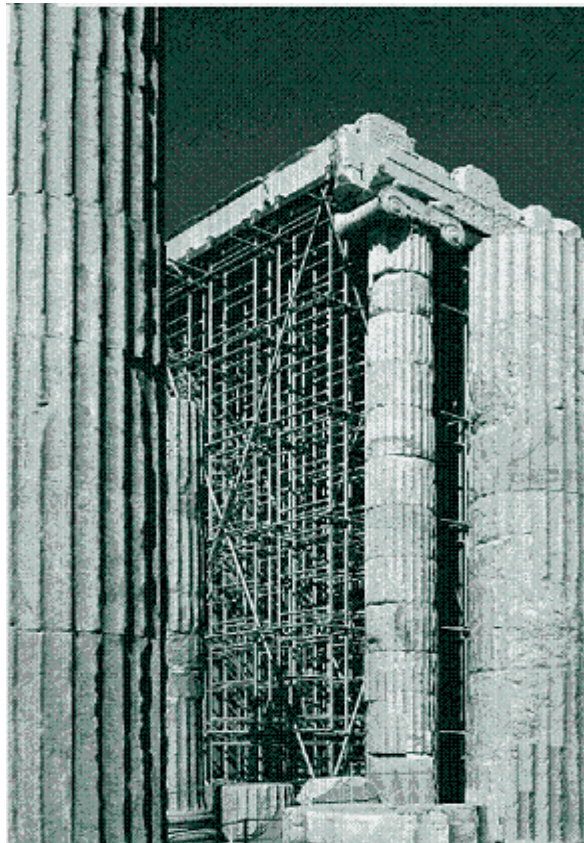




ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
« ΣΕΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ
ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΤΗΣ
ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΕΣΑΙΩΝΑ ΣΤΟΝ
ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ »



ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
Δρ. ΚΑΘΡΕΠΤΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ
ΖΑΡΟΓΙΑΝΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ
ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ ΜΑΡΙΑΝΘΗ
ΤΣΟΛΑΚΗ ΘΕΟΔΩΡΑ

ΠΑΤΡΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	i
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	ii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	iv
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑ	
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.2 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ	2
1.3 ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ	4
1.4 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΕΙΣΜΩΝ	7
1.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΕΙΣΜΩΝ	7
1.6 ΜΕΓΕΘΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΚΑ RICHTER	10
1.7 ΒΑΘΜΟΙ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ MERCALLI	11
1.8 ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΣΕΙΣΜΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΓΗΣ	
2.1 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΤΗΣ ΓΗΣ	15
2.2 ΛΙΘΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ	16
2.2.1 ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΛΙΘΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΡΡΗΞΗΣ	18
2.2.2 ΛΙΘΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ MCKENZIE (1972, 1978) ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ	18
2.3 ΡΗΓΜΑΤΑ	19
2.4 ΗΦΑΙΣΤΕΙΑ	21
2.4.1 Η ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΩΝ ΕΚΡΗΞΕΩΝ	22
2.4.2 ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑ	22
2.5 ΤΣΟΥΝΑΜΙ	22
2.6 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	24
2.7 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΙ	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ	
3.1 ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΤΟΞΟ	26
3.2 ΤΟ ΡΗΓΜΑ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΑΣ	29
3.3 ΣΕΙΣΜΟΙ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ	32
3.4 ΙΣΤΟΡΙΚΟΙ ΣΕΙΣΜΟΙ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΕΣ	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ

ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

4.1 ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ	37
4.2 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΜΝΗΜΕΙΑ	38
4.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗ ΦΘΟΡΑ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ	40
4.4 ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΗΠΙΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΥΣ	42
4.5 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ	44
4.6 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ	46
4.7 ΦΑΣΕΙΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	47
4.8 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΦΕΡΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΙΣΤΟΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΑΖΟΥΝ ΣΤΑ ΑΡΧΑΙΑ ΚΑΙ ΒΥΖΑΝΤΙΝΑ ΚΤΗΡΙΑ

5.1 ΑΡΧΑΙΑ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	52
5.1.1 ΑΡΧΑΙΑ ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΑ	52
5.1.2 ΡΩΜΑΙΚΟ ΤΣΙΜΕΝΤΟ	52
5.2 ΑΡΧΑΙΕΣ ΞΥΛΙΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	53
5.3 ΤΥΠΟΙ ΚΤΗΡΙΩΝ	54
5.3.1 ΠΑΤΩΜΑΤΑ	55
5.3.2 ΣΤΕΓΕΣ	56
5.3.3 ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣΕΙΣ	58
5.3.3.α ΤΥΠΟΙ ΦΕΡΟΥΣΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΩΝ	58
5.3.3.β ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΤΗΡΙΩΝ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ	59
5.3.3.γ ΛΙΘΟΔΟΜΕΣ	60
5.4 ΔΙΑΖΩΜΑΤΑ – ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ	61
5.5 ΞΥΛΙΝΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	62
5.5.1 ΞΥΛΙΝΑ ΜΕΣΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΝΑΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑ ΤΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΝΑΟΥ ΤΟΥ ΕΠΙΚΟΥΡΕΙΟΥ ΑΠΟΛΛΩΝΑ	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΡΟΤΟΝΤΑΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ - ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΧΕΙΡΟΠΟΙΗΤΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΓΙΑΣ ΣΟΦΙΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥΠΟΛΗΣ	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14: ΡΩΜΑΙΚΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ	
14.1 ΜΕΡΗ ΜΙΑΣ ΓΕΦΥΡΑΣ	88
14.2 ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	90
14.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΩΝ	90
14.4 Η ΘΟΛΩΤΗ ΑΨΙΔΑ	92
14.5 Η ΠΕΤΡΑ ΚΛΕΙΔΙ	92
14.6 ΤΕΛΕΙΩΜΑ	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΩΜΑΙΚΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΠΑΤΡΩΝ	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	96

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Μέσα στα πλαίσια της ολοκλήρωσης του προγράμματος σπουδών στο τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών, πραγματοποιείται η εκπόνηση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας η οποία φέρει τον τίτλο **«Σεισμοί και Αντισεισμική Συμπεριφορά των Παραδοσιακών Κατασκευών της Αρχαιότητας και του Μεσαίωνα στον Ελλαδικό Χώρο».**

Η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος έγινε με σκοπό την κατανόηση ενός τόσο ισχυρού και συχνού φυσικού φαινομένου όσο ο σεισμός και την επίδραση του στις παραδοσιακές κατασκευές–μνημεία καθώς επίσης και την αντισεισμική συμπεριφορά αυτών, που τα κατέστησε ικανά να «επιβιώσουν» από τις ισχυρές σεισμικές δονήσεις.

Η χώρα μας που είναι η πλέον σεισμογενής χώρα της Ευρώπης καθώς σε αυτήν εκτονώνεται το μισό της σεισμικής ενέργειας της Ευρώπης και το 2% της παγκόσμιας έχει να μας δώσει πολλά παραδείγματα αντισεισμικής συμπεριφοράς κάνοντας ένα ταξίδι στα χρόνια της αρχαιότητας και του μεσαίωνα και αναλύοντας τις αρχαίες και μεσαιωνικές κατασκευές.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από τις θεωρήσεις των αρχαίων φιλοσόφων μέχρι και σήμερα έχουν διατυπωθεί πολλές απόψεις σχετικά με τα αίτια γένεσης των σεισμών.

Ο Εγκέλαδος ο οποίος ήταν κατά τους αρχαίους Έλληνες η ιδεατή ανθρωπόμορφη θεότητα, όπου κινούμενος και στενάζοντας ενίοτε μέσα στο τάφο του προκαλεί εκρήξεις ηφαιστειών και σεισμούς σήμερα ορίζεται ως ένα φυσικό φαινόμενο, που παράγει σεισμικά κύματα, τα οποία διαδίδονται στο εσωτερικό της γης. Επίσης ο σεισμός μπορεί να είναι και αποτέλεσμα ανθρώπινης δραστηριότητας, όπως για παράδειγμα μιας υπόγειας πυρηνικής δοκιμής.

Οι συχνές ισχυρές σεισμικές δονήσεις που πλήττουν την Ελλάδα ,εκτός από τις αμέτρητες φυσικές καταστροφές που έχουν προκαλέσει, ήδη από την αρχαιότητα ,έχουν δημιουργήσει τεράστια προβλήματα τόσο στις σύγχρονες κατασκευές όσο και στις παραδοσιακές κατασκευές – μνημεία της αρχαιότητας και του μεσαίωνα στον Ελλαδικό χώρο. Για όλα αυτά μιλούν τόσο οι γραπτές πηγές όσο και τα ίδια τα μνημεία.

Ωστόσο τα παραδοσιακά δομικά συστήματα παρουσιάζουν καλή σεισμική συμπεριφορά, παρότι επικρατεί συχνά η τρέχουσα αντίληψη ότι επειδή η παραδοσιακή κατασκευή δεν χρησιμοποιεί υλικά τόσο ανθεκτικά όσο το σκυρόδεμα και το μέταλλο ,δεν είναι αρκετά ασφαλής ώστε να ανταποκριθεί στις σύγχρονες αντισεισμικές προδιαγραφές.

Η αναγνώριση της δομής των παραδοσιακών αντισεισμικών κατασκευών είναι απαραίτητη για τη σωστή συντήρηση και αποκατάσταση τους καθώς επίσης η διατήρηση της αντισεισμικότητας αυτών αποτελεί προϋπόθεση για τη διαφύλαξη των εφαρμογών μιας λαϊκής σοφίας, η οποία αποτελεί μέρος της πολιτιστικής μας κληρονομιάς.

Συνεπώς, στο κεφάλαιο (1) θα μιλήσουμε για τη σεισμολογία και την ιστορία της, τα σεισμικά κύματα, τη μέτρηση σεισμών σε διάφορες κλίμακες, καθώς θα παραθέσουμε και κάποιους επιπλέον σεισμικούς ορισμούς.

Στο κεφάλαιο (2), γνωρίζουμε τη δομή του εσωτερικού της γης, τις λιθοσφαιρικές πλάκες και τα ρήγματα, τα ηφαίστεια όπως επίσης και την επιρροή των κλιματικών συνθηκών στην εμφάνιση των σεισμών.

Στο κεφάλαιο (3), μελετάμε τη σεισμικότητα στον Ελλαδικό χώρο, το ελληνικό τόξο και το ρήγμα της Ανατολίας. Πώς έβλεπαν οι αρχαίοι τους σεισμούς και χρονολογίες από ιστορικούς σεισμούς.

Στο επόμενο κεφάλαιο (4), θα ασχοληθούμε με την αντισεισμικότητα των κατασκευών της αρχαιότητας, θα αναφερθούμε στη συχνότητα εμφάνισης προβλημάτων στα μνημεία καθώς και τους παράγοντες που επιδρούν στη φθορά τους. Επίσης, θα πούμε πώς γίνεται η ενίσχυση, η συντήρηση και η αποκατάσταση τους. Ποιές είναι οι φάσεις μελέτης και τα κριτήρια επιλογής των επεμβάσεων αυτών.

Το κεφάλαιο (5), ασχολείται με το φέροντα δομικό ιστό των παραδοσιακών κτηρίων που προσομοιάζουν στις αρχαίες και βυζαντινές κατασκευές καθώς και με τα υλικά που χρησιμοποιούνταν εκείνα τα χρόνια.

Η αντισεισμική συμπεριφορά των αρχαίων ναών, είναι το θέμα του κεφαλαίου (6). Το επόμενο κεφάλαιο (7), μας εισάγει στον αντισεισμικό σχεδιασμό των βυζαντινών κτηρίων.

Στο κεφάλαιο (8), μελετάμε το ναό του Παρθενώνα, από το πότε κατασκευάστηκε μέχρι και τη συντήρηση-αποκατάστασή του.

Στο κεφάλαιο (9), θα μιλήσουμε για τη συντήρηση και αποκατάσταση του ναού του Επικούρειου Απόλλωνα.

Ομοίως, το κεφάλαιο (10), ασχολείται με τη συντήρηση-αποκατάσταση της Ροτόντας Θεσσαλονίκης.

Το κεφάλαιο (11), εξετάζει την περίπτωση της συντήρησης και την αποκατάστασης της Αχειροποίητου Θεσσαλονίκης.

Ακόμα, θα ασχοληθούμε με τον Άγιο Δημήτριο Θεσσαλονίκης για το πώς έχει συντηρηθεί και αποκατασταθεί μέχρι σήμερα, στο κεφάλαιο (12).

Στο κεφάλαιο (13) μελετάμε για τη συντήρηση-αποκατάσταση της Αγίας Σοφίας Κωνσταντινούπολης..

Το κεφάλαιο (14), μελετά τις ρωμαϊκές γέφυρες. Σε ποια μέρη χωρίζονται, πώς γίνεται η μελέτη και ο σχεδιασμός, καθώς και η κατασκευή τους.

Στο κεφάλαιο (15), μιλάμε για τη συντήρηση και αποκατάσταση της ρωμαϊκής γέφυρας Πατρών.

Τέλος, στο κεφάλαιο (16) περιέχεται ένα συμπέρασμα όλων όσων ειπώθηκαν για τους σεισμούς και για τις αντισεισμικές κατασκευές στην αρχαιότητα και το μεσαίωνα στην Ελλάδα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρούμε ειλικρινή υποχρέωση μας, να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας, στον επόπτη και καθηγητή μας Δρ. Νικόλαο Καθρέπτα, για την ευκαιρία που μας έδωσε να ασχοληθούμε με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα το οποίο μας δίδαξε πόσο αναγκαίο είναι το επάγγελμα μας στη διατήρηση της εθνικής μας κληρονομιάς καθώς επίσης και για την πολύτιμη καθοδήγηση και βοήθεια που μας προσέφερε όλο αυτό το διάστημα, για την σωστή εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε και τους λοιπούς καθηγητές μας, καθώς συνέβαλαν και εκείνοι με τις γνώσεις που μας έχουν μεταλαμπαδεύσει κατά τη διάρκεια της φοίτησης μας, στην σωστή διαμόρφωση του εν λόγω θέματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

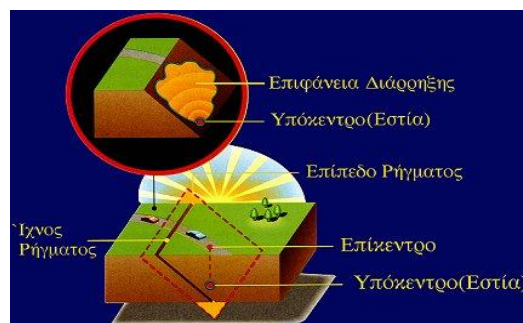
ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σεισμοί είναι οι εδαφικές κινήσεις που γεννιούνται κατά την διάρκεια της διατάραξης της μηχανικής ισορροπίας των γήινων πετρωμάτων, από φυσικά αίτια, που βρίσκονται μέσα στη γη, δηλαδή ο σεισμός είναι ένα γεωλογικό φαινόμενο, το οποίο προκαλείται από αιφνίδια απελευθέρωση μηχανικής ενέργειας από το εσωτερικό της Γης προς την επιφάνειά της. Η ενέργεια αυτή έχει τη μορφή αναταράξεων στη ξηρά ή τσουνάμι στη θάλασσα, και διαδίδεται μέσω των σεισμικών κυμάτων. Ετυμολογικά, η ονομασία σεισμός σχετίζεται με την λέξη σείω.

Ο σεισμός μπορεί να είναι και αποτέλεσμα ανθρώπινης δραστηριότητας, όπως για παράδειγμα μιας υπόγειας πυρηνικής δοκιμής. Γενικά, η λέξη σεισμός περιγράφει κάθε σεισμικό γεγονός, φυσικό φαινόμενο ή αποτέλεσμα ανθρώπινης δραστηριότητας που παράγει σεισμικά κύματα τα οποία διαδίδονται στο εσωτερικό της γης. Οι περισσότεροι σεισμοί σχετίζονται με τον τεκτονικό χαρακτήρα της Γης και ονομάζονται τεκτονικοί σεισμοί.

Για να εκτιμηθούν τα αποτελέσματα των σεισμών πρέπει να καθοριστούν τα διάφορα στοιχεία, που χρησιμεύουν σαν βάση εκτιμήσεως. Πρώτο στοιχείο είναι η **εστία ή υπόκεντρο** του σεισμού, η υπόγεια δηλ. έκταση στην οποία γεννιέται ο σεισμός. Δεύτερο στοιχείο είναι το **επίκεντρο** του σεισμού, δηλ. η περιοχή της επιφάνειας της γης που βρίσκεται κάθετα πάνω από την εστία. Είναι δυνατό από τον κύριο σεισμό να προηγούνται οι ασθενικές πρόδρομες δονήσεις και να ακολουθούν οι μετασεισμικές δονήσεις ή μετασεισμοί. Η περιοχή γύρω από την εστία του σεισμού στην οποία γίνονται αντιληπτές οι σεισμικές δονήσεις από τον άνθρωπο λέγεται **μακροσεισμική περιοχή**. Κάθε σεισμός έχει τους δικούς του χαρακτήρες, έναν ιδιαίτερο δηλαδή τρόπο με τον οποίο γίνεται αισθητός σε διάφορους τόπους. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η ένταση, το είδος, η διάρκεια και η διεύθυνση.(εικ. 1.α).



Εικ. 1.α. Ανάλυση σεισμογόνου χώρου

Οι εδαφικές δονήσεις που τα αίτια τους είναι φυσικά ή τεχνητά αλλά δεν βρίσκονται στο εσωτερικό της γης δεν χαρακτηρίζονται σαν σεισμοί, π.χ. πτώση μετεωριτών, πυρηνικές εκρήξεις, θαλάσσια κύματα, κτλ.. Όλα τα παραπάνω είναι αντικείμενα με τα οποία ασχολείται η **Σεισμολογία**. Ασχολείται επίσης με τους σεισμούς της σελήνης.

Στην θέση της διατάραξης απελευθερώνεται μηχανική ενέργεια που διαδίδεται μέσα στη Γη με μορφή κυμάτων. Τα κύματα αυτά λέγονται **σεισμικά κύματα**. Οι δονήσεις που προαναφέρθηκαν οφείλονται στη διάδοση κυμάτων που λέγονται ελαστικά κύματα. Διαφέρουν από τις άλλες κατηγορίες ελαστικών κυμάτων μόνο ως προς την αιτία γένεσής τους.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ

Σύμφωνα με την ελληνική μυθολογία οι σεισμοί γίνονταν στη θάλασσα από τον Ποσειδώνα. Τον ονόμαζαν δε ο ενοσίχθων Ποσειδών, ήταν δηλ. “ο τινάκτωρ της γαίας”, δηλαδή αυτός που συνταράσσει τη γη. Οι αρχαίοι έλληνες θεωρούσαν υπαίτιο των σεισμών τον εγκέλαδο, γιο του Ταρτάρου και της γης. Η λέξη είναι σύνθετη από το “εν” και το “κέλαδος”, που σημαίνει ήχο νερού που κυλάει ορμητικά και προκαλεί μεγάλο θόρυβο.

Η ανάγκη κατανόησης ενός τόσο ισχυρού και συχνού φυσικού φαινομένου γέννησε την επιστήμη της Σεισμολογίας, παράλληλα με τις επιστήμες της Φιλοσοφίας και της Δημοκρατίας στις Ελληνικές πόλεις της αρχαίας Ιωνίας και της κάτω Ιταλίας, καθώς σε αυτές τις περιοχές οι σεισμοί αποτελούσαν πολύ συνηθισμένα φυσικά φαινόμενα.

Η σεισμολογία σαν επιστήμη γεννήθηκε στην αρχαία Ελλάδα. Πολλοί έλληνες φιλόσοφοι ασχολήθηκαν με τους σεισμούς και προσπάθησαν να τους εξηγήσουν. Διατηρούσαν όμως διαφορετικές απόψεις όσον αφορά την αιτία γένεσης των σεισμών. Για αυτούς τους σημαντικούς στοχαστές το υγρό ή υδατώδες όν αποτελεί το κύριο αίτιο γένεσης των σεισμών. Αυτές είναι θεωρήσεις ορισμένων φιλοσόφων σχετικά με το φαινόμενο του σεισμού:

Ο Θαλής ο Μιλήσιος πίστευε ότι η γη είναι επίπεδη και πλέει μέσα στον ωκεανό. Όταν ο ωκεανός είναι ταραγμένος τότε ταλαντεύεται η γη και γίνονται οι σεισμοί.

Ο Αναξίμανδρος, μαθητής του Θαλή, ασχολήθηκε με τους σεισμούς και απέκτησε σημαντικές σεισμολογικές γνώσεις γύρω στα 550 π.Χ. έπειτα από μία επίσκεψή του στη Σπάρτη, όπου και πρόβλεψε έναν μεγάλο σεισμό, προειδοποίησε τους Σπαρτιάτες, οι οποίοι διανυκτέρευσαν στην ύπαιθρο και σώθηκαν από την καταστροφή.

Ο Αναξιμένης θεωρούσε σαν αιτία των σεισμών τον αέρα που εισχωρούσε με βία στα χάσματα της γης και προκαλούσε τις σεισμικές δονήσεις. Διατύπωσε την άποψη ότι λόγω του ότι η γη βρέχεται και μετά ξηραίνεται με συνέπεια να δημιουργούνται ρήγματα τα οποία ευθύνονται για τους σεισμούς. Για αυτό το λόγο έλεγε ότι οι σεισμοί γίνονται κατά τη διάρκεια μεγάλων ξηρασιών και πολυομβριών.

Ο Αναξαγόρας διατύπωσε ότι ο αέρας, που είναι μέσα στη γη και αναζητεί διέξοδο προς τον ουρανό, πιέζει τον φλοιό τον οποίο σκίζει δημιουργώντας ρήγματα, και ελευθερώνεται προς τα πάνω είναι η αιτία γένεσης σεισμών.

Ο Δημόκριτος υποστήριζε ότι υπάρχουν τεραστία υπόγεια σπηλαία που πλημμυρίζουν μετά από έντονες βροχές. Αυτά στη συνέχεια ξεχειλίζουν πιέζοντας την επιφάνεια της γης στην οποία προκαλούν ρωγμές. Επίσης τα ξερά υπόγεια σπήλαια αντλούν νερό από άλλα και δημιουργούνται οι αναταράξεις της γης.

Ο Πυθαγόρας πίστευε πως το κεντρικό πυρ , δηλαδή η θερμότητα του εσωτερικού της γης προκαλεί τους σεισμούς.

Ο Αρχέλαος πίστευε ότι ο αέρας (ή οι ατμοί) είναι η αιτία γένεσης των σεισμών, καθώς μπαίνει από έξω μέσα στη γη και γεμίζει τα κοιλάματά της. Ο πρόσθετος αυτός αέρας μπαίνοντας στη γη συμπιέζεται έντονα προκαλώντας εδαφικές δονήσεις και τους θορύβους που ακούγονται όταν γίνεται ένας σεισμός. Επίσης υποστήριζε ότι ο συμπιεσμένος αέρας δημιουργεί ρωγμές (ρήγματα) στην επιφάνεια της γης προκαλώντας εκτεταμένες καταστροφές.

Ο Καλλισθένης πίστευε ότι ο αέρας μπαίνει μέσα στη γη από κρυφές πηγές που βρίσκονται κάτω από τη θάλασσα και όταν το νερό αυτής εμποδίζει την έξοδο του ο αέρας στριφογυρίζει και διαταράσσει τη γη. Έτσι εξηγούσε την μεγάλη επίδραση των σεισμών σε παραθαλάσσιες περιοχές.

Ο Ποσειδώνιος είναι ο πρώτος που επεσήμανε τις σεισμικές ζώνες και έκανε παρατηρήσεις επί των σεισμών και τα φαινόμενα που τους συνοδεύουν. Εγκατεστημένος στη Ρόδο μελέτησε την σεισμική συμπεριφορά του νησιού και περιέγραψε την συντριβή του Κολοσσού από σεισμό το 227 π.χ. Σήμερα εκτιμάται ότι ο σεισμός εκείνος είχε μέγεθος 7.5 βαθμούς της κλίμακας Ρίχτερ.

Ιδιαίτερη μνεία γίνεται στον Αριστοτέλη που οι θεωρίες του βασίστηκαν σε παρατηρήσεις και ίσχυαν μέχρι τα μέσα του 16ου αιώνα μ.Χ. όταν άρχισε η επιστημονική επανάσταση.

Ο Αριστοτέλης απέδιδε τους σεισμούς όσο και τα θαλάσσια κύματα που προκαλούνται από αυτούς, στον άνεμο. Αναφέρει πως όταν επικρατεί άπνοια και ο άνεμος φυσάει προς το εσωτερικό της γης προκαλείται το θαλάσσιο κύμα και ο σεισμός.

Ξεχώρισε τους σεισμούς σε αυτούς που φουσκώνει η επιφάνεια της Γης και μετά πέφτει (σφυγγός), στους σεισμούς με κάθετες και οξυκόρυφες ωθήσεις (επικλίνται), τους σεισμούς που δημιουργούν χάσματα (χασματίες) και τους ρήκτες που προκαλούν ρωγμές και κατολισθήσεις. Ονόμασε μυκητία τον σεισμό που εκδηλώνεται με υπόκωφη βοή. Πρώτος αυτός διατύπωσε την άποψη ότι ανάλογα φαινόμενα προκαλούνται και στη θάλασσα, προκαλώντας τρικυμίες, δίνες, υψηλά κύματα προς την ακτή, κτλ.

Οι πρώτες παρατηρήσεις επί των σεισμών που έγιναν μέχρι τα μισά του 16ου αιώνα βασίζονταν στη περιγραφή των επιπτώσεων σε έναν τόπο. Σε αυτό που αποκαλούμε αισθητότητα δεν υπήρχε τρόπος να υπολογισθεί το επίκεντρο και το μέγεθος.

Η πρώτη προσπάθεια για κατασκευή μηχανήματος καταγραφής των σεισμών έγινε από τον κινέζο φιλόσοφο **Zhang Heng** .

Η περίοδος 1845-1928 θεωρείται η περίοδος που γεννήθηκε η επιστήμη της σεισμολογίας, όπου κατασκευάστηκαν οι πρώτοι σειсмоγράφοι, έγινε η πρώτη αναγραφή μακρινού σεισμού, υπήρξαν οι πρώτες ενδείξεις για υποθαλάσσιους σεισμούς, έγινε η διατύπωση της γένεσης σεισμών βάθους και η διατύπωση της πρώτης κλίμακας μακροσεισμικών εντάσεων καθώς και η κατάταξη σεισμών σύμφωνα με τον τρόπο γένεσής τους.

Δύο ήταν οι κυριότεροι σταθμοί στη σεισμολογία:

- 1) Η κατασκευή των σειсмоγράφων και
- 2) Η επινόηση της κλίμακας μέτρησης των μεγεθών των σεισμών.

1.3 ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Τρεις τύποι κυμάτων ανιχνεύονται από το σειсмоγράφο: Τα **S**-κύματα, τα **P**-κύματα, τα **L**-κύματα επιφανείας και τα **R**-κύματα ή αλλιώς Πρωτεύοντα, Δευτερεύοντα κύματα και Επιφανειακά κύματα. Το καθένα κινείται με διαφορετικές ταχύτητες και προκαλεί διαφορετικό τρόπο ταλάντωσης του εδάφους.

Τα κύματα P και S ταξιδεύουν στο εσωτερικό της γης, ενώ το L-κύμα κινείται μόνο μέσα στην ασθενόσφαιρα. Η κίνηση των σωματιδίων στο P-κύμα είναι διαμήκης, όπως αυτή του

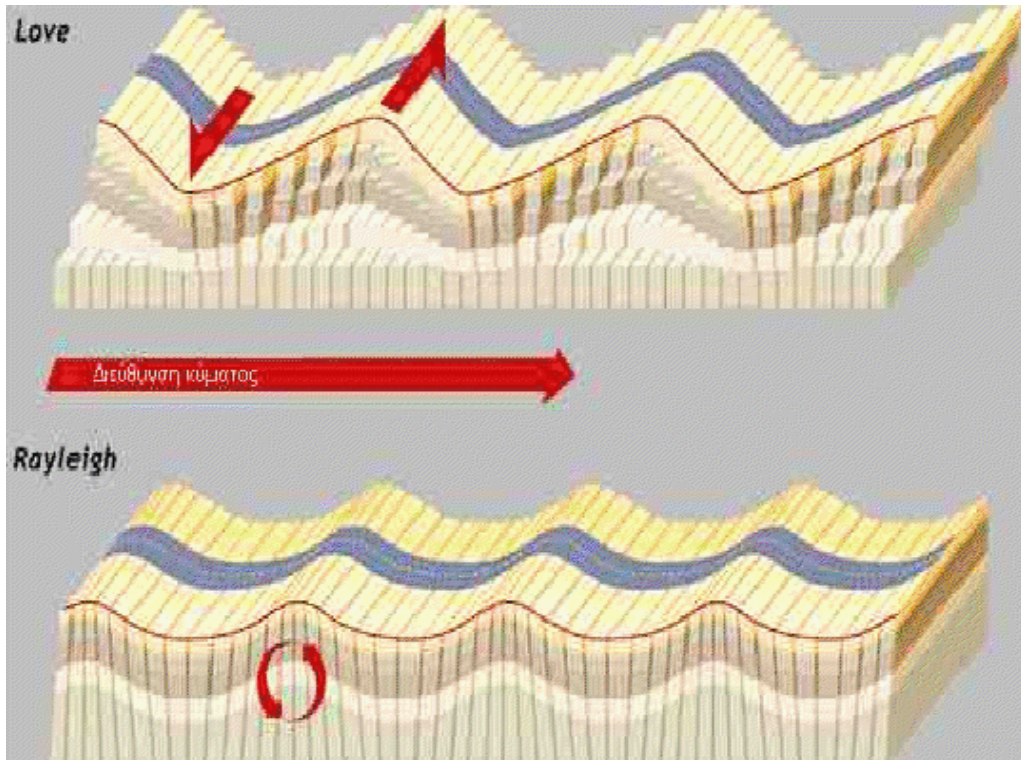
ηχητικού κύματος, προς την κατεύθυνση της διάδοσης. Τα R ή αλλιώς SH κύματα είναι επιφανειακά.

Η κίνηση των σωματιδίων στα S-κύματα είναι εγκάρσια (Εικ. 1.γ.), κάθετη προς την κατεύθυνση διάδοσης. Είναι πιο αργά αλλά πιο ισχυρά και καταστρεπτικά από τα επιμήκη κύματα. Χαρακτηρίζονται ως κύματα χώρου και διαδίδονται προς κάθε κατεύθυνση τόσο στα επιφανειακά στρώματα όσο και στον πυρήνα. Κατά τη διάδοση των εγκάρσιων κυμάτων τα υλικά σημεία του πετρώματος ταλαντώνονται κάθετα προς τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος προκαλώντας μεταβολή στο σχήμα του πετρώματος. Τα S-κύματα επιφέρουν την ισχυρή μετακίνηση του εδάφους, χαρακτηριστική των μεγάλων σεισμών.

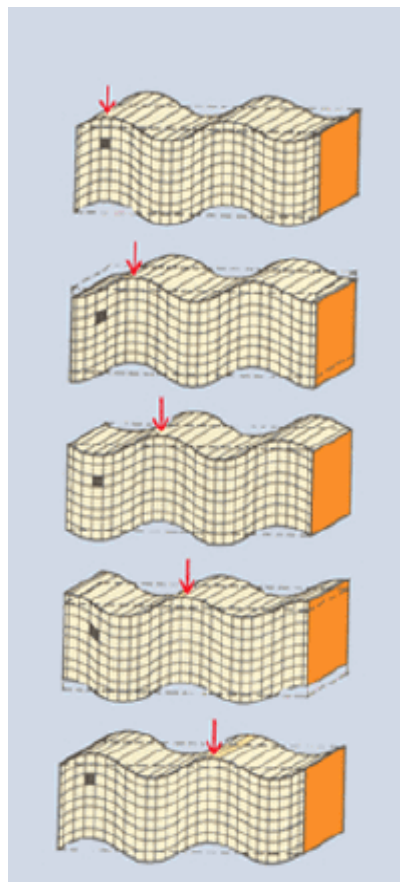
Τα P-κύματα ή ηχητικά κύματα (Εικ. 1.δ.) είναι διαμήκη κύματα που διατρέχουν όλη τη γη. Είναι από τα γρηγορότερα είδη σεισμικών κυμάτων και μπορούν να κινηθούν μέσω των συμπαγών πετρών της γης αλλά και των υγρών, όπως το νερό και τα υγρά στρώματα της γης. Ωθούν και τραβούν τα πετρώματα που κινούνται όπως ακριβώς τα ηχητικά κύματα που ωθούν και τραβούν τον αέρα.

Τα (Love) L-κύματα(επιφανειακά) , (Εικ. 1.β.) αν και είναι αρκετά πιο αργά από τα κύματα χώρου είναι τα γρηγορότερα από τα επιφανειακά κύματα και κινούν το έδαφος οριζόντια. Δημιουργούν μετακινήσεις πλευρικές της επιφάνειας του εδάφους. Αν και ταξιδεύουν αργά από τη σεισμική περιοχή είναι πολύ καταστρεπτικά και συχνότερα υπεύθυνα για την κατάρρευση κτηρίων κατά τη διάρκεια ενός σεισμού.

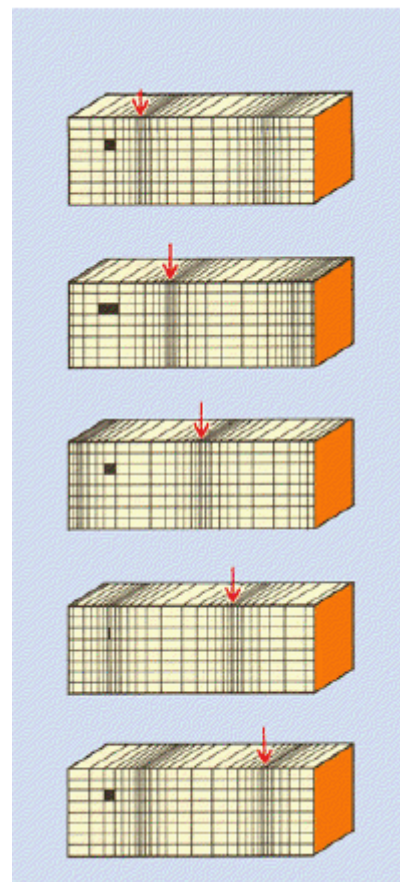
Τα R-κύματα (επιφανειακά), (Εικ. 1.β.) προέρχονται από συμβολή πολλαπλά ανακλώμενων P και SV κυμάτων. Τα κύματα αυτά οφείλονται στην παγίδευση των ανακλάσεων τους, ιδιαίτερα στις υψηλές συχνότητες, στα επιφανειακά στρώματα γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία διαφορετικών τρόπων διάδοσης. Είναι τα πιο αργά κύματα από όλα και με κάποιους τρόπους τα πιο περίπλοκα. Μετακινούν το έδαφος με τον ίδιο τρόπο που κάνει ένα θαλάσσιο κύμα, μετακινώντας τα επιφανειακά νερά. Επειδή κυλά, κινεί το έδαφος πάνω-κάτω, δεξιά-αριστερά, στην ίδια κατεύθυνση που το κύμα κινείται. Το μεγαλύτερο μέρος του τινάγματος που γίνεται αισθητό από ένα σεισμό οφείλεται στα κύματα Rayleigh ,τα οποία μπορεί να είναι μεγαλύτερα από τους άλλους τύπους σεισμικών κυμάτων .



Εικ. 1.β. Επιφανειακά κύματα



Εικ. 1.γ. Εγκάρσιο κύμα



Εικ. 1.δ. Διαμήκες κύμα

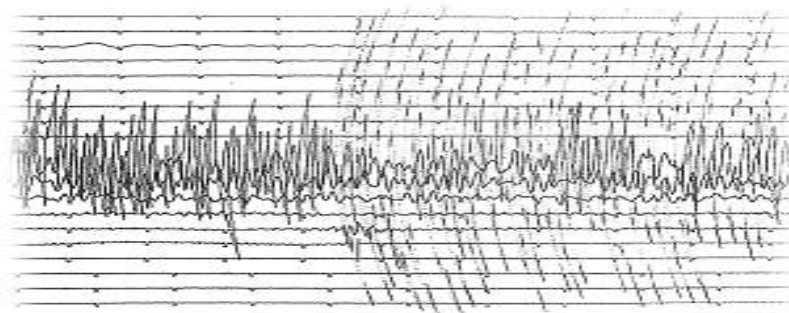
1.4 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΕΙΣΜΩΝ

Ανάλογα με τα αίτια που τους προκαλούν οι σεισμοί χωρίζονται σε **ηφαιστειογενείς** οι οποίοι εκδηλώνονται σε περιοχές που βρίσκονται ενεργά ηφαιστεια κυρίως πριν και μετά από τις ηφαιστειακές εκρήξεις, σε **εγκατακρημνισιογενείς** οι οποίοι εκδηλώνονται όταν καταρρέουν οροφές σπηλαίων που έχουν δημιουργηθεί από την υπόγεια ροή του νερού και είναι σεισμοί με μικρή καταστρεπτική ενέργεια και σε **τεκτονικούς** οι οποίοι λέγονται έτσι επειδή έχουν κάποια σχέση με την τεκτονική κατασκευή της περιοχής. Προκαλούνται από δυνάμεις που ξεπερνούν τα όρια της αντοχής των πετρωμάτων, με αποτέλεσμα να παραμορφωθούν τα στρώματα των πετρωμάτων.

Στον ελληνικό χώρο υπάρχουν πολλές εστίες σεισμού, εξαιτίας του μεγάλου κατακερματισμού. Οι περισσότεροι σεισμοί της Ελλάδας είναι τεκτονικοί.

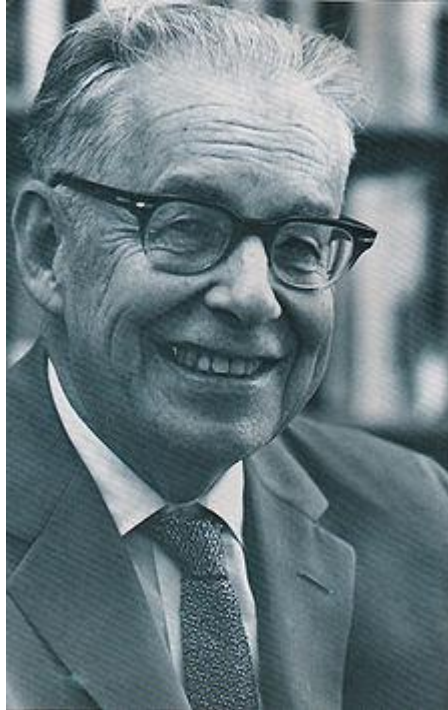
1.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΕΙΣΜΩΝ

Τα όργανα καταγραφής των σεισμικών δονήσεων είναι τα σειμοσκόπια, οι σειμογράφοι, και τα σεισμόμετρα. Η λειτουργία του σειμογράφου βασίζεται στον νόμο της αδράνειας. Η σεισμική δόνηση μεταβάλλει την δυνητική ενέργεια του μετρητή. Η καταγραμμένη μεταβολή ονομάζεται **σεισμόγραμμα** ή **σειμογράφημα**. (εικ. 1.ε.)



Εικ. 1.ε. Σειμογράφημα

Η ύπαρξη σειμογραμμάτων έδωσε την δυνατότητα στον **Richter** ,γνωστό και ως πατέρα της σεισμολογίας, να ορίσει την ομώνυμη κλίμακα δώδεκα βαθμών (1935) κι έτσι δίνεται η δυνατότητα να περάσουμε από την ποιοτική σεισμικότητα στην ποσοτική που υπερέχει έναντι της πρώτης.(εικ.1.στ).



Εικ.1.στ. Ο Τσαρλς Ρίχτερ-(Charles Richter)

Η κλίμακα αυτή, που φέρει προς τιμή το όνομα του Richter, επινοήθηκε αρχικά για την μέτρηση τοπικών σεισμών. Λόγω όμως της πρωτοτυπίας της, ορίστηκε διεθνώς ως κλίμακα αναφοράς των σεισμών.

Μετά την διεθνή καθιέρωση της κλίμακας, οι ίδιοι οι δημιουργοί της την βελτίωσαν, ώστε να εξαλειφθούν οι περιορισμοί τόσο της απόστασης όσο και των τύπων των εν χρήσει σειсмоγράφων. Δημιουργήθηκαν επίσης και νομογράμματα, με βάση τα οποία μπορεί να εξαχθεί απευθείας το μέγεθος ενός σεισμού με βάση ορισμένα χαρακτηριστικά του, όπως η χρονική διάρκεια και το πλάτος των δευτερευόντων σεισμικών κυμάτων.

Μια εμπειρική αντίληψη του βαθμού «1» της κλίμακας είναι η δόνηση που παράγεται από τη διέλευση ενός τρένου ή ενός ερπυστριοφόρου άρματος (σε άσφαλτο) με μέση ταχύτητα, ενώ βαθμός «2» είναι η δόνηση που αντιλαμβάνονται οι θεατές (παρέλασης) από διέλευση ίλης αρμάτων.

Παρά τα παραπάνω, στη σύγχρονη πρακτική χρησιμοποιείται ένα πιο σωστά θεμελιωμένο μέτρο για το μέγεθος του σεισμού, η σεισμική ροπή, που παρέχει πολύ πιο ομοιόμορφη κλίμακα για το σεισμικό γεγονός.

Τέλος, η κλίμακα Richter δεν θα πρέπει να συγχέεται με την δωδεκαβάθμια κλίμακα Mercalli που προσδιορίζει όχι το μέγεθος, αλλά την ένταση του σεισμικού φαινομένου.

Για να υπάρχει κάποιο μέτρο σύγκρισης των σεισμών δημιουργήθηκε η ανάγκη υπολογισμού μίας ποσότητας που να τους χαρακτηρίζει. Έτσι ορίστηκε το μέγεθος (M) του σεισμού που είναι το μέτρο της ενέργειας που εκλύεται από την εστία κατά τη διάρκεια της σεισμικής δόνησης. Το μέγεθος προσδιορίζεται με μετρήσεις διαφόρων παραμέτρων των σεισμικών κυμάτων όπως το πλάτος, η περίοδος και η διάρκεια.

Για τον υπολογισμό του μεγέθους των σεισμών επινοήθηκαν διάφορες κλίμακες. Οι πιο γνωστές είναι: η κλίμακα τοπικού μεγέθους M_L (κλίμακα Richter - το όνομά της το πήρε από τον Ch. Richter το 1935) και η κλίμακα επιφανειακού μεγέθους M_S ενώ υπάρχουν και οι κλίμακες: χωρικού μεγέθους m_b , μεγέθους διάρκειας M_T , μεγέθους σεισμικής ροπής M_W . Στην Ελλάδα, συνήθως, οι αναφορές στο μέγεθος γίνονται σε M_S .

Μία άλλη ποσότητα που αποτελεί μέτρο των μακροσεισμικών αποτελεσμάτων και πιο συγκεκριμένα μέτρο των βλαβών της σεισμικής δόνησης στους ανθρώπους και στις τεχνικές κατασκευές, είναι η ένταση του σεισμού.

Οι σεισμοί που προκαλούν βλάβες έχουν τις περισσότερες φορές μέγεθος μεγαλύτερο από 5 βαθμούς της κλίμακας Richter. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι οι επιπτώσεις ενός σεισμού στους ανθρώπους και στις κατασκευές (βλάβες ή μη βλάβες) εξαρτώνται εκτός από το μέγεθος και από άλλους παράγοντες όπως το βάθος της εστίας, τη θέση του επικέντρου, την κατασκευή, το έδαφος θεμελίωσης της κατασκευής, τη γειτνίαση με ενεργά ρήγματα κ.λ.π..

1.6 ΜΕΓΕΘΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΚΑ RICHTER

- Μεγάλος: 8+ R
 - Μεγάλες απώλειες ανθρώπινων ζώων και μεγάλες καταστροφές.
- Σημαντικός: 7R - 7,9R
 - Σοβαρότατες ζημιές και πέραν των 100 χλμ.
- Ισχυρός: 6R - 6,9R
 - Σοβαρές ζημιές εντός 100 τετραγωνικών χλμ.
- Μέτριος: 5R - 5,9R
 - Ζημιές συνήθως εντός 10 τετραγωνικών χλμ.
- Ασθενής: 4R - 4,9R
 - Αισθητοί, με ελαφρές συνήθως ζημιές γύρω από το επίκεντρο.
- Ασήμαντος: 3R - 3,9R
 - Αισθητοί, χωρίς ζημιές.
- Μικρός: < 3R
 - Σχεδόν πάντα μη αισθητοί.

1.7 ΒΑΘΜΟΙ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ MERCALLI

- 1.Γράφεται μόνο από τα σεισμικά όργανα.
- 2.Αισθητός σε μερικούς σε ησυχία στους ψηλότερους ορόφους.
- 3.Αισθητός από λίγους στα σπίτια.
- 4.Αισθητός από πολλούς στα σπίτια, από μερικούς στο ύπαιθρο. Ξύπνημα λίγων. Φυγή λίγων στο ύπαιθρο. Κρότος παραθύρων, χτύπος στις πόρτες.
- 5.Αισθητός από όλους στα σπίτια και στο ύπαιθρο. Φυγή πολυάριθμων στο ύπαιθρο. Αιώρηση ελεύθερα κρεμασμένων αντικειμένων. Ήχηση κουδουνιών ρολογιών. Ανατροπή μερικών μικρών αντικειμένων.
- 6.Ήχηση μικρών καμπάνων. Ανατροπή πολυάριθμων μεγάλων αντικειμένων. Πτώση λίγων κεραμιδιών, καπνοδόχων. Βλάβες λίγες, ελαφρές.
- 7.Ήχηση μεγάλων καμπάνων. Πτώση πολυάριθμων κεραμιδιών, καπνοδόχων. Βλάβες μέτριες, πολλές. Μερική καταστροφή λίγων οικοδομών.
- 8.Μερική καταστροφή σε ποσοστό μεγαλύτερο του 25% του ολικού αριθμού των κανονικών οικοδομών.
- 9.Μερική καταστροφή σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% του ολικού αριθμού των κανονικών οικοδομών. Ολική καταστροφή σε ποσοστό μεγαλύτερο του 25% του ολικού αριθμού των κτηρίων.
- 10.Μερική καταστροφή όλων των κανονικών οικοδομών.
Ολική καταστροφή σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% του ολικού αριθμού των κτηρίων.
- 11.Ολική κατάρρευση των κτηρίων
- 12.Κατάρρευση όλων των οικοδομών μέχρι τα θεμέλια.

1.8 ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΣΕΙΣΜΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

• Ρήγματα

Το ρήγμα αποτελεί μία διάρρηξη (σπάσιμο) στο φλοιό της Γης, κατά μήκος της οποίας μπορεί να αναγνωρισθεί κίνηση των εκατέρωθεν τεμαχίων. Υπάρχουν τρία είδη ρηγμάτων:

- ✓ κανονικά ρήγματα
- ✓ ανάστροφα ρήγματα και
- ✓ ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης.

• Ενεργά ρήγματα

Υπάρχουν πολλοί ορισμοί για τα ενεργά ρήγματα. Ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος ορισμός είναι: ενεργό ρήγμα είναι εκείνο το οποίο έχει προκαλέσει τουλάχιστον ένα σεισμό κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δέκα χιλιάδων χρόνων.

• Ένταση

Ένταση είναι η έκταση των καταστροφών που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, και μετριέται με βάση την τροποποιημένη κλίμακα Mercalli, η οποία κυμαίνεται από το 0 έως το 12. Η ένταση ενός σεισμού σε μία συγκεκριμένη θέση αποτελεί μία μέτρηση της βίαιης κίνησης του εδάφους που δημιουργείται κατά τη διάρκεια ενός σεισμού. Η ένταση καθορίζεται από τις επιπτώσεις της δόνησης στους ανθρώπους, στα κτήρια, στις γεωλογικές δομές κ.α. Αντίθετα με το μέγεθος του σεισμού το οποίο έχει μία μοναδική τιμή για ένα συγκεκριμένο σεισμό, η ένταση του σεισμού σε μία θέση εξαρτάται από την απόσταση αυτής της θέσης από το επίκεντρο του σεισμού, το βάθος της εστίας, τις παρεμβαλλόμενες τοπικές δομές και το είδος της κίνησης που προκαλείται από τη δραστηριοποίηση του ρήγματος κατά τη διάρκεια ενός σεισμού.

- **Εστία**

Η πηγή ενός σεισμού κατανέμεται γύρω από ένα σημείο από το οποίο τα σεισμικά κύματα φαίνεται να ξεκινούν το "ταξίδι τους". Αυτό το σημείο ονομάζεται "εστία" και συνήθως αποτελεί το σημείο από το οποίο ξεκίνησε η διάρρηξη στο ρήγμα. Η θέση της εστίας είναι γνωστή και ως "υπόκεντρο" και η προβολή της εστίας στην επιφάνεια της γης, αποτελεί το "επίκεντρο" του σεισμού.

- **Ηφαίστειο (Volcano)**

Είναι ένα φυσικό σύστημα δια μέσω του οποίου μεταφέρονται από το εσωτερικό της γης στην επιφάνεια στερεά, υγρά και αέρια υλικά.

- **Ηφαιστειογενείς Σεισμοί (Volcanic earthquakes)**

Είναι οι σεισμοί που είτε προηγούνται είτε συνοδεύουν την ηφαιστειακή δραστηριότητα. Το 7% του συνόλου των σεισμών σε παγκόσμιο επίπεδο είναι ηφαιστειογενείς.

- **Λιθόσφαιρα (Lithosphère)**

Είναι το εξωτερικό, σκληρό και δύσκαμπτο στρώμα της Γης που δεν είναι ενιαίο. Έχει μέσο πάχος 80km περίπου. Αποτελείται από το φλοιό και τμήμα από τον ανώτερο μανδύα.

- **Λιθοσφαιρική ή Τεκτονική Πλάκα (Tectonic Plate)**

Είναι τα μεγάλα και μικρά κομμάτια στα οποία είναι χωρισμένη η λιθόσφαιρα. Τα κομμάτια αυτά ολισθαίνουν πάνω στο παχύρρευστο υλικό της ασθενόσφαιρας λόγω θερμικών ρευμάτων μεταφοράς. Ο τεμαχισμένος φλοιός της γης σε 7 μεγάλες λιθοσφαιρικές πλάκες και κάποιες μικρές είναι μοναδικό γνώρισμα του πλανήτη μας.

- **Μάγμα (Magma)**

Φυσικό τήγμα το οποίο υπάρχει μέσα στη Γη σε διάφορα βάθη. Ποικίλει ως προς τη σύστασή του από βασικό, ενδιάμεσο έως όξινο όσο περισσότερο διοξείδιο του πυριτίου SiO₂ (silica) περιέχει. Το μάγμα όταν εκχυθεί στην επιφάνεια της γης λέγεται λάβα.

- **Μανδύας (Mantle)**

Είναι το στρώμα της Γης μεταξύ του στερεού φλοιού και του πυρήνα με πάχος 2.900km. Αποτελείται από πυριτικά άλατα μεγάλης πυκνότητας. Η επιφάνεια που χωρίζει το φλοιό από τον μανδύα, είναι γνωστή ως ασυνέχεια Mohorovicic. Η επιφάνεια που χωρίζει τον μανδύα από τον πυρήνα, είναι γνωστή ως ασυνέχεια Gutenberg. Διαχωρίζεται με την ασυνέχεια Repetti στον εξωτερικό μανδύα (πάχος 900 km) και στον εσωτερικό μανδύα (πάχος 2000km).

- **Φλοιός (Crust)**

Είναι το στερεό, εξωτερικό περίβλημα της Γης το οποίο βρίσκεται πάνω από τον μανδύα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΓΗΣ

2.1 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΤΗΣ ΓΗΣ

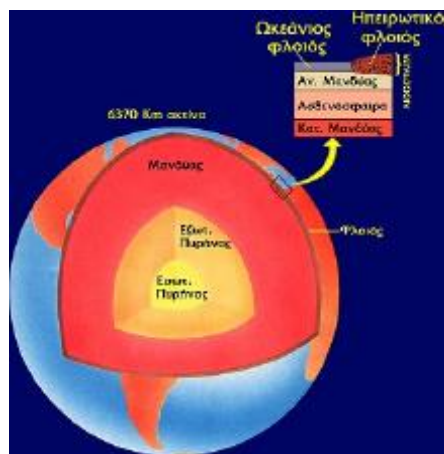
Η Γη αποτελείται από τρία διαφορετικά στρώματα το φλοιό, το μανδύα και τον πυρήνα, συνολικού πάχους 6.370km περίπου.

Ο φλοιός είναι το στερεό, εξωτερικό περίβλημα της Γης. Υπάρχουν δύο είδη φλοιού, ο ηπειρωτικός και ο ωκεάνιος. Το μέσο πάχος του ηπειρωτικού είναι περίπου 35km, κάτω όμως από τις μεγάλες οροσειρές μπορεί να φτάσει τα 60 - 70km. Το μέσο πάχος του ωκεάνιου είναι 7km.

Ο μανδύας είναι το αμέσως επόμενο στρώμα και φτάνει μέχρι το βάθος των 2.900km. Η επιφάνεια που χωρίζει το φλοιό από τον μανδύα, είναι γνωστή με το όνομα ασυνέχεια Mohorovicic.

Ως λιθόσφαιρα χαρακτηρίζεται ένα δύσκαμπτο στρώμα, μέσου πάχους 80km περίπου, που αποτελείται από το στερεό φλοιό και μέρος του στερεού ανώτερου μανδύα. Το τμήμα του μανδύα που βρίσκεται κάτω από τη λιθόσφαιρα είναι γνωστό ως ασθενόσφαιρα.

Κάτω από το μανδύα υπάρχει ο πυρήνας που φτάνει έως το κέντρο της γης. Ο πυρήνας διακρίνεται σε εξωτερικό (υγρή /ρευστή κατάσταση) και σε εσωτερικό (στερεή κατάσταση). Χωρίζεται από τον μανδύα με την ασυνέχεια Gutenberg. (εικ. 2. α).

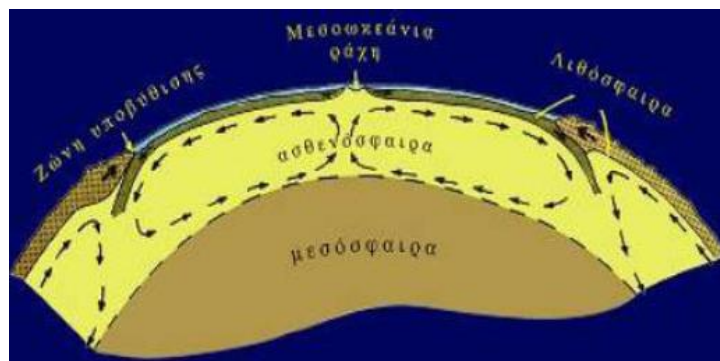


Εικ. 2.α. Δομή του εσωτερικού της γης

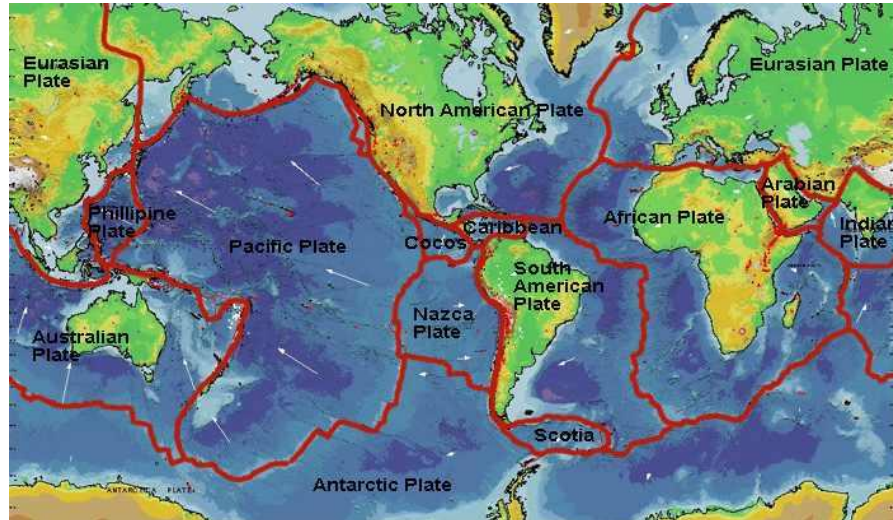
2.2 ΛΙΘΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ

Η λιθόσφαιρα δεν είναι ενιαία αλλά απαρτίζεται από ένα σύνολο μεγάλων και μικρότερων πλακών που ολισθαίνουν πάνω στο υποκείμενο παχύρρευστο μανδουακό υλικό (ασθενόσφαιρα) πραγματοποιώντας σχετικές μεταξύ τους κινήσεις. Οι πλάκες αυτές λέγονται **λιθосφαιρικές πλάκες**. Τα αίτια κίνησής τους πιθανόν να είναι οι οριζόντιες εφαπτομενικές κινήσεις που ασκούνται στον πυθμένα τους από τα θερμικά ρεύματα μεταφοράς τα οποία δημιουργούνται στον ασθενοσφαιρικό μανδύα.

Η θεωρία που ερμηνεύει ικανοποιητικά το σύνολο των γεωλογικών και γεωφυσικών παρατηρήσεων, που σχετίζονται με την ενεργό τεκτονική δράση και κατά συνέπεια και με τη σεισμική δράση, είναι αυτή που περιγράφει την κίνηση των λιθосφαιρικών πλακών. Οι λιθосφαιρικές πλάκες αλλού αποκλίνουν, αλλού συγκλίνουν και αλλού η μία κινείται παράλληλα και εφαπτομενικά σε σχέση με τη διπλανή της. Στις περιοχές που αποκλίνουν οι λιθосφαιρικές πλάκες (μεσοωκεάνιες ράχεις) θερμό ασθενοσφαιρικό υλικό βγαίνει στην επιφάνεια, ψύχεται, στερεοποιείται και οδηγεί έτσι στη δημιουργία νέας λιθόσφαιρας κατά μήκος των δύο πλευρών των ράχων (π.χ. μεσοωκεάνια ράχη Ατλαντικού ωκεανού, απομάκρυνση Αμερικανικής - Αφρικανικής πλάκας), (εικ. 2.β., 2.γ.).

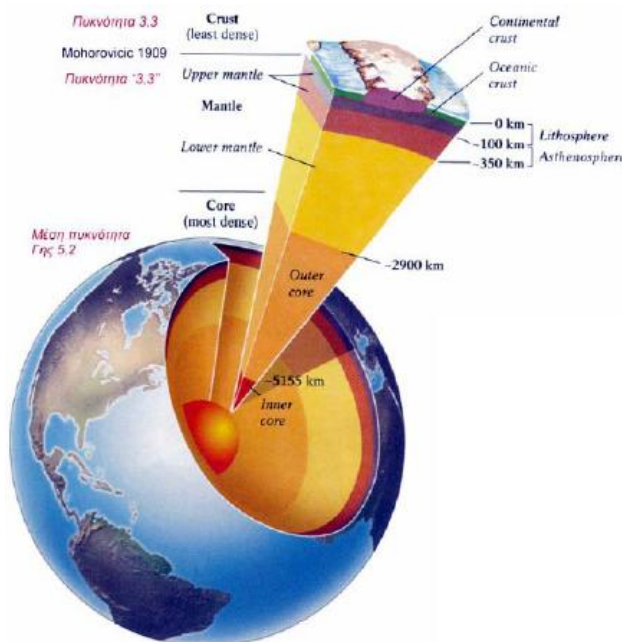


Εικ. 2.β . Κίνηση λιθосφαιρικών πλακών

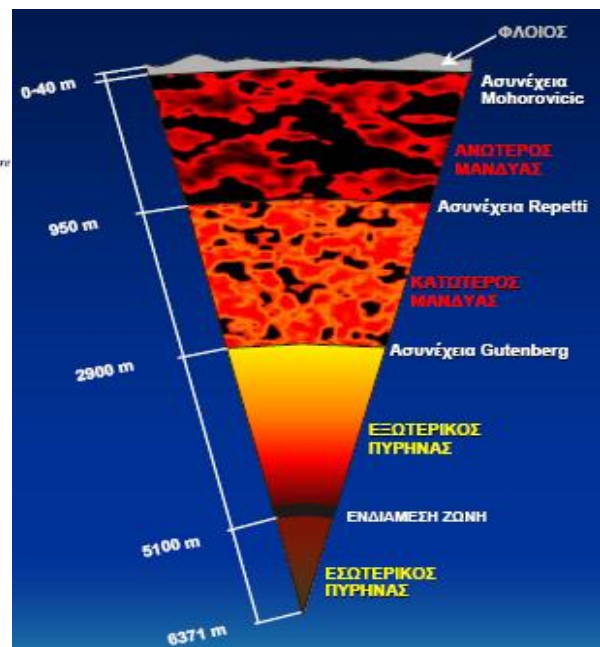


Εικ. 2.γ. Κίνηση λιθσφαιρικών πλακών

Η γήινη σφαίρα αποτελείται από ομόκεντρα στρώματα διαφορετικού πάχους, σύστασης και πυκνότητας. Η μεγεθυμένη τομή του εσωτερικού της Γης, αποκαλύπτει το λεπτό πάχος του φλοιού, το μανδύα και τον πυρήνα, που αποτελούνται από δύο επιμέρους τμήματα (άνωτερος και κατώτερος μανδύας και εξωτερικός και εσωτερικός πυρήνας) (εικ. 2.δ., 2.ε.).



Εικ. 2.δ .

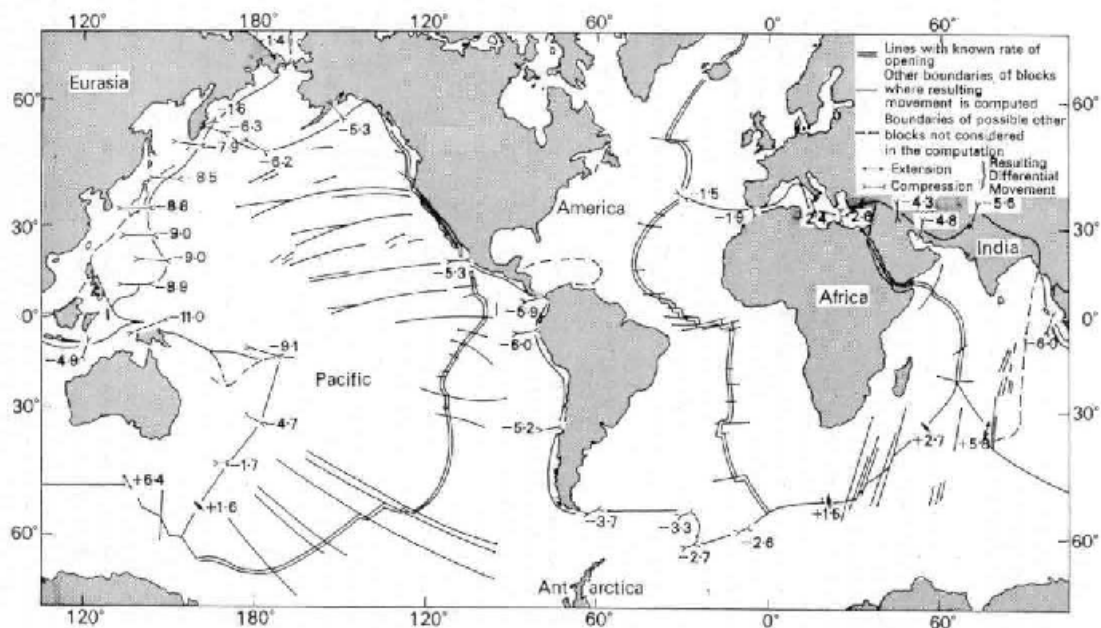


Εικ. 2.ε.

Ένα απλοποιημένο μοντέλο της δομής του εσωτερικού της Γης.

2.2.1 ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΛΙΘΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΡΡΗΞΗΣ

Για την εξήγηση της χωρικής κατανομής των μεγάλων σεισμών έχουν χρησιμοποιηθεί βαρύτερες γεωφυσικές μέθοδοι, ώστε να δειχθεί ότι οι μεγάλοι σεισμοί είναι δυνατόν να λάβουν χώρα μόνο σε στενές ρηξιγενείς τεκτονικές ζώνες, οι οποίες υπολογίζονται με καθαρά αναλυτικές γεωφυσικές μεθόδους.(εικ.2.στ.).



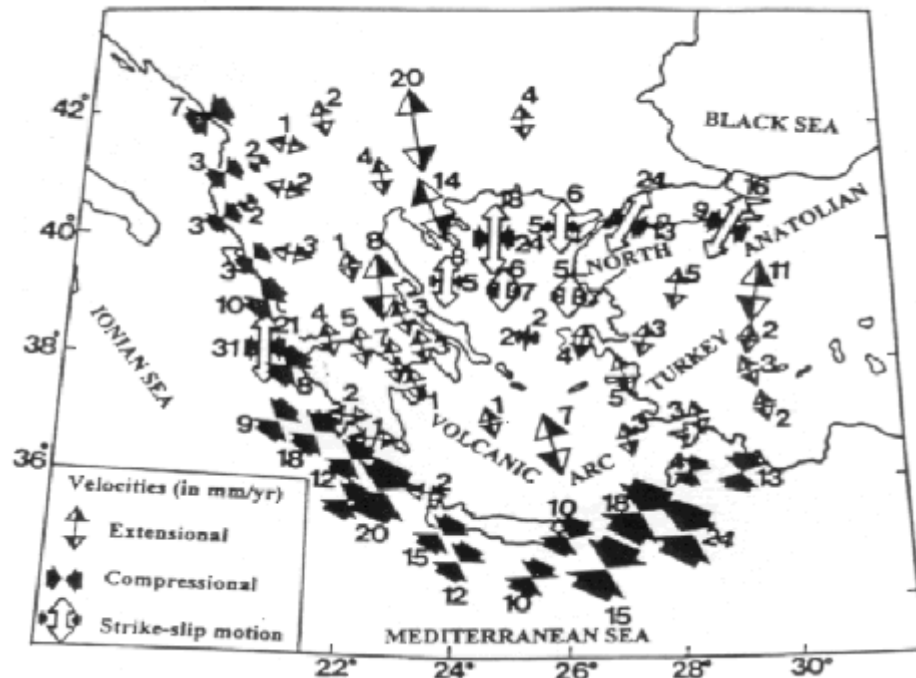
Εικ.2.στ. Λιθωσφαιρικές πλάκες στην επιφάνεια της γης.

2.2.2 ΛΙΘΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ McKenzie (1972, 1978) ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ

Καθώς όλες αυτές οι πλάκες ευρίσκονται σε διαρκή κίνηση λόγω των δυνάμεων που εξασκούνται από τις περιβάλλουσες μεγαλύτερες λιθωσφαιρικές πλάκες, δημιουργούνται εφελκυστικές ή συμπιεστικές ζώνες διάρρηξης. Ο Β.Παπαζάχος-V.Papazachos, ο Έλληνας σεισμολόγος, το 1996 μελέτησε την κινηματική των πλακών αυτών του Ελληνικού χώρου και την παρουσίασε στο επόμενο σχήμα.

Είναι αντιληπτό ότι μεγάλα σεισμικά γεγονότα αναμένεται να συμβούν στις περιοχές εκείνες όπου υπάρχει μεγάλη τεκτονική δραστηριότητα. Με αυτό το αιτιολογικό ο επόμενος

χάρτης δίνει μία γενική εικόνα της χωρικής κατανομής της μελλοντικής σεισμικής δραστηριότητας στον Ελληνικό χώρο.(εικ.2.ζ.)



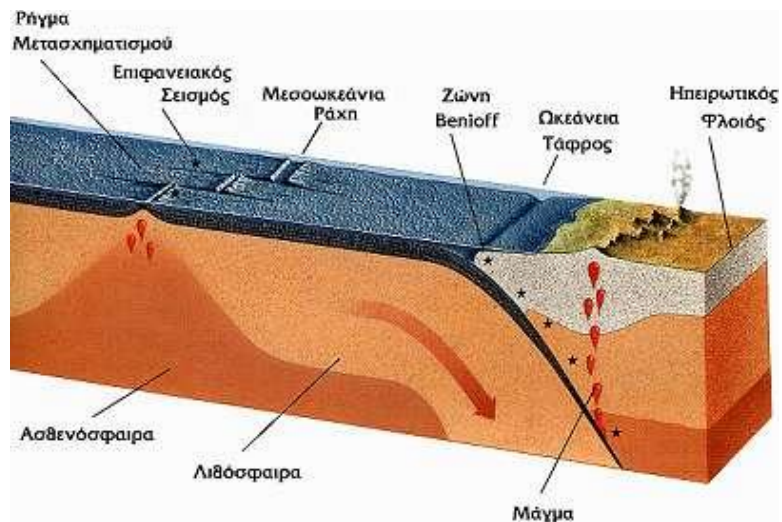
Εικ.2.ζ. Η κινηματική των λιθοσφαιρικών πλακών του Ελληνικού χώρου (Parazachos 1996).

2.3 ΡΗΓΜΑΤΑ

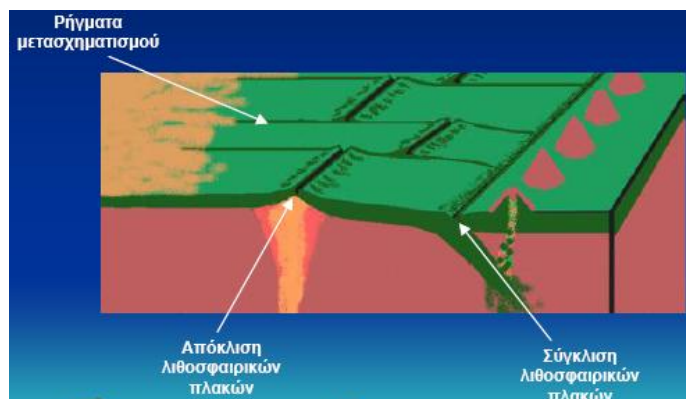
Τα αίτια κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών πιθανόν να είναι οι οριζόντιες εφαπτομενικές κινήσεις που ασκούνται στον πυθμένα τους από τα θερμικά ρεύματα μεταφοράς, τα οποία δημιουργούνται στον ασθenoσφαιρικό μανδύα.

Στις περιοχές που ολισθαίνουν οριζόντια η μία πλάκα σε σχέση με την άλλη, η κίνηση γίνεται κατά μήκος κατακόρυφων ρηγμάτων μετασχηματισμού.

Στην περίπτωση της σύγκλισης των πλακών η πυκνότερη από τις δύο βυθίζεται κάτω από την άλλη μέχρις ότου λιώσει η πρώτη μέσα στο θερμό μανδύακό υλικό κι έτσι καταστρέφεται λιθοσφαιρικό υλικό. Η δημιουργία νέου ωκεάνιου φλοιού στις μεσοωκεάνιες ράχεις αντισταθμίζεται λοιπόν με την καταστροφή αντίστοιχης ποσότητας στις περιοχές σύγκλισης πλακών, οπότε η συνολική επιφάνεια της Γης παραμένει σταθερή (εικ. 2.η., 2.θ.).



Εικ. 2.η. Κίνηση λιθосφαιρικών πλακών



Εικ. 2.θ. Ρήγματα μετασχηματισμού

Αποτέλεσμα της σχετικής κίνησης των λιθосφαιρικών πλακών είναι η αργή παραμόρφωση των πετρωμάτων στις παρυφές τους. Για το λόγο αυτό, στα πετρώματα που βρίσκονται κοντά στις περιοχές αυτές συσσωρεύονται τεράστια ποσά δυναμικής ενέργειας (ενέργεια ελαστικής παραμόρφωσης πετρωμάτων), και αναπτύσσονται μεγάλες τάσεις που συνεχώς αυξάνουν. Όταν οι τάσεις αυξηθούν τόσο πολύ, ώστε να υπερβούν το όριο αντοχής του λιθосφαιρικού υλικού στο σημείο αυτό επέρχεται θραύση. Ταυτόχρονα πραγματοποιείται απότομη σχετική κίνηση των δύο τμημάτων που έχουν προκύψει κατά μία επιφάνεια έως ότου ισοροπήσουν σε νέες θέσεις. Η επιφάνεια αυτή είναι το **σεισμικό ρήγμα**.

Τη χρονική στιγμή που γίνεται η διάρρηξη του ρήγματος παράγονται τα πρώτα κύματα του σεισμού και προχωρούν πάνω στο ρήγμα προς ορισμένη κατεύθυνση και με ορισμένη ταχύτητα, μέχρις ότου θα σταματήσουν.

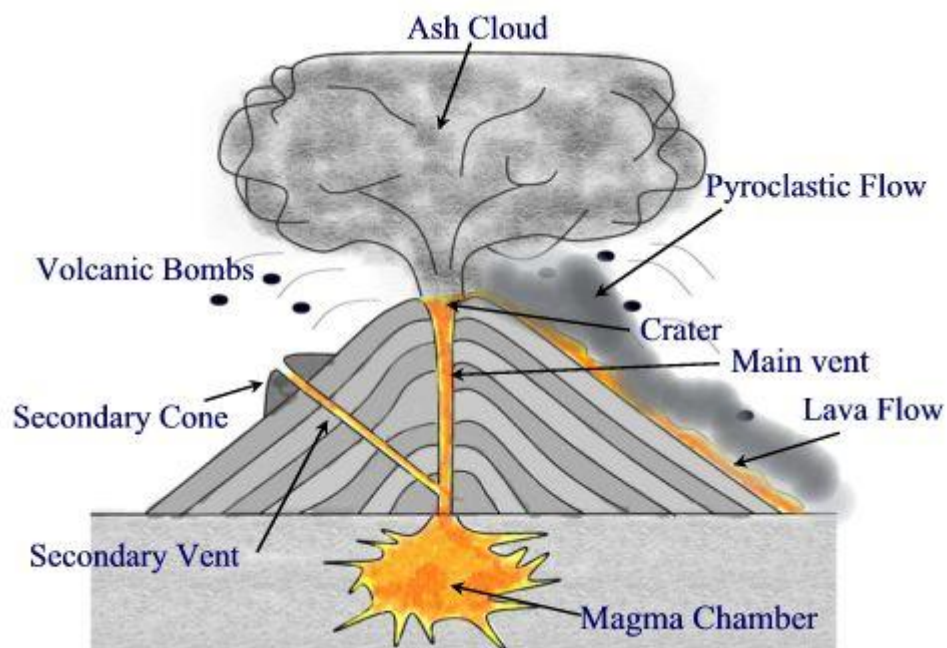
Το σημείο όπου αρχίζει η διάρρηξη, λέγεται εστία του σεισμού, ενώ το σημείο της επιφάνειας της Γης ακριβώς λέγεται **μικροσεισμικό επίκεντρο** του σεισμού.

Η απόσταση μεταξύ του επικέντρου και της εστίας του σεισμού λέγεται **εστιακό βάθος** του σεισμού. Εστίες σεισμών βρίσκονται μέχρι το βάθος των 720 χιλιομέτρων μέσα στη Γη.

Όταν οι σεισμοί έχουν εστιακά βάθη μέχρι 60 χιλιόμετρα ($h < 300$ km) λέγονται **επιφανειακοί ή κανονικοί** σεισμοί, όταν έχουν εστιακά βάθη από 60 μέχρι 300 χιλιόμετρα ($60 \text{ km} \leq h < 300 \text{ km}$) λέγονται σεισμοί **ενδιάμεσου βάθους** και όταν έχουν εστιακά βάθη μεγαλύτερα από 300 χιλιόμετρα λέγονται σεισμοί **βάθους** ($h \geq 300 \text{ km}$).

2.4 ΗΦΑΙΣΤΕΙΑ

Ένας από τους πιο καταστρεπτικούς τύπους φυσικών καταστροφών είναι τα ηφαίστεια. Στα περισσότερα μέρη του κόσμου, όπου γίνονται σεισμοί, υπάρχουν και ενεργά ηφαίστεια. 450 ενεργά ηφαίστεια που ξέρουμε στη στεριά και 80 κάτω από τη θάλασσα βρίσκονται στις σεισμογενείς ζώνες. Υπάρχουν όμως 1.500 εν δυνάμει ενεργά ηφαίστεια σε όλο τον κόσμο και περίπου 550 ηφαίστεια έχουν εκραγεί στην επιφάνεια της Γης κατά τη διάρκεια της ιστορίας. Από τα ενεργά, το 60% βρίσκεται στην περίμετρο του Ειρηνικού, το 17% στο κέντρο του, το 14% στο τόξο νότια της Ινδονησίας και το 9% στη Μεσόγειο και την Αφρική.



Εικ. 2.1 . Χαρακτηριστικά μέρη Ηφαιστείου

2.4.1 Η ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΩΝ ΕΚΡΗΞΕΩΝ

Μερικούς μήνες πριν από την έκρηξη ενός ηφαιστείου, μια σειρά φυσικοχημικά μεγέθη αλλάζουν, προειδοποιώντας με αυτόν τον τρόπο για μια επερχόμενη έκρηξη.

Για παράδειγμα αυξάνεται η σεισμική δραστηριότητα κάτω από το ηφαίστειο, αλλάζει η χημική σύσταση και η θερμοκρασία των θερμών πηγών καθώς και των αερίων που εκλύονται γύρω από αυτό το ηφαίστειο. Επίσης έχουν αναφερθεί και μεταβολές στο τοπογραφικό ανάγλυφο του χώρου και στο γήινο μαγνητικό και βαρυτικό πεδίο της Γης.

Με τη συνεχή ή περιοδική καταγραφή όλων αυτών των μεταβλητών, από δίκτυα παρακολούθησης εγκατεστημένα σε πολλές περιοχές, καταφέρνουν οι επιστήμονες να προβλέψουν τις ηφαιστειακές εκρήξεις.

2.4.2 ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑ

Στην Ελλάδα υπάρχουν 39 ηφαίστεια, με μεγαλύτερα, της Σαντορίνης, της Μήλου, της Νισύρου και των Μεθάνων.

- Σαντορίνη: Έχει τη μεγαλύτερη καλδέρα όλου του κόσμου, με ύψος 300 m και διαμέτρου 11 km.
- Μήλος: Ηφαίστειο Φυριπλάκας, ύψους 220 m και διαμέτρου 1700 m.
- Νίσυρος: Μια από τις μεγαλύτερες καλδέρες στο κόσμο, με ύψος 650 m και διαμέτρου 3000m.
- Μέθανα: Ύψος 417μ. διάμετρος 150μ.

2.5 ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Οι ισχυροί σεισμοί, οι ηφαιστειακές εκρήξεις και οι κατολισθήσεις που γίνονται σε υποθαλάσσιο περιβάλλον συχνά διεγείρουν θαλάσσια κύματα γνωστά διεθνώς με το όνομα τσουνάμι. Στην ελληνική γλώσσα λέγονται και **παλιρροιακά κύματα** ή **θαλάσσια κύματα βαρύτητας** ή και **θαλάσσια σεισμικά κύματα**.

Αυτά τα κύματα όταν φθάνουν στις ακτές μπορεί να πάρουν μεγάλο ύψος και να γίνουν καταστροφικά. Το φαινόμενο των τσουνάμι πλήττει κατά καιρούς ακτογραμμές και της χώρας μας.



Εικ. 2.κ. Τσουνάμι

Πίνακας (Πιν. 2.α.) με σεισμούς στην Ελλάδα και στη γύρω περιοχή από τους οποίους προκλήθηκαν τσουνάμι κατά την Αρχαιότητα και τον Μεσαίωνα :

Ημερομηνία	Μέγεθος	Περιοχή της Τσουναμογόνου πηγής	Θέση της μέγιστης έντασης που παρατηρήθηκε
479π.Χ .	7	Λεκάνη Β. Αιγαίου	Ποτίδαια
426π.Χ .	7	Μαλιακός Κόλπος	Σκάρφεια
373π.Χ.	6,8	Δ. Κορινθιακός	Ελίκη
62μ. Χ .	7,5	Ν. Κρήτης	Λεβήν
121 μ. Χ .	7,2	Θάλασσα Μαρμαρά	Νικομήδεια
142 μ. Χ .	7,5	Α. της Ρόδου	Ρόδος
365 Ιουλ. μ. Χ.	8,3	Α. της Κρήτης	Μεθώνη
556 Αύγ. μ. Χ.	7	Κως	Κως
740 Οκτ. μ. Χ.	7,5	Θάλασσα Μαρμαρά	Κωνσταντινούπολη
1303 Αύγ. μ. Χ.	8	Α. της Ρόδου	Α. Μεσόγειος

Πιν. 2.α.

Το πιο εντυπωσιακό από τα πρόσφατα τσουνάμι προκλήθηκε στις 9 Ιουλίου 1956 από σεισμό μεγέθους 7,5 στα νότια της Αμοργού. Το κύμα έφτασε ως την Αίγυπτο και είχε ύψος 25 μέτρα στην Αμοργό, 20 μέτρα στην Αστυπάλαια και 5 μέτρα στην Κρήτη.

2.6 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΟΗΚΕΣ

Μια μελέτη για τις πιθανές συνδέσεις μεταξύ του κλίματος και της γεωφυσικής τόσο στη Γη όσο και στους παρόμοιους πλανήτες, διαπιστώνει ότι η παρατεταμένη θέρμανση της ατμόσφαιρας μπορεί να διακόψει τη λειτουργία των λιθοσφαιρικών πλακών, και να αναγκάσει το φλοιό ενός πλανήτη να μην αλλάζει θέση. Αυτό θα έχει σαν συνέπεια να μη μετακινούνται οι ήπειροι, τα βουνά να σταματήσουν την ανάπτυξη τους και να μη γίνονται σεισμοί.

Στη Γη, η κίνηση του μάγματος στο μανδύα αναγκάζει τις ηπειρωτικές πλάκες να μετακινούνται στην επιφάνεια, αλλά εάν το μάγμα γίνει πάρα πολύ καυτό και ρευστό θα έχανε αυτή την ικανότητα του.

Ερευνητές προσδιόρισαν ότι μια πολύ καυτή ατμόσφαιρα μπορεί να προκαλέσει το φαινόμενο αυτό, γιατί έτσι επιβραδύνεται η απώλεια θερμότητας από το μανδύα.

Η συμβατική άποψη υποστηρίζει ότι η τεκτονική των πλακών είναι και σταθερή και αυτοδιορθούμενη, αλλά αυτή η άποψη στηρίζεται στην υπόθεση ότι η υπερβολική θερμότητα από το γήινο μανδύα μπορεί να δραπετεύσει με αποτελεσματικό τρόπο, μέσω του φλοιού. Η πίεση που παράγεται από τον μανδύα που ρέει βοηθάει να διατηρείται η κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών, ενώ ο μανδύας μπορεί να γίνει λιγότερο ιξώδης εάν θερμανθεί. Τα νέα συμπεράσματα δείχνουν ότι η παρατεταμένη θέρμανση του φλοιού ενός πλανήτη μέσω της αυξανόμενης ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, μπορεί να θερμάνει το βαθύ εσωτερικό του πλανήτη και να διακοπεί η μετακίνηση των πλακών.

2.7 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΙ

Λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, έχουμε όλο και ταχύτερη αποκοπή των παγετώνων από το έδαφος της Γροιλανδίας. Το γεγονός αυτό, έχει σαν αποτέλεσμα την απότομη πτώση τεράστιων κομματιών πάγου στο έδαφος ή στο βυθό της θάλασσας. Οι συγκρούσεις, αυτές, πάγου και εδάφους είναι τόσο δυνατές που προκαλούν σεισμούς μεγέθους έως και 3 Richter.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

Οι περισσότεροι σεισμοί οφείλονται στις κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών, και κατά συνέπεια οι ζώνες έντονης σεισμικής δράσης ουσιαστικά ταυτίζονται με τις παρυφές των πλακών.

Ο ελληνικός χώρος βρίσκεται στα όρια επαφής και σύγκλισης της Ευρασιατικής πλάκας με την Αφρικανική, γι' αυτό και είναι χώρος μεγάλης σεισμικότητας (η σεισμικότητα ενός τόπου καθορίζεται από τη συχνότητα εμφάνισης των σεισμών και τα μεγέθη τους).

Η μεγαλύτερη σεισμική δραστηριότητα παρουσιάζεται στο δυτικό τμήμα του Ελληνικού Τόξου:

3.1 ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΤΟΞΟ

Το ελληνικό τόξο ξεκινώντας από την Κεφαλονιά, διασχίζει το νότιο Ιόνιο ανατολικά της Πελοποννήσου και περνώντας νότια της Κρήτης καταλήγει στη Ρόδο. Εδώ τα Ρίχτερ χτυπούν με μεγέθη που φτάνουν ακόμη και τους 7,5 βαθμούς.

Είναι το όριο επαφής και σύγκλισης της αφρικανικής με την ευρασιατική λιθοσφαιρική πλάκα, που η πρώτη βυθίζεται με ταχύτητα περίπου 4,5 εκατοστών τον χρόνο κάτω από τη δεύτερη, και είναι αυτή η τιτάνια «μάχη» των πλακών στο Νότιο Αιγαίο η κύρια αιτία εκδήλωσης των περισσότερων σεισμών στην Ελλάδα.

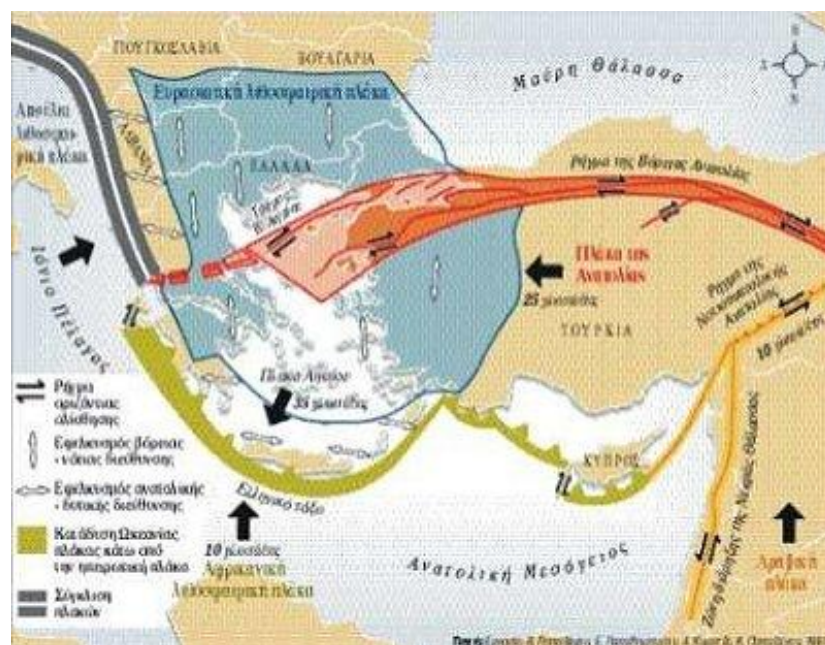
Η μεγαλύτερη σεισμική δραστηριότητα παρουσιάζεται στο δυτικό τμήμα του Ελληνικού Τόξου. Στο δυτικότερο άκρο του, εντοπίζεται και το σεισμικό «τρίγωνο του διαβόλου», ένας χώρος με ιδιαίτερα τεκτονικά χαρακτηριστικά που τον κατατάσσουν στην πρώτη θέση της λίστας των περιοχών υψηλότερης σεισμικότητας στο Αιγαίο και στην Ευρώπη.

Κατά μήκος των ακτών της Δυτικής Ελλάδας από την Κέρκυρα ως τη Δυτική Κρήτη, η σεισμική δραστηριότητα μπορεί να διακριθεί γενικά σε τρεις περιοχές:

- Η πρώτη περιοχή βρίσκεται βορείως της Λευκάδας και η σεισμική δραστηριότητα εκεί οφείλεται σε συμπιεστικές δυνάμεις περίπου ανατολικής - δυτικής διεύθυνσης (κάθετες στη διεύθυνση των ακτών της Δυτικής Ελλάδας).

- Η δεύτερη περιοχή βρίσκεται νοτίως της Κεφαλονιάς και αποτελεί το δυτικό τμήμα του Ελληνικού Τόξου. Η σεισμική δραστηριότητα εκεί οφείλεται στη σύγκλιση μεταξύ της αφρικανικής πλάκας και του Αιγαίου και της κατάδυσης της πρώτης κάτω από τη δεύτερη. Αποτέλεσμα της κατάδυσης αυτής είναι και η εκδήλωση σεισμικής δραστηριότητας ενδιάμεσου βάθους (εστιακά βάθη σεισμών μεγαλύτερα των 60 χιλιομέτρων) κάτω από την Πελοπόννησο και ανατολικά αυτής περίπου ως τον χώρο των Κυκλάδων.
- Η τρίτη περιοχή βρίσκεται μεταξύ των δύο προηγούμενων, στον ευρύτερο χώρο της Κεφαλονιάς, από τη Ζάκυνθο ως τη Λευκάδα. Η σεισμική δραστηριότητα εδώ εκδηλώνεται κυρίως κατά μήκος ενός ρήγματος, το οποίο έχει διεύθυνση βορειοανατολική - νοτιοδυτική.

Με άλλα λόγια, η σεισμική δραστηριότητα στον χώρο αυτό εκδηλώνεται επειδή έχουμε μια οριζόντια κίνηση του χώρου νοτίως του ρήγματος προς τα νοτιοδυτικά (προς τη Μεσόγειο) και του χώρου βορείως του ρήγματος προς τα βορειοανατολικά (προς την Πίνδο). Η συνολική σχετική κίνηση κοντά στο ρήγμα αυτό είναι της τάξεως των 25 χιλιοστών ανά έτος. (εικ. 3.α)



Εικ. 3.α. Σχηματική αποτύπωση των δυνάμεων που ασκούνται στη λιθόσφαιρα του Αιγαίου.

Χαρακτηριστικό της σεισμικής δραστηριότητας στη Δυτική Ελλάδα που οφείλεται στις τεκτονικές ιδιότητες της περιοχής, είναι ο μεγάλος αριθμός μικρών και ενδιάμεσου μεγέθους σεισμών αλλά και η μεγαλύτερη συχνότητα γένεσης ισχυρών, καταστρεπτικών σεισμών. Έτσι παρά το γεγονός ότι στον χώρο αυτό τα μεγέθη των μεγαλύτερων σεισμών είναι λίγο μικρότερα από ότι σε άλλες περιοχές του ελληνικού χώρου, ο σεισμικός κίνδυνος είναι σαφώς μεγαλύτερος εξαιτίας της συχνότητας γένεσης σεισμών ικανών να προκαλέσουν καταστροφές.

Μετά τη γένεση ενός ισχυρού σεισμού στην Τουρκία είναι γεγονός ότι επηρεάστηκε η σεισμικότητα όλου του ελληνικού χώρου. Σε διάφορες περιοχές μάλιστα, συμπεριλαμβανομένης και της Δυτικής Ελλάδας, εκδηλώθηκε σεισμική δραστηριότητα αμέσως μετά την άφιξη των σεισμικών κυμάτων από την Τουρκία.

Τέτοιες μεταβολές έχουν παρατηρηθεί αρκετές στο παρελθόν με βάση τόσο τις ενόργανες μετρήσεις όσο και τα ιστορικά δεδομένα. Έχει επίσης παρατηρηθεί ότι η σεισμική δραστηριότητα δεν εκδηλώνεται χρονικά πάντα με τον ίδιο τρόπο, αλλά διακρίνονται περίοδοι ύφεσης και έξαρσής της.

Οι παρατηρήσεις αυτές αλλά και τα συμπεράσματα μελετών που αφορούν στη μεσοπρόθεσμη πρόγνωση σεισμών με τη χρήση σύγχρονων μεθοδολογιών μπορούν να δώσουν σημαντικά στοιχεία και να συμβάλουν αποτελεσματικά στη μείωση του σεισμικού κινδύνου.

Η μεγάλη σεισμικότητα της Ελλάδας (**η χώρα μας κατέχει την έκτη θέση στην παγκόσμια κατάταξη και την πρώτη στην Ευρώπη**) οφείλεται στα ιδιαίτερα γεωλογικά χαρακτηριστικά της, τα οποία έχουν διαμορφωθεί από τις κινήσεις των τεκτονικών πλακών στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου.

Η Τουρκία κινείται δυτικά προς το Αιγαίο με ταχύτητα 25 χιλιοστά τον χρόνο κατά μήκος του ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας. Το Αιγαίο ακολουθεί την κίνηση αυτή και κινείται με την ίδια ταχύτητα σε σχέση με την Ευρώπη κατά μήκος της τάφρου του Βορείου Αιγαίου προς τα δυτικά. Ταυτόχρονα όμως το Αιγαίο, λόγω εσωτερικής παραμόρφωσης, επεκτείνεται προς τα νότια (με μια ταχύτητα η οποία φθάνει περίπου τα 10 χιλιοστά ανά έτος). Με τον τρόπο αυτό, ο ρυθμός ολίσθησης στο νότιο τμήμα του φθάνει ως τα 35 χιλιοστά το έτος, περίπου, με διεύθυνση βορειοανατολικά - νοτιοδυτικά. Επειδή και η Αφρική κινείται προς τα βόρεια (με ταχύτητα 10 χιλιοστά ανά έτος), ο ρυθμός σύγκλισης μεταξύ της αφρικανικής λιθοσφαιρικής πλάκας με εκείνης του Αιγαίου είναι της τάξεως των 45 χιλιοστών το έτος, με αποτέλεσμα τη διαρκή επέκταση του Αιγαίου. Επιπλέον δυτικά του ελληνικού χώρου (στην περιοχή βόρεια της Κεφαλονιάς), η Απουλία μικροπλάκα (Βόρειο Ιόνιο - Αδριατική) εκτελεί μια αριστερόστροφη κίνηση και το ανατολικό της όριο συγκρούεται με την Πίνδο.

Όλες αυτές οι παραπάνω κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών που σε γενικές γραμμές θα μπορούσαμε να πούμε ότι αποτελούν και την κύρια αιτία της σεισμικής δραστηριότητας που εκδηλώνεται στον ελληνικό χώρο «συναντώνται» στην περιοχή της Κεφαλονιάς, γεγονός που έχει αποτέλεσμα στον χώρο αυτό να παρουσιάζεται και η μεγαλύτερη σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής του Αιγαίου, ολόκληρης της Ελλάδας και κατ' επέκταση της Ευρώπης.

Το ελληνικό τόξο που δημιουργείται στην περίπτωση αυτή αποτελείται από την ελληνική τάφρο, το νησιωτικό τόξο, την οπισθοτάφρο και το ηφαιστειακό τόξο.

Η τάφρος δημιουργείται κατά μήκος της επαφής των δύο πλακών. Πρόκειται για ένα σύστημα τάφρων , μία σειρά από βαθιές θαλάσσιες λεκάνες από τη Ρόδο έως και την Κεφαλονιά (γνωστή και ως ελληνική διάυλος). Το μέγιστο βάθος της εντοπίστηκε νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου στο Ιόνιο πέλαγος (βάθος περίπου 4.500m). Αυτό είναι το βαθύτερο σημείο της Μεσογείου.

Το νησιωτικό τόξο αποτελείται από μία σειρά διαδοχικών νησιών όπως η Ρόδος, η Κρήτη, τα Κύθηρα και από την Πελοπόννησο. Τοποθετείται παράλληλα ως προς την τάφρο και σε μικρή απόσταση από αυτήν. Το τόξο αυτό δημιουργείται από την παραμόρφωση και ανύψωση πετρωμάτων (κυρίως ιζηματογενών) του περιθωρίου της Ευρασιατικής πλάκας και περιλαμβάνει πολύ παραμορφωμένα πετρώματα της Αλπικής πτύχωσης.

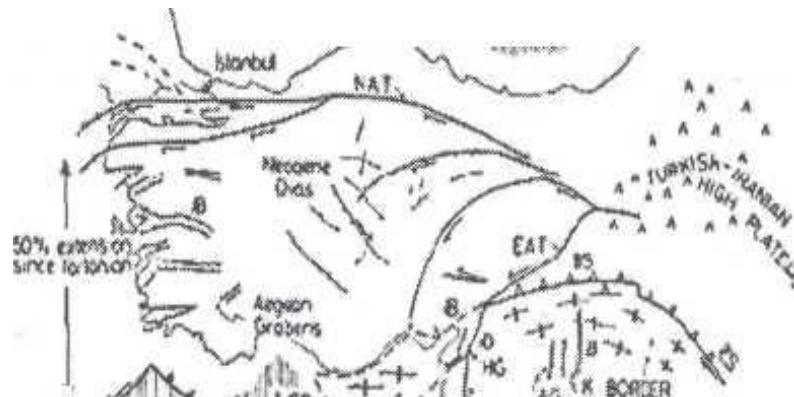
Η οπισθοτάφρος είναι μία θαλάσσια λεκάνη (Κρητικό πέλαγος), μικρότερου βάθους από την τάφρο. Το μέγιστο βάθος της φτάνει τα 2.000m περίπου. Η λεκάνη αυτή βρίσκεται μπροστά από το νησιωτικό τόξο και πάνω στην Ευρασιατική πλάκα.

Το ηφαιστειακό τόξο αποτελείται από διαδοχικά ηφαίστεια (ενεργά και ανενεργά) Σουσάκι, Μέθανα, Μήλος, Σαντορίνη, Νίσυρος. Η δημιουργία τους οφείλεται σε ανάτηξη υλικού της υποβυθιζόμενης Αφρικανικής πλάκας. Κατά την άνοδό του το υλικό αυτό διαπερνά την Ευρασιατική πλάκα και σχηματίζει τα ηφαίστεια.

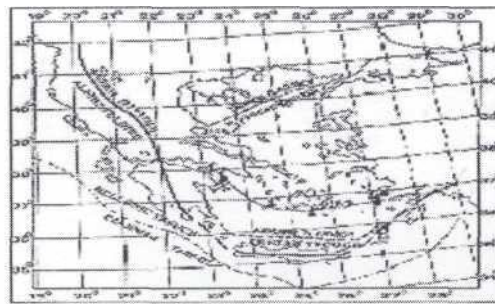
3.2 ΤΟ ΡΗΓΜΑ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΑΣ

Η λιθοσφαιρική πλάκα της Ανατολίας, η οποία περιλαμβάνει το γνωστό ρήγμα της Ανατολίας, το οποίο έχει δύο κύρια τμήματα, το Βόρειο και το Νότιο τμήμα και που έδωσε το μεγάλο σεισμό στις 17 Αυγούστου 1999, κινείται με γρήγορο ρυθμό με δυτική κατεύθυνση επηρεάζοντας τον Ανατολικό Ελληνικό χώρο, ιδίως το Αιγαίο πέλαγος.

Οι δύο εικόνες που ακολουθούν δείχνουν, η πρώτη το χώρο της Ανατολικής Μεσογείου με τα ρήγματα και τις πλάκες και η δεύτερη, ένα χάρτη με χρονολογικά σεισμικά δεδομένα του ρήγματος της Ανατολίας.(εικ.3.β.) και (εικ.3.γ.)



Εικ. 3.β.



Εικ. 3.γ.

Η πλάκα της Αδριατικής κινείται με φορά από αριστερά προς τα δεξιά και επηρεάζει τη Δυτική Ελλάδα. Η Αφρικανική πλάκα κινείται προς τα βόρεια και επηρεάζει τη Νότια Ελλάδα. Εμείς ,σαν γεωγραφικός χώρος βρισκόμαστε στην ένωση της Ευρωπαϊκής και Αφρικανικής πλάκας ,αυτή είναι ουσιαστικά η αιτία της εμφάνισης των ηφαιστειών και της πληθώρας των καταστροφικών σεισμικών δονήσεων.

Η τεκτονική πλάκα της χώρας περιλαμβάνει κάποιες θαλάσσιες λεκάνες που έχουν βάθος μέχρι 5 χμ (ελληνική τάφρος) και βρίσκεται στην πορεία ενός τόξου που ξεκινά από τις Άλπεις, περνά από τα ελληνικά βουνά, το Ιόνιο πέλαγος, την Κρήτη και Ρόδο και φθάνει στις Ταυρίδες, όρη που ανήκουν στην περιοχή της νότιας Τουρκίας που συνορεύει με την ανατολική Μεσόγειο θάλασσα.

Παράλληλα, έχουμε το ηφαιστειακό τμήμα της Ελλάδας που απαρτίζεται από διάφορα ενεργά ηφαίστεια. Το τμήμα που παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον από τεκτονικής άποψης, είναι

αυτό στο βόρειο Αιγαίο, το οποίο έχει βάθος περίπου 1500 μέτρα και η τάφρος του φθάνει μέχρι τη θάλασσα του Μαρμαρά.

Μία γεωγραφική κατανομή των epicέντρων των σεισμών στον ελληνικό χώρο οδηγεί στα ακόλουθα:

- Τα epicέντρα των επιφανειακών σεισμών στον ελληνικό χώρο και στις γύρω περιοχές εμφανίζουν σημαντική διασπορά. Παρόλα αυτά όμως, τα περισσότερα διατάσσονται κατά μήκος μίας τοξοειδούς ζώνης στην περιοχή του ελληνικού τόξου (Δ. Αλβανία – νησιά Ιονίου πελάγους – Κρήτη – Κάρπαθος – Ρόδος – Ν. Δ. Τουρκία). Σημαντική σεισμική δραστηριότητα παρατηρείται επίσης και στην περιοχή του Β. Αιγαίου και της Β.Δ. Ανατολίας.
- Οι σεισμοί ενδιάμεσου βάθους εκδηλώνονται στην περιοχή του Ν. Αιγαίου. Τα epicέντρα διατάσσονται σε μία ζώνη παράλληλη με το ελληνικό τόξο, ενώ οι εστίες βρίσκονται πάνω στη ζώνη Benioff η οποία κλίνει με γωνία περίπου 35° από το κυρτό προς το κοίλο μέρος του τόξου, από την Ανατ. Μεσόγειο προς το Αιγαίο πέλαγος. Τα εστιακά τους βάθη φτάνουν έως 160 km περίπου. Το θέμα της σεισμικής δραστηριότητας στο Αιγαίο και των αιτίων της είναι αρκετά πολύπλοκο.

Πρόσφατα στοιχεία δείχνουν ότι η σεισμική δραστηριότητα στο Αιγαίο είναι αυξημένη εξαιτίας:

- Συμπιεστικής δύναμης που οφείλεται στη σύγκλιση της Αφρικανικής – Ανατ. Μεσογείου λιθοσφαιρικής πλάκας με την αντίστοιχη Ευρασιατική – Αιγαίο. Η σύγκλιση αυτή προκαλεί τους επιφανειακούς σεισμούς κατά μήκος του Ελληνικού τόξου καθώς και τους σεισμούς ενδιάμεσου βάθους στο Ν. Αιγαίο.
- Συμπιεστικής δύναμης που οφείλεται στην αριστερόστροφη περιστροφή της Αδριατικής – Απουλίας πλάκας. Η περιστροφή προκαλεί τη γένεση επιφανειακών σεισμών κατά μήκος των δυτικών ακτών της Κεντρικής Ελλάδας, της Αλβανίας και της πρώην Γιουγκοσλαβίας.
- Συμπιεστικής δύναμης που οφείλεται κυρίως στην κίνηση της Τουρκικής – Ανατολίας λιθοσφαιρικής πλάκας προς τα δυτικά, που με τη σειρά της η κίνηση αυτή οφείλεται στην προς Βορρά κίνηση της Αραβικής πλάκας.

3.3 ΣΕΙΣΜΟΙ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

Στην αρχαία Ελλάδα πίστευαν ότι ο πανίσχυρος θεός Ποσειδώνας εξουσίαζε τα έγκατα της γης, ενώ ο έγκλειστος γίγαντας Εγκέλαδος στην προσπάθειά του να ελευθερωθεί προκαλούσε σεισμό. Ο Σοφοκλής τον ονομάζει γης τε και αλμυράς θαλάσσης άγριον μοχλευτήν.

Στον Ποσειδώνα αποδίδει η ελληνική παράδοση τη διαμόρφωση της γήινης επιφάνειας όπως τη γνωρίζει ο άνθρωπος με όρη, νησιά, ποταμούς, ισθμούς, φαράγγια, κόλπους κτλ. Αυτός, σείοντας τη γη, απέσπασε τμήματα από τις ξηρές και δημιούργησε νησιά όπως π.χ. όταν, για να εξουδετερώσει τον γίγαντα Πολυβώτη στον αγώνα των θεών εναντίον των γιγάντων, έκοψε με την τρίαινά του τμήμα από την Κω και μ' αυτό τον καταπλάκωσε, δημιουργώντας τη Νίσυρο. Στη Θεσσαλία διέρρηξε με την τρίαινα τα βουνά ώστε να βρουν διέξοδο τα νερά που λίμναζαν εκεί σχηματίζοντας τα Τέμπη.

Πέρα από τις παραδόσεις με τις οποίες ερμήνευαν τη διαμόρφωση του εδάφους στα πανάρχαια χρόνια ως αποτέλεσμα της δράσης του Ποσειδώνας, οι Έλληνες απέδιδαν στην μήνιν του και τις πραγματικές φυσικές καταστροφές (μηνύσαντα τον Ποσειδώνα δια του σεισμού και του κατακλυσμού τας ασεβούσας πόλεις λυμήνεσθαι). Αυτόν επικαλούνταν για την επαναφορά της σταθερότητας του εδάφους με τα επίθετα ασφάλειος, σωτήρ, εδραίος, αφού αυτός ήταν ικανός κινείν και σώζειν, αλλά και για τη στερεότητα των κτισμάτων ως θεμελιούχος και τειχοποιός. Έργο δικό του είναι τα τείχη της Τροίας.

Στις περιοχές που πλήττονταν από σεισμούς κυριαρχούσε η λατρεία του Ποσειδώνα. Στην αγορά της Σπάρτης, υπήρχε άγαλμα του Ποσειδώνας Ασφαλείου. Κοιτίδα της λατρείας του στα ιστορικά χρόνια, ως χθόνιας και όχι θαλάσσιας θεότητας, είναι η Πελοπόννησος, την οποία οι ιστορικοί Έφορος και Διόδωρος ονομάζουν οικητήριον Ποσειδώνας και ιεράν Ποσειδώνας, αλλά και η Βοιωτία χαρακτηρίζεται ιερά γη του Ποσειδώνα. Ενδεικτική του κυρίαρχου χθόνιου χαρακτήρα του Ποσειδώνα στην Πελοπόννησο είναι η έντονη λατρεία του στις αρκαδικές πόλεις, μολονότι η αρχαία Αρκαδία δεν είχε θάλασσα.

Οι πληροφορίες των αρχαίων πηγών περί σεισμών δεν είναι λίγες. Περιορίζονται όμως εύλογα από το θέμα που εξιστορεί ο κάθε συγγραφέας και αναφέρονται κατά κανόνα σε σεισμούς που συνέβησαν κατά τη διάρκεια των εξιστορούμενων γεγονότων ή επηρέασαν τις εξελίξεις. Έτσι μεγάλοι σεισμοί που βεβαιώνονται ή πιθανολογούνται ανασκαφικά σε κάποιες περιοχές του ελλαδικού χώρου δεν αναφέρονται στις πηγές ενώ για άλλους σώζονται αρκετά λεπτομερείς περιγραφές του φαινομένου και των συνεπειών του. Άλλοτε πάλι αναφέρονται σεισμοί σε κάποιες περιοχές, χωρίς άλλη πληροφορία. Πάντως στα 27 χρόνια του

Πελοποννησιακού Πολέμου που ιστορεί, ο Θουκυδίδης αναφέρει εννέα καταστρεπτικούς σεισμούς σε διάφορες ελληνικές πόλεις. Τα περί σεισμών πραγματεύονται με κάποια διεξοδικότητα οι Αριστοτέλης, Πλίνιος, Διόδωρος, Πausανίας και Στράβων.

Η γενική εικόνα που προκύπτει από τις πηγές είναι ότι στα ιστορικά χρόνια από σεισμούς έπασχε κυρίως η Πελοπόννησος, και ιδιαίτερα η Λακωνική, η Λοκρίδα και το ΝΑ Αιγαίο. Η Λακωνία ονομαζόταν εύσειστος και καιετάεσσα από τους καιετούς (χάσματα) που υπήρχαν εκεί. Γνωστός είναι ο μεγάλος σεισμός της Σπάρτης το θέρους του 464 π.Χ. ασύλληπτης σφοδρότητας. Οι κορυφές του Ταϋγέτου απερράγησαν και άνοιξαν χάσματα σε διάφορα σημεία. Οι δονήσεις διήρκεσαν μέρες και ήταν συνεχείς και ισχυρές, όλα τα σπίτια γκρεμίστηκαν εκ θεμελίων και αναφέρονται πάνω από 20.000 θύματα.

Τον χειμώνα του 427 π.Χ., όταν η Αθήνα μαστιζόταν από τον λοιμό, έγιναν πολλοί σεισμοί στην Αθήνα, στην Εύβοια και στη Βοιωτία και πιο δυνατοί στον βοιωτικό Ορχομενό. Το επόμενο θέρους, ενώ οι Πελοποννήσιοι είχαν προχωρήσει ως τον Ισθμό για να εισβάλουν στην Αττική, ισχυροί σεισμοί τούς ανάγκασαν να γυρίσουν πίσω. Τότε οι Οροβιές, στο βορειοδυτικό άκρο της Εύβοιας, κατά την εξιστόρηση του Θουκυδίδα, κατακλύσθηκαν από τεράστιο κύμα και όσοι δεν πρόφθασαν να καταφύγουν στα υψώματα σκοτώθηκαν, ενώ τμήμα της ξηράς καταποντίστηκε.

Ο Στράβων περιγράφει τις συνέπειες ενός φοβερού σεισμού στην περιοχή Εύβοιας και Λοκρίδος. Οι θερμές πηγές της Αιδηψού και των Θερμοπυλών στέρεψαν για τρεις μέρες. Στους Ωρεούς (Βόρεια Εύβοια) κατέρρευσαν επτακόσιες οικίες και το παραθαλάσσιο τείχος.

Η Σκάρφεια καταστράφηκε εκ θεμελίων, χίλιοι επτακόσιοι άνθρωποι σκοτώθηκαν, ενώ στο Θρόνιον περίπου εννιακόσιοι. Καταστροφές έγιναν στον Εχίνο, στα Φάλαρα, στην Ηράκλεια, στη Λαμία και στη Λάρισα. Το τείχος της Ελάτειας ράγισε και στην Αταλάντη δημιουργήθηκε ρήγμα. Μια τριήρης τινάχτηκε από τα νεώρια και έπεσε πέρα από το τείχος.

Τον χειμώνα του 373 π.Χ. έγινε στον Κορινθιακό ο καταστρεπτικότερος ίσως σεισμός της ελληνικής ιστορίας, ενώ στην Αθήνα ήταν άρχων ο Αστειός. Χάθηκαν δύο σπουδαίες πόλεις: η Ελίκη (περί τα 7 χιλιόμετρα ΝΑ του Αιγίου) και η Βούρα. Τότε καταστράφηκε και ο ναός του Απόλλωνος στους Δελφούς.

Ο μεγαλύτερος σεισμός της Μεσογείου ο οποίος συνοδεύτηκε από το επίσης μεγαλύτερο γνωστό θαλάσσιο κύμα «τσουνάμι» καταγράφηκε, κατά τον κ. Παπαζάχο, τον Ιούλιο του 365 μ.Χ. στην Κρήτη και είχε συνέπειες σε όλη την περιοχή. Ο Θεοφάνης περιγράφει ότι «το θαλάσσιο κύμα υπερέβη τις υψηλές οικοδομές και τα τείχη, έριξε πλοία στις αυλές της

Αλεξάνδρειας ενώ στην Αδριατική τα καράβια ακούμπησαν τον πυθμένα». Μόνον στην Αλεξάνδρεια πνίγηκαν 50.000 άνθρωποι.

Ο σεισμός που κατέστρεψε τη Ρόδο περί το 226 π.Χ. μεταξύ των άλλων καταστροφών τσάκισε στα γόνατα και τον περίφημο Κολοσσό ύψους 32 μ. και τον ξάπλωσε στο έδαφος. Φιλοτεχνήθηκε γύρω στα 293 π.Χ. από τον Λίνδιο Χάρη, μαθητή του Λυσίππου. Ήταν ένα τεράστιο χάλκινο άγαλμα του πολιούχου θεού Ηλίου, ψηλό 70 πήχες (31μ. περίπου). Οι Ρόδιοι πούλησαν (300 τάλαντα) τις πολιορκητικές μηχανές του Δημητρίου όταν έπαψε την πολιορκία και έφυγε ηττημένος και έκαναν το άγαλμα που η κατασκευή του κράτησε 12 χρόνια. Ο Στράβωνας αναφέρει ότι μετά τον σεισμό δεν το ξαναέστησαν φοβούμενοι κάποιο χρησμό. Εννιά αιώνες έμεινε πεσμένος ο κολοσσός ώσπου το 653 μ.Χ. τον πήρε ο χαλίφης Αράβων Μωαβίας, και το πούλησε για χαλκό σ' έναν Εβραίο από την Έδεσσα που χρειάστηκε 900 καμήλες για να τον μεταφέρει.

Περί το 411 π.Χ., που η Κως είχε γκρεμιστεί συθέμελα από ισχυρό σεισμό, το μεγαλύτερο απ' όσους θυμόμαστε όπως γράφει ο Θουκυδίδης και οι κάτοικοί της είχαν καταφύγει στα βουνά, ο Λακεδαιμόνιος Αστύοχος που περνούσε από εκεί με μερικά πλοία λεηλάτησε πλήρως το νησί, αφήνοντας πίσω μόνο τους ελεύθερους πολίτες που δεν εξανδραπόδισε.

Περίπου το 1450 π.Χ. καταστράφηκε η Κνωσός και η περιοχή της Κάτω Ζάκρος στην Κρήτη από ισχυρή δόνηση που προκλήθηκε από την έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης.

Οι παραπάνω σεισμοί αναφέρονται στις πηγές μεταξύ των καταστρεπτικότερων της αρχαίας ελληνικής ιστορίας. Το ολέθριο έργο του χθόνιου Ποσειδώνα που έσειε τη γη συμπληρωνόταν από γιγάντια κύματα που ύψωνε ο ίδιος ως κυρίαρχος της θάλασσας, καταστρέφοντας ή και βυθίζοντας ολόκληρες πόλεις.

3.4 ΙΣΤΟΡΙΚΟΙ ΣΕΙΣΜΟΙ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΕΣ

Καταστρεπτικοί σεισμοί έγιναν το 464 π.Χ. στον Ευρώτα και τον Ταύγετο, το 373 π.Χ. (καταποντισμός της αρχαίας Ελίκης, καταστροφή των Βούρων). Παρουσιάζουμε μια ιστορική αναδρομή αναφορικά με τους σεισμούς στην Ελλάδα, οι σεισμοί που περιλαμβάνονται είναι μεγαλύτεροι από 5,5 Μ.:

-1450 π.Χ. : Περίπου το 1450 π.Χ. Καταστροφή της περιοχής Κάτω Ζάκρος στην Κρήτη από ισχυρή δόνηση που προκλήθηκε από την έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης.

-1400 ως – 1500 π.Χ. : Καταστροφή της Κνωσού την έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης.

-427 π.Χ. : Ισχυρός σεισμός έγινε αισθητός στην Αθήνα, την Εύβοια, Βοιωτία και μερικώς στον Ορχομενό. Κατά τις αναφορές του Θουκυδίδη, η πιθανή εστία ήταν η Αταλάντη.

-426 π.Χ. : Το καλοκαίρι του έτους αυτού από ισχυρό σεισμό στην ευρεία Περιοχή της Αταλάντης, μετατοπίστηκε η βόρειο-ανατολική γωνία του Παρθενώνα.

-420 π.Χ. : Το καλοκαίρι του έτους αυτού, σεισμική δόνηση έγινε αισθητή στην Αθήνα.

-373 π.Χ. : Ο σεισμός στο Αίγιο, βύθισε την πόλη Ελίκη.

-226 π.Χ. : Ισχυρός σεισμός γκρέμισε από το βάθρο του τον Κολοσσό της Ρόδου, ήταν μεγέθους 7,2 βαθμών.

-17 μ.Χ. : Σεισμός μεγέθους 7,2 βαθμών με επίκεντρο της Σάρδεις, γκρέμισε σπουδαίες πόλεις της Μικράς Ασίας όπως η Λαοδίκεια, τα Θυάτειρα καθώς και η Ρόδος.

-27 μ.Χ. : Καταστροφικός σεισμός στην Κω.

-32 μ.Χ. : Ο Διόνυσος αναφέρεται σε σεισμική δόνηση, πιθανά από την Περιοχή του Μαρμαρά.

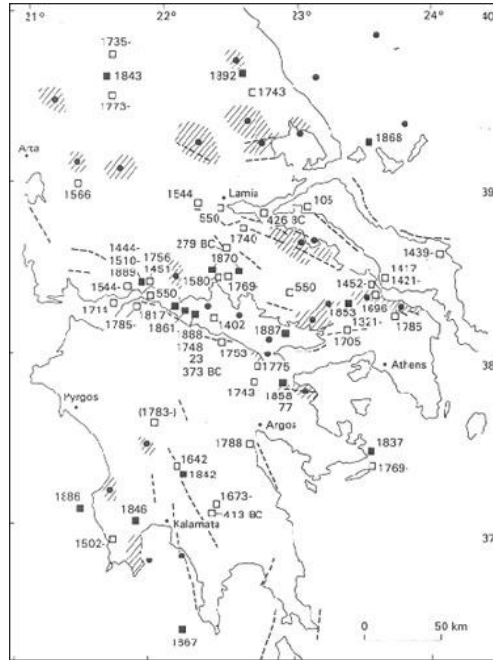
-856 μ.Χ. : Σεισμός στην Κόρινθο, κατέστρεψε την πόλη.

Οι πλέον επικίνδυνες περιοχές θεωρούνται αυτές που βρίσκονται στο ρήγμα του Ιονίου (Μεσσηνία, Ζάκυνθος, Κεφαλληνία, Ιθάκη κ.λ.π), οι νότιες ακτές του Πατραϊκού και Κορινθιακού κόλπου μέχρι τον Ισθμό, οι νότιες πλαγιές του Παρνασσού, ο Ευβοϊκός κόλπος, η Θεσσαλία, η Χίος, η Β. Κρήτη, η Α. Χαλκιδική κλπ.

Λιγότερο επικίνδυνες είναι οι περιοχές της Βοιωτίας, της Αιτωλίας, των Κυκλάδων, η Μυτιλήνη, του τάφρου του Ευρώτα κλπ.

Παρακάτω παρατίθεται ένας χάρτης όπου δείχνονται οι σεισμοί μεγαλύτεροι από 6.0 Μ στην κεντρική Ελλάδα. Οι μαύρες κουκίδες δείχνουν σεισμούς μετά το 1890 και οι σκιασμένες περιοχές είναι αυτές με τα επίκεντρα. Τα μαύρα τετράγωνα είναι τα κατά προσέγγιση επίκεντρα τον 19^ο αιώνα. Τα τετράγωνα είναι οι τοποθετήσεις των σεισμών πριν το 1800. Σεισμοί πριν το 1890 είναι γραμμένοι με το έτος περιστατικού. Μερικοί από αυτούς είναι μικρότεροι από 6.0 Μ και σημειώνονται με μια μικρή γραμμή (-). Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν τη μείζονα τεκτονική διάθρωση (ρήγματα) (εικ. 3.δ.).

Σεισμοί και Αντισεισμική Συμπεριφορά των Παραδοσιακών Κατασκευών της Αρχαιότητας και του Μεσαίωνα
στον Ελλαδικό Χώρο



Εικ. 3.δ. Χάρτης μεγάλων σεισμών στην κεντρική Ελλάδα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

4.1 ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

Πρόβλεψη αντισεισμικών κριτηρίων στις κατασκευές τους ενδέχεται να εφαρμόζαν οι αρχαίοι Έλληνες με βάση ερευνητικό πρόγραμμα Ελλήνων επιστημόνων. Μελέτες έδειξαν πως στους κίονες των ελληνικών ναών της κλασικής αρχαιότητας, εφαρμόστηκαν συστήματα «έξυπνης» απόσβεσης της σεισμικής ενέργειας.

Οι επιστήμονες «δοκίμασαν» την αντοχή των μνημείων σε διάφορα σενάρια σεισμών, που έγιναν στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες, (σεισμός της Αθήνας το 1999, της Λευκάδας το 2003, του Μεξικό κ.α.). Τα αποτελέσματα κατέδειξαν, πλην κάποιων εξαιρέσεων, όπου το υποθετικό σεισμικό σενάριο δεν ήταν ρεαλιστικό για τα ελληνικά δεδομένα, την πολύ καλή συμπεριφορά των δομικών συστημάτων των κίωνων, καθώς παρουσίασαν εξαιρετική ευστάθεια ή είχαν πολύ μικρές μετακινήσεις, ακόμη και για πολύ μεγάλες τιμές εδαφικής επιτάχυνσης.

Η καλή σεισμική συμπεριφορά των κίωνων αποδόθηκε στον τρόπο με τον οποίο κατασκευάστηκαν, με το σύστημα πόλου - εμπολίου, όπου τεμάχια λίθων (σφόνδυλοι) είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους, μέσω κατάλληλων στοιχείων (από ξύλο, τιτάνιο κλπ.). Το σύστημα, όπως επισημαίνουν οι επιστήμονες που συμμετείχαν στην έρευνα, αποτελεί, μέσω της παραμόρφωσής του κατά την ταλάντωση των κίωνων, παράγοντα «έξυπνης» απόσβεσης της σεισμικής ενέργειας.

Η σημασία του συστήματος, μάλιστα, στη σεισμική μηχανική παραμένει επίκαιρη, καθώς εφαρμόζεται και στις σύγχρονες αναστηλωτικές επεμβάσεις και σύμφωνα με τους ερευνητές είναι καίριας σημασίας η έρευνα της σεισμικής συμπεριφοράς αυτών των συστημάτων για τη, σε βάθος, γνώση του τρόπου απόσβεσης της σεισμικής ενέργειας, την αποτίμηση της τρωτότητάς τους και του βαθμού ασφάλειας των αναστηλωτικών επεμβάσεων.



Εικ. 4.α. Παρθενώνας

4.2 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΜΝΗΜΕΙΑ

- Αστοχία αρχικού σχεδιασμού (1/10).
- Αστοχία χρήσης υλικών (2/10).
- Αστοχία αρχικού τρόπου κατασκευής και εργασίας (1/10).
- Μη συμβατή χρήση (βαρύτερη – διαφορετική) (3/10).
- Τροποποιήσεις, προσθήκες και επεκτάσεις μη προβλεπόμενες από τον αρχικό σχεδιασμό (7/10).

- Αδόκιμη ή μη επισκευή από προηγούμενους σεισμούς ή άλλα αίτια (πυρκαγιά – βομβαρδισμός) (7/10).
- Ουσιώδεις υποχωρήσεις θεμελίων (7/10).
- Κακή Συντήρηση λόγω διάβρωσης και γήρανσης των υλικών (10/10).
- Τοπικές αστοχίες λόγω διαφόρων αιτιών (στήριξη μεταλλικών στοιχείων, στεγών, κλιμακοστασίων κ.α.) (9/10).
- Θερμοκρασιακές συστολοδιαστολές (8/10).
- Υγρασία, ανερχόμενη από τα θεμέλια, συχνή εναλλαγή υγρασίας – ξηρασίας (προσανατολισμός) (7/10).
- Διαβρωτικό περιβάλλον (2/10).
- Γειτνίαση με τη θάλασσα – πνέοντες άνεμοι (2/10).
- Επιρροή μηχανικών ταλαντώσεων (1/10).
- Ανάπτυξη χλωρίδας (8/10).

4.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗ ΦΘΟΡΑ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

- 1) Κακές επισκευές και λανθασμένες αποκαταστάσεις
- 2) Φυσική φθορά που προέρχεται από τον άνθρωπο
- 3) Εσωτερικές αιτίες καταστροφής

Αιτίες που οφείλονται στη θέση της οικοδομής:

- A) η γεωτοπογραφική θέση
- B) η φύση του εδάφους

- 4) Ελαττωματικά υλικά

Μειονεκτήματα των οικοδομικών υλικών:

- A) πέτρα και μάρμαρο
- B) κεραμίδια και τερακόττα
- Γ) υλικά κονιάματος και συνδετικά υλικά γενικά
- Δ) ξύλο

Μειονεκτήματα του κτιρίου:

- A) φθορές που οφείλονται σε ελαττωματικά θεμέλια
- B) φθορές που οφείλονται σε κατακόρυφες πιέσεις
- Γ) φθορές που οφείλονται σε οριζόντιες πιέσεις

- 5) Εξωτερικές αιτίες καταστροφής:

- A) μακροχρόνιες φυσικές αιτίες
 - B) φυσικοί παράγοντες:
 - i) Θερμοκρασία
 - ii) νερό
 - Γ) χημικοί και ηλεκτρολογικοί παράγοντες
 - Δ) βοτανικοί παράγοντες
 - E) βιολογικές και μικροβιολογικές ενέργειες
- 6) Φυσικές καταστροφές:
 - A) η ενέργεια του ανθρώπου

7) Κατηγορίες κατασκευών

Αιτίες φθοράς ανάλογα με τον τύπο της κατασκευής:

- A) μικτές κατασκευές πέτρας και ξύλου
- B) κατασκευές μικτής τοιχοποιίας και θόλων
- Γ) κατασκευές συνήθους τοιχοποιίας
- Δ) ξύλινες κατασκευές

8) Φυσικοί παράγοντες

Φυσικές αιτίες καταστροφής:

- A) δομική πέτρα
 - B) η ενέργεια του παγετού
 - Γ) θερμική αγωγιμότητα
 - Δ) χημική ενέργεια
 - E) οι άνεμοι
 - Στ) τεχνητά υλικά
 - Z) άσβεστος και άλλα συνδετικά υλικά
 - H) γύψινα
 - Θ) τοιχογραφίες

 - I) εγκαυστικής τέχνης τοιχογραφίες
 - K) τέμπερα
 - Λ) άψητοι, ψημένοι και μισοψημένοι πλίνθοι
 - M) ξύλο
 - N) μέταλλα
 - Ξ) σίδηρο
 - O) μπρούντζος
 - Π) μόλυβδος
 - P) ορείχαλκος
- 9) Τυχαίες αιτίες

4.4 ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΗΠΙΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΥΣ

Ο κύριος εχθρός των μνημείων και των παραδοσιακών κατασκευών της χώρας είναι ο σεισμός με κύριο σύμμαχό του την εγκατάλειψη. Κατά την παρέμβαση σε ένα μνημείο, δύο είναι οι κρίσιμες απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιηθούν. Η εφαρμογή ήπιας επέμβασης σε αυτό και η επίτευξη επάρκειας στην περίπτωση σεισμού.

Το πρόβλημα που έχει να αντιμετωπίσει κανείς στην περίπτωση αυτή είναι ιδιαίτερα δύσκολο, επειδή πρέπει να καλυφθούν ζητήματα που δεν υφίστανται στις επεμβάσεις στα συνήθη υφιστάμενα δομήματα.

Κατά το σχεδιασμό της επέμβασης κρίσιμο θέμα αποτελεί η επιλογή της σεισμικής δράσης σχεδιασμού, από την οποία θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό η επιλογή του είδους και της έκτασης των επεμβάσεων. Η επιλογή αυτή, εκτός από το στόχο της επίτευξης αντισεισμικής επάρκειας του μνημείου, θα πρέπει να ικανοποιεί και το στόχο της διατήρησης της αξίας τόσο των επί μέρους χαρακτηριστικών του μνημείου, όσο και του δομήματος στο σύνολό του.

Η βελτιστοποίηση στην επίτευξη των δύο πιο πάνω στόχων που πρέπει να ικανοποιηθούν, οδηγεί εντέλει, σε κάθε περίπτωση, στην επιλογή της επέμβασης.

Ο στόχος της διατήρησης της αξίας του μνημείου κατά τον βέλτιστο εφικτό βαθμό οδήγησε τα τελευταία χρόνια στην χρήση του όρου ήπιες επεμβάσεις, δηλαδή στην εφαρμογή επεμβάσεων που στο μέγιστο δυνατό βαθμό προστατεύουν την αξία του μνημείου. Ετυμολογικά η λέξη ήπιος σημαίνει πράος, ήρεμος, μαλακός, όχι σφοδρός, ενώ ο αντίθετος σε αυτόν όρος χαρακτηρίζεται ως σκληρός, οξύς, τραχύς. Με κανένα τρόπο ο όρος ήπια επέμβαση δεν ταυτίζεται με τον όρο ανεπαρκής επέμβαση.

Με βάση τους στόχους που προαναφέρθηκαν, αλλά και τις δυσκολίες του όλου εγχειρήματος, δημιουργείται ο προβληματισμός για τον τρόπο που θα επιτευχθούν παράλληλα και οι δύο αυτοί στόχοι. Λογικά λοιπόν προκύπτει το ζήτημα του προσδιορισμού τόσο των αρχών, όσο και της διαδικασίας, μέσω των οποίων οι στόχοι θα πραγματοποιηθούν.

Επειδή τίθενται ερωτήματα γύρω από το ζήτημα των επεμβάσεων σε μνημεία προκύπτει η αναγκαιότητα της θέσπισης πάγιων Κανόνων.

Η θέσπιση Κανονισμού Επεμβάσεων σε Μνημεία εκτός του ότι αποτελεί ένα ιδιαίτερα δύσκολο εγχείρημα, δεν βρίσκει σύμφωνο το σύνολο των ασχολουμένων με το θέμα, με βάση συγκεκριμένη επιχειρηματολογία. Όμως το γεγονός αυτό, δεν μπορεί να επιτρέψει την χωρίς

κανόνες αντιμετώπιση του θέματος, για προφανείς λόγους, μερικοί από τους οποίους ήδη προαναφέρθηκαν.

Σημαντική προσπάθεια για την κάλυψη του υπάρχοντος κενού στη χώρα, αποτελεί το «Ρυθμιστικό πλαίσιο για τις δομητικές επεμβάσεις και την αντισεισμική προστασία των μνημείων» που εκπονείται στον ΟΑΣΠ από Ομάδα Εργασίας Ειδικών Επιστημόνων.

Επανερχόμενοι στο συνολικό πρόβλημα πρέπει ακόμη να επισημάνουμε ότι, εκτός από την επιλογή της σεισμικής δράσης σχεδιασμού και των λοιπών παραδοχών της μελέτης επεμβάσεων, κρίσιμο ρόλο παίζουν και άλλοι παράγοντες. Και πρώτα-πρώτα τα χαρακτηριστικά αυτού του ίδιου του δομήματος.

Επειδή πρόκειται για κτήρια, που στην πλειονότητά τους έχουν κατασκευασθεί από τοιχοποιία, τα χαρακτηριστικά του φέροντος οργανισμού ποικίλουν και πρέπει να εκτιμηθούν σε κάθε περίπτωση ξεχωριστά, επειδή ποικίλουν τα υλικά, η κατασκευαστική δομή και η πρακτική που εφαρμόστηκε κατά την κατασκευή του δομήματος. Έτσι απαιτείται κάθε φορά ο ακριβής προσδιορισμός της αντίστασης της τοιχοποιίας. Αυτή πρέπει να γίνεται με βάση το πλήθος των παραμέτρων που υπεισέρχονται, δηλαδή την αντοχή των λιθοσωμάτων, την αντοχή του κονιάματος, τη διατομή του τοίχου και τα λοιπά χαρακτηριστικά. Για τον προσδιορισμό αυτό, κρίσιμη παράμετρος είναι η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί, ώστε από τους επί μέρους παράγοντες που προσδιορίστηκαν βάσει ερευνητικών εργασιών και μετρήσεων, να εκτιμηθεί, κατά το δυνατόν ορθότερα, η αντίσταση των στοιχείων του υφιστάμενου κτιρίου.

Το στοιχείο αυτό προσδιορίζει το βαθμό αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της ανάλυσης και το βαθμό αξιοπιστίας της επάρκειας ή μη της υφιστάμενης κατασκευής, μια και όσο και αν η ανάλυση βασίζεται σε ακριβείς μεθόδους, τα αποτελέσματα θα στερούνται αξιοπιστίας, αν δεν έχει αποτιμηθεί σωστά η διαθέσιμη αντοχή του δομήματος.

Μετά την αποτίμηση της υπάρχουσας κατάστασης, κρίσιμη είναι η επιλογή των τεχνικών που θα εφαρμοσθούν στο σχεδιασμό των επεμβάσεων. Αυτές πρέπει να είναι συμβατές με το υφιστάμενο έργο, στο πλαίσιο των στόχων που προαναφέρθηκαν, δηλαδή της επίτευξης αντισεισμικότητας και της διατήρησης της αξίας. Τέλος σημαντικός είναι ο έλεγχος της ποιότητας και της αποτελεσματικότητας των επεμβάσεων, τόσο κατά τη διάρκεια κατασκευής τους, όσο και μετά την εφαρμογή τους, διαδικασία συνυφασμένη με τη συντήρηση του έργου.



Εικ. 4.β.

4.5 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Η συντήρηση της ανθρώπινης κληρονομιάς, έχει σήμερα μεγαλύτερη σημασία και σπουδαιότητα από ποτέ, καθώς ο ρυθμός καταστροφής των αρχιτεκτονικών μνημείων έχει επιταχυνθεί τα τελευταία χρόνια. Ο χρόνος και οι παραξενιές του ανθρώπου έφεραν τις καταστροφές τους, και τα φυσικά διαβρωτικά στοιχεία (οι άνεμοι, ο ήλιος, ο πάγος, τα θαλάσσια άλατα, η τροπική βλάστηση, οι λειχήνες, τα περιττώματα των πουλιών), με το πέρασμα των αιώνων προξένησαν μεγάλες ζημιές στους ναούς, τα ανάκτορα και τα υπαίθρια γλυπτά, που σ' όλο τον κόσμο αποτελούν τις μαρτυρίες του πνευματικού πολιτισμού του ανθρώπου.

Όμως η βιομηχανική εποχή πρόσθεσε σ' αυτά και τις δικές της καταστροφικές δυνάμεις. Οι καπνοί της βιομηχανίας δημιουργούν στην ατμόσφαιρα ενώσεις του θείου που μετατρέπονται σε οξείδια του θείου και σε συνδυασμό με το νερό (βροχή, ομίχλη) παράγεται το εξαιρετικά διαβρωτικό θειικό οξύ. Τα τεμάχια αιθάλης και σκόνης που επικάθονται στα μνημεία απορροφούν το οξύ κι η πέτρα αρχίζει να ραγίζει, να αποσαθρώνεται και να θρυμματίζεται.

Εκτός από τους κινδύνους που προέρχονται από την ατμόσφαιρα, τα μνημεία απειλούνται και από τις συχνές επιδρομές μιας διαρκώς επεκτεινόμενης κοινωνίας: η κατασκευή φραγμάτων, αυτοκινητόδρομων, αγωγών, καινούργιων κτιρίων κι η ανάπτυξη των πόλεων έχει προκαλέσει την μερική ή ολική καταστροφή πολλών μνημείων.

Ευτυχώς, υπάρχουν πολλά μέσα για την πρόληψη και την αποκατάσταση των καταστροφών των λίθινων μνημείων, μ' όλο που δεν έχει σημειωθεί πρόοδος για την εύρεση

τρόπων που θα κάνουν την πέτρα να αντιστέκεται στο σχηματισμό διαβρωτικών χημικών ουσιών. Οι επιχειρήσεις όμως για τη διάσωση των μνημείων προσκρούουν πολλές φορές στο υψηλό κόστος, σε πρακτικές δυσχέρειες, καθώς και στην έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού. Η θετική πλευρά είναι το δημόσιο ενδιαφέρον κι η ανησυχία, η αυξανόμενη συμμετοχή των κρατικών φορέων και η ενεργητική συνεργασία διεθνών οργανισμών, κυρίως της UNESCO και της Διεθνούς Εξορμήσεως για τα μνημεία (International Campaign for Monuments) που εγκαινιάστηκε το 1964. Η συντήρηση μπορεί να καταταχθεί σε αρκετές γενικές κατηγορίες: άμεσες επί τόπου επιδιορθώσεις, μετακίνηση του αντικειμένου που κινδυνεύει ή του παράγοντα που το απειλεί, νομοθεσία και ιδιωτική παρέμβαση και τέλος προστασία που περιλαμβάνει ανασκαφές και αναστηλώσεις, ή τη διατήρηση της υπάρχουσας κατάστασης.

Πιστεύεται γενικά ότι τα λίθινα μνημεία και τα γλυπτά διατηρούνται καλύτερα με ένα περιοδικό πλύσιμο με ψεκασμό νερού αν και η μέθοδος αυτή είναι δαπανηρή. Επιδιορθωτικές εργασίες πρέπει να γίνονται συνεχώς και τμήματα λίθινα, ξύλινα ή πλίνθινα πρέπει συχνά να αντικαθίστανται. Στην Ακρόπολη επανατοποθετούν συνεχώς μικρά λίθινα κομμάτια και κλείνουν τις ρωγμές με τσιμέντο.

Μερικές φορές για να προστατευτεί η πέτρα ή το μάρμαρο οι επιφάνειες τρίβονται ή ψεκάζονται με οξύ, με συνθετικές ρητίνες ή με λειωμένο κερί από μέλισσες. Σε ακραίες περιπτώσεις, όπου η διάβρωση απειλεί με παραμόρφωση γλυπτά, ανάγλυφα, κίονες ή κιονόκρανα, τα πρωτότυπα μεταφέρονται σε έναν εσωτερικό χώρο (συνήθως σε μουσείο) και αντικαθίστανται από αντίγραφο.

Τελικά, η πιο γενική μορφή συντήρησης είναι η συνολική προστασία των περιοχών, μια δραστηριότητα που μπορεί να επεκταθεί σε πολλούς τομείς. Τα μοναδικά χαρακτηριστικά των ζωντανών και αναπτυσσόμενων πόλεων μπορούν έτσι να προστατευτούν.



Εικ. 4.γ Παρθενώνας

4.6 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Οι μέθοδοι αποκατάστασης δεν μπορούν να ταξινομηθούν αυστηρά σε κατηγορίες. Κάθε περίπτωση πρέπει ν' αντιμετωπίζεται, ανάλογα με τα προβλήματα που παρουσιάζει. Είναι αδύνατο να αποφασισθεί εκ των προτέρων, πάνω σε καθαρά θεωρητική βάση, τι μορφή πρόκειται να πάρει η αποκατάσταση: σταθεροποίηση, απομόνωση, συμπλήρωση, κ.τ.λ. Το πρώτο βήμα, μετά την απόφαση ότι είναι απαραίτητη η αποκατάσταση, είναι μια λεπτομερής μελέτη της κατάστασης του μνημείου. Μόνο όταν γίνει αυτό, μπορεί να προγραμματισθεί το είδος της αποκατάστασης

Η απλή απελευθέρωση ενός μνημείου από τις μεταγενέστερες προσθήκες, προκειμένου να δειχθούν οι αρχικές αναλογίες, σπάνια αποτελεί ικανοποιητική λύση. **Αναστήλωση** είναι ο όρος που ισχύει για τη διαδικασία της ανακατασκευής ενός οικοδομήματος, που έχει καταστραφεί από διάφορες αιτίες ή καταρρεύσει από την εγκατάλειψη. Η ετυμολογία της λέξης είναι απλή (από το ανά και το στύλος): ανασυνθέτω τα (πεσμένα) μέρη.

Οι περιπτώσεις που εμφανίζονται παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία. Αν το μνημείο έχει καταρρεύσει απλά από την εγκατάλειψη, πολλά μέλη του διασκορπίζονται και σιγά σιγά καταστρέφονται, η αναστήλωση είναι αδύνατη, εκτός κι αν μπορεί να εξακριβωθεί η αρχική μορφή τους. Αν η καταστροφή είναι συμπτωματική ή βίαιη (σεισμός, φωτιά, βομβαρδισμός), τα περισσότερα από τα μέλη μπορεί να επιζήσουν ουσιαστικά ανέπαφα και οι θέσεις τους πιθανόν να είναι γνωστές. Η αναστήλωση απαιτεί λεπτομερή μελέτη κάθε δεδομένου για το μνημείο, που

σχετίζεται κατ' αρχήν με την καταστροφή του (είτε από τυχαίες αιτίες είτε από ηθελημένη κατεδάφιση με προοπτική την ανακατασκευή) ή αλλιώς τη μεθοδική ανάλυση και πειραματική συγκέντρωση των σωζόμενων μελών- διαδικασία αμφισβητούμενου κύρους, εκτός κι αν βασίζεται σε αρκετά δεδομένα.

Εκτεταμένα σχέδια αναστηλώσεων, πάντως, έχουν εκτελεσθεί συχνά με βάση αρχαιολογικές ανασκαφές και ευρήματα. Η Ρωμαϊκή Αγορά είναι ένα πολύ γνωστό παράδειγμα. Βασιζόμενος στις γνώσεις του, στην ικανότητα και το γούστο του, ο αναστηλωτής παίρνει τα μεμονωμένα κομμάτια που έρχονται στο φώς από τις ανασκαφές και προσπαθεί να ανακατασκευάσει μέλη που λείπουν (κίονες, κιονόκρανα κ.ο.κ.) σε τρόπο, ώστε να σχηματίσει ακέραια μέλη ή μεμονωμένες λεπτομέρειες (τμήματα γλυπτών), που δίνουν μια πραγματική ιδέα του πρωτότυπου.

Γενικά αυτό είναι ευκολότερο στην περίπτωση πέτρινων οικοδομημάτων. Υφίστανται μικρότερη ζημιά και οι αρχικές τους θέσεις και η λειτουργία μπορούν να εξακριβωθούν με μεγαλύτερη βεβαιότητα.

Η αναστήλωση η οποία δεν μπορεί να θεωρηθεί σαν αποκατάσταση με την πλατειά έννοια- γίνεται πιο συχνά στην περίπτωση κτιρίων κατασκευασμένων από υλικά τελείως ευκολοδιάκριτα, όπως η πελεκητή ή λαξευτή πέτρα, ή κτιρίων ξύλινων, των οποίων τα περισσότερα δομικά στοιχεία βρίσκονται στη θέση τους. Όταν η κατασκευή συνίσταται από υλικά πολύ ευτελή (π.χ. καλάμια, πηλός, χαλίκια κ.τ.λ.) που δεν διατηρούν ούτε τη σταθερότητά τους, ούτε το σχήμα τους, τότε το κτήριο μπορεί ν' αντικατασταθεί από ένα καινούργιο με ίδια ή παρόμοια υλικά. Όμως αυτό θα αποτελεί ένα λίγο ή πολύ ακριβές αντίγραφο του πρωτότυπου και από αυτή την άποψη δεν θα είναι αυθεντικό. Ένα καινούργιο οικοδόμημα ή δομικό στοιχείο γίνεται πάνω από τα πρωτότυπα μέλη που μπορούν, στην πιο ευνοϊκή περίπτωση, να ταιριάζουν για επαναχρησιμοποίηση. Το ξανακτίσιμο ενός λίγο πολύ πιστού αντιγράφου δεν μπορεί να θεωρηθεί σαν αναστήλωση, όταν στην ουσία τίποτε από το πρωτότυπο δεν έμεινε ανέπαφο.

4.7 ΦΑΣΕΙΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Κατά την εφαρμογή των επεμβάσεων, προκύπτουν νέα στοιχεία για την τεκμηρίωση (σε αφανή στοιχεία) τα οποία μπορεί να επιβάλλουν την αναθεώρηση του σχεδιασμού, αλλά και να δίνουν νέες, ιστορικού χαρακτήρα, πληροφορίες.

Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων (κατά τη φάση αποτίμησης) εντοπίζονται ευπαθή σημεία στα οποία υπάρχει ανάγκη περαιτέρω διερευνητικών εργασιών. Η διαδικασία ερμηνείας των βλαβών, οδηγεί στο συμπέρασμα η επέμβαση σε ένα μνημείο, με σκοπό τη διατήρησή του, στη σημερινή ή κάποια άλλη μορφή, είναι σύνθετο τεχνικό Έργο που εξελίσσεται κατά φάσεις. Προηγείται η ιστορική - αρχαιολογική διερεύνηση (η οποία έχει καθορίσει τις αξίες του μνημείου), ακολουθεί η μελέτη επεμβάσεων και το έργο ολοκληρώνεται με την εφαρμογή των επεμβάσεων και την κατοχύρωση ενός συστήματος παρακολούθησης και συντήρησης για το μέλλον.

Οι φάσεις της μελέτης είναι οι παρακάτω και χωρίζονται σε τρεις ενότητες:

- Τεκμηρίωση
- Αποτίμηση
- Ανασχεδιασμός με επιμέρους δραστηριότητες όπως παρακάτω:
 - Αρχιτεκτονική τεκμηρίωση
 - Αποτύπωση φέροντος οργανισμού
 - Καταγραφή βλαβών
 - Ιστορικό βλαβών
 - Περιγραφή προγενέστερων επεμβάσεων
 - Διερευνητικές εργασίες για τα υλικά
 - Περιγραφή του δομητικού συστήματος
 - Προσδιορισμός δράσεων
 - Προσομοίωση
 - Ανάλυση (μελέτη στατικής λειτουργίας)
 - Ερμηνεία βλαβών
 - Απόφαση για την επέμβαση
 - Επιλογή είδους επεμβάσεων
 - Ανάλυση του φορέα στη νέα μορφή
 - Διαστασιολόγηση επεμβάσεων

- Λεπτομέρειες επεμβάσεων
- Τεχνική περιγραφή και προδιαγραφές

Οι πιο πάνω φάσεις (ή δραστηριότητες) δεν είναι πλήρως αυτόνομες και η ένταξη τους σε μία ενότητα είναι σχετική. Παρατηρείται συχνά αλληλεπίδραση μεταξύ των φάσεων, δηλαδή από τα αποτελέσματα μιας φάσης να προκύπτει η ανάγκη επιστροφής σε προηγούμενες.

Από τα παραπάνω φαίνεται, ότι, ενώ το συνολικό εγχείρημα είναι πεδίο δραστηριότητας πολλών προσώπων, διαφόρων ειδικοτήτων, υπάρχει η ανάγκη ενός κεντρικού προσώπου (άτομο ή ομάδα) με συνεχή παρουσία σε όλες τις φάσεις της μελέτης αλλά και της εφαρμογής.

4.8 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Η ελαχιστοποίηση των επεμβάσεων με ικανοποίηση των **απαιτήσεων ασφαλείας** είναι θεμελιώδης αρχή για να περιοριστεί η **υποβάθμιση των αξιών** του μνημείου, αλλά και για λόγους **οικονομικούς**. Από τη συνεκτίμηση των τριών παραγόντων, θα εξαρτηθεί το κατά πόσον οι επεμβάσεις θα είναι ήπιες ή όχι.

Θεωρείται αυτονόητο, ότι θα επιδιωχθεί η άρση των αιτίων της βλάβης (όταν είναι εφικτή), θα επισκευαστούν οι βλάβες και θα γίνει προσπάθεια βελτίωσης της συμπεριφοράς του φέροντος οργανισμού, χωρίς αλλοίωση των χαρακτηριστικών του δομήματος (π.χ. βελτίωση συνδέσεων μεταξύ διαφόρων δομικών στοιχείων).

Το δυσμενέστερο, ίσως, πρόβλημα εμφανίζεται όταν το επισκευασμένο δόμημα ή το μνημείο στο οποίο δεν έχουν παρατηρηθεί βλάβες, αποδεικνύεται ότι δεν μπορεί να αναλάβει με ικανοποιητική συμπεριφορά αναμενόμενες ή πιθανολογούμενες δράσεις. Με τον όρο ικανοποιητική συμπεριφορά, εννοούμε αποδεκτό βαθμό βλάβης, ενώ μεταξύ των ποικίλων δράσεων, ξεχωρίζουμε ιδιαίτερα το Σεισμό.

Πρέπει να δοθεί απάντηση σε δύο ερωτήματα:

- Ποια είναι η χρονική περίοδος για την οποία θα προσδιοριστεί η αναμενόμενη Σεισμική Δράση;
- Ποια θα είναι η κατάλληλη Σεισμική Δράση Σχεδιασμού των επεμβάσεων;

Σχετικά με το πρώτο ερώτημα, μια ρεαλιστική απάντηση θα μπορούσε να είναι ότι ο προσδοκώμενος χρόνος ζωής του Μνημείου είναι πρακτικώς άπειρος, αλλά ο χρόνος ευθύνης μιας επέμβασης, μπορεί να περιορίζεται σε 2~3 γενεές. Αργότερα, με περισσότερες γνώσεις και

καλύτερα μέσα, μπορεί να γίνει επανέλεγχος και νέα επέμβαση (αν απαιτηθεί). Ανεξαρτήτως από την αποδοχή της παραπάνω θέσης, η επιλογή της κατάλληλης σεισμικής Δράσης Σχεδιασμού των επεμβάσεων, ανάμεσα στις διάφορες στάθμες της αναμενόμενης δράσης που μπορούν να προταθούν, είναι ευθύνη του «Κυρίου του Έργου», μετά από αιτιολογημένες προτάσεις των αρμοδίων επιστημόνων που ασχολούνται με το Μνημείο.

Ενδεικτική διαδικασία για τη διαμόρφωση των προτάσεων είναι η παρακάτω:

- Η μελέτη της Παθολογίας, η Τεκμηρίωση και η Ανάλυση θα δώσουν τη φέρουσα ικανότητα του Μνημείου.
 - Για κάποια επίπεδα αναμενόμενης Σεισμικής Δράσης θα εκτιμηθούν οι αναμενόμενες επιπτώσεις (καμιά βλάβη, απλές ρηγματώσεις, επικίνδυνες αστοχίες, κίνδυνος καταρρεύσεων).
 - Περιγραφή πιθανών επεμβάσεων, συνοδευόμενη από αναφορά στον αναμενόμενο βαθμό επιτυχίας και εκτίμηση Δαπάνης.
 - Εξέταση των επιπτώσεων στις Αξίες του Μνημείου από τις πιθανές επεμβάσεις.
- Η τελική απόφαση για την επέμβαση θα προκύψει από συνεκτιμήσεις των τριών παραγόντων: Αξίες Μνημείου - Κίνδυνος - Οικονομία (μακάρι να μπορέσει, σύντομα, να διατυπωθεί η σχετική εξίσωση).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΦΕΡΩΝ ΔΟΜΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΑΖΟΥΝ ΣΤΑ ΑΡΧΑΙΑ ΚΑΙ ΒΥΖΑΝΤΙΝΑ ΚΤΗΡΙΑ

Στην πιο σεισμογενή περιοχή της Ευρώπης, από την εποχή του Μινωικού πολιτισμού μέχρι την πτώση της Κωνσταντινούπολης, κατασκευάστηκαν μεγαλειώδη κτήρια, πολλά από τα οποία άντεξαν τη φθορά του χρόνου και των πολυάριθμων σεισμικών δονήσεων. Νέες μελέτες προσπαθούν να αποκρυπτογραφήσουν τα αντισεισμικά χαρακτηριστικά που κατέστησαν αυτές τις κατασκευές διαχρονικές.

Το ερώτημα που απασχολεί τους επιστήμονες είναι αν αυτές οι κατασκευές βασίστηκαν στον εμπειρικό σχεδιασμό και την τύχη ή αν ήταν αποτέλεσμα της βαθύτερης γνώσης των Αρχαίων Ελλήνων και Βυζαντινών μηχανικών, χιλιάδες χρόνια πριν από τη δημιουργία της σύγχρονης αντισεισμικής τεχνολογίας.

Η τελειότητα όλων αυτών των κατασκευών, οι οποίες αφηφούν το χρόνο χαρακτηρίζεται από την ικανότητά τους να αντιστέκονται στους πολυάριθμους σεισμούς της ιδιαίτερα σεισμικής περιοχής όπου δομήθηκαν. Πρέπει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με τα σύγχρονα στοιχεία, στην Ελλάδα απελευθερώνεται περίπου η μισή σεισμική ενέργεια της Ευρώπης.

Οι αρχαιολογικές μελέτες έχουν αποκαλύψει ότι αρκετές αρχαίες κατασκευές είχαν ενισχυθεί με δομικά στοιχεία που τις κατέστησαν αντισεισμικές. Για παράδειγμα, στο Ακρωτήριο της Θήρας πρόσφατες ανασκαφές αποκάλυψαν διώροφα και τριώροφα κτήρια, όπου η λιθοδομή έχει ενισχυθεί με ξύλινες κατασκευές πολύπλοκης γεωμετρίας,

Αυτά τα παραδείγματα παρουσιάζουν τη σχεδιαστική αντίληψη και γνώση των αρχαίων, χιλιάδες χρόνια πριν την ανάπτυξη της σύγχρονης αντισεισμικής τεχνολογίας και την έλευση των σημερινών υλικών υψηλής αντοχής, και μας προσφέρουν λύσεις για την κατασκευή νέων κτιρίων, αλλά και τρόπους για τη συντήρηση ιστορικών μνημείων.

5.1 ΑΡΧΑΙΑ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

5.1.1 ΑΡΧΑΙΑ ΣΤΕΓΑΝΩΤΙΚΑ

Η στεγανοποίηση κτιρίων ήταν από την αρχαιότητα ένα πρόβλημα που ζητούσε άμεση επίλυση. Είτε αναφερόμαστε στην στεγανοποίηση της οροφής ενός κτιρίου, είτε στην στεγανοποίηση των τοίχων του. Και πόσο μάλλον όταν μιλάμε για δεξαμενές συλλογής νερού ή άλλων υγρών ή και διαχείρισής τους, όπως στα υδραγωγεία.

Οι τρόποι με τους οποίους οι αρχαίοι μηχανικοί στεγανοποιούσαν στέγες, δεξαμενές και υδραγωγεία παρέμεινε για πολύ καιρό ένα ακόμη μυστικό προς εξιχνίαση. Χωρίς την χρήση υλικών στην μορφή που τα ξέρουμε σήμερα, πετύχαιναν εξίσου ικανοποιητικά αποτελέσματα. Υπάρχουν αναφορές για ενίσχυση της ποιότητας και αντοχής της οικοδομικής λάσπης με χρήση υλικών όπως αυγών, ασβέστη, μαλλιών από κατσίκες, αλλά μόνα τους δεν είναι αρκετά για την επίτευξη του ίδιου αποτελέσματος.

Δεξαμενές όπως των ορυχείων ασημιού του Λαυρίου και της Καμείρου στην Ρόδο έκαναν πια ξεκάθαρο ότι οι αρχαίοι χρησιμοποιούσαν αυτό που σήμερα ξέρουμε σαν τσιμέντο!

5.1.2 ΡΩΜΑΙΚΟ ΤΣΙΜΕΝΤΟ

Αν και το τσιμέντο με την μορφή που το ξέρουμε σήμερα δεν φανταζόμαστε ότι υπήρχε στην αρχαιότητα, υπήρχε εφάμιλλο στα Ρωμαϊκά χρόνια από μείγμα σβησμένου ασβέστη, με θηραϊκή γη και άμμο - χαλίκι που έδινε τα ίδια ακριβώς αποτελέσματα. Απλά σήμερα δεν χρησιμοποιούμε για το τσιμέντο μας έτοιμα ηφαιστειακά υλικά όπως οι αρχαίοι, αλλά τα ψήνουμε σε υψικαμίνους.

Σε αρκετές περιπτώσεις, η οικοδομική λάσπη που χρησιμοποιήθηκε ήταν έτσι φτιαγμένη που να προσεγγίζει ή και να ξεπερνάει σε ιδιότητες το σημερινό τσιμέντο. Σε κάποιες περιπτώσεις μάλιστα, όπως σε δεξαμενές νερού στα πλυντήρια των ορυχείων ασημιού στο Λαύριο, πέτυχαν και ένα τύπο μετόν που είναι αδιαπέραστο από την ραδιενέργεια αλλά και από άλλες ακτινοβολίες. Το μυστικό προφανώς ήταν η υψηλή περιεκτικότητα της λάσπης σε μόλυβδο που εξορυσσόταν από τα γειτονικά ορυχεία.

Η δεξαμενή νερού της αρχαίας πόλης Καμείρου στην Ρόδο, χωρητικότητας 600 τόνων, αποτελεί άλλο σημείο εντυπωσιακής εκτεταμένης χρήσης του αρχαίου τσιμέντου σχεδόν από το 900 π.χ. Η αρχαιολογική ανακάλυψη και εξερεύνηση της Καμείρου (ολοκληρώθηκε περίπου το

1929) κατά την τουρκοκρατία με ειδική άδεια από την Κωνσταντινούπολη στους υπαλλήλους του Αγγλικού προξενείου στην Ρόδο Bigliotti και Saltzmann.

Παρόμοια ευρήματα συναντώνται και στην Κνωσό αλλά και σε αρκετές άλλες υδατοδεξαμενές της αρχαίας Ελλάδας. Αργότερα, εκτεταμένη χρήση τσιμέντου παρατηρείται και στον Ρωμαϊκό κόσμο. Το Πάνθεον, τα λουτρά του Καρακάλα, το Κολοσσαίο, το χρυσό παλάτι του Νέρωνα και άλλα διάσημα ρωμαϊκά έργα φτιάχτηκαν με την βοήθεια τσιμέντου. Υπάρχουν αναφορές και για χρήση του τσιμέντου και από άλλους λαούς όπως π.χ. στο Σινικό τείχος. Τσιμέντο συναντάμε και στους θόλους και τις αψίδες της Αγίας Σοφίας στην Κωνσταντινούπολη.

Γενικά, τα αρχαία οικοδομικά υλικά έχουν σίγουρα υποδεέστερες μηχανικές ιδιότητες σε σχέση με τα σύγχρονα υλικά. Παρόλα όμως τα περιορισμένα μέσα σχεδιασμού που διέθεταν, οι αρχαίοι μηχανικοί και τεχνίτες είχαν αναπτύξει ευφυείς μεθόδους κατανομής των φορτίων και σύνδεσης της κατασκευής. Αποτέλεσμα των προσπαθειών αυτών ήταν η αντισεισμική θωράκιση των κτηρίων χωρίς τη χρήση ισχυρών υλικών. Η ποιοτική ανάλυση αυτών των κτηρίων, εκτός από την ιστορική τους σημασία, είναι σημαντική καθώς προσφέρει ιδέες για την κατασκευή των σύγχρονων κτηρίων.

5.2 ΑΡΧΑΙΕΣ ΞΥΛΙΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Το ξύλο είναι ένα από τα αρχαία δομικά υλικά που για αιώνες, σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές, αποτέλεσε το πιο διαδεδομένο υλικό. Η κατεργασία της ξυλείας είναι εύκολη ακόμα και με εργαλεία χεριού και απαραίτητη για την αξιοποίηση της σε μια κατασκευή. Η μικρή πυκνότητα, η αντοχή, η εξαιρετική συμπεριφορά στις σεισμικές δονήσεις και το υψηλό μέτρο ελαστικότητας αποτελούν τα κυριότερα πλεονεκτήματα του ξύλου. Στα μειονεκτήματα του περιλαμβάνονται η ευαισθησία στις συνθήκες του περιβάλλοντος και το γεγονός ότι είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο. Οι Αρχαίοι Έλληνες γνώριζαν τις ιδιότητες και τις διαφορές των διαφόρων ειδών ξύλου.

Η αχίλλειος πτέρνα των αρχαίων ελληνικών ναών ήταν ίσως οι οροφές. Δεν είναι τυχαίο ότι μόνο μέρη από οροφές έχουν βρεθεί. Πολλές οροφές ήταν κατασκευασμένες από ξύλινο σκελετό και ήταν καλυμμένες από κεραμίδια. Είναι γνωστό ότι τα κεραμίδια άρχισαν να παράγονται μαζικά στην Κόρινθο από τον 7ο π.Χ. αιώνα. Οι οροφές στηρίζονταν στους κίονες και συνδέονταν από κίονα σε κίονα με δοκούς.

Μόνο με χωροδικτυώματα θα μπορούσαν οι αρχαίοι να καλύψουν ανοίγματα 18 μέτρων. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα χωροδικτυώματα χρησιμοποιούνται στις ξύλινες οροφές καθώς είναι ένας οικονομικός, αποτελεσματικός και αντισεισμικός τρόπος κάλυψης μεγάλων επιφανειών.



Εικ. 5.α.

5.3 ΤΥΠΟΙ ΚΤΗΡΙΩΝ

Τα παραδοσιακά κτήρια είναι στο σύνολο τους σχεδόν, κατασκευασμένα από φέρουσα τοιχοποιία που συμπληρώνεται από ξύλινα δομικά στοιχεία. Η κατασκευή τους ήταν τις περισσότερες φορές εμπειρική και γινόταν από τεχνίτες οι οποίοι είχαν πλήρη αντίληψη της κατασκευής και βαθιά γνώση των χρησιμοποιούμενων υλικών.

Ο φέρων οργανισμός κτηρίων από φέρουσα τοιχοποιία εμφανίζει πολύ μεγάλη ποικιλία τύπων. Βασικά στοιχεία που καθορίζουν τη συμπεριφορά των κτηρίων και συγχρόνως αποτελούν παράγοντες διάκρισης τους σε κατηγορίες είναι:

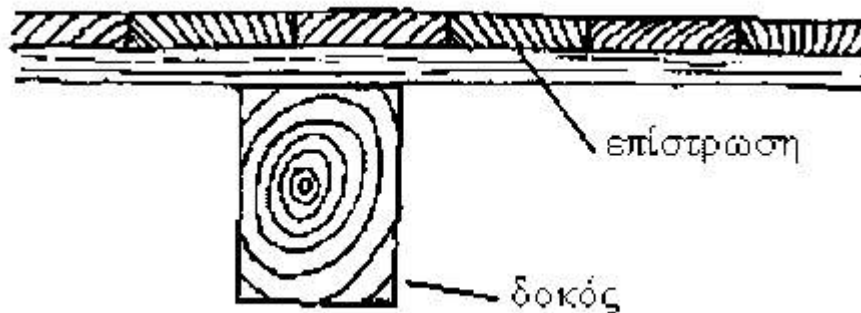
- Ο τύπος των πατωμάτων και στεγών (οριζόντιος φέρων οργανισμός).
- Ο τύπος των φερουσών τοιχοποιιών (κατακόρυφος φέρων οργανισμός).
- Η ύπαρξη ή μη και ο τύπος διαζωμάτων και ελκυστήρων.

5.3.1 ΠΑΤΩΜΑΤΑ

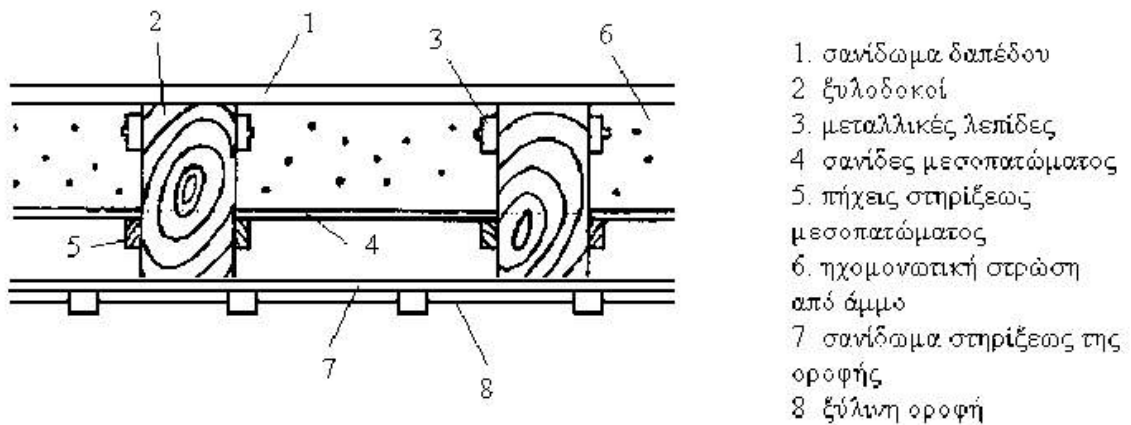
Τα πατώματα αναλαμβάνουν μέρος τόσο της στατικής λειτουργίας του κτιρίου (μεταφορά κατακόρυφων φορτίων, οριζόντια ακαμψία), όσο και λειτουργίες δημιουργίας χώρων. Στην απλούστερη του μορφή ένα ξύλινο πάτωμα αποτελείται από τα φέροντα του στοιχείου (δοκούς) και την επιφάνεια κίνησης (δάπεδο) που αποτελείται από σανίδες.

Όπως και οι στέγες, έτσι και τα πατώματα λειτουργούν διαφραγματικά κυρίως κατά την διεύθυνση των δοκών. Με τις κατάλληλες εγκάρσιες συνδέσεις, μπορούν να αποκτήσουν ακαμψία και κατά την εγκάρσια στις δοκούς διεύθυνση.

Η επιφάνεια κίνησης μπορεί να αποτελείται από σανίδες, μάρμαρο, σχιστόπλακες, πήλινα πλακίδια κ.α. Για την πρόσδωση στα πατώματα θερμομονωτικών και ηχομονωτικών ιδιοτήτων χρησιμοποιούνται και άλλα υλικά, όπως λάσπη, άμμος και πλίνθοι. Η κάτω επιφάνεια των πατωμάτων συνήθως επενδύεται, όχι μόνο για αισθητικούς λόγους αλλά και γιατί με την προσθήκη στα κενά που δημιουργούνται καταλλήλων υλικών, το πάτωμα μπορεί να αποκτήσει θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες.



Εικ. 5.β. Τυπική μορφή ξύλινου πατώματος



Εικ. 5.γ. Ξύλινο πάτωμα με μόνωση

5.3.2 ΣΤΕΓΕΣ

Οι στέγες έχουν ως κύριο ρόλο την προστασία του εσωτερικού της κατασκευής και των χρηστών της από τα καιρικά φαινόμενα (ήλιος, βροχή, άνεμος). Πέραν αυτού του προφανούς ρόλου, οι στέγες μπορεί υπό προϋποθέσεις να λειτουργούν και ως διαφράγματα. Τα διαφράγματα συνδέουν τις τοιχοποιίες και τις αναγκάζουν να συνεργάζονται κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, αυξάνοντας έτσι την ακαμψία τους. Η διαμόρφωση μιας στέγης εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες, τα φορτία λειτουργίας της, τα διαθέσιμα υλικά και τη μορφολογία της κατασκευής που καλείται να καλύψει.



Εικ. 5.δ. Εσωτερικό στέγης (Ι.Μ. Σιμωνόπετρας)

Φέρων οργανισμός

Στην πιο απλή του μορφή, ο φέρων οργανισμός μιας στέγης αποτελείται από παράλληλες δοκούς που εδράζονται σε δύο απέναντι τοίχους, ασύνδετες μεταξύ τους, πάνω στις οποίες τοποθετείται επικάλυψη από σανίδες, κεραμίδια, σχιστόπλακες ή κάποιο άλλο υλικό. Για την κάλυψη μεγαλύτερων ανοιγμάτων είναι απαραίτητη η χρήση ζευκτών. Οι στέγες αυτές μπορούν να λειτουργήσουν διαφραγματικά κατά την διεύθυνση των δοκών ή ζευκτών. Για να λειτουργήσει η στέγη και στις δύο διευθύνσεις είναι απαραίτητη η σύνδεση των ζευκτών μεταξύ τους, ή η κατασκευή ενός χωροδικτυώματος. Στη σωστή διαφραγματική λειτουργία μιας στέγης σημαντικό ρόλο παίζει και η σωστή σύνδεση της με την τοιχοποιία.

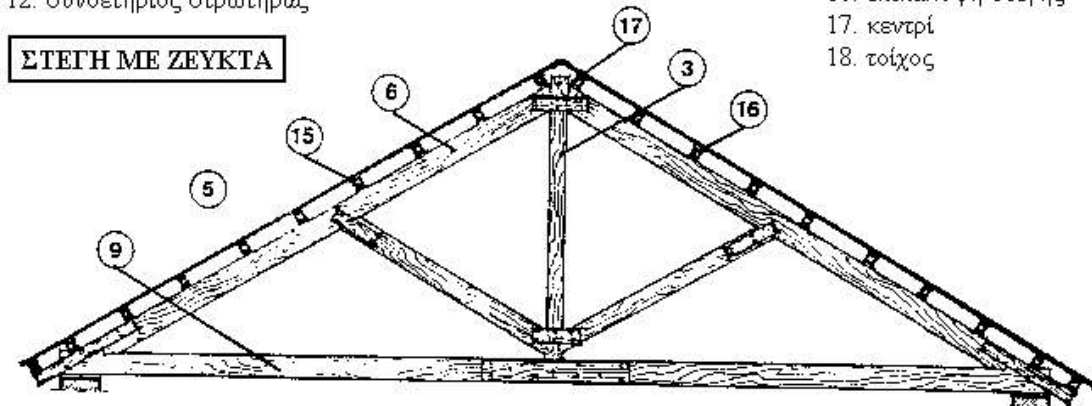
1. κορυφομηκίδα
2. συνδετήριοι ελκυστήρες
3. ορθοστάτης
4. αντηρίδα

5. αντηρίδα ζευκτού
6. αμείβων
7. αντανέμιο
8. μηκίδα



9. συνδετήριοι ελκυστήρες
10. ορθοστάτης
11. λοξή αντηρίδα
12. συνδετήριος στρωτήρας

13. στρωτήρας
14. πλάκα μπετόν
15. τεγίδες
16. επικάλυψη στέγης
17. κεντρί
18. τοίχος



Εικ.

5.ε. Ζευκτά (ονοματολογία)

Επικαλύψεις στεγών

Η επικάλυψη της στέγης είναι το σύνολο των υλικών που τοποθετούμε πάνω στον φέροντα οργανισμό για στεγάνωση και μόνωση. Τα βασικά υλικά που χρησιμοποιούνται στις παραδοσιακές κατασκευές για επικάλυψη είναι το ξύλο (σανίδες), τα κεραμίδια και οι σχιστόπλακες.

5.3.3 ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ

Η κατηγοριοποίηση των τοιχοποιιών γίνεται συνήθως με βάση το υλικό δόμησης τους. Στις παραδοσιακές κατασκευές συναντούμε λιθοδομές, πλινθοδομές και μικτές τοιχοποιίες. Η τοιχοποιία είναι ένα υλικό που παρουσιάζει πολυμορφία και η πολυτυπία, πράγμα που έχει σαν αποτέλεσμα την μεγάλη δυσκολία προτυποποίησης υλικών και μεθόδων.

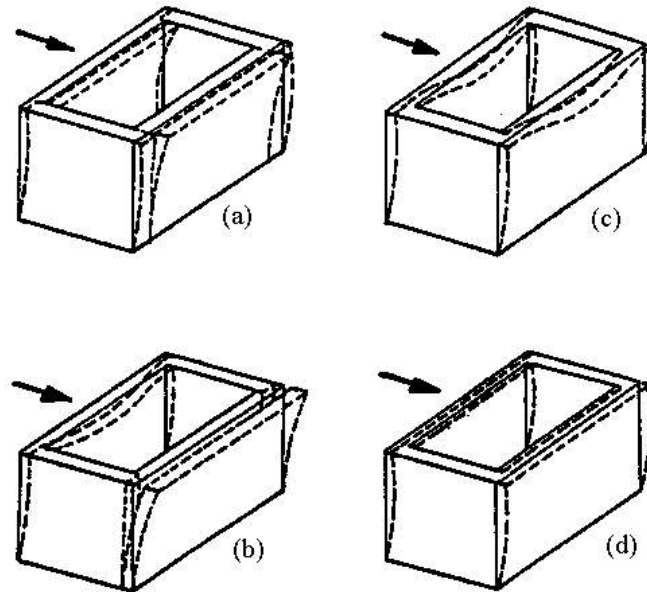
5.3.3.α ΤΥΠΟΙ ΦΕΡΟΥΣΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΩΝ

Οι συνηθέστεροι τύποι τοιχοποιιών που συναντώνται σε κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία είναι οι ακόλουθοι:

- Λιθοδομή φυσικών λίθων.
- Πλινθοδομή (πλήρων οπτόπλινθων, διάτρητων οπτόπλινθων, ωμοπλίνθων)
- Ξυλόπηκτη τοιχοποιία (τσατμάς)

Το κονίαμα δόμησης συνήθως είναι των ακόλουθων τύπων:

- Ασβεστοκονίαμα
- Πηλοκονίαμα



Εικ. 5.στ. Τυπικές μορφές απόκρισης κτιρίων φέρουσας τοιχοποιίας υπό σεισμική καταπόνηση

a και b: ασύνδετοι φέροντες τοίχοι

c: φέροντες τοίχοι με κορυφαίο διάζωμα

d: φέροντες τοίχοι με διαφραγματική λειτουργία πατώματος

5.3.3.β ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΤΗΡΙΩΝ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

Είναι φανερό ότι οι συνδυασμοί υλικών και τύπων πατωμάτων και στεγών, υλικών και τύπου δόμησης φερουσών τοιχοποιιών, υλικών και μορφής διαζωμάτων και ελκυστήρων, (ή και η απουσία τους) παράγουν μια μεγάλη πολυτυπία κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία. Τα φορτία που δέχεται κάθε κατασκευή μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κύριες κατηγορίες, τα κατακόρυφα φορτία (βαρύτητας και κινητά) και τα οριζόντια σεισμικά φορτία. Η απόκριση και η συμπεριφορά ενός κτιρίου για αυτά τα δύο είδη φόρτισης εξαρτάται από τον τύπο του φέροντος οργανισμού του.

I. Κατακόρυφα φορτία:

Η μεταβίβαση των κινητών κατακόρυφων φορτίων και των ιδίων βαρών των οριζοντίων δομικών στοιχείων (πατώματα, στέγες) στα κατακόρυφα (φέρουσες τοιχοποιίες) και από εκεί,

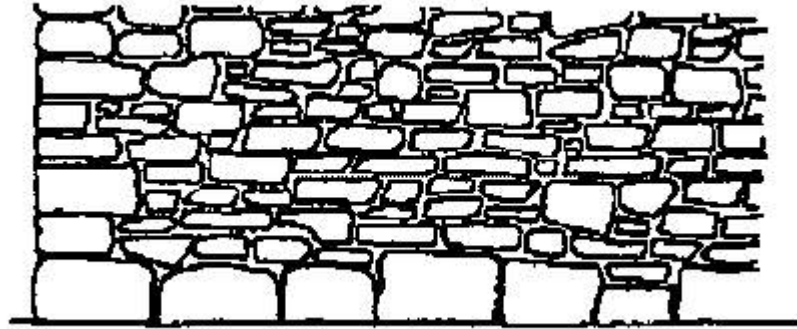
μαζί με τα σημαντικά ίδια βάρη των τοίχων, στη θεμελίωση και το έδαφος, είναι συνήθως σαφής και εξασφαλισμένη σε όλους τους τύπους κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία. Αυτό οφείλεται κυρίως στην σχετικά υψηλή θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας. Τα τυχόν προβλήματα που παρουσιάζονται οφείλονται ως επί το πλείστον στην γήρανση των υλικών, στην αλλαγή χρήσης της κατασκευής, στις επεμβάσεις που γίνονται (προσθήκες, διαρρυθμίσεις κλπ) και φυσικά στον εξαρχής κακό σχεδιασμό.

II. Οριζόντια σεισμικά φορτία:

Μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η συμπεριφορά ενός κτιρίου κατά την διάρκεια μιας σεισμικής δόνησης κατά την οποία δέχεται οριζόντια σεισμικά φορτία. Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την αντίσταση μιας τοιχοποιίας σε σεισμό. Οι κύριοι είναι τα υλικά και ο τρόπος κατασκευής. Από τα αρχαία χρόνια γίνονταν προσπάθειες για ενίσχυση της τοιχοποιίας, αύξηση της ακαμψίας της και της ικανότητάς της να αναλαμβάνει εφελκυστικές δυνάμεις, με την προσθήκη οριζοντίων και σπανιότερα, κατακόρυφων ζωνών ενίσχυσης. Για αυτό τον σκοπό συνήθως χρησιμοποιείτο ξύλο. Ενώ η φόρτιση υπό τα κατακόρυφα φορτία ορίζεται με σχετική σαφήνεια, κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει με την σεισμική φόρτιση. Είναι γνωστό ότι τόσο το μέγεθος όσο και η κατανομή της σεισμικής τέμνουσας καθ' ύψος (αλλά και μεταξύ των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων κάθε ορόφου) εξαρτάται από τα μηχανικά και ειδικότερα τα δυναμικά χαρακτηριστικά του φέροντα οργανισμού.

5.3.3.γ ΛΙΘΟΛΟΜΕΣ

Οι λίθοι που χρησιμοποιούνται στην δόμηση τοιχοποιιών είναι συνήθως ορυκτοί και προέρχονται από εξόρυξη και περαιτέρω επεξεργασία πετρωμάτων. Από πυριγενή πετρώματα εξορύσσονται λίθοι όπως ο γρανίτης, ο πωρόλιθος κ.α., από στρωσιγενή (υδατογενή) ο ψαμμίτης, οι ασβεστόλιθοι κ.α., και από μεταμορφωσιγενή, το μάρμαρο, ο χαλαζίτης, οι σχιστόλιθοι κ.α.. Στην Ελλάδα ο πιο διαδεδομένος λίθος είναι ο ασβεστόλιθος.



Εικ. 5.ζ. Όψη ξηρολιθοδομής

Ανάλογα με επεξεργασία που έχουν υποστεί διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Αργοί λίθοι: μικρή ή καθόλου επεξεργασία
- Ημίξεστοι, και
- Ξεστοί: αυτοί που παίρνουν κανονικά σχήματα μετά από πλήρη επεξεργασία

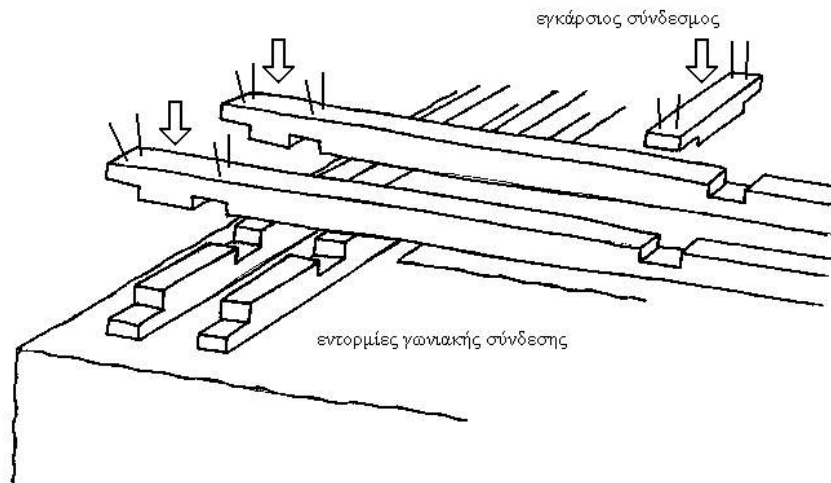
Και έτσι προκύπτουν οι αντίστοιχες κατηγορίες λιθοδομών, που είναι οι εξής:

- Ξηρολιθοδομές
- Αργολιθοδομές
- Ημιλαξευτές λιθοδομές
- Λαξευτές λιθοδομές

5.4 ΔΙΑΖΩΜΑΤΑ – ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ

Τα διαζώματα και οι ελκυστήρες αποτελούν βασικά δομικά στοιχεία που ασκούν καθοριστική επιρροή στην απόκριση των κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία υπό οριζόντια (σεισμικά) φορτία. Οι συνηθέστεροι τύποι διαζωμάτων και ελκυστήρων είναι οι ακόλουθοι:

1. Ξύλινα στα ανώφλια των ανοιγμάτων (απουσία συνεχών διαζωμάτων).
2. Συνεχή ξύλινα (ξύλοδεσιές) διαζώματα στα ανώφλια των ανοιγμάτων ή και στις στάθμες των ορόφων και της στέγης.
3. Κατακόρυφα διαζώματα ξύλινα.



Εικ. 5.η. Ξύλινο περιμετρικό διάζωμα (σενάζ)

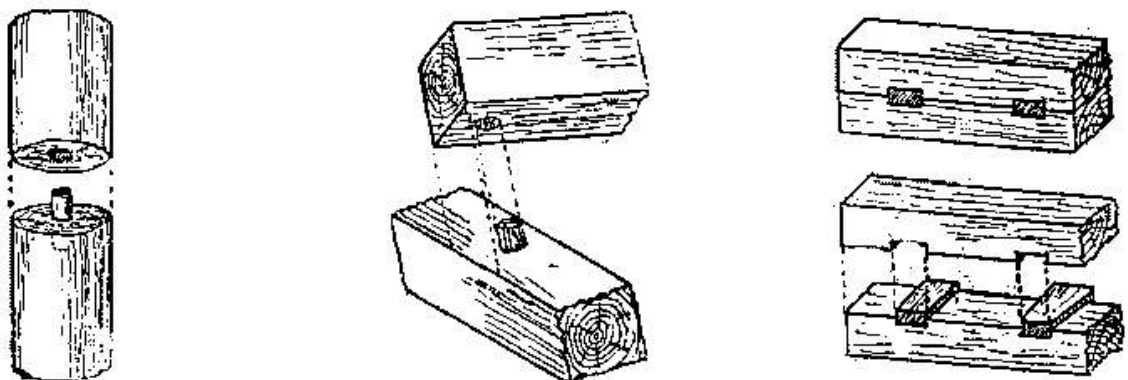
5.5 ΞΥΛΙΝΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το ξύλο χρησιμοποιείται στις κατασκευές όχι μόνο ως αυτόνομο δομικό στοιχείο (π.χ. ως δοκός ή υποστύλωμα) αλλά και για την κατασκευή σύνθετων φορέων (στέγες, πατώματα, σαχνισιά) και σε συνεργασία με άλλα υλικά. Το κυριότερο προσόν του είναι η μεγάλη σε σχέση με το βάρος του, μηχανική του αντοχή. Στις παραδοσιακές κατασκευές το ξύλο χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή πατωμάτων, στεγών, τοιχοποιιών (τσατμαδότοιχοι) και υποστυλωμάτων. Χρησιμοποιείται ακόμη και σε συνεργασία με άλλα υλικά. Όπως αναφέρθηκε και πριν, το ξύλο συνεισφέρει στην αύξηση της ακαμψίας της τοιχοποιίας και της ικανότητας της να αναλαμβάνει εφελκυστικές δυνάμεις (με την προσθήκη οριζοντίων και σπανιότερα, κατακόρυφων ζωνών ενίσχυσης).

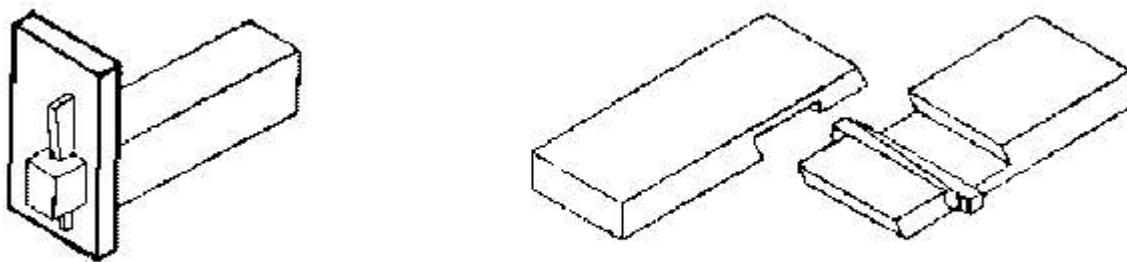
5.5.1 ΞΥΛΙΝΑ ΜΕΣΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

Τα ξύλινα μέσα σύνδεσης διακρίνονται σε:

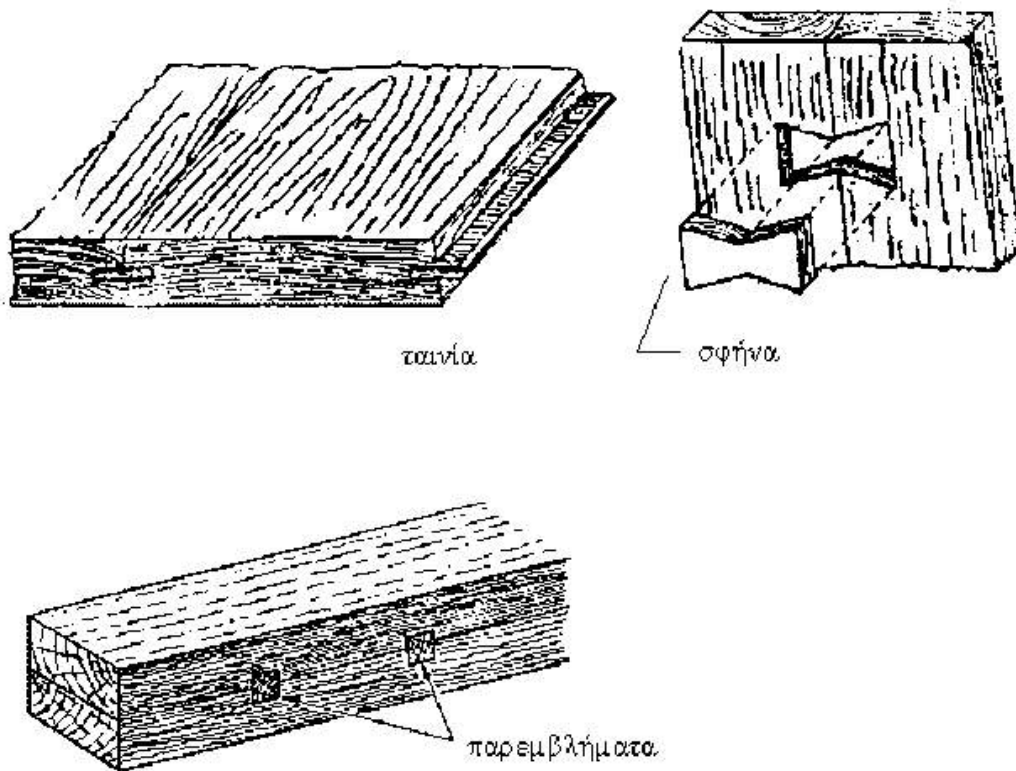
1. Ξύλινα βλήτρα: Πρόκειται για πρισματικά ή κυλινδρικά κομμάτια ξύλου τα οποία κατά το μισό τους μήκος εισέρχονται στην οπή του ενός ξύλου και κατά το άλλο μισό στην οπή του άλλου ξύλου. Κατασκευάζονται από σκληρό ξύλο. Δεν είναι ορατά μετά την σύνδεση των δύο ξύλων.
2. Ξύλινα παρεμβλήματα και σφήνες : Είναι πρισματικά κομμάτια ξύλου τα οποία τοποθετούνται σε εγκοπές δύο κατά μήκος συνδεόμενων δοκίδων και συντελούν στην συνεργασία αυτών με το να εμποδίζουν την κατά μήκος μετακίνηση τους. Τα παρεμβλήματα αυτά διήκουν καθ' όλο το πλάτος των συνδεόμενων ξύλων.
3. Ξύλινες ταινίες: Ενεργούν ως παρεμβλήματα και χρησιμοποιούνται κυρίως για την σύνδεση σανίδων προς επίτευξη μεγαλύτερης επιφάνειας. Για τις ταινίες πρέπει να χρησιμοποιείται σκληρό ξύλο και με διεύθυνση ινών κάθετη προς την επιφάνεια επαφής των συνδεόμενων ξύλων αλλιώς οι ταινίες θα σκιστούν.
4. Ξύλινοι συνδετήρες: Σε σχήμα διπλής χελιδονοουράς χρησιμοποιούνται συνήθως για σύνδεση παράλληλων ξύλων.



Εικ. 5.θ. Βλήτρα, παρεμβλήματα, ταινίες



Εικ. 5.ι. Σφήνες



Εικ. 5.κ. Ξύλινες συνδέσεις

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΝΑΩΝ

Τα τελευταία είκοσι χρόνια, η αντισεισμική συμπεριφορά των αρχαίων κατασκευών έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον επιστημόνων στην Ελλάδα και στο εξωτερικό. Διάφορες μελέτες έχουν εκπονηθεί κυρίως για τους κλασικούς αρχαίους μαρμάρινους ναούς της Ελλάδας και της Νότιας Ιταλίας. Οι πειραματικές και θεωρητικές μελέτες που έχουν δημοσιευθεί πρόσφατα αφορούν κυρίως τη συμπεριφορά των κίωνων καθώς και των επιστυλίων τους και συμπεραίνουν ότι η δυναμική τους απόκριση διαφέρει σημαντικά από τις σύγχρονες κατασκευές. Πρέπει να σημειωθεί ότι στις αρχαίες κατασκευές, τα διάφορα μαρμάρια ή πέτρινα μέρη είναι τοποθετημένα προσεκτικά το ένα πάνω στο άλλο δίχως τη χρήση κάποιου συνδετικού υλικού.

Κατά την κλασική περίοδο στην Αρχαία Ελλάδα, τα διάφορα κομμάτια του κίονα ήταν συνδεδεμένα μεταξύ τους με ένα σύστημα το οποίο περιελάμβανε ένα μικρό ξύλινο πάσσαλο και δύο υποδοχές. Η διάμετρος των υποδοχών διέφερε σημαντικά από ναό σε ναό ανάλογα με το μέγεθος των επιμέρους κίωνων. Αυτό το στοιχείο σκιαγραφεί τον προσεκτικό σχεδιασμό των αρχαίων μηχανικών και αρχιτεκτόνων. Αξίζει να αναφερθεί ότι στον ναό του Ποσειδώνα στο Σούνιο η διάμετρος των υποδοχών ήταν 2,7 ενώ στο Ερεχθείο της Ακρόπολης των Αθηνών 4,7 εκατοστά του μέτρου. Κατά τη διάρκεια μιας σημαντικής σεισμικής δόνησης, τα επιμέρους στοιχεία του κίονα (σπόνδυλοι) δονούνται, αλλά και μετακινούνται το ένα σε σχέση με το άλλο. Οι μετακινήσεις αυτές είναι της τάξης των μερικών χιλιοστών του μέτρου.

Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη του Δημήτριου Κωνσταντινίδη και του Νίκου Μακρή, από το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας στο Berkeley των ΗΠΑ και το Πανεπιστήμιο της Πάτρας, αντίστοιχα, οι μετακινήσεις των επιμέρους σπονδύλων του κίονα είναι ιδιαίτερα σημαντικές όσον αφορά την αντισεισμική του συμπεριφορά. Πιο συγκεκριμένα, οι δύο επιστήμονες απέδειξαν ότι η πιο αποτελεσματική συμπεριφορά αυτών των κίωνων οφείλεται στην ελευθερία μετακίνησης στη διεπιφάνεια ανάμεσα στους δύο σπονδύλους σε σχέση με τους μονολιθικούς κίονες ίδιων διαστάσεων. Κατά συνέπεια, οι σπονδυλωτοί κίονες αντέχουν σε σημαντικές σεισμικές δονήσεις χωρίς να καταρρέουν. Επιπλέον, οι ίδιοι επιστήμονες, με την εφαρμογή προσομοιώσεων, συμπέραναν ότι η χρήση του αρχαίου συστήματος του ξύλινου πασσάλου είναι καλύτερη από τη χρήση σύγχρονων μεταλλικών στοιχείων. Ο λόγος είναι ότι τα μεταλλικά μέρη καθιστούν άκαμπτα τα διάφορα μέρη του κίονα με αποτέλεσμα να υπάρχουν επιπτώσεις στην αντισεισμική του συμπεριφορά.



Εικ. 6.α.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ

Η Αγία Σοφία και άλλες βυζαντινές κατασκευές παραμένουν όρθιες στο πέρασμα περίπου 1500 χρόνων σε μια από τις πιο σεισμικά δραστήριες περιοχές του κόσμου. Είναι χαρακτηριστικό ότι στην περιοχή αρκετές μεταγενέστερες κατασκευές, μικρότερου μεγέθους, σχεδιασμένες από εκπαιδευμένους μηχανικούς με υλικά ανώτερων μηχανικών ιδιοτήτων, κατέρρευσαν, σε αντίθεση με πλήθος βυζαντινών κατασκευών που αψηφούν τον χρόνο και τις σεισμικές δονήσεις. Ακόμα και με τους σημερινούς κανόνες, τα οικοδομικά υλικά και την υπολογιστική δύναμη, ο αντισεισμικός σχεδιασμός ενός τόσο μεγάλου και πολύπλοκου κτίσματος όπως η Αγία Σοφία στην εν λόγω περιοχή δεν θα ήταν εύκολος.

Αν και οι σημερινοί αντισεισμικοί και οικοδομικοί κανονισμοί δεν αντικατοπτρίζουν τη σχεδιαστική και κατασκευαστική μεθοδολογία του ιστορικού κτίσματος, υπάρχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά στη φιλοσοφία της κατασκευής. Βέβαια, στα χρόνια του Βυζαντίου δεν υπήρχε κάποιος συγκεκριμένος τύπος ναού, αντίθετα δημιούργησε πολλούς σε σχέση με την κάθε περιοχή και τα υλικά. Το κριτήριο των πρώτων χριστιανών όταν επιχειρούσαν τη δημιουργία ενός ναού δεν ήταν μορφολογικό, αλλά λειτουργικό, το οποίο θα διευκολύνει τις συνάξεις τους και θα δείχνει «σεβασμό» στα υλικά που διέθεταν.

Διάσπαρτα στα αιώνια δάση του Αγίου Όρους μπορεί να συναντήσει κανείς τα πρότυπα της βυζαντινής αντισεισμικής κατασκευής. Οι Ιερές μονές είναι μεγάλες σε μέγεθος σύνθετες κατασκευές δομημένες από τοιχοποιία ενισχυμένη από ξύλινα στοιχεία. Όπως και στις αρχαίες μινωικές κατασκευές, οι ξύλινες ενισχύσεις αυξάνουν την αντοχή της τοιχοποιίας σε φορτία εφελκυσμού και κάμψης. Τα παράθυρα είναι συνήθως τοξωτά ενώ υπάρχουν και καμάρες.

Τα βυζαντινά κτήρια και κυρίως η Αγία Σοφία έχουν προκαλέσει το ενδιαφέρον πολλών επιστημόνων.



Εικ. 7.α.

Αξίζει να δούμε αναλυτικά κάποια από τα μεγαλειώδη έργα της αρχαιότητας και του Μεσαίωνα στον Ελλαδικό χώρο, καθώς και τις προσπάθειες που έχουν γίνει στο πέρασμα των χρόνων από επιστήμονες για την αναστήλωση και αποκατάστασή τους.

Κ ΕΦ ΑΛΛ Ι Ο 8

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑ ΤΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΗΣ



Εικ. 8.α. Παρθενώνας

Μετά τα Περσικά η Αθήνα αναδείχτηκε σε σπουδαία πόλη. Θεσπίστηκε η Δηλιακή Συμμαχία και τα χρήματα που πρόσφεραν οι πόλεις φυλάσσονταν στη Δήλο. Αργότερα όμως μεταφέρθηκαν στην Αθήνα και ο Περικλής χρησιμοποίησε μέρος των χρημάτων αυτών για την ανέγερση του Παρθενώνα, ο οποίος χτίστηκε πάνω σε προηγούμενο ναό της Αθηνάς και εν συνεχεία καταστράφηκε από τους Πέρσες κατά τη διάρκεια των Περσικών πολέμων.

Ο ναός κατασκευάστηκε μεταξύ 447-438 π.Χ., οι οικοδομικές εργασίες διήρκεσαν εννέα χρόνια (χρόνος ρεκόρ για την εποχή) και χρειάστηκαν άλλα πέντε χρόνια για τα γλυπτά του. Αρχιτέκτονες του ναού ήταν ο **Ικτίνος**, ο οποίος έκτισε και το ναό του Απόλλωνα στη Φιγαλία και ο **Καλλικράτης**, αρχιτέκτονας του ναού της Νίκης και ίσως του Ερεχθείου, ενώ την ευθύνη για τη διακόσμηση και τη γενική επίβλεψη του έργου είχε ο γλύπτης **Φειδίας**, ο οποίος κατασκεύασε το από ελεφαντοστό επενδεδυμένο με πλάκες χρυσού, προσαρμοσμένο σε ξύλινο εσωτερικό σκελετό άγαλμα προς τιμήν της θεάς Αθηνάς.

Κατασκευάστηκε με μάρμαρο από την Πεντέλη και κάθε τμήμα κίονα έχει βάρος από 80 μέχρι 100 τόνους. Στην οροφή χρησιμοποιήθηκαν λεπτές πλάκες μαρμάρου από την Πάρο, που με την ημιδιαφάνειά τους φώτιζαν απαλά το Ναό. Στο σχέδιο του Παρθενώνα δεν υπάρχει ούτε μία ευθεία γραμμή αλλά παντού συναντάμε απαλές καμπύλες. Στις αναλογίες του συναντάμε τον χρυσό αριθμό Φ και την σχέση $\alpha/2\alpha+1$. Το οπτικό αποτέλεσμα είναι εκτός από αρμονικό

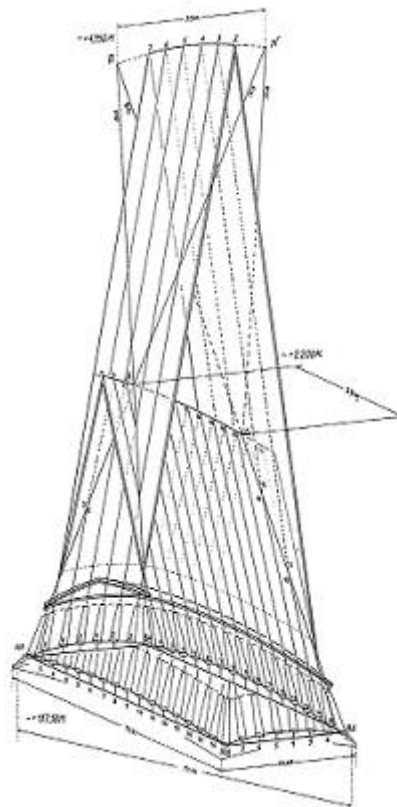
πολλές φορές και απροσδόκητο, καθώς ο Παρθενώνας δείχνει πολύ μεγαλύτερος από ότι είναι στην πραγματικότητα.

Οι διαστάσεις του είναι 69,54 μ. μήκος, 30,78 μ. πλάτος, 20 μ. ύψος και αν συγκριθεί με διάφορα σύγχρονα κτήρια θα δούμε την τεράστια διαφορά στο οπτικό αποτέλεσμα. Η κατασκευή του δεν είναι ακόμα πλήρως γνωστή μιας και υπάρχουν ενδείξεις μη συμπαγούς θεμελίωσής του σε ασυνήθιστο βάθος 11 μέτρων και ίσως διαθέτει υπόγειο τμήμα ή θάλαμο. Κάποια σκαλιά που οδηγούν σήμερα στο πουθενά και μια παραλληλόγραμμη καθίζηση του πατώματος του Ναού μας παραπέμπουν στο ότι υπήρχαν και άλλοι χώροι, άγνωστοι σε εμάς σήμερα.

Ας δούμε μερικά από τα μεγέθη που μετρήθηκαν στο ναό:

Το πλάτος της βάσης του Παρθενώνα (100 ελληνικά πόδια) αντιστοιχεί σε γωνία ενός δευτερολέπτου της μοίρας στον Ισημερινό. Επίσης ο όγκος της νοητής πυραμίδας που σχηματίζεται είναι ο μισός της μεγάλης πυραμίδας της Αιγύπτου, 45.000.000 Ελληνικά κυβικά πόδια.

Οι κίονες του ναού δεν είναι κάθετοι, αλλά αν επεκταθούν νοητά προς τα επάνω συναντώνται στα 1852 μ.(Εικ. 8.β.)



Εικ. 8.β.

Σημαντικό επίτευγμα αποτελεί η αντισεισμική κατασκευή του Παρθενώνα που του επέτρεψε να αντέξει πλήθος σεισμών από την κατασκευή του μέχρι σήμερα.

Οι κίονες του Παρθενώνα αποτελούνται από τελείως άκαμπτα σώματα, τους σπονδύλους, τα οποία δε διαθέτουν συνδετικό υλικό μεταξύ τους και παρατηρήθηκε πως παρουσιάζουν πολύ καλή συμπεριφορά στους σεισμούς, δίνοντας την εντύπωση ότι αποτελούν ένα αρκετά ελαστικό σώμα με ενιαία απόκριση στο σεισμό. Αυτό οφείλεται σε 3 λόγους:

1. Στην πολύ καλή λείανση ενός περιμετρικού δακτυλίου του κάθε σπονδύλου με αποτέλεσμα την άριστη αεροστεγή επαφή μεταξύ των σπονδύλων.
2. Στην υψηλή και ομοιόμορφη αντοχή των σπονδύλων.
3. Στην ύπαρξη των τórμων και των εντορμίων στο κέντρο των σπονδύλων.

Μπορούμε να πούμε πως η κατασκευή των κίωνων αυτών του Παρθενώνα θυμίζει τη σπονδυλική στήλη του ανθρώπου, η οποία είναι φτιαγμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να ανταποκρίνεται επιτυχώς στις διάφορες διεγέρσεις και δονήσεις που υποβάλλεται ο άνθρωπος όταν στέκεται όρθιος. Οι κολώνες που αποτελούνται από σπονδύλους παραμορφώνονται και συμπεριφέρονται «χαοτικά», αλλά επιτυγχάνουν την «έξυπνη» απόσβεση της σεισμικής ενέργειας. Αυτό το θεμελιώδες χαρακτηριστικό εφαρμοζόμενο στις σύγχρονες κατασκευές αποδεικνύει περίτρανα την αντισεισμικότητα τους.

Οι αρχαίοι Έλληνες για να εξασφαλίσουν τα έργα τους από τη δράση του Εγκέλαδου, είχαν ορίσει συγκεκριμένους κατασκευαστικούς κανόνες, οι οποίοι έπρεπε να τηρούνται από όλους τους τεχνίτες (πλινθοποιούς, λαξευτές, οικοδόμους κ.α.).

Έτσι λοιπόν και εμείς σήμερα σπουδάζουμε τον τρόπο δόμησης και χρήσης των διαφόρων οικοδομικών υλικών των προγόνων μας, καθώς οι κατασκευές που έκαναν ήταν ασύλληπτης ποιότητας και ακρίβειας, που διατηρούνται έως σήμερα, παρά τις διάφορες ταλαιπωρίες που υπέστησαν. Με αυτόν τον τρόπο οδηγούμαστε σε συμπεράσματα τα οποία θα μας βοηθήσουν να τα εφαρμόσουμε και να βελτιώσουμε τις σύγχρονες κατασκευές.

Ο Παρθενώνας δέχτηκε πολλές καταστροφές από την ανέγερση του έως σήμερα. Η πρώτη έγινε το 267 μ. Χ. από τους Έρουλους. Καταστράφηκε η αρχική στέγη, ολόκληρη η εσωτερική κιονοστοιχία, ενώ έπαθαν φοβερές ζημιές οι τοίχοι του σηκού. Περίπου 100 χρόνια αργότερα, την περίοδο της αυτοκρατορίας του Ιουλιανού του Παραβάτη, έγιναν κάποιες διορθώσεις όχι όμως και τόσο πετυχημένες. Ο Χριστιανισμός επιβάλλεται και γίνεται εκκλησία του Θεού της Σοφίας. Το 1025 μ. Χ. οι Φράγκοι καταλαμβάνουν την Αθήνα και ο Παρθενώνας γίνεται καθεδρικός ναός. Το 1456 μ. Χ. μετατρέπεται σε τζαμί από τον Τούρκο Ομάρ Τουραχάν. Το 1687 ο βενετσιάνικος στρατός με τον Μοροζίνι πολιορκεί τους Τούρκους

που βρίσκονταν στην Ακρόπολη. Μια οβίδα έπεσε στον Παρθενώνα που χρησιμοποιούνταν ως πυριτιδαποθήκη και προκάλεσε έκρηξη, με αποτέλεσμα την ανατίναξη του κτηρίου, όπου μεγάλα τμήματα του ναού καταστράφηκαν ή εκσφενδονίστηκαν. Οι ζημιές ήταν οι εξής : έπεσαν τρεις τοίχοι του σηκού, η πρόσταση του πρόναου, έξι της νότιας και οχτώ της βόρειας πλευράς.

Το 1801 ο Έλγιν απέσπασε από την Ακρόπολη διάφορα γλυπτά προκαλώντας μεγάλες ζημιές.

Το 1827 οι Τούρκοι κυριεύουν την Ακρόπολη και φεύγουν οριστικά το 1833.

Το πρώτο έργο αποκατάστασης ξεκίνησε το 1834, όπου απομακρύνθηκαν τα ερείπια που είχαν σχηματιστεί με τον καιρό πάνω στον Ιερό βράχο.

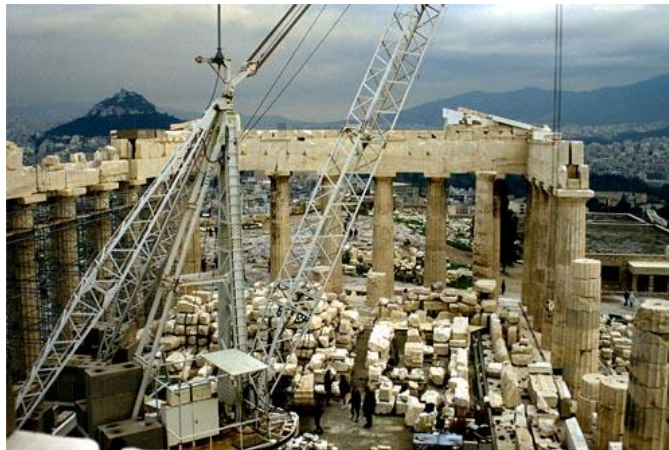
Το 1898 αρχίζει η προσπάθεια για την αναστήλωση των μνημείων που συνεχίζεται μέχρι τις μέρες μας. Σε όλο το 19^ο αιώνα Έλληνες και ξένοι συμμετείχαν στο έργο αυτό, αλλά ο Παρθενώνας, όπως τον βλέπουμε σήμερα, ως επί το πλείστον ανακατασκευάστηκε στο γύρισμα του αιώνα. Οι εντατικές ανασκαφές στην Ακρόπολη μεταξύ 1885 και 1890 απέφεραν πολλά από τα μοναδικά έργα τέχνης που διαθέτει σήμερα το μουσείο.

Μεταξύ του 1923 - 1933 ο Ν. Μπαλάνος ανοικοδόμησε τη βόρεια κιονοστοιχία και τμήμα της νότιας. Οι προσπάθειές του ήταν κάτι σαν καταστροφή, καθώς έκοψε τρύπες στο μάρμαρο και πρόσθεσε κομμάτια χάλυβα, τα οποία αργότερα θα σκουριάσουν. Ο Ορλάνδο, συνεργάτης του, είχε ταχθεί κατά της επαναφοράς της νοτίου κιονοστοιχίας χωρίς ανάλογη αποκατάσταση των τειχών του σηκού. Μετά το θάνατο του Ν. Μπαλάνου, το 1942 ο Ορλάνδο ανέλαβε το έργο με γνώμονα την πεποίθηση ότι η αποκατάσταση του μνημείου έπρεπε να γίνει όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην αρχική του μορφή ώστε να επιτρέπει στους επισκέπτες να εκτιμήσουν την ομορφιά του.

Το 1975 η ελληνική κυβέρνηση ξεκίνησε μια συντονισμένη προσπάθεια για την αποκατάσταση του Παρθενώνα και των άλλων δομών της Ακρόπολης. Μετά από κάποια καθυστέρηση η επιτροπή για τη διατήρηση των μνημείων της Ακροπόλεως ιδρύθηκε το 1983. Το έργο προσέλκυσε αργότερα χρηματοδότηση και τεχνική βοήθεια από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Ιδιαίτερα σημαντικά και εύθραυστα γλυπτά μεταφέρθηκαν στο μουσείο της Ακρόπολης.

Από το 1992 ως το 1993, πολύ λεπτή επέμβαση πραγματοποιήθηκε στη δυτική πλευρά του σηκού. Μέχρι το 2009 έως και το 50% των πλευρικών τοιχωμάτων του Παρθενώνα είχαν αποκατασταθεί. Ο ακριβής υπολογισμός της θέσης κάθε μπλοκ μαρμάρου έχει γίνει ευκολότερος με τη χρήση ενός ειδικά διαμορφωμένου προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Αυτό που απασχολεί κυρίως τους επιστήμονες που ασχολούνται με την αναστήλωση του μνημείου είναι η δομική ακεραιότητα του οικοδομήματος, καθώς βρισκόμαστε σε σειсмоγενή περιοχή και η αποκατάσταση της αισθητικής του ακεραιότητας, συμπληρώνοντας πελεκημένα τμήματα των σπονδύλων και υπέρθυρων, χρησιμοποιώντας ακριβώς γλυπτό μάρμαρο. Νέο Πεντελικό μάρμαρο χρησιμοποιείται από το αρχικό λατομείο και σχεδόν όλα τα κομμάτια αυτού θα τοποθετούνται στη δομή όπου αρχικά έχουν, με την υποστήριξη όπως απαιτείται από σύγχρονα υλικά. Ωστόσο τα μελλοντικά προγράμματα αναστήλωσης του Παρθενώνα θα ολοκληρωθούν το 2020 και αφορούν στην ανασύσταση των εσωτερικών τοίχων. Έχουν βρεθεί οι αρχικές θέσεις των 400 από τους 700 αρχαίους λίθους, αλλά μένει να επιλυθεί για την τοποθέτησή τους το στατικό πρόβλημα, καθώς έχουν καεί οι εσωτερικές πλευρές των λίθων και χρειάζονται μεγάλη ενίσχυση από νέο υλικό. Επίσης, πρέπει να τοποθετηθεί το μαρμάρινο υπέρθυρο μήκους 7,5 μ. και βάρους 12,5 τόνων πάνω από την πύλη του Οπισθόναου. Το ογκώδες αυτό μάρμαρο βρίσκεται στον Παρθενώνα και περιμένει να ανεβεί στη θέση του αντικαθιστώντας το παλιό τσιμεντένιο εδώ και 20 χρόνια.



Εικ. 8.γ. Επισκευή Παρθενώνα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΝΑΟΥ ΤΟΥ ΕΠΙΚΟΥΡΕΙΟΥ ΑΠΟΛΛΩΝΑ



Εικ. 9.α. Ναός του Επικούρειου Απόλλωνα

Ο ναός βρίσκεται 14 km νοτιοδυτικά της Ανδρίτσαινας, σε υψόμετρο 1.130 μέτρα, στο βουνό Κωτίλιο. Τον 7^ο αιώνα π.Χ. στην περιοχή που στην αρχαιότητα ονομαζόταν Βάσσεσ, οι κάτοικοι της γειτονικής Φιγάλειας κατασκεύασαν ένα ναό προς τιμήν του Απόλλωνα και τον λάτρευαν με το όνομα Επικούρειος (βοηθός στον πόλεμο ή την ασθένεια). Του δόθηκε αυτή η ονομασία κατά τη διάρκεια των πολέμων εναντίον των Σπαρτιατών το 650 π.Χ. . Θεωρείται ένα από τα καλύτερα μνημεία που έχουν διασωθεί από την κλασική αρχαιότητα και ο πιο καλοδιατηρημένος ναός μετά από αυτόν της Haefestus στην Αθήνα. Χτίστηκε το 420-400 π.Χ. πάνω στα ερείπια ενός παλαιότερου αρχαϊκού ναού και είναι δωρικός περίπτερος ναός με B-N προσανατολισμό και διαστάσεις 14.48*38.24 m.

Η κατασκευή των κιόνων είναι από ελαφρά ασύμμετρα μέρη και σε αρθρωτή σπονδυλωτή κατασκευή ενισχυμένη με σιδερένια τμήματα επενδυμένα με μόλυβδο, γεγονός που του προσέδιδε αξιοζήλευτη αντοχή στους σεισμούς. Τα περισσότερα τμήματα του ναού είναι κατασκευασμένα από τοπικό γκρίζο ασβεστόλιθο, ενώ τα γλυπτά τμήματα που απαιτούσαν λεπτομέρεια έγιναν μαρμάρινα, όπως τα κιονόκρανα του σηκού, ορισμένα μέρη της οροφής και το ανώτατο όριο και το σκαλιστό διάκοσμο. Στο εσωτερικό του ναού υπήρχε το μεγάλο (12 πόδια) χάλκινο άγαλμα του Απόλλωνα.

Ο ναός του Επικούρειου Απόλλωνα είναι γνωστός και ως ο «**Περιστρεφόμενος**» ναός. Ο μαθηματικός κ. Στέλιος Πετράκης ανακάλυψε ότι ο ναός είναι έτσι χτισμένος που κάθε χρόνο να γλιστράει πάνω στην ειδική βάση του με γωνία τέτοια που να στρέφεται κατά 50.2 sec της μοίρας κάθε χρόνο, στοχεύοντας στο ίδιο αστρικό σημείο, λόγω της κίνησης του άξονα της γης με περίοδο 25.920 ετών, ο «μεγάλος ενιαυτός» που αναφέρει ο Πλάτωνας. Πιο απλά αν και κάθε 2.160 χρόνια αλλάζει ο αστερισμός του μεσουρανήματος, ο ναός εξακολουθεί να στοχεύει στο ίδιο σημείο.

Ο ναός αν και παραμένει ένας από τους καλύτερα διασωθέντες ναούς της αρχαιότητας λεηλατήθηκε από το Ρωμαίο αυτοκράτορα Αύγουστο που αφαίρεσε τα γλυπτά του αλλά και από άλλους που αφαίρεσαν μέταλλα από την ειδικά κατασκευασμένη βάση του. Η πρώτη σημαντική καταστροφή του όμως σημειώθηκε όταν έπεσε η στέγη του λόγω της φυσικής φθοράς των ξύλινων δοκών που τη συγκρατούσαν. Γλυπτά του διάκοσμου του ναού βρίσκονται στο Αρχαιολογικό Βρετανικό Μουσείο.

Η σημερινή μορφή του ναού οφείλεται στις εργασίες για την αποκατάστασή του από την αρχαιολογική εταιρεία στις αρχές του αιώνα. Η πρώτη ενέργεια αποκατάστασής του πραγματοποιήθηκε το 1902 από τον Π. Καββαδία και κράτησε έξι χρόνια. Την ίδια περίοδο (1902-1908) πραγματοποιήθηκε και ένα ευρύ αναστηλωτικό πρόγραμμα από την Αρχαιολογική Εταιρεία με αποτέλεσμα την αποκατάσταση του ναού με τη μορφή που παρουσιάζει σήμερα.

Το 1965 ο ναός υπέστη σοβαρές ζημιές από τον καταστροφικό σεισμό που έπληξε την περιοχή. Το ίδιο έτος έγιναν στερεωτικές εργασίες στο ναό, όπως σωστικές επεμβάσεις σε τρία ετοιμόρροπα επιστύλια, ενώ το επόμενο έτος μια βροντή προκαλεί νέα προβλήματα στο μνημείο με άμεσο κίνδυνο για τους κίονες.

Το 1970 ιδρύθηκε η Επιτροπή για την προστασία του ναού του Επικούρειου Απόλλωνα. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας 1985-1995 η Επιτροπή προχώρησε σε τέσσερα βασικά βήματα για την προστασία του. Δημιούργησαν ένα προστατευτικό στέγαστρο πάνω από το ναό χάρη στο οποίο το μνημείο προστατεύθηκε από την άμεση δράση των καιρικών φαινομένων (βροχή, παγετός) που αποτελούν καθοριστικό παράγοντα στη φθορά του δομικού υλικού (τοπικός ασβετόλιθος). Μάλιστα στο σχεδιασμό του προβλέφθηκαν τέτοιες κλίσεις στο συνθετικό ύφασμα κάλυψης, ώστε να αποφεύγεται η συσσώρευση μεγάλων φορτίων χιονιού. Επίσης έλαβαν μέτρα κατά των σεισμών, καθάρισαν τα όμβρια ύδατα και έλαβαν μέρος κατά των κεραυνών.

Τον Ιούνιο του 1977 το Κεντρικό Αρχαιολογικό Συμβούλιο έπειτα από συζήτηση αποφάσισε να προχωρήσει σε βασικά έργα για τη στήριξη και την αποκατάσταση του ναού. Συγκεκριμένα αποφάσισαν ότι για να σωθεί το μνημείο θα πρέπει να αφαιρεθούν τα επιστύλια και να μεταφερθούν οι στήλες, προκειμένου να ενισχύσουν τα θεμέλια και να διατηρηθούν έτσι 2.000 αρχιτεκτονικά μέλη.

Μετά από τρία χρόνια παύσης των επισκευών και παρά το γεγονός ότι ο ναός αντιμετωπίζει τον κίνδυνο να καταρρεύσει, το Κεντρικό Αρχαιολογικό Συμβούλιο συνεδρίασε εκ νέου (Σεπτέμβριος 2000) παρουσία του ESNEA. Κατά τη διάρκεια αυτού του συνεδρίου υπήρξαν διαφωνίες και εκφράστηκαν αντίθετες απόψεις για τον τρόπο στερέωσης και αποκατάστασης του ναού.

Τέλος, η πλειοψηφία αποφάσισε ότι η μελέτη για τα έργα στη βόρεια πλευρά του ναού θα πρέπει να εγκριθεί. Τα προτεινόμενα αυτά έργα αφορούσαν στη βορειοδυτική γωνία του, που αποτελούνταν από τέσσερα επιστύλια και τρεις στήλες.



Εικ. 9.β. Επεμβάσεις στο Ναό του Επικούρειου Απόλλωνα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΡΟΤΟΝΤΑΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



Εικ. 10.α. Ροτόντα Θεσσαλονίκης

Η Ροτόντα ανήκει στα περίτεχνα οικοδομήματα και οφείλει το όνομά της στο κυκλικό της σχήμα. Χτίστηκε στα χρόνια του Καίσαρα Γαλέριου, το 306 μ.Χ. για να αποτελέσει ναό του Δία ή του Κάβειρου ή ως Μουσολείο του ίδιου.

Στον άξονά της κατέληγε πομπική οδός που συνέδεε τη θριαμβική αψίδα του Γαλέριου με το ανακτορικό συγκρότημα που έχει ανασκαφεί νοτίως της Εγνατίας οδού.

Το κτήριο έχει διάμετρο 24, 50 m. και καλύπτεται από ισοδιάστατο θόλο, από οπτοπλίνθους, που φτάνει σε ύψος τα 29, 80 m. Το κυλινδρικό τοίχωμά της έχει πάχος 6, 30 m. και διασπάται εσωτερικά σε οχτώ ορθογώνιες κόγχες εκ των οποίων η νότια αποτελούσε την κύρια είσοδο.

Ο Ναός κατά τη διάρκεια των παλαιοχριστιανικών χρόνων μετατράπηκε σε χριστιανικό ναό, αφιερωμένο είτε στους Ασωμάτους ή στους Αρχαγγέλους, καθώς την ίδια περίοδο διανοίχθηκε και διερευνήθηκε η Ανατολική κόγχη και κατασκευάστηκε το ιερό βήμα, το οποίο είναι ένας ορθογώνιος χώρος με ημικυκλική αψίδα στα ανατολικά. Γύρω από το κτήριο προστέθηκε κλειστή στεγασμένη στοά, πλάτους 8 μέτρων, που επικοινωνούσε με τον κεντρικό χώρο μέσω 7 κογχών που διανοίχθηκαν στον κεντρικό πυρήνα. Στη δυτική κόγχη διαμορφώθηκε νέα είσοδος με νάρθηκα και προστέθηκε πρόπυλο με δύο παρεκκλήσια, ένα κυκλικό ανατολικά

και ένα οκταγωνικό δυτικά. Με εξαίρεση τη διαμόρφωση της ανατολικής κόγχης δε διασώζεται καμία άλλη προσθήκη σήμερα.

Όμως οι επεμβάσεις κατά την παλαιοχριστιανική περίοδο επιβάρυναν τη στατική του επάρκεια. Οι σεισμοί στις αρχές του 7^{ου} αιώνα κατέστρεψαν την αψίδα του ιερού και το υπερκείμενο τμήμα του θόλου. Η αψίδα έπειτα από την αποκατάστασή της ενισχύθηκε εξωτερικά με δύο αντηρίδες και διακοσμήθηκε τον 9^ο αιώνα με την τοιχογραφία της Αναλήψεως.

Οι σεισμοί που έπληξαν την πόλη της Θεσσαλονίκης το 1978 προξένησαν σοβαρές βλάβες στο μνημείο. Οι αναστηλωτικές εργασίες απαίτησαν μεγάλες επεμβάσεις στο κτήριο και το διάκοσμό του, το μεγαλύτερο μέρος των οποίων έχει περατωθεί.

Τα πρώτα ερωτήματα που τέθηκαν σχετικά με τις αναστηλωτικές μελέτες της Ροτόντας αφορούσαν στη μορφολογία της παλαιοχριστιανικής φάσεως και ειδικότερα στις επεμβάσεις και στις προσθήκες που έγιναν στο Ρωμαϊκό πυρήνα του μνημείου. Σε γενικές γραμμές ήταν γνωστός ο ισόγειος, κυκλικός, περιφερικός διάδρομος που προστέθηκε στο μνημείο, το μεσημβρινό πρόπυλο και κάποια κτίσματα δυτικά, εξωτερικά από το διάδρομο, καθώς και η ύπαρξη δύο συμμετρικών προσκτισμάτων στο παλαιοχριστιανικό πρόπυλο.

Όμως δεν ήταν γνωστή η ακριβής μορφή των συμμετρικών προσκτισμάτων στο πρόπυλο, ούτε η ακριβής διαμόρφωση της αψίδας του ιερού, ούτε ο τρόπος που αρθρώνεται στον κεντρικό, αρχικό, ρωμαϊκό πυρήνα, ο κυκλικός περιδρόμος κατά τη μετατροπή του Παγανιστικού ναού σε εκκλησία κατά την Παλαιοχριστιανική εποχή.

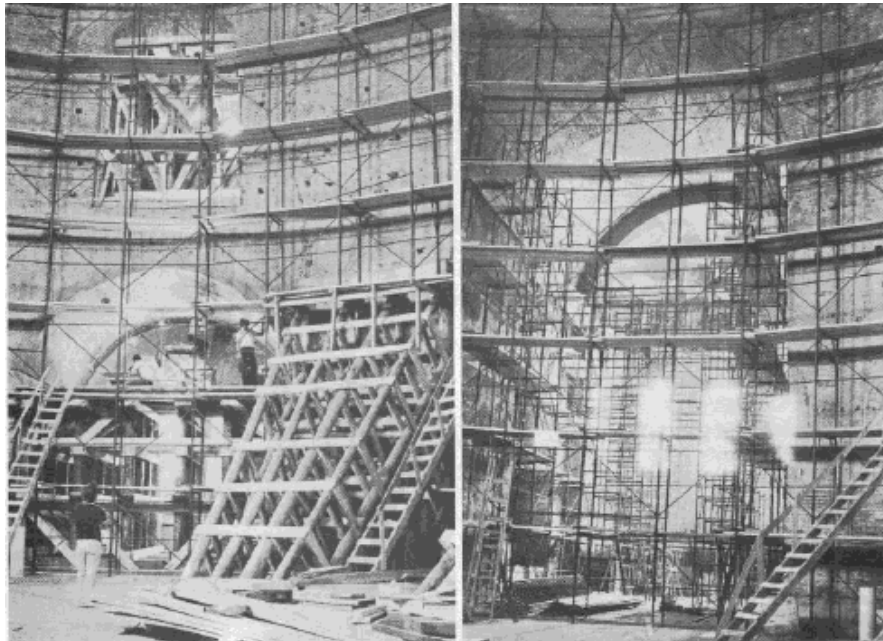
Το επιστημονικό συνεργείο που εργάστηκε στη Ροτόντα αποτελούνταν από αρχιτέκτονες με επικεφαλής τον Πέτρο Δεβολή, ο οποίος κατασκεύασε τα απαραίτητα αρχιτεκτονικά προπλάσματα για τη μελέτη της στατικής καταστάσεως του μνημείου και την καταγραφή των ρηγματώσεων. Ωστόσο, εκτός από αρχιτέκτονες εργάστηκαν και αρχαιολόγοι. Έτσι αποτυπώθηκε με ακρίβεια το μνημείο, με παραδοσιακή μέθοδο και με φωτογραμμική με τη βοήθεια επιστημονικού συνεργείου της ειδικής υπηρεσίας του Υπουργείου Δημοσίων Έργων (Υ.Α.Σ.Β.Ε.) και ειδικών Πολωνών επιστημόνων.

Χάρη στα ικριώματα που τοποθετήθηκαν εσωτερικά και εξωτερικά στο μνημείο, έγινε μια σειρά από παρατηρήσεις και προκλήθηκε το αποτέλεσμα ότι η μορφή που έλαβε η Ροτόντα στο στάδιο της μετατροπής της σε χριστιανικό μνημείο, γύρω στο 400μ.Χ ήταν βαθύτατα επηρεασμένη από τα περικόκτρα κέντρα που προϋπήρχαν.

Από έρευνα που διενεργήθηκε για τη διαπίστωση της εδράσεως των ισχυρών πεσσών του μνημείου, διευκρινίστηκε ότι εδράζονται σε ενιαίο σταθερό βράχο και ότι η στάθμη του

υπόγειου υδάτινου ορίζοντα βρισκόταν σε βάθος 6, 00 m. Κάτω από τη στάθμη του εσωτερικού δαπέδου της Ροτόντας.

Τελικά, η διερεύνηση και η μελέτη στερεώσεως και σταθεροποίησης της στατικής κατάστασης του μνημείου οδήγησαν τους επιστήμονες στην πρόταση της αντιστρέψιμης λύσης, της ενίσχυσης της εδράσεως του τρούλου της Ροτόντας με ένα ισχυρό μεταλλικό νάρθηκα, αποτελούμενο από σειρά επάλληλων προεντετεμένων δακτυλίων. Μεριμνήθηκε η αντικατάσταση των τραυματισμένων ή καταπονημένων κυβολίθων στην εξωτερική επιφάνεια της τοιχοποιίας, η αφαίρεση των σαθρών κονιαμάτων και η εκ νέου αρμολόγηση τω αρμών. Σε ειδικά σημεία των ρηγμάτων έγιναν ενέματα και κάθε δυνατή ενίσχυση στα θεμέλια.



Εικ. 10.β. Επεμβάσεις στο εσωτερικό της Ροτόντας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ - ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΧΕΙΡΟΠΟΙΗΤΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



Εικ. 11.α. Αχειροποίητος Θεσσαλονίκης

Ο ναός αυτός βρίσκεται στο κέντρο της παλιάς πόλης της Θεσσαλονίκης μεταξύ της Αρχαίας Αγοράς και της Ροτόντας παράπλευρα και βόρεια της Εγνατίας Οδού. Είναι ξυλόστεγη, τρίκλιτη βασιλική «Ελληνιστικού τύπου» και αποτελεί μαζί με τους ναούς της Θεσσαλονίκης, Άγιο Δημήτριο και Αγία Σοφία, χαρακτηριστικό δείγμα της παλαιοχριστιανικής ναοδομίας.

Αρχικά ο ναός προς τη δυτική πλευρά είχε εξωνάρθηκα από τον οποίο μόνο ίχνη σώζονται σήμερα και μπροστά από αυτόν υπήρχε μια τετράγωνη αυλή με αίθριο, όπως στο Ναό του Αγίου Δημητρίου. Εσωτερικά ο νάρθηκας που διαμορφώνεται κάθετα προς τα τρία κλίτη επικοινωνεί με τον ναό με τρεις θύρες. Τα δύο πλάγια κλίτη διαχωρίζονται από το κεντρικό με δύο μαρμάρινες κιονοστοιχίες. Στο μέσο της νότιας πλευράς εξωτερικά υπάρχει ένα μικρό παρεκκλήσι – βαπτιστήριο. Άλλο ένα παρόμοιο υπάρχει στο τέλος του βόρειου κλίτους.

Το πότε κτίστηκε ο ναός δεν έχει προσδιοριστεί με ακρίβεια. Η άποψη που επικρατεί είναι ότι κατασκευάστηκε μετά τη Γ΄ Οικουμενική Σύνοδο της Εφέσου το 431 μ. Χ. Κατά την παράδοση το όνομα «Αχειροποίητος» δόθηκε στο ναό από μια εικόνα της Θεοτόκου που δεν πλάστηκε από ανθρώπινα χέρια (α-χειροποίητος), αλλά έπεσε από τον ουρανό.

Ο χριστιανικός ναός κτίστηκε πάνω στα ερείπια ενός ρωμαϊκού λουτρού, του οποίου αποκαλύφθηκαν τρία επάλληλα δάπεδα κάτω από το βόρειο κλίτος της Βασιλικής. Η έκταση που καταλαμβάνουν τα ερείπια του λουτρού δείχνουν ότι επρόκειτο για ένα από τα σημαντικότερα δημόσια έργα της Θεσσαλονίκης. Η βασιλική της Αχειροποιήτου κατέλαβε μόνο

ένα τμήμα του προγενέστερου κτίσματος, ενώ το ανατολικό και βόρειο τμήμα του λουτρού παρέμειναν σε χρήση και μετά την ανέγερσή της. Μετά την απελευθέρωση της πόλης, καθώς ο ναός κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας είχε μετατραπεί σε τζαμί, χρειάστηκε να γίνουν πολλές κατασκευές και συντηρήσεις για να δοθεί και πάλι ο ναός σε χρήση το 1930.

Παρόλες τις ανακατασκευές που έχει υποστεί, η Αχειροποίητος συγκαταλέγεται σήμερα ανάμεσα στα καλύτερα διατηρημένα και πιο σημαντικά παραδείγματα της τυπικής ξυλόστεγης βασιλικής με υπερώα της πρωτοβυζαντινής περιόδου. Ακόμα δεν έχει ολοκληρωθεί η στατική μελέτη στερέωσης του ναού και δεν έχουν γίνει οι εργασίες που είναι απαραίτητες για τη στεγάνωση της οροφής, για τη στερέωση των διαφόρων τμημάτων τα οποία έχουν υποστεί αποκλίσεις και έχουν πρόβλημα ρηγμών συμπεριφοράς του φέροντος οργανισμού και από την άλλη πλευρά η συντήρηση και ανάδειξη του ψηφιδωτού διακόσμου.

Θα πρέπει να γίνει μια εργασία ανασκαφής στα πρότυλα του ναού και ίσως θα πρέπει στο σημείο αυτό ο δήμος και η πολιτιστική πρωτεύουσα να συμβάλουν στο να γίνει αυτή η ανασκαφή, ώστε να αναδειχθεί η όψη του παλαιοχριστιανικού αυτού μνημείου της πόλης που είναι μοναδικό στο είδος και στην αυθεντία του.

Η στέγη του ναού αντιμετωπίζει κάποια προβλήματα καθώς έχουμε εισροή υδάτων κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων και οπωσδήποτε όλα αυτά πρέπει να αντιμετωπιστούν σε μια συνάφεια με την ήδη εκτελεσθείσα μεγάλη εργασία της αναστήλωσης και ανάδειξης του μνημείου.

Τέλος, θα πρέπει να επισκευαστούν οι γυναικωνίτες του ναού, καθώς παραμένουν σε αχρηστία και αυτό είναι κάτι πολύ σημαντικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



Εικ. 12.α. Ι.Ναός Αγίου Δημητρίου Θεσσαλονίκης

Ο ναός του Αγίου Δημητρίου βρίσκεται σχεδόν στο κέντρο της Παλιάς Πόλης της Θεσσαλονίκης. Είναι χτισμένος σε σχήμα πεντάκλιτης βασιλικής του λεγόμενου «Ελληνιστικού» τύπου, αλλά με πολλά ιδιαίτερα χαρακτηριστικά σε σχέση με άλλους ναούς της ίδιας περιόδου στην Ελλάδα. Είναι ξυλόστεγο κτίσμα χωρίς θόλο με διαστάσεις 43, 58 m. (μήκος) και 33m. (πλάτος).

Στο μεγαλύτερο μέρος του μνημείου διατηρείται η παλιά τοιχοποιία διαμορφωμένη από ανισόδομη αργολιθοδομή και πλινθοδομή, που σχηματίζει περίτεχνα τόξα πάνω από τις θύρες και τα παράθυρα. Το 413 μ . Χ .στην ίδια θέση του ναΐσκου χτίστηκε ένας νέος, επιβλητικός ναός προς τιμήν του Αγίου Δημητρίου που κυριαρχούσε σαν κτίσμα σε ολόκληρη τη Θεσσαλονίκη, καθώς ήταν χτισμένος στην αρχή της ανηφόρας για την Άνω Πόλη και κάηκε το 626-634 μ . Χ.

Είναι ο ναός που με διάφορες προσθήκες, επισκευές και διαρρυθμίσεις σώθηκε μέχρι τη μεγάλη πυρκαγιά του 1917, οπότε καταστράφηκε για να αναστηλωθεί στη συνέχεια με μεγάλη πιστότητα. Αξίζει να αναφέρουμε πως εξαιτίας αυτής της μεγάλης πυρκαγιάς ανακαλύφθηκε η

υπόγεια κρύπτη, η οποία αποτελούσε μέρος των ρωμαϊκών λουτρών και όπου ο Άγιος φυλακίστηκε και μαρτύρησε.

Η είσοδος στο ναό γινόταν στην αρχή από τη δυτική πλευρά, όπου υπήρχε μεγάλη ορθογώνια αυλή με αίθριο (atrium), ενώ στο βόρειο τμήμα του ναού, αμέσως μετά το νάρθηκα, υπάρχουν τρεις αίθουσες που είχαν χτιστεί πιθανότατα πριν από το ναό και ίσως να αποτελούν τμήματα του παλιού ρωμαϊκού λουτρού.

Η αναστήλωση του Αγίου Δημητρίου άρχισε σχεδόν αμέσως μετά τη μεγάλη πυρκαγιά του 1917, για να ολοκληρωθεί το 1952 αποκαθιστώντας το ακριβές σχέδιο του μνημείου και μεταφέροντάς μας την επιβλητική ατμόσφαιρα στο εσωτερικό του.

Εντοπίστηκαν προβλήματα στις ορθομαρμαρώσεις του κεντρικού κλίτους του ναού. Πολλά τεμάχια μαρμάρων από τα εσωράχια των τόξων είναι έτοιμα να πέσουν, καθώς το ίδιο πρόβλημα παρουσιάζουν οι ορθομαρμαρώσεις του κεντρικού κλίτους του ναού. Επίσης το αρχαίο κιονόκρανο δίπλα από τον επισκοπικό θρόνο χρήζει στερεωτικής επέμβασης καθώς και οι Αιγυπτιακοί κίονες, οι οποίοι έως σήμερα είναι επιχρισμένοι με κακής ποιότητας τσιμέντο.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι το 75% της στέγης του ναού είναι κατεστραμμένο και πάνω από 200 σημεία είναι εκείνα τα οποία μπαίνει νερό εντός του ναού, γεγονός που προκαλεί προβλήματα στο μαρμάρινο γλυπτό διάκοσμο, στα ψηφιδωτά και τις τοιχογραφίες και χρήζει επίσης συντήρησης.



Εικ. 12.β. Εσωτερικό Ι.Ναού Αγίου Δημητρίου Θεσσαλονίκης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΓΙΑΣ ΣΟΦΙΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥΠΟΛΗΣ



Εικ. 13.α. Αγία Σοφία Κωνσταντινούπολης

Είναι η πιο σπουδαία εκκλησία που έγινε στην Κωνσταντινούπολη από τους Βυζαντινούς. Το πρώτο οικοδόμημα χτίστηκε μεταξύ των (325 – 360 μ.Χ) επί της αυτοκρατορίας του Κωνσταντίνου Β΄. Μετά τον 5ο αιώνα, πήρε το όνομα Αγία Σοφία και το διατήρησε σε όλη τη βυζαντινή περίοδο. Από τους Τούρκους έγινε τζαμί και ονομάστηκε «Αγιασοφιά».

Υποθέτουν ότι ο πρώτος ναός ήταν μία βασιλική από πέτρα, με ξύλινη στέγη. Γνωρίζουμε ότι μία μεγαλειώδης τελετή συνόδεψε τα εγκαίνια στις 30 Οκτωβρίου του 360 μ.Χ . Στις αρχές του 5ου αιώνα, πυρπολήθηκε αυτό το πρώτο κτίσμα στις 20 Ιουνίου του 404 μ.Χ . Ο Θεοδόσιος ο 2ος (408 - 450), μ.Χ ανέθεσε στον αρχιτέκτονα Ρουφίνο την επιμέλεια της αναστήλωσης της εκκλησίας, ο οποίος υιοθέτησε πάλι το ρυθμό της βασιλικής.

Η εκκλησία λειτούργησε πάλι στις 8 Οκτωβρίου του 415 μ.Χ . Κάηκε για δεύτερη φορά στις 13 Ιανουαρίου του 532 μ.Χ , κατά τη διάρκεια των συμπλοκών της στάσης του «Νίκα».

Μπορούμε ακόμη και σήμερα να διακρίνουμε ίχνη μπροστά στο δυτικό τοίχο της Αγίας Σοφίας, ίχνη που βγήκαν στο φως με τις ανασκαφές που έγιναν το 1935. μ.Χ. . Τα ευρήματα επιτρέπουν να υπολογιστεί ότι το κτίσμα είχε 60 μέτρα φάρδος. Οι ανασκαφές δεν συνεχίστηκαν προς τα ανατολικά, από φόβο μήπως προκληθεί ζημιά στα θεμέλια της Αγίας Σοφίας. Γι' αυτό, αγνοούμε το μήκος που θα είχε ο ναός αυτός.

Ο αυτοκράτορας Ιουστινιανός θέλησε να ξαναχτίσει την καμένη εκκλησία. Ανέθεσε αμέσως στους πιο διάσημους αρχιτέκτονες της εποχής, στον Ανθέμιο από τις Τράλλεις και στον Ισίδωρο από τη Μίλητο, να διευθύνουν το έργο. Το εσωτερικό του ναού έχει περίπλοκη δομή. Ο κύριος ναός ο οποίος είναι ορθογώνιο οικοδόμημα, μήκους 78, 16 μ . και πλάτους 71, 82 μ . , καλύπτεται από ένα κεντρικό τρούλο διαμέτρου 31, 24 μ . ο οποίος εδράζεται πάνω σε τέσσερα μεγάλα τόξα που στηρίζονται από τέσσερις χτιστούς τετραγωνικούς στύλους εμβαδού βάσεως 100 τ. μ. οι οποίοι απέχουν μεταξύ τους 30 μ .

Παρά τους αξιόλογους τεχνίτες που έφεραν μαζί τους οι δύο αρχιτέκτονες, γενικά η εποχή χαρακτηριζόταν από έλλειψη περιορισμού μηχανικών ιδιοτήτων των δομικών υλικών της εποχής.

Τα υλικά που διέθεταν (τούβλα ,πέτρες, μάρμαρα) ήταν ανθεκτικά σε θλίψη αλλά όχι και σε εφελκυσμό. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί η μικρή ανθεκτικότητα των υλικών σε εφελκυσμό πρέπει όλα τα σημεία του κτιρίου που συγκεντρώνουν ικανά φορτία να έχουν σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να υπόκεινται σε θλιπτικές τάσεις. Ύστερα από τις πολύπαθες εμπειρίες του παρελθόντος, δεν χρησιμοποίησαν το ξύλο σαν υλικό κατασκευής. Έφεραν από διάφορες περιοχές της Αυτοκρατορίας πολύτιμα μάρμαρα. Για τον τρούλο χρησιμοποίησαν τούβλα, όπως επίσης και για τα τόξα και τους τοίχους. Στο έργο δούλεψαν 1.000 μαστόροι και 10.000 εργάτες και διάρκεσε πέντε χρόνια Τα εγκαίνια έγιναν στις 27 Δεκεμβρίου 537 μ. Χ. . Ο αυτοκράτορας Ιουστινιανός έφθασε, ένοιωσε υπερηφάνεια και έκσταση, κατευθύνθηκε προς το Ιερό και διηγούνται ότι αφού προσευχήθηκε στο θεό που τον αξίωσε να πραγματοποιήσει αυτό το μεγάλο έργο, φώναξε «Νενίκηκά σε Σολομών».

Ανά τους αιώνες έγιναν πολλές προσθήκες και επιδιορθώσεις στο ναό που ενώ δεν υπολογίζονται , έδωσαν στην Αγία Σοφία, μία όψη διαφορετική από αυτήν που είχε εκείνη η αρχική Βασιλική. Ο τρούλος της εκκλησίας κατέρρευσε πολλές φορές εξαιτίας των σεισμών, όπως το 558 μ.Χ, όπου μέρος του γκρεμίστηκε, αντικαταστάθηκε στο 562 μ . Χ, ενώ οι εργασίες αποκατάστασης του κτηρίου έχουν ολοκληρωθεί ένα χρόνο αργότερα, το 563 μ . Χ. . Ξαναχτίστηκε από τον Ισίδωρο και έτσι το οικοδόμημα, με τις αλλεπάλληλες επισκευές, έχασε την απαραίτητη στατική ισορροπία του. Τέλη του 9ου αιώνα επισκευάστηκε το μεγάλο δυτικό

τόξο που υπήρχε κίνδυνος να καταρρεύσει και έπειτα το 989μ.Χ. ο τρούλος του ναού κατέπεσε εν μέρει από σεισμό. Επισκευές έγιναν και στις αρχές του 11ου και 14ου αιώνα. Οι συχνοί σεισμοί προκαλούσαν ζημιές, και οι επεμβάσεις αναγκαστικά αύξαναν. Το 1204 μ.Χ., η Αγία Σοφία, λεηλατήθηκε και τη περίοδο (1261-1282 μ.Χ.), έγινε επισκευή της βασιλικής. Κατά το (1317 μ.Χ.), ο όγκος του τρούλου προκάλεσε απόκλιση στους εξωτερικούς βορεινούς και νότιους τοίχους, τους οποίους ενίσχυσαν με πυραμιδοειδή στηρίγματα. Αργότερα επίσης ο ναός δέχθηκε επισκευές και προσθήκες.

Τον 16ο αιώνα, επί βασιλείας του Σελίμ Β', το κτήριο άρχισε να εμφανίζει σημάδια κόπωσης και εκτενώς ενισχύθηκε από τον μεγάλο αρχιτέκτονα Σινάν.

Στο σουλτάνο Αμπντουλμετζίτ (1823-1861) μ.Χ. οφείλονται τα μεγαλύτερα έργα ανόρθωσης που έγιναν επί Οθωμανικής Αυτοκρατορίας. Με αρχιτέκτονα τον Ελβετό Γκασπάρ Φοσσάτι, τα έργα διάρκεσαν δύο χρόνια. Ο τρούλος ενισχύθηκε από ένα διπλό σιδερένιο στεφάνι. Οι μολυβένιες στέγες ανανεώθηκαν, οι κολόνες που έγερναν, διορθώθηκαν. Κάλυψαν τα ψηφιδωτά και επισκεύασαν τα καταστραμμένα σημεία. Ακόμη και σήμερα ο ναός χρήζει συντήρησης και στερεωτικών επεμβάσεων καθώς είναι εξαιρετικά παραμελημένος.



Εικ. 13.β. Εσωτερικό Αγίας Σοφίας Κωνσταντινούπολης



Εικ. 13.γ. Επεμβάσεις στο εσωτερικό της Αγίας Σοφίας Κωνσταντινούπολης



Εικ. 13.δ. Τρούλος Αγίας Σοφίας Κωνσταντινούπολης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

ΡΩΜΑΙΚΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ



Εικ. 14.α. Ρωμαϊκή Γέφυρα

Οι Ρωμαίοι ήταν οι πλέον επαγγελματίες κατασκευαστές γεφυρών, αφήνοντας πίσω τους μια κληρονομιά από εκατοντάδες γέφυρες, τις οποίες μπορεί κανείς να δει ακόμα και σήμερα.

Οι γέφυρες ορίζονται απλά, ως μια κατασκευή, η οποία προωθεί το συνεχές πέρασμα πάνω από μια μάζα ύδατος, από ένα δρόμο, μια κοιλάδα ή άλλα εμπόδια. Η πρώτη κατασκευασθείσα γέφυρα από άνθρωπο ήταν, κατά πάσα πιθανότητα, ένα κούτσουρο χρησιμοποιούμενο για να διασχίσει ένα ρέμα. Σταδιακά, ο άνθρωπος ανέπτυξε τις μηχανικές ιδιότητες και ο σχεδιασμός και η κατασκευή των γεφυρών προόδευσε ραγδαία, έτσι από ένα απλό ξύλινο μαδέρι – γέφυρα οδηγείται σε ανώτερες κατασκευές, όπως είναι οι πέτρινες αψιδωτές γέφυρες και πολύ αργότερα, γέφυρες με πλαϊνά στηρίγματα.

Αν και άλλοι πολιτισμένοι λαοί, συμπεριλαμβανομένων και των Αιγυπτίων και των Βαβυλωνίων κατασκεύαζαν γέφυρες, είναι ευρύτερα αποδεκτό ότι η ρωμαϊκή κοινωνία είναι η πρώτη, που απέκτησε ειδικότητα στο σχεδιασμό και την κατασκευή γεφυρών. Η παλαιότερη γνωστή ονομαστή γέφυρα κατασκευάστηκε στη Ρώμη κατά τον 6ο π. Χ. αιώνα και ονομάστηκε Pons Sublicius. Η Pons Sublicius είναι φτιαγμένη από ξύλα, σε αντίθεση προς τη λαϊκή εσφαλμένη αντίληψη ότι όλες οι ρωμαϊκές γέφυρες φτιάχτηκαν με ξύλα, αλλά δεν έχουν σωθεί αρκετές ξύλινες γέφυρες και χάθηκαν αρκετά, γιατί η ξυλεία είναι φθαρτή. Δείγματα από τέτοιες ξύλινες γέφυρες μπορεί πάντως να δει κάποιος σε πολυάριθμες απεικονίσεις και ειδικότερα στη

στήλη του Τραϊανού. Οι ξύλινες γέφυρες ήταν βέβαια ο σκελετός της ρωμαϊκής κατασκευής γεφυρών, αλλά οι κατασκευές οι οποίες υπάρχουν, είναι εκείνες οι κατασκευασμένες από πέτρα. Μερικές από αυτές τις λιθόκτιστες γέφυρες έχουν αντέξει πάνω από 2000 χρόνια τη συνεχή πίεση και μερικές από αυτές ακόμα εξυπηρετούν ως βιώσιμα μέσα μεταφορών. Αυτό είναι μια διαθήκη των ρωμαϊκών κατασκευαστών γεφυρών και μια υπερβολικά προσεκτική μέθοδος, με την οποία αυτοί κατασκεύαζαν αυτές τις γέφυρες.

Οι Ρωμαίοι κατασκεύαζαν τις γέφυρες τους σε 4 στάδια, όχι διαφορετικά από ότι σήμερα. Τα στάδια κατασκευής μιας γέφυρας ήταν: α) η μελέτη και σχεδιασμός της γέφυρας, β) το κόψιμο της πέτρας, που χρησιμοποιούσαν στις αψίδες, γ) η κατασκευή των στηριγμάτων, το χτίσιμο των θεμελίων και της βάσης για την ενδιάμεση υποστήριξη και η κατασκευή των αψίδων και δ) ολοκλήρωση με διακοσμητικά στοιχεία.

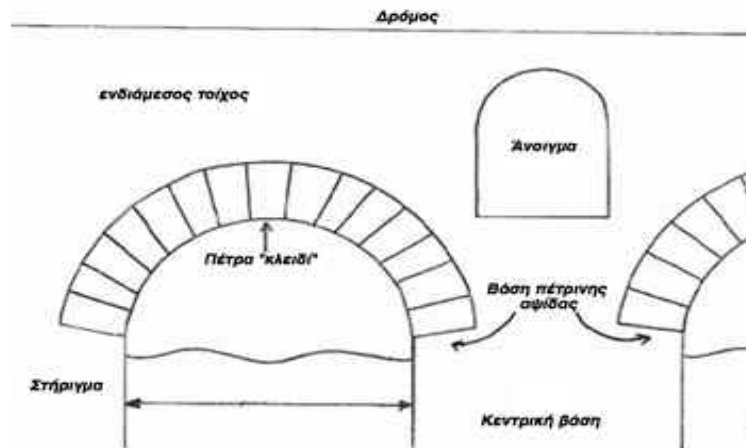
14.1 ΜΕΡΗ ΜΙΑΣ ΓΕΦΥΡΑΣ

Μια γέφυρα αποτελείται από πολλά διαφορετικά μέρη:

Το πρώτο μέρος μιας γέφυρας μπορεί να οριστεί ως κεντρικό στήριγμα (κεντρική βάση). Από ένα κεντρικό στήριγμα υπάρχει σε κάθε άκρη μιας γέφυρας και είναι χτισμένο στην πλαϊνή ακτή. Η ρωμαϊκή πρακτική ήταν να κτίζουν τις κεντρικές βάσεις της γέφυρας και τα πλαϊνά στηρίγματα ταυτόχρονα. Η κεντρική βάση της γέφυρας μπορεί να περιγραφεί ως ένα στήριγμα, το οποίο στέκεται μέσα στο νερό. Αυτό είναι ένα μέρος, το οποίο έχει δίπλα του δύο διαφορετικές αψίδες. Οι βάσεις της γέφυρας και τα στηρίγματα φέρουν το βάρος της γέφυρας και πρέπει να είναι κατασκευασμένα σταθερά.

Η αψίδα είναι το άλλο μέρος της γέφυρας που πρέπει να κατασκευασθεί. Η αψίδα αρχίζει ή φύεται από τις βάσεις της γέφυρας ή από τα πλαϊνά στηρίγματα. Ως κατασκευή με σκοπό τη στήριξη της γέφυρας, η αψίδα είναι σχεδιασμένη σε ένα ημικυκλικό σχήμα. Σφηνόλιθοι δημιουργούν τα ξεχωριστά τμήματα της αψίδας. Οι σφηνόλιθοι είναι κομμένοι σε σχήμα, που να τονίζουν την αψιδωτή κατασκευή και η κεντρική πλάκα – πέτρα είναι το “κλειδί”. Με την τοποθέτηση της κεντρικής πλάκας η γέφυρα στηρίζεται και μπορεί έπειτα να κατασκευασθεί και το υπόλοιπο τμήμα ανάμεσα στην αψίδα και το δρόμο πάνω στη γέφυρα.

Το τελευταίο τμήμα της γέφυρας είναι το ανοικτό μέρος πάνω από τη βάση της γέφυρας. Αυτά είναι τα βασικά τμήματα μιας γέφυρας.



Εικ. 14.α. Μέρη μιας γέφυρας

14.2 ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Το πρώτο βήμα για την κατασκευή μιας γέφυρας ήταν η επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας. Μετά την επιλογή της τοποθεσίας πρέπει να γίνει ένα σχεδιάγραμμα. Αν και δεν έχουν ανακαλυφθεί ρωμαϊκά λεπτομερή αρχιτεκτονικά σχέδια για τις γέφυρες, οι ιστορικοί αρχιτεκτονικής είναι σχεδόν σίγουροι ότι οι Ρωμαίοι σχεδίαζαν λεπτομερή σχεδιαγράμματα. Εμείς δεν είμαστε σίγουροι εάν αυτά τα σχέδια περιείχαν συγκεκριμένες διαστάσεις. Μελετώντας την περιοχή, όπου επρόκειτο να γίνει η κατασκευή, θα έπρεπε να έχει γίνει επίσης ενσωμάτωση. Η μελέτη ήταν μια διαδικασία, η οποία απαιτούσε ακριβείς μετρήσεις, οι οποίες συχνά γίνονταν με σχοινιά και σπάγκους, τα οποία τεντώνονταν και αλείφονταν με κερί. Οι Ρωμαίοι σχεδιαστές επίσης χρησιμοποιούσαν ένα μέτρο για τις μετρήσεις τους.

14.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΩΝ

Όταν η μελέτη και ο σχεδιασμός τελείωναν, πρακτικά μπορούσε να αρχίσει η κατασκευή. Τα στηρίγματα ή αλλιώς τα ακριανά τμήματα της γέφυρας κατασκευάζονταν κατά τον ίδιο χρόνο με την ενδιάμεση βάση. Τα στηρίγματα έπρεπε να γίνουν πλατύτερα από την κεντρική βάση. Αυτός ήταν ένας κανόνας, τον οποίο ακολουθούσαν γενικότερα οι Ρωμαίοι. Οι

Ρωμαίοι δεν κατασκεύαζαν αυτά τα στηρίγματα χωρίς πρακτικό λόγο. Αυτοί γνώριζαν ότι οι δυνάμεις, οι οποίες εξασκούνται στην αψίδα μπορεί να γίνουν αιτία να πεταχτούν προς τα έξω τα στηρίγματα τα ακριανά, επειδή εξασκείται μεγάλη δύναμη σε αυτά.

Τα στηρίγματα κατασκευάζονταν με εσωτερικό πυρήνα από πέτρα. Το γεγονός ότι η Ρώμη ήταν μια περιοχή πλούσια σε πέτρα είχε ως αποτέλεσμα η πέτρα να είναι το βασικό υλικό κατασκευής κτιρίων. Είναι σχεδόν σίγουρο ότι η πέτρα λαμβανόταν από μια περιοχή κοντά στο σημείο, όπου κατασκευαζόταν η γέφυρα. Αν και η πηγή για τις πέτρες είναι σαφής, η πραγματική κατασκευή των στηριγμάτων αποτελεί κάποιο μυστήριο. Λίγες μαρτυρίες υπάρχουν, που μας αναφέρουν πώς οι Ρωμαίοι κατασκεύαζαν τα στηρίγματα μέσα στην όχθη του ποταμού. Τα στηρίγματα κατασκευάζονταν πιθανά κατά τον ίδιο τρόπο όπως και η βάση.

Οι Ρωμαίοι προτιμούσαν ένα σύστημα καλούμενο υδατόφραξη, κάτι που δεν μοιάζει με τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται σήμερα. Το φράγμα στεγανοποίησεως είναι βασικά ένας υδατοστεγής φράκτης ή ένα φράγμα γύρω από μια περιοχή, όπου θα ετοποθετείτο η κεντρική βάση. Τέτοια φράγματα μπορούσαν να κατασκευαστούν με πολλούς τρόπους, περιλαμβάνοντας συσσώρευση από μεγάλη ποσότητα λάσπης και χαλικιών γύρω από την περιοχή, όπου ήταν να κατασκευαστεί η κεντρική βάση, ή οδηγώντας ξύλινους πασσάλους μέσα στην κοίτη του ποταμού και σφραγίζοντας αυτούς με πηλό. Ο Βιτρούβιος περιγράφει την τελευταία διαδικασία: " ο υδατοφράκτης με διπλές πλευρές ενωμένες με πασσάλους δεμένους μεταξύ τους με δεσμούς, μπορούν να κατασκευασθούν στο ορισμένο σημείο και πηλός σε πλεκτά καλάθια φτιαγμένα από συρροή βάλτου μπορούν να μπουν ανάμεσα στα υποστηρίγματα. Αφού έχει πακεταριστεί και γεμιστεί, όσο το δυνατό πιο σφιχτά τοποθετούνται οι βίδες, οι ρόδες και τα βαρέλια και αφήνουν διάστημα καθορισμένο τώρα από στεγνό και άδειο περίγυρο " .

Πάντως η τεχνική, που περιγράφεται από το Βιτρούβιο ήταν η αναμενόμενη μέθοδος για το γεγονός ότι ήταν η κοινή γνώση για κάθε μηχανικό. Σε κάθε περίπτωση, όταν οι πάσσαλοι και ο πηλός είχαν απομονώσει τον περιβάλλοντα ποταμό, το νερό εντός του υδατοφράκτη μπορούσε να αντληθεί. Η μετακίνηση του ύδατος ολοκληρωνόταν, όπως ο Βιτρούβιος αναφέρει, με τους κουβάδες

Έπειτα οι άνδρες αναλάμβαναν να σκάψουν κάτω στη λάσπη, μέχρι να φτάσουν στην πέτρα της κοίτης, ή μέχρι η διαφυγή του νερού να εμπόδιζε περαιτέρω σκάψιμο. Οι μεγάλες εξωτερικές πέτρες της κεντρικής βάσης τοποθετούνταν τότε και στον υδατοφράκτη. Αυτές οι πέτρες ήταν ενωμένες μεταξύ τους με ασβεστόλασπη και έχτιζαν επάνω τους , πάνω από την επιφάνεια του ποταμού. Το εσωτερικό της κεντρικής βάσης γεμιζόταν με υλικό. Η κεντρική βάση είχε γεμιστεί με επιπρόσθετα υλικά. Πρώτα η κεντρική βάση σχεδιαζόταν κατά τέτοιο

τρόπο ώστε, ερχόμενο το νερό, να μην κτυπά κατευθείαν πάνω στην τετράγωνη βάση. Αυτό θα μπορούσε να προκαλέσει εξαιρετικά μεγάλη τριβή. Τριβή είναι η πίεση που εξασκείται πάνω στην κεντρική βάση της γέφυρας. Εάν αυτή η τριβή δεν αποτραπεί, η κεντρική βάση θα μπορούσε να κλονιστεί προκαλώντας την πτώση της γέφυρας. Το τελευταίο σχέδιο στην κεντρική βάση ήταν ένα μεγάλο κενό – παράθυρο. Αυτό ήταν ένα μεγάλο άνοιγμα, από όπου μπορούσε να περάσει το νερό σε περιόδους πλημμύρας. Το άνοιγμα ετοποθετείτο στη μέση της γέφυρας και ήταν 6 μέτρα πλατύ.

14.4 Η ΘΟΛΩΤΗ ΑΨΙΔΑ

Μετά την κατασκευή των κατώτερων τμημάτων της κεντρικής βάσης και των ακριανών στηριγμάτων, το επόμενο βήμα ήταν να κατασκευαστεί η πέτρινη αψίδα. Τα δύο κύρια ανοίγματα της γέφυρας είχαν 24,2 και 24,5 μ. πλάτος. Οι αψίδες μοίραζαν το βάρος αποτελεσματικά και έδιναν μέγιστο πλεονέκτημα στην συμπιεστική πίεση των λίθων.

Η κατασκευή της αψίδας άρχισε με την εξεύρεση των λίθων. Έπειτα κοβόταν σε ασύμμετρα κομμάτια και οδηγούνταν κατά μήκος του ποταμού, εκεί όπου θα κτιζόταν η γέφυρα. Μετά την άφιξη στο σημείο κατασκευής της γέφυρας, οι πέτρες μπορούσαν να κοπούν περισσότερο. Στο μεταξύ κατασκευαζόταν το κέντρο. Το κέντρο είναι το προσωρινό ξύλινο πλαίσιο, το οποίο χρησιμοποιείται για να υποστηρίξει την αψίδα μέχρι την ολοκλήρωσή της. Μια ξύλινη υποστήριξη ετοποθετείτο στην πέτρινη κατασκευή, στην κατακόρυφη όψη της κεντρικής βάσης και των πλαϊνών στηριγμάτων.

Η πρώτη γραμμή των σφηνόλιθων ετοποθετείτο στη βάση των αψίδων ή σε τμήμα της κεντρικής βάσης σε κάθε μια από τις αψίδες. Οι σφηνόλιθοι συνέχιζαν να τοποθετούνται ο ένας πάνω στον άλλο και το ξύλινο πλαίσιο απομακρυνόταν μετά την τοποθέτηση και της κεντρικής πέτρας.

14.5 Η ΠΕΤΡΑ ΚΛΕΙΔΙ

Η πέτρα κλειδί ήταν η κεντρική πέτρα στην αψίδα. Σε κάποιες περιπτώσεις οι πέτρες, εάν κόβονταν ακριβώς, μπορούσαν να στηρίξουν τη γέφυρα χωρίς σφιγκτήρες ή ασβεστόλασπη. Αν και δεν υπάρχουν μαρτυρίες για τη χρησιμοποίηση σφιγκτήρων, είναι σχεδόν σίγουρο ότι σιδερένιοι σφιγκτήρες συγκρατούσαν τις πέτρες μεταξύ τους. Οι ενδιάμεσοι τοίχοι στην κορυφή

των πλευρών τις αψίδας γεμίζονταν με ένα συμπυκνωμένο πυρήνα. Αυτός ο πυρήνας ήταν φτιαγμένος από ασβέστη, νερό και άμμο το οποίο χυνόταν μέσα στο διάστημα, που οριζόταν από δύο ενδιάμεσους τοίχους. Όταν το κονίαμα ετοποθετείτο, σχηματιζόταν ο πυρήνας της γέφυρας. Με την τοποθέτηση των σφηνόλιθων, το κονίαμα βοηθούσε να συγκρατείται η αψίδα.

14.6 ΤΕΛΕΙΩΜΑ

Όταν η κατασκευή της αψίδας και οι ενδιάμεσοι τοίχοι ολοκληρώνονταν, μόνο ελάχιστες λεπτομέρειες απέμεναν. Αυτές οι λεπτομέρειες περιελάμβαναν την τοποθέτηση του τοίχου κατά μήκος της επιφάνειας της γέφυρας και την προσθήκη διακοσμητικών στοιχείων. Η διακόσμηση της πρόσοψης, η οποία κάλυπτε τους ενδιάμεσους τοίχους και την κεντρική βάση, γινόταν καθαρά για αισθητικούς λόγους και δεν εξυπηρετούσε πρακτικούς σκοπούς. Η τελική επιγραφή με τον κατασκευαστή και την ημερομηνία μπορούσε επίσης να τοποθετηθεί στους σφηνόλιθους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΩΜΑΪΚΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΠΑΤΡΩΝ



Εικ. 15.α. Ρωμαϊκή Γέφυρα Πατρών

Ιδιαίτερη αντοχή παρουσιάζει το εν λόγω μνημείο σε περίπτωση σεισμού, κατέληξαν ειδικοί μελετητές επιστήμονες, οι οποίοι αρχικά φωτογράφησαν και μέτρησαν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του. Στη συνέχεια έγινε ανάλυση των στοιχείων για να προσδιοριστούν οι εσωτερικές αντοχές (τάσεις) της γέφυρας όταν επιδρά σεισμική διέγερση με τα χαρακτηριστικά της περιοχής της Πάτρας που ανήκει στη σεισμική ζώνη III σύμφωνα με τη κλίμακα που προσδιορίζεται στον ελληνικό αντισεισμικό κανονισμό.

Με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων, η γέφυρα χωρίστηκε σε μικρά κομματάκια και με τη βοήθεια ειδικών προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή προσδιορίστηκε η κατανομή των εσωτερικών τάσεων που δεχόταν σε διάφορες περιπτώσεις, γεγονός που εξηγεί τη διάταξη και το μέγεθος των ρωγμών μια και αυτές εμφανίζονται όπου αναπτύσσονται μεγάλες εφελκυστικές τάσεις. Αυτή η κατανομή εμφανίζεται σαν <<ακτινογραφία >> των εσωτερικών αντοχών του μνημείου, όταν υποβάλλεται σε σεισμικά φορτία. Τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης αιτιολογούν με αξιοσημείωτη προσέγγιση, τις εμφανιζόμενες καταρρεύσεις και βλάβες και το σημαντικότερο προσδιορίζουν τις ευπαθείς περιοχές στην κατασκευή του μνημείου.

Από την ανάλυση προέκυψε ότι η γέφυρα είναι ασφαλής ακόμα και σε ισχυρούς σεισμούς 2.000 χρόνια μετά την κατασκευή της.

Κατά τη μελέτη ελήφθησαν υπ' όψιν οι μειωμένες αντοχές των υλικών της γέφυρας λόγω μακροχρόνιας φθοράς δεδομένου ότι για πολλά χρόνια ήταν εγκαταλελειμμένη χωρίς την απαραίτητη συντήρηση.

Σημαντικό ρόλο στην αντοχή της γέφυρας στην οδό Αρέθα αλλά και των άλλων κτηρίων που οι Ρωμαίοι κατασκεύασαν έπαιξε ότι είχαν ανακαλύψει μια μορφή τσιμέντου την ποζολανική άσβεστο. Το υλικό αυτό τους έδινε τη δυνατότητα να κατασκευάζουν μεγάλα κτίσματα ανθεκτικά σε πολύ μεγάλα φορτία.



Εικ. 15.β. Ρωμαϊκή Γέφυρα Πατρών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σεισμός ήταν, είναι και θα παραμείνει ένας από τους κύριους λόγους που πλήττουν τις παραδοσιακές κατασκευές - μνημεία και μας έχουν οδηγήσει στο να κάνουμε πολλές επεμβάσεις για την αποκατάσταση των ζημιών που εμφανίζονται σε αυτά, σε συνδυασμό με την κακή τους κατάσταση και την ανεπαρκή έως και ελλιπή συντήρησή τους. Η αποκατάστασή τους σήμαινε άλλοτε μερική, τοπική επέμβαση και άλλοτε μια ευκαιρία για μετασκευή ή διερεύνηση των χώρων, σύμφωνα με τις νέες λειτουργικές ανάγκες, την αισθητική της εποχής ή των ατόμων που αναλάμβαναν το έργο. Η κοσμική εξουσία, η Εκκλησία ή οι ιδιώτες ανάλογα με τη χρήση του κτίσματος αναλάμβαναν την εξεύρεση πόρων για τη συντήρηση των κατασκευών έχοντας έτσι και τη δυνατότητα οποιασδήποτε επέμβασης σε αυτά. Σήμερα η αντιμετώπιση της συντήρησής τους γίνεται με πλήρη επιστημονική και οικονομική ευθύνη από μέρους της πολιτείας.

Στόχος των επεμβάσεων αυτών δεν είναι μόνο η απλή αποκατάσταση των ορατών ζημιών, αλλά η εξασφάλιση της στατικής επάρκειας των μνημείων και κατά το δυνατό η αντισεισμική τους προστασία.

Σύμφωνα με τις διεθνείς συμβάσεις κάθε είδους επέμβαση (αναστηλωτική κλπ) στα μνημεία θα πρέπει να γίνεται με σεβασμό στις ιστορικές φάσεις, χωρίς ριζικές και ατεκμηρίωτες επεμβάσεις και χωρίς αλλοίωση της ιστορικής τους μορφής. Οι αντιλήψεις αυτές διατυπώθηκαν ύστερα από μελέτες και συζητήσεις και έχουν σαν στόχο την αποφυγή ανεξέλεγκτων παρεμβάσεων που θα μπορούσαν να αλλοιώσουν τη μορφή των μνημείων, ιδιαίτερα σε μια εποχή όπου τα νέα υλικά και οι νέες μορφές μας έχουν απομακρύνει από τις δομικές αντιλήψεις των προηγούμενων αιώνων.

Τέλος, δεν πρέπει να ξεχνάμε πως όλες οι παραδοσιακές κατασκευές-μνημεία αποτελούν κόσμημα για τον πολιτισμό μας και επομένως δεν πρέπει να αμελούνται οι προσπάθειες, από τους υπεύθυνους φορείς για τη συντήρηση και αποκατάστασή τους σε συνδυασμό με τις παραδοσιακές τεχνικές καθώς είναι πλούσιες σε διδάγματα για τους σημερινούς τεχνικούς, υποδεικνύοντας απλούς αλλά και οικολογικούς τρόπους επίτευξης των στόχων της σημερινής αντισεισμικής κατασκευαστικής μας αντίληψης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Πληροφορίες που λάβαμε από το διαδίκτυο (Internet) για την εργασία μας:

1. Σεισμός – Wikipedia
2. Σεισμοί (<http://palladio.edu.gr>)
3. Σεισμοί (<http://www.neo.gr>)
4. Σεισμοί(από ΟΑΣΠ)-Δίκτυο Σεισμός
5. Εισαγωγή στη σεισμολογία
6. Δομή του εσωτερικού της γής(<http://docs.google.com>)
7. School of Geology,Aristotle University of Thessaloniki
8. Οι λιθοσφαιρικές πλάκες και η θεωρία τους ([www.seismoi.gr:genikes_gnwseis:li8osfairikesplakes](http://www.seismoi.gr/genikes_gnwseis:li8osfairikesplakes))
9. Τεκτονικές πλάκες – Wikipedia
10. Σεισμικές λιθοσφαιρικές ζώνες
11. διάρρηξης(http://pipini.gr/them/sism/tectonic_setting.htm)
12. Ο σεισμός και τα κείμενα αρχαίων φιλοσόφων
13. Κορινθόγραμμα::Άρθρα::Οι σεισμοί μέσα από τα αρχαία κείμενα
14. Εισαγωγή στη σεισμολογία
15. Charles Richter – Wikipedia
16. Κλίμακα Richter – Wikipedia
17. Κλίμακα Mercalli – Sience Wiki
18. Σεισμική ορολογία([www.earthquakenet.gr:genikesgnwseis:seismikiorologia](http://www.earthquakenet.gr/genikesgnwseis:seismikiorologia))
19. Γεωτεχνική Μηχανική ορολογία(<http://www.survey.ntua.gr>)
20. Πρόγνωση σεισμών – Wikipedia
21. Η υπερθέρμανση της Γης μπορεί να επηρεάσει τη σεισμικότητα
22. Physics4u-Το καυτό κλίμα θα μπορούσε να κάνει τη γη μια άλλη...
23. Φαινόμενο θερμοκηπίου και σεισμοί (<http://www.ofd.gr>)
24. Ρήγμα Ανατολίας([www.earthquakenet.gr:Ellada:torhgmathsAnatolias](http://www.earthquakenet.gr/Ellada:torhgmathsAnatolias))
25. HeLLeniCReVeNgE:Αντισεισμικές κατασκευές στην αρχαία Ελλάδα
26. Οι ιστορικοί ισχυροί σεισμοί στην Ελλάδα(<http://ellas.pblogs.gr>)
27. Σεισμοί με το μεγαλύτερο μέγεθος (<http://www.gein.noa.gr>)
28. Ο μεγαλύτερος σεισμός της Μεσογείου(<http://www.kalymniasvoice.gr>)

29. ΗΜΕΡΙΔΑ-Η αντισεισμικότητα των παραδοσιακών κατασκευών. Ζητήματα εφαρμογής ήπιων επεμβάσεων για την ενίσχυσή τους.(Καρύδης).
30. Αντισεισμικότητα παραδοσιακών κατασκευών (Πλαϊνής Π.)(<http://library.tee.gr>)
31. 30 χρόνια μετά το σεισμό της Θεσ/νίκης. Μνήμες και προοπτική.(www.civilengineering.gr)
32. Περιοδικό αρχαιολογία-KENTΡΙΚΟ ΜΕΝΟΥ(Χρυσάνθη Τσίουμη-Εφορος Βυζαντινών Αρχαιοτήτων)
33. Παραδοσιακή αντισεισμική δόμηση στο Ανατολικό Αιγαίο: Η περίπτωση της Ερεσού και της Περγάμου
34. Φέρων δομικός ιστός των παραδοσιακών κτηρίων
35. Δ' Διαμερίσματος Θεσσαλονίκης (Τούμπας)»Μνημεία
36. Αρχιτεκτονική του Βυζαντίου και Μεσαίωνα
37. Η Αρχιτεκτονική των Αρχαίων Ελλήνων (www.apodimos.com)
38. Reconstructing the Parthenon: GreekWeek/Idea Sandbox
39. Η ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΤΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΗΣ 1975-2000 Δρ. Φανή ...
40. Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού | Παρθενώνας
41. ΤΑ ΕΡΓΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΗΣ ΑΤΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ
42. Παρθενώνας – Wikipedia
43. The temple of Epikourios Apollon-Messinia
44. ΝΑΟΣ ΕΠΙΚΟΥΡΙΟΥ ΑΠΟΛΛΩΝΑ ΣΤΙΣ ΒΑΣΣΕΣ
45. Ο ΝΑΟΣ ΤΟΥ ΕΠΙΚΟΥΡΙΟΥ ΑΠΟΛΛΩΝΑ Ο ανθρώπινος παράγων αιτία καταστροφή
46. Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού/Ναός του Επικούρειου Απόλλωνα
47. Ναός Επικούριου Απόλλωνα « Πατρίδα μου
48. Tempio di Apollo Basae
49. Αγία Σοφία Κωνσταντινούπολης
50. Στερεωτικές επεμβάσεις στην Αγία Σοφία Κωνσταντινούπολης
51. ΜΝΗΜΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
52. Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού /Ναός Αγίου Δημητρίου
53. Ναός Αγίου Δημητρίου Θεσσαλονίκης – Wikipedia
54. Ayios Dimitrios (Saint Demetrius - 'Άγιος Δημήτριος) album ...
55. Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού | Αχειροποίητος
56. Αχειροποίητος – Wikipedia
57. Περιοδικό Αρχαιολογία - Αρχική σελίδα
58. ΟΙ ΣΕΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΤΑ ΕΠΑΚΟΛΟΥΘΑ ΤΟΥΣ Νομικό πλαίσιο της ...

59. Περίπατος - Visit the official webage of Municipality of ...
60. Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού | **Ροτόντα, Θεσσαλονίκη**
61. Στατική προσομοίωση του μνημείου της **Ροτόντας Θεσσαλονίκης**
62. Νεολαία ΠΑΣΟΚ Τούμπας » Μνημεία
63. Ροτόντα Θεσσαλονίκης – Wikipedia
64. Μελέτες προστασίας συντηρήσεως και αναστηλώσεως βυζαντινών μνημείων Θεσσαλονίκης(μετά τους σεισμούς του 1978) Κ .Ν. Μουτσόπουλος
65. Ρωμαϊκές γέφυρες στην Ελλάδα (<http://www.asda.gr>)
66. SEISMIC ANALYSIS OF A HISTORICAL ROMAN BRIDGE USING THE FINITE ELEMENT TECHNIQUE

Βιβλία από τα οποία λάβαμε πληροφορίες για την εργασία μας

1. Σεισμοί της Ελλάδας – Παπαζάχος Βασίλης, Παπαζάχου Κατερίνα, Γ' έκδοση 2003 - Δημοτική βιβλιοθήκη Πατρών
2. Σεισμικότητα του Ελληνικού Χώρου - Μελέντης Ι., Παπαζάχος Βασίλειος Κ., Θεσσαλονίκη 1980- Δημοτική βιβλιοθήκη Πατρών
3. Χρονικό των σεισμών της Ελλάδας από την Αρχαιότητα μέχρι σήμερα - Παναγιώτης Ι. Σπυρόπουλος, 1997 - Δημοτική βιβλιοθήκη Πατρών
4. Γεωλογία των σεισμών εισαγωγή στη νεότερη μορφοτεκτονική και παλαιοσεισμολογία - Παυλίδης Σπύρος Β., 2003 - Δημοτική βιβλιοθήκη Πατρών
5. Ήπιες Επεμβάσεις και προστασία ιστορικών κατασκευών από τα Πρακτικά του 1^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Θεσ/νίκη 23-24-25 Νοεμβρίου 2000 – Βιβλιοθήκη Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών
6. Προστασία μνημείων και συνόλων – Συλλογή Κειμένων (1)
7. του ΑΠΘ-Πολυτεχνική Σχολή- Τμήμα Αρχιτεκτόνων-Έδρα ιστορίας Αρχιτεκτονικής –Τακτ. Καθηγητής Γ.Π. Λάββας- 1977-Θεσ/νίκη .Βιβλιοθήκη Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών.
8. Προστασία μνημείων και συνόλων – Συλλογή Κειμένων (2)
9. του ΑΠΘ- Πολυτεχνική Σχολή- Τμήμα Αρχιτεκτόνων-Έδρα ιστορίας Αρχιτεκτονικής –Τακτ. Καθηγητής Γ.Π. Λάββας- 1977-Θεσ/νίκη . Βιβλιοθήκη Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών.

Εφημερίδες

Εφημερίδα Πελοπόννησος – Πέμπτη 3 Ιουνίου 2010, στήλη Τοπικά

Επιπρόσθετες πληροφορίες για τη Ρωμαϊκή γέφυρα Πατρών

***Οι εικόνες της εργασίας μας, ελήφθησαν από τους παραπάνω ιστότοπους.**