

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**«ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ»**

**ΔΑΓΛΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΜΙΝΑΡΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ**  
**ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ**  
**ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ, Σ.Τ.ΕΦ, Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ**

**ΑΘΗΝΑ 2013**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσους με βοήθησαν, με τον οποιοδήποτε τρόπο, και στήριξαν αυτή μου την εργασία. Θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Σταύρο Καμινάρη για την εποπτεία που είχε αναλάβει για αυτή την εργασία και για τις πολύτιμες συμβουλές του που βοήθησαν στη συγκρότηση του θέματος της εργασίας.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρόλογος..... σελ.7

Εισαγωγή .....σελ.9

### ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1.1. Τι ονομάζουμε ηλεκτρισμό .....σελ.11

1.2. Καλοί και κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού .....σελ.12

1.3. Ηλεκτρικό ρεύμα- Ηλεκτρική αντίσταση .....σελ.13

1.3.1. *Είδη ηλεκτρικού ρεύματος* .....σελ. 13

1.3.2. *Μέτρηση ηλεκτρικού ρεύματος* .....σελ. 14

1.3.3. *Αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος* .....σελ. 14

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

2.1. Άμεσοι και έμμεσοι κίνδυνοι στον άνθρωπο .....σελ.16

2.1.1. *Ηλεκτροπληξία* .....σελ. 17

2.2. Στατιστικά στοιχεία ηλεκτροπληξίας .....σελ.18

2.3. Παράγοντες που επιδρούν αρνητικά στον άνθρωπο μετά τη διέλευση του  
ρεύματος .....σελ.20

2.3.1. *Η διαδρομή του ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα* .....σελ.21

2.3.2. *Χρόνος διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος* .....σελ.22

2.3.3. *Η ηλεκτρική αντίσταση του ανθρώπινου σώματος* .....σελ.22

2.3.4. *Επίδραση του εναλλασσόμενου ρεύματος* .....σελ.26

2.3.5. *Επίδραση του συνεχούς ρεύματος* .....σελ. 32

2.3.6. *Συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος* .....σελ.33

2.3.7. *Η τάση του ρεύματος* .....σελ.34

2.3.8. *Το περιβάλλον* .....σελ.35

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟ

3.1. Μέτρα προστασίας από την ηλεκτροπληξία .....σελ.38

3.1.1. *Προστασία από άμεση επαφή* .....σελ. 39

3.1.2. *Προστασία από έμμεση επαφή* .....σελ. 41

3.2. Χρήσεις των διατάξεων διαφορικού ρεύματος (RCDs) .....	σελ.46
3.3. Επανέλεγχος ηλεκτρικής εγκατάστασης .....	σελ.47
3.4. Μέτρα προστασίας σε εγκαταστάσεις για τάση άνω των 1kV .....	σελ.55
3.5. Μέτρα προστασίας για υπαίθριες και εσωτερικές εγκαταστάσεις .....	σελ.56
3.5.1. Φράγματα προστασίας .....	σελ.56
3.5.2. Εξωτερικά φράγματα .....	σελ.57
3.5.3. Ελάχιστο ύψος πάνω από τη προσβάσιμη περιοχή .....	σελ.58
3.5.4. Απόσταση από τα κτίρια .....	σελ.59
3.5.5. Διαδρομές μεταφοράς .....	σελ.59

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ**

4.1. Πρότυπο NFPA 70 E .....	σελ.61
4.1.1. Γενική εποπτεία του NFPA 70 E.....	σελ.61
4.1.2. Πρόγραμμα ηλεκτρικής ασφάλειας .....	σελ.62
4.1.3. Επιλογή εξοπλισμού ηλεκτρικής προστασίας .....	σελ. 63
4.1.4. Εκπαίδευση του εργαζομένου .....	σελ.64

## **ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ**

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>: ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ**

5.1. Ηλεκτρικά ατυχήματα στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής .....	σελ.65
5.1.1. Ανάλυση δεδομένων ηλεκτρικών ατυχημάτων .....	σελ.67
5.1.2. Ανάλυση δεδομένων από το CFOI .....	σελ.68
5.1.3. Σύγκριση ποσοστών από τις δυο έρευνες.....	σελ.71
5.1.4. Σύγκριση ποσοστών μη θανατηφόρων ηλεκτρικών ατυχημάτων από τις δυο έρευνες .....	σελ.75
5.2. Θανατηφόρα ηλεκτρικά ατυχήματα στην Αυστραλία .....	σελ.77
5.2.1. Μέθοδοι έρευνας για εργατικά ηλεκτ. ατυχήματα στην Αυστραλία.....	σελ.78
5.2.2. Αποτελέσματα αναλύσεων.....	σελ.80
5.2.3. Συμπεράσματα αναλύσεων .....	σελ.83
5.3. Ηλεκτροφόρα θανατηφόρα ατυχήματα στο Ταϊβάν .....	σελ.85

Επίλογος.....	σελ.89
Βιβλιογραφικές παραπομπές.....	σελ.90
Ευρετήριο.....	σελ.94
Παράρτημα.....	σελ.96

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Αριθμός	Τίτλος	Σελ.
1.	Θανατηφόρα ατυχήματα βάση το αίτιο που τα προκάλεσε, σε χρονικό διάστημα 1997- 2005	19
2.	Προσεγγιστικές τιμές σύνθετης αντίστασης του ανθρώπινου σώματος για τις διάφορες διαδρομές του ρεύματος	26
3.	Ζώνες επίδρασης συνεχούς ρεύματος και συνέπειες αυτών	33
4.	Τιμές τάσεις ελέγχου και επιτρεπόμενη τιμή αντίστασης	51
5.	Κατάταξη των δέκα επικρατέστερων κατηγοριών θανατηφόρων ατυχημάτων από το CFOI για τα έτη 1992- 1998	68
6.	Επαγγέλματα που κατέχουν τα περισσότερα θανατηφόρα ατυχήματα για τα έτη 1992- 2002	70

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Αριθμός	Τίτλος	Σελ.
2.1.	α) Απλοποιημένο διάγραμμα αντιστάσεων στα άκρα του σώματος β) Εσωτερική αντίσταση σώματος ως συνάρτηση της διαδρομής του ρεύματος	25
2.2.	Διέγερση κοιλιακής μαρμαρυγής με διέλευση ρεύματος σε ηλεκτροπληξία κατά τη φάση Τα	30
2.3.	Θέση καμπύλης ασφαλούς τάσης σε σχέση με τις περιοχές αποτελεσμάτων χρόνου/ έντασης	35
3.1.	Συστήματα πολύ χαμηλών τάσεων SELV, PELV, FELV	40
3.2.	Κύκλωμα διάταξης διαφορικού ρεύματος (RCD)	42
3.3.	Παράδειγμα ισοδυναμικής σύνδεσης	43
3.4.	Προστασία με γαλβανικό διαχωρισμό και ισοδύναμη σύνδεση	46
3.5.	Έλεγχος συμπληρωματικής ισοδυναμικής σύνδεσης	49
3.6.	Διάταξη μέτρησης σημειακής γείωσης	54

3.7.	Διάταξη μέτρησης εκτεταμένης γείωσης	54
3.8.	Προστασία από απευθείας επαφή μέσω προστατευτικών εμποδίων σε κλειστή περιοχή ηλεκτρικών χειρισμών	56
3.9.	Ελάχιστο ύψος και ελάχιστες αποστάσεις ηλεκτρισμένων τμημάτων από εξωτερική περίφραξη	57
3.10.	Ελάχιστο ύψος και ελάχιστες αποστάσεις ασφαλείας σε περιοχή χειρισμών	58
3.11.	Ελάχιστη απόσταση ασφαλείας για μεταφορά οχημάτων ή κινούμενου εξοπλισμού σε εσωτερικό χώρο	60
3.12.	Εγκατάσταση εξωτερικού χώρου για μεταφορά οχημάτων ή κινούμενου εξοπλισμού σε εξωτερικό χώρο	60
5.1.	Αριθμός μη θανατηφόρων ηλεκτρικών ατυχημάτων μεταξύ 92'-98'	67
5.2.	Ποσοστά θνησιμότητας λόγω ηλεκτρισμού σε σύγκριση με αυτά λόγω όλων των αιτιών για όλες τις βιομηχανίες (1992- 1998)	71
5.3.	Ποσοστά θνησιμότητας λόγω ηλεκτρισμού ταξινομημένα βάση το κλάδο της βιομηχανίας (1992- 2002)	73
5.4.	Ποσοστά θνησιμότητας λόγω ηλεκτρισμού ταξινομημένα βάση το περιστατικό (1992- 2002)	74
5.5.	Ποσοστά μη θανατηφόρων ηλεκτροπληξίας με βάση το κλάδο της βιομηχανίας (1992- 2002)	76

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τον ηλεκτρισμό τον συναντάμε στις περισσότερες δραστηριότητες της καθημερινότητάς μας. Μας είναι απαραίτητος για να καλύψει βασικές μας ανάγκες όπως είναι η διατροφή μας (χρήση ηλεκτρικής κουζίνας), αλλά και ανάγκες όπως ο καλλωπισμός ή η ψυχαγωγία (χρήση πιστολάκι, τηλεόραση κ.α.).

Η εξοικείωση του ανθρώπου με τον ηλεκτρισμό και η εύκολη πρόσβαση που έχει προς αυτόν, καθιστά τη χρήση του πολλή εύκολη, ακόμα και από τις μικρότερες ηλικίες. Ωστόσο αυτό το μεγάλο αγαθό που έχει μπει στη ζωή μας για να την αλλάξει προς το καλύτερο, κρύβει μεγάλους κινδύνους για την ανθρώπινη ζωή.

Το ηλεκτρικό ρεύμα πρέπει να αντιμετωπίζεται με σεβασμό. Ο καθένας που έχει σκοπό να κάνει χρήση του ηλεκτρισμού, θα πρέπει πάντα να έχει στο μυαλό του τις συνέπειες που μπορεί να έχει αν έρθει σε επαφή με το δέρμα μας, έτσι ώστε να παίρνονται πάντα τα κατάλληλα μέτρα προστασίας.

Δεν είναι λίγα τα περιστατικά ατυχημάτων που έχουν προκληθεί από το ηλεκτρικό ρεύμα, όχι μόνο από απλούς καταναλωτές, αλλά και από εργαζομένους με γνώσεις πάνω στον ηλεκτρισμό. Πολλά από αυτά τα ατυχήματα δυστυχώς οδηγούν στο θάνατο του θύματος από ηλεκτροπληξία.

Έτσι λοιπόν βάση των όσων αναφέρθηκαν παραπάνω και λόγω της μεγάλης μου αγάπης που τρέφω για το αντικείμενο της ηλεκτρολογίας, αποφάσισα να δώσω μια προσέγγιση για τη καλύτερη κατανόηση του ηλεκτρισμού μέσω της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Αντικειμενικός σκοπός αυτής είναι η κατανόηση του ηλεκτρικού ρεύματος και της συμπεριφοράς του, καθώς και οι κινδύνου που κρύβει και ο τρόπος αντιμετώπισης του.

Η εργασία χωρίζεται σε δυο μέρη. Στο πρώτο μέρος γίνεται μια θεωρητική καταγραφή που αφορά το ηλεκτρικό ρεύμα. Συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται πληροφορίες γενικά για τη φύση του ηλεκτρισμού. Στο δεύτερο κεφάλαιο καταγράφονται οι κίνδυνοι που κρύβει το ηλεκτρικό ρεύμα. Στο τρίτο και τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται τα μέτρα προστασίας που μπορούν να ληφθούν έναντι των ηλεκτρικών κινδύνων.

Το δεύτερο μέρος της εργασίας είναι το ερευνητικό και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα κάποιων ερευνών που έγιναν για να προσδιοριστεί ο αριθμός των εργατικών ατυχημάτων που προήλθαν από τον ηλεκτρισμό.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ακούγοντας τη λέξη ηλεκτρισμό μας έρχεται στο μυαλό μας το ηλεκτρικό ρεύμα που υπάρχει στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις των κτιρίων. Στη πραγματικότητα, ο ηλεκτρισμός είναι ένας γενικός όρος που χρησιμοποιείται για το χαρακτηρισμό φαινομένων που σχετίζονται με τη παρουσία ηλεκτρικού φορτίου. Τέτοια φαινόμενα είναι και τα φυσικά, όπως οι αστραπές, οι κεραυνοί κ.α.

Πατέρας της λέξεως «Ηλεκτρισμός» είναι ο William Gilbert, ο οποίος το 1600 επινόησε τη λατινική λέξη «electricus» για το φαινόμενο που δημιουργούνταν ύστερα από το τρίψιμο ενός κεχριμπαριού. Ο συσχετισμός αυτός αργότερα γέννησε τις αγγλικές λέξεις «electric» και «electricity», όπου στα ελληνικά σημαίνουν «ηλεκτρικός» και «ηλεκτρισμός» αντίστοιχα.

Τα ηλεκτρικά φαινόμενα είχαν αρχίσει να απασχολούν τον ανθρώπινο νου είδη από την αρχαιότητα. Υπολογίζεται ότι γύρω στο 600 π.Χ. ο Θαλής ο Μιλήσιος είχε αναφέρει πρώτος τον ηλεκτρισμό που προέρχεται από τη τριβή δυο αντικειμένων, κάνοντας πειράματα τρίβοντας ξηρό ύφασμα πάνω σε κομμάτια άχυρου.

Οι ουσιαστικές επιστημονικές ανακαλύψεις όμως ξεκίνησαν στις αρχές του 17<sup>ου</sup> αιώνα και αναπτύχθηκαν στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Με την ανάπτυξη της ηλεκτρικής τεχνολογίας επήλθε και η καλύτερευση της ποιότητας της ζωής του ανθρώπου. Χρησιμοποίησε και χρησιμοποιεί μέχρι και σήμερα την ενέργεια του ηλεκτρισμού για τη θέρμανση, το φωτισμό, τις επικοινωνίες, τη μετάδοση πληροφοριών, τη ψυχαγωγία και πολλές άλλες δραστηριότητες.

Επιστήμονες όπως Benjamin Franklin (απέδειξε ότι η αστραπή είναι φυσικός στατικός ηλεκτρισμός), Luigi Galvani (ανακάλυψε τον βιοηλεκτρισμό), Alessandro Volta (ανακάλυψη μπαταρίας), ο Nicola Tesla και άλλοι σημαντικοί επιστήμονες, βοήθησαν στη μετατροπή του ηλεκτρισμού από μια επιστημονική περιέργεια σε ένα ουσιαστικό εργαλείο της σύγχρονης ζωής, μεγάλης σημασίας, οδηγώντας έτσι στη Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση.

## ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

#### 1.1. Τι Ονομάζουμε Ηλεκτρισμό

Ο ηλεκτρισμός είναι μια γενική ιδιότητα την οποία συναντάμε σε όλα τα σώματα και όπου με τη κατάλληλη διαχείριση μπορεί να γίνει εμφανείς. Για παράδειγμα αν τρίψουμε ένα κομμάτι μάλλινο ύφασμα θα διαπιστώσουμε ότι παράγεται ηλεκτρισμός.

Η ύλη αποτελείται από τα εξής σωματίδια:

- α) Τα ηλεκτρόνια
- β) Τα πρωτόνια
- γ) Τα νετρόνια

Τα **ηλεκτρόνια** ανεξάρτητα από το είδος της ύλης από όπου προέρχονται, είναι ολόιδια μεταξύ τους και φέρουν ηλεκτρισμό. Ο ηλεκτρισμός τους ονομάζεται **αρνητικός**. Είναι σωματίδια με μικρή μάζα και διάμετρο  $4 \cdot 10^{-13}$  cm. Παρά την ελάχιστη μάζα τους, είναι τρομερά ευκίνητα και ρόλος τους είναι να ρυθμίζουν την ηλεκτρική κατάσταση των σωμάτων.

Τα **πρωτόνια** όπως και τα ηλεκτρόνια είναι ίδια μεταξύ τους, ανεξάρτητα από το ποιο άτομο προέρχονται. Τα σωματίδια του φέρουν ίσο φορτίο με το φορτίο του

ηλεκτρονίου με τη διαφορά ότι είναι φορτισμένα **θετικά**. Η υλική τους μάζα αντιστοιχεί σε  $1,67 \cdot 10^{-24}$  gr και με διάμετρο  $10^{-16}$  cm.

Τα **νετρόνια** είναι σωματίδια χωρίς φορτίο και με μάζα ίση με αυτή των πρωτονίων.

Τα ηλεκτρόνια κινούνται γύρω από τον πυρήνα του ατόμου σε κυκλικές τροχιές ίδιας ακτίνας δημιουργώντας έτσι την ηλεκτρονική στιβάδα. Το σύνολο των ηλεκτρονικών στιβάδων αποτελούν το ηλεκτρονικό περίβλημα του ατόμου.

Στο εσωτερικό του πυρήνα κινούνται τα πρωτόνια και τα νετρόνια. Όταν ο αριθμός των πρωτονίων είναι ίδιος με αυτόν των ηλεκτρονίων που βρίσκονται στη τροχιά, το άτομο χαρακτηρίζεται σαν ουδέτερο ηλεκτρικά.

Αν όμως από το άτομο αποσπαστεί ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια, χαρακτηρίζεται σε θετικά ηλεκτρισμένο και το ονομάζουμε **θετικό ιόν**. Αντίθετα αν από το άτομο προσληφθεί ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια, τότε το χαρακτηρίζουμε αρνητικά ηλεκτρισμένο και το ονομάζουμε **αρνητικό ιόν**.

## 1.2. Καλοί και Κακοί Αγωγοί του Ηλεκτρισμού

**Καλούς αγωγούς** ηλεκτρισμού ονομάζουμε τα σώματα εκείνα που επιτρέπουν τη κίνηση των φορτίων μέσα από τη μάζα τους και αποτελούνται από μεγάλο πλήθος ηλεκτρονίων. Τέτοια σώματα είναι τα μέταλλα, ο άνθρακας, το νερό κ.α.

Αντίθετα οι **κακοί αγωγοί** του ηλεκτρισμού ή αλλιώς **μονωτές** ονομάζουμε τα σώματα αυτά που δεν επιτρέπουν τη κίνηση των φορτίων μέσα στη μάζα τους. Χαρακτηριστικό τους η απουσία ελεύθερων ηλεκτρονίων ή η ύπαρξη τους σε πολύ μικρό αριθμό. Τέτοια σώματα είναι το καουτσούκ, το γυαλί, ο εβονίτης, ο μαρμαρυγίας κ.α.

### **1.3. Ηλεκτρικό Ρεύμα- Ηλεκτρική Αντίσταση**

Ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζουμε κάθε προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρικών φορτίων μέσα σε έναν ηλεκτροφόρο αγωγό. Συνήθως τα ηλεκτρικά φορτία είναι ελεύθερα ηλεκτρόνια μεταλλικών αντικειμένων, π.χ. καλώδια και το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η μεταφερόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

Για να έχουμε την εμφάνιση ηλεκτρικού ρεύματος χρειάζονται δυο προϋποθέσεις:

- 1) Την ύπαρξη φορέων ηλεκτρικού φορτίου με ελευθερία κίνησης.
- 2) Αίτιο για την προσανατολισμένη κίνηση των φορέων, δηλαδή κάποιο ηλεκτρικό πεδίο.

#### **1.3.1. Είδη Ηλεκτρικού Ρεύματος**

Υπάρχουν δυο κύρια είδη ηλεκτρικού ρεύματος τα οποία τα διακρίνουμε από το χρόνο της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτά είναι:

- **Συνεχές ρεύμα:** έχει συγκεκριμένη φορά, σταθερό μέτρο έντασης με το οποίο λειτουργούν τα περισσότερα κυκλώματα. Τα κυκλώματα αυτά είναι μικρά ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά κυκλώματα. Εξαιτίας της σταθερής τους έντασης και

δεδομένου ότι δεν αλλάζει το κύκλωμα σημαντικά με τη πάροδο του χρόνου, παράγεται από σταθερή τάση.

- **Εναλλασσόμενο ρεύμα:** εδώ υπάρχει περίοδος και φάση. με αυτόν το τύπο ρεύματος λειτουργούν τα μεγαλύτερα δίκτυα ηλεκτροδότησης. Η ένταση του ρεύματος είναι μεταβλητή σε σχέση με το χρόνο και κατά αριθμητικό μέσο όρο μηδέν. Το κύκλωμα δεν αλλάζει σημαντικά, οπότε περιγράφεται από ενεργό τάση.

### **1.3.2. Μέτρηση Ηλεκτρικού Ρεύματος**

Το μέγεθος που μετρά το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η **ένταση** του ηλεκτρικού ρεύματος την οποία την ορίζουμε ως:  $I = dQ / dt$ . Πιο απλά ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος ορίζουμε το πηλίκο του ηλεκτρικού φορτίου που περνάει, σε ορισμένο χρόνο, από μια διατομή του αγωγού δια του αντίστοιχου χρόνου.

Το μέγεθος είναι μονόμετρο, έχει φορά από τα σημεία ψηλού δυναμικού στα σημεία χαμηλού δυναμικού και στο διεθνές σύστημα μετριέται με τη θεμελιώδης μονάδα Αμπέρ (A).

### **1.3.3. Αποτελέσματα του Ηλεκτρικού Ρεύματος**

Τα αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος είναι:

- **Θερμικά:** όταν το ηλεκτρικό ρεύμα περνάει από έναν αγωγό, τότε ο αγωγός θερμαίνεται. Το αποτέλεσμα αυτό είναι φανερό στην ηλεκτρική θερμάστρα, τον

ηλεκτρικό λαμπτήρα και γενικά σε όλες τις θερμικές συσκευές που λειτουργούν με ρεύμα.

- **Χημικά:** αν το ηλεκτρικό ρεύμα περάσει μέσα από διαλύματα οξέων, βάσεων ή αλάτων, προκαλούνται χημικά φαινόμενα. Την εφαρμογή αυτού του αποτελέσματος την έχουμε στα ηλεκτρικά στοιχεία, στους συσσωρευτές και τις ηλεκτροχημικές βιομηχανίες.
- **Μαγνητικά:** όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ρεύμα, τότε δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο. Εφαρμογή αυτού του αποτελέσματος έχουμε στην κατασκευή των ηλεκτρομαγνητών.
- **Βιολογικά:** αν το ηλεκτρικό ρεύμα περάσει μέσα από το ανθρώπινο ή ζωικό σώμα, προκαλεί τέτοιες μεταβολές στα κύτταρα του οργανισμού που μπορεί να προκαλέσει μέχρι και θάνατο.
- **Μηχανικά:** όταν το ηλεκτρικό ρεύμα περάσει μέσα από τις κατάλληλα διαμορφωμένες συσκευές, είναι ικανό να τις θέσει σε κίνηση.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ**

### **2.1.Άμεσοι και Έμμεσοι Κίνδυνοι στον Άνθρωπο**

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι η πιο εύχρηστη μορφή ενέργειας και η πιο διαδεδομένη. Ο άνθρωπος τη χρησιμοποιεί αρκετά στις καθημερινές του δραστηριότητες διευκολύνοντας έτσι τρόπο διαβίωσης του.

Παρ' όλα τα θετικά στοιχεία που μας προσφέρει ο ηλεκτρισμός μπορεί να γίνει πολύ επικίνδυνος, εξαιτίας κυρίως της κακής του χρήσης. Στις μέρες μας τα ηλεκτρικά ατυχήματα έχουν μειωθεί αισθητά λόγω της γνώσεις που έχουν αποκτήσει οι άνθρωποι για αυτόν και των κατάλληλων προστατευτικών μέτρων για την αποφυγή ατυχημάτων.

Ο ηλεκτρισμός μπορεί να γίνει ιδιαίτερα επικίνδυνος για τρεις κύριους λόγους:

- 1) Η αόρατη φύση του που τον κάνει δύσκολα αντιληπτό.
- 2) Η μεγάλη του εξάπλωση. Τον συναντάμε στο σπίτι, το γραφείο, σε δημόσιες περιοχές.
- 3) Η εξοικείωση του ανθρώπου με αυτόν, με αποτέλεσμα να λησμονείται συχνά η παρουσία του.

Οι κίνδυνοι από την παραγωγή και χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος, μπορούν να καταταχτούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:



1. **Άμεσοι κίνδυνοι:** έχουμε ανθρώπινη βλάβη, όπως εξωτερικά και εσωτερικά εγκαύματα, μυϊκές καταστροφές, αναπνευστικές και καρδιακές βλάβες.
2. **Έμμεσοι κίνδυνοι:** έκρηξης ατμών ή σκόνης από ηλεκτρικό σπινθήρα, κίνδυνοι πτώσης από ύψος λόγω τινάγματος από ρεύμα, κίνδυνοι τραυματισμών από άκαιρο ξεκίνημα ή σταμάτημα μηχανήματος και κίνδυνοι από αποτυχία θέσης σε λειτουργία ενός κρίσιμου μηχανισμού.

Για να συμβεί όμως ηλεκτρικό ατύχημα, δεν είναι απαραίτητη η επαφή (άμεση ή έμμεση) με ηλεκτρισμένο σώμα ή κάποιο δίκτυο. Αρκεί το ανθρώπινο σώμα να έρθει σε επαφή με ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο (ηλεκτρικό τόξο). Αυτό εμφανίζεται συνήθως όταν έχουμε ατυχήματα σε εγκαταστάσεις ισχύος υψηλής τάσης, αλλά και σε μικρότερη έκταση στη μέση.

### **2.1.1. Ηλεκτροπληξία**

Ο κίνδυνος που διατρέχει ο άνθρωπος από την ηλεκτρική ενέργεια είναι αυτός της ηλεκτροπληξίας. Ως γνωστόν ο ανθρώπινος οργανισμός είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Έτσι από τη στιγμή που βρεθεί ανάμεσα σε δυο σημεία που επικρατεί ηλεκτρική τάση, τότε από το σώμα θα περάσει το ηλεκτρικό ρεύμα. Η επίδραση του στο ανθρώπινο σώμα συνοδεύεται από ένα πλήθος φυσικών, χημικών και βιολογικών φαινομένων.

Για να μπορέσει το σώμα να βρεθεί ανάμεσα στα σημεία που επικρατεί ηλεκτρική τάση θα πρέπει είτε δυο διαφορετικά μέρη του σώματος να έρθουν σε επαφή με τα σημεία ηλεκτρικής εγκαταστάσεως με διαφορετικό δυναμικό είτε ένα μέρος του σώματος να έρθει σε επαφή με ένα σημείο ηλεκτρικής εγκαταστάσεως με ηλεκτρική

τάση ως προς τη γη και ταυτόχρονα ένα άλλο μέρος του σώματος να είναι σε επαφή με τη γη.

Η βλάβη που θα προκληθεί στον ανθρώπινο οργανισμό είναι ανάλογη της έντασης του ρεύματος. Επικίνδυνη τάση για τον οργανισμό μας θεωρείται άνω των 40V. Αν το ηλεκτρικό ρεύμα περάσει δια μέσου του εγκεφάλου ή της καρδιάς, υπάρχει βέβαιος θάνατος λόγω άπνοιας ή κοιλιακής μαρμαρυγής αντίστοιχα. Μπορεί να προσβάλει το αναπνευστικό κέντρο με επακόλουθο την αναστολή της αναπνοής και κατά συνέπεια την ασφυξία.

Τέλος, εξαιτίας του θερμικού αποτελέσματος του ηλεκτρισμού είναι δυνατή η δημιουργία εσωτερικών ή εξωτερικών εγκαυμάτων ολικού πάχους (τρίτου βαθμού). Είναι η σοβαρότερη μορφή εγκαυμάτων διότι η καταστροφή των ιστών δε περιορίζεται μόνο στην επιφάνεια επαφής, αλλά ενδέχεται να περιλαμβάνει και υποκείμενους ιστούς και όργανα, καθώς και εξαρθρώσεις, κατάγματα ή θρομβώσεις αγγείων.

Είναι σημαντικό να κατανοηθούν τα αποτελέσματα της ηλεκτροπληξίας στο ανθρώπινο σώμα, αφενός μεν για να εκτιμηθεί η ευαισθησία του ανθρώπου στη διέλευση εξωτερικού ηλεκτρικού ρεύματος δια μέσου των ιστών και των οργάνων του, αφετέρου δε διότι η σωστή θεραπεία της ηλεκτροπληξίας εξαρτάται από την αντίληψη της διαδρομής του ρεύματος μέσα στο σώμα και των βλαβών που αυτό μπορεί να προκαλέσει.

## **2.2. Στατιστικά Στοιχεία Ηλεκτροπληξίας**

Στα ατυχήματα τα οποία σημειώνονται κάθε χρόνο, περιλαμβάνονται περιστατικά τα οποία οφείλονται στον ηλεκτρισμό. Μπορεί να μην έχουν μεγάλο αριθμό, κατά

μέσο όρο 3 ηλεκτροπληξίες ανά 1.000.000 κατοίκων, είναι όμως θανατηφόρα και ο λόγος αυτός μας υποχρεώνει να δώσουμε ιδιαίτερη βαρύτητα σε αυτά.

**Πίνακας 1. Θανατηφόρα ατυχήματα βάση το αίτιο που τα προκάλεσε, σε χρονικό διάστημα 1997- 2005**

<b>Τύπος Ατυχήματος (αιτία)</b>	<b>Θανατηφόρα ατυχήματα</b>	<b>%</b>
Πτώσεις	301	40,2
Ηλεκτροπληξία	129	17,2
Μηχανήματα	126	16,8
Παθολογικά Αίτια	70	9,4
Τροχαία	45	6,0
Εκρήξεις	39	5,2
Εισπνοή αερίων	16	2,1
Λοιπά	22	2,9
Σύνολο	748	100

Σύμφωνα με τα στατιστικά του Υπουργείου Εργασίας, τα ατυχήματα εργαζομένων που οφείλονται στον ηλεκτρισμό ανέρχονται περίπου μόλις στο 17% του συνόλου τους (πιν. 1). Είναι δυσάρεστη, όμως η διαπίστωση ότι η αναλογία των θανατηφόρων ηλεκτρικών ατυχημάτων σε σχέση με το σύνολο των θανατηφόρων ατυχημάτων είναι μεγαλύτερη από κάθε άλλο είδος ατυχήματος. Συγκεκριμένα, το 24% από τα ηλεκτρικά ατυχήματα καταλήγουν στο θάνατο, ποσοστό που αντιστοιχεί στο 17,2% του συνόλου των θανατηφόρων εργατικών ατυχημάτων.

Ηλεκτρικά ατυχήματα μη εργαζομένων συμβαίνουν κάθε χρόνο σε τόπους διαμονής, αναψυχής ή κυκλοφορίας, με επίσης μεγάλο ποσοστό θανατηφόρων αποτελεσμάτων.

Η σύγκριση με άλλες χώρες είναι δυσμενής για την Ελλάδα. Στις ΗΠΑ το ποσοστό θανατηφόρων ατυχημάτων από ηλεκτροπληξία ανέρχεται μόλις στο 7% του συνόλου ατυχημάτων κατακτώντας τη τέταρτη θέση στις αιτίες.

### **2.3. Παράγοντες που Επιδρούν Αρνητικά στον Άνθρωπο μετά τη Διέλευση του**

#### **Ρεύματος**

Βάση μελετών από την ομάδα εργασίας της διεθνούς ηλεκτροτεχνικής ένωσης TC 64 για τη προστασία του ανθρώπου από τον ηλεκτρισμό, είναι διεθνώς αποδεκτό ότι παράγοντες που επηρεάζουν το είδος και τη σοβαρότητα των αποτελεσμάτων εισόδου του ηλεκτρικού ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα είναι:

- Η διαδρομή του ρεύματος μέσα στο ανθρώπινο σώμα
- Ο χρόνος διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το σώμα (στιγμιαία ή παρατεταμένη επαφή)
- Το είδος του ρεύματος (εναλλασσόμενο, συνεχές, παλμικό, στατικός ηλεκτρισμός)
- Η ηλεκτρική αντίσταση κατά μήκος της παραπάνω διαδρομής
- Η ένταση του διερχόμενου ρεύματος
- Η κυματομορφή του ρεύματος
- Η τάση (διαφορά δυναμικού στην οποία βρέθηκαν τα σημεία εισόδου και εξόδου του ρεύματος στο σώμα)
- Η συχνότητα του ρεύματος (όσον αφορά στο εναλλασσόμενο ρεύμα)
- Οι συνθήκες του περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, καιρικά φαινόμενα).
- Το είδος της επαφής (άμεση, έμμεση, από απόσταση)
- Η επίδραση φορτισμένων πυκνωτών

### **2.3.1. Η διαδρομή του ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα**

Το ηλεκτρικό ρεύμα από όποιο μέρος του ανθρώπινου σώματος περάσει προκαλεί βλάβες, είτε αυτές είναι βλάβες ιστών, οργάνων ή οστών. Είναι διαπιστωμένο ότι η διαδρομή του ρεύματος δε διακλαδίζεται σε ολόκληρο το σώμα, αλλά ακολουθεί τη συντομότερη οδό από το σημείο εισόδου προς το σημείο εξόδου. Η διαδρομή αυτή δεν είναι γραμμική, αλλά παρουσιάζει πλάτος διασποράς. Η πυκνότητα ρεύματος είναι μεγαλύτερη κατά μήκος της γραμμής που συνδέει τα δύο σημεία επαφής.

Η συνηθέστερη διαδρομή του ρεύματος είναι μεταξύ ενός άνω άκρου και του άλλου άνω άκρου ή ενός κάτω άκρου. Αυτή η διαδρομή (με εξαίρεση την περίπτωση δεξί χέρι - δεξί πόδι) περιλαμβάνει την καρδιά και τους μύς της αναπνοής στο στήθος. Μόνον το 3% των θανατηφόρων σοκ περνούν από το κεφάλι, όπου επηρεάζει το νευρικό σύστημα ελέγχου της αναπνοής.

Μια διαφορετική διαδρομή είναι αυτή μεταξύ των δύο ποδιών (περίπτωση βηματικής τάσης), κατά την οποία δεν επηρεάζονται τα ζωτικά όργανα του ανθρώπινου οργανισμού.

Επίσης υπάρχει και η διαδρομή από το ένα δάχτυλο του χεριού σε άλλο δάχτυλο του ίδιου χεριού, η οποία είναι ικανή να προκαλέσει μόνο τοπικά εγκαύματα.

Κατά την εφαρμογή ηλεκτροσόκ για την θεραπεία ψυχικών νόσων χρησιμοποιείται ρεύμα έντασης 300-600 mA επί 0,7 - 0,8 sec. Το ρεύμα αυτό διαρρέει τον εγκέφαλο και δεν προκαλεί βλάβες. Ίδιας έντασης ρεύμα αν διαρρεύσει και στον κορμό, είναι θανατηφόρο.

### **2.3.2. Χρόνος διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος**

Η σοβαρότητα των συνεπειών της διέλευσης ηλεκτρικού ρεύματος από το ανθρώπινο σώμα εξαρτάται από το συνολικό ηλεκτρικό φορτίο που θα διέλθει από το σώμα. Υπολογίζεται από τον κλασσικό τύπο  $Q = I \cdot t$ , όπου  $Q$  το φορτίο σε Cb,  $I$  η ένταση του ρεύματος σε A και  $t$  ο χρόνος διέλευσης του ρεύματος σε sec.

Επομένως, οποιοδήποτε ηλεκτρικό σοκ, όσο μεγαλύτερης διάρκειας είναι τόσο σοβαρότερες συνέπειες έχει για τον οργανισμό. Η μέγιστη τιμή επιτρεπόμενου ρεύματος ανεξάρτητα από τον χρόνο διέλευσης είναι 0,5 mA. Η διάρκεια της επαφής είναι δύσκολο να τεκμηριωθεί. Οι περισσότερες σχετικές πληροφορίες προέρχονται από αυτόπτες μάρτυρες και αποτελούν τη λιγότερο έγκυρη πηγή. Η πιο κοινή αναφορά είναι ότι το θύμα έπεσε κάτω ή απωθήθηκε αμέσως μετά την επαφή του με το ηλεκτρικό ρεύμα.

### **2.3.3. Η ηλεκτρική αντίσταση του ανθρώπινου σώματος**

Η τιμή της αντίστασης του ανθρώπινου σώματος παίζει καθοριστικό ρόλο σε όλα τα ατυχήματα από ηλεκτροπληξία. Αυτή η τιμή είναι και ο μεγάλος άγνωστος. Αν καθοριστεί αυτή τιμή, τότε όλοι οι άλλοι παράγοντες είναι γνωστοί για τον υπολογισμό της έντασης.

Η σύνθετη αντίσταση του ανθρώπινου σώματος είναι κυρίως ωμική με ελάχιστη χωρητικότητα, δηλαδή R και C παράλληλα. Η τιμή της σύνθετης αντίστασης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες ως εξής:

- Διαδρομή του ρεύματος δια του σώματος: Διαμορφώνει σημαντικά (>40%) την αντίσταση.
- Τάση επαφής: Η αντίσταση είναι μη γραμμική και μειώνεται με την αύξηση της τάσης επαφής.
- Σωματική διάπλαση.
- Δύναμη πίεσης και επιφάνεια επαφής: Αυξανόμενης της δύναμης, της μηχανικής πίεσης και της επιφάνειας επαφής του σώματος με τον αγωγό, μειώνεται η αντίσταση.
- Κατάσταση της επιδερμίδας: Το πάχος της επιδερμίδας και η υγρασία παίζουν σημαντικό ρόλο, καθώς επίσης και η ψυχολογική κατάσταση του ατόμου.
- Διάρκεια ροής του ρεύματος και συχνότητα ρεύματος.

Υψηλές αντιστάσεις υπάρχουν όταν το δέρμα είναι χονδρό, ξηρό και η επιφάνεια επαφής είναι μικρή. Χαμηλές τιμές προκύπτουν όταν το δέρμα είναι λεπτό, υγρό και η επιφάνεια επαφής μεγάλη.

Κατά τη δεκαετία του 1930 ο επιστήμονας Freiburger διεξήγαγε ηλεκτρικά πειράματα πάνω σε πτώματα. Η έρευνα του έδειξε ότι η αντίσταση του σώματος αποτελείται από τρεις εν σειρά αντιστάσεις: Μία αντίσταση του δέρματος  $Z_r$  στο σημείο εισόδου του ρεύματος (εξωτερική), την εσωτερική αντίσταση  $Z_i$  και μία αντίσταση του δέρματος  $Z_r$  στο σημείο εξόδου του ρεύματος (εξωτερική). Η συνολική αντίσταση  $Z_t$  ορίζεται ως το διανυσματικό άθροισμα αυτών των τριών αντιστάσεων.

- 1. Εσωτερική Αντίσταση  $Z_i$ :** περίπου το 70% του ανθρώπινου σώματος αποτελείται από νερό και έχει πολύ μικρή εσωτερική αντίσταση, που θεωρείται βασικά ωμική. Η τιμή της εξαρτάται κυρίως από το μήκος της διαδρομής του ρεύματος μέσα στο σώμα και σε μικρότερο βαθμό από την επιφάνεια επαφής. Όταν η επιφάνεια επαφής είναι πολύ μικρή (λίγα  $\text{mm}^2$ ), η εσωτερική αντίσταση αυξάνεται. Η τιμή της είναι σχετικά σταθερή και τυπικά κυμαίνεται από 100 έως 500  $\Omega$ , τιμή χαμηλή, διότι οι τένοντες, οι μύες και το αίμα είναι σχετικά καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού.
- 2. Εξωτερική Αντίσταση  $Z_p$ :** η εξωτερική αντίσταση του σώματος βρίσκεται στο δέρμα, στην ανώτερη στιβάδα της επιδερμίδας, την κεράτινη. Η αντίσταση της είναι πολύ μεγαλύτερη από την εσωτερική, υπό την προϋπόθεση ότι το δέρμα δεν είναι υγρό ή κομμένο ή καμένο. Γι' αυτό η μεγαλύτερη αντίσταση στο ηλεκτρικό ρεύμα είναι στα σημεία επαφής με το δέρμα και στις χαμηλές τάσεις η αντίσταση αυτή είναι ο κύριος παράγων περιορισμού του ρεύματος.

Το σκληρό και στεγνό δέρμα προσφέρει πολύ μεγάλη αντίσταση, που η μέγιστη τιμή της είναι 100.000  $\Omega$ . Επαφές σε σημεία που το δέρμα είναι ασυνεχές έχουν από τη φύση τους μικρή αντίσταση που σημαίνει ότι και ρεύματα λίγων mA είναι αρκετά επώδυνα.

Εάν το δέρμα δεν είναι ασυνήθιστα υγρό, τη στιγμή της επαφής το μεγαλύτερο από το 95% της επιβαλλόμενης πτώσης τάσης ίσως αρχικά συμβεί κατά μήκος της μονωμένης επιδερμίδας.

Η ύπαρξη υγρασίας μειώνει δραματικά την αντίσταση του δέρματος. Βρεγμένες ή υγρές επαφές, όπως αυτές που συναντάμε στο μπάνιο, την κουζίνα, τον κήπο, συνιστούν μία εν δυνάμει επικίνδυνη για ηλεκτροπληξία κατάσταση, ακόμη και στις

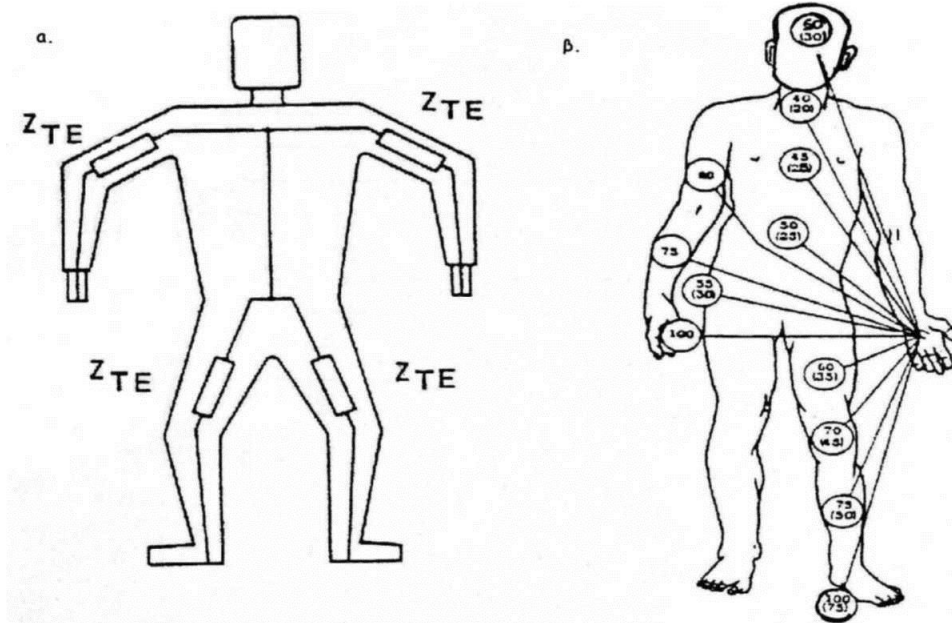


χαμηλές τάσεις των 120 ή 240 V. Η εφίδρωση ελαττώνει την αντίσταση του δέρματος 11 φορές και η εμβάπτιση σε νερό ακόμη 25 φορές. Η αντίσταση του σώματος κατά τη διαδρομή χέρι - πόδι είναι μόνον 1000 Ω, όταν αυτό είναι υγρό. Μεταξύ 50 V και 500 V οι συνθήκες είναι μη θανατηφόρες, εάν η αντίσταση επαφής είναι αρκετά υψηλή, ώστε να περιοριστεί επαρκώς το ρεύμα.

Όταν κάποιος εργάζεται σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος σχηματίζεται ιδρώτας, ιδίως όταν η υγρασία είναι υψηλή. Ο φόβος και η ανησυχία κάνουν κάποιους ανθρώπους να ιδρώνουν. Επομένως οι φυσιολογικές συνθήκες επιδρούν στην αντίσταση του δέρματος.

Βάση των αγγλικών κανονισμών αντίστασης του ανθρώπινου σώματος έχουμε:

1. **Κανονική αντίσταση:** η επαφή περιλαμβάνει ένα χέρι και τα δυο πόδια, το δέρμα είναι στεγνό ή υγρό από ιδρώτα, αλλά όχι βρεγμένο.
2. **Μειωμένη αντίσταση:** τα χέρια ή και τα πόδια είναι βρεγμένα και το ρεύμα μπορεί να μειωθεί με την επαφή με άλλα σημεία του σώματος εκτός από τα χέρια και τα πόδια.
3. **Πολύ χαμηλή αντίσταση:** το θύμα είναι βυθισμένο σε νερό ή είναι σε επαφή με αγωγίμη επιφάνεια.



Σχήμα 2.1. α) Απλοποιημένο διάγραμμα αντιστάσεων στα άκρα του ανθρώπινου σώματος

β) Εσωτερική αντίσταση ανθρώπινου σώματος ως συνάρτηση της διαδρομής του ρεύματος

**Πίνακας 2: Προσεγγιστικές τιμές σύνθετης αντίστασης του ανθρώπινου σώματος για τις διάφορες διαδρομές του ηλεκτρικού ρεύματος.**

Διαδρομή Ρεύματος	Τιμή Αντίστασης [ $\Omega$ ]
Χέρι - χέρι	1000
Πόδι - πόδι	1000
Χέρι-πόδι	750
Χέρια - πόδια	500
Χέρι - στήθος	450
Χέρια - στήθος	230
Χέρι - γλουτός	550
Χέρια - γλουτός	300

#### 2.3.4. Επίδραση του εναλλασσόμενου ρεύματος

Από τη στιγμή που το ανθρώπινο σώμα γίνει μέρος ενός ηλεκτρικού κυκλώματος εναλλασσόμενου ρεύματος συχνότητας 50 Hz, συμπεριφέρεται σα μια απλή ωμική αντίσταση ακολουθώντας τον νόμο του Ωμ. Το ρεύμα που διαπερνά το σώμα το υπολογίζουμε βάση του τύπου  $I = U / Z$ , όπου U η τάση μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου του ρεύματος και Z η σύνθετη αντίσταση του σώματος.

Τα φυσιοπαθολογικά αποτελέσματα της διέλευσης του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος στον οργανισμό του ανθρώπου είναι ανάλογα της έντασης του ρεύματος και τη διάρκεια του, έχοντας την εξής διαβάθμιση: α) απλή αίσθηση, β) αντίδραση, γ) απαγκίστρωση, δ) άπνοια, ε) καρδιακή μαρμαρυγή (θάνατος), στ) παράλυση αναπνευστικού κέντρου, ζ) εγκαύματα και η) βλάβες άλλων οργάνων.

- **Απλή Αίσθηση - Έως 0,5 mA**

Οι ιστοί του σώματος είναι πολύ ευαίσθητοι στο ηλεκτρικό ρεύμα. Η μικρότερη ένταση ρεύματος (50/60 Hz) γίνεται αντιληπτή όταν είναι 0,02 mA από τον αμφιβληστροειδή και 0,045 mA από την γλώσσα. Το επίπεδο του ρεύματος που προκαλεί ελαφρά αίσθηση μυρμηκίασης ονομάζεται «**κατώφλι αίσθησης**».

Για να γίνει αντιληπτός ένας αγωγός που έρχεται σε επαφή με το χέρι πρέπει να είναι περίπου 1 mA. Ο G.Thompson σε πειράματα που έκανε σε άνδρες και γυναίκες διαπίστωσε ότι η μέγιστη ανεκτή ένταση ρεύματος κυμαίνεται από 0,34 mA μέχρι 1,18 mA ανάλογα με την σταθερότητα της επαφής και ότι τα 7,1 mA δεν είναι ανεκτά από κανέναν.

Το αίσθημα τρόμου μπορεί να προκαλέσει ακούσια αντίδραση των μυών και επομένως βλάβη. Πειράματα στο εργαστήριο δείχνουν ότι το χαμηλότερο επιτρεπτό ρεύμα στα 60 Hz ποικίλει από άτομο σε άτομο. Μια μέση τιμή του ρεύματος της

κατηγορίας αυτής είμαι 1,1 mA για τους άνδρες και 0,7 mA για τις γυναίκες. Ως αποτέλεσμα η μέση τιμή έχει θεσπιστεί στα 0,5 mA.

- **Αντίδραση - Από 0,5 έως 0,75mA**

Το ρεύμα που θα έρθει σε επαφή με το σώμα και οδηγήσει σε ατύχημα εξαιτίας της ακούσιας αντίδρασης του μυϊκού συστήματος το ονομάζουμε **ρεύμα αντίδρασης**. Παράδειγμα τέτοιας αντίδρασης είναι η πτώση ενός εργάτη από τη σκάλα εν ώρα εργασίας.

Το 1967, είκοσι οργανισμοί στις ΗΠΑ χρηματοδότησαν και ζήτησαν από τα Underwriters' Laboratories Inc να προσδιορίσουν τα ρεύματα αντίδρασης υπό την καθοδήγηση του American National Standards Institute (ANSI). Η εργασία έγινε με εμπειρογνώμονες τους Kouwenhoven και Dalziel. Τον Νοέμβριο του 1970 υιοθετήθηκε ένα ANSI πρότυπο, που καθιέρωσε τα 0,5 mA ως μέγιστο ρεύμα διαρροής για δισύρματες φορητές συσκευές και τα 0,75 mA για βαριές, κινητές, συνδεόμενες με καλώδιο συσκευές.

- **Απαγκίστρωση - Έως 10 mA (γυναίκες) και έως 16 mA (άνδρες)**

Όταν το ρεύμα διαπεράσει το σώμα γίνεται αντιληπτό ένα μούδιασμα, ζέστη στη περιοχή επαφής και πόνος. Οι μύες των χεριών συσπώνται (τετανική σύσπαση) και το θύμα προσκολλάται στον αγωγό. Σε άλλες περιπτώσεις εκτινάσσεται μακριά από το σημείο επαφής με μεγάλη δύναμη.

Το μέγιστο ρεύμα στο οποίο ένα άτομο πιασμένο σε αγωγό απαγκιστρώνεται χρησιμοποιώντας μόνον τους μυς που πλήττονται από το ρεύμα ονομάζεται **ρεύμα απαγκίστρωσης**. Ο προσδιορισμός του ρεύματος απαγκίστρωσης είναι πολύ σημαντικός, διότι ένας κανονικός άνθρωπος μπορεί να αντέξει, χωρίς σοβαρά

δευτερογενή συμπτώματα, επαναλαμβανόμενη έκθεση στο ρεύμα απαγκίστρωσης για τουλάχιστον όσο χρόνο του χρειάζεται για να απαγκιστρωθεί. Στην πραγματικότητα όλοι οι άνδρες και σχεδόν όλες οι γυναίκες και τα παιδιά μπορούν να απαγκιστρωθούν από ρεύματα έντασης έως 6 mA.

- **Άπνοια - Από 20mA έως 40mA**

Στα περισσότερα ατυχήματα το ρεύμα περνάει από το στήθος. Αν η ένταση του ρεύματος είναι 20-40 mA, οι μύες του στήθους υποβάλλονται σε τετανική σύσπαση, κλείνουν οι αεροφόροι οδοί και το αποτέλεσμα είναι η αναστολή της λειτουργίας της αναπνοής. Αυτό μπορεί να προκαλέσει θάνατο από ασφυξία μέσα σε λίγα λεπτά. Εάν το ρεύμα διακοπεί εντός 2-3 λεπτών, η αναπνοή ξαναρχίζει αυτόματα και η αποκατάσταση γίνεται γρήγορα.

Μελέτες έδειξαν ότι, καθώς η ένταση του ρεύματος αυξάνεται οι δυσλειτουργίες της αναπνοής κλιμακώνονται από την προσωρινή αναστολή της λειτουργίας της έως τη μόνιμη διακοπή της, που συνεπάγεται θάνατο.

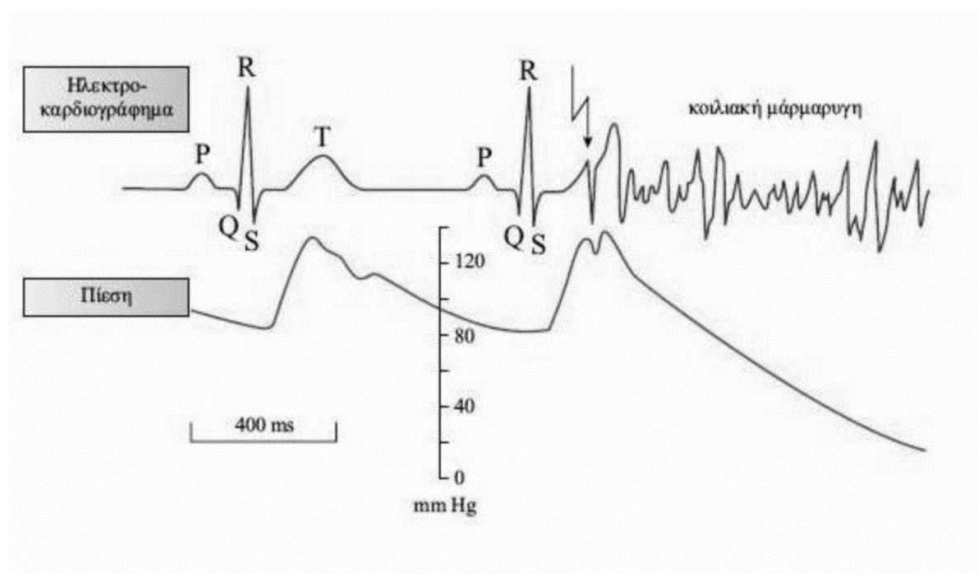
- **Καρδιακή Μαρμαρυγή**

Καθώς η ένταση του ρεύματος αυξάνεται, στην καρδιά έχουμε την εμφάνιση διαφόρων συμπτωμάτων όπως βραδυκαρδία, αρρυθμία και μαρμαρυγή των κοιλιών. Κοιλιακή μαρμαρυγή ονομάζουμε το φαινόμενο της ακατάστατης λειτουργίας της καρδιάς. Κατ' αυτήν την κατάσταση έχουμε ακανόνιστη λειτουργία της καρδιάς, ο παλμός απουσιάζει και σταματά η κυκλοφορία του αίματος. Αυτό οδηγεί στη διακοπή αιμάτωσης του εγκεφάλου. Όταν αυτό συμβεί για κάποια λεπτά, ο εγκέφαλος υφίσταται ανεπανόρθωτη βλάβη.

Πολλές φορές το θύμα παρουσιάζει συμπτώματα φαινομενικού θανάτου. Είναι πάρα πολύ σπάνιο να αποκατασταθεί αυτόματα κανονικός ρυθμός και επομένως οι

συνθήκες είναι σχεδόν πάντα θανατηφόρες, εκτός εάν θεραπευτούν αμέσως. Ο χρόνος μέσα στον οποίο θα παρασχεθούν οι πρώτες βοήθειες στο θύμα είναι ζωτικής σημασίας για τη διάσωσή του.

Για να έχουμε εμφάνιση κοιλιακής μαρμαρυγής κατά την επαφή με το ρεύμα, πρέπει αυτό να διέρθει μέσα από τη καρδιά. Στο σχήμα 2.2. απεικονίζεται ένα ηλεκτροκαρδιογράφημα σε φάση κοιλιακής μαρμαρυγής με τις φάσεις P, Q, R, S, T. Το έπαρμα ή αλλιώς κύμα P, δημιουργείται από την εκπόλωση των κόλπων της καρδιάς. Το σύμπλεγμα Q- R- S δημιουργείται από την εκπόλωση των κοιλιών της καρδιάς. Τέλος το κύμα Tα δημιουργείται από την επαναπόλωση των κοιλιών.



Σχήμα 2.2.: Διέγερση κοιλιακής μαρμαρυγής με διέλευση ρεύματος σε ηλεκτροπληξία κατά τη φάση T.

Έχει αποδειχθεί από τον Perris ότι το ρεύμα πρέπει να πλήξει την καρδιά κατά την περίοδο που οι κοιλίες είναι σε ανάπαυση ώστε να προκληθεί μαρμαρυγή. Η περίοδος αυτή λέγεται και ευαίσθητη περίοδος, αντιστοιχεί στο κύμα T στο

ηλεκτροκαρδιογράφημα και απασχολεί το 25% (0,15sec) του καρδιακού κύκλου. Σημαντικός είναι επίσης, ο συνολικός χρόνος διέλευσης του ρεύματος από την καρδιά. Συνήθως το θύμα ηλεκτροπληξίας δίνει εσφαλμένα μεγαλύτερο χρόνο επαφής με το κύκλωμα, γιατί το αίσθημα του φόβου υποσυνείδητα επιμηκύνει το χρόνο.

- **Παράλυση του αναπνευστικού κέντρου**

Ρεύματα αρκετά μεγαλύτερα από αυτά που προκαλούν τη κοιλιακή μαρμαρυγή ή δεν επιδρούν καθόλου στη καρδιά ή την κρατούν σε θέση συστολής (ανακοπή). Από την άλλη προκαλούν παράλυση του αναπνευστικού κέντρου, μη αντιστρεπτή βλάβη του νευρικού συστήματος και εκτεταμένα εσωτερικά και εξωτερικά εγκαύματα, όλες εν δυνάμει θανατηφόρες συνθήκες. Δεν είναι διαθέσιμα αριθμητικά δεδομένα σχετικά με το μέγεθος του ρεύματος που είναι απαραίτητο για την πρόκληση αυτών των φαινομένων.

Το 1927 ο Urquhart διαπίστωσε προσωρινή αναστολή της λειτουργίας του κέντρου της αναπνοής, όταν αυτό βρισκόταν στη διαδρομή του ρεύματος. Πάντως μόνο το 3% των θανατηφόρων σοκ περνούν από το κεφάλι, όπου εδράζει το νευρικό σύστημα ελέγχου της αναπνοής. Οι Urquhart και Noble διαπίστωσαν το 1929 ότι το ίδιο ισχύει και για τον νωτιαίο μυελό και τα περιφερικά νεύρα και ότι το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται από ορισμένη ένταση και πάνω.

- **Εγκαύματα**

Η δίοδος του ηλεκτρικού ρεύματος από έναν αγωγό συνοδεύεται από την έκλυση θερμότητας. Όταν η ένταση του ρεύματος είναι πολύ μεγάλη, η εκλυόμενη θερμότητα είναι ικανή να προκαλέσει εγκαύματα στα σημεία του σώματος που είναι

σε επαφή με το ρεύμα. Αυτό ονομάζεται ηλεκτρικά εγκαύματα ή εγκαύματα Joule. Τα εγκαύματα παράγονται είτε από ρεύμα υψηλής τάσης είτε από ηλεκτρικά τόξα. Εάν ένας γειωμένος αγωγός έρθει κοντά σε έναν αγωγό υψηλής τάσης, η μόνωση του μεταξύ τους διακένου αέρος διασπάται και δημιουργείται σπινθήρας. Αυτός ιονίζει τον αέρα και επομένως μειώνει την αντίσταση του, γεγονός που αυξάνει το ρεύμα, ώστε να δημιουργηθεί τόξο.

Εάν ο γειωμένος αγωγός είναι ένας άνθρωπος που είναι πολύ κοντά στη γραμμή υψηλής τάσης, θα καεί από το τόξο, χωρίς ουσιαστικά να έρθει σε επαφή με τον αγωγό. Λόγω της μειωμένης ηλεκτρικής αντίστασης του αέρα και της μεγάλης επιφάνειας του δέρματος που καίγεται (γεγονός που μειώνει περαιτέρω την αντίσταση του δέρματος), μπορεί να ρέυσουν υψηλά ρεύματα. Έτσι το θύμα υπόκειται σε ένα διπλό συμβάν: α) το καίει η φλόγα του τόξου και β) το ρεύμα που το διαπερνά.

Τα εγκαύματα επιδεινώνονται λόγω ανάφλεξης των ενδυμάτων. Επίσης, επειδή συνήθως το θύμα δεν αγγίζει τον αγωγό, πρακτικά δεν είναι ποτέ όρθιο, αλλά πέφτει πολύ μακριά από τον αγωγό, σβήνοντας έτσι το τόξο. Επομένως, το ρεύμα διαπερνά το θύμα μόνον για σύντομο χρονικό διάστημα.

- **Δευτερεύοντα αποτελέσματα :**

Δευτερεύοντα αποτελέσματα του ηλεκτρικού σοκ σχετίζονται κυρίως με την καρδιά, το νευρικό σύστημα και τη ψυχική σφαίρα. Τέτοια είναι η ηλεκτρική στηθάγχη, τρόμος, παραισθησία, αδυναμία συγκέντρωσης, αμνησία.

Ο ηλεκτρικός καταρράκτης είναι προσωρινός και μπορεί να προκύψει μετά από διάφορους τύπους σοκ, συνήθως σοβαρά και διερχόμενα από το κεφάλι. Μπορεί να



υπάρχει βλάβη των νεύρων της σπονδυλικής στήλης εξαιτίας της βίαιης κίνησης από τις ισχυρές συσπάσεις κατά τη διάρκεια της ηλεκτροπληξίας.

### 2.3.5. Επίδραση του συνεχούς ρεύματος

Στον παρακάτω πίνακα (πιν. 3) απεικονίζονται οι τέσσερις περιοχές (DC-1, DC-2, DC-3, DC-4) επίδρασης του συνεχούς ρεύματος στον άνθρωπο και οι συνέπειες που αυτές προκαλούν.

**Πίνακας 3: Ζώνες επίδρασης συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος και συνέπειες αυτών.**

Ζώνη	Όρια	Συνέπειες
DC-1	Μέχρι 2mA (γραμμή α)	Δεν υφίσταται συνήθως αντίδραση. Πιθανό ελαφρύ κτύπημα κατά το ανοιγοκλείσιμο του ρεύματος.
DC-2	2mA έως τη γραμμή b	Συνήθως δεν προκαλούνται επικίνδυνα παθοφυσιολογικά προβλήματα.
DC-3	Γραμμή b έως καμπύλη c <sub>1</sub>	Συνήθως δεν αναμένεται οργανική βλάβη. Αυξανόμενου του ρεύματος και της διάρκειας του μπορεί να συμβούν αναστρέψιμες διαταραχές στην οδήγηση των καρδιακών διεγέρσεων.
DC-4	Πάνω από την καμπύλη c <sub>1</sub>	Αυξανόμενου του ρεύματος και της διάρκειας του μπορεί να συμβούν επικίνδυνες φυσιολογικές ενέργειες, όπως ανακοπή καρδιάς, ασφυξία, σοβαρά εγκαύματα.
DC-4.1.	ci - C2	Πιθανότητα για κοιλιακή μαρμαρυγή έως 5%.
DC-4.2.		Πιθανότητα για κοιλιακή μαρμαρυγή έως περίπου 50%.
DC-4.3.	Πέραν της c <sub>3</sub>	Πιθανότητα για κοιλιακή μαρμαρυγή πάνω από 50%.

### **2.3.6. Συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος**

Η επίδραση του ρεύματος στον άνθρωπο γίνεται πιο ακίνδυνη καθώς αυξάνεται η συχνότητα από 50 Hz σε υψηλότερες συχνότητες. Φαίνεται ότι η περιοχή γύρω από τα 50 Hz είναι η πιο επικίνδυνη. Με λίγα λόγια στο συνεχές ρεύμα και σε υψηλότερες συχνότητες η δράση του ρεύματος είναι πιο ακίνδυνη.

### **2.3.7. Η τάση του ρεύματος**

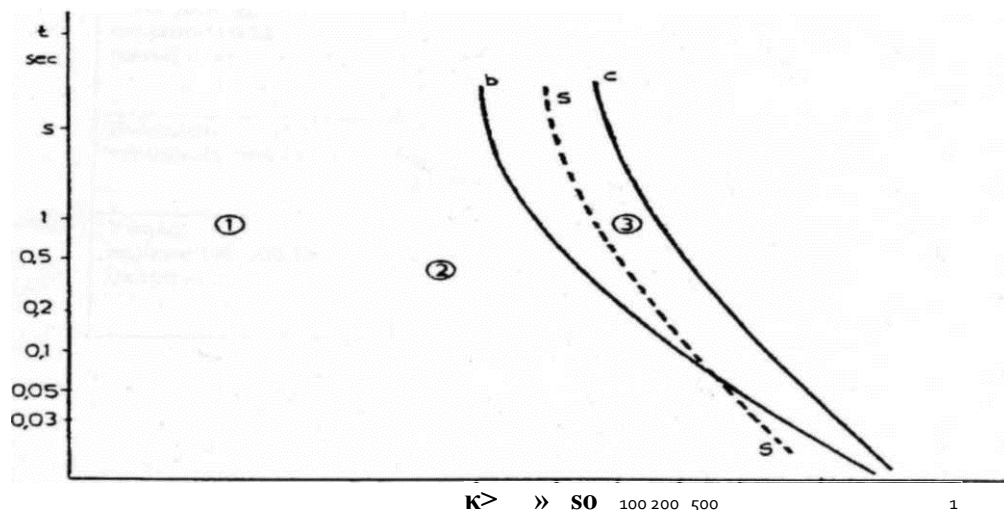
Βάση του νόμου Ohm: «Ένταση= Τάση/ Αντίσταση». Είναι γνωστό ότι στο καθορισμό του επικίνδυνου ρεύματος παίζει μεγάλο ρόλο ο παράγοντας της τάσης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί και παραπάνω, δεδομένου ότι η ένταση του ρεύματος είναι άγνωστη, και αφού είναι άγνωστη και η αντίσταση του σώματος τη στιγμή του ατυχήματος, συμπεραίνεται ότι το μόνο γνωστό δεδομένο είναι η τάση του ρεύματος.

Το ρεύμα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα επίπεδα ασφάλειας, δηλαδή πρέπει να ακολουθεί τις καμπύλες ασφάλειας χρόνου - ρεύματος. Η μέγιστη τάση επαφής που μπορεί να γίνει ανεκτή απεριόριστα χωρίς να προκαλέσει παθολογικά φαινόμενα ονομάζεται **τάση ασφαλείας**. Βάσει των περιοχών χρόνου - έντασης της επίδρασης του ρεύματος υπάρχουν αποδείξεις ότι ατυχήματα που έγιναν με τάση μικρότερη από 50 V εναλλασσόμενου ή 75 V συνεχούς ρεύματος προκάλεσαν σοβαρή βλάβη.

Οπότε όσο μεγαλύτερη είναι η τάση τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος για βλάβη του νευρικού συστήματος και των κυττάρων. Ο θάνατος επέρχεται είτε λόγω παραλύσεως του αναπνευστικού συστήματος, είτε εκτεταμένων εγκαυμάτων, είτε νεφρικής ανεπάρκειας. Χαμηλότερες τάσεις προκαλούν καρδιακή μαρμαρυγή και κατά συνέπεια θάνατο.

Για τους λόγους αυτούς διάφοροι ερευνητές διακρίνουν τα ηλεκτρικά ατυχήματα ανάλογα με την τάση του ρεύματος και σε ατυχήματα από υψηλή και χαμηλή τάση. Ως όριο μεταξύ χαμηλής και υψηλής τάσης στη Γερμανία θεωρούνται τα 250 V, στις ΗΠΑ τα 500 V, αλλά από ηλεκτροπαθολογική πλευρά καλύτερο όριο είναι τα 1000 V, όπως καθορίζουν και οι κανόνες της VDE.

Έχει καθοριστεί μια καμπύλη ασφαλούς τάσης, η καμπύλη **S**. Η καμπύλη αυτή σε σχέση με τις περιοχές αποτελεσμάτων χρόνου - έντασης βρίσκεται στο κατώτερο τμήμα της περιοχής 3 και για υψηλές εντάσεις στην περιοχή 2, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3.



Σχήμα 2.3.: Θέση καμπύλης ασφαλούς τάσης σε σχέση με τις περιοχές αποτελεσμάτων χρόνου/έντασης.

### **2.3.8. Το περιβάλλον**

Η επίδραση του φυσικού περιβάλλοντος σε διάφορες παραμέτρους της ηλεκτροπληξίας είναι πολύ σημαντική. Ήδη αναφέρθηκε η επίδραση της υγρασίας στην αντίσταση του ανθρώπινου σώματος. Εξ ίσου σημαντική είναι η επίδραση κάποιων περιβαλλοντικών παραγόντων και στις αποστάσεις ασφαλείας για εργασία από υψηλή τάση. Αν και η ομίχλη ή και οι σταγόνες της βροχής έχουν αμελητέα επίδραση στην ηλεκτρική δύναμη του διακένου αέρα, δεν ισχύει το ίδιο για το νερό υπό μορφή συνεχούς ροής ή πιτσιλίσματος. Ακόμη και αντικείμενα που είναι ελαφρώς αγώγιμα μπορούν να αποτελέσουν πηγή κινδύνου, εάν έχουν μεγάλο μήκος.

Γι' αυτό είναι σημαντικό να λαμβάνονται οι κατάλληλες προφυλάξεις κατά την διεξαγωγή εργασιών μετά από μεγάλη βροχή ή υπό ισχυρό άνεμο, ιδίως σε περιοχές όπου υπάρχουν ταινίες με μεταλλική επικάλυψη, εκτεταμένα απορρίμματα ινών άνθρακα ή ακόμη και άφθονα στελέχη (κοτσάνια) φυτών. Εξ άλλου, καμία απόσταση προσέγγισης σε αγωγό υπό τάση δεν είναι ασφαλής, σε περίπτωση απ' ευθείας πλήγματος του αγωγού από κεραυνό.

Γι' αυτό το λόγο σε όλες τις χώρες υπάρχουν κανονισμοί που απαγορεύουν παντελώς την εκτέλεση εργασιών, όταν υπάρχει πιθανότητα ηλεκτρικών καταιγίδων σε περιοχές με γραμμές υψηλής τάσης υπό επισκευή ή συντήρηση.

Η επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ιδίως εάν συνοδεύεται από ταυτόχρονη ύπαρξη υγρασίας, επιδρούν στην διηλεκτρική αντοχή των μονωτήρων και του αέρα και ευνοούν τις διαρροές και την δημιουργία τόξων (παραθαλάσσιες περιοχές, περιοχές με λιγνιτωρυχεία, περιοχές με έντονη βιομηχανική μόλυνση). Η

IEC έχει καθορίσει τέσσερις τύπους περιβάλλοντος (ξηρό, υγρό, βρεγμένο και εμβαπτισμένο) και όρισε παραμέτρους για την πρόληψη της ηλεκτροπληξίας για κάθε έναν από αυτούς.

Τα ενδύματα και τα υποδήματα του θύματος είναι σημαντικά, εάν η επαφή γίνεται μέσω αυτών. Η σημασία τους έγκειται στο αν είναι κακοί ή καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού, οπότε συντελούν στην αύξηση ή μείωση αντίστοιχα της συνολικής αντίστασης του κυκλώματος και συνεπώς στον περιορισμό ή όχι του διερχόμενου ρεύματος. Η κακή κατάσταση της υγείας του θύματος, η προϋπαρξη παθήσεων, ιδίως του κυκλοφοριακού συστήματος, είναι δυσμενής για το θύμα ηλεκτροπληξίας.

Όσον αφορά την ψυχική του κατάσταση την ώρα του ατυχήματος, φαίνεται ότι και αυτή παίζει ρόλο. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η κατάσταση της προσοχής του, καθώς, σε ανθρώπους που χρησιμοποιήθηκαν σε πειράματα για την εξακρίβωση της μέγιστης ανεκτής έντασης, παρατηρήθηκε ότι, όταν αυτοί δεν ήταν προειδοποιημένοι, η ανεκτή ένταση ήταν πολύ χαμηλότερη από ό,τι στην αντίθετη περίπτωση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ

### ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟ

#### 3.1. Μέτρα Προστασίας από την Ηλεκτροπληξία

Όπως έχει αναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο, όταν ο άνθρωπος έρθει σε επαφή, άμεση ή έμμεση, με ένα κύκλωμα τότε έχουμε τη δημιουργία ηλεκτροπληξίας.

**Άμεση επαφή** ονομάζουμε την απευθείας επαφή με έναν ηλεκτροφόρο αγωγό ενώ ταυτόχρονα το άτομο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Με την **έμμεση επαφή** επέρχεται η ηλεκτροπληξία λόγω της καταστροφής μονώσεως από μεταλλικά αγείωτα μέρη.

Υπάρχουν μέτρα διεθνώς αναγνωρισμένα τα οποία λαμβάνονται για τη προστασία του ανθρώπου από την ηλεκτροπληξία, τα οποία κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

1. **Κατηγορία Α:** αποφυγή τάσης, δηλαδή έχουμε μηδενική τάση επαφής.
2. **Κατηγορία Β:** χρήση πολύ χαμηλών τάσεων.
3. **Κατηγορία C:** ταχεία απόζευξη επικίνδυνων τάσεων.

Τα πρότυπα HD 384 για τα μέτρα προστασίας από ηλεκτροπληξία που επικρατούν στην Ευρωπαϊκή Ένωση, διακρίνονται ανάλογα το είδος της επαφής (άμεση ή έμμεση) και για τα οποία θα γίνει αναλυτική περιγραφή παρακάτω. Το όριο της τάσης που πρέπει να χρησιμοποιείται για να μην γίνεται επικίνδυνο το ρεύμα είναι:

$$U \sim < 50 \text{ V EP. } U < 120 \text{ V SP}$$

### **3.1.1. Προστασία από άμεση επαφή**

Για να υπάρχει προστασία έναντι του ηλεκτρικού ρεύματος θα πρέπει τα δίκτυα να τροφοδοτούνται με χαμηλή ονομαστική τάση. Χαμηλές ονομαστικές τάσεις θεωρούνται οι τάσεις:

- Ενδεικτική τιμή τάσης 50 V στο εναλλασσόμενο ρεύμα.
- 120 V στο συνεχές ρεύμα ή τάση συνεχή με κυμάτωση το πολύ 10% της συνεχούς συνιστώσας και κορυφή μικρότερη των 140 V. Για μεγαλύτερη κυμάτωση ισχύει το όριο των 140 V μέγιστης τιμής με μέση τιμή τα 50 V.

Η προστασία από την άμεση επαφή με το ηλεκτρικό ρεύμα χωρίζεται σε τρία είδη. Ανάλογα το είδος της επαφής, υπάρχουν και τα κατάλληλα μέτρα προφύλαξης.

#### **- Προστασία από κάθε άμεση επαφή:**

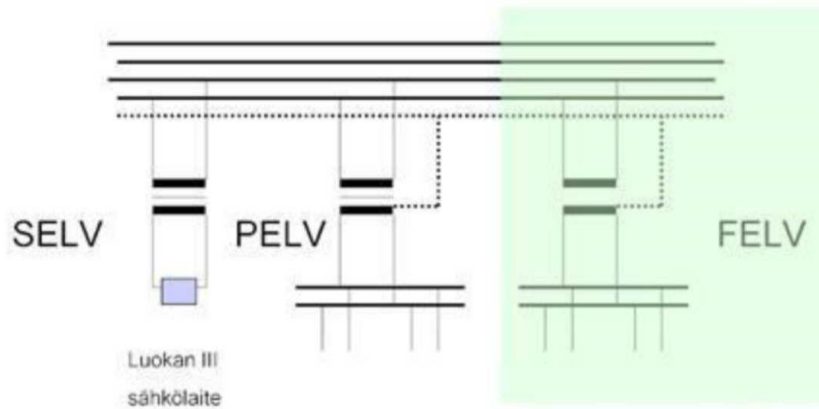
- 1) Μόνωση του αγωγού
- 2) Χρήση φραγμάτων
- 3) Περιβλήματα

- **Προστασία από τη «κατά λάθος» επαφή:**
  - 1) Τοποθέτηση εμποδίων μπροστά από τη πηγή ηλεκτρισμού
  - 2) Απρόσιτη τοποθέτηση της πηγής του ηλεκτρισμού.
  
- **Προστασία από τη συμπληρωματική επαφή:**
  - 1) Διακοπή του διαφορικού ρεύματος μεγάλης ευαισθησίας

Τα συστήματα χαμηλών τάσεων (σχ. 3.1.) χωρίζονται στις τρεις ακόλουθες κατηγορίες:

- **SELV:** Safety Extra Low Voltage. Είναι αγείωτο σύστημα που λειτουργεί με πολύ χαμηλή τάση ασφαλείας και χωρίς επαφή με άλλα κυκλώματα.
- **PELV:** Protection Extra Low Voltage. Είναι γειωμένο σύστημα που λειτουργεί με πολύ χαμηλή τάση προστασίας.
- **FELV:** Functional Extra Low Voltage. Πολύ χαμηλή τάση λειτουργίας σύστημα όπου υπάρχει πιθανότητα επαφής με γειτονικά κυκλώματα τάσης υψηλότερης από 50 V εναλλασσόμενου ρεύματος ή 120 V συνεχούς ρεύματος.





Σχήμα 3.1.: Συστήματα πολύ χαμηλών τάσεων SELV, PELV, FELV

### 3.1.2. Προστασία από έμμεση επαφή

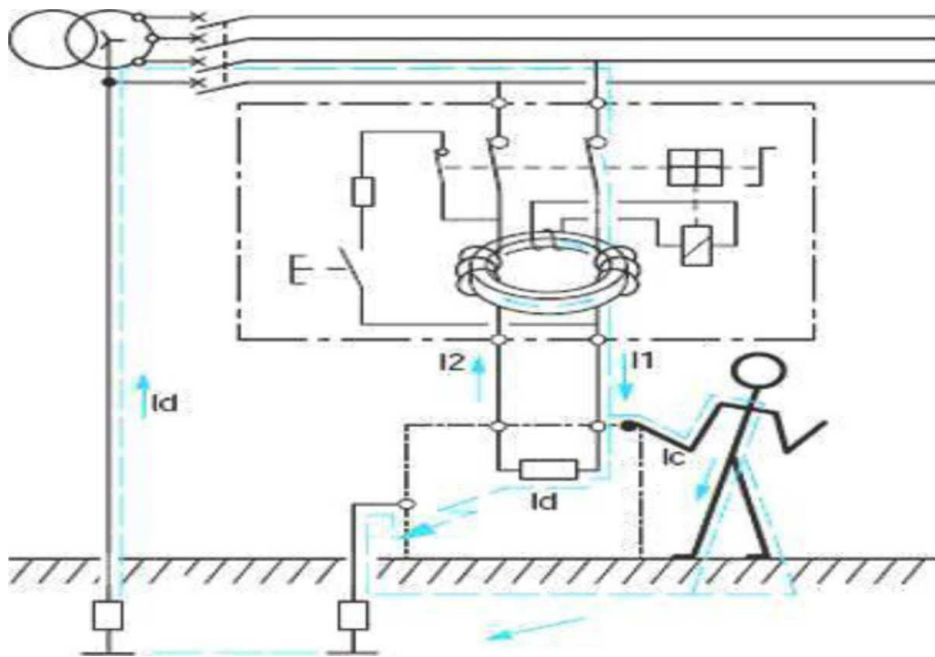
Οι επιβαλλόμενες μέθοδοι προστασίας από την έμμεση επαφή με το ηλεκτρικό ρεύμα, χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, σε αυτές με αγωγό προστασίας και σε αυτές χωρίς αγωγό προστασίας.

#### A. Με αγωγό προστασίας:

- Προστασία με αυτόματη διακοπή της τροφοδότησης σε περίπτωση σφάλματος.

Η μέθοδος αυτή είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη και σε συνδυασμό με ένα διακόπτη διαφυγής έντασης, οδηγεί σε πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Σύμφωνα με απαίτηση του Προτύπου στην Παράγραφο 413.1.1, σε περίπτωση που συμβεί σφάλμα αμελητέας σύνθετης αντίστασης μεταξύ φάσης και εκτεθειμένου αγωγίμου μέρους, η αυτόματη διακοπή πρέπει να επιτυγχάνεται έτσι ώστε, η τάση επαφής να μην ξεπερνά τα 50 V εναλλασσόμενου ρεύματος και να μην διατηρείται για χρόνο που να μπορεί να προκαλέσει ηλεκτροπληξία. Σε δίκτυα TT (περιοχές Αττικής) η τάση επαφής πρέπει να μην ξεπερνά τα 50 V και να διακόπτεται σε χρόνο μικρότερο ή ίσο από πέντε δευτερόλεπτα.

Για την εκπλήρωση της παραπάνω απαίτησης, θα πρέπει να υπάρχει πολύ καλή γείωση και να ελέγχεται η αντίστασή της. Αν με την αντίσταση γείωσης που θα μετρηθεί δεν εξασφαλίζεται η απαίτηση αυτή, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιείται διάταξη διακόπτη διαφυγής έντασης (RCD) (σχ. 3.2.) ή συμπληρωματική ισοδυναμική σύνδεση.



Εικόνα 3.2.: Κύκλωμα διάταξης διαφορικού ρεύματος (RCD).

Σε δίκτυα TN (εκτός Απτικής), στα τερματικά κυκλώματα, τα κυκλώματα δηλαδή που τροφοδοτούν φορητές ή κινητές ηλεκτρικές συσκευές με τάση 230 V ή 230/ 400 V απευθείας ή μέσω ρευματοδοτών, η αυτόματη διακοπή πρέπει να γίνεται σε χρόνο μικρότερο ή ίσο από τέσσερα δευτερόλεπτα.

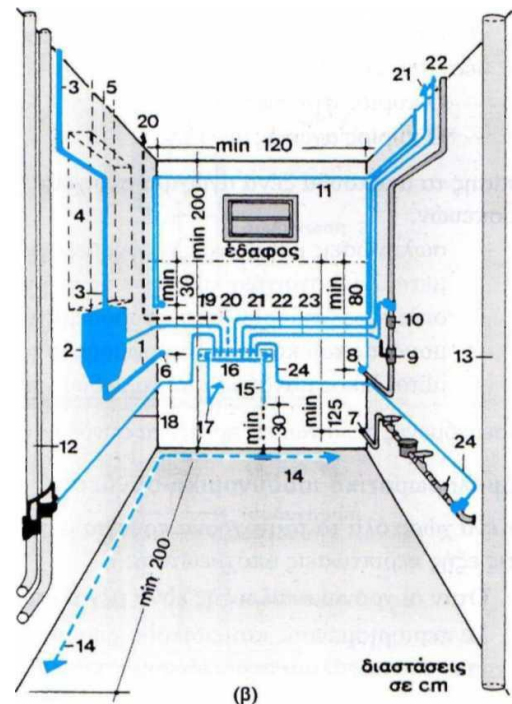
Επίσης στα κυκλώματα διανομής, δηλαδή στις γραμμές τροφοδοσίας πινάκων ή για κυκλώματα που τροφοδοτούν σταθερές συσκευές, η αυτόματη διακοπή πρέπει να γίνεται σε χρόνο μικρότερο ή ίσο από πέντε δευτερόλεπτα.

Επομένως στα δίκτυα TN αποκτά μεγάλη σημασία για την ασφάλεια η αντίσταση βρόγχου σφάλματος, η οποία θα πρέπει να ελέγχεται προκειμένου να διαπιστώνεται ότι εκπληρώνεται η απαίτηση αυτόματης διακοπής σε χρόνο <math><4\text{sec}</math> ή <math><5\text{sec}</math>. Σε περίπτωση που δεν μπορεί να εξασφαλιστεί η απαιτούμενη αντίσταση βρόγχου σφάλματος πρέπει να χρησιμοποιείται διάταξη διαφορικού ρεύματος (RCD).

Ρευματοδότες που βρίσκονται στο εξωτερικό του κτιρίου ή που είναι δυνατόν να τροφοδοτήσουν κινητές συσκευές στο εξωτερικό του κτιρίου πρέπει να προστατεύονται με διάταξη διαφορικού ρεύματος.

- Προστασία με συνεχή παρακολούθηση της μόνωσης (γειωμένες ισοδυναμικές συνδέσεις).

Κατόπιν απαίτησης του νέου προτύπου ΕΛΟΤ HD384, πρέπει σε κάθε κτίριο να δημιουργείται μια κύρια ισοδυναμική σύνδεση (σχ. 3.3.).



- |                                    |                               |
|------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Είσοδος ηλεκτρικής ισχύος       | 19. Σύνδεση ουδετέρωσης       |
| 2. Κιβώτιο ασφαλειών               | 20. Αγωγός γείωσης προστασίας |
| 3. Καλώδιο πίνακα                  | 21. Γείωση τηλεφώνου          |
| 4. Μετρητής                        | 22. Κεραία                    |
| 5. Γραμμές μετρητών                | 23. Γείωση σωλήνα φωταερίου   |
| 6. Προστατευτικός σωλήνας          | 24. Γείωση σωλήνα νερού       |
| 7. Σωλήνας νερού με μετρητή        |                               |
| 8. Σωλήνας για φωταέριο            |                               |
| 9. Αποφρακτικό όργανο για φωταέριο |                               |
| 10. Μονωτήρας                      |                               |
| 11. Καλώδιο τηλεφώνου              |                               |

12. Σωλήνας θέρμανσης
13. Αποχέτευση
14. Θεμελιακή γείωση
15. Ακροδέκτης θεμελιακής γείωσης
16. Ζυγός ισοδυναμικής σύνδεσης
17. Σύστημα αντικεραυνικής προστασίας
18. Σωλήνας θέρμανσης

Σχήμα 3.3.: Παράδειγμα ισοδυναμικής σύνδεσης

Σύμφωνα με αυτή θα πρέπει να συνδέονται:

- α) Ο κύριος αγωγός προστασίας (ή αγωγοί)
- β) Ο κύριος αγωγός γείωσης
- γ) Οι μεταλλικές σωληνώσεις παροχών (π.χ. νερού, αερίου)
- δ) Οι μεταλλικές σωληνώσεις θέρμανσης και κλιματισμού
- ε) Τα μεταλλικά στοιχεία κατασκευής του κτιρίου
- στ) Ο μεταλλικός εξοπλισμός σκυροδέματος, αν αυτό είναι εφικτό

### **B. Χωρίς αγωγό προστασίας:**

- **Προστασία με υλικό κλάσης II (υλικό με ενισχυμένη μόνωση).**

Η μόνωση αυτών των υλικών είναι απίστευτα ισχυρή, οπότε η καταστροφή τους υφίσταται αδύνατη. Αυτό που κάνει τόσο ανθεκτικό το υλικό των μονώσεων είναι τα μονωτικά περιβλήματα IP2X.

Αν υπάρχουν μονωτικά περιβλήματα που πρέπει να διαπεραστούν για τη στερέωση εξοπλισμού, τότε είναι απαραίτητο να λαμβάνονται τα κατάλληλα

μέτρα για την αποφυγή ηλεκτροπληξίας. Γενικά τα μονωτικά περιβλήματα είναι καλό να μη διαπερνώνται από αγώγιμα υλικά.

- **Προστασία με μη αγώγιμους χώρους**

Για τη προστασία από την έμμεση επαφή θα πρέπει να αποκλειστεί η ταυτόχρονη επαφή του ανθρώπου με δυο εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη ή ένα εκτεθειμένο αγώγιμο μέρος και ένα ξένο αγώγιμο στη περίπτωση που υπάρχει σφάλμα στη βασική μόνωση των ενεργειών των αγωγών.

Οι συνθήκες για τη προστασία θεωρείται ότι ικανοποιούνται όταν το δάπεδο και οι τοίχοι είναι μονωμένοι και επιπλέον αν:

- ✓ Οι αποστάσεις μεταξύ των αγώγιμων μέρων είναι άνω των 2 μ. μπορούν να χρησιμοποιηθούν φράγματα ή κάγκελα.
- ✓ Οι μονώσεις αντέχουν τα 2000 V. Το δάπεδο πρέπει να παρουσιάζει αντίσταση μεγαλύτερη των 50 kQ για 500 V ή 1000 kQ για 500 V τάση συστήματος.

- **Προστασία με ηλεκτρικό διαχωρισμό (μετασχηματιστής απομόνωσης)**

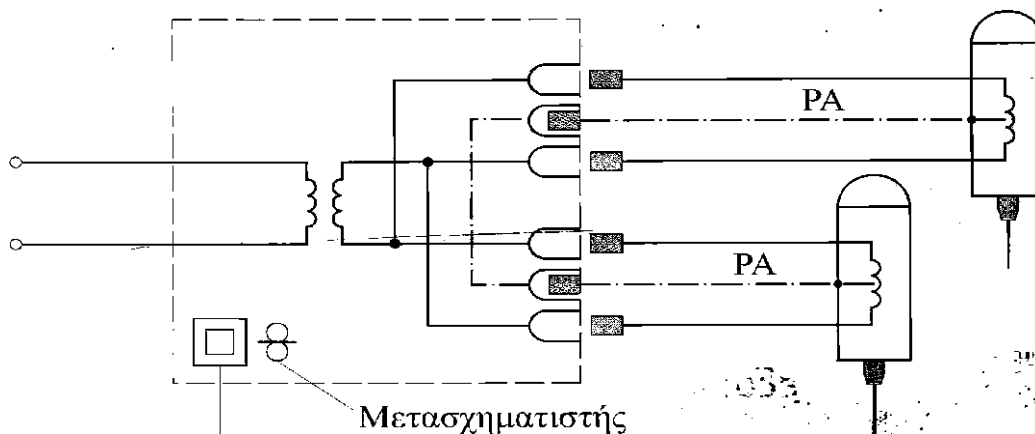
Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60742 ο μετασχηματιστής απομόνωσης που τροφοδοτεί το υπό προστασία κύκλωμα πρέπει αν έχει ιδιαίτερα ισχυρή μόνωση μεταξύ του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος.

Στους μετασχηματιστές απομόνωσης των 230/ 480 V, η τάση δοκιμής είναι στα 5 kV εναλλασσόμενου ρεύματος Αντίστοιχα, οι μετασχηματιστές γενικής χρήσης έχουν τάσεις δοκιμής 2.5kV έως 3.5kV.

Τέλος, η ισχύς των μετασχηματιστών απομόνωσης είναι περιορισμένη στα 4 kVA για μονοφασικούς 230 V και 10 kVA για τριφασικούς 400 V. Τα

ενεργά μέρη του διαχωρισμένου κυκλώματος δεν πρέπει να συνδέονται προς την γη, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη του διαχωρισμένου κυκλώματος πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους, αλλά όχι και προς την γη.

Εφαρμογές αυτού του είδους γίνονται σε εργοτάξια ή σε μικρές προσωρινές εγκαταστάσεις και σε υπαίθριες εγκαταστάσεις.



Σχήμα 3.4.: Προστασία με γαλβανικό διαχωρισμό και ισοδύναμη σύνδεση

### **3.2. Χρήσεις των Διατάξεων Διαφορικού Ρεύματος (RCDs)**

Συνιστάται στα κυκλώματα υπό προστασία, στη χρήση διατάξεων του διαφορικού ρεύματος (RCDs) σαν συμπληρωματικό μέσο προστασίας, ονομαστικού ρεύματος όχι μεγαλύτερου από 30mA. Οι διακόπτες αυτοί αντιστοιχούν στα πρότυπα EN 61008, EN 61009 και χρησιμοποιούνται σε:

- a) Εγκαταστάσεις σε δίκτυα TN: σε περίπτωση σφάλματος η αυτόματη απόζευξη τροφοδοσίας δεν διακόπτεται εντός των απαιτούμενων 0.4s.

- b) Εγκαταστάσεις σε δίκτυα TN: σε περίπτωση σφάλματος η αυτόματη απόζευξη τροφοδοσίας δεν διακόπτεται σε τάσεις επαφής μεγαλύτερες των 50 V.
- c) Ρευματοδότες που βρίσκονται εκτός του κτιρίου
- d) Εγκαταστάσεις σε κάμπινγκ και μαρίνες
- e) Αγροτικές εγκαταστάσεις
- f) Σε εργοτάξια
- g) Πρόχειρες εγκαταστάσεις εκθέσεων
- h) Για προστασία από πυρκαγιά.
- i) Σε ορισμένες περιπτώσεις υπερέντασης: χώροι με εύφλεκτα υλικά, ή σε περίπτωση διαρροής μεταξύ φάσεως και γης. Η προστασία με ασφάλειες δεν είναι αρκετή να προστατεύσει από πυρκαγιά. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι γραμμές πρέπει να προστατεύονται με διάταξη διαφορικού ρεύματος.

### **3.3. Επανάλεγχος Ηλεκτρικής Εγκατάστασης**

Όπως ορίζει το ισχύον νομικό πλαίσιο, για τη βεβαιότητα ότι μια ηλεκτρική εγκατάσταση είναι απολύτως ασφαλής, θα πρέπει να γίνονται συστηματικοί επανέλεγχοι. Ο επανέλεγχος είναι ιδιαίτερα απαραίτητος ύστερα από μια φυσική καταστροφή που έχει αφήσει βλάβες στο κτίριο (σεισμός, πλημμύρα) ή μετά από σοβαρά ατυχήματα (π.χ. πυρκαγιά).

Σύμφωνα με το νομοθετικό πλαίσιο οι επανέλεγχοι πρέπει να πραγματοποιούνται:

- Για κατοικίες, τουλάχιστον κάθε δεκατέσσερα χρόνια.

- Για κλειστούς επαγγελματικούς χώρους που δεν έχουν εύφλεκτα υλικά, τουλάχιστον κάθε επτά χρόνια.
- Για κλειστούς επαγγελματικούς χώρους που έχουν εύφλεκτα υλικά, τουλάχιστον κάθε δύο χρόνια.
- Για χώρους ψυχαγωγίας και συνάθροισης κοινού, τουλάχιστον κάθε χρόνο.
- Για επαγγελματικές εγκαταστάσεις στην ύπαιθρο (μαρίνες, πισίνες, κάμπινγκ), τουλάχιστον κάθε χρόνο, ενώ σε περίπτωση διακοπής της ηλεκτροδότησης, πριν από την επανασύνδεση.
- Για όλες τις παραπάνω κατηγορίες, εφόσον προκύπτει αλλαγή χρήσης της εγκατάστασης.

Για τις μετρήσεις του επανέλεγχου χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα τα οποία πληρούν συγκεκριμένες απαιτήσεις προτύπων της σειράς ΕΛΟΤ EN61557. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων τεκμηριώνονται σε ένα πρωτόκολλο ελέγχου.

Η διαδικασία της διεξαγωγής δοκιμών και μετρήσεων για τον επανέλεγχο μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης πραγματοποιείται ως εξής:

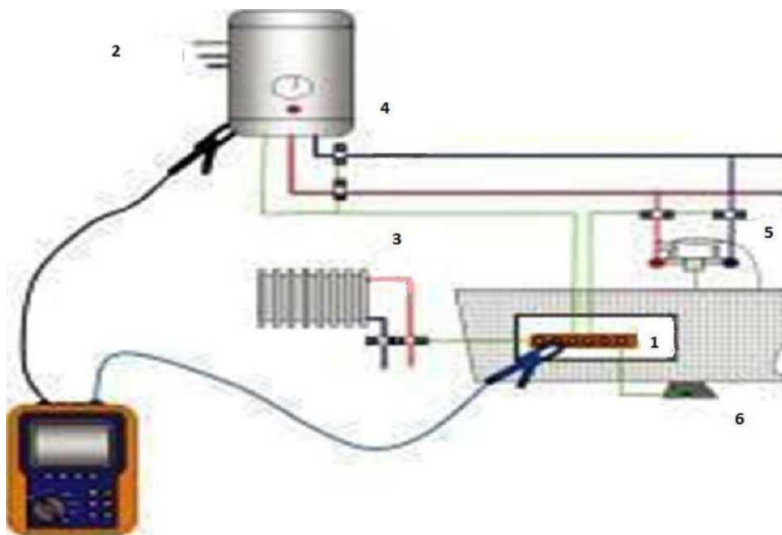
#### **A. Έλεγχος συνέχειας αγωγών προστασίας κύριας και συμπληρωματικής ισοδύναμης σύνδεσης.**

Πραγματοποιείται έλεγχος της συνέχειας όλων των αγωγών προστασίας για την εξακρίβωση σύνδεσης των αγώγιμων με χαμηλή αντίσταση με των σύστημα γείωσης, όπως για παράδειγμα του ελέγχου που γίνεται στα λουτρά (σχ. 3.5.) . Ο έλεγχος πραγματοποιείται μεταξύ:

- Του ζυγού γείωσης Γενικού Πίνακα Διανομής (ΓΠΔ) και του ζυγού γείωσης κάθε υποπίνακα, εφόσον αυτός υπάρχει.



- Του ζυγού γείωσης Γενικού Πίνακα Διανομής (ΓΠΔ) και κάθε Συγκεντρωτικού Δακτυλίου Γείωσης (ΣΔΑΓ), εφόσον υπάρχει.
- Ζυγού γείωσης υποπίνακα ή Γενικού Πίνακα Διανομής (ΓΠΔ) και ακροδέκτη γείωσης κάθε ρευματοδότη.
- Κάθε εκτεθειμένου αγώγιμου αντικειμένου, όπως είναι μεταλλικά περιβλήματα συσκευών - μηχανημάτων, μεταλλικές σωληνώσεις, και του συστήματος γείωσης της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης.



Σχήμα 3.5.: Έλεγχος συμπληρωματικής ισοδυναμικής σύνδεσης του λουτρού - 1. Ισοδυναμικός ζυγός γείωσης, 2.Αγωγός προστασίας, 3.Συμπληρωματικοί μεταλλικοί σωλήνες θέρμανσης, 4.Μεταλλικοί σωλήνες ζεστού και κρύου νερού θερμοσίφωνα, 5.Μεταλλικοί σωλήνες ζεστού και κρύου νερού λουτρού, 6.Μεταλλική βάση μπανιέρας.

Παράλληλα με τον έλεγχο των αγωγών θα πρέπει να γίνεται και έλεγχος των προσιτών μεταλλικών στοιχείων για την εξακρίβωση ότι υπάρχει ηλεκτρική συνέχεια μεταξύ ηλεκτροδίου γείωσης, γείωσης, αγωγών προστασίας (PE), αγωγών κύριας ισοδυναμικής και αγωγών συμπληρωματικής ισοδυναμικής σύνδεσης.

Η τιμή αντίστασης των αγωγών προστασίας, κύριας και συμπληρωματικής σύνδεσης, δεν ορίζεται από το νομικό πρότυπο, όμως θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται ότι :

- Αν συμβεί σφάλμα αμελητέας σύνθετης αντίστασης σε οποιοδήποτε σημείο της εγκατάστασης μεταξύ ενός αγωγού φάσης και ενός εκτεθειμένου αγωγίμου μέρους ή ενός αγωγού προστασίας, θα διακοπεί η τροφοδότηση μέσα στους χρόνους που απαιτεί το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.
- Η διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο οποιονδήποτε ταυτόχρονα προσιτών αγωγίμων μερών δε θα ξεπεράσει τα 50V.

## **B. Μέτρηση αντίστασης μόνωσης.**

Σκοπός αυτής της μέτρησης είναι ο έλεγχος της κατάστασης των μονωτικών υλικών (π.χ. μόνωση καλωδίων). Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι είναι πολύ σημαντικό πριν από αυτή τη μέτρηση το κύκλωμα δε πρέπει να βρίσκεται υπό τάση και όλα τα φορτία που τροφοδοτούνται από αυτό να είναι αποσυνδεδεμένα.

Αν το αποτέλεσμα της μέτρησης είναι μικρότερο από την ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή από αυτή που ορίζει το πρότυπο, τότε μπορεί να διαμοιραστεί η εγκατάσταση σε ομάδες κυκλωμάτων και να μετρηθεί η αντίσταση μόνωσης χωριστά.

Σε περίπτωση που ένα κύκλωμα ή τμήμα κυκλωμάτων διακόπτονται από διατάξεις προστασίας έναντι υποτάσεων, όπου όλοι οι ενεργοί αγωγοί διακόπτονται, τότε θα πρέπει να μετριέται χωριστά η αντίσταση μόνωσης αυτών των κυκλωμάτων ή των τμημάτων των κυκλωμάτων.

Σύμφωνα με το πρότυπο της ΕΛΟΤ HD 384 θα πρέπει να γίνονται έλεγχοι:

- Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

- Έλεγχος διαχωρισμού των κυκλωμάτων στην περίπτωση εφαρμογής SELV.
- Έλεγχος διαχωρισμού των κυκλωμάτων στην περίπτωση εφαρμογής PELV.
- Έλεγχος διαχωρισμού των κυκλωμάτων με ηλεκτρικό διαχωρισμό.

**Πίνακας 4: Τιμές τάσης ελέγχου και επιτρεπόμενη τιμή αντίστασης**

Σύντομη περιγραφή	Τάση ελέγχου	Ελάχιστη επιτρεπτή τιμή
Συστήματα SELV ή PELV	250 VDC	>0.250 MΩ
Συστήματα μέχρι 500V με εξαίρεση Τις περιπτώσεις SELV ή PELV	500 VDC	>0.500 MΩ
Συστήματα πάνω από 500V	1000 VDC	>1.0 MΩ
Αντίσταση μόνωσης πατωμάτων και τοιχωμάτων σε εγκαταστάσεις κάτω από 500V	500 VDC	>50 <sup>Λ</sup>
Αντίσταση μόνωσης πατωμάτων και τοιχωμάτων σε εγκαταστάσεις πάνω από 500V	1000 VDC	>100KΩ
Ηλεκτρικοί πίνακες 230/400V	500 VDC	
Ηλεκτρικός εξοπλισμός μηχανημάτων	500 VDC	

### Γ. Έλεγχος λειτουργίας διατάξεων προστασίας διαφορικού ρεύματος (ρελέ)

Γίνεται έλεγχος του ρελέ για τη διαπίστωση της σωστής λειτουργίας τους και αν παρέχουν την κατάλληλη ασφάλεια. Βάση των προτύπων κατασκευής, ένα ρελέ εναλλασσόμενου ημιτονοειδές ρεύματος λειτουργεί σωστά όταν το ρεύμα διακοπής του κυκλώματος ( $I_{\Delta}$ ) κυμαίνεται μεταξύ  $V_{\Delta}$  και  $I_{\Delta}^{\Lambda}$ , όπου  $\Delta$  το ονομαστικό διαφορικό ρεύμα λειτουργίας.

Ο έλεγχος γίνεται αυτόματα από εξειδικευμένα όργανα ελέγχου. Για να μην επηρεαστεί ο έλεγχος από τη διακοπή τροφοδοσίας, καλό είναι πρώτα να αποσυνδεθούν τα φορτία που είναι συνδεδεμένα στο υπό έλεγχο ρελέ.

#### **Δ. Μέτρηση της σύνθετης αντίστασης βρόχου σφάλματος**

Ο βρόχος σφάλματος αποτελείται από: τη πηγή, έναν αγωγό (L ή N) μέχρι το σημείο σφάλματος, έναν δεύτερο ενεργό αγωγό ή αγωγό προστασίας (PE) μεταξύ του σφάλματος της πηγής και την αντίσταση γείωσης σε περίπτωση σφάλματος μεταξύ φάσης και ενός εκτεθειμένου αγώγιμου μέρους σε σύστημα σύνδεσης γειώσεως TT.

Γίνεται μέτρηση της σύνθετης αντίστασης του βρόχου που θα δημιουργηθεί αν σε σύστημα σύνδεσης γειώσεων TN ή TT συμβεί σφάλμα αμελητέας σύνθετης αντίστασης μεταξύ ενεργών αγωγών, ή μεταξύ ενός αγωγού φάσης και ενός εκτεθειμένου αγώγιμου μέρους ή ενός αγωγού προστασίας.

Ταυτόχρονα πρέπει να γίνει και ο υπολογισμός του αναμενόμενου ρεύματος βραχυκυκλώσεως με τη βοήθεια κατάλληλων οργάνων. Πρέπει η τιμή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως να είναι δείχνει τιμή μεγαλύτερη αυτής της διάταξης προστασίας του κυκλώματος.

Γίνεται έλεγχος της σύνθετης αντίστασης και του αναμενόμενου ρεύματος βραχυκυκλώσεως μεταξύ:

- Αγωγού φάσης και αγωγού ουδέτερου (Z L-N)
- Δύο αγωγών φάσεων (Z L-L)
- Αγωγού φάσης και αγωγού προστασίας (Z L-PE)

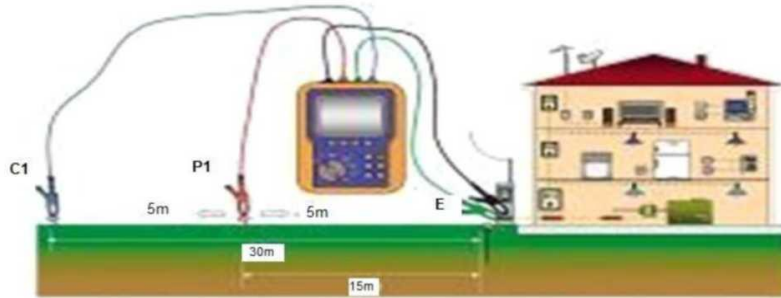
## **E. Μέτρηση τιμής αντίστασης γείωσης**

Η μέτρηση αυτή γίνεται κυρίως σε εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται με το σύστημα σύνδεσης γειώσεως TT. Η ακρίβεια της μέτρησης εξαρτάται από:

- Την υγρασία του εδάφους, η οποία μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους και επηρεάζει την ειδική αντίσταση του εδάφους.
- Την ύπαρξη υπόγειων μεταλλικών εγκαταστάσεων πλησίον της γείωσης ή των βοηθητικών ηλεκτροδίων (καλώδια, δίκτυα ύδρευσης, θεμελιώσεις, περιφράξεις).
- Τη σύνδεση με άλλες μεταλλικές εγκαταστάσεις.
- Τις σημειακές (ηλεκτρόδιο ράβδου/ σταυρού, τρίγωνο, πλάκα γείωσης, γειωτής E, ταινία έως 10m μήκος).
- Τις εκτεταμένες (όπως είναι θεμελιακή ή περιμετρική γείωση, πλέγμα γείωσης).

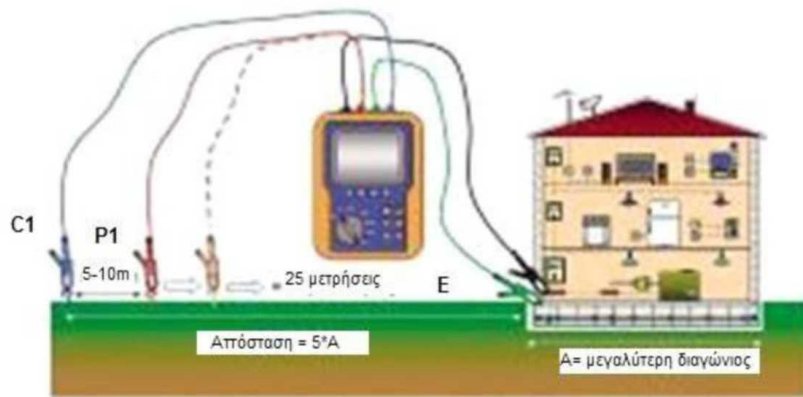
Υπάρχουν δυο είδη μέτρησης για τη τιμή της αντίστασης γειώσεως. Η πρώτη είναι η **μέτρηση σημειακής γείωσης** (σχ. 3.6.). Περιγράφοντας το παράδειγμα της εικόνας, συμβολίζεται με E το προς μέτρηση σύστημα γείωσης, ενώ με C1 και P1 συμβολίζονται οι πάσσαλοι μέτρησης. Ο πάσσαλος C1 τοποθετείται σε απόσταση περίπου 30m από το σημείο E, ενώ ο P1 σε απόσταση 15m από το σημείο E ορίζοντας μια ευθεία (E C1). Λαμβάνεται η πρώτη μέτρηση και στη συνέχεια άλλες δύο μετρήσεις μετακινώντας πάντοτε επί της ίδιας ευθείας E C1 τον πάσσαλο P1, κατά περίπου 5m από την αρχική του θέση, μία προς τη θέση της γείωσης E και μία προς τη θέση του πασσάλου C1. Εάν οι τιμές των τριών μετρήσεων έχουν απόκλιση έως 5% η μία από την άλλη, τότε μπορεί να ληφθεί ως τιμή της γείωσης E ο μέσος όρος των τιμών. Εάν το αποτέλεσμα των τριών μετρήσεων δεν βρίσκεται στο εύρος ανοχών που έχουν τεθεί, οι μετρήσεις θα πρέπει να επαναληφθούν τοποθετώντας το

βοηθητικό ηλεκτρόδιο C1 σε μεγαλύτερες αποστάσεις, έως ότου οι μετρήσεις κυμανθούν στο εύρος αυτό.



Σχήμα 3.6.: Διάταξη μέτρησης σημειακής γείωσης

Το δεύτερο είδος είναι η **μέτρηση εκτεταμένης γείωσης** (σχ. 3.7.). Η μέθοδος αυτή είναι ίδια με τη προαναφερθέντα, με κάποιες διαφορές. Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα ο πάσσαλος ρεύματος C1 τοποθετείται από τη γείωση που πρέπει να μετρηθεί σε μία απόσταση, η οποία ορίζεται τουλάχιστον στο πενταπλάσιο της μεγαλύτερης διαγωνίου του κλειστού γεωμετρικού σχήματος που σχηματίζουν οι κορυφές των ράβδων γείωσης ή που σχηματίζει το περιμετρικό ηλεκτρόδιο γείωσης (για παράδειγμα περιμετρική ή θεμελιακή γείωση). Στη συνέχεια λαμβάνονται όσο το δυνατόν περισσότερες μετρήσεις, μετακινώντας τον πάσσαλο της τάσεως P1 επί της ευθείας E C1, με βήμα από 5 έως και 15m. Οι μετρήσεις μπορούν να ξεκινήσουν από τη θέση C1 μέχρι τη θέση E, ή και αντίστροφα.



Σχήμα 3.7.: Διάταξη μέτρησης εκτεταμένης γείωσης

### **3.4. Μέτρα Προστασίας σε Εγκαταστάσεις για Τάσεις Άνω των 1kV**

Τα πρότυπα IEC 61936 και ΕΛΟΤ pr EN 50179, εφαρμόζονται σε εγκαταστάσεις υψηλής τάσης (πάνω από 1kV εναλλασσόμενη τάση και 1.4kV συνεχής τάση). Στην περιοχή εφαρμογής αυτών των προτύπων ανήκουν και οι υποσταθμοί μέσης και υψηλής τάσης.

Οι φυσιολογικές συνθήκες για τους εσωτερικούς χώρους είναι οι εξής:

- Η θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα δε πρέπει να ξεπερνά τους 40° C.
- Η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας δεν λαμβάνεται υπόψη.
- Το υψόμετρο δε πρέπει να υπερβαίνει τα 1000m.
- Ο ατμοσφαιρικός αέρας δεν πρέπει να είναι σημαντικά μολυσμένος από σκόνη, καπνό, διαβρωτικά και εύφλεκτα αέρια, ατμό ή άλατα.
- Ο μέσος όρος της υγρασίας μετρούμενη σε ένα διάστημα 24 ωρών δεν πρέπει να ξεπερνά το 95%.
- Κραδασμοί που οφείλονται σε λόγους εξωτερικούς, σε σχέση με τον εξοπλισμό ή δόνηση της γης, θεωρούνται αμελητέοι.

- Ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος πρέπει να ληφθεί υπόψη.

Αντίστοιχα για τους εξωτερικούς χώρους, οι κανονικές συνθήκες ορίζονται ως:

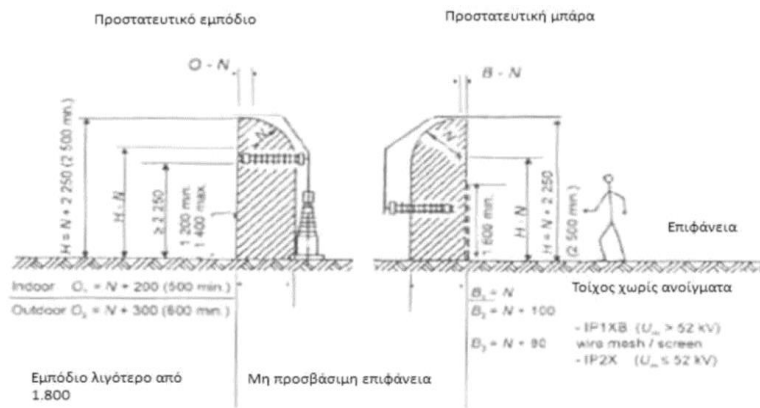
- Η θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα δεν πρέπει να ξεπερνά τους 40°C, ενώ μετρούμενη σε διάστημα 24 ωρών ο μέσος όρος της δεν πρέπει να ξεπερνά τους 35°C.
- Ηλιακή ακτινοβολία μεγαλύτερη από 1000 W/m<sup>2</sup> (το μεσημέρι μίας καθαρής ημέρας) πρέπει να ληφθεί υπόψη.
- Το υψόμετρο δε πρέπει να υπερβαίνει τα 1000m.
- Ο ατμοσφαιρικός αέρας δεν πρέπει να είναι σημαντικά μολυσμένος από σκόνη, καπνό, διαβρωτικά και εύφλεκτα αέρια, ατμό ή άλατα.
- Η ταχύτητα του ανέμου δεν πρέπει να ξεπερνά τα 34 m/s.
- Κραδασμοί που οφείλονται σε λόγους εξωτερικούς, σε σχέση με τον εξοπλισμό ή δόνηση της γης, θεωρούνται αμελητέοι.
- Ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος πρέπει να ληφθεί υπόψη.

### **3.5. Μέτρα Προστασίας για Υπαίθριες και Εσωτερικές Εγκαταστάσεις**

Εκτός από τις γενικές προφυλάξεις που προαναφέρθηκαν παραπάνω, υπάρχουν και πιο εξειδικευμένες για τις ελάχιστες αποστάσεις μέσα σε μια εγκατάσταση, εσωτερική ή υπαίθρια.

#### **3.5.1. Φράγματα προστασίας**



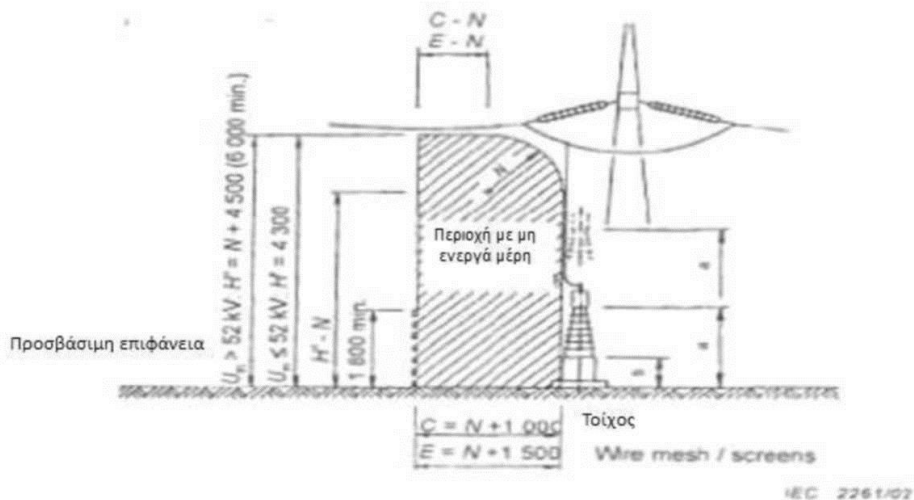


Σχήμα 3.8.: Προστασία από απευθείας επαφή μέσω προστατευτικών εμποδίων σε μια κλειστή περιοχή ηλεκτρικών χειρισμών.  $N$ = ελάχιστη απόσταση πινάκων του IEC,  $O$ = η ελάχιστη απόσταση από εμπόδια και  $B$ = η ελάχιστη απόσταση από τα φράγματα.

Βάση του παραπάνω σχήματος, στο αριστερό τμήμα καταγράφονται οι ελάχιστες αποστάσεις των ηλεκτρικών τμημάτων από διάφορα φράγματα (κάγκελα, σχοινιά, αλυσίδες) και χρησιμοποιούνται για:

1. Συμπαγείς τοίχους χωρίς ανοίγματα με ελάχιστο ύψος 1800 mm.
2. Φράχτες ή παραπετάσματα

### 3.5.2. Εξωτερικοί φράχτες



Σχήμα 3.9.: Ελάχιστο ύψος και ελάχιστες αποστάσεις ηλεκτρισμένων τμημάτων από την εξωτερική περίφραξη υπαίθριων σταθμών.  $H'$  = ελάχιστη απόσταση ενεργών τμημάτων πάνω από προσβάσιμες επιφάνειες στους εξωτερικούς φράχτες,  $a$  = η ελάχιστη απόσταση ενεργών τμημάτων που αν είναι μικρότερη από  $H'$  επιβάλλει επιπλέον προστασία με μπάρες ή εμπόδια,  $b$  = απόσταση η οποία αν είναι μικρότερη από 2250mm επιβάλλει επιπλέον προστασία με μπάρες ή εμπόδια.

- Σε συμπαγείς τοίχους με ελάχιστο ύψος 1800 mm, η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας είναι  $C = N + 1000$  mm.
- Σε συρμάτινο βρόχο με ελάχιστο ύψος 180 mm, η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας είναι  $E = N + 1500$  mm.
- Η μικρότερη απόσταση του συρμάτινου βρόγχου από το έδαφος δε πρέπει να ξεπερνά τα 50 mm.

### 3.5.3. Ελάχιστο ύψος πάνω από προσβάσιμη περιοχή

Για ενεργά τμήματα χωρίς ειδική προστασία, το ελάχιστο ύψος είναι:

$$H = N + 2250 \text{ mm (με ελάχιστη απόσταση 2500 mm)}$$

Το χαμηλότερο τμήμα μίας μόνωσης π.χ. η ανώτερη ακμή μίας μεταλλικής βάσης μόνωσης δεν πρέπει να είναι λιγότερο από 2250mm πάνω από προσβάσιμες επιφάνειες, εκτός αν η πρόσβαση επιτρέπεται από άλλες κατάλληλες μετρήσεις. Σε περίπτωση που έχουμε επίδραση χιονιού στις προσβάσιμες επιφάνειες οι παραπάνω τιμές πρέπει να αυξηθούν.



Σχήμα 3.10.: Ελάχιστο ύψος και ελάχιστες αποστάσεις ασφαλείας σε μία περιοχή χειρισμών.  $D_L = N$

$$D_v = N + 1000 \text{ για ονομαστική τάση } U_n < 110 \text{ kV}$$

$$D_v = N + 2000 \text{ για ονομαστική τάση } U_n > 110 \text{ kV}$$

$D_w =$  σύμφωνα με κανόνες εθνικών τυποποιήσεων

$N =$  ελάχιστη απόσταση που δίνεται από τους πίνακες του IEC

### 3.5.4. Απόσταση από κτίρια

Σε περίπτωση που γυμνοί αγωγοί περνούν πάνω από κτίρια πρέπει να τηρηθούν οι εξής ελάχιστες αποστάσεις ασφαλείας:

**A.** Όταν η οροφή είναι προσβάσιμη και οι αγωγοί ενεργοί οι ελάχιστες αποστάσεις ασφαλείας είναι ίδιες με αυτές που δόθηκαν στο «ελάχιστο ύψος πάνω από προσβάσιμη περιοχή».

**B.** Όταν η οροφή δεν είναι προσβάσιμη και οι αγωγοί είναι ενεργοί τότε η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας είναι  $N+500$  mm.

**Γ.** Σε πλευρική κατεύθυνση απ' το τέλος της οροφής και όταν η οροφή είναι προσβάσιμη και οι αγωγοί είναι ενεργοί η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας είναι  $O_2=N+300$  mm.

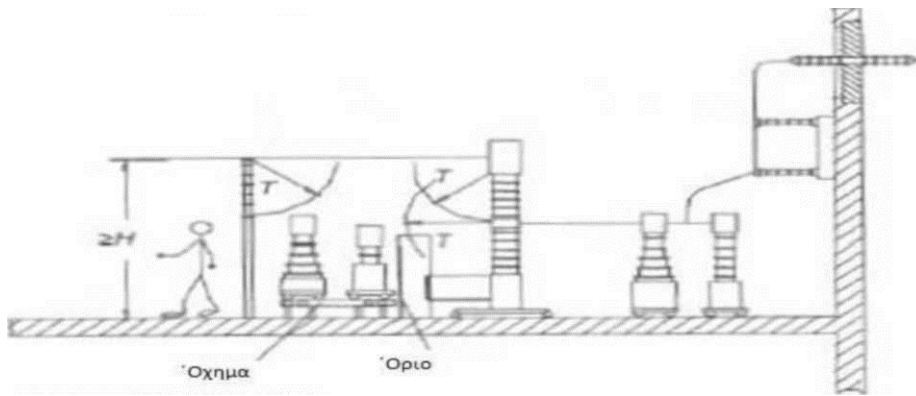
### **3.5.5. Διαδρομές μεταφοράς**

Η διέλευση των οχημάτων ή άλλων κινούμενων εξοπλισμών κάτω ή δίπλα από ενεργά τμήματα επιτρέπεται τηρώντας τις ελάχιστες αποστάσεις ασφαλείας (εικ. 3.11. και εικ. 3.12.). Οι ανοιχτές πόρτες των οχημάτων αλλά και το φορτίο τους δεν πρέπει να παραβιάζει την ασφαλή περιοχή.

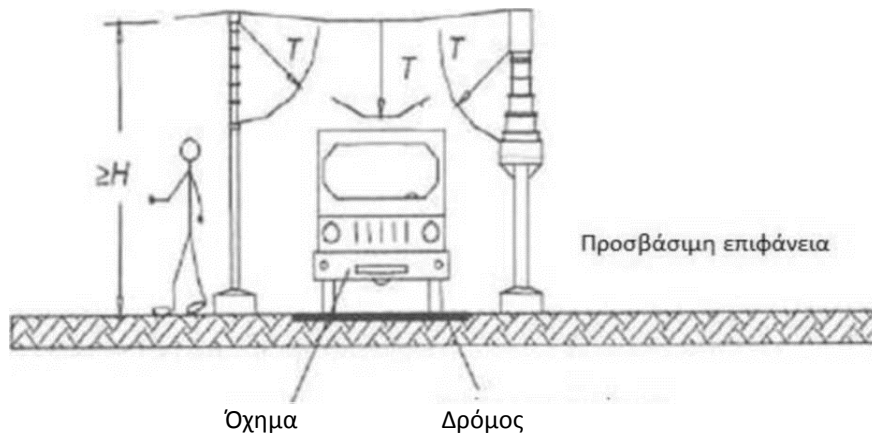
Η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας  $T$  στις περιπτώσεις αυτές είναι:

$$\mathbf{T=N+100 \text{ mm (με ελάχιστη απόσταση 500 mm)}}$$

Κάτω από αυτές τις συνθήκες το προσωπικό πρέπει να παραμείνει στα οχήματα ή στο κινητό εξοπλισμό και να βγει από αυτά όταν θα είναι απολύτως ασφαλές.



Σχήμα 3.11.: Ελάχιστη απόσταση ασφαλείας για μεταφορά οχημάτων ή κινούμενου εξοπλισμού σε εσωτερικούς χώρους



.Σχήμα 3.12.: Εγκατάσταση εξωτερικού χώρου για μεταφορά οχημάτων ή κινούμενου εξοπλισμού σε εξωτερικό χώρο.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ**

### **4.1. Πρότυπο NFPA 70 Ε**

Το πρότυπο NFPA 70 E ή αλλιώς «Απαιτήσεις Ηλεκτρικής Ασφαλείας για τους Εργαζόμενους στους Χώρους Εργασίας» ισχύει στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και παρουσιάζει τα μέτρα ασφαλείας που πρέπει να παίρνει κάθε εργαζόμενος που έρχεται σε επαφή με τον ηλεκτρισμό και τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

#### **4.1.1. Γενική εποπτεία του NFPA 70 E**

Υπάρχουν κάποιοι συγκεκριμένοι όροι που σχετίζονται με τους ηλεκτρικούς κινδύνους και την ανάλυση αυτών, οι οποίοι πρέπει να καταστούν απόλυτα αντιληπτοί. Παραθέτονται παρακάτω οι ορισμοί: **οριακή, περιορισμένη και απαγορευμένη προσέγγιση** όπως βρέθηκαν στο NFPA 70E-2004, Άρθρο 100.

- **Οριακή προσέγγιση:** ονομάζεται το όριο προσέγγισης σε συγκεκριμένη απόσταση προς ένα άτομο εκτεθειμένο σε περιοχή που ενδέχεται να υπάρξει ηλεκτροπληξία.
- **Περιορισμένη προσέγγιση:** ονομάζεται το όριο προσέγγισης ενός μέρους εκτεθειμένο σε ηλεκτρικό τόξο με μεγάλο κίνδυνο ηλεκτροπληξίας. Ένα ανειδίκευτο άτομο, για να περάσει αυτό το όριο θα πρέπει: α) να έχει εγκεκριμένο σχέδιο, β) να έχει τον κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό και γ) η στάση του σώματος του να είναι τέτοια ώστε να αποφευχθεί η ακούσια επαφή.
- **Απαγορευμένη προσέγγιση:** ονομάζεται το όριο προσέγγισης σε συγκεκριμένη απόσταση και η εργασία μέσα σε αυτό το όριο θεωρείται το ίδιο σα να υπάρχει άμεση επαφή με το ενεργό μέρος.

#### **4.1.2. Πρόγραμμα ηλεκτρικής ασφάλειας**

Στις απαιτήσεις του OSHA Κανόνες Συμμόρφωσης (Directorate of Compliance) δηλώνεται ότι: «Εάν ο εργοδότης δεν απενεργοποιήσει το σύστημα, τότε η πλήρης διαδικασία που θα ακολουθηθεί για την ασφαλή διεξαγωγή των διεργασιών, πρέπει να περιλαμβάνεται αναλυτικά στην γραπτή αναφορά και να εφαρμοσθεί αυστηρά».

Το NFPA 70E, στην Ενότητα 110.7, ορίζει έξι θέματα τα οποία θα πρέπει να περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα ηλεκτρικής ασφάλειας και είναι τα εξής:

1. Επίγνωση και αυτοπειθαρχία
2. Αξίες του προγράμματος ηλεκτρικής ασφάλειας
3. Έλεγχοι του προγράμματος ηλεκτρικής ασφάλειας
4. Διαδικασίες του προγράμματος ηλεκτρικής ασφάλειας
5. Διαδικασία αποτίμησης των κινδύνων
6. Λεπτομερείς οδηγίες των εργασιών

#### **4.1.3. Επιλογή εξοπλισμού ηλεκτρικής προστασίας**

Σύμφωνα με τους κανόνες ασφαλείας στον OSHA 1910, ενότητα 1, αναφέρεται ο κατάλληλος εξοπλισμός και ρουχισμός που πρέπει να φοράει ένα άτομο που

ενασχολείται με ηλεκτρικό ρεύμα. Πρέπει το άτομο να προστατεύει τη περιοχή του κεφαλιού και του προσώπου, το κορμό, καθώς και τα άνω και κάτω άκρα.

Οι κατηγορίες κινδύνου ορίζονται από 0 έως 4, με την κατηγορία 4 να είναι η πιο επικίνδυνη. Ανάλογα λοιπόν με την κατηγορία κινδύνου, ο FR προστατευτικός εξοπλισμός (fire retardant) μπορεί να περιλαμβάνει:

- FR ρουχισμό (μπλούζες με μακρύ μανίκι, παντελόνια, επενδύσεις, βαριά πουλόβερ)
- Στολές για προστασία από το ηλεκτρικό τόξο (μπουφάν και παντελόνι)
- Προστασία για το κεφάλι (σκληρό κράνος)
- Προστασία για τα μάτια (προστατευτικά γυαλιά)
- Προστασία για το πρόσωπο (κουκούλα με μονό ή διπλό στρώμα προστασίας)
- Προστασία για τα αυτιά

Ο ρουχισμός προστασίας είναι εφικτός για  $55\text{cal/cm}^2$ ,  $75\text{cal/cm}^2$  και  $100\text{cal/cm}^2$ , χρησιμοποιώντας πολλαπλές στρώσεις από FR ρουχισμό. Παρόλα αυτά, η χρήση πιο βαριών και πολλαπλών στρώσεων του FR ρουχισμού μπορεί να καταλήξει σε περιορισμό των κινήσεων και της ορατότητας. Γι' αυτόν τον λόγο η χρήση προσωπικού προστατευτικού εξοπλισμού (PPE) μεγαλύτερου από  $40\text{cal/cm}^2$  σε φυσιολογικές συνθήκες δεν προτείνεται, παρά μόνο σε ειδικές περιπτώσεις.

Η χρήση προστατευτικής κουκούλας, αυξάνει τις ανησυχίες για έλλειψη οξυγόνου όταν χρησιμοποιείται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Απαραίτητες προφυλάξεις πρέπει να περιλαμβάνονται στις διαδικασίες ασφαλείας, ώστε να διασφαλιστεί η ορθή χρησιμοποίηση του PPE. Επιπλέον, ο PPE πρέπει να συντηρείται και να ελέγχεται εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο την ακεραιότητα του.



#### **4.1.4. Εκπαίδευση του εργαζόμενου**

Είναι σημαντικό ο κάθε εργαζόμενος πριν την ενασχόληση του με εργασία σε περιοχή με ηλεκτρικό ρεύμα, να έχει εκπαιδευτεί κατάλληλα ώστε να μπορέσει να αποφύγει τυχόν κινδύνους ή σε περίπτωση ατυχήματος να μπορέσει να αντιδράσει αποτελεσματικά.

Σύμφωνα με τον OSHA 190.399: «Το αν κάποιος εργαζόμενος μπορεί να θεωρεί ειδικευμένος, εξαρτάται από διάφορες περιστάσεις στο χώρο εργασίας. Είναι δυνατόν, και στην πραγματικότητα αρκετά πιθανόν, κάποιος να θεωρείται ως ειδικευμένος για συγκεκριμένο εξοπλισμό και εργασία, αλλά ανειδίκευτος για διαφορετικό εξοπλισμό».

Ειδικευμένος εργάτης πάνω στο ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να θεωρηθεί αυτός ο οποίος είναι εξοικειωμένος με:

- Ειδικές τεχνικές προφύλαξης
- Προσωπικό εξοπλισμό προστασίας
- Μονωτικά και προστατευτικά υλικά
- Μονωτικά υλικά και έλεγχο του εξοπλισμού

## **ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ**

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>: ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ**

Σε αυτό το μέρος της εργασίας θα γίνει η καταγραφή κάποιων περιστατικών από εργατικά ατυχήματα που προκλήθηκαν από τον ηλεκτρισμό, σε διάφορες χώρες παγκοσμίως. Από διάφορες έρευνες συγκεντρώθηκαν και καταγράφηκαν στοιχεία που θα αναφερθούν παρακάτω. Κάθε έρευνα έχει διαφορετικό τρόπο κατηγοριοποίησης και επεξεργασίας των στοιχείων και η κάθε μια οδηγεί σε διαφορετικά συμπεράσματα.

### **5.1. Ηλεκτρικά Εργατικά Ατυχήματα στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής**

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από δυο έρευνες οι οποίες διεξήχθησαν από τους James Cawley και Gerald Homce και είχαν ως θέμα τα εργατικά ατυχήματα στις ΗΠΑ. Η πρώτη από αυτές "Occupational electrical injuries in the United States, 1992-1998, and recommendations for safety research", επεξεργάζεται τα δεδομένα των θανατηφόρων και μη εργατικών ατυχημάτων για την περίοδο 1992 έως 1998, ενώ η δεύτερη, "Trends in Electrical Injury in the U.S., 1992-2002", είναι συμπληρωματική της πρώτης, καθώς ανανεώνει τα δεδομένα μέχρι το έτος 2002, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα, εστιάζοντας στο ουσιαστικό πρόβλημα και προτείνοντας λύσεις. (Cawley J. & Homce G., 2002)

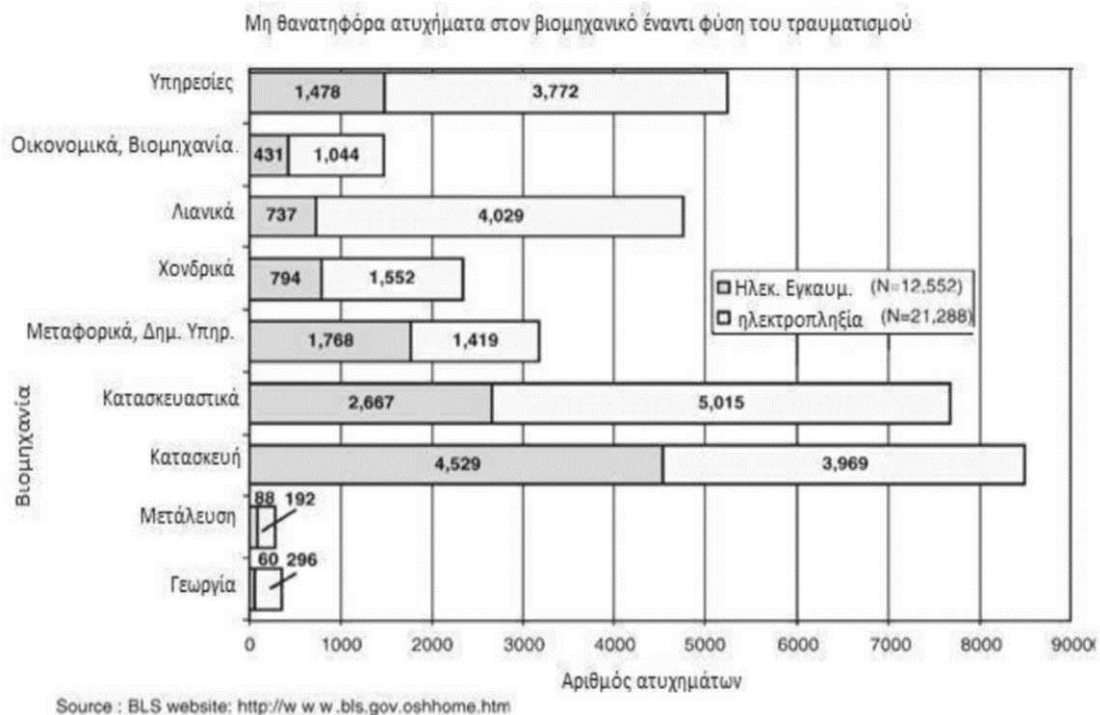
Τα εργατικά ατυχήματα είναι συχνό φαινόμενο στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι πηγές για τις παρακάτω πληροφορίες (αιτία τραυματισμού ή θανάτου, επάγγελμα θύματος, τοποθεσία κ.α.) προέρχονται από το U.S. Labor Department's Bureau of Labor Statistics (BLS) το οποίο έχει συλλέξει τις πληροφορίες του από το Census of Fatal Occupational Injuries (CFOI) και το Survey of Occupational Illnesses and Injuries

(SOII). Για την περίοδο 1992 έως 1998 [17] η βάση δεδομένων της CFOI περιέχει πληροφορίες για 43.921 περιστατικά θανάτου από κάθε είδος τραυματισμού.

Το BLS έχει καθιερώσει κάποιους βασικούς κανόνες και οδηγίες για την κατηγοριοποίηση των εργατικών ατυχημάτων, με βάση την σημαντικότερη αιτία τραυματισμού. Οι οδηγίες αυτές περιγράφονται αναλυτικά στο Occupational Injury and Illness Classification System.

Με την εφαρμογή της μεθόδου των κωδικών για κάθε περιστατικό, προκύπτει από τα δεδομένα του CFOI, ότι για την περίοδο 1992 - 1998 μπορούν να απομονωθούν 2.267 θανατηφόρα ηλεκτρικά ατυχήματα με κωδικούς 0930 (ηλεκτροπληξίες) και 0520 (ηλεκτρικά εγκαύματα). Από αυτά το 98,5% οφειλόταν σε ηλεκτροπληξία. Αντίστοιχα, τα στοιχεία του SOII δείχνουν ότι για την ίδια περίοδο καταγράφηκαν στη βιομηχανία του ιδιωτικού τομέα 32.309 μη θανατηφόρα ηλεκτρικά ατυχήματα με τους ίδιους κωδικούς.

Το 62% από αυτά προκλήθηκαν από ηλεκτροπληξία και το υπόλοιπο 38% από ηλεκτρικά εγκαύματα. Στο σχήμα 5.1 που ακολουθεί φαίνεται ότι η αναλογία των ηλεκτροπληξιών και των ηλεκτρικών εγκαυμάτων στα μη θανατηφόρα ηλεκτρικά ατυχήματα, διαφέρει στους εννέα βιομηχανικούς τομείς (υπηρεσίες, οικονομικό, λιανικό, χονδρικό, μεταφορικό, κατασκευαστικό, κατασκευή, μετάλλευση, γεωργία) που παρακολουθεί το BLS.



Σχήμα 5.1.: Αριθμός μη θανατηφόρων ηλεκτρικών ατυχημάτων μεταξύ του 1992 και του 1998.

### 5.1.1. Ανάλυση δεδομένων ηλεκτρικών ατυχημάτων

Στον πίνακα που ακολουθεί (πιν. 5) παρουσιάζονται οι δέκα επικρατέστερες κατηγορίες ατυχημάτων, όπως καταγράφηκαν από το CFOI το 1992- 1998. Όπως φαίνεται, τα θανατηφόρα περιστατικά που οφείλονται στον ηλεκτρισμό έρχονται έκτα στην κατάταξη, ανερχόμενα στα 2.267 με ποσοστό 5,2%.

**Πίνακας 5: Κατάταξη των δέκα επικρατέστερων κατηγοριών θανατηφόρων ατυχημάτων από το CFOI για τα έτη 1992 - 1998.**

CFOI κωδικός περιστατικού	Περιγραφή	Αριθμός Περιστατικών	Ποσοστό επί των Περιστατικών
4000 - 4330	Τροχαία	14,713	33,5
6000 - 6390	Βίαιες πράξεις	8,447	19,2
1000 - 1900	Πτώσεις	4,643	10,6
0100 - 0290	Χτύπημα από	4,043	9,2
0300 - 0490	Πιάσιμο/Εγκλωβισμός	2,909	6,6
3100 - 3190	Ηλεκτρισμός	2,267	5,2
4600 - 4690	Αεροσκάφη	2,163	4,9
3200 - 3900	Έκθεση σε (εκτός από	1,838	4,2
4500 - 4590	Πλοία	749	1,7
5200 - 5290	Εκρήξεις	702	1,6
Όλα τα υπόλοιπα		1,447	3,3
Συνολικά περιστατικά		43,921	

### **5.1.2. Ανάλυση δεδομένων από το CFOI**

Η ανάλυση των επαγγελματικών ηλεκτρικών ατυχημάτων έγινε για τον προσδιορισμό των προβληματικών περιοχών και την ανάπτυξη στρατηγικών και τεχνικών μείωσης της συχνότητας και σοβαρότητα τους.

Οι ερευνητές που γνωρίζουν τα θέματα ηλεκτρικής ασφάλειας στο εμπορικό και βιομηχανικό περιβάλλον εργασίας, προσπάθησαν αρχικά να δημιουργήσουν μία ενιαία και ολοκληρωμένη δομή ανάλυσης με την οποία θα αξιολογείται κάθε αφήγηση. Η προσέγγιση αυτή αποδείχθηκε υπερβολικά περίπλοκη, οπότε χρησιμοποιήθηκε μια άλλη, πιο υποκειμενική προσέγγιση.

Τα μοιραία περιστατικά από ηλεκτρική ενέργεια χωρίστηκαν σε αυτά που συνέβησαν στον κατασκευαστικό κλάδο (περίπου 44% του συνόλου των

θανατηφόρων ηλεκτρικών περιστατικών), καθώς και σε αυτά που συνέβησαν στις μη κατασκευαστικές βιομηχανίες. Επιπλέον, η αναθεώρηση διαχώρισε τα περιστατικά σε αυτά που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια ηλεκτρικής εργασίας, ανεξάρτητα από τα αίτια, και σε αυτά που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια μη ηλεκτρικής εργασίας.

Αυτές οι προϋποθέσεις δημιούργησαν ένα χρήσιμο πλαίσιο για την ανάλυση των ατυχημάτων, πρώτον λόγω του υψηλού ποσοστού ηλεκτρικών συμβάντων στον τομέα των κατασκευών και δεύτερον λόγω της ανισότητας μεταξύ των περιστατικών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ή συντήρησης και αυτών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια άλλων δραστηριοτήτων.

Σύμφωνα με το CFOI το 91% των θανατηφόρων ατυχημάτων που συνέβησαν το 1992- 1998 κατατάσσονται σε μια από τις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Εγκατάσταση και συντήρηση των ηλεκτρικών συστημάτων και εξοπλισμών (εξαιρούνται οι εναέρια και οι υπόγειες γραμμές μεταφοράς/ διανομής) (506 επεισόδια, 22%)
2. Επαφή με εναέρια ηλεκτρικές γραμμές ηλεκτρικού ρεύματος μέσω αντικειμένου κατά τη διάρκεια εργασιών εκτός από τις εργασίες εγκατάστασης και συντήρησης ηλεκτρικών συστημάτων (495 επεισόδια, 22%).
3. Επαφή με εναέρια ηλεκτρικές γραμμές ηλεκτρικού ρεύματος έμμεσα μέσω κινητού εξοπλισμού μεγάλης εμβέλειας αντικειμένου κατά τη διάρκεια εργασιών εκτός από τις εργασίες εγκατάστασης και συντήρησης ηλεκτρικών συστημάτων (387 επεισόδια, 17%).
4. Η τυχαία επαφή με ενεργά κυκλώματα (εξαιρούνται οι εναέρια και οι υπόγειες γραμμές μεταφοράς/ διανομής) (424 επεισόδια, 19%).
5. Εγκατάσταση, κατασκευή και συντήρηση των εναερίων και υπόγειων γραμμών μεταφοράς/ διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (253 επεισόδια, 11%).

Από τα υπόλοιπα περιστατικά που καταγράφηκαν στο CFOI, περίπου το 5% ήταν λόγω κεραυνών και τα λοιπά δεν μπορούν να τα χαρακτηριστούν με βάση τις παρεχόμενες πληροφορίες.

Ένα από τα στοιχεία όπου επικεντρώνεται η ανάλυση των δεδομένων, είναι η εξακρίβωση της σχέσης που μπορεί να έχει το αντικείμενο της εργασίας με τον αριθμό των ηλεκτρικών ατυχημάτων. Στον πίνακα που ακολουθεί (πιν. 6), φαίνεται η κατάταξη των επαγγελματιών με βάση τον συνολικό αριθμό των ηλεκτρικών θανατηφόρων ατυχημάτων από το 1992- 2002.

**Πίνακας 6: Επαγγέλματα που κατέχουν τα περισσότερα θανατηφόρα ηλεκτρικά ατυχήματα για τα έτη 1992- 2002.**

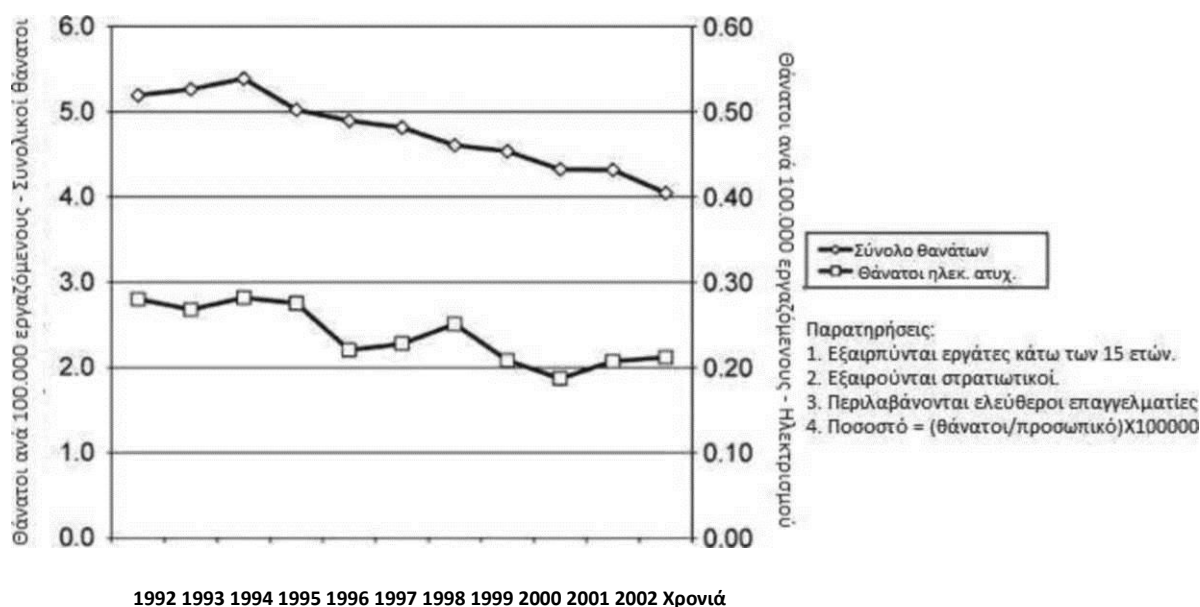
<u>Επάγγελμα</u>	<u>Σύνολο</u>
Ηλεκτρολόγοι και μαθητευόμενοι	566
Εργάτες κατασκευαστικών	259
Υπεύθυνοι εγκατάστασης και επισκευαστές ηλεκτρικών γραμμών	237
Κηπουροί	134
Οδηγοί Φορτηγών	119
Εργάτες Φάρμας	118
Εργάτες εκτός κατασκευαστικών	112
Ξυλουργοί	98
<u>Διευθυντές και Διαχειριστές</u>	<u>91</u>
<u>Άθροισμα</u>	<u>1.805</u>

Βάση του παραπάνω πίνακα τη πρώτη θέση σε ατυχήματα κατέχουν οι ηλεκτρολόγοι και οι μαθητευόμενοί τους, ενώ οι υπεύθυνοι εγκατάστασης και οι επισκευαστές των ηλεκτρικών γραμμών κατατάσσονται τρίτοι. Αυτά τα επαγγέλματα αναμφισβήτητα έχουν αυξημένη έκθεση στους ηλεκτρικούς κινδύνους.

### 5.1.3. Σύγκριση των ποσοστών από τις δυο έρευνες

Το 1992 έως το 2002 συνολικά σημειώθηκαν 3.378 θάνατοι στο χώρο εργασίας από ηλεκτρολογικά αίτια. Ο ηλεκτρισμός συνέχισε και μετά το 1998 να κατέχει την έκτη θέση στα αίτια θανάτου σε όλα συνολικά τα θανατηφόρα εργατικά ατυχήματα.

Σύμφωνα με το σχήμα 5.2. τα ποσοστά θανάτων εν ώρα εργασίας από το 1994 έως το 2002 παρουσίασαν μείωση. Την μείωση αυτή ακολούθησαν σε γενικές γραμμές και τα ποσοστά των θανάτων λόγω ηλεκτρισμού. Το ποσοστό θνησιμότητας λόγω ηλεκτρικών αιτιών από 0.28 που ήταν το 1992, μειώθηκε στο 0.19 το 2000, αλλά σκαρφάλωσε ξανά στο 0.21 το 2001 και το 2002.



Σχήμα 5.2.: Ποσοστά θνησιμότητας λόγω ηλεκτρισμού σε σύγκριση με τα ποσοστά θνησιμότητας λόγω όλων των αιτιών για όλες τις βιομηχανίες (1992 -2002).

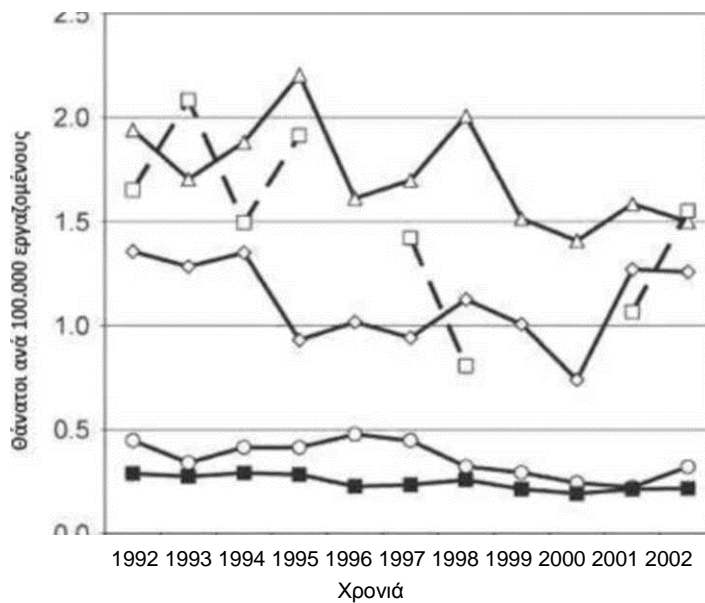


Η σύγκριση των στατιστικών στοιχείων για τα θανατηφόρα ηλεκτρικά ατυχήματα έγινε βάση δυο διαφορετικών κριτηρίων:

- **Σύγκριση ποσοστών με βάση τη κατηγορία βιομηχανίας:**

Οι τρεις κατηγορίες της βιομηχανίας, κατασκευαστικός τομέας, μεταλλευτική βιομηχανία και γεωργία, κατέχουν τα υψηλότερα ποσοστά. Ο κατασκευαστικός τομέας έρχεται πρώτος, με εξαίρεση τα έτη 1993 και 2002, όπου τον υπερβαίνει η μεταλλευτική βιομηχανία. Οι κατασκευές ευθύνονται για το 47% όλων των θανάτων από ηλεκτρισμό από το 1992 έως το 2002. Από το 1995 υπάρχει βελτίωση με μείωση του ποσοστού από 2.2 στο 1.5 σε κάθε 100.000 εργαζόμενους.

Η μεταλλευτική βιομηχανία από την άλλη, σημείωσε σημαντική διακύμανση με αύξηση του ποσοστού της από 0.8 που ήταν το 1998 σε 1.6 το 2002. Ο τομέας της γεωργίας, εκδήλωσε βελτίωση μεταξύ του 1992 και 2000, αλλά το 2001 και το 2002, τα ποσοστά θνησιμότητας σκαρφάλωσαν ξανά στα επίπεδα που βρισκόταν μία δεκαετία πριν. Ο τομέας των μεταφορών, είχε ποσοστά τα οποία παρέμειναν στα επίπεδα ή λίγο ψηλότερα από τα επίπεδα που είχαν όλες οι υπόλοιπες βιομηχανίες από το 1992 έως το 2002. Όλα τα παραπάνω δεδομένα, παρουσιάζονται στο γράφημα (σχ. 5.3.)



- Όλες οι βιομηχανίες
- Μετάλλευση
- Γεωργία και ψάρεμα
- △— Μεταφορές, φυσικό αέριο, υγειονομικός τομέας

Παρατηρήσεις:

1. Εξαιρούνται εργάτες μικρότεροι των 16 ετών.
2. Εξαιρούνται στρατιωτικοί.
3. Περιλαμβάνει ελεύθερους επαγγελματίες
4. Ποσοστό = (θάνατοι) X100000
5. Η μετάλλευση περιλαμβάνει εργάτες πετρελαίου.

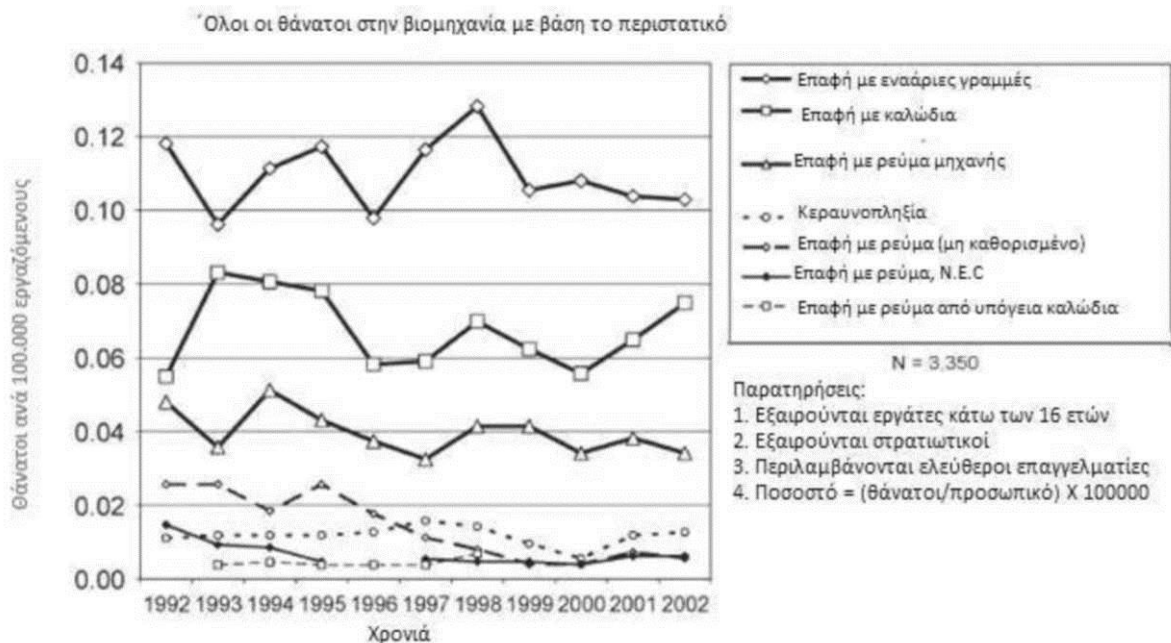
Σχήμα 5.3.: Ποσοστά θνησιμότητας λόγω ηλεκτρισμού ταξινομημένα με βάση τον κλάδο της βιομηχανίας (1992 - 2002).

- **Σύγκριση ποσοστών με βάση το περιστατικό:**

Στο παρακάτω γράφημα (σχ. 5.4.), παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία για τους θανατηφόρους τραυματισμούς τα έτη 1992- 2002. Κατηγοριοποιούνται βάση το περιστατικό που τα προκάλεσε. Η επαφή με τις εναέριες γραμμές μεταφοράς, παρέμεινε ξεκάθαρα για ολόκληρη τη δεκαετία η πιο κοινή αιτία θανάτου από ηλεκτρικό ρεύμα. Αν και υπέστη μικρές διακυμάνσεις, το ποσοστό της βρισκόταν πάντα σε επίπεδα από 0.10 μέχρι 0.12 για κάθε 100.000 εργαζομένους, χωρίς να σημειώσει καμία αξιόλογη βελτίωση.

Η δεύτερη αιτία τραυματισμού περιελάμβανε την επαφή με καλώδια, μετασχηματιστές ή άλλο ηλεκτρολογικό εξοπλισμό. Ούτε και αυτή η κατηγορία έδειξε σημάδια βελτίωσης, με ποσοστά που παρέμειναν από 0.06 έως 0.08.

Στην κατάταξη ακολουθεί η επαφή με το ηλεκτρικό ρεύμα μέσω μηχανών, εργαλείων ή ηλεκτρικών συσκευών (ποσοστό από 0.03 έως 0.04). Τέλος, τα ποσοστά όλων των υπόλοιπων τύπων περιστατικών παρέμειναν κάτω από 0.02 για τα έτη 1996 έως 2002.

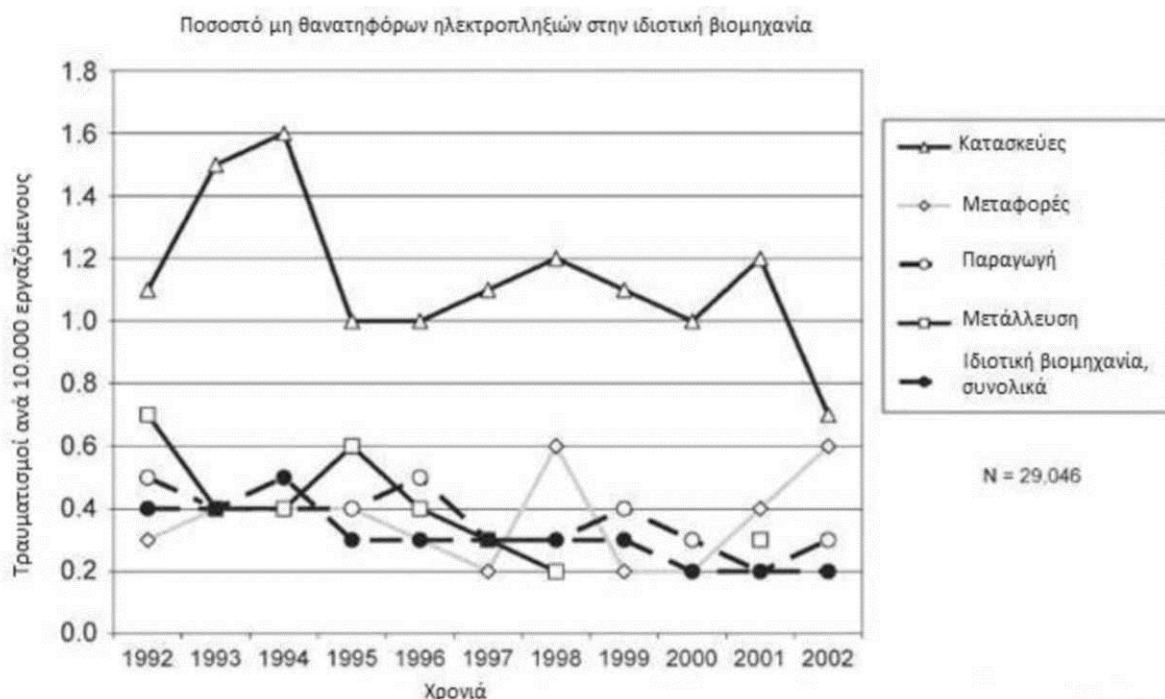


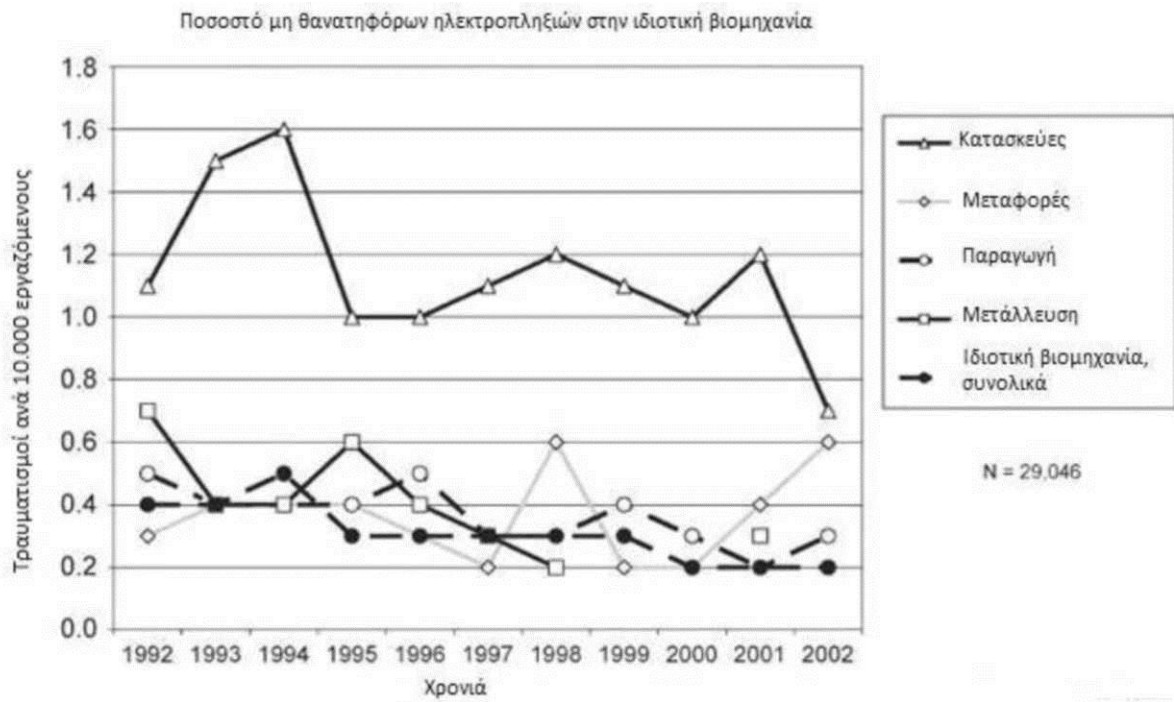
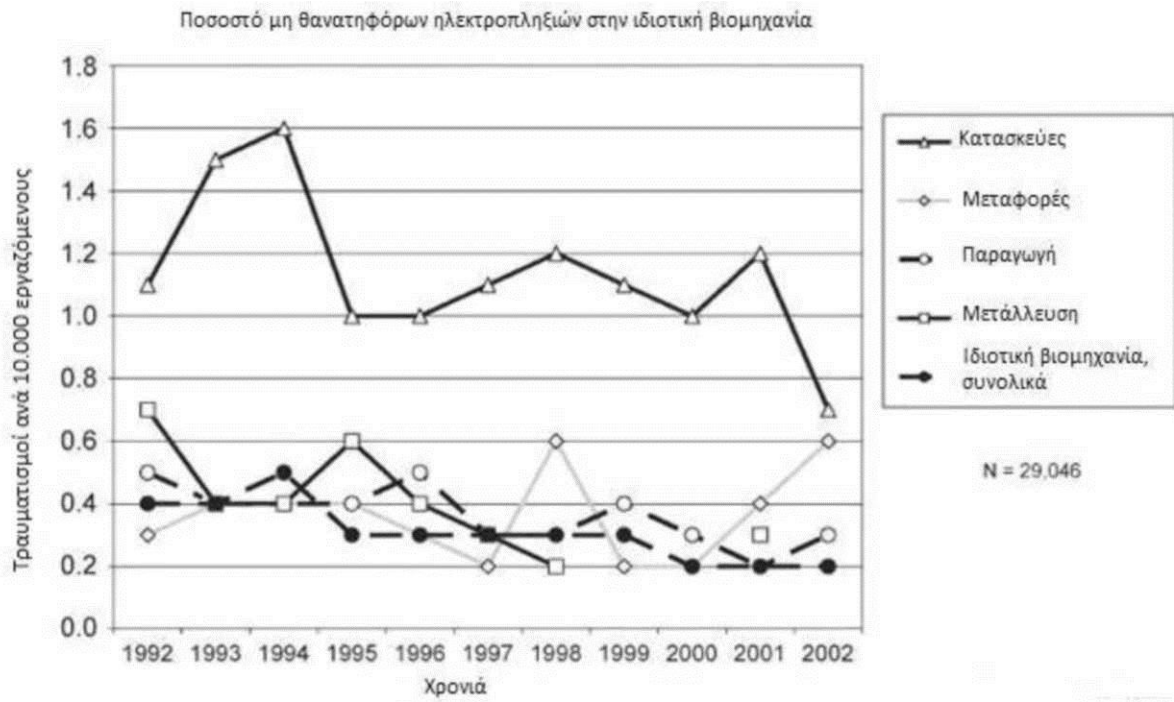
Σχήμα 5.4.: Ποσοστά θνησιμότητας λόγω ηλεκτρισμού ταξινομημένα με βάση το περιστατικό (1992 - 2002).

#### 5.1.4. Σύγκριση ποσοστών μη θανατηφόρων ηλεκτρικών ατυχημάτων από τις δυο έρευνες

Στο σχήμα 5.5. φαίνονται τα ποσοστά των μη θανατηφόρων ηλεκτρικών εγκαυμάτων στην ιδιωτική βιομηχανία, όπως προέκυψαν από τη σύγκριση των ερευνών. Ο κατασκευαστικός κλάδος είχε τα υψηλότερα ποσοστά, αλλά παρουσίασε μια καθαρή τάση βελτίωσης μετά το 1996. Παρόλα αυτά το ποσοστό των κατασκευών για το 2002 ήταν ακόμα παραπάνω από το διπλάσιο όλων των υπολοίπων.

Η μεταλλευτική βιομηχανία, είχε σημαντικές διακυμάνσεις στα ποσοστά της, με σημαντική αύξηση από το 1997 έως το 2000. Τέλος τα ποσοστά των μη θανατηφόρων ηλεκτρικών εγκαυμάτων για τον τομέα των μεταφορών, φαίνεται ότι παρουσιάζουν μειωτικές τάσεις.





Σχήμα 5.5.: Ποσοστά μη θανατηφόρων ηλεκτροπληξιών με βάση τον κλάδο της βιομηχανίας (1992 - 2002).

## **5.2. Θανατηφόρα Εργατικά Ηλεκτρικά Ατυχήματα στην Αυστραλία**

Σε αυτή τη παράγραφο παρουσιάζεται η έρευνα με τίτλο "The causes of Electrical Fatalities at work", των Ann Williamson και Anne -Marie Feyer. Πραγματοποιήθηκε στους εργαζομένους της Αυστραλίας και αφορά τα θανατηφόρα εργατικά ατυχήματα που προκλήθηκαν από τον ηλεκτρισμό κατά τα έτη 1982 έως 1984.

Η παρακάτω ανάλυση στηρίζεται σε στοιχεία που αποκομίστηκαν από δικαστική έρευνα και επικεντρώνεται σε δύο βασικές κατηγορίες περιπτώσεων. Πρώτον στις περιπτώσεις όπου η κύρια αιτία θανάτου ήταν η απευθείας επαφή με τον ηλεκτρισμό (ηλεκτροπληξία) και δεύτερον στις περιπτώσεις όπου ο θάνατος προκλήθηκε σε επαγγέλματα με μεγάλη έκθεση στον ηλεκτρισμό, αλλά η αιτία του θανάτου δεν ήταν απαραίτητα η ηλεκτροπληξία.

Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής (Feyer A. & Williamson A., 1998) συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα από άλλες έρευνες που ασχολούνται με θανατηφόρα εργατικά ατυχήματα όλων των περιπτώσεων.

Στην αρχή γίνεται λόγος για τα χαρακτηριστικά του δείγματος που εξετάζεται και για τις μεθόδους οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση αυτή. Κατόπιν, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αναλύσεως, τόσο για τις περιπτώσεις θανάτων από επαφή με το ηλεκτρικό ρεύμα, όσο και για τις περιπτώσεις όπου προκλήθηκαν θανατηφόρα ατυχήματα σε ηλεκτροτεχνίτες και παρεμφερή επαγγέλματα. Τέλος, αξιολογούνται τα αίτια των θανάτων συμπεραίνοντας ποιο από αυτά αποτελεί πρωταρχική αιτία και προτείνονται λύσεις για την αντιμετώπιση και αποφυγή της κατάστασης αυτής.

### **5.2.1. Μέθοδοι έρευνας για τα εργατικά ηλεκτρικά ατυχήματα στην Αυστραλία**

Στο δείγμα περιλαμβάνονται όλοι οι θάνατοι εν ώρα εργασίας που συνέβησαν στην Αυστραλία από το 1982 έως το 1984. Οι πληροφορίες συλλέχτηκαν από τις αναφορές των ανακριτών που συνέταξαν για το National Institute of Occupational Health and Safety (OSHA).

Από τους 1.738 θανάτους που σημειώθηκαν, στην παρούσα έρευνα συμπεριλαμβάνονται οι 1.020. Τα κριτήρια με βάση τα οποία επιλέχθηκαν τα περιστατικά που εξετάστηκαν ήταν, πρώτον η ηλικία του θανόντος (δεκαπέντε έως εξήντα πέντε χρονών) και δεύτερον το κατά πόσον το θύμα εργαζόταν στην κανονική του δουλειά την ώρα του ατυχήματος.

Το σύστημα σχεδιάστηκε έτσι ώστε να επιτρέπει την κωδικοποίηση έως τριών διαδοχικών γεγονότων που προηγήθηκαν του ατυχήματος και οδήγησαν στον θάνατο του θύματος. Τα γεγονότα αυτά ονομάζονται προάγγελοι και καθένα από αυτά μπορεί να καταταχθεί σε μία από τις ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες:

- 1. Περιστατικά λόγω περιβάλλοντος:** Συμβάντα που προήλθαν λόγω της τοποθεσίας την ώρα του ατυχήματος και δεν μπορούσαν να αλλάξουν εγκαίρως (για παράδειγμα χαμηλός φωτισμός, υγρό πάτωμα κλπ.)
- 2. Περιστατικά λόγω εξοπλισμού:** Συμβάντα που προήλθαν λόγω δυσλειτουργίας ή ζημιάς σε μηχανήματα ή εργαλεία, και συνέβη εκείνη την ώρα.
- 3. Ιατρικά περιστατικά:** Συμβάντα που προκλήθηκαν από την φυσική κατάσταση του θύματος τη δεδομένη χρονική στιγμή (έμφραγμα, διαβητικό ή επιληπτικό επεισόδιο κλπ.)
- 4. Περιστατικά λόγω συμπεριφοράς:** Συμβάντα που προήλθαν από άμεση ανάμειξη του ανθρώπου.

Η φύση των παραγόντων που συνέβαλαν κωδικοποιείται σε οκτώ πιθανές κατηγορίες όπως παρουσιάζονται ακριβώς παρακάτω:

1. **Περιβαλλοντική:** παράγοντες που προέκυψαν από τις συνθήκες που επικρατούσαν ακριβώς πριν στο χώρο του ατυχήματος.
2. **Εξοπλισμός:** παράγοντες που συνδέονται με τον σχεδιασμό ή τη συντήρηση του εξοπλισμού, των εργαλείων και του προσωπικού εξοπλισμού προστασίας.
3. **Εξάσκηση επαγγέλματος:** παράγοντες που οφείλονται σε επικίνδυνη διεξαγωγή των διαδικασιών.
4. **Επιτήρηση:** παράγοντες που οφείλονται σε ανεπαρκή επίβλεψη των εργαζομένων.
5. **Εκπαίδευση:** παράγοντες που οφείλονται σε ανεπαρκή εκπαίδευση των εργαζομένων.
6. **Λάθη εν ώρα καθήκοντος:** παράγοντες που σχετίζονται με λάθη διεξαγωγής των διαδικασιών.
7. **Ιατρική: Παράγοντες:** περιλαμβάνουν την φυσική κατάσταση του θύματος πριν το ατύχημα.
8. **Άλλοι Παράγοντες:** όπως αλκοόλ, επήρεια ναρκωτικών, καθυστερήσεις άφιξης ιατρικής βοήθειας.

Όλα τα καταγεγραμμένα ατυχήματα, μπορούν να έχουν έως τρία γεγονότα (προάγγελους) κάθε τύπου από τους τέσσερις που αναφέρθηκαν και όσους παράγοντες συνεισφοράς υπήρξαν. Επίσης κατά την κωδικοποίηση των γεγονότων αυτά τοποθετούνται με σειρά αύξουσας σημασίας με το πιο σημαντικό να λαμβάνει τη πρώτη θέση.



Τα δεδομένα αυτά αναλύθηκαν και με τους δύο ακόλουθους τρόπους:

- 1) Ανάλυση επικεντρωμένη στις αιτίες όλων των θανατηφόρων ηλεκτροπληξιών σε χώρο εργασίας.
- 2) Αιτίες θανατηφόρων ατυχημάτων σε επαγγέλματα όπως ηλεκτροτεχνίτες και άλλα παρεμφερή.

Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της διπλής προσέγγισης, είναι ότι καθεμία παρατηρεί από διαφορετική πλευρά τον ρόλο που παίζει ο ηλεκτρισμός στα θανατηφόρα ατυχήματα στους χώρους εργασίας. Ακολουθεί παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας αυτής.

### **5.2.2. Αποτελέσματα αναλύσεων**

Τα στατιστικά στοιχεία που συλλέχθηκαν από την συγκεκριμένη έρευνα, χωρίστηκαν και αναλύθηκαν πρώτον με βάση τους συνολικούς θανάτους που σημειώθηκαν και οφειλόταν στην επαφή με το ηλεκτρικό ρεύμα και δεύτερον στους θανάτους που σημειώθηκαν στα επαγγέλματα που υπάρχει άμεση επαφή με το ηλεκτρικό ρεύμα. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων με βάση τα κριτήρια αυτά, παρουσιάζεται παρακάτω.

- **Θάνατοι που οφείλονται σε επαφή με το ηλεκτρικό ρεύμα**

Περίπου ένα στα δέκα εργατικά θανατηφόρα ατυχήματα που σημειώθηκαν οφειλόταν σε επαφή με το ηλεκτρικό ρεύμα, γεγονός που καθιστά τον ηλεκτρισμό την πέμπτη κυριότερη αιτία θανατηφόρων ατυχημάτων. Το 1/3 των θυμάτων δούλευαν με τον ηλεκτρισμό.

Αμέσως μετά ακολούθησαν άνθρωποι που δούλευαν σε αγροτικές βιομηχανίες και κατασκευαστικές εταιρίες. Η πλειοψηφία των ατυχημάτων (69%), συνέβη σε εργαζομένους από είκοσι έως σαράντα ετών. Μια εξίσου σημαντική διαπίστωση αποτελεί το γεγονός ότι περίπου το 37% των θυμάτων, δούλευε για χρηματική αμοιβή (μισθωτοί), το 14.4% ήταν συμβασιούχοι ενώ ένα ποσοστό περίπου 13% ήταν ιδιοκτήτες ή μέτοχοι επιχειρήσεων. Εν τούτοις, ένα αξιοσημείωτο ποσοστό, 11.3% δούλευαν χωρίς πληρωμή, ενώ μόλις το 5% ήταν μαθητευόμενοι.

Τα περιβαλλοντολογικά αίτια αποτελούν πολύ συνηθισμένο προάγγελο στα ατυχήματα που περιλαμβάνουν ηλεκτρισμό. Παρόλα αυτά σπάνια αποτελούν την κύρια αιτία του ατυχήματος. Όπως διαπιστώθηκε από την ανάλυση που περιλαμβάνει όλων των ειδών τα επαγγέλματα, όταν στα ατυχήματα συμμετέχουν αίτια λόγω συμπεριφοράς, τα αίτια αυτά τείνουν να αποτελούν τον πρωταρχικό λόγο του συμβάντος.

Στα περισσότερα από τα περιστατικά λόγω συμπεριφοράς υπήρχε λάθος κάποιου συγκεκριμένου τύπου. Χρησιμοποιώντας την κωδικοποίηση Παραλείψεις/Σφάλματα φαίνεται ότι και τα δύο συμβαίνουν εξίσου συχνά, με τη διαφορά ότι τα λάθη που ήταν κυρίως υπαίτια για τον θάνατο των εργαζομένων τις περισσότερες φορές ήταν πράγματα που έγιναν λάθος.

Με βάση τη δεύτερη μέθοδο κατηγοριοποίησης που αναφέρθηκε, λάθη λόγω έλλειψης ικανοτήτων ήταν τα πιο κοινά, ενώ πολύ λιγότερα οφειλόταν σε λάθος κανόνες και λάθη από γνώσεις του θύματος.

Όσον αφορά τώρα τους παράγοντες συνεισφοράς, η επικίνδυνη διεξαγωγή εργασιών αποτελεί τον πιο κοινό παράγοντα και με μεγάλο ποσοστό αυτού να θεωρείται ως η κύρια αιτία θανάτου. Έπειτα από λεπτομερέστερη ανάλυση, ως

επικίνδυνη διεξαγωγή εργασιών, θεωρήθηκε κυρίως η ανεπάρκεια του να διατηρηθεί ο εξοπλισμός σε κατάσταση λειτουργίας.

Αμέσως μετά ακολουθεί η λάθος διεξαγωγή εργασιών και τέλος ακολουθούν οι περιβαλλοντολογικοί παράγοντες και οι παράγοντες λόγω ελλιπούς εκπαίδευσης του προσωπικού με μικρό αριθμό περιπτώσεων, αλλά πρωταρχική σημασία.

- **Θάνατοι σε επαγγέλματα με άμεση επαφή με τον ηλεκτρισμό**

Το 4,4% των επαγγελματιών που σχετίζονται με τον ηλεκτρισμό έχουν υποστεί θανατηφόρα ατυχήματα. Περίπου οι μισοί από τους θανόντες ήταν εκπαιδευμένοι ηλεκτροτεχνίτες και μηχανικοί, ενώ το ένα τέταρτο ήταν επόπτες και συντηρητές γραμμών.

Όπως και στην προηγούμενη ανάλυση, η πλειοψηφία των ατυχημάτων (62%), συνέβη σε εργαζομένους από είκοσι έως σαράντα ετών. Στις περισσότερες περιπτώσεις (57.8%), οι εργαζόμενοι ήταν μισθωτοί, αλλά και ένα μεγάλο ποσοστό περίπου 13% ήταν εκπαιδευόμενοι, ενώ σχεδόν άλλοι τόσοι εργαζόταν εκείνη τη στιγμή χωρίς πληρωμή. Επίσης έχει καταγραφεί ότι η πιο συνηθισμένη αιτία θανάτου σε αυτά τα επαγγέλματα ήταν η ηλεκτροπληξία με ποσοστό 64.4%.

Για άλλη μια φορά τα περιβαλλοντολογικά αίτια και τα αίτια λόγω συμπεριφοράς, αποτελούν τα πιο συνηθισμένα στα εργατικά ατυχήματα. Εδώ όμως τα περιβαλλοντολογικά συχνά είναι και η πρωταρχική αιτία θανάτου. Περιστατικά λόγω εξοπλισμού παρατηρούνται σπάνια, ενώ ιατρικά περιστατικά δεν συνέβησαν καθόλου. Σχεδόν σε όλα τα περιστατικά λόγω συμπεριφοράς, με ποσοστό μεγαλύτερο από 90% , συμπεριλαμβανόταν λάθος.

Χρησιμοποιώντας αρχικά την κωδικοποίηση Παραλείψεις/ Σφάλματα φαίνεται ότι και τα δύο συμβαίνουν εξίσου συχνά ακριβώς πριν το συμβάν, ενώ όσο μεγαλύτερος

ο χρόνος από το ατύχημα, τόσο τα λάθη λόγω παραλείψεων αυξάνονται σημαντικά. Σε αντιστοιχία με την προηγούμενη ανάλυση των ηλεκτρικών ατυχημάτων, και με βάση τη δεύτερη μέθοδο κατηγοριοποίησης, λάθη λόγω έλλειψης ικανοτήτων ήταν τα πιο κοινά και τα πιο επικίνδυνα, ενώ στη δεύτερη θέση σπουδαιότητας βρίσκονταν περιστατικά που οφειλόταν σε λάθος κανόνες.

Τέλος, όσον αφορά τους παράγοντες συνεισφοράς, η επικίνδυνη, ή η μη ασφαλής διεξαγωγή εργασιών αποτελεί με διαφορά τον πιο συχνό παράγοντα και σχεδόν πάντα και τον πρωταρχικό παράγοντα θανάτου. Στην ανάλυση αυτή όμως, ως επικίνδυνη διεξαγωγή εργασιών θεωρήθηκε κυρίως η μη ασφαλής υλοποίηση των λειτουργικών διαδικασιών είτε από την διεύθυνση, είτε από τον ίδιο τον εργαζόμενο. Αμέσως μετά με σχετικά μικρό αριθμό περιπτώσεων, ακολουθούν οι περιβαλλοντολογικοί παράγοντες.

### **5.2.3. Συμπεράσματα Αναλύσεων**

Τα εργατικά θανατηφόρα ατυχήματα που σχετίζονται με τον ηλεκτρισμό κατέχουν ένα σημαντικό αριθμό από αιτίες που τα διαχωρίζουν από τα υπόλοιπα.

Αρχικά, στα ατυχήματα που συμβαίνουν σε επαγγέλματα που έχουν άμεση επαφή με τον ηλεκτρισμό, υπάρχει πιθανότητα στα θύματα να περιλαμβάνονται άτομα που απλά βρέθηκαν στο λάθος μέρος τη λάθος στιγμή, ακριβώς πριν το συμβάν. Παρόλο που αυτό αποτελεί σημαντικό στοιχείο των αιτιών της ηλεκτροπληξίας δεν είναι και το πρωταρχικό. Καθοριστικό ρόλο παίζει ο ανθρώπινος παράγοντας και η μη ασφαλής διεξαγωγή των λειτουργικών διαδικασιών.

Επίσης τα θανατηφόρα εργατικά ατυχήματα που σχετίζονται με τον ηλεκτρισμό διαχωρίζονται και από τα θανατηφόρα εργατικά ατυχήματα όλων των περιπτώσεων μέσω της διαπίστωσης ότι στα ηλεκτρικά ατυχήματα το πιο πιθανόν ήταν τα λάθη να οφειλόταν σε πράγματα τα οποία δεν έγιναν (παραλείψεις), παρά σε πράγματα τα οποία έγιναν λάθος.

Αντίθετα, στα ατυχήματα γενικά, περιστατικά που οφειλόταν σε πράγματα που έγιναν λάθος ήταν με διαφορά τα πιο συχνά. Γι' αυτό το λόγο η πρόληψη των ηλεκτροπληξιών πρέπει να περιλαμβάνει επιβεβαίωση ότι όλοι οι εργαζόμενοι είναι ενήμεροι όλων των σταδίων για όλες τις εργασίες που λαμβάνουν χώρα, και ότι κανένα στάδιο δεν πρόκειται να παραληφθεί κατά τη λειτουργική διαδικασία.

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα της παραπάνω έρευνας, παρατηρείται ότι ο πιο συνηθισμένος τύπος λάθους που οδηγεί σε θανάτους λόγω ηλεκτρισμού εν ώρα εργασίας, είναι λάθη που οφείλονται στην έλλειψη ικανοτήτων του εμπλεκόμενου. Ακριβώς το ίδιο διαπιστώθηκε για τα θανατηφόρα εργατικά ατυχήματα γενικά.

Λάθη τα οποία οφειλόταν σε μη τήρηση κανόνων ή σε έλλειψη γνώσης έπαιξαν επίσης το ρόλο τους αλλά σε αρκετά μικρότερο βαθμό. Τα δύο τελευταία λάθη που αναφέρθηκαν, δηλώνουν ότι τουλάχιστον κάποια από τα ατυχήματα που συνέβησαν, προήλθαν από έλλειψη γνώσης της κατάστασης (για παράδειγμα δεν ήταν ενήμεροι ότι το σύστημα ήταν ακόμα υπό τάση).

Προληπτικές ενέργειες για λάθη λόγω κανόνων ή γνώσεων, πρέπει να αποτελέσουν η καλύτερη και μεγαλύτερη εκπαίδευση και καλύτερες διαδικασίες ώστε να κρατάνε τους εργαζόμενους ενήμερους για την τρέχουσα κατάσταση.

Από την άλλη μεριά, η πρόληψη λαθών που προέρχονται από την έλλειψη ικανοτήτων δεν είναι τόσο εύκολη καθώς οι ικανότητες αποτελούν αποτέλεσμα τόσο καλής εκπαίδευσης όσο και εμπειρίας. Υπάρχουν δύο στρατηγικές προσεγγίσεις για

την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος. Η πρώτη προσέγγιση, περιλαμβάνει λύσεις όπως η χρήση εξαιρετικών και ανθεκτικών μηχανών ρεύματος, οι οποίες θα προστατεύουν τους εργάτες από την επαφή με το ηλεκτρικό ρεύμα, ακόμα και στην περίπτωση όπου οι ίδιοι κάνουν κάποιο λάθος. Προσοχή πρέπει να δοθεί όμως στο γεγονός ότι η εισαγωγή τέτοιων μηχανών έχει προκαλέσει πιο ριψοκίνδυνη και απερίσκεπτη συμπεριφορά των εργαζομένων. Εναλλακτικά, λύση μπορεί να αποτελέσει και η εξασφάλιση ότι η κατάσταση κατά την οποία προκλήθηκε το λάθος δεν ήταν ήδη μη ασφαλής. Η πρόληψη για προστασία από ηλεκτροπληξία, πρέπει επίσης να περιέχει συντήρηση του εξοπλισμού ως πρωταρχικό μέλημα.

### **5.3. Ηλεκτροφόρα Θανατηφόρα Ατυχήματα στο Ταϊβάν**

Σύμφωνα με την εργασία των Chia-Fen Chi, Chong- Cheng και Zheng - Lun Chen "In - depth analysis of electrical fatalities in the construction industry", αναφέρετε ότι τα θανατηφόρα ηλεκτρικά ατυχήματα στην Ταϊβάν, υπολογίζεται ότι ανέρχονται στο 14.6% των συνολικών εργατικών ατυχημάτων που οδηγούν σε θάνατο, λαμβάνοντας τη δεύτερη θέση στην κατάταξη και ακολουθώντας τις πτώσεις (30%).

Η παρούσα ενότητα αναλύει 255 θανατηφόρα περιστατικά λόγω ηλεκτροπληξίας, που συνέβησαν στον κατασκευαστικό τομέα στην Ταϊβάν από το 1996 έως το 2002. (Chia Fen Chi et al., 2007). Το ετήσιο ποσοστό περιστατικών με αιτία το ηλεκτρικό ρεύμα, ανέρχεται κατά μέσο όρο στο 0.78 για κάθε 100.000 εργαζομένους, ποσοστό ιδιαίτερα υψηλό συγκρινόμενο και με τα αντίστοιχα ποσοστά για τις Ηνωμένες Πολιτείες (0.4), και για την Αυστραλία (0.49). Από τα παραπάνω

στατιστικά αποδεικνύεται λοιπόν ότι τα ηλεκτρικά θανατηφόρα ατυχήματα αποτελούν για την Ταϊβάν ένα ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα. (Cawley C., & Homce G., 2002 · Feyer A., & Williamson A., 1998)

Κάθε περιστατικό, αναλύθηκε αναφορικά με τα εξής :

1. Προσωπικοί παράγοντες: ηλικία, φύλο, εμπειρία του θύματος
2. Παράγοντες επηρεασμού κατά τη διεκπεραίωση του έργου
3. Περιβαλλοντολογικοί παράγοντες: υγρή περιοχή, περιορισμένος χώρος
4. Διοικητικοί παράγοντες: μέγεθος της εταιρίας βασιζόμενο στον αριθμό των εργαζομένων
5. Αιτία του τραυματισμού/ ατυχήματος

Τα περιστατικά ηλεκτροπληξιών που μελετήθηκαν, διαιρέθηκαν σε πέντε μοτίβα ατυχημάτων:

- 1) Απευθείας επαφή του εργαζομένου με ενεργοποιημένη γραμμή μεταφοράς.
- 2) Επαφή του γερανού/σκάλας του οχήματος με τις εναέριες γραμμές μεταφοράς.
- 3) Επαφή του αγώγιμου εξοπλισμού με ενεργές γραμμές μεταφοράς.
- 4) Απευθείας επαφή του εργαζομένου με εξοπλισμό που διαρρέεται από ρεύμα.
- 5) Ακατάλληλος εγκατεστημένος ή χαλασμένος εξοπλισμός.

Η διαίρεση αυτή γίνεται με σκοπό να προσδιοριστούν οι παράγοντες που συμβάλλουν κάθε φορά στην εκδήλωση του ατυχήματος. Για κάθε μοτίβο ατυχήματος, οι αιτίες του ατυχήματος και τα μέτρα προστασίας, αναπτύχθηκαν βάσει των αναγνωρισμένων κοινών σεναρίων. Τα σενάρια αυτά ορίζουν ως αιτίες του ατυχήματος: σφάλμα κατά την απενεργοποίηση του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού,

ακατάλληλη χρήση του εξοπλισμού προσωπικής ασφάλειας (PPE), σφάλμα κατά τη μη τήρηση των αποστάσεων ασφαλείας, τυχαία επαφή με εκτεθειμένα ηλεκτρικά μέρη, ελαττωματικά εργαλεία και εξοπλισμός, έλλειψη αποτελεσματικών συσκευών ασφαλείας ή μη ασφαλές περιβάλλον.

Τέλος ως μέτρα προστασίας θέτονται: ασφαλείς πρακτικές εργασίας, μόνωση, φύλαξη, γείωση και συσκευές ηλεκτρικής προστασίας.

Η έρευνα από την οποία αντλήθηκαν οι πληροφορίες [20], αναπτύσσει ένα σύστημα κωδικοποίησης που διευκολύνει την κατηγοριοποίηση των θανατηφόρων ηλεκτροπληξιών και αποτελεί ένα ολοκληρωμένο και περιεκτικό πλαίσιο εργασίας που βασίζεται στο σενάριο ανάλυσης του Drury and Brill (1983), στις τρεις κύριες αιτίες ηλεκτρικών ατυχημάτων όπως προκύπτουν από το OSHA (2002) και σε πολλές ακόμα έρευνες για τα θανατηφόρα ηλεκτρικά ατυχήματα.

Τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν οι συγγραφείς, επικεντρώνονται κυρίως στις ομάδες που αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των θανόντων και στους τρόπους μείωσης και αποφυγής των περιστατικών αυτών. Συγκεκριμένα, οι ανειδίκευτοι εργάτες και αυτοί όπου δουλεύουν σε μικρότερες εταιρίες διαπιστώθηκε ότι διατρέχουν το μεγαλύτερο κίνδυνο όσον αφορά τις θανατηφόρες ηλεκτροπληξίες. Οι νεότεροι εργάτες, δηλαδή ηλικίας κάτω των τριάντα πέντε ετών, παρουσίασαν δυσανάλογα ποσοστά στο δείγμα των περιστατικών. Θεωρείται λοιπόν ότι αυτό συνέβη κυρίως λόγω της έλλειψης εμπειρίας και της απροσεξίας τους. Ακατάλληλα εγκατεστημένος ή καταστραμμένος εξοπλισμός (101 περιστατικά, 36%), αποτέλεσε τον κυρίαρχο τύπο ατυχήματος, κυρίως σε αναφορά με εργάτες με ελλιπή εμπειρία.

Μέτρα προστασίας, προτάθηκαν από τους συγγραφείς για καθένα από τα πέντε μοτίβα ατυχημάτων βασιζόμενοι στις πιο διαδεδομένες αιτίες και σενάρια. Για τον ακατάλληλα εγκατεστημένο ή καταστραμμένο εξοπλισμό για παράδειγμα, οι εργάτες



που εμπλέκονται σε τέτοιες εργασίες, πρέπει να εφοδιάζονται με προστατευτικά ρούχα, με εργαλεία με καλή μόνωση και επίσης πρέπει να τοποθετούνται προστατευτικοί φράχτες ώστε να αποφευχθεί ακούσια επαφή με εκτεθειμένα ηλεκτρικά μέρη. Αποτελεσματικές αλλά ριψοκίνδυνες διαδικασίες, όπως μετακίνηση μεταλλικών κλιμάκων ή μη κατάλληλα εγκατάσταση εξοπλισμού γείωσης, πρέπει να αποτρέπεται και να απαγορευθεί. Τέλος, καθημερινές επιθεωρήσεις των εργαλείων και του εξοπλισμού, καθώς και προγράμματα διατήρησης της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης, πρέπει να τεθούν σε εφαρμογή από την εταιρεία και να εφαρμόζονται από τους εργάτες.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Εν κατακλείδι, φτάνοντας στο τέλος της παρούσας εργασίας, θα ήθελα να τονίσω για τελευταία φορά τη σοβαρότητα που μπορεί να επιφέρει η απρόσεχτη μεταχείριση του ηλεκτρισμού. Η χρήση του πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή και να τηρούνται πιστά όλοι οι κανόνες ασφαλείας.

Ο αριθμός των εργατικών ατυχημάτων που οφείλονται στο ηλεκτρικό ρεύμα, μπορεί να μη κατέχει τις πρώτες θέσεις στις αιτίες θανάτου, ωστόσο είναι σημαντικός για να απασχολήσει τη κοινότητα.

Λαμβάνοντας τα κατάλληλα προστατευτικά μέτρα, όπως αυτά καθορίζονται από το νομοπλαίσιο, όχι μόνο οι εργοδότες, αλλά και οι εργαζόμενοι πάνω στον ηλεκτρισμό, είναι δυνατόν το ποσοστό που αναφέρεται στους θανάτους και τα ατυχήματα από ηλεκτροπληξία να μειωθούν εις στο ελάχιστο.

Ο ηλεκτρισμός είναι μια επιστήμη, πολύ αναγκαία στον άνθρωπο. Πρέπει να αντιμετωπίζεται με σεβασμό ώστε να λαμβάνονται μόνο τα θετικά της αποτελέσματα.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ**

- Αντωνόπουλος Στ., Ιωάννου Χ., Κυριοννάκης Ε. (2002). *Εργαστήριο Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων*. (2<sup>η</sup> έκδοση). Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Αντωνόπουλος, Στ., Μάχιας Α. (1993). *Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις- Αυτοματισμοί*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Ανδρεάδης Π., Παπαϊωάννου Γ. (2004). *Ασφάλεια Εργαζομένων: οδηγός τεχνικού ασφαλείας*. Αθήνα: Ίων.
- Andrews J., Kilpatrick S., and McAlhaney J. (1997). *Identifying electrical safety needs, implementing improvement and measuring results*. Westinghouse Savannah River Company.
- Βαρβατσουλάκης Μ., Γεωργάκης Θ., Δημητρόπουλος Β., Κοντουλάνος Χ. (2007). *Ειδικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις*. Β' Τεύχος. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Barrett A., Kowalski- Trakofler K. (2007). *Reducing non - contact electric arc injuries: an investigation of behavioral and organizational issues*.
- Bliek E., Rouvroye J. (2002). *Comparing safety analysis techniques*. Department of Technology Management, Eindhoven University. The Netherlands.
- Βούρνας Κ., Δαφέρμος Ο., Πάγκαλος Στ., Χατζαράκης Γ. (2001). *Ηλεκτροτεχνία*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Burns D., Mohla D., Smith J., Roybal D., Swencki J., Wetzel G. (2005). *Electrical safety, Arc Flash Hazards and the Standards*.
- Cawley J., Gerald H. (1998). *Occupational electrical injuries in the U.S. 1992 - 1998, and recommendation for safety research*. National Institute for Occupational Safety and Health, Pittsburgh.
- Cawley J., Gerald H. (2002). *Trends in Electrical Injury in the U.S.* National Institute for Occupational Safety and Health, Pittsburgh.
- Chia - Fen Chi, Chong - Cheng Yang, Zheng - Lun Chen. (2007). *In - Depth accident analysis of electrical fatalities in the construction industry*. National Taiwan University.
- Cole C., Doughty R., Floyd H., Jones R., Whelan C. (1994). *Creating a Continuous Improvement Environment for Electrical Safety*.
- Δημόπουλος Φ. (2001). *Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις*. Τόμος 1<sup>ος</sup>. Αθήνα.

- Δημόπουλος Φ., Παγιάτης Χ., Πάγκαλος Στ. (2000). *Στοιχεία Ηλεκτρολογίας*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Feyer A., Williamson A. (1998). *The Causes of Electrical Fatalities at Work*. U.S.A.
- Geddes L., and Roeder R. (2005). *Handbook of electrical hazards and accidents*. USA: Lawyers & Judges.
- Janicak C. (2008). *Occupational fatalities due to electrocutions in the construction industry*. Indian University of Pennsylvania.
- Κουτρούλης Χ. Ασφαλείς Τεχνικές Εγκαταστάσεις. Σημειώσεις ΤΕΙ Κρήτης.
- Μόσχοβιτς Μ. (1982). *Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις*. Αθήνα: Ίδρυμα.
- Moylan W., Sutherland P., Parise G. (2005). *Electrical Safety for Employee Workplace in Europe and in the USA*. U.S.A.
- Μπάτρα Π. (2000). *Ηλεκτρικά Εργατικά Ατυχήματα κατά τη Παραγωγή, Μεταφορά και Διανομή της Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα*. Διδακτορική διατριβή. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Neitzel D. (2010). *Understanding NFPA 70E Electrical Safety Requirements*.
- Ντοκόπουλος Π. (2005). *Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών*. Αθήνα: Ζήτη.
- Παπαευθυμίου Θ. (1977). *Ηλεκτρισμός*. Αθήνα: Ορόσημο.
- Paques J., (1992). *Crane accidents by contact with power lines*. Health and Safety Research Institute,
- Pavey I. (2004). *Electrostatic Hazards in the Process Industries*. Chilworth Technology, Southampton, UK.
- Ρήγας Φ. (2005). *Βιομηχανική Ασφάλεια*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Σταθόπουλος Ι. (2009). *Προστασία Τεχνικών Εγκαταστάσεων Έναντι Υπερτάσεων*. Αθήνα: Συμεών.
- Seip G. (2004). Μετάφραση: Σαρρής Γ. *Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις*. Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.
- Στεργίου Β., Τουλόγλου Στ. (1993). *Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις*. Τόμος 1<sup>ος</sup>. Αθήνα: Ίων.
- Τσαρακλής Ζ. (2002). *Υγιεινή και Ασφάλεια στον Εργασιακό Χώρο*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Φιλίππου Ι. Δημοπούλου. (1991). *Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις - Φωτισμός-Κίνηση- Αυτοματισμός*. Αθήνα: Τόμος.
- Φιλίππου Ι. Δημοπούλου. (1991). *Κανονισμοί Ε.Η.Ε. και Τυπολόγιο του Ηλεκτρολόγου*. Αθήνα.

- Χατζηιωάννου Χ. (χ.χ.) *Κίνδυνοι από το Ηλεκτρικό Ρεύμα*. Θεσσαλονίκη: ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

### A

Αγωγός προστασίας, 41  
Άμεση επαφή, 38  
Άμεσοι κίνδυνοι, 16  
Αντίσταση ανθρώπινου σώματος, 22  
Απαγκίστρωση, 28  
Άπνοια, 28  
Απαγορευμένη προσέγγιση, 62  
Απόσταση ασφαλείας, 59

### B

Βρόχος σφάλματος, 51

### Γ

Γείωση TN, 52  
Γείωση TT, 52

### Δ

Διαδρομή ρεύματος, 21  
Διαδρομές μεταφοράς, 59  
Διαφορικό ρεύμα (RCD), 46, 51

### E

Εγκαύματα, 17, 31  
Εκπαίδευση, 64  
Εκτεταμένη γείωση, 54  
Έμμεσοι κίνδυνοι, 17  
Εναλλασσόμενο ρεύμα, 13  
Ένταση ρεύματος, 14  
Εξοπλισμός ασφαλείας, 63

Εξωτερική αντίσταση Z<sub>p</sub>, 24  
Εξωτερικοί φράχτες, 57  
Επανέλεγχος, 47  
Εργατικά ατυχήματα, 65  
Εσωτερική αντίσταση Z<sub>i</sub>, 23

### Z

### H

Ηλεκτρικό ρεύμα, 13  
Ηλεκτρισμός, 11  
Ηλεκτρόνιο, 11  
Ηλεκτροπληξία, 17

### Θ

### I

### K

Κανόνες συμμόρφωσης OSHA, 62  
Κανονική αντίσταση, 25  
Καρδιακή μαρμαρυγή, 29  
Κατώφλι αίσθησης, 27  
Κοιλιακή μαρμαρυγή, 29

### Λ

### M

Μειωμένη αντίσταση, 25  
Μετασηματιστή απομόνωσης, 45

Μέτρα προστασίας, 38  
Μονωτές, 12  
Μονωτικά περιβλήματα IP2X, 49

## **N**

Νετρόνιο, 11  
Νόμος του Ωμ, 34

## **Ξ**

## **O**

Οριακή προσέγγιση, 61

## **Π**

Περιβάλλον, 35  
Περιορισμένη προσέγγιση, 61  
Προστασία, 39  
Πρότυπο ΕΛΟΤ, 43, 45, 50  
Πρότυπο NFPA 70 Ε, 61  
Πρωτόνιο, 11

## **P**

Ρεύμα αντίδρασης, 27  
Ρεύμα απαγκίστρωσης, 28  
Ρουχισμός FR, 63

## **Σ**

Σημειακή γείωση, 53  
Συνεχές ρεύμα 13, 32  
Συχνότητα ρεύματος, 33

## **T**

Τάση ασφαλείας, 34  
Τάση ρεύματος, 34  
Τάση PELV, SELV, FELV, 40

## **Υ**

## **Φ**

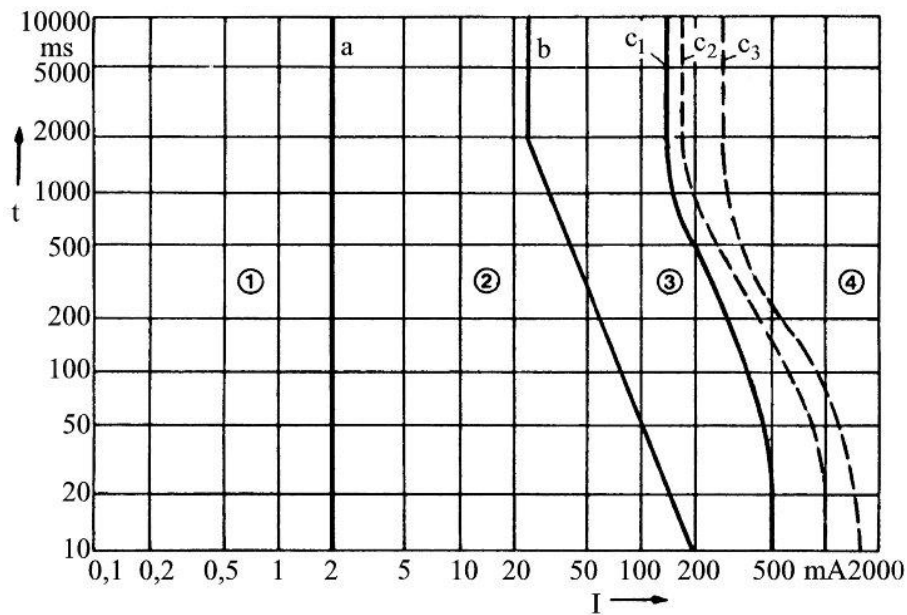
## **X**

## **Ψ**

## **Ω**

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ



Επίδραση του συνεχούς ρεύματος στον ανθρώπινο οργανισμό [1]

Ζώνη 1 : Συνήθως καμία αντίδραση.

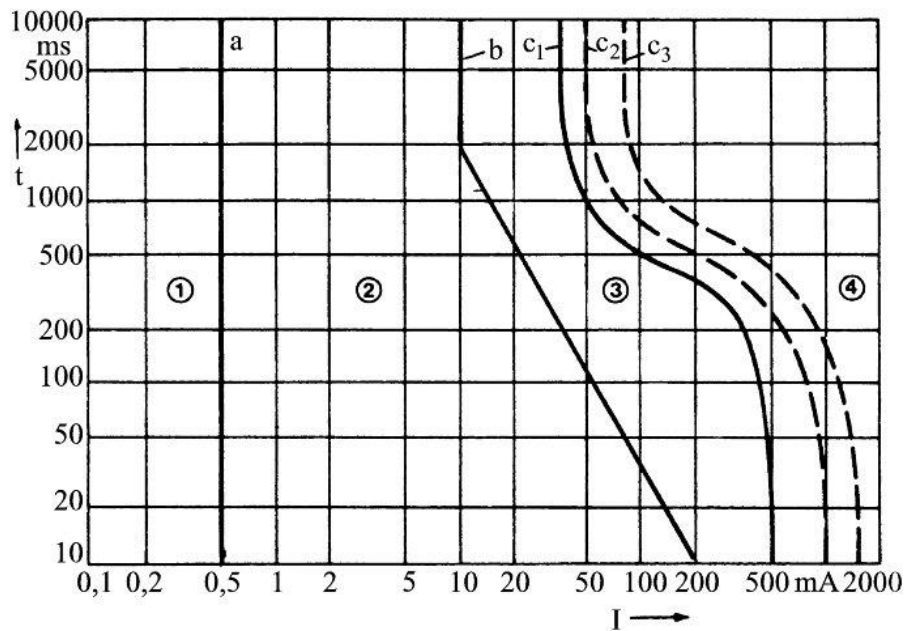
Ζώνη 2 : Συνήθως καμία επιβλαβής φυσιολογική επίδραση.

Ζώνη 3 : Συνήθως δεν αναμένεται καμία οργανική βλάβη. Με την αύξηση του ρεύματος και του χρόνου είναι πιθανές παροδικές διαταραχές των καρδιακών παλμών.

Ζώνη 4 : Πιθανότητα καρδιακής μαρμαρυγής: Κατώφλι μαρμαρυγής καμπύλη  $c_1$ , αύξηση πιθανότητας μέχρι περίπου 5% καμπύλη  $c_2$ , μέχρι 50% καμπύλη  $c_3$  και πάνω από 50% πέραν της καμπύλης  $c_3$ . Με την αύξηση του ρεύματος και του χρόνου είναι δυνατά σοβαρά εγκαύματα.



## ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 15Hz ΕΩΣ 100Hz ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ



Επίδραση εναλλασσομένου ρεύματος συχνότητας 15 Hz έως 100 Hz στον ανθρώπινο οργανισμό [1]

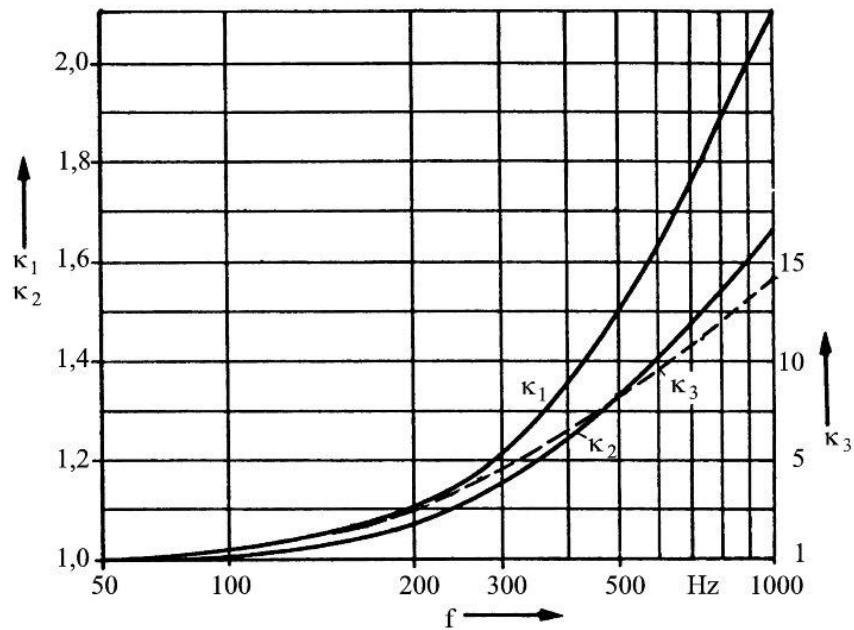
Ζώνη 1 : Συνήθως καμία αντίδραση οργανισμού

Ζώνη 2 : Συνήθως καμία επιβλαβής φυσιολογική επίδραση

Ζώνη 3 : Συνήθως δεν αναμένεται καμία οργανική βλάβη. Μυϊκή συστολή και δυσκολίες στην αναπνοή. Παροδικές διαταραχές των καρδιακών παλμών

Ζώνη 4 : Πιθανότητα καρδιακής μαρμαρυγής: Κατώφλι μαρμαρυγής καμπύλη  $c_1$  αύξηση πιθανότητας μέχρι περίπου 5% καμπύλη  $c_2$ , μέχρι 50% καμπύλη  $c_3$  και πάνω από 50% πέραν της καμπύλης  $c_3$ . Με την αύξηση του ρεύματος και του χρόνου μπορούν να εμφανισθούν καρδιακή ανακοπή, αναπνευστική ανακοπή και σοβαρά εγκαύματα.

## ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

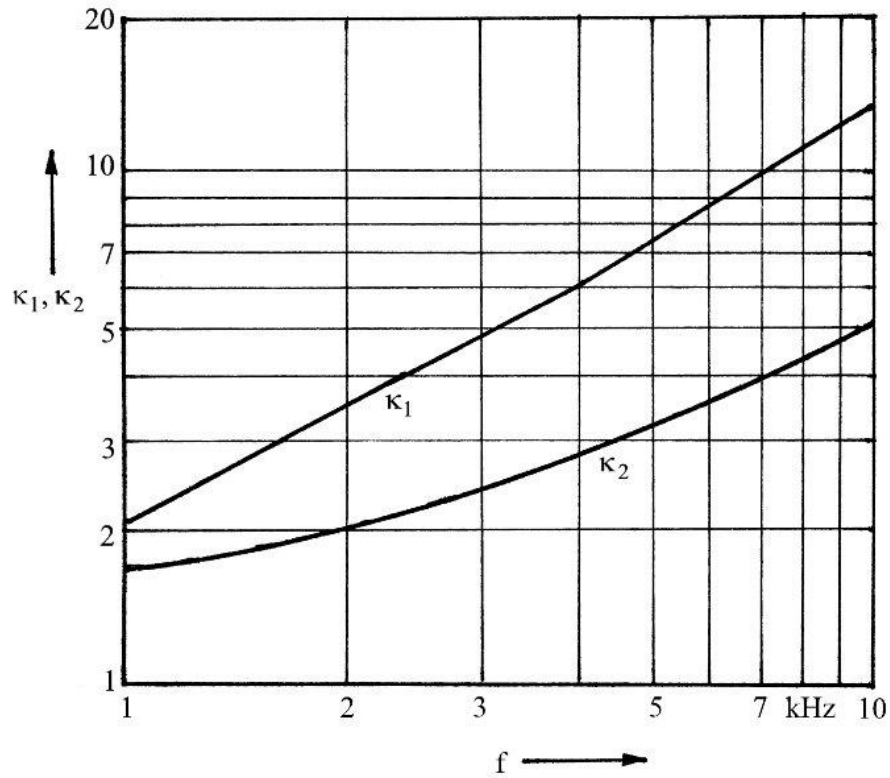


Μείωση των επιδράσεων ρευμάτων συχνότητας  $50 \text{ Hz} < f \leq 1000 \text{ Hz}$  [2]

κ<sub>1</sub> συντελεστής αύξησης του ορίου αντίληψης του ρεύματος (0,5 mA)

κ<sub>2</sub> συντελεστής αύξησης του ορίου απελευθέρωσης του χεριού που κρατάει τον αγωγό (10 mA)

κ<sub>3</sub> συντελεστής αύξησης του ορίου μαρμαρυγής (καμπύλη c<sub>1</sub> στο σχήμα 11) για διάρκεια επαφής μεγαλύτερη από την περίοδο των καρδιακών παλμών (περίπου 0,75 s) και ροή ρεύματος κατά μήκος του κορμού



Μείωση των επιδράσεων ρευμάτων συχνότητας  
 $1 \text{ kHz} < f \leq 10 \text{ kHz}$  [2]

$\kappa_1$  συντελεστής αύξησης του ορίου αντιλήψεως του ρεύματος (0,5 mA)

$\kappa_2$  συντελεστής αύξησης του ορίου απελευθέρωσης του χεριού που κρατάει τον αγωγό (10 mA)