

ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ.— Αί δεξαμεναι ύδατος τῆς ἀρχαίας μεταλλουργίας εἰς τὸ Λαύριον καὶ τὸ εἰδικὸν στεγανοποιητικὸν ἐπίστρωμα τούτων, ὑπὸ Κωνσταντίνου Κονοφάγου καὶ Ἑλένης Μπαντέκα*. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Σπυρίδωνος Μαρινάτου.

1. Γ Ε Ν Ι Κ Α

Εἰς τὴν παροῦσαν ἀνακοίνωσιν ἔχομεν τὴν τιμὴν νὰ ἐκθέσωμεν ὠρισμένα ἀποτελέσματα μελετῶν μας ἐπὶ τῶν ἀρχαίων δεξαμενῶν ὕδατος τῆς Λαυρεωτικῆς, τὰ ὁποῖα νομίζομεν ὅτι ἐμφανίζουν ἰδιαίτερον ἐνδιαφέρον.

Εἰς τὸ Λαύριον ὑπάρχουν εἰσέτι κατὰ δεκάδας δεξαμεναι ὀμβρίου ὕδατος, τὰς ὁποίας ἐχρησιμοποίησαν οἱ ἀρχαῖοι Ἑλληνας διὰ τὴν τροφοδότησιν τῶν πλυντηρίων ἐμπλουτισμοῦ τῶν μεταλλευμάτων τῆς Λαυρεωτικῆς.

Εἰς τὴν φωτογραφίαν 1 δίδονται χαρακτηριστικαὶ τοιαῦται δεξαμεναί. Αἱ δεξαμεναὶ αὗται εἶναι μεγάλης τεχνικῆς σημασίας, ἰδίως ἐκ τοῦ λόγου ὅτι διὰ τὴν στεγανοποίησιν των οἱ ἀρχαῖοι ἐχρησιμοποίησαν εἰδικὸν στεγανοποιητικὸν ἐπίστρωμα ἑξαιρετικῶν ἰδιοτήτων.

Εἰδικώτερον, ἡ ἀνακοίνωσίς μας περιλαμβάνει δύο τινά :

1. Τοπογραφικὸν σχέδιον τῆς Λαυρεωτικῆς, εἰς τὸ ὁποῖον ἐσημειώθησαν ἰδιαίτερος αἱ ἐν τῷ χώρῳ τούτῳ ἀρχαῖαι μεταλλουργικαὶ ἐγκαταστάσεις, ἤτοι δεξαμεναί, πλυντήρια καὶ κάμνοι.

2. Πειραματικὴν ἐργασίαν διὰ τὸν προσδιορισμὸν τοῦ συντελεστοῦ ὕδροπερατότητος τοῦ εἰδικοῦ στεγανοποιητικοῦ ἐπιστρώματος, τοῦ χρησιμοποιηθέντος εἰς τὰς δεξαμενάς τοῦ Λαυρίου. Ὁ προσδιορισμὸς τοῦ συντελεστοῦ τούτου ἀποτελεῖ καὶ τὸ κεντρικὸν σημεῖον τῆς προκειμένης ἀνακοινώσεως. Ὡς ἀπέδειξεν ἡ σχετικὴ πειραματικὴ ἐργασία, ὁ συντελεστὴς ὕδροπερατότητος ἔχει τιμὴν μηδέν. Τὰ στεγανοποιητικὰ κονιάματα, τὰ χρησιμοποιηθέντα ὑπὸ τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων εἰς τὰς δεξαμενάς καὶ τὰ πλυντήρια τοῦ Λαυρίου, ἀπετέλεσαν τμῆμα διδακτορικῆς διατριβῆς ὑπὸ τὸν τίτλον, «Τὰ στεγανοποιητικὰ κονιάματα ἀρχαίων ἐλληνικῶν δεξαμενῶν ὕδατος», τὴν ὁποίαν ὁ δεύτερος ἐξ ἡμῶν ὑπέβαλεν ἐπιτυχῶς εἰς τὸ Ε. Μ. Πολυτεχνεῖον.

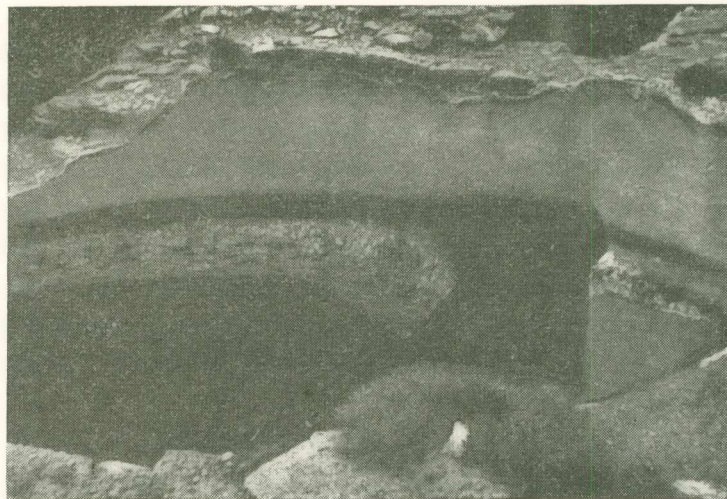
Εἰς τὴν διατριβὴν ἐδόθη ἡ σύστασις τοῦ εἰδικοῦ στεγανοποιητικοῦ ἐπιστρώματος. Δὲν περιλαμβάνετο πάντως πειραματικὴ μελέτη ἐπὶ τῆς ἀκριβοῦς τιμῆς τοῦ συντελεστοῦ ὕδροπερατότητος τοῦ ἐπιστρώματος τούτου.

Περαιτέρω δίδεται ἡ ἐργασία μας εἰς γενικὰς γραμμάς.

* CONSTANTINOS CONOPHAGOS - HELEN BADECA, **The water cisterns of ore washers in Laurion and their special hydraulic mortar.**

2. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑΙ ΣΧΕΤΙΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΑΙ

Ἡ πρώτη ἀποτύπωσις τῶν ἀρχαιοτήτων τοῦ Λαυρίου ἐπραγματοποιήθη μεταξὺ τῶν ἐτῶν 1881 καὶ 1900 ὑπὸ τῶν Γερμανῶν ἀρχαιολόγων E. Curtius



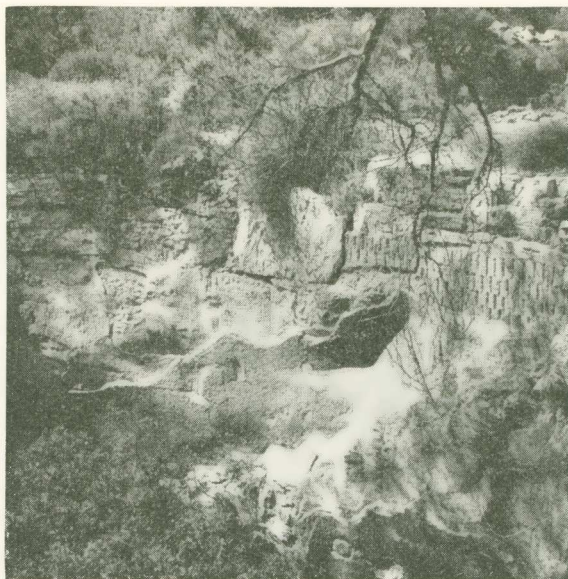
Εἰκὼν 1. Φωτογραφίαι δεξαμενῶν Λαυρίου μὲ τὸ εἰδικὸν στεγανοποιητικὸν ἐπίστρωμα.

καὶ J. A. Kaupert. Οἱ ἀναφερθέντες ἀρχαιολόγοι συνέταξαν γενικὸν χάρτην τῆς Ἀττικῆς ὑπὸ κλίμακα 1 : 12.500, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἀπεικονίζοντο αἱ κατὰ τὴν

ἐποχὴν ἐκείνην ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἀρχαιότητες. Εἰς ἰδιαίτερον φύλλον τοῦ χάρτου ἀπεικονίζετο ἡ Λαυρεωτικὴ μετὰ τῶν τότε ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἐρειπίων τῶν ἀρχαίων μεταλλουργικῶν ἔργων καὶ μεταλλευτικῶν φρεάτων. Ὁ χάρτης ὅμως οὗτος εἶχεν ἐλλείψεις. Ἐξ ἄλλου πολλὰ ἀρχαῖα ἔργα ἔχουν ἐν τῷ μεταξὺ καταστραφῆ.

Νεώτεροι ἀποτυπώσεις δὲν ἦσαν ἱκανοποιητικαὶ διὰ τὰς ἀπαιτήσεις μας.

Διὰ τὴν πλήρωσιν τοῦ σημαντικοῦ προκύπτοντος κενοῦ ἀνελάβομεν ἀπὸ τῶν



Εἰκὼν 2. Φωτογραφία δεξαμενῆς Λαυρίου. Διακρίνεται ἡ λιθοδομὴ μετὰ τοῦ σκυροκονιάματος.

ἀρχῶν τοῦ 1973 νὰ πραγματοποιήσωμεν συστηματικὴν ἀποτύπωσιν, ἣτις καὶ ἐπερατώθη κατ' Ὀκτώβριον τοῦ ἰδίου ἔτους.

Ἡ ἀποτύπωσις ἐγένετο ὑπὸ τῶν τοπογράφων μηχανικῶν κ. Π. Στόκου, Δ/δων Α. Στεφανίδου καὶ Α. Τσάγκαρη ὑπὸ τὴν ἐπίβλεψιν τοῦ κ. Ι. Μπαντέκα, καθηγητοῦ τοῦ Ε. Μ. Πολυτεχνείου.

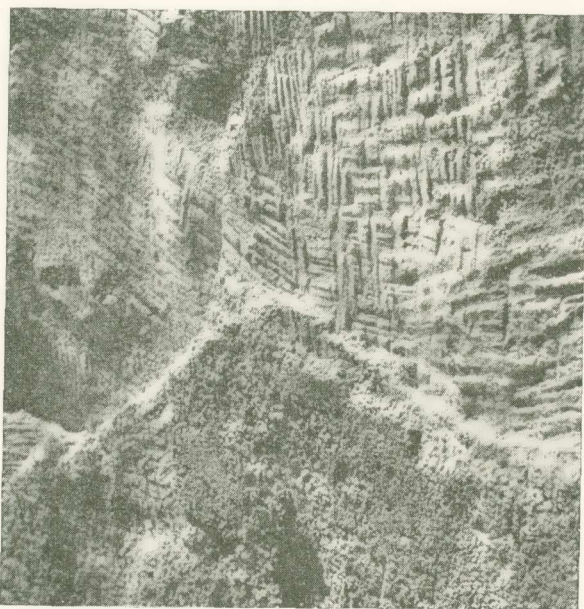
Ἀποτέλεσμα τῆς προσπάθειας ταύτης ὑπῆρξεν ἡ κατάρτισις τοπογραφικοῦ διαγράμματος ὑπὸ κλίμακα 1 : 10.000 (χάρτης 1), ἐπὶ τοῦ ὁποίου σημειοῦνται μετ' ἐπαρκοῦς ἀκριβείας τὰ ἀρχαῖα μεταλλουργικὰ ἔργα εἰς τὴν Λαυρεωτικὴν, τὰ ὅποια εἶναι κυρίως τριβεῖα, δεξαμεναί, πλυντήρια, ἑλικοειδῆ πλυντήρια, κάμινοι, ὡς καὶ μεταλλευτικὰ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἔργα, ἧτις φρέατα καὶ εἴσοδοι στοῶν.

Τοῦ χάρτου ἀριθμ. 1 δίδονται τὰ σπουδαιότερα τμήματα ὑπὸ κλίμακα 1 : 10.000. Χάρται Α, Β, Γ, Δ καὶ Ε.

3. ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΙΣ ΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ

Ἡ φέρουσα κατασκευὴ τῶν δεξαμενῶν καὶ τῶν πλυντηρίων συνίστατο ἐκ λιθοδομῆς, ἡ ὁποία ἄλλοτε ἦτο ἰσόδομος καὶ ἄλλοτε ἀνώμαλος καὶ πολλάκις συνεπλέκετο μετὰ τῶν φυσικῶν βράχων.

Ἡ στεγανοποίησις τῶν δεξαμενῶν καὶ τῶν πλυντηρίων ἐπετυγχάνετο διὰ δύο στρώσεων κονιαμάτων. Τὴν πρώτην στρώσιν, εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς λιθοδομῆς, ἀπετέλει σκυροκονίαμα πάχους 2 - 5 ἐκ., τὸ ὁποῖον ἐχρησίμευε διὰ τὴν κατ' ἀρχὴν



Εἰκὼν 3. Ἄλλη φωτογραφία τοῦ σκυροκονιάματος.

στεγανοποίησιν τῆς δεξαμενῆς. Φωτογραφίαι ἀριθμ. 2 καὶ ἀριθμ. 3. Τὴν δευτέραν στρώσιν, τιθεμένην ἐπὶ τοῦ σκυροκονιάματος, ἀπετέλει εἰδικὸν στεγανοποιητικὸν ἐπίστρωμα πάχους 1-2 χιλ. Διὰ τούτου ἐπετυγχάνετο ἡ πλήρης στεγανοποίησις. Φωτογραφίαι ἀριθμ. 4, 5, 6 καὶ 7.

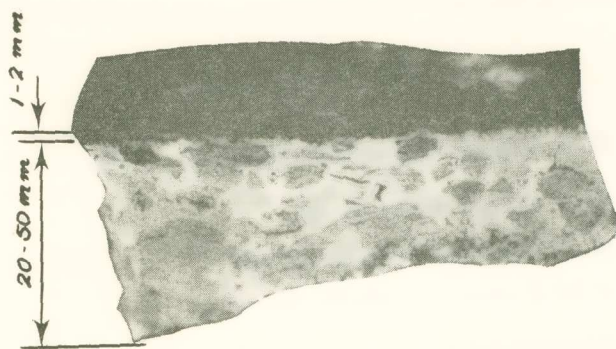
Τὸ ἐπίστρωμα τοῦτο εἶναι ἐξαιρετικῆς ἐπιμελείας, ἐμφανίζεται δὲ ἀπολύτως ὁμοίομορφον εἰς ὅλα τὰ τμήματα τῶν κατασκευῶν. Ἐτίθετο εἰς ὅλην τὴν ἐπιφάνειαν τῶν δεξαμενῶν ἀκόμη καὶ ἐκτὸς τῆς περιοχῆς ὅπου ὑπῆρχεν ὕδωρ, εἰς τὰς ἀύλακας τῶν πλυντηρίων, ὡς καὶ τὰς δεξαμενάς καὶ τοὺς ἀγωγοὺς αὐτῶν.

4. Ο ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΥΔΡΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΟΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ

Εἰς τὸν πίνακα I δίδονται τὰ ἀποτελέσματα τῆς μετρήσεως τοῦ συντελεστοῦ ὑδροπερατότητος δοκιμίων τοῦ κονιάματος, ὡς καὶ τοῦ κονιάματος μετὰ τοῦ στε-



Εἰκὼν 4. Φωτογραφία τοῦ κονιάματος μετὰ τοῦ ἐιδικοῦ ἐπιστρώματος.

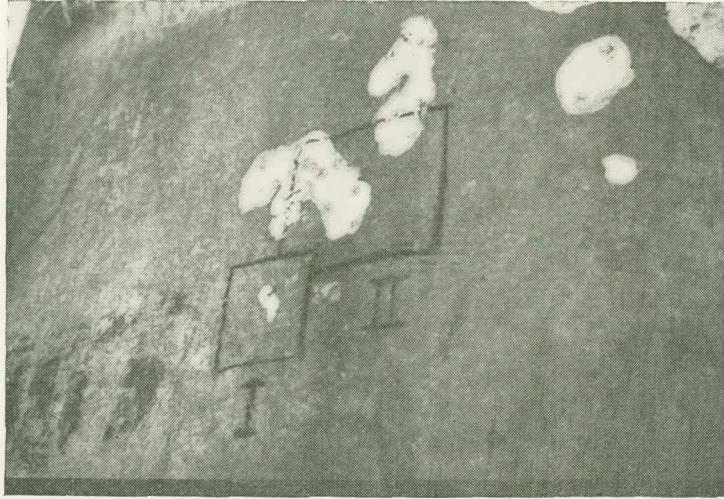


Εἰκὼν 5. Φωτογραφία δεικνύουσα τὸ πάχος τοῦ ἐιδικοῦ ἐπιστρώματος.

γανοποιητικοῦ ἐπιστρώματος. Τὰ κονιάματα τῶν δεξαμενῶν ἀνεῦ ἐπιστρώματος εἶναι ἀνάλογα ὡς πρὸς τὸν συντελεστὴν ὑδροπερατότητος πρὸς σύγχρονον σκυρό-

δεμα τσιμέντου (150 Kg/m^3). Ὁ συντελεστής ὑδροπερατότητας ἔχει τιμὴν $8,1 \times 10^{-8}$.

Ὁ συντελεστής ὑδροπερατότητας τῶν ἀρχαίων κονιαμάτων μετὰ ἐπιστρώματος ἔχει τιμὴν μηδέν.



Εἰκὼν 6. Φωτογραφία τμήματος δεξαμενῆς Λαυρίου εἰς θέσιν Δημο-
λιάκι. Διακρίνεται τὸ εἰδικὸν στεγανοποιητικὸν ἐπίστρωμα.

Ὁ συντελεστής ὑδροπερατότητας ὁρίζεται κατὰ τὸν τύπον τοῦ Darcy ὡς ἑξῆς :

$$K = \frac{Q \cdot L}{h \cdot A} \text{ cm/s}$$

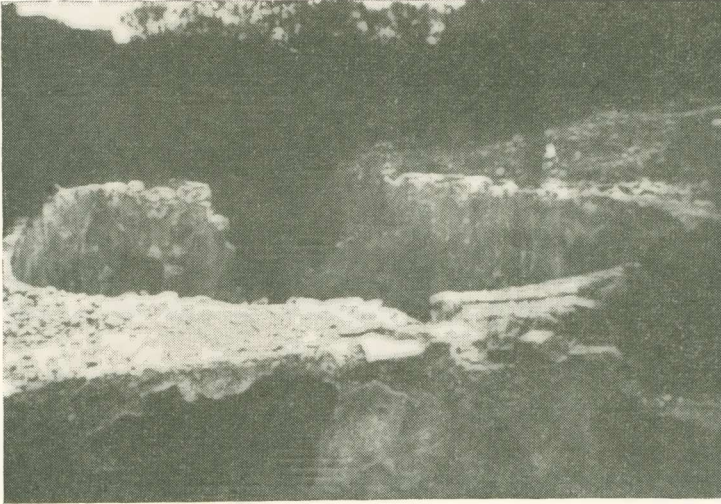
Ὅπου : K = παροχὴ διερχομένου ὕδατος εἰς cm^3/s

L = ὕψος δοκιμίου εἰς cm

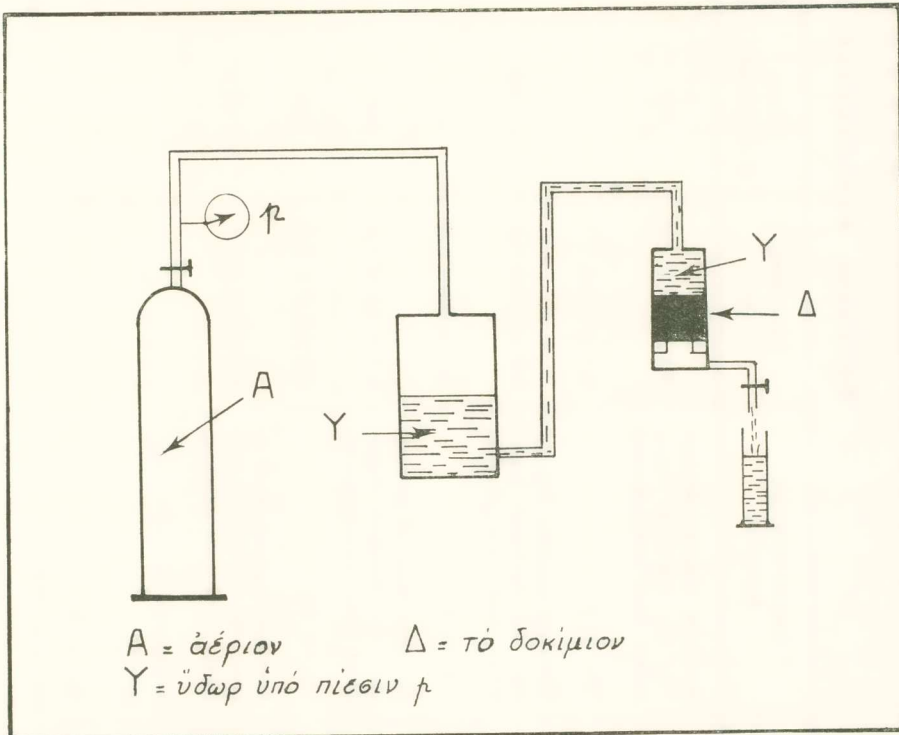
A = ἐπιφάνεια δοκιμίου εἰς cm^2

h = ἡ πίεσις τοῦ ὕδατος εἰς cm

Ἡ μέτρησις τοῦ συντελεστοῦ ὑδροπερατότητας ἐγένετο διὰ κλασσικοῦ τρόπου, ὃ ὁποῖος δίδεται στοιχειωδῶς εἰς τὸ σχεδιάγραμμα 8. Ἡ χρησιμοποιηθεῖσα πίεσις ὕδατος, ἦτο $1,5$ ἀτμόσφαιραι διὰ τὸ κονίαμα καὶ 3 ἀτμόσφαιραι διὰ τὸ κονίαμα μετὰ τοῦ ἐπιστρώματος.



Εικών 7. Φωτογραφία δεξαμενής Λαυρίου μετά του στεγανοποιητικού επιστρώματος.

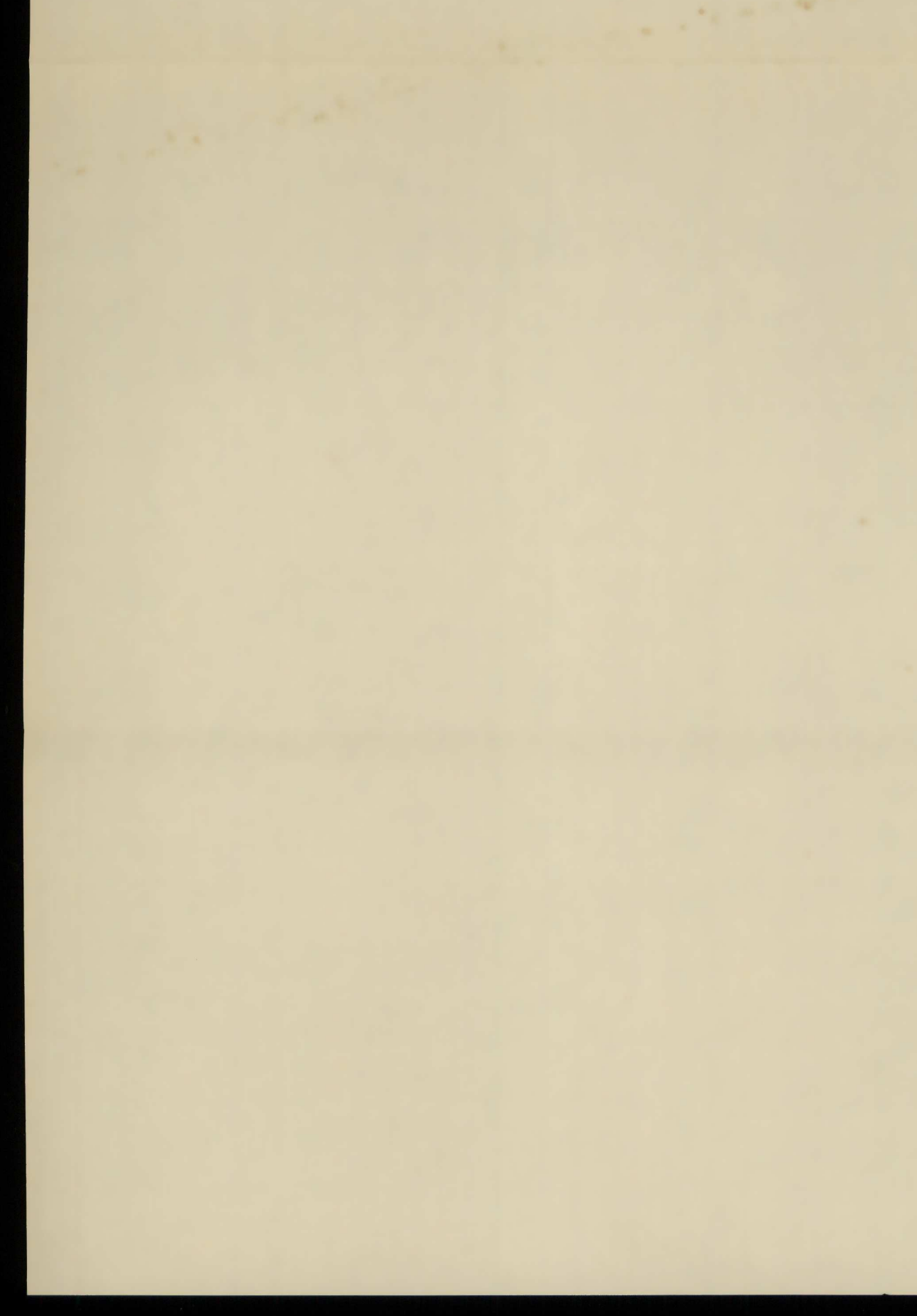


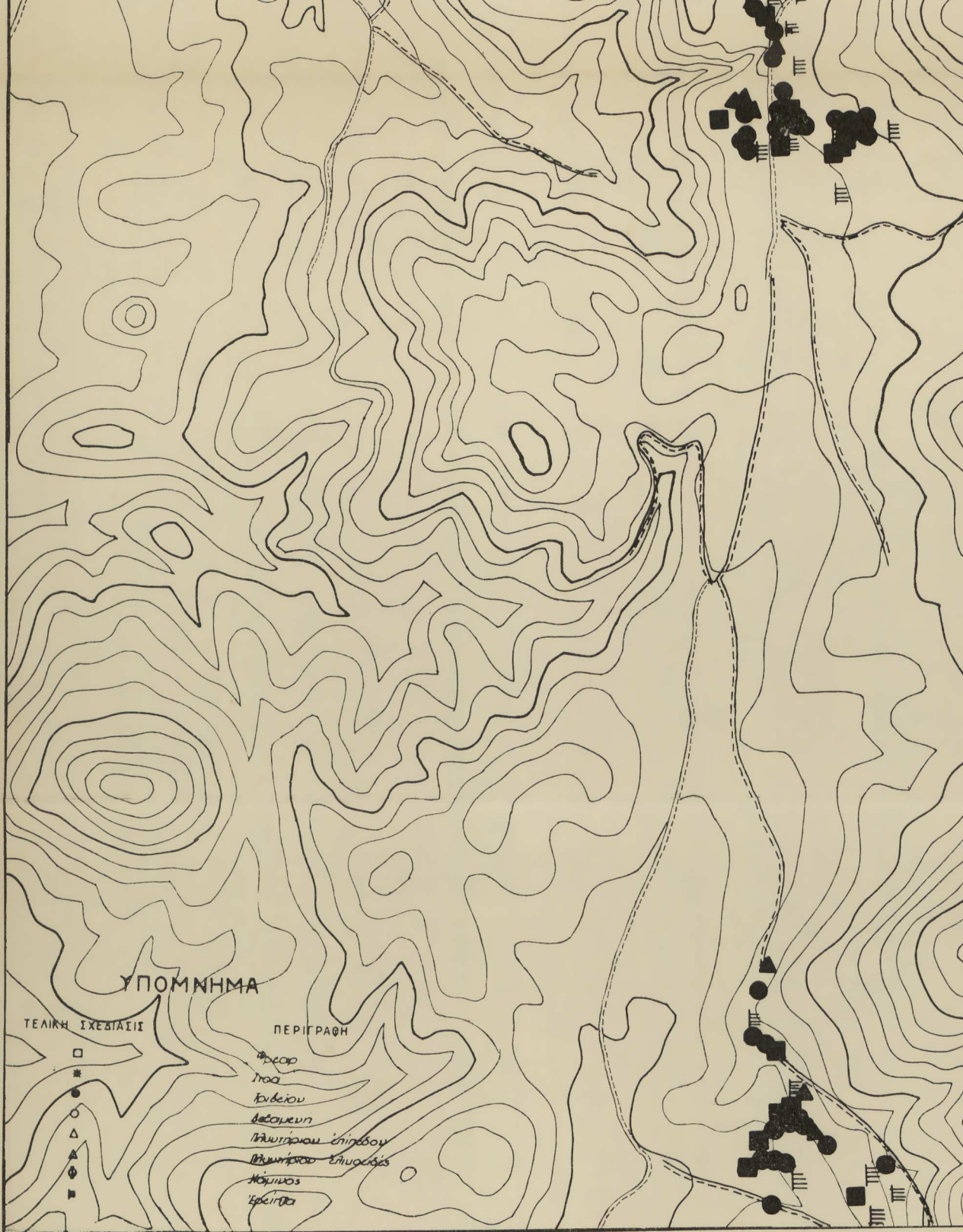
Εικών 8. Σχεδιάγραμμα διατάξεως διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ συντελεστοῦ ὑδροπερατότητος.

Π Ι Ν Α Ε Ι.
Μέτρησις συντελεστού ύδροπερατότητος.

No δοκ.	Χαρακτηριστικά δοκίμιον	Διαστάσεις cm	Πίεσις ατμόσφαιραι	Χρόνος έπιδο. πίεσεως : ώραι	*Υδροπερατότης cm/sec	Παρατηρήσεις
1	Κονίαμα άρχαίας δεξαμενής εις περιοχήν Δημο-λιάκι άνευ έπιστρώματος	2,4 X 2,4 X 1,8	1,5	0,5	8,1 X 10 ⁻⁸	Δοκίμια όλιγότερον συμ-παγή έν σχέσει προς τά δοκίμια 5 και 6
2	*Ως τó No. 1	2,5 X 2,4 X 2,0	1,5	0,5	2,5 X 10 ⁻⁷	»
3	Κονίαμα άρχαίας δεξαμε-νής εις περιοχήν Δημο-λιάκι μετά έπιστρώματος	2,5 X 2,0 X 1,3	1,5 - 2,3	24	0	Δοκίμιον συμπαγές
4	*Ως τó No. 3	2,5 X 2,0 X 1,3	3,0	24	0	»
5	Κονίαμα άρχαίου πλυνη-ρίου εις περιοχήν Δημο-λιάκι άνευ έπιστρώματος	2,5 X 2,5 X 1,5	2,0	0,5	5,3 X 10 ⁻⁸	Δοκίμιον λίαν συμπαγές
6	*Ως τó No. 5	2,5 X 2,5 X 1,5	2,0	0,5	4,8 X 10 ⁻⁸	»
7	Κονίαμα άρχαίου πλυνη-ρίου εις περιοχήν Δημο-λιάκι μετά έπιστρώματος	2,5 X 2,4 X 1,5	1,5 - 2,5	24	0	»
8	Σύγχρονον μεπτόν τσι-μέντου	2,0 X 1,6 X 1,5	1,5	0,5	1,3 X 10 ⁻⁷	Παρέμεινεν εις άέρα και θερμοκρασίαν περιβάλλ-λοντος 30 ημέρας
9	*Ως τó No. 8	2,0 X 1,8 X 1,7	1,5	0,5	1,1 X 10 ⁻⁷	»







ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΤΕΛΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΙΣ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ



Πύργος

Πύλας

Κυβείου

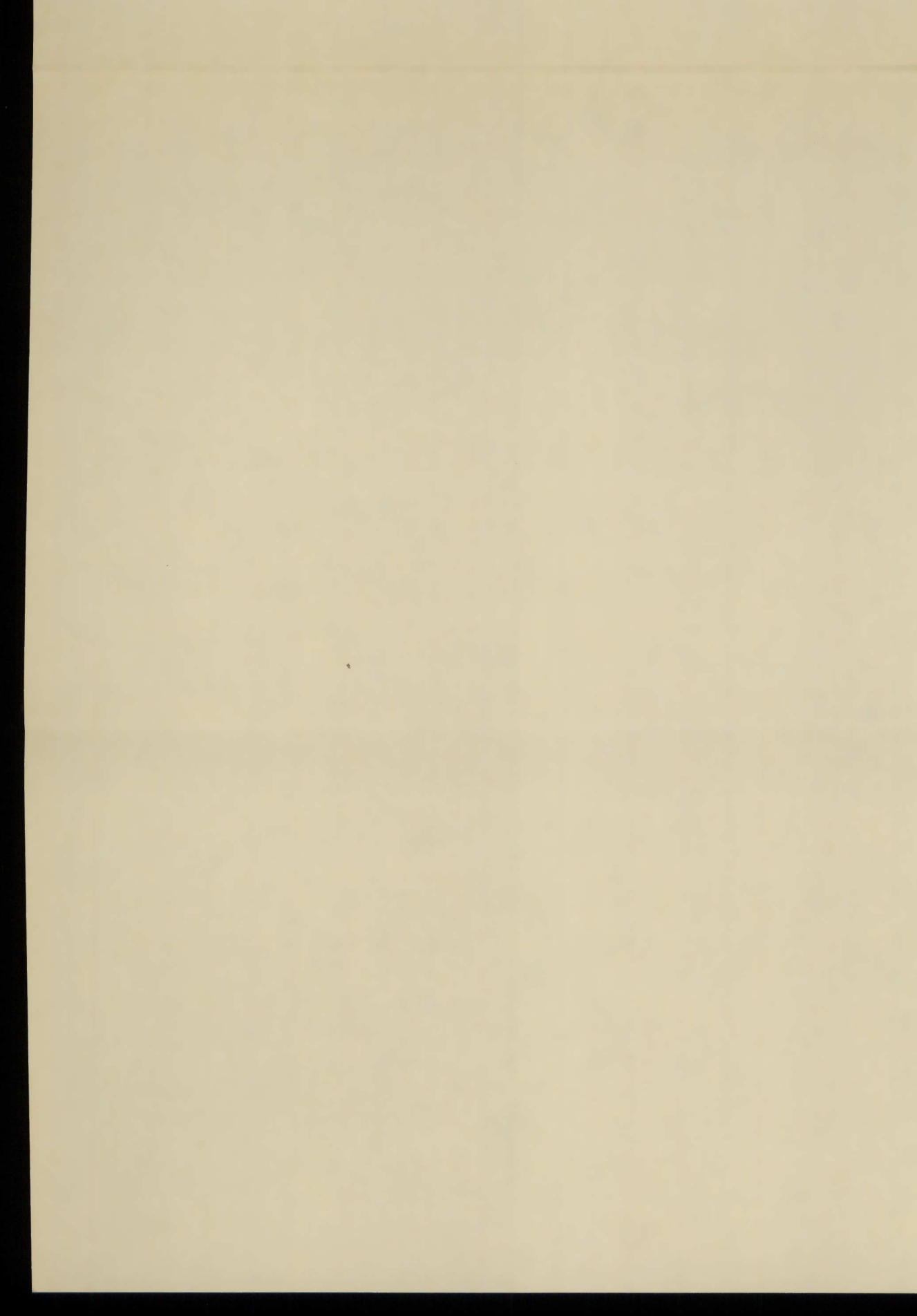
Βασιλείου

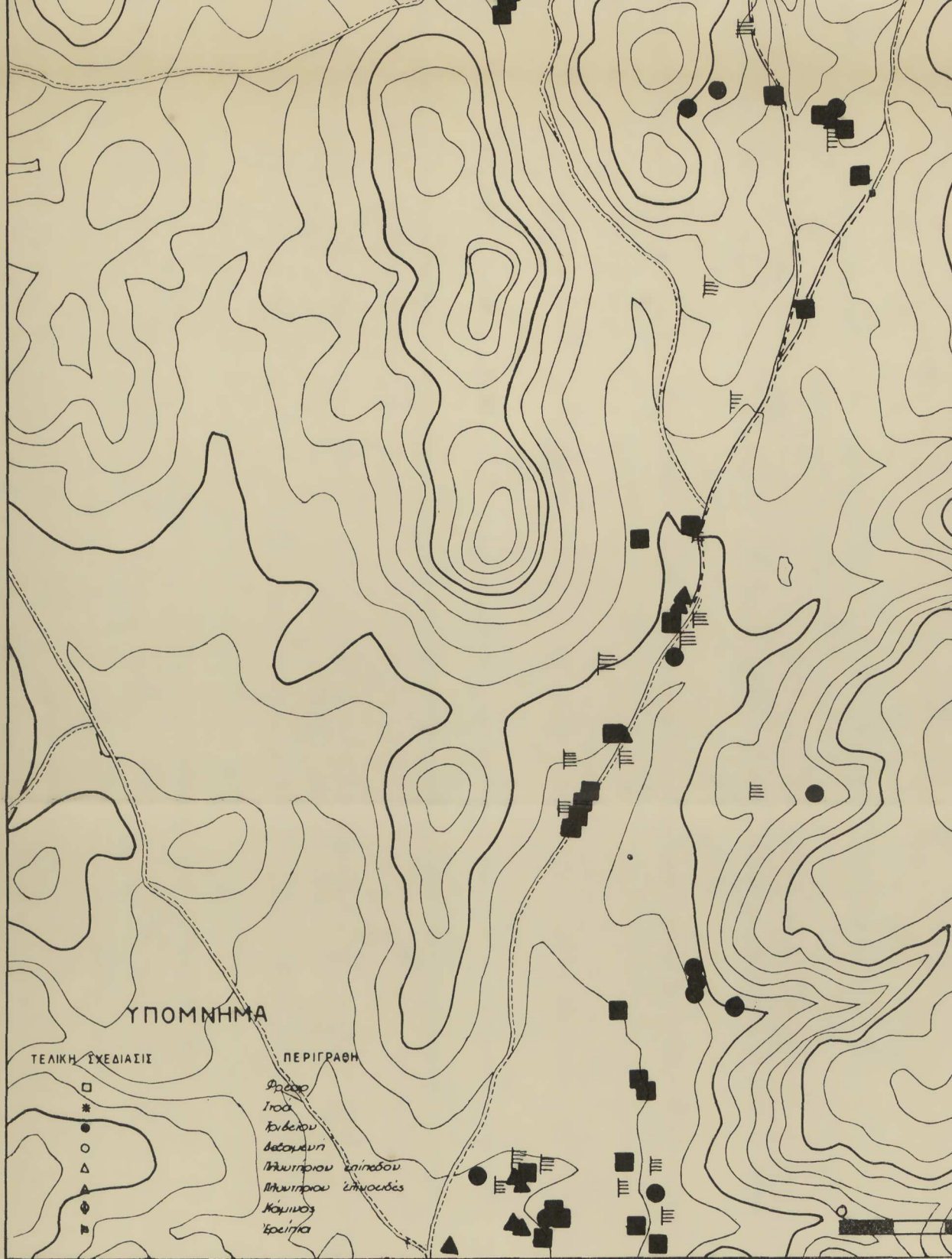
Πυλωναίου ερειπίων

Πυλωναίου ερειπίων

Μουσείο

Ερείπια





ΥΠΟΜΝΗΜΑ

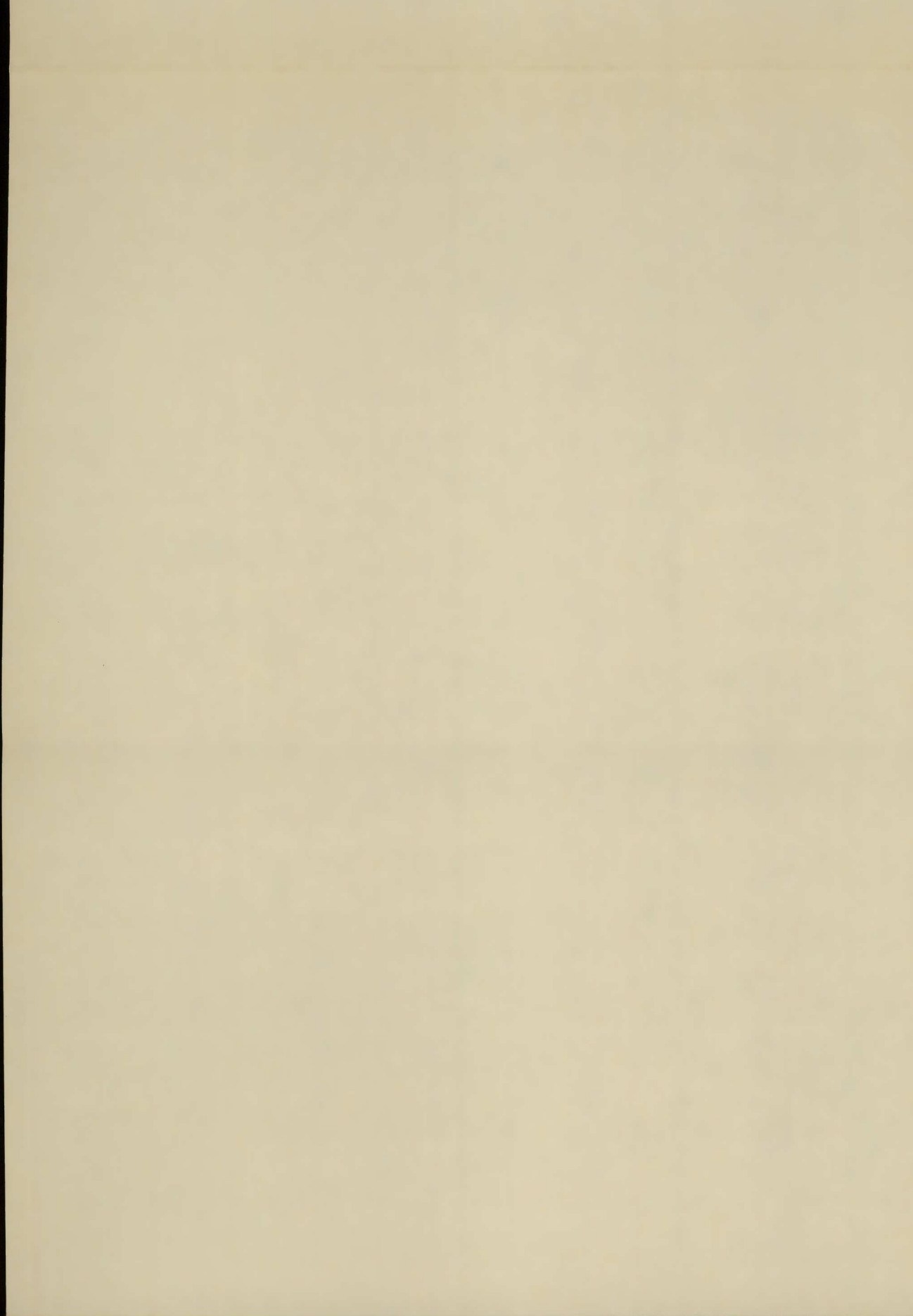
ΤΕΛΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΙΣ

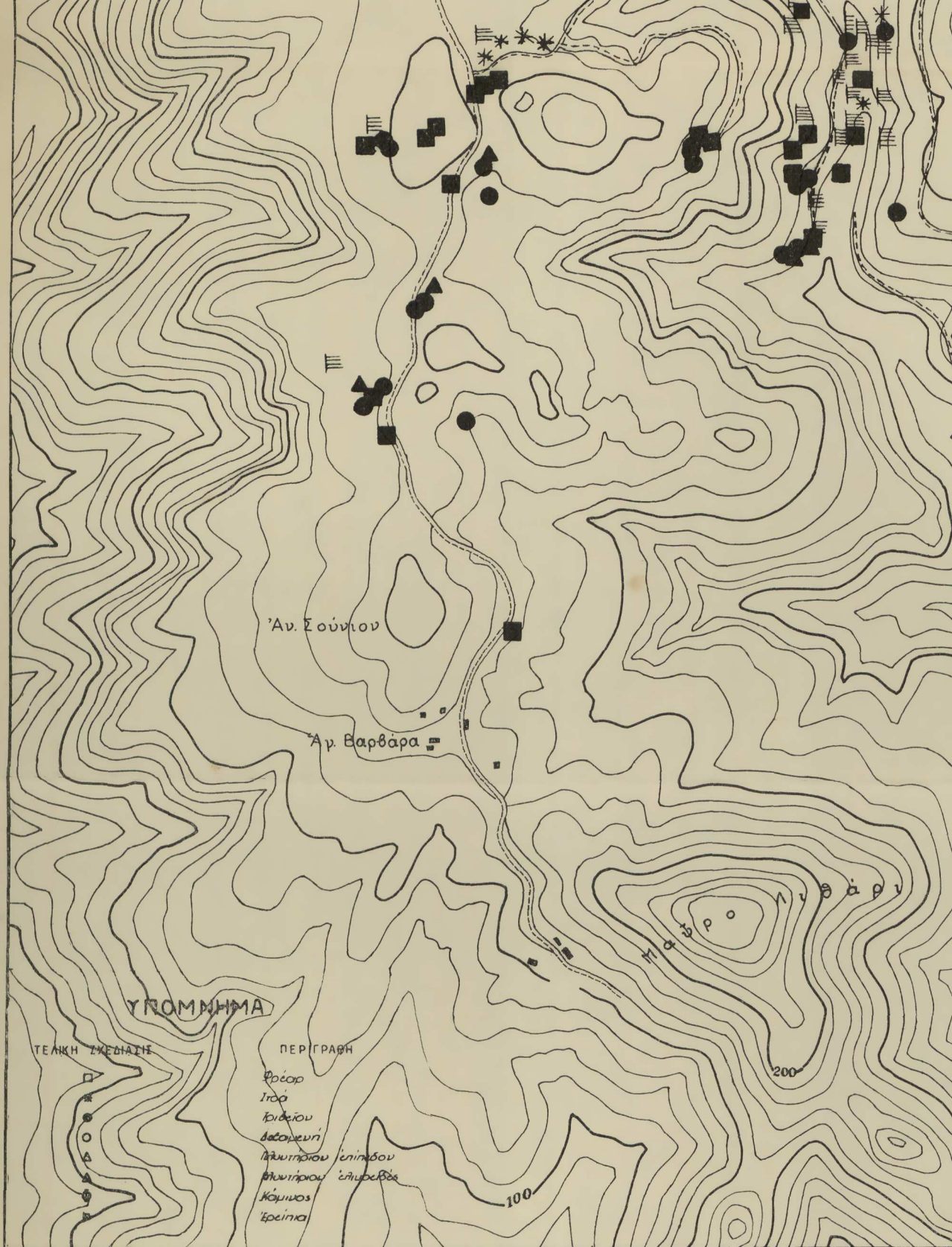
-
- ✱
-
-
- △
- ◊
- ▽

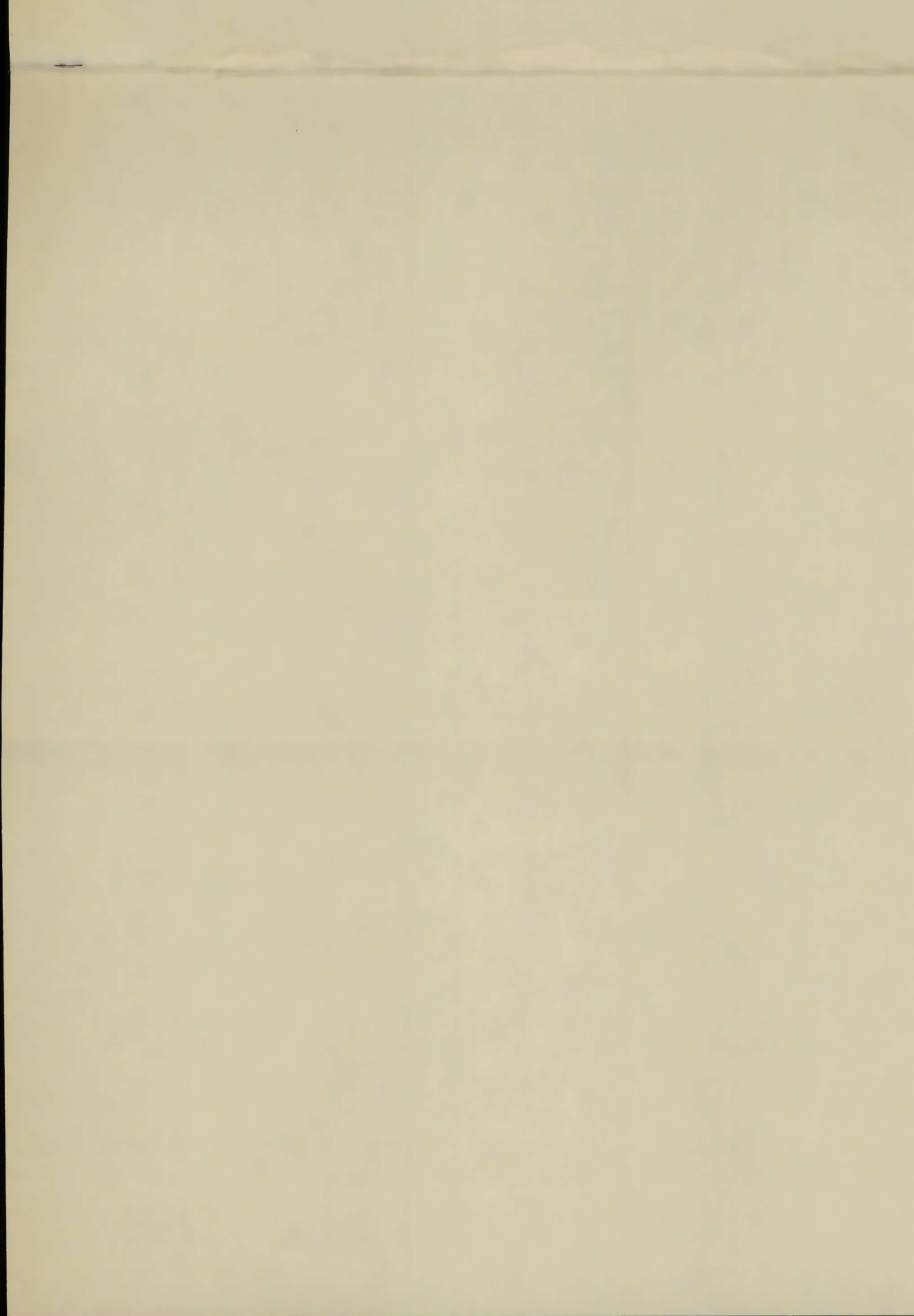
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

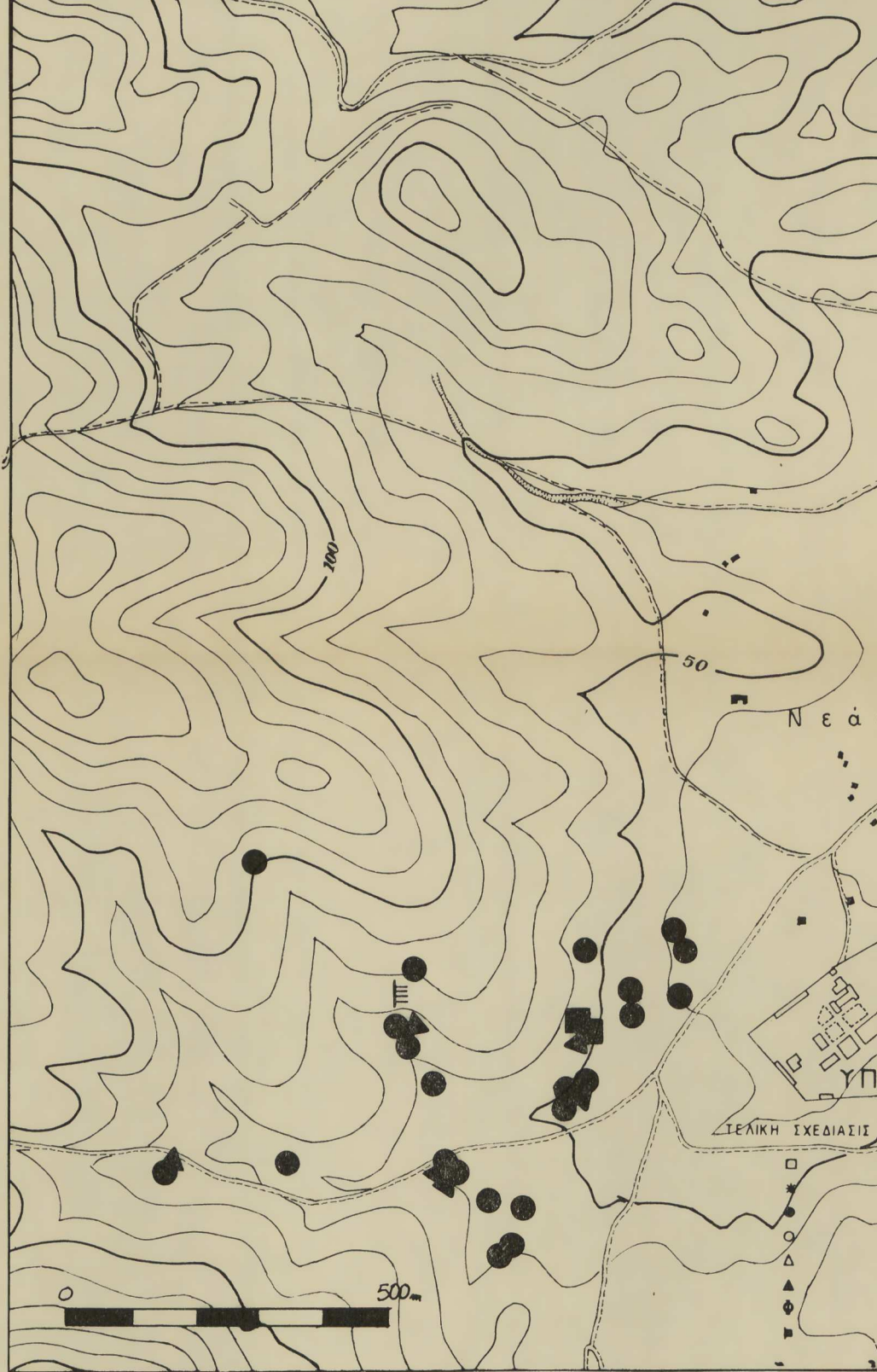
- Φράγμα
- Γραφείο
- Κουβέτου
- Βεστιάριο
- Πλυτήριο επίταξου
- Πλυτήριο επίταξου
- Καμίνος
- Βεστιάριο

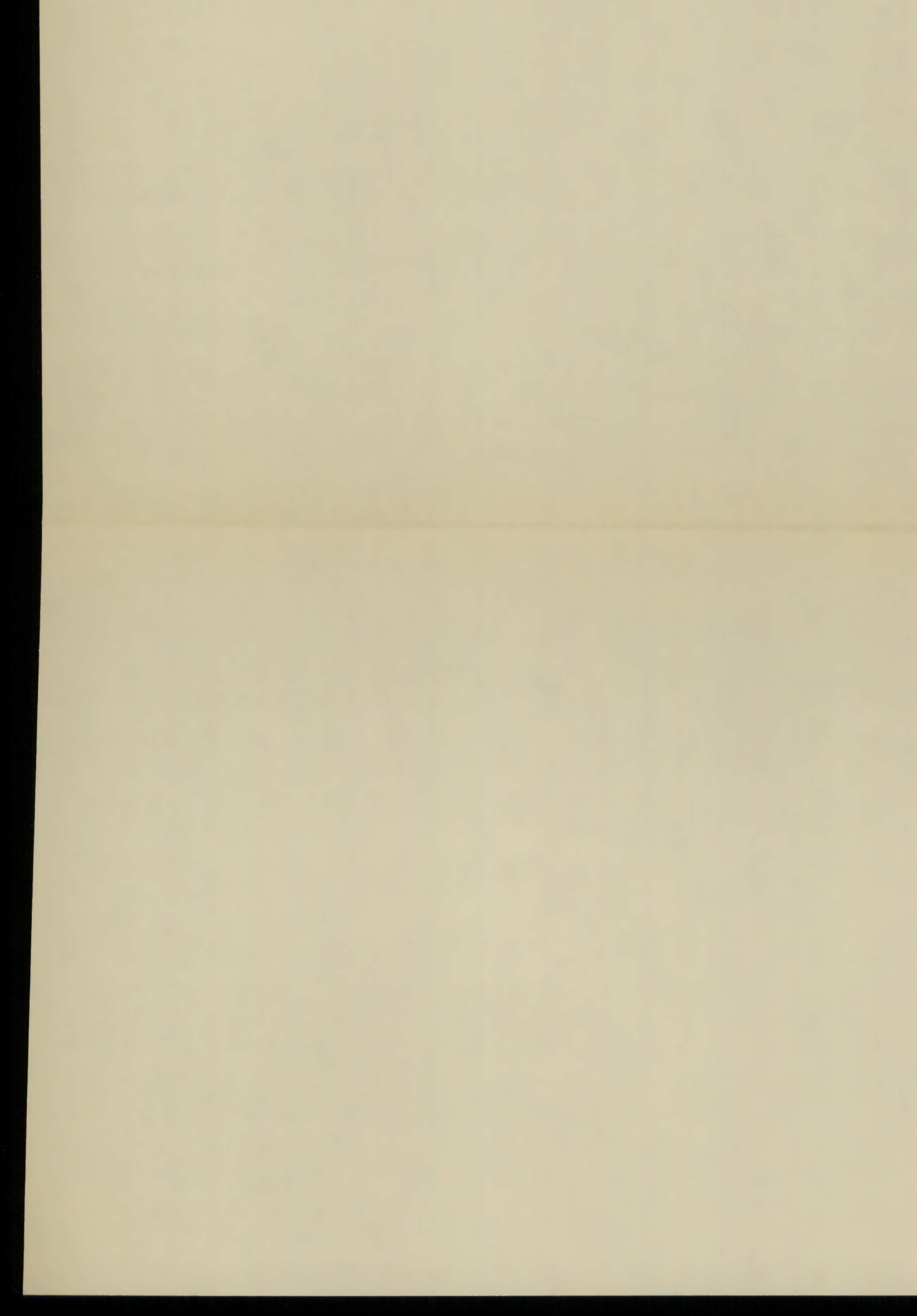




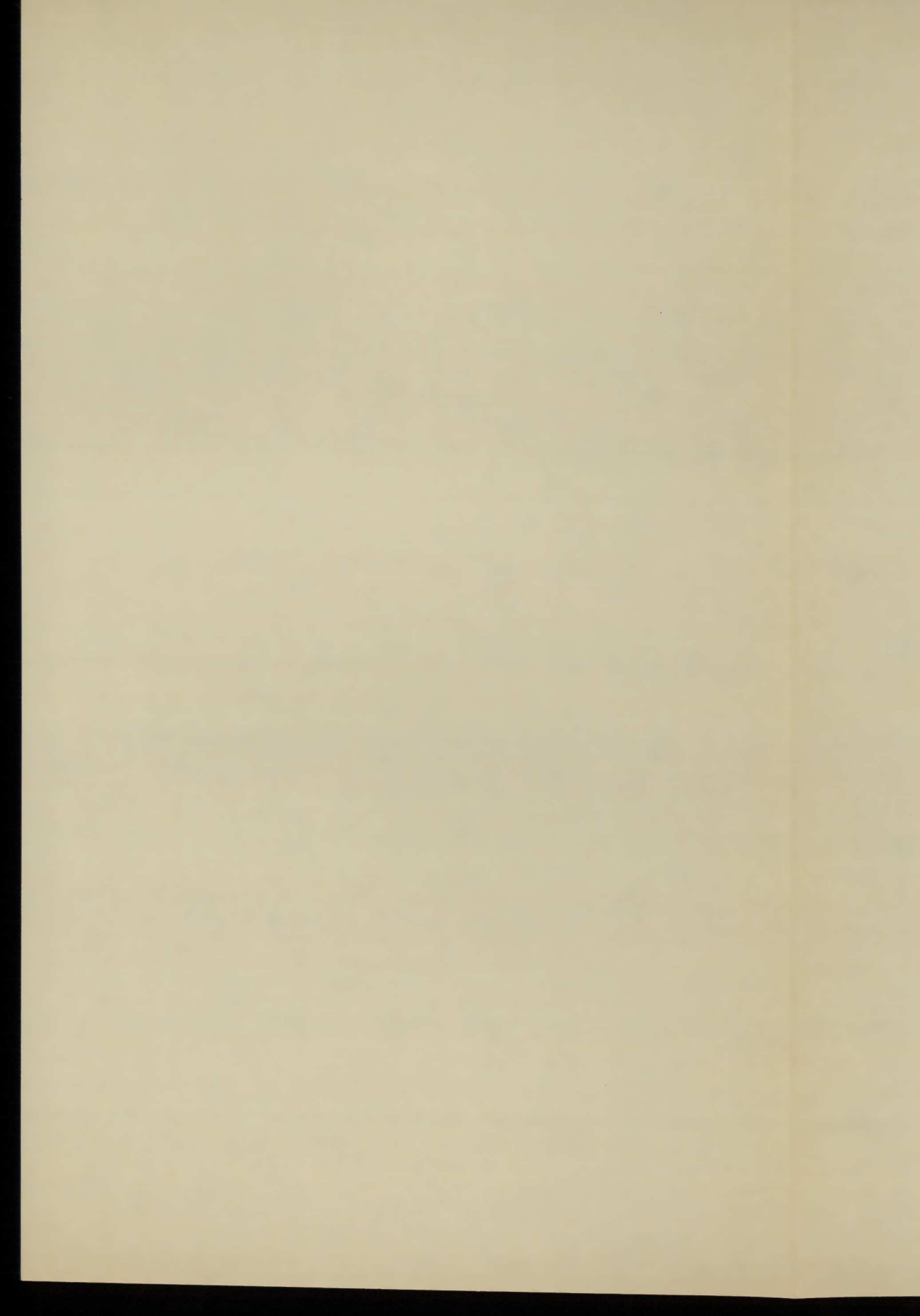












5. ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΧΗΜΙΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Ἴδου μερικαὶ γενικαὶ συμπληρωματικαὶ πληροφοροὶα ἐπὶ τῶν ἀρχαίων κονιαμάτων τῶν δεξαμενῶν τούτων τῆς Λαυρεωτικῆς.

Ἡ μέση ἑκατοστιαία σύνθεσις τοῦ λεπτοῦ εἰδικοῦ στεγανοποιητικοῦ ἐπιστρώματος εἶναι ἢ κάτωθι :

SiO_2	= 5.38 %	CaO	= 5.86 %	ZnO	= 6.28 %
Fe_2O_3	= 5.35 %	MgO	= 4.25 %	MnO	= 18.56 %
Al_2O_3	= 5.23 %	PbO	= 29.27 %		

Ἀπώλεια πυρώσεως εἰς 1000°C = 18.53 %.

Εἰς τὴν σύνθεσιν ταύτην παρατηρεῖται ὅτι αἱ ἐνώσεις τοῦ μολύβδου ἀποτελοῦν τὸ κύριον συστατικὸν τοῦ ἐπιστρώματος.

Διὰ περιθλάσεως ἀκτίνων X ὑπὸ κόνεως τοῦ ὑλικοῦ τούτου διεπιστώθη ὅτι ὁ μολύβδος ἐντὸς τοῦ κονιάματος εὐρίσκετο ὡς ἀνθρακικὸς PbCO_3 , ὡς πυριτικὸς Pb_4SiO_6 , ἀλλὰ καὶ ὡς ὀξειδίου PbO ἔρυθρὸν καὶ κίτρινον.

Ἐκ τῆς ὑπάρξεως ὀξειδίων τοῦ μολύβδου ἐντὸς τοῦ κονιάματος ἐξάγεται τὸ συμπέρασμα ὅτι ἐγένετο χρῆσις πιθανότατα λιθαργύρου. Ὁ λιθάργυρος κατὰ τὰς 2,5 χιλιοτεταίνας μετεσχηματίσθη εἰς ἀνθρακικὸν μολύβδον. Ὁ λιθάργυρος ἦτο διαθέσιμος εἰς μεγάλας ποσότητας εἰς τὸ Λαύριον, καθ' ὅσον ὁ ἄργυρος παρήγετο διὰ κυπελλώσεως. Εἶναι πιθανὸν κατ' ἀρχὰς νὰ παρατηρήθῃ ἕκ τυχαίας προσμίξεως ὅτι ὁ λιθάργυρος σχηματίζει ὑλικὸν καλῶν στεγανοποιητικῶν ιδιοτήτων. Μετὰ ταῦτα τοῦτο ἐφηρμόσθη συστηματικῶς. Τὰ συστατικὰ τοῦ στεγανοποιητικοῦ ἐπιστρώματος ἀπετελοῦντο ἕκ λεπτοτάτης κόνεως λιθαργύρου ἀναμίχτου μετὰ λεπτοτάτης κόνεως σιδηρομαγνηνούχου μεταλλεύματος, ἀσβέστου καὶ ἀργίλου.

Ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον προκαλεῖ μεγάλην ἐντύπωσιν εἶναι ἡ ἀριότης τῆς τοποθέτησεως τοῦ ἐπιστρώματος ἀπὸ ἀπόψεως ὁμοιομορφίας. Τὸ πάχος εἶναι σταθερὸν 1 - 2 mm. Ὁ τρόπος κατὰ τὸν ὁποῖον ἐγένετο ἡ τοποθέτησις αὕτη ἀποτελεῖ πραγματικὸν τεχνικὸν αἴνιγμα πρὸς μελέτην καὶ λύσιν. Εἶναι πάντως χαρακτηριστικὸν τοῦ βαθμοῦ τῆς δεξιοτεχνίας τῶν κατασκευαστῶν. Ἡ συνοχή καὶ ἡ ὁμοιομορφία τῆς ἐπικαλύψεως, ὡς καὶ ἡ προσαρμογή ταύτης εἰς τὰς παντοειδεῖς ἀνωμαλίας τοῦ ὑποστρώματος εἶναι καταπληκτικῆ. Τὸ εἰδικὸν τοῦτο στεγανοποιητικὸν ἐπίστρωμα παρουσιάζει μεγάλην ἐλαστικότητα καὶ ἀντοχὴν εἰς τὰς καιρικὰς μεταβολάς. Μέχρι καὶ σήμερον δὲν ἐμφανίζει ρήγματα. Δέον νὰ σημειωθῇ ὅτι εἰς τὸ Λαύριον αἱ διαφοραὶ θερμοκρασίας εἶναι σημαντικά.

Αἱ κονίαι τῶν σκυροκονιαμάτων τῶν δεξαμενῶν τοῦ Λαυρίου ἔχουν τὴν ἑξῆς ἑκατοστιαίαν σύνθεσιν κατὰ μέσον ὄρον :

$\text{SiO}_2 = 20 - 30\%$ $\text{CaO} = 26 - 34\%$ $\text{K}_2\text{O} \ \& \ \text{Na}_2\text{O} = 0,5 - 1\%$

$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 3 - 7\%$ $\text{MgO} = 2 - 6\%$

$\text{Al}_2\text{O}_3 = 2 - 5\%$ $\text{MnO} = \text{ἴχνη}$

Ἀπώλεια πυρώσεως εἰς $1000^\circ\text{C} = 25 - 30\%$

Ἐκ τῶν διαγραμμάτων περιθλάσεως ἀκτίνων X ὑπὸ τῶν κονιῶν τούτων διεπιστώθη, ὡς ἄλλωστε ἀνεμένετο, ὅτι τὸ ἀσβέστιον εὐρίσκεται ὡς ἀνθρακικὸν (CaCO_3), τὸ δὲ πυρίτιον ὡς διοξειδίου τοῦ πυριτίου (SiO_2). Ἔχουν σχηματισθῆ ἔτισης ἔνυδροι ἀσβεστοπυριτικά ἐνώσεις.

S U M M A R Y

In this paper we present some results of our investigations concerning the ancient water cisterns of Laurion. In this location there still are several rain water cisterns used by ancient Greeks for the feeding of the ore washers.

In order to water proof these cisterns, the Greeks used a special lining material of a thickness of about 1 - 2 mm and with outstanding hydraulic properties. This paper deals mainly with the following two subjects :

1. Preparation of maps of Laurion displaying ancient metallurgical installations notably grinders, cisterns, ore washers, spiral ore washers, furnaces and also mining installations wells and gallery entrances. The compilation of the maps was undertaken by surveying engineers.

Map N^o 1 presents a general view of the area with all the remaining ancient metallurgical installations, while maps A, B, Γ, Δ, E, give the details.

2. Determination of the hydraulic coefficient of the water - proofing lining used for the cisterns.

A classical method was used for this determination, which applies the Darcy's equation $K = \frac{Q \cdot L}{h \cdot A}$ cm/sec, where Q = water supply in cm^3 , L = height of the sample in cm, A = surface of the sample in cm^2 and h = water pressure in cm. Figure 7 shows the arrangement used for the

experiments. The results of the measurements are given in Table 1. The hydraulic coefficient was found to be zero.

The composition of the special hydraulic lining was found to be the following :

SiO ₂	= 5.38 %	CaO	= 5.86 %	ZnO	= 6.28 %
Fe ₂ O ₃	= 5.35 %	MgO	= 4.25 %	MnO	= 18.56 %
Al ₂ O ₃	= 5.23 %	PbO	= 29.27 %		
Loss by calcination (1000°C) = 18.53 %.					

X - Rays diffraction revealed that the lead was present in the water - proofing material as PbCO₃, PbO and Pb₄ SiO₄.

Since there was induced big amount of litharge (PbO) in the Laurion area and since PbO was found in the lining material, it is very probable that this material was a mixture of grounded litharge, grounded iron manganese ore, sand, quicklime and clay.

The composition of the mortars that were used underneath the lining was as follows :

SiO ₂	= 20 - 30 %	CaO	= 26 - 34 %	K ₂ O & Na ₂ O	= 0,5 - 1 %
Fe ₂ O ₃	= 3 - 7 %	MgO	= 2 - 6 %		
Al ₂ O ₃	= 2 - 5 %	MnO	= traces		
Loss by calcination (1000°C) = 25 - 30 %					

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. A. Ardaillon, Les mines du Laurion dans l'Antiquité. Paris 1897.
2. A. Cordella, Le Laurion. Marseill 1869.
3. K. Cunningham, The silver of Laurium. 1967.
4. Φ. Νέγρης, Laveries anciennes du Laurion. Παρίσι 1881.
5. Α. Όρλάνδος, Τὰ Ὑλικά Δομῆς τῶν Ἀρχαίων Ἑλλήνων. Ἀθήναι 1959 - 60.
6. G. E. Troxell, H. E. Davis, J. W. Kelley, Composition and Properties of Concrete. Mc Graw Hill 1968.