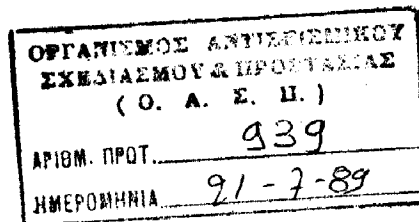


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ



ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΟΑΣΠ.

ΔΙΚΤΥΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ  
ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΑΘΗΝΑ ΙΟΥΛΙΟΣ 1989

67

## 1. ΓΕΝΙΚΑ

Με βάση το μ' αριθμό 1542/10-9-87 εγγραφό του ΟΑΣΠ το εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας του Τομέα Τοπογραφίας του Τμήματος Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών (Τ.Α.Τ.Μ.) του ΕΜΠ ανέλαβε τις παρακάτω εργασίες στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος "Δίκτυα οριζοντίου και κατακορύφου ελέγχου μικρομετακινήσεων στην ευρύτερη περιοχή της Καλαμάτας"

- Αναγνώριση στην ευρύτερη περιοχή της Καλαμάτας για την εγκατάσταση 2 επιπλέον σημείων και την επέκταση του ήδη υπάρχοντος δικτύου οριζοντίου ελέγχου.
- Βελτιστοποίηση του νέου δικτύου (υπάρχοντος και των 2 νέων σημείων) για τον καθορισμό των παρατηρήσεων, δεδομένων των ακριβειών των οργάνων.
- Αναγνώριση για την εγκατάσταση υψομετρικών αφετηριών (Repères) που θα αποτελέσουν επέκταση του ήδη υπάρχοντος δικτύου κατακορύφου ελέγχου.
- Σχεδιασμό και εγκατάσταση των δύο σημείων οριζοντίου ελέγχου με βάθρα από οπλισμένο σκυρόδεμα ή σιδερένια ειδικής κατασκευής, με κεφαλή αναγκαστικής κέντρωσης από ντουραλλουμίνιο.
- Σχεδιασμό και εγκατάσταση των υψομετρικών αφετηριών, για την υλοποίηση των χωροσταθμικών οδεύσεων, με ορειχάλκινα μπουλόνια που θα τοποθετηθούν σε κατασκευές που δεν παρουσίασαν αστοχίες κατά τους σεισμούς του Σεπτεμβρίου 1986 ή βράχο. Η πάκτωση τους θα γίνει με χρήση ρητινών.

## 2. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

Το εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας του Τομέα Τοπογραφίας του ΤΑΤΜ-ΕΜΠ ήδη από τον ΔΕΚΕΜΒΡΙΟ 1986 έδειξε ενδιαφέρον για τη σεισμική συμπεριφορά της περιοχής της Καλαμάτας.

Τον ΜΑΡΤΙΟ 1987 αποφασίστηκε η ίδρυση και εγκατάσταση δικτύων οριζοντίου και κατακορύφου ελέγχου στην εγγύς περιοχή της Καλαμάτας. Συγκεκριμένα τον ΑΠΡΙΛΙΟ 1987 εγκαταστάθηκε δίκτυο οριζοντίου ελέγχου πέντε κορυφών στη περιοχή ανατολικά του ποταμού Νέδοντα και ειδικότερα στις θέσεις λόφος Τούρλες επάνω στη δεξιά μεντή, ξενοδοχείο FILOXENIA, κτίριο Μύλων στο λιμάνι, κτίριο Διοικητηρίου στο κέντρο της πόλης, φάρος στο άκρο του μεγάλου προβλήτα του λιμανιού. Επίσης εγκαταστάθηκε δίκτυο κατακορύφου ελέγχου που καλύπτει την πόλη από την περιοχή του Γενικού Νοσοκομείου (δυτικά) μέχρι το Στάδιο (ανατολικά) και από το νεκροταφείο (βόρεια) μέχρι τη παραλιακή περιοχή (νότια).



Τον ΑΥΓΟΥΣΤΟ 1987 ολοκληρώθηκε η μέτρηση των δύο δικτύων και τον ΜΑΪΟ 1988 έγινε δεύτερη μέτρηση του δικτύου οριζοντίου ελέγχου.

Το εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας σε συνεργασία με τον ΟΑΣΠ στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος πρότεινε και πραγματοποίησε επέκταση και των δύο δικτύων ελέγχου στην ευρύτερη περιοχή της πόλης ως εξής:

### 2.1. Επέκταση δικτύου οριζοντίου ελέγχου.

Το ήδη υπάρχον δίκτυο πέντε κορυφών επεκτάθηκε δυτικά του ποταμού Νέδοντα προς περιοχές που ανήκουν σε διαφορετικά "τεκτονικά μπλόκ" από εκείνο που κυρίως κινήθηκε κατά τους σεισμούς του ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 1986 και που παρουσίασαν λιγώτερες καταστροφές.

Κατά την επιλογή των σημείων ιδιαίτερο ρόλο έπαιξαν η γεωλογία των περιοχών καθώς και οι τεκτονικές συνθήκες της ευρύτερης ζώνης.

Επιλέχθηκε η περιοχή του εργοστασίου "ΚΑΡΕΛΙΑ" "Ασπρόχωμα" και εγκαταστάθηκε στο βόρειο δώμα της απόληξης του κλιμακοστασίου του κτιρίου αποθηκών καπνού σιδερένιο βάθρο ειδικής κατασκευής ύψους περίπου 1.00m που πακτώθηκε στη στέγη του δώματος (φωτ. 1 ). Κοντά στο βάθρο πακτώθηκε ορειχάλκινη υψομετρική αφετηρία. (φωτ. 2)

Οι πακτώσεις έγιναν με τη βοήθεια ρητινών και η βάση του σιδερένιου βάθρου καλύφθηκε με μπετόν ύψους περίπου 10cm. Πάνω στο βάθρο τοποθετήθηκε πλάκα ντουραλλουμινίου αναγκαστικής κέντρωσης για τα όργανα που θα εδραστούν κατά την φάση των μετρήσεων.

Το δεύτερο σημείο τοποθετήθηκε στην περιοχή του χωριού ΚΟΥΤΑΛΑ προς τα βόρεια της Καλαμάτας και ειδικότερα περίπου 500m πριν το χωριό στη δεξιά πλευρά του δρόμου Καλαμάτα - Κουταλά.

Το σημείο αυτό υλοποιήθηκε με βάθρο από οπλισμένο σκυρόδεμα ύψους 1,10m με ικανή θεμελίωση σε βραχώδες έδαφος (φωτ. 3 ). Κοντά στο σημείο πακτώθηκε σε βράχο υψομετρική αφετηρία (φωτ. 4 ).

Τέλος δίνεται χάρτης με ολόκληρο το δίκτυο οριζοντίου ελέγχου (χάρ.1)

### 2.2. Επέκταση δικτύου κατακορύφου ελέγχου.

Το δίκτυο κατακορύφου ελέγχου που αρχικά είχε εγκατασταθεί και μετρηθεί επεκτάθηκε τόσο ανατολικά προς την περιοχή του Ξενοδοχείου ΦΙΛΟΧΕΝΙΑ όσο και δυτικά μέχρι την περιοχή Κορδίας (Αρμένια). Η επέκταση αυτή συνδέθηκε με το ήδη υπάρχον δίκτυο και δημιουργήθηκαν κλειστές χωροσταθμικές οδεύσεις. Για την υλοποίηση των υψομετρικών αφετηριών χρησιμοποιήθηκαν ορειχάλκινα μπουλόνια που πακτώθηκαν στο σώμα κατασκευών οι οποίες είχαν καλή συμπεριφορά κατά τους σεισμούς του ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 1986. Η πάκτωση εξασφαλίστηκε με χρήση ρητινών.

Συνολικά τοποθετήθηκαν 9 υψομετρικές αφετηρίες.

Οι θέσεις των υψομετρικών αφετηριών σκαριφηματικά και φωτογραφικά παρουσιάζονται παρακάτω. Τέλος δίνεται χάρτης με ολόκληρο το δίκτυο κατακορύφου ελέγχου. (χαρτ. 2)

### 3. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΑΚΡΙΒΕΙΕΣ - ΕΠΙΛΟΓΗ ΟΡΓΑΝΩΝ

Για το δίκτυο οριζοντίου ελέγχου και για απαιτούμενη ακρίβεια στις συντεταγμένες της τάξης του 1cm ( $\sigma x_i = \sigma y_i = 1\text{cm}$ ) έχουμε:

$$S_{ij} = \sqrt{\Delta x_{ij}^2 + \Delta y_{ij}^2} \rightsquigarrow \sigma S_{ij}^2 = \sigma \Delta x_{ij}^2 + \sigma \Delta y_{ij}^2 \rightsquigarrow \sigma S_{ij} = \sqrt{(\sigma^2 \Delta x_{ij}^2 + \sigma^2 \Delta y_{ij}^2)}$$

$$\sigma \Delta x_{ij} = \sqrt{\sigma x_i^2 + \sigma x_j^2} = \pm \sqrt{2}\text{cm}$$

$$\sigma \Delta y_{ij} = \sqrt{\sigma y_i^2 + \sigma y_j^2} = \pm \sqrt{2}\text{cm}$$

άρα η γραμμική αβεβαιότητα  $\sigma S_{ij}$  είναι:

$$\sigma S_{ij} = \pm \sqrt{2 + 2} = \pm 2\text{cm}$$

για τη μέση απόσταση  $S_{ij} = 4\text{km}$  που έχουμε η ανωτέρω αβεβαιότητα επιτυγχάνεται με όργανο πλευρομετρήσεων κατασκευαστικής ακρίβειας  $5\text{mm} \pm 5\text{ppm}$ .

Για να υπάρχει αρμονική ακρίβεια πλευρομετρήσεων γωνιομετρήσεων, απαραίτητη προϋπόθεση στη μέτρηση των στοιχείων ενός δικτύου, η γωνιακή αβεβαιότητα θα πρέπει να είναι  $\sigma_a^{cc} = \frac{2}{400000} \cdot 636620 = 3^{cc}$ .

Η ανωτέρω αβεβαιότητα επιτυγχάνεται με όργανο απόδοσης  $1^{cc}$ .

Με βάση τις ανωτέρω επιδιωκόμενες ακρίβειες επιλέγεται για πλευρομετρήσεις το όργανο AGA 14 κατασκευαστικής ακρίβειας  $5\text{mm} \pm 5\text{ppm}$  που συνδέεται με το θεοδόλιχο DKM2AE KERN για τη μέτρηση των κατακορύφων γωνιών.

Για τις γωνιομετρήσεις επιλέγεται το θεοδόλιχο T3 WILD απ' ευθείας ανάγνωσης  $0,5^{cc}$ .

Για τη μέτρηση του δικτύου κατακορύφου ελέγχου θα χρησιμοποιηθεί χωροβάτης NA2 WILD και ειδικές σταδίες αλουμινίου κατασκευής του εργαστηρίου Γενικής Γεωδαισίας του ΤΑΤΜ. Ο συνδυασμός των οργάνων αυτών επιτρέπει ταχύτητα στις μετρήσεις και υψηλές ακρίβειες της τάξης  $1\text{mm} - 2\text{mm}/1\text{km}$ .

Όλα τα παραπάνω όργανα που επιλέχτηκαν φυσικά διατίθενται από το εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας και ακόμη υπάρχει και πλήρης εξοπλισμός από τα παρελκόμενά τους (βάσεις κέντρωσης, φωτιστικές διατάξεις για βραδυνές παρατηρήσεις). Τέλος έχουν σχεδιασθεί, κατασκευασθεί και ελεγχθεί διατάξεις που θα επιτρέψουν την πραγματοποίηση των μετ-

ρήσεων κάτω από τις ειδικές συνθήκες που υπαγορεύονται από τα συγκεκριμένα δίκτυα.

4. ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Με βάση τις ακρίβειες των πλευρομετρήσεων  $5\text{mm} \pm 5\text{ppm}$  και των γωνιομετρήσεων  $5\text{cc}$  έγινε βελτιστοποίηση στο δίκτυο οριζοντίου ελέγχου για την παγίωση των παρατηρήσεων.

Υπολογίσθηκαν το μέσο σφάλμα των συντεταγμένων των κορυφών καθώς και το σφάλμα των αποστάσεων του δικτύου.

Τα αποτελέσματα δίνονται διαγραμματικά (διαγρ. 1) και σε μορφή πίνακα (πιν. 1) για διάφορες παρατηρήσεις του δικτύου οριζοντίου ελέγχου.

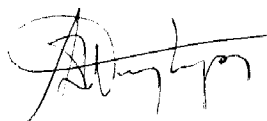
Διαπιστώνεται σαν "βέλτιστο" από άποψη ακριβείας και κόστους (χρόνου-χρήματος) ότι είναι το δίκτυο 5.

Αθήνα 11 Ιουλίου 1989

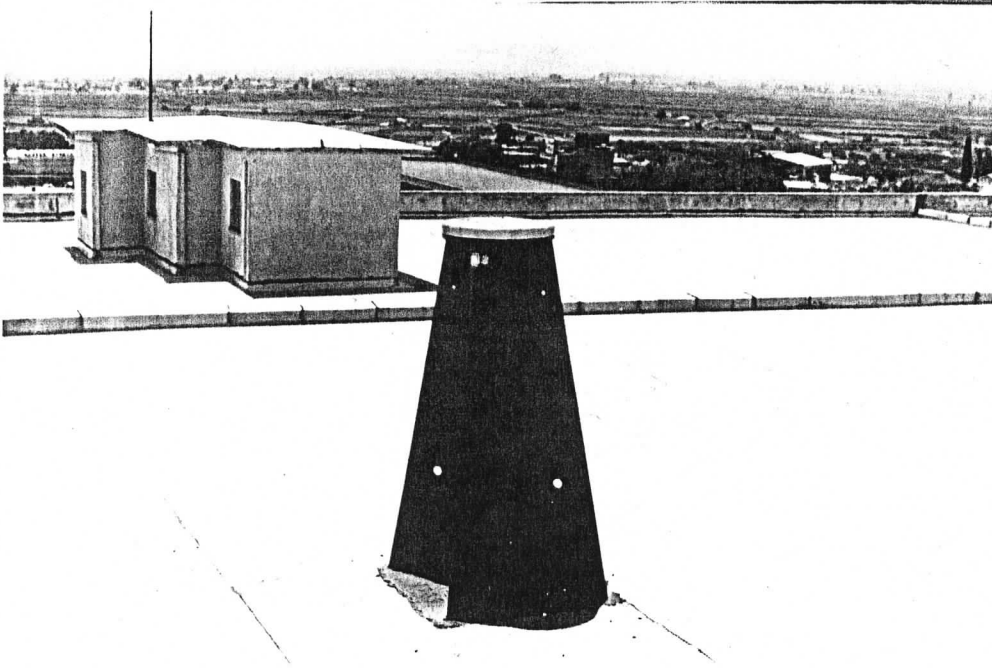
ΟΙ ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ



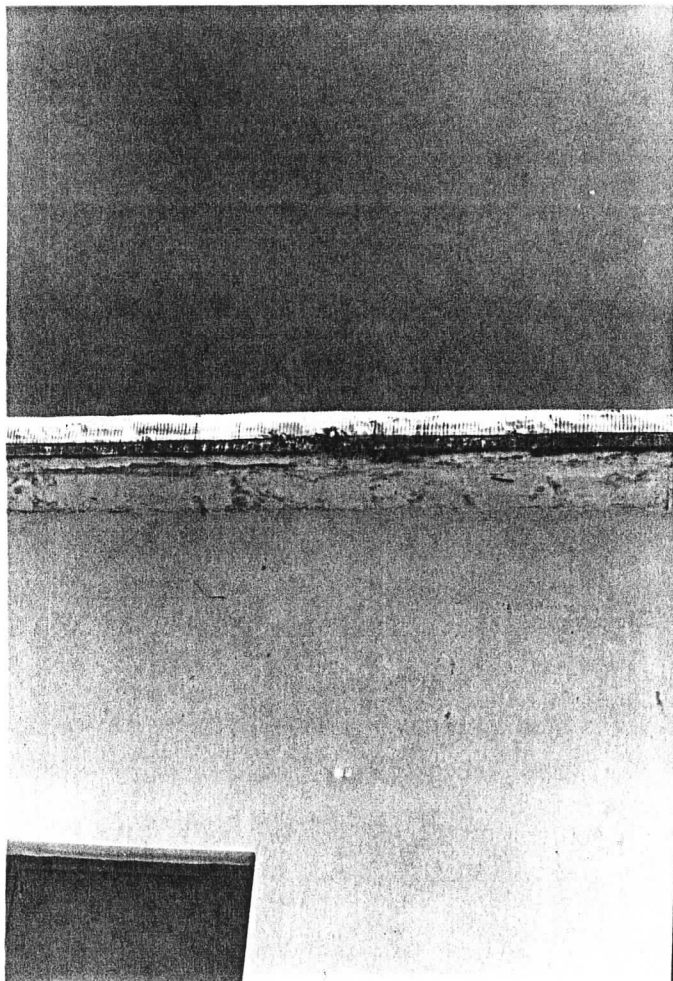
Γ. ΒΕΝΗΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.



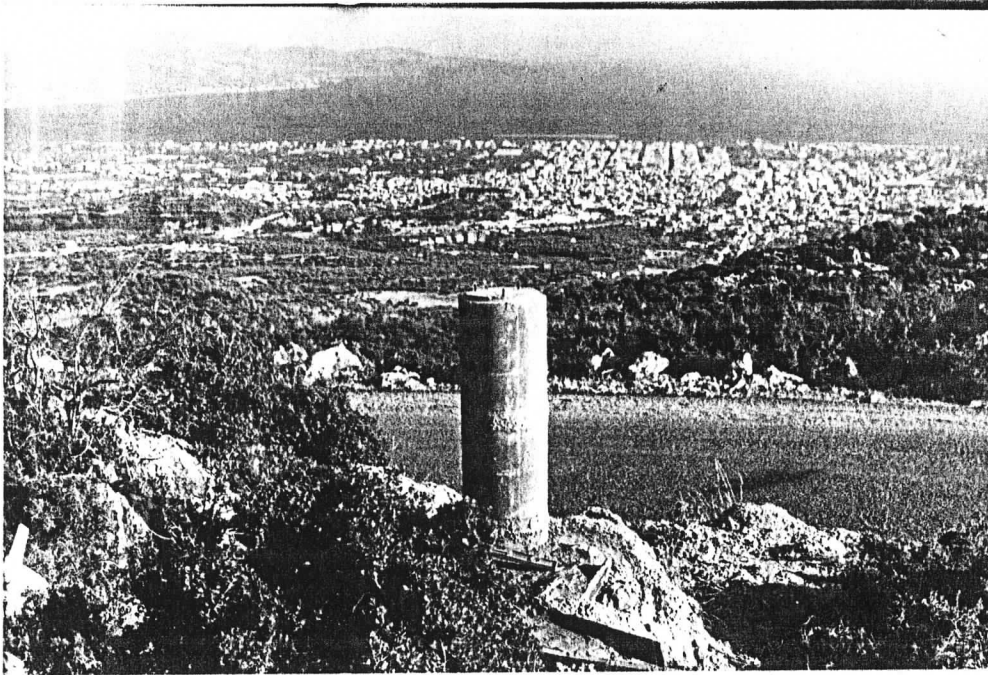
Δ.Δ. ΜΠΑΛΟΔΗΜΟΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.



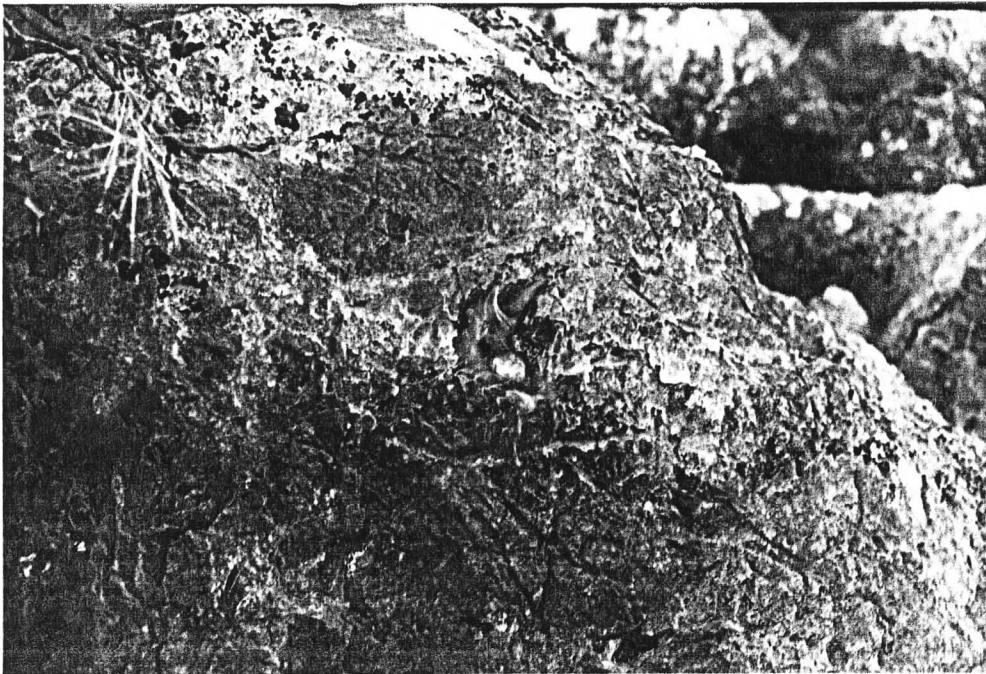
Φωτ. 1



Φωτ. 2



φωτ. 3



φωτ. 4

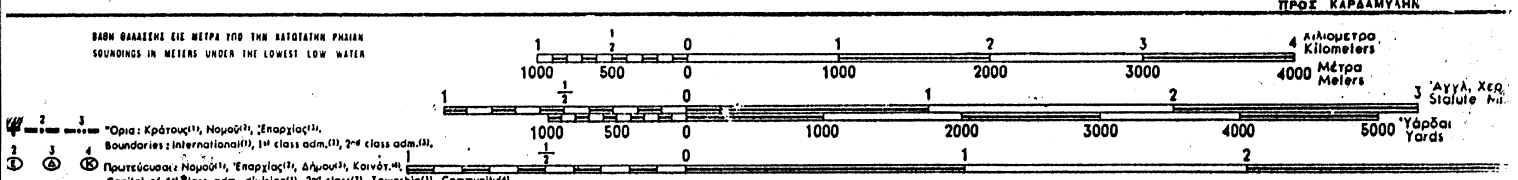




Χάρτης 1

Δίκτυο οριζοντίου ελέγχου

● παλιό σημείο οριζοντίου ελέγχου  
 ⊙ γέο — — — — —

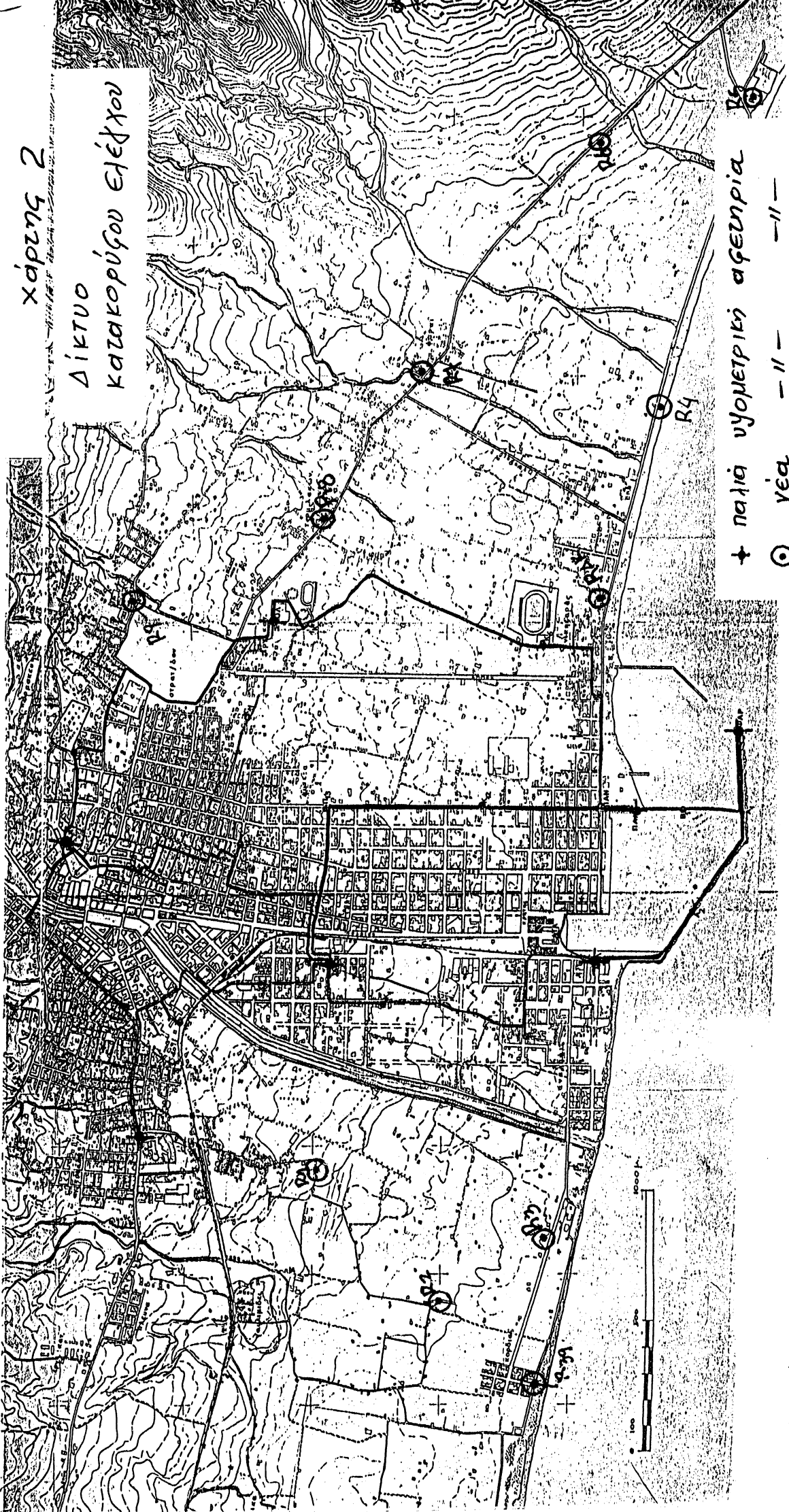


\*Όρια: Κράτους<sup>(1)</sup>, Νομού<sup>(2)</sup>, Ξηροχώρα<sup>(3)</sup>.  
 Boundaries: International<sup>(1)</sup>, 1<sup>st</sup> class adm.<sup>(2)</sup>, 2<sup>nd</sup> class adm.<sup>(3)</sup>.  
 †Πρωτεύουσες: Νομού<sup>(1)</sup>, Έπαρχίας<sup>(2)</sup>, Δήμου<sup>(3)</sup>, Κοινότη<sup>(4)</sup>.  
 Capital of 1<sup>st</sup> class adm. division<sup>(1)</sup>, 2<sup>nd</sup> class<sup>(2)</sup>, Township<sup>(3)</sup>, Community<sup>(4)</sup>.

Κλίμαξ 1 : 50.000  
 Scale 1 : 50,000

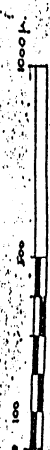
ΙΣΟΔΙΑΣΤΑΣΙΣ 20 ΜΕΤΡΑ - CONTOUR INTERVAL 20 METERS





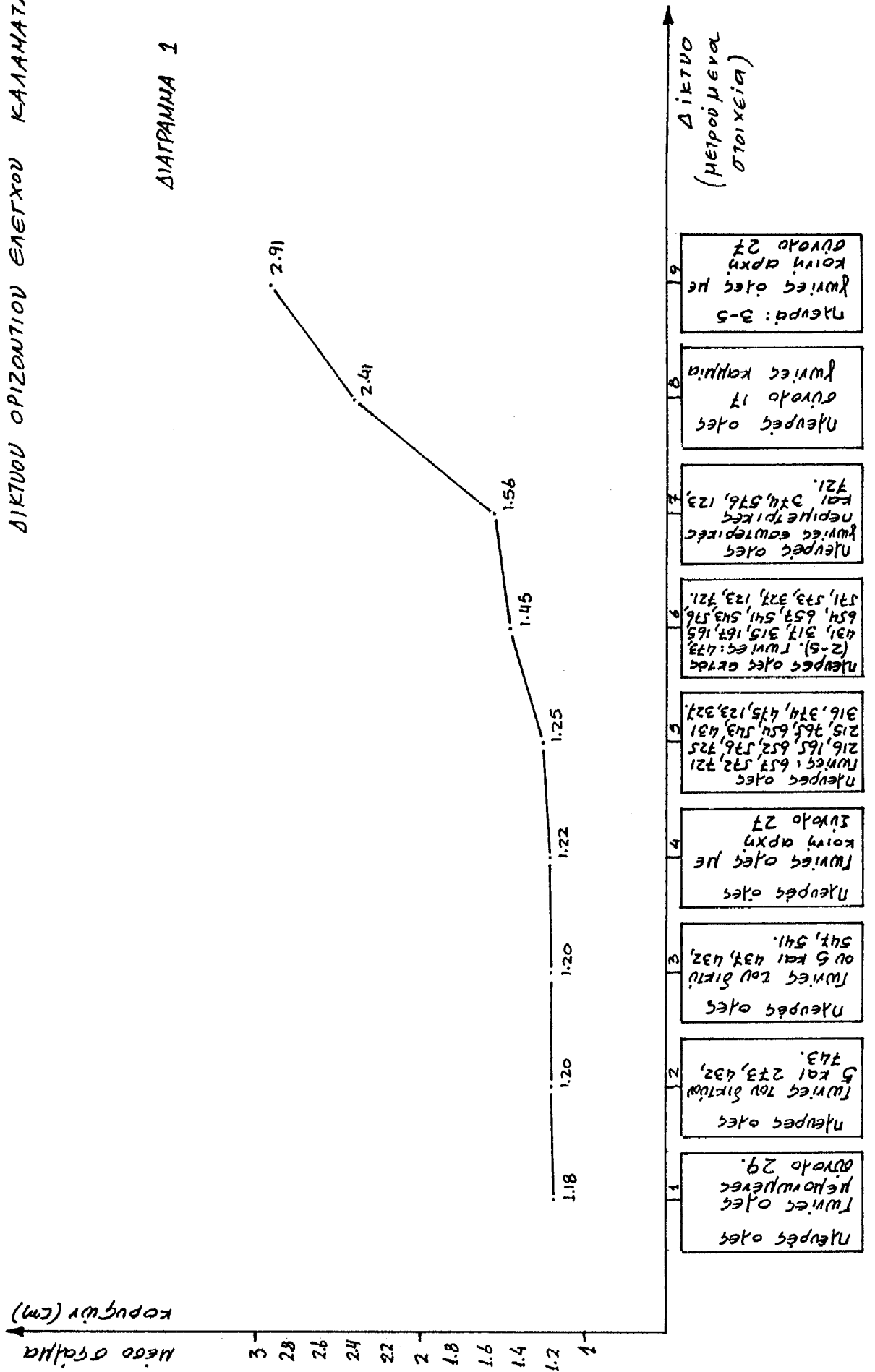
χάρτης 2  
Δίκτυο  
κατακόρυγου ελέγχου

+ παλιά υψομετρικά αστερία  
⊙ νέα - II -



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ  
ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΕΙΣΕΓΧΟΥ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1



ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ  
 ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
 (Σφάλμα πλευρών σε cm)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΔΙΕΥΘ ΠΛΕΥΡΕΙ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-2	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1.6
1-3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.5	2.6
1-4	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.6	3.2
1-5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.2	2.6
1-6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	2.1
1-7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	1.0	2.1
2-3	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.3	2.4
2-5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	—	0.9	1.5	2.7
2-7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	2.0
3-4	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.6	1.3	1.8	2.9
3-5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.4	3.4
3-7	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.2	1.7	2.4
4-5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	3.5
4-7	1.0	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.2	2.6
5-6	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.2	2.6
5-7	1.0	0.9	0.9	1.0	0.9	1.1	1.2	1.6	2.9
6-7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	1.5	2.4