

ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

ΤΙΤΛΟΣ

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ
ΤΗΣ ΚΛΑΣΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ
ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗΣ

ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΙΚΟΣ ΦΟΡΕΑΣ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ
(ΕΚΠΠΣ)

Επιστημονικώς υπεύθυνος: **Γεώργιος Χ. Μάνος**
Δρ Πολιτικός Μηχανικός
Καθηγητής, Α.Π.Θ.

Αν. επιστημονικώς υπεύθυνος: **Μίλτων Δημοσθένους**
Δρ Πολιτικός Μηχανικός
Ερευνητής, Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ – ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 1996

ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

ΤΙΤΛΟΣ

125^ο
10.10.1996

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ
ΤΗΣ ΚΛΑΣΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ
ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗΣ

ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΙΚΟΣ ΦΟΡΕΑΣ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ
(ΕΚΠΠΣ)

Επιστημονικώς υπεύθυνος: **Γεώργιος Χ. Μάνος**
Δρ Πολιτικός Μηχανικός
Καθηγητής, Α.Π.Θ.

Αν. επιστημονικώς υπεύθυνος: **Μίλτων Δημοσθένους**
Δρ Πολιτικός Μηχανικός
Ερευνητής, Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο τόμος αυτός αποτελεί την Τελική Έκθεση του ερευνητικού προγράμματος με τίτλο:

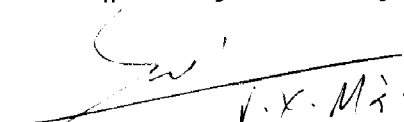
“ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΤΗΣ ΚΛΑΣΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ – ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗΣ”

που χρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Πρόληψης και Πρόγνωσης των Σεισμών κατά το χρονικό διάστημα 1994-1996. Από τη θέση αυτή θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας για την οικονομική υποστήριξη που έτυχε αυτή η προσπάθεια.

Οι ερευνητικές εργασίες του προγράμματος χωρίζονται σε τέσσερις φάσεις και η υλοποίησή τους έγινε στη Διάταξη Τεχνητών σεισμών του Εργαστηρίου Αντοχής των Υλικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης.

Ο τόμος αυτός χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο Πρώτο Μέρος παρέχονται γενικά στοιχεία σχετικά με την εξέλιξη του προγράμματος, τα επιστημονικά επιτεύγματα της έρευνας, τα προβλήματα που προέκυψαν και την οικονομική διαχείριση. Στο Δεύτερο Μέρος περιλαμβάνονται, με αναλυτική περιγραφή, όλες οι ερευνητικές εργασίες που έχουν γίνει σε κάθε φάση του προγράμματος.

Ο επιστημονικώς υπεύθυνος



Γ.Χ. Μάνος

Γεώργιος Χ. Μάνος
Καθηγητής Α.Π.Θ.
Δεκέμβριος 1996

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ
 - 1.1. 1^η Φάση
 - 1.2. 2^η Φάση
 - 1.3. 3^η Φάση
 - 1.4. 4^η Φάση
2. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΕΠΙΤΕΥΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ
3. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ
4. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

1. 1^η Φάση: ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΙΟΝΩΝ ΑΠΟ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗΣ
 - 1.1. Εισαγωγή
 - 1.2. Μνημεία της Μακεδονίας
 - 1.3. Μνημεία της Θράκης
 - 1.4. Συμπεράσματα
2. 2^η Φάση: ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ
 - 2.1. Εισαγωγή
 - 2.2. Η σεισμικότητα της Μακεδονίας και της Θράκης
 - 2.3. Η σεισμική συμπεριφορά των αρχαίων μνημείων της Ελληνικής και Ρωμαϊκής περιόδου
 - 2.4. Η υφιστάμενη κατάσταση των εξεταζόμενων μνημείων και η ιστορία της σεισμικής δράσης στην περιοχή.
 - 2.5. Συμπεράσματα
3. 3^η Φάση: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ – ΘΡΑΚΗΣ
 - 3.1. Εισαγωγή
 - 3.2. Λικνιστική απόκριση στερεών σωμάτων
 - 3.3. Σχεδιασμός και κατασκευή ενός φυσικού ομοιώματος μονολιθικού δωρικού κίονα
 - 3.4. Πειραματική μελέτη του φυσικού ομοιώματος σε ελεύθερες λικνιστικές ταλαντώσεις
 - 3.5. Συμπεράσματα

4. Φάση 4^η: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΝΕΑΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ

4.1. Εισαγωγή

4.2. Απόκριση επιταχύνσεων των λικνιζομένων στερεών σωμάτων

4.3. Πειραματικές μετρήσεις της απόκρισης των επιταχύνσεων του μονολιθικού δωρικού κίονα σε ελεύθερες λικνιστικές ταλαντώσεις

4.4. Εκτίμηση των γωνιών λικνισμού του μονολιθικού δωρικού κίονα από πειραματικές μετρήσεις των επιταχύνσεων

4.5. Συμπεράσματα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Αντικείμενο του παρόντος ερευνητικού έργου είναι η μελέτη της σεισμικής συμπεριφοράς των αρχαίων μνημείων της Κλασικής και Ελληνιστικής περιόδου που είναι δομημένα με βάση την κιονοστοιχία. Η ερευνητική αυτή προσπάθεια έχει υλοποιηθεί σε τέσσερις φάσεις. Στην πρώτη και δεύτερη φάση του προγράμματος, η ερευνητική προσπάθεια επικεντρώθηκε στην εξέταση μνημείων από αρχαιολογικούς χώρους της Μακεδονίας και Θράκης και αποσκοπούσε στη διερεύνηση της μορφολογίας και τη γεωμετρίας των κίωνων τους, στην εξέταση της υφιστάμενης κατάστασης τους και την, ει δυνατόν, συσχέτιση της με την ιστορία της σεισμικής δράσης της περιοχής. Με βάση τα αποτελέσματα από αυτή την προσπάθεια μορφώθηκε και κατασκευάστηκε ένα ομοίωμα μονολιθικού κίονα υπό κλίμακα, αντιπροσωπευτικού των πιο πάνω αρχαιολογικών χώρων, το οποίο μελετήθηκε πειραματικά στη Διάταξη Τεχνητών Σεισμών του Α.Π.Θ. Στόχος αυτής της προσπάθειας ήταν η εφαρμογή ήδη γνωστών μεθόδων και η ανάπτυξη μιας νέας μεθοδολογίας για την εκτίμηση των φυσικών παραμέτρων του μονολιθικού κίονα που επηρεάζουν την απόκρισή του σε δυναμικές και σεισμικές διεγέρσεις. Η προσπάθεια αυτή ολοκληρώθηκε με επιτυχία στην τρίτη και τέταρτη φάση του προγράμματος.

1.1. 1η ΦΑΣΗ (Διάρκεια 6 μήνες): Η 1η Φάση του παρόντος ερευνητικού προγράμματος περιλαμβάνει τα αποτελέσματα από τη διερεύνηση της μορφολογίας και της γεωμετρίας κίωνων αρχαίων μνημείων της κλασικής, ελληνιστικής και ρωμαϊκής περιόδου από αρχαιολογικούς χώρους της Μακεδονίας και της Θράκης. Ως τέτοιοι χώροι, έχουν εξεταστεί αυτοί της Βεργίνας, του Δίου, της Πέλλας, της Θεσσαλονίκης, της Αμφίπολης, της Θάσου, των Φιλιππων και της Σαμοθράκης. Η εξέταση αυτή έγινε τόσο μέσα από βιβλιογραφικές πηγές όσο και από επιτόπου επισκέψεις στους πιο πάνω αρχαιολογικούς χώρους. Από τη σχετική διερεύνηση που έχει γίνει διαπιστώθηκε η ευρεία χρήση κίωνων δωρικού ρυθμού καθώς επίσης ιωνικού και κορινθιακού. Αναφορικά με τη γεωμετρία αυτών των κίωνων, εκτός από μία περίπτωση όπου βρέθηκαν οι διαστάσεις των κίωνων μέσα από βιβλιογραφική πηγή, δεν επισημάνθηκαν ικανοποιητικά και λεπτομερή

στοιχεία. Σε ορισμένες περιπτώσεις έγινε προσπάθεια εκτίμησης των διαστάσεων των κίωνων με επιτόπου μετρήσεις κατά τη διάρκεια των επισκεψέων στους πιο πάνω αρχαιολογικούς χώρους.

1.2. 2η ΦΑΣΗ (Διάρκεια 6 μήνες): Στη φάση αυτή έγινε προσπάθεια προσέγγισης της σεισμικής δράσης της περιοχής κάθε αρχαιολογικού χώρου αφενός με βάση τα ιστορικά δεδομένα από καταλόγους ισχυρών σεισμών από το παρελθόν και αφετέρου με βάση τις ιστορικές περιγραφές των αρχαιολόγων και των ιστορικών που μελέτησαν την κάθε περιοχή. Επίσης έγινε προσπάθεια προσέγγισης της σεισμικής δράσης στην εξεταζόμενη περιοχή μέσα από χάρτες όπου περιγράφονται τα γεωφυσικά χαρακτηριστικά του ελληνικού χώρου και σημειώνονται οι εστίες σεισμών που είναι γνωστοί και έχουν εκδηλωθεί στην εξεταζόμενη περιοχή από το 500 π.Χ. μέχρι σήμερα. Η υφιστάμενη κατάσταση των πιο πάνω αρχαιολογικών χώρων περιγράφεται όπως αυτή έχει αποτυπωθεί φωτογραφικά στη φάση των επιτόπου επισκέψεων ή όπως περιγράφεται από βιβλιογραφικές πηγές. Από συσχέτιση της υφιστάμενης κατάστασης και της ιστορίας της σεισμικής δράσης στην περιοχή, σύμφωνα με τις πιο πάνω πηγές, προκύπτει ότι οι αρχαιολογικοί χώροι του Δίου, της Πέλλας, της Αρχαίας Αγοράς της Θεσσαλονίκης και των Φιλιππών είχαν καταστραφεί στο παρελθόν από σεισμούς. Για τους υπόλοιπους αρχαιολογικούς χώρους υπάρχουν αρκετές ενδείξεις για κάτι παρόμοιο, γεγονός όμως που δεν τεκμηριώνεται πλήρως με βάση την εξετασθείσα βιβλιογραφία.

1.3. 3η ΦΑΣΗ (Διάρκεια 9 μήνες): Στη φάση αυτή σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε από μάρμαρο ένα ομοίωμα μονολιθικού κίονα δωρικού ρυθμού. Ο κίονας αυτός που σε κλίμακα 1:3.5 περίπου προσεγγίζει τη μορφή και τη γεωμετρία πρωτότυπων κίωνων θεωρείται αντιπροσωπευτικός τύπος κίονα της εξετασθείσας περιοχής. Μετά την κατασκευή του μεταφέρθηκε στη Διάταξη Τεχνητών Σεισμών του Εργαστηρίου Αντοχής των Υλικών του Α.Π.Θ. Στην παρούσα φάση έγινε η προσαρμογή του στην κινητή πλατφόρμα (σεισμική τράπεζα), η ενοργάνωση του και η πειραματική μελέτη της δυναμικής του απόκρισης. Η μελέτη αυτή έγινε με την παραδοχή ότι αυτός αποτελεί ελεύθερα εδραζόμενο στερεό σώμα, όπου λόγω της σχετικής αναλογίας ύψους προς βάση και του συντελεστή τριβής στη βάση έδρασής του, η δυναμική του συμπεριφορά κυριαρχείται από λικνιστική απόκριση. Κύριος στόχος αυτής της φάσης ήταν η εφαρμογή μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί στο παρελθόν, μέσα από τη μελέτη

συμπαγών στερεών σωμάτων, για την εκτίμηση των παραμέτρων εκείνων που επηρεάζουν σημαντικά τη λικνιστική του απόκριση και ως τέτοιες είναι η φυσική λικνιστική συχνότητα του κίονα (P) και ο συντελεστής αποκατάστασης (e). Για την υλοποίηση αυτού του στόχου έγινε χρήση των καταγραφών των μετατοπίσεων του κίονα που είχαν ληφθεί από την πειραματική μελέτη καθώς και η εφαρμογή λογισμικού που είχε αναπτυχθεί στο παρελθόν στη Διάταξη Τεχνητών Σεισμών για την εύρεση των γωνιών λικνισμού από την πειραματική μελέτη του κίονα και τον υπολογισμό αντίστοιχης αριθμητικής λύσης που να περιγράφει αυτή την απόκριση. Οπως υπογραμμίζεται και αναπτύσσεται με σχετική λεπτομέρεια στο δεύτερο μέρος αυτού του τεύχους, η γνώση αυτών των παραμέτρων (P και e) είναι καθοριστική ώστε να καταστεί δυνατή η πρόβλεψη της απόκρισης των κίωνων σε δυναμικές ή σεισμικές διεγέρσεις.

1.4. 4η ΦΑΣΗ (Διάρκεια 6 μήνες): Στη φάση αυτή αναπτύχθηκε μια νέα μεθοδολογία για την εύρεση της φυσικής λικνιστικής συχνότητας (P) του κίονα και του συντελεστή αποκατάστασης (e). Η μεθοδολογία αυτή βασίζεται στην κατάλληλη επεξεργασία της απόκρισης των επιταχύνσεων του κίονα. Για το σκοπό αυτό, κατά την φάση της πειραματικής μελέτης είχαν παρθεί μετρήσεις της απόκρισης των επιταχύνσεων στην κορυφή του κίονα. Η μεθοδολογία αυτή συνίσταται στην κατάλληλη αριθμητική ολοκλήρωση των επιταχύνσεων για τον υπολογισμό των γωνιών λικνισμού του κίονα και στη συνέχεια του αναλυτικού υπολογισμού αυτής της απόκρισης, για δεδομένες τιμές των φυσικών παραμέτρων του κίονα δηλ. της φυσικής λικνιστικής συχνότητας (P) και του συντελεστή αποκατάστασης (e), επιδιώκοντας την καλύτερη σύγκλιση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων. Η εκτίμηση των φυσικών αυτών παραμέτρων (P και e) κάνοντας χρήση της απόκρισης των επιταχύνσεων του κίονα, έχει ιδιαίτερη πρακτική σημασία δεδομένου ότι η ενοργάνωση κατασκευών για την παρακολούθηση της σεισμικής τους συμπεριφοράς, όχι μόνο των συμβατικών αλλά και των αρχαίων μνημείων όπως αυτά που εξετάζονται στα πλαίσια αυτού του ερευνητικού προγράμματος, γίνεται συνήθως με επιταχυνσιόμετρα.

2. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΕΠΙΤΕΥΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΥΤΗΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Οι εργασίες που διεξήχθησαν στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού έργου συνέβαλαν, μέσα από την ιστορική προσέγγιση και τις επιτόπου επισκέψεις στους εξεταζόμενους αρχαιολογικούς χώρους, να επισημανθεί μεγάλος αριθμός μνημείων που είχαν βασικό χαρακτηριστικό την κιονοστοιχία. Επίσης, μέσα από αυτή την εξέταση δόθηκαν αρκετές απαντήσεις αναφορικά με την κατανόηση της υφιστάμενης κατάστασης των αρχαιολογικών χώρων που εξετάστηκαν και της πιθανής σχέσης αυτής της καταστάσεως με την ιστορική δράση των σεισμών στην περιοχή. Δημιουργήθηκαν επίσης οι απαραίτητες προϋποθέσεις (κατασκευή κίονα, εργαστηριακές διατάξεις) για την πειραματική μελέτη της δυναμικής συμπεριφοράς κίωνων σε μεγάλη κλίμακα και με τη δυνατότητα μελέτης πιο πολύπλοκων τμημάτων τέτοιων μνημείων, πέρα από το μεμονωμένο κίονα. Επίσης, η επιτυχής εφαρμογή μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί στο παρελθόν για την εκτίμηση των φυσικών παραμέτρων που επηρεάζουν την απόκριση του κίονα καθώς και η ανάπτυξη μιας νέας μεθοδολογίας παρέχουν πλέον τη δυνατότητα για επιτόπου εφαρμογές σε πραγματικούς κίονες.

Τα αποτελέσματα από αυτό το ερευνητικό πρόγραμμα έχουν παρουσιαστεί σε διεθνή συνάντησή του Ευρωπαϊκού Κέντρου Πρόβλεψης και Πρόγνωσης των Σεισμών (ΕΚΠΠΣ) που έγινε το Δεκέβριο του 1996 στην Αθήνα και θα περιληφθούν σε ειδικό τόμο που θα εκδοθεί από το Ευρωπαϊκό Κέντρο. Επίσης προγραμματίζεται η δημοσίευση των αποτελεσμάτων αυτής της ερευνητικής προσπάθειας σε διεθνή συνέδρια και επιστημονικά περιοδικά.

3. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Ιδιαίτερα σοβαρά προβλήματα κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του ερευνητικού έργου δεν παρουσιάστηκαν. Ωστόσο θα πρέπει να επισημανθούν οι δυσκολίες που υπάρχουν για την προσέγγιση των μνημείων και την επιτόπου μελέτη τους σε αρκετούς αρχαιολογικούς χώρους λόγω σχετικών απαγορεύσεων από τους αρμόδιους αρχαιολογικούς φορείς. Πιστεύεται ότι τα προβλήματα αυτά μπορούν να ξεπεραστούν μέσα από τη συντονισμένη συνεργασία των αρμόδιων αρχαιολογικών φορέων οι οποίοι θα πρέπει να εντάσσονται σε διακλαδικά

προγράμματα επιστημονικής συνεργασίας με αντικείμενα έρευνας όπως αυτό του παρόντος ερευνητικού προγράμματος.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

1η ΦΑΣΗ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΙΟΝΩΝ ΑΠΟ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΡΑΚΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.2. ΜΝΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΒΕΡΓΙΝΑ

ΔΙΟΝ

ΠΕΛΛΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

ΑΜΦΙΠΟΛΗ

1.3. ΜΝΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΘΡΑΚΗΣ

ΘΑΣΟΣ

ΦΙΛΙΠΠΟΙ

ΣΑΜΟΘΡΑΚΗ

1.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1η ΦΑΣΗ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΙΟΝΩΝ ΑΠΟ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΡΑΚΗΣ

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

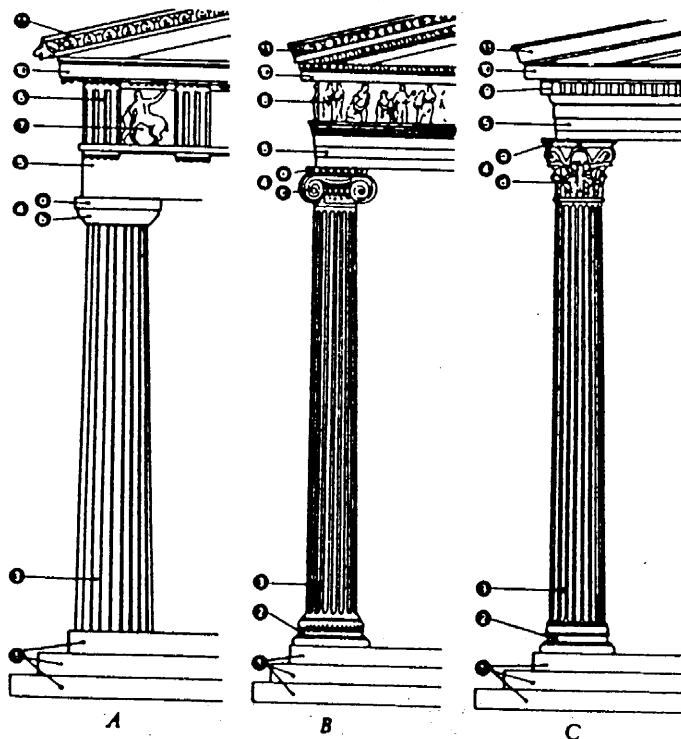
Στα πλαίσια αυτής της Φάσης του ερευνητικού προγράμματος προβλέπεται η εξέταση μνημείων της κλασικής, ελληνιστικής και ρωμαϊκής περιόδου, που έχουν ως βασικό δομικό χαρακτηριστικό την κιονοστοιχία, από αρχαιολογικούς χώρους της Μακεδονίας και της Θράκης. Από το χώρο της Μακεδονίας εξετάζονται μνημεία που βρίσκονται στους αρχαιολογικούς χώρους της Βεργίνας (Αιγές), της Πέλλας, του Δίου, της Θεσσαλονίκης και της Αμφίπολης και από το χώρο της Θράκης εξετάζονται οι χώροι της Θάσου των Φιλίππων και της Σαμοθράκης.

Στόχος της παρούσας φάσης είναι η μελέτη και η συγκέντρωση στοιχείων αναφορικά με τη μορφολογία και γεωμετρία των κίωνων σε μνημεία από τους πιο πάνω αρχαιολογικούς χώρους. Η μεθοδολογία που έχει ακολουθηθεί στηρίζεται αφενός στη διερεύνηση των πιο πάνω θεμάτων μέσα από βιβλιογραφικές πηγές και αφετέρου μέσα από επιτόπου επισκέψεις στους πιο πάνω αρχαιολογικούς χώρους.

Τα αποτελέσματα από αυτή τη Φάση θα βοηθήσουν καθοριστικά τις υπόλοιπες φάσεις και κυρίως την 2η και 3η Φάση του παρόντος ερευνητικού προγράμματος. Στη 2η φάση όπου επιχειρείται η συσχέτιση της σημερινής καταστάσεως των μνημείων με τη σεισμικότητα κάθε περιοχής, λαμβάνονται αρκετές πληροφορίες από τα αποτελέσματα αυτής της Φάσης (1η Φάση). Επίσης στην 3η Φάση επιχειρείται η πειραματική μελέτη ενός μονολιθικού κίονα στη Διάταξη Τεχνητών Σεισμών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. (σεισμική τράπεζα) αντιπροσωπευτικού τύπου των κίωνων που συναντούνται στους πιο πάνω αρχαιολογικούς χώρους. Εξυπακούεται λοιπόν ότι η επιλογή της μορφολογίας αυτού του κίονα βασίστηκε στα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από αυτή τη Φάση. Τέλος, κρίνεται σκόπιμο, πριν από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων από την έρευνα των πιο πάνω αρχαιολογικών χώρων, όπως δοθούν ορισμένα βασικά στοιχεία αναφορικά με τη μορφολογία των αρχαίων κίωνων καθώς και των κύριων δομημάτων της αρχαιότητας που είχαν ως χαρακτηριστικό γνώρισμα την κιονοστοιχία. Επίσης παρατίθεται ένας χάρτης της Μακεδονίας και της Θράκης στον οποίο σημειώνονται οι εξεταζόμενοι χώροι.

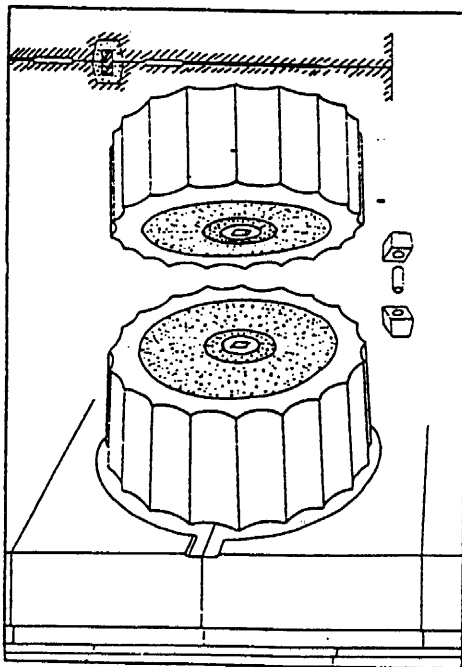
Μορφολογικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των βασικών ρυθμών αρχαίων κίωνων.

Στους κίονες διακρίνονται τρία βασικά μέρη: η βάση έδρασης, ο κορμός και το κιονόκρανο. Με την πάροδο του χρόνου καθιερώθηκαν κάποια πρότυπα ή ρυθμοί κίωνων που είχαν σαφείς διαφοροποιήσεις στα διάφορα μέρη. Οι πιο σημαντικές διαφορές εστιάζονται στο κιονόκρανο και στην αναλογία ύψους κορμού προς τη βάση. Ο Δωρικός κίονας, που ήταν και ο πρώτος ρυθμός που καθιερώθηκε, έχει ύψος που κυμαίνεται πέντε έως έξι φορές τη διάμετρο της βάσης και εδράζεται πάνω στο στυλοβάτη ενώ το κιονόκρανό του είναι λιτό. Ο Ιωνικός κίονας έχει λεπτότερο κορμό και η αναλογία ύψους προς βάση κυμαίνεται από οκτώ έως δέκα ενώ η έδραση του γίνεται πάνω σε ειδική βάση. Τα ίδια περίπου χαρακτηριστικά με τον Ιωνικό κίονα έχει και ο Κορινθιακός κίονας. Η ουσιαστική διαφορά του από τον Ιωνικό κίονα είναι στο κιονόκρανο. Του μεν Ιωνικού αποτελείται από δύο συνδεδεμένες έλικες ενώ το Κορινθιακό, που το συναντάμε περισσότερο στα Ρωμαϊκά μνημεία, είναι διακοσμημένο από σειρές σκαλιστών ακανθόφυλων. Ο κορμός τόσο του Δωρικού όσο και του Ιωνικού και Κορινθιακού κίονα έχει συνήθως σχήμα κώλουρου κώνου (σχ. 1.1). Σπανιότερα παρατηρούνται και κίονες κυκλικής ή τετραγωνικής διατομής σταθερής κατά το ύψος.



Σχήμα 1.1. Οι κλασσικοί Ελληνικοί ρυθμοί κίωνων, A Δωρικός, B Ιωνικός, C Κορινθιακός.

Η μορφή των κίωνων ήταν μονολιθική (ολόσωμη) ή σφονδυλωτή. Βασικό κριτήριο για την εκλογή της μορφής του κίονα ήταν το ύψος του, λόγω της δυσκολίας εξώρυξης και μεταφοράς μεγάλων τεμαχίων μαρμάρων. Στους σφονδυλωτάς κίονες η τοποθέτηση των σφονδύλων γινόταν με τη βοήθεια ειδικών ανυψωτικών μηχανών όπου τοποθετούσαν τον ένα πάνω στον άλλο χωρίς τη χρήση συνδετικών υλικών. Οπως αναφέρει ο Ορλάνδος "... Από το τέλος της αρχαϊκής εποχής και καθ' όλη την κλασσική περίοδο, καθ' αυτών κατακόρυφη σύνδεση των σφονδύλων δεν εγένετον ." [4] Ωστόσο, στο μέσον ακριβώς των σφονδύλων άνοιγαν ειδικές οπές (τόρμους) για την τοποθέτηση των γόμφων όπου "... το μέν κάτω ήμισυ εισέδυν εις αντίστοιχον τόρμον ανοιγόμενον επί της πάνω επιφανείας του υποκείμενου λίθου, το δε άνω εις τόρμον επί της επιφανείας του υπερκείμενου λίθου...". Οι γόμφοι ήσαν ξύλινοι ή μεταλλικοί από σίδηρον ή χαλκό και συνήθως καλύπτονταν από μόλυβδο ώστε να αποτρέπεται η οξείδωσις τους. Σε άλλες δε περιπτώσεις χρησιμοποιούσαν τα εμπόλια και τους πόλους. Τα εμπόλια ήταν κυβικά τεμάχια ξύλου με κυκλική οπή στη μέση και ετοποθετούντο σε ειδικά λαξευμένες τετραγωνικές οπές στο μέσο της κάθε επιφάνειας του σφονδύλου. Στις οπές των εμπολίων προσαρμοζόταν ειδικός ξύλινος αξονίσκος που εκαλείτο πόλος. Αναφέρεται δε ότι "...τη βοθηία του πόλου, όστις συχνάκις ήτο προσκεκολλημένος επί του άνω εμπολίου, ο άνω σφόνδυλος εστρέφετο επί του κάτω, προς επίτευξην πλήρους επαφής των σφονδύλων." (σχ. 1.2).



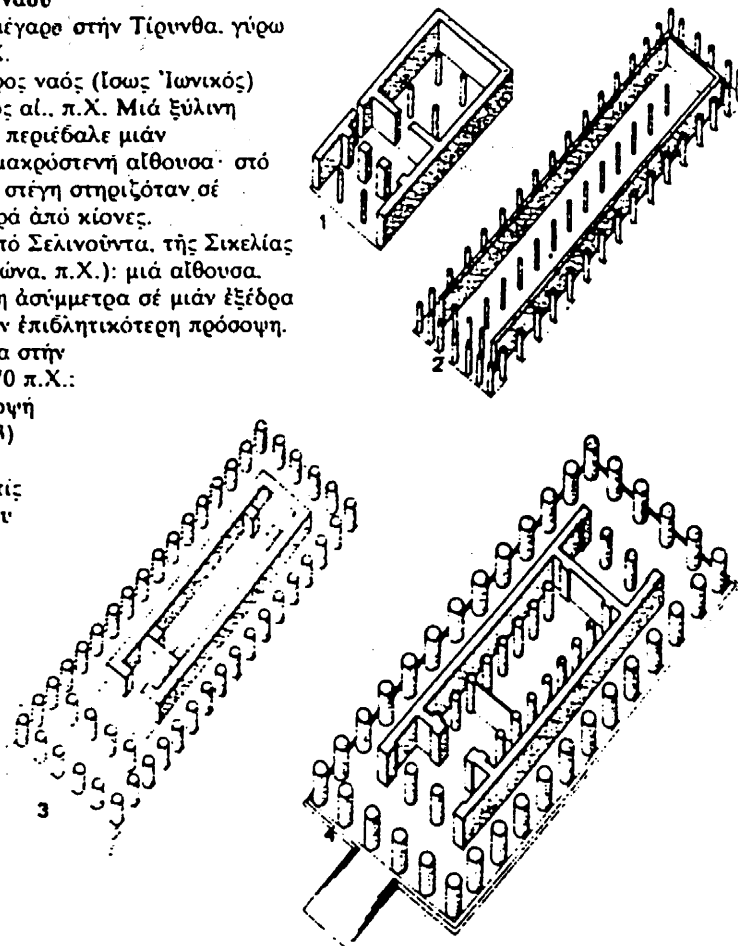
Σχήμα 1.2. Σφόνδυλοι με εμπόλια
(Προπύλαια Ακρόπολης Αθηνών)

Από πολλούς αρχαιολόγους πιστεύεται ότι οι πόλοι χρησίμευαν μόνον για την ακριβή τοποθέτηση των σφονδύλων ενώ γι' αυτό βοηθούσαν και οι εξωτερικές ραβδώσεις που εδημιουργούσαν καθ' ύψος των κίωνων. Τέλος, στην κορυφή του κίονα τοποθετούσαν το κιονόκρανο όπου το πάνω μέρος του, που καλείται άβαξ, ήταν μια οριζόντια επίπεδη πλάκα στην οποία εδράζονταν τα επιστύλια.

ΝΑΟΙ: Οι ναοί μέχρι τις αρχές του 7ου αι. π.Χ. κατασκευάζονται κυρίως από ξύλο και πηλό. Κατά το δεύτερο μισό του 7ου αι. π.Χ. χρησιμοποιείται ως βασικό υλικό ο λίθος· στην αρχή ο πωρόλιθος, επειδή επιτρέπει την εύκολη επεξεργασία του, και στη συνέχεια ο ασβεστόλιθος και το μάρμαρο. Οι πρώτοι Ελληνικοί ναοί είχαν ως πρότυπο την κατοικία του Μυκηναίου άρχοντα που κι' αυτή με τη σειρά της επηρεάστηκε από τα Μινωικά παλάτια ενώ η κατασκευή τους ήταν εξ' ολοκλήρου από ξύλο. Το κύριο της γνώρισμα ήταν η ορθογωνική κάτοψη που αποτελείτο από ένα δωμάτιο και το πρόστεγο. Με την πάροδο του χρόνου επιχειρήθηκαν διάφορες αλλαγές υλικών, αναλογιών και διακόσμησης χωρίς όμως να αποκλίνουν σημαντικά από το αρχικό πρότυπο. Οι σημαντικότερες αλλαγές ήταν η προσθήκη κίωνων περιμετρικά του ναού (περιστύλιον ή κιονοστοιχία) και η αντικατάσταση του ξύλου από πωρόλιθους ή μάρμαρα ενώ η στέγη παρέμεινε ξύλινη (σχ. 1.3). Ο χαρακτηρισμός ενός ναού σε Δωρικό ή Ιωνικό καθορίζεται κυρίως (αν όχι εξ ολοκλήρου) από το ρυθμό των κίωνων του.

Ἡ εξέλιξη τοῦ ναοῦ

- 1 Μυκηναϊκό μέγαρο στὴν Τίρυνθα, γύρω στὸ 1300 π.Χ.
- 2 Ὁ ἀρχαιότερος ναός (ἴσως Ἴωνικός) στὴ Σάμο, 9ος αἰ., π.Χ. Μία ξύλινη κιονοστοιχία περιέβαλε μίαν ἀσυνήθιστα μακρόστενη αἴθουσα· στὸ ἐσωτερικό, ἡ στέγη στηριζόταν σὲ μία μόνο σειρὰ ἀπὸ κίονες.
- 3 Ὁ Ναός C στὸ Σελινόντα, τῆς Σικελίας (μέσα δυν αἰῶνα, π.Χ.): μία αἴθουσα τοποθετημένη ἀσύμμετρα σὲ μίαν ἐξέδρα ἐπέτρεπε μίαν ἐπιδλητικότερη πρόσοψη.
- 4 Ναός τοῦ Δία στὴν Ὀλυμπία, 470 π.Χ.: ἡ ὠρμη κάτοψη του, μὲ (6x13) κίονες, ἦταν δημοφιλῆς στίς ἀρχές τοῦ 5ου αἰῶνα π.Χ.



Σχῆμα 1.3. Ἡ εξέλιξη τοῦ Ἀρχαίου Ἑλληνικοῦ Ναοῦ.

Θησαυρός ή Αίθουσα των Αναθημάτων: Πρόκειται για ναόσχημη κατασκευή που συνήθως βρίσκεται στα μεγάλα Ιερά (Δελφοί, Ολυμπία, Σαμοθράκη κ.λ.π.) όπου μέσα συγκέντρωναν όλα τα πολύτιμα αφιερώματα προς το Θεό. Η οικοδόμηση τους χρονολογείται από τον 6ο αι. π.Χ. Διακρίνονται, όπως και οι ναοί, σε δωρικούς και ιωνικούς.

Στοά: Η διαμόρφωση αυτής της κατασκευής υπαγορεύτηκε από πρακτικούς λόγους και αποσκοπούσε στην προστασία των ανθρώπων από αντίξοες καιρικές συνθήκες. Τη συναντάμε συνήθως σε χώρους όπου γινόταν μεγάλη συνάθροιση πολιτών όπως σε Ιερά, Αγορές κ.λ.π. Η αρχιτεκτονική μορφή της στοάς είναι συνήθως απλή. Υπάρχουν στοές σχήματος Γ ή Π με ένα και δύο ορόφους, με δωρικούς ή και ιωνικούς συγχρόνως κίονες. Χαρακτηριστική είναι επίσης η περίπτωση στοών με δύο όψεις και στέγη αμφικλινή. Ελάχιστες είναι οι περιπτώσεις που η στοά είναι κλειστή, παρουσιάζοντας μορφή μιας υπόστυλης αίθουσας.

Θόλος - Περίκεντρα κτίρια: Πρόκειται για οικοδομήματα με κάτοψη κυκλική που συνήθως είναι γνωστά ως "θόλοι". Η κατασκευή τους συνδιάζεται με τη διαμόρφωση του χώρου γύρω από ένα κεντρικό σημείο, μια εστία ή ένα στύλο. Τα παλαιότερα περίκεντρα κτίρια ήταν κλειστά ενώ αργότερα εμφανίζουν περίσταση με δωρικούς ή ιωνικούς κίονες. Σε μερικές περιπτώσεις υπάρχει η περίσταση (περιμετρική κιονοστοιχία) αλλά λείπει ο σηκός (τοίχος). Αυτά ονομάζονται μονόπτεροι. Η χρήση των περίκεντρων κτιρίων γενικεύεται τον 4ο αι. π.Χ. αν και είναι γνωστά τέτοια κτίρια και από την αρχαϊκή περίοδο.

Πρόπυλο: Είναι η διαμόρφωση μιας εισόδου σε ιερό, αγορά ή πόλη. Η αρχιτεκτονική μορφή του δίνει την εικόνα στεγασμένου κτίσματος με εισόδους διέλευσης και κεντρικό άξονα. Τις περισσότερες φορές το πρόπυλο έχει μνημειακό χαρακτήρα με σκοπό τον εντυπωσιασμό και όπως και στα υπόλοιπα δομήματα γίνεται χρήση δωρικής ή ιωνικής κιονοστοιχίας.

Οικία - Ανάκτορο: Οι γνώσεις μας για τις κατοικίες των κλασικών χρόνων είναι ελάχιστες σε αντίθεση με αυτές της ελληνοιστικής περιόδου. Η οικία στους ελληνοιστικούς χρόνους δεν έχει εξωτερικά ανοίγματα, με εξαίρεση τη θύρα και κάποιο μικρό αριθμό παραθύρων. Ο φωτισμός και αερισμός των δωματίων γίνεται με ανοίγματα που υπάρχουν στο εσωτερικό της οικίας. Η κάτοψη γενικά είναι ορθογώνια με μια κεντρική αυλή (αίθριο) που τις περισσότερες φορές

περιβάλλεται στις τέσσερις πλευρές της από κιονοστοιχία (δωρική, ιωνική ή και κορινθιακή). Ετσι γύρω από το αίθριο δημιουργείται στοά και πίσω απ' αυτή διαρθρώνονται τα δωμάτια. Το **ανάκτορο** ως κατασκευή δεν απαντά μέσα στον κυρίως ελλαδικό χώρο παρά μόνο σε σπάνιες περιπτώσεις και κυρίως όπου υπήρχε ο θεσμός της βασιλείας. Η δομή του, πέρα από τις επιμέρους διαφοροποιήσεις, είναι ίδια με αυτή της ελληνοιστικής οικίας.

1.2 ΜΝΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Στα πλαίσια αυτού του ερευνητικού προγράμματος από την περιοχή της Μακεδονίας εξετάζονται μνημειακοί χώροι της Βεργίνας (Αιγές), της Πέλλας, του Δίου, της Θεσσαλονίκης και της Αμφίπολης, ως προς το δομικό τους σύστημα, μέσα από βιβλιογραφικές πηγές και επιτόπου επισκέψεις που είχαν στόχο την μερική, ει δυνατόν, αποτύπωση.

Από ιστορικές και αρχαιολογικές πηγές φαίνεται ότι τη δεύτερη χιλιετία π.Χ. στην περιοχή της Μακεδονίας υπήρχαν ελληνόφωνες ομάδες που τις αποτελούσαν κυρίως Ιωνες, ομάδες με Αρκαδική και Αιολική διάλεκτο και η πολυπληθέστερη φυλή των Μακεδόνων. Κατά την εποχή αυτή τα ελληνόφωνα φύλα, με πρώτους του Ιωνες κινούνται προς τη νότια Ελλάδα ενώ οι Μακεδνοί διασπάστηκαν σε διάφορες ομάδες η μία εκ των οποίων κινήθηκε προς τη Δωρίδα και αναμείχθηκε με το ντόπιο πληθυσμό παίρνοντας το όνομα των Δωριέων. Μια άλλη, οι Μακεδόνες, αναπτύχθηκε στην περιοχή της σημερινής Δυτικής, Νότιας και Κεντρικής Μακεδονίας.

Για πολλούς αιώνες οι Μακεδόνες μένουν μακριά από τις επιδράσεις της νότιας Ελλάδας. Τον 7ο και 6ο αι. π.Χ. κινούνται προς τα ανατολικά και φτάνουν στα παράλια της Πιερίας και της Χαλκιδικής όπου σιγά σιγά αρχίζουν να δέχονται τις επιδράσεις, μέσω των εκεί αποικιών, του ανεπτυγμένου νότου. Ετσι, σημειώνεται ραγδαία πολιτιστική άνοδος στο μακεδονικό χώρο, που φτάνει στο απόγειο της την εποχή των βασιλέων, Αντύπα Γ', Φιλίππου Β' και Μεγάλου Αλεξάντρου. Επικρατέστερη άποψη σήμερα φέρει τον Αντύπα Γ' ως το βασιλιά που θα μεταφέρει την πρωτεύουσα της Μακεδονίας από τις Αιγές στην Πέλλα και τον Φίλιππο Β' ιδρυτή του μεγάλου βασιλείου της Μακεδονίας, που θα αναπτύξει πλέον έντονες επαφές με τη νότια Ελλάδα και θα δημιουργήσει τις προϋποθέσεις για την κατάκτηση της Περσικής Αυτοκρατορίας. Την ίδια περίοδο (4ος αι. π.Χ.) θα αναπτυχθεί το Δίον σε μεγάλο πολιτιστικό και θρησκευτικό κέντρο της περιοχής

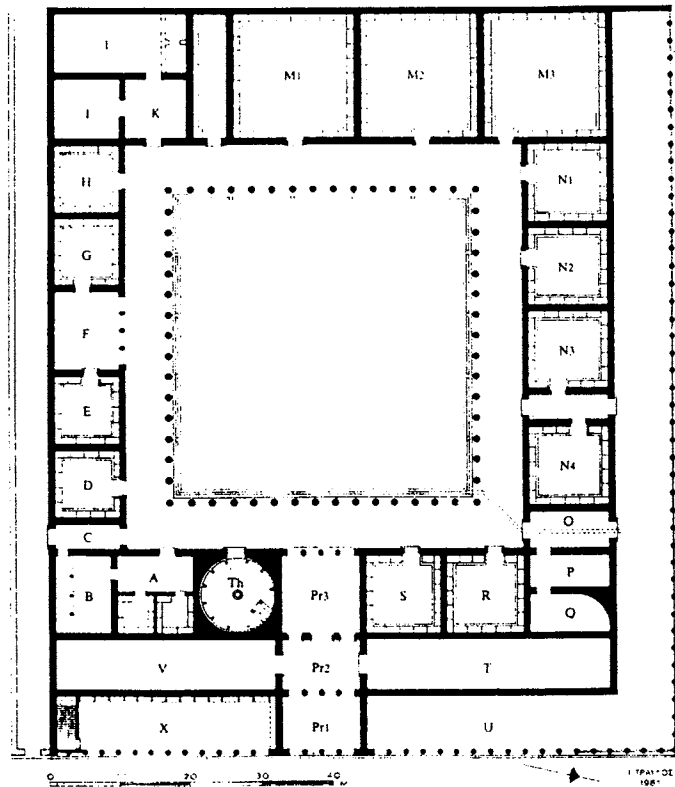
ΒΕΡΓΙΝΑ: Η πόλη της Βεργίνας (αρχαία πόλη των Αιγών και πρώτη πρωτεύουσα των Μακεδόνων) είναι γνωστή για τους Βασιλικούς Τάφους των Μακεδόνων και το βασιλικό Ανάκτορο της. Στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού προγράμματος η αναφορά μας περιορίζεται στο Ανάκτορο. Η αποκάλυψη του ανακτόρου άρχισε το 1861 από τον Γάλλο αρχαιολόγο L. Heuzey, συνεχίστηκε από τον Κ.Α. Ρωμαίο (1939-1956) και ολοκληρώθηκε από τους καθηγητές Μ. Ανδρόνικο και Γ. Μπακαλάκη (1959-1974) με τη συνεργασία του Ι. Τραυλού στην τελευταία φάση (1970-1974).

Το ανάκτορο έχει σχήμα ορθογώνιο με διαστάσεις 104,5mX88.5m και μεγάλη εσωτερική αυλή 44.5mX44m που πλαισιώνεται από 16 δωρικούς κίονες σε κάθε πλευρά και ένα τριπλό πρόπυλο με ιωνικούς ημικίονες (σχήμα 1.4). Γύρω από την αυλή διαστάσσονται οι χώροι του ανακτόρου οι κυριώτεροι από τους οποίους βρίσκονται στη νότια πλευρά (σωζονται ακόμα ψηφιδωτά από αυτά τα δωμάτια) ενώ αριστερά της εισόδου υπήρχε η "θόλος", κυκλικό δωμάτιο. Τα υπόλοιπα δωμάτια είχαν κυρίως ορθογωνικό ή τετράγωνο σχήμα με ανοίγματα στο εσωτερικό της αυλής και επικοινωνούσαν μέσω της στοάς που σχηματιζόταν από την κιονοστοιχία του περιστυλίου της αυλής και τους τοίχους των δωματίων. Πιστεύεται ότι οι τοίχοι ήταν κατασκευασμένοι από άψητα τούβλα και υπήρχε ξύλινη στέγη με κεραμύδια. Από πολλούς αρχαιολόγους διατυπώνεται η άποψη ότι η ανατολική πτέρυγα του ανακτόρου ήταν διώροφη και η εξωτερική πλευρά ήταν υπαίθρια στοά με κιονοστοιχία. Σε πρόταση αναπαράστασης του ανακτόρου από τον Παντερμαλή, φαίνεται ως διώροφη τόσο η ανατολική όσο και η δυτική πλευρά (σχήμα 1.5).

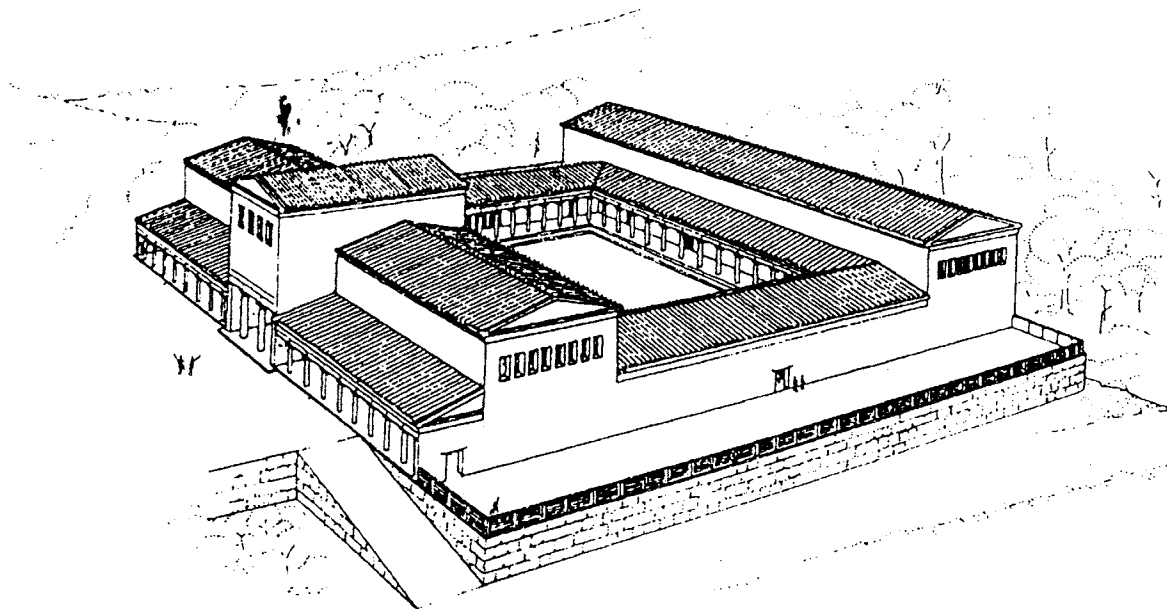
Οι κίονες ήταν κατασκευασμένοι από πωρόλιθο, οι σφόνδυλοι των οποίων σώζονται μέχρι σήμερα διάσπαρτοι στο χώρο του ανακτόρου και με έντονες διαβρωτικές επιδράσεις (φωτο. 1.1). Δυστυχώς μέσα από την εξετασθείσα βιβλιογραφία δεν βρέθηκε το ύψος των δωρικών κίωνων της αυλής. Από επιτόπου μετρήσεις και με ορισμένους υπολογισμούς βρήκαμε ότι το ύψος αυτών των κίωνων είναι περίπου 5.0m και η βάση τους περίπου 0.95m. Στις επιφάνειες των σφονδύλων υπάρχουν τετραγωνικοί τόρμοι διαστάσεων περίπου 11cmX11cm και βάθους περίπου 4.0cm. Στα δυτικά του ανακτόρου υπήρχε δεύτερο οικοδόμημα, μικρότερων διαστάσεων, που είχε ενιαία εσωτερική αυλή με περιστύλιο από 9 κίονες σε κάθε πλευρά και δωμάτια στην βόρεια και δυτική πλευρά (σχήμα 1.6). Το κτίριο αυτό δεν έχει μελετηθεί επαρκώς και ορισμένες υποθέσεις που γίνονται αναφέρουν ότι αυτό θα πρέπει να προυπήρχε του μεγάλου ανακτόρου.

μέχρι και τον 5ο αι. μ.Χ. που εξαφανίζεται τελείως ενώ το 325 π.Χ. ο Κάσανδρος, θα ιδρύσει τη Θεσσαλονίκη. Η πόλη της Αμφίπολης δημιουργήθηκε από τους Αθηναίους το 437 π.Χ. ενώ τον 4ο αι π.Χ. τέθηκε πλήρως υπό την κυριαρχία των Μακεδόνων. Η Μακεδονία εξακολουθεί να είναι ανεξάρτητο κράτος με κυριαρχία και επιδράσεις στις γύρω περιοχές μέχρι το 168 π.Χ. που υποδουλώνεται στους Ρωμαίους. Θα εξακολουθήσει ωστόσο να διατηρεί τον εθνολογικό της χαρακτήρα να χρησιμοποιεί τις ίδιες τεχνικές μεθόδους και να αναπαράγει τα ίδια πολιτιστικά πρότυπα σε αρκετούς τομείς μεταξύ των οποίων η αρχιτεκτονική και η κατασκευαστική τεχνική.

Η πιο πάνω ιστορική αναφορά κρίθηκε αναγκαία, ώστε να προσδιοριστούν οι ιστορικές φάσεις μέσα στις οποίες θα αναζητούνται τα αρχιτεκτονικά και μορφολογικά στοιχεία των μνημείων αυτών των χώρων που εξετάζονται στα πλαίσια αυτού του ερευνητικού προγράμματος. Επίσης, η αναφορά αυτή κρίθηκε αναγκαία κατά τρόπο που να καλύπτει και τις σχετικές απαιτήσεις της επόμενης φάσης (2η Φάση) του ερευνητικού προγράμματος όπου επιχειρείται συσχέτιση της σημερινής καταστάσεως των πιο πάνω αρχαιολογικών χώρων καθώς και αυτών της Θράκης που αναφέρονται στη συνέχεια με την ιστορία της σεισμικής δράσης στην περιοχή.



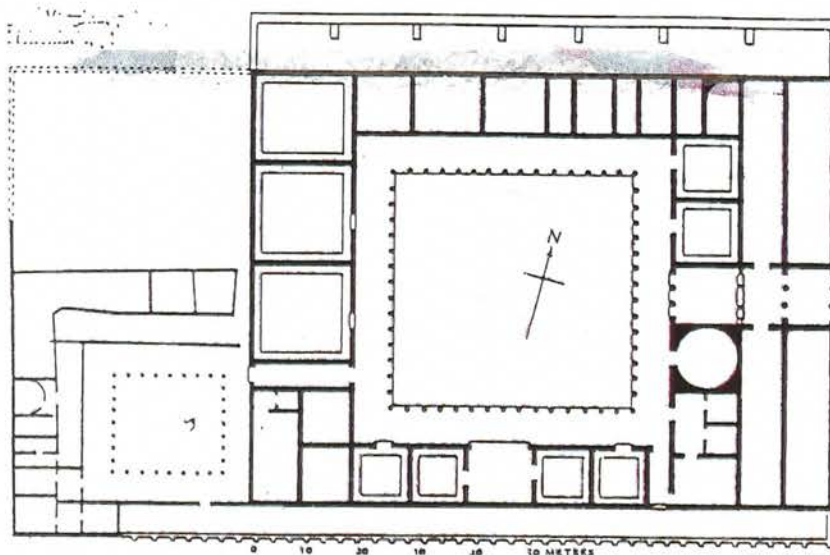
Σχήμα 1.4. Κάτοψη του Ανακτόρου της Βεργίνας
(Ανδρόνικος, Μακαρονάς, Μουτσόπουλος, Μπακαλάκης, Τραυλός)



Σχήμα 1.5. πρόταση αναπαράστησης του Ανακτόρου από τον Παντερμαλή.

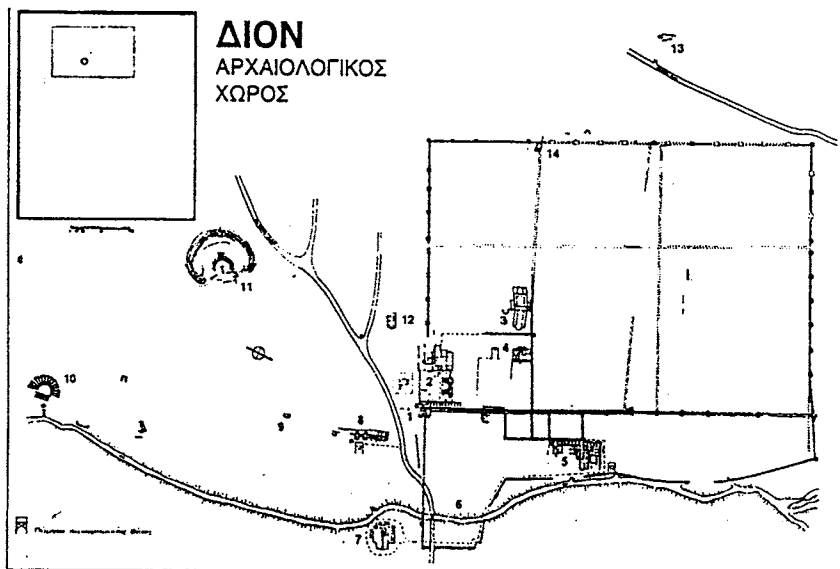


Φωτο. 1.1. Σφόνδυλοι του Δωρικού περιστυλίου του Ανακτόρου



Σχήμα 1.6. Κάτοψη του Ανακτόρου μαζί με το Δυτικό κτίριο.

ΔΙΟΝ: Το αρχαίο Δίον ήταν το θρησκευτικό κέντρο των Μακεδόνων. Δίπλα στο ιερό του Δίου είχε ανπτυχθεί η αρχαία πόλη. Η ανασκαφή του Δίου άρχισε το 1928 από το Σωτηριάδη. Επαναλήφθηκε το 1963 από τον Γ. Μπακάλη και από το 1973 μέχρι σήμερα οι ανασκαφές διεξάγονται από τον Δ. Παντερμαλή. Τα παλαιότερα ευρήματα χρονολογούνται στο τέλος του 6ου αι. π.Χ. Το ιερό του Δίου θα γνωρίσει μεγάλη ακμή τόσο στην Ελληνιστική και Ρωμαϊκή περίοδο καθώς και αργότερα στα παλαιοχριστιανικά χρόνια. Τον 5ο αι. μ. Χ. το Δίον εγκαταλείπεται λόγω μεγάλου σεισμού και πλημμυρών που προκαλούν γενικές καταστροφές. Στο σχήμα 1.7 φαίνονται οι κύριοι χώροι του ιερού που έχουν ανασκαφεί μέχρι σήμερα. Τα ερείπια της πόλης καλύπτονται κάτω από το χώμα, εκ των οποίων ορισμένα έχουν αποκαλυφθεί τα τελευταία χρόνια. Δυστυχώς από την εξετασθείσα βιβλιογραφία δεν βρέθηκαν αρκετές πληροφορίες αναφορικά με τη γεωμετρία και μορφολογία των κτιρίων του ιερού. Εγινεν ωστόσο προσπάθεια μέτρησης των διαστάσεων ενός μονολιθικού κίονα, ο οποίος περιγράφεται παρακάτω.



Επεξηγηματικές αντιστοιχίες του σχεδιαγράμματος

1. Αγορά. Η είσοδος στον αρχαιολογικό χώρο.
2. Τα θεμέλια λουτρού.
3. Πύλη στο κατάστημα του δρόμου που οδηγεί τον επισκέπτη προς τον Ωκεανό βρίσκονται τα ερείπια της πρόσοψης ενός κτίριου που σφραγίστηκε εκεί εξ' αιτίας ενός καταστρεπτικού σεισμού. Ένα πρόσωπο στην πορφή του δρόμου αυτού εφόσον στο αίθριο της κεντρικής παλατιοκρατικής βασιλικής του Δίου. Ένα μίτρο κάτω από το δάπεδό της βρίσκεται τα ψηφιδωτά δάπεδα μιας πολυτελέστερης βασιλικής.
4. Στο πρώτο οικοδομικό τετράγωνο ήταν χτισμένο δημόσιο κτίριο και πολυτελής κατοικία. Σ' ένα από τα σπίτια που ερεινιήθηκαν (2ος - 3ος αι. μ.Χ.) βρέθηκαν ψηφιδωτά δάπεδα, αναβρυτήρια, αποθήκευσιμαί χώροι και ένα πηγάδι. Αργότερα (στα παλαιοχριστιανικά χρόνια), πάνω στα ερείπια του κατασκευάστηκαν νέα κτίσματα.
5. Η έπαυλη του Διονύσου.
6. Ο σημερινός Χελονότομος, ο αρχαίος Βαθύραος, ήταν ένας ναυοπόρος πατριάρχης. Στην περιοχή αυτή που τα τείχος κόνει ένα πρόβατο υπάρχουν αποθήκες και ακάλυπτος χώρος. Θα μπορούσε να σχετίζονται με το αρχαίο λιμάνι.
7. Το ιερό της Ισίδας έμεινε απαράχτο από νεότερες σκευές. Ο επισκέπτης βλέπει αντίγραφα γλυπτών τοποθετημένα στις θέσεις που βρέθηκαν τα πρωτότυπα. Ο κεντρικός ναός του ιερού βρίσκεται στον άξονα Α-Δ του συγκροτήματος. Μητροστά από τα σκαλοπάτια υπήρχε μια τετραστυλή κωνική πρόσοψη. Στο ναό αυτό λατρεύονταν η Ισίδας Λοχία. Ο ναός με την κόγχη στα δυτικά ήταν αφιερωμένος στην Ισίδα Τύχη και αυτός που βρίσκεται στα ανατολικά του κεντρικού στην Αγροδίτη Υπομυμνία. Πριν από την Ισίδα στον ίδιο χώρο λατρεύονταν η Αρτεμίδα Ελεϊθία.
8. Το κενό της Δήμητρος είναι το καλύτερο γνωστό μακεδονικό κενό. Η ιστορία του, σύμφωνα με τα ευρήματα, αρχίζει γύρω στο 500 π.Χ. Γλυπτά πήλινα ειδώλια, λυχνάρια, αγγεία αποτελούν ένα μέρος από τα αναβρυτήρια του ιερού. Τα καλύτερα κτίσματα είναι δύο μικρά κτίρια με πρόβατο και κυκλικό δάπεδο (μέγαρα), τα οποία αντικαθίστανται στα ελληνιστικά χρόνια από άλλα μεγαλύτερα.
9. Ναΐσκος στο τέμενος του Ασκληπιού. Βρέθηκαν γλυπτά, επιγραφές και μεκροαντικείμενα που σχετίζονται με τη λατρεία.
10. Το θέατρο αυτό που χτίστηκε τον 2ο αι. μ.Χ. και επισκευάστηκε αργότερα ήρθε πιθανώς να αντικαταστήσει το ελληνιστικό θέατρο του Δίου.
11. Το θέατρο του Δίου κατασκευάστηκε πάνω σε τεχνητή επήλυση. Είναι το μόνο ελληνικό θέατρο στο οποίο οι αναβαθμοί των κερκίδων έχουν γίνει με μεγάλες πύλινθους. Στον άξονα της αρχήστρας ένας υπόγειος διάδρομος χρησιμοποιήθηκε για εμφανίσεις ηθοποιών που ο ρόλος τους σχετίζεται με τον Κόσμο. Το θέατρο κτίστηκε στα ελληνιστικά χρόνια, το αργότερο επί Φιλίππου Ε'.
12. Το 1981 αποκαλύφθηκε έξω από το νότιο τείχος στην περιοχή ενός όγκου νεκροταφείου μία ακόμη παλαιοχριστιανική βασιλική. Κάτω από το δάπεδό της βρέθηκε ένας μεγάλος τάφος.
13. Πύλη του ελληνιστικού τείχους και δεξιομένη του 2ου αι. μ.Χ.
14. Ένας από τους πένητες μακεδονικούς τάφους που έχουν ανασκαφεί στο Δίον. Πρόκειται για ένα ευρύχωρο υπόγειο κτίσμα με διατηρηθείσα κεντρική πρόσοψη, κεντρικό πρόβατο και κεντροσκέπαστο νεκρικό θάλαμο που είχε μαρμάρινες πόρτες και μεγάλο μαρμάρινο κρεβάτι. Τέλος 4ου αι. π.Χ.

Σχήμα 1.7. Ο αρχαιολογικός χώρος του ιερού του Δίου.

Επίσης από επιτόπου παρατηρήσεις διαπιστώθηκε αφενός η ύπαρξη σφονδύλων με τόρμους σε αρκετά σημεία του ιερού οι οποίοι φαίνεται ότι επαναχρησιμοποιήθηκαν για άλλους σκοπούς (π.χ. ενίσχυση του τοίχους, φωτο. 1.2) καθώς και βάσεις ιωνικών κίωνων και κιονόκρανα κοντά στα δημόσια λουτρά (φώτο. 1.3) γεγονός που μαρτυρεί ότι στην αρχαιότητα υπήρχαν αρκετά κτίρια στο Δίον με κίονες και κιονοστοιχίες.



Φωτο. 1.2. Σφόνδυλοι κίωνων για ενίσχυση του τοίχους του Δίου.



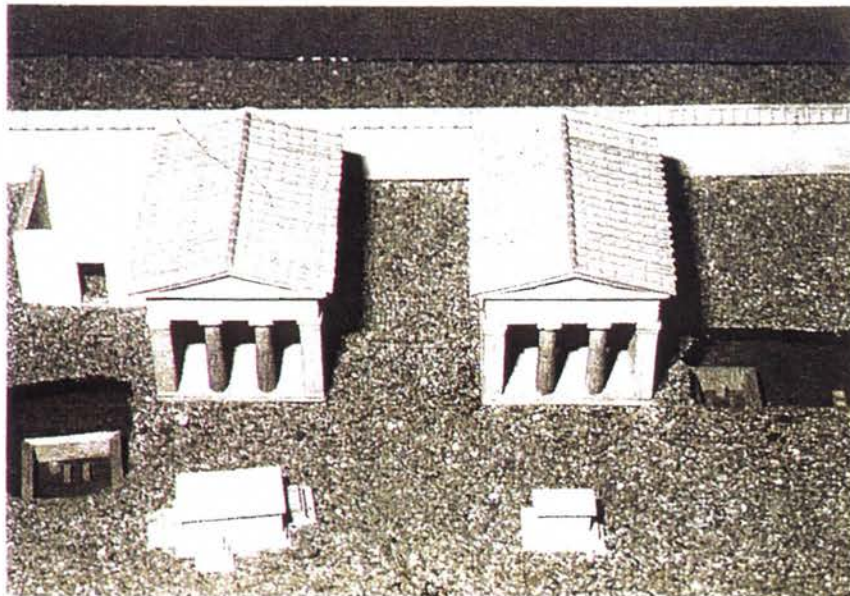
Φωτο. 1.3. Βάσεις ιωνικών κίωνων σε κτίριο των λουτρών.

Στη συνέχεια γίνεται σύντομη περιγραφή σε κτίρια που έχουν αποκαλυφθεί μέχρι σήμερα και παρουσιάζουν κίονες ή κιονοστοιχίες.

Ιερό της Δήμητρας: Το ιερό της Δήμητρας είναι το παλαιότερο γνωστό μακεδονικό ιερό. Σήμερα σώζονται μόνο τα θεμέλια του (φωτο 1.4.). Η ιστορία του αρχίζει το 500 π.Χ. Τα παλαιότερα κτίσματα του ιερού αντικαθίστανται στα ελληνοιστικά χρόνια από άλλα μεγαλύτερα. Δύο ναίσκοι του ιερού έχουν διαστάσεις 7mX11m και σε πρόταση αποκατάστασης τους φαίνονται ο καθένας με δύο δωρικούς κίονες στην πρόσοψη (σχήμα 1.8).



Φωτο. 1.4. Τα θεμέλια του ιερού της Δήμητρας

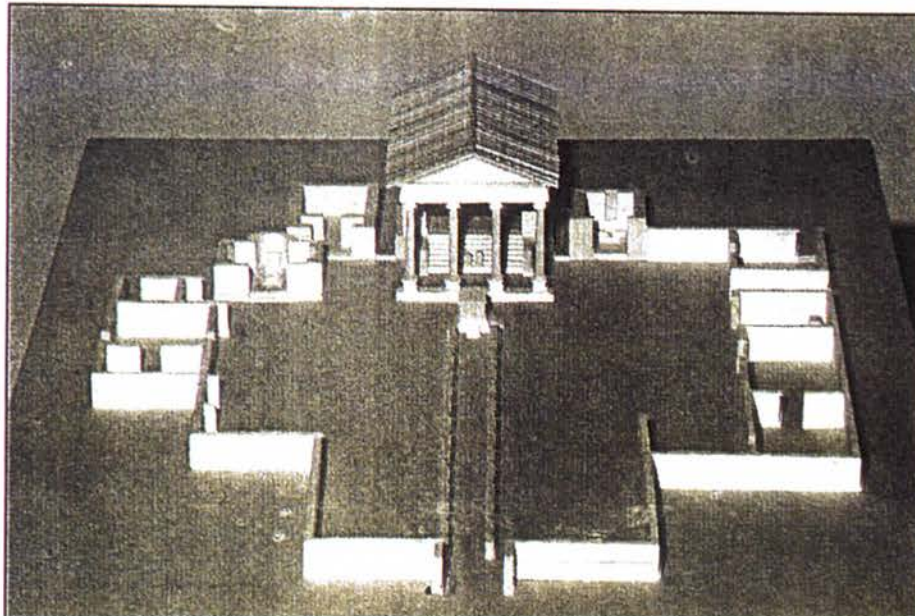


Σχήμα 1.8. Πρόταση αναπαράστης του ιερού της Δήμητρας (Παντερμαλής).

Ιερό της Ισιδας: Ο κεντρικός ναός βρίσκεται στον άξονα Ανατολή - Δύση του ιερού και μπροστά από τα σκαλοπάτια υπήρχε μια τετράστυλη ιωνική κιονοστοιχία (σχήμα 1.9). Λόγω υψηλής στάθμης του νερού δεν ήταν δυνατή η προσέγγιση του ναού κατά την φάση της επίσκεψης μας σ' αυτό. Διακρίνεται καθαρά ότι σώζονται οι βάσεις αυτών των κίωνων και ένας τουλάχιστον απ' αυτούς τους κίονες ο οποίος είναι πεσμένος.



Φωτο 1.5. Το ιερό της Ισιδας όπως είναι σήμερα.

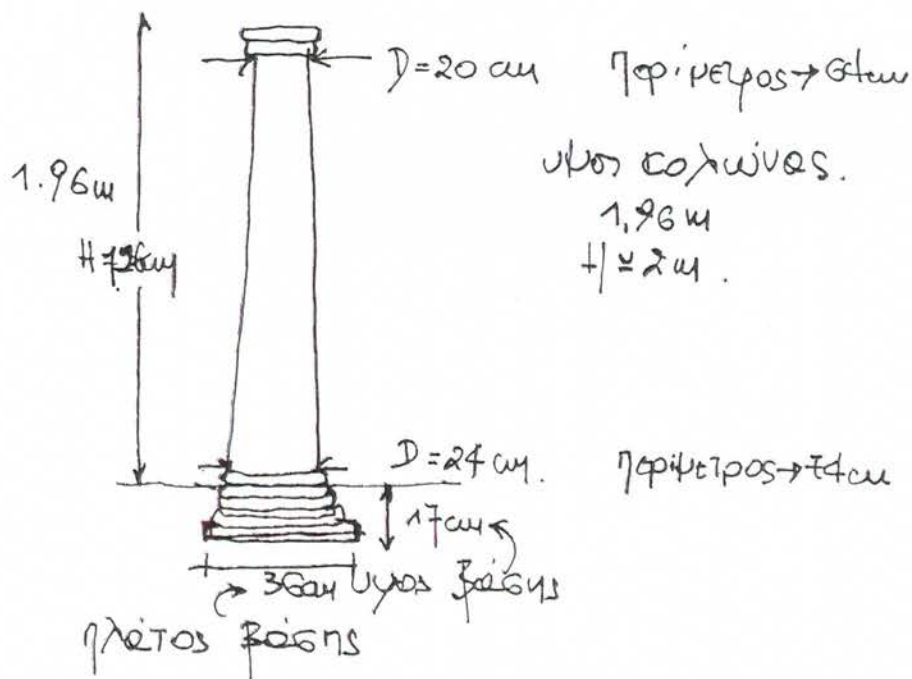


Σχήμα 1.8. Πρόταση αναπαράστης του ιερού της Ισιδας (Παντερμαλής).

Παλαιοχριστιανική βασιλική εκκλησία: Το 1981 αποκαλύφθηκε μια παλαιοχριστιανική εκκλησία. Η αναφορά εδώ γίνεται διότι κατά την επίσκεψη μας στο Δίον διαπιστώθηκε ότι τρεις μονολιθικοί κίονες ιωνικού ρυθμού είχαν τοποθετηθεί σε όρθια θέση πάνω στις βάσεις τους (φωτο. 1.6) ενώ πολλοί άλλοι ήταν κατάκοιτοι. Μετρήθηκαν οι διαστάσεις ενός απ' αυτούς οι οποίες φαίνονται στο πιο κάτω σχήμα (σχήμα 1.10).



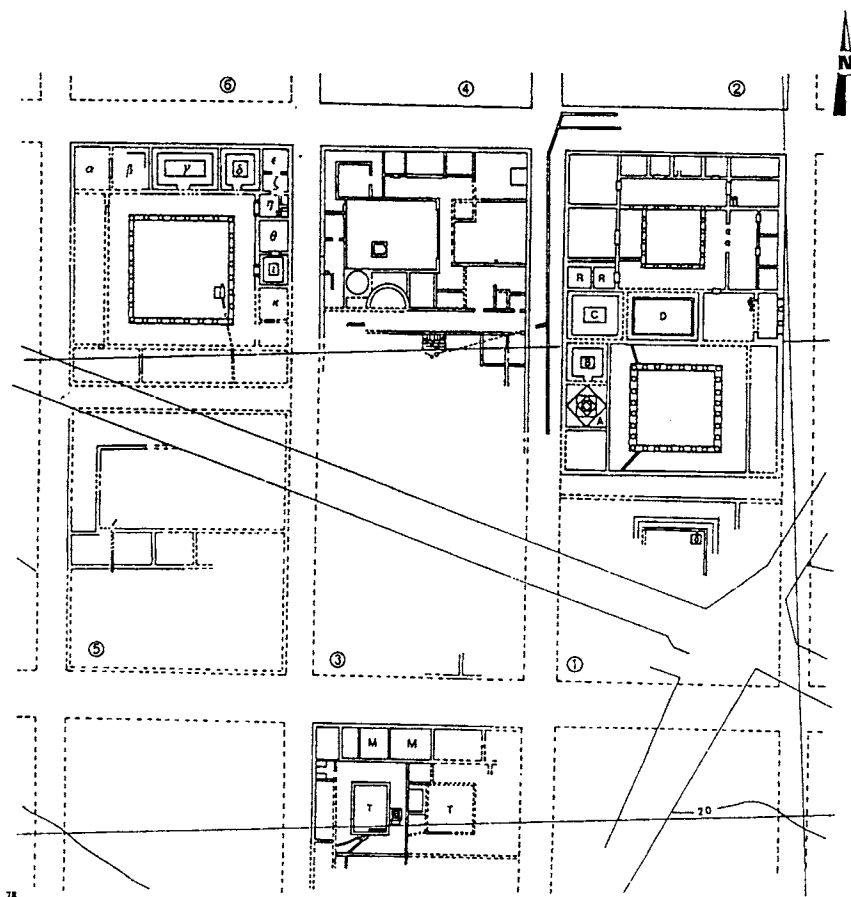
Φωτο. 1.6. Μονολιθικοί ιωνικοί κίονες στην παλαιοχριστιανική εκκλησία σε όρθια θέση.



Σχήμα 1.10. Οι διαστάσεις του μεσαίου κίονα από μερικήν αποτύπωση τους.

ΠΕΛΛΑ: Η Πέλλα έγινε πρωτεύουσα του μακεδονικού βασιλείου από τις αρχές του 4ου αι.π.Χ. χωρίς ωστόσο να είναι απόλυτα εξακριβωμένο, μέχρι σήμερα, η ακριβής χρονολογία. Η αρχαιολογική έρευνα στην Πέλλα άρχισε το 1914 ενώ συστηματικές ανασκαφές διεξήχθησαν το 1957-1963 και μετά το 1980.

Ως νέα πόλη για την τότε εποχή, και όπως συνηθιζόταν για τις νέες πόλεις, κτίστηκε με βάση το ιπποδαμειον σύστημα (σχ. 1.11). Κάθε οικοδομικό τετράγωνο περιλάμβανε δύο ή περισσότερες οικίες. Οι περισσότερες οικίες ανήκουν στον τύπο με κεντρική περίστυλη αυλή με δωρική ή ιωνική κιονοστοιχία. Οι πλουσιότερες κατοικίες βρέθηκαν στον κεντρικό ανασκαφικό τομέα και σήμερα χρονολογούνται αμέσως μετά τους χρόνους του Αλεξάντρου. Στα πλαίσια αυτού του ερευνητικού προγράμματος εξετάστηκαν τόσο μέσα από βιβλιογραφικές πηγές όσο και από επιτόπου επισκέψεις δύο από αυτές. Οι ονομασίες αυτών των οικιών έχουν δοθεί με βάση τα θέματα των ψηφιδωτών που έχουν βρεθεί.



Σχήμα 1.11. Το πολεοδομικό σύστημα της Πέλλας.

Οικία Διονύσου: Αποτελεί σύνθετο τύπο, με δύο περιστύλια εσωτερικών αυλών, ενός ιωνικού και ενός δωρικού. Σήμερα είναι μερικώς αναστηλωμένο το ιωνικό περιστύλιο (φωτο. 1.7) το οποίο στην αρχική του μορφή αποτελείτο από 6Χ6 ιωνικούς κίονες με σφονδύλους. Από την εξετασθείσα βιβλιογραφία δεν βρέθηκε καμιά αναφορά σχετικά με τις διαστάσεις αυτών των κίωνων. Γι' αυτό, καταβλήθηκε σχετική προσπάθεια για την μέτρηση των διαστάσεων ενός απ' αυτούς τους κίονες στην φάση επίσκεψης μας στον αρχαιολογικό χώρο (φωτ. 1.8) .



Φωτο. 1.7. Ιωνικό περιστύλιο της οικίας του Διονύσου στην Πέλλα.

Οικία Αρπαγής της Ελένης: Η οικία αυτή χαρακτηρίζεται από το μεγάλο δωρικό περιστύλιο με 8Χ8 κίονες και τις αίθουσες των συμποσίων. Σήμερα είναι αναστηλωμένος ένας από τους δωρικούς κίονες. Οπως και στην προηγούμενη κατοικία, Από την εξετασθείσα βιβλιογραφία δεν βρέθηκε καμιά αναφορά σχετικά με τις διαστάσεις αυτών των κίωνων. Γι' αυτό, καταβλήθηκε σχετική προσπάθεια για τη μέτρηση των διαστάσεων αυτού του κίονα στην φάση επίσκεψης μας στον αρχαιολογικό χώρο (φωτο. 1.9).



Εκτός από τις πιο πάνω περιπτώσεις, από την εξετασθείσα βιβλιογραφία προκύπτει ότι υπήρχαν αρκετά άλλα κτίρια που ήταν δομημένα με βάση την κιονοστοιχία. Μια άλλη οικία που ανασκάφηκε το 1976-78 στα νότια της οικίας της Αρπαγής της Ελένης είχε δωρικό περιστύλιο στο κέντρο. Επίσης στην αγορά της Πέλλας που ακόμη είναι σε φάση ανασκαφής, διαπιστώθηκε η ύπαρξη μεγάλης στοάς που στηριζόταν σε κιονοστοιχία στη νότια πτέρυγα και πεσσοστοιχία στη βόρεια. Μια άλλη αίθουσα, στη νοτιοδυτική γωνία της αγοράς, είχε δωρικό περιστύλιο κάτω και ιωνική πεσσοστοιχία στον όροφο.



Φωτο. 1.8. Ιωνικός κίονας από την οικία του Διονύσου (ύψος περίπου 4.0m)



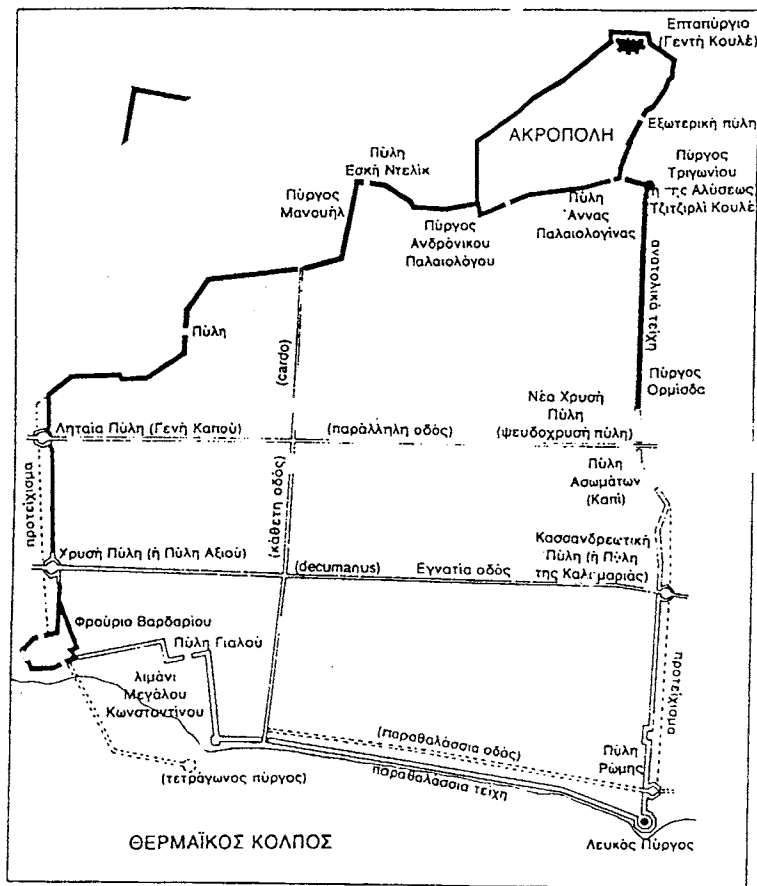
Φωτο 1.9. Δωρικός κίονας από την οικία της Αρπαγής της Ελένης (ύψος περίπου 5.0m)

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ: Η Θεσσαλονίκη όπως προκύπτει από ιστορικές αναφορές, ιδρύθηκε το 315 π.Χ. από το βασιλιά της Μακεδονίας Κάσσανδρο, αν και υπάρχουν αρκετές μαρτυρίες για κατοίκηση της περιοχής πριν απ' αυτή την περίοδο. Αμέσως μετά την ίδρυσή της, ο Κάσσανδρος έκτισε τα τείχη της πόλης τα οποία σώζονται μέχρι σήμερα (σχήμα 1.12). Η θέση της Θεσσαλονίκης με άμεση πρόσβαση προς τη θάλασσα καθώς και η καλή οχύρωσή της αποτέλεσε μια από τις βασικές αιτίες ώστε να διαδραματιστούν διάφορα πολεμικά, πολιτικά και οικονομικά γεγονότα στην ιστορία της.

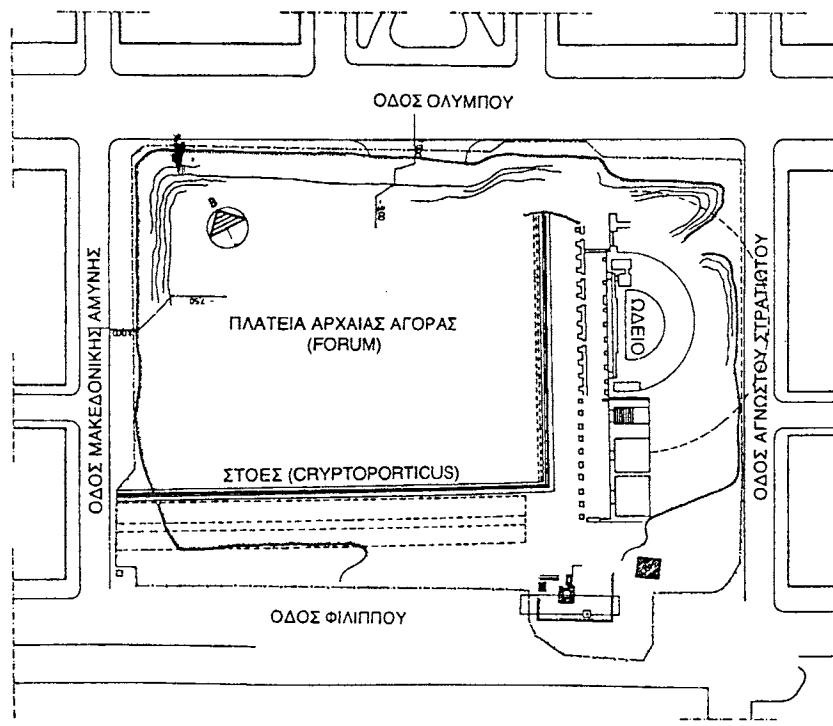
Στη Ρωμαϊκή περίοδο η Θεσσαλονίκη θα γνωρίσει μεγάλη ακμή επί καίσαρα Γαλερίου (αρχές του 4ου αι. μ.Χ.). Στην πόλη κτίστηκαν μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα όπως η Ροτόντα, η αψίδα του Γαλερίου και η Αρχαία Αγορά που είναι το μόνο από τα μνημεία της Θεσσαλονίκης που εξετάζεται στα πλαίσια αυτού του ερευνητικού προγράμματος. Η Αρχαία Αγορά, που συνήθως καλείται και Ρωμαϊκή Αγορά, πιστεύεται από πολλούς ότι κτίστηκε την περίοδο από 42 π.Χ. έως 138 μ.Χ. Με αυτή την υπόθεση, μάλλον ο Γαλέριος θα έδωσε μian άλλη όψη στην Αγορά, εμπλουτίζοντάς την με διάφορα κτίρια. Μια άλλη άποψη υποστηρίζει πως η Αρχαία Αγορά είναι έργο της περιόδου της Ρωμαϊκής "Τετραρχίας" (τέλη του 3ου αρχές του 4ου αι. μ.Χ.) που συμπίπτει με την περίοδο της κυριαρχίας του Γαλερίου.

Η Αρχαία Αγορά αποκαλύφθηκε το 1966, όπου βρέθηκαν βάσεις κιονοστοιχίας που φαίνεται να είναι τμήμα μιας μεγάλης στοάς από κορινθιακούς κίονες, ένας από τους οποίους έχει αναστηλωθεί από τα τέλη της δεκαετίας του εξήντα (σχήμα 1:13, φωτο. 1.10).

Στο ημερολόγιο του Δήμου Θεσσαλονίκης για το 1995 αναφέρεται ότι τμήματα αυτής της στοάς, που κατονομάζεται και ως στοά των Ειδώλων, αποσπάστηκαν από τον E. Miller το 1865 με άδεια των τουρκικών αρχών και βρίσκονται σήμερα στο μουσείο του Λούβρου. Στο ίδιο ημερολόγιο δίνονται διάφορα γεωμετρικά στοιχεία των κίωνων και των επιστυλίων αυτής της κιονοστοιχίας τα οποία φαίνονται στα σχήματα 1.14 και 1.15.



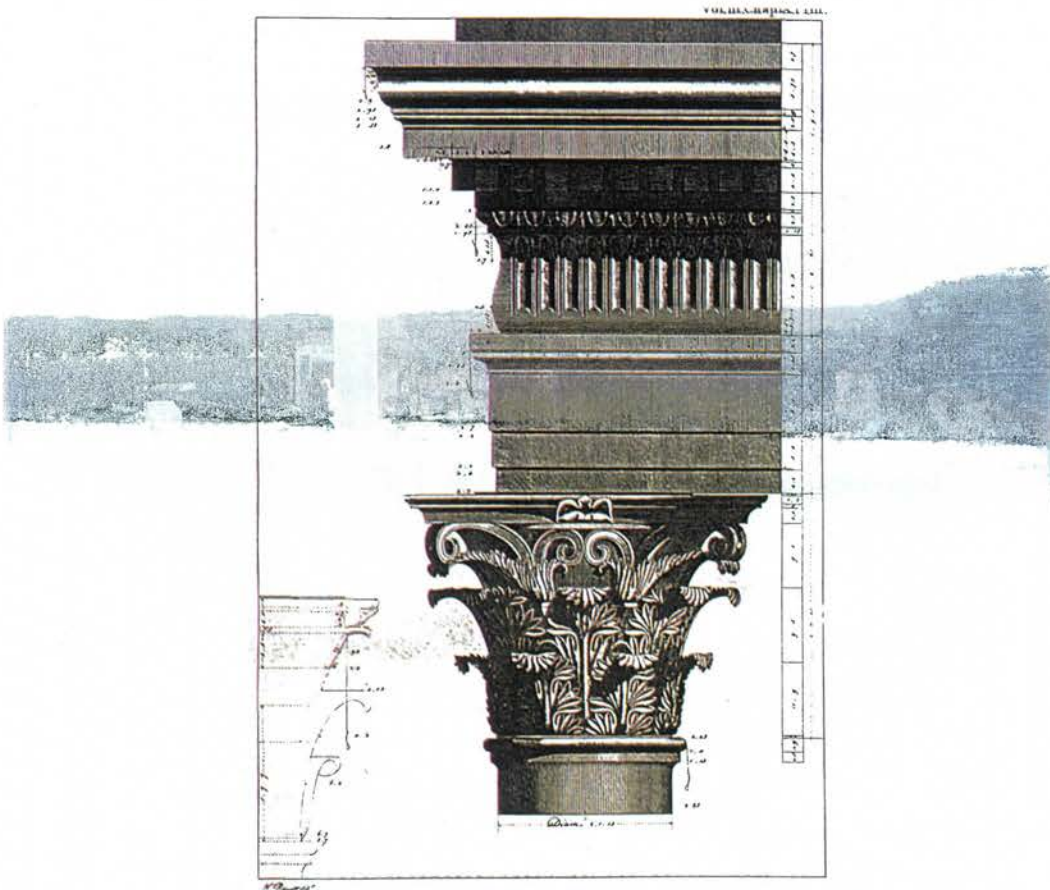
Σχήμα 1. 12. Το περίγραμμα των τειχών της Θεσσαλονίκης



Σχήμα 1.13. Κάτοψη του χώρου της Αρχαίας Αγοράς.

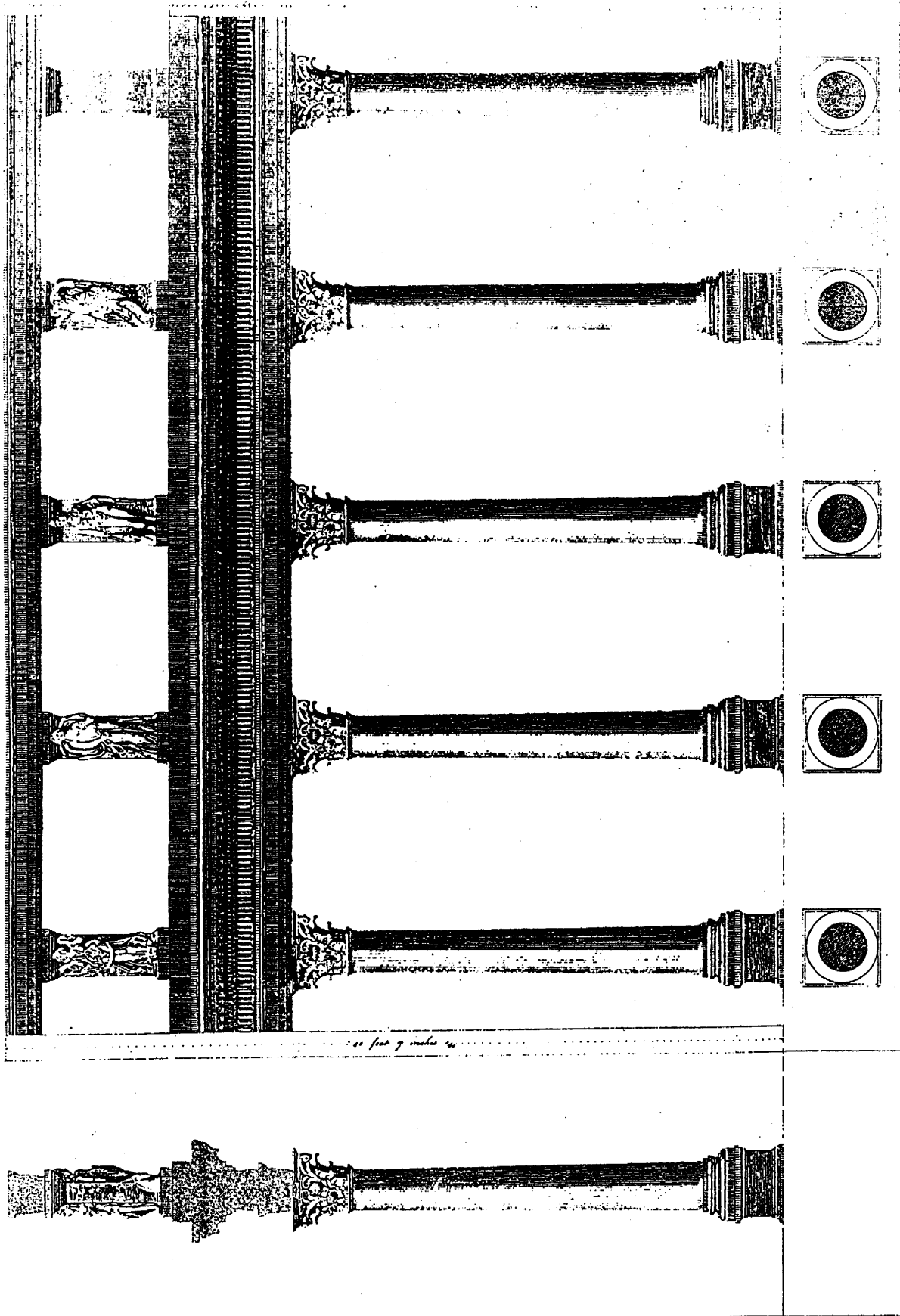


Φωτο. 1.10. Κορινθιακός κίονας στην Αρχαία Αγορά της Θεσσαλονίκης.



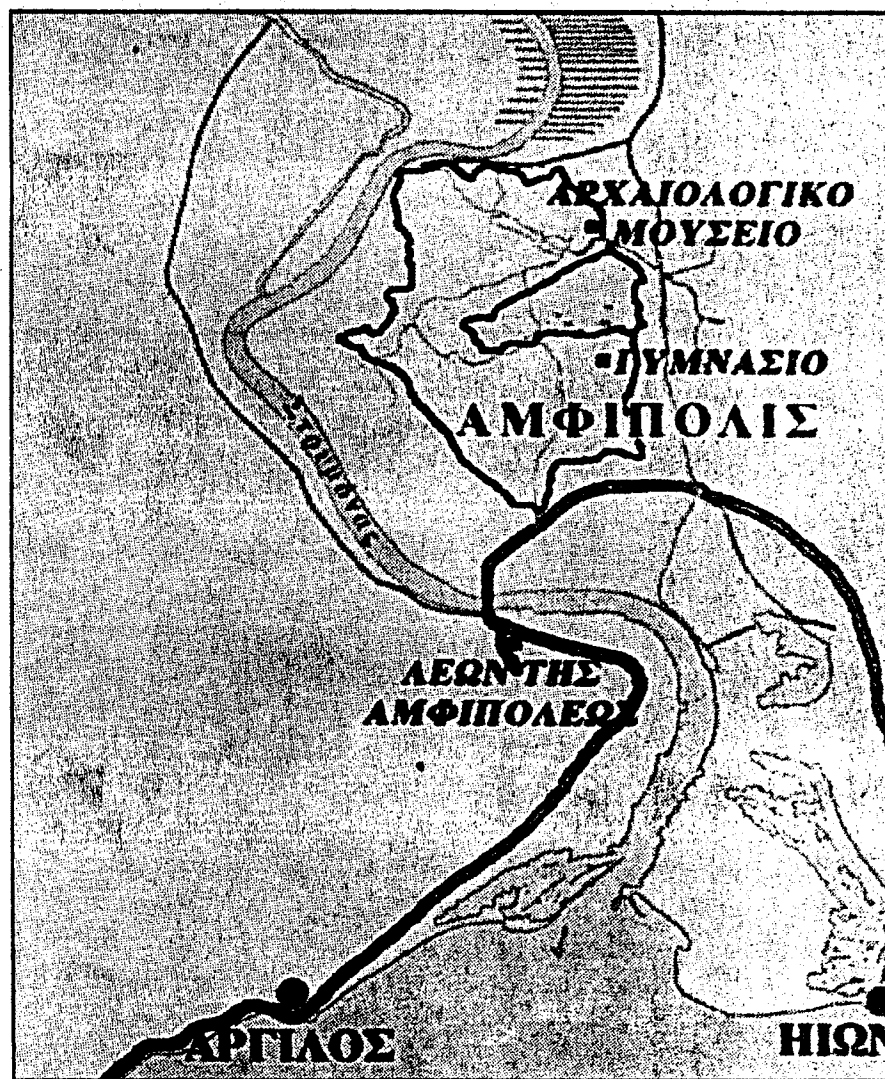
Σχήμα 1.14. Γραφική αναπαράσταση του κορινθιακού κιονόκρανου και των επιστυλίων της στοάς της Αρχαίας Αγοράς της Θεσσαλονίκης.





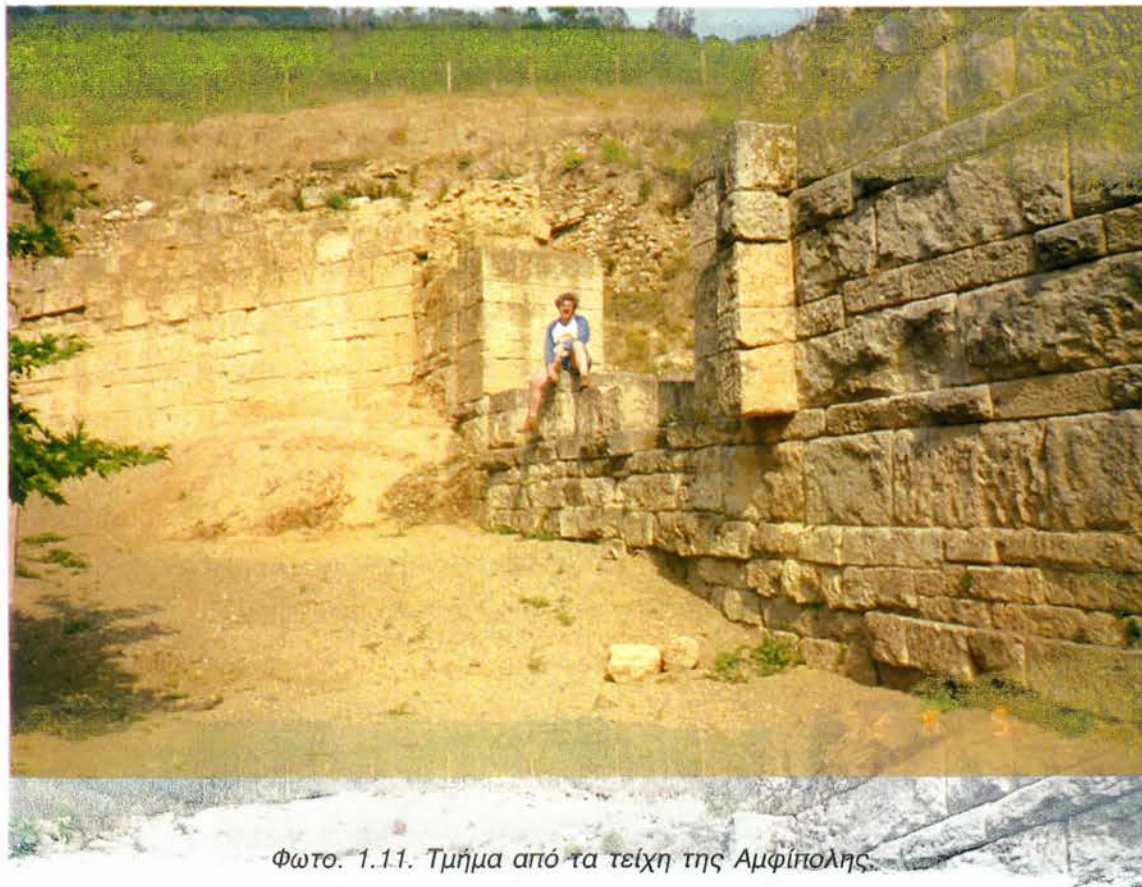
Σχήμα 1.15. Γραφική αναπαράσταση και διαστάσεις της κιονοστοχίας της στοάς της Αρχαίας Αγοράς της Θεσσαλονίκης.

ΑΜΦΙΠΟΛΗ: Την περιοχή της Αμφίπολης την έριζαν τον 5ο αι. π.Χ. Πέρσες, Αθηναίοι και Σπαρτιάτες λόγω κυρίως των μεταλλείων χρυσού και αργυρού στο δέλτα του ποταμού Στρυμόνα (σχ. 1.16). Η πόλη αυτή δημιουργήθηκε από τους Αθηναίους το 437 π.Χ. όταν νίκησαν τους Πέρσες στην περιοχή. Οι πρώτοι κάτοικοι της ήταν κυρίως από τις γύρω περιοχές ενώ το 424 π.Χ. καταλήφθηκε από το Βρασίδα. Η πόλη θα παραμείνει αυτόνομη μέχρι το 357 π.Χ. που θα καταληφθεί από τον Φίλιππο και θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο για το βασίλειο των Μακεδόνων μέχρι το 168 π.Χ. οπότε καταλαμβάνεται πλέον από τους Ρωμαίους.



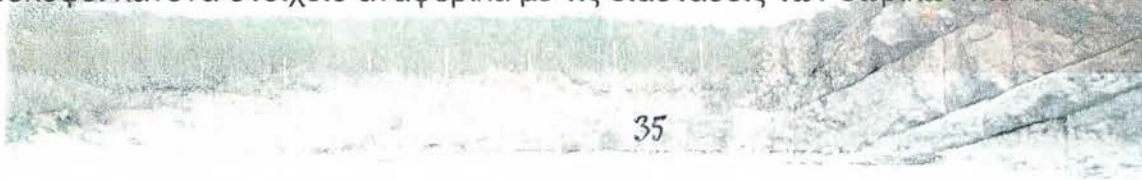
Σχήμα 1.16. Η περιοχή της Αμφίπολης και το Δέλτα του ποταμού Στρυμόνα.

Ο χώρος της Αμφίπολης ερευνήθηκε από το Δ. Λαζαρίδη από το 1956 μέχρι το 1984. Η αρχαιολογική έρευνα, που συνεχίζεται μέχρι σήμερα, έχει αποκαλύψει αρκετούς χώρους οι οποίοι φαίνεται ότι ήταν δομημένοι με βάση την κιονοστοιχία, γεγονός που τεκμηριώνεται και από τους πολλούς σφονδύλους που είναι κατάκοιτοι στον περιβάλλοντα χώρο. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και το τείχος της πόλης το οποίο σώζεται σε καλή κατάσταση (φωτο. 1.11).



φωτο. 1.11. Τμήμα από τα τείχη της Αμφίπολης.

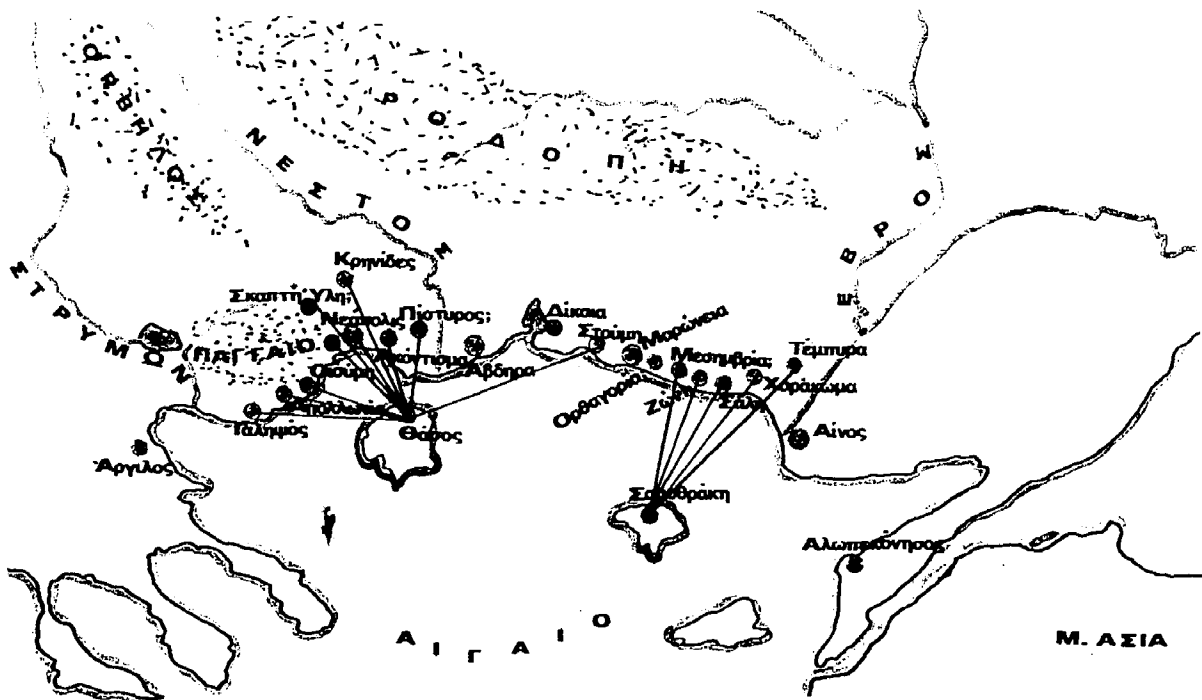
Από τα κτίρια που είχαν ως δομικό σύστημα την κιονοστοιχία θα περιγράψουμε αυτά που βρίσκονται στο Γυμνάσιο. Τα κτίρια του Γυμνασίου, σύμφωνα με την εξετασθείσα βιβλιογραφία, ήταν δωρικού ρυθμού. Από αυτά ξεχωρίζει η παλαιότερα διαστάσεων 47mX36m η οποία ήταν οργανωμένη γύρω από περίστυλη αυλή, με οκτώ δωμάτια και δύο στωικές αίθουσες. Αξιόλογο κτίσμα του ίδιου χώρου είναι ο Ξυστός δρόμος μήκους 80m για την εξάσκηση του αγωνίσματος του δρόμου. Σύμφωνα με την αρχαιολογική έρευνα, ο δρόμος αυτός ήταν στεγασμένος με μια δωρική στοά για προφύλαξη των αθλητών από τις καιρικές συνθήκες. Δυστυχώς, με βάση την εξετασθείσα βιβλιογραφία, δεν έχει προκύψει κανένα στοιχείο αναφορικά με τις διαστάσεις των δωρικών κίωνων.



1.3. ΜΝΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΘΡΑΚΗΣ

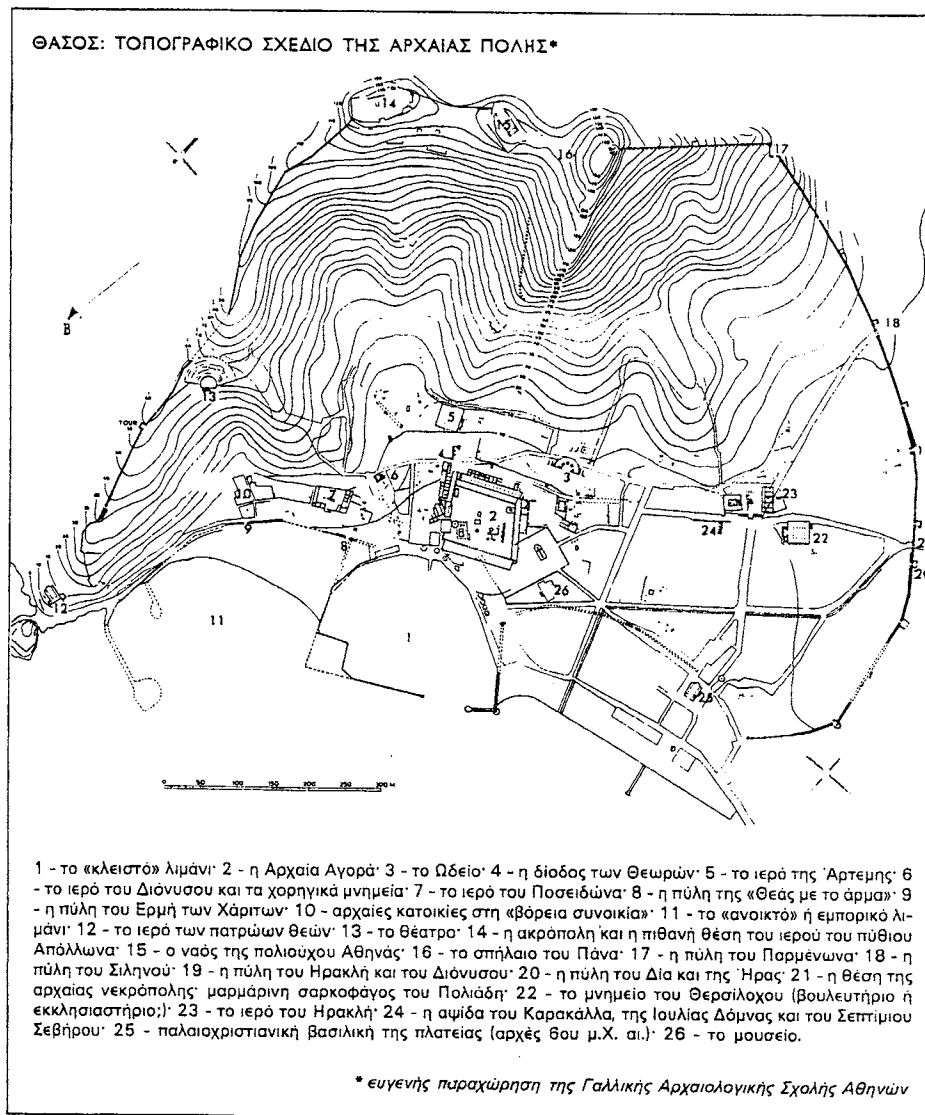
Στα πλαίσια αυτού του ερευνητικού προγράμματος, από την περιοχή της Θράκης εξετάζονται μνημειακοί χώροι των Φιλίππων της Θάσου και της Σαμοθράκης, ως προς το δομικό τους σύστημα, μέσα από βιβλιογραφικές πηγές και επιτόπου επισκέψεις.

Ο Ελληνικός αποικισμός της Αιγιακής Θράκης έγινε το τέλος του 8ου π.Χ. αιώνα κυρίως από νησιά του Αιγαίου. Τα δύο νησιά, Θάσος και Σαμοθράκη, αποτέλεσαν τις γέφυρες - σταθμούς απ' όπου μεταφέρθηκαν οι Έλληνες στη μέχρι τότε μη ελληνική Θράκη. Το τέλος του 8ου αι. π.Χ. με αρχές του 7ου αι. π.Χ. φτάνει στη Θάσο μια "αποστολή" από την Πάρο και γύρω στα 700 π.Χ. Έλληνες άποικοι από την Ιωνική Σάμο και Αιολική Λέσβο κατακτούν τη Σαμοθράκη. Με την άφιξη των Ελλήνων, το τοπικό στοιχείο αυτών των νησιών που το αποτελούσαν κυρίως Θράκες, είτε αφομοιώθηκε από το Ελληνικό είτε εκτοπίστηκε από αυτά τα νησιά προς τα Αιγιακά παράλια της Θράκης. Αργότερα, τόσο η Θάσος όσο και η Σαμοθράκη είχαν γνωρίσει για πολλούς αιώνες οικονομική ακμή ώστε σε πρώτη φάση να εξελικτούν σε πόλεις κράτη και αργότερα να δημιουργήσουν δικές τους πόλεις αποικίες (περαιές) στα απέναντι παράλια της Θράκης (σχήμα 1.17). Μια από αυτές τις αποικίες της Θάσου, οι Κρηνίδες, θα μετονομαστεί αργότερα σε Φιλίππους, όταν πλέον θα έχει τεθεί υπό την κυριαρχαία του Φίλιππου.



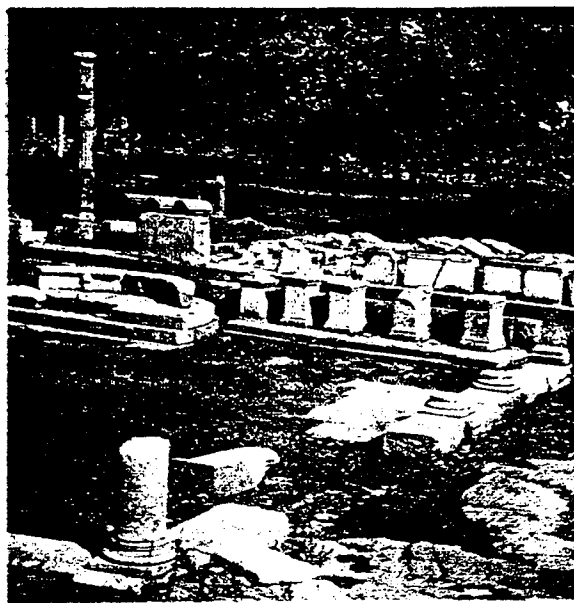
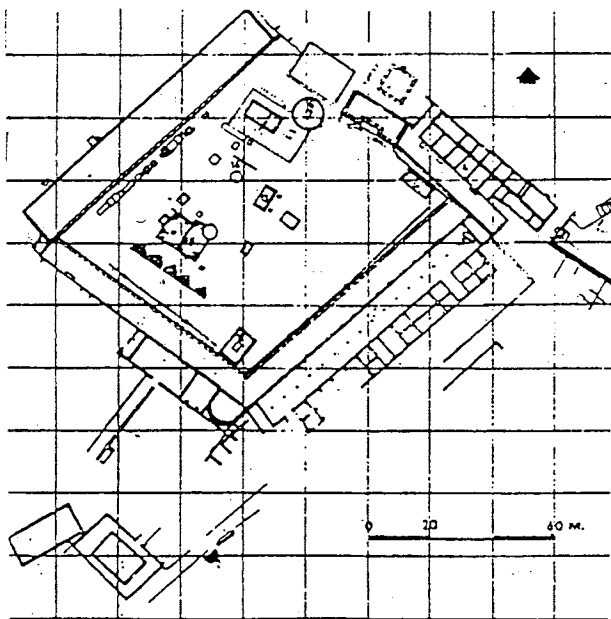
Σχήμα 1.17. Ο αποικισμός της Θάσου, της Σαμοθράκης και της Θράκης από Έλληνες

ΘΑΣΟΣ: Γύρω στα 684-680 π.Χ. οι Πάριοι άποικοι ίδρυσαν στην ΒΑ ακτή του νησιού, σε θέση προφυλαγμένη από φυσικό λιμάνι, την πόλη της Θάσου. Φορείς ενός υψηλού πολιτισμού της τότε εποχής, του Κυκλαδικού, έφεραν μαζί τους έργα τέχνης, ιδέες και τεχνικές εμπειρίες. Αυτό μαρτυρούν τα αρχαιολογικά ευρήματα σε κτίρια, που την εποχή αυτή έχουν καθαρά ελληνικό χαρακτήρα. Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί ο Ναός του Ηρακλή. Πρόκειται για ένα τριμερές κτίσμα με κλειστή πρόσοψη και σηκό μέσα στον οποίο υπήρχε σχάρα από κίονες. Ο ναός αυτός ανήκει στους "προρρυθμικούς ναούς", δηλ. σ' αυτούς που συνεχίζουν την παράδοση των γεωμετρικών χρόνων χωρίς να διακρίνονται στοιχεία διαμόρφωσης του δωρικού ή ιωνικού ρυθμού. Κατά τη διάρκεια των αρχαίων, κλασικών και ελληνιστικών χρόνων (6ος-1ος π.Χ.) η πόλη αναπτύχθηκε κατά το οικιστικό πρότυπο των τότε ελληνικών πόλεων με μια κεντρική Αγορά, ιερά, θέατρο (σώζεται μέχρι σήμερα), νησίδες σπιτιών και ισχυρό τείχος με κατασκευή τάφρων (σώζεται σε καλή κατάσταση με ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις πύλες του) ενώ αναφέρεται και η ύπαρξη βουλευτηρίου (σχ. 1.18).



Σχήμα 1.18. Τοπογραφικό σχέδιο της Αρχαίας πόλης της Θάσου.

Όπως και όλα τα υπόλοιπα αρχαικά κέντρα η πολεοδομία της Θάσου είχαν ένα δαιδαλώδες και πολύπλοκο σχέδιο. Η Αγορά της Θάσου είχε ένα ρομβοειδές σχήμα (σχ. 1.19) το οποίο διατηρείται μέχρι σήμερα, φαινομενικά κανονικό αλλά προσαρμοσμένο στη φυσική ευρυχωρία του τόπου και στην ανάγκη άμεσης επικοινωνίας με το γειτονικό λιμάνι.



Σχήμα 1.19. Τοπογραφικό σχέδιο της αρχαίας Αγοράς της Θάσου.

Φωτο. 1.12. Η αρχαία Αγορά της Θάσου όπως είναι σήμερα.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία που εξετάστηκε, αναφέρεται η ύπαρξη στη Θάσο των ιερών της Αρτεμης, του Ποσειδώνα, του Διονύσου, των Πατρών Θεών, του Πυθίου Απόλλωνα και της Πολιούχου Αθηνάς. Δυστυχώς όμως δεν γίνεται καμιά αναφορά στον τύπο αυτών των ναών και τη μορφολογία των κίωνων τους. Αναφέρεται ωστόσο η ύπαρξη θολωτής κατασκευής στο τέμενος του Ηρακλή.

Η Θάσος ήταν γνωστή από την αρχαϊκή εποχή μέχρι και σήμερα για το μάρμαρό της το οποίο είχε χρησιμοποιηθεί στην κτιριοδομία. Χαρακτηριστικά αναφέρει ο Ορλάνδος "Εξαιρετόν επίσης, λευκότατον, πλήν δυσλάξευτον, μάρμαρον, χρησιμοποιηθέν εις τε τα αρχαϊκά και τα άλλα μνημεία της παρείχεν η Θάσος". Η χρήση των μαρμάρων της Θάσου αναφέρεται επίσης, μέσα από την εξετασθείσα βιβλιογραφία, στις αποικίες της Θάσου στα απέναντι παράλια της Θράκης, στη γειτονική Σαμοθράκη καθώς και στα παράλια της Μ. Ασίας. Θα πρέπει ωστόσο να αναφερθεί ότι για τα μνημεία της Θάσου, σύμφωνα πάντα με τη βιβλιογραφία, είχε προηγηθεί αρχικά η χρήση του πωρόλιθου και σε μεταγενέστερο στάδιο γινόταν παράλληλη χρήση πωρόλιθου και μαρμάρου.

ΦΙΛΙΠΠΟΙ: Το 360 π.Χ. οι Θάσιοι ιδρύουν στη θέση των σημερινών Φιλίππων αποικία με το όνομα Κρηνίδες με στόχο την εκμετάλλευση των πλούσιων λατομείων χρυσού της περιοχής. Τέσσερα χρόνια αργότερα (356 π.Χ.) η πόλη καταλαμβάνεται από τον Φίλιππο ο οποίος θα εγκαταστήσει στην πόλη Μακεδόνες και θα δώσει σ' αυτή το όνομα του. Οι γνώσεις μας για την ιστορία της πόλης κατά τη διάρκεια της μακεδονικής κυριαρχίας είναι ελάχιστες. Όταν το 168 π.Χ. θα καταληφθεί από τους Ρωμαίους είναι πλέον μια μικρή πόλη. Αργότερα, το 42 π.Χ. το όνομα της συνδέεται με τη μάχη των Φιλίππων, στον εμφύλιο πόλεμο των Ρωμαίων, μεταξύ Βρούτου και Κάσσιου από την μια και Οκταβιανού και Αντώνιου από την άλλη μεριά. Μετά τη νίκη των Οκταβιανού και Αντώνιου, θα εγκατασταθεί στην πόλη μεγάλο απόσπασμα από παλαίμαχους ρωμαίους στρατιώτες και η φυσιογνωμία της θα αλλάξει και για τρεις αιώνες θα έχει τα χαρακτηριστικά Ρωμαϊκής πόλης. Αργότερα, επι Βυζαντίου, θα γνωρίσει επίσης αρκετή αίγλη, ως η πρώτη πόλη της Ευρώπης στην οποία διαδόθηκε ο Χριστιανισμός από τους Αποστόλους Παύλο και Σίλα.

Η πόλη θα ερημωθεί, για άγνωστους ακόμα λόγους πρίνα από το 1400 μ.Χ. Η πρώτη αρχαιολογική έρευνα θα γίνει από το L. Heuzey το 1861 και θα συνεχίσει με την Γαλλική Αρχαιολογική Σχολή των Αθηνών από το 1914 μέχρι το 1937. Από το 1956 οι ερευνες συνεχίζονται από ελληνες αρχαιολόγους.

Η παλαιοχριστιανική βασιλική εκκλησία β ήταν το μόνο ορατό μνημείο των Φιλίππων πριν τις ανασκαφές (φωτο. 1.13). μετά τις ανασκαφές θα αποκαλυφθούν πολλά κτίρια τα οποία συσχετίζονται με τις διάφορες ιστορικές φάσεις των Φιλίππων και κυρίως της Ρωμαϊκής και Βυζαντινής περιόδου. Τα περισσότερα από αυτά τα κτίρια είναι συγκεντρωμένα γύρω από το forum, που αποτελεί το θρησκευτικό, πολιτικό και εμπορικό κέντρο της Ρωμαϊκής αποικίας. Τα κτίρια αυτά είναι κτισμένα γύρω από μια πλακόστρωτη αυλή 100mX50m, που μαζί με αυτά τα κτίρια αποτελούν ένα μνημειακό σύνολο 148mX70m.

Σήμερα στο χώρο αυτό είναι αναστηλωμένοι αρκετοί κίονες (φωτο. 1.14). Η μορφολογία τους καθώς και η ύπαρξη κιονοκράνων στην περιοχή κορινθιακού τύπου, υποδηλώνει την έντονη επιρροή των Ρωμαίων στη διαμόρφωση του forum. Όπως είναι γνωστό η χρήση των Κορινθιακών κίωνων είχαν κορυφωθεί στη Ρωμαϊκή περίοδο. Από τη βιβλιογραφία αναφέρεται η ύπαρξη μεγάλης στοάς, παλαίστρας, λουτρών καθώς και ενός σύνθετου μνημειακού συγκροτήματος με την ονομασία "Οκτάγωνο" που το αποτελούσαν ένας παλαιοχριστιανικός ναός, στοά, πρότυλα καθώς και πολλοί άλλοι χώροι. Δυστυχώς στην υπάρχουσα βιβλιογραφία δεν δίνονται πληροφορίες αναφορικά με τις διαστάσεις των κίωνων.

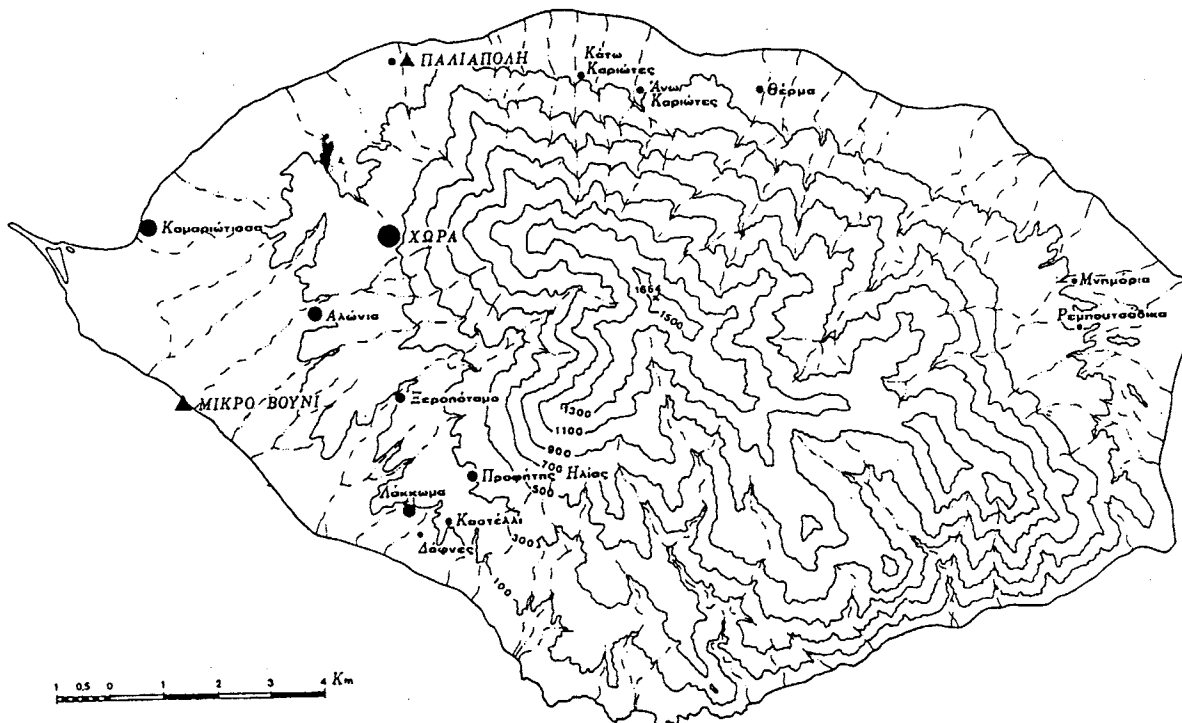


Φωτο. 1.13. Η παλαιοχριστιανική εκκλησία β των Φιλίππων.



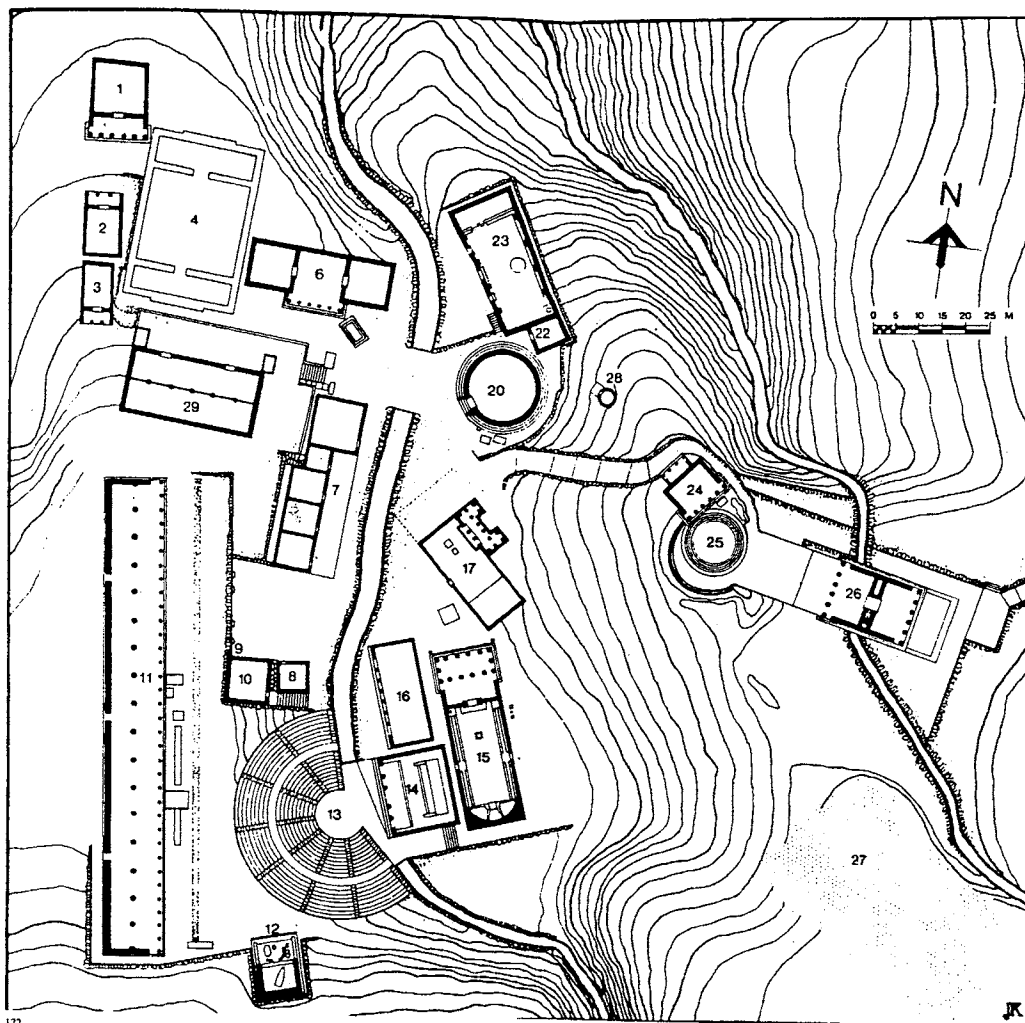
Φωτο. 1.14. Αναστηλωμένοι μονολιθικοί κίονες στο χώρο της Αρχαίας Αγοράς.

ΣΑΜΟΘΡΑΚΗ: Η Σαμοθράκη αποικείται από τους πρώτους Έλληνες περί τα 700 π.Χ. Οι πρώτοι άποικοι προέρχονται από την Ιωνική Σάμο και την Αιολική Λέσβο και εγκαταστάθηκαν σε ένα από τους όρμους της ΒΔ ακτής του νησιού δίπλα σε ένα προελληνικό ιερό μυστηριακής λατρείας. Στο μέρος αυτό που ήταν από τα λίγα που προσφέροντα για εγκατάσταση, λόγω της μορφολογίας του νησιού, έχτισαν την πόλη της Σαμοθράκης (περιοχή σημερινής Παλαιαπόλης - σχ. 1.20), που αποτέλεσε, στα αρχαικά χρόνια αξιόλογη πόλη - κράτος με αποικίες, όπως και η Θάσος, στα απέναντι παράλια της Θράκης. Το τελευταίο στρώμα του Πρωελληνικού πληθυσμού φαίνεται πως ήταν Θρακικό. Η γλώσσα τους συνέχισε να χρησιμοποιείται ως τελετουργική γλώσσα στη λατρεία των Μεγάλων Θεών μέχρι τον 1ο αι. π.Χ. γεγονός που υποδηλώνει με μεγάλη πιθανότητα την ειρινική ανάμιξη παλιών και νέων κατοίκων.



Σχήμα 1.20. Τοπογραφικός χάρτης Σαμοθράκης.

Η Σαμοθράκη απέκτησε κατά την αρχαιότητα μεγάλη φήμη ως πανελλήνιο θρησκευτικό κέντρο γνωστή για τα Μυστήρια των Μεγάλων Θεών που γίνοντα στο Ιερό της. Οι δωρεές οικοδομικών έργων από βασιλείς και ηγεμόνες (π.χ. Φίλιππος Β, Πτολεμαίος κ.λ.π.) κυρίως στην ελληνιστική εποχή είχε σαν αποτέλεσμα να αναδειχθεί σε πανελλήνιο θρησκευτικό κέντρο ακόμη και μέχρι τον 4ο αι. μ.χ. Σε αντίθεση με την έλλειψη γνώσεων για την αρχαία πόλη της Σαμοθράκης, οι γνώσεις μας για το Ιερό της είναι πολύ πλούσιες γιατί αυτό ερευνήθηκε διεξοδικά. Τέλη του προηγούμενου και αρχές αυτού του αιώνα Γάλλοι αρχαιολόγοι έκαναν σειρά από ανασκεφές οι οποίες συνεχίστηκαν το 1938 από το πανεπιστήμιο της Νέας Υόρκης και συνεχίζονται μέχρι σήμερα από την ΙΘ' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων. Στο Ιερό της Σαμοθράκης βρίσκονται αρκετά μνημεία (σχ. 1.21), όπως αυτά που εξετάζονται στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού προγράμματος και έχουν ως βασικό δομικό χαρακτηριστικό τη κιονοστοιχία, γι' αυτό και θα γίνει ιδιαίτερη αναφορά στη συνέχεια. Οι λατρευτικές και γενικότερα οι θρησκευτικές ανάγκες καθόρισαν τον σκοπό και τη χρήση κάθε οικοδομής του ιερού τεμένους. Η ανέγερση ιερών ή άλλων κτιρίων από τους Έλληνες άποικους άρχισε από τον 6ο π.Χ. και συνεχίστηκε για πολλούς αιώνες αργότερα.



Σχήμα 1.21. Τοπογραφικό του αρχαίου Ιερού της Σαμοθράκης.

6ος αι. π.Χ. Από τα παλαιότερα κτίρια του ιερού είναι το **Ανάκτορο** που κτίστηκε τον 6ο αι. π.Χ. Περιγράφεται ως ορθογώνιο κτίσμα με πολυγωνική τοιχοδομία που χρησίμευε σαν τελεστήριο για το πρώτο στάδιο της μύησης (σχ. 1.21, αρ. 23). Τον ίδιο αιώνα (540 π.Χ.) κτίστηκε η **Αίθουσα των αναθημάτων**, για την προστασία και την έκθεση των αναθημάτων στον Ιερό χώρο. Πρόκειται για ένα ορθογώνιο κτίσμα διαστάσεων 22.6m X 10.7m, με έξι κίονες στην πρόσοψη, η μορφολογία των οποίων δεν περιγράφεται στην εξετασθείσα βιβλιογραφία (σχ. 1.21, αρ. 16, σχήμα 1.22).

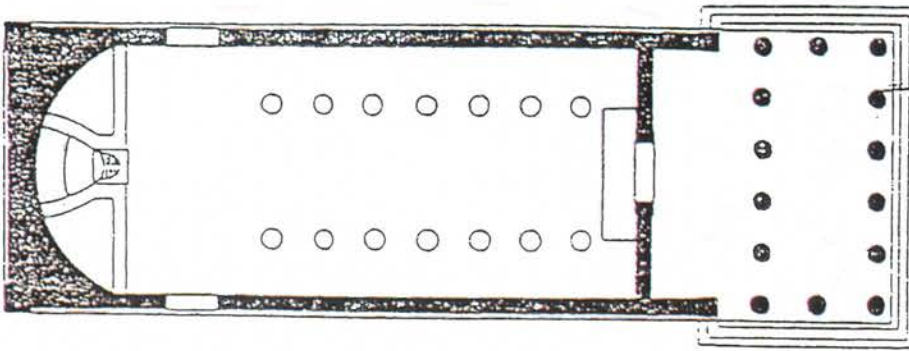


Σχήμα 1.22. Κάτοψη της αίθουσας των Αναθημάτων.

5ος αι. π.Χ. Από τις μέχρι σήμερα αρχαιολογικές ανασκαφές, αναφέρεται η κατασκευή δαπέδου στο χώρο του ιερού και η κατασκευή ενός λιθόστρωτου δαπέδου με διάμετρο 9m, με πέντε κυκλικές βαθμίδες για τους θεατές και ενός μαρμάρινου κυκλικού βωμού που εβρίσκετο στο κέντρο.

4ος αι. π.Χ. Κτίστηκε το κτίριο του **Ορθοστάτη** (σχ. 1.21, αρ. 21) τη θέση του οποίου πήρε αργότερα η θόλος της Αρσινόης. Το 340 π.Χ. περίπου κτίστηκε ένας ορθογώνιος περίβολος που είναι γνωστός ως **Τέμενος** (σχ. 1.21, αρ. 17). Η είσοδος του είχε πλάτος 12.5m και ύψος 7.0m και αποτελείτο από μια ιωνική κιονοστοιχία με τρία ανοίγματα που οδηγούσαν στο εσωτερικό του, το οποίο εχρησιμοποιείτο για τελετές χορού (πιθανό ανάθημα του Φιλίππου Β και πιθανός αρχιτέκτονας και γλύπτης ο Σκόπα). Στην ίδια δεκαετία (340 π.Χ.) αφιερώνεται από τον Αριδαίο η **Αυλή του Βωμού** (σχ. 1.21, αρ. 14). Πρόκειται για ένα ορθογώνιο ανοικτό περίβολο με μαρμάρινη δωρική κιονοστοιχία στην πρόσοψη. Τέλη του 4ο αι. π.Χ. (325 π.Χ.) κτίστηκε ένας μαρμάρινος ναός γνωστός ως **Ιερό** (φωτ. 1 αρ. 15), που αναφέρεται και ως **ναός των Καβείρων** (σχήμα 1.23) στη θέση δύο προγενέστερων ναών, ενός της αρχαϊκής και ενός της κλασσικής περιόδου και

χρησίμευε για το τελευταίο στάδιο της μύησης. Ο ναός αυτός τελείωσε το 2ο αι. π.Χ. (175 χρόνια μετά) όταν έγινε η δωρική πρόσταση με 14 δωρικούς κίονες με 6 απ' αυτούς στην πρόσοψη. Πέντε από αυτούς τους κίονες αναστηλώθηκαν το 1956 (φωτ. 1.15). Τέλος αναφέρεται ότι το 323 με 317 π.Χ. ο Φίλιππος Γ' Αρριδαίος και ο Αλέξανδρος ο Δ' αφιέρωσαν ακόμα ένα μαρμάρινο δωρικό κτίριο, ενώ αναφέρεται ακόμα ένα δωρικό κτίριο στον Ιερό χώρο με την ονομασία **Δωρική Θόλος** (σχ. 1.21, αρ. 28) που αποτελούσε πιθανότατα κενοτάφιο.

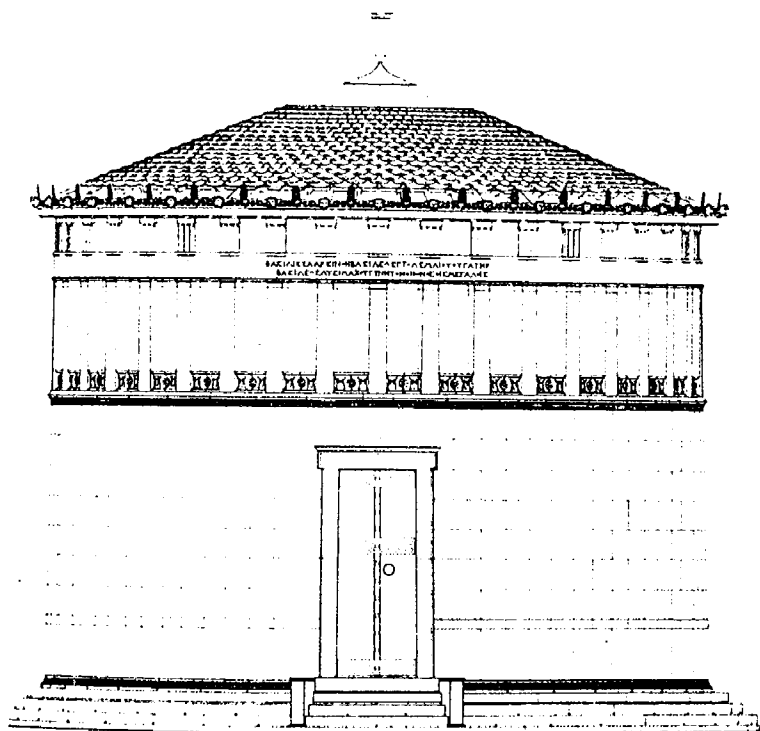


Σχήμα 1.23. Το Ιερό ή ναός των Καβείρων



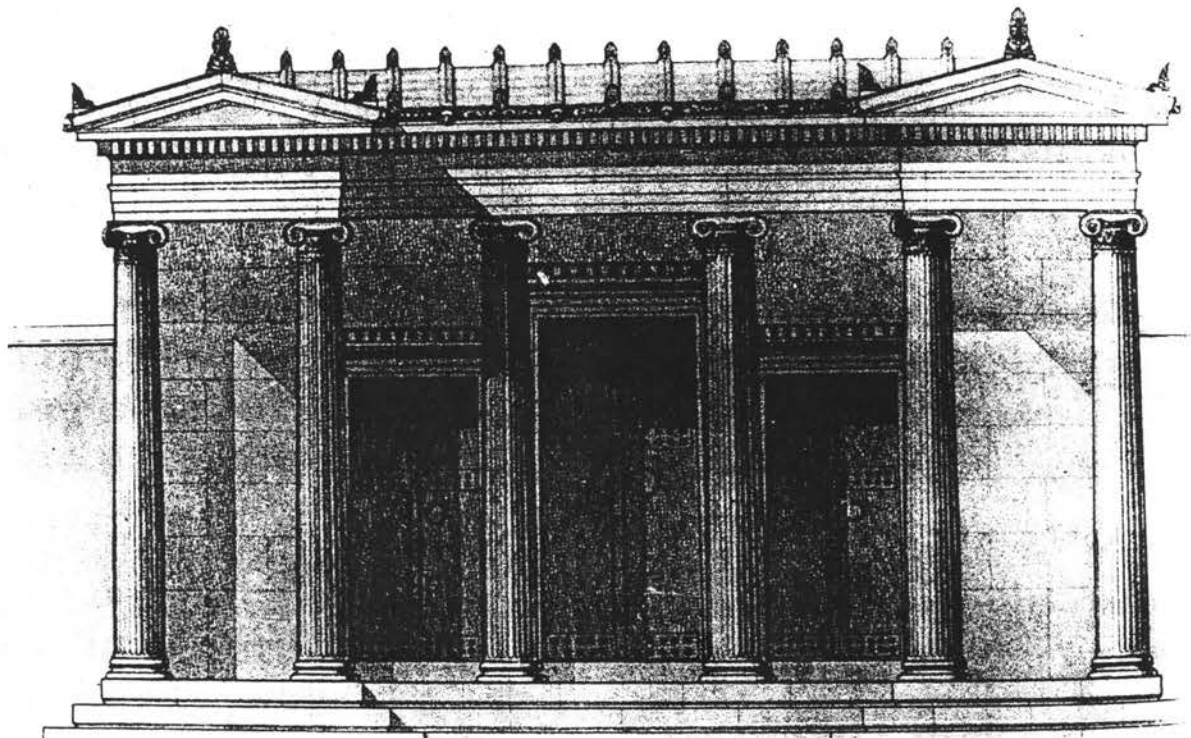
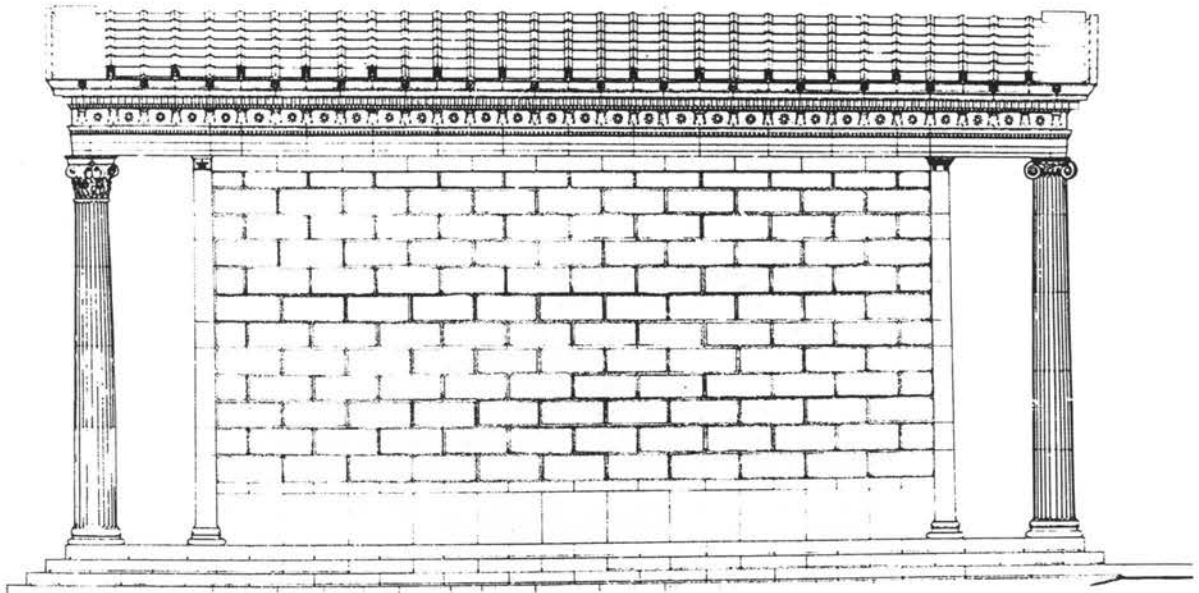
Φωτο. 1.15. Το Ιερό των Καβείρων όπως είναι σήμερα με αναστηλωμένους του πέντε κίονες.

3ος αι. π.Χ. Την περίοδο ανάμεσα στο 288 και 281 π.Χ., η βασίλισσα της Αιγύπτου Αρσινόη, αφιέρωσε μια κυκλική οικοδομή, που αποτελεί το μεγαλύτερο γνωστό κλειστό κυκλικό οικοδόμημα της αρχαίας Ελλάδας. Κτισμένη με Θασίτικο μάρμαρο, έμεινε γνωστή με το όνομα **Αρσινόειο** (σχ. 1.21, αρ. 20) (σχήμα 1.24).



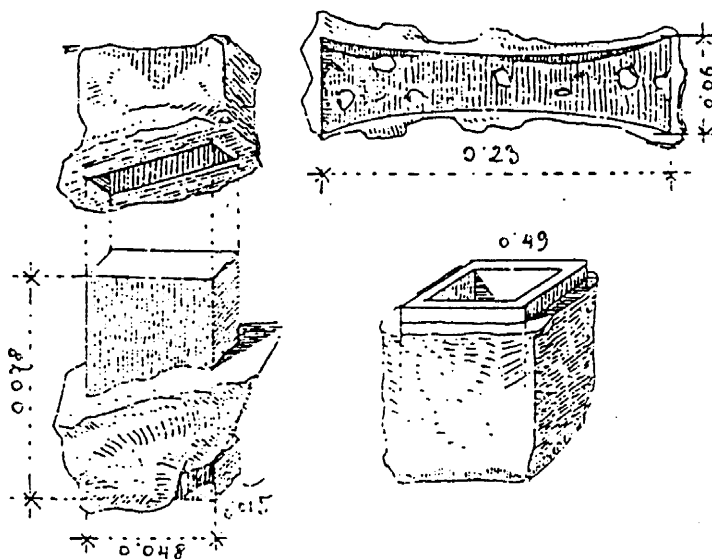
Σχήμα 1.24. Αναπαράσταση Αρσινόειου Σαμοθράκης.

Το μεγαλύτερο κτίριο του Ιερού ήταν μια μεγάλη δωρική **Στοά** (σχ. 1.21 αρ. 11) που κτίστηκε το πρώτο μισό του 3ου αι. π.Χ., μήκους 104m με 35 δωρικούς κίονες ενώ μια σειρά από 16 ιωνικούς κίονες υποβάσταζε ξύλινο επιστύλιο πάνω στο οποίο στηρίζονταν τα δοκάρια της στέγης. Τον 3ον αι. π.Χ. έγιναν και τα **Προπύλαια** (σχ. 1.21, αρ. 26), που μιμούνται τα Αθηναϊκά αλλά σε ιωνικό ρυθμό και ήταν αφιέρωση του Πτολεμαίου Β' της Αιγύπτου (σχ. 1.25). Στα Ελληνιστικά χρόνια ο Ιερός χώρος της Σαμοθράκης απέκτησε τη βασική του μορφή που διατήρησε μέχρι το τέλος της αρχαιότητας.



Σχήμα 1.25. Τα Προπύλαια του Ιερού της Σαμοθράκης(Πτολεμαίον).

Υλικά κατασκευής: Έχει ήδη αναφερθεί ότι αρκετά από τα μνημεία του Ιερού της Σαμοθράκης έχουν κτιστεί από Θασίτικο μάρμαρο ενώ στη βιβλιογραφία αναφέρεται και η χρήση τοπικού πετρώματος με την ονομασία "αμμόλιθος". Ο Ορλάνδος αναφέρει τη χρήση ορειχάλκινων γόμφων (σχήμα 1.26) στο Πτολεμαίον της Σαμοθράκης (εννοεί προφανώς τα Προπύλαια) και περιγράφει τον τρόπο που εχρησιμοποιούντο για τη σύνδεση των λίθων, συμπληρώνοντας το κενό μεταξύ λίθου και γόμφου με μόλυβδο, γεγονός που επιβεβαιώνει υψηλής στάθμης γνώση της κατασκευαστικής τεχνικής και τεχνολογίας των υλικών στη Σαμοθράκη. Το γεγονός αυτό συμπληρώνεται και από μια άλλη αναφορά του ίδιου σχετικά περί της θεωρίας εισαγωγής του σιδήρου στην Ελλάδα, "Ου μόνον δε οι Δάκτυλοι αλλά και οι εκ Φρυγίας πάλιν ελθόντες εις Σαμοθράκην Κάβειροι, ως και οι Τελχίνες, εθεωρούντο ως αξιοποιήσαντες τον τε σίδηρον και τον χαλκόν".



Σχήμα 1.26 "Οριχάλκινοι γόμφοι μετά μολύβδινου μανδύου εκ Σαμοθράκης" [Ορλάνδος]

Από τις πιο πάνω αναφορές, φαίνεται ότι στο Ιερό της Σαμοθράκης εγίνετο χρήση τόσο των **δωρικών** όσο και των **ιωνικών** κίωνων, σίγουρα σε σφονδυλωτή μορφή χωρίς ωστόσο να τεκμηριώνεται, με βάση την εξετασθείσα βιβλιογραφία, η ύπαρξη μονολιθικών κίωνων. Επίσης δεν δίνονται αρκετές πληροφορίες αναφορικά με τις γεωμετρικές διαστάσεις αυτών των κίωνων.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από επιτόπου παρατηρήσει καθώς και μέσα από την εξετασθείσα βιβλιογραφία, έχει προκύψει ότι στους αρχαιολογικούς χώρους της Μακεδονίας και της Θράκης που έχουν εξεταστεί, Βεργίνα, Δίον, Πέλλα, Θεσσαλονίκη, Αμφίπολη, Φιλίπποι και Σαμοθράκη, υπάρχουν και οι τρεις βασικοί ρυθμοί των αρχαίων κίωνων, ο δωρικός, ο ιωνικός και ο κορινθιακός. Οι κίονες αυτοί ήταν ή εξακολουθούν να είναι μέχρι σήμερα τόσο σε μονολιθική όσο και σφονδυλωτή μορφή. Δεν υπάρχουν σαφείς αναφορές, σύμφωνα με την εξετασθείσα βιβλιογραφία, σχετικά με τους κίονες στην αρχαία Θάσο.

Δωρικοί κίονες: Έχουν επισημανθεί δωρικοί κίονες, στο Ανάκτορο της Βεργίνας, στην οικία της Αρπαγής της Ελένης και στην Αγορά της Πέλλας, στην Παλαίστρα και στον Ξυστό δρόμο του Γυμνασίου της Αμφίπολης και σε αρκετά μνημεία του Ιερού της Σαμοθράκης, ανάμεσα στα οποία το Ιερό των Καβείρων όπου 5 από αυτούς τους κίονες είναι αναστηλωμένοι. Επίσης αναφέρεται ως Δωρικός ναός και σε αναπαράσταση φαίνεται με δύο δωρικούς κίονες στην πρόσοψη, ο ναός της Δήμητρας στο Δίον.

Ιωνικοί κίονες: Ιωνικοί κίονες έχουν επισημανθεί στο ναό της Ισιδας στο αρχαίο Δίον, στην οικία του Διονύσου στην Πέλλα, στα Προπύλαια του Ιερού της Σαμοθράκης καθώς και σε άλλα κτίρια των πιο πάνω χώρων.

Κορινθιακοί κίονες: Οι κίονες αυτοί έχουν επισημανθεί στην Αρχαία Αγορά της Θεσσαλονίκης και στους Φιλίππους. Σε χώρους δηλ. που υπήρξε καθοριστική η επίδραση των Ρωμαίων.

Μέσα από την εξετασθείσα βιβλιογραφία δεν έχει προκύψει αρκετή πληροφόρηση αναφορικά με τις διαστάσεις αυτών των κίωνων, με εξέριση τους κίονες της Αρχαίας Αγοράς της Θεσσαλονίκης. Ωστόσο από επιτόπου παρατηρήσεις και σχετικές μετρήσεις διαπιστώθηκε ότι το ύψος τους κυμαίνεται στην μεγαλύτερη περίπτωση γύρω στα 5.0m ενώ η διάμετρος της βάσης είναι ανάλογη του ύψους όπως καθορίζεται από το ρυθμό του κίονα.

2η ΦΑΣΗ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ
ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΡΑΚΗΣ
ΚΑΙ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2.2. Η ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΡΑΚΗΣ

**2.3. Η ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΤΗΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΡΩΜΑΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ**

**2.4. Η ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ
ΚΑΙ Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ**

ΒΕΡΓΙΝΑ

ΔΙΟΝ

ΠΕΛΛΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

ΑΜΦΙΠΟΛΗ

ΘΑΣΟΣ

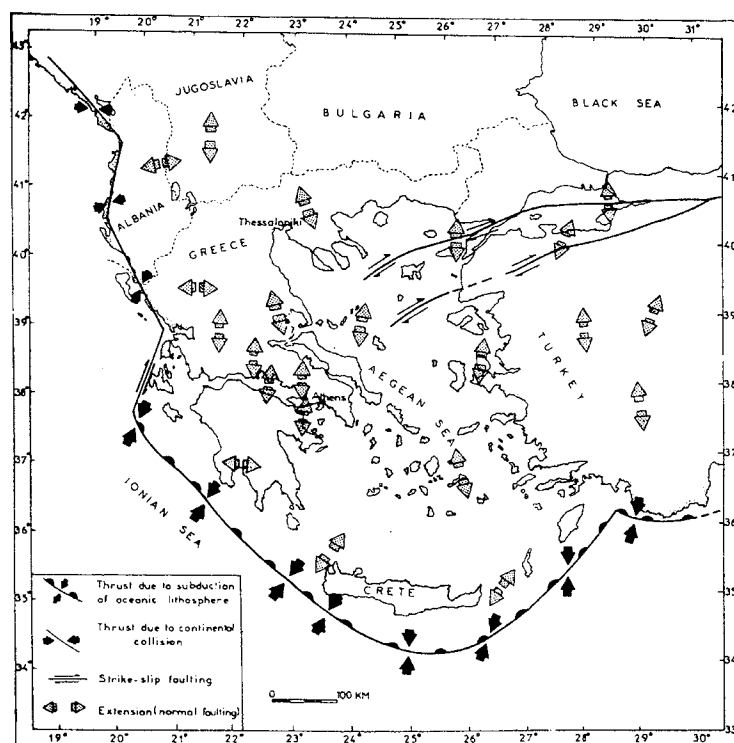
ΦΙΛΙΠΠΟΙ

ΣΑΜΟΘΡΑΚΗ

2.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

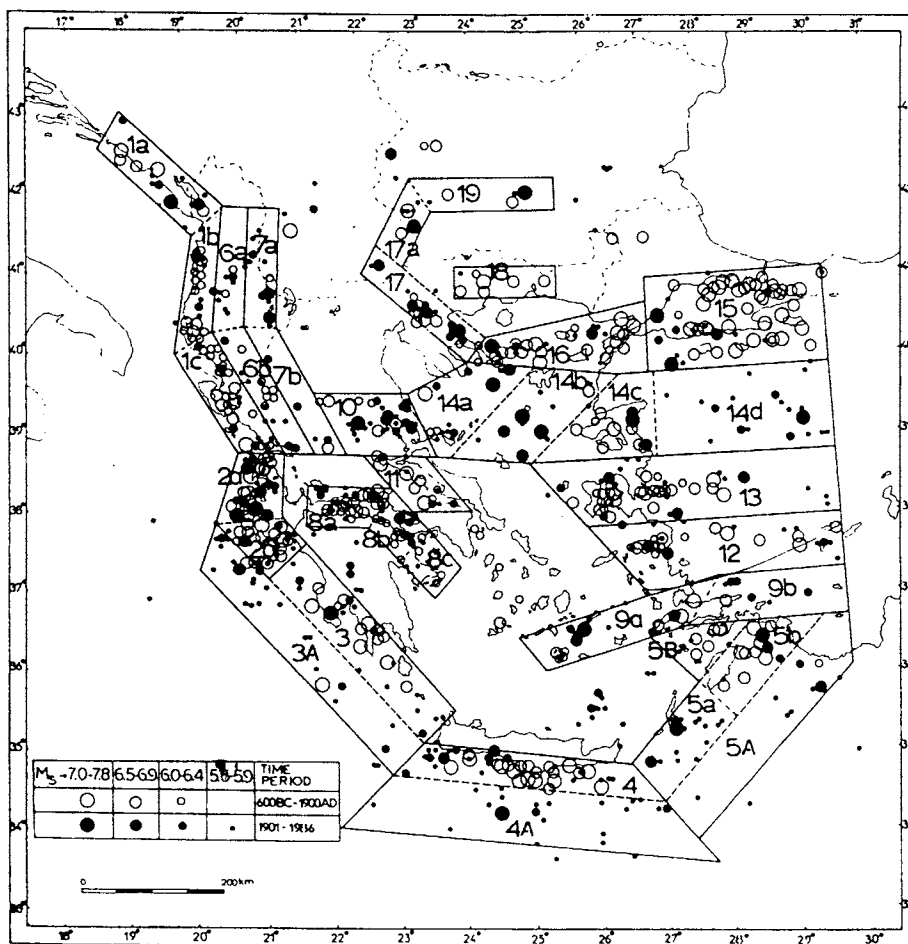
2.2. Η ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΡΑΚΗΣ

Επικρατέστερη σήμερα θεωρία για τη γένεση των σεισμών είναι η θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών. Είναι γνωστό ότι η λιθόσφαιρα είναι χωρισμένη σε λιθοσφαιρικές πλάκες οι οποίες κινούνται πάνω στην παχύρρευστη ασθενόσφαιρα. Σύμφωνα με τη θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών, κατά τη κίνηση τους οι λιθοσφαιρικές πλάκες παραμορφώνονται έντονα στις επαφές μεταξύ τους που βρίσκονται στις μεσοκεάνιες ράχες και στις περιοχές του ηπειρωτικού συστήματος. Οι σεισμοί δημιουργούνται μετά από έντονες παραμορφώσεις που παρατηρούνται στις περιοχές επαφής των λιθοσφαιρικών πλακών. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η σεισμική δράση παρατηρείται κατά κύριο λόγο σ' αυτές τις περιοχές όπου λόγω των πολλαπλών παραμορφώσεων του πετρώματος δημιουργούνται τα λεγόμενα "σεισμικά ρήγματα". Κατά την εμφάνιση ενός σεισμού τα πετρώματα στα σημεία επαφής ενός ρήγματος κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις. Η σεισμικότητα του ελληνικού χώρου, που είναι ο χώρος με τη μεγαλύτερη σεισμικότητα στην Ευρώπη, οφείλεται στη σύγκλιση της Αφρικανικής και της Ευρασιαστικής λιθοσφαιρικής πλάκας καθώς και στην ύπαρξη διαφόρων τεκτονικών ρηγμάτων στον ελληνικό χώρο (σχ. 2.1).



Σχήμα 2.1. Κύριες σεισμοτεκτονικές ιδιότητες του Ελληνικού χώρου
[Παπαζάχος και Παπαζάχου].

Για την περιοχή που εξετάζουμε, (Μακεδονία - Θράκη) παρατηρούμε ότι ένα "ρήγμα παράταξης" που διαπερνά την περιοχή του Ευξίνου Πόντου βρίσκεται πλησίον της νότιας περιοχής της Σαμοθράκης. Επίσης ένα "εφελκυστικό ρήγμα" υπάρχει στην περιοχή βόρεια της Χαλκιδικής δηλ. στην περιοχή μεταξύ Μακεδονίας και Θράκης. Στο σχήμα 2.2. σημειώνονται οι σεισμικές ζώνες με τα επίκεντρα ισχυρών σεισμών από το 600 π.Χ. μέχρι το 1986 μ.Χ. που έχουν αναπτυχθεί στην ευρύτερη περιοχή του ελληνικού χώρου. Παρατηρούμε λοιπόν ότι, σε συνάρτηση και με το προηγούμενο σχήμα, στην ευρύτερη περιοχή της Σαμοθράκης (ρήγμα παράταξης) έχουν εμφανιστεί αρκετοί σεισμοί όπως επίσης και στην περιοχή από τον Αθω μέχρι τα Ελληνογιουγκοσλαβικά σύνορα. Μια άλλη περιοχή (περιοχή των Φιλλίπων και της Αμφίπολης) παρουσιάζει επίσης έντονη σεισμική δράση.



Σχήμα 2.2. Κύριες σεισμικές ζώνες του ελληνικού χώρου [Παπαζάχος και Παπαζάχου].

2.3. Η ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΡΩΜΑΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ

Όπως έχει αναφερθεί, κρίνεται απαραίτητο να γίνει σχετική αναφορά στο τρόπο της συμπεριφοράς των αρχαίων μνημείων που είναι δομημένα με βάση την κιονοστοιχία (μνημεία της ελληνικής και ρωμαϊκής περιόδου) σε περίπτωση σεισμού ώστε να διεκολυνθεί η προσέγγιση της υφιστάμενης κατάστασης των μνημείων των αρχαιολογικών χώρων που εξετάζονται στα πλαίσια αυτού του προγράμματος και η συσχέτιση της καταστάσεως τους με τη σεισμική δράση της περιοχής.

Ο τρόπος συμπεριφοράς των αρχαίων Ελληνικών και Ρωμαϊκών μνημείων σε περίπτωση σεισμικής διέγερσης καθώς και οι πιθανές βλάβες που μπορεί να προκύψουν είναι ένα πρόβλημα που μέχρι σήμερα δεν έχει εξεταστεί σε ικανοποιητικό βαθμό. Από ιστορικές πηγές φαίνεται ότι αρκετές αρχαίες πόλεις καταστράφηκαν ολοκληρωτικά λόγω σεισμών όπως η αρχαία Σπάρτη (464 π.Χ.) και η πόλη Ελύκη (373 π.Χ.).

Από παρατηρήσεις και αποτυπώσεις που έχουν γίνει σε μνημεία της αρχαίας ελληνικής και ρωμαϊκής περιόδου που είναι κτισμένα με βάση την κιονοστοιχία πιστοποιείται ότι κάτω από την επίδραση σεισμικών διεγέρσεων, τόσο ο κίονας όσο και η κιονοστοιχία, μπορεί να εμφανίσουν μια ή συνδυασμό από τις πιο κάτω μορφές βλαβών.

- 1) Ολίσθηση των σφονδύλων μεταξύ τους ή στη βάση έδρασης τους με αποτέλεσμα τη μετατόπιση από την αρχική τους θέση.
- 2) Ανατροπή που προκύπτει ως αποτέλεσμα λικνιστικής κίνησης.
- 3) Πρόκληση βλαβών στη βάση έδρασης ή στη θεμελίωση με αποτέλεσμα την εμφάνιση παραμένουσας κλίσης.
- 4) Την εμφάνιση ρηγματώσεων ή θραύσεων στο υλικό των κίωνων ως αποτέλεσμα της επενέργειας των σεισμικών δυνάμεων.
- 5) Ολική κατάρρευση του αρχαίου μνημείου.

2.4. Η ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

ΒΕΡΓΙΝΑ: Από το χώρο της Βεργίνας το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στο Ανάκτορο δεδομένου ότι είναι ο μόνος αρχαιολογικός χώρος που έχει μελετηθεί από τους αρχαιολόγους και έχει βασικό χαρακτηριστικό την κιονοστοιχία. Κίονες, αλλά κυρίως ημικίονες, υπάρχουν και στους βασιλικούς τάφους οι οποίοι έχουν ανασκαφεί στην ίδια περιοχή, ωστόσο δεν γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στους τάφους λόγω της ιδιομορφίας αυτών των κατασκευών. Το ανάκτορο λοιπόν της Βεργίνας, όπως είναι σήμερα, μπορεί να χαρακτηριστεί ότι βρίσκεται σε κατάσταση ερειπίου· δεν υπάρχει όρθιο κανένα τμήμα του μνημείου (φωτο. 2.1). Ο αναλειματικός τοίχος της βόρειας πλευράς του ανακτόρου ουσιαστικά είναι ανύπαρκτος ενώ οι κατακόρυφοι τοίχοι και οι κιονοστοιχίες είναι εξ' ολοκλήρου γκρεμισμένες. Αρκετά από αυτά τα αρχιτεκτονικά μέλη είναι διάσπαρτα ενώ εκατέρωθεν του ανηφορικού δρόμου που οδηγεί προς την είσοδο του ανακτόρου βρίσκονται τοποθετημένοι, όπως και στην επιφάνεια του ανακτόρου, αρκετοί σφόνδυλοι των δωρικών κιονοστοιχιών του (φωτ. 2.2). Δυστυχώς κανένα τμήμα του δεν έχει αναστηλωθεί μέχρι σήμερα.



Φωτο. 2.1. Το ανάκτορο της Βεργίνας όπως είναι σήμερα.



Φωτο. 2.2. Σφόνδυλοι των δωρικών κίωνων κατά μήκος του δρόμου που οδηγεί στην είσοδο του ανακτόρου.

Με βάση τη βιβλιογραφία που έχει εξεταστεί, δεν έχει βρεθεί καμιά ιστορική αναφορά σχετικά με την καταστροφή του ανακτόρου από σεισμό κατά την αρχαιότητα. Ωστόσο, σύμφωνα με τον Παπαζάχο και Παπαζάχου, σεισμός **M=6.0** κατέστρεψε την πόλη της Βέροιας το **896 μ. Χ**, 15Km περίπου από τη Βεργίνα.

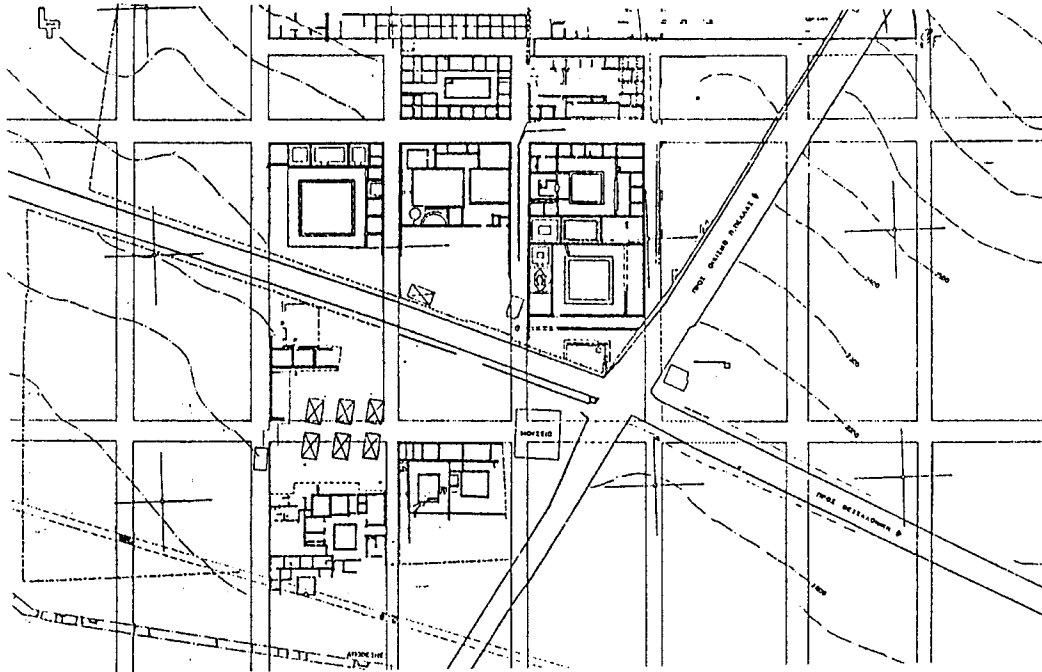
ΔΙΟΝ: Το ιερό του Δίου βρίσκεται σήμερα σε ανασκαφική φάση αν και αρκετά κτίρια και δημόσιοι χώροι έχουν έρθει στην επιφάνεια. Η ανασκαφή καθώς και η προσέγγιση αρκετών τμημάτων του ιερού χώρου γίνεται με πολλές δυσκολίες λόγω της υψηλής στάθμης του νερού στην περιοχή που καλύπτει σε μεγάλο βαθμό ορισμένες περιοχές του ιερού. Ολο το Δίον είναι σε κατάσταση ερειπίου ενώ έχει διαπιστωθεί η μετακίνηση και επανάχρηση λίθων ορισμένων παλαιότερων κτισμάτων σε μεταγενέστερες κατασκευές.



Φωτο. 2.3. Ο ναός της Ισιδας στο Δίον όπως είναι σήμερα.

Από ιστορικές πηγές αναφέρεται ότι τον **5ο αι. μ.Χ.**, καταστρεπτικοί σεισμοί και πλημμύρες ήταν η αφορμή για το τέλος του ιερού. Η ιερή πόλη εγκαταλήφθηκε και τα ερείπια της καλύπτονται μέχρι σήμερα κάτω από το χώμα ορισμένα από τα οποία έχουν ανασκαφεί. Από καταλόγους ιστορικών σεισμών που έχουν εξεταστεί, δεν βρέθηκε καμιά αναφορά που να σχετίζεται με την περιοχή του Δίου.

ΠΕΛΛΑ: Ένα τμήμα της πόλης της Πέλλας έχει ανασκαφεί ενώ ένα άλλο μέρος της βρίσκεται σήμερα υπό ανασκαφή, όπως η αρχαία αγορά. Από την αρχαιολογική έρευνα διαπιστώθηκε ότι σε διάφορες ιστορικές φάσεις, (ελληνιστική, ρωμαϊκή βυζαντινή εποχή) είχαν ανεγερθεί διάφορα κτίρια όπου έκαναν επανάχρησή του δομικού υλικού. Ένα τμήμα του αρχαιολογικού χώρου που έχει ανασκαφεί καλύπτεται από το δρόμο Θεσσαλονίκης - Γιαννιτσών (σχ. 2.3). Στον ίδιο χώρο είναι αναστηλωμένοι αρκετοί ιωνικοί κίονες από στην οικία του Διονύσου (φωτ. 1.7) και ένας Δωρικός κίονας στην οικία της Αρπαγής της Ελένης (φώτ. 1.9).



Σχήμα 2.3. Ο αρχαιολογικός χώρος της Πέλλας και ο δρόμος Θεσσαλονίκης - Γιαννιτσών.

Από ιστορικές πηγές αναφέρεται ότι τον **1ο αι. π.Χ.**, η πόλη καταστράφηκε από ένα σεισμό και σταδιακά μεταφέρθηκε δυτικότερα. Αργότερα στην περιοχή της εγκαταλελειμμένης πόλης αναπτύχθηκε οχυρωμένος οικισμός στην βυζαντινή εποχή. Από καταλόγους ιστορικών σεισμών που έχουν εξεταστεί, δεν βρέθηκε καμιά αναφορά που να σχετίζεται άμεσα με την πόλη της Πέλλας. Ωστόσο, αναφέρεται ότι ο μεγάλος σεισμός του **1829** ($M=7.3$) με επίκεντρο την περιοχή της Δράμας είχε καταστρεπτικές συνέπειες στην ευρύτερη περιοχή της Μακεδονίας όπου γίνονται σχετικές αναφορές και για τη πόλη της Βέροιας. Ενδεχόμενα λοιπόν από το σεισμό αυτό να επηρεάστηκε και η Πέλλα, που βρίσκεται σε ενδιάμεση απόσταση χωρίς ωστόσο να βεβαιώνεται, μέσα από τις βιβλιογραφικές πηγές που εξετάστηκαν, αν ήταν γνωστός ή όχι ο αρχαιολογικός χώρος της Πέλλας όπως το γνωρίζουμε σήμερα.

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ: Στην αρχαία Ρωμαϊκή αγορά της Θεσσαλονίκης γίνονται σήμερα τόσο ανασκαφικές όσο και αναστηλωτικές εργασίες. Ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 1960 είναι αναστηλωμένος ένας μονολιθικός κίονας της στοάς της αγοράς με κορινθιακό κιονόκρανο. Το υπόλοιπο τμήμα της αγοράς, όσον αφορά τις κατασκευές με βασικό γνώρισμα την κιονοστοιχία, δεν παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον με εξαίρεση ίσως το γεγονός ότι αρκετοί κίονες της στοάς φαίνεται ότι πρόκειται να αναστηλωθούν. Έχει ήδη ολοκληρωθεί η βάση αρκετών κίωνων.



Φωτο 2.4. Η στοά της Αρχαίας Αγοράς της Θεσσαλονίκης όπως είναι σήμερα.

Για την ιστορία της σεισμικής δράσης στην πόλη της Θεσσαλονίκης υπάρχουν αρκετές αναφορές από τον Παπαζάχο και Παπαζάχου.

620 μ.Χ. (M=6.6), Καταστράφηκαν πολλά από τα κτίρια της Ρωμαϊκής Αγοράς, η οποία έχασε τη μνημειακή της μορφή και έγινε από τότε ανοιχτός χώρος. Ωστόσο από γραβούρα στα τέλη του 18ου αιώνα φαίνεται ότι αρκετά τμήματα της στοάς της Ρωμαϊκής Αγοράς ήταν ακόμα όρθια που μάλλον θα έπεσαν από μεταγενέστερο σεισμό. Καταστράφηκαν επίσης αρκετά άλλα κτίρια της πόλης μεταξύ των οποίων και η Ροτόντα.

667 (M=6.6), Από αυτό το σεισμό αναφέρεται η πτώση τμημάτων από τα τείχη της πόλης της Θεσσαλονίκης.

700 (M=6.6), Αναφέρεται ότι η εκκλησία του Αγίου Δημητρίου κάηκε από πυρκαγιά που προκλήθηκε μετά το σεισμό.

1430 (M=6.5), Δεν γίνεται καμιά αναφορά για ζημιές.

1759 (M=6.5), Οι σεισμικές δονήσεις είχαν κρατήσει από τον Ιούνιο μέχρι τον Οκτώβριο. Μετά το μεγάλο σεισμό ακολούθησε πυρκαγιά η οποία ολοκλήρωσε την καταστροφή. Το μεγαλύτερο μέρος της πόλης είχε μεταβληθεί σε σωρό ερειπίων με πολλούς νεκρούς κάτω από αυτά ενώ μεγάλο μέρος των κατοίκων εγκατέλειψαν την πόλη. Είναι σημαντικό η ημερομηνία αυτού του σεισμού να συσχετιστεί με την ημερομηνία της γκραβούρας η οποία δείχνει στα τέλη του 18ου αιώνα ένα τμήμα της κιονοστοιχίας της ρωμαϊκής αγοράς σε όρθια θέση. Συνεπώς, αν η γκραβούρα αυτή έγινε μετά το σεισμό υποδηλώνεται ότι το τμήμα αυτό της κιονοστοιχίας έπεσε από μεταγενέστερο σεισμό.

1829 - Δράμα (M=7.3) Από αυτό το σεισμό που έπληξε την ευρύτερη περιοχή της Μακεδονίας και της Θράκης αναφέρεται ότι στη Θεσσαλονίκη, σπίτια, τζαμιά, και μέρος από τα τείχη της πόλης γκρεμίστηκαν.

1902 (M=6.6) Αναφέρονται αρκετές βλάβες σε κατασκευές κυρίως στην περιοχή του λιμανιού καθώς και σε άλλα δημόσια κτίρια.

1932 - Ιερισσός (M=7.0), Ο σεισμός αυτός έπληξε την ευρύτερη περιοχή της Χαλκιδικής. Για τη Θεσσαλονίκη αναφέρονται αρκετές βλάβες σε δημόσια κτίρια δύο από τα οποία (Μητρόπολη και Αγροτική Τράπεζα) κρίθηκαν ακατοίκητα μέχρι επισκευής τους.

1978 - Στίβος (M=6.5) Πρόκειται για τον τελευταίο μεγάλο σεισμό που έπληξε τη Θεσσαλονίκη και για τον οποίο υπάρχουν ενόργανες καταγραφές. Αξίζει να αναφέρουμε ότι ο μονολιθικός κίονας που είναι αναστηλωμένος στη Ρωμαϊκή Αγορά από τα τέλη της δεκαετίας του εξήντα δεν ανετράπει χωρίς ωστόσο να υπάρχουν σχετικές πληροφορίες αν ανέπτυξε λικνιστική απόκριση ή μετατόπιση στη βάση του.

ΑΜΦΙΠΟΛΗ: Η αρχαία πόλη της Αμφίπολης είναι σε κατάσταση ερειπίου. Αρκετά από τα τμήματα των κτιρίων της αρχαίας πόλης είναι διάσπαρτα στον περιβάλλοντα χώρο. Ένα τμήμα του αρχαίου τείχους που ανασκάφηκε πρόσφατα βρέθηκε σε καλή κατάσταση (φωτο. 1.11).

Ο Παπαζάχος και Παπαζάχου αναφέρουν ότι από ο σειμός του **597 μ.Χ.** ($M=6.8$) με επίκεντρο την περιοχή των Σερρών, άλλαξε το ρού του ποταμού Στρυμόνα στην Αμφίπολη χωρίς να γίνεται οποιαδήποτε άλλη αναφορά σε ζημιές. Επίσης από τη βιβλιογραφία που έχει εξεταστεί δεν γίνεται καμιά σχετική αναφορά. Ωστόσο, η Αμφίπολη βρίσκεται στο μέσο δύο περιοχών με έντονη σεισμική δράση (σεισμικές ζώνες) όπως σημειώνονται στο σχήμα 2.2. Στα δυτικά βρίσκεται η περιοχή της λίμνης της Βόλβης και ανατολικά η περιοχή των Φιλίππων και της Δράμας που κατά το παρελθόν σημειώθηκαν μεγάλοι σεισμοί οι οποίοι προκάλεσαν ζημιές στην ευρύτερη περιοχή της Μακεδονίας και της Θράκης.

ΦΙΛΙΠΠΟΙ: Η πόλη των Φιλίππων παρουσιάζει σήμερα κατάσταση ερειπίου. Είναι κατάκοιτα αρκετά τμήματα από τα αρχαία κτίρια (φωτο. 2.5) ενώ ελάχιστα τμήματα της παλαιοχριστιανικής εκκλησίας είναι ακόμα όρθια. Μόνον ορισμένοι αρχαίοι κίονες είναι όρθιοι από τον κεντρικό χώρο της αγοράς κατόπιν αναστηλώσεως (φωτο. 2.6).



Φωτο. 2.5. Η πόλη των Φιλίππων όπως είναι σήμερα.



Φωτο. 2.6. Αναστηλωμένοι αρχαίοι κίονες στην πόλη των Φιλίππων.

Ο Παπαζάχος και Παπαζάχου αναφέρουν τέσσερις σεισμούς οι οποίοι φαίνεται ότι έπληξαν την πόλη των Φιλίππων.

52 μ. Χ. (M=6.5), Αναφέρεται ότι, όταν ο Απόστολος Παύλος ήταν στη φυλακή των Φιλίππων έγινε μεγάλος σεισμός που κούνησε γερά τα θεμέλια της φυλακής και βγήκαν οι φυλακισμένοι. Αναφέρεται επίσης ότι ο σεισμός κατέστρεψε την πόλη των Φιλίππων.

597 (M=6.8), Ο σεισμός αυτός καθώς και η πυρκαγιά που ακολούθησε ερήμωσαν την πόλη των Φιλίππων.

1829 - Δράμα (M=7.3), Ο σεισμός αυτός κατέστρεψε αρκετές πόλεις της Μακεδονίας και της Θράκης και πολύ πιθανόν να προκάλεσε και σχετικές ζημιές στην πόλη των Φιλίππων. Δεν αναφέρεται τίποτα σχετικά.

1867 - Δράμα (M=6.0), Αναφέρεται ότι σεισμικές δονήσεις είχαν γίνει αισθητοί και στην πόλη των Φιλίππων.

ΘΑΣΟΣ: Στο νησί της Θάσου αναφέρεται η ύπαρξη κατά την αρχαιότητα αρκετών αρχαίων μνημείων. Σήμερα σώζονται σε σχετικά καλή κατάσταση το αρχαίο θέατρο και τμήμα από τα αρχαία τείχη της πόλης. Επίσης ορισμένα τμήματα από τα αρχαία μνημεία της Αγοράς είναι σε όρθια θέση χωρίς ωστόσο να γνωρίζουμε αν αυτά είναι κατόπιν αναστηλωτικών ενεργειών ή παρέμειναν έτσι με το πέρασμα του χρόνου. Αλλα αρχαία μνημεία τα οποία μνημονεύονται από ιστορικούς και αρχαιολόγους είναι σε κατάσταση ερειπίων ενώ το δομικό υλικό τους έχει χρησιμοποιηθεί σε μεταγενέστερες κατασκευές.

Ο Παπαζάχος και Παπαζάχου αναφέρουν δύο σεισμούς οι οποίοι φαίνεται ότι έπληξαν το νησί της Θάσου.

1829 - Δράμα (**M=7.3**), Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι αυτός ο σεισμός έγινε αισθητός στη Θάσο και ότι μπουκάλια και ποτήρια είχαν πέσει από τραπέζι.

1982 - Βόρειο Αιγαίο (**M=7.0**), Ο σεισμός αυτός που είχε επίκεντρο στη περιοχή του Βόρειου Αιγαίου έγινε έντονα αισθητός και στη Θάσο χωρίς όμως να αναφέρονται σχετικές ζημιές.

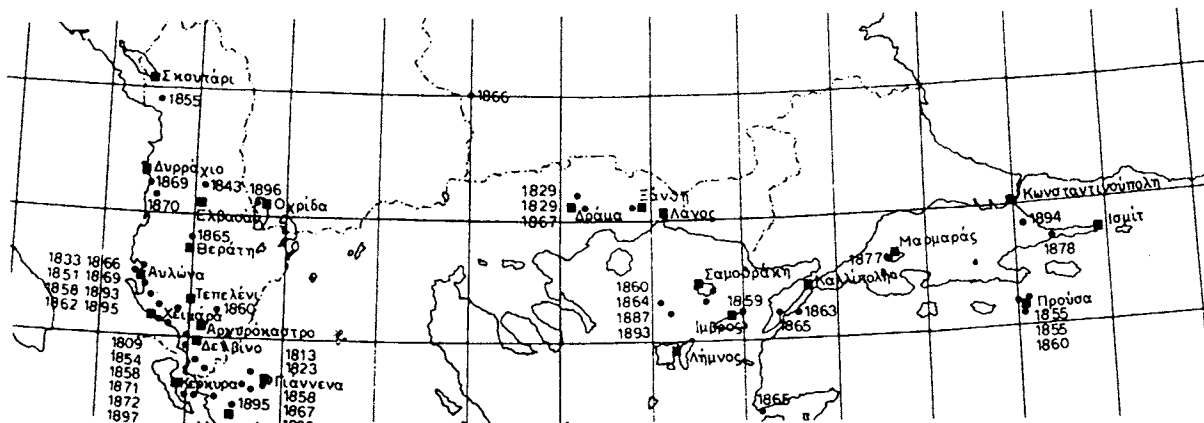
ΣΑΜΟΘΡΑΚΗ: Στα πλαίσια αυτού του ερευνητικού προγράμματος εξετάζονται μόνο τα αρχαία μνημεία από το ιερό της Σαμοθράκης. Όλα τα μνημεία είναι σε κατάσταση ερειπίου με γκρεμισμένα τα δομικά τους στοιχεία. Χαρακτηριστική περίπτωση του αρχαιολογικού χώρου αποτελούν οι αναστηλωμένοι κίονες του ναού των Καβείρων. Δύο από αυτούς τους κίονες είναι συνδεδεμένοι στην κορυφή με επιστύλιο (φωτ. 2.7).

Ο Παπαζάχος και Παπαζάχου αναφέρουν δύο σεισμούς του 19ου αι. οι οποίοι φαίνεται ότι έπληξαν το νησί της Σαμοθράκης.

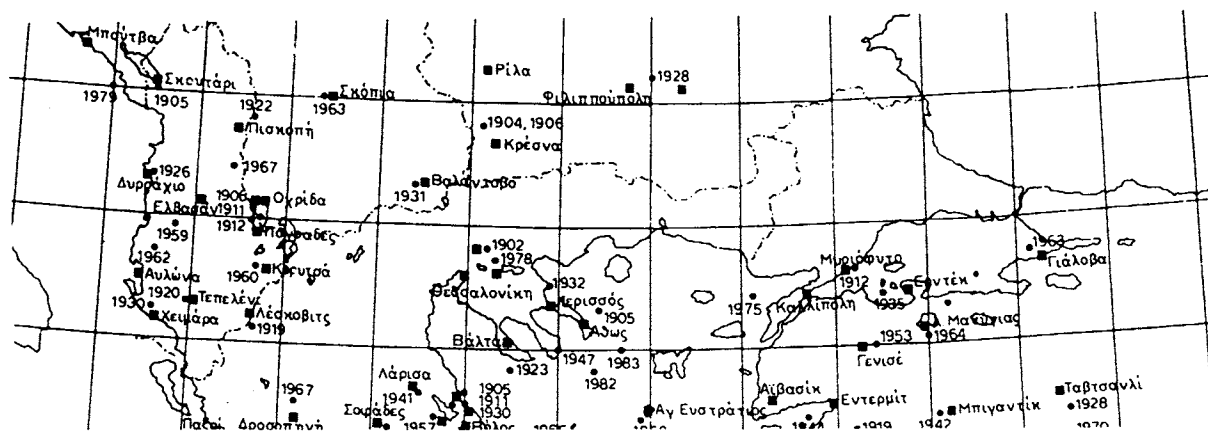
1860 (M=6.2), Ο σεισμός προκάλεσε ρωγμές στους τοίχους και στο έδαφος. Παρατηρήθηκαν επίσης καταρρεύσεις βράχων και μεταβολές στη στάθμη των υπογείων νερών.

1893 (M=6.5), Ο σεισμός αυτός κατέστρεψε πολλά σπίτια στην πόλη της Σαμοθράκης και σε άλλα χωριά του νησιού. Εμφανίστηκε επίσης επιφανειακό ίχνος ρήγματος, καθίζηση της παραλίας και καταρρεύσεις βράχων.





Σχήμα 2.4γ Επίκεντρα και έτη Ιστορικών σεισμών της περιόδου 1801 μ.Χ. - 1900 μ.Χ.

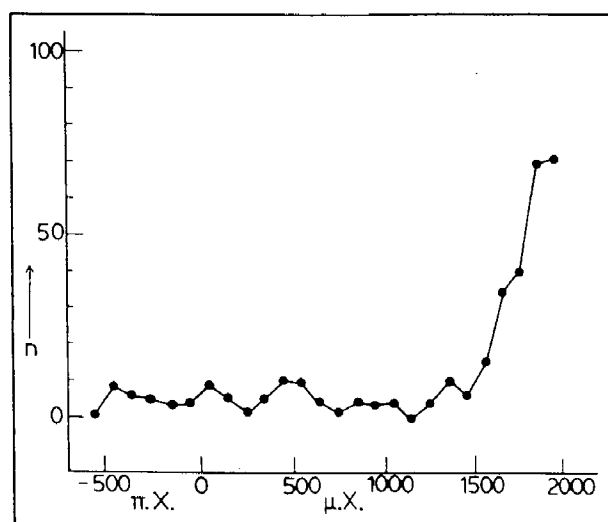


Σχήμα 2.4δ Επίκεντρα και έτη Ιστορικών σεισμών της περιόδου 1901 μ.Χ. - 1986 μ.Χ.

2.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η γνώση μας για τους ισχυρούς σεισμούς του παρελθόντος στον ελληνικό χώρο είναι σχετικά πλούσια συγκρινόμενη με άλλες περιοχές της υδρογείου, π.χ. Η.Π.Α, γεγονός που οφείλεται στην πλούσια ιστορία και τον πολιτισμό που αναπτύχθηκε στο συγκεκριμένο χώρο τα τελευταία 3000 χρόνια. Παρόλα αυτά, η γνώση της ισχυρής σεισμικής δράσης στον ελληνικό χώρο πρέπει να θεωρηθεί σχετικά ελλιπής, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.5, όπου για τα τελευταία 2500 χρόνια εμφανίζεται υπερπολλαπλάσια σεισμική δράση για τα τελευταία 300 χρόνια γεγονός που δεν δικαιολογείται από καμιά επιστημονική τεκμηρίωση σεισμοτεκτονικής εξάρσης αλλά θα πρέπει να αποδοθεί στην ύπαρξη και τήρηση καλύτερων ιστορικών και επιστημονικών στοιχείων.

2. Η έλλειψη σαφούς γνώσης της σεισμικής δράσης γίνεται εμφανέστερη όταν αυτή χρειάζεται, με σχετική τεκμηρίωση στοιχείων, όπως η ένταση, η επικεντρική περιοχή και δυναμικά χαρακτηριστικά της εδαφικής κίνησης, για να μπορέσει να συσχετισθεί με εικόνα συγκεκριμένων βλαβών, όπως αυτές που ενδιαφέρουν στο παρόν ερευνητικό πρόγραμμα για τους αρχαιολογικούς χώρους της Βόρειας Ελλάδος που εξετάζονται.



Σχήμα 2.5. Χρονική μεταβολή του αριθμού n των γνωστών ισχυρών σεισμών ανά αιώνα στον ελληνικό χώρο.

3. Η εικόνα της σημερινής κατάστασης των μνημειακών κατασκευών που συμπεριλαμβάνουν το στοιχείο της κιονοστοιχίας στους αρχαιολογικούς χώρους που εξετάζονται εδώ, θα μπορούσε να συσχετισθεί με τις αντίστοιχες εικόνες κατάρρευσης ομοιωμάτων κίωνων που εξετάστηκαν στο Εργαστήριο Αντοχής των Υλικών του Α.Π.Θ. υπό τεχνητές σεισμικές διεγέρσεις. Αυτό το γεγονός είναι ενδεικτικό του πιθανού συσχετισμού της σημερινής εικόνας των εν λόγω μνημείων με τη σεισμική δράση.

4. Με βάση τη βιβλιογραφική έρευνα που έγινε στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού προγράμματος προκύπτει χρονική συσχέτιση για τα οικιστικά συγκροτήματα που συνδέονται με τους αρχαιολογικούς χώρους του Δίου, της Πέλλας, της Θεσσαλονίκης και των Φιλιππων με καταστροφές από συγκεκριμένη σεισμική δράση. Έτσι με βάση το συσχετισμό του προηγουμένου συμπεράσματος θα μπορούσε να συνδεθεί η σημερινή εικόνα των αντίστοιχων μνημειακών κατασκευών που περιλαμβάνουν το στοιχείο της κιονοστοιχίας με τη σεισμική δραστηριότητα. Ο χρονικός αυτός συσχετισμός δεν έγινε δυνατό να τεκμηριωθεί στον ίδιο βαθμό για τα οικιστικά συγκροτήματα που συνδέονται με τους αρχαιολογικούς χώρους της Βεργίνας, της Αμφίπολης, της Θάσου και της Σαμοθράκης.

3η ΦΑΣΗ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

3.2. ΛΙΚΝΙΣΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

3.3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ
ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΥ ΔΩΡΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ

3.4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΣΕ
ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΛΙΚΝΙΣΤΙΚΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

3.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την εξέταση που έχει γίνει της μορφολογίας και της γεωμετρίας των κίωνων μνημείων των αρχαιολογικών χώρων της Βεργίνας, του Δίου, της Πέλλας, της Θεσσαλονίκης, της Αμφίπολης, της Θάσου, των Φιλιππών και της Σαμοθράκης, προέκυψε ότι στην αρχαιότητα γινόταν στους πιο πάνω χώρους ευρεία χρήση Δωρικών κίωνων ενώ παράλληλα διαπιστώθηκε και η χρήση Ιωνικών και Κορινθιακών.

Στα πλαίσια της παρούσας φάσης επιχειρείται η πειραματική μελέτη ενός φυσικού ομοιώματος μαρμάρινου μονολιθικού κίονα, ως αντιπροσωπευτικού κίονα των πιο πάνω αρχαιολογικών χώρων (Μακεδονίας και Θράκης). Για το σκοπό αυτό έχει επιλεγεί ένας μονολιθικός κίονας με κιονόκρανο Δωρικού ρυθμού.

Ο κίονας αυτός, αφού κατασκευάστηκε μεταφέρθηκε στη Διάταξη Τεχνητών Σεισμών του Α.Π.Θ. όπου ολοκληρώθηκε η πειραματική του μελέτη που προβλέπεται στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού προγράμματος. Η πειραματική μελέτη συνίσταται στην κατάλληλη ενοργάνωση του κίονα και την καταγραφή της απόκρισης του με τη βοήθεια ηλεκτρονικών οργάνων (επιταχυνσιομέτρων και μηκυνσιομέτρων). Η πειραματική αυτή μελέτη αποσκοπούσε στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του κίονα που επηρεάζουν τη δυναμική του συμπεριφορά μέσα από την κατάλληλη επεξεργασία των καταγραφών της απόκρισης του.

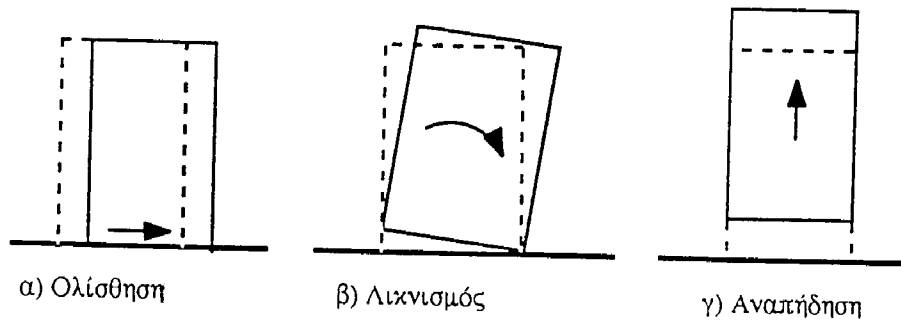
Με βάση τις παρατηρήσεις που έχουν γίνει σε αρχαιολογικούς χώρους, αλλά και από τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών, επισημαίνεται ότι η απόκριση σε σεισμικές διεγέρσεις ελεύθερα εδραζομένων στη βάση τους μονολιθικών κίωνων, κυριαρχείται από λικνισμό χωρίς αυτό να αποκλείει και τη συνύπαρξη άλλων μορφών απόκρισης. Τα χαρακτηριστικά ενός μονολιθικού κίονα που επηρεάζουν την λινιστική του απόκριση, με την παραδοχή ότι συμπεριφέρεται ως στερεό και απαραμόρφωτο σώμα, εκτός από τη μάζα του, είναι η κρίσιμη γωνία λικνισμού (Θ_{cr}), η φυσική λικνιστική του συχνότητα (P), ο συντελεστής αποκατάστασης (e , coefficient of restitution) και η πολική ροπή αδράνειας του κίονα ως προς τον πόλο περιστροφής του κατά τη διάρκεια της λικνιστικής του απόκρισης (I_0). Η φυσική έννοια αυτών των παραμέτρων περιγράφεται στις παραγράφους που ακολουθούν.

Στην παρούσα φάση, για τον προσδιορισμό των δυναμικών χαρακτηριστικών του μονολιθικού κίονα, χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί στο παρελθόν και που συνίστανται στην κατάλληλη επεξεργασία των καταγραφών των μηκυνσιομέτρων. Παράλληλα, τα δυναμικά αυτά μεγέθη έχουν υπολογιστεί με βάση αναλυτικές εκφράσεις που έχουν προταθεί από άλλους ερευνητές για ελεύθερα εδραζόμενα σώματα.

Γίνεται σαφές ότι το πειραματικό φυσικό ομοίωμα του μαρμάρινου κίονα προσεγγίζεται ως στερεό και απαραμόρφωτο σώμα ελεύθερα εδραζόμενο στη βάση του. Για το λόγο αυτό, και πριν από οποιαδήποτε παρουσίαση των πειραματικών αποτελεσμάτων γίνεται μια γενική αναφορά στην λικνιστική απόκριση των ελεύθερα εδραζομένων στερεών σωμάτων.

3.2. ΛΙΚΝΙΣΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Τα ελεύθερα εδραζόμενα στερεά σώματα, κάτω από δυναμικές διεγέρσεις της βάσης τους και με την παραδοχή ότι η απόκριση τους αναπτύσσεται στο διδιάστατο χώρο, μπορούν να αναπτύξουν μια ή συνδυασμό των παρακάτω μορφών απόκρισης:



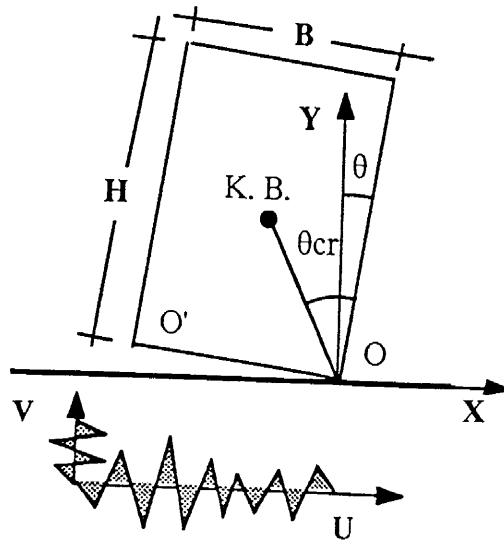
Σχήμα 3.2.1. Μορφές απόκρισης ελεύθερα εδραζομένων στερεών σωμάτων.

Η κυρίαρχη μορφή απόκρισης που θα αναπτύξουν εξαρτάται αφενός από τη γεωμετρία αυτών των σωμάτων και το συντελεστή τριβής στην επιφάνεια έδρασης (επιφάνεια επαφής του στερεού σώματος με τη βάση έδρασης του) και αφετέρου από την ένταση της διέγερσης. Στερεά σώματα με σχετικά μεγάλο λόγο ύψους προς πλάτος βάσης, όπως οι μονολιθικοί κίονες, αναπτύσσουν κυρίως λικνιστική απόκριση [18].

3.2.1. Γενικές εξισώσεις της λικνιστικής κίνησης των ελεύθερα εδραζομένων στερεών σωμάτων.

Ας υποθέσουμε ότι το στερεό σώμα του σχήματος 3.2.2. διεγείρεται λόγω της κίνησης της βάσης έδρασης του με οριζόντια $\ddot{U}(t)$ και κατακόρυφη $\ddot{V}(t)$ επιτάχυνση. Κάτω απ' αυτή τη διέγερση, το στερεό σώμα μπορεί να περιστραφεί γύρω από τους πόλους του O και O' αναπτύσσοντας κατ' αυτό τον τρόπο το φαινόμενο του λικνισμού. Οι θετικές και οι αρνητικές γωνίες

περιστροφής αναπτύσσονται όταν το σώμα περιστρέφεται γύρω από τους πόλους O και O' αντίστοιχα. Γίνεται επιπλέον η παραδοχή ότι η βάση έδρασής του είναι τελείως οριζόντια και ο συντελεστής τριβής μεταξύ βάσης και στερεού σώματος είναι αρκετά μεγάλος ώστε να αποτρέπεται η ανάπτυξη ολίσθησης καθώς και η αναπήδηση του στερεού στη βάση έδρασής τους.



Σχήμα 3.2.2. Λικνιζόμενο στερεό σώμα.

Οι εξισώσεις της λικνιστικής κίνησης του στερεού σώματος που υπόκειται σε οριζόντια και κατακόρυφη διέγερση της βάσης του είναι [18]:

$$I_0 \ddot{\theta} + MR \ddot{U} \cos(\theta_{cr} - \theta) + Mg \left(1 + \frac{\ddot{V}}{g} \right) R \sin(\theta_{cr} - \theta) = 0 \quad \theta > 0 \quad (3.2.1)$$

$$I_0 \ddot{\theta} + MR \ddot{U} \cos(\theta_{cr} + \theta) - Mg \left(1 + \frac{\ddot{V}}{g} \right) R \sin(\theta_{cr} + \theta) = 0 \quad \theta < 0 \quad (3.2.2)$$

Αν αγνοήσουμε την ύπαρξη κατακόρυφης διέγερσης τότε οι εξισώσεις κίνησης λαμβάνουν την πιο κάτω μορφή:

$$I_0 \ddot{\theta} + MR \ddot{U} \cos(\theta_{cr} - \theta) + MgR \sin(\theta_{cr} - \theta) = 0 \quad \theta > 0 \quad (3.2.3)$$

$$I_0 \ddot{\theta} + MR \ddot{U} \cos(\theta_{cr} + \theta) - MgR \sin(\theta_{cr} + \theta) = 0 \quad \theta < 0 \quad (3.2.4)$$

Οι πιο πάνω εξισώσεις είναι μη γραμμικές λόγω των τριγωνομετρικών εκφράσεων της μεταβλητής θ . Στην περίπτωση που η ποσότητα $(\theta_{cr} \pm \theta)$ παίρνει πολύ μικρές τιμές, οι διαφορικές αυτές εξισώσεις μπορούν να πάρουν την εξής γραμμική μορφή:

$$I_0\ddot{\theta} + MR\ddot{U} + MgR \sin(\theta_{cr} - \theta) = 0 \quad \theta > 0 \quad (3.2.5)$$

$$I_0\ddot{\theta} + MR\ddot{U} - MgR(\theta_{cr} + \theta) = 0 \quad \theta < 0 \quad (3.2.6)$$

Οι εξισώσεις της λικνιστικής κίνησης, τόσο στη γραμμική όσο και στη μη γραμμική τους μορφή, για τη γενική περίπτωση τυχαίας διέγερσης, δεν έχουν εύκολη αναλυτική λύση. Στη γενική αυτή περίπτωση, η επίλυση τους επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση αριθμητικών μεθόδων επίλυσης διαφορικών εξισώσεων. Ωστόσο, για τις γραμμικές εξισώσεις και στις περιπτώσεις των ελεύθερων λικνιστικών ταλαντώσεων και της ημιτονοειδούς διέγερσης της βάσης μπορούν να διατυπωθούν αναλυτικές εκφράσεις δηλ. μπορούν εύκολα να επιλυθούν οι πιο πάνω διαφορικές εξισώσεις.

3.2.2. Ελεύθερη λικνιστική ταλάντωση

Στην περίπτωση της ελεύθερης λικνιστικής κίνησης του στερεού σώματος (που συνήθως την αποκαλούμε και ελεύθερη λικνιστική ταλάντωση) δίνεται στο στερεό σώμα μια αρχική γωνία περιστροφής (π.χ. ως προς τον πόλο περιστροφής O) και στη συνέχεια αφήνεται να επανέλθει στην αρχική του θέση. Μετά την κρούση του σώματος με τη βάση έδρασής του, αυτό περιστρέφεται γύρω από τον άλλο πόλο αναπτύσσοντας κατ' αυτό τον τρόπο ελεύθερη λικνιστική κίνηση. Εννοείται ότι στην περίπτωση αυτή δεν υφίσταται διέγερση της βάσης. Συνεπώς, η εξίσωση της ελεύθερης λικνιστικής κίνησης για θετικές και αρνητικές γωνίες λικνισμού προκύπτει αν από τις γενικές εξισώσεις διαγράψουμε το δεύτερο όρο που περιέχει την κίνηση της βάσης που στην προκειμένη περίπτωση είναι μηδενική.

Αν εξετάσουμε τη γραμμική εξίσωση για θετικές γωνίες λικνισμού τότε στην περίπτωση της ελεύθερης λικνιστικής κίνησης λαμβάνει την πιο κάτω έκφραση:

$$I_0\ddot{\theta} - MR\theta = -MgR\theta_{cr} \quad (\theta > 0) \quad (3.2.7)$$

Θέτοντας $P = \sqrt{\frac{MgR}{I_0}}$, τότε η πιο πάνω εξίσωση γίνεται:

$$\ddot{\theta} - P^2\theta = -P^2\theta_{cr} \quad (\theta > 0) \quad (3.2.8)$$

Η ποσότητα P καλείται “φυσική λικνιστική συχνότητα” και είναι ένα από τα δυναμικά χαρακτηριστικά του στερεού σώματος που επηρεάζει σημαντικά τη λικνιστική του απόκριση. Η πιο πάνω διαφορική εξίσωση για αρχικές συνθήκες $\theta = \theta_0$, $\dot{\theta} = 0$ και $t = 0$ έχει την πιο κάτω αναλυτική λύση:

$$\theta = \theta_{cr} - (\theta_{cr} - \theta_0) \cosh(Pt) \quad \theta > 0 \quad (3.2.9)$$

Η πρώτη παράγωγος της πιο πάνω εξίσωσης ως προς τον χρόνο δίνει την έκφραση της γωνιακής ταχύτητας.

$$\dot{\theta} = -[(\theta_{cr} - \theta_0) \sinh(Pt)]P \quad (3.2.10)$$

Αν στην εξίσωση 3.2.9 τεθεί $\theta = 0$ τότε ο μόνος άγνωστος είναι ο χρόνος (t) που απαιτείται για να κινηθεί το στερεό σώμα από την αρχική θέση θ_0 μέχρι τη θέση $\theta = 0$ (θέση ισοροπίας).

$$0 = \theta_{cr} - (\theta_{cr} - \theta_0) \cosh(Pt)$$

$$\cosh(Pt) = \frac{1}{\left(1 - \frac{\theta_0}{\theta_{cr}}\right)}$$

$$t = \frac{T_0}{4} = \left(\frac{1}{P}\right) \cosh^{-1} \left[\frac{1}{1 - \frac{\theta_0}{\theta_{cr}}} \right] \quad (3.2.11)$$

Από την πιο πάνω σχέση φαίνεται ότι όσο πιο μεγάλη είναι η αρχική (μέγιστη) γωνία θ_0 τόσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος που απαιτείται για να μηδενιστεί η γωνία λικνισμού. Θα πρέπει εδώ να αναφέρουμε ότι τη στιγμή που η γωνία λικνισμού μηδενίζεται, τότε προκαλείται κρούση του σώματος με τη βάση έδρασής του που συνοδεύεται με κάποια απώλεια ενέργειας. Η απώλεια αυτή επιφέρει μείωση της γωνιακής ταχύτητας του σώματος. Στο παρελθόν έχουν διατυπωθεί διάφορες μαθηματικές εκφράσεις που συνδέουν τη σχέση της γωνιακής ταχύτητας του στερεού σώματος λίγο πριν από την κρούση με αυτή που θα έχει αμέσως μετά την κρούση η οποία προφανώς λόγω της

απώλειας ενέργειας θα είναι μικρότερη από την προηγούμενη [18]. Στα πλαίσια αυτού του ερευνητικού προγράμματος υιοθετείται η παρακάτω σχέση:

$$\dot{\theta}' = e \dot{\theta} \quad (3.2.12)$$

όπου $\dot{\theta}'$: η γωνιακή ταχύτητα του σώματος αμέσως μετά την κρούση

$\dot{\theta}$: η γωνιακή ταχύτητα του σώματος αμέσως πριν από την κρούση

$e < 1$: ο συντελεστής αποκατάστασης (coeff. of restitution)

Αν θεωρήσουμε ότι το στερεό σώμα μετά την κρούση με τη βάση έδρασης του θα εξακολουθήσει να κινείται εντός του επιπέδου, τότε αυτό θα περιστραφεί γύρω από τον απέναντι πόλο περιστροφής (O') (σχήμα 3.2.2.) αναπτύσσοντας αρνητικές γωνίες λικνισμού. Όμως η απώλεια ενέργειας λόγω κρούσης δεν του επιτρέπει να φτάσει μέχρι την $-\theta_0$ αλλά σε μικρότερη γωνία. Έτσι, σε κάθε κύκλο λικνισμού που θα ακολουθεί, η μέγιστη γωνία κάθε κύκλου θα μειώνεται συνεχώς μέχρι τελικής ηρεμίας του στερεού σώματος. Παρόμοιες εκφράσεις με τις πιο πάνω (εξ. 3.27 -3.2.11) μπορούν να διατυπωθούν και για αρνητικές γωνίες λικνισμού αν γίνει ανάλογη επεξεργασία των αντίστοιχων εξισώσεων.

Από κατάλληλη επεξεργασία των εξισώσεων 3.2.9 μέχρι 3.2.12 προκύπτουν οι πιο κάτω εκφράσεις που δίνουν τη μέγιστη γωνία λικνισμού ($\theta_n \max$) σε κάθε μισό κύκλο λικνισμού καθώς και το τέταρτο της περιόδου ($T_n/4$) μετά από n αριθμούς κρούσεων του στερεού με τη βάση έδρασης του.

$$\theta_n \max = \theta_{cr} \left[1 - \sqrt{1 - e^{2n} \left[1 - \left(1 - \frac{\theta_0}{\theta_{cr}} \right)^2 \right]} \right] \quad (3.2.13)$$

$$T_n = \frac{4}{P} \tanh^{-1} \sqrt{e^{2n} \left[1 - \left(1 - \frac{\theta_0}{\theta_{cr}} \right)^2 \right]} \quad (3.2.14)$$

3.3 ΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΥ ΔΩΡΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ

3.3.1. Μόρφωση του ομοιώματος ενός μονολιθικού κίονα

Στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού προγράμματος έχει γίνει η μελέτη της δυναμικής συμπεριφοράς ενός ομοιώματος μονολιθικού κίονα. Η μόρφωση και κατασκευή αυτού του ομοιώματος βασίστηκε στα πιο κάτω κριτήρια:

1ον) Το ομοίωμα αυτό του μονολιθικού κίονα θα πρέπει να είναι, όσον αφορά το ρυθμό και τις γεωμετρικές του διαστάσεις, ένας κίονας αντιπροσωπευτικός για την περιοχή Μακεδονίας και Θράκης.

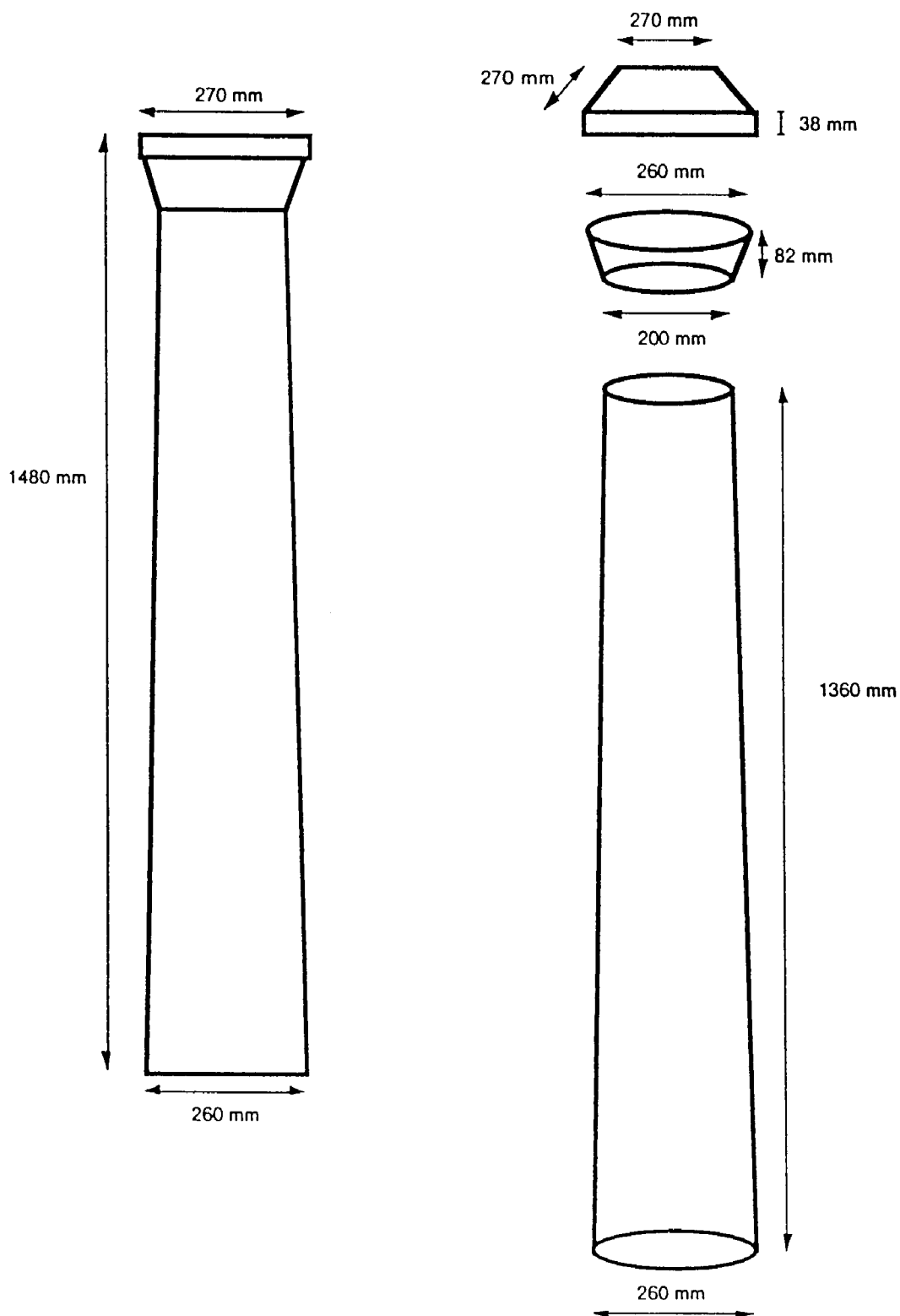
2ον) Οι γεωμετρικές διαστάσεις του ομοιώματος, και κατ' επέκταση το βάρος του, να είναι τέτοιο που να επιτρέπει την πειραματική μελέτη σύμφωνα με τους στόχους του προγράμματος.

3ον) Επειδή η πειραματική αυτή μελέτη προγραμματίστηκε να γίνει στη Διάταξη Τεχνητών Σεισμών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ., για την επιλογή των γεωμετρικών διαστάσεων του κίονα λήφθηκαν υπόψη οι γεωμετρικές διαστάσεις της σεισμικής τράπεζας της πιο πάνω διάταξης καθώς και η φέρουσα ικανότητά της.

4ον) Τέλος, για την επιλογή των γεωμετρικών διαστάσεων του ομοιώματος συνεκτιμήθηκε και η πιθανή μελλοντική επέκταση των ερευνητικών δραστηριοτήτων της Διάταξης Τεχνητών Σεισμών του Α.Π.Θ. σε παρόμοια θέματα μελέτης της σεισμικής συμπεριφοράς ομοιωμάτων κατασκευών της αρχαίας Ελληνικής και Ρωμαϊκής περιόδου. Λήφθηκε λοιπόν υπόψη η πιθανή επέκταση αυτής της έρευνας σε πιο πολύπλοκες μορφές τμημάτων αυτού του είδους των κατασκευών πέρα από το μεμονωμένο μονολιθικό κίονα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της 1ης Φάσης, από την εξέταση που έχει γίνει αναφορικά με τη μορφολογία και τη γεωμετρία των κίωνων των μνημείων των αρχαιολογικών χώρων της Βεργίνας, του Δίου, της Πέλλας, της Θεσσαλονίκης, της Αμφίπολης, της Θάσου, των Φιλιππων και της Σαμοθράκης, προέκυψε ότι στην αρχαιότητα γινόταν στους πιο πάνω χώρους ευρεία χρήση Δωρικών κίωνων ενώ παράλληλα έχει διαπιστωθεί και η χρήση Ιωνικών και Κορινθιακών. Για το σκοπό αυτό έχει επιλεγεί ένας **μονολιθικός κίονας** με κιονόκρανο **Δωρικού ρυθμού** όπου ο κορμός του κίονα είναι μονολιθικά συνδεδεμένος με το κιονόκρανο (έχινος και άβακας), σε αντίθεση με τους αρχαίους κίονες όπου το κιονόκρανο ήταν ελεύθερα εδραζόμενο στον κορμό του κίονα. Η επιλογή μονολιθικού κίονα, και όχι σφονδυλωτού, καθορίστηκε από τους στόχους του προγράμματος ένας από τους οποίους είναι η εκτίμηση των δυναμικών χαρακτηριστικών μονολιθικών κίωνων.

Οι γεωμετρικές διαστάσεις του πειραματικού ομοιώματος φαίνονται στο πιο κάτω σχήμα.



Σχήμα 3.3.1. Γεωμετρικές διαστάσεις του πειραματικού ομοιώματος του μονολιθικού δωρικού κίονα

Η δυναμική απόκριση στερεών σωμάτων με μεγάλο λόγο ύψους προς βάση, όπως οι μονολιθικοί κίονες, κυριαρχείται από το φαινόμενο του λικνισμού. Ωστόσο, το φαινόμενο του λικνισμού συνυπάρχει με αυτό της ολίσθησης στη βάση του κίονα, αλλά ως κυρίαρχη μορφή απόκρισης θεωρείται αυτή του λικνισμού. Όπως έχει αναφερθεί στην προηγούμενη παράγραφο, η εξίσωση της λικνιστικής κίνησης των ελεύθερα εδραζόμενων στερεών σωμάτων δίνεται από την πιο κάτω σχέση:

$$I_0 \ddot{\theta} + MR \ddot{U} \cos(\theta_{cr} - \theta) + MgR \sin(\theta_{cr} - \theta) = 0 \quad \theta > 0 \quad (3.3.1)$$

$$I_0 \ddot{\theta} + MR \ddot{U} \cos(\theta_{cr} + \theta) - MgR \sin(\theta_{cr} + \theta) = 0 \quad \theta < 0 \quad (3.3.2)$$

Φαίνεται λοιπόν από τις πιο πάνω σχέσεις ότι η λικνιστική συμπεριφορά των στερεών σωμάτων επηρεάζεται από τις πιο κάτω παραμέτρους:

M: μάζα του στερεού σώματος

g: επιτάχυνση της βαρύτητας

R: απόσταση του κέντρου βάρους του στερεού από τον πόλο περιστροφής

θ_{cr} : κρίσιμη γωνία λικνισμού του στερεού σώματος

I_0 : πολική ροπή αδράνειας του στερεού σώματος ως προς τον πόλο περιστροφής.

Αν οι πιο πάνω εκφράσεις πολλαπλασιαστούν με g/I_0 τότε λαμβάνουν την παρακάτω μορφή:

$$g \ddot{\theta} + \left(\frac{MRg}{I_0} \right) \ddot{U} \cos(\theta_{cr} - \theta) + g \left(\frac{MRg}{I_0} \right) \sin(\theta_{cr} - \theta) = 0 \quad \theta > 0 \quad (3.3.3)$$

$$g \ddot{\theta} + \left(\frac{MRg}{I_0} \right) \ddot{U} \cos(\theta_{cr} + \theta) - g \left(\frac{MRg}{I_0} \right) \sin(\theta_{cr} + \theta) = 0 \quad \theta < 0 \quad (3.3.4)$$

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ποσότητα $P = \sqrt{\frac{MgR}{I_0}}$ καλείται φυσική λικνιστική συχνότητα του στερεού σώματος. Αν αντικαταστήσουμε στις πιο πάνω εξισώσεις με P^2 την έκφραση $\frac{MgR}{I_0}$ τότε οι εξισώσεις της λικνιστικής κίνησης λαμβάνουν τις πιο κάτω εκφράσεις:

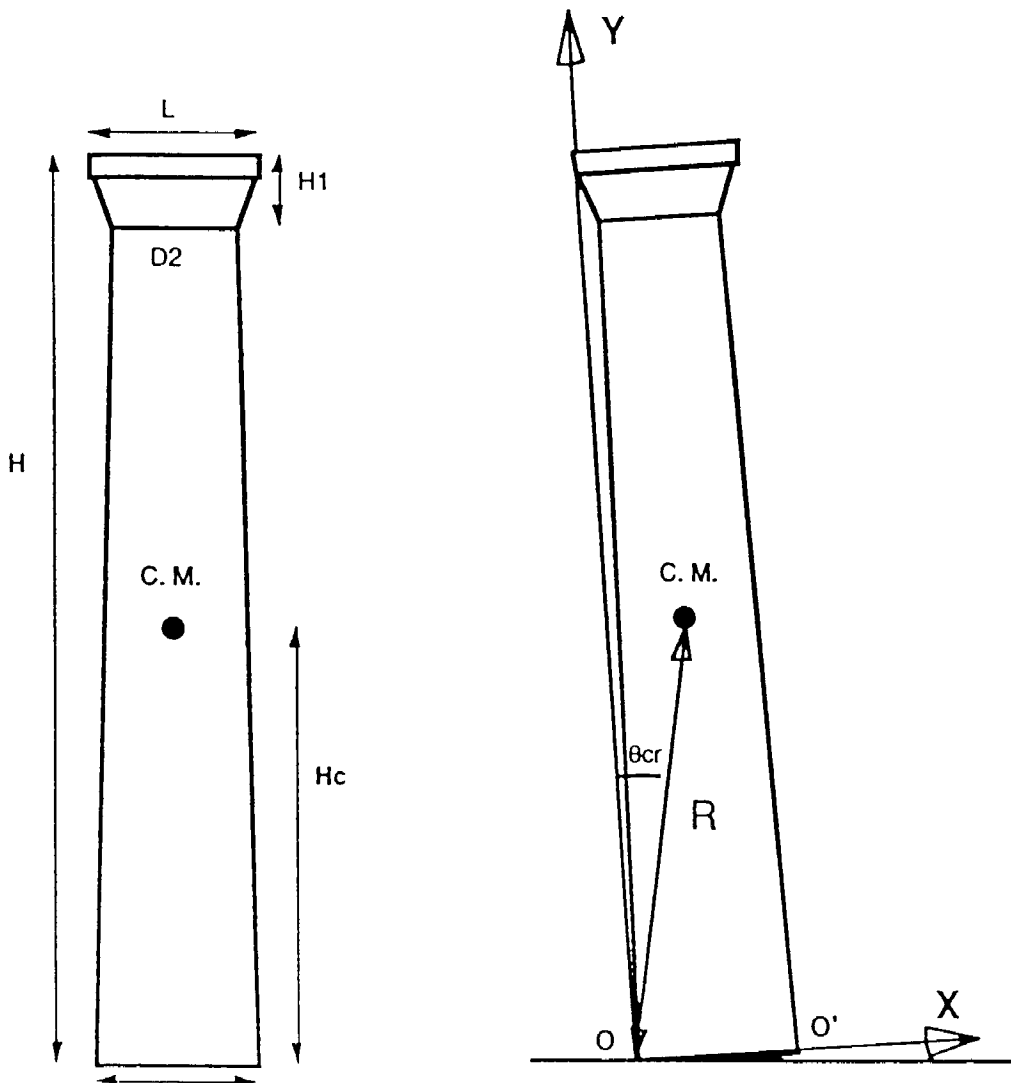
$$g \ddot{\theta} + P^2 \ddot{U} \cos(\theta_{cr} - \theta) + g P^2 \sin(\theta_{cr} - \theta) = 0 \quad \theta > 0 \quad (3.3.5)$$

$$g \ddot{\theta} + P^2 \ddot{U} \cos(\theta_{cr} + \theta) - g P^2 \sin(\theta_{cr} + \theta) = 0 \quad \theta < 0 \quad (3.3.6)$$

Μέσα από την πιο πάνω διατύπωση των εξισώσεων της λικνιστικής κίνησης προκύπτει ότι αυτή επηρεάζεται μόνο από την κρίσιμη γωνία λικνισμού (θ_{cr}) και τη φυσική λικνιστική συχνότητα (P) του στερεού σώματος, με εξαίρεση βεβαίως των παραμέτρων της διέγερσης και της επιτάχυνσης της βαρύτητας. Η κρίσιμη γωνία λικνισμού (θ_{cr}) μπορεί να υπολογιστεί από τη γεωμετρία του στερεού σώματος ενώ η φυσική λικνιστική συχνότητα (P), όπως έχει αναφερθεί πιο πάνω, ορίζεται ως η τετραγωνική ρίζα της ποσότητας ($M g R/I_0$). Επίσης, η απόσταση R του κέντρου βάρους του κίονα από τον πόλο περιστροφής όπως και η πολική ροπή αδράνειας του (I_0) καθορίζονται από τη γεωμετρία του. Με βάση λοιπόν τα γεωμετρικά στοιχεία του κίονα, τα χαρακτηριστικά του μεγέθη που επηρεάζουν τη λικνιστική του συμπεριφορά είναι (σχήμα 3.3.2):

$M = 169 \text{ Kg}$
 $R = 713 \text{ mm}$

$\theta_{cr} = 10.51 \text{ deg}$
 $P = 3.153 \text{ Hz}$



Σχήμα 3.3.2. Λικνιστική απόκριση του μονολιθικού κίονα

Τέλος, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η λικνιστική απόκριση των στερεών σωμάτων επηρεάζεται σημαντικά από τον συντελεστή αποκατάστασης (e) (coefficient of restitution) με βάση τον οποίο μπορεί να εκτιμηθεί το ποσοστό της ενέργειας που αποσβάνεται λόγω της κρούσης του στερεού σώματος με τη βάση έδρασης του κατά τη φάση εναλλαγής του πόλου περιστροφής της λικνιστικής κίνησης. Επικρατέστερη έκφραση του συντελεστή αποκατάστασης (e), που υιοθετείται και στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού προγράμματος, είναι αυτή που προσδιορίζει την τιμή του συντελεστή αυτού ως το λόγο της γωνιακής ταχύτητας του στερεού σώματος αμέσως μετά την κρούση του με τη βάση έδρασης του προς τη γωνιακή του ταχύτητα αμέσως πριν από την κρούση.

$$\dot{\theta}' = e \dot{\theta} \quad (3.3.7)$$

όπου $\dot{\theta}'$: η γωνιακή ταχύτητα του σώματος αμέσως μετά την κρούση

$\dot{\theta}$: η γωνιακή ταχύτητα του σώματος αμέσως πριν από την κρούση

$e < 1$: ο συντελεστής αποκατάστασης (coeff. of restitution)

Με βάση την πιο πάνω σχέση, η τιμή του e μπορεί να βρεθεί τόσο πειραματικά όσο και μέσα από διάφορες αναλυτικές εκφράσεις που έχουν διατυπωθεί στο παρελθόν. Η πλέον γνωστή αναλυτική έκφραση του συντελεστή αποκατάστασης είναι αυτή που διατύπωσαν αρχικά οι Kimura και Iida [19] (ή όπως συνηθέστερα αναφέρεται ως σχέση του Housner [20]).

$$e = 1 - \left(\frac{MR^2}{I_0} \right) (1 - \cos 2\theta_{cr}) \quad (3.3.8)$$

Με βάση λοιπόν την πιο πάνω έκφραση, η τιμή του συντελεστή αποκατάστασης που προκύπτει για το ομοίωμα του μονολιθικού κίονα είναι:

$$e = 0.952$$

Κατά καιρούς έγινε έντονη κριτική για την πιο πάνω σχέση εκτίμησης του συντελεστή αποκατάστασης δεδομένου ότι σ' αυτή δεν συνεκτιμάται το είδος του υλικού του στερεού σώματος αλλά ούτε και το υλικό της βάσης έδρασης του. Ως η πλέον ρεαλιστική μέθοδος εκτίμησης αυτού του συντελεστή, θεωρείται από πολλούς ερευνητές αυτή που βασίζεται στην επεξεργασία μετρήσεων από ελεύθερες λικνιστικές ταλαντώσεις. Για το σκοπό αυτό, στα πλαίσια της παρούσας φάσης, επιχειρείται στη συνέχεια η εκτίμηση του συντελεστή αποκατάστασης μέσα από πειραματικές μετρήσεις.

3.3.2. Κατασκευή του ομοιώματος του μαρμάρινου μονολιθικού κίονα.

Η κατασκευή του κίονα έχει γίνει από μάρμαρο Καβάλας στο εργοστάσιο μαρμάρων Φυλακτός (Λαγκαδάς - Θεσσαλονίκη). Η επιλογή αυτού του εργοστασίου έγινε δεδομένης της μεγάλης εμπειρίας που διαθέτει στην κατασκευή ομοιωμάτων αρχαίων κίωνων. Δεδομένου ότι στα πλαίσια αυτού του ερευνητικού προγράμματος κύριος στόχος είναι η ανάπτυξη τεχνικών μεθόδων υπολογισμού των δυναμικών χαρακτηριστικών μονολιθικών κίωνων, και όχι η εκτίμηση αυτών των χαρακτηριστικών συγκεκριμένων κίωνων κατασκευασμένων από συγκεκριμένο υλικό, επιλέγηκε λοιπόν η κατασκευή του ομοιώματος να γίνει από μάρμαρο Καβάλας, αφενός για οικονομικούς λόγους αφετέρου γιατί πρόκειται για υλικό που προέρχεται από τοποθεσίες που συγκαταλέγονται στην ευρύτερη περιοχή που εξετάζεται στα πλαίσια αυτού του ερευνητικού προγράμματος.

Αμέσως μετά την κατασκευή του ομοιώματος αυτού, έγινε η μεταφορά του από το εργοστάσιο κατασκευής στη Διάταξη Τεχνητών Σεισμών του Εργαστηρίου Αντοχής των Υλικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. Στις φωτογραφίες που ακολουθούν φαίνονται οι διαδοχικές φάσεις μεταφοράς του ομοιώματος του μονολιθικού κίονα από το εργοστάσιο κατασκευής στη Διάταξη Τεχνητών Σεισμών.



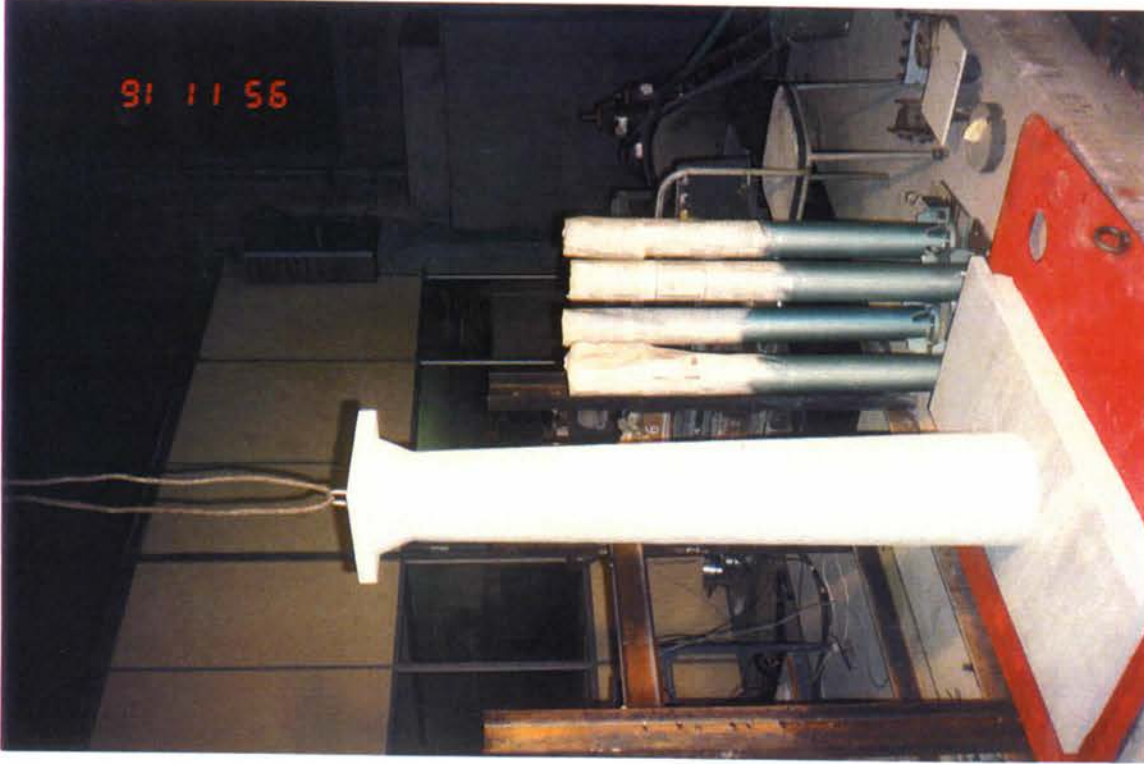
Φωτο. 3.1 Απομάκρυνση του κίονα από το Εργοστάσιο Μαρμάρων



Φωτο 3.2. Μεταφορά του κίονα στο Εργαστήριο Αντοχής των Υλικών του Α.Π.Θ.



Φωτο 3.3. Μεταφορά του κίονα
στη Διάταξη Τεχνητών Σεισμών του Α.Π.Θ.



Φωτο 3.4. Το ομοίωμα του δορικού κίονα εδραζόμενο
σε μαρμάρινη βάση δίπλα στη Σεισμική Τράπεζα

3.4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ ΣΕ ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΛΙΚΝΙΣΤΙΚΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

3.4.1. Στόχος της πειραματικής ακολουθίας

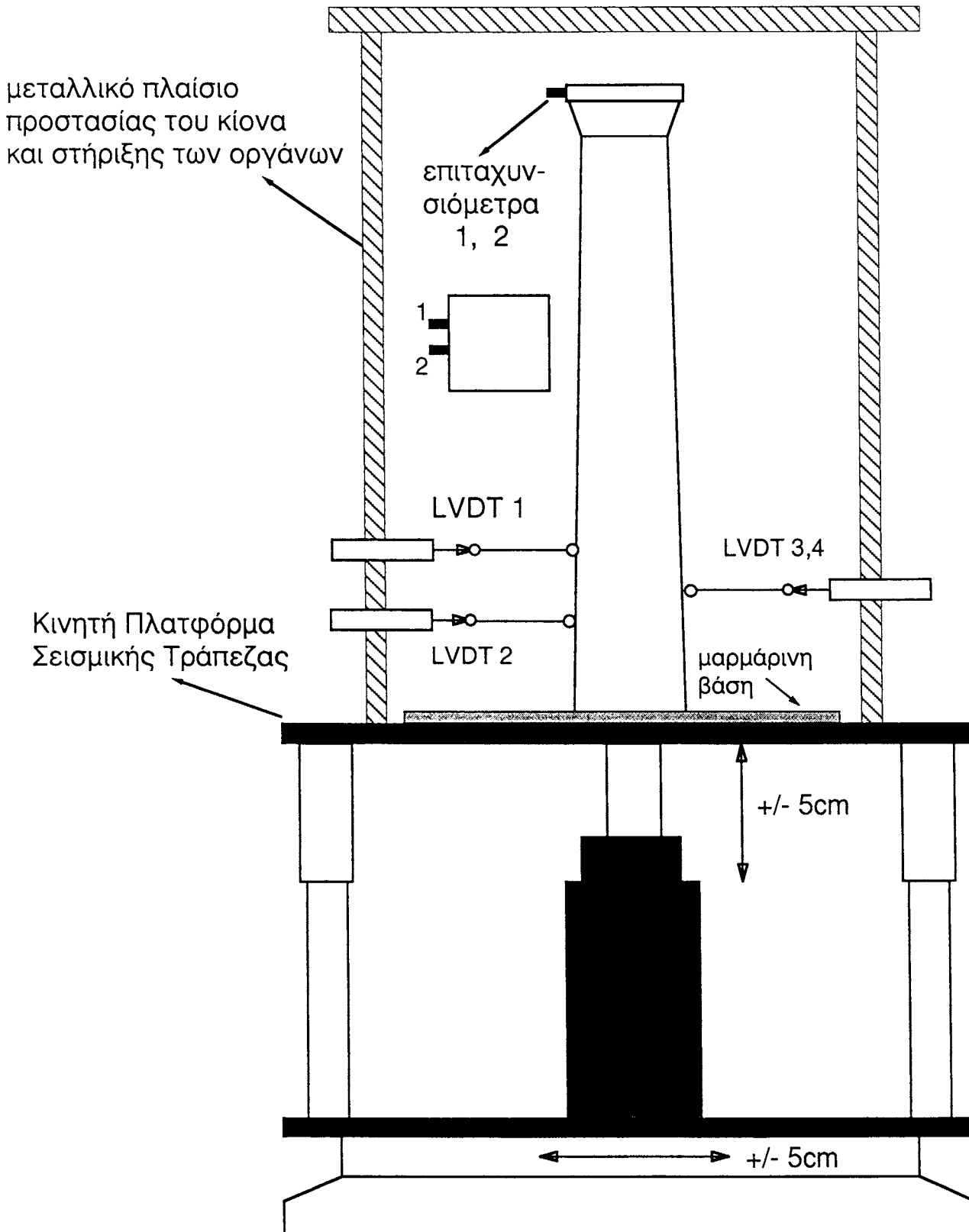
Στόχος της πειραματικής ακολουθίας είναι η εκτίμηση των χαρακτηριστικών μεγεθών που επηρεάζουν την λικνιστική απόκριση του μονολιθικού κίονα μέσα από την κατάλληλη επεξεργασία των πειραματικών μετρήσεων. Για το σκοπό αυτό, στην παρούσα φάση εφαρμόζεται μια μέθοδος που έχει αναπτυχθεί στο παρελθόν μέσα από την πειραματική μελέτη της λικνιστικής απόκρισης συμπαγών στερεών σωμάτων. Αντίθετα, στην επόμενη φάση, επιχειρείται η ανάπτυξη μιας νέας μεθόδου η οποία θα κάνει επίσης χρήση και κατάλληλη επεξεργασία των πειραματικών μετρήσεων.

3.4.2. Ενοργάνωση του πειράματος και περιγραφή της πειραματικής ακολουθίας

Αρχικά τοποθετήθηκε στην κινητή πλατφόρμα της Διάταξης Τεχνητών Σεισμών το μαρμάρινο ομοίωμα του μονολιθικού κίονα. Ο κίονας αυτός ήταν ελεύθερα εδραζόμενος σε μαρμάρινη πλάκα η οποία ήταν ακλόνητα συνδεδεμένη με την κινητή πλατφόρμα. Ακολούθως τοποθετήθηκε ένα μεταλλικό πλαίσιο το οποίο περιέβαλλε τον κίονα και αποσκοπούσε αφενός στην προστασία του σε περίπτωση ανατροπής και αφετέρου στην προσαρμογή των ηλεκτρονικών οργάνων που έχουν χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή της απόκρισης του.

Για την καταγραφή της απόκρισης του κίονα έχουν χρησιμοποιηθεί δύο επιταχυνσιόμετρα (διαφορετικού τύπου) που προσαρμόστηκαν στην κορυφή του κιονόκρανου του κίονα καθώς και τέσσερα μηκυνσιόμετρα (LVDT). Δύο από αυτά τοποθετήθηκαν σε οριζόντια διάταξη στην ίδια πλευρά του κίονα αλλά σε διαφορετικό ύψος και τα άλλα δύο τοποθετήθηκαν στην απέναντι πλευρά του κίονα σε οριζόντια επίσης διάταξη αλλά στο ίδιο ύψος. Και τα τέσσερα μηκυνσιόμετρα προσαρμόστηκαν σε χαμηλό ύψος, δηλ. κοντά στη βάση του κίονα. Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, τα ηλεκτρικά σήματα από αυτά τα όργανα καταγράφονταν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή ενώ ταυτόχρονα γινόταν παρακολούθηση δύο οργάνων στον αναλυτή πραγματικού χρόνου (real time analyzer). Στο σχήμα 3.4.1. φαίνεται η προσαρμογή και η ενοργάνωση του κίονα στη κινητή πλατφόρμα (σεισμική τράπεζα) της Διάταξης Τεχνητών Σεισμών. Επίσης στη φωτογραφία 3.5. φαίνεται η συνολική εικόνα της πειραματικής διάταξης.

ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



Σχήμα 3.4.1. Πειραματική Διάταξη και ενοργάνωση του μαρμάρινου κίονα

Η πειραματική ακολουθία περιλάμβανε μια σειρά έξι πειραμάτων ελεύθερων λικνιστικών ταλαντώσεων. Στα πειράματα αυτά δινόταν μια αρχική γωνία περιστροφής του κίονα και στη συνέχεια αφήνετο να λικνιστεί ελεύθερα αναπτύσσοντας κατ' αυτό τον τρόπο ελεύθερη λικνιστική απόκριση ή όπως συνήθως αναφέρεται "ελεύθερη λικνιστική ταλάντωση". Το πρώτο πείραμα είχε γίνει για μικρή σχετικά αρχική γωνία ώστε να γίνει ο έλεγχος του συστήματος. Ακολουθώντας, σε κάθε πείραμα αυξάνετο προοδευτικά η αρχική γωνία που εδίνετο στον κίονα ώστε να παρθούν μετρήσεις από μια σειρά πειραμάτων με διαφορετικές αρχικές γωνίες λικνισμού καλύπτοντας έτσι ένα ευρύ φάσμα αυτών των γωνιών.

Για κάθε πείραμα εκτελούντο τα πιο κάτω στάδια.

1ο στάδιο: Έναρξη της καταγραφής των ηλεκτρικών σημάτων των οργάνων μέτρησης στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και παρακολούθηση δύο από αυτά στον αναλυτή πραγματικού χρόνου.

2ο στάδιο: Προοδευτική περιστροφή του κίονα (με το χέρι) μέχρι να αποκτήσει τη μέγιστη γωνία λικνισμού.

3ο στάδιο: Ο κίονας αφήνεται ελεύθερος να λικνιστεί μέχρι την ολοκλήρωση των καταγραφών από τα όργανα μέτρησης (συνολικός χρόνος 24sec για κάθε πείραμα και βήμα δειγματοληψίας 0.002sec).

3.4.2. Επεξεργασία των καταγραφών της απόκρισης του κίονα από την πειραματική ακολουθία.

Αρχικά όλες οι καταγραφές (επιταχυνσιομέτρων και μηκυνσιομέτρων) είχαν υποβληθεί σε σχετική επεξεργασία (φιλτράρισμα) για απομάκρυνση του ηλεκτρικού θορύβου και του περιεχομένου των υψηλών συχνοτήτων των σημάτων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ένα κάτω περατό φίλτρο 20Hz (low pass filter).

Όπως έχει αναφερθεί, στόχος της παρούσας φάσης του προγράμματος είναι η εφαρμογή μιας μεθόδου που έχει αναπτυχθεί στο παρελθόν για την εκτίμηση του συντελεστή αποκατάστασης (e) και της φυσικής λικνιστικής συχνότητας (P) του κίονα. Επειδή η μέθοδος αυτή βασίζεται στην κατάλληλη επεξεργασία των καταγραφών των μηκυνσιομέτρων (LVDT), στη συνέχεια θα γίνει αναφορά μόνο στην επεξεργασία αυτών των καταγραφών. Αντίθετα, στην επόμενη φάση όπου επιχειρείται η ανάπτυξη μιας νέας μεθοδολογίας, βασισμένης στις καταγραφές των επιταχύνσεων, γίνεται αντίστοιχη αναφορά.

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στην παρούσα φάση κάνει χρήση δύο καταγραφών μετατοπίσεων του κίονα και συγκεκριμένα γίνεται χρήση των LVDT1 και LVDT2 που βρίσκονται στην ίδια πλευρά του κίονα αλλά σε

διαφορετικό ύψος (σχήμα 3.4.1). Η ολοκλήρωση αυτής της μεθοδολογίας σε κάθε πείραμα συντελείτο σε τέσσερα στάδια.

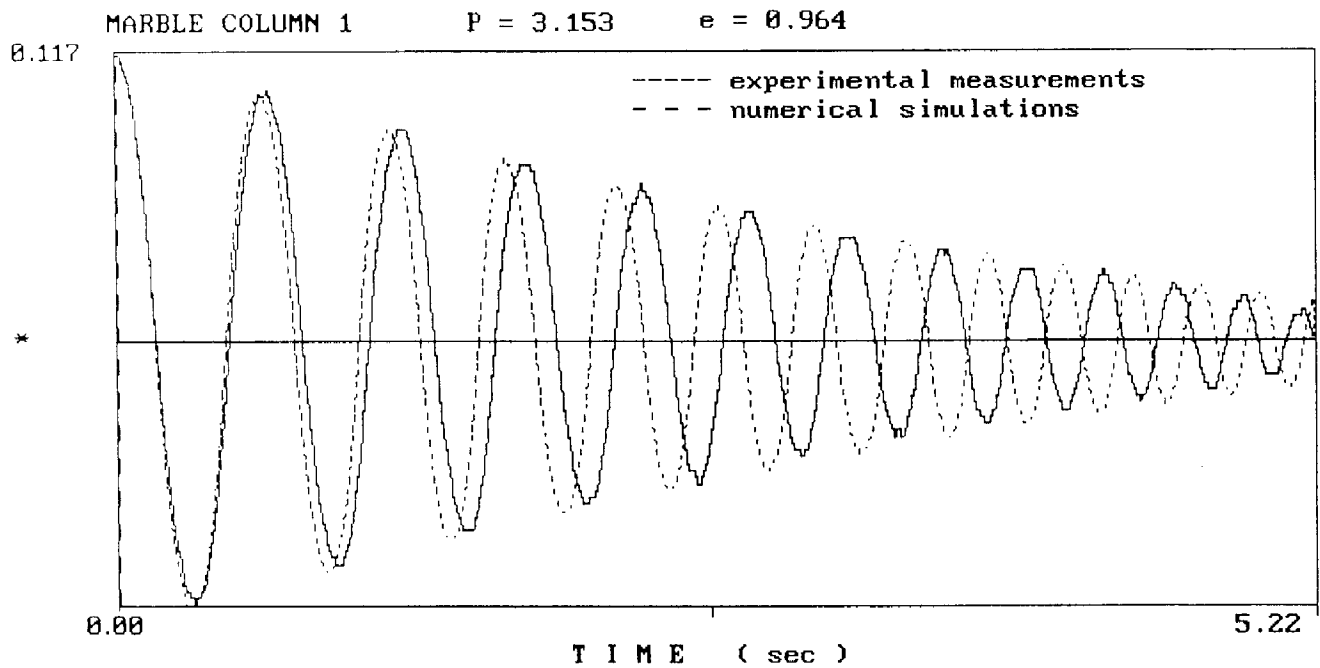
1ο στάδιο: Επεξεργασία των δύο καταγραφών από τα μηκυνσιόμετρα LVDT1 και LVDT2 για την εύρεση των γωνιών λικνισμού. Η επεξεργασία αυτή περιλάμβανε την απομάκρυνση του ηλεκτρικού θορύβου από τις καταγραφές και στη συνέχεια τη χρήση κατάλληλου λογισμικού μέσα από το οποίο προσδιορίζονται οι γωνίες λικνισμού δίνοντας ως δεδομένα τις καταγραφές από τα δύο μηκυνσιόμετρα, τη γεωμετρία του κίονα και τις θέσεις προσαρμογής των οργάνων.

2ο στάδιο: Απομάκρυνση των πρώτων κύκλων λικνισμού στους οποίους υπεισέρχεται η επιρροή του χεριού με το οποίο επεβάλλετο η αρχική γωνία στον κίονα.

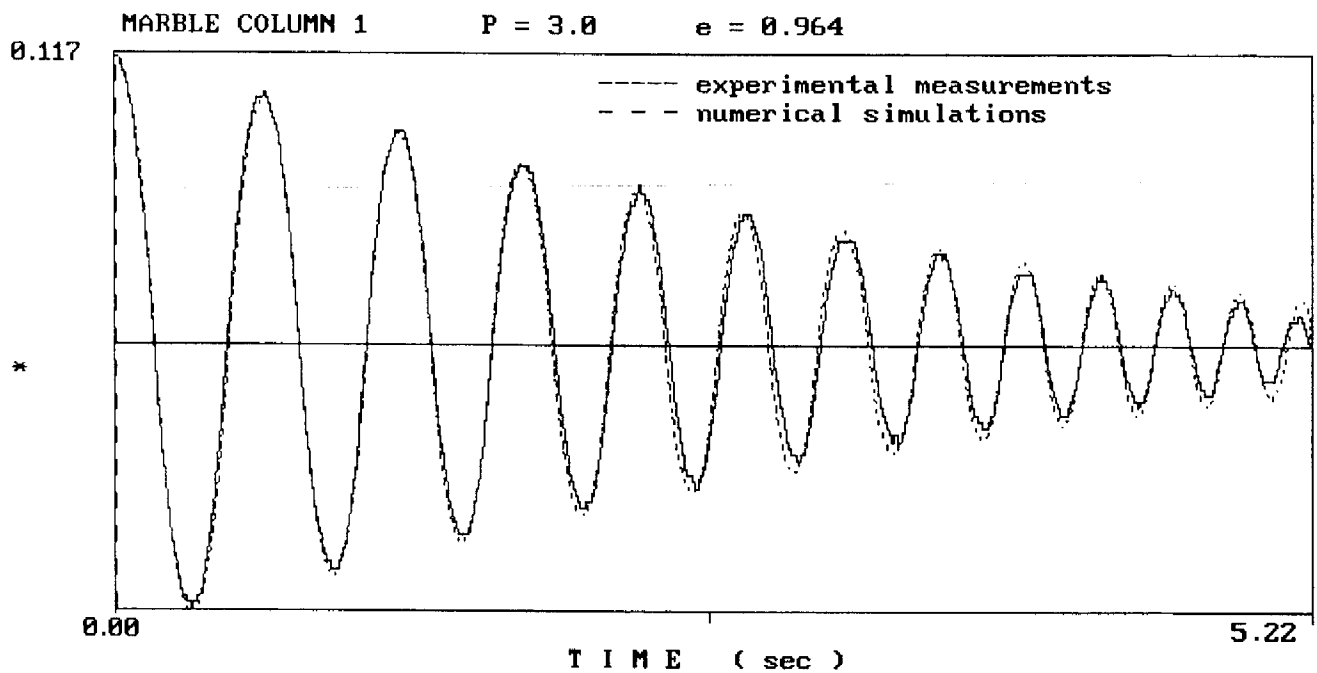
3ο στάδιο: Αναλυτικές επιλύσεις του ίδιου προβλήματος (για ίδια αρχική γωνία λικνισμού θ_0) και για τιμές θ_{cr} (κρίσιμη γωνία λικνισμού) και P (φυσική λικνιστική συχνότητα) όπως έχουν βρεθεί υπολογιστικά δίνοντας διαφορετικές τιμές στο συντελεστή αποκατάστασης e (coeff. of restitution) ώστε να βρεθεί η καλύτερη σύγκλιση μεταξύ πειραματικών και αναλυτικών αποτελεσμάτων.

4ο στάδιο: Αν από τις πιο πάνω επιλύσεις δεν προκύπτει ικανοποιητική σύγκλιση αποτελεσμάτων, τότε κρατάμε σταθερό το συντελεστή αποκατάστασης που έχει δώσει τα καλύτερα αποτελέσματα και επαναλαμβάνουμε τις επιλύσεις μεταβάλλοντας την τιμή της φυσικής λικνιστικής συχνότητας (P).

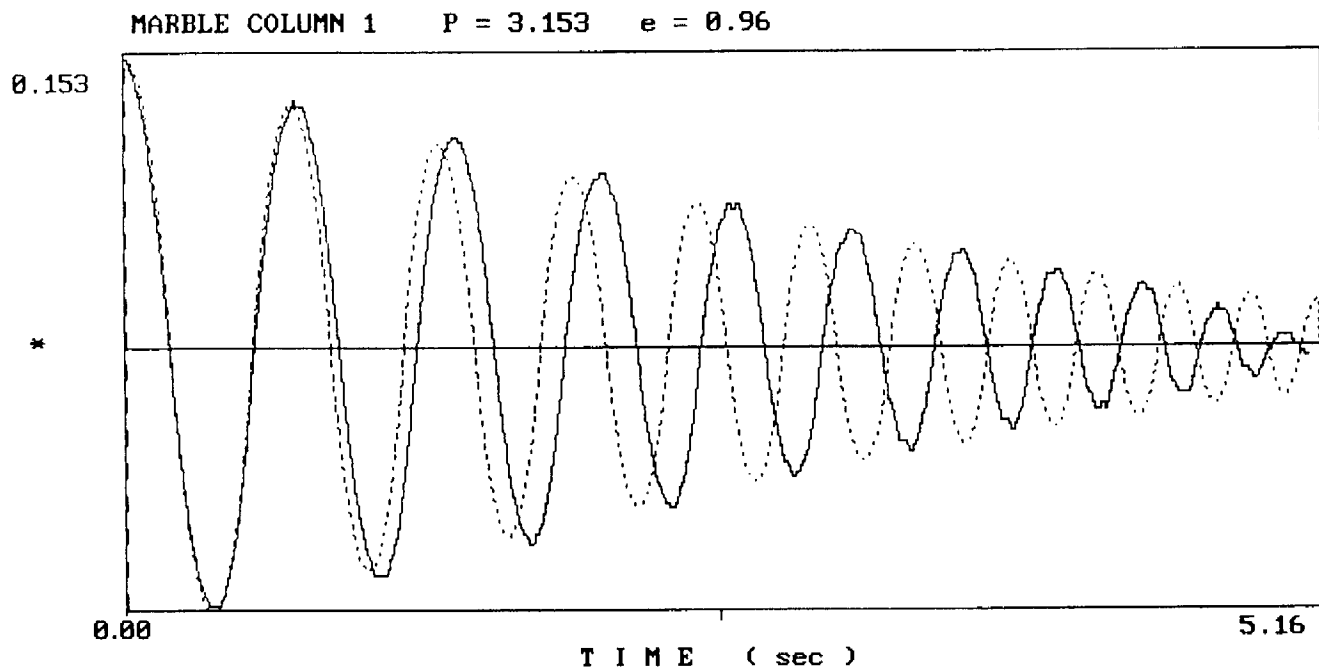
Στα σχήματα που ακολουθούν (3.4.2 μέχρι 3.4.7) δίνονται για κάθε πείραμα τα σημαντικότερα αποτελέσματα από την εφαρμογή της πιο πάνω μεθοδολογίας. Συγκεκριμένα στα σχήματα 3.4.ια δίνεται η καλύτερη σύγκλιση αριθμητικών επιλύσεων και πειραματικών μετρήσεων για την εκτίμηση του συντελεστή αποκατάστασης (e), και στα σχήματα 3.4.ιβ η καλύτερη σύγκλιση αριθμητικών επιλύσεων και πειραματικών μετρήσεων για την εκτίμηση της φυσικής λικνιστικής συχνότητας (P). Το σύνολο των σχημάτων με τα αποτελέσματα από την πειραματική ακολουθία και τις αριθμητικές επιλύσεις παρατίθεται στο Παράρτημα Α.



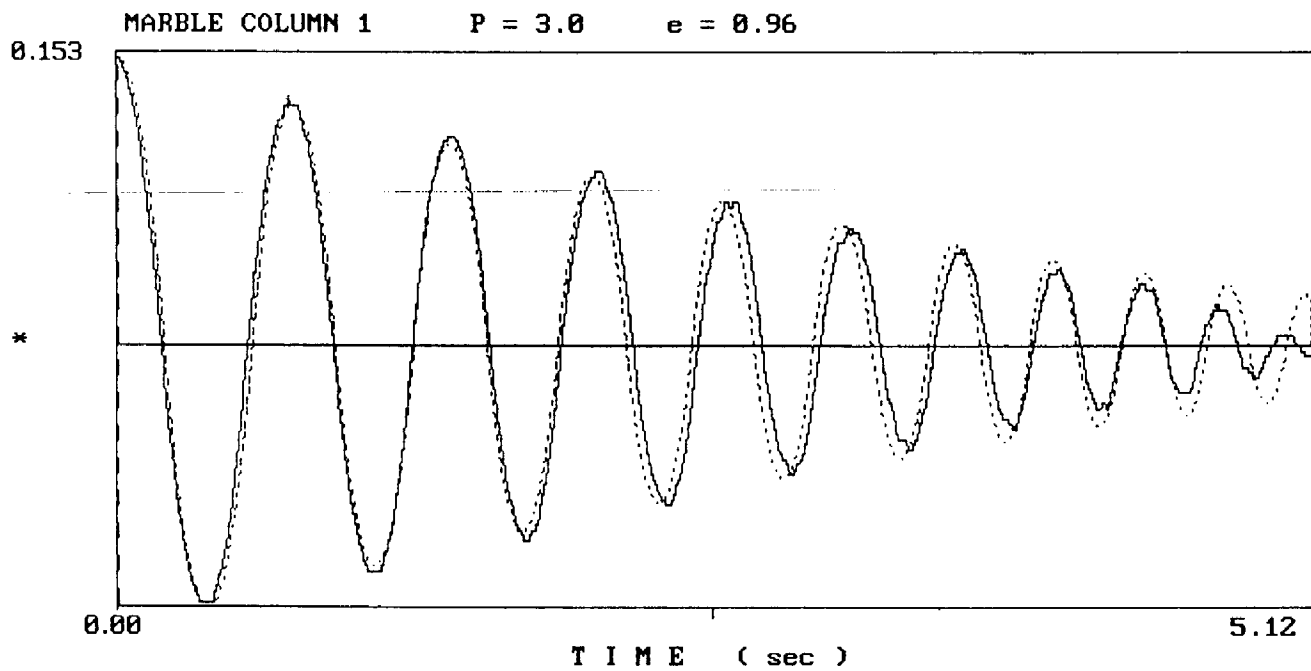
Σχήμα 3.4.2α, Πείραμα 1ον, Σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων των γωνιών λικνισμού για την εκτίμηση του συντελεστή αποκατάστασης e (coef. of restitution).



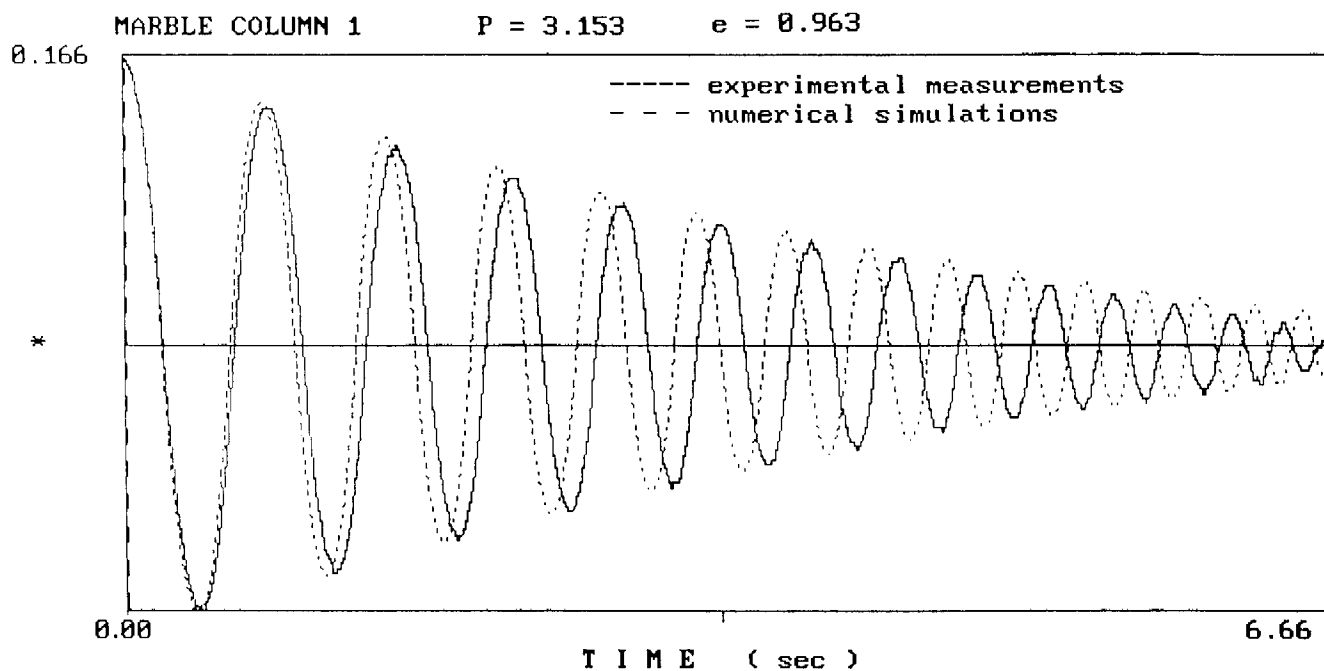
Σχήμα 3.4.2β, Πείραμα 1ον, Σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων των γωνιών λικνισμού για την εκτίμηση της φυσικής λικνιστικής συχνότητας του κίονα (P).



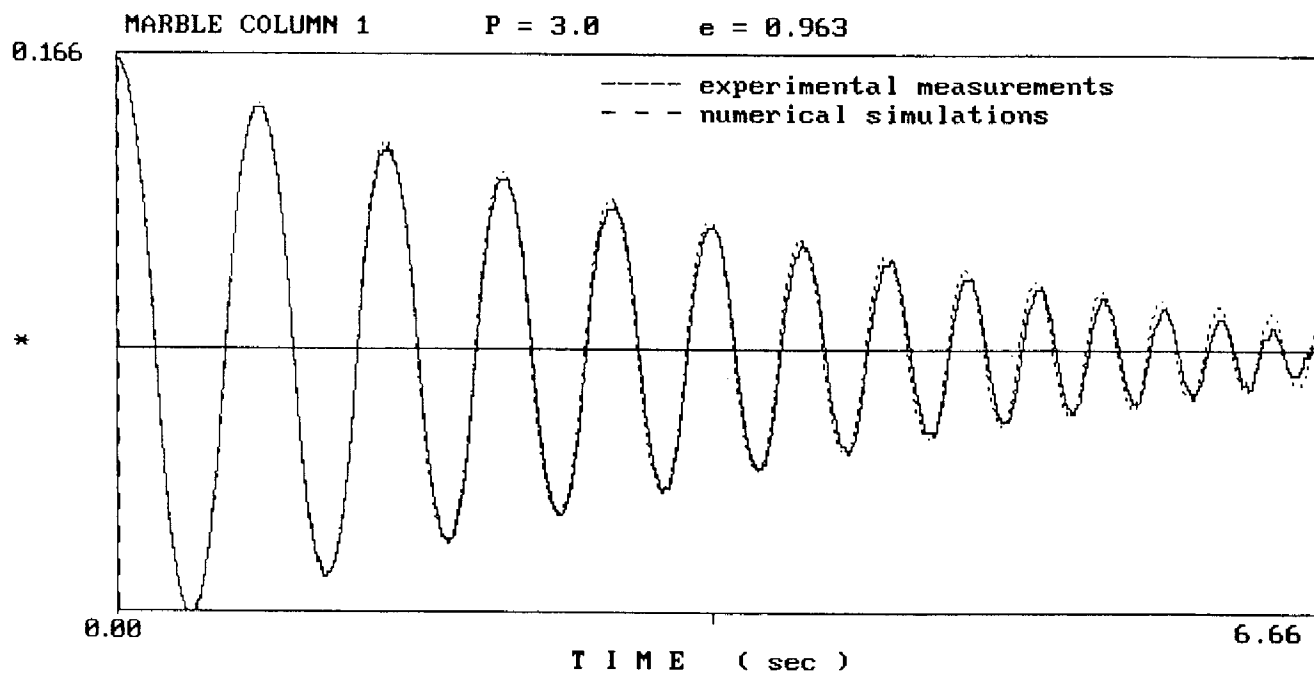
Σχήμα 3.4.3α, Πείραμα 2ον, Σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων των γωνιών λικνισμού για την εκτίμηση του συντελεστή αποκατάστασης e (coef. of restitution).



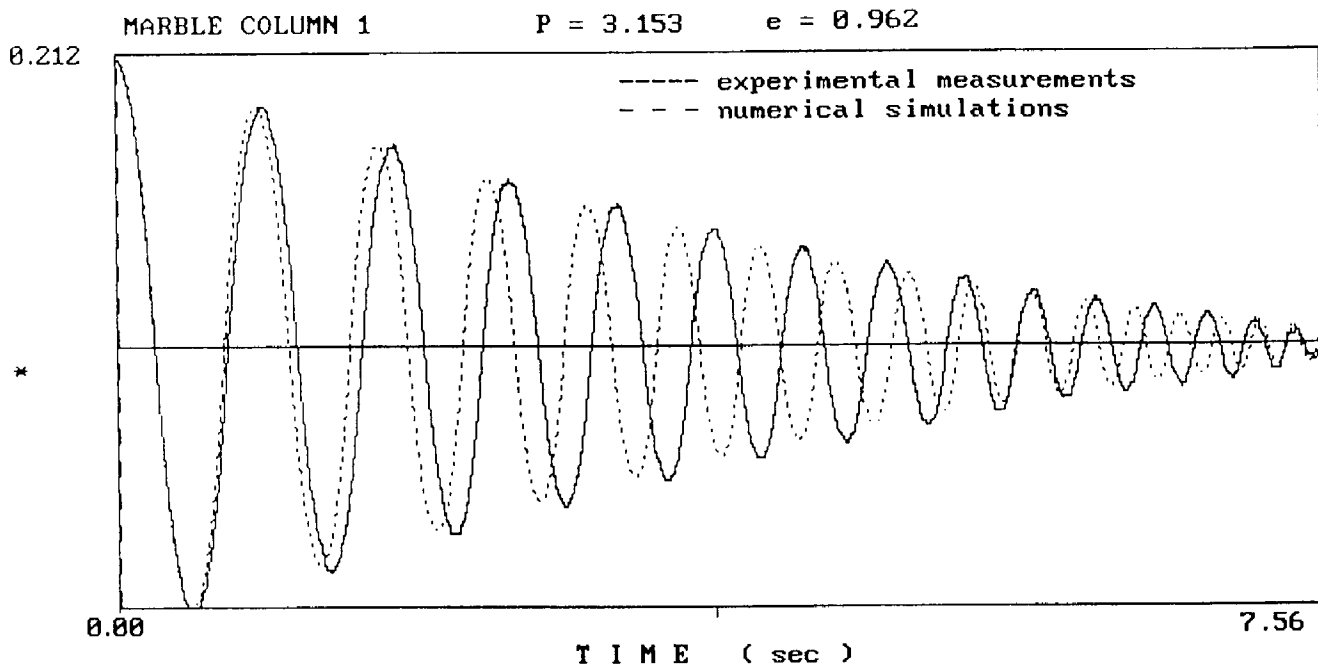
Σχήμα 3.4.3β, Πείραμα 2ον, Σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων των γωνιών λικνισμού για την εκτίμηση της φυσικής λικνιστικής συχνότητας του κίονα (P).



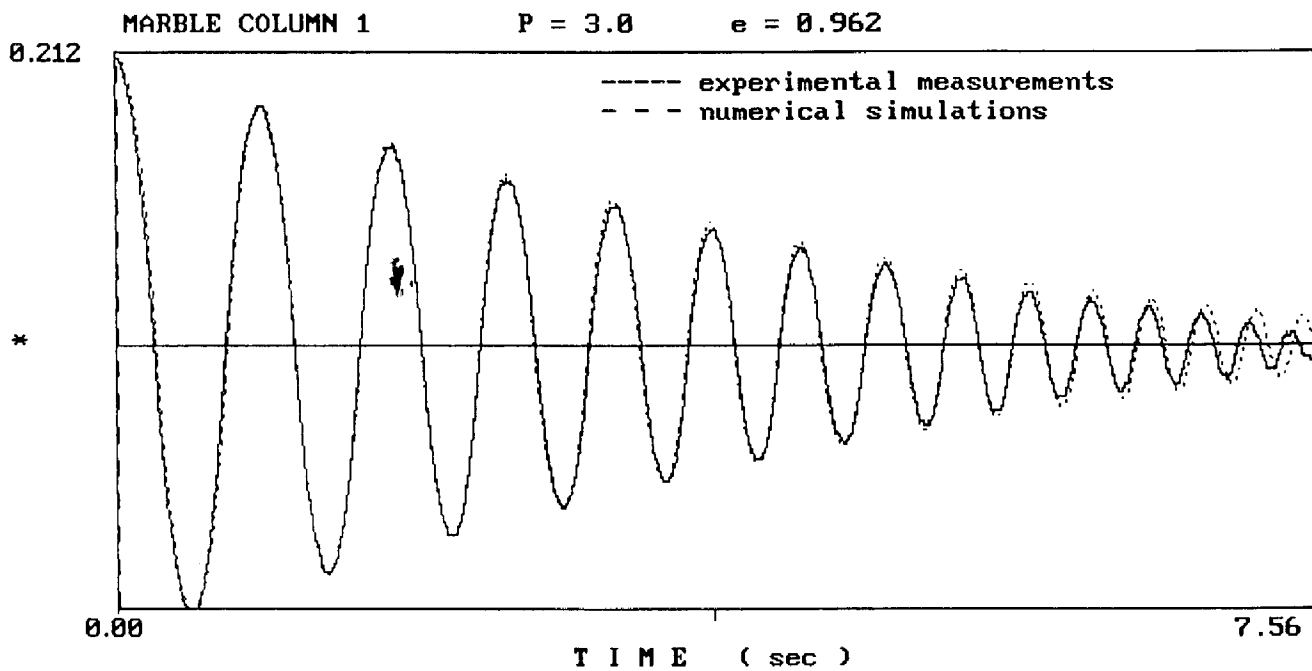
Σχήμα 3.4.4α, Πείραμα 3ον, Σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων των γωνιών λικνισμού για την εκτίμηση του συντελεστή αποκατάστασης e (coef. of restitution).



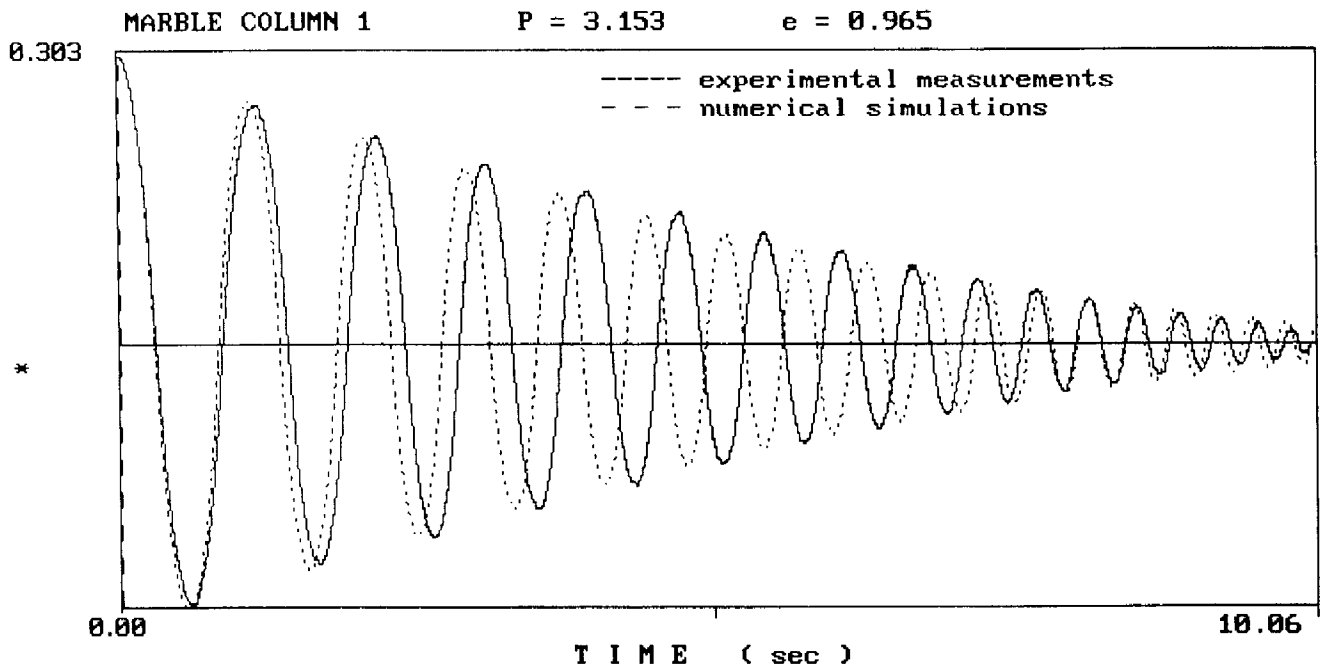
Σχήμα 3.4.4β, Πείραμα 3ον, Σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων των γωνιών λικνισμού για την εκτίμηση της φυσικής λικνιστικής συχνότητας του κίονα (P).



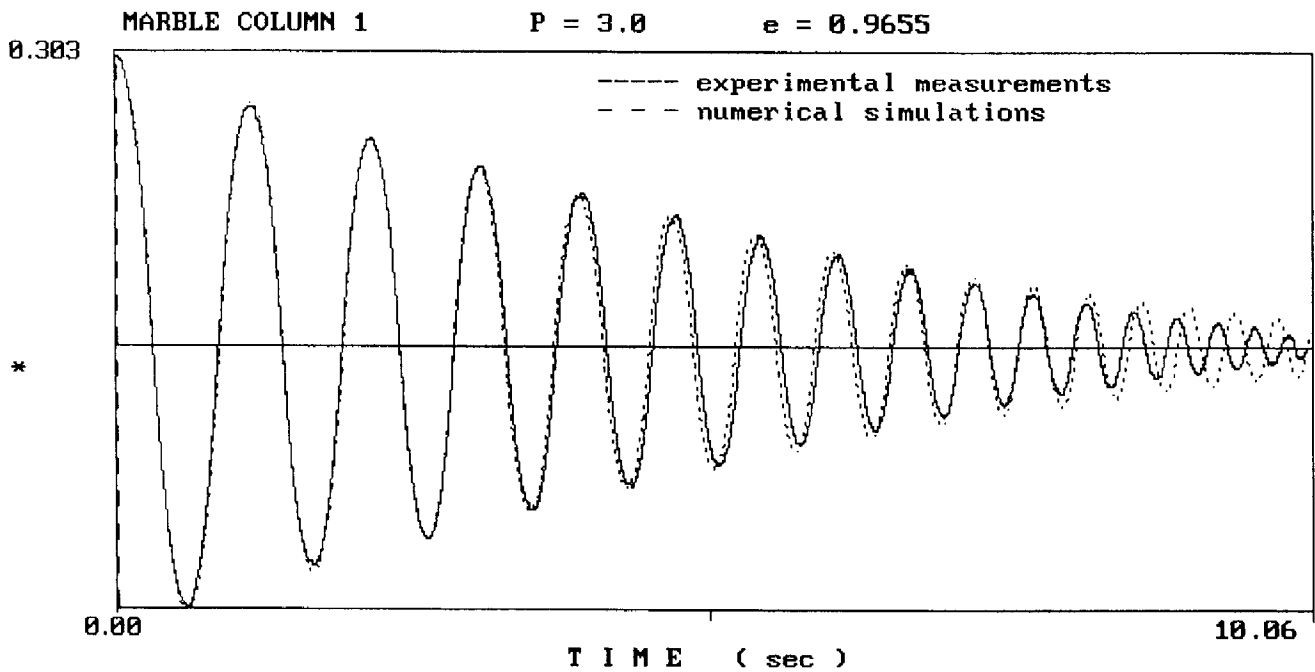
Σχήμα 3.4.5α, Πείραμα 4ον, Σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων των γωνιών λικνισμού για την εκτίμηση του συντελεστή αποκατάστασης e (coef. of restitution).



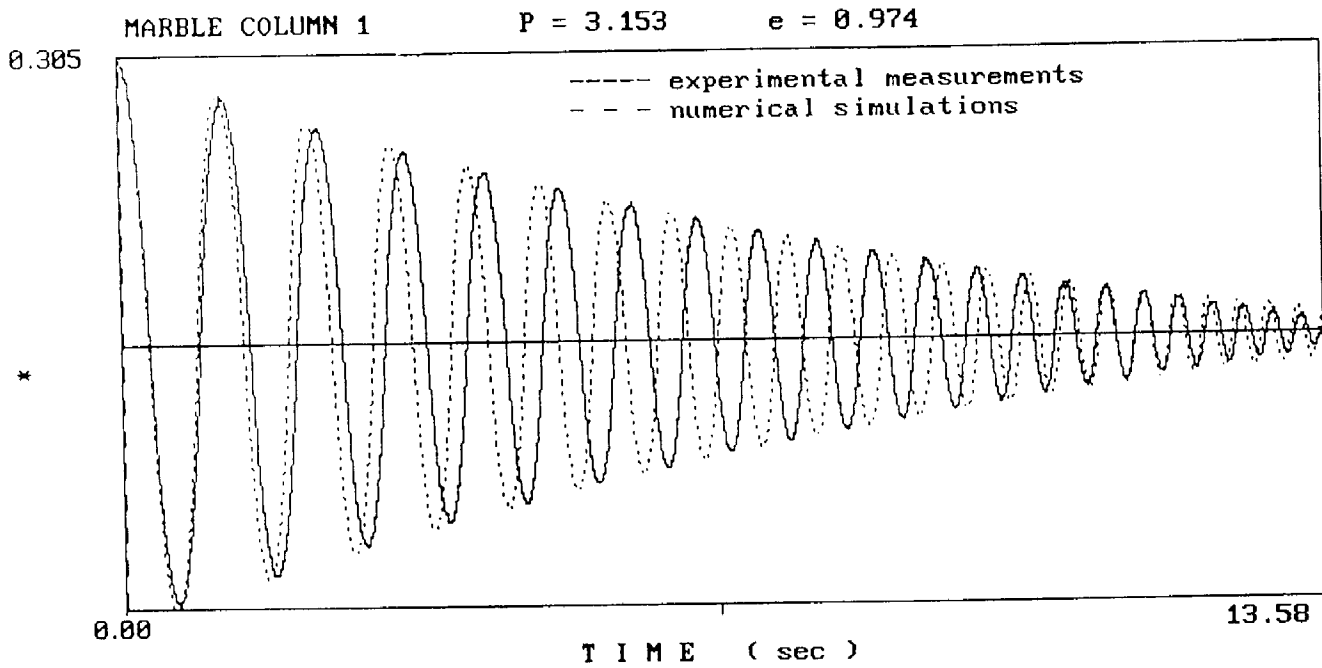
Σχήμα 3.4.5β, Πείραμα 4ον, Σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων των γωνιών λικνισμού για την εκτίμηση της φυσικής λικνιστικής συχνότητας του κίονα (P).



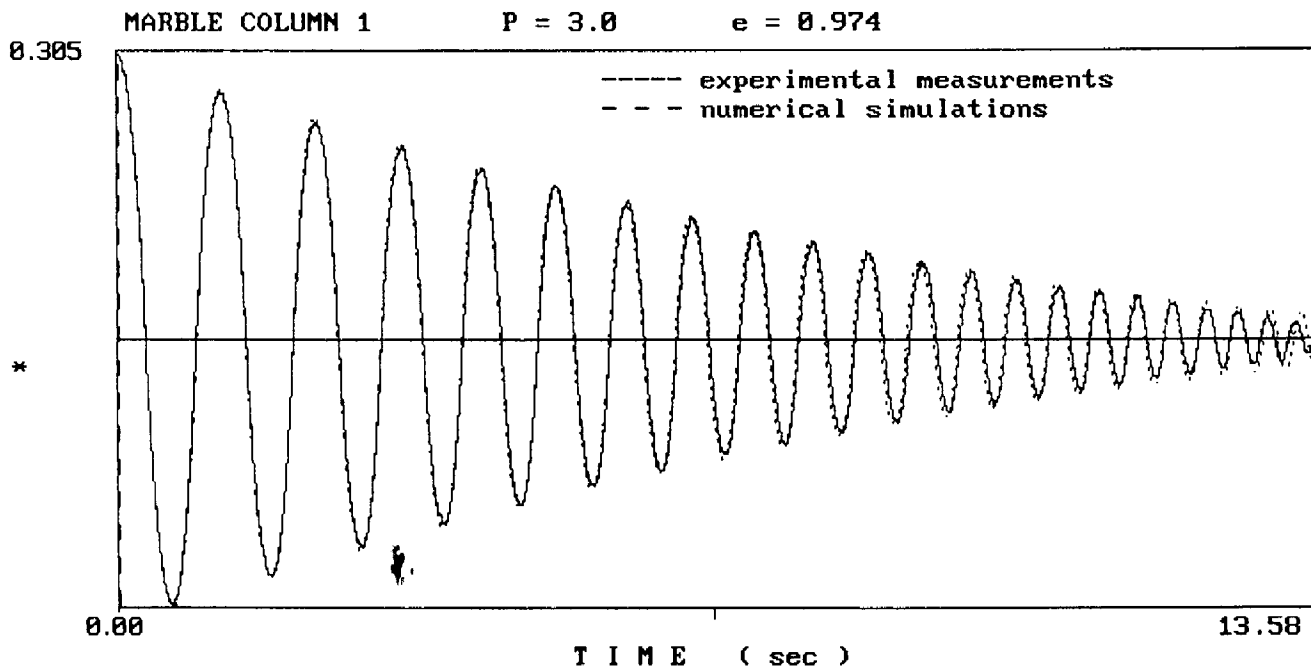
Σχήμα 3.4.6α, Πείραμα 5ον, Σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων των γωνιών λικνισμού για την εκτίμηση του συντελεστή αποκατάστασης e (coef. of restitution).



Σχήμα 3.4.6β, Πείραμα 5ον, Σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων των γωνιών λικνισμού για την εκτίμηση της φυσικής λικνιστικής συχνότητας του κίονα (P).



Σχήμα 3.4.7α, Πείραμα δον, Σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων των γωνιών λικνισμού για την εκτίμηση του συντελεστή αποκατάστασης e (coef. of restitution).



Σχήμα 3.4.7β, Πείραμα δον, Σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων των γωνιών λικνισμού για την εκτίμηση της φυσικής λικνιστικής συχνότητας του κίονα (P).

3.4.3. Συνοπτική παρουσίαση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

Από τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων και των συγκριτικών αναλυτικών και πειραματικών αποτελεσμάτων προκύπτουν οι πιο κάτω τιμές οι οποίες δίνονται συγκεντρωτικά στον πιο κάτω πίνακα.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΓΩΝΙΑ ΛΙΚΝΙΣΜΟΥ θ_0 (θ_0/θ_{cr})	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ e	ΦΥΣΙΚΗ ΛΙΚΝΙΣΤΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ P (Hz)
1	0.117	0.964	3.0
2	0.153	0.960	3.0
3	0.166	0.963	3.0
4	0.212	0.962	3.0
5	0.303	0.965	3.0
6	0.305	0.974	3.0
Μέσος	όρος	0.9647	3.0

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε ότι από τις αναλυτικές εκφράσεις που υπολογίζουν τις τιμές της φυσικής λικνιστικής συχνότητας και του συντελεστή αποκατάστασης, έχουν προκύψει αντίστοιχα οι τιμές $P=3.153\text{Hz}$ και $e=0.952$. Παρατηρούμε λοιπόν ότι υπάρχει μια απόκλιση μεταξύ των τιμών της φυσικής λικνιστικής συχνότητας περίπου 5% ενώ μεταξύ του συντελεστή αποκατάστασης της τάξεως περίπου 1.2%. Ωστόσο, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι τα αποτελέσματα από την λικνιστική απόκριση επηρεάζονται πολύ πιο σημαντικά από την τιμή του συντελεστή αποκατάστασης παρά από τη τιμή της φυσικής λικνιστικής συχνότητας γι' αυτό και απαιτείται πιο ακριβής προσέγγιση του συντελεστή αυτού.

3.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια αυτής της φάσης έγινε κατορθωτή η επιλογή, ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός ομοιώματος μονολιθικού κίονα, αντιπροσωπευτικού για τις περιοχές της Μακεδονίας και Θράκης. Ο κίονας αυτός είναι δωρικού ρυθμού και σε μικρή κλίμακα προσεγγίζει πρωτότυπους κίονες αρχαιολογικών χώρων των πιο πάνω περιοχών.

Εγινε επίσης κατορθωτή η πειραματική του μελέτη, μέσα από κατάλληλη ενοργάνωση για την καταγραφή της απόκρισής του, στη Διάταξη Τεχνητών Σεισμών του Α.Π.Θ. Η πειραματική ακολουθία περιλάμβανε μια σειρά πειραμάτων ελεύθερων λικνιστικών ταλαντώσεων με ταυτόχρονη καταγραφή της απόκρισης των μετατοπίσεων και των επιταχύνσεων του κίονα με ηλεκτρονικά όργανα (επιταχυνσιόμετρα και μηκυνσιόμετρα) που είχαν προσαρμοστεί σε κατάλληλες θέσεις.

Στόχος αυτής της φάσης ήταν να τεκμηριώσει ότι η δυναμική συμπεριφορά ενός μαρμάρινου μονολιθικού κίονα προσεγγίζεται και ως ένα βαθμό είναι ίδια με αυτή των ελεύθερα εδραζομένων στερεών σωμάτων, δηλ. μπορεί να χαρακτηριστεί ως λικνιστική απόκριση. Για το σκοπό αυτό υπολογίστηκε η λικνιστική συμπεριφορά του μαρμάρινου κίονα μέσα από την κατάλληλη επεξεργασία των καταγραφών των μετατοπίσεων. Στη συνέχεια έγινε εκτίμηση των φυσικών παραμέτρων που επηρεάζουν την λικνιστική συμπεριφορά του κίονα δηλ. του συντελεστή αποκατάστασης (e) και της φυσικής λικνιστικής συχνότητας (P), μέσα από την κατάλληλη χρησιμοποίηση των εξισώσεων της λικνιστικής κίνησης.

Η εφαρμογή της πιο πάνω μεθοδολογίας με επιτυχία τεκμηριώνει ότι οι παραδοχή που συνήθως γίνεται, δηλ. της προσομοίωσης της συμπεριφοράς των μονολιθικών κίωνων με αυτή των στερεών συμπαγών σωμάτων, προσεγγίζει σε ικανοποιητικό βαθμό την πραγματικότητα.

Πέρα από την πιο πάνω τεκμηρίωση, έγινε κατορθωτή η εκτίμηση του συντελεστή αποκατάστασης (e) και της φυσικής λικνιστικής συχνότητας του κίονα (P) που είναι οι πλέον βασικές παράμετροι που επηρεάζουν την λικνιστική του συμπεριφορά. Από την εκτίμηση αυτών των παραμέτρων μέσα από εργαστηριακές μεθόδους, διαπιστώθηκε μια απόκλιση στη τιμή του συντελεστή αποκατάστασης (e) που υπολογίστηκε εργαστηριακά από αυτή που προτείνεται από ανάλογη αναλυτική σχέση, της τάξεως του 1.2% περίπου και για την περίπτωση της φυσικής λικνιστικής συχνότητας η απόκλιση αυτή ήταν 5%. Ωστόσο έχει επισημανθεί με βάση παλαιότερες πειραματικές μελέτες που έχουν γίνει σε στερεά σώματα και έχει αποδειχθεί και για την περίπτωση του μονολιθικού μαρμάρινου κίονα που εξετάζεται στα πλαίσια αυτού του ερευνητικού προγράμματος ότι η λικνιστική απόκριση επηρεάζεται πολύ πιο σημαντικά από το συντελεστή αποκατάστασης παρά από τη φυσική λικνιστική συχνότητα. Συνεπώς ο ακριβής προσδιορισμός αυτού του συντελεστή είναι

καθοριστικής σημασίας για την επιτυχή πρόβλεψη της λικνιστικής απόκρισης των κιώνων. Από τα πιο πάνω γίνεται προφανές ότι η χρησιμοποίηση πειραματικών μεθόδων για την εύρεση του συντελεστή αποκατάστασης έχει ιδιαίτερη σημασία δεδομένου ότι η χρησιμοποίηση αναλυτικών εκφράσεων για το σκοπό αυτό πολλές φορές δεν δίνουν ικανοποιητικές τιμές αυτού του συντελεστή και κατά συνέπεια η πρόβλεψη της λικνιστικής απόκρισης θα πρέπει να γίνεται αποδεκτή με αρκετές επιφυλάξεις δεδομένης της έντονης επιρροής που έχει αυτού του είδους η απόκριση από το συντελεστή αποκατάστασης.

Τέλος θα πρέπει να υπογραμμίσουμε ότι στα πλαίσια αυτής της φάσης, η μέθοδος που εφαρμόστηκε για την εκτίμηση του συντελεστή αποκατάστασης και της φυσικής λικνιστικής συχνότητας έχει κυρίως εφαρμογή σε εργαστηριακές συνθήκες. Στα πλαίσια της επόμενης φάσης επιχειρείται η ανάπτυξη μιας νέας μεθοδολογίας, υπό εργαστηριακές βεβαίως συνθήκες, η οποία όμως μπορεί να τύχει επί τόπου πρακτικών εφαρμογών.

4η ΦΑΣΗ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΝΕΑΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

4.2. ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ ΤΩΝ ΛΙΚΝΖΟΜΕΝΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

4.3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΥ ΔΩΡΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ ΣΕ ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΛΙΚΝΙΣΤΙΚΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

4.4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΛΙΚΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΥ ΔΩΡΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ

4.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

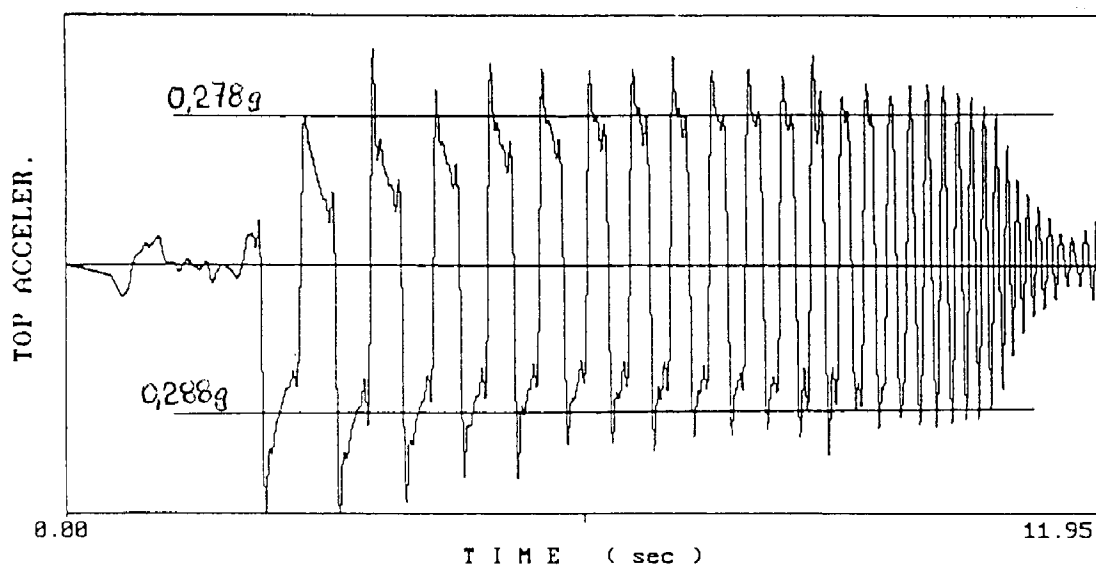
Στη φάση αυτή αναπτύχθηκε μια νέα μεθοδολογία για την εκτίμηση των δυναμικών χαρακτηριστικών του μονολιθικού κίονα δηλ. του συντελεστή αποκατάστασης (e) και της φυσικής λικνιστικής συχνότητας (P). Η μεθοδολογία αυτή κάνει χρήση των καταγραφών των επιταχύνσεων της απόκρισης του κίονα όπου μέσα από κατάλληλη επεξεργασία προσδιορίζεται η απόκριση των γωνιών λικνισμού. Στη συνέχεια η εκτίμηση των δυναμικών χαρακτηριστικών του κίονα γίνεται κατά τον ίδιο τρόπο που εφαρμόστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Συνεπώς η όλη προσπάθεια εστιάζεται στην κατάλληλη επεξεργασία των καταγραφών της επιτάχυνσης για την εύρεση των γωνιών λικνισμού. Εκ πρώτης βεβαίως το πρόβλημα αυτό δεν φαίνεται να είναι ιδιαίτερα δύσκολο δεδομένου ότι μέσα από αριθμητικές ολοκληρώσεις της επιτάχυνσης μπορεί να προκύψουν οι σχετικές μετακινήσεις του κίονα και στη συνέχεια να υπολογιστούν οι γωνίες λικνισμού. Ωστόσο, δημιουργούνται ιδιαίτερα προβλήματα αστάθειας στη διαδικασία της αριθμητικής ολοκλήρωσης των επιταχύνσεων του κίονα τα οποία αποδίδονται στην έντονη μη γραμμικότητα του φαινομένου της λικνιστικής κίνησης. Τα προβλήματα αυτά μπορούν να αντιμετωπιστούν μέσα από σχετική επεξεργασία εισάγοντας ανάλογες τεχνικές σύμφωνα με τη θεωρία επεξεργασίας σημάτων. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται να γνωρίζουμε περισσότερα σχετικά με τη μορφή των σημάτων της απόκρισης των επιταχύνσεων του μονολιθικού κίονα, γι' αυτό στην επόμενη παράγραφο (4.2) δίνονται μερικά βασικά στοιχεία αναφορικά με την απόκριση των επιταχύνσεων των στερεών συμπαγών σωμάτων. Στην παράγραφο 4.3. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις καταγραφές της απόκρισης των επιταχύνσεων του μονολιθικού κίονα σε πειράματα ελεύθερων λικνιστικών ταλαντώσεων. Στην παράγραφο 4.4. αναπτύσσεται η εφαρμογή της μεθόδου εκτίμησης των γωνιών λικνισμού κάνοντας χρήση των καταγραφών των επιταχύνσεων της απόκρισης του μονολιθικού κίονα.

Ο υπολογισμός των γωνιών λικνισμού του μονολιθικού κίονα μέσα από την επεξεργασία των καταγραφών των επιταχύνσεων της απόκρισης καθώς και η εκτίμηση των δυναμικών χαρακτηριστικών του κίονα με βάση τις γωνίες λικνισμού που υπολογίζονται κατ' αυτό τον τρόπο έχει ιδιαίτερη πρακτική σημασία δεδομένου ότι η ενοργάνωση κατασκευών για την παρακολούθηση της σεισμικής τους συμπεριφοράς, όχι μόνο των συμβατικών κατασκευών αλλά και των αρχαίων μνημείων όπως αυτά που εξετάζονται στα πλαίσια αυτού του ερευνητικού προγράμματος, γίνεται συνήθως με επιταχυνσιόμετρα.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε ότι σε δύο αρχαία μνημεία του Ελλαδικού χώρου, που έχουν ενοργανωθεί στο παρελθόν με στόχο την παρακολούθηση της δυναμικής και σεισμικής τους συμπεριφοράς, έγινε χρήση επιταχυνσιογράφων (με τριαξονικά επιταχυνσιόμετρα) τόσο στη βάση όσο και στην ανωδομή. Πρόκειται για τον Παρθενώνα και το ναό του Επικούρου Απόλλωνα στη Βάσες Φυγαλείας.

4.2. ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ ΤΩΝ ΛΙΚΝΙΖΟΜΕΝΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας έχει εισαχθεί η παραδοχή ότι η σεισμική συμπεριφορά ενός μαρμάρινου μονολιθικού κίονα μπορεί να προσομοιωθεί με αυτή του ελεύθερα εδραζόμενου συμπαγούς στερεού σώματος. Η απόκριση των επιταχύνσεων των στερεών συμπαγών σωμάτων έχει μελετηθεί σε άλλες ερευνητικές εργασίες κατά το παρελθόν, κυρίως πειραματικά, Aslam et al (1978), Pristley et al. (1978), Wong and Tso (1989), και Δημοσθένους (1994). Συνήθως, στις πιο πάνω εργασίες η απόκριση των επιταχύνσεων του στερεού σώματος αποδίδεται σύμφωνα με τις καταγραφές ενός επιταχυνσιομέτρου που είναι τοποθετημένο στην κορυφή του στερεού σώματος. Όπως φαίνεται από τις καταγραφές που παρουσίασαν οι πιο πάνω ερευνητές, η απόκριση των επιταχύνσεων των στερεών σωμάτων σε ελεύθερες λικνιστικές ταλαντώσεις στο πεδίο του χρόνου έχει τη μορφή τετραγωνικών παλμών όπου η μέγιστη τιμή της επιτάχυνσης αναπτύσσεται όταν μηδενίζεται η γωνία λικνισμού. Στο πιο κάτω σχήμα δίνεται μια περίπτωση απόκρισης επιταχύνσεων ενός στερεού σώματος σε ελεύθερες λικνιστικές ταλαντώσεις.



Σχήμα 4.2.1. Τυπική μορφή απόκρισης επιταχύνσεων ενός στερεού σώματος σε ελεύθερες λικνιστικές ταλαντώσεις.

Αξιοσημείωτο σ' αυτή την περίπτωση που έχει επισημανθεί στις εργασίες όλων των προηγούμενων ερευνητών, είναι ότι καθ' όλη τη διάρκεια που το σώμα λικνίζεται, ενώ παρατηρείται σχετική μείωση της μέγιστης γωνίας λικνισμού από κύκλο σε κύκλο λόγω των απωλειών ενέργειας που οφείλονται στην κρούση του σώματος με τη βάση έδρασης, η μέγιστη τιμή της επιτάχυνσης παραμένει σχετικά σταθερή σε όλους τους κύκλους λικνισμού. Το πιο πάνω φαινόμενο μπορεί να ερμηνευτεί μετά από σχετική επεξεργασία της διαφορικής εξίσωσης των ελεύθερων λικνιστικών ταλαντώσεων. Όπως είδαμε

στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι γραμμικές αυτές εξισώσεις έχουν την πιο κάτω μορφή:

$$I_0 \ddot{\theta} + MgR(\theta cr - \theta) = 0 \quad \theta > 0 \quad (4.2.1)$$

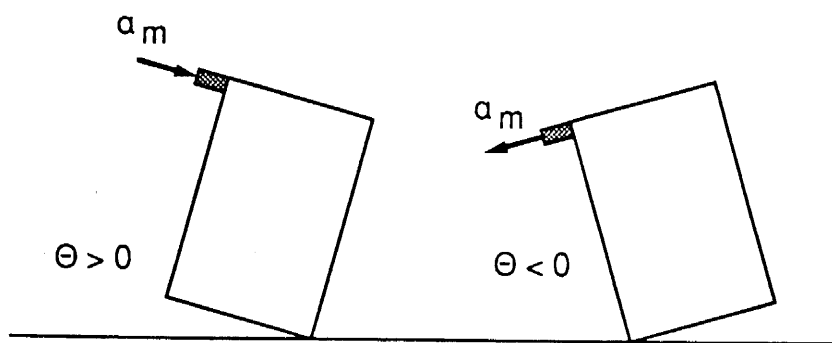
$$I_0 \ddot{\theta} + MgR(\theta cr + \theta) = 0 \quad \theta < 0 \quad (4.2.2)$$

Θέτοντας $P = \sqrt{\frac{MgR}{I_0}}$, τότε οι πιο πάνω εξισώσεις λαμβάνουν την παρακάτω μορφή:

$$\ddot{\theta} + P^2(\theta cr - \theta) = 0 \quad (\theta > 0) \quad (4.2.3)$$

$$\ddot{\theta} - P^2(\theta cr + \theta) = 0 \quad (\theta < 0) \quad (4.2.4)$$

Από τις πιο πάνω εξισώσεις προκύπτει ότι η μέγιστη γωνιακή επιτάχυνση αναπτύσσεται όταν η γωνία λικνισμού είναι μηδέν δηλ. τη στιγμή της κρούσης του στερεού σώματος με τη βάση έδρασής του. Για την περίπτωση της θετικής και αρνητικής γωνίας λικνισμού (σχήμα 4.2.2) η τιμή της γωνιακής επιτάχυνσης συνδέεται με την επιτάχυνση που λαμβάνεται από τις μετρήσεις του επιταχυνσιομέτρου (am) με τις παρακάτω σχέσεις:



Σχήμα 4.2.2. Αρνητικές και θετικές γωνίες λικνισμού και μέτρηση επιταχύνσεων.

$$\ddot{\theta} = \frac{am}{H} \cos^2 \theta cr \quad \theta > 0 \quad (4.2.5)$$

$$\ddot{\theta} = \frac{am}{H} \quad \theta < 0 \quad (4.2.6)$$

όπου H το ύψος του συμπαγούς στερεού σώματος και θ_{cr} η κρίσιμη γωνία λικνισμού.

Αντικαθιστώντας τις πιο πάνω εκφράσεις της γωνιακής επιτάχυνσης στις εξισώσεις 4.2.3 και 4.2.4 για τις περιπτώσεις που η γωνία λικνισμού είναι μηδέν, και μετά από σχετικές πράξεις προκύπτουν οι πιο κάτω εκφράσεις για τη μέγιστη θετική και μέγιστη αρνητική τιμή των επιταχύνσεων στην κορυφή ενός στερεού σώματος κατά τη διάρκεια ελεύθερης λικνιστικής ταλάντωσης.

$$am(\min) = -\frac{H}{\cos^2 \theta_{cr}} P^2 \theta_{cr} \quad \theta > 0 \quad (4.2.7)$$

$$am(\max) = HP^2 \theta_{cr} \quad \theta < 0 \quad (4.2.8)$$

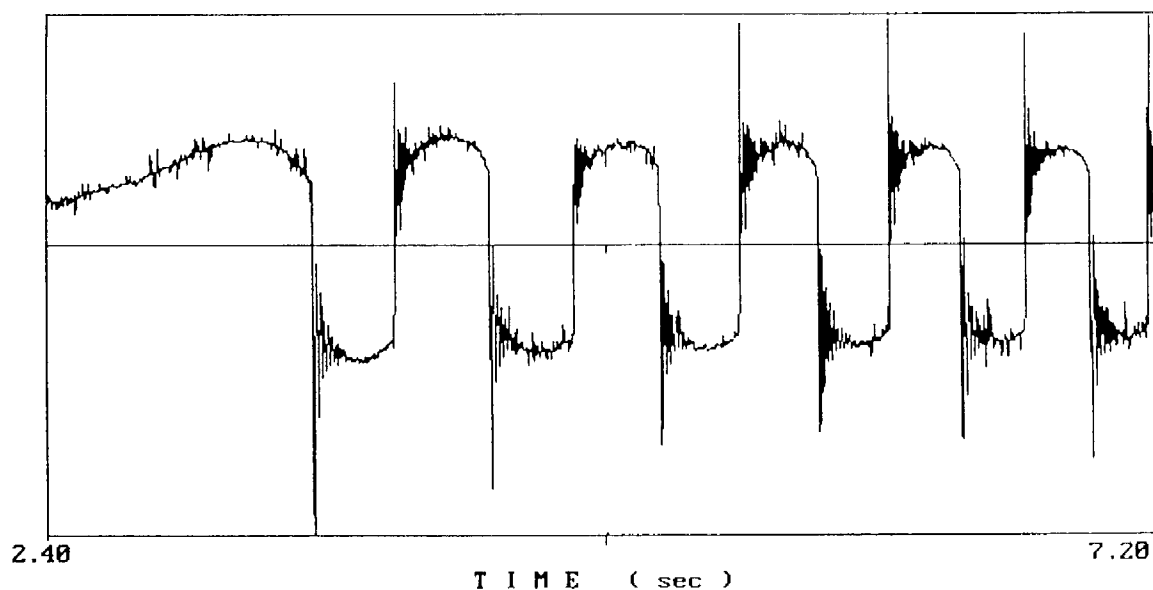
Από τις πιο πάνω εκφράσεις προκύπτει ότι οι μέγιστες θετικές και αρνητικές τιμές της επιτάχυνσης ενός σημείου σε ύψος H από τη βάση ενός ελεύθερα λικνιζομένου στερεού σώματος είναι ανεξάρτητες από τη γωνία λικνισμού. Εξαρτώνται μόνον από το ύψος του σημείου (H) ως προς τη βάση του σώματος, την κρίσιμη γωνία λικνισμού (θ_{cr}) και τη φυσική λικνιστική συχνότητα (P).

4.3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΥ ΔΩΡΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ ΣΕ ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΛΙΚΝΙΣΤΙΚΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

Στο σχήμα 3.4.1. φαίνεται η ενοργάνωση του δωρικού κίονα στη Διάταξη Τεχνητών Σεισμών, κατά τη διάρκεια των πειραμάτων των ελεύθερων ταλαντώσεων. Στην κορυφή του κιονόκρανου είχαν τοποθετηθεί δύο επιταχυνσιόμετρα τα οποία κατέγραφαν την απόκριση των επιταχύνσεων στη θέση αυτή. Το πρώτο επιταχυνσιόμετρο ήταν τύπου Briel&Kajer (B&K), το οποίο καταγράφει μόνο την επιτάχυνση στη διεύθυνση κίνησής του και το δεύτερο τύπου Setra του οποίου η καταγραφή δέχεται επιρροή και από την επιτάχυνση της βαρύτητας. Στο σχήμα 4.3.1. δίνεται ένα αντιπροσωπευτικό τμήμα της καταγραφής της απόκρισης των επιταχύνσεων του κίονα στην κορυφή κατά τη διάρκεια των ελεύθερων λικνιστικών ταλαντώσεων.

Από την καταγραφή αυτή διακρίνουμε ότι η απόκριση των επιταχύνσεων έχει τη μορφή τετραγωνικών παλμών. Επίσης, παρατηρούμε ότι στην αρχή κάθε παλμού, που χρονικά αντιστοιχεί τη στιγμή της κρούσης του κίονα με τη βάση έδρασης, αναπτύσσεται στιγμιαία μια έντονη τιμή της επιτάχυνσης η οποία οφείλεται στο «κρουστικό πλήγμα». Στη συνέχεια, και καθ' όλη τη διάρκεια της ταλάντωσης, η επιρροή αυτού του πλήγματος αποσβένεται. Ωστόσο, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι παραμένει ως βασικό χαρακτηριστικό της απόκρισης των επιταχύνσεων ο τετραγωνικός παλμός επί του οποίου προστίθεται η πιο πάνω επιρροή του κρουστικού πλήγματος. Με κατάλληλο

φιλτράρισμα του σήματος των επιταχύνσεων, η πιο πάνω επιρροή μπορεί να απομακρυνθεί, γεγονός το οποίο όμως επιβάλλει σημαντικούς ελέγχους μετά το φιλτράρισμα ώστε να μην αλλοιώνεται το βασικό σήμα της απόκρισης των επιταχύνσεων.

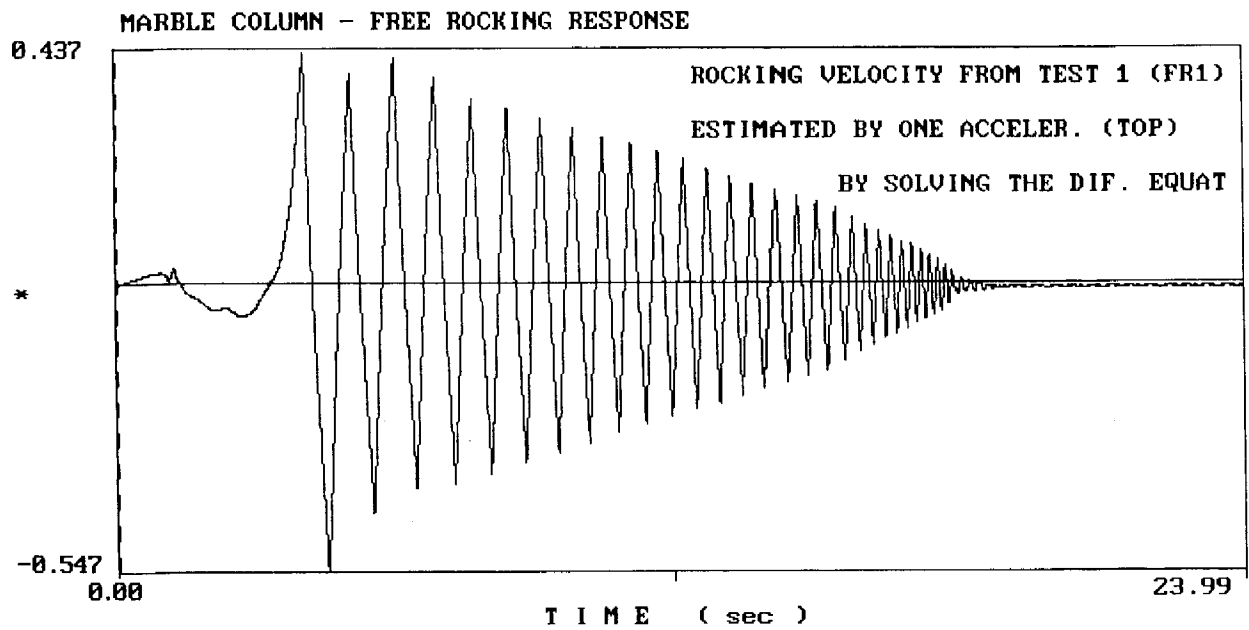


Σχήμα 4.3.1. Τμήμα τυπικού διαγράμματος απόκρισης επιταχύνσεων του δωρικού μαρμάρινου κίονα κατά τη διάρκεια ελεύθερων λικνιστικών ταλαντώσεων.

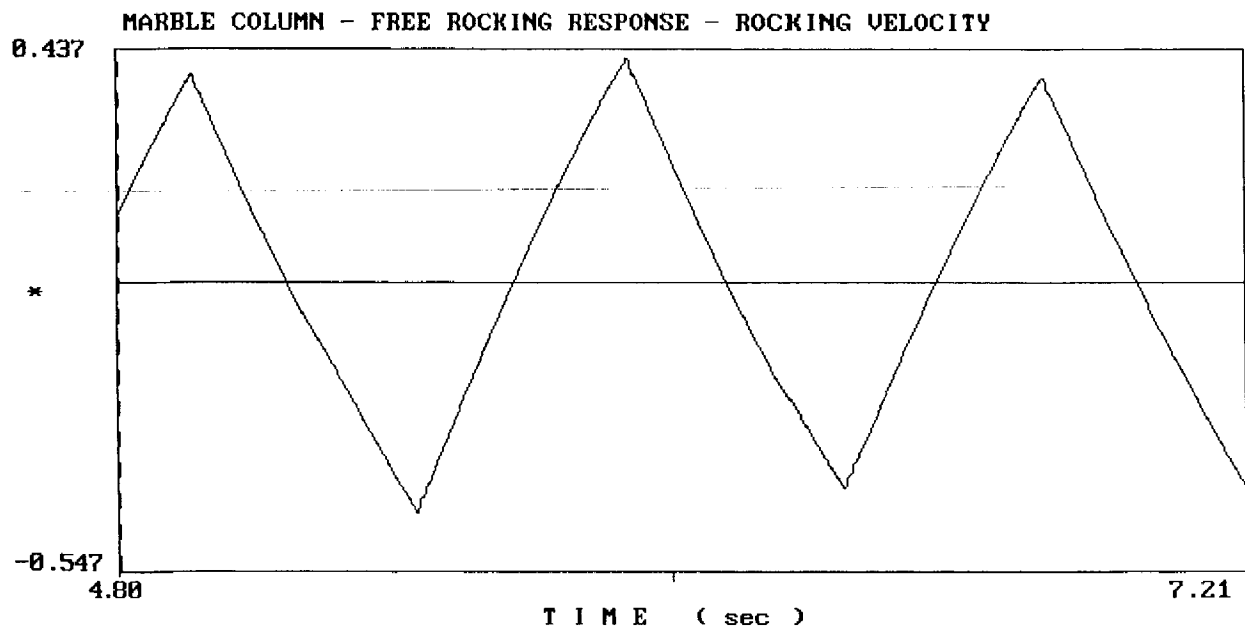
4.4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΛΙΚΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΥ ΔΩΡΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ

Όπως έχει αναφερθεί στην εισαγωγή, κύριος στόχος αυτής της προσπάθειας είναι ο υπολογισμός των δυναμικών χαρακτηριστικών του κίονα, δηλ. του συντελεστή αποκατάστασης (e : coef. of restitution) και της φυσικής λικνιστικής συχνότητας (P) με βάση τη καταγραφή της απόκρισης των επιταχύνσεων. Το ζητούμενο σ' αυτή την προσπάθεια είναι πως θα υπολογιστεί το ιστορικό των γωνιών λικνισμού με βάση αυτές τις καταγραφές. Εάν αυτό γίνει κατορθωτό κατά αξιόπιστο τρόπο, στη συνέχεια μπορεί να εφαρμοστεί η ίδια μεθοδολογία, όπως αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 3.

Κατ' αρχάς εισάγονται τα ιστορικά των καταγραφών των επιταχύνσεων από τα επιταχυνσιόμετρα (am) στις εξισώσεις 4.2.5. και 4.2.6 και από αυτές τις εξισώσεις υπολογίζεται το ιστορικό των γωνιακών επιταχύνσεων. Με κατάλληλη αριθμητική ολοκλήρωση αυτών των διαφορικών εξισώσεων μπορούν να υπολογιστούν στη συνέχεια οι γωνιακές ταχύτητες του κίονα (σχ. 4.4.1α). Κατά τη χρονική στιγμή της κρούσης παρατηρείται απότομη μείωση της γωνιακής ταχύτητας (σχ. 4.4.1β). Με την παραδοχή ότι ο συντελεστής αποκατάστασης ισούται με το λόγο της γωνιακής ταχύτητας αμέσως μετά την κρούση ως προς αυτή αμέσως πριν από την κρούση, μπορεί σε πρώτο στάδιο να γίνει μια αποτίμηση αυτού του συντελεστή με βάση το ιστορικό των γωνιακών ταχυτήτων.

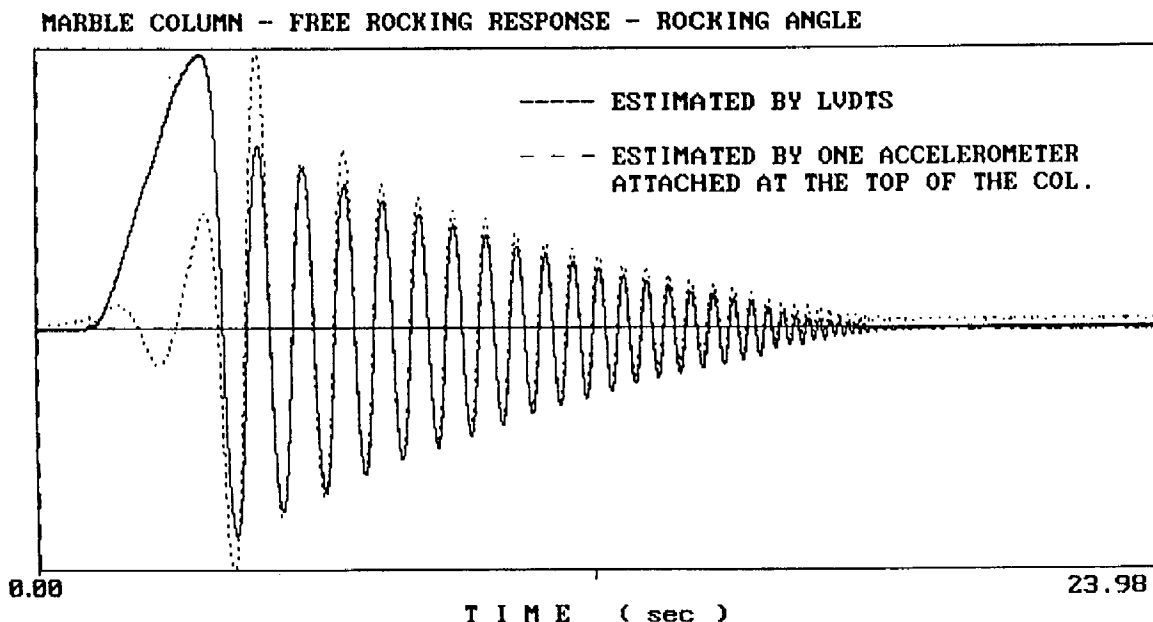


Σχήμα 4.4.1α. Ιστορικό γωνιακών ταχυτήτων του κίονα από ολοκλήρωση του ιστορικού των επιταχύνσεων της απόκρισης

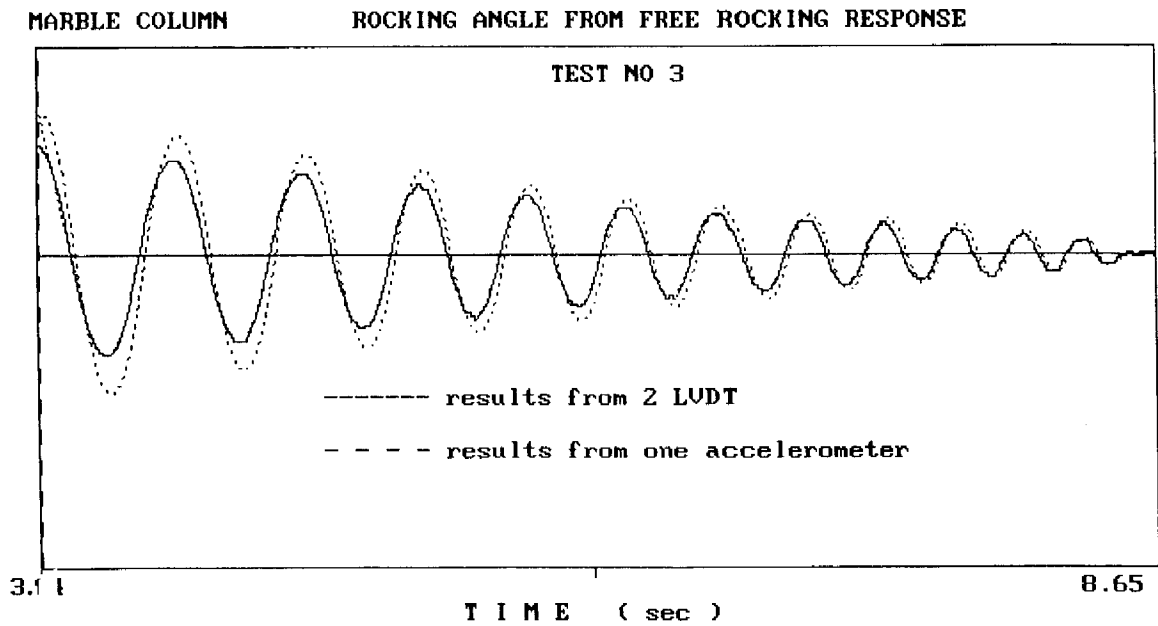


Σχήμα 4.4.1β. Λεπτομέρεια του ιστορικού των γωνιακών ταχυτήτων του κίονα

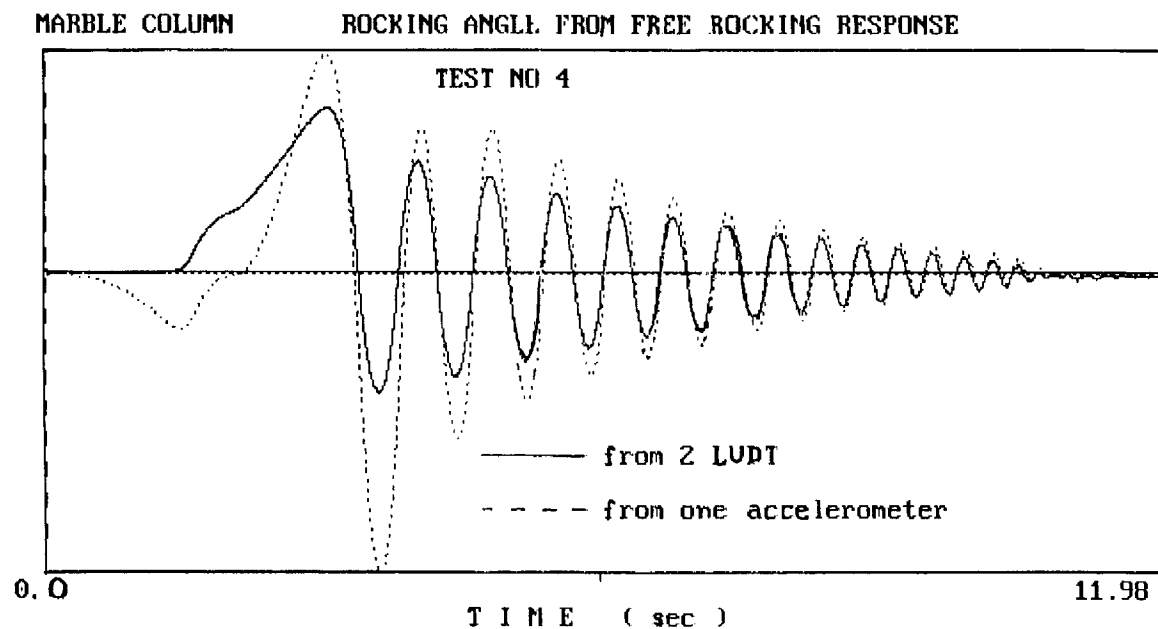
Ακολουθως, με δεύτερη ολοκλήρωση των γωνιακών ταχυτήτων προκύπτει το ιστορικό των γωνιών λικνισμού. Στο σχήμα 4.4.2 δίνεται το ιστορικό των γωνιών λικνισμού που έχουν προκύψει από αριθμητική ολοκλήρωση των επιταχύνσεων, συγκριτικά με αυτές που προκύπτουν από επεξεργασία των καταγραφών των μετακινήσεων (όπως μετρήθηκαν από δύο LVDTs), όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Κατ' αρχάς παρατηρούμε ότι υπάρχει αρκετά καλή συμφωνία μεταξύ των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την επεξεργασία καταγραφών μετακινήσεων και επιταχύνσεων, τόσο σε μέγιστες τιμές σε κάθε κύκλο ταλάντωσης όσο και στην εξέλιξη στο πεδίο του χρόνου. Παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις των μέγιστων τιμών στο αρχικό στάδιο οι οποίες όμως εξομαλύνονται στη συνέχεια. Επίσης παρατηρούνται κάποιες μικρές διαφοροποιήσεις των μέγιστων τιμών σε κάθε κύκλο. Οι διαφοροποιήσεις αυτές αποδίδονται στο γεγονός ότι κατά τη διάρκεια του λικνισμού αναπτύσσεται και ολίσθηση στη βάση του κίονα (Δημοσθένους 1994). Μέσα από την επεξεργασία των καταγραφών των μετακινήσεων από δύο LVDT η επιρροή της ολίσθησης αφαιρείται ενώ δεν γίνεται κάτι παρόμοιο για τις επιταχύνσεις. Τελικώς προτείνεται όπως το σήμα των γωνιών λικνισμού που προκύπτει από την επεξεργασία των επιταχύνσεων να μη λαμβάνεται ολόκληρο για τον προσδιορισμό των δυναμικών χαρακτηριστικών του κίονα αλλά προς το τέλος, όπου οι όποιες αριθμητικές αστάθειες από την αριθμητική ολοκλήρωση εξομαλύνονται. Στα σχήμα 4.4.3 και 4.4.4 δίνονται δύο τέτοια παραδείγματα.



Σχήμα 4.4.2. Σύγκριση ιστορικών γωνιών λικνισμού ελεύθερης λικνιστικής ταλάντωσης του κίονα από επεξεργασία καταγραφών μετακινήσεων και επιταχύνσεων

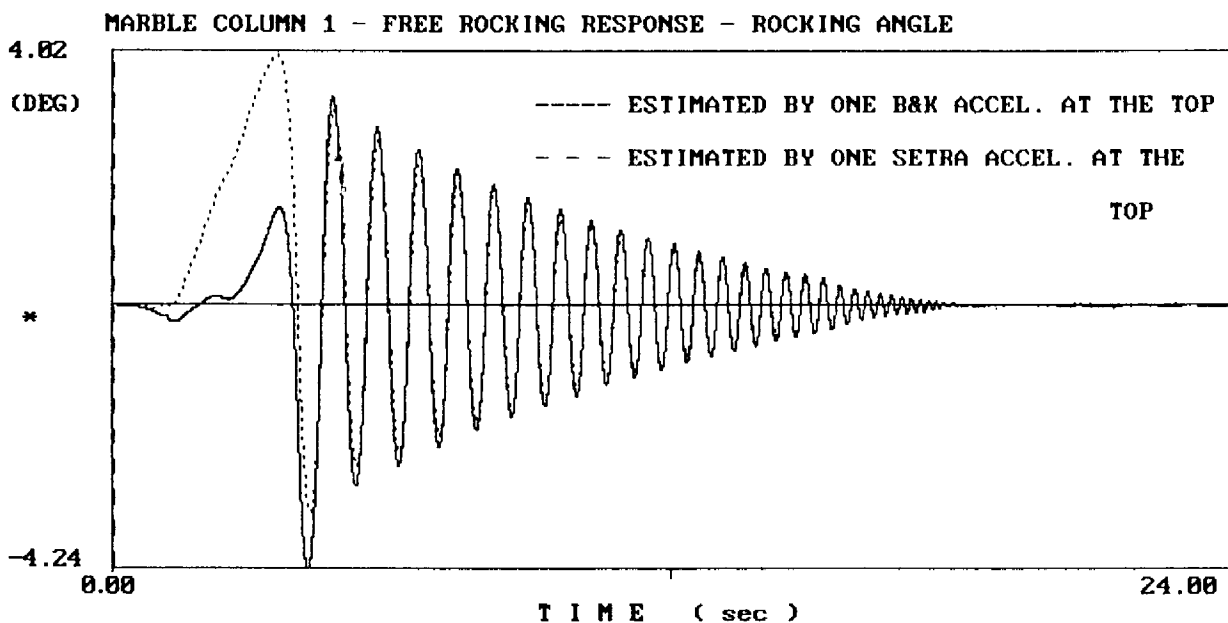


Σχήμα 4.4.3. Σύγκριση ιστορικών γωνιών λικνισμού ελεύθερης λικνιστικής ταλάντωσης του κίονα από επεξεργασία καταγραφών μετακινήσεων και επιταχύνσεων από το πείραμα 3.



Σχήμα 4.4.4. Σύγκριση ιστορικών γωνιών λικνισμού ελεύθερης λικνιστικής ταλάντωσης του κίονα από επεξεργασία καταγραφών μετακινήσεων και επιταχύνσεων από το πείραμα 4.

Τέλος, έγινε μια επιπλέον σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από διαφορετικού τύπου επιταχυνσιόμετρα, (B&K και Setra) που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας. Στο σχήμα 4.4.5 δίνονται συγκριτικά τα αποτελέσματα με βάση τις μετρήσεις ενός πειράματος. Παρατηρούμε ότι υπάρχει κάποια σημαντική διαφοροποίηση στο αρχικό στάδιο η οποία όμως εξομαλύνεται στη συνέχεια. Η παρατήρηση αυτή ενισχύει την πιο πάνω επισήμανση, δηλ. ότι θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση του αρχικού μέρους του σήματος των γωνιών λικνισμού που προκύπτει από την επεξεργασία των επιταχύνσεων.



Σχήμα 4.4.4. Σύγκριση ιστορικών γωνιών λικνισμού ελεύθερης λικνιστικής ταλάντωσης του κίονα από επεξεργασία καταγραφών επιταχύνσεων με δύο διαφορετικούς τύπους επιταχυνσιομέτρων.

4.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια αυτή της φάσης του προγράμματος κατέσται δυνατή η εκτίμηση του ιστορικού των γωνιών λικνισμού ελεύθερης λικνιστικής ταλάντωσης του κίονα με βάση την επεξεργασία των καταγραφών της απόκρισης των επιταχύνσεων του. Τα αποτελέσματα από αυτή την επεξεργασία είναι σε πολύ καλή συμφωνία με αντίστοιχα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από την επεξεργασία καταγραφών απόκρισης μετακινήσεων και ως εκ τούτου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των δυναμικών χαρακτηριστικών του κίονα (συντελεστή αποκατάστασης - e και φυσικής λικνιστικής συχνότητας - P). Ωστόσο, από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αυτής της φάσης του προγράμματος συστήνεται όπως αποφεύγεται το αρχικό σήμα των γωνιών λικνισμού στο οποίο υπάρχει έντονη επιρροή σφαλμάτων από την αριθμητική ολοκλήρωση, κάτι το οποίο εξομαλύνεται στη συνέχεια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μακεδονία, Ιστορία και Πολιτική, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Ο.Ε.Δ.Β., 1992.
2. Οι Σεισμοί της Ελλάδας, Β. και Κ. Παπαζάχου, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσ/νίκη 1989.
3. Τα Υλικά Δομής των Αρχαίων ελλήνων, Τεύχος 2, Α.Κ. Ορλάνδου, Αθήνα 1958.
4. Αρχιτεκτονική της Απώτερης και Κλασσικής Αρχαιότητας, Μέρος Α, Αργύρη Πετρονώτη, Εκδόσεις Γαρταγάνης, Θεσ/νίκη, 1991.
5. Αρχιτεκτονική της Απώτερης και Κλασσικής Αρχαιότητας, Μέρος Γ, Αργύρη Πετρονώτη, Εκδόσεις Γαρταγάνης, Θεσ/νίκη, 1991.
6. Μαθήματα Ιστορίας της Αρχιτεκτονικής, πρώτος τόμος, δεύτερη έκδοση, Χαράλαμπος Μπούρας, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1980.
7. Μνημειακή τοπογραφία της Αρχαίας Αθήνας, Αντώνη Ν. Μαστραπά, Εκδόσεις Καρδαμίτσα, Αθήνα 1992.
8. Ελληνική Αρχιτεκτονική, Αντώνη Ν. Μαστραπά, Ινστιτούτο του βιβλίου, Εκδόσεις Καρδαμίτσα, Αθήνα 1994.
9. Η Αρχιτεκτονική στην Αρχαία Ελλάδα, Wolfgang Muller – Wiener, μετάφραση Μπάρπαρα Σμίτ-Δούνα, University Studio Press, Θεσ/νίκη, 1995.
10. Πέλλα, Πρωτεύουσα των Αρχαίων μακεδόνων, ΙΖ Εφορεία Αρχαιοτήτων, Υπουργείο Πολιτισμού, 1987.
11. Μνημεία της Θεσσαλονίκης, Απόστολος Παπαγιαννόπουλος, Εκδοτικός Οίκος Ιωάννης Ρέκος, Θεσσαλονίκη.
12. Αρχαιολογία, τεύχος 13, Αφιέρωμα: Θράκη, Νοέμβριος 1984.
13. Μακεδονία, Εκδοτικής Αθηνών, Αθήνα, 1993.
14. Ιστορία της Θεσσαλονίκης, απόστολος Παπαγιαννόπουλος, Εκδοτικός Οίκος Ιωάννης Ρέκος, Θεσσαλονίκη.
15. Εγκυκλοπέδεια Νέα Δομή, Τόμος 11 και 28, Εκδόσεις Δομή.
16. Επτά Ημέρες Καθημερινή «Μια ζωή αφιερωμένη στη Βεργίνα» αφιέρωμα στο Μανόλη Ανδρόνικο, 28 Μαρτίου 1993.
17. Επτά Ημέρες Καθημερινή, «Η γή της Μακεδονίας αποκαλύπτει το Δίον», αφιέρωμα στο Δίον, 29 Νοεμβρίου 1992.
18. Πειραματική και Αριθμητική Μελέτη της Δυναμικής Συμπεριφοράς Συμπαγών ή Σφονδυλωτών Σωμάτων, Μ. Δημοσθένους, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., 1994.
19. Aslam et al. "Rocking and Overturning Response of Rigid Bodies to earthquake Motions", Report to LBL-7539, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, California, Nov. 1978.
20. M.J.N. Priestley, R. J. Evison, A.J. Carr "Seismic response of structures free to rock on their foundations", Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering, Vol 11, No. 3, Sept. 1978.
21. Wong C. M. And Tso W. K., "Steady state rocking response of rigid blocks, Part 2 - Experiments", Journal of Earthquake engineering and structural dynamics, Vol. 18, pp107-120, 1989.