

# ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΗΧ  
713

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΣΤΕΦ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ  
ΑΠΟ ΚΕΡΑΥΝΟΥΣ

ΕΡΕΥΝΑ-ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΔΗΜΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΑΡΤΖΟΥΚΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2012

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία ασχολείται με την αντικεραυνική προστασία των κτιρίων. Από την εποχή όπου τα κεραυνικά φαινόμενα λατρεύονταν σα θεοί έχει περάσει πολύ μεγάλο διάστημα. Η ανθρωπότητα, παράλληλα με την επιστήμη προόδευσε και κατάφερε να εξηγήσουν σε αρκετά μεγάλο βαθμό τα μυστικά αυτού του επιβλητικού φαινομένου. Έτσι, γίνεται μια προσπάθεια αρχικά να προσδιοριστεί σε ένα βαθμό το κεραυνικό φαινόμενο και στη συνέχεια ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται. Η εργασία είναι χωρισμένη σε τέσσερα κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται η περιγραφή του φαινομένου των ατμοσφαιρικών εκκενώσεων. Τα αίτια που το προκαλούν, τα είδη των εκκενώσεων που απαντώνται και ο μηχανισμός σχηματισμού τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι διάφοροι τρόποι διαστασιολόγησης και προσδιορισμού της αντικεραυνικής προστασίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται τα διεθνή αλλά και εθνική πρότυπα που διέπουν αυτές τις εγκαταστάσεις.

Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνεται ένα παράδειγμα αντικεραυνικής προστασίας σε μία κατοικία.





## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> – Ατμοσφαιρικές Υπερτάσεις</b>	<b>10</b>
1.1 Κεραυνική εκκένωση	11
1.2 Κατηγορίες κεραυνικών εκκενώσεων	12
1.3 Μοντέλο σχηματισμού του κεραυνού	13
1.4 Η ενέργεια του κεραυνικού φαινομένου	15
1.5 Επιπτώσεις από πλήγματα κεραυνών	15
1.5.1 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη ζωή	15
1.5.2 Επιπτώσεις σε κατασκευές	16
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> – Συστήματα Αντικεραυνικής Προστασίας</b>	<b>18</b>
2.1 ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	19
2.2 Σχεδιασμός του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας	19
2.3 Αποτίμηση κινδύνου από πλήγμα κεραυνού	19
2.4 Στάθμες προστασίας	20
2.5 Συχνότητα άμεσων κεραυνικών πληγμάτων σε μια κατασκευή	21
2.5.1 Εναλλακτική μέθοδος υπολογισμού του Nd	21
2.6 Υπολογισμός της μέσης ετήσιας πυκνότητας πληγμάτων κεραυνού στο έδαφος (Ng)	22
2.7 Ισοδύναμη συλλεκτήρια επιφάνεια της κατασκευής	22
2.8 Αποδεκτή συχνότητα κεραυνικών πληγμάτων σε μια κατασκευή	24
2.9 Αναγκαιότητα του ΣΑΠ και επιλογή της στάθμης προστασίας	27
2.10 Εγκατάσταση συστήματος αντικεραυνικής προστασίας	27
2.11 Εξωτερική ΕΑΠ	28
2.12 Συλλεκτήριο σύστημα	28
2.13 Ζώνη προστασίας	28
2.13.1 Μέθοδος της γωνίας προστασίας	29
2.13.2 Μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας	31
2.13.3 Μέθοδος πλέγματος αγωγών	32
2.14 Στοιχεία που αποτελούν το συλλεκτήριο σύστημα	33
2.15 Σύστημα αγωγών καθόδου	34
2.16 Σύστημα γείωσης εξωτερικής ΕΑΠ	37
2.16.1 Ηλεκτρόδια γείωσης	37
2.17 Υλικά και ελάχιστες διαστάσεις δομικών στοιχείων	39
2.18 Εσωτερική ΕΑΠ	40
2.19 Οι ισοδυναμικές συνδέσεις	40
2.20 Υπολογισμός του κεραυνικού ρεύματος που ρέει σε εξωτερικά αγωγιμα τμήματα και στα καλώδια εισερχόμενων παροχών της κατασκευής.	41
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> – Κανονισμοί</b>	<b>45</b>
3.1 Πρότυπα	46
3.2 Εγκαταστάσεις που χρειάζονται αντικεραυνική προστασία	47



<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> – Παράδειγμα Αντικεραυνικής Προστασίας</b>	<b>50</b>
4.1 Σχεδίαση εξωτερικού ΣΑΠ	51
4.1.1 Συλλεκτήριο σύστημα	51
4.1.2 Αγωγοί καθόδου	52
4.1.3 Σύστημα Γείωσης	52
4.2 Προστασία των εσωτερικών συστημάτων από υπερρεύματα- υπερτάσεις με SPD	52
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	<b>54</b>
<b>ΑΝΑΦΟΡΕΣ</b>	<b>63</b>

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Ο κεραυνός θεωρείτο από αρχαιοτάτων χρόνων θεϊκό μήνυμα για τιμωρία ή έπαινο των ανθρώπων. Βέβαια, οι άνθρωποι δεν γνώριζαν στις προεπιστημονικές εποχές ότι κεραυνοί παρατηρούνται και στους πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος που δεν κατοικούνται μεν από ανθρώπους, αλλά διαθέτουν ατμόσφαιρα, π.χ. στον Κρόνο, όπως έδειξαν οι μετρήσεις των διαστημοπλοίων που πλησίασαν αυτόν τον πλανήτη.



Κεραυνοί στα ανοικτά της Ικαρίας, λήψη με ανοικτό διάφραγμα.

Αυτή η γνώση από μόνη της, αν ήταν διαθέσιμη παλαιότερα, θα αποθάρρυνε το συσχετισμό ενός φυσικού φαινομένου με την ανθρώπινη συμπεριφορά. Διαπιστώνουμε πώς η επιστημονική γνώση υποκαθιστά και ακυρώνει μεταφυσικές ερμηνείες και αντιλήψεις για συνηθισμένα φυσικά φαινόμενα! Αυτή η διαδικασία ανατροπής κατεστημένων αντιλήψεων με την κατάκτηση επιστημονικών γνώσεων επαναλαμβάνεται διαρκώς από την εποχή της Αναγέννησης μέχρι των ημερών μας.

Στην αρχαία ελληνική μυθολογία κατασκεύαζε τους κεραυνούς ο Ήφαιστος στην Αίτνα και τους έριχνε ο Δίας από τον Όλυμπο (*Ησιόδου «Θεογονία»*). Αρκετά νωρίς άρχισαν όμως οι φιλόσοφοι να ξεφεύγουν από τις θεοκρατικές αντιλήψεις και να συσχετίζουν τον κεραυνό με τη νέφωση. Οι μαθητές του Θαλή, Αναξίμανδρος και Αναξίμενης (6ος αιώνας π.Χ.) έδωσαν μάλλον την πρώτη φυσική εξήγηση για το φαινόμενο του κεραυνού! Θεωρούσαν ότι αιτία του κεραυνού ήταν ο άνεμος. Η πίεση του αέρα στα σύννεφα οδηγούσε σε τριβές, οι οποίες δημιουργούσαν (χωρίς θεϊκή παρέμβαση) τη λάμψη και τη βροντή. Ο Αναξαγόρας (5ος αιώνας π.Χ.) έδωσε μία διαφορετική, αλλά επίσης φυσική εξήγηση για τον κεραυνό!

Ο Λεύκιππος και ο Δημόκριτος θεωρούσαν ότι οι κεραυνοί κρύβονται από τη φύση στα σύννεφα και διαφεύγουν προς τη Γη με διάφορες αφορμές. Στην κωμωδία του Αριστοφάνη «Νεφέλες» εξηγεί ο Σωκράτης στο μαθητή του Στρεψιάδη ότι ο κεραυνός αποτελεί «στεγνό αέρα» που είναι συμπιεσμένος



στα σύννεφα. Ο μαθητής του Αριστοτέλη Θεόφραστος (3ος αιώνας π.Χ.) δίνει επτά αίτια για τη βροντή και ανάλογα για την αστραπή.

Στη μυθολογία των σκανδιναβικών λαών ελέγχει ο θεός Donar (=βροντή) τα μετεωρολογικά φαινόμενα, ιδιαίτερα την αστραπή και τη βροντή! Σύμφωνα δε με τη μυθολογία των Κελτών και των Γερμανών οι καταιγίδες, οι βροντές και οι αστραπές προέρχονται από το διαρκή αγώνα του θεού Θωρ κατά των εχθρών του ανθρώπου. Οι πρόδρομοι των Ρωμαίων στην Ιταλία, οι Ετρούσκοι, είχαν μελετήσει λεπτομερώς το θέμα των κεραυνών και είχαν υποδιαιρέσει τον ουρανό σε 16 τομείς. Ανάλογα από ποιον τομέα ερχόταν και σε ποια κατεύθυνση έπεφτε ο κεραυνός, είχε διαφορετική σημασία για την ερμηνεία των μελλοντικών γεγονότων. Η εντύπωση των Ετρούσκων ότι κατά την εξέλιξη των κεραυνών έπεφταν στη Γη ογκώδεις λίθοι, διατηρήθηκε στη λαϊκή πίστη μέχρι το τέλος του Μεσαίωνα.

Οι Ρωμαίοι υιοθέτησαν τις ελληνικές απόψεις για τα μετεωρολογικά φαινόμενα, προσαρμόζοντας μόνο τα ονόματα των θεών. Τα αντικείμενα που είχαν κτυπηθεί από κεραυνό ανήκαν στην ιδιοκτησία του Jupiter, ενώ όσοι πέθαιναν από κτύπημα κεραυνού θεωρούνταν ευνοημένοι των θεών! Στην αντίληψη των Ίνκας (13ος-16ος αιώνας μ.Χ.) η βροντή και η αστραπή ήταν παιδιά του ήλιου και της σελήνης και ελέγχονταν από τον παντοδύναμο βασιλιά, ο οποίος ήταν και ο ίδιος θεός.

Με την επιβολή του χριστιανισμού παραμερίζονται οι ελληνικές φυσιοκρατικές ερμηνείες για τον κεραυνό και επανέρχονται οι θεοκρατικές. Σύμφωνα λοιπόν με τη χριστιανική αντίληψη, ο κεραυνός αποτελεί τη φωνή του θεού (*Ιωάννης 12,19*)! Στην ύστερη Αρχαιότητα και στο Μεσαίωνα οι κεραυνοί έπαιζαν σημαντικό ρόλο στην επιβεβαίωση ενεργειών αυτοκρατόρων, πατριαρχών και του πάπα, αλλά και στην πρόβλεψη του μέλλοντος. Στην Κωνσταντινούπολη, όπου εκδηλώνονται συχνά καταιγίδες, καλούσε ο ιδρυτής της, αυτοκράτωρ Κωνσταντίνος τους οιωνοσκόπους να μελετήσουν τα εντόσθια ζώων που θυσιάζονταν επί τούτου, όταν έπεφταν αλλεπάλληλοι κεραυνοί! Σε Νεαρές του Ιουστινιανού αναφέρεται ότι η ορθότητα του νόμου επικυρώθηκε από το θεό, επειδή κατά την υπογραφή της έπεσαν 1, 2 ή περισσότεροι κεραυνοί. Στα τέλη του 13<sup>ου</sup> αιώνα κυκλοφόρησε στο Βυζάντιο ένα αντιδυτικό πόνημα για να αποδείξει τις «αιρετικές» απόψεις των Φράγκων, στο οποίο εξηγείται ότι οι αστραπές και οι βροντές στον ουρανό προκύπτουν από «συγκρούσεις μεταξύ των αγγέλων στο πέταγμά τους» (*Κ.Σιμόπουλος: Ξενοκρατία...*) Στο μωαμεθανισμό πιστεύεται ότι ο Αλλάχ προκαλεί τριβή στα σύννεφα, από την οποία προκύπτουν τα μετεωρολογικά φαινόμενα και μαζί τους ο κεραυνός (*Κοράνι 24, 43*).





Αλεξικέραυνα σε τρούλους, μιναρέ και καμπαναριό.

Μετά την ανακάλυψη της ηλεκτρικής φύσης του κεραυνού κατά το 18<sup>ο</sup> αιώνα, παραμερίστηκαν όλες αυτές οι θεοκρατικές ερμηνείες, αποσιωπήθηκαν ή ξεχάστηκαν τα θρησκευτικά κείμενα που αναφέρονται σε κεραυνούς, διασκεδάστηκαν οι παλαιές αντιλήψεις και τοποθετήθηκε σταδιακά από ένα αλεξικέραυνο σε όλους τους ναούς και όλα τα τεμένη, που είναι κατά κανόνα τα υψηλότερα κτήρια στις μικρές και μεσαίες πόλεις και πλήττονται συχνά από κεραυνούς! Παρ' όλα αυτά, στη λαϊκή γλώσσα έχουν διατηρηθεί αντιλήψεις, ευχές και κατάρες που σχετίζονται με τη θείκη ή δαιμονική προέλευση του κεραυνού!

Η εκδήλωση του κεραυνού είναι συνέπεια της δημιουργίας υψηλής διαφοράς δυναμικού μεταξύ του εδάφους και νέφους καταιγίδας που συχνά φτάνει την τιμή μερικών εκατομμυρίων βολτ (MV). Η δημιουργούμενη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ξεπερνά την οριακή τιμή αντοχής του υλικού (εδώ ατμοσφαιρικός αέρας με συγκεκριμένη υγρασία, θερμοκρασία και πίεση) και το μονωτικό αποκτά αγώγιμες διαδρομές. Το ρεύμα που διοχετεύεται για μερικά χιλιοστά ή εκατοστά του δευτερολέπτου μπορεί να φτάσει σε ακραίες περιπτώσεις μέχρι την τιμή των 100 kA. Τα μαγνητικά πεδία που δημιουργούνται ταυτόχρονα είναι πολύ ισχυρά και, λόγω της ραγδαίας χρονικής μεταβολής τους, προκαλούν εξ επαγωγής επίσης πολύ ισχυρές τάσεις σε γειτονικά δίκτυα, συσκευές και μεταλλικές εγκαταστάσεις που βρίσκονται στην ευρεία περιοχή, η οποία καλύπτεται από αυτό το μαγνητικό πεδίο. Παράλληλα διατρέχουν την ατμόσφαιρα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, τα οποία διαχέονται σε αρκετά ευρεία περιοχή και προκαλούν ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές σε όργανα, συσκευές και μηχανές.

Αν και «πέφτουν» ετησίως στη Γη περί τα 25 εκατομμύρια κεραυνοί και η εξέλιξη κάθε κεραυνού σχετίζεται με ιδιαίτερα υψηλές τιμές των ηλεκτρομαγνητικών μεγεθών, δεν είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί αυτό το φυσικό φαινόμενο ενεργειακά επειδή, λόγω του πολύ μικρού χρόνου διάρκειάς του, παρέχεται κατά μέσο όρο ενέργεια που αντιστοιχεί περίπου σε 10 λίτρα πετρελαίου. Το κόστος αναπτύξεως και εγκαταστάσεως μιας μονάδας ενεργειακής αξιοποιήσεως κεραυνών θα ήταν γι' αυτό το λόγο δυσανάλογα υψηλό και δεν πρόκειται να αποσβεσθεί σε ικανό χρονικό διάστημα.



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> – Ατμοσφαιρικές Υπερτάσεις



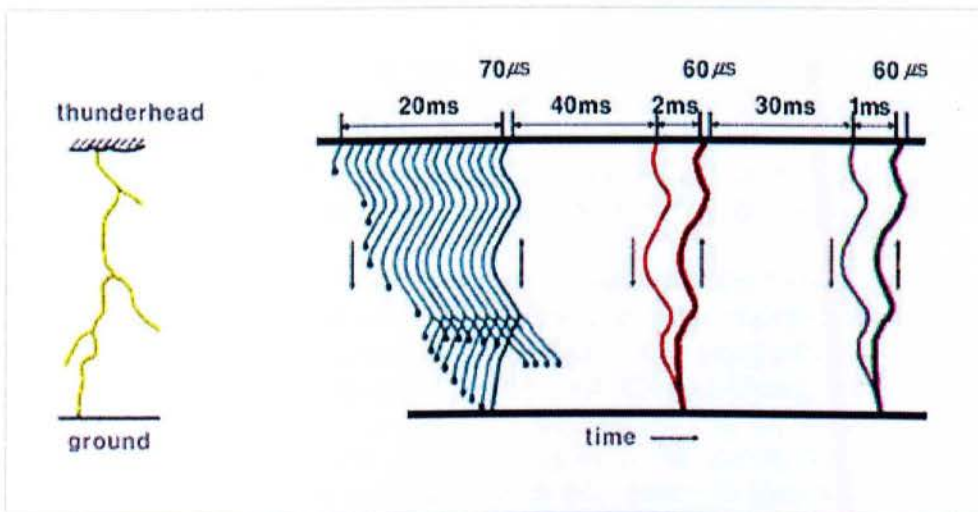
## 1.1 Κεραυνική εκκένωση

Η κεραυνική εκκένωση μπορεί να οριστεί ως μία μορφή ηλεκτρικής διάσπασης, χαρακτηριζόμενης από υψηλό ρεύμα, που συμβαίνει σε πολύ μεγάλα διάκενα. Ο κεραυνός εμφανίζεται όταν κάποια περιοχή της ατμόσφαιρας επιτυγχάνει μια ηλεκτρική φόρτιση αρκετά μεγάλη, έτσι ώστε τα ηλεκτρικά πεδία που συνδέονται με τη φόρτιση να προκαλούν την ηλεκτρική διάσπαση του αέρα.

Κατά τη διάρκεια της καταιγίδας συμβαίνει διαχωρισμός φορτίου σε ένα νέφος. Καθώς τα θετικά φορτία κινούνται προς το πάνω μέρος του νέφους, ο κύριος όγκος του φορτίζεται αρνητικά (με μία μικρή ζώνη θετικών φορτίων στο κάτω μέρος). Υπάρχουν διάφορες θεωρίες για την επεξήγηση αυτού του διαχωρισμού, εντούτοις, δεν είναι απολύτως κατανοητός αυτός ο μηχανισμός.

Ο διαχωρισμός αυτός των φορτίων δημιουργεί ηλεκτρικά πεδία μεταξύ των νεφών και της γης. Τα νέφη βρίσκονται σε ύψος μεταξύ 200 και 10000 m. Να σημειωθεί ότι το φορτίο μέσα στα νέφη είναι πολύ υψηλό, της τάξης των 1-100 C. Τα νέφη μπορούν να έχουν δυναμικό έως  $10^7$ - $10^8$  V με αναπτυσσόμενα ηλεκτρικά πεδία της τάξης 100 V/cm εντός των νεφών και έως 10 kV/cm στο αρχικό σημείο έναυσης του κεραυνικού φαινομένου. Η ενέργεια που σχετίζεται με τις εκκενώσεις μπορούν να πάρουν τιμές έως και 250 kWh (κατά άλλους έως και 350 kWh). Το μέγιστο ηλεκτρικό πεδίο στην επιφάνεια του εδάφους λόγω φορτισμένου νέφους μπορεί να φτάσει τα 300 V/cm, ενώ σε συνθήκες καλοκαιρίας είναι περίπου 1 V/cm.

Η εκκένωση αρχίζει στην περιοχή αρνητικού φορτίου όπου το ηλεκτρικό πεδίο προσεγγίζει τιμές των 30 kV/cm (αυτό υπό κανονικές συνθήκες ενώ σε συνθήκες υγρασίας η τιμή αυτή είναι χαμηλότερη, περί τα 10 kV/cm), δηλαδή το πεδίο στο οποίο συμβαίνει ιονισμός του αέρα. Στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 1.1) φαίνεται ο μηχανισμός του κεραυνικού φαινομένου.



Σχήμα 1.1 Μηχανισμός του κεραυνικού φαινομένου.

Κατά την πρώτη φάση, ο οδηγός εκκένωσης κινείται προς τα κάτω με βήματα των 50 ή 100 μέτρων με διαστήματα παύσεως της τάξης των msec.



Από την άκρη της εκκένωσης ένας «steamer-πιλότος» με χαμηλή φωτεινότητα και ρεύμα μερικών A διαδίδεται με ταχύτητα περίπου  $10^5$  m/sec. Ακολουθείται από το βηματικό οδηγό με μέση ταχύτητα  $5 \times 10^5$  m/sec και ρεύμα περίπου 100 A. Καθώς η εκκένωση πλησιάζει στο έδαφος, η διαφορά δυναμικού επάγει ένα φορτίο στη γη. Σε κάποιο σημείο της γης η συγκέντρωση φορτίου είναι αρκετά υψηλή ώστε να υπάρξει έναυση θετικού steamer προς τα πάνω. Όταν συναντώνται οι δύο εκκενώσεις, το «κύριο» ή «επιστρέφον» πλήγμα αρχίζει από το έδαφος προς το νέφος. Κινείται με ταχύτητα περίπου  $50 \times 10^5$  m/sec κατά μήκος του προηγούμενου ιονισμένου διαύλου. Το ρεύμα του «κυρίου» πλήγματος είναι της τάξης των λίγων έως 250 kA και οι θερμοκρασίες εντός του διαύλου της τάξης των  $15000^\circ - 20000^\circ$  C. Στο ρεύμα αυτό οφείλονται τα καταστρεπτικά αποτελέσματα του κεραυνού.

Η ταχύτητα ανάπτυξης του ιονισμένου διαύλου δίνεται από τον τύπο:

$$v = \frac{h}{\frac{h}{I_p} \Delta t} = \frac{I_p}{\Delta t}$$

όπου:

h το ύψος στο οποίο βρίσκεται το νέφος,

$I_p$  η απόσταση μεταξύ των βημάτων διάδοσης (50 έως 100 m) και

$\Delta t$  το διάστημα παύσεως που λαμβάνεται περίπου 100 msec.

Η διάρκεια ανάπτυξης του ιονισμένου διαύλου δίνεται από τον τύπο:

$$t = \frac{h}{v}$$

Ο κεραυνός αποτελείται από ένα οπτικό φαινόμενο, την αστραπή, που οφείλεται στον ιονισμό των μορίων του αέρα και από το καθαρά ηλεκτρικό φαινόμενο, δηλαδή τη ροή των ηλεκτρικών φορτίων και συνοδεύεται από τη βροντή λόγω της απότομης εκτόνωσης των αερίων της περιοχής που εκδηλώνεται το πλήγμα.

## 1.2 Κατηγορίες κεραυνικών εκκενώσεων

Οι ατμοσφαιρικές εκκενώσεις διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

α) **Μεταξύ σύννεφου και γης ή και αντίστροφα:** οι κεραυνοί αυτοί παρατηρούνται όταν το ηλεκτρικό πεδίο πάρει την κρίσιμη τιμή κοντά στο νέφος, οπότε έχουμε εκκένωση κατερχόμενη, ή κοντά στη γη, οπότε έχουμε εκκένωση ανερχόμενη. Σαν πολικότητα της εκκένωσης μεταξύ σύννεφου και γης λαμβάνεται η πολικότητα του φορτίου του κάτω μέρους του νέφους που την προκάλεσε.

Οι κεραυνοί μεταξύ νέφους και γης είναι η καταστροφική και παράλληλα η πιο επικίνδυνη μορφή κεραυνού. Αν και δεν είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος, είναι αυτός ο οποίος κατανοείται καλύτερα. Οι περισσότεροι κεραυνοί εκδηλώνονται κοντά στην αρνητική περιοχή του νέφους. Όμως, μια σημαντική μειονότητα από κεραυνούς μεταφέρει θετικό φορτίο στη γη. Αυτοί οι θετικοί κεραυνοί συχνά συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της καταιγίδας. Οι θετικοί κεραυνοί είναι επίσης περισσότερο γνωστοί σαν ποσοστό προσκρούσεων στο έδαφος κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών.

β) **Μέσα στο ίδιο σύννεφο:** οι κεραυνοί μέσα στα νέφη είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος εκφορτίσεως. Στην περίπτωση αυτή, η εκκένωση



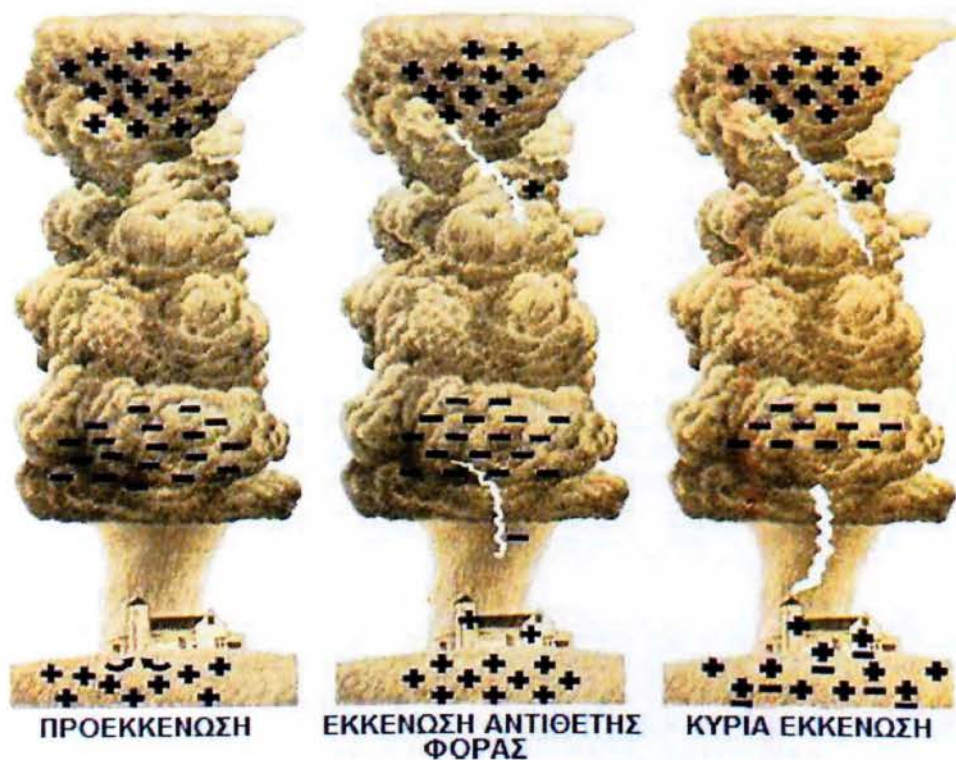
δημιουργείται ανάμεσα στο ανώτερο θετικό και κατώτερο αρνητικό κέντρο του χωρικού φορτίου. Η διάρκεια της εκκένωσης είναι μεγάλη και το ρεύμα της έχει τιμές από μερικές εκατοντάδες A έως 1000A.

γ) **Ανάμεσα στα σύννεφα:** κεραυνοί αυτού του τύπου εκδηλώνονται σε ύψος μεγαλύτερο του 1 km και μικρότερο των 12 km. Οι κεραυνοί αυτοί έχουν μεγάλο μήκος κεραυνικού τόξου, έως και 40 km.

δ) Υπάρχει άλλη μία ατμοσφαιρικών εκκενώσεων. Είναι οι εκκενώσεις που λαμβάνουν χώρα μέσα στα σύννεφα τέφρα που εκτοξεύονται από τους κρατήρες των ηφαιστειών κατά την έκρηξή τους. Είναι, όμως, προφανές ότι η φύση αυτών των εκκενώσεων και ο μηχανισμός που τις προκαλεί είναι εντελώς διαφορετικά. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι αυτές οι εκκενώσεις είναι περιορισμένες σε έκταση και δεν υπάρχει άμεσος κίνδυνος να πληγούν εγκαταστάσεις ή προσωπικό, με εξαίρεση ίσως τους επιστήμονες που προσεγγίζουν τέτοια φαινόμενα προκειμένου να τα διερευνήσουν.

### 1.3 Μοντέλο σχηματισμού του κεραυνού

Κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας διακρίνουμε τα τρία ακόλουθα στάδια της κεραυνικής εκκένωσης:



Σχήμα 1.2 Μοντέλο σχηματισμού του κεραυνού.

#### α) Προεκκένωση:

Το ηλεκτρισμένο νέφος εμφανίζεται λίγο πριν από μια κεραυνική εκκένωση μακροσκοπικά, σαν ένα ηλεκτρικό δίπολο, εξαιτίας του οποίου



επάγονται στο έδαφος πεδία με ένταση πάνω από 5kV/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 μιας ηλεκτρικής εκκένωσης.

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 ετερόσημων φορτίων, η οποία συνοδεύεται από έντονη λάμψη (αστραπή) και δυνατό θόρυβο (βροντή). Οι συνέπειες στο έδαφος εμφανίζονται σαν μια παροδική διαταραχή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, η οποία πιθανόν να γίνει αισθητή σε δέκτες της τηλεόρασης ή του ραδιοφώνου κτλ. Αν οι γραμμές μεγίστης πεδιακής έντασης κατευθύνονται προς το έδαφος, ο οχετός θα κατευθυνθεί προς αυτό.

Η προεκκένωση ξεκινάει από κάποια περιοχή του σύννεφου όπου το ηλεκτρικό πεδίο θα αποκτήσει πολύ μεγάλες τιμές, της τάξεως των μερικών εκατοντάδων V/m. Δημιουργείται έτσι ένας αγωγίμος δρόμος (οχετός), ο οποίος τροφοδοτείται συνέχεια με φορείς ηλεκτρικού φορτίου από το σύννεφο. Σαν συνέπεια αυτού, έχουμε τη δημιουργία υψηλού ηλεκτρικού πεδίου που σε μια διαδικασία ανακύκλωσης συμβάλλει στην προώθησή του προς τη γη. Έτσι, η προεκκένωση, αφού ξεκινήσει, αναπτύσσεται από μόνη της στο χώρο του ηλεκτρικού πεδίου, εφόσον τροφοδοτείται από την πλευρά του σύννεφου με μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου. Υπάρχει η πιθανότητα να δημιουργηθούν και διακλαδώσεις του αγωγίμου οχετού, οι οποίες, όμως, δεν απολήγουν σε γεφύρωσή του προς τη γη, λόγω της μη διαθεσιμότητας μεγάλου αριθμού ηλεκτρικών φορέων.

### **β) Εκκένωση αντίθετης φοράς:**

Η διαμήκης πτώση τάσεως κατά μήκος του οχετού προεκκένωσης διαφέρει στις διάφορες θέσεις του. Ο οχετός προεκκένωσης εμφανίζεται σαν μια μεταλλική προεξοχή που επεκτείνεται από το σύννεφο προς το έδαφος. Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου γύρω από τον οχετό προεκκένωσης 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).

Για αυτό το λόγο, 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 προς το 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, η οποία τείνει να συναντήσει τον κατερχόμενο οχετό, οπότε και έχουμε πλήρη γεφύρωση του διακένου αέρα, δηλαδή κεραυνικό πλήγμα. Η απόσταση που θα πρέπει να φτάσει η κεφαλή του κατερχόμενου οχετού για να ξεκινήσει από τη γη η εκκένωση αντίθετης φοράς χαρακτηρίζεται σαν απόσταση εναύσεως.



### **γ) Κύρια εκκένωση:**

Στην τελευταία αυτή φάση, η οποία εξελίσσεται με ιδιαίτερα μεγάλη ταχύτητα, έχουμε την γεφύρωση της απόστασης μεταξύ νέφους και γης. Ήδη προϋπάρχει αγωγιμος οχετός προεκκένωσης που παίρνει τη μορφή ενός πλήρους οχετού εκκένωσης. Τα ρεύματα που κινούνται δια μέσου του οχετού είναι της τάξεως των 10-100kA, με κλίσεις μετώπου της τάξεως των 20-100kA/μs, ενώ η διάρκεια ροής των ρευμάτων αυτών είναι της τάξεως των μερικών δεκάδων μs. Το μήκος του κεραυνικού οχετού εξαρτάται από το ύψος που βρίσκεται το αντίστοιχο καταιγιδοφόρο νέφος, ενώ όταν πρόκειται για κεραυνό που δημιουργείται μεταξύ δύο νεφών, εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των αντιστοίχων νεφών. Σε περίπτωση που έχουμε κεραυνοπληξία προς γη, το μήκος των κεραυνικών οχετών είναι της τάξεως λίγων χιλιομέτρων το πολύ.

Η διάμετρος ενός οχετού εκκενώσεως είναι της τάξης των μερικών εκατοστών, γιατί από μόνο του το πλάσμα, λόγω του μαγνητικού πεδίου, αποσυμπιέζεται. Η μεγάλη λαμπρότητα του ηλεκτρικού τόξου εξηγεί και το γεγονός ότι ο κεραυνικός οχετός συχνά οδηγεί σε παροδικές θαμβώσεις.

#### **1.4 Η ενέργεια του κεραυνικού φαινομένου**

Εάν η απαιτούμενη διαφορά δυναμικού για τη διάσπαση μεταξύ ενός νέφους και της γης είναι  $10^7$  V και το φορτίο που απελευθερώνεται είναι 20 Coulombs, τότε η εκλυόμενη ενέργεια είναι  $20 \times 10^7$  Ws (J). Η ενέργεια αυτή διαχέεται σε διάφορες διεργασίες. Μικρή ποσότητα αυτής καταναλώνεται για τον ιονισμό των μορίων και την ακτινοβολία. Άλλη ποσότητα ενέργειας προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας των πληγέντων αντικειμένων του εδάφους.

#### **1.5 Επιπτώσεις από πλήγματα κεραυνών**

Πολλές φορές παρατηρούνται επικίνδυνες επιπτώσεις σε μια κατασκευή και στο περιεχόμενο της ως αποτέλεσμα άμεσου ή έμμεσου πλήγματος κεραυνού. Ως άμεσο πλήγμα θεωρείται η περίπτωση κατά την οποία ο κεραυνός πλήττει κατευθείαν την κατασκευή ή το συλλεκτήριο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας της. Το έμμεσο πλήγμα κεραυνού σε μια κατασκευή αναφέρεται στην περίπτωση που ο κεραυνός πλήττει τη κοντινή περιοχή της (το έδαφος ή γειτνιάζουσα κατασκευή) ή τις εισερχόμενες παροχές υπηρεσιών κοινής ωφέλειας.

##### **1.5.1 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη ζωή**

Ο κεραυνός μπορεί να προκαλέσει σημαντική βλάβη ή απώλεια της ανθρώπινης ζωής:

- *Άμεσο πλήγμα:* Σ' αυτή τη περίπτωση το ανθρώπινο σώμα δέχεται απευθείας το κεραυνό αποτελώντας την άμεση διαδρομή όδευσης της εκκένωσης προς τη γη. Αν και έχει παρατηρηθεί θεωρείται ιδιαίτερα σπάνια περίπτωση εφόσον η συχνότητα άμεσων κεραυνικών



πληγμάτων σε έναν άνθρωπο εκτεθειμένο συνεχώς σε επίπεδη περιοχή μπορεί να υπολογιστεί περίπου ως ένα άμεσο πλήγμα κεραυνού ανά 2000 χρόνια.

- *Άμεση επαφή:* Εδώ το ανθρώπινο σώμα βρίσκεται σε επαφή με κάποιο αντικείμενο που πλήττεται από κεραυνό.
- *Υπερπήδηση:* Το ανθρώπινο σώμα ευρισκόμενο αρκετά κοντά σε κάποιο αντικείμενο που πλήττεται από κεραυνό παροχετεύει παράλληλα τμήμα της εκκένωσης προς τη γη ως αποτέλεσμα της ηλεκτρικής διάσπασης του διακένου αέρα που παρεμβάλλεται μεταξύ τους.
- *Βηματική τάση:* Σ' αυτή τη περίπτωση το ανθρώπινο σώμα υπόκειται σε υψηλή τάση λόγω της εμφάνισης διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στα πόδια η οποία οφείλεται στην ακτινική διάχυση του ρεύματος του κεραυνού στο έδαφος. Το δυναμικό του εδάφους στη περιοχή πτώσης του κεραυνού φθίνει με την απόσταση από το σημείο πλήγματος.
- *Επιφανειακή διάσπαση του εδάφους:* Σ' αυτή τη περίπτωση το ανθρώπινο σώμα ευρισκόμενο αρκετά κοντά στο σημείο πλήγματος του κεραυνού αποτελεί τμήμα της διαδρομής του ηλεκτρικού τόξου της επιφανειακής διάσπασης του εδάφους. Η επιφανειακή διάσπαση του εδάφους δεν παρατηρείται σε κάθε περίπτωση που ο κεραυνός πλήττει ένα αντικείμενο ή το έδαφος. Το φαινόμενο είναι συνάρτηση των παραμέτρων του κεραυνού καθώς και της κατάστασης της επιφάνειας του εδάφους όπως η μορφολογία, η φύση, το ποσοστό υγρασίας, κ.α.
- *Τυφλό τραύμα:* Το ανθρώπινο σώμα εκτινάσσεται σε απόσταση είτε λόγω των έντονων μυϊκών συσπάσεων που προκαλούνται από τη ροή του ρεύματος διαμέσου του είτε του κρουστικού κύματος πίεσης που συνοδεύει την εκκένωση του κεραυνού.

Η απώλεια της ανθρώπινης ζωής από πλήγμα κεραυνού οφείλεται σε καρδιακή ανακοπή. Τα συμπτώματα που μπορεί να παρατηρηθούν σε επιζώντες είναι παρόμοια με αυτά που παρατηρούνται σε θύματα ηλεκτροπληξίας ωστόσο γενικότερα θεωρείται ότι είναι ασθενέστερα και μικρής χρονικής διάρκειας. Τα συμπτώματα διακρίνονται σε ψυχοσωματικά και οργανικά, παροδικά ή μόνιμα όπως διαταραχή ή απώλεια μνήμης, δυσκολία ή ανικανότητα συγκέντρωσης, μειωμένη διανοητικότητα, διαταραχή ύπνου, ίλιγγος, κεφαλαλγία, ευερεθιστότητα, εύκολη ή χρόνια κόπωση, κατάθλιψη, αγοραφοβία, φωτοφοβία, ακαμψία στις αρθρώσεις, μυϊκές συσπάσεις, απώλεια ακοής, επιφανειακά εγκαύματα, μερική παράλυση.

### 1.5.2 Επιπτώσεις σε κατασκευές

Οι επιπτώσεις του πλήγματος του κεραυνού σε μια κατασκευή οφείλεται είτε στο ίδιο το ηλεκτρικό τόξο της εκκένωσης είτε σε δευτερογενή φαινόμενα που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της εκκένωσης. Ανάλογα με τα φαινόμενα και τις επιπτώσεις που παρατηρούνται οι επιδράσεις του κεραυνού σε μια κατασκευή μπορεί να χωριστούν σε 3 κατηγορίες :

#### 1. Θερμικές επιδράσεις



Οι θερμικές επιδράσεις σχετίζονται με την ειδική ενέργεια του κεραυνού σε περίπτωση ωμικής ζεύξης και με το ολικό φορτίο ή το κρουστικό φορτίο του όταν αναπτύσσονται τόξα στην εγκατάσταση. Παρατηρούνται ρήγματα σε δομικά στοιχεία, διάτρηση ή και τήξη των υλικών της κατασκευής ως αποτέλεσμα της μεγάλης απότομης αύξησης της θερμοκρασίας τους λόγω του φαινομένου Joule και της μεταφοράς μεγάλης ποσότητας ενέργειας μεταξύ του ηλεκτρικού τόξου και της περιοχής του σημείου πλήγματος του κεραυνού στη κατασκευή. Το φαινόμενο Joule εκδηλώνεται ιδιαίτερα έντονο στη περιοχή του σημείου πλήγματος καθώς και κατά τη ροή του ρεύματος του κεραυνού σε σημεία μεγάλης ωμικής αντίστασης όπως κακές επαφές ή σε υλικά μεγάλης ειδικής αντίστασης.

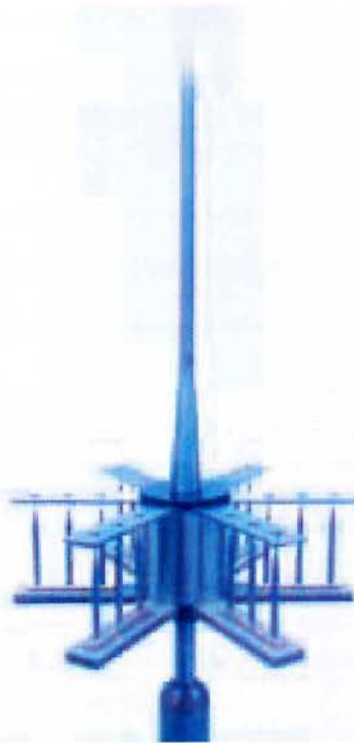
## 2. Μηχανικές επιδράσεις

Οι μηχανικές επιδράσεις σχετίζονται με τη μέγιστη τιμή του εύρους του ρεύματος του κεραυνού και την ειδική ενέργειά του. Παρατηρούνται μηχανικές καταπονήσεις όπως παραμορφώσεις ή μετακινήσεις των υλικών της κατασκευής ή και αποκόλληση στρωμάτων στρωματομόρφων υλικών ως αποτέλεσμα των ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων που αναπτύσσονται κατά τη διέλευση του ρεύματος του κεραυνού καθώς και της απότομης μεταφοράς ενέργειας μεταξύ του κεραυνού και της κατασκευής.

## 3. Ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις

Οι ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις σχετίζονται με το μέγιστο εύρος και τη κλίση του μετώπου του ρεύματος. Παρατηρούνται επικίνδυνες υπερτάσεις οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν στην ηλεκτρική διάσπαση μονώσεων ως προς γη ή μεταξύ κυκλωμάτων διαφορετικής τάσης, δευτερογενείς υπερπηδήσεις με άμεσο κίνδυνο σημαντικής βλάβης ή απώλειας της ανθρώπινης ζωής, πυρκαγιάς ή έκρηξης καθώς και διαταραχής ή διακοπής της κανονικής λειτουργίας ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Ακόμη αναπτύσσονται ηλεκτρομαγνητικά και ηλεκτροστατικά πεδία με επιζήμιες συνέπειες υπό τη μορφή βλαβών σε ηλεκτρονικές συσκευές και διακοπών της λειτουργίας ηλεκτρονικών συστημάτων σε εγκαταστάσεις. Συνοπτικά παρουσιάζονται παρακάτω οι διάφορες επιπτώσεις σε σχέση με τις παραμέτρους του κεραυνού.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> – Συστήματα Αντικεραυνικής Προστασίας

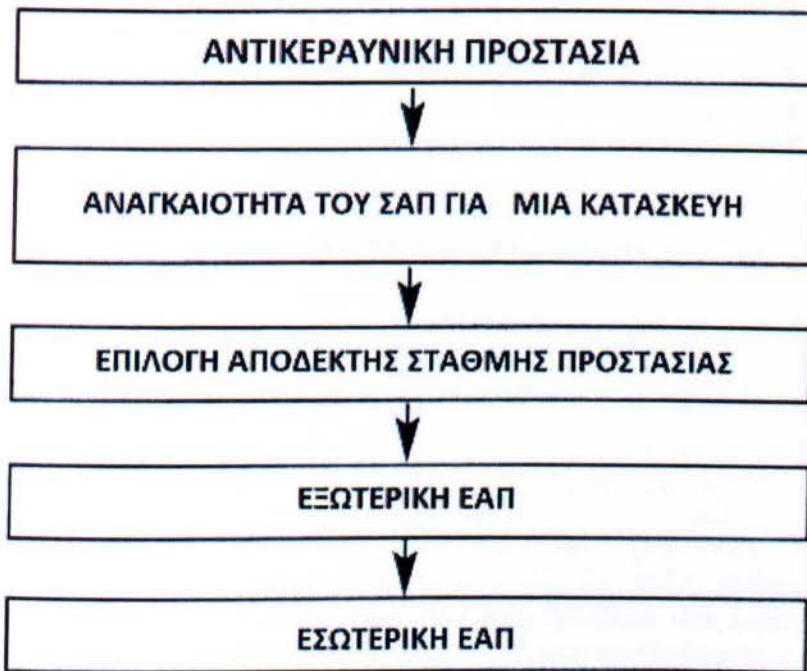




## 2.1 ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Η αντικεραυνική προστασία είναι ένα σύνθετο αντικείμενο που συνδυάζει το φυσικό φαινόμενο του κεραυνού και τα μέσα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προστασία έναντι των πληγμάτων του. Αν και το μεγαλύτερο μέρος του κεραυνού διοχετεύεται στη γη υπάρχουν περιπτώσεις που ένας κεραυνός να έχει επικίνδυνες επιπτώσεις σε διάφορες κατασκευές ή ακόμα και στον ανθρώπινο παράγοντα. Σκοπός ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας είναι εάν πληγεί από κεραυνό άμεσα ή έμμεσα να διοχετεύσει το ρεύμα της εκκένωσης ελεγχόμενα στη γη και να περιορίσει όσο το δυνατόν περισσότερο τις ζημιές στην εγκατάσταση που έχει σύστημα αντικεραυνικής προστασίας.

## 2.2 Σχεδιασμός του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας



Ως σύστημα αντικεραυνικής προστασίας ορίζεται το πλήρες σύστημα που χρησιμοποιείται για να προστατεύσει μία εγκατάσταση ή ακόμα και ολόκληρη την περιοχή της εγκατάστασης από τα πλήγματα κεραυνών. Το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας ονομάζεται και ΣΑΠ. Οι επιστήμονες μέχρι και σήμερα δεν έχουν ανακαλύψει μεθόδους έτσι ώστε να μπορέσουν να εμποδίσουν το σχηματισμό κεραυνού ή να τον εμποδίσουν να πλήξει μια κατασκευή. Ουσιαστικά η μέθοδος που χρησιμοποιείται για αντικεραυνική προστασία φαίνεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα.

## 2.3 Αποτίμηση κινδύνου από πλήγμα κεραυνού

Απόλυτη προστασία έναντι πληγμάτων κεραυνού μπορεί να εξασφαλισθεί μόνο εσωκλείοντας πλήρως την υπό προστασία κατασκευή εντός ενός κελύφους με παχιά μεταλλικά τοιχώματα (κλωβός Faraday). Αν και η μέθοδος



αυτή εφαρμόζεται για τη προστασία ευαίσθητων ηλεκτρονικών διατάξεων όπου απαιτείται αδιάλειπτη και απρόσκοπτη λειτουργία το ιδανικό αυτό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας είναι πρακτικά αδύνατο να υλοποιηθεί στις περισσότερες περιπτώσεις προστασίας κατασκευών. Ο σχεδιασμός ενός ΣΑΠ μιας κατασκευής είναι πάντα ένας συμβιβασμός μεταξύ της αποτελεσματικότητας της προστασίας που αυτό παρέχει και του κόστους επένδυσης και συντήρησης του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού που το συνιστά. Ένα τέτοιο σύστημα δε μπορεί ποτέ να εξασφαλίσει την απόλυτη προστασία της κατασκευής ωστόσο μπορεί να μειώσει σε αποδεκτό βαθμό τις επιζήμιες επιπτώσεις του κεραυνού σ' αυτήν. Γι' αυτό το λόγο ο σχεδιασμός ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας μιας κατασκευής συνιστάται στην επιλογή της αποδεκτής στάθμης προστασίας.

## 2.4 Στάθμες προστασίας

Η στάθμη προστασίας ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας σχετίζεται με την πιθανότητα με την οποία αυτό προστατεύει ένα χώρο από τις επιπτώσεις του κεραυνού, διαμορφώνει τα χαρακτηριστικά του όπως τις διαστάσεις του και κατατάσσει το ΣΑΠ σύμφωνα με την αποτελεσματικότητά του. Η σχέση μεταξύ της στάθμης και της αποτελεσματικότητάς του ΣΑΠ δίνεται στο παρακάτω πίνακα 2.1.

**Πίνακας 2.1:** Αποτελεσματικότητα επιπέδων προστασίας

Επίπεδο προστασίας	Αποτελεσματικότητα
I	0.98
II	0.95
III	0.90
IV	0.80

Η αποτελεσματικότητα του ΣΑΠ μειώνεται πηγαίνοντας από τη στάθμη προστασίας I στη στάθμη προστασίας IV. Σε κάθε στάθμη προστασίας αντιστοιχούν ανώτατα όρια τιμών των παραμέτρων του κεραυνού οι οποίες έχουν συγκεκριμένη πιθανότητα να μη ξεπεραστούν (πίνακας 2.2).

**Πίνακας 2.2:** Τιμές των παραμέτρων του κεραυνού ανάλογα με τη στάθμη προστασίας

Παράμετροι κεραυνού	Σύμβολο	Μονάδα μέτρησης	Στάθμη προστασίας		
			I	II	III - IV
Μέγιστη τιμή ρεύματος	I	kA	200	150	100
Ολικό φορτίο	$Q_{total}$	C	300	225	150
Κρουστικό φορτίο	$Q_{impulse}$	C	100	75	50
Ειδική ενέργεια	SE	$\text{kJ}/\Omega$	10000	5600	2500
Μέση κλίση	$di/dt$	$\text{kA}/\mu\text{s}$	200	150	100

Παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή της κατάλληλης στάθμης προστασίας είναι οι διαστάσεις της εγκατάστασης, η τοποθεσία της και το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο η κατασκευή. Επίσης είναι η κατηγορία στην οποία κατατάσσεται η εγκατάσταση ανάλογα με τη χρήση της και τις συνέπειες τις οποίες θα έχει η καταστροφή της στον ανθρώπινο παράγοντα και στο περιβάλλον καθώς επίσης και η κεραυνική δραστηριότητα που αναπτύσσεται στη περιοχή που βρίσκεται εγκατάσταση. Αναλυτικότερα για την επιλογή της κατάλληλης στάθμης προστασίας απαιτείται η γνώση της συχνότητας άμεσων κεραυνικών πληγμάτων της εγκατάστασης καθώς και της αποδεκτής συχνότητας κεραυνικών πληγμάτων της εγκατάστασης.

## 2.5 Συχνότητα άμεσων κεραυνικών πληγμάτων σε μια κατασκευή

Η συχνότητα άμεσων κεραυνικών πληγμάτων σε μια κατασκευή  $N_d$  εκφράζει το μέσο αριθμό άμεσων κεραυνικών πληγμάτων που μπορούν να συμβούν σε μια κατασκευή ανά έτος και μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$N_d = N_g * A_e * 10^{-6} \text{ πλήγματα κεραυνού ανά έτος}$$

όπου,

$N_g$  : η μέση ετήσια πυκνότητα τοπικής πτώσης κεραυνού ανά  $\text{km}^2$

$A_e$  : η ισοδύναμη συλλεκτήρια επιφάνεια της κατασκευής

### 2.5.1 Εναλλακτική μέθοδος υπολογισμού του $N_d$

$$N_d = N_g * A_d * C_d * 10^{-6} \text{ πλήγματα κεραυνού ανά έτος}$$

όπου,

$N_d$  : ο μέσος ετήσιος αριθμός άμεσων πληγμάτων κεραυνού στο έδαφος

$N_g$  : η μέση ετήσια πυκνότητα τοπικής πτώσης κεραυνού ανά  $\text{km}^2$

$A_d$  : η ισοδύναμη συλλεκτήρια επιφάνεια άμεσων πληγμάτων κεραυνού στην εγκατάσταση

$C_d$  : ο περιβαλλοντικός παράγοντας. Κατάλληλες τιμές είναι  $C_d=1$  σε επίπεδο εδάφους και

$C_d=2$  σε λόφο ή ύψωμα.

Στο παρακάτω πίνακα 2.3 υπάρχουν αναλυτικά οι τιμές που μπορεί να πάρει το  $C_d$ .

**Πίνακας 2.3:** Τιμές που μπορεί να πάρει το  $C_d$



Θέση της κατασκευής	C <sub>e</sub>
Κατασκευή ευρισκόμενη σε περιοχή με άλλες κατασκευές ή δένδρα του ίδιου ή μεγαλύτερου ύψους.	0.25
κατασκευή περιβαλλόμενη από άλλες μικρότερες κατασκευές	0.5
Απομονωμένη κατασκευή (δεν υπάρχουν άλλα κτίσματα σε απόσταση 3H απο την κατασκευή)	1
Απομονωμένη κατασκευή στην κορυφή ενός λόφου	2

## 2.6 Υπολογισμός της μέσης ετήσιας πυκνότητας πληγμάτων κεραυνού στο έδαφος (Ng)

Η μέση ετήσια πυκνότητα πληγμάτων κεραυνού στο έδαφος καθορίζεται με μετρήσεις μέσω δικτύου καταγραφής κεραυνών, ωστόσο σύμφωνα με την IEC εάν η ακριβής τιμή δεν είναι διαθέσιμη αυτή μπορεί να εκτιμηθεί προσεγγιστικά από την παρακάτω εξίσωση:

$$N_g = 0,04 * T_d^{1,25} \text{ πλήγματα κεραυνού ανά km}^2 \text{ και έτος}$$

όπου,

$N_g$  : η μέση ετήσια πυκνότητα τοπικής πτώσης κεραυνού ανά km<sup>2</sup>

$T_d$  : ο αριθμός των ημερών καταιγίδας ανά έτος (από ισοκεραυνικό χάρτη)

Ως ημέρα καταιγίδας για μια συγκεκριμένη περιοχή ορίζεται η ημέρα για την οποία στη περιοχή αυτή έχει γίνει αντιληπτός ο θόρυβος της βροντής και έχει παρατηρηθεί το φαινόμενο της αστραπής δηλαδή του κεραυνού. Γι' αυτό για να βρούμε τον αριθμό  $T_d$  ανατρέχουμε στον ισοκεραυνικό χάρτη και πιο συγκεκριμένα στον ισοκεραυνικό χάρτη της περιοχής.

Σημαντικό στοιχείο είναι ότι και η δημοσίευση μετεωρολογικών δεδομένων ωρών καταιγίδας αντί ημερών ανά έτος και η συσχέτισή τους με την πυκνότητα πληγμάτων κεραυνού στο έδαφος:

$$N_g = 0,054 * T_h^{1,1} \text{ πλήγματα κεραυνού ανά km}^2 \text{ και έτος}$$

Έδειξε ότι σε περιοχές μικρής κεραυνικής δραστηριότητας η πυκνότητα πληγμάτων κεραυνού στο έδαφος υπολογισμένη με βάση τις ημέρες καταιγίδας είναι περίπου διπλάσια από την αντίστοιχη υπολογισμένη με βάση τις ώρες καταιγίδας ανά έτος. Γι' αυτό για να έχουμε σωστό υπολογισμό της  $N_g$  θα πρέπει να γνωρίζουμε τη χρονική διάρκεια των καταιγίδων.

## 2.7 Ισοδύναμη συλλεκτήρια επιφάνεια της κατασκευής

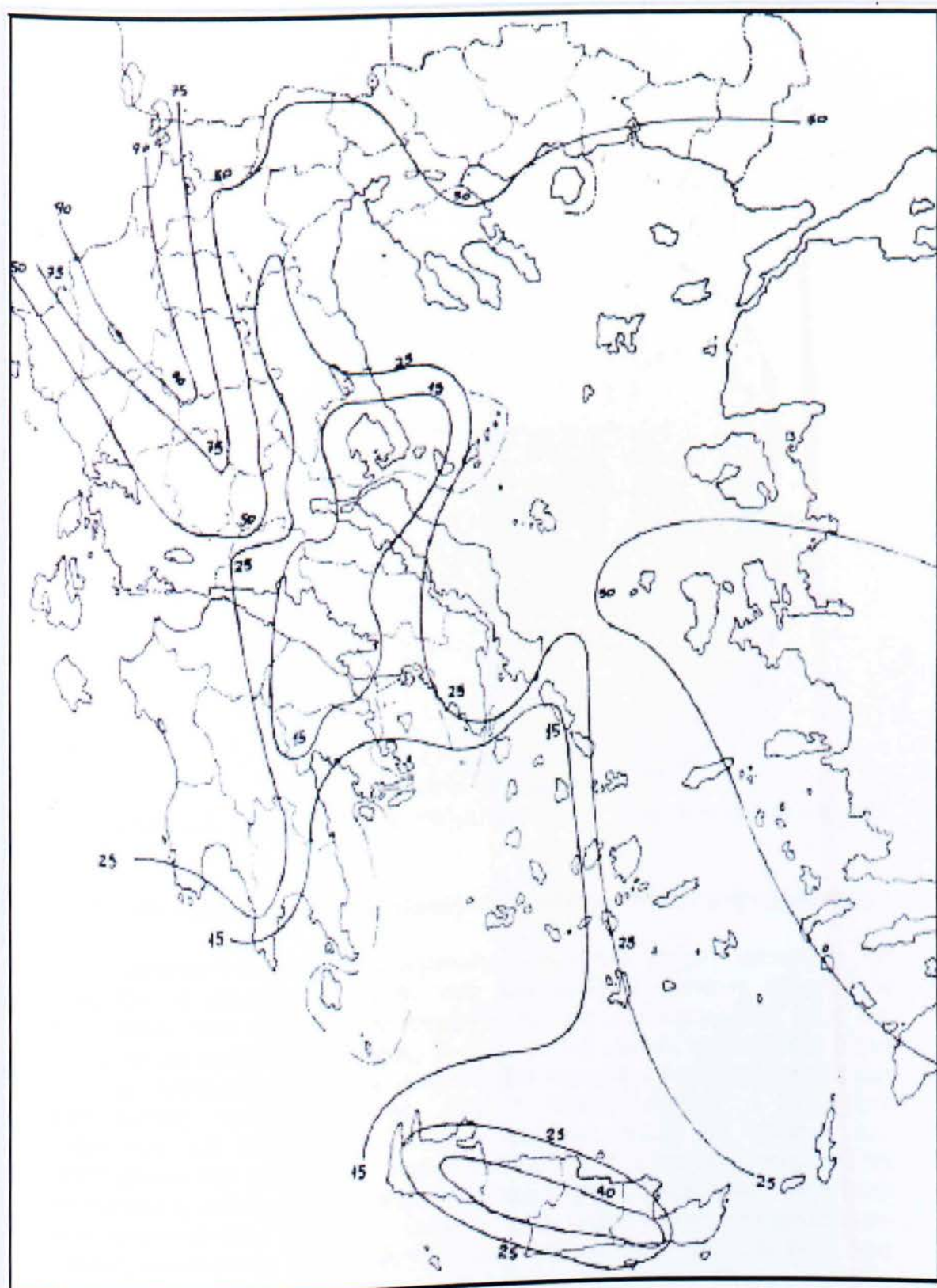
Για απομονωμένες περιοχές η ισοδύναμη συλλεκτήρια επιφάνεια είναι η επιφάνεια που περικλείεται από το περίγραμμα που προκύπτει από τη τομή της επιφάνειας του εδάφους και μίας ευθείας γραμμής με κλίση 1/3 η οποία διέρχεται από τα υψηλότερα τμήματα της κατασκευής και περιστρεφόμενη γύρω από αυτή. Για μια απομονωμένη ορθογώνια κατασκευή μήκους L,

πλάτους  $W$  και ύψους  $H$  η ισοδύναμη συλλεκτήρια επιφάνεια υπολογίζεται από τη παρακάτω σχέση:

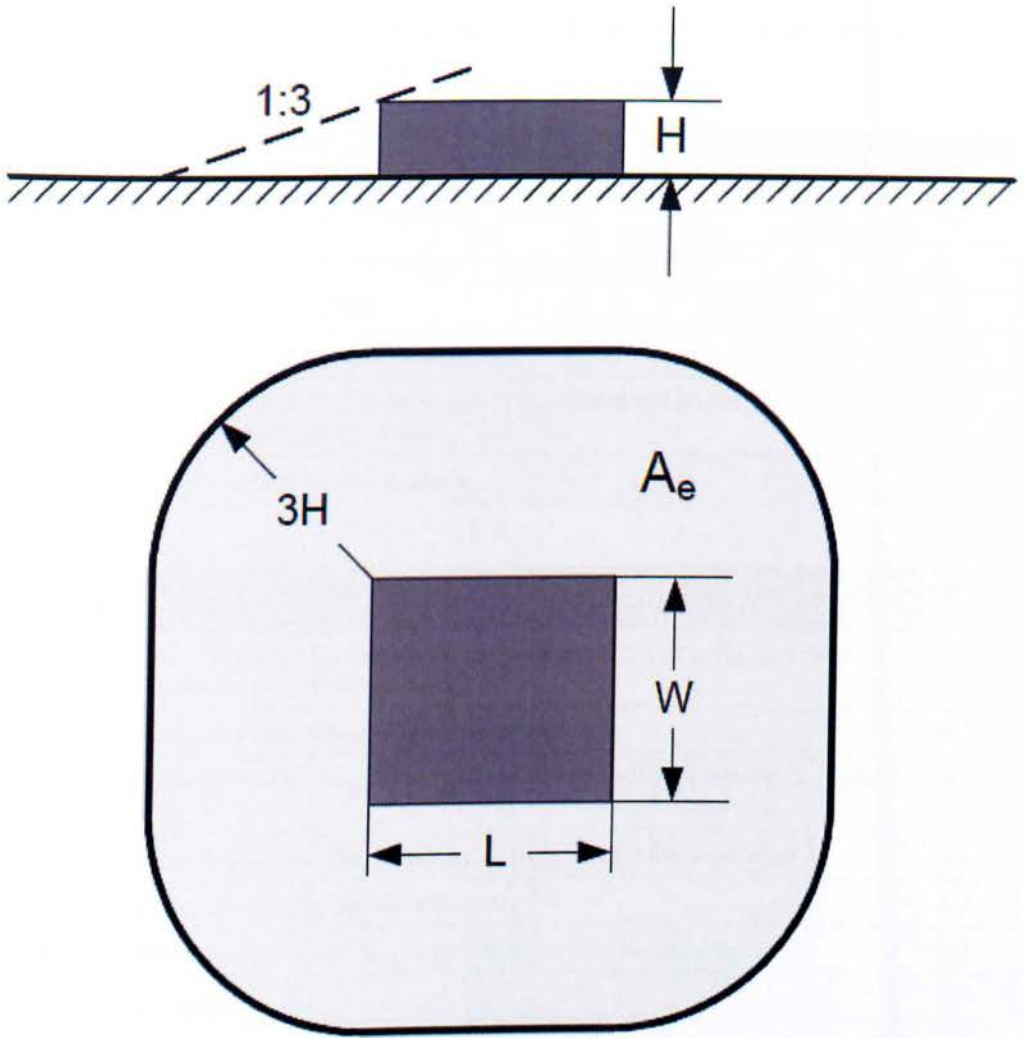
$$A_e = LW + 6H(L+W) + 9\pi H^2, \text{ σε } m^2$$

Καλό είναι να αναφέρουμε ότι η ελάχιστη τιμή της ισοδύναμης συλλεκτήριας επιφάνειας σε κάθε περίπτωση δε μπορεί να είναι μικρότερη από το εμβαδόν της κάτοψης της κατασκευής.





Εικόνα 2.4: Ισοθερμικός χάρτης της Ελλάδας [2]



**Εικόνα 2.5:** Ισοδύναμη συλλεκτήρια επιφάνεια για κατασκευή σε επίπεδο έδαφος [2]

## 2.8 Αποδεκτή συχνότητα κεραυνικών πληγμάτων σε μια κατασκευή

Η αποδεκτή συχνότητα κεραυνικών πληγμάτων για μια κατασκευή  $N_c$  εκφράζει τη μέγιστη αποδεκτή τιμή του αριθμού άμεσων κεραυνικών πληγμάτων που μπορούν να συμβούν σε μία κατασκευή ανά έτος και μπορούν να προκαλέσουν ζημιά. Η τιμή του  $N_c$  μπορεί να εκτιμηθεί μέσω μελέτης αποτίμησης κινδύνου από πλήγμα κεραυνού λαμβάνοντας υπόψη κατάλληλους συντελεστές όπως είναι ο τύπος δόμησης, η παρουσία εύφλεκτων και εκρηκτικών ουσιών, ληφθέντα μέτρα για μείωση των επιπτώσεων του πλήγματος, πλήθος ανθρώπων που επηρεάζονται από τη καταστροφή, τύπος και σπουδαιότητα υπηρεσιών εξυπηρέτησης του κοινού που επηρεάζονται, αξία των αγαθών που ενδεχομένως καταστραφούν, άλλους συντελεστές. Η συχνότητα άμεσων κεραυνικών πληγμάτων σε μια κατασκευή πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή  $K$  που βγαίνει από το γινόμενο συντελεστών που λαμβάνουν υπόψη τους τη χρήση του κτιρίου και τον αριθμό των ανθρώπων που στεγάζει (συντελεστής  $A$ ), τα υλικά κατασκευής του κτιρίου (συντελεστής  $B$ ), το περιεχόμενο του κτιρίου (συντελεστής  $C$ ), το βαθμό απομόνωσης του κτιρίου (συντελεστής  $D$ ) και τη



μορφολογία του εδάφους (συντελεστής E). Παρακάτω αναφέρονται οι τιμές που παίρνουν οι παραπάνω συντελεστές.

<b>Συντελεστής A: χρήση του κτιρίου</b>	
κατοικίες και άλλες κατασκευές συγκρίσιμου μεγέθους	0.3
κατοικίες και άλλες κατασκευές συγκρίσιμου μεγέθους με κεραίες	0.7
εργοστάσια, συνεργεία, εργαστήρια	1.0
κτίρια γραφείων, ξενοδοχεία, πολυκατοικίες	1.2
κτίρια με κόσμο όπως εκκλησίες, θέατρα, μουσεία, εκθεσιακοί χώροι, πολυκαταστήματα, σταθμοί, αεροδρόμια και στάδια	1.3
σχολεία, νοσοκομεία, φυλακές, οικότροφεία	1.7

<b>Συντελεστής B: υλικά κατασκευής του κτιρίου</b>	
κτίρια χαλύβδινου σκελετού ή οπλισμένου σκυροδέματος ενδοσυνδεδεμένου χαλύβδινου οπλισμού και με μεταλλική σκεπή	0.1
κτίρια χαλύβδινου σκελετού χωρίς μεταλλική σκεπή	0.2
κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος ενδοσυνδεδεμένου χαλύβδινου οπλισμού χωρίς μεταλλική σκεπή	0.4
κτίρια από τούβλα, απλό τσιμέντο, πέτρα χωρίς μεταλλική ή ξύλινη σκεπή	1.0
κτίρια ξύλινου σκελετού χωρίς μεταλλική σκεπή	1.4
κτίρια από τούβλα, τσιμέντο, πέτρα, ξύλινου σκελετού με μεταλλική σκεπή	1.7
κτίρια με ξύλινη σκεπή	2.0

<b>Συντελεστής C: περιεχόμενο του κτιρίου</b>	
κοινές κατοικίες ή κτίρια γραφείων, εργοστάσια και συνεργεία με περιεχόμενο μικρής αξίας ή μη επιρρεπές και ευαίσθητο	0.3
Βιομηχανικά και αγροτικά κτίρια με επιρρεπές, ευαίσθητο περιεχόμενο	0.8
σταθμοί παραγωγής ενέργειας, εγκαταστάσεις φυσικού αερίου, τηλεπικοινωνιακά κέντρα, ραδιοφωνικοί σταθμοί	1.0
βιομηχανικές εγκαταστάσεις ιδιαίτερης σημασίας, αρχαία μνημεία και ιστορικά κτίρια, μουσεία, εκθεσιακοί χώροι τέχνης ή άλλα κτίρια με επιρρεπές, ευαίσθητο περιεχόμενο	1.3
σχολεία, νοσοκομεία, φυλακές, οικότροφεία, κτίρια με κόσμο	1.7

<b>Συντελεστής D: βαθμός απομόνωσης του κτιρίου</b>	
κατασκευή σε περιοχή πυκνής δόμησης ή με πολλά δέντρα παρόμοιου ή μεγαλύτερου ύψους όπως σε μεγάλη πόλη ή σε δάσος.	0.4
κατασκευή σε περιοχή αραιής δόμησης ή με λίγα δέντρα παρόμοιου ύψους	1.0
κατασκευή πλήρως απομονωμένη ή ύψους τουλάχιστον διπλάσιου των γειτονικών κατασκευών ή δέντρων	2.0

Συντελεστής E: μορφολογία του εδάφους	
πεδινή περιοχή ανεξάρτητα του υψομέτρου	0.3
λοφώδης περιοχή	1.0
ορεινή περιοχή μεταξύ 300 m και 900 m	1.3
ορεινή περιοχή μεταξύ 900 m και 1500 m	1.7
ορεινή περιοχή 1500 m και άνω	2.0

Δηλαδή για το Nd' έχουμε:

$$Nd' = Nd * A * B * C * D * E$$

Για το Nc ισχύει ο παρακάτω πίνακας 2.4.

**Πίνακας 2.4:** Τιμές που μπορεί να πάρει το Nc

ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	ΤΥΠΟΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΚΕΡΑΥΝΩΝ	Nc
ΚΟΙΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	Κατοικίες	Καταστροφή των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, πυρκαγιά και διάβες υλικών. Ζημιές περιοριζόμενες στα αντικείμενα που βρίσκονται στο σημείο του πλήγματος ή του δρόμου του κεραυνού.	5.10 <sup>-3</sup>
	Αγροκτήματα	Πρωταρχικός κίνδυνος πυρκαγιάς και επικίνδυνες θηματικές τάσεις. Δευτερεύων κίνδυνος λόγω διακοπής ηλεκτρικού ρεύματος και κίνδυνος της ζωής των ζώων λόγω απώλειας του ηλεκτρονικού ελέγχου, εξοπλισμοί, συστήματος τροφοδοσίας κλπ.	1.10 <sup>-3</sup>
	Θέατρο-Σχολείο-Κατάστημα-Γυμναστήριο	Βλάβη στην ηλεκτρική τροφοδότηση και ενδεχόμενη αιτία πανικού. Απώλεια της σημασίας πυρκαγιάς με καθυστερημένη αντίδραση	5.10 <sup>-4</sup>
	Τράπεζα-Εμπορική ή ασφαλιστική εταιρία-Νοσοκομείο-Φυσιοθεραπευτήριο-Φυλακές.	Όπως πιο πάνω και επαπλέον προβλήματα από την απώλεια επικοινωνίας στοχία υπολογιστών και απώλεια δεδομένων. Όπως πιο πάνω και επαπλέον προβλήματα εντατικής φροντίδας και δυσκολίας ανήτων ασθενών.	5.10 <sup>-4</sup>
	Βιομηχανικά Συγκροτήματα Μουσεία και αρχαιολογικοί χώροι.	Επιπρόσθετα αποτελέσματα εξαρτώμενα από τα περιεχόμενα στις βιομηχανίες, μεταβάλλοντας τις βλάβες σε μη αποδεκτές ή απώλεια παραγωγής. Απώλεια της αναγκαίας πολιτιστικής κληρονομιάς.	1.10 <sup>-4</sup>
Κατασκευές με περιορισμένους κινδύνους	Τηλεπικοινωνίες-εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής ή με κίνδυνο πυρκαγιάς	Μη αποδεκτή απώλεια εξυπηρέτησης του πληθυσμού για μικρή ή μεγάλη χρονική περίοδο. Συνεπακόλουθοι κίνδυνοι στο γειτονικό περιβάλλον προκαλούμενοι από πυρκαγιά κλπ.	5.10 <sup>-5</sup>
Κατασκευές επικίνδυνες για το γειτονικό περιβάλλον	Διυλίστρια-αποθήκες καινοίμων, εργοστάσια πυροτεχνημάτων, πολεμοφοβίων.	Συνεπακόλουθη πυρκαγιά και έκρηξη στο εργοστάσιο και τον περιβάλλοντα χώρο.	1.10 <sup>-6</sup>
Κατασκευές επικίνδυνες για το περιβάλλον	Χημικά ή Πυρηνικά Εργοστάσια, Βιοχημικά εργοστάσια ή εργοστάσια	Πυρκαγιά και ανεξέλεγκτη λειτουργία του εργοστασίου με διαδερές συνέπειες στο τοπικό και γενικό περιβάλλον.	1.10 <sup>-7</sup>

## 2.9 Αναγκαιότητα του ΣΑΠ και επιλογή της στάθμης προστασίας



Για να μπορέσουμε να ελέγξουμε αν μια εγκατάσταση χρήζει κάποιου συστήματος αντικεραυνικής προστασίας πρέπει να γίνει σύγκριση κάποιων δεδομένων. Αυτά τα δεδομένα είναι η σύγκριση της συχνότητας άμεσων κεραυνικών πληγμάτων της κατασκευής Nd καθώς και της αποδεκτής συχνότητας κεραυνικών πληγμάτων της κατασκευής από κεραυνούς Nc. Συνοπτικότερα έχουμε:

Στη περίπτωση που έχουμε  $Nd' \leq Nc$  τότε δεν χρειάζεται ΣΑΠ.

Στη περίπτωση που έχουμε  $Nd' > Nc$  τότε πρέπει να εγκατασταθεί ΣΑΠ αποτελεσματικότητας:

Και να επιλεγεί η αποδεκτή στάθμη προστασίας σύμφωνα με το πίνακα 2.5.

**Πίνακας 2.5:** Αποτελεσματικότητα σταθμών προστασίας ΣΑΠ

Αποτελεσματικότητα ΣΑΠ	Στάθμη Προστασίας ΣΑΠ
$E > 0.98$	I + επιπλέον μέσα προστασίας
$0.95 < E \leq 0.98$	I
$0.90 < E \leq 0.95$	II
$0.80 < E \leq 0.90$	III
$0 < E \leq 0.80$	IV

Ουσιαστικά η αποτελεσματικότητα ενός ΣΑΠ πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του πίνακα 2.5, όμως αν εγκατασταθεί ΣΑΠ αποτελεσματικότητας  $E > 0.98$  ή  $E' < E$  απαιτείται να ληφθούν επιπλέον μέτρα προστασίας όπως μέτρα περιορισμού των βηματικών τάσεων και των τάσεων επαφής, μέτρα περιορισμού της διάδοσης της φωτιάς και μέτρα μείωσης των επαγόμενων τάσεων λόγω κεραυνών σε ευαίσθητες συσκευές.

## 2.10 Εγκατάσταση συστήματος αντικεραυνικής προστασίας

Ένα σύστημα αντικεραυνικής προστασίας αποτελείται από το εσωτερικό και το εξωτερικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας. Τα δύο αυτά συστήματα (εσωτερικό και εξωτερικό) χρησιμοποιούνται ή ξεχωριστά ή σε συνδυασμό ανάλογα με τη προστασία που χρειάζεται. Η εξωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας (εξωτερική ΕΑΠ) σκοπό έχει να συλλάβει το κεραυνό πριν πλήξει την υπό προστασία περιοχή και να διοχετεύσει το ρεύμα με ασφάλεια στο έδαφος περιορίζοντας στο ελάχιστο τις θερμικές και μηχανικές επιδράσεις του. Η εσωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας (εσωτερική ΕΑΠ) να προστατέψει το εσωτερικό



της εγκατάστασης και να μειώσει στο ελάχιστο τις ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις του ρεύματος του κεραυνού.

## 2.11 Εξωτερική ΕΑΠ

Η εξωτερική ΕΑΠ αποτελείται από:

- Το συλλεκτήριο σύστημα που προορίζεται να δέχεται τους κεραυνούς.
- Το σύστημα αγωγών καθόδου το οποίο εξασφαλίζει την όδευση του ρεύματος του κεραυνού από το συλλεκτήριο σύστημα προς τη γη.

- Το σύστημα γείωσης που άγει και διαχέει το ρεύμα του κεραυνού στο έδαφος. Επίσης ανάλογα με τον τρόπο εγκατάστασης του συλλεκτήριου συστήματος και του συστήματος των αγωγών καθόδου σε σχέση με τη κατασκευή που χρήζει προστασίας διακρίνεται σε δύο τύπους:

- Τη μονωμένη εξωτερική ΕΑΠ, όπου το συλλεκτήριο σύστημα και το σύστημα

των αγωγών καθόδου είναι τοποθετημένα έτσι ώστε η οδός ροής του ρεύματος του κεραυνού να μην έρχεται σε επαφή με την κατασκευή.

- Τη μη μονωμένη εξωτερική ΕΑΠ, όπου το συλλεκτήριο σύστημα και το σύστημα των αγωγών καθόδου είναι τοποθετημένα έτσι ώστε η οδός ροής του ρεύματος του κεραυνού να μπορεί να έρχεται σε επαφή με τη κατασκευή.

Στις περισσότερες περιπτώσεις η εξωτερική ΕΑΠ μπορεί να είναι σε επαφή με την κατασκευή που χρήζει προστασίας. Μονωμένη εξωτερική ΕΑΠ πρέπει να εγκαθίσταται όταν οι θερμικές επιπτώσεις στο σημείο πλήγματος ή στους αγωγούς που διαρρέονται από ρεύμα κεραυνού μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στη κατασκευή που χρήζει προστασία ή στο περιεχόμενό της. Τυπικές περιπτώσεις είναι κατασκευές με εύφλεκτη επικάλυψη, εύφλεκτοι τοίχοι και χώροι με κίνδυνο έκρηξης ή πυρκαγιάς.

## 2.12 Συλλεκτήριο σύστημα

Συλλεκτήριο σύστημα ορίζεται το τμήμα της εξωτερικής ΕΑΠ που προορίζεται να δέχεται τους κεραυνούς. Η σχεδιάσή του εξαρτάται από τη γεωμετρία της κατασκευής που χρήζει προστασία, την απαιτούμενη στάθμη προστασίας καθώς και τη μέθοδο που λήφθηκε υπόψη για το καθορισμό της ζώνης προστασίας. Το συλλεκτήριο σύστημα μπορεί να αποτελείται από οποιοδήποτε συνδυασμό στοιχείων όπως ράβδοι, τεταμένα σύρματα ή πλέγματα αγωγών. Ο σχεδιασμός του συλλεκτήριου συστήματος του ΣΑΠ είναι κατάλληλος εάν η κατασκευή που χρήζει προστασίας βρίσκεται εξ' ολοκλήρου μέσα στη ζώνη προστασίας που αυτό παρέχει.

## 2.13 Ζώνη προστασίας

Για τον προσδιορισμό της ζώνης προστασίας που παρέχει το συλλεκτήριο σύστημα ενός ΣΑΠ χρησιμοποιούνται κυρίως τρεις μέθοδοι:

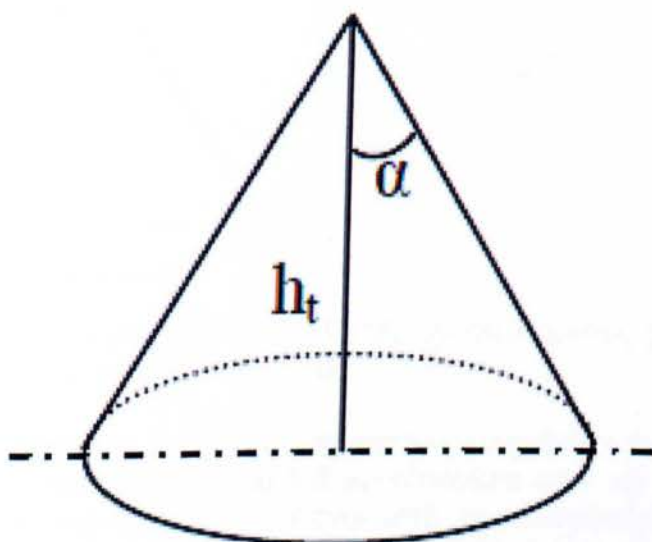
- Η μέθοδος της γωνίας προστασίας
- Η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας
- Η μέθοδος πλέγματος αγωγών



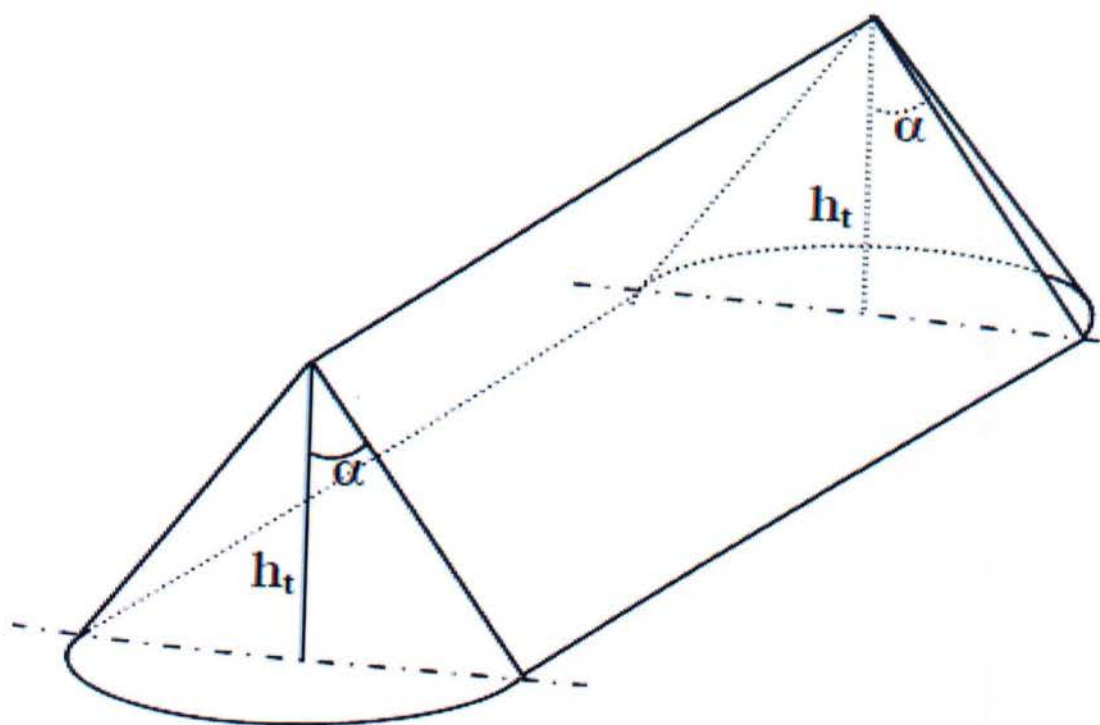
Για τα περισσότερα κτίρια απλής μορφής η μέθοδος της γωνίας προστασίας είναι πιο εύχρηστη, αλλά για σύνθετες μορφές συνιστάται η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας. Η μέθοδος πλέγματος αγωγών χρησιμοποιείται για να προστατέψει επίπεδες επιφάνειες.

### 2.13.1 Μέθοδος της γωνίας προστασίας

Με τη μέθοδο της γωνίας προστασίας η ζώνη προστασίας μίας κατακόρυφης ράβδου ύψους  $h_t$  έχει τη μορφή ενός ορθού κυκλικού κώνου με κορυφή την απόληξη της ράβδου. Παρακάτω υπάρχουν δύο τρόποι συλλεκτηρίου συστήματος με τη μέθοδο της γωνίας προστασίας.



**Εικόνα 2.6:** Ζώνη προστασίας συλλεκτηρίου συστήματος με τη μέθοδο της γωνίας προστασίας με κατακόρυφη ράβδο.



**Εικόνα 2.7:** Ζώνη προστασίας συλλεκτήριου συστήματος με τη μέθοδο της γωνίας προστασίας με τεταμένο σύρμα.

Η ημιγωνία κορυφής  $\alpha$  του κώνου προστασίας λαμβάνει τιμές οι οποίες αναγράφονται στο παρακάτω πίνακα 2.6 και εξαρτάται από την απαιτούμενη στάθμη προστασίας και το ύψος  $h$  πάνω από την επιφάνεια που χρήζει προστασίας. Η μέθοδος της γωνίας προστασίας έχει γεωμετρικούς περιορισμούς, συνιστάται για τον προσδιορισμό της ζώνης προστασίας σε κατασκευές απλής σχετικά γεωμετρίας και δεν επιτρέπεται να εφαρμόζεται εάν το ύψος  $h$  είναι μεγαλύτερο από την ακτίνα της κυλιόμενης σφαίρας.

**Πίνακας 2.6:** Τιμές που παίρνει η ημιγωνία  $\alpha$

Στάθμη Προστασίας	$h$ (m)	20	30	45	60	Διάσταση πλέγματος (m)
		$R$ (m)	$\alpha^{(o)}$	$\alpha^{(o)}$	$\alpha^{(o)}$	
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	10
IV	60	55	45	35	25	20

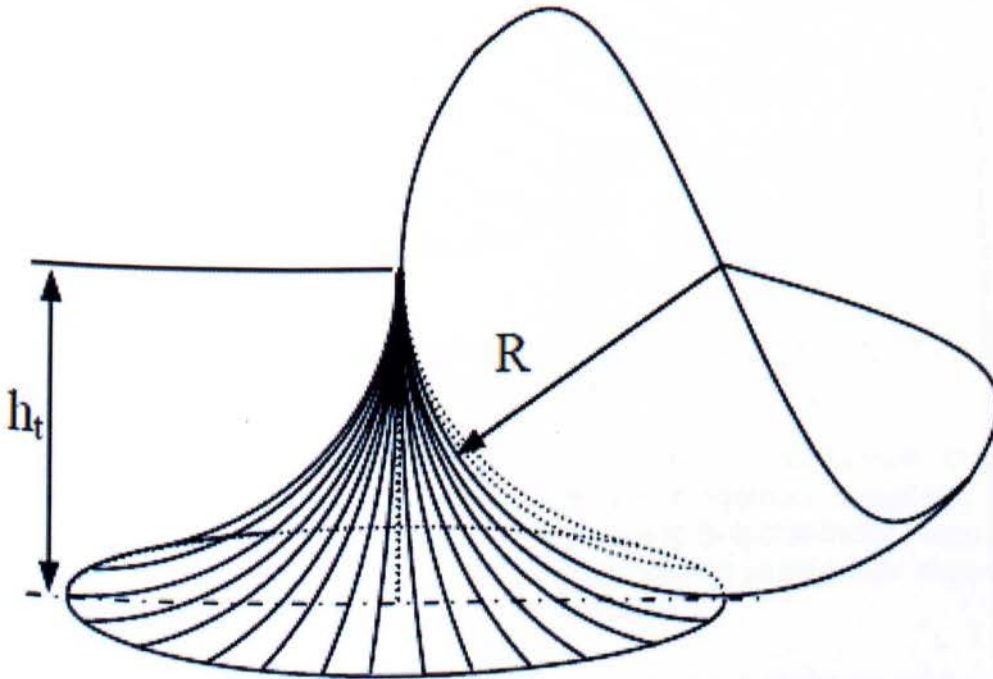
\* Σ' αυτές τις περιπτώσεις εφαρμόζονται οι μέθοδοι της κυλιόμενης σφαίρας και πλέγματος αγωγών.



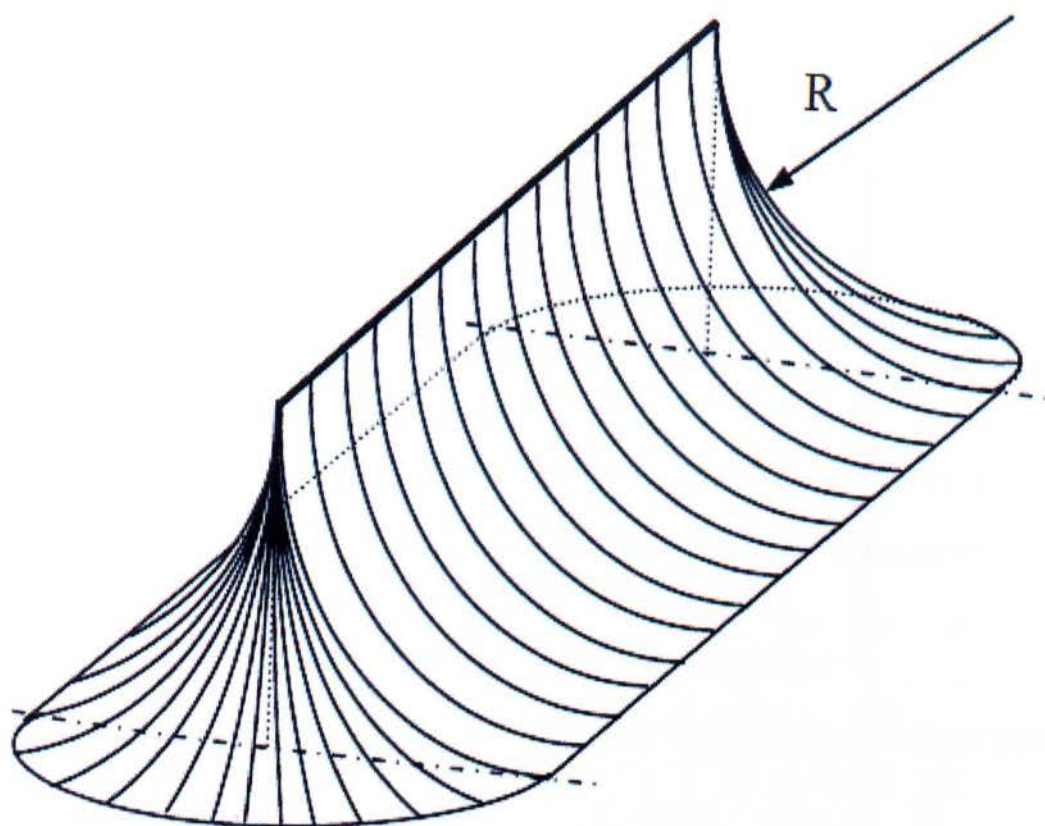
### 2.13.2 Μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας

Με τη μέθοδο της κυλιόμενης σφαίρας ο σχεδιασμός του συλλεκτήριου συστήματος είναι κατάλληλος εάν κανένα σημείο της κατασκευής που χρήζει προστασίας δεν έρχεται σε επαφή με μία σφαίρα ακτίνας  $R$  εξαρτώμενης από τη στάθμη προστασίας που κυλιέται στο έδαφος γύρω από τη κορυφή της κατασκευής προς όλες τις διευθύνσεις. Κατά την κύλισή της η σφαίρα πρέπει να εφάπτεται μόνο στο έδαφος ή μόνο στο συλλεκτήριο σύστημα ή και στα δύο, και τα σημεία που αυτή δεν αγγίζει είναι προστατευμένα. Επομένως συλλεκτήριοι αγωγοί πρέπει να εγκαθίστανται σε όλα τα σημεία επαφής της κυλιόμενης σφαίρας με την κατασκευή που χρήζει προστασία.

Παράδειγμα σχεδίασης ζώνης προστασίας συλλεκτηρίου συστήματος με τη μέθοδο της κυλιόμενης σφαίρας υπάρχει στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 2.8: Ζώνη προστασίας συλλεκτήριου συστήματος με τη μέθοδο της κυλιόμενης σφαίρας όπου  $R > h_t$  με κατακόρυφη ράβδο



**Εικόνα 2.9:** Ζώνη προστασίας συλλεκτήριου συστήματος με τη μέθοδο της κυλιόμενης σφαίρας όπου  $R > ht$  με τεταμένο σύρμα.

Αν είχαμε την περίπτωση δύο παράλληλων τεταμένων συρμάτων εγκατεστημένων σε ύψος  $h$  πάνω από την επιφάνεια αναφοράς και σε απόσταση  $d$  μεταξύ τους, ή δύο ράβδων ύψους  $h$  η απόσταση εισχώρησης της κυλιόμενης σφαίρας ακτίνας  $R$  εντός του χώρου μεταξύ των συρμάτων ή των ράβδων μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

Η παραπάνω σχέση ισχύει και στη περίπτωση τεσσάρων κατακόρυφων ράβδων ίσου ύψους  $h$  τοποθετημένες στις γωνίες μιας τετράγωνης επιφάνειας όπου η απόσταση  $d$  είναι ίση με τη διαγώνιο του σχηματιζόμενου τετραγώνου από τις τέσσερις ράβδους. Η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας εφαρμόζεται στον καθορισμό της ζώνης προστασίας τμημάτων ή και περιοχών μιας κατασκευής πολύπλοκης γεωμετρίας ή στις περιπτώσεις όπου πίνακας 5 αποκλείει την εφαρμογή της μεθόδου γωνίας προστασίας.

### 2.13.3 Μέθοδος πλέγματος αγωγών

Με τη μέθοδο του πλέγματος αγωγών θεωρούμε ότι εξασφαλίζεται η προστασία ολόκληρης της επιφάνειας εάν ικανοποιούνται τα παρακάτω:

- Οι αγωγοί του συλλεκτήριου συστήματος τοποθετούνται:
  - Πάνω στις ακμές της οροφής.
  - Πάνω στις προεξοχές της οροφής.



□ Πάνω στις γραμμές της τομής των κεκλιμένων επιφανειών της οροφής εφόσον η κλίση υπερβαίνει το 1/10.

- Οι πλευρικές επιφάνειες της κατασκευής σε ύψος μεγαλύτερο από τη τιμή τα

επιλεγείσας ακτίνας της κυλιόμενης σφαίρας εφοδιάζονται με συλλεκτήρια συστήματα.

- Οι διαστάσεις του πλέγματος δεν είναι μεγαλύτερες από τις τιμές που δίνονται στο πίνακα 2.6.

- Καμία μεταλλική εγκατάσταση δεν προεξέχει του προστατευόμενου χώρου από τα συλλεκτήρια συστήματα.

- Οι αγωγοί του συλλεκτήριου συστήματος ακολουθούν όσο το δυνατόν σύντομες και ευθείες οδεύσεις.

- Το δίκτυο του συλλεκτήριου συστήματος πρέπει να διαμορφώνεται με τέτοιο

τρόπο ώστε το ρεύμα του κερανού να συναντά τουλάχιστον δύο χωριστές μεταλλικές οδεύσεις προς το σύστημα γείωσης.

## 2.14 Στοιχεία που αποτελούν το συλλεκτήριο σύστημα

Τα στοιχεία που μπορούν να αποτελέσουν στοιχεία συλλεκτήριου συστήματος είναι 2 τα τεχνητά και τα φυσικά.

- Τεχνητά στοιχεία που αποτελούν το συλλεκτήριο σύστημα Οι ράβδοι, τα τεταμένα σύρματα και το πλέγμα αγωγών θεωρούνται στοιχεία ισοδύναμα μεταξύ τους. Ο σχεδιασμός του συλλεκτήριου συστήματος του ΣΑΠ μπορεί να γίνει με οποιαδήποτε από τα παραπάνω στοιχεία. Ακόμα και με το συνδυασμό τους μπορεί να γίνει ένα πολύ δυνατό συλλεκτήριο σύστημα. Αναλυτικότερα η χρήση ράβδων προτείνεται σε ΣΑΠ μονωμένης εξωτερικής εγκατάστασης αντικεραυνικής προστασίας για την προστασία απλών κατασκευών μικρών διαστάσεων ή μικρών τμημάτων μεγάλων κατασκευών ενώ δεν προτείνεται όταν το ύψος της κατασκευής είναι μεγαλύτερο από την ακτίνα της κυλιόμενης σφαίρας σύμφωνα με την επιλεγείσα στάθμη προστασίας. Από την άλλη η χρήση τεταμένων συρμάτων προτείνεται και για τις προηγούμενες περιπτώσεις αλλά και επιπλέον σε κατασκευές όπου ο λόγος μήκους προς πλάτος είναι μεγαλύτερος από 4.

- Φυσικά στοιχεία που αποτελούν το συλλεκτήριο σύστημα Εκτός από τα τεχνητά στοιχεία που αποτελούν το συλλεκτήριο σύστημα υπάρχουν και τα φυσικά. Φυσικά ονομάζονται εκείνα τα στοιχεία που είναι μη εγκατεστημένο συγκεκριμένα για αντικεραυνική προστασία αλλά εξαιτίας από το υλικό που είναι κατασκευασμένο μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιπρόσθετα και ως στοιχείο του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας. Μεταλλικά τμήματα μιας κατασκευής που μπορούν να αποτελέσουν φυσικά συλλεκτήρια στοιχεία είναι:

1. Μεταλλικά φύλλα που καλύπτουν τη κατασκευή υπό κάποιες προϋποθέσεις.

2. Μεταλλικά στοιχεία της κατασκευής της οροφής που βρίσκονται κάτω από μη μεταλλική οροφή υπό τη προϋπόθεση ότι ο υπερκείμενο τμήμα μπορεί να

εξαιρεθεί από τη κατασκευή που χρήζει προστασία.



3. Μεταλλικά μέρη όπως υδρορροές, διακοσμητικά στοιχεία, κ.α. των οποίων η διατομή δεν είναι μικρότερη από αυτή που καθορίζεται για τα τυποποιημένα

στοιχεία του συλλεκτήριου συστήματος.

4. Μεταλλικοί σωλήνες και δεξαμενές υπό τη προϋπόθεση ότι είναι κατασκευασμένα από υλικό ελάχιστου πάχους 2.5mm και ότι δε θα προκληθεί κίνδυνος ή οποιαδήποτε ανεπιθύμητη κατάσταση εάν διατρηθούν.

5. Μεταλλικοί σωλήνες και δεξαμενές υπό την προϋπόθεση ότι είναι κατασκευασμένα από υλικά πάχους τουλάχιστον ίσου με τη τιμή  $t$  που δίνεται στο παρακάτω πίνακα 2.7 και ότι η ανύψωση της θερμοκρασίας στην εσωτερική επιφάνεια στο σημείο πλήγματος δε συνεπάγεται κάποιο κίνδυνο για ανθρώπινη ζωή ή κάτι άλλο.

**Πίνακας 2.7:** Ελάχιστο πάχος μεταλλικών φύλλων ή μεταλλικών αγωγών σε συλλεκτήρια συστήματα

Στάθμη Προστασίας	Υλικό	Πάχος $t$ (mm)
I έως IV	Fe	4
	Cu	5
	Al	7

## 2.15 Σύστημα αγωγών καθόδου

Την απευθείας συνέχεια των στοιχείων του συλλεκτήριου συστήματος αποτελούν οι αγωγοί καθόδου. Κατά την επιλογή του αριθμού και του τρόπου εγκατάστασής τους πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι εάν το ρεύμα του κεραυνού επιμερίζεται σε πολλές οδούς όδευσης μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης δευτερογενών υπερπηδήσεων και περιορίζονται οι ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις στο εσωτερικό της κατασκευής. Γι' αυτό το λόγο οι αγωγοί καθόδου πρέπει να κατανέμονται κατά το δυνατόν περιμετρικά της κατασκευής σε συμμετρική διάταξη. Ακόμη πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε από το σημείο πλήγματος μέχρι τη γη να υπάρχουν αρκετές παράλληλες οδοί ροής του ρεύματος, να εξασφαλίζεται η συντομότερη και συνεχής όδευση του ρεύματος του κεραυνού προς τη γη κατά το δυνατόν ευθεία και κατακόρυφη όδευση και α γίνονται ισοδυναμικές συνδέσεις. Οι αγωγοί καθόδου όπως και οι συλλεκτήριοι αγωγοί θα πρέπει να στερεώνονται καλά ώστε οι μηχανικές επιδράσεις του ρεύματος του κεραυνού ή άλλες καταπονήσεις να μην προκαλούν θραύση ή χαλάρωση των αγωγών. Ο αριθμός των συνδέσεων κατά μήκος των αγωγών πρέπει να είναι ο ελάχιστος δυνατός.

Επίσης η στιβαρότητα των συνδέσεων πρέπει να εξασφαλίζεται με μεθόδους όπως είναι η μπρουτζοκόλληση, το β ίδωμα, η σ ύσφιξη και η ηλεκτροσυγκόλληση. Η εγκατάσταση των αγωγών καθόδου ανάλογα με διάφορους παράγοντες:

- Εγκατάσταση αγωγών καθόδου με μονωμένη εξωτερική ΕΑΠ



Στην εγκατάσταση αγωγών καθόδου με μονωμένη εξωτερική ΕΑΠ ο αριθμός των αγωγών καθόδου εξαρτάται από τα στοιχεία που συνιστούν το συλλεκτήριο σύστημα.

Τα στοιχεία αυτά είναι:

1. Αν το συλλεκτήριο σύστημα αποτελείται από ράβδους σε ανεξάρτητους ιστούς ή ένα μόνο ιστό απαιτείται τουλάχιστον ένας αγωγός καθόδου για κάθε ιστό. Σε περίπτωση που οι ιστοί είναι από μέταλλο ή από ενδοσυνδεδεμένο χαλύβδινο οπλισμό δεν είναι αναγκαίος επιπρόσθετος αγωγός καθόδου.

2. Αν το συλλεκτήριο σύστημα αποτελείται από ανεξάρτητα τεταμένα σύρματα ή ένα μόνο σύρμα απαιτείται τουλάχιστον ένας αγωγός καθόδου για κάθε άκρο των συρμάτων.

3. Αν το συλλεκτήριο σύστημα συνιστάται από πλέγμα αγωγών απαιτείται τουλάχιστον ένα αγωγός για κάθε κατασκευή στήριξης του πλέγματος.

• Εγκατάσταση αγωγών καθόδου με μη μονωμένη εξωτερική ΕΑΠ Για την εγκατάσταση αγωγών καθόδου με μη μονωμένη εξωτερική ΕΑΠ που το συλλεκτήριο σύστημα αποτελείται από ράβδους ή τεταμένα σύρματα απαιτείται τουλάχιστον ένας αγωγός καθόδου για κάθε ράβδο ή για κάθε άκρο των συρμάτων.

Όταν το συλλεκτήριο συνιστάται από πλέγμα αγωγών οι αγωγοί καθόδου τουλάχιστον δύο τοποθετούνται περιμετρικά της κατασκευής που χρήζει προστασίας εξασφαλίζοντας ότι η μέση απόσταση μεταξύ τους να μην είναι μεγαλύτερη από τις τιμές του παρακάτω πίνακα 2.8. Επιπλέον απαιτείται να γίνεται ισαπέχουσα τοποθέτηση των αγωγών καθόδου επί της περιμέτρου και όσο το δυνατόν πλησιέστερα στις γωνίες της κατασκευής. Επίσης πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια οριζόντιων περιμετρικών δακτυλίων κοντά στη στάθμη του εδάφους καθώς και ανάλογα με τις διαστάσεις της κατασκευής με επιπλέον οριζόντιους περιμετρικούς δακτυλίους σε κατακόρυφα διαστήματα όπως φαίνεται στο πίνακα 2.8. Ακόμη συνιστάται η εγκατάσταση των αγωγών καθόδου και των περιμετρικών δακτυλίων να προβλέπει κάποια απόσταση μεταξύ αυτών και κάθε πόρτας ή παραθύρου της κατασκευής.

**Πίνακας 2.8:** Μέση απόσταση μεταξύ των αγωγών καθόδου και μεταξύ των περιμετρικών δακτυλίων ανάλογα με τη στάθμη προστασίας

Στάθμη Προστασίας	Μέση απόσταση (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25



Η εγκατάσταση των αγωγών καθόδου επί της κατασκευής εξαρτάται από τα δομικά στοιχεία της. Ειδικότερα οι αγωγοί καθόδου μπορούν να εγκαθίστανται ως ακολούθως:

1. Αν ο τοίχος της κατασκευής είναι από εύφλεκτο υλικό οι αγωγοί καθόδου

μπορούν να εγκαθίστανται στην επιφάνεια των τοίχων υπό την προϋπόθεση ότι η ανύψωση της θερμοκρασίας τους λόγω της ροής του ρεύματος του κεραυνού δεν είναι επικίνδυνη για το υλικό του τοίχου.

2. Αν ο τοίχος της κατασκευής είναι από εύφλεκτο υλικό και η ανύψωση της θερμοκρασίας των αγωγών καθόδου είναι επικίνδυνη οι αγωγοί καθόδου πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε η απόσταση μεταξύ αυτών και του τοίχου να είναι πάντοτε μεγαλύτερη από 0.1m. Μεταλλικά εξαρτήματα στήριξης μπορούν να βρίσκονται σε επαφή με το τοίχο.

3. Οι αγωγοί καθόδου δεν πρέπει να εγκαθίστανται μέσα σε οριζόντιες ή κατακόρυφες υδρορροές ακόμη και αν καλύπτονται με μονωτικό υλικό διότι η υγρασία μπορεί να οδηγήσει στη διάβρωσή τους.

- Φυσικοί αγωγοί καθόδου ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας

Ως φυσικοί αγωγοί καθόδου μιας κατασκευής μπορούν να χαρακτηριστούν τα εξής:

1. Μεταλλικές εγκαταστάσεις οι οποίες μπορούν να επικαλύπτονται με μονωτικό υλικό υπό την προϋπόθεση ότι η ηλεκτρική συνέχεια μεταξύ των διαφόρων τμημάτων τους είναι αξιόπιστη και στιβαρή και ότι οι διαστάσεις τους είναι τουλάχιστον ίσες με αυτές που καθορίζονται για τους τυποποιημένους αγωγούς καθόδου.

2. Ο μεταλλικός σκελετός ή ο ενδοσυνδεδεμένος χαλύβδινος οπλισμός του σκυροδέματος της κατασκευής λαμβάνοντας υπόψη τον κίνδυνο ανεπιθύμητων μηχανικών επιδράσεων από τη ροή του ρεύματος του κεραυνού, στις περιπτώσεις αυτές δεν είναι απαραίτητοι οριζόντιοι περιμετρικοί δακτύλιοι.

3. Στοιχεία των όψεων προεξέχοντα κιγκλιδώματα και επιμέρους κατασκευές των μεταλλικών όψεων υπό προϋποθέσεις διαστάσεων και στιβαρούς ηλεκτρικής συνέχειας.

- Σύνδεσμοι ελέγχου αγωγών ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας

Οι σύνδεσμοι ελέγχου τοποθετούνται στο σημείο σύνδεσης κάθε αγωγού καθόδου με το σύστημα γείωσης έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να ελέγχεται η ηλεκτρική συνέχεια του υπολοίπου κυκλώματος της εξωτερικής ΕΑΠ. Επιπλέον με τον τρόπο αυτό παρέχεται η δυνατότητα μέτρησης της αντίστασης γείωσης των ηλεκτροδίων γείωσης. Στις περιπτώσεις που έχουμε φυσικούς αγωγούς καθόδου ο σύνδεσμος ελέγχου δεν είναι απαραίτητος.



## 2.16 Σύστημα γείωσης εξωτερικής ΕΑΠ

Το σύστημα γείωσης σκοπό έχει να μεταφέρει το ρεύμα με ασφάλεια στο έδαφος μέσω των ηλεκτροδίων γείωσης χωρίς να αναπτύσσονται επικίνδυνες υπερτάσεις. Επίσης συνδέει ισοδυναμικά τους αγωγούς καθόδου όπου είναι εφικτό, να περιορίζει την ανύψωση του δυναμικού του εδάφους στη περιοχή του καθώς και να αναχαιτίζει το κεραυνό στη περίπτωση επιφανειακής διάσπασης του εδάφους. Αν και πάντα συνίσταται η όσον το δυνατόν χαμηλότερη τιμή αντίστασης γείωσης έχει περισσότερο σημασία στην αποτελεσματικότητα του συστήματος γείωσης η μορφή και οι διαστάσεις του παρά η τιμή της αντίστασης γείωσης που παρουσιάζει. Από την άποψη της αντικεραυνικής προστασίας την καλύτερη λύση αποτελεί μια ενιαία γείωση ενσωματωμένη στο κτίριο η οποία μπορεί να προσφέρει πλήρη προστασία σε όλες τις εγκαταστάσεις της κατασκευής.

### 2.16.1 Ηλεκτρόδια γείωσης

Ένα ή περισσότερα περιμετρικά ηλεκτρόδια τύπου δακτυλίου, κατακόρυφα ή κεκλιμένα ηλεκτρόδια, ακτινικά ηλεκτρόδια και ηλεκτρόδια θεμελιακής γείωσης είναι τα καταλληλότερα σαν ηλεκτρόδια γείωσης. Επίσης πλάκες ή μικρά πλέγματα αγωγών μπορούν να χρησιμοποιηθούν αλλά συνιστάται να αποφεύγονται όταν υπάρχει πιθανότητα διάβρωσης ειδικά στα σημεία σύνδεσης. Επίσης καταλληλότερο είναι να χρησιμοποιούνται πολλά ηλεκτρόδια σωστά διατεταγμένα παρά ένα ηλεκτρόδιο μεγάλου μήκους διότι τα πολλά ηλεκτρόδια είναι πιο αποτελεσματικά σε σχέση με το ένα. Το ελάχιστο μήκος ενός ηλεκτροδίου γείωσης  $l$  είναι συνάρτηση της απαιτούμενης στάθμης προστασίας και της ειδικής αντίστασης του εδάφους  $\rho$ . Σύμφωνα με την 61024 για ΣΑΠ στάθμης προστασίας II ÷ IV λαμβάνεται ίσο με 5m ανεξάρτητα από την ειδική αντίσταση του εδάφους. Για ΣΑΠ στάθμης προστασίας I λαμβάνεται ίσο με 5m για  $\rho < 500\Omega.m$  ενώ για μεγαλύτερες τιμές της ειδικής αντίστασης του εδάφους αυξάνει γραμμικά. Στη περίπτωση που ένα ΣΑΠ δεν περιλαμβάνει εξωτερική ΕΑΠ αλλά απαιτείται σύστημα γείωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διάταξη ηλεκτροδίων γείωσης ένα οριζόντιο ηλεκτρόδιο  $l$  ή ένα κατακόρυφο μήκους  $0.5l$ . Για τον ίδιο σκοπό μπορεί να χρησιμοποιηθεί η γείωση της ηλεκτρικής εγκατάστασης χαμηλής τάσης υπό την προϋπόθεση ότι το συνολικό μήκος των ηλεκτροδίων γείωσης είναι σύμφωνα με τα προηγούμενα ανάλογα με τη γεωμετρία των ηλεκτροδίων γείωσης. Τα ηλεκτρόδια γείωσης πρέπει να ενταφιάζονται εξωτερικά της κατασκευής που χρήζει προστασίας κατά το δυνατόν ομοιόμορφα κατανεμημένα ώστε να ελαχιστοποιούνται φαινόμενα ηλεκτρικής σύζευξης μέσα στο έδαφος. Ακόμη πρέπει να εξασφαλίζεται η εύκολη επιθεώρησή τους κατά τη κατασκευή του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας. Ο τύπος των ηλεκτροδίων γείωσης και το βάθος ενταφιασμού τους πρέπει να επιλέγονται με βάση την ελαχιστοποίηση των επιδράσεων της διάβρωσης, της ξήρανσης ή του παγώματος του εδάφους ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή ισοδύναμη ειδική αντίσταση του εδάφους. Τα ηλεκτρόδια γείωσης εκτείνονται σε μεγάλο βάθος και έτσι είναι αποτελεσματικά σε εδάφη που η ειδική τους αντίσταση μειώνεται με το βάθος και όπου τα συνήθη μήκη κατακόρυφων ηλεκτροδίων δεν εξασφαλίζουν επαφή με το υπέδαφος χαμηλής ειδικής αντίστασης.



**Πίνακας 2.9:** Ελάχιστο μήκος ηλεκτροδίου γείωσης συναρτήσει της στάθμης προστασίας

Στάθμη Προστασίας	Ελάχιστο μήκος ηλεκτροδίου γείωσης, $l_1$
I	5 m για $\rho < 500 \Omega \cdot m$ $l_1 \text{ (m)} = 0.03\rho - 10$ για $500 < \rho \text{ (}\Omega \cdot m\text{)} < 3000$
II ÷ IV	5 m

Τα ηλεκτρόδια των γειώσεων κατατάσσονται σε 4 περιπτώσεις:

### 1. Διάταξη τύπου A

Οι διατάξεις τύπου A περιλαμβάνουν οριζόντια ή κατακόρυφα ηλεκτρόδια γείωσης. Το ελάχιστο μήκος κάθε ηλεκτροδίου καθορίζεται ως  $l$  για ακτινικά οριζόντια ηλεκτρόδια ή  $0.5l$  για κατακόρυφα ή κεκλιμένα ηλεκτρόδια όπου  $l$  είναι το ελάχιστο μήκος ακτινικού ηλεκτροδίου όπως φαίνεται και στο πίνακα 2.9. Σε διάφορες όμως περιπτώσεις αυτά τα μήκη μπορούν να μη ληφθούν υπόψη υπό την προϋπόθεση όμως ότι επιτυγχάνεται αντίσταση γείωσης μικρότερη από  $10\Omega$ . Σε περίπτωση όμως που έχουμε πολλά ηλεκτρόδια μαζί υπόψη λαμβάνεται το συνολικό τους μήκος. Οι διατάξεις των ηλεκτροδίων τύπου A είναι κατάλληλες για εδάφη μικρής τιμής ειδικής αντίστασης ακόμα και για μικρά κτίσματα. Κάθε αγωγός καθόδου της εξωτερικής ΕΑΠ πρέπει να συνδέεται τουλάχιστον σ' ένα ανεξάρτητο ηλεκτρόδιο γείωσης ενώ ο ελάχιστος συνολικός αριθμός ηλεκτροδίων γείωσης πρέπει να είναι δύο. Τα ηλεκτρόδια γείωσης πρέπει να αλληλοσυνδέονται μέσω δακτυλίου ισοδυναμικής σύνδεσης ή ισοδυναμικών ζυγών στην κατασκευή και εάν η περιοχή εγκατάστασή τους είναι προσβάσιμη από ανθρώπους ή ζώα πρέπει να λαμβάνονται ειδικά μέσα προστασίας. Διάταξη τύπου A θεωρείται και μια διάταξη ηλεκτροδίων γείωσης που επιπρόσθετα περιλαμβάνει περιμετρικό δακτύλιο ισοδυναμικής σύνδεσης των αγωγών καθόδου ο οποίος βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος σε ποσοστό μικρότερο από το 80% του συνολικού του μήκους του. Τα ακτινικά ηλεκτρόδια πρέπει να ενταφιάζονται σε βάθος όχι μικρότερο από  $0.5m$  γιατί ελαχιστοποιεί τις επιδράσεις της διάβρωσης, της ξήρανσης ή του παγώματος του εδάφους εξασφαλίζοντας σχετικά σταθερή ισοδυναμική ειδική αντίσταση του εδάφους και ανεξάρτητη από την εποχή του έτους. Επιπλέον το μεγαλύτερο βάθος ενταφιασμού οδηγεί σε μικρότερη ανύψωση δυναμικού του εδάφους σε περίπτωση πλήγματος κεραυνού.

### 2. Διάταξη τύπου B

Οι διατάξεις αυτού του τύπου αποτελούνται από ένα περιμετρικό ηλεκτρόδιο γείωσης τύπου δακτυλίου εξωτερικά της κατασκευής με τουλάχιστον το 80% του μήκους του σε επαφή με το έδαφος ή από ένα ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης. Το περιμετρικό ηλεκτρόδιο γείωσης τύπου δακτυλίου πρέπει κατά προτίμηση να ενταφιάζεται σε βάθος τουλάχιστον  $0.5m$  και σε απόσταση τουλάχιστον  $1m$  από τους εξωτερικούς τοίχους της κατασκευής. Η αποτελεσματικότητα του συστήματος γείωσης μειώνεται όταν



μήμα του μήκους του ηλεκτροδίου γείωσης κατανέμεται εκτός εδάφους. Κατά τη θεμελιακή γείωση το ηλεκτρόδιο γείωσης, ταινία ή αγωγός τοποθετείται μέσα στο σκυρόδεμα, στη βάση των περιμετρικών θεμελίων της κατασκευής καθώς και των εσωτερικών της όταν πρόκειται για κατασκευή μεγάλων διαστάσεων. Οι διατάξεις των ηλεκτροδίων γείωσης τύπου Β συνιστάται στις περιπτώσεις όπου ο ενταφιασμός των ηλεκτροδίων είναι πρακτικά δύσκολος έως αδύνατος.

### 3. Διάταξη τύπου πλέγματος

Οι διατάξεις τύπου πλέγματος χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις που κατά κανόνα συμπεριλαμβάνουν πολλές γειτονικές κατασκευές. Επίσης είναι σημαντικό οι διατάξεις ηλεκτροδίων γείωσης των επιμέρους κατασκευών να αλληλοσυνδέονται σχηματίζοντας ένα σύστημα γείωσης τύπου πλέγματος. Το πλέγμα των αγωγών γείωσης πρέπει να επεκτείνεται στα εξωτερικά όρια της βιομηχανικής εγκατάστασης. Το σύστημα γείωσης πλέγματος εξασφαλίζει χαμηλή τιμή αντίστασης γείωσης και περιορίζει δραστικά τις επικίνδυνες επιδράσεις του κεραυνού λόγω υψηλών τιμών τάσης επαφής και βηματικής τάσης.

### 4. Διάταξη φυσικών ηλεκτροδίων γείωσης

Τέλος, υπάρχουν τα φυσικά ηλεκτρόδια γείωσης, για τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα μέρη της κατασκευής. Τέτοια μέρη της κατασκευής είναι ο ενδοσυνδεδεμένος χαλύβδινος οπλισμός του σκυροδέματος των θεμελίων ή άλλες κατάλληλες υπόγειες μεταλλικές κατασκευές των οποίων τα χαρακτηριστικά είναι σύμφωνα με τις απαιτήσεις των υλικών των ηλεκτροδίων γείωσης. Στη περίπτωση που χρησιμοποιείται ο οπλισμός των θεμελίων ως ηλεκτρόδιο γείωσης πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στις ενδοσυνδέσεις του ώστε να αποφεύγεται θραύση του σκυροδέματος κατά τη διέλευση του κεραυνικού ρεύματος από μέσα του.

## **2.17 Υλικά και ελάχιστες διαστάσεις δομικών στοιχείων**

Τα δομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του συστήματος

αντικεραυνικής προστασίας όπως είναι αγωγοί, σύνδεσμοι, ηλεκτρόδια γείωσης πρέπει να αντέχουν στις θερμικές, μηχανικές και ηλεκτρομαγνητικές επιπτώσεις του ρεύματος του κεραυνού καθώς και σε άλλες τυχαίες μηχανικές καταπονήσεις φυσικής αιτίας.

Επιπλέον για την επιλογή τους πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα διάβρωσης τόσο της προστατευμένης κατασκευής όσο και των ίδιων των στοιχείων ανάλογα με την εφαρμογή τους στην εξωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας. Στο παρακάτω πίνακα 2.10 υπάρχουν τα υλικά και οι ελάχιστες διαστάσεις των υλικών του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας.



**Πίνακας 2.10:** Υλικά και ελάχιστες διαστάσεις (mm<sup>2</sup>) των υλικών του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας

Στάθμη Προστασίας	Υλικό	Αγωγοί συλλεκτήριου συστήματος	Αγωγοί καθόδου	Αγωγοί συστήματος γείωσης	Αγωγοί ισοδυναμικών συνδέσεων*
I ÷ IV	Cu	35	16	50	16 (6)
	Al	70	25	–	25 (10)
	Fe	50	50	80	50 (16)

\* Οι τιμές εντός παρενθέσεων αντιστοιχούν σε αγωγούς ισοδυναμικών συνδέσεων που διαρρέονται από μικρό ποσοστό του ρεύματος του κεραυνού (<25%).

## 2.18 Εσωτερική ΕΑΠ

Η εσωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής Προστασίας περιλαμβάνει όλα τα μέσα προστασίας που πρέπει να ληφθούν ώστε να περιοριστούν σε αποδεκτό βαθμό οι ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις ου κεραυνικού ρεύματος στο εσωτερικό αλλά και περιμετρικά της κατασκευής που χρειάζεται προστασία ανεξάρτητα αν χρειάζεται εξωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας. Η αναγκαιότητα ή μη της εσωτερικής ΕΑΠ καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την τοποθέτηση της εξωτερικής ΕΑΠ σε σχέση με τα αγωγιμα τμήματα και τις εσωτερικές εγκαταστάσεις της κατασκευής. Ως μέσα προστασίας που συνιστούν την εσωτερική ΕΑΠ θεωρούνται οι ισοδυναμικές συνδέσεις, η τήρηση των αποστάσεων, η μόνωση.

## 2.19 Οι ισοδυναμικές συνδέσεις

Με τις ισοδυναμικές συνδέσεις περιορίζουμε την πιθανότητα εμφάνισης επικίνδυνων υπερτάσεων σε περίπτωση πλήγματος κεραυνού σε μια κατασκευή ή ακόμη γενικότερα ενός σφάλματος σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση ή ηλεκτρονική εγκατάσταση της κατασκευής. Επίσης οι ισοδυναμικές συνδέσεις πρέπει να γίνονται στις περιπτώσεις όπου δεν ικανοποιούνται οι αποστάσεις ασφαλείας μεταξύ της μονωμένης εξωτερικής ΕΑΠ και της ίδιας κατασκευής ή μεταξύ της μη μονωμένης εξωτερικής ΕΑΠ και γειτονικών μεταλλικών εσωτερικών ή εξωτερικών εγκαταστάσεων καθώς και ηλεκτρικών εγκαταστάσεων της κατασκευής. Οι ισοδυναμικές συνδέσεις πραγματοποιούνται είτε μέσω συνδετήρων αγωγών όπου η ηλεκτρική συνέχεια δεν εξασφαλίζεται με φυσικές συνδέσεις, είτε μέσω εκτροπένων υπέρτασης όπου δεν επιτρέπεται η άμεση αγωγή σύνδεση. Για την υλοποίηση των απαιτούμενων ισοδυναμικών συνδέσεων στο υπόγειο ή γενικά στη στάθμη του εδάφους της κατασκευής που χρειάζεται προστασία εγκαθιστούμε ένα ζυγό εξίσωσης δυναμικών ο οποίος συνδέεται με το σύστημα γείωσης και στον οποίο καταλήγουν όλοι οι συνδετήριοι αγωγοί και οι ακροδέκτες γείωσης των εκτροπένων υπέρτασης.

Επίσης στο ζυγό εξίσωσης δυναμικών συνδέονται μέσω συνδετήριων αγωγών ο ενδοσυνδεδεμένος οπλισμός του σκυροδέματος της κατασκευής ή ο μεταλλικός σκελετός της, οι εσωτερικές μεταλλικές εγκαταστάσεις της όπως υδραυλική ή θέρμανσης καθώς και οι θωρακίσεις, ή οι μεταλλικοί σωλήνες



όδευσης των καλωδίων των εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ισχυρών ή ασθενών ρευμάτων. Επιπλέον στο ζυγό εξίσωσης δυναμικών συνδέονται μέσω συνδετήριων αγωγών είτε εκτροπέν υπερτάσεων όλες οι παροχές υπηρεσιών κοινής ωφέλειας δηλαδή ηλεκτρισμού, τηλεπικοινωνιών, φυσικού αερίου, ύδρευσης όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην είσοδό τους στην κατασκευή. Στα δίκτυα TN (γειωμένος ουδέτερος) ο αγωγός προστασίας PE ή

ο κοινός αγωγός ουδέτερου-γείωσης PEN συνδέονται απευθείας στο ζυγό εξίσωσης δυναμικών μέσω συνδετήριων αγωγών ενώ οι ενεργοί αγωγοί συνδέονται μέσω εκτροπέν υπέρτασης. Όταν οι παροχές υπηρεσιών κοινής ωφέλειας εισέρχονται στη κατασκευή στο επίπεδο του εδάφους από διαφορετικά σημεία εγκαθίστανται ζυγός ισοδυναμικών συνδέσεων σε κάθε σημείο εισόδου των παροχών ο οποίος συνδέεται άμεσα με το σύστημα γείωσης και με τον συνδεδεμένο σπλισμό του σκυροδέματος των θεμελίων της κατασκευής. Στην περίπτωση συστήματος γείωσης διάταξης ηλεκτροδίων γείωσης τύπου A ζυγοί εξίσωσης δυναμικών συνδέονται άμεσα σε κάθε ηλεκτρόδιο γείωσης και επιπρόσθετα διασυνδέονται εσωτερικά της κατασκευής μέσω περιμετρικού δακτυλίου ισοδυναμικής σύνδεσης.

Στην περίπτωση συστήματος γείωσης με διάταξη ηλεκτροδίων γείωσης τύπου B οι ζυγοί ισοδυναμικών συνδέσεων συνδέονται άμεσα με τον περιμετρικό δακτύλιο γείωσης ή τη θεμελιακή γείωση.

Όταν οι παροχές υπηρεσιών κοινής ωφέλειας εισέρχονται στην κατασκευή σε κάποιο ύψος από το επίπεδο του εδάφους οι ζυγοί ισοδυναμικών συνδέσεων διασυνδέονται εσωτερικά ή εξωτερικά του εξωτερικού τοίχου της κατασκευής μέσω περιμετρικού δακτυλίου ισοδυναμικής σύνδεσης. Ο τελευταίος συνδέεται με τους αγωγούς καθόδου της εξωτερικής ΕΑΠ και με τον ενδοσυνδεδεμένο σπλισμό του σκυροδέματος της κατασκευής εάν υφίσταται σε διαστήματα όπως αυτά καθορίζονται για τις αποστάσεις μεταξύ των αγωγών καθόδου (πίνακας 2.8). Στη περίπτωση μονωμένης εξωτερικής ΕΑΠ

πραγματοποιείται ισοδυναμική σύνδεση μεταξύ της εξωτερικής ΕΑΠ και της ίδιας της κατασκευής μόνο στη στάθμη του εδάφους. Η ίδια μέθοδος χρησιμοποιείται και στη περίπτωση που δομικά στοιχεία της κατασκευής (π.χ. ο μεταλλικός σκελετός) αποτελούν φυσικούς αγωγούς καθόδου. Οι αγωγοί ισοδυναμικών συνδέσεων πρέπει να αντέχουν το ποσοστό του ρεύματος του κεραυνού που τους διαρρέει. Το ποσοστό αυτό συνήθως είναι μικρό όταν διασυνδέουν ισοδυναμικά μεταλλικές εγκαταστάσεις στο εσωτερικό της κατασκευής ενώ γίνεται σημαντικό όταν διασυνδέουν εξωτερικά αγωγήματα με το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας. Το ποσοστό αυτό του ρεύματος του κεραυνού καθορίζει τις ελάχιστες διαστάσεις των αγωγών ισοδυναμικών συνδέσεων (πίνακας 2.9) και μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με την παρακάτω μέθοδο.

## **2.20 Υπολογισμός του κεραυνικού ρεύματος που ρέει σε εξωτερικά αγωγήματα τμήματα και στα καλώδια εισερχόμενων παροχών της κατασκευής.**

Το κεραυνικό ρεύμα κατά τη διαδρομή του προς τη γη μοιράζεται στο σύστημα γείωσης και στα εξωτερικά αγωγήματα καθώς και στα καλώδια των εισερχόμενων παροχών κοινής ωφέλειας της κατασκευής που είναι συνδεδεμένα στο ζυγό εξίσωσης δυναμικών είτε άμεσα μέσω αγωγών



ισοδυναμικών συνδέσεων είτε μέσω εκτροπένων υπέρτασης. Το τμήμα του ρεύματος του κεραυνού που διαρρέει αντίστοιχα κάθε εξωτερικό αγωγίμο τμήμα ή καλώδιο των εισερχόμενων παροχών της κατασκευής εξαρτάται από το πλήθος τους, την ισοδυναμική αντίσταση γείωσής τους και από την ισοδύναμη αντίσταση γείωσης του συστήματος γείωσης της κατασκευής. Το ρεύμα  $I_f$  μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$I_f = I \cdot \frac{Z_e}{nZ_e + Z_i}$$

όπου,

$I$ (kA): Το ρεύμα του κεραυνού αντίστοιχο με την επιλεχθείσα στάθμη προστασίας (πίνακας 2.2).

$Z_e$ (Ω): Η ισοδυναμική αντίσταση γείωσης του συστήματος γείωσης.

$Z_i$ (Ω): Η ισοδυναμική αντίσταση γείωσης κάθε εξωτερικού αγωγίμου τμήματος ή καλωδίου των εισερχόμενων παροχών της κατασκευής.

$n$ : Ο συνολικός αριθμός των εξωτερικών αγωγίμων τμημάτων και των καλωδίων των εισερχόμενων παροχών της κατασκευής.

Οι ισοδυναμικές αντιστάσεις γείωσης  $Z_e$  και  $Z_i$  εξαρτώνται από την ειδική αντίσταση του εδάφους η οποία υπάρχει στο παρακάτω πίνακα 2.11.

**Πίνακας 2.11:** Τιμές ισοδυναμικών αντιστάσεων γείωσης  $Z_e$  και  $Z_i$  ανάλογα με την ειδική αντίσταση του Εδάφους

$\rho$ , (Ω.m)	$Z_i$ (Ω)	$Z_e$ (Ω) ανάλογα με την στάθμη προστασίας		
		I	II	III και IV
100	8	4	4	4
200	13	6	6	6
500	16	10	10	10
1000	22	10	15	20
2000	28	10	15	40
3000	35	10	15	60

Αντίστοιχα το τμήμα του ρεύματος του κεραυνού διοχετεύεται στη γη μέσω του συστήματος γείωσης της κατασκευής και υπολογίζεται από τη σχέση:

Ο δεύτερος όρος του γινομένου της εξίσωσης (A) μπορεί να παραστεί μέσω ενός συντελεστή  $K_p$  που εκφράζει το ποσοστό του ρεύματος του κεραυνού που διαρρέει αντίστοιχα κάθε εξωτερικό αγωγίμο τμήμα ή καλώδιο των εισερχόμενων παροχών της κατασκευής. Λαμβάνοντας υπόψη το πίνακα 2.11 οι τιμές του συντελεστή  $K_p$  παρουσιάζονται συναρτήσεως της ειδικής αντίστασης του εδάφους στο πίνακα 2.12 σε σχέση με την επιλεχθείσα στάθμη προστασίας και το συνολικό αριθμό των εξωτερικών αγωγίμων τμημάτων και των καλωδίων των εισερχόμενων παροχών της κατασκευής.



**Πίνακας 2.12:** Συντελεστής κατανομής του ρεύματος του κεραυνού  $K_p$  συναρτήσει της ειδικής αντίστασης του εδάφους

$\rho, (\Omega.m)$	$K_p$											
	$n=1$			$n=2$			$n=3$			$n=4$		
	I	II	III & IV	I	II	III & IV	I	II	III & IV	I	II	III & IV
100	0.33	0.33	0.33	0.25	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20	0.17	0.17	0.17
200	0.32	0.32	0.32	0.24	0.24	0.24	0.19	0.19	0.19	0.16	0.16	0.16
500	0.38	0.38	0.38	0.28	0.28	0.28	0.22	0.22	0.22	0.18	0.18	0.18
1000	0.31	0.41	0.48	0.24	0.29	0.32	0.19	0.22	0.24	0.16	0.18	0.20
2000	0.26	0.35	0.59	0.21	0.26	0.37	0.17	0.21	0.27	0.15	0.17	0.21
3000	0.22	0.30	0.63	0.18	0.23	0.39	0.15	0.19	0.28	0.13	0.16	0.22

Σύμφωνα με το πίνακα 2.12 το ποσοστό του ρεύματος του κεραυνού που παροχετεύεται στη γη μέσω του συστήματος γείωσης της κατασκευής αυξάνει με τη μείωση του αριθμού των εισερχόμενων παροχών καθώς και βαίνοντας από τη στάθμη IV στην I. Εάν η ειδική αντίσταση του εδάφους ή η στάθμη προστασίας δεν είναι γνωστές το τμήμα του ρεύματος του κεραυνού που ρέει σε κάθε εξωτερικό αγωγίμο τμήμα ή καλώδιο των εισερχόμενων παροχών της κατασκευής μπορεί προσεγγιστικά να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$I_f = 0.5 \frac{I}{n}$$

Θεωρώντας ότι το 50% του συνολικού ρεύματος του κεραυνού παροχετεύεται στη γη μέσω του συστήματος γείωσης της κατασκευής.

Σε κατοικίες το τηλεφωνικό δίκτυο μπορεί να μη ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό του παράγοντα  $n$  της εξίσωσης (A) καθώς θεωρείται ότι δεν επηρεάζει το τμήμα του ρεύματος του κεραυνού που διαρρέει τις υπόλοιπες παροχές σε περίπτωση πλήγματος.

Όστοςο σύμφωνα με μελέτες το τηλεφωνικό δίκτυο πρέπει να συνδέεται ισοδυναμικά στο ζυγό εξίσωσης δυναμικών και για τον καθορισμό των ισοδυναμικών συνδέσεων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι τα τηλεφωνικά καλώδια διαρρέονται από ρεύμα τουλάχιστον 5% του ρεύματος του κεραυνού. Στις περιπτώσεις μάλιστα που στις εισερχόμενες παροχές της κατασκευής χρησιμοποιούνται καλώδια χωρίς θωράκιση ή τα καλώδια δεν οδεύουν σε μεταλλικούς σωλήνες, το τμήμα του ρεύματος του κεραυνού που διαρρέει κάθε αγωγό του καλωδίου  $I_f'$  υπολογίζεται από τη παρακάτω σχέση:

$$I_f' = \frac{I_f}{m}$$

όπου  $m$  είναι ο αριθμός των αγωγών του καλωδίου και το  $I_f$  δίνεται από τη σχέση (Α).





### 3.1 Πρότυπα

Η αντικεραυνική προστασία διέπεται από διάφορα διεθνή πρότυπα. Λεπτομερείς κανονισμοί είναι οι γερμανικοί VDE 0185/78 ενώ τα υλικά αντικεραυνικής προστασίας διέπονται από τους κανονισμούς DIN 48852. Αυτοί οι κανονισμοί έχουν εφαρμοσθεί με επιτυχία και στη χώρα μας. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλοι εθνικοί κανονισμοί π.χ. οι αγγλικό Cr 326, ολλανδικό καθώς και οι κανονισμοί της International Electrotechnical Commission (IEC) που είναι οι IEC Publ 1024 και εκδόθηκαν από την επιτροπή IEC-TC81. Αυτοί οι κανονισμοί εκδόθηκαν σαν πρότυπο IEC 62305. Το 1990, ο ΕΛΟΤ εξέδωσε μέρος του IEC κανονισμού σαν πρότυπο ΕΛΟΤ-1197. Στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα, η επιτροπή CENELEC εκδίδει έγγραφα (όπως το S 030) σχετικά με την αντικεραυνική προστασία, για λόγους κυρίως εναρμονισμού των διαφόρων εθνικών κανονισμών. Πρέπει να λεχθεί, επίσης, ότι σημαντική εργασία πάνω στην αντικεραυνική προστασία σε ηλεκτρικά δίκτυα έχει να παρουσιάσει η επιτροπή CIGRE 33. Στην Ελλάδα γίνονται συχνά αναφορές στις οδηγίες της γερμανικής επιτροπής αντικεραυνικής προστασίας (Ausschuss fuer Blitzableiter Bau, ABB). Αυτές οι οδηγίες καλύπτονται όμως από τους κανονισμούς VDE 0185. Θα μπορούσαμε να κάνουμε μια ομαδοποίηση στα διάφορα πρότυπα με βάση το μέρος της αντικεραυνικής προστασίας που εξετάζουν.

#### 1. Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ)

##### 1.1 Εξωτερικό ΣΑΠ

- Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3 : 2006, "Protection against lightning. Physical damage to structures and life hazard".
- Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ 1412, " Προστασία κατασκευών από κεραυνούς- Οδηγία Α : Εκτίμηση κινδύνου κεραυνοπληξίας και επιλογή επιπέδου προστασίας του ΣΑΠ. Στην συγκεκριμένη περίπτωση με βάση τα στοιχεία που μας δώσατε, το επίπεδο προστασίας εκτιμήθηκε σε στάθμη I, όπως προκύπτει από την εκτίμηση κεραυνοπληξίας.

##### 1.2 Εσωτερικό ΣΑΠ

- Διεθνές Πρότυπο IEC 61312-1, "Protection against Lightning Electromagnetic Impulse (LEMP)".
- Διεθνές Πρότυπο IEC 664, "Insulation coordination for equipment within lowvoltage systems".
- Διεθνές Πρότυπο IEC 60364-4-443, "Electrical installations of buildings, Part 4: Protection for safety, Chapter 44: Protection against overvoltages, Section 443: Protection against overvoltages of atmospheric origin due to switching".
- Διεθνές Πρότυπο IEC 61643 – 12, "Low voltage surge protective devices – Part 12: SPDs connected to low voltage power distribution systems – Selection and application principles",



## 2. Υλικών

### 2.1 Υλικά Εξωτερικής Αντικεραυνικής Προστασίας

Τα προϊόντα που θα χρησιμοποιηθούν έχουν υποστεί με επιτυχία τις εργαστηριακές δοκιμές όπως προβλέπονται από τα κάτωθι πρότυπα :

- Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164 – 1, “*Lightning Protection Components (LPC), Part 1 : Requirements for connection components*”.
- Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164 – 2, “*Lightning Protection Components (LPC), Part 2 : Requirements for conductors, and earth electrodes*”.

Τα ανωτέρω πρότυπα έχουν αντικαταστήσει τα αντίστοιχα εθνικά πρότυπα όπως: DIN (Γερμανίας), BS (Βρετανίας) κλπ

### 2.2 Απαγωγί Κρουστικών Υπερτάσεων

- Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 61643 – 11, “*Low voltage surge protective devices – Part 11: SPDs connected to low voltage power distribution systems – Performance requirements and testing methods*”.
- Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 61643 – 21, “*Low voltage surge protective devices – Part 22: SPDs connected to telecommunication and signaling networks – Performance requirements and testing methods*”.

Ωστόσο, επειδή η αντικεραυνική προστασία είναι αρκετά πολύπλοκο αντικείμενο και ανεπαρκώς διερευνηθέν, κανένας κανονισμός δεν εγγυάται απόλυτη επιτυχία με λογικό κόστος.

## 3.2 Εγκαταστάσεις που χρειάζονται αντικεραυνική προστασία

Το αν απαιτείται αντικεραυνική προστασία ή όχι εξαρτάται από την πιθανότητα να πέσει κεραυνός και από το οικονομικό ύψος ή τη σημασία της ζημιάς που μπορεί να προκληθεί. Υπάρχουν στους γερμανικούς και αγγλικούς κανονισμούς τύπου που μπορεί κανείς με ορισμένες παραδοχές να εκτιμήσει την αναγκαιότητα της αντικεραυνικής προστασίας. Τέτοιες οδηγίες υπάρχουν στους αγγλικούς κανονισμούς Cp 326 (Cp = Code of practice). Πέραν αυτού, οι απαιτήσεις σε αντικεραυνική προστασία έχουν ομαδοποιηθεί σε 4 ομάδες από την IEC και ονομάζονται στάθμες προστασίας 1...4. Η πρώτη στάθμη είναι η πιο αυστηρή. Τα κριτήρια επιλογής δεν είναι επί του παρόντος γνωστά σαν πρότυπα αλλά θα δοθούν μερικά παραδείγματα όπου απαιτείται αντικεραυνική προστασία (εξωτερική ή και εσωτερική).

- Κτίρια ή κατασκευές που προεξέχουν σημαντικά από γειτονικά κτίρια
  - καμινάδες
  - καμπαναριά
  - τηλεπικοινωνιακοί πύργοι
  - σιλό

- ουρανοξύστες, κτίρια ύψους πάνω από 25μ.
- Εγκαταστάσεις εκτεθειμένες στην ύπαιθρο ή θάλασσα
  - παρατηρητήρια
  - πύργοι
  - καταφύγια ορειβατών
  - ερημοκλήσια
  - αρχαία κτίρια
  - εργοστάσια εκτός πόλης
  - πλοία
  - αεροπλάνα
- Εγκαταστάσεις βασικών κοινωνικών αναγκών
  - σταθμοί παραγωγής
  - υποσταθμοί και δίκτυα ηλεκτρισμού
  - αντλιοστάσια και εγκαταστάσεις υδροδότησης
  - αντλιοστάσια καυσίμων
  - τηλεπικοινωνιακοί σταθμοί
- Εγκαταστάσεις σημαντικής ιστορικής ή πνευματικής αξίας
  - μουσεία
  - μνημεία
  - κτίρια με αρχαία ιστορικής αξίας, παλάτια
- Εγκαταστάσεις μεγάλης αξίας( >5 εκ. δολάρια) όπου συναθροίζονται άτομα
  - σιδηροδρομικοί σταθμοί
  - αεροδρόμια
  - λιμάνια
  - δημόσιες υπηρεσίες
- Κτίρια συνάθροισης πολλών ατόμων (πάνω από 200 άτομα)
  - θέατρα
  - εκκλησίες
  - εκθέσεις
  - γήπεδα
  - μεγάλα ξενοδοχεία
  - μεγάλα εστιατόρια
  - πολυκαταστήματα
  - στρατώνες
- Κτίρια με πάνω από 100 άτομα περιορισμένης κινητικότητας
  - νοσοκομεία
  - γηροκομεία
  - φυλακές
- Μεγάλες αγροτικές εγκαταστάσεις
  - αγροτικές εγκαταστάσεις με πάνω από 2000 m<sup>3</sup> στεγασμένους χώρους, ιδιαίτερα αν υπάρχει κίνδυνος πυρκαγιάς



- Εγκαταστάσεις εύφλεκτες
  - Εργοστάσια ξυλουργίας
  - Μύλοι
  - Χημικά εργοστάσια
  - Αποθήκες πυρομαχικών
  - Αποθήκες καυσίμων

# Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> – Παράδειγμα Αντικεραυνικής Προστασίας







- άνοιγμα κλωβού 9,6×9,6 m
- συμπαγείς αγωγοί από γαλβανισμένο χάλυβα (St/Zn) διατομής 50 mm<sup>2</sup> (8 mm διαμέτρου)
- τοποθετημένοι στις άκρες της οροφής
- στεραίωση κάθε ένα m με στηρίγματα St/tZn για ταράτσα με πλαστικό παρέμβυσμα
- ένα συστολικό/ διαστολικό τεσσάρων σημείων
- 6 σφικτήρες «Τ» St/tZn
- 2 σφικτήρες διασταύρωσης St/tZn.

Κατακόρυφες ακίδες:

- προεξοχή καμινάδας ύψους 1 m με επιφάνεια 0,3x0,3 m: ακίδα προστασίας μήκους 1,2 m γαλβανισμένο χάλυβα (St/tZn) να προεξέχει κατά 0,2 m, στερεωμένο σε δύο στηρίγματα St/tZn για τοιχοποιία
- φυσικά στοιχεία: δεν υπάρχουν περαιτέρω στοιχεία στην ταράτσα.

#### 4.1.2 Αγωγοί καθόδου

- 4 αγωγοί καθόδου με τυπική απόσταση μεταξύ τους μικρότερη από 15 m λόγω κλάσης III του ΣΑΠ
- Τοποθέτηση στις γωνίες του κτιρίου
- Υλικό κατασκευής των αγωγών καθόδου συμπαγής χάλυβας γαλβανισμένος εν θερμώ (St/tZn) διατομής 50 mm<sup>2</sup>.
- στερέωση κάθε 1 m με στηρίγματα για τοιχοποιία/μπετόν
- κατάληξη 1 m από το έδαφος με λυόμενους συνδέσμους ελέγχου διμεταλλικού (St/tZn – SS)

#### 4.1.3 Σύστημα Γείωσης

- διάταξη γείωσης τύπου Β περιμετρική
- Επιπλέον ηλεκτρόδια: όχι
- αγωγός συμπαγούς κατασκευής από ανοξειδωτο χάλυβα
- περιμετρική τοποθέτηση: 1 m απόσταση από τους τοίχους, βάθος 1 m
- έξι αναμονές για σύνδεση με τους λυόμενους συνδέσμους

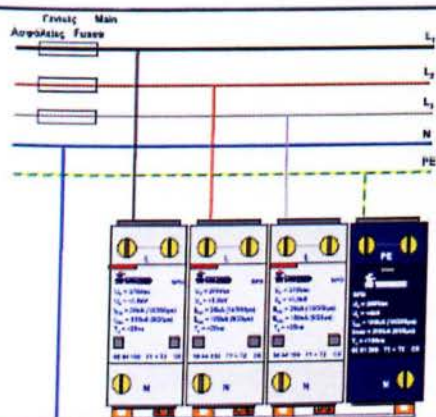
#### 4.2 Προστασία των εσωτερικών συστημάτων από υπερρεύματα-υπερτάσεις με SPD

- ❖ Προστασία της γραμμής Χ.Τ. με SPD που θα τοποθετηθεί στο κύριο πίνακα και θα παρέχει προστασία από μεταφερόμενα στη γραμμή κεραυνικά υπερρεύματα και επαγόμενα. Παράδειγμα τέτοιου SPD που κυκλοφορεί στην ελληνική αγορά δίνεται στην παρακάτω εικόνα. Λόγω των διαστάσεων της κατοικίας 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
$I_{sp}$ , "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
$U_p$ , (σε 25kA, 10/350μs)	<2kV
$U_p$ , (σε $I_n$ )	<1,9kV
Αντοχή σε TOV (3+1) σε συνδυασμό με το 68 51 201	1453V, 50Hz
Κύριο κύκλωμα	MOV
Χρόνος απόκρισης, $t_d$	<25ns
Ικανότητα σε βραχυκύκλωμα, $I_k$	25kA / 50Hz
Σβέσης ακόλουθου ρεύματος, $I_F$	-
Προστασία με τηκτή 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 <sup>2</sup>
Αντίσταση μόνωσης (250Vdc)	>1MΩ
Υλικό κατασκευής περιβλήματος	Polycarbonate halogen free
Στάθμη προστασίας περιβλήματος	IP20
Θερμοκρασία λειτουργίας, $\theta$	-40°C ÷ +80°C
Στήριξη σε ράγα	DIN-3 (TS-35/EN50022)
Πρότυπα	EN 61643-11, IEC 61643-1



- ❖ Προστασία της γραμμής τηλεπικοινωνιών με SPD θα γίνει σε συνεργασία με τον παροχέα του εξοπλισμού (ως επί το πλείστον ο ΟΤΕ), καθώς οι παρεχόμενες λύσεις στο εμπόριο είναι περιορισμένες.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Για να διερευνήσουμε εάν μία εγκατάσταση – κτίριο χρειάζεται εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον παρακάτω τρόπο ο οποίος είναι πιο εύχρηστος σε σχέση με όσα περιγράψαμε στο κεφάλαιο 2.

### **Μελέτη Αντικεραυνικής Προστασίας.**

#### **ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ.**

Οι κίνδυνοι των κτιρίων συνίστανται κατά κύριο λόγο, 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. Πυρκαγιές από κεραυνούς σημειώνονται σε αγροτικά σπίτια με ελαφρές στέγες. Στον κίνδυνο της απότομης ατμοποίησης νερού είναι εκτεθειμένα τα αρχαιολογικά μνημεία. Τα μνημεία αυτά, άφθονα στην χώρα μας, βρίσκονται τις περισσότερες φορές πάνω σε υψώματα. Το πρόβλημα της προστασίας των μνημείων αυτών, έγκειται στην σχεδίαση αντικεραυνικής εγκαταστάσεως, αόρατης από τους επισκέπτες, το οποίο παρουσιάζει σημαντική δυσκολία.

#### **ΤΡΟΠΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΖΗΜΙΑΣ ΑΠΟ ΚΕΡΑΥΝΟ.**

Ο τύπος:

$$R = A + B + C + D + F + G$$

δίδει το μέγεθος του κινδύνου ζημιάς από την πτώση κεραυνού και την αναγκαιότητα εγκαταστάσεως αντικεραυνικής προστασίας. Για τον υπολογισμό του ανωτέρου δίδονται τα πιο κάτω στοιχεία που ανάλογα με την περίπτωση τίθεται ο αντίστοιχος αριθμός. Σε περίπτωση όπου το άθροισμα R είναι:

- 1)  $R < 40$  δεν είναι αναγκαία η αντικεραυνική προστασία.
- 2)  $R \leq 50$  συνίσταται αντικεραυνική προστασία.
- 3)  $R > 50$  αντικεραυνική προστασία αναγκαία.

#### **A. ΧΡΗΣΗ**

	<b>ΜΕΓΕΘΟΣ Α</b>
Σπίτια και κτίρια μικρών διαστάσεων	2
Ομοίως αλλά με εξωτερικούς χώρους	4
Εργοστάσια, Εργαστήρια	6
Γραφεία, =ενοδοχεία, Πολυκατοικίες	7
Εκκλησίες, Θέατρα, Μουσεία, Αεροδρόμια	8
Σχολεία, Νοσοκομεία, Παιδικό Σταθμοί	10

#### **B. ΤΥΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	<b>ΜΕΓΕΘΟΣ Β</b>
Μεταλλικός σκελετός με οροφή όχι μεταλλική	1
Οπλισμένο σκυρόδεμα με οροφή όχι μεταλλική	2
Πλινθοδομή χωρίς σκυρόδεμα με οροφή όχι μεταλλική	4
Μεταλλικός σκελετός και οροφή	5



Πλινθοδομή με μεταλλική οροφή  
Κτίριο με ξύλινη οροφή και κεραμίδια

8  
10

### **C. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ**

#### **ΜΕΓΕΘΟΣ C**

Κατοικίες, Εργοστάσια, Μηχανήματα  
Αγροτικά προϊόντα-ξύλα κ.λ.π.  
Σταθμοί ενεργείας, Τηλεφωνικά κέντρα  
Ιστορικά μνημεία, Μουσεία  
Σχολεία, Νοσοκομεία, Καύσιμα

2  
5  
6  
8  
10

### **D. ΣΤΑΘΜΗ ΓΕΙΤΝΙΑΣΕΩΣ**

#### **ΜΕΓΕΘΟΣ D**

Κτίρια γειτονεύοντα με άλλα κτίρια-δέντρα  
Κτίριο σε αραιή περιοχή δομήσεως  
Μεμονωμένο κτίριο

2  
5  
10

### **E. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ**

#### **ΜΕΓΕΘΟΣ E**

Πεδιάδα  
Λόφος  
Βουνό ως 1000m και παραλίες  
Βουνό πάνω από 1000m

2  
6  
8  
10

### **F. ΥΨΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ)**

#### **ΜΕΓΕΘΟΣ F**

Μέχρι 9m  
Μέχρι 15m  
Μέχρι 18m  
Μέχρι 24m  
Μέχρι 30m  
Μέχρι 38m  
Μέχρι 46m  
Μέχρι 53m

2  
4  
5  
8  
11  
16  
22  
30

### **G. ΙΣΟΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ**

#### **ΜΕΓΕΘΟΣ G**

Μέχρι 20m  
Μέχρι 24m  
Μέχρι 27m  
Μέχρι 30m  
Μέχρι 35m  
Μέχρι 40m  
Μέχρι 45m  
Μέχρι 50m  
Μέχρι 60m

20  
24  
27  
30  
35  
40  
45  
50  
60

Γεωγραφικά στον Ελλαδικό χώρο οι ισοκεραυνικές περιοχές κατανέμονται με τα μέχρι σήμερα στοιχεία ως κατωτέρω:

Μέχρι 30: Ανατολική Πελοπόννησος, Αν. Στερεά, Εύβοια, Αν. Κρήτη

Μέχρι 40: Κεντρική Πελοπόννησος, Κεντρική Μακεδονία, Αν. Μακεδονία,

Θράκη, Β. Σποράδες, Κυκλάδες.

Μέχρι 50: Δυτική Μακεδονία, Κρήτη, Αν. Νησιά Αιγαίου, Ν.

Πελοπόννησος.

Μέχρι 60: Νησιά Ιονίου, Ήπειρος, Δυτική και Κεντρική Στερεά, Δυτική Πελοπόννησος.

Με το παραπάνω ερωτηματολόγιο θα υπολογίσουμε την ανάγκη ύπαρξης Σ.Α.Π. στην κατασκευή μας:

A: Εργοστάσια, εργαστήρια	6
B: Σκυρόδεμα οπλισμένο με όχι μεταλλική οροφή	2
C: Μηχανήματα	2
D: Μεμονωμένο κτίριο	10
E: Λόφος	6
F: Μέχρι 8 μέτρα	2
G: Κρήτη	50

Οπότε το  $R=78$  αυτό είναι μεγαλύτερο από 50 οπότε το Σ.Α.Π. στην κατασκευή μας είναι αναγκαίο.

### ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΩΒΟΥ

Ιδεώδης προστασία θα ήταν ο εγκλωβισμός ενός κτιρίου δηλαδή η τοποθέτηση ενός μεταλλικού κλωβού γύρω από αυτό ο οποίος θα απομόνωνε το εσωτερικό από κάθε εξωτερική ηλεκτρική επίδραση. Επειδή αυτό δεν είναι δυνατό, και μπορεί μερικά να γίνει μόνο σε κτίρια που έχουν μεταλλική στέγη ή σε περίπτωση μεταλλικών κτιρίων, σχεδιάζεται μια εγκατάσταση η οποία προσφέρει σχετική προστασία πλην όμως επαρκή. Μια πλήρης αντικεραυνική εγκατάσταση με σύστημα κλωβού αποτελείται από:

- 1) Την εξωτερική εγκατάσταση προστασίας.
- 2) Την εσωτερική εγκατάσταση προστασίας.
- 3) Την προστασία της ηλεκτρικής εγκαταστάσεως.

Η εξωτερική εγκατάσταση προστασίας αποτελείται από:

- a) Την εγκατάσταση συλλήψεως.
- b) Την εγκατάσταση απαγωγών.
- c) Την εγκατάσταση γειώσεως.

Επιπλέον πρέπει να προστεθούν και οι απαιτήσεις της εσωτερικής προστασίας κτιρίων.

1) Η εγκατάσταση συλλήψεως τοποθετείται στο υψηλότερο μέρος του κτιρίου και αποτελείται από αγωγούς, ράβδους ακίδες και άλλα αντικείμενα που έχουν σκοπό την δημιουργία ικανής πεδιακής εντάσεως ώστε να προσελκύουν πάνω σε αυτά τον οχετό του κεραυνού που κατεβαίνει.

2) Η εγκατάσταση των απαγωγών, συνδέει την εγκατάσταση συλλήψεως με την εγκατάσταση γειώσεως και αποτελείται από:

- Τους αγωγούς στέγης.
- Τους κύριους και δευτερεύοντες απαγωγούς.
- Τα εξαρτήματα συνδέσεως.



3) Η εγκατάσταση γειώσεως χρησιμεύει στο να απάγει το ρεύμα του κεραυνού στο έδαφος αποτελείται δε από αγωγούς και ράβδους γειώσεως.

## **ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΛΩΒΟΥ.**

1) Όλοι οι αγωγοί της εγκαταστάσεως πρέπει να είναι προσιτοί για επιθεώρηση. Μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις, που καθορίζονται από κανονισμούς, μπορεί το 50% των κυρίων απαγωγών να σκεπάζονται από επίχρισμα ή τοιχοποιία. Οι συνδέσεις ελέγχου της εγκαταστάσεως πρέπει πάντα να είναι προσιτές. Οι αγωγοί στέγης μπορούν να τοποθετηθούν κάτω από την στέγη μόνο σε περίπτωση χαλύβδινης στέγης και όταν κάτω από αυτή δεν υπάρχουν εύφλεκτες ύλες ή κατοικήσιμος χώρος.

5) Η εγκατάσταση συλλήψεως πρέπει να σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να συλλαμβάνει όλους τους κεραυνούς χωρίς κατά το δυνατό, να έρχεται σε επαφή με τα αντικείμενα που προστατεύει, για όσο το δυνατό μεγαλύτερο χρονικό διάστημα

6) Οι απαγωγοί πρέπει να σχεδιάζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να οδηγούν από την εγκατάσταση συλλήψεως στην εγκατάσταση γειώσεως από τον συντομότερο δρόμο.

7) Πρέπει να αποφεύγεται η δυνατότητα υπερπηδήσεως μεταξύ των στοιχείων της αντικεραυνικής εγκαταστάσεως και των μεταλλικών μερών του κτιρίου. Η αιτία αυτών των υπερπηδήσεων είναι οι σημαντικές υπερτάσεις που δημιουργούνται εξ' αιτίας της μεγάλης τιμής του ρεύματος καθώς και από τις μεγάλες ταχύτητες μεταβολής του ρεύματος και ενδεχομένως των σημαντικών τιμών επαγωγικής αντιστάσεως.

8) Όσον αφορά την απόσταση μεταξύ αγωγών της αντικεραυνικής εγκαταστάσεως και μεταλλικών μερών ηλεκτρικών συσκευών ισχύουν οι παραπάνω κανόνες πλην όμως επειδή η γεφύρωση επιτρέπεται μόνον σε ορισμένες περιπτώσεις που ορίζουν κανονισμοί είναι προτιμότερο να τηρείται ο όρος της αρκετής αποστάσεως.

9) Στην περίπτωση όπου δύο ακίδες της εγκαταστάσεως συλλήψεως απέχουν λιγότερο από το 1/10 του μήκους των αγωγών που τις συνδέουν, πρέπει να γεφυρωθούν. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατή η χρησιμοποίηση ενός ενδιάμεσου κυρίου ή βοηθητικού στοιχείου συλλήψεως υπό τον όρο ότι θα τηρηθούν όλοι οι κανόνες που εξασφαλίζουν την ύπαρξη αρκετά ελαττωμένων επαγωγικών αντιστάσεων.

## **Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΛΛΗΨΕΩΣ.**

Τα σημεία ενός κτιρίου που προσβάλλονται από κεραυνούς είναι συνήθως:

- Κορυφές αετωμάτων και πύργων.
- Στηθαία και κορυφές στεγών.



- Καπνοδόχοι και ειδικές εξάρσεις στέγης.
- Οι γωνίες των αετωμάτων από την κορυφή μέχρι την υδρορορή.
- Οι γωνίες των τοίχων και της στέγης στις οριζόντιες στέγες.

Τα σημεία αυτά, ανάλογα με την κατασκευή της στέγης πρέπει να φέρουν τα στοιχεία της εγκαταστάσεως συλλήψεως ή και σε ορισμένες περιπτώσεις αν είναι μεταλλικά με αρκετή διατομή, να αποτελούν στοιχεία της. Συρμάτινοι αγωγοί που τοποθετούνται πάνω στην στέγη σαν συλληπτήριοι αγωγοί διατάσσονται σε δικτυωτή μορφή. Οι συλληπτήριοι αγωγοί που διατάσσονται σε δικτυωτή μορφή πάνω σε μία στέγη μαζί με τα υπάρχοντα τυχόν μεταλλικά στοιχεία της στέγης πρέπει να έχουν τέτοια διάταξη ώστε κανένα σημείο της στέγης να βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη από 5 ΙΟ από κάποιο συλληπτήριο αγωγό.

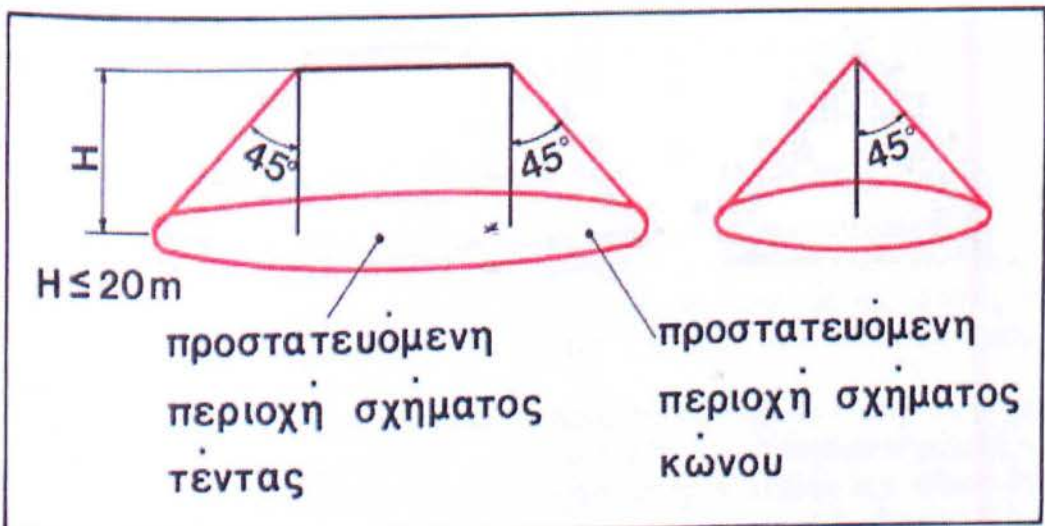
Η διάσταση του κάθε βρόγχου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 10 x 20πι η δε τοποθέτηση του μπορεί να εκλεγεί ελεύθερα, αν και πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στην κάλυψη των ακμών και αιχμών από συλληπτήριο αγωγό σε συνδυασμό πάντα με υπάρχοντα μεταλλικά αντικείμενα πάνω στη στέγη. Στην περίπτωση κτιρίων με συνολικό ύψος μέχρι 20μ μετρούμενη μέχρι το υψηλότερο σημείο συλληπτηρίου στοιχείου, η εγκατάσταση συλλήψεως μπορεί να αποτελείται από μία συλληπτήριο ράβδο αν η προστατευόμενη περιοχή είναι αρκετά μεγάλη.

Σαν προστατευόμενη περιοχή ορίζεται ο χώρος που σχηματίζεται υπό γωνία 45° ως προς την κατακόρυφο (βλ. Εικόνα 14). Εξάρσεις στέγης που αποτελούνται από μη ηλεκτρικά αγώγιμο υλικό, θεωρούνται ασφαλείς, αν προεξέχουν μέχρι 0,30 Γ.Τ.Ι. από την προστατευόμενη περιοχή. Μεταλλικές αγείωτες εξάρσεις δεν χρειάζεται να συνδεθούν με τους συλληπτηρίους αγωγούς αν:

- a) Προεξέχουν από την προστατευόμενη περιοχή μέχρι 0,30 m
- b) Περικλείουν μία επιφάνεια το πολύ 1 m<sup>2</sup> ή έχουν μήκος το πολύ 2m
- c) Απέχουν το πολύ 0.5m από ένα συλληπτήριο αγωγό.

Αν οι εξάρσεις στέγης δεν πληρούν τους παραπάνω όρους τότε πρέπει να προβλεφθούν συλληπτήριοι αγωγοί ή να συνδεθούν με αυτούς.





Εικόνα 14. Περιοχή προστασίας ενός συλλεκτηρίου αγωγού.

ΜΗΚΟΣ m	ΠΛΑΤΟΣ m	ΠΛΗ- ΘΟΣ ΑΠΑ- ΓΩΓΩΝ	ΜΟΡΦΗ ΣΤΕΓΗΣ		
				$h > \frac{A}{8}$	$h \leq \frac{A}{8}$
έως 20	έως 10	2			
έως 20	10 ÷ 20	4			
20 ÷ 40	10 ÷ 20	6			
20 ÷ 40	20 ÷ 40	8			
40 ÷ 60	10 ÷ 20	8			
40 ÷ 60	20 ÷ 40	10 · 1			
40 ÷ 60	40 ÷ 60	12 · 1			
60 ÷ 80	20 ÷ 40	12 · 1			

Οι συλληπτήριοι αγωγοί αποτελούνται από «κατακόρυφους ράβδους, ακίδες, ύψους τουλάχιστον 0,30 m πάνω από την ακμή και σε απόσταση το πολύ 5 m μεταξύ τους.

## Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΠΑΓΩΓΩΝ.

Για κάθε 20 M μήκους εξωτερικής περιφέρειας στέγης προβλέπεται ένας απαγωγός. Αν προκύπτει περιττός αριθμός, ο αριθμός των απαγωγών αυξάνεται κατά 1 για συμμετρικά κτίρια. Όταν η προβολή της στέγης στο έδαφος σχήματος τετραγώνου έχει πλάτος ή μήκος 12 M περιττός αριθμός απαγωγών μπορεί να ελαττωθεί κατά 1.

Οι απαγωγοί διανέμονται κατά το δυνατόν ομοιόμορφα στην επιφάνεια του κτιρίου, αρχίζοντας από τις γωνίες του κτιρίου. Τα διαστήματα μεταξύ των απαγωγών προσαρμόζονται στις ιδιαιτερότητες κάθε κτιρίου π.χ. όπως στην περίπτωση πλατειών, πυλών ή ανοιγμάτων, εντούτοις τα διαστήματα αυτά δεν θα πρέπει να είναι μικρότερα από 10μ. Στην περίπτωση δικτυωτών συλλεκτριών αγωγών, οι απαγωγοί διατάσσονται στις γωνίες και διασταυρώσεις σαν προέκταση των συλλεκτριών στοιχείων στην ακμή της στέγης.

Όταν τα κτίρια έχουν εσωτερική αυλή ένας απαγωγός προβλέπεται για περιφέρεια αυλής από 30 M για κάθε 20 M επί πλέον, με ελάχιστο αριθμό 2 απαγωγών.

Σε κτίρια με επιφάνεια μεγαλύτερη από 40x40μ. προβλέπονται εσωτερικοί απαγωγοί εφ' όσον το επιτρέπει η διάταξη του κτιρίου. Η μέση απόσταση μεταξύ των εσωτερικών απαγωγών καθώς και μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών απαγωγών δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 40μ. Αν δεν είναι δυνατό να προβλεφτούν εσωτερικοί απαγωγοί αυξάνεται ο αριθμός των εξωτερικών απαγωγών, η δε μεταξύ τους απόσταση δεν είναι ανάγκη να είναι μικρότερη από 10μ.

Συστήματα που περιλαμβάνουν συλλεκτριούς ράβδους, ακίδες, στην στέγη απαιτούν ένα απαγωγό ανά συλλεκτήριο ράβδο τουλάχιστον. Καπνοδόχοι εργοστασίων, πυργοειδή κτίρια υψηλότερα από 40μ κωδωνοστάσια εκκλησιών απαιτούν δύο απαγωγούς. Για μικρότερα ύψη αρκεί ένας απαγωγός κωδωνοστάσια εκκλησιών ψηλότερα από 20μ όπως και ξύλινες κατασκευές πυργοειδούς μορφής απαιτούν πάντοτε δύο απαγωγούς. Στους πύργους ψύξεως για τον αριθμό των απαγωγών υπολογίζεται η άνω περιφέρεια. Οι απαγωγοί πρέπει να διατάσσονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελούν φυσική συνέχεια της εγκαταστάσεως συλλήψεως.

Οι απαγωγοί διατάσσονται σε απόσταση τουλάχιστον 0,5μ από πόρτες, παράθυρα και άλλα ανοίγματα κατά το δυνατόν.

Σε κάθε απαγωγό πρέπει να υπάρξει μια διάταξη αποσυνδέσεως της συνεχείας του που λέγεται «σύνδεση ελέγχου» έτσι ώστε να μπορούν να γίνουν μετρήσεις. Η προστασία των απαγωγών για μηχανικούς λόγους μέσα σε σωλήνα πρέπει να αποφεύγεται. Η διάταξη αυτή πρέπει να μην είναι προσιτή σε μέρη που μπορεί εύκολα να υποστεί ζημιές (π.χ. σε ένα σχολείο). Οι συνδέσεις ελέγχου πρέπει να γίνονται με ειδικούς συνδέσμους και να αντέχουν στις διαβρώσεις.



## Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΕΙΩΣΗΣ.

Η καλή λειτουργία της αντικεραυνικής εγκαταστάσεως εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τη σωστή διάταξη και λειτουργία της γειώσεως και ιδιαίτερα των στοιχείων γειώσεως. Αν το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας δεν περιλαμβάνει και σύστημα ισοδυναμικής προστασίας τότε δεν προδιαγράφεται και συγκεκριμένη τιμή αντιστάσεως γειώσεως. Στην μελέτη μας δεν κάνουμε ισοδυναμική προστασία οπότε δεν μετράμε αντίσταση γειώσεως.

Τα στοιχεία γειώσεως είναι οι ράβδοι και οι ταινίες γειώσεως. Η θεμελιακή γείωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αντικεραυνική προστασία αν προβλεφθούν οι κατάλληλοι αγωγοί συνδέσεως με τους απαγωγούς. Οι ταινίες γειώσεως αποτελούνται από μεταλλικές ταινίες ή καλώδια χωρίς κανένα περιορισμό ως προς το σχήμα που τοποθετούνται μέσα στο έδαφος με ελάχιστες διατομές και υλικό όπως στον πίνακα 2. Οι ράβδοι γειώσεως αποτελούνται από στρογγυλούς ράβδους επιχαλκωμένους ή μορφοτεμάχια σχήματος σταυρού που τοποθετούνται μέσα στο έδαφος. Όσον αφορά την γεωμετρική διάταξη των ταινιών γειώσεως υπάρχουν διάφοροι τύποι:

- Μεμονωμένες ταινίες γειώσεως που τοποθετούνται κατά μήκος μέσα στο έδαφος.

- Ακτινωτές ταινίες γειώσεως που τοποθετούνται μέσα στο έδαφος κατά μήκος και ακτινικά γύρω από ένα κεντρικό σημείο συνδέσεως, η γωνία των ακτινών πρέπει να μην είναι μικρότερη από  $60^\circ$ .

- Δακτυλιοειδείς ταινίες γειώσεως που αποτελούνται από ταινίες σε σχήμα δακτυλίου χωρίς καμιά απαίτηση κανονικού γεωμετρικού σχήματος.

Σε όλες τις περιπτώσεις οι ταινίες πρέπει να τοποθετούνται με κατακόρυφη την μεγαλύτερη επιφάνεια τους.

## ΣΥΛΛΗΠΤΗΡΙΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΓΕΙΩΣΕΩΣ.

Αυτός αποτελείται από ένα υπόγειο αγωγό χωρίς μόνωση που συνδέει τα διάφορα στοιχεία γειώσεως. Είναι προτιμότερο να αποτελεί κλειστό δακτύλιο και χρησιμεύει για την ελάττωση της αντιστάσεως γειώσεως. Σε μερικές περιπτώσεις εάν παρουσιάζει μικρή αντίσταση γειώσεως μπορεί να συνδέει τους απαγωγούς χωρίς πρόσθετα στοιχεία γειώσεως. Η διατομή του δεν πρέπει να είναι μικρότερη από τη διατομή των κυρίων ή δευτερευόντων απαγωγών, τοποθετείται δε σε βάθος τουλάχιστον 0,50 πι και σε απόσταση 1 m περίπου από το εξωτερικό περίγραμμα της θεμελιώσεως.

Όλοι οι κύριοι και δευτερεύοντες απαγωγοί μιας εγκαταστάσεως πρέπει να συνδέονται με τον συλληπτήριο αγωγό γειώσεως προς τον οποίο πρέπει να συνδέονται και όλα τα άλλα στοιχεία γειώσεως, δίκτυα υδρεύσεως (όχι δίκτυα φωταερίου) ή άλλα μεταλλικά αντικείμενα. Αν ο συλληπτήριο αγωγός, γειώσεως δεν μπορεί να αποτελέσει κλειστό δακτύλιο, τότε πρέπει να συμπληρωθεί για το μήκος που του λείπει με πρόσθετα στοιχεία γειώσεως. Στην περίπτωση που οι κύριοι και δευτερεύοντες απαγωγοί δεν μπορούν να συνδεθούν με τον συλληπτήριο αγωγό τότε γειώνονται με ιδιαίτερα στοιχεία γειώσεως ως εξής:



Για κάθε απαγωγό χρησιμοποιούνται σε απόσταση 1 πι περίπου από το κτίριο

- a) Ταινία γειώσεως μήκους τουλάχιστον 20m ή
- b) Μία ράβδος γειώσεως βάθους 9 m.

Αν χρησιμοποιηθούν μικρότερα κομμάτια ράβδων με το ίδιο συνολικό μήκος τότε αυτά μπορούν να ενωθούν παράλληλα μεταξύ τους η δε μεταξύ τους απόσταση δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το βάθος που βρίσκονται αυτά.

Σε περίπτωση ακτινικής γειώσεως η μεταξύ τους γωνία δεν πρέπει να είναι μικρότερη από  $60^\circ$ .

Υπόγεια μεταλλικά αντικείμενα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν στοιχεία γειώσεων αν έχουν τουλάχιστο την ίδια αντίσταση γειώσεως με κάθε ηλεκτρόδιο γειώσεως ανά απαγωγό, και καλύπτουν τις απαιτήσεις του πίνακα 2.

Σε κτίρια ιδιαίτερα εκτεθειμένα σε πτώση κεραυνού και συγχρόνως προσπελάσιμα από το ευρύ κοινό όπως, πύργοι τηλεόρασης, εκκλησίες, γέφυρες, κ.λ.π. χρειάζεται ιδιαίτερος σχεδιασμός της θέσεως των ηλεκτροδίων γειώσεως για την αποφυγή από το κοινό, τάσεων εξ' επαφής ή βηματικών τάσεων.

Ανεξάρτητα από το μέγεθος της αντιστάσεως γειώσεως επιτρέπεται σε ορισμένες περιπτώσεις κτιρίων η γείωση να αποτελείται μόνον από τον συλληπτήριο αγωγό γειώσεως χωρίς ιδιαίτερα στοιχεία γειώσεως. Οι περιπτώσεις αυτές είναι οι εξής:

- Κτίσματα χωρίς ογκώδη γειωμένα μεταλλικά μέρη και εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση που να μην συνδέεται με το εξωτερικό δίκτυο όπως, αγροτικές αποθήκες, ανεμόμυλοι, εξοχικά ή αγροτικά σπιτάκια κ.λ.π.

- Κτίσματα με ογκώδη γειωμένα μεταλλικά μέρη και με εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση που να συνδέεται με το εξωτερικό δίκτυο υπό την προϋπόθεση ότι έχουν τηρηθεί οι κανόνες της αρκετής αποστάσεως των απαγωγών από τα διάφορα μεταλλικά μέρη και ότι έχουν ληφθεί όλα τα μέτρα για την προστασία των ηλεκτρικών συσκευών.

Στα κατασκευαστικά σχέδια των αντικεραυνικών εγκαταστάσεων πρέπει πάντα να προδιαγράφεται η τιμή της αντιστάσεως γειώσεως που πρέπει να επιτευχθεί. Κατά τις δοκιμές παραλαβής της αντικεραυνικής εγκαταστάσεως η μετρούμενη τιμή της αντιστάσεως γειώσεως δεν πρέπει να υπερβαίνει κατά κανένα τρόπο την τιμή που έχει υπολογισθεί σύμφωνα με τα παραπάνω. Κατά διαδοχικές δε μετρήσεις δεν επιτρέπεται παρέκκλιση μετρήσεως από μέτρηση μεγαλύτερη από 10%.

Η τιμή της αντιστάσεως γειώσεως εξαρτάται από το είδος του εδάφους και την υγρασία του.



# ΑΝΑΦΟΡΕΣ

---

[1] Ι. Α. ΣΤΑΘΟΠΟΥΛΟΣ, «ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΝΑΝΤΙ ΥΠΕΡΤΑΣΕΩΝ», ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΕΩΝ, ΑΘΗΝΑ 1989

[2] ΜΙΧΑΗΛ Γ. ΔΑΝΙΚΑΣ, «Στοιχεία Υψηλών Τάσεων», ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΜΠΙΛΙΑΣ Α.Ε.Β.Ε., ΑΘΗΝΑ 2007

[3] Πέτρος Ντοκόπουλος, «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών», ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη Ιανουάριος 2005

[4] ΕΛΟΤ 1197

[5] U.S. Army Training and Doctrine Command, "Guide for Lightning Protective Measures for Personnel", January 2002

[6] National Lightning Safety Institute of U.S.A. – Επίσημος ιστότοπος του αμερικανικού ινστιτούτου αντικεραυνικής προστασίας:  
[www.lightningsafety.com](http://www.lightningsafety.com)

[7] Prof.-Dr-Eng. Christian Bouquegneau, «THE LIGHTNING PROTECTION INTERNATIONAL STANDARD

[8] <http://www.eetemher.gr/bio/ptixiakes/greg/Mhxanourgio/Basiko%20eg grafo%20mhxanourgiou%203.htm>

[9] <http://www.lightningsafety.com/>

[10] F. Heidler, W. Zischank, Z. Flisowski, Ch. Bouquegneau, C. Mazzetti, «PARAMETERS OF LIGHTNING CURRENT GIVEN IN IEC 62305 – BACKGROUND, EXPERIENCE AND OUTLOOK», 29<sup>th</sup> International





# ARCHIVES OF ECONOMIC HISTORY

Volume XXV

No 1

January – June 2013

# ΑΡΧΕΙΟΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ

Τόμος XXV

Τεύχος 1

Ιανουάριος – Ιούνιος 2013

## CONTENTS - ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- N. K. KYRIAZIS – N. I. GKANAS: Economic Impact of Direct Democracy: A Literature Review, Suggestions for Greece ..... 7
- V. KEFIS – P. XANTHOPOULOU: The Developmental Path to Recovery: A Radical Approach at the Greek Problem ..... 41
- E. KIKILIA: The Eurotunnel: The Banks Feel The Heat ..... 61
- A. VOZIKIS – D. D. ITHAKISIOS: The 1912-1913 Balkan Wars and Medical Care for the Soldiers: An Economic Approach ..... 67

ATHENS - ΑΘΗΝΑΙ, 2013

market leader, carrying almost half of all vehicles across channel (The Weekly Telegraph, November 27 – December 4, 1996, page 5), it has all along been struggling to overcome an overwhelming burden of £ 9 billion debt to the banks. This huge debt, on the one hand, and the delayed start of operating revenues flow as an excuse on the part of the company for its liquidity problems, on the other, convinced banks during October 1996 to agree in principle to reconstruct its loans with the details to be put in the agreement early the following year, (The Financial Times, November 20, 1996, page 10).

However, in view of the accident and its negative impact to Eurotunnel's liquidity (repair costs, lost revenues until resuming full operations again, new investment in safety improvements, e.t.c. (Weekly Telegraph, November 27 – December 1, 1996, page 5 and The Economist, November 23, 1996, page 47) banks were reasonably expected to demand additional protection terms in the new deal. Under normal circumstances, such terms would be dealt within a normal bargaining process with shareholders before they sign the agreement. In this case, however, another (before the fire) event in the problematic history of Eurotunnel complicated things and put the banks in the disadvantageous position of the dilemma regarding such terms.

## **2.2 The renewed fraud investigation in France**

This event was the renewal in France of the old investigation into suspicious dealings in Eurotunnel's stock by some of the lending banks. This investigation was carried on for two years but was never completed, (The Observer, November 17, 1996, Business section, page 6).

The suspicions were based on heavy sort selling, which brought the stock's price at very low levels, just before the rights issue in 1994. If such banks were found guilty of fraudulent shares dealings, shareholders would be put before them in a liquidation of the company; and such a liquidation, through a bankruptcy, could be effected by the shareholders refusal to approve the debt reconstruction plan, if that included terms they would not agree on (however reasonable such terms might seem in view of worsened by the fire financial prospects for the company).

## **2.3 The French shareholders threaten to vote down the new deal**

Some French shareholders, encouraged by the renewed investigation and possible incrimination of participating banks, were already before the fire, threatening to vote down the deal (The Observer, November 17, 1996,



Business section, page 6); and while, before, such a course of action could be viewed as a militant behavior (The Observer, November 17, 1996, Business section, page 6), it then seemed a reasonable, defensive stand – and thus more eminent – in the event of the audition of stricter terms after the fire in the reconstructing agreement by the bankers.

Would the banks push for stricter terms in the new agreement as things looked at the time? And to put in the form of an operational hypothesis, did the banks face such a dilemma? In the rest of this report we will present evidence, which is reported in the press and we will analyze them in a way that supports the hypothesis that this was indeed a dilemma, which burned the minds of many of the participating banks and particularly the core group, that was set up to negotiate the debt reconstruction and draft the final proposal.

### **3. An integral report of the events that proceeded and followed the fire**

Due to the change of position, Eurotunnel's prospects after the fire were expected by many to look grimmer (The Financial Times, November 22, 1996, page 8). Departing from this logical assumption, concomitantly, we proceeded to hypothesize that banks were in a dilemma, since, with such a more cautious stand, shareholders were probable to refuse to sign an agreement that contained harder than previously expected terms. The possibility of refusal to sign, as we already mentioned, had appeared in the press before the fire when militant French shareholders threatened to vote down the new deal. These threats were then attributed to the shareholders' hopes that underwriting and lending, at the same time, banks would be incriminated in the renewed fraud investigation of Eurotunnel shares dealing in 1994 and that in the event of a bankruptcy of the shaky, anyway, company would put them, before the banks in the liquidation.

We reported on the new problems caused to Eurotunnel by the 1996 fire, and noted, also, that Eurotunnel's shares seemed to weather the storm suffering only small price decline in the week following the fire, especially if the accident impaired the troubled company's ability to service its bank loans even under the new scheme, which was about to be finalized and presented to shareholders for approval. Though banks had in principle agreed to restructure the debt, credit experts were certain that, after the fire, the final form of agreement would reflect, in the form of stricter terms, bankers' reassessment of reasonable likelihood of bankers' demand for stricter terms constituted one more – and justified – reason to refuse to sign the agreement. The moderate fall of Eurotunnel shares in the week following the fire could have been an indication that



shareholders were holding on the stock in view of a bankruptcy, which they would be in a position to effect in the following months.

#### **4. The following decade's developments**

Eight years after the accident in the tunnel, the company was still facing the consequences of the economic crisis. The Eurotunnel enterprise, warned that it may be forced to declare bankruptcy after the year 2006, if its creditors did not agree to proceed in a radical reallocation of debts, so as to balance the budget.

The company's debts exceeded 11 billion Euros. A big part of this sum derived from loan interests for the construction of the tunnel and another part, from the losses caused by the delayed inauguration of the project.

The company announced that the losses exceeded the 2 billion Euros for the year 2003, due to the limited transportation of passengers and merchandises and the increase of cost of loans.

Transportation industry analysts estimated that these serious problems may lead to a reduction of the transportation cost of individuals and merchandises between Britain and France. The Eurotunnel enterprise asked from its' lenders to give some time credit to the enterprise, so that it may proceed to the reduction of tariffs, rendering, thus, the products more competitive.

In 2003 the tunnel was used by 6, 3 million passengers, this number is by far smaller than the one estimated (10 million) to travel on an annual basis. The company tried to gain the support of the British and French governments, which would exercise pressure aiming at the increment of travelling, via the tunnel, of government owned and private transportation railway companies.

However, analysts estimated that the Eurotunnel's prediction of impending calamities was not going to move the governments in London and Paris, rendering doubtful, thus, the adoption of government plans for salvation of the problematic enterprise. The doubts for the intention of the two governments to help the company in this difficult situation increased, since, firstly, the non interventionist attitude of the British government towards economic issues excluded government aid, but even the French side, which stood for a more interventionist economic policy, faced negative omens, due to the explicit prohibitions of the European legislation concerning the matter.

The more likely to happen, according to the analysts, was the reduction of the company's tariffs, creating new data for the competitive ferry boat companies.



## 5. Conclusion

We may reasonably assume that, just after the accident, banks were not only aware of the facts and reasonings, which affected the attitude and the intentions of the shareholders but they were also apprehensive of the consequences, if such intentions materialized. As they worked out, therefore, the final details of the agreement with Eurotunnel in the aftermath of the accident, the dilemma we suppose they faced was whether to push for additional and harder terms – as they would normally do under such circumstances – and risk a rejection of the deal by the shareholders or abandon the whole idea.

Eight years later, the Eurotunnel enterprise still faced the economic problems caused mainly by the fire and partly by other reasons. During all that time, it seemed that the company had not managed to overcome the debts, and its hopes were dying out as time passed. New ideas, such as governmental aid, were not so likely to happen and things did not seem optimistic about the future.

## References

- Associate City Editor*, October 10, 2003.  
*Associate City Editor*, July 22, 2003.  
*International Herald Tribune*, October 22, 2003.  
"Rail infrastructure Management Services: Marketing Research Profiles". *Biz Miner*. December 23, 2003, Business Reports.  
"Rail infrastructure Management Services: Financial Analysis Profiles". *Biz Miner*. December 23, 2003, Business Reports.  
*The Economist*, November 23, 1996, p. 47.  
*The Financial Times*, November 20, 1996, p. 1, 10, 29, 31 and 34.  
*The Financial Times*, November 22, 1996, p. 8.  
*The Financial Times*, November 23/24, 1996, p. 9, 21, 23, 24.  
*The Guardian*, November 22, 1996, p. 5.  
*The Independent*, November 22, 1996, p. 1, 19.  
*The Observer*, November 17, 1996, p. 6, (Business section).  
*The Weekly Telegraph*, November 27 – December 31, 1996, p. 4, 5.