

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1587**

**ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ  
ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ R-250  
ΠΟΥ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΣΤΟ  
ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΑΝΔΡΟΥ**

**ΖΑΧΑΡΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

**ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2016**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

---

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιείται η μηχανολογική μελέτη της εναέριας γραμμής μεταφοράς μέσης τάσης R-250 που βρίσκεται εγκατεστημένη στο νησί της Άνδρου. Η γραμμή μελετάται για ελαφριά επιφόρτιση και περιλαμβάνει 19 στύλους με αγωγό 3 x 95 CU. Οι δυνάμεις που καταπονούν τους αγωγούς και τους στύλους είναι τα εγκάρσια φορτία που οφείλονται στην ταλάντωση των αγωγών από τον άνεμο και τα κατακόρυφα φορτία που οφείλονται τόσο στο ίδιο βάρος των αγωγών, όσο και στο επιπρόσθετο βάρος που μπορεί να έχουν κατά τους χειμερινούς μήνες από τη δημιουργία πάγου περιμετρικά τους. Οι κλιματολογικές συνθήκες επίσης επηρεάζουν μια μελέτη και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη (για παράδειγμα σε νησιωτικές περιοχές πρέπει να ληφθούν υπόψη οι άνεμοι μεγάλης έντασης και σε ορεινές περιοχές οι σφοδρές χιονοπτώσεις)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιείται η μηχανολογική μελέτη της εναέριας γραμμής μεταφοράς μέσης τάσης R-250 που βρίσκεται εγκατεστημένη στο νησί της Άνδρου. Η γραμμή μελετάται για ελαφριά επιφόρτιση και περιλαμβάνει 19 στύλους με αγωγό 3 x 95 CU.

Αρχικά στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται λόγος για τη δομή των δικτύων διανομής στην Ελλάδα και παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μηχανολογική μελέτη των εναέριων δικτύων και καθορίζουν την κατασκευή μιας γραμμής, όπως οι δυνάμεις που καταπονούν τους αγωγούς και τους στύλους σε συνδυασμό με τις κλιματολογικές συνθήκες. Οι δυνάμεις που καταπονούν τους αγωγούς και τους στύλους είναι τα εγκάρσια φορτία που οφείλονται στην ταλάντωση των αγωγών από τον άνεμο και τα κατακόρυφα φορτία που οφείλονται τόσο στο ίδιο βάρος των αγωγών, όσο και στο επιπρόσθετο βάρος που μπορεί να έχουν κατά τους χειμερινούς μήνες από τη δημιουργία πάγου περιμετρικά τους. Οι κλιματολογικές συνθήκες επίσης επηρεάζουν μια μελέτη και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη (για παράδειγμα σε νησιωτικές περιοχές πρέπει να ληφθούν υπόψη οι άνεμοι μεγάλης έντασης και σε ορεινές περιοχές οι σφοδρές χιονοπτώσεις)

Τέλος στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η μελέτη. Καθορίζεται ο τύπος κάθε στύλου με βάση τα κατακόρυφα και τα εγκάρσια φορτία που τον καταπονούν, λαμβανομένης υπόψη πάντοτε της απόστασης μεταξύ κάθε στύλου από τον προηγούμενο και τον επόμενό του. Λαμβάνεται επίσης υπόψη αν πρόκειται για στύλο ευθυγραμμίας, γωνίας ή τερματικό καθώς από το είδος αυτό εξαρτάται η τοποθέτηση επιτόνου επί του στύλου. Τέλος μελετώνται και οι κατασκευές κορυφής (τραβέρσες) σε έναν στύλο ευθυγραμμίας, έναν τερματικό και έναν στύλο που έχει επίτονο

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	<b>I</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>II</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>5</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> .....	<b>7</b>
1.1. Γενικά .....	7
1.2. Μορφή του δικτύου διανομής ΜΤ .....	8
1.2.1. Ακτινικό δίκτυο διανομής .....	9
1.2.2. Βροχοειδές δίκτυο διανομής.....	10
1.2.3. Αραχνοειδές δίκτυο διανομής .....	12
1.2.4. Ατρακτοειδές δίκτυο διανομής .....	14
1.2.5. Δίκτυο μικρών βρόχων .....	15
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΝΑΕΡΙΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ</b> .....	<b>16</b>
2.1. Μηχανική επιφόρτιση .....	16
2.1.1. Ελαφρά επιφόρτιση .....	16
2.1.2. Μέση ή κανονική επιφόρτιση.....	16
2.1.3. Βαριά επιφόρτιση .....	17
2.1.4. Υπερβάρια επιφόρτιση.....	17
2.1.5. EB/20 επιφόρτιση .....	17
2.1.6. EB/40 επιφόρτιση .....	17
2.1.7. EB/60 επιφόρτιση .....	18
2.2. Δυνάμεις που καταπονούν τους αγωγούς.....	18
2.2.1. Κατακόρυφη επιφόρτιση $W_K$ (Dan/m). .....	18
2.2.2. Εγκάρσια επιφόρτιση $W_E$ (Dan/m).....	20
2.2.3. Ολική ή πλήρης επιφόρτιση $W$ (Dan/m). .....	21
2.3. Δύναμη τάνυσης αγωγών .....	22
2.4. Βασικό άνοιγμα .....	24
2.4.1. Οριακές συνθήκες.....	24
2.5. Εξίσωση της καμπύλης του αγωγού .....	25
2.6. Μέγιστη εφελκυστική δύναμη που καταπονεί τον αγωγό (έλεγχος αντοχής αγωγού) .....	26
2.6.1. Μηχανική αντοχή ξύλινων στύλων. ....	26
2.6.2. Πλεονεκτήματα ξύλινων στύλων.....	27
2.6.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά ξύλινων στύλων.....	28
2.6.4. Κλάσεις κατασκευής.....	29
2.7. Δυνάμεις που καταπονούν τους στύλους .....	30
2.7.1. Κατακόρυφο φορτίο $G$ που οφείλεται στο βάρος του αγωγού και την τάνυση.....	30
2.7.2. Εγκάρσιο φορτίο που οφείλεται στον άνεμο $Q$ .....	31
2.7.3. Αξονικό φορτίο επί του στύλου που οφείλεται στον επίτονο ή αντιρίδα $P$ .....	33
2.7.4. Συντελεστές ασφαλείας.....	34
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ R 250 από 0-21</b> .....	<b>35</b>
3.1 Υπολογισμός Εγκάρσιων φορτίων .....	35
3.1.1 ΣΤΥΛΟΣ 0 – Κατασκευασμένος.....	35
3.1.2 ΣΤΥΛΟΣ 1: Έστω στύλος 1:12m και $B \cdot \Theta = 1.8m$ .....	36

3.1.3	ΣΤΥΛΟΙ 2,3,4.....	38
3.1.4	ΣΤΥΛΟΙ 5,6,7,8.....	40
3.1.5	ΣΤΥΛΟΙ 9,10,11,12 .....	43
3.1.6	ΣΤΥΛΟΙ 12,13,14,15,16.....	47
3.2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ .....	52
3.2.1	ΣΤΥΛΟΣ 1 .....	52
3.2.2	ΣΤΥΛΟΣ 2 .....	53
3.2.3	ΣΤΥΛΟΣ 3 .....	53
3.2.4	ΣΤΥΛΟΣ 4 .....	54
3.2.5	ΣΤΥΛΟΣ 5 .....	54
3.2.6	ΣΤΥΛΟΣ 6 .....	55
3.2.7	ΣΤΥΛΟΣ 7 .....	55
3.2.8	ΣΤΥΛΟΣ 8 .....	55
3.2.9	ΣΤΥΛΟΣ 9 .....	55
3.2.10	ΣΤΥΛΟΣ 10.....	55
3.2.11	ΣΤΥΛΟΣ 11 .....	56
3.2.12	ΣΤΥΛΟΣ 12.....	56
3.2.13	ΣΤΥΛΟΣ 13 .....	57
3.2.14	ΣΤΥΛΟΣ 14.....	57
3.2.15	ΣΤΥΛΟΣ 15.....	58
3.2.16	ΣΤΥΛΟΣ 16.....	59
3.2.17	ΣΤΥΛΟΣ 17.....	59
3.2.18	ΣΤΥΛΟΣ 18.....	60
3.2.19	ΣΤΥΛΟΣ 19.....	60
3.3	Υπολογισμός τραβέρσας .....	61
3.3.1	Υπολογισμός τραβέρσας στο στύλο 4.....	61
3.3.2	Υπολογισμός τραβέρσας στο στύλο 3.....	62
3.3.3	Υπολογισμός τραβέρσας στο στύλο 19.....	62
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>67</b>

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η δυνατότητα μεταφοράς της σε μεγάλες αποστάσεις με μικρές απώλειες. Η μεταφορά είναι απαραίτητη λόγω των μεγάλων αποστάσεων μεταξύ των ενεργειακών κέντρων παραγωγής (υδροηλεκτρικοί σταθμοί, ατμοηλεκτρικοί σταθμοί, αιολικά πάρκα, σταθμοί diesel) και των μεγάλων κέντρων ηλεκτρικής κατανάλωσης (μεγάλες πόλεις, βιομηχανικά συγκροτήματα).

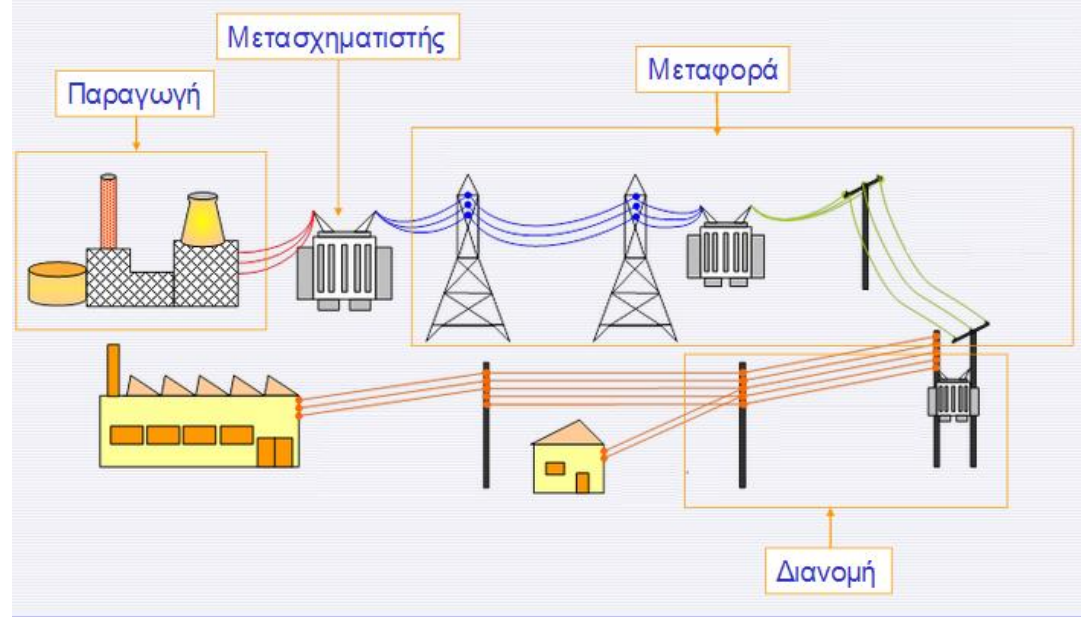
Για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από τα σημεία παραγωγής στα σημεία κατανάλωσης χρησιμοποιούνται οι ηλεκτρικές γραμμές μεταφοράς, το μήκος των οποίων μπορεί να φτάσει μέχρι μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα. Οι γραμμές αυτές εκτός από την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται και για την πολλαπλή σύνδεση των σταθμών παραγωγής με τις καταναλώσεις, ώστε σε περίπτωση που κάποιες μονάδες δεν λειτουργούν (βλάβη, προγραμματισμένη συντήρηση, έλλειψη καυσίμου) οι άλλες μονάδες του δικτύου να καλύπτουν τη ζήτηση ενέργειας.

Οι γραμμές μεταφοράς δε μπορούν να τροφοδοτήσουν άμεσα τους καταναλωτές που χρησιμοποιούν χαμηλές τάσεις (230/400V) αλλά φθάνουν στους υποσταθμούς μεταφοράς όπου αρχίζουν οι γραμμές διανομής που καταλήγουν στους υποσταθμούς διανομής όπου γίνεται υποβιβασμός της τάσης στο επίπεδο των καταναλωτών χαμηλής τάσης. Η διάκριση μεταξύ των δύο τύπων δικτύων γίνεται από την περιοχή των τιμών της τάσης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι γραμμές μεταφοράς μαζί με τους υποσταθμούς και το τελικό σύστημα διανομής συνθέτουν το σύστημα μεταφοράς το οποίο θα πρέπει να πληροί κάποιες προϋποθέσεις, έτσι ώστε η λειτουργία του να θεωρείται επιτυχής. Οι προϋποθέσεις αυτές είναι οι εξής:

- § Το σύστημα μεταφοράς θα πρέπει να παρέχει σταθερή, ή σχεδόν σταθερή τάση, και οι τάσεις των φάσεων να βρίσκονται σε ισορροπία.
- § Το κύμα της τάσεως πρέπει να έχει ημιτονοειδή μορφή και η συχνότητα να είναι σταθερή.
- § Η αποδοτικότητα θα πρέπει να πλησιάζει την τιμή, η οποία συνεπάγεται ελάχιστο κόστος μεταφοράς.
- § Τέλος, η επίδραση του συστήματος μεταφοράς στις εγκαταστάσεις άλλων δικτύων όπως τηλεφωνικών, τηλεγραφικών ή ραδιοφωνικών, προκαλούμενη από ηλεκτρικές ή μαγνητικές παρεμβολές, θα πρέπει να περιορίζεται μεταξύ αποδεκτών ορίων.

## Δίκτυο Παροχής Ηλεκτρικής Ενέργειας



Σε αντίθεση με τις γραμμές μεταφοράς, οι οποίες μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες ισχύος, οι γραμμές διανομής μεταφέρουν μικρότερες ποσότητες ισχύος και συμβάλλουν στην διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές (βιομηχανίες, κατοικίες κλπ.) Το δίκτυο Διανομής, περιλαμβάνει:

- § το δίκτυο διανομής μέσης τάσης (20kV) που μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια από τους υποσταθμούς μεταφοράς στους υποσταθμούς διανομής.
- § το δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης (220/380V) που μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια από τους υποσταθμούς διανομής στους καταναλωτές.

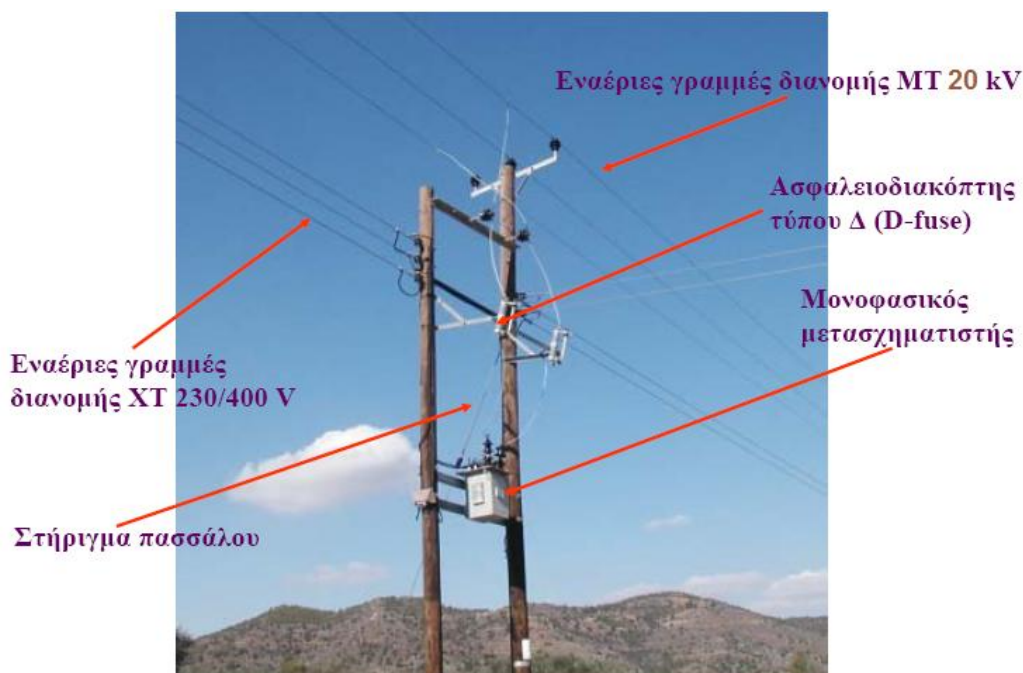
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 1.1. Γενικά

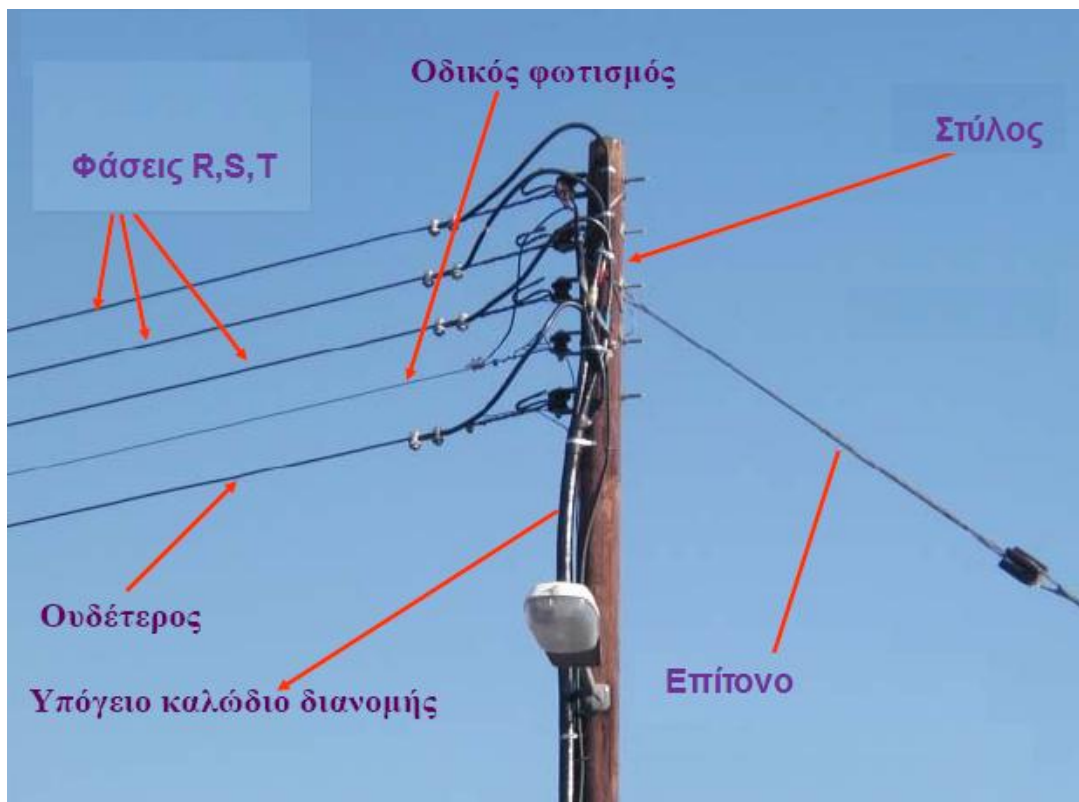
Οι γραμμές μεταφοράς δεν τροφοδοτούν άμεσα τους καταναλωτές που χρησιμοποιούν χαμηλές τάσεις (230/400 V), αλλά φθάνουν μέχρι τους υποσταθμούς μεταφοράς όπου γίνεται υποβιβασμός της τάσης του δικτύου. Από τους υποσταθμούς ξεκινούν οι γραμμές διανομής που καταλήγουν στους υποσταθμούς διανομής, όπου γίνεται υποβιβασμός της τάσης στην τάση που χρησιμοποιούν οι καταναλωτές χαμηλής τάσης. Το δίκτυο διανομής είναι το μεγαλύτερο σύστημα σε συνολικό μήκος αγωγών. Τα δίκτυα διανομής φθάνουν μέχρι το μετρητή της παρεχόμενης στον καταναλωτή ενέργειας. Μετά το μετρητή αρχίζει η εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση που περιλαμβάνει το εσωτερικό δίκτυο διανομής και τις συσκευές κατανάλωσης.

Τα δίκτυα διανομής διακρίνονται ανάλογα με την τάση, σε δίκτυα υψηλής τάσης (35-150kV), δίκτυα μέσης τάσης (1-35kV) και δίκτυα χαμηλής τάσης (100-1000V). Στην Ελλάδα τα δίκτυα μέσης τάσης είναι 20kV (και 15kV).



Εικόνα 1: Μια γραμμή διανομής Μ.Τ. μαζί με μια γραμμή Χ.Τ.





**Εικόνα 2: Τερματικός στύλος γραμμής Χ.Τ.**

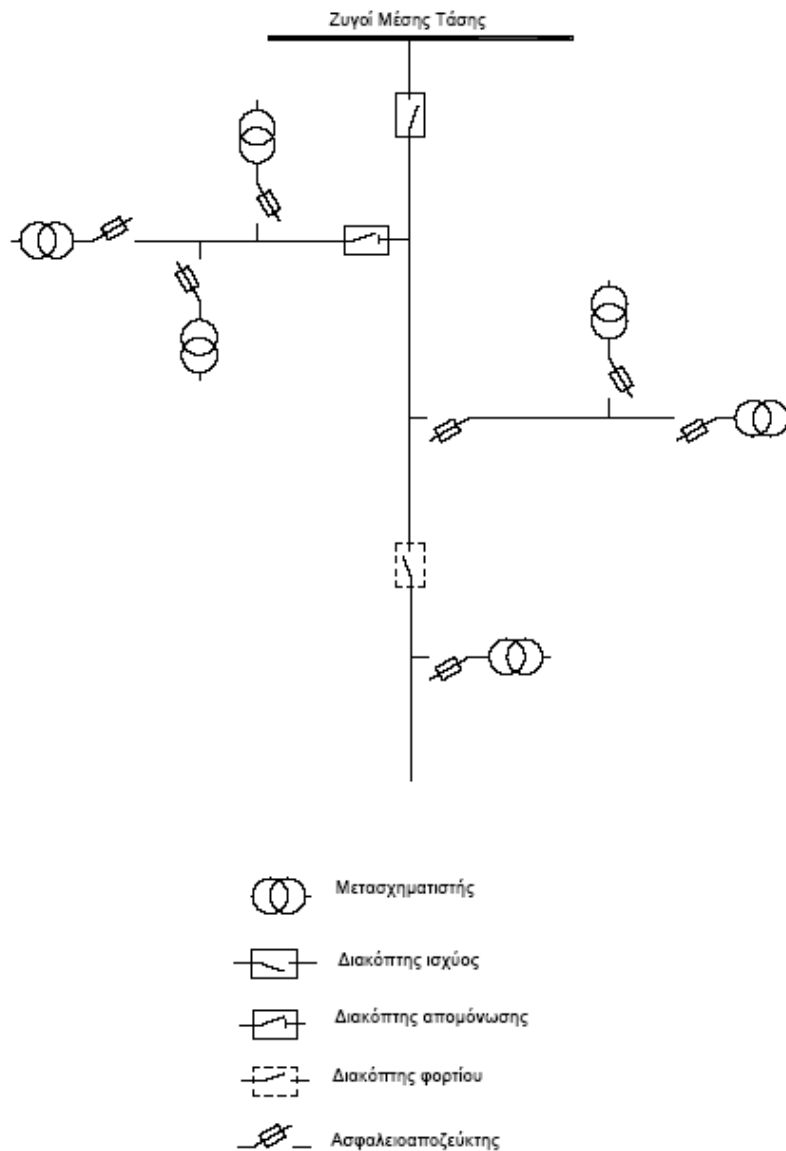
## **1.2. Μορφή του δικτύου διανομής ΜΤ**

Γενικά, τα συστήματα διανομής μέσης τάσης διακρίνονται σε πέντε βασικές κατηγορίες με άξονα διαχωρισμού τη δομή τους ή τον τρόπο εκμετάλλευσής τους. Αυτές είναι:

- § Ακτινικό
- § Βροχοειδές
- § Αραχνοειδές
- § Ατρακτοειδές
- § Μικρών βρόχων

### 1.2.1. Ακτινικό δίκτυο διανομής

Το σύστημα αυτό εφαρμόζεται συνήθως σε εναέρια δίκτυα που τροφοδοτούν περιοχές και φορτία που δεν απαιτούν υψηλό βαθμό αξιοπιστίας. Το σύστημα αποτελείται από μία κεντρική γραμμή, τον κορμό, με τις διακλαδώσεις του. Ο κορμός ελέγχεται από ένα διακόπτη ισχύος που εκτελεί αυτόματες επαναφορές. Οι διακλαδώσεις ελέγχονται από ασφαλειοαποζεύκτες και από διακόπτες απομόνωσης.



**Εικόνα 3: Ακτινικό δίκτυο διανομής**

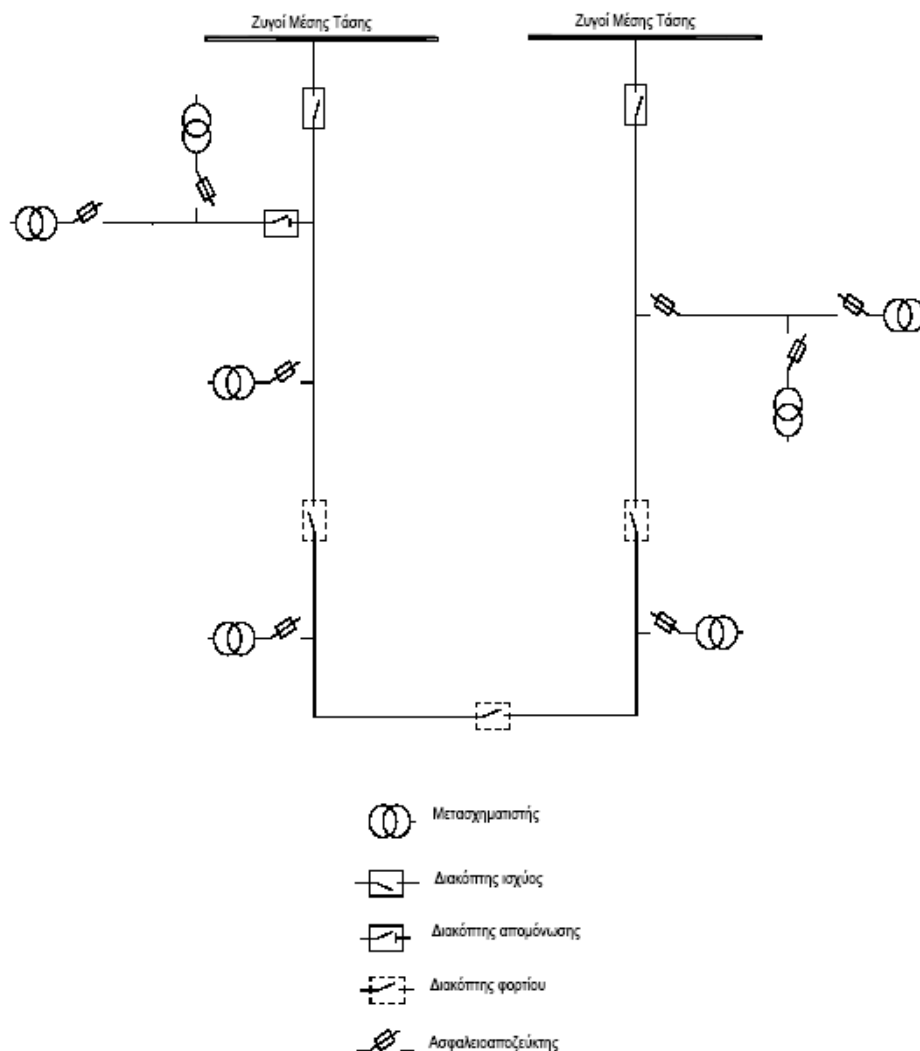
Σε ορισμένες περιπτώσεις τοποθετούνται στον κορμό διακόπτες αυτόματης επαναφοράς, προκειμένου να εξυπηρετηθούν λειτουργικές

ανάγκες του δικτύου ή να ελεγχθούν τα σφάλματα σε περιπτώσεις δικτύων με μεγάλα μήκη.

### 1.2.2. Βροχειδές δίκτυο διανομής

#### Εναέρια δίκτυα

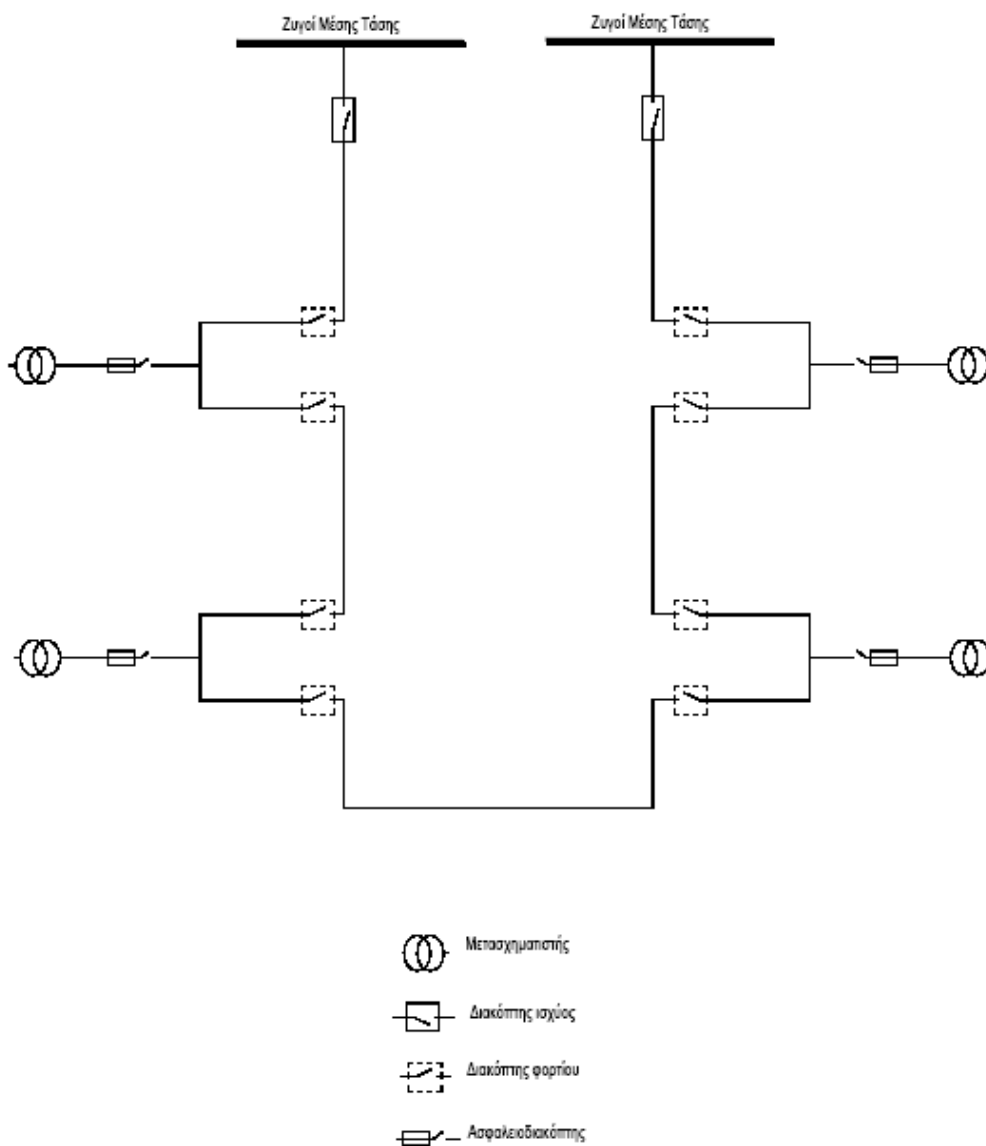
Το σύστημα αυτό είναι όμοιο με το ακτινικό με τη διαφορά ότι τροφοδοτείται από δύο σημεία του ίδιου ή διαφορετικού υποσταθμού (Υ/Σ). Η κεντρική γραμμή διαχωρίζεται από διακόπτη φορτίου ή τριπολικό αποζεύκτη



**Εικόνα 4: Εναέριο βροχειδές δίκτυο διανομής**

## Υπόγεια δίκτυα

Σε αυτό το σύστημα, ο βρόχος τροφοδοτείται από δύο διακόπτες που ανήκουν στον ίδιο ή σε διαφορετικούς Υ/Σ. Σε κάθε Υ/Σ διανομής υπάρχουν δύο διακόπτες φορτίου για τις αφίξεις των καλωδίων. Ο βρόχος παραμένει λειτουργικά ανοικτός σε ένα διακόπτη φορτίου των Υ/Σ διανομής. Για να αξιοποιηθεί ο βρόχος, κάθε αναχώρηση, πρέπει στην κανονική λειτουργία να φορτίζεται μέχρι το 50% της ικανότητάς της.

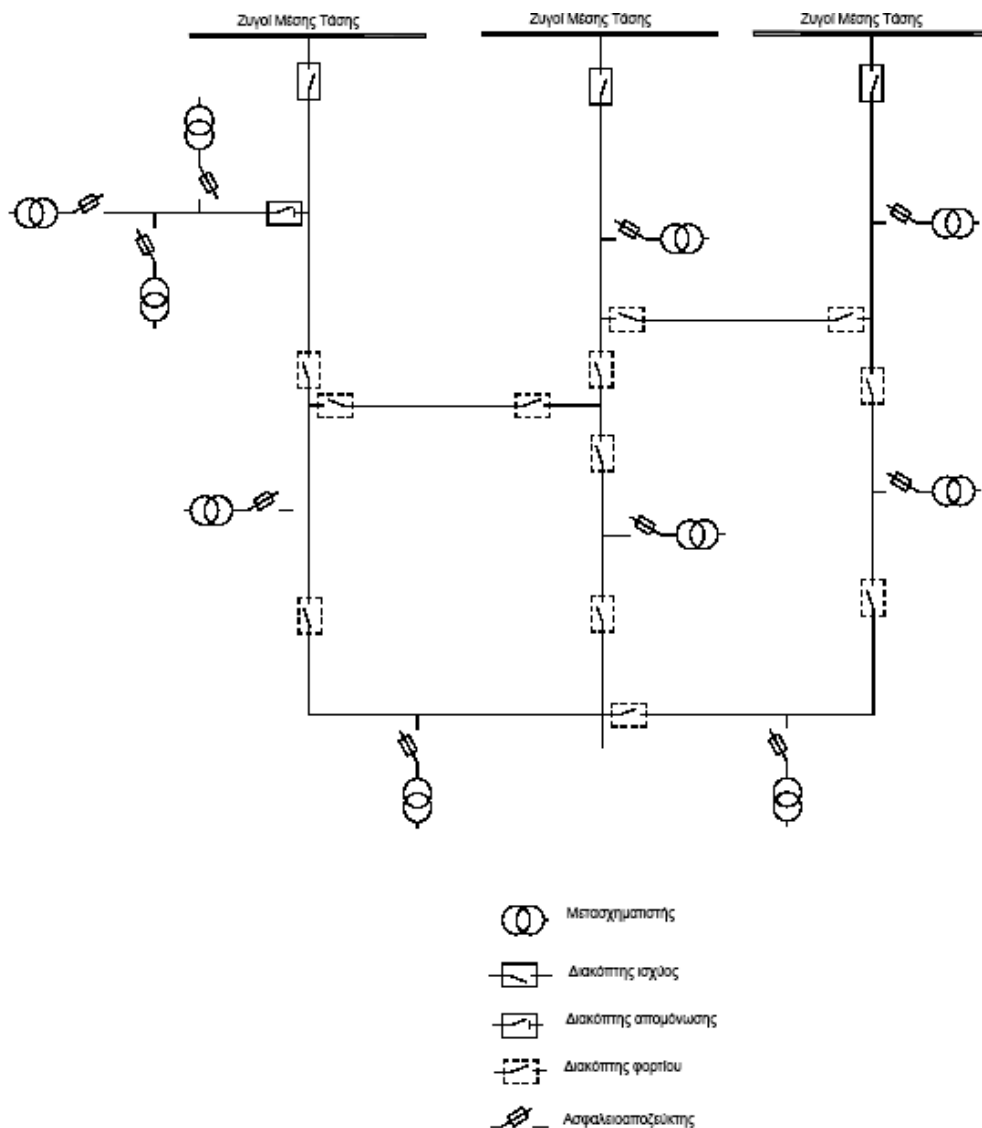


**Εικόνα 5: Υπόγειο βροχοειδές δίκτυο διανομής**

### 1.2.3. Αραχνοειδές δίκτυο διανομής

#### Εναέρια δίκτυα

Το σύστημα αυτό είναι στην ουσία βροχοειδές με τη διαφορά ότι οι συνεργαζόμενες γραμμές είναι τρεις και υπάρχουν πλευρικές συνδέσεις. Σε περίπτωση βλάβης μιας εκ των γραμμών, οι άλλες δύο αναλαμβάνουν την κάλυψη των φορτίων. Έτσι, κάθε αναχώρηση επιτρέπεται να φορτίζεται στην κανονική λειτουργία μέχρι το 66% της ικανότητάς της. Σε κατάλληλες θέσεις του δικτύου προβλέπονται ειδικοί διακόπτες φορτίου για τη μεταφορά φορτίων.

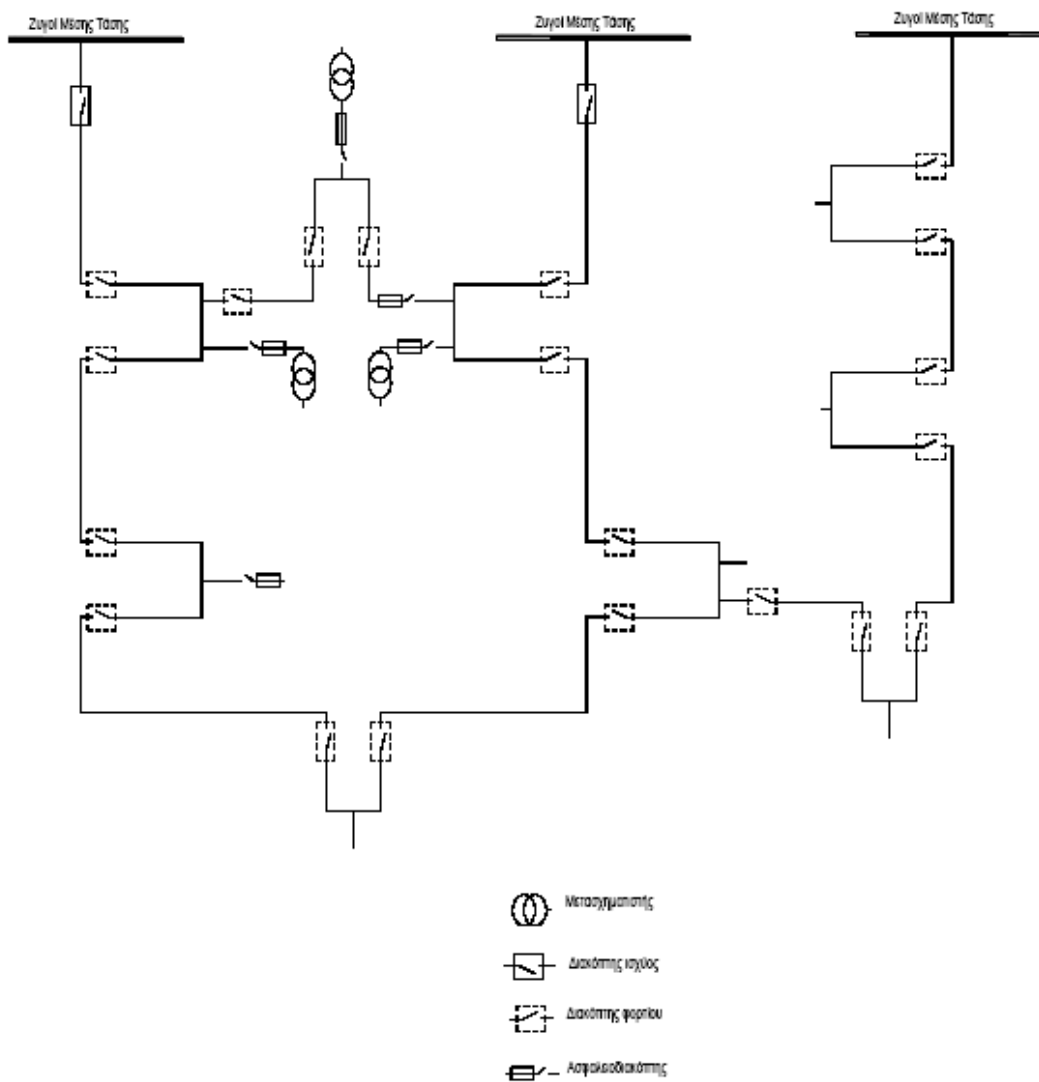


**Εικόνα 6: Εναέριο αραχνοειδές δίκτυο διανομής**

## Υπόγεια δίκτυα

Η βασική δομή του δικτύου είναι ίδια με αυτή των εναέριων δικτύων με τις παρακάτω διαφορές:

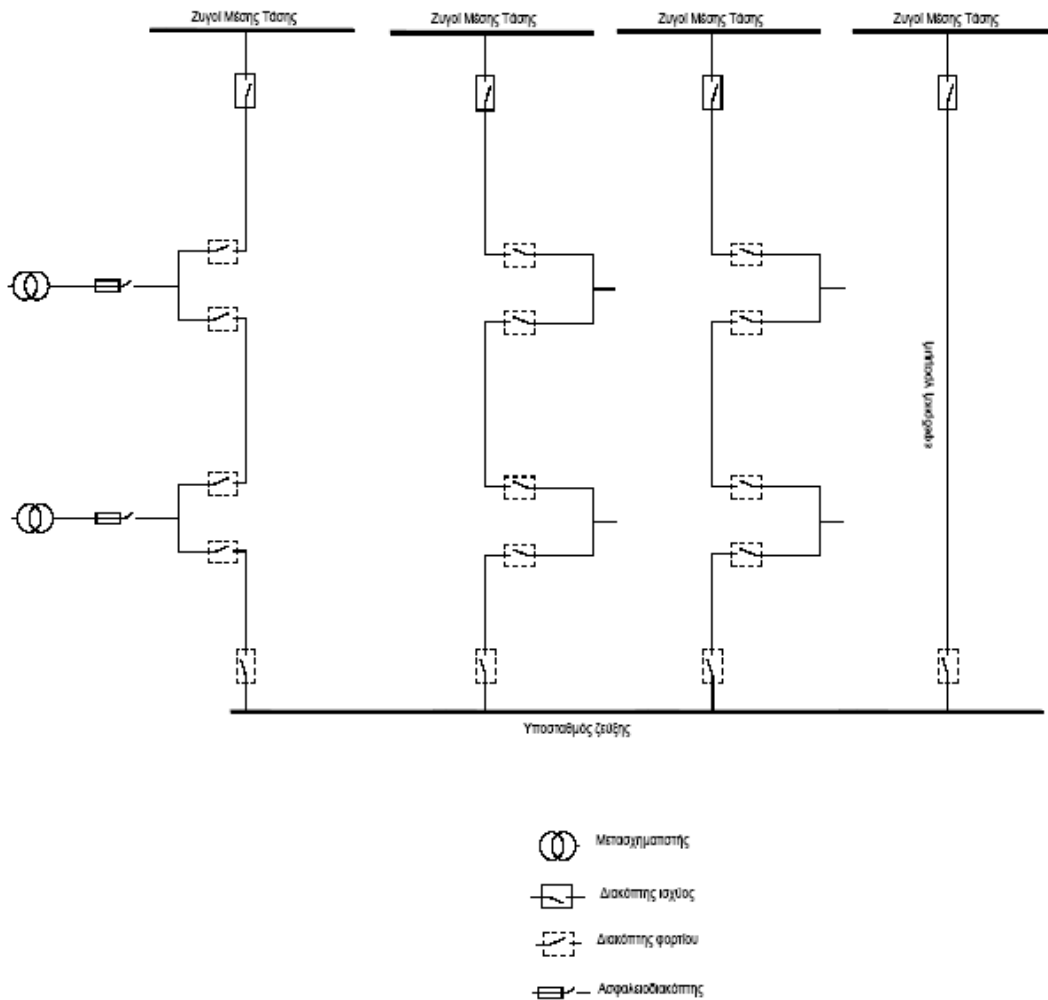
- Δεν πρέπει να γίνονται ακτινικές διακλαδώσεις για τροφοδοσία Υ/Σ. Όλοι οι Υ/Σ εντάσσονται στο βρόχο.
- Οι χειρισμοί για τη μεταφορά των φορτίων γίνονται με τη βοήθεια των διακοπών φορτίου των Υ/Σ.



**Εικόνα 7: Υπόγειο αραχνοειδές δίκτυο διανομής**

#### 1.2.4. Ατρακτοειδές δίκτυο διανομής

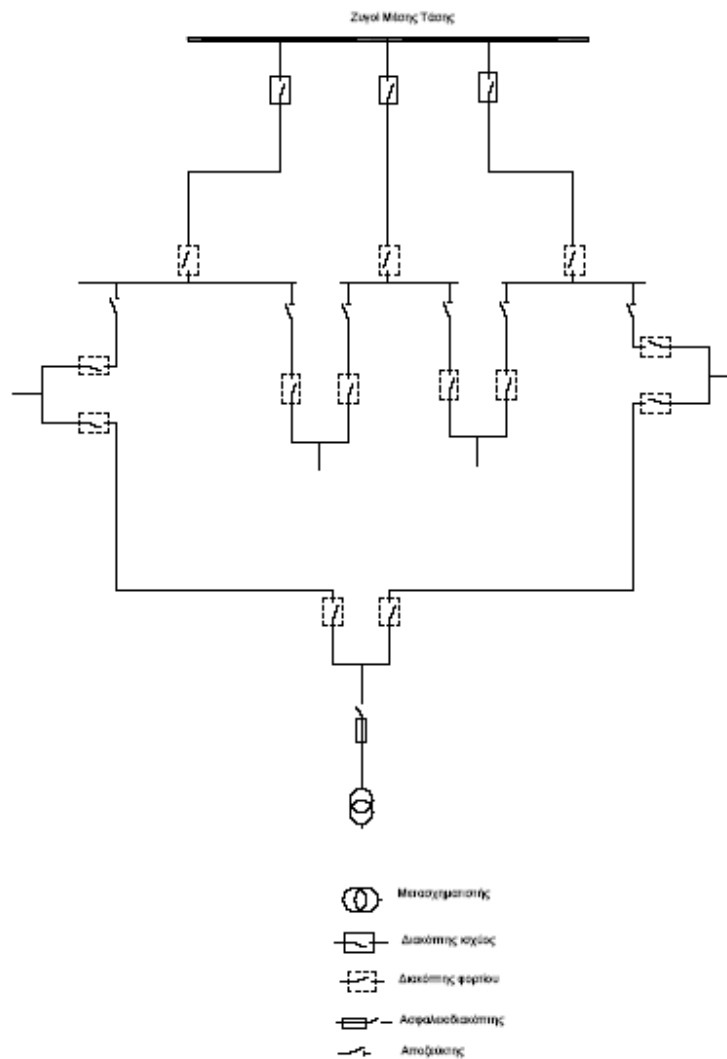
Το σύστημα αποτελείται από ομάδα γραμμών που αναχωρούν από τον Υ/Σ 150/20 kV και καταλήγουν σε ένα Υ/Σ ζεύξης. Μια από την ομάδα των γραμμών είναι εφεδρική και πρέπει να είναι απαλλαγμένη από φορτία για να μπορεί να παραλάβει όλα τα φορτία μίας εκ των άλλων γραμμών. Ο αριθμός των συνεργαζόμενων γραμμών συμπεριλαμβανομένης και της εφεδρικής δεν πρέπει να υπερβαίνει τις έξι (6) αλλιώς μειώνεται ο βαθμός αξιοπιστίας του συστήματος. Ο βαθμός χρησιμοποίησης των γραμμών είναι πολύ υψηλός και κυμαίνεται γύρω στο 80-85% της ικανότητάς τους. Το σύστημα εφαρμόζεται ως επί το πλείστον σε υπόγεια δίκτυα πόλεων.



Εικόνα 8: Ατρακτοειδές δίκτυο διανομής

### 1.2.5. Δίκτυο μικρών βρόχων

Στο σύστημα αυτό (Σχ. 1.7) κάθε κύρια γραμμή διαχωρίζεται σε δύο δευτερεύουσες, που σχηματίζουν βρόχο μεταξύ τους ή με δευτερεύουσες άλλης αναχώρησης. Οι βρόχοι μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με πλευρικές συνδέσεις. Το σύστημα παρέχει πολλές δυνατότητες επανατροφοδότησης τμημάτων με βλάβη ή σφάλμα. Οι γραμμές των βρόχων πρέπει να έχουν ικανότητα φόρτισης μέχρι το 50% των κυρίων γραμμών, πράγμα που επιτρέπει την ένταξη στο σύστημα παλαιών υφιστάμενων καλωδίων μικρότερης διατομής.



Εικόνα 9: Δίκτυο μικρών βρόχων



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΝΑΕΡΙΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί μια σωστή μηχανολογική μελέτη σε μια γραμμή διανομής θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω παράγοντες

- Μηχανική επιφόρτιση
- Δυνάμεις που καταπονούν τους αγωγούς
- Δύναμη τάνυσης αγωγών
- Βασικό άνοιγμα
- Εξίσωση της καμπύλης του αγωγού
- Μέγιστη εφελκυστική δύναμη που καταπονεί τον αγωγό (έλεγχος αντοχής αγωγού)
- Δυνάμεις που καταπονούν τους στύλους

#### 2.1. Μηχανική επιφόρτιση

Εκτός της «ΕΛΑΦΡΑΣ» επιφόρτισης που τα κριτήρια είναι γεωγραφικά, για τις άλλες δεν υπάρχουν κριτήρια απολύτως διακριτά και η επιλογή τους εξαρτάται από τον εκάστοτε μελετητή

##### 2.1.1. Ελαφρά επιφόρτιση

Πρέπει να εφαρμόζεται στην αιγιάλεια ζώνη και στην πεδινή ενδοχώρα με μέγιστο υψόμετρο τα 300 μέτρα.

- Πάχος πάγου κατά ακτίνα  $t = 0 \text{ mm}$ .
- Οριζόντια πίεση ανέμου  $p = 44 \text{ Dan/mm}^2$ .
- Σταθερή προσαύξηση  $St = 0.075 \text{ Dan/m}$ .

##### 2.1.2. Μέση ή κανονική επιφόρτιση

Εφαρμόζεται σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις που δεν έχουν καιρικές ιδιαιτερότητες

- Ελάχιστη θερμοκρασία  $- 10^{\circ}\text{C}$ .
- Πάχος πάγου κατά την ακτίνα  $t = 6.5 \text{ mm}$ .
- Οριζόντια πίεση ανέμου  $p = 20 \text{ dam}^2$ .
- Σταθερή προσαύξηση  $St = 0.46 \text{ Dan/m}$ .

### **2.1.3. Βαριά επιφόρτιση**

Εφαρμόζεται σε περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες και μεγάλες χιονοπτώσεις.

- Ελάχιστη θερμοκρασία  $-20^{\circ}\text{C}$ .
- Πάχος πάγου κατά την ακτίνα  $t = 13\text{ mm}$ .
- Οριζόντια πίεση ανέμου  $p = 20\text{Dan/mm}^2$ .
- Σταθερή προσαύξηση  $St = 0.46\text{ Dan/m}$ .

### **2.1.4. Υπερβάρια επιφόρτιση**

Εφαρμόζεται μόνο για αγωγούς 35 και 95 ACSR, όπως και σε συνεστραμμένα καλώδια MT.

- Ελάχιστη θερμοκρασία  $-20^{\circ}\text{C}$ .
- Πάχος πάγου κατά την ακτίνα  $t = 25.4\text{ mm}$ .
- Οριζόντια πίεση ανέμου  $p = 20\text{ Dan/mm}^2$ .
- Σταθερή προσαύξηση  $St = 1\text{ Dan/m}$ .

### **2.1.5. EB/20 επιφόρτιση**

Πολύ δυσμενείς καιρικές συνθήκες με εξαιρετικά μεγάλες χιονοπτώσεις σε μεγάλα υψόμετρα. Εφαρμόζεται μόνο για αγωγούς 95 ACSR, όπως και σε συνεστραμμένα καλώδια MT. Συνήθως σε υψηλές κορυφές τοποθέτησης κεραιών τηλεφωνίας ή τηλεόρασης, χιονοδρομικά κέντρα κ.λπ. (Κλίμακες σχεδίασης μηκοτομής, οριζόντια 1: 2000, κατακόρυφα 1: 500).

- Ελάχιστη θερμοκρασία  $-20^{\circ}\text{C}$ .
- Πάχος πάγου κατά ακτίνα  $t = 75\text{mm}$ .
- Οριζόντια πίεση ανέμου  $p = 20\text{Dan/mm}^2$ .
- Σταθερή προσαύξηση  $St = 0\text{ Dan/m}$ .

### **2.1.6. EB/40 επιφόρτιση**

Πάρα πολύ δυσμενείς καιρικές συνθήκες με εξαιρετικά μεγάλες χιονοπτώσεις σε μεγάλα υψόμετρα. Εφαρμόζεται μόνο για αγωγούς 95 ACSR. (Κλίμακες σχεδίασης μηκοτομής, οριζόντια 1: 1000, κατακόρυφα 1: 500).

- Ελάχιστη θερμοκρασία  $-20^{\circ}\text{C}$ .
- Πάχος πάγου κατά ακτίνα  $t = 110\text{ mm}$ .
- Οριζόντια πίεση ανέμου  $p = 20\text{Dan/mm}^2$ .
- Σταθερή προσαύξηση  $St = 0\text{ Dan/m}$ .

### **2.1.7. EB/60 επιφόρτιση**

Συνθήκες ακόμη δυσμενέστερες και της EB/40 που η γραμμή με αγωγούς 95 ACSR είναι πολύ σημαντική (Κλίμακες σχεδίασης , οριζόντια 1: 1000 , κατακόρυφα 1 : 500).

- Ελάχιστη θερμοκρασία – 20° C.
- Πάχος πάγου κατά ακτίνα  $t = 140 \text{ mm}$ .
- Οριζόντια πίεση ανέμου  $p = 20 \text{ Dan/mm}^2$ .
- Σταθερή προσαύξηση  $St = 0 \text{ Dan/m}$ .

Αν ο μελετητής γνωρίζει από μακροχρόνιες παρατηρήσεις πως κάποιο τμήμα της γραμμής ενώ δεν βρίσκεται σε μεγάλο υψόμετρο υπόκειται σε μεγάλη επικάλυψη πάγου με δυνατούς ανέμους, μπορεί να το απομονώσει μηχανικά επιλέγοντας ισχυρότερη επιφόρτιση. Στα δίκτυα ΧΤ εφαρμογή έχουν μόνο οι επιφορτίσεις «ΕΛΑΦΡΑ», «ΜΕΣΗ», «ΒΑΡΙΑ».

## **2.2. Δυνάμεις που καταπονούν τους αγωγούς**

### **2.2.1. Κατακόρυφη επιφόρτιση $W_K$ (Dan/m).**

Γενικά η κατακόρυφη επιφόρτιση  $W_K = \text{βάρους αγωγού} + \text{βάρους πάγου}$  (ανά μέτρο αγωγού) =  $W_A + W_P$  (Dan/m). Το βάρος του αγωγού και η φαινόμενη εξωτερική διάμετρος μας δίνεται από τον Πίνακα 1 και τις στήλες 6<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> αντίστοιχα. Το βάρος του πάγου που έχει επικαθίσει περιμετρικά στον αγωγό (χιόνι που έγινε πάγος), το βρίσκουμε ως τη διαφορά του βάρους του εσωτερικού από τον εξωτερικό κύλινδρο. Στα συνεστραμμένα καλώδια ασφαλώς δεν πρόκειται περί κυλίνδρου αλλά απλουστεύουμε τους υπολογισμούς με την τυπική «φαινόμενη διάμετρο» της πλεξούδας.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΑΕΡΙΩΝ ΑΓΩΓΩΝ									
ΟΝΟΜ.	ΕΙΔΟΣ	ΑΡΙΘ.	ΔΙΑΜΕΤΡ.	ΠΡΑΓΜ.	ΕΞΩΤ.	ΦΟΡΤ.	ΜΕΤΡΟ	ΣΥΝΤ.	ΒΑΡΟΣ
ΔΙΑΤΟΜ.	ΑΓΩΓΩΝ	ΚΛΩΝ.	ΚΛΩΝ.	ΔΙΑΤΟΜ.	ΔΙΑΜ.	ΘΡΑΥΣ.	ΕΛΑΣΤ.	Θ. ΔΙΑΣΤ	ΑΓΩΓΩΝ
		n	d	q	D	F <sub>θ</sub>	E	α. 10 <sup>-4</sup>	WA
mm <sup>2</sup>			mm	mm <sup>2</sup>	mm	daN	daN/mm <sup>2</sup>	c <sup>-1</sup>	daN/m
16	ACSR	6 AL+1ST	2.32	29.59	6.96	950	8780	19	0.1022
35	ACSR	6 AL+1ST	3.44	65.06	10.32	2000	8780	19	0.2246
50	ACSR	6 AL+1ST	4.11	92.87	12.33	2800	8780	19	0.321
95	ACSR	26 AL+7ST	2.72/2.11	175.55	17.24	5650	8630	19.5	0.609
16	ACSR-R	3 AL+4 ST	3.44	65.06	10.32	4635	14150	13.45	0.372
35	AAAC	7	2.5	34.36	7.5	980	6200	23	0.098
70	AAAC	19	2.1	65.81	10.5	1880	6200	23	0.189
95	AAAC	19	2.5	93.27	12.5	2670	6200	23	0.269
185	AAAC	37	2.5	181.62	17.5	5170	6200	23	0.525
16	AL	7	2.21	26.85	6.63	470	6750	23	0.0746
35	AL	7	3.22	57.00	9.66	940	6750	23	0.1568
50	AL	19	2.35	82.41	11.75	1442	6750	23	0.2291
70	AL	19	2.78	115.33	13.9	2018	6750	23	0.3206
16	CU	7	1.71	16.08	5.13	739	12650	17	0.144
35	CU	7	2.53	35.19	7.59	1566	12650	17	0.315
50	CU	19	1.83	49.97	9.15	2299	12650	17	0.453
70	CU	19	2.17	70.27	10.85	3162	12650	17	0.634
95	CU	19	2.53	95.52	12.65	4340	12650	17	0.857
18	συρμΕ	7	1.83	18.41	5.49	1740	19700	11	0.147
38.5	συρμΜ	7	2.64	38.32	7.92	3630	19700	11	0.306
75	συρμΒ	7	3.68	74.45	11.04	6580	19700	11	0.595
35	συνεστρΧΤ	19AL+7ALM+7AL	1.53/3.15/2.14	54.6	27	1660	6120	23	0.815
70	συνεστρΧΤ	19AL+7ALM+7AL	2.14/3.15/2.14	54.6	33	1660	6120	23	1.175
120	συνεστρΧΤ	19AL+7AL	19/2.84+7/2.14	468	44	5660	5700	23	1.9
50	συνεστρΜΤ	19AL+7ST	19X1.78+7X3	49.48	70	6200	18000	11	3.2
150	συνεστρΜΤ	37AL+7ST	37X2.25+7X3	49.48	90	6200	18000	11	4.9

Αν t (mm) είναι το περιμετρικό πάχος πάγου επικάλυψης κατά την ακτίνα γύρω από την φαινόμενη διάμετρο του αγωγού D (mm) με ειδικό βάρος του πάγου γ (Dan/m<sup>3</sup>) ανά μέτρο θα είναι ίσο με :

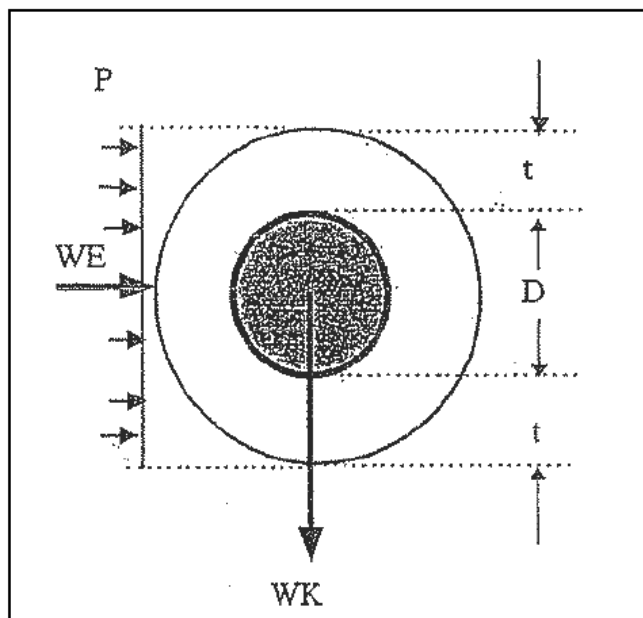
$$W_P = 1 * \gamma * (\pi * 4) * 10^{-6} * [(D + 2t)^2 - D^2] \Rightarrow$$

$$W_K = W_A + 10^{-6} * \pi * \gamma * t * (t + D) \text{ σε Dan / m}$$

Προφανώς όταν t=0 => W<sub>K</sub>=W<sub>A</sub> (ελαφρά επιφόρτιση). Το πάχος επικάλυψης του πάγου t (mm) λαμβάνεται για κάθε κατηγορία επιφόρτισης, ενώ το ειδικό βάρος του πάγου το παίρνουμε γ = **912 Dan/m<sup>3</sup>**.

### 2.2.2. Εγκάρσια επιφόρτιση $W_E$ (Dan/m).

Η εγκάρσια επιφόρτιση οφείλεται στην ανεμοπίεση επί των αγωγών με πάγο (Άρθρο 252 ΚΕΣΥΓΗΕ). Έτσι η δύναμη αυτή ανά μέτρο αγωγού θα βρεθεί από την πίεση που ασκεί ο άνεμος σε επιφάνεια που έχει μήκος 1 m και πλάτος  $D + 2*t$  (βλέπε Σχ. 2.1).



Αυτή είναι η προβολή της κυλινδρικής επιφάνειας του αγωγού με επίστρωση πάγου σε επίπεδο κάθετο στη διεύθυνση του ανέμου που εδώ τη θεωρούμε οριζόντια.

Αν  $P$  (Dan/m<sup>3</sup>) είναι η οριζόντια πίεση του ανέμου, τότε η οριζόντια δύναμη επί του αγωγού είναι :

$$W_E = 0.001 * P * (2t + D) \text{ σε (Dan/m).}$$

Όταν  $t$  και  $D$  σε mm και  $P$  σε Dan/m<sup>2</sup>.

$$\text{Προφανώς για } t = 0 \text{ } W_E = 0.001 * P * D \text{ (Dan/m).}$$

Η ανεμοπίεση  $P = 20 \text{ Dan/m}^2$  σε όλες τις επιφορτίσεις εκτός της «ελαφράς» που παίρνουμε  $P = 44 \text{ Dan/m}^2$ . Οι τιμές των  $W_K$ ,  $W_E$  δίνονται από τον Πίνακα 2.

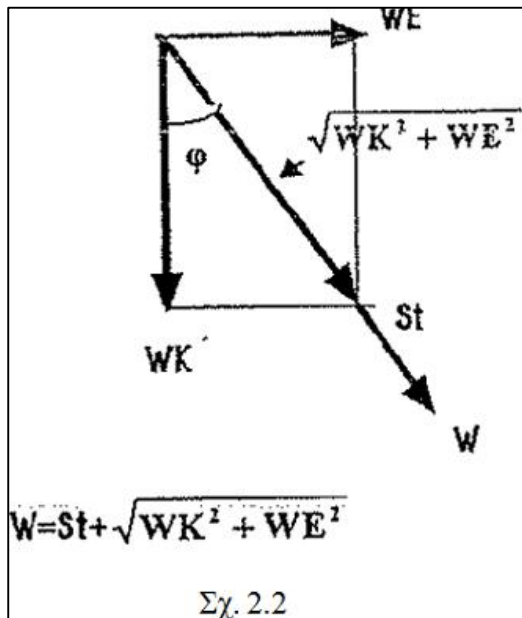
## ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΕΙΔΙΚΑ ΕΓΚΑΡΕΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΝΑ ΑΓΩΓΟ ΣΕ daNm (Υpertans.xls)															
Διατομή	Αγωγός	ΕΛΑΦΡΑ		ΜΕΣΗ		ΒΑΡΙΑ		ΥΠΕΡΒΑΡΙΑ		ΕΒ/20		ΕΒ/40		ΕΒ/60	
		WE	WK	WE	WK	WE	WK	WE	WK	WE	WK	WE	WK	WE	WK
16	ACSR	0.306	0.102	0.399	0.353	0.659	0.846								
35	ACSR	0.454	0.226	0.466	0.638	0.726	1.093	1.222	2.824						
95	ACSR	0.759	0.609	0.605	1.051	0.865	1.735	1.361	3.712	3.345	20.430	4.745	40.711	5.945	63.681
16	CU	0.226	0.144	0.363	0.361	0.623	0.819	1.119	2.366						
35	CU	0.334	0.315	0.412	0.577	0.672	1.082	1.168	2.716						
95	CU	0.657	0.857	0.513	1.214	0.773	1.812	1.269	3.626	3.253	19.692				
50	συνεστρΜΤ	3.060	3.200	1.660	4.626	1.920	6.291	2.416	10.143	4.400	34.359				
150	συνεστρΜΤ	3.960	4.900	2.050	6.597	2.320	8.736	2.816	13.298	4.800	40.356				
16	AL	0.292	0.075	0.393	0.319	0.653	0.806								
35	AL	0.425	0.157	0.453	0.458	0.713	1.001								
50	AL	0.517	0.229	0.495	0.566	0.755	1.151								
70	συνεστρΧΤ	1.452	1.175	0.920	1.811	1.180	2.836								
120	συνεστρΧΤ	1.936	1.900	1.140	2.640	1.400	4.023								
38,5	σφρμH	0.348	0.306	0.418	0.575	0.678	1.085								

Το βάρος του αγωγού είναι όσο το WK  
στην ΕΛΑΦΡΑ επιφόρτιση

### 2.2.3. Ολική ή πλήρης επιφόρτιση W (Dan/m).

Η ολική επιφόρτιση W (Dan/m) του αγωγού είναι η συνισταμένη των επί μέρους επιφορτίσεων προσαυξημένη κατά μια σταθερά για μεγαλύτερη εξασφάλιση (βλέπε Σχ.2.2).

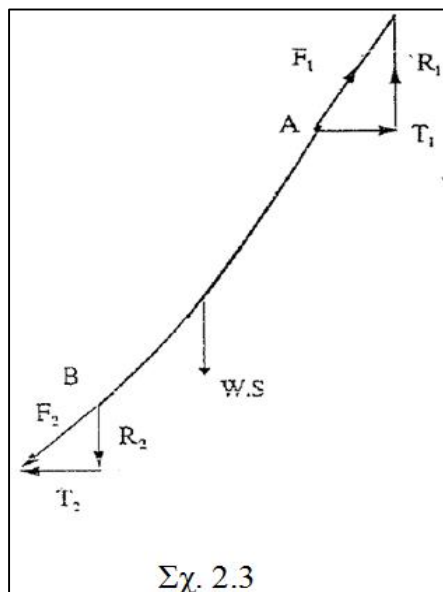


$$W = \sqrt{WK^2 + WE^2} + St$$

Όπου  $St$ =Σταθερά προσαύξησης (Dan/m) όπως καθορίζεται κάθε φορά από το είδος της επιφόρτισης.

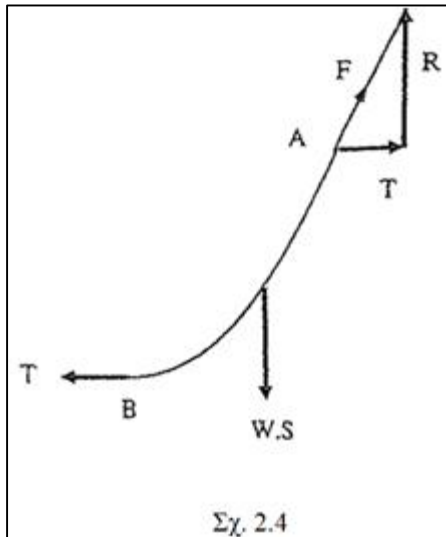
### 2.3. Δύναμη τάνυσης αγωγών

Θεωρούμε έναν αγωγό που στηρίζεται μόνο στα δύο άκρα του που δεν είναι κατ' ανάγκη ισοϋψή. Δεχόμαστε ότι ο αγωγός έχει μία σταθερή μηχανική επιφόρτιση ανά τρέχον μέτρο  $W$ , όπως π.χ. το βάρος του.



Εξετάζουμε την ισορροπία ενός τόξου του αγωγού μεταξύ δύο σημείων A και B (σχήμα 2.3). Έστω ότι το πραγματικό μήκος του τόξου μεταξύ των σημείων A και B είναι  $S$  (m).

Το τμήμα αυτό της επίπεδης καμπύλης ισορροπεί υπό την επίδραση των δυνάμεων  $F_1$  και  $F_2$  στα άκρα, που έχουν τη διεύθυνση της εφαπτομένης της καμπύλης στα αντίστοιχα σημεία και της συνολικής δύναμης της εξωτερικής επιφόρτισης που είναι  $S \cdot W$ . Το σημείο εφαρμογής της, δεν μας ενδιαφέρει εδώ, ενώ είναι κατακόρυφη στο επίπεδο της καμπύλης.



Η ανάλυση των  $F_1$  και  $F_2$  σε παράλληλες κάθετες της  $WS$ , δίνει  $R_1, T_1$  και  $R_2, T_2$  αντίστοιχα. Οι εξισώσεις ισορροπίας δίνουν :  
 **$T_1 = T_2$  και  $R_1 - R_2 = WS$ .**

Παρατηρούμε πως η σχέση  $T_1 = T_2$  δεν σχετίζεται με το μήκος του τόξου  $S$ . Δηλαδή οποιοδήποτε και αν ήταν το σημείο  $B$  επί της καμπύλης θα είχαμε  $T_1 = T_2$ . Αυτό σημαίνει ότι όταν ένας αγωγός ισορροπεί, η οριζόντια συνιστώσα της δύναμης που καταπονεί τον αγωγό είναι η ίδια σε όλες τις θέσεις του αγωγού. Αυτή η σταθερή οριζόντια συνιστώσα ονομάζεται δύναμη τάνυσης του αγωγού και παριστάνεται με  $T$  (Dan). Θεωρούμε το τόξο της καμπύλης μεταξύ του χαμηλότερου σημείου της  $B$  (οριζόντια εφαπτομένη) και ενός άλλου σημείου  $A$  (βλέπε Σχ. 2.4). Στο  $B$  μοναδική δύναμη είναι η οριζόντια  $T$ , ενώ στο  $A$  έχουμε την οριζόντια  $T$  και την κάθετη προς αυτή  $R = WS$ , όπου  $S$  είναι το μήκος της καμπύλης από το  $A$  μέχρι το  $B$ . Καταλήγουμε στο εξής συμπέρασμα :

Η δύναμη που καταπονεί τον αγωγό σε οποιοδήποτε σημείο του, είναι το γεωμετρικό άθροισμα της δύναμης τάνυσης και της ολικής δύναμης επιφόρτισης από το κατώτερο σημείο μέχρι το σημείο που μας ενδιαφέρει δηλαδή :

$\vec{F} = \vec{R} + \vec{T}$  και για τα μέτρα των διανυσμάτων :

$$F = \sqrt{T^2 + R^2} = \sqrt{T^2 + W^2 * S^2}$$



## 2.4. Βασικό άνοιγμα

Στην πράξη όλα τα ανοίγματα μεταξύ των στύλων δεν μπορεί να είναι τα ίδια. Μπαίνει λοιπόν το πρόβλημα ότι πρέπει να έχουμε ένα αντιπροσωπευτικό άνοιγμα για ένα σύνολο ανομοιόμορφων ανοιγμάτων. Αυτό το «αντιπροσωπευτικό» άνοιγμα το ονομάζουμε **ΒΑΣΙΚΟ ΑΝΟΙΓΜΑ** και προσδιορίζεται ως εξής:

Το βασικό άνοιγμα (BA), ισούται με το Μέσο Άνοιγμα (MA) προσαυξημένο κατά τα δύο τρίτα της διαφοράς μέσου από μέγιστου (MAX).

$$\text{Δηλαδή: } \mathbf{BA=MA+\frac{2}{3}(MAX-MA)} \quad \text{ή} \quad \mathbf{BA=\frac{1}{3} MA + \frac{2}{3} MAX}$$

Το Μέσο Άνοιγμα (MA) είναι η μέση τιμή του συνόλου των ανοιγμάτων που εξετάζουμε, δηλαδή το άθροισμα όλων των ανοιγμάτων διαιρεμένο με το πλήθος τους.

Από τον παραπάνω εμπειρικό τύπο βλέπουμε την πολύ μεγαλύτερη συμμετοχή του μέγιστου ανοίγματος έναντι του μέσου κατά το σχηματισμό του βασικού.

### 2.4.1. Οριακές συνθήκες

Είναι οι δύο συνθήκες που πρέπει να πληρούνται σε ένα σύνολο ανοιγμάτων μεταξύ τερματικών στύλων.

1) Το Μέγιστο Άνοιγμα (MAX) δεν πρέπει να υπερβαίνει το Μέσο Άνοιγμα (MA) πλέον τα 50% αυτού :  $MAX < 1,5MA$

2) Το Μέγιστο Άνοιγμα (MAX) δεν πρέπει να υπερβαίνει το Βασικό Άνοιγμα (BA) πλέον τα 25% αυτού :  $MAX < 1,25BA$

Αν το BA έχει επιλεγεί ακριβώς με τον παραπάνω τύπο (χωρίς στρογγυλοποίηση), η δεύτερη συνθήκη καλύπτεται από την πρώτη.

Εν τέλει μετά την επιλογή του βασικού ανοίγματος ελέγχουμε ώστε κανένα άνοιγμα να μην είναι μεγαλύτερο του βασικού ανοίγματος προσαυξημένο κατά 25%.

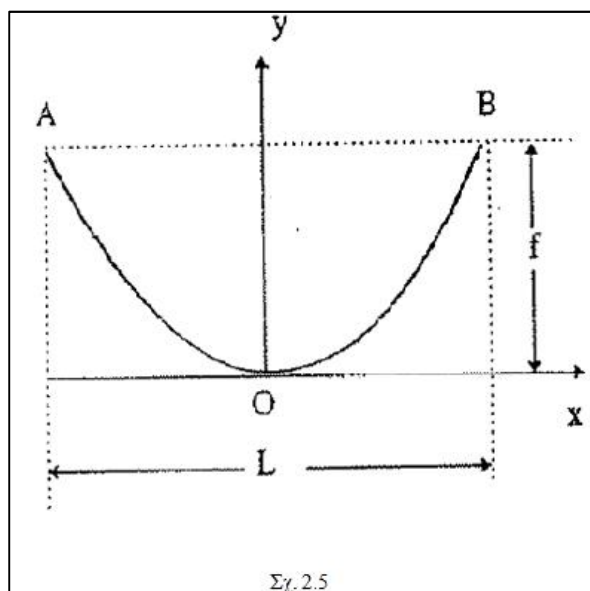
### Παρατήρηση

Αν η συνθήκη  $MAX < 1,5MA$  εφαρμοστεί μεταξύ δύο διαδοχικών ανοιγμάτων  $\alpha$  και  $\beta$  ( $\alpha > \beta$ ) θα δώσει :  $\alpha < 1,5 * \frac{\alpha+\beta}{2} \Rightarrow \alpha < 3\beta$ .

Αυτό σημαίνει ότι μεταξύ δύο διαδοχικών ανοιγμάτων το μεγαλύτερο δεν πρέπει να υπερβαίνει το τριπλάσιο του μικρότερου (υποτίθεται

ότι βρισκόμαστε μέσα σε τμήμα γραμμής με το ίδιο Βασικό Άνοιγμα).

## 2.5. Εξίσωση της καμπύλης του αγωγού



Αν υποθέσουμε ότι ο αγωγός αναρτάται από δύο ισοϋψή σημεία A και B που έχουν οριζόντια απόσταση L. Το μέγιστο βέλος f της καμπύλης, στο μέσο L, θα βρεθεί από την εξίσωση της παραβολής ( $y = \frac{W}{2 \cdot T} \cdot x^2$ ). Θέτουμε  $x = L/2$ , οπότε παίρνουμε :

$$D \text{ ή } f = \frac{W \cdot L^2}{8 \cdot T}, \quad T = \frac{W \cdot L^2}{8 \cdot f}.$$

Η πρώτη μας δίνει το μέγιστο βέλος της καμπύλης του αγωγού με ειδική φόρτιση W που αναρτάται από δύο ισοϋψή σημεία με οριζόντια απόσταση L, όταν η δύναμη τάνυσης είναι T.

Η δεύτερη μας δίνει την δύναμη τάνυσης T που πρέπει να επιβάλουμε σε έναν αγωγό ειδικής φόρτισης W, για να έχουμε μέγιστο βέλος f, όταν αυτός αναρτάται από δύο σημεία με οριζόντια απόσταση L.

$$\text{Πραγματικό μήκος καμπύλης : } S = L + \frac{W^2 \cdot L^3}{24 \cdot T^2} \text{ ή } S = L + \frac{8}{3} \cdot \frac{f^2}{L}$$

## 2.6. Μέγιστη εφελκυστική δύναμη που καταπονεί τον αγωγό (έλεγχος αντοχής αγωγού)

Αν ο αγωγός αναρτηθεί από δύο σημεία που έχουν οριζόντια απόσταση  $L$  ( m ) και κατακόρυφη απόσταση  $H$  ( m ), στο υψηλότερο σημείο έχουμε τη μεγαλύτερη εφελκυστική δύναμη στον αγωγό.

Σύμφωνα με τον ΚΕΣΥΓΗΕ :

α) Η δύναμη αυτή δεν πρέπει να υπερβαίνει το 60 % του φορτίου θραύσης με τον αγωγό σε πλήρη επιφόρτιση και

β) το 25% με αφόρτιστο τον αγωγό σε θερμοκρασία + 16°C.

Στα συνεστραμμένα καλώδια ΜΤ αρκεί μόνο η πρώτη συνθήκη ( α )

Ο τύπος που μας δίνει τη μέγιστη εφελκυστική δύναμη είναι :

$$F_{\max} = T + \frac{W^2 * L^2}{8 * T} + \frac{1}{2} * T * \left(\frac{H}{L}\right)^2 + \frac{1}{2} * W * H$$

$$\text{Πραγματικό μήκος καμπύλης : } S = L + \frac{W^2 * L^3}{24 * T^2} + \frac{1}{2} * \frac{H^2}{L}$$

$T$  = η δύναμη (Dan) τάνυσης σε πλήρη επιφόρτιση για τη συνθήκη του 60%, ή χωρίς επιφόρτιση στους + 16°C για τη συνθήκη του 25 %.

$W$  = η συνολική επιφόρτιση του αγωγού (Dan/m) για τη συνθήκη του 60 %, ή χωρίς εξωτερική επιφόρτιση στους + 16°C για τη συνθήκη του 25 % (μόνο το βάρος του αγωγού).

### 2.6.1. Μηχανική αντοχή ξύλινων στύλων.

Οι ξύλινοι στύλοι που προμηθεύεται η ΔΕΗ, είτε είναι προέλευσης εξωτερικού ή εγχώριοι πρέπει να πληρούν κάποιες προδιαγραφές (τις ελάχιστες απαιτήσεις σε διαστάσεις και αντοχή). Οι τυποποιημένοι στύλοι έχουν τα εξής ύψη : **9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 m.**

Από πλευράς αντοχής υπάρχουν τρεις κατηγορίες ( Ελαφρός, Μέσος, Βαρύς ), με κύριο χαρακτηριστικό την ελάχιστη διάμετρο κορυφής ( $d_k$ ). Ενδεικτικά παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας με το μέσο ενδεικτικό προϋπολογιστικό κόστος τοποθετημένων ξύλινων στύλων για το έτος 2000 μόνο και μόνο για σύγκριση ή εγκυκλοπαιδική γνώση.

Ενδεικτικό προϋπολ. κόστος τοποθετημένων ξύλινων στύλων		
Υψος	Κατηγορ.	EURO
9	E	167
10	E	186
11	E	205
12	E	232
9	M	201
10	M	219
11	M	238
12	M	263
13	M	295
14	M	323
9	B	244
10	B	273
11	B	293
12	B	324
13	B	359
14	B	400
15	B	442

### 2.6.2. Πλεονεκτήματα ξύλινων στύλων

Οι ξύλινοι στύλοι υπερτερούν σημαντικά σε σχέση με τους τσιμεντοστύλους στην κατασκευή υπεραστικών γραμμών ΜΤ και ιδιαίτερα σε ανώμαλα εδάφη, γιατί είναι ελαφρύτεροι και ελαστικότεροι που συνεπάγεται ευκολότερη μεταφορά, τοποθέτηση και καλύτερη συμπεριφορά κατά τη μηχανική λειτουργία της γραμμής. Στους τσιμεντοστύλους δεν έχουν τυποποιηθεί κατασκευές μεγάλων ανοιγμάτων με δίστηλα, γιατί βασικά προορίζονται για αστικές ή ημιαστικές γραμμές. Οι τσιμεντόστυλοι πλεονεκτούν αισθητικά, κυρίως σε αστικές περιοχές με έντονη οικοδόμηση και ελάχιστο πράσινο. Ακόμη ένα αστικό δίκτυο με τσιμεντόστυλους, χωρίς χρήση επιτόνων είναι ακριβότερο από εκείνο με ξύλινους στύλους και επίτονους. Η σχέση κόστους είναι περίπου 2/1. Αν στους τσιμεντοστύλους χρησιμοποιηθούν και επίτονοι, το κόστος περιορίζεται πολύ περίπου 1,5/1 και σε μερικές περιπτώσεις δικτύου ΧΤ με συνεστραμμένα καλώδια γίνεται 1/1. Η χρήση συνεστραμμένων καλωδίων κατεβάζει κατά πού το κόστος και των δύο περιπτώσεων. Άλλωστε με την πάροδο του χρόνου το έντονο μαύρο χρώμα των ξύλινων στύλων ξεθωριάζει και ενοχλεί λιγότερο.

### 2.6.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά ξύλινων στύλων.

Κάποια χαρακτηριστικά των ξύλινων στύλων που δεν αναφέρθηκαν προηγουμένως είναι το φορτίο θραύσης, η κωνικότητα και το μέτρο ελαστικότητας των ξύλινων στύλων ο οποίο είναι  $E=110000 \text{ Dan/cm}^2$ , αλλά και η τάση θραύσης κατά την διεύθυνση των ινών του ξύλουπου είναι  $\sigma_{\theta\rho} = 520 \text{ Dan/cm}^2$ .

- **Φορτίο θραύσης** :Τα φορτία θραύσης εφαρμόζονται 20 ή 25 cm κάτω από την κορυφή του στύλου.
- **Κωνικότητα** : Είναι η αύξηση της διαμέτρου ανά μέτρο στύλου. Οι αναφερόμενες κωνικότητες στον πίνακα 3, δίνουν με πολύ καλή προσέγγιση τις ελάχιστες επιτρεπόμενες διαμέτρους των στύλων από την κορυφή, όπως αναφέρονται και στον πίνακα 4.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3**

Κατηγορία ξυλ. Στύλων	Συμβολισμός	Ελάχιστη διάμετρος κορυφής (cm)	Φορτίο θραύσης (daN)	Κωνικότητα cm/m
		$d_k$	$F_{\theta\rho}$	t
Ελαφρός	E	12	500	1
Μέσος	M	15	825	1,06
Βαρύς	B	18	1250	1,1

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4**

ΕΛΑΧΙΣΤΟΙ ΔΙΑΜΕΤΡΟΙ ΞΥΛ. ΣΤΥΛΩΝ ΣΕ CM (ΠΙΝΑΚ2)

F-5

Απόστ. από την κορυφή σε m	Κατηγορία Στύλων		
	Ελαφρός	Μέσος	Βαρύς
0	12.0	15.0	18.0
1	13.0	16.0	19.1
2	13.9	17.1	20.2
3	14.9	18.1	21.3
4	15.9	19.2	22.4
5	16.9	20.2	23.5
6	17.8	21.2	26.7
7	18.8	22.3	25.8
8	19.8	23.3	26.8
9	20.8	24.3	27.8
10	21.8	25.3	28.8
11	22.8	26.3	29.8
12	23.8	27.3	30.8
13	24.8	28.3	31.8
14	25.8	29.3	32.8
15	26.8	30.3	33.8

## ΠΙΝΑΚΑΣ 5

### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΥΛΙΝΩΝ ΣΤΥΛΩΝ Xarstyl.xls

Στύλοι		Διάμετρος			Όγκος	Βάρος	Απόστ. Κέν.Βάρ.	Ανεμοπίεση	Επιφόρτιση
		Βάσης	Κορυφ.	από βάση			Καν.+Βαρ	Ελαφρά	
HS	Κατηγορ.	d <sub>β</sub>	d <sub>κ</sub>	V	GS	ΧΚΒ	QS-20daN/m <sup>2</sup>	QS-44daN/m <sup>2</sup>	
m		cm	cm	m <sup>3</sup>	daN	m	daN	daN	
9	E	20.8	12	0.195	160	3.71	14	30	
10	E	21.8	12	0.231	180	4.06	16	34	
11	E	22.8	12	0.270	220	4.40	17	38	
12	E	23.8	12	0.313	250	4.73	19	43	
9	M	24.3	15	0.278	220	3.80	17	37	
10	M	25.3	15	0.328	260	4.17	19	41	
11	M	26.3	15	0.378	300	4.52	21	46	
12	M	27.3	15	0.433	350	4.87	23	51	
13	M	28.3	15	0.494	400	5.21	26	56	
14	M	29.3	15	0.558	450	5.54	28	62	
9	B	27.8	18	0.376	300	3.87	20	43	
10	B	28.8	18	0.438	350	4.24	22	48	
11	B	29.8	18	0.504	410	4.61	25	54	
12	B	30.8	18	0.574	460	4.97	27	60	
13	B	31.8	18	0.649	520	5.33	30	66	
14	B	32.8	18	0.729	570	5.68	33	72	
15	B	33.8	18	0.815	650	6.02	35	78	

#### 2.6.4. Κλάσεις κατασκευής

Με τον όρο κλάση εννοούμε την αξιοπιστία που θα έχουμε στο δίκτυο με βάση τους συντελεστές ασφαλείας που θα ληφθούν υπόψη. Έχουμε δύο κλάσεις Α και Β. Η κλάση Α η οποία έχει μεγαλύτερους συντελεστές ασφαλείας από την Β και εφαρμόζεται εκεί που θέλουμε μεγαλύτερο βαθμό αξιοπιστίας. Γενικά οι γραμμές διανομής ΜΤ και ΧΤ μελετώνται σε κλάση κατασκευής Β. Στις αστικές περιοχές οι γραμμές ΜΤ όπως και οι μικτές γίνονται με κλάση Α. Στις αγροτικές περιοχές οι μικτές γραμμές αρκεί να είναι κλάσης Β. Στην περίπτωση αυτή υπάγονται τα αρδευτικά δίκτυα με μικτές γραμμές που ενδεχομένως εξυπηρετούν και κάποιες αγροτικές. Όταν σε μικτή γραμμή εφαρμόζεται η κλάση Α, αυτό ισχύει τόσο για τη ΜΤ όσο και για την υποκείμενη ΧΤ.

Κατά το στάδιο της μελέτης δικτύων ΜΤ με συνεστραμμένα καλώδια, δεν γνωρίζουμε αν το δίκτυο που μελετάμε θα έχει αποτελεσματική γείωση και γι' αυτό εργαζόμαστε με την υπόθεση ότι δεν υπάρχει αποτελεσματική γείωση θωράκισης, με ότι αυτό συνεπάγεται, όπως θα δούμε στη συνέχεια. Αν όμως το γνωρίζουμε από προηγούμενη εμπειρία της περιοχής, εργαζόμαστε ανάλογα.

Οι συνθήκες αλλαγής κλάσης προβλέπονται στις σελίδες C – 16, C – 17 των ΤΚΔ και στο άρθρο 252 Γ 1 του ΚΕΣΥΓΗΕ και ισχύουν τα εξής :

### **A) Διασταύρωση με σιδηροδρομική γραμμή.**

Υποχρεωτικά γίνεται αλλαγή κλάσης κατασκευής από Β σε Α στις διασταυρώσεις γραμμών ενέργειας με σιδηροδρομικές γραμμές. Δηλαδή τόσο στη ΜΤ και ΧΤ όσο και στα συνεστραμμένα καλώδια ΜΤ ακόμη και με αποτελεσματική γείωση θωράκισης.

### **B) Διασταύρωση με γραμμές τηλεπικοινωνίας.**

Αλλαγή κλάσης επιβάλλεται σε γραμμές με γυμνούς αγωγούς ΜΤ και συνεστραμμένα καλώδια ΜΤ που δεν έχουν αποτελεσματική γείωση. Στη ΧΤ και συνεστραμμένα καλώδια ΜΤ με αποτελεσματική γείωση θωράκισης αρκεί κλάση Β.

## **2.7. Δυνάμεις που καταπονούν τους στύλους**

Όπως και στους αγωγούς έτσι και στους στύλους οι δύο δυνάμεις που τους καταπονούν είναι:

1. Κατακόρυφο φορτίο  $G$  που οφείλεται στο βάρος του αγωγού και την τάνυση.
2. Εγκάρσιο φορτίο που οφείλεται στον άνεμο  $Q$ .
3. Αξονικό φορτίο επί του στύλου που οφείλεται στον επίτονο ή αντιρίδα  $P$ .

### **2.7.1. Κατακόρυφο φορτίο $G$ που οφείλεται στο βάρος του αγωγού και την τάνυση**

Οφείλεται στο βάρος των αγωγών με πάγο ( εκτός της «ελαφράς» επιφόρτισης που δεν προβλέπεται πάγος ), που αντιστοιχεί στα εκατέρωθεν ανοίγματα του στύλου, λαμβάνοντας υπόψη και τις υψομετρικές διαφορές. Αν πρόκειται για οριζόντιο ή ισοκλινές έδαφος, ισούται με το βάρος των αγωγών και πάγου επί του μέσου ανοίγματος στο σύνολο των αγωγών. Μέσο άνοιγμα σε ένα στύλο εννοούμε το ημιάθροισμα των δύο εκατέρωθεν ανοιγμάτων. Αν υπάρχουν υψομετρικές διαφορές, βρίσκεται είτε με τη χρησιμοποίηση των καμπυλόγραμμων σε κατακόρυφη επιφόρτιση, είτε αναλυτικά. Το φορτίο  $G$  μπορεί να πάρει και αρνητικές τιμές (τράβηγμα), ή να είναι και μηδέν.

Γενικά στο κατακόρυφο φορτίο  $G$  πρέπει να προσθέτουμε το βάρος ενός τεχνίτη και το βάρος των εξαρτημάτων. Στη ΜΤ με γυμνούς αγωγούς παίρνουμε πρόσθετα  $100+50=150$  Dan, ενώ στη ΧΤ  $100 + 10 = 110$  Dan. Στα συνεστραμμένα καλώδια ΜΤ και ΧΤ παίρνουμε  $100+3=103$  Dan. Το ανά μέτρο βάρος των αγωγών με πάγο ή χωρίς πάγο δίνεται από τον πίνακα 2.

### 2.7.2. Εγκάρσιο φορτίο που οφείλεται στον άνεμο Q

Το εγκάρσιο φορτίο οφείλεται στην πίεση του ανέμου επί του συνόλου των αγωγών με πάγο ( εκτός της «ελαφράς» επιφόρτισης που δεν προβλέπεται πάγος ) και επί του στύλου χωρίς πάγο.

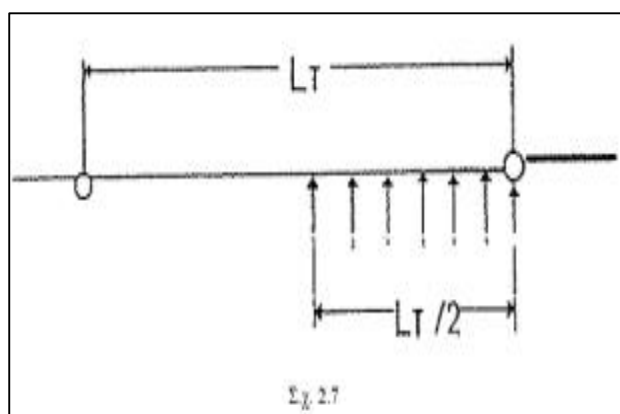
#### Δυνάμεις που ασκούνται στους στύλους λόγω ανεμοπίεσης

Για όλες τις επιφορτίσεις εκτός της ελαφράς , δεχόμαστε την πίεση ανέμου  $p=20 \text{ Dan/m}^2$ . Για την ελαφρά επιφόρτιση  $p=40 \text{ Dan/m}^2$ . Οι παραπάνω πιέσεις αφορούν τις κυλινδρικές επιφάνειες των αγωγών και των στύλων, παίρνοντας σαν προσπίπτουσα επιφάνεια την προβολή της κυλινδρικής σε επίπεδο κάθετο στην διεύθυνση του ανέμου. Για τις επίπεδες επιφάνειες ( π.χ. επιφάνειες μετασχηματιστών, στύλοι ορθογωνιακής διατομής κ.τ.λ.) η παραπάνω πίεση ανέμου προσαυξάνεται κατά 60%. Σε δικτυωτές κατασκευές το εμβαδόν της επιφάνειας που προσβάλλεται από τον άνεμο προσαυξάνεται κατά 50 % , για να ληφθεί υπόψη και η πίεση του ανέμου που περνάει στη απέναντι πλευρά του δικτυώματος.

Η πίεση του ανέμου επί των στύλων δίνει μια συνολική δύναμη  $E\Phi_0$  στη επιφάνειά του χωρίς πάγο, την οποία ανάγουμε σε απόσταση 20 cm από την κορυφή και δίνεται από τον πινάκα 5, μαζί με όλα τα βασικά χαρακτηριστικά των ξύλινων στύλων.

Γενικά :  $Q = E\Phi_a + E\Phi_s$  (  $E\Phi_a$  = εγκάρσιο φορτίο επί των αγωγών,  $E\Phi_s$  = εγκάρσιο φορτίο επί του στύλου ) .

Η συμμετοχή του εγκάρσιου φορτίου της XT στις μικτές γραμμές λαμβάνεται το 0,9 της πλήρους για να αναχθεί στο ίδιο σημείο με τη MT.



#### Στύλος ευθυγραμμίας MT ή XT

$$Q = 0.5 * ( L1 + L2 ) * n * E\Phi_s \quad (n = \text{πλήθος αγωγών})$$

Ευθυγραμμία μικτής γραμμής MT + XT :



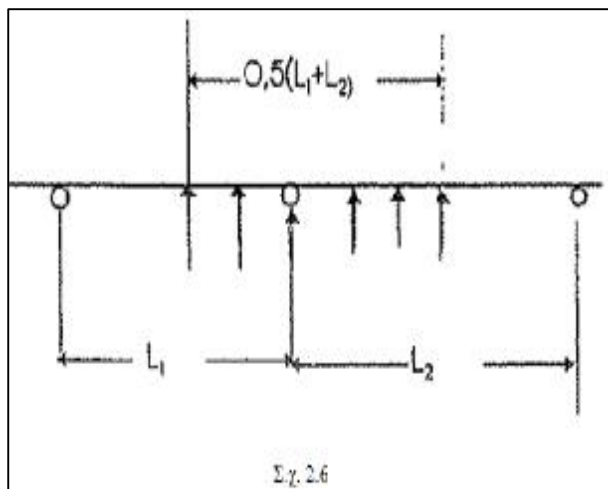
$$Q = 0.5 * (L_1 + L_2) * [n * WE(MT) + 0.9 * n * WE (XT)] + E\varphi\varsigma$$

(Μία γραμμή κάτω από την άλλη παράλληλα)

Στύλοι διπλής γραμμής MT ( κατασκευή P-17 ) :( ο ένας αγωγός κάτω από τον άλλο )

$$Q=0.5*(L_1+L_2)*[2*WE+0.9*2*WE+ 0.8*2*WE] +E\varphi\varsigma \text{ ή}$$

$$Q=0.5*(L_1 + L_2)*5.4 WE + E\varphi\varsigma$$



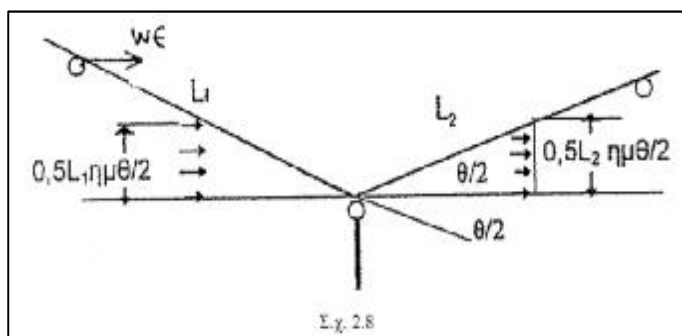
**Στύλος τέρματος MT ή XT**

$$Q=0.5*LT*n*WE+E\varphi\varsigma$$

Στύλος τέρματος μικτής γραμμής:

$$Q=0.5*LT*[(n*WE (MT) +0.9*n*WE (XT))] +E\varphi\varsigma$$

(Η γραμμή XT ακριβώς κάτω από τη γραμμή MT δηλαδή παράλληλα)



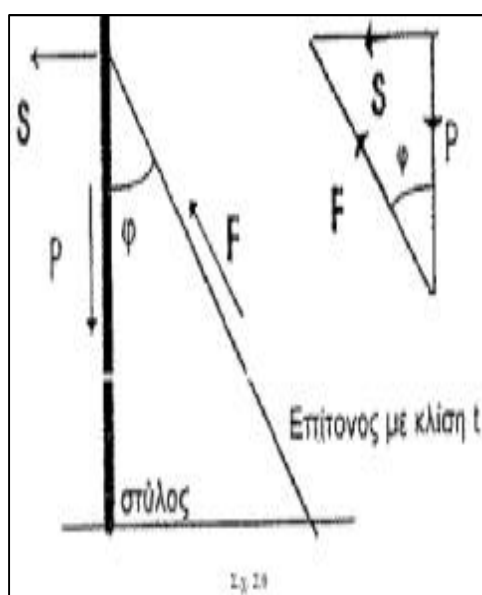
### Στύλος γωνίας (θ) ΜΤ ή ΧΤ με επίτονο

$$Q=0.5*(L1+L2)*\eta\mu(\theta/2)*n*WE+E\Phi\sigma$$

Αν πρόκειται για στύλο μικτή γραμμής ΜΤ και ΧΤ με γωνία θ όπως στο σχήμα 2.8 τότε έχουμε:

$$Q=0,5*(L1+L2)*\eta\mu(\theta/2)*[n*WE(MT)+0.9*n*WE(XT)]+E\phi\sigma$$

### 2.7.3. Αξονικό φορτίο επί του στύλου που οφείλεται στον επίτονο ή αντιρίδα P



Το φορτίο P οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στην ύπαρξη επιτόνου ή αντιρίδας. Στη περίπτωση επιτόνου είναι θλιπτικό για το στύλο, ενώ στην περίπτωση της αντιρίδας είναι εφελκυστικό. Η ανάλυση των δυνάμεων φαίνεται στο σχήμα 2.9. Βασική παράμετρος για τη δύναμη που καταπονεί το στύλο και τον επίτονο ή αντιρίδα, είναι η κλίση που έχει ο επίτονος ή αντιρίδα. Η κλίση ορίζεται ως η συνεφαπτομένη της γωνίας που σχηματίζει ο στύλος με τον επίτονο ή αντιρίδα. Πρακτικά η κλίση του επιτόνου σε οριζόντιο έδαφος είναι ο λόγος του ύψους του στύλου προς την απόσταση του πασσάλου του επιτόνου από το στύλο.

#### 2.7.4. Συντελεστές ασφαλείας.

Τα επιτρεπόμενα φορτία επί του στύλου σε μια καταπόνηση προκύπτουν από τα κρίσιμα φορτία ή φορτία θραύσης, αφού διαιρεθούν με τους συντελεστές ασφαλείας.

Οι συντελεστές αυτοί είναι :

Ξύλινοι στύλοι σε λυγισμό : ( επί του κρίσιμου φορτίου λυγισμού των στύλων )

Σε στύλους ευθυγραμμίας και διπλών τερμάτων με επιτόνους:

$V_l=2,7$  για κλάση κατασκευής B και  $V_l=4$  για κλάση κατασκευής A.

Σε στύλους απλού τέρματος ή γωνίας με επίτονο :

$V_l=1,5$  για κλάση κατασκευής B και  $V_l=2$  για κλάση κατασκευής A.

Ξύλινοι στύλοι σε θραύση : (επί του φορτίου θραύσης των στύλων)

Για συνδυασμένα εγκάρσια και κατακόρυφα φορτία ( στύλοι ευθυγραμμίας, τέρματα και γωνίες με επίτονο)

$V_{\theta\rho}=2,7$  για κλάση κατασκευής B και  $V_{\theta\rho}=4$  για κλάση κατασκευής A.

Σε διαμήκη φορτία (αυτοστήρικτοι στύλοι ή στύλοι με αντηρίδες):

$V_{\theta\rho}=1,35$  για κλάση κατασκευής B και  $V_{\theta\rho}=2$  για κλάση κατασκευής A.

Έτσι οι επιτρεπόμενες τάσεις θραύσης των ξύλινων στύλων είναι :

Σε συνδυασμένη εγκάρσια και κατακόρυφη φόρτιση

$\sigma_{\epsilon\pi}=520/2,7=192,6 \text{ Dan/cm}^2$  για κλάση B και  
 $\sigma_{\epsilon\pi}=5270/4=130 \text{ Dan/cm}^2$  για κλάση A.

Σε διαμήκη φόρτιση

$\sigma_{\epsilon\pi}=520/1,35=385 \text{ Dan/cm}^2$  για την κλάση B και  $\sigma_{\epsilon\pi}=520/2=260 \text{ Dan/cm}^2$  για κλάση A.

Επίτονοι:

Επί του φορτίου θραύσης των συρματόσχοινων  $v=1.35$  για κλάση B και  $v=1.7$  για κλάση A.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

## ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

### ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ R 250 από 0-21

Από προηγούμενη μελέτη ο στύλος 0 έχει υπολογιστεί και θεωρούμε σαν δεδομένο.

#### 3.1 Υπολογισμός Εγκάρσιων φορτίων

##### 3.1.1 ΣΤΥΛΟΣ 0 – Κατασκευασμένος

Από προηγούμενη μελέτη ο στύλος 0 έχει υπολογιστεί και θεωρούμε σαν δεδομένο.

- Τύπος στύλου: 14B
- Βάθος Θεμελίωσης (B.Θ.): 2.4 m
- Κατασκευή P-13 ΚΑΙ P-25T
- Ελαφριά Επιφόρτιση
- Αγωγός:  $3 \times 95^2$  CU
- $T_k = 883$  Kg
- $T_{ολ} = 1006$  Kg
- $W_e = 0,557$  Kg/m
- $W_k = 0,857$  Kg/m
- Γωνία:  $97^B$  (B: βαθμοί)

Η ΔΕΗ προκειμένου να αναφερθεί στις γωνίες που σχηματίζουν οι γραμμές χρησιμοποιεί βαθμούς αντί για μοίρες. Η αλλαγή σε μοίρες γίνεται με απλή μέθοδο των τριών

$$\left. \begin{array}{l} 360^\circ \text{ αντιστοιχούν σε } 400^B \\ \Theta = ? \text{ αντιστοιχούν σε } 97^B \end{array} \right\} \theta = 87.3^\circ$$

$\theta = 87.3^\circ$  ο στύλος 0 με τον στύλο 1

Η γωνία  $87.3^\circ$  είναι μεγάλη και θα χρησιμοποιήσω κατασκευή τύπου P-9II F-21B με 3 επίτονα επειδή  $\theta > 60^\circ$

### 3.1.2 ΣΤΥΛΟΣ 1: Έστω στύλος 1:12m και Β.Θ=1.8m

$$h_1 = 12 - 1.8 - 0.25 = 9.95 \text{ m}$$

$$h_2 = h_1 - 1 = 8.95 \text{ m}$$

$$h_3 = h_2 - 1 = 7.95 \text{ m}$$

$$h_{\varepsilon\pi 1} = h_1 - 0.4 = 9.55 \text{ m}$$

$$h_{\varepsilon\pi 2} = h_2 - 0.4 = 8.55 \text{ m}$$

$$h_{\varepsilon\pi 3} = h_3 - 0.4 = 7.55 \text{ m}$$

Έστω στύλος 12M οπότε  $F_{\sigma\tau} = 51 \text{ Kg}$  με  $h = h_1$

#### Προσδιορισμός επιτόνου

$$F_{\alpha\gamma} = \sum_1^3 0.5 \cdot (L_1 + L_2) \cdot w_e \cdot \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot \frac{h_n}{h} \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 0.5 \cdot (93 + 64) \cdot 0.557 \cdot \cos 43.65 \cdot \left[\frac{h_1}{h} + \frac{h_2}{h} + \frac{h_3}{h}\right] \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 31.63 \cdot \left[\frac{9.95}{9.95} + \frac{8.95}{9.95} + \frac{7.95}{9.95}\right] \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 31.63 \cdot (1 + 0.899 + 0.798) \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 85.3 \text{ kg}$$

$$F_e = F_{\alpha\gamma} + F_{\sigma\tau} = 85.3 + 51 = 136.3 \text{ Kg}$$

$$T_{o\lambda} = \sum_1^3 2T \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot \frac{h_n}{h} \Rightarrow T_{o\lambda} = 2 \cdot 1006 \cdot \sin 43.65 \cdot (1 + 0.899 + 0.798) \Rightarrow$$

$$T_{o\lambda} = 3745.5 \text{ kg}$$

Τα επίτονα είναι δεμμένα σε απόσταση  $L_{\varepsilon\pi} = 10 \text{ m}$

Οπότε

$$\alpha_1 = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{L_{\varepsilon\pi}}{h_{\varepsilon\pi 1}}\right) = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{10}{9.55}\right) \Rightarrow \alpha_1 = 46.31^\circ$$

$$\alpha_2 = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{L_{\varepsilon\pi}}{h_{\varepsilon\pi 2}}\right) = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{10}{8.55}\right) \Rightarrow \alpha_2 = 49.46^\circ$$

$$\alpha_3 = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{L_{\varepsilon\pi}}{h_{\varepsilon\pi 3}}\right) = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{10}{7.55}\right) \Rightarrow \alpha_3 = 52.94^\circ$$

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin a_1 \cdot \frac{h_{\varepsilon\pi 1}}{h} + F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin a_2 \cdot \frac{h_{\varepsilon\pi 2}}{h} + F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin a_3 \cdot \frac{h_{\varepsilon\pi 3}}{h} = T_{ολ} + 1.79 \cdot F_e \Rightarrow$$

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot 0.72 \cdot \frac{9.55}{9.95} + F_{\varepsilon\pi} \cdot 0.75 \cdot \frac{8.55}{9.95} + F_{\varepsilon\pi} \cdot 0.79 \cdot \frac{7.55}{9.95} = 3745.5 + 1.79 \cdot 136.3 \Rightarrow$$

$$F_{\varepsilon\pi} (0.691 + 0.644 + 0.599) = 3989.47 \Rightarrow F_{\varepsilon\pi} = 2062.8 \text{ kg}$$

Άρα θα χρησιμοποιηθούν επίτονα τύπου M διότι αντέχουν μέχρι και 2689kg

### Προσδιορισμός Στύλου 1 - Έλεγχος για Εγκάρσια φορτία

$$F_{\alpha\gamma} = \sum_1^3 0.5 \cdot (L_1 + L_2) \cdot w_e \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot \frac{h_n}{h} \Rightarrow$$

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5(93 + 64) \cdot 0.557 \cdot \sin 43.65 \cdot \left(\frac{9.95}{9.95} + \frac{8.95}{9.95} + \frac{7.95}{9.95}\right) \Rightarrow$$

$$F_{\alpha\gamma} = 30.18(1 + 0.899 + 0.798) \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 81.39 \text{ kg}$$

$$F_{\sigma\tau} = 51 \text{ kg}$$

Έλεγχος για στύλο τύπου M

$$\frac{825}{3.9} = 211.53 \text{ kg}$$

#

Ειδικός αριθμός cu

$$F_e = 132.39 \text{ kg} < 211.53 \text{ kg}$$

**Άρα στύλος OK για εγκάρσια φορτία**

Στύλος 0 υπάρχει και είναι 14B και Β.Θ.=2.4m. Ο Στύλος 1 είναι γωνιακός με  $\theta > 60^\circ$  οπότε θα πάρω κατασκευή P-9II

### Υπολογισμός ύψους για όριο ασφάλειας

Έστω στύλος 1: 12m και Β.Θ.=1.8m

$$h_1 = 12 - 1.8 - 0.25 = 9.95 \text{ m}$$

$$h_2 = h_1 - 1 = 8.95 \text{ m}$$

$$h_3 = h_2 - 1 = 7.95 \text{ m}$$

Έστω στύλος 2: 12m και Β.Θ.=1.8m

Στύλος 0 @ 211.6 m

Στύλος 1 @ 198 m

Στύλος 2 @ 196.5 m

### 3.1.3 ΣΤΥΛΟΙ 2,3,4

$$x_{1(0-1)} = \frac{L_{(0-1)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(0-1)}}{w_k \cdot L_{(0-1)}} = \frac{93}{2} - \frac{883 \cdot 13.6}{0.857 \cdot 93} \Rightarrow x_{1(0-1)} = -104.2 \text{ m}$$

Δεν υπάρχει βέλος στο 0-1

$$x_{2(0-1)} = 104.2 \text{ m} + 93 \text{ m} = 197.2 \text{ m}$$

$$x_{1(1-2)} = \frac{L_{(1-2)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(1-2)}}{w_k \cdot L_{(1-2)}} = \frac{64}{2} - \frac{883 \cdot 1.5}{0.857 \cdot 64} \Rightarrow x_{1(1-2)} = 7.8 \text{ m}$$

$$x_{2(1-2)} = 64 - 7.8 = 56.2 \text{ m}$$

Εύρεση βέλους στο (1-2)

$$d = \frac{0.857 \cdot 7.8^2}{2 \cdot 883} \Rightarrow d = 0.03 \text{ m}$$

Έστω στύλος 3: 12m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Ύψος καλωδίου  $181.5 + 12 - 1.8 - 0.25 = 191.45 \text{ m}$

$$x_{1(2-3)} = \frac{L_{(2-3)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(2-3)}}{w_k \cdot L_{(2-3)}} = \frac{80}{2} - \frac{883 \cdot (196.5 - 191.45)}{0.857 \cdot 80} \Rightarrow x_{1(2-3)} = -25 \text{ m}$$

Δεν υπάρχει βέλος στο (2-3)

$$x_{2(2-3)} = 80 + 25 = 105 \text{ m}$$

Έστω στύλος 4: 12m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Υψος καλωδίου  $179+12-1.8-0.25=188.95m$

$$x_{1(3-4)} = \frac{L_{(3-4)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(3-4)}}{w_k \cdot L_{(3-4)}} = \frac{90}{2} - \frac{883 \cdot (191.45 - 188.95)}{0.857 \cdot 90} \Rightarrow x_{1(3-4)} = 16.4m$$

$$x_{2(3-4)} = 90 - 16.4 = 73.6m$$

### **Στύλοι 2,3,4: Υπολογισμός Εγκάρσιων Φορτίων**

Στύλος 2 έστω 12E

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5(L_{(1-2)} + L_{(2-3)}) \cdot w_e \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 0.5(64 + 80) \cdot 0.557 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 40.1kg$$

$$F_{\sigma\tau} = 43kg$$

$$F_\varepsilon = 3 \cdot 40.1 + 43 = 163.3kg > 500/3.9$$

Οπότε στύλος 2: 12M

$$F_{\sigma\tau} = 51kg$$

$$F_\varepsilon = 171.3kg < 825/3.9kg$$

Άρα στύλος OK για εγκάρσια φορτία

Στύλος 3 έστω 12E

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5(L_{(2-3)} + L_{(2-3)}) \cdot w_e \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 0.5(170) \cdot 0.557 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 47.3kg$$

$$F_{\sigma\tau} = 43kg$$

$$F_\varepsilon = 3 \cdot 47.3 + 43 = 184.9kg > 500/3.9$$

Οπότε στύλος 3: 12M

$$F_{\sigma\tau} = 51kg$$

$$F_\varepsilon = 192.9kg < 825/3.9kg$$



Άρα στύλος OK για εγκάρσια φορτία

Στύλος 4 έστω 12E

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5(L_{(3-4)} + L_{(3-4)}) \cdot w_e \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 0.5(90 + 78) \cdot 0.557 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 46.78kg$$

$$F_{\sigma\tau} = 43kg$$

$$F_{\varepsilon} = 3 \cdot 46.78 + 43 = 183.34kg > 500/3.9$$

Οπότε στύλος 4: 12M

$$F_{\sigma\tau} = 51kg$$

$$F_{\varepsilon} = 191.34kg < 825/3.9kg$$

Άρα στύλος OK για εγκάρσια φορτία

### 3.1.4 ΣΤΥΛΟΙ 5,6,7,8

**Εύρεση ανοιγμάτων (4-8)**

Έστω στύλος 5: 12m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Ύψος καλωδίου  $181+12-1.8-0.25=190.95m$

$$x_{1(4-5)} = \frac{L_{(4-5)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(4-5)}}{w_k \cdot L_{(4-5)}} = \frac{78}{2} - \frac{883 \cdot (190.95 - 188.95)}{0.857 \cdot 78} \Rightarrow x_{1(4-5)} = 12.6m$$

$$x_{2(4-5)} = 78 + 12.6 = 90.6m$$

Έστω στύλος 6: 12m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Ύψος καλωδίου  $181+12-1.8-0.25=190.95m$

Υπάρχει βέλος στη μέση της απόστασης 5-6

$$73/2=36.5m$$

Έστω στύλος 7: 12m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Ύψος καλωδίου  $185+12-1.8-0.25=194.95m$

$$x_{1(6-7)} = \frac{L_{(6-7)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(6-7)}}{w_k \cdot L_{(6-7)}} = \frac{132}{2} - \frac{883 \cdot (194.95 - 190.95)}{0.857 \cdot 132} \Rightarrow x_{1(6-7)} = 34.8m$$

$$x_{2(6-7)} = 132 - 34.8 = 97.2m$$

Έστω στύλος 8: 12m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Ύψος καλωδίου  $184+12-1.8-0.25=193.95m$

$$x_{1(7-8)} = \frac{L_{(7-8)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(7-8)}}{w_k \cdot L_{(7-8)}} = \frac{87}{2} - \frac{883 \cdot (194.95 - 193.95)}{0.857 \cdot 87} \Rightarrow x_{1(7-8)} = 31.7m$$

$$x_{2(7-8)} = 87 - 31.7 = 55.3m$$

**Στύλοι 5,6,7,8: Υπολογισμός Εγκάρσιων Φορτίων**

Στύλος 5 έστω 12E

$$F_{\sigma\tau} = 43kg$$

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5(L_{(4-5)} + L_{(5-6)}) \cdot w_e \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 0.5(78 + 73) \cdot 0.557 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 42kg$$

$$F_{\epsilon} = 3 \cdot 42 + 43 = 169kg > 500/3.9$$

Οπότε στύλος 2: 12M

$$F_{\sigma\tau} = 51kg$$

$$F_{\varepsilon} = 177kg < 825/3.9kg$$

Άρα στύλος OK για εγκάρσια φορτία

Στύλος 6 έστω 12M

$$F_{\sigma\tau} = 51kg$$

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5(L_{(5-6)} + L_{(6-7)}) \cdot w_e \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 0.5(73 + 132) \cdot 0.557 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 57kg$$

$$F_{\varepsilon} = 3 \cdot 57 + 51 = 222kg > 825/3.9$$

Οπότε στύλος 6: 12B

$$F_{\sigma\tau} = 60kg$$

$$F_{\varepsilon} = 3 \cdot 57 + 60 = 231kg < 1200/3.9kg$$

Άρα στύλος OK για εγκάρσια φορτία

Στύλος 7 έστω 12M

$$F_{\sigma\tau} = 51kg$$

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5(L_{(6-7)} + L_{(7-8)}) \cdot w_e \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 0.5(132 + 87) \cdot 0.557 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 61kg$$

$$F_{\varepsilon} = 3 \cdot 61 + 51 = 234kg > 825/3.9$$

Οπότε στύλος 6: 12B

$$F_{\sigma\tau} = 60kg$$

$$F_{\varepsilon} = 3 \cdot 61 + 60 = 243kg < 1200/3.9kg$$

Άρα στύλος OK για εγκάρσια φορτία

Στύλος 8 έστω 12M

$$F_{\sigma\tau} = 51kg$$

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5(L_{(7-8)} + L_{(8-9)}) \cdot w_e \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 0.5(87 + 118) \cdot 0.557 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 57kg$$

$$F_{\varepsilon} = 3 \cdot 57 + 51 = 222kg > 825/3.9$$

Οπότε στύλος 8: 12B

$$F_{\sigma\tau} = 60kg$$

$$F_{\varepsilon} = 3 \cdot 57 + 60 = 231kg < 1200/3.9kg$$

Άρα στύλος ΟΚ για εγκάρσια φορτία

### 3.1.5 ΣΤΥΛΟΙ 9,10,11,12

**Εύρεση ανοιγμάτων (9-12)**

Έστω στύλος 9: 12m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Ύψος καλωδίου  $181+12-1.8-0.25=190.95m$

$$x_{1(8-9)} = \frac{L_{(8-9)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(8-9)}}{w_k \cdot L_{(8-9)}} = \frac{118}{2} - \frac{883 \cdot (193.95 - 190.95)}{0.857 \cdot 118} \Rightarrow x_{1(8-9)} \\ = 32.8m$$

$$x_{2(8-9)} = 118 - 32.8 = 85.2m$$

**Εύρεση ανοιγμάτων (10-8)**

Έστω στύλος 10: 12m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Ύψος καλωδίου  $180+12-1.8-0.25=189.95m$

$$x_{1(9-10)} = \frac{L_{(9-10)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(9-10)}}{w_k \cdot L_{(9-10)}} = \frac{64}{2} - \frac{883 \cdot (190.95 - 189.95)}{0.857 \cdot 64} \Rightarrow x_{1(9-10)} \\ = 16m$$

$$x_{2(9-10)} = 64 - 16 = 48m$$

Έστω στύλος 11: 12m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Ύψος καλωδίου  $176+12-1.8-0.25=185.95\text{m}$

$$x_{1(10-11)} = \frac{L_{(10-11)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(10-11)}}{w_k \cdot L_{(10-11)}} = \frac{68}{2} - \frac{883 \cdot (189.95 - 185.95)}{0.857 \cdot 68} \Rightarrow x_{1(10-11)} = -26.6\text{m}$$

Δεν υπάρχει βέλος

$$x_{2(10-11)} = 68 + 26.6 = 94.6\text{m}$$

Έστω στύλος 12: 13m και Β.Θ.=2m και με γωνία 88,00 βαθμοί

Ύψος καλωδίου  $180+12-1.8-0.25=189.95\text{m}$

$$x_{1(11-12)} = \frac{L_{(9-10)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(11-12)}}{w_k \cdot L_{(11-12)}} = \frac{64}{2} - \frac{883 \cdot (190.95 - 189.95)}{0.857 \cdot 64} \Rightarrow x_{1(9-10)} = 16\text{m}$$

$$x_{2(11-12)} = 64 - 16 = 48\text{m}$$

$$\left. \begin{array}{l} 360^\circ \text{ αντιστοιχούν σε } 400^{\text{B}} \\ \Theta=? \text{ αντιστοιχούν σε } 88^{\text{B}} \end{array} \right\} \Theta=79.2^\circ$$

Επειδή  $\theta > 60^\circ$  θα χρησιμοποιηθεί κατασκευή Ρ9-ΙΙ με 3 επίτονα

$$h = h_1 = 172 + 13 - 2 - 0.25 = 182.75\text{m}$$

$$h_2 = h_1 - 1 = 181.75\text{m}$$

$$h_3 = h_2 - 1 = 180.75\text{m}$$

$$h_{\varepsilon\pi 1} = h_1 - 0.4 = 182.35\text{m}$$

$$h_{\varepsilon\pi 2} = h_2 - 0.4 = 181.35\text{m}$$

$$h_{\varepsilon\pi 3} = h_3 - 0.4 = 180.35\text{m}$$

Έστω στύλος 13M οπότε  $F_{\text{στ}} = 56\text{Kg}$

$$F_{\alpha\gamma} = \sum_1^3 0.5 \cdot (L_1 + L_2) \cdot w_e \cdot \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot \frac{h_n}{h} \Rightarrow$$

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5 \cdot (72 + 83) \cdot 0.557 \cdot \cos 39.6 \cdot \left[ \frac{182.75}{182.75} + \frac{181.75}{182.75} + \frac{180.75h}{182.75} \right] \Rightarrow$$

$$F_{\alpha\gamma} = 99.23 \text{ kg}$$

$$F_e = F_{\alpha\gamma} + F_{\sigma\tau} = 99.23 + 56 = 155.23 \text{ Kg} < 825/3.9 \text{ OK!!!}$$

$$T_{o\lambda} = \sum_1^3 2T \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot \frac{h_n}{h} \Rightarrow$$

$$T_{o\lambda} = 2 \cdot 1006 \cdot \sin 39.6 \cdot \left( \frac{182.75 + 181.75 + 180.75}{182.75} \right) \Rightarrow$$

$$T_{o\lambda} = 3821.8 \text{ kg}$$

Τα επίτονα είναι δεμένα σε απόσταση  $L_{\varepsilon\pi} = 10 \text{ m}$

Οπότε

$$\alpha_1 = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{L_{\varepsilon\pi}}{h_{\varepsilon\pi 1}}\right) = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{10}{10.35}\right) \Rightarrow \alpha_1 = 44^\circ$$

$$\alpha_2 = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{L_{\varepsilon\pi}}{h_{\varepsilon\pi 2}}\right) = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{10}{9.35}\right) \Rightarrow \alpha_2 = 46.9^\circ$$

$$\alpha_3 = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{L_{\varepsilon\pi}}{h_{\varepsilon\pi 3}}\right) = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{10}{8.35}\right) \Rightarrow \alpha_3 = 50.1^\circ$$

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin \alpha_1 \cdot \frac{h_{\varepsilon\pi 1}}{h} + F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin \alpha_2 \cdot \frac{h_{\varepsilon\pi 2}}{h} + F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin \alpha_3 \cdot \frac{h_{\varepsilon\pi 3}}{h} = T_{o\lambda} + 1.79 \cdot F_e \Rightarrow$$

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot 0.69 \cdot 0.96 + F_{\varepsilon\pi} \cdot 0.73 \cdot 0.87 + F_{\varepsilon\pi} \cdot 0.77 \cdot 0.77 = 3745.5 + 1.79 \cdot 155.23 \Rightarrow$$

$$F_{\varepsilon\pi} = 2157.7 \text{ kg}$$

Άρα θα χρησιμοποιηθούν επίτονα τύπου Μ διότι αντέχουν μέχρι και 2689 kg

### Στύλοι 9,10,11,12 –Υπολογισμός εγκάρσιων φορτίων

$$F_{\alpha\gamma} = \sum_1^3 0.5 \cdot (L_1 + L_2) \cdot w_e \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot \frac{h_n}{h} \Rightarrow$$

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5(72 + 83) \cdot 0.557 \cdot \sin 39.6 \cdot \left(\frac{10.75}{10.75} + \frac{9.75}{10.75} + \frac{8.75}{10.75}\right) \Rightarrow$$

$$F_{\alpha\gamma} = 74.82kg$$

$$F_{\sigma\tau} = 56kg$$

$$F_{\varepsilon} = 130.8kg < 825/3.9kg$$

Άρα στύλος OK για εγκάρσια φορτία

Κατακόρυφα ανοίγματα (θα χρησιμοποιήσω το  $h_3$  που είναι πιο χαμηλά)

$$h_3=8.75m \text{ ή } h_3=180.75m$$

$$x_{1(11-12)} = \frac{L_{(11-12)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(11-12)}}{w_k \cdot L_{(11-12)}} = \frac{72}{2} - \frac{883 \cdot (185.95 - 180.95)}{0.857 \cdot 72} \Rightarrow$$

$$x_{1(11-12)} = -42.8m$$

Δεν υπάρχει βέλος

$$x_{2(11-12)} = 72 + 42.8 = 114.8m$$

Εύρεση του βέλους στο (3-4)

$$d_1 = \frac{w_k \cdot x_{1(3-4)}^2}{2 \cdot T_k} = \frac{0.857 \cdot 16.4^2}{2 \cdot 883} = 0.13m$$

Εύρεση του βέλους στο (4-5)

$$d_1 = \frac{w_k \cdot x_{1(4-5)}^2}{2 \cdot T_k} = \frac{0.857 \cdot 12.6^2}{2 \cdot 883} = 0.08m$$

Εύρεση του βέλους στο (5-6)

$$d_1 = \frac{w_k \cdot x_{1(5-6)}^2}{2 \cdot T_k} = \frac{0.857 \cdot 73^2}{2 \cdot 883} = 0.65m$$

Εύρεση του βέλους στο (6-7)

$$d_1 = \frac{w_k \cdot x_{1(6-7)}^2}{2 \cdot T_k} = \frac{0.857 \cdot 34.8^2}{2 \cdot 883} = 0.59m$$

Εύρεση του βέλους στο (7-8)

$$d_1 = \frac{w_k \cdot x_{1(7-8)}^2}{2 \cdot T_k} = \frac{0.857 \cdot 31.7^2}{2 \cdot 883} = 0.49m$$

Εύρεση του βέλους στο (8-9)

$$d_1 = \frac{w_k \cdot x_{1(8-9)}^2}{2 \cdot T_k} = \frac{0.857 \cdot 32.8^2}{2 \cdot 883} = 0.53m$$

Εύρεση του βέλους στο (9-10)

$$d_1 = \frac{w_k \cdot x_{1(9-10)}^2}{2 \cdot T_k} = \frac{0.857 \cdot 16^2}{2 \cdot 883} = 0.13m$$

### 3.1.6 ΣΤΥΛΟΙ 12,13,14,15,16

**Εύρεση κατακόρυφων ανοιγμάτων (12-16)**

Το  $h_3$  του στύλου 12 είναι 180.75m

Έστω στύλος 13: 12m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Ύψος καλωδίου  $167+12-1.8-0.25=176.95m$



$$x_{1(12-13)} = \frac{L_{(12-13)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(12-13)}}{w_k \cdot L_{(12-13)}} = \frac{83}{2} - \frac{883 \cdot (180.75 - 176.95)}{0.857 \cdot 83} \Rightarrow$$

$$x_{1(12-13)} = -5.7m$$

Δεν υπάρχει βέλος

$$x_{2(12-13)} = 83 + 5.7 = 88.7m$$

Έστω στύλος 14: 12m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Ύψος καλωδίου  $161+12-1.8-0.25=170.95m$

$$x_{1(13-14)} = \frac{L_{(13-14)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(13-14)}}{w_k \cdot L_{(13-14)}} = \frac{92}{2} - \frac{883 \cdot (176.95 - 170.95)}{0.857 \cdot 92} \Rightarrow x_{1(13-14)}$$

$$= -21.2m$$

Δεν υπάρχει βέλος

$$x_{2(13-14)} = 92 + 21.2 = 113.2m$$

Έστω στύλος 15: 12m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Ύψος καλωδίου  $157+12-1.8-0.25=166.95m$

$$x_{1(14-15)} = \frac{L_{(14-15)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(14-15)}}{w_k \cdot L_{(14-15)}} = \frac{88}{2} - \frac{883 \cdot (170.95 - 166.95)}{0.857 \cdot 88} \Rightarrow$$

$$x_{1(14-15)} = -2.8m$$

Δεν υπάρχει βέλος

$$x_{2(14-15)} = 88 + 2.8 = 90.8m$$

Έστω στύλος 16: 12m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Ύψος καλωδίου  $152+12-1.8-0.25=161.95m$

$$x_{1(15-16)} = \frac{L_{(15-16)}}{2} - \frac{T_k \cdot h_{(15-16)}}{w_k \cdot L_{(15-16)}} = \frac{85}{2} - \frac{883 \cdot (166.95 - 161.95)}{0.857 \cdot 85} \Rightarrow$$

$$x_{1(15-16)} = -18.1m$$

Δεν υπάρχει βέλος

$$x_{2(15-16)} = 85 + 18.1 = 103.1m$$

### **Προσδιορισμός στύλων για εγκάρσια φορτία**

Στύλος 13 έστω 12E

$$F_{\sigma\tau} = 43kg$$

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5(83 + 92) \cdot 0.557 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 48.73kg$$

$$F_{\varepsilon} = 3 \cdot 48 + 43 = 189.2kg > 500/3.9$$

Οπότε στύλος 2: 12M

$$F_{\sigma\tau} = 51kg$$

$$F_{\varepsilon} = 197.19kg < 825/3.9kg$$

Άρα στύλος OK για εγκάρσια φορτία

Στύλος 14 έστω 12M

$$F_{\sigma\tau} = 51kg$$

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5(92 + 88) \cdot 0.557 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 50.13kg$$

$$F_{\varepsilon} = 3 \cdot 50.13 + 51 = 201.4kg < 825/3.9$$

Άρα στύλος OK για εγκάρσια φορτία

Στύλος 15 έστω 12M

$$F_{\sigma\tau} = 51kg$$

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5(88 + 85) \cdot 0.557 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 48.2kg$$

$$F_{\varepsilon} = 3 \cdot 48.2 + 51 = 195.5kg < 825/3.9$$

Άρα στύλος OK για εγκάρσια φορτία

Στύλος 16 έστω 12M

$$F_{\sigma\tau} = 51kg$$

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5(85 + 80) \cdot 0.557 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 45.95kg$$

$$F_{\varepsilon} = 3 \cdot 45.95 + 51 = 188.9kg < 825/3.9$$

Άρα στύλος OK για εγκάρσια φορτία

Εύρεση κατακόρυφων ανοιγμάτων (16-19)

Έστω στύλος 17: 12m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Ύψος καλωδίου  $142+12-1.8-0.25=151.95m$

$$x_{1(16-17)} = \frac{80}{2} - \frac{883 \cdot (161.95 - 151.95)}{0.857 \cdot 80} \Rightarrow x_{1(16-17)} = -88m$$

Δεν υπάρχει βέλος

$$x_{2(16-17)} = 80 + 88 = 168m$$

Έστω στύλος 18: 12m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Ύψος καλωδίου  $136+12-1.8-0.25=145.95m$

$$x_{1(17-18)} = \frac{82}{2} - \frac{883 \cdot (151.95 - 145.95)}{0.857 \cdot 82} \Rightarrow x_{1(17-18)} = -34.4m$$

Δεν υπάρχει βέλος

$$x_{2(17-18)} = 82 + 34.4 = 116.4m$$

Έστω στύλος 19: 13m και Β.Θ.=1.8m χωρίς γωνία

Ύψος καλωδίου  $134+13-1.8-0.25=144.95m$

$$x_{1(18-19)} = \frac{70}{2} - \frac{883 \cdot (145.95 - 144.95)}{0.857 \cdot 70} \Rightarrow x_{1(18-19)} = 20.2m$$

$$x_{2(18-19)} = 70 - 20.2 = 49.8m$$

Εύρεση του βέλους στο (18-19)

$$d_1 = \frac{w_k \cdot x_{1(18-19)}^2}{2 \cdot T_k} = \frac{0.857 \cdot 20.2^2}{2 \cdot 883} = 0.2m$$

**Στύλοι 12,13,14,15,16: Υπολογισμός εγκάρσιων φορτίων**

Στύλος 17 έστω 12E

$$F_{\sigma\tau} = 43kg$$

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5(80 + 82) \cdot 0.557 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 45.1kg$$

$$F_{\varepsilon} = 3 \cdot 45.1 + 43 = 178.4kg > 500/3.9$$

Οπότε στύλος 17: 12M

$$F_{\sigma\tau} = 51kg$$

$$F_{\varepsilon} = 3 \cdot 45.1 + 51 = 186.4 < 825/3.9kg$$

Άρα στύλος OK για εγκάρσια φορτία

Στύλος 18 έστω 12M

$$F_{\sigma\tau} = 51kg$$

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5(82 + 70) \cdot 0.557 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 42.3 kg$$

$$F_{\varepsilon} = 3 \cdot 42.3 + 51 = 178 kg < 825/3.9kg$$

Αρα στύλος OK για εγκάρσια φορτία

Στύλος 19 (τερματικός) έστω 13M

$$F_{\sigma\tau} = 56kg$$

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5 \cdot 70 \cdot 0.557 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 19.5 kg$$

$$F_{\varepsilon} = 3 \cdot 19.5 + 56 = 104.5 kg < 825/3.9kg$$

Αρα στύλος OK για εγκάρσια φορτία

### 3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

**Κατά τον υπολογισμό των κατακόρυφων φορτίων λήφθηκαν τιμές από τον πίνακα 6**

<u>Πίνακας. 6</u>					
Μέγιστη κατακόρυφη δύναμη επι στύλου με ελεύθερη κορυφή.					
ΣΤΥΛΟΣ	h (cm)	d1 (cm)	d0 (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	P max (Kg)
9E	725	19.5	12.25	4456.455732	1976.987962
10E	825	20.5	12.25	5177.824736	1773.903089
11E	925	21.5	12.25	5973.118662	1627.826515
12E	1015	22.4	12.25	6755.06944	1528.932015
9M	705	22.74	15.265	8806.794525	4131.712281
10M	805	23.8	15.265	10093.65121	3633.088979
11M	905	24.85	15.265	11492.79505	3272.042566
12M	995	25.81	15.265	12876.87549	3032.87685
13M	1095	26.87	15.265	14529.46028	2825.606526
14M	1185	27.82	15.265	16125.6734	2677.759694
9B	695	25.92	18.275	15613.92365	7537.596467
10B	795	27	18.275	17648.1161	6511.102558
11B	885	28	18.275	19682.5405	5859.830495
12B	975	29	18.275	21867.59659	5363.919645
13B	1075	30.1	18.275	24451.55856	4933.78317
14B	1165	31.1	18.275	26970.45212	4633.688312
15B	1265	32.2	18.275	29934.68378	4361.983968

#### 3.2.1 ΣΤΥΛΟΣ 1

Επειδή ο στύλος είναι P-9II με έλξη, αφού  $x_1 < 0$ , η συνισταμένη δύναμη είναι προς τα δεξιά (χαμηλά) και ξεπερνάει το στύλο

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin a_1 = 2062.8 \cdot 0.69 = 1423.3kg$$

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin a_2 = 2062.8 \cdot 0.65 = 1340.8kg$$

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin a_3 = 2062.8 \cdot 0.6 = 1237.7kg$$

$$P_{k1} = 0.857 \cdot (-104.2) + 0.857 \cdot 72.2 = -27.43kg$$

$$3P_{k1} = 3 \cdot (-27.43) = -82.3kg$$

Πρέπει  $G_{k1} = 3P_{k1} \leq \sum_1^3 F_{\varepsilon\pi} \cdot \cos a \Rightarrow G_{k1} = 4001.8 - 82.3 = 3919.5kg$   
(επειδή  $x_1 < 0$  δεν βάζω προσαύξηση 150kg)

Έστω στύλος 12M, τότε  $G_{k1} > 11849,4/3.9$

Άρα ο στύλος πρέπει να γίνει 12B

Τότε  $G_{k1} \leq 20956.7/3.9/3.9$  OK!!!

Λόγω των κατακόρυφων φορτίων ο στύλος αλλάζει κατηγορία και τελικά είναι:

P-9II 12B/3 επίτονα τύπου M

### 3.2.2 ΣΤΥΛΟΣ 2

Στύλος 2 έχει  $x_1 > 0$  οπότε P-3

$$P_{k2} = 0.857 \cdot 7.8 + 0.857 \cdot 105 = 96.7kg$$

$$G_{k2} = 3 \cdot 96.7 + 150 = 440kg \leq 3032.87/3.9$$
 OK!!!!

Άρα στύλος 2 12M

### 3.2.3 ΣΤΥΛΟΣ 3

Στύλος 3

Επειδή  $x_1 < 0$ , κατασκευή P-13 με επίτονο

$$L_{\varepsilon\pi} = 10m$$

$h_{\varepsilon\pi}=9.4\text{m}$  0.30m από την κορυφή

Οπότε

$$\alpha = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{L_{\varepsilon\pi}}{h_{\varepsilon\pi}}\right) = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{10}{9.4}\right) \Rightarrow \alpha = 46^\circ$$

Πρέπει

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin\alpha \cdot \frac{h_{\varepsilon\pi}}{h} = 6 \cdot T \Rightarrow F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin 46^\circ \cdot \frac{9.9}{9.95} = 6 \cdot 883 \Rightarrow F_{\varepsilon\pi} = 7656\text{kg}$$

Άρα θα χρησιμοποιηθούν δύο επίτονα τύπου B

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \cos\alpha = 7656 \cdot 0.69 = 5282.6\text{ kg}$$

$$P_{k3} = 0.857 \cdot (-25) + 0.857 \cdot 73.6 = 41.6\text{kg}$$

$$G_{k3} = 3 \cdot 41.6 + 5282.6 = 5407.4\text{kg} < 21000/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα ο στύλος 3 τύπου B

12B με 2 επίτονα

#### 3.2.4 ΣΤΥΛΟΣ 4

Στύλος 4 με  $x_1 > 0$

$$P_{k4} = 0.857 \cdot 16.4 + 0.857 \cdot 12.6 = 24.9\text{kg}$$

$$G_{k4} = 3 \cdot 24.9 + 150 = 224.7\text{kg} < 3032.9/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα στύλος 12M με κατασκευή P-3

#### 3.2.5 ΣΤΥΛΟΣ 5

$$P_{k5} = 0.857 \cdot 90.6 + 0.857 \cdot 36.5 = 108.9\text{kg}$$

$$G_{k5} = 3 \cdot 108.9 + 150 = 476.7\text{kg} < 3032.9/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα στύλος 12M με κατασκευή P-3

### 3.2.6 ΣΤΥΛΟΣ 6

$$P_{k6} = 0.857 \cdot 36.5 + 0.857 \cdot 34.8 = 61.1kg$$

$$G_{k6} = 3 \cdot 61.1 + 150 = 333.3kg < 3032.9/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα στύλος 12M με κατασκευή P-3

### 3.2.7 ΣΤΥΛΟΣ 7

$$P_{k7} = 0.857 \cdot 97.2 + 0.857 \cdot 55.3 = 130.6kg$$

$$G_{k7} = 3 \cdot 130.6 + 150 = 541.8kg < 3032.9/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα στύλος 12M με κατασκευή P-3

### 3.2.8 ΣΤΥΛΟΣ 8

$$P_{k8} = 0.857 \cdot 31.7 + 0.857 \cdot 85.2 = 100kg$$

$$G_{k8} = 3 \cdot 100 + 150 = 450kg < 3092.9/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα στύλος 12M με κατασκευή P-3

### 3.2.9 ΣΤΥΛΟΣ 9

$$P_{k9} = 0.857 \cdot 32.8 + 0.857 \cdot 48 = 69.2kg$$

$$G_{k9} = 3 \cdot 69.2 + 150 = 357.6kg < 3092.9/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα στύλος 12M με κατασκευή P-3

### 3.2.10 ΣΤΥΛΟΣ 10

$$P_{k10} = 0.857 \cdot 16 + 0.857 \cdot 94.6 = 94.8kg$$

$$G_{k10} = 3 \cdot 94.8 + 150 = 434.4kg < 3092.9/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα στύλος 12M με κατασκευή P-3



### 3.2.11 ΣΤΥΛΟΣ 11

Στύλος 11 με έλξη άρα P-13

$$L_{\varepsilon\pi}=10\text{m}$$

$$h_{\varepsilon\pi}=9.1\text{m} \quad 0.30\text{m από την κορυφή}$$

Οπότε

$$\alpha = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{L_{\varepsilon\pi}}{h_{\varepsilon\pi}}\right) = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{10}{9.1}\right) \Rightarrow \alpha = 47.7^\circ$$

Πρέπει

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin\alpha \cdot \frac{h_{\varepsilon\pi}}{h} = 6 \cdot T \Rightarrow F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin 47.7 \cdot \frac{9.9}{9.95} = 6 \cdot 883 \Rightarrow F_{\varepsilon\pi} = 7257.5\text{kg}$$

Άρα θα χρησιμοποιηθούν δύο επίτονα τύπου B

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \cos\alpha = 7257.5 \cdot \cos 47.7^\circ = 4884\text{kg}$$

$$P_{k11} = 0.857 \cdot (-26.6) + 0.857 \cdot 114.8 = 75.5\text{kg}$$

$$G_{k11} = 3 \cdot 75.5 + 4884 = 5115.5\text{kg} < 21000/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα ο στύλος 11 12B με 2 επίτονα τύπου B

### 3.2.12 ΣΤΥΛΟΣ 12

Ο στύλος είναι P-9II με έλξη

$$T_{o\lambda} = 4.5 \cdot T \Rightarrow T_{o\lambda} = 4.5 \cdot 883\text{kg}$$

$$a_1 = 44^\circ$$

$$a_2 = 46.9^\circ$$

$$a_3 = 50.1^\circ$$

$$\begin{aligned} \sum F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin\alpha \cdot \frac{h_{\varepsilon\pi}}{h} &= T_{o\lambda} \Rightarrow F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin a_1 + F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin a_2 + F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin a_3 \\ &= T_{o\lambda} \Rightarrow F_{\varepsilon\pi} = 1814.4\text{kg} \end{aligned}$$

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \cos a_1 = 1814.4 \cdot \cos 44^\circ = 1305 \text{ kg}$$

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \cos a_2 = 1814.4 \cdot \cos 46.9^\circ = 1239.8 \text{ kg}$$

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \cos a_3 = 1814.4 \cdot \cos 50.1^\circ = 1163.8 \text{ kg}$$

$$P_{k12} = 0.857 \cdot (-42.8) + 0.857 \cdot 88.7 = 39.3 \text{ kg}$$

$$G_{k12} = 3 \cdot 39.3 + 1305 + 1239.8 + 1163.8 = 3826.5 \text{ kg} < 19276.17 \text{ OK!!!}$$

Άρα ο στύλος 12 13B με κατασκευή P-9II

### 3.2.13 ΣΤΥΛΟΣ 13

$$L_{\varepsilon\pi} = 10 \text{ m}$$

$$h_{\varepsilon\pi} = 9.5 \text{ m} \quad 0.30 \text{ m από την κορυφή}$$

Οπότε

$$\alpha = \varepsilon\varphi^{-1} \left( \frac{L_{\varepsilon\pi}}{h_{\varepsilon\pi}} \right) = \varepsilon\varphi^{-1} \left( \frac{10}{9.5} \right) \Rightarrow \alpha = 46.5^\circ$$

Πρέπει

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin 46.5^\circ \cdot \frac{h_{\varepsilon\pi}}{h} = 6 \cdot 883 \Rightarrow F_{\varepsilon\pi} = 7358.3 \text{ kg}$$

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \cos \alpha = 7257.5 \cdot \cos 46.5^\circ = 5065 \text{ kg}$$

$$P_{k13} = 0.857 \cdot (-5.7) + 0.857 \cdot 113.2 = 92.1 \text{ kg}$$

$$G_{k13} = 3 \cdot 92.1 + 5065 = 5341.3 \text{ kg} < 21000/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα ο στύλος 13 12B με 2 επίτονα τύπου B και κατασκευή P13

### 3.2.14 ΣΤΥΛΟΣ 14

$$L_{\varepsilon\pi} = 10 \text{ m}$$

$$h_{\varepsilon\pi} = 9.1 \text{ m} \quad 0.30 \text{ m από την κορυφή}$$

Οπότε

$$\alpha = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{L_{\varepsilon\pi}}{h_{\varepsilon\pi}}\right) = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{10}{9.1}\right) \Rightarrow \alpha = 47.7^\circ$$

Πρέπει

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin 47.7^\circ \cdot \frac{h_{\varepsilon\pi}}{h} = 6 \cdot 883 \Rightarrow F_{\varepsilon\pi} = 7257.5 \text{ kg}$$

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \cos \alpha = 7257.5 \cdot \cos 47.7^\circ = 4884 \text{ kg}$$

$$P_{k14} = 0.857 \cdot (-21.2) + 0.857 \cdot 90.8 = 59.6 \text{ kg}$$

$$G_{k11} = 3 \cdot 59.6 + 4884 = 5062.8 \text{ kg} < 21000/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα ο στύλος 14 12B με 2 επίτονα τύπου Β και κατασκευή Ρ13

### 3.2.15 ΣΤΥΛΟΣ 15

$$L_{\varepsilon\pi} = 10 \text{ m}$$

$$h_{\varepsilon\pi} = 9.8 \text{ m} \quad 0.30 \text{ m από την κορυφή}$$

Οπότε

$$\alpha = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{L_{\varepsilon\pi}}{h_{\varepsilon\pi}}\right) = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{10}{9.8}\right) \Rightarrow \alpha = 45.6^\circ$$

Πρέπει

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin 45.6^\circ \cdot \frac{9.9}{h_{9.95}} = 6 \cdot 883 \Rightarrow F_{\varepsilon\pi} = 7462 \text{ kg}$$

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \cos \alpha = 7257.5 \cdot \cos 45.6^\circ = 5220.8 \text{ kg}$$

$$P_{k15} = 0.857 \cdot (-2.8) + 0.857 \cdot 103.1 = 86 \text{ kg}$$

$$G_{k15} = 3 \cdot 86 + 5220.8 = 5478.8 \text{ kg} < 21000/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα ο στύλος 15 12B με 2 επίτονα τύπου Β και κατασκευή Ρ13

### 3.2.16 ΣΤΥΛΟΣ 16

$$L_{\varepsilon\pi}=12\text{m}$$

$$h_{\varepsilon\pi}=9.3\text{m} \quad 0.30\text{m από την κορυφή}$$

Οπότε

$$\alpha = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{L_{\varepsilon\pi}}{h_{\varepsilon\pi}}\right) = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{12}{9.3}\right) \Rightarrow \alpha = 52.2^\circ$$

Πρέπει

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin 52.2^\circ \cdot \frac{9.9}{9.95} = 6 \cdot 883 \Rightarrow F_{\varepsilon\pi} = 6792.3\text{kg}$$

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \cos \alpha = 7257.5 \cdot \cos 52.2^\circ = 4163 \text{ kg}$$

$$P_{k16} = 0.857 \cdot (-18.1) + 0.857 \cdot 168 = 128.4\text{kg}$$

$$G_{k16} = 3 \cdot 128.4 + 4163 = 4548.2\text{kg} < 21000/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα ο στύλος 16 12B με 2 επίτονα τύπου B και κατασκευή P13

### 3.2.17 ΣΤΥΛΟΣ 17

$$L_{\varepsilon\pi}=12\text{m}$$

$$h_{\varepsilon\pi}=8.7\text{m} \quad 0.30\text{m από την κορυφή}$$

Οπότε

$$\alpha = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{L_{\varepsilon\pi}}{h_{\varepsilon\pi}}\right) = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{12}{8.7}\right) \Rightarrow \alpha = 54^\circ$$

Πρέπει

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin 54^\circ \cdot \frac{9.9}{9.95} = 6 \cdot 883 \Rightarrow F_{\varepsilon\pi} = 6622.5\text{kg}$$

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \cos \alpha = 7257.5 \cdot \cos 54^\circ = 3892.6 \text{ kg}$$

$$P_{k17} = 0.857 \cdot (-88) + 0.857 \cdot 116.4 = 24.3\text{kg}$$

$$G_{k17} = 3 \cdot 24.3 + 3892.6 = 3965.5kg < 21000/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα ο στύλος 17 12B με 2 επίτονα τύπου Β και κατασκευή Ρ13

### 3.2.18 ΣΤΥΛΟΣ 18

$$L_{\varepsilon\pi} = 12\text{m}$$

$$h_{\varepsilon\pi} = 9.1\text{m} \quad 0.30\text{m από την κορυφή}$$

Οπότε

$$\alpha = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{L_{\varepsilon\pi}}{h_{\varepsilon\pi}}\right) = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{12}{9.1}\right) \Rightarrow \alpha = 53^\circ$$

Πρέπει

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin 53^\circ \cdot \frac{9.9}{9.95} = 6 \cdot 883 \Rightarrow F_{\varepsilon\pi} = 6706.3kg$$

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \cos \alpha = 7257.5 \cdot \cos 53^\circ = 4035.9 kg$$

$$P_{k18} = 0.857 \cdot (-34.4) + 0.857 \cdot 49.8 = 13.2kg$$

$$G_{k18} = 3 \cdot 13.2 + 4035.9 = 4062.3kg < 21000/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα ο στύλος 18 12B με 2 επίτονα τύπου Β και κατασκευή Ρ13

### 3.2.19 ΣΤΥΛΟΣ 19

ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ

$$L_{\varepsilon\pi} = 15\text{m}$$

$$h_{\varepsilon\pi} = 10.9\text{m} \quad 0.30\text{m από την κορυφή}$$

Οπότε

$$\alpha = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{L_{\varepsilon\pi}}{h_{\varepsilon\pi}}\right) = \varepsilon\varphi^{-1}\left(\frac{15}{10.9}\right) \Rightarrow \alpha = 53.9^\circ$$

Πρέπει

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \sin 53.9^\circ \cdot \frac{10.9}{10.95} = 3 \cdot 883 \Rightarrow F_{\varepsilon\pi} = 3344.6 \text{ kg}$$

1 επίτονο τύπου B

$$F_{\varepsilon\pi} \cdot \cos \alpha = 7257.5 \cdot \cos 53.9^\circ = 1970.6 \text{ kg}$$

$$P_{k19} = 0.857 \cdot 20.2 = 17.3 \text{ kg}$$

$$G_{k19} = 3 \cdot 17.3 + 1970.6 = 2022.5 \text{ kg} < 11039.6/3.9 \text{ OK!!!}$$

Άρα ο τερματικός στύλος 19 είναι 13M με 1 επίτονα τύπου B και κατασκευή P11

### 3.3 Υπολογισμός τραβέρσας

#### 3.3.1 Υπολογισμός τραβέρσας στο στύλο 4

Ο στύλος 4 θεωρείται P-3 ευθυγραμμίας καθώς ισχύει  $\Sigma T=0$

Έστω βραχίονας τύπου 1

$L=250\text{cm}$     $d=10\text{cm}$     $b=12\text{cm}$     $\text{βάρος}=24\text{kgq}=2.2\text{cm}$

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot \left( d^2 - \frac{q^3}{d} \right) = \frac{1}{6} \cdot \frac{b}{d} \cdot (d^3 - q^3) = \frac{1}{6} \cdot \frac{12}{10} \cdot (10^3 - 2.2^3) = 197.9 \text{ cm}^3$$

$$M = [(P_k + B_\mu) \cdot x_1 + B_B \cdot x_2 + (P_k + B_\mu) \cdot x_3 + 2 \cdot F_{\alpha\gamma} + B_6 \cdot \frac{L}{2}] \Rightarrow$$

$$M = [(24.9 + 8) \cdot 10 + 12 \cdot 62.5 + (24.9 + 8) \cdot 115 + 2 \cdot 46.78 + 100 \cdot 125] \\ \Rightarrow M = 20777 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$F = \frac{M}{W} = \frac{20777}{197.9} = 105 \text{ Kg} \cdot \text{cm}^2 < \frac{520}{2} \text{ OK!!!}$$

Τελικά ο στύλος είναι P-3 12M με τραβέρσα τύπου 1

### 3.3.2 Υπολογισμός τραβέρσας στο στύλο 3

Ο στύλος 3 θεωρείται P-13 ευθυγραμμίας καθώς ισχύει ΣΤ<sup>1</sup> 0 (υπάρχει έλξη)

Έστω βραχίονας τύπου 1

L=250cm    d=10cm    b=12cm    βάρος=24kgq=2.2cm

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot \left( d^2 - \frac{q^3}{d} \right) = \frac{1}{6} \cdot \frac{b}{d} \cdot (d^3 - q^3) = \frac{1}{6} \cdot \frac{12}{10} \cdot (10^3 - 2.2^3) = 197.9 \text{ cm}^3$$

$$M = P_k \cdot x_2 + B_\beta \cdot x_1 + B_6 \cdot \frac{L}{2} \Rightarrow$$

$$M = 41.6 \cdot 115 + 12 \cdot 62.5 + 100 \cdot 125 \Rightarrow M = 18034 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$F = \frac{M}{W} = \frac{18034}{197.9} = 91 < \frac{520}{2} \text{ kg} \cdot \text{cm}^2 \text{ OK!}$$

Όμως έχουμε τάνυση προς μία κατεύθυνση οπότε

$$M = 2 \cdot T \cdot x_2 \Rightarrow M = 2 \cdot 883 \cdot 115 \Rightarrow M = 203090 \text{ kg} \cdot \text{cm} \text{ και}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot (d - q) = \frac{1}{6} \cdot 12^2 \cdot (10 - 2.2) = 187.2 \text{ cm}^3$$

$$F = \frac{M}{W} = \frac{203090}{187.2} = 1084 > \frac{520}{2} \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

Οπότε τοποθετούμε δύο βραχίονες

$$W' = 2.5 \cdot W = 468 \text{ cm}^3$$

### 3.3.3 Υπολογισμός τραβέρσας στο στύλο 19

Ο στύλος 19 είναι τερματικός τύπου P-11

Έστω βραχίονας τύπου 1

$$M = 17.3 \cdot 115 + 12 \cdot 62.5 + 100 \cdot 125 \Rightarrow M = 15239.5 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$W = 197.9 \text{ cm}^3$$

$$F = \frac{M}{W} = \frac{15239.5}{197.9} = 77 < \frac{520}{2} \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

Όμως σαν τερματικός ΣΤ<sup>1</sup> 0 οπότε ΣΤ=Τα

$$M = T \cdot x_2 = 883 \cdot 115 = 101545 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot (d - q) = \frac{1}{6} \cdot 12^2 \cdot (10 - 2.2) = 187.2 \text{ cm}^3$$

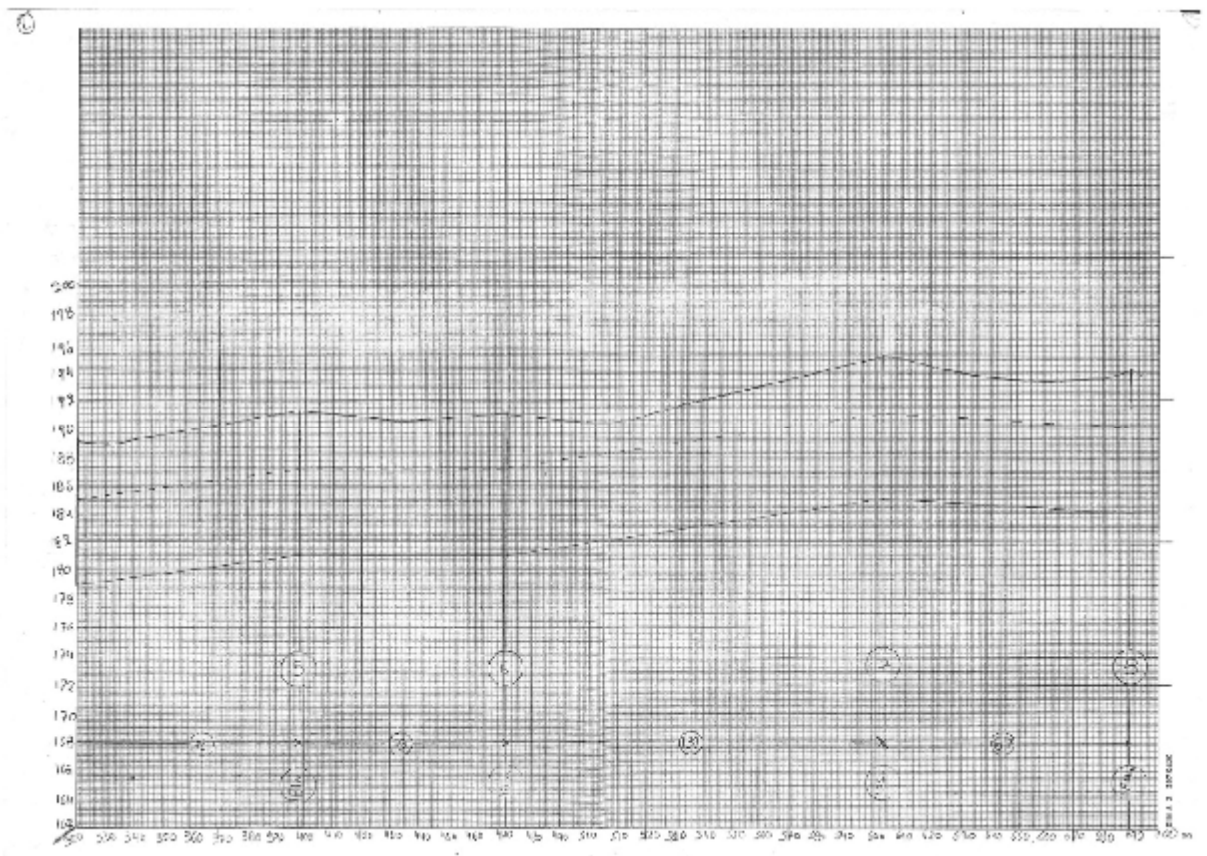
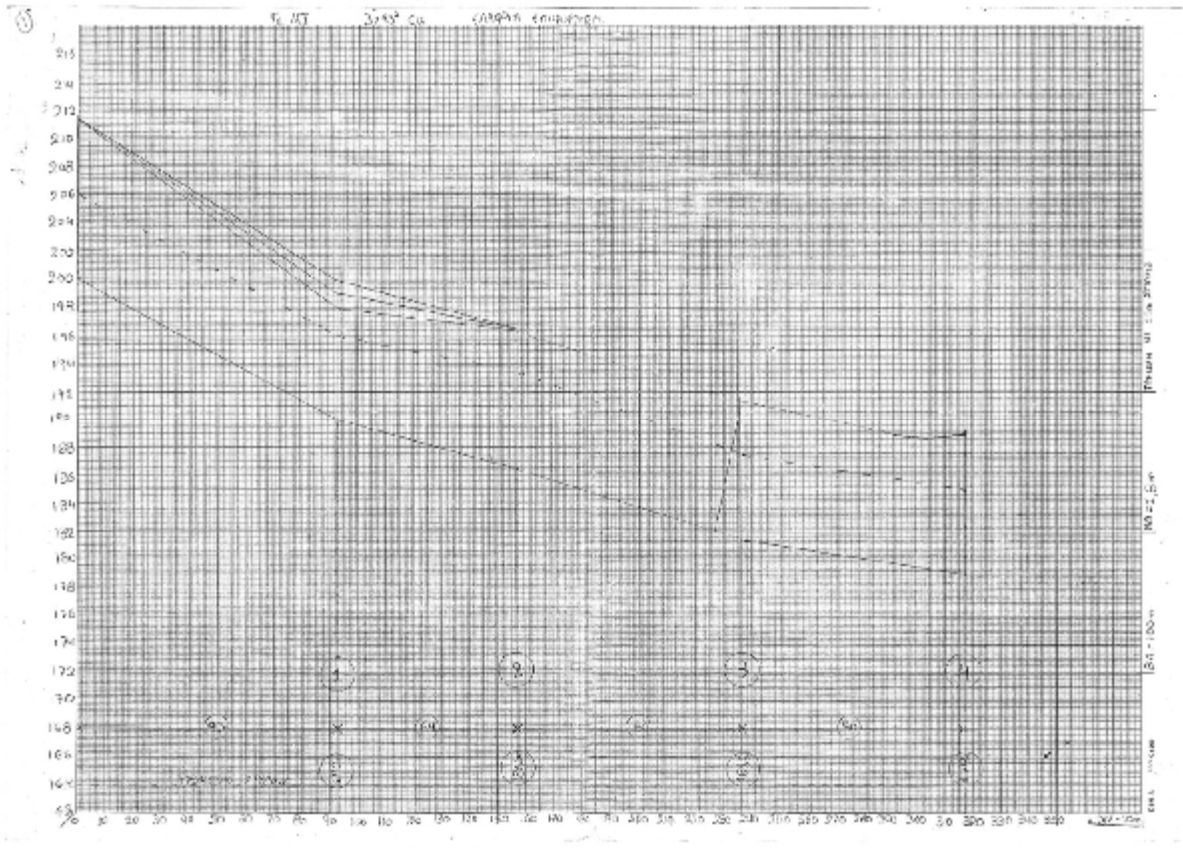
Για δύο δοκούς

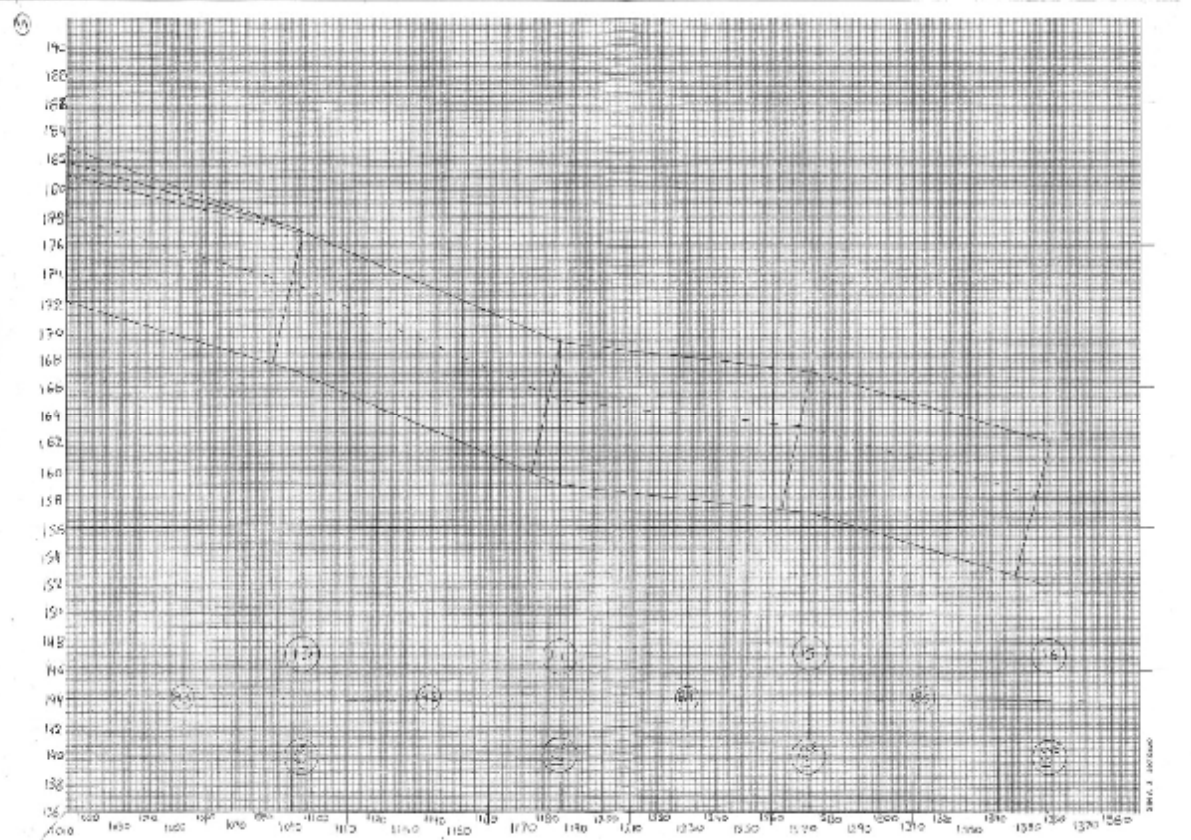
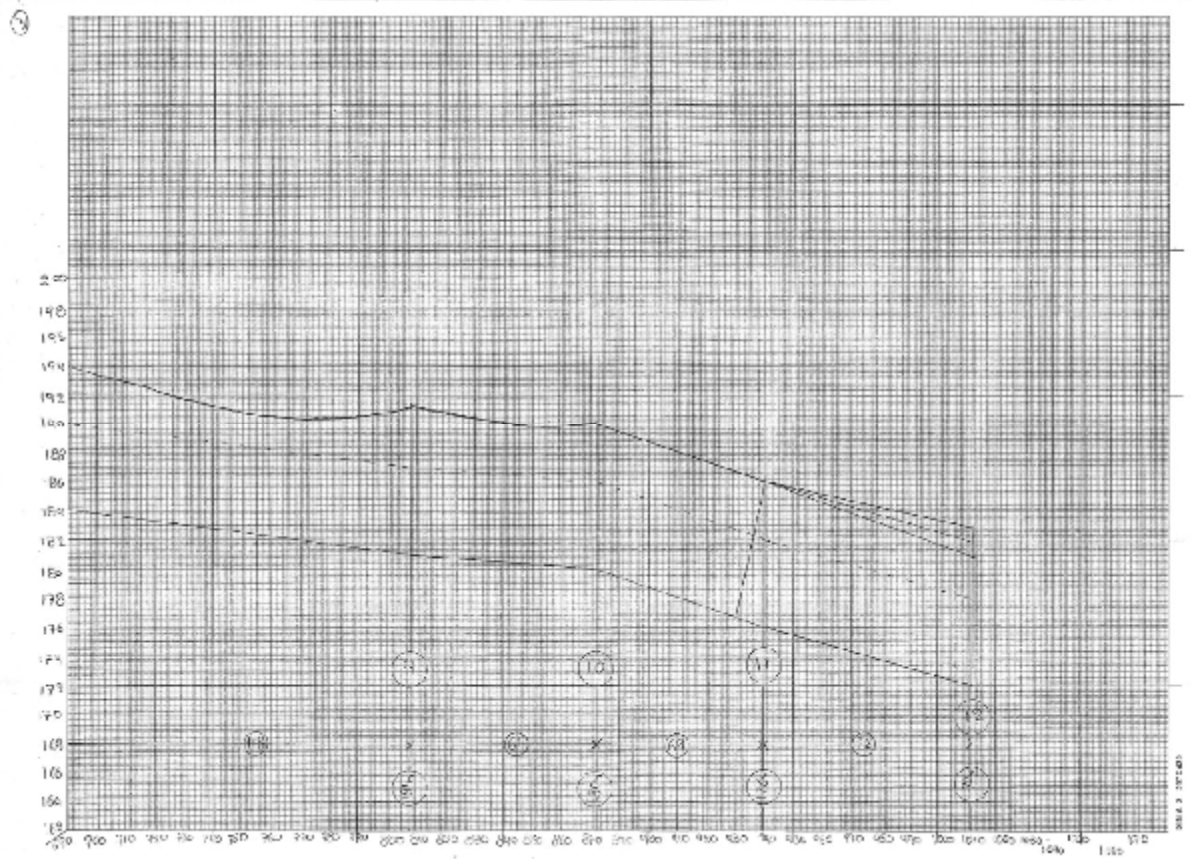
$$W' = 2.5 \cdot W = 468 \text{ cm}^3$$

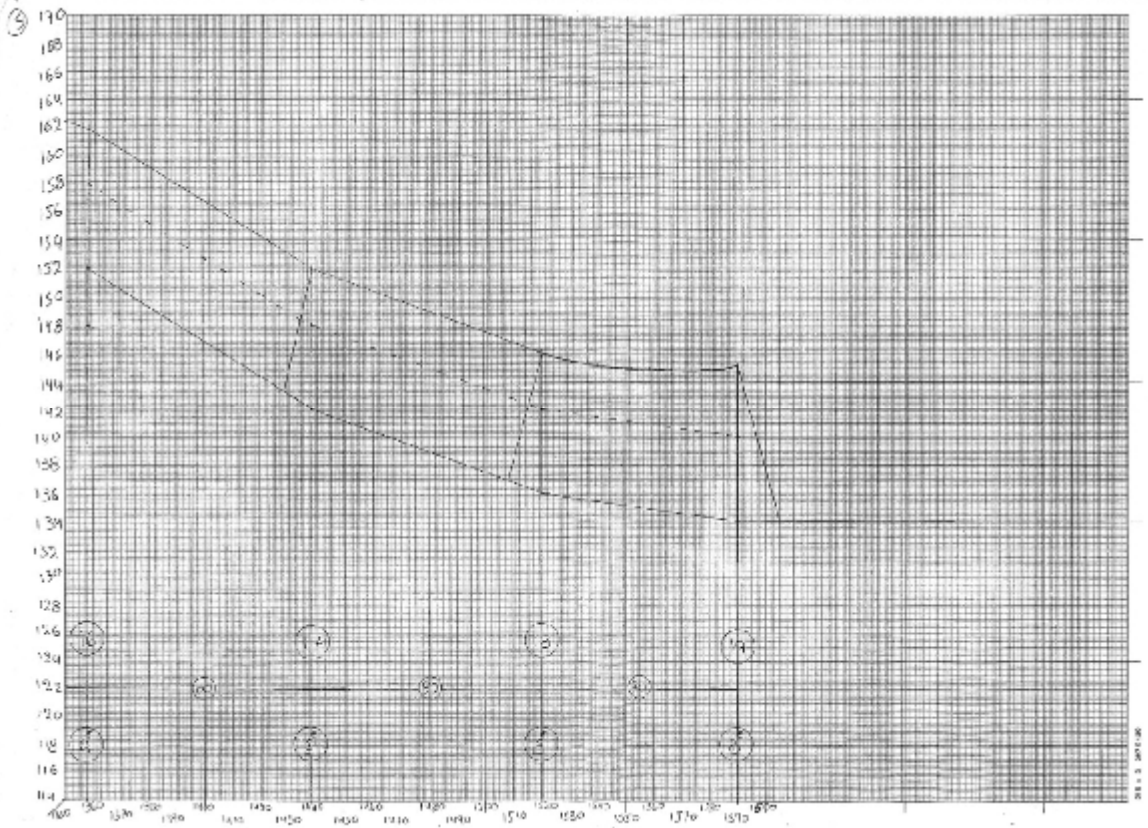
$$F = \frac{M}{W'} = \frac{101545}{468} = 216 < \frac{520}{2} \text{ kg/cm}^2$$

Οπότε ο στύλος 19 P-11 με δύο τραβέρσες









## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- § Κ.Λαμπρόπουλος, Μελέτη Ηλεκτρικών Δικτύων Διανομής, Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. – Τμήμα Εκπαίδευσης 2002
- § ΔΕΗ-Περιοχή Δυτικών Κυκλάδων, Τυποποιημένες Κατασκευές διανομής,1995
- § Πέτρος Ντοκόπουλος, Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 2005
- § Βασίλης Ν Ξάνθος, Παραγωγή – Μεταφορά – Διανομή – Μέτρηση και εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 1999