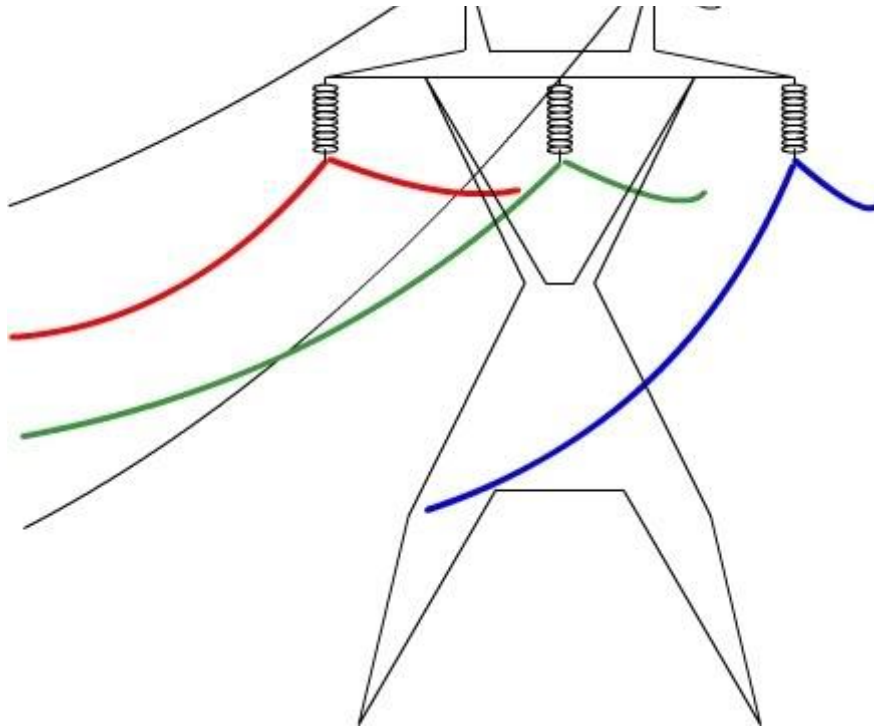


**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ  
ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ**

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ: 1462**

**ΦΟΙΤΗΤΕΣ: ΜΠΕΚΙΑΡΗΣ ΘΩΜΑΣ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2014-2015**

# Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου κ. Νικόλαο Σχοινά που μου ανέθεσε το θέμα της διπλωματικής εργασίας και ανέλαβε την επίβλεψή της, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αλλά και για τις υποδείξεις και την βοήθεια του σε τεχνικά θέματα, ώστε να φτάσω σε ένα άρτιο αποτέλεσμα.

*Στην μητέρα μου,  
που ήταν πάντα δίπλα μου και  
επένδυε  
στο μέλλον μου.*



## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τη μηχανολογική μελέτη μιας εναέριας γραμμής μεταφοράς μέσης τάσης. Η γραμμή περιλαμβάνει 13 στύλους στην «Ελαφρά» επιφόρτιση, με αγωγό 3 x 35ACSR.

Ποιό συγκεκριμένα γίνεται αναλυτική υπολογιστική μελέτη για τους στύλους της γραμμής (ύψος και κατηγορία στύλου), με βάση τις υψομετρικές διαφορές του εδάφους, το πως κινείται γεωγραφικά η γραμμή(αν κινείται ευθεία ή δημιουργούνται γωνίες ) και τα φορτία που μπορεί να αντέξει ο κάθε στύλος (κατακόρυφα και εγκάρσια φορτία ). Επίσης για όποιον στύλο είναι απαραίτητο (δεν ισορροπεί) θα υπολογίζεται και το ανάλογο επίτονο που χρειάζεται.

Ακόμη στην εργασία, γίνεται και μελέτη για τον τύπο της κατασκευής του κάθε στύλου και μαζί με τους υπολογισμούς θα υπάρχει και σχέδιο με τους στύλους σε ανάλογη κλίμακα, για την σωστή τοπογραφική αναπαράσταση της γραμμής όπου με αυτό θα κλείνει το υπολογιστικό κομμάτι της εργασίας.

Στο θεωρητικό σκέλος, στο πρώτο κεφάλαιο θα αναλυθούν οι τρόποι παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται οι δυνάμεις που καταπονούν τα δίκτυα αλλά και οι δυνάμεις που καταπονούν τους ξύλινους στύλους. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι τύποι των στύλων που χρησιμοποιούνται σήμερα από τις εταιρίες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας για μια γραμμή μεταφοράς μέσης τάσης αλλά και οι τύποι των καλωδίων.



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                   |   |          |
|-------------------|---|----------|
| <b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b>   |   | ΣΕΛ. 1   |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> |   |          |
| 1.                | Παραγωγή, μεταφορά και αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας                      | ΣΕΛ. 3   |
| 1.1               | Συμβατικές πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας                             | ΣΕΛ. 4   |
| 1.1.1             | Ανανεώσιμες πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας                            | ΣΕΛ. 6   |
| 1.2               | Μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας                                   | ΣΕΛ. 8   |
| 1.2.1             | Δίκτυο μεταφοράς  | ΣΕΛ. 8   |
| 1.2.2             | Δίκτυο διανομής   | ΣΕΛ. 10  |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> |   |          |
| 2.                | Μηχανική μελέτη   | ΣΕΛ. 12  |
| 2.1               | Δυνάμεις που καταπονούν τα δίκτυα   | ΣΕΛ. 13  |
| 2.1.1             | Μηχανική επιφόρτιση   | ΣΕΛ. 13  |
| 2.1.2             | Δυνάμεις που καταπονούν τους αγωγούς  | ΣΕΛ. 14  |
| 2.1.3             | Δύναμη τάνυσης αγωγών   | ΣΕΛ. 117 |
| 2.1.4             | Βασικό άνοιγμα  | ΣΕΛ. 18  |
| 2.1.5             | Σχέση βέλους τάνυσης  | ΣΕΛ. 19  |
| 2.1.6             | Μέγιστη εφελκυστική δύναμη που καταπονεί τον αγωγό (έλεγχος αντοχής αγωγού) | ΣΕΛ. 19  |
| 2.2               | Μηχανική αντοχή ξύλινων στύλων  | ΣΕΛ. 20  |
| 2.2.1             | Τεχνικά χαρακτηριστικά ξύλινων στύλων                                       | ΣΕΛ. 20  |
| 2.2.2             | Κλάσεις κατασκευής  | ΣΕΛ. 22  |
| 2.2.3             | Δυνάμεις που καταπονούν τους στύλους  | ΣΕΛ. 23  |
| 2.2.4             | Συντελεστές ασφαλείας   | ΣΕΛ. 25  |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> |   |          |
| 3.1               | Τύποι στύλων για εναέρια δίκτυα μέσης τάσης                                 | ΣΕΛ. 36  |
| 3.2               | Τύποι καλωδίων για εναέρια δίκτυα μέσης τάσης                               | ΣΕΛ. 50  |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b> |   |          |
| 4.1               | Γενικά  | ΣΕΛ. 52  |
| 4.2               | Μεθοδολογία   | ΣΕΛ. 52  |
| 4.3               | Υπολογισμός ύψους, τύπου στύλων και επιτόνων (μαζί με σχέδιο της γραμμής)   | ΣΕΛ. 53  |
| 4.4               | Υπολογισμός τύπου κατασκευής στύλου   | ΣΕΛ. 78  |
| ΠΙΝΑΚΕΣ           |   | ΣΕΛ. 83  |
| ΣΧΕΔΙΑ ΓΡΑΜΜΗΣ    |   | ΣΕΛ. 89  |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ      |   | ΣΕΛ. 108 |



# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Για να λυθεί το πρόβλημα της μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις, ο William Stanley κατασκεύασε το πρώτο επαγωγικό πηνίο, που αποτέλεσε τον προάγγελο του σύγχρονου (ηλεκτρικού) μετασχηματιστή καθώς και το πρώτο σύστημα υψηλής τάσης μεταφοράς εναλλασσόμενου ρεύματος, το οποίο αποτελείται από γεννήτριες, μετασχηματιστές και γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης, που αποτέλεσε τη βάση της σύγχρονης διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι όλη η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στους σταθμούς παραγωγής, αρχικά μεταφέρεται σε κοντινούς μετασχηματιστές που μετατρέπουν τη χαμηλή τάση της ηλεκτρικής ενέργειας σε υψηλή.

Με αυτόν τον τρόπο, η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται με τις γραμμές μεταφοράς σε πολύ μεγάλες αποστάσεις με λιγότερες απώλειες, καθώς οι σταθμοί παραγωγής είναι συνήθως μακριά από τα μεγάλα αστικά κέντρα. Το δίκτυο μεταφοράς μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια στους υποσταθμούς μέσης τάσης, στους οποίους μετατρέπεται η τάση της ηλεκτρικής ενέργειας από υψηλή σε μέση και χαμηλή τάση, προκειμένου με τη βοήθεια των εναέριων γραμμών να διανεμηθεί σε βιομηχανίες που χρησιμοποιούν μέση τάση και σε σπίτια που χρησιμοποιούν χαμηλή τάση.

Έχουμε δύο τύπους δικτύου, ανάλογα με της τάση της ηλεκτρικής ισχύος που διακινείται, το δίκτυο μεταφοράς και το δίκτυο διανομής. Το δίκτυο μεταφοράς μεταφέρει την ηλεκτρική ισχύ από τους σταθμούς παραγωγής στους υποσταθμούς μεταφοράς. Η μεταφορά γίνεται σε υψηλή τάση, μέσω του δικτύου υψηλής τάσης (150kV) και υπερύψηλης (400kV) για να μειωθούν οι απώλειες ισχύος, όταν οι αποστάσεις είναι μεγάλες. Οι γραμμές μεταφοράς δεν μπορούν να τροφοδοτήσουν άμεσα τους καταναλωτές που χρησιμοποιούν χαμηλή τάση (220/380V) αλλά φθάνουν μέχρι ορισμένα σημεία, τους υποσταθμούς μεταφοράς, όπου γίνεται υποβιβασμός της τάσης στη μέση τάση, δηλαδή στα 20kV. Οι υποσταθμοί αποτελούν κόμβους στο δίκτυο του ηλεκτρισμού. Από αυτά τα σημεία όπου βρίσκονται οι υποσταθμοί μεταφοράς, αρχίζουν οι γραμμές διανομής, που καταλήγουν στους υποσταθμούς διανομής όπου γίνεται υποβιβασμός της μέσης τάσης στη χαμηλή τάση που χρησιμοποιούν οι περισσότεροι καταναλωτές.

Οι γραμμές μεταφοράς αποτελούνται:

- Πυλώνες ή πύργους, στους οποίους στηρίζονται οι αγωγοί των εναέριων γραμμών.
- Μονωτήρες, μέσω των οποίων αναρτώνται στους πυλώνες οι αγωγοί των γραμμών.
- Αγωγοί, κυρίως από χαλκό και αλουμίνιο

Το δίκτυο διανομής περιλαμβάνει:

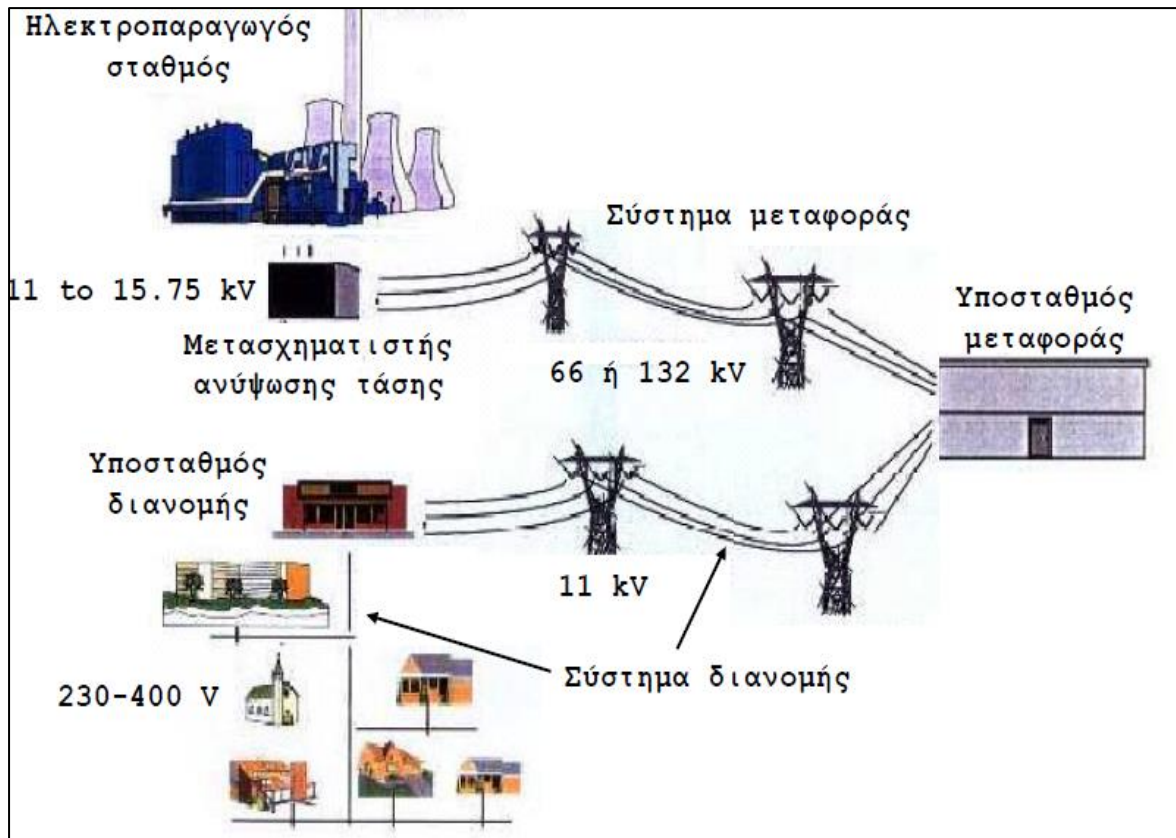
- Το δίκτυο διανομής μέσης τάσης (20kV) που μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια από τους υποσταθμούς μεταφοράς στους υποσταθμούς διανομής.
- Το δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης (220/380V) που μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια από τους υποσταθμούς διανομής στους καταναλωτές.



ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



Εικ. 1 : Αναπαράσταση διαδικασίας μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

## Κεφάλαιο 1

### 1. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Ηλεκτροπαραγωγή ονομάζεται η διαδικασία που απαιτείται για την μετατροπή μιας μορφής πρωτογενούς ενέργειας σε ηλεκτρική. Σήμερα κυρίως χρησιμοποιείται η μετατροπή κάποιας μορφής ενέργειας πρώτα σε μηχανική (κινητήριες μηχανές, στρόβιλοι) και μετά σε ηλεκτρική μέσω γεννητριών.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατατάσσεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το είδος των πηγών ενέργειας που χρησιμοποιεί. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- Η ηλεκτροπαραγωγή από **συμβατικά καύσιμα**, η οποία χρησιμοποιεί σαν πηγή ενέργειας ορυκτά στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα, τα οποία έχουν σχηματιστεί σε παλαιότερες γεωλογικές περιόδους και βρίσκονται αποθηκευμένα στο υπέδαφος, σε μικρότερα ή μεγαλύτερα βάθη σε πεπερασμένες, μη ανανεώσιμες ποσότητες
- Η ηλεκτροπαραγωγή από **ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**, η οποία αντίθετα με την πρώτη, χρησιμοποιεί πηγές διαχρονικές, που δεν εξαντλούν περιορισμένα ενεργειακά αποθέματα. Η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον ήλιο και τα φυσικά φαινόμενα και κατά συνέπεια εξαρτάται από την περιοδικότητα ή την στοχαστικότητα αυτών των φαινομένων.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

Κάθε χώρα έχει επιλέξει το δικό της μείγμα τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής. Το μείγμα αυτό διαφέρει από χώρα σε χώρα γιατί καθορίζεται από παράγοντες όπως:

- Οι διαθέσιμοι εγχώριοι ενεργειακοί πόροι.
- Οι διεθνείς συγκυρίες και η ενεργειακή πολιτική.
- Οι γεωλογικές, γεωφυσικές, γεωγραφικές και κλιματολογικές ιδιαιτερότητες.

## **1.1: Συμβατικές πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.**

Οι συμβατικοί σταθμοί παραγωγής χρησιμοποιούν σαν πηγή ενέργειας ορυκτά στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα.

### ➤ **Θερμοηλεκτρικοί :**

Η θερμότητα από την καύση ορυκτών καυσίμων μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια μέσω κινητήριων μηχανών και στη συνέχεια μέσω γεννητριών σε ηλεκτρική ενέργεια. Ανάλογα με το μέσο και της μηχανές που χρησιμοποιούν για το θερμοδυναμικό τους κύκλο διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες.

#### • **Ατμοηλεκτρικοί :**

Χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα (κάρβουνο, μαζούτ, φυσικό αέριο) που καίγονται στο λέβητα για να δημιουργήσουν ατμό, ο οποίος κινεί το στρόβιλο. (Απόδοση 30-45%, πολύ αργή εκκίνηση (πολλές ώρες), μικρό λειτουργικό κόστος).

#### • **Αεριοστροβιλικό :**

Ο ατμοσφαιρικός αέρας συμπιέζεται και οδηγείται στον θάλαμο καύσης όπου ψεκάζεται με πετρέλαιο diesel ή φυσικό αέριο. Τα αέρια οδηγούνται στον αεριοστρόβιλο που τον αναγκάζουν να περιστραφεί (Απόδοση 25-35%, γρήγορη εκκίνηση, χρήση ως μονάδες αιχμής, ψηλό κόστος λειτουργίας ).

#### • **Εσωτερικής καύσης :**

Χρησιμοποιούν έμβολα (πιστόνια) για να μετατρέπουν πίεση σε μηχανική ενέργεια. Χρησιμοποιείται diesel ή φυσικό αέριο ως καύσιμο το οποίο εκρήγνυται μέσα στο πιστόνι και καίγεται. Το πιστόνι δημιουργεί περιστρεφόμενη κίνηση μέσω ενός άξονα. (Απόδοση 50%). Χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρά συστήματα και σε μεγάλα κτίρια για να παρέχουν εφεδρική ισχύ.

#### • **Συνδυασμένου κύκλου :**

Συνδυασμός αεριοστροβιλικού και ατμοηλεκτρικού σταθμού. Τα αέρια από την έξοδο του αεριοστρόβιλου διοχετεύονται σε ένα άλλο λέβητα όπου παράγεται ατμός που κινεί ατμοστρόβιλο. (Απόδοση 50%).

#### • **Πυρηνικοί σταθμοί :**

Ο πυρηνικός σταθμός είναι ατμοηλεκτρικός σταθμός με τη διαφορά ότι η παραγωγή του ατμού γίνεται χρησιμοποιώντας την πυρηνική ενέργεια που ελκύεται από τον πυρηνικό αντιδραστήρα. Η ενέργεια που ελκύεται από τις σχάσεις χρησιμοποιείται είτε απευθείας στον αντιδραστήρα είτε σε βοηθητικά συστήματα, τις λεγόμενες γεννήτριες ατμού.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



Εικόνα Ν.ο. 2 θερμοηλεκτρικός σταθμός

## ➤ Υδροηλεκτρικοί:

Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς γίνεται εκμετάλλευση της υδραυλικής – μηχανικής ενέργειας του νερού, η οποία μέσω των κατάλληλων διατάξεων ( υδροστρόβιλος – γεννήτρια) μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Η παραγόμενη ενέργεια είναι ανάλογη της παροχής νερού, του χρόνου λειτουργίας, της υψομετρικής διαφοράς της υδατόπτωσης και του βαθμού απόδοσης της μονάδας. Ανάλογα με τον τρόπο χρήσης του νερού διακρίνονται στις εξής 3 κατηγορίες:

- Φυσικής ροής.

Χρησιμοποιούν την ενέργεια διερχόμενου υδάτινου ρεύματος (ροή ποταμού).

- Ρυθμιζόμενης ροής.

Χρησιμοποιούν το νερό που συλλέγεται σε ταμιευτήρες (τεχνίτες λίμνες – φράγματα), ώστε να δημιουργείται υψομετρική διαφορά και να γίνεται εκμετάλλευση ελεγχόμενης υδατόπτωσης.

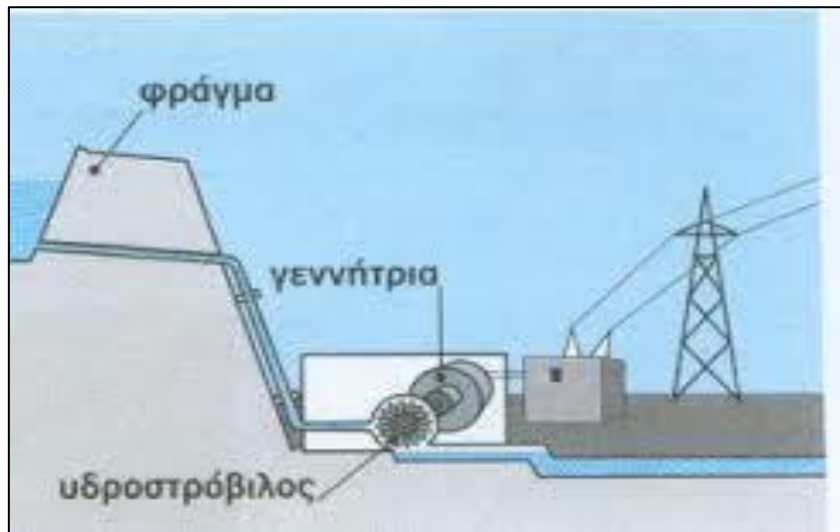
- Υδροαντλητικοί :

Λειτουργούν όπως και οι ρυθμιζόμενης ροής με η διαφορά ότι έχουν δύο φράγματα, ένα σε υψηλότερη και ένα σε χαμηλότερη στάθμη από το σταθμό και χρησιμοποιούν χαμηλού κόστους ηλεκτρική ενέργεια κατά τις ώρες χαμηλού φορτίου, για να αποταμιεύουν νερό που θα χρησιμοποιηθεί τις ώρες αιχμής.



Εικόνα Ν.ο. 3 Υδροηλεκτρικό φράγμα στη λίμνη Πλαστήρα

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



Εικόνα Ν.ο. 4 Αναπαράσταση υδροηλεκτρικού σταθμού

## ***1.1.1: Ανανεώσιμες πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.***

Οι ήπιες μορφές ενέργειας βασίζονται κατ' ουσία στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης, και την ενέργεια απ' τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα. Οι βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δεκαετομύρια χρόνια. Ουσιαστικά είναι ηλιακή ενέργεια "συσκευασμένη" κατά τον ένα ή τον άλλο τρόπο: η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται απ' τη θέρμανση του αέρα ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης-συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του. Η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι ανανεώσιμη, καθώς τα γεωθερμικά πεδία κάποια στιγμή εξαντλούνται.

Χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρέπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος στάτους στον ενεργειακό τομέα εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού.

Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απανωτών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για παραπέρα αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται στα ίσα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια. Ενδεικτικά, στις Η.Π.Α ένα 6% της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ στην ευρωπαϊκή ένωση το 2010 το 25% της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές (κυρίως υδροηλεκτρικά και βιομάζα).

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

## Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

### Πλεονεκτήματα

- είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

### Μειονεκτήματα

- έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. Σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου

## Είδη ήπιων μορφών ενέργειας

- **Αιολική ενέργεια**. Χρησιμοποιήθηκε παλιότερα για την άντληση νερού από πηγάδια καθώς και για μηχανικές εφαρμογές (π.χ. Την άλεση στους ανεμόμυλους). Έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ευρέως για ηλεκτροπαραγωγή.
- **Ηλιακή ενέργεια**. Χρησιμοποιείται περισσότερο για θερμικές εφαρμογές (ηλιακοί θερμοσίφωνες και φούρνοι) ενώ η χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος, με την βοήθεια της πολιτικής προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από το ελληνικό κράτος και την ευρωπαϊκή ένωση.
- **Υδροαυλική ενέργεια**. Είναι τα γνωστά υδροηλεκτρικά έργα, που στο πεδίο των ήπιων μορφών ενέργειας εξειδικεύονται περισσότερο στα μικρά υδροηλεκτρικά. Είναι η πιο διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας.
- **Βιομάζα**. Χρησιμοποιεί τους υδατάνθρακες των φυτών (κυρίως αποβλήτων της βιομηχανίας ξύλου, τροφίμων και ζωοτροφών και της βιομηχανίας ζάχαρης) με

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

σκοπό την αποδέσμευση της ενέργειας που δεσμεύτηκε απ' το φυτό με τη φωτοσύνθεση. Ακόμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αστικά απόβλητα και απορρίμματα. Μπορεί να δώσει βιοαιθανόλη και βιοαέριο, που είναι καύσιμα πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα παραδοσιακά. Είναι μια πηγή ενέργειας με πολλές δυνατότητες και εφαρμογές που θα χρησιμοποιηθεί πλατιά στο μέλλον.

- **Γεωθερμική ενέργεια.** Προέρχεται από τη θερμότητα που παράγεται απ' τη ραδιενεργό αποσύνθεση των πετρωμάτων της γης. Είναι εκμεταλλεύσιμη εκεί όπου η θερμότητα αυτή ανεβαίνει με φυσικό τρόπο στην επιφάνεια, π.χ. στους θερμοπίδακες ή στις πηγές ζεστού νερού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας για θερμικές εφαρμογές είτε για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η Ισλανδία καλύπτει το 80-90% των ενεργειακών της αναγκών, όσον αφορά τη θέρμανση, και το 20%, όσον αφορά τον ηλεκτρισμό, με γεωθερμική ενέργεια.
- **Ενέργεια από τη θάλασσα**
  - ενέργεια από παλίρροιας. Εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του ήλιου και της σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει και για να ξανακατέβει αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό. Έχει εφαρμοστεί στην Αγγλία, τη Γαλλία, τη Ρωσία και αλλού.
  - ενέργεια από κύματα. Εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας.
  - ενέργεια από τους ωκεανούς. Εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού, κάνοντας χρήση θερμικών κύκλων. Βρίσκεται στο στάδιο της έρευνας.

## ***1.2:Μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.***

Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα γίνεται με τιμές τάσης 400kV και 150kV.Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η δυνατότητα μεταφοράς της εύκολα σε μεγάλες αποστάσεις με μικρές απώλειες. Η μεταφορά αυτή είναι απαραίτητη λόγω των μεγάλων αποστάσεων των ενεργειακών κέντρων παραγωγής από τα μεγάλα κέντρα ενεργειακής κατανάλωσης.

Το σύστημα μεταφοράς και διανομής περιλαμβάνει τα δίκτυα των γραμμών υψηλής, μέσης και χαμηλής τάσης, τους υποσταθμούς ζεύξεως των δικτύων αυτών και τους υποσταθμούς μετασχηματισμού μεταξύ των διαφόρων επιπέδων τάσεων που χρησιμοποιούνται.

Επίσης όταν σχεδιάζουμε ένα σύστημα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να λάβουμε υπόψη μας μια σειρά περιορισμών, οι σπουδαιότεροι από αυτούς είναι:

- Το ήδη υπάρχον δίκτυο.
- Η γεωγραφική θέση των κέντρων κατανάλωσης που υπάρχουν τώρα αλλά και αυτών που θα σχεδιαστούν στο μέλλον.
- Η κατάλληλη γεωγραφική θέση των σταθμών παραγωγής.

### ***1.2.1: Δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.***

Για την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από τα σημεία παραγωγής στα σημεία κατανάλωσης χρησιμοποιούνται γραμμές μεταφοράς, το μήκος των οποίων μπορεί να φτάσει μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα. Οι γραμμές αυτές εκτός από την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται και για την πολλαπλή σύνδεση των σταθμών παραγωγής με τους καταναλωτές ώστε σε περίπτωση που κάποιες μονάδες τεθούν εκτός λειτουργίας (λόγω

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

βλάβης ή συντήρησης), οι άλλες μονάδες του δικτύου να καλύπτουν τη ζήτηση ενέργειας. Το Ελληνικό δίκτυο μεταφοράς είναι 400KV/20KV ή 150KV/20KV. Η μορφή των δικτύων μεταφοράς μπορεί να είναι διαμήκης ή κυκλική, αναλόγως της σχετικής θέσεως των σταθμών παραγωγής ως προς τα κέντρα καταναλώσεως. Το Ελληνικό δίκτυο είναι κυρίως 20KV (υπάρχουν και δίκτυα διανομής 15 KV).

## **Βασικές απαιτήσεις από μια γραμμή μεταφοράς.**

Για την οφέλη λειτουργία ενός τριφασικού δικτύου έχει ζήρασία η εξασφάλιση εξισορροπημένης λειτουργίας, δηλαδή πρέπει τα μONOφασικά συνήθως φορτία να ισοκατανέμονται στις τρεις φάσεις ώστε οι τριφασικοί καταναλωτές να έχουν συμμετρικές τάσεις τροφοδοσίας.

Πρέπει να αποφεύγεται με κάθε τρόπο η διακοπή τροφοδοσίας οποιουδήποτε αριθμού καταναλωτών έστω και για μικρό χρονικό διάστημα διότι αυτό συνεπάγεται μμεγάλες οικονομικές ή άλλου είδους ζημιές .

Αυτό πραγματοποιείται με τις πολλαπλές συνδέσεις και την τοποθέτηση οργάνων ελέγχου και διακοπών που επισημάνουν και εντοπίζουν κάθε βλάβη που θα μπορούσε να οδηγήσει σε δυσάρεστο αποτέλεσμα .

Μία τέτοια περίπτωση είναι η χρήση γραμμών με παράλληλα κυκλώματα οπότε σε περίπτωση βλάβης του ενός θα χρησιμοποιείται το άλλο.

Ένας ακόμη τομέας είναι η ασφαλής λειτουργία των γραμμών μμεταφοράς, δηλαδή πρέπει οι τιμές των ηλεκτρικών μμεγεθών να μην ξεπερνούν ορισμένες προκαθορισμένες χαρακτηριστικές τιμές για την ακίνδυνη λειτουργία της γραμμής, πράγμα που επιτυγχάνεται με την βοήθεια μμετρητικών και ρυθμιστικών οργάνων που βρίσκονται σε κατάλληλα σημεία.

## **Στοιχεία γραμμών μεταφοράς.**

Με τον όρο γραμμής μεταφοράς εννοείται το σύνολο των συσκευών και εγκαταστάσεων που απαιτούνται για την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στις κατάλληλες συνθήκες.

Οι βασικές από τις εγκαταστάσεις και συσκευές είναι:

Α) Οι αγωγοί που μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια. Στις γραμμές υψηλής τάσης είναι συνήθως 3 και στις διπλές γραμμές 6. Για λόγους οικονομίας δεν χρησιμοποιείται ουδέτερος αγωγός.

Β) Οι στύλοι ή πυλώνες στους οποίους στηρίζονται οι αγωγοί.

Γ) Οι μονωτήρες που συγκρατούν τους αγωγούς στους στύλους και εξασφαλίζουν μμόνωση ως προς τη Γή.

Δ) Οι μετασχηματιστές που μετασχηματίζουν την τάση στους υποσταθμούς μεταφοράς και διανομής.

Ε) Τα συστήματα ελέγχου και προστασίας που ελέγχουν τις τιμές των χαρακτηριστικών μεγεθών κατά το μήκος των γραμμών και τις προστατεύουν από τις ενδεχόμενες βλάβες που προκαλούνται λόγω προβλημάτων στην λειτουργία τους.



# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



Εικόνα Ν.ο. 5 Γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης 150kV και 400 kV

## 1.2.2. Δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

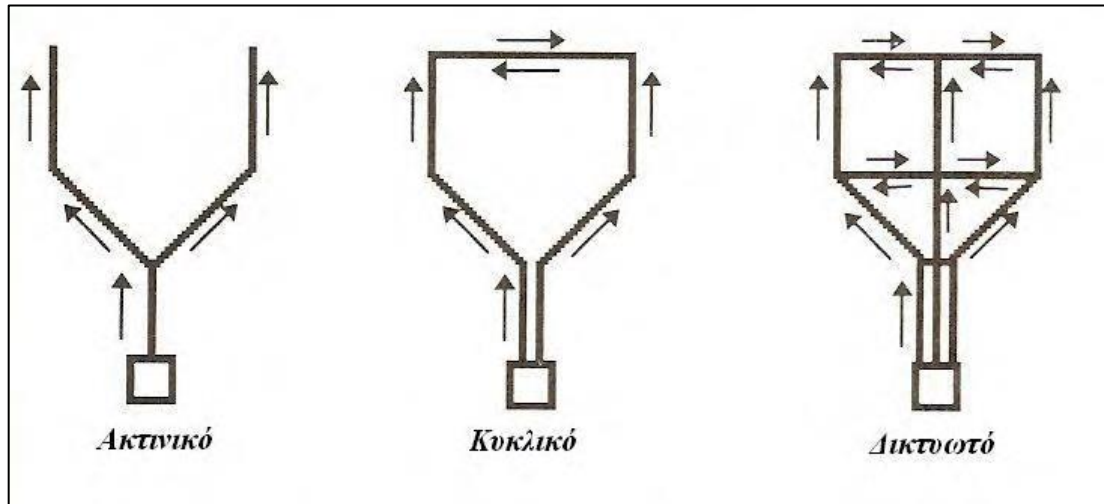
Οι γραμμές μεταφοράς δεν μπορούν να τροφοδοτήσουν άμεσα τους καταναλωτές που χρησιμοποιούν χαμηλές τάσεις (220/380 V), αλλά φθάνουν μέχρι ορισμένα σημεία όπου γίνεται υποβιβασμός της τάσης του δικτύου. Από αυτά τα σημεία στα οποία βρίσκονται οι υποσταθμοί μεταφοράς αρχίζουν οι γραμμές διανομής που καταλήγουν 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 και η διάταξη των δικτύων διανομής είναι βροχοειδής ή ακτινική.

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.

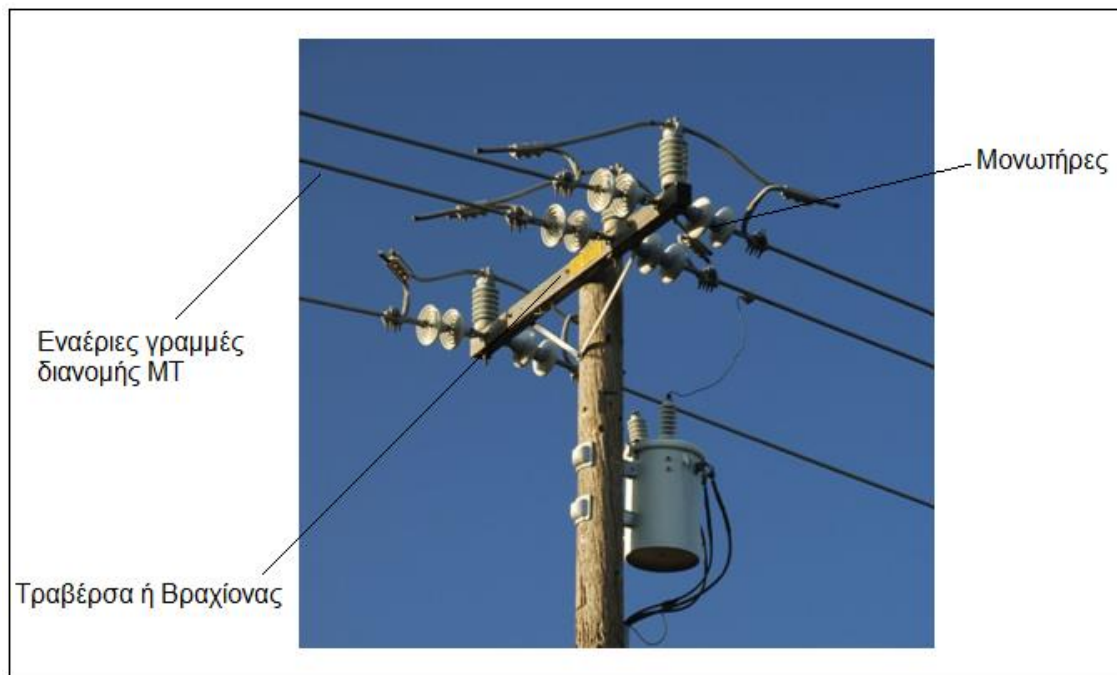
Η κατασκευαστική διαμόρφωση των δικτύων διανομής είναι άμεσα συνδεδεμένη με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά δόμησης κάθε πόλης και γενικότερα του τρόπου χωροταξικής διαμόρφωσης κάθε χώρας. Επίσης τα δίκτυα διανομής κάθε χώρας έχουν τα δικά τους χαρακτηριστικά σε σχέση με τα δίκτυα μεταφοράς που είναι διεθνώς όμοια. 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).

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Υπάρχουν τρεις κυρίαρχοι τρόποι σχεδιασμού ενός συστήματος διανομής που χρησιμοποιούνται από τις εταιρίες παροχής ηλεκτρισμού. Όπως φαίνεται στο σχήμα, τα συστήματα διαφέρουν στο πως θα διασυνδεθούν τα συστήματα τροφοδοσίας γύρω από ένα υποσταθμό. Τα βέλη δείχνουν την διαδρομή της ηλεκτρικής ροής.

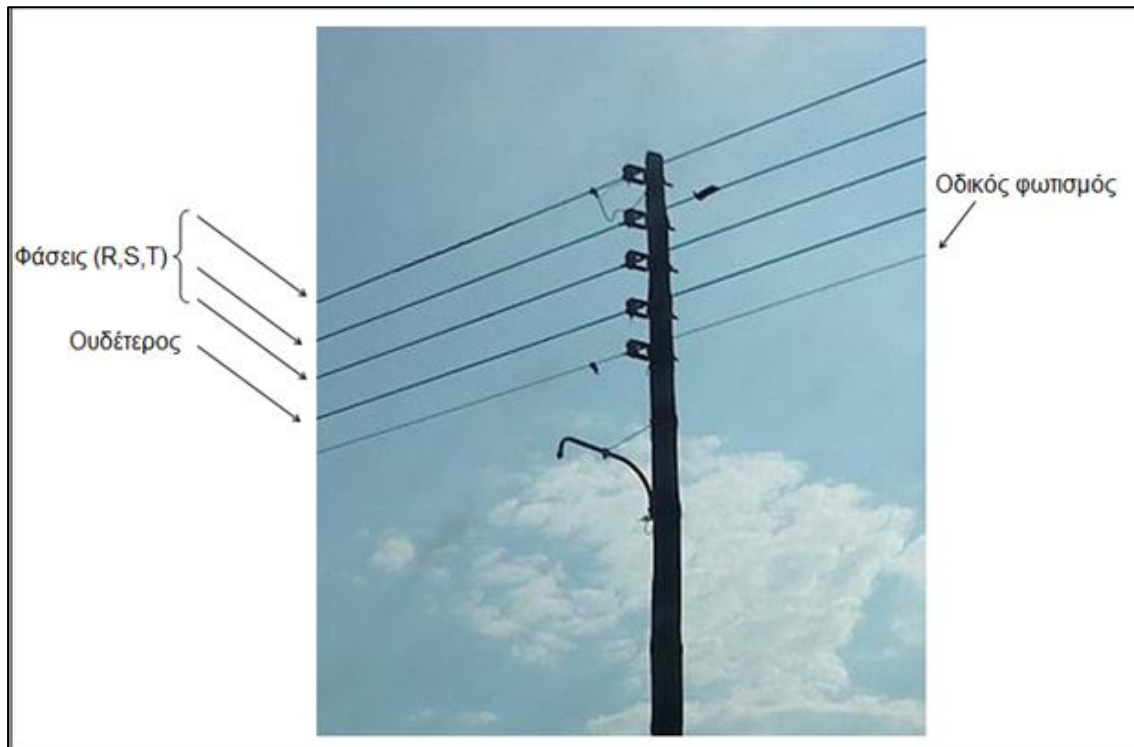


Εικόνα Ν.ο. 6 Τρεις τρόποι σχεδιασμού ενός συστήματος διανομής



Εικόνα Ν.ο. 7 Ξύλινος στύλος ευθυγραμμίας ή μικρής γωνίας στη ΜΤ

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



Εικόνα Ν.ο. 8 Ξύλινος στύλος ευθυγραμμίας ή μικρής γωνίας στη ΧΤ

## Κεφάλαιο 2

### 2.Μηχανική μελέτη.

Όταν μιλάμε για μελέτη ενός δικτύου αναφερόμαστε σε όλα τα στοιχεία που πρέπει να μελετήσουμε, έτσι ώστε το δίκτυο που θα κατασκευάσουμε να παρέχει τη δυνατότητα απρόσκοπτης τροφοδότησης των ηλεκτρικών φορτίων και επίσης θα πρέπει να εκτιμήσουμε σε βάθος χρόνου (περίπου 30 χρόνια) τη λειτουργία του δικτύου και τη δυνατότητα επέκτασης (η πραγματική διάρκεια ζωής ενός δικτύου που συντηρείται σωστά είναι περίπου τα 50 χρόνια).

Επομένως θα πρέπει να έχουμε εξασφαλίσει τη μηχανική αντοχή και ηλεκτρική επάρκεια όλων των στοιχείων του δικτύου ακόμα και στις δυσμενέστερες συνθήκες, όπως αυτές ορίζονται από τον ΚΕΣΥΓΗΕ (Κανονισμός Εγκατάστασης Συντήρησης Υπαίθριων Γραμμών Ηλεκτρικής Ενέργειας), που αποτελεί νόμο του κράτους (με ότι αυτό συνεπάγεται) και τις απαιτήσεις της ΔΕΗ, όπου αυτές είναι αυστηρότερες. Η σωστή επιλογή της όδευσης της γραμμής, της μηχανικής επιφόρτισης, της τήρησης των ορίων ασφαλείας, της κλάσης κατασκευής, του είδους του δικτύου, της διατομής των αγωγών, της προστασίας, του κόστους, αποτελούν τα κριτήρια που θα κρίνουν πόσο σωστή είναι μια μελέτη σε μακροχρόνια βάση.

Συνοψίζοντας, στόχος μιας μελέτης δικτύου είναι η τεχνικά επαρκής και διαχρονική λύση με το μικρότερο δυνατό κόστος και τη μικρότερη αισθητική επιβάρυνση.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

## **2.1. Δυνάμεις που καταπονούν τα εναέρια δίκτυα.**

Για να μπορέσει ο μελετητής να κάνει μια σωστή μελέτη θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του όλες τις δυνάμεις που ασκούνται στους αγωγούς, οι οποίες είναι :

- A) Μηχανική επιφόρτιση.
- B) Δυνάμεις που καταπονούν τους αγωγούς.
- Γ) Δύναμη τάνυσης αγωγών.
- Δ) Βασικό άνοιγμα.
- E) Εξίσωση της καμπύλης του αγωγού
- Στ) Μέγιστη εφελκυστική δύναμη που καταπονεί τον αγωγό (έλεγχος αντοχής αγωγού).
- Z) Κατακόρυφα φορτία στύλων λόγω των αγωγών.

### **2.1.1: Μηχανική επιφόρτιση.**

Η επιλογή της μηχανικής επιφόρτισης αφήνεται πάνω στον μελετητή ο οποίος θα επιλέξει μία από τις επτά επιφορτίσεις με βάση τα παρακάτω βασικά χαρακτηριστικά, που θεωρεί ότι ανταποκρίνεται στη πραγματικότητα για κάθε τμήμα που σχεδιάζει. Εκτός της «ΕΛΑΦΡΑΣ» που τα κριτήρια είναι γεωγραφικά, για τις άλλες δεν υπάρχουν κριτήρια απολύτως διακριτά για την επιλογή.

**1.ΕΛΑΦΡΑ :** Ειδικότερα η ελαφρά επιφόρτιση πρέπει να εφαρμόζεται στην αιγιάλεια ζώνη και στην πεδινή ενδοχώρα με μέγιστο υψόμετρο τα 300 μέτρα. Πάχος πάγου κατά ακτίνα  $t = 0$  mm. Οριζόντια πίεση ανέμου  $p = 44$  Dan/mm<sup>2</sup>. Σταθερή προσαύξηση  $St = 0.075$  Dan/m.

**2.ΜΕΣΗ Η ΚΑΝΟΝΙΚΗ :** Εφαρμόζεται σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις που δεν έχουν ιδιαίτερα καιρικά προβλήματα. Ελάχιστη θερμοκρασία  $-10^{\circ}\text{C}$ . Πάχος πάγου κατά την ακτίνα  $t = 6.5$ mm. Οριζόντια πίεση ανέμου  $p = 20$  dam<sup>2</sup>. Σταθερή προσαύξηση  $St = 0.46$  Dan/m.

**3. ΒΑΡΙΑ :** Εφαρμόζεται σε περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες και μεγάλες χιονοπτώσεις. Ελάχιστη θερμοκρασία  $-20^{\circ}\text{C}$ . Πάχος πάγου κατά την ακτίνα  $t = 13$  mm. Οριζόντια πίεση ανέμου  $p = 20$  Dan/mm<sup>2</sup>. Σταθερή προσαύξηση  $St = 0.46$  Dan/m.

**4. ΥΠΕΡΒΑΡΙΑ :** Εφαρμόζεται μόνο για αγωγούς 35 και 95 ACSR, όπως και σε συνεστραμμένα καλώδια ΜΤ. Ελάχιστη θερμοκρασία  $-20^{\circ}\text{C}$ . Πάχος πάγου κατά την ακτίνα  $t = 25.4$  mm. Οριζόντια πίεση ανέμου  $p = 20$  Dan/mm<sup>2</sup>. Σταθερή προσαύξηση  $St = 1$  Dan/m.

**5. ΕΒ/20 :** Πολύ δυσμενείς καιρικές συνθήκες με εξαιρετικά μεγάλες χιονοπτώσεις σε μεγάλα υψόμετρα. Εφαρμόζεται μόνο για αγωγούς 95 ACSR, όπως και σε συνεστραμμένα καλώδια ΜΤ. 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  $t = 75$ mm. Οριζόντια πίεση ανέμου  $p = 20$  Dan/mm<sup>2</sup>. Σταθερή προσαύξηση  $St = 0$  Dan/m.

**6. ΕΒ/40:** 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  $t = 110$  mm. Οριζόντια πίεση ανέμου  $p = 20$  Dan/mm<sup>2</sup>. Σταθερή προσαύξηση  $St = 0$  Dan/m.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

**7. EB/60 :** 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  $-20^{\circ}\text{C}$ . Πάχος πάγου κατά ακτίνα  $t = 140\text{ mm}$ . Οριζόντια πίεση ανέμου  $p = 20\text{Dan/mm}^2$ . Σταθερή προσάυξηση  $St = 0\text{ Dan/m}$ .

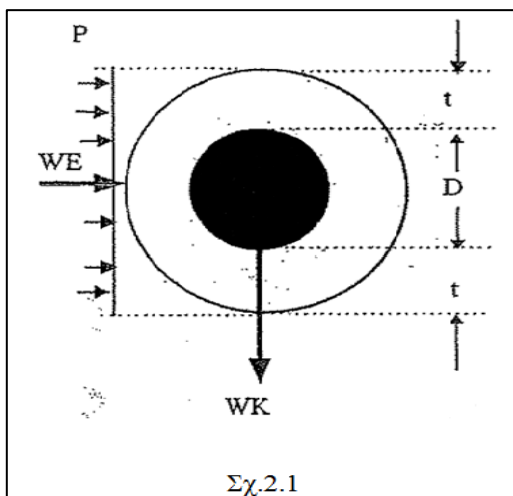
Αν ο μελετητής γνωρίζει από μακροχρόνιες παρατηρήσεις πως κάποιο τμήμα της γραμμής ενώ δεν βρίσκεται σε μεγάλο υψόμετρο υπόκειται σε μεγάλη επικάλυψη πάγου με δυνατούς ανέμους, μπορεί να το απομονώσει μηχανικά επιλέγοντας ισχυρότερη επιφόρτιση. Στα δίκτυα ΧΤ εφαρμογή έχουν μόνο οι επιφορτίσεις «ΕΛΑΦΡΑ»,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

## 2.1.2: Δυνάμεις που καταπονούν τους αγωγούς.

### ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΕΠΙΦΟΡΤΙΣΗ WK (Dan/m).

Γενικά η κατακόρυφη επιφόρτιση  $WK = \text{βάρος αγωγού} + \text{βάρος πάγου (ανά μέτρο αγωγού)} = WA + WP\text{ (Dan/m)}$ . 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.

Αν  $t\text{ (mm)}$  είναι το περιμετρικό πάχος πάγου επικάλυψης κατά την ακτίνα γύρω από την φαινόμενη διάμετρο του αγωγού  $D\text{ (mm)}$  με ειδικό βάρος του πάγου  $\gamma\text{ (Dan/m}^3\text{)}$  ανά μέτρο θα είναι ίσο με :



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

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

Προφανώς όταν  $t=0 \Rightarrow WK=WA$  (ελαφρά επιφόρτιση).

Το πάχος επικάλυψης του πάγου  $t\text{ (mm)}$  δίνεται για κάθε κατηγορία επιφόρτισης στο κεφάλαιο 2.1.1 , ενώ το ειδικό βάρος του πάγου το παίρνουμε  $\gamma = 912\text{ Dan/m}^3$ .

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

## ΠΙΝΑΚΑΣ 1

| ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΑΕΡΙΩΝ ΑΓΩΓΩΝ |                 |                |                   |                   |                |                 |                     |                     |                 |
|---|-----------------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| ΟΝΟΜ.<br>ΔΙΑΤΟΜ.                        | ΕΙΔΟΣ<br>ΑΓΩΓΩΝ | ΑΡΙΘ.<br>ΚΛΩΝ. | ΔΙΑΜΕΤΡ.<br>ΚΛΩΝ. | ΠΡΑΓΜ.<br>ΔΙΑΤΟΜ. | ΕΞΩΤ.<br>ΔΙΑΜ. | ΦΟΡΤ.<br>ΘΡΑΥΣ. | ΜΕΤΡΟ<br>ΕΛΑΣΤ.     | ΣΥΝΤ.<br>Θ.ΔΙΑΣΤ    | ΒΑΡΟΣ<br>ΑΓΩΓΩΝ |
|   |                 | n              | d                 | q                 | D              | F <sub>θρ</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             |

### ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΕΠΙΦΟΡΤΙΣΗ WE (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 : **WE = 0.001\*P\*(2t+D)** σε (Dan/m). Όταν t και D σε mm και P σε Dan/m<sup>2</sup>.

Προφανώς για **t = 0 WE = 0.001\*P\*D (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 WK, WE δίνονται από τον Πίνακα 2.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

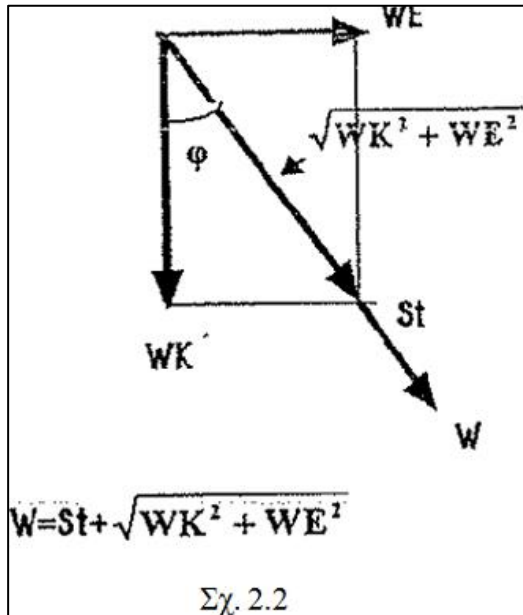
## ΠΙΝΑΚΑΣ 2

| ΕΙΔΙΚΑ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΝΑ ΑΓΩΓΟ ΣΕ daN/m (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      | 0.386  | 0.102 | 0.399 | 0.353 | 0.659 | 0.846 |           |        |       |        |       |        |       |        |
| 35  | ACSR      | 0.454  | 0.225 | 0.466 | 0.538 | 0.726 | 1.093 | 1.222     | 2.624  |       |        |       |        |       |        |
| 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        | 0.557  | 0.857 | 0.513 | 1.214 | 0.773 | 1.812 | 1.269     | 3.626  | 3.253 | 19.692 |       |        |       |        |
| 50  | συνεστρΜΤ | 3.080  | 3.280 | 1.660 | 4.625 | 1.920 | 6.291 | 2.416     | 10.143 | 4.400 | 34.358 |       |        |       |        |
| 160   | συνεστρΜΤ | 3.960  | 4.900 | 2.060 | 6.697 | 2.320 | 8.736 | 2.816     | 13.298 | 4.800 | 40.356 |       |        |       |        |
| 16  | AL        | 0.282  | 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 | 0.568 | 0.755 | 1.151 |           |        |       |        |       |        |       |        |
| 70  | συνεστρΧΤ | 1.452  | 1.175 | 0.920 | 1.911 | 1.180 | 2.886 |           |        |       |        |       |        |       |        |
| 120   | συνεστρΧΤ | 1.936  | 1.900 | 1.140 | 2.640 | 1.400 | 4.023 |           |        |       |        |       |        |       |        |
| 38,5  | συνρΜ     | 0.348  | 0.306 | 0.418 | 0.575 | 0.678 | 1.085 |           |        |       |        |       |        |       |        |

Το βάρος του αγωγού είναι όσο το WK στην ΕΛΑΦΡΑ επιφόρτιση

### ΟΛΙΚΗ Η ΠΛΗΡΗΣ ΕΠΙΦΟΡΤΙΣΗ 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 Σχ2.2).

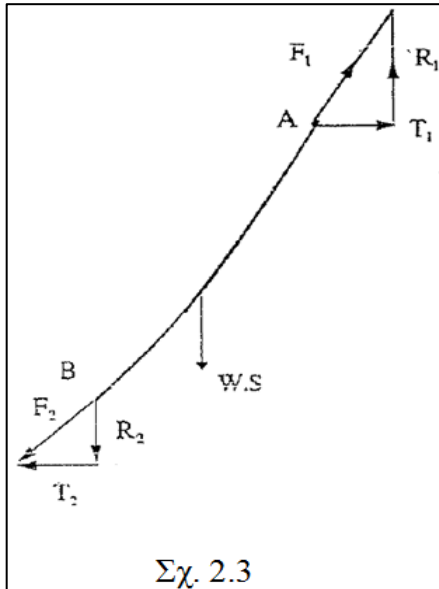


$$W = \sqrt{WK^2 + WE^2} + St$$

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

### 2.1.3: 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.



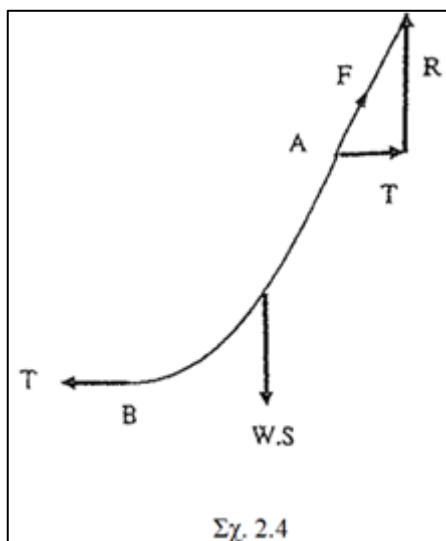
Εξετάζουμε την ισορροπία ενός τόξου του αγωγού μεταξύ δύο σημείων A και B (σχήμα 2.3). Έστω ότι το πραγματικό μήκος του τόξου μεταξύ των σημείων A και B είναι  $S$  (m).

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 :

$$\vec{F} = \vec{R} + \vec{T} \text{ και για τα μέτρα των διανυσμάτων : } F = \sqrt{T^2 + R^2} = \sqrt{T^2 + W^2 \cdot S^2}$$



# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

## ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

### 2.1.4: 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.

#### 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%.

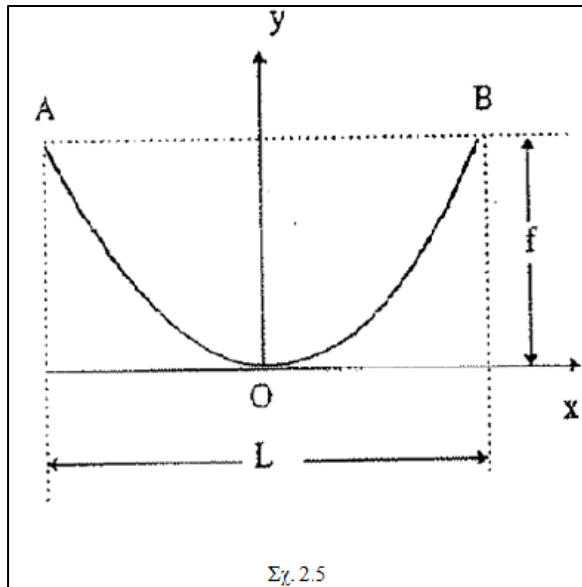
#### Παρατήρηση.

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).

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

## 2.1.5: Σχέση βέλους τάνυσης.



Αν υποθέσουμε ότι ο αγωγός αναρτάται από δύο ισούψη 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 ισούψη 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.

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

## 2.1.6: 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 :

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

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

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).

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

## 2.2: 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 ( dk ).

Ενδεικτικά παραθέεται 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<br>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  |

### 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 τσιμεντοστύλοι πλεονεκτούν αισθητικά, κυρίως σε αστικές περιοχές με έντονη οικοδόμηση και ελάχιστο πράσινο. Ακόμη ένα αστικό δίκτυο με τσιμεντοστύλους, χωρίς χρήση επιτόνων είναι ακριβότερο από εκείνο με ξύλινους στύλους και επίτολους. 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.

### 2.2.1: 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 ξύλου 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.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

**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 |
|-----------------------|-------------|---------------------------------|----------------------|-----------------|
|                       |             | $d_k$                           | $F_{θρ.}$            | $t$             |
| 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  |

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

## ΠΙΝΑΚΑΣ 5

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΥΛΙΝΩΝ ΣΤΥΛΩΝ  
Xarstyl.xls

| Στύλοι |        | Διάμετρος |        |                | Όγκος | Βάρος | Απόστ. Κέν.Βάρ.         | Ανεμοπίεση              | Επιφόρτιση |
|--------|--------|-----------|--------|----------------|-------|-------|-------------------------|-------------------------|------------|
|        |        | Βάσης     | Κορυφ. | από βάση       |       |       | Καν.+Βαρ                | Ελαφρά                  |            |
| HS     | Κατηγ. | $d_b$     | $d_k$  | 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     | 0.326          | 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                      |            |

### 2.2.2: 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 αγροικίες. 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 ΚΕΣΥΓΤΗΕ και ισχύουν τα εξής :

#### Α) 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

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

συνεστραμμένα καλώδια ΜΤ ακόμη και με αποτελεσματική γείωση θωράκισης.

## **Β) 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.

### **2.2.3: 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,**  
αλλά και μία τρίτη:
- 3) Αξονικό φορτίο επί του στύλου που οφείλεται στον επίτονο ή αντιρίδα P.**

#### **1) ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΦΟΡΤΙΟ G ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ ΣΤΟ ΒΑΡΟΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΑΝΥΣΗ.**

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) ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΦΟΡΤΙΟ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ ΣΤΟΝ ΑΝΕΜΟ 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  $p=20$  Dan/m<sup>2</sup>.

Για την ελαφρά επιφόρτιση  $p=40$  Dan/m<sup>2</sup>.

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%.

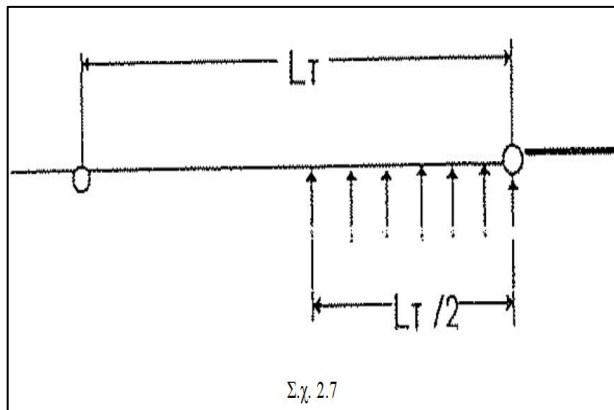
# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

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  $E\Phi_{\sigma}$  στη επιφάνειά του χωρίς πάγο, την οποία ανάγουμε σε απόσταση 20 cm από την κορυφή και δίνεται από τον πίνακα 5, μαζί με όλα τα βασικά χαρακτηριστικά των ξύλινων στύλων.

Γενικά :  $Q = E\phi\alpha + E\phi\sigma$  (  $E\phi\alpha$  = εγκάρσιο φορτίο επί των αγωγών,  $E\phi\sigma$  = εγκάρσιο φορτίο επί του στύλου ) .

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



**Στύλος ευθυγραμμίας ΜΤ ή ΧΤ**

$$Q = 0.5 * (L_1 + L_2) * n * E\phi\sigma$$

(n=πλήθος αγωγών)

Ευθυγραμμία μικτής γραμμής ΜΤ + ΧΤ

∴

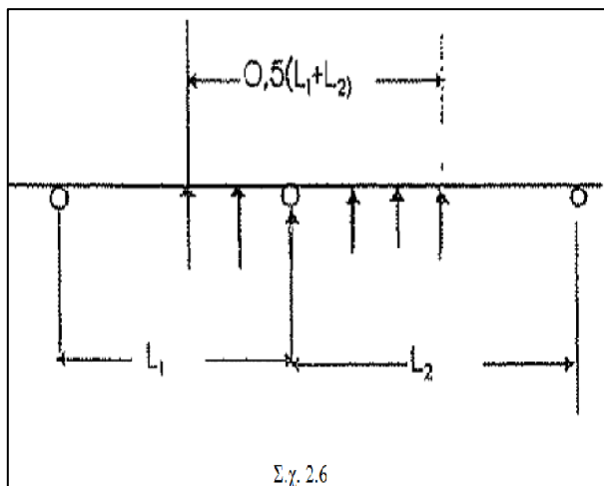
$$Q = 0.5 * (L_1 + L_2) * [n * WE(MT) + 0.9 * n * WE(XT)] + E\phi\sigma$$

(Μία γραμμή κάτω από την άλλη παράλληλα)

Στύλοι διπλής γραμμής ΜΤ ( κατασκευή P-17 ) :

( ο ένας αγωγός κάτω από τον άλλο )

$$Q = 0.5 * (L_1 + L_2) * [2 * WE + 0.9 * 2 * WE + 0.8 * 2 * WE] + E\phi\sigma \quad \text{ή} \quad Q = 0.5 * (L_1 + L_2) * 5.4 WE + E\phi\sigma$$



**Στύλος τέρματος ΜΤ ή ΧΤ :**

$$Q = 0.5 * L_T * n * WE + E\phi\sigma$$

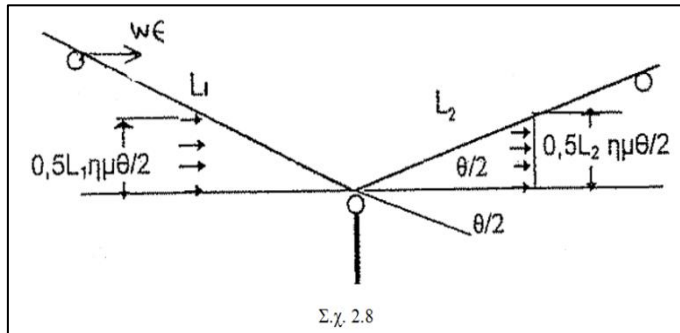
Στύλος τέρματος μικτής γραμμής:

$$Q = 0.5 * L_T * [(n * WE(MT) + 0.9 * n * WE(XT))] + E\phi\sigma$$

(Η γραμμή ΧΤ ακριβώς κάτω από τη γραμμή ΜΤ δηλαδή παράλληλα)

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Στύλος γωνίας ( $\theta$ ) ΜΤ ή ΧΤ με επίτονο:

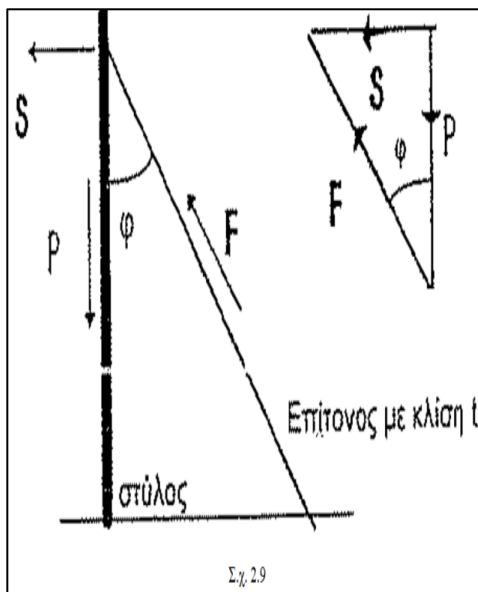


$$Q = 0.5 \cdot (L_1 + L_2) \cdot \eta \mu \left( \frac{\theta}{2} \right) \cdot n \cdot WE + E\Phi\sigma$$

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

$$Q = 0,5 \cdot (L_1 + L_2) \cdot \eta \mu \left( \frac{\theta}{2} \right) \cdot [n \cdot WE(MT) + 0,9 \cdot n \cdot WE(XT)] + E\Phi\sigma$$

### 3) ΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΤΥΛΟΥ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ ΣΤΟΝ ΕΠΙΤΟΝΟ Η ΑΝΤΙΡΙΔΑ Ρ.



Το φορτίο Ρ 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.

## 2.2.4: 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 Β και  $V_L = 4$  για κλάση κατασκευής Α.



# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

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.

## Κεφάλαιο 3

---

### 3.1: Τύποι στύλων για εναέρια δίκτυα μέσης τάσης.

Οι στύλοι που τοποθετούνται σε μία γραμμή ΜΤ διακρίνονται σε στύλους ευθυγραμμίας ή μικρής γωνίας, κατασκευές γωνίας, τερματικούς, κατασκευές με αποζεύκτες ή ασφαλειοαποζεύκτες, κατασκευές πλαισίου <<π>>, κατασκευές τρίστηλων και κατασκευές για εγκατάσταση μετασχηματιστών τάσεως και εντάσεως.

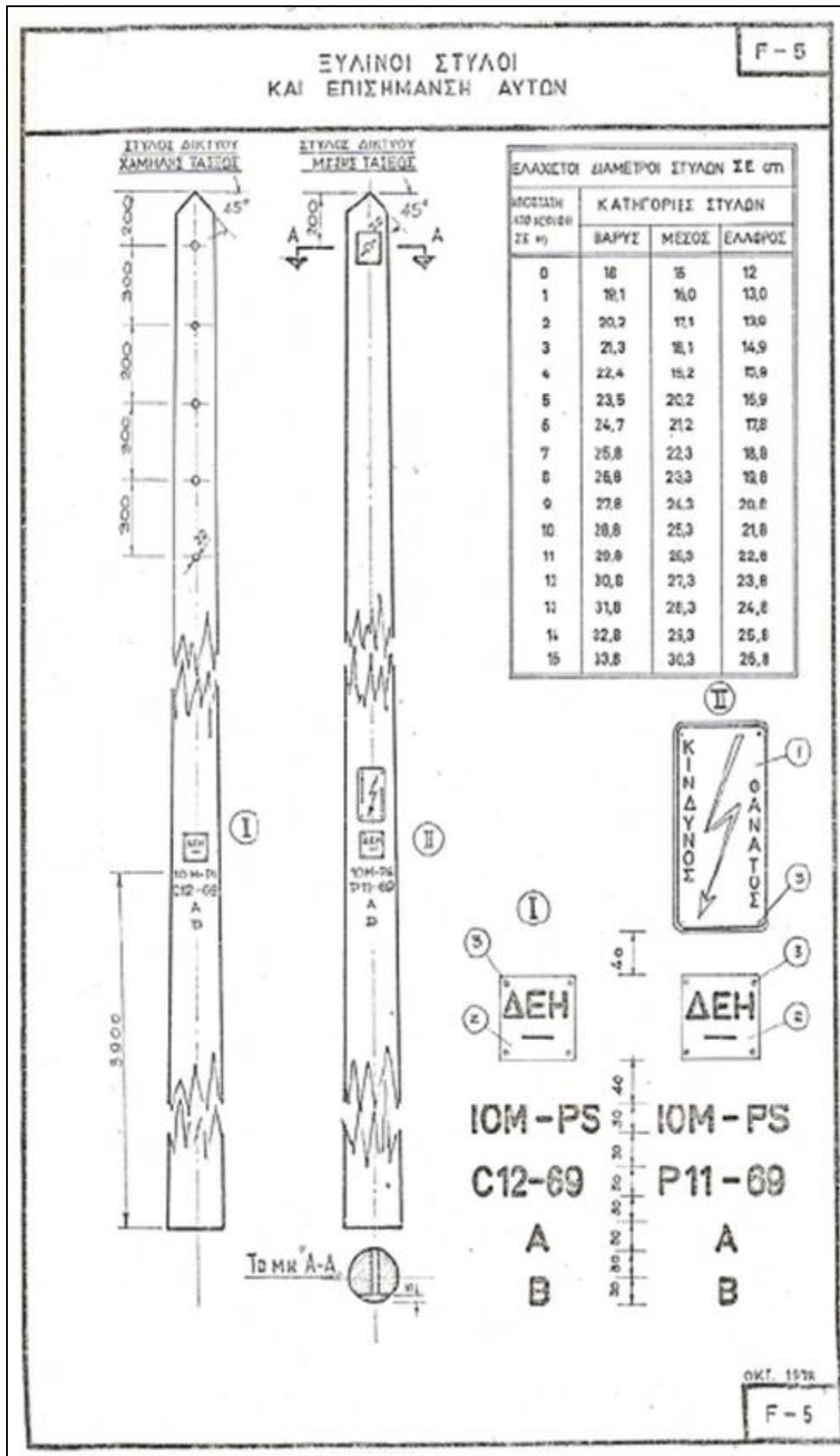
Όλοι οι τύποι κατασκευής υπάρχουν για μονή αλλά και για διπλή στήριξη (μονός ή διπλός βραχίονας - τραβέρσα), για ξύλινους αλλά και χαλύβδινους βραχίονες, για ισοϋψή ή επικλινή εδάφη, κατακόρυφη ή οριζόντια διάταξη αγωγών αλλά και για συνεστραμμένα καλώδια.

Παρακάτω παραθέτονται παραδείγματα ξύλινων στύλων που χρησιμοποιούνται στη ΜΤ από τις εταιρίες παροχής ενέργειας για τις παραπάνω περιπτώσεις αλλά και οι επιγραφές που έχουν πάνω τους με τις επισημάνσεις .

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

| F - 4   | ΣΥΛΙΝΟΙ ΣΤΥΛΟΙ ΚΑΙ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ ΑΥΤΩΝ |                            |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
|---|-------------------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|---------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|-----------------------------|----|---------------------------------------|----|----------|---|-------------------|---|----------------|--------|--------------|--------|--------------|---------|
| Α/Α   | Π Ε Ρ Ι Γ Ρ Α Φ Η                   | Π Ο Σ Ο Τ Η Τ Α            |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
|   |                                     | ΣΤΥΛΟΣ Μ.Τ.    ΣΤΥΛΟΣ Χ.Τ. |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| 1   | ΠΙΝΑΚΙΔΑ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΩΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ      | 1    -                     |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| 2   | ΠΙΝΑΚΙΔΑ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΩΣ ΣΤΥΛΩΝ        | 1    1                     |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| 3   | ΚΑΡΦΙΑ Ø 2,5 ΜΗΚΟΥΣ 35 mm           | 8    4                     |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| <p><u>Υπόμνημα</u></p> <p>Τά στοιχεία που είναι εκτυπωμένα στο στύλο, κάτω από την πινακίδα επισημάνσεως, σημαίνουν:</p> <p>1η γραμμή : - Αριθμός που δείχνει το μήκος στύλου σε μέτρα, π.χ. 10.<br/>         - Γράμμα κεφαλαίο του λατινικού αλφαβήτου που δείχνει την κατηγορία του στύλου (L=Ελαφρύς, Μ=Μέσος και Η=Βαρύς).<br/>         - Δύο γράμματα του λατινικού αλφαβήτου που δείχνουν το είδος του ξύλου, π.χ. PS=PINUS SILVESTRIS.</p> <p>2η γραμμή : - Γράμμα κεφαλαίο λατινικού αλφαβήτου που δείχνει το είδος έμποτισμού, π.χ. C=Κρεδζωτο.<br/>         - Μήνας έμποτισμού π.χ. 12<br/>         - Τά δύο τελευταία ψηφία του έτους έμποτισμού, π.χ. 69</p> <p>3η γραμμή : - Α=θέση του σήματος του προμηθευτή.</p> <p>4η γραμμή : - Β=θέση του σήματος του εργοστασίου έμποτισμού.</p> <p><u>Συμβολισμοί είδους ξυλείας και έμποτισμού</u></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><u>Περιγραφή</u></th> <th style="text-align: left;"><u>Συμβολισμοί</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Μαύρη πεύκη (PINUS NIGRA)</td> <td>PN</td> </tr> <tr> <td>Δασική πεύκη (PINUS SILVESTRIS)</td> <td>PS</td> </tr> <tr> <td>Λιμναία πεύκη (PINUS PALUSTRIS)</td> <td>PP</td> </tr> <tr> <td>Νοτιά πεύκη (SOUTHERN PINE)</td> <td>SP</td> </tr> <tr> <td>Κεφαλληνιακή έλάτη (ABIES CEFALONICA)</td> <td>AC</td> </tr> <tr> <td>Κρεδζωτο</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>Πενταχλωροφαινόλη</td> <td>P</td> </tr> </tbody> </table> <p><u>Φορτίο θραύσεως των στύλων</u></p> <p>Τό ελάχιστο φορτίο θραύσεως των στύλων, όταν εφαρμόζεται σε απόσταση 0,25 m από την κορυφή τους, είναι:</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Ελαφρύς στύλος</td> <td>500 kg</td> </tr> <tr> <td>Μέσος στύλος</td> <td>825 kg</td> </tr> <tr> <td>Βαρύς στύλος</td> <td>1250 kg</td> </tr> </table> |                                     |                            | <u>Περιγραφή</u> | <u>Συμβολισμοί</u> | Μαύρη πεύκη (PINUS NIGRA) | PN | Δασική πεύκη (PINUS SILVESTRIS) | PS | Λιμναία πεύκη (PINUS PALUSTRIS) | PP | Νοτιά πεύκη (SOUTHERN PINE) | SP | Κεφαλληνιακή έλάτη (ABIES CEFALONICA) | AC | Κρεδζωτο | C | Πενταχλωροφαινόλη | P | Ελαφρύς στύλος | 500 kg | Μέσος στύλος | 825 kg | Βαρύς στύλος | 1250 kg |
| <u>Περιγραφή</u>  | <u>Συμβολισμοί</u>                  |                            |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| Μαύρη πεύκη (PINUS NIGRA)   | PN                                  |                            |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| Δασική πεύκη (PINUS SILVESTRIS)   | PS                                  |                            |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| Λιμναία πεύκη (PINUS PALUSTRIS)   | PP                                  |                            |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| Νοτιά πεύκη (SOUTHERN PINE)   | SP                                  |                            |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| Κεφαλληνιακή έλάτη (ABIES CEFALONICA)   | AC                                  |                            |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| Κρεδζωτο  | C                                   |                            |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| Πενταχλωροφαινόλη   | P                                   |                            |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| Ελαφρύς στύλος  | 500 kg                              |                            |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| Μέσος στύλος  | 825 kg                              |                            |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| Βαρύς στύλος  | 1250 kg                             |                            |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| ΟΚΤ.1978  |                                     |                            |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |
| F-4   |                                     |                            |                  |                    |                           |    |                                 |    |                                 |    |                             |    |                                       |    |          |   |                   |   |                |        |              |        |              |         |

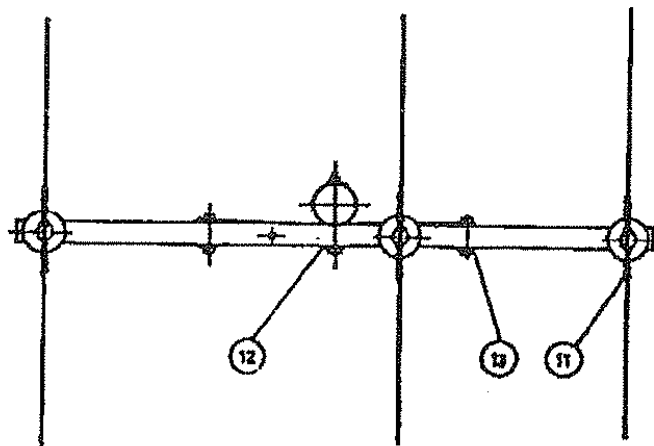
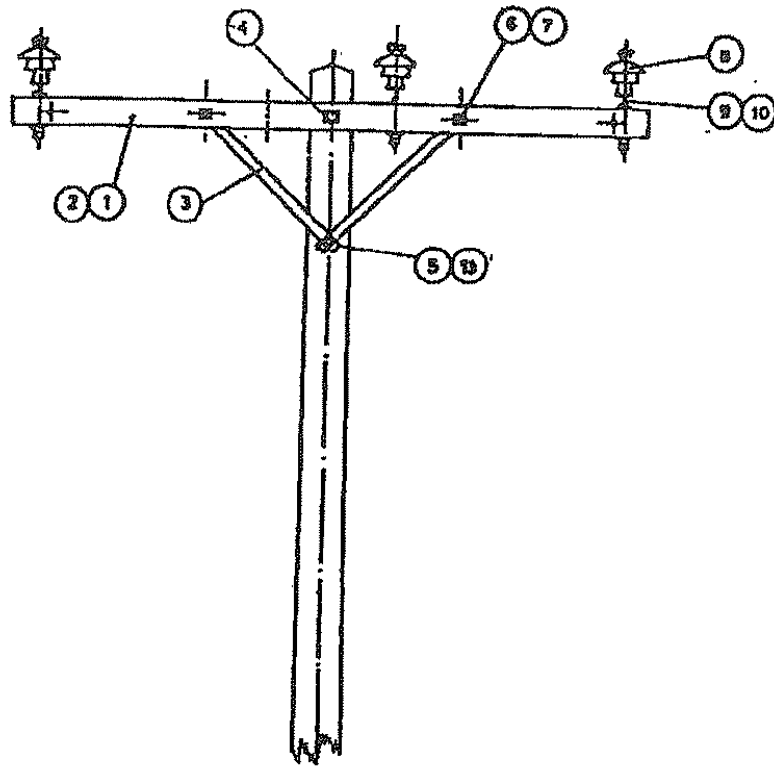
# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

ΓΡΑΜΜΗ Μ.Τ.  
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑΣ Η ΜΙΚΡΗΣ ΓΩΝΙΑΣ  
ΑΠΛΗ ΣΤΗΡΙΞΗ ΜΕ ΞΥΛΙΝΟ ΒΡΑΧΙΟΝΑ

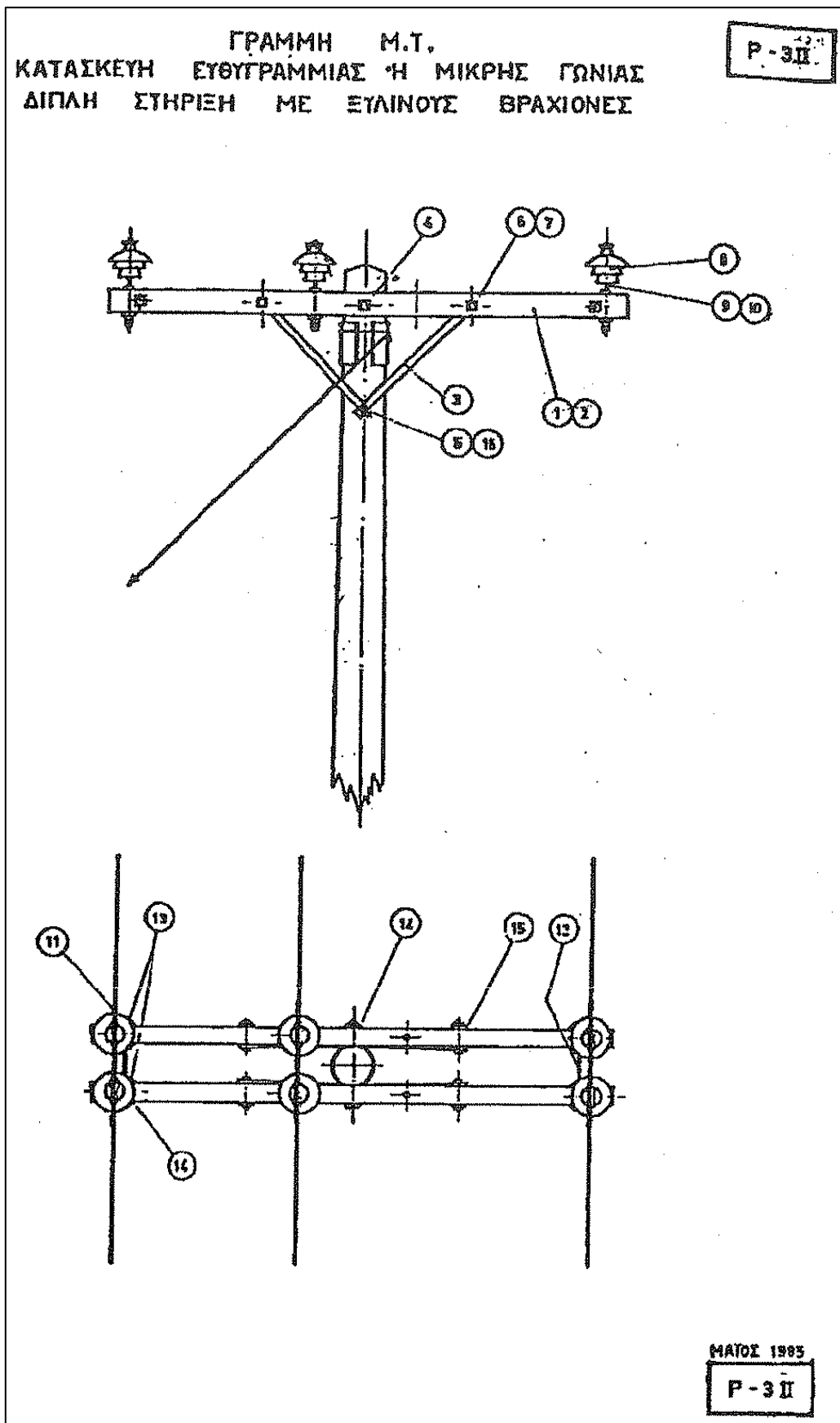
P-3



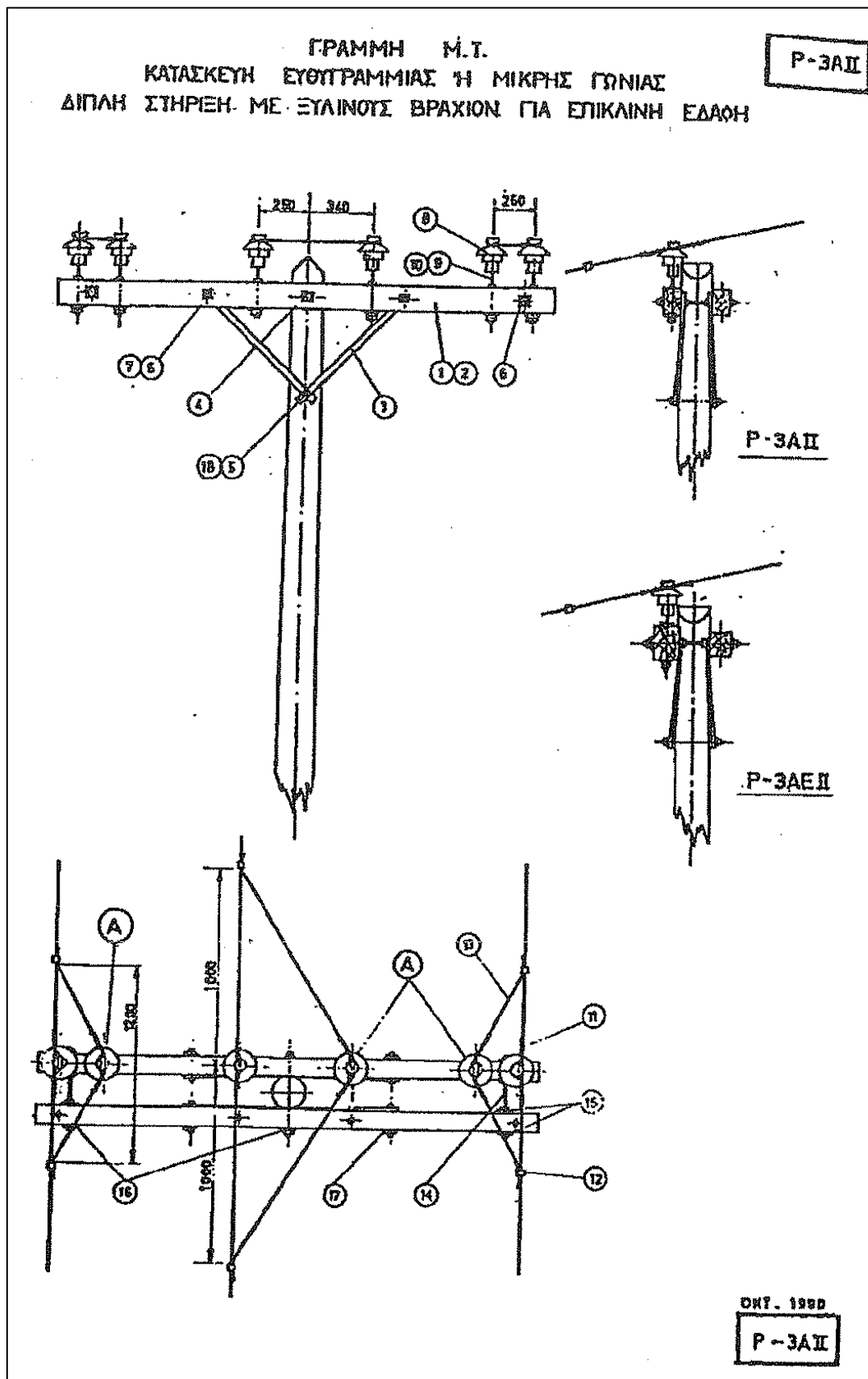
ΜΑΪΟΣ 1986

P-3

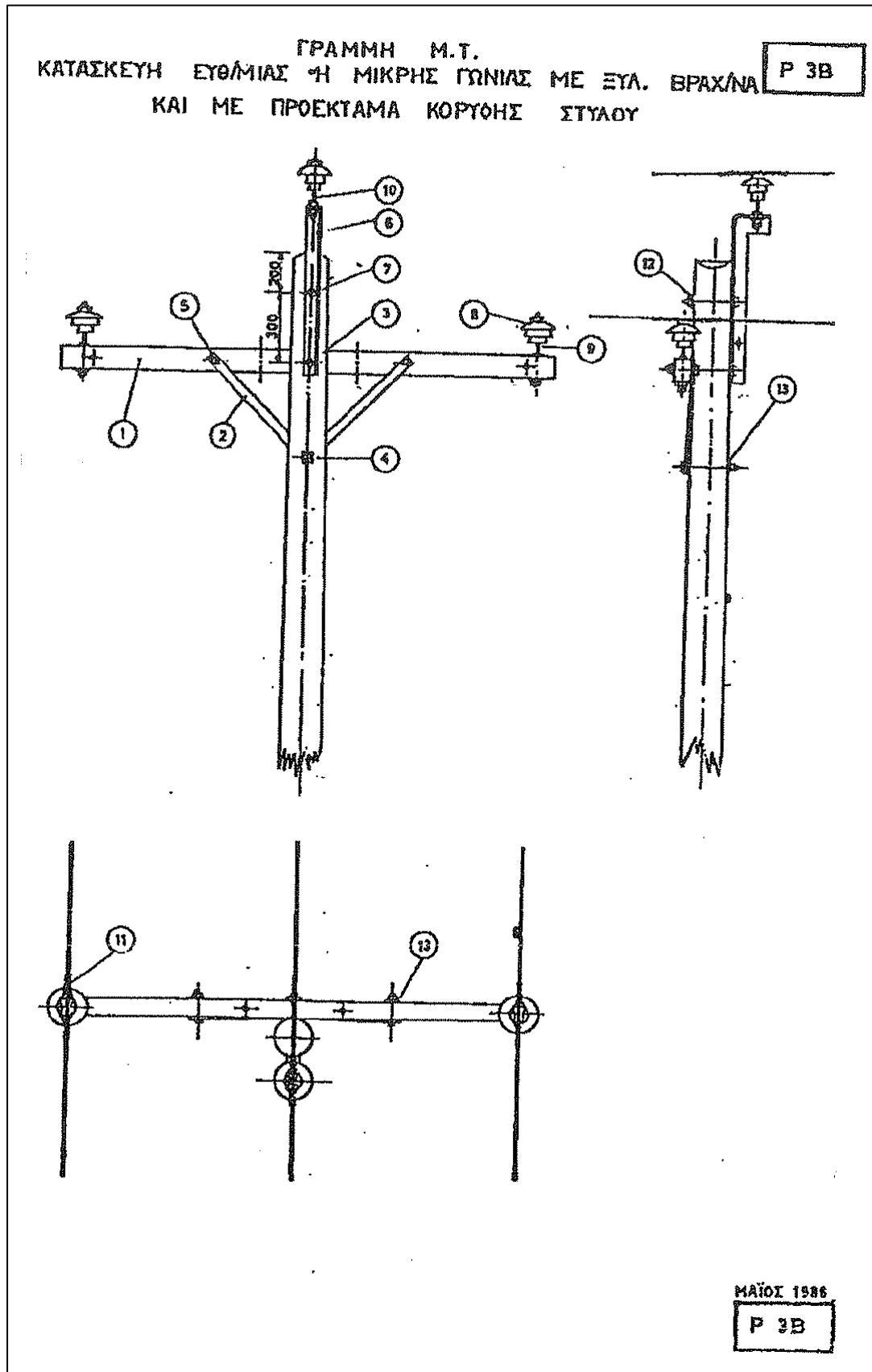
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



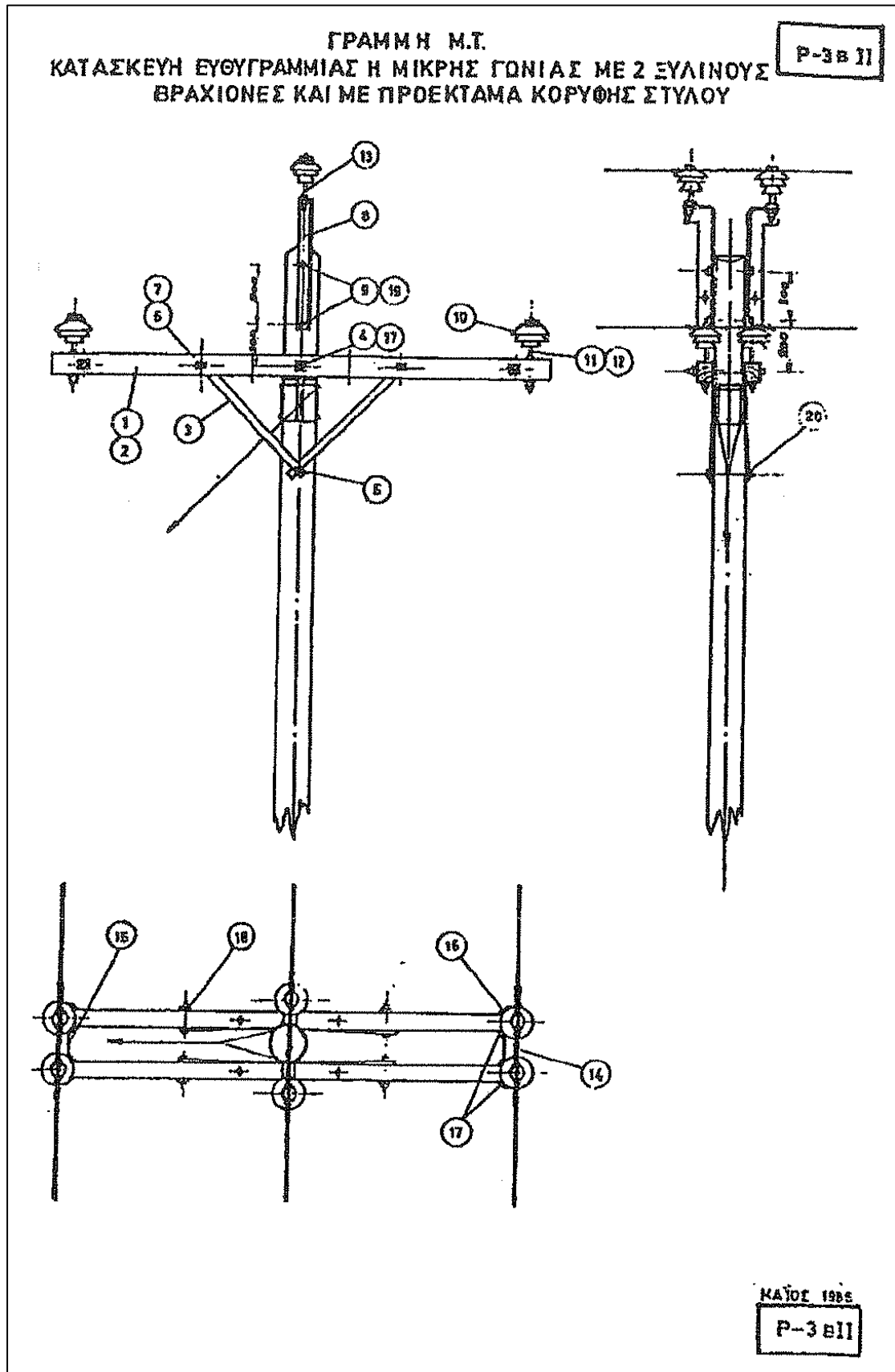
# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

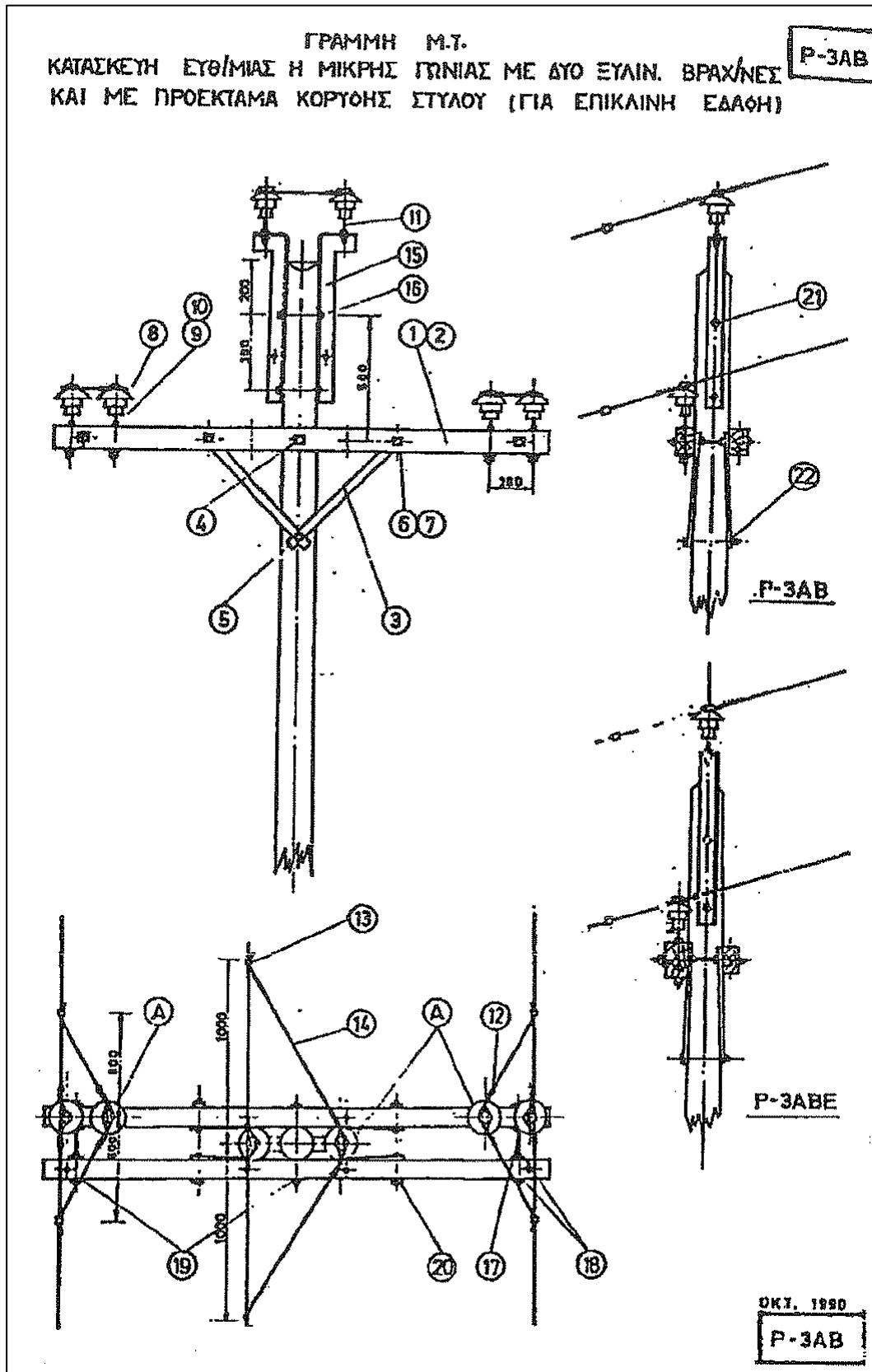


# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

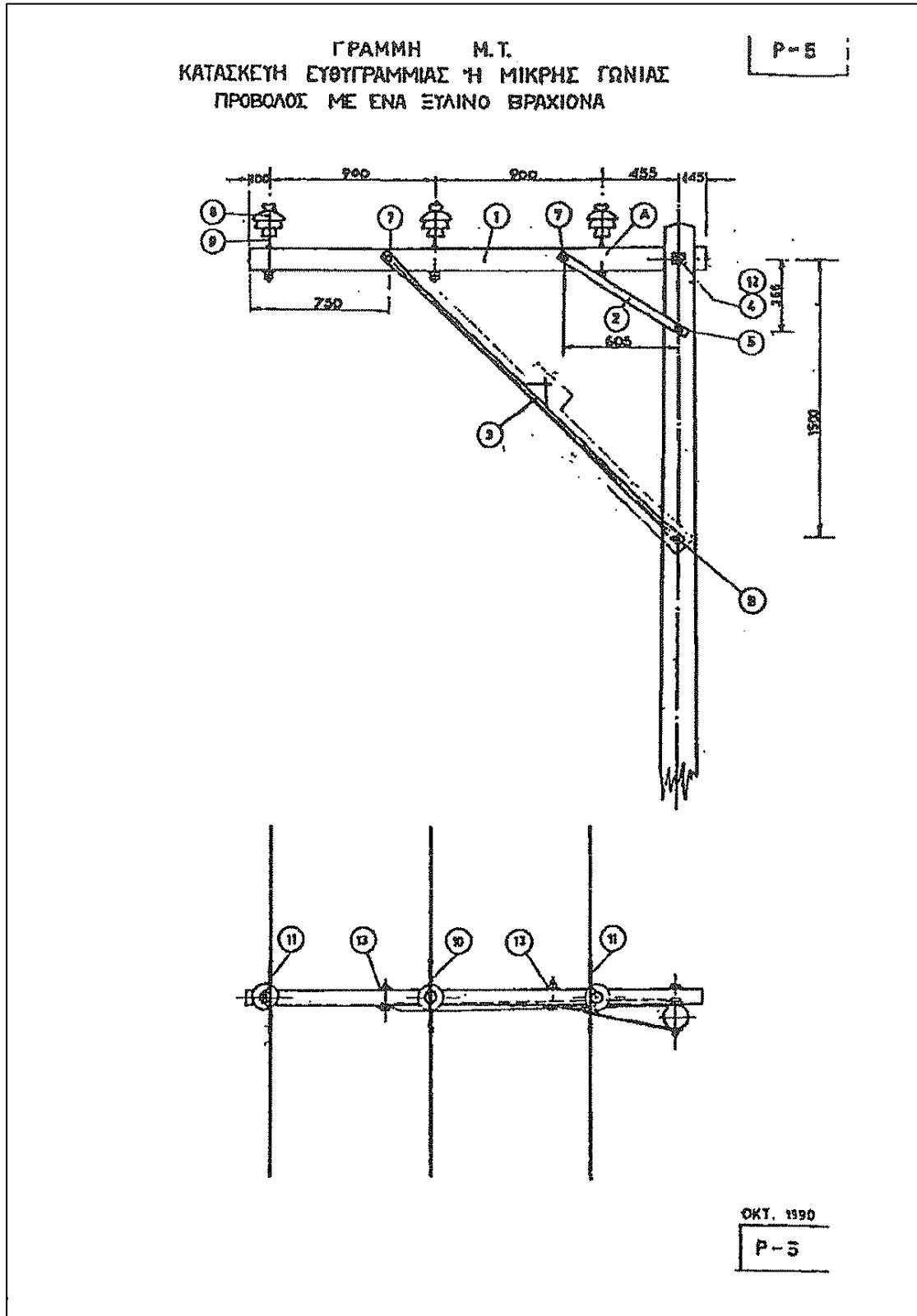




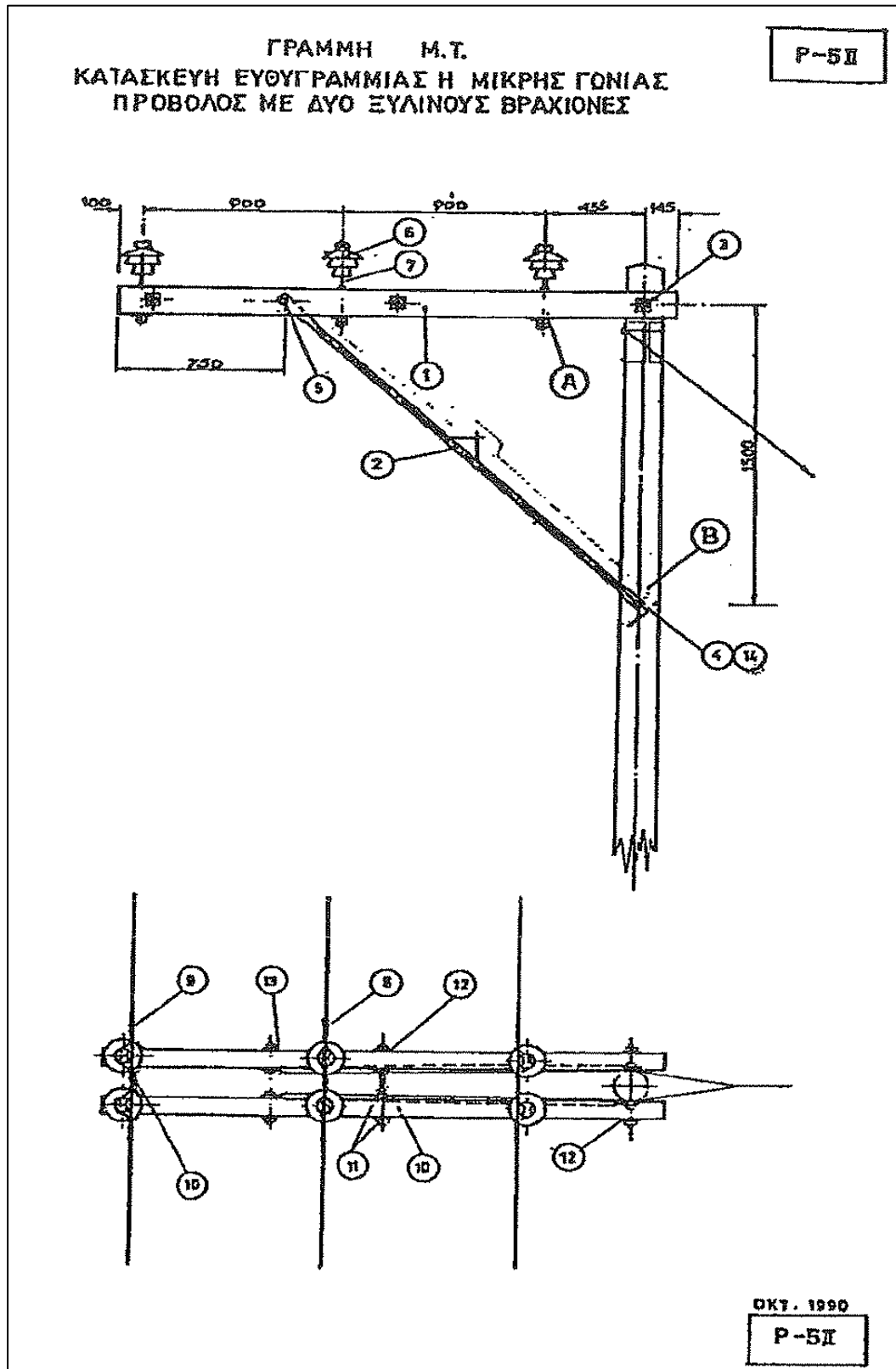
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



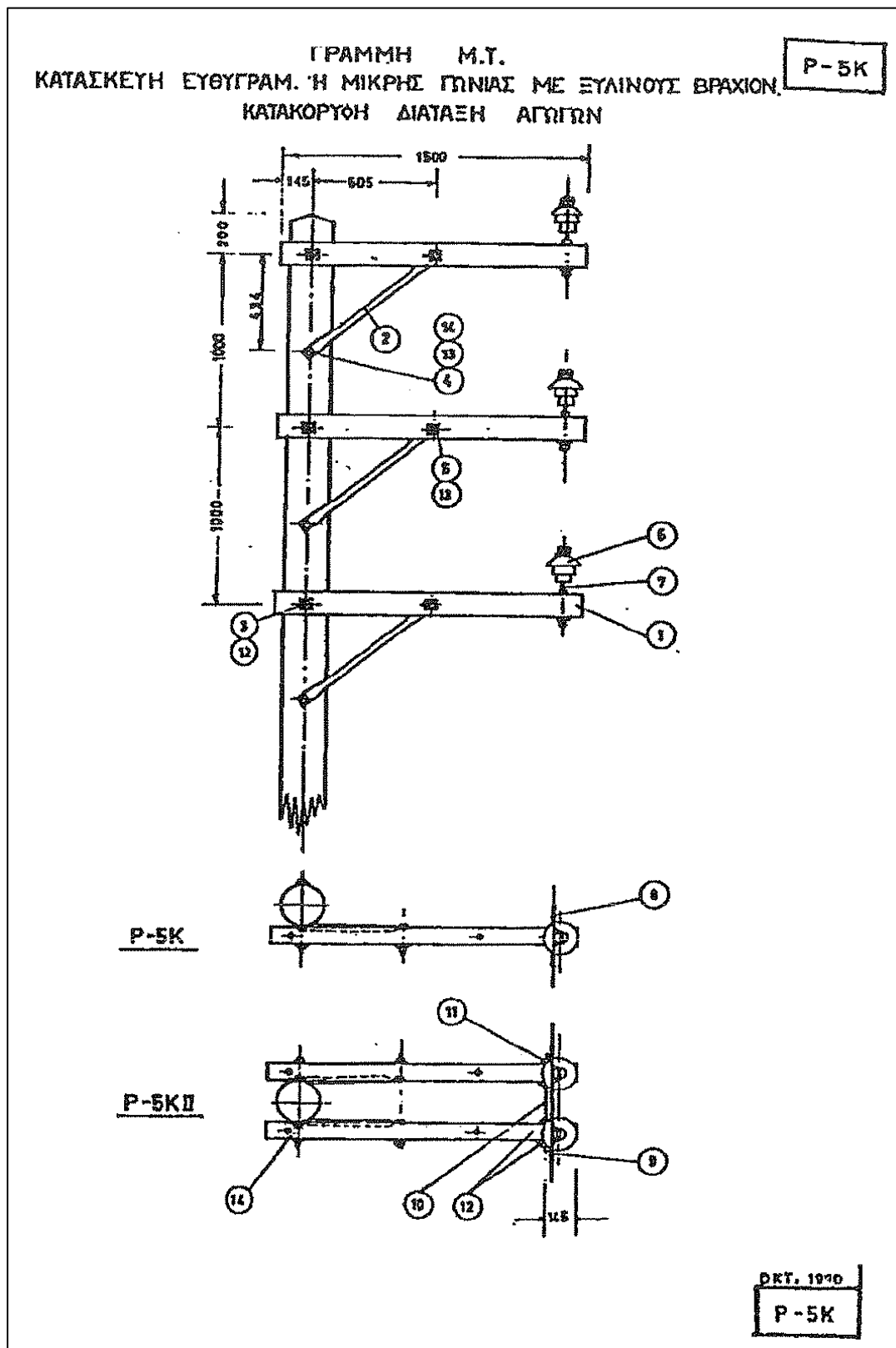
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



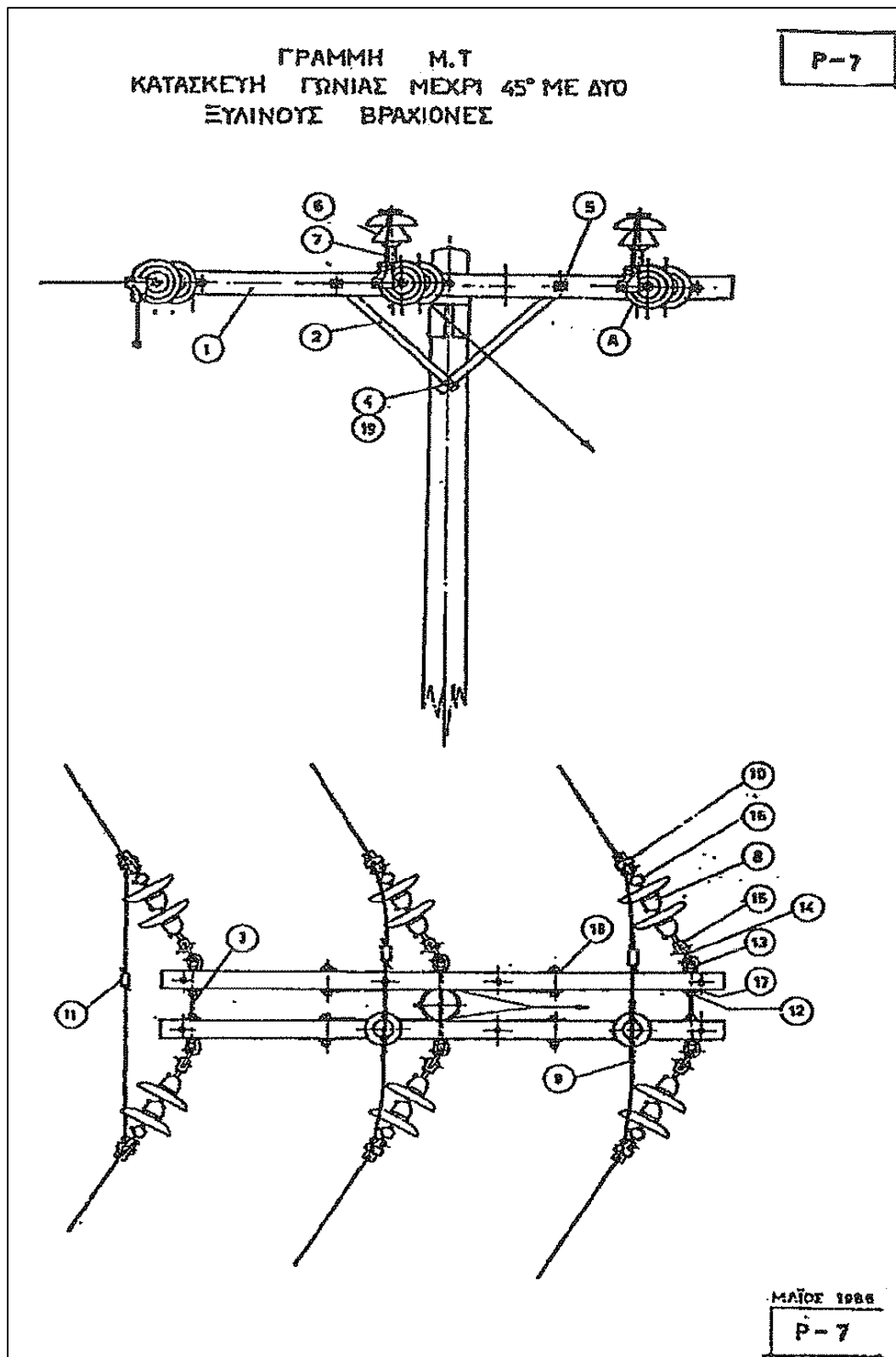
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



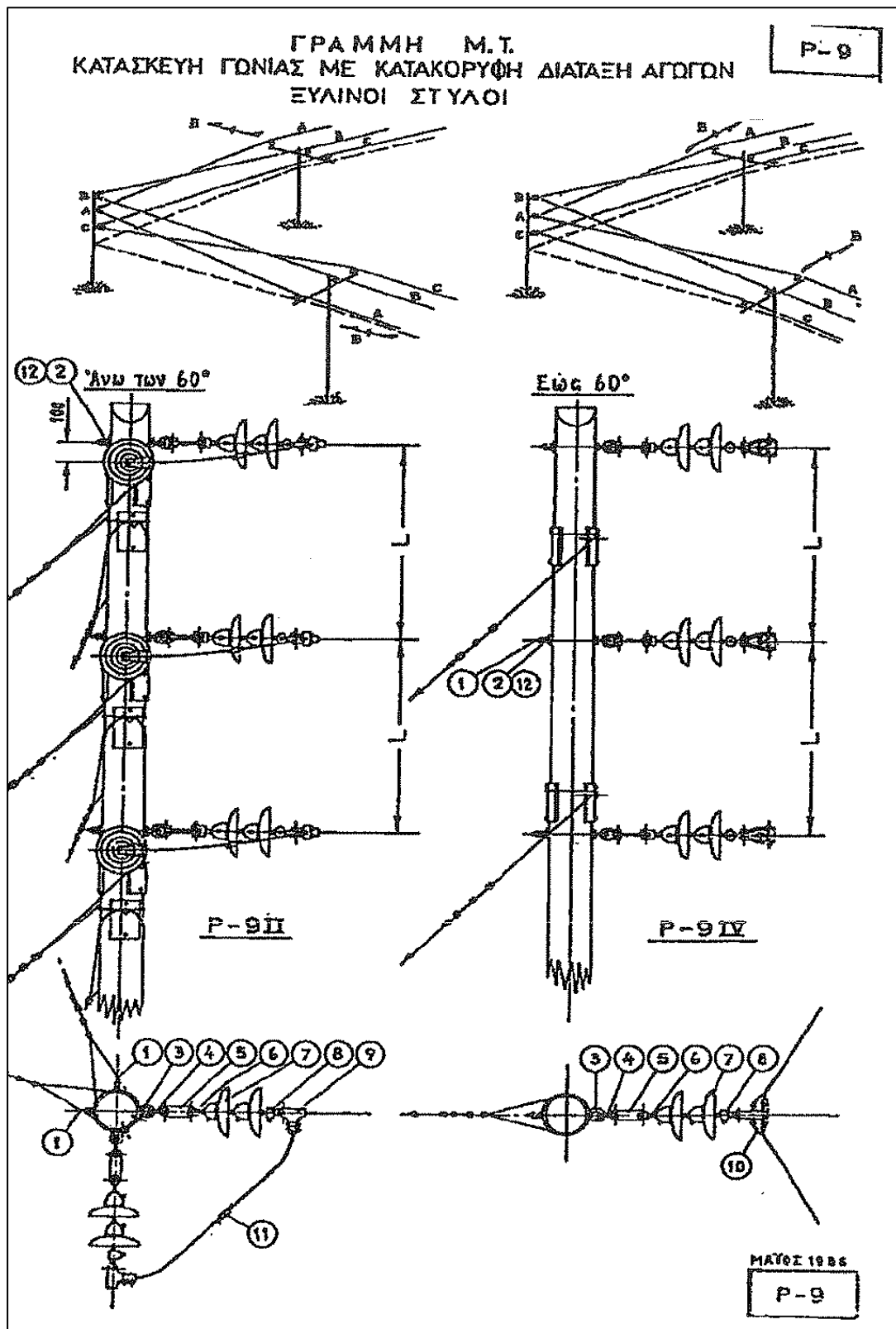
# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



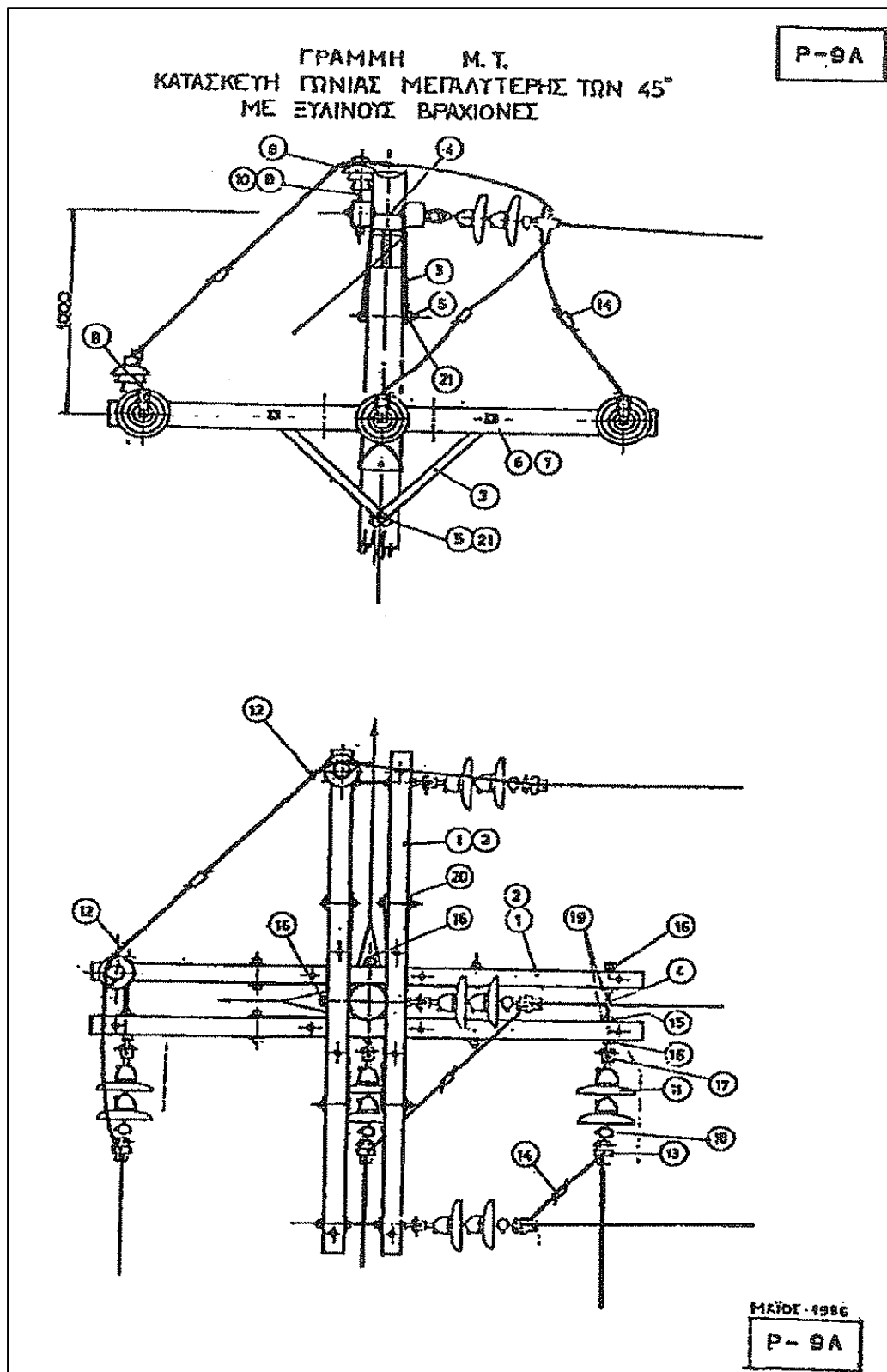
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



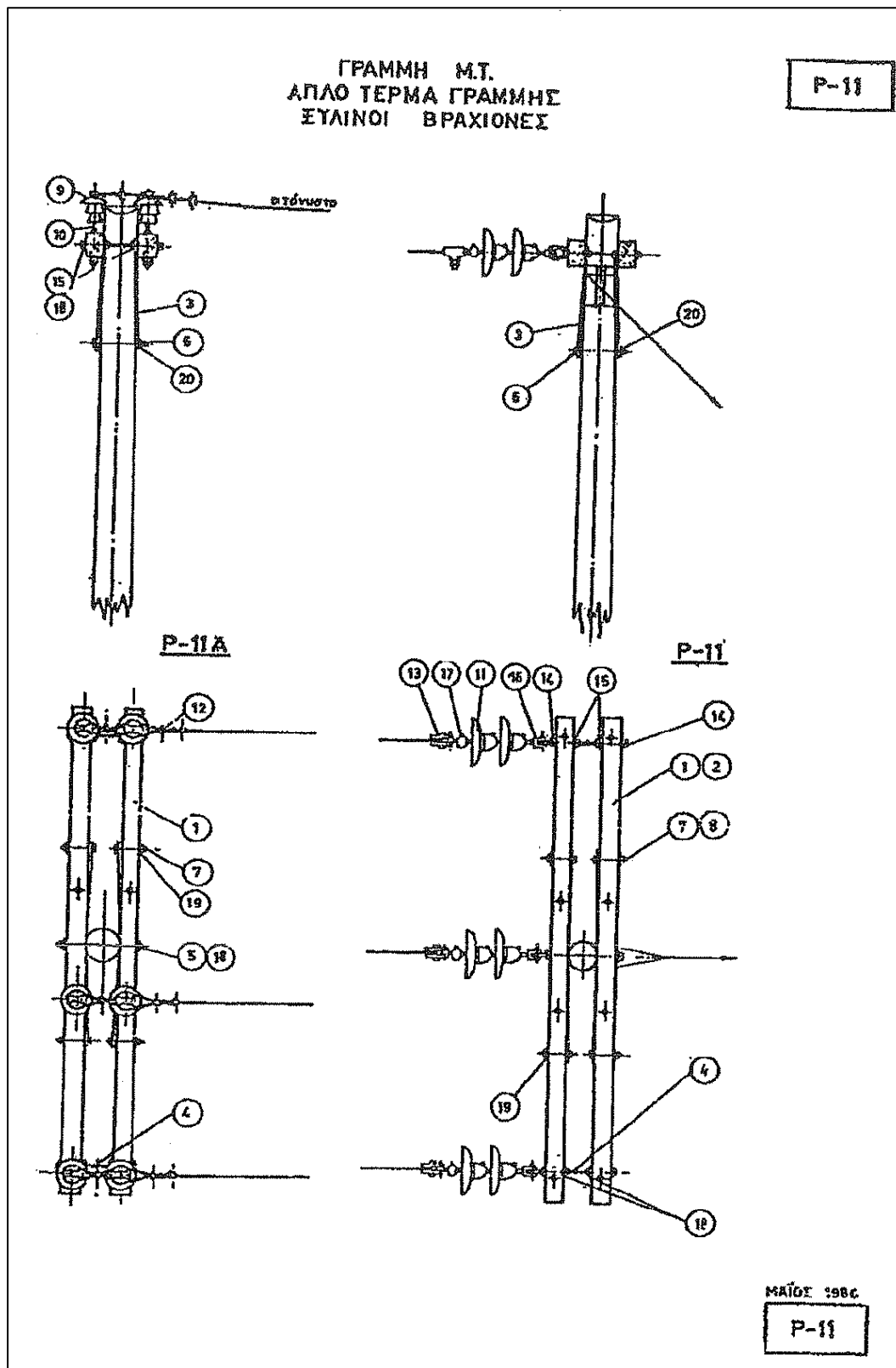
# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

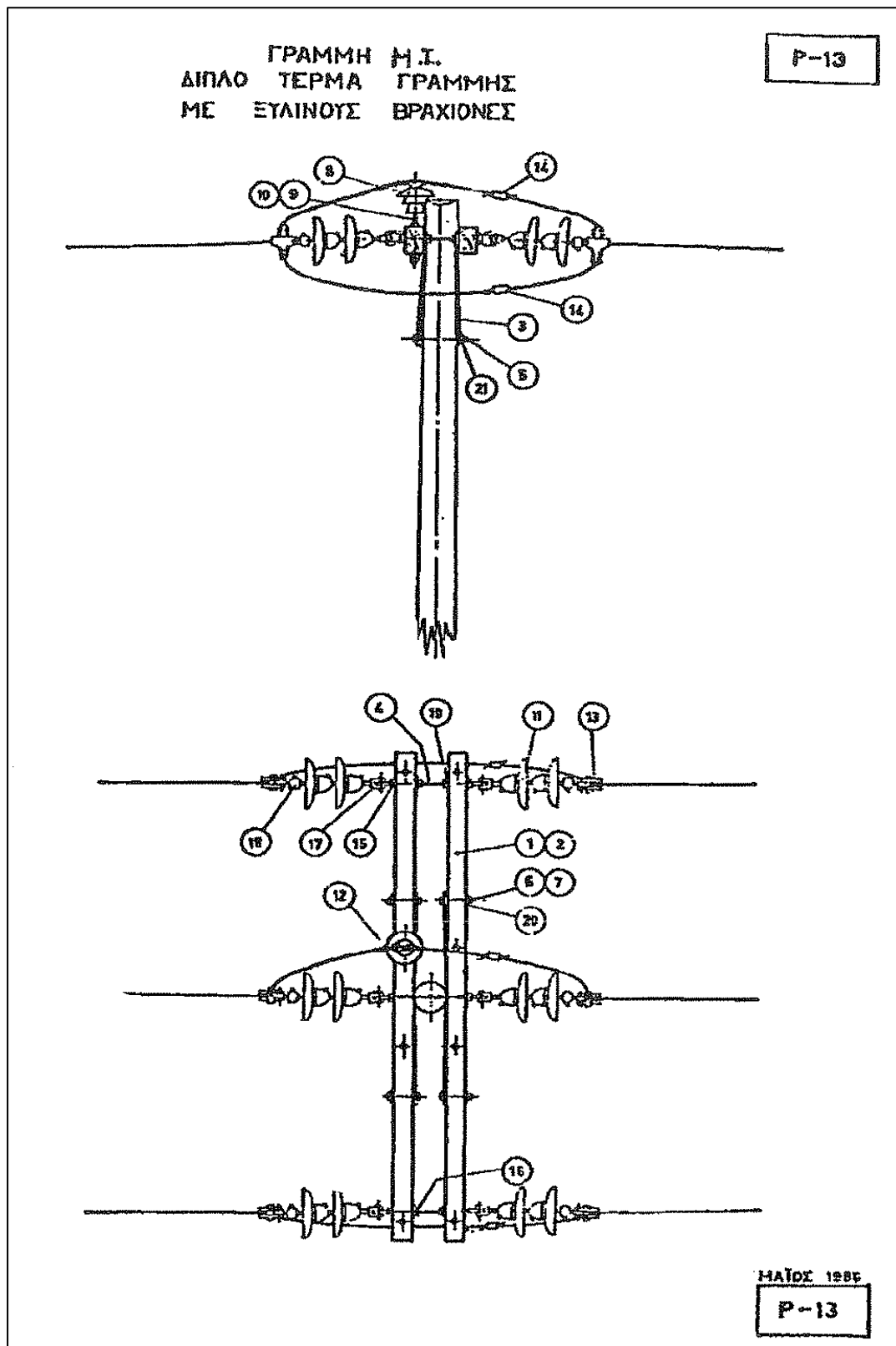


# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

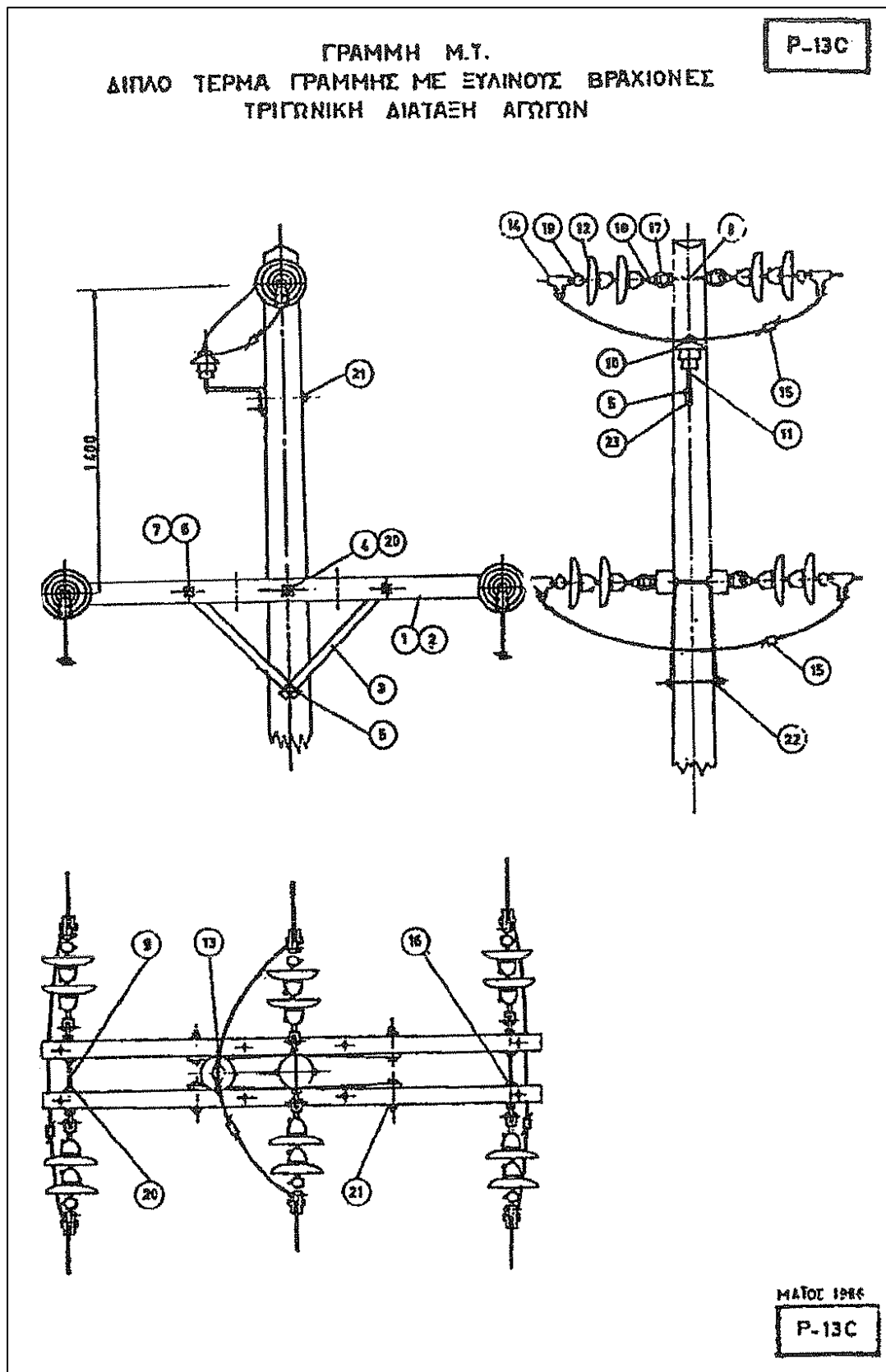




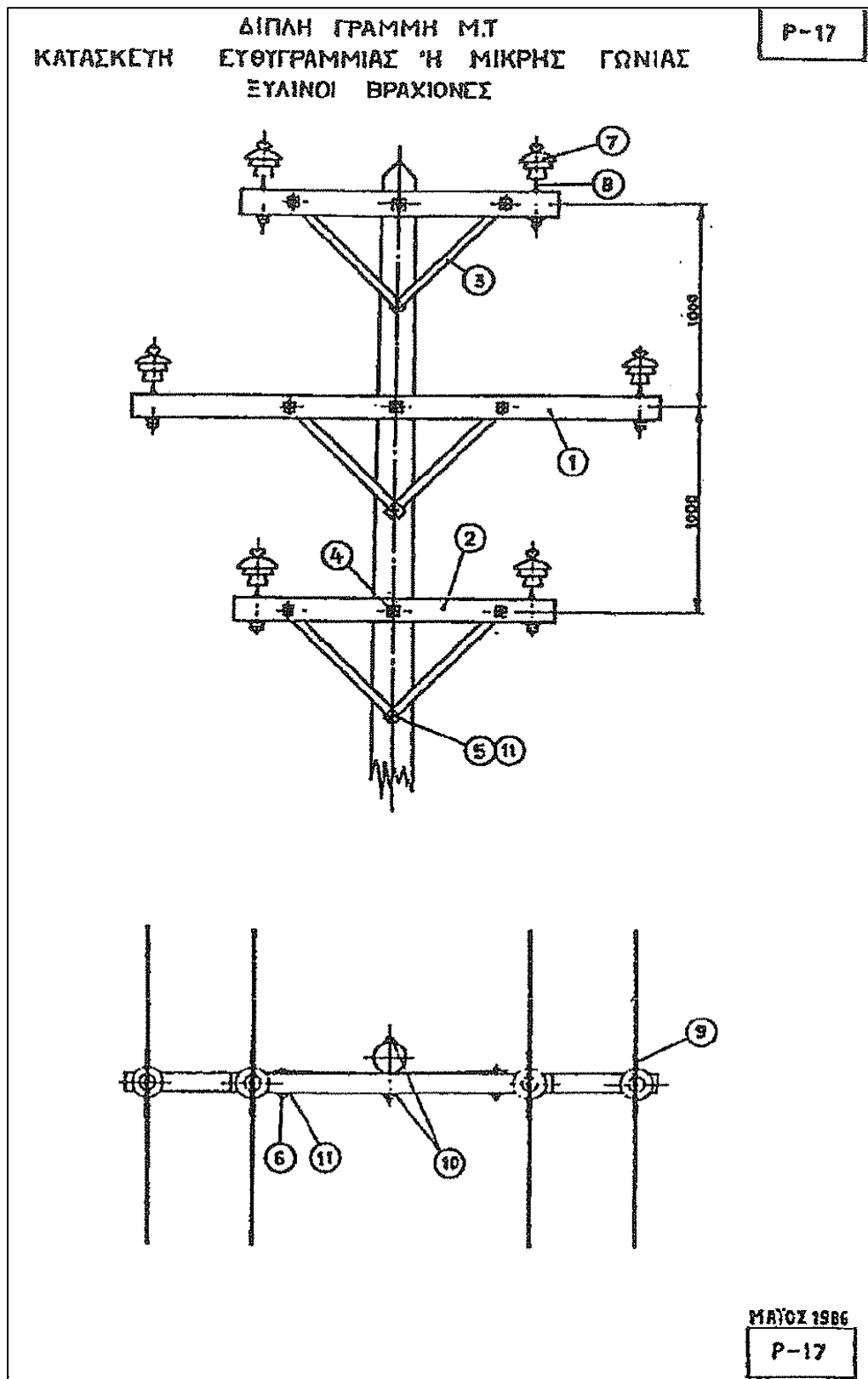
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



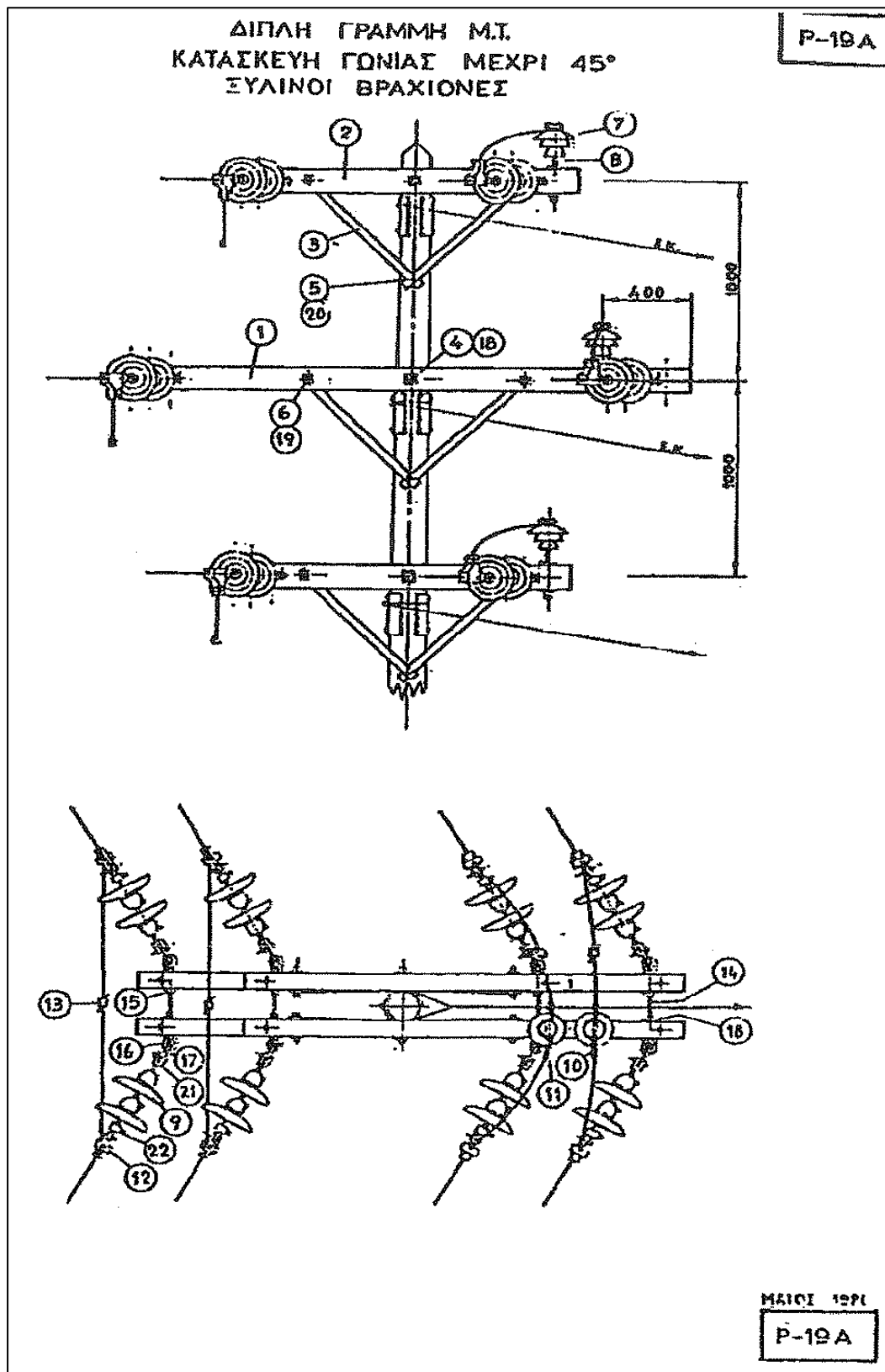
# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



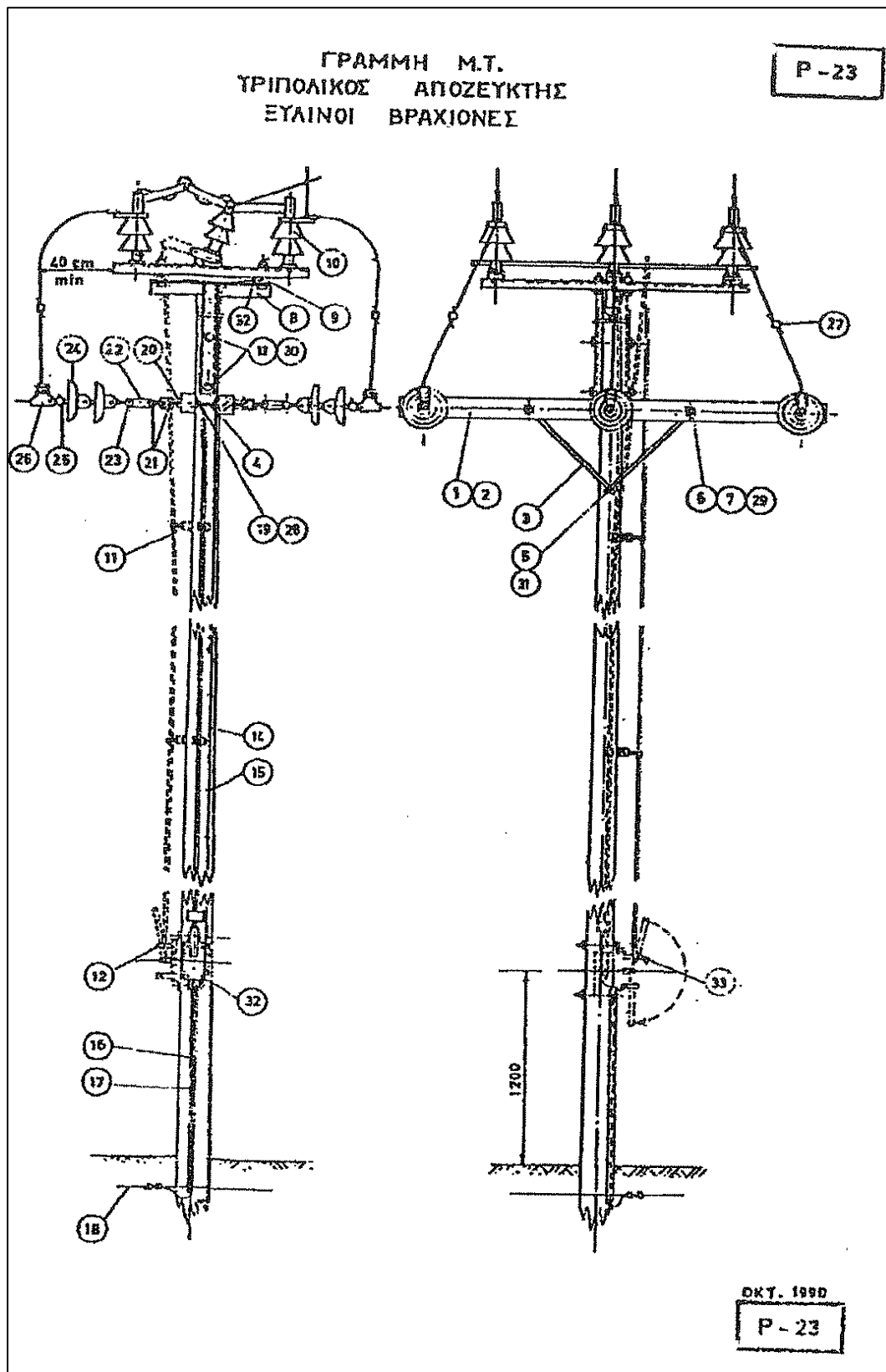
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



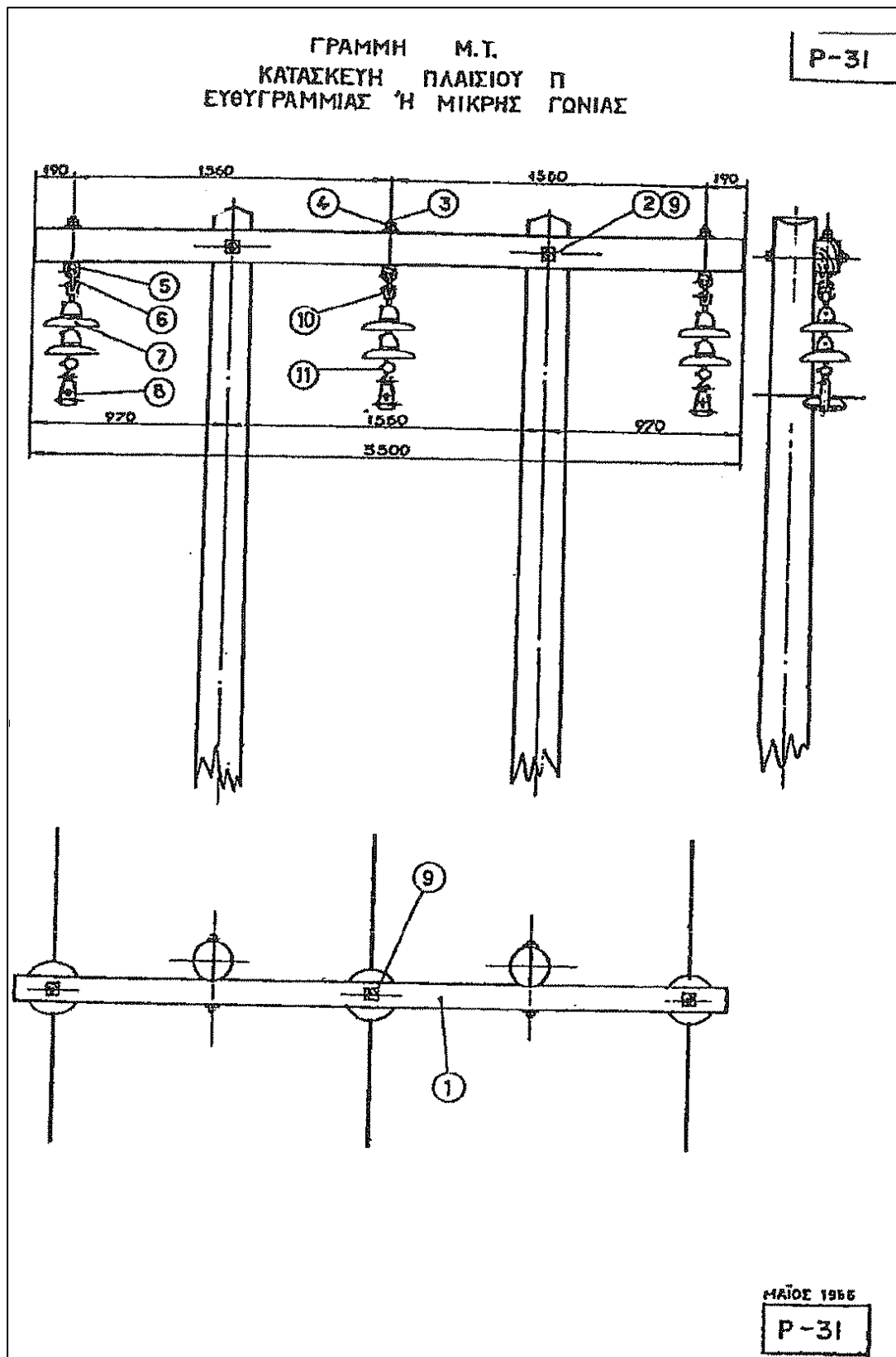
# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



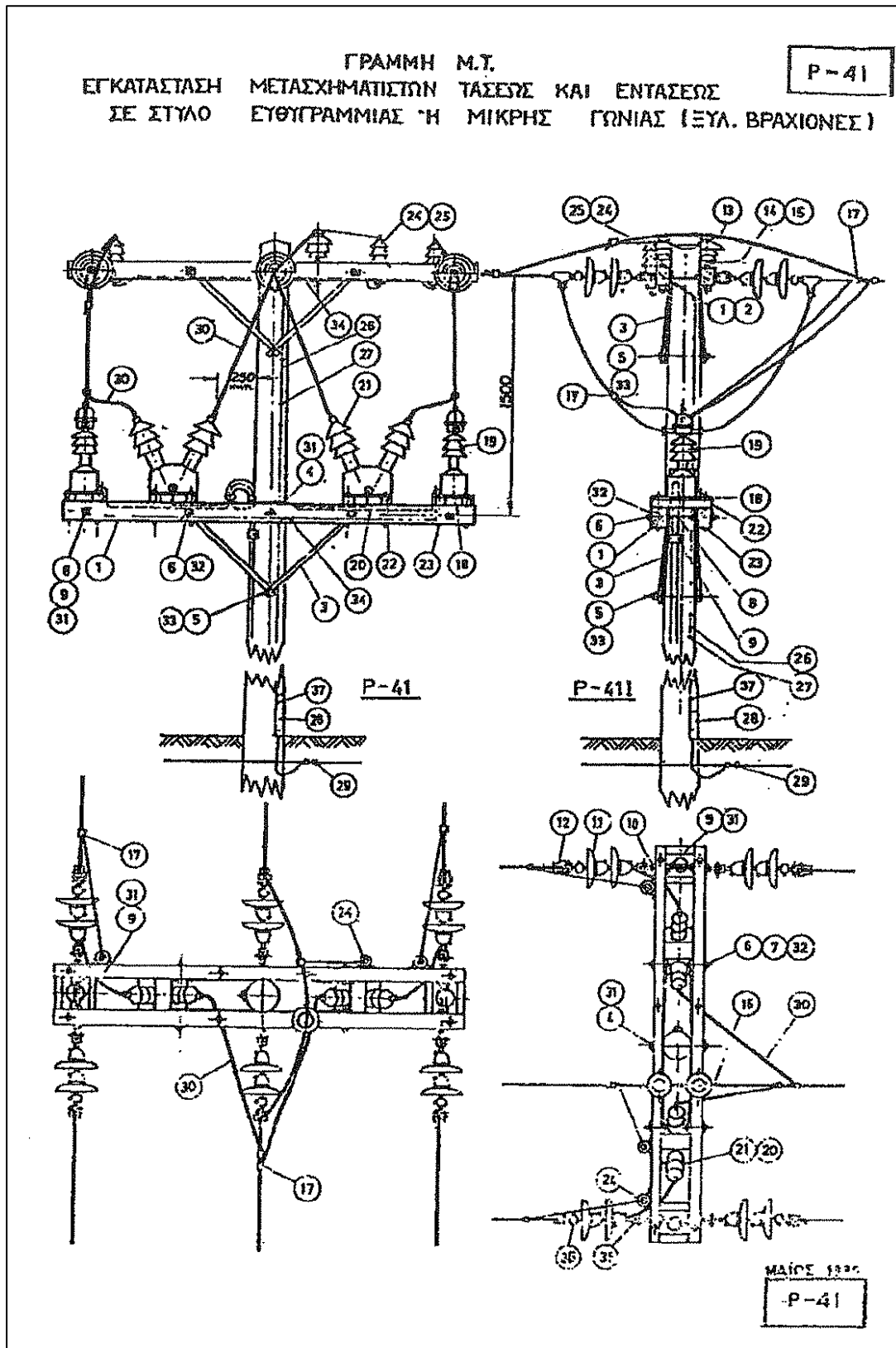
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



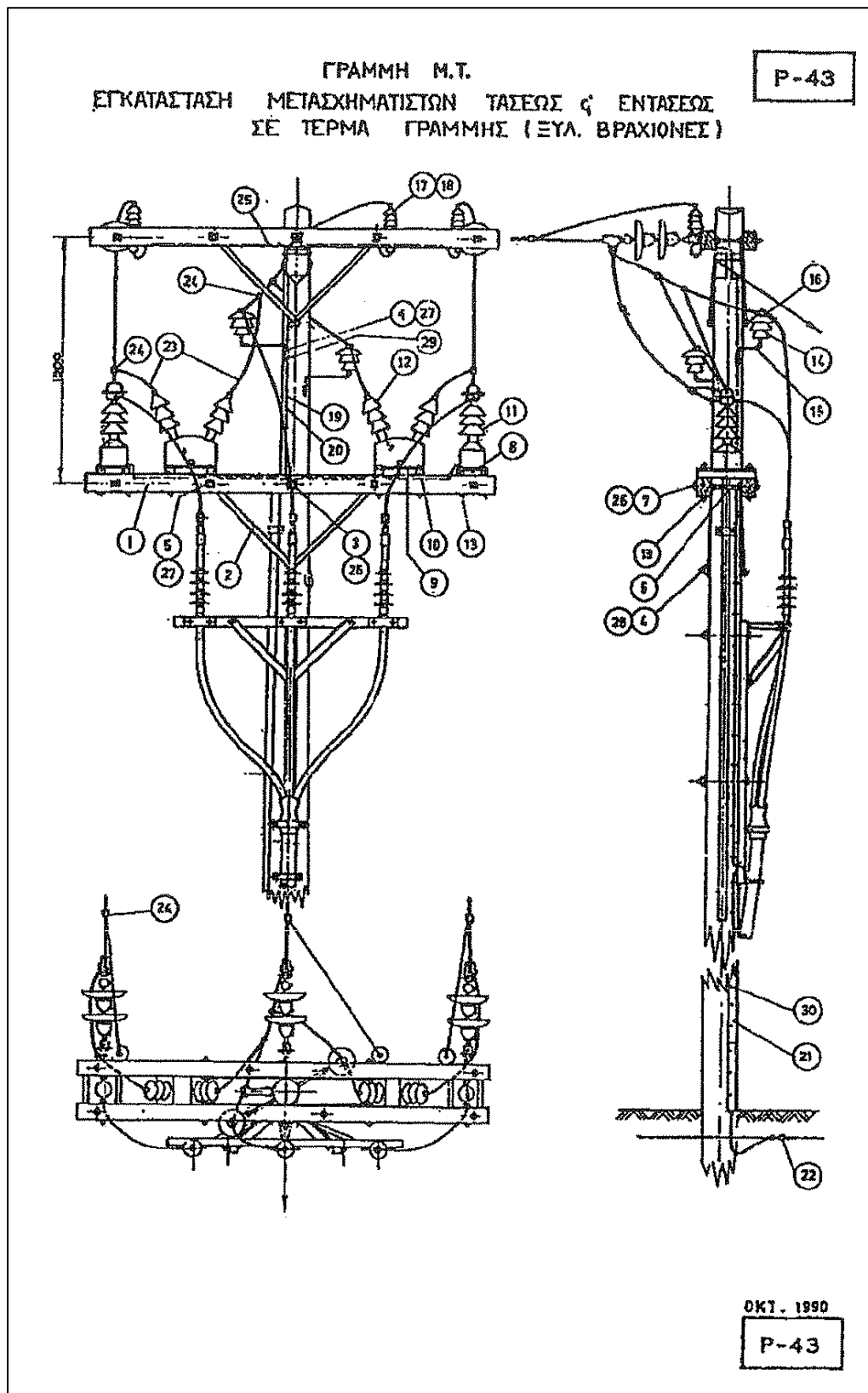
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ





### **3.2: Τύποι καλωδίων για εναέρια δίκτυα μέσης τάσης.**

Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται πρέπει να αντέχουν στη μηχανική και στη θερμική καταπόνηση και στην περίπτωση της μέσης τάσης να μην προκαλούν απώλειες Κορώνα (Corona – ηλεκτρική διάσπαση του αέρα περί τον αγωγό). Η πεδιακή ένταση πέραν της οποίας αρχίζει η εκκένωση Κορώνα, εξαρτάται από την διάμετρο του αγωγού και είναι 21 έως 27Κi/cm σε ενεργό τιμή. Σαν αγωγούς χρησιμοποιούμε πολύκλινα συρματόσχοινα για λόγους ευκαμψίας. Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται είναι χωρίς μόνωση και κατασκευάζονται από χαλκό (Cu), αλουμίνιο (Al) ή αλουμίνιο-χάλυβα (ACSR). Σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αγωγοί από άλλα υλικά και κράματα ( π.χ από γαλβανισμένο χάλυβα, φωσφορούχο ορείχαλκο κλπ.). Στη χαμηλή τάση εκσυγχρονίζονται τα δίκτυα μέσω συνεστραμμένων καλωδίων.

Τα κύρια υλικά είναι τα παρακάτω:

- Χαλκός εφελκυσμένος εν ψυχρώ.
- Αλουμίνιο, το οποίο είναι ή καθαρό αλουμίνιο 99,9% και λέγεται αλουμίνιο ηλεκτροτεχνίας E-Al, ή το κράμα αλουμινίου Audrey με περίπου εκατοστιαία σύνθεση : 0.3-0.5 Mg, 0.4-0.7 Si, 0.3 Fe και το υπόλοιπο αλουμίνιο.
- Σύνθετοι αγωγοί αλουμινίου – χάλυβα Al/St. Έχουν και την ονομασία Aluminum Coated Steel Reinforced Conductors ή ACSR αγωγοί.

Οι αγωγοί κατασκευάζονται μονόκλινοι ή πολύκλινοι. Στα εναέρια δίκτυα δεν χρησιμοποιούνται μονόκλινοι αγωγοί γιατί έχουν πολύ μικρότερη μηχανική αντοχή από τους πολύκλινους. Επίσης οι μονόκλινοι είναι δύσκαμπτοι και η διατομή τους είναι μέχρι 16 mm<sup>2</sup>. Οι αγωγοί χαλκού και αλουμινίου αποτελούνται από κλώνους της ίδια διατομής και παίρνουν την μορφή των συρματόσχοινων. Οι αριθμοί των κλώνων είναι κυρίως 7, 37, 61, 79 κλπ.

#### **Αγωγοί από Χαλκό.**

Ο χαλκός έχει μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα και καλή μηχανική αντοχή. Η αγωγιμότητά του μειώνεται όταν έχει ξένες προσμίξεις. Επίσης μειώνεται λίγο η αγωγιμότητά του όταν κατεργαστεί εν ψυχρώ. Αυτό όμως του δίνει μεγαλύτερη μηχανική αντοχή. Ένα άλλο πλεονέκτημά του είναι ότι δεν διαβρώνεται εύκολα και γι' αυτό χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά σε δίκτυα που είναι κοντά στη θάλασσα. Σήμερα, επειδή το αλουμίνιο έχει μικρότερο κόστος αντικαθιστά το χαλκό κυρίως στους αγωγούς των εναέριων δικτύων.

#### **Αγωγοί από Αλουμίνιο.**

Το αλουμίνιο είναι τρεις φορές ελαφρύτερο από το χαλκό και έχει και μικρότερο κόστος, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω. Μειονεκτεί όμως στο ότι έχει περίπου το 60 % της αγωγιμότητας του χαλκού, καθώς και μόνο το 50 % της μηχανικής του αντοχής.

Έτσι ένας αγωγός αλουμινίου με ισοδύναμη διατομή με αγωγό από χαλκό έχει το 1/2 του βάρους του και διάμετρο μεγαλύτερη κατά 1,6 φορές (60 % μεγαλύτερη). Τα παραπάνω μας δείχνουν ότι ο αγωγός από αλουμίνιο δέχεται μεγαλύτερες επιφορτίσεις από τον άνεμο και τον πάγο λόγω μεγαλύτερης επιφάνειας του, αλλά συγχρόνως περιορίζονται σε αυτόν οι απώλειες από το φαινόμενο Corona.

Το αλουμίνιο με κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες οξειδώνεται (σκουριάζει) επιφανειακά. Το στρώμα της οξείδωσης είναι πολύ λεπτό και προστατεύει τον αγωγό από την παραπέρα οξείδωση. Κοντά στη θάλασσα όμως (σε απόσταση μέχρι 1 Km περίπου) διαβρώνεται από το αλάτι που περιέχεται στον αέρα, σε βάθος μέχρι 3mm.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Οι αγωγοί αλουμινίου χρησιμοποιούνται κυρίως στις γραμμές χαμηλής τάσης και μακριά από τη θάλασσα. Στις γραμμές υψηλής και υπερύψηλης τάσης δεν χρησιμοποιούνται γιατί έχουν μικρή μηχανική αντοχή ( οι πυλώνες απέχουν πολύ μεταξύ τους και οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις στους αγωγούς είναι πολύ μεγάλες ).

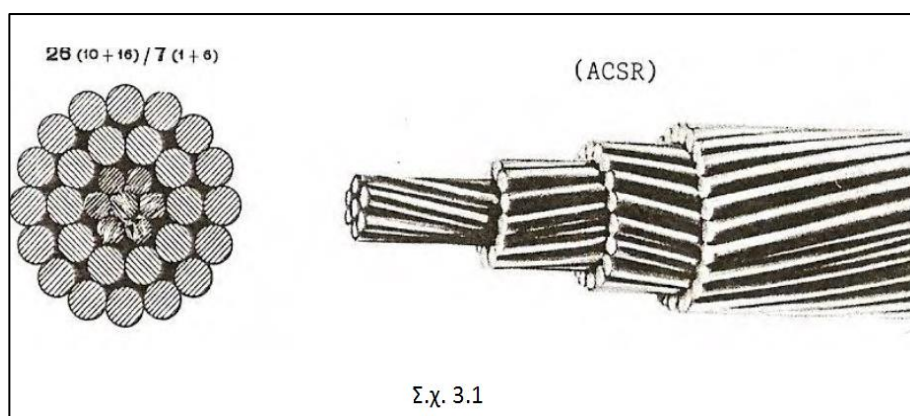
## Αγωγοί από Χάλυβα – Αλουμίνιο ( ACSR )

Το μειονέκτημα των αγωγών αλουμινίου αντιμετωπίζεται με επιτυχία με τους αγωγούς ACSR. Αυτοί έχουν ψυχή από κλώνους με γαλβανισμένο χάλυβα όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα 3.1. Ο χάλυβας αναλαμβάνει τη μηχανική αντοχή και το αλουμίνιο το μεγαλύτερο μέρος της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος. Το ρεύμα οδεύει κυρίως μέσα από το αλουμίνιο, δηλαδή το ρεύμα μέσα από το χάλυβα είναι αμελητέο.

Οι αγωγοί ACSR έχουν περίπου 50 % μεγαλύτερη αντοχή από τους αγωγούς χαλκού και είναι 20 % ελαφρύτεροι για ισοδύναμη διατομή με το χαλκό. Χρησιμοποιούνται στις γραμμές υψηλής τάσης γιατί μπορούμε να έχουμε μεγαλύτερο άνοιγμα των πυλώνων ( απόσταση μεταξύ πυλώνων). Επίσης είναι πιο φθηνοί και παρουσιάζουν μικρότερες απώλειες λόγω του φαινομένου Corona.

Οι αγωγοί ACSR χαρακτηρίζονται ως εξής : Al/St = διατομή του Al/ διατομή του St. Παραδείγματος χάρη, Al/St 185/32 σημαίνει 185 mm<sup>2</sup> Al και 32 mm<sup>2</sup>St. Σε σύνθετους αγωγούς η σχέση διατομών Al/St είναι συνήθως ίση με 6, ενώ σε μεγάλες διατομές μπορεί να φτάσει και το 20. Οι πολύκλωνοι ACSR αγωγοί αποτελούνται από 1 έως 3 στρώματα χαλύβδινων συρμάτων και 1 έως 3 στρώματα συρμάτων αλουμινίου. Τα σύρματα είναι συνεστραμμένα και μάλιστα η διεύθυνση συστρώφης είναι αντίθετη σε δύο γειτονικά στρώματα, πράγμα που εξασφαλίζει μια καλή συνοχή του συρματοσχοινίου.

Συνήθως, στον χαρακτηρισμό των αγωγών ACSR ή αλουμινίου, δίνεται και η ισοδύναμη διατομή χαλκού. Αυτή είναι η διατομή που θα είχε ένας αγωγός ίσης αντίστασης, αν κατασκευαζόταν από χαλκό. Οι ωμικές αντιστάσεις των πολύκλωνων αγωγών προκύπτουν από την ονομαστική διατομή τους. Η αγωγιμότητα που πρέπει να ληφθεί στους υπολογισμούς είναι διαφορετική απ' ότι η αγωγιμότητα του καθαρού υλικού. Η μηχανική επεξεργασία και η συστρόφη των αγωγών αυξάνουν την αντίσταση του αγωγού.



Σ.χ. 3.1

Μορφή αγωγών αλουμινίου- Χάλυβα ( ACSR )

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

## 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>sp</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 |
| 18                                      | CU        | 7             | 1.71           | 16.08           | 5.13  | 739             | 12650               | 17                   | 0.144  |
| 35                                      | CU        | 7             | 2.63           | 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           | 35.32           | 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    |

Χαρακτηριστικά γυμνών αγωγών εναέριων γραμμών.

## Κεφάλαιο 4

### 4.1: Γενικά.

Ο αγωγός που έχει επιλεγθεί για τη γραμμή μας είναι 3 \* 35 ACSR, στην «Ελαφρά» επιφόρτιση, με βασικό άνοιγμα BA = 75m. Από πίνακα 2: We = 0,454 Kg/m και Wk = 0.225 Kg/m και από πίνακα 11 Tol=595 Kg/m και Tk=494 Kg/m.

Το βάθος θεμελίωσης το θεωρούμε 2m και το σημείο ανάρτησης του αγωγού από το στύλο βρίσκεται 0,25m κάτω από την κορυφή του στύλου. Επίσης, σαν όριο ύψους ασφαλείας του αγωγού θεωρούμε τα 7m.

### 4.2: Μεθοδολογία.

Για να μπορέσουμε να κάνουμε τον υπολογισμό του ύψους – τύπου στύλου αλλά και επιγόνων, θα πρέπει να παίρνουμε τα ανοίγματα σε ζευγάρια. Δηλαδή θα πρέπει πρώτα να θεωρούμε αυθαίρετα το ύψος των στύλων και να βρίσκουμε την υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων ανάρτησης του αγωγού από τους στύλους. Στη συνέχεια αφού βρούμε την υψομετρική διαφορά θα πρέπει βρούμε αν υπάρχει βέλος και σε ποιο σημείο του τμήματος θα είναι, όμως το βέλος δεν θα πρέπει να είναι κάτω από το όριο ασφαλείας που έχει οριστεί.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Για να υπάρχει βέλος θα πρέπει το  $X1 > 0$ , αν  $X1 < 0$  σημαίνει πως δεν υπάρχει βέλος στο τμήμα (θεωρητικά το βέλος εμφανίζεται στο επόμενο τμήμα).

Αφού βρεθούν η υψομετρική διαφορά και το βέλος θα πρέπει να θεωρηθεί πως ο στύλος είναι κάποιας κατηγορίας και να ελεγχθεί αν αντέχει τα φορτία που τον καταπονούν (κατακόρυφα και εγκάρσια).

Από τη στιγμή που βρεθεί και η κατηγορία του στύλου θα πρέπει να εξεταστεί αν χρειάζεται κάποιο επίτονο για να ισορροπήσει. Η τοποθέτηση επιτόνου γίνεται αν  $X1 < 0$  και αν  $R_k < 0$  και στην περίπτωση που ο στύλος είναι γωνιακός. Αν τοποθετηθεί επίτονο θα πρέπει να ξαναγίνει ο έλεγχος θραύσης του στύλου που γίνεται κατά την διάρκεια υπολογισμού της κατηγορίας του στύλου και αφού γίνει να καταλήξουμε στην κατηγορία του στύλου που μας καλύπτει.

Εκτός όμως από τον υπολογισμό του ύψους και της κατηγορίας του στύλου, θα πρέπει να γίνει και ο υπολογισμός του βραχίονα (τραβέρσας) που θα τοποθετηθεί στον στύλο, γιατί π.χ. για στύλους ευθυγραμμίας υπάρχουν πολλοί τύποι κατασκευής αλλά γνωρίζοντας τον βραχίονα που χρειαζόμαστε και την απόσταση διαχωρισμού μπορούμε να διαλέξουμε τον σωστό τύπο κατασκευής.

Για τον υπολογισμό του βραχίονα ακολουθούμε μία παρόμοια διαδικασία όπως και για τον τύπο κατασκευής του στύλου. Ο βραχίονας που θα διαλέξουμε πρέπει να αντέχει τα κατακόρυφα και οριζόντια φορτία που τον καταπονούν. Υπάρχουν 4 τυποποιημένοι βραχίονες και σε κάθε στύλο μπορεί να τοποθετηθεί ένας βραχίονας (απλή στήριξη) ή δύο βραχίονες (διπλή στήριξη).

Διαλέγουμε αυθαίρετα ένα τύπο βραχίονα και κάνουμε έλεγχο να δούμε αν αντέχει τα φορτία που του ασκούνται. Αν ο ένας βραχίονας δεν μας καλύπτει (έχουμε θραύση – δεν ισχύουν οι συνθήκες) επιλέγουμε δύο βραχίονες του ίδιου τύπου και ξανακάνουμε τον έλεγχο. Άμα δεν μας καλύπτουν οι δύο βραχίονες τότε πάμε στην αμέσως επόμενη τυποποιημένη κατασκευή μέχρι να βρεθεί αυτή που μας καλύπτει.

Τέλος αφού έχουμε υπολογίσει το ύψος στύλου, κατηγορία στύλου, τα επίτονα (άμα είναι απαραίτητα) και έχουμε βρει τον βραχίονα που θα τοποθετήσουμε, μας μένει ένα τελευταίο βήμα, να βρούμε την απόσταση διαχωρισμού των αγωγών και με βάση αυτή την απόσταση και το αν ο στύλος είναι ευθυγραμμίας, γωνίας ή τερματικός, από τον πίνακα 10 και από τις **ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ Μ.Τ** καταλήγουμε στον τύπο της κατασκευής του στύλου που θα τοποθετήσουμε.

## 4.3: Υπολογισμός ύψους, τύπου στύλων και επιτόνων.

Από προηγούμενη μελέτη ο στύλος 39 έχει υπολογιστεί πως είναι 13B, επομένως τον θεωρούμε σαν δεδομένο. Υποθέτουμε πως ο στύλος 40 είναι 11m και με βάση το σχέδιο Νο. 1 πρέπει να βρεθεί η υψομετρική διαφορά των σημείων ανάρτησης των αγωγών από τους στύλους.

$$h(39,40) = (13 - 2 - 0.25) - (11 - 2 - 0.25) + 5 \Rightarrow h(39,40) = 7 \text{ m}$$

Τώρα πρέπει να βρεθεί αν υπάρχει βέλος και σε ποιο σημείο είναι. Επίσης βρίσκοντας το βέλος θα δούμε αν ο αγωγός πέφτει κάτω από το όριο ασφαλείας.

$$X1(39,40) = \frac{80}{2} - \frac{494 \cdot 7}{0.225 \cdot 80} = 40 - 192 \Rightarrow X1(39,40) = - 152 \text{ m}$$

$$X2(39,40) = 80 + 152 \Rightarrow X2(39, 40) = 232 \text{ m}$$

**Επομένως, αφού το  $X1(39,40) < 0$  συμπεραίνουμε πως δεν υπάρχει βέλος μεταξύ του τμήματος των στύλων 39-40.**

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Έστω ότι και ο στύλος 41=11m. Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων αναρτήσεως των αγωγών από τους στύλους θα είναι :

$$h(40,41)=(11-2-0.25)-(11-2-0.25)+5 \Rightarrow h(40,41) = 5\text{m}$$

Πρέπει όμως να ελεγχθεί και στο τμήμα 40,41 η εμφάνιση βέλους.

Επομένως :

$$X1(40,41) = \frac{88}{2} - \frac{494 \cdot 5}{0,225 \cdot 88} = 44 - 124.75 \Rightarrow X1(40,41) = -80.75\text{m}$$

$$X2(40,41) = 88 + 80.75 \Rightarrow X2(40,41) = 168.75\text{m}$$

**Επειδή όμως το  $X1(40,41) < 0$  συμπεραίνουμε πως στο τμήμα 40, 41 δεν υπάρχει βέλος.**

Νωρίτερα υποθέσαμε πως ο στύλος 40 είναι 11m, τώρα υποθέτουμε πως είναι και κατηφορίας Ε. Άρα ο στύλος θα πρέπει να ελεγχθεί αν αντέχει τα κατακόρυφα και τα εγκάρσια φορτία της γραμμής.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ :

$$Pk40 = WK \cdot X1(39,40) + WK \cdot X2(40,41) = 0.225 \cdot (-152) + 0.225 \cdot 168.75 = -34.2 + 38 \\ \Rightarrow Pk40 = 3.8 \text{ Kg} > 0$$

**Αυτό σημαίνει ότι ο στύλος δεν βρίσκεται υπό έλξη.**

$$G40 = 3 \cdot 3.8 + 150 \Rightarrow G40 = 161.4 \text{ Kg}$$

Από πίνακα. 6 και για στύλο 11E το όριο θραύσης είναι 1627 Kg.

**Οπότε  $G40 \leq \frac{1627}{2.7} \Rightarrow 161.4 \leq 602.59$  που ισχύει.** Επομένως στα κατακόρυφα μας καλύπτει.

ΕΓΚΑΡΣΙΑ :

$$F_{\alpha\gamma} = 3 \cdot 0.5 \cdot (80 + 88) \cdot 0.454 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 114.4 \text{ Kg}$$

Από πίνακα. 5 και για στύλο 11E στην «Ελαφριά» επιφόρτιση η **Fστ=38 Kg**

$$\text{Άρα } F_{\epsilon 40} = F_{\alpha\gamma} + F_{\text{στ}} \Rightarrow F_{\epsilon 40} = 114.4 + 38 \Rightarrow F_{\epsilon 40} = 152.4 \text{ Kg}$$

Από πίνακα 3 και για στύλο κατηγορία Ε έχουμε:

$$F_{\epsilon 40} \leq \frac{F_{\theta\rho}}{2,7} \Rightarrow 152.4 \leq \frac{500}{2,7} \Rightarrow 152.4 \leq 185.18 \text{ Kg που ισχύει.}$$

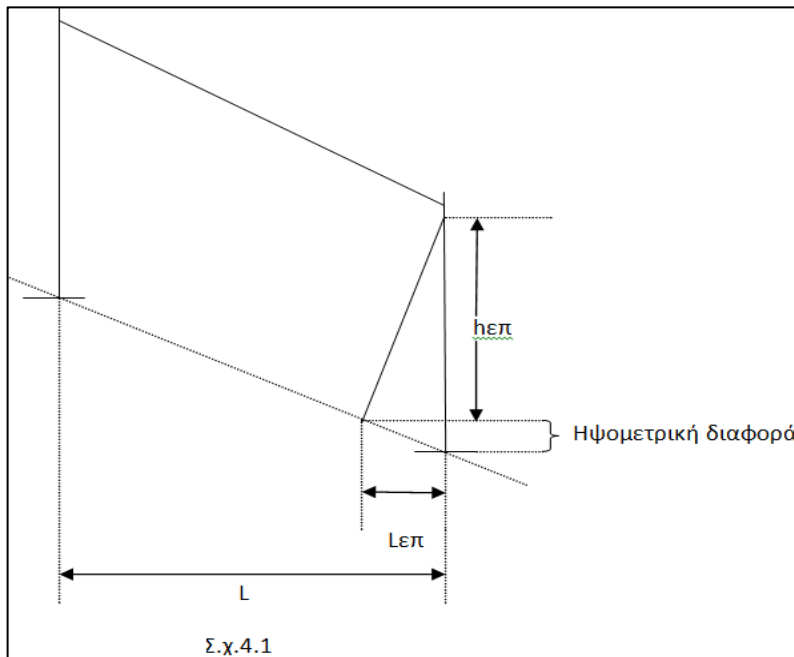
Συνεπώς καλύπτομαστε και στα εγκάρσια φορτία.

Άρα ο στύλος 40 θα είναι 11 E. Επειδή όμως έχουμε αρνητικό  $X1(39,40)$  θα πρέπει να βάλουμε στο στύλο 40 επίτονο για να ισορροπήσει.

Το επίτονο τοποθετείται 0.15m κάτω από το σημείο ανάρτησης του αγωγού.

Με βάση το σχέδιο Νο.2 και τα παρακάτω σχήματα ( Σ.χ.4.1, Σ.χ.4.2 ) έχουμε :

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



$$h_{\epsilon\pi} = 11 - 2 - 0.25 - 0.15 - 0.65 \Rightarrow h_{\epsilon\pi} = 7.9\text{m}$$

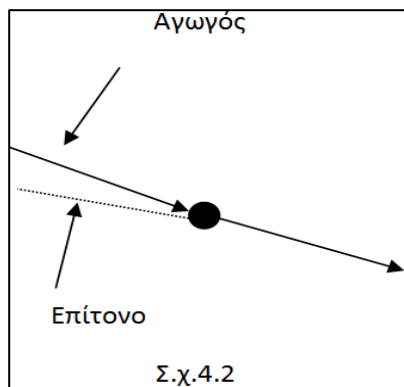
$$h_1 = 11 - 2 - 0.25 \Rightarrow h_1 = 8.75\text{m}$$

Το επίτονο θα πρέπει να τοποθετηθεί όσο το δυνατόν παράλληλα στη γραμμή για να αντισταθεί στις δυνάμεις που καταπονούν το στύλο.

Οι τανύσεις είναι όλες προς την ίδια κατεύθυνση επομένως :  $F_{\epsilon\pi} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{h_{\epsilon\pi}}{h} \geq 6 \cdot T_{\text{ολ}}$

$$F_{\epsilon\pi} \cdot \sin(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi}}{h_{\epsilon\pi}}) \cdot \frac{h_{\epsilon\pi}}{h} \geq 6 \cdot T_{\text{ολ}} \Rightarrow$$

$$F_{\epsilon\pi} \cdot \sin(\tan^{-1} \frac{10}{7.95}) \cdot \frac{7.95}{8.75} \geq 6 \cdot 595 \Rightarrow$$



$$F_{\epsilon\pi} \cdot 0.78 \cdot 0.9 \geq 3570 \Rightarrow F_{\epsilon\pi} \geq \frac{3570}{0.702} \Rightarrow F_{\epsilon\pi} \geq 5085 \text{ Kg}$$

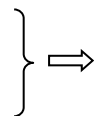
Επειδή η  $F_{\epsilon\pi} = 5085 > 4874$ , δηλαδή μεγαλύτερη από την δύναμη επιτόνου τύπου Β θα έχουμε :  $\frac{F_{\epsilon\pi}}{2} \leq 2689 \Rightarrow 2542,5 \leq 2689$  που ισχύει.

**Επομένως ο στύλος 40 για να ισορροπήσει θα χρειαστεί 2 επίτονα τύπου Μ.**

Επειδή όμως τοποθετήσαμε επίτονα θα πρέπει να ξαναγίνει έλεγχος θραύσης για το στύλο.

$$P = F_{\epsilon\pi} \cdot \cos \alpha = F_{\epsilon\pi} \cdot \cos(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi}}{h_{\epsilon\pi}})$$

$$F_{\epsilon\pi} = 5085 \text{ Kg}$$



$$P = 5085 \cdot \cos(\tan^{-1} \frac{10}{7.95}) = 5085 \cdot 0.622$$

$$\Rightarrow P = 3162 \text{ Kg}$$

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

$$G'40=161.4+3162 \Rightarrow G'40= 3324.27 \text{ Kg}$$

Από πίνακα.7 έχουμε για στύλο 11 E

$$G'40 \leq \frac{G\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 3324,27 \leq \frac{6359,88}{2,7} \Rightarrow 3324,27 \leq 2355,5 \text{ που δεν ισχύει.}$$

Επομένως θα πρέπει να αλλάξουμε κατηγορία και ο στύλος θα γίνει 11 M. Από πίνακα.7 και για στύλο 11 M :

$$\text{Άρα } G'40 \leq \frac{G\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 332,27 \leq \frac{12783,79}{2,7} \Rightarrow 3324,27 \leq 4734,73 \text{ που ισχύει.}$$

**Άρα ο στύλος 40 θα είναι 11 M.**

Νωρίτερα υποθέσαμε πως ο στύλος 41 είναι 11m. Έστω ότι και ο στύλος 42=11m.

Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων αναρτήσεις των αγωγών από τους στύλους θα είναι :

$$h(41,42) = (11-2-0.25)-(11-2-0.25)+5 \Rightarrow h(41,42)=5\text{m}$$

Αφού βρέθηκε η υψομετρική διαφορά τώρα πρέπει να βρεθεί αν υπάρχει βέλος και σε ποιό σημείο του τμήματος βρίσκεται. Επίσης αν υπάρχει, ο αγωγός δεν πρέπει να πέφτει κάτω από το όριο ασφαλείας ( 7m ).

$$X1(41,42) = \frac{76.5}{2} - \frac{494*5}{0.225*76.5} = 38.25 - 143.5 \Rightarrow X1(41,42) = - 105.25\text{m}$$

$$X2(41,42) = 76.5 + 105.25 \Rightarrow X2(41,42) = 181.75\text{m}$$

Άρα στο τμήμα 41,42 δεν υπάρχει βέλος γιατί  $X1(41,42) < 0$ .

Υποθέτουμε πως ο στύλος 41 είναι κατηγορίας E.

Άρα ο στύλος θα πρέπει να ελεγχθεί αν αντέχει τα κατακόρυφα και τα εγκάρσια φορτία της γραμμής.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ :

$$Pk41 = WK * X1(40,41) + WK * X2(41,42) = 0.225 * (-80.75) + 0.225 * 181.75$$

**$Pk41 = 22.7 \text{ Kg} > 0$ .** Αφού  $Pk41 > 0$  συμπαιρνόμαστε ότι ο στύλος δεν βρίσκεται υπό έλξη.

$$G41 = 3 * 22.7 + 150 \Rightarrow G41 = 218.1 \text{ Kg}$$

Άρα θα πρέπει  $G41 \leq \frac{G\theta\rho}{2,7}$ . Από πίνακα.6 και για στύλο 11E θα έχουμε :

$$G41 \leq \frac{G\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 218,1 \leq \frac{1627}{2,7} \Rightarrow 218,1 \leq 602,59 \text{ που ισχύει.}$$

Επομένως ο στύλος που διαλέξαμε μας καλύπτει στα κατακόρυφα φορτία.

ΕΓΚΑΡΣΙΑ :

$$F_{\alpha\gamma} = 3 * 0,5(88+76,5) * 0,454 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 112 \text{ Kg}$$

Από πίνακα. 5 και για στύλο 11E στην «Ελαφριά» επιφόρτιση η  $F_{\sigma\tau} = 38 \text{ Kg}$

$$\text{Άρα } F_{\epsilon 41} = F_{\alpha\gamma} + F_{\sigma\tau} \Rightarrow F_{\epsilon 41} = 112 + 38 \Rightarrow F_{\epsilon 41} = 150 \text{ Kg}$$

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Από πίνακα 3 και για στύλο κατηγορία Ε έχουμε:

$$F_E 41 \leq \frac{F\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 150 \leq \frac{500}{2,7} \Rightarrow \mathbf{150 \leq 185,18 \text{ Kg που ισχύει.}}$$

Άρα καλυπτόμαστε και στα εγκάρσια φορτία.

Επομένως ο στύλος 41 θα είναι 11 Ε. Επειδή όμως έχουμε αρνητικό Χ1(40,41) θα πρέπει να βάλουμε στο στύλο 41 επίτονο για να ισορροπήσει.

Το επίτονο τοποθετείται 0,15m κάτω από το σημείο ανάρτησης του αγωγού.

Με βάση το σχέδιο Νο.3 και τα σχήματα Σ.χ.4.1, Σ.χ.4.2 θα έχουμε :

$$h_{\epsilon\pi} = 11 - 2 - 0.25 - 0.15 - 0.6 \Rightarrow \mathbf{h_{\epsilon\pi} = 8m}$$

$$h = 11 - 2 - 0.25 \Rightarrow \mathbf{h = 8.75m}$$

Το επίτονο θα πρέπει να τοποθετηθεί όσο το δυνατόν παράλληλα στη γραμμή για να αντιστέκεται στις δυνάμεις που καταπονούν το στύλο.

Οι τανύσεις είναι όλες προς την ίδια κατεύθυνση επομένως :  $F_{\epsilon\pi} \cdot \sin\alpha \cdot \frac{h_{\epsilon\pi}}{h} \geq 6 \cdot T_{ολ}$

$$F_{\epsilon\pi} \cdot \sin(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi}}{h_{\epsilon\pi}}) \cdot \frac{h_{\epsilon\pi}}{h} \geq 6 \cdot T_{ολ} \Rightarrow F_{\epsilon\pi} \cdot \sin(\tan^{-1} \frac{10}{8}) \cdot \frac{8}{8.75} \geq 6 \cdot 595 \Rightarrow$$

$$F_{\epsilon\pi} \cdot 0.71 \geq 3570 \Rightarrow \mathbf{F_{\epsilon\pi} \geq 5028 \text{ Kg}}$$

Επειδή η  $F_{\epsilon\pi} = 5028 > 4874$ , δηλαδή μεγαλύτερη από την δύναμη επιτόνου τύπου Β θα έχουμε :  $\frac{F_{\epsilon\pi}}{2} \leq 2689 \Rightarrow \mathbf{2514 \leq 2689 \text{ που ισχύει.}}$

**Επομένως ο στύλος 41 για να ισορροπήσει θα χρειαστεί 2 επίτονα τύπου Μ.**

Επειδή όμως τοποθετήσαμε επίτονα θα πρέπει να ξαναγίνει έλεγχος θραύσης για το στύλο.

$$\left. \begin{array}{l} P = F_{\epsilon\pi} \cdot \cos\alpha = F_{\epsilon\pi} \cdot \cos(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi}}{h_{\epsilon\pi}}) \\ F_{\epsilon\pi} = 5028 \text{ Kg} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} P = 5028 \cos(\tan^{-1} \frac{10}{8}) = 5028 \cdot 0.624 \\ \Rightarrow \mathbf{P = 3141 \text{ Kg}} \end{array}$$

$$G'41 = 218,1 + 3141 \Rightarrow \mathbf{G'41 = 3359,1 \text{ Kg}}$$

Από πίνακα. 7 έχουμε για στύλο 11 Ε

$$G'40 \leq \frac{G\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 3359 \leq \frac{6359,88}{2,7} \Rightarrow \mathbf{3359 \leq 2355,5 \text{ που δεν ισχύει.}}$$

Επομένως θα πρέπει να αλλάξουμε κατηγορία και ο στύλος θα γίνει 11 Μ. Από πίνακα. 7 και για στύλο 11 Μ :

$$\text{Άρα } G'40 \leq \frac{G\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 3359 \leq \frac{12783,79}{2,7} \Rightarrow \mathbf{3359 \leq 4734,73 \text{ που ισχύει.}}$$

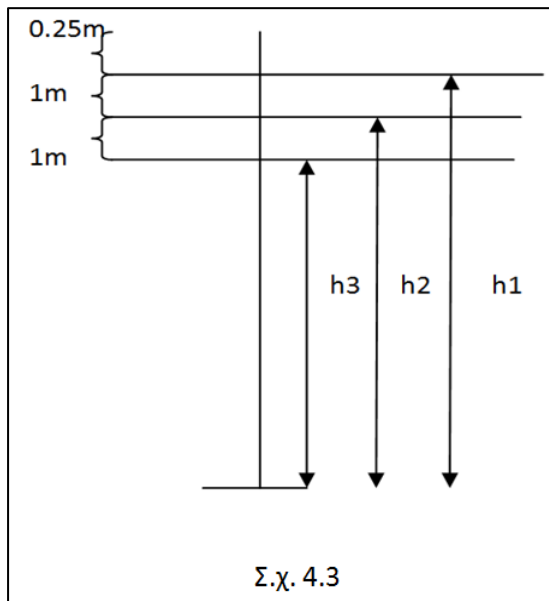
**Άρα ο στύλος 41 θα είναι 11 Μ.**

Νωρίτερα υποθέσαμε πως ο στύλος 42 είναι 11m, όμως τώρα ο στύλος 43 είναι γωνιακός με  $\theta = 25^\circ$ , οπότε σαν ύψος αγωγού θα πάρουμε το ύψος του χαμηλότερου αγωγού.

Άρα ο στύλος που θα διαλέξουμε θα πρέπει να μας καλύπτει και στο ελάχιστο ύψος αγωγού. Οπότε θα πρέπει να γίνει έλεγχος για το ύψος του στύλου.



# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ



Π.χ.  $10\text{m} \Rightarrow h_3 = 10 - 2 - 0.25 - 2 \Rightarrow h_3 = 5.75\text{m}$ .  
Άρα δεν μας καλύπτει στο όριο ασφαλείας.

Π.χ.  $11\text{m} \Rightarrow h_3 = 11 - 2 - 0.25 - 2 \Rightarrow h_3 = 6.75\text{m}$ . Άρα δεν μας καλύπτει στο όριο ασφαλείας.

Π.χ.  $12\text{m} \Rightarrow h_3 = 12 - 2 - 0.25 - 2 \Rightarrow h_3 = 7.75\text{m}$ .  
Μας καλύπτει στο όριο ασφαλείας.

Επομένως ο στύλος 43 θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 12m.

Υποθέτουμε λοιπόν πως ο 43 είναι 12m.

Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των στύλων 42 – 43 θα είναι :

$$h(42,43) = (11 - 2 - 0.25) - (12 - 2 - 0.25 - 2) + 5$$

$$\Rightarrow \mathbf{h(42,43) = 6\text{m}}$$

Τώρα θα πρέπει να ελεγχθεί αν υπάρχει βέλος μεταξύ των στύλων 42,43.

$$X1(42,43) = \frac{84}{2} - \frac{494 \cdot 6}{0,225 \cdot 84} = 42 - 156,8 \Rightarrow \mathbf{X1(42,43) = -114,8\text{m}}$$

$$X2(42,43) = 84 + 114,8 \Rightarrow \mathbf{X2(42,43) = 198,8\text{m}}$$

Επειδή όμως το  $X1(42,43) < 0$ , συμπαιρνούμε πως δεν υπάρχει βέλος μεταξύ των στύλων 42,43.

Νωρίτερα υποθέσαμε πως ο 42 είναι 11m και τώρα υποθέτουμε πως είναι κατηγορίας Ε. Άρα ο στύλος θα πρέπει να ελεγχθεί αν αντέχει τα κατακόρυφα και τα εγκάρσια φορτία της γραμμής.

### ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ :

$$Pk42 = WK \cdot X1(41,42) + WK \cdot X2(42,43) = 0,225 \cdot (-105,25) + 0,225 \cdot 198,8$$

$$\Rightarrow \mathbf{Pk42 = 21,04 \text{ Kg} > 0}$$

Επομένως ο στύλος 42 δεν βρίσκεται υπό έλξη.

$$G42 = 3 \cdot 21,04 + 150 \Rightarrow G42 = 213,12 \text{ Kg}$$

Άρα θα πρέπει  $G42 \leq \frac{G\theta\rho}{2,7}$ . Από πίνακα.6 και για στύλο 11E θα έχουμε :

$$G42 \leq \frac{G\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 213,12 \leq \frac{1627}{2,7} \Rightarrow \mathbf{213,12 \leq 602,59 \text{ που ισχύει.}}$$

Άρα καλύπτομαστε στα κατακόρυφα.

### ΕΓΚΑΡΣΙΑ :

$$F_{\alpha\gamma} = 3 \cdot 0,5(76,5 + 84) \cdot 0,454 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 109,3 \text{ Kg}$$

Από πίνακα. 5 και για στύλο 11E στην «Ελαφριά» επιφόρτιση η  $\mathbf{F_{στ} = 38 \text{ Kg}}$

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

$$\text{Άρα } F_{\epsilon 42} = F_{\alpha\gamma} + F_{\sigma\tau} \Rightarrow F_{\epsilon 42} = 109,3 + 38 \Rightarrow F_{\epsilon 42} = 147,3 \text{ Kg}$$

$$F_{\epsilon 42} \leq \frac{F_{\theta\rho}}{2,7} \Rightarrow 150 \leq \frac{500}{2,7} \Rightarrow 147,3 \leq 185,18 \text{ Kg που ισχύει.}$$

Άρα καλύπτομαστε και στα εγκάρσια φορτία.

Επομένως ο στύλος 42 θα είναι 11 Ε. Επειδή όμως έχουμε αρνητικό  $X_1(41,42)$  θα πρέπει να βάλουμε στο στύλο 41 επίτονο για να ισορροπήσει.

Το επίτονο τοποθετείται 0,15m κάτω από το σημείο ανάρτησης του αγωγού.

Με βάση το σχέδιο No.4 και τα σχήματα Σ.χ.4.1, Σ.χ.4.2 θα έχουμε :

$$h_{\epsilon\pi} = 11 - 2 - 0,25 - 0,15 - 0,6 \Rightarrow h_{\epsilon\pi} = 8\text{m}$$

$$h = 11 - 2 - 0,25 \Rightarrow h = 8,75\text{m}$$

Το επίτονο θα πρέπει να τοποθετηθεί όσο το δυνατόν παράλληλα στη γραμμή για να αντιστέκεται στις δυνάμεις που καταπονούν το στύλο.

Οι τανύσεις είναι όλες προς την ίδια κατεύθυνση επομένως :  $F_{\epsilon\pi} \cdot \sin \alpha * \frac{h_{\epsilon\pi}}{h} \geq 6 * T_{\text{ολ}}$

$$F_{\epsilon\pi} \cdot \sin(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi}}{h_{\epsilon\pi}}) * \frac{h_{\epsilon\pi}}{h} \geq 6 * T_{\text{ολ}} \Rightarrow F_{\epsilon\pi} \cdot \sin(\tan^{-1} \frac{10}{8}) * \frac{8}{8,75} \geq 6 * 595 \Rightarrow$$

$$F_{\epsilon\pi} * 0,71 \geq 3570 \Rightarrow F_{\epsilon\pi} \geq 5028 \text{ Kg}$$

Επειδή η  $F_{\epsilon\pi} = 5028 > 4874$ , δηλαδή μεγαλύτερη από την δύναμη επιτόνου τύπου Β θα

έχουμε :  $\frac{F_{\epsilon\pi}}{2} \leq 2689 \Rightarrow 2514 \leq 2689$  που ισχύει.

**Επομένως ο στύλος 42 για να ισορροπήσει θα χρειαστεί 2 επίτονα τύπου Μ.**

Επειδή όμως τοποθετήσαμε επίτονα θα πρέπει να ξαναγίνει έλεγχος θραύσης για το στύλο.

$$\left. \begin{array}{l} P = F_{\epsilon\pi} \cdot \cos \alpha = F_{\epsilon\pi} \cdot \cos(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi}}{h_{\epsilon\pi}}) \\ F_{\epsilon\pi} = 5028 \text{ Kg} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} P = 5028 * \cos(\tan^{-1} \frac{10}{8}) = 5028 * 0,624 \\ \Rightarrow P = 3140 \text{ Kg} \end{array}$$

$$G'_{42} = 213,12 + 3140 \Rightarrow G'_{40} = 3353,12 \text{ Kg}$$

Από πίνακα. 7 έχουμε για στύλο 11 Ε

$$G'_{40} \leq \frac{G_{\theta\rho}}{2,7} \Rightarrow 3353,12 \leq \frac{6359,88}{2,7} \Rightarrow 3353,12 \leq 2355,5 \text{ που δεν ισχύει.}$$

Επομένως θα πρέπει να αλλάξουμε κατηγορία και ο στύλος θα γίνει 11 Μ. Από πίνακα.7 και για στύλο 11 Μ :

$$\text{Άρα } G'_{40} \leq \frac{G_{\theta\rho}}{2,7} \Rightarrow 3353,12 \leq \frac{12783,79}{2,7} \Rightarrow 3353,12 \leq 4734,73 \text{ που ισχύει.}$$

**Άρα ο στύλος 42 θα είναι 11 Μ.**

Σε προηγούμενους υπολογισμούς είπαμε πως επειδή ο στύλος 43 είναι γωνιακός με  $\theta = 25^\circ$ , πως το ελάχιστο ύψος του στύλου θα πρέπει να είναι τα 12m, για να μην πέφτει ο αγωγός κάτω από το όριο ασφαλείας τα 7m.

Τώρα υποθέτουμε πως και ο στύλος 44 είναι 11m. Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων ανάρτησης των αγωγών από τους στύλους θα είναι :

$$h(43,44) = (12 - 2 - 0,25 - 2) - (11 - 2 - 0,25) + 5 \Rightarrow h(43,44) = 4\text{m}$$

Τώρα θα πρέπει να βρεθεί αν υπάρχει βέλος και σε ποίο σημείο είναι.

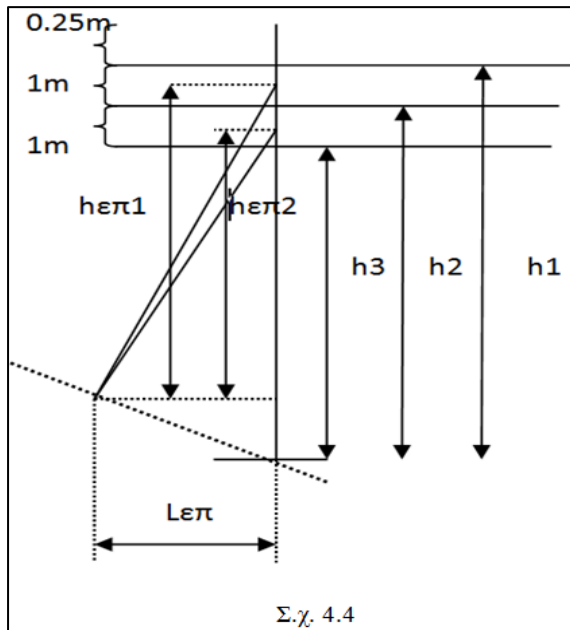
Επίσης βρίσκοντας το βέλος θα δούμε αν ο αγωγός πέφτει κάτω από το όριο ασφαλείας.

$$X_1(43,44) = \frac{57}{2} - \frac{494 * 4}{0,225 * 57} = 28,5 - 154 \Rightarrow X_1(43,44) = -125,5\text{m}$$

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

$X2(43,44) = 57 + 125.5 \Rightarrow X2(43,44) = 182.5\text{m}$

Επομένως αφού το  $X1(43,44) < 0$  συμπεραίνουμε πως δεν υπάρχει βέλος μεταξύ του τμήματος των στύλων 43,44.



Επειδή ο 43 είναι γωνιακός με  $\theta = 25^\circ < 60^\circ$  θα είναι Ρ9ΙV και θα έχει δύο επίτονα. Με βάση το σχέδιο Ν.ο. 5 και το σχήμα Σχ. 4.4 θα έχουμε :

$h = h1 = 12 - 2 - 0.25 \Rightarrow h1 = 9.75\text{m}$

$h2 = 9.75 - 1 \Rightarrow h2 = 8.75\text{m}$

$h3 = 8.75 - 1 \Rightarrow h3 = 7.75\text{m}$

$h_{\epsilon\pi 1} = 12 - 2 - 0.25 - 0.15 - 0.55 \Rightarrow h_{\epsilon\pi 1} = 9,05\text{m}$

$h_{\epsilon\pi 2} = h_{\epsilon\pi 1} - 1 = 9,05 - 1 \Rightarrow h_{\epsilon\pi 2} = 8,05\text{m}$

Έστω λοιπόν ότι ο στύλος 43 είναι 12Ε.

Από πίνακα. 5 και για στύλο 12 Ε η  $F_{\sigma\tau} = 43\text{Kg}$

$$F_{\alpha\gamma} = \sum_1^3 0,5 * (L1 + L2) * We * \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) * \left(\frac{hn}{h}\right) \Rightarrow$$

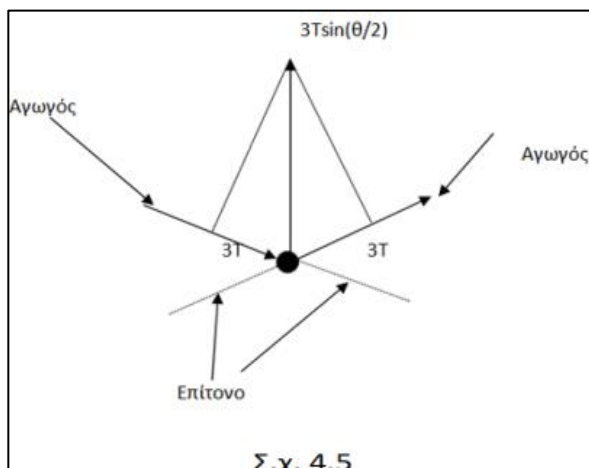
$$F_{\alpha\gamma} = \sum_1^3 0,5 * (L1 + L2) * We * \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) * \left(\frac{h1}{h} + \frac{h2}{h} + \frac{h3}{h}\right) \Rightarrow$$

$$F_{\alpha\gamma} = 0.5 * (84 + 57) * 0.454 * \cos\left(\frac{25}{2}\right) * \left(\frac{9.75}{9.75} + \frac{8.75}{9.75} + \frac{7.75}{9.75}\right) \Rightarrow$$

$F_{\alpha\gamma} = 32 * 0.97 * 2.69 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 83.5 \text{ Kg}$

$F_{\epsilon 43} = F_{\alpha\gamma} + F_{\sigma\tau} = 43 + 83,5 \Rightarrow F_{\epsilon 43} = 126.5\text{Kg}$

Βλέποντας την κάτοψη του στύλου έχουμε :



Τα επίτονα θα πρέπει να μπουν σε θέσεις ώστε να μην ασκείται έλξη στο στύλο από καμία κατεύθυνση.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

$$F_{\epsilon\pi} * \sin\alpha_1 * \frac{h_{\epsilon\pi 1}}{h} + F_{\epsilon\pi} * \sin\alpha_2 * \frac{h_{\epsilon\pi 2}}{h} \geq 6 * T_{ολ} + F_{\epsilon} * 1,78$$

Το 1,78 είναι συντελεστής ασφαλείας.

$$F_{\epsilon\pi} * \sin(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi 1}}{h_{\epsilon\pi 1}}) * \frac{h_{\epsilon\pi 1}}{h} + F_{\epsilon\pi} * \sin(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi 2}}{h_{\epsilon\pi 2}}) * \frac{h_{\epsilon\pi 2}}{h} \geq 6 * T_{ολ} + F_{\epsilon} * 1,78$$

$$\Rightarrow F_{\epsilon\pi} * \sin(\tan^{-1} \frac{10}{9,05}) * \frac{9,05}{9,75} + F_{\epsilon\pi} * \sin(\tan^{-1} \frac{10}{8,05}) * \frac{8,05}{9,75} \geq 6 * 595 + 134,5 * 1,78$$

$$\Rightarrow F_{\epsilon\pi} * 0,74 * 0,92 + F_{\epsilon\pi} * 0,77 * 0,82 \geq 3809$$

$$\Rightarrow F_{\epsilon\pi} (0,68 + 0,63) \geq 3809 \Rightarrow F_{\epsilon\pi} \geq \frac{3809}{1,31} \Rightarrow F_{\epsilon\pi} \geq 2907 \text{ Kg}$$

**Άρα  $\frac{F_{\epsilon\pi}}{2} = 1453,5 \leq 2689$  που ισχύει.**

**Επομένως θα χρησιμοποιήσω 2 επίτονα τύπου M.**

Από προηγούμενους υπολογισμούς η  $F_{\alpha\gamma} = 83,5 \text{ Kg}$  και από πίνακα\_5 η  $F_{\sigma\tau} = 43 \text{ Kg}$  και η  $F_{\epsilon 43} = 126,5 \text{ Kg}$ .

Άρα θα έχουμε :

$$F_{\epsilon} 43 \leq \frac{F_{\theta\rho}}{2,7} \Rightarrow 1266,5 \leq \frac{500}{2,7} \Rightarrow 126,5 \leq 185,18 \text{ που ισχύει}$$

$$P_{k43} = W_k * X_1(42,43) + W_k * X_2(43,44) = 0,225 * (-114,8) + 0,225 * 182,5$$

$$\Rightarrow P_{k43} = 15,23 \text{ Kg} > 0 \quad \text{Επομένως ο στύλος δεν βρίσκεται υπό έλξη.}$$

$$G_{43} = 3 * 15,23 + 150 \Rightarrow G_{43} = 195,7 \text{ Kg}$$

Από πίνακα.6 και για στύλο 12 E  $G_{\theta\rho} = 1258 \text{ Kg}$

$$G_{43} \leq \frac{G_{\theta\rho}}{2,7} \Rightarrow 195,7 \leq \frac{1258}{2,7} \Rightarrow 195,7 \leq 465,9 \text{ που ισχύει.}$$

Επειδή όμως  $X_1(42,43) < 0$  θα έπρεπε να κάνουμε έλεγχο για επίτονα και γι' αυτό το λόγο. Όμως τα επίτονα της γωνίας αντισταθμίζουν όλες τις δυνάμεις.

Επίσης επειδή τοποθετήσαμε τα επίτονα θα πρέπει να ξαναγίνει έλεγχος θραύσης.

Επομένως θα έχουμε :

$$P = F_{\epsilon\pi} * \cos\alpha = F_{\epsilon\pi} * [\cos(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi 1}}{h_{\epsilon\pi 1}}) + \cos(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi 2}}{h_{\epsilon\pi 2}})] \Rightarrow$$

$$P = 2907 * [\cos(\tan^{-1} \frac{10}{9,05}) + \cos(\tan^{-1} \frac{10}{8,05})] \Rightarrow P = 2907 * (0,67 + 0,62)$$

$$\Rightarrow P = 3750 \text{ Kg}$$

$$G_{43} = 195,7 \text{ Kg} \quad \text{Άρα θα έχουμε : } G'_{43} = 195,7 + 3750 \Rightarrow G'_{43} = 3945,7 \text{ Kg}$$

Από πίνακα.7 και για στύλο 12 E  $G_{\theta\rho} = 5973 \text{ Kg}$

$$G'_{43} \leq \frac{G_{\theta\rho}}{2,7} \Rightarrow 3945,7 \leq \frac{5973}{2,7} \Rightarrow 3945,7 \leq 2212 \text{ που δεν ισχύει.}$$

Επομένως θα πρέπει να πάμε στην επόμενη κατηγορία δηλαδή 12 M.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Από πίνακα.7 και για στύλο 12 M Gθρ=11849 Kg

$$G'_{43} \leq \frac{G\theta\rho}{2.7} \Rightarrow 3945.7 \leq \frac{11849}{2.7} \Rightarrow 3945.7 \leq 4388.5 \text{ που ισχύει.}$$

**Αρα ο στύλος 43 θα είναι 12 M.**

Νωρίτερα υποθέσαμε πως ο 44 είναι 11m. Τώρα υποθέτουμε πως και ο 45 είναι 11m.  
Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων ανάρτησης των αγωγών από τους στύλους θα είναι :

$$h(44,45)=(11-2-0.25) - (11-2-0.25)+4.5 \Rightarrow h(44,45)=4.5\text{m}$$

Τώρα πρέπει να εξεταστεί αν υπάρχει βέλος στο τμήμα 44,45 και σε ποίο σημείο είναι.

$$X1(44,45) = \frac{28}{2} - \frac{494*45}{0.225*28} = 14 - 352.8 \Rightarrow X1(44,45) = - 338.8 \text{ m}$$

$$X2(44,45)=28+338.8 \Rightarrow X2(44,45)= 366.8\text{m}$$

Επειδή  $X1(44,45)<0$  συμπεραίνουμε πως δεν υπάρχει βέλος στο τμήμα 44,45.

Υποθέτω πως ο στύλος 44 είναι 11 E. Άρα θα πρέπει να ελεγχθεί αν αντέχει τα κατακόρυφα και τα εγκάρσια φορτία της γραμμής.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ :

$$Pk_{44}=Wk*X1(43,44) + Wk*X2(44,45)= 0.225*(- 125.5) + 0.225*366.8$$

$$\Rightarrow Pk_{44}=54.3 \text{ Kg}>0. \quad \text{Επομένως ο στύλος δεν βρίσκεται υπό έλξη.}$$

$$G_{44}=54.3*3+150 \Rightarrow G_{44}=312.9 \text{ Kg}$$

Από πίνακα.6 και για στύλο 11 E το Gθρ= 1627 Kg

$$\text{Αρα θα έχουμε : } G_{44} \leq \frac{G\theta\rho}{2.7} \Rightarrow 312.9 \leq \frac{1627}{2.7} \Rightarrow 312.9 \leq 602.6 \text{ που ισχύει.}$$

Επομένως καλυπτόμαστε στα κατακόρυφα.

ΕΓΚΑΡΣΙΑ :

Από πίνακα. 5 και για στύλο 11E η Fστ=38 Kg.

$$F_{\alpha\gamma} = 3*0.5*(57+28)*0.454 \Rightarrow F_{\alpha\gamma}=57.88 \text{ Kg}$$

$$F_{\epsilon 44}=F_{\alpha\gamma}+F_{\sigma\tau}=57.88+38 \Rightarrow F_{\epsilon 44}=95.9 \text{ Kg}$$

Από πίνακα 3 και για στύλο κατηγορία E έχουμε:

$$\text{Αρα } F_{\epsilon 44} \leq \frac{F\theta\rho}{2.7} \Rightarrow 95.9 \leq \frac{500}{2.7} \Rightarrow 95.9 \leq 185.1 \text{ που ισχύει.}$$

Αρα καλυπτόμαστε και στα εγκάρσια φορτία. Επομένως ο στύλος 44 θα είναι 11 E.

Επειδή όμως  $X1(43,44)<0$  θα πρέπει να τοποθετηθεί επίτονο για να ισοροπήσει ο στύλος 44.

Με βάση το σχέδιο N.o. 7 και τα σχήματα Σ.χ.4.1, Σ.χ.4.2 θα έχουμε :

$$h_{\epsilon\pi}=11-2-0.25-0.15-0.85 \Rightarrow h_{\epsilon\pi}=7.75\text{m}$$

$$h=h_1=11-2-0.25 \Rightarrow h_1=8.75\text{m}$$

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Οι τανύσεις είναι όλες προς την ίδια κατεύθυνση οπότε θα έχουμε:

$$F_{επ} * \sin \alpha * \frac{h_{επ}}{h} \geq 6 * T_{ολ} \Rightarrow F_{επ} * \sin(\tan^{-1} \frac{L_{επ}}{h_{επ}}) * \frac{h_{επ}}{h} \geq 6 * T_{ολ}$$

$$\Rightarrow F_{επ} * \sin(\tan^{-1} \frac{10}{7.75}) * \frac{7.75}{8.75} \geq 6 * 595 \Rightarrow F_{επ} * 0.79 * 0.88 \geq 3570 \Rightarrow F_{επ} \geq \frac{3570}{0.69}$$
$$\Rightarrow F_{επ} \geq 5173 \text{ Kg}$$

Άρα  $\frac{F_{επ}}{2} = 2586 < 2689$  που ισχύει. Επομένως θα τοποθετήσουμε 2 επίτονα τύπου Μ για να ισορροπήσει ο στύλος 44.

Επειδή όμως βάλουμε τα επίτονα θα πρέπει να ξαναγίνει έλεγχος θραύσης στο στύλος 44.

$$P = F_{επ} * \cos \alpha = F_{επ} * \cos(\tan^{-1} \frac{L_{επ}}{h_{επ}}) = 5173 * \cos(\tan^{-1} \frac{10}{7.75}) = 5173 * 0.61$$

$$\Rightarrow P = 3168.83 \text{ Kg}$$

$$G'_{44} = 312.9 + 3168.83 \Rightarrow G'_{44} = 3481.73 \text{ Kg}$$

Απο πίνακα. 7 και για στύλο 11 Ε  $G_{θρ} = 6359 \text{ Kg}$ .

$$\text{Άρα θα έχουμε } G'_{44} \leq \frac{G_{θρ}}{2.7} \Rightarrow 3481.73 \leq \frac{6359}{2.7} \Rightarrow 3481.73 \leq 2355.18 \text{ που δεν ισχύει.}$$

Επομένως θα πρέπει να αλλάξουμε κατηγορία και να πάμε στην αμέσως μεγαλύτερη.

Από πίνακα. 7 και για στύλο 11 Μ  $G_{θρ} = 12783.79 \text{ Kg}$

$$G'_{44} \leq \frac{G_{θρ}}{2.7} \Rightarrow 3481.73 \leq \frac{12783.79}{2.7} \Rightarrow 3481.73 \leq 4734.73 \text{ που ισχύει.}$$

**Άρα ο στύλος 44 θα είναι 11 Μ.**

Νωρίτερα υποθέσαμε πως ο στύλος 45 είναι 11m και τώρα υποθέτουμε πως και ο στύλος 46 είναι 11 m.

Η υψομετρική διαφορά των σημείων ανάρτησης των αγωγών από τους στύλους είναι :  
 $h(45,46) = (11 - 2 - 0.25) - (11 - 2 - 0.25) + 4.5 \Rightarrow h(45,46) = 4.5 \text{ m}$

Τώρα πρέπει να εξεταστεί αν υπάρχει βέλος και σε ποιο σημείο του τμήματος βρίσκεται.

$$X_1(45,46) = \frac{66}{2} - \frac{494 * 4.5}{0.225 * 66} \Rightarrow X_1(45,46) = 33 - 149.7 \Rightarrow X_1(45,46) = -116.7 \text{ m}$$

$$X_2(45,46) = 66 + 116.7 \Rightarrow X_2(45,46) = 182.7 \text{ m}$$

Αφού  $X_1(45,46) = -116.7 \text{ m} < 0$  συμπαιρνουμε ότι δεν υπάρχει βέλος στο τμήμα 45,46.

Υποθέτουμε ότι ο στύλος 45 είναι κατηγορίας 11 Ε. Άρα ο στύλος θα πρέπει να ελεγχθεί αν αντέχει τα κατακόρυφα και τα εγκάρσια φορτία της γραμμής.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ :

$$P_{k45} = W_k * X_1(44,45) + W_k * X_2(45,46) = 0.225 * (-338.8) + 0.225 * 182.7$$

$$\Rightarrow P_{k45} = -35 \text{ Kg} < 0.$$

Αυτό σημαίνει πως ο στύλος βρίσκεται υπό έλξη. Επομένως δεν χρειάζεται να βρω το G

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

ΕΓΚΑΡΣΙΑ :

Για στύλο 11 Ε απο πίνακα. 5η Fστ=38 Kg

$$F_{αγ}=3*0,5*(28+66)*0,454 \Rightarrow F_{αγ}=64 \text{ Kg}$$

$$F_{ε45}=F_{αγ}+F_{στ}=64+38 \Rightarrow F_{ε45}=102 \text{ Kg}$$

Από πίνακα 3 και για στύλο κατηγορία Ε έχουμε:

$$F_{ε45} \leq \frac{F_{θρ}}{2,7} \Rightarrow 102 \leq \frac{500}{2,7} \Rightarrow 102 \leq 185,1 \text{ που ισχύει.}$$

Σε αυτή την περίπτωση ο στύλος βρίσκεται υπό έλξη και  $X1(44,45) < 0$ .  
Ο στύλος 45 θα χρειαστεί επίτονο για να ισορροπήσει.

Με βάση το σχέδιο Ν.ο 8 και τα σχήματα Σ.χ.4.1, Σ.χ.4.2 θα έχουμε :

$$h_{επ}=11-2-0,25-0,15-1,6 \Rightarrow h_{επ}=7 \text{ m}$$

$$h=11-2-0,25 \Rightarrow h=8,75 \text{ m}$$

Για την έλξη θα χρειαστούμε επίτονο που να αντιστέκεται στη κάθετη δύναμη έλξης (δηλαδή η δύναμη που θα ασκεί το επίτονο θα είναι προς τα κάτω).

Για την έλξη :  $F_{επ} * \cos \alpha \geq | 3 * P_k |$

$$F_{επ} * \cos(\tan^{-1} \frac{L_{επ}}{h_{επ}}) \geq 3 * 35 \Rightarrow$$

$$F_{επ} * \cos(\tan^{-1} \frac{10}{7}) \geq 105 \Rightarrow F_{επ} * 0,57 \geq 105 \Rightarrow F_{επ} \geq \frac{105}{0,57} \Rightarrow F_{επ} \geq 184,2 \text{ Kg}$$

Δηλαδή θέλουμε ένα επίτονο τύπου Ε για την έλξη.

$X1(44,45) < 0$  : Όλες οι τανύσεις έχουν την ίδια κατεύθυνση οπότε θα έχουμε :

$$F_{επ} * \sin \alpha * \frac{h_{επ}}{h} \geq 6 * T_{ολ} \Rightarrow F_{επ} * \sin(\tan^{-1} \frac{L_{επ}}{h_{επ}}) * \frac{h_{επ}}{h} \geq 6 * T_{ολ} \Rightarrow$$

$$F_{επ} * \sin\left(\tan^{-1} \frac{10}{7}\right) * \frac{7}{8,75} \geq 6 * 595 \Rightarrow F_{επ} = 0,81 * 0,8 \geq 3570 \Rightarrow F_{επ} \geq \frac{3570}{0,65} \Rightarrow$$

$$F_{επ} \geq 5492 \text{ Kg} \Rightarrow \frac{F_{επ}}{2} = 2746 > 2689$$

**Επομένως θα χρειαστούμε 2 επίτονα τύπου Β.**

Αν έχουμε πάνω από μία περίπτωση που χρειαζόμαστε επίτονο, τότε πάντα διαλέγουμε τα μεγαλύτερα γιατί μας καλύπτουν σε όλες τις περιπτώσεις.

Επειδή όμως τοποθετήσαμε επίτονα, θα πρέπει να ξαναγίνει έλεγχος θραύσης για το στύλο 45.

Ο στύλος βρίσκεται υπό έλξη οπότε δεν έχω βρει το G σε προηγούμενους υπολογισμούς. Σαν G θα χρησιμοποιήσω  $\Sigma P = P - 3 * |P_k|$  (συνολική κατακόρυφη δύναμη).

$$P = F_{επ} * \cos \alpha = F_{επ} * \cos(\tan^{-1} \frac{L_{επ}}{h_{επ}}) = 5492 * \cos(\tan^{-1} \frac{10}{7}) = 5492 * 0,57 \Rightarrow$$

$$P = 3149,45 \text{ Kg}$$

$$\Sigma P = P - 3 * P_k = 3149,45 - 3 * 35 \Rightarrow \Sigma P = 3149,45 - 105 \Rightarrow \Sigma P = 3045 \text{ Kg}$$

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Από πίνακα.7 και για στύλο 11 E Gθρ=6359 Kg

$$\text{Επομένως } 3045 \leq \frac{6359}{2,7} \Rightarrow \mathbf{3045 \leq 2355, 18 \text{ που δέν ισχύει.}}$$

Οπότε θα πρέπει να αλλάξουμε κατηγορία και να πάμε στην αμέσως επόμενη δηλαδή 11M.

Αποπίνακα.7 και για στύλο 11M Gθρ=12783,79 Kg

$$3045 \leq \frac{12783,79}{2,7} \Rightarrow \mathbf{3045 \leq 4734, 75 \text{ που ισχύει.}}$$

**Επομένως ο στύλος 45 θα είναι 11M.**

Νωρίτερα υποθέσαμε πως ο στύλος 46 είναι 11m. Τώρα υποθέτουμε πως και ο στύλος 47 είναι 11m.

Η υψομετρική διαφορά των σημείων ανάρτησης των αγωγών από τους στύλους θα είναι :  
 $h(46,47)=(11-2-0.25)-(11-5-0.25)+2.5 \Rightarrow \mathbf{h(46,47)=2.5m}$

Τώρα θα πρέπει να βρεθεί αν υπάρχει βέλος και σε ποιό σημείο του τμήματος θα είναι.

$$X1(46,47) = \frac{74}{2} - \frac{494 * 2.5}{0.225 * 74} \Rightarrow X1(46,47) = 37 - 74.2 \Rightarrow \mathbf{X1(46, 47) = -37.2 m}$$

$$X2(46,47) = 74+37.2 \Rightarrow \mathbf{X2(46,47)=111.2 m}$$

Επειδή το  $X1(46,47)<0$  συμπεραίνουμε ότι δεν υπάρχει βέλος στο τμήμα 46,47.

Τώρα υποθέτουμε πως ο στύλος 46 είναι κατηγορία 11E . Ο στύλος θα πρέπει να αντέχει τα κατακόρυφα και τα εγκάρσια φορτία.

ΕΦΚΑΡΣΙΑ :

Αποπίνακα.5 για στύλο 11 E η Fστ=38 Kg.

$$F_{αγ}=3*0,5*(66+74)*0,454 \Rightarrow \mathbf{F_{αγ}=95,34 \text{ Kg}}$$

$$F_{ε46}=F_{αγ} + F_{στ}=95,34+38 \Rightarrow \mathbf{F_{ε46}=133,34 \text{ Kg}}$$

Από πίνακα 3 και για στύλο κατηγορία E έχουμε:

$$F_{ε46} \leq \frac{F_{θρ}}{2,7} \Rightarrow 133.34 \leq \frac{500}{2,7} \Rightarrow \mathbf{133.34 \leq 185. 1 \text{ που ισχύει.}}$$

**Άρα καλυπτόμαστε στα εγκάρσια.**

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ :

$$P_{κ46}=W_k * X1(45,46)+W_k * x2(46, 47) = 0.225*(-116.7) + 0.225*11.2$$

$$\Rightarrow \mathbf{P_{κ46}= - 1.237 \text{ Kg}<0 \text{ Που σημαίνει ότι ο στύλος βρίσκεται υπό έλξη.}}$$

Αφού ο στύλος βρίσκεται υπό έλξη δεν χρειάζεται να υπολογιστεί το G.

Όμως έχουμε  $X1(45,46) < 0$  και  $P_{κ46} < 0$ , επομένως ο στύλος 46 θα χρειαστεί επίτονο και για τους δύο αυτούς λόγους για να ισορροπήσει.

Με βάση το σχέδιο N.o. 10 και τα σχήματα Σ.χ.4.1, Σ.χ.4.2 θα έχουμε :

Για την έλξη θα χρειαστούμε επίτονο που να αντιστέκεται στη κάθετη δύναμη έλξης (δηλαδή η δύναμη που θα ασκεί το επίτονο θα είναι προς τα κάτω).

$$P_{κ46}<0: F_{επ} * \cos \alpha \geq 3 * | P_{κ} | \Rightarrow F_{επ} * \cos(\tan^{-1} \frac{L_{επ}}{h_{επ}}) \geq 3 * | P_{κ} | \Rightarrow$$



# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

$$F_{επ} * \cos(\tan^{-1} \frac{10}{7.9}) \geq 3 * 1.237 \Rightarrow F_{επ} \geq 6 \text{ Kg Επομένως επίτονο τύπου Ε.}$$

$$X1(45,46) < 0 :$$

$$F_{επ} * \sin(\tan^{-1} \frac{L_{επ}}{h_{επ}}) * \frac{h_{επ}}{h} \geq 6 * T_{ολ} \Rightarrow F_{επ} * \sin(\tan^{-1} \frac{10}{7.9}) * \frac{7.9}{8.75} \geq 6 * 595$$

$$\Rightarrow F_{επ} * 0.78 * 0.9 \geq 3570 \Rightarrow F_{επ} \geq 5085 \text{ Kg} \Rightarrow \frac{F_{επ}}{2} = 2542 < 2689 \text{ που ισχύει.}$$

**Αρα θα χρησιμοποιήσουμε 2 επίτονα τύπου Μ που θα ισορροπούν το στύλο απ' όλες τις δυνάμεις.**

Επειδή όμως τοποθετήσαμε επίτονα στο στύλο, θα πρέπει να ξαναγίνει έλεγχος θραύσης στο στύλο 46.

$$P = F_{επ} * \cos \alpha = F_{επ} * \cos(\tan^{-1} \frac{L_{επ}}{h_{επ}}) = 5085 * \cos(\tan^{-1} \frac{10}{7.9}) = 5085 * 0.619$$

$$\Rightarrow P = 3152 \text{ Kg}$$

Από πίνακα.7 και για στύλο 11 Ε Gθρ=6359,88 Kg

Επειδή ο στύλος είναι υπό έλξη δεν έχει υπολογιστεί το G. Επομένως ως G' θα χρησιμοποιήσουμε το P=3152 Kg

$$G'_{46} \leq \frac{G\theta\rho}{2.7} \Rightarrow 3152 \leq \frac{6359.88}{2.7} \Rightarrow 3152 \leq 2355.51 \text{ που δεν ισχύει.}$$

Επομένως θα πρέπει να αλλάξουμε κατηγορία και να πάμε στην αμέσως επόμενη.

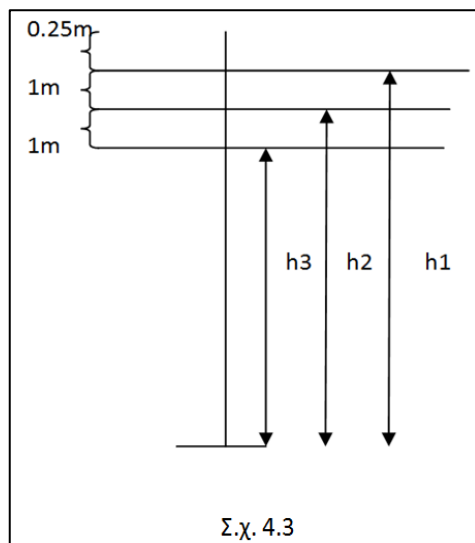
Αποπίνακα.7 και για στύλο 11 Μ, Gθρ=12783,79 Kg

$$G'_{46} \leq \frac{G\theta\rho}{2.7} \Rightarrow 3152 \leq 4734.73 \text{ που ισχύει.}$$

**Αρα ο στύλος 46 θα είναι 11 Μ**

Νωρίτερα υποθέσαμε πως ο στύλος 47 είναι 11 m. Ο στύλος 48 όμως είναι γωνιακός με γωνία θ=40°. Για το στύλο 48 θα πρέπει να βρούμε στύλο όπου το ύψος του χαμηλότερου αγωγού να μην πέφτει κάτω από το όριο ασφαλείας ( 7 m ).

Οπότε θα πρέπει να γίνει έλεγχος για το ύψος του στύλου.



Π.χ. 10m  $\Rightarrow h_3 = 10 - 2 - 0.25 - 2 \Rightarrow h_3 = 5.75\text{m}$ .  
Άρα δεν μας καλύπτει στο όριο ασφαλείας.

Π.χ. 11m  $\Rightarrow h_3 = 11 - 2 - 0.25 - 2 \Rightarrow h_3 = 6.75\text{m}$ .  
Άρα δεν μας καλύπτει στο όριο ασφαλείας.

Π.χ. 12m  $\Rightarrow h_3 = 12 - 2 - 0.25 - 2 \Rightarrow h_3 = 7.75\text{m}$ .  
Μας καλύπτει στο όριο ασφαλείας.

Επομένως ο στύλος 47 θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 12m.

Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των στύλων 47-48 θα είναι :

$$h(47,48) = (11 - 2 - 0.25) - (12 - 2 - 0.25 - 2) + 6 \Rightarrow$$

$$h(47,48) = 7\text{m}$$

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Αφού βρέθηκε η υψομετρική διαφορά των σημείων ανάρτησης του αγωγού μεταξύ των στύλων, θα πρέπει να βρεθεί και αν υπάρχει βέλος και σε ποιο σημείο.

$$X1(47,48) = \frac{71.5}{2} - \frac{494 * 7}{0.225 * 71.5} = 35.75 - 214.95 \Rightarrow X1(47,48) = -179.2 \text{ m}$$

$$X2(47,48) = 71.5 + 179.2 \Rightarrow X2(47,48) = 250.7 \text{ m}$$

Επομένως αφού το  $X1(47,48) < 0$  συμπεραίνουμε ότι δεν υπάρχει βέλος μεταξύ του τμήματος 47,48.

Υποθέτουμε πως ο στύλος 47 είναι 11 Ε. Άρα θα πρέπει να ελεγχθεί αν αντέχει τα κατακόρυφα και τα εγκάρσια φορτία της γραμμής.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ :

$$Pk47 = Wk * X1(46,47) + Wk * X2(47,48) = 0.225 * (-37.2) + 0.225 * 20.7 \Rightarrow Pk47 = -8.37 + 56.4 \Rightarrow Pk47 = 48 \text{ Kg} > 0 \text{ Άρα ο στύλος δεν βρίσκεται υπό έλξη.}$$

$$G47 = 3 * 48 + 150 = G47 = 294 \text{ Kg}$$

Από πίνακα.6 και για στύλο 11 Ε  $G\theta\rho = 1627 \text{ Kg}$

$$G47 \leq \frac{G\theta\rho}{2.7} \Rightarrow 294 \leq \frac{1627}{2.7} \Rightarrow 294 \leq 602.6 \text{ που ισχύει.}$$

Από πίνακα 2.3 και για στύλο 11 Ε η  $F\sigma\tau = 38 \text{ Kg}$

$$F\alpha\gamma = 3 * 0.5 * (74 + 71.5) * 0.454 \Rightarrow F\alpha\gamma = 99 \text{ Kg}$$

$$F\varepsilon47 = F\alpha\gamma + F\sigma\tau = 99 + 38 \Rightarrow F\varepsilon47 = 137 \text{ Kg}$$

Από πίνακα 3 και για στύλο κατηγορία Ε έχουμε:

$$F\varepsilon47 \leq \frac{F\theta\rho}{2.7} \Rightarrow 137 \leq \frac{500}{2.7} \Rightarrow 137 \leq 185,1 \text{ που ισχύει.}$$

Άρα ο στύλος 47 θα είναι 11 Ε. Επειδή όμως  $X1(46,47) < 0$  θα χρειαστεί επίτονο για να ισορροπήσει ο στύλος 47.

Με βάση το σχέδιο Ν.ο 11 και τα σχήματα Σ.χ.4.1, Σ.χ.4.2 θα έχουμε :

$$h\varepsilon\pi = 11 - 2 - 0,25 - 0,15 - 0,6 \Rightarrow h\varepsilon\pi = 8 \text{ m}$$

$$h1 = 11 - 2 - 0,25 \Rightarrow h1 = 8.75 \text{ m}$$

Οι τανύσεις είναι όλες προς την ίδια κατεύθυνση οπότε θα έχουμε:

$$F\varepsilon\pi * \sin\alpha * \frac{h\varepsilon\pi}{h} \geq 6 * T\sigma\lambda \Rightarrow F\varepsilon\pi * \sin(\tan^{-1} \frac{L\varepsilon\pi}{h\varepsilon\pi}) * \frac{h\varepsilon\pi}{h} \geq 6 * T\sigma\lambda \Rightarrow F\varepsilon\pi * \sin(\tan^{-1} \frac{10}{8}) * \frac{8}{8.75} \geq 6 * 595 \Rightarrow F\varepsilon\pi * 0.78 * 0.91 \geq 3570 \Rightarrow F\varepsilon\pi \geq \frac{3570}{0.7} \Rightarrow F\varepsilon\pi \geq 5100 \text{ Kg}$$

$$\text{Άρα } \frac{F\varepsilon\pi}{2} = 2550 \text{ Kg.}$$

**Επομένως για να ισορροπήσει ο στύλος 47 θα χρειαστούμε 2 επίτονα τύπου Μ**

Επειδή όμως τοποθετήσαμε επίτονα θα πρέπει να ξαναγίνει ο έλεγχος θραύσης για το στύλος 47.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

$$\left. \begin{aligned} P &= F_{\epsilon\pi} \cdot \cos\alpha = F_{\epsilon\pi} \cdot \cos\left(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi}}{h_{\epsilon\pi}}\right) \\ F_{\epsilon\pi} &= 5100 \text{ Kg} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} P &= 5100 \cos\left(\tan^{-1} \frac{10}{8}\right) = 5100 \cdot 0.624 \\ \Rightarrow P &= \mathbf{3185,9 \text{ Kg}} \end{aligned}$$

$$G'_{47} = 294 + 3185.9 \Rightarrow \mathbf{G'_{47} = 3480 \text{ Kg}}$$

Αποπίνακα.7 και για στύλο 11 E  $G_{\theta\rho} = 6359.88 \text{ Kg}$

$$3480 \leq \frac{6359.88}{2.7} \Rightarrow \mathbf{3480 \leq 2355.51 \text{ που δεν ισχύει.}}$$

Άρα θα πρέπει να αλλάξουμε κατηγορία και να πάμε στην αμέσως επόμενη.

Αποπίνακα.7 και για στύλο 11 M  $G_{\theta\rho} = 12783.79 \text{ Kg}$

$$3480 \leq \frac{12783.79}{2.7} \Rightarrow \mathbf{3480 \leq 4734,73 \text{ που ισχύει.}}$$

**Άρα ο στύλος 47 θα είναι 11 M.**

Ο στύλος 48 είναι γωνιακός με γωνιά  $\theta = 40^\circ$  και νωρίτερα έχου υπολογίσει πως ο στύλος θα πρέπει να έχει ύψος τουλάχιστον 12m. Επίσης σαν ύψος αγωγού θα πάρουμε το  $h_3 = 7,75\text{m}$  που είναι ο χαμηλότερος αγωγός.

Υποθέτουμε πως και ο 49 θα έχει ύψος 11 m. Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων ανάρτησης του αγωγού θα είναι :

$$h(48,49) = (11 - 2 - 0.25 \cdot 2) - (11 - 2 - 0.25) + 6 \Rightarrow \mathbf{h(48,49) = 5\text{m}}$$

Αφού βρέθηκε η υψομετρική διαφορά των σημείων ανάρτησης, τώρα πρέπει να βρεθεί αν υπάρχει βέλος και σε ποίο σημείο του τμήματος 48,49 θα είναι.

$$X_1(48,49) = \frac{80}{2} - \frac{494 \cdot 5}{0,225 \cdot 80} = 40 - 137,2 \Rightarrow \mathbf{X_1(48,49) = -97,2 \text{ m}}$$

$$X_2(48,49) = 80 + 97,2 \Rightarrow \mathbf{X_2(48,49) = 177,2 \text{ m}}$$

Αφού το  $X_1(48,49) < 0$  συμπεραίνουμε πως δεν υπάρχει βέλος στο τμήμα 48,49.

Υποθέτουμε πως ο στύλος 48 είναι 12 E. Άρα θα πρέπει να ελεγχθεί αν αντέχει τα κατακόρυφα και τα εγκάρσια φορτία της γραμμής.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ :

$$P_{k48} = W_k \cdot X_1(47,48) + W_k \cdot X_2(48,49) = 0.225 \cdot (-179.2) + 0.225 \cdot 177.2 = -40.32 + 39.87$$

$$\Rightarrow \mathbf{P_{k48} = -0.45 \text{ Kg} < 0}$$

**Δηλαδή ο στύλος 48 βρίσκεται υπό έλξη και δεν χρειάζεται να υπολογισθεί το G.**

Αποπίνακα.5 και για στύλο 12 E η  $F_{\sigma\tau} = 43 \text{ Kg}$

$$F_{\alpha\gamma} = 3 \cdot 0,5 \cdot (71,5 + 80) \cdot 0,454 \Rightarrow \mathbf{F_{\alpha\gamma} = 103.17 \text{ Kg}}$$

$$F_{\epsilon 48} = F_{\alpha\gamma} + F_{\sigma\tau} = 103,17 + 43 \Rightarrow \mathbf{F_{\epsilon 48} = 146,17 \text{ Kg}}$$

Από πίνακα 3 και για στύλο κατηγορία E έχουμε:

$$F_{\epsilon 48} \leq \frac{F_{\theta\rho}}{2.7} \Rightarrow 146.17 \leq \frac{500}{2.7} \Rightarrow \mathbf{146.17 \leq 185.1 \text{ που ισχύει.}}$$

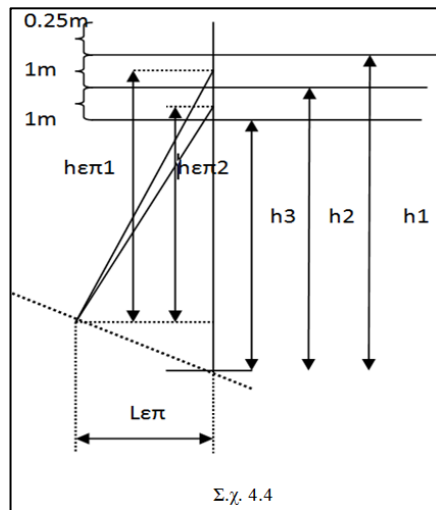
# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Επομένως ο στύλος 48 θα είναι 12 Ε.

Όμως επειδή έχουν  $R_k < 0$  και  $X1(47,48) < 0$  θα πρέπει να γίνει υπολογισμός επιτόνων για να ισορροπήσει ο στύλος 48.

Επίσης ο 48 είναι γωνιακός με  $\theta < 60^\circ$  οπότε θα είναι κατασκευής Ρ9ΙV η οποία έχει 2 επίτονα. Επομένως τα επίτονα λόγω γωνίας θα ισορροπούν το στύλο αλλά θα χρειαστεί να βάλω και για την έλξη.

Με βάση το σχέδιο Ν.ο. 13 και το σχήμα Σ.χ. 4.4 θα έχουμε :



$$h_{\epsilon\pi 1} = 12 - 2 - 0.25 - 0.15 - 0.85 \Rightarrow h_{\epsilon\pi 1} = 8,75m$$

$$h_{\epsilon\pi 2} = h_{\epsilon\pi 1} - 1 = 8,755 - 1 \Rightarrow h_{\epsilon\pi 2} = 7,75m$$

Για την έλξη θα χρειαστούμε επίτονο που να αντιστέκεται στη κάθετη δύναμη έλξης (δηλαδή η δύναμη που θα ασκεί το επίτονο θα είναι προς τα κάτω).

$R_k < 0$ :

$$F_{\epsilon\pi} * \cos \alpha \geq 3 * |R_k| \Rightarrow$$

$$F_{\epsilon\pi} * \cos(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi}}{h_{\epsilon\pi}}) \geq 3 * |R_k| \Rightarrow$$

$$F_{\epsilon\pi} * \cos(\tan^{-1} \frac{10}{8,75}) \geq 3 * 0,45 \Rightarrow F_{\epsilon\pi} \geq 2,07 Kg$$

**Επομένως 1 επίτονο τύπου Ε.**

Λόγω της γωνίας :

$$F_{\epsilon\pi} * \sin \alpha_1 * \frac{h_{\epsilon\pi 1}}{h} + F_{\epsilon\pi} * \sin \alpha_2 * \frac{h_{\epsilon\pi 2}}{h} \geq 6 * T_{ολ} \Rightarrow$$

$$F_{\epsilon\pi} * \sin(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi 1}}{h_{\epsilon\pi 1}}) * \frac{h_{\epsilon\pi 1}}{h} + F_{\epsilon\pi} * \sin(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi 2}}{h_{\epsilon\pi 2}}) * \frac{h_{\epsilon\pi 2}}{h} \geq 6 * T_{ολ} \Rightarrow$$

$$F_{\epsilon\pi} * \sin(\tan^{-1} \frac{10}{8,75}) * \frac{8,75}{9,75} + F_{\epsilon\pi} * \sin(\tan^{-1} \frac{10}{7,75}) * \frac{10}{9,75} \geq 3570 \Rightarrow$$

$$F_{\epsilon\pi} * 0,71 * 0,89 + F_{\epsilon\pi} * 0,79 * 0,79 \geq 3570 \Rightarrow F_{\epsilon\pi}(0,6319 + 0,6241) \geq 3570 \Rightarrow$$

$$F_{\epsilon\pi} \geq \frac{3570}{1,256} \Rightarrow F_{\epsilon\pi} \geq 2842 Kg$$

$$\text{Άρα } \frac{F_{\epsilon\pi}}{2} = 1421 Kg$$

**Δηλαδή 2 επίτονα τύπου Μ.**

Επομένως στον στύλο 48 θα τοποθετηθούν μόνο 2 επίτονα τύπου Μ για να ισορροπήσει ο στύλος.

Επειδή όμως τοποθετήθηκαν τα επίτονα θα πρέπει να ξαναγίνει έλεγχος θραύσης.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

$$\left. \begin{aligned} P &= F_{\epsilon\pi} * (\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2) \Rightarrow \\ P &= F_{\epsilon\pi} * \left[ \cos\left(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi 1}}{h_{\epsilon\pi 1}}\right) + \cos\left(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi 2}}{h_{\epsilon\pi 2}}\right) \right] \\ F_{\epsilon\pi} &= 2842 \text{ Kg} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = F_{\epsilon\pi} * \left[ \cos\left(\tan^{-1} \frac{10}{8,75}\right) + \cos\left(\tan^{-1} \frac{10}{7,75}\right) \right] = 2842 * (0,658 + 0,612) \Rightarrow P = 3609 \text{ Kg}$$

Επειδή βρίσκεται υπό έλξη  $G'_{48} = P = 3609 \text{ Kg}$

Από πίνακα. 7 και για στύλο 12 E  $G\theta\rho = 5973,5 \text{ Kg}$

$$G'_{48} \leq \frac{G\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 3609 \leq \frac{5973,5}{2,7} \Rightarrow 3609 \leq 2212,4 \text{ που δεν ισχύει.}$$

Άρα θα πρέπει να πάμε στην αμέσως επόμενη κατηγορία.

Αποπίνακα. 7 και για στύλο 12 M  $G\theta\rho = 11849 \text{ Kg}$

$$G'_{48} \leq \frac{G\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 3609 \leq \frac{11849}{2,7} \Rightarrow 3609 \leq 4388,5 \text{ που ισχύει.}$$

**Επομένως ο στύλος 48 θα είναι 12 M με 2 επίτονα τύπου M.**

Νωρίτερα υποθέσαμε πως ο στύλος 49 είναι 11m. Τώρα υποθέτουμε πως και ο στύλος 50 θα είναι 11 m.

Η υψομετρική διαφορά των σημείων ανάρτησης του αγωγού θα είναι :

$$h(49,50) = (11 - 2 - 0,25) - (11 - 2 - 0,25) + 1 \Rightarrow h(49,50) = 1 \text{ m}$$

Αφού βρέθηκε η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων ανάρτησης του αγωγού, πρέπει να βρεθεί αν υπάρχει βέλος και σε ποιο σημείο του τμήματος 49,50 είναι.

$$X_1(49,50) = \frac{57}{2} - \frac{494 * 1}{0,225 * 57} = 28,5 - 38,5 \Rightarrow X_1(49,50) = -10 \text{ m} < 0$$

$$X_2(49,50) = 57 + 10 \Rightarrow X_2(49,50) = 67 \text{ m}$$

Αφού  $X_1(49,50) < 0$  συμπεραίνουμε πως δεν υπάρχει βέλος στο τμήμα 49,50.

Υποθέτουμε πως ο στύλος 49 είναι 11 E. Άρα θα πρέπει να ελεγχθεί αν αντέχει τα κατακόρυφα και τα εγκάρσια φορτία της γραμμής.

**ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ :**

$$P_{k49} = W_k * X_1(48,49) + W_k * X_2(49,50) = 0,225(-97,2) + 0,225 * 67 \Rightarrow P_{k49} = -6,5 \text{ Kg} < 0$$

Επειδή  $P_{k49} < 0$  συμπεραίνουμε ότι ο στύλος είναι υπο έλξη, άρα δεν χρειάζεται να υπολογίσω το G.

Από πίνακα. 5 και για στύλο 11 E η  $F_{\sigma\tau} = 38 \text{ Kg}$ .

$$F_{\alpha\gamma} = 3 * 0,5 * (80 + 57) * 0,454 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 93,3 \text{ Kg}$$

$$F_{\epsilon 49} = F_{\alpha\gamma} + F_{\sigma\tau} = 93,3 + 38 \Rightarrow F_{\epsilon 49} = 131,3 \text{ Kg}$$

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Από πίνακα 3 και για στύλο κατηγορία E έχουμε:

$$F_{\epsilon 49} \leq \frac{F\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 131,3 \leq \frac{500}{2,7} \Rightarrow \mathbf{131,3 \leq 185,1 \text{ που ισχύει}}$$

Άρα ο στύλος 49 θα είναι 11 E.

Όμως επειδή έχουμε  $P_{k49} < 0$  και  $X1(48,49) < 0$  πρέπει να γίνει έλεγχος για επίτονα και για τις δύο περιπτώσεις για να ισορροπήσει ο στύλος.

Με βάση το σχέδιο N.ο 14 και τα σχήματα Σ.χ.4.1, Σ.χ.4.2 θα έχουμε :

$$h1=11-2-0,25 \Rightarrow \mathbf{h1=8,75m}$$

$$h_{\epsilon\pi}=11-2-0,25-0,15-0,75 \Rightarrow \mathbf{h_{\epsilon\pi}=7,85m}$$

$P_{k49} < 0$  :

$$F_{\epsilon\pi} * \cos\alpha \geq 3 * |P_k| \Rightarrow F_{\epsilon\pi} * \cos(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi}}{h_{\epsilon\pi}}) \geq 3 * |P_k| \Rightarrow$$

$$F_{\epsilon\pi} * \cos(\tan^{-1} \frac{10}{7,85}) \geq 3 * 6,8 \Rightarrow F_{\epsilon\pi} \geq \frac{20,4}{0,61} \Rightarrow \mathbf{F_{\epsilon\pi} \geq 33,44 \text{ Kg}}$$

Άρα θα χρειαστούμε 1 επίτονο τύπου E.

$X1(48,49) < 0$  :

Οι τανύσεις έχουν όλες την ίδια κατεύθυνση οπότε θα έχουμε :

$$F_{\epsilon\pi} * \sin\alpha * \frac{h_{\epsilon\pi}}{h} \geq 6 * T_{ολ} \Rightarrow F_{\epsilon\pi} * \sin(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi}}{h_{\epsilon\pi}}) * \frac{h_{\epsilon\pi}}{h} \geq 6 * T_{ολ} \Rightarrow$$

$$F_{\epsilon\pi} * \sin(\tan^{-1} \frac{10}{7,85}) * \frac{7,85}{8,75} \geq 6 * 595 \Rightarrow F_{\epsilon\pi} * 0,6942 \geq 3570 \Rightarrow \mathbf{F_{\epsilon\pi} \geq 5142 \text{ Kg}}$$

$$\Rightarrow \frac{F_{\epsilon\pi}}{2} = \mathbf{2571 \text{ Kg} \leq 2689 \text{ Kg που ισχύει}}$$

Άρα 2 επίτονα τύπου M.

**Επομένως ο στύλος 49 θα χρειαστεί 2 επίτονα τύπου M για να ισορροπήσει.**

Επειδή όμως τοποθετήσαμε επίτονα θα πρέπει να ξαναγίνει έλεγχος θραύσης στο στύλο 49.

$$\left. \begin{array}{l} P = F_{\epsilon\pi} * \cos\alpha = F_{\epsilon\pi} * \cos(\tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi}}{h_{\epsilon\pi}}) \\ F_{\epsilon\pi} = 5142 \text{ Kg} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} P = 5100 \cos(\tan^{-1} \frac{10}{7,85}) = 5142 * 0,617 \\ \Rightarrow \mathbf{P = 3175 \text{ Kg}} \end{array}$$

Επειδή ο στύλος βρίσκεται υπό έλξη δεν έχει υπολοφιστεί το G. Άρα στο  $G'49 = P + G49 \Rightarrow G'49 = P \Rightarrow \mathbf{G'49 = 3175 \text{ Kg}}$

Από πίνακα.7 και για στύλο 11 E  $G\theta\rho = 6359,88 \text{ Kg}$

$$G'49 \leq \frac{G\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 3175 \leq \frac{6359,88}{2,7} \Rightarrow \mathbf{3175 \leq 2355,5 \text{ που δεν ισχύει.}}$$

Επομένως θα πρέπει να αλλάξουμε κατηγορία και να πάμε στην αμέσως επόμενη.

Από πίνακα.7 και για στύλο 11 M  $MG\theta\rho = 12783,8 \text{ Kg}$

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

$$G'49 \leq \frac{G\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 3175 \leq \frac{12783,8}{2,7} \Rightarrow 3175 \leq 4734,74 \text{ που ισχύει.}$$

Επομένως ο στύλος 49 θα είναι 11M με 2 επίτονα τύπου M.

Νωρίτερα υποθέσαμε ότι ο στύλος 50 είναι 11m. Τώρα υποθέτουμε πως και ο στύλος 51 είναι 11m.

Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων ανάρτησης του αγωγού από τους στύλους θα είναι :

$$h(50,51)=(11-2-0.25)-(11-2-0.25)+0 \Rightarrow h(50,51)=0m$$

Βρέθηκε πως δεν υπάρχει υψομετρική διαφορά και τώρα πρέπει να ελεγχθεί η εμφάνιση βέλους στο τμήμα και σε ποίο σημείο θα είναι.

$$X1(50,51) = \frac{80}{2} - \frac{494 * 0}{0,225 * 80} \Rightarrow X1(50,51) = 40m$$

$$X2(50,51) = 80 - 40 \Rightarrow X2(50,51) = 40m$$

Συμπεραίνουμε πώς υπάρχει βέλος στο τμήμα 50,51 και βρίσκεται σε απόσταση 40m από το στύλο 50 (στη μέση του τμήματος 50,51).

Για τον υπολογισμό του βέλους θα χρησιμοποιήσουμε τον εξής τύπο :  $d = \frac{Wk*L^2}{8*Tk}$

$$d(50,51) = \frac{0,225*40^2}{8*494} \Rightarrow d(50,51) = 0,09m.$$

Η απόσταση του βέλους από το έδαφος (h-d) θα είναι : h-d=11-2-0.25-0.09

$$\Rightarrow h-d=8.66m$$

Επομένως ο αγωγός λόγω του βέλους δεν πέφτει κάτω από το όριο ασφαλείας.

Υποθέτουμε πως ο στύλος 50 είναι κατηγορία 11 E.. Άρα θα πρέπει να ελεγχθεί αν αντέχει τα κατακόρυφα και τα εγκάρσια φορτία της γραμμής.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ :

$$P_{k50}=W_k*X1(49,50) + W_k*X2(50,51)=0,225*(-10)+0,225*40 \Rightarrow P_{k50}=6,75 \text{ Kg}>0$$

Επομένως ο στύλος 50 δεν βρίσκεται υπό έλξη.

$$G_{50}=3*6.75+150 \Rightarrow G_{50}=170.25 \text{ Kg}$$

Από πίνακα.6και για στύλο 11 E έχουμε Gθρ=1627Kg

$$G_{50} \leq \frac{G\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 170.25 \leq \frac{1627}{2,7} \Rightarrow 170.25 \leq 602.6 \text{ που ισχύει.}$$

Επομένως καλυπτόμαστε στα κατακόρυφα.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

ΕΓΚΑΡΣΙΑ :

Αποπίνακα.5 και για στύλο 11 Ε η  $F_{στ}=38\text{Kg}$

$$F_{αγ}=3*0.5*(57+80)*0.454 \Rightarrow F_{αγ}=93.3 \text{ Kg}$$

$$F_{ε50}=F_{αγ}+F_{στ}=93,3+38 \Rightarrow F_{ε50}=131.3 \text{ Kg}$$

Από πίνακα 3 και για στύλο κατηγορία Ε έχουμε:

$$F_{ε50} \leq \frac{F_{θρ}}{2.7} \Rightarrow 131.3 \leq \frac{500}{2.7} \Rightarrow 131.3 \leq 185.1 \text{ που ισχύει.}$$

Άρα ο στύλος 50 θα είναι 11 Ε.

Όμως επειδή  $X_1(49,50)<0$  θα πρέπει να τοποθετηθεί επίτονο για να ισορροπήσει ο στύλος.

Με βάση το σχέδιο Νο.15 και το σχήμα Σ.χ.4.1 έχουμε :

$$h_{επ}=8.4\text{m και } h_1=8.75\text{m}$$

Εδώ όμως επειδή έχουμε την εμφάνιση βέλους, δεν έχουν όλες οι τανύσεις την ίδια κατεύθυνση.

$$\text{Επομένως θα έχουμε : } F_{επ} * \sin \alpha * \frac{h_{επ}}{h} \geq 3 * T_{ολ} \Rightarrow$$

$$F_{επ} * \sin \left( \tan^{-1} \frac{L_{επ}}{h_{επ}} \right) * \frac{h_{επ}}{h} \geq 3 * T_{ολ}$$

$$\Rightarrow F_{επ} * \sin \left( \tan^{-1} \frac{10}{8.4} \right) * \frac{8.4}{8.75} \geq 3 * 595 \Rightarrow F_{επ} * 0,76 * 0,96 \geq 1785 \Rightarrow F_{επ} \geq \frac{1785}{0,7296}$$

$$\Rightarrow F_{επ} \geq 2446,54 \text{ Kg}$$

Άρα θα τοποθετήσουμε 1 επίτονο τύπου Μ ή 2 επίτονα τύπου Ε, ανάλογα με τα οικονομικά και την τοπολογία του εδάφους.

Επειδή όμως τοποθετήσαμε επίτονο / α στο στύλο, θα πρέπει να ξαναγίνει έλεγχος θραύσης για το στύλο.

$$\left. \begin{array}{l} P=F_{επ} * \cos \alpha = F_{επ} * \cos \left( \tan^{-1} \frac{L_{επ}}{h_{επ}} \right) \\ F_{επ}=2446,5\text{Kg} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} P=2446,5 \cos \left( \tan^{-1} \frac{10}{8,4} \right) = 2446,5 * 0,643 \\ \Rightarrow P= 1573,12\text{Kg} \end{array}$$

$$G'_{50}=G_{50}+P=170.25+1573.12 \Rightarrow G'_{50}=1743.37 \text{ Kg}$$

Απο πίνακα. 7 και για στύλο 11 Ε  $G_{θρ}=6359,88 \text{ Kg}$

$$G'_{50} \leq \frac{G_{θρ}}{2.7} \Rightarrow 1743.37 \leq \frac{6359.88}{2.7} \Rightarrow 1743.37 \leq 2355.18 \text{ που ισχύει.}$$

**Άρα ο στύλος 50 θα είναι 11Ε με 1 επίτονο τύπου Μ ή 2 επίτονα τύπου Ε.**

Υποθέσαμε νωρίτερα ότι ο 51 είναι 11m. Τώρα υποθέτουμε πως και ο 52 είναι 11m.

Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων ανάρτησης του αγωγού στους στύλους θα είναι :

$$h(51,52)=(11-2-0.25)-(11-2-0.25)+1 \Rightarrow h(51,52)=1\text{m}$$

Αφού βρέθηκε η υψομετρική διαφορά, τώρα πρέπει να ελεγχθεί η εμφάνιση βέλους στο τμήμα και σε ποίο σημείο θα είναι.



# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

$$X1(51,52) = \frac{60}{2} - \frac{494 * 1}{0,225 * 64} \Rightarrow X1(51, 52) = -2,3m$$

$$X2(51,52) = 64 + 2,3 \Rightarrow X2(51, 52) = 66,3m$$

Επειδή  $X1(51,52) < 0$  συμπαίρνουμε ότι δεν υπάρχει βέλος στο τμήμα 51,52.

Υποθέτουμε πως ο στύλος 51 θα είναι 11 Ε. Άρα θα πρέπει να ελεγχθεί αν αντέχει τα κατακόρυφα και τα εγκάρσια φορτία της γραμμής.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ :

$$P_{k51} = W_k * X1(50,51) + W_k * X2(51,52) = 0,225 * 40 + 0,225 * 66,3 \Rightarrow P_{k51} = 23,9 \text{ Kg} > 0$$

Δηλαδή ο στύλος δεν βρίσκεται υπό έλξη.

Από πίνακα.6 και για στύλο 11 Ε έχουμε  $G\theta\rho = 1627 \text{ Kg}$

$$G_{51} = 3 * 23,9 + 150 \Rightarrow G_{51} = 221,7 \text{ Kg}$$

$$G_{51} \leq \frac{G\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 221,7 \leq \frac{1627}{2,7} \Rightarrow 221,7 \leq 602,6 \text{ που ισχύει.}$$

Επομένως καλυπτόμαστε στα κατακόρυφα.

ΕΓΚΑΡΣΙΑ :

Αποπίνακα.5 και για στύλο 11 Ε η  $F_{στ} = 38 \text{ Kg}$

$$F_{αγ} = 3 * 0,5 * (80 + 64) * 0,454 \Rightarrow F_{αγ} = 98 \text{ Kg}$$

$$F_{ε51} = F_{αγ} + F_{στ} = 98 + 38 \Rightarrow F_{ε51} = 136 \text{ Kg}$$

Από πίνακα 3 και για στύλο κατηγορία Ε έχουμε:

$$F_{ε51} \leq \frac{F\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 136 \leq \frac{500}{2,7} \Rightarrow 136 \leq 185,1 \text{ που ισχύει.}$$

**Άρα ο στύλος 51 θα είναι 11 Ε.**

Επειδή όμως τι  $X1_{50,51}$  είναι θετικό σημαίνει πως υπάρχει βέλος στο τμήμα και ποιο συγκεκριμένα βρίσκεται στο μέσο του τμήματος 50,51.

Επομένως ο στύλος 51 ισορροπεί.

Νωρίτερα υποθέσαμε πως ο στύλος 52 είναι 11m. Τώρα υποθέτουμε πως και ο στύλος 53 είναι 13m.

Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων ανάρτησης του αγωγού από τους στύλους θα είναι :

$$h(52,53) = (11 - 2 - 0,25) - (13 - 2 - 0,25) + 3 \Rightarrow h(52,53) = 1m$$

Αφού βρέθηκε η υψομετρική διαφορά, τώρα πρέπει να ελεγχθεί η εμφάνιση βέλους στο τμήμα και σε ποίο σημείο θα είναι.

$$X1(52,53) = \frac{50}{2} - \frac{494 * 1}{0,225 * 50} \Rightarrow X1(52, 53) = -18,9m.$$

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

Το αρνητικό  $X_1(52,53) = -18.9m$  σημαίνει πως πρακτικά βέλος μεταξύ του τμήματος δεν υπάρχει αλλά θεωρητικά το βέλος υπάρχει στην προέκταση του τμήματος ή στο επόμενο κομμάτι της γραμμής. Όμως ο στύλος 53 είναι τερματικός και δεν επιτρέπεται το  $X_1$  που ανήκει στο τμήμα όπου είναι ο τερματικός στύλος να είναι αρνητικό.

Έστω ότι ο στύλος 53 είναι 14 m.

Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων ανάρτησης του αγωγού από τους στύλους θα είναι :

$$h(52,53)=(11-2-0,25)-(14-2-0,25)+3 \Rightarrow h(52,53)=0m$$

Βρέθηκε πως δεν υπάρχει υψομετρική διαφορά και τώρα πρέπει να ελεγχθεί η εμφάνιση βέλους στο τμήμα και σε ποίο σημείο θα είναι.

$$X_1(52,53) = \frac{50}{2} - \frac{494 * 0}{0,225 * 50} \Rightarrow X_1(52,53) = 25m$$

$$X_2(52,53) = 50 - 25 \Rightarrow X_2(52,53) = 25m$$

Συμπεραίνουμε πως υπάρχει βέλος στο τμήμα 50,51 και βρίσκεται σε απόσταση 25m από το στύλο 52 (στη μέση του τμήματος 52,53).

Για τον υπολογισμό του βέλους θα χρησιμοποιήσουμε τον εξής τύπο :  $d = \frac{Wk * L^2}{8 * Tk}$

$$d(52,53) = \frac{0,225 * 25^2}{8 * 494} \Rightarrow d(52,53) = 0,035m.$$

Η απόσταση του βέλους από το έδαφος (h-d) θα είναι :  $h-d=11-2-0.25-0.035$

$$\Rightarrow h-d=8,715m$$

Επομένως λόγω του βέλους δεν πέφτει ο αγωγός κάτω από το όριο ασφαλείας.

Έστω ότι ο στύλος 52 είναι 11 Ε. Άρα θα πρέπει να ελεγχθεί αν αντέχει τα κατακόρυφα και τα εγκάρσια φορτία της γραμμής.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ :

$$P_{k52}=W_k * X_1(51,52) + W_k * X_2(52,53)=0,225 * (-2,3)+0,225 * 25 \Rightarrow P_{k52}=5,1075 \text{ Kg} > 0$$

Δηλαδή ο στύλος δεν βρίσκεται υπό έλξη.

Από πίνακα.6 και για στύλο 11 Ε έχουμε  $G\theta\rho=1627\text{Kg}$

$$G_{52}=3 * 5.1075+150 \Rightarrow G_{52}=165,32\text{Kg}$$

$$G_{52} \leq \frac{G\theta\rho}{2,7} \Rightarrow 165,32 \leq \frac{1627}{2,7} \Rightarrow 165,32 \leq 602,6 \text{ που ισχύει.}$$

Επομένως καλυπτόμαστε στα κατακόρυφα.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

ΕΓΚΑΡΣΙΑ :

Αποπίνακα.5 και για στύλο 11 Ε η  $F_{στ}=38\text{Kg}$

$$F_{αγ}=3*0.5*(64+50)*0.454 \Rightarrow F_{αγ}=77,63\text{Kg}$$

$$F_{ε52}=F_{αγ}+F_{στ}=77,63+38 \Rightarrow F_{ε52}=115,6\text{Kg}$$

Από πίνακα 3 και για στύλο κατηγορία Ε έχουμε:

$$F_{ε52} \leq \frac{F\theta\rho}{2.7} \Rightarrow 115,6 \leq \frac{500}{2.7} \Rightarrow 115,6 \leq 185,1 \text{ που ισχύει.}$$

Άρα ο στύλος 52 θα είναι 11 Ε.

Επειδή όμως  $X1(51,52)<0$  θα χρειαστεί να τοποθετηθεί επίτονο για να ισορροπήσει ο στύλος.

Με βάση το σχέδιο Ν.ο.17 και τα σχήματα Σ.χ.4.1, Σ.χ.4.2 θα έχουμε :

$$h_{επ}=11-2-0,25-0,15-0,55 \Rightarrow h_{επ}=8,05\text{m}$$

$$h_1=11-2-0,25 \Rightarrow h_1=8,75\text{m}$$

Οι τανύσεις είναι όλες προς την ίδια κατεύθυνση οπότε θα έχουμε:

$$F_{επ} * \sin\alpha * \frac{h_{επ}}{h} \geq 6 * T_{ολ} \Rightarrow F_{επ} * \sin(\tan^{-1} \frac{L_{επ}}{h_{επ}}) * \frac{h_{επ}}{h} \geq 6 * T_{ολ} \Rightarrow$$

$$F_{επ} * \sin(\tan^{-1} \frac{10}{8,05}) * \frac{8,05}{8,75} \geq 6 * 595 \Rightarrow F_{επ} * 0,77 * 0,92 \geq 3570 \Rightarrow F_{επ} \geq \frac{3570}{0,7} \Rightarrow$$

$$F_{επ} \geq 5100 \text{ Kg}$$

$$\text{Άρα } \frac{F_{επ}}{2} = 2550 \text{ Kg.}$$

**Επομένως ο στύλος 52 θα χρειαστεί 2 επίτονα τύπου Μ για να ισορροπήσει.**

Επειδή όμως τοποθετήσαμε επίτονα θα πρέπει να ξαναγίνει ο έλεγχος θραύσης για το στύλο 52.

$$\left. \begin{array}{l} P=F_{επ}*\cos\alpha=F_{επ}*\cos(\tan^{-1} \frac{L_{επ}}{h_{επ}}) \\ F_{επ}=5100\text{Kg} \end{array} \right\} \Rightarrow P=2446,5\cos(\tan^{-1} \frac{10}{8,05})=5100*0,627 \Rightarrow P= 3198 \text{ Kg}$$

$$G'_{52}=G_{52}+P=3198+165,32 \Rightarrow G'_{52}=3363,32\text{Kg}$$

Απο πίνακα. 7 και για στύλο 11 Ε  $G\theta\rho=6359,88 \text{ Kg}$

$$G'_{52} \leq \frac{G\theta\rho}{2.7} \Rightarrow 3363,32 \leq \frac{6359,88}{2.7} \Rightarrow 3363,32 \leq 2355,18 \text{ που δεν ισχύει.}$$

Άρα θα αλλάξουμε κατηγορία και θα πάμε στην αμέσως επόμενη.

Από πίνακα.7 και για στύλο 11 Μ, το  $G\theta\rho=12783,8 \text{ Kg}$

$$G'_{52} \leq \frac{G\theta\rho}{2.7} \Rightarrow 3363,32 \leq \frac{12783,8}{2.7} \Rightarrow 3363,32 \leq 4734,74 \text{ που ισχύει}$$

**Άρα ο στύλος 52 θα είναι 11Μ με 2 επίτονα τύπου Μ.**

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

Νωρίτερα υποθέσαμε ότι ο στύλος 53 είναι 14m. Επίσης είναι και τερματικός.

Έστω ότι είναι κατηγορίας M. Θα πρέπει να ελεγχθεί αν αντέχει τα κατακόρυφα και τα εγκάρσια φορτία της γραμμής.

## ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ :

$$P_{k53} = 3 \cdot 0.5 \cdot 0.225 \Rightarrow P_{k53} = 16.78 \text{ Kg} > 0$$

Επομένως ο στύλος 5 δεν βρίσκεται υπό έλξη.

$$G_{53} = 16.87 + 150 \Rightarrow G_{53} = 166.87 \text{ Kg}$$

Απο πίνακα. 6 και για στύλο 14 M,  $G_{\theta\rho} = 2677 \text{ Kg}$

$$G_{53} \leq \frac{G_{\theta\rho}}{2.7} \Rightarrow 166.87 \leq \frac{2677}{2.7} \Rightarrow 166.87 \leq 991.48 \text{ που ισχύει.}$$

Επομένως καλυπτόμαστε στα κατακόρυφα.

## ΕΓΚΑΡΣΙΑ :

$$F_{\alpha\gamma} = 3 \cdot 0.5 \cdot 50 \cdot 0.454 \Rightarrow F_{\alpha\gamma} = 34.05 \text{ Kg}$$

Απο πίνακα. 5 και για στύλο 14 M η  $F_{\sigma\tau} = 62 \text{ Kg}$

$$F_{\epsilon 53} = F_{\alpha\gamma} + F_{\sigma\tau} = 62 + 34.05 \Rightarrow F_{\epsilon 53} = 96.05 \text{ Kg}$$

Από πίνακα 3 και για στύλο κατηγορία M έχουμε:

$$F_{\epsilon 53} \leq \frac{F_{\theta\rho}}{2.7} \Rightarrow 96.05 \leq \frac{825}{2.7} \Rightarrow 96.05 \leq 305.5 \text{ που ισχύει}$$

Άρα καλυπτόμαστε και στα εγκάρσια.

Επομένως ο στύλος 53 θα είναι 14 M.

Επειδή όμως είναι τερματικός θα χρειαστεί να τοποθετήσουμε επίτονο για μεγαλύτερη ισορροπία.

Με βάση το σχέδιο N.ο. 18 θα έχουμε :

$$h = h_1 = 14 - 2 - 0.25 \Rightarrow h = 11.75 \text{ m}$$

$$h_{\epsilon\pi} = 14 - 2 - 0.25 - 0.15 - 0.7 \Rightarrow h_{\epsilon\pi} = 12.3 \text{ m}$$

Εδώ όμως επειδή έχουμε την εμφάνιση βέλους, δεν έχουν όλες οι τανύσεις την ίδια κατεύθυνση.

$$\text{Επομένως θα έχουμε : } F_{\epsilon\pi} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{h_{\epsilon\pi}}{h} \geq 3 \cdot T_{ολ} \Rightarrow$$

$$F_{\epsilon\pi} \cdot \sin \left( \tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi}}{h_{\epsilon\pi}} \right) \cdot \frac{h_{\epsilon\pi}}{h} \geq 3 \cdot T_{ολ}$$

$$\Rightarrow F_{\epsilon\pi} \cdot \sin \left( \tan^{-1} \frac{10}{12.3} \right) \cdot \frac{12.3}{11.75} \geq 3 \cdot 595 \Rightarrow F_{\epsilon\pi} \cdot 0.63 \cdot 1.04 \geq 1785$$

$$\Rightarrow F_{\epsilon\pi} \cdot 0.6552 \geq 1785 \Rightarrow F_{\epsilon\pi} \geq 2724.35 \text{ Kg} \Rightarrow \frac{F_{\epsilon\pi}}{2} = 1362.175 > 1289$$

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Επομένως ο στύλος 53 θα χρειαστεί 2 επίτονα τύπου M για να ισορροπήσει.

Επειδή όμως τοποθετήσαμε τα επίτονα θα πρέπει να ξαναγίνει έλεγχος θραύσης στο στύλο 53.

$$\left. \begin{array}{l} P = F_{\epsilon\pi} \cdot \cos \alpha = F_{\epsilon\pi} \cdot \cos \left( \tan^{-1} \frac{L_{\epsilon\pi}}{h_{\epsilon\pi}} \right) \\ F_{\epsilon\pi} = 2724,35 \text{ Kg} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} P = 2446,5 \cos \left( \tan^{-1} \frac{10}{8,05} \right) = 2724,35 \cdot 0,775 \\ \Rightarrow P = 2111,37 \text{ Kg} \end{array}$$

$$G'_{53} = G_{53} + P = 166,87 + 2111,37 \Rightarrow G'_{53} = 2278,24 \text{ Kg}$$

Απο πίνακα 2.5. Β και για στύλο 14  $M G \theta \rho = 10462 \text{ Kg}$

$$G'_{53} \leq \frac{G \theta \rho}{2,7} \Rightarrow 2278,24 \leq \frac{10462}{2,7} \Rightarrow 2278,24 \leq 3874,81 \text{ που ισχύει.}$$

Επομένως ο στύλος 53 θα είναι 14 M με 2 επίτονα τύπου M.

## 4.4: Υπολογισμός τύπου κατασκευής στύλου.

Με βάση την τιμή του dA (απόσταση των αγωγών στο βραχίονα), από το αν θέλουμε στύλο ευθυγραμμίας – γωνιακό ή τερματικό και ανάλογα τον βραχίονα που θα υπολογίσουμε, με βάση τις τιμές του πίνακα 1.8.A και το βιβλίο της ΔΕΗ ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ Μ.Τ. θα αποφασίσουμε τον τύπο κατασκευής του κάθε στύλου.

### ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΡΑΧΙΟΝΑ (ΤΡΑΒΕΡΣΑΣ)

Τάση κάμψης:  $F = \frac{M}{W}$  και πρέπει  $F \leq \frac{520}{2}$ , το 520 είναι το όριο θραύσης του ξύλου και έχει σαν μονάδα μέτρησης  $\text{Kg/cm}^2$ .

F<sub>αγ</sub> = F<sub>max</sub> : 105Kg για κλάση A και 160Kg για κλάση B.

Οπή διαμέτρου:  $q = 2,2 \text{ cm}$ . Βάρος συντηρητή Βσ : 150Kg

Υψος μονωτήρα:  $E = 36,5 \text{ cm}$ . Βάρος μονωτήρα Βμ : 8 Kg

#### **Καμπτική ροπή**

για τα κατακόρυφα φορτία :

$$M = [ (P_{\kappa} + B_{\mu}) \cdot X_1 + B_{\beta} \cdot X_2 + (P_{\kappa} + B_{\mu}) \cdot X_3 + 2 \cdot F_{\alpha\gamma} \cdot E + B_{\sigma} \cdot \frac{L}{2} ] \text{ Kg/cm}$$

Οριζόντια φορτία:  $M = 2 \cdot T_{\text{ολ}} \cdot X_3$

#### **Ροπή αντίστασης**

για τα κατακόρυφα φορτία :

$$W = \frac{1}{6} \cdot \frac{b}{d} \cdot (d^3 - q^3)$$

Οριζόντια φορτία:  $W = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot (d - q)$

#### **Επιλογή τραβέρσας για στύλο ευθυγραμμίας με $X_1 < 0$**

Επειδή έχουμε  $X_1 < 0$  αναγκαστικά θα πρέπει να έχουμε 2 βραχίονες.

A)  $X_1 < 0$  και  $P_{\kappa} > 0$  :

Διάλεξα τον στύλο 44 όπου  $P_{\kappa} = 54,3 \text{ Kg}$  και  $X_1 < 0$ .

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

| <u>Πίνακας .9</u>       |                   |             |               |               |
|-------------------------|-------------------|-------------|---------------|---------------|
| Τυποποιημένοι βραχίονες |                   |             |               |               |
| Τύπος Βραχ.             | Μήκος Βραχ. L(cm) | Ύψος d (cm) | Πλάτος b (cm) | Βάρος Ββ (Kg) |
| 1                       | 250               | 10          | 12            | 24            |
| 2                       | 250               | 12          | 17,6          | 44            |
| 3                       | 350               | 12,6        | 17,6          | 62            |
| 4                       | 150               | 10          | 12            | 14            |

Για βραχίονα τύπου 1 :

Κατακόρυφα φορτία :

$$M = [ (Pκ+Bμ) * X1 + Bβ * X2 + (Pκ+Bμ)X3 + 2 * Fαγ * E + Bσ * \frac{L}{2} ] \Rightarrow$$

$$M = [ (54.3+8) * 10 + 12 * 62.5 + (54.3+8)115 + 2 * 105 * 36.5 + 150 * \frac{250}{2} ] \Rightarrow$$

$$M = 623 + 750 + 7164.5 + 7665 + 18750 \Rightarrow$$

$$M = \mathbf{34952.5 \text{ Kg*cm}}$$

$$W = \frac{1}{6} * \frac{b}{d} * (d^3 - q^3) = \frac{12}{60} * (10^3 - 2.2^3) = 0.2 * (1000 - 10.648) \Rightarrow$$

$$W = \mathbf{197,8704 \text{ cm}^3}$$

$$F = \frac{M}{2.5W} = \frac{34952.5}{2.5 * 197.8704} \Rightarrow F = \mathbf{70.657 \text{ Kg/cm}^2} \leq 260 \text{ που ισχύει}$$

Άρα καλυπτόμαστε στα κατακόρυφα.

Οριζόντια φορτία :

$$M = 2 * Tολ * X3 = 2 * 595 * 115 \Rightarrow M = \mathbf{136850 \text{ Kg*cm}}$$

$$W = \frac{1}{6} * b^2(d - q) = \frac{1}{6} * 12^2(10 - 2.2) = 7.8 * 2.4 \Rightarrow W = \mathbf{187.2 \text{ cm}^3}$$

$$F = \frac{M}{2.5W} = \frac{136850}{2.5 * 187.2} \Rightarrow F = \mathbf{292.4} \leq 260 \text{ που δεν ισχύει}$$

Άρα θα πρέπει να αλλάξουμε βραχίονα και πάμε στον αμέσως επόμενο τύπο (2) όπου θα ξανακάνουμε έλεγχο.

Για βραχίονα τύπου 2 :

Κατακόρυφα φορτία :

$$M = [ (Pκ+Bμ) * X1 + Bβ * X2 + (Pκ+Bμ)X3 + 2 * Fαγ * E + Bσ * \frac{L}{2} ] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M = [ (54,3+8) * 10 + \frac{44}{2} * \frac{250}{4} + (54,3 + 8) * 115 + 2 * 105 * 36,5 + 150 * \frac{250}{2} ] \Rightarrow$$

$$M = 323 + 1375 + 7164,5 + 7665 + 18750 \Rightarrow M = \mathbf{35277 \text{ Kg*cm}}$$

$$W = \frac{1}{6} * \frac{b}{d} * (d^3 - q^3) = \frac{1}{6} * \frac{17.6}{12.6} (12.6^3 - 2.2^3) = 0.232 * (2000 - 10.648)$$

$$W = 0.232 * 1989.352 \Rightarrow W = \mathbf{461.53 \text{ cm}^3}$$

## ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

$$F = \frac{M}{2.5W} = \frac{35277}{2.5 * 461.53} = 30.57 \leq 260 \text{ που ισχύει}$$

Άρα καλυπτόμαστε στα κατακόρυφα.

Οριζόντια φορτία :

$$M=2*Τολ*Χ3=2*595*115 \Rightarrow M=136850 \text{ Kg*cm}$$

$$W = \frac{1}{6} * b^2(d - q) = \frac{1}{6} * 17,6^2(12,6 - 2.2) = \frac{1}{6} * 309,76 * 10,4 \Rightarrow W = 536,6 \text{ cm}^3$$

$$F = \frac{M}{2.5W} = \frac{136850}{2.5 * 536,9} \Rightarrow F = 101,95 \leq 260 \text{ που ισχύει}$$

Άρα καλυπτόμαστε και στα οριζόντια. Επομένως θα χρησιμοποιήσουμε 2 βραχίονες τύπου 2.

B)  $X1 < 0$  και  $Rκ < 0$  :

Διάλεξα το στυλό 45 όπου  $Rκ45 = -35 \text{ Kg} < 0$  και  $X1 < 0$

Για βραχίονα τύπου 1:

Κατακόρυφα φορτία :

$$M = [(Rκ+Bμ)*X1+Bβ*X2+(Rκ+Bμ)X3+2*Fαγ*E+Bσ*\frac{L}{2}] \Rightarrow$$

$$M=[(-35+8)*10+\frac{24}{2}*62,5+(-35+8)*115+2*105*36,5+150*\frac{250}{2}] \Rightarrow$$

$$M=-270+750-3105+7665+18750 \Rightarrow M=23790 \text{ Kg*cm}$$

$$W = \frac{1}{6} * \frac{b}{d} * (d^3 - q^3) = \frac{12}{60} * (10^3 - 2.2^3) = 0.2 * (1000 - 10.648)$$

$$W=0.2*989.352 \Rightarrow W=197,8704 \text{ cm}^3$$

$$F = \frac{M}{2.5W} = \frac{23790}{2.5 * 197,8704} = 48,092 \leq 260 \text{ που ισχύει}$$

Άρα καλυπτόμαστε στα κατακόρυφα.

Οριζόντια φορτία :

$$M=2*Τολ*Χ3=2*595*115 \Rightarrow M=136850 \text{ Kg*cm}$$

$$W = \frac{1}{6} * b^2(d - q) = \frac{1}{6} * 12^2(10 - 2.2) \Rightarrow W = 187,2 \text{ cm}^3$$

$$F = \frac{M}{2.5W} = \frac{136850}{2.5 * 187,2} \Rightarrow F = 292,41 \leq 260 \text{ που δεν ισχύει}$$

Άρα θα πρέπει να αλλάξουμε βραχίονα και να πάμε στην επόμενη κατηγορία, δηλαδή τύπου 2.

Για βραχίονα τύπου 2 :

Κατακόρυφα φορτία :

$$M = [(Rκ+Bμ)*X1+Bβ*X2+(Rκ+Bμ)X3+2*Fαγ*E+Bσ*\frac{L}{2}] \Rightarrow$$

## ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

$$M = [(-35+8) \cdot 10 + \frac{44}{2} \cdot \frac{250}{4} + (-35 + 8) \cdot 115 + 2 \cdot 105 \cdot 36,5 + 150 \cdot \frac{250}{2}] \Rightarrow$$
$$M = -270 + 1375 - 3105 + 7665 + 18750 \Rightarrow \mathbf{M = 24415 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot \frac{b}{d} \cdot (d^3 - q^3) = \frac{1}{6} \cdot \frac{17,6}{12,6} (12,6^3 - 2,2^3) = 0,232 \cdot (2000 - 10,648)$$

$$W = 0,232 \cdot 1989,728 \Rightarrow \mathbf{W = 461,61 \text{ cm}^3}$$

$$F = \frac{M}{2,5W} = \frac{24415}{2,5 \cdot 461,61} = \mathbf{21,156 \leq 260 \text{ που ισχύει}}$$

Άρα καλυπτόμαστε στα κατακόρυφα.

Οριζόντια φορτία :

$$M = 2 \cdot T_{ολ} \cdot X_3 = 2 \cdot 595 \cdot 115 \Rightarrow \mathbf{M = 136850 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot b^2(d - q) = \frac{1}{6} \cdot 17,6^2(12,6 - 2,2) \Rightarrow \mathbf{W = 512,78 \text{ cm}^3}$$

$$F = \frac{M}{2,5W} = \frac{136850}{2,5 \cdot 512,78} \Rightarrow \mathbf{F = 106,751 \leq 260 \text{ που ισχύει}}$$

Άρα καλυπτόμαστε και στα οριζόντια. Επομένως θα χρησιμοποιήσουμε 2 βραχίονες τύπου 2.

**Επιλογή τραβέρσας για στύλο ευθυγραμμίας με  $X_1 > 0$**

Γ)  $X_1 > 0$  και  $P_k > 0$  :

Διάλεξα το στύλο 50 όπου  $P_k 50 = 6,750 \text{ Kg} > 0$  και  $X_1 > 0$

Για βραχίονα τύπου 1:

Κατακόρυφα φορτία :

$$M = [(P_k + B_\mu) \cdot X_1 + B_\beta \cdot X_2 + (P_k + B_\mu) X_3 + 2 \cdot F_{αγ} \cdot E + B_\sigma \cdot \frac{L}{2}] \Rightarrow$$

$$M = [(6,55 + 8) \cdot 10 + \frac{24}{2} \cdot 62,5 + (6,55 + 8) \cdot 115 + 2 \cdot 105 \cdot 36,5 + 150 \cdot \frac{250}{2}] \Rightarrow$$

$$M = 145,5 + 750 + 1673,25 + 7665 + 13125 \Rightarrow \mathbf{M = 23358,75 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot \frac{b}{d} \cdot (d^3 - q^3) = \frac{12}{60} \cdot (10^3 - 2,2^3) = 0,2 \cdot 989,352$$
$$\Rightarrow \mathbf{W = 197,8704 \text{ cm}^3}$$

$$F = \frac{M}{W} = \frac{23358,75}{197,8704} = \mathbf{118,050 \leq 260 \text{ που ισχύει}}$$

Άρα καλυπτόμαστε με βραχίονα τύπου 1.



# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

**Επιλογή τραβέρσας για τερματικό στύλο**

Δ)  $X1 > 0$  και  $Rκ > 0$  :

Για το στύλο 53 όπου  $Rκ53 = 16,87 \text{ Kg} > 0$  και  $X1 > 0$

Για βραχίονα τύπου 1:

Κατακόρυφα φορτία :

$$M = [(Rκ + Bμ) * X1 + Bβ * X2 + (Rκ + Bμ) X3 + 2 * Fαγ * E + Bσ * \frac{L}{2}] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M = [(16,87 + 8) * 10 + \frac{24}{2} * 62,5 + (16,87 + 8) * 115 + 2 * 105 * 36,5 + 150 * \frac{250}{2}] \Rightarrow$$

$$M = 248,7 + 750 + 2860,05 + 7665 + 18750 \Rightarrow M = 30273,75 \text{ Kg} * \text{cm}$$

$$W = \frac{1}{6} * \frac{b}{d} * (d^3 - q^3) = \frac{12}{60} * (10^3 - 2.2^3) = 0.2 * 989,352$$
$$\Rightarrow W = 197,8704 \text{ cm}^3$$

$$F = \frac{M}{2,5 * W} = \frac{30273,75}{2,5 * 197,8704} = 61,2 \leq 260 \text{ που ισχύει}$$

Άρα καλυπτόμαστε στα κατακόρυφα.

Οριζόντια φορτία :

$$M = T_{ολ} * X3 = 595 * 115 \Rightarrow M = 68425 \text{ Kg} * \text{cm}$$

$$W = \frac{1}{6} * b^2 * (d - q) = \frac{1}{6} * 12^2 * (10 - 2.2) \Rightarrow W = 187,2 \text{ cm}^3$$

$$F = \frac{M}{2.5W} = \frac{68425}{2.5 * 187,2} \Rightarrow F = 146,2 \leq 260 \text{ που ισχύει}$$

Άρα καλύπτομαι και στα οριζόντια. Επομένως θα χρησιμοποιήσουμε 2 βραχίονες τύπου 1.

## ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

$$dA = \frac{WA * L^2}{8 * TA}, \text{ από πίνακα 1.1 } WA = 0.2246 \text{ και από πίνακα 1.4 } TA = 340 \text{ Kgέχουμε:}$$

$$dA = \frac{WA * L^2}{8 * TA} = \frac{(0,2246 * 75^2)}{8 * 340} \Rightarrow dA = 0.4644$$

$$\delta = 0,5 * \sqrt{dA} + 0.001 * 20 = 0.5 * \sqrt{0.4644} + 0.01 * 20 \Rightarrow \delta = 0,54076 \text{ m}$$

Από πίνακα 10 έχουμε :

**Για ευθυγραμμία με  $X1 > 0$**

Μονός βραχίονας τύπου 1, κατασκευή P3, τύπος κατασκευής 2.

**Για ευθυγραμμία με  $X1 < 0$**

Διπλός βραχίονας τύπου 1 λόγω  $X1 < 0$ , κατασκευή P13 ή P13E, τύπος κατασκευής 3.

**Για γωνία**

Στύλος κατασκευής P9IV, τύπος κατασκευής 7.

**Για τερματικό**

Διπλός βραχίονας τύπου 1 γιατί είναι τερματικός, κατασκευή P11.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

## Πίνακες.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1**

**ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΑΕΡΙΩΝ ΑΓΩΓΩΝ**

| ΟΝΟΜ.<br>ΔΙΑΤΟΜ. | ΕΙΔΟΣ<br>ΑΓΩΓΩΝ | ΑΡΙΘ.<br>ΚΛΩΝ. | ΔΙΑΜΕΤΡ.<br>ΚΛΩΝ. | ΠΡΑΓΜ.<br>ΔΙΑΤΟΜ. | ΕΞΩΤ.<br>ΔΙΑΜ. | ΦΟΡΤ.<br>ΘΡΑΥΣ. | ΜΕΤΡΟ<br>ΕΛΑΣΤ.     | ΣΥΝΤ.<br>Θ.ΔΙΑΣΤ    | ΒΑΡΟΣ<br>ΑΓΩΓΩΝ |
|------------------|-----------------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------|
|                  |                 | n              | d                 | q                 | D              | F <sub>θρ</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             |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : Μηχανικά χαρακτηριστικά εναέριων αγωγών.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2**

**ΕΙΔΙΚΑ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΝΑ ΑΓΩΓΟ ΣΕ daN/m (Υπερταंस.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  | 0.225 | 0.466 | 0.538 | 0.726 | 1.093 | 1.222     | 2.624  |       |        |       |        |       |        |
| 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 | 63.581 |
| 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        | 0.557  | 0.857 | 0.513 | 1.214 | 0.773 | 1.812 | 1.269     | 3.626  | 3.253 | 19.692 |       |        |       |        |
| 50      | συνεστρΜΤ | 3.080  | 3.280 | 1.660 | 4.625 | 1.920 | 6.291 | 2.416     | 10.143 | 4.400 | 34.358 |       |        |       |        |
| 150     | συνεστρΜΤ | 3.960  | 4.900 | 2.050 | 6.697 | 2.320 | 8.736 | 2.816     | 13.298 | 4.800 | 40.355 |       |        |       |        |
| 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 | 0.568 | 0.755 | 1.151 |           |        |       |        |       |        |       |        |
| 70      | συνεστρΧΤ | 1.452  | 1.175 | 0.920 | 1.911 | 1.100 | 2.888 |           |        |       |        |       |        |       |        |
| 120     | συνεστρΧΤ | 1.936  | 1.900 | 1.140 | 2.840 | 1.400 | 4.023 |           |        |       |        |       |        |       |        |
| 38,5    | συρμΜ     | 0.348  | 0.306 | 0.418 | 0.575 | 0.678 | 1.085 |           |        |       |        |       |        |       |        |

Το βάρος του αγωγού είναι όσο το WK στην ΕΛΑΦΡΑ επιφόρτιση

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : Ειδικά εγκάρσια και κατακόρυφα φορτία ανά αγωγό.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3**

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

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : Χαρακτηριστικά – μέγιστο φορτίο θραύσης στύλων ανά κατηγορία

**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 4 : Ελάχιστοι διάμετροι ξύλινων στύλων.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

### ΠΙΝΑΚΑΣ 5

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΞΥΛΙΝΩΝ ΣΤΥΛΩΝ  
Xarstyl.xls

| Στύλοι |        | Διάμετρος      |                | Όγκος          | Βάρος | Απόστ. Κέν.Βάρ.<br>από βάση | Ανεμοπίεση<br>Καν.+Βαρ  | -Επιφόρτιση<br>Ελαφρά   |
|--------|--------|----------------|----------------|----------------|-------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
|        |        | Βάσης          | Κορυφ.         |                |       |                             |                         |                         |
| HS     | Κατηγ. | d <sub>β</sub> | d <sub>κ</sub> | V              | GS    | XKB                         | 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             | 0.326          | 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                      |

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 : Χαρακτηριστικά ξύλινων στύλων.

### Πίνακας. 6

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 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 6 : Μέγιστη κατακόρυφη δύναμη επί στύλων με ελεύθερη κορυφή.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Πίνακας. 7

Μέγιστη κατακόρυφη δύναμη επι στύλου με επίτονο.

| ΣΤΥΛΟΣ | h (cm) | d1 (cm) | d0 (cm) | I (cm <sup>4</sup> ) | P max (Kg)  |
|--------|--------|---------|---------|----------------------|-------------|
| 9E     | 725    | 19.5    | 12.25   | 4456.455732          | 7724,045992 |
| 10E    | 825    | 20.5    | 12.25   | 5177.824736          | 6930,598117 |
| 11E    | 925    | 21.5    | 12.25   | 5973.118662          | 6959,880338 |
| 12E    | 1015   | 22.4    | 12.25   | 6755.06944           | 5973,501824 |
| 9M     | 705    | 22.74   | 15.265  | 8806.794525          | 16142,50379 |
| 10M    | 805    | 23.8    | 15.265  | 10093.65121          | 14194,39415 |
| 11M    | 905    | 24.85   | 15.265  | 11492.79505          | 12783,79421 |
| 12M    | 995    | 25.81   | 15.265  | 12876.87549          | 11849,37932 |
| 13M    | 1095   | 26.87   | 15.265  | 14529.46028          | 11039,57898 |
| 14M    | 1185   | 27.82   | 15.265  | 16125.6734           | 10461,94485 |
| 9B     | 695    | 25.92   | 18.275  | 15613.92365          | 29449,21411 |
| 10B    | 795    | 27      | 18.275  | 17648.1161           | 25438,72627 |
| 11B    | 885    | 28      | 18.275  | 19682.5405           | 22894,22147 |
| 12B    | 975    | 29      | 18.275  | 21867.59659          | 20956,70931 |
| 13B    | 1075   | 30.1    | 18.275  | 24451.55856          | 19276,17611 |
| 14B    | 1165   | 31.1    | 18.275  | 26970.45212          | 18103,71247 |
| 15B    | 1265   | 32.2    | 18.275  | 29934.68378          | 17042,16992 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 7 : Μέγιστη κατακόρυφη δύναμη επί στύλων με επίτονο.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8**

**ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΥΡΜΑΤΟΣΧΟΙΝΩΝ ΕΠΙΤΟΝΩΝ ΣΕ daN (ΕΠΙΤΟΝΟΙ.XLS)**

| Κατηγορία επιτόνου | Συμβολισμός | Φορτίο θραύσης | Επιτρεπόμενο Φορτίο Κλάση B | Επιτρεπόμενο Φορτίο Κλάση A |
|--------------------|-------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                    |             |                | συντελ. ασφ. ν=1,35         | συντελ. ασφ. ν=1.7          |
| Ελαφρύς            | E           | 1740           | 1289                        | 1024                        |
| Μέσος              | M           | 3630           | 2689                        | 2135                        |
| Βαρύς              | B           | 6580           | 4874                        | 3871                        |
| Διπλός E           | 2E          | 3480           | 2578                        | 2047                        |
| Τριπλός E          | 3E          | 5220           | 3867                        | 3071                        |
| Διπλός M           | 2M          | 7260           | 5378                        | 4271                        |
| Τριπλός M          | 3M          | 10890          | 8067                        | 6406                        |
| Διπλός B           | 2B          | 13160          | 9748                        | 7741                        |
| Τριπλός B          | 3B          | 19740          | 14622                       | 11612                       |

ΠΙΝΑΚΑΣ 8 : Μέγιστα επιτρεπόμενα φορτία σε επίτονα.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

**Πίνακας .9**  
Τυποποιημένοι βραχίονες

| Τύπος Βραχ. | Μήκος Βραχ. L(cm) | Ύψος d (cm) | Πλάτος b (cm) | Βάρος Ββ (Kg) |
|-------------|-------------------|-------------|---------------|---------------|
| 1           | 250               | 10          | 12            | 24            |
| 2           | 250               | 12          | 17,6          | 44            |
| 3           | 350               | 12,6        | 17,6          | 62            |
| 4           | 150               | 10          | 12            | 14            |

ΠΙΝΑΚΑΣ 9 : Τυποποιημένοι βραχίονες

**Πίνακας. 10**

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΑΓΩΓΩΝ ΜΤ  
ΣΤΙΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ (MAXORIZ.sheet5 XLS)

| ΤΥΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ | ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΜΤ  | ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ σε m |
|------------------|--|---------------------------|
| 1                | P-103 , P-103AII   | 0,8                       |
| 2                | P-3 , P-3AII   | 0,9                       |
| 3                | P-3II  | 0,9                       |
| 4                | P-9IV(1m) , P-9II(1m) , P-19IV , P-19II  | 0,9                       |
| 5                | P-3B , P-3AB , P-103B , P-103AB  | 1,15                      |
| 6                | P-3BII   | 1,15                      |
| 7                | P-9IV(1,25m), P-9II(1,25m), P-11, P-11B, P-13, P-13A, P-15, P-23, P-25, P-25T, P-27, P-27T, P-29, P-29B, P-41, P-43, P109IV, P-109II, P-113, P-113B, P115, P-123, P-125, P-127, P127T, P-129, P129A, P-129B, P141. | 1,15                      |
| 8                | P-17   | 1.25                      |
| 9                | P-17II   | 1.25                      |
| 10               | P-19B  | 1.25                      |
| 11               | P-31, P-31E, P-31II  | 1,35                      |
| 12               | P-3C, P-103C, P-33   | 1,56                      |
| 13               | P-3CII, P-103CII   | 1,56                      |
| 14               | P-9IV(1,50m), P-9II(1,50m), P13C, P-35, P-37, P-35E, P-37E, P-113C   | 1,56                      |

ΠΙΝΑΚΑΣ 10 : Τυποποιημένες κατασκευές σε σχέση με τις αποστάσεις διαχωρισμού.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

### ΠΙΝΑΚΑΣ 11

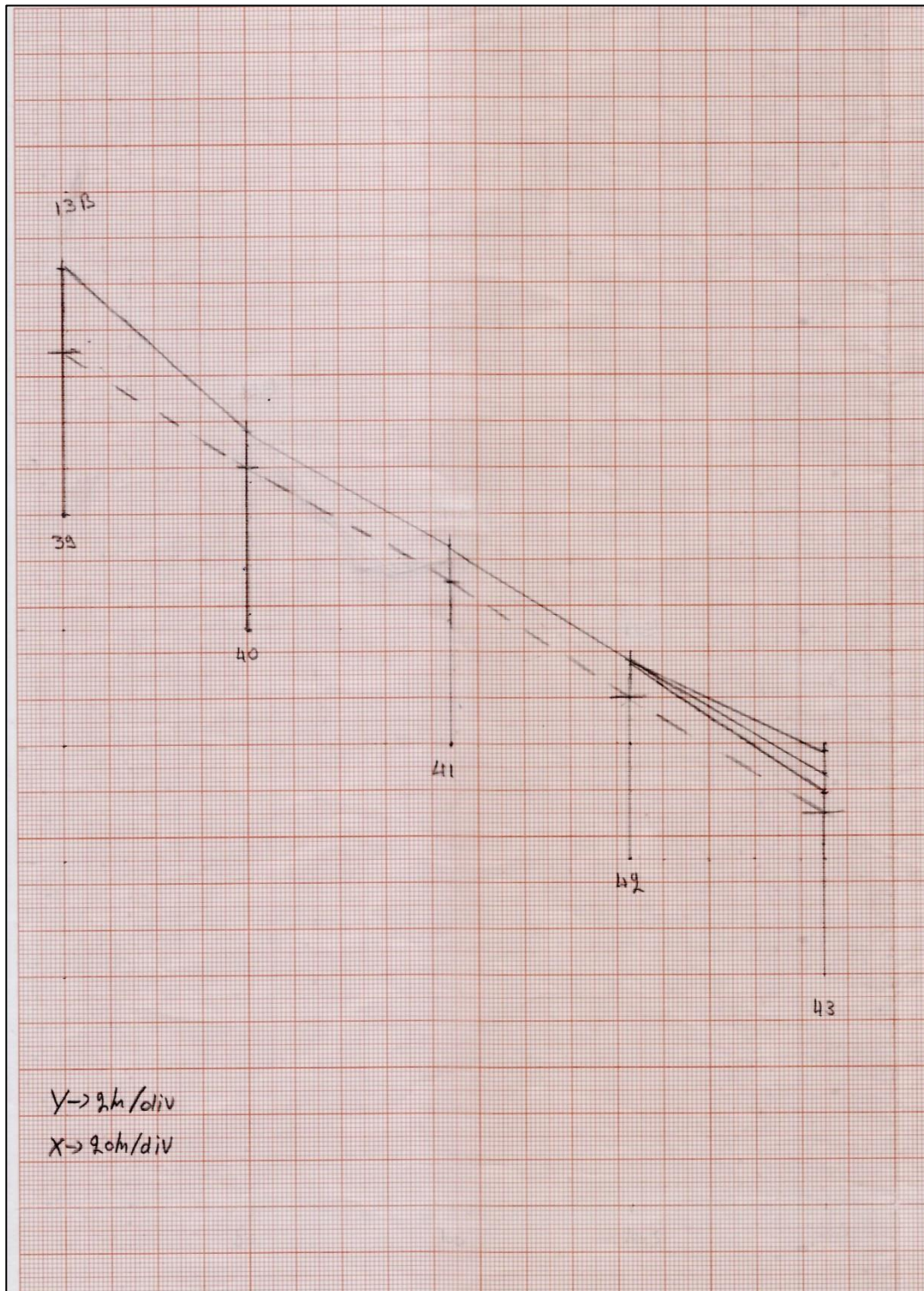
| ΕΛΑΦΡΑ ΕΠΙΦΟΡΤΙΣΗ<br>ΤΑΝΥΣΕΙΣ ΑΓΩΓΩΝ, ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΠΙΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗ ΚΑΜΠΥΛΟΓΡΑΜΜΩΝ (καμπύλη φ0Α04) |           |          |        |                        |            |                         |       |                       |            |                         |       |                        |            |                         |       |                          |            |                         |       |
|--|-----------|----------|--------|------------------------|------------|-------------------------|-------|-----------------------|------------|-------------------------|-------|------------------------|------------|-------------------------|-------|--------------------------|------------|-------------------------|-------|
| ΔΙΑΤ.  | ΑΓΩΓ.     | Β.Α<br>m | CS     | +16 βαθμ C χωρίς επιφ. |            |                         |       | -1 βαθμ C χωρίς επιφ. |            |                         |       | +50 βαθμ C χωρίς επιφ. |            |                         |       | -1 βαθμ C σε πλήρη επιφ. |            |                         |       |
|  |           |          |        | WA<br>daN/m            | TAN<br>daN | K<br>10 <sup>4</sup> .m | Καμπ. | WA<br>daN/m           | TAN<br>daN | K<br>10 <sup>4</sup> .m | Καμπ. | WK<br>daN/m            | TAN<br>daN | K<br>10 <sup>4</sup> .m | Καμπ. | W<br>daN/m               | TAN<br>daN | K<br>10 <sup>4</sup> .m | Καμπ. |
| 16   | ACSR      | 20       | CS-7   | 0.102                  | 7          | 78.42                   | -     | 0.102                 | 7          | 78.38                   | -     | 0.102                  | 6          | 83.98                   | -     | 0.398                    | 26         | 77.63                   | -     |
| 16   | ACSR      | 40       | CS-9E  | 0.102                  | 41         | 12.63                   | K-53  | 0.102                 | 63         | 8.17                    | K-43  | 0.102                  | 26         | 19.62                   | K-64  | 0.398                    | 146        | 13.65                   | K-55  |
| 16   | ACSR      | 65       | CS-9E  | 0.102                  | 84         | 6.10                    | K-36  | 0.102                 | 129        | 3.97                    | K-25  | 0.102                  | 49         | 10.50                   | K-49  | 0.398                    | 233        | 8.54                    | K-44  |
| 16   | ACSR      | 75       | CS-111 | 0.102                  | 161        | 3.16                    | K-20  | 0.102                 | 233        | 2.20                    | K-12  | 0.102                  | 77         | 6.65                    | K-38  | 0.398                    | 317        | 6.28                    | K-36  |
| 16   | ACSR      | 100      | CS-112 | 0.102                  | 161        | 3.16                    | K-20  | 0.102                 | 226        | 2.28                    | K-13  | 0.102                  | 80         | 6.68                    | K-34  | 0.398                    | 346        | 6.76                    | K-34  |
| 16   | ACSR      | 125      | CS-113 | 0.102                  | 161        | 3.16                    | K-20  | 0.102                 | 216        | 2.37                    | K-14  | 0.102                  | 101        | 5.08                    | K-31  | 0.398                    | 372        | 5.35                    | K-32  |
| 16   | ACSR      | 20       | CS-7   | 0.225                  | 14         | 80.28                   | -     | 0.225                 | 15         | 77.19                   | -     | 0.225                  | 13         | 86.18                   | -     | 0.582                    | 38         | 77.31                   | -     |
| 35   | ACSR      | 40       | CS-9E  | 0.225                  | 80         | 12.51                   | K-53  | 0.225                 | 138        | 8.16                    | K-43  | 0.225                  | 58         | 18.44                   | K-64  | 0.582                    | 247        | 11.76                   | K-51  |
| 35   | ACSR      | 65       | CS-9E  | 0.225                  | 184        | 6.10                    | K-36  | 0.225                 | 283        | 3.97                    | K-25  | 0.225                  | 107        | 10.48                   | K-49  | 0.582                    | 416        | 6.89                    | K-39  |
| 35   | ACSR      | 75       | CS-116 | 0.225                  | 340        | 3.30                    | K-21  | 0.225                 | 494        | 2.27                    | K-13  | 0.225                  | 184        | 6.85                    | K-39  | 0.582                    | 594        | 4.89                    | K-30  |
| 35   | ACSR      | 100      | CS-117 | 0.225                  | 340        | 3.30                    | K-21  | 0.225                 | 474        | 2.37                    | K-14  | 0.225                  | 192        | 5.84                    | K-34  | 0.582                    | 626        | 4.64                    | K-29  |
| 35   | ACSR      | 125      | CS-118 | 0.225                  | 340        | 3.30                    | K-21  | 0.225                 | 463        | 2.48                    | K-15  | 0.225                  | 215        | 5.23                    | K-32  | 0.582                    | 655        | 4.44                    | K-28  |
| 35   | ACSR      | 150      | CS-119 | 0.225                  | 340        | 3.30                    | K-21  | 0.225                 | 434        | 2.69                    | K-16  | 0.225                  | 233        | 4.81                    | K-30  | 0.582                    | 681        | 4.27                    | K-27  |
| 35   | ACSR      | 175      | CS-120 | 0.225                  | 340        | 3.30                    | K-21  | 0.225                 | 417        | 2.69                    | K-17  | 0.225                  | 248        | 4.52                    | K-29  | 0.582                    | 704        | 4.13                    | K-26  |
| 35   | ACSR      | 200      | CS-121 | 0.225                  | 340        | 3.30                    | K-21  | 0.225                 | 404        | 2.78                    | K-18  | 0.225                  | 261        | 4.30                    | K-27  | 0.582                    | 724        | 4.02                    | K-25  |
| 36   | ACSR      | 20       | CS-7   | 0.609                  | 38         | 80.03                   | -     | 0.609                 | 40         | 76.87                   | -     | 0.609                  | 35         | 86.01                   | -     | 1.048                    | 68         | 77.02                   | -     |
| 95   | ACSR      | 40       | CS-9E  | 0.609                  | 244        | 12.60                   | K-53  | 0.609                 | 377        | 8.07                    | K-43  | 0.609                  | 156        | 19.57                   | K-64  | 1.048                    | 522        | 10.04                   | K-48  |
| 95   | ACSR      | 65       | CS-9E  | 0.609                  | 499        | 6.10                    | K-36  | 0.609                 | 771        | 3.95                    | K-25  | 0.609                  | 288        | 10.56                   | K-49  | 1.048                    | 938        | 5.59                    | K-33  |
| 95   | ACSR      | 75       | CS-130 | 0.609                  | 960        | 3.17                    | K-20  | 0.609                 | 1388       | 2.19                    | K-12  | 0.609                  | 454        | 6.71                    | K-38  | 1.048                    | 1485       | 3.51                    | K-22  |
| 95   | ACSR      | 100      | CS-131 | 0.609                  | 960        | 3.17                    | K-20  | 0.609                 | 1339       | 2.27                    | K-13  | 0.609                  | 631        | 6.73                    | K-34  | 1.048                    | 1512       | 3.46                    | K-22  |
| 95   | ACSR      | 125      | CS-132 | 0.609                  | 960        | 3.17                    | K-20  | 0.609                 | 1287       | 2.37                    | K-14  | 0.609                  | 595        | 6.12                    | K-31  | 1.048                    | 1529       | 3.43                    | K-22  |
| 95   | ACSR      | 150      | CS-133 | 0.609                  | 960        | 3.17                    | K-20  | 0.609                 | 1236       | 2.46                    | K-15  | 0.609                  | 646        | 4.71                    | K-29  | 1.048                    | 1545       | 3.39                    | K-22  |
| 95   | ACSR      | 175      | CS-134 | 0.609                  | 960        | 3.17                    | K-20  | 0.609                 | 1191       | 2.56                    | K-16  | 0.609                  | 689        | 4.42                    | K-28  | 1.048                    | 1569       | 3.36                    | K-22  |
| 95   | ACSR      | 200      | CS-135 | 0.609                  | 960        | 3.17                    | K-20  | 0.609                 | 1163       | 2.64                    | K-16  | 0.609                  | 725        | 4.20                    | K-27  | 1.048                    | 1571       | 3.33                    | K-21  |
| 95   | ACSR      | 225      | CS-136 | 0.609                  | 960        | 3.17                    | K-20  | 0.609                 | 1121       | 2.72                    | K-17  | 0.609                  | 754        | 4.04                    | K-26  | 1.048                    | 1581       | 3.31                    | K-21  |
| 95   | ACSR      | 250      | CS-137 | 0.609                  | 960        | 3.17                    | K-20  | 0.609                 | 1086       | 2.78                    | K-18  | 0.609                  | 779        | 3.91                    | K-25  | 1.048                    | 1590       | 3.29                    | K-21  |
| 95   | ACSR      | 275      | CS-138 | 0.609                  | 960        | 3.17                    | K-20  | 0.609                 | 1075       | 2.83                    | K-18  | 0.609                  | 800        | 3.80                    | K-24  | 1.048                    | 1597       | 3.28                    | K-21  |
| 95   | ACSR      | 300      | CS-139 | 0.609                  | 960        | 3.17                    | K-20  | 0.609                 | 1059       | 2.88                    | K-18  | 0.609                  | 818        | 3.72                    | K-24  | 1.048                    | 1604       | 3.27                    | K-21  |
| 95   | ACSR      | 325      | CS-140 | 0.609                  | 960        | 3.17                    | K-20  | 0.609                 | 1045       | 2.91                    | K-19  | 0.609                  | 834        | 3.65                    | K-23  | 1.048                    | 1609       | 3.26                    | K-21  |
| 95   | ACSR      | 350      | CS-141 | 0.609                  | 960        | 3.17                    | K-20  | 0.609                 | 1034       | 2.94                    | K-19  | 0.609                  | 847        | 3.60                    | K-23  | 1.048                    | 1614       | 3.25                    | K-21  |
| 95   | ACSR      | 376      | CS-142 | 0.609                  | 960        | 3.17                    | K-20  | 0.609                 | 1025       | 2.97                    | K-19  | 0.609                  | 858        | 3.56                    | K-23  | 1.048                    | 1618       | 3.24                    | K-21  |
| 95   | CU        | 20       | CS-7   | 0.144                  | 9          | 79.61                   | -     | 0.144                 | 9          | 79.93                   | -     | 0.144                  | 8          | 84.80                   | -     | 0.343                    | 22         | 77.86                   | -     |
| 95   | CU        | 40       | CS-9E  | 0.144                  | 58         | 12.61                   | K-53  | 0.144                 | 78         | 9.24                    | K-46  | 0.144                  | 39         | 18.43                   | K-62  | 0.343                    | 128        | 13.35                   | K-54  |
| 95   | CU        | 65       | CS-9E  | 0.144                  | 118        | 6.10                    | K-36  | 0.144                 | 165        | 4.66                    | K-29  | 0.144                  | 76         | 9.48                    | K-46  | 0.343                    | 215        | 7.98                    | K-43  |
| 95   | CU        | 75       | CS-143 | 0.144                  | 126        | 5.73                    | K-34  | 0.144                 | 160        | 4.49                    | K-28  | 0.144                  | 84         | 8.54                    | K-44  | 0.343                    | 229        | 7.49                    | K-41  |
| 16   | CU        | 100      | CS-144 | 0.144                  | 126        | 5.73                    | K-34  | 0.144                 | 161        | 4.78                    | K-30  | 0.144                  | 84         | 7.63                    | K-42  | 0.343                    | 242        | 7.07                    | K-40  |
| 16   | CU        | 125      | CS-145 | 0.144                  | 126        | 5.73                    | K-34  | 0.144                 | 144        | 5.01                    | K-31  | 0.144                  | 101        | 7.10                    | K-40  | 0.343                    | 253        | 6.77                    | K-38  |
| 16   | CU        | 20       | CS-7   | 0.315                  | 20         | 80.05                   | -     | 0.315                 | 20         | 77.32                   | -     | 0.315                  | 18         | 85.29                   | -     | 0.534                    | 34         | 77.56                   | -     |
| 16   | CU        | 40       | CS-9E  | 0.315                  | 126        | 12.50                   | K-53  | 0.315                 | 170        | 9.24                    | K-46  | 0.315                  | 86         | 18.41                   | K-62  | 0.534                    | 230        | 11.63                   | K-51  |
| 16   | CU        | 65       | CS-9E  | 0.315                  | 258        | 6.10                    | K-36  | 0.315                 | 338        | 4.65                    | K-29  | 0.315                  | 166        | 9.48                    | K-46  | 0.534                    | 406        | 6.58                    | K-38  |
| 35   | CU        | 100      | CS-146 | 0.315                  | 266        | 5.92                    | K-35  | 0.315                 | 318        | 4.96                    | K-31  | 0.315                  | 202        | 7.81                    | K-42  | 0.534                    | 426        | 6.26                    | K-36  |
| 35   | CU        | 125      | CS-147 | 0.315                  | 286        | 5.92                    | K-35  | 0.315                 | 303        | 5.20                    | K-32  | 0.315                  | 217        | 7.27                    | K-40  | 0.534                    | 432        | 6.18                    | K-36  |
| 35   | CU        | 20       | CS-7   | 0.453                  | 28         | 80.02                   | -     | 0.453                 | 29         | 77.28                   | -     | 0.453                  | 27         | 85.26                   | -     | 0.681                    | 44         | 77.48                   | -     |
| 35   | CU        | 40       | CS-9E  | 0.453                  | 181        | 12.50                   | K-53  | 0.453                 | 245        | 9.25                    | K-46  | 0.453                  | 123        | 18.40                   | K-62  | 0.681                    | 307        | 11.08                   | K-50  |
| 35   | CU        | 65       | CS-9E  | 0.453                  | 371        | 6.10                    | K-36  | 0.453                 | 486        | 4.66                    | K-29  | 0.453                  | 239        | 9.46                    | K-46  | 0.681                    | 556        | 6.13                    | K-36  |
| 60   | CU        | 100      | CS-148 | 0.453                  | 391        | 5.80                    | K-34  | 0.453                 | 467        | 4.86                    | K-30  | 0.453                  | 295        | 7.69                    | K-42  | 0.681                    | 581        | 5.86                    | K-34  |
| 60   | CU        | 125      | CS-149 | 0.453                  | 391        | 5.80                    | K-34  | 0.453                 | 446        | 5.08                    | K-31  | 0.453                  | 316        | 7.16                    | K-40  | 0.681                    | 583        | 5.84                    | K-34  |
| 60   | CU        | 150      | CS-150 | 0.453                  | 391        | 5.80                    | K-34  | 0.453                 | 431        | 5.25                    | K-32  | 0.453                  | 332        | 6.82                    | K-39  | 0.681                    | 584        | 5.83                    | K-34  |
| 60   | CU        | 20       | CS-7   | 0.857                  | 54         | 80.01                   | -     | 0.857                 | 55         | 77.25                   | -     | 0.857                  | 50         | 85.23                   | -     | 1.097                    | 71         | 77.38                   | -     |
| 50   | CU        | 40       | CS-9E  | 0.857                  | 343        | 12.60                   | K-53  | 0.857                 | 464        | 9.24                    | K-46  | 0.857                  | 233        | 18.41                   | K-62  | 1.097                    | 532        | 10.32                   | K-48  |
| 50   | CU        | 65       | CS-9E  | 0.857                  | 703        | 6.10                    | K-36  | 0.857                 | 820        | 4.66                    | K-29  | 0.857                  | 452        | 9.48                    | K-46  | 1.097                    | 994        | 5.51                    | K-33  |
| 50   | CU        | 75       | CS-157 | 0.857                  | 738        | 5.81                    | K-34  | 0.857                 | 940        | 4.56                    | K-29  | 0.857                  | 498        | 8.61                    | K-44  | 1.097                    | 1028       | 5.34                    | K-32  |
| 95   | CU        | 100      | CS-158 | 0.857                  | 738        | 5.81                    | K-34  | 0.857                 | 883        | 4.86                    | K-30  | 0.857                  | 656        | 7.71                    | K-42  | 1.097                    | 1006       | 5.45                    | K-33  |
| 95   | CU        | 125      | CS-159 | 0.857                  | 738        | 5.81                    | K-34  | 0.857                 | 842        | 5.09                    | K-31  | 0.857                  | 697        | 7.17                    | K-40  | 1.097                    | 990        | 5.54                    | K-33  |
| 95   | CU        | 150      | CS-160 | 0.857                  | 738        | 5.81                    | K-34  | 0.857                 | 814        | 5.26                    | K-32  | 0.857                  | 627        | 6.83                    | K-39  | 1.097                    | 979        | 5.60                    | K-33  |
| 95   | CU        | 175      | CS-161 | 0.857                  | 738        | 5.81                    | K-34  | 0.857                 | 796        | 5.39                    | K-32  | 0.857                  | 649        | 6.60                    | K-38  | 1.097                    | 972        | 5.64                    | K-34  |
| 95   | CU        | 200      | CS-162 | 0.857                  | 738        | 5.81                    | K-34  | 0.857                 | 783        | 5.47                    | K-33  | 0.857                  | 666        | 6.44                    | K-37  | 1.097                    | 968        | 5.68                    | K-34  |
| 95   | συνεστρΜΤ | 40       | CS-300 | 3.200                  | 889        | 18.00                   | K-62  | 3.200                 | 954        | 16.77                   | K-60  | 3.200                  | 782        | 20.47                   | K-65  | 4.516                    | 1170       | 19.30                   | K-63  |
| 95   | συνεστρΜΤ | 75       | CS-303 | 3.200                  | 2636       | 6.07                    | K-35  | 3.200                 | 2773       | 5.77                    | K-34  | 3.200                  | 2375       | 6.74                    | K-38  | 4.516                    | 2978       | 7.59                    | K-42  |
| 95   | συνεστρΜΤ | 100      | CS-304 | 3.200                  | 2543       | 6.29                    | K-37  | 3.200                 | 2659       | 6.02                    | K-35  | 3.200                  | 2325       | 6.88                    | K-39  | 4.516                    | 2976       | 7.59                    | K-42  |
| 95   | συνεστρΜΤ | 40       | CS-300 | 4.900                  | 1961       | 18.00                   | K-62  | 4.900                 | 1443       | 16.98                   | K-60  | 4.900                  | 1219       | 20.11                   | K-64  | 6.375                    | 1647       | 19.35                   | K-63  |
| 95   | συνεστρΜΤ | 65       | CS-311 | 4.900                  | 2633       | 9.31                    | K-46  | 4.900                 | 2753       | 8.90                    | K-45  | 4.900                  | 2407       | 10.18                   | K-48  | 6.375                    | 2976       | 10.71                   | K-49  |
| 50   | συνεστρΜΤ | 75       | CS-312 | 4.900                  | 2596       | 9.44                    | K-46  | 4.900                 | 2704       | 9.06                    | K-45  | 4.900                  | 2393       | 10.24                   | K-48  | 6.375                    | 2976       | 10.71                   | K-49  |

ΠΙΝΑΚΑΣ 11 : Τανύσεις αγωγών, ειδικές επιφορτίσεις και αντιστοίχιση καμπυλογραμμών στην «ΕΛΑΦΡΑ» επιφόρτιση.

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

## Σχέδια γραμμής.

Σχέδιο. 1

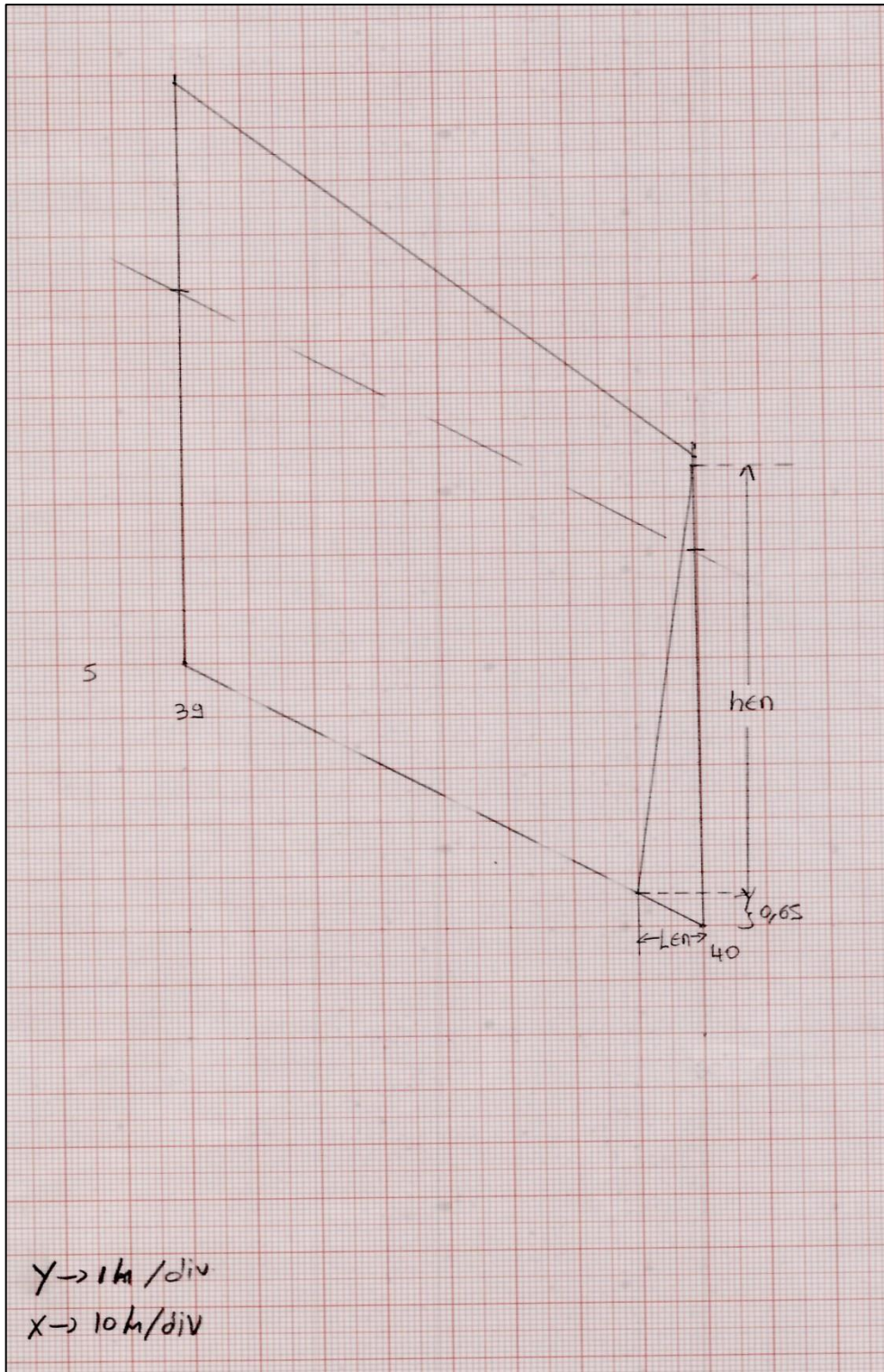




ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

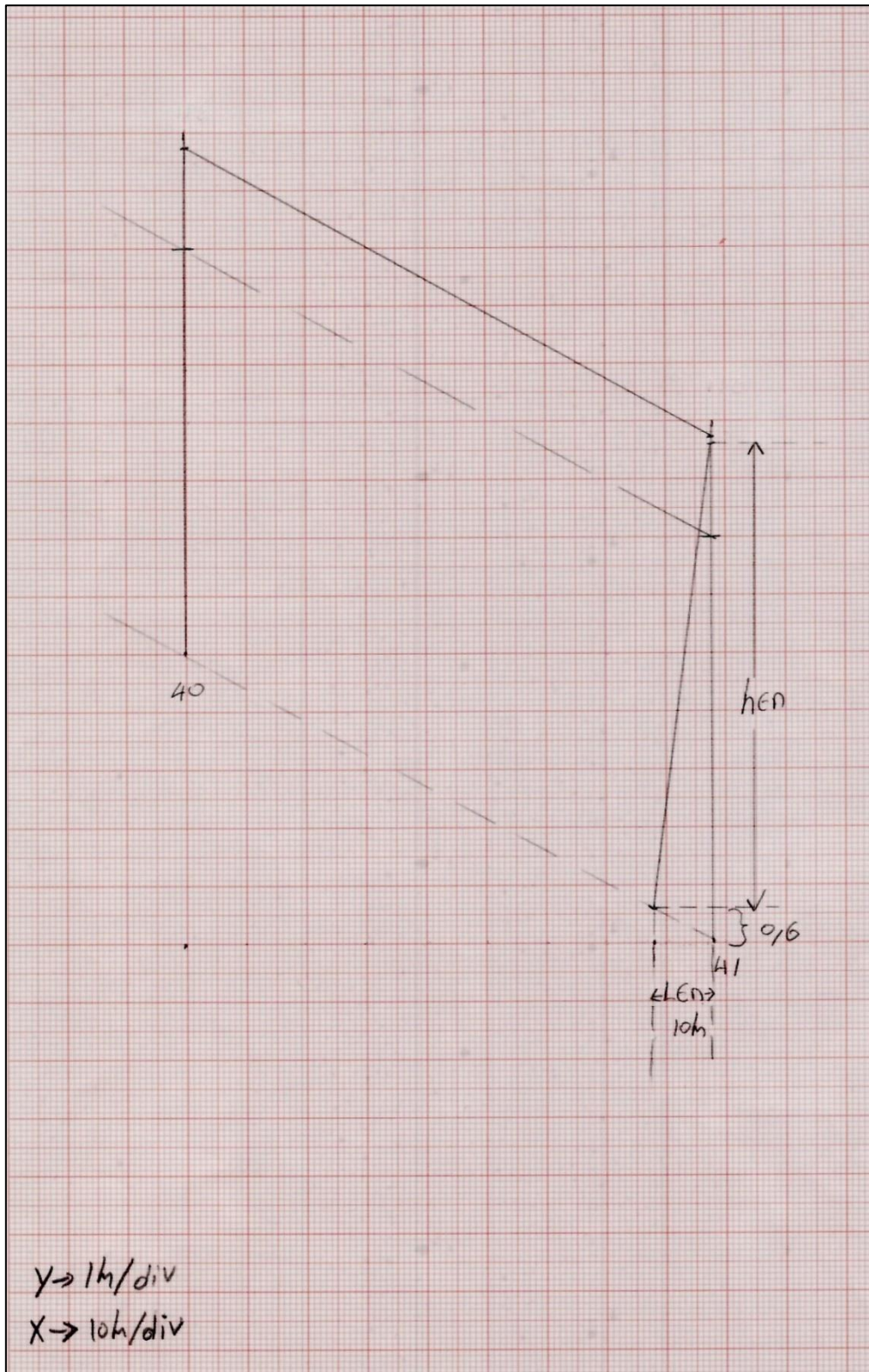
---

Σχέδιο. 2



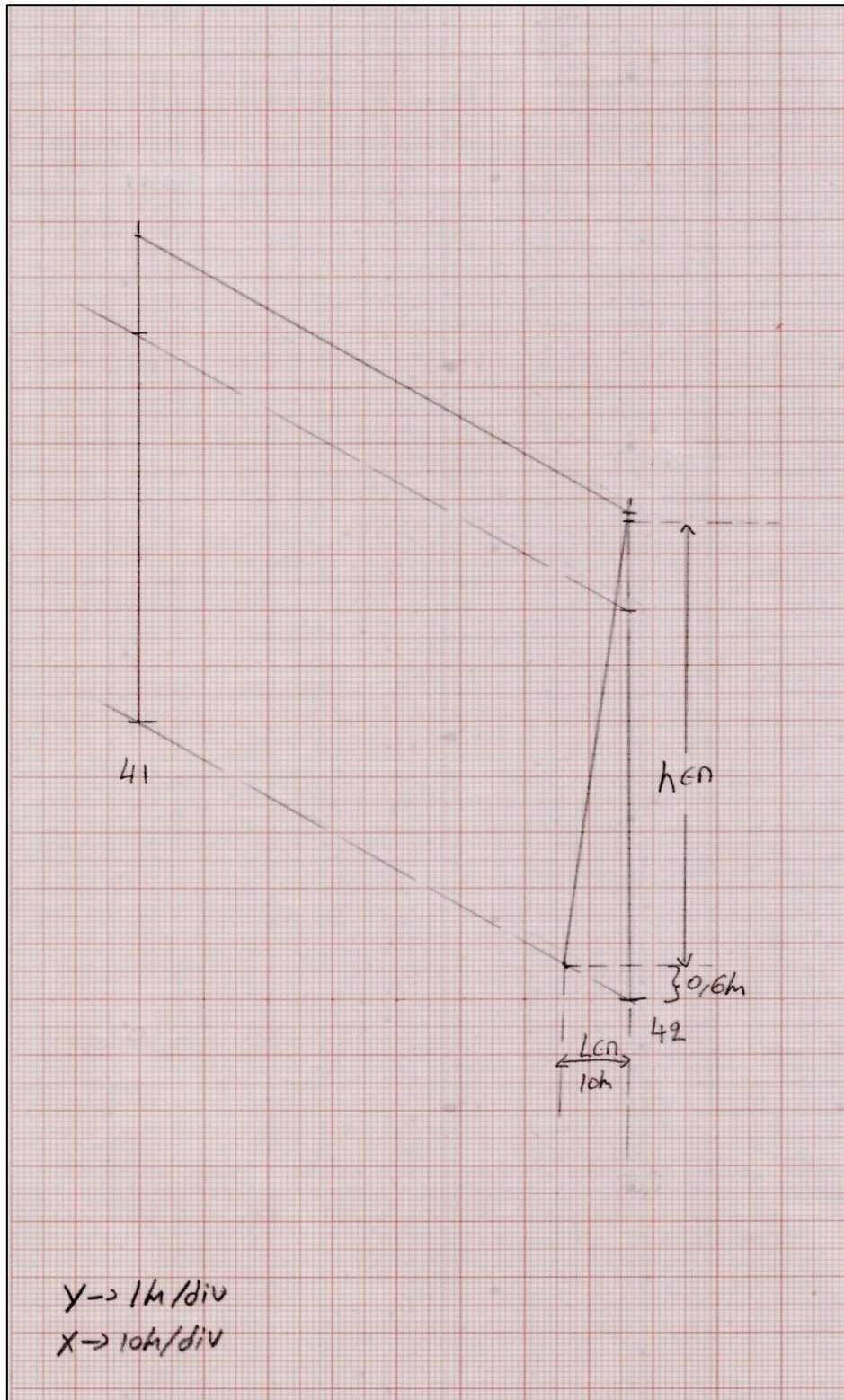
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Σχέδιο. 3



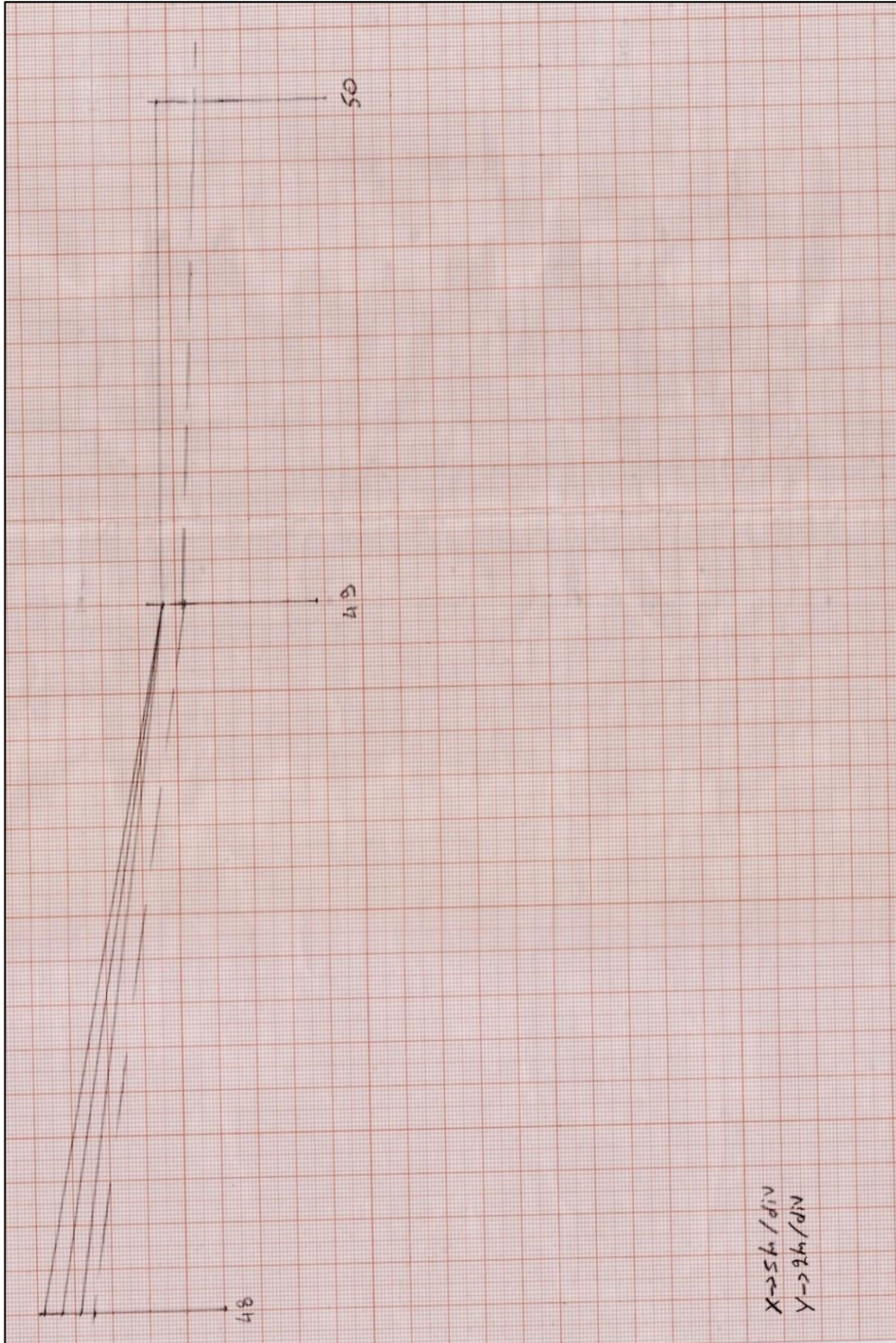
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Σχέδιο. 4



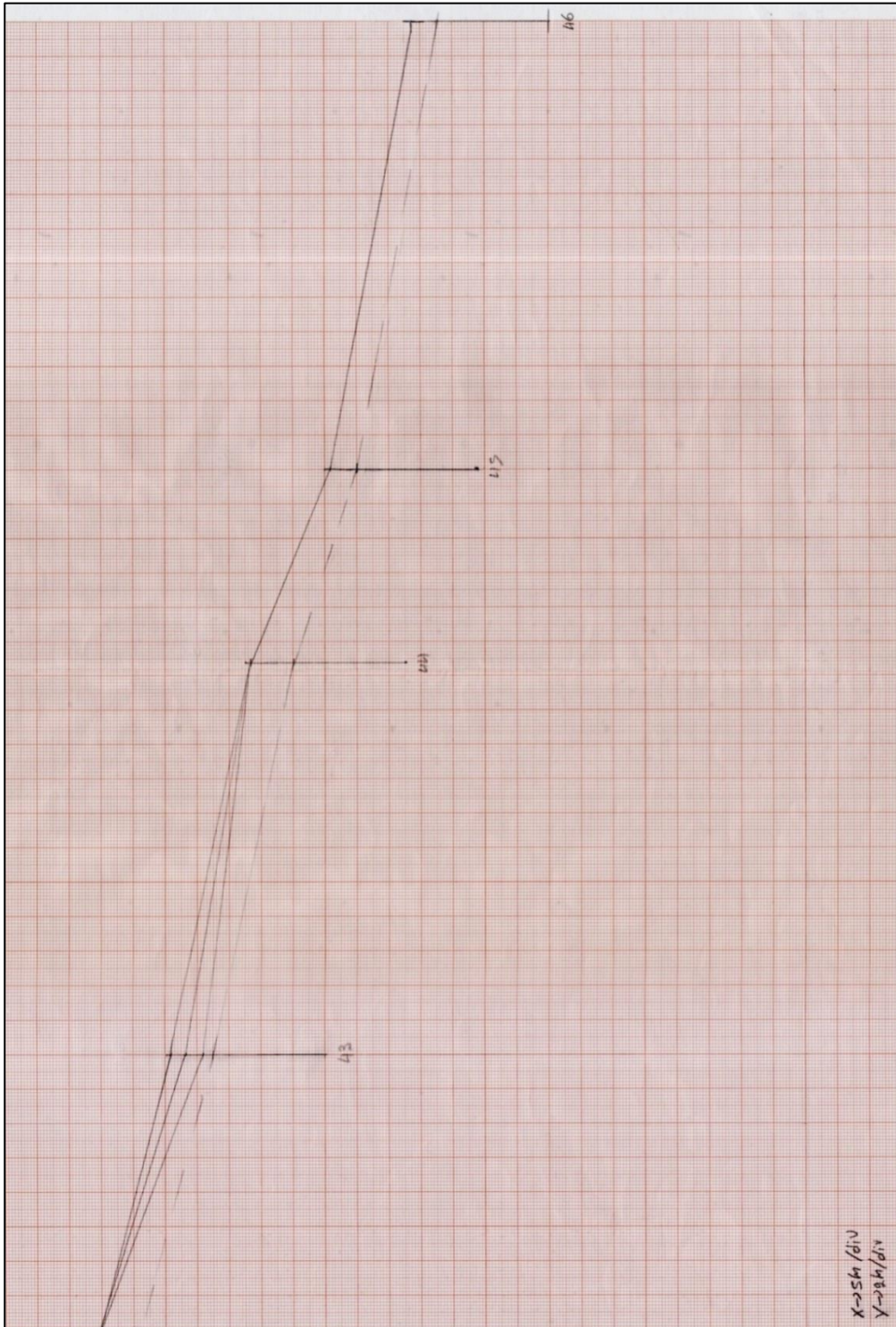
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Σχέδιο. 5



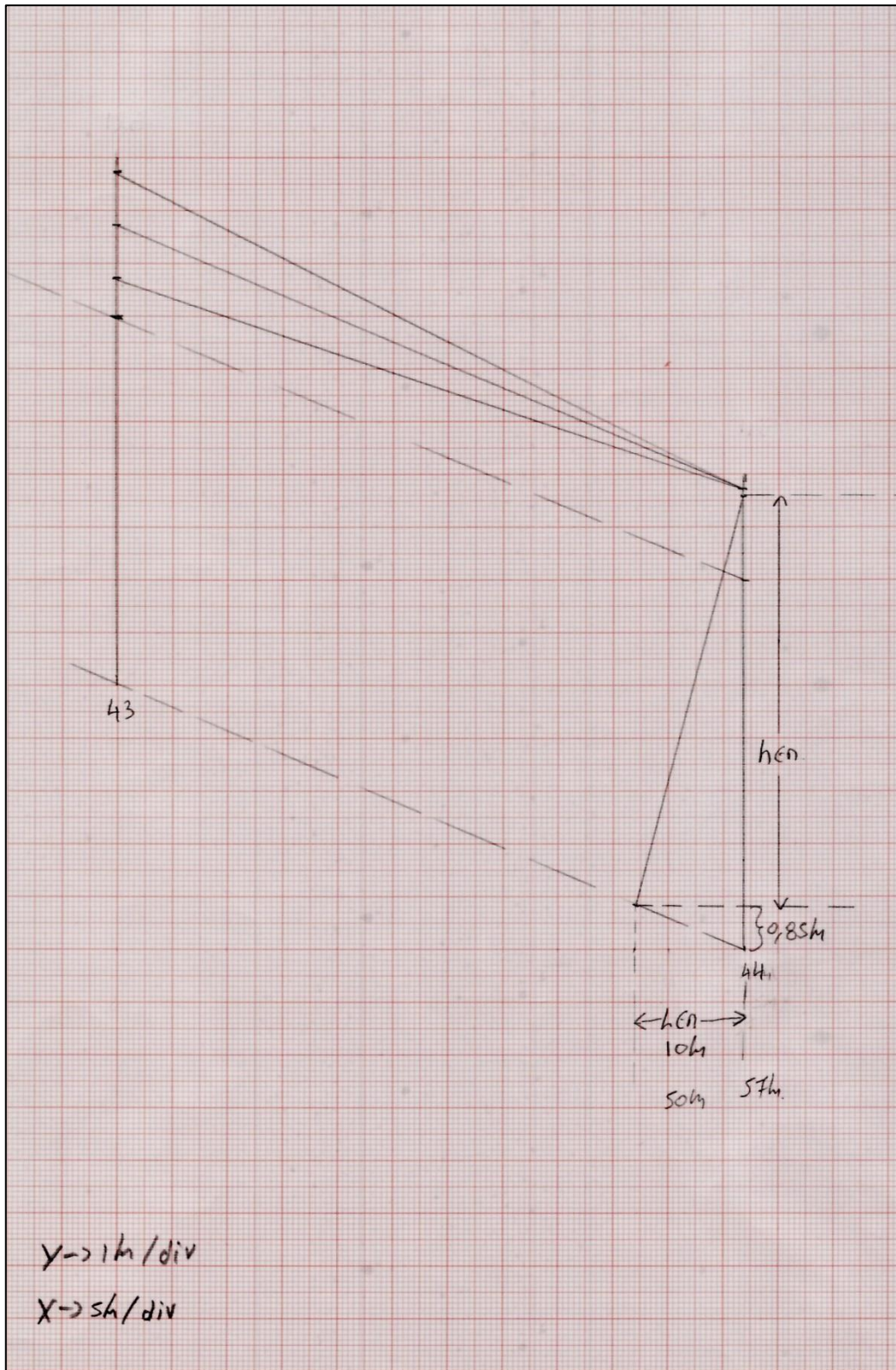
# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Σχέδιο. 6



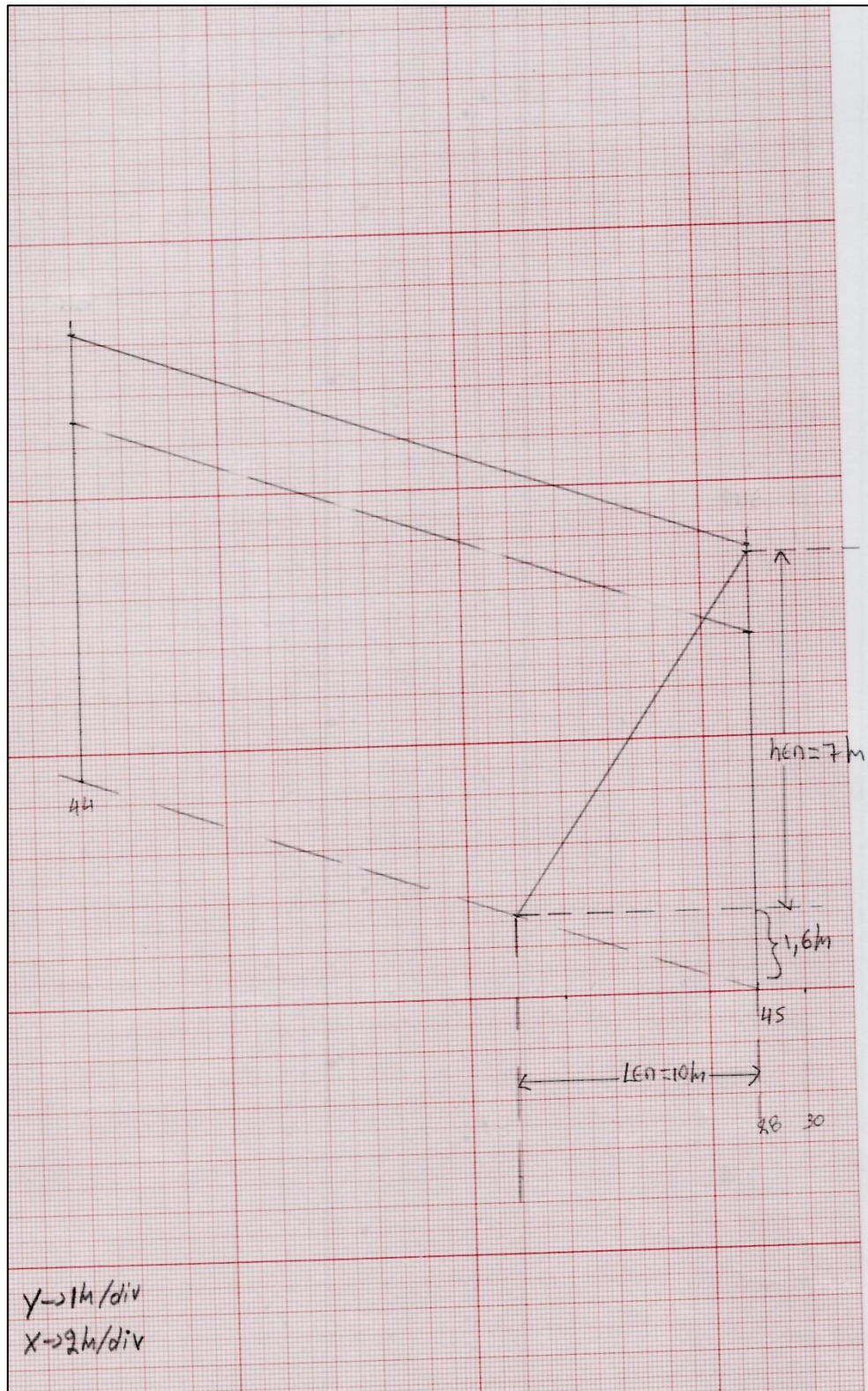
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Σχέδιο. 7



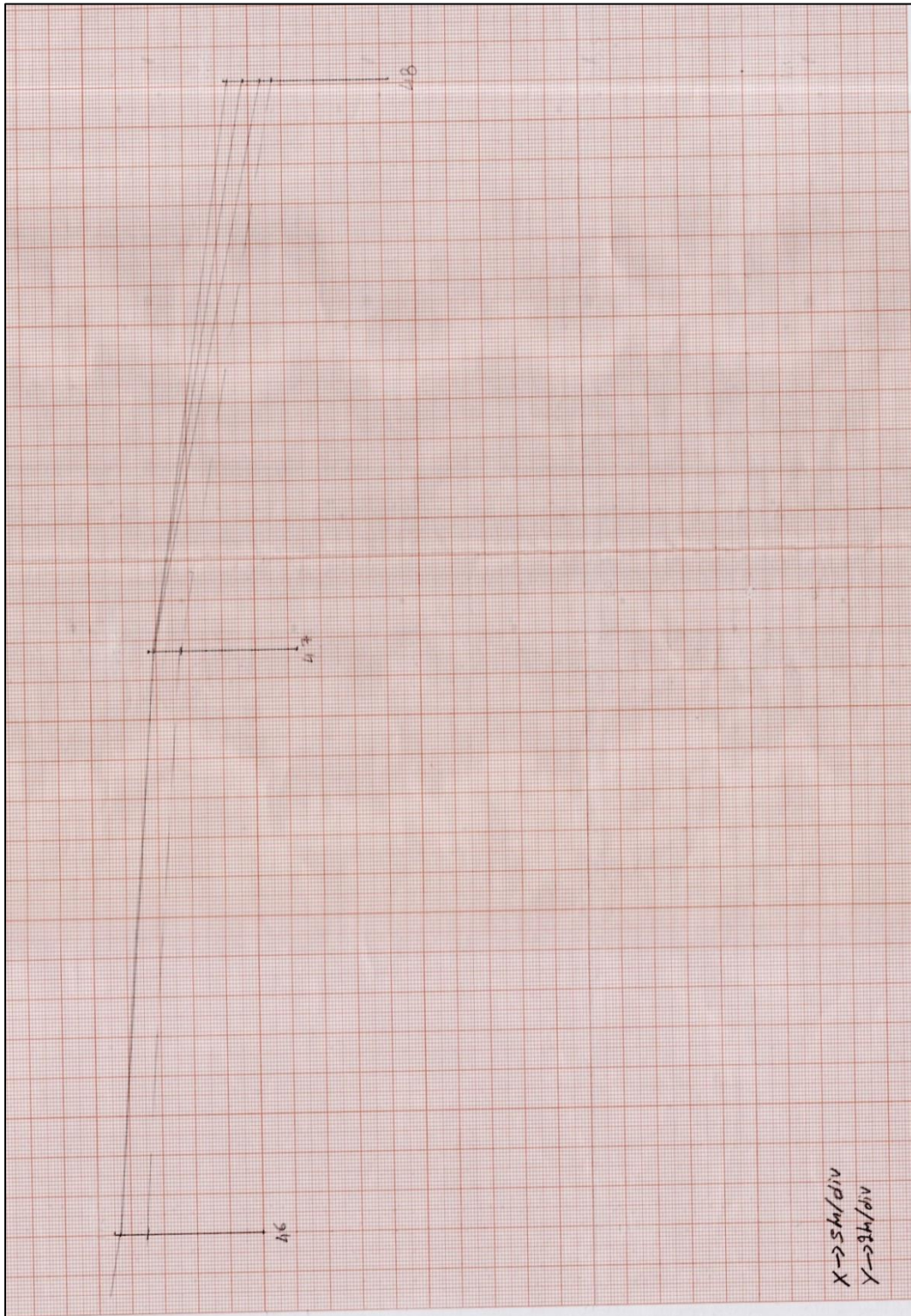
# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Σχέδιο. 8



ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

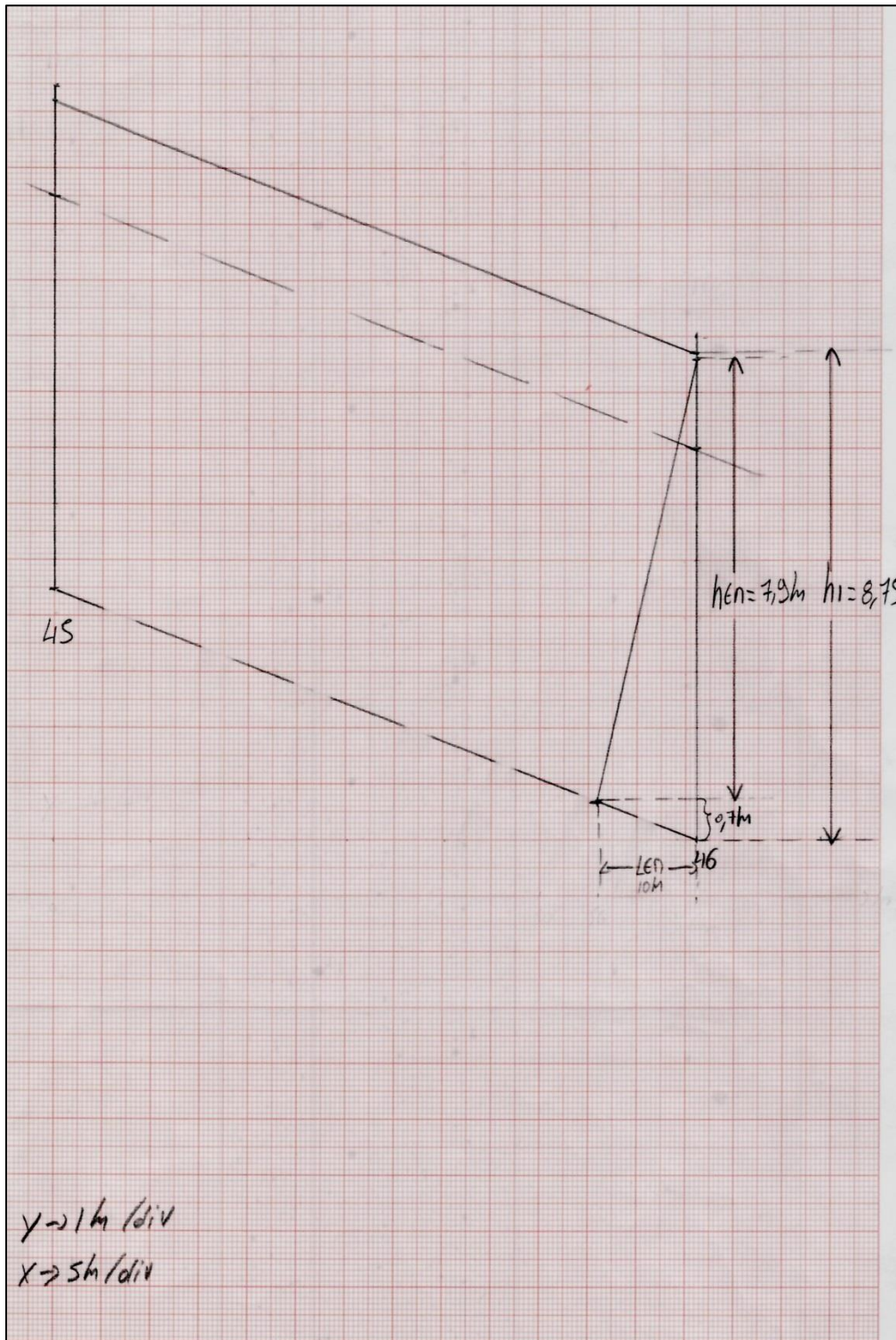
Σχέδιο. 9





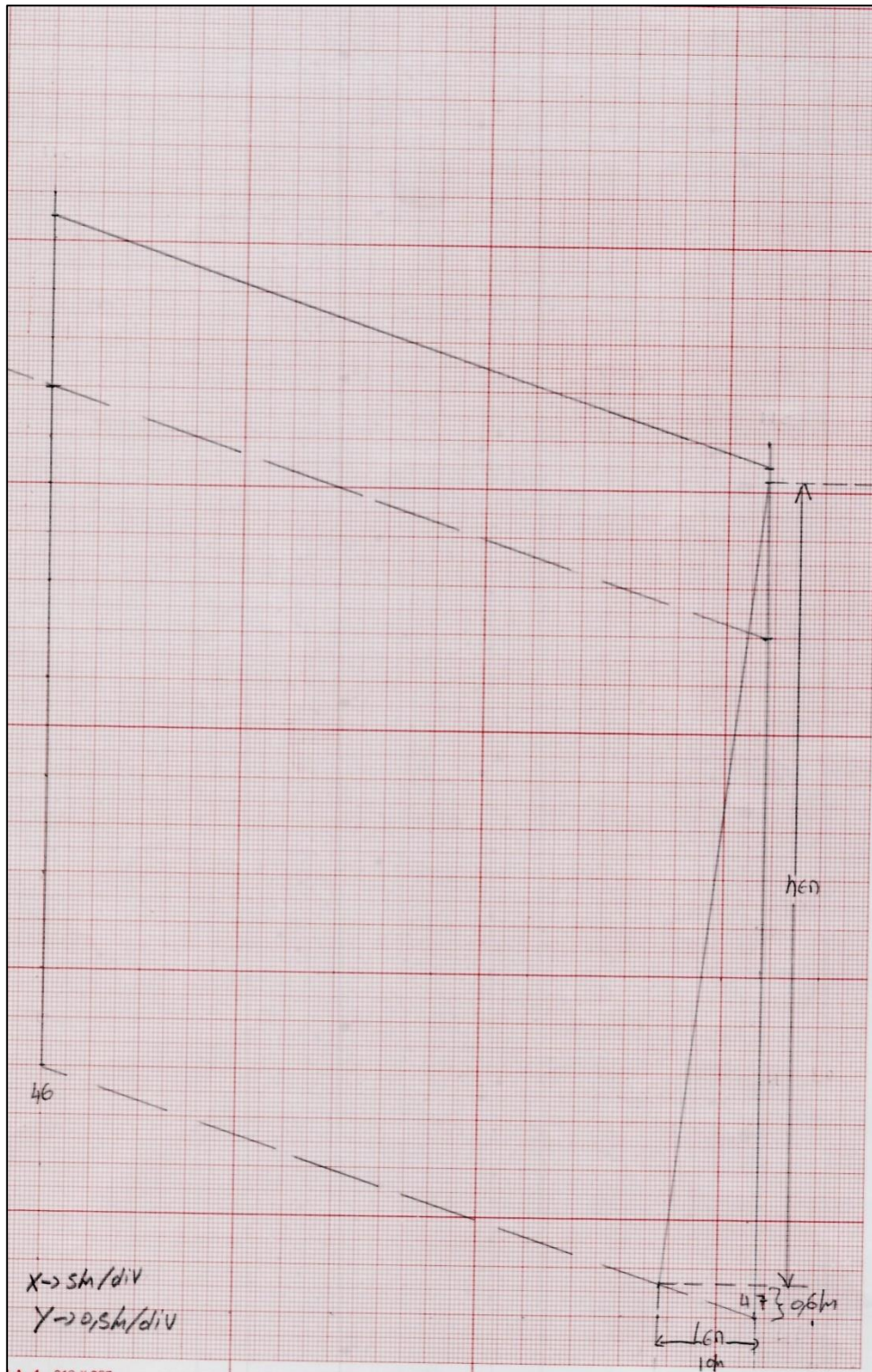
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Σχέδιο. 10



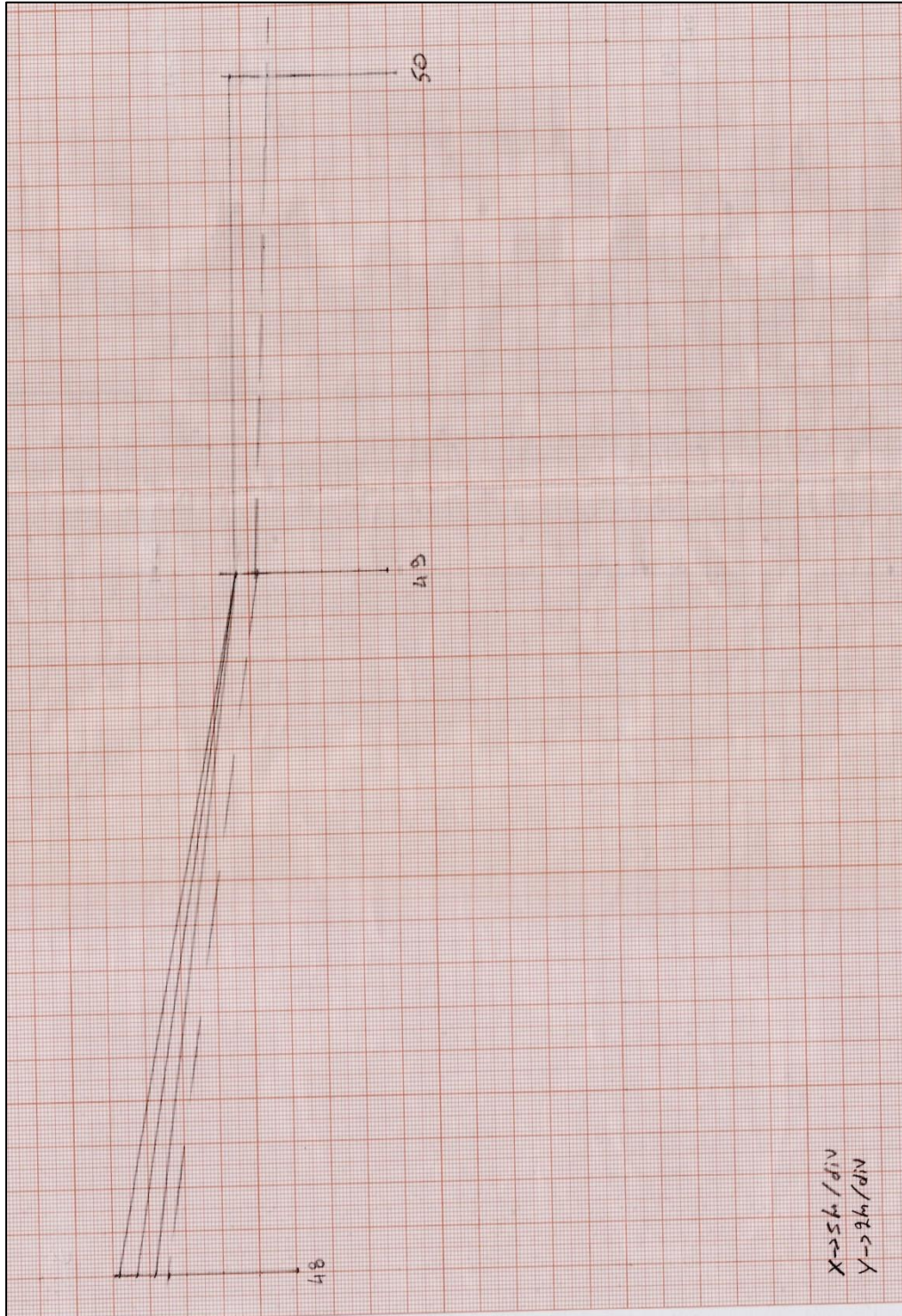
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Σχέδιο. 11



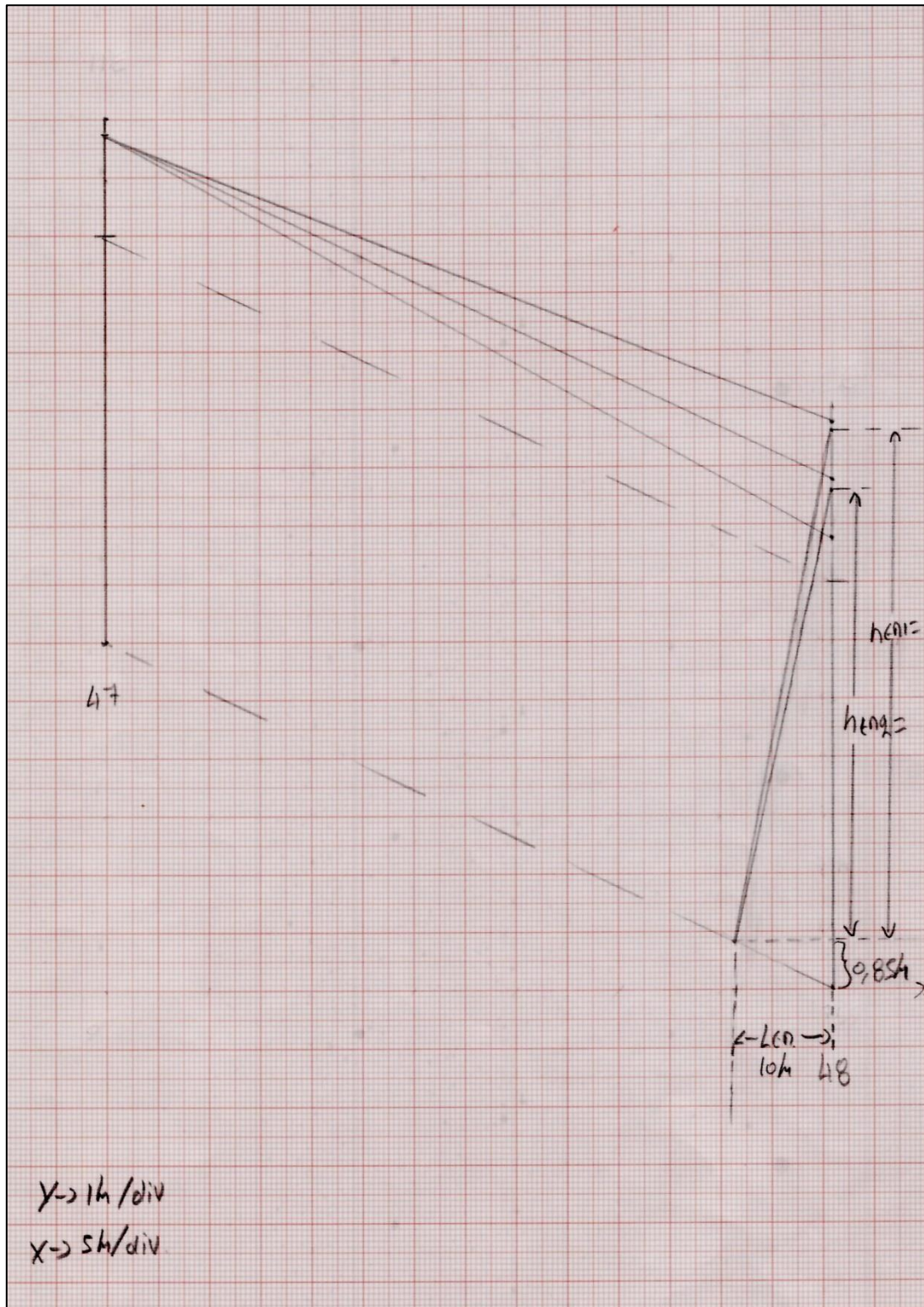
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Σχέδιο. 12



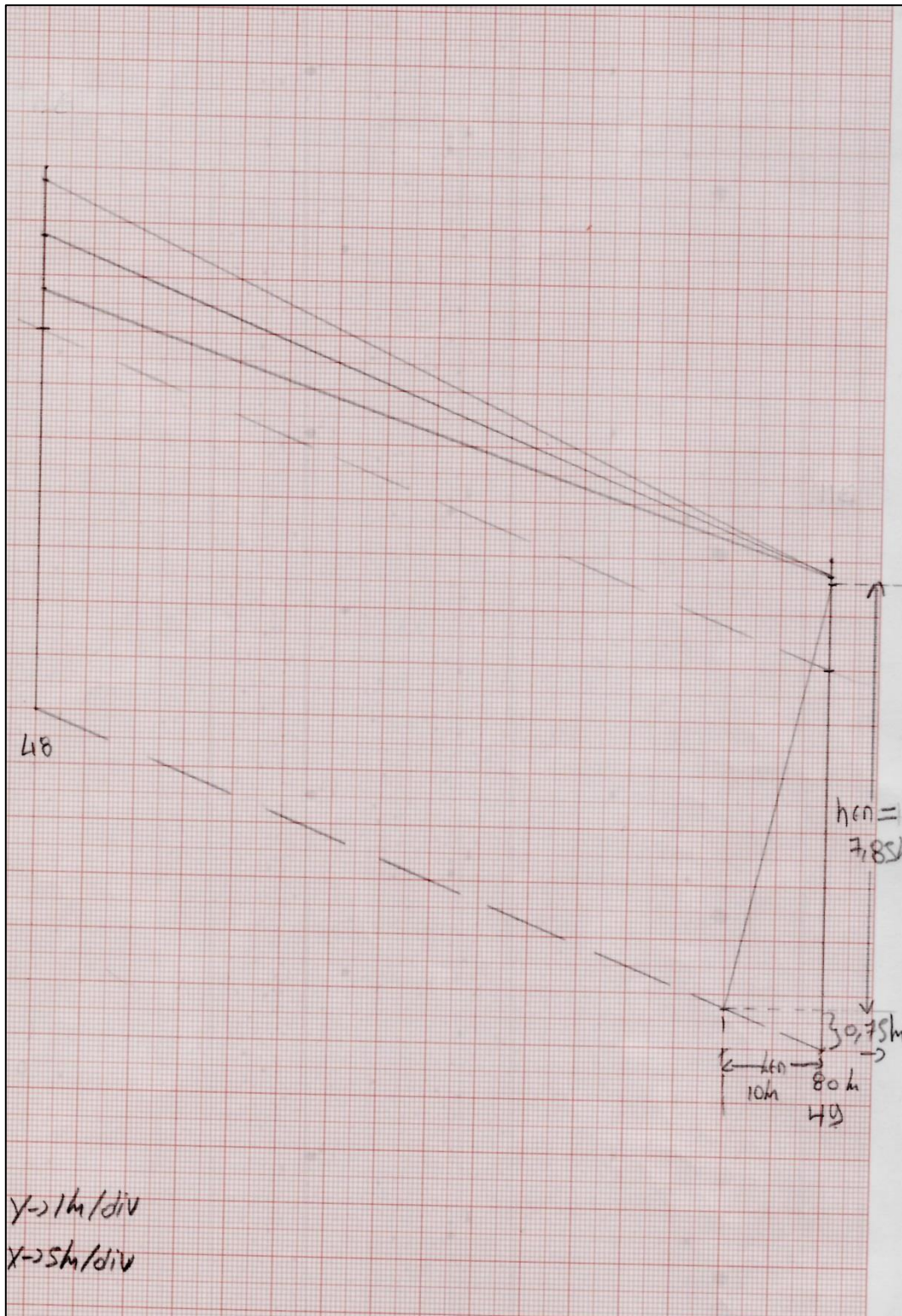
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Σχέδιο. 13



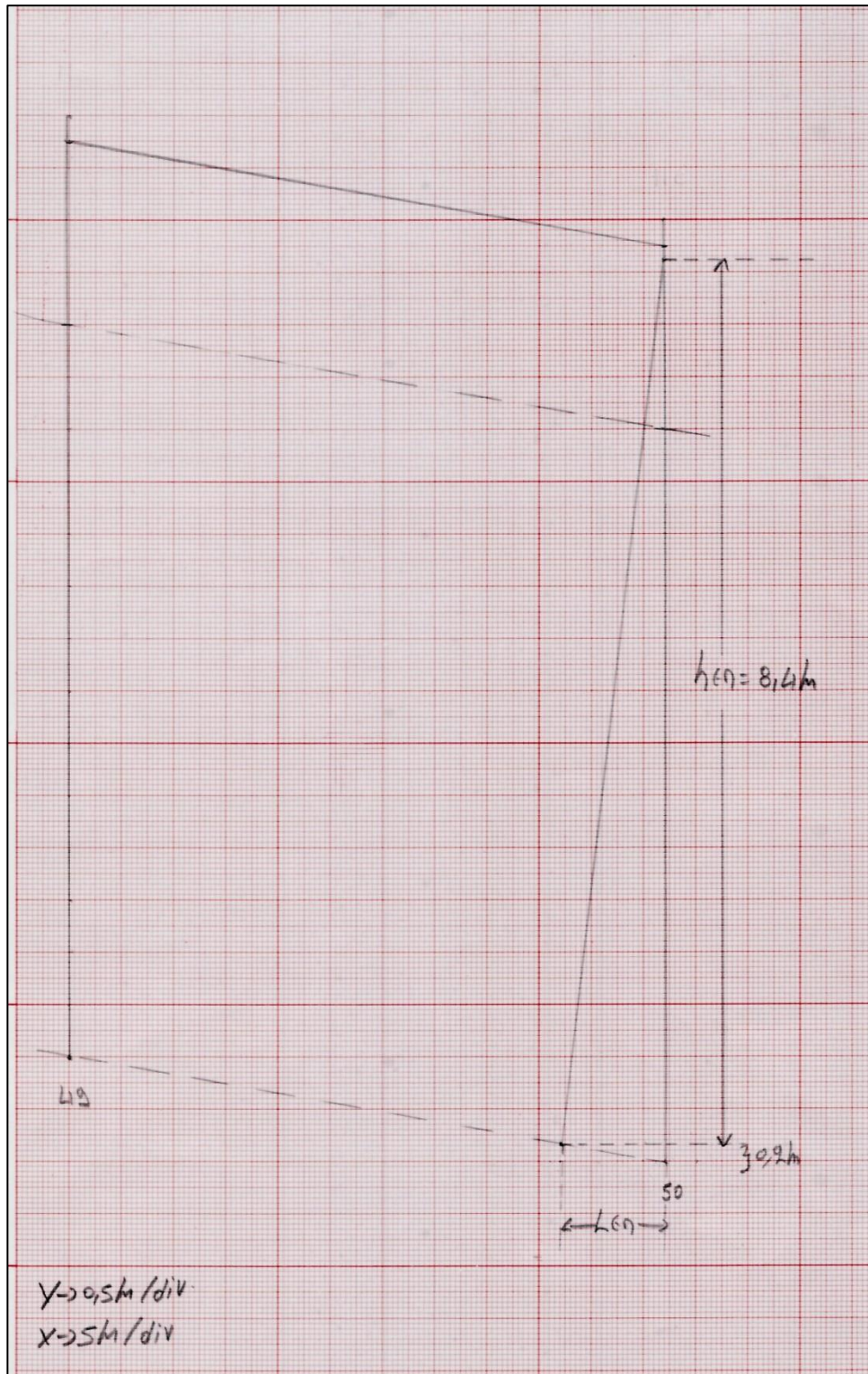
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Σχέδιο. 14



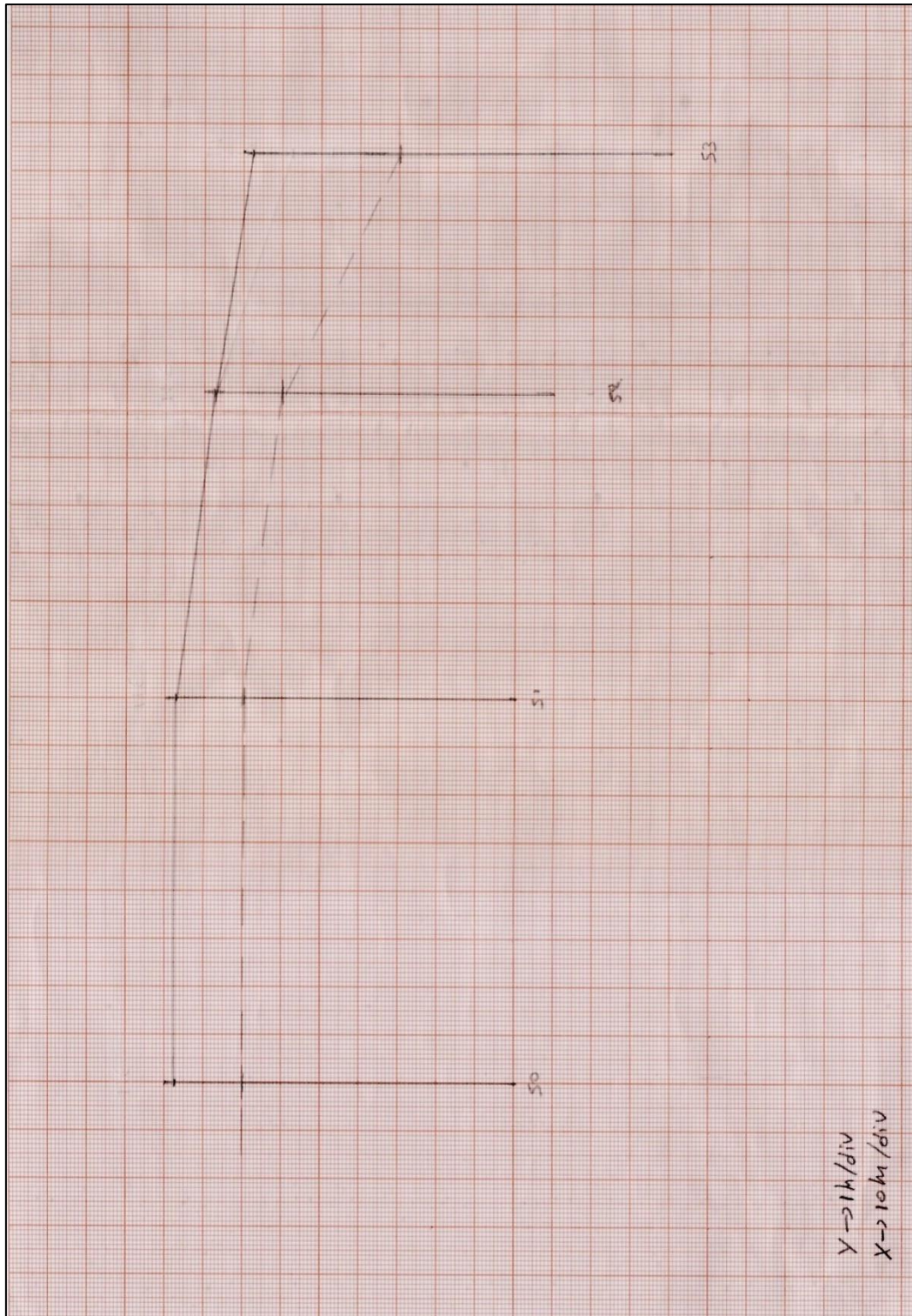
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Σχέδιο. 15



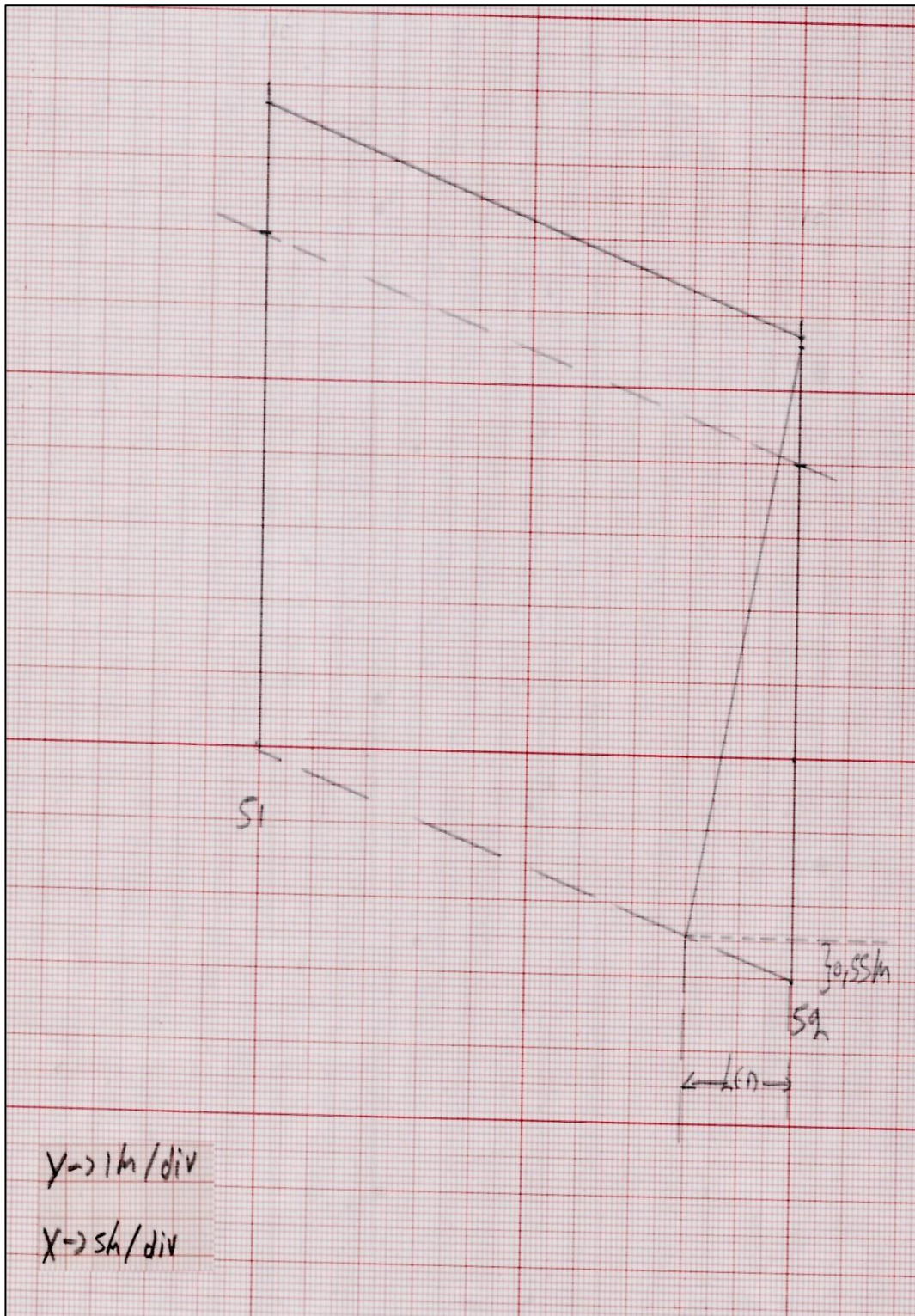
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Σχέδιο. 16



ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

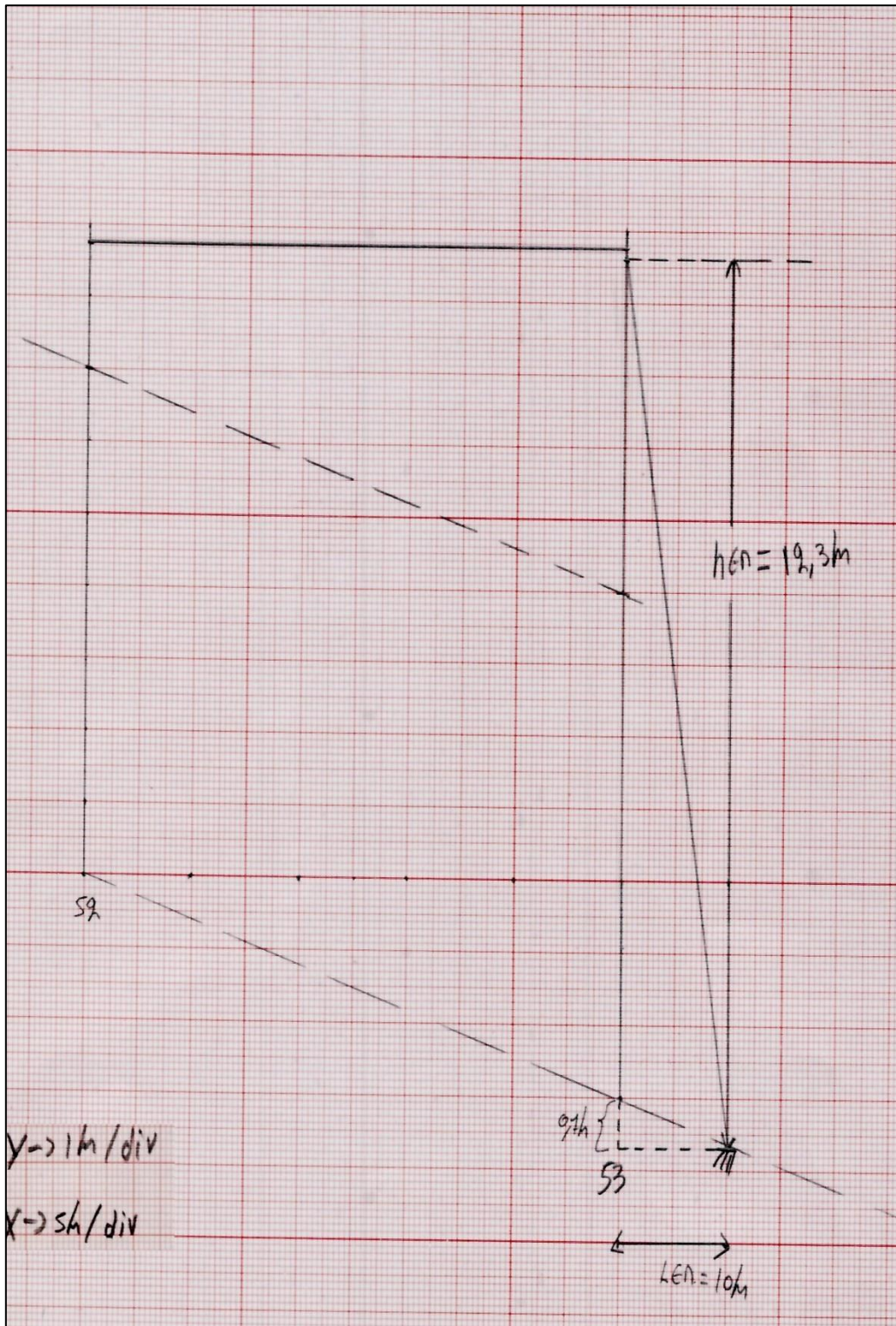
Σχέδιο. 17





ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Σχέδιο. 18



# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

| 1           |          | 2                |            | 3     |       | 4                 |                         | 5           |                  | 6                |            | 7    |            | 8         |           | 9                |        | 10             |             | 11              |                     | 12                             |                    | 13                |        | 14           |  | 15 |  | 16 |  | 17 |  | 18 |  | 19 |  | 20 |  | 21 |  | 22 |  | 23 |  | 24 |  | 25 |  |
|-------------|----------|------------------|------------|-------|-------|-------------------|-------------------------|-------------|------------------|------------------|------------|------|------------|-----------|-----------|------------------|--------|----------------|-------------|-----------------|---------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|--------|--------------|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|
|             |          |                  |            |       |       |                   |                         |             |                  |                  |            |      |            |           |           |                  |        |                |             |                 |                     |                                |                    |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| Α.Α. Στύλου | Απόγμ. m | Συνολικό μήκος m | Διαστάσεις | Γωμία | Κάδον | Διατομή και είδος | Βασικό άνοιγμα και τάση | Υψος στύλου | Κατηγορία στύλου | Βάρος θεμελίωσης | Κατασκευές | Μ.Τ. | Κατασκευές | Κατασκευή | Κατηγορία | Κλίση ή απόσταση | Γείωση | Μεταχηματιστές | Αφάγια Μ.Τ. | Είδος μονωτήρων | Αριθμός Α.Α. Στύλου | Υπογεγραμμένη από τον υπεύθυνο | Κεκλιμένη απόσταση | Διάφορα για κάδον | Ε.Τ.Μ. | ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| 140         | 80       | 915,5            |            |       | (A)   |                   |                         | 13          | B                | 9,40             | Κατασκευές | P9II |            |           | B         | 10               |        |                |             |                 |                     | 39                             | 7                  |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| 140A        | 88       | 953,5            |            |       | (A)   |                   |                         | 11          | M                | 9,00             | Κατασκευές | P13  |            |           | 9A        |                  |        |                |             |                 |                     | 40                             | 5                  |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| 150         | 76,5     | 962,3            |            |       | (A)   |                   |                         | 11          | M                |                  | Κατασκευές | P13  |            |           | 9A        |                  | V      |                |             |                 |                     | 41                             | 5                  |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| 150A        | 84       | 969,5            |            |       | (A)   |                   |                         | 11          | M                |                  | Κατασκευές | P13  |            |           | 9A        |                  | V      |                |             |                 |                     | 42                             | 6                  |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| 151         | 57       | 983,5            |            |       | (A)   |                   |                         | 12          | M                |                  | Κατασκευές | P9IV |            |           | 9A        |                  | V      |                |             |                 |                     | 43                             | 4                  |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| 151A        | 48       | 980,5            |            |       | (A)   |                   |                         | 11          | M                |                  | Κατασκευές | P13  |            |           | 9A        |                  | V      |                |             |                 |                     | 44                             | 4                  |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| 152         | 66       | 986,5            |            |       | (A)   |                   |                         | 11          | M                |                  | Κατασκευές | P13  |            |           | 9A        |                  | V      |                |             |                 |                     | 45                             | 4,5                |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| 152A        | 74       | 993,5            |            |       | (A)   |                   |                         | 11          | M                |                  | Κατασκευές | P13  |            |           | 9A        |                  | V      |                |             |                 |                     | 46                             | 4,5                |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| 153         | 71,5     | 3.008,5          |            |       | (A)   |                   |                         | 11          | M                |                  | Κατασκευές | P13  |            |           | 9A        |                  | V      |                |             |                 |                     | 47                             | 4,5                |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| 153A        | 80       | 3088,5           |            |       | (A)   |                   |                         | 12          | M                |                  | Κατασκευές | P9IV |            |           | 9A        |                  | V      |                |             |                 |                     | 48                             | 5                  |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| 154         | 57       | 3105,5           |            |       | (A)   |                   |                         | 11          | M                |                  | Κατασκευές | P13  |            |           | 9A        |                  | V      |                |             |                 |                     | 49                             | 5                  |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| 154A        | 80       | 3225,5           |            |       | (A)   |                   |                         | 11          | C                |                  | Κατασκευές | P13  |            |           | 1M        |                  | V      |                |             |                 |                     | 50                             | 1                  |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| 155         | 64       | 3289,5           |            |       | (A)   |                   |                         | 11          | E                |                  | Κατασκευές | P13  |            |           | 9A        |                  | V      |                |             |                 |                     | 51                             | 0                  |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| 155A        | 64       | 3339,5           |            |       | (A)   |                   |                         | 11          | M                |                  | Κατασκευές | P13  |            |           | 9A        |                  | V      |                |             |                 |                     | 52                             | 1                  |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |
| 156         | 50       |                  |            |       | (A)   |                   |                         | 11          | M                |                  | Κατασκευές | P11  |            |           | 9A        |                  | V      |                |             |                 |                     | 53                             | 0                  |                   |        |              |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |    |  |

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

---

## Βιβλιογραφία.

1. ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ  
ΝΙΚΟΛΑΟΣ Ν. ΣΙΑΜΗΤΡΟΥ ΑΘΗΝΑ 1970
2. ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ  
Κ. ΛΑΜΠΡΟΠΟΥΛΟΣ ΑΘΗΝΑ 2002
3. ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΘΗΝΑ 1995
4. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ  
ΤΑΣΗΣ  
ΠΕΤΡΟΣ ΝΤΟΚΟΠΟΥΛΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2005
5. ΠΑΡΑΓΩΓΗ – ΜΕΤΑΦΟΡΑ – ΔΙΑΝΟΜΗ – ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ  
ΒΑΣΙΛΗΣ Ν. ΞΑΝΘΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 1999
6. el.wikipedia.gr ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ  
link :  
[http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%8E%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82\\_%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82\\_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%8E%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82_%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82)