



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τηλ: 2610-369278, 2610-369277

E-mail: [mech-eng@uop.gr](mailto:mech-eng@uop.gr)

Fax: 2610-369198

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# **ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**



**ΟΝΟΜΑΤΑ ΦΟΙΤΗΤΩΝ:**

**ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ (Α.Μ. 7656)  
ΜΠΑΛΚΟΥΡΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (Α.Μ. 7359)**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΡΑΒΑΝΗΣ ΘΕΟΦΑΝΗΣ  
(ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΣ ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ)**

**ΠΑΤΡΑ 2022**



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία η οποία εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και αναφέρεται στις «ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ» .

Στην παρούσα εργασία, μελετώνται και αναλύονται τα είδη των αστοχιών, όπως οι αστοχίες λόγω κεραυνικών υπερτάσεων, λόγω υπερτάσεων χειρισμών, λόγω βραχυκυκλωμάτων, λόγω ζώνων ή πτηνών κ.ά.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. της τριετίας 2018-2020 και συγκρίνονται με παρόμοια στοιχεία, παρουσιασμένα σε προηγούμενη εργασία του 2014.

Τέλος καταγράφονται τεχνικές και εργαλεία πρόληψης, περιορισμού και καταστολής των αστοχιών αυτών.

Θέλουμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Θεοφάνη Αραβανή, για την πολύτιμη συμβολή του στην εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής μας εργασίας, καθώς και τα μέλη της επιτροπής για τον χρόνο που αφιέρωσαν για αυτήν. Ιδιαίτερες ευχαριστίες στις οικογένειες μας αλλά και στους φίλους μας για την υποστήριξη τους σε όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μας.

ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ  
ΜΠΑΛΚΟΥΡΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ  
ΜΑΪΟΣ 2022

**Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητών:** Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι Φοιτητές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι Φοιτητές

ΜΠΑΛΚΟΥΡΑΣ Ι.

ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ Ε.



.....  
(Υπογραφή)



.....  
(Υπογραφή)



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στις αστοχίες δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες έχουν επιδραστικό ρόλο στην καθημερινότητα εκατοντάδων καταναλωτών. Οι σημαντικότερες εξ' αυτών είναι λόγω κεραυνικών υπερτάσεων, λόγω ζώνων ή πτηνών και λόγω καιρικών φαινομένων όπως χιόνι ή καύσωνας. Εξίσου καθοριστικές θεωρούνται οι αστοχίες που προέρχονται είτε από υπερτάσεις χειρισμών είτε από διάφορα είδη βραχυκυκλωμάτων.

Στο πρώτο σκέλος της εργασίας θα αναλυθεί το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή πώς το ρεύμα από το εργοστάσιο παραγωγής φτάνει στα σπίτια μας. Επίσης, θα παρουσιαστεί μία ιστορική αναδρομή του δικτύου και πώς αυτό έχει εξελιχθεί μέσα στα χρόνια.

Στα επόμενα πέντε κεφάλαια περιγράφονται περειαίρω οι αστοχίες του δικτύου και οι παράγοντες από τους οποίους προέρχονται.

Πιο αναλυτικά, στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται λεπτομερώς οι αστοχίες που εμφανίζονται στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας λόγω διαφόρων ζώνων ή πτηνών. Οι εταιρείες παροχής ρεύματος συχνά αναφέρονται σε τέτοια προβλήματα τα οποία προκαλούν διακοπή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας περιγράφονται οι αστοχίες εξαιτίας κρουστικών υπερτάσεων δηλαδή τις απότομες αυξήσεις της απόλυτης τιμής του δυναμικού. Οι αστοχίες αυτές μπορεί να οφείλονται είτε σε φυσικά αίτια όπως είναι οι κεραυνοί είτε σε τεχνητά όπως είναι τα βραχυκυκλώματα ή το άνοιγμα διακοπών.

Στο τρίτο κεφάλαιο, σε σύνδεση με το δεύτερο, γίνεται εκτενής αναφορά των βραχυκυκλωμάτων που αντιμετωπίζουν οι τεχνικοί των εταιρειών παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης θα γίνει προσπάθεια αποφυγής της σύγχυσης που δημιουργούν οι έννοιες του βραχυκυκλώματος και της υπερφόρτωσης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται παραδείγματα υπερφόρτωσης από καιρικά φαινόμενα όπως χιόνι ή καύσωνας καθώς και πραγματικά στοιχεία από αυτά τα φαινόμενα που έχουν “λυγίσει” το ηλεκτρικό δίκτυο τα τελευταία χρόνια σε διάφορες περιοχές.

Στο πέμπτο κεφάλαιο δεν θα μπορούσε να παραληφθεί ο ανθρώπινος παράγοντας και οι αστοχίες που προκύπτουν από εσφαλμένους χειρισμούς, οι οποίοι δημιουργούν υπερτάσεις στο σύστημα .

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται στατιστικά στοιχεία των αστοχιών του δικτύου διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή της Πάτρας. Τα στοιχεία αυτά αφορούν την τριετία 2018-2020, τα οποία προκύπτουν από τη συλλογή και την

επεξεργασία δεδομένων του Διαχειριστή του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε.). Επίσης συγκρίνονται με στατιστικά στοιχεία αστοχιών του δικτύου διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας της περασμένης οκταετίας (2004-2012) σύμφωνα με την μεταπτυχιακή εργασία του επιβλέποντος καθηγητή για την δεδομένη περιοχή της Πάτρας.

Συνοψίζοντας, τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία είναι ότι οι παραπάνω αστοχίες είναι ένα καθημερινό φαινόμενο ανεξάρτητα του μέρους και της περιοχής που μελετάμε. Έτσι, η επιστήμη και η τεχνολογία οφείλει να βρει τρόπους και λύσεις για να περιοριστούν σε βέλτιστο βαθμό, με απώτερο σκοπό να αποφευχθούν αυτά τα προβλήματα που δυσκολεύουν πολύ την καθημερινότητα των καταναλωτών. Κάποιες τέτοιες λύσεις θα παρουσιαστούν και στο τελευταίο κομμάτι της εργασίας μας.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Ανάλυση του ηλεκτρικού δικτύου .....11
2. Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη με το πέρασμα των χρόνων.....13
3. Αστοχίες δικτύου.....16

### 1. ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΛΟΓΩ ΖΩΩΝ

- 1.1 Γενικά.....21
- 1.2 Κατηγορίες ζώων.....22
  - 1.2.1 Πτηνά .....22
  - 1.2.2 Θηλαστικά .....26
  - 1.2.3 Ερπετά .....29
  - 1.2.4 Έντομα .....30
  - 1.2.5 Τρωκτικά.....32

### 2. ΚΕΡΑΥΝΙΚΕΣ ΥΠΕΡΤΑΣΕΙΣ

- 2.1 Γενικά .....35
  - 2.1.1 Μυθολογία και η πρώτη επιστημονική εξήγηση.....35
  - 2.1.2 Τι είναι κεραυνός.....36
  - 2.1.3 Συχνότητα κεραυνικών πληγμάτων .....39
  - 2.1.4 Τρόποι επίδρασης κεραυνού σε γραμμές μεταφοράς.....41
- 2.2 Κρουστική υπέρταση.....42
- 2.3 Φυσικά και τεχνικά αίτια.....43

### 3. ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

- 3.1 Ορισμός έννοιας .....47
  - 3.1.1 Ρεύμα βραχυκύκλωσης .....49
  - 3.1.2 Είδη βραχυκυκλωμάτων .....50
  - 3.1.3 Συνέπειες βραχυκυκλωμάτων .....51
- 3.2 Βραχυκυκλώματα στην καθημερινότητα μας.....52
- 3.3 Βραχυκύκλωμα ή υπερφόρτωση .....53

### 4. ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΗ

- 4.1 Γενικά .....55
  - 4.1.1 Σημάδια υπερφορτωμένων κυκλωμάτων .....56
  - 4.1.2 Υπολογισμός φορτίων κυκλώματος .....56
- 4.2 Φαινόμενο υπερφόρτωσης από καιρικά φαινόμενα .....57
  - 4.2.1 Χιόνι .....58

4.2.2 Καύσωνας .....	60
<b>5. ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ</b>	
5.1 Γενικά .....	65
5.1.1 Λανθασμένοι χειρισμοί.....	66
5.1.2 Επίδραση ανθρώπινων παραγόντων στη συντήρηση.....	67
5.3 Συμπέρασμα.....	69
<b>6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε.</b>	
6.1 Γενικά.....	71
6.2 Βλάβες μέσης τάσης σε δίκτυα με έναν υποσταθμό διανομής.....	73
6.3 Βλάβες μέσης τάσης σε δίκτυα με περισσότερους από έναν υποσταθμούς...77	
6.4 Βλάβες δικτύου χαμηλής τάσης .....	80
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ – ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ</b> .....	87
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	91



## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

A.Δ.Μ.Η.Ε. : Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας  
Α.Π.Ε. : Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας  
Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. : Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας  
Δ.Ε.Η. : Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού  
Ε.Ε. : Ευρωπαϊκή Ένωση  
Η.Π.Α. : Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής  
Κ.Υ.Τ. : Κέντρο Υπερυψηλής Τάσης  
Σ.Η.Ε. : Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας

A.P.P.A : American Public Power Association (Αμερικανική Ένωση Δημόσιας Ενέργειας)  
ESD : Electro-Static Discharges  
ERCOT : Electric Reliability Council of Texas  
ENRE : Ente Nacional Regulator de la Electricidad  
LEMP : Lightning Electro-Magnetic Pulses  
MW : Mega Watt  
SEMP : Switching Electro-Magnetic Pulses  
T.Sq.I. : The Squirrel Index  
U.P.S : Uninterruptible Power Supply



# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Όταν μιλάμε για Ηλεκτρικό Δίκτυο έχουμε πάντα στο μυαλό μας κολόνες, καλώδια, μεγάλα μεταλλικά κουτιά και κάτι τεράστιους πύργους που όλοι μας μικροί τους χαρακτηρίζαμε ως «Πύργος του Άιφελ». Τι είναι όμως πραγματικά αυτό το ηλεκτρικό δίκτυο και ποια είναι η χρησιμότητα του στην καθημερινότητα μας;

Εικόνα 1: Ηλεκτρικός πύργος [54]



Εικόνα 2: Καλώδια μεταφοράς [54]



Εικόνα 3: Κολόνα Δ.Ε.Η. [54]



Εικόνα 4: Μετασχηματιστής [54]

Στην πραγματικότητα το δίκτυο αυτό ονομάζεται έτσι γιατί είναι υπεύθυνο για την μεταφορά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, από τα εργοστάσια, στα σπίτια, στους δρόμους και οπουδήποτε την έχει ανάγκη αυτή την ενέργεια ο κάθε καταναλωτής.

Είναι κατανοητό από όλους πως αυτή η μεταφορά δεν είναι δυνατό να γίνεται μόνο μιας και γι αυτό το δίκτυο είναι χωρισμένο σε τρία μέρη. Το καθένα από αυτά είναι επιφορτισμένο με διαφορετική λειτουργία αλλά με τον ίδιο στόχο: όλοι οι καταναλωτές να έχουν αυτή την ενέργεια στα χέρια τους, που σήμερα είναι κάτι παραπάνω από απαραίτητη.



Εικόνα 5: Εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας [54]

Το πρώτο μέρος είναι η Παραγωγή της Ηλεκτρικής Ενέργειας που λαμβάνει μέρος στα εργοστάσια, όπως φαίνεται στην εικόνα 5. Ως επί το πλείστον το πρώτο λόγο στην παραγωγή στην Ελλάδα τον έχει Δ.Ε.Η., με ποσοστό 67,15%. Ως βασικό στοιχείο παραγωγής

χρησιμοποιείται ο λιγνίτης,

του οποίου η καύση καλύπτει σχεδόν το μισό της παραγωγής, περίπου 48%, με το φυσικό αέριο να παίζει και αυτό το ρόλο του στην παραγωγή με ένα ποσοστό της τάξης του 20% [4].

Εξίσου σημαντικό ρόλο στην παραγωγή έχουν και οι Α.Π.Ε. με ποσοστό 19,7% όπως δημοσίευσε η Eurostat το 2019. Ένα ποσοστό που είναι άκρως κολακευτικό για την χώρα μας, αφού πλησιάζει το μέσο όρο της Ε.Ε. και δείχνει την πρόοδο συγκριτικά με το 7,2% του έτους 2004. Αέρας, νερό και ήλιος πρωταγωνιστούν και είναι οι κύριοι σύμμαχοι των Α.Π.Ε.



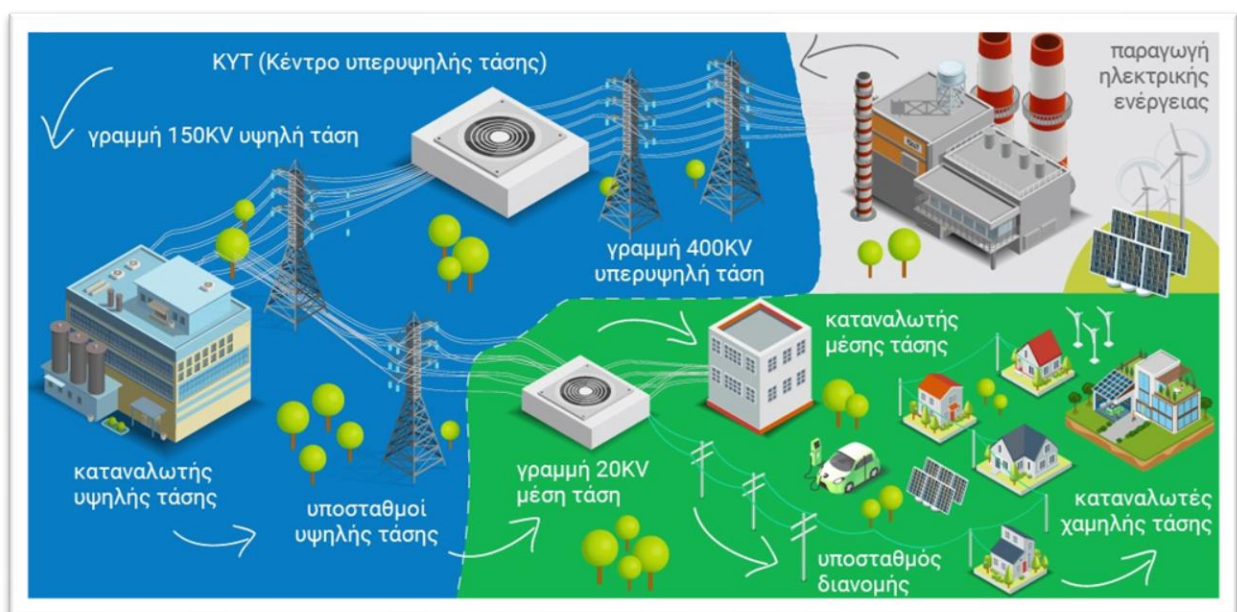
Εικόνα 6: Αιολικό – ηλιακό πάρκο [54]

Μετά την ολοκλήρωση της παραγωγής, ακολουθεί η Μεταφορά της Ηλεκτρικής Ενέργειας με κύριο αντιπρόσωπο τον Α.Δ.Μ.Η.Ε. [5]. Σκοπός του συγκεκριμένου συστήματος είναι η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από τους σταθμούς παραγωγής στους υποσταθμούς μεταφοράς, που βρίσκονται συνήθως έξω από μεγάλα αστικά κέντρα. Τα κέντρα αυτά δέχονται ηλεκτρική ενέργεια τάσης 150kV έως 400 kV, μια τάση που προέρχεται από τους υποσταθμούς

ανύψωσης. Οι υποσταθμοί αυτοί μετατρέπουν τη χαμηλή τάση σε υψηλή, έτσι ώστε να αποφευχθούν οι μεγάλες απώλειες στις γραμμές μεταφοράς που προκύπτουν εξαιτίας των μεγάλων αποστάσεων μεταξύ των κέντρων παραγωγής και των υποσταθμών μεταφοράς. Βασικά στοιχεία του συστήματος μεταφοράς είναι :

- Εναέριες γραμμές μεταφοράς (400 kV ,150 kV και 66 kV)
- Υπόγειες και υποβρύχιες καλωδιακές γραμμές (150 kV και 400 kV)
- Υποσταθμοί (150/20 kV)
- Κέντρα υπερύψηλης τάσης (400/150 kV)

Καταλήγοντας η ηλεκτρική ενέργεια στους υποσταθμούς μεταφοράς, η τάση της από υψηλή γίνεται μέση ,περίπου 20 kV. Εκεί ξεκινάει το τρίτο και τελευταίο μέρος του δικτύου, το οποίο είναι υπεύθυνο για την Διανομή της Ηλεκτρικής Ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια στο σημείο αυτό διοχετεύεται από τους υποσταθμούς μεταφοράς, είτε στα σπίτια των καταναλωτών (χαμηλή τάση, 220/380 V), είτε σε καταναλωτές μέσης τάσης (20 kV) [66].



Εικόνα 7: Τρία μέρη του Ηλεκτρικού Δικτύου [54].

## 2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ (ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΑΣΜΑ ΤΩΝ ΧΡΟΝΩΝ)

### Η ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ.

Όλα ξεκινούν από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα, πιο συγκεκριμένα το 1881 σε ένα προάστιο ανάμεσα στη πόλη του Λονδίνου και του Πόρτσμουθ, λειτούργησε η πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, η ισχύς της έφτανε τα 746 KW. Δύο υδρόμυλοι ήταν υπεύθυνοι για την κίνηση της γεννήτριας και η παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος οφειλόταν αποκλειστικά σε βροχοπτώσεις .

Το 1882, στην Στουτγάρδη της Γερμανίας, υπάρχουν αναφορές για την εγκατάσταση της πρώτης μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή της συγκεκριμένης μονάδας ήταν αρκετή για την τροφοδότηση 30 λαμπτήρων πυρακτώσεως. Το πρώτο ηλεκτρικό δίκτυο παρουσιάζεται στο Βερολίνο, το 1885 και η έκταση του δεν ξεπερνούσε την ακτίνα των 800 μέτρων από τη μονάδα παραγωγής.

## ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Το 1889, μια ιδιωτική εταιρία (Γενική Εταιρία Εργοληψιών) κατασκεύασε την πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για να φωτίσει το ιστορικό κέντρο της Αθήνας, αυτή είναι η στιγμή που το ηλεκτρικό ρεύμα κάνει την εμφάνιση του στην Ελλάδα [6-7].



Εικόνα 8: Υπαίθριος εξηλεκτρισμός. [54]

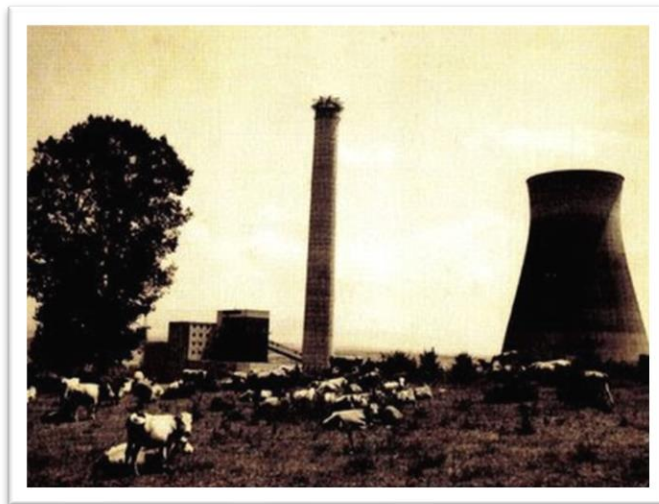
Η Θεσσαλονίκη, την ίδια χρονιά, θα δει και αυτή το ηλεκτρικό φως καθώς η Οθωμανική Αυτοκρατορία δίνει την άδεια σε μία Βελγική Εταιρία το δικαίωμα της ηλεκτροδότησης της πόλης.

Την επόμενη δεκαετία, εμφανίζονται στην Ελλάδα πολυεθνικές εταιρίες όπως η αμερικανική εταιρία Thomson-Houston, η οποία με τη συνεισφορά της Εθνικής Τράπεζας θα ιδρύσει την Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρία με στόχο την ηλεκτροδότηση και άλλων μεγάλων πόλεων της ελληνικής επικράτειας. Μέχρι τα τέλη του 1929, περίπου 250 πόλεις θα αποκτήσουν ηλεκτροδότηση. Στις απόμακρες επαρχιακές

περιοχές, ιδιώτες ή δημοτικές και κοινοτικές αρχές μεριμνούν για την κατασκευή μικρών εργοστασίων και ηλεκτρικών δικτύων.

Τριάντα χρόνια αργότερα, στα τέλη του 1950, στην ελληνική επικράτεια εντοπίζονται 385 εταιρίες ηλεκτρισμού από τις οποίες οι 263 ήταν ιδιωτικές με απλή άδεια και 54 με προνομιακές άδειες, με τις υπόλοιπες να είναι δημοτικές ή κοινοτικές. Πρώτη ύλη καύσης όλων αυτών των εταιριών ήταν το πετρέλαιο και ο γαιάνθρακας, εισαγόμενα και τα δύο από το εξωτερικό. Όπως καταλαβαίνουμε όλα αυτά ανέβαζαν την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος στα ύψη, κατανέμοντάς το ως ένα αγαθό πολυτελείας [8].

Επόμενος στόχος ήταν η εξάπλωση της ηλεκτρικής ενέργειας ομοιόμορφα σε όλη τη χώρα, αυτό για να επιτευχθεί θα έπρεπε να γίνει αξιοποίηση του εγχώριου πλούτου, ενοποίηση της παραγωγής σε ένα ενιαίο δίκτυο σε όλη την Ελλάδα αλλά και την ανάθεση σε κάποιον φορέα ο οποίος θα μοιράζει το κόστος στις κερδοφόρες και επιζήμιες περιοχές [36]. Τον ρόλο αυτό θα τον κάνει η Δ.Ε.Η. με την ίδρυση της, τον Αύγουστο του 1950. Με την παρουσία της Δ.Ε.Η. στο ελληνικό ηλεκτρικό δίκτυο και μόνο μέσα σε μια πενταετία, η ετήσια κατανάλωση ανά κάτοικο από τις 88 Kwh αυξήθηκε στις 150 Kwh. Την ίδια περίοδο ο ηλεκτροδοτούμενος πληθυσμός της χώρας έφτασε το 59,1% σε σύγκριση με το 55% του έτους 1950.



**Εικόνα 9:** Το πρώτο εργοστάσιο της Δ.Ε.Η. [8]

Το 1956, η Δ.Ε.Η. γίνεται ο ενιαίος φορέας διαχείρισης εξαγοράζοντας όλες τις ιδιωτικές και δημόσιες επιχειρήσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε άκρη της ελληνικής γης να έχει πλέον επαρκές δίκτυο ηλεκτροδότησης, από τους οικισμούς της ορεινής Ελλάδας έως τα πιο μικρά ακριτικά νησιά.



Εικόνα 10: Εφημερίδα Κυβερνήσεως για την ίδρυση της Δ.Ε.Η. [54]

### 3. ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ

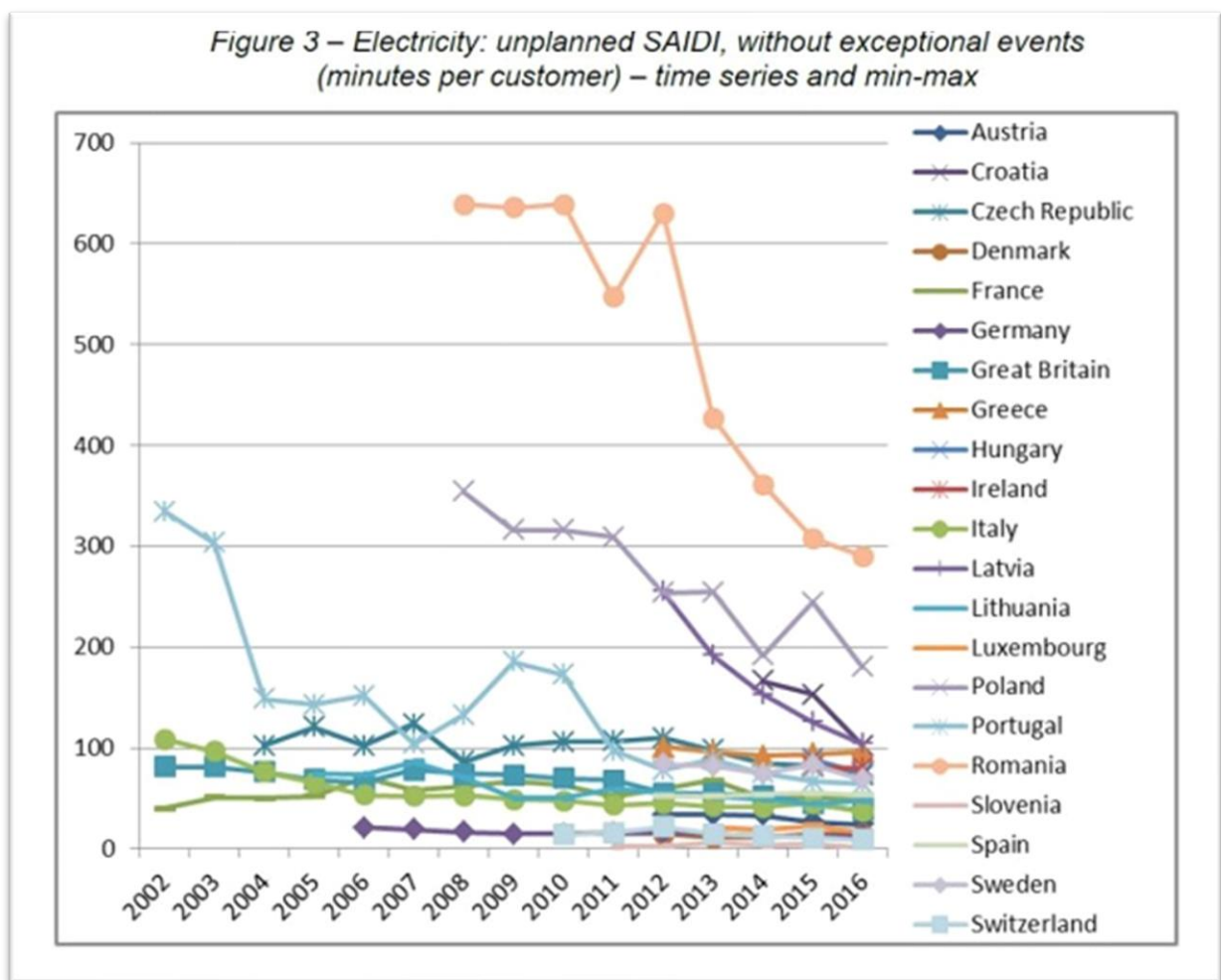
- **ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΚΑΙ ΓΙΑΤΙ ΕΙΝΑΙ ΚΡΙΣΙΜΟ ΘΕΜΑ ΣΤΙΣ ΜΕΡΕΣ ΜΑΣ;**

Με τον όρο αστοχία δηλώνουμε την μη επίτευξη του στόχου που έχει αρχικά τεθεί, στην περίπτωση μας ο στόχος είναι το ηλεκτρικό δίκτυο να λειτουργεί σωστά και το ρεύμα να φτάνει στους καταναλωτές χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα. Κάτι τέτοιο είναι αδύνατον να συμβεί καθώς και οι πιο μελετημένες, κατασκευασμένες και συντηρούμενες σωστά εγκαταστάσεις μπορεί να μειώσουν την εμφάνιση τέτοιων φαινομένων αλλά δεν μπορούν να φτάσουν στην εξάλειψή τους. Παρά την μεγάλη εξέλιξη της τεχνολογίας και του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, καθημερινά ακούμε και παρατηρούμε γύρω μας φαινόμενα αστοχιών που είναι επιζήμια για τους καταναλωτές. Σε κάθε οικία σήμερα όλες σχεδόν οι πρίζες είναι συνδεδεμένες με κάποια ηλεκτρική συσκευή, που ενδεχομένως να είναι ευαίσθητη σε κάποια μεταβολή του ηλεκτρικού φορτίου (π.χ. κινητά, λάμπες, τηλεόραση), αλλά και κάποια συσκευή η οποία αν μείνει για ώρα χωρίς ρεύμα να προκαλέσει προβλήματα (π.χ. ψυγείο, κατάψυξη). Μια τέτοια



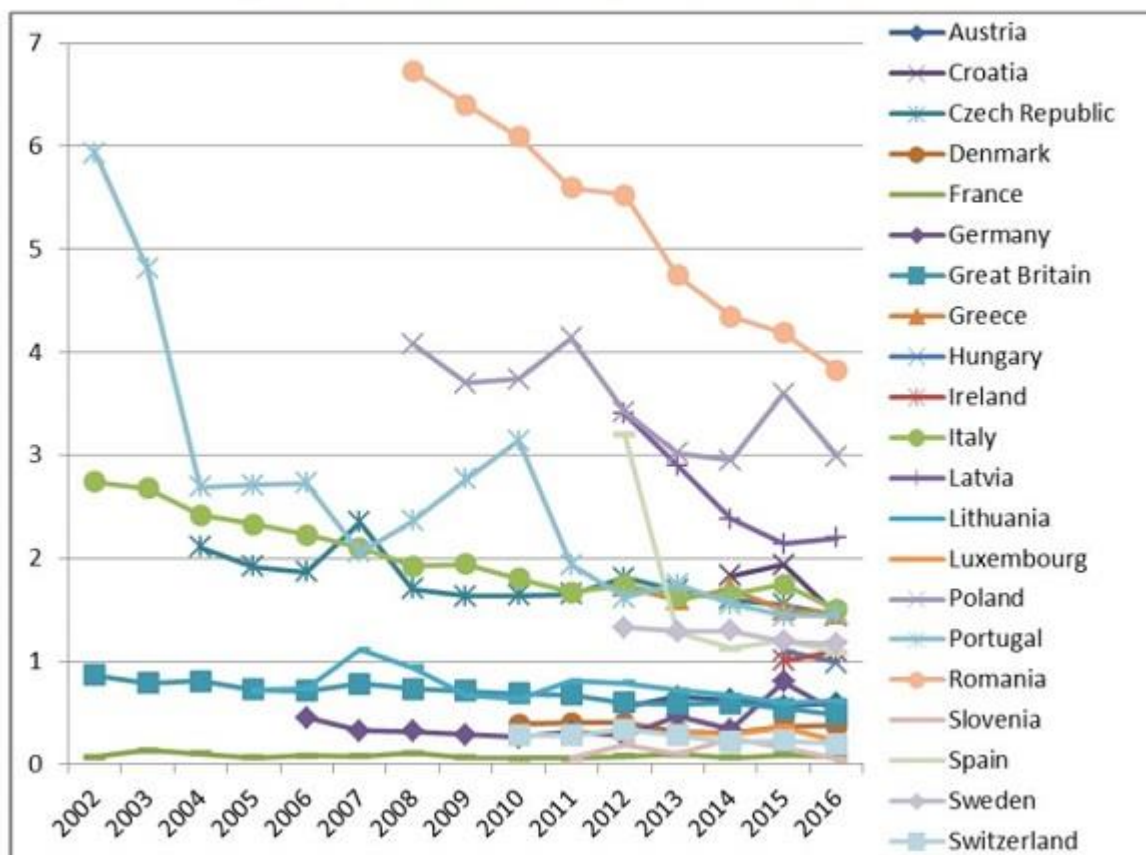
βλάβη όμως θα είχε δυσμενέστερες συνέπειες στο χώρο ενός νοσοκομείου, την στιγμή που μια συσκευή συνδεδεμένη με έναν άνθρωπο θα τεθεί εκτός λειτουργίας. Γίνεται εύκολα αντιληπτό από όλους ότι η εμφάνιση τέτοιου είδους θεμάτων θα πρέπει να μειωθεί γιατί όλες οι αστοχίες, όπου και να παρουσιαστούν κατά μήκος του δικτύου, ένας θα είναι ο δέκτης των συνεπειών και αυτός θα είναι ο άνθρωπος .

Ρίχνοντας μια ματιά στα παρακάτω σχήματα που δημοσιεύτηκαν στην Έκθεση του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Ρυθμιστών Ενέργειας [9] παραθέτονται η μέση συχνότητα εκδήλωσης βλαβών (βλάβες ανά πελάτη και έτος ) και ο μέσος χρόνος διακοπής της τροφοδότησης εξαιτίας βλαβών (λεπτά διακοπής ανά πελάτη και έτος) στις παρακάτω Ευρωπαϊκές Χώρες.



Σχήμα 2: Λεπτά διακοπής ανά πελάτη και έτος [9].

Figure 11 – Electricity: unplanned SAIFI, without exceptional events (interruptions per customer) – time series and min-max



Σχήμα 3: Πλήθος διακοπών ανά πελάτη και έτος [9]

Παρατηρούμε πώς σε μια δεκαπενταετία οι διακοπές αλλά και τα λεπτά διακοπών έχουν μειωθεί σημαντικά. Αυτό δείχνει ότι οι εταιρίες έχουν την θέληση να εξαλείψουν τις αστοχίες που προκύπτουν από τη δική τους σφαίρα ευθύνης, όπως μη επαρκής συντήρηση δικτύου, ελλιπής μελέτη κατασκευής αλλά και άμεση προσπάθεια επίλυσης βλαβών που έχουν παρουσιαστεί στο δίκτυο.

### • ΤΙ ΓΙΝΕΤΑΙ ΟΜΩΣ ΜΕ ΤΟΥΣ ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ;

Εξωγενείς παράγοντες είναι τα αίτια των αστοχιών, για τα οποία ο κάθε διαχειριστής του δικτύου διανομής ρεύματος δεν φέρει ευθύνη, καθώς είναι παράγοντες που δεν μπορεί να προβλέψει αλλά είναι υποχρεωμένος να λύσει το κάθε πρόβλημα όσο το δυνατόν γρηγορότερα για χάρη του κάθε καταναλωτή. Όπως έχει καταγραφεί αυτοί οι παράγοντες αποτελούν την πλειονότητα των αστοχιών, κυρίως στα εναέρια δίκτυα διανομής, λόγω της έκθεσης των δικτύων αυτών σε δυσμενή καιρικά φαινόμενα αλλά και σε άλλες αιτίες που οφείλεται η διαταραχή της τάσης. Για παράδειγμα :

- ζώα, κυρίως πουλιά, που προκαλούν βραχυκυκλώματα στα δίκτυα
- κεραυνικές πτώσεις
- βραχυκυκλώματα λόγω πτώσεων στύλων, κοπή καλωδίων ή αγωγών και άλλα προβλήματα που συναντούν στη καθημερινότητά τους οι τεχνικοί
- υπερφορτώσεις δικτύου (λόγω καύσωνα-χιονιού)

- λανθασμένοι χειρισμοί που οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα



Εικόνα 11: Κεραυνός σε κολόνα [54].

Αυτές μάλιστα είναι και οι κατηγορίες αστοχιών που θα μελετηθούν στο κύριο μέρος της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Βάσει αυτών θα γίνει προσπάθεια εύρεσης εργαλείων πρόληψης και θα προταθούν ενέργειες για την καταστολή και τον περιορισμό τους.



Εικόνα 12: Πουλιά σε καλώδια και πύργο του δικτύου. [54]



# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΛΟΓΩ ΖΩΩΝ**

## **1.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Τα ζώα είναι μία από τις μεγαλύτερες αιτίες διακοπών στο ηλεκτρικό δίκτυο που επιβαρύνουν συνεχώς τη ζωή των πελατών για σχεδόν κάθε ηλεκτρική ενέργεια παγκοσμίως, αμέσως μετά από ανθρώπινους και άλλους παράγοντες . Τα προβλήματα και οι τεχνικές μετριασμού είναι τόσο ποικίλα όσο και τα εμπλεκόμενα ζώα, αφού υπάρχουν πολλά καταγεγραμμένα περιστατικά ανά τον κόσμο, στα οποία οι τεχνικοί κλήθηκαν για την αντιμετώπιση τους. Οι επιπτώσεις που φαίνονται στο ηλεκτρικό σύστημα από τα ζώα είναι είτε στιγμιαίες και παροδικές, είτε διαρκείς με σοβαρότερες συνέπειες. Πέρα όμως από την αναστάτωση που δημιουργείται από ένα ενδεχόμενο black out οι εταιρίες επιβαρύνονται με μεγάλα ποσά εξαιτίας των βλαβών που προκαλούνται, αφού η αντικατάσταση και επισκευή ενός κομματιού του εξοπλισμού, πέρα από χρηματική ζημία των αντικειμένων απαιτεί και μίσθωση τεχνικών. Συμπεραίνουμε ότι ο εντοπισμός και η αντιμετώπιση των φυσικών βασικών αιτιών είναι συχνά ο πιο οικονομικός τρόπος αντιμετώπισης προβλημάτων αξιοπιστίας.



**Εικόνα 1.1:** Εισβολή ζώων σε ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις [11].

## 1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΖΩΩΝ

### 1.2.1 ΠΤΗΝΑ

Τα πτηνά, ιδίως τα πουλιά [15] που πετάνε, είναι ένας μόνιμος πονοκέφαλος για τις εταιρίες και τους τεχνικούς, καθώς είναι η πιο συνηθισμένη αιτία ζωικών βλαβών. Όπως όλοι έχουμε παρατηρήσει στην καθημερινότητα μας, τα συστήματα μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρικού ρεύματος είναι από τα μέρη που τα πουλιά αρέσκονται είτε να ξεκουράζονται είτε να φτιάχνουν τις φωλιές τους. Η μεγάλη ποικιλία στα είδη των πτηνών αυτών δύναται να προκαλέσουν στο δίκτυο διαφορετικά είδη αστοχιών.

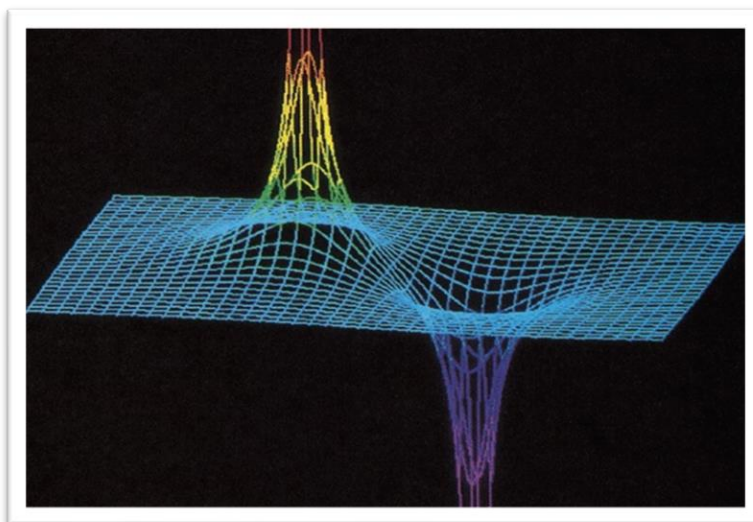


**Εικόνα 1.2:** Οι εργαζόμενοι στο Lighthouse City του Seattle απομακρύνουν μια φωλιά πουλιών κοντά στον ποταμό Duwamish που προκάλεσε βραχυκύκλωμα [15] .

Εκ πρώτης όψεως βλέποντας ένα μικροκαμωμένο πουλί πάνω σε ένα καλώδιο τροφοδοσίας, δεν παρατηρούμε την παραμικρή επιρροή στην παροχή του ρεύματος. Αυτό συμβαίνει όχι γιατί τα πτηνά έχουν κάποιο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό στο σώμα τους, αλλά γιατί όλο αυτό είναι απλή φυσική. Δηλαδή όταν το πουλάκι κάτσει σε ένα καλώδιο και με τα δύο του πόδια, αφήνει το ρεύμα να περάσει από μέσα του και δεν ενώνει με την στάση του διαφορετικά καλώδια [12], ώστε να προκληθεί διαφορά δυναμικού η οποία θα δημιουργήσει πρόβλημα στο δίκτυο. Κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό να συμβεί με μεγαλύτερου μεγέθους πτηνά (αρπακτικά κ.α.) τα οποία με το άνοιγμα των φτερών τους σε πολλές περιπτώσεις δημιουργούν διαφορά δυναμικού.

- **ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΜΩΣ Η ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ;**

**Ορισμός:** Η Διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων μέσα σε ένα πεδίο τριών διαστάσεων (ηλεκτρικό, βαρυτικό) ορίζεται ως το πηλίκο της ενέργειας που απαιτείται για τη μετακίνηση μεταξύ των δύο σημείων στο πεδίο, της μοναδιαίας ποσότητας που μπορεί να δεχτεί επίδραση εντός του πεδίου από αυτό, προς τη μονάδα αυτή, ηλεκτρικό φορτίο ή μάζα αντίστοιχα [16 -17].



**Εικόνα 1.3:** Διαφορά Ηλεκτρικού Δυναμικού [16]

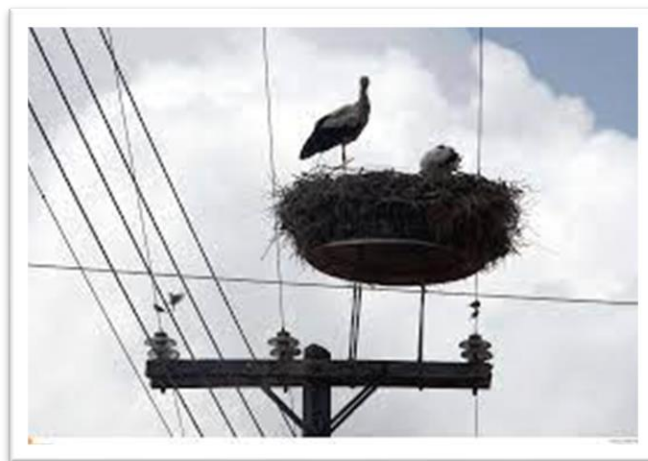
**Στην περίπτωση μας:** Καθένα από τα καλώδια της Δ.Ε.Η. έχει το δικό του δυναμικό, εμφανίζοντας διαφορά δυναμικού στα άκρα του (χαμηλό στο ένα –υψηλό στο άλλο). Τα ηλεκτρόνια του συστήματος τείνουν να κινηθούν από το υψηλό δυναμικό μέσω οποιουδήποτε μονοπατιού, που υπάρχει βέβαια διαφορά δυναμικού. Για παράδειγμα αν ένα πουλί στεκόταν με το ένα πόδι σε κάποιο καλώδιο και το άλλο σε διαφορετικό ή αν τα φτερά του έρχονταν σε επαφή με δύο διαφορετικά καλώδια, τότε το σώμα θα λειτουργούσε σαν αγωγός, επομένως θα πάθαινε ηλεκτροπληξία. Το ίδιο θα γινόταν αν καθόταν σε κάποιο στύλο της Δ.Ε.Η. και άγγιζε με κάποιο τρόπο ένα καλώδιο.



**Εικόνα 1.4:** Χρυσαιτός σε κολόνα της Δ.Ε.Η. [54]

- **ΦΩΛΙΕΣ**

Ένα ακόμα πρόβλημα που εντοπίζεται με μεγάλη συχνότητα στο δίκτυο και οφείλεται στα πουλιά, είναι οι φωλιές τους, οι οποίες είναι συνήθως χτισμένες μέσα και γύρω από τους υποσταθμούς. Οι φωλιές αυτές και κυρίως τα υλικά κατασκευής τους όταν αρχίζουν και φθείρονται προκαλούν διακοπές ρεύματος, εξαιτίας της επαφής τους με ζωντανούς αγωγούς του συστήματος. Η πλειοψηφία των πτηνών που κατασκευάζουν μια φωλιά για λόγους κουρνιάσματος αυτών και των νεογνών τους συχνά γίνονται στόχος μεγαλύτερων πουλιών. Η εμπλοκή αυτή έχει ως αποτέλεσμα γεφύρωση μονωτών και το προηγούμενο πρόβλημα ηλεκτροπληξίας που αναλύσαμε κάνει και πάλι την εμφάνιση του.

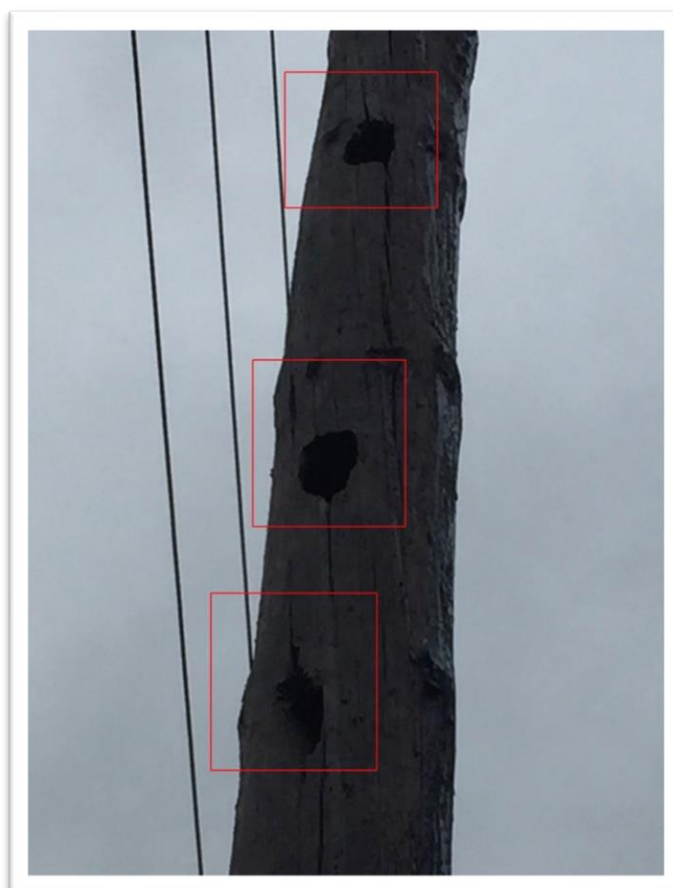


Εικόνα 1.5: Φωλιά πτηνών στο δίκτυο μέσης και χαμηλής τάσης [54] .

- **ΦΘΟΡΑ ΣΕ ΣΤΥΛΟΥΣ**

Ένα εξίσου σημαντικό φαινόμενο, εκτός της καταστροφής γραμμών και υποσταθμών ηλεκτρικής ενέργειας, είναι η φθορά ξύλινων στύλων κοινής ωφέλειας όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 1.6. Κύριος υπαίτιος αυτού είναι ο δρυοκολάπτης, ένα πτηνό το οποίο είναι επιρρεπές στο ράμφισμα, καθώς αναζητά έντομα για τροφή ή ένα μέρος για να χτίσει τη φωλιά του. Κάτι τέτοιο μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες, προκαλώντας δομικές αστοχίες και υλικές ζημιές, οι οποίες ενδεχομένως θα οδηγήσουν σε κάποια βλάβη στο ηλεκτρικό δίκτυο.





**Εικόνα 1.6:** Καταστροφή κολόνας Δ.Ε.Η. από δρυοκολάπτη στο όρος Γκιώνα στη περιοχή της Φωκίδας [17].

- **ΣΥΣΣΩΡΕΥΜΕΝΑ ΠΕΡΙΠΤΩΜΑΤΑ ΠΟΥΛΙΩΝ**

Τα πτηνά είναι επίσης μία από τις κύριες αιτίες αναρρόφησης των μονωτικών λόγω των ημίρρευστων, αγωγίμων περιπτώματων τους. Η συσσώρευση περιπτώματων πτηνών πάνω στα καλώδια και σε άλλα μέρη του εξοπλισμού με την πάροδο του χρόνου μπορεί να οδηγήσει σε φλας του μονωτή και διακοπές ρεύματος. Σημαντική αναφορά έχει γίνει από τους ειδικούς για το φαινόμενο της διακοπής σερπαντίνας. Τέτοιου είδους προβλήματα δημιουργούνται όταν ένα πτηνό αφοδεύσει κατά την έξοδο του από μία φωλιά, η οποία είναι κατασκευασμένη πάνω ένα μονωτικό υλικό. Εκείνη τη στιγμή δημιουργείτε ένα μονοπάτι μεταξύ δυναμικού φάσεων και γης, το οποίο είναι υπεύθυνο για η δημιουργία ανεπιθύμητων εκκενώσεων.

## 1.2.2 ΘΗΛΑΣΤΙΚΑ

Τα θηλαστικά είναι ένας εξίσου ισχυρός πονοκέφαλος για τις εταιρίες και τους τεχνικούς, αφού υπάρχουν αρκετές αναφορές για προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί στο δίκτυο. Τα μεγαλόσωμα ζώα (αρκούδες, άλογα, βοοειδή) συνήθως προκαλούν προβλήματα αστοχίας μέσω της επαφής με τα καλώδια και τους στύλους. Δεδομένου ότι είναι μεγάλα και ισχυρά, μπορούν να προκαλέσουν φυσική ζημιά και άμεση διακοπή λειτουργίας ή να κάνουν το σύστημα πιο επιρρεπές σε διακοπές λειτουργίας στο μέλλον. Ένα συχνό πρόβλημα που έχει εντοπιστεί, είναι η σύγκρουση τέτοιων ζώων με επίτονα και με αντιρίδες, τα οποία προσδίδουν σταθερότητα στους στύλους και τις εναέριες γραμμές. Σε μια τέτοια περίπτωση ένα από τα ζώα που είναι υπεύθυνο μπορεί να τραυματιστεί θανάσιμα.



Εικόνα 1.7 : Αντιρίδα κολόνας Δ.Ε.Η. [54]



Εικόνα 1.8 : Επίτονο αγκυρωμένο στο έδαφος [54]

- **ΑΡΚΟΥΔΕΣ**

Οι αρκούδες [14] μπορεί να μην είναι για εμάς ένα καθημερινό θέαμα αλλά γίνονται όλο και περισσότερο μια ανησυχία για την αξιοπιστία της διανομής ρεύματος σε άλλες περιοχές μακριά από εμάς. Συχνά προβλήματα αντιμετωπίζει για παράδειγμα ο πληθυσμός των ΗΠΑ που επεκτείνεται σε μη κατοικημένες περιοχές και σε μέρη που τέτοια ζώα μπορούν να κάνουν την εμφάνιση τους. Τα περισσότερα προβλήματα εντοπίζονται σε ξύλινους στύλους, καθώς τόσο οι καφέ όσο και οι μαύρες αρκούδες μπορούν να καταστρέψουν ξύλινους στύλους χρησιμοποιώντας τους ως στύλους γρατσουνίσματος. Οι μαύρες αρκούδες δεν περιορίζονται μόνο σε αυτό αλλά γι αυτές είναι ένα πολύ καλό μέρος αναρρίχησης .



Εικόνα 1.9 : Αρκούδα κοιμάται σε κολόνα ηλεκτρικού δικτύου στον Καναδά. [14]

- **ΣΚΙΟΥΡΟΙ**

Τα μικρότερα θηλαστικά αν και δεν γεμίζουν πολύ το μάτι, σε πολλές περιπτώσεις οι ζημιές που κάνουν στον εξοπλισμό είναι πιο επιζήμιες και πιο χρονοβόρες για την επίλυση τους [11]. Οι σκίουροι, αν και είναι ένα από τα πιο χαριτωμένα ζώα, αποτελούν τους κύριους υπόπτους αυτής της κατηγορίας καθώς υπάρχει μεγάλη γκάμα καταγεγραμμένων αστοχιών ανά τον κόσμο και αμέτρητες ώρες πόλεων χωρίς ρεύμα. Αυτά τα προβλήματα δεν προέρχονται συνήθως από αναρρίχηση όπως είδαμε προηγουμένως αλλά παρουσιάζονται σε καλωδιακές γραμμές οι οποίες είναι κοντά σε κλαδιά δέντρων. Η κοντινή απόσταση κλαδιών και καλωδίων βοηθούν τους σκίουρους να πηδήξουν πάνω στα καλώδια, γεφυρώνοντας έτσι τον εξοπλισμό αγωγού φάσης.



Εικόνα 1.10 : Στιγμή ηλεκτροπληξίας από εισβολή σκίουρων σε κολόνα. [20]

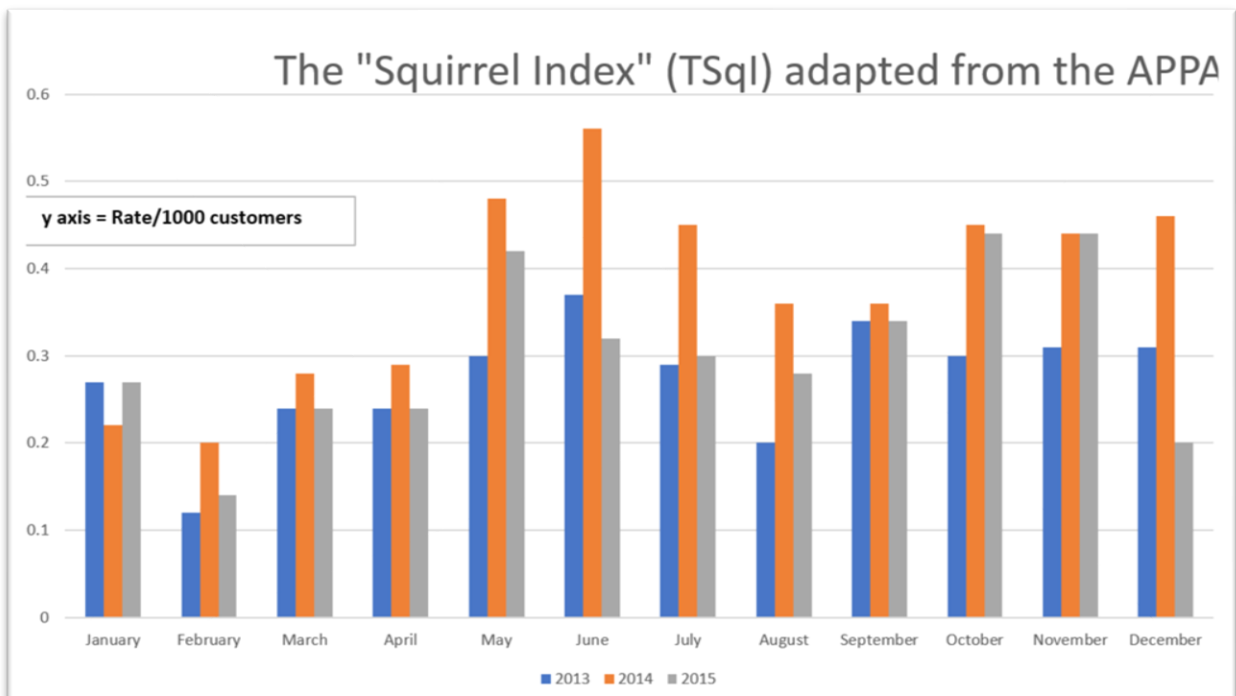
### **Γιατί όμως οι σκίουροι να θέλουν να εισέλθουν σε υποσταθμούς ;**

Υπάρχουν ποικίλες απόψεις που έχουν αναπτυχθεί πάνω σε αυτό το ερώτημα αλλά ποια από αυτές είναι σωστή δεν έχει ακριβώς ξεκαθαριστεί. Μία άποψη που έχει διατυπωθεί και ενισχύεται με τα παραπάνω, είναι ότι κοντά στους υποσταθμούς υπάρχει οικείο περιβάλλον για αυτά τα ζώα λόγω της ανεπτυγμένης βλάστησης.

Επικρατέστερη άποψη παρόλα αυτά θεωρείται, ότι θερμότητα και η δόνηση που εκπέμπεται από τα τον ηλεκτρικό εξοπλισμό, προσελκύει αυτά τα ζώα.

## ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΕΝΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ

Η διακοπή του δικτύου που προκαλείται από τους σκίουρους στις ΗΠΑ παρακολουθείται από την Αμερικανική Ένωση Δημόσιας Ενέργειας (APPA). Η APPA έχει αναπτύξει έναν ιχνηλάτη δεδομένων που ονομάζεται "The Squirrel Index" (TSqi) [18-20] για να αναλύει το μοτίβο και το χρονοδιάγραμμα των "επιθέσεων σκίουρου" σε συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Το TSqi είναι μια μέτρηση που ποσοτικοποιεί το ποσοστό ανά 1.000 πελάτες για μια χρονική περίοδο και υποδεικνύει δύο περιόδους αιχμής της υψηλότερης "δραστηριότητας σκίουρου" ή "μήνες αιχμής σκίουρου" το έτος, Μάιο-Ιούνιο και Οκτώβριο-Νοέμβριο , όταν η διαταραχή είναι μεγαλύτερη.



Εικόνα 1.11 : Χρονοδιάγραμμα «επιθέσεων σκίουρων» ανά μήνα και έτος [18].



**Εικόνα 1.12:** Χάρτης καταγεγραμμένων περιοχών «επιθέσεων» των σκίουρων στο ηλεκτρικό δίκτυο των Η.Π.Α. [19]

### 1.2.3 ΕΡΠΕΤΑ

Τα ερπετά, με κύριους πρωταγωνιστές να είναι τα φίδια, είναι ένα πρόβλημα για όλες τις εταιρίες ηλεκτρισμού. Τα φίδια αποτελούν το μεγαλύτερο πρόβλημα σε γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης, σε μετασχηματιστές και εντός ηλεκτρικών υποσταθμών. Έχουν καταγραφεί περισσότερες από 1600 διακοπές ρεύματος την περίοδο 1978-1997 και πιο πρόσφατα σχεδόν 200 διακοπές ρεύματος ετησίως [23]. Η σωματοδομή τους και η τάση τους για αναρρίχηση τα βοηθάει να στριμωχθούν ανάμεσα σε στενά περάσματα υποσταθμών με αποτέλεσμα να προκύψει ηλεκτροπληξία. Ένα τέτοιο γεγονός θα θέσει τη ζωή του ζώου σε κίνδυνο, αλλά και μία ενδεχόμενη έκρηξη στο σημείο θα φέρει αστοχία στο σύστημα [15].



**Εικόνα 1.13 :** Cobra μήκους τριών μέτρων ένοχος που προκάλεσε μεγάλη διακοπή ρεύματος στο Modimolle. [15]

- **ΓΙΑΤΙ ΟΜΩΣ ΝΑ ΣΦΙΝΩΣΕΙ ΕΝΑ ΖΩΩ ΣΕ ΕΝΑΝ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟ;**

Τα φίδια είναι ψυχρόαιμα ζώα που επικεντρώνονται στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος και στην απόκτηση τροφής. Κατά τη διάρκεια του κρύου καιρού, τα φίδια μπορεί να αναζητήσουν ζεστά ηλεκτρικά ντουλάπια. Κατά το κυνήγι, τα φίδια μπορεί να αναζητήσουν αρουραίους και ποντίκια σε υπόγεια συστήματα διανομής και πουλιά σε φωλιές και σε υποσταθμούς. Τα πουλιά είναι μια σημαντική πηγή τροφής για πολλά είδη φιδιών και είναι σύνηθες φαινόμενο τα φίδια να γλιστρούν σε ηλεκτρικές γραμμές για να κυνηγήσουν τα πουλιά που σκαρφαλώνουν στις γραμμές. Πολλά είδη φιδιών κινδυνεύουν με εξαφάνιση και είναι σημαντικό να ληφθούν μέτρα για την προστασία τους από τραυματισμούς που σε μεγάλο βαθμό μπορούν να προληφθούν.

#### **1.2.4 ΎΝΤΟΜΑ**

Γνωρίζετε ότι τα ζώφια - έντομα [15] μπορούν να εισχωρήσουν και να βγουν ακόμη και από τις πιο μικρές ρωγμές στο σπίτι σας; Αυτό γιατί να μην περιλαμβάνει τις ηλεκτρικές σας πρίζες; Αυτό που ίσως θέλετε να μάθετε είναι πώς μπήκαν τα έντομα εκεί, γιατί επέλεξαν αυτό το σημείο και τι μπορείτε να κάνετε για να τα ξεφορτωθείτε (και να βεβαιωθείτε ότι δεν θα επιστρέψουν). Δεν είναι όμως όλα τα έντομα ένοχοι για μια αστοχία.



Εικόνα 1.14: Φωλιά μυρμηγκιών σε μετασχηματιστή [15] .

Τα κυριότερα είδη εντόμων είναι :

- Κοριοί
- Μυρμήγκια
- Τερμίτες
- Σφήκες

Αυτά τα έντομα λατρεύουν να κρύβονται σε σκοτεινά, αόρατα μέρη, αυτός είναι ο κύριος λόγος που οι ηλεκτρικές πρίζες των σπιτιών είναι τόσο ελκυστικές. Από μόνα τους τα έντομα αποτελούν άσχημη εικόνα αλλά αφήνουν και πίσω τους απορρίμματα και ίχνη στα συντρίμια στις κατοικίες των ανθρώπων. Όταν συμβεί αυτό, τα απορρίμματα τους συμβάλλουν στη διάβρωση των ηλεκτρικών επαφών και των πλακών των κυκλωμάτων. Μπορεί επίσης να αρχίσουν να μασούν την καλωδίωση και να προκαλέσουν βραχυκύκλωμα στο σύστημα [22].

Εκτενής αναφορά γίνεται από τους τεχνικούς για τα ονομαζόμενα και ως μυρμήγκια της φωτιάς. Τα συγκεκριμένα μυρμήγκια με καταγωγή από τη Νότια Αμερική, είναι μικρά αλλά έχουν έντονο τσίμπημα. Έχουν πολλαπλασιαστεί σε μεγάλο μέρος των νότιων Η.Π.Α. ,όπως φαίνεται στην εικόνα 1.14, και είναι συνηθισμένο φαινόμενο το βραχυκύκλωμα σε αυτές τις περιοχές εξαιτίας τους. Τα μυρμήγκια μπορούν να καταστρέψουν τη μόνωση του αγωγού και η παρουσία τους μπορεί να κάνει τη συντήρηση του εξοπλισμού μια πρόκληση.



Εικόνα 1.15: Χάρτης Νότιας Αμερικής. [54]

Στην πραγματικότητα υπάρχουν δύο τύποι μυρμηγκιών φωτιάς: μαύρο και κόκκινο. Το μαύρο μυρμήγκι της φωτιάς, που εισήχθη κατά λάθος από τη Νότια Αμερική στο Mobile της Αλαμπάμα, αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1918. Η διανομή του εξακολουθεί να

περιορίζεται σε μέρη του Μισισσιπή και της Αλαμπάμα. Το κόκκινο μυρμήγκι της φωτιάς εισήχθη γύρω στη δεκαετία του 1930 και έχει εξαπλωθεί στις περισσότερες πολιτείες στα νοτιοανατολικά. Αυτό το είδος έχει γίνει πολύ άφθονο, εκτοπίζοντας πολλά εγγενή είδη μυρμηγκιών. Τα μυρμήγκια της πυρκαγιάς έχουν τη δυνατότητα να εξαπλωθούν ευρέως στα νότια, στα νοτιοανατολικά και στην ακτή του Ειρηνικού.

Τα μυρμήγκια της φωτιάς μπορούν να βρεθούν σε ηλεκτρικά περιβλήματα όλες τις εποχές του χρόνου καθώς παρέχουν ζεστασιά κατά τους χειμερινούς μήνες, μια ξηρή τοποθεσία φωλιάς κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων και μια ανενόχλητη τοποθεσία φωλεοποίησης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα κλιματιστικά, τα κιβώτια σημάτων κυκλοφορίας και άλλες συσκευές μπορεί να καταστραφούν. Τα μυρμήγκια που φωλιάζουν σε αυτές τις μονάδες είναι εξαιρετικά αμυντικά της αποικίας τους και μπορεί να αποτελέσουν ιατρική απειλή για το προσωπικό συντήρησης σε ένα ενδεχόμενο τσίμπημα. Όταν μια αποικία μετακινείται σε ένα ηλεκτρικό κουτί, τα μυρμήγκια εργάτες εισάγουν χώμα για να φωλιάσουν. Αυτό το υλικό μπορεί να προκαλέσει διάβρωση επηρεάζοντας τη συντήρηση των επιχειρήσεων και πιθανόν να προκληθεί αστοχία και βραχυκύκλωμα.

### **1.2.5 ΤΡΩΚΤΙΚΑ**

Τα ποντίκια, οι αρουραίοι και τα γοφάρια είναι τρωκτικά που προκαλούν προβλήματα ροκανίζοντας τη μόνωση των καλωδίων του συστήματος. Οι αρουραίοι και τα ποντίκια είναι η πιο κοινή αιτία διακοπών που σχετίζονται με ζώα σε υπόγειο εξοπλισμό και τα γοφάρια είναι τρίτη (τα φίδια είναι η δεύτερη πιο κοινή αιτία). Σε αντίθεση με το πώς μπορεί να φαίνεται, οι αρουραίοι και τα ποντίκια δεν είναι πάντα σε επιφυλακή για καλώδια για μάσημα. Πραγματικά, ψάχνουν σχεδόν οτιδήποτε να μασήσουν, γιατί τα δόντια τους δεν σταματούν ποτέ να μεγαλώνουν. Επομένως, μασούν συνεχώς για να τρίξουν τα δόντια τους και να τα εμποδίσουν να μεγαλώσουν στον εγκέφαλό τους. Τα τρωκτικά που εισέρχονται στο σπίτι συχνά μασούν ηλεκτρικές καλωδιώσεις που βρίσκονται στα κρυφά σημεία στα οποία έχουν εγκατασταθεί, καταστρέφοντας την προστατευτική μόνωση της καλωδίωσης. Μπορούν επίσης να χτίσουν φωλιές γύρω από την καλωδίωση, γεγονός που οδηγεί σε υπερθέρμανση.

Η ηλεκτρική καλωδίωση του σπιτιού σας είναι πρωταρχικός στόχος για την καταστροφή τους. Η ζημιά που προκαλούν μπορεί να οδηγήσει σε μικρά ηλεκτρικά προβλήματα γύρω από το σπίτι, όπως διακόπτες λειτουργίας, βραχυκυκλώματα ή διακοπή ρεύματος σε ολόκληρο το σπίτι. Το μάσημα της μόνωσης της καλωδίωσης όχι μόνο μπορεί να βλάψει το σύστημά σας, αλλά να θέσει την οικογένειά σας σε κίνδυνο προκαλώντας πυρκαγιά στο σπίτι.





**Εικόνα 1.16** : Ποντίκι μασάει καλώδιο [54].

Όταν η μόνωση της καλωδίωσης είναι κατεστραμμένη, τα εκτεθειμένα καλώδια θα μπορούσαν να πιάσουν φωτιά στα υλικά που τα περιβάλλουν. Η μόνωση του σπιτιού ή η φωλιά των τρωκτικών θα μπορούσαν να χτυπηθούν από ηλεκτρικό τόξο, προκαλώντας την ανάφλεξή τους.

- **ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΟΞΟ;**

**Ορισμός** : Είναι μια εκφόρτιση μεταξύ στερεών ηλεκτρικών αγωγών ή ηλεκτροδίων μέσω αερίου, που παρουσιάζει μικρή πτώση τάσης αλλά ιδιαίτερα υψηλή πυκνότητα ρεύματος. Το αέριο στον χώρο μεταξύ των ηλεκτροδίων μετατρέπεται σε έναν ηλεκτρικό αγωγό καθώς έχει ιοντιστεί από το ηλεκτρικό ρεύμα [4].



**Εικόνα 1.17** : Ηλεκτρικό τόξο σε καλώδιο. [54]

Στατιστικά στοιχεία δείχνουν ότι οι ηλεκτρικές βλάβες ή δυσλειτουργίες προκαλούν το 13% των οικιακών πυρκαγιών στις ΗΠΑ, σύμφωνα με την Εθνική Ένωση Πυροπροστασίας. Αποτελούν τη δεύτερη κύρια αιτία πυρκαγιών σε σπίτια. Δυστυχώς, ο κίνδυνος ηλεκτρικής πυρκαγιάς αυξάνεται όταν τα τρωκτικά έρχονται σε επαφή με χαλαρή καλωδίωση, ηλεκτρικούς πίνακες και άλλα. Γι' αυτό είναι σημαντικό να αποτρέψουμε την είσοδο τρωκτικών στο σπίτι όσο το δυνατόν περισσότερο και να αναγνωρίζουμε τα κοινά σημάδια ηλεκτρικών προβλημάτων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΚΕΡΑΥΝΙΚΕΣ ΥΠΕΡΤΑΣΕΙΣ**

### **2.1 ΓΕΝΙΚΑ**

#### **2.1.1 ΜΥΘΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ Η ΠΡΩΤΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΞΗΓΗΣΗ**

Ο κεραυνός είναι ένα φυσικό φαινόμενο [26] που όλοι μας έχουμε δει κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας. Ένα βίαιο φαινόμενο το οποίο δεν μπορούσε να αφήσει αδιάφορους τους ανθρώπους που ζούσαν στην γη πριν από εμάς. Οι άνθρωποι των αρχαίων πολιτισμών, δίχως τα σημερινά τεχνολογικά μας εφόδια, προσπάθησαν να δώσουν τη δική τους ερμηνεία για το φαινόμενο αυτό. Στην ελληνική μυθολογία οι κεραυνοί κατασκευάζονταν από τον θεό Ήφαιστο και αποτελούσαν ένα από τα όπλα του Δία για τις τιμωρίες των ανθρώπων. Οι Βίκινγκς με τη σειρά τους απέδιδαν το φαινόμενο στο χτύπημα του σφυριού του Θορ πάνω σε ένα αμόνι, ενώ οι Γαλάτες θεωρούσαν ότι οι κεραυνοί προέρχονταν από την κακή διάθεση του θεού Τάρανις. Στους ινδιάνικους πολιτισμούς οι αναφορές που υπάρχουν κάνουν λόγο για κεραυνούς που προέρχονται από το χτύπημα των φτερών κάποιου μυθικού πουλιού.

Η πρώτη επιστημονική προσέγγιση του φαινομένου ήρθε για να καταστείλει τις δεισιδαιμονικές αντιλήψεις των προηγούμενων χρόνων. Πιο συγκεκριμένα, στα μέσα του 18<sup>ου</sup> αιώνα ο Βενιαμίν Φραγκλίνος [24], κατά τη διάρκεια ενός πειράματος, δημιούργησε τον πρώτο τεχνητό κεραυνό, αποδεικνύοντας ότι πίσω από το φαινόμενο δεν κρύβεται η μανία των θεών, αλλά ένα πελώριο ηλεκτρικό φορτίο αντίθετο από εκείνο της γης. Το πείραμα του επιβεβαιώθηκε το 1752 από τον Francois D'Alibard, όταν κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας παρατήρησε σπινθήρες να ξεπηδούν από μια σιδερένια ράβδο. Μετά από αυτό το γεγονός ο Φραγκλίνος βελτίωσε το πείραμα του, κατασκευάζοντας ένα χαρταετό με σιδερένιο πλαίσιο που ήταν συνδεδεμένο μέσω ενός βρεγμένου σπάγκου με ένα κλειδί το οποίο κρατούσε με μια μεταξωτή κορδέλα, όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.1. Κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας ο χαρταετός προσελκύνοντας αντίθετο φορτίο δημιούργησε ένα αγωγίμο μονοπάτι φορτίων προς τη γη. Το πείραμα αυτό αποτέλεσε την αρχή για περισσότερα πειράματα, τα οποία επιβεβαίωσαν την ηλεκτρική φύση του κεραυνού. Έτσι δημιουργήθηκε η βασική ιδέα της αντικεραυνικής προστασίας κτιρίων, γνωστά σε όλους μας αλεξικέραυνα.

Η μελέτη της κεραυνικής δραστηριότητας αναπτύχθηκε τα τελευταία 50 με 70 χρόνια και το πραγματικό κίνητρο προήλθε εξαιτίας της προστασίας των ηλεκτρικών γραμμών μεταφοράς αλλά και της ανάγκης προστασίας των διαστημικών αεροσκαφών από κεραυνικά φαινόμενα, κυρίως την στιγμή της απογείωσης τους. Μέχρι και σήμερα η δημιουργία του κεραυνού δεν έχει γίνει πλήρως κατανοητή, κάτι που οδηγεί την τεχνολογία και τους ειδικούς στον περιορισμό των επιζήμιων επιπτώσεων και όχι την καταστολή των φαινομένων.



Εικόνα 2.1 : Το πείραμα του Benjamin Franklin. [24]

### 2.1.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΚΕΡΑΥΝΟΣ;

**Ορισμός :** Ως κεραυνός ορίζεται η ηλεκτρική εκκένωση, δηλαδή ένας γιγαντιαίος σπινθήρας, που παρατηρείται συνήθως κατά τη διάρκεια καταιγίδων. Αποτελεί τη φυσική διαδικασία απομάκρυνσης του ηλεκτρικού φορτίου από τα καταιγιδοφόρα νέφη, τα οποία φορτίζονται μέσω των συγκρούσεων που λαμβάνουν χώρα μεταξύ των εκατομμυρίων σωματιδίων [4], πάγου (παγοκρύσταλλοι, χαλάζι). Το τελικό αποτέλεσμα των συγκρούσεων είναι η εμφάνιση θετικού φορτίου στην κορυφή των νεφών και αρνητικού στη βάση τους. Κατ' αντιστοιχία, στο έδαφος κάτω από τη βάση των νεφών εμφανίζεται θετικό φορτίο. Όταν η διαφορά δυναμικού μεταξύ της αρνητικά φορτισμένης βάσης των νεφών και του θετικά φορτισμένου εδάφους ξεπεράσει ένα ορισμένο όριο, προκαλείται ηλεκτρική εκκένωση και εκδηλώνεται ο κεραυνός.

#### • ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΚΚΕΝΩΣΕΩΝ

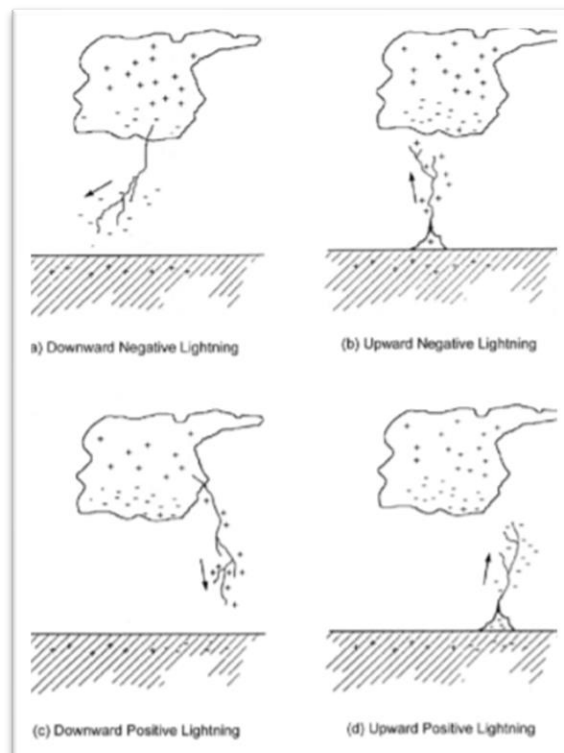
Οι παραπάνω ηλεκτρικές εκκενώσεις διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες :

- i. Εντός του ίδιου νέφους : Είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος εκφορτίσεων. Η εκκένωση λαμβάνει χώρα ανάμεσα στο ανώτερο θετικό και κατώτερο αρνητικό κέντρο του χωρικού φορτίου .Το ρεύμα έχει τιμές από εκατοντάδες έως χιλιάδες Amperes. Η διαδικασία συμβαίνει μέσα στο νέφος ,ενώ έξω από το νέφος φαίνεται ως διαχέουσα λαμπρότητα που τρεμοσβήνει.
- ii. Μεταξύ των νεφών: Εκκενώσεις αυτού του τύπου εκδηλώνονται σε ύψος μεγαλύτερο από 1km και μικρότερο των 12km. Έχουν μεγάλο μήκος κεραυνικού τόξου, έως και 40km.
- iii. Μεταξύ νέφους και γης και αντίστροφα: Οι κεραυνοί αυτοί παρατηρούνται είτε όταν το ηλεκτρικό πεδίο πάρει την κρίσιμη τιμή πλησίον του νέφους (εκκένωση

κατερχόμενη), είτε όταν το ηλεκτρικό πεδίο πάρει την κρίσιμη τιμή πλησίον της γης (εκκένωση ανερχόμενη).

Οι δύο πρώτες κατηγορίες ονομάζονται αστραπές ενώ η τρίτη κεραυνοί και είναι το φαινόμενο το οποίο μπορεί να δημιουργήσει βλάβες και αστοχίες στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κεραυνοί αυτοί με τη σειρά τους διακρίνονται σε κάποιες κατηγορίες σύμφωνα με την πορεία και την έναρξή τους (Εικόνα 2.2):

- Κατερχόμενος αρνητικός κεραυνός που αρχίζει από ένα αρνητικό σύννεφο και είναι ο πιο συνηθισμένος (Εικόνα 2.2 a)
- Ανερχόμενος αρνητικός κεραυνός που αρχίζει από μια προεξοχή του εδάφους κάτω από ένα αρνητικό σύννεφο (Εικόνα 2.2 b)
- Κατερχόμενος θετικός κεραυνός που αρχίζει από ένα θετικό σύννεφο (Εικόνα 2.2 c)
- Ανερχόμενος θετικός κεραυνός που αρχίζει από μια προεξοχή του εδάφους κάτω από ένα θετικό σύννεφο (Εικόνα 2.2 d).

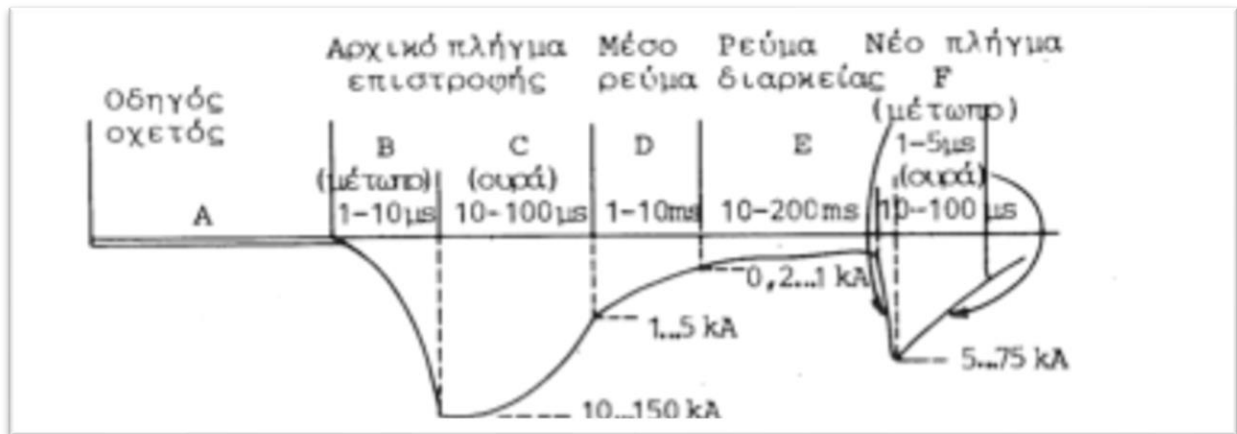


Εικόνα 2.2 : Κατηγορίες κεραυνών. [54]

#### • ΤΙ ΓΙΝΕΤΑΙ ΜΟΛΙΣ «ΧΤΥΠΗΣΕΙ» ΕΝΑΣ ΚΕΡΑΥΝΟΣ;

Όταν ένα αντικείμενο, ένα κτίριο, μια γραμμή μεταφοράς ή ένα αεροπλάνο χτυπηθεί από ένα κεραυνό το μέγεθος της καταπόνησης που θα υποστεί εξαρτάται από το ρεύμα που εκφορτίζεται μέσω αυτού. Δηλαδή, το ρεύμα αυτό αντιπροσωπεύει την πιο σημαντική παράμετρο της κεραυνικής εκκένωσης. Η τιμή κορυφής του ρεύματος που

αναπτύσσεται κατά την ροή του φορτίου εξαρτάται από το μέγεθος του φορτίου του νέφους και από το μήκος του οχετού εκκενώσεως. Οι μέγιστες εντάσεις των κεραυνικών ρευμάτων φθάνουν ως 300 kA και η ελάχιστη τιμή είναι μικρότερη της τάξεως των 2 kA. Όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 2.3 το ρεύμα του πρώτου πλήγματος αυξάνει γρήγορα και φθάνει στη μέγιστη τιμή κορυφής σε 10-15  $\mu$ s. Κατόπιν, αρχίζει να μειώνεται είτε αμέσως είτε μετά από μια πλατιά κορυφή. Η διάρκεια της ουράς του ρεύματος, όπου και το ρεύμα μειώνεται, είναι τέτοια ώστε το ρεύμα να φθάσει το 20% της τιμής κορυφής σε 200-300  $\mu$ s. Το εύρος του πρώτου πλήγματος είναι μεγαλύτερο από τα τυχόν επακόλουθα πλήγματα που αρκετά συχνά συμβαίνουν για κεραυνούς αρνητικής πολικότητας.



Εικόνα 2.3 : Γενικευμένη κυματομορφή κεραυνικού ρεύματος με αρνητική πολικότητα. [54]

Μια ενδιαφέρουσα παράμετρος, εκτός από τη μέγιστη τιμή του ρεύματος, είναι και η διάρκεια ροής μιας ορισμένης έντασης ρεύματος. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η διάρκεια, τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που συσσωρεύεται μέσα στην αντίσταση που διαρρέει το ρεύμα και κατά συνέπεια τόσο μεγαλύτερη η ελκυσόμενη θερμότητα, αφού είναι ανάλογη του τετραγώνου του ρεύματος. Οι κεραυνοί μεγάλης διάρκειας, έστω και αν η μέγιστη τιμή του ρεύματος δεν είναι πολύ υψηλή, όπως συχνά συμβαίνει στους θετικά ανερχόμενους κεραυνούς, είναι πιο επικίνδυνοι μόνο όταν προκύπτει θέμα πυρκαγιάς ή έκρηξης. Αντίθετα, για ηλεκτρικά συστήματα πιο επικίνδυνοι είναι οι κεραυνοί με μεγάλες εντάσεις, μεγάλη κλίση ρεύματος και μικρή διάρκεια, όπως είναι οι αρνητικοί κεραυνοί. Οι σημαντικότερες παράμετροι που σχετίζονται με το ρεύμα του κεραυνού οι οποίες επηρεάζονται από γεωγραφικούς και εποχικούς παράγοντες είναι:

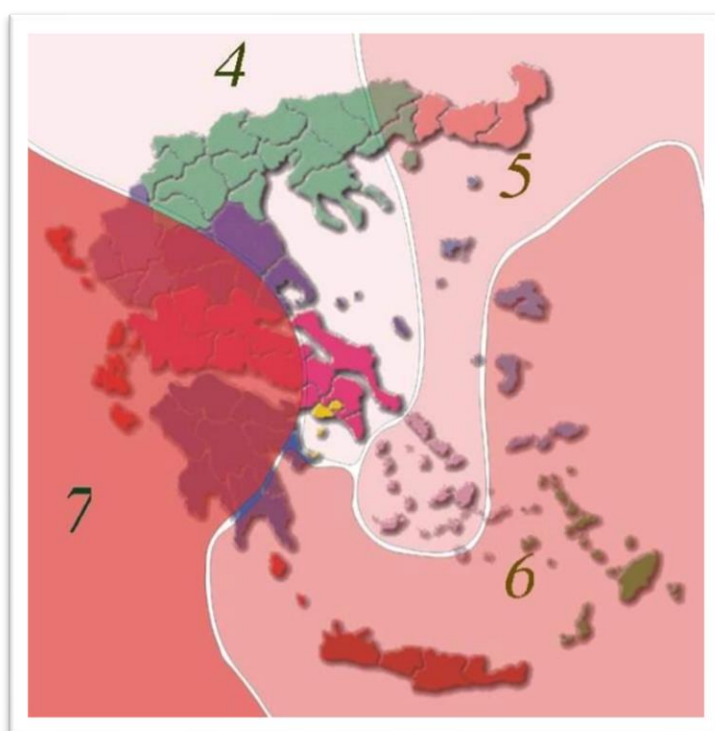
- Η μέγιστη τιμή ( $I_{peak}$ ) του ρεύματος του κεραυνού
- Η μέση και η μέγιστη κλίση του ρεύματος του κεραυνού ( $di/dt$ )
- Η διάρκεια μετώπου και ημίσεως εύρους του ρεύματος του κεραυνού
- Το ολικό φορτίο
- Το κρουστικό φορτίο
- Η ειδική ενέργεια που ορίζεται ως το ολοκλήρωμα του τετραγώνου του ρεύματος του κεραυνού στο χρόνο
- Ο αριθμός των διαδοχικών εκκενώσεων.

Η καθεμία από τις παραπάνω παραμέτρους έχει καταστροφικές συνέπειες για την ανθρώπινη ζωή αλλά και δευτερευόντως είναι επιζήμια για το δίκτυο ηλεκτροδότησης.

### 2.1.3 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΚΕΡΑΥΝΙΚΩΝ ΠΛΗΓΜΑΤΩΝ

Κάθε δευτερόλεπτο πέφτουν περίπου 100 κεραυνοί παγκοσμίως, ενώ κάθε μέρα εκδηλώνονται πάνω από 40.000 καταιγίδες, οι οποίες προκαλούν σχεδόν 10.000.000 κεραυνούς. Η συχνότητα των κεραυνικών φαινομένων ανά τον κόσμο δεν είναι σταθερή και διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Το κλίμα και η ορογραφική κατάσταση της κάθε περιοχής επηρεάζει την συχνότητα. Κατά κανόνα οι ορεινές περιοχές δέχονται περισσότερους κεραυνούς, σε αντίθεση με τις πεδινές οι οποίες δέχονται λιγότερα τέτοια φαινόμενα αλλά μεγαλύτερης έντασης εξαιτίας των έντονα φορτισμένων νεφών και των μεγάλων οχετών [29] .

Στον ελληνικό χώρο πέφτουν κατά μέσο όρο 4 έως 7 κεραυνοί ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, όπως φαίνεται και στη εικόνα 2.4.



Εικόνα 2.4 : Μέσος όρος κεραυνών ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο το χρόνο. [27]

- **ΠΩΣ ΥΠΟΛΟΓΙΖΕΤΑΙ Ο ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ;**

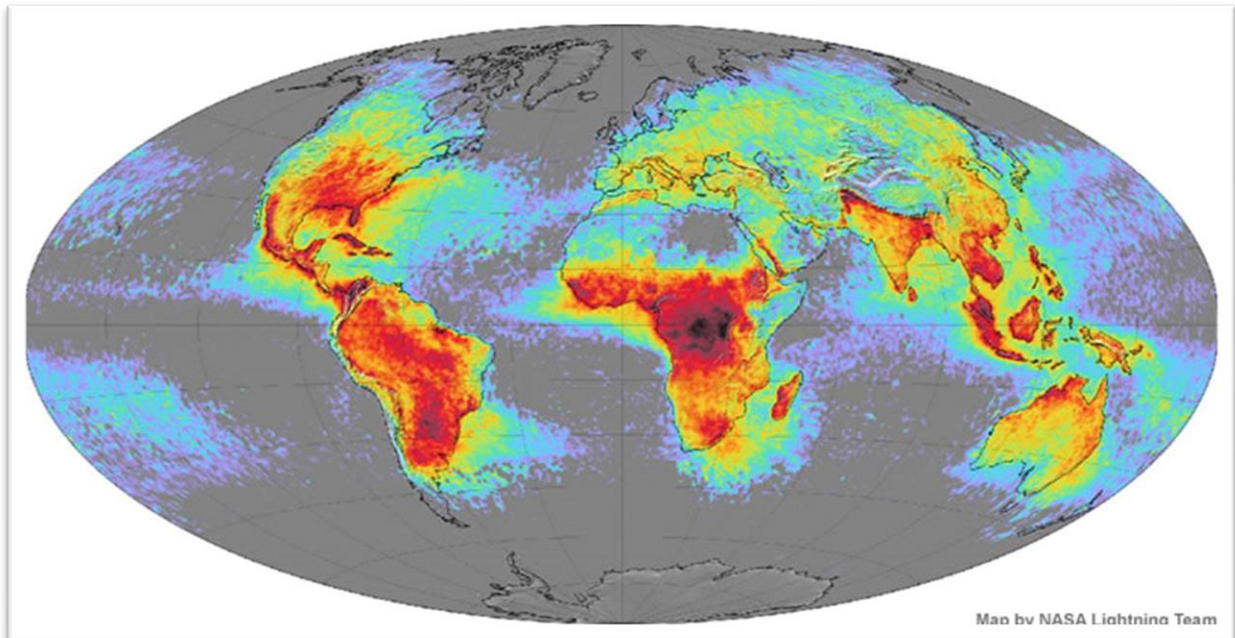
Για να υπολογίσουμε τους κεραυνούς σε όλο τον κόσμο, πρέπει να υπολογίσουμε την πυκνότητα τους ανά περιοχή. Ο A.J. Eriksson έχει διατυπώσει την επικρατέστερη μέχρι σήμερα σχέση :

$$N_g = 0.04 \times T^{1.25}$$

Όπου :

$N_g$  : μέση ετήσια πυκνότητα πληγμάτων κεραυνού στο έδαφος, δηλαδή ο αναμενόμενος μέσος αριθμός κεραυνικών πληγμάτων στο έδαφος ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο και έτος στην περιοχή εγκατάστασης της προς μελέτη κατασκευής

$T$  : ο αριθμός ημερών καταιγίδας ανά έτος και δίνεται από χάρτες ισοκεραυνικών καμπυλών, όπως η εικόνα 2.5.



Εικόνα 2.5 : Παγκόσμιος ισοκεραυνικός χάρτης. [30]

## • ΣΥΣΤΗΜΑ ΖΕΥΣ

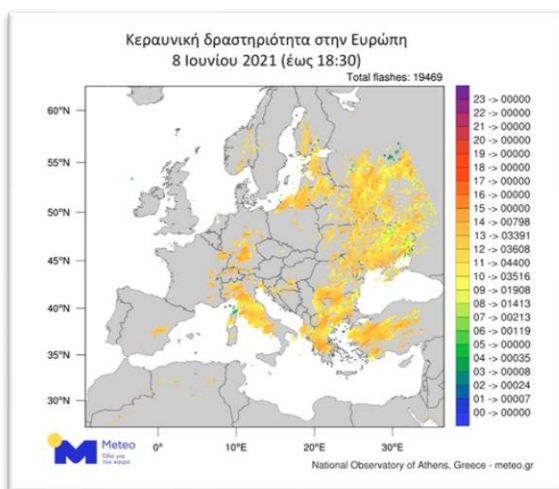
Τα δεδομένα τα οποία παρουσιάζονται προέρχονται από το δίκτυο ανίχνευσης αστραπών ΖΕΥΣ το οποίο λειτουργεί το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. Το δίκτυο περιλαμβάνει έξι δέκτες στην Ευρώπη (Chibolton στην Αγγλία, Roskilde στη Δανία, Ιάσιο στη Ρουμανία, Αλεξάνδρεια στην Αίγυπτο, Λάρνακα στην Κύπρο και Mazagon στην Ισπανία, βλέπε εικόνα 2.7). Οι πληροφορίες που παίρνουμε δεν περιορίζονται στην Ελλάδα αλλά καταγράφονται μετρήσεις σε όλο τον Ευρωπαϊκό χώρο για μια συγκεκριμένη ημερομηνία, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.6.

## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η μέθοδος καταγραφής βασίζεται στο γεγονός ότι κατά τη διάρκεια που μία ηλεκτρική εκκένωση έρχεται σε επαφή με το έδαφος εκπέμπεται ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χαμηλής συχνότητας (στην περιοχή συχνοτήτων 5 – 15 kHz) η οποία και διαδίδεται σφαιρικά από την τοποθεσία του συμβάντος με την ταχύτητα του φωτός. Το σύστημα ΖΕΥΣ [31], εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι η κυματομορφή («sferic») της ακτινοβολίας σε κάθε ένα συμβάν είναι μοναδική και έτσι εάν διαθέτουμε τουλάχιστον μία κεραία μπορούμε να ξεχωρίσουμε τα σήματα από δύο διαφορετικά συμβάντα. Για να καταγραφεί η ακριβής τοποθεσία μιας ηλεκτρικής εκκένωσης νέφους-εδάφους



τελικά χρειάζονται τέσσερις σταθμοί. Όταν ένας κεραυνός χτυπήσει το έδαφος η κυματομορφή που εκπέμπεται καταγράφεται από όλους τους επίγειους σταθμούς του συστήματος σε διαφορετικούς χρόνους. Έτσι δύο διαφορετικοί σταθμοί καταγράφουν την κυματομορφή σε χρονική στιγμή η οποία εξαρτάται από την απόστασή τους από το σημείο του συμβάντος. Τότε το κέντρο ελέγχου του συστήματος θέτει έναν σταθμό ως «σταθμό αναφοράς» και του αποδίδει μηδενική διαφορά χρόνου άφιξης του σήματος ενώ παράλληλα υπολογίζει τις αντίστοιχες διαφορές του χρόνου άφιξης των υπολοίπων σταθμών με βάση το σταθμό αναφοράς. Στη συνέχεια υπολογίζει τον κοινό γεωμετρικό τόπο των σημείων για τα οποία η διαφορά άφιξης του σήματος μεταξύ του σταθμού αναφοράς και ενός άλλου σταθμού του δικτύου είναι ο ίδιος. Τα σημεία αυτά βρίσκονται πάνω σε μία υπερβολή. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε σταθμό και τελικά το σημείο που παρουσιάστηκε η ηλεκτρική εκκένωση ταυτίζεται με το σημείο τομής όλων των υπερβολών.



**Εικόνα 2.6 :** Κεραυνική δραστηριότητα στην Ευρώπη.[31] **Εικόνα 2.7 :** Έξι δέκτες του Ζεους στην Ευρώπη. [31]

## 2.1.4 ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΚΕΡΑΥΝΟΥ ΣΕ ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Τα άμεσα και έμμεσα πλήγματα κεραυνού πάνω στις γραμμές μεταφοράς αποτελούν μία από τις κυριότερες αιτίες σφαλμάτων στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Η βασική παράμετρος που αναπτύσσεται στο δίκτυο από τον κεραυνό είναι το ρεύμα, ενώ η υπέρταση που είναι ένα δευτερογενές φαινόμενο εξαρτάται από το ρεύμα του κεραυνού καθώς και από την κυματική αντίσταση  $Z$  και την αντίσταση γείωσης που αποτελούν χαρακτηριστικά του δικτύου της. Υπάρχουν τρεις μηχανισμοί με τους οποίους ένας κεραυνός μπορεί να δημιουργήσει υπέρταση σε μια γραμμή μεταφοράς:

- i. από επαγωγή, εξαιτίας κεραυνού που πλήττει το έδαφος ή άλλα αντικείμενα κοντά στη γραμμή, όχι την ίδια τη γραμμή
- ii. από πλήγμα κεραυνού σε ένα αγωγό φάσεως
- iii. από πλήγμα στον αγωγό προστασίας με τον οποίο προστατεύονται γενικά οι γραμμές μεταφοράς από κεραυνούς ή στον πυλώνα.

Ένας άλλος τρόπος μετάδοσης κρουστικών ρευμάτων είναι οι ωμικές επιδράσεις, οι οποίες πλήττουν τόσο τις υπόγειες, όσο και τις εναέριες γραμμές και σωληνώσεις. Όταν ένας κεραυνός «χτυπήσει» το έδαφος σε κοντινή κατασκευή, το κεραυνικό ρεύμα ψάχνει διόδους εκτόνωσης μέσα στη γη. Ένα ποσοστό ρεύματος θα περάσει μέσα στα κοντινά κτίσματα, είτε διαμέσου των ηλεκτροδίων της γείωσης των κατασκευών, είτε διαμέσου διαφόρων μεταλλικών σωληνώσεων εξαιτίας της μικρότερης ωμικής αντίστασης που διευκολύνει τη δίοδο του.

Τρίτος τρόπος επίδρασης είναι οι χωρητικές. Αυτές δημιουργούνται όταν ένα νέφος χάσει απότομα το ηλεκτρικό του φορτίο, με αποτέλεσμα τα δίκτυα που βρίσκονται χαμηλότερα από αυτό, να χάνουν και αυτά χωρητικά το φορτίο τους. Τότε τα οδεύοντα κύματα αναπτύσσονται προς τις δύο κατευθύνσεις. Αν υπάρχουν μεγαλύτερου μήκους μονωμένα δίκτυα, η κατάσταση χειροτερεύει καθώς το κύμα αντανάκλαται και δεν μπορεί να αποφορτιστεί.

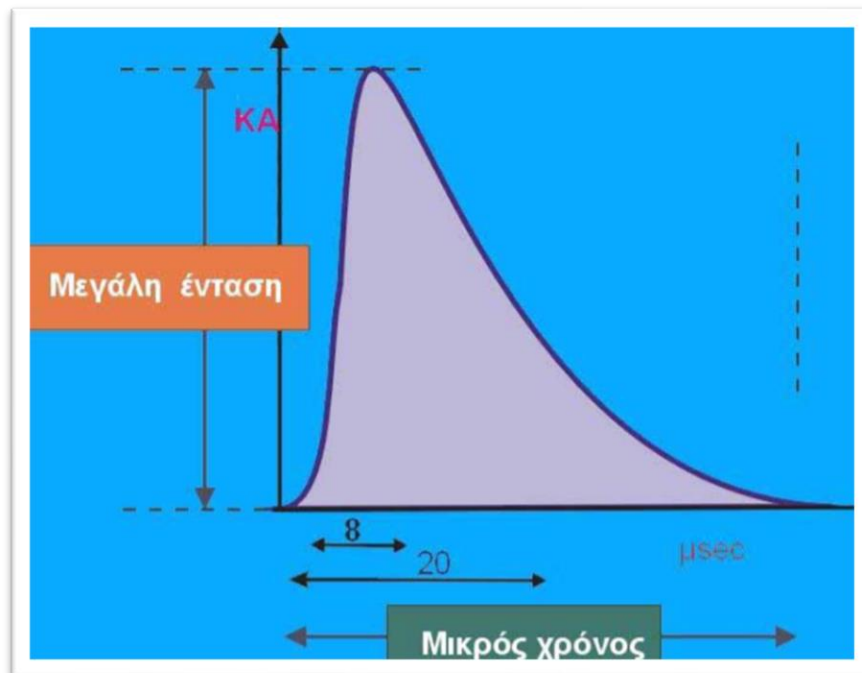
## 2.2 ΚΡΟΥΣΤΙΚΗ ΥΠΕΡΤΑΣΗ

Με τον όρο κρουστικές υπερτάσεις εννοούμε τις απότομες αυξήσεις της απόλυτης τιμής του δυναμικού, η διάρκεια των οποίων κυμαίνεται από εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου (10<sup>-6</sup>s) μέχρι κάποια χιλιοστά του δευτερολέπτου (10<sup>-3</sup>s). Η αύξηση της απόλυτης τιμής του δυναμικού κυμαίνεται από μερικά Volts, μέχρι χιλιάδες Volts. Οι κρουστικές υπερτάσεις μπορεί να προέρχονται από δύο παράγοντες [27] :

- 1) **Εξωγενείς παράγοντες** : οι παράγοντες αυτοί προέρχονται κυρίως από κεραυνούς, είναι κρούσεις μεγάλης έντασης με πολύ μικρή διάρκεια (μs) και επιδρούν σε ηλεκτρικές και τηλεφωνικές γραμμές με ομοιόμορφη αύξηση του δυναμικού όλων των γραμμών ως προς τη γη.
- 2) **Ενδογενείς παράγοντες** : προέρχονται από μεταγωγές και αποζεύξεις φορτίων, επιδρούν σε γραμμές ηλεκτρικής τροφοδοσίας και παρεμβολή σε αντίθεση με τους εξωγενείς είναι χαμηλότερης έντασης με μεγαλύτερη διάρκεια, ενώ μπορεί να προκαλέσουν υπερτάσεις φάσεων ως προς ουδέτερο.

## ΚΡΟΥΣΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ

Είναι ένα διάγραμμα το οποίο παρουσιάζει την επαγωγική επίδραση του κεραυνού σε αγωγούς πάνω σε μια παρεμβολή, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (εικόνα 2.8).



Εικόνα 2.8 : Κρουστική παρεμβολή. [27]

Όπως φαίνεται σε χρόνο 8μs παρατηρείται ένα μέτωπο ανόδου με το 100% της τιμής της έντασης του ρεύματος, ενώ με το πέρασμα 20 μs η τιμή είναι στο 50% της μέγιστης.

### 2.3 ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΑ ΑΙΤΙΑ

Τα αίτια δημιουργίας κρουστικών υπερτάσεων είναι είτε φυσικά είτε τεχνητά. Φυσικές πηγές είναι οι κεραυνοί (lightning electromagnetic pulses ή LEMP), τόσο μεταξύ νέφους και γης, όσο και μεταξύ νεφών και οι διάφορες ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις (electrostatic discharges ή ESD). Τεχνητές πηγές είναι τα ηλεκτρικά δίκτυα που αναπτύσσουν κρουστικές υπερτάσεις από χειρισμούς διακοπών ή από βραχυκυκλώματα (switching electromagnetic pulses ή SEMP).

Τα κρουστικά κύματα δημιουργούν ρεύματα με πολύ μεγάλη ένταση, ικανά να καταστρέψουν κάθε μορφής ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων και να βλάψουν την ανθρώπινη ζωή. Τα ρεύματα αυτά περνάνε μέσα στις συσκευές και στις εγκαταστάσεις

διαμέσου των καλωδίων ισχύος, των τηλεφωνικών καλωδίων, των κεραιών, των γειώσεων, των δικτύων ύδρευσης, θέρμανσης, ψύξης, αερισμού κλπ. Ακόμα και αν ο κεραυνός πέσει εκατοντάδες μέτρα μακριά από μια κατασκευή, η σχετικά υψηλή ιδιοσυχνότητα του παραγόμενου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου τού επιτρέπει να ταξιδεύσει σε μεγάλη απόσταση και πιθανότατα να προσβάλλει τη συγκεκριμένη κατασκευή μέσω κάποιων από τους παραπάνω «δρόμους». Ένας κεραυνός λοιπόν μπορεί να προκαλέσει δυσλειτουργία στα ηλεκτρικά μέρη μιας κατασκευής ακόμα και αν πέσει ένα χιλιόμετρο μακριά. Η απόσταση που μπορεί να πλήξει μία κατασκευή, είναι συνάρτηση της έντασής του. Ο τρόπος που ένας κεραυνός επιδρά μπορεί να είναι επαγωγικός, ωμικός, χωρητικός ή κάποιος συνδυασμός αυτών, όπως εξηγείται παρακάτω. Υπάρχει, φυσικά, και η ακραία περίπτωση να πέσει απευθείας πάνω σε κάποια καλώδια ή σωλήνες που καταλήγουν στο συγκεκριμένο κτίριο.

Δύο διαφορετικές περιπτώσεις επαγωγικών επιδράσεων έχουν παρατηρηθεί. Όταν ένας κεραυνός πέσει σε ένα κτίριο που έχει αντικεραυνική προστασία, το ρεύμα του θα διοχετευθεί μέσω του αγωγού καθόδου στη γη. Το ισχυρό μαγνητικό πεδίο όμως που θα δημιουργηθεί γύρω από τον αγωγό, μπορεί να μεταφέρει επαγωγικά φορτία στις διάφορες καλωδιώσεις του κτιρίου ή ακόμα και σε γειτονικά κτίσματα. Στη δεύτερη περίπτωση, αποφορτίσεις κεραυνών στην ύπαιθρο φορτίζουν επαγωγικά, καλώδια ηλεκτρικής παροχής, μεταφοράς δεδομένων ή τηλεφωνικά και μέσω αυτών εισχωρούν μέσα σε κατασκευές προκαλώντας φθορές στα ηλεκτρικά τους μέρη.

Οι ωμικές επιδράσεις είναι ένας άλλος τρόπος μετάδοσης κρουστικών ρευμάτων και πλήττουν, τόσο υπόγειες, όσο και υπέργειες ή εναέριες γραμμές και σωληνώσεις, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.9. Συναντάται και ως γαλβανικό φαινόμενο. Όταν ένας κεραυνός πλήξει ακόμα και το έδαφος σε κοντινή κατασκευή, το κεραυνικό ρεύμα που διαχέεται ψάχνει διόδους εκτόνωσης μέσα στη γη. Επειδή ακολουθείται πάντα η ευκολότερη δίοδος, δηλαδή με την μικρότερη ωμική αντίσταση, ένα ποσοστό του ρεύματος θα περάσει μέσα στα κοντινά κτίσματα είτε διαμέσου των ηλεκτροδίων της γείωσης των κατασκευών είτε διαμέσου διαφόρων μεταλλικών σωληνώσεων (ύδρευση, αποχέτευση κλπ.). Η μόνωση των καλωδίων έχει μεγαλύτερη αντίσταση από ότι το έδαφος, αλλά λόγω μεγάλης διαφοράς δυναμικού μεταξύ γης και μονωμένων μερών, η μόνωση αυτή διασπάται και η υπέρταση διοχετεύεται στους αγωγούς καταστρέφοντας ηλεκτρονικές συσκευές συνδεδεμένες στο δίκτυο. Ακόμα, όταν αυτό το κτίριο συνδέεται ηλεκτρικά με άλλα κτίρια, λόγω της διαφοράς δυναμικού που δημιουργείται στις άκρες των γραμμών, το ρεύμα θα συνεχίσει την πορεία του καταστρέφοντας και συσκευές γειτονικών κτιρίων.



**Εικόνα 2.9** : Κεραυνός πλήττει εναέρια γραμμή μεταφοράς. [54]

Όσον αφορά τις χωρητικές επιδράσεις, αυτές δημιουργούνται όταν ένα νέφος χάσει απότομα το ηλεκτρικό του φορτίο, με συνέπεια τα δίκτυα που βρίσκονται κάτω από αυτό, να χάσουν και αυτά χωρητικά το φορτίο τους. Ως αποτέλεσμα αυτού, αναπτύσσονται οδεύοντα κύματα προς τις δύο κατευθύνσεις. Αν μάλιστα τα δίκτυα αυτά είναι μεγάλοι μήκους και καλά μονωμένα χειροτερεύει η κατάσταση, καθώς το κύμα αντανακλάται και μεγαλώνει αλλά και δεν μπορεί να αποφορτιστεί. Σε περίπτωση λοιπόν, που το δυναμικό του δικτύου φτάσει σε τιμή μεγαλύτερη της αντοχής των ηλεκτρικών μονώσεων των συσκευών που υπάρχουν στα άκρα του, αυτές θα καταστραφούν.

Τέλος, υπερτάσεις δημιουργούνται και από χειρισμούς διακοπών ισχύος, μαγνητική ζεύξη μετασχηματιστών ισχύος, βραχυκυκλώματα και ζεύξη-απόζευξη συστοιχιών πυκνωτών, κυρίως διότι τα ρεύματα που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια των φαινομένων αυτών αποκτούν κρουστική μορφή με δραματικές συνέπειες στη μονωτική ικανότητα των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών. Όπως είναι γνωστό, το ρεύμα που διαρρέει έναν αγωγό δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο στο οποίο αποθηκεύεται ενέργεια. Αν αυτό το ρεύμα διακοπεί ξαφνικά, η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου απελευθερώνεται. Στην προσπάθειά της να αναλωθεί, παίρνει τη μορφή ενός κρουστικού κύματος. Όσο περισσότερη, φυσικά, είναι η αποθηκευμένη ενέργεια, τόσο μεγαλύτερο είναι και το κύμα. Μεγάλα ρεύματα και μεγάλα μήκη αγωγών δυσχεραίνουν την κατάσταση. Αυτός είναι και ο λόγος που επαγωγικά φορτία όπως οι κινητήρες ή οι μετασχηματιστές, αποτελούν συχνά αιτίες δημιουργίας κρουστικών υπερτάσεων.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

### 3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΝΟΙΑΣ

Το βραχυκύκλωμα καλωδίων είναι μία έννοια γνώριμη αλλά δεν γνωρίζουν όλοι τι ακριβώς είναι και γιατί συμβαίνει [34]. Όταν γίνει ένα βραχυκύκλωμα, για να μην περάσει μεγάλο ρεύμα, το κύκλωμα διακόπτεται έτσι ώστε να το προστατεύσουμε. Για παράδειγμα όταν πέφτει ο κεντρικός διακόπτης στον ηλεκτρολογικό πίνακα ενώ καμιά φορά εάν κάποια ηλεκτρική συσκευή είναι ελαττωματική, μπορεί να ακούσετε κάποιο θόρυβο ή να δείτε σπίθες.

**Ετυμολογία** : Βραχυκύκλωμα = (βραχύ = μικρό) + (κύκλωμα = ανακύκλωση, επιστροφή). Βραχυκύκλωμα λοιπόν είναι μια αναστροφή, ένας μικρός κύκλος δηλαδή επιστροφή.

**Επιστημονικός Ορισμός** : Βραχυκύκλωμα ονομάζεται η αγωγή σύνδεση δύο ακροδεκτών μιας ηλεκτρικής συσκευής με έναν αγωγό αμελητέας αντίστασης. Τότε λέμε ότι τα άκρα της συσκευής είναι βραχυκυκλωμένα. Χαρακτηριστικό γνώρισμα ενός βραχυκυκλώματος είναι ότι τα δύο άκρα της συσκευής είναι ισοδυναμικά, δηλαδή το ηλεκτρικό δυναμικό έχει την ίδια τιμή και στα δύο άκρα, ή με άλλα λόγια τα δύο άκρα συμπεριφέρονται σαν να ταυτίζονται. Η συσκευή δε διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, αφού εμφανίζει οπωσδήποτε ηλεκτρική αντίσταση, ενώ το βραχυκύκλωμα στα άκρα της όχι, γιατί συμπεριφέρονται σαν να ταυτίζονται, άρα σαν μην παρεμβάλλεται τίποτα μεταξύ των δύο άκρων. Σε μαθηματική γλώσσα αν  $V_1$  είναι το ηλεκτρικό δυναμικό στο ένα άκρο της συσκευής και  $V_2$  το ηλεκτρικό δυναμικό στο άλλο άκρο της συσκευής, τότε ισχύει:

$$V_1 = V_2 \leftrightarrow \Delta V = 0$$

Στην καθημερινή ζωή όταν γίνεται λόγος για βραχυκύκλωμα συνήθως εννοείται βραχυκύκλωμα σε μια πηγή ηλεκτρικού ρεύματος. Η πηγή ηλεκτρικού ρεύματος εμφανίζει υποχρεωτικά διαφορετικό ηλεκτρικό δυναμικό στα άκρα της. Επομένως, στο βραχυκύκλωμα μιας πηγής στα άκρα της θα πρέπει να υπάρχει και ταυτόχρονα να μην υπάρχει διαφορά δυναμικού. Στην πραγματικότητα, η σύνδεση και η πηγή εμφανίζουν αντίσταση, η οποία συνήθως είναι αμελητέα, δηλαδή πολύ μικρή για να ληφθεί υπόψη. Όμως στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν υπάρχει άλλη αντίσταση να προσμετρηθεί. Έστω ότι βραχυκυκλώνεται μια πηγή συνεχούς ηλεκτρεγερτικής δύναμης  $E$ , εσωτερικής αντίστασης  $r$  με έναν αγωγό πολύ μικρής αντίστασης  $R$ , για τον οποίο θεωρούμε ότι ισχύει  $R \approx 0$ . Τότε σύμφωνα με το νόμο του  $\Omega\mu$  κλειστού κυκλώματος ισχύει:

$$I = \frac{E}{r + R} \leftrightarrow I = \frac{E}{r + 0} \leftrightarrow I_B = \frac{E}{r}$$

Το  $I_B$  ονομάζεται ρεύμα βραχυκύκλωσης και είναι το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να διαρρέει μια βραχυκυκλωμένη πηγή [65].

Παρατηρούμε ότι για δεδομένη ηλεκτρεγερτική δύναμη η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι αντιστρόφως ανάλογη της συνολικής αντίστασης του κυκλώματος. Από φυσική άποψη, το βραχυκύκλωμα μιας πηγής είναι η εφαρμογή σημαντικής διαφοράς δυναμικού σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα πολύ μικρής αντίστασης ώστε να εμφανιστεί μια μεγάλη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, που μπορεί να έχει καταστροφική επίδραση στους αγωγούς του ρεύματος και την πηγή. Οι αγωγοί δεν αντέχουν την μεγάλη ένταση του ρεύματος, που αναπτύσσεται και ως συνέπεια, είτε καταστρέφονται είτε, λόγω ανάφλεξης του μονωτικού τους υλικού, είναι δυνατόν να προκληθεί πυρκαγιά. Η ηλεκτροπληξία μπορεί να προκαλέσει βραχυκύκλωμα. Για την αποφυγή της μεγάλης έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος, μιας συνέπειας του βραχυκυκλώματος, χρησιμοποιούνται στο κύκλωμα ειδικές διατάξεις, οι ασφάλειες.

## ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΕ ΑΓΩΓΟ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Τώρα προκειμένου για πηγή ηλεκτρικής τάσης συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος όπου και χρησιμοποιείται ο όρος βραχυκύκλωμα, εννοείται ανακύκλωση του ρεύματος από τον ένα αγωγό στον άλλο χωρίς την παραμικρή αντίσταση. Σ' αυτή την περίπτωση δημιουργείται εκτόνωση με ισχυρό σπινθήρα (ανάλογο της τάσης) συνοδευόμενο με κρότο, που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμική, με αποτέλεσμα την τήξη (λιώσιμο) του αγωγού (βλέπε εικόνα 3.1) και έτσι γίνεται το βραχυκύκλωμα. Τώρα αν δεν ήταν βραχύ το κύκλωμα τότε δεν θα είχαμε σπινθήρα, δηλαδή αν ένα σύρμα διατομής 0.1 - 0.5mm μήκους περί τα 15-20m τυλιγμένο σε πηνίο (κυκλικά σε τύμπανο) ενώσει τους δύο αγωγούς εναλλασσόμενης τάσης, δεν παρατηρούμε σπινθήρα. Αποτελεί βέβαια το πρωτεύον τύλιγμα μετασχηματισμού και επάγει ενέργεια στο δευτερεύον τύλιγμα. Άρα το βραχύ κύκλωμα ή βραχυκύκλωμα δημιουργεί σπινθήρα.



Εικόνα 3.1 : Λιώσιμο αγωγού προερχόμενο από βραχυκύκλωμα. [54]

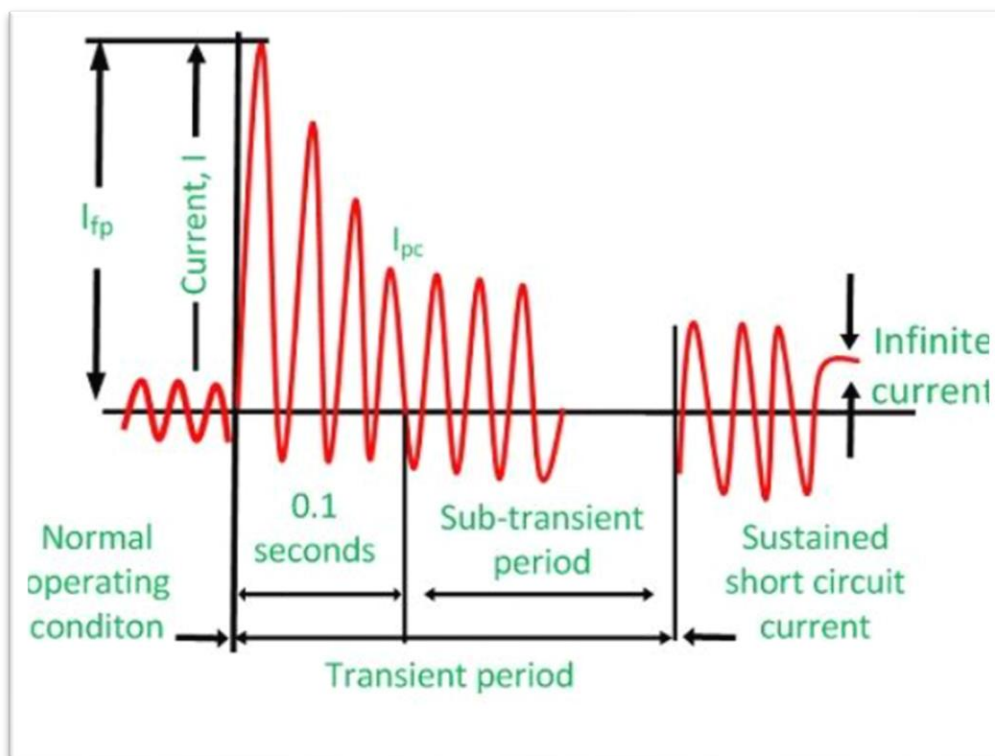


### 3.1.1 ΡΕΥΜΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ

Όταν δύο ή περισσότεροι αγωγοί διαφορετικών φάσεων έρχονται σε επαφή μεταξύ τους σε μία γραμμή ισχύος, μετασχηματιστή ισχύος ή οποιοδήποτε άλλο στοιχείο ισχύος, τότε το τμήμα της σύνθετης αντίστασης απομακρύνεται από το κύκλωμα, λόγω του οποίου μια μεγάλη ροή ρεύματος στις φάσεις χωρίς βλάβες, ένα τέτοιο ρεύμα ονομάζεται ρεύμα βραχυκύκλωσης. Το ρεύμα βραχυκυκλώματος μειώνει την επίδραση της σύνθετης αντίστασης στο κύκλωμα ενώ το ρεύμα στο κύκλωμα αυξάνεται. Το ρεύμα βραχυκυκλώματος είναι επιβλαβές για δύο λόγους :

- i. Η ροή μεγάλου ρεύματος υπερθερμαίνει τον εξοπλισμό.
- ii. Η ροή του ρεύματος βραχυκυκλώματος στα τμήματα που μεταφέρουν το ρεύμα παράγει μια δύναμη ηλεκτροδυναμικής αλληλεπίδρασης που μπορεί να καταστρέψει τον εξοπλισμό.

Κάθε φορά που παρουσιάζεται βραχυκύκλωμα σε ισχύ δικτύου, προκαλεί τη ροή ενός υψηλού ρεύματος στο κύκλωμα. Το μέγεθος του ρεύματος βραχυκυκλώματος φαίνεται στο παρακάτω γράφημα, εικόνα 3.2. Κατά τη διάρκεια της πρώτης στιγμής του ρεύματος σφάλματος, το ρεύμα φτάνει τη μέγιστη τιμή του και στη συνέχεια μειώνεται στην τιμή σταθερής κατάστασης [38].



Εικόνα 3.2 : Η ροή του ρεύματος κατά τη διάρκεια ενός βραχυκυκλώματος. [2]

Κατά τη διάρκεια της βλάβης, το ρεύμα υφίσταται συνεχή αλλαγή και το φαινόμενο που παρατηρείται ονομάζεται παροδικό φαινόμενο. Η λέξη παροδικό αναφέρεται σε ένα προσωρινό συμβάν που διαρκεί για μικρό χρονικό διάστημα. Η ζώνη στην οποία το ρεύμα είναι πολύ υψηλό αλλά πέφτει πολύ γρήγορα ονομάζεται υπο-παροδικό ρεύμα.

### 3.1.2 ΕΙΔΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

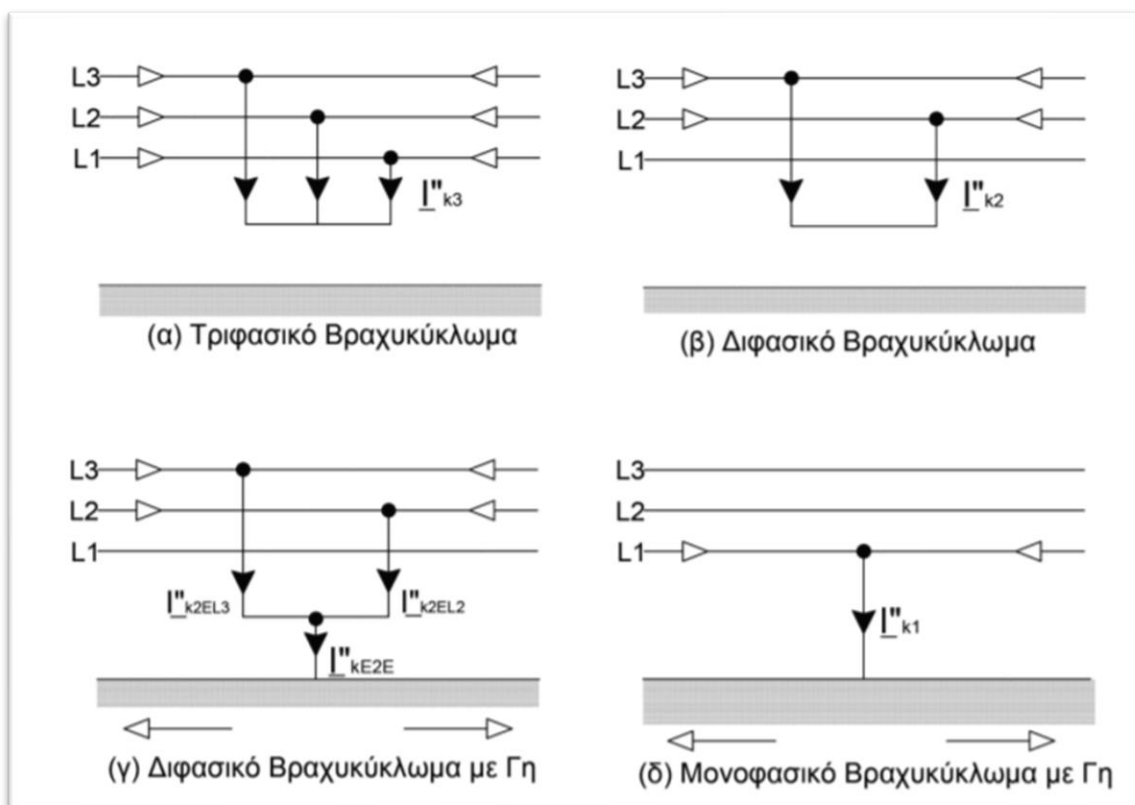
Τα είδη των βραχυκυκλωμάτων είναι περισσότερα από ένα και διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, με βάση την φόρτιση του δικτύου κατά την εκδήλωσή τους:

- α) τα συμμετρικά βραχυκυκλώματα
- β) τα ασύμμετρα βραχυκυκλώματα.

Με τον όρο συμμετρικά βραχυκυκλώματα χαρακτηρίζονται οι ανώμαλες μεταβατικές καταστάσεις, στις οποίες περιέχεται το σύστημα όταν λόγω βλάβης σε κάποιο σημείο έρθουν σε επαφή μεταξύ τους και οι τρεις φάσεις. Τα τριφασικά βραχυκυκλώματα μπορούν να αναλυθούν με την βοήθεια ισοδύναμων μονοφασικών κυκλωμάτων, με την παραδοχή ότι το τριφασικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας (Σ.Η.Ε) είναι συμμετρικό και τροφοδοτείται από συμμετρικό σύστημα τάσεων (ίσα μέτρα /φασική μετάθεση  $120^\circ$ ).

Πλην των συμμετρικών βραχυκυκλωμάτων υπάρχουν και τα ασύμμετρα βραχυκυκλώματα. Οι ασύμμετρες αυτές βλάβες αφορούν μόνο ένα ή δύο φάσεις. Τέτοιοι τύποι σφαλμάτων εμφανίζονται μεταξύ γραμμής-εδάφους ή μεταξύ γραμμών τα οποία παρουσιάζουν μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης και κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες [35]:

- i) Μονοφασικά βραχυκυκλώματα (φάση – γης)
- ii) Διφασικά βραχυκυκλώματα χωρίς γη
- iii) Διφασικά βραχυκυκλώματα με γη



Εικόνα 3.2 : Τύποι βραχυκυκλωμάτων ως προς εμπλεκόμενες φάσεις. [35]

Σε μια ηλεκτρολογική εγκατάσταση οι τεχνικοί έχουν παρατηρήσει όλους τους τύπους βραχυκυκλωμάτων, με πιο συχνό φαινόμενο να είναι τα μονοφασικά με ποσοστό 80%. Ανερχόμενα στο 15% των σφαλμάτων είναι τα διφασικά, ενώ τα τριφασικά αποτελούν μόνο το 5% αυτών των σφαλμάτων.

## **ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ**

Μια περαιτέρω διάκριση μπορεί να γίνει με βάση τα παρακάτω χαρακτηριστικά των βραχυκυκλωμάτων :

- Ως προς τη διάρκεια : διακρίνονται σε υπομεταβατικά, μεταβατικά, μόνιμης κατάστασης και αυτοαποσβεννύμενα.
- Ως προς την προέλευση βλάβης : προέρχονται από μηχανολογικές αστοχίες (αποκοπή αγωγού, ακούσια ηλεκτρική επαφή μεταξύ δύο αγωγών μέσω ενός ξένου αγώγιμου σώματος κ.ά.), από εσωτερικές ή ατμοσφαιρικές υπερτάσεις, ή από καταστροφή της μόνωσης του εξοπλισμού λόγω θερμότητας, υγρασίας ή διαβρωτικού περιβάλλοντος.
- Ως προς την τοποθεσία : εσωτερικά ή εξωτερικά της ηλεκτρικής μηχανής ή του ηλεκτρικού πίνακα.

### **3.1.3 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ**

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι συνέπειες των βραχυκυκλωμάτων στην καθημερινότητα των τεχνικών. Τα βραχυκυκλώματα συνοδεύονται από στιγμιαίο μηδενισμό ή βύθιση της τάσης, σε διαφορετικό βέβαια βαθμό για κάθε ζυγό. Συνέπεια, της ξαφνικής μείωσης της τάσης είναι ότι η εξερχόμενη ηλεκτρική ισχύς των γεννητριών μειώνεται απότομα ενώ αντίθετα η μηχανική ισχύς των στροβίλων στιγμιαία παραμένει σταθερή. Η κατάσταση αυτή μπορεί να οδηγήσει σε προσωρινό περίσσειμα κινητήριας ισχύος, που δημιουργεί ένα ζεύγος επιταχύνσεως και μπορεί να οδηγήσει το σύστημα σε αστάθεια. Ενίοτε μπορεί να εμφανιστούν και υπερτάσεις, όπως συμβαίνει στα αερίωτα συστήματα των πλοίων, οι οποίες καταπονούν τις μονώσεις. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι υπερτάσεις αναπτύσσονται και κατά τη διακοπή και εκκαθάριση του σφάλματος ακόμα και αν εκκαθαρίζονται μόνο οι προβληματικές φάσεις.

Οι συνέπειες των βραχυκυκλωμάτων μεταβάλλονται ανάλογα με το τύπο και την διάρκεια του σφάλματος, το σημείο στην εγκατάσταση όπου παρουσιάστηκε το σφάλμα και την ισχύ του βραχυκυκλώματος. α) Στο σημείο του σφάλματος, η παρουσία ηλεκτρικών τόξων ενδέχεται να έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή της μόνωσης του εξοπλισμού, την τήξη των αγώγιμων μερών καθώς επίσης και πιθανή ανάπτυξη πυρκαγιάς. β) Στο εσφαλμένο κύκλωμα, η ανάπτυξη ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων έχει ως αποτέλεσμα την παραμόρφωση των ζυγών και την αποσύνδεση των καλωδίων, ενώ η υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας, λόγω του φαινομένου Joule, εμπεριέχει τον κίνδυνο υπερθέρμανσης του εξοπλισμού. γ) Σε άλλα κυκλώματα εντός δικτύου ή σε κοντινά δίκτυα, σημειώνονται πτώσεις τάσης κατά τη διάρκεια

εκκαθαρίσεως του σφάλματος, οι οποίες μπορούν να διαρκέσουν από ελάχιστα χιλιοστά του δευτερολέπτου έως μερικές εκατοντάδες χιλιοστά του δευτερολέπτου. Επίσης, μπορεί να σημειωθεί αποσύνδεση μέρους του δικτύου, το μέγεθος του οποίου εξαρτάται από το σχεδιασμό του και τα επίπεδα των προστατευτικών διατάξεων. Άλλες συνέπειες μπορούν να είναι η δυναμική αστάθεια είτε η απώλεια συγχρονισμού μεταξύ των ηλεκτρικών μηχανών, διαταραχές στα κυκλώματα παρακολουθήσεως/ελέγχου και άλλα.

### 3.2 ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΟΤΗΤΑ ΜΑΣ

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και όλου του τεχνολογικού εξοπλισμού τα τελευταία χρόνια έχει βοηθήσει πολύ τους ανθρώπους να λύσουν προβλήματα και δυσκολίες που τους παρουσιάζονται κάνοντας πιο εύκολη την ζωή τους. Η τεχνολογία όμως δεν έχει καταφέρει να εξαλείψει τέτοιου είδους αστοχίες που προκύπτουν από βραχυκυκλώματα. Αρκεί μόνο μια απλή αναζήτηση στο Google για να δούμε κάποιο περιστατικό που έχει προέλθει από βραχυκύκλωμα. Για παράδειγμα :

- **Βραχυκύκλωμα και φωτιά σε μετασχηματιστή ρεύματος στην Κάτω Κηφισιά [60]:** Πολλά προβλήματα είχε προκαλέσει η κακοκαιρία Μήδεια, το Φλεβάρη του 2021, ιδιαίτερα στα Βόρεια Προάστια, τα οποία αντιμετώπισαν και πρόβλημα με το ηλεκτρικό ρεύμα, μετά από βραχυκύκλωμα σε μετασχηματιστή στην Κάτω Κηφισιά. Από το βραχυκύκλωμα δημιουργήθηκε και μικρή πυρκαγιά, αφήνοντας έτσι ολόκληρα οικοδομικά τετράγωνα χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα.
- **Πυρκαγιά στο ΚΥΤ Κουμουνδούρου λόγω βραχυκυκλώματος [56]:** Τον ίδιο μήνα με λίγες μέρες διαφορά ένα βραχυκύκλωμα σε έναν από τους τέσσερις αυτομετασχηματιστές του Κέντρου Υπερυψηλής Τάσης (ΚΥΤ) Κουμουνδούρου του ΑΔΜΗΕ στον Ασπρόπυργο, ήταν η αιτία που προκάλεσε την πυρκαγιά και έθεσε εκτός λειτουργίας το ΚΥΤ. Εκτός από τον κίνδυνο της πυρκαγιάς οι πολίτες ήρθαν αντιμέτωποι με το νέφος που δημιουργήθηκε, καθώς δεν είχε εκτιμηθεί αν ήταν τοξικό ή όχι. Το πρόβλημα επηρέασε πάρα πολλές περιοχές στην Ελλάδα, όπως τμήματα της Δυτικής Αττικής και της Πελοποννήσου, που λόγω της διακοπής της ηλεκτροδότησης υπήρξαν πολλοί εγκλωβισμοί σε ασανσέρ.
- **Πυρκαγιά από βραχυκύκλωμα σε μονάδα Covid στα Σκόπια [37] :** Η πυρκαγιά που εκδηλώθηκε σε προκατασκευασμένη μονάδα για ασθενείς με κοροναϊό, στο νοσοκομείο στην πόλη Τέτοβο, στις 8 Σεπτεμβρίου 2021 και η οποία στοίχισε τη ζωή σε 14 ανθρώπους οφείλεται σε βραχυκύκλωμα σε καλώδιο συσκευής (απινιδωτή) με την οποία εκείνη την ώρα γινόταν καρδιοπνευμονική αναζωογόνηση σε έναν ασθενή, σύμφωνα με την προκαταρκτική έρευνα που διέταξε η εισαγγελία του Τετόβου. Από την πυρκαγιά έχασαν τη ζωή τους 12 ασθενείς που νοσηλευόταν στη μονάδα και δύο επισκέπτες.

- **Φωτιά σε νηπιαγωγείο λόγω βραχυκυκλώματος [58]:** Το βραχυκύκλωμα σημειώθηκε σε σύλο της ΔΕΗ στο 24ο Νηπιαγωγείο της Παιδαγωγικής Ακαδημίας που βρίσκεται στην οδό Παπανδρέου, με την αναστάτωση να είναι μεγάλη λόγω και της προσέλευσης των παιδιών στο σχολείο εκείνη την ώρα. Ακούστηκαν δύο μικρές εκρήξεις και στη συνέχεια εκδηλώθηκε μικρής έκτασης πυρκαγιά η οποία όμως έσβησε λίγο αργότερα.
- **Βραχυκύκλωμα προκαλεί φωτιά σε υπόγειο τράπεζας στη Σταδίου [57]:** Σύμφωνα με σχετική ενημέρωση από την τράπεζα «λίγο πριν τις 16:00, διαπιστώθηκε βραχυκύκλωμα σε μονάδα αδιάλειπτης παροχής τάσης (UPS), σε ένα από τα υπόγεια του κεντρικού κτιρίου στη Σταδίου 40. Το κτίριο εκκενώθηκε άμεσα χωρίς να κινδυνεύσει κανείς.
- **Βλάβη σε μετασχηματιστές προκάλεσε την πυρκαγιά στο Ουκρανικό πυρηνικό εργοστάσιο του Ρίβνε [59]:** Όπως ανακοινώθηκε την Πρωτομαγιά του 2019, την πυρκαγιά προκάλεσε βλάβη -πιθανόν βραχυκύκλωμα- σε μετασχηματιστές υψηλής τάσης. Η φωτιά περιορίστηκε σε μία ώρα και σύμφωνα με τις μετρήσεις που ακολούθησαν, δεν υπήρξε διαρροή ραδιενέργειας, ενώ δεν υπήρξαν θύματα. Αντίστοιχο περιστατικό σημειώθηκε στις 16 Απριλίου, βλάβη στην αντλία κυκλοφορίας προκάλεσε διακοπή ρεύματος, με συνέπεια να διακοπεί η λειτουργία ενός αντιδραστήρα στο τρίτο μπλοκ. Ο σταθμός του Ρίβνε αποτελείται από τέσσερα μπλοκ, με συνολική ισχύ 2.835 MW.

### 3.3 ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ Ή ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΗ

Πολλοί άνθρωποι οι οποίοι δεν είναι ειδικοί στο αντικείμενο συγχέουν τις δύο έννοιες και έχουν στο μυαλό τους ότι το βραχυκύκλωμα και η υπερφόρτωση είναι το ίδιο πράγμα. Αυτές οι δύο έννοιες μπορεί να μοιάζουν ως προς τα αποτελέσματά τους, δηλαδή τις αστοχίες στο δίκτυο, αλλά υπάρχουν αρκετές διαφορές μεταξύ τους. Μία από τις μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ τους είναι ότι το βραχυκύκλωμα συμβαίνει λόγω του σφάλματος μεταξύ των γραμμών ή της γραμμής προς τη γείωση, ενώ η υπερφόρτωση σημαίνει ότι ο εξοπλισμός αποστέλλει την περίσσεια ρεύματος από την παροχή. Οι άλλες διαφορές μεταξύ τους εξηγούνται παρακάτω [2] στο διάγραμμα σύγκρισης του πίνακα 3.1. Στον παρακάτω πίνακα διακρίνουμε διαφορές των δύο σφαλμάτων που θα δημιουργήσουν πρόβλημα, βάση της έννοιας τους, τις επιπτώσεις που έχουν, τα μέρη εμφάνισης τους αλλά και πως επηρεάζονται η τάση και το ρεύμα του δικτύου.

<i>Βάση για σύγκριση</i>	<i>Βραχυκύκλωμα</i>	<i>Υπερφόρτωση</i>
<b>Έννοια</b>	Σε βραχυκύκλωμα η τάση στο σημείο βλάβης μειώνεται στο μηδέν και το ρεύμα ακανόνιστης ροής αυξάνεται μέσω του ελαττωματικού σημείου του δικτύου.	Η υπερφόρτωση σημαίνει ότι φορτίο μεγαλύτερο από την επιθυμητή τιμή έχει επιβληθεί στο σύστημα.
<b>Τάση</b>	Μηδέν	Η τάση γίνεται χαμηλή, αλλά δεν μπορεί να είναι μηδέν.
<b>Ρεύμα</b>	Υψηλό	Χαμηλό σε σύγκριση με βραχυκύκλωμα.
<b>Εκδήλωση</b>	Εμφανίζεται όταν το ουδέτερο και ζωντανό σύρμα αγγίζουν το ένα το άλλο.	Εμφανίζεται όταν ένας μεγάλος αριθμός συσκευών είναι κοινό σε μία υποδοχή.

Πίνακας 3.1 : Συγκριτικό διάγραμμα βραχυκυκλωμάτων υπερφορτώσεων. [2]

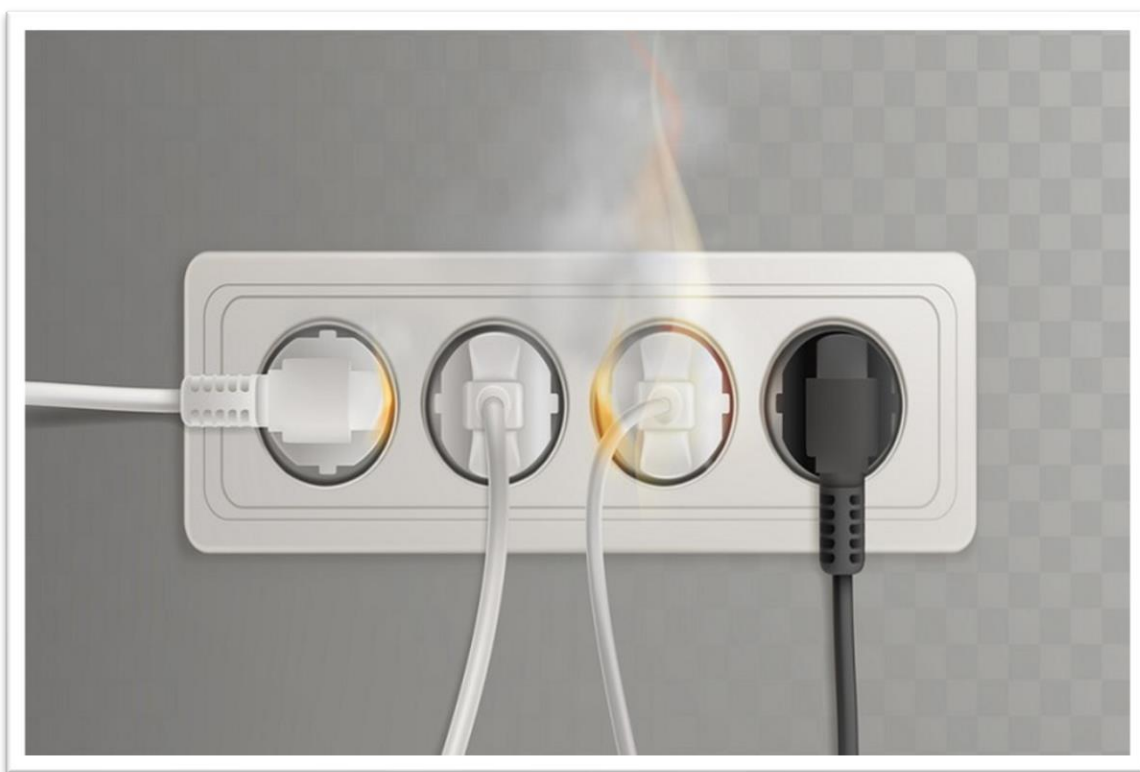
## ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΗΣ

- Στο βραχυκύκλωμα η τάση στα σημεία του σφάλματος μειώνεται στο μηδέν και το μεγάλο ρεύμα αρχίζει να ρέει διαμέσου του κυκλώματος ενώ στην κατάσταση υπερφόρτωσης το φορτίο ξεπερνά την κατάλληλη τιμή που εφαρμόζεται στο σύστημα.
- Η τάση στο βραχυκύκλωμα μειώνεται στο μηδέν, ενώ στην κατάσταση υπερφόρτωσης οι τάσεις μειώνονται, αλλά δεν μπορεί να είναι μηδέν.
- Κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος, η αντίσταση της διαδρομής του ρεύματος μειώνεται λόγω του γεγονότος ότι το βαρύ ρεύμα ρέει διαμέσου του κυκλώματος ενώ σε κατάσταση υπερφόρτωσης το μέγεθος του ρεύματος είναι υψηλό αλλά αισθητά χαμηλό σε σύγκριση με το ρεύμα βραχυκυκλώματος.
- Το βραχυκύκλωμα εμφανίζεται στο σύστημα όταν το ουδέτερο και το ζωντανό σύρμα έρχονται σε επαφή το ένα με το άλλο, ενώ η υπερφόρτωση συμβαίνει όταν ο αριθμός ηλεκτρικού εξοπλισμού συνδεθεί στην ίδια πρίζα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4° : ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΕΙΣ**

### **4.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Τα ηλεκτρικά κυκλώματα έχουν σχεδιαστεί για να χειρίζονται περιορισμένη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Τα κυκλώματα αποτελούνται από καλωδιώσεις, διακόπτες (ή ασφάλειες, σε παλιά συστήματα καλωδίωσης) και συσκευές (όπως φωτιστικά, ή οτιδήποτε είναι συνδεδεμένο σε πρίζα). Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κάθε συσκευής προστίθεται στο συνολικό φορτίο στο κύκλωμα. Η υπέρβαση του ονομαστικού φορτίου για την καλωδίωση κυκλώματος προκαλεί τη διακοπή λειτουργίας του διακόπτη κυκλώματος, διακόπτοντας την παροχή ρεύματος σε ολόκληρο το κύκλωμα. Εάν δεν υπήρχε διακόπτης στο κύκλωμα, μια υπερφόρτωση θα προκαλούσε υπερθέρμανση της καλωδίωσης του κυκλώματος, η οποία θα μπορούσε να λιώσει τη μόνωση του καλωδίου και να οδηγήσει σε πυρκαγιά. Διαφορετικά κυκλώματα έχουν διαφορετικές ονομασίες φορτίου, έτσι ώστε ορισμένα κυκλώματα να μπορούν να παρέχουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από άλλα. Τα οικιακά ηλεκτρικά συστήματα έχουν σχεδιαστεί για τυπική οικιακή χρήση, αλλά τίποτα δεν μας εμποδίζει να συνδέσουμε πάρα πολλές συσκευές στο ίδιο κύκλωμα, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.1.



**Εικόνα 4.1** : Υπερφορτωμένο κύκλωμα σπιτιού. [52]

#### 4.1.1 ΣΗΜΑΔΙΑ ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΜΕΝΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Η υπερβολική πίεση σε έναν εύκαμπτο σωλήνα νερού μπορεί να τον κάνει να σκάσει. Η αρχή είναι παρόμοια για τα ηλεκτρικά καλώδια, εάν απαιτείται πολύ μεγάλη ροή ρεύματος από πολλά στοιχεία εξοπλισμού που συνδέονται στην ίδια γραμμή, αυτό προκαλεί υπερφόρτωση. Τα πιο προφανή σημάδια υπερφόρτωσης ηλεκτρικού κυκλώματος είναι [39]:

- Ένας διακόπτης που διακόπτει όλη την τροφοδοσία του δικτύου.
- Η μείωση της ισχύς των λαμπτήρων εάν ενεργοποιούνται συσκευές ή περισσότερα φώτα ταυτόχρονα.
- Πρίζες ή διακόπτες που βουίζουν.
- Καλύμματα εξόδου ή διακοπών που είναι ζεστά στην αφή.
- Καύση οσμών από πρίζες ή διακόπτες.
- Καμένες πρίζες.
- Ηλεκτρικά εργαλεία, συσκευές που φαίνεται να μην έχουν επαρκή ισχύ.
- Οι ήχοι βουητού, οι μυρωδιές καύσης και οι ασυνήθιστα ζεστές συσκευές μπορούν επίσης να υποδεικνύουν άλλα προβλήματα καλωδίωσης, όπως χαλαρές συνδέσεις ή βραχυκυκλώματα.

#### 4.1.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

Για να επιτευχθεί ο ακριβής υπολογισμός του φορτίου θα πρέπει στο κάθε κύκλωμα του κτηρίου να έχει γίνει η χαρτογράφηση του. Δηλαδή με απλά λόγια ο χάρτης του κυκλώματος σας λέει ποιες συσκευές τροφοδοτούνται από κάθε κύκλωμα. Ύστερα πρέπει να υπολογίσετε πόση ενέργεια καταναλώνουν αυτές οι συσκευές χρησιμοποιώντας ένα γρήγορο μάθημα ηλεκτρικής ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια μετριέται σε watt. Ένας λαμπτήρας χρησιμοποιεί περίπου 60-100 Watt ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα βατ είναι το γινόμενο της τάσης (βολτ) και της έντασης (αμπέρ):

$$1 \text{ volts} \times 1 \text{ amp} = 1 \text{ watt}$$

Για να υπολογίσετε το συνολικό φορτίο σε κάθε κύκλωμα, αθροίστε την ισχύ όλων των συσκευών σε αυτό το κύκλωμα. Οι λαμπτήρες και πολλές μικρές συσκευές έχουν ετικέτες που σημειώνουν την ισχύ τους. Συμπεριλάβετε όλες τις συσκευές που είναι μόνιμα συνδεδεμένες με καλώδιο στο κύκλωμα, καθώς και τις συνδεδεμένες συσκευές που δεν μετακινείτε πολύ συχνά, όπως για παράδειγμα φούρνο τοστιέρα ή θερμάστρα σε ιδιαίτερα κρύο δωμάτιο. Συγκρίνετε τη συνολική ισχύ, δηλαδή πόση ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείτε και την ονομαστική φόρτιση για κάθε κύκλωμα. Για παράδειγμα, ένα κύκλωμα 15 amp που εξυπηρετεί τα φώτα και τις πρίζες σε ένα σαλόνι μπορεί να παρέχει ισχύ για 500 Watt για φωτισμό, 500 Watt για την τηλεόραση και το καλωδιακό κουτί και 200 Watt για το ηχοσύστημα, για συνολικά 1.200 Watt. Εάν συνδέσετε μια ηλεκτρική σκούπα 700 watt ενώ η τηλεόραση, το στερεοφωνικό και τα φώτα είναι αναμμένα, θα ξεπεράσετε την ονομαστική τιμή των 1.500 watt στον αυτόματο διακόπτη κυκλώματος, με αποτέλεσμα να απενεργοποιηθεί και να διακοπεί η τροφοδοσία.



## ΑΙΤΙΕΣ ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΗΣ

Οι κύριες αιτίες υπερφόρτωσης στο κύκλωμα είναι:

- Ρεύματα εισόδου κατά την εκκίνηση ενός κινητήρα.
- Φθαρμένα ρουλεμάν κινητήρα.
- Πάρα πολλά φορτία σε ένα μόνο κύκλωμα.
- Υπερφορτωμένες εργαλειομηχανές.
- Κατεστραμμένα υλικά και προϊόντα.

Εάν κάτι από τα παραπάνω κάνουν την εμφάνιση τους, τότε ίσως τη στιγμή που ανοίξει μια ηλεκτρική σκούπα ή ένας θερμαντήρας χώρου, με αποτέλεσμα να σβήσουν ξαφνικά τα φώτα ή η συσκευή, έχει δημιουργηθεί πιθανόν υπερφόρτωση του ηλεκτρικού κυκλώματος. Η διακοπή λειτουργίας προκλήθηκε από τον διακόπτη ή τις ασφάλειες του κυκλώματος στον ηλεκτρολογικό πίνακα του σπιτιού. Ενώ οι αυτόματοι διακόπτες κυκλώματος είναι αξιόπιστοι και κάνουν καλή δουλειά αποτρέποντας τις πυρκαγιές στο σπίτι λόγω υπερφόρτωσης, η πιο ασφαλής στρατηγική είναι η διαχείριση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας για να αποτραπεί εξαρχής η υπερφόρτωση [39].

## 4.2 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΗΣ ΑΠΟ ΚΑΙΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Μία από τις σοβαρές απειλές που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή είναι η αύξηση του αριθμού και της σοβαρότητας των ακραίων καιρικών φαινομένων [3]. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι καύσωνες και οι ακραίες χιονοπτώσεις. Αυτά τα ακραία καιρικά φαινόμενα μπορούν να προκαλέσουν εκτεταμένες ζημιές σε συστήματα υποδομής και ενδεχομένως να καταστρέψουν εξαρτήματα στα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός που με τη σειρά του μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλες διακοπές ρεύματος. Σύμφωνα με τον επικεφαλής του Γαλλικού Πρακτορείο Dasun Regera τα ακραία καιρικά φαινόμενα θα μπορούσαν να μειώσουν την αξιοπιστία της παροχής ρεύματος κατά δεκαέξι τοις εκατό, γεγονός που μπορεί εύκολα να οδηγήσει σε διακοπές ρεύματος με αποτέλεσμα τεράστιες οικονομικές απώλειες. Ειδικότερα, χώρες όπως η Ελλάδα, με απαρχαιωμένο δίκτυο ηλεκτροδότησης λόγω οικονομικής κρίσης είναι ευάλωτες σε τέτοια καιρικά φαινόμενα αφού αποτελούν μια έξτρα απειλή για το ήδη λαβωμένο λόγω παλαιότητας ηλεκτρικό σύστημα. Το ηλεκτρικό σύστημα αποτελείται από χιλιάδες εξαρτήματα που είναι ως επί το πλείστον ηλεκτρομηχανικά, με πολλά κινούμενα μέρη. Όπως και το αυτοκίνητό σας, αυτά τα συστήματα λειτουργούν καλύτερα όταν λειτουργούν στη μέση του εύρους θερμοκρασίας και υγρασίας για το οποίο έχουν σχεδιαστεί. Όταν είναι καινούριες, αυτές οι συσκευές έχουν σχεδιαστεί και αξιολογηθεί για να λειτουργούν σωστά ακόμη και σε ακραίες θερμοκρασίες. Αλλά καθώς γερνούν και μεγάλο μέρος της υποδομής μας λειτουργεί ήδη πολύ πέρα από τη διάρκεια ζωής για την οποία σχεδιάστηκε ενδέχεται να μην λειτουργούν καλά σε ακραίες συνθήκες. Τις περισσότερες φορές, όταν ο εξοπλισμός του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας υπόκειται σε υπερβολικό κρύο (βλέπε εικόνα 4.2) ή ζεστό καιρό, όλα είναι καλά, αρκεί να μην υπόκειται σε πίεση. Όταν κάνει πολύ κρύο, ζέστη ή υγρασία, πολλές από αυτές τις συσκευές λειτουργούν πιο αργά, πιο γρήγορα ή λιγότερο προβλέψιμα από ότι συνήθως ειδικά όταν καλούνται να εκτελέσουν πολύ σκληρή δουλειά, όπως διακόπτη που ανοίγει αρκετά γρήγορα για την

προστασία του συστήματος από βραχυκύκλωμα που προκαλείται από πτώση κλαδιού δέντρου σε γραμμή.



Εικόνα 4.2 : Γραμμές μεταφοράς «ντυμένες» με στρώμα πάγου. [40]

#### 4.2.1 ΧΙΟΝΙ

Οι χειμερινές καταιγίδες αποτελούν απειλή για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό όταν το χιόνι και ο πάγος συσσωρεύονται στα καλώδια ηλεκτρικού ρεύματος και στα άκρα δέντρων [53]. Το βάρος του χιονιού και του πάγου μπορεί να προκαλέσει σπάσιμο των καλωδίων. Τα μέλη των δέντρων γίνονται επίσης βαριά με χιόνι και πάγο με αποτέλεσμα να σπάσουν και να πέσουν σε καλώδια ηλεκτρικού ρεύματος. Και στις δύο περιπτώσεις οι γραμμές είναι ήδη πιο σκληρές από το συνηθισμένο από το κρύο, με αποτέλεσμα να είναι πιο ευάλωτες. Μερίδιο ευθύνης στην υπερφόρτωση τους χειμερινούς μήνες φέρουν τα μεγάλης ισχύος συστήματα θέρμανσης των κτηρίων, τα οποία είναι σε λειτουργία τις περισσότερες ώρες της ημέρας. Τα συστήματα αυτά είναι από την κατασκευή τους συσκευές που επιβαρύνουν τις πρίζες του κυκλώματος, πράγμα που δυσκολεύει γενικά ολόκληρο το δίκτυο μιας περιοχής παραδομένης στην χιονόπτωση. Για παράδειγμα ας σκεφτούμε ότι υπάρχουν αρκετά σπίτια που χρησιμοποιούν συσκευές θέρμανσης για να ζεσταθούν. Οι ξαφνικές αυξήσεις στη χρήση ενέργειας οδηγούν σε μεγάλα προβλήματα, όπως υπερθέρμανση γεννητριών, πρόκληση πυρκαγιών, πολύωρη διακοπή ρεύματος, καταστάσεις που δυσκολεύουν περισσότερο τη διόρθωση από τους τεχνικούς εξαιτίας και του κακού καιρού.

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΕΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΙ

- **Κύμα ψύχους «άνευ προηγούμενου» σάρωσε το Τέξας [61]:** Τον Ιανουάριο του 2021 το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας στο Τέξας αντιμετώπισε προβλήματα κατά τη διάρκεια του ακραίου κρύου καιρού. Το έντονο κρύο σε ορισμένα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παρεμπόδισε τη σωστή λειτουργία αισθητήρων, υδραυλικών γραμμών και όλου του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού υποστήριξης, με αποτέλεσμα ορισμένα εργοστάσια να τεθούν εκτός λειτουργίας. Αυτή η έλλειψη παραγωγής, σε συνδυασμό με μια εξαιρετικά υψηλή ζήτηση ενέργειας, έκανε την ERCOT, τον διαχειριστή συστήματος του Τέξας, να εκδώσει ενεργειακό συναγερμό το πρωί της 2ης Ιανουαρίου ζητώντας από τους πελάτες να εξοικονομήσουν ενέργεια. Ευτυχώς, ο προσεκτικός σχεδιασμός και οι συντηρητικές πρακτικές λειτουργίας του διαχειριστή συστήματος του επέτρεψαν να αντιμετωπίσει αυτές τις προκλήσεις.
- **Σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης ο Διόνυσος Αττικής λόγω χιονόπτωσης [41]:** Λόγω των τεράστιων προβλημάτων του χιονιά της κακοκαιρίας «Μήδεια» που εκδηλώθηκε στις 15-02-2021 στην παραπάνω περιοχή. Η διακοπή της ηλεκτροδότησης οφειλόταν κυρίως σε δέντρα, που δεν άντεξαν από το βάρος του χιονιού και έπεσαν ή έγειραν πάνω σε καλώδια. Τα συνεργεία της ΔΕΔΔΗΕ σε αρκετές περιπτώσεις επανέφεραν την ηλεκτροδότηση και μετά από κάποια ώρα, διακόπηκε πάλι από μια νέα πτώση δέντρου. Περισσότερα από 250 δέντρα έπεσαν σε δύο 24ωρα.
- **Σερβία 30.000 σπίτια χωρίς ηλεκτρικό άφησε το χιόνι [42]:** Σοβαρές βλάβες στο δίκτυο ηλεκτροδότησης προκάλεσαν οι χιονοπτώσεις που έπληξαν από την Τετάρτη 4 Μαρτίου 2015 περιοχές της Σερβίας. Συνολικά 30.000 καταναλωτές έμειναν χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα στην περιφέρεια Ζλάτιμπορ, λόγω βλαβών σε γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Στον δήμο Πριέπολιε, 7.500 νοικοκυριά δεν είχαν ηλεκτρικό ρεύμα και στη Μπάινα Μπάστα εκτός δικτύου έμειναν 5.500 καταναλωτές. Μεγάλες ποσότητες χιονιού έπεσαν σε γραμμές ηλεκτρικού ρεύματος που τροφοδοτούσαν υποσταθμούς και συνεργεία της επιχείρησης διανομής ηλεκτρικής ενέργειας προσπάθησαν να προσεγγίσουν τις περιοχές και να αποκαταστήσουν τα προβλήματα.
- **Ηλεκτρικό black out λόγω ισχυρών χιονοπτώσεων στην Πολωνία [43]:** Περισσότερα από 100.000 σπίτια έμειναν χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα στην κεντρική και βορειοανατολική Πολωνία εξαιτίας των σφοδρών χιονοπτώσεων που έπληξαν τη χώρα τον Απρίλιο του 2013. Δέντρα υποχώρησαν από το βάρος του χιονιού και γκρέμισαν πυλώνες ηλεκτροδότησης σε πολλές περιοχές. Στις 06:00 (τοπική ώρα) περίπου 81.000 σπίτια γύρω από τη Βαρσοβία δεν είχαν ηλεκτρικό ρεύμα και περίπου 21.000 στην περιοχή του Μπιαλιστόκ.
- **Χωρίς ρεύμα, νερό και θέρμανση εξαιτίας των σφοδρών χιονοπτώσεων έμεινε η Ανατολική Ρωσία [44]:** Χιλιάδες κάτοικοι στην περιοχή Πριμόρσκι της ρωσικής Άπω Ανατολής έμειναν χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα, νερό και θέρμανση εξαιτίας των σφοδρών χιονοπτώσεων και των ισχυρών ανέμων που έπληξαν την περιοχή μαζί με τις χαμηλές θερμοκρασίες που έφθασαν υπό το μηδέν, ενώ οι αρχές κήρυξαν την περιοχή σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης το Νοέμβριο του

2020. Σε μια από τις μεγάλες περιοχές του Βλαδιβοστόκ κατέρρευσαν τα καλώδια υψηλής τάσης και ολόκληρη η περιοχή έμεινε χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα, ενώ διακοπές ρεύματος παρατηρήθηκαν και σε άλλες περιοχές. Τα νοσοκομεία του Βλαδιβοστόκ και του Αρτέμ όπως και το νοσοκομείο αναφοράς για κορωνοϊό αντιμετώπισαν προβλήματα με την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και λειτούργησαν με γεννήτριες. Η αποκατάσταση της ηλεκτροδότησης της περιοχής διήρκεσε μερικές μέρες.

#### **4.2.2 ΚΑΥΣΩΝΑΣ**

Κατά τη διάρκεια ενός κύματος καύσωνα, οι γραμμές, οι μετασχηματιστές και ο υπόλοιπος εξοπλισμός μπορεί να υπερφορτωθούν λόγω της αυξημένης χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας. Εκτός από την υψηλότερη ζήτηση, η υπερβολική ζέστη μπορεί να προκαλέσει χαλάρωση των γραμμών ρεύματος, βλάβες καλωδίων, βραχυκύκλωμα υπόγειου κυκλώματος και υπερφόρτωση μετασχηματιστή με αποτέλεσμα διακοπές λειτουργίας [53]. Ο μεταλλικός αγωγός στη γραμμή διαστέλλεται, προκαλώντας την πτώση της γραμμής. Εάν η γραμμή πέσει πολύ, έρχεται σε επαφή με το φύλλωμα στο έδαφος, με αποτέλεσμα βραχυκύκλωμα και τερματισμό της ικανότητας αυτής της γραμμής να μεταφέρει ισχύ. Καθώς αυτή η γραμμή είναι πλέον εκτός λειτουργίας, άλλες γραμμές πρέπει να σηκώσουν τη χαλάρωση, αλλά και αυτές υπερφορτώνονται και είναι επιρρεπείς στο ίδιο πρόβλημα. Επιπλέον, καθώς αυξάνεται η ποσότητα ισχύος που μεταφέρουν αυτές οι γραμμές, αυξάνεται και η ποσότητα ισχύος που χάνεται μέσω αυτών λόγω θερμότητας, καθώς και η ποσότητα της «μαγνητικής απώλειας», την οποία ονομάζουμε άεργη ισχύ. Καθώς η άεργος ισχύς δαπανάται σε ένα γρήγορο κλιπ σε αυτές τις βαριά φορτισμένες γραμμές, δεν μπορεί πλέον να κάνει αυτό που προορίζεται να κάνει, δηλαδή να διατηρήσει τις τάσεις μας στο σχεδιασμένο επίπεδο. Καθώς η ποσότητα άεργου ισχύος πέφτει, το ίδιο συμβαίνει και με τις τάσεις. Όταν οι τάσεις πέφτουν κάτω από αυτό που υποτίθεται ότι είναι, τα φώτα στο σπίτι μας χαμηλώνουν, οι συσκευές μας λειτουργούν με ταχύτητες που προκαλούν φθορά στους κινητήρες τους. Ένα άλλο ζήτημα με τις ακραίες θερμοκρασίες είναι ότι η ζήτηση ενέργειας από τους καταναλωτές είναι συνήθως υψηλότερη. Οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν σχεδόν συνεχώς, τα συστήματα θέρμανσης έκτακτης ανάγκης και οι ηλεκτρικοί θερμαντήρες χώρου μπορεί να λειτουργούν ταυτόχρονα, και συμβαίνουν άλλες συμπεριφορές που προκαλούν σημαντική αύξηση της ζήτησης ενέργειας. Εάν οι ακραίες θερμοκρασίες είναι χειρότερες από τις προβλέψεις ή συμβαίνουν ταχύτερα από την πρόβλεψη, οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας μπορεί να μην είχαν προγραμματίσει ή δεν είχαν αρκετό χρόνο για να φέρουν στο διαδίκτυο επαρκή παραγωγή για να υποστηρίξουν τη ζήτηση. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε τοπικές ή εκτεταμένες υπερφορτώσεις που μπορεί να προκαλέσουν αυτόματη διακοπή λειτουργίας της υπηρεσίας σε ορισμένες γειτονιές ή να μεταβούν σε περιστρεφόμενες διακοπές ρεύματος [45-46].

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΕΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΙ

- **Διακοπή ηλεκτροδότησης στο Πόρτλαντ του Όρεγκον από καύσιμα [62] :** Τον Ιούλιο του 2021, η επίσημη θερμοκρασία που καταγράφηκε έφτασε τους 115 βαθμούς Φαρενάιτ , τα καλώδια ρεύματος για τα τραμ της πόλης έλιωσαν (βλέπε εικόνα 4.3), τα χαλασμένα εναέρια καλώδια ανάγκασαν τον σιδηρόδρομο να κλείσει και περισσότεροι από 6.000 άνθρωποι έχασαν ρεύμα .



Εικόνα 4.3 : Λιώσιμο καλωδίου λόγω υψηλής θερμοκρασίας.

- **Black out και καύσιμα στο Μπουένος Άιρες [63] :** Χιλιάδες νοικοκυριά και επιχειρήσεις έμειναν χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα εν μέσω καύσιμα στο Μπουένος Άιρες, με τον υδράργυρο να δείχνει πάνω από τους 40 βαθμούς Κελσίου, από τις υψηλότερες θερμοκρασίες στον πλανήτη. Οι εταιρείες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας Edenor και Edesur ανέφεραν διακοπές ρεύματος, καθώς οι υψηλές θερμοκρασίες προκάλεσαν αυξημένη ζήτηση στο δίκτυο για να δροσιστούν σπίτια και επιχειρήσεις. Η εθνική Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ENRE) δήλωσε ότι από την διακοπή ρεύματος της Edenor επηρεάστηκαν 700.000 καταναλωτές στην ευρύτερη περιοχή του Μπουένος Άιρες. Άλλοι 43.400 πελάτες της Edesur έμειναν χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα εξαιτίας της βλάβης σε γραμμές υψηλής τάσης σε δύο υποσταθμούς της.
- **Εκτεταμένο Black out που παρέλυσε την Μισή Ελλάδα [47]:** Black out στο σύστημα της ΔΕΗ σημειώθηκε το μεσημέρι της 12<sup>ης</sup> Ιουλίου το 2004 στις 12:40 με αποτέλεσμα να τεθεί εκτός λειτουργίας το ηλεκτρικό δίκτυο σε όλη τη Νότιο Ελλάδα, από την Λαμία και κάτω. Αρχικά σημειώθηκε πτώση στην τάση της γραμμής υψηλής τάσης των 150 kv στο ΚΥΤ Λαμίας με αποτέλεσμα να τεθεί αυτομάτως εκτός λειτουργίας, η ανωτέρω γραμμή μεταφοράς για λόγους προστασίας από υπόταση. Ακολούθως τέθηκαν, επίσης αυτομάτως, εκτός λειτουργίας και οι άλλες γραμμές υπερευψηλής τάσης από Λαμία προς Αττική με αποτέλεσμα να επέλθει πλήρες black out στην ευρύτερη περιοχή. Σύμφωνα με τεχνικούς που γνωρίζουν καλά τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος διανομής ηλεκτρικού ρεύματος η αρχική πτώση τάσης στην γραμμή μεταφοράς υπερευψηλής τάσης οφείλεται σε αδυναμία μεταφοράς αέργου ισχύος η οποία απαιτήθηκε αίφνης από το σύστημα, αποτέλεσμα ζήτησης από μεγάλο αριθμό κλιματιστικών μονάδων που προστίθεντο συνεχώς στο δίκτυο από το πρωί, λόγω παρατηρούμενων υψηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος. Όπως είναι

γνωστό τα κλιματιστικά έχουν κακή συμπεριφορά σε ότι αφορά τις απαιτήσεις τους για άεργο ισχύ. Δηλαδή απαιτούν ίση ποσότητα ενεργού με άεργο ισχύ. Είναι αυτό που λένε οι τεχνικοί ότι έχουν κακό συνημίτωνο ( $\varphi = 0.65$ ). Η ημέρα ξεκίνησε άσχημα έτσι και αλλιώς με μία μονάδα 300 MW στο Λαύριο εκτός λειτουργίας λόγω συντήρησης στην αντλία τροφοδοσίας θερμού ύδατος. Κάποια στιγμή γύρω στις 12:30 το μεσημέρι η ζήτηση στο δίκτυο είχε διαμορφωθεί στα 8,910 MW ενώ η δυνατότητα του δικτύου από πλευράς εγκατεστημένης ισχύος ήτο στα 10,350 MW. Μεταξύ 12:30 και 12:40 προσετέθη ζήτηση για άλλα 300 MW προερχόμενη αποκλειστικά από κλιματιστικά. Και ενώ το δίκτυο μπορούσε θεωρητικά να καλύψει την αιτούμενη ενεργό ισχύ δεν είχε την δυνατότητα κάλυψης του επιπλέον 300 MVAR άεργου ισχύος που προστέθηκαν από τα κλιματιστικά.

- **Χωρίς ρεύμα από τα ξημερώματα εν μέσω καύσωνα η Θεσσαλονίκη [54] :** Νοικοκυριά και επιχειρήσεις σε μεγάλο τμήμα της ευρύτερης περιοχής των οδών Μαρτίου – Βούλγαρη στην Ανατολική Θεσσαλονίκη, έμειναν για ώρες χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα, λόγω υπόγειας διπλής βλάβης σε δύο μετασχηματιστές του δικτύου. Πρόκειται μάλιστα για δύο βλάβες σε ισάριθμους μετασχηματιστές στους οποίους υπάρχει αλληλουχία ηλεκτροδότησης διαδοχικών μετασχηματισμών. Στην συγκεκριμένη ομάδα 10 μετασχηματιστών υπήρξε πρόβλημα γιατί βλάβες παρουσιάστηκαν στον πρώτο και παράλληλα στον δέκατο μετασχηματιστή. Αυτή η αλληλουχία των μετασχηματιστών θα έδινε τη δυνατότητα να ηλεκτροδοτηθεί η περιοχή, αν η βλάβη ήταν μόνο στον ένα μετασχηματιστή.

Ένας ισχυρός καύσωνας μπορεί να φέρει προβλήματα στο δίκτυο και χωρίς άμεσο τρόπο όπως στα παραπάνω παραδείγματα. Δηλαδή ένας καύσωνας μπορεί να προκαλέσει μια πυρκαγιά, η οποία με τη σειρά της θα καταστρέψει σημαντικά κομμάτια του εξοπλισμού, όπως στην εικόνα 4.4 (κολόνες, μετασχηματιστές, καλώδια κ.α.). Για παράδειγμα :

- **Στην Αττική παρατηρούνται βυθίσεις στο σύστημα ηλεκτροδότησης εξαιτίας ζημιάς από την πυρκαγιά στη Βαρυμπόμπη [48]:** προβλήματα λειτουργίας στη γραμμή διανομής μέσης τάσης στη Βαρυμπόμπη, εξαιτίας της λαίλαπας της φωτιάς, που επηρέασε την ηλεκτροδότηση της περιοχής, τις Αδάμες και τους Θρακομακεδόνες, τον Αύγουστο. Εκτός λειτουργίας τέθηκε το κύκλωμα υπερυψηλής τάσης (400 kV) Αχαρνών-Αγίου Στεφάνου εξαιτίας της πυρκαγιάς που εκδηλώθηκε στη Βαρυμπόμπη. Ο ΔΕΔΔΗΕ είχε εστιάσει όλες τις προσπάθειες του για την αποκατάσταση της γραμμής και τα συνεργεία του εργάζονταν πυρετωδώς. Λόγω της διάρκειας του καύσωνα και της καταπόνησης του εξοπλισμού υπήρξα συνεχείς βλάβες και σε άλλα δίκτυα διανομής της μέσης και χαμηλής τάσης του ΔΕΔΔΗΕ σε διάφορα σημεία του λεκανοπεδίου, με αποτέλεσμα να υπάρξουν περιστασιακές διακοπές της ηλεκτροδότησης. Μέχρι και στο κέντρο της Αθήνας καταγράφηκαν διακοπές.



**Εικόνα 4.4 :** Αποκατάσταση καμένων μετασχηματιστών στη Βαρυμπόμπη. [48]





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5° : ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ

### 5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Μαζί με τη βελτίωση της αξιοπιστίας του ηλεκτρικού εξοπλισμού, οι μη ασφαλείς συμπεριφορές των ανθρώπων και τα ανθρώπινα λάθη έχουν γίνει μια από τις κύριες πηγές κινδύνου στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, δεν υπάρχει ολοκληρωμένη μελέτη για τους ανθρώπινους παράγοντες και την ανάλυση ανθρώπινης αξιοπιστίας στα συστήματα ισχύος. Σε υπαινιγμό αυτής της κατάστασης, η παρούσα εργασία επιχειρεί να αναλύσει την επίδραση των ανθρώπινων παραγόντων στην αξιοπιστία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτή τη βάση, επεξηγεί πώς οι ανθρώπινοι παράγοντες επηρεάζουν την αξιοπιστία λειτουργίας του συστήματος ισχύος από δύο τυπικές πτυχές, ατελής συντήρηση που προκαλείται από ανθρώπινα σφάλματα, και επιπτώσεις των ανθρώπινων παραγόντων στη λειτουργία αποστολής έκτακτης ανάγκης και τη διαδοχική βλάβη του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Ως αποτέλεσμα, η αξιοπιστία γίνεται ένα σημαντικό ζήτημα. Με την ανάπτυξη του έξυπνου δικτύου, η αξιοπιστία του ηλεκτρικού εξοπλισμού και η τεχνολογία αυτοματισμού έχουν βελτιωθεί σε μεγάλη κλίμακα. Ωστόσο, τα συστήματα ισχύος δεν μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς άνθρωπο, όπως στην περίπτωση του εναερίου τεχνικού στην εικόνα 5.1. Σε μεγάλο βαθμό και οι μη ασφαλείς συμπεριφορές των ανθρώπων και τα ανθρώπινα λάθη μπορούν να έχουν μεγάλο αντίκτυπο στα συστήματα ισχύος. Για να βελτιωθεί περαιτέρω η αξιοπιστία του συστήματος ισχύος, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι ανθρώπινοι παράγοντες [49].



Εικόνα 5.1 : Εναερίου τεχνικός . [54]

### **5.1.1 ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΟΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ**

Τα ανθρώπινα σφάλματα μπορούν να οριστούν ως οποιοσδήποτε ανθρώπινες ενέργειες, τόσο γνωστικές όσο και φυσικές, που δυνητικά ή στην πραγματικότητα έχουν ως αποτέλεσμα αρνητικές επιπτώσεις στις κανονικές λειτουργίες του συστήματος. Καθώς τα συστήματα ισχύος γίνονται πιο περίπλοκα, οι άνθρωποι χειριστές υποτίθεται ότι εργάζονται σε διάφορες καταστάσεις και μπορεί να αντιμετωπίσουν κάθε είδους έκτακτες ανάγκες. Εάν οι ανθρώπινες συμπεριφορές υπερβούν ένα αποδεκτό όριο, θα μπορούσε να οδηγήσει σε καταστροφή. Το ανθρώπινο λάθος δεν είναι μια αιτία, αλλά μια συνέπεια, η οποία διαμορφώνεται και προκαλείται από τους ανάντη παράγοντες. Οι ενέργειες των χειριστών στα συστήματα ισχύος μπορούν να επηρεαστούν από διάφορους παράγοντες, όπως το εξωτερικό περιβάλλον, η πολυπλοκότητα των εργασιών λειτουργίας, οι γνώσεις και η εμπειρία των χειριστών. Τα σενάρια λειτουργίας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας ταξινομούνται σε 3 κατηγορίες [49]:

- σενάρια με επίκεντρο τον χρόνο
- σενάρια με επίκεντρο τη διαδικασία
- σενάρια με επίκεντρο έκτακτης ανάγκης

### **ΧΡΟΝΟΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ**

Το σενάριο με επίκεντρο τον χρόνο αναφέρεται σε καταστάσεις όπου οι χειριστές θα πρέπει να συνεχίσουν να εργάζονται για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς διακοπές, όπως η παρακολούθηση της κατάστασης του συστήματος και ο εντοπισμός σφαλμάτων νέου εξοπλισμού. Οι χειριστές θα κουραστούν και η πιθανότητα να συμβεί ανθρώπινο λάθος θα αυξηθεί ανάλογα. Οι στατιστικές δείχνουν ότι πολλά ατυχήματα προκαλούνται από την κούραση των ανθρώπων. Είναι προφανές ότι ο συνεχής χρόνος εργασίας είναι ο πρωταρχικός παράγοντας που επηρεάζει την ανθρώπινη αξιοπιστία σε αυτό το σενάριο [49].

### **ΜΕ ΕΠΙΚΕΝΤΡΟ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ**

Το σενάριο με επίκεντρο τη διαδικασία αναφέρεται σε καταστάσεις όπου η εργασία λειτουργίας αποτελείται από πολλά βήματα και οι χειριστές πρέπει να ακολουθούν ορισμένες διαδικασίες για να ολοκληρώσουν την εργασία. Πρέπει να προσέχουμε τη διαδικασία για να αποφύγουμε ανθρώπινα λάθη.

### **ΜΕ ΕΠΙΚΕΝΤΡΟ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ**

Το σενάριο με επίκεντρο έκτακτης ανάγκης αναφέρεται σε καταστάσεις όπου σημειώθηκαν βλάβες του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και οι χειριστές πρέπει να αντιδράσουν σε σύντομο χρονικό διάστημα, συμπεριλαμβανομένης της διάγνωσης βλάβης και της λήψης των κατάλληλων μέτρων. Σε αυτό το σενάριο, η ανθρώπινη

αξιοπιστία έχει σημαντική επίδραση στην εκκαθάριση σφαλμάτων και στην ανάκτηση της αξιοπιστίας του συστήματος. Η μέθοδος της ανθρώπινης γνωστικής αξιοπιστίας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον ποσοτικό προσδιορισμό σε σενάρια με επίκεντρο έκτακτης ανάγκης [49].

### 5.1.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Η συντήρηση του ηλεκτρικού εξοπλισμού είναι σημαντική για τη διατήρηση σταθερών συστημάτων ισχύος, την παράταση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού και τη μείωση της απώλειας ισχύος του συστήματος. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων στο δίκτυο, τα προσωπικά λάθη συντήρησης καταλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό. Σε αυτό το μέρος, καθιερώνουμε πρώτα ένα μοντέλο περιοδικής συντήρησης που εξετάζει την ατελή συντήρηση που προκαλείται από ανθρώπινους παράγοντες και δείχνουμε την επίδραση των ανθρώπινων παραγόντων στη διαθεσιμότητα συντήρησης με μια απλή περίπτωση.

- **Μοντέλο συντήρησης ηλεκτρικού εξοπλισμού λαμβάνοντας υπόψη την ατελή συντήρηση.**

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι αναλυτές υποθέτουν ότι η συντήρηση είναι τέλεια, κάτι που δεν είναι ρεαλιστικό. Η επίδραση της συντήρησης θα μπορούσε να εξασθενήσει από ανθρώπινους παράγοντες, και περισσότερο από αυτό, το σύστημα περιστασιακά γίνεται ακόμη χειρότερο λόγω ανθρώπινων λαθών. Αρκετά κοινά ανθρώπινα λάθη και οι εξωτερικές τους μορφές στη συντήρηση παρατίθενται παρακάτω.

1. Λανθάνουσες βλάβες που δεν εντοπίζονται κατά τη συντήρηση λόγω ανεπαρκούς ενημέρωσης των χειριστών.
2. Λανθασμένες προσαρμογές, λανθασμένες εκτιμήσεις των καταστάσεων του συστήματος και ακατάλληλες αποφάσεις.
3. Αντικατάσταση με ελαττωματικά εξαρτήματα και ζημιές που παρουσιάστηκαν κατά τη συντήρηση, οι οποίες θα μπορούσαν να αποδοθούν σε σφάλματα ανθρώπινων ενεργειών.

Τα αποτελέσματα της συντήρησης θα είναι αρκετά διαφορετικά λόγω των διαφορετικών επιπέδων ανθρώπινης αξιοπιστίας. Ανάλογα με την ποιότητα συντήρησης, τα αποτελέσματα μπορεί να διαφέρουν από τέλεια συντήρηση σε αστοχία συντήρησης. Εφόσον στοχεύουμε να δείξουμε τον αντίκτυπο των ανθρώπινων σφαλμάτων στη συντήρηση του εξοπλισμού σε αυτό το έγγραφο, κάνουμε δύο υποθέσεις:

- ① άλλοι παράγοντες είναι απολύτως αξιόπιστοι εκτός από τους ανθρώπινους παράγοντες.

② τα αποτελέσματα της συντήρησης αποτελούνται από τρεις κατηγορίες λαμβάνοντας υπόψη τους ανθρώπινους παράγοντες.

- **Επίδραση ανθρώπινων παραγόντων στη λειτουργία αποστολής.**

Η λογική αποστολή αποτελεί βασικό στοιχείο για τη διατήρηση αξιόπιστων και ασφαλών συστημάτων ισχύος. Ωστόσο, η λειτουργία αποστολής αντιμετωπίζει κινδύνους λόγω αβεβαιοτήτων, όπως δυσμενείς καιρικές συνθήκες, κατάσταση εξοπλισμού και ανθρώπινα σφάλματα. Τα κοινά ανθρώπινα λάθη στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνουν κυρίως τρεις κατηγορίες.

- 1) Ανεπαρκής επίγνωση της κατάστασης, που αναφέρεται στην κατάσταση όπου οι διεκπεραιωτές αποτυγχάνουν να αποκτήσουν έγκαιρα ολοκληρωμένες πληροφορίες συστήματος ή οι διεκπεραιωτές αποτυγχάνουν να κατανοήσουν σωστά την κατάσταση του συστήματος.
- 2) Σφάλματα απόφασης αποστολής, οι αποστολείς ενδέχεται να λάβουν λάθος αποφάσεις αποστολής λόγω ανεπαρκούς εμπειρίας ή χρόνου πίεσης.
- 3) Σφάλματα ενεργειών αποστολής, τα οποία αναφέρονται κυρίως σε λάθη φυσικής ενέργειας που συμβαίνουν κατά τη λειτουργία, συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας λανθασμένου τύπου, της ενέργειας λανθασμένου αντικειμένου ή της χαμένης ενέργειας.

Μέσα από την ανάλυση των τελευταίων ατυχημάτων στο δίκτυο, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα ανθρώπινα σφάλματα έχουν μεγάλη επίδραση στην αξιοπιστία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, ειδικά σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

- **Επίδραση ανθρώπινων παραγόντων στις διαδοχικές αστοχίες.**

Η διαδοχική αστοχία είναι ένας από τους κύριους λόγους που οδηγούν σε διακοπή λειτουργίας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Υπό κανονικές συνθήκες, οι γραμμές μεταφοράς λειτουργούν με ένα ορισμένο αρχικό φορτίο ισχύος. Ωστόσο, μια μεμονωμένη διακοπή μπορεί να οδηγήσει σε θερμική υπερφόρτωση γραμμής. Εάν η υπερφόρτωση δεν μπορεί να αφαιρεθεί εντός του επιτρεπόμενου χρόνου, περισσότερα εξαρτήματα θα απενεργοποιηθούν ένα προς ένα, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα διαδοχικής διακοπής λειτουργίας και συσκότισης. Ο επιτρεπόμενος χρόνος για την εκτόνωση της υπερφόρτωσης της γραμμής φαίνεται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1:** Επιτρεπόμενος χρόνος εργασίας σε διαφορετικά επίπεδα φορτίου.

Φόρτωση γραμμής ( $P_L$ )	Επιτρεπόμενος χρόνος
$P_{CON} < P_L < P_{LTE}$	24 ώρες
$P_{LTE} < P_L < P_{STE}$	15 λεπτά
$P_L > P_{STE}$	Άμεση επέμβαση

Στον Πίνακα 1, τα  $P_{CON}$ ,  $P_{LTE}$  και  $P_{STE}$  είναι οι συνεχείς, μακροχρόνιες και βραχυχρόνιες αξιολογήσεις έκτακτης ανάγκης, αντίστοιχα. Ορίζουμε την τρίτη συνθήκη ως κρίσιμη υπερφόρτωση, επειδή οι γραμμές υπερφόρτωσης πρέπει να απενεργοποιηθούν αμέσως. Στο αρχικό στάδιο μιας διαδοχικής αστοχίας, που ονομάζεται επίσης προκαταρκτικό στάδιο, οι διεκπεραιωτές έχουν αρκετό χρόνο για να λάβουν μέτρα και να αποτρέψουν την επέκταση των αστοχιών. Εάν οι διεκπεραιωτές αποτύχουν να επαναφέρουν το σύστημα τροφοδοσίας σε κανονική κατάσταση σε αυτό το στάδιο, θα εισέλθει σε στάδιο γρήγορης διαδοχής, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε διαδοχική διακοπή και αποσύνδεση φορτίου [49].

### 5.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Οι ανθρώπινοι παράγοντες έχουν μεγάλη επίδραση στην αξιοπιστία των συστημάτων ισχύος. Ωστόσο, υπάρχουν λίγες έρευνες σε αυτό το πεδίο και επιχειρούμε να αναλύσουμε διεξοδικά την επίδραση των ανθρώπινων παραγόντων στην αξιοπιστία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Ως αξιοσημείωτο ζήτημα, η ανάλυση ανθρώπινης αξιοπιστίας στα συστήματα ισχύος αξίζει μεγαλύτερης προσοχής. Θα πρέπει να διεξαγάγουμε περαιτέρω έρευνες σχετικά με τον τρόπο ποσοτικοποίησης της πιθανότητας ανθρώπινου λάθους, την επίδραση των ανθρώπινων παραγόντων στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας και τα μέτρα που λαμβάνονται για τη μείωση των ανθρώπινων σφαλμάτων και την ενίσχυση της αξιοπιστίας του συστήματος ισχύος.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6° : ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ** **Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε.**

### **6.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Όλα τα παραπάνω προβλήματα και οι αστοχίες που μπορεί να προκύψουν σε ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας είναι καθημερινό φαινόμενο και ο κάθε διαχειριστής είναι υποχρεωμένος να βρει λύση. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο της εργασίας θα παρουσιαστούν στατιστικά στοιχεία σφαλμάτων – αστοχιών του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην ευρύτερη περιοχή της Πάτρας (Αχαΐας). Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται σε γραφήματα, τα οποία προέκυψαν έπειτα από επεξεργασία δεδομένων του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. για την τριετία 2018 έως 2020, τα οποία στάλθηκαν μετά από ειδικό αίτημα των φοιτητών την συγκεκριμένης πτυχιακής στους αρμόδιους φορείς. Όλα τα δεδομένα θα αναλυθούν παρακάτω, παρουσιάζοντας μάλιστα και μια σύγκριση με δεδομένα προηγούμενων ετών (2004 έως 2012) που είχαν δημοσιευθεί στην μεταπτυχιακή εργασία του επιβλέποντα καθηγητής της συγκεκριμένης πτυχιακής, κ. Θεοφάνη Αραβανή [64].

Τα στοιχεία του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. έχουν ταξινομηθεί σε τρεις μεγάλες κατηγορίες [68]:

- ❖ Βλάβες Μέσης Τάσης (Μ.Τ.) σε δίκτυα με έναν υποσταθμό (Υ/Σ) διανομής .
- ❖ Βλάβες Μέσης Τάσης (Μ.Τ.) σε δίκτυα με περισσότερους από έναν υποσταθμούς (Υ/Σ) διανομής .
- ❖ Βλάβες δικτύου Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ.) .

Στον παρακάτω πίνακα 6.1 φαίνεται ο ακριβής αριθμός σφαλμάτων ανά έτος και συνολικός αριθμός σφαλμάτων όλης της τριετίας. Επιπροσθέτως, φαίνεται και το ποσοστό των σφαλμάτων της κάθε προαναφερθείσας κατηγορίας σε σχέση με το συνολικό ποσοστό σφαλμάτων.

**Πίνακας 6.1 :** Βλάβες σύμφωνα με τον αριθμό των υποσταθμών αλλά και το επίπεδο τάσης (μέση ή χαμηλή).

<b>Μ.Τ. ΜΕ 1 Υ/Σ ΔΙΑΝΟΜΗΣ</b>	<b>ΣΥΜΒΑΝΤΑ</b>		
2018	324		
2019	365		
2020	242		
<b>ΣΥΝΟΛΟ 3ετίας</b>	<b>931</b>	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ(%)</b>	<b>28,4</b>
<b>Μ.Τ. ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟΥΣ Υ/Σ</b>	<b>ΣΥΜΒΑΝΤΑ</b>		
2018	228		
2019	190		
2020	90		
<b>ΣΥΝΟΛΟ 3ετίας</b>	<b>508</b>	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ(%)</b>	<b>15,5</b>
<b>ΒΛΑΒΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ Χ.Τ.</b>	<b>ΣΥΜΒΑΝΤΑ</b>		
2018	591		
2019	711		
2020	537		
<b>ΣΥΝΟΛΟ 3ετίας</b>	<b>1839</b>	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ(%)</b>	<b>56,1</b>
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΒΑΝΤΑ 3ετίας</b>	<b><u>3278</u></b>		

Από τον πίνακα 6.1 προκύπτει το παρακάτω σχήμα 6.1 και φαίνεται το ποσοστό που εμφανίζεται η κάθε βλάβη στην καθημερινότητα των τεχνικών.



**Σχήμα 6.1 :** Κατηγορίες σφαλμάτων-αστοχιών που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018 – 2020 στο δίκτυο διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, στην ευρύτερη περιοχή της Πάτρας.

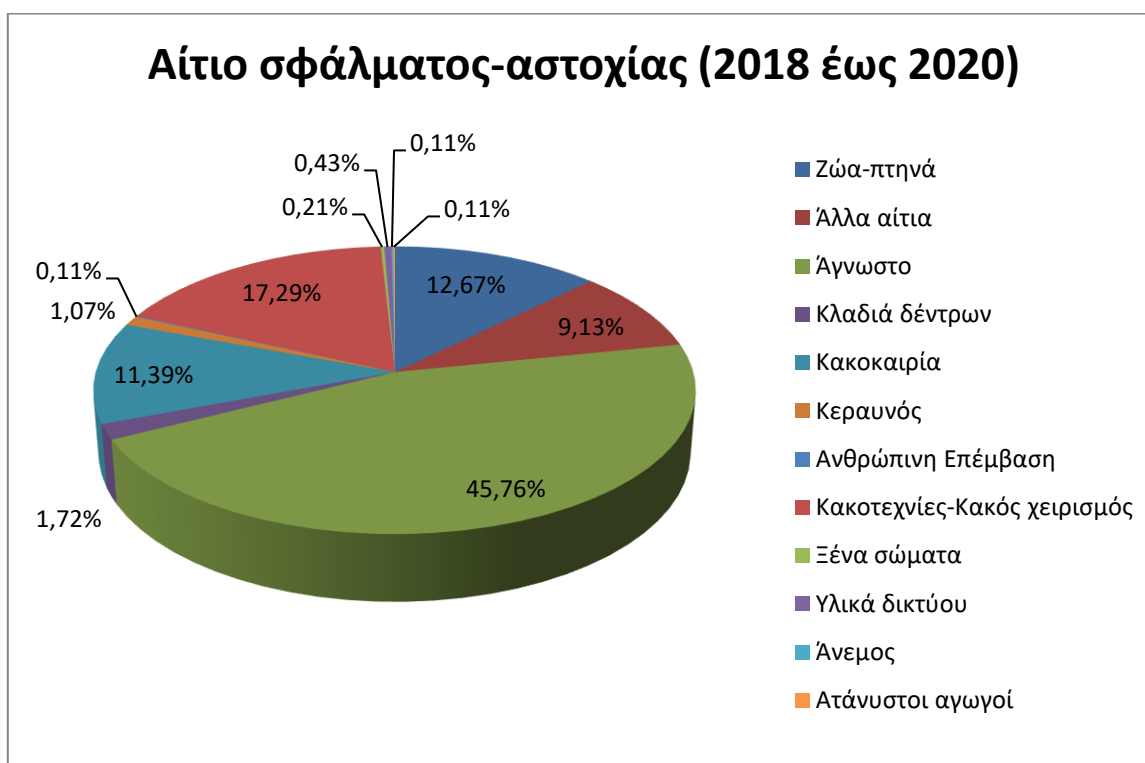


Πιο συγκεκριμένα, από το παραπάνω γράφημα παρατηρείται ότι οι βλάβες δικτύου χαμηλής τάσης είναι οι πρωταγωνιστές και καλύπτουν κάτι περισσότερο από το μισό (56%) των σφαλμάτων-αστοχιών. Οι επόμενες σε ποσοστό βλάβες με 28% είναι οι βλάβες μέσης τάσης με ένα υποσταθμό ενώ το 16% καλύπτουν σφάλματα μέσης τάσης με περισσότερους από ένα υποσταθμούς. Άξιο αναφοράς σε σύγκριση με τα στοιχεία της περιόδου 2004-2012 είναι το γεγονός ότι το ποσοστό βλαβών δικτύου χαμηλής τάσης έχουν μειωθεί κατά δέκα μονάδες αφού τα συγκεκριμένα στοιχεία έδιναν ποσοστό 66% έναντι 56% των παραπάνω στοιχείων.

## 6.2 ΒΛΑΒΕΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΕΝΑΝ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Εμβαθύνοντας λίγο στα στοιχεία που έχουν καταγραφεί για βλάβες μέσης τάσης με ένα υποσταθμό μπορούμε να εξάγουμε το παρακάτω σχήμα 6.2 . Το γράφημα αυτό παρουσιάζει τη ποσοστιαία κατανομή των αστοχιών ανά αίτιο, που έλαβαν χώρα κατά τη συγκεκριμένη τριετία σε δίκτυα Μ.Τ. με έναν υποσταθμό διανομής. Για διευκρίνιση αναφέρεται πως το αίτιο :

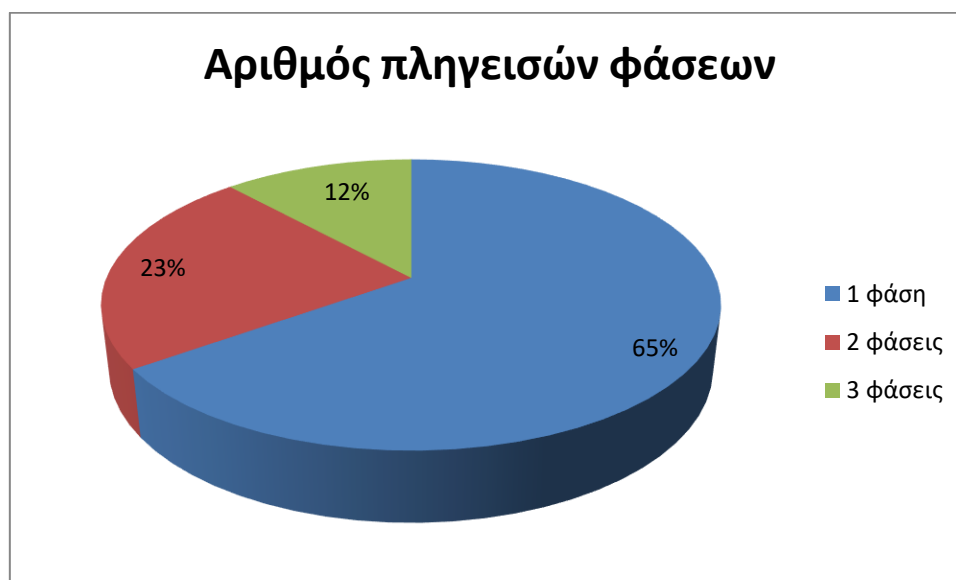
- «Ξένα σώματα» περιλαμβάνει αστοχίες εξαιτίας χαρταετών, συρμάτων, προεξοχών μπαλκονιών κ.λπ.,
- «Άλλα αίτια» περιλαμβάνει αστοχίες εξαιτίας βραχυκυκλωμάτων που προκλήθηκαν από φορτία καταναλωτών, πυρκαγιών κ.λπ.
- «Άγνωστο» περιλαμβάνει αίτια τα οποία δεν ταυτοποιήθηκαν ποτέ από τους τεχνικούς αλλά και αίτια τα οποία γράφτηκαν έτσι λόγω μη μεγάλης σημασίας για τους τεχνικούς να βρουν την πηγή του σφάλματος.



**Σχήμα 6.2 :** Ποσοστιαία κατανομή των σφαλμάτων - αστοχιών ανά αίτιο, που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018 - 2020 σε δίκτυα Μ.Τ. με έναν υποσταθμό διανομής.

Παρατηρώντας το παραπάνω γράφημα βλέπουμε πως τα άγνωστα αίτια είναι ένα μεγάλο κομμάτι των αιτιών και αυτό ενισχύει την άποψη ότι κάποιος τεχνικός έγραψε στα γρήγορα την αναφορά και όταν προέκυπτε μια βλάβη ήταν το πιο εύκολο για αυτόν να βάλει περιγραφή στο σφάλμα ως άγνωστο, χωρίς να δοθεί περισσότερη σημασία στην πηγή του σφάλματος. Στο υπόλοιπο διάγραμμα ισχυρή παρουσία έχουν τα σφάλματα λόγω ζώων-πτηνών, κακοτεχνιών και κακών χειρισμών, αλλά και λόγω κακοκαιρίας. Κατηγορίες σφαλμάτων που αναλύθηκαν εκτενώς στα παραπάνω κεφάλαια της πτυχιακής και είχαν δώσει από εκείνη τη στιγμή την εντύπωση ότι ο ρόλος τους θα είναι πρωταγωνιστικός .

Σημαντικό να ελέγξει κανείς σε αυτά τα σφάλματα-αστοχίες είναι ο αριθμός πληγισών φάσεων που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης τριετίας σε δίκτυα Μ.Τ. με έναν υποσταθμό διανομής. Ρίχνοντας μια ματιά στο σχήμα 6.3 παρατηρούμε ότι η αστοχία μίας φάσης κυριαρχεί με ποσοστό 65%, ενώ 2 και 3 φάσεις ακολουθούν με αρκετά χαμηλότερα ποσοστά, 23% και 12% αντίστοιχα .

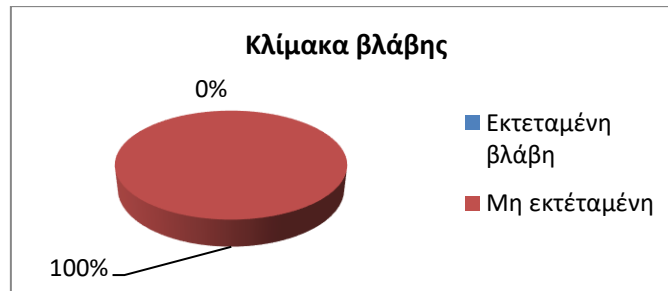


**Σχήμα 6.3 :** Αριθμός πληγισών φάσεων στα πλαίσια των αστοχιών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018 - 2020 σε δίκτυα Μ.Τ. με έναν υποσταθμό διανομής,

Ας δούμε τώρα μια μεγάλη διαφορά ανάμεσα στα στοιχεία του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. για την περίοδο 2004-2012 και για την τριετία 2018-2020. Τα σχήματα 6.4 και 6.5 παρουσιάζουν την κλίμακα βλάβης, δηλαδή αν η βλάβη είναι εκτεταμένη ή όχι.



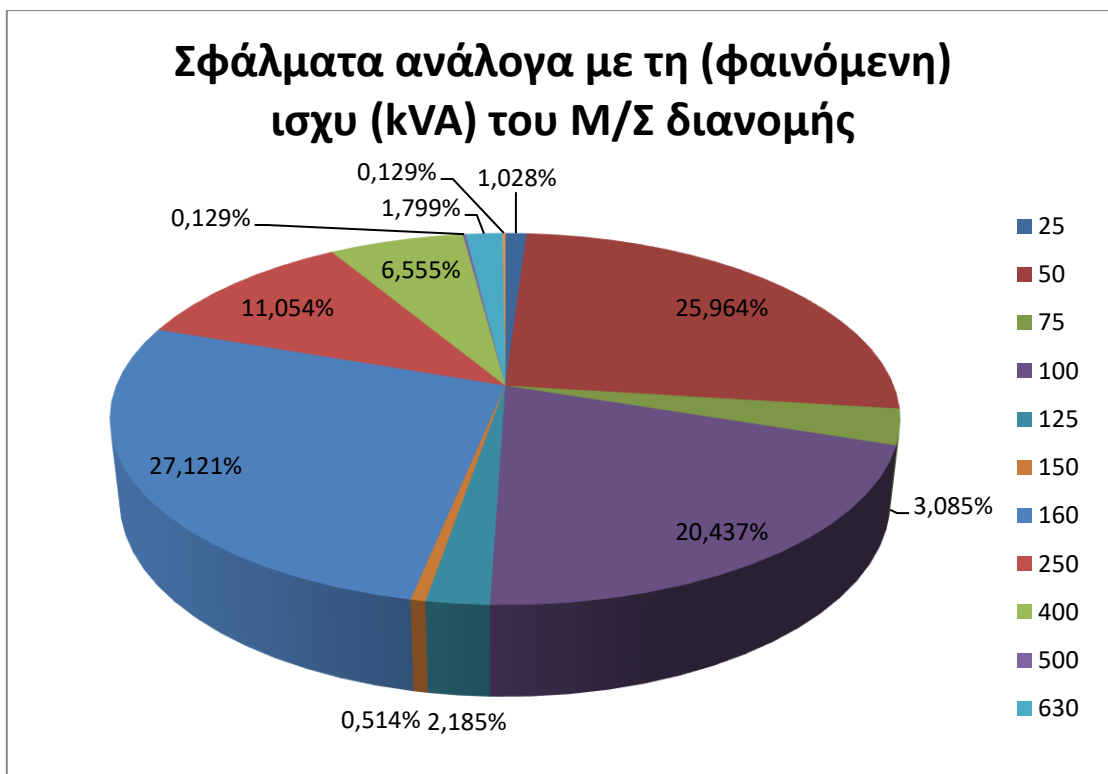
**Σχήμα 6.4 :** Κλίμακα αστοχιών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της περιόδου 2004 - 2012 σε δίκτυα Μ.Τ. με έναν υποσταθμό διανομής. [64]



**Σχήμα 6.5 :** Κλίμακα αστοχιών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018 - 2020 σε δίκτυα Μ.Τ. με έναν υποσταθμό διανομής.

Τα παραπάνω γραφήματα όπως φαίνεται έχουν μια μεγάλη διαφορά η οποία είναι ότι την τελευταία τριετία δεν έχουν καταγραφεί εκτεταμένες βλάβες στο δίκτυο. Πράγμα που σημαίνει ότι οι τεχνικοί έχουν φέρει το δίκτυο σε πολύ καλή κατάσταση, έτσι ώστε τα εκτεταμένα σφάλματα περιορίζονται σε σημείο εξάλειψης σε σύγκριση με την περίοδο 2004-2012 που η μία στις τέσσερεις βλάβες ήταν εκτεταμένες.

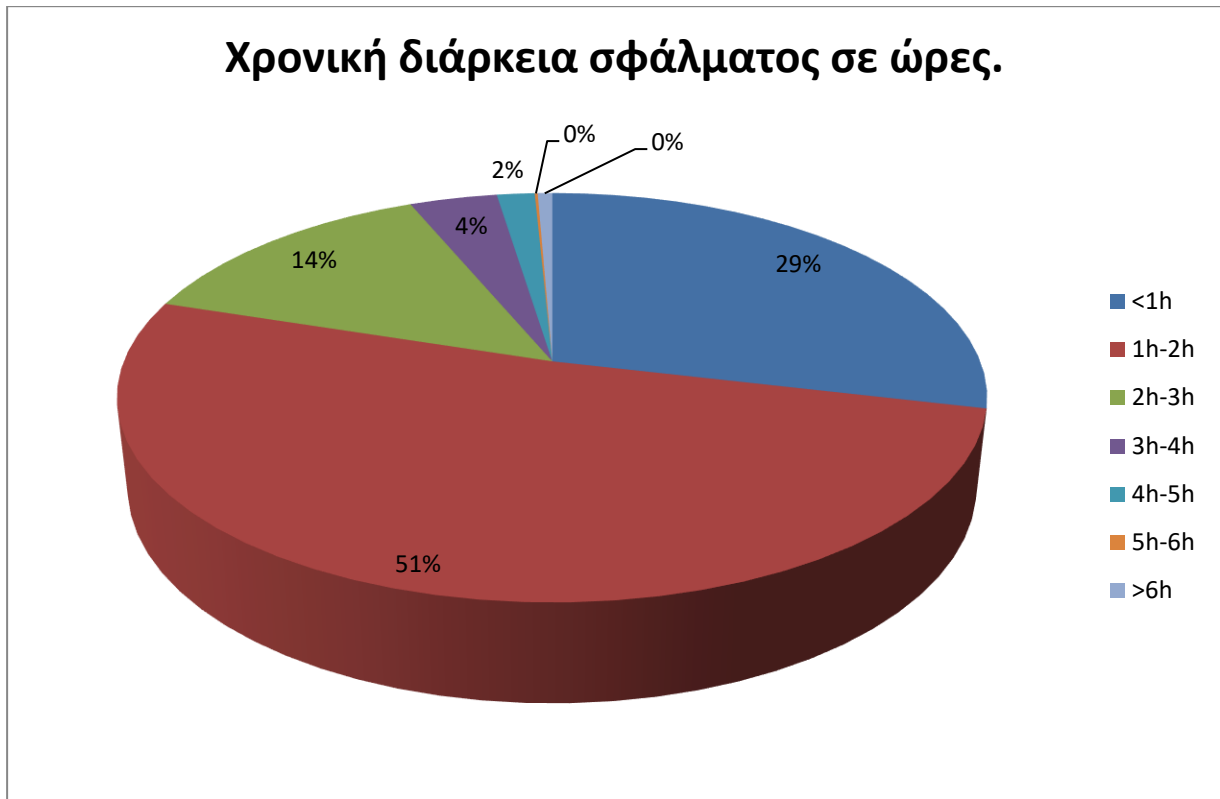
Άλλη μία κατανομή που μπορεί να γίνει είναι η ποσοστιαία κατανομή των αστοχιών σε δίκτυα Μ.Τ. με έναν υποσταθμό διανομής, κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου, ανάλογα με τη φαινόμενη ισχύ του μετασχηματιστή διανομής της γραμμής, βλέπε σχήμα 6.6. Οι τιμές στα δεξιά του διαγράμματος είναι όλες σε kVA.



**Σχήμα 6.6 :** Ποσοστιαία κατανομή των αστοχιών σε δίκτυα Μ.Τ. με έναν υποσταθμό διανομής, κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018 - 2020, ανάλογα με τη φαινόμενη ισχύ του μετασχηματιστή διανομής της γραμμής.

Το συγκεκριμένο διάγραμμα δείχνει ότι την γνωστή τριετία που μελετάμε 2018-2020 το μεγαλύτερο ποσοστό αφορά μετασχηματιστές ισχύος των 50,100 και 160 kVA, που καλύπτουν περίπου τα δύο τρίτα των αστοχιών.

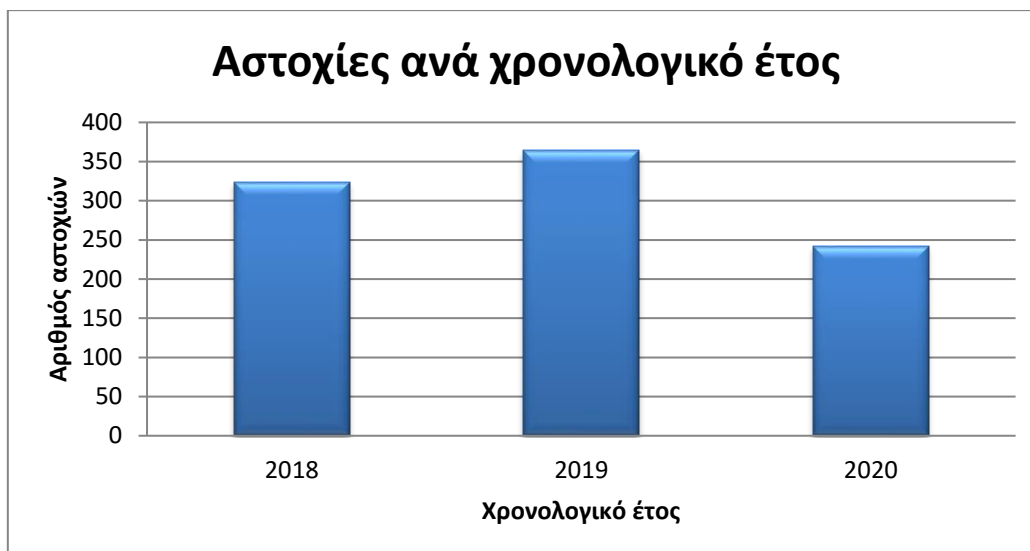
Ας δούμε τώρα το πόση ώρα κάνουν οι τεχνικοί να επιλύσουν τα σφάλματα, άρα την χρονική διάρκεια σε ώρες των καταγεγραμμένων σφαλμάτων έτσι όπως παρατηρείται από τα στοιχεία που πάρθηκαν από τους πίνακες του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε.. Το σχήμα 6.7 όπως φαίνεται παρακάτω καλύπτει την εξεταζόμενη τριετία 2018 έως 2020.



**Σχήμα 6.7 :** Χρονική διάρκεια των σφαλμάτων που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018 - 2020 σε δίκτυα Μ.Τ. με έναν υποσταθμό διανομής.

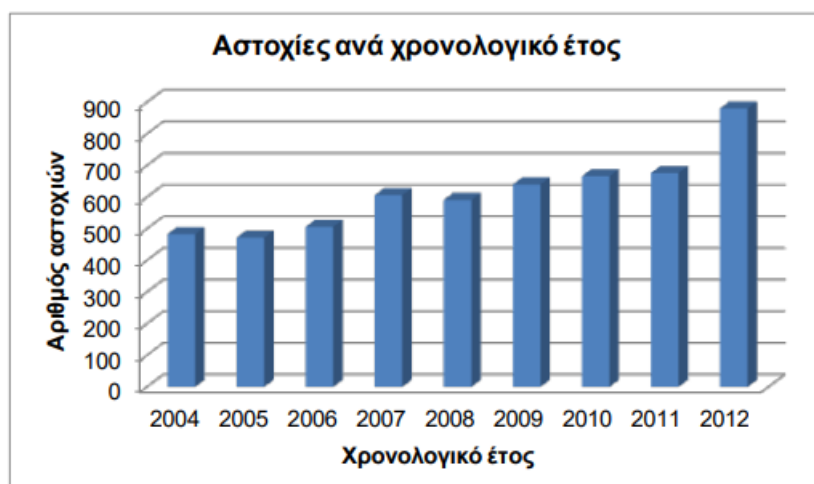
Στο παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε ότι τα σφάλματα-αστοχίες που έχουν διάρκεια λιγότερο από μία ώρα είναι κάτι παραπάνω από το ένα τέταρτο των σφαλμάτων με ποσοστό 29%, ενώ τα σφάλματα μία με δύο ώρες είναι ο πρωταγωνιστής της κατηγορίας με ποσοστό 51%. Τα σφάλματα με περισσότερες ώρες έχουν μικρότερα ποσοστά πράγμα που σημαίνει ότι έχουν περιοριστεί κατά πολύ τα σφάλματα που διαρκούν αρκετές ώρες.

Τέλος, στο σχήμα 6.8 απεικονίζεται ο αριθμός των αστοχιών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της τριετίας σε δίκτυα Μ.Τ. με έναν υποσταθμό διανομής.



**Σχήμα 6.8 :** Αριθμός αστοχιών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018 - 2020 σε δίκτυα Μ.Τ. με έναν υποσταθμό διανομής, κατηγοριοποιημένες κατ' έτος.

Ρίχνοντας όμως μια ματιά στο αντίστοιχο διάγραμμα που αφορά την οκταετία 2004-2012 (σχήμα 6.9), παρατηρείται η μείωση στα σφάλματα του δικτύου σε σύγκριση με το διάγραμμα του σχήματος 6.8.



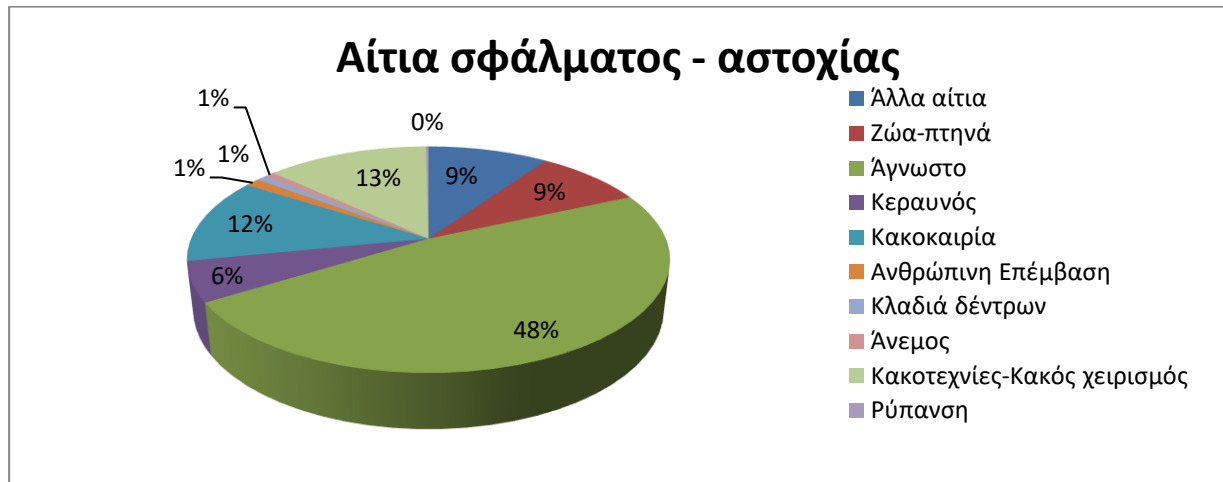
**Σχήμα 6.9 :** Αριθμός αστοχιών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της οκταετίας 2004 - 2012 σε δίκτυα Μ.Τ. με έναν υποσταθμό διανομής, κατηγοριοποιημένες κατ' έτος. [64]

Φαίνεται από το διάγραμμα ότι τα σφάλματα την χρονιά 2012 αγγίζουν τα 900, ενώ ο μέσος όρος των προηγούμενων ετών είναι περίπου 500 σφάλματα. Σε σύγκριση με το διάγραμμα στο σχήμα 6.8 παρατηρείτε ότι τα σφάλματα δεν ξεπερνούν τα 400 στη τριετία 2018 έως 2020.

### 6.3 ΒΛΑΒΕΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟΥΣ ΑΠΟ ΕΝΑΝ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥΣ

Μεγάλα σφάλματα-αστοχίες και μπορεί και σε περισσότερη συχνότητα συμβαίνουν σε δίκτυα με περισσότερους από έναν υποσταθμούς. Το διάγραμμα του σχήματος 6.10, δείχνει ποσοστιαία κατανομή των αστοχιών ανά αίτιο, που έλαβαν χώρα κατά τη

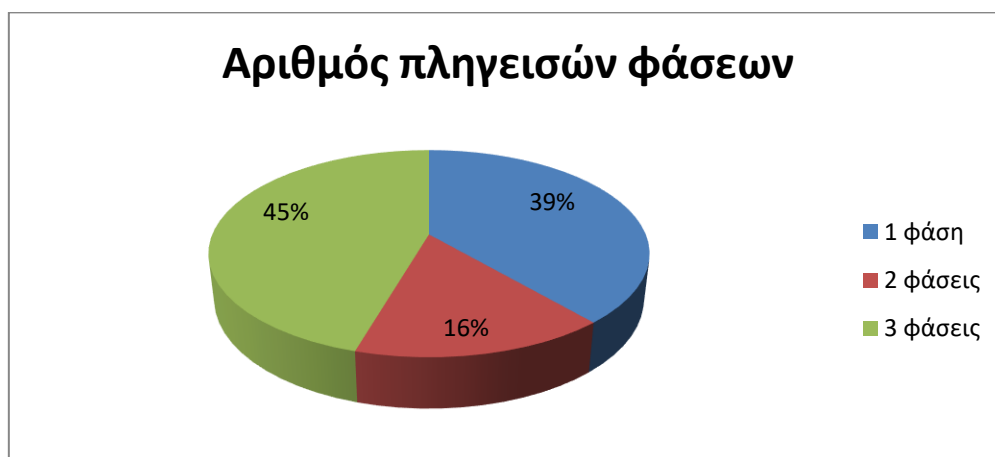
διάρκεια της τριετίας 2018-2020 σε δίκτυα Μ.Τ. με περισσότερους από έναν υποσταθμούς διανομής.



**Σχήμα 6.10 :** Ποσοστιαία κατανομή των σφαλμάτων - αστοχιών ανά είδος, που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018 - 2020 σε δίκτυα Μ.Τ. με περισσότερους από έναν υποσταθμούς διανομής.

Σε ομοιότητα με τις βλάβες μέσης τάσης σε ένα υποσταθμό το παραπάνω διάγραμμα του σχήματος 6.10, δείχνει ότι και σε βλάβες με περισσότερους υποσταθμούς τα άγνωστα αίτια είναι τα αίτια με το μεγαλύτερο ποσοστό 48%. Η κακοκαιρία και οι κακοτεχνίες είναι τα αμέσως επόμενα ποσοστά με πάνω από 10%. Τα ζώα-πτηνά είναι και εδώ ένα καθόλου ευκαταφρόνητο ποσοστό με 9%.

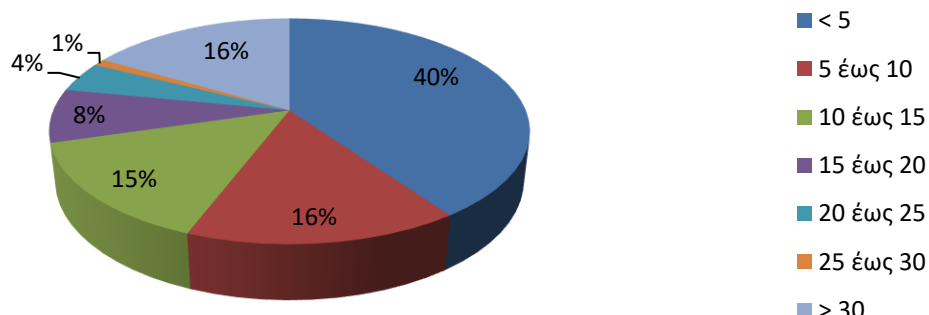
Στη συνέχεια, βλέποντας το σχήμα 6.11, παρατηρούμε τον αριθμό των πληγείσων φάσεων στα πλαίσια των αστοχιών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της τριετίας σε δίκτυα Μ.Τ. με περισσότερους από έναν υποσταθμούς διανομής. Η αστοχία που κυριαρχεί εδώ με ποσοστό 45% είναι οι αστοχίες τριών φάσεων με τη μία φάση να ακολουθεί με ποσοστό 39%.



**Σχήμα 6.11 :** Αριθμός πληγείσων φάσεων στα πλαίσια των αστοχιών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018 - 2020 σε δίκτυα Μ.Τ. με περισσότερους από έναν υποσταθμούς διανομής.

Ακολουθώντας, στο παρακάτω σχήμα 6.12, παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή των αστοχιών σε δίκτυα Μ.Τ. με περισσότερους από έναν υποσταθμούς διανομής, κατά τη διάρκεια της τριετίας, ανάλογα με τον αριθμό των μετασηματιστών διανομής της γραμμής Μ.Τ.

## Σφάλματα ανάλογα με τον αριθμό Μ/Σ στη γραμμή Μ.Τ.

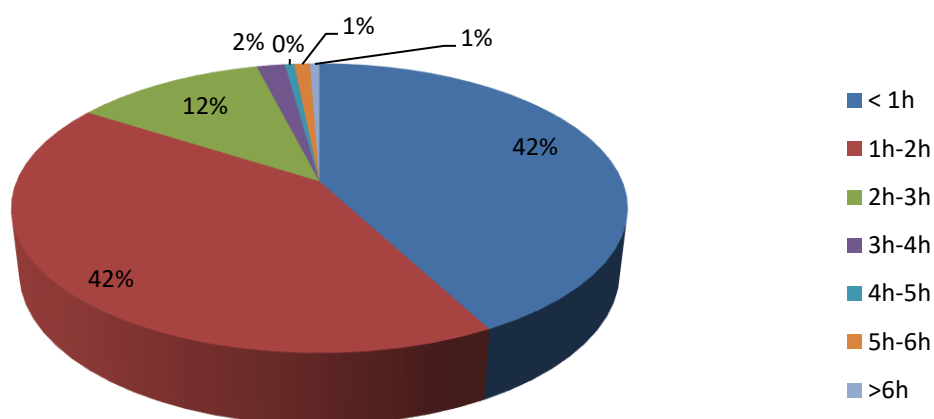


**Σχήμα 6.12 :** Ποσοστιαία κατανομή των αστοχιών σε δίκτυα Μ.Τ. με περισσότερους από έναν υποσταθμούς διανομής, κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018 - 2020, ανάλογα με τον αριθμό των μετασχηματιστών διανομής της γραμμής Μ.Τ.

Παρατηρούμε στο παραπάνω διάγραμμα ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (40%) είναι στις γραμμές Μ.Τ. με λιγότερους από πέντε μετασχηματιστές, ενώ από πέντε έως δέκα μετασχηματιστές και με περισσότερους από τριάντα μετασχηματιστές είναι τα επόμενα μεγάλα ποσοστά με 16%.

Η χρονική διάρκεια σφάλματος σε ώρες είναι πάντα βασικό θέμα αναζήτησης και θέμα που οι τεχνικοί θέλουν να το μειώσουν στο ελάχιστο. Το σχήμα 6.13 παρουσιάζει τα στοιχεία του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. για της τριετία 2018 έως 2020.

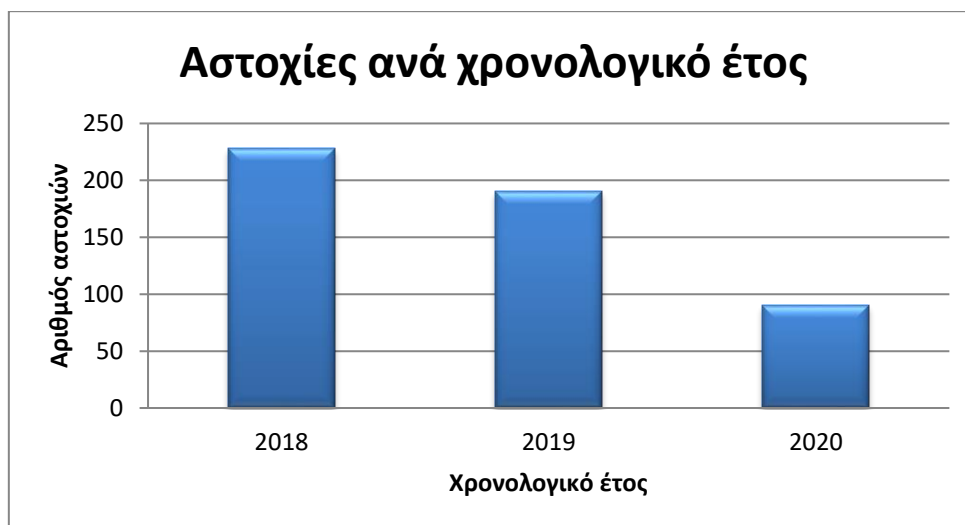
## Χρονική διάρκεια σφάλματος σε ώρες.



**Σχήμα 6.13 :** Χρονική διάρκεια των σφαλμάτων που έλαβαν χώρα σε δίκτυα Μ.Τ. με περισσότερους από έναν υποσταθμούς διανομής, κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018 - 2020.

Το παραπάνω διάγραμμα δείχνει ότι τα σφάλματα λιγότερο της μίας ώρας και έως δύο ώρες μοιράζονται το μεγαλύτερο κομμάτι της «πίτας» με ποσοστό και οι δύο 42%. Τα σφάλματα περισσότερων ωρών ακολουθούν αλλά με πολύ μικρότερα ποσοστά.

Τέλος, βλέποντας το ίδιο διάγραμμα για την οκταετία 2004-2012 και της τριετίας 2018-2020 παρατηρούμε την μείωση σφαλμάτων που έχει γίνει με το πέρασμα των χρόνων. Τα σχήματα 6.14 και 6.15 παρουσιάζονται παρακάτω.



**Σχήμα 6.14 :** Αριθμός αστοχιών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018 - 2020 σε δίκτυα Μ.Τ. με περισσότερους από έναν υποσταθμούς διανομής, κατηγοριοποιημένες κατ' έτος.



**Σχήμα 6.15 :** Αριθμός αστοχιών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της οκταετίας 2004 - 2012 σε δίκτυα Μ.Τ. με περισσότερους από έναν υποσταθμούς διανομής, κατηγοριοποιημένες κατ' έτος. [64]

Βλέποντας τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται ξανά η μείωση αστοχιών την τελευταία τριετία, αφού το 2012 οι αστοχίες ξεπερνούν τις 350. Το 2018 που είναι τα περισσότερα καταγεγραμμένα γεγονότα τριετίας δεν ξεπερνούν τα 250, γεγονός που πάλι πιστοποιεί την βελτίωση στο δίκτυο ηλεκτροδότησης της περιοχής.

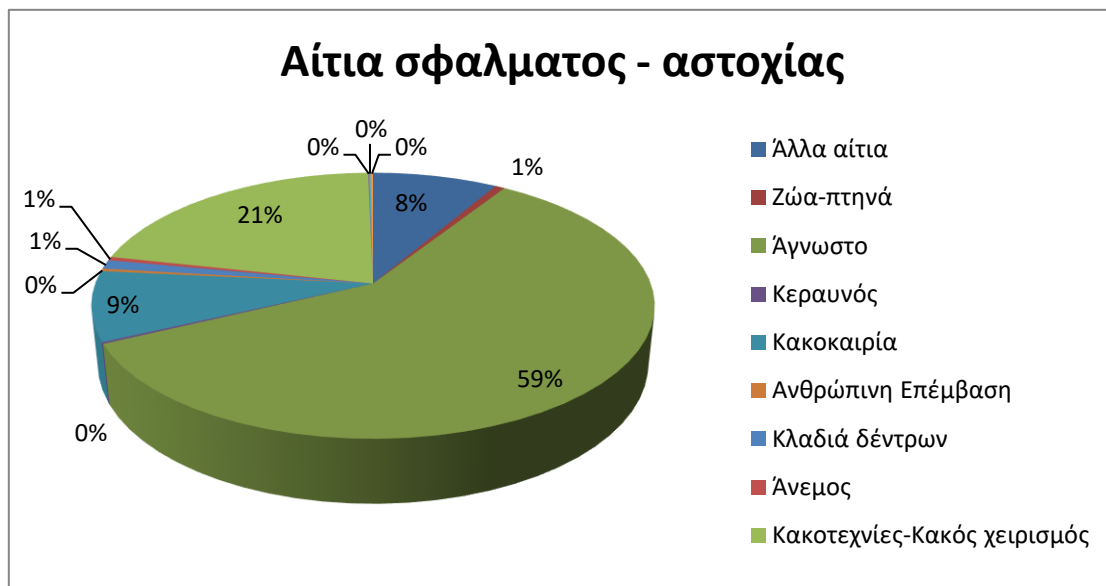
#### 6.4 ΒΛΑΒΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

Όπως αναφέραμε και πιο πάνω οι βλάβες του δικτύου χαμηλής τάσης έχουν κυριαρχικό ρόλο επί των συνολικών βλαβών που έχουμε συλλέξει. Οι βλάβες δικτύου χαμηλής τάσης αφορούν κυρίως τα σπίτια που μένουμε, τις εταιρίες-δουλειές που



εργαζόμαστε και καθημερινά κτίρια που βλέπουμε γύρω μας. Η χρήση και η ζήτηση σε τέτοιου είδους κτίρια είναι μεγάλη και σε αυτό οφείλεται το μεγάλο ποσοστό αστοχιών σε σύγκριση με την μέση τάση [67]. Στο Σχήμα 6.16 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή των αστοχιών ανά αίτιο, που πήραν μέρος κατά τη διάρκεια της τριετίας (2018-2020) που ασχολούμαστε στο δίκτυο Χ.Τ. Πιο συγκεκριμένα αναφέρουμε πως :

- «Ξένα σώματα» περιλαμβάνει αστοχίες εξαιτίας χαρταετών, συρμάτων, προεξοχών μπαλκονιών κ.λπ.,
- «Άλλα αίτια» περιλαμβάνει αστοχίες εξαιτίας βραχυκυκλωμάτων που προκλήθηκαν από φορτία καταναλωτών, πυρκαγιών κ.λπ.
- «Άγνωστο» περιλαμβάνει αίτια τα οποία δεν ταυτοποιήθηκαν ποτέ από τους τεχνικούς αλλά και αίτια τα οποία γράφτηκαν έτσι λόγω μη μεγάλης σημασίας για τους τεχνικούς να βρουν την πηγή του σφάλματος.



**Σχήμα 6.16 :** Ποσοστιαία κατανομή των σφαλμάτων-αστοχιών ανά είδος, που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018-2020 στο δίκτυο Χ.Τ.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι κύριοι παράγοντες για την πρόκληση αστοχίας στο δίκτυο Χ.Τ. αποτελεί η κατηγορία «Άγνωστο» σε ποσοστό 59% και κακοτεχνίες- κακός χειρισμός σε ποσοστό 21%. Το ποσοστό 59% είναι αρκετά υψηλό σε σύγκριση με τα υπόλοιπα αφού είναι αρκετά πάνω από την μέση, βέβαια σε αυτή την κατηγορία μπορεί να συμπεριλαμβάνονται αίτια και από τις άλλες κατηγορίες καθώς οι τεχνικοί έγραφαν «Άγνωστο» ώστε να τελειώσουν γρήγορα και χωρίς να χρειαστεί να ασχοληθούν περαιτέρω. Ο δεύτερος σε σειρά παράγοντας έχει να κάνει με κακούς χειρισμούς ή κακοτεχνίες δηλαδή έχουμε να κάνουμε με τον ανθρώπινο παράγοντα και σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι τεχνικοί αλλά και οι απλοί καθημερινοί άνθρωποι.

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται το είδος της υπερέντασης (έντασης ρεύματος μεγαλύτερης της ονομαστικής) που έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης τριετίας στο δίκτυο Χ.Τ. και χωρίζεται σε δύο κατηγορίες είτε βραχυκύκλωμα είτε υπερφόρτωση.



**Σχήμα 6.17 :** Είδος υπερέντασης που έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018-2020 στο δίκτυο Χ.Τ.

Το προφανές συμπέρασμα που προκύπτει με μια απλή ματιά στο διάγραμμα είναι πως σχεδόν το 100% αποτελείται αποκλειστικά από βραχυκυκλώματα και το 0,06826 % από υπερφόρτωση. Αξίζει να δούμε μια σύγκριση σε αυτό το κομμάτι με αποτελέσματα προηγούμενων ετών (2004-2012).

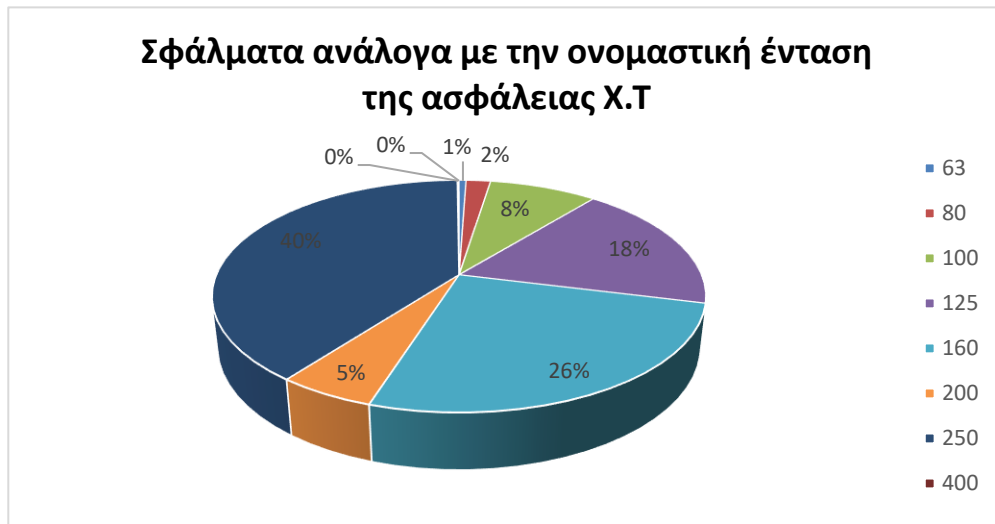


**Σχήμα 6.17 :** Είδος υπερέντασης που έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της περιόδου 2004-2012 στο δίκτυο Χ.Τ.

Το ποσοστό διαφοράς δεν είναι μεγάλο ανάμεσα στα δύο διαγράμματα αυτό που το κάνει ενδιαφέρον είναι η εξάλειψη της υπερφόρτωσης ως είδος σφάλματος την τριετία 2018-2020. Αυτό πιθανόν να σημαίνει ότι τα δίκτυα μεταφοράς εστίασαν στην υπερφόρτωση και κατάφεραν ουσιαστικά να την εξαλείψουν εκσυγχρονίζοντας τα υπάρχοντα δίκτυα.

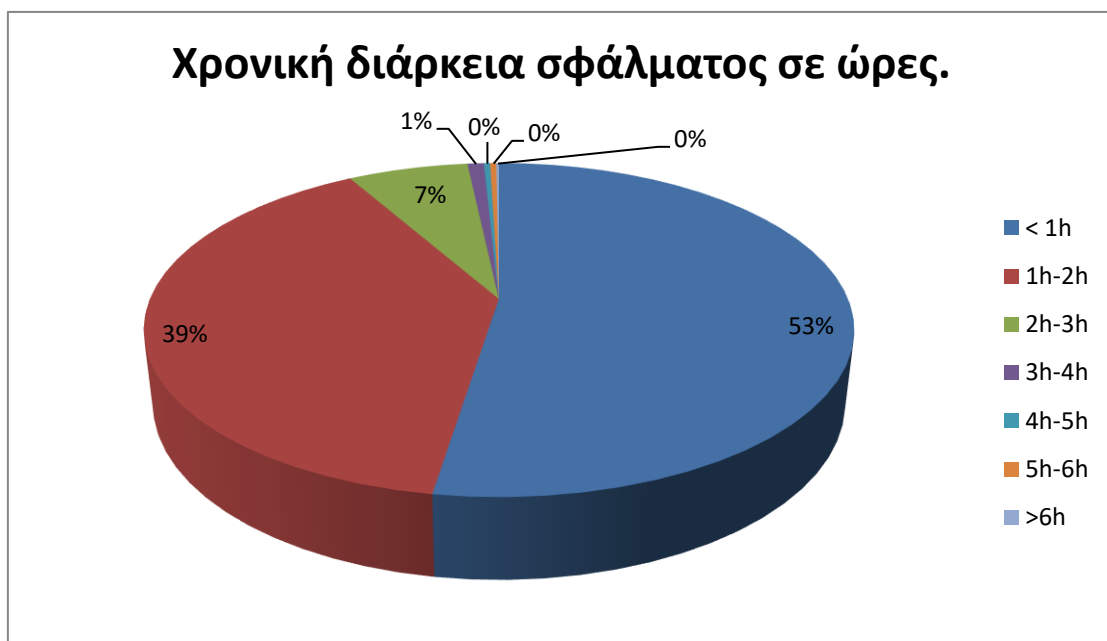
Το επόμενο σε σειρά διάγραμμα που ακολουθεί και αξίζει να παρατηρηθεί αναφέρεται στην ποσοστιαία κατανομή των αστοχιών του δικτύου Χ.Τ. κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης τριετίας (2018-2020), ανάλογα με την ονομαστική ένταση της ασφάλειας Χ.Τ. Μερικές από τις κατηγορίες είναι τα 100, 125, 160, 200, 250 και 400 ampere (A).

Το παραπάνω γράφημα μας κάνει εμφανές ότι για την συγκεκριμένη τριετία την οποία μελετάμε το μεγαλύτερο ποσοστό των αστοχιών του δικτύου Χ.Τ. αφορά σε γραμμές με ονομαστική ένταση ασφάλειας Χ.Τ. 250 Α και 160 Α. Παρατηρούμε ότι αυτά τα δύο είδη ασφαλειών αποτελούν μαζί το 66% του συνολικού ποσοστού αστοχιών και θα ήταν καλό να δοθεί ιδιαίτερη σημασία από τις εταιρίες τα επόμενα χρόνια.



**Σχήμα 6.18 :** Ποσοστιαία κατανομή των αστοχιών του δικτύου Χ.Τ. κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018-2020, ανάλογα με την ονομαστική ένταση της ασφάλειας Χ.Τ.

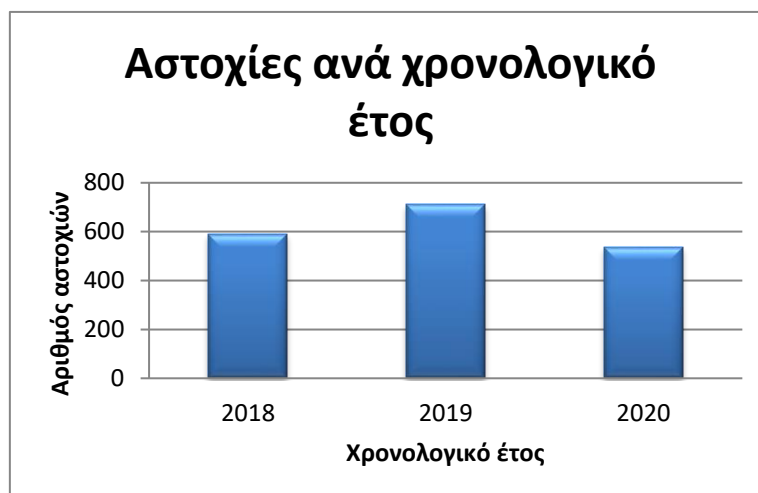
Η επόμενη κατανομή αφορά τη χρονική διάρκεια των σφαλμάτων που έλαβαν χώρα στο δίκτυο Χ.Τ. κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης τριετίας. Το συγκεκριμένο γράφημα αφορά τόσο τις εταιρίες όσο και τους καταναλωτές παροχής ρεύματος καθώς ήταν αυτοί που έμεναν χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα.



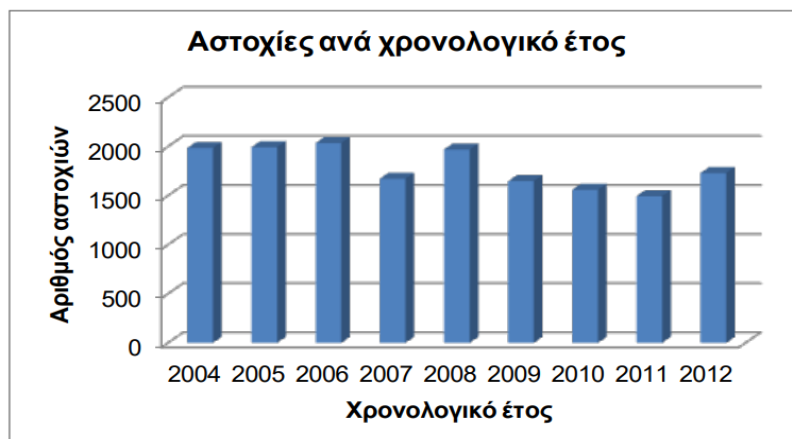
**Σχήμα 6.19 :** Χρονική διάρκεια των σφαλμάτων που έλαβαν χώρα στο δίκτυο Χ.Τ. κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018-2020

Παρατηρούμε ότι τα συνεργεία και οι τεχνικοί προσπαθούσαν να αποκαταστήσουν τα σφάλματα όσο το δυνατόν πιο γρήγορα αλλά και πιο σωστά. Έτσι λοιπόν βλέπουμε ότι στο 53% των περιπτώσεων το σφάλμα έχει αποκατασταθεί μέσα σε χρονικό διάστημα μικρότερο της μίας ώρας. Επίσης στο 39% των περιπτώσεων το σφάλμα έχει αποκατασταθεί σε μία με δύο ώρες ενώ μόνο στο 8% των περιπτώσεων το σφάλμα ξεπερνάει το χρονικό διάστημα των δύο ωρών. Για τους καταναλωτές τώρα μπορούμε να υποθέσουμε ότι η εξυπηρέτηση ήταν άμεση και δεν χρειάστηκε να περιμένουν για ώρες χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα. Με αυτόν τον τρόπο δεν υπήρχε δυσαρέσκεια καθώς ο κόσμος μπορούσε να κάνει τις δουλειές του. Το παρόν διάγραμμα είναι σημαντικό για τα νοσοκομεία της περιοχής καθώς είναι φανερό ότι ο χρόνος σφαλμάτων είναι μικρός και μπορούν να είναι πιο ήσυχα όσον αφορά τους ασθενείς.

Στο τελευταίο διάγραμμα απεικονίζεται ο αριθμός των αστοχιών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης τριετίας στο δίκτυο Χ.Τ. κατηγοριοποιημένες κατά έτος. Οι αστοχίες οι οποίες παρουσιάστηκαν στο διάστημα αυτό ήταν περίπου ίσες με 1840, ένα νούμερο που μας κάνει να νιώθουμε αισιοδοξία για το άμεσο μέλλον καθώς μπορούμε να ελπίζουμε σε βελτίωση των συγκεκριμένων αστοχιών. Επίσης θα παρουσιάσουμε το αντίστοιχο διάγραμμα της οκταετίας 2004-2012 για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε κάποια αποτελέσματα.



**Σχήμα 6.20** : Αριθμός αστοχιών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της τριετίας 2018-2020 στο δίκτυο Χ.Τ. κατηγοριοποιημένες κατά έτος



**Σχήμα 6.21** : Αριθμός αστοχιών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της περιόδου 2004-2012 στο δίκτυο Χ.Τ. κατηγοριοποιημένες κατ' έτος. [64]

Από το διάγραμμα της τριετίας 2018-2020 προκύπτει το συμπέρασμα πως ο αριθμός των αστοχιών έχει την τάση να βρίσκεται σε χαμηλά δεδομένα σε σχέση με την κατηγορία με εξαίρεση το έτος 2019. Την χρονική περίοδο 2004-2012 βλέπουμε ότι οι αστοχίες ανά έτος κυμαίνονται στις 1500-2000. Συγκρίνοντας τα δύο διαγράμματα παρατηρούμε ότι υπάρχει μια μεγάλη μείωση αστοχιών ανά έτος. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην αύξηση της αξιοπιστίας του δικτύου Χ.Τ. με τον χρόνο (π.χ. αντικατάσταση παλαιών - συμβατικών εναέριων γραμμών γυμνών αγωγών με εναέρια καλώδια συνεστραμμένων αγωγών, υπογειοποίηση γραμμών κ.λπ.), με αποτέλεσμα η πιθανότητα εμφάνισης αστοχίας σε αυτό να μειώνεται αισθητά.



## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ – ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ**

Σε αυτό το τελευταίο κεφάλαιο της συγκεκριμένης εργασίας γίνεται μια ανακεφαλαίωση όλων όσων έχουν καταγραφεί στα προηγούμενα κεφάλαια και πιο συγκεκριμένα, με την βοήθεια των στοιχείων του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. για την τριετία 2018-2020, παρουσιάζεται η εξέλιξη του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή της Πάτρας παίρνοντας υπόψη και τα στοιχεία που αντλήθηκαν από την μεταπτυχιακή εργασία του κ. Θεοφάνη Αραβανή. Τα στοιχεία αυτά είναι παρόμοιου περιεχομένου αλλά για τη χρονική περίοδο 2004-2012.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία έγινε εκτενής αναφορά στις αστοχίες του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και πώς αυτά τα σφάλματα έκαναν τη ζωή των καταναλωτών δύσκολη, παρουσιάζοντας μάλιστα και πραγματικά καταγεγραμμένα γεγονότα. Οι αστοχίες αυτές χωρίστηκαν σε πέντε μεγάλες κατηγορίες με κύριους υπαίτιους τα ζώα (πτηνά, ερπετά, τρωκτικά, θηλαστικά, έντομα) και τους κεραυνούς. Αναλύθηκαν επίσης αστοχίες λόγω βραχυκυκλωμάτων ή υπερφόρτωσης αλλά και αστοχίες που προήλθαν από ανθρώπινα λάθη.

Όλα τα παραπάνω όμως όσο και αν ανατρέξαμε σε πραγματικά άρθρα και πληροφορίες που εντοπίσαμε κυρίως στο διαδίκτυο, δεν αρκούσαν για να κάνουν τον αναγνώστη της εργασίας να καταλάβει ακριβώς το πόσο συχνά συμβαίνουν αυτά γύρω μας καθημερινά. Έτσι απευθυνθήκαμε στον διαχειριστή του ελληνικού δικτύου διανομής τον Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. και αιτηθήκαμε να μας κοινοποιήσει στοιχεία που έχουν καταγράψει οι τεχνικοί του για βλάβες μέσης και χαμηλής τάσης την περασμένη τριετία 2018-2020. Τελικά μετά από μια εκτενή διαδικασία τα στοιχεία έφτασαν στα χέρια μας και αναλύθηκαν εκτενώς στο έκτο κεφάλαιο της εργασίας. Εκεί φαίνεται ξεκάθαρα πως οι κατηγορίες σφαλμάτων που αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια είναι πρωταγωνιστές και στα στοιχεία του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. της τριετίας 2018-2020 αλλά και στα στοιχεία της οκταετίας 2004-2012. Στη συνέχεια της σύγκρισης των στοιχείων αυτών των δύο χρονικών περιόδων παρατηρήθηκε μια αρκετά μεγάλη διαφορά σε σχέση με την κλίμακα βλάβης (εκτεταμένη – μη εκτεταμένη βλάβη). Παρατηρήθηκε λοιπόν πως σε σχέση με την παλαιότερη περίοδο 2004-2012 που η εκτεταμένη βλάβη ήταν 25% των σφαλμάτων, την τριετία 2018-2020 έχει σχεδόν απαλειφθεί η εκτεταμένη βλάβη, γεγονός που δηλώνει ότι οι τεχνικοί έχουν αναβαθμίσει σε μεγάλο βαθμό το δίκτυο. Επίσης εντύπωση κάνει και η μείωση δέκα μονάδων σε ποσοστό επί της εκατό σε αστοχίες από κακοκαιρία τις δύο αυτές περιόδους, που φαίνεται εκ νέου η αντοχή του δικτύου σε σχέση με παλαιότερα έτη. Τα περισσότερα από τα υπόλοιπα ποσοστά είναι κατά γενική ομολογία ίδια με πολύ μικρές διαφορές. Η τελευταία διαφορά που είναι άξια αναφοράς είναι ο αριθμός των σφαλμάτων-αστοχιών που έχει μειωθεί κατά πολύ και στις βλάβες μέσης τάσης αλλά και στις βλάβες χαμηλής τάσης της τελευταία τριετίας από τις καταγεγραμμένες βλάβες της οκταετίας 2004-2012. Ακόμα μία ένδειξη της ενίσχυσης του δικτύου τα τελευταία χρόνια.

Για να διορθωθούν τα σφάλματα και το δίκτυο ηλεκτροδότησης να αναβαθμιστεί πρέπει όμως οι τεχνικοί και οι εταιρίες που είναι υπεύθυνες να βρουν τρόπους αντιμετώπισης και λύσεις. Τα στοιχεία όπως είπαμε και πιο πάνω δείχνουν πως οι λύσεις αυτές σε κάποιο βαθμό έχουν βρεθεί και φέρνουν αποτελέσματα. Οι λύσεις αυτές είναι πολλές και έχουν στόχο την πρόληψη κυρίως.

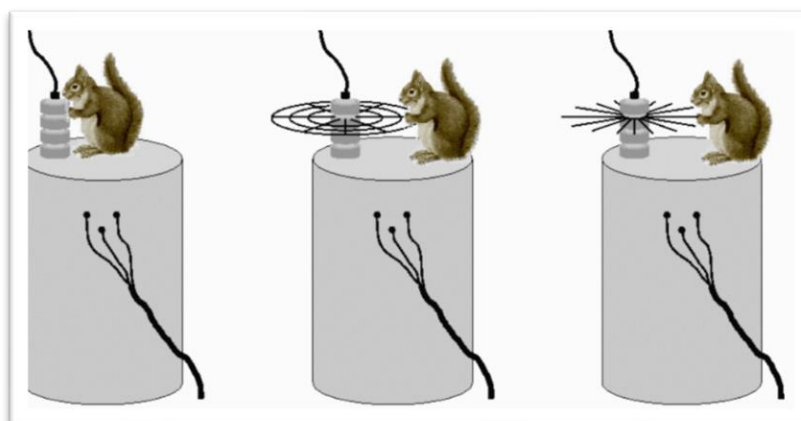
Πρώτα από όλα που έρχεται και στο μυαλό των περισσότερων είναι τα αλεξικέραυνα, μια συσκευή που τοποθετείται σε ψηλά σημεία για να προστατεύει τα κτίρια από τους κεραυνούς [1] . Λειτουργεί ως αγωγός και μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα του κεραυνού στο έδαφος, ώστε να αποφεύγεται η κεραυνοπληξία, βλέπε εικόνα 7.1.



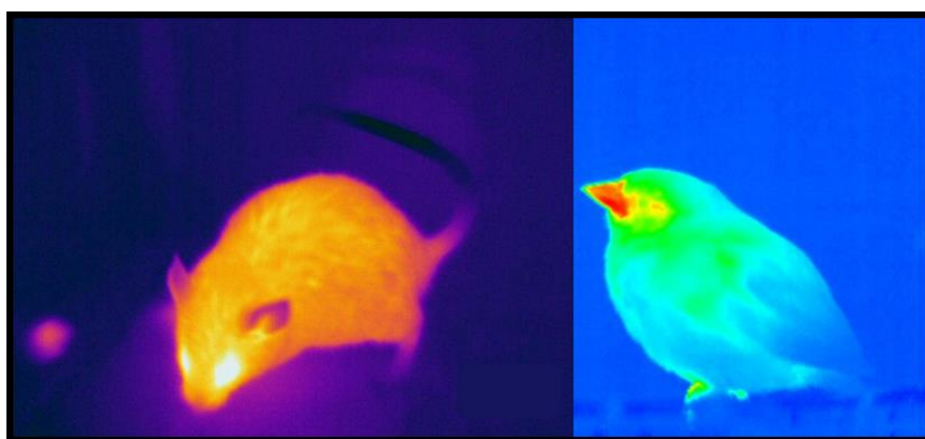
**Εικόνα 7.1** : Αλεξικέραυνο τοποθετημένο στην σκεπή ενός κτηρίου. [1]

Τα ειδικά προστατευτικά που τοποθετούνται σε κομμάτια του εξοπλισμού του δικτύου που εμποδίζουν ζώα να εισβάλουν για τα «φάνε» κάτι ή για να χτύσουν φωλιές κλπ, βλέπε εικόνα 7.2. Τέτοια παραδείγματα κατασκευών μπορεί να είναι πλέγματα γύρω από μετασχηματιστές ή καλώδια, επίσης πλέγματα πάνω σε κολώνες αλλά και ειδικά υλικά τα οποία θα εμποδίζουν τα ζώα να πλησιάσουν λόγω τις περιέργης μυρωδιάς τους. Σημαντικό ρόλο παίζουν και τα θερμογραφικά συστήματα (εικόνα 7.3) τα οποία είναι υπεύθυνα για τον περιορισμό των ζώων που εισβάλουν σε έναν υποσταθμό ή γενικά σε έναν χώρο ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Λύση που θα εμποδίζει τα ζώα να δημιουργήσουν προβλήματα και καταστροφές.





**Εικόνα 7.2 :** Ειδικό προστατευτικό που εμποδίζει τρωκτικά να πλησιάσουν τα καλώδια. [11]



**Εικόνα 7.3 :** Θερμογραφικό σύστημα που καταγράφει την εισβολή ζώων.

Υπεύθυνοι όμως στο να μη συμβεί κάποια αστοχία στο δίκτυο είναι και ο κάθε καταναλωτής με τη σειρά του. Για παράδειγμα αν ο καθένας προσέχει να μην υπερφορτώνει τη δική του ηλεκτρολογική εγκατάσταση, βάζοντας λιγότερες συσκευές σε κάθε πρίζα του σπιτιού αλλά και ελαχιστοποιώντας τη χρήση συσκευών για να δροσιστεί ή να ζεσταθεί τους ζεστούς ή κρύους μήνες αντίστοιχα, θα ήταν μια καλή αρχή για να παραμείνει το κάθε δίκτυο σε καλή λειτουργία και να μην προκληθούν περαιτέρω προβλήματα.

Τέλος και ίσως το πιο σημαντικό από όλα είναι η σωστή και έγκυρη συντήρηση του εξοπλισμού του δικτύου ηλεκτροδότησης από τον υπεύθυνο διαχειριστή ώστε να προλάβουν οι τεχνικοί κάποια αστοχία που έχει ξεκινήσει από κάποια φθορά αλλά και αντικατάσταση παλαιών αντικειμένων που μπορεί να μην είναι ικανά να ανταπεξέλθουν στην σημερινή, άκρως απαιτητική, ζήτηση που υπάρχει.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] <http://www.elemko.gr/Documents/arresters.asp>
- [2] <https://illustrationprize.com/>
- [3] <https://energypress.gr/>
- [4] <https://el.wikipedia.org/wiki>
- [5] <https://www.admie.gr/systema/perigrafi/basika-stoixeia>
- [6] <https://energypress.gr/news/i-istoria-tis-ilektrikis-energeias-stin-ellada-0>
- [7] <https://left.gr/news/istoriki-anadromi-o-ilektrismos-stin-ellada>
- [8] <https://kozani.tv/index.php>
- [9] <https://mysalonika.gr/deddie-ti-symveni-tis-vlaves-sto-diktyo-dianomis-ilektrodosis-apantisi-sta-dimosievματα/>
- [10] <https://www.dei.gr/Images/new.pdf>
- [11] <https://electrical-engineering-portal.com/animals-interruptions-electric-utilities>
- [12] <https://coolweb.gr/poulia-ilektropliksia-kathontai-kalodia-dei/>
- [13] <https://www.realtree.com>
- [14] <https://www.protothema.gr/world/article/1132441/deite-video-arkouda-skarfalose-se-kolona-parohis-reumatos-gia-na-xekourastei-prokalodas-black-out-15-lepton/>
- [15] <https://crushtymks.com/>
- [16] <https://fysikafysikh.wordpress.com/2014/10/03/>
- [17] <https://agrinioreport.com>
- [18] [https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical\\_disruptions\\_caused\\_by\\_squirrels](https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_disruptions_caused_by_squirrels)
- [19] <https://cybersquirrel1.com/>
- [20] <https://nitter.nixnet.services/CyberSquirrel1>
- [21] <https://www.sciencedirect.com/science/article>
- [22] <https://tannelectric.com/bug-infestation-electrical-outlets-kansas-city/>

- [23] <https://nelsoncomfort.com>
- [24] <http://cpwv.org/2010/06/15/benjamin-franklin-flies-a-kite/>
- [25] <http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle>
- [26] <https://www.alfavita.gr/>
- [27] <http://www.enia.gr/>
- [28] [http://ikee.lib.auth.gr/record/328584/files,](http://ikee.lib.auth.gr/record/328584/files)
- [29] <https://www.greenoliver.gr/keraynoi-kai-prostasia-sti-fysi/>
- [30] <https://geology.com/articles/lightning-map.shtml>
- [31] <https://www.meteo.gr>
- [32] <http://www.elemko.gr/Documents/arresters.asp>
- [33] <https://www.douleutaras.gr>
- [34] <https://wd40.gr>
- [35] <http://okeanis.lib.puas.gr/>
- [36] <https://www.deddie.gr/Documents.Maniatakion.pdf>
- [37] <https://www.in.gr/2021/10/05>
- [38] <https://illustrationprize.com/>
- [39] <https://www.thespruce.com>
- [40] <https://www.nationalgeographic.com>
- [41] <https://www.flash.gr>
- [42] <https://www.naftemporiki.gr>
- [43] <https://www.tovima.gr>
- [44] <https://www.kathimerini.gr>
- [45] <https://www.vox.com/recode/2021>
- [46] <https://www.newswise.com>
- [47] <https://www.energja.gr>
- [48] <https://www.euro2day.gr>
- [49] <https://link.springer.com>

- [50] <https://crushtymks.com/>
- [51] <https://www.google.com/search?q=electrical+power+damage+birds&hl=>
- [52] <https://www-electricalterminology-com>
- [53] <https://www-duquesnelight-com>
- [54] <https://www.flash.gr>
- [55] <https://www.google.gr/imghp>
- [56] <https://www.newsbreak.gr/>
- [57] <https://www.tovima.gr/>
- [58] <https://www.iefimerida.gr/ellada/kriti-fotia-se-nipiagogeio-egine-brahykykloma>
- [59] <https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/eurometaximatistes-prokalese-tin-pirkagia-sto-oukraniko-piriniko-ergostasio/>
- [60] <https://www.protothema.gr>
- [61] <https://www.athensvoice.gr/>
- [62] <https://www.protothema.gr>
- [63] <https://www.iefimerida.gr>
- [64] Μεταπτυχιακή εργασία, Θεοφάνης Αραβανής, « Διερεύνηση της επίδρασης των κεραυνικών υπερτάσεων στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας», Αθήνα, Μάιος 2014
- [65] Σπυρίδων Ι. Λουτρίδης, «Ηλεκτροτεχνία για μηχανολόγους», Εκδόσεις Ίων, Λάρισα 2011
- [66] Παύλος Σ. Γεωργιλάκης, «Σύγχρονα Συστήματα Μεταφοράς και Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας», Αθήνα 2015
- [67] Ντοκόπουλος Πέτρος, «Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών μέσης και χαμηλής τάσης», Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 1992
- [68] Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε.) <https://deddie.gr/>