

# Kent Academic Repository

## Full text document (pdf)

### Citation for published version

Karydis, Nikolaos (2008) Traditional Earthquake-resistant Construction in the East Aegean Sea: The Case of Eresos and Pergamon. In: 3rd National Conference of Antiseismic Engineering and Technical Seismology, Greece, 5-7 November 2008, Athens, Greece.

### DOI

### Link to record in KAR

<http://kar.kent.ac.uk/59654/>

### Document Version

Author's Accepted Manuscript

#### Copyright & reuse

Content in the Kent Academic Repository is made available for research purposes. Unless otherwise stated all content is protected by copyright and in the absence of an open licence (eg Creative Commons), permissions for further reuse of content should be sought from the publisher, author or other copyright holder.

#### Versions of research

The version in the Kent Academic Repository may differ from the final published version.

Users are advised to check <http://kar.kent.ac.uk> for the status of the paper. **Users should always cite the published version of record.**

#### Enquiries

For any further enquiries regarding the licence status of this document, please contact:

[researchsupport@kent.ac.uk](mailto:researchsupport@kent.ac.uk)

If you believe this document infringes copyright then please contact the KAR admin team with the take-down information provided at <http://kar.kent.ac.uk/contact.html>

# Παραδοσιακή Αντισεισμική Δόμηση στο Ανατολικό Αιγαίο: Η Περίπτωση της Ερεσού και της Πέργαμου

## Traditional Earthquake-resistant Construction in the East Aegean Sea: The Case of Eresos and Pergamon

Νίκος ΚΑΡΥΔΗΣ<sup>1</sup>

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ:** Στην Ερεσό της δυτικής Λέσβου και στην Πέργαμο της Μικράς Ασίας, ο συγγραφέας εντόπισε εφαρμογές ενός άγνωστου, υπερστατικού δομικού συστήματος. Η ταυτόχρονη χρήση δύο φερόντων οργανισμών, ξύλινου σκελετού και λιθοδομής, διαφοροποιεί το δομικό αυτό σύστημα από τις κατασκευαστικές πρακτικές που χαρακτηρίζουν την παραδοσιακή αρχιτεκτονική του ανατολικού Αιγαίου ενώ, αντίθετα, το συσχετίζει με παραδοσιακά αντισεισμικά δομικά συστήματα διάσπαρτα στο χώρο της Μεσογείου, όπως αυτά της Λευκάδας και της Καλαβρίας. Η ανακοίνωση αυτή επιχειρεί να συμβάλλει στην ανάλυση του συστήματος αυτού μέσω της περιγραφής των βασικών στοιχείων της δομής του και μέσω της ερμηνείας του ρόλου τους στη συμπεριφορά της κατασκευής σε σεισμική καταπόνηση. Η ανάλυση αυτή είναι ενδεικτική του τρόπου με τον οποίο οι τοπικοί τεχνίτες μετασχημάτισαν τις ευρέως διαδεδομένες κατασκευαστικές πρακτικές της Οθωμανικής περιόδου στα πλαίσια μίας τάσης για πρόληψη του σεισμικού φαινομένου. Η έρευνα συμπεραίνει ότι ο μετασχηματισμός αυτός, στην Ερεσό και την Πέργαμο, συνδυάστηκε με κατασκευαστικές αρχές όπως αυτές της υπερστατικότητας και της απόσβεσης ενέργειας, καθώς και με τεχνικές όπως η χρήση ποικίλων ξύλινων ενισχυτικών διατάξεων. Τα στοιχεία αυτά συνδέουν τις υπό εξέταση κατασκευές με μία αντισεισμική κατασκευαστική αντίληψη, της οποίας το πεδίο εφαρμογής υπερβαίνει τα στενά γεωγραφικά και χρονικά όρια της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής της Ελλάδας και της Τουρκίας.

**ABSTRACT:** The writer investigates previously unknown, anti-seismic construction systems used at vernacular buildings of the settlements of Eresos, in the island of Lesbos, in the east of Greece, and in the settlement of Bergama, in the western coast of Turkey. The buildings examined employ techniques that differ significantly from conventional traditional building practice in the area. This building system resembles traditional anti-seismic structures of the Mediterranean like the ones of Calabria (Italy) and Leukada (Greece). Structures in Bergama and Eresos employ both autonomous masonry walls and timber frames with extensive 'x' bracing. During an earthquake, these frames could guarantee the stability of the roof in case of a partial collapse of the masonry structure. That building system seems to be based on advanced structural principles, such as the one of energy dissipation. It thus represents one of the earliest surviving architectural responses to earthquake danger in Greece and Turkey.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παραδοσιακή κατασκευή αντιμετωπίζει συχνά την τρέχουσα αντίληψη ότι επειδή δεν χρησιμοποιεί υλικά τόσο ανθεκτικά όσο το σκυρόδεμα και το μέταλλο, δεν είναι αρκετά ασφαλής ώστε να ανταποκριθεί στις σύγχρονες αντισεισμικές προδιαγραφές. Αυτή η αντίληψη έρχεται σε αντίφαση με τη διαπίστωση της καλής σεισμικής συμπεριφοράς πολλών παραδοσιακών δομικών

---

<sup>1</sup> Αρχιτέκτων Ε.Μ.Π., Μέλος ΤΕΕ, Msc Conservation of Historic Buildings University of Bath, Υπ. Διδάκτωρ, Τμήμα Αρχιτεκτόνων και Πολιτικών Μηχανικών, University of Bath, email: [Bellerofonte@hotmail.com](mailto:Bellerofonte@hotmail.com)

συστημάτων καθώς και με τον εντοπισμό παραδοσιακών κατασκευών οι οποίες μοιάζουν να διέπονται από μία ιδιαίτερα εξελιγμένη αντισεισμική σύλληψη.<sup>2</sup> Μία τέτοια περίπτωση είναι αυτή του μέχρι πρότινος άγνωστου δομικού συστήματος του οποίου εφαρμογές εντόπισα το 2001 στην Ερεσό της Λέσβου. Το δομικό αυτό σύστημα, χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα δύο φέροντες οργανισμούς, μία τοιχοποιία και έναν ξύλινο διαφραγματικό σκελετό, διαφοροποιείται από τις γνωστές, ευρέως διαδεδομένες στην άλλοτε Οθωμανική επικράτεια κατασκευαστικές πρακτικές.<sup>3</sup>

Η ανάλυση του συστήματος την οποία δημοσίευσα το 2003 άφησε ορισμένα ζητήματα ανοικτά. Σε αυτά συγκαταλέγονται ο καθορισμός της γεωγραφικής περιοχής της εφαρμογής του συστήματος, καθώς και η αντίφαση μεταξύ της εφαρμογής εξελιγμένων αντισεισμικών αρχών στο σύστημα και του εντοπισμού ορισμένων ιδιαίτερα πρόχειρων κατασκευαστικών λεπτομερειών οι οποίες μοιάζουν να υπονομεύουν τη σεισμική του λειτουργία. Η ανακάλυψη εφαρμογών του ίδιου συστήματος στην Πέργαμο της Μικράς Ασίας το 2007 ρίχνει φως στα δύο αυτά ζητήματα. Η παρούσα ανακοίνωση, επιχειρεί να καταγράψει τα βασικά χαρακτηριστικά της δομής του κατασκευαστικού συστήματος της Ερεσού και της Περγάμου, να ερμηνεύσει, με εμπειρικό τρόπο, τη συμπεριφορά του στο σεισμό, και να εξετάσει κατά πόσο η ιδιοτυπία του μπορεί να ερμηνευτεί ως αποτέλεσμα της προσπάθειας των λαϊκών μαστόρων να προσαρμόσουν τις κατασκευές τους στις ιδιαιτερότητες μίας εξαιρετικά σεισμογενούς περιοχής.

## Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Η παρούσα μελέτη καλύπτει ένα κενό της υπάρχουσας βιβλιογραφίας γύρω από την παραδοσιακή αρχιτεκτονική τόσο της Λέσβου όσο και της Δυτικής Μικράς Ασίας. Πράγματι, μία επισκόπηση των σχετικών δημοσιεύσεων, τόσο αυτών που αφορούν ειδικά στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική της Λέσβου<sup>4</sup> όσο και αυτών οι οποίες εξετάζουν γενικά την κατασκευή του «Τούρκικου Σπιτιού με το Χαγιάτι»<sup>5</sup> (sic) δείχνει ότι πουθενά δεν περιέχονται αναφορές στο ιδιότυπο κατασκευαστικό σύστημα το οποίο εξετάζεται εδώ, παρά τη μεγάλη συχνότητα εμφάνισης του τόσο στους οικισμούς

---

<sup>2</sup> Τόσο ο Randolph Langenbach, (2002), όσο και ο Παναγιώτης Τουλιάτος, (2003) έχουν κατά τα τελευταία χρόνια επιχειρήσει να ερμηνεύσουν την συμπεριφορά παραδοσιακών δομικών συστημάτων στο σεισμό, αναγνωρίζοντας σε πολλές περιπτώσεις για πρώτη φορά μία σημαντική τεχνολογία πρόληψης του φαινομένου εκ μέρους των λαϊκών τεχνιτών. Οι πολύνεκροι σεισμοί του 1999 στη Θάλασσα του Μαρμαρά της Τουρκίας επανέφεραν στην επικαιρότητα το ζήτημα της συμπεριφοράς των παραδοσιακών ξύλινων και λίθινων κατασκευών της Ανατολικής Μεσογείου στη σεισμική καταπόνηση. Ένα από τα συμπεράσματα των πρώτων ερευνών γύρω από τις καταστροφές του σεισμού αυτού ήταν ότι οι τοπικές παραδοσιακές κατασκευές, κατασκευασμένες από φέρουσα αργολιθοδομή με ξυλοδεσιές στο ισόγειο, και ξύλινο διαφραγματικό σκελετό τύπου *himiz* (με πλήρωση από λεπτή τοιχοποιία) ή μπαγδατί (ξύλινος σκελετός με πλήρωση από άχυρα και κονίαμα) στον όροφο, συμπεριφέρθηκαν στην πλειονότητά τους θετικά σε σεισμικές δονήσεις. Τέτοιες παραδοσιακές κατασκευές, καμωμένες με υλικά χαμηλής αντοχής (λίθοι εκ περισυλλογής, μη υδραυλικό ασβεστοκονίαμα, τοπική ξυλεία) και περιορισμένης επεξεργασίας εξακολουθούν, αιώνες μετά την οικοδόμησή τους, να αποτελούν αξιόπιστες λύσεις στο πρόβλημα της ασφαλούς στέγασης σε σεισμογενείς περιοχές. Βλ. Demet Gülhan, Inci Özyöğük Güneş, (2000), σελ. 7.

<sup>3</sup> Στην Ελλάδα, χαρακτηριστικές κατασκευαστικές πρακτικές που χρησιμοποιούν ξύλινους φέροντες οργανισμούς, παρατηρούνται τόσο στα νησιά του ανατολικού Αιγαίου όσο και το Πήλιο, τη Μακεδονία, και την Ήπειρο.

<sup>4</sup> Πράγματι, οι πολύτιμες κατά τα άλλα μελέτες της Ε. Βοσάνη – Κουμπά. (1982), καθώς και των Γ. Ν. Γιαννουλέλη και Μ. Γρ. Ζαγορησίου, (1995), είναι ελλιπείς ως προς αυτό το σημείο, δίνοντας παράλα αυτά πολλά στοιχεία για τοπικά υλικά και τρόπους δομής που απαντούν στο ιδιότυπο δομικό σύστημα της Ερεσού.

<sup>5</sup> Η πιο χαρακτηριστική και προσιτή από αυτές, η δημοσίευση του D. Kuban, εξετάζοντας μία ιδιαίτερα ευρεία γεωγραφική έκταση, αναφέρεται στη χρήση ξύλινων σκελετών μόνο στα πλαίσια της κατασκευής αυτόνομων φερόντων οργανισμών. Κάνει όμως μία αναφορά σε μαρτυρίες του 16<sup>ου</sup> αιώνα γύρω από την ενίσχυση φέρουσας ωμοπλινθοδομής από ξύλινους σκελετούς. Βλ. D. Kuban, (1993), σελ. 238

της Λέσβου όσο και σε αυτόν της Περγάμου. Αυτή η απουσία ενδέχεται να δικαιολογείται από το γεγονός ότι η δομή του συστήματος είναι τέτοια ώστε η σύνθεσή της να μην γίνεται εύκολα αντιληπτή, παρά μόνο σε περιπτώσεις ερειπωμένων κτιρίων.<sup>6</sup> Πράγματι, εξωτερικά, τα σπίτια της Περγάμου και της Ερεσού όπου παρατηρείται το σύστημα παραπέμπουν σε συμβατικές, αμιγώς λίθινες κατασκευές. Μα ακόμα και εάν η εσωτερική δομή του συστήματος γίνει ορατή εύκολα συγχέεται με το ευρέως διαδεδομένο σύστημα ξύλινων σκελετών της Οθωμανικής περιόδου, ένας ακόμα λόγος για τη μέχρι σήμερα σιωπή της βιβλιογραφίας γύρω από το ιδιότυπο κατασκευαστικό σύστημα της Ερεσού.

Πέραν από την ενίσχυση της γνώσης γύρω από την παραδοσιακή αρχιτεκτονική του Ανατολικού Αιγαίου, η παρούσα έρευνα συμβάλλει και στην όλο και αναπτυσσόμενη τάση για καταγραφή των παραδοσιακών αντισεισμικών κατασκευών της Μεσογείου.<sup>7</sup> Η αναγνώριση της δομής των τελευταίων είναι απαραίτητη για τη σωστή συντήρηση και αποκατάστασή τους. Η διατήρηση της αντισεισμικότητας τέτοιων παραδοσιακών κτιρίων είναι με τη σειρά της προϋπόθεση για τη διαφύλαξη των εφαρμογών μίας λαϊκής κατασκευαστικής σοφίας, η οποία αποτελεί μέρος της πολιτιστικής μας κληρονομιάς.

Τα υπό εξέταση συστήματα διατηρούν ομοιότητες με τον ευρέως διαδεδομένο τύπο κατασκευής, στα πλαίσια του οποίου γίνεται χρήση ξύλου είτε για την περιδίεση της τοιχοποιίας, είτε για τον εγκιβωτισμό της σε λεπτούς ξύλινους σκελετούς. Η αντισεισμική συμπεριφορά των εφαρμογών του τύπου αυτού έχει συσχετιστεί με αρχές όπως η απόσβεση και η κατανάλωση της εισαγόμενης ενέργειας (energy dissipation), η αποφυγή συντονισμού (resonance),<sup>8</sup> η πλάστιμη συμπεριφορά της κατασκευής (plastic behaviour),<sup>9</sup> η κιβωτιοειδής συμπεριφορά του κτιρίου, και η υπερστατικότητα.<sup>10</sup> Οι ίδιες αυτές αρχές υιοθετούνται και από το σύγχρονο αντισεισμικό σχεδιασμό. Η διερεύνηση των παραδοσιακών τεχνικών, όπως και αυτή στα πλαίσια της παρούσας ανακοίνωσης, ενδέχεται να είναι πλούσια σε διδάγματα για τους σημερινούς σχεδιαστές υποδεικνύοντας απλούς και οικολογικούς τρόπους επίτευξης των στόχων της σημερινής αντισεισμικής κατασκευαστικής μας αντίληψης.

## Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

### Το Δείγμα της Έρευνας.

Η πλήρης μελέτη του κατασκευαστικού συστήματος της Ερεσού και της Περγάμου προϋποθέτει την εύρεση εφαρμογών του σε σπίτια τα οποία είναι είτε μερικώς ερειπωμένα είτε σε φάση αποκατάστασης. Μόνο σε τέτοιες περιπτώσεις ενδέχεται να απουσιάζει ο σοβάς της εσωτερικής

<sup>6</sup> Αυτή η δυσκολία αναγνώρισης συναντάται και στο δομικό σύστημα της Casa Baraccata. Οι εφαρμογές του «...είναι αδύνατο να αναγνωριστούν από το εξωτερικό εκτός από τις περιπτώσεις όπου οι τοίχοι ή οι στέγες των σπιτιών έχουν μερικώς καταρρεύσει...» Βλ. S. Tobriner, (1983), σελ. 135

<sup>7</sup> Αυτή η τάση καταγράφεται στην πρόσφατη δραστηριότητα ερευνητών όπως ο Δ. Πορφύριος (1971), S. Tobriner (1980) και (1983) R. Langenbach, (1989) και (2002), Π. Τουλιάτος, (1995), (2001) και (2003), Ν. Καρύδης (2003). Υπάρχουν και περιπτώσεις όπου η ανίχνευση αντισεισμικών κατασκευαστικών τεχνικών επεκτείνεται και στην αρχιτεκτονική της αρχαιότητας, αλλά και του Μεσαίωνα στην ανατολική Μεσόγειο. Βλ. αντίστοιχα, J. M. Driessen, (1987), και A. Choisy, (1883). Από την άλλη πλευρά υπάρχει και η αντίθετη άποψη, η οποία αναγνωρίζει εγγενείς αδυναμίες στα μεικτά συστήματα κατασκευής (ξύλο και πέτρα). Βλ. W. A. Mitchell, (1976), σελ. 302 – 303.

<sup>8</sup> Βλ. R. Langenbach, (2002), σελ. 51

<sup>9</sup> Για την «πλάστιμη» συμπεριφορά των ξύλινων διαφραγματικών κατασκευών Βλέπε Π. Τουλιάτος, (2001), σελ. 22.

<sup>10</sup> Βλ. Π. Τουλιάτος, (2003), σελ. 1

παρειάς των τοίχων ο οποίος συνήθως καλύπτει πλήρως τους ξύλινους διαφραγματικούς σκελετούς του ορόφου. Μία άλλη προϋπόθεση είναι η προσβασιμότητα των κτιρίων κάτι το οποίο δυστυχώς σπανίζει σε έναν οικισμό όπου ένα μεγάλο μέρος των παραδοσιακών κτιρίων ήταν μέχρι το 2001 είτε σε φάση κατάρρευσης είτε ακατοίκητα. Ο υπογράφων εντόπισε μόνον πέντε κατασκευές που ανταποκρίνονται σε αυτές τις προϋποθέσεις, τέσσερις στην Ερεσό και μία στην Πέργαμο. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη λεπτομερή αποτύπωση των εφαρμογών συμπληρώθηκαν από παρατήρηση ορατών τμημάτων του συστήματος σε μεγάλο αριθμό κτιρίων τόσο στην Ερεσό όσο και στην Πέργαμο.

### **Τα Βήματα της Αναγνώρισης και της Ανάλυσης του Δομικού Συστήματος.**

Η αναγνώριση του Αντισεισμικού Κατασκευαστικού συστήματος της Ερεσού έγινε στα πλαίσια μίας τυπολογικής και λειτουργικής ανάλυσης των κατασκευών του οικισμού, η οποία ξεκίνησε το 2001. Συνεχίστηκε με τη λεπτομερή σχεδιαστική αποτύπωση των κατασκευών, κατά το διάστημα 2001 – 2002, η οποία είχε σαν στόχο να αναπαραστήσει τα χρησιμοποιούμενα δομικά συστήματα. Η διενέργεια αξονομετρικών τομών και προοπτικών σκίτσων επιλέχτηκε ως η πλέον ενδεδειγμένη για τη λεπτομερή απεικόνιση του φέροντα οργανισμού και της διάκρισής του από τα δευτερεύοντα μέλη, κάτι που δεν επιτυγχάνεται εύκολα μέσω της φωτογράφισης. Η αποτύπωση αυτή συμπληρώθηκε από τη λεπτομερή παρατήρηση και καταγραφή των χρησιμοποιούμενων υλικών δομής, καθώς και τη διερεύνηση της συνδεσμολογίας τους. Επίσης, σε κάθε ερειπωμένο κτίριο το οποίο αποτυπώθηκε συλλέχθηκαν κατόπιν στοιχεία που προδίδουν την παθολογία και τις αδυναμίες της κατασκευής του.<sup>11</sup> Μία δεύτερη φάση της έρευνας αποπειράθηκε να προσδιορίσει την ιστορία εμφάνισης και εξέλιξης του κατασκευαστικού συστήματος. Αυτή περιελάμβανε δουλειά πεδίου και συνεντεύξεις κατοίκων του οικισμού και ντόπιων τεχνιτών, καθώς και εκτενή μελέτη της διαθέσιμης βιβλιογραφίας γύρω από την παραδοσιακή αρχιτεκτονική του Ανατολικού Αιγαίου και της Μικράς Ασίας.

### **Η Ερμηνεία της Σεισμικής Συμπεριφοράς του Συστήματος**

Ανταποκρινόμενη στην ιδιοτυπία του κατασκευαστικού συστήματος της Ερεσού, η οποία το συνδέει με μία σειρά από αντισεισμικά συστήματα της μεσογειακής λεκάνης, η έρευνα έχει επιχειρήσει να κάνει μία αποτίμηση της ικανότητας του να αντεπεξέρχεται στην σεισμική καταπόνηση. Αυτή βασίζεται στην αναγνώριση του δομικού ρόλου των διαφόρων μελών της κατασκευής σε περίπτωση δυναμικής καταπόνησης. Τα μεθοδολογικά εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούνται εδώ βασίζονται στην εμπειρική γνώση γύρω από τη συμπεριφορά των παραδοσιακών κατασκευών στο σεισμό. Επίσης, η έρευνα αντλεί συμπεράσματα από τη σύγκριση του συστήματος της Ερεσού και της Περγάμου με άλλα συστήματα, των οποίων η αντισεισμική συμπεριφορά έχει αποδειχτεί από ιστορικές πηγές (Casa Baraccata), από εμπειρίες πρόσφατων σεισμών (όπως αυτού της Θάλασσας του Μαρμαρά το 1999), ή από συστηματική διερεύνηση και παρακολούθηση (Λευκάδα). Αυτό το μέρος της έρευνας αποτελεί μόνο μία πρώτη προσέγγιση στο ζήτημα της συμπεριφοράς των κατασκευών της Ερεσού και της Περγάμου στη σεισμική καταπόνηση. Μία καλύτερη γνώση της συμπεριφοράς αυτής μπορεί να προσεγγιστεί στο μέλλον, με μεθόδους επί τόπου δοκιμής αντοχών, προσομοιώσεων, υπολογισμών, και ενόργανης παρακολούθησης. Η ενθάρρυνση μίας τέτοιας πιθανούς συνέχειας είναι ένας από τους σκοπούς της παρούσας ανακοίνωσης.

---

<sup>11</sup> Βλ. Ν. Καρύδης, (2003), σελ. 89 - 135

## ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΣΟΥ ΚΑΙ Ο ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΤΟΥΣ ΡΟΛΟΣ

### Μία Σύντομη Τυπολογική και Μορφολογική Περιγραφή του Δομικού Συστήματος

Το αντισεισμικό κατασκευαστικό σύστημα της Ερεσού εντοπίστηκε σχεδόν αποκλειστικά στον πλέον διαδεδομένο κτιριακό τύπο στον οικισμό αυτό, τον τύπο του στενωμέτρωπου 'μακρυναριού'. Το διώροφο αυτό κτίριο έχει ορθογώνια κάτοψη με διαστάσεις γύρω στα 4 x 10 m. Συνήθως, το κτίριο διατάσσεται στη γωνία του οικοπέδου, με τη στενή του όψη να 'βλέπει' προς το δρόμο. Ο εσωτερικός χωρισμός του κτιρίου γίνεται μέσω δύο λεπτών ξύλινων μεσότοιχων οι οποίοι επιμερίζουν το χώρο κάθε ορόφου σε δύο μεγάλα ακριανά δωμάτια και σε ένα μικρότερο κεντρικό χώρο.<sup>12</sup> Το συνολικό ύψος των εξωτερικών τοίχων δεν ξεπερνάει συνήθως τα 6m. Συνήθως, οι δύο από τους τέσσερις τοίχους, η μεσοτοιχία προς το γειτονικό οικόπεδο καθώς και η μία στενή όψη είναι τυφλές επιφάνειες. Στο κατώγι συναντούμε λιγοστά ανοίγματα. Στον όροφο, αντίθετα, ανοίγονται πολλά παράθυρα, χωρίς όμως η κατασκευή να χάνει το στιβαρό της χαρακτήρα. (Σχήμα 1)

**Σχήμα 1.** Κάτοψη, Όψη, και Τομή 'στενωμέτρωπου' μακρυναριού. Αυτός ο τύπος είναι ο πλέον διαδεδομένος στον οικισμό της Ερεσού.

Στην κατασκευή των οικιών αυτών, διαπιστώνεται διάκριση μεταξύ της κατασκευαστικής αντιμετώπισης της βάσης του κτιρίου και αυτής του ορόφου. Στο κατώγι συναντούμε κοινή

---

<sup>12</sup> Στα παλαιότερα σπίτια οι χώροι διημέρευσης αναπτύσσονται στα δωμάτια του ορόφου, ενώ το κατώγι χρησιμοποιείται είτε ως στάβλος είτε ως αποθήκη. Εδώ, η πρόσβαση στον όροφο γίνεται μέσω εξωτερικής λίθινης σκάλας, η οποία παρακάμπτει τελείως το κατώγι. Αντίθετα, στα πιο σύγχρονα και αστικά σπίτια η είσοδος γίνεται κατευθείαν στο ισόγειο, το οποίο διαθέτει πλέον χώρους διημέρευσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις η πρόσβαση στον όροφο γίνεται μέσω εσωτερικής ξύλινης σκάλας η οποία καταλαμβάνει τον πυρήνα του κτιρίου μεταξύ των δύο δωματίων.

αργολιθοδομή ενισχυμένη με ξυλοδεσιές σε πολλές στάθμες. Στον όροφο, αντίθετα, για την κατασκευή των τοίχων επιλέγεται ένας συνδυασμός κοινής αργολιθοδομής με αυτοδύναμους ξύλινους σκελετούς. Τα δύο αυτά συστήματα υποστηρίζουν ταυτόχρονα τη στέγη ενώ είναι και τα δύο συνδεδεμένα με τη βάση του κτιρίου. (**Σχήμα 2**)

**Σχήμα 2.** Αξονομετρική τομή τυπικής διώροφης κατασκευής στην Ερεσό, με εμφανή τον ενισχυτικό ξύλινο φέροντα οργανισμό του ορόφου.

Όπως γίνεται αντιληπτό από τη συνολική εικόνα των όψεων των κτιρίων, στην Ερεσό, η κατασκευή βασίζεται στην εκτενή χρήση αργών λίθων.<sup>13</sup> Αυτοί, σε συνδυασμό με ασβεστοκονίαμα διαμορφώνουν τους εξωτερικούς τοίχους των σπιτιών και τις μάντρες τους. Λιγότερο προφανής είναι η εκτενής χρήση του ξύλου. Παρόλα αυτά, το τελευταίο συμμετέχει εκτενώς στην κατασκευή ως το υλικό ποικίλων ενισχυτικών διατάξεων, όπως οι σχάρες ξυλοδεσιών και οι εντοιχισμένοι ξύλινοι σκελετοί του ορόφου, αλλά και ως το υλικό του σκελετού των πατωμάτων και των στεγών.

---

<sup>13</sup> Η πέτρα, η οποία συλλέγεται από τη γύρω περιοχή, είναι ηφαιστιογενούς προέλευσης, πρόκειται πιθανότατα κυρίως για Ανδεσίτη λίθο, και επιτρέπει λεπτή αρχιτεκτονική επεξεργασία. Η συναρμογή των λίθων αυτών στις παρειές της τοιχοποιίας γίνεται αρκετά επιμελημένα ώστε να σχηματίζονται οριζόντιοι αρμοί κάθε περίπου 30cm. Ο πυρήνας των τοίχων αποτελείται από μικρούς λίθους εκ περισυλλογής και ασβεστοκονίαμα, υλικά τα οποία, συντιθέμενα, διαμορφώνουν λιθόδεμα. Ειδικά για τη διαμόρφωση των γωνιών των τοίχων χρησιμοποιούνται εξ' ολοκλήρου λαξευμένοι λίθοι μεγέθους της τάξης των 50 x 25 x 25cm. Επίσης, συχνά, σημειώνεται η ύπαρξη αυτοδύναμων λαξευτών μελών μέσα στην αργολιθοδομή, χρησιμοποιούμενα σε πρέκια, ποδιές, και πλαίσια ανοιγμάτων.

### **Η Περίδεση των Τοίχων με Ξυλοδεσιές.**

Η ανομοιογενής κατασκευή των τοίχων κατά την εγκάρσια έννοια, η οποία προκύπτει από τη δόμηση σε δύο πρόσωπα, καθιστά απαραίτητη τη σύνδεση των προσώπων σε αρκετές στάθμες. Αυτόν το ρόλο σύνδεσης αναλαμβάνουν οι ξυλοδεσιές. Αυτές έχουν τη μορφή οριζόντιας σχάρας, η οποία διατρέχει την περίμετρο του κτιρίου. Η σχάρα αυτή αποτελείται από δύο παράλληλες ξύλινες δοκούς τετράγωνης διατομής οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με εγκάρσιες πήχεις (κλάπες). Παρόμοιες σχάρες παρατηρούνται τόσο στα επίπεδα έδρασης των δοκών του πατώματος του ισογείου, όσο και στις στάθμες της ποδιάς και του πρεκίου των παραθύρων.

Ο ρόλος των ξύλινων αυτών στοιχείων στην ενίσχυση της συνοχής της τοιχοποιίας καθώς και της αντοχής της σε κάμψη και εφελκυσμό είναι γνωστός.<sup>14</sup> Ταυτόχρονα όμως, τα στοιχεία αυτά, διανεμημένα ομοιόμορφα στην κατασκευή, και συνδέοντας αποτελεσματικά τους τοίχους στις γωνίες, επιδιώκουν να εντείνουν την ομοιόμορφη συμπεριφορά των διαφορετικών μερών της λιθοδομής, και τη συνεργασία τους σε περίπτωση σεισμού.

**Σχήμα 3.** Κατασκευαστικές λεπτομέρειες περιμετρικών τοίχων αποτελούμενων από διπλό φέροντα οργανισμό.

### **Η Ταυτόχρονη Χρήση Λιθοδομής και Ξύλινου Σκελετού για τη Στήριξη της Στέγης.**

Στον όροφο, η περίδεση των περιμετρικών λίθινων τοίχων του κτιρίου με ξυλοδεσιές συνεχίζει να υφίσταται αλλά, αυτή τη φορά, αποτελεί μέρος μίας ιδιαίτερα σύνθετης ξύλινης ενισχυτικής

---

<sup>14</sup> Βλ. Τουλιάτος, (2003), σελ. 27



διάταξης. **(Σχήμα 3)** Εδώ παρατηρείται μία ιδιότυπη κατασκευή, η οποία συνδυάζει αργολιθοδομή πάχους 50cm με ξύλινους σκελετούς, οι οποίοι ενσωματώνονται στην εσωτερική παρειά της τοιχοποιίας. Οι σκελετοί αυτοί, των οποίων η παραδοσιακή ονομασία, ‘φριγγιά’, διασώζεται ακόμα από τους ντόπιους, αποτελούνται από κατακόρυφους στύλους τοποθετημένους ανά τακτά διαστήματα 50 – 100cm, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με οριζόντιες και διαγώνιες ξύλινες δοκούς. Δημιουργούν κατά αυτόν τον τρόπο έναν τρισδιάστατο κάναβο, ορισμένα από τα κενά του οποίου ταυτίζονται με τα ανοίγματα του ορόφου. Σε ακριβώς αυτά τα σημεία, ο σκελετός των παραθύρων συνδέει τον ξύλινο σκελετό με οριζόντιες ξύλινες δοκούς οι οποίες περιτρέχουν την εξωτερική παρειά της τοιχοποιίας, εξασφαλίζοντας και εδώ τη σύνδεση μεταξύ των δύο μετώπων της. **(Σχήματα 4 , 5)** Η ίδια η τοιχοποιία εισχωρεί στα κενά του σκελετού επιφέροντας πλήρη ακαμψία στο σύστημα, ενώ η εσωτερική παρειά των τοίχων επιχρίεται.

**Σχήματα 4 και 5.** (Αριστερά) Εσωτερική άποψη της στενής πλευράς ενός τυπικού σπιτιού της Ερεσού. Εδώ, με την αφαίρεση του εσωτερικού επιχρίσματος αποκαλύπτεται μία διάταξη από ξύλινους σκελετούς. Οι τελευταίοι τοποθετούνται στην εσωτερική παρειά ενός τοίχου από αργολιθοδομή πάχους 50cm. (Δεξιά) Αξονομετρική αναπαράσταση του ίδιου συστήματος, με έμφαση στην ‘αγκύρωση’ του ξύλινου σκελετού στους στρωτήρες της λιθοδομής.

Τα ‘φριγγιά’ συνδέονται τόσο με τον τοίχο του ισογείου όσο και με το σκελετό της στέγης. Η κατασκευή τους είναι αυτοδύναμη, έχει επαρκείς διατομές και ικανή ακαμψία για να σταθεί ανεξάρτητα από την εξωτερική λιθοδομή και να μπορέσει να φέρει τα φορτία της στέγης. Από την άλλη πλευρά, η ίδια η στέγη εδράζεται τόσο στην εξωτερική τοιχοποιία, στην οποία και πακτώνεται, όσο και στους ανώτερους στρωτήρες του ξύλινου σκελετού. **(Σχήμα 6)**

**Σχήμα 6.** Αξονομετρική τομή γωνίας κτιρίου όπου φαίνεται η σύνδεση του φέροντος οργανισμού της στέγης με τον ξύλινο σκελετό και τη λιθοδομή που αποτελούν τους εξωτερικούς τοίχους.

### **Αποτίμηση της Σεισμικής Συμπεριφοράς του Συστήματος.**

Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά του συστήματος, όπως η χρήση ξυλοδεσιών και ξύλινων σκελετών, το συνδέουν με τις κατασκευαστικές πρακτικές οι οποίες άνθησαν στην Οθωμανική επικράτεια μεταξύ του 17<sup>ου</sup> και του 19<sup>ου</sup> αιώνα, και ιδίως με τον τύπο του σπιτιού με το λίθινο κατώγι και τον όροφο από ξύλινο σκελετό με πλήρωση από τοιχοποιία. Επομένως, ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία διακρίνουν την αναγνωρισμένη σεισμική συμπεριφορά του τύπου αυτού ενδέχεται να ισχύουν και στην, άγνωστη ως προς τη σεισμική συμπεριφορά της, περίπτωση της Ερεσού.

Οι ξυλοδεσιές που χρησιμοποιούνται στην Ερεσό πρέπει να παίζουν σημαντικό ρόλο στην ενίσχυση της ικανότητας της τοιχοποιίας να παραλάβει τις σεισμικές φορτίσεις. Πράγματι, όπως έγινε αντιληπτό, οι ξύλινες οριζόντιες σχάρες εντός των τοίχων, από τη μία πλευρά εμποδίζουν την

απόσχιση των δύο μετώπων της τοιχοποιίας κατά το σεισμό, και από την άλλη ενισχύουν το επίπεδο της έναντι των εφελκυστικών φορτίσεων κατά τις εκάστοτε διαγώνιους της, και έναντι της κάμψης από αδράνεια κατά τη διεύθυνση του σεισμού.<sup>15</sup> Οι ξυλοδεσιές, με την ένταξή τους στους χοντρούς, τυφλούς τοίχους του ισογείου, συμβάλλουν στην διαμόρφωση ενός ισχυρού βάρους στο σημείο ακριβώς όπου τα κατακόρυφα φορτία είναι μέγιστα, και όπου η οποιαδήποτε αστοχία θα μπορούσε να οδηγήσει σε κατάρρευση όλης της κατασκευής.

Η κατασκευαστική διαφοροποίηση του ορόφου από το κατώγι συμβαδίζει με μία διαφορά στρατηγικής γύρω από την πρόληψη του σεισμού. Στον όροφο, η εισαγωγή των ξύλινων σκελετών και η ελάττωση του πάχους της τοιχοποιίας μοιάζουν να εισάγουν κατασκευαστικές αρχές παρόμοιες με αυτές των παραδοσιακών ξύλινων κατασκευών που συναντώνται τόσο στην Τουρκία όσο και στην Ελλάδα. Η εξέταση παρόμοιων ξύλινων κατασκευών του χωριού Safranbolu της Βορειοδυτικής Τουρκίας ανέδειξε τη δυνατότητά τους να απορροφούν σεισμική ενέργεια ενώ υφίστανται ανελαστικές παραμορφώσεις χωρίς αστοχία.<sup>16</sup> Παρόμοια πλάστιμη σεισμική συμπεριφορά ενδέχεται να εμφανίζεται και στην Ερεσό. Και εδώ, κατά τη σεισμική καταπόνηση, υπάρχουν περιθώρια στους ορόφους των κτιρίων τόσο για πιθανές μικρο-ρηγματώσεις μεταξύ του ξύλινου σκελετού και της τοιχοποιίας, όσο και για παραμόρφωση του ίδιου του σκελετού. Και τα δύο είναι φαινόμενα τα οποία, ενώ καταναλώνουν την εισαγόμενη σεισμική ενέργεια, σπανίως οδηγούν σε ολική αστοχία.<sup>17</sup>

Το χαρακτηριστικό της υπερστατικότητας διακρίνει το σύστημα της Ερεσού από τις πιο συμβατικές παραδοσιακές κατασκευαστικές πρακτικές της Οθωμανικής περιόδου, συνδέοντας το με περιπτώσεις όπως της Λευκάδας, της Καλαβρίας και της Λισσαβόνας. Η υπερστατικότητα επιτυγχάνεται μέσω της ταυτόχρονης χρήσης δύο δομικών συστημάτων για την παραλαβή των φορτίων της στέγης στον όροφο, ενός ξύλινου σκελετού και μίας τοιχοποιίας. Σε περίπτωση ισχυρού σεισμού, το ενδεχόμενο αστοχίας της τοιχοποιίας του ορόφου δεν αποκλείεται.<sup>18</sup> Το αποτέλεσμα, σε ένα ισχυρό σεισμό, θα ήταν η ολική ή μερική κατάρρευση της τοιχοποιίας. Η άμεσες αλυσιδωτές επιπτώσεις αυτής σε συμβατικές παραδοσιακές λίθινες κατασκευές είναι:

- Η κατάρρευση υπερκείμενων στοιχείων, όπως όροφοι και στέγες.
- (Σε περίπτωση μερικής κατάρρευσης) Η διάρρηξη της συνεργασίας μεταξύ των εναπομεινάντων δομικών μελών (π.χ. τμήματα τοίχου), με συνέπεια την εξασθένησή τους και την κατάρρευση τους με την παράταση της διάρκειας της δόνησης.
- Η κατάρρευση δομικών υλικών εντός του χώρου του σπιτιού.

Η χρήση των πρόσθετων ξύλινων σκελετών παρέχει μία ακόμα δικλείδα ασφαλείας απέναντι σε αυτούς τους κινδύνους. Έτσι, τα φριγγιά εξασφαλίζουν τη στήριξη της στέγης σε περίπτωση κατάρρευσης της τοιχοποιίας. Παράλληλα, σε περίπτωση μερικής κατάρρευσης, ο βοηθητικός αυτός φέροντας οργανισμός κάνει δυνατή τη συνεργασία μεταξύ των εναπομεινάντων μερών της τοιχοποιίας μειώνοντας την πιθανότητα για επέκταση των αστοχιών. Επίσης, ο ρόλος των

<sup>15</sup> Βλ. Π. Τουλιάτος, (2003), σελ. 27 - 28

<sup>16</sup> Πράγματι, επιθεωρήσεις σε κτίρια του Safranbolu με ξύλινο σκελετό τύπου *himis*, διαπίστωσαν εκτενείς ρωγμές στα σημεία σύγκλισης μεταξύ των ξύλινων στοιχείων και της τοιχοποιίας. Σύμφωνα με τον Langenbach, η τριβή και η σχετική παραμόρφωση κατά μήκος των αρμών μεταξύ του σκελετού και της πλήρωσής του απορρόφησαν ένα μεγάλο μέρος της σεισμικής ενέργειας. Βλ. R. Langenbach, (2002), σελ. 49 - 51

<sup>17</sup> Ένα σημαντικό τεκμήριο αυτής της άποψης είναι και μία φωτογραφία των ερειπίων της πόλης της Χίου μετά το σεισμό του 1881. Σε αυτή απεικονίζεται ένα διώροφο σπίτι, του οποίου τα ξύλινα υποστυλώματα αποκλείουν από την κατακόρυφο κατά τουλάχιστον 30°. Βλ. *Λεύκωμα των Ερειπίων της Χίου*, (1983)

<sup>18</sup> Πράγματι, ορισμένες αδυναμίες της όπως η σχετικά πυκνή διάτρηση της από ανοίγματα, και η ελλιπής διαπλοκή μεταξύ των λίθων οδηγούν σε μία μειωμένη αντοχή στην κάμψη και τον εφελκυσμό υπό τη δράση των εναλλασσόμενων οριζοντίων φορτίων μίας δυναμικής καταπόνησης.

φριγγιών στην ενίσχυση της διαφραγματικότητας των τοιχωμάτων, δηλαδή της ικανότητάς τους να παραλάβουν φορτίσεις κατά το επίπεδό τους, είναι επίσης σημαντικός αφού μειώνει τις πιθανότητες αστοχίας. Τέλος, ο ρόλος των 'φριγγιών' ως πλέγμα το οποίο προστατεύει το εσωτερικό του κτιρίου από καταρρέουσα δομική ύλη ενδέχεται να είναι εξίσου σημαντικός.<sup>19</sup>

Όπως έγινε αντιληπτό οι ξύλινοι σκελετοί, οι οποίοι είναι ενσωματωμένοι στους τοίχους, αποτελούν μέρη ενός τρισδιάστατου άκαμπτου σκελετού ο οποίος συμπεριλαμβάνει το σκελετό της στέγης και αυτόν του πατώματος του ορόφου. Η πρόνοια του λαϊκού τεχνίτη για σύνδεση των στοιχείων αυτών μεταξύ τους, ενώ δεν είναι απολύτως επιβεβλημένη για τη στατική λειτουργία της κατασκευής σχετίζεται άμεσα με τη δυναμική της λειτουργία. Πράγματι, σε περίπτωση δυναμικής καταπόνησης, αυτός ο εσωτερικός σκελετός εξασφαλίζει τη σύνδεση όλων των μελών της κατασκευής μεταξύ τους και συνεπώς τη συνεργασία μεταξύ τους. Η συμμετοχή των διαφόρων επιπέδων λιθοδομής, μέσω της σύνδεσής τους με τον εσωτερικό ξύλινο σκελετό, σε ένα κοινό σύστημα μορφής 'κιβωτίου' έχει πολλά πλεονεκτήματα για τη σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου: «...εξασφαλίζει μειωμένη παραμόρφωση, περιορισμένη αστοχία, και δυνατότητα αποφόρτισης αδύναμων περιοχών μέσω ανακατανομής των εντάσεων.»<sup>20</sup>

### **ΟΙ ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΠΩΣ ΔΙΑΠΙΣΤΩΝΟΝΤΑΙ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΤΗΣ ΕΡΕΣΟΥ**

Μέσα από την εξέταση των εφαρμογών του δομικού συστήματος της Ερεσού παρατηρούνται ορισμένες ελλείψεις οι οποίες μοιάζουν να υπονομεύουν την προσπάθεια των παραδοσιακών μαστόρων για πρόληψη του σεισμού. Αυτές οι ατέλειες συναντώνται τόσο στη συνδεσμολογία μεταξύ των στοιχείων του εσωτερικού ξύλινου σκελετού, όσο και στον περιορισμό της υπερστατικότητας μόνο στην κατασκευή των τοίχων του ορόφου: σε περίπτωση αστοχίας των τοίχων του ισογείου δεν εξασφαλίζεται εναλλακτική ροή των άνωθεν φορτίων.

Σε τουλάχιστον δύο από τα σπίτια που αποτυπώθηκαν, η εξασφάλιση της κιβωτιοειδούς, συνολικής λειτουργίας της κατασκευής μοιάζει να έχει ελαφρά παραμεληθεί. Αυτό οφείλεται εν μέρει στην προχειρότητα με την οποία συνδέονται μεταξύ τους τα ξύλινα στοιχεία. Συνήθως η σύνδεση επαφίεται στη χρήση καρφιών. Σε περίπτωση τοπικής σήψης των ξύλινων στοιχείων αλλά και οξειδωσης των σιδερένιων συνδέσμων τους, η αντοχή της σύνδεσης μηδενίζεται. Δεν αποκλείεται, αυτή η αδυναμία που παρατηρείται στη συνδεσμολογία να υπονομεύει τη σεισμική λειτουργία του συστήματος. Πράγματι, κατά τη διάρκεια δυναμικής καταπόνησης, οι ξύλινοι σκελετοί, υπόκεινται τόσο στα οριζόντια φορτία του σεισμού όσο και σε αυτά τα οποία δημιουργούν ενδεχόμενες διαφορικές ταλαντώσεις της γύρω τοιχοποιίας. Ελλείψει ισχυρών συνδέσεων, παρόμοιοι σκελετοί με αυτούς της Ερεσού, υποκείμενοι σε παρόμοιες φορτίσεις έχουν στο παρελθόν αστοχήσει.<sup>21</sup>

Σημαντικές ελλείψεις σημειώθηκαν σε τουλάχιστον δύο κατασκευές στο πεδίο της ενίσχυσης των τοίχων του ορόφου με ξύλινους σκελετούς. Εδώ παρατηρήθηκε μία τάση να παραλείπονται τελείως οι ξύλινοι σκελετοί στους δύο τυφλούς τοίχους. Έτσι, το δίκτυο ξύλινων σκελετών περιορίζεται στους δύο τοίχους οι οποίοι είναι διάτρητοι από παράθυρα. Εάν κρίνουμε από την ύπαρξη

<sup>19</sup> Αυτό το στοιχείο ερμηνείας του συστήματος, το οποίο επικαλέστηκαν και κάτοικοι της Ερεσού, συμπεριλαμβάνεται και στην ανάλυση του κατασκευαστικού συστήματος της Λευκάδας από τον Δ. Πορφύριο, (1971), σελ. 37

<sup>20</sup> Βλ. Π. Τουλιάτος (2003), σελ. 21 - 22

<sup>21</sup> Αυτό το συμπέρασμα εξάγεται από έρευνα σε παρόμοια κατασκευαστικά συστήματα τόσο στην Καλαβρία της Ιταλίας όσο και στη Γουατεμάλα. Βλ. S. Tobriner, (1983), σελ. 137

τουλάχιστον άλλων δύο παραδειγμάτων όπου ξύλινα διαφράγματα τοποθετούνται σε όλους τους τοίχους, οι παραπάνω ελλειπτικές περιπτώσεις προφανώς υποδηλώνουν ότι ορισμένοι τεχνίτες θεώρησαν τα ξύλινα στοιχεία απλά ως στοιχεία ενίσχυσης των αδύναμων, εξαιτίας της ύπαρξης ανοιγμάτων, τοίχων. Οι τεχνίτες αυτοί δεν φαίνεται να έλαβαν υπόψη την υπερστατικότητα και το κιβωτιοειδές που επιτυγχάνονται αλλού με την πλήρη χρήση των εν λόγω σκελετών.

Σε όλα τα σπίτια που αποτυπώθηκαν στη Ερεσό κατά την πρώτη φάση της έρευνας η υπερστατικότητα περιορίζεται στην κατασκευή του ορόφου. Στο κατώγι, αντίθετα, οι μόνοι φέροντες οργανισμοί είναι αυτοί των περιμετρικών τοίχων από λιθοδομή. Ενδεχόμενη αστοχία των τελευταίων μεταφράζεται άμεσα σε αστοχία ολόκληρης της κατασκευής. Αυτή η συγκέντρωση φορτίων σε ένα μόνο δομικό στοιχείο, έρχεται σε αντίθεση με την τάση των μαστόρων της Ερεσού να εξασφαλίζουν σε άλλα σημεία την λειτουργία του συνόλου των στοιχείων του φέροντα οργανισμού έστω και μετά από τοπικές αστοχίες.

Είναι ιδιαίτερα δύσκολο να βρεθούν ακριβείς λόγοι για τις αδυναμίες αυτές. Από τη μία πλευρά, αυτές ενδέχεται να αποτελούν περιορισμούς του ίδιου του δομικού συστήματος. Αυτοί οι περιορισμοί εξηγούνται εύκολα εάν αναλογιστούμε ότι ο λαϊκός τεχνίτης στερούταν συχνά τους πόρους οι οποίοι απαιτούνταν για την τελειοποίηση των κατασκευών. Σύμφωνα με μία άλλη υπόθεση, οι ίδιες αυτές κατασκευαστικές αδυναμίες μπορεί να είναι στοιχεία μίας σταδιακής εξασθένησης ενός πιο ολοκληρωμένου αρχικού συστήματος. Παράγοντες μίας παρόμοιας εξασθένησης μπορεί να είναι η κακιά συντήρηση των κατασκευών σε συνδυασμό με τη συνεχή σεισμική τους καταπόνηση, η εγκατάλειψή τους τα τελευταία 50 χρόνια, αλλά και η απώλεια της αρχικής κατασκευαστικής γνώσης που οδήγησε στη δημιουργία της. Το δίλημμα μεταξύ αυτών των δύο πιθανών εξηγήσεων έμνε μεχρι τελευταία ανοιχτό.

Η πρόσφατη ανακάλυψη παρόμοιων κατασκευών στην Πέργαμο της Μικράς Ασίας αποκαλύπτει μία ελαφρά διαφορετική έκφανση του ίδιου δομικού συστήματος, η οποία, διατηρώντας ορισμένες από τις παραπάνω αδυναμίες, αποτελεί μία πιο ολοκληρωμένη λύση στα προβλήματα τα οποία αντιμετωπίζει ο τεχνίτης της Ερεσού. Παρόλα αυτά, οι ομοιότητες μεταξύ των κατασκευών της Περγάμου και της Ερεσού δεν αφήνουν καμία αμφιβολία για την κοινή κατασκευαστική τους λογική.

## **ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΓΑΜΟ ΤΗΣ ΜΙΚΡΑΣ ΑΣΙΑΣ**

Οι δυτικές ακτές της Μικράς Ασίας και τα νησιά του ανατολικού Αιγαίου σχεδόν πάντοτε βρίσκονταν υπό την επιρροή κοινών αρχιτεκτονικών παραδόσεων. Η Ελληνιστική περίοδος, αυτή της ύστερης Αρχαιότητας (μέχρι τον 7<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ.) καθώς και η όψιμη Βυζαντινή περίοδος (13<sup>ος</sup> – 15<sup>ος</sup> αιώνας μ.Χ.) προσφέρουν πολλά παραδείγματα κοινής αποδοχής και από τις δύο πλευρές τόσο αρχιτεκτονικών μορφών, όσο και κατασκευαστικών τύπων.<sup>22</sup> Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική του 18<sup>ου</sup> και του 19<sup>ου</sup> αιώνα δεν αποτελεί εξαίρεση. Πράγματι, αυτό που με έκανε να στρέψω την προσοχή μου στις κατασκευές της Περγάμου είναι η εξαιρετική μορφολογική και τυπολογική ομοιότητα των σπιτιών του Μικρασιατικού οικισμού με αυτά της Ερεσού.<sup>23</sup>

Κατά την έρευνα που πραγματοποίησα στην Πέργαμο τον Απρίλιο του 2007 έγινε αντιληπτό ότι οι ομοιότητες με την Ερεσό δεν περιορίζονται στην μορφολογία των κτιρίων. Σε τουλάχιστον τρία

<sup>22</sup> Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η χρήση ενός κοινού αρχιτεκτονικού τύπου τόσο στο Ηραίο της Σάμου όσο και στο Αρτεμίσιο της Εφέσου. Βλ. D. S. Robertson, (1983), σελ. 95 - 96

<sup>23</sup> Η εκτενής χρήση του στενομέτωπου 'μακριναριού', η κατανομή των παραθύρων στην πρόσοψη και η αρχιτεκτονική τους επεξεργασία μοιάζουν να είναι κοινά και στους δύο οικισμούς.

σπίτια του παραδοσιακού οικισμού διαπιστώθηκε η ενίσχυση των φερόντων λίθινων τοίχων του ορόφου από ξύλινους διαφραγματικούς σκελετούς. Οι διαστάσεις των ξύλινων στοιχείων, ο ρυθμός των κατακόρυφων στύλων και η συνδεσμολογία τους είναι στοιχεία πανομοιότυπα με αυτά των σκελετών της Ερεσού. (**Σχήματα 7, 8**) Οι εξωτερικοί τοίχοι από φέρουσα αργολιθοδομή καλής ποιότητας, με πάχος το οποίο κυμαίνεται από 70cm έως 50cm, καλύπτουν ένα εσωτερικό κιβωτιοειδές δίκτυο ξύλινων διαφραγματικών σκελετών οι οποίοι είναι ενσωματωμένοι στην εσωτερική παρειά των τοίχων και καλύπτονται από σοβά. Στην Πέργαμο, όπως και στην Ερεσό, οι ξύλινοι αυτοί σκελετοί αποτελούν στοιχεία ενίσχυσης της τοιχοποιίας έναντι διάτμησης και κάμψης. Είναι επίσης στοιχεία σύνδεσης των διαφορετικών επιπέδων λιθοδομής μεταξύ τους για την εξασφάλιση της συνολικής λειτουργίας της κατασκευής. Επίσης, εξαιτίας της σύνδεσής τους τόσο με τη στέγη όσο και με τον φέροντα οργανισμό του πατώματος, οι σκελετοί αυτοί μοιάζουν προορισμένοι να αποτελέσουν μία βοηθητική στήριξη της στέγης σε περίπτωση μερικής κατάρρευσης της τοιχοποιίας.

**Σχήματα 7, 8.** Πέργαμος, διώροφη λαϊκή κατοικία, ενίσχυση των τοίχων του ορόφου από ξύλινους σκελετούς. Αριστερά, η βάση του σκελετού και, δεξιά, η κορυφή του. Η ομοιότητα με το δομικό σύστημα της Ερεσού είναι παραπάνω από εμφανής (βλ. Σχήμα 4).

Υπάρχει όμως τουλάχιστον σε μία από τις κατασκευές της Περγάμου και ένα στοιχείο το οποίο απουσιάζει από την Ερεσό και βελτιώνει δραματικά τη συμπεριφορά της κατασκευής στο σεισμό: Στην κατασκευή αυτή, οι παραπάνω σκελετοί δεν περιορίζονται μόνο στον όροφο αλλά **προεκτείνονται και στο ισόγειο των κτιρίων** μέσω ξύλινων υποστυλωμάτων, τα οποία βρίσκονται σε μικρή απόσταση από την εσωτερική παρειά των τοίχων του ισογείου. Αυτά τα

υποστυλώματα εξασφαλίζουν μία εναλλακτική δίοδο ροής κατακόρυφων φορτίων σε περίπτωση αστοχίας των τοίχων του ισογείου.<sup>24</sup>

**Σχήμα 9.** Πέργαμος, εσωτερικό ισογείου του κτιρίου που απεικονίζεται στα σχήματα 7 και 8. Ένα από τα εσωτερικά ξύλινα υποστυλώματα στέκει ακόμη. Αριστερά, στη γωνία, διακρίνονται καλά μέρη του παλαιότερου σκελετού (ορθοστάτης και διαγώνιο στοιχείο ακαμψίας – bracing), ο οποίος άλλοτε έφερε το πάτωμα του ισογείου από κοινού με την τοιχοποιία. Εκτενή μέρη του σκελετού αυτού σώζονται ακόμη στο κτίριο.

Για την επίτευξη της πιθανής αυτόνομης λειτουργίας αυτού του δώροφου ξύλινου φέροντα οργανισμού οι στύλοι του ισογείου συνδέονται με τα κατακόρυφα υποστυλώματα του ξύλινου διαφραγματικού σκελετού του ορόφου μέσω ισχυρών οριζοντίων δοκών, οι οποίες εφάπτονται στο κάτω μέρος του πατώματος με διεύθυνση κάθετη σε αυτήν των δοκαριών του τελευταίου. Αυτές οι δοκοί αποτελούν τόσο το επιστύλιο των υποστυλωμάτων του ισογείου όσο και τους στρωτήρες για την έδραση των ξύλινων σκελετών του ορόφου. Από την άλλη πλευρά, το πάτωμα του ορόφου εδράζεται τόσο στα εσωτερικά ξύλινα υποστυλώματα του ισογείου όσο και στους ίδιους τους εξωτερικούς λίθινους τοίχους.

Η χρήση στην κατασκευή της Περγάμου δύο ανεξάρτητων δομικών συστημάτων τόσο στον όροφο όσο και στο ισόγειο των κτιρίων πιθανώς να εξασφαλίζει σε περίπτωση σεισμού την στήριξη των

---

<sup>24</sup> Η παρατήρηση των σχετικών λεπτομερειών στις κατασκευές της Περγάμου δείχνει ότι η γνώση των κατοίκων / τεχνιτών γύρω από τη σκοπιμότητα της εφαρμογής των ξύλινων σκελετών στο ισόγειο είχε ξεχαστεί πριν την ερείπωση των κατασκευών αυτών. Πράγματι, όπως φαίνεται στο **σχήμα 9** (αριστερά), επισκευές στους ξύλινους σκελετούς του ισογείου οδήγησαν στην αποκοπή κρίσιμων μερών τους (τα οποία είχαν πιθανότατα σαπίσει), η οποία αναίρεσε τη συνέχεια του ξύλινου σκελετού.

φορτίων τόσο του πατώματος του ορόφου όσο και της στέγης ακόμα και ύστερα από μερική αστοχία των εξωτερικών λίθινων τοίχων είτε στο επίπεδο του ισογείου είτε σε αυτό του ορόφου. Πρόκειται επομένως για μία κατασκευή περισσότερο πλήρη ως προς το στοιχείο της υπερστατικότητας από αυτή της Ερεσού.

Το στοιχείο της χρήσης δύο φερόντων οργανισμών, ενός λίθινου και ενός ξύλινου, στο επίπεδο του ισογείου του κτιρίου εμφανίζεται και αλλού στην Ελλάδα, ειδικότερα στο αντισεισμικό σύστημα της Λευκάδας,<sup>25</sup> καθώς και σε μία ιδιότυπη κατασκευή στην Μπαρμπούτα της Βέροιας.<sup>26</sup> **(Σχήμα 10)** Όμως, η χρήση του ίδιου υπερστατικού συστήματος τόσο στον όροφο όσο και στο ισόγειο παρατηρείται κατ' αποκλειστικότητα στην Πέργαμο.

**Σχήμα 10.** Βέροια, Μπαρμπούτα, τμήμα κατοικίας στο ισόγειο της οποίας χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα δύο φέροντες οργανισμοί, ένας λίθινος και ένας ξύλινος, ο τελευταίος στο εξωτερικό μέτωπο της τοιχοποιίας.

Γεννάται το ερώτημα της ακριβούς σχέσης μεταξύ των κατασκευών της Ερεσού και αυτών της Περγάμου. Αυτή η σχέση ενδέχεται να ερμηνεύει τόσο τις μικροδιαφορές μεταξύ των δύο κατασκευών όσο και το γεγονός ότι και τα δύο διέπονται από την ίδια κατασκευαστική λογική. Κατά

---

<sup>25</sup> Βλ. Δ. Πορφύριος, (1971), σελ. 37

<sup>26</sup> Βλ. Ν. Καρύδης, (2003), σελ. 128



τη διερεύνηση του ζητήματος αυτού μπορούν να γίνουν δύο υποθέσεις. Η πρώτη θα ήταν ότι από την πλήρη, διώροφη ενισχυτική διάταξη της Περγάμου μέχρι την ελλιπή, μερική χρήση του ξύλινου σκελετού της Ερεσού μεσολαβεί ένας σταδιακός εκφυλισμός του τοπικού δομικού συστήματος. Η δεύτερη υπόθεση θα έβλεπε την περίπτωση της Περγάμου ως τελειοποίηση μίας προγενέστερης στρατηγικής ενίσχυσης των κατασκευών απέναντι στο σεισμό, η οποία ενώ προϋπήρχε, είχε βρει μονάχα ατελείς εφαρμογές σαν αυτές της Ερεσού.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Οι κατασκευές που εξετάζουμε προδίδουν την προϋπαρξη ορισμένων βασικών αρχών αντισεισμικού σχεδιασμού τις οποίες ο κάθε σειсмоγενής τόπος εφαρμόζει ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες. Από τη μία πλευρά, η πλατεία εξάπλωση αρχών όπως αυτές της κιβωποειδούς λειτουργίας της κατασκευής, της υπερστατικότητας, και της απόσβεσης της ενέργειας του σεισμού από την Καλαβρία μέχρι τη Μικρά Ασία, και, από την άλλη, τα αμυδρά ίχνη τέτοιων αρχών σε κατασκευές τόσο αρχαίες όσο τα Μινωικά παλάτια<sup>27</sup> αντανακλά την κοινή εμπειρία του σεισμικού φαινομένου από λαούς τόσο διαφορετικών τόπων όσο και διαφορετικών εποχών.

Η παραδοσιακή αντισεισμική δόμηση του Ανατολικού Αιγαίου μπορεί πιθανώς να ερμηνευτεί ως απόδειξη ότι οι τρόποι δόμησης που εξαπλώθηκαν στην Τουρκοκρατούμενη Ανατολική Ευρώπη, σε ορισμένες περιπτώσεις, μπολιάστηκαν με κατασκευαστικές τεχνικές οι οποίες είχαν στόχο την πρόληψη του σεισμού. Είναι πολύ πιθανόν, ύστερα από κάποιες συγκυρίες, ορισμένοι τεχνίτες να προχώρησαν σε τροποποιήσεις των ευρέως διαδεδομένων τότε τρόπων δόμησης. Μία από αυτές τις τροποποιήσεις θα μπορούσε να είναι το 'ντύσιμο' του ξύλινου σκελετού του ορόφου (του γνωστού 'τσατά') με τοιχοποιία, όπως συμβαίνει στην Ερεσό. Κάποια άλλη τροποποίηση θα ήταν δυνατόν να είναι η προσθήκη ενός ξύλινου σκελετού στο ισόγειο των κτισμάτων, όπως έχει παρατηρηθεί στη Λευκάδα. Και οι δύο αυτές τροποποιήσεις στη δομή του τυπικού 'Οθωμανικού Λαϊκού Σπιτιού' εμφανίζονται στην Πέργαμο.

Με τις σύνθετες και ιδιότυπες κατασκευές τις οποίες αναλύσαμε, οι τεχνίτες της Ερεσού και της Περγάμου πέτυχαν να εκμεταλλευθούν τα πλεονεκτήματα της λιθοδομής, όπως η αντοχή και η καλή κλιματική συμπεριφορά (λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητάς της και των μονωτικών της ιδιοτήτων) στον όροφο των κτιρίων, και να τα συνδυάσουν με μία εξαιρετική κτιριακή συμπεριφορά απέναντι στο φαινόμενο του σεισμού. Η απλότητα και η αποτελεσματικότητα των κατασκευών τους, η οποία προκύπτει όχι τόσο από χρήση εξελιγμένων και σύνθετων δομικών υλικών όσο από τη διαχρονική συσσώρευση κατασκευαστικής εμπειρίας, είναι στοιχεία ενδεικτικά της αξίας της ανώνυμης λαϊκής αρχιτεκτονικής.

---

<sup>27</sup> Βλ. J. M. Driessen, (1987), σελ. 171 - 178

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βοστάνη – Κουμπά, Ε. (1982), *Λέσβος, Μέλισσα*, Αθήνα
- Γιαννουλέλης, Γ. Ν. – Ζαγορησίου, Μ. Γρ. (1995), *Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική της Λέσβου*, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα
- Choisy, A. (1883), *L' Art de Batir chez les Byzantins*, Paris
- Driessen, J. M. (1987), "Earthquake-Resistant Construction and the Wrath of the "Earth-Shaker"", *The Journal of the Society of Architectural Historians*, Vol. 46, No 2, pp. 171 – 178.
- Gülhan, D. and Güney I. O., "The Behaviour of Traditional Building Systems against Earthquake and Its Comparison to Reinforced Concrete Frame Systems; Experiences of Marmara Earthquake Damage Assessment Studies in Kocaeli and Sakarya", *Conference Proceedings for Earthquake Safety: Lessons to be Learned from Traditional Construction, an International Conference on the Seismic Performance of Traditional Buildings* (Istanbul: ICOMOS, published on the web at [www.icomos.org/iwc/seismic/Gulhan.pdf](http://www.icomos.org/iwc/seismic/Gulhan.pdf)).
- Καρύδης, Ν. (2003), *Ερεσός, Το Σπίτι, η Κατασκευή, ο Οικισμός*, Παπασωτηρίου, Αθήνα
- Kuban, D. (1993), *The Turkish Hayat House*, EREN Yayicilik ve Kitapcilik Ltd
- Langenbach, R. (2002), "Survivors among the Ruins: Traditional Houses in Earthquakes in Turkey and India", *APT Bulletin*, Vol. 33, No. 2/3., pp. 47 - 56
- Λεύκωμα των Ερειπίων της Χίου, συνέπεια των σεισμών της 22<sup>ας</sup> Μαρτίου / 3<sup>ης</sup> Απριλίου 1881*, (1983), Γεννάδειος Βιβλιοθήκη, Αθήνα
- Porphyrios, D. (1971), "Traditional Earthquake-Resistant Construction on a Greek Island", *The Journal of the Society of Architectural Historians*, Vol. 30, No. 1, pp. 31 – 39
- Robertson, D. S. (1983), *Greek and Roman Architecture*, Cambridge University Press
- Tobriner, S. (1983), "La Casa Baraccata: Earthquake – Resistant Construction in 18<sup>th</sup>-Century Calabria", *The Journal of the Society of Architectural historians*, Vol. 42, No. 2, pp. 131 – 138
- Τουλιάτος, Π., Γάντε, Δ. (1995), *Τοπική Ιστορική Αντισεισμική Δόμηση – Το Παράδειγμα της Λευκάδας*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Τουλιάτος, Π. (2001), *Αρχιτεκτονική και Σεισμός*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Τουλιάτος, Π. (2003), *Έρευνα: Συμπεριφορά στη Σεισμική Καταπόνηση των Ιστορικών Παραδοσιακών Κατασκευών. Ιστορικές Αντισεισμικές Κατασκευές στην Ελλάδα*, Οργανισμός Αντισεισμικής Προστασίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.