφαρμόζεται κατά περιπτώσεις και λαμβάνει υπόψη της προϋποθέσεις και παραμέτρους που την καθιστούν οικονομική και τεχνικά αξιοποιήσιμη μόνο όταν εφαρμόζεται από εξειδικευμένο προσωπικό με γνώσεις επί των γειώσεων. Σε διαφορετική περίπτωση είναι δυνατό να οδηγήσει σε σημαντικά σφάλματα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 6.8). Στην περίπτωση αυτή μετράται η τιμή σε ένα κτίριο με θεμελιακή γείωση και σύστημα κλωβού. Η ένδειξη αν και μικρή αφορά σε βρόχο που σχηματίζει ο αγωγός καθόδου με τη θεμελιακή γείωση και όχι στην θεμελιακή γείωση του κτιρίου.



Εικόνα 6.8 Μέτρηση με το ψηφιακό γεισόμετρο τύπου τσιμπίδας σε αγωγό καθόδου που συνδέεται σε θεμελιακή γείωση αν και δείχνει μια μικρή τιμή δεν αποφαίνεται για την τιμή της γείωσης (Φωτογραφία που λήφθηκε κατά τη διάρκεια μέτρησης αντίστασης γείωσης).

6.4 Συντήρηση συστήματος αντικεραυνικής προστασίας

Βάση για την ορθή συντήρηση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας μιας εγκατάστασης είναι η σωστή επιθεώρηση όπως περιγράφηκε παραπάνω. Για την αποτελεσματική προστασία των συστημάτων δια μέσου της συντήρησης το πρόγραμμα συντήρησης θα πρέπει συντονίζεται με αυτό της επιθεώρησης, προκειμένου τα μηχανικά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας να διατηρούνται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του [3].

Το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας θα πρέπει να συντηρείται κατά τρόπο τέτοιο ώστε να εξασφαλίζεται ο αρχικός σχεδιασμός. Τα εξαρτήματα ενός ΣΑΠ τείνουν να χάνουν την αποτελεσματικότητά τους με την πάροδο των ετών λόγω της διάβρωσης, της καταπόνησης από τις καιρικές συνθήκες και από κεραυνοπληξίες [3].

Ενδεχομένως να είναι αναγκαίο να τροποποιηθεί το ΣΑΠ εάν τροποποιήσεις διεξάγονται στο κτίριο ή στον εξοπλισμό που περιέχει ή εάν αλλάξει ο σκοπός χρήσης του κτιρίου. Σε τέτοιες περιπτώσεις και όποτε η επιθεώρηση καταδείξει ότι απαιτούνται επισκευές τότε θα πρέπει αυτές να εκτελούνται άμεσα και να μην αναβάλλονται για τον επόμενο κύκλο συντήρησης [3].

6.4.1 Διαδικασία συντήρησης

Προγράμματα περιοδικής συντήρησης των ΣΑΠ θα πρέπει να καθορίζονται με συχνότητα η οποία εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Καιρική και περιβαλλοντική διάβρωση
- Έκθεση σε κεραυνοπληξίες
- Επίπεδο προστασίας που επιβάλλεται στο κτίριο.

Ένα πρόγραμμα συντήρησης θα πρέπει να περιλαμβάνει πρόβλεψη για τα ακόλουθα:

- Αποκατάσταση βεβλαμμένων εξαρτημάτων και αγωγών του ΣΑΠ
- Αποκατάσταση της ηλεκτρικής συνέχειας των αγωγών της εγκατάστασης της αντικεραυνικής προστασίας
- Αποκατάσταση της αντίστασης γείωσης
- Αποκατάσταση των βεβλαμμένων SPD
- Σύσφιξη μεταξύ εξαρτημάτων και αγωγών
- Αποκατάσταση της αποτελεσματικότητας όπου έχει επέλθει τροποποίηση στο κτίριο ή τα εσωτερικά συστήματα .

Πλήρης καταγραφή των διαδικασιών συντήρησης θα πρέπει να τηρείται. Στο μητρώο ενός ΣΑΠ θα πρέπει να καταγράφονται όλα τα διορθωτικά μέτρα που ελήφθησαν και απαιτούνται επιπλέον. Με αυτόν τον τρόπο αξιολογείται το σύστημα της αντικεραυνικής προστασίας και παρέχεται μια βάση για επανέλεγχο και επαναπρογραμματισμό της συντήρησης ανάλογα με τις ανάγκες [3].

Επιπλέον θα πρέπει να εξετάζεται η ισχύουσα τεχνική βιβλιογραφία και να αναβαθμίζεται όπου αυτό είναι απαραίτητο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7 ΜΕΛΕΤΕΣ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΣΕ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

7.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται εφαρμογή σχεδίασης αντικεραυνικής προστασίας σε στρατιωτικά κτίρια. Αρχικά πραγματοποιείται εκτίμηση κινδύνου, από όπου και προκύπτουν τα διάφορα πιθανά μέτρα προστασίας των κτιρίων. Για την εκτίμηση κινδύνου θεωρούνται καταστάσεις και παράμετροι των κατασκευών που προσομοιάζουν με την πραγματικότητα σε ότι αφορά την θέση (γεωγραφική και στο χώρο), την κατασκευή (τα κτίρια λαμβάνονται από πρότυπα σχέδια στρατιωτικών εγκαταστάσεων) [16] με ακριβή διαστασιολόγηση, τη χρήση και την παρουσία ανθρώπων. Επίσης λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες της στρατιωτικής αποστολής.

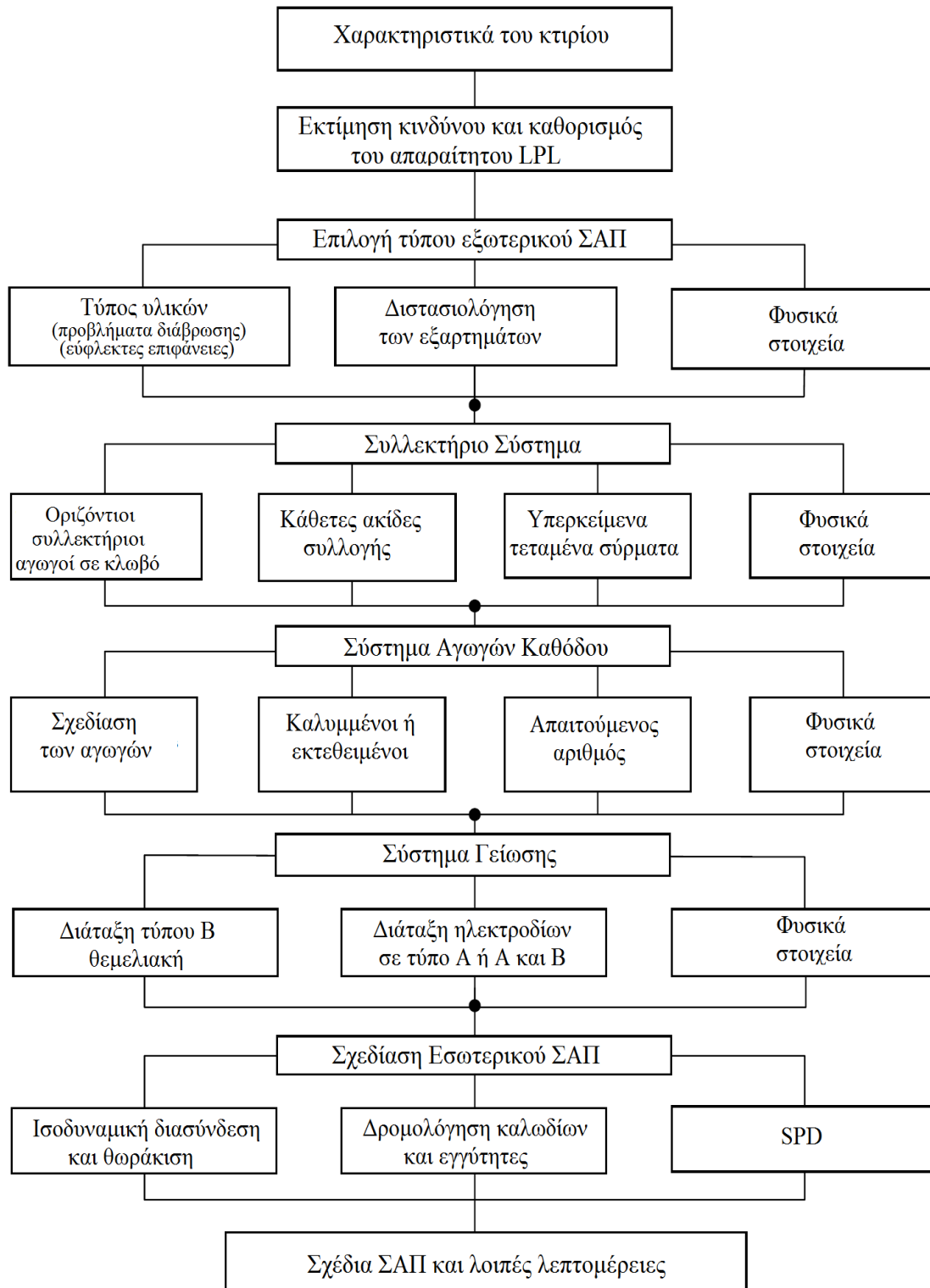
Στη συνέχεια εφαρμόζεται κατόπιν οικονομοτεχνικής θεώρησης αντικεραυνική προστασία, που αφορά μέτρα τόσο της εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας (σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στο κεφ.4), όσο και της εσωτερικής (σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στο κεφ.5). Στην μελέτη γίνεται υπολογισμός των απαιτούμενων υλικών για την πραγματοποίηση της και δίνονται πρακτικές οδηγίες προς αυτήν την κατεύθυνση.

7.2 Σχεδίαση της αντικεραυνικής προστασίας μιας εγκατάστασης

Ένα σύστημα αντικεραυνικής προστασίας πρέπει να σχεδιάζεται από έμπειρο προσωπικό σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Για ήδη υπάρχοντα κτίρια θα πρέπει να γίνεται τεχνοοικονομικός έλεγχος των προτεινομένων λύσεων που προτείνονται από την εκτίμηση κινδύνου [3].

Για νεοαναγειρόμενα κτίρια επιβάλλεται η συνεργασία του σχεδιαστή του ΣΑΠ με μια σειρά συντελεστών του έργου για την πλέον αποτελεσματική και οικονομική λύση. Τέτοιοι συντελεστές είναι ο αρχιτέκτονας, ο κατασκευαστής, ο σχεδιαστής της πυρασφάλειας και οι φορείς παροχής των υπηρεσιών.

Στην περίπτωση ήδη κατασκευασμένων στρατιωτικών εγκαταστάσεων ακολουθούμε για τη σχεδίαση της αντικεραυνικής προστασίας τα βήματα και σημεία του παρακάτω σχήματος (Σχήμα 7.1) :



Σχήμα 7.1 Βήματα για την σχεδίαση της αντικεραυνικής προστασίας σε ένα κτίριο [3].

7.3 Μελέτη Αντικεραυνικής Προστασίας σε Κτίριο Φυλακίου

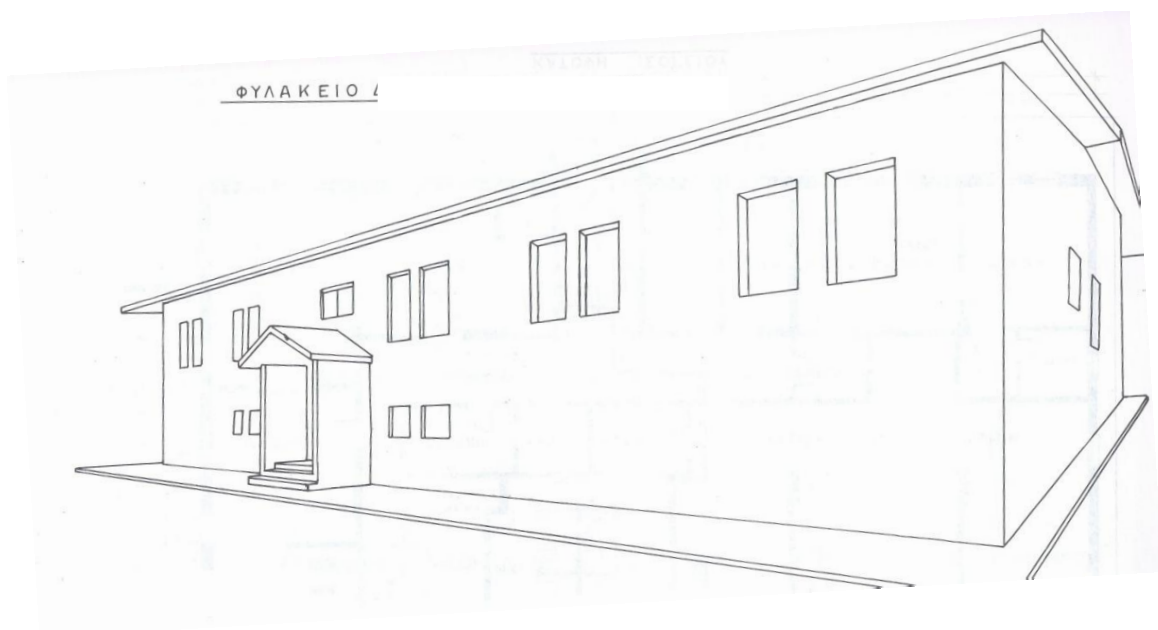
7.3.1 Στρατιωτικό Φυλάκιο Διμοιρίας Προκάλυψης

Πρόκειται για κατασκευή που χαρακτηρίζεται από μεγάλο βαθμό έκθεσης σε κεραυνοπληξία (στην κορυφή λόφων και σε απομονωμένες περιοχές) και παρουσία

προσωπικού καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Περιέχει βασικό ηλεκτρικό εξοπλισμό και ενδεχομένως να περιέχει ευαίσθητο ηλεκτρονικό υλικό παρατήρησης ανάλογα με την τοποθεσία του.

Παρακάτω γίνεται παρουσίαση των βασικών αρχιτεκτονικών σχεδίων ενός τυπικού φυλακίου διμοιρίας προκαλύψεως [12].

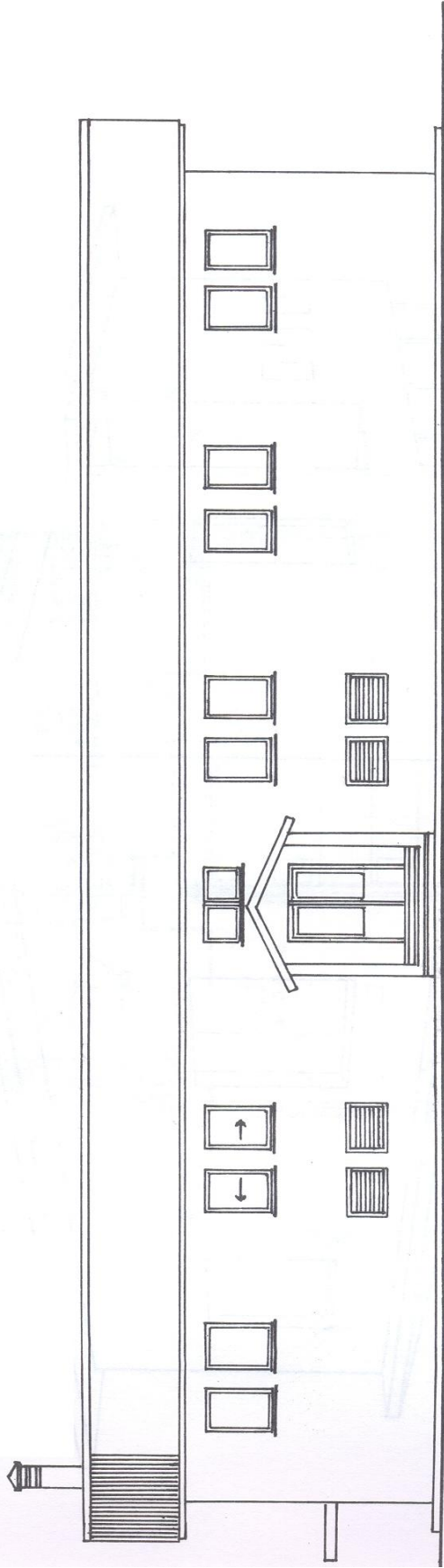
Τα αρχιτεκτονικά σχέδια είναι ενδεικτικά, αλλά ακριβή και εφαρμόζονται σε αρκετές περιπτώσεις.



Σχήμα 7.2 Προοπτικό σχέδιο του κτιρίου του φυλακίου [12].

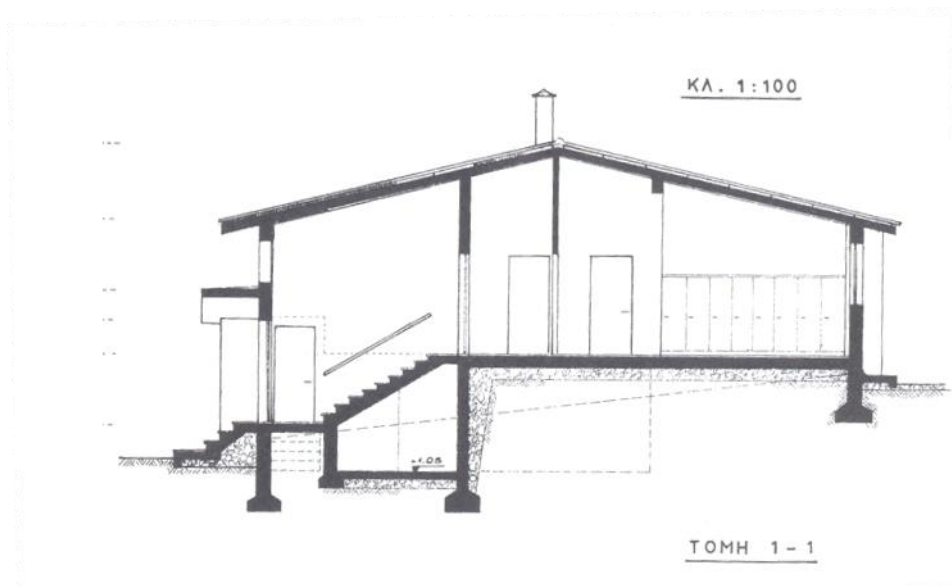
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ
ΠΡΟΤΥΠΟ ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΩΝ
ΣΕ ΔΟΥΛΕΙΑ

ΦΥΛΑΚΕΙΟ



ΟΨΗ Α

Σχήμα 7.3 Πρόοψη του κτιρίου του φυλακίου [12].



Σχήμα 7.4 Τομή πλάγιας όψης του κτιρίου του φυλακίου [12].

7.3.2 Εκτίμηση Κινδύνου

7.3.2.1 Χαρακτηριστικά του κτιρίου

Θεωρούμε το φυλάκιο στην περιοχή της Θράκης και από τον πίνακα 2.4, έχουμε $T_d = 35$ ημέρες καταιγίδας. Σχηματίζουμε στη συνέχεια τον παρακάτω πίνακα με τα βασικά χαρακτηριστικά του κτιρίου. Αρχικά θεωρούμε το κτίριο απροστάτευτο σε ότι αφορά την κεραυνική προστασία και χωρίς παρακείμενα κτίρια παρόντα.

Παράμετρος	Σχόλιο	Σύμβολο	Τιμή	Μονάδα	Αναφορά
Μήκος κυρίου κτιρίου		L_b	28,20	m	Σχέδιο
Πλάτος κυρίου κτιρίου		W_b	14,00	m	Σχέδιο
Ύψος κυρίου κτιρίου		H_b	6,25	m	Σχέδιο
Προεξοχή I	Καμινάδα	L	1,00	m	Σχέδιο
		W	0,30	m	Σχέδιο
Προεξοχή II	Κεραία TV	L	2,00	m	Υπόθεση
Συντελεστής Τοποθεσίας	Απομονωμένο σε κορυφή λόφου	$C_{d/b}$	2		Πίν.3.7
Ύπαρξη ΣΑΠ	Όχι	P_B	1		Πίν.3.12
Θωράκιση στα όρια του κτιρίου	Όχι	K_{S1}	1		Εξ.3.30
Θωράκιση εσωτερικά του κτιρίου	Όχι	K_{S2}	1		Εξ.3.30
Συνολική Παρουσία Ατόμων στο Κτίριο	Εσωτερικά και εξωτερικά	n_t	40		Υπόθεση
Κεραυνική Πυκνότητα	Θράκη	$Ng= 0,1 T_d$	3,5	1/km ² /έτος	Πιν.2.4
Ειδική Αντίσταση Εδάφους	-	ρ	500	$\Omega.m$	Παρ.3.6.1.5

Πίνακας 7.1 Βασικά χαρακτηριστικά του κτιρίου.

Στο κτίριο θεωρούμε ότι εισέρχονται δύο γραμμές υπηρεσιών. Η γραμμή XT και η τηλεπικοινωνιακή για τις οποίες έχουμε:

Παράμετρος	Σχόλιο	Σύμβολο	Τιμή	Μονάδα	Αναφορά
Γραμμή XT και εσωτερικά συστήματα					
Μήκος γραμμής		L_c	1000	m	Παρ.3.6.1.5
Ύψος γραμμής	Εναέρια	H_c	6	m	Υπόθεση
Ύπαρξη Μ/Σ	Όχι	C_t	1	-	Πιν.3.8
Συντελεστής Τοποθεσίας Γραμμής	Απομονωμένο	C_d	1	-	Πιν.3.7
Συντελεστής Περιβάλλοντος Γραμμής	Αγροτικό	C_e	1	-	Πιν.3.9
Προφύλαξη Εσωτερικής Καλωδίωσης	Όχι	K_{S3}	1	-	Πιν.3.15
Αντίσταση Μόνωσης Εσωτερικών Συστημάτων	$U_w = 2,5 \text{ kV}$	K_{S4}	0,6	-	Εξ.3.31
Προστασία με SPD	Όχι	P_{SPD}	1		Πιν.3.13

Πίνακας 7.2 Βασικά χαρακτηριστικά της γραμμής XT.

Παράμετρος	Σχόλιο	Σύμβολο	Τιμή	Μονάδα	Αναφορά
Γραμμή Τηλεπικοινωνίας και εσωτερικά συστήματα					
Μήκος		L_c	1000	m	Παρ.3.6.1.5
Ύψος	Εναέρια	H_c	5	m	Υπόθεση
Συντελεστής τοποθεσίας γραμμής	Απομονωμένο	C_d	1	-	Πιν.3.7
Συντελεστής περιβάλλοντος γραμμής	Αγροτικός	C_e	1	-	Πιν.3.9
Θωράκιση Γραμμής	Όχι	P_{LD}	1	-	Πιν.3.16
Πρόβλεψη λόγω βρόχων εσωτερικής καλωδίωσης	Όχι	K_{S3}	1	-	Πιν.3.15
Αντίσταση μόνωσης των εσωτερικών συστημάτων	$U_w = 1,5 \text{ kV}$	K_{S4}	1	-	Εξ.3.31
Προστασία με SPD	Όχι	P_{SPD}	1	-	Πιν.3.13

Πίνακας 7.3 Βασικά χαρακτηριστικά της τηλεπικοινωνιακής γραμμής.

7.3.2.2 Διαχωρισμός σε ζώνες προστασίας

Λαμβάνοντας υπόψη ότι τον τύπο της επιφάνειας, τον ηλεκτρικό εξοπλισμό του κτιρίου, την μη ύπαρξη χωρικής δικτυωτής θωράκισης και την συμπεριφορά σε φωτιά, μπορούμε να διαχωρίσουμε το κτίριο σε δύο ζώνες :

- Την Z_1 εξωτερικά του κτιρίου
- Την Z_2 εσωτερικά του κτιρίου

Στην ουσία ενδιαφερόμαστε για την προστασία της ζώνης 2.

Για κάθε ζώνη έχουμε:

Παράμετρος	Σχόλιο	Σύμβολο	Τιμή	Αναφορά
Τύπος Πατώματος	Χώμα	r_u	10^{-2}	Πίν.3.19
Κίνδυνος Φωτιάς	Όχι	r_f	0	Πίν.3.21
Ειδικός κίνδυνος	Όχι	h_z	1	Πίν.3.22
Πυροπροστασία	Όχι	r_p	1	Πίν.3.20
Θωράκιση	Όχι	K_{S2}	0	Εξ.3.30
Άτομα πιθανώς σε κίνδυνό στην ζώνη	Πιθανή παρουσία	n_p	6	-
Απώλεια από βηματικές και τάσεις επαφής	Παρουσία όλη την ημέρα	L_t	10^{-2}	Πίν.3.18
Απώλεια από φυσική καταστροφή	Όχι	L_f	0	Πίν.3.18

Πίνακας 7.4 Βασικά χαρακτηριστικά ζώνης Z₁.

Παράμετρος	Σχόλιο	Σύμβολο	Τιμή	Αναφορά
Τύπος Πατώματος	Μάρμαρο	r_u	10^{-3}	Πίν.3.19
Κίνδυνος Φωτιάς	Κοινός	r_f	10^{-2}	Πίν.3.21
Ειδικός κίνδυνος	Χαμηλός	h_z	2	Πίν.3.22
Πυροπροστασία	Όχι	r_p	1	Πίν.3.20
Θωράκιση	Όχι	K_{S2}	1	Εξ.3.30
Εσωτερικά ηλεκτρικά συστήματα	Ναί	Σύνδεση με γραμμή ΧΤ	-	-
Εσωτερικό σύστημα τηλεπικοινωνίας	Ναι	Σύνδεση με γραμμή τηλεφωνίας	-	-
Άτομα πιθανώς σε κίνδυνό στην ζώνη	Πιθανή παρουσία	n_p	34	-
Απώλεια από βηματικές και τάσεις επαφής	Εντός κτιρίου	L_t	10^{-4}	Πίν.3.18
Απώλεια από φυσική καταστροφή	Δημόσια κτιρια	L_f	10^{-1}	Πίν.3.18

Πίνακας 7.5 Βασικά χαρακτηριστικά ζώνης Z₂.

7.3.2.3 Υπολογισμοί Παραμέτρων

Στην συνέχεια υπολογίζουμε τις επιφάνειες συλλογής της περίπτωσης του φυλακίου και τα ενδεχόμενα επικίνδυνα γεγονότα.

Συμβολισμός Επιφάνειας	Εξίσωση /Πίνακας	Εξίσωση	Τιμή m ²
A_d	Εξ.3.22	$A_d = [L_b \times W_b + 6 H_b \times (L_b + W_b) + \pi \times (3 H_b)^2]$	3081
A_m	Σχ.3.7	$A_m = [L_b \times W_b + 500 \times (L_b + W_b) + \pi \times 250^2]$	217745
A_{da}	Εξ.3.22	$A_{da} = [L_a \times W_a + 6 H_a \times (L_a + W_a) + \pi \times (3 H_a)^2]$	0
$A_{I(P)}$	Πίν.3.10	$A_{I(P)} = 6 H_c \times [L_C - 3 (H_a + H_b)]$	35325
$A_{i(P)}$	Πίν.3.10	$A_{i(P)} = 1000 \times L_C$	1000000
$A_{I(T)}$	Πίν.3.10	$A_{I(T)} = \sqrt{\rho} \times [L_C - 3(H_a + H_b)]$	29438
$A_{i(T)}$	Πίν.3.10	$A_{i(T)} = 25 \times \sqrt{\rho} \times L_C$	1000000

Πίνακας 7.6 Επιφάνειες συλλογής.

Συμβολισμός αριθμού γεγονότων	Εξίσωση αναφοράς	Περιγραφή	Εξίσωση	Τιμή (1/έτος)
N_D	Εξ.3.21	Πλήγμα στο κτίριο	$N_D = N_g \times A_{d/b} \times C_{d/b} \times 10^{-6}$	$2,16 \times 10^{-2}$
N_{Da}	Εξ.3.24	Πλήγμα σε παρακείμενο συνδεδεμένο κτίριο	$N_{Da} = N_g \times A_{d/a} \times C_{d/a} \times C_t \times 10^{-6}$	0
N_M	Εξ.3.25	Πλήγμα κοντά στο κτίριο	$N_M = N_g \times (A_m - A_{d/b} \times C_{d/b}) \times 10^{-6}$	$7,41 \times 10^{-1}$
$N_{L(P)}$	Εξ.3.26	Πλήγμα στη Γραμμή	$N_{L(P)} = N_g \times A_{i(P)} \times C_{d(P)} \times C_{i(P)} \times 10^{-6}$	$1,24 \times 10^{-1}$
$N_{i(P)}$	Εξ.3.27	Πλήγμα κοντά στη Γραμμή	$N_{i(P)} = N_g \times A_{i(P)} \times C_{i(P)} \times C_{e(P)} \times 10^{-6}$	3,5
$N_{L(T)}$	Εξ.3.26	Πλήγμα στη Γραμμή	$N_{L(T)} = N_g \times A_{i(T)} \times C_{d(T)} \times C_{i(T)} \times 10^{-6}$	$1,03 \times 10^{-1}$
$N_{i(T)}$	Εξ.3.27	Πλήγμα κοντά στη Γραμμή	$N_{i(T)} = N_g \times A_{i(T)} \times C_{i(T)} \times C_{e(T)} \times 10^{-6}$	3,5

Πίνακας 7.7 Επικίνδυνα γεγονότα κατ'έτος.

7.3.2.4 Αναγνώριση Συνιστώσων κινδύνου

Υπολογίζουμε τον κίνδυνο έναντι απώλειας της ανθρώπινης ζωής. Από την εξίσωση 3.1 διαπιστώνουμε ότι στην περίπτωση του φυλακίου ο κίνδυνος R_1 αναλύεται στις παρακάτω συνιστώσες: $R_1 = R_A + R_B + R_U + R_V$ (Εξίσωση 7.1)

Οι υπόλοιπες συνιστώσες δεν αποτελούν κίνδυνο για την ανθρώπινη ζωή του προσωπικού στον χώρο του φυλακίου. Εδώ θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι οι συνιστώσες R_U και R_V χαρακτηρίζουν και την εισερχόμενη γραμμή ΧΤ και την τηλεφωνική. Έτσι η 7.1 παίρνει την τελική της μορφή

$$R_1 = R_A + R_B + R_{U(P)} + R_{U(T)} + R_{V(P)} + R_{V(T)} \text{ (Εξίσωση 7.2),}$$

Όπου οι δείκτες P και T αναφέρονται αντίστοιχα στις δύο αυτές περιπτώσεις (Power, Telecom).

Κατόπιν υπολογίζουμε τις συνιστώσες και λαμβάνουμε τα αποτελέσματα όπως παρακάτω:

Συνιστώσα κινδύνου	Περιγραφή	Τύπος	Τιμή ($\times 10^{-5}$)
R_A	στο κτίριο με συνέπεια την ηλεκτροπληξία	$R_A = N_D \times P_A \times r_a \times L_t$	0,216
R_B	στο κτίριο με συνέπεια φυσική καταστροφή	$R_B = N_D \times P_B \times h_z \times r_p \times r_f \times L_f$	4,314
$R_{U(P)}$	στη Γραμμή με συνέπεια ηλεκτροπληξία	$R_{U(P)} = (N_L + N_{Da}) \times P_U \times r_u \times L_t$	1,236
$R_{V(P)}$	στη Γραμμή με συνέπεια φυσική καταστροφή	$R_{V(P)} = (N_L + N_{Da}) \times P_V \times h_z \times r_p \times r_f \times L_f$	24,728
$R_{U(T)}$	στη Γραμμή με συνέπεια ηλεκτροπληξία	$R_{U(T)} = (N_L + N_{Da}) \times P_U \times r_u \times L_t$	1,030
$R_{V(T)}$	στη Γραμμή με συνέπεια φυσική καταστροφή	$R_{V(T)} = (N_L + N_{Da}) \times P_V \times h_z \times r_p \times r_f \times L_f$	20,606
Σύνολο R_1			52,130

Πίνακας 6.8 Συνιστώσες Κινδύνου και συνολικός κίνδυνος ανά κατηγορία.

Έχουμε τελικά $R_I = 52,130 \times 10^{-5} \geq R_T = 10^{-5}$, δηλαδή δεν παρέχεται προστασία έναντι της ανθρώπινης ζωής, κάτι το οποίο και ήταν αναμενόμενο καθώς κανένα μέτρο προστασίας δεν έχει ληφθεί.

Για την ποιοτική ανίχνευση του κινδύνου την λήψη μέτρων προστασίας σύμφωνα με τον πίνακα 3.29 κατασκευάζουμε τον παρακάτω πίνακα από όπου και λαμβάνουμε πληροφορίες για την προέλευσή του κινδύνου και τον τύπο του.

Συνιστώσα κινδύνου με βάση την πηγή της βλάβης	Περιγραφή	Τύπος	Τιμή ($\times 10^{-5}$)
R_D	πλήγμα στο κτίριο	$R_D = R_A + R_B + R_C$	4,529
R_I	πλήγμα κοντά στο κτίριο/στην υπηρεσία/ κοντά υπηρεσία	$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$	47,600
Σύνολο R_I			52,130
Συνιστώσα κινδύνου με βάση τον τύπο της βλάβης	Περιγραφή		Τιμή ($\times 10^{-5}$)
R_S	Λόγω τραυματισμού ατόμων	$R_S = R_A + R_U$	2,482
R_F	Λόγω φυσικής καταστροφής	$R_F = R_B + R_V$	49,647
R_O	Λόγω καταστροφής των εσωτερικών συστημάτων	$R_O = R_C + R_M + R_W + R_Z$	0,000
Σύνολο R_I			52,130

Πίνακας 6.9 Συνιστώσες Κινδύνου και συνολικός κίνδυνος ανά κατηγορία.

Διαπιστώνουμε ότι ο κίνδυνος αφορά κυρίως την κεραυνοπληξία των γραμμών μεταφοράς με εισερχόμενη στο κτίριο υπέρταση η οποία θα σημάνει και απώλεια λόγω φυσικής καταστροφής.

7.3.2.5 Αντιμετώπιση Κινδύνου – Λύσεις προστασίας

Με τοποθέτηση προειδοποιητικών πινακίδων κινδύνου στους αγωγούς καθόδου και πυροσβεστήρες στο κτίριο του φυλακίου, μέτρα τα οποία με βεβαιότητα θα παρθούν παρατηρούμε ότι ο κίνδυνος:

Συνιστώσα κινδύνου	Περιγραφή	Τιμή ($\times 10^{-5}$)
R_A	στο κτίριο με συνέπεια την ηλεκτροπληξία	0,022
R_B	στο κτίριο με συνέπεια φυσική καταστροφή	2,157
$R_{U(P)}$	στη Γραμμή με συνέπεια ηλεκτροπληξία	0,124
$R_{V(P)}$	στη Γραμμή με συνέπεια φυσική καταστροφή	12,364
$R_{U(P)}$	στη Γραμμή με συνέπεια ηλεκτροπληξία	0,103
$R_{V(P)}$	στη Γραμμή με συνέπεια φυσική καταστροφή	10,303
Σύνολο R_I		25,072

Πίνακας 7.10 Συνιστώσες Κινδύνου και συνολικός κίνδυνος ανά κατηγορία μετά την λήψη μέτρων.

Ο κίνδυνος μειώνεται στο μισό σχεδόν καθώς επηρεάζονται οι παράγοντες R_A (προειδοποιητικές πινακίδες) και r_p (πυροπροστασία), πλὴν ὅμως ἀπέχουμε ἀπὸ τὴν προστασία τῆς ἀνθρώπινης ζωῆς.

Στὴν συνέχεια γιὰ τὸν περιορισμὸ τῆς R_B θὰ τοποθετήσουμε ΣΑΠ ἐνῶ γιὰ τὸν περιορισμὸ τῆς R_V ἡ ὁποία καὶ ἀποτελεῖ τὴν κύρια πηγὴ κινδύνου θὰ τοποθετήσουμε προστασία με SPD.

Με τοποθέτηση ΣΑΠ κλάσης II καὶ SPD κλάσης IV, ἔχουμε:

Συνιστώσα κινδύνου	Περιγραφή	Τιμὴ ($\times 10^{-5}$)
R_A	στο κτίριο με συνέπεια τὴν ηλεκτροπληξία	0,022
R_B	στο κτίριο με συνέπεια φυσικὴ καταστροφή	0,108
$R_{U(P)}$	στὴ Γραμμὴ με συνέπεια ηλεκτροπληξία	0,004
$R_{V(P)}$	στὴ Γραμμὴ με συνέπεια φυσικὴ καταστροφή	0,371
$R_{U(P)}$	στὴ Γραμμὴ με συνέπεια ηλεκτροπληξία	0,003
$R_{V(P)}$	στὴ Γραμμὴ με συνέπεια φυσικὴ καταστροφή	0,309
Σύνολο R_1		0,816

Πίνακας 7.11 Συνιστώσες Κινδύνου καὶ συνολικὸς κίνδυνος ἀνά κατηγορία μετὰ τὴν λήψη μέτρων ΣΑΠ II καὶ SPD IV.

Με τοποθέτηση ΣΑΠ κλάσης III καὶ SPD κλάσης IV, ἔχουμε:

Συνιστώσα κινδύνου	Περιγραφή	Τιμὴ ($\times 10^{-5}$)
R_A	στο κτίριο με συνέπεια τὴν ηλεκτροπληξία	0,022
R_B	στο κτίριο με συνέπεια φυσικὴ καταστροφή	0,216
$R_{U(P)}$	στὴ Γραμμὴ με συνέπεια ηλεκτροπληξία	0,004
$R_{V(P)}$	στὴ Γραμμὴ με συνέπεια φυσικὴ καταστροφή	0,371
$R_{U(P)}$	στὴ Γραμμὴ με συνέπεια ηλεκτροπληξία	0,003
$R_{V(P)}$	στὴ Γραμμὴ με συνέπεια φυσικὴ καταστροφή	0,309
Σύνολο R_1		0,924

Πίνακας 7.12 Συνιστώσες Κινδύνου καὶ συνολικὸς κίνδυνος ἀνά κατηγορία μετὰ τὴν λήψη μέτρων ΣΑΠ III καὶ SPD IV.

Καὶ στὶς δύο περιπτώσεις ὁ κίνδυνος πέφτει κάτω ἀπὸ τὴν τιμὴ τοῦ ανεκτοῦ κινδύνου ($R_T = 10^{-5}$) καὶ γιὰ τὸν λόγο αὐτὸ καὶ οἱ δύο λύσεις θεωροῦνται δεκτές. Γιὰ

οικονομοτεχνικούς λόγους επιλέγουμε τη δεύτερη. Τελικώς σε ότι αφορά την αντικεραυνική προστασία του κτιρίου του φυλακίου, καταλήγουμε στα παρακάτω μέτρα.

Αντικεραυνική προστασία κτιρίου φυλακίου διμοιρίας:

- Προειδοποιητικές πινακίδες κινδύνου στους αγωγούς καθόδου
- Πυροπροστασία με πυροσβεστήρες σε όλους τους χώρους
- Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας κλάσης III (**ΣΑΠ III**) στο κέλυφος του κτιρίου
- Σύστημα Προστασίας εισερχόμενων υπερτάσεων με SPD κλάσης IV (**SPD IV**)

7.3.3 Σχεδίαση του εξωτερικού ΣΑΠ

- Εύφλεκτες επιφάνειες : Όχι
- Διάβρωση λόγω ατμόσφαιρας : Συνήθης
- Διάβρωση λόγω εδάφους: Αυξημένη
- Καιρικές συνθήκες: Χιονόπτωση κατά τους χειμερινούς μήνες. Χωρίς ακραίας εντάσης ανέμους. Συχνοί παγετοί.

7.3.3.1 Συλλεκτήριο σύστημα

➤ Κατασκευή κλωβού κλάσης III με τυπικές διαστάσεις: 15×15 m. Θα κατασκευαστεί στην περίπτωση του φυλακίου:

- άνοιγμα κλωβού 14 ×7 m λόγω κατασκευής της σκεπής,
- συμπαγείς αγωγοί από γαλβανισμένο χάλυβα (St/tZn) διατομής 50 mm² (8 mm διαμέτρου),
- τοποθετημένοι στις ακμές της οροφής
- στερέωση κάθε 1 m με στηρίγματα St/tZn για κεραμοσκεπή με πλαστικό παρέμβυσμα και
- ένα συστολικό/διαστολικό τεσσάρων σημείων
- 6 σφικτήρες «T» St/tZn .
- 2 σφικτήρες διασταύρωσης St/tZn.

➤ Κατακόρυφες ακίδες :

➤ Προεξοχή καμινάδας ύψους 1m με επιφάνεια 0,3×0,3 m: ακίδα προστασίας μήκους 1,2 m γαλβανισμένο χάλυβα (St/tZn) να προεξέχει κατά 0,2 m, στερεωμένο με δύο στηρίγματα St/tZn για τοιχοποιία .

➤ Προεξοχή κεραίας 1 × 0,6 m τοποθετημένης στα 2m.: Χρήση του ιστού της κεραίας από γαλβανισμένο χάλυβα με ελάχιστο πάχος 0,5 mm το οποίο

επιλέγεται με μήκος 2,4 m διασυνδέεται στη βάση του με το συλλεκτήριο σύστημα με κολάρο αντίστοιχης διαμέτρου.

➤ Φυσικά στοιχεία : Δεν υπάρχουν περαιτέρω στοιχεία στην οροφή. Τυχόν μεταλλικά τμήματα της στέγης (π.χ σωληνώσεις), που και πάλι δεν προεξέχουν πάνω από 0,3m, η επιφάνειά τους είναι μικρότερη του 1m^2 , το μεγαλύτερο μήκος τους είναι μικρότερο των 2 m και απέχουν το πολύ 0,5m από τους αγωγούς της διάταξης, δεν χρειάζεται να ενωθούν με τον συλλεκτήριο κλωβό.

7.3.3.2 Αγωγοί καθόδου

➤ Αριθμός αγωγών καθόδου :

➤ 6 αγωγοί καθόδου με τυπική απόσταση μεταξύ τους μικρότερη των 15 m λόγω της κλάσης III του ΣΑΠ

➤ Μέγιστη απόσταση ασφαλείας s (Παρ. 5.4) :

$$s = k_i \times k_c / k_m \times l = 0,04 \times (0,45 / 0,5) \times 13 = 0,47 \text{ m}$$

δεν παρουσιάζονται μεταλλικές εγκαταστάσεις εντός της απόστασης ασφαλείας καθ' όλο το μήκος τους.

➤ Σχεδίαση αγωγών καθόδου

➤ Τοποθέτηση επί των τοιχωμάτων (5 στις διασταυρώσεις των συλλεκτήριων αγωγών, τα 4 στις γωνίες του κτιρίου 1 στο πίσω μεσοδιάστημα)

➤ 1 σε απόσταση 3 m αριστερά της κύριας εισόδου ($\pm 20\%$ ($\pm 3\text{m}$) επιτρεπτή μετακίνηση) η οποία να φέρει μόνωση από με μόνωση 3mm δικτυωτού πολυαιθυλενίου (PEX) και επίστρωση με άσφαλτο στον χώρο της εισόδου για προστασία από βηματικές τάσεις.

➤ Υλικό κατασκευής των αγωγών καθόδου συμπαγής χάλυβας γαλβανισμένος εν θερμώ (St/tZn) διατομής 50 mm^2 (8 mm διαμέτρου),

➤ στερέωση κάθε 1 m με στηρίγματα St/tZn για τοιχοποιία/μπετόν,

➤ Κατάληξη 1 m από το έδαφος με λυόμενους συνδέσμους ελέγχου διμεταλλικούς (St/tZn – SS),

➤ Πρέπει να αποφεύγεται ο σχηματισμός βρόχων.

➤ Φυσικά στοιχεία

➤ Διασύνδεση όλων των μεταλλικών στοιχείων κοντά στους αγωγούς καθόδου,

7.3.3.3 Σύστημα Γείωσης

- Τύπος διάταξης γείωσης
 - Διάταξη τύπου Β περιμετρική
 - Επιπλέον ηλεκτρόδια : Όχι, για $\rho=500$ ισχύει για την η μέση ακτίνα r_e της περιοχής που περιλαμβάνει $r_e \leq l_I = 5m$ για ΣΑΠ ΙΙΙ.

- Κατασκευή
 - Συμπαγής αγωγός από ανοξείδωτο χάλυβα (SSt: Chromium $\geq 16\%$, nickel $\geq 5\%$, molybdenum $\geq 2\%$, carbon $\leq 0,08\%$.) διαμέτρου 10 mm,
 - Τοποθέτηση περιμετρικά
 - απόσταση από τους τοίχους 1 m
 - βάθος 0,5 m (+0,5 m λόγω παγετού) =1m
 - Έξι αναμονές για σύνδεση με τους λυόμενους συνδέσμου.
 - Επτά σφικτήρες των αγωγών ανοξείδωτοι ή St/tZn
 - Προστασία κατά την είσοδο στο χώμα : Δεν απαιτείται.

- Φυσικά στοιχεία : Όχι.

7.3.4 Σχεδίαση του εσωτερικού ΣΑΠ

- Κοινό σημείο εισόδου όλων των υπηρεσιών στο κτίριο του φυλακίου εάν αυτό είναι δυνατόν (γραμμή ΧΤ, τηλεπικοινωνιακή γραμμή και καλώδιο TV)
- Τοποθέτηση ζυγού εξίσωσης δυναμικού από γαλβανισμένο χάλυβα **50 mm²** αναλόγου αριθμού αναμονών στην εσωτερική πλευρά του εξωτερικού τοίχου του ημιυπόγειου κοντά τόσο στο επίπεδο του εδάφους, όσο και στο κεντρικό πίνακα χαμηλής τάσης και συνδεδεμένος με το σύστημα γείωσης .
- Ο ζυγός να είναι κατασκευασμένος και εγκατεστημένος με τρόπο τέτοιο ώστε να είναι εύκολα προσπελάσιμος για επιθεώρηση
- Διασύνδεση με τον ισοδυναμικό ζυγό με συνδετήριους αγωγού γαλβανισμένο χάλυβα **16 mm²** με τα:
 - Μεταλλικό κέλυφος του καυστήρα
 - Δεξαμενή καυσίμου του καυστήρα
 - Σύστημα αγωγών θέρμανσης
 - Σωλήνα γραμμής του νερού
 - Σωλήνα φυσικού αερίου (εφ' όσον υπάρχει)
 - Μεταλλικής εγκατάστασης μαγειρείου – κουζίνας.

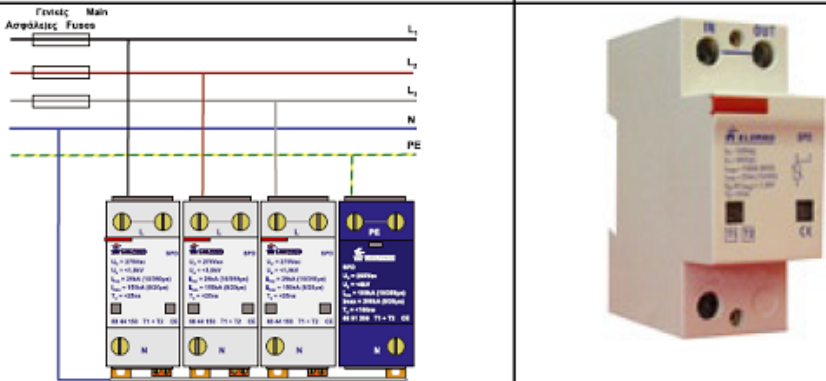
- Μαγνητική Θωράκιση : Τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών συστημάτων δεν απαιτούν την επιπλέον θωράκιση.

- Δρομολόγηση καλωδίων και εγγύτητες ασφάλειας :
 - Είσοδος του καλωδίου TV πλησίον της γραμμής XT και δρομολόγηση του παράλληλα με την ηλεκτρική παροχή.
 - Έλεγχος για δημιουργία βρόχων και τροποποίηση χωροθέτησης όπου είναι δυνατόν.

7.3.5 Προστασία των εσωτερικών συστημάτων από υπερρεύματα- υπερτάσεις με SPD

- Διηλεκτρική αντοχή εσωτερικών συστημάτων:
 - 2,5 kV για τα ηλεκτρικά συστήματα
 - 1,5 kV για τις ηλεκτρονικές συσκευές
- Προστασία της γραμμής ηλεκτρικού ρεύματος
 - $I_{imp} = 5 \text{ kA}$
- Προστασία της γραμμής τηλεπικοινωνίας
 - $I_{imp} = 1 \text{ kA}$
- Προστασία της γραμμής XT με SPD που θα τοποθετηθεί στον κύριο πίνακα και θα παρέχει προστασία από μεταφερόμενα στη γραμμή κεραυνικά υπερρεύματα και επαγόμενα. Παράδειγμα τέτοιου SPD που κυκλοφορεί στην ελληνική αγορά δίδεται στην παρακάτω εικόνα. Λόγω των διαστάσεων του κτιρίου και των εσωτερικών συστημάτων δεν απαιτείται περαιτέρω τοποθέτηση SPD που να λειτουργούν σε συντονισμό.

Χαρακτηριστικά

Κωδικός	68 44 150
Αριθμός Πόλων	1
Σύνδεση μεταξύ πόλων	L – N
Ονομαστική τάση δικτύου, U_N	230/400V, 50Hz
Μέγιστη τάση λειτουργίας, U_c	275V, 50Hz / 350V DC
I_{imp} , "class I" test, (10/350μs), 1P	25kA
I_{max} , "class II" test, (8/20μs), 1P	150kA
I_n , "class II" test, (8/20μs), 1P	20kA
U_{p1} (σε 25kA, 10/350μs)	<2kV
U_{p1} (σε I_n)	<1,9kV
Αντοχή σε TOV (3+1) σε συνδυασμό με το 68 51 201	1453V, 50Hz
Κύριο κύκλωμα	MOV
Χρόνος απόκρισης, t_A	<25ns
Ικανότητα σε βραχυκύκλωμα, I_k	25kA / 50Hz
Σβέσης ακόλουθου ρεύματος, I_F	-
Προστασία με τηκτική ασφάλεια	<125A gL/gG
Διάταξη Θερμικής απόξευξης	NAI / YES
Διαστάσεις (mm)	90 x 70 x 35 mm
Οπτική ένδειξη καλής λειτουργίας	NAI / YES
Υποδοχή ακροδεκτών	35 mm ²
Αντίσταση μόνωσης (250Vdc)	>1MΩ
Υλικό κατασκευής περιβλήματος	Polycarbonate halogen free
Στάθμη προστασίας περιβλήματος	IP20
Θερμοκρασία λειτουργίας, ϑ	-40°C + +80°C
Στήριξη σε ράγα	DIN-3 (TS-35/EN50022)
Πρότυπα	EN 61643-11, IEC 61643-1
	

Εικόνα 7.1 Παράδειγμα SPD της εταιρείας ELEMKO που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση του φυλακίου περιέχοντας προστασία. Παρατίθενται και τα χαρακτηριστικά του SPD [18]. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ζητούνται και πιστοποιητικά δοκιμών από αναγνωρισμένα εργαστήρια.

➤ Προστασία γραμμής τηλεπικοινωνίας με SPD θα γίνει σε συνεργασία με τον πάροχο του εξοπλισμού (συνήθως τον ΟΤΕ), καθώς οι παρεχόμενες λύσεις στο εμπόριο είναι περιορισμένες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

8 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ (RISK ASSESSMENT) ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

8.1 Εισαγωγή

Όπως ήδη αναφέρθηκε στο 3^ο κεφάλαιο της παρούσης διπλωματικής εργασίας κατά την προκαταρκτική φάση της αντικεραυνικής σχεδίασης ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ), θεμελιώδους σημασίας είναι η όσο το δυνατόν ακριβέστερη εκτίμηση του κεραυνικού κινδύνου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται πληρέστερη αντιμετώπιση των επιπτώσεων του κεραυνού στον άνθρωπο και τις κατασκευές. Σημαντικός παράγοντας στην εκτίμηση αυτή είναι να προβλέψουμε το είδος και την προέλευση του κινδύνου, κάτι που έχει άμεση εξάρτηση από το σημείο προσβολής του κεραυνού (και κατά συνέπεια την πηγή του κεραυνικού ρεύματος που ενδεχομένως να προκαλέσει απώλειες), καθώς και τη φύση της κατασκευής.

Τα μέχρι και πριν λίγα χρόνια πρότυπα [11] αντιμετώπιζαν σχετικά απλοϊκά την εκτίμηση κινδύνου δίνοντας αποτελέσματα κυρίως για την εξωτερική προστασία ενός κτιρίου. Το νέο ισχύον πρότυπο [2] δίδει ιδιαίτερη βαρύτητα στην ορθή εκτίμηση κινδύνου λαμβάνοντας υπόψη σε μια κατασκευή και τον εισερχόμενο κεραυνικό κίνδυνο μέσα από τις συνδεόμενες σε αυτό υπηρεσίες (δίκτυο ΧΤ, τηλεφωνικές γραμμές, κτλ). Για να το πετύχει αυτό αναλύει τον κίνδυνο ανάλογα με την προέλευση της κεραυνοπληξίας, την επίπτωση του ενδεχόμενου κεραυνικού κινδύνου ανάλογα με τη φύση της κατασκευής, ενώ διαχωρίζει και υπολογίζει αντίστοιχα τις κατασκευές σε ζώνες προστασίας για την οικονομικότερη και πληρέστερη σχεδίαση. Επίσης καταδεικνύει την σπουδαιότητα συμπληρωματικών στην αντικεραυνική προστασία μέτρων, όπως πχ την πυρασφάλεια των κατασκευών.

Κατόπιν των παραπάνω γίνεται σαφές ότι η τοποθέτηση ή μή εξωτερικής και εσωτερικής αντικεραυνικής προστασίας δεν είναι μια αυθαίρετη διαδικασία που καθορίζεται από το «ένστικτο» των υπευθύνων, αντίθετα – αν δεν καθορίζεται για ιδιαίτερους λόγους από τον ιδιοκτήτη της κατασκευής – πρέπει να είναι αποτέλεσμα μιας επισταμένης μελέτης των παραμέτρων που περιγράφονται στο 3^ο κεφάλαιο και κατόπιν να λαμβάνεται η απόφαση για την εγκατάσταση της αντικεραυνικής προστασίας.

Για τους παραπάνω λόγους, σε συνδυασμό με τις ακόλουθες διαπιστώσεις:

➤ Η εκτίμηση όλων των σχετικών παραμέτρων είναι μια ιδιαίτερα επίπονη διαδικασία που εύκολα μπορεί να οδηγήσει σε αριθμητικό λάθος, οδηγώντας με αυτόν τον

τρόπο σε «λάθος» αποφάσεις με καταστροφικές, ενδεχομένως, συνέπειες για την κατασκευή ή άνευ λόγου μεγάλου κόστους αντικεραυνικές εγκαταστάσεις.

➤ Παρατηρείται έλλειψη ευρέως διαδεδομένων υπολογιστικών προγραμμάτων για τον υπολογισμό του κεραυνικού κινδύνου, καθώς μόλις στη σειρά προτύπων του IEC-62305, περιγράφηκε για πρώτη φορά τόσο λεπτομερής τρόπος υπολογισμού του κεραυνικού κινδύνου.

➤ Ακόμη και όταν υπάρχουν εγκατεστημένα μέτρα αντικεραυνικής προστασίας, αυτό δεν εξασφαλίζει ότι η υπόψη κατασκευή καλύπτεται επαρκώς από τον κεραυνικό κίνδυνο, είτε γιατί δεν λήφθηκαν εξαρχής τα κατάλληλα αντικεραυνικά μέτρα, είτε γιατί υπήρξαν τροποποιήσεις στην κατασκευή που αύξησαν τον κεραυνικό κίνδυνο (τοποθέτηση κεραιών στην οροφή των κτηρίων, τοποθέτηση ευαίσθητων ηλεκτρονικών συσκευών στο εσωτερικό των κτηρίων όπως είναι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές),

δημιουργήθηκε ένα υπολογιστικό πρόγραμμα για τον έλεγχο του κεραυνικού κινδύνου και για τον καθορισμό των ενδεικνυόμενων μέτρων αντικεραυνικής προστασίας.

8.2 Περιγραφή υπολογιστικού προγράμματος εκτίμησης κινδύνου

8.2.1 Γενικά

Το υπόψη υπολογιστικό πρόγραμμα βασίστηκε κατά κύριο λόγο στο σύγχρονο πρότυπο κανονισμό της διεθνούς επιτροπής IEC – 62305-2, που αφορά στην αντικεραυνική προστασία και ειδικότερα στην εκτίμηση του κεραυνικού κινδύνου (risk assessment).

Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία του προγράμματος είναι η VB.NET, και χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο visual studio 2008. Επίσης απαραίτητη για την ολοκληρωμένη αξιοποίηση των δυνατοτήτων του προγράμματος είναι η ύπαρξη text editor στον υπολογιστή του χρήστη του προγράμματος καθώς επίσης και η εγκατάσταση της Microsoft Access.

Το πρόγραμμα περιέχει 4 βήματα εισόδου δεδομένων:

1. «ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ»
2. «ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ»
3. «ΖΩΝΕΣ»
4. «ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ-ΖΩΝΕΣ»

στο κάθε ένα από τα παραπάνω βήματα εισάγονται δεδομένα που αφορούν στα περιγραφικά ονόματα των βημάτων (και καρτελών στο πρόγραμμα).

Ακολουθεί ένα βήμα που αφορά στα αποτελέσματα:

5. «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ»

Και ένα βήμα που αφορά στην οικονομική εκτίμηση της αντικεραυνικής προστασίας:

6. «ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ»

8.2.2 Έναρξη προγράμματος

Η έναρκτήρια εικόνα του προγράμματος παρουσιάζεται παρακάτω, όπου ο χρήστης επιλέγοντας “File” από την μπάρα του μενού μπορεί κατόπιν να επιλέξει είτε να εκκινήσει νέα μελέτη εκτίμησης κινδύνου “New”, είτε να ανοίξει μία αποθηκευμένη μελέτη “Open”, είτε να σώσει την τρέχουσα μελέτη “Save”.



Εικόνα 8.1 Έναρκτήρια εικόνα προγράμματα.

8.2.3 Βήμα «ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ»

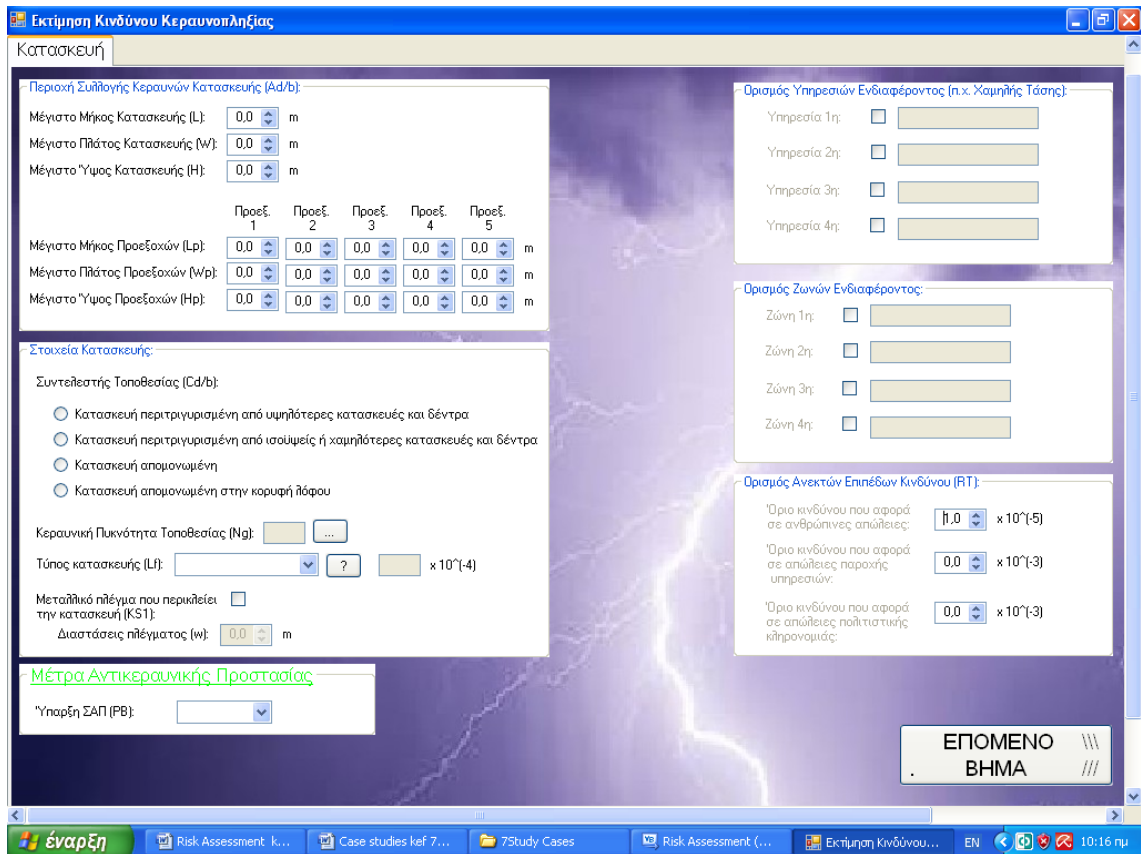
Επιλέγοντας “New” θα εμφανιστεί η καρτέλα «Κατασκευή» που αφορά στην εισαγωγή γενικών στοιχείων για την κατασκευή, όπως είναι:

- οι διαστάσεις της κατασκευής (μήκος L, πλάτος W, ύψος H).
- οι διαστάσεις τυχόν προεξοχών που παρουσιάζει η κατασκευή (μήκος L_p , πλάτος W_p , ύψος H_p).
- η περιγραφή της τοποθεσίας που βρίσκεται η κατασκευή (Cd/b) (απομονωμένη, σε κορυφή λόφου κτλ).
- η κεραυνική πυκνότητα της τοποθεσίας (N_g) – παρέχεται η δυνατότητα να ληφθεί η τιμή είτε επιλέγοντας την γεωγραφική περιοχή που βρίσκεται η κατασκευή, είτε δίνοντας τις μέρες καταιγίδας (Td) της περιοχής.
- ο τύπος της κατασκευής (L_f) – για τον καθορισμό των απωλειών που οφείλονται σε απευθείας κεραυνικά πλήγματα (L_f) - παρέχεται η δυνατότητα για προχωρημένους χρήστες να εισάγουν απευθείας την τιμή L_f για κάθε ελεγχόμενη ζώνη.
- Η ύπαρξη μεταλλικού πλέγματος (KS1) που περικλείει την κατασκευή – αν υπάρχει τότε καθορίζουμε το μέγιστο πλάτος του πλέγματος
- το επίπεδο προστασίας του υφιστάμενου ΣΑΠ (PB) (εφόσον υπάρχει).

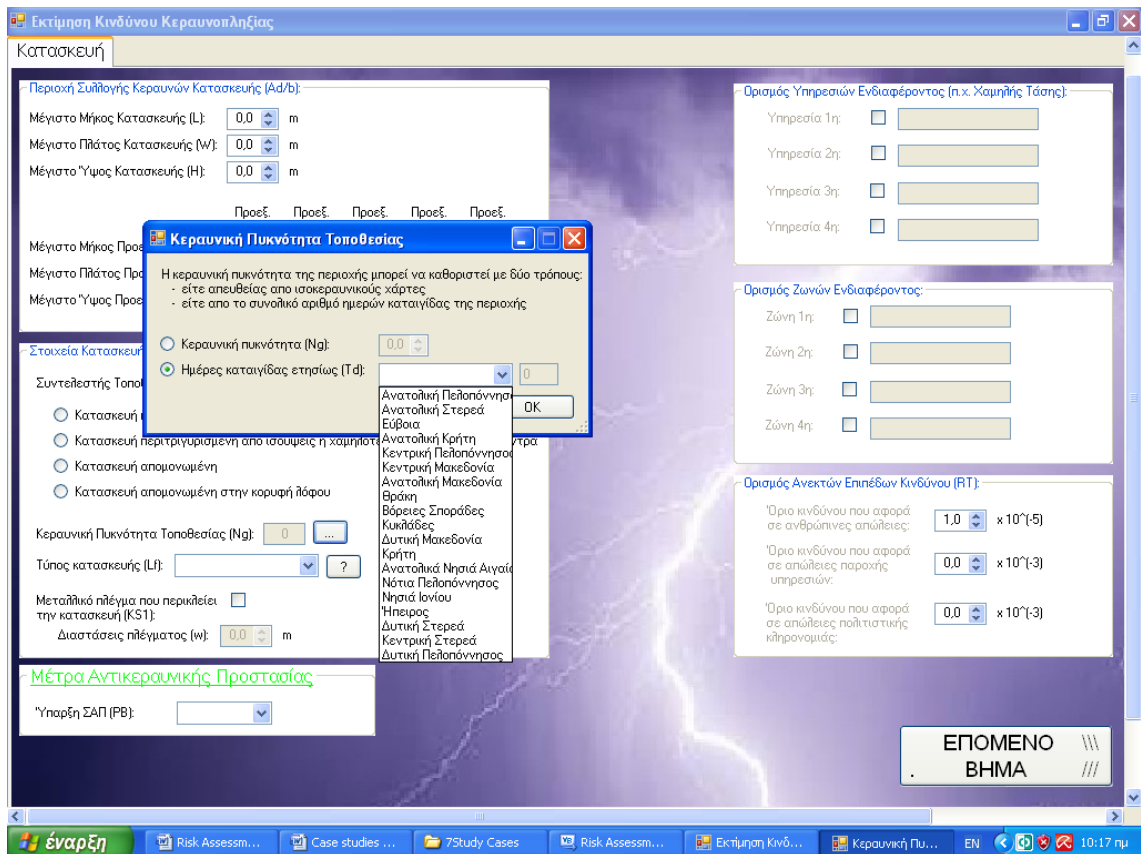
Επίσης καθορίζονται οι ζώνες προς έλεγχο της κατασκευής και οι εισερχόμενες υπηρεσίες:

- Ζώνες (π.χ. εξωτερικά του κτηρίου, εσωτερικά, αίθουσα pc κτλ)
- Υπηρεσίες (π.χ. Χαμηλής Τάσης, Τηλεπικοινωνίες κτλ)

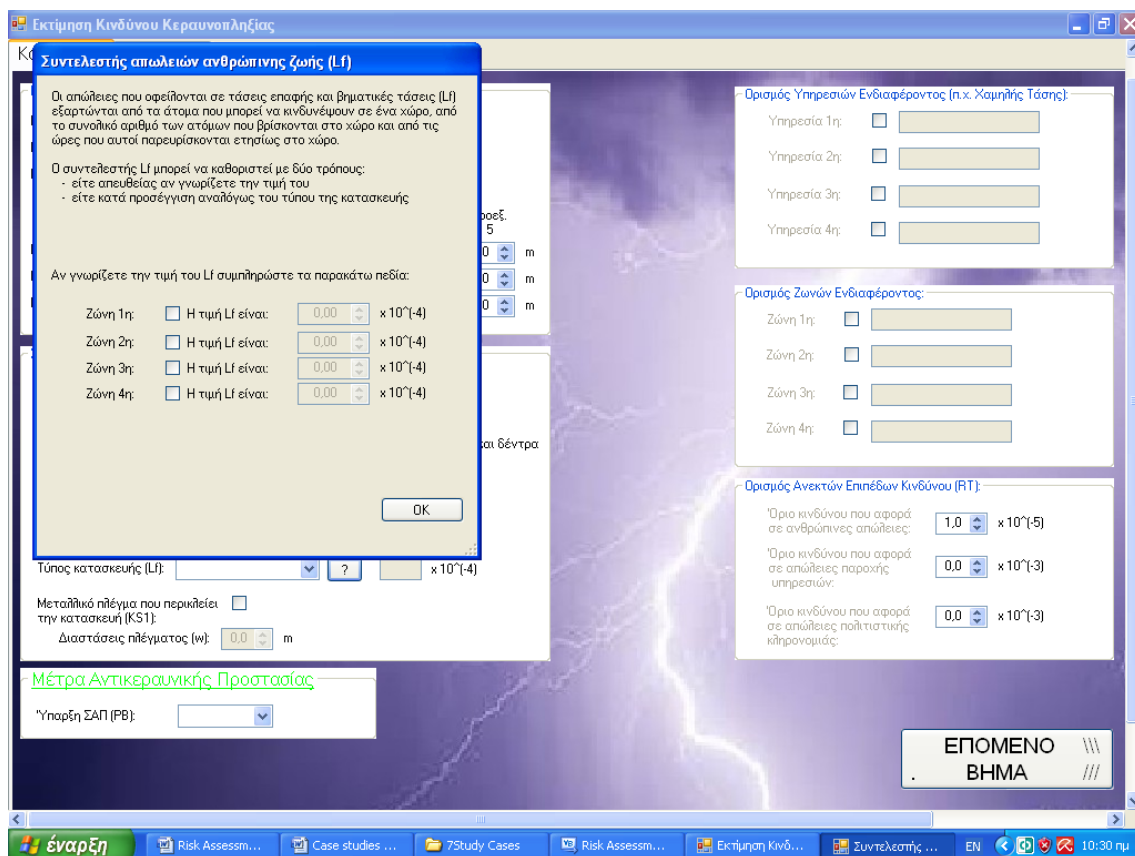
Ακόμα υπάρχει η δυνατότητα καθορισμού του ανεκτού επιπέδου κινδύνου.



Εικόνα 8.2 Εικόνα βήματος «ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ».



Εικόνα 8.3 Εικόνα που δείχνει τον τρόπο εισαγωγής των δεδομένων σχετικά με την κεραμική πυκνότητα.

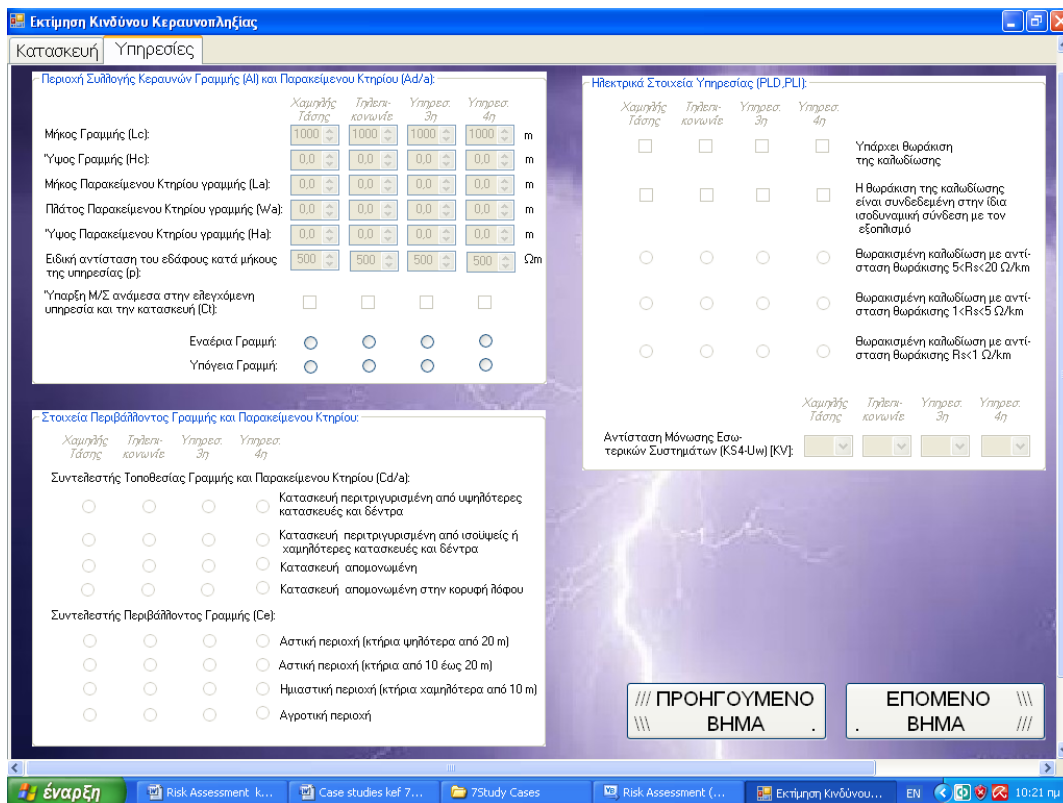


Εικόνα 8.4 εικόνα που δείχνει τον τρόπο εισαγωγής των δεδομένων σχετικά με την τιμή L_f ανά προς έλεγχο ζώνη - για προχωρημένους χρήστες.

8.2.4 Βήμα «ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ»

Επιλέγοντας “ΕΠΟΜΕΝΟ ΒΗΜΑ” θα εμφανιστεί η καρτέλα «Υπηρεσίες» που αφορά στην εισαγωγή στοιχείων για τις εισερχόμενες υπηρεσίες, όπως είναι:

- οι διαστάσεις των γραμμών (μήκος γραμμής L_c , ύψος γραμμής H_c) – αν δεν γνωρίζουμε το μήκος γραμμής τοποθετούμε την τιμή 1000 μέτρα.
- οι διαστάσεις παρακείμενου κτηρίου συνδεδεμένου στις γραμμές (μήκος L_a , πλάτος W_a , ύψος H_a).
- αν είναι υπόγειες ή εναέριες οι γραμμές.
- αν υπάρχει Μ/Σ μεταξύ της κατασκευής και της γραμμής (C_t).
- η ειδική αντίσταση του εδάφους (p) – αν δεν γνωρίζουμε την τιμή του τοποθετούμε την τιμή 500 Ωμ.
- η περιγραφή της τοποθεσίας της γραμμής (C_d) και του παρακείμενου κτηρίου (C_{da}) (απομονωμένη, σε κορυφή λόφου κτλ).
- η περιγραφή του περιβάλλοντος της γραμμής (C_e) (αγροτική, αστική κτλ).
- αν υπάρχει εξωτερικά θωράκιση της γραμμής και το είδος αυτής (P_{LD} , P_{LI}).
- το επίπεδο της μόνωσης των συσκευών που συνδέονται στην κάθε υπηρεσία (K_{S4}).



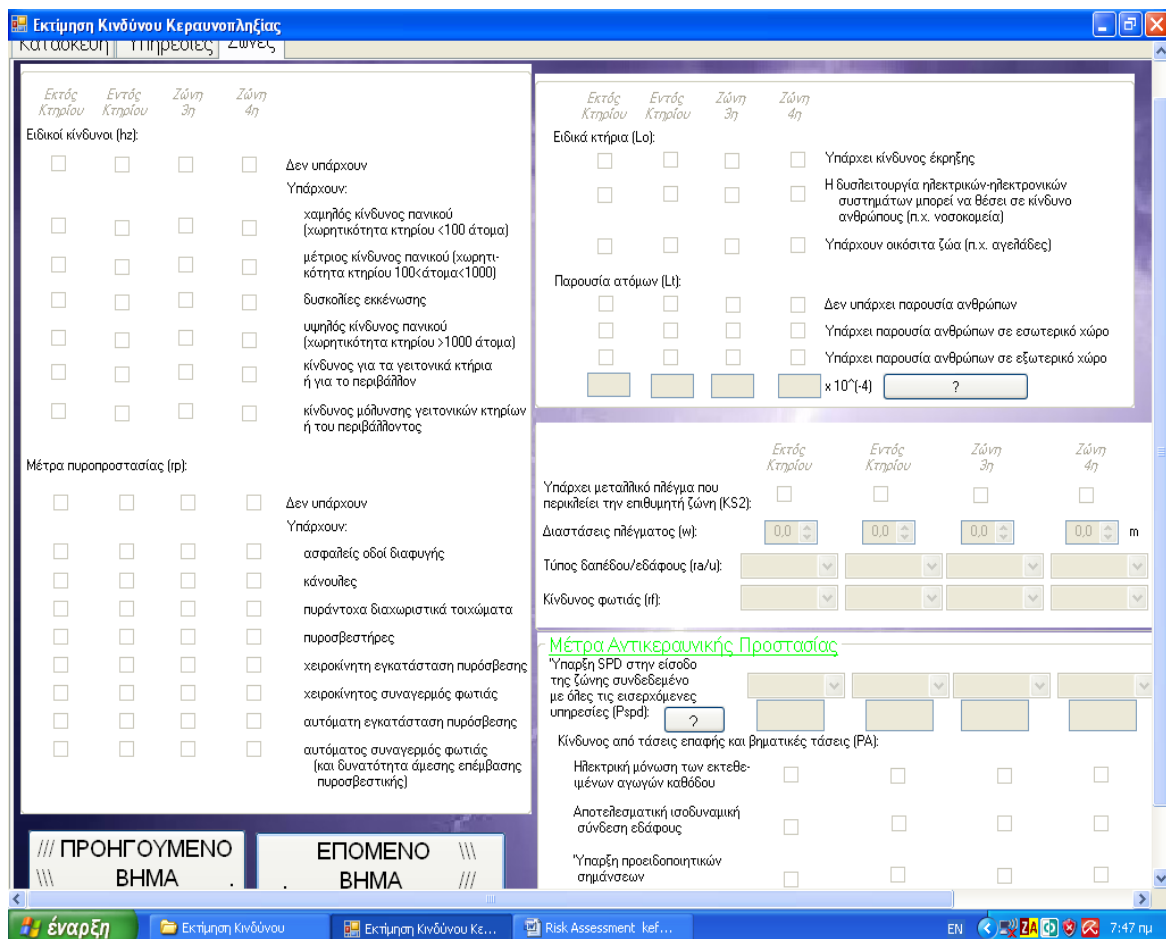
Εικόνα 8.5 Εικόνα βήματος «ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ».

8.2.5 Βήμα «ΖΩΝΕΣ»

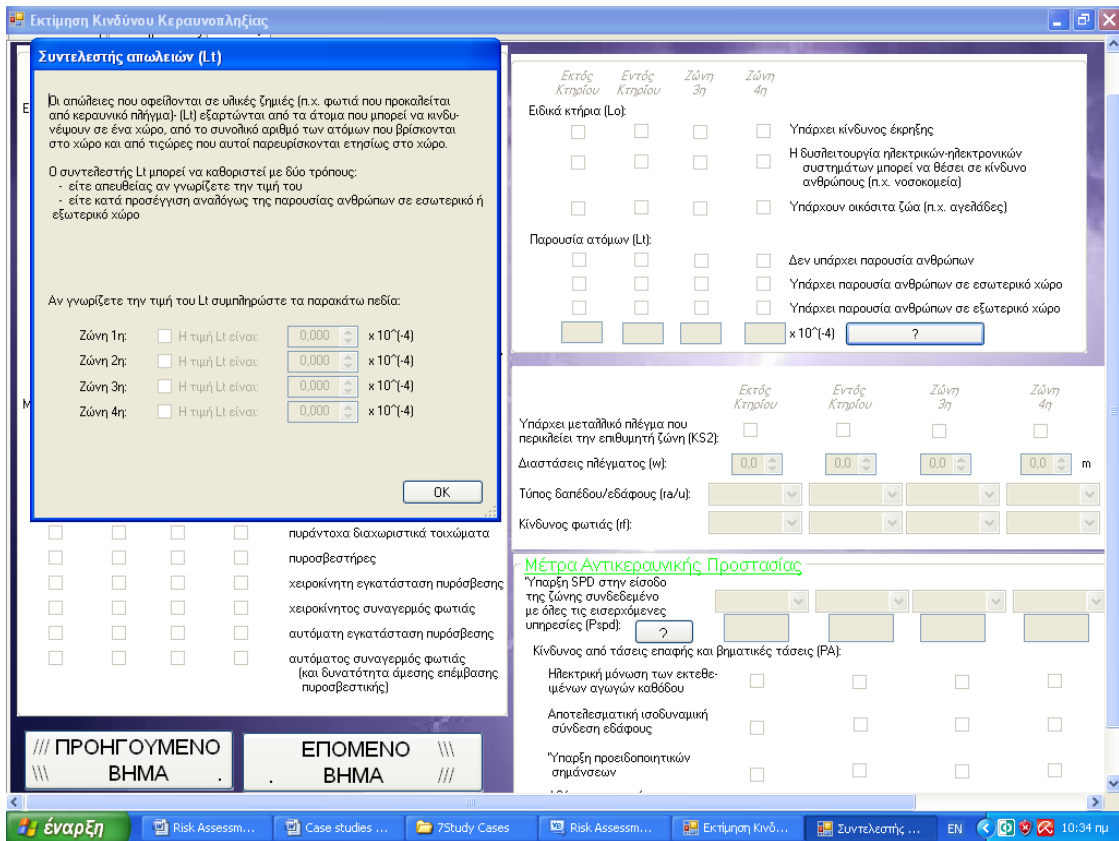
Επιλέγοντας “ΕΠΟΜΕΝΟ ΒΗΜΑ” θα εμφανιστεί η καρτέλα «Ζώνες» που αφορά στην εισαγωγή στοιχείων για τις προς έλεγχο ζώνες, όπως είναι :

- Η ύπαρξη ειδικών κινδύνων στην αντίστοιχη ζώνη (h_z) (π.χ. κίνδυνος για πανικό στο κτήριο, κίνδυνος για μόλυνση των γειτονικών κτηρίων κτλ).
- Η ύπαρξη μέτρων πυροπροστασίας (r_p) – όσο περισσότερα μέτρα πυροπροστασίας υπάρχουν τόσο μειώνεται ο κεραυνικός κίνδυνος (π.χ. ύπαρξη ασφαλών οδών διαφυγής, κανουλών, χειροκίνητων ή αυτόματων συστημάτων πυρόσβεσης κτλ).
- Ο κίνδυνος για απώλειες από δυσλειτουργία ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών συσκευών (L_o) (π.χ. αν υπάρχει κίνδυνος έκρηξης, αν πρόκειται για νοσοκομείο τότε ενδεχόμενη δυσλειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών μπορεί να εκθέσει σε κίνδυνο ασθενείς, αν υπάρχουν οικόσιτα ζώα τότε μπορεί να υπάρξουν απώλειες από δυσλειτουργία ηλεκτρικών συσκευών και να υπάρχουν οικονομικές επιπτώσεις).
- Η παρουσία ατόμων (L_1) στην προς έλεγχο ζώνη – αν πρόκειται για εξωτερικό χώρο θα υπάρχει παρουσία ατόμων σε εξωτερικό χώρο, αν πρόκειται για εσωτερικό χώρο θα υπάρχει παρουσία ατόμων σε εσωτερικό χώρο.
- Η ύπαρξη μεταλλικού πλέγματος (K_{S2}) που περικλείει την προς έλεγχο ζώνη – αν υπάρχει τότε καθορίζουμε το μέγιστο πλάτος του πλέγματος.

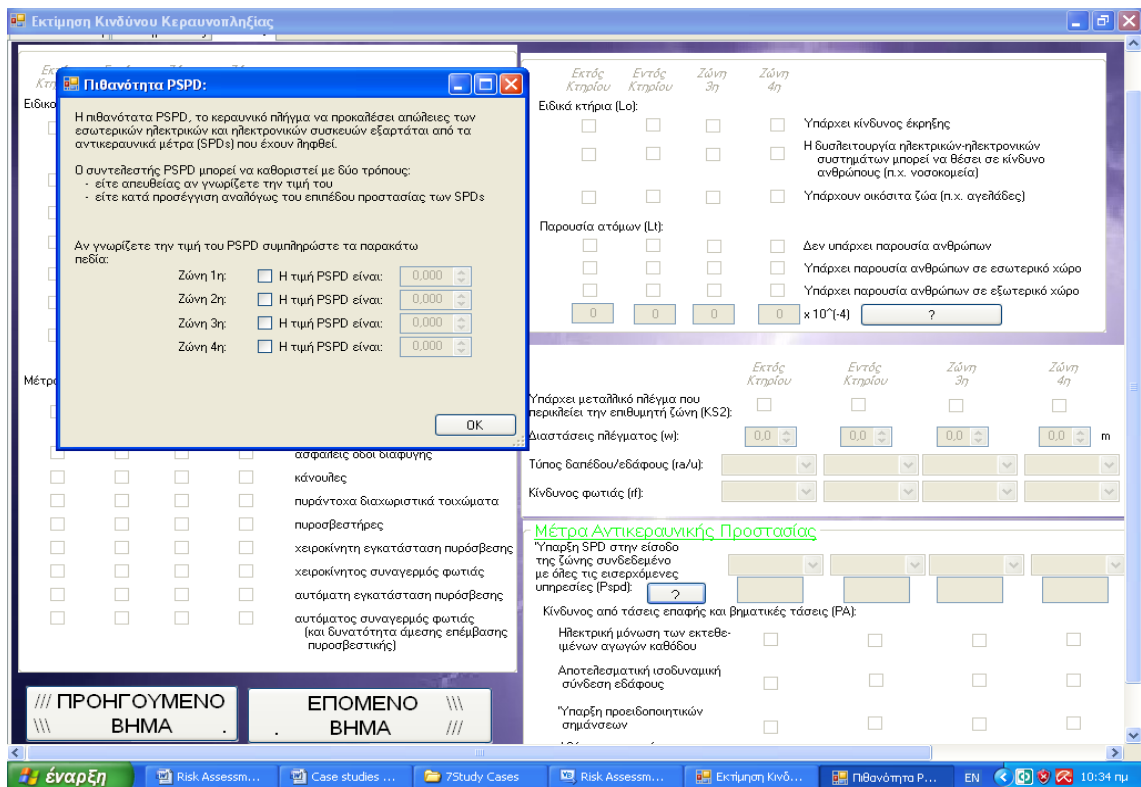
- Ο τύπος δαπέδου/εδάφους ($r_{a/u}$) – το είδος του δαπέδου/εδάφους καθορίζει την αντίσταση στο “κύκλωμα” άνθρωπος-γη.
- Ο κίνδυνος φωτιάς (r_f) – όσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος φωτιάς τόσο αυξάνεται ο κίνδυνος για απώλειες από φυσικές καταστροφές.
- Η ύπαρξη εσωτερικής αντικεραυνικής προστασίας (P_{SPD}) – όπως είναι κατανοητό όσο μεγαλύτερο επίπεδο προστασίας εσωτερικής προστασίας υπάρχει τόσο μειώνεται η πιθανότητα για παρουσία κεραυνικής υπέρτασης – παρέχεται η δυνατότητα, για προχωρημένους χρήστες, εισαγωγής απευθείας της πιθανότητας P_{SPD} για την κάθε ζώνη.
- Ο κίνδυνος από τάσεις επαφής και βηματικές τάσεις (P_A) – ο υπόψη κίνδυνος καθορίζεται από μέτρα που λαμβάνονται για την αποφυγή ή απαγόρευση προσέγγισης των αγωγών καθόδου του συστήματος ΣΑΠ.



Εικόνα 8.6 Εικόνα βήματος «ΖΩΝΕΣ».



Εικόνα 8.7 Εικόνα που δείχνει τον τρόπο εισαγωγής των δεδομένων σχετικά με την τιμή L_t ανά προς έλεγχο ζώνη - για προχωρημένους χρήστες.



Εικόνα 8.8 Εικόνα που δείχνει τον τρόπο εισαγωγής των δεδομένων σχετικά με την τιμή PSPD ανά προς έλεγχο ζώνη - για προχωρημένους χρήστες.

8.2.6 Βήμα «ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ-ΖΩΝΕΣ»

Επιλέγοντας “ΕΠΟΜΕΝΟ ΒΗΜΑ” θα εμφανιστεί η καρτέλα «Υπηρεσίες και Ζώνες» που αφορά στην εισαγωγή στοιχείων για τις προς έλεγχο ζώνες σε συνδυασμό με τις εισερχόμενες υπηρεσίες, όπως παρακάτω:

➤ Ο καθορισμός της σύνδεσης της κάθε υπηρεσίας στην αντίστοιχη ζώνη – είναι πιθανό σε κάποια ζώνη να μην υπάρχει παρουσία κάποιας από τις εισερχόμενες στην κατασκευή υπηρεσίες.

➤ Η περιγραφή της εσωτερικής καλωδίωσης (K_{S3}) – εφόσον υπάρχει η παρουσία μιας εισερχόμενης υπηρεσίας σε μία ζώνη κατόπιν περιγράφεται η εγκατάσταση εσωτερικής καλωδίωσης (π.χ. αν υπάρχει και πόσο είναι η θωράκιση της καλωδίωσης, αν έχουν ληφθεί μέτρα πρόληψης για την αποφυγή δημιουργίας βρόχων καλωδίωσης).

The screenshot shows the 'Εκτίμηση Κινδύνου Κεραυνοπληξίας' application window. The 'Υπηρεσίες και Ζώνες' tab is active. The interface is divided into sections for 'Εκτός Κτηρίου' (Out of Building) and 'Εντός Κτηρίου' (Inside Building). Under 'Εκτός Κτηρίου', there are columns for 'Χαμηλής Τάσης' (Low Voltage) and 'Υψηλής Τάσης' (High Voltage) for 'Ζώνη 3η' and 'Ζώνη 4η'. Under 'Εντός Κτηρίου', there are columns for 'Χαμηλής Τάσης' and 'Υψηλής Τάσης' for 'Ζώνη 3η' and 'Ζώνη 4η'. The table contains checkboxes for 'Στην υπόψη ζώνη είναι συνδεδεμένη η αντίστοιχη υπηρεσία' and radio buttons for 'Συντελεστής (KS3) - αφορά την εσωτερική καλωδίωση' with various options like 'Μη θωρακισμένη καλωδίωση - Μη αποφυγή βρόχων καλωδίωσης' and 'Θωρακισμένη καλωδίωση με αντίσταση θωράκισης 5R_s<math>< 20 \Omega/km</math>'. At the bottom, there are buttons for 'ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΟ ΒΗΜΑ' and 'ΕΠΟΜΕΝΟ ΒΗΜΑ'. The Windows taskbar at the bottom shows the time as 8:22 πμ.

Εικόνα 8.9 εικόνα βήματος «ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ-ΖΩΝΕΣ».

8.2.7 Βήμα «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ»

Επιλέγοντας “ΕΠΟΜΕΝΟ ΒΗΜΑ” θα εμφανιστεί η καρτέλα «Αποτελέσματα» που αφορά στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων και προτάσεων μέτρων αντικεραυνικής προστασίας σύμφωνα με τα εισαχθέντα στοιχεία.

Πατώντας το πλήκτρο «ΛΗΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ» εμφανίζονται τα αποτελέσματα του κεραυνικού κινδύνου κατά ζώνη ελέγχου και συνολικά. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον πάνω πίνακα αριθμητικά και στο πεδίο κειμένου περιγραφικά, όπου εκτός από την περιγραφή των αποτελεσμάτων δίδονται και οι απαραίτητες κατευθύνσεις για την εγκατάσταση αντικεραυνικών μέτρων, την βελτίωση των ήδη υπάρχοντων και γενικές οδηγίες για τη μείωση του κεραυνικού κινδύνου – οι υπόψη προτάσεις καθορίζονται αναλόγως των αποτελεσμάτων του κεραυνικού κινδύνου και ειδικότερα αναλόγως του ποσοστού συμμετοχής του απευθείας κεραυνικού πλήγματος και του πλήγματος στις εισερχόμενες γραμμές και πλησίον αυτής.

Παρέχεται, επίσης, η επιλογή της εξαγωγής των εισαγμένων δεδομένων καθώς επίσης και του κειμένου που υπάρχει στο πεδίο κειμένου (περιγραφή αποτελεσμάτων και προτάσεις αντικεραυνικών μέτρων) σε αρχείο κειμένου (txt file), πατώντας το πλήκτρο «ΕΚΤΥΠΩΣΗ».

	Εκτός Κτηρίου	Εντός Κτηρίου	Ζώνη 3η	Ζώνη 4η	Συνολ. Κατασκ.	
Κίνδυνος για την ανθρώπινη ζωή (R1):	-	-	-	-	-	$\times 10^{(-5)}$
Κίνδυνος για τις παρεχόμενες υπηρεσίες στο κοινό (R2):	-	-	-	-	-	$\times 10^{(-3)}$
Κίνδυνος για την πολιτιστική κληρονομιά (R3):	-	-	-	-	-	$\times 10^{(-3)}$

Εικόνα 8.9 εικόνα βήματος «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ».

8.2.8 Βήμα «ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ»

Επιλέγοντας “ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ” θα εμφανιστεί η καρτέλα «Οικονομική Εκτίμηση» που αφορά στην εκτίμηση του οικονομικού οφέλους μιας αντικεραυνικής εγκατάστασης.

Συγκεκριμένα εισάγονται δεδομένα σχετικά με το εκτιμώμενο κόστος της κατασκευής και των περιεχομένων της, καθώς επίσης και με το κόστος απωλειών σε περίπτωση κεραυνικού πλήγματος πριν την εγκατάσταση των κεραυνικών μέτρων και μετά.

Κατόπιν εισάγονται δεδομένα σχετικά με το κόστος εγκατάστασης αντικεραυνικής προστασίας καθώς επίσης και δεδομένα σχετικά με το κόστος συντήρησής της και με τον χρόνο που μας ενδιαφέρει να ελέγξουμε.

	Εκτός Κτηρίου	Εντός Κτηρίου	Ζώνη 3η	Ζώνη 4η	ΣΥΝΟΛΙΚΑ	
Κόστος οικόσταν ζώων (CA)	0	0	0	0		Ευρώ
Κόστος συστημάτων και συσκευών (CS)	0	0	0	0		Ευρώ
Κόστος κτηρίου (CB)	0	0	0	0		Ευρώ
Κόστος περιεχομένων κτηρίου (CC)	0	0	0	0		Ευρώ
Συνολικό κόστος απωλειών πριν τη λήψη μέτρων (CL):						
Συνολικό κόστος απωλειών μετά τη λήψη μέτρων (CRL):						
Κόστος αντικεραυνικών μέτρων (Cp)	0	0	0	0		Ευρώ
Κόστος ετήσιας συντήρησης:	0	0	0	0		Ευρώ
Χρονική περίοδος ενδιαφέροντος:	1	1	1	1		Έτη
interest rate (i):	0	0	0	0		
amortization rate (a):	0	0	0	0		
maintenance rate (m):	1	1	1	0		
Συνολικό κόστος των αντικεραυνικών μέτρων (CPM):						
Ετήσιο κέρδος χρημάτων (S):						Ευρώ

Εικόνα 8.10 εικόνα βήματος «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ».

8.3 Περιγραφή υπολογισμού κεραυνικού κινδύνου για ένα φυλάκιο με τη βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος εκτίμησης κινδύνου

8.3.1 Γενικά

Με τη βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος που περιγράφηκε παραπάνω θα γίνει εκτίμηση κινδύνου του φυλακίου που ελέγχθηκε στο 7^ο κεφάλαιο.

8.3.2 Έναρξη προγράμματος

Επιλέγουμε “File” από την μπάρα του μενού και επιλέγουμε “New”.



Εικόνα 8.11 Έναρκτήρια εικόνα.

8.3.3 Βήμα «ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ»

Επιλέγουμε “New” από την μπάρα του μενού και εισάγουμε τα σχετικά δεδομένα στην καρτέλα «Κατασκευή», σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

Παράμετρος	Σχόλιο	Σύμβολο	Τιμή	Μονάδα	Αναφορά
Μήκος κυρίου κτιρίου		L_b	28,20	m	Σχέδιο
Πλάτος κυρίου κτιρίου		W_b	14,00	m	Σχέδιο
Ύψος κυρίου κτιρίου		H_b	6,25	m	Σχέδιο
Προεξοχή I	Καμινάδα	L	1,00	m	Σχέδιο
		W	0,30	m	Σχέδιο
Προεξοχή II	Κεραία TV	L	2,00	m	Υπόθεση
Συντελεστής Τοποθεσίας	Απομονωμένο σε κορυφή λόφου	$C_{d/b}$	2		Πίν.3.7
Ύπαρξη ΣΑΠ	Όχι	P_B	1		Πίν.3.12
Θωράκιση στα όρια του κτιρίου	Όχι	K_{S1}	1		Εξ.3.30
Θωράκιση εσωτερικά του κτιρίου	Όχι	K_{S2}	1		Εξ.3.30
Συνολική Παρουσία Ατόμων στο Κτίριο	Εσωτερικά και εξωτερικά	n_t	40		Υπόθεση
Κεραμική Πυκνότητα	Θράκη	$N_g = 0,1 T_d$	3,5	1/km ² /έτος	Πιν.2.4
Ειδική Αντίσταση Εδάφους	-	ρ	500	$\Omega \cdot m$	Παρ.3.6.1.5

Πίνακας 8.1 Βασικά χαρακτηριστικά του κτιρίου.

Κατασκευή

Περιοχή Συλλογής Κεραυνών Κατασκευής (Ad/b):

Μέγιστο Μήκος Κατασκευής (L): 28,5 m
Μέγιστο Πλάτος Κατασκευής (W): 14,0 m
Μέγιστο Ύψος Κατασκευής (H): 6,5 m

Μέγιστο Μήκος Προεξοχών (Lp): 0,5, 0,5, 0,0, 0,0, 0,0 m
Μέγιστο Πλάτος Προεξοχών (Wp): 0,5, 0,5, 0,0, 0,0, 0,0 m
Μέγιστο Ύψος Προεξοχών (Hp): 7,5, 8,5, 0,0, 0,0, 0,0 m

Στοιχεία Κατασκευής:

Συντελεστής Τοποθεσίας (Cd/b):
 Κατασκευή περιτριγυρισμένη από υψηλότερες κατασκευές και δέντρα
 Κατασκευή περιτριγυρισμένη από ισούμενες ή χαμηλότερες κατασκευές και δέντρα
 Κατασκευή απομονωμένη
 Κατασκευή απομονωμένη στην κορυφή λόφου

Κεραμική Πυκνότητα Τοποθεσίας (Ng): 3,5
Τύπος κατασκευής (Lf): Δημόσιο κτίριο, 1000 x 10⁻⁴

Μεταλλικό πλέγμα που περιβάλλει την κατασκευή (KS1):
Διαστάσεις πλέγματος (w): 0,0 m

Μέτρα Αντικεραμικής Προστασίας

Ύπαρξη ΣΑΠ (PB): Δεν υπάρχει

Ορισμός Υψηλών Ενδιαφερόντων (π.χ. Χαμηλής Τάσης):
Υψηλότητα 1η: ΧΑΜΗΛΗ ΤΑΣΗ
Υψηλότητα 2η: ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΣΙΕΣ
Υψηλότητα 3η:
Υψηλότητα 4η:

Ορισμός Ζωνών Ενδιαφερόντων:
Ζώνη 1η: ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ
Ζώνη 2η: ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ
Ζώνη 3η:
Ζώνη 4η:

Ορισμός Ανεκτών Επιπέδων Κινδύνου (RT):
Όριο κινδύνου που αφορά σε ανθρώπινες απώλειες: 1,0 x 10⁻⁵
Όριο κινδύνου που αφορά σε απώλειες παροχής υπηρεσιών: 0,0 x 10⁻³
Όριο κινδύνου που αφορά σε απώλειες πολιτιστικής κληρονομιάς: 0,0 x 10⁻³

ΕΠΟΜΕΝΟ ΒΗΜΑ

Εικόνα 8.12 Εικόνα βήματος «ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ».

8.3.4 Βήμα «ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ»

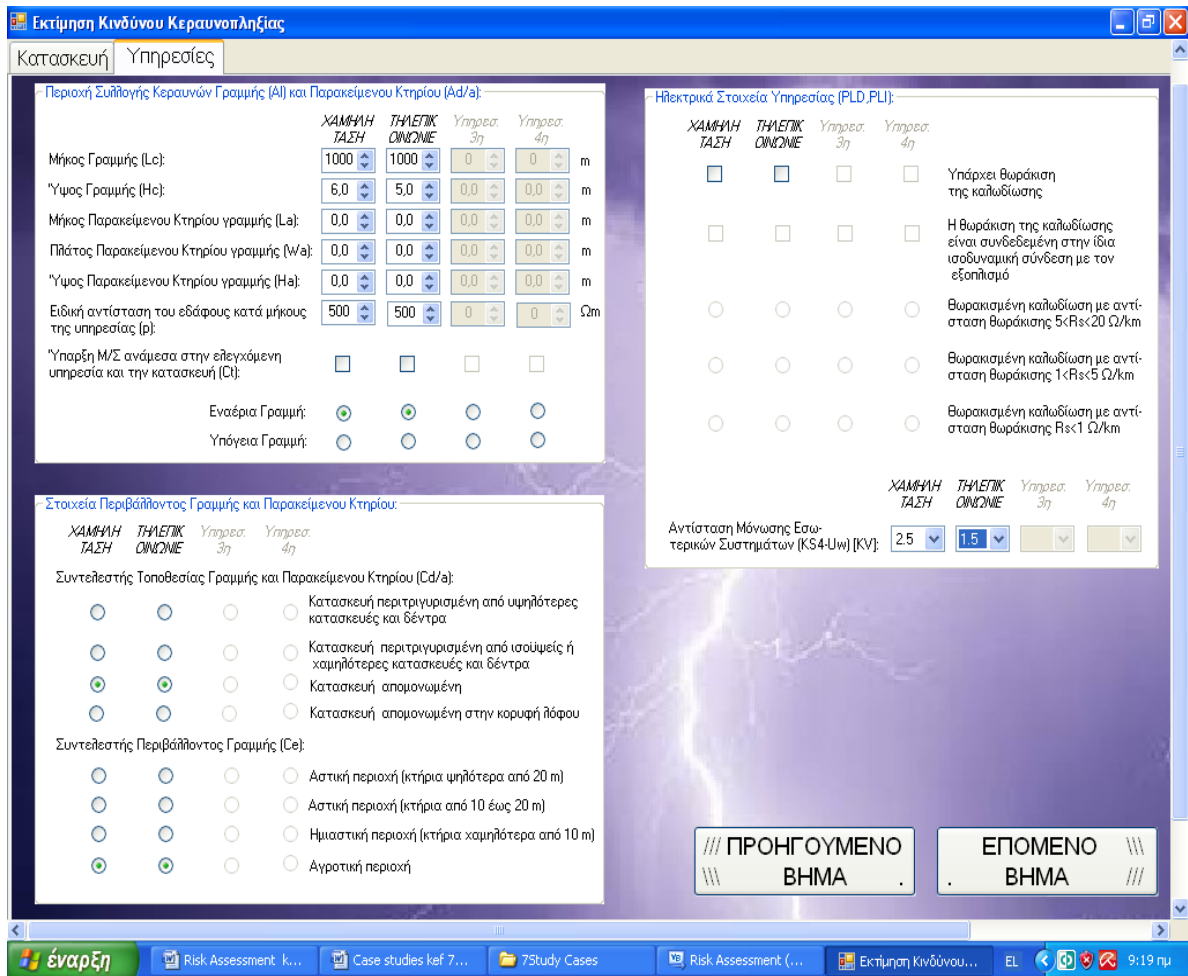
Επιλέγουμε “ΕΠΟΜΕΝΟ ΒΗΜΑ” και εισάγουμε τα σχετικά δεδομένα στην καρτέλα «Υπηρεσίες», σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες.

Παράμετρος	Σχόλιο	Σύμβολο	Τιμή	Μονάδα	Αναφορά
Γραμμή ΧΤ και εσωτερικά συστήματα					
Μήκος γραμμής		L_c	1000	m	Παρ.3.6.1.5
Ύψος γραμμής	Εναέρια	H_c	6	m	Υπόθεση
Ύπαρξη Μ/Σ	Όχι	C_t	1	-	Πιν.3.8
Συντελεστής Τοποθεσίας Γραμμής	Απομονωμένο	C_d	1	-	Πιν.3.7
Συντελεστής Περιβάλλοντος Γραμμής	Αγροτικό	C_e	1	-	Πιν.3.9
Προφύλαξη Εσωτερικής Καλωδίωσης	Όχι	K_{S3}	1	-	Πιν.3.15
Αντίσταση Μόνωσης Εσωτερικών Συστημάτων	$U_w = 2,5 \text{ kV}$	K_{S4}	0,6	-	Εξ.3.31
Προστασία με SPD	Όχι	P_{SPD}	1		Πιν.3.13

Πίνακας 8.2 Βασικά χαρακτηριστικά της γραμμής ΧΤ.

Παράμετρος	Σχόλιο	Σύμβολο	Τιμή	Μονάδα	Αναφορά
Γραμμή Τηλεπικοινωνίας και εσωτερικά συστήματα					
Μήκος		L_C	1000	m	Παρ.3.6.1.5
Ύψος	Εναέρια	H_C	5	m	Υπόθεση
Συντελεστής τοποθεσίας γραμμής	Απομονωμένο	C_d	1	-	Πιν.3.7
Συντελεστής περιβάλλοντος γραμμής	Αγροτικός	C_e	1	-	Πιν.3.9
Θωράκιση Γραμμής	Όχι	P_{LD}	1	-	Πιν.3.16
Πρόβλεψη λόγω βρόχων εσωτερικής καλωδίωσης	Όχι	K_{S3}	1	-	Πιν.3.15
Αντίσταση μόνωσης των εσωτερικών συστημάτων	$U_w = 1,5 \text{ kV}$	K_{S4}	1	-	Εξ.3.31
Προστασία με SPD	Όχι	P_{SPD}	1	-	Πιν.3.13

Πίνακας 8.3 Βασικά χαρακτηριστικά της τηλεπικοινωνιακής γραμμής.



Εικόνα 8.12 εικόνα βήματος «ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ».

8.3.5 Βήμα «ΖΩΝΕΣ»

Επιλέγουμε “ΕΠΟΜΕΝΟ ΒΗΜΑ” και εισάγουμε τα σχετικά δεδομένα στην καρτέλα «Ζώνες», σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες.

Παράμετρος	Σχόλιο	Σύμβολο	Τιμή	Αναφορά
Τύπος Πατώματος	Χώμα	r_u	10^{-2}	Πίν.3.19
Κίνδυνος Φωτιάς	Όχι	r_f	0	Πίν.3.21
Ειδικός κίνδυνος	Όχι	h_z	1	Πίν.3.22
Πυροπροστασία	Όχι	r_p	1	Πίν.3.20
Θωράκιση	Όχι	K_{S2}	0	Εξ.3.30
Άτομα πιθανώς σε κίνδυνο στην ζώνη	Πιθανή παρουσία	n_p	6	-
Απώλεια από βηματικές και τάσεις επαφής	Παρουσία όλη την ημέρα	L_t	10^{-2}	Πίν.3.18
Απώλεια από φυσική καταστροφή	Όχι	L_f	0	Πίν.3.18

Πίνακας 8.4 Βασικά χαρακτηριστικά ζώνης Z_1 .

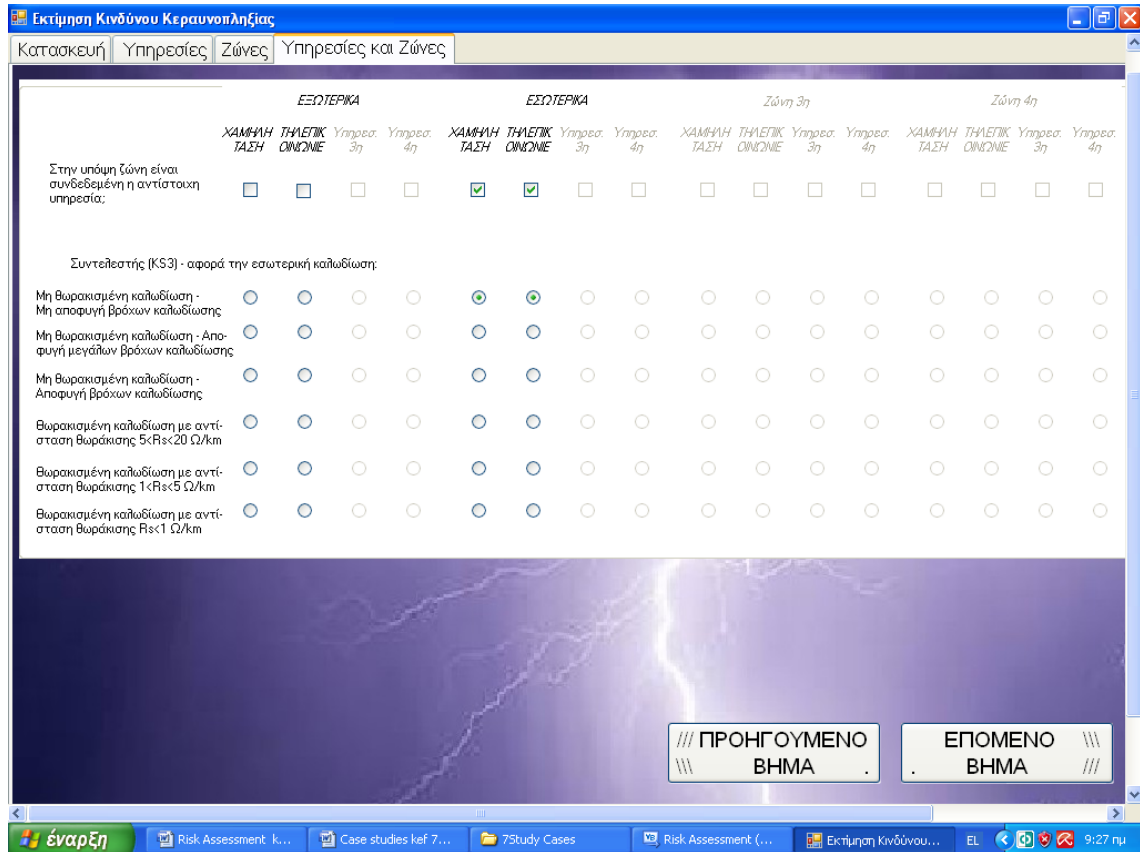
Παράμετρος	Σχόλιο	Σύμβολο	Τιμή	Αναφορά
Τύπος Πατώματος	Πλακάκι	r_u	10^{-3}	Πίν.3.19
Κίνδυνος Φωτιάς	Κοινός	r_f	10^{-2}	Πίν.3.21
Ειδικός κίνδυνος	Χαμηλός	h_z	2	Πίν.3.22
Πυροπροστασία	Όχι	r_p	1	Πίν.3.20
Θωράκιση	Όχι	K_{S2}	1	Εξ.3.30
Εσωτερικά ηλεκτρικά συστήματα	Ναί	Σύνδεση με γραμμή ΧΤ	-	-
Εσωτερικό σύστημα τηλεπικοινωνίας	Ναι	Σύνδεση με γραμμή τηλ/νίας	-	-
Άτομα πιθανώς σε κίνδυνο στην ζώνη	Πιθανή παρουσία	n_p	34	-
Απώλεια από βηματικές και τάσεις επαφής	Εντός κτιρίου	L_t	10^{-4}	Πίν.3.18
Απώλεια από φυσική καταστροφή	Δημόσια κτιρια	L_f	10^{-1}	Πίν.3.18

Πίνακας 8.5 Βασικά χαρακτηριστικά ζώνης Z_2 .

Εικόνα 8.13 Εικόνα βήματος «ΖΩΝΕΣ».

8.3.6 Βήμα «ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ-ΖΩΝΕΣ»

Επιλέγουμε “ΕΠΟΜΕΝΟ ΒΗΜΑ” και εισάγουμε τα σχετικά δεδομένα στην καρτέλα «Υπηρεσίες και Ζώνες», σύμφωνα με τους προηγούμενους πίνακες.



Εικόνα 8.14 εικόνα βήματος «ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ-ΖΩΝΕΣ».

8.3.7 Βήμα «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ»

Επιλέγουμε “ΕΠΟΜΕΝΟ ΒΗΜΑ” και εμφανίζεται η καρτέλα «Αποτελέσματα». Κατόπιν πατώντας το πλήκτρο «ΛΗΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ» λαμβάνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα :

	ΕΞΩΤΕ ΡΙΚΑ	ΕΣΩΤΕ ΡΙΚΑ	Ζώνη 3η	Ζώνη 4η	Συνολ. Κατασκ.
Κίνδυνος για την ανθρώπινη ζωή (R1):	0,22757	49,8531	0	0	50,08 x 10 ⁻⁵
Κίνδυνος για τις παρεχόμενες υπηρεσίες στο κοινό (R2):	0	0,49850	0	0	0,498 x 10 ⁻³
Κίνδυνος για την πολιτιστική κληρονομιά (R3):	0	0,49850	0	0	0,498 x 10 ⁻³

Όσον αφορά στον κίνδυνο για ανθρώπινες ζωές ισχύουν τα παρακάτω:

- Στην Ζώνη <<ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ>>

το όριο κινδύνου είναι κάτω του ορίου επικινδυνότητας, οπότε δεν απαιτούνται μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

- Στην Ζώνη <<ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ>>

Navigation buttons: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ, ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ, ΕΚΤΥΠΩΣΗ, ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΟ ΒΗΜΑ, ΛΗΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Εικόνα 8.15 Εικόνα βήματος «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ».

Όσον αφορά στον κίνδυνο για ανθρώπινες ζωές ισχύουν τα παρακάτω:

- Στην Ζώνη <<ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ>>

το όριο κινδύνου είναι κάτω του ορίου επικινδυνότητας, οπότε δεν απαιτούνται μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

- Στην Ζώνη <<ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ>>

το όριο κινδύνου είναι πάνω από το όριο επικινδυνότητας, οπότε ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΑ πρέπει να ληφθούν μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

Η κυριότερη συνιστώσα του κινδύνου για την ανθρώπινη ζωή στην υπόψη Ζώνη είναι:

Ο κίνδυνος από κεραυνικό πλήγμα στις γραμμές των εισερχομένων υπηρεσιών στην κατασκευή και από πλήγματα πλησίον της κατασκευής με ποσοστό επί του συνολικού κινδύνου της Ζώνης RI=91%

- Συνολικά όσον αφορά όλη την κατασκευή

το όριο κινδύνου είναι πάνω από το όριο επικινδυνότητας, οπότε ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΑ πρέπει να ληφθούν μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

Η κυριότερη συνιστώσα του κινδύνου για την ανθρώπινη ζωή στην υπόψη Ζώνη είναι:

Ο κίνδυνος από κεραυνικό πλήγμα στις γραμμές των εισερχομένων υπηρεσιών στην κατασκευή και από πλήγματα πλησίον της κατασκευής με ποσοστό επί του συνολικού κινδύνου της Ζώνης RI=90%

Τα μέτρα που προτείνονται είναι:

Εγκατάσταση συστημάτων εσωτερικής αντικεραυνικής προστασίας (SPDs)

Επίσης μπορούν να ληφθούν μέτρα για την θωράκιση της όλης κατασκευής και των επιμέρους ζωνών με μεταλλικό πλέγμα

Σχόλια 8.1 Σχόλια περιγραφής αποτελεσμάτων και προτάσεων λήψης αντικεραυνικών μέτρων.

Όπως παρατηρούμε παραπάνω, παρουσιάζονται τα αριθμητικά αποτελέσματα του κεραυνικού κινδύνου ($50,08 \times 10^{-5}$) το οποίο φυσικά και είναι πάνω από το ανεκτό επίπεδο κινδύνου που έχει καθοριστεί στο (1×10^{-5}). Για αυτό το λόγο στην περιγραφή

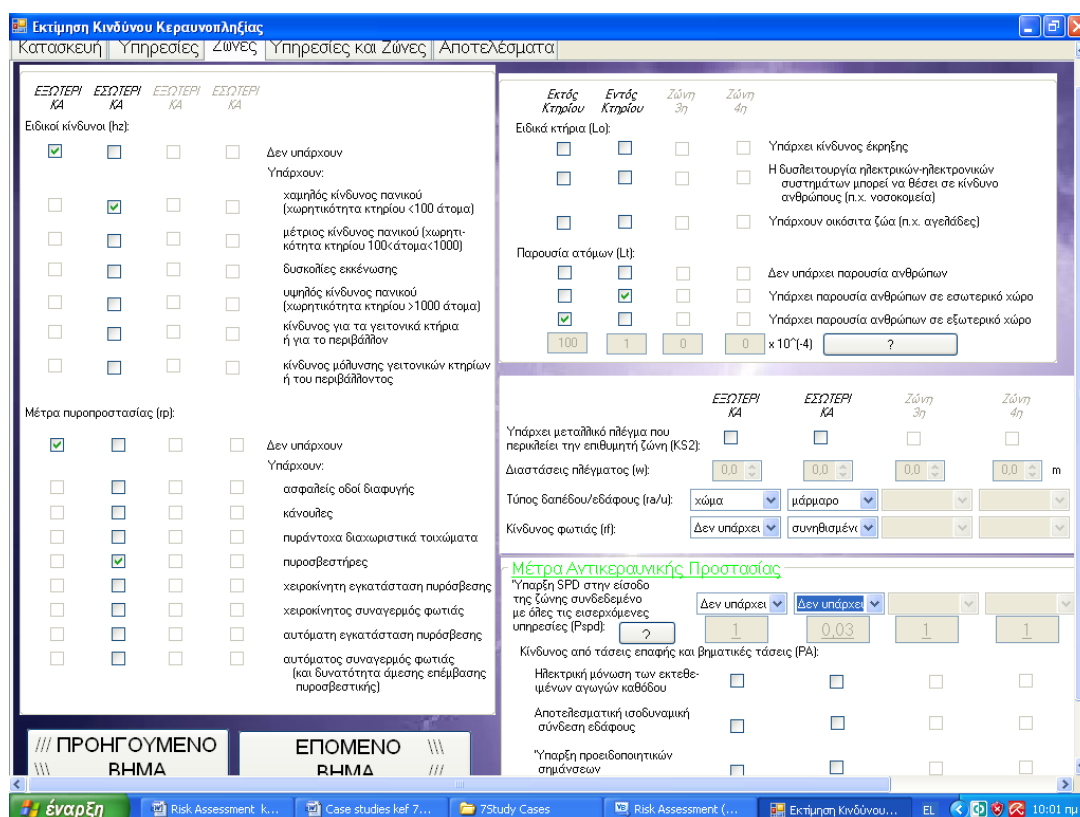
των αποτελεσμάτων που παρουσιάστηκε παραπάνω συνιστάται η υποχρεωτική λήψη μέτρων αντικεραυνικής προστασίας.

Επίσης επειδή η κύρια συνιστώσα του κεραυνικού κινδύνου σε ποσοστό περίπου 90% είναι ο κίνδυνος που προέρχεται από τα κεραυνικά πλήγματα στις γραμμές και πλησίον αυτών, δίνονται κατευθύνσεις να εγκατασταθούν κατά κύριο λόγο μέτρα εσωτερικής αντικεραυνικής προστασίας (SPDs). Καθώς επίσης δίνονται και γενικές συμβουλές που βοηθούν στην μείωση του υπόψη κινδύνου, όπως είναι η εγκατάσταση μεταλλικού πλέγματος.

3.4 Περιγραφή υπολογισμού κεραυνικού κινδύνου για ένα φυλάκιο με τη βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος εκτίμησης κινδύνου κατόπιν της λήψης αντικεραυνικών μέτρων

3.4.1 Λήψη γενικών μέτρων μείωσης του κεραυνικού κινδύνου

Τοποθετώντας **πυροσβεστήρες** στο κτίριο του φυλακίου, μέτρο το οποίο με βεβαιότητα θα παρθεί λόγω του μικρού κόστους παρατηρούμε ότι ο κίνδυνος μειώνεται στη μισή τιμή ($(25,15 \times 10^{-5})$) και πάλι όμως είναι πολύ πάνω από το ανεκτό επίπεδο κινδύνου που είναι μόλις (1×10^{-5}).



Εικόνα 8.16 Εικόνα διαφοροποίησης βήματος «ΖΩΝΕΣ».

Εκτίμηση Κινδύνου Κεραυνοπληξίας

Κατασκευή | Υπηρεσίες | Ζώνες | Υπηρεσίες και Ζώνες | Αποτελέσματα

	ΕΞΩΤΕ ΡΙΚΑ	ΕΣΩΤΕ ΡΙΚΑ	Ζώνη 3η	Ζώνη 4η	Συνολ. Κατασκ.	
Κίνδυνος για την ανθρώπινη ζωή (R1):	0,22757	24,9278	0	0	25,15	$\times 10^{(-5)}$
Κίνδυνος για τις παρεχόμενες υπηρεσίες στο κοινό (R2):	0	0,24925	0	0	0,249	$\times 10^{(-3)}$
Κίνδυνος για την πολιτιστική κληρονομιά (R3):	0	0,24925	0	0	0,249	$\times 10^{(-3)}$

Όσον αφορά στον κίνδυνο για ανθρώπινες ζωές ισχύουν τα παρακάτω:

- Στην Ζώνη <<ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ>>

το όριο κινδύνου είναι κάτω του ορίου επικινδυνότητας, οπότε δεν απαιτούνται μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

- Στην Ζώνη <<ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ>>

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΟ ΒΗΜΑ ΛΗΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Εικόνα 8.17 Εικόνα διαφοροποίησης βήματος «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ».

Όσον αφορά στον κίνδυνο για ανθρώπινες ζωές ισχύουν τα παρακάτω:

- Στην Ζώνη <<ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ>>

το όριο κινδύνου είναι κάτω του ορίου επικινδυνότητας, οπότε δεν απαιτούνται μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

- Στην Ζώνη <<ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ>>

το όριο κινδύνου είναι πάνω από το όριο επικινδυνότητας, οπότε ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΑ πρέπει να ληφθούν μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

Η κυριότερη συνιστώσα του κινδύνου για την ανθρώπινη ζωή στην υπόψη Ζώνη είναι:

Ο κίνδυνος από κεραυνικό πλήγμα στις γραμμές των εισερχομένων υπηρεσιών στην κατασκευή και από πλήγματα πλησίον της κατασκευής με ποσοστό επί του συνολικού κινδύνου της Ζώνης RI=91%

- Συνολικά όσον αφορά όλη την κατασκευή

το όριο κινδύνου είναι πάνω από το όριο επικινδυνότητας, οπότε ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΑ πρέπει να ληφθούν μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

Η κυριότερη συνιστώσα του κινδύνου για την ανθρώπινη ζωή στην υπόψη Ζώνη είναι:

Ο κίνδυνος από κεραυνικό πλήγμα στις γραμμές των εισερχομένων υπηρεσιών στην κατασκευή και από πλήγματα πλησίον της κατασκευής με ποσοστό επί του συνολικού κινδύνου της Ζώνης RI=90%

Τα μέτρα που προτείνονται είναι:

Εγκατάσταση συστημάτων εσωτερικής αντικεραυνικής προστασίας (SPDs)

Επίσης μπορούν να ληφθούν μέτρα για την θωράκιση της όλης κατασκευής και των επιμέρους ζωνών με μεταλλικό πλέγμα

Σχόλια 8.2 Σχόλια περιγραφής αποτελεσμάτων και προτάσεων λήψης αντικεραυνικών μέτρων.

8.4.2 Λήψη αντικεραυνικών μέτρων (1η πρόταση)

Με τοποθέτηση ΣΑΠ κλάσης II και SPD κλάσης IV και προειδοποιητικών πινακίδων, παρατηρούμε ότι ο κίνδυνος μειώνεται στη τιμή $(0,816 \times 10^{-5})$ που ικανοποιεί το ανεκτό επίπεδο κινδύνου που είναι (1×10^{-5}) .

Εκτίμηση Κινδύνου Κεραυνοπληξίας

Κατασκευή Υψηραίες Ζώνες Υψηραίες και Ζώνες Αποτελέσματα

Περιοχή Σύλληψης Κεραυνών Κατασκευής (Ad/b):

Μέγιστο Μήκος Κατασκευής (L): 28.5 m

Μέγιστο Πλάτος Κατασκευής (W): 14.0 m

Μέγιστο Ύψος Κατασκευής (H): 6.5 m

	Προεξ. 1	Προεξ. 2	Προεξ. 3	Προεξ. 4	Προεξ. 5	
Μέγιστο Μήκος Προεξοχών (Lp):	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	m
Μέγιστο Πλάτος Προεξοχών (Wp):	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	m
Μέγιστο Ύψος Προεξοχών (Hp):	7.5	8.5	0.0	0.0	0.0	m

Στοιχεία Κατασκευής:

Συντελεστής Τοποθεσίας (Cd/b):

- Κατασκευή περιτριγυρισμένη από υψηλότερες κατασκευές και δέντρα
- Κατασκευή περιτριγυρισμένη από ισούμετες ή χαμηλότερες κατασκευές και δέντρα
- Κατασκευή απομονωμένη
- Κατασκευή απομονωμένη στην κορυφή λόφου

Κεραυνική Πυκνότητα Τοποθεσίας (Ng): 3.5

Τύπος κατασκευής (Li): Δημόσιο κτήριο 0 x 10⁻⁴

Μεταλλικό πλέγμα που περικλείει την κατασκευή (KST):

Διαστάσεις πλέγματος (w): 0.0 m

Μέτρα Αντικεραυνικής Προστασίας

Υπαρξη ΣΑΠ (PB): Επιπέδου II

Ορισμός Υψηραίων Ενδιαφέροντος (π.χ. Χαμηλής Τάσης):

Υψηραία 1η: ΧΑΜΗΛΗ ΤΑΣΗ

Υψηραία 2η: ΘΥΛΕΠΙΚΟΙΝΩΣΙΕΣ

Υψηραία 3η:

Υψηραία 4η:

Ορισμός Ζωνών Ενδιαφέροντος:

Ζώνη 1η: ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ

Ζώνη 2η: ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ

Ζώνη 3η:

Ζώνη 4η:

Ορισμός Ανεκτών Επιπέδων Κινδύνου (RT):

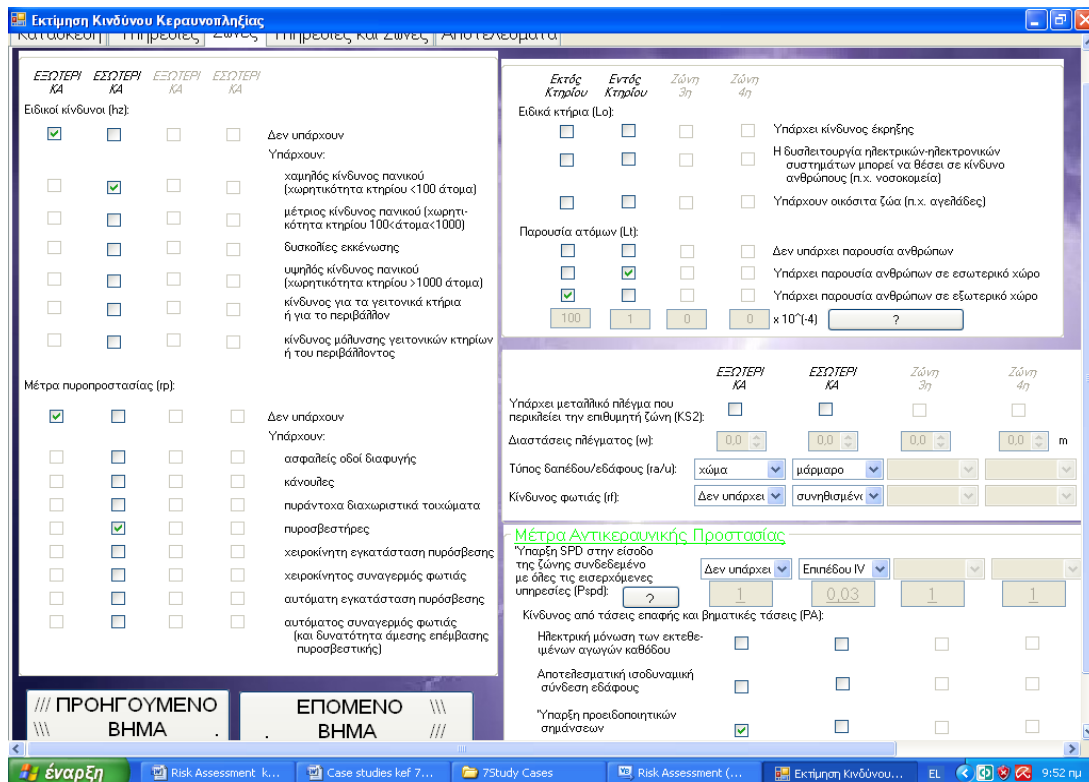
Όριο κινδύνου που αφορά σε ανθρώπινες απώλειες: 1.0 x 10⁻⁵

Όριο κινδύνου που αφορά σε απώλειες παροχής υπηρεσιών: 0.0 x 10⁻³

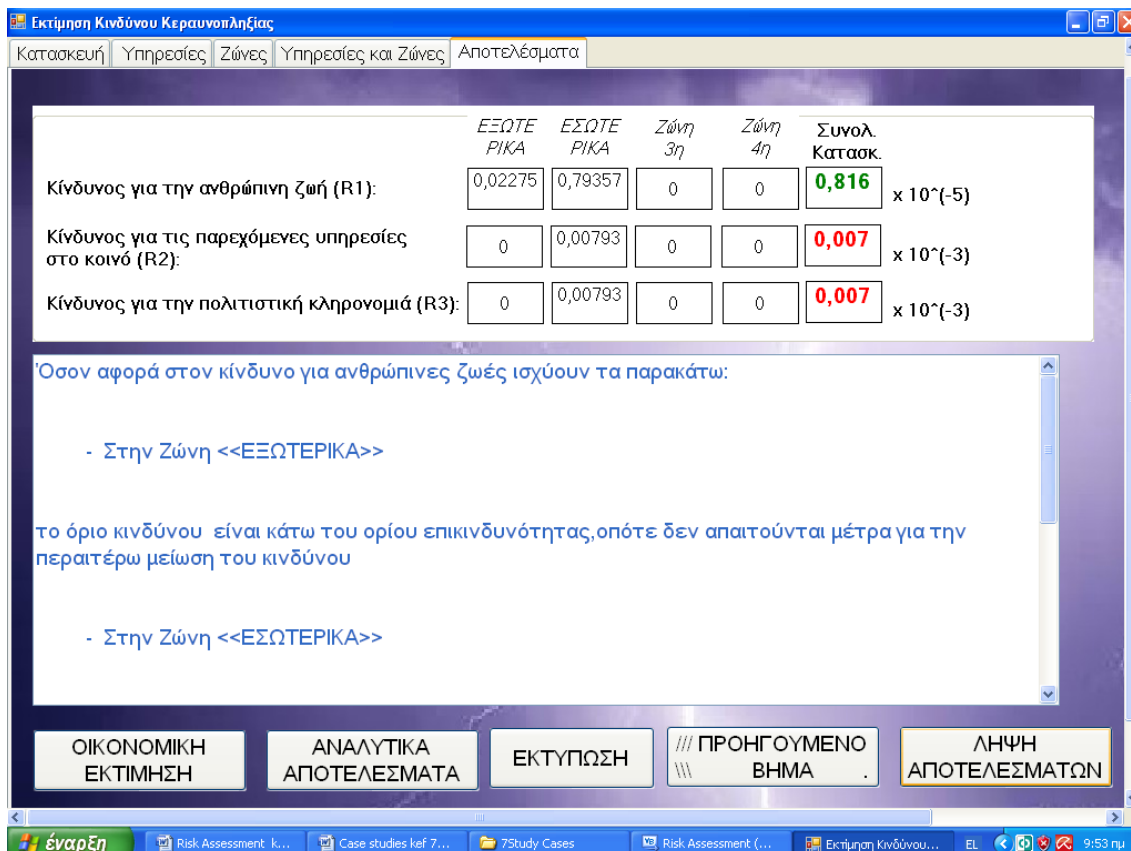
Όριο κινδύνου που αφορά σε απώλειες πολιτιστικής κληρονομιάς: 0.0 x 10⁻³

ΕΠΟΜΕΝΟ ΒΗΜΑ

Εικόνα 8.18 Εικόνα διαφοροποίησης βήματος «ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ».



Εικόνα 8.19 εικόνα διαφοροποίησης βήματος «ΖΩΝΕΣ».



Εικόνα 8.20 εικόνα διαφοροποίησης βήματος «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ».

Όσον αφορά στον κίνδυνο για ανθρώπινες ζωές ισχύουν τα παρακάτω:

- Στην Ζώνη <<ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ>>

το όριο κινδύνου είναι κάτω του ορίου επικινδυνότητας, οπότε δεν απαιτούνται μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

- Στην Ζώνη <<ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ>>

το όριο κινδύνου είναι κάτω του ορίου επικινδυνότητας, οπότε δεν απαιτούνται μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

- Συνολικά όσον αφορά όλη την κατασκευή

το όριο κινδύνου είναι κάτω του ορίου επικινδυνότητας, οπότε δεν απαιτούνται μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

Δεν κρίνεται ότι απαιτούνται περαιτέρω μέτρα.

Σχόλια 8.3 Σχόλια περιγραφής αποτελεσμάτων και προτάσεων λήψης αντικραυλικών μέτρων.

8.4.3 Λήψη αντικεραυνικών μέτρων (2η πρόταση)

Με τοποθέτηση ΣΑΠ κλάσης III και SPD κλάσης IV και προειδοποιητικών πινακίδων, παρατηρούμε ότι ο κίνδυνος μειώνεται στη τιμή $(0,930 \times 10^{-5})$ που ικανοποιεί το ανεκτό επίπεδο κινδύνου που είναι (1×10^{-5}) .

	ΕΞΩΤΕ ΡΙΚΑ	ΕΣΩΤΕ ΡΙΚΑ	Ζώνη 3η	Ζώνη 4η	Συνολ. Κατασκ.
Κίνδυνος για την ανθρώπινη ζωή (R1):	0,02275	0,90735	0	0	0,930 x 10 ⁻⁵
Κίνδυνος για τις παρεχόμενες υπηρεσίες στο κοινό (R2):	0	0,00907	0	0	0,009 x 10 ⁻³
Κίνδυνος για την πολιτιστική κληρονομιά (R3):	0	0,00907	0	0	0,009 x 10 ⁻³

Το όριο κινδύνου είναι κάτω του ορίου επικινδυνότητας, οπότε δεν απαιτούνται μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

- Συνολικά όσον αφορά όλη την κατασκευή

Το όριο κινδύνου είναι κάτω του ορίου επικινδυνότητας, οπότε δεν απαιτούνται μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

Δεν κρίνεται ότι απαιτούνται περαιτέρω μέτρα.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΟ ΒΗΜΑ ΛΗΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Εικόνα 8.21 εικόνα διαφοροποίησης βήματος «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ».

Όσον αφορά στον κίνδυνο για ανθρώπινες ζωές ισχύουν τα παρακάτω:

- Στην Ζώνη <<ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ>>

το όριο κινδύνου είναι κάτω του ορίου επικινδυνότητας, οπότε δεν απαιτούνται μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

- Στην Ζώνη <<ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ>>

το όριο κινδύνου είναι κάτω του ορίου επικινδυνότητας, οπότε δεν απαιτούνται μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

- Συνολικά όσον αφορά όλη την κατασκευή

το όριο κινδύνου είναι κάτω του ορίου επικινδυνότητας, οπότε δεν απαιτούνται μέτρα για την περαιτέρω μείωση του κινδύνου

Δεν κρίνεται ότι απαιτούνται περαιτέρω μέτρα.

Σχόλια 8.4 Σχόλια περιγραφής αποτελεσμάτων και προτάσεων λήψης αντικατανακτικών μέτρων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] IEC 62305-1, Protection against lightning – Part 1: General principles, IEC standard, 2003
- [2] IEC 62305-2, Protection against lightning – Part 2: Risk management, IEC standard, 2003
- [3] IEC 62305-3, Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard, IEC standard, 2003
- [4] IEC 62305-4, Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures, IEC standard, 2003
- [5] Ι.Α. Σταθόπουλος, «Προστασία Τεχνικών Εγκαταστάσεων Έναντι Υπερτάσεων», Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 1989
- [6] Ε. Πυργιώτη, «Προστασία Κατασκευών από Κεραυνούς», Εκδοση Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2009
- [7] National Lightning Safety Institute of U.S.A.- Επίσημος ιστότοπος της Αμερικανικού ινστιτούτου αντικεραυνικής προστασίας: www.lightningsafety.com
- [8] F. Heidler, Z. Flisowski, W. Zischank, Ch. Bouquegneau, C. Mazzetti, 'Parameters of Lightning Current given in IEC 62305 – Background experience and outlook', 29th International Conference on Lightning Protection, Uppsala Sweden, June 2008
- [9] Μ. Θεοδοσίου, Διπλωματική Εργασία: «Ανάπτυξη Λογισμικού για Αντικεραυνική Προστασία Κτιρίων», ΕΜΠ, Αθήνα 2009
- [10] American Meteorological Society, Updated Recommendations for Lightning Safety, Επίσημος ιστότοπος της Αμερικανικής Μετεωρολογικής Εταιρείας, 2002
- [11] Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ 1197, «Προστασία κατασκευών από κεραυνούς», 2002
- [12] MIL-HDBK-419 "Military Handbook: Grounding, Bonding, and Shielding For Electronic Equipments and Facilities", Department of Defense, USA, 1987
- [13] Δ. Κοντός «Αντικεραυνικός Κώδικας», Εκδόσεις ΕΛΕΜΚΟ, 1987
- [14] "Ammunition and Explosives Safety Standards", Department of the Army, USA, 1999
- [15] Π. Κονταξής, Διπλωματική Εργασία «Μελέτη της πολυστρωματικής δομής του εδάφους», ΕΜΠ, Αθήνα 2002
- [16] ΤΕ 10-300 «Βασικών Τύπων Έργων Στρατωνισμού. Γενικά Τεχνικά-Οικονομικά Στοιχεία –Αρχιτεκτονικά Σχέδια» /ΓΕΣ/ΔΕΚΠ, 1994

- [17] ΕΛΟΤ HD-384/2004 «Κανονισμός Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων»
- [18] «Η τεχνική της θεμελιακής γείωσης», Εκδόσεις ΕΛΕΜΚΟ, Αθήνα 2010
- [19] Siemens Technical Topics: “Residential Surge Protection”, Επίσημος ιστότοπος της εταιρείας Siemens: www.siemens.com
- [20] Holger Heckler, Martin Wetter, Klaus Scheibe, Joachim Schimanski “Lightning Current Arrester Technologies – Comparison of Spark Gap and MOV Technology”, IX International Symposium on Lightning Protection, 26th-30th November 2007 – Foz do Iguaçu, Brazil.
- [21] Α. Κουλαξουζίδης, «Προστασία των διατάξεων ηλεκτρονικών ισχύος από υπερτάσεις του δικτύου ηλεκτρικής παροχής», Διήμερο του ΤΕΕ: «Ηλεκτρονικά Ισχύος, Συστήματα Ηλεκτρονικής Κίνησης και Βιομηχανικές Εφαρμογές», 5-6 Απριλίου 2006, Αθήνα
- [22] E. K. Armstrong “The benefits of applying 61000-5-2 to cable shield bonding and earthing”, <http://www.cherryclough.com>, Article, May 2004
- [23] James Foxal “Visual Basic 2008”, Εκδόσεις Μ.Γκιούρδας, Αθήνα 2008

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

A.Σκοπός

Σκοπός του Παραρτήματος αυτού είναι μια περαιτέρω θεώρηση του κεραυνικού φαινομένου υπό το πρίσμα της ατομικής προστασίας του στρατιωτικού κυρίως (και όχι μόνο) προσωπικού που ζεί, εκπαιδεύεται και αναπτύσσεται είτε εντός των στρατιωτικών εγκαταστάσεων είτε στο ύπαιθρο. Λόγω της ιδιαιτερότητας των στρατιωτικών εγκαταστάσεων (πολλές φορές σε απομονωμένους λόφους), της φύσεως των στρατιωτικών εργασιών και της εν υπαίθρω διαβίωσης το στρατιωτικό προσωπικό είναι εκτεθειμένο στο κεραυνικό πλήγμα.

Καθώς δεν υπάρχει συσκευή ούτε μέθοδος με την οποία είναι δυνατή η τροποποίηση του φαινομένου του κεραυνού σε τέτοιο βαθμό που να αποτρέπουν τις κεραυνικές εκκενώσεις [1] και κατόπιν των παραπάνω προβαίνουμε στην προστασία των εγκαταστάσεων και υπηρεσιών με τις μεθόδους της αντικεραυνικής προστασίας που αναφέρθησαν, μπορούμε να θεωρήσουμε την ενημέρωση και εκπαίδευση του προσωπικού σε μεθόδους ατομικής προστασίας ως ενισχυτικό - πολλαπλασιαστικό και απαραίτητο παράγοντα της αντικεραυνικής προστασίας.

Τέλος δια μέσου της κατανόησης του κινδύνου και των επιπτώσεων του κεραυνικού ρεύματος στον ανθρώπινο οργανισμό μπορούμε να διαπιστώσουμε ατέλειες του ήδη εγκατεστημένου συστήματος αντικεραυνικής προστασίας σε στρατιωτικές εγκαταστάσεις και να αποτρέψουμε απώλειες ανθρώπινων ζώων και τραυματισμών σε θεωρούμενες προστατευμένες περιοχές.

B. Το "τυπικό" κεραυνικό ατύχημα σε στρατεύματα

Παρόλο που δεν υφίσταται ο όρος "τυπικό" κεραυνικό ατύχημα θα μπορούσαμε να αναγνωρίσουμε καταστάσεις που μπορούν να οδηγήσουν σε ατυχήματα στις τάξεις του στρατιωτικού προσωπικού [2] :

- Το στρατιωτικό προσωπικό δεν είναι ενήμερο των κινδύνων του κεραυνικού φαινομένου με αποτέλεσμα να μη λαμβάνονται επακόλουθα μέτρα προστασίας.
- Το στρατιωτικό προσωπικό δεν έχει γνώση του επερχόμενου κεραυνικού κινδύνου (εκτός από ηχητική και οπτική προειδοποίηση μιας πολύ κοντινής καταιγίδας) με αποτέλεσμα να μη λαμβάνονται μέτρα προστασίας.
- Το στρατιωτικό προσωπικό κινείται και διαβιεί σε πολλές περιπτώσεις σε εγκαταστάσεις που στερούνται εσωτερικής αντικεραυνικής προστασίας.

➤ Το στρατιωτικό προσωπικό διαβιεί σε απροστάτευτα καταλύματα στην ύπαιθρο και κυρίως σε σκηνές.

➤ Στρατιωτικό προσωπικό είναι επιφορτισμένο σε χρήση ασυρμάτων μέσω με ανεπτυγμένες κεραίες λόγω της φύσεως της αποστολής.

Τα κυριότερα ατυχήματα λόγω κεραυνών υφίστανται στρατεύματα :

➤ που στρατοπαιδεύουν στο ύπαιθρο και είναι υποκείμενα σε βηματικές τάσεις που αναπτύσσονται λόγω πτώσης κεραυνού σε προεξέχοντα σημεία πλησίον του προσωπικού (δέντρα, μεταλλικά στοιχεία στήριξης των σκηνών και των δικτύων παραλλαγής κ.α.)

➤ λόγω έμμεσων κεραυνικών πληγμάτων στο εσωτερικό εγκαταστάσεων είτε λόγω έλλειψης πλήρους εσωτερικής αντικεραυνικής προστασίας.

Γ. Κίνδυνοι από το κεραυνικό ρεύμα στο προσωπικό

Γ.1 Πλήγματα στον άνθρωπο

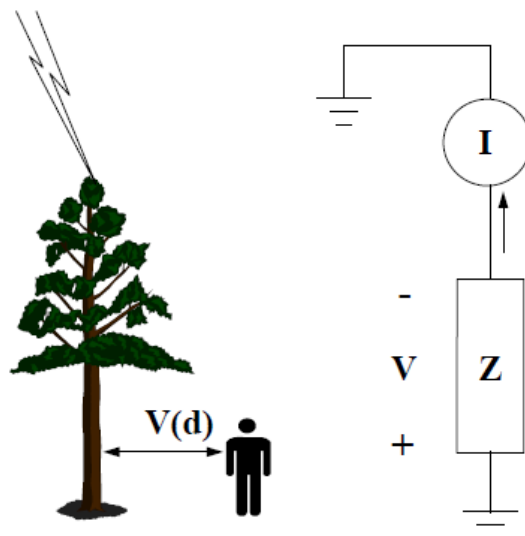
Σε χώρες που διατηρούν στατιστικά στοιχεία έχει διαπιστωθεί ότι αριθμός των απωλειών και των ατόμων που τραυματίζονται είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από απώλειες λόγω άλλων φαινομένων ακραίων καιρικών συνθηκών [3] ενώ οι συντριπτική πλειοψηφία των απωλειών μεταφράζονται σε τραυματισμούς στον άνθρωπο.

Τα κεραυνικά πλήγματα στον άνθρωπο διακρίνονται σε [2,4,5] :

1. Απευθείας πλήγμα, το οποίο προκαλεί και το μέγιστο τραυματισμό καθώς το κεραυνικό φορτίο διαπερνά το σώμα του ατόμου. Λόγω της μικρής διάρκειας του φαινομένου, συχνά δεν αναπτύσσεται ικανή τάση για τη διάσπαση της μόνωσης του δέρματος, με αποτέλεσμα να διέρχεται της επιφάνειας του ατόμου.

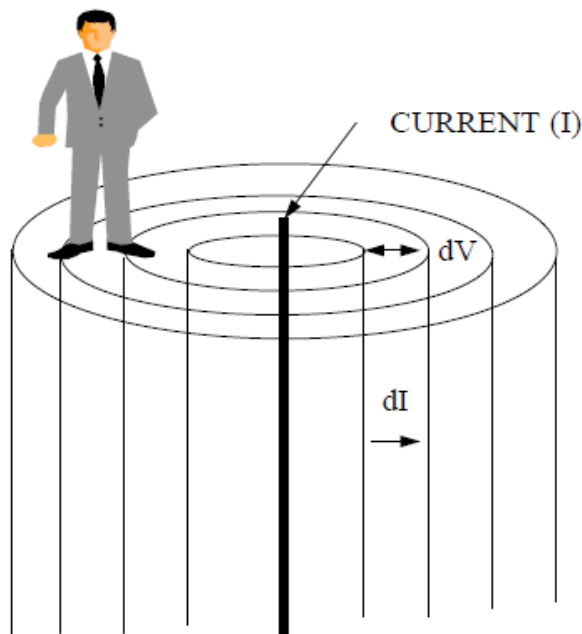
2. Ανάστροφα πλευρικά πλήγματα που προκαλούνται από δημιουργία παράλληλου κλάδου του ρεύματος του κεραυνού υπό μορφή σπινθήρος.

Ένα καλό παράδειγμα για να αντιληφθούμε το φαινόμενο είναι η περίπτωση ενός δένδρου που πλήττεται από κεραυνό. Σε αυτή την περίπτωση το δένδρο ως κακός αγωγός είναι δυνατόν να υποστεί μεγάλη ζημιά καθώς εκλύεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας υπό μορφή θερμότητας [6]. Αν θεωρήσουμε Z την αντίσταση του δένδρου και I το κεραυνικό ρεύμα από τον νόμο του Ohm διαπιστώνουμε ότι είναι δυνατό πάνω στο δένδρο να αναπτυχθεί τάση ικανή να διασπάσει τη μόνωση του αέρα μεταξύ του δένδρου και ενός πλησίον ευρισκόμενου ανθρώπου. Θεωρώντας κεραυνικό ρεύμα 20kA και αντίσταση ενός δένδρου 100 Ω, συνεπάγεται ανάπτυξη τάσης 2 εκατ. V και πιθανό πλήγμα σε ανθρώπους σε απόσταση 2m (σχήμα Α.1). Παρόμοια περίπτωση είναι και η ανάπτυξη τάσεων σε αγωγούς υποκείμενους στο κεραυνικό ρεύμα (αγωγοί καθόδου, ιστοί κεραιών) και αγωγούς δικτύων.

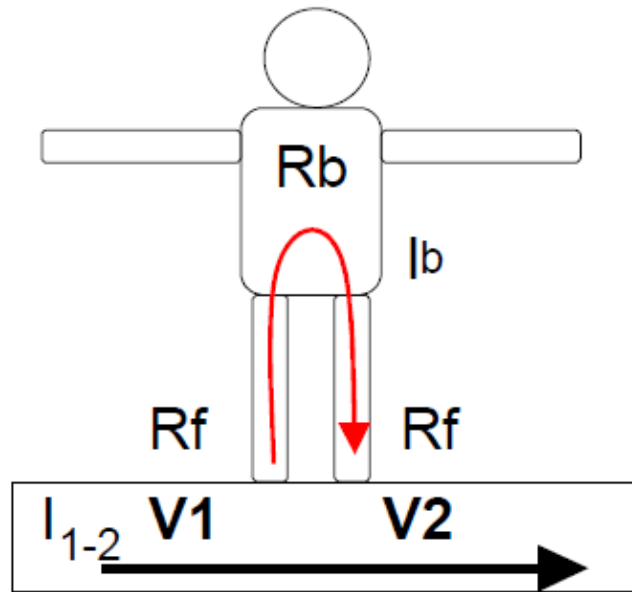


Σχήμα 1 Πλήγμα σε δέντρο και μοντέλο της αναπτυσσόμενης τάσης. Στην περίπτωση αυτή σχεδιάζουμε το ρεύμα να ανέρχεται καθώς θεωρούμε την συνήθη περίπτωση αρνητικής κεραυνικής εκκένωσης[2].

3. Πλήγματα λόγω της αναπτυσσόμενης στο έδαφος τάσης από την διάχυση του κεραυνικού ρεύματος στο έδαφος. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα πόδια του ανθρώπου (σχήμα A.2). η οποία προκαλεί την διέλευση ρεύματος από το ένα πόδι και έξοδο από το άλλο. Για το λόγο αυτό ονομάζεται βηματική τάση (σχήμα A.3).



Σχήμα 2 Διασπορά του ρεύματος στο έδαφος και ανάπτυξη βηματικής τάσης [2].



Σχήμα 3 Επίδραση της βηματικής τάσης [2]. Η διαφορά δυναμικού $V1-V2$ (Λόγω του ρεύματος $I1-2$, της τάξεως μερικών δεκάδων kA) μπορεί να φθάσει μερικές χιλιάδες Volt. Το ρεύμα που θα διαπεράσει το ανθρώπινο σώμα (I_b) εξαρτάται από την αντίσταση επαφής με το έδαφος (R_f) και την αντίσταση σώματος (R_b).

Γ.2 Επίδράσεις στον άνθρωπο

Πλήγμα κεραυνού δύναται να προκαλέσει βλάβες σε διάφορα οργανικά συστήματα όπως παρακάτω [4,5] (ενδεικτική αναφορά) :

- Καρδιοπνευμονικές επιπλοκές
 - Βλάβες του μυοκαρδίου
 - Ηλεκτροκαρδιογραφικές μεταβολές
 - Δυσρυθμία
 - Κοιλιακός ινιδισμός
 - Άπνοια
 - Αναπνευστικές επιπλοκές
 - Υποξαιμία
- Νευρολογικές επιπλοκές
 - Απώλεια συνείδησης
 - Σύγχυση
 - Παραπληγία, τετραπληγία
 - Κώμα

- Εσωτερική αιμορραγία
- Αιματώματα
- Κεραυνοπαράλυση
- Αγγειακές επιπλοκές
 - Αρτηριακοί σπασμοί
 - Αγγειοδιαστολή
- Δερματολογικές επιπλοκές – Εγκαύματα
- Οφθαλμολογικές επιπλοκές
 - Αλλοίωση κερατοειδούς
 - Καταρράκτης
 - Αποκόλληση Αμφιβληστροειδούς
 - Βλάβη του οπτικού νεύρου
- Ακουστικές Επιπλοκές
 - Διάτρηση τυμπάνου
 - Προσωρινή απώλεια ακοής
- Ενδοκοιλιακές επιπλοκές
 - Διάτρηση στομάχου

Δ. Βασικές διαδικασίες προστασίας

Η διαδικασία ατομικής προστασίας του προσωπικού θα πρέπει να οργανώνεται και να στηρίζεται στις παρακάτω αρχές [2] :

- Γνώση, τόσο του κεραυνικού κινδύνου όσο και της ανάπτυξης πλάνου προστασίας του προσωπικού από τους επικεφαλής διοικητές.
- Έγκαιρη προειδοποίηση για τον επερχόμενο κίνδυνο και για την ανάπτυξη του σχεδίου προστασίας.
- Διαμόρφωση καταφυγίων προστασίας.

Δ.1 Διαδικασίες προστασίας του προσωπικού στο ύπαιθρο

Οι εδώ αναφερόμενες διαδικασίες αφορούν σε μέτρα προστασίας κατά την παρουσία στρατιωτικού προσωπικού στο ύπαιθρο λόγω εκπαιδευτικής δραστηριότητας και λοιπών δραστηριοτήτων. Συμπεριλαμβάνουν και την περίπτωση της παρουσίας στρατευμάτων

λόγω εκπαίδευσης, καθηκόντων ασφαλείας και κοινών δραστηριοτήτων σε εξωτερικούς χώρους μέσα στα στρατόπεδα.

1) Προ των δραστηριοτήτων.

➤ Γνώση των επικείμενων καιρικών συνθηκών από τους διοικητές των κλιμακίων πριν από την κάθε δραστηριότητα. Καιρικές αναφορές είναι διαθέσιμες από τα προϊστάμενα κλιμάκια και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

➤ Προγραμματισμός εάν είναι δυνατόν των δραστηριοτήτων με γνώμονα την αποφυγή καταιγίδων.

➤ Διαμόρφωση σχεδίου προστασίας και εκπαίδευση του προσωπικού. Το στρατιωτικό προσωπικό θα πρέπει να γνωρίζει τι πρέπει να κάνει σε περίπτωση καταιγίδας.

➤ Καθορισμός καταφυγίου – και γνώση του κτιρίου που θεωρείται προστατευμένο.

2) Κατά την εκτέλεση των δραστηριοτήτων και όταν αυτές μπορούν να διακοπούν:

➤ Κριτήρια : Κεραυνοί στα 50 χλμ. Ενέργειες:

i. Ενημέρωση του προσωπικού για τον επερχόμενο κίνδυνο.

ii. Προετοιμασία για διακοπή αχρειαστων δραστηριοτήτων.

iii. Εύρεση κατάλληλου καταφυγίου.

➤ Κριτήρια: Κεραυνοί στα 25 χλμ. Ενέργειες:

i. Ασφάλιση εξοπλισμού.

ii. Διακοπή δραστηριότητας.

iii. Μετακίνηση του μη δεσμευμένου προσωπικού σε ασφαλές καταφύγιο.

➤ Κριτήριο: Κεραυνοί στα 10 χλμ ή παρατηρούμενοι. Ενέργειες:

i. Διακοπή δραστηριοτήτων.

ii. Άμεση μετακίνηση σε ασφαλές καταφύγιο.

iii. Εάν δεν υπάρχει ασφαλές καταφύγιο το προσωπικό θα πρέπει να μετακινηθεί εντός οχημάτων με μεταλλικές οροφές.

iv. Ελλείψει όλων των παραπάνω το προσωπικό θα πρέπει να απομακρυνθεί από σημεία αυξημένου κινδύνου και να διασκορπιστεί.

3) Μετά την παρέλευση της καταιγίδας αναμονή 30 λεπτών για επανέναρξη των δραστηριοτήτων.

Σε κάθε περίπτωση κατά την παρατήρηση κεραυνικής δραστηριότητας θα πρέπει να συνεπάγεται διακοπή εργασιών του προσωπικού σε θεμελίωση συστημάτων γείωσης και ιστών κεραιών.

Δ.2 Διαδικασίες Περιορισμού Κινδύνου στο Προσωπικό και Ατομική Προστασία

Εκπαίδευση του προσωπικού σε αναγνώριση του επερχόμενου κινδύνου μπορεί να γίνει με την υιοθέτηση του κανόνα 30-30. Αυτό σημαίνει ότι σε περίπτωση που γίνει αντιληπτός ένας κεραυνός θα πρέπει ο στρατιώτης να ξεκινήσει το μέτρημα. Αν η βροντή ακουστεί σε λιγότερο από 30 δευτερόλεπτα θα πρέπει να μετακινηθεί σε ασφαλές σημείο. Μετά την καταιγίδα θα πρέπει να παραμείνει στο ασφαλές σημείο για 30 λεπτά. Ο κανόνας 30-30 ενδείκνυται για επερχόμενες καταιγίδες και δεν προστατεύει από τον πρώτο κεραυνό σε περίπτωση έντονης νέφωσης πριν την καταιγίδα.

Εκπαίδευση του προσωπικού σε αναγνώριση ασφαλών καταφυγίων. Ασφαλές καταφύγιο σημαίνει :

➤ ένα μεγάλο, περικλειστο, κτίριο με ικανότητα προστασίας. Τέτοια κτίρια είναι κάθε στρατιωτική εγκατάσταση ή άλλο κτίριο με αντικεραυνική προστασία ή τουλάχιστον επαρκή γείωση για την αγωγή του κεραυνικού ρεύματος στο έδαφος. Τέτοια καταφύγια μπορεί να κατασκευαστούν για την διεξαγωγή εκπαίδευσης (εικόνα 1).



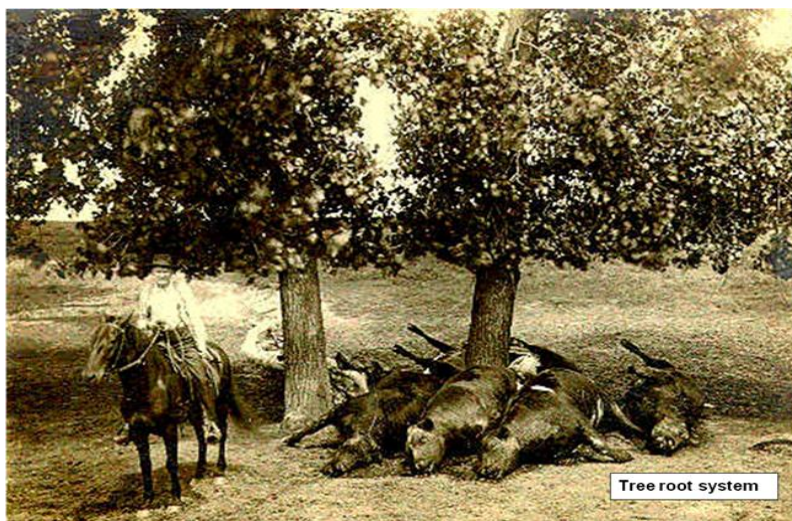
Εικόνα 1. Προστατευμένο υπόστεγο για διεξαγωγή εκπαίδευσης [2].

➤ Ασφαλή καταφύγια μπορεί να θεωρηθούν και οχήματα τα οποία όμως φέρουν μεταλλικό περίκλειστο κάλυμμα. Τέτοια μπορεί να είναι στρατιωτικά λεωφορεία και λοιπά οχήματα. Σε αυτή την περίπτωση ο στρατιώτης θα πρέπει να κάθεται εντός των οχημάτων και με τα χεριά όχι σε επαφή με μεταλλικά μέρη, όπως επίσης με όλα τα παράθυρα κλειστά. Τέτοια οχήματα δεν μπορούν να θεωρηθούν οχήματα που φέρουν κάλυμμα στο πήγμα όπως οχήματα π.χ. ¼ τόνων ή 2 ½ τόνων.

Σε περίπτωση παραμονής στο υπαίθρο ή σε εξωτερικό χώρο εντός του στρατοπέδου θα πρέπει ο στρατιώτης **ΝΑ ΜΗΝ** :

- Παραμένει σε ανοικτές περιοχές.
- Παραμένει κοντά σε ψηλά αντικείμενα όπως δέντρα, ιστούς κεραιών, ιστούς στήριξης διχτύων παραλλαγής, ιστούς σημαιών).
- Παραμένει μέσα σε νερό.
- Παραμένει μέσα σε ανοικτά οχήματα (κυρίως με κεραίες).
- Παραμένει κοντά σε μεταλλικούς φράχτες, οχήματα.
- Παραμένει στην κορυφή λόφων και αναπεπταμένου εδάφους.
- Εργάζεται με τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό.
- Επιχειρήσει να ασφαλίσει κεραίες κατά την διάρκεια της καταιγίδας.
- Παραμένει κοντά σε εν υπαίθρω στοιβαγμένα πυρομαχικά.

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να εκπαιδεύεται το προσωπικό να μην αναζητά καταφύγιο κάτω από δέντρα προκειμένου να παραμείνει στεγνό (εικόνα 2). Επίσης η κατασκευή σκηνών κάτω από δένδρα και η παραμονή μέσα σε αυτές δεν παρέχει καμία προστασία. Θα πρέπει να αναζητείται ασφαλές καταφύγιο.



Εικόνα 2. Θάνατος ζώων λόγω ενστικτώδους μετακίνησης τους κάτω από δέντρο που επλήγη μετέπειτα από κεραυνό.

Σε περίπτωση παραμονής στο ύπαιθρο και **μέσα στην καταιγίδα** ο στρατιώτης **ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ:**

- Να αφαιρέσει από πάνω του προεξέχοντα στοιχεία όπως κεραίες ασυρμάτων τα οποία θα πρέπει να τοποθετήσει οριζόντια στο έδαφος.
- Να τοποθετήσει οριζόντια στο έδαφος και το ατομικό τυφέκιο του.
- Να απομακρυνθεί κάθε ένας στρατιώτης μερικά μέτρα από τον άλλο προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα προσβολής περισσότερων του ενός από ένα πλήγμα .
- Να λάβει την στάση προστασίας. Τοποθετώντας τα πόδια κοντά σκύβει, σκύβει το κεφάλι και κλείνει τα αυτιά του με τα χέρια (εικόνα 3).



Εικόνα 3. Στάση προστασίας σε περίπτωση παραμονής εντός της καταιγίδας.

Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει ο στρατιώτης να ξαπλώσει στο έδαφος γιατί σε αυτή την περίπτωση είναι ευάλωτος από τυχόν αναπτυχθείσες βηματικές τάσεις.

Σε περίπτωση που το προσωπικό βρίσκεται **εντός στρατοπέδων** κατά την διάρκεια της καταιγίδας :

➤ Σε καμία περίπτωση στρατιώτης ευρισκόμενος πλησίον στρατιωτικού κτιρίου δεν πρέπει να έρχεται σε επαφή με αγωγό καθόδου πριν κατά τη διάρκεια και 30 λεπτά μετά την καταιγίδα μιας και υπάρχει κίνδυνος από την τάση επαφής σε περίπτωση πλήγματος του αντικεραυνικού συστήματος του κτιρίου.

➤ Κίνδυνος υπάρχει επίσης κατά την παραμονή στρατιωτικού προσωπικού πλησίον ενός κτιρίου λόγω ανάπτυξης βηματικών τάσεων όπως περιγράφεται στον υπολογισμό κινδύνου της παρούσας εργασίας παραπάνω.

➤ Ανάπτυξη βηματικής τάσης μπορεί να παρουσιαστεί σε περίπτωση τοποθέτησης σκοπιάς κοντά σε ιστούς αλεξικεραύνων τύπου ακίδας και ιστών κεραιών ή σε επαφή με κτίριο που φέρει ΣΑΠ. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την σωστή αρχική τοποθέτηση ακίδων σε κατάλληλα σημεία μακριά από χώρους στρατιωτικού ενδιαφέροντος (σκοπιές, αποθήκες, θαλάμους). Επίστρωση του εδάφους με μονωτικό υλικό (χαλίκι, άσφαλτος) και με ισοδυναμική γείωση του εδάφους.

Σε περίπτωση που το προσωπικό βρίσκεται **εντός στρατιωτικών κτιρίων** κατά την διάρκεια της καταιγίδας θα πρέπει :

➤ Να μην έρχεται σε επαφή με σταθερά τηλεφωνικά δίκτυα και να αποφεύγει την χρήση τους.

➤ Να αποφεύγει τη χρήση υπολογιστών συνδεδεμένων σε δίκτυο.

➤ Να μην έρχεται σε επαφή με ηλεκτρικές συσκευές κυρίως τηλεοράσεις.

➤ Να μην κάνει χρήση λοιπών τηλεπικοινωνιακών μέσων.

➤ Να μην έρχεται σε επαφή με το δίκτυο ύδρευσης και να μην κάνει μπάνιο.

➤ Να μην έρχεται σε επαφή από λοιπά αγωγήμα μέρη του κτιρίου .

➤ Να μην παρακολουθεί τους κεραυνούς από ανοικτά παράθυρα.

Ε. Αντιμετώπιση Απωλειών λόγω Κεραυνού

Σε περίπτωση πλήγματος σε συνάδελφο του ο στρατιώτης θα πρέπει [3]:

Να αναζητήσει ιατρική βοήθεια.

➤ Λόγω του ότι ο θάνατος από πλήγμα κεραυνού οφείλεται σε ανακοπή της καρδιάς και /ή παύση της αναπνοής θα πρέπει να παρέξει στον συνάδελφο του ΚΑΡ.ΠΑ. (Καρδιοπνευμονική Αναζωογόνηση, σχετική εκπαίδευση παρέχεται).

➤ Κάθε παροχή βοήθειας θα πρέπει να παρέχεται υπό την θεώρηση για νέα πλήγματα.

Δεν υπάρχει κίνδυνος στον παρέχοντα τη βοήθεια. Το θύμα δεν διατηρείται υπό τάση όπως πχ., στην περίπτωση ηλεκτροπληξίας.

ΣΤ. Κοινές Πεποιθήσεις και "Μύθοι" για τον Κεραυνό και την Αντικεραυνική Προστασία

Κάποιες κοινές πεποιθήσεις που υπάρχουν ανάμεσα στο προσωπικό (και κυρίως μεταξύ του διοικητικού προσωπικού που είναι επιφορτισμένο με την διασφάλιση αντικεραυνικής προστασίας) είναι δυνατό να οδηγήσουν σε ατύχημα. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να αποσαφηνίζονται και εξηγείται η πραγματική τους διάσταση :

➤ Λάθος : Υπάρχουν « νέες » διατάξεις που τοποθετούνται στα κτίρια και αυτά είναι πλέον προστατευμένα. Καμία ζημιά δεν έχει υποστεί το κτίριο μετά την τοποθέτηση τέτοιων καινοφανών διατάξεων.

Σωστό: Αν δεχθούμε μια κεραυνική στάθμη 30, έχουμε 5 ως 6 κεραυνούς km^2 κατ' έτος το πολύ. Για ένα κτίριο $50 \text{ M} \times 50 \text{ m} \times$ ύψος 30 m προκύπτει μία ενεργός επιφάνεια συλλήψεως κεραυνών 11326 m^2 , επομένως 0,07 κεραυνοπληξίες κατ' έτος το πολύ, ή μία κεραυνοπληξία ανά 15 χρόνια. Βεβαίως, δεν μπορούμε να ξέρουμε σε ποια χρονική στιγμή της επόμενης 15ετίας θα συμβεί η στατιστικά αναμενόμενη κεραυνοπληξία. Το βέβαιο είναι ότι, χρησιμοποιώντας μία, ενδεχομένως μοντέρνα και πιθανότατα αναποτελεσματική, διάταξη αντικεραυνικής προστασίας, οι συνέπειες της κεραυνοπληξίας θα 'ναι δύσκολο να ξεχαστούν ακόμη και μετά 15 χρόνια [6].

➤ Λάθος : Τα αλεξικέραυνα ιονισμού είναι « καλύτερα » από τις ακίδες.

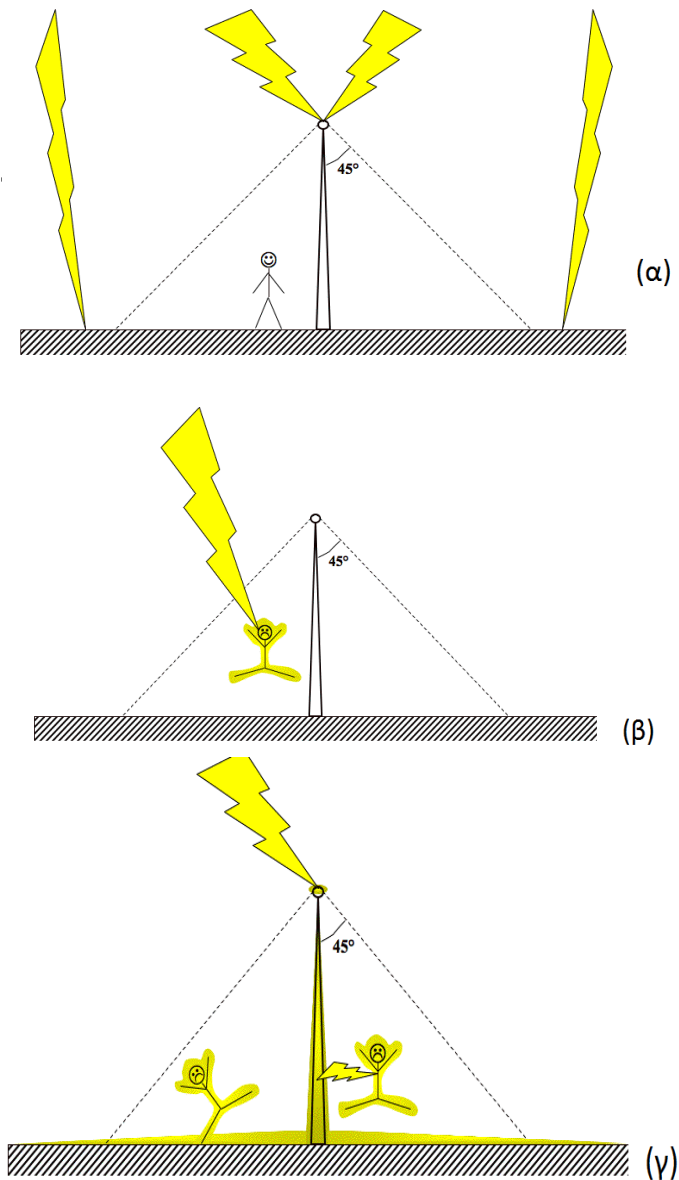
Σωστό: Θεωρητικά, αλλά και πειραματικά, αποδεικνύεται ότι ο τεχνητός ιονισμός μάλλον χειροτερεύει παρά βελτιώνει την ελκτική ικανότητα της ράβδου. Για αλεξικέραυνα ιονισμού, στα οποία χρησιμοποιείται παλμική αντί της συνεχούς διέγερσης, υπάρχει θεωρητική υπόνοια για την ευνοϊκή επίδραση του ιονισμού, όχι, όμως, και επιβεβαίωση. Έρευνα προς την κατεύθυνση αυτή θα ήταν σκόπιμη, έστω και αν είναι σχεδόν βέβαιο ότι, η, κατά τους κατασκευαστές" τους, "φαινόμενη" επιμήκυνση της ακίδας δεν ευσταθεί ή, τουλάχιστον, προσδιορίζεται εντελώς αυθαίρετα [6]. Σε περίπτωση εγκατάστασης αντικεραυνικής προστασίας τύπου ακίδας, αλεξικέραυνα ιονισμού θα πρέπει να τυγχάνουν τεχνοοικονομικής θεώρησης όπως και οι απλές ακίδες.



Εικόνα 4 Τα αλεξικέραυνα ιονισμού δεν είναι καλύτερα από αυτά της απλής ακίδας [4] Χαρακτηριστικά αναφέρεται «ESE air terminal works no better than ordinary Franklin rod (FR), despite techno-babble from vendor. ESE cost \$1800; FR cost \$2.40» [4].

- Λάθος: Ο κώνος προστασίας εξασφαλίζει από κεραυνοπληξία.

Σωστό : Ο κεραυνός είναι ένα ισχυρότατο φυσικό φαινόμενο που δεν αφήνει περιθώρια επηρεασμού του [6] και αποτελεί ένα άστατο, τυχαίο και απρόβλεπτο φυσικό φαινόμενο, οπότε σε καμία περίπτωση δεν είναι δυνατό να εξασφαλίσουμε 100 % προστασία αλλά πάντα πολύ καλές πιθανότητες προστασίας [1,4]. Σχετική είναι η παρατήρηση που έγινε στον πύργο Ostankino, ύψους 537 m, σε διάστημα 8 ετών: Από 239 κεραυνούς, οι 88 έπληξαν τα ανώτερα 212 m του πύργου (δηλ. το ανώτερο 40% του ύψους του πύργου δεν προστατεύεται), ενώ σημειώθηκαν 16 κεραυνοπληξίες σε απόσταση 200...500 m από τη βάση του πύργου. Για το λόγο αυτό η ατομική αντικεραυνική προστασία είναι πάντα αναγκαίος παράγοντας για τη προστασία του στρατιωτικού προσωπικού (σχήμα Α.4) .



Σχήμα 4 Κώνος προστασίας (α) Ο κώνος προστασίας όπως σχεδιάζεται να λειτουργεί, (β) Προσβολή μέσα στον κώνο προστασίας, (γ) Προσβολή από πλευρική τάση και βηματική. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα σύμφωνα με το EN 62305-3 για την προστασία από τους κινδύνους αυτούς [4].

➤ Λάθος : Τα λάστιχα είναι αυτά που μας προστατεύουν μέσα σε ένα όχημα.

Σωστό: Δεν είναι τα λάστιχα αλλά το μεταλλικό περίβλημα αυτό που προστατεύει ένα άτομο μέσα σε ένα όχημα [4]. Το κεραυνικό ρεύμα είναι τόσο ισχυρό που δεν μπορεί να ανακοπεί από την αντίσταση μόνωσης των ελαστικών. Για το λόγο αυτό και προκειμένου να παρέχει ασφάλεια ένα όχημα θα πρέπει να έχει μεταλλικό περικλειστο κάλυμμα π.χ ένα στρατιωτικό λεωφορείο ή η καμπίνα οδηγού - συνοδηγού σε ένα στρατιωτικό όχημα 2 ½ τόνων. Τέτοια οχήματα δεν μπορούν να θεωρηθούν οχήματα που φέρουν κάλυμμα στο πήγμα όπως οχήματα π.χ. ¼ τόνων ή 2 ½ τόνων (για προστασία στο πήγμα) και βυτιοφόρα οχήματα λόγω κινδύνου έκρηξης .

Treat lightning like a snake: if you see it or hear it, take evasive measures.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ

- [1] IEC 62305-1, Protection against lightning – Part 1: General principles, IEC standard, 2003
- [2] U.S. Army Training and Doctrine Command, “Guide for Lightning Protective Measures for Personnel”, January 2002
- [3] American Meteorological Society, Updated Recommendations for Lightning Safety, 2002 American Meteorological Society, Updated Recommendations for Lightning Safety, Επίσημος ιστότοπος της Αμερικανικής Μετεωρολογικής Εταιρείας, 2002
- [4] National Lightning Safety Institute of U.S.A. - Επίσημος ιστότοπος της Αμερικανικού ινστιτούτου αντικεραυνικής προστασίας: www.lightningsafety.com
- [5] Epperly TD, Stewart JR., “The physical effects of lightning injury”, J Fam Pract. 1989 Sep, 29 (3): 267-72. Review
- [6] Ι.Α. Σταθόπουλος, «Προστασία Τεχνικών Εγκαταστάσεων Έναντι Υπερτάσεων», Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 1989