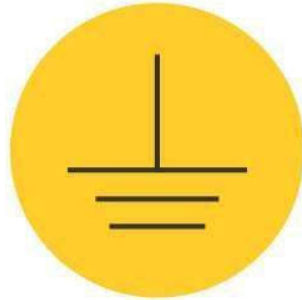


**Πτυχιακή εργασία 1664**



**Σχεδίαση και κατασκευή διατάξεων γείωσης**

**Τσουκάτος Μιχαήλ 6433**

**Ζουμπούκος Τριαντάφυλλος 6705**

**Εποπτεύον καθηγητής: Δροσόπουλος Αναστάσιος**

**Πάτρα 2019**

## Περίληψη

Οι διατάξεις γείωσης είναι σημαντικές στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ισχύος και σε διάφορες κατασκευές (δεξαμενές, κλπ) και για το λόγο αυτό ο σχεδιασμός και ειδικότερα η μελέτη της συμπεριφοράς τους αποτελεί και σήμερα αντικείμενο μελέτης. Στο πλαίσιο αυτό στην εργασία θα γίνει η μελέτη για την σχεδίαση - κατασκευή βασικών διατάξεων γείωσης.

Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο δίνονται οι ορισμοί και γίνεται μία εισαγωγή στην έννοια της γείωσης, στα είδη και στις μεθόδους γείωσης και στα χρησιμοποιούμενα μέσα.

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναφέρονται και αναλύονται τα Πρότυπα και οι Κανονισμοί στα οποία στηρίζεται ο σχεδιασμός και ο έλεγχος των συστημάτων/διατάξεων γείωσης.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφονται οι βασικοί μέθοδοι γείωσης και οι αντίστοιχοι τύποι γειωτών και αναλύονται βασικές παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή της μεθόδου γείωσης και το σχεδιασμό που είναι η ειδική αντίσταση του εδάφους και η αντίσταση γείωσης και οι τρόποι μέτρησης αυτών.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο θα γίνει ο σχεδιασμός / τεχνική περιγραφή των συστημάτων γείωσης σε συνήθεις και κτιριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, αλλά και σε ειδικές (π.χ. Υ/Σ ΜΤ, δεξαμενές) και θα δοθούν αναλυτικές οδηγίες κατασκευής και μετρήσεων.

Το 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο θα είναι η μελέτη εφαρμογής της εργασίας. Η εργασία αυτή περιλαμβάνει τη μελέτη εφαρμογής διάταξης γείωσης σε νέο κτίριο κατοικίας.

Στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρατίθενται βασικά συμπεράσματα από την εφαρμογή των διατάξεων γείωσης σε διάφορες εγκαταστάσεις.

## Περιεχόμενα

1.1 Γενικά.....	3
1.2 Συστήματα γειώσεων.....	4
Είδη γειώσεων .....	9
1.4 Έννοιες και ορισμοί.....	11
2.ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ .....	13
2.1 Γενικά.....	13
2.2 Προδιαγραφές.....	14
2.2.1 Ηλεκτροχημική διάβρωση.....	14
2.3 Πρότυπα-κανονισμοί.....	15
2.3.1 Πρότυπα και κανονισμοί για θεμελιακή γείωση .....	15
3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΙΩΣΗΣ.....	17
3.1 Τύποι και μορφές γειωτών(επιφανειακοί και βαθείς γειωτές) .....	17
3.2 Διατάξεις/συστήματα γείωσης.....	17
3.2.1 Ραβδοειδής .....	17
3.2.2 Ραβδοειδής γειωτής κυκλικής διατομής.....	18
3.2.3 Ραβδοειδής γειωτής διατομής σταυρού.....	19
3.2.4Γειωτής πλάκας .....	19
3.2.5Γειωτής ταινίας.....	20
3.2.6 Γειωτής τύπου "E".....	20
3.3ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΙΩΣΗΣ.....	21
3.3.1 Πολυγωνική διάταξη .....	21
3.3.2 Γείωση με πλάκες.....	22
3.3.3 Περιμετρική γείωση .....	23
3.3.4 Θεμελιακή γείωση .....	23
3.4 Αντίσταση εδάφους.....	24
3.4.1 Ειδική αντίσταση εδάφους .....	24
TERRAFILL .....	26
3.6 ΦΡΕΑΤΙΟ ΓΕΙΩΣΗΣ .....	27
3.7 ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΓΕΙΩΣΗΣ .....	27
3.7.1 Θεωρητικός υπολογισμός αντίστασης γείωσης.....	29
3.7.2 Πρακτική μέτρηση αντίστασης γείωσης.....	31
4. Σχεδιασμός εγκαταστάσεων γείωσης ειδικών περιπτώσεων.....	31
4.1 Στόχοι μιας εγκατάστασης γείωσης.....	31

4.2 Γείωση μεταλλικών κτηρίων .....	32
4.3 Γείωση υποσταθμών μέσης τάσης.....	33
4.4 Γείωση αντικεραυνικής προστασίας .....	35
4.5 Αντιστατική γείωση.....	36
4.5.1 Γείωση δοχείων και δεξαμενών.....	36
4.5.2 Γείωση βυτιοφόρων.....	37
4.5.3 Γείωση βαγονιών.....	38
4.5.4 Γείωση προσωπικού .....	38
4.6 Γείωση τηλεπικοινωνιακών συστημάτων.....	39
5.Μελέτη .....	42
5.1 Μέτρηση της ειδικής αντίστασης του εδάφους.....	42
5.2 Υπολογισμός θεμελιακής γείωσης .....	44
5.3Κατασκευή θεμελιακής .....	47
5.4 Ισοδυναμικές συνδέσεις .....	54
5.5 Μέτρηση και επαλήθευση της γείωσης.....	57
5.5.1Μέτρηση αντίστασης μόνωσης .....	59
5.5.2Μέτρηση σύνθετης αντίστασης βρόγχου σφάλματος .....	60
5.5.3Μέτρηση τιμής αντίστασης γείωσης .....	63
5.6 Χρηματοοικονομική μελέτη.....	64
Συμπεράσματα.....	65
Βιβλιογραφία.....	66

## 1.1 Γενικά

Πολλές φορές στην καθημερινότητα μας ακούμε την λέξη γείωση χωρίς ίσως να έχουμε κατανοήσει την ακριβή ερμηνεία της ούτε τον σημαντικό ρόλο που διαδραματίζει στην ασφάλεια μας.

Γείωση είναι η ένωση ενός σημείου ενός κυκλώματος ή ενός ξένου προς το κύκλωμα μεταλλικού αντικειμένου με μια εγκατάσταση γείωσης, ουσιαστικά με το έδαφος, οπότε αποκτά το ίδιο δυναμικό με τη γη που λαμβάνεται κατά σύμβαση ίσο με το μηδέν.

Βασικός στόχος της γείωσης είναι η εκφόρτιση ρευμάτων τα οποία δημιουργούνται από την εμφάνιση τάσης στο σημείο, είτε από σφάλμα στην

εγκατάσταση είτε από κεραυνικό πλήγμα, διαμέσου των ηλεκτροδίων γείωσης, τα οποία είναι τοποθετημένα εντός του εδάφους, προστατεύοντας έτσι άτομα και εξοπλισμό. Για να είναι αυτό εφικτό πρέπει η σύνθετη αντίσταση του συστήματος γείωσης να είναι αρκετά χαμηλή (θεωρητικά να είναι ίση με το μηδέν), ώστε το ρεύμα να οδεύει στη γη μέσω της γείωσης, διατηρώντας τις αναπτυσσόμενες διαφορές δυναμικού (βηματική τάση και τάση επαφής) που δημιουργούνται κάτω από τα συγκεκριμένα όρια οπότε ικανοποιείται και ο δεύτερος σημαντικός στόχος. Ο αγωγός ή οι αγωγοί που τοποθετούνται μέσα στο έδαφος καλούνται γειωτές και θα πρέπει να έχουν την καλύτερη επαφή με αυτό για να εξασφαλίζουν την αποτελεσματικότερη διάχυση του ρεύματος σφάλματος μέσα στη γη.

Σημαντικός στόχος της γείωσης είναι επίσης να παρέχεται σημείο αναφοράς μηδενικού δυναμικού σε ευαίσθητα ηλεκτρονικά όργανα

## 1.2 Συστήματα γειώσεων

Σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα δύο είναι οι βασικοί τρόποι γείωσης μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης που έχουν καθιερωθεί και είναι:

Άμεση γείωση όταν όλα τα μεταλλικά στοιχεία συνδέονται άμεσα με τη γη.

Ουδετέρωση όταν όλα τα μεταλλικά στοιχεία συνδέονται με τον ουδέτερο ο οποίος συνδέεται με τον αγωγό γείωσης της εγκατάστασης. Η σύνδεση αυτή γίνεται στον μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης. Προϋπόθεση για τη εφαρμογή της είναι η ύπαρξη αντίστασης γείωσης χαμηλής τιμής (μικρότερης από 1 Ω)

Ένας τρίτος τρόπος/μέθοδος είναι η προστασία με αποζεύκτη διαφυγής (ρελέ διαφυγής τάσης και έντασης).

Τα συστήματα γειώσεων καθορίζουν τον τρόπο γείωσης που εφαρμόζεται στο σύστημα τροφοδότησης της εγκατάστασης. Για λόγους απλοποίησης και τυποποίησης (πρότυπα IEC 364) χρησιμοποιείται η ακόλουθη κωδικοποίηση. Κάθε σύστημα γειώσεων συμβολίζεται με δυο γράμματα. Τα γράμματα που χρησιμοποιούνται προέρχονται από τις λέξεις:

T: Terra (γη)

N: Neutral (ουδέτερος)

I: Isolee (μόνωση)

Σε κάθε συμβολισμό το πρώτο γράμμα χαρακτηρίζει τον τρόπο σύνδεσης του ουδετέρου αγωγού της γραμμής τροφοδοσίας

➤ **T = άμεση σύνδεση** του ουδετέρου με τη γη

- **I = όλα τα ενεργά μέρη** απομονωμένα από τη γη ή ένα σημείου συνδεδεμένο με τη γη μέσω μιας σύνθετης αντίστασης σημαντικής τιμής.

Το δεύτερο γράμμα χαρακτηρίζει τον τρόπο σύνδεσης των καταναλωτών με την εγκατάσταση γείωσης

- **T= άμεση ηλεκτρική σύνδεση** των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών με τη γη, ανεξάρτητα από τη γείωση του ουδέτερου του συστήματος τροφοδότησης.
- **N= άμεση ηλεκτρική σύνδεση** των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών με τον ουδέτερο του συστήματος τροφοδότησης.

Η άμεση σύνδεση έχει την έννοια ότι δεν παρεμβάλλεται καμία ηθελημένη αντίσταση. Στην περίπτωση της άμεσης σύνδεσης προς τη γη, η μόνη αντίσταση που υπάρχει είναι η αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου γείωσης.

Τα επόμενα γράμματα (αν υπάρχουν) αφορούν τη σχέση του ουδέτερου και του αγωγού προστασίας.

- **S=η προστασία εξασφαλίζεται** από ιδιαίτερο αγωγό προστασίας διαφορετικό από τον ουδέτερο.
- **C = οι λειτουργίες ουδέτερου και προστασίας** συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό (αγωγό PEN).

<b>α/α</b>	<b>ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ</b>	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>
<b>1</b>	<b>TT</b>	Ο ουδέτερος συνδέεται με τη γη Τα μεταλλικά μέρη των καταναλώσεων συνδέονται με τη γη
<b>2</b>	<b>TN</b>	Ο ουδέτερος συνδέεται με τη γη Τα μεταλλικά μέρη των καταναλώσεων συνδέονται με τον ουδέτερο (μέσω του αγωγού προστασίας)
<b>2.1</b>	<b>TN-S</b>	Ο ουδέτερος συνδέεται με τη γη Τα μεταλλικά μέρη των καταναλώσεων συνδέονται με τον αγωγό προστασίας (PE) Οι αγωγοί ουδέτερου (N) και προστασίας (PE) είναι <b>χωριστοί</b> σε όλο το σύστημα τροφοδοσίας
<b>2.2</b>	<b>TN-C</b>	Ο ουδέτερος συνδέεται με τη γη Τα μεταλλικά μέρη των καταναλώσεων συνδέονται με τον

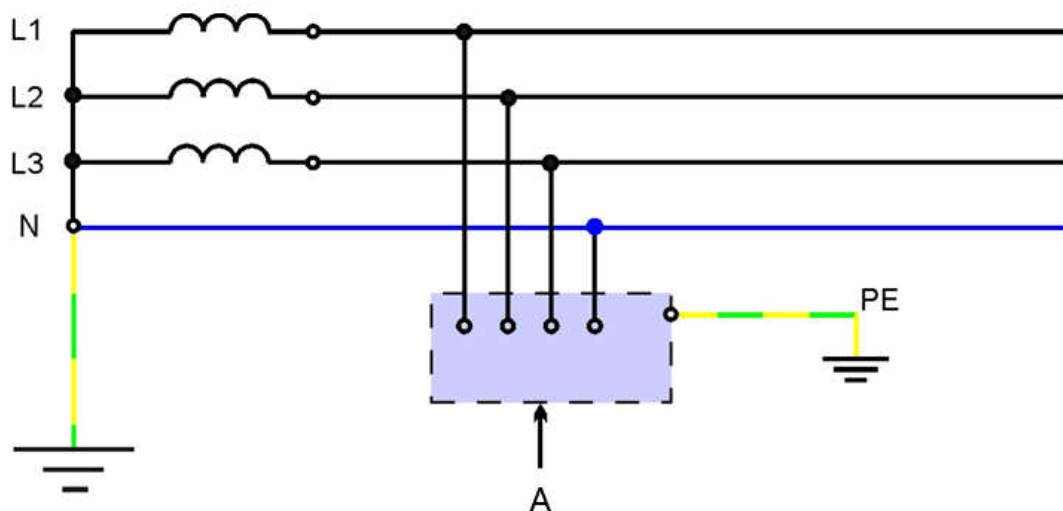
		αγωγό προστασίας (PE) Οι αγωγοί ουδέτερου (N) και προστασίας (PE) είναι <b>κοινοί</b> σε όλο το σύστημα τροφοδοσίας
2.3	TN-C-S	Ο ουδέτερος συνδέεται με τη γη Τα μεταλλικά μέρη των καταναλώσεων συνδέονται με τον αγωγό προστασίας (PE) Οι αγωγοί ουδέτερου (N) και προστασίας (PE) είναι <b>κοινοί σε τμήμα</b> του συστήματος τροφοδοσίας και χωριστοί στο υπόλοιπο.
3	IT	Ο ουδέτερος είναι μονωμένος από τη γη ή συνδέεται μέσω μιας σύνθετης αντίστασης Τα μεταλλικά μέρη των καταναλώσεων συνδέονται με τη γη

**Πίνακας 1.1 Συστήματα γείωσης**

### Σύστημα TT

Τα συστήματα τροφοδότησης, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT, έχουν τον ουδέτερο άμεσα συνδεδεμένο προς τη γη, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης συνδέονται με ηλεκτρόδια γείωσης ηλεκτρικώς ανεξάρτητα από τη γείωση του συστήματος τροφοδότησης.

Το σύστημα γείωσης TT παριστάνεται σχηματικά παρακάτω:



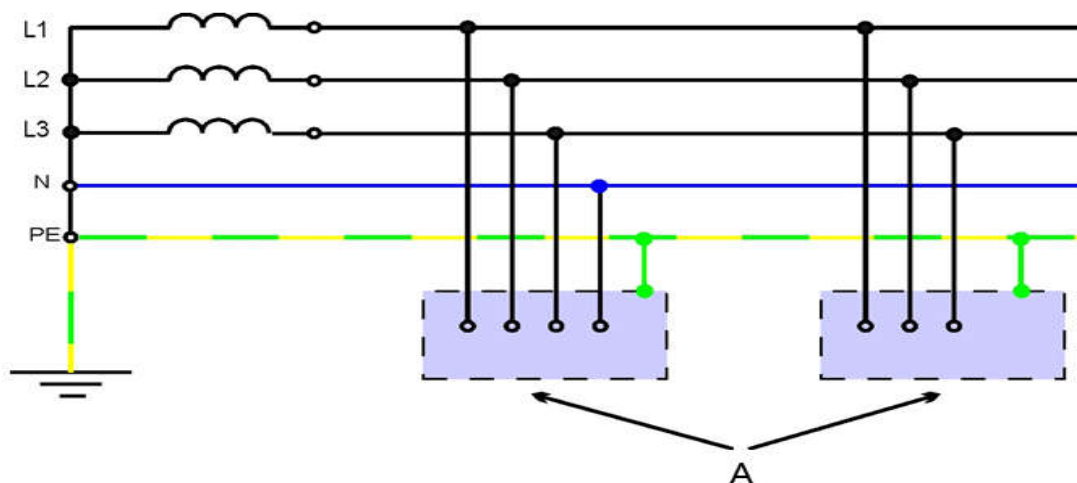
**Σχήμα 1.1 Σύστημα γείωσης TT**

## Σύστημα TN

Τα συστήματα τροφοδότησης, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN, έχουν τον ουδέτερο άμεσα γειωμένο, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης συνδέονται με τον ουδέτερο μέσω του αγωγού προστασίας. Διακρίνονται τρεις ειδικότερες μορφές συνδεσμολογίας του συστήματος σύνδεσης των γειώσεων TN, ανάλογα με τη σχέση του ουδετέρου και του αγωγού προστασίας, ως εξής:

### Σύστημα TN-S

Στο σύστημα TN-S ο ουδέτερος (N) και ο αγωγός προστασίας (PE) είναι χωριστοί σ' ολόκληρο το σύστημα, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

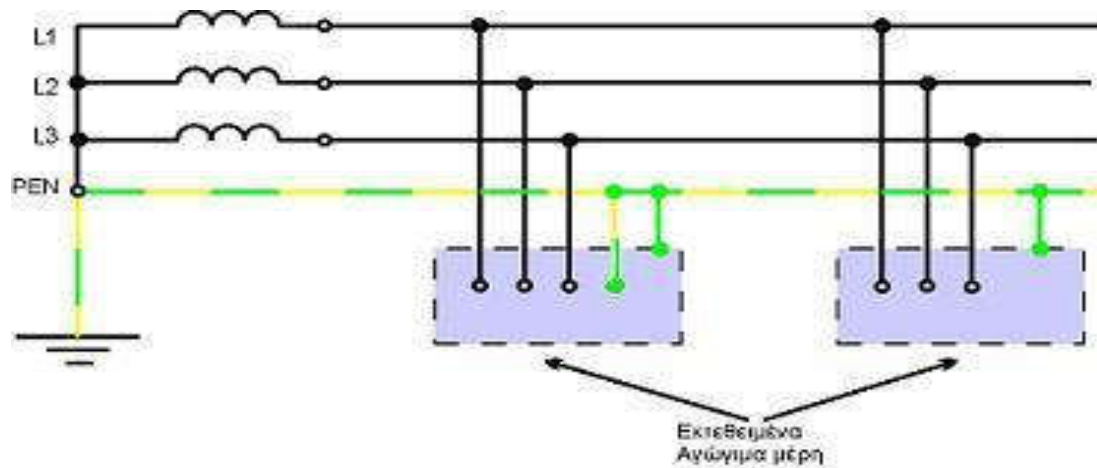


Σχήμα 1.2 Σύστημα γείωσης TN-S

### Σύστημα TN-C

Στο σύστημα TN-C οι λειτουργίες ουδετέρου και αγωγού προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ολόκληρο το σύστημα (αγωγός PEN), όπως στο παρακάτω σχήμα:

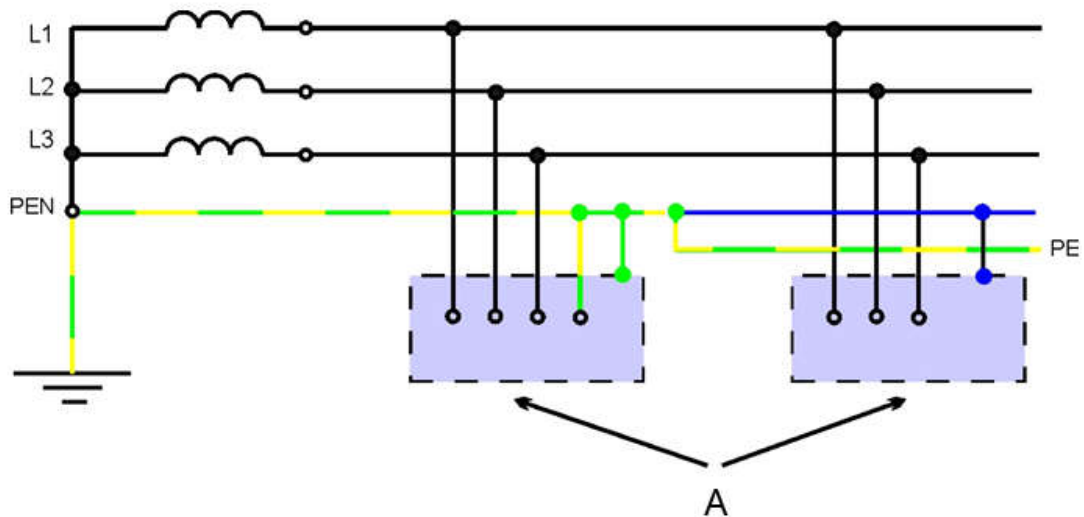




Σχήμα 1.3 Σύστημα γείωσης TN-C

### Σύστημα TN-C-S

Στο Σύστημα TN-C-S οι λειτουργίες ουδετέρου και αγωγού προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό PEN σε ένα μέρος του συστήματος, ενώ στο υπόλοιπο μέρος οι αγωγοί N και PE είναι χωριστοί, όπως στο σχήμα παρακάτω:



Σχήμα 1.4 Σύστημα γείωσης TN-C-S

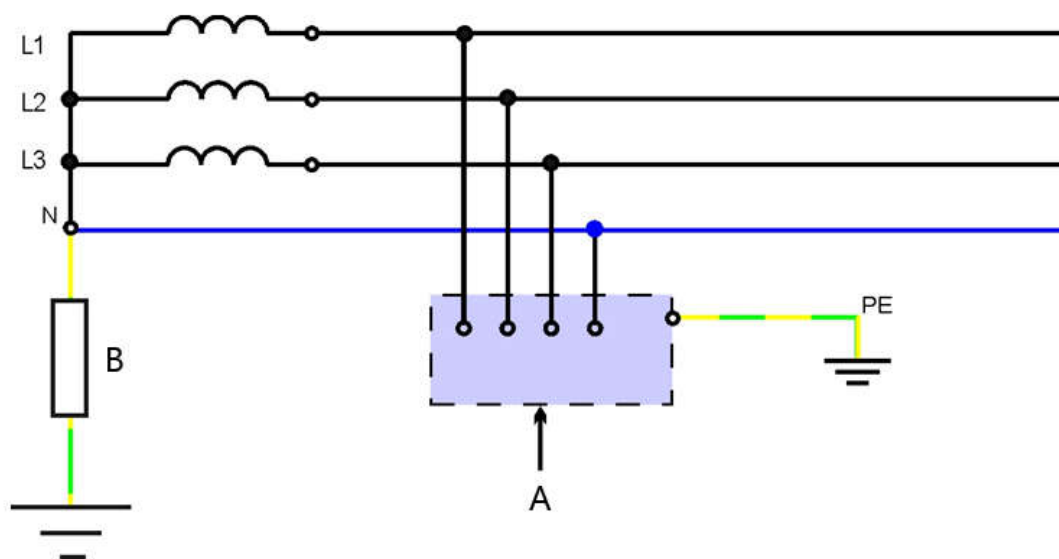
### Σύστημα IT

Το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT εφαρμόζεται μόνο σε εγκαταστάσεις που το σύστημα τροφοδότησής τους ανήκει στον ίδιο φορέα, στον οποίο ανήκει και η εγκατάσταση, δηλαδή εφαρμόζεται:

- είτε στην περίπτωση ιδιοπαραγωγής
- είτε σε περίπτωση τροφοδότησης από ένα υποσταθμό υποβιβασμού της τάσης που ανήκει στον ίδιο φορέα στον οποίο ανήκει και η εγκατάσταση

Στα συστήματα τροφοδότησης στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT, όλα τα ενεργά μέρη είναι μονωμένα προς τη γη, ή ένα σημείο συνδέεται με τη γη μέσω μιας σύνθετης αντίστασης μεγάλης τιμής, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης είναι γειωμένα. Αν γειώνεται ένα σημείο του συστήματος τροφοδότησης, αυτό μπορεί να είναι είτε ο ουδέτερος κόμβος, είτε ένας τεχνητός ουδέτερος που δημιουργείται από μια διάταξη τριών ίσων σύνθετων αντιστάσεων μεγάλης τιμής. Ο ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι.

Το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT, με γείωση του συστήματος τροφοδότησης μέσω μιας σύνθετης αντίστασης, παριστάνεται στο σχήμα:



Σχήμα 1.5 Σύστημα γείωσης IT

## Είδη γειώσεων

Ανάλογα με την χρήση τους οι γειώσεις διακρίνονται σε τρία είδη τα οποία είναι που είναι η γείωση λειτουργίας, η γείωση προστασίας και η γείωση ασφαλείας.

Οι διατάξεις γείωσης μπορεί συγχρόνως να χρησιμεύουν για την λειτουργία και την προστασία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και των χρηστών. Ετσι συχνά τα τρία

αυτά είδη γειώσεων συνυπάρχουν. Υπάρχει περίπτωση τα δίκτυα γειώσεων που χρησιμοποιούνται να είναι ταυτόσημα, δηλαδή κοινά και για τις τρεις γειώσεις ή οι τρεις γειώσεις να καταλήγουν στο ίδιο ηλεκτρόδιο. Ανάλογα με το είδος και τη χρήση του κτιρίου και των εγκαταστάσεων η συνύπαρξη θα πρέπει να μελετηθεί.

### ➤ Γείωση λειτουργίας

Γείωση λειτουργίας ονομάζεται η γείωση που γίνεται για λειτουργικούς λόγους ή για την αποφυγή υπερτάσεων όπως για παράδειγμα η γείωση του ουδέτερου ενός μετασχηματιστή και η γείωση του ουδέτερου αγωγού του συστήματος. Αυτή διακρίνεται σε:

1. Άμεση εάν δεν περιλαμβάνει άλλη αντίσταση εκτός της αντίστασης γείωσης.
2. Έμμεση εφόσον εκτός από την αντίσταση γείωσης περιλαμβάνει και ωμικές επαγωγικές και χωρητικές αντιστάσεις.

Σε περίπτωση που στην γραμμή έχει παρεμβληθεί σπινθηριστής ή ασφάλεια διάσπασης, η γείωση είναι ανοικτή. Ανοικτές γειώσεις δεν συμπεριλαμβάνεται στις γειώσεις λειτουργίας.

### ➤ Γείωση προστασίας

Γείωση προστασίας καλείται η αγώγιμη σύνδεση ενός μεταλλικού μέρους που δεν είναι στοιχείο του ενεργού κυκλώματος όπως για παράδειγμα η γείωση του κελύφους μιας ηλεκτρικής συσκευής. Σκοπός της είναι να προστατέψει τους ανθρώπους από ηλεκτροπληξία καθώς μειώνει τις τάσεις επαφής. Είναι πάντα συνεχής καθώς δεν παρεμβάλλονται αντιστάσεις ή διάκενα.

### ➤ Γείωση ασφάλειας

Γείωση ασφαλείας είναι κάθε γείωση που σκοπό έχει να μεταφέρει στατικά ηλεκτρικά φορτία που τυχόν δημιουργηθούν στη γη. Ονομάζονται και ασφάλειας καθότι υπάρχουν για να προστατεύουν τα άτομα που βρίσκονται στον περιβάλλοντα χώρο.

Η κυριότερη γείωση της κατηγορίας αυτής είναι η γείωση του συστήματος της αντικεραυνικής προστασίας (γείωση αλεξικεραυνών) που στόχο έχει να διοχετεύει στη γη το ρεύμα των κεραυνών. Μπορεί να είναι ανοιχτή ή κλειστή γείωση. Η ανοιχτή γείωση συνιστάται σε εγκαταστάσεις αλεξικεραυνών καθώς μειώνει την ηλεκτροχημική διάβρωση.

Άλλες περιπτώσεις γειώσεων ασφαλείας, είναι οι γειώσεις που στόχο έχουν να διοχετεύουν στο έδαφος τα στατικά φορτία που δημιουργούνται για παράδειγμα κατά τη διακίνηση καυσίμων (δεξαμενές υγρών καυσίμων, υγραερίου, κλπ), ή κατά τη λειτουργία ειδικών χώρων (πχ χειρουργεία) ή μηχανημάτων (πχ μικροσκόπια).

## **1.4 Έννοιες και ορισμοί**

Σε αυτή την ενότητα θα δοθούν οι ορισμοί των εννοιών που χρησιμοποιούμε για τη μελέτη και κατασκευή εγκαταστάσεων γείωσης.

### **Γη**

Η αγώγιμη μάζα της γης της οποίας το δυναμικό λαμβάνεται συμβατικά ίσο με το μηδέν

### **Γειωτής ή ηλεκτρόδιο γείωσης**

Είναι αγωγός ή αγωγοί κατάλληλου γεωμετρικού σχήματος, ο οποίος ή οι οποίοι τοποθετούνται μέσα στο έδαφος, προκειμένου να εξασφαλίσουν την καλύτερη δυνατή επαφή με την γη και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότερη διάχυση του ρεύματος σφάλματος στη γη.

### **Ηλεκτρικώς ανεξάρτητα ηλεκτρόδια γείωσης**

Ηλεκτρόδια γείωσης τοποθετημένα σε τέτοια απόσταση μεταξύ τους ώστε το μέγιστο ρεύμα που θα μπορούσε να διοχετευτεί στη γη από το ένα σε περίπτωση σφάλματος να μην επηρεάσει τη λειτουργία του άλλου.

### **Ακροδέκτης ή ζυγός γείωσης**

Ένας ακροδέκτης ή ένας ζυγός που προορίζεται για την ηλεκτρική σύνδεση των αγωγών προστασίας PE, των αγωγών ισοδυναμικών συνδέσεων και του αγωγού γείωσης.

### **Κύριος ακροδέκτης ή κύριος ζυγός γείωσης**

Ένας ακροδέκτης ή ζυγός που προορίζεται για την ηλεκτρική σύνδεση αγωγών για σκοπούς γείωσης ή διαφορετικά τη διασύνδεση ακροδεκτών ή ζυγών γείωσης.

### **Αγωγός γείωσης**

Ένας κατακόρυφος αγωγός που συνδέει το ηλεκτρόδιο γείωσης με τον κύριο ακροδέκτη ή κύριο ζυγό γείωσης.

### **Διάταξη γείωσης**

Μία διάταξη που αποτελείται από το ηλεκτρόδιο γείωσης, τον αγωγό γείωσης και τον κύριο ακροδέκτη ή κύριο ζυγό γείωσης .

### **Ισοδυναμική σύνδεση**

Ηλεκτρική σύνδεση που διατηρεί στο ίδιο ή σχεδόν στο ίδιο δυναμικό τα εκτειθέμενα αγωγίμα μέρη και τα ξένα αγωγίμα στοιχεία.

### **Κύρια Ισοδυναμική σύνδεση**

Η ισοδυναμική σύνδεση των αγωγίμων στοιχείων που βρίσκονται στον εξωτερικό χώρο.

### **Αγωγός προστασίας PE**

Αγωγός απαιτούμενος για την ηλεκτρική σύνδεση των εκτειθέμενων μεταλλικών στοιχείων με τον ακροδέκτη ή ζυγό γείωσης

### **Κύριος αγωγός προστασίας PE**

Αγωγός απαιτούμενος για την ηλεκτρική σύνδεση του ζυγού γείωσης του κύριου πίνακα της ηλεκτρικής παροχής με τον κύριο ακροδέκτη ή κύριο ζυγό γείωσης.

### **Βηματική τάση**

Βηματική τάση είναι η διαφορά δυναμικού που αναπτύσσεται μεταξύ των πελμάτων, όταν αυτά απέχουν 1m μεταξύ τους, τη στιγμή εισόδου του ρεύματος σφάλματος στο έδαφος, είτε από κεραυνό είτε από περιστατικό σε χώρους υψηλής τάσης.

### **Τάση επαφής**

Η διαφορά δυναμικού που αναπτύσσεται μεταξύ ενός ενεργού αντικειμένου (π.χ. ηλεκτροδίου γείωσης) που λόγω σφάλματος βρέθηκε σε τάση) και των ποδιών ενός ατόμου, όταν το άτομο βρεθεί σε επαφή με το ενεργό αντικείμενο.

### **Τάση πλέγματος**

Η μέγιστη τάση επαφής μέσα στο βρόγχο ενός πλέγματος γείωσης.

## **Ουδετέρωση**

Είναι η σύνδεση των μεταλλικών μερών των συσκευών με αγωγό γείωσης που συνδέεται με τον ουδέτερο στον πίνακα παροχής. Ο ουδέτερος συνδέεται και με το ηλεκτρόδιο γειώσεις στο σημείο παροχέτευσης πριν από τον μετρητή.

## **Αντίσταση γείωσης**

Αντίσταση γείωσης είναι η αντίσταση από το ηλεκτρόδιο γείωσης μέχρι την άπειρη γη, όταν δεν υπάρχουν άλλα ηλεκτρόδια στο έδαφος

## **Ειδική αντίσταση εδάφους**

Η ειδική αντίσταση του εδάφους εξαρτάται από την πυκνότητα και την σύστασή του.(χωματώδη, αμμώδη, βραχώδη, υγρά, ξηρά, ανομοιογενή, κλπ.)

## **2.ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ**

### **2.1 Γενικά**

Τα πρότυπα και οι κανονισμοί που διέπουν τη σχεδίαση-εγκατάσταση των κυκλωμάτων γειώσεις έχουν ως σκοπό την προστασία των ατόμων, των ζώων αλλά και των αγαθών που βρίσκονται σε περιοχές με ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Οι κίνδυνοι που μπορούν να εμφανιστούν εξαιτίας της λειτουργίας των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων μπορεί να οφείλονται στη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το σώμα ατόμων ή ζώων καθώς και σε υψηλές θερμοκρασίες που μπορεί να προκαλέσουν εγκαύματα ή πυρκαγιά ακόμα και αλλοίωση αγαθών.

Διεθνώς υπάρχει η τάση όλα τα πρότυπα, οι προδιαγραφές και οι κανονισμοί να συμμορφώνονται με τις συστάσεις της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής (International Electrotechnical Commission IEC)

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση όλα τα πρότυπα, οι προδιαγραφές και οι κανονισμοί συντονίζονται από τη CENELEC (Comite Europeenne de Normalization Electrotechnique)

Πως όμως φτάσαμε ως εδώ? Μέχρι το 2002 λόγω έλλειψης Εθνικού Προτύπου, όλες οι χώρες μέλη της CENELEC, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, ακολουθήσαμε για την ποιότητα των υλικών της αντικεραυνικής προστασίας, τα Εθνικά πρότυπα της Γερμανίας τα γνωστά τότε DIN. Το 1999 έγιναν σε μορφή προ-προτύπου η σειρά EN 50164 που έθεταν τις βάσεις για δοκιμές στα εξαρτήματα

αντικεραυνικής προστασίας. Το 2002 τέθηκε σε πλήρη ισχύ το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 50164-2, το οποίο υιοθετήθηκε από τη χώρα μας σαν εθνικό πρότυπο και έγινε ΕΛΟΤ EN50164-2. Τέλος το 2012 το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN50164-2 αντικαταστάθηκε από το IEC EN ΕΛΟΤ 62561-2.

## **2.2 Προδιαγραφές**

Όλα τα υλικά πρέπει να ικανοποιούν τους ισχύοντες κανονισμούς ελληνικούς οι ξένους, ή τους κανονισμούς που αναφέρονται στις επιμέρους προδιαγραφές των υλικών. Πρέπει να είναι καινούργια, άριστης ποιότητας, χωρίς ελαττώματα, να μην φθείρονται εύκολα και να μπορούν να λειτουργούν με την ελάχιστη συντήρηση. Επίσης θα πρέπει να είναι εργαστηριακά δοκιμασμένα σύμφωνα με τα αντίστοιχα πρότυπα και να διαθέτουν σχετικό πιστοποιητικό έγγραφο δοκιμών. Οι εργαστηριακές δοκιμές πρέπει να γίνονται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164-1 και ΕΛΟΤ EN 50164-2

### **2.2.1 Ηλεκτροχημική διάβρωση**

Ο παράγοντας που επηρεάζει σε μέγιστο βαθμό τα υλικά των συστημάτων γείωσης είναι η ηλεκτροχημική διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών.

Η ηλεκτροχημική ή γαλβανική διάβρωση παρατηρείται όταν δύο διαφορετικά μέταλλα έρχονται σε επαφή ενώ εμβαπτίζονται σε ένα αγώγιμο υγρό, τον ηλεκτρολύτη. Τότε, το λιγότερο ευγενές (χημικά ενεργό) υλικό, η άνοδος, υφίσταται έντονη διάβρωση ενώ το περισσότερο ευγενές (χημικά αδρανές) υλικό, η κάθοδος, παραμένει σχετικά αλώβητο.

Παράγοντες που επηρεάζουν τη φύση της ηλεκτροχημικής διάβρωσης είναι η διαφορά στην «ευγένεια» των δύο μετάλλων, η αναλογία της επιφάνειας μεταξύ τους και η αγωγιμότητα του διαλύματος - ηλεκτρολύτη. Όσο πιο κοντά βρίσκονται τα δύο μέταλλα αναφορικά με την ευγένειά τους (δηλαδή όσο πιο κοντά βρίσκονται στη σειρά δραστηριότητας των μετάλλων), τόσο μικρότερη είναι η πιθανότητα ανάπτυξης γαλβανικής προσβολής. Όταν η επιφάνεια του μετάλλου που καθιστά την άνοδο είναι πολύ μικρή σε σχέση με αυτήν της καθόδου, προκαλείται εντονότερη διάβρωση του πρώτου και γι' αυτό θα πρέπει να αποφεύγονται μεγάλες διαφοροποιήσεις στην αναλογία των μετάλλων που χρησιμοποιούνται.

Η επίστρωση ή βαφή του ανώτερου μετάλλου (της καθόδου) θα πρέπει να επιλέγεται ως προστασία κατά της ηλεκτροχημικής διάβρωσης και όχι η βαφή του

μετάλλου που καθιστά την άνοδο. Τέλος, φροντίζουμε να επιλέγουμε διαλύματα με σχετικά χαμηλή αγωγιμότητα

## 2.3 Πρότυπα-κανονισμοί

Τα Πρότυπα περιέχουν **τεχνικούς κανόνες, οδηγίες και χαρακτηριστικά λειτουργίας** που απαιτούνται για την επίτευξη βέλτιστων αποτελεσμάτων και καθορίζουν ελάχιστες τεχνικές απαιτήσεις.

Σκοπός των κανονισμών οι οποίοι εκδίδονται από έγκριτους διεθνείς ή και εθνικούς οργανισμούς, είναι να δώσουν κανόνες που πρέπει να τηρούνται από τους τεχνικούς ώστε οι εγκαταστάσεις ή οι κατασκευές που κατασκευάζονται από αυτούς να είναι απολύτως ασφαλείς. Σε μία εγκατάσταση γείωσης σκοπός των κανονισμών είναι η θέσπιση διατάξεων για την ασφαλή εγκατάσταση και χρήση των αγωγών και κάθε είδους εξαρτημάτων και γενικά ότι αφορά την ασφαλή λειτουργία ή χρήση της ηλεκτρικής εγκατάστασης ή της λειτουργίας ειδικών μηχανημάτων (πχ. δεξαμενές καυσίμου, κλπ).

Επισημαίνεται ότι :

- Οι κανονισμοί δεν επιδέχονται παραλήψεις ή παρερμηνείες
- Οι κανονισμοί είναι νόμοι του κράτους, οπότε υπερισχύουν σε κάθε περίπτωση
- Σε περίπτωση αντιδικίας ή καταλογισμού ευθυνών, οι κανονισμοί είναι αυτοί που λαμβάνονται υπόψη κατά κύριο λόγο.

Οι κανονισμοί δεν περιέχουν προδιαγραφές κατασκευής ούτε είναι εγχειρίδιο εκπαίδευσης, αλλά επισημαίνουν τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να επιτύχουμε εγκαταστάσεις με τον απαραίτητα υψηλό βαθμό ασφάλειας. Στο γεγονός αυτό οφείλεται και οι συνεχείς τροποποιήσεις ή αναθεωρήσεις με την πρόοδο της επιστήμης και της τεχνολογίας.

### 2.3.1 Πρότυπα και κανονισμοί για θεμελιακή γείωση

Η θεμελιακή γείωση, η οποία αποτελεί μια εκ των διαθέσιμων μεθόδων κατασκευής γείωσης, **προτείνεται και συνιστάται από όλους** τους κανονισμούς και πρότυπα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων παγκόσμια. Στη χώρα μας η απαίτηση και η υποχρέωση για θεμελιακή γείωση στα νέα κτίρια προκύπτει από τρεις υπουργικές αποφάσεις οι οποίες εκδόθηκαν τα τελευταία χρόνια με αφορμή την εφαρμογή του εναρμονισμένου προτύπου ΕΛΟΤ HD 384.

Από την υποχρέωση αυτή εξαιρούνται:

- οι οικοδομές από προκατασκευασμένα στοιχεία ή λυόμενες κατασκευές οι οποίες δεν διαθέτουν ειδική θεμελίωση.



- κτίρια με φέροντα οργανισμό από χάλυβα κατασκευών, δύναται να εφαρμοστεί η απευθείας γείωση στο χάλυβα του φέροντος οργανισμού.

Τα ηλεκτρόδια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με βάση το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 είναι :

- ράβδοι γείωσης ή σωλήνες
- ταινίες γείωσης ή σύρματα
- πλάκες γείωσης
- ηλεκτρόδια γείωσης ενσωματωμένα στα θεμέλια
- μεταλλικός οπλισμός σκυροδέματος μέσα στο έδαφος
- μεταλλικοί σωλήνες νερού υπό τους όρους της παραγράφου 542.2.5
- μολύβδινοι μανδύες και άλλα μεταλλικά περιβλήματα καλωδίων

Οι απαιτήσεις γείωσης που πρέπει να εξασφαλίζονται με βάση το άρθρο 542.1.2 είναι:

- η τιμή της αντίστασης γείωσης θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις προστασίας και λειτουργίας της εγκατάστασης και θα διατηρεί συνεχώς αυτή την ιδιότητα
- τα ρεύματα σφάλματος προς τη γη και τα ρεύματα διαρροής θα μπορούν να διοχετεύονται προς το έδαφος χωρίς να δημιουργείται κίνδυνος, ιδιαίτερα από τις θερμικές, θερμομηχανικές και ηλεκτρομηχανικές καταπονήσεις.
- είναι επαρκώς στιβαρής κατασκευής ή έχουν κατάλληλη πρόσθετη μηχανική προστασία ώστε να αντέχουν στις αναμενόμενες εξωτερικές συνθήκες
- οι διατάξεις γείωσης δεν πρέπει να προκαλούν τον κίνδυνο βλάβης άλλων μεταλλικών μερών από ηλεκτρόλυση μέσω της υγρασίας του εδάφους

Οι ελάχιστες διατομές αγωγών γείωσης δίνονται από το άρθρο 543.1. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τυποποιημένες διατομές του πίνακα 2.1

Διατομή των αγωγών φάσεων της εγκατάστασης $S(mm^2)$	Ελάχιστη διατομή αντίστασης αγωγού προστασίας $S_p(mm^2)$
$S \leq 16$	S
$16 \leq S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

**Πίνακας 2.1 Ελάχιστες διατομές αγωγών γείωσης**

Εάν η επιλογή της διατομής του αγωγού φάσεων έχει πραγματοποιηθεί με βάση την τιμή του ρεύματος βραχυκυκλώματος, τότε θα πρέπει να υπολογιστεί. Η διατομή δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από την προκύπτουσα από τον ακόλουθο τύπο

$$S = \sqrt{\frac{I^2 t}{k}}$$

Όπου  $S$  η διατομή σε  $mm^2$ ,  $I$  η τιμή του ρεύματος σφάλματος για ένα σφάλμα αμελητέας σύνθετης αντίστασης, το οποίο μπορεί να διέλθει μέσα από τη διάταξη προστασίας, σε  $A$  και  $t$  ο χρόνος λειτουργίας της διάταξης που επιτελεί τη διακοπή σε  $s$ .

Στην περίπτωση που οι αγωγοί γείωσης είναι θαμμένοι στο έδαφος τότε οι ελάχιστες διατομές προκύπτουν από τον πίνακα 2.2

	Με προστασία έναντι διάβρωσης	Χωρίς προστασία έναντι διάβρωσης
Χαλκός	$16mm^2$	$16mm^2$
Γαλβανισμένος χάλυβας	$25mm^2$	$50mm^2$

Πίνακας 2.2

### 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΙΩΣΗΣ

#### 3.1 Τύποι και μορφές γειωτών(επιφανειακοί και βαθείς γειωτές)

Γίνεται διάκριση στους γειωτές ανάλογα με το βάθος τους σε:

- **Επιφανειακούς γειωτές**, π.χ. γειωτές ταινίας, πλέγματος και ακτινικούς γειωτές
- **Βαθείς γειωτές**, π.χ. γειωτές ράβδου.

Στους βαθείς γειωτές η αντίσταση μεταβάλλεται λιγότερο με τον χρόνο από ότι στους επιφανειακούς, επειδή η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους δεν μεταβάλλονται πολύ σε μεγάλα βάθη

#### 3.2 Διατάξεις/συστήματα γείωσης

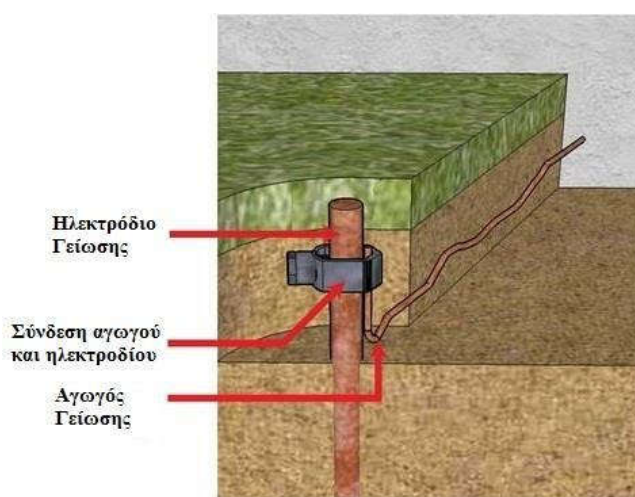
Οι πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενοι τύποι γειωτών είναι : Ραβδοειδής, Πλάκας, Ταινίας (ή κυκλικός αγωγός), τύπου "E".

##### 3.2.1 Ραβδοειδής

Ράβδος κυκλικής διατομής ή διατομής σταυρού, διαφόρων μηκών. Καρφώνονται κατακόρυφα στο έδαφος. Το άνω μέρος της ράβδου (περίπου 25cm), μπαίνει συνήθως σε φρεάτιο έτσι ώστε το σημείο σύνδεσής της με τον αγωγό γείωσης να είναι επισκέψιμο. Η τιμή της αντίστασης της γείωσης μειώνεται όσο μεγαλώνει το μήκος της ράβδου, ενώ η διάμετρος της επιδρά ελάχιστα.

### 3.2.2 Ραβδοειδής γειωτής κυκλικής διατομής

Κατασκευάζεται από χάλυβα ηλεκτρολυτικά επιχάλκωμένο, με πάχος επιχάλκωσης τουλάχιστον 250μm έτσι ώστε να εμπíγνυται και στα πιο σκληρά εδάφη χωρίς να απογυμνώνεται η χαλύβδινη ψυχή, που θα έχει σαν αποτέλεσμα την γρήγορη διάβρωσή της. Ράβδοι με μικρότερο πάχος ηλεκτρολυτικής επιχάλκωσης ή επιχάλκωμένες μηχανικά με μανδύα χαλκού πρέπει να αποφεύγονται, οι μεν πρώτες για τον παραπάνω αναφερόμενο λόγο, οι δεύτερες διότι κατά την έμπηξη, ο χάλκινος μανδύας αποκολλάται και συγκεντρώνεται προς το άνω μέρος της ράβδου με αποτέλεσμα την αποκάλυψη της χαλύβδινης ψυχής και την γρήγορη διάβρωσή της. Οι συνήθεις διαστάσεις των ραβδοειδών γειωτών κυκλικής διατομής κυμαίνονται από 12mm έως 23 mm σε διάμετρο και 1,2m έως 3 m σε μήκος. Οι ράβδοι κυκλικής διατομής συνήθως φέρουν σπείρωμα στο άνω και κάτω άκρο το οποίο πρέπει να δημιουργείται με διαμόρφωση και όχι με κοπή, αποφεύγοντας έτσι τον κίνδυνο αποκάλυψης της χαλύβδινης ψυχής της ράβδου με αποτέλεσμα την διάβρωσή της. Με το τρόπο αυτό, εφ' όσον οι συνθήκες το επιτρέπουν οι ράβδοι μπορούν να επιμηκυνθούν στο διπλάσιο, τριπλάσιο, κ.ο.κ του μήκους των, με την χρήση ορειχάλκινων συνδέσμων επιμήκυνσης (μούφες). Οι σύνδεσμοι αυτοί δεν επιτρέπεται να κατασκευάζονται από άλλο υλικό όπως Αλουμίνιο ή Χάλυβα, προκειμένου να έχουν την κατάλληλη μηχανική αντοχή στη διάβρωση και πολύ μικρή αντίσταση διαβάσεως του ρεύματος σφάλματος αντίστοιχα.



Εικόνα 3.1

### 3.2.3 Ραβδοειδής γειωτής διατομής σταυρού

Κατασκευάζεται από χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο, με πάχος επιψευδαργύρωσης τουλάχιστον 50μm. Όσο πιο μεγάλο είναι το πάχος της επιψευδαργύρωσης του γειωτή, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή του στην διάβρωση. Οι διαστάσεις του γειωτή είναι 5 cm διάμετρος και μήκη 1,5m , 2m και 2,5m. Το πάχος των ελασμάτων που δημιουργούν την σταυροειδή διατομή είναι 3mm. Ο γειωτής πρέπει να φέρει στο άνω σημείο του, συγκολλημένο διάτρητο έλασμα για την προσαρμογή του αγωγού γείωσης.



Εικόνα 3.2

### 3.2.4 Γειωτής πλάκας

Πλάκα διαφόρων διαστάσεων (ελάχιστο 500x500 x 2mm) από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό ή χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο ή μόλυβδο, με ελάχιστο πάχος 2mm. Τοποθετείται κατακόρυφα εντός του εδάφους, σε βάθος τουλάχιστον 50cm.

Η τιμή της αντίστασης της γείωσης μειώνεται όσο μεγαλώνουν οι διαστάσεις της πλάκας και όσο βαθύτερα τοποθετείται στο έδαφος.



### Εικόνα 3.3

#### 3.2.5 Γειωτής ταινίας

Ταινία διαφόρων διαστάσεων από χαλκό ή θερμά επιψευδαργυρωμένο χάλυβα. Τοποθετείται κάθετα σε μικρό βάθος μέσα στο έδαφος, περίπου 50 έως 70cm. Η τιμή της αντίστασης της γείωσης μειώνεται όσο μεγαλώνει το μήκος της ταινίας που βρίσκεται εντός του εδάφους. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί αγωγός κυκλικής διατομής, αλλά συνήθως λόγω της μικρότερης επιφάνειας επαφής του με το έδαφος, η μετρούμενη τιμή αντίστασης γείωσης κυμαίνεται σε υψηλότερα επίπεδα από την αντίστοιχη ταινία ισοδύναμου διατομής. Τέλος δεν συνιστάται η χρήση του συρματόσχοινου ως αντικατάσταση της ταινίας, αν και το επιτρέπουν οι κανονισμοί ΚΕΗΕ, γιατί διαβρώνεται εύκολα. Για αυτό το λόγο δεν το συνιστούν οι κανονισμοί VDE100.

Ταινία χαλκού. Κατασκευάζεται από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό οι δε διαστάσεις της είναι συνήθως 30 x 2 mm, 30 x 3 mm και 40 x 3 mm.

Ταινία χαλύβδινη θερμά επιψευδαργυρωμένη. Οι συνήθεις διαστάσεις της είναι 30 x 3,5mm και 40 x 4 mm με επιψευδαργύρωση 500 ή 300gr/m<sup>2</sup>.



Εικόνα 3.4

#### 3.2.6 Γειωτής τύπου "Ε"

Ο γειωτής "Ε" αποτελείται ουσιαστικά από δύο στοιχεία. Κάθε ένα από αυτά τα στοιχεία αποτελούνται από πλάκες όπου αφού συναρμολογηθούν κατάλληλα μεταξύ τους, το πρώτο παίρνει την μορφή "Π" και το δεύτερο την μορφή "Γ". Τα δύο στοιχεία συναρμολογούνται με μεταλλικές γωνίες, κοχλίες και περικόχλια M8 ανοξείδωτα τύπου A2.

Ύστερα από μετρήσεις και δοκιμές διαπιστώνεται ότι τα χαρακτηριστικά αντίστασης γείωσης είναι ανάλογα με αυτά 5 πλακών ίδιων διαστάσεων αλλά σε απόσταση τουλάχιστον 3m η μία από την άλλη, ή 6 ράβδων μήκους 1,5m σε απόσταση 4m η μία από την άλλη.

Κατασκευάζεται από καθαρό ηλεκτρολυτικό χαλκό ή χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο (πάχος επιψευδαργύρωσης 50 μm). Ο γειωτής τύπου "Ε" μπορεί να επεκταθεί με περισσότερα στοιχεία "Γ" μειώνοντας κατά αυτό τον τρόπο

την επιτυγχανόμενη τιμή της αντίστασης γείωσης όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Στοιχείο γειωτή Ειδική αντίσταση	Αντίσταση( $\Omega$ ) $\rho_e=100\Omega m$	Αντίσταση( $\Omega$ ) $\rho_e=200\Omega m$	Αντίσταση( $\Omega$ ) $\rho_e=300\Omega m$	Αντίσταση( $\Omega$ ) $\rho_e=400\Omega m$
<b>1Π</b>	17,5	35,0	70,0	87,6
<b>1Π+1Γ</b>	10,4	20,8	41,6	52,0
<b>1Π+2Γ</b>	7,4	14,8	29,6	37,0
<b>1Π+3Γ</b>	5,7	11,4	22,9	28,7
<b>1Π+4Γ</b>	4,6	9,3	18,7	23,4
<b>1Π+5Γ</b>	3,9	7,9	15,8	19,8
<b>1Π+6Γ</b>	3,4	6,8	13,7	17,1
<b>1Π+7Γ</b>	3,0	6,0	12,1	15,1
<b>1Π+8Γ</b>	2,7	5,4	10,8	13,5

\* Για τιμές εκτός των ορίων των τιμών του πίνακα η εκτίμηση γίνεται αναλογικά

**Πίνακας 3.1**



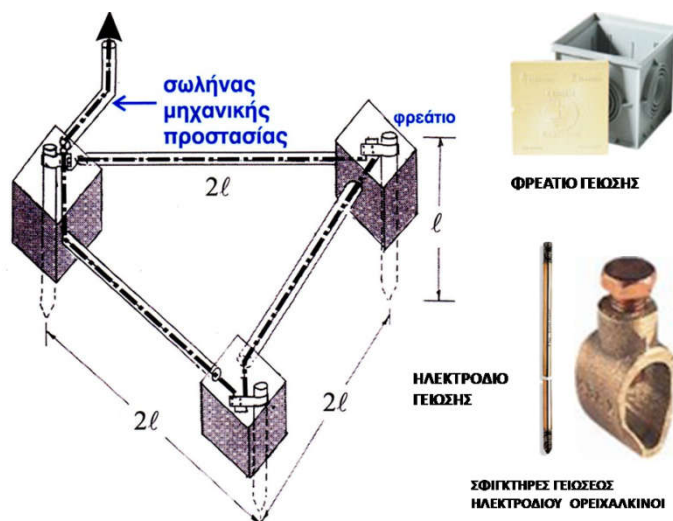
**Εικόνα 3.5**

### **3.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΙΩΣΗΣ**

#### **3.3.1 Πολυγωνική διάταξη**

Κατασκευάζεται από ραβδοειδής γειωτές οι οποίοι τοποθετούνται στις κορυφές ισόπλευρου πολυγώνου συνήθως δε τριγώνου (τριγωνική γείωση). Οι ράβδοι συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό γείωσης αναλόγου διατομής με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης (συνήθως 50 mm<sup>2</sup> Cu). Η απόσταση μεταξύ των ράβδων πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,5 φορά του βάθους έμπηξης.

Πολλές φορές για λόγους έλλειψης χώρου ή ευκολίας, αντί της πολυγωνικής διάταξης οι ράβδοι μπορούν να τοποθετηθούν σε ευθεία διάταξη, σε "T" διάταξη, σε κυκλική διάταξη κ.λ.π. πάντα όμως θα πρέπει η απόσταση μεταξύ των να είναι τουλάχιστον 1,5 φορά του βάθους έμπηξης των.



Εικόνα 3.6

### 3.3.2 Γείωση με πλάκες

Κατασκευάζεται από πλάκες οι οποίες τοποθετούνται σε τυχαία διάταξη αρκεί η απόσταση μεταξύ των να είναι τουλάχιστον 3 m. Οι πλάκες συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό γείωσης αναλόγου διατομής με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης (συνήθως 50 mm<sup>2</sup> Cu).



Εικόνα 3.7

### 3.3.3 Περιμετρική γείωση

Κατασκευάζεται από γειωτή ταινίας ο οποίος τοποθετείται σε όρυγμα βάθους 50cm έως 70cm συνήθως για να υπάρχει υγρό έδαφος περιμετρικά του κτιρίου, και σε απόσταση από το κτίριο περίπου 2m διότι τα χώματα κοντά στο κτίριο συνήθως δεν είναι αγωγίμα (μπάζα).



Εικόνα 3.8

### 3.3.4 Θεμελιακή γείωση

Κατασκευάζεται από γειωτή ταινίας και σπανιότερα αγωγού κυκλικής διατομής, που τοποθετείται εντός των συνδετήριων δοκαριών των πεδίων ή στα περιμετρικά τοιχεία των θεμελίων του κτιρίου, σε μορφή κλειστού δακτυλίου. Για κτίρια μεγάλης περιμέτρου συνιστάται η τοποθέτηση εγκαρσίων ή διαμηκών τμημάτων ταινίας (πάντα εντός σκυροδέματος θεμελίων), έτσι ώστε κανένα σημείο του υπογείου να μην απέχει περισσότερο από 10 m από το γειωτή.

Η τιμή της αντίστασης της γείωσης μειώνεται όσο μεγαλώνει το μήκος της ταινίας, όπως ακριβώς συμβαίνει και στην περίπτωση της περιμετρικής γείωσης με ταινία.

Σύμφωνα με το άρθρο 27 των ΚΕΗΕ η διατομή της ταινίας πρέπει να είναι τουλάχιστον 100mm<sup>2</sup> με ελάχιστο πάχος 3mm.

Συνιστάται η τοποθέτηση χαλύβδινης θερμά επιψευδαργυρωμένης ταινίας και όχι χάλκινης, για την αποφυγή ηλεκτροχημικών διαβρώσεων με τον υπάρχοντα οπλισμό.

Η θεμελιακή γείωση έναντι των συμβατικών τύπων γείωσης παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Χαμηλή τιμή αντίστασης γείωσης.
- Αντοχή στον χρόνο-Μηχανική προστασία
- Αναμονές γείωσης σε οποιοδήποτε σημείο του εσωτερικού κτιρίου.
- Η εγκατάστασή της γίνεται σε ήδη υπάρχουσα εκσκαφή με αποτέλεσμα την ευκολία τοποθέτησης





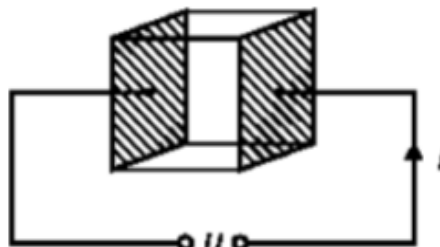
Εικόνα 3.9

### 3.4 Αντίσταση εδάφους

Κάθε σύστημα γείωσης θα πρέπει αρχικά να λαμβάνει υπόψη το έδαφος μέσα στο οποίο θα τοποθετηθεί κάθε αγωγός του συστήματος γείωσης (ηλεκτρόδιο γείωσης, πλέγμα)

#### 3.4.1 Ειδική αντίσταση εδάφους

Η ειδική αντίσταση  $\rho$  του εδάφους ορίζεται ως η αντίσταση του υλικού του εδάφους που παρουσιάζει ένας μοναδιαίος κύβος ακμής  $l$ , όταν επίπεδα ηλεκτρόδια τοποθετηθούν σε δύο απέναντι πλευρές του και μεταξύ αυτών εφαρμοστεί διαφορά δυναμικού  $U$  (σχήμα .....). Δεν έχει πάντα την ίδια τιμή σε όλα τα σημεία του εδάφους και μετριέται σε  $\Omega \cdot m$ .



Σχήμα 3.1

Πολλές φορές κατά την κατασκευή ενός συστήματος γείωσης είναι απαραίτητη η χρήση βελτιωτικού υλικού. Οι λόγοι που οδηγούν στην απόφαση αυτή είναι οι παρακάτω :

- Μεγάλη ειδική αντίσταση του εδάφους
- Περιορισμένος χώρος εγκατάστασης
- Ιδιαίτερα διαβρωτικό έδαφος
- Ασταθείς καιρικές συνθήκες και αυξομειώσεις της ειδικής αντίστασης του εδάφους κατά την διάρκεια του έτους
- Μείωση του κόστους
- Συνδυασμός των παραπάνω

Το βελτιωτικό τοποθετείται εντός του ορύγματος όπου θα εγκατασταθεί το ηλεκτρόδιο γείωσης και αναμειγνύεται με το φυσικό έδαφος, μειώνοντας τοπικά, και πλησίον του ηλεκτροδίου γείωσης, την ειδική αντίσταση του εδάφους και κατά συνέπεια και την αντίσταση γείωσης.

Για να έχουμε μέγιστη αξιοποίηση του βελτιωτικού θα πρέπει να τηρούνται οι παρακάτω απαιτήσεις.

- Να μπορούν να συμπιεστούν και να συμπίεσουν το χώμα με στόχο τη μεγιστοποίηση της επιφάνειας επαφής μεταξύ του ηλεκτροδίου γείωσης και του χώματος που το περιβάλλει
- Να είναι αδρανή απ' τη φύση τους προκειμένου να αποφευχθεί η διάβρωση του ηλεκτροδίου
- Να παρουσιάζουν χαμηλή αντίσταση
- Να μπορούν να διατηρούν χαμηλή αντίσταση γείωσης με ελάχιστη διακύμανση για μεγάλη χρονική περίοδο
- Να είναι μόνιμα «προσκολλημένα» στην επιφάνεια του ηλεκτροδίου ανεξαρτήτως της κατάστασης του περιβάλλοντος χώματος
- Να είναι ασφαλή στη χρήση τους και φιλικά προς το περιβάλλον

Εμπειρικά χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά που ενώ βελτιώνουν την τιμή της αντίστασης γείωσης πρόσκαιρα, με την πάροδο του χρόνου προκαλούν τελείως αντίθετα από τα επιθυμητά αποτελέσματα. Η χρήση NaCl (χονδρό αλάτι) προς συγκράτηση, διαβρώνει το ηλεκτρόδιο μεγαλώνοντας την αντίσταση διάχυσης, δηλαδή την δυσκολία με την οποία διαχέεται το ρεύμα σφάλματος προς τη γη. Το βρόχινο νερό που θα διαπεράσει το έδαφος θα παρασύρει το αλάτι με αποτέλεσμα μετά από κάποια χρονική στιγμή να μην υφίσταται πια. Για τον τελευταίο λόγο δεν προτείνεται και η λύση γαιάνθρακα. Η χρήση δε ρινισμάτων σιδήρου λόγω οξειδωσής των, προκαλεί με την πάροδο του χρόνου επίσης αρνητικά αποτελέσματα. Η χρήση του μπετονίτη είναι ακατάλληλη για περιόδους ξηρασίας διότι τότε συρρικνώνεται και αποκολλάται από το ηλεκτρόδιο.

Με βάση όσων προαναφέρθηκαν έχουμε καταλήξει στη χρήση του terrafill, βελτιωτικό το οποίο τηρεί τις περισσότερες προδιαγραφές.

## TERRAFILL

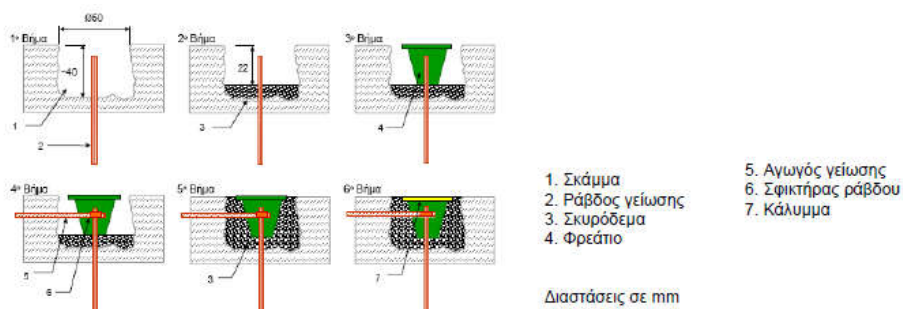
Ένα βελτιωτικό γειώσεων το οποίο πετυχαίνει βελτίωση της αγωγιμότητας του εδάφους εκεί όπου η ειδική αντίστασή του είναι πολύ μεγάλη και οι απαιτήσεις για χαμηλή αντίσταση διαχύσεως είναι πολύ υψηλές, είναι το TERRAFILL™. Το TERRAFILL™ το οποίο αποτελείται από μια ουδέτερη ουσία αναμεμειγμένη με νερό, λόγω της πολύ χαμηλής ειδικής αντίστασής του, που οφείλεται κυρίως στην ηλεκτρολυτική διεργασία του νερού και των ορυκτών αλάτων που περιέχει, τα οποία ιονιζόμενα σχηματίζουν έναν ισχυρό ηλεκτρολύτη με PH 8 έως 10, δηλαδή συμπεριφέρεται ουδέτερα και όχι όξινα ώστε να υπάρχει ο κίνδυνος της διάβρωσης του ηλεκτροδίου, ο ηλεκτρολύτης αυτός δεν απορροφάται μια και γίνεται μέρος του περιβάλλοντος εδάφους ενώ παράλληλα είναι φιλικός με το περιβάλλον. Ο ηλεκτρολύτης αυτός προσκολλάται σε οποιαδήποτε επιφάνεια εδάφους που το περιβάλλει πετυχαίνοντας έτσι τέλεια ηλεκτρική επαφή του γειωτή με αυτό. Εάν εκτεθεί άμεσα στην ακτινοβολία του ηλίου, τείνει να αυτοπροστατευθεί, εμποδίζοντας την εξάτμιση του περιεχόμενου νερού να προχωρήσει πέρα από την επιφάνειά του, σχηματίζοντας μία αδιαπέραστη μεμβράνη μερικών χιλιοστών του μέτρου, στην εκτεθειμένη στον ήλιο επιφάνειά του. Σειρά εκτεταμένων μετρήσεων και πειραμάτων σχετικά με την συμπεριφορά του TERRAFILL™, τεκμηριώνουν ότι η περιεκτικότητά του σε νερό μετά μακρά περίοδο ξηρασίας, φθάνει μέχρι και 600% του όγκου του, ενώ παράλληλα μειώνει τη τιμή της αντίστασης της γείωσης μέχρι και 14 φορές.



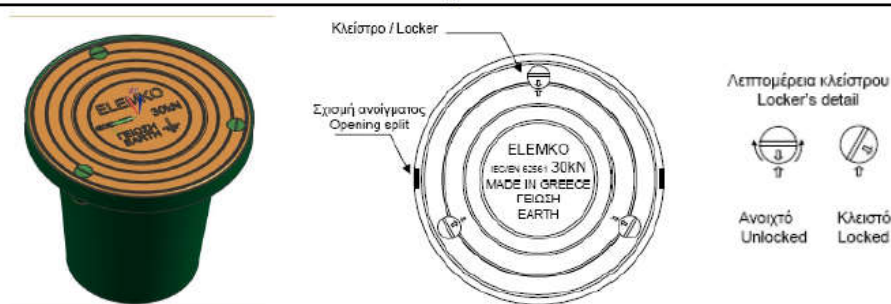
Εικόνα 3.10

### 3.6 ΦΡΕΑΤΙΟ ΓΕΙΩΣΗΣ

Χρησιμοποιείτε για τον έλεγχο σύνδεσης του αγωγού με το ηλεκτρόδιο γείωσης καθώς και την σωστή μέτρηση της αντίστασης γείωσης, στο κάλυμμα πρέπει να φέρει ανάγλυφη την σύμανση της γείωσης.



Σχέδια

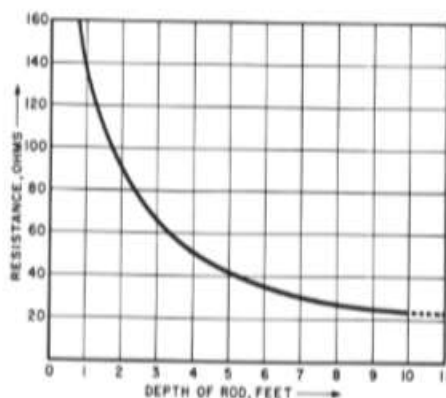


Εικόνα 3.11

### 3.7 ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΓΕΙΩΣΗΣ

Αντίσταση γείωσης ονομάζεται η αντίσταση ενός ηλεκτροδίου η ενός συστήματος γείωσης προς την άπειρη γη. Με τη έννοια άπειρη γη εννοούμε ένα σημείο στην επιφάνεια της που βρίσκεται σε μια θεωρητικά άπειρη απόσταση από τον γειωτή. Στο συγκεκριμένο σημείο ορίζουμε μηδενική τάση και θεωρούμε συνήθως την άπειρη απόσταση 5πλασια-10πλασια από τη μέγιστη διάσταση του γειωτή.

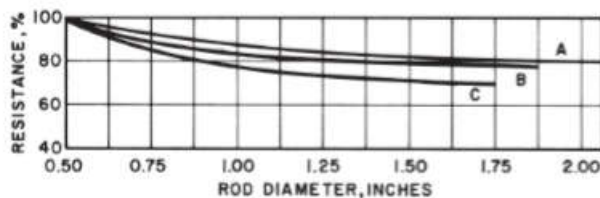
Για μια συγκεκριμένη εκφόρτιση ρεύματος, η αντίσταση γείωσης ισούται με το λόγο της διαφοράς δυναμικού μεταξύ του σημείου σύνδεσης του ηλεκτροδίου και της άπειρης γης προς την ένταση του εκφορτιζόμενου ρεύματος, δηλαδή  $R=V/I$ . Πρόκειται δηλαδή για μια ωμική αντίσταση στο γύρω απ' το ηλεκτρόδιο έδαφος και όχι ένα είδος επιφανειακής αντίστασης του ίδιου του ηλεκτροδίου. Εφόσον η αντίσταση γείωσης εκφράζει την αντίσταση διαβάσεως του ρεύματος από το αγωγίμο υλικό του ηλεκτροδίου προς το περιβάλλον έδαφος, εξαρτάται από την ειδική αντίσταση του εδάφους καθώς επίσης και από τη γεωμετρία του γειωτή, την επιφάνεια που αυτός καταλαμβάνει καθώς και το βάθος στο οποίο είναι τοποθετημένος.



**Σχήμα 3.2 Σχέση αντίστασης γείωσης-βάθους τοποθέτησης ηλεκτροδίου**

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε μείωση της αντίστασης γείωσης όσο αυξάνεται το βάθος τοποθέτησης καθώς στα χαμηλότερα στρώματα του εδάφους αυξάνεται το ποσοστό υγρασίας σε σχέση με το επιφανειακό στρώμα.







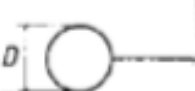
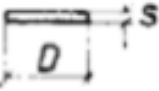
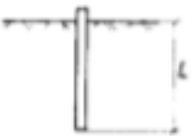

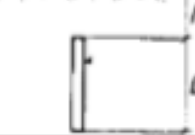
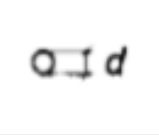
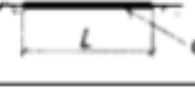
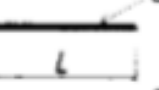
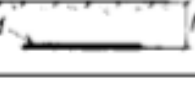
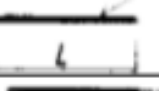
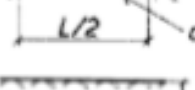
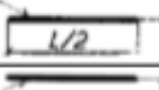
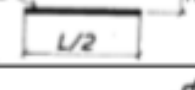
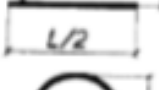
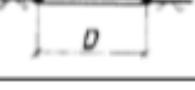

Σε αντίθεση με το μήκος, η ακτίνα του ηλεκτροδίου δεν έχει ιδιαίτερα σημαντική επίδραση στην αντίσταση γείωσης. Για σταθερό μήκος ηλεκτροδίου, διπλασιασμός της ακτίνας του προκαλεί μείωση της αντίστασης γείωσης μόνο κατά 10%.








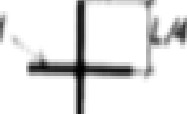

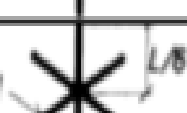
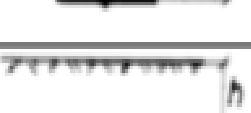

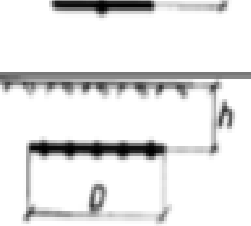
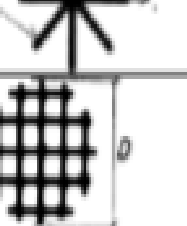


**Σχήμα 3.3 Σχέση αντίσταση γείωσης-διαμέτρου ηλεκτροδίου**

### 3.7.1 Θεωρητικός υπολογισμός αντίστασης γείωσης

Στον Πίνακα 3.2 δίνονται οι αναλυτικοί τύποι για τον υπολογισμό της αντίστασης γείωσης διαφόρων διατάξεων γείωσης. Οι τύποι ισχύουν για ομοιογενή εδάφη.

ΤΥΠΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟΥ	ΠΛΑΓΙΑ ΟΨΗ	ΚΑΤΩΨΗ	ΤΥΠΟΣ	
Επιφανειακή σφαίρα			$R = \frac{\rho}{\pi D}$	1.
Υπόγεια σφαίρα			$R = \frac{\rho}{\pi D} \left( 0,5 + \frac{D}{8h} \right)$	2.
Επιφανειακή πλάκα			$R = \frac{\rho}{2D}$	2.
Υπόγεια πλάκα			$R = \frac{\rho}{2D} \left( 0,5 + \frac{D}{4\pi h} \right)$	3.
Επιφανειακή κατακόρυφη ράβδος			$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{8L}{d} - 1 \right)$ $= \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{4L}{1,36 \cdot d}$	4.
Υπόγεια κατακόρυφη ράβδος			$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{4L}{1,36 \cdot d} \cdot \frac{2h + L}{4h + L}$	4.
Επιφανειακή ταινία			$R = \frac{\rho}{\pi L} \ln \frac{2L}{1,36 \cdot d}$	4.
Υπόγεια ταινία			$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2}{1,85 \cdot hd}$	5.
Δύο επιφανειακές ταινίες			$R = \frac{\rho}{\pi L} \ln \frac{L^2}{2 \cdot 1,85 \cdot da}$	6.
Δύο υπόγειες ταινίες			$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^4}{16 \cdot 3,42 \cdot hdaA}$ $A = \sqrt{a^2 + 4h^2}$	5.
Επιφανειακός δακτύλιος			$R = \frac{\rho}{\pi^2 D} \ln \frac{8D}{d}$ $= \frac{\rho}{\pi L} \ln \frac{2L}{0,785 \cdot d}$	4.

Υπόγειος δακτύλιος			$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \ln \frac{16D^2}{hd}$ $= \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2}{0,617 \cdot hd}$	5.
Δύο υπόγειες ταινίες			$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2}{1,27 \cdot hd}$	5.
Τρεις υπόγειες ταινίες			$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2}{0,767 \cdot hd}$	5.
Τέσσερις υπόγειες ταινίες			$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2}{0,217 \cdot hd}$	5.
Έξι υπόγειες ταινίες			$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2 \cdot 10^3}{9,42 \cdot hd}$	5.
Οκτώ υπόγειες ταινίες			$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2 \cdot 10^4}{2,69 \cdot hd}$	5.
Υπόγειο πλέγμα			$R = \frac{\rho}{2D} + \frac{\rho}{h}$	7.
1. $D < h$ 2. $s \ll D$ 3. $D < 2h$ 4. $d \ll L$ 5. $d \ll 4h \ll L/n$ 6. $d \ll a \ll L/n$ 7. $h \ll D$				

**Πίνακας 3.2 Αναλυτικοί τύποι υπολογισμού της αντίστασης γείωσης διαφόρων γειωτών**

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι :

- Στους ραβδοειδείς γειωτές, η αντίσταση γείωσης είναι περίπου αντιστρόφως ανάλογη του βάθους τοποθέτησης ενώ δεν εξαρτάται σημαντικά απ' το πάχος ή τη διάμετρο.
- Στους γειωτές ταινίας, η αντίσταση γείωσης είναι περίπου αντιστρόφως ανάλογη του μήκους ενώ, για το ίδιο μήκος ταινίας, ο ευθύγραμμος γειωτής έχει μικρότερη αντίσταση απ' τον κυκλικό.
- Στους γειωτές πλάκας, η αντίσταση γείωσης μειώνεται όσο αυξάνουν οι διαστάσεις και το βάθος τοποθέτησης.
- Στους γειωτές πλέγματος, η αντίσταση γείωσης μειώνεται όσο αυξάνουν οι διαστάσεις και το βάθος τοποθέτησης.

Στη θεμελιακή γείωση ο υπολογισμός της αντίστασης γείωσης γίνεται από τον τύπο

$$R = \frac{2 * \rho}{\pi * D}$$

Όπου  $D = \sqrt{\left(\frac{4}{\pi} * S\right)}$  και S στο εμβαδόν επιφάνειας της κάτοψης σε m<sup>2</sup>

### 3.7.2 Πρακτική μέτρηση αντίστασης γείωσης

Πρακτικά για τη μέτρηση της αντίστασης γείωσης χρησιμοποιείται συσκευή μέτρησης γείωσης η οποία περιλαμβάνει και τη χειροκίνητη γεννήτρια πηγής ρεύματος της μέτρησης και δίνει άμεσα την τιμή της αντίστασης γείωσης. Οι συσκευές αυτές ονομάζονται γειωσόμετρα. Σε ορισμένους τύπους γειωσομέτρων η τάση παράγεται από ηλεκτρονική διάταξη που μετατρέπει τη συνεχή τάση των ηλεκτρικών στοιχείων σε εναλλασσόμενη τάση. Για την πραγματοποίηση της μέτρησης απαιτούνται δυο βοηθητικά ηλεκτρόδια που να παρουσιάζουν πολύ μικρή αντίσταση.

Για να μετρήσουμε την αντίσταση γείωσης με το γειωσόμετρο θα πρέπει

- Να τοποθετήσουμε στο έδαφος τους βοηθητικούς πασσάλους
- Να έχουν καλή επαφή με τη γη
- Η απόσταση των πασσάλων και της γείωσης που πρόκειται να μετρηθεί να είναι 15-30 m
- Το γειωσόμετρο θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στη μετρούμενη γείωση ώστε να χρησιμοποιηθεί όσο το δυνατόν μικρότερο σύρμα σύνδεσης (η αντίσταση του σύρματος σύνδεσης προστίθεται στην αντίσταση μέτρησης)
- Τα τρία ηλεκτρόδια γείωσης θα πρέπει να τοποθετηθούν σε διάταξη ισόπλευρου τριγώνου ώστε οι αποστάσεις τους να μην αλληλεπικαλύπτουν τις ζώνες επιρροής του κάθε ηλεκτροδίου.

## 4. Σχεδιασμός εγκαταστάσεων γείωσης ειδικών περιπτώσεων

### 4.1 Στόχοι μιας εγκατάστασης γείωσης

Ο βασικός στόχος της σχεδίασης και της κατασκευής ενός συστήματος γείωσης σε κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση είναι να εξασφαλίζει την προστασία των ατόμων και των συσκευών αλλά και τη συνεχή τροφοδότηση ηλεκτρικής ισχύος .

Για την εξασφάλιση του στόχου αυτού σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να υπάρχει μία αγωγίμη διαδρομή για να μπορέσει να διοχετευθεί το ρεύμα που παράγεται από ένα σφάλμα στη γη. Για παράδειγμα σε κατάσταση βραχυκυκλώματος, το ρεύμα βραχυκύκλωσης θα διανεμηθεί στο σύστημα γείωσης και έπειτα θα διοχετευθεί στη



γη. Σε μια τέτοια περίπτωση η ροή ρεύματος στη γη παράγει δυναμικό μέσα και γύρω από το σύστημα γείωσης. Η μέγιστη κλίση δυναμικού κατά μήκος της περιβάλλουσας της επιφάνειας του εδάφους πρέπει να έχει κατάλληλη τιμή για να μην κινδυνεύσουν τα άτομα στην περιοχή. Επίσης επικίνδυνες τάσεις μπορεί να αναπτυχθούν ανάμεσα σε γειωμένο ηλεκτρικό εξοπλισμό ή κατασκευή και μεταλλικά καλύμματα του εξοπλισμού. Για την αποφυγή ατυχήματος ηλεκτροπληξίας, η σχεδίαση μίας ασφαλούς εγκατάστασης/συστήματος γείωσης πρέπει να λαμβάνει υπ' όψη:

- την αντίσταση γείωσης,
- το μέγεθος και τη θέση της μέγιστης βηματικής τάσης που μπορεί να αναπτυχθεί στην επιφάνεια του εδάφους.
- την τάση επαφής με τη γειωμένη κατασκευή

Υπενθυμίζεται ότι βηματική τάση ορίζεται η διαφορά δυναμικού που εφαρμόζεται σε ένα άτομο που γεφυρώνει με τα πόδια του απόσταση 1m χωρίς να έρχεται σε επαφή με άλλο αντικείμενο και τάση επαφής η πτώση τάσης η οποία εφαρμόζεται σε ένα άτομο όταν αυτό έρχεται σε επαφή με γειωμένη κατασκευή

Έτσι οι στόχοι ενός ασφαλούς συστήματος γείωσης είναι:

- Να μπορεί να διοχετεύσει με ασφάλεια στη γη τα διάφορα ρεύματα που μπορούν να δημιουργηθούν κάτω από κανονικές συνθήκες και συνθήκες σφαλμάτων, έτσι ώστε να μην επηρεάζεται η λειτουργία των διαφόρων συσκευών στο χώρο που υπάρχει η γείωση.
- Να διασφαλίζει ότι τα πρόσωπα που κινούνται στην περιοχή κάθε εγκατάστασης που καλύπτεται από το συγκεκριμένο σύστημα δεν διατρέχουν κανένα κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.

Επιπλέον η εγκατάσταση /σύστημα γείωσης θα πρέπει να καλύπτει τις βασικές απαιτήσεις κάθε τεχνικής εγκατάστασης που είναι:

- Ασφάλεια
- Λειτουργικότητα
- Καλαισθησία
- Οικονομία

## **4.2 Γείωση μεταλλικών κτηρίων**

Συμφωνά με την ισχύουσα νομοθεσία, ο χαλύβδινος σκελετός ενός μεταλλικού κτηρίου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την γείωση των επιμέρους κυκλωμάτων της ηλεκτρικής εγκατάστασης που εξυπηρετεί το συγκεκριμένο κτήριο. Το σύνολο του μεταλλικού σκελετού μπορεί να αποτελέσει έναν “ εκτεταμένο κύριο ζυγό γείωσης”,

που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την γείωση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων αλλά και την υλοποίηση των απαραίτητων ισοδυναμικών συνδέσεων. Για να είναι εφικτά τα προαναφερθέντα θα πρέπει να γειωθεί ο φέροντας οργανισμός του μεταλλικού κτιρίου .

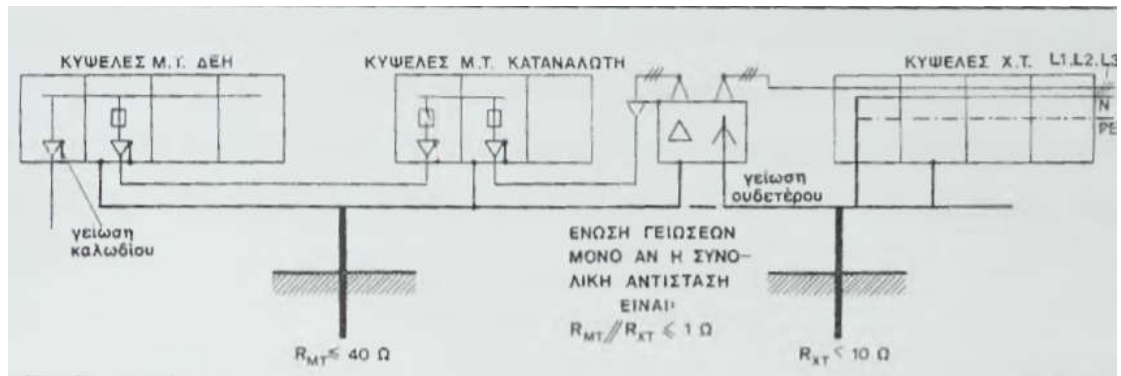
Με βάση τη συνήθη πρακτική, ο φέροντας οργανισμός του μεταλλικού κτιρίου θα πρέπει να θεμελιώνεται μέσω κοχλιώσεων (με παξιμάδια επί πακτωμένων μπουλονιών) πάνω σε πέδιλα ή πλάκα θεμελίωσης από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η γείωση του κτιρίου επιτυγχάνεται με την κατασκευή θεμελιακής γείωσης εντός των πέδιλων ή της όποιας βάσης θεμελίωσης από οπλισμένο σκυρόδεμα, με τον κύριο αγωγό γείωσης που θα έρχεται από το ηλεκτρόδιο της θεμελιακής γείωσης.

### **4.3 Γείωση υποσταθμών μέσης τάσης**

Βασικός ρόλος της γείωσης σε έναν υποσταθμό είναι η προστασία των ανθρώπων από τάσεις επαφής. Η καλύτερη γείωση σε υποσταθμό θεωρείται η θεμελιακή γείωση της οποίας η τιμή θα πρέπει να είναι μικρότερη από  $40\Omega$  εφόσον είναι ξεχωριστή από τη γείωση χαμηλής τάσης . Στην περίπτωση που μέση και χαμηλή τάση γειώνονται μαζί η τιμή της αντίστασης γείωσης θα πρέπει να είναι μικρότερη τους  $1\Omega$ .

Αναλυτικά για τους υποσταθμούς μέσης τάσης προβλέπεται συνήθως πολλαπλή γείωση προστασίας με ξεχωριστό προστατευτικό αγωγό (ουδετέρωση με χωριστό αγωγό γείωσης). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή ο ουδέτερος κόμβος κάθε μετασχηματιστή (που γειώνεται στη θεμελιακή γείωση) χωρίζεται σε ουδέτερο και σε προστατευτικό αγωγό (αγωγό γης) στον αντίστοιχο Πίνακα Χαμηλής Τάσης. Ο ουδέτερος στον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης καταλήγει σε ζυγό ουδέτερου και η γείωση σε ζυγό γείωσης. Από το ζυγό γείωσης αρχίζει το δίκτυο γειώσεως της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Η γείωση προστασίας των κυψελών μέσης τάσης και του δοχείου του μετασχηματιστή μπορεί να συνδεθεί με την γείωση του ουδέτερου μόνο αν η αντίσταση γείωσης μέσης και χαμηλής τάσης είναι μικρότερη του  $1\Omega$  όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



**Εικόνα 4.1 Τρόπος γείωσης του Μ/Σ και των κυψελών Υ/Σ**

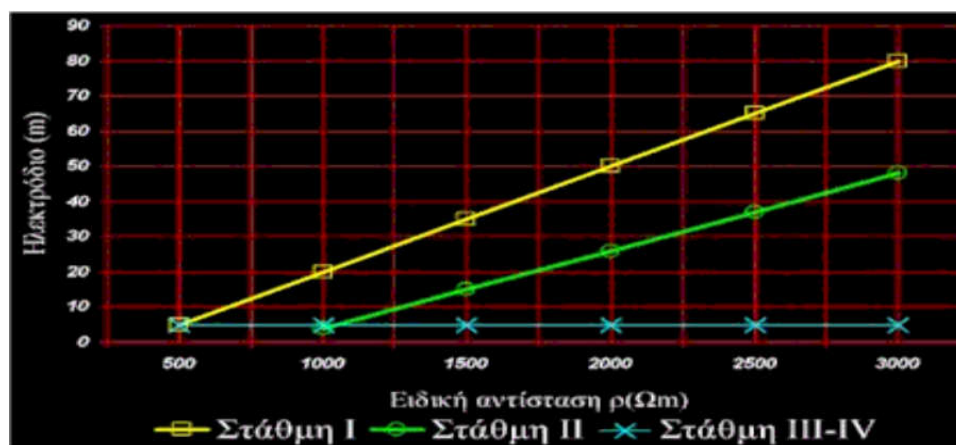
Η θεμελιακή γείωση στους υποσταθμούς κατασκευάζεται συνήθως με δύο παράλληλες ταινίες χαλκού και συνδέεται με το πλέγμα ισοδυναμικής επιφάνειας του δαπέδου. (Κάτω από το δάπεδο του χώρου του υποσταθμού τοποθετείται συχνά επιπλέον πλέγμα δαρίγκ, διαμέτρου 6 χιλιοστών και με ηλεκτροσυγκόλληση ενώνονται τα τεμάχια του με τους οδηγούς στήριξης των μετασχηματιστών, με τις βάσεις έδρασης των πινάκων, με τον οπλισμό του κτιρίου και συνδέονται με τη θεμελιακή γείωση).

Περιμετρικά στους τοίχους των παραπάνω χώρων τοποθετείται χάλκινη ταινία γείωσης, διατομής τουλάχιστον 30mm x 3mm, στην οποία συνδέονται όλα τα μεταλλικά μέρη του εξοπλισμού, τα μεταλλικά μέρη των πινάκων μέσης τάσης, τα μεταλλικά μέρη των μετασχηματιστών, των πινάκων των μετασχηματιστών και των πινάκων της εταιρείας διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. ΔΕΗ), με αγωγούς εύκαμπτους διατομής τουλάχιστον 50 mm<sup>2</sup>. Η χάλκινη αυτή ταινία συνδέεται σε έξι τουλάχιστον σημεία με τη θεμελιακή γείωση.

Στη θεμελιακή γείωση συνδέονται και οι ουδέτεροι κόμβοι των μετασχηματιστών και οι μπάρες γείωσης του πίνακα χαμηλής τάσης με αγωγό χαλκού τουλάχιστον 95 mm<sup>2</sup>.

#### 4.4 Γείωση αντικεραυνικής προστασίας

Σκοπός του συστήματος γείωσης είναι να επιτυγχάνει την διάχυση του κεραυνικού ρεύματος μέσα στη γη, με ταχύτητα και ασφάλεια χωρίς να δημιουργούνται επικίνδυνες υπερτάσεις στον χώρο όπου είναι κατασκευασμένη. Η απαίτηση της τιμής της αντίστασης του συστήματος γείωσης είναι, είτε κάτω από  $10\Omega$ , είτε ένα ελάχιστο μήκος γειωτή όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Εικόνα 4.2

Οι εγκαταστάσεις αλεξικέραυνων φέρουν σε περίπτωση κεραυνοπληξίας, κρουστικά ρεύματα που στην πλειονότητα τους είναι της τάξης 10 με 50 Ka περίπου. Έτσι αναμένονται υψηλές τάσεις στο άκρο του γειωτή ως προς την άπειρη γη. Αν υπάρχουν θεμελιακή γείωση ή ισοδυναμικές συνδέσεις στο κτίριο, μπορεί να συνδεθεί η εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας από κοινού με την γείωση προστασίας, στον θεμελιακό γειωτή. Η σύνδεση γίνεται σε πολλά σημεία στην περίμετρο του κτιρίου και σε αποστάσεις 10 με 15 cm. Οι γραμμές σύνδεσης των αλεξικέραυνων είναι από χαλκό με διατομή  $50 mm^2$  τουλάχιστον και συνδέονται μέσω σπινθηριστών ή απευθείας με την θεμελιακή γείωση. Η γείωση μέσω σπινθηριστών ονομάζεται ανοικτή γείωση και γίνεται για να αποφεύγεται η διάβρωση των γειωτών. Σε περίπτωση κεραυνού, όλη η εγκατάσταση (γείωση προστασίας και ουδέτερος), ανυψώνεται στο δυναμικό της ως προς την άπειρη γη. Πρέπει όμως να συνδεθούν στον πίνακα τροφοδοσίας, τόσο στις φάσεις όσο και στον ουδέτερο, απαγωγείς τάσεων. Αν για οποιονδήποτε λόγο πρέπει να χωριστούν οι γειώσεις αλεξικέραυνων και προστασίας, τότε πρέπει ο γειωτής αλεξικέραυνου να γίνει περιμετρικά στο κτίριο σαν βρόγχος, δηλαδή σαν επιφανειακός γειωτής. Ο γειωτής του ουδέτερου πρέπει να βρίσκεται μακριά από την ζώνη επιρροής του γειωτή του αλεξικέραυνου, δηλαδή περίπου 30 m μακριά.

## 4.5 Αντιστατική γείωση

Η παρουσία στατικού ηλεκτρισμού ή η συγκέντρωση ηλεκτροστατικού φορτίου είναι παντού στην καθημερινότητα του ανθρώπου. Ένας σπινθήρας λόγω στατικού ηλεκτρισμού μας δημιουργεί μια ενόχληση. Σε ένα εύφλεκτο περιβάλλον μπορεί να φανεί καταστροφικός διότι μπορεί να προκαλέσει ανάφλεξη.

Για να καταλάβουμε την έκταση του κινδύνου και πως αυτός μπορεί να περιοριστεί, θα πρέπει να αναλύσουμε τις βασικές αρχές του στατικού ηλεκτρισμού και το πως αυτός δημιουργείται. Κάθε βιομηχανική διαδικασία η οποία εμπεριέχει κίνηση, ανάμιξη ή διαχωρισμό υλικών, θα δημιουργήσει στατικό ηλεκτρισμό. Στατικός ηλεκτρισμός μπορεί να δημιουργηθεί από τη ροή υγρών μέσα από ένα σωλήνα, από σκόνη η οποία πέφτει από μία ταινία μεταφοράς, από μία διαδικασία ανάμιξης η από ένα άτομο που περπατάει. Το ρεύμα που δημιουργείται από το στατικό φορτίο είναι συνήθως πολύ μικρής έντασης (<0,1mA). Αν το αντικείμενο στο οποίο αναπτύσσεται στατικός ηλεκτρισμός είναι γειωμένο, τότε το φορτίο οδηγείται στη γη μόλις δημιουργηθεί. Αν όμως το αντικείμενο είναι αγωγικό, τότε το φορτίο θα αρχίσει να αυξάνει. Στον πίνακα ..... παρατίθεται η ενέργεια που μπορεί να αποθηκευτεί σε αντικείμενα και ανθρώπους

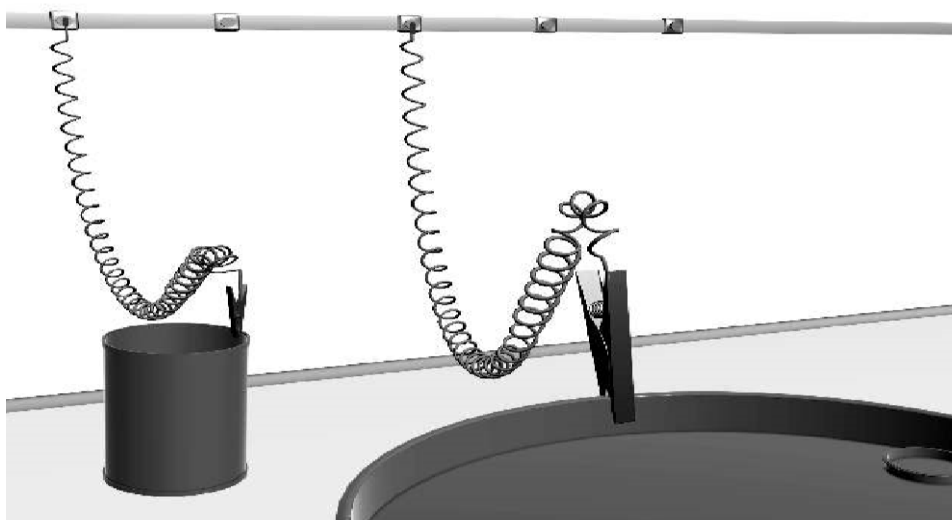
«Απομονωμένος αγωγός»	Χωρητικότητα (pF)	Αποθηκευμένη ενέργεια στα 10 kV (mJ)	Αποθηκευμένη ενέργεια στα 30kV (mJ)
Βυποφόρο	5000	250	2250
Άνθρωπος	200	10	90
Μεταλλικός κουβάς	20	1	9
100mm φλάντζα	10	0.5	4.5

Εικόνα 4.3

### 4.5.1 Γείωση δοχείων και δεξαμενών

Τα φορητά αντικείμενα θα πρέπει να συνδέονται με τη γείωση μέσω σφικτήρων και καλωδίων. Ο σφικτήρας θα πρέπει να είναι σχεδιασμένος έτσι ώστε να παρέχει αξιόπιστη σύνδεση και να διαπερνά τα στρώματα μπογιάς ή σκουριάς. Ως μηχανική συσκευή, θα πρέπει να είναι εγκεκριμένος για χρήση στην κατάλληλη ζώνη εκρηκτικού περιβάλλοντος. Τα καλώδια και οι συνδέσεις θα πρέπει να είναι ικανής μηχανικής αντοχής, ώστε να αποφευχθεί ζημιά από τις επαναλαμβανόμενες

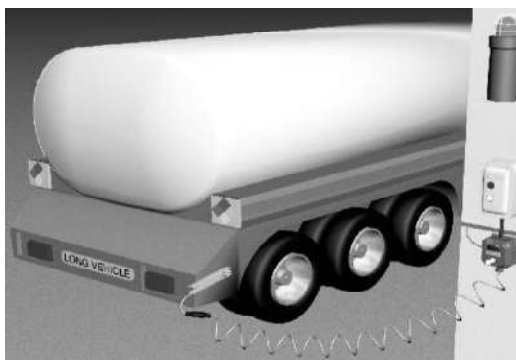
μετακινήσεις καθώς ο σφικτήρας θα συνδέεται και αποσυνδέεται από το προς γείωση αντικείμενο



Εικόνα 4.4

#### 4.5.2 Γείωση βυτιοφόρων

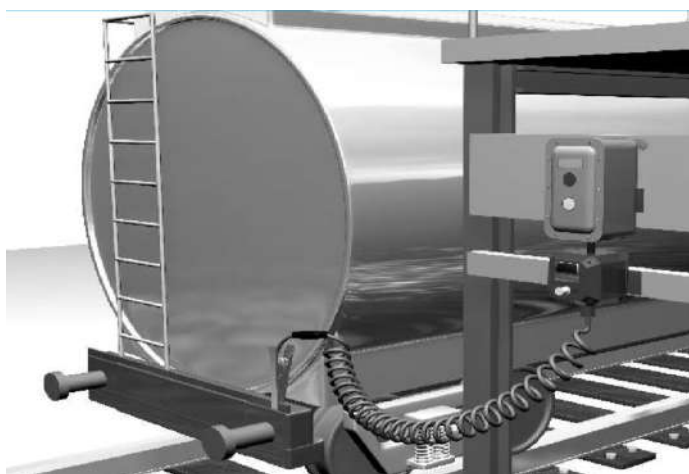
Λόγο του υψηλού κινδύνου ανάφλεξης, εξαιτίας ενός αγείωτου βυτιοφόρου, πολλές εγκαταστάσεις επιλέγουν να ακολουθήσουν τον κώδικα πρακτικής της Cenelec και τις συστάσεις του NFPA77 και να διαθέτουν συστήματα με ένδειξη και επαφές εντολής έτσι ώστε να αποτρέψουν τη μεταφορά προϊόντος αν το καλώδιο γείωσης δεν είναι συνδεδεμένο. Ένα σύστημα που ταυτόχρονα ελέγχει την ποιότητα της σύνδεσης προς γη και αναγνωρίζει ότι ο σφικτήρας γείωσης είναι ορθά συνδεδεμένος στο βυτιοφόρο, θα διασφαλίσει αυτόματα ότι η διαδικασία προχωράει με ασφάλεια και θα αποτρέψει επικίνδυνους λανθασμένους χειρισμούς. Ένα τέτοιο σύστημα θα διασφαλίσει ότι ακολουθείται η ακόλουθη διαδικασία : Το καλώδιο γείωσης θα πρέπει να συνδέεται στο στο βυτιοφόρο πριν από κάθε χειρισμό ( άνοιγμα βανών, σύνδεση σωληνώσεων)



Εικόνα 4.5

### 4.5.3 Γείωση βαγονιών

Η φόρτωση-εκφόρτωση υγρών, σκόνης, η μη συνεκτικών στερεών υλικών σε βαγόνια μπορεί να δημιουργήσει μεγάλα ηλεκτροστατικά φορτία πράγμα που εμπεριέχει ένα σημαντικό ρίσκο σε ένα εκρηκτικό περιβάλλον, παρόλο που οι τροχοί των βαγονιών είναι σε επαφή με τις γειωμένες ράγες, πολλά βαγόνια είναι εφοδιασμένα με μη αγωγικά μηχανικά εξαρτήματα που μπορεί να τα απομονώνουν από τους τροχούς. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μία επικίνδυνη κατάσταση όπου το βαγόνι συσσωρεύει υψηλό στατικό φορτίο. Για να αποφευχθεί η ανωτέρω κατάσταση θα πρέπει να χρησιμοποιούνται συστήματα Ένδειξης / Επιβεβαίωσης της σύνδεσης με γη τα οποία θα πρέπει να διαθέτουν και επαφές εντολής, ώστε να αποτραπεί μεταφορά προϊόντος αν το βαγόνι δεν είναι σωστά γειωμένο. Οι διεθνείς κανονισμοί αναφέρουν ότι η σύνδεση της δεξαμενής του οχήματος με τις σωληνώσεις φόρτωσης είναι απαραίτητη για την προστασία από τη μεγάλη αύξηση του στατικού φορτίου. Επίσης εξαιτίας των ρευμάτων διαρροής, οι γραμμές φόρτωσης πρέπει να συνδέονται με τα βαγόνια.



Εικόνα 4.6

### 4.5.4 Γείωση προσωπικού

Άκρως σημαντική με τη γείωση του εξοπλισμού σε ένα βιομηχανικό χώρο είναι και η διασφάλιση ότι το προσωπικό που εργάζεται στις περιοχές υψηλού κινδύνου είναι κατάλληλα γειωμένο ανά πάσα στιγμή. Ο πιο πρακτικός τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι η χρήση αντιστατικών υποδημάτων. Επιπλέον το δάπεδο θα πρέπει να παρουσιάζει την κατάλληλη αγωγιμότητα. Η απαιτούμενη αντίσταση για τα αντιστατικά υποδήματα συνίσταται στα  $10^8 \Omega$

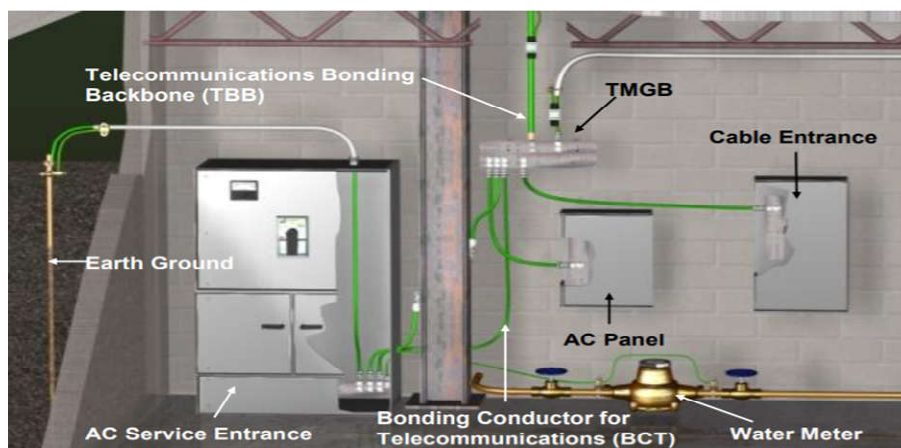


Εικόνα 4.7

#### 4.6 Γείωση τηλεπικοινωνιακών συστημάτων

Η γείωση των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων είναι απαραίτητη για την κανονική λειτουργία των ηλεκτρικών μερών, όπως του τηλεφωνικού κέντρου κ.α. Ο σκοπός του συστήματος γείωσης των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων είναι η δημιουργία ενός ικανού δρόμου επιστροφής ηλεκτρικών κυμάτων και υπερτάσεων στην πηγή τους (η οποία μπορεί να περιλαμβάνει τη γη). Οι σπινθήρες (ηλεκτρικές εκκενώσεις), οι πτώσεις τάσης, η ενεργοποίηση και η απενεργοποίηση των συσκευών, η ενεργοποίηση των προστατευτικών συσκευών κύματος (SPD) και η ηλεκτροστατική εκκένωση είναι κοινές αιτίες αυτών των ηλεκτρικών κυμάτων και υπερτάσεων. Ένα αποτελεσματικό σύστημα συνδέσεων και γείωσης μειώνει τις καταστροφικές επιδράσεις αυτών των ηλεκτρικών κυμάτων και των υπερτάσεων οι οποίες περιλαμβάνουν την υποβιβασμένη απόδοση και αξιοπιστία δικτύων και τους αυξανόμενους κινδύνους ασφαλείας.

Μία κεντρική τηλεπικοινωνιακή κεντρική μπάρα γείωσης (TMGB) θα τοποθετηθεί στην είσοδο των παροχών. Μία τηλεπικοινωνιακή μπάρα γείωσης (TGB) θα τοποθετηθεί σε κάθε τηλεπικοινωνιακό χώρο. Η τηλεπικοινωνιακή μπάρα γείωσης θα γειωθεί με κεντρική τηλεπικοινωνιακή μπάρα γείωσης η οποία θα συνδεθεί στην γείωση του κτιρίου.



Εικόνα 4.7



Ο μετρητής του καλωδίου γείωσης, γνωστό ως Τηλεπικοινωνιακή Σύνδεση Κορμού (TBB) θα ακολουθήσει τις οδηγίες όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :

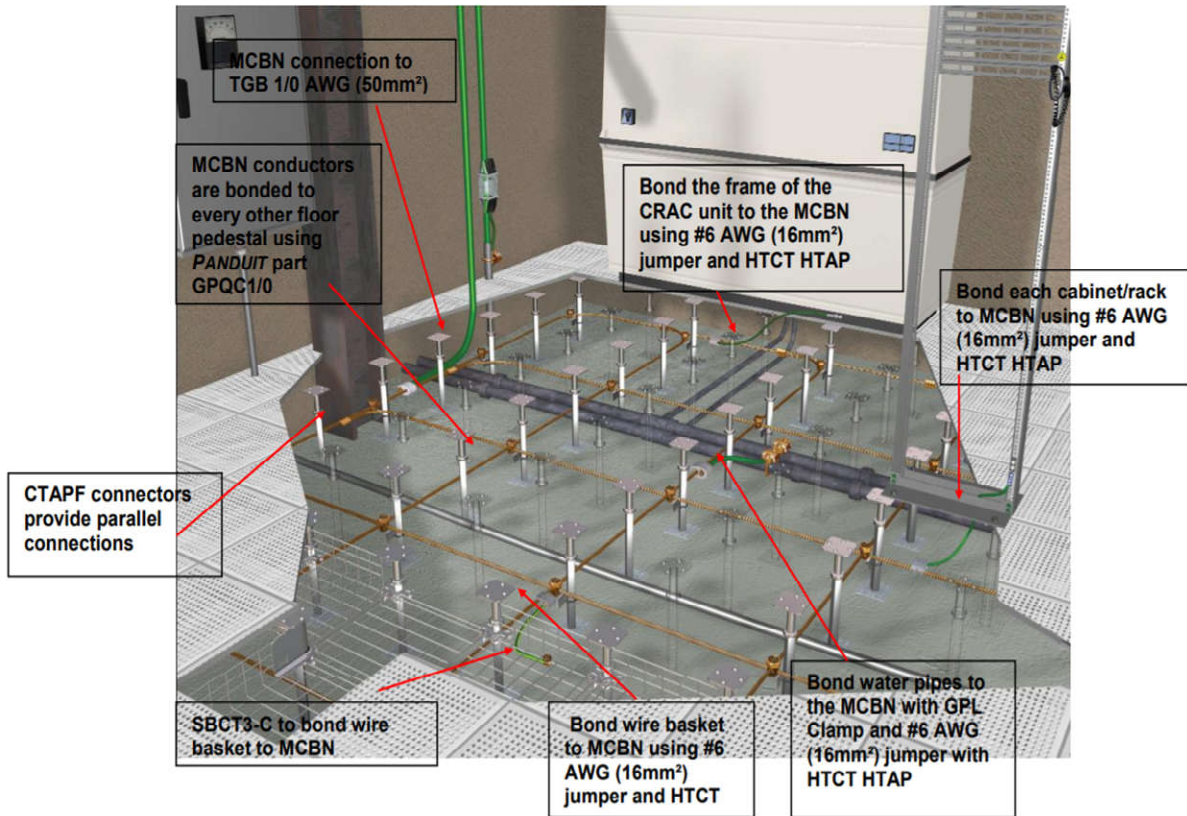
Μήκος TBB σε μέτρα	Διατομή TBB σε AWG
Μικρόμετρο από 4	6 (16mm <sup>2</sup> )
4-6	4 (25mm <sup>2</sup> )
6-8	3 (25mm <sup>2</sup> )
8-10	2 (35mm <sup>2</sup> )
10-13	1 (35mm <sup>2</sup> )
13-16	1/0 (50mm <sup>2</sup> )
16-20	2/0 (70mm <sup>2</sup> )
Μεγαλύτερο του 20	3/0 (95mm <sup>2</sup> )

**Πίνακας 4.1 Γραμμικά μεγέθη τηλεπικοινωνιακής σύνδεσης κορμού**

Η τηλεπικοινωνιακή σύνδεση κορμού θα πρέπει να οδηγηθεί σε κάθε τηλεπικοινωνιακή μπάρα γείωσης σε όσο το δυνατόν ευθεία όδευση. Η τηλεπικοινωνιακή σύνδεση κορμού θα πρέπει να εγκαθίσταται σαν συνεχής αγωγός, αποφεύγοντας κολλήσεις όπου είναι δυνατόν. Επίσης θα πρέπει να αποφευχθεί η όδευση αγωγών μέσα από μεταλλικές σωλήνες. Αν ο αγωγός γείωσης πρέπει να τραβηχτεί μέσα από μεταλλικές σωληνώσεις, θα πρέπει να συνδεθεί κάθε τέλος της μεταλλικής σωληνώσεως με τον αγωγό γείωσης. Στους τηλεπικοινωνιακούς χώρους με ένα μικρό αριθμό racks ή καμπίνων, μπορεί να είναι πιο βολικό να συνδέσουμε το καλώδιο γείωσης κατευθείαν στη τηλεπικοινωνιακή μπάρα γείωσης. Μεγαλύτεροι χώροι απαιτούν ένα κοινό Σύστημα Σύνδεσης, όπως περιγράφεται παρακάτω.

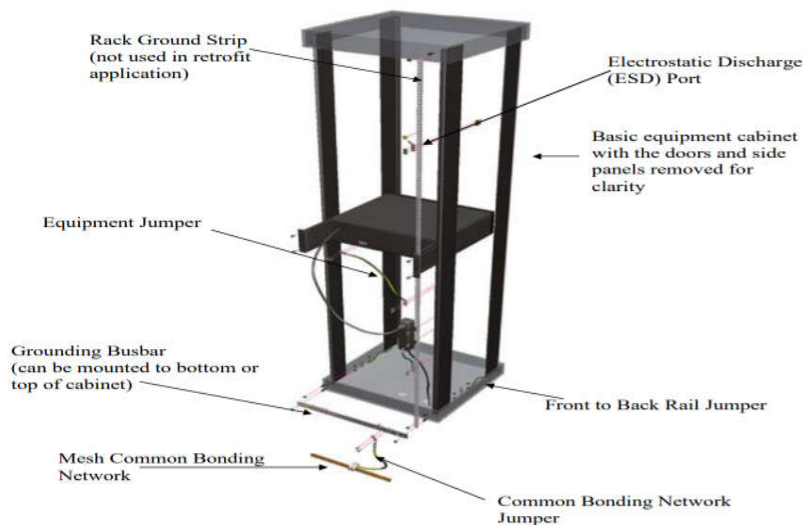
Σκοπός	Κωδικός διατομής καλωδίου χαλκού
Διάδρομος γειώσεις (πάνω) από το κοινό δίκτυο σύνδεσης	Minimum #2 AWG (35mm <sup>2</sup> )
Διάδρομος γείωσης (κάτω από πάτωμα) της επαφής κοινού δικτύου σύνδεσης	Minimum # 6 AWG (16mm <sup>2</sup> )
Αγωγοί σύνδεσης για κάθε PDU ή πίνακα παροχής δωματίου	Size per NEC 250.122 & συστάσεις κατασκευαστή
Αγωγός σύνδεσης για το HVAC εξοπλισμό	#6 AWG (16mm <sup>2</sup> )
Κολώνες κτιρίου	#4 AWG (25mm <sup>2</sup> )
Οδεύσεις, σχάρες καλωδίων	#6 AWG (16mm <sup>2</sup> )
Σωλήνες, σωλήνες νερού, αγωγοί	#6 AWG (16mm <sup>2</sup> )

**Πίνακας 4.2 Μεγέθη καλωδίων για άλλες εφαρμογές γείωσης**



**Εικόνα 4.8 Κοινό δίκτυο σύνδεσης με πλέγμα και σχάρες καλωδίων**

Στην περίπτωση που έχουμε τηλεπικοινωνιακό θάλαμο, η καμπίνα του, θα πρέπει να διαθέτει μια κάθετη μπάρα γείωσης εγκατεστημένη σε μια από τις τέσσερις μπάρες της καμπίνας με τη χρήση των κατάλληλων υλικών ώστε να διασφαλίζεται η επαφή μετάλλου με μέταλλο. Επίσης θα πρέπει να διαθέτει οριζόντια μπάρα γείωσης ως το κύριο σημείο συγκέντρωσης γειώσεων πριν την σύνδεση με το πλέγμα της τηλεπικοινωνιακής γείωσης.



**Εικόνα 4.9 Ορθώς γειωμένη τηλεπικοινωνιακή καμπίνα**

## 5.Μελέτη

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στην μελέτη, τη σχεδίαση και την κατασκευή μιας γείωσης σε μια νέα κατοικία και στον έλεγχο της μετά την περάτωση της. Για την εκπλήρωση της μελέτης θα πρέπει να γίνουν με την σειρά κάποιες εργασίες οι οποίες θα χωριστούν σε βήματα.

Τα βήματα για την μελέτη μιας γείωσης σε μια νέα κατοικία είναι τα εξής:

### 5.1 Μέτρηση της ειδικής αντίστασης του εδάφους

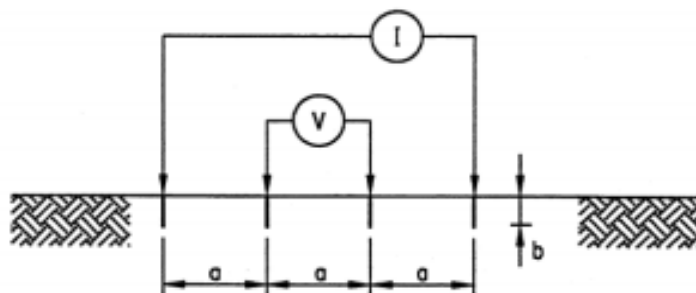
Η μέτρηση της αντίστασης του εδάφους είναι η διαδικασία μέτρησης της αντίστασης ενός όγκου χώματος, ώστε να καθοριστεί η αντίστασή του που εκφράζεται σε  $\Omega\text{m}$ . Ο προσδιορισμός της αποτελεί μια από τις βασικότερες παραμέτρους στο σχεδιασμό του συστήματος γείωσης.

Για την μέτρηση της ειδικής αντίστασης εδάφους θα χρησιμοποιήσουμε ένα γειωσόμετρο, το Geotest 2016.



**Εικόνα 5.1**

Μια από τις πιο βασικές μεθόδους μέτρησης της ειδικής αντίστασης του εδάφους είναι η μέθοδος Wenner ή μέθοδος τεσσάρων σημείων. Σε αυτή την μέθοδο τέσσερα ηλεκτρόδια οδηγούνται σε ευθεία γραμμή και κατακόρυφα στο έδαφος. Τα ηλεκτρόδια απέχουν μεταξύ τους ίση απόσταση  $a$  και τοποθετούνται σε βάθος  $b$ , όπως φαίνεται στο σχήμα 5.1. Στην συνέχεια μετρίεται η τάση μεταξύ των δύο εσωτερικών ηλεκτροδίων και διαιρείται με το ρεύμα που διέρχεται από τα εξωτερικά ηλεκτρόδια. Η τιμή που προκύπτει είναι η τιμή της αντίστασης  $R$ .



Σχήμα 5.1

Η φαινόμενη ειδική αντίσταση δίνεται από τον παρακάτω τύπο

$$\rho_{\alpha} = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

$\rho_{\alpha}$  είναι η φαινόμενη ειδική αντίσταση εδάφους σε  $\Omega\text{m}$

$R$  η μετρούμενη αντίσταση σε  $\Omega$

$a$  η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ηλεκτροδίων σε  $\text{m}$

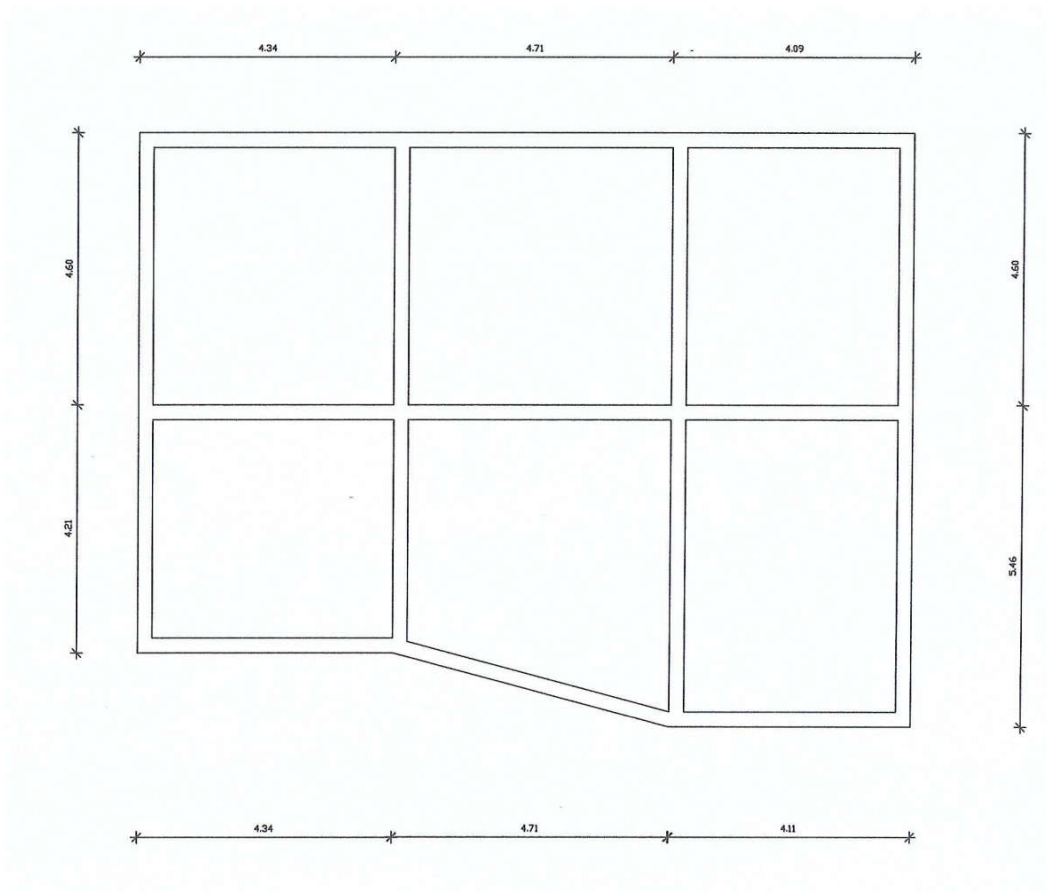
$b$  το βάθος όπου φτάνουν τα ηλεκτρόδια σε  $\text{m}$

Σε περίπτωση όπου  $b \ll a$  χρησιμοποιείται ο παρακάτω προσεγγιστικός τύπος:

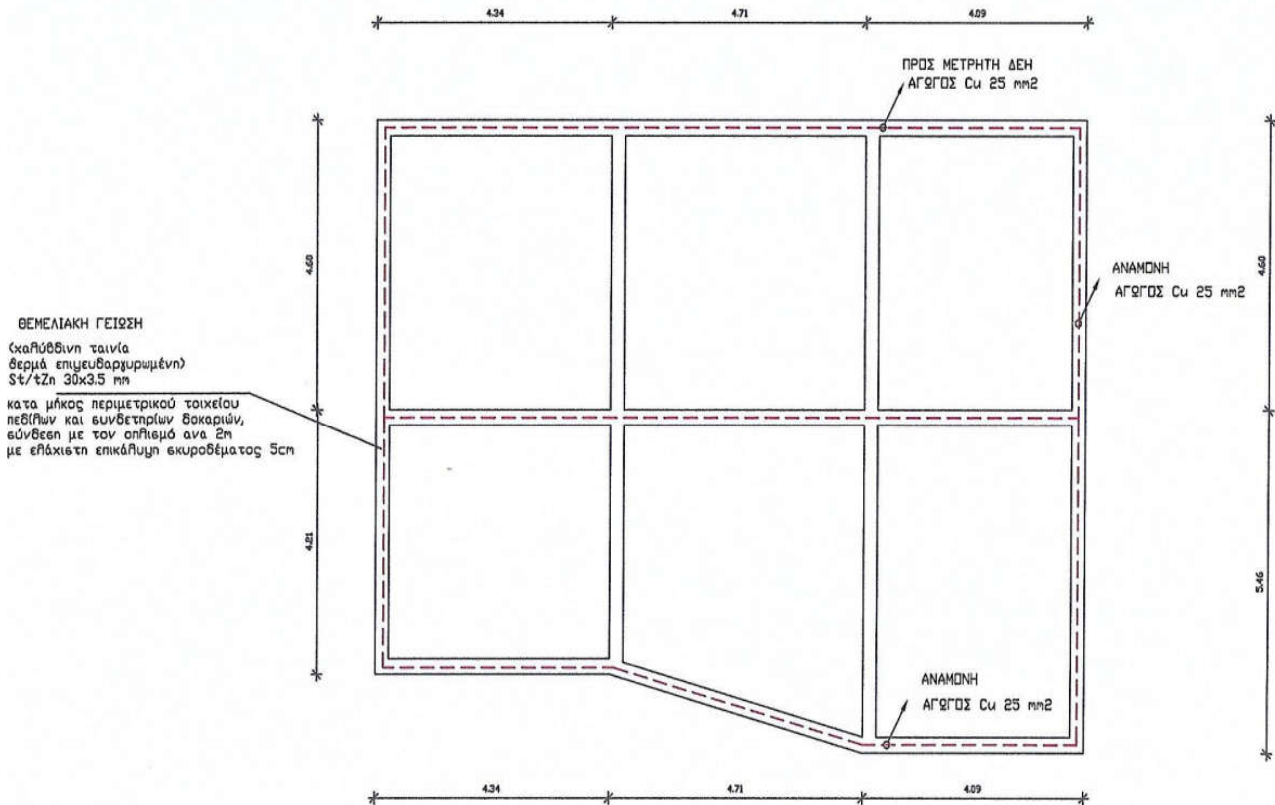
$$\rho_{\alpha} = 2\pi a R$$

## 5.2 Υπολογισμός θεμελιακής γείωσης

Αφού προμηθευτούμε τα σχέδια των κατόψεων από τον μηχανικό που επιβλέπει το έργο πρέπει να υπολογίσουμε τη θεμελιακή γείωση που θα χρησιμοποιήσουμε και που μας καλύπτει βάση της ειδικής αντίστασης εδάφους που μετρήσαμε προηγουμένως.



Εικόνα 5.2



**Εικόνα 5.3**

Η θεμελιακή γείωση είναι ένας γειωτής ταινίας που τοποθετείται στο κάτω μέρος των θεμελίων των κτιρίων, μέσα στο σκυρόδεμα. Η τοποθέτηση γίνεται στη βάση των εξωτερικών τοίχων και είναι ένας κλειστός βρόγχος. Επειδή το έδαφος και το σκυρόδεμα των θεμελίων είναι υγρό όλο το έτος συνήθως, ο θεμελιακός γειωτής έχει σχετικά χαμηλή αντίσταση γείωσης και βάση του κανονισμού πρέπει να μην ξεπερνάει τα 2Ω.

Από την μέτρηση που κάναμε προηγουμένως με την βοήθεια του οργάνου βρήκαμε ότι η ειδική αντίσταση του εδάφους είναι  $\rho=50\Omega\text{m}$ . Ο τύπος που θα χρησιμοποιήσουμε για τον υπολογισμό της θεμελιακής γείωσης είναι ο εξής:

$$R_A = \left(\frac{\rho}{\pi L}\right) \ln\left(2\left(\frac{L}{d}\right)\right)$$

$\rho$ =ειδική αντίσταση εδάφους

$L$ =μήκος περιμέτρου της θεμελιακής γείωσης

$d$ =το ισοδύναμο πάχος του αγωγού

$$d = \sqrt{\left(4\frac{A}{\pi}\right)}$$

$A$ =η διατομή του αγωγού

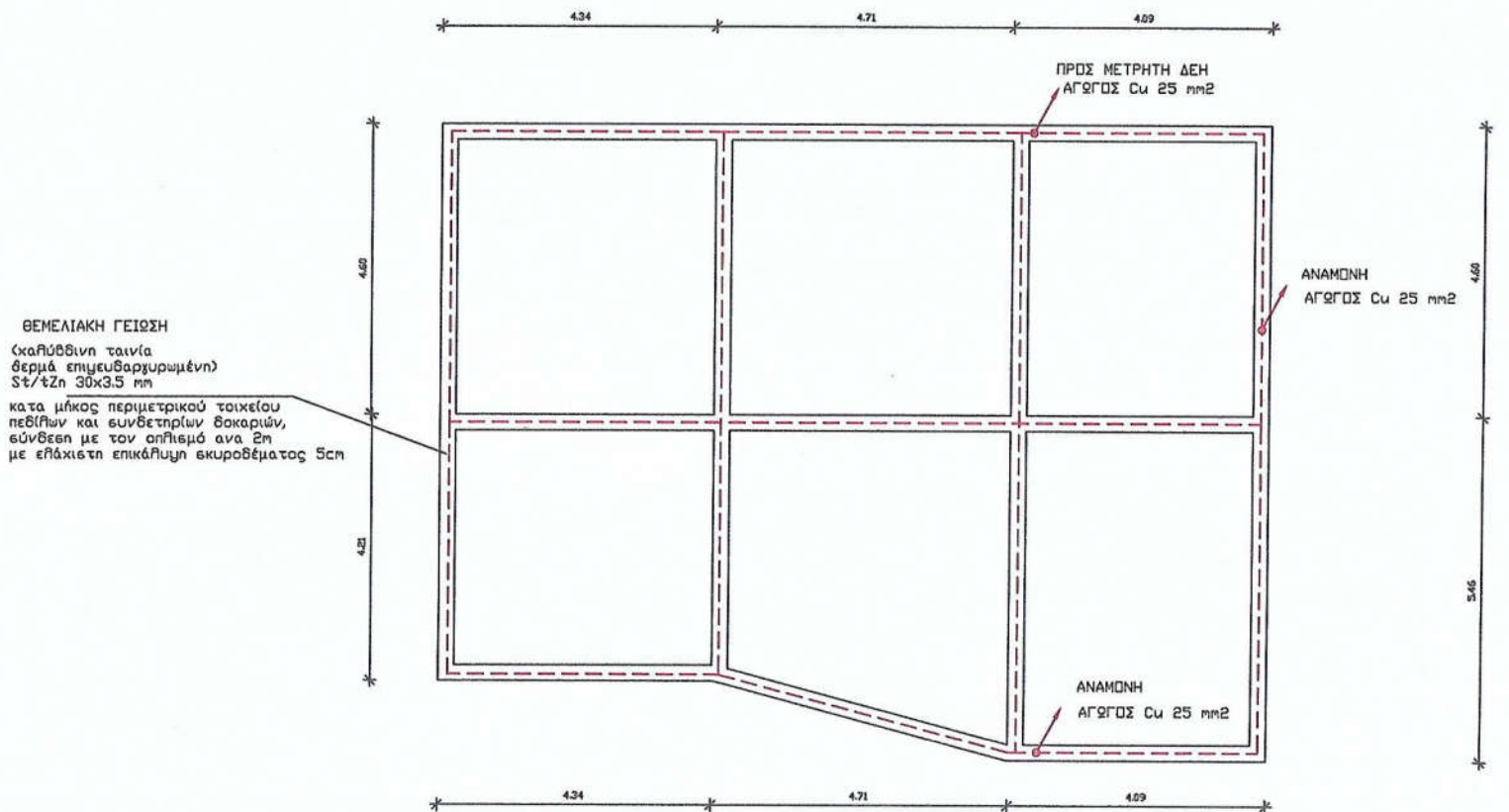
Στη περίπτωση μας η ειδική αντίσταση του εδάφους είναι  $\rho=50\Omega\text{m}$ ,  $L=45,17\text{m}$

Θα χρησιμοποιήσουμε χαλύβδινη ταινία θερμά επιψευδαργυρωμένη 30x3,5mm άρα  $A=30\text{x}3,5\text{mm}$

Οπότε σύμφωνα με τους υπολογισμούς  $d=11,56\text{mm}$  και  $R_a=3,16\Omega$

$R_a > 2\Omega$  άρα δεν μας καλύπτει η διατομή της ταινίας οπότε θα πάμε σε μεγαλύτερη ταινία με  $A=40\text{x}4\text{mm}$  και θα τοποθετήσουμε ταινία και στα κατακόρυφα και εγκάρσια πέλδρα για να αυξήσουμε το μήκος της ταινίας με αποτέλεσμα να μειωθεί η ηλεκτρική αντίσταση.

Οπότε  $L=75,9\text{m}$  και  $d=14,27\text{mm}$ . Άρα σύμφωνα με τους υπολογισμούς  $R_a=1,94\Omega < 2\Omega$  οπότε η θεμελιακή γείωση μας καλύπτει.



Εικόνα5.4

### 5.3 Κατασκευή θεμελιακής

Εγκατάσταση χαλύβδινης ταινίας διαστάσεων 30x3.5mm θερμά επιψευδαργυρωμένης στο σιδηρό οπλισμό εντός στα εξωτερικά περιμετρικά δοκάρια των πεδίων του κτηρίου ή στα τοιχεία των θεμελίων σε μορφή κλειστού δακτυλίου περιμετρικά του κτηρίου, εντός των θεμελίων του. Στη περίπτωση που οι διαστάσεις του κτηρίου είναι μεγάλες θα πρέπει να εγκατασταθεί χαλύβδινη ταινία και σε συνδετήρια δοκάρια ή τοιχεία που υπάρχουν σε εγκάρσιους ή διαμήκης άξονες έτσι ώστε οποιοδήποτε σημείο στο εσωτερικό της κάτοψης της θεμελίωσης να μην απέχει περισσότερο από 10m από το γειωτή. Η χαλύβδινη ταινία συνδέεται με τον σιδηρό οπλισμό σε ευθεία όδευση έως το μέγιστο 2m με ειδικούς συνδέσμους οπλισμού χαλύβδινους θερμά επιψευδαργυρωμένους. Η χαλύβδινη ταινία όταν διακόπτεται συνεχίζει και επιμηκύνεται με την παρεμβολή συνδέσμου 3<sup>ov</sup> πλακιδίων χαλύβδινου θερμά επιψευδαργυρωμένου βαρέως τύπου ταινίας 30/30. Συνιστώνται μεγάλα μήκη ταινίας χωρίς διακοπή, η τιμή της αντίστασης της γείωσης μειώνεται όσο μεγαλώνει η επιφάνεια που καλύπτει η ταινία. Στη περίπτωση που το κτήριο έχει αρμούς συστολο-



διαστολής θα πρέπει να διακόπτεται η ταινία κατά τη διέλευση της κάθετα από τον αρμό. Η ηλεκτρική συνέχεια αυτής θα γίνεται με παρεμβολή ζεύγους συνδέσμων από ανοξείδωτο χάλυβα γεφυρωμένοι με εύκαμπτο χάλκινο αγωγό διατομής 70mm<sup>2</sup>.

Εγκατάσταση αναμονών με χαλύβδινο αγωγό διαστάσεων Ø10mm θερμά επιψευδαργυρωμένου σε σύνδεση με τη χαλύβδινη ταινία γείωσης 30x3,5mm μέσω συνδέσμου 3<sup>ov</sup> πλακιδίων χαλύβδινου θερμά επιψευδαργυρωμένου βαρέως τύπου αγωγού Ø10/ταινίας 30. Ο χαλύβδινος αγωγός οδηγείται στις γωνίες του κτηρίου μέσα στις μπετοκολώνες και όπου ενδιάμεσα απαιτείται, συνδέεται με το σιδηρό οπλισμό σε ευθεία όδευση έως το μέγιστο 2m με ειδικούς συνδέσμους οπλισμού και όταν διακόπτεται συνεχίζει και επιμηκύνεται με την παρεμβολή συνδέσμου 3<sup>ov</sup> πλακιδίων χαλύβδινου θερμά επιψευδαργυρωμένου βαρέως τύπου αγωγού Ø10/αγωγού Ø10. Ο χαλύβδινος αγωγός για την αποφυγή της διάβρωσης του θα τυλίγεται με αντιδιαβρωτική ταινία περίπου 35cm πριν την έξοδο του από το σκυρόδεμα. Αναμονές εντός του κτηρίου θα αφεθούν στο χώρο του λεβητοστασίου, στο ασανσέρ, στο WC ενώ εκτός στις γωνίες του κτηρίου και στον μετρητή της ΔΕΗ. Συγκεκριμένα κάθε αγωγός θα καταλήγει σε εξισωτικό ζυγό ή σε διμεταλλικό σύνδεσμο ή σε υποδοχέα από ανοξείδωτο χάλυβα ή εντός φρεατίου γείωσης.



1. Ταινία (St/tZn) 30 x 3,5 mm



2. Αγωγός (St/tZn) Ø10 mm



3. Σύνδεσμος οπλισμού (St/tZn)



4. Σύνδεσμος Ταινίας 30 / Ταινίας 30 mm (30/30),  
3ων πλακιδίων, (St/tZn)



5. Σύνδεσμος Αγωγού Ø10 / Ταινίας 30 mm,  
(Ø10/30), 3ων πλακιδίων, (St/tZn)



6. Σύνδεσμος Αγωγού Ø10/Αγωγού Ø10 mm,  
(Ø10/ Ø10), 3ων πλακιδίων, (St/tZn)



7. Διμεταλλικός σύνδεσμος,  
Αγωγού Ø10 /Αγωγού Ø10 mm.



8. Εξισωτικός ζυγός  
(Ισοδυναμική γέφυρα)

Εικόνα 5.5



9. Υποδοχέας από ανοξείδωτο χάλυβα (SS)



10. Διμεταλλική ταινία (CU/AL), πλάτος 40 mm – μήκος 500 mm



11. Εύκαμπτος χάλκινος αγωγός 70 mm<sup>2</sup>



12. Ηλεκτρόδιο γείωσης  $\varnothing 14 \times 1.500$  mm με πάχος επικάλκωσης 250  $\mu\text{m}$



13. Σφιγκτήρας ηλεκτροδίου  $\varnothing 14$  mm



14. Αντιδιαβρωτική ταινία πλάτος 50 mm – μήκος 10 m.



15. Φρεάτιο γείωσης (PVC) 25x25x25 cm



16. Σύνδεσμος επί μεταλλικών ακμών

Εικόνα 5.6

## ΕΙΚΟΝΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΘΕΜΕΛΙΑΚΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ



Σύνδεσμος οπλισμού σε ταινία



Σύνδεσμος ταινίας - αγωγού



Σύνδεσμος ταινίας - ταινίας



Διμεταλλικός σύνδεσμος αγωγού - αγωγού



Σύνδεσμος οπλισμού σε αγωγό



Εγκατάσταση θεμελιακής γείωσης

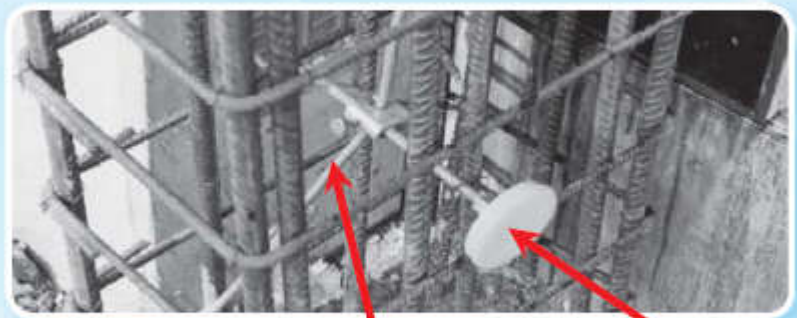
Εικόνα 5.7

**Αρμός διαστολής κτιρίου  
Άμεση σύνδεση θεμελιακής γείωσης**



**Εικόνα 5.8**

**Αναμονή γείωσης  
Άμεση σύνδεση θεμελιακής γείωσης**



Αγωγός γείωσης  $\varnothing$  10mm

Υποδοχέας INOX

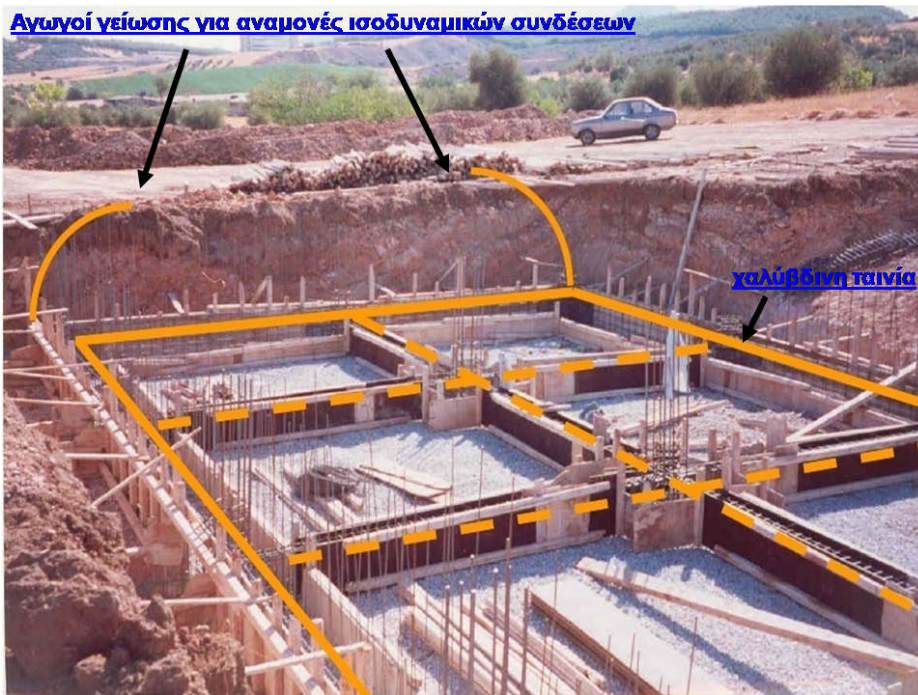
**Εικόνα 5.9**



**Εικόνα 5.10**

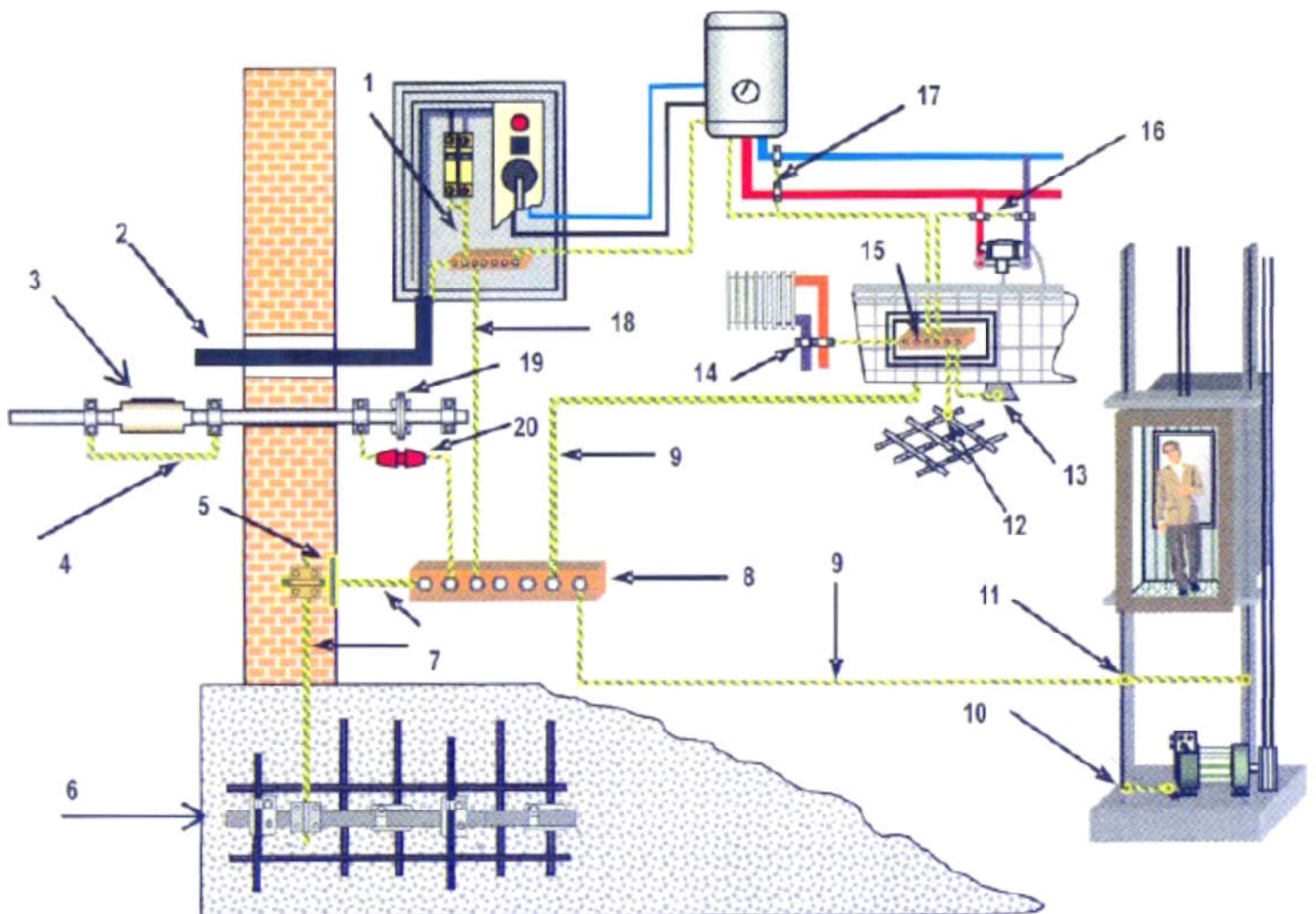


Εικόνα 5.11



Εικόνα 5.12

## 5.4 Ισοδυναμικές συνδέσεις



Εικόνα 5.13

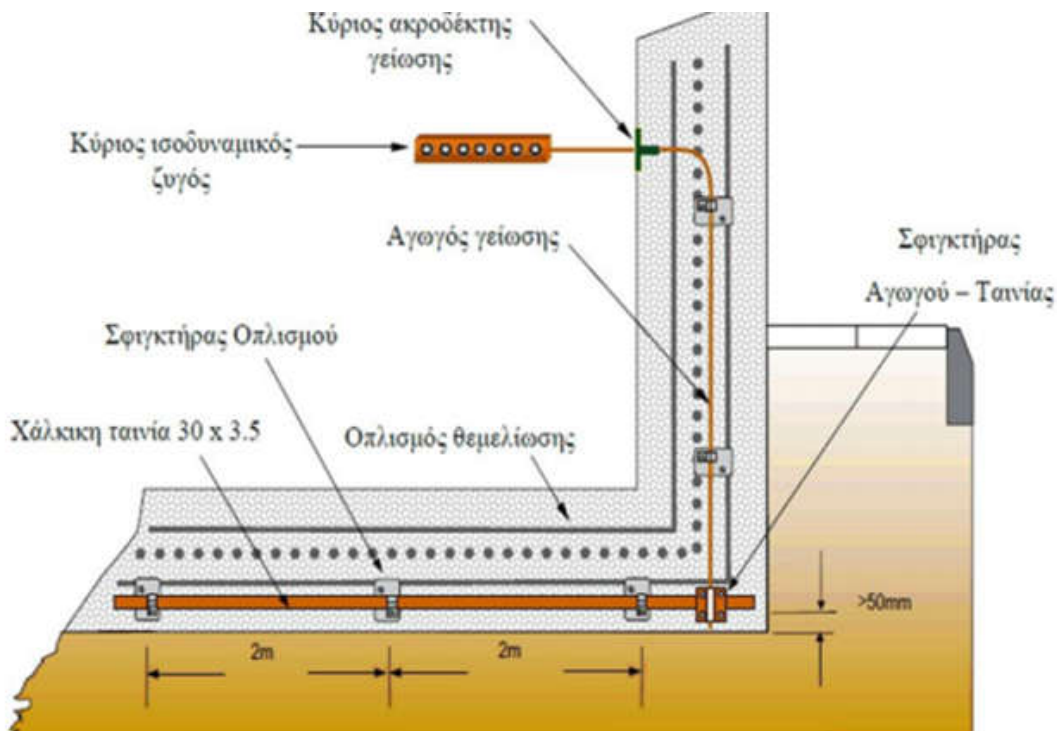
1. Αγωγός γείωσης απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων
2. Καλώδιο ηλεκτρικής παροχής
3. Υδρομετρητής
4. Ισοδυναμική σύνδεση άκρων υδρομετρητή
5. Κύριος ακροδέκτης γείωσης
6. Θεμελιακή γείωση με ηλεκτρόδιο χάλκινης ή χαλύβδινης ταινίας
7. Αγωγός γείωσης
8. Κύριος αγωγός γείωσης
9. Αγωγοί κύριας ισοδυναμικής σύνδεσης
10. Συμπληρωματική γείωση ταυτόχρονα προσιτών μερών
11. Ισοδυναμική σύνδεση ξένων αγωγίμων στοιχείων
12. Συμπληρωματική, τοπική ι ισοδυναμική σύνδεση σπλισμού δαπέδου λουτρού

13. Συμπληρωματική, τοπική ισοδυναμική σύνδεση λουτήρα
14. Συμπληρωματική, τοπική ισοδυναμική σύνδεση δικτύου θέρμανσης λουτρού
15. Συμπληρωματικός, τοπικός ισοδυναμικός ζυγός εντοιχισμένος
16. Συμπληρωματική, τοπική ισοδυναμική σύνδεση σωλήνων νερού λουτρού
17. Συμπληρωματική, τοπική ισοδυναμική σύνδεση σωλήνων νερού και θερμοσίφωνα
18. Αγωγός προστασίας (γείωσης, PE)
19. Μονωτική φλάντζα για την προστασία των σωλήνων νερού από διάβρωση
20. Σπινθηριστής απομόνωσης για προστασία διάβρωσης σωλήνων νερού

**Στην θεμελιακή γείωση συνδέονται ισοδυναμικά:**

- ΔΕΗ
- ΟΤΕ
- ΕΥΔΑΠ
- ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ
- Σωλήνας παροχής καυσίμων με καθοδική προστασία
- Αντικεραυνική προστασία
- Κεραία TV

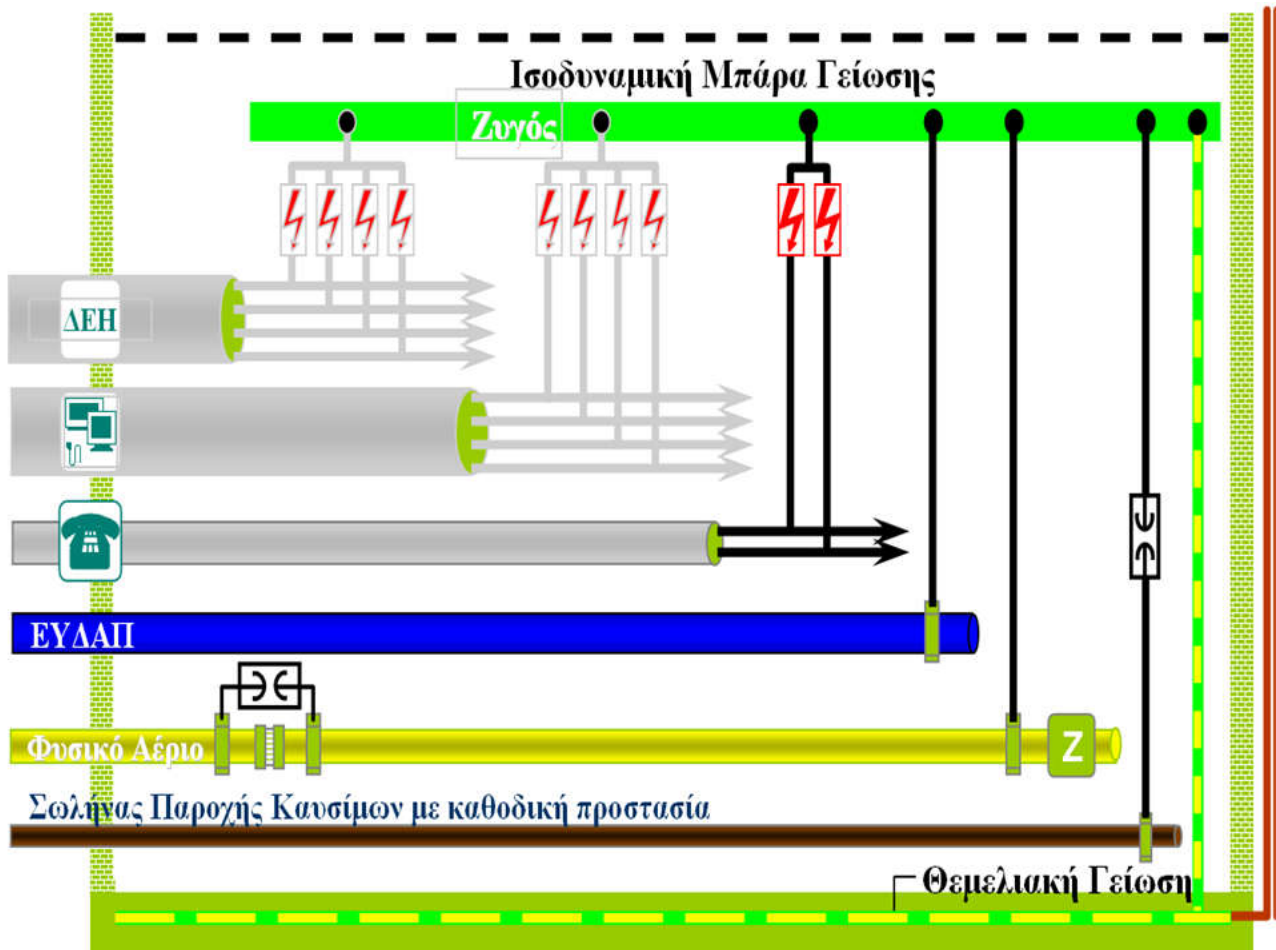
Η κύρια ισοδυναμική σύνδεση του κτηρίου μπορεί να δημιουργηθεί στο λεβητοστάσιο, στο κεντρικό πίνακα, στο χώρο κοινοχρήστων. Πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμη και ελέγξιμη κατά τον αρχικό έλεγχο αλλά και για τους επανελέγχους της εγκατάστασης.



**Σύνδεση ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης με κύριο ζυγό γείωσης.**

**Εικόνα 5.14**





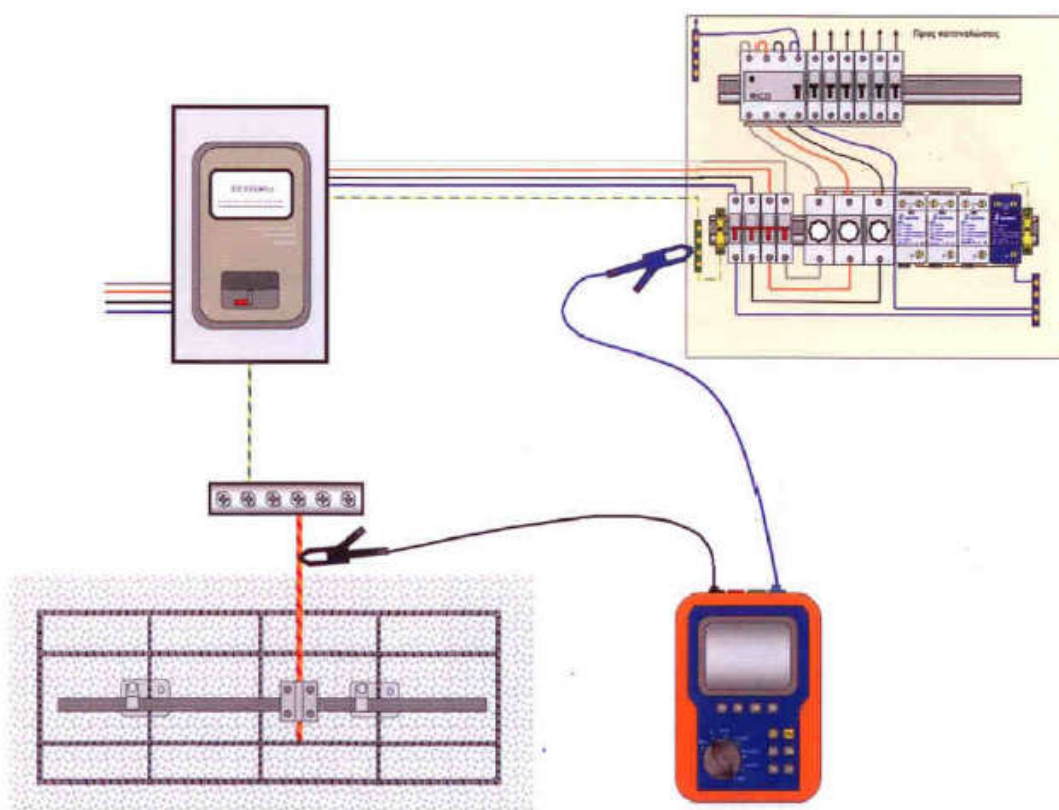
Εικόνα 5.15

## 5.5 Μέτρηση και επαλήθευση της γείωσης

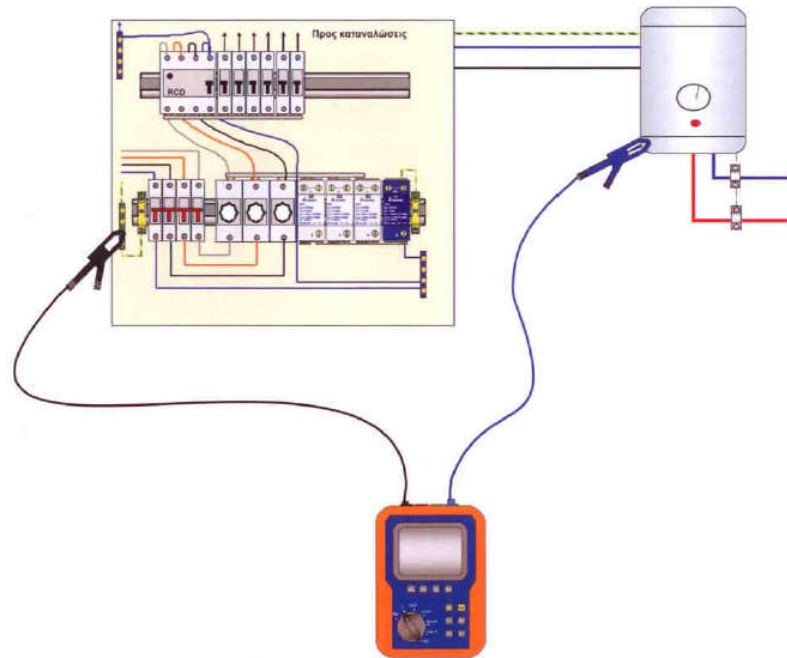
Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών θα πρέπει να γίνουν κάποιοι έλεγχοι ώστε να ελέγξουμε και να διορθώσουμε τυχόν προβλήματα πριν παραδώσουμε το έργο και ολοκληρώσουμε τα απαραίτητα έγγραφα.

Η διεξαγωγή των δοκιμών και των μετρήσεων για τον έλεγχο της ηλεκτρικής εγκατάστασης θα γίνει με κατάλληλο όργανο(MACROTEST 5053).

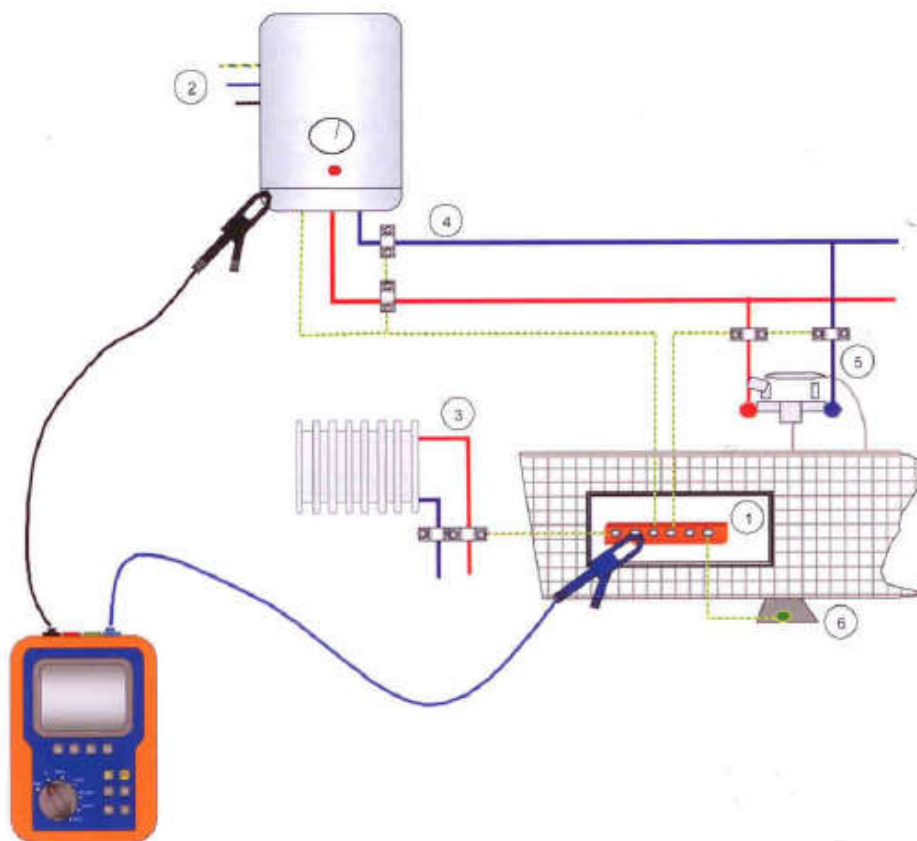
Ο ολοκληρωμένος έλεγχος προϋποθέτει τον έλεγχο της συνέχειας όλων των αγωγών προστασίας, κύριας και συμπληρωματικής ισοδυναμικής σύνδεσης ώστε να εξακριβώνεται ότι αυτοί συνδέονται αγωγίμα και με χαμηλή αντίσταση με το σύστημα γείωσης.



Εικόνα 5.16 έλεγχος συνέχειας αγωγού γείωσης από το ηλεκτρόδιο γείωσης έως το ζυγό γείωσης του γενικού πίνακα διανομής



**Εικόνα 5.17 έλεγχος συνέχειας αγωγού προστασίας από το ζυγό γείωσης του γενικού πίνακα διανομής**

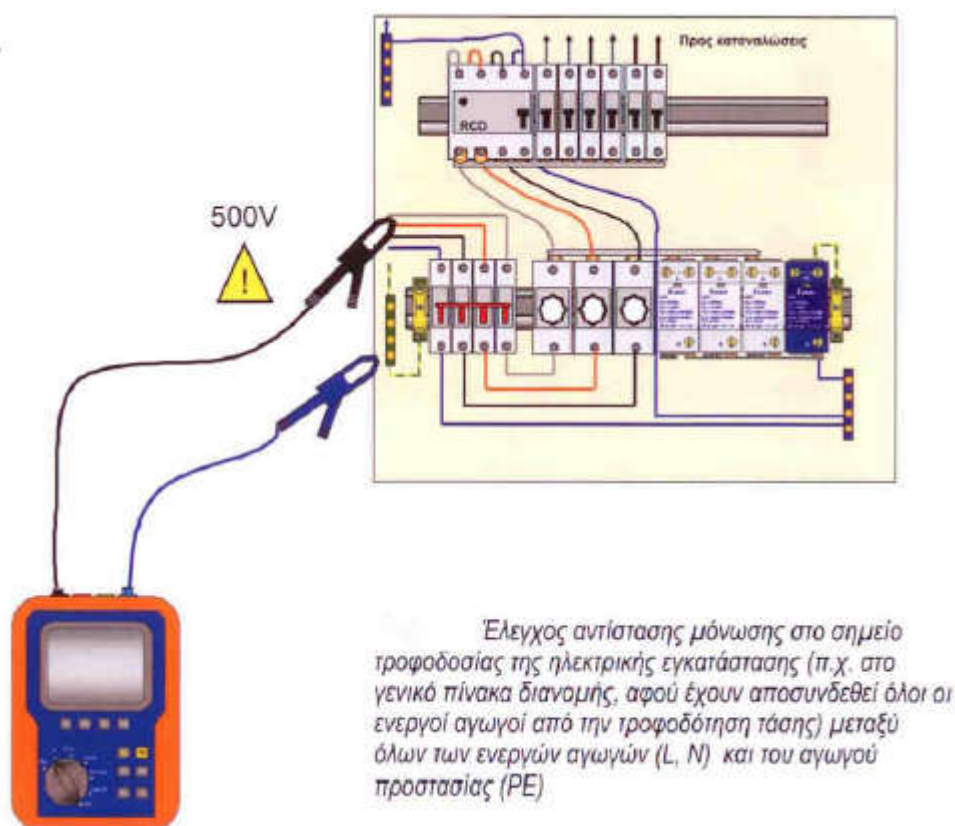


1	Συμπληρωματικός ισοδυναμικός ζυγός γείωσης	4	Μεταλλικοί σωλήνες ζεστού και κρύου νερού θερμοσίφωνα
2	Αγωγός προστασίας	5	Μεταλλικοί σωλήνες ζεστού και κρύου νερού λουτρού
3	Μεταλλικοί σωλήνες θέρμανσης	6	Μεταλλική βάση μπανιέρας

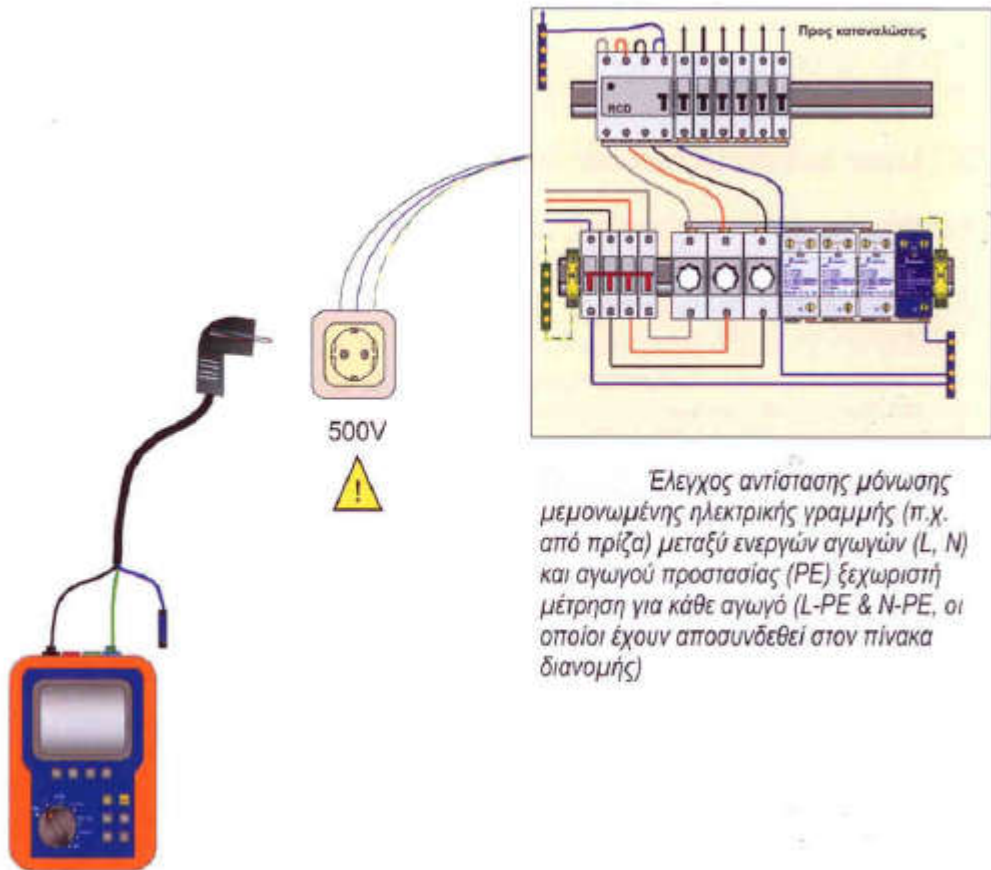
**Εικόνα 5.18 έλεγχος συμπληρωματικής ισοδυναμικής σύνδεσης λουτρού**

### 5.5.1 Μέτρηση αντίστασης μόνωσης

Σκοπός της μέτρησης της αντίστασης μόνωσης είναι ο έλεγχος της κατάστασης των μονωτικών υλικών (π.χ. μόνωση καλωδίων) αλλά και τήρηση της ηλεκτρικής απομόνωσης για τον ασφαλή διαχωρισμό των κυκλωμάτων αλλά και ως προς το σύστημα γείωσης όπου αυτό απαιτείται.



Εικόνα 5.19



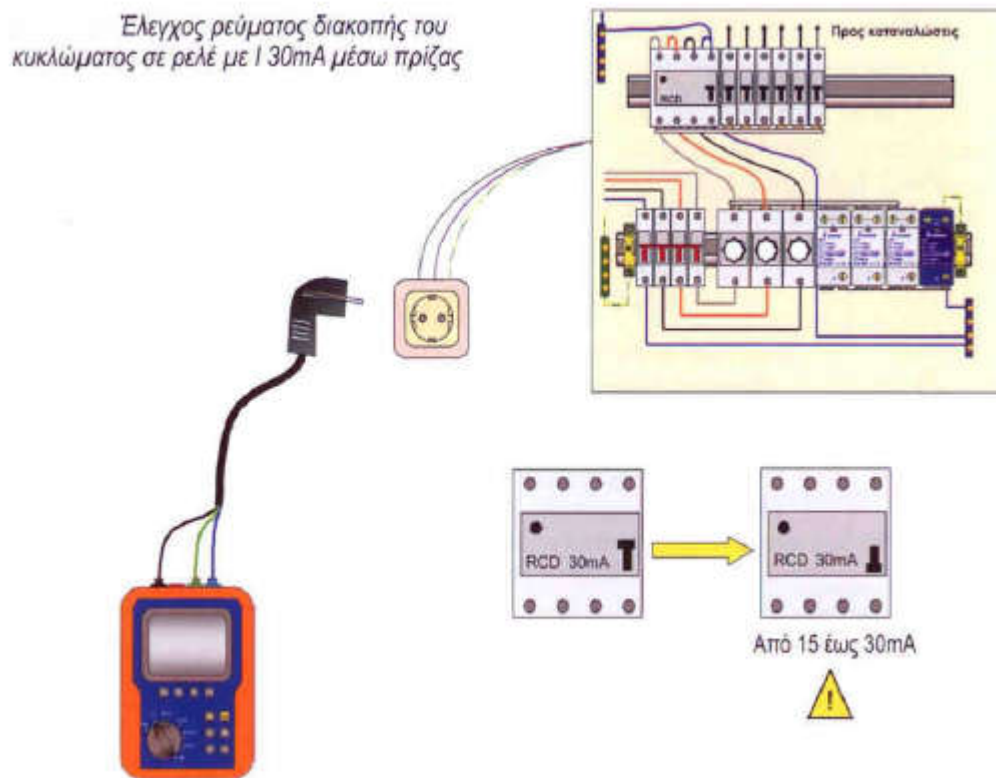
Εικόνα 5.20

### 5.5.2 Μέτρηση σύνθετης αντίστασης βρόγχου σφάλματος

Σκοπός της μέτρησης αυτής είναι να μετρηθεί η σύνθετη αντίσταση του βρόγχου που θα δημιουργηθεί αν σε σύστημα σύνδεσης γειώσεων TN ή TT συμβεί σφάλμα αμελητέας σύνθετης αντίστασης μεταξύ ενεργών αγωγών ή ενός αγωγού φάσης και ενός εκτεθειμένου αγώγιμου μέρους ή ενός αγωγού προστασίας. Ο βρόγχος σφάλματος αποτελείται από:

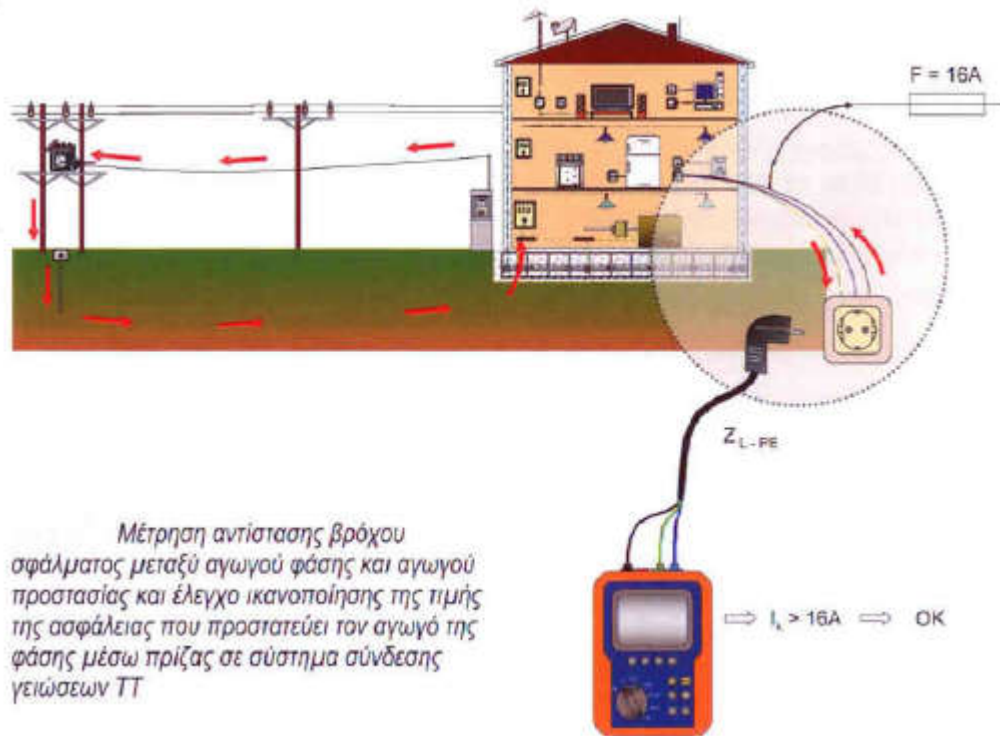
- Την πηγή (π.χ. Μ/Σ ΜΤ/ΧΤ υποσταθμού ΔΕΗ)
- Τον ενεργό αγωγό (L ή N) μέχρι το σημείο σφάλματος
- Το δεύτερο αγωγό ή τον αγωγό προστασίας (PE) μεταξύ του σφάλματος και της πηγής
- Την αντίσταση γείωσης σε περίπτωση σφάλματος μεταξύ φάσης και ενός εκτεθειμένου αγώγιμου μέρους σε σύστημα γειώσεων TT.

Ταυτόχρονα με τη μέτρηση της σύνθετης αντίστασης βρόγχου σφάλματος πρέπει να υπολογίζεται και το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης-σφάλματος μεταξύ φάσης



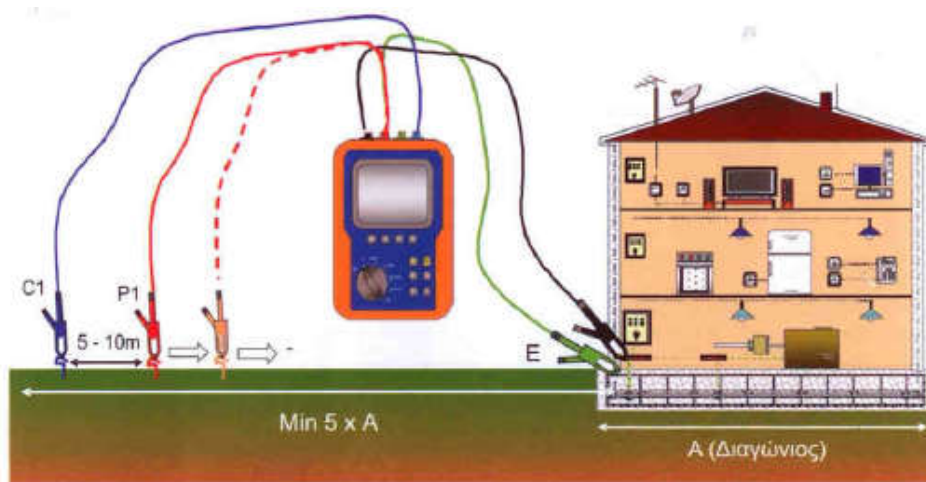
και γης ή μεταξύ φάσης και ουδετέρου ή μεταξύ δυο φάσεων. Τα σύγχρονα όργανα μετρήσεων διεξάγουν αυτόματα τον ανωτέρω υπολογισμό.

**Εικόνα 5.21**

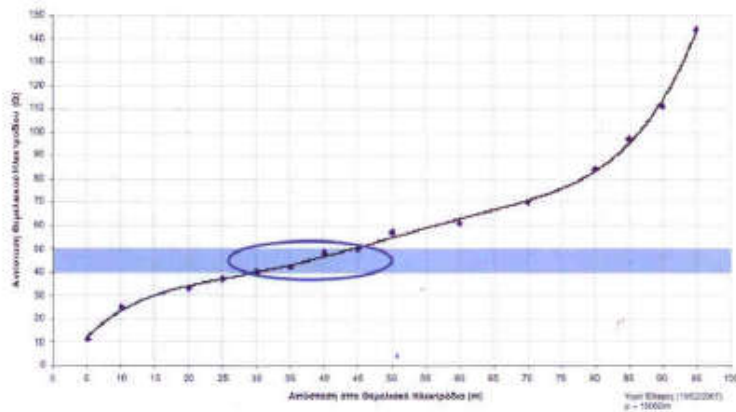


Εικόνα 5.22

### 5.5.3 Μέτρηση τιμής αντίστασης γείωσης



Διάταξη μέτρησης εκτεταμένης γείωσης, όπου A είναι η διαγώνιος του κτιρίου



Πραγματική απεικόνιση μετρήσεων τιμής αντίστασης γείωσης θεμελιακού ηλεκτροδίου σε κτίριο με διαγώνιο 18 μέτρα κατασκευασμένο σε βραχώδη περιοχή

Εικόνα 5.23



## 5.6 Χρηματοοικονομική μελέτη

Σύμφωνα με την μελέτη που πραγματοποιήσαμε παραπάνω τα υλικά που θα χρειαστούμε για την κατασκευή της θεμελιακής γείωσης είναι τα εξής:

- 80m χαλύβδινη ταινία 40x4mm θερμά επιψευδαργυρωμένη  
...280,8€(3,51€/m)
- 25m αγωγός Ø10mm χαλύβδινος...37€(1,41€/m)
- 40 σφιγκτήρες χαλύβδινους ταινίας γείωσης...48€(1,20€/τμχ)
- 10 σφιγκτήρες χαλύβδινους αγωγού γείωσης...38,1€(3,81€/τμχ)
- 4 ισοδυναμικές γέφυρες 120mmx50mmx40mm  
PVC/CuA...22,76€(5,69€/τμχ)
- 4 σφιγκτήρες χαλύβδινους γείωσης αγωγού-ταινίας...12,76€(3,19€/τμχ)
- 15 σφιγκτήρες χαλύβδινους 3<sup>ov</sup> πλακιδίων ...52,8€(3,52€/τμχ)

**Σύνολο:492,22€**

## **Συμπεράσματα**

Σε αυτήν την ενότητα παρατίθενται τα συμπεράσματα που απορρέουν από την σχεδίαση και κατασκευή συστημάτων γείωσης. Η γείωση αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι οποιασδήποτε δομής που διαπερνάτε από ηλεκτρικό ρεύμα. Χωρίς την ύπαρξη της εγκυμονούν κίνδυνοι για την ίδια την κατασκευή όσο και για τα έμψυχα όντα τα οποία μπορεί να βρίσκονται σε αυτήν.

Τα συστήματα γείωσης πρέπει να ακολουθούν συγκεκριμένα πρότυπα και κανονισμούς τα οποία είναι διεθνώς αναγνωρισμένα και πιστοποιημένα. Από το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 αντλούμε τις περισσότερες οδηγίες –τεχνικούς κανόνες για την επίτευξη βέλτιστων αποτελεσμάτων ασφάλειας. Τα συστήματα γείωσης μπορούν να κατασκευαστούν με αρκετούς τρόπους, όμως η θεμελιακή γείωση συνιστάται από όλα τα πρότυπα και κανονισμούς ηλεκτρικών εγκαταστάσεων παγκοσμίως.

Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον σχεδιασμό συστημάτων γείωσης είναι το μέρος που θα τοποθετηθεί. Η αντίσταση του εδάφους θα πρέπει να έχει όσο το δυνατόν μικρότερη τιμή. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο σε περιπτώσεις όπου η αντίσταση του εδάφους είναι υψηλή γίνεται χρήση βελτιωτικών σκευασμάτων, τα οποία αναμειγνύονται με το έδαφος. Το Terrafill χρησιμοποιείται κατά κόρων παγκόσμια μιας και τα αποτελέσματα που επιφέρει είναι τα βέλτιστα.

Πέρα από τις οικιακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις στις οποίες η γείωση είναι απαραίτητη προϋπόθεση, δεν θα πρέπει να λησμονείται το φαινόμενο του στατικού ηλεκτρισμού το οποίο μπορεί να προκαλέσει μεγάλες καταστροφές σε ειδικές περιπτώσεις.

## **Βιβλιογραφία**

<http://www.elemko.gr/documents/earthings.asp>

<http://www.elemko.gr/documents/methods.asp>

<http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/5318/1/diplwmatiki1.pdf>

<http://www.electrologos.gr/news/19>

<http://www.electrologos.gr/news/136>

[http://www.pittas.gr/system/media/209/original\\_%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%82\\_%CE%BF%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CE%BF%CF%82\\_%CE%98%CE%B5%CE%BC%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%CF%82\\_%CE%93%CE%B5%CE%AF%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%82.pdf?1373272056](http://www.pittas.gr/system/media/209/original_%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%82_%CE%BF%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CE%BF%CF%82_%CE%98%CE%B5%CE%BC%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%CF%82_%CE%93%CE%B5%CE%AF%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%82.pdf?1373272056)

[http://hamarakis.blogspot.com/2010/03/blog-post\\_7998.html](http://hamarakis.blogspot.com/2010/03/blog-post_7998.html)

[http://www.eile.gr/images/pdfs/%CE%BB%CE%B9%CE%B3%CE%B1\\_%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%B1\\_%CE%B3%CE%B9%CE%B1\\_%CF%84%CE%B9%CF%82\\_%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CF%89%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82.pdf](http://www.eile.gr/images/pdfs/%CE%BB%CE%B9%CE%B3%CE%B1_%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%B1_%CE%B3%CE%B9%CE%B1_%CF%84%CE%B9%CF%82_%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CF%89%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82.pdf)

<https://www.electricalab.gr/e-yliko/2015-12-05-17-42-57-1/988-elemko-pos-eksasfalizetai-i-prostasia-atomon-me-to-elot-hd-384-ppt/file>

<http://digilib.teiemt.gr/jspui/bitstream/123456789/907/1/stavrakidispdf.pdf>

<http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/2559/1/%CE%94%CE%B9%CF%80%CE%BB%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20-%20%CE%9C%CE%B5%CE%BB%CE%AD%CF%84%CE%B7%20%CE%A5%CE%A3%20%CE%9C%CE%A4%2020%20kV.pdf>

<https://electricalnews.gr/tecnica-arthra/geioseis-themeliaki-geiosi/geioseis/item/883-systimata-geioseon-tt-tn-tn-s-tn-c-tn-c-s-it>

[http://www.teethrakis.gr/drastiriotites/imerides/trasanidis\\_smhve.pdf](http://www.teethrakis.gr/drastiriotites/imerides/trasanidis_smhve.pdf)

<http://politeiamag.blogspot.gr/2017/07/blog-post.html>

[http://edume.myds.me/60\\_2004\\_0003\\_teaching\\_targets\\_archive/10045/10045.pdf](http://edume.myds.me/60_2004_0003_teaching_targets_archive/10045/10045.pdf)

[http://www.elemko.gr/pdf/historical\\_overview.pdf](http://www.elemko.gr/pdf/historical_overview.pdf)

<http://theory.materials.uoc.gr/courses/een/projects2016/gerokwstas.pdf>

Ελεγχοι και επανέλεγχοι κτιριακων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων με βάση τη νέα  
Υπεύθυνη Δήλωση Αδειούχου Ηλεκτρολόγου Εγκαταστάστη

Γεώργιος Γρ.Σαρρής

Παπασωτηρίου Εκδόσεις Αθήνα 2011

Copyright 2011 Α.Παπασωτηρίου & ΣΙΑ Ο.Ε.-Γεώργιος Γρ. Σαρρής

Θεμελιακή Γείωση πλεονεκτήματα-εφαρμογες-υλικά του Δημητρίου Κόκκινου

Εκδόσεις ΕΛΕΜΚΟ

Εγχειρίδιο ηλεκτρολόγου εγκαταστάτη Ι

Ηλεκτρικές Εγκαταστασεις Κτιρίων Συμβατικής Τεχνικής &EIB-instabus

Εκδόσεις ΙΩΝ

<http://ikee.lib.auth.gr/record/291283/>

[http://www.manolas.gr/entypa/elemko/elemko\\_measure\\_test.pdf](http://www.manolas.gr/entypa/elemko/elemko_measure_test.pdf) files/mavromati-  
kakana elena diplomatiki.pdf