



Π Ρ Α Κ Τ Ι Κ Α  
ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟΥ

Αποκατάσταση  
των ιστορικών κατασκευών  
σε σεισμικές περιοχές:  
Η περίπτωση των παραδοσιακών  
κτισμάτων στο Αιγαίο

ΜΥΤΙΛΗΝΗ, ΛΕΣΒΟΣ  
24-26 ΜΑΪΟΥ 2001

PROCEEDINGS OF  
INTERNATIONAL SEMINAR

Restoration  
of Historic Buildings  
in Seismic Areas:  
The Case of Settlements  
in the Aegean

LESVOS ISLAND, GREECE  
24 - 26 MAY 2001

Η επιμέλεια της μετάφρασης των αγγλικών κειμένων έγινε  
από τους κ.κ. Π. Μ. Δελλαδέτσιμα και Μ. Δανδουλάκη



# Περιεχόμενα

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μ. Δανδουλάκη, εκπρόσωπος του Ο.Α.Σ.Π. και Αναπλ. Δ/ντρια Ε.Κ.Π.Π.Σ ..... 15

## ΧΑΙΡΕΤΙΣΜΟΙ

Υφυπουργός ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., κ. Ν. Αλευράς ..... 18

Γενικός Γραμματέας του Υπουργείου Αιγαίου, κ. Ι.Μαχαιρίδης ..... 19

Νομάρχης Λέσβου, κ. Δ.Βουνάτσος ..... 21

Δήμαρχος Μυτιλήνης, κ. Ν. Γιακαλής ..... 22

Πρόεδρος του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου,  
Καθηγητής κ. Π.Κανάρογλου ..... 23

Εκπρόσωπος Συλλ. Αρχ. Λέσβου, κ. Σ. Φραντζέσκος ..... 24

Γενικός Γραμματέας Πολιτικής Προστασίας του Υπ.Εσ.Δ.Δ.Α  
και Πρόεδρος της Επιστημονικής Επιτροπής Ε.Κ.Π.Π.Σ.  
Καθηγητής Δημήτρης Ι.Παπανικολάου ..... 25

## ΙΣΤΟΡΙΚΟΙ ΟΙΚΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Σεισμικότητα στο Αιγαίο και παραδοσιακοί οικισμοί ..... 29

**Δ.Ι. Παπανικολάου**, Καθηγητής Γεωλογίας Πανεπιστημίου Αθηνών

Ιστορικά κέντρα, σεισμική διακινδύνευση και μετασεισμική αποκατάσταση ..... 40

**A. Goretti**, Str. Eng., PhD, National Seismic Survey, Italy

Ανάλυση της Τρωτότητας του Αστικού Χώρου του Αιγαίου: Η Περίπτωση της Μυτιλήνης ..... 44

**Π.Μ. Δελλαδέτσιμας**, Επ. καθ. Π.ΑΙ., **Ν. Σουλακέλλης**, Επ. καθ. Π.ΑΙ.

**Ε. Κογκοπούλου**, Γεωγράφος-Ερευνήτρια Π.ΑΙ., **Α. Τσιτούρας**, Γεωγράφος Π.ΑΙ.

Αντισεισμικός σχεδιασμός και διαχείριση σεισμικού κινδύνου σε νησιωτικές περιοχές ..... 61

**Μ. Δανδουλάκη**, Αναπληρώτρια Διευθύντρια Ευρωπαϊκού Κέντρου Πρόγνωσης  
και Πρόληψης των Σεισμών και **Π. Μ. Δελλαδέτσιμας**, Επ. Καθ. Πανεπιστημίου Αιγαίου

Η επιρροή της ναυπηγικής τέχνης στον αντισεισμικό σχεδιασμό των κατασκευών  
της προϊστορίας: Το παράδειγμα του Αιγαίου ..... 72

**Π. Τουλιάτος**, Αρχιτέκτονας, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

## ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Μερικές σκέψεις για την εφαρμογή κανονισμών στη συντήρηση  
και την αποκατάσταση των ιστορικών κτιρίων ..... 85

**Ν. Καλογεράς**, Ομότιμος Καθηγητής, Σχολή Αρχιτεκτόνων, Ε.Μ.Π.

Νέα αρχιτεκτονικά μέρη σε παλιά κτίρια .....	89
<b>Huges Wilquin</b> , <i>Professor, Polytechnical University of Mons, Belgium</i>	
Συστάσεις για τις επεμβάσεις σε μνημεία και ιστορικά κτίρια σε σειсмоγενείς περιοχές .....	91
<b>Ελισάβετ Βιντζηλαίου</b> , <i>Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο</i>	
Η συμπεριφορά της ιστορικής κατασκευής ως συνόλου, σε σεισμική καταπόνηση: Η σημασία του ρόλου του ξύλου .....	97
<b>Π. Τουλιάτος</b> , <i>Αρχιτέκτονας, Αναπληρωτής Καθηγητής, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο</i>	
Ιστορικά αντισεισμικά συστήματα: Ανάλυση των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών και της δομικής συμπεριφοράς των κτιρίων από τοιχοποιία. Μερικές περιπτώσεις από την Ιταλία .....	115
<b>Caterina Carocci</b> , <i>Contract Professor, University of Syracuse</i>	
Μεθοδολογία ιστορικής, κατασκευαστικής και δομικής ανάλυσης που οδηγεί σε κατάλληλες αντισεισμικές παρεμβάσεις: Η περίπτωση του Λυρικού Θεάτρου των Συρακουσών στη Σικελία .....	117
<b>Caterina Carocci</b> , <i>Contract professor, University of Syracuse</i>	
Η συμμετοχή του Πολιτικού Μηχανικού στη διαδικασία αποτίμησης και διαμόρφωσης προτάσεων για την αποκατάσταση των ιστορικών κτιρίων. Παράδειγμα: Το τούρκικο αρχοντικό στη μεσαιωνική πόλη της Ρόδου .....	119
<b>Ε. Τσακανίκα</b> , <i>Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π., Κ. Αθανασιάδου</i> , <i>Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ.</i>	
Αποτίμηση και ανάλυση παλιών ξύλινων κατασκευών .....	133
<b>Ario Ciccotti</b> , <i>Καθ. Πανεπιστημίου Βενετίας</i>	
Κατασκευαστική ανάλυση του τοπικού δομικού συστήματος Ανάβατου Χίου .....	143
<b>Ειρήνη Εφρυσίου</b> , <i>Αρχιτέκτων, επίκουρη καθηγήτρια Ε.Μ.Π.</i>	
Στερέωση και αποκατάσταση της ΒΑ πτέρυγας των κελιών Ιεράς Μονής Οσίου Λουκά, Βοιωτίας .....	155
<b>Ανδρονίκη Μιλτιάδου-Fezans</b> , <i>Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Διεύθυνση Αναστήλωσης Βυζαντινών και Μεταβυζαντινών Μνημείων Υπουργείου Πολιτισμού</i>	
Παράδειγμα αποκατάστασης και επανάχρησης βιομηχανικού ιστορικού κελύφους στο τεχνολογικό πολιτιστικό πάρκο του Λαυρίου - Το "Ξυλουργείο" .....	166
<b>Φ. Γουλιέλμος</b> , <i>Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.</i>	
Αντισεισμική κατασκευαστική παράδοση με ειδική αναφορά στη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς της Τουρκίας .....	175
<b>Zeynep Ahunbay</b> , <i>Professor, Istanbul Technical University</i>	
Ξυλογλυπτική / Ξυλουργική Ευρωπαϊκές Περιοχές Αναστήλωσης / 2000-2003 .....	179
<b>Clara Berolini Cestari</b> , <i>Professor, Politecnico di Torino</i>	



# Contents

## INTRODUCTION

Mrs M. Dandoulaki, E.P.P.O., Vice Director of E.C.P.P.E. ....	15
---	----

## OPENING AND WELCOMING SPEECHES BY:

N. Alevras, <i>Deputy Minister of Environment Planning and Public Works</i> .....	18
J. Maheridis, <i>General Secretary, Ministry of the Aegean</i> .....	19
N. Vounatsos, <i>Head of the Prefecture Authority of Lesvos</i> .....	21
N. Giakalis, <i>Mayor of Mytilini</i> .....	22
Prof P. Kanaroglou, <i>Head of the Department of Geography, University of the Aegean</i> .....	23
S. Francescos, <i>representative of the Architects Association of Lesvos and the National Architectural Union of Greece</i> .....	24
Prof. D. Papanikolaou, ( <i>Ministry of Interior Affairs, General Secretary of the Civil Protection</i> ) <i>inaugurates and opens the International Seminar</i> .....	25

## HISTORIC SETTLEMENTS AND EARTHQUAKE PROTECTION

Seismicity in the Aegean and Traditional - Vernacular Settlements .....	38
<b>D. Papanikolaou</b> , <i>Prof. N.K. Univ. Athens</i>	
Historic Centres, Seismic Risk and Post-Earthquake Reconstruction .....	42
<b>A. Goretti</b> , <i>Str. Eng. PhD, Seismic National Survey, Rome, Italy</i>	
Vulnerability Analysis of the Aegean Urban Setting: The Case of Mytilini .....	55
<b>P. M. Delladetsimas</b> , <i>As. Prof. U.AE.</i> , <b>N. Soulakellis</b> , <i>As. Prof. U.AE.</i> , <b>E. Kogopoulou</b> , <i>Geographer PHD scholar</i> , <b>A. Tsitouras</b> , <i>Geographer U.AE.</i>	
An approach to seismic protection in an island setting .....	67
<b>M. Dandoulaki</b> , <i>Vice Director of the European Centre on Prevention and Forecasting of Earthquakes</i> and <b>P.M. Delladetsimas</b> , <i>Ass. Professor, University of the Aegean</i>	
Timber in shipbuilding in prehistoric and ancient Greece. The early influence on the timber structures .....	73
<b>Panos Touliatos</b> , <i>Architect, Assoc. Professor, Architectural Research Unit National Technical University of Athens</i>	

## RESTORATION OF HISTORIC STRUCTURES

Some thoughts about the application of codes for the conservation and restoration of historic buildings .....	87
<b>Nikolaos Kalogeras</b> , <i>Emeritus Professor, Faculty of Architecture, National Technical University of Athens</i>	

The New Architectural Parts in Old Buildings .....	90
<b>Huges Wilquin</b> , <i>Professor, Polytechnical University of Mons, Belgium</i>	
Guidelines for interventions to monuments and historic buildings in earthquake prone regions .....	94
<b>Elizabeth Vintzileou</b> , <i>Associate Professor, Faculty of Civil Engineering, National Technical University of Athens, Greece</i>	
The box framed entity and function of the structures: The importance of wood's role .....	98
<b>Panos Touliatos</b> , <i>Associate Professor, National Technical University of Athens, Greece</i>	
Anti-Seismic Historical Systems: Analysis of Constructive Features and Structural Behaviour of Masonry Houses. Some Italian Cases .....	116
<b>Caterina Carocci</b> , <i>Contract Professor, University of Syracuse, Italy</i>	
Methodology of Historic, Constructive and Structural Analysis Finalizing to Consistent Anti-Seismic Interventions: The Case of Lyrical Theatre of Syracuse (Sicily) .....	118
<b>Caterina Carocci</b> , <i>Contract professor, University of Syracuse, Italy</i>	
The Turkish mansion in Rhodes .....	121
<b>E. Tsakanika</b> , <i>Civil Engineer, NTUA, Greece</i> , <b>K. Athanasiadou</b> , <i>Civil Engineer, NTUA, Greece</i>	
Evaluation and Analysis of the Old Timber Structures .....	134
<b>Ario Ceccotti</b> , <i>Professor, University of Venice, Italy</i>	
Constructional analysis of the local structural system of the historic settlement of Anavatos in Chios island .....	149
<b>Irene Efesiou</b> , <i>Architect, Assistant Professor N.T.U.A., Greece</i>	
Restoration works to the northeast range of cells of Hosios Lukas Monastery, Boeotia/Greece .....	164
<b>A. Miltiadou-Fezans</b> , <i>Dr. Civil Engineer, Directorate for the Restoration of Byzantine and Post-Byzantine Monuments Ministry of Culture, Greece</i>	
Rehabilitation of Industrial building .....	170
<b>F. Goulielmos</b> , <i>Architect - Associate Professor N.T.U.A., Greece</i>	
Earthquake-resistant Building Tradition With special reference to Preservation of Cultural Heritage in Turkey .....	177
<b>Zeynep Ahunbay</b> , <i>Professor, Istanbul Technical University, Turkey</i>	
Wooden Handwork / Wooden Carpentry: European Restoration Sites / 2000-2003 .....	180
<b>Clara Bertolini Cestari</b> , <i>Department of Architectural Design- Politecnico di Torino – Italy</i>	





## **Επιστημονική και Οργανωτική Επιτροπή**

**Δ. Παπανικολάου**

*Καθηγητής Εθνικού & Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (Ε.Κ.Π.Α.)*

**Π. Τουλιάτος**

*Αναπληρωτής Καθηγητής Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (Ε.Μ.Π.)*

**Π. Δελλαδέτσιμας**

*Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Αιγαίου (Π.ΑΙ.)*

**Μ. Δανδουλάκη**

*Αναπληρώτρια Διευθύντρια Ευρωπαϊκή Κέντρου Πρόληψης  
και Πρόγνωσης των Σεισμών (Ε.Κ.Π.Π.Σ.)*

## **Scientific and Organizing Committee**

**D. Papanikolaou**

*Professor of the National & Kapodisrian University of Athens (N.K.U.A.)*

**P. Touliatos**

*Associate Professor of the National Technical University of Athens (N.T.U.A.)*

**P. Delladetsimas**

*Assistant Professor of the University of the Aegean (U.AE.)*

**M. Dandoulaki**

*Vice Director of the European Centre on Prevention  
and Forecasting of Earthquakes (E.C.P.F.E.)*

## **Γραμματειακή Υποστήριξη**

**Ελένη Γουρνέλου**

*Γραμματεία Τμήματος Γεωγραφίας Πανεπιστημίου Αιγαίου*

**Κ. Γαβριλάκης**

*Περιβαλλοντολόγος, Υπ. Διδάκτωρ Πανεπιστήμιο Αιγαίου*

**Βασιλική Ζώη**

*Πολιτικός Μηχανικός, Ε.Κ.Π.Π.Σ.*

## **Administrative Support**

**Eleni Gournelou**

*Secretariat of the Dept of Geography, University of the Aegean*

**K. Gavrikalkis**

*Environmental Scientist, PHD Scholar, University of the Aegean*

**Vassiliki Zoi**

*Civil Engineer, E.C.P.F.E.*

Η περίπτωση των παραδοσιακών κτισμάτων στο Αιγαίο

Αποκατάσταση των ιστορικών κατασκευών σε σεισμικές περιοχές;





# Πρόγραμμα

Πέμπτη, 24 Μαΐου 2001

## ΙΣΤΟΡΙΚΟΙ ΟΙΚΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

- 11.00-11.45 Σεισμικότητα στο Αιγαίο και παραδοσιακοί οικισμοί  
**Δ. Παπανικολάου, Καθ. Ε.Κ.Π.Α.**
- 11.45-12.15 Ιστορικά κέντρα, σεισμικός κίνδυνος και μετασεισμική αποκατάσταση  
**Α. Goretti, Δρ. Πολ. Μηχ., Εθνική Σεισμική Μελέτη, Ιταλία**
- 12.15-12.45 Ανάλυση τρωτότητας του αστικού χώρου του Αιγαίου:  
Η πόλη της Μυτιλήνης  
**Π. Δελλαδέτσιμας, Επίκ. Καθ. Π.ΑΙ., Ν. Σουλακέλλης,**  
**Επίκ. Καθ. Π.ΑΙ., Ε. Κογκοπούλου, Γεωγράφος-Ερευνήτρια Π.ΑΙ.,**  
**Α. Τσιτούρας, Γεωγράφος Π.ΑΙ.**
- 12.45-13.15 Πολιτική αντισεισμικής προστασίας σε νησιωτικές περιοχές  
**Μ. Δανδουλάκη, Αναπλ. Διευθ. Ε.Κ.Π.Π.Σ.,**  
**Π. Δελλαδέτσιμας, Επικ. Καθ. Π.ΑΙ.**
- 13.15-13.30 Η επιρροή της ναυπηγικής τέχνης στον αντισεισμικό σχεδιασμό των κατασκευών της προϊστορίας (Το παράδειγμα του Αιγαίου)  
**Π. Τουλιάτος, Αναπλ. Καθ. Ε.Μ.Π.**
- 13.30-16.45 Γεύμα - Επίσκεψη στο ιστορικό κέντρο της Μυτιλήνης

## ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

- 16.45-17.30 Κανονισμοί και εκπαίδευση σχετικά με την ενίσχυση και αποκατάσταση ιστορικών κτιρίων σε σεισμογενείς περιοχές  
**Ν. Καλογεράς, Καθ. Ε.Μ.Π.**
- 17.30-18.00 Νέα αρχιτεκτονικά στοιχεία σε παλιά κτίρια  
**Η. Wilquin, Καθ. Πολυτεχνείου Mons, Βέλγιο**
- 18.00-18.45 Προδιαγραφές και κανονισμοί για τις μεθόδους επισκευής ιστορικών κτιρίων από τοιχοποιία  
**Ε. Βιντζηλαίου, Αναπλ. Καθ. Ε.Μ.Π.**

- 18.45-19.00 Μείωση της τρωτότητας του ιστορικού δομημένου περιβάλλοντος μέσω της επαναανακάλυψης, αξιολόγησης και αναβάθμισης των τοπικών παραδοσιακών αντισεισμικών τεχνικών  
**F. Ferrigni**, Διευθυντής Προγραμμάτων Ευρωπαϊκού Πανεπιστημιακού Κέντρου για την Πολιτισμική Κληρονομιά
- 19.00-19.30 Είναι οι σύγχρονες ενισχύσεις επικίνδυνες για τις ιστορικές κατασκευές από τοιχοποιία; Μαθήματα από το σεισμό της Umbria το 1997  
**F. Ferrigni**, Διευθυντής Προγραμμάτων Ευρωπαϊκού Πανεπιστημιακού Κέντρου για την Πολιτισμική Κληρονομιά
- 19.30-20.00 Συζήτηση

Παρασκευή, 25 Μαΐου 2001

#### ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Προεδρείο: **Π. Τουλιάτος**, Αναπλ. Καθ. Ε.Μ.Π. - **Π. Δελλαδέτσιμας**, Επίκ. Καθ. Π.ΑΙ.

- 9.00-9.30 Η συμπεριφορά της ιστορικής κατασκευής σαν συνόλου στη σεισμική καταπόνηση  
**Π. Τουλιάτος**, Αναπλ. Καθ. Ε.Μ.Π.
- 9.30-10.00 Αντισεισμικά ιστορικά συστήματα: Ανάλυση των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών και συμπεριφορά κτιρίων από τοιχοποιία. Παραδείγματα από την Ιταλία  
**C. Carocci**, Καθ. επί συμβάσει Πανεπιστημίου Συρακουσών
- 10.00-10.15 Μεθοδολογία ιστορικής, κατασκευαστικής και δομικής ανάλυσης για την επιλογή των κατάλληλων αντισεισμικών επεμβάσεων: Η περίπτωση του λυρικού θεάτρου των Συρακουσών (Σικελία)  
**C. Carocci**, Καθ. επί συμβάσει Πανεπιστημίου Συρακουσών
- 10.15-10.45 Η συμμετοχή του Πολιτικού Μηχανικού στη μελέτη των ξύλινων κατασκευών των ιστορικών κτιρίων. Το παράδειγμα του Τούρκικου Αρχοντικού στη Ρόδο και το ξύλινο σύστημα ενίσχυσης του κτιρίου έναντι του σεισμού  
**E. Τσακανίκα**, Πολ. Μηχ., Ερευνήτρια - Ε.Μ.Υ. Ε.Μ.Π.
- 10.45-11.00 Διάλειμμα



- 11.00-12.00 Παρουσίαση του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Πολιτισμός 2000  
“Η αποκατάσταση και ανάδειξη των ξύλινων ιστορικών κατασκευών στην Ευρώπη”  
**C. Bertolini**, Καθ. Πολυτεχνείου Τορίνο, **L. Uzielli**, Καθ. Πανεπιστημίου Φλωρεντίας, **A. Ceccotti**, Καθ. Πανεπιστημίου Βενετίας
- 12.00-12.30 Κατασκευαστική ανάλυση του τοπικού δομικού συστήματος Αναβάτου Χίου και Νισύρου  
**Π. Τουλιάτος**, Αναπλ. Καθ. Ε.Μ.Π., **Ε. Εφεισίου**, Επικ. Καθ. Ε.Μ.Π.
- 12.30-13.00 Εργασίες αποκατάστασης της ΒΑ Πτέρυγας των κελιών στο Μοναστήρι του Οσίου Λουκά  
**N. Μιλιάδου**, Δρ. Πολ. Μηχ., Δ/νση Αναστήλωσης Βυζαντινών Μνημείων Υπουργείου Πολιτισμού
- 13.00-13.30 Συζήτηση
- 13.30-16.45 Γεύμα - Επίσκεψη στους εκθεσιακούς χώρους του Αρχαιολογικού Μουσείου Μυτιλήνης
- 16.45-17.15 Παράδειγμα αποκατάστασης και επανάχρησης βιομηχανικού ιστορικού κελύφους στο τεχνολογικό πολιτιστικό πάρκο του Λαυρίου - Το “Ξυλουργείο”  
**Φ. Γουλιέλμος**, Αναπλ. Καθ. Ε.Μ.Π., **Π. Τουλιάτος**, Αναπλ. Καθ. Ε.Μ.Π., **Ε. Εφεισίου**, Επικ. Καθ. Ε.Μ.Π.
- 17.15-18.00 Παραδείγματα αποκατάστασης ιστορικών κατασκευών από την Τουρκία  
**Z. Ahunbay**, Καθ. Πολυτεχνείου Κωνσταντινούπολης
- 18.00-19.00 Ιστορικές ξύλινες κατασκευές: Παραδείγματα αποκατάστασης από την Ιταλία  
**C. Bertolini**, Καθ. Πολυτεχνείου Τορίνο, **L. Uzielli**, Καθ. Πανεπιστημίου Φλωρεντίας, **A. Ceccotti**, Καθ. Πανεπιστημίου Βενετίας
- 19.00-20.00 Συζήτηση - Συμπεράσματα

Σάββατο, 26 Μαΐου 2001: Εκδρομή στον ιστορικό οικισμό του Μολύβου

# Programme

Thursday, May 24th, 2001

## HISTORIC SETTLEMENTS AND EARTHQUAKE PROTECTION

- 11.00-11.45 Seismicity in the Aegean and Traditional - Vernacular Settlements  
**D. Papanikolaou, Prof. N.K.U.A.**
- 11.45-12.15 Historic Centres, Seismic Risk and Post Earthquake Reconstruction  
**A. Goretti, Str.Eng., PhD, National Seismic Survey, Italy**
- 12.15-12.45 Vulnerability Analysis of the Aegean Urban Context:  
The City of Mytilene  
**P. Delladetsimas, Assist. Prof. U.AE., N. Soulakellis, Assist. Prof. U.AE.,  
E. Kogopoulou, Geographer - Researcher U.AE.,  
A. Tsitouras, Geographer U.AE.**
- 12.45-13.15 Seismic Protection Policy on an Island Setting  
**M. Dandoulaki, Vice Director E.C.P.F.E.,  
P. Delladetsimas, Assist. Prof. U.AE.**
- 13.15-13.30 The effect of naval structures experience upon early and/or developed  
anti-seismic constructional activity (The Case of the Aegean)  
**P. Toulitos, Assoc. Prof. N.T.U.A.**
- 13.30-16.45 Lunch Break - Visit to sites of interest in the city of Mytilene

## RESTORATION OF HISTORIC STRUCTURES

- 16.45-17.30 Regulations and education concerning the restoration of historic structures  
in seismic areas  
**N. Kalogeras, Prof. N.T.U.A.**
- 17.30-18.00 The new architectural parts in old buildings  
**H. Wilquin, Prof. Polytechnical University of Mons, Belgium**
- 18.00-18.45 Specifications and regulations concerning the methods of intervening  
in historic masonry structures  
**E. Vintzilaïou, Assoc. Prof. N.T.U.A.**



- 18.45-19.00 Reducing vulnerability of historical built environment by re-discovering, evaluating and upgrading the local traditional aseismic techniques  
**F. Ferrigni**, Director of Programmes European University Centre for Cultural Heritage
- 19.00-19.30 Are modern reinforcements dangerous for historic masonry structures? Lessons from the 1997 Umbria earthquakes  
**F. Ferrigni**, Director of Programmes European University Centre for Cultural Heritage
- 19.30-20.00 Discussion

Friday, May 25th, 2001

## RESTORATION OF HISTORIC STRUCTURES

Chairpersons: **P. Touliafos**, Assoc. Prof. N.T.U.A. - **P. Delladetsimas**, Assist. Prof. U.AE.

- 9.00-9.30 Box-frame behaviour of structures. Historic applications to seismic territories  
**P. Touliafos**, Assoc. Prof. N.T.U.A.
- 9.30-10.00 Anti-seismic historical systems: Analysis of constructive features and structural behaviour of masonry houses. Some Italian cases  
**C. Carocci**, Contract Prof., University of Syracuse
- 10.00-10.15 Methodology of historic, constructive and structural analysis finalizing to consistent anti-seismic interventions: The case of lyrical theatre of Syracuse (Sicily)  
**C. Carocci**, Contract Prof., University of Syracuse
- 10.15-10.45 The participation of Civil Engineer in the procedure of studying and intervening in timber structures in historic buildings. The case study of the Turkish Mansion in Rhodes and the timber aseismic reinforcement of the building  
**E. Tsakanika**, Civ. Eng., Researcher N.T.U.A.
- 10.45-11.00 Coffee Break
- 11.00-12.00 Wodden handwork / Wooden carpentry. European restoration sites on the culture 2000 European project  
**C. Bertolini**, Prof. Polytecnico di Torino, **L. Uzielli**, Prof. University of Firenze, **A. Ceccotti**, Prof. University of Venice

- |             |   |
|-------------|---|
| 12.00-12.30 | Constructional analysis of the local traditional structures of Anavatos at Chios island and at Nisyros island<br><b>P. Toulia</b> tos, Assoc. Prof. N.T.U.A., <b>E. Efessi</b> ou, Assist. Prof. N.T.U.A.                                     |
| 12.30-13.00 | Restoration of the NE range of the cells of the Monastery of Osios Loucas<br><b>N. Mili</b> adou, Civ. Eng., PhD, Directorate of Byzantine Monument Restoration   |
| 13.00-13.30 | Discussion  |
| 13.30-16.45 | Lunch Break - Visit to the exhibitions of the Archaeological Museum of Mytilene   |
| 16.45-17.15 | Restoration and rehabilitation project of the industrial historical building of "Xilourgio" in Lavrio<br><b>F. Gouli</b> mos, Assoc. Prof. N.T.U.A., <b>P. Toulia</b> tos, Assoc. Prof. N.T.U.A., <b>E. Efessi</b> ou, Assist. Prof. N.T.U.A. |
| 17.15-18.00 | Case Studies in Turkey<br><b>Z. Ahun</b> bay, Prof. Istanbul Technical University   |
| 18.00-19.00 | Wooden architectures of historic interest: Italian case-studies<br><b>C. Bertoli</b> ni, Prof. Polytecnico di Torino, <b>L. Uzielli</b> , Prof. University of Firenze, <b>A. Ceccotti</b> , Prof. University of Venice                        |
| 19.00-20.00 | Discussion - Conclusions  |

Saturday, May 26th, 2001: Field trip to the historic settlement of Molivos



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ

Κυρίες και κύριοι,

Εκ μέρους του ΟΑΣΠ και του Ευρωπαϊκού Κέντρου Πρόγνωσης και Πρόληψη Σεισμών θα ήθελα να σας ευχαριστήσω που συμμετέχετε στις εργασίες του Σεμιναρίου "Αποκατάσταση ιστορικών κατασκευών σε σεισμικές περιοχές".

Οι ιστορικές κατασκευές και σύνολα, τα ποικίλα δομικά συστήματα, οι παραδοσιακοί οικισμοί, συνδέονται με την ιστορία και εξέλιξη κάθε χώρας και κάθε περιοχής χωριστά. Σηματοδοτούν τη συνέχεια της.

Οι κατασκευές στη χώρα μας –μια χώρα με μεγάλη σεισμικότητα- δοκιμάζονται από τους σεισμούς. Κάποιες από τις κατασκευές αυτές επιβιώνουν μέχρι σήμερα. Απαιτείται συνεχής εγρήγορση και προσπάθεια για την αποκατάσταση αυτών των ιστορικών κατασκευών και για την αναβάθμιση τους στα επίπεδα σεισμικής ασφάλειας που θεωρούνται αποδεκτά στη σημερινή κοινωνία.

Το εγχείρημα δεν είναι απλό. Η ποικιλία των δομικών συστημάτων, η μη συμβατότητα με τις προδιαγραφές των σύγχρονων κανονισμών, οι δυσκολίες προσομοίωσης των ιστορικών κατασκευών προκειμένου να εφαρμοστούν οι σύγχρονες υπολογιστικές τεχνικές, οι ιδιαιτερότητες που παρουσιάζουν ως προς τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά, τη μορφή και μόρφωση τους, τα υλικά κατασκευής, η δυσκολία προσαρμογής τους προς τις σύγχρονες ανάγκες χρήσης και λειτουργίας τους, καθιστούν απαραίτητη την συνεχή έρευνα και μελέτη για την αποκατάσταση των ιστορικών κατασκευών και για την εξασφάλιση της σεισμικής τους ασφάλειας.

Με αυτές τις σκέψεις, ο ΟΑΣΠ και το Ευρωπαϊκό Κέντρο Πρόγνωσης και Πρόληψης Σεισμών του Συμβουλίου της Ευρώπης, αποφάσισαν να χρηματοδοτήσουν αυτό το σεμινάριο εργασίας ώστε επιστήμονες από διαφορετικές χώρες να ανταλλάξουν απόψεις σχετικά με το πολύ σοβαρό αυτό ζήτημα.

Τελειώνοντας θα ήθελα να σας διαβεβαιώσω ότι η επιλογή του τόπου διεξαγωγής του σεμιναρίου δεν είναι τυχαία. Η Λέσβος παρουσιάζει ένα πλούτο ιστορικών κατασκευών, συνόλων και παραδοσιακών οικισμών και γι'αυτό προσφέρεται για την εκδήλωση, συνεργώντας βέβαια και του φιλόξενου Πανεπιστημίου του Αιγαίου.

Είμαστε βέβαιοι ότι το σεμινάριο θα συμβάλει σε περαιτέρω πρόοδο στο σημαντικό ζήτημα "ιστορικές κατασκευές και αντισεισμική προστασία".

Ευχόμαστε καλή επιτυχία στις εργασίες του σεμιναρίου.

**Μ. Δανδουλάκη**  
*εκπρόσωπος του Ο.Α.Σ.Π.*  
*και Αναπληρώτρια Διευθύντρια Ε.Κ.Π.Π.Σ.*



Η οργανωτική επιτροπή του Διεθνές Σεμινάριο Εργασίας επιθυμεί αν ευχαριστήσει όλους τους φορείς που συνετέλεσαν στην επιτυχή διεκπεραίωσή του και συγκεκριμένα το ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ (Ε.Κ.Π.Π.Σ.), τον ΟΑΣΠ, το ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ, ΤΜΗΜΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ του ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ Ε.Μ.Π. και τη ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.

Επιθυμεί επίσης να ευχαριστήσει την παρουσία και τους χαιρετισμούς τους ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ, τη ΝΟΜΑΡΧΙΑΚΗ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ ΛΕΣΒΟΥ, το ΔΗΜΟ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ, το ΣΥΛΛΟΓΟ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΛΕΣΒΟΥ.

Ειδική αναφορά θα πρέπει να γίνει και στην κα Ε. Γουρνέλου (Γραμματέα Σεμιναρίου, ΕΤΕΠ Πανεπιστημίου Αιγαίου) και κ. Κ. Γαβριλάκη (Περιβαλλοντολόγο, Υποψήφιο Διδάκτορα Πανεπιστημίου Αιγαίου για την άρτια οργανωτική και γραμματειακή στήριξη που παρέixαν. Ευχαριστεί ακόμα για την καταλυτική συμβολή τους στην οργάνωση του σεμιναρίου την κα Β. Ζώη (Πολιτικό Μηχανικό ΟΑΣΠ) και Ε. Φραντσέσκο (Αρχιτέκτονα Μηχανικό). Τέλος οι ευχαριστίες της οργανωτικής επιτροπής δίδονται και στην κα Α. Ροδίτου για τη επιμέλεια της έκδοσης των πρακτικών του σεμιναρίου.

**Δ. Παπανικολάου**  
Καθηγητής ΕΚΠΑ ΓΓ.ΠΠ  
Πρόεδρος Ε.Κ.Π.Π.Σ

**Μ. Δανδουλάκη**  
Πολιτικό Μηχανικός  
- Περιφερειολόγος  
Ε.Κ.Π.Π.Σ – ΟΑΣΠ

**Π.Μ. Δελλαδέτσιμας**  
Επίκουρος Καθηγητής  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

**Π. Τουλιάτος**  
Αναπληρωτής  
Καθηγητής ΕΜΠ



# ΧΑΙΡΕΤΙΣΜΟΙ

## **Υφυπουργός ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. Ν. Αλευράς**

Αγαπητοί φίλοι,

ευχαριστώ θερμά για την πρόσκλησή σας να παραστώ στο τριήμερο διεθνές σεμινάριο με θέμα «Αποκατάσταση των Ιστορικών Κατασκευών σε Σεισμικές Περιοχές: Η περίπτωση των παραδοσιακών Κτισμάτων στο Αιγαίο», που πραγματοποιείται στη Μυτιλήνη, στις 24-26 Μαΐου 2001, και διοργανώνεται από τον Ο.Α.Σ.Π., το Ευρωπαϊκό Κέντρο Πρόληψης και Πρόγνωσης των Σεισμών, το Πανεπιστήμιο Αιγαίου και το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Λυπάμαι γιατί, προγραμματισμένες από καιρό υποχρεώσεις –για τις ίδιες ημέρες, με το σεμινάριο– που δεν μπορούν μάλιστα να αναβληθούν, δεν μου επιτρέπουν να παρευρεθώ.

Πιστεύω, ότι θα είναι ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον σεμινάριο γιατί αναφέρεται σε δύο σημαντικά και κρίσιμα για τη χώρα μας ζητήματα: Την αντιμετώπιση των σεισμών και τη διατήρηση της παραδοσιακής μας κληρονομιάς.

Οι φορείς που διοργανώνουν το Σεμινάριο, οι αξιόλογοι επιστήμονες που συμμετέχουν από την Ελλάδα και το εξωτερικό και η επιλογή της Μυτιλήνης για τη διοργάνωσή του, με το πλήθος των ιστορικών και παραδοσιακών κατασκευών, εγγυώνται την επιτυχία της εκδήλωσης.

Ευχόμενος καλή επιτυχία στις εργασίες του Σεμιναρίου, παρακαλώ να διαβιβάσετε σε όλους τους συντελεστές της προσπάθειας αυτής τα συγχαρητήριά μου, αναμένοντας με εξαιρετικό ενδιαφέρον τα χρήσιμα συμπεράσματά του.



## Γενικός Γραμματέας Υπουργείου Αιγαίου

### I. Μαχαιρίδης

Κύριοι καθηγητές, κυρίες και κύριοι,

η πολιτιστική ταυτότητα και η μοναδική ατμόσφαιρα πολλών από τα νησιά του Αιγαίου οφείλεται κατά κύριο λόγο στο δομημένο περιβάλλον.

Αποτελεί δε κοινή διαπίστωση ότι οι παραδοσιακοί οικισμοί του Αιγαίου συγκαταλέγονται στα πιο υψηλά δείγματα του νεώτερου πολιτισμού.

Η διατήρηση αυτής της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς δεν αποτελεί μόνο πολιτιστικό χρέος, αλλά και πολιτιστική αναγκαιότητα, εφόσον ενισχύει τη μοναδικότητα του Αιγαίου.

Τα οικιστικά σύνολα αλλά και ο τρόπος ζωής που δημιουργήθηκε μέσα και γύρω από αυτά, μαρτυρούν και την εξάρτηση της αρχιτεκτονικής από την οικονομία ως προς τον τρόπο ζωής, αλλά και ως προς την κατασκευή των κτισμάτων.

Μπορούμε, λοιπόν να διακρίνουμε κτίσματα που αντιστοιχούν σε όλα τα στάδια της οικονομικής εξέλιξης, από την απλούστατη γεωργική και κτηνοτροφική παραγωγή, κυρίως στα μικρά νησιά, ως τα πλήρη και μονοκρατικά συστήματα π.χ. της Χίου.

Θα μπορούσε κανείς να εντοπίσει σπίτια που χτίσθηκαν κυρίως από τους χρήστες τους με υλικά προερχόμενα κυρίως από περιουλλογή από τους γύρω χώρους, αλλά και σπίτια που χτίσθηκαν από εξειδικευμένους μαστόρους, με ακριβά υλικά πολλά από τα οποία εισάγονταν, σε νησιά όπως, η Ύδρα, η Πάτμος, η Μυτιλήνη.

Βεβαίως έχουμε επίσης την οχυρωματική αρχιτεκτονική, τους πύργους, καθώς και την εκκλησιαστική αρχιτεκτονική.

Από τις αρχαιολογικές ανασκαφές, από μαρτυρίες και έρευνες, αλλά ακόμα και σήμερα ρίχνοντας μια ματιά γύρω μας, θα διαπιστώσουμε μια ποικιλία δομικών συστημάτων που μαρτυρούν μια δομική δραστηριότητα χιλιάδων χρόνων.

Αυτή η δραστηριότητα αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της πολιτιστικής μας κληρονομιάς και παράδοσης.

Η ποικιλία των κατασκευών, αλλά και των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, μας δίνει την δυνατότητα όχι μόνο να προσεγγίσουμε, να γνωρίσουμε και να ερμηνεύσουμε την πολλαπλότητα, αλλά και την απλότητα των δομικών συστημάτων της εποχής, αλλά και να αντλήσουμε χρήσιμα συμπεράσματα για τις σημερινές παρεμβάσεις στους παραδοσιακούς οικισμούς και τα διατηρητέα κτίρια του Αιγαίου.

Στα ειδικά διατάγματα που επεξεργάζεται το Υπουργείο Αιγαίου για τους παραδοσιακούς οικισμούς, υπάρχουν διατάξεις που αφορούν το σύστημα δόμησης και τα υλικά δόμησης, σε μια προσπάθεια να διασώσουμε αυτή τη παράδοση σε ότι αφορά τις κατασκευές και την αρχιτεκτονική κληρονομιά, τα αρχιτεκτονικά και μορφολογικά στοιχεία.

Σήμερα που το «μπετόν» μάς έχει κυριεύσει, και λόγω ευκολίας και λόγω οικονομίας, είναι σίγουρα δύσκολη η μάχη για τη διάδοση τέτοιων αρχιτεκτονικών και δομικών συστημάτων και υλικών, που συνδέονται με την παράδοση και την αρχιτεκτονική κληρονομιά.

Το Υπουργείο Αιγαίου μετά τους τελευταίους σεισμούς που συνέβησαν στην περιοχή των Δωδεκανήσων και παίρνοντας σαν μοντέλο ορισμένα νησιά όπως η Νίσυρος, η Χίος και η Κως, προχώρησε σε συνεργασία με τον Ο.Α.Σ.Π., σε μέτρα κυρίως για να εκσυγχρονίσουμε τα σχέδια έκτακτης ανάγκης.

Παράλληλα ανέθεσε στο Ε.Μ.Π. ένα ερευνητικό πρόγραμμα με επιστημονικό υπεύθυνο τον καθηγητή κο Τουλιάτο, που ολοκληρώθηκε και μας παραδόθηκε. Το πρόγραμμα αυτό κάνει μια αναγνώριση του προβλήματος, προχωρεί σε καταγραφή και αποτύπωση όλων των δομικών συστημάτων και καταλήγει σε συγκεκριμένες προτάσεις παρεμβάσεων, κυρίως σε ότι αφορά στα κτίρια της Νισύρου.

Δεν θέλω να σας κουράσω. Εύχομαι ένα γόνιμο διάλογο στην διημερίδα σας και τα συμπεράσματα του σεμιναρίου σας να αποτελέσουν χρήσιμο υλικό και βοήθημα στην προσπάθεια που καταβάλουμε όλοι σήμερα για να διασώσουμε την αρχιτεκτονική μας κληρονομιά.

Ευχαριστώ.



## Νομάρχης Λέσβου Δ. Βουνάτσος

Κυρίες και Κύριοι, κε Γ.Γ. του Υπουργείου Αιγαίου, συνάδελφε κε δήμαρχε,

βεβαίως και δεν έχει μόνο θεωρητικό επιστημονικό χαρακτήρα αυτό το σημαντικό συνέδριο που πραγματοποιείται στην ιδιαίτερη πατρίδα μας, και σας ευχαριστούμε γι' αυτό, αλλά κυρίως πρακτικό για μας τους πολιτικούς οι οποίοι ως τελευταία κατάληξη της κρατικής ή αυτοδιοικητικής μηχανής είμαστε αυτοί που θα τρέξουμε σε περίπτωση σεισμού. Εσείς, και το λέω με κάθε ανυστεροβουλία, καλώς θα επεξεργασθείτε τα θεωρητικά και επιστημονικά πρακτικά ζητήματα στο συνέδριο αυτό και σε όσα θα επακολουθήσουν. Αλλά, σε περίπτωση καταστροφικών επιπτώσεων, η τελική ευθύνη θα βαρύνει το Νομάρχη και το Δήμαρχο τελικά, και όχι τους καθηγητές Πανεπιστημίου.

Με αυτή την εισαγωγική παρατήρηση καλωσορίζω και τον εις όσα αναφερόμαστε, Γ.Γ. του Υπουργείου Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης και Γ.Γ. Πολιτικής Προστασίας, και εισέρχομαι στο ειδικότερο θέμα του συνεδρίου σας για το οποίο είμαι αναρμόδιος να μιλήσω.

Στο σύντομο αυτό χαιρετισμό μπορώ να πω μόνο τα ακόλουθα: Συγχαρητήρια στους διοργανωτές. Θα θέλαμε να έχουμε τα συμπεράσματά σας όταν αποτυπωθούν, διότι μας αφορούν άμεσα.

Μιλάτε για αρχιτεκτονική, για κτίρια που χρήζουν αρχιτεκτονικής προστασίας. Έχουμε και δημόσια και ιδιωτικά κτίρια και μην λησμονείτε την ιστορική συγκυρία στην οποία δημιουργήθηκαν. Όταν το εμπόριο εκινείτο με Κωνσταντινούπολη, με Αλεξάνδρεια, με Κύπρο, με Βηρυτό, έδωσε τις δυνατότητες στους πλουσίους να οικοδομήσουν αυτά που σήμερα θαυμάζουμε ως αρχιτεκτονική κληρονομιά.

Έχουμε την εμπειρία των τελευταίων σεισμών. Έτυχαν τέτοια γεγονότα και επί της δικής μου διοίκησης και χρειάστηκε να τα αντιμετωπίσουμε πρακτικά. Δεν μπορείτε να φαντασθείτε την αγωνία μας.

Γνωρίζουμε τα προβλήματα που έχουν ήδη προκληθεί από τους σεισμούς. Το 1968 εξαφανίσθηκε ένα ολόκληρο χωριό στη Λήμνο, το Παλαιό Πεδινό, και εγκαταλείφθηκε. Και στον Αϊ-Στράτη γλίτωσαν οι εξόριστοι γιατί έμειναν σε σκηνές και όχι σε σπίτια. Επί πληθυσμού 300 κατοίκων, 23 νεκροί.

Σε ότι αφορά την αποκατάσταση των παλαιών αρχιτεκτονικών κατασκευών με γνώμονα τη διατήρηση της μορφής και όψης των κτισμάτων, αλλά και ταυτόχρονα την αντιστήριξη, την υποστήριξη και ενίσχυσή των, αυτά είναι μια εξειδικευμένη επιστήμη με σύγχρονες μεθόδους αντιμετώπισης και εσείς θα τοποθετηθείτε επί αυτού του ζητήματος.

Όσον αφορά τις προσπάθειες της Νομαρχίας μας σαν αυτοδιοικητικής αρχής, υποστηρίξαμε την εκπόνηση της μικροζωνικής μελέτης με την συνδρομή των υπηρεσιών μας και προτείναμε την ένταξη της μελέτης αυτής στο Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης. Προτείναμε επίσης να προχωρήσουν μελέτες ενίσχυσης των δημοσίων κτισμάτων, όπως το κτίριο του Υπουργείου Αιγαίου για παράδειγμα. Το ελάχιστο προσωπικό μας που αναγκαστικά ασχολείται και με αυτά τα εξειδικευμένα θέματα, δεν έχει την απαιτούμενη επιμόρφωση και γι' αυτό θέλουμε τη συμμετοχή μας σε τέτοια σεμινάρια.

Εύχομαι ως μόνιμος κάτοικος της περιοχής, ευόδωση του συνεδρίου σας, μήπως και εμείς στο μέτρο των δυνάμεών μας μπορέσουμε να βοηθήσουμε στην μάχη με τον Εγκέλαδο η οποία θα εξακολουθήσει να μας απασχολεί.

Σας ευχαριστούμε που επιλέξατε το νησί μας για το συνέδριο, και το Πανεπιστήμιο Αιγαίου που είναι το Πανεπιστήμιό μας, γιατί πολλοί είμασταν ακόμα ζωντανοί όταν το οικοδομήσαμε από πολιτική άποψη.

Με αυτές τις κουβέντες σταματώ ευχόμενος Καλή Επιτυχία στο συνέδριό σας.

## Δήμαρχος Μυτιλήνης Ν. Γιακαλής

Ξεκινώντας θα έλεγα ότι δεν μπορεί ένας Δήμαρχος δεν μπορεί να μην είναι χαρούμενος όταν στην Πόλη του πραγματοποιείται ένα τέτοιο Διεθνές Σεμινάριο. Βέβαια πρέπει να πούμε ότι ο Δήμος δεν θα μπορούσε να πραγματοποιήσει αυτή, κι άλλες ακόμη τέτοιου είδους επιστημονικές διοργανώσεις, αν δεν υπήρχε το Πανεπιστήμιο Αιγαίου. Πρέπει να ευχαριστήσω το Πανεπιστήμιο Αιγαίου κι όσους συμμετέχουν. Είμαστε στη διάθεσή σας για φιλοξενία και ότι άλλο χρειασθείτε.

Πληροφορήθηκα ότι θα επισκεφθείτε το ιστορικό κέντρο. Όπως θα διαπιστώσετε έχουμε πολλά αξιόλογα κτίρια από άποψη αρχιτεκτονικής. Αυτό μας κάνει υπερήφανους κι αυτό είναι το στίγμα της Πόλης μας. Είχα την χαρά να ξεκινήσω την ανάπλαση του ιστορικού κέντρου σαν Περιφερειάρχης και σήμερα ως Δήμαρχος να το υλοποιήσω. Είναι ένα μεγάλο έργο το πιο αναπτυξιακό έργο του Δήμου Μυτιλήνης. Θα ξεπεράσει τα 4 δις και θα ενταχθεί το Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο. Συμπεριλαμβάνει όχι μόνο το κέντρο αλλά και τις γύρω περιοχές.

Τελειώνοντας, θα ήθελα να σας ευχαριστήσω για την παρουσία σας εδώ και να καλωσορίσω όσους δεν είναι από εδώ, λέγοντας σας ότι ο Δήμος Μυτιλήνης είναι στη διάθεσή σας.

Ευχαριστώ πολύ.





## Πρόεδρος του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου Π. Κανάρογλου

Έχουμε βάλει ένα στοίχημα να στήσουμε ένα Πανεπιστήμιο σε αυτή τη περιοχή, πράγμα που φαίνεται ότι το κατακτάμε σιγά-σιγά και με υπομονή. Γίνεται μια τεράστια προσπάθεια να κτίσουμε την υποδομή και συνεχώς το Ίδρυμα αναπτύσσεται με την πρόσθεση καινούργιων Τμημάτων. Αυτή τη στιγμή έχουμε την πολυτέλεια να φιλοξενούμε σε αυτή την ακριτική περιοχή ένα Πανεπιστήμιο κι αυτό σημαίνει γνώση. Είναι, λοιπόν, γόνιμο να υπάρχει μια συνεχής συζήτηση και επικοινωνία του Πανεπιστημίου και της τοπικής κοινωνίας, έτσι ώστε να μπορούμε να επιλύουμε θέματα φυσικών καταστροφών κάθε φορά που παρουσιάζονται. Ένα από αυτά είναι και το θέμα του σεμιναρίου, δηλ. οι Σεισμοί. Η συνεργασία θα αποφέρει και την υποδομή αυτή που θα φροντίσει για τη πρόληψη καθώς και για την επίλυση των προβλημάτων που δημιουργούνται από τέτοιου είδους φαινόμενα.

Τέτοιου είδους σεμινάρια, ημερίδες κ.α επιστημονικές συναντήσεις που λαμβάνουν χώρα στη Μυτιλήνη επισφραγίζουν αυτές τις συνεργασίες και όσο περνάει ο καιρός νομίζω ότι δημιουργούνται ακόμα καλύτερες συνθήκες για τη διοργάνωσή τους και, κατά συνέπεια, για τη προσφορά του Πανεπιστημίου στην τοπική κοινωνία.

Ευχαριστώ όλους όσους εργάστηκαν για τη διοργάνωση των σεμιναρίων και ιδιαίτερα τον συνάδελφό μου, τον κο Δελλαδέτσιμα, καθώς και τους συναδέλφους καθηγητές που είναι παρόντες.

## Εκπρόσωπος Συλλόγου Αρχιτεκτόνων Λέσβου Σ.Φραντζέσκος

Εκ μέρους του συλλόγου Αρχιτεκτόνων Λέσβου και της Πανελληνίας Ένωσης Αρχιτεκτόνων, θα ήθελα να ευχηθώ κάθε επιτυχία στο σεμινάριό σας και να σας καλωσορίσω.

Ταυτόχρονα, χαιρετίζω την απόφαση των οργανωτών για τη φιλοξενία των σεμιναρίων στη Πόλη της Μυτιλήνης, ανάμεσα στην ανατολή και τη Δύση. Η πόλη τα τελευταία χρόνια δέχεται αλλαγές με την αποκατάσταση του ιστορικού κέντρου, καθώς και του βιολογικού καθαρισμού που φέρνει στην επιφάνεια κατά τις εκσκαφές πληροφορίες για τον τρόπο που οι αρχαιότεροι κάτοικοι οικοδόμησαν τα μικρά και τα μεγάλα. Η εμπειρία από αυτά τα έργα είναι πραγματικά πρωτόγνωρη και εμπλέκονται όλοι οι κάτοικοι, άμεσα κι έμμεσα, σχεδόν στο σύνολό τους. Τα έργα αυτά θα προσδιορίσουν το μέλλον αυτής της Πόλης.

Στη διάρκεια των εργασιών του σεμιναρίου και της περιήγησής σας στη πόλη και τους αξιόλογους οικισμούς, θα διαπιστώσετε ότι τα κτίρια, αλλά κι αρχιτεκτονική του τόπου άντεξαν στον χρόνο και στους σεισμούς. Αυτό είναι το αποτέλεσμα της εμπειρίας και της άριστης γνώσης των τεχνικών που διέθεταν οι μάστορες, αλλά ταυτόχρονα και της ευαισθησίας τους. Αυτή την εμπειρία καλούμαστε να κατανοήσουμε ώστε να ανταποκριθούμε κι εμείς στο δύσκολο έργο της διατήρησης.

Η αρχιτεκτονική του τόπου άντεξε μέχρι τώρα στους σεισμούς και το ζητούμενο είναι αν θα αντέξει στις κάθε λογής πιέσεις που υπόκεινται τα ιστορικά σύνολα και τα κτίρια από την αλλαγή των όρων ζωής κι από τα σημάδια του νεώτερου πολιτισμού μας. Η πρόκληση για τη διατήρηση της αρχιτεκτονικής μας κληρονομιάς είναι μεγάλη κι είναι μπροστά μας, μαζί με το γεγονός ότι ζούμε σε μια σεισμογόνο περιοχή.

Και πάλι καλή επιτυχία στις εργασίες του σεμιναρίου. Ελπίζουμε ο σύλλογος Αρχιτεκτόνων να είναι συν-διοργανωτής μια επόμενη φορά.

Σας ευχαριστώ.



## Γενικός Γραμματέας Πολιτικής Προστασίας του Υπ.Εσ.Δ.Δ.Α και Πρόεδρος της Επιστημονικής Επιτροπής Ε.Κ.Π.Π.Σ. Καθηγητής Δημήτρης Ι.Παπανικολάου

Αγαπητοί σύνεδροι,

Στόχος του σεμιναρίου είναι πώς θα μπορέσουμε να διατηρήσουμε την πολιτιστική μας κληρονομιά, τα παλιά μας κτίρια, όποια χρήση κι αν είχαν, σεβόμενοι τη κουλτούρα της κατασκευής τους, μέσα στο δεδομένο γεωδυναμικό πλαίσιο που υπάρχει στις ενεργές από γεωτεκτονική άποψη ζώνες, όπως είναι η Μεσόγειος και ο χώρος του Αιγαίου αλλά και πιο εξειδικευμένα η Μυτιλήνη.

Με την ιδιότητα του Προέδρου της Επιστημονικής Επιτροπής του Ευρωπαϊκού Κέντρου Πρόγνωσης και Πρόληψης των Σεισμών είχα την ιδέα να προχωρήσουμε σε ένα τέτοιο σεμινάριο με βάση τα συμπεράσματα μιας εφαρμοσμένης μελέτης στο Αιγαίο, στα νησιά Χίο, Κω και Νίσυρο, προσπαθώντας να δούμε με ποιό τρόπο ακριβώς θα μπορούσαμε να παρέμβουμε στις νησιωτικές αυτές ενότητες και να οργανώσουμε το σχέδιο έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση σεισμού. Στα πλαίσια αυτά προκύπτει το ζήτημα τι πρέπει να γίνει με το σημερινό αλλά και ιδιαίτερα με τον παλαιότερο οικιστικό πλούτο στα δεδομένα πλαίσια των γεωδυναμικών συνθηκών και της πολιτιστικής ταυτότητας κάθε τόπου αντίθετα με την ισοπεδωτική τάση εφαρμογής νέων υλικών, τεχνολογιών και αντιλήψεων που δεν λαμβάνουν υπόψη τους τις σεισμικές και πολιτισμικές ιδιαιτερότητες.

Ταυτόχρονα αντιμετωπίζοντας το ζήτημα από τη σκοπιά της Πολιτικής Προστασίας δηλαδή της προστασίας πρώτα του πολίτη και μετά των κτισμάτων, της κληρονομιάς μας, των μνημείων, των παραδοσιακών κτισμάτων, βλέπουμε ότι υπάρχουν θέματα στα οποία έχουμε μείνει πίσω, είτε είμαστε στα Πανεπιστήμια, είτε σε ερευνητικά κέντρα, είτε σε υπηρεσιακούς φορείς, Υπουργεία και Οργανισμούς. Π.χ. η τρέχουσα πρακτική εστιάζει κυρίως και μερικές φορές αποκλειστικά, στο ποια είναι τα εφόδια σήμερα ενός μηχανικού που θα χτίσει ή θα επισκευάσει ένα κτίριο ανεξάρτητα από τη χρήση και την ιδιαιτερότητα του. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται αντικειμενικές δυσκολίες όταν πρόκειται για μια παλιά κατασκευή του περασμένου ή του προ-περασμένου αιώνα ή και ακόμη παλαιότερη, σε περιοχές όπως η Ελλάδα, η Ιταλία, η Μεσόγειος ευρύτερα ή άλλες περιοχές στο πλανήτη που έχουν πολιτισμό χιλιετηρίδων. Εδώ πρέπει να ληφθεί υπόψη η συσσωρευμένη εμπειρία από προηγούμενες καταστροφές και η συνειδητή επιλογή ενδεχόμενα και νέων τεχνολογιών που θα είναι όμως συμβατές με τις ιδιαιτερότητες της περιοχής.

Πώς λοιπόν πρέπει να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα των επεμβάσεων σε κατασκευές που έχουν κτισθεί με τελείως άλλο τρόπο, με άλλα υλικά και άλλη προσέγγιση. Αυτό είναι το ζήτημα, αλλά και εδώ έγκειται η χρησιμότητα ενός τέτοιου σεμιναρίου και το ενδιαφέρον όσων έχουν έλθει από τόσες διαφορετικές χώρες και με τόσες διαφορετικές επιστημονικές και τεχνικές ειδικότητες, με έμφαση βέβαια στους τομείς της διαχείρισης των καταστροφών και των έργων αποκατάστασης από μηχανικούς και αρχιτέκτονες.

Είναι βέβαιο ότι εκδηλώσεις αυτού του είδους που δίνουν τη δυνατότητα σε επιστήμονες διαφόρων ειδικοτήτων να διαλεχθούν και να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα έξω από τα στενά πλαίσια της ειδικότητας τους αλλά που έχουν τον ίδιο τελικό στόχο, προσφέρουν και νέα γνώση και δυνατότητες διεθνών συνεργασιών αλλά και ορατές εφαρμογές στην πράξη για τη διατήρηση και αποκατάσταση παραδοσιακών οικισμών.

Η περίπτωση των παραδοσιακών κτισμάτων στο Αιγαίο

Αποκατάσταση των ιστορικών κατασκευών σε σεισμικές περιοχές;



ΙΣΤΟΡΙΚΟΙ ΟΙΚΙΣΜΟΙ  
ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ  
HISTORIC SETTLEMENTS  
AND EARTHQUAKE PROTECTION

Η περίπτωση των παραδοσιακών κτισμάτων στο Αιγαίο

Αποκατάσταση των ιστορικών κατασκευών σε σεισμικές περιοχές;



# Σεισμικότητα στο Αιγαίο και παραδοσιακοί οικισμοί

Δ. Ι. Παπανικολάου

Καθηγητής Γεωλογίας Πανεπιστημίου Αθηνών

## 1. Εισαγωγή

Υπάρχουν κάποιοι προβληματισμοί από την άποψη του γεωεπιστήμονα και κάποιες ιδιαιτερότητες που πρέπει να έχουν υπόψη τους αυτοί που καλούνται στη πράξη να αποκαταστήσουν κτίρια ή να μελετήσουν το πώς θα επέμβουν. Πρέπει πρώτα να συνειδητοποιηθεί πώς και γιατί ο άνθρωπος από την αρχή του πολιτισμού του μέχρι σήμερα επιλέγει το που θα κτίσει μια πόλη και ακόμα πρέπει να εκτιμηθεί με τι τρόπο μετά από τη καταστροφή ενός σεισμού, θα αποφασίσουν οι κάτοικοι να ξαναφτιάξουν τον οικισμό ίδιο και καλύτερο πριν από τη καταστροφή ή να τον εγκαταλείψουν. Επίσης δεν έχει συνειδητοποιηθεί με τι υλικά θα φτιάξουν ή θα επισκευάσουν τον οικισμό, τα οποία για κάθε χρονική περίοδο δεν είναι δεδομένα.

Παρατηρείται ότι ανάλογα με το χώρο όπου είμαστε μπορεί να χρησιμοποιήσουν πέτρα Α τύπου, Β τύπου, άλλο τρόπο δόμησης, άλλο τρόπο αρμολόγησης, δεσίματος κ.λ.π. και γενικά μια ολόκληρη τεχνοτροπία που αλλάζει από περίοδο σε περίοδο και από περιοχή σε περιοχή και η οποία υπόκειται σε κανόνες ελέγχου από τη ίδια τη φύση ως προς τη διατήρηση των κατασκευών πέρα κι έξω όχι μόνο από τον χρόνο αλλά και από τα ενδεχόμενα καταστροφικά γεγονότα. Έτσι, κάθε μια κατασκευή είτε είναι ενταγμένη σε οικισμό ή μεμονωμένη, χρειάζεται να εξεταστεί πώς έχει φτιαχτεί, με ποιο πρότυπο κουλτούρας, ποιές τεχνικές προδιαγραφές, με τι υλικά και βεβαίως αν έχει αποδειχθεί ανθεκτική με το πέρασμα του χρόνου στην αντιμετώπιση των καταστροφικών γεγονότων.

Στην εποχή της παγκοσμιοποίησης που η γνώση διαχέεται στα επιστημονικά συνέδρια, στο κυβερνοχώρο κ.λ.π., υπάρχουν τα λεγόμενα κέντρα αριστείας, οι ερευνητικές ομάδες, οι πολυεθνικές εταιρείες, που διαμορφώνουν κάθε φορά προδιαγραφές και τεχνοτροπία με τις οποίες εναρμονίζονται συνήθως οι πολιτικές των χωρών. Εδώ υπάρχει ο μεγάλος κίνδυνος να μεταφέρεται λάθος κουλτούρα, λάθος τεχνογνωσία, λάθος πρακτικές, μέσα από τη διευκόλυνση της βιομηχανίας και των άλλων πρακτικών, που μπορεί να είναι άριστες για κάποιες περιοχές, αλλά να είναι κάκιστες για κάποιες άλλες που έχουν ιδιαιτερότητες. Εδώ πρέπει να έχουμε υπόψη μας με ποιους μπορούμε να συζητάμε και να παίρνουμε έτοιμα αποτελέσματα για να τα εφαρμόσουμε σ' εμάς και με ποιους αυτό δεν είναι κατ' αρχήν αποδεκτό. Έτσι π.χ. ξέρουμε όλοι τη γερμανική οργάνωση, τι απαιτήσεις έχει, τι φτιάχνει όπως εξάλλου και η Σκανδιναβία. Εντούτοις στα θέματα του σεισμού οι άνθρωποι αυτοί δεν έχουν τις ανάλογες εμπειρίες, δεν έχουν ελέγξει τις κατασκευές τους στο σεισμικό κίνδυνο, δεν έχουν την εμπειρία του να ζεις σε σειсмоγενή χώρα και να παρατηρείς τη συμπεριφορά των κτιρίων διαχρονικά. Το ίδιο ισχύει στις Η.Π.Α. όπου άλλη αντιμετώπιση του σεισμικού κινδύνου έχουμε στην Ανατολική πλευρά όπου έχουμε το παθητικό περιθώριο του Ατλαντικού το οποίο είναι ασεισμικό και άλλη στην εξαιρετικά σειсмоγενή Δυτική πλευρά όπου και το γνωστό ρήγμα του Αγίου Ανδρέα.

Αντίθετα είναι φανερό ότι Ελλάδα - Ιταλία - Νότια Γαλλία - Ισπανία - Πορτογαλία και Τουρκία και ακόμη ανατολικότερα Ιράν - Πακιστάν - Ινδία, είναι χώρες που λόγω της γενικής γεωτεκτονικής δομής και ένταξης στο ενεργό γεωδυναμικό καθεστώς της σύγκλισης Αφρικής και Ευρώπης οφείλουν και μπορούν να μιλάνε μεταξύ τους για θέματα σεισμικής συμπεριφοράς.

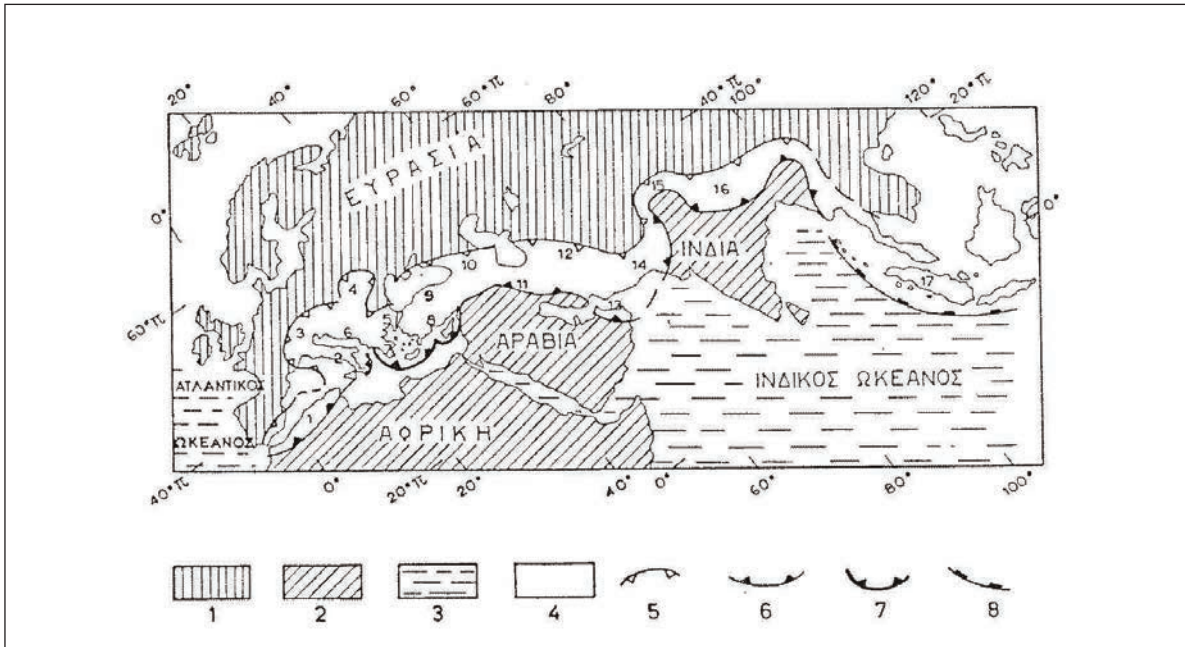


## 2. Η ιδιαιτερότητα του σεισμικού προβλήματος στην Ελλάδα

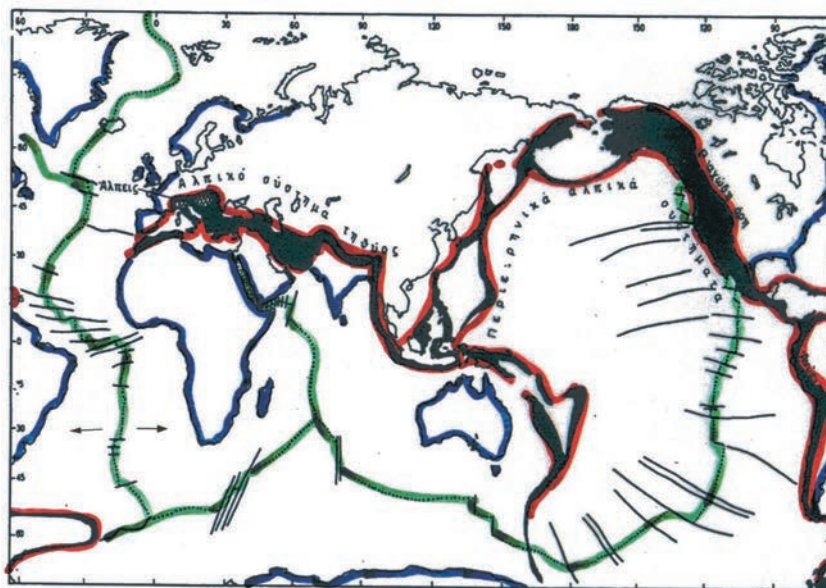
Είναι γνωστό από την αρχαιότητα ότι η Ελλάδα είναι μία από τις περιοχές του πλανήτη μας που δοκιμάζεται συχνά από σεισμούς, πολλοί από τους οποίους είναι καταστροφικοί. Οι σχετικές έρευνες των τελευταίων δεκαετιών έδειξαν ότι είναι η περιοχή με τη μεγαλύτερη σεισμικότητα στην Ευρώπη και μία από τις μεγαλύτερες στον κόσμο. Το αίτιο της έντονης σεισμικότητας είναι η γεωτεκτονική θέση της Ελλάδας πάνω στην ενεργό ορογενετική αλυσίδα του αλπικού συστήματος που εκτείνεται από το Γιβραλτάρ έως τα Ιμαλάια. Η ορογενετική αυτή αλυσίδα είναι το αποτέλεσμα της σύγκλισης και σύγκρουσης πλακών με ηπειρωτικό φλοιό που συνέθλιψαν και εξαφάνισαν τον ενδιάμεσο ωκεανό της Τηθύος. Οι δύο μεγάλες πλάκες είναι η Ευρασιατική στο βορρά και οι πλάκες-μικροπλάκες της Αφρικής, Αραβίας και Ινδίας στο νότο, οι οποίες αποτελούν τμήματα της άλλοτε ενιαίας πλάκας του νότου, της Γκοντβάνας.

Από το σύνολο της ορογενετικής αυτής αλυσίδας μόνο η περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και ιδιαίτερα το Ελληνικό τόξο αποτελούν υπολειμματικό τμήμα του συστήματος της Τηθύος, όπου συνεχίζονται ακόμη σήμερα οι ίδιες γεωδυναμικές διαδικασίες που έως πριν μερικά εκατομύρια χρόνια εκτείνονταν σε όλο το μήκος της Τηθύος. Έτσι, το Ελληνικό τόξο αποτελεί ιδιόμορφη γεωτεκτονική περίπτωση που δεν μπορεί να συγκριθεί άμεσα με κανένα άλλο ενεργό τμήμα της Γης. Τούτο φαίνεται στην Εικ.1, που δείχνει σχηματικά τα διάφορα τμήματα του αλπικού συστήματος της Τηθύος, τα περισσότερα των οποίων αντιστοιχούν σε περιοχές που έχει επέλθει η σύγκρουση ανάμεσα στις ηπειρωτικές πλάκες (Δυτική Μεσόγειος – Ανατολική Μεσόγειος – Περοσία – Ιμαλάια). Ας σημειωθεί ότι τα υπόλοιπα ενεργά ορογενετικά τόξα της Γης απαντούν γύρω από τον Ειρηνικό ωκεανό και πιο συγκεκριμένα κατά μήκος των δυτικών ακτών της Νότιας Αμερικής – ορογενετική αλυσίδα Άνδεων – κατά μήκος των δυτικών ακτών της Βόρειας Αμερικής – ορογενετική αλυσίδα Βραχώδων Ορέων – κατά μήκος των Αλεούτιων νήσων στο Βόρειο Ειρηνικό και στη συνέχεια κατά μήκος του ανατολικού περιθωρίου της Ασίας στα ορογενετικά τόξα της Ιαπωνίας και Πολυνησίας με τελική απόληξη στα βόρεια της Ωκεανίας (Εικ.2). Όλα αυτά τα ενεργά τόξα του Ειρηνικού διαφέρουν ουσιωδώς από το Ελληνικό τόξο δεδομένου ότι εδώ και 200 τουλάχιστον εκατομύρια χρόνια βυθίζεται ο ωκεάνιος πυθμένας του Ειρηνικού κάτω από τον ηπειρωτικό φλοιό των πλακών Βόρειας Αμερικής, Νότιας Αμερικής, Ευρασίας και Ωκεανίας.

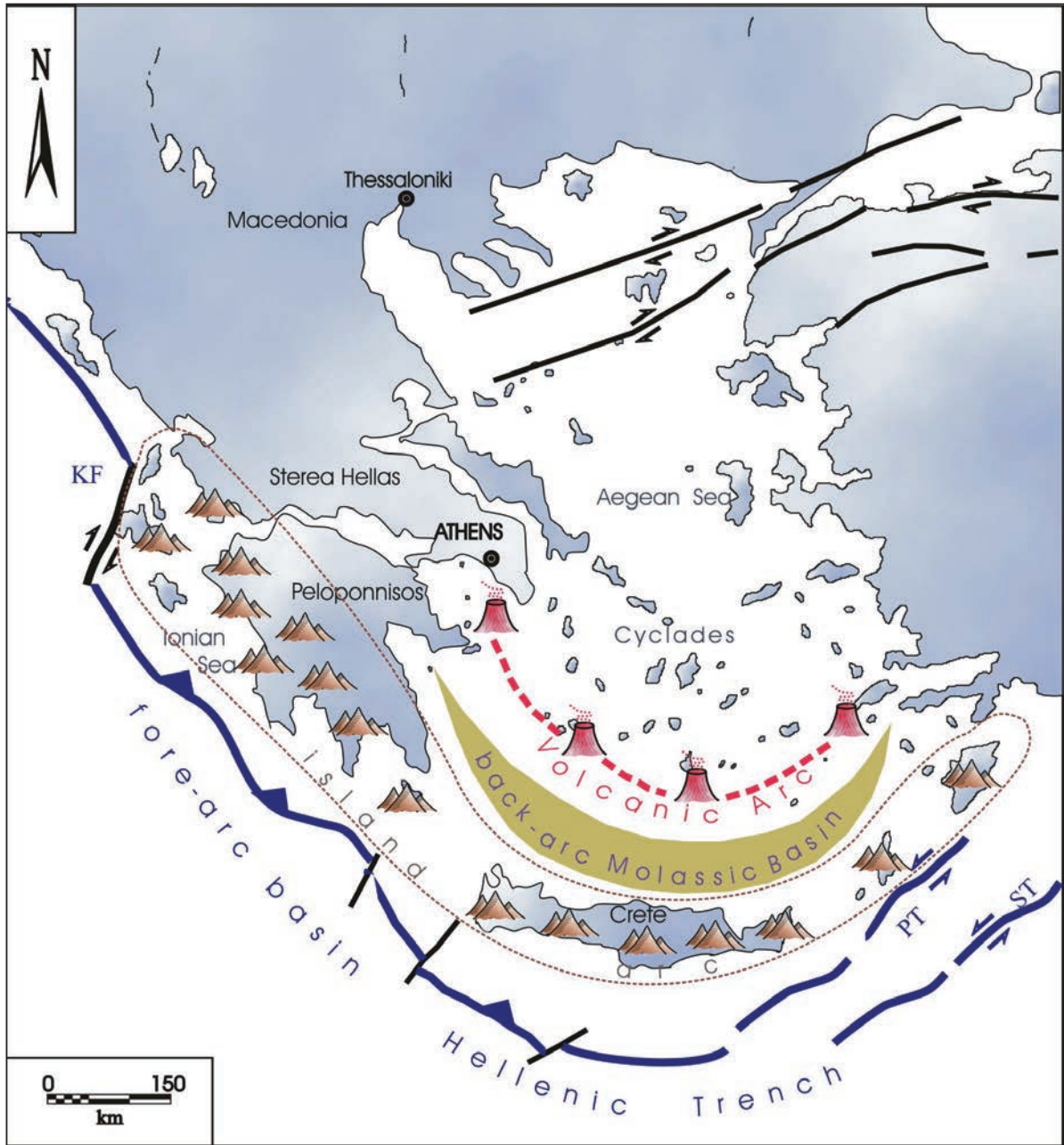
Η συγκεκριμένη δομή του Ελληνικού τόξου (Εικ.3) διαμορφώνει δύο κατηγορίες σεισμών. Η μία αναπτύσσεται κατά μήκος της ζώνης Benioff (Εικ.4) που αρχίζει από τη χώρα της προτάφρου νότια της Κρήτης και βυθίζεται προς τα βόρεια φθάνοντας κάτω από το σημερινό ηφαιστειακό τόξο σε βάθος 180-200 Km. Οι σεισμοί κατά μήκος της ζώνης αυτής μέχρι μεγέθους 5-6 R συνήθως δεν επιφέρουν καταστροφές διότι η σεισμική ενέργεια εξασθενεί παρνώντας από το μεγάλο βάθος της σεισμικής εστίας από πολλούς γεωλογικούς σχηματισμούς. Αντίθετα οι σεισμοί μεγέθους 7-8 R κατά μήκος της ζώνης αυτής μπορούν να δημιουργήσουν μεγάλες καταστροφές, όπως έχει συμβεί στο παρελθόν σε μεγάλο μέρος ολόκληρης της Ανατολικής Μεσογείου. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει σεισμούς επιφανειακούς με βάθος < 40 Km και συχνά μόλις 10-15 Km, οι οποίοι είναι διάσπαρτοι κατά μήκος των ενεργών ρηγμάτων όλης της ανωθούμενης Ευρωπαϊκής πλάκας και οι οποίοι μπορούν να δώσουν καταστροφικά γεγονότα ακόμα και με σχετικά μικρά μεγέθη σεισμών της τάξεως 5 – 6,5 R. Στην περίπτωση αυτή, οι καταστροφές εντοπίζονται σε σχετικά περιορισμένο χώρο και εξαρτώνται κύρια από τη γειννίαση με τα μεγάλα ενεργά ρήγματα, από τη γειννίαση με ζώνες δευτερογενών καταστροφικών φαινομένων και από τη θεμελίωση πάνω σε κακής ποιότητας εδάφη.



**Εικ. 1:** Η ιδιαιτερότητα του Ελληνικού τόξου συνίσταται στο ότι αποτελεί το μοναδικό τμήμα του περιθωρίου της Γκοντβάνας που δεν έχει συνθλιβεί ακόμα ανάμεσα στις δύο πλάκες. Σε όλο το υπόλοιπο τμήμα του ορογενετικού τόξου της Τηθύος έχει επέλθει η σύγκρουση των ηπειρωτικών πλακών ή έχουμε υποβύθιση τμημάτων του Ινδικού ωκεάνιου χώρου. (1): Ευρασιατική ηπειρωτική πλάκα, (2): Πλάκες με ηπειρωτικό φλοιό της πρώην Γκοντβάνας, (3): Ωκεανικός φλοιός του Ατλαντικού και του Ινδικού ωκεανού, (4) Πτυχωμένα πετρώματα της Τηθύος, (5): Τεκτονικό μέτωπο βόρειου κλάδου, (6): Τεκτονικό μέτωπο νότιου κλάδου, (7): Μέτωπο υποβύθισης νότιου περιθωρίου, (8): Μέτωπο υποβύθισης Ινδικού Ωκεανού

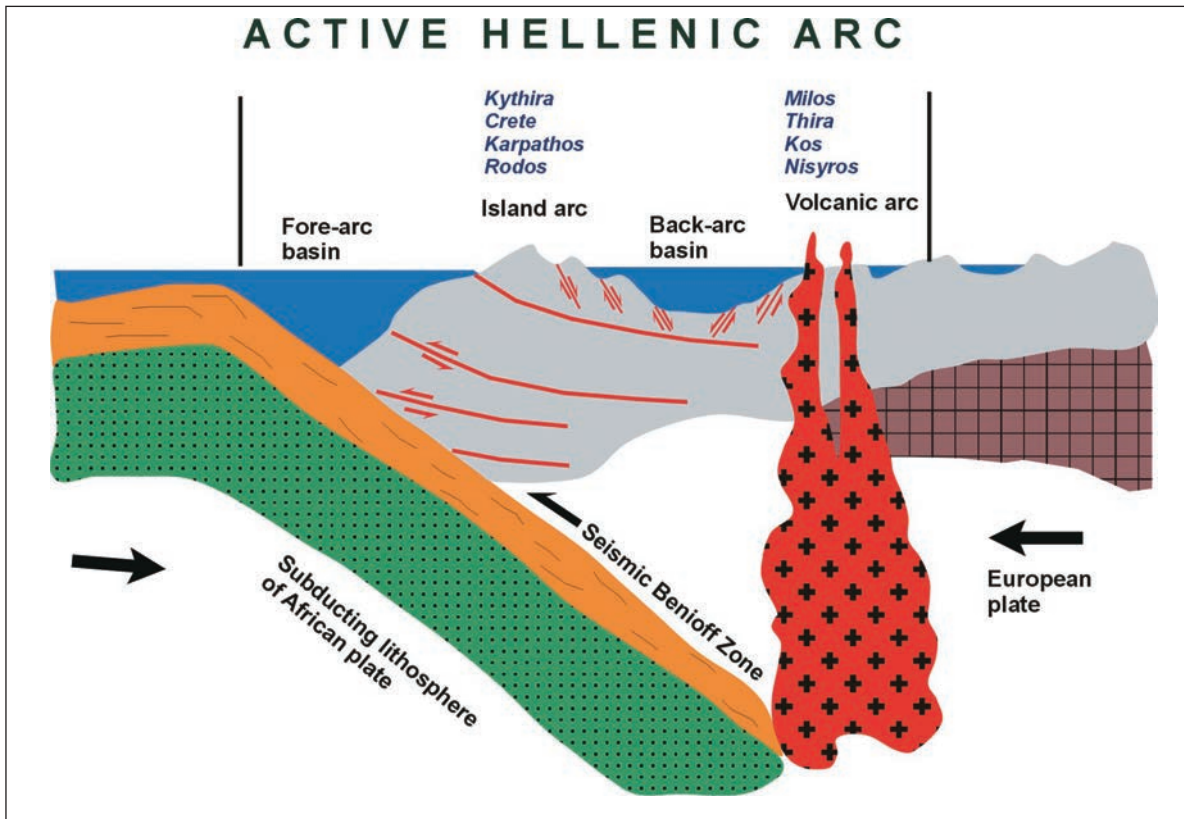


**Εικ. 2:** Το Αλπικό ορογενετικό σύστημα της Γης.



Εικ. 3: Η σημερινή γεωδυναμική δομή του Ελληνικού ορογενετικού τόξου.





**Εικ. 4:** Σχηματική απεικόνιση της υποβύθισης της Αφρικανικής πλάκας κάτω από το Ελληνικό τόξο.

Έτσι, το σημερινό γεωτεκτονικό καθεστώς του Ελλαδικού χώρου δεν μπορεί να συγκριθεί άμεσα με καμία άλλη ενεργή γεωτεκτονική μονάδα ούτε του συστήματος της Τηθύος ούτε των υπολοίπων ορογενετικών συστημάτων του περιειρητικού χώρου. Το αποτέλεσμα είναι ότι τα οποιαδήποτε πορίσματα πάνω στην παραμόρφωση και τη σεισμικότητα των άλλων ενεργών γεωδυναμικών περιοχών της Γης δεν μπορούν να μεταφερθούν αυτούσια για εφαρμογή στη χώρα μας. Το γεγονός τούτο απαιτεί την παραγωγή νέας γνώσης μέσα από την πρωτοτυπη έρευνα στον Ελλαδικό χώρο η οποία, βέβαια, θα λάβει υπόψη της τα δεδομένα των άλλων περιοχών αλλά θα βασισθεί κυρίως στην ανάλυση του ιδιαίτερου και μοναδικού καθεστώτος του Ελληνικού τόξου.

Η συνειδητοποίηση του γεγονότος αυτού στη χώρα μας αποτελεί τον κύριο μοχλό για προγραμματισμό ερευνητικών προγραμμάτων τόσο βασικής όσο και ιδιαίτερα εφαρμοσμένης έρευνας πάνω σε συγκεκριμένα προβλήματα. Η διεξαγωγή υψηλού επιπέδου έρευνας σε θέματα ενεργού γεωδυναμικής και ιδιαίτερα σεισμών απαιτεί συνεργασία ανάμεσα σε διάφορες ειδικότητες γεωεπιστημόνων με συμμετοχή στα ερευνητικά προγράμματα επιστημονικών φορέων με σημαντικό ειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό και ανάλογο εξοπλισμό. Τα αποτελέσματα ερευνών σε εθνική κλίμακα μπορούν να δημιουργήσουν την απαραίτητη επιστημονική υποδομή πάνω στην οποία θα γίνουν οι επιμέρους σχεδιασμοί.

Η εκπόνηση του νεοτεκτονικού χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:100.000 με συμμετοχή γεωλόγων χαρτογράφων, τεκτονικών γεωλόγων, στρωματογράφων Νεογενούς-Τεταρτογενούς, γεωμορ-

φολόγων και άλλων ειδικών σε διάφορα αντικείμενα όπως σεισμολογία (με καθορισμό επικέντρων και μηχανισμών γένεσης σεισμών), ερμηνεία Αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων, ραδιοχρονολογήσεις με C14, αρχαιογεωλογία, γεωδαισία (για εντοπισμό μετατοπίσεων) κλπ, αποτελεί κεφαλαιώδους σημασίας ερευνητική προσφορά τόσο για τη χώρα όσο και για την επιστήμη. Ας σημειωθεί ότι τέτοιους χάρτες έχουν αρχίσει να εκπονούν ελάχιστες χώρες (Ιαπωνία, Νέα Ζηλανδία) ενώ αρκετές αρχίζουν τώρα (π.χ. Ιταλία) σε διάφορες κλίμακες και με διάφορες μεθοδολογίες.

Η θαλάσσια φύση της χώρας μας με ένα σημαντικό μέρος των γεωδυναμικών διεργασιών να λαμβάνουν χώρα υποθαλάσσια απαιτεί την εκπόνηση και ωκεανογραφικών ερευνών προσανατολισμένων στον εντοπισμό, χαρτογράφηση και ανάλυση υποθαλάσσιων ενεργών δομών και τον κατά το δυνατόν συσχετισμό τους με τις δομές της ξηράς.

Ορισμένα από τα βασικά ερωτήματα που μπορούν να απαντηθούν από τις σχετικές νεοτεκτονικές έρευνες είναι:

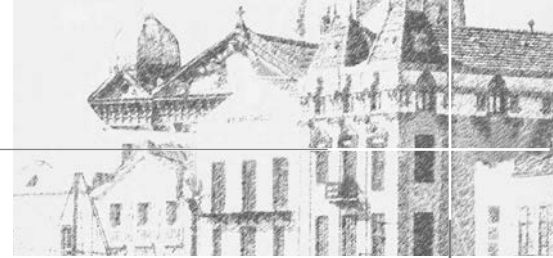
- i) Ποιά είναι τα ενεργά ρήγματα τόσο στη χέρσο όσο και στον υποθαλάσσιο χώρο;
- ii) Ποιός ο ρυθμός δραστηριοποίησης των διαφόρων ρηξιγενών ζωνών;
- iii) Ποιά η κινηματική και δυναμική της ρηξιγενούς παραμόρφωσης στις διάφορες περιοχές του Ελλαδικού χώρου και ποιά η σχέση της με τους μηχανισμούς γένεσης των σεισμών;
- iv) Ποιές οι γενετικές σχέσεις ανάμεσα στα διάφορα στοιχεία του νεοτεκτονικού ιστού και ποιά η αντιστοιχία σε προ και μετά-σεισμούς;
- v) Ποιές οι επικίνδυνες ζώνες δόμησης λόγω ενεργών ρηγμάτων και ποιές λόγω δευτερευόντων φαινομένων, όπως κατολισθήσεις, καθιζήσεις, μεταβολές στάθμης θάλασσας κλπ;
- vi) Ποιά τα τεχνικογεωλογικά στοιχεία σχετικά με τη διαφορετική συμπεριφορά του υπεδάφους σε σεισμική δράση σε επίπεδο οικισμού, πόλης, μεγάλου τεχνικού έργου;
- vii) Ποιά η σχέση ισοσειστών καμπυλών και γεωλογικής δομής στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας;
- viii) Ποιός ο ρόλος μεγάλων ασυνεχειών του Ελλαδικού φλοιού στη μετάδοση της ενέργειας κατά τους σεισμούς;

Εξ άλλου, η κατά περίπτωση σύνθεση όλων αυτών των ερωτημάτων και στοιχείων, επισημαίνει το άμεσης προτεραιότητας θέμα της εκπόνησης μικροζωνικών μελετών για κάθε πόλη-περιοχή της Ελλάδας, αρχίζοντας από αυτές όπου η σεισμικότητα είναι μεγαλύτερη και όπου υπάρχει τάση επέκτασης των σχεδίων πόλεως.

Η ένταξη των αποτελεσμάτων της γεωλογικής αυτής δουλειάς είναι απαραίτητη τόσο στους αντισεισμικούς κανονισμούς όσο και κυρίως στο χωροταξικό και πολεοδομικό σχεδιασμό όπου οι αντίστοιχοι νεοτεκτονικοί χάρτες και οι προκύπτοντες χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις ανάλογες κλίμακες.

### 3. Θέση των παραδοσιακών οικισμών και οι περιβαλλοντικές μεταβολές.

Ο σεισμός εμφανίζεται σαν ένα στιγμιαίο φαινόμενο το οποίο όμως επαναλαμβάνεται με την επαναδραστηριοποίηση του σεισμικού ρήγματος σε εκατοντάδες, χιλιάδες ή ακόμη και εκατομμύρια χρόνια. Αυτό σημαίνει για ρήγματα που έχουν μετακινήσει τα εκατέρωθεν ρηξιτεμάχη κατά αρκετά χιλιόμετρα, ότι έχουν δώσει χιλιάδες σεισμούς με σεισμική μετατόπιση π.χ. 1 μέτρο για κάθε σεισμό 6,5 R και με χρόνο επανάληψης της σεισμικής δραστηριότητας που μπορεί να κυμαίνεται από λίγες εκατοντάδες έως μερικές χιλιάδες χρόνια. Επομένως ο σεισμός εντάσσεται χωρικά αλλά και από άποψη μεγέθους με το ρήγμα που τον γεννά αλλά επίσης συνδέεται συνολικά και με το νέο ανά-



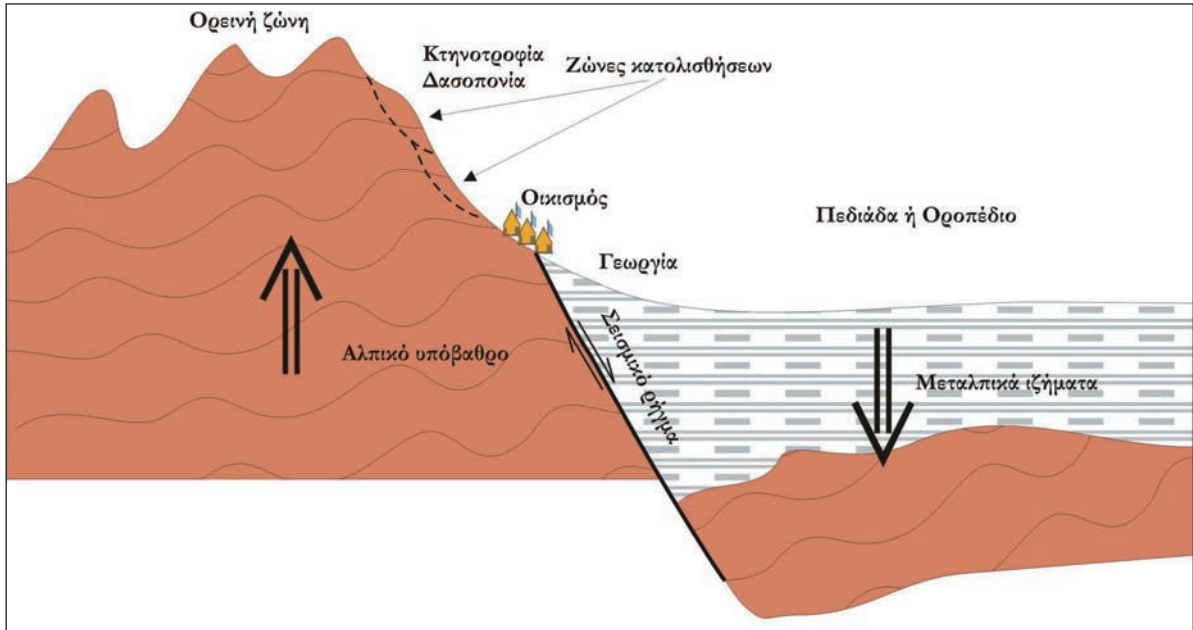
γλυφο που δημιουργείται και με την αλλαγή των γεωδυναμικών ισορροπιών, που μπορούν να αντιμετωπιστούν με την χαρτογράφηση και την αποτύπωση συγκεκριμένων ζωνών μέγιστης διάβρωσης με έντονο ανάγλυφο, λόγω της ανάδυσης και δημιουργία φαραγγιών όπως χαρακτηριστικά έχουμε στην Κρήτη σε αντιπαράθεση με άλλες περιοχές όπου έχουμε βύθιση και πρόσφατη χαλαρή ιζηματογέννεση με δημιουργία οριζόντιας πλέον μορφολογίας από την άφθονη μεταφορά κλαστικού υλικού στις λεκάνες, από ποτάμια συστήματα, στις δελταικές και παράκτιες ζώνες. Η έντονη διάβρωση και η έντονη απόθεση ιζημάτων εξαρτάται από το ρηξιτέμαχος στο οποίο βρισκόμαστε.

Έτσι το φαινόμενο του σεισμού, όπως το ξέρουμε όλοι οι επιστήμονες πλέον, δεν είναι ούτε στιγμιαίο ούτε τυχαίο. Το ποιά ρήγματα ενεργοποιούνται δεν είναι ούτε τυχαίο γεγονός ούτε απλό. Το ποιές διευθύνσεις ρηγμάτων ευνοούνται καθορίζεται από τον προσανατολισμό τους και την προκύπτουσα ανάλυση σε ορθή και διατμητική τάση, το πώς το μέγεθος των ρηγμάτων συνεπάγεται το αντίστοιχο μέγεθος των σεισμών αποτελεί συνάρτηση με παραμέτρους που προσδιορίστηκαν από πειραματικά και φυσικά δεδομένα, το ποιές περιοχές ανυψώνονται και διαβρώνονται και ποιές βυθίζονται και μπαζώνουν εντοπίζεται από τα διαφορετικά ρηξιτεμάχη και τη μορφοτεκτονική ανάλυση, το πού έχουμε δευτερογενή καταστροφικά φαινόμενα καθορίζεται από τις ρηξιγενείς ζώνες, τις συνοδές μεταβολές αναγλύφου και τις ζώνες εμφάνισης κακών από γεωτεχνική άποψη γεωλογικών σχηματισμών.

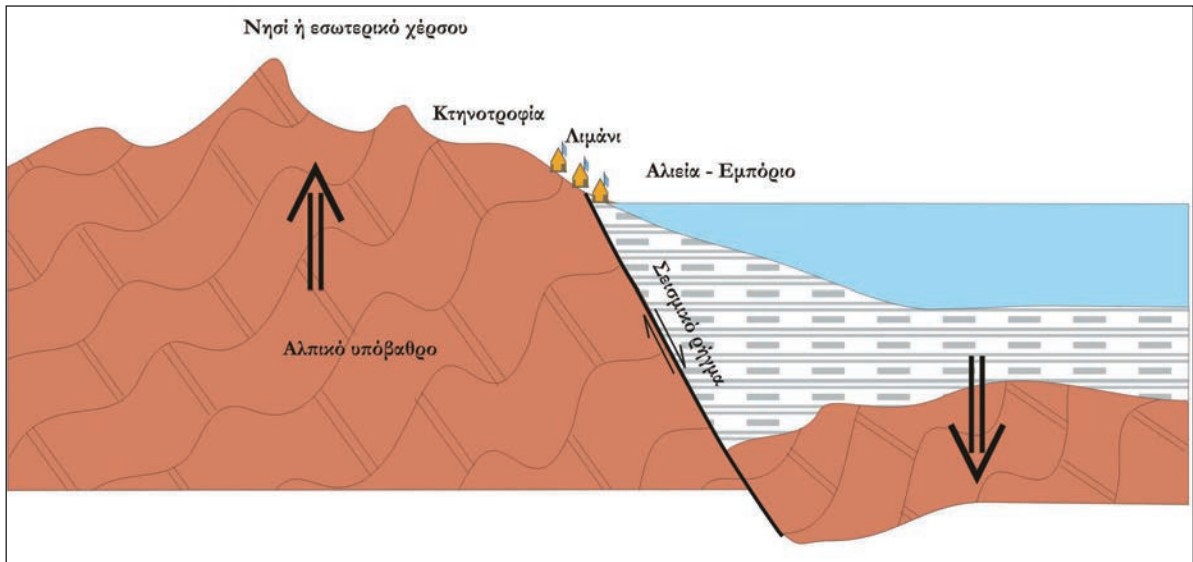
Η επιλογή της θέσης των πόλεων και των οικισμών από την αρχαιότητα έως σήμερα έχει δύο χαρακτηριστικά. Το ένα είναι η ένταξή τους στο περιβάλλον που μπορεί στην περίπτωση των μνημείων να ξεκινάει από μια αίσθηση φυσικού κάλλους (είναι καταπληκτικό το πώς οι Αρχαίοι διάλεξαν τις τοποθεσίες για τους ναούς για τα θέατρα και όλες τις άλλες εκδηλώσεις του πνεύματος) και το δεύτερο είναι οι καθημερινές λειτουργικές ανάγκες, οι πρακτικές, ανάλογα εάν η ασχολία είναι το εμπόριο, η ναυτιλία, η γεωργία και διάφορες άλλες λειτουργίες. Έτσι υπάρχουν εξειδικευμένες θέσεις καταπληκτικού κάλλους στο ανάγλυφο που είναι συνήθως αποτέλεσμα της έντονης και πολύπλοκης μορφολογίας η οποία με τη σειρά της είναι το αποτέλεσμα της ενεργού γεωδυναμικής και επιπρόσθετα υπάρχουν λόγοι η πόλη να είναι στην παράκτια ζώνη π.χ. για λιμάνια, ιδίως σ' ένα νησιωτικό χώρο σαν το Αιγαίο.

Συχνά στις ηπειρωτικές περιοχές έχουμε πόλεις στα κράσπεδα πεδινών περιοχών προς τις ορεινές κλιτύες όπου αναπτύσσεται αγροτική καλλιέργεια και στις ορεινές εκτάσεις δίπλα, αναπτύσσεται κτηνοτροφία. Έτσι ο οικισμός αναπτύσσεται κατά κανόνα στη μετάβαση από τις κλιτύες των ορεινών βουνών προς τις πεδινές περιοχές τόσο για λόγους αισθητικούς αλλά κυρίως για λόγους πρακτικούς. Όμως το αίτιο της οριοθέτησης της πεδινής έκτασης από την ορεινή είναι κατά κανόνα ένα ενεργό σεισμικό ρήγμα (Εικ.5). Το ίδιο ακριβώς ισχύει όταν έχουμε αντί για χερσαία πεδινή έκταση την εισχώρηση της θάλασσας οπότε η πόλη είναι παραλιακή είτε στη χέρσο είτε σ' ένα νησί (Εικ.6). Το νεοτεκτονικό κέρασ που ανεβαίνει είναι το βουνό ή το νησί και το άλλο κομμάτι που κατεβαίνει είναι η πεδιάδα ή η βυθισμένη κάτω από τη θάλασσα περιοχή. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε πόλεις και λιμάνια πάνω στη ζώνη ακριβώς της γεωδυναμικής ανισορροπίας, που δημιουργείται από το ενεργό ρήγμα εκεί που η κύρια μάζα των φερτών κλαστικών ιζημάτων θα αποτεθεί στις πεδινές περιοχές ή στην παράκτια ζώνη προωθούμενη σταδιακά στον υποθαλάσσιο χώρο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, η Έφεσος και η Μίλητος και μια σειρά από πόλεις στις μικρασιατικές ακτές του Αιγαίου που ήταν λιμάνια. Ο Αντώνιος και η Κλεοπάτρα αποβιβάστηκαν στο πρώτο φωτισμένο λιμάνι ακολουθώντας το δρόμο που οδηγεί από το λιμάνι στο Αρχαίο Θέατρο. Η Έφεσος όμως εγκαταλείφθηκε τον 6ο αιώνα μετά από ισχυρό σεισμό. Το ενεργό ρήγμα φαίνεται στο νότιο άκρο της πόλης πάρα πολύ καθαρά με το κάτοπτρό του. Είχαν προηγηθεί πολλοί σεισμοί από πολύ παλιά αλλά τότε η πόλις εγκαταλείφθηκε και απολιθώθηκε διότι είχε πάψει να είναι λιμάνι όπως ήταν την

παλιά περίοδο. Επομένως η πόλη είχε επιλεγεί με κάποια πρακτικά κριτήρια που όμως ελεγχόντουσαν από τη γεωδυναμική της θέση. Όσο ήταν λιμάνι η πόλη άντεχε και κτιζόταν συνεχώς μετά τις καταστροφές εφόσον υπήρχε δύναμη κι αίτιο για να τη συντηρήσει. Όταν το αίτιο αυτό χάθηκε επειδή η θάλασσα σήμερα είναι 2,5 χλμ μακριά από τη παλιά πόλη της Εφέσου, λόγω των προσχώσεων του Μικρού Μαιάνδρου, δεν είχε λόγο να ξανακτισθεί.



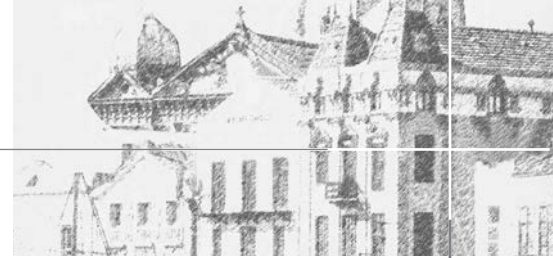
Εικ. 5



Εικ. 6

Η γένεση και ο θάνατος των πόλεων έχει νομίζω άμεση συνέπεια με τις γεωδυναμικές μεταβολές, που τους αλλάζουν τα γεωδυναμικά τους χαρακτηριστικά και κάποια στιγμή παύουν να έχουν τα πλεονεκτήματα για τα οποία τις επέλεξαν κάποτε. Πρέπει να δούμε ακόμη τις περιπτώσεις που





κάποιοι μετά από σεισμό αποφασίζουν να μεταφέρουν τον οικισμό. Οι οικισμοί που έχουν επιλεγεί σε δύσκολες γεωδυναμικά περιοχές με πρόβλημα από την σεισμικότητα, όταν πάθουν τον πρώτο σεισμό και καταστραφούν, αναπτύσσουν σταδιακά κουλτούρα και τεχνολογία και στην επόμενη ανακατασκευή της πόλης θα φροντίσουν να την κάνουν καλύτερη και στερεότερη από την προηγούμενη. Σήμερα εμείς έχουμε αλλάξει τα τελευταία χρόνια 3 φορές τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959 για να βελτιώσουμε τις κατασκευές μας (1984, 1995, 2001). Το ίδιο έκανε πάντα ο άνθρωπος από την λίθινη περίοδο μέχρι και σήμερα. Εφόσον επιλέγει να ξανακτίσει στον ίδιο χώρο προσπαθεί να βελτιώσει την τεχνική του με αποτέλεσμα κάποια στιγμή να φθάνει η Πολιτεία, όποια και να είναι αυτή να καταλήγει στον μηχανικό, τον τεχνικό ή τον μάστορα ο οποίος έχει βρει τον τρόπο μέσα από τα διαδοχικά φυσικά πειράματα των σεισμικών καταστροφών να καταλήξει σ' ένα μοντέλο που ανθίσταται και κάνει π.χ. τον Παρθενώνα στην Ακρόπολη να διατηρείται μέχρι σήμερα και μάλιστα αν η Ακρόπολις δεν είχε ανατιναχθεί και δεν είχε υποστεί ζημιές από τους ανθρώπους θα ήταν εκεί όπως ήταν την εποχή του Περικλή.

Ωστόσο η Αθήνα έπαθε καταστροφές το 1981 και το 1999 αλλά όχι η Ακρόπολη. Και αυτό γιατί εκεί που έχει κτισθεί συνδυάζει την όμορφη τοποθέτηση των λόφων αλλά και τα γερά θεμέλια, την γερή κατασκευή πάνω στον «βράχο» της Ακρόπολης που είναι συμπαγής Μεσοζωϊκός ασβεστόλιθος. Γενικά η προσπάθεια είναι να επιλέγονται θέσεις όπου οι σεισμοί, κοντινοί ή μακρινοί, μειώνονται ως προς την ένταση και δεν δημιουργούν πρόβλημα. Αντίθετα, πρόσφατα έχουμε αφήσει να κτιστούν περιοχές σε χαλαρά εδάφη αλλουβιακά, σε ιζήματα λιμνών με λιγνίτες, σε χαλαρά κορήματα, σε ασταθείς ζώνες τοπογραφικού αναγλύφου, σε μπαζωμένες παρόχθιες και παράκτιες περιοχές κλπ.

Ο συνδυασμός σύγχρονων νεοτεκτονικών χαρτών με λεπτομερή αποτύπωση των ενεργών ρηγμάτων και των επικίνδυνων ζωνών για εκδήλωση δευτερογενών καταστροφικών φαινομένων με χάρτες μικροζωνικών μελετών που περιλαμβάνουν λεπτομερή αποτύπωση και ταξινόμηση του εδάφους θεμελίωσης μπορούν να δώσουν την απαραίτητη γνώση του σεισμικού κινδύνου για κάθε περιοχή. Δηλαδή, σήμερα υπάρχει δυνατότητα συστηματικής ποσοτικοποιημένης έκφρασης της γνώσης σε αντίθεση με την ποιοτική προσέγγιση των αρχαίων.

#### 4. Βιβλιογραφία

- AMBRASEYS, N.N. (1988): Engineering Seismology. Earthqu. Engin. and Struct. Dyn., 17, 1-105.
- ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΣ, Δ. (1955): Σεισμική Γεωγραφία της Ελλάδος. Γεωλογικά Χρονικά Ελληνικών Χώρων, 6, 83-121.
- GALANOPOULOS, A. (1972): Plate Tectonics in the area of Greece as reflected in the deep focus seismicity. Bull. Geol. Soc. Greece, 9/2, 266-285.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1986): Γεωλογία Ελλάδος. 240 σελ.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Δ., ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ Π. (1987): Η συμβολή της Γεωλογίας στην αντιμετώπιση του σεισμικού προβλήματος στην Ελλάδα. Δελτ. Ελλ.Γεωλ.Εταιρ., 19, 339-345, Αθήνα.
- PAPANIKOLAOU, D., LYKOUSIS, V., CHRONIS, G., PAVLAKIS, P. (1988): A comparative study of neotectonic basins across the Hellenic Arc: The Messiniakos, Argolikos, Saronikos and Southern Evoikos Gulfs. Basin Research, 1/3, 167-176.
- PAPANIKOLAOU D. & collaborators, (1999): Geology and tectonics of Western Attica in relation to the 7-9-99 earthquake. Newsletter of the European Centre on Prevention and Forecasting of Earthquakes, No 3, 30-34.
- PAPAZACHOS B., PAPAZACHOU C. (1997): The Earthquakes of Greece. p.304.



## Seismicity in the Aegean and Traditional – Vernacular Settlements

D. Papanikolaou

*Prof. N.K.U.A.*

There are some considerations from a geoscientists' point of view and some specific factors that those assigned to deal with building restoration and intervention, have to take into account. It has to be understood how and why does man, from the beginning of his civilization till present selects a specific location to construct a settlement. And even more, what are the criteria taken into consideration by the residents in order to decide whether to reconstruct and improve the settlement after an earthquake disaster, or to just repair it. It also has to be understood that these factors vary for different periods of human civilization.

It has been observed that for a given region, a whole and unique technique is applied in terms of constructions. This technique evolves and changes from one period to another and from one region to another and is based on control rules set by nature in terms of construction preservation through time and natural catastrophic events.

It is known since the antiquity that Greece is one of the regions in our planet that is frequently tested by earthquakes, many of which are disastrous. Relative research during the past decades has showed that Greece is the region with the higher seismicity in Europe and has one of the highest worldwide. The cause of this seismicity is the geotectonic location of Greece in relation to the active orogenic belt of the alpine system that extends from Gibraltar to the Himalayas. This orogenic belt is the result of the convergence and collision of tectonic plates with continental crust that consumed the Tethyan Ocean that existed in between. The two major plates are the Eurasian to the north and the plates-microplates of Africa, Arabia and India to the south, which represent remains of the older plate of Gondwana.

From the entire length of this orogenic belt, only the region of Eastern Mediterranean and especially the Hellenic Arc represents the remains of the Tethyan system, preserving the same geodynamic processes as those that extended throughout the rest of Tethyan Ocean until a few million years ago. Therefore, the Hellenic Arc represents a unique geotectonic case that cannot be directly compared to any other active part of the Earth. Consequently, any conclusions and suggestions on the deformation and seismicity of other geodynamically active regions cannot be applied directly on this region. This fact requires the production of new knowledge through original research in Greece, which will take into consideration the facts of other regions but will mainly rely on the analysis of this special and unique geodynamic regime of the Hellenic Arc.

The realization of this fact represents the main trigger for the construction of research programmes of basic and applied research on specific issues. The conduction of high quality research in subjects of active geodynamics, especially earthquakes, requires collaboration of various expertises in geosciences with participation in research programs of scientific groups with selected specialized research personnel and appropriate equipment. The research results could create, on a national scale, the necessary scientific background on which further planning will be based.



The selection of settlement locations since antiquity has two main characteristics. Firstly, the settlement locations can be determined according to the surrounding environment. For example, in the case of monuments, the criteria for the selection of a location are on the basis of natural beauty (temples, theatres etc). Secondly, the locations are also determined by the daily, functional and practical needs of the settlement such as trade, shipping, farming etc. Frequently, settlements are constructed at the foot of mountain slopes where farming is favourable at the lowlands and stockbreeding is favourable at the uplands. In this way the settlement is developed along the transition zone of mountain slopes towards the lowlands. However, the cause of the existence of this morphological transition zone is usually an active fault. The same pattern applies in the case of coastal settlements that could belong to the mainland or to an island. This means that we have towns and ports located on zones of geodynamic instability caused by active faults.

An earthquake although is considered an unexpected phenomenon it is very well related to active faults and has direct effect to the new relief that is formed by the changes in the geodynamic balances. Regions that are uplifted through faults or fault zones due to earthquake activity develop intense erosion in the form of gorges and canyons. On the other hand, in the case of subsiding regions horizontal morphology is dominating due to transportation of recent and unconsolidated clastic material by river systems forming deltaic and coastal zones.

Characteristic examples are Efessos, Militos and a number of towns at the Asia Minor coasts of the Aegean Sea that were used as ports. In the case of Efessos, the region was selected according to some practical criteria that were controlled by its geodynamic location. While still a port, the town was reconstructed after every earthquake disaster related to the active fault boundary located at the southern end of the town, since a reason to maintain it existed. However, due to a catastrophic earthquake that took place in the 6th century, the town was abandoned since it could not be used as a port any more (its' present day distance from the sea is 2 –2.5 km).

Moreover, the settlements that have been selected in geodynamically complicated regions with seismicity problems, when hit by an earthquake and get destroyed, the residents cultivate gradually such a culture and technology that in the next reconstruction of the city they will make sure that it is better constructed and more resistant to earthquake damages. In this way through natural successive experiments of earthquake disasters, they conclude to a resistant model. Parthenon for example, whose location combines the scenic location of the hills with the solid foundation on the Acropolis rock mass composed of massive Mesozoic limestone, is a resistant construction model since antiquity. Even through recent earthquakes have caused serious damages to the city of Athens (1981, 1999) the monument still stands unaffected.

In general, the effort that has to be made is towards the selection of locations where the effects of earthquakes are reduced in terms of intensity and serious damages. The combination of modern neotectonic maps with detailed mapping of active faults and hazard zones for probable secondary disastrous phenomena with microzonation maps that include detailed mapping and classification of foundation grounds could provide the necessary knowledge of seismic hazard for each area. In a few words, today, we have the opportunity of the systematic quantitative expression of knowledge in contrast to the qualitative approach of our ancestors.

## Ιστορικά κέντρα, σεισμική διακινδύνευση και μετασεισμική αποκατάσταση

A. Goretti

*Str. Eng., PhD, National Seismic Survey, Italy*

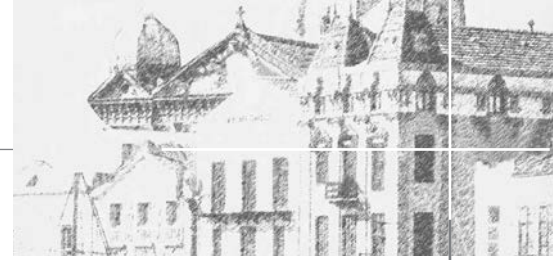
Η ανάλυση της σεισμικής διακινδύνευσης πραγματοποιείται συνήθως προκειμένου να εκτιμηθούν οι αναμενόμενες βλάβες και οικονομικές απώλειες από σεισμό. Μερικές φορές η ανάλυση περιλαμβάνει την εκτίμηση των επιπτώσεων στον πληθυσμό, οι οποίες εκφράζονται ως αριθμός τραυματισμένων, αστέγων και απωλειών ανθρώπινων ζώων.

Στο πλαίσιο μιας πιο λεπτομερούς ανάλυσης, δεν είναι δυνατόν να παραβλεφθεί το γεγονός ότι σε πολλές χώρες παγκοσμίως υπάρχει πλήθος κατασκευών των προηγούμενων αιώνων που χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα τυπολογικά και μορφολογικά στοιχεία, πράγμα που αναδεικνύει την ιστορική - καλλιτεχνική αξία των κατασκευών αυτών. Τα ιδιαίτερα αυτά χαρακτηριστικά χάνονται μερικώς ή εξολοκλήρου λόγω των επιπτώσεων ενός σεισμού. Οι οποιοσδήποτε βλάβες στο κτήριο συνεπάγονται απώλειες σημαντικών πολιτισμικών στοιχείων, όπως έγινε φανερό όχι μόνον το 1997 στους σεισμούς στις περιφέρειες της Umbria και των Marche, αλλά επίσης και σε πρόσφατους, μικρότερης έντασης σεισμούς στην Ιταλία, όπως στο σεισμό του 1995 στη Lunigiana, του 1996 στη Novellara, του 1997 στο Spoleto, του 1998 στο Pollino και τέλος το 2000 στο σεισμό του Canterano.

Προκειμένου να εκτιμηθούν οι πολιτιστικές απώλειες, είναι ανάγκη να εστιάσουμε την προσοχή μας στα εκτεθειμένα σε κίνδυνο στοιχεία των ιστορικών κέντρων, αφού η επικινδυνότητα και σε κάποιο βαθμό και η τρωτότητα, μπορεί να εκτιμηθούν με καθιερωμένες πλέον μεθόδους. Για το σκοπό αυτό, θα πρέπει αρχικά να οριστεί το ιστορικό κέντρο μιας πόλης και το ιστορικής σημασίας κτήριο. Ακολουθώντας, απαιτείται η χρήση μιας συμβατικής ποσοτικής κλίμακας προκειμένου να εκτιμηθεί η πολιτιστική αξία του ιστορικού κέντρου και στη συνέχεια να προσδιοριστούν οι αναμενόμενες πολιτιστικές απώλειες λόγω σεισμού.

Οι κατοικημένες περιοχές που έχουν καταγραφεί κατά την πρώτη, διαθέσιμη Εθνική Απογραφή (1881) χαρακτηρίζονται ως ιστορικά κέντρα πόλεων, εφόσον υπάρχουν ακόμη στην Απογραφή του 1981 από το Εθνικό Ινστιτούτο Στατιστικής (ISTAT). Ένα κτίσμα σε οποιοδήποτε ιστορικό κέντρο πόλης θεωρείται ιστορικό, εφόσον έχει κατασκευαστεί πριν το έτος 1900. Η εκτίμηση της πολιτιστικής αξίας κάθε ιστορικού κέντρου είναι λιγότερο άμεση και υπαγορεύει τη χρήση μιας ιδιαίτερης μεθοδολογίας που στηρίζεται αφενός σε ποσοτικούς και ποιοτικούς δείκτες και αφετέρου στην κρίση εμπειρογνομόνων. Ακολουθώντας αυτή τη μεθοδολογία, εκτιμήθηκαν οι απώλειες στοιχείων μεγάλης πολιτιστικής αξίας σε ιστορικά κέντρα πόλεων της επαρχίας Avellino από το σεισμό στην Irpinia (1980) και συγκρίθηκαν με τις πολιτιστικές απώλειες στα ιστορικά κέντρα της Umbria και της Marche, όπως αυτές αποτιμήθηκαν μετά το σεισμό του Σεπτεμβρίου του 1997.

Η απώλεια πολιτιστικού πλούτου δεν προκαλείται μόνο από το σεισμό, αλλά και από τις μετασεισμικές διαδικασίες ανασυγκρότησης. Μπορεί να καταδειχτεί ότι οι διαδικασίες ανασυγκρότησης μετά το σεισμό της Irpinia, τουλάχιστον διπλασίασαν τις απώλειες πολιτισμικών στοιχείων από αυτό καθαυτό το σεισμό, καθότι συνοδεύθηκαν με την ανεξέλεγκτη κατεδάφιση κτηρίων. Είναι λοι-



πόν ενδεδειγμένο να αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της διατήρησης της πρωταρχικής αξίας των κτηρίων, προκειμένου να μη χάνεται η κοινωνική και πολιτιστική κληρονομιά και τα τοπικά πρότυπα.

Είναι χρήσιμο επίσης να επισημανθεί ότι η διαδικασία μετασεισμικής ανασυγκρότησης ξεκινά συνήθως με εκτίμηση των βλαβών, κατά την οποία τα ιστορικά κτίσματα θα πρέπει να αναγνωριστούν και να ελεγχθούν. Όσο μεγαλύτερη είναι η πολιτιστική αξία ενός κτηρίου, τόσο μεγαλύτερη εμπειρία και εξειδικευμένη γνώση απαιτείται από πλευράς των εμπειρογνομόνων που κάνουν την αυτοψία.

Ο καθορισμός των προτεραιοτήτων αποτελεί ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο της όλης στρατηγικής της ανασυγκρότησης. Ζητήματα ασφάλειας, καθώς και κοινωνικά, πολιτισμικά και οικονομικά ζητήματα, θα πρέπει να συνεκτιμηθούν στο σύνολό τους, προκειμένου να εκπονηθεί ένα κατάλληλο πρόγραμμα ανασυγκρότησης το οποίο θα ενσωματώνει τις συνιστώσες της βιώσιμης ανάπτυξης.

Οι κανόνες και οι διαδικασίες ανασυγκρότησης θα πρέπει να ωθούν του τεχνικούς «να αναγνωρίζουν, να διατηρούν και να ενισχύουν» τα ιστορικής σημασίας κτήρια με προσεγγίσεις, τεχνικές και τεχνολογίες επεμβάσεων συμβατές προς τα ιστορικά χαρακτηριστικά των κτηρίων. Οι όποιες επεμβάσεις δεν θα πρέπει να είναι βίαιες, αλλά αναστρέψιμες, οικονομικές και αποτελεσματικές και επιπλέον να δίνουν τη δυνατότητα να ελέγχεται η αποτελεσματικότητά τους κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των εργασιών. Οι επεμβάσεις θα πρέπει να σχεδιάζονται για ολόκληρο το κτίσμα και πιθανώς για το σύνολο των κτισμάτων του ιστορικού κέντρου, προκειμένου να διατηρείται όχι μόνο η φυσιογνωμία ενός μεμονωμένου κτίσματος, αλλά η ιδιαίτερη ταυτότητα ολόκληρου του ιστορικού κέντρου.

Η επίτευξη ενός προδιαγεγραμμένου επιπέδου ασφάλειας επιτρέπει την διασφάλιση ενός ομοιόμορφου επιπέδου προστασίας για το σύνολο των πολιτών. Οι επεμβάσεις κυμαίνονται από την επισκευή ως την αναβάθμιση της ασφάλειας του κτηρίου, και φτάνουν σε εξαιρετικές περιπτώσεις στην πλήρη ενίσχυση του κτηρίου. Το κόστος των επεμβάσεων προσδιορίζει και το κόστος με το οποίο θα επιβαρυνθούν οι πολίτες. Η ανάλυση κόστους-οφέλους απαιτείται τόσο πριν, όσο και μετά από κάθε αποκατάσταση.

Σε σχέση με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, θα παρουσιαστεί η εμπειρία της Ιταλίας στη μετασεισμική ανασυγκρότηση μετά από σεισμό μετρίας έντασης.

## Historic Centres, Seismic Risk and Post-Earthquake Reconstruction

A.Goretti

*Str. Eng., PhD, Seismic National Survey, Rome, Italy*

Seismic risk analysis is usually performed evaluating the expected structural damage and economic loss due to earthquakes. Consequence on the population, as number of injured, homeless and loss of human lives, are sometimes included in the analysis.

In a more refined analysis it is not possible to neglected the fact that, in many countries worldwide, several constructions, being built centuries ago, are characterized by typological and morphological elements that give rise to the historical artistic value of the buildings. These elements are partially or totally lost when earthquake occurs. Structural damage introduces therefore cultural loss, as shown not only by 1997 Umbria and Marche earthquake, but also by others recent, less severe Italian earthquakes, as 1995 Lunigiana, 1996 Novellara, 1997 Spoleto, 1998 Pollino, 2000 Canterano earthquakes.

In order to estimate the loss of the cultural heritage, we have to focus our attention on the exposure of the historical centers, as hazard, and, to some extent, vulnerability, can be evaluated by available, well established, methods. To this end, the historical town center and the historical building will be first defined. Successively a conventional, quantitative, scale aimed to evaluate the cultural value of the historical town center will be introduced and the expected cultural loss due to earthquake will be then evaluated.

The inhabited places in the first available national census (1881), if still present in the ISTAT (National Institute of Statistic) 1981 census, have been considered historical town centers; a building has been then supposed to be historical if built before 1900 in any historical town center. The attribution of a cultural value to each historical town center is less straightforward and requires a peculiar methodology based on quantitative and qualitative indices and on expert judgements. Following this methodology, an estimate of the cultural losses in the historical town centers of Avellino province due to 1980 Irpinia earthquake has been compared with an estimate of the cultural loss in the Umbria and Marche historical town centers, due to September 1997 earthquake.

Cultural loss are produced not only by earthquake, but also from the post-earthquake reconstruction strategy. It can be shown that the post earthquake reconstruction in Irpinia at least doubled the cultural loss due to the earthquake itself, as it allowed an uncontrolled building demolition. It is then appropriate to face the problem of the maintenance of the original value of the buildings in order to do not waste the social and cultural heritage and the "local archetypes".

It is also useful to point out that the post-earthquake reconstruction usually begins with the damage assessment, during which the historic buildings should be identified and inspected. And as the cultural value of the building increases, greater experience is required for the surveyors.

Priority is also an important element in the reconstruction strategy. Safety, social, cultural and economic issues should be all taken into account to achieve a proper reconstruction plan, able to possess the features of the sustainable development.



Reconstruction rules and procedures should press the technicians to "identify, conserve and strengthen" the historical buildings with strategies, techniques and technologies of intervention compatible with the historic features of the buildings. The interventions should not be intrusive, but reversible, economical, effective and should be possible to check their effectiveness during the works. The interventions must be planned for the whole buildings and, possibly, for the whole historic center, in order to preserve not only the building identity, but also the center identity.

The achievement of a prescribed safety level permit to obtain a uniform protection level for all the citizen. The intervention will range from the repair to the upgrade and, exceptionally, to the complete retrofit. The cost of the interventions define the cost that is to be supported by the citizen. Cost-benefit analysis is then required prior and after the reconstruction.

In relation to the above mentioned topics, the Italian experience in the post-earthquake reconstruction after some moderate/medium intensity earthquake will be presented.



## Ανάλυση της Τρωτότητας του Αστικού Χώρου του Αιγαίου: Η Περίπτωση της Μυτιλήνης

Π.Μ. Δελλαδέτσιμας, *Επ. καθ. Π.ΑΙ.*, Ν. Σουλακέλλης, *Επ. καθ. Π.ΑΙ.*  
Ε. Κογκοπούλου, *Γεωγράφος-Ερευνήτρια Π.ΑΙ.*, Α. Τσιτούρας, *Γεωγράφος Π.ΑΙ.*

### Εισαγωγή

Ένα στοιχείο που εκτός των άλλων κάνει ιδιαίτερα σημαντική τη μελέτη του Αιγαίου ως προς το ζήτημα της αντισεισμικής προστασίας (Πανεπιστήμιο Αθηνών/ Πανεπιστήμιο Αιγαίου/ Υπουργείο Αιγαίου 1998) είναι τα διαφοροποιημένα πρότυπα οικιστικής ανάπτυξης που αποτυπώνονται σε ολόκληρη την έκτασή του. Είναι εμφανής για παράδειγμα η ιδιαίτερα έντονη ανάπτυξη που χαρακτηρίζει ορισμένες νησιωτικές αστικές συγκεντρώσεις, οι υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης άλλων μικρότερων οικισμών που απορροφούν συνεχώς νέες ενδο-νησιωτικές μεταναστευτικές ροές, η πλήρης εγκατάλειψη και παρακμή παλαιότερων αστικών κέντρων και οικισμών κοκ. Αναμφίβολα οι όροι και οι συνθήκες που διαμορφώνουν τη μορφή και την ένταση της ανάπτυξης του νησιωτικού οικιστικού συστήματος, διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή. Υπάρχουν για παράδειγμα περιπτώσεις νησιωτικών πόλεων που εδραιώνουν ένα νέο ρόλο μέσω της εντατικοποίησης και διαφοροποίησης ιστορικών τάσεων με την αγροτική ενδοχώρα του κάθε νησιού. Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις που η ανάπτυξη εδραιώθηκε πάνω στα σημαντικά πλεονεκτήματα προσπελασιμότητας που αποκτήθηκαν πρόσφατα μέσω επενδύσεων σε μεταφορική υποδομή (λιμάνια, αεροδρόμια, σύγχρονα πλοία). Το ίδιο ισχύει και για τις επενδύσεις που πραγματοποιήθηκαν σε τομείς όπως η ενέργεια η εκπαίδευση (π.χ. πανεπιστημιακά ιδρύματα) και η διοίκηση. Ιδιαίτερο δυναμισμό παρουσιάζουν επίσης νησιωτικές πόλεις που στηρίζονται στην ανάπτυξη του τουρισμού. Ανεξάρτητα από τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των διαφόρων πόλεων, θα πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι αυτό που κυρίως αναδεικνύεται, ως εν δυνάμει συνθήκη, είναι η διαμόρφωση ενός "νέου αστικού νησιωτικού χώρου" που χαρακτηρίζεται εκτός των άλλων και από ένα ευρύ φάσμα από διαφορετικά πρότυπα οικιστικής ανάπτυξης.

Όλα αυτά τα πρότυπα αστικοποίησης -εντός των άλλων- σηματοδοτούν και διαφορετικές συνθήκες τρωτότητας σε σεισμικές απειλές. Αναφερόμαστε εδώ σε μια μορφή τρωτότητας που δεν έχει να κάνει μόνο με τα γεωλογικά εδαφολογικά χαρακτηριστικά και με την ηλικία και την ποιότητα του οικιστικού αποθέματος, αλλά και με την κατανομή των χρήσεων γης, των πυκνοτήτων, τη σχέση των ιστορικών κέντρων με τις περιοχές επέκτασης της πόλης, την κατανομή των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης την επάρκεια του οδικού δικτύου για την αντιμετώπιση μίας έκτακτης κατάστασης, την επάρκεια της υποδομής κα (Mejia-Navarro-Garcia 1995, MPC 1992).

Η ομάδα μας έχει ήδη μελετήσει πολλές πόλεις του Αιγαίου όπως το Ηράκλειο, την Κω, τη Χίο κα. Στα πλαίσια όμως αυτού του σεμιναρίου αξίζει να αναφερθούμε στην πόλη της Μυτιλήνης. Η εισήγηση αυτή στην ουσία αποτελεί μία συνοπτική παρουσίαση μέρος σχετικής έρευνας που ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο 2000. Η ερευνητική ομάδα πραγματοποίησε μία σειρά ειδικού τύπου επιτόπιων ερευνών και στη συνέχεια δημιούργησε μία βάση δεδομένων (Polovinchik I.κα 1995) και χάρτη τρωτότητας της πόλης της Μυτιλήνης. Με αυτόν τον τρόπο προέκυψαν βασικά στοιχεία που συνθέτουν και το πλαίσιο για τη χάραξη αντισεισμικής/ πολεοδομικής πολιτικής της πόλης. Η ανάλυση της τρωτότητας (Πανεπιστήμιο Αιγαίου/ ΟΑΣΠ 1997) περιλαμβάνει τις εξής τρεις βασικές θεματικές ενότητες:

- Η Γενικότερη Ανάπτυξη και η Τρωτότητα της Πόλης



- Οι Κρίσιμες και Τρωτές Λειτουργίες
- Το Δίκτυο Έκτακτης Ανάγκης

## Η Γενικότερη Ανάπτυξη και η Τρωτότητα της Πόλης

Η ανάλυση της τρωτότητας της πόλης της Μυτιλήνης, όπως και κάθε σχεδόν πόλης (Ο.Α.Σ.Π. 1987, 1988, 1994/1998), αποτελεί μία ιδιαίτερα σύνθετη διαδικασία. Η συνθετότητα αυτή απορρέει πάνω από όλα, από την ίδια την ιδιομορφία της δομής της πόλης, που έχει ως βασικό της χαρακτηριστικό τις μεγάλες ανισοκατανομές των χρήσεων γης και της ένταση της οικιστικής ανάπτυξης. Η πόλη στην ουσία πολώνεται μεταξύ του βορείου και νοτίου τμήματος. Το πρόβλημα όμως ως προς τις χρήσεις κατοικίας επικεντρώνεται στο Νότιο τμήμα της πόλης. Επιλέον το κέντρο της Μυτιλήνης συνθέτει την εικόνα μίας πυκνοδομημένης σχετικά περιοχής που έχει αναπτυχθεί πάνω στον παραδοσιακό/ ιστορικό ιστό. Περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία κτηρίων όσον αφορά στην ηλικία τους, το είδος της κατασκευής και εν μέρει τον αριθμό των ορόφων. Ενδεικτικά μία από τις πρώτες συσχετίσεις που πραγματοποιήθηκαν μέσω της βάσης δεδομένων και που αντικατοπτρίζουν μία έντονη συνθήκη τρωτότητας είναι αυτή μεταξύ της ηλικίας του κτηριακού αποθέματος, του συντελεστή δόμησης (θεσμοθετημένου και πραγματοποιημένου) με την πληθυσμιακή πυκνότητα ανά οικοδομικό τετράγωνο. Βασικό στοιχείο τρωτότητας, που αναδεικνύεται (με όλες τις επιφυλάξεις που απορρέουν από την περιορισμένη ακρίβεια των διατιθέμενων στοιχείων) είναι ότι πολλά παλαιάς ηλικίας οικοδομικά τετράγωνα συγκεντρώνουν υψηλές πυκνότητες, κυρίως στην περιοχή του κέντρου. Επιλέον οι εκτός του κέντρου πυκνοδομημένες περιοχές χαρακτηρίζονται ως επί το πλείστον από έναν άκρως προβληματικό περιβάλλοντα χώρο και ιδιαίτερα κακή συσχέτιση τους με το οδικό δίκτυο (χάρτης 1). Επιγραμματικά, ο άξονας επομένως μίας μακροπρόθεσμης στρατηγικής αντισεισμικής θωράκισης της πόλης θα πρέπει κατά προτεραιότητα να στοχεύει στη μείωση των υψηλών πυκνοτήτων που χαρακτηρίζουν τετράγωνα με χαμηλό Σ.Δ., ενώ αντίστοιχα να εξαλειφθούν και οι ακραίες εκείνες περιπτώσεις που οι υψηλοί Σ.Δ. συνοδεύονται και από πολύ υψηλές πληθυσμιακές πυκνότητες.

## Κρίσιμες και Τρωτές Λειτουργίες

Στην συνέχεια η προσοχή επικεντρώνεται στην ανάλυση των κρίσιμων (περίθαλψη και λειτουργίες υγείας, διοικητικές λειτουργίες έκτακτης ανάγκης λειτουργίες επικοινωνίας- πληροφόρησης) και τρωτών λειτουργιών (λειτουργίες υψηλής συγκέντρωσης πληθυσμού, λειτουργίες με ιδιόμορφη φύση της κατοχής του χώρου, οικονομικές, διοικητικές και πολιτισμικές λειτουργίες) της πόλης (Delladetsima 1997) της Μυτιλήνης.

Προβάλλει η κατ αρχήν η υπερσυγκέντρωση των τρωτών λειτουργιών στην ιδιαίτερα φορτισμένη (από πλευράς πληθυσμιακών πυκνοτήτων και κυκλοφοριακού όγκου) κεντρική περιοχή. Αντίθετα η μερική διασπορά των κρίσιμων λειτουργιών σε όλη την έκταση της πόλης θα μπορούσε να ήταν και θετικό στοιχείο, το οποίο όμως αναιρείται από το άκρως προβληματικό οδικό δίκτυο και την ελλιπή μεταφορική υποδομή (χάρτης 2,3,4). Η χωροθετική αυτή αντίφαση συνθέτει ένα πρωταρχικό εμπόδιο στις δυνατότητες παροχής βοήθειας και δράσης των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης. Θα πρέπει επομένως να αποτελέσει προτεραιότητα του Δήμου και άλλων φορέων η σταδιακή μεταφορά υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης σε περιμετρικές περιοχές και σε οδικούς άξονες που εξασφαλίζουν τη καλύτερη δυνατή πρόσβαση στο κέντρο και άλλες περιοχές της πόλης. Προτείνεται δηλαδή σε μακροσκοπική βάση ή χωροθετική ανάπτυξη των κρίσιμων λειτουργιών σε συνάρτηση με βασικούς οδικούς άξονες, ώστε να εξασφαλίζεται μία μόνιμη και απρόσκοπτη φυσική επικοινωνία (π.χ. νοσοκομειακή μονάδα με χώρους παροχής βοήθειας κ.ο.κ.). Επιπλέον για το σύνολο των εγκαταστάσεων και κτηρίων των κρίσιμων-τρωτών λειτουργιών της πόλης είναι απαραίτητο να συστηματικοποιηθεί προλη-



πτικός στατικός και λειτουργικός έλεγχος. Προτεραιότητα θα πρέπει να δοθεί στις λειτουργίες εκείνες που εμφανίζονται με διπλή ή και τριπλή σημασία. Οι λειτουργίες εκπαίδευσης για παράδειγμα, μπορούν να χαρακτηρισθούν τόσο ως χώροι παροχής βοήθειας, όσο ως χώροι συγκέντρωσης πληθυσμού ή/ακόμα ως λειτουργίες με ιδιόμορφη φύση της κατοχής του χώρου. Το ίδιο ισχύει και για τα γήπεδα-αθλητικές εγκαταστάσεις, που αποτελούν χώρους καταφυγής ή/και καταυλισμού, αλλά συγχρόνως συνιστούν λειτουργίες υψηλής συγκέντρωσης πληθυσμού τουλάχιστον για κάποιες ώρες του εικοσιτετραώρου η/και της εβδομάδας. Τέλος για κάθε κατηγορία κρίσιμων και τρωτών λειτουργιών θα πρέπει να καθορισθεί χώρος μετεγκατάστασης καθώς και διαδικασία μετεγκατάστασης.

### Το Δίκτυο Έκτακτης Ανάγκης

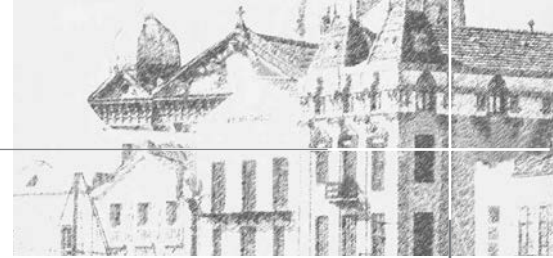
Ενας άλλος παράγοντας αύξησης τρωτότητας της πόλης είναι η απουσία ενός αποτελεσματικού δικτύου έκτακτης ανάγκης. Η έννοια "πολεοδομικού δικτύου έκτακτης ανάγκης", υπονοεί μία δυναμική και κρίσιμη σχέση μεταξύ:

- A. του δομημένου χώρου
- B. του οδικού και πεζοδρομικού δικτύου και
- Γ. των ελεύθερων χώρων στην πόλη (χώροι πρασίνου, αθλητικά γήπεδα και στάδια, διάφοροι άλλοι ελεύθεροι χώροι, περιαστικοί χώροι πρασίνου, αγροτική γη κ.α.)

Σκοπός ενός τέτοιου του δικτύου είναι η εξασφάλιση μίας ασφαλούς και σύντομης των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης σε πληγείσες περιοχές καθώς και τη μετακίνηση - μεταφορά του πληθυσμού σε χώρους εκτόνωσης (Ο.Α.Σ.Π. 1994) κατά την έκτακτη περίοδο. Πρόκειται στην ουσία για μία προσπάθεια προσαρμογής των υφιστάμενων στοιχείων της πόλης στις ανάγκες/ ζήτηση της έκτακτης περιόδου. Κατά συνέπεια για τη μείωση της τρωτότητας της πόλης προέχει και ο σχεδιασμός του Δικτύου Έκτακτης Ανάγκης. Η όλη παρέμβαση για το Σχεδιασμό του Δικτύου Έκτακτης Ανάγκης μπορεί να διαρθρωθεί σε δύο επίπεδα μάκρο (που καλύπτει το ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα) και μικρο (που καλύπτει μικρές πολεοδομικές ενότητες ή/και οικοδομικά τετράγωνα).

Όσον αφορά στο πρώτο επίπεδο σχεδιασμού –το μάκρο επίπεδο- κύρια επιλογή είναι η ενίσχυση και προστασία των βασικών οδικών αξόνων της πόλης που αποκτούν αυξημένη σημασία σε μία πιθανή έκτακτη κατάσταση. Ο εντοπισμός των αξόνων προκύπτει σε άμεση συνάρτηση με τις εισόδους της πόλης (λιμάνι, αεροδρόμιο, επαφή με την ενδοχώρα του νησιού) και το πρωτεύον οδικό δίκτυο. Από τη συσχέτιση όλων των πιθανών διαδρομών, προκύπτουν τα τμήματα εκείνα του οδικού δικτύου που χρειάζονται ειδική ρύθμιση, καθότι είναι αυτά που θα δεχθούν και το κύριο βάρος των της κίνησης από το του συνολικού δυναμικού των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης, καθώς και του πληθυσμού. Οι στρατηγικοί αυτοί άξονες θα πρέπει να αποτελέσουν αντικείμενο σχεδιασμού και ενίσχυσης τόσο προσεισμικά, όσο και μετασεισμικά. Ενδεικτικά για την περίπτωση της Μυτιλήνης, τα μέτρα που προτείνονται για το σύνολο των προαναφερθέντων αξόνων και οδών είναι:

- Έλεγχος της στάθμευσης
- Έλεγχος των προσόψεων των κτηρίων για την αποφυγή τραυματισμών από τη πτώση δομικών στοιχείων, διακοσμητικών στοιχείων, διαφημιστικών πινακίδων κ.α.
- Διαμόρφωση πεζοδρομίων (όπου δεν υπάρχουν)
- Απαγόρευση (σταδιακά) της κάθετης ανάπτυξης χρήσεων προς τον οδικό άξονα
- Δημιουργία λωρίδας κυκλοφορίας έκτακτης ανάγκης όπου αυτή είναι δυνατή.



- Τοποθέτηση ειδικής σήμανσης που να ενημερώνει για το ρόλο του άξονα και την αποτροπή της χρήσης του από πεζούς, τον περιορισμό της χρήσης του από οχήματα που μπορούν να προκαλέσουν εμπόδια στην κίνηση των οχημάτων έκτακτης ανάγκης.
- Έλεγχος, στατική ενίσχυση και λειτουργική βελτίωση των κρίσιμων κομβικών σημείων. Τα κρίσιμα κομβικά σημεία είναι:
  1. Τα κομβικά σημεία επαφής των "εισόδων- εξόδων" (λιμάνι, αεροδρόμιο)
  2. Τα κομβικά σημεία επαφής των κρίσιμων λειτουργιών, (νοσοκομειακή μονάδα, στρατιωτικές μονάδες, σταθμός ηλεκτρικής ενέργειας).
  3. Τα κομβικά σημεία επαφής των τρωτών λειτουργιών (δεξαμενές καυσίμων, ιστορικά μνημεία).
  4. Τα σημεία επαφής στα οποία συγκλίνουν τρεις τουλάχιστον οδικοί άξονες.

Τα ειδικότερα δε μέτρα που περιλαμβάνονται εδώ είναι:

- Έλεγχος και στατική ενίσχυση των σημείων επαφής του οδικού δικτύου
- Σε κάθε κόμβο διαμόρφωση εναλλακτικών διαδρομών που να εξασφαλίζουν τη σύνδεση με το κυρίως οδικό δίκτυο
- Λήψη μέτρων διευθέτησης της κυκλοφορίας και καθορισμού εναλλακτικών διαδρομών σε άλλα κρίσιμα κομβικά σημεία.
- Επιλογή και οργάνωση των Χώρων καταφυγής, Χώρων παροχής βοήθειας και Χώρων καταυλισμού.

Η παρέμβαση τώρα σε μικρό επίπεδο θα πρέπει να συγκροτηθεί δεχόμενοι ως μονάδα σχεδιασμού τους καθορισμένους χώρους καταφυγής (Χάρτης 5) με τις αντίστοιχες ακτίνες επιρροής (περίπου 250μ). Περιλαμβάνει δε τα εξής βήματα ή φάσεις:

- Σε κάθε ενότητα σχεδιασμού θα πρέπει να γίνει αναλυτική αποτύπωση του βασικού ελεύθερου χώρου (καταφυγής έκταση, συνθήκες, προδιαγραφές) και της άμεσα περιβάλλουσας περιοχής όσον αφορά στις χρήσεις γης και την κυκλοφοριακή φόρτιση.
- Αποτύπωση άλλων ελεύθερων χώρων (μικρότερης έκτασης) στην περιοχή (π.χ. ακάλυπτοι, μικρές πλατείες, χώροι στάθμευσης, αδόμητα οικοπέδα κ.α.).
- Απογραφή (είτε δειγματοληπτικά είτε συνολικά ανάλογα με τα χαρακτηριστικά και τις επικρατούσες συνθήκες στην κάθε ενότητα σχεδιασμού) της πληθυσμιακής φόρτισης σε επίπεδο κτηρίου ή οικοδομικού τετραγώνου κατά τις διάφορες ώρες του 24ώρου.
- Εξέταση της κατάστασης του πεζοδρομικού και οδικού δικτύου και προτάσεις βελτιωτικών παρεμβάσεων.
- Καθορισμός πορειών ασφαλούς πρόσβασης στους χώρους καταφυγής με παράλληλο έλεγχο των κτηρίων που βρίσκονται επί των πορειών αυτών (γιά την αποφυγή τραυματισμών από την πτώση δομικών στοιχείων, διακοσμητικών στοιχείων, διαφημιστικών πινακίδων κ.α.)
- Ανάπτυξη διαδικασίας καθορισμού πορειών ασφαλούς πρόσβασης. Με την διαδικασία αυτή δεχόμαστε ως «σημεία εκκίνησης» τις εισόδους των κτηρίων που περιλαμβάνονται στην ακτίνα επιρροής κάθε ελεύθερου χώρου (ή χώρου εκτόνωσης). Ως σημεία προορισμού θεωρούνται τα σημεία της περιμέτρου του κάθε ελεύθερου χώρου(βλ. Χάρτη...). Είναι αυτονόητο ότι για τις εν λόγω πορείες μπορούν να εφαρμοσθεί μία δέσμη μέτρων προστασίας όπως:

1. Έλεγχος της στάθμευσης

2. Έλεγχος των προσόψεων των κτηρίων για την αποφυγή τραυματισμών από την πτώση δομικών και διακοσμητικών στοιχείων, διαφημιστικών πινακίδων κ.α.
3. Διαμόρφωση πεζοδρομίων (όπου δεν υπάρχουν)
4. Τοποθέτηση ειδικής σήμανσης για πορείες διαφυγής
5. Κυκλοφοριακή διευθέτηση, πεζοδρομήσεις και περιορισμός της χρήσης της κάθε 'πορείας' από οχήματα που μπορούν να προκαλέσουν εμπόδια στην κίνηση των πεζών και των οχημάτων έκτακτης ανάγκης.
6. Έλεγχος, στατική ενίσχυση και λειτουργική βελτίωση των κτηρίων του σε κάθε πορεία διαφυγής
7. Έλεγχος της έντασης των χρήσεων κάθε κτηρίου (πυκνότητες) κατά τις πρωινές και βραδυνές ώρες.
8. Τοποθέτηση ενημερωτικών πινακίδων και σημάτων αφορικά με τις πορείες διαφυγής και τη χρήση Ι.Χ. και άλλων οχημάτων.

### Καταλητικά Σχόλια

Το σύνολο πάντως των θεμάτων που εντοπίστηκαν στην συγκεκριμένη αυτή ενότητα θα πρέπει να αποκτήσουν και μία σαφή διάσταση ενημέρωσης για τον πληθυσμό και τις σχετικές υπηρεσίες και φορείς της πόλης. Πιο συγκεκριμένα ο ρόλος του οδικού και πεζοδρομικού δικτύου, η λειτουργία των ελεύθερων χώρων ως χώρων εκτόνωσης (όπως εξειδικεύονται σε χώρους καταφυγής χώρους παροχής βοήθειας και χώρους καταυλισμού), η διακινδύνευση από πιθανή αστοχία ή αδυναμία λειτουργίας κρίσιμων και τρωτών λειτουργιών, θα πρέπει να αποτελέσουν αντικείμενο ειδικής σήμανσης και ενημερωτικής πολιτικής στα πλαίσια του γενικότερου σχεδιασμού αντισεισμικής προστασίας της πόλης.

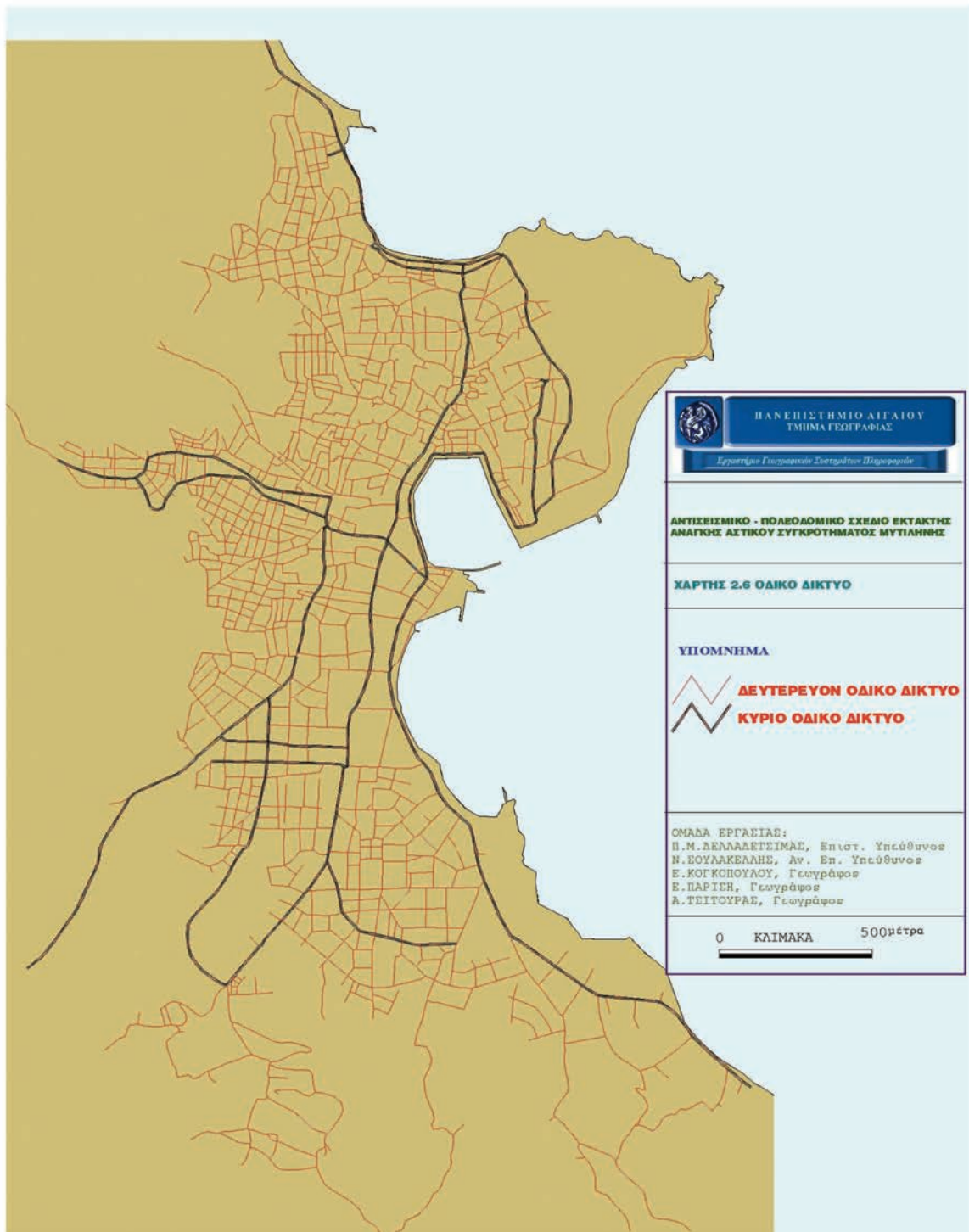
Τέλος το στοιχείο που ακόμα προβάλλει από τη μελέτη της Μυτιλήνης είναι η ανάγκη επικαιροποίησης των σχετικών με το θέμα της αντισεισμικής προστασίας μελετών (Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λέσβου 1999), καθώς και προώθησης της διαδικασίας εφαρμογής τους. Η επικαιροποίηση θα πρέπει να συντελεσθεί σε συνάρτηση με: (α) τα νέα δεδομένα που χαρακτηρίζουν την εξέλιξη της πόλης (επεκτάσεις, ένταση και κατανομή των χρήσεων γης) (β) τις οργανωτικές/ θεσμικές μεταβολές που έχουν κατά καιρούς λάβει χώρα, αλλά και (γ) την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων που παρέχει η σύγχρονη τεχνολογία. Επιπλέον, μετά από τις επαφές και συνεντεύξεις της ομάδας μελέτης με στελέχη των διαφόρων φορέων της πόλης, φαίνεται ότι το ζήτημα της αντισεισμικής προστασίας περιορίζεται, ως αντίληψη αρμοδιότητας και δράσης, μόνο στους φορείς και υπηρεσίες που εμπλέκονται άμεσα με το όλο θέμα (Νομαρχική Αυτοδιοίκηση/ Υπουργείο Αιγαίου, Πυροσβεστική Υπηρεσία, ΕΚΑΒ) και αυτό αποσπασματικά. Απουσιάζει γενικά η αντίληψη «ασφάλειας» και η επαρκής ενημέρωση άλλων φορέων που δεν έχουν μια τόσο άμεση αλλά οπωσδήποτε καθοριστική εμπλοκή (π.χ. Τεχνικές Υπηρεσίες Δήμου Νομαρχίας) στην πολιτική αντισεισμικής προστασίας. Η λογική δε μίας πιθανής ενεργοποίησης και ένταξης σε πρόγραμμα κοινής δράσης όλων των φορέων της πόλης είναι περίπου ανύπαρκτη. Δεν υπάρχει δηλαδή μία διαρκής ή/και άμεση αλληλοενημέρωση των διαφόρων φορέων μεταξύ τους για τις πρωτοβουλίες που καθένας αναπτύσσει ξεχωριστά.



## Βιβλιογραφία

- Delladetsima P.M. (1997), "Vulnerability and Seismic Safety Planning", European Union Workshop on Civil Protection in Urban Areas, European Commission, Lisbon Municipal Service on Civil protection.
- Mejia-Navarro M. and Garcia L.A. (1995), "Integrated Planning Decision Support System", Integrated Planning Decision Support Group, Colorado State University.
- Ministero della Protezione Civile: Italia 1992, "D.L. 225/10/2/92"
- Polovinichik I., F.; Klyachko, M. A.; Koff, G. L. 1995, "Development of Geoinformational System (GIS) for Analysis and Management of Seismic Risk on the Urban Areas", Proceedings, 10th European Conference on Earthquake Engineering, A. A. Balkema, Rotterdam, Vol. 2.
- Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λέσβου (1999), "Σχέδιο Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών: Σεισμοί-Συνθηματική Λέξη Ξενοκράτης", Προσθήκη 1, Μυτιλήνη.
- Ο.Α.Σ.Π. (1987), Ομάδα Εργασίας "Σεισμοί Καλαμάτας: Επιπτώσεις Αντιμετώπιση", Αθήνα, Ο.Α.Σ.Π.
- Ο.Α.Σ.Π. (1988) Ζαφειρόπουλος Γ., Ιωαννίδης Κ, Κυριαζής Ε., Σαπουντζάκη Κ., "Κωδικοποίηση Σχεδίου Εκτακτης Ανάγκης", Αθήνα.
- ΟΑΣΠ (1988), "Επιχειρησιακή σχεδίαση για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων των Σεισμών σε Επίπεδο Νομού"
- Ο.Α.Σ.Π. (1994) Δελλαδέτσιμας Π., Γιακουμή Μ., "Προδιαγραφές Χώρων Συγκέντρωσης Πληθυσμού σε Περίπτωση Σεισμού", Αθήνα.
- Ο.Α.Σ.Π. (1994), "Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κρίσιμων Επιχειρήσεων Εκτακτης Ανάγκης", Αθήνα.
- ΟΑΣΠ (1998), "Κατευθύνσεις για την αναβάθμιση του αντισεισμικού σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης στην πόλη της Πάτρας: Οργανωτικές και Πολεοδομικές Διαστάσεις", Ερευνητικό προγράμμα, DG ΧΙΕ.Ε.
- Πανεπιστήμιο Αθηνών/ Πανεπιστήμιο Αιγαίου/Υπουργείο Αιγαίου (1998), Δ. Παπανικολάου, Δελλαδέτσιμας Π., κα., "Αντισεισμική Προστασία Νήσων Αιγαίου", Αθήνα.
- Πανεπιστήμιο Αιγαίου/ ΟΑΣΠ (1997), (επ. υπευθ. Π. Δελλαδέτσιμας)"Επιχειρησιακό σχέδιο έκτακτης ανάγκης Δήμου Ηρακλείου για Αντιμετώπιση σεισμικών καταστροφών".
- ΥΠΕΧΩΔΕ (1992), "Σχέδιο Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών που Προέρχονται από Σεισμούς", Αθήνα.

## MAP 1: ROAD NETWORK ΧΑΡΤΗΣ 1: ΤΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ







## MAP 2: CRITICAL FUNCTIONS DISTRIBUTION ΧΑΡΤΗΣ 2: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ



### MAP 3: VULNERABLE FUNCTIONS DISTRIBUTION ΧΑΡΤΗΣ 3: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΡΩΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ





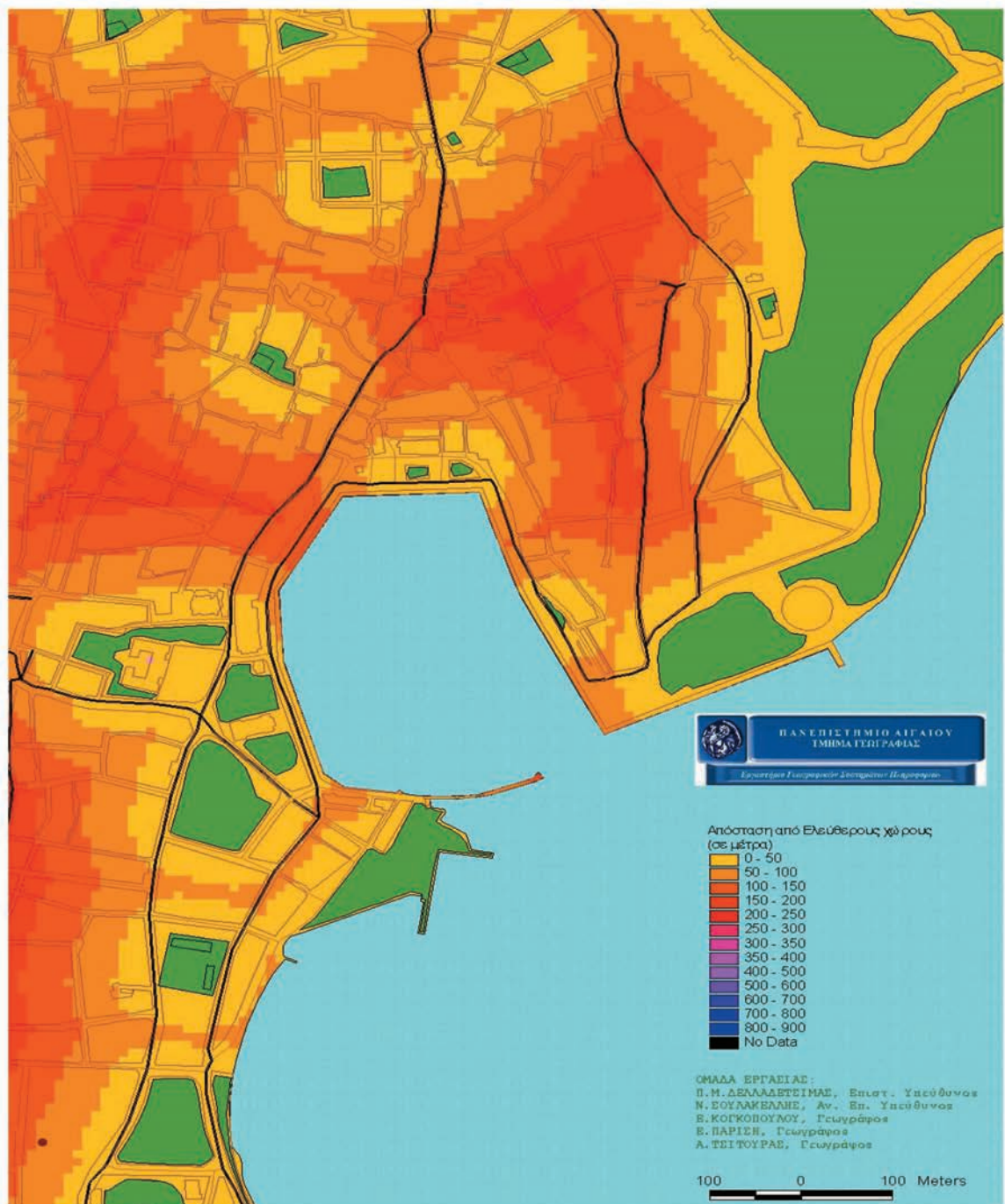


**MAP 4: VULNERABLE FUNCTIONS DISTRIBUTION**  
**ΧΑΡΤΗΣ 4: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΡΩΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ**





### MAP 5: OPEN SPACES CATCHMENT AREAS ΧΑΡΤΗΣ 5: ΑΝΟΙΚΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ





# Vulnerability Analysis of the Aegean Urban Setting: The Case of Mytilini

**P. M. Delladetsimas**, *As. Prof. U.AE.*, **N. Soulakellis**, *As. Prof. U.AE.*  
**E. Kogopoulou**, *Geographer PHD scholar*, **A. Tsitouras**, *Geographer U.AE.*

## Introduction

A core element that makes the case of the Aegean Archipelagos a unique paradigm in vulnerability analysis and seismic safety policy is (among others) is the highly diversified urbanization process that characterizes the entire island setting. (University of Athens-Ministry of the Aegean 1998). Particularly revealing is for instance, the intense development that has been occurring in many island towns and cities. Many towns, have been experiencing high rates of growth by absorbing migration flows from their hinterlands; others by absorbing inter-island population flows etc. At the antipode there are island towns faced with escalating abandonment and decline conditions. Undoubtedly the terms and conditions defining the pattern and intensity of development of an island urban system vary a lot on a case-to-case basis. There are cases for example of island cities that have managed to establish a new role in regional development through the diversification and intensification of "historic" trends with respect to their rural hinterlands; there are others that their developmental pattern has been founded on accessibility advantages gained through improvements in transportation infrastructure (ports, airports, modern high speed ships). The same applies for investments that have taken place in sectors like energy, education (e.g. university institutions), and also for changes in the administrative structure of islands. Of particular relevance in terms of their developmental dynamics of are islands cities that tend to assume a gravitating role as on tourist destinations. Whilst, irrespective of the different developmental and urbanisation patterns that characterize the contemporary Aegean urban setting, one needs to highlight as potential condition the emergence of a "new urban island spatial structure". This spatial structure -among others- is constantly shaping an array of different urban typologies.

The making of this new urban island spatial structure embodies also different vulnerability conditions in time and space. We are dealing here therefore with forms of vulnerability have to do, not only with geological and physical characteristics and the quality and age of the building assets, but also with others such as land-use and density distribution, the relationship between the historic centres and urban sprawl, the distribution and location of emergency infrastructure (fire stations, police stations, hospitals etc), capacity of the road network and transport infrastructure to meet emergency demands etc. (Mejia-Navarro-Garcia 1995, MPC 1992, Polovinchik et al 1995).

Our research group has already studied a number of cities of the Aegean Archipelagos in terms of vulnerability analysis and seismic safety planning. The studies that have been completed are for the cities of: Heraklion (Crete), Kos (island of Kos), τη Chios (island of Chios) and the villages of the island of Nissyros. In the context of this presentation we would like however to concentrate our attention to the city of Mytilini which is hosting us. This presentation constitutes a synthesis of the main findings and proposals from a relative research programme that has been completed in March 2000. The research group has effectuated a number field works and surveys and subsequently has designed and constructed a data basis and seismic vulnerability map of the city. All these have led to

the delineation of an appropriate seismic safety / urban planning policy for the city of Mytilini (island of Lesbos). The key elements on which the vulnerability analysis of the city has been structured (University of the Aegean / EPPO 1997) are the following:

- General development pattern and urban vulnerability
- Critical and Vulnerable functions
- The Emergency Response Network

### **The General Development Pattern of the City and Urban Vulnerability**

Vulnerability analysis for the city of Mytilini as in any other urban context (EPPO 1987; 1988;1994;1998) is a highly complex process. This complexity derives above all from the particularity of the urban structure itself; defined by major irregularities of land-use distribution and land-use intensity patterns. The city is determined by a highly polarized structure between the northern and the southern part. A major housing problem in terms of building quality seems to be concentrating in the southern part of the city. Moreover, the historic city-centre of Mytilini reflects a high-density developmental pattern that has occurred on the old aged building fabric. It contains an immense variety of building typologies with respect to their age, their construction types, their floor numbers and heights etc. Just to give an indication, the preliminary correlations that have been effectuated -based on data contained in the designed data base- revealed a critical vulnerability condition stipulated by the high age levels of the built-up fabric, the high plot ratios and the high densities per building block. In other words, it could be argued especially a vulnerability condition in the central areas of the city, is that older and poorly maintained building blocks tend to concentrate the highest population densities of the agglomeration. In addition some peripheral suburban areas, that are characterized by relatively new buildings, with high population densities, tend to develop within an exceedingly problematic surrounding space and road network (map 1). Briefly there does appear as a prime long-term seismic safety policy priority, the necessity to reduce of high densities of building blocks with low plot ratios. In parallel to that there is also a necessity to alleviate those extreme cases blocks where high plot ratios correlate to extremely high population densities.

### **Critical and Vulnerable Functions**

Our attention now concentrates on the analysis of other two highly important vulnerability parameters (Delladetsima 1997): a) the critical functions (first aid and health care provision services; strategic administration and emergency units; communication and information services; energy sources and life line systems) and b) the vulnerable functions of the city (namely those typified by: i. high population concentration in day time and night time hours like educational buildings, major retail units, theatres, cinemas etc., ii. particular occupation patterns like detention institutions, psychiatric clinics, elderly care-centres, primary schools etc. iii. increased potential to produce multiplier disaster effects like gas stations, energy installations, electric power stations etc., iv. by their importance as economic major administrative and cultural institutions).

There does appear for instance an overwhelming concentration of vulnerable functions in the already congested (in terms of population - building densities and traffic volumes) central areas. Contrary to that there is a relative dispersal of critical functions in the entire city area (maps: 2,3,4). The dispersal of critical functions in some respects could be considered (potentially) as a positive policy condition, but in this case is unfortunately overturned by the highly problematic road



network and the deficiencies in transport infrastructure. This locational contradictory condition (concentration of vulnerable functions in the congested city-centre and the dispersal of critical functions but within a bad quality road network) defines a primary obstacle for any action in a potential emergency policy and mobilization. Thus, another policy priority for the city of Mytilini could be the gradual relocation of critical functions (and their relative infrastructure) in peripheral areas; preferably in areas that could "guarantee" easy and safe accessibility to the city centre and to some suburban zones of the agglomeration. In other words there is a need to proceed towards a systematic locational and betterment policy of all critical functions vis a vis the main road network. This would allow for instance the consolidation and safeguarding of functional and physical connections between various critical structures of the city (e.g. between the hospital unit and the other areas designed to operate as First Aid Provision Areas in case of an emergency). In addition the research programme has revealed an urgent need to proceed with a structural and operational control of all buildings hosting critical and vulnerable functions. Priority must be given to those functions that assume a dual or triple importance. Educational buildings for example could be designated as spaces that emergency help can be provide in case of a disaster; could also be designated as Refuge Shelter Areas; while at the same time constitute by definition vulnerable functions (with high population concentration and/or with particular occupation patterns). The same applies with the sports installations of the city, that could well be designed to operate as Refuge Shelter Areas and as First Aid Provision Areas, but at the same time are constitute high population concentration (and therefore vulnerable) areas. Finally the programme also revealed a need to define for each critical and vulnerable function category a provisional relocation-site and relocation strategy.

### **The Emergency Network**

Another vulnerability parameter affecting the conditions of the city of Mytilini is the (lack of an effective) Emergency-Evacuation Network. It basically consists of a systematic – planned attempt to adjust existing urban elements to the needs and demand posed by an emergency situation. The notion of an Emergency-Evacuation Network implies the ability of an urban setting that could allow for a dynamic and critical relationship between:

- A. the built-up space
- B. the and pedestrian network and

Γ. the urban open spaces in the city (inner-city open green areas, sports installations and stadiums, suburban open areas, agricultural land etc κ.α.)

The Emergency-Evacuation Network can thus secure a safe and fast: a) conduct of all emergency operations in disaster areas and b) movement – transportation of affected population in appropriately defined refuge areas (EPPO 1994) during an emergency period. The network could be structured according to two basic planning levels: a) a macro level (involving the entire agglomeration) and b) micro level (neighborhood or urban block). Such network however, does not exist in Mytilini as a purposive attempt. Thus it could be argued that for the city of Mytilini vulnerability reduction implies among others the necessity to create an effective Emergency-Evacuation Network.

With respect to the first level (macro) of planning there does appear as an urgent priority: the structural consolidation and protection of all basic road routes that assume increased importance in



case of an emergency (strategic axes). These routes are for instance those that constitute critical links between the road network and:

- the main transport infrastructure (ports, airports, railway stations, bus stations etc.)
- the critical functions (e.g. hospitals, police and fire stations, education establishments etc.)
- the vulnerable functions (power stations, gas stations, high population concentration uses)
- the road network and the refuge evacuation areas (e.g. open spaces).

It is evident that all these routes require particular attention as structural and planning entities since they potentially receive most of the traffic burden generated by the emergency services actions and by the population itself. Just to give an indication the research programme has identified the following measures that need to be implemented on each strategic axis of the city:

- Parking control
- Building facades control for the stability of decorative or advertising elements (to avoid injuries from possible fall of materials during an emergency) etc.
- Side-walk improvements
- Land – use and intensity of development control of all sites adjacent to the strategic axes.
- Creation of an emergency vehicle lane.
- Installation of emergency information signs.
- building structural and dynamic control of all critical nodal links, that is:
  1. Nodal links with the city's "entries- exits" (port, airport).
  2. Nodal links with city's critical functions, (hospital, military camps, police station, power station).
  3. Nodal links with city's vulnerable functions (fuel tanks, educational buildings, historical buildings).
  4. City transport nodes to which they converge at least three primary network roads.

Additional measures could be implemented specifically for the critical nodal links such as:

- Structural control and consolidation of the node if necessary.
- Creation of alternative routes for by passing the node in case of an emergency.
- Design of appropriate organisational and regulatory measures to be implemented on each node during the an emergency period.
- Site selection and creations of: Refuge Shelter Areas, First Aid Provision Areas and Long Term Shelter Provision Areas.

Moreover, seismic safety planning policy at a micro urban level is structured assuming as the basic "planning entity" the designated Refuge Shelter Area (map5), with its respective catchment area (approximately 250m). Thus, the following methodological steps can be taken on:

I. Every open space in the inner city, is controlled (through a detailed on the ground survey) and if it complies to certain safety, dimensional and functional standards it will be designated as a Refuge Shelter Area.



II. The designation of Refuge Shelter Areas in the city is then followed by the delimitation of their "catchment areas". Each Refuge Shelter should encompass a catchment area of approximately 250m radius.

III. All catchment areas in the inner city surface are then mapped allowing for the identification of certain "accessibility vacuums" of the various urban zones to Refuge Shelters.

IV. Due to the differences in the distribution and intensity of uses in the urban fabric, alternative radiuses can be examined (300m, 400m, 500m) and presented in the form of isochoric curves. The aim here is to define catchment areas adjusted to the conditions of each urban zone. One should take into account for example the relatively lower densities and plot ratios of the peripheral areas, compared to those of the CBD.

III. Subsequently the capacity of each refuge space can be evaluated, by correlating its size (m<sup>2</sup>) with the population densities of its catchment area (considering as a maximum permanence period within a refuge area two (2) days and 2 m<sup>2</sup> the minimum necessary space per person).

IV. At the final stage the process involves the identification and designation of the evacuation routes. Based on the 1/1000 (or 1/500) scale, and assuming as "departure points" the building entrances (registered and marked through specific empirical work) and as "arrival points" the perimeter the refugee area, a "short path" approach is applied. The roads, that accumulate the higher density of paths, constitute a first priority evacuation routes.

It is clear that in order to reduce the vulnerability of such priority routes, a variety of planning measures can be implemented. Some of these measures could be:

- increased traffic control measures
- parking control
- building structural and dynamic control
- control of population densities it day time and night time hours (according to floor uses)
- land use control
- building facades control for the stability of decorative or advertising elements (to avoid injuries from possible fall of materials during an emergency) etc.
- Installation of emergency information signs.

## **Concluding Remarks**

All the aforementioned should also be dealt also as a major information issues involving all public agencies (local regional central), NGOs etc operating in the city and the population itself. More particularly, a disaster mitigation policy for the city implies by definition the need to develop a specific information (and educational) strategy that can involve issues like: the role of the road and pedestrian network, the operation of open spaces in a potential seismic disaster situation (designated as Refuge Shelter Areas, First Aid Provision Areas and Long Term Shelter Provision Areas), the risks arising from a potential failure of critical and vulnerable functions etc.

There is also an urgent need to adjourn seismic safety policy in all its aspects (Prefecture of Lesvos 1999) and/or to speed up the implementation process. Such an adjournment should be effectuated I relation to: (b) the new developmental trends experienced by the city (urban sprawl , intensity of use, land use distribution changes) (b) the organisational and institutional changes that

have been taking place (c) the advantages that are being offered in the field by information technologies.

In addition the interviews and field-work effectuated by the research group have revealed that the issue of seismic safety –as a major task, competence and action- is confined (and in a very disjointed manner) only to the directly involved institutions and departments (e.g. Prefecture of Lesvos, Ministry of the Aegean, Fire Department, Ambulance Service Department, Police etc.). On the whole the institutional structure of the city does not share a common idea of «safety». This applies also to departments that their involvement is not direct but still highly critical in seismic safety policy (e.g. Technical and Planning Departments of the Municipality and the Prefecture). Any notion of joint action and information – knowledge sharing is virtually absent.

## References

- Delladetsima P.M. (1997), "Vulnerability and Seismic Safety Planning", European Union Workshop on Civil Protection in Urban Areas, European Commission, Lisbon Municipal Service on Civil protection.
- Mejia-Navarro M. and Garcia L.A. (1995), "Integrated Planning Decision Support System", Integrated Planning Decision Support Group, Colorado State University.
- Ministero della Protezione Civile: Italia 1992, "D.L. 225/10/2/92"
- Polovinchik I., F.; Klyachko, M. A.; Koff, G. L. 1995, "Development of Geoinformational System (GIS) for Analysis and Management of Seismic Risk on the Urban Areas", Proceedings, 10th European Conference on Earthquake Engineering, A. A. Balkema, Rotterdam, Vol. 2.
- Prefecture of Lesvos (1999), "Emergency Plan: Xenocrates", (in Greek), Section 1 Earthquakes, Mtyilini.
- E.P.P.O. (1987), Working Group "Kalamata Earthquakes: Impact Mitigation" (in Greek), Athens.
- E.P.P.O (1988) Zafiropoulos G., Ionanides C., Kyriazis E., Sapountzaki K., "Codification of the Emergency Plan", (in Greek), E.P.P.O .Athens.
- E.P.P.O (1988), "Operational Design to Meet Seismic Disaster Effects at the Prefecture Level", E.P.P.O .Athens.
- EPPO, Delladetsima P.M.-Giakoumi M., 1994, "Guidelines and Standards for the Use of Open Spaces in Case of Seismic Emergencies", EPPO, Athens.
- EPPO. (1994), "Seismic Safety planning of Critical Function", EPPO, Athens.
- EPPO. (1994), "Seismic Safety Policy Guidelines for the Emergency Planning of the City of Patras: Organisational and Urban Planning Facets", (In Greek), Research Programme, DG XIE.E.
- EPPO/Ministry of the Aegean/ University of Athens/ Un of the Aegean, (1999), "Seismic Safety Policy for the Islands of: Chios-Kos – Nissyros", Athens – Mytilini.
- University of the Aegean / EPPO (1997), (sc. co-ordinator P.M. Delladetsima.), "Operational Emergency Plan of the Municipality of Heraklion for Mitigating Seismic Disasters", (in Greek), EPPO, Athens.
- Ministry of Planning Housing Environment and Public Works (1992), "Plan for Meeting Emergency Needs Arising from Earthquakes", (in Greek), Athens.



## Αντισεισμικός σχεδιασμός και διαχείριση σεισμικού κινδύνου σε νησιωτικές περιοχές

**Μ. Δανδουλάκη**, Αναπληρώτρια Διευθύντρια Ευρωπαϊκού Κέντρου Πρόγνωσης  
και Πρόληψης των Σεισμών και **Π. Μ. Δελλαδέτσιμας**, Επ. Καθ. Πανεπιστημίου Αιγαίου

### Εισαγωγή

Ο αντισεισμικός σχεδιασμός και η διαχείριση κατάστασης έκτακτης ανάγκης σε νησιωτικές περιοχές αποτελεί ένα ιδιαίτερο προς διερεύνηση ζήτημα ανάλυσης και πολιτικής, κυρίως λόγω των εγγενών χαρακτηριστικών (φυσικών, γεωγραφικών, οργανωτικών, διοικητικών) που παρουσιάζουν οι συγκεκριμένες περιοχές. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να επηρεάσουν καθοριστικά το είδος, την έκταση και την ένταση των επιπτώσεων ενός πιθανού σεισμικού συμβάντος. Ως εκ τούτου συνθέτουν και τα πλαίσιο της μετασεισμικής απόκρισης ενός νησιού και επομένως επηρεάζουν καθοριστικά τον αντισεισμικό σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης (Michell 1989). Πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη στον αντισεισμικό σχεδιασμό για τη μείωση των σεισμικών επιπτώσεων, δηλαδή τον αντισεισμικό σχεδιασμό πρόληψης.

Εν κατακλείδι, οι νησιωτικές περιοχές λοιπόν δεν μπορεί να αποτελέσουν αντικείμενο πολιτικής σχεδιασμού με τους ίδιους όρους και κριτήρια που υιοθετούνται για οποιαδήποτε άλλη περιοχή μιας χώρας. Οι νησιωτικές περιοχές δηλαδή, πρέπει να αποτελέσουν ειδική ενότητα σχεδιασμού αντισεισμικής προστασίας, λαμβάνοντας μάλιστα υπόψη και τις σημαντικές διαφορές που τα νησιά παρουσιάζουν μεταξύ τους.

Το πρόβλημα: Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των νησιωτικών περιοχών και αντισεισμικός σχεδιασμός

Από ερευνητική εργασία (Πανεπιστήμιο Αθηνών/ Πανεπιστήμιο Αιγαίου/ Υπουργείο Αιγαίου 1998) εντοπίστηκαν ορισμένες ιδιαιτερότητες των νησιωτικών περιοχών, που φαίνεται να επηρεάζουν καταλυτικά την πολιτική και τα συστήματα αντιμετώπισης μιας έκτακτης κατάστασης από σεισμικό γεγονός. Οι ιδιαιτερότητες που εντοπίστηκαν είναι οι παρακάτω:

I. Τα νησιά παρουσιάζουν ιδιαίτερα προβλήματα προσπελασιμότητας. Αναλυτικότερα, η πρόσβαση σε αυτά είναι δυνατή με μέσα (ακτοπλοϊκά ή αεροπορικά) μη συνεχούς ροής. Τα μέσα αυτά αφ' ενός μεν δημιουργούν φόρτιση ολιγάριθμων σημειακών εισόδων (λιμάνια, αεροδρόμιο), αφ' ετέρου δε δημιουργούν ανάγκες μετεπιβίβασης για τη διάχυση στην ενδοχώρα του νησιού. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η επίδραση των καιρικών συνθηκών στην προσπελασιμότητα του νησιού, πόσο μάλιστα που ιδίως κατά τους χειμερινούς μήνες υπάρχει πιθανότητα αποκλεισμού νησιών, έστω και για μερικές μέρες.

II. Το ισχύον γενικό θεσμικό πλαίσιο έκτακτης ανάγκης για αντιμετώπιση σεισμού (ΥΠΕΧΩΔΕ 1992, Υπ. Εσωτερικών 1997) υιοθετεί ως διοικητικό επίπεδο αναφοράς για το σχεδιασμό και την αντιμετώπιση έκτακτης ανάγκης, τη νομαρχιακή αυτοδιοίκηση. Η ανελαστική αυτή ρύθμιση σε συνδυασμό με προβλήματα πρόσβασης που παρουσιάζουν πολλά από τα νησιά που δεν φιλοξενούν την πρωτεύουσα του νομού, δημιουργεί πρόσθετες δυσχέρειες στην αντιμετώπιση έκτακτων καταστάσεων και συνιστά μια σημαντική παράμετρο που πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό.



III. Η ανθρωπογεωγραφία πολλών νησιών αλλάζει σημαντικά κατά τη θερινή περίοδο λόγω του τουρισμού (εσωτερικού και εξωτερικού) και της επιστροφής των εντοπίων μη μόνιμων κατοίκων. Κατά τους θερινούς μήνες παρατηρείται κατακόρυφη αύξηση του πληθυσμού και αντίστοιχα φόρτιση της μεταφορικής υποδομής και των λειτουργιών του νησιού.

IV. Σε πολλά νησιά ένα μεγάλο ποσοστό του οικοδομικού αποθέματος είναι παλιό και ασυντήρητο, ιδίως σε μικρούς φθίνοντες οικισμούς. Υπάρχουν επίσης αρκετοί οικισμοί που διατηρούν πολεοδομικά και οικοδομικά χαρακτηριστικά (όπως ακανόνιστο και στενό οδικό δίκτυο, ανεπαρκείς ελεύθερους χώρους μέσα στον πολεοδομικό ιστό, ιστορικά κτηριακά σύνολα) που συνδέονται σε αυξημένη σεισμική ευπάθεια και δυσχέρειες στη μετασεισμική απόκριση. Μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις οι οικισμοί αυτοί υφίστανται μεγάλη πληθυσμιακή φόρτιση λόγω τουρισμού, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

V. Η όλη δημογραφική σύνθεση των νησιών κατά κανόνα και κατά περιοχές παρουσιάζει χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη σεισμική ευπάθεια του πληθυσμού, όπως γήρανση του πληθυσμού, μεγάλα ποσοστά εξαρτώμενου πληθυσμού, συγκέντρωση είτε ανισοκατανομή του πληθυσμού, μεγάλο ποσοστό αλλοδαπών ή επισκεπτών που δεν γνωρίζουν τη γλώσσα ή τις τοπικές συνθήκες.

VI. Τέλος παρατηρείται αφενός έλλειψη υπηρεσιών και εξυπηρητήσεων σε πολλά νησιά του Αιγαίου και αντίστοιχα ενισχυμένος ρόλος του στρατού. Τίθεται επομένως εκ των πραγμάτων το ερώτημα κατά πόσον ο ρόλος του στρατού θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη στο σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης για αντιμετώπιση σεισμού. Θα έχει συμβολή τελικά ο στρατός, σε ποιο βαθμό και υπό ποιες προϋποθέσεις;

Αναμφίβολα όλες οι προαναφερθείσες ιδιαιτερότητες, εμπεριέχουν τόσο μία έντονα γεωγραφική διάσταση, όσο και μία επιχειρησιακή/ οργανωτική, που πρέπει να συνδυάζονται. Από ένα τέτοιο συνδυασμό και με το συνακόλουθο εντοπισμό των μεταξύ τους πιθανών σημείων «τριβής» (ή αστοχιών), μπορεί να προσεγγισθεί η ουσιαστικά ο αντισεισμικός σχεδιασμός σε μια νησιωτική περιοχή..

### **Μία πρόταση προσέγγισης του ζητήματος και ανάπτυξη μεθοδολογίας**

Το κυρίως ερώτημα που συνθέτει το όλο πεδίο προβληματισμού για το νησιωτικό χώρο, έχει να κάνει με το κατά το πόσον η εκτίμηση της σεισμικής διακινδύνευσης (δηλαδή η ακριβής εκτίμηση των αναμενόμενων σεισμικών επιπτώσεων και η μελέτη της χωρικής κατανομής τους, με βάση τις πιθανές βλάβες στο δομημένο περιβάλλον) αποτελεί προαπαιτούμενο για τον αντισεισμικό σχεδιασμό. Με άλλα λόγια, κατά πόσον είναι απαραίτητο να βασιστεί ο αντισεισμικός σχεδιασμός σε μια περιοχή σε μια πιθανολογική εκτίμηση των βλαβών στο κτιριακό απόθεμα και στα έργα υποδομής. Ωστόσο, η εκτίμηση της σεισμικής διακινδύνευσης σε μια περιοχή συνδέεται μάλλον με τη δυνατότητα μίας καθολικής παρέμβασης και λήψης μακροπρόθεσμων μέτρων για τη μείωση της τρωτότητας του δομημένου περιβάλλοντος (AREL 1984, ΕΜΠ/ ΥΠΕΧΩΔΕ 1985, ΟΑΣΠ 1998). Συνδέεται δηλαδή με δυνατότητα διαμόρφωσης και εφαρμογής ενός συνολικού, μακροπρόθεσμης απόδοσης και υψηλού κόστους αντισεισμικού σχεδιασμού πρόληψης. Πεποίθησή μας είναι ότι ένας τέτοιος σχεδιασμός δεν είναι σκόπιμο - με βάση τα σημερινά δεδομένα που χαρακτηρίζουν το νησιωτικό χώρο της Ελλάδας- να αποτελέσει το πρώτο βήμα για τον αντισεισμικό σχεδιασμό και ότι πρέπει να προηγηθούν μέτρα άμεσης ή μεσοπρόθεσμης εφαρμογής που έχουν αν κάνουν με το σχεδιασμό και τη ρύθμιση των στοιχείων τα οποία συνθέτουν αυτό που αποκαλούμε «σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης».

Εξ άλλου, μια αξιόπιστη εκτίμηση της σεισμικής διακινδύνευσης, προϋποθέτει εκτός από τη μελέτη της σεισμικής τρωτότητας των κτιρίων και των έργων υποδομής και τη μελέτη της σεισμικής



επικινδυνότητας και των εδαφικών συνθηκών, σε κατάλληλη κλίμακα. Η προϋπόθεση αυτή δεν είχε καλυφθεί στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος.

Ωστόσο, στα πλαίσια μιας γεωγραφικής - επιχειρησιακής προσέγγισης που προτείνεται εδώ, είναι εφικτή και σκόπιμη η ποιοτική συσχέτιση βασικών συστατικών της σεισμικής διακινδύνευσης, ώστε να προκύψει τουλάχιστον μία εικόνα της κατανομής αναμενόμενων σεισμικών επιπτώσεων. Για το σκοπό αυτό εξετάζεται:

1. Η γεωγραφία των εκτεθειμένων σε κίνδυνο στοιχείων του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος (πληθυσμός, κτηριακό απόθεμα, οδικό δίκτυο, οικισμοί).

2. Τα χαρακτηριστικά του που συνδέονται με τη σεισμική τρωτότητα, όπως μεγάλο ποσοστό ευάλωτων ομάδων πληθυσμού, γηρασμένο κτηριακό απόθεμα, φθίνοντες οικισμοί, προβλήματα στο κύριο οδικό δίκτυο.

Με βάση τα προαναφερθέντα, μπορεί να συγκροτηθεί η παρακάτω προσέγγιση που περιλαμβάνει δύο αναλυτικές ενότητες, κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχεί σε βασικά δεδομένα (ποιοτικά και ποσοτικά) που καθορίζουν την "απόκριση ενός νησιού" σε πιθανή σεισμική καταστροφή:

**A Ενότητα:** Στην ενότητα αυτή το νησί αντιμετωπίζεται ως "ανοικτό σύστημα" (Σχήμα 1), το οποίο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης θα πρέπει αφ' ενός να μεγιστοποιήσει την ικανότητά του να δεχθεί και να χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά "εξωτερική βοήθεια" (όπως ανθρώπινο δυναμικό, τεχνικό εξοπλισμό, νερό, τρόφιμα, φάρμακα, σκηνές, ημιμόνιμα καταλύματα, κατασκευαστικά υλικά κλπ.), αφ' ετέρου δε να εξασφαλίσει την δυνατότητα απομάκρυνσης πληθυσμού προς την ηπειρωτική χώρα, είτε προς γειτονικά νησιά, εφ' όσον αυτό κριθεί απαραίτητο. Εδώ η προσοχή, επικεντρώνεται από τη μια πλευρά σε ζητήματα εκτίμησης και βάσει αυτής σχεδιασμού, των βασικών μεγεθών και της κατανομής του πληθυσμού (ΟΑΣΠ 1998) κατά του θερινούς και χειμερινούς μήνες, της κατανομής και ηλικίας/ ποιότητας του οικιστικού αποθέματος, της συγκρότησης και οργάνωσης του οδικού δικτύου, καθώς και των "εισόδων και εξόδων" (αεροδρόμιο λιμενικές εγκαταστάσεις) του νησιού. Κάθε νησί επομένως αντιμετωπίζεται ως ένα σύστημα με "θύρες" (είσοδοι -έξοδοι) από τις οποίες εισρέει βοήθεια (μέσα και δυναμικό) και εκρέει πληθυσμός που πρέπει να εκκενωθεί (ιδίως τουρίστες και μη μόνιμοι κάτοικοι, τραυματίες κοκ.). Οι θύρες αυτές αποτελούν τις "εξόδους/ εισόδους" ενός συστήματος διανομής/ μεταφοράς πληθυσμού και μέσων από και προς το εσωτερικό του νησιού.

Στόχοι πολιτικής που απορρέουν από την αναλυτική αυτή ενότητα A είναι:

- μεγιστοποίηση της δυνατότητας απόκρισης των "θυρών"
- βελτιστοποίηση του συστήματος συγκέντρωσης του πληθυσμού που θα εκκενωθεί, παραμονής σε ασφαλείς χώρους (Ο.Α.Σ.Π. 1994, ΕΚΠΠΣ 2002) και του συστήματος μεταφοράς προς τις εξόδους για την εν συνεχεία ενδεχόμενη μετακίνηση του προς άλλους εκτός νησιού προορισμούς.
- βελτιστοποίηση του συστήματος υποδοχής και αξιοποίησης της εξωτερικής βοήθειας (U.N.D.R.O. 1984).

**B Ενότητα:** Κάθε νησί αντιμετωπίζεται ως ένα σύνολο αποκλεισμένο που καλείται να αντιμετωπίσει χωρίς εξωτερική βοήθεια τις έκτακτες ανάγκες για κάποιο χρονικό διάστημα μετά το σεισμό. Με τη ενότητα αυτή η όλη προσέγγιση εστιάζεται σε μία κατά κάποιο τρόπο θεώρηση του νησιού ως

"κλειστού συστήματος", με στόχο τη βελτιστοποίηση της ικανότητας απόκρισης του "ενδογενούς" του δυναμικού και άρα τον περιορισμό της εξάρτησης από εξωτερική βοήθεια.

Έμφαση επομένως δίνεται στη χωροθέτηση των κρίσιμων και τρωτών χρήσεων και λειτουργιών στο σύνολο της έκτασης του νησιού, καθώς και στη λειτουργική και οργανωτική επάρκεια των υπηρεσιών που άμεσα ή έμμεσα εμπλέκονται στην πολιτική αντισεισμικής προστασίας. Η δεύτερη αυτή φάση αποτελεί και περιοχή πιο εξειδικευμένη παρέμβασης και συνιστά μία προληπτικού χαρακτήρα (γεωγραφική και επιχειρησιακή) συσχέτιση του συστήματος απόκρισης με δραστηριότητες και χρήσεις που εξ ορισμού αναμένεται να προκαλέσουν αυξημένη ζήτηση σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

Στόχοι πολιτικής που απορρέουν από την αναλυτική ενότητα Β είναι:

- να επισημανθούν προβλήματα και δυσκολίες κατά την άμεση μετασεισμική απόκριση που προκύπτουν από τη λειτουργία του νησιού ως αποκλεισμένου συστήματος
- να προταθούν αντίστοιχα μέτρα που ενισχύουν τη βέλτιστη αξιοποίηση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου μέρους του δυναμικού που βρίσκεται στο νησί.
- μέσα σε αυτά τα πλαίσια να προσδιοριστεί ιδιαίτερα η συνεισφορά των πρωτοβάθμιων μονάδων αυτοδιοίκησης, δηλαδή των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης, στην αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, δίνοντας έμφαση στις βασικές εκείνες υπηρεσίες που αφορούν στη διαχείριση και τον έλεγχο όλων των προαναφερθέντων ζητημάτων.

Οι δύο αναλυτικές ενότητες είναι σκόπιμο να συμπεριλάβουν και προσεγγίσεις υπό το πρίσμα δύο σεναρίων πιθανού σεισμικού γεγονότος: ένα κατά τους χειμερινούς και ένα κατά τους θερινούς μήνες

### **Καταληκτικά Σχόλια**

Από την πρώτη αυτή προσέγγιση αναδείχτηκε ανάγλυφα ότι το πλαίσιο και η γεωγραφία της περιοχής στην οποία αναφέρεται ο αντισεισμικός σχεδιασμός και ιδίως ο αντισεισμικός σχεδιασμός έκτακτης ανάγκης, έχει καθοριστική σημασία. Από τη μελέτη των νησιωτικών περιοχών προβάλλει ένα ευρύ φάσμα χαρακτηριστικών και παραγόντων που επηρεάζουν τόσο τη σεισμική τρωτότητα της περιοχής, όσο και τη δυνατότητα μετασεισμικής απόκρισης. Η παρουσίαση μας αυτή στην ουσία σκιαγράφησε μία μεθοδολογία ενσωμάτωσης του κριτηρίου της ασφάλειας στο νησιωτικό χώρο του Αιγαίου, τόσο σε επίπεδο αντιμετώπισης-έκτακτης ανάγκης, όσο και πρόληψης. Ωστόσο η συγκεκριμένη παρουσίασή δεν αποτέλεσε άλλο από μία πρώτη νύξη στο όλο ζήτημα. Οφείλουμε να τονίσουμε ότι υπάρχει ένα μεγάλο πεδίο για περαιτέρω μελέτη, στοχεύοντας τόσο στην αναλυτικότερη διερεύνηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των νησιωτικών περιοχών, όσο και της σχέσης τους με τη σεισμική τρωτότητα, καθώς και στη συστηματικότερη συνεκτίμηση τους σε διαδικασίες αντισεισμικού σχεδιασμού.

### **Bibliography**

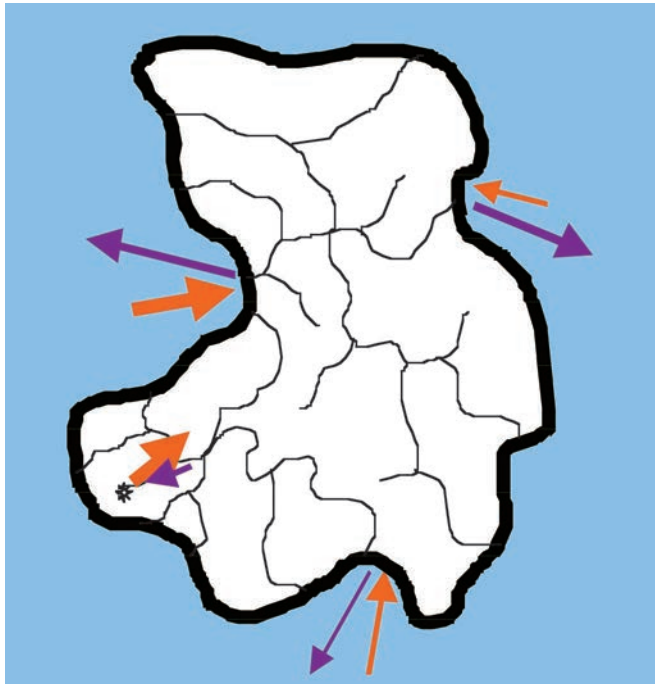
AREL (1984), "Un Modello per la Ricostruzione", Milano, Franco Angeli.

Ευρωπαϊκό Κέντρο Πρόγνωσης και Πρόληψης των Σεισμών / Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (2002), "Εκκένωση κτιρίων και καταφυγή του πληθυσμού σε ασφαλείς χώρους μετά από σεισμό", Εγχειρίδιο Αρ.3 (στην ελληνική και αγγλική γλώσσα).

Michell, K.J., Devine, N. Jagger, K. (1989), "A contextual model of natural hazard", The Geographical Review, Vol. 79.



- Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (1998), "Κατευθύνσεις για την αναβάθμιση του αντισεισμικού σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης στην πόλη της Πάτρας: Πολεοδομική και οργανωτική διάσταση", EC DG XI.
- Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (1989). Δελλαδέτσιμας Π., Γιακουμή Μ., "Οδηγίες για το σχεδιασμό χώρων καταφυγής", Αθήνα.
- ΟΑΣΠ/ Δήμος Ηρακλείου/ Πανεπιστήμιο Αιγαίου (1997), "Επιχειρησιακό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης Δήμου Ηρακλείου για την Αντιμετώπιση Σεισμικών Καταστροφών" επιστημονικοί Υπεύθυνοι Π.Μ. Δελλαδέτσιμας Μ. Κυριαζής, ΟΑΣΠ, Αθήνα.
- Υπουργείο Αιγαίου - Πανεπιστήμιο Αθηνών-Πανεπιστήμιο Αιγαίου (1998), "Αντισεισμική Προστασία Νήσων Αιγαίου: Χίος - Κώς - Νίσυρος", Γενικός Επιστημονικός Υπεύθυνος: Καθηγητής Δ. Παπανικολάου Πανεπιστήμιο Αθηνών. Επιστημονικός Υπεύθυνος για τον Χωροταξικό - Επιχειρησιακό τομέα σκέλος Π.Μ. Δελλαδέτσιμας. ΟΑΣΠ Αθήνα.
- Υπ.Εσ.Δ.Α. (1997), Γενικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης - Ξενοκράτης", Αθήνα.
- Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. / Ε.Μ.Π., (1985), "Πόλη και Σεισμός", Αραβαντινός Α., Βασενχόβεν Λ., Δελλαδέτσιμας Π., Καρύδης Π., Σαπουντζάκη Κ., Ταφλαμπάς Γ., Αθήνα.
- Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. / Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, (1999), "Γενικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης Ξενοκράτης- Σεισμοί", Αθήνα.
- U.N.D.R.O. (1984), "Disaster Prevention and Mitigation", Vol. 11 "Preparedness Aspects", U.N., New York.

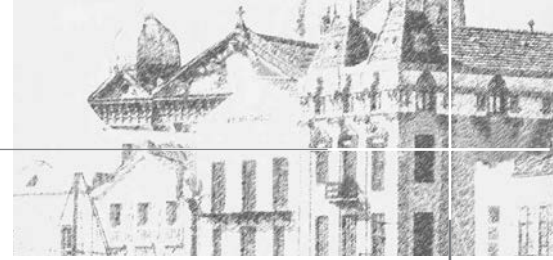


**Σχήμα 1.** Το νησί ως «ανοιχτό» σύστημα που συνδέεται με το ευρύτερο σύστημα μέσω των «θυρών» που διαθέτει (λιμάνια, αεροδρόμια, ελικοδρόμια)  
Εξωτερική βοήθεια φτάνει στις «θύρες» και διοχετεύεται στις θέσεις όπου υπάρχει ανάγκη. Τραυματίες και πληθυσμός (κυρίως μη μόνιμοι κάτοικοι και τουρίστες) εκκενώνεται προς άλλους προορισμούς.



**Σχήμα 2.** Το νησί ως «κλειστό» σύστημα.  
Για κάποιο χρονικό διάστημα το νησί ίσως χρειαστεί να λειτουργήσει ως απομονωμένο σύστημα.  
Θα χρειαστεί να αξιοποιηθεί το υπάρχον δυναμικό προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι επείγουσες ανάγκες που συναρτώνται με τις σεισμικές επιπτώσεις.





## **An approach to seismic protection in an island setting**

**M. Dandoulaki**, *Vice Director of the European Centre on Prevention and Forecasting of Earthquakes* and **P.M. Delladetsimas**, *Ass. Professor, University of the Aegean*

### **Introduction**

Planning for disasters in island regions constitutes a distinct research and policy issue due to the inherent environmental, administrative and socio-economic features of the areas involved. These features can have a decisive impact on the type, location and intensity of seismic effects. Evidently, they also determine the seismic response context. These island features must therefore be taken into consideration in disaster planning and especially in emergency planning. One needs to highlight that earthquake protection policy for island regions should take into account specific terms and criteria concerning island regions. Moreover, islands themselves are highly diversified entities and thus cannot be incorporated into a uniform planning rationale.

### **The problem: Features of island areas affecting seismic protection**

The question in our case becomes what are the special features shaping the disaster context (Michell, 1989) of island areas and how do they in turn influence an earthquake disaster situation? Based on a research study (Ministry of the Aegean / University of Athens / University of the Aegean, 1998) regarding earthquake planning in islands, the following special features are identifiable:

I) Islands have distinctive accessibility problems. Specifically, they are accessible only by non-continuous-flow transport means (by ship or air), which cause congestion at a small number of entry points (harbours, airports), from where people and goods are transferred to other places on the island. Weather conditions must be taken into account at all times with regards to the accessibility of the island, especially during the winter months, since there is always the possibility that connections to and from the island will be cut off for a few days.

II. The legislative framework in place (Ministry of Environment 1992, Ministry of the Interior 1997) proves to be rather rigid in designating the Prefecture as the administrative level responsible for disaster planning and management. In other words, the rationale adopted for island regions is the same with "mainland" regions, although as a rule a prefecture in the Aegean Sea is composed of numerous islands. This fact, in conjunction with the fact the many islands are located some distance away from the regional capital where most of the resources (human, technical and infrastructure) are located, creates additional difficulties in handling disaster situations and constitutes a significant parameter that must be taken into account in the planning process.

III. The demographic features of the population in islands add to the human/social vulnerability. This includes the aging of the population, a large proportion of dependent persons, the concentration or unequal distribution of the population, a large proportion of tourists and foreigners who are not acquainted with the local context and language, all of which define a vulnerable condition. Acute vulnerability conditions could be identified when aged population groups correlate to old building stock, as in many small villages.

IV. On many islands there is a large proportion of old, poorly maintained building stock, especially in small settlements with a dwindling number of inhabitants. There are also towns and villages that retain features of the traditional urban tissue and building stock (such as irregular and narrow roads, inadequate open spaces within the urban fabric, old non-engineered historical buildings) that tend to embody increased seismic vulnerability and may complicate post-seismic response. Moreover, traditional settlements often attract tourism during the summer months, thus suffering an acute increase of their population.

V. The human geography of the islands changes significantly during the summer due to tourism, internal and from abroad, as well as due to the return of non-permanent residents. During the summer months, there is a sharp increase in the population and a corresponding burden on all functions in the island. Despite this sharp population increase the available human potential and infrastructure to meet emergency needs remains more or less the same as in the winter months. Thus, a possibly catastrophic mismatch between services offered and population in need, can be identified.

VI. Finally some islands are faced with inherent scarcities in services. This by mere definition poses a core question regarding the extent to which the army should be included within the overall civil protection rationale, and the degree and requisitions of their engagement in case of an earthquake disaster.

All of the above-mentioned features suggest that earthquake protection policies in islands should strongly take into account both the geographic aspects, as well as the operational/organizational ones (Earthquake Planning and Protection Organisation, 1998). It is from this reciprocal condition -between geographic and operational aspects- that an effective seismic protection policy approach can be constructed.

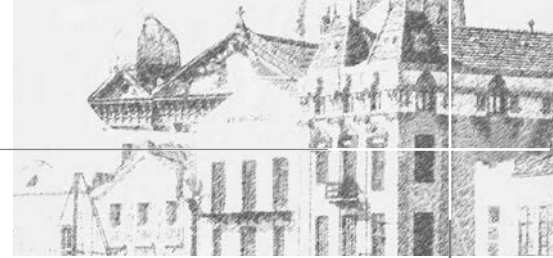
### **A proposal for approaching the issue and developing a methodology**

The approach here does not involve a quantitative seismic risk assessment (that is an assessment of the expected losses to the given elements at risk over a specified future time period) even though it is generally considered to be a prerequisite in seismic protection planning. There are a number of reasons for this:

First, estimating seismic risk presupposes (in addition to the vulnerability assessment) the seismic hazard estimation on the appropriate scale and reliability level. This requisition could not be fulfilled by the available seismological and geological data. Second, this seismic risk analysis associates more with drafting a long-term intervention strategy for risk mitigation, which involves mainly structural, high-cost measures. On the basis of the current critical characteristics of the island settings examined, it was deemed more advisable to give priority to measures of an immediate or medium-term outlook and for this a detailed seismic risk analysis (AREL 1984, Ministry of Planning 1985, Earthquake Planning and Protection Organisation 1998) has little to offer. These are measures that are actually urgently needed by the islands and have to do with planning and regulating those factors that constitute an emergency management policy.

However, in the context of this geographical – operational approach that is proposed here, there is clearly a need to correlate some core parameters of seismic risk and try to identify significant potential vulnerability conditions. For this purpose the following are examined:

1. The geography of the elements at risk (population, building stock, road network, towns and villages).



2. Their characteristics that directly relate to seismic vulnerability, such as a high percentage of vulnerable population groups, old and poorly maintained buildings, declining towns, problematic road network.

On the basis of what it has been previously stated, the following approach was designed. The approach aims at dealing with two different but overlapping conditions, each of which reflects a basic response pattern of an island to a possible earthquake hazard.

**CONDITION I** (The Island as a Closed System): Each island is an isolated unit that is called upon to cope with an emergency situation without external help for many hours or perhaps days after an earthquake. In this phase, the entire approach is focused on a view of the island as a "closed system", in the sense of optimising the ability of the local potential (human and technical resources, as well as infrastructure) to deal with the emergency needs Earthquake Planning and Protection Organisation (E.P.P.O. 1997). Consequently, emphasis is placed on the identification of inherent vulnerable conditions in the island and the assessment of possible losses and needs, as well as on the operational and organisational adequacy of the response system and especially of services that are directly or indirectly involved in the seismic safety policy. This phase aims to correlate (in spatial and operational terms) the response system (of activities and operations) to the demand "waves" in the event of any disaster. While examining the Condition I, the goals are:

- To identify drawbacks in the immediate post-seismic response that are associated with the island as an isolated (closed) system.
- To promote an optimum mobilisation and utilisation Earthquake Planning and Protection Organisation (E.P.P.O. 1997) of the local/island human and technical resources in case of an emergency
- Within this framework, to determine specifically the contribution of the local authorities in handling emergency situations, placing emphasis on those basic services related to managing and monitoring all the above mentioned issues (U.N.D.R.O. 1984).

**CONDITION II** (The Island as an Open System): The island is an "open system" which, in the event of an emergency, should be able to maximise its ability to receive and use external support effectively (such as human and technical resources, water and food supplies, medical supply, tents, semi-permanent accommodation, building materials, etc.), and to evacuate population (European Centre of Prevention and Forecasting of Earthquakes 2002) to the mainland or to neighbouring islands, if necessary. Attention here is focused on: a) the distribution of the main categories of elements at risk and an assessment of their vulnerability (population distribution in the summer and winter months, building stock distribution by age and quality), b) the road network, and c) the entries and exits of the island (airports, harbours etc.). While, each island is treated as a system with "gates" (entries-exits) through which: a. relief (people and equipment) flows in and is channelled effectively where the needs are, and b. the population who must be evacuated (especially injured persons, tourists and non-permanent residents) flows out. These gates constitute the "entries/exits" of a system for distributing/transporting people and resources, to and from the interior of the island. The Condition II goals are:

- To maximise the ability of the "gates" to respond.
- To optimise the evacuation system (identifying and gathering population in need, accommodating them in safe places, moving them towards the exits and then to other destinations within and off the island)

- To optimise the system for receiving and channelling external help where it is needed.

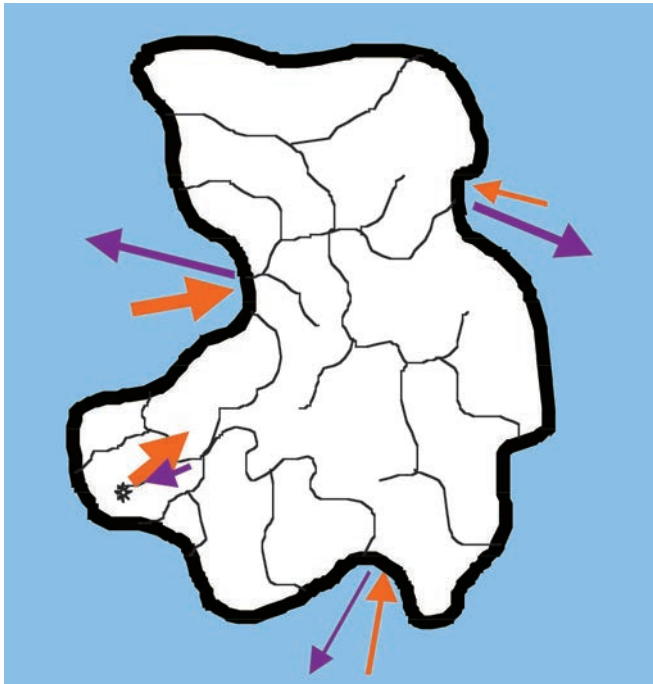
The two previously stated analytical and policy conditions can be examined in the light of two scenarios for a possible seismic event: one in winter and one in summer months.

### Concluding Remarks

The work has attempted to highlight the importance of the geographical context of a region in seismic safety emergency planning. The island context appears to be a highly particular and diversified one when the existing numerous island cases are examined. A range of features has been seen to influence seismic vulnerability and earthquake emergency response of an island region. This presentation has attempted to sketch out a methodology aiming at integrating systematically both the geographical and the organisational specificities, in earthquake protection policies. However, this has been no more than a first step. There is scope for further research, aiming at a more detailed investigation of the particular features of island areas and their relation to seismic vulnerability, as well as at the systematic identification of the particularities of seismic-safety planning processes in island settings.

### Bibliography

- AREL (1984), "Un Modello per la Ricostruzione", Milano, Franco Angeli.
- Earthquake Planning and Protection Organisation (1998), "Guidelines for upgrading earthquake emergency planning in Patras city: Organisational and urban planning aspects", EC DG XI.
- Earthquake Planning and Protection Organisation (1989). Delladetsima P., Giakoumi M., "Guidelines for the Creation of Emergency Evacuation Areas", Athens (in Greek).
- E.P.P.O./ Municipality of Heraklio/ University of the Aeagean (1997), "Operational Emergency Plan for the Municipality of Harklio fro Seimic Disasters", scientific coordinators P.M. Delladetsima an E, Kyriazis., E.P.P.O., Athens.
- European Centre on Prevention and Forecasting of Earthquakes / Earthquake Planning and Protection Organisation (under publication), "Emergency evacuation of the population in case of an earthquake", Handbook No. 3 (Published in English and Greek).
- Ministry of Environment, Planning and Public Works / Earthquake Planning and Protection Organisation, (1992), "Framework Earthquake Emergency Plan", Athens (in Greek).
- Michell, K.J., Devine, N. Jagger, K. (1989), A contextual model of natural hazard", The Geographical Review, Vol. 79.
- Ministry of the Aegean/ N.K. University of Athens / University of the Aegean. (1998), (Papanikolaou, D., Delladetsima P., Dandoulaki M., Soulakellis N., Nomikou E. et al.), Scientific coordinator prof. D. Papanikolaou, coordinator of the spatial planning group Pof. P.M. Delladetsima, Athens.
- Ministry of Planning, Housing and Environment / National Technical University of Athens, (1985), "City and Earthquake", Athens (in Greek).
- Ministry of the Interior, Public Administration and Decentralisation (1997), Framework Emergency Plan", Athens (in Greek).
- U.N.D.R.O. (1984), "Disaster Prevention and Mitigation", Vol 11 "Preparedness Aspects", U.N., New York.



**Fig 1.** The Island as an Open System:  
In the event of an emergency, the island should be able: a. To maximise its ability to receive external help reaching the island through its 'gates' (ports, airports, heliports) and channel it effectively to the areas in need. b. To evacuate population to the mainland or to neighbouring islands, if necessary.



**Fig 2.** The Island as a Closed System  
Each island is an isolated unit that is called upon to cope with an emergency situation without external help for many hours or perhaps days after an earthquake. In this phase, it is necessary to optimise the ability of the local potential (human and technical resources, as well as infrastructure) to deal with the emergency needs. Emergency needs are linked to earthquake consequences.



## Η επιρροή της ναυπηγικής τέχνης στον αντισεισμικό σχεδιασμό των κατασκευών της προϊστορίας: Το παράδειγμα του Αιγαίου

Π. Τουλιάτος

*Αρχιτέκτονας, Αναπληρωτής Καθηγητής Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου*

Η χρήση του ξύλου σε φέρουσες κατασκευές οποιουδήποτε τύπου στην ξηρά ή μέσα σε νερό, πρέπει να βασίζεται σε κοινές τεχνολογικές καινοτομίες, κοινά εργαλεία, κοινούς συνδέσμους και βεβαίως σε μια εξαιρετική γνώση του ξύλου ως υλικό. Πιστεύω ότι η πρώιμη ιστορικά εξέλιξη της κατασκευαστικής τεχνολογίας του ξύλου σε μερικές περιοχές του πλανήτη, όπως η νοτιοανατολική Ασία ή η νοτιοανατολική Ευρώπη, οφείλεται και στον σχετικά πρώιμο πειραματισμό στην ναυπηγική.

Θα ήθελα να δούμε το πλοίο ως μια κατασκευή που περιβάλλει την ανθρώπινη δραστηριότητα η οποία βρίσκεται συνεχώς στο νερό και υπό δυναμική καταπόνηση. Αυτό σημαίνει ότι το πλοίο αποτελεί μια οριακά υπολογισμένη κατασκευή ως προς τα προβλήματα αντοχής, σταθερότητας και διάρκειας στο χρόνο, χρησιμοποιώντας για χιλιάδες χρόνια σαν κύριο δομικό υλικό το ξύλο.

Υπάρχει μια ενδιαφέρουσα και ενθαρρυντική πληροφορία που παρατήρησα στο Κεφ. Ι (9) της Ομήρου Οδύσσειας<sup>1</sup>. Περιγράφοντας το χαμηλό επίπεδο του πολιτισμού των Κυκλώπων δίδεται έμφαση στο γεγονός ότι αγνοούσαν τις τεχνικές της ναυπηγικής, δεν ταξίδευαν και έτσι δεν ανέπτυσαν τον πολιτισμό τους. Και ο Όμηρος αναφερόμενος στα πλοία, τελειώνει την περιγραφή του με την εξής παρατήρηση:

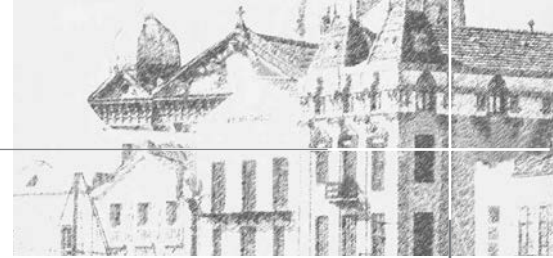
«...αν τα'χανε καλόχτιστο και το νησί τους θάταν.»

Επίσης μια ακόμη λεπτομέρεια σχετικά με την ανάπτυξη της ανθρώπινης τεχνολογίας που παρατήρησα με εντυπωσίασε:

Φαίνεται ότι η φιλοδοξία και η επιδίωξη κάποιων ενεργειών ή επιτευγμάτων των ανθρώπων (όπως η άπελπις ανάγκη και θέληση για ταξίδια στη θάλασσα) αποτελούν τους κύριους παράγοντες για την τεχνολογική ανάπτυξη, και όχι τόσο η διαθεσιμότητα ενός συγκεκριμένου υλικού.

Έτσι λοιπόν, κατά την πρώιμη προϊστορική περίοδο, οι κατασκευαστικές προσπάθειες περί την ναυπηγική, μερικών παραθαλάσσιων πολιτισμών που άνθιζαν, δεν συνδέονται υποχρεωτικά με περιοχές όπου το ξύλο ήταν το κυρίως διαθέσιμο υλικό, ως προς την ποσότητα και την ποιότητα.

<sup>1</sup> Ομήρου Οδύσεια. Έμμετρη μετάφραση Αργύρη Εφταλιώτη Εκδ.Εστία. Ραψ. Ι (9). Στοιχ. 129



# Timber in shipbuilding in prehistoric and ancient Greece. The early influence on the timber structures

**Panos Touliatos**

*Architect, Assoc. Professor  
Architectural Research Unit  
National Technical University of Athens*

## **Abstract**

The use of timber in any kind of load bearing structures on the earth surface or inside water must have used common technological inventions, common tools, common joints and of course excellent knowledge of the material of wood. I believe that the early historical development of timber constructional Technology in some territories of the planet such as southeast Asia, or southeast Europe, is also due to the relevant early experimentation in boatbuilding.

I would like to regard a boat as a structure containing human activity which is constantly in water (rain) and under dynamic loading (earthquakes). That means it is extreme structure regarding strength, stability and durability problems using for some thousands of years as its main structural material: **wood**.

It was an interesting and encouraging information I noticed in the chapter I (9) of the Homers Odyssey. Describing the low level of the Cyclops civilization he emphasizes the fact that they **ignored boatbuilding** techniques, didn't travel and so didn't develop their culture. And Homer concludes his description by the following remark:

**“If they had them (the boats) then their house structures would have been built in a more correct way”<sup>1</sup>**

Also there is another detail that I noticed concerning the human technology development which impressed me:

It seems that the humans **ambition and aim for some actions or achievements** (as the desperate need and willingness for navigation is) and not so much the availability of a specific material, are the ruling factors for his technological development.

So the constructional efforts around navigation during early prehistoric periods by the coastal, flourishing civilizations were not necessarily connected to regions where timber in quantity and quality was the first available material.

## **“HULL FIRST” boatbuilding constructional system in Greece**

From descriptions, like these of Homer, from sculpture artifacts (see the so called “Lenormat Relief” from Acropolis of Athens that presents part of Trieres (410-400 BC) or the Relief of Acropolis of Lindos (200 BC) that presents the stern of trieres), from numerous paintings on the ancient pottery of different periods and the representation on several objects like that of the flying

---

<sup>1</sup> Homer Odyssey - Translation by Ephtaliotis - Chapter I (9) - Line 129

pan from the Halandriani of Syros Island showing a vessel of about 2500 BC, and from many jewelry, rindinas we have some significant basic structural information.

But the most important source of information about ancient shipbuilding are, the unfortunately very rare, shipwrecks.

For a long period of time, since at least 2.500-3.000 BC (See: Ship of Dokos island that wrecked at about 2.200 BC) and until the first Byzantine historical period there was in use in southeastern Europe the “Hull First” or “Shell-First” shipbuilding constructional system.

I should mention here that two shipwreck findings played very significant role in providing valuable information about the structural system and detailing proving the above described fact;

a. That of a small, but descriptive part of a shipwreck of 1300 BC belonging probably to a vessel from Cyprus, found at Ulu Burum, close to the city of Cas in Turkey.

b. The main source of our knowledge, the shipwreck of a commercial vessel of the fourth century BC found about 1967 out of the city of Kerynea in North Cyprus.

The second case is an excellent original specimen which was sunked after the wreckage into the bottom sand and so preserved to present time about 60% of the original vessels surface, more than the 75% of the representative timber components and most of the priceless detailing.

The ship perhaps has been sunked by pirates because there were found 8 darts tips on and around the wreck. Most of the personal or precious objects of the crew is missing except some coins. It is believed that there were four members of crew on the ship because there were found 4 plates, 4 water cups, 2 wooden spoons, 4 oil pots e.t.c..

By the C<sup>14</sup> dating method it was oriented that the almonds found on board were of 288 ± 62 BC while the timber 100 years older 388 ± 62 BC.<sup>2</sup>

The “Hull First” naval constructional system could be generally described as a shell-type, load bearing system in wood, which composes the vessel’s hull<sup>3</sup>. On that shell type structure the secondary frame was secured in order to support floor, must, gunwale e.t.c.

### **The keel and the stern and stem posts**

Important and first to be constructed part of that hull is a lightly curved keel connected to the stem and the stern components.

<sup>2</sup> The site of the Kyrenia ship was discovered by Andreas Cariolou off the north coast of Cyprus at a depth of 30 meters. Its excavation yielded the best preserved hull of the classical Greek period yet found. The ship’s timbers were raised, preserved and reassembled for exhibition in the Crusader Castle at Kyrenia.

The merchantman carried a cargo of approximately 400 amphoras: Samian jars presumably filled with oil, and pitch-lined jars from Rhodes which probably contained wine. Part of the ballast consisted of hopper-type millstones, quarried on the island of Nisyros, weighing over 1.650 kilograms in total.

We believe that the ship was manned by a crew of four, since the excavations recovered 4 salt cellars, 4 oil jugs (gutti), 4 similar pitchers, 4 drinking cups (kantharoi), 4 casserole bowls, and fragments of 4 wooden spoons. Most of the crew’s crockery was made on Rhodes, which suggests the ship’s home port.

These remains were found about one kilometer off the coast in open water.

The cause of sinking was not clear until eight iron spears were found underneath the hull, several still in contact with the ship’s lead sheathing. On the basis of this data and for other reasons we believe that the ship was sunk by pirates. The numismatic evidence indicates that the sinking took place sometime between 310 and 300 B.C.



The choice by the ancient constructors of the Kyrenia vessel of that very significant component of the ship's body is remarkable. The 9,3 meters in length, with average height of 20,3 centimeters and average width of 12,2 solid piece of heartwood is physically slightly bended with its grain following naturally the curvature. It is obvious that the ancient shipbuilders knew very well the material of wood and desired out of it the best performance, choosing naturally curved members.

The keel is well connected to the sternpost as well as to the stempost.

Michael and Susan Katzev<sup>4</sup> were wondering about the fact that the ancient's ship sternpost was made of two timbers although such an act does not add strength to the component and is quite difficult in realization.

Perhaps, again, the lack of a wooden piece with a proper natural curvature and desired section guided the constructor to use two smaller, proper, pieces.

### **The hull as a shell-structure**

Along the upper edges of the keel proper rabbets were cut. Mortises were opened, on the lower level of these rabbets at the point where the first plank of the hull would be joined to the keel.

The keel was, connected to the first plank of the strake, the so called "garboard" by a dense row of mortises-and-tenons joints secured by wooden pegs. Exactly by the same method each plank of the hull was secured over the lower one and, of course, to the stern and stem components.

The mortises were regularly opened at a space of about 12-15 cm. from center to center. Each mortise was 4,5 to 5 cm. wide and about 6 mm. thick. The depth of each mortise was around 8 cm.

Then, the relevant to the curvature in space of the keel, planks were curved. When the plank fitted sufficiently to the keel's rabbet, mortises were opened on it in complete correspondence to the mortises of the keel and with the same dimensions.

Then tenons were curved of the same width and thickness as the mortises and twice as long as their depth.

These tenons were first fitted carefully into the mortises of the keel. Then the planks which composed the first ship's strake row, were secured on the protruding tenons.

It is obvious that such a sophisticated procedure was very difficult one, and only very well skilled technicians could complete it.

When the mortised plank, tightly fitted on the tenons was completely in place, this final position was secured by tapered pegs driven into the plank as well as into the keel through each half of each tenon. Obviously the protruding end at each peg is cut and finished.

The same procedure is repeated with the careful position of plank over plank with different curvatures accordingly to the desired hull's shape.

---

<sup>3</sup> Opposite to the later developed and in use today structural system of "The Frame First" where the hull is composed by planks that are secured by nails on the primer wooden frame. The hull was remarkably well preserved about 60% of its area survived and more than 75% of its representative timbers were recovered. After the meticulous recording of the physical evidence *in situ* and following the laborious documentation of the fragments when lifted, J. Richard Steffy undertook the reconstruction of the hull, using both graphic and physical procedures.

<sup>4</sup> M. KATZEV, Vice President of the Institute of Nautical Archaeology in U.S.A.

All the pegs, are driven in from the interior of the hull except, of course, the case of the keel, where they were fitted from outside.<sup>5</sup>

The planks width has an average of 25 cm. and their thickness from 3,5 to 4 cm. It is obvious that effort was done to have the maximum possible lengths of each plank to minimize joints between them. Anyway a simple, diagonal scarf joint, having on the average three mortises with the relevant tenons and pegs, cannot be avoided.

At the upper part of the hull, approximately at the level of the 10th and 12th strake, as it was found at the Kyrenia shipwreck case, heavy planks of at least twice the thickness were used.

These stronger planks so called wales, were serving like girdles for the wider part of the hull strengthening it and neutralizing the perimetric tensile forces.<sup>6</sup>

### The frames

Inside the hull and over the planks that compose it, timber bracings from a system of framing which supports the other ships components as deck, must etc.

This framing starts with almost triangular components, the **Chocks**, that fill the cavity just over the keel, reaching the level about the second strake. These chocks do not reach neither step on the keel itself, leaving holes for the bilge water circulation inside the hull.

On the chocks the Floor Timbers are secured by the system of mortise-tenon and peg system. They have the proper curvature to follow that of the hull. The floor timbers are alternating with **Half-Frames** which do not correspond to a chock but are reaching at a higher point then the floor frames do.

This difference is covered by the **Futtocks** which actually continue the arms of the floor-frames, often extending higher then the half-frames do.

**Top - Frames** continue the shorter half frame corresponding to its position.

Floor - Frames and half - frames are positioned parallelly at a distance of about 25 cm.

The cross-section of the floor-frame is square, about 9 cm. each side, of the half-frames about 8 cm. of futtocks 7 cm. and of the top timbers 7-6 cm.

### Nailing

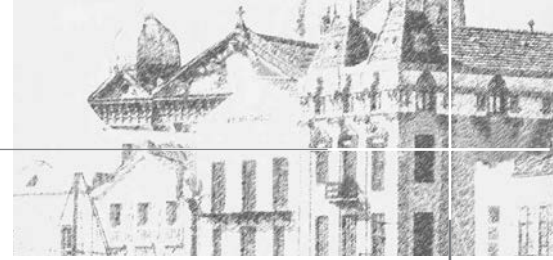
All the framing components are nailed to the planks that form the vessels hull. This procedure is very interesting one, which, I believe prove, once more, the high level of understanding the structures behaviour by the ancient carpenters.

Holes were drilled through the frame components and the planks. Having their direction from inside they are of 2 centimeters in diameter, approximately.

<sup>5</sup> The case well preserved of the Kyrenia merchant shipwreck proved this technique.

<sup>6</sup> M. Katrein in his: "KYRENIA II" Building a Repilca of an ancient Greek merchantman. - TROPIS I - Hellenic Institute for the Preservation of Nautical Tradition - Harry Tzalas - PIRAEUS 1985 - writes: "Indeed the wales acting as girdles added such extraordinary strength to the shell that the workmen no longer felt the need of internal framing in order to maintain the rigid shape of the hull".





These holes are opened in such a way, that although outside the hull they appear in a vertical row, inside, on the frames they were alternately slightly inclined to the right and left side of their longitudinal axis, in an opposite direction.

Obviously that was done to avoid the splitting of the relatively small-sectioned frame component. Each plank corresponded to two or three holes.

Through these holes, from outside, treenails whittled in a proper tapered shape were tightly inserted. Copper nails of 10 mm. in diameter and 20-25 cm. in length were inserted through the treenails from outside. A protruding part of the nails appeared inside the hull with a length of 5-10 cm. About 2 cm. of its tip was turned down at a right angle. The all the protruding nails part was hammered down until the tapered tip was inserted inside the frames wood, always to the direction of the keel and alternately, slightly angled to opposite direction. This was also done to avoid the splitting of the frame component.

### **Inside the hull main constructions**

Inside the vessel of the well preserved Kyrenia ship, shelf clamps were placed at the level of the 10th strakes. Except an extra, additional to the wales, reinforcing role, shelf clamps help to support the mast step system, which was found in a well-preserved condition.<sup>7</sup> Ceiling planks were covering the frames, protecting them, in some territories.

Archaeologist believe that there was a vertical diaphragm on the frame number 6 providing a closed room at the stern. There a deck of 3.8 meters in length and with a probable hatch opening covered this area providing a necessary platform for the crew and their work.

### **Behavior of the hull structure**

Along the seams of the ancient hull of the Kyrenia ship no evidences of caulking were found. It is interesting that when the replica of the Kyrenia ship floated into the sea on May 9th 1985 for the first time, the wood of the planks has been shrunk allowing the water to rush in. After one hour the hull was filled by water. After 24 hours the water was pumped out and "Kyrenia II" actually remained high and dry.

The wood has swelled sufficiently to close the openings.

Such behaviour, described from earlier times, is the result of the relevant constructional system of the ancient ships.

The parallel planks could be easily blocked during their shrinkage or expansion at right angle to the grain by the frame components, nailed to them perpendicularly.<sup>8</sup>

The ancient constructors took some measures to avoid such harmful action of the hulls surface.

---

<sup>7</sup> This system has been exactly replicated during the "Kyrenia II" replica construction (1980-1985). In 1982 Harry Tzalas, President of the Hellenic Institute for the Preservation of Nautical Tradition, proposed to Michel and Susan Katzev to build a full-scale replica of the Kyrenia ship. The American Institute of Nautical Archaeology located at Texas A & M University decided to cooperate in such an example of experimental archaeology. The American Institute agreed to provide the necessary data and consultation while the Hellenic Institute committed its resources towards the logistics and funding of the project. Manolis Psaros volunteered his shipyard in Perama for building the replica and on November 1st of that year initiation of "Kyrenia II" was announced to the public.

First, they separated their frame components into smaller pieces, so that each was connected to limited number of planks.

But, mainly, the system of nailing was designed to avoid such blocking.

Each copper nail is embedded inside a treenail, a wooden cylinder, which has its grain at a right angle to the grain of the frame. So when a plank tries to move perpendicularly to its grain for some millimetres, that movement is transferred to the treenail as a pressure at a right angle to its grain causing a slight, possible deformation. So the waterproof sealing between the planks as well as between the treenail and the plank is repeatedly possible after some hours after the vessel is inside the water.

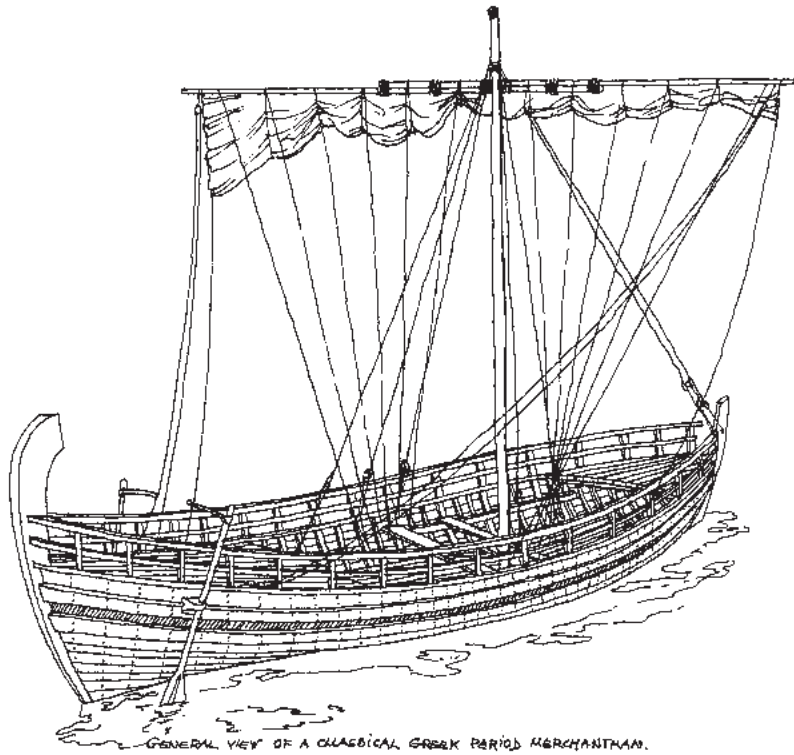
### Epilogue

After this short constructional description of the ancient Greek “hull-first”, shipbuilding system it is obvious that the well-skilled constructors knew excellently the behaviour of wood as a constructional material. They also could invent clever solutions to maintain the correct behaviour of such structure. There is a lot of more work to be done upon this subject and specially upon the comparison of the naval to building techniques.

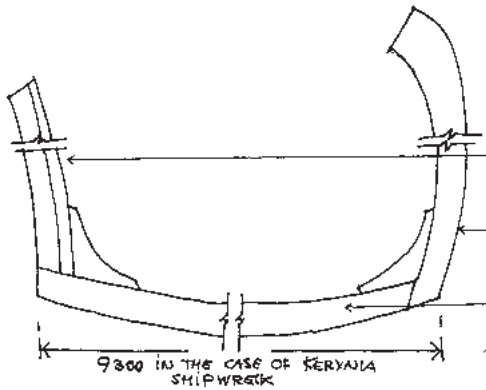
### References

- G. Bass “The construction of a Seagoing Vessel of the late bronze age” Tropis I - Piraeus 1985.  
 J.R. Steffy “The Kyrenia Ship: An Interim Report on its Hull Construction”. American Journal of Archeology 1985.  
 J. Coates “The Trieres, its design and construction”. Tropis I - Piraeus 1985.  
 Jean-Marie Gassend. “La Construction Navale Antique de Type Alterné: Exemple d’ un mode de construction”. Tropis I - Piraeus 1985.  
 S. Marinatos “Excavations at Thera”. Athens 1974.  
 F. Foester Lares “The Cylindrical Nails of the «Kyrenia»”. Tropis II - Delphi 1987.

<sup>8</sup> The grain of the frame components is at a right angle to that of the planks blocking each others movement.



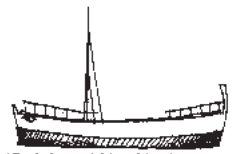
GENERAL VIEW OF A CLASSICAL GREEK PERIOD MERCHANTMAN.



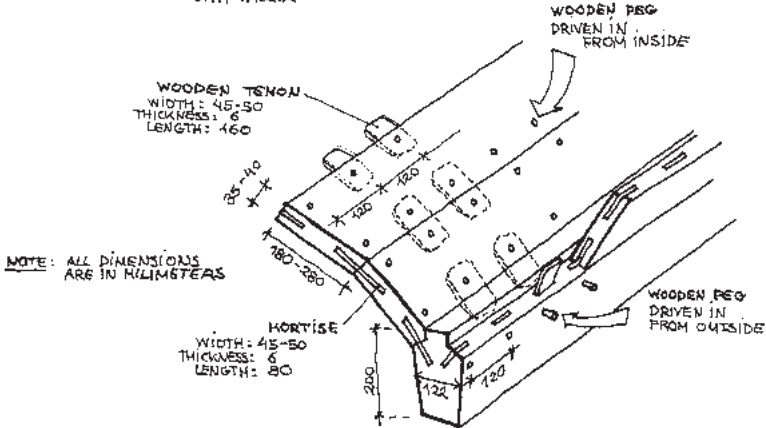
THE STEMPOST AT THE CASE OF KYRENIA SHIPWRECK IS COMPOSED OF TWO TIMBERS JOINED TO THE KEEL AND REINFORCED BY A SUBSTANTIAL KNUSS.

THE STEMPOST, HIGHER THAN THE STEMPPOST, IS ATTACHED TO THE KEEL BY INTERLOCKING JOINT REINFORCED BY A KNUSS COMPONENT.

THE KEEL HEWN FROM A SINGLE LOG COMING OUT OF A NATURALLY CURVED TRUNK.



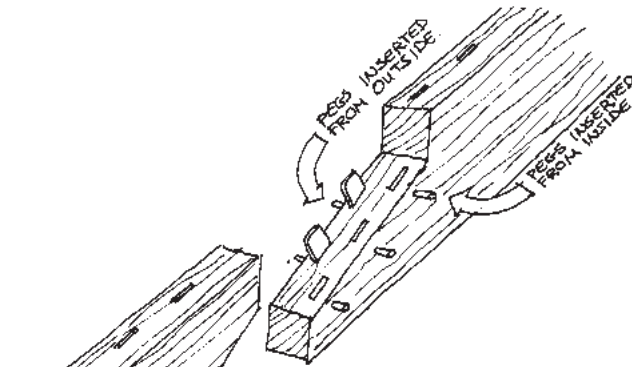
9300 IN THE CASE OF KERYALIA SHIPWRECK



THE BASIC LOADBEARING SYSTEM OF THE ANCIENT GREEK SHIP IS THE HULL ITSELF.

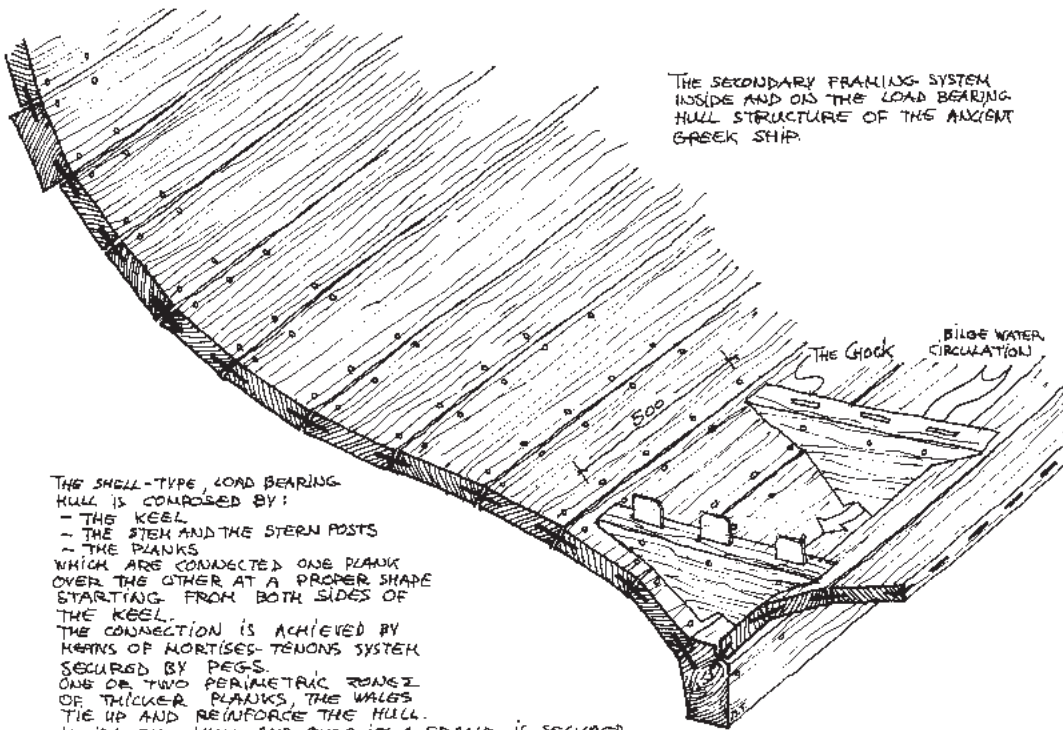
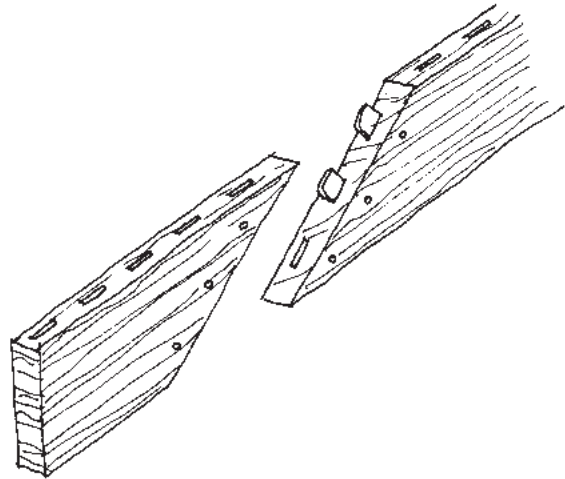
THE SHELL-TYPE HULL STRUCTURE IS COMPOSED OUT OF THE KEEL, THE STERN AND STEM POSTS AND THE PLANKS. THE PLANKS ARE CONNECTED BETWEEN THEMSELVES, AS WELL AS TO THE KEEL AND THE POSTS BY MEANS OF MORTISE-TENONS SYSTEM SECURED BY WOODEN PEGS.

NOTE: ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

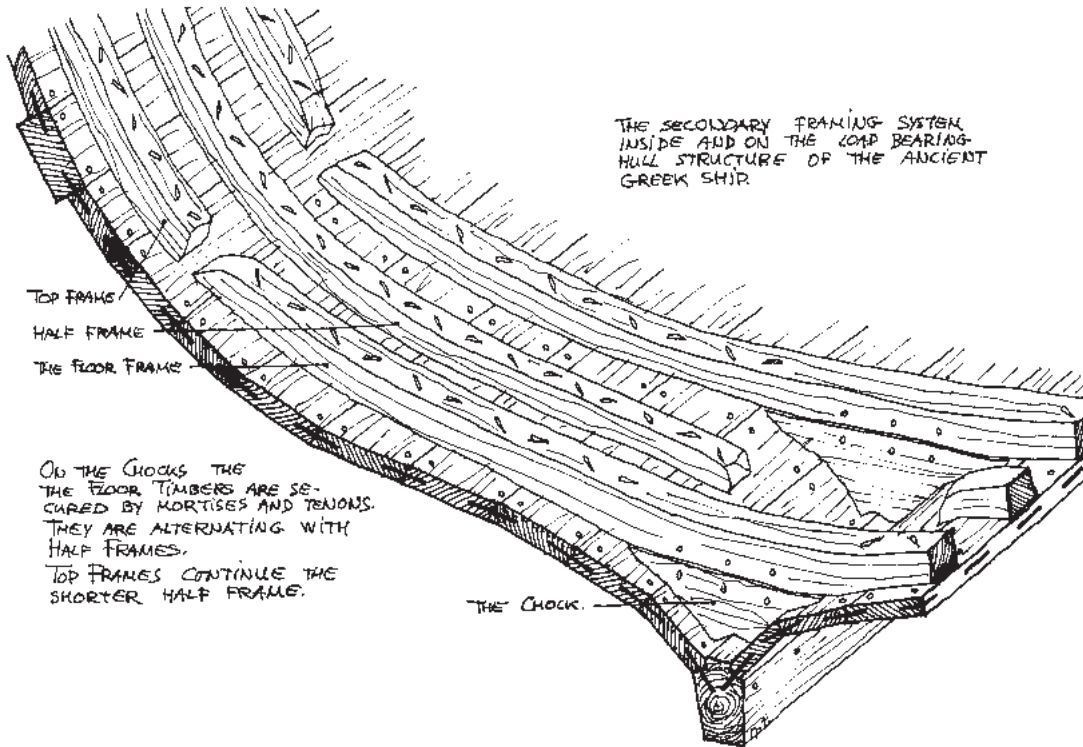


THE Z-SHAPED SCARF JOINT BETWEEN THE REINFORCED PLANKS, THE WALES, WITH THE DOUBLE THICKNESS OF 80 MM. TWO ROWS OF FIVE OR MORE TENONNS ARE USED.

THE TYPICAL, DIAGONAL SCARF JOINT BETWEEN THE PLANKS OF THE HULL.



THE SHELL-TYPE, LOAD BEARING HULL IS COMPOSED BY:  
 - THE KEEL  
 - THE STEW AND THE STERN POSTS  
 - THE PLANKS  
 WHICH ARE CONNECTED ONE PLANK OVER THE OTHER AT A PROPER SHAPE STARTING FROM BOTH SIDES OF THE KEEL.  
 THE CONNECTION IS ACHIEVED BY MEANS OF MORTISES-TENONS SYSTEM SECURED BY PEGS.  
 ONE OR TWO PERIMETRIC ROWS OF THICKER PLANKS, THE WALES, TIE UP AND REINFORCE THE HULL.  
 INSIDE THE HULL AND OVER IT A FRAME IS SECURED STARTING WITH ALMOST TRIANGULAR COMPONENTS, THE CHOCKS REACHING UP TO THE SECOND PLANK.

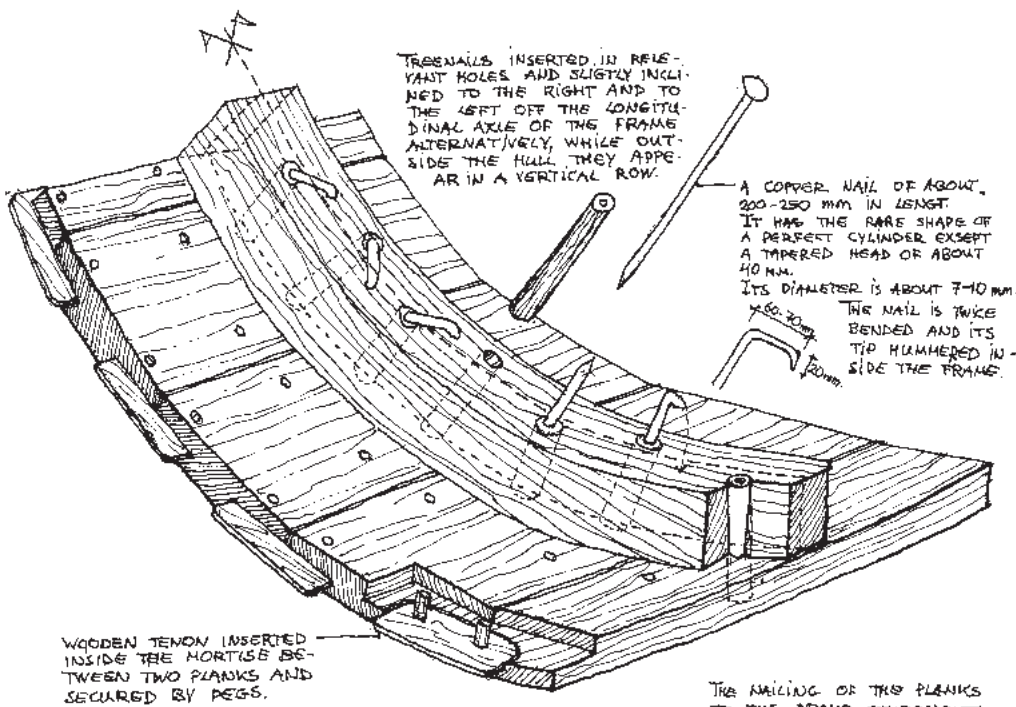


THE SECONDARY FRAMING SYSTEM INSIDE AND ON THE COOP BEARING-HULL STRUCTURE OF THE ANCIENT GREEK SHIP.

TOP FRAMES  
HALF FRAME  
THE FLOOR FRAMES

ON THE CHOCKS THE FLOOR TIMBERS ARE SECURED BY MORTISES AND TENONS. THEY ARE ALTERNATING WITH HALF FRAMES. TOP FRAMES CONTINUE THE SHORTER HALF FRAME.

THE CHOCK.



TREENAILS INSERTED IN RELEVANT HOLES AND SLIGHTLY INCLINED TO THE RIGHT AND TO THE LEFT OF THE LONGITUDINAL AXLE OF THE FRAME ALTERNATIVELY, WHILE OUTSIDE THE HULL THEY APPEAR IN A VERTICAL ROW.

A COPPER NAIL OF ABOUT 200-250 MM IN LENGTH. IT HAS THE RARE SHAPE OF A PERFECT CYLINDER EXCEPT A TAPERED HEAD OF ABOUT 40 MM. ITS DIAMETER IS ABOUT 7-10 MM. THE NAIL IS TWICE BENDED AND ITS TIP HUMMERED IN-SIDE THE FRAME.

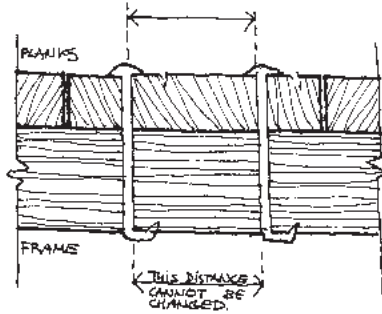
WOODEN TENON INSERTED INSIDE THE MORTISE BETWEEN TWO PLANKS AND SECURED BY PEGS.

THE NAILING OF THE PLANKS TO THE FRAME COMPONENTS OF THE ANCIENT GREEK SHIP BUILDING.



A- THE NAILS ARE DIRECTLY APPLIED (WITHOUT TREENAILS) CONNECTING PLANKS TO THE FRAME

THE MOVEMENT DUE TO THE SHRINKAGE OR EXPANSION OF THE DRY OR WET WOOD COULD BE BLOCKED BY THE NAILS WHICH CORRESPOND TO THE IMMOBIL FRAME

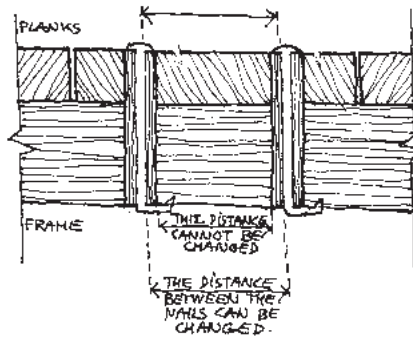


RESULTS: 1- OPEN JOINTS BETWEEN THE PLANKS (DURING EXPANSION)  
2- A CRACK IN THE MIDDLE OF THE BLOCKED PLANK (DURING SHRINKAGE)

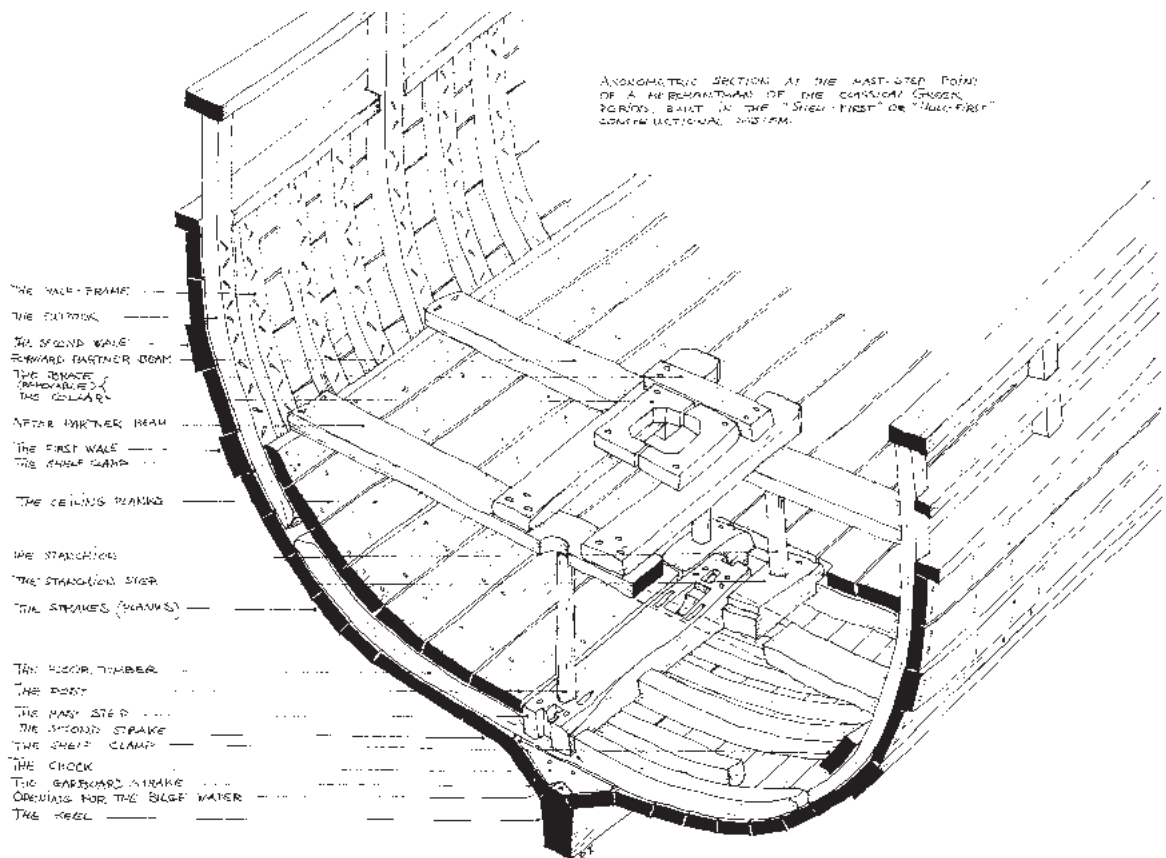
THE ROLE OF TREENAILS IN THE ANCIENT GREEK SHIPBUILDING TECHNIQUES.

B- THE NAILS ARE DRIVEN THROUGH THE TREENAILS, CONNECTING THE FRAME TO THE PLANKS

THE MOVEMENT OF THE PLANKS PERPENDICULARLY TO THE GRAIN, DUE TO THEIR SHRINKAGE OR EXPANSION IN THE RELATIVE CONDITION OF HUMIDITY IS POSSIBLE BECAUSE OF THE DEFORMATION, PERPENDICULARLY TO THE GRAIN OF THE TREENAILS CAUSED BY THE RESISTANCE OF THE NAILS.



RESULTS: 1- THE JOINTS CAN BE SEALED BY THE EXPANSION OF THE PLANKS PERPENDICULARLY TO THE GRAIN.  
2- THE TREENAILS ALLOW SLIGHT MOVEMENTS OF THE NAILS.  
3- THE TREENAILS BY EXPANDING PERPENDICULARLY TO THEIR GRAIN ARE SEALING THE PASSAGE OF THE NAILS THROUGH PLANKS.





ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ  
ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ  
RESTORATION  
OF HISTORIC STRUCTURES

Η περίπτωση των παραδοσιακών κτισμάτων στο Αιγαίο

Αποκατάσταση των ιστορικών κατασκευών σε σεισμικές περιοχές;



## Μερικές σκέψεις για την εφαρμογή κανονισμών στη συντήρηση και την αποκατάσταση των ιστορικών κτιρίων

**N. Καλογεράς**

*Ομότιμος Καθηγητής, Σχολή Αρχιτεκτόνων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*

Το θέμα της εφαρμογής των υπαρχόντων κτιριοδομικών κανονισμών στην επισκευή, αποκατάσταση ή συντήρηση και επανάχρηση ιστορικών κτισμάτων και μνημείων απασχολεί τους ειδικούς εδώ και πολλά χρόνια για τρεις κυρίως λόγους:

- ένα ιστορικό κτίσμα έχει ζωή πολλών εκατοντάδων ετών, έχει κτισθεί χωρίς υπολογισμούς ή σχέδια και βέβαια δεν έχει ακολουθήσει κανένα είδος κανονισμών.
- τόσο το δομικό του σύστημα όσο και τα δομικά υλικά με τα οποία έχει υλοποιηθεί έχουν υποστεί αλλοιώσεις ή μετατροπές με μεγάλο βαθμό κατά την διάρκεια της ζωής του, που αφενός δύσκολα ανιχνεύονται και αφετέρου δύσκολα οργανώνονται σε τυπικές ομάδες που μπορούν να οδηγήσουν σε τυποποιημένες αντιμετώπισεις ή παρεμβάσεις.
- τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί ο αριθμός των κτιρίων που δέχονται νέες χρήσεις εντελώς διαφορετικές από εκείνες για τις οποίες σχεδιάστηκαν και πραγματοποιήθηκαν, με νέες και ιδιαίτερες απαιτήσεις.

Από την άλλη πλευρά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ιστορικών κτιρίων μας οδηγούν ν' αντιμετωπίσουμε κάθε κτίριο ως μοναδική κατασκευή που απαιτεί την δική του αντιμετώπιση κατά την διαδικασία της αποκατάστασής του. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι δεν είναι δυνατή η διατύπωση γενικών αλλά και ειδικών οδηγιών ή προδιαγραφών που πρέπει ν' ακολουθούνται για ν' αποφεύγονται λάθη ή παραλήψεις που στις περιπτώσεις των ιστορικών κτιρίων και μνημείων δεν είναι αναστρέψιμα. Η εφαρμογή και των πλέον συγχρόνων κτιριοδομικών κανονισμών στις εργασίες αποκατάστασης πρέπει να γίνεται με πολλή σύνεση. Είναι προφανές ότι όταν ένα ιστορικό κτίσμα αλλάζει χρήση πρέπει να εφαρμοσθούν όλοι οι κανόνες ασφάλειας για να προστατευθούν οι χρήστες. Εάν κατά την εφαρμογή προκύπτει το δίλημμα της αλλοίωσης των δομικών μερών τότε προκειμένου να μην παραμορφωθεί το κτίριο είναι σκοπιμότερο ν' αλλάξει η χρήση. Πάντως σε κάθε περίπτωση στις επεμβάσεις σε ιστορικά κτίρια προέχει η εφαρμογή των κανόνων που θεσπίστηκαν διεθνώς όπως η χάρτα της Βενετίας και οι διακηρύξεις και συμβάσεις του Άμστερνταμ και της Γρανάδας.

Παράλληλα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη τις επιπτώσεις καταστροφικές πολλές φορές για τα ιστορικά κτίρια, κανονισμών ή οδηγιών που συντάσσονται για ν' αντιμετωπισθούν σοβαροί κίνδυνοι όπως ο σεισμικός. Μερικές από τις οδηγίες που περιλαμβάνονται σε διεθνείς εκδόσεις...

Παράδειγμα αποτελεί η έκδοση επτά βοηθημάτων για την αντιμετώπιση των σεισμών των Ηνωμένων Εθνών "Η οικοδομική κατασκευή υπό σεισμικό κίνδυνο στις Βαλκανικές Χώρες" που περιλαμβάνει συγκεκριμένες οδηγίες όπως: "κλείσιμο ανοιγμάτων σε υπάρχοντες τοίχους" ή "καθαίρεση προστεγασμάτων, εξωστών, στηθαίων". Εάν ακολουθηθούν κατά γράμμα τότε μπορεί να καταστραφούν και αναντικατάστατα αρχιτεκτονικά πολύτιμα στοιχεία.

Ακόμα και θεσμοθετημένες διατάξεις μπορεί να οδηγήσουν σε καταστροφές. Πριν από χρόνια η πολιτεία της Νέας Υόρκης θέσπισε έναν αυστηρό νόμο προστασίας των πεζών από πτώση αντικειμένων. Ο Νόμος αυτός είχε το αποτέλεσμα σε πολλά ψηλά κτίρια των αρχών του αιώνα ν' αποξη-

λωθούν οι επενδύσεις από πέτρα ή από προκατασκευασμένα κεραμικά στοιχεία. Είναι προφανές ότι το θεσμικό πλαίσιο έπρεπε αντίθετα να προσφέρει κίνητρα επισκευής και αποκατάστασης.

Εάν επιθυμούμε να έχουμε αξιόπιστους και εφαρμόσιμους τεχνικούς κανονισμούς στις εργασίες συντήρησης και αποκατάστασης ιστορικών κτιρίων χρειαζόμαστε:

- περισσότερη έρευνα για την συμπεριφορά των ιστορικών κατασκευών με ιδιαίτερη έμφαση στην αναγνώριση των οικοδομικών τους συστημάτων.
- αξιολόγηση της συμπεριφοράς προσφάτων, δηλαδή των 30 τελευταίων ετών, επεμβάσεων και των αντιστοίχων νέων υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί.
- οδηγίες που να λαμβάνουν υπόψη τους περισσότερες από μία παραμέτρους καταπονήσεων και όχι μόνον μία π.χ. σεισμός, όσο σημαντική και να είναι αυτή η παράμετρος για τον ελληνικό χώρο.
- περαιτέρω εκπαίδευση όλων όσων δραστηριοποιούνται στον τομέα της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς και ανταλλαγή εμπειριών.

Στο τελευταίο αυτό σημείο επισημαίνω την πρόσφατη δημιουργία μεταπτυχιακών προγραμμάτων εξειδίκευσης στο ΕΜΠ και στο ΑΠΘ, καθώς και στο Ιόνιο Πανεπιστήμιο που λειτουργούν με ιδιαίτερα επιτυχή τρόπο και τα οποία έχει παρακολουθήσει τα τελευταία 4 χρόνια μεγάλος αριθμός στελεχών της Διοίκησης.





## Some thoughts about the application of codes for the conservation and restoration of historic buildings

**Nikolaos Kalogeras**

*Emeritus Professor, Faculty of Architecture, National Technical University of Athens*

The application of building codes for the repair, restoration or conversion and reuse of historic buildings and monuments, is studied by experts for many years, mainly for three reasons:

- An historic building stays for hundreds of years, it is constructed without any seismic design and it does not apply to any building code.
- Both the structure and the materials of the building, are subjected to significant alterations and transformations during its lifetime. These transformations are difficult to track down and to categorise in a way that can lead to typical interventions.
- The last years, the number of buildings that have been reused is increased. The new uses are as a rule, completely different than the original ones and they are associated with new and specific requirements.

On the other hand, the specific characteristics of historic buildings make necessary to tackle each building as a unique case that requires a specific approach for its restoration. This does not mean that it is not possible to issue general and also specific guidelines or instructions, in order to avoid mistakes or omissions which are not reversible in the case of historic buildings. The application of building codes for restoration, even of the most modern ones, must be made carefully. It is obvious that the use of an historic building changes, all current codes must be applied in order not to risk the life of users. If there is a dilemma during the application in respect to probable alterations of structural parts, then it is better to change the use in order not to deform the building. At any case of intervention in an historic building, it is vital to respect the international rules, such as the Venice Charter and the declarations and conventions of Amsterdam and Granada.

At the same time, one should take into account that codes and guidelines aiming to mitigate risks, such as the seismic risk, can have a disastrous effect on historic buildings.

As an example, the seven volumes published by the United Nations on earthquake mitigation and titled "Building construction under seismic conditions in the Balkan region". include specific instructions such as "filling in openings of existing walls" or "demolition of προστεγασμάτων, balconies and parapets ". If these instructions are followed literally, then unique, valuable, architectural elements can be ruined.

Even official instructions may lead to a loss. Several years ago, the State of New York passed a strict law for the protection of pedestrians from falling objects. The law resulted to the demolition of stone veneer and ceramic elements from tall buildings of the beginning of 20th Century. It is obvious that the legal framework should instead have offered incentives for repair or restoration.

If we demand reliable and applicable codes and regulations for the conservation and restoration of historic buildings, then we need:

- More research on the behaviour of historic structures, giving more emphasis to the identification of their structural system.
- Evaluation of the behavior of recent, that is of the last 30 years, interventions and of the corresponding new materials used.
- Instructions taking into account more than one factors of risk and not only one, such as the earthquake, even though earthquakes are a significant risk in Greece.
- More education and training of all parties involved in the field of architectural inheritance, as well as experience exchange.

Regarding the last point, I want to bring up the recent set up of specialised post-graduate programs in National Technical University of Athens and the Aristotle University of Thessaloniki, as well as in the University of the Ionian. These programs are already very successful and they have contributed to the education of a great number of people from the public administration during the last four years.



## Νέα αρχιτεκτονικά μέρη σε παλιά κτίρια

Huges Wilquin

*Professor, Polytechnical University of Mons, Belgium*

Εάν για διάφορους λόγους, όπως η αποπεράτωση ή η ενίσχυση (π.χ. για λόγους στατικούς ή αντισεισμικούς), προκύψει ανάγκη για προσθήκη νέων στοιχείων σε παλιά ή παραδοσιακά κτήρια, θα πρέπει να ακολουθηθούν ορισμένοι κανόνες δεοντολογίας ή ακόμη περισσότερο, ορισμένοι εθιμικοί κανόνες.

Το να επανεξετάσουμε τον τρόπο με τον οποίο έως σήμερα θεωρείται το ιστορικό γίνεσθαι και τον τρόπο που αντιμετωπίζονται τα παλιά κτήρια υπό το πρίσμα των πρακτικών που ακολουθήθηκαν από την Αρχαιότητα μέχρι τον 19ο αιώνα, αποτελεί μια πολύ σχετικιστική προσέγγιση.

Μια αναδρομή στις ποικίλες θεωρίες και πρακτικές, οι οποίες άλλοτε συμφωνούν και άλλοτε είναι αντίθετες μεταξύ τους, από τα γραπτά του Alois RIEGL στο τέλος του 20ου αιώνα μέχρι τα άρθρα της Χάρτας της Βενετίας που συντάχθηκαν από το Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Χώρων (ICOMOS) το 1964, ρίχνει φως σε ιδέες και πρακτικές σχετικές τόσο με την αναστήλωση, όσο και με την αποκατάσταση.

Θα αναπτυχθεί η ιδέα της «συμβατότητας» στις επιλογές που αφορούν σε νέες λειτουργίες, στο φέροντα οργανισμό, στη μηχανική συμπεριφορά, στη χρήση νέων υλικών, και οι οποίες που θα πρέπει να ανταποκρίνονται στα παλιά τμήματα που αναστηλώνονται και να συνεργάζονται αρμονικά. Στις σεισμικές περιοχές, είναι ανάγκη να ληφθεί σοβαρά υπόψη η συμβατότητα, σε όρους στατικής συμπεριφοράς (σύμφωνα με τις αναμενόμενες δράσεις του σεισμού και τη στατική συμπεριφορά των υφισταμένων τμημάτων της κατασκευής), σε όρους τεχνολογικών δυνατοτήτων (ως προς το αν οι παλιές τεχνικές και η τεχνογνωσία είναι ακόμη γνωστές και μπορούν να επαναληφθούν εύκολα ή αν θα μπορούσαν να προταθούν κάποιες νέες τεχνικές πλήρως συμβατές οικονομικά και κοινωνικά στη σύγχρονη εποχή της παγκοσμιοποίησης στην περίπτωση που αυτές έχουν εξαφανιστεί), καθώς και σε όρους αρχιτεκτονικής αρμονίας (σύμφωνα με το σύγχρονο τρόπο ζωής και τις σύγχρονες τάσεις της αρχιτεκτονικής). Οι θεωρίες επιβάλλεται να πάρουν θέση σε σχέση με την πραγματικότητα. Οι τοπικού χαρακτήρα λύσεις και δυνατότητες για μια ομαλή κοινωνική και οικονομική πρόοδο, μπορεί και πρέπει να ακολουθούν την κατεύθυνση της βιώσιμης ανάπτυξης.

Ο διεπιστημονικός χαρακτήρας των μελετών (από την αρχή - Bauaufforschung) είναι θεμελιώδους σημασίας. Οι ειδικοί (γεωλόγοι, σεισμολόγοι, μηχανικοί, κοινωνιολόγοι, οικονομολόγοι, ιστορικοί, αρχαιολόγοι, τεχνικοί, αρχιτέκτονες,...πολίτες και πολιτικοί) οφείλουν να εργασθούν και συζητήσουν όλοι μαζί σε κάθε επίπεδο της μελέτης. Σε αυτή την περίπτωση, αυτή η αλληλοεπίδραση των ιδεών θα παράσχει καλύτερη γνώση σε κάθε πεδίο, καλύτερη ανταπόκριση στις ανάγκες του καθενός και μια ολοκληρωμένη έρευνα και προτάσεις. Με αυτόν τον τρόπο θα υπάρξει ουσιαστική βελτίωση την τεχνικής και της ποιότητας των όποιων επεμβάσεων.

## The New Architectural Parts in Old Buildings

Huges Wilquin

*Professor, Polytechnical University of Mons, Belgium*

If we need to add new elements into old or traditional buildings for several reasons as completion or reinforcement (structural or parasismic ones for examples), we have to follow some deontological or even more ethic rules.

Re-examining the way in which until now we have considered the stratification of history and the way of dealing with old buildings in the light of practices since the Antiquity to the 19th century is too relativistic an approach.

A review of the various theories and practises sometimes agreeing or disagreeing since the writings of Alois RIEGL at the turn of the XX th century and up to the articles of the Charter of Venice set down by the International Council of Monuments and Sites (ICOMOS) in 1964 sheds light on thought and practice relative to both restoration and rehabilitation.

The idea of “compatibility” in the choices of new functions, structures, mechanical behaviour, uses of new materials, corresponding to the old parts restored and working together in harmony will be developed. In front of a seismic prone-areas, we have to take in account the compatibilities in terms of structural behaviour (according to the potential effects of an earthquake and with the structural behaviour of the existing parts), in terms of technological possibilities (are the ancient techniques and know-how still known and easy to repeat and if they disappeared, could we propose some new techniques fully economically and socially compatible in our time of globalisation) and in terms of architectural harmony (according to the new ways of life and to new architectural cultures). The theories have so to be placed in front of the reality. The local solutions and possibilities for a soft social and economical improvement will and must follow the line of a sustainable development.

The character of interdisciplinarity of the studies (from the beginning - Bauaufforschung) is essential. The specialists (geologists, seismic specialists, mechanical engineers, sociologists, economists, historians, archaeologists, technicians, architects,...people and politicians) have to work and to discuss together at each level of the study. In that case, that “brainstorming” will provide better knowledge of each field and needs for everyone and a comprehensive survey and proposals. It will develop a larger quality of interventions.



# Συστάσεις για τις επεμβάσεις σε μνημεία και ιστορικά κτίρια σε σειсмоγενείς περιοχές

**Ελισάβετ Βιντζηλαίου**

*Αναπληρώτρια Καθηγήτρια*

*Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*

## **Εισαγωγή**

Οι Κανονισμοί ή τα Πρότυπα που ισχύουν για τις επεμβάσεις σε νεώτερες κατασκευές δεν εφαρμόζονται στην περίπτωση των μνημείων και των ιστορικών κτιρίων. Πράγματι, στην περίπτωση των επεμβάσεων σε ένα μνημείο ή σε ένα ιστορικό κτίριο, πολύ συχνά δεν διατίθενται στοιχεία για την τεκμηρίωση του έργου, ενώ εξ άλλου, η ιστορία των φορτίσεων και των δράσεων, οι οποίες επηρέασαν την κατασκευή είναι κατά το μάλλον ή ήττον άγνωστες. Έτσι, ο Μελετητής οφείλει να εντοπίσει το δομικό σύστημα, τα υλικά κατασκευής και τις ιδιότητές τους, να εκτιμήσει τις πιθανές αιτίες βλαβών, κλπ. Επί πλέον, η στάθμη των γνώσεων σε ότι αφορά τα υλικά και τις τεχνικές επεμβάσεων, καθώς και τα προσομοιώματα σχεδιασμού, είναι ουσιαστικά χαμηλότερη απ' ότι για τις νέες κατασκευές. Εξ άλλου, η διεθνής πείρα η σχετική με τις επεμβάσεις σε μνημεία είναι πολύ περιορισμένη συγκρινόμενη με τις δραστηριότητες οικοδομήσεως νέων κτιρίων. Τέλος, κατά τον σχεδιασμό των επεμβάσεων σε ένα δόμημα με πολιτιστική αξία, ο Μελετητής οφείλει να συμμορφώνεται με τις γενικές αρχές αποκατάστασης και προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς, λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπ' όψη τα ιδιαίτερα προβλήματα και τις ποιότητες (σε ορισμένες περιπτώσεις, μοναδικές) κάθε κατασκευής με πολιτιστική αξία.

Καθίσταται, έτσι, φανερό ότι υπάρχει επείγουσα ανάγκη για την σύνταξη Οδηγιών σχετικών με τις επεμβάσεις σε μνημεία και σε ιστορικούς οικισμούς, έτσι ώστε να καταστεί ορθολογική η διαδικασία της δομητικής συντήρησης. Μ' αυτόν τον τρόπο, η διατήρηση της δομημένης πολιτιστικής κληρονομιάς θα είναι πιο αξιόπιστη και, επομένως, ασφαλέστερη.

Στο πλαίσιο μίας διμερούς Ελληνο-Σλοβενικής συνεργασίας, συντάχθηκε ένα Σχέδιο Συστάσεων για τις δομητικές επεμβάσεις σε μνημεία και ιστορικά κτίρια υπό σεισμικές συνθήκες. Στα επόμενα, δίνεται μία σύντομη περιγραφή αυτού του κειμένου.

## **Η δομή του κειμένου των συστάσεων**

Το κείμενο δομήθηκε, έτσι ώστε να ακολουθεί όλα τα βήματα της δουλειάς του Πολιτικού Μηχανικού κατά την συλλογή των στοιχείων για το φέρον σύστημα του κτιρίου, για την αποτίμηση της υπάρχουσας κατάστασης, για την διαμόρφωση των προτάσεων επεμβάσεως, καθώς και για τον ανα-σχεδιασμό. Η δομή και τα περιεχόμενα των συστάσεων έχουν ως εξής:

## **Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή**

Το κεφάλαιο χωρίζεται σε δύο ενότητες (Σκοπός και Πεδίο Εφαρμογής). Αναφέρεται ότι το κείμενο απευθύνεται κυρίως σε Δομοστατικούς Μηχανικούς. Παρ' όλα αυτά, μπορεί να χρησιμεύσει ως κείμενο αναφοράς για τις αρμόδιες Αρχές, για Αρχιτέκτονες και Συντηρητές, καθώς και για τους συντάκτες σχετικών Κανονισμών.



Το Σχέδιο των Συστάσεων προτείνει μια μεθοδολογία η οποία μπορεί να εφαρμόζεται σε οποιαδήποτε κατασκευή από τοιχοποιία. Παρ' όλα αυτά, πολλά από τα άρθρα του κειμένου αναφέρονται κυρίως σε μεμονωμένα κτίρια ή σε ιστορικούς οικισμούς.

Τέλος, αναφέρεται ότι μολονότι το κείμενο ασχολείται μόνον με δομητικές επεμβάσεις, κριτήρια ιστορικού, αρχιτεκτονικού, οικονομικού και κοινωνικού χαρακτήρα επηρεάζουν την λήψη των αποφάσεων που σχετίζονται με τις επεμβάσεις σε ένα μνημείο.

## **Κεφάλαιο 2: Πληροφορίες για την δομητική αποτίμηση**

Σ' Αυτό το κεφάλαιο δίνονται οδηγίες στον Μηχανικό για την συλλογή των στοιχείων που είναι απαραίτητα για την εντόπιση του φέροντος συστήματος, για την μελέτη της παθολογίας, καθώς και για την εκτίμηση των φυσικών και των μηχανικών ιδιοτήτων υλικών και φερόντων στοιχείων.

Αυτό το βήμα είναι μείζονος σημασίας (α) για την αποτίμηση της παρούσας κατάστασης του μνημείου, και (β) για την διατύπωση εναλλακτικών προτάσεων για επεμβάσεις.

Οι σχετικές πληροφορίες πρέπει να παρουσιάζονται σε σχέδια, σκαριφήματα, φωτογραφίες, Τεχνικές Εκθέσεις, κλπ.

Το κεφάλαιο χωρίζεται σε έξι παραγράφους: Πληροφορίες σχετικές με το μνημείο και το περιβάλλον του, Εντόπιση και αποτύπωση του φέροντος οργανισμού, Αποτύπωση και μελέτη της παθολογίας, Μηχανικές ιδιότητες φερόντων στοιχείων, Χαρακτηρισμός εδάφους και γεωτεχνικά χαρακτηριστικά, Γειτονικά κτίρια.

## **Κεφάλαιο 3: Αποτίμηση υπάρχουσας κατάστασης της κατασκευής**

Η αποτίμηση της κατασκευής περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα, για τα οποία δίνονται πληροφορίες στο κείμενο των Συστάσεων: (α) Υπολογιστική ερμηνεία των (κύριων) βλαβών που παρατηρούνται στην κατασκευή, (β) Εντόπιση σφαλμάτων κατά τον αρχικό σχεδιασμό της κατασκευής ή/και σφάλματα οφειλόμενα σε προηγούμενες επεμβάσεις, και (γ) Εκτίμηση των υπάρχοντων περιθωρίων ασφαλείας έναντι των αναμενόμενων δράσεων.

## **Κεφάλαιο 4: Λήψη αποφάσεων**

Μολονότι, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η λήψη αποφάσεων είναι μία σύνθετη διαδικασία βασιζόμενη σε δομητικά, ιστορικά, αρχιτεκτονικά, οικονομικά και κοινωνικά κριτήρια, στο κείμενο αναφέρονται διάφορα εναλλακτικά σενάρια επεμβάσεων, ώστε να υποστηρίζεται ο Μηχανικός κατά την διαμόρφωση των προτάσεών του. Σ' αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται οι ακόλουθες εναλλακτικές λύσεις: (α) Μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, της δυσκαμψίας ή/και της πλαστιμότητας μεμονωμένων δομικών στοιχείων, (β) η απάλειψη ή η μείωση ασυμμετριών και ακανονικοτήτων, (γ) η γενική αύξηση της δυσκαμψίας του κτιρίου, (δ) Η γενική αύξηση της φέρουσας ικανότητας του δομήματος, (ε) η μείωση των μαζών, (στ) Η κατασκευή ενός νέου ανεξάρτητου φέροντος οργανισμού για την ανάληψη σεισμικών δράσεων και (ζ) η σεισμική μόνωση του δομήματος.

## **Κεφάλαιο 5: Ανασχεδιασμός**

Πρόκειται για το τελικό στάδιο της δουλειάς του Πολιτικού Μηχανικού. Περιλαμβάνει (α) την αποτίμηση της απομένουσας φέρουσας ικανότητας του κτιρίου, (β) την εκτίμηση των αναμενόμενων δράσεων (συμπεριλαμβανομένης και της σεισμικής), (γ) Νέα σύλληψη του φέροντος οργανισμού,



- (δ) Διαστασιολόγηση των δομικών στοιχείων (νέων και παλαιών-είτε επεμβαίνει σ' αυτά, είτε όχι),  
(ε) Σύνταξη κατασκευαστικών σχεδίων και (στ) Τεχνική Έκθεση και Τεχνικές Προδιαγραφές.

Το κείμενο των Συστάσεων συμπληρώνεται από μία σειρά Παραρτημάτων, τα οποία περιλαμβάνουν χρήσιμες (αν και όχι ακόμη καθιερωμένες) γνώσεις για τον Δομοστατικό Μηχανικό. Ακολουθεί ο κατάλογος των Παραρτημάτων.

### **Παραρτήματα**

Παράρτημα 1: Τυπικές βλάβες κτιρίων από τοιχοποιία (μορφολογία και ερμηνεία)

Παράρτημα 2: Ενόργανη παρακολούθηση της συμπεριφοράς του μνημείου

Παράρτημα 3: Επί τόπου διερευνητικές εργασίες (για την εντόπιση του τρόπου δομήσεως της τοιχοποιίας, κενών, κλπ.)

Παράρτημα 4: Επί τόπου και Εργαστηριακές δοκιμές (αποτίμηση φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών υλικών, φερόντων στοιχείων και τμημάτων της κατασκευής).

Παράρτημα 5: Ανάλυση κτιρίων από τοιχοποιία

Παράρτημα 6: Προσομοιώματα ανασχεδιασμού για μερικές τεχνικές επεμβάσεων.

### **Βιβλιογραφικές παραπομπές**

"Guidelines for interventions to monuments and historic buildings in earthquake prone regions"  
(E.Vintzileou, E.-E.Toumbakari, T.P.Tassios, M.Tomazevic, M.Lutman, I.Klemenc)

# Guidelines for interventions to monuments and historic buildings in earthquake prone regions

**Elizabeth Vintzileou**

*Associate Professor*

*Faculty of Civil Engineering, National Technical University of Athens, Greece*

## **Introduction**

Codes or Standards valid for interventions to new (engineered) structures are not applicable to monuments and historic buildings. In fact, in case of interventions to a monument or to a historic building, documentary evidence is often not available, whereas the history of loads and actions that have affected the structure are more or less unknown. Thus, the Designer has to identify the structural system, the building materials and their properties, to estimate the damaging causes and their probable values, etc. In addition, the state of knowledge regarding intervention materials and techniques, design models, etc., is much less established than for new structures, whereas the international experience regarding the interventions to monuments is rather limited compared to the activity of building new structures. Finally, in designing the rehabilitation of a structure of cultural value, one has to comply with the general principles of restoration and protection of cultural heritage, whereas at the same time, one should take into account the specific problems and original (if not unique) qualities inherent to each structure of cultural value.

It is therefore obvious that there is an urgent need for specific Guidelines for interventions to monuments and urban nuclei, so as to make the process of structural conservation more rational and, hence, more reliable and safe for the preservation of the built heritage.

Within the framework of a bilateral Greece-Slovenia cooperation, Guidelines for structural interventions to monuments and historic buildings in seismic conditions were drafted. In what follows, a brief outline of this text is presented.

## **The structure of the document**

The text of the Guidelines was structured following all the steps that should be taken by the Structural Engineer in order to collect information regarding the bearing system of the building, to evaluate its actual state, to formulate alternative intervention schemes and to redesign the structure. The structure and the content of the document are as follows:

### **Chapter 1: Introduction**

The chapter is divided into two sections (Aim, Field of application-Limitations). It is stated that the text is mainly assessed to Structural Engineers. Nevertheless, it may serve as Reference Document to the relevant Authorities, to Architects and Curators. It may also serve as a basis for Code making bodies.

The Draft Guidelines suggest a methodology applicable in principle to any existing masonry structure. Nevertheless, several clauses refer mainly to isolated buildings or to urban nuclei built in earthquake prone areas.



Finally, it is reminded that although the text deals with structural interventions, there are various criteria of historical, architectural, economical and social nature that obviously affect the intervention scheme which will be finally selected. The elaboration of those criteria is out of the scope of this document.

## **Chapter 2: Information for structural evaluation**

In this chapter, guidance is given to the Structural Engineer for the collection of data that are essential for the identification of the structural system, for the study of the pathology of the structure, as well as for the assessment of physical and mechanical properties of materials and building components.

This step is of major importance (a) for the assessment of the the actual state of the structure and (b) for the formulation of alternative intervention schemes. Relevant information should be presented in the form of drawings, sketches, photographs, technical Reports, etc., as appropriate.

This Chapter is divided into six sections, as follows: Information regarding the structure and its environment, Identification and survey of the structural system, Survey and study of the pathology of the structure, Mechanical properties of strustural elements, Site characterization and geotechnical information and Adjacent buildings.

## **Chapter 3: Assessment of the actual state of the structure.**

The assessment of the structure includes the following steps, for which guidance is provided in the text: (a) Computational interpretation of the (main) damages observed in the structure, (b) Identification of gross errors in the initial conceptual design of the structure and/or errors due to previous interventions, and (c) Estimation of available safety margins against the expected actions.

## **Chapter 4: Decision making**

Although, as mentioned before, decision making is a complex procedure involving structural, historic, architectural, economic and social criteria, various alternative intervention schemes are mentioned here, to assist the Structural Engineer in the formulation of the most appropriate set of interventions. This chapter describes several intervention schemes, such as: (a) modification of load bearing capacity, stiffness and/or ductility of individual structural elements, (b) alleviation of existing discontinuities and irregularities, (c) increase of the stiffness of the structure as a whole, (d) increase of the bearing capacity of the structure as a whole, (e) mass reduction, (f) design of a new independent structural system to resist earthquake actions, and (g) seismic isolation of the structure.

## **Chapter 5: Redesign**

This is the final stage of the work of the Structural Engineer. It comprises (a) The assessment of residual bearing capacity of structural elements, (b) Evaluation of design actions (including seismic actions), (c) New conceptual design of the structural system, (d) Dimensioning of structural elements (new, repaired, strengthened, as well as those remaining unaltered according to the proposed intervention scheme), (e) Preparation of structural drawings and, finally, (f) Technical Report and Specifications.

The text of Guidelines is completed with a series of Appendices that provide useful (but not yet established) knowledge to the Structural Engineer. The list of Appendices is as follows:

## **Appendices**

Appendix 1: Typical damages of masonry structures (morphology and interpretation)

Appendix 2: Monitoring of structural behaviour

Appendix 3: In-situ investigations (identification of construction type of masonry, voids, cavities, etc.)

Appendix 4: In-situ and in-Laboratory investigations (assessment of physical and mechanical properties of materials, building components and subassemblies).

Appendix 5: Analysis of masonry structures

Appendix 6: Design models for selected intervention techniques.

## **Literature**

"Guidelines for interventions to monuments and historic buildings in earthquake prone regions"  
(E.Vintzileou, E.-E.Toumbakari, T.P.Tassios, M.Tomazevic, M.Lutman, I.Klemenc)





## Η συμπεριφορά της ιστορικής κατασκευής ως συνόλου, σε σεισμική καταπόνηση: Η σημασία του ρόλου του ξύλου.

**Π. Τουλιάτος**

*Αρχιτέκτονας, Αναπληρωτής Καθηγητής, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*

Η σύγχρονη σκέψη που βασίζεται σε τυποποιημένα, αναλυτικά υπολογιστικά συστήματα που απαιτούν τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, μερικές φορές αντιμετωπίζει τα διάφορα δομικά μέλη ενός κτιρίου, όπως οι τοίχοι, τα πατώματα και οι οροφές, ως ανεξάρτητες οντότητες που συμπεριφέρονται αυτόνομα. Ένα σύνηθες αποτέλεσμα αυτού του τρόπου σκέψης, είναι η συχνή ανικανότητά μας να προβλέψουμε σωστά ή να εξηγήσουμε μια δεδομένη κατάσταση ή συμπεριφορά μιας ιστορικής κατασκευής.

Από την άλλη πλευρά, μια ολιστική από άποψη ανάλυσης, κατασκευής ή συμπεριφοράς, προσέγγιση μιας συγκεκριμένης κατασκευής αποτελεί μια καθόλου εύκολη ή τυποποιημένη διαδικασία.

Μια από τις πολλές δυσκολίες είναι ότι απαιτείται από την αρχή της μελέτης μια συγχρονισμένη συνεργασία μεταξύ αρχιτεκτόνων, πολιτικών μηχανικών και άλλων ειδικών, σε αντίθεση με τις σύγχρονες προθέσεις διαχωρισμού των επαγγελματιών.

Παρόλα αυτά, μια πολύτιμη και ευρεία σε ποικιλία και μοναδικότητα, αρχιτεκτονική δομική κληρονομιά που εξακολουθεί να υπάρχει ακόμη και που δυστυχώς σε πολλές περιπτώσεις έχει εξασθενήσει λόγω ηλικίας, χρήσης και βλαβών, περιμένει από εμάς να την καταλάβουμε και να την εκτιμήσουμε στην ολοκληρωμένη, συνολική ύπαρξη και συμπεριφορά της.

# The box framed entity and function of the structures: The importance of wood's role

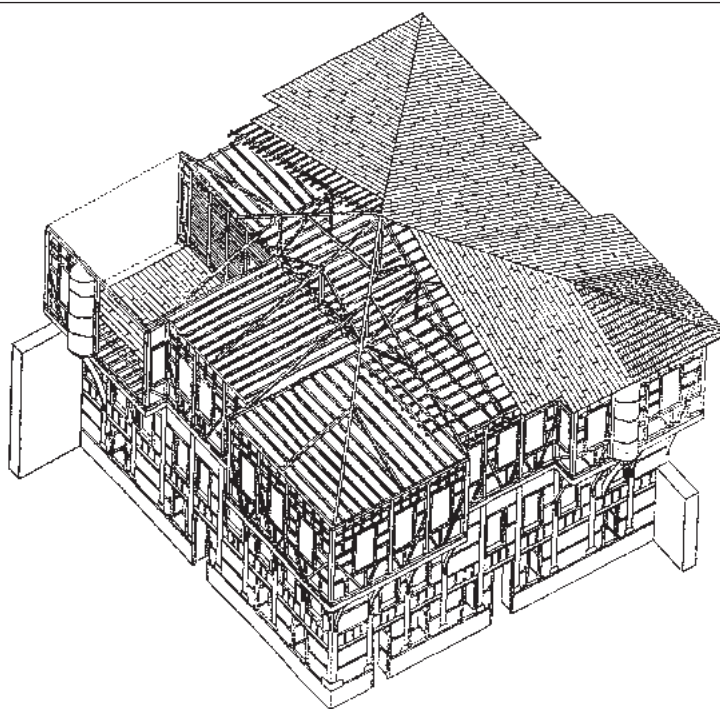
Panos Touliatos

Associate Professor, National Technical University of Athens

## 1. Introduction

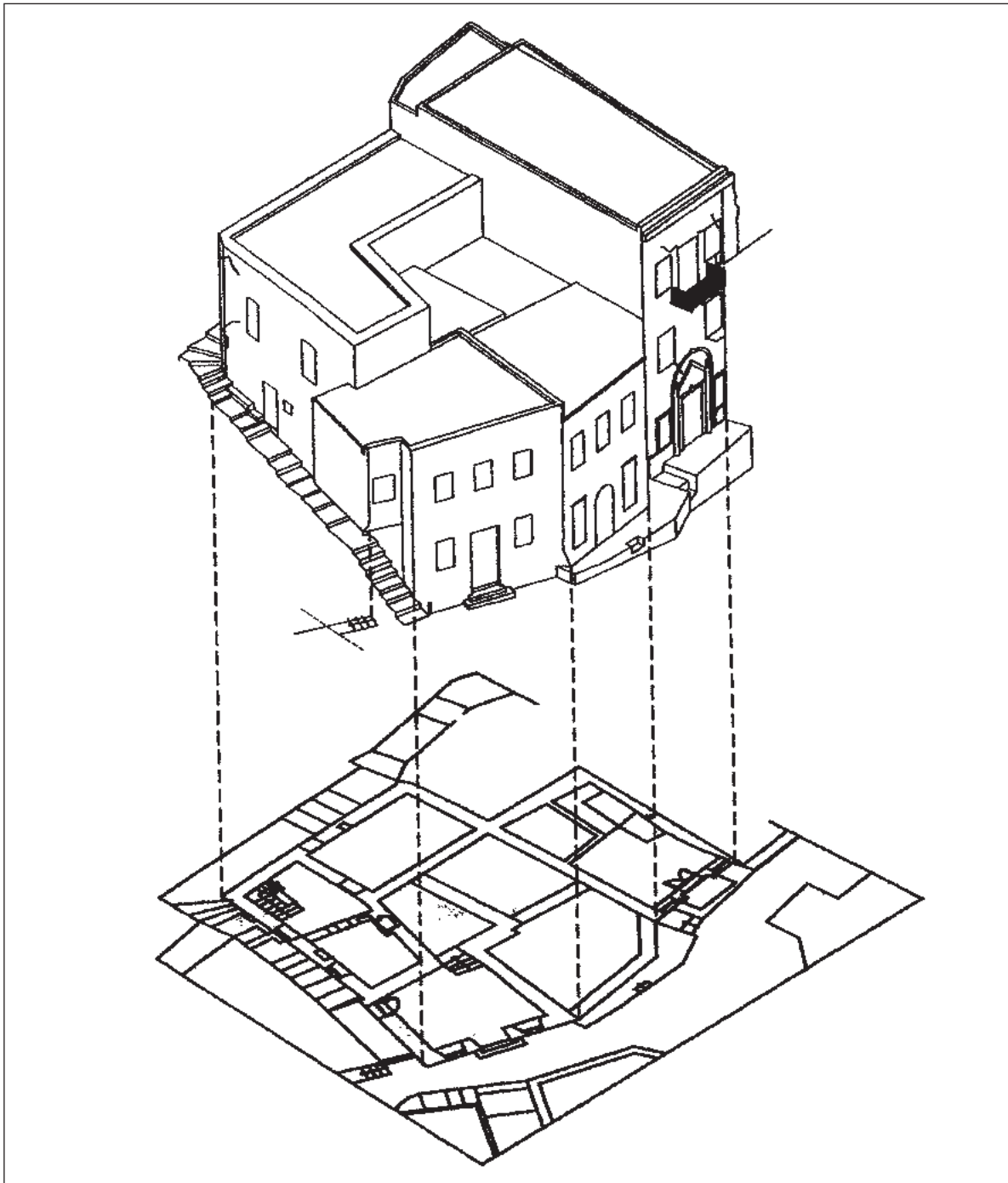
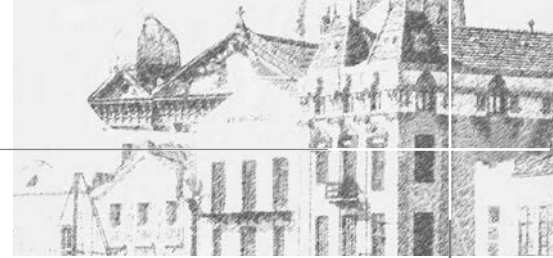
The majority of the human structures is composed out of box-framed units. The shape and size of each such unit is dramatically varying from the huge space of a cathedral to a typical room of a residence and from the hemispheric “jurta” at the North Pole to the simple rectangular shape of the traditional Greek house. But in each case one common factor always exists and is dominant: that of the box-framed entity which creates the isolated built environment.

Many different, natural or artificial, materials have been used and even more structural systems and components have been invented for the realization of that hull which will separate and isolate from the universe the, in every occasion needed for the human life and activity, “space” and will enrich it with the specific, personal conditions of isolation, security, communication, ventilation, decoration etc. (fig. 1).



*The masonry walls of the first two floors are reinforced and “tied-around” by timber components. The third floor is composed entirely by timber bearing system. The uncommon detail is that of the second floor, where heavy timber posts embedded in the first floor’s masonry provide the needed rigidity.*

**Fig. 1:** An interesting and rare example of a multistorey building constructed around 1850 in northern Greece (Xanthi).



**Figure 2:** A characteristic complex of four buildings cooperating and behaving, under the influence of various loading, as a unified entity. The example is from Mandraki, the main village on the island of Nisyros, an active volcano in the eastern seismic area of the Aegean Sea in Greece.

This same hull of each unit or complex of units receives all the loads and influences of the environment and resists to them with different levels of success (**fig. 2**).

That structural hull that defines a space and that forms the part or the whole of a construction, behaves always as a **unified, complete entity**. A **box-shaped entity**, consisted out of different materials and components that cooperate by means of different types of connections.

This fact is a very important factor to be taken under consideration during the procedure of recognition, structural and constructional analysis, estimation of capability to perform and generally during the effort to estimate the structures behaviour.

**The reaction and the relevant result of every structure and each component against loading are their deformations.** These deformations are the causes of the various failures and during our efforts to analyse the pathology of a structure and to compose a strengthening and repair proposal, we are searching after the characteristics and the reasons of appearance of those same deformations.

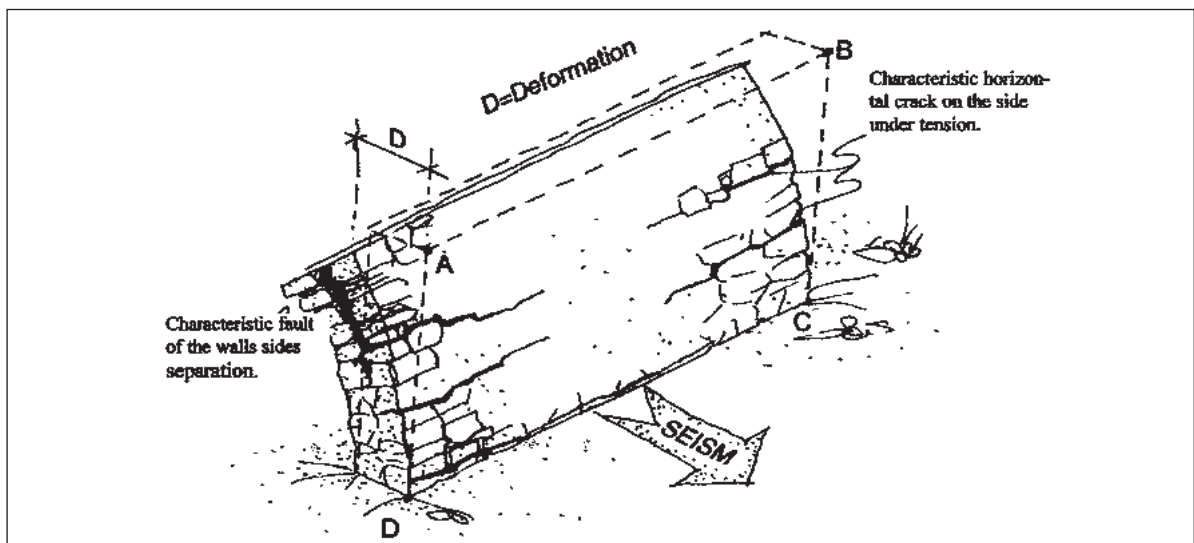
The appearance of those critical for the structure's behaviour, deformations of every constructional component is absolutely depended on it's role inside the box-framed structural entity.

A structural component under the influence of a specific load will behave, deform or probably fail **in a different** way accordingly to whether it undertakes this load as an **independent structural entity** or as a member of a **box-framed structural unit**.

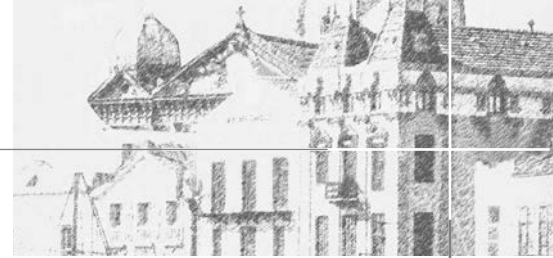
## 2. A structural component as a member of a box-framed, space unit

If a masonry wall, built alone as a cantilever projected from its foundation, will undertake a force from, lateral to its surface, movement of the earth, due to a seismic action, then it will deform, bending, due to inherit action towards the opposite to the earth's movements direction.

That deformation, depending on the quality of the wall's construction, its dimensioning and the strength of the incoming force will cause cracks **parallel to the foundation** and starting from that point, declination from the vertical position, separation of the two external surfaces and even, finally, its overturning (**fig. 3**).



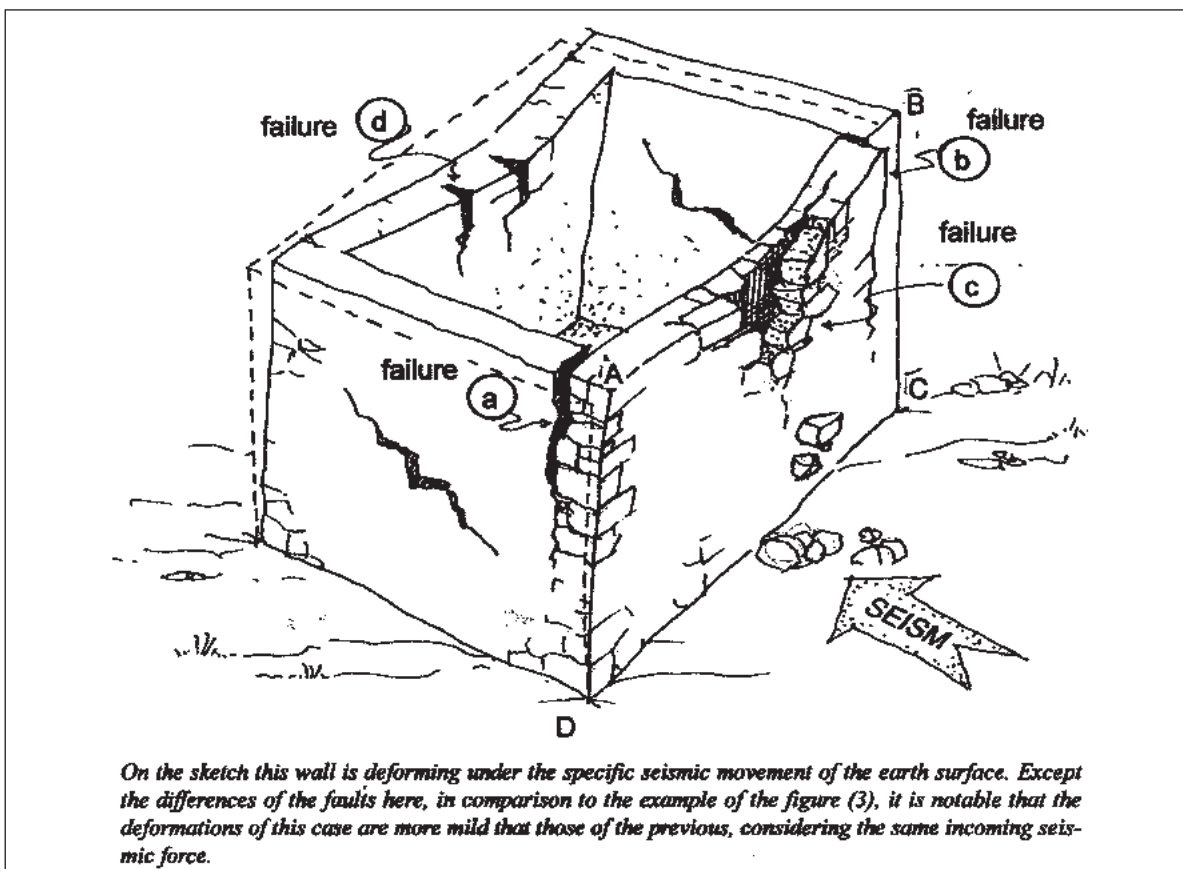
**Fig. 3:** A characteristic example of a masonry wall, as an independent structural entity, deforming under the specific seismic loading.



Exactly the same masonry wall, loaded by the precisely the same as mentioned above forces, but being now a member of a box-framed entity, an uncovered room built out of masonry walls for example, will react and behave completely in a different to the previous example way. In this case other kinds of typical failures will appear on that wall (always of course depending on its quality, sizes and the incoming force).

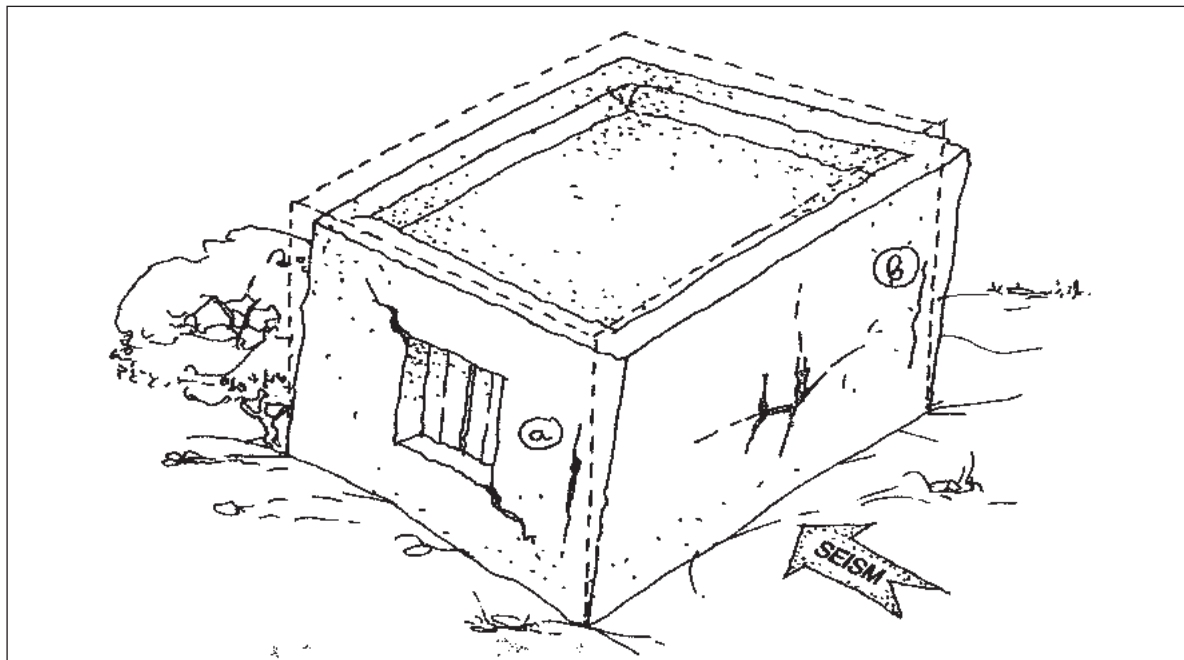
This time that wall joined to the two transversal ones will bend around the central area of its width, at the upper part, causing, primally, **vertical cracks, wider at their upper points**, separation of the two external surfaces and even a local overturning at this central, upper part. Additionally, that wall could present vertical, separation cracks, at the point of the connection with the two transversal walls in proportion to the type and quality of the construction around the corner areas (fig. 4).

Finally, if the described wall, constitutes a member of a complete box-shaped structure, at which its roof can provide some level of diaphragmatic behaviour and has satisfactory joints with the supporting walls, then the same with the previously described cases imposed action, (for example the lateral seismic movement of the ground) will cause different and usually more mild types of damage.



**Fig. 4:** A characteristic example of a masonry wall (ABCD) which behaves as a structural member of an uncovered, box-framed construction.





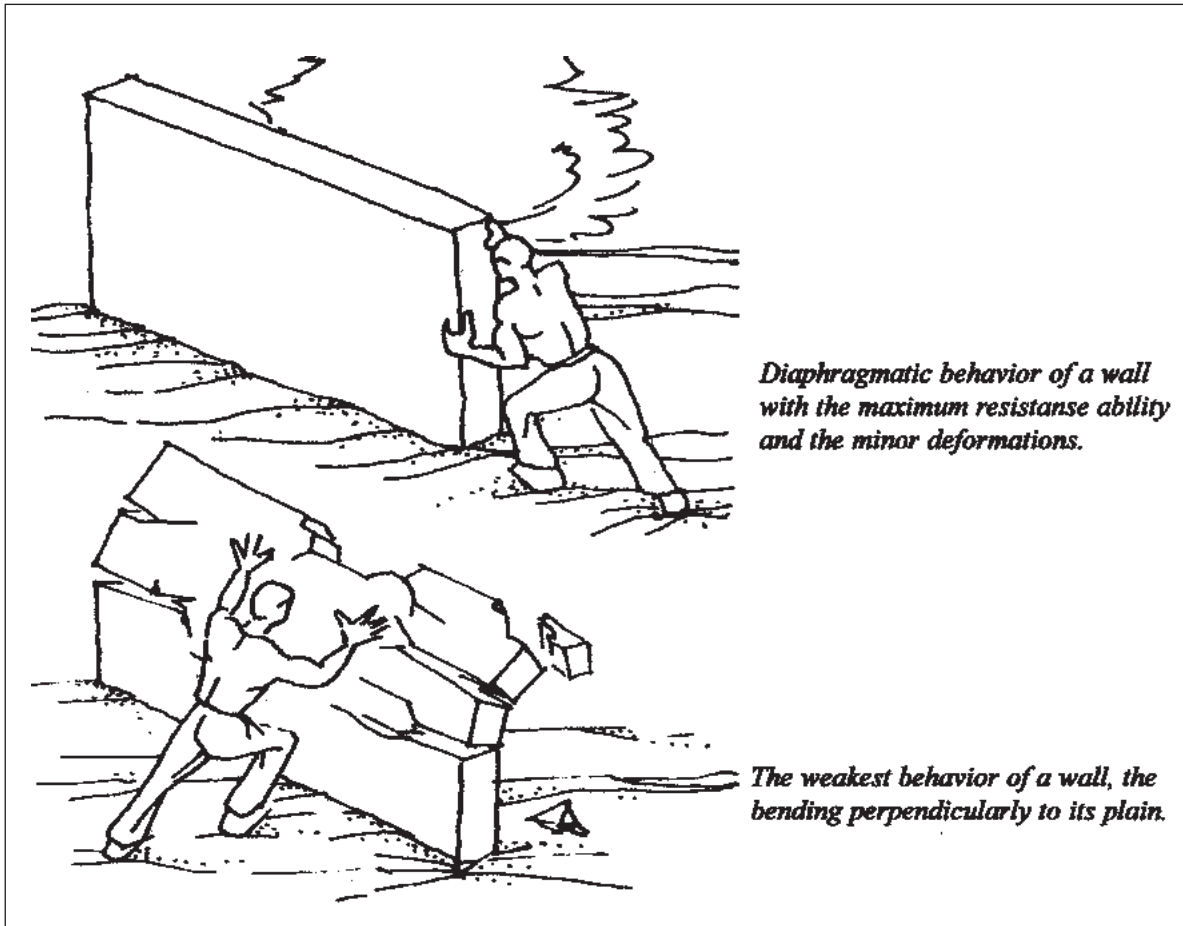
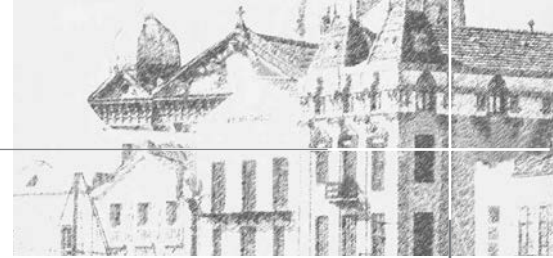
**Fig. 5:** Example of a complete, box-framed construction, with a satisfactory diaphragmatic behaviour of its roof, well connected to the supporting walls, under a specific seismic action. Again, it is notable that for the same incoming seismic force the deformations of the box-framed unit are even more mild than those of the example of figure (4).

The probable signs of deformation, in this last case, could be a **swelling around the central** area of that wall, a limited separation between outside surfaces at the same position and some vertical separation cracks at the points of connection to the transversal walls and around the centre of the height (**fig. 5**).

Another significant consequence of the collaboration of various structural members in a complete, box-shaped, construction is that, those of the above members which behave in a weak manner during some specific loading, can be supported by other cooperating members, which show privileged behaviour, reacting to the same as above actions.

Taking as an example, for that case, a complete structure (of an one room building) under seismic action, one could notice that the walls perpendicular to the seismic direction are in a weaker position, regarding sufficient reaction, and are more sensitive to failure. On the contrary the parallel to the seismic action direction walls, due to their diaphragmatic behaviour, react successfully and withstand easily with minor damages (usually only diagonal cracks) the dynamic loading (**fig. 6, 7, 8, 9**).

But when all the walls cooperate as members of a complete, in space, threedimensional structure then, and as long as the connections provide sufficient strength and capability, the “stronger” parallel to the seismic action direction walls can help and, in a way, support the “weaker” perpendicular to the seismic action ones, reducing their deformation, permitting the redistribution of stresses and so securing a better behaviour with minor faults.



**Fig. 6:** Generally, wall's resistance to an imposed force parallelly to its surface is better than that, when the wall is loaded perpendicularly.

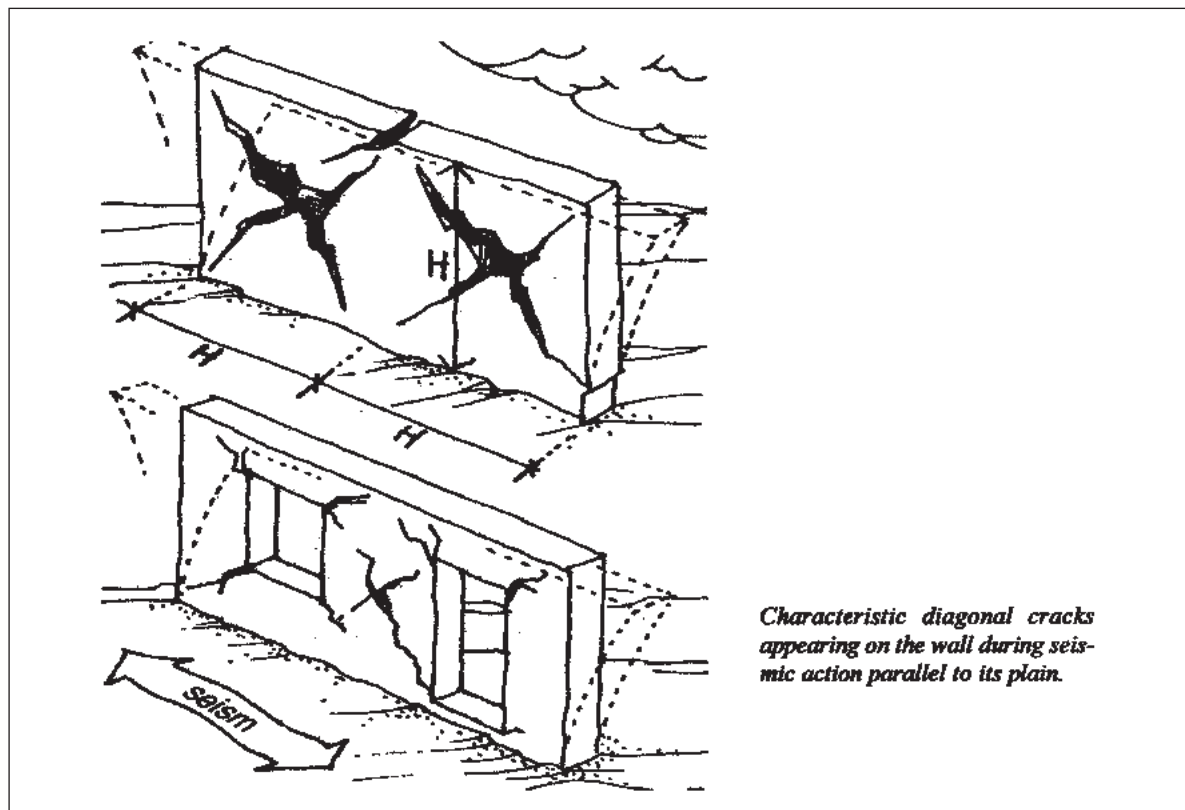
### 3. The box-shaped entity and behaviour of the structures from a historical point of view

During various historical periods of the past, the fact of the privileged and more effective behaviour of the structures under loading through their threedimensional, box-shaped entity was carefully observed and recognized.

Especially in seismically active areas the local constructional systems were inventing and developing methods securing such performance of the structure (fig. 10).

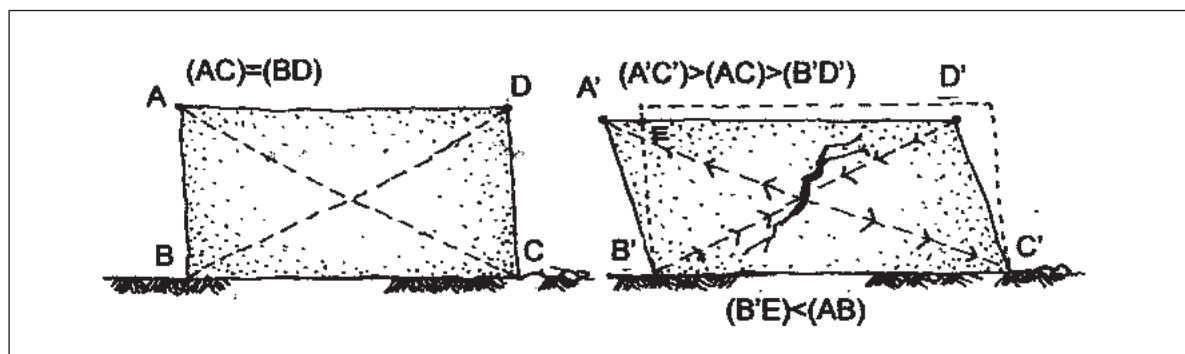
For some thousands of years the dominant constructional system used as main vertical components the masonry walls and as horizontal structural members wooden floors and roofs. Timber framed walls as well as stone or brick vaults and domes were also in use.

It seems that since early prehistoric periods the masonry's brittle behaviour and the weak resistance ability to tension and bending stresses were faced by her **reinforcement by means of timber components**.



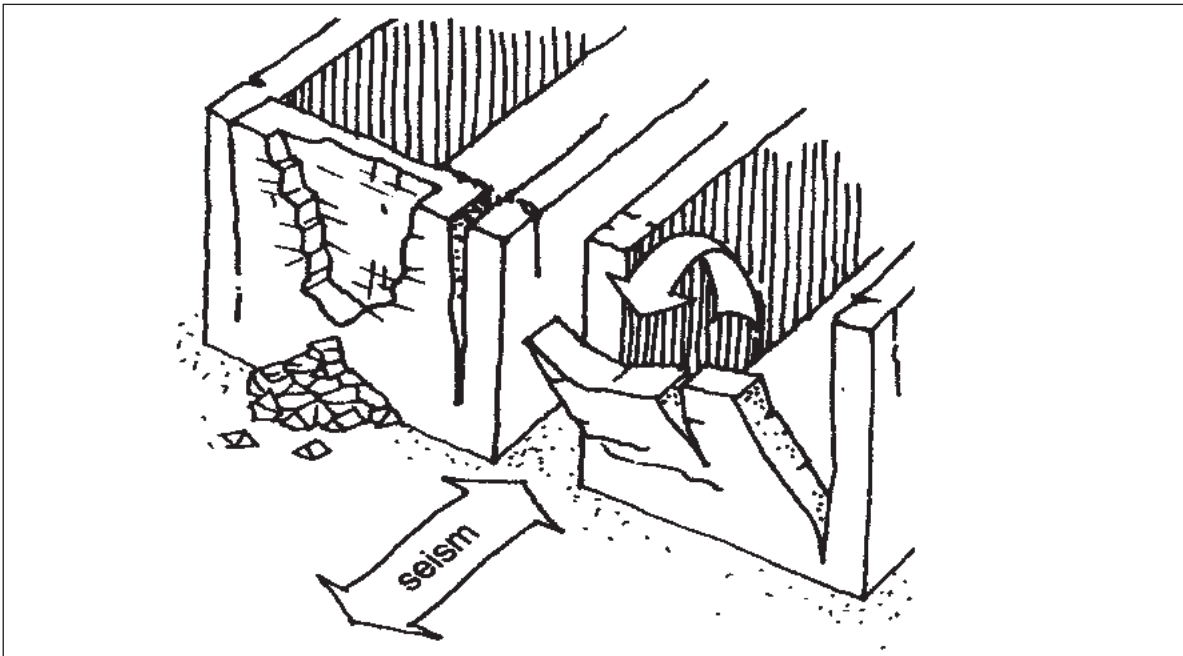
*Characteristic diagonal cracks appearing on the wall during seismic action parallel to its plain.*

**Fig. 7:** Masonry typical faults due to seismic action parallel to its surface.



**Fig. 8:** Explanation of the characteristic diagonal crack on a masonry, loaded by seismic force parallel to its surface. The typical fault appears as a perpendicular crack around the midsection of the diagonal which is under tension.

For at least 35 centuries (since Minoan era) and all over the vast, seismically enriched area, from the Italian peninsula until the south foots of the Himalayas, timber components embodied inside the masonry in horizontal, vertical and diagonal positions, in parallel and perpendicular directions to the masonry's surface, were trying to evaluate her behaviour during seismic activity (**fig. 11**).



*Fig. 9:* Typical behaviour of a masonry wall loaded perpendicularly by a seismic force.

Besides the obvious effort of such reinforcement to improve masonry's behaviour in bending and tension forces, the above described timber reinforcements, were also used to **connect the walls among themselves and to "tie" each built unit in one box-shaped, behaving in unison, structural entity.**

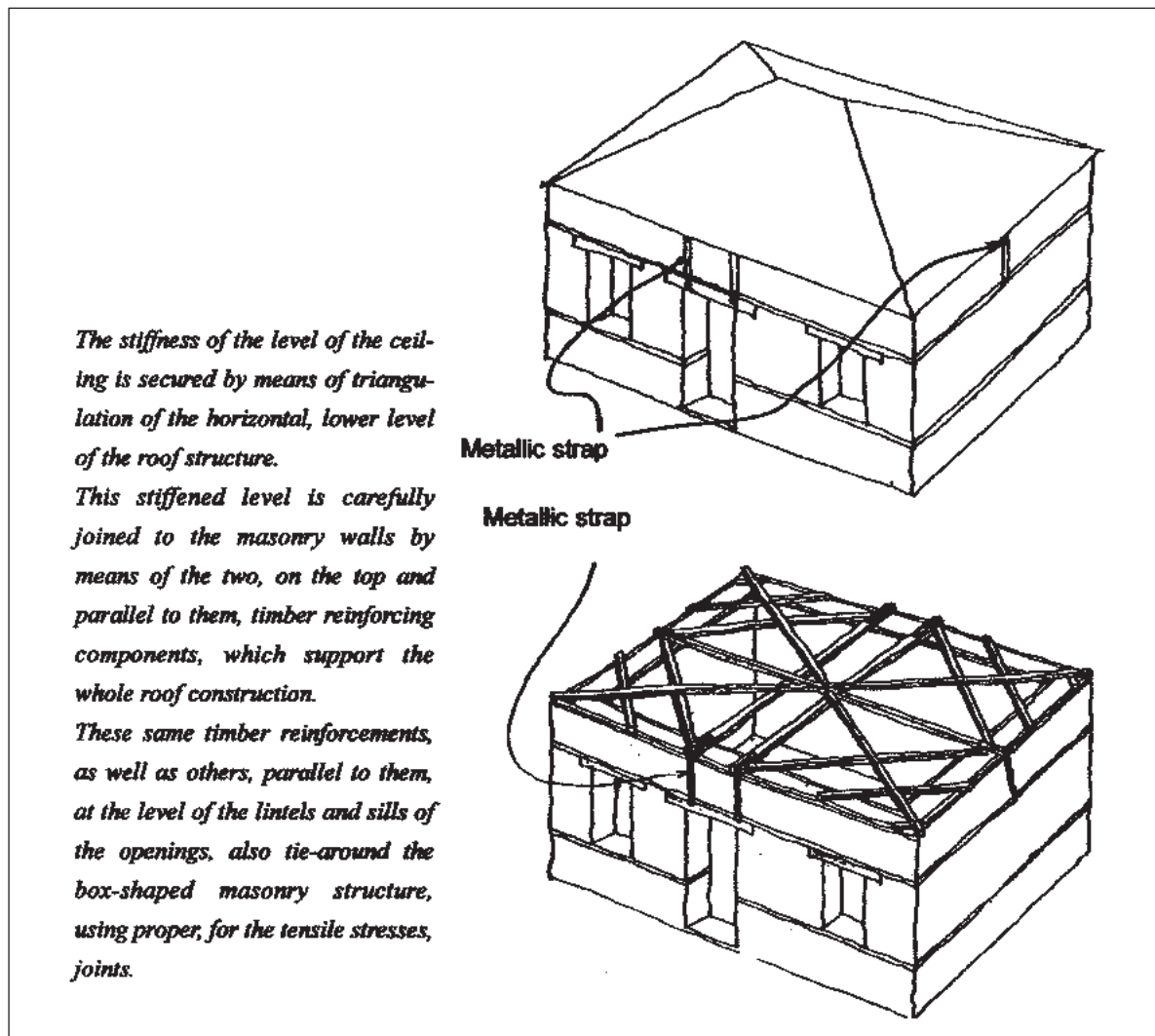
One of the facts that prove such intention is that of various types of sophisticated, sometimes, cases of connections between the timber, reinforcing the masonry, components. All these connections are designed to withstand tensile forces, a task that they satisfy in, more or less, satisfactory level (**fig. 13**).

Just one such characteristic detail is the following: On buildings of central Pelloponese, the Island of Lefcas, northern parts of Greece etc., areas of high seismic risk, horizontal timber components embedded inside masonry are joined at the corners of the building **outside** of the walls surfaces (**fig. 12**).

Such a detail is not the best one from the point of view of wood pathology. The wooden components edges presented unprotected to watering and weathering could be subjected to biological deterioration.

On the other hand this same connection detail, examined from the point of view of behaviour under tensile forces is a very correct example for at least two main reasons:

Being outside the walls surfaces this detail connects the whole mass of the structure. At the same time that interbonding, curved detail, usually not needing a nail, is sufficiently far away from the protruding edges and so can withstand any shear, parallel to the grain, stresses.

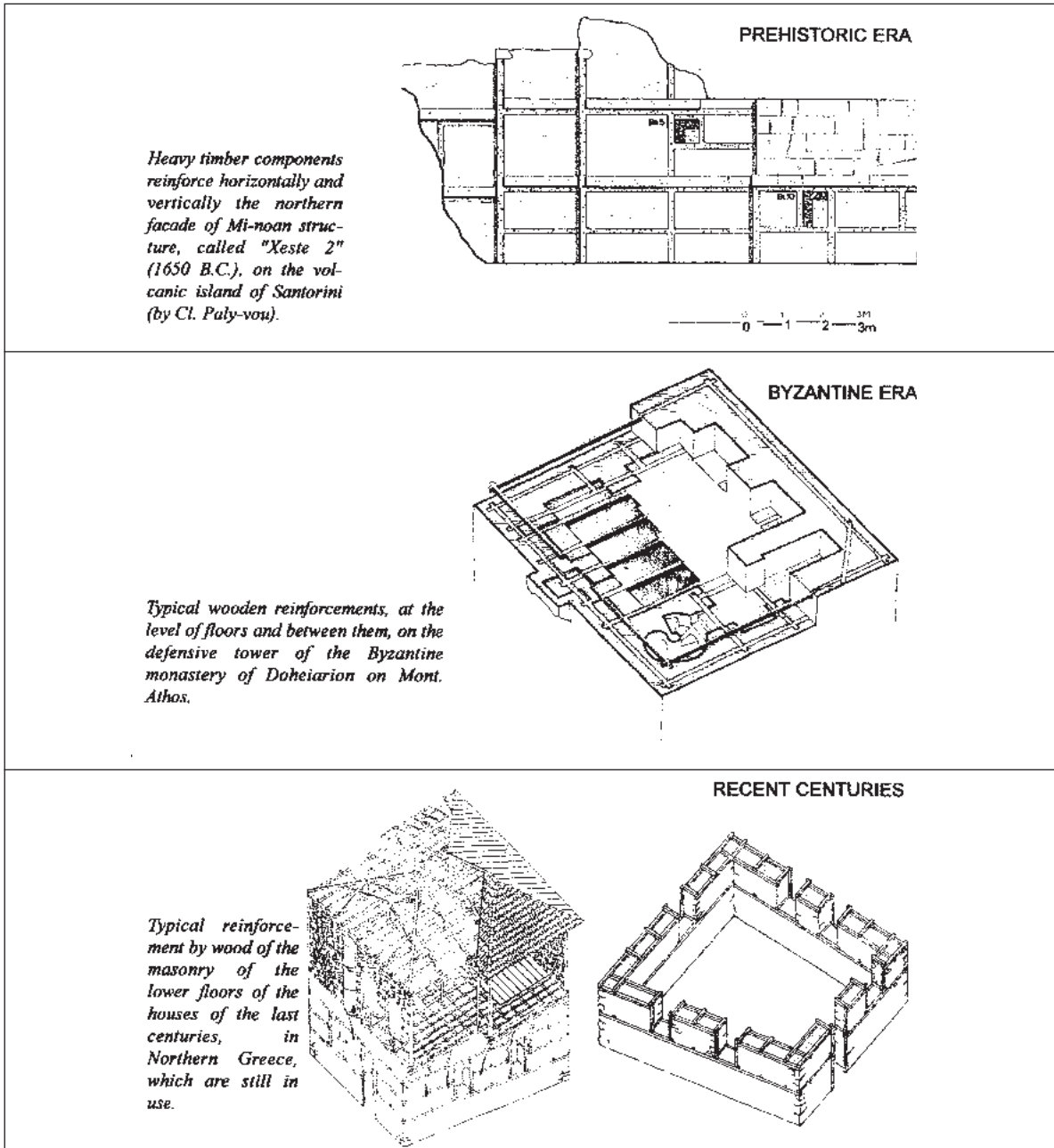


**Fig. 10:** Typical constructional system of Galaxidi on the seismically dangerous Corinthian Bay in Greece.

The unknown ancient and traditional inventors and constructors of that detail have not made a mistake. Having, for the masonry reinforcement against tensile forces, as the only available material: wood, they chose its most necessary, for the structure's security, function.

Indeed this detail, securing the connection and the cooperation of the two adjacent walls, insures the buildings behaviour as a box-framed entity during earthquakes, avoiding fatal faults. The danger of damage for the wood components, due to biological deterioration, at the exposed connection point, is probable but not significant.

At this point, another similar to the above remark can be done: Wood, embedded inside masonry, is a material not at all compatible. Wood easily can be surrounded and affected negatively by moisture inside an unprotected or damaged masonry. Wood also shrinking, under specific circumstances, can lose its complete cooperation with masonry.

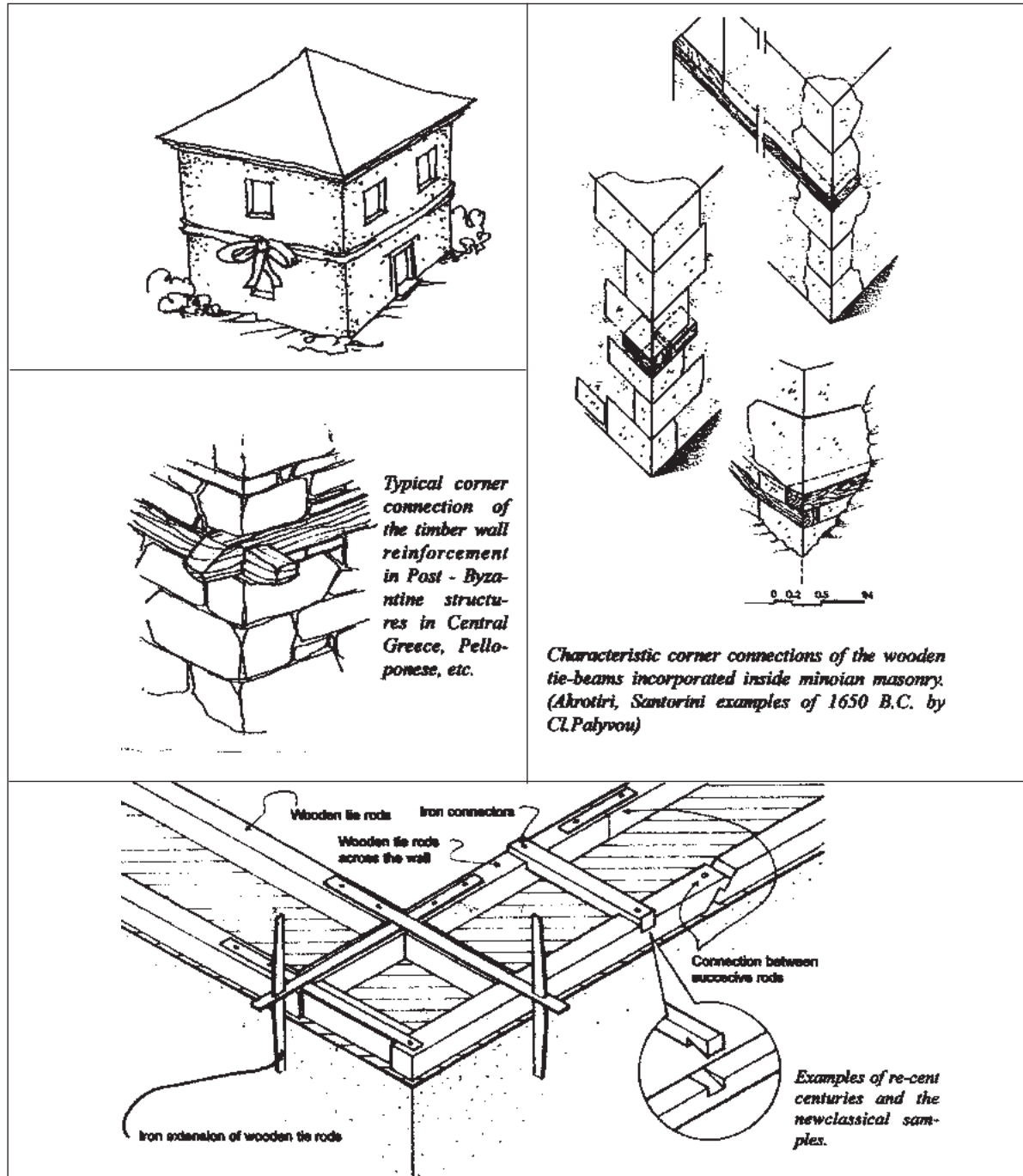


**Fig. 11:** Examples of masonry reinforced by wooden components in Greece during the last 35 Centuries.

Probably those facts were supervised and recognized by the builders during, at least, 35 centuries of this technique application.

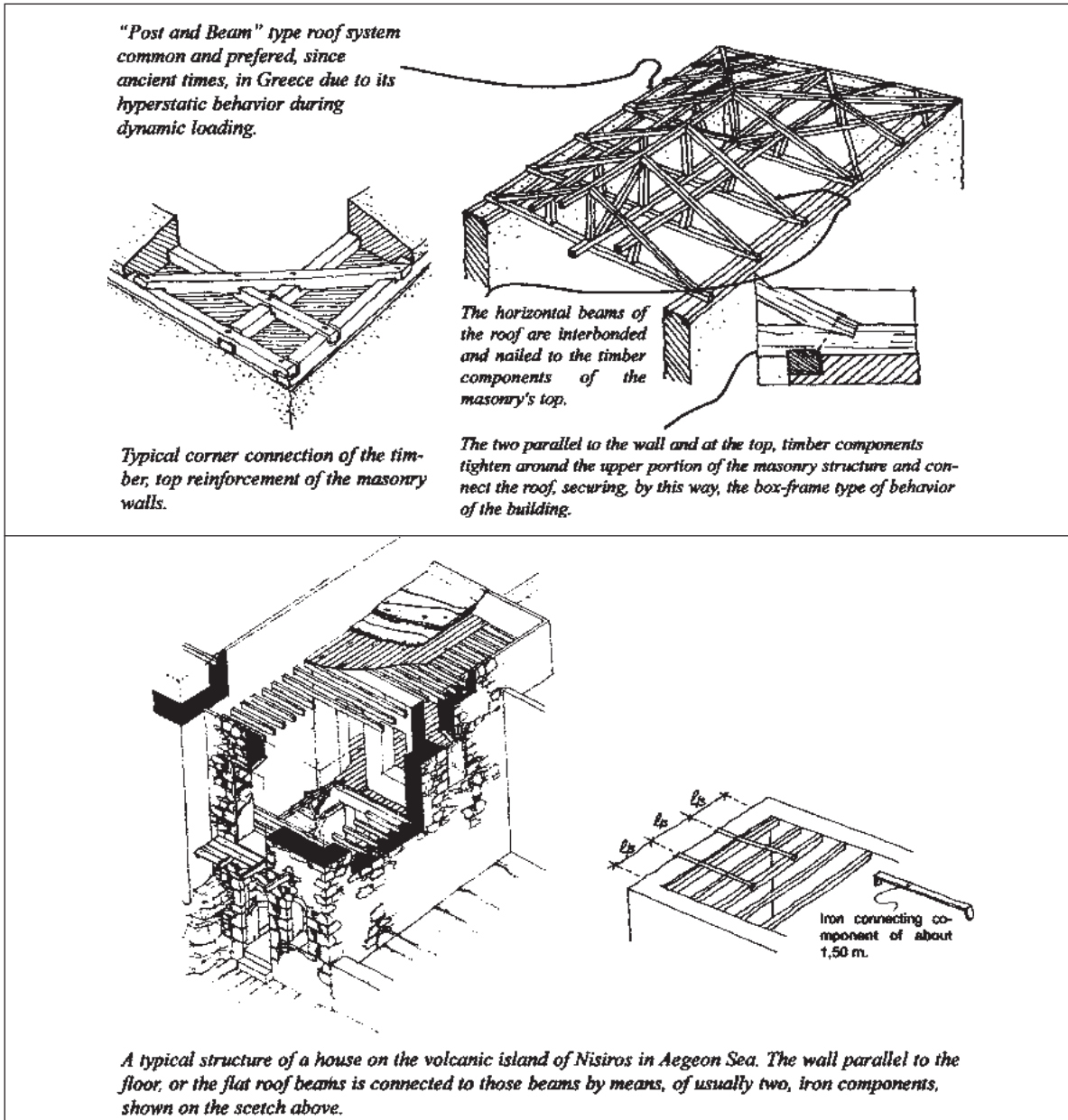
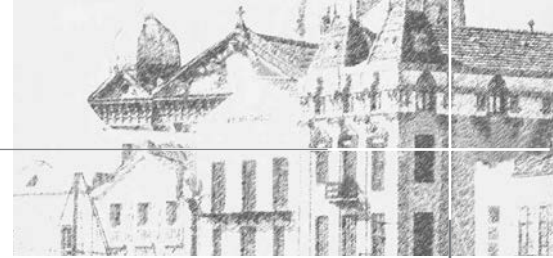
But the advantage of the wood's contribution towards the antiseismic behaviour of the structure was so important and unique that these, recognized and observed, weaknesses were considered as secondary problems.





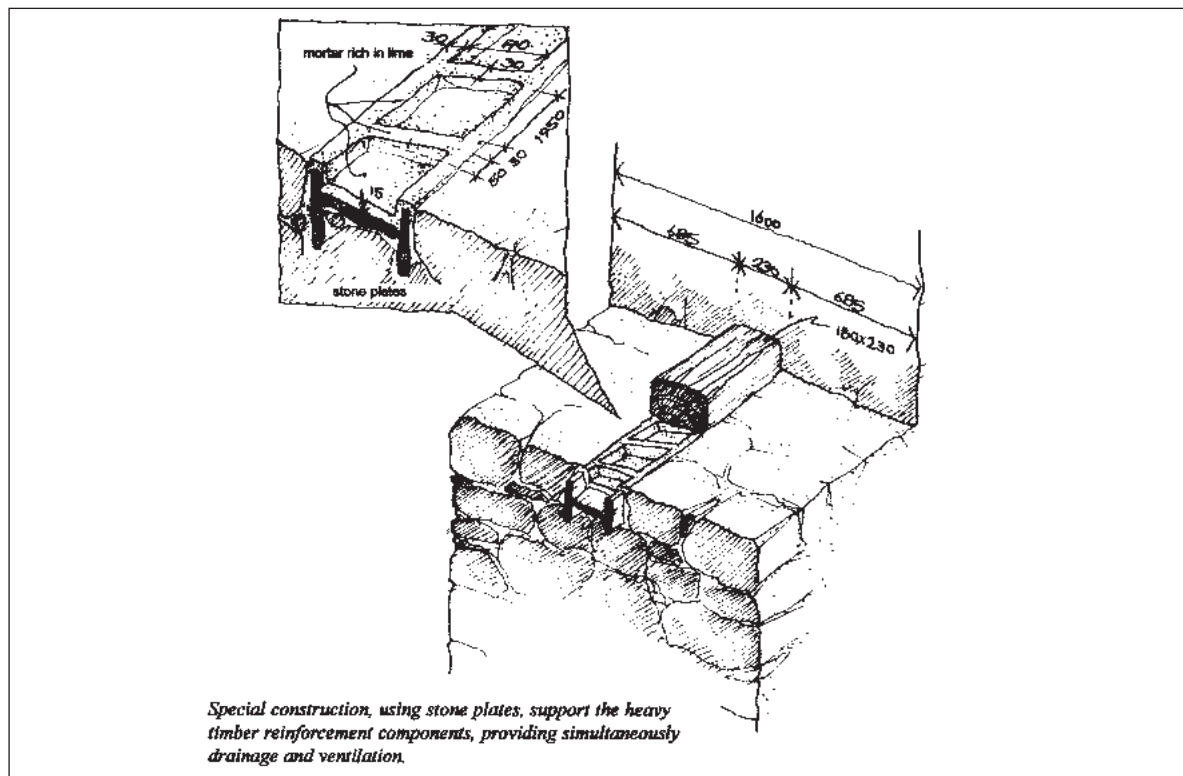
**Fig. 12:** Examples of tightening the structure at the floor, foundation or in-between levels by timber components embedded in masonry.

Nevertheless many efforts have been made in order to diminish or to neutralise those disadvantages of wood embedded inside masonry (fig. 11).



**Fig. 13:** Examples of securing and tightening the structure all-around at the level of the roof.

Hardwood of durable wood species was preferred for that use. Sometimes (Byzantine era) the wooden components were placed inside the masonry's width far away from the wall surfaces embedded in protective mortar. Sometimes, (Prehistoric Minoan period, recent postbyzantine centuries) in a contrary way, they were placed on the surfaces of the walls, uncovered, for easier drying. Sometimes, more sophisticated measures were taken for the wood's preservation and protection like the following which was recently observed in the perimetric, defensive, Byzantine wall of the Doheiarou Monastery at the Mount Athos peninsula.



**Fig. 14:** Detail of the timber reinforcement of the northern, defensive wall of the fortified, Byzantine Monastery “Doheiarion” on Mont Athos.

Around the centre of a 1,6 meters wide defensive wall a large oak component is placed upon vertical stone plates, which are repeated about every 300 millimeters in a perpendicular and parallel directions to the timbers axle (**fig. 14**).

In this manner, shallow basins are formed just under the wooden component with their bottom covered by mortar rich in lime.

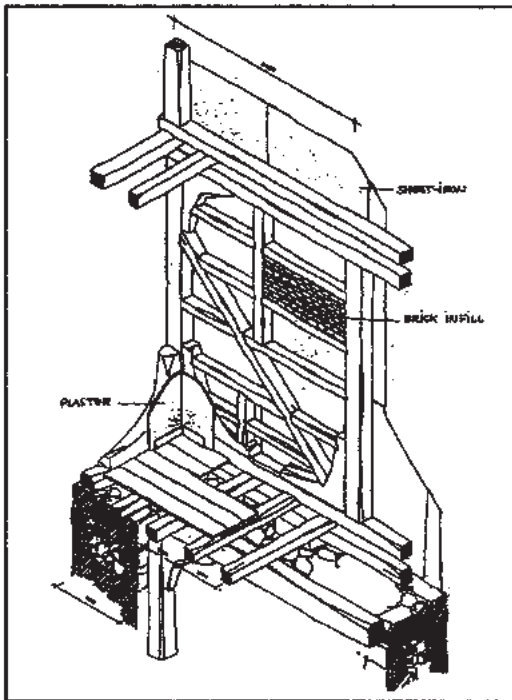
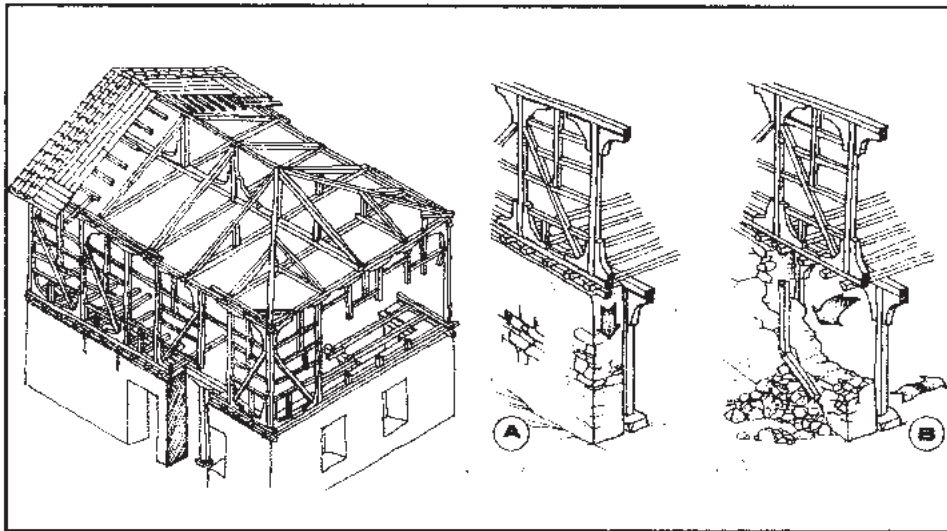
It seems that the purpose of this unusual detail can be the draining of the, important for the walls strength, timber components, so that the level of their moisture content is constantly below the dangerous for the decay point.

#### 4. Securing and improving the box-frame function of a structure

After the recognition of the advantages of the box-framed, space entity function of a structure under static and, especially, dynamic loads, many techniques have been invented and used for the insurance of its existence.

But the basic principles that initially, should have been achieved for the above functioning, seem to be the following:

- a) The best possible, diaphragmatic action of the vertical (walls) and horizontal (floors, roofs) planes of the structure.



Multistory buildings are based upon a foundation which consists of a heavy wood grill covered by sand, stones and puzzolana. The ground floor is surrounded by stone walls. The timber frame of the upper floors is supported by these walls. A secondary, load bearing system of wooden columns, like a second line of defense, is constructed in parallel line to the internal side of the stone walls, also supporting the same timber frame of the upper building. During severe earthquakes parts of the stone walls can fall outside leaving the whole wood frame of the multistory building untouched and temporarily supported by the wooden columns until the masonry is repaired.

Each module of the wall's wooden frame consists out of vertical studs and horizontal beams and girders. Each unit is stiffened by means of slanting, diagonal wooden rods, as well as by "Corners" curved out of a whole piece of olive tree wood.

Fig. 15: The alternative routes routes of load transfer in the traditional constructional system of Lefcas Island in Greece.

b) The best possible connection of that planes between them in a box-shaped, unified in behaviour space unit.

It is obvious of course that each horizontal or vertical, mentioned above, structural member, of the final box-shaped unit will perform proportionately to its own level of quality and strength. And

as the requirements in strength, durability, seismic resistance e.t.c. of the structures are raising so, in accordance, the diaphragmatic action ability, the strength and durability and the connecting details of each individual member must be evaluated.

So, the following additional principles important for the structures, especially antiseismic behaviour seems to have been applied more or less in different constructional systems:

- 1) The capability of the structure to transfer the imposed loads through alternative routes towards its foundation.
- 2) The ability of the structure to maintain in action every single bearing member of its frame, even after minor local damages or faults.

### 5. The alternative routes of load transfer in historical structures

Perhaps the severe forces imposed on a structure during a seismic event, bringing it to its limits of capacity to resist and withstand them without fatal faults, inspired ancient constructors to invent multiple and alternative routes of load transportation and redistribution of stresses in some structural systems or even in their structural members.

May be a description of such a characteristic example of a unique, complete, antiseismic constructional local technique, still in use on the extremely seismically endangered island of Lefkas, close to the west coast of Central Greece, could be representative of the above idea.

The buildings of two to three, usually, stories have built their ground floor out of masonry walls whilst the structure of the second and third is always in wood.

The characteristic originality is that the wooden frame of the upper floors is simultaneously supported by the masonry of the ground floor and wooden posts that are placed along and near the internal surface of that masonry.

When during severe earthquakes, that take place in this region, part of the masonry fails, the building continues standing and operating on the secondary wooden frame until repair is done (**fig. 15**).

Another application of such hyperstatic mentality can be found in this, same, local structural system. The wooden frame of the upper floors consist mainly of posts in a regular repetition at spaces of about 1,1 meters, bridged by timber beams.

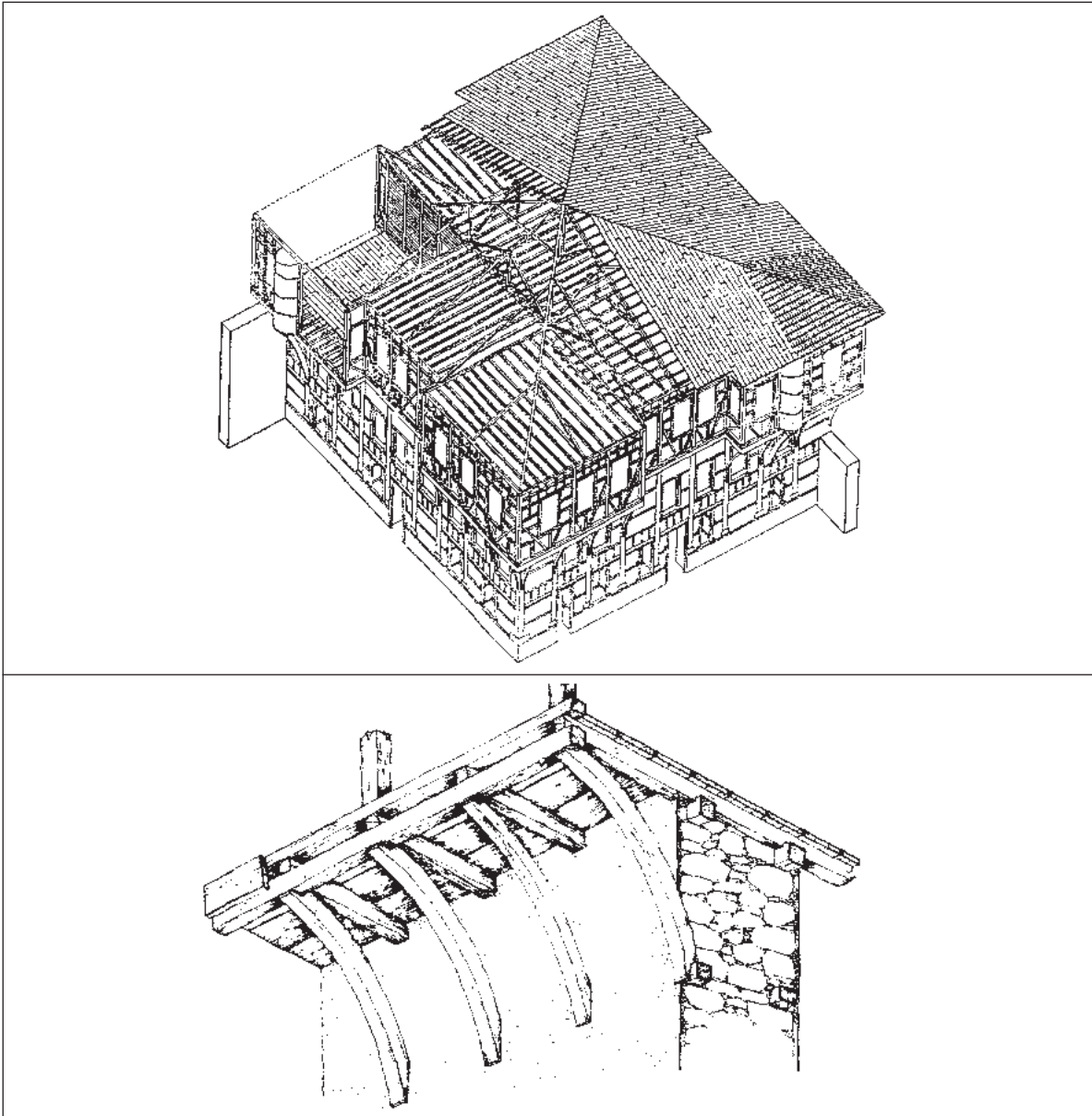
Each orthogonal module of the, described above, bearing system is of course carefully studied to provide the sufficient rigidity. This rigidity is obtained by two ways simultaneously:

At the corners where vertical studs meet horizontal components, usually, a wooden piece, curved from the oil tree at a right angle, undertakes the task to connect them and to provide rigidity. At the same time a diagonal rod (or rods) provide rigidity to the same orthogonal module (**fig. 15**).

The timber frame also tightens, all around, the structure at the top of the masonry walls and at the level of floors and roof by means of carefully designed and, sometimes, even sophisticated detailing.

It is characteristic and interesting that we have found similar to the above mentality details throughout historic periods as well as different locations of Greece (Akrotiri prehistoric settlement in Santorini 1650 BC, Xanthi, in Northern Greece 18-19th centuries, Mount Athos Monasteries 14-18th centuries, Mitilene Island 19-20th centuries etc.).





**Fig. 16:** Maintaining a bearing system in operation.

## **6. Maintaining the bearing system in operation**

In Greece, usually, a local constructional system was designed to operate sufficiently for a long time under, frequently, severe, repetitious seismic loadings and environmental influences. It seems that local craftsmen and inventors of the structural techniques have noticed the fact that minor local damages and failures of a single component could easily neutralize it and keep it off the load transportation duty.



Perhaps, because of that observation, they used to invent load bearing systems that could be adapted to the minor damages of their structural members keeping the overall operational capability of that system functioning.

Again, the following, commonly repeated, example could be explanatory of that intention.

In Greek traditional architecture systematically and frequently, almost in most locations, the upper timber-framed stories are constructed in projection from the lower wall perimeter.

These projections, carrying significant loads due to stone infill of the timber walls and stone plates serving as tiles, were supported by wooden buttresses. These buttresses are in the most of cases made out of naturally curved timber components (**fig. 16**).

To find out, each time, a number of such equally curved timbers was always a difficult task. Moreover a curved component resists a given significant load not so successfully as an equally dimensioned straight component does.

Perhaps this insisting preference for curved buttresses has the following explanation:

When a row of straight buttresses is used to support a floor's projection then, sooner or later, one by one, the timber components could stop functioning, the whole load remaining finally supported by only two of them, creating a very unstable and risky condition of equilibrium. This will happen because, very probably, either some of the timber buttresses will deform shortened by the great compression forces, or they will lightly deform the, over their tops, lintel, compressing it perpendicularly to the grain, or they even, will be neutralized by the slight yielding of the masonry itself at the point where a buttress is positioned.

On the contrary in the case where the buttresses are already curved, which means that they are already deformed, any time one of them, yielding, stops being loaded, the remaining ones, accepting greater forces, deform a little bit farther until the loosened one gets loaded again.

## 7. Epilogue

Modern mentality based upon the standardized and computerized analytical, calculation systems, deals sometimes with various structural members of a building, like walls, floors or roofs, as if they were independent autonomously behaving, entities. A commonly met result of such mentality is our frequent inability to predict correctly or to explain a given condition or behavior of a historic structure.

On the other hand an holistic approach to specific structure from the analytical, or constructional, or behaviour point of view is not at all an easy or typical procedure.

Among many difficulties a synchronized, initial from the beginning of the study, cooperation between Architects, Civil Engineers and the rest specialists is demanded contrary to modern separatist intentions of the professionals.

Nevertheless a still existing precious and wide in variety and originality, architectural built heritage, unfortunately frequently weakened by aging, use and damages, waits for us to understand and assess it at its whole, pragmatic, overall existence and behaviour.



## Ιστορικά αντισεισμικά συστήματα: Ανάλυση των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών και της δομικής συμπεριφοράς των κτιρίων από τοιχοποιία. Μερικές περιπτώσεις από την Ιταλία

Caterina Carocci

*Contract Professor, University of Syracuse*

Εδώ και μερικά χρόνια έχει γίνει αντιληπτό ότι κάθε αντισεισμική επέμβαση στη τοιχοποιία των παραδοσιακών κτιρίων από τοιχοποιία, έχει σημαντική επίδραση στη δομική κατάσταση των ιστορικών αυτών κατασκευών. Επίσης, σύμφωνα με την αρχή της συντήρησης, κάθε επέμβαση απαιτείται να βασίζεται σε μια ακριβή γνώση των αρχικών οργανισμών και σε συνειδητά συνεπείς δομικές επιλογές.

Θα παρουσιαστεί η διαδικασία που διατυπώθηκε από τον Antonino Ciuffrè, προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της ασφάλειας, αλλά και της διατήρησης των ιστορικών κέντρων σε σεισμικές περιοχές. Η προσέγγιση του Antonino Ciuffrè στηρίζεται σε μια αυστηρή μεθοδολογία ανάλυσης των τοπικών κατασκευαστικών τεχνικών από την οποία αντλούνται στοιχεία για τη συμπεριφορά των κατασκευών που μπορεί να υποστούν βλάβες μετά από ένα σεισμό. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης δίνουν τη δυνατότητα να προβλεφθούν οι μηχανισμοί βλάβης που πιθανόν θα εκδηλωθούν στον οικισμό που μελετάται, μετά από ένα μελλοντικό σεισμό. Στη συνέχεια, η διαδικασία επικεντρώνεται στο να διατυπωθούν συγκεκριμένα κριτήρια επέμβασης ώστε να βελτιωθεί η δομική συμπεριφορά των κτιρίων, αλλά και να μην διαταραχθεί η αρχική δομική συμπεριφορά. Οι επεμβάσεις που στοχεύουν στο να προληφθούν οι μηχανισμοί βλάβης που έχουν προβλεφθεί, παρουσιάζονται μέσω κατασκευαστικών λεπτομερειών και κατάλληλων υπολογισμών.

Η ανωτέρω μεθοδολογία παρουσιάζεται αναλυτικά μέσα από δύο μελέτες -περίπτωσης. Η πρώτη αναφέρεται στο ιστορικό κέντρο του Παλέρμο και η δεύτερη σε χωριά που βρίσκονται σε μια ομοιογενή περιοχή με το όνομα Grecanica (στη Νότια Καλαβρία). Οι τοπικές αρχές και των δύο αυτών περιοχών ζήτησαν ειδικές μελέτες προκειμένου να προσδιοριστούν συνεπή κριτήρια αποκατάστασης.

Οι δύο περιπτώσεις που αναφέρονται, αποκαλύπτουν σημαντικές διαφοροποιήσεις. Η πρώτη περίπτωση αφορά σε μια αρχαία πόλη της οποίας τα κτίρια δείχνουν τα σημάδια των μετασχηματισμών που υπέστησαν στο πέρασμα των χρόνων. Η άλλη περίπτωση προσιδιάζει περισσότερο στο αντικείμενο του παρόντος σεμιναρίου: Πρόκειται για 15 μικρούς οικισμούς που βρίσκονται σε ορεινή περιοχή. Οι οικισμοί αυτοί σχεδόν στο σύνολό τους, είναι εγκαταλελειμμένοι τα τελευταία χρόνια και παρουσιάζουν πολύ μεγάλα προβλήματα συντήρησης. Η μελέτη δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση (και οι συγκρίσεις που έγιναν) και παράλληλα αναφέρθηκαν τα κύρια δομικά προβλήματα που παρατηρήθηκαν.

Επιπλέον, γίνονται ορισμένες επισημάνσεις σχετικά με τα προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση μη συμβατών υλικών και τεχνικών, σε ιστορικά κτίρια από τοιχοποιία.

## **Anti-Seismic Historical Systems: Analysis of Constructive Features and Structural Behaviour of Masonry Houses. Some Italian Cases**

**Caterina Carocci**

*Contract Professor, University of Syracuse*

For some years now it has been realised that antiseismic intervention on the masonry construction of old masonry buildings and texture implies a considerable impact on the construction situation of historical structures, and the principle of conservation requires that such intervention be guided by a precise awareness of the original organisms and by consciously consistent structural choices.

This contribution will present the procedure formulated by Antonino Giuffrè to face problem of safety as well as preservation of historical centres in seismic areas. This approach is based on a strict methodology of analysis of local constructive techniques from which derives the attitudes of the buildings to be damaged by seismic actions. The results of this analysis allow to forecast the probable damage mechanisms which a future earthquake –wait in the settlement studied– could point out. The following of the procedure is dedicated to formulate intervention criteria able to improve as well as not to upset the original structural behaviour of housing. Interventions, which aim to prevent the damage mechanisms pointed out, are illustrated with technical details and appropriate calculations.

This methodology will be illustrated through two study-cases: the first is the Palermo's historical centre and the second the settlements placed in a homogeneous area called Grecanica (Southern Calabria). For both of them local authorities required specific studies aimed to define consistent intervention criteria of rehabilitation.

The two cases show very different characters: while the first one concern an ancient city in which the houses show sign of transformation realised during their history, the last one seem to be similar to the subject of this Seminar: the 15 little settlements analysed are placed in a mountain area; all of them were almost abandoned in last years showing now-days very big problems of preservation; the study is not yet concluded: the results of the analysis phase (and the comparison carried out) will be presented together with the main structural problems observed.

Furthermore some observations will be done on the problems introduced by the use of not compatible materials and techniques in historical masonry buildings.



## Μεθοδολογία ιστορικής, κατασκευαστικής και δομικής ανάλυσης που οδηγεί σε κατάλληλες αντισεισμικές παρεμβάσεις: Η περίπτωση του Λυρικού Θεάτρου των Συρακουσών στη Σικελία

Caterina Carocci

*Contract Professor, University of Syracuse*

Με τη συγκεκριμένη εισήγηση παρουσιάζεται μια ειδική περίπτωση ανάλυσης και αντισεισμικού σχεδιασμού μιας κατασκευής από τοιχοποιία: Πρόκειται για ένα λυρικό θέατρο κτισμένο τον 19ο αιώνα, με μια ευρέως διαδεδομένη τυπολογία εκείνη την εποχή στην Ιταλία. Η εργασία που έγινε μπορεί να αξιοποιηθεί για τη διαμόρφωση μιας γενικότερης μεθοδολογίας που στηρίζεται στη χρήση ιστορικών δεδομένων και λεπτομερών παρατηρήσεων σχετικά με τις κατασκευαστικές τεχνικές. Η συσχέτιση μεταξύ των διαφορετικών αυτών αναλύσεων οδηγεί στον προσδιορισμό συμβατών με το δομικό σύστημα κριτηρίων παρέμβασης: Πράγματι, εάν η έρευνα των δομικών στοιχείων καταδειξει την ποιότητα ή την αδυναμία του κτιρίου, η ιστορία του μας πληροφορεί σχετικά με τη συμπεριφορά τους σε κινδύνους που αντιμετώπισε αλλά και τις βλάβες που έλαβαν χώρα κατά το παρελθόν.

Οι προτάσεις επέμβασης καταλήγουν στην επισκευή των κατεστραμμένων τμημάτων της κατασκευής και τη βελτίωση της συμπεριφορά της σε ενδεχόμενη οριζόντια φόρτιση που μπορεί να προέλθει από ένα σεισμό.

Στις περισσότερες των περιπτώσεων οι επεμβάσεις νοούνται ως ένα μέσο βελτίωσης της αρχικής τεχνικής, ακόμη και όταν είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθούν τα ίδια υλικά, ενώ η ίδια η επέμβαση θα πρέπει να σέβεται το αρχικό δομικό σύστημα.

## **Methodology of Historic, Constructive and Structural Analysis Finalizing to Consistent Anti-Seismic Interventions: The Case of Lyrical Theatre of Syracuse (Sicily)**

**Caterina Carocci**

*Contract Professor, University of Syracuse*

This contribution will illustrate an actual case of analysis and anti-seismic design of a masonry structure: it is a lyrical theatre build in XIX century with a typology widespread in Italy at that time. The work carried on can be used to show a methodology which is based on the use of historic data and the detailed observation of constructive techniques. The correlation between these different analyses leads to define consistent intervention criteria: in fact, if the structural survey points out the quality or the weakness of the building, its history informs us about precariousness and damages occurred in the past.

The intervention proposals are finalized to repair degraded parts of the structure and to improve its behaviour in case of horizontal loads which an earthquake could introduce.

In most of cases interventions are thought as an improving of original technique, also when it was impossible to use the same materials, the intervention respected the original structural system.



## Η συμμετοχή του Πολιτικού Μηχανικού στη διαδικασία αποτίμησης και διαμόρφωσης προτάσεων για την αποκατάσταση των ιστορικών κτιρίων. Παράδειγμα: Το τούρκικο αρχοντικό στη μεσαιωνική πόλη της Ρόδου

**Ε. Τσακανίκα** Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, **Κ. Αθανασιάδου** Πολιτικός Μηχανικός ΑΠΘ

Πολιτιστικοί, ιστορικοί και επιστημονικοί λόγοι υπαγορεύουν την αναγκαιότητα να μελετάται και να προστατεύεται το δομικό σύστημα των ιστορικών κατασκευών, σαν φέρων οργανισμός και όχι μόνο τα αρχιτεκτονικά και μορφολογικά τους στοιχεία.

Η συμμετοχή όμως του πολιτικού μηχανικού στη διαδικασία αποτίμησης και επέμβασης στις ιστορικές κατασκευές, συνήθως δεν γίνεται από την αρχή της μελέτης και περιορίζεται στην μαθηματική ανάλυση μοντέλων υπολογισμού των τοιχοποιιών των κτιρίων. Τα ξύλινα υπάρχοντα στοιχεία (πατώματα, στέγες, ξυλοδεσιές) σπάνια μελετώνται και συνήθως αντικαθίστανται.

Στην Ελλάδα όπου το πρόβλημα του σεισμού είναι ιδιαίτερα μεγάλο, έχουν αναπτυχθεί από την αρχαιότητα πολυάριθμα ιστορικά τοπικά δομικά συστήματα, τα οποία σε πολλές περιπτώσεις έχουν αντιμετωπίσει τον σεισμικό κίνδυνο με ιδιαίτερη επιτυχία αναδεικνύοντας την εφευρετικότητα και την αποτελεσματικότητα των παραδοσιακών μαστόρων. Τα τοπικά αυτά δομικά συστήματα πρέπει να διασωθούν και να αποκατασταθούν όχι μόνο για λόγους ιστορικούς αλλά κυρίως για πρακτικούς, αφού η μελέτη τους θα υπαγορεύει κάθε φορά τις κατάλληλες επεμβάσεις για το καθένα από αυτά.

Κατά συνέπεια :

- Η αναγνώριση και καταγραφή των τοπικών δομικών / κατασκευαστικών συστημάτων, καθώς και η ανάλυση της συμπεριφοράς και παθολογίας του κάθε κτιρίου πρέπει πάντα να προηγείται της μόνωσης των υπολογιστικών μοντέλων αλλιώς κινδυνεύει κανείς να επιλύσει, με το καλύτερο πρόγραμμα και την καλύτερη γνώση των σχετικών κανονισμών, λάθος προσομοίωμα (μοντέλο), ακόμα και για το πλέον γνωστό δομικό σύστημα, όπως ένα τυπικό ξύλινο ζευκτό στέγης.

- Οι προτεινόμενες στερεωτικές επεμβάσεις πρέπει να είναι συμβατές με το κάθε φορά μελετόμενο δομικό σύστημα ακόμα και με το κάθε φορά μελετόμενο κτίριο λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες του.

- Η διαδικασία ανάλυσης, σχεδιασμού και διαμόρφωσης των προτάσεων αποκατάστασης πρέπει να γίνεται μετά από λεπτομερή τρισδιάστατη ανάλυση και σχεδίαση του δομικού συστήματος και κυρίως των συνδεσμολογιών του.

- Πρέπει να υπάρχει από την αρχή της μελέτης στενή συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων ειδικοτήτων (αρχιτεκτόνων, αρχαιολόγων, πολιτικών μηχανικών, χημικών, τεχνολόγων και συντηρητών τού ξύλου και των λίθων κλπ).

### **Το Τούρκικο Αρχοντικό στην Οδό Ιεροκλέους στη Μεσαιωνική Πόλη της Ρόδου.**

Η ανωτέρω περιγραφόμενη προσέγγιση ακολουθήθηκε σε όλα τα στάδια της μελέτης για την αποτίμηση και τη διαμόρφωση προτάσεων αποκατάστασης του Τούρκικου Αρχοντικού.



Συγκεκριμένα η μελέτη περιλαμβάνει:

- κατασκευαστική ανάλυση και αναγνώριση του δομικού συστήματος.

Στην περίπτωση αυτή, όπως και σε πολλά ιστορικά κτίρια, διαπιστώθηκαν σημαντικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες που φανερώνουν την προσπάθεια του χτίστη να περιδέσει το κτίριο, χρησιμοποιώντας όπως συνήθως τα ξύλινα στοιχεία της κατασκευής.

Ο σεισμός αποτελεί σοβαρότατο πρόβλημα για το συγκεκριμένο κτίριο λόγω των τοίχων μικρού πλάτους (25εκ.) και των πολλών ανοιγμάτων που υπαγορεύει η αρχιτεκτονική και μορφολογική αποκατάσταση του ορόφου. Από την κατασκευαστική ανάλυση προέκυψαν επίσης στοιχεία για τις αρχιτεκτονικές φάσεις του κτιρίου.

- καταγραφή των βλαβών και παθολογία.
- αναλυτική προσομοίωση του κτιρίου με τη χρήση πεπερασμένων στοιχείων.
- σύγκριση των ανωτέρω στοιχείων, για να επαληθευτεί η παθολογία του κτιρίου και να αναγνωρισθούν οι ασθενείς περιοχές.

• Οι προτεινόμενες επεμβάσεις που ακολουθούν έλαβαν υπόψη το υπάρχον ξύλινο σύστημα ενίσχυσης και τις ιδιαιτερότητες του τοπικού πωρολίθου, ο οποίος είναι ευάλωτος στις περιβαλλοντικές δράσεις. Οι επεμβάσεις αυτές είναι συμβατές με την αρχική κατασκευή, αποφεύγουν ισχυρές ολικές ενισχύσεις, ενώ αποκαθίσταται με τον τρόπο αυτό και ενισχύεται τοπικά το αρχικό δομικό σύστημα.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται:

- ελαφρά, αναστρέψιμα ξύλινα διαφράγματα, στο δώμα, στα πατώματα και στους ξύλινους τοίχους των όψεων.

- συνδέσεις των διαφραγμάτων με τις υποκείμενες «δρομικές» τοιχοποιίες από μονό πωρόλιθο μέσω κατάλληλα διαμορφωμένων ξύλινων τάκων, ώστε να αποφεύγεται η χρήση μεταλλικών βλήτρων.

- κονιάματα δομής, επιχρίσματα και υδραυλικά ενέματα (όπου είναι δυνατό) με μηχανικά και κυρίως φυσικοχημικά χαρακτηριστικά συμβατά προς τη υπάρχουσα τοιχοποιία και τα επιμέρους δομικά υλικά.

- ενισχυμένα μη φέροντα στοιχεία (ανοίγματα και διαχωριστικά στοιχεία μεταξύ των χώρων), με σκοπό να αποτελούν δεύτερη γραμμή προστασίας του κτιρίου από γεγονότα αιφνίδια όπως ο σεισμός.



# The Turkish manson in Rhodes

**E. Tsakanika**, *Civil Engineer - NTUA Athens*  
**K. Athanasiadou**, *Civil Engineer - NTUA Athens*

## Abstract

The application of EC5 or any relevant standard is only a part of the procedure for the evaluation a timber structure modern or historical one. The first goal is the recognition of the structural system, its behavior and pathology and then try by analytical modeling simulate it. An existing danger, is to calculate with the best program and the best knowledge of the relevant Standards (EC5, EC3, A seismic code e.t.c.) the wrong model even of the simplest and most known structural system as a king post truss.

Concerning Historical structures, cultural, historical and scientific reasons, dictate the necessity to study and protect our architectural heritage, including the constructional systems of them.

The procedure of analysing, designing and intervening in a timber structure has to be conducted with detailed 3d survey and recording of the structural system and the connections and with the close collaboration from the beginning, of all the involved professions.

## 1. Introduction - WHAT IS EUROCODE 5

Eurocodes constitute a group of standards which will establish within European Union:

- common technical rules for the design of structures,
- a framework for harmonized specifications for construction products,
- standards of workmanship needed on and off-site to comply with the assumptions of the design rules,
- harmonized technical specifications for products and methods for testing.

Each Eurocode, is initially published as a European pre-standard (ENV) to serve as an alternative to the existing national codes in each country (if there is one).

**Eurocode No.5 - "Design of timber structures"** as all Eurocodes, is a limit state design code and contains the following parts:

- Part 1.1 General rules and rules for buildings
- Part 1.2 Structural fire design
- Part 2 Bridges

A quite big number of EN standards have been and are being produced supporting EC5, giving a lot of information concerning the properties of the timber and timber products, the metal connectors, the durability, the testing methods e.t.c.

A National Application Document should be prepared in each country containing supplementary information to facilitate its use (the numerical values in the boxes in EC5, are indicative and their values must be specified by the Members States).

EC5 and National Standards are supposed to be used parallel for a transitional period before EC5 becomes obligatory. This period of experimental use is very important, and should be long enough before Eurocode become EN standards and replace the existing national codes. A lot of experience will be gained concerning their applicability and use; probable mistakes will be identified and corrected. The engineers will become familiar with the new code, but mainly there will be the necessary time for them to be trained and educated is using the new Codes.

This is very important, because when you first try to use EC5 you get the impression that it is a difficult document and many engineers give up trying understanding it very quickly. Actually this is not true and in the following tables, common problem in using EC5 are presented along with clarifications, explanations and possible solutions.

DIFFICULTIES IN APPLICATIONS OF EC5 - THE GREEK EXPERIENCE	WHY EC5 CAN BE USED
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>EC5 is written in “unfriendly” format, because is written</b></li> <li>• <b>without the necessary drawings and explanations</b></li> <li>• <b>for engineers with sufficient knowledge of timber</b></li> </ul> <p>More sketches and explanations of the Code are necessary especially in countries that don't have previous National Standards for timber structures.</p> <p>Engineers are not familiar with the different types of structural systems, the properties of the materials and finally the terminology of timber structures and make mistakes.</p>	<p><i>This is so, because the committee decided to include only the essential rules of design on which all European countries needed to agree, leaving national authorities, institutes, and suppliers free to produce the necessary supplementary design aids and design guides in forms suited to their own cultures and traditions (Trada GDI).</i></p> <p><i>So, EC5 is written for countries that:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>have already a strong background of standards and research work concerning timber structures and</i></li> <li>• <i>have already a lot of booklets, manuals and relevant Supporting Standards</i></li> </ul> <p><i>And it should be so, because when all these countries will harmonize their previous standards with EC5, all this knowledge will be common to all and especially to the countries with out previous standards.</i></p> <p><i>Before the final edition, the Code could be enriched with more drawings and explanatory comments (French edition of EC5)</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>It is impossible to be used without the quite big number of Supporting EN standards, that have been produced for EC5.</b></li> </ul> <p>In Greece, EN Standards, can be found only in the library of the Greek National Organization for Standarization and cost a lot of money. The access to them is difficult and expensive.</p>	<p><i>The basic EN's that are needed for the majority of structures are few, so it not so difficult and expensive to have them</i></p>



- **The new formulas that the designers have to use are very long and complex.**

In order to make an estimation of the load carrying capacity of a simple single shear connection; one needs to use 6 quite difficult equations. (EC5 6.2.1a - f).

There are a lot of different coefficients almost in every step of the calculation procedure. The designing time is greater than before, the possibility of making arithmetical mistake is big and the format seems quite unattractive to engineers.

*This is considered the biggest obstacle for the use of EC5 but is actually its biggest advantage because now days all engineers use computer and this has been taken into account in Eurocode 5. Using simple excel programs, easily produced by all designers, the time and the accuracy of calculations can be secured. This “unfriendly” format was decided to remain in the Code since all these complicated formulas, describe much better the behavior of timber components and connections and they derive from the latest research results.*

- **Some types of connectors are still missing.**

The existing Standards usually has information about them.

*Eurocode is still revised and enriched with the latest research results and soon a lot of the missing parts will be completed.*

- **There is a radical change in the calculation procedure since EC5 is based on Limit State Design** whereas all previous used codes were based on permissible stresses.

*The limit state design is a strong advantage of EC5, since all new engineers the last 10 years are educated exclusively upon the use of limit state approach for RC and steel, and actually it is the only approach they know and are familiar with.*

- **One of the most important problems for the application of EC5 is the supply of strength graded timber according to the new standards.**

A crucial parameter for the application of EC5 is the follow up of the standards from all that are involved in the production and supply of structural timber.

It is very important, during the trial period of its use, the industry and suppliers of structural timber to adopt the new Standards and be prepared for the moment of the obligatory use of Eurocodes for all Europe. A basic principle of civil engineering works is that Design codes must be combined with well-defined standards for strength classes of structural timber otherwise any calculation is either insecure or non economical.

In Greece timber is sold with no indication of any strength classification. Timber industry and commerce are even now, completely unprepared, they don't know anything about EC5 and unfortunately they don't want to know.

*Considering **laminated timber** a lot of industries and producers of glu-lam in Europe, have already adopted the new Standards and supply strength-graded timber.*

*It must be pointed out the change in the mentality concerning the strength classification of timber elements. It is very important to have in mind that we can't have the strength and stiff characteristics of a timber element if we study a small timber sample at the laboratory as with other materials. The natural defects, their size and position, in every timber element is the critical parameter for the assessment of strength characteristics. So each individually piece must be graded either visually or by machine.*

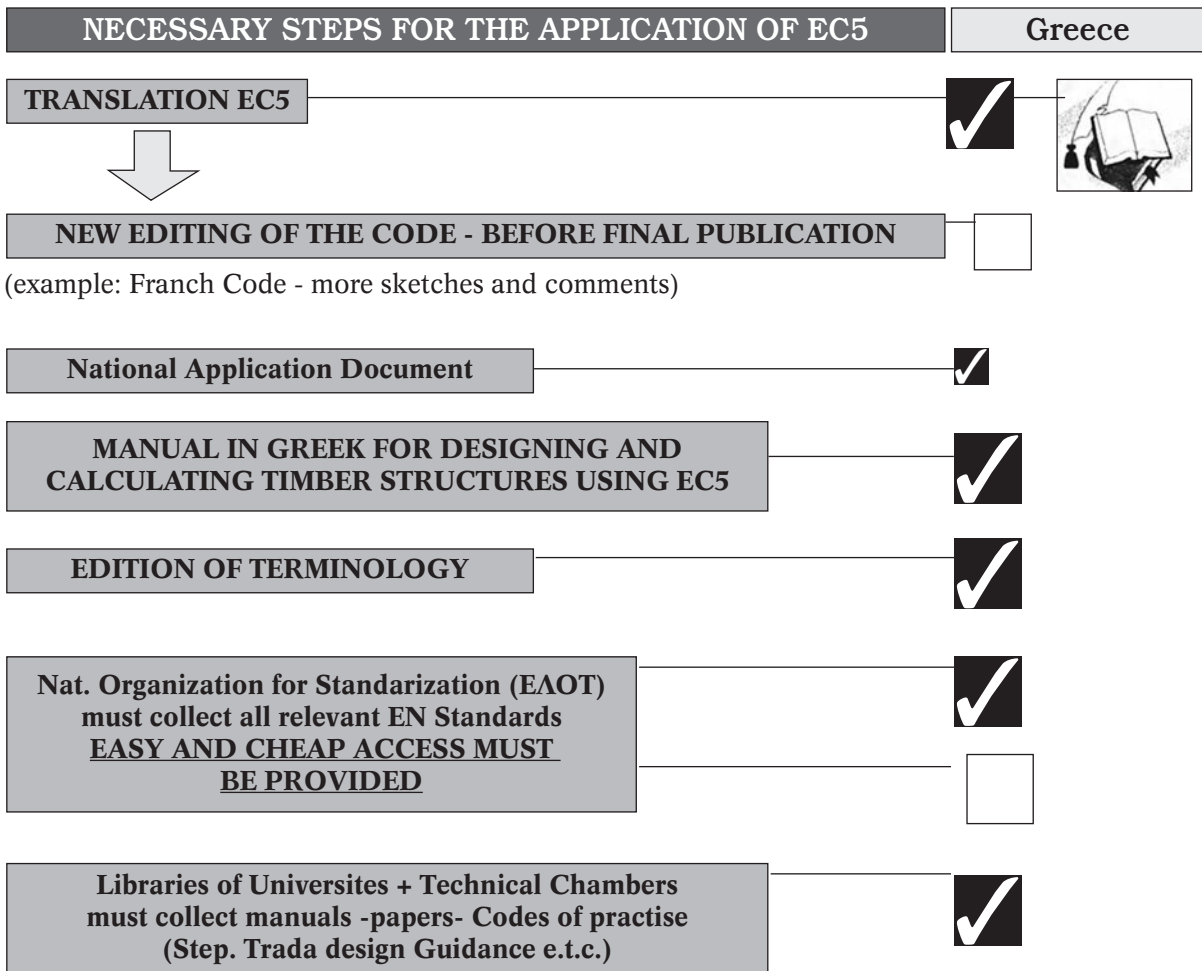
*In Greece, **Lumber** is used mainly for floor and roofs.*

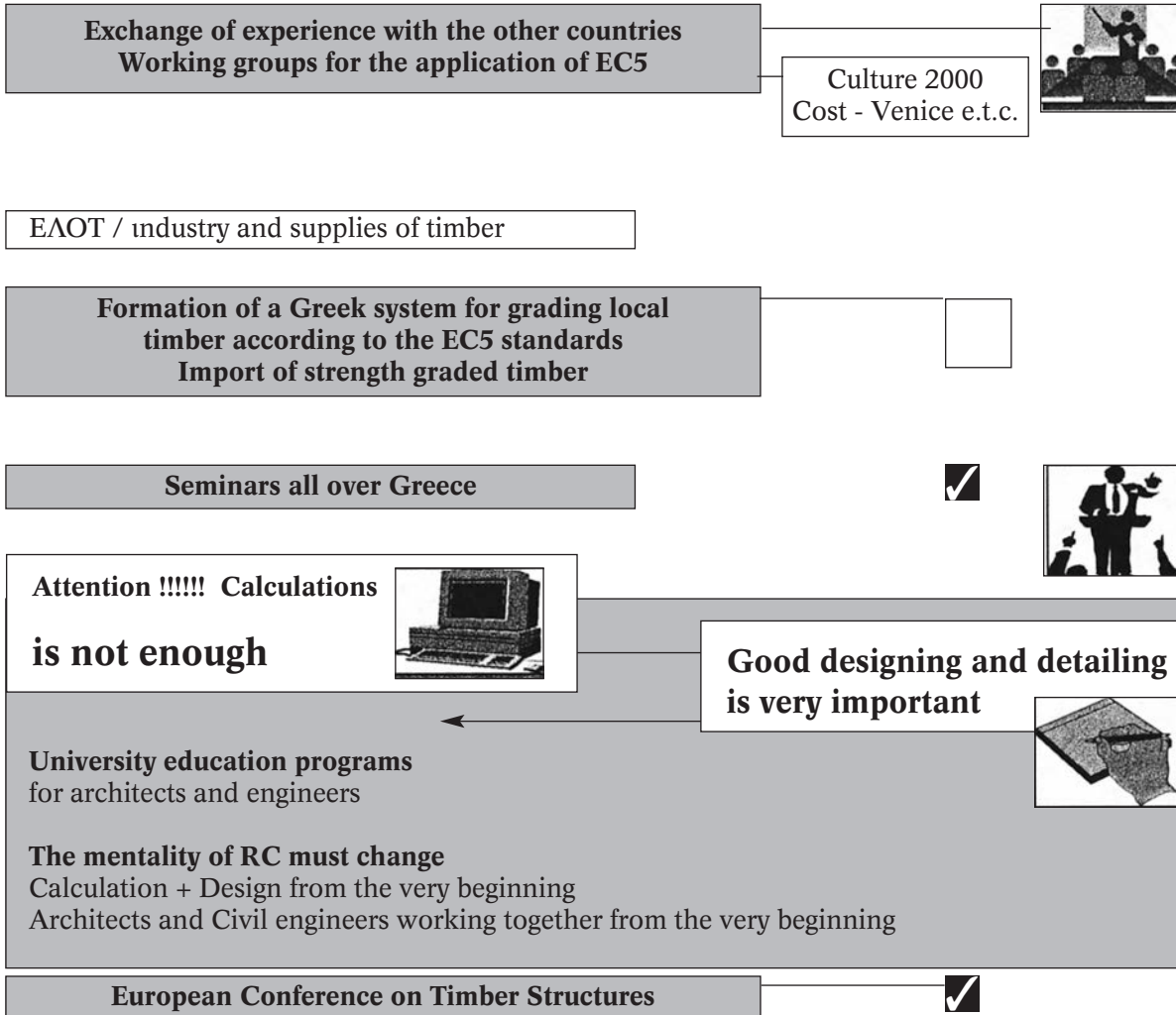
*Since there is no indication of strength of both local and imported timber, engineers could use a conservative value. The scale of these timber structures is small and the difference in economy is not so important.*

*The only case that the absence of reliable values*

<p>On the contrary in England, all structural timber have to be and are strength graded and classified with a mark given by certification body approved by the Timber Grading Committee.</p>	<p><i>of strength is causing problems is the floors of historical or traditional structures because calculations of the deflection of either existing beams or new ones drives designers in replacing the timber beams with steel ones destroying the original structural system. This is typical especially when the use of the building is changed from a house to restaurant, bar or other similar use. A probable research work could be to investigate the contribution of the boards (necessary depth, number of nails e.t.c.) in order to achieve a stiffer beam in bending.</i></p>
<p>• <b>EC5 has nothing about old-historical timber structures</b></p>	<p><i>This is a problem of all Standards, old and new ones.</i></p>

Having all the above in mind, a proposal for the necessary steps for the applications of EC5 could be the following





## 2. EUROCODE 8 and TIMBER STRUCTURES IN SEISMIC AREAS

In countries like Greece, with important seismic activity EC5 is used with the contribution of EC8. The design requirements for earthquake resistance are covered for all materials by EC8.

An important advantage of timber structure in seismic areas is the low weight and consequently low forces of inertia.

Most earthquake design codes provide an acceleration response spectrum curve that specifies the design acceleration (which means the horizontal load) based on the natural period of the structure. The basic principle of EC8 is that when the structure presents a ductile behavior, the design acceleration and the horizontal force imposed to the building is reduced by division by the so called “**behavior factor-q**”.

In **EC8 part 1.3 “Specific rules for timber structures”**, timber structures are divided in the classes A, B, C, D, based on their ability to dissipate energy under seismic action. A quite conservative value of different **q-factors** is given for different structural systems. The reason for this is:

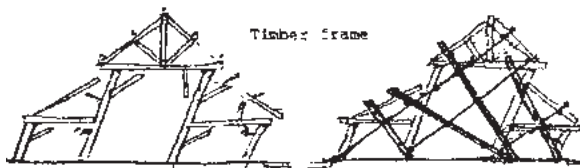


- the linear -elastic, brittle and non energy dissipative behavior of the timber members
- the absence of adequate theoretical and experimental evidence.

The behavior and the design of every kind of structure under seismic loads, is mainly influenced by the ductility of the system and consequently by q-factor. It is not appropriate to focus on the strength of the members but on the energy dissipation capacity of the system.

In timber structures a plastic failure mechanism can be achieved only through joints that can perform plastic deformations or through joints that are designed to dissipate energy, since timber itself shows limited plastic behaviour. "It is more important for the seismic resistant design, a structure to be able to undergo large displacements without significant loss of strength" (A. Buchanan)

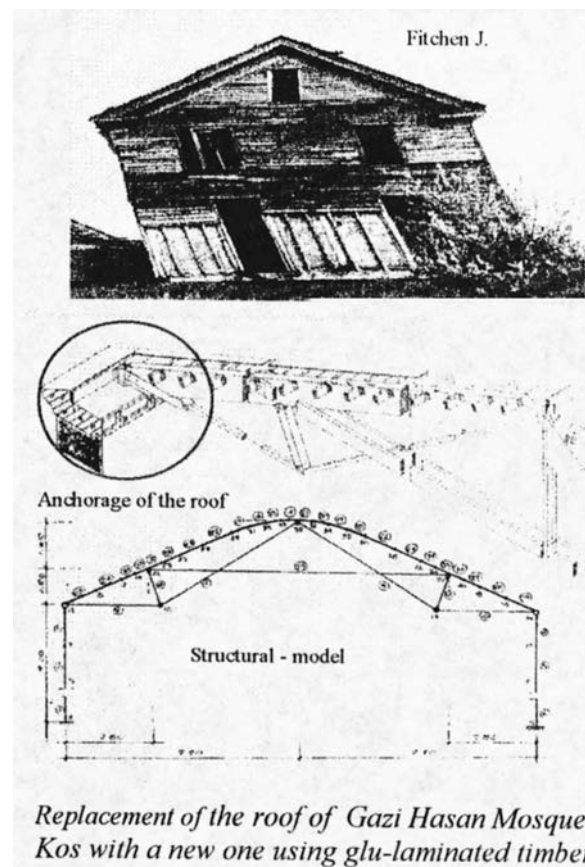
Seismic loading may be critical for the design of timber structures in regions of high seismic risk.



In larger scale timber structures (buildings with long span, timber frames - multi storey timber structures e.t.c.), seism is not critical for the timber components, but is quite critical for the anchorage of the buildings, the overall stability, some times the joints, the establishment of diaphragmatic action and mainly the horizontal deformations.

That's why for many structures the critical value of q factor is 1.

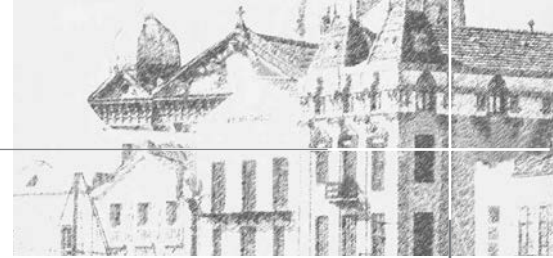
In smaller scale timber structures (traditional buildings or new ones with timber roofs and floors), seism is critical mainly for the anchorage of the roofs on the vertical load bearing systems (masonry or brick walls, RC frames e.t.c.) and the establishment of diaphragmatic action which is considered the most important factor in the intervening procedure of historical structures in seismic areas.



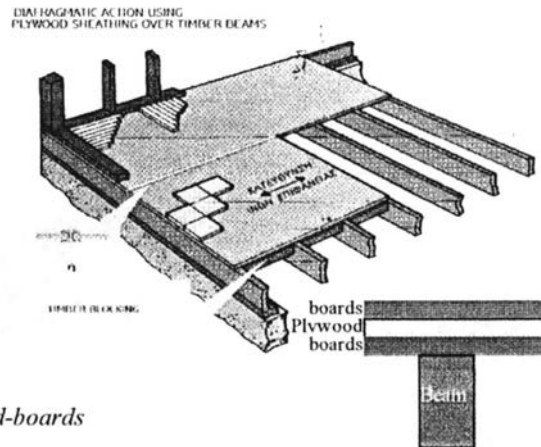
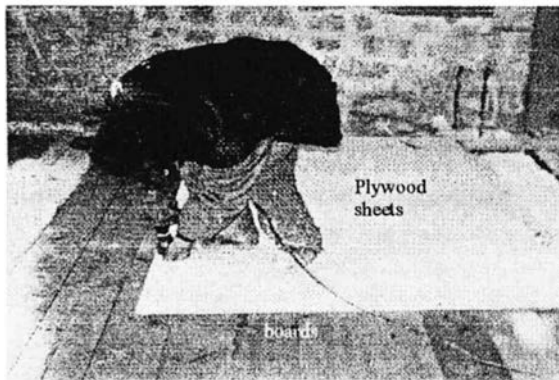
A basic goal of aseismic design is:

1. **The establishment of diaphragmatic action of the horizontal load bearing systems and**
2. **The connection (anchorage of the diaphragms) to the vertical load bearing components (walls or frames) in order to transfer the seismic forces to the most rigid ones and tie the whole building.**

There are different ways in order to accomplice diaphragmatic action:



- by RC slabs or composite structures by R C slabs and timber or metal beams (Ceccotti A, Piazza M.)
- by metal ties, diagonal bracing (act as a horizontal truss carrying the load to the vertical walls)  
Poor detailed bolted connections can cause brittle splitting failures (Buchanan Florence)
- by diagonal boards
- by sheathing boards



*Floor diaphragms in using board –plywood-boards*

In timber structures, the most desired ductile mechanism is the one due to nail slip. Sheathing materials, such as plywood, chipboard and gypsum board form rigid and economic diaphragms, when properly nailed. The proper nailing is most important, because the critical factor is the strength of the connection between board and frame, and neither the strength, nor the stiffness of the board itself. The nailed sheathing panels exhibit excellent aseismic performance behaviour because they dissipate energy better than braced frames, which concentrate the generated energy in small area at the connections between braces and frames. Actually, the use of metal ties (diagonal bracing), which act as a horizontal truss carrying the load to the vertical walls, is not establishing a diaphragmatic action but mainly tie the walls together and reduce their deformation perpendicular to their plane.

The connection of the diaphragm to the load bearing walls has to be ensured too. Special members have to be used usually in the perimeter of the diaphragm and at the top of the walls as RC, metal or timber tie elements. The connecting mechanism between the diaphragm to these members, and between these members to the walls, is the most critical part of the designing procedure.

Diaphragm systems with sheathing boards may therefore prove advantageous over braced timber framed systems and RC slabs because they:

- have low weight, inducing less forces of inertia,
- help keeping the original timber structure of the historical structures,
- are more compatible and work better with the traditional, especially in Greece, timber reinforcing tie beams of the masonry at the level of the floors and the roof
- can be changed easily,

- improve the bending capacity of the timber beams when properly connected.

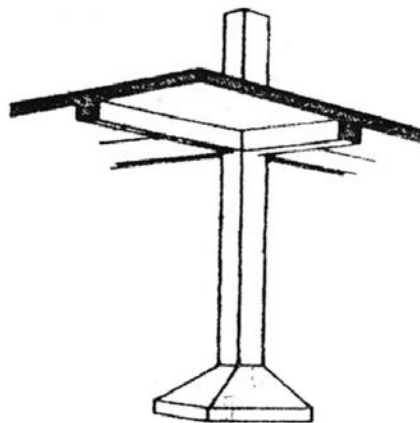
EC5 and EC8 give some indication for the formation and calculation of these systems.

In Greece, in many restoration projects the timber floors usually were replaced by RC slabs and timber roofs were reconstructed using new timber or metal systems. And this is often even in monuments. The Ministry of Culture is trying the last years, but mainly in monuments, to use light timber diaphragms (Penelis ..... Miltiadou N. Osios Loukas).

### 3. Design of timber structures

Designing, timber buildings, is a very synthetic and complicated procedure that the enngineers of the last century seem to have forgotten. That is probably because of the mentality of “Reinforced Concrete” that generations of architects and civil engineers are educated and work with.

Reinforced Concrete structural systems, are actually one structural system, the same in 3 directions, with one type of joint. Engineers don't have to think about almost nothing, since all the crucial decisions are solved.



Typical reinforced concrete system

In timber and steel structures the above mentality could be very dangerous. There are hundreds of structural systems with hundreds of different joints. The way the joints are connected and the way that forces are being transferred is critical for the formation of the correct analytical model which in many cases has to be 3-dimensional. Crucial decisions and analysis concerning the materials, the structural system, the joints, the erection, even transportation have to be taken into account from the first steps of any design procedure. Calculations using EC5 or any relevant Standard, is a part of this procedure but only the last one.

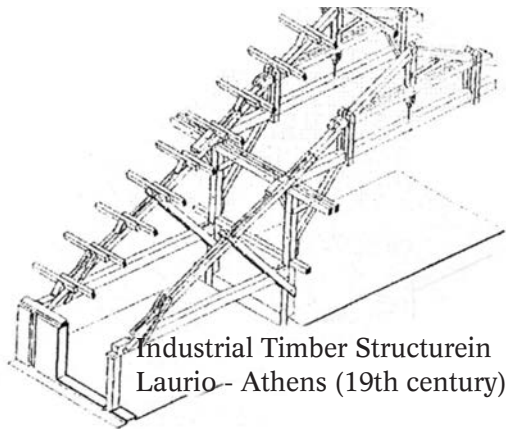
The same principles for designing a modern timber structure must be followed in **historical timber structures**.

The recognition of the structural system, its behavior and pathology is the first and most important part of the procedure for the evaluation of the load bearing capacity of a historical structure. The results of this evaluation will give the necessary information for the second part of the

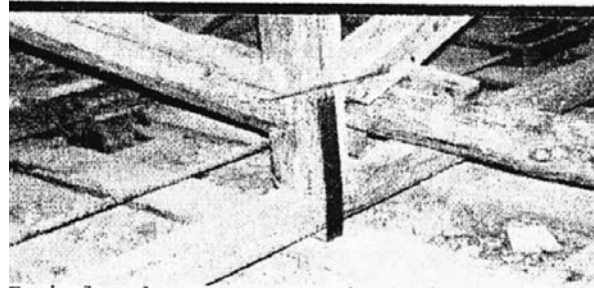


above procedure which is the formation of the proper analytical model that must be compatible with existing building.

An existing danger is to calculate with the best program and the best knowledge of the relevant Standards (EC5, EC3, Aseismic code e.t.c.) the wrong model even of the simplest and most known structural system, as a king post truss, since rarely is paid attention in the formation of joints.



Industrial Timber Structure in Laurio-- Athens (19th century)



Typical-king post truss

Typical and very common mistake in king-post trusses of the last century, in Greece. The metal strap is not holding the horizontal tie member leaving a gap. The carpenters and the engineers have forgotten the structural behaviour of the oldest roofing system continuously used for at least 2000 thousand years.

**For many civil engineers the calculations and the use of Standards, is considered the only part that they have to participate in the process of designing a modern timber structure or evaluating and intervening in a historical one.**

This is the best occasion, because usually the timber elements, at least in my country, are the only part of a historical structure, that are not studied and most of them are replaced. When the scale of the timber structure is small (timber roofs and floors), the civil engineer is usually absent, while for the other structural parts of the same building (masonry) is present and the carpenter, without supervision, is “designing” and constructing the timber parts. For bigger scale structures, civil engineers are involved, but usually at the final stages of the project, without close cooperation with the architect, evaluating the structure using a 2-dimensinal model of the main truss, calculating just the load bearing capacity of the members and rarely the joints, which in most cases, are the most critical part of the structure. A usual mistake in numerical analysis, is that the joints of the final constructed structure or of the existing one, whose capacity is assessed, is not actually transferring the loads that the model is assuming. It is impossible to have the correct analytical model without the full survey or formation of the connections.

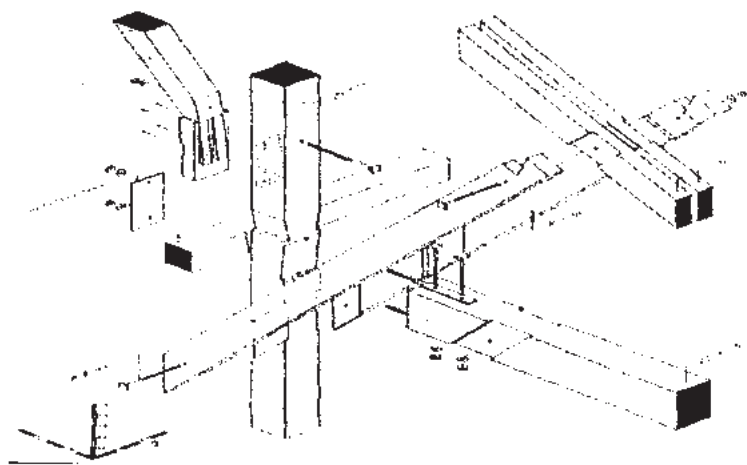


On the other hand, architects are conducting excellent surveys of the morphological elements of historical buildings in 2-dimensional drawings (plans, facades, sections e.t.c.) but almost never constructional analysis and survey of the structural members and their details. The architectural for the restoration can be influenced a lot by the structural elements and this has to be taken into account from the first steps of the design.

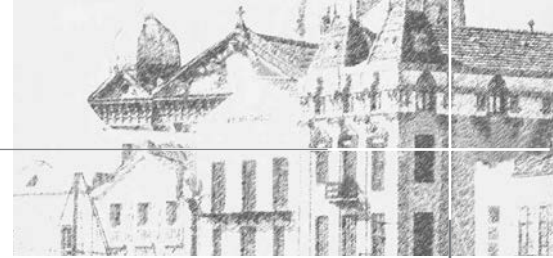
The procedure of analysing and intervening in Historical Timber Structures has to be conducted with the close collaboration from the beginning, of all the professions that must be involved in a restoration projects, (the architect, the civil engineer, the wood technologist e.t.c.), and if this happens, the methodology of studying and assessing the constructional analysis, the survey, and the final intervention proposals have to be done with a certain way.

- A 3d systematic survey of the structural system conducted and presented in general axonometric sketches and drawings in needed in order the involved engineers to understand the behaviour of the system as a whole and not just part by part.
- A constructional analysis of the joints with precise measurements of the cuttings, the metal and wooden connectors. The connections of the timber structure with the other load bearing parts of the building (masonry or timber walls) is also very important for the assessment of its load bearing capacity in horizontal forces (seism, wind, e.t.c.).
- An analytical survey of the pathology recorded in the above 3-d and 2-d drawings.
- Non structural elements, their connection and interaction with the main load bearing system has to be studied and some times to be taken into account in the numerical models because their contribution to the overall behavior of the building (good or bad) may be important, especially in seismic areas.
- The estimation, of the species and the mechanical properties of the timber elements.

All this information and the way it is proposed to be presented, must be the minimum data, for both “important” timber structures as well as for more humble ones, that the involved scientists have to evaluate and base their further research and finally their intervention proposals.



Industrial Timber Structure Laurio-Athens (19th century)



#### 4. Conclusions

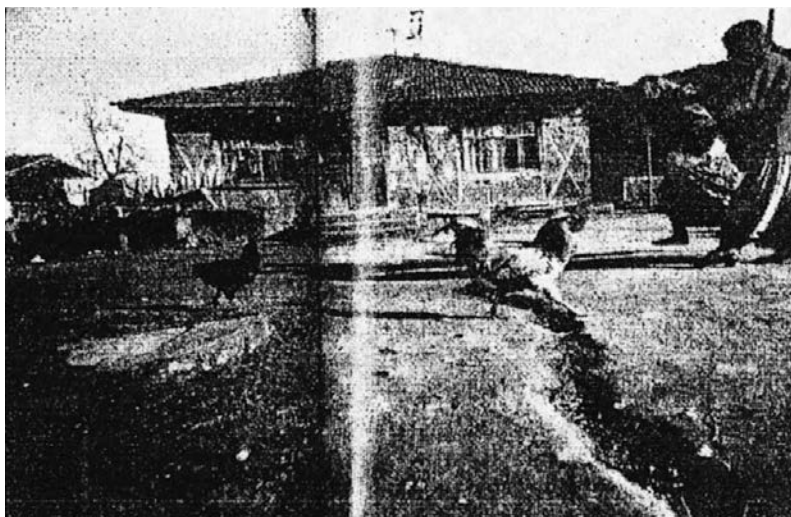
EC5, is and will be an excellent tool in calculating timber structures modern or historical ones. There are problems but there are solutions, there are gaps but they will be filled and for the countries that have no previous standards is a great opportunity to acquire. The application of EC5 or any relevant. Standard, is a part of the designing procedure of a timber structure but only the last one. A structure that is based on a fault conception cannot be corrected by any analytical method. Failures are mainly observed in cases of poor designing and detailing and not due to the application of the relevant Codes.

Concerning Historical structures, cultural, historical and scientific reasons, dictate the necessity to protect and save our architectural heritage, including the constructional systems of the historical structures, which is a very important factor of their architectural value.

We must be open-minded and study the structural systems of the historical buildings, monuments or vernacular ones, important or humble ones.

Ingenious systems can be found that can surprise the modern engineer, who in many cases realises that he discovers through modern analysis what has been discovered hundreds even thousand of years ago, with certainly much lesser means of technology.

The procedure of analysing and intervening has to be conducted with the close collaboration from the beginning, of all the professions that must be involved in a restoration project.



National Geographic - July 2000,  
(Turkey, Earthquake 17-8-1999)  
A poor house with timber walls  
filled with bricks. A small fault  
is passing through. Its behaviour  
in seismic forces is obvious.

We have to find out the proper methods of structural analysis that give results compatible to the pathology and behaviour of the existing historical structure and not try to understand them through a “modern - standardized mentality” or in an office through a computer model. They gained our respect not only as a part of our tradition and history, but in strictly engineering terms, as constructions, that survived and worked properly for many years or centuries. There is a lot of “hidden knowledge” even in the most poor or humble ones (Lefkas P. Touliatos), about the effort of the traditional builder, to save his building and withstand the forces induced in his structure with excellent results, giving us ideas and solutions for compatible and successful interventions.



## References

Ceccotti A. "Timber Concrete composite structures" Timber Engineering STEP 2

Fitchen J. "Building Construction Before Mechanization" MIT 1989

National Geographic - July 2000

Timber Engineering STEP 1,2 Centrum Hout, 1995 The Netherlands

Touliatos P. "Seismic Disaster Prevention in the History of Structures in Greece", Athens 1997.

Touliatos P., Research Programs "Survey - Analysis - Evaluation of the structural systems in the Industrial Area of Laurio" NTUA

TRADA Wood information Sheets, Guidance Documents, UK

Touliatos P., Tsakanika E. "Survey-Constructional analysis - Intervention - Replacement of the roof of Gazi Hasan Mosque in Kos" RILEM - Florence

Tsakanika E. Lazouras S. "A traditional built house of the 16th century in Athens" International Timber Engineering Conference, London 1991 vol.3, p. 3.550.



## Αποτίμηση και ανάλυση παλιών ξύλινων κατασκευών

**Ario Ceccotti**

*Καθ. Πανεπιστημίου Βενετίας*

Μπροστά σε μια ξύλινη κατασκευή ο μηχανικός θέτει τη θεμελιώδη ερώτηση: Τι να κάνει με αυτή την κατασκευή; Αυτό στην πραγματικότητα σημαίνει: Πόσο ασφαλή είναι τα ξύλινα στοιχεία και οι σύνδεσμοι; Είναι η συγκεκριμένη κατασκευή ικανή να αντέξει για πολλά χρόνια ακόμη, ακόμη και με νέα φορτία χρήσης; Απαιτείται επισκευή ή ενίσχυση;

Έχοντας στο μυαλό μας τη συντήρηση της κατασκευής σαν κύρια καθοδηγητική γραμμή, ο μηχανικός πρέπει να ακολουθήσει μια πολύ-επιστημονική προσέγγιση προκειμένου να ληφθεί η κατάλληλη απόφαση.

Η εισήγηση προτείνει μια μεθοδολογία για να υποστηρίξει το μηχανικό στη λήψη αποφάσεων.

# Evaluation and Analysis of the Old Timber Structures

Ario Ceccotti

Professor, University of Venice

## Introduction

Before an ancient timber structure the structural designer is always asked for the fundamental question: what to do with this structure? That actually means: how sound are wood elements and joints? Is this structure capable of standing up for many years more, even under new service loads? Are any strengthening and repair needed?

Having in mind the conservation of the structure as main-guidance line, in order to take the most appropriate decision, the designer should follow a multi-disciplinary approach.

## A methodology for Evaluation and Analysis

There are two basic and separate questions actually:

- is the wood still sound?
- is the wood enough resistant?

In fact resistance is a matter not only of wood soundness but also it is a matter of wood actual *stress* compared to wood actual *strength*. *Evaluation* of wood conditions and strength and *analysis* of forces and stresses are two moments of the same process. In Table 1 a synopsis of these points is given referring to a simple case of a single wooden rectangular cross section ( $b'$  original width,  $h'$  original depth) under a only bending moment  $M$ :

**Table1** – Evaluation and Analysis process (schematic)

<b>Evaluation</b> (Wood Technologist)	<b>Analysis</b> (Structural Engineer)
Decay detection- Residual cross section $\rightarrow b, h$	Actions (loads, $q_k$ )
Strength grading, in situ $\rightarrow$ timber grade	Structural scheme for calculations: $q_k \rightarrow M_k$
Anticipated strength $\rightarrow f_{m,k,(5\%)}$	Stresses on elements: $M_k \rightarrow \sigma_{m,k}$
Uncertainties $\rightarrow \gamma_M$ , material side safety coefficient	Uncertainties $\rightarrow \gamma_p$ action side safety coefficient

$$\frac{f_{m,k(5\%)}}{\gamma_M} k_{\text{mod}} = f_{m,d} \leq \sigma_{m,d} = \gamma_f \sigma_{m,k} = \gamma_f \frac{6M_k}{bh^2}$$

$\gamma_M$  and  $\gamma_f$  safety coefficients ( $> 1$ ) cover further uncertainties about possible actual strength values and acting load values (nominally intended for passing from 5<sup>th</sup> percentile to 0,5<sup>th</sup> percentile,



lower tail for strength distribution and higher tail for load distribution, respectively).  $k_{mod}$  is a modification factor taking into account service conditions and duration of load effects ( → Table 2)

**Evaluation** phase consists of:

- *evaluation of possible biological decay* across the member section and along the member itself. This allows to determine the residual cross-section dimensions along the entire length of the member to be used by the Engineer in his calculations (Bonamini , 1995)
- *in-situ grading*, i.e. evaluation of the strength of sound timber according to grading rules accepted for that kind of timber

Important remarks:

*Grading.*

For a certain timber population (wood species, location of origin, grade) it will be possible to assign a set of strength values for different kinds of stress (*strength profile*). In fact everywhere in the world there are grading rules that allow to grade timbers according to their strength. Every country has its own rules calibrated upon home grown timbers peculiarities. Therefore there are tables available that attribute each timber population to a certain strength profile (*strength class*) → (Table2&3).

*Strength*

It is here necessary to remind the Reader that old timber characteristic strength values (e.g.:  $f_{m,k,(5\%)}$ ) are used as high as for "new" timber. It is actually acknowledged that timber is not losing its strength over time just because is becoming older (excluding of course any decay due to insects and fungi). In fact there is no real evidence that long lasting pre-loading of timber or timber structures to a limited load level has produced any damage (Kuipers, 1986) → Table 4.

**Analysis** phase consists of:

- *Internal forces analysis* conducted by using the simplest structural scheme, at first. Then more and more accurate analysis which takes into account as much as possible of the actual restraints and of actual mechanical behaviour of materials. That include, for example, semi-rigid behaviour of joints (*slip*), and possible structural gross deformations and disorders. More and more sophisticated models (i.e. anisotropy of wood, II order analysis) should be adopted only when the complexity of the structure requires it. The more the scheme is reality-bound (e.g. considering hyperstatic behaviour, load sharing, et cetera) the more force peaks decrease so that verifications are facilitated. I.e. a better model, though more complex and time demanding, at the end of the entire process will be rewarding → Table 5a,b.
- *Stress analysis*, it is possible to pass from internal forces to stresses using well consolidated calculation methods, as for example Eurocode 5, 1993 (usually the limit states design methods are more generous than allowable stresses methods). Then a safety check becomes possible referring to strength values given by standards, as said before.

## Decision making

If the verification, by applying the previously illustrated method, is positive, this is sufficient to state that the structure is safe enough. However the opposite is not true. In fact it must be said that

when using the above approach based on modern calculation codes and characteristic strength profiles and standard grading rules, when the verification would fail at first approach, an appeal should be given to the structure.

We do not want to touch here the issue of possible reduced safety coefficients due to the fact that the structure is already existing (modern calculation codes are thought for not-yet existing structures). Therefore uncertainties about the material still to be provided are much less because the material is already there and we can see it in place. Moreover, load standards are changed over the years increasing snow loads, for example, where our structure does exist from centuries with no interest in human discussions.

We want just to say that more sophisticated structural schemes, closer to reality, should be used in this case. In addition, grading of timber elements should be done ad hoc on the spot where the safety verification is actually performed (so called critical sections).

Actually a timber element is classified into strength grades according to some defects, basically. It is not possible to know a priori where in situ that element will be located, how it will be loaded, and where the most stressed section will stay (critical section). Therefore timber elements are classified by the timber supplier independently from the location of the grade determining defect along the timber element itself. Let's consider the case, for example, of an isolated big knot as the grade determining defect. Once the timber element has been put in place, if this knot is just near bearing supports or at the extra-dos of a bent beam, it will have much less importance than if it would be staying at the mid-span intra-dos of a bent beam. Old carpenters were actually used to put the best pieces in the most stressed parts of the structure! → Table 6.

In conclusion: if first safety check is not positive, before to make a life sentence (demolition or strengthening) a second chance should be given to the element, making an ad hoc re-classification of the timber element right around the critical section aiming for an up-grading of the element.

More: we have to say that even the ad hoc grading, refers to 5% lower fractile strength characteristic values, that means there is still a high chance that our element will be more resistant than that value.

Advanced research in wood mechanics field, for example using Non Destructive Testing methods coupled with analytical tools, could help to guess an actual strength value → Table 7.

## Conclusions

Wooden cultural heritage's most dangerous enemy today is insensibility, and lack of maintenance, of course. However there is another risk equally frightening that appears just when conservation works have been launched.

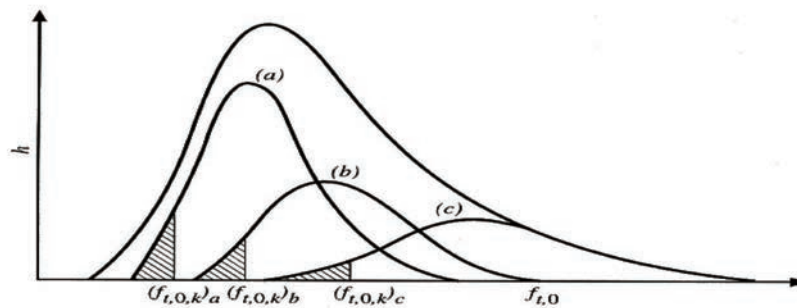
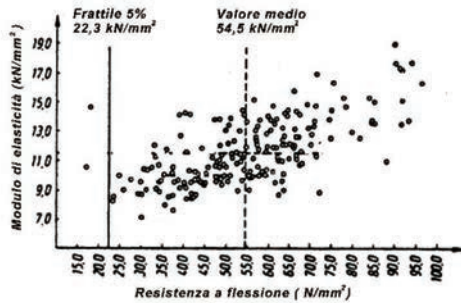
This sneaking enemy is the "Do something, anyway" philosophy. "This wood is too old, it has lost its strength!" or "this element is going to fall down on us, it does not satisfy the last code on loads!" and so on, are typical examples, but many others could be given, that may lead to unnecessary reinforcement to the detriment of cultural authenticity.

Wood technologists and structural engineers have the privilege of mastering evaluation tools and analytical models that can help professionals in making the best decision in various circumstances, so that a new philosophy, with more respect and more knowledge will take over.



## References

- Kuipers, Jan (1986): "Effect of Age/or Load on Timber Strength". Paper 19-6-1, Proceedings of CIB W18 meeting, Florence, Italy.
- Ceccotti, Ario & Uzielli, Luca (1989): "Reliability of Ancient Timber Structures". Proceedings of II National Italian Congress on Wood Restauration, G.Tampone ed., Nardini , Firenze (in Italian).
- Uzielli, Luca (1995): "Restoring timber structures - Repair and strengthening" . STEP 2 "Timber Engineering", lecture D4, Centrum Hout, The Netherlands.
- Bonamini, Gabriele (1995): "Restoring timber structures - Inspection and evaluation" . STEP 2 "Timber Engineering", lecture D3, Centrum Hout, The Netherlands.
- Giordano, Guglielmo, Ceccotti, Ario, Uzielli, Luca (1999): "Timber Engineering", Hoepli, Milano (in Italian).



**Table 2** Strength grading.

Grading allows to separate better timbers from less resistant ones. With no grading, for the same timber population, strength could range from 15 to 95 Mpa (top, left) like in the case of Swiss pine beams. By grading pieces into strength-quality groups (a,b,c grades, for example) it is possible to classify timbers (top, right) according to their resistance. Grading rules are different over the world because locally calibrated on locally grown timbers. Grade determining defects are usually knots , slope of grain , annual rings thickness et cetera. For each grade, after an extensive testing campaign on that timber population, the relevant characteristic strength values (5th percentile) can be found (below,). Grading rules are not 100% efficient because they do not allow to put all the best pieces in the upper class, for example, and the worst pieces in the lowest class neither (below), but they are nevertheless essential because they separate timbers according to their characteristic resistance anyway. Please note that in the same grade we have 95% of pieces more resistant than the 5% strength.



	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
in $N/mm^2$									
$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40
$f_{c0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24
$f_{c90,k}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
$f_{c0,k}$	16	17	18	20	21	22	23	25	26
$f_{c90,k}$	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6,0	6,3
$f_{r,k}$	1,7	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8
in $kN/mm^3$									
$E_{0,mean}$	7	8	9	10	11	12	12	13	14
$E_{0,10}$	4,7	5,4	6,0	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4
$E_{0,90}$	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,40	0,43	0,47
$G_{mean}$	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88
in $kg/m^3$									
$\rho_k$	290	310	320	340	350	370	380	400	420

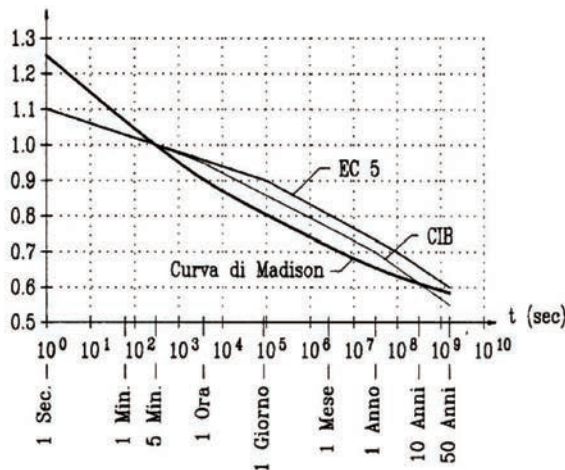
Strength classes and characteristic values according to EN 338. Coniferous species and Poplar.

Strength Class	Grading rule publishing country (Grading standard)	Grade	Species	Commercial name	Source
C24	Austria (ÖNORM B 4100-2)	G.BH	Spruce, Pine, Fir, Larch		CNE Europe
	France (NFB 52001-4)	CF22	Whitewood, Douglas fir		France
	Germany (DIN 4074-1)	S10	Spruce, Pine, Fir, Larch		CNE Europe
	Nordic Countries (INSTA 142)	T2	Redwood, Whitewood		NNE Europe
	The Netherlands (NEN 5466)	B	Spruce + fir		NC Europe
	UK (BS 4978)	SS	Redwood, Whitewood		CNE Europe
		SS	Douglas fir, Larch, Hem-fir, S-P-F		USA + Canada
		SS	Southern pine		USA
		SS	Parana pine		Brazil
	USA + Canada (NGRDL+ NLGA)	J + P	Douglas fir, Larch, Hem-fir, S-P-F		USA + Canada
Sel				Canada	

Strength class C 24, assignment of visual grades and species according to CEN/C 124.215. CNE Europe: Central, North & Eastern Europe. NNE Europe: Northern & North eastern Europe. NC Europe: Northern and Central Europe.

**Table 3** – Strength classes and the "Magic" table

Table part on the left gives strength profiles according to different strength classes for coniferous timbers and poplar. Part on the right provides grade-species-source combinations matching strength class C24 profile.



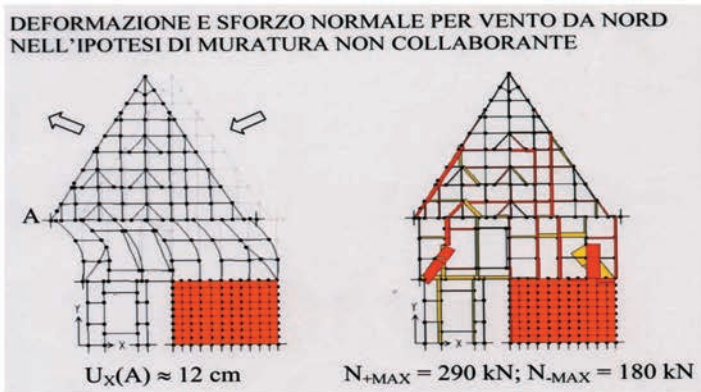
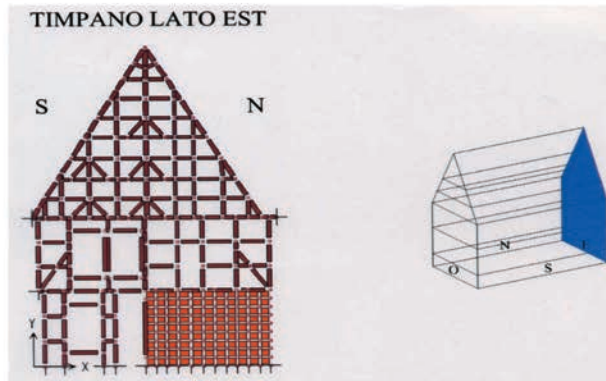
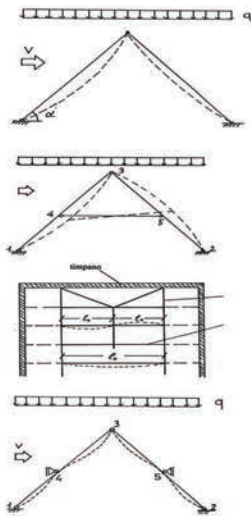
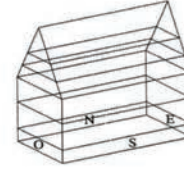
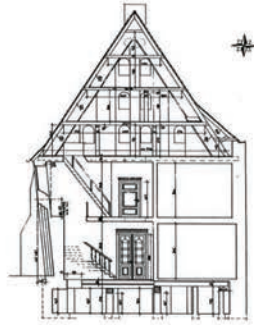
**Table 4** – Duration of load effect

Duration of load effect is illustrated here according to EC5, CIB W18 code and Madison curve (left side, Giordano, 1999) where time is in a logarithmic scale (x axis). Stress ratio as reported on y axis, is the ratio between the actual strength and the 5-minute-duration test strength. It is easy to see that under 50% of short term load resistance (so-called creep limit) the time-to-failure is almost infinite. That means that there is no damage at all inside the wood. Remember that when loaded under quasi-permanent load combinations the stress ratio is 15-20% of 5 minute strength. Possibility of internal damage due to long lasting action of loads that may overcome the creep limit for a certain duration of time is anyway considered by codes with the modification factor  $K_{mod}$  according to the time of accumulated duration of load at maximum level (characteristic, 5% fractile). Service conditions are: class 1, indoor; class2, indoor or outdoor protected; class 3, outdoor not protected.

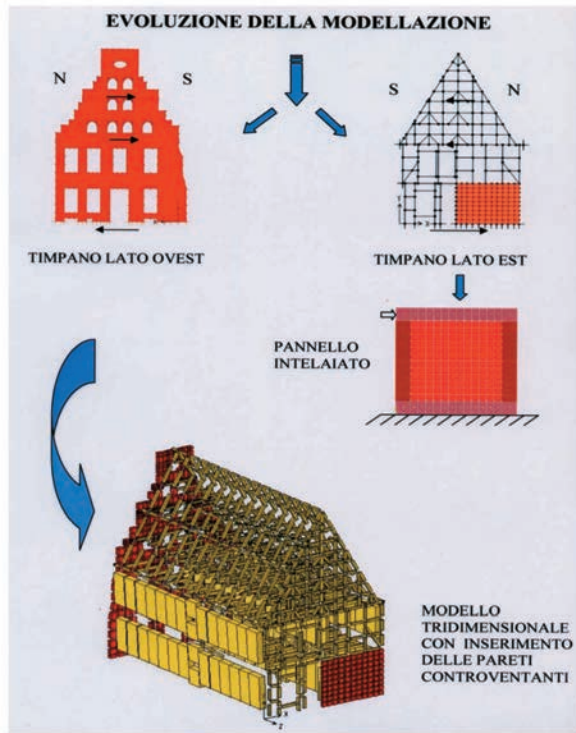
Load-duration Classes and $k_{mod}$ for solid timber and glulam.				
Load-duration Class	Duration <sup>a</sup>	Examples of loading	$k_{mod}$ for Service Classes	
			1 & 2	3
Permanent	more than 10 years	Self weight	0,60	0,50
Long-term	6 months - 10 years	Storage	0,70	0,55
Medium-term	1 week - 6 months	Imposed load	0,80	0,65
Short-term	less than one week	Snow <sup>b</sup> and wind	0,90	0,70
Instantaneous		Accidental load	1,10	0,90

a The Load-duration Classes are characterised by the effect of a constant load acting for a certain period of time. For variable action the appropriate class depends on the effect of the typical variation of the load in the life of the structure. The accumulated duration of the characteristic load is often very short compared with the total loading time.

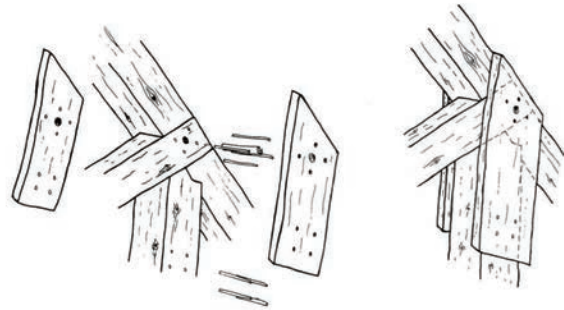
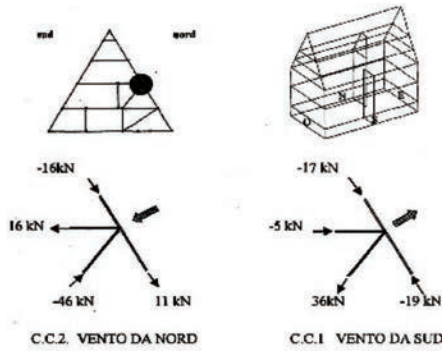
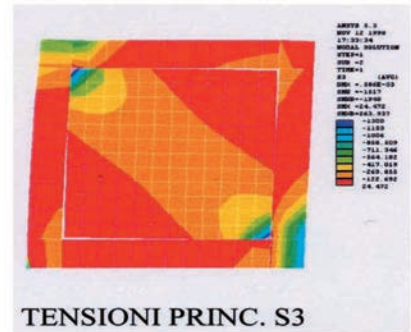
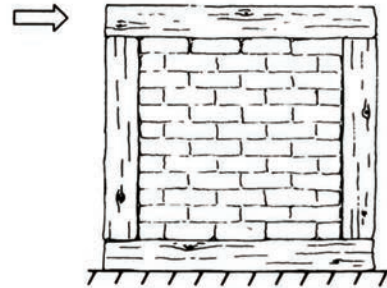
b In areas with a heavy snow load for a prolonged period of time, part of the load should be regarded as medium-term.



**Table 5a:** Simple models are very important in determining rapidly, even in a rough way the load distribution within the structure. This approach is usually conservative, because does not take into account possible redistribution effects. More advanced models allow a finer evaluation of load distribution and give a better load-path with a reduction of peak forces.

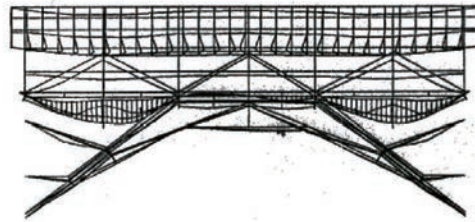
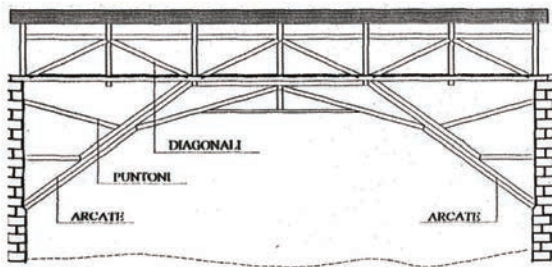


15 kN



**Table 5b:** In some cases when the mechanical behaviour is very complicated to determine, tests should be performed, and/or highly sophisticated models used. This does facilitate verification and allows the adoption of very essential strengthening solutions. Tables 5a and 5b are a synopsis of the Master thesis of Ms Angela Bevilacqua on "Strengthening of 16th Century wood-masonry building in Wismar", 1998, University of Florence, Italy.





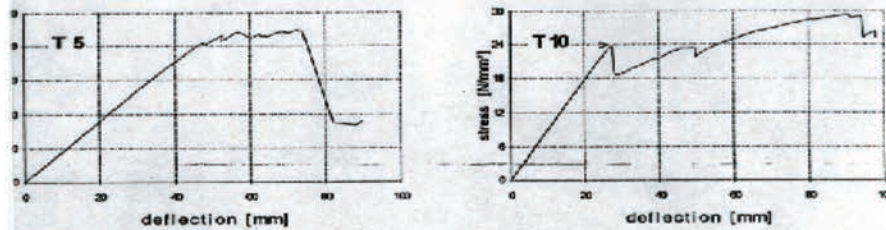
**Table 6:** Panchia (Trento,Italy) bridge.

Accurate modelling coupled with in situ load tests allowed to identify the best way to preserve the cultural authenticity of the bridge without compromising users safety. To reduce car traffic induced bridge vibration the deck planks were simple inclined at  $45^\circ$  respect to traffic direction.



beam	density	$E_0$	$f_m$	failure determining defect(s) and main failure mode	$f_{m, mean}$
	kg/m <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>		N/mm <sup>2</sup>
T 1	480	8689	25.0	ring shake, checks	- shear 41.2
T 2	483	8273	28.0	ring shake, checks	- shear 38.3
T 3	518	18266	39.6	fissures - shear and bending at once	80.6
T 4	464	13048	25.8	ring shake, checks	- shear 45.5
T 5	487	12906	44.8	slope of grain, knot	- bending 44.8
T 6	505	10356	33.9	localised decay	- bending 33.9
T 7	464	8102	30.9	knots, diffuse decay	- bending 30.9
T 8	513	14013	47.0	checks	- shear 69.1
T 9	498	11747	38.5	knots	- bending 38.5
T 10	478	12243	29.4	checks	- shear 56.6
T 11	469	7104	15.3	diffuse decay	- bending 15.3
T 12	449	11630	30.1	checks	- shear 58.3

The main mechanical values, the strength determining defects and failure mode ( $E_0$ : modulus of elasticity,  $f_m$ : bending strength,  $f_{m, mean}$ : average bending strength for split beam)



Stress/deflection diagrams: a) beam T 5, bending failed; b) beam T 10, shear failed in >

**Table 7:** Large cross sections beams show an interesting semi-ductile behaviour because knots are collapsing one after the other allowing the beam to recover partially (if load sharing is permitted). In a series of results from Dr Marco Togni is shown that only 1 over 12 beams, discarded from the building site because considered not reliable, gave a strength low as 15 Mpa.

Togni, Marco(1995); "Elasticity and strength of large cross-section old timber beams: mechanical evaluation with NDT in situ", Doctoral thesis, University of Florence, Italy (in Italian).





# Κατασκευαστική ανάλυση του τοπικού δομικού συστήματος Ανάβατου Χίου

Ειρήνη Εφessίου

Αρχιτέκτων, επίκουρη καθηγήτρια Ε.Μ.Π.



Εικόνα 1. Ο οικισμός του ANABATOY

Η δημοσίευση αυτή βασίστηκε στην εργασία που έγινε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος “ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΤΟΠΙΚΟΥ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΑΝΑΒΑΤΟΥ ΧΙΟΥ” με επιστημονικό υπεύθυνο τον Π.ΤΟΥΛΙΑΤΟ, Καθηγητή Ε.Μ.Π. και κύρια ερευνήτρια την Ε. ΕΦΕΣΙΟΥ, επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π. Το ερευνητικό έργο εκπονήθηκε από το σπουδαστήριο Οικοδομικής Ε.Μ.Π., με φορέα ανάθεσης την Δ.Ε.Π.Ο.Σ. Α.Ε. και χρηματοδότηση από το ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ.

## Γενικά Στοιχεία

Ο ιστορικός οικισμός του Ανάβατου στη Χίο, αποτελεί διατηρητέο αρχιτεκτονικό μνημείο μοναδικού κάλλους, ενταγμένο σε ιδιαίτερα επιβλητικό φυσικό τοπίο, τραχύ, σαγηνευτικό και δυσπρόσιτο

<sup>1</sup> Η πλήρης σύνθεση της ερευνητικής ομάδας, εκτός όσων ήδη αναφέρθηκαν, ήταν: C.Carrocçi αρχιτέκτων επ. συνεργάτης, Β. Τσούρας αρχιτέκτων υποψ διδάκτορας ΕΜΠ, Π.Τσεκούρα αρχιτέκτων, Α.Μηλιώτη αρχιτέκτων μεταπτ. σπουδάστρια ΕΜΠ, Ζ.Πιττακίδης αρχιτέκτων μεταπτ. σπουδαστής ΕΜΠ, Α.Κουλουμβάκη σπουδάστρια Αρχιτεκτονικής ΕΜΠ, Μ.Ρήγα, σπουδάστρια Αρχιτεκτονικής ΕΜΠ, Ε.Τσακανίκα πολ. Μηχανικός υποψήφια διδάκτωρ ΕΜΠ, Κ.. Χατζηαντωνίου πολ. μηχανικός μεταπτ.σπουδαστής ΕΜΠ., Α.Ρόζος πολ.μηχανικός, Θ.Παπαθεοδώρου πολ.μηχανικός.



Ο φυσικά οχυρωμένος, περιτοιχισμένος Οικισμός του Ανάβατου βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα της Χίου και είναι κτισμένος στην κορυφή απόκρημνου βράχου ύψους 450 μ. Η δημιουργία του οικισμού αυτού τοποθετείται ιστορικά στην περίοδο που κτιζόταν η Νέα Μονή Χίου, δηλαδή γύρο στο 1050, όταν Αυτοκράτορας του Βυζαντίου ήταν ο Κωνσταντίνος ο Μονομάχος.

Η ιστορία του τόπου είναι πολυτάραχη. Μετά από αλλεπάλληλες πειρατικές επιδρομές, φυσικές καταστροφές και άλλα δραματικά γεγονότα, το 1822 ο οικισμός λεηλατήθηκε και κατακάηκε από τους Τούρκους. Η βιβλική καταστροφή ολοκληρώθηκε από τον ιστορικό σεισμό του 1881, που κυριολεκτικά ισοπέδωσε το μεγαλύτερο μέρος της Χίου.



**Εικόνα 2.** 1822 Καταστροφή από τους Τούρκους –ζωγραφικός πίνακας.

Μετά από τα γεγονότα αυτά ο οικισμός δεν ξαναγνώρισε περίοδο ακμής και μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο σταδιακά σχεδόν ερημώθηκε.

Σήμερα, παρά τις εργασίες που έχουν ήδη γίνει από τη ΔΕΠΟΣ και το ΥΠΠΟ, τα κτίσματα παραμένουν ερειπωμένα και έρημα. Είναι επιτακτική η ανάγκη άμεσων αποτελεσματικών αποφάσεων και σωστικών ενεργειών, ώστε να σταματήσει η συνεχιζόμενη καταστροφή αυτού του μοναδικού μνημείου.

Ο οικισμός του Ανάβατου έχει χαρακτηριστεί διατηρητέος με το Π.Δ.13-11-1978 [Φ.Ε.Κ.594 Δ], που συμπληρώθηκε με το Π.Δ.4-3-1988 [Φ.Ε.Κ.198Δ]

Στον οικισμό διακρίνονται δυο μεγάλες αρχιτεκτονικές ενότητες.

Στην κορυφή του βράχου δεσπόζει η Ακρόπολη με τον ναό του Ταξιάρχη και τον τριώροφο ναό της Παναγίας. Αυτό είναι το παλαιότερο –ιστορικά- τμήμα, που ορίζεται από την περίμετρο των τειχών.

Στη συνέχεια βρίσκεται το μεταγενέστερο τμήμα του οικισμού, που έχει δομηθεί ακολουθώντας το φυσικό ανάγλυφο του βράχου. Τα κτίσματα αυτά προστέθηκαν εκτός των τειχών σε επόμενες ιστορικές φάσεις και είναι δομημένα το ένα δίπλα στο άλλο, αποτελώντας “κτιριακά συγκροτήματα”, δύο ή περισσότερων μονάδων.

### **Κατασκευαστική ανάλυση κτισμάτων**

Τα κτίρια είναι λιθόκτιστα, με πέτρες ασβεστολιθικές από τον ίδιο τον τοπικό βράχο, με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολα ορατά από μακριά τα όρια ανάμεσα στο φυσικό έδαφος και την ανθρώπινη κατασκευή.



**Εικόνα 3.** Χαρακτηριστικό κτιριακό συγκρότημα εκτός των τειχών.

Το σχήμα της κάτοψης των κτιριακών μονάδων ήταν πολύ απλό, ορθογωνικό, με τυπικές εξωτερικές διαστάσεις 4,5μ πλάτος επί 7,0μ μήκος και αποτελούντο συνήθως από όροφο και ισόγειο, διαμορφωμένα όπως υπαγόρευαν οι έντονες κλίσεις του εδάφους. Η κάλυψη των κτιρίων γινόταν με λίθινους θόλους και το ενδιάμεσο πάτωμα ήταν φτιαγμένο από στοιχειώδη ξύλινη κατασκευή. Σπανιότερα τα κτίρια είχαν περισσότερους από δύο ορόφους, που διαμορφώνονταν από επάλληλους θόλους. Οι λιθοδομές των κτιρίων ήταν σχετικά καλά δομημένες με σωστό πλέξιμο των λίθων και με ενισχύσεις στις γωνίες και την περίμετρο των ανοιγμάτων.

Η θεμελίωση γινόταν απ' ευθείας πάνω στο σταθερό βραχώδες υπόβαθρο, με ελάχιστες τοπικές οριζοντιώσεις, όπου αυτές ήταν απολύτως απαραίτητες και εφικτές.

Η κατασκευή των απλών αυτών κτιρίων συμπληρωνόταν με ξύλινες περιμετρικές περιδέσεις και ελκυστήρες, τοποθετημένους καθ' ύψος σε επίπεδο λίγο ανώτερο από το επίπεδο έδρασης του θόλου. Η ξύλινη αυτή κατασκευή "έδενε" το κτίριο στη στέψη του, βοηθούσε στην παραλαβή των οριζοντίων ωθήσεων του θόλου και άφηγε αρκετό ελεύθερο ύψος στον όροφο, για να κινούνται άνετα οι χρήστες.



**Εικόνα 4.** Δομή τοικοποιΐας



**Εικόνα 6.** Ενισχυτικοί ξύλινοι ελκυστήρες.

**Εικόνα 5.** Τυπική θολοδομία Ανάβατου.

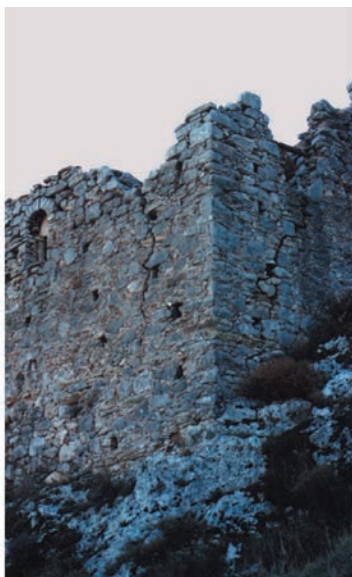


**Εικόνα 7.** Κατασκευή επάλληλων θόλων.

Οι ξύλινες περιμετρικές ενισχύσεις ήταν τοποθετημένες μέσα στο πάχος της τοικοποιΐας, κατά το Βυζαντινό σύστημα, και έτσι ήταν προστατευμένες από την υγρασία, [αλλά δεν ήταν εύκολα ανιχνεύσιμες από τους μελετητές]. Μετα την ερήμωση των κτιρίων, φθορές στη στέψη της τοικοποιΐας, σε συνδυασμό με την εισροή υγρασίας, επιτάχυναν την σήψη και την ακρήστευσή των ξύλινων μερών. Την καταστροφή των ενισχύσεων του δομικού συστήματος επέτεινε και η μεταγενέστερη κοπή των εγκάρσιων -προς τον κύριο άξονα του θόλου- ξύλινων ελκυστήρων. Σύμφωνα με προφορικές μαρτυρίες, τα ξύλινα αυτά στοιχεία χρησίμευσαν σαν καύσιμη ύλη σε δύσκολους καιρούς.

Τα δεδομένα αυτά δημιούργησαν δυσκολία στην ερευνητική ομάδα όσον αφορούσε στην ακριβή περιγραφή των ξύλινων ενισχύσεων. Είναι γνωστό, όμως, ότι παρόμοια ενισχυτικά συστήματα είναι διαδεδομένα στις αντισεισμικές κατασκευές της Χίου.

Βανδαλισμοί, επίσης, έχουν γίνει και στην περιμετρική ενίσχυση των θυρών και παραθύρων. Η απομάκρυνση των λαξευτών λίθων, αδυνάτισε το πλαίσιο των ανοιγμάτων και επέτεινε την φθορά των ερειπωμένων αυτών κτισμάτων.







**Εικόνα 8.** Θεμελίωση στον βράχο.

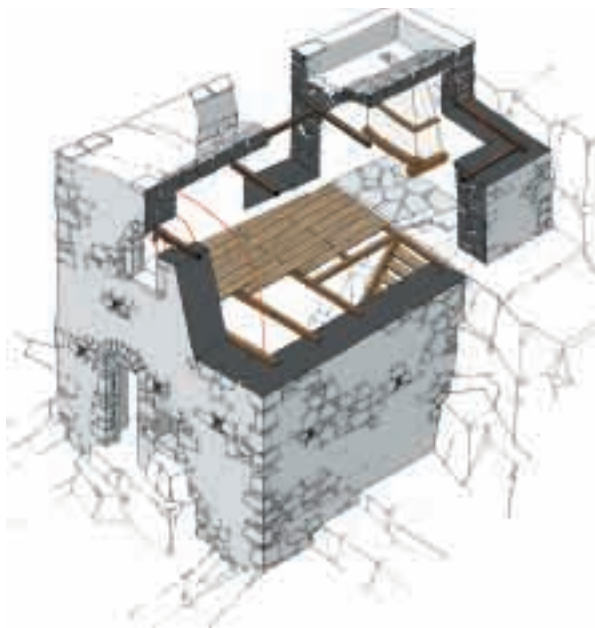


**Εικόνα 10.** Διαμόρφωση ανοιγμάτων.

**Εικόνα 9.** Ποιότητα λιθοδομής.

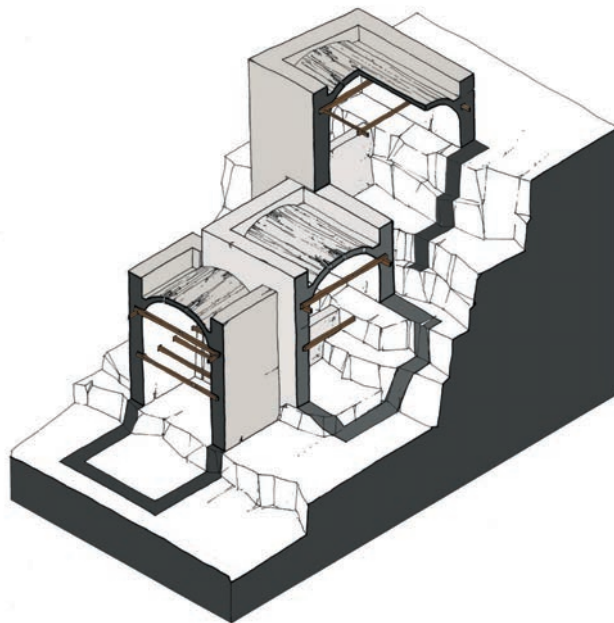


**Εικόνα 11.** Εσωτερικό κτίσματος.



**Εικόνα 11a.**  
Κατασκευαστική  
ανάλυση τυπικής  
μονάδας.

Η διάταξη των κτιρίων του οικισμού γίνεται είτε με τον διαμήκη άξονα του θόλου παράλληλα στις ισοϋψείς καμπύλες, είτε με τον διαμήκη άξονα του θόλου κάθετα σε αυτές. Στο σχέδιο απεικονίζεται η κατασκευαστική ανάλυση τυπικής δομικής μονάδας του οικισμού με τον διαμήκη άξονα του θόλου κάθετο προς την κλίση του εδάφους.



**Εικόνα 11β.**  
Διαμόρφωση συγκροτημάτων κτιρίων.

Όταν τα κτίσματα είναι δομημένα σε επαφή το ένα με το άλλο, γίνεται προσπάθεια ώστε η κάθε μονάδα να αντιστηρίζει την επόμενη, δημιουργώντας ένα ενιαίο σύνολο, στατικά και δυναμικά ισχυρό.

Είναι φανερό ότι τα κτίσματα του ιστορικού οικισμού του Ανάβατου στη Χίο

έχουν κτιστεί με γνώση, ακολουθώντας τους εμπειρικούς κανόνες της εποχής που τους έδωσαν τη δυνατότητα να στέκονται όρθια για πολλούς αιώνες αψηφώντας τις ακραίες καταπονήσεις και καταστροφές .

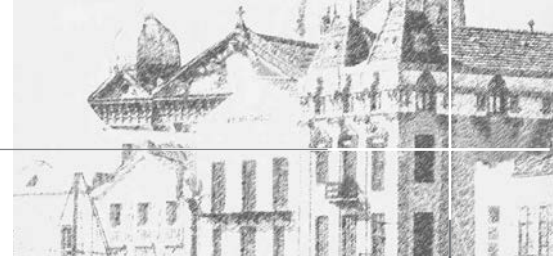
Σήμερα τα κτίσματα αυτά, σε κατάσταση ερειπίου, έχουν επιτακτική ανάγκη ΑΜΕΣΩΝ ΣΩΣΤΙΚΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ, και ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ, ενταγμένων σένα συνολικότερο πρόγραμμα ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ και ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ του συνόλου του ΑΝΑΒΑΤΟΥ.

Εφόσον υπάρχει η διατυπωμένη ενεργή πολιτική βούληση και τα απαραίτητα οικονομικά κονδύλια, οι σωστικές επεμβάσεις δεν έχουν κανένα χρονικό περιθώριο για άλλες καθυστερήσεις!

Το ερευνητικό αυτό πρόγραμμα διατύπωσε τις βασικές κατευθύνσεις των δομικών ενισχύσεων των κτιρίων του οικισμού, με βάση την κατασκευαστική ανάλυση των υπάρχοντων κτισμάτων και την μελέτη της συμπεριφοράς στο χρόνο και σε σεισμικές καταπονήσεις των τυπικών μονάδων και των τυπικών “συγκροτημάτων”.

Οι προτεινόμενες, όμως, επεμβάσεις πρέπει να ενταχθούν σε άμεσα πραγματοποιήσιμο συνολικότερο πρόγραμμα που θα διασφαλίζει την ουσιαστική Προστασία και Αναβίωση του οικισμού, σύμφωνα με το μακροπρόθεσμο καλό του τόπου, τις ισχύουσες Αρχές, τις διακηρύξεις και την αντίστοιχη διεθνή εμπειρία.





# Constructional analysis of the local structural system of the historic settlement of Anavatos in Chios island

Irene Efesiou

*Architect, Assistant Professor N.T.U.A.*



**Picture 1.** The settlement of Anavatos

## General Data<sup>1</sup>

The historical settlement of Anavatos in Chios island is an Architectural Monument of outstanding beauty, situated in a particularly imposing site .

The naturally fortified settlement of Anavatos, enclosed by walls, is situated in the central part of Chios and is built on the top of a steep impressive rock, at an altitude of 450m.

The settlement was constructed at the same time as the famous New Monastery of Chios, namely around 1050, during the monarchy of Constantine the Gladiator, emperor of Byzantium .

---

<sup>1</sup> This publication is based on a research program "CONSTRUCTIONAL ANALYSIS of the LOCAL STRUCTURAL SYSTEM of ANAVATOS in CHIOS ISLAND", with P.TOULIATOS architect, professor NTUA as scientific responsible and I. EFESIOU, ,architect ,ass.professor NTUA as main researcher. This program was carried out by the Architectural Technology Research Unit of National Technical University of Athens, commissioned by "D.E.P.O.S." (Public enterprise for urban and ekistic reform) and financed by the Greek Aegean Ministry.

The history of Anavatos is dramatically eventful. After a succession of pirate raids, natural disasters, foreign conquests and other historic events, the village was devastated and burnt down by the Turks in 1822. This biblical catastrophe was followed by the terrible earthquake of 1881, which destroyed the biggest part of Chios.



**Picture 2.** Painting describing the catastrophe of Anavatos by the Turks in 1822.

After all these disasters, the settlement never really recovered and was gradually desolated, mainly after the end of Second World War II.

Nowadays, despite the activities of "D.E.P.O.S" ( Public enterprise of urban and ekistic reform ) and the Greek Ministry of Culture, the buildings still remain ruined and deserted.

Today, the only way to save this unique monument is to apply immediate and effective rescue measures and actions, in order to prevent total destruction.

The village of Anavatos has been qualified as a listed monument, according to the Presidential Command of 13-11-1978 and the supplementary of 4-3-1988.

The settlement is divided in two significant architectural-urban unities:

- The citadel with the church of Taxiarchis and the church of the Holy Virgin. Historically, this is considered as the oldest part, which is enclosed inside the perimetric fortifying walls.
- Next to it, stands the more recent part of Anavatos which has been constructed according to the natural relief of the rock. These buildings were constructed outside of the wall in subsequent historical phases, creating smaller building complexes of two or more units.

### **Constructional analysis of the buildings**

The buildings are stone-masonry constructions, built with lime stones coming from the very local rock. As a result, the human constructions cannot be easily distinguished from afar, seeming as part of Anavatos' steep, powerful rock.



**Picture 3. 3.** Typical complexes of buildings outside the walls

The architectural plans of the building units are rectangular and quite simple with typical exterior dimensions of about 4,5 m width and 7,0 length. Commonly, the units consisted of the ground floor, which was used for storage and animals and a higher storey, where the family lived. The first floor was reached by a simple, linear internal wooden staircase. The units were constructed on the inclined ground, according to the space left by the steep slopes, either parallel or perpendicular to the isometric topographical curves.

The buildings were covered by masonry dome constructions, while the intermediate floor consisted of a simple wooden floor structure. More rarely, buildings had more than two stories, which were formed by successive domes.

The masonry of the building was relatively well constructed with carved stones at the corners and the perimeter of the openings. The foundation was directly materialized on the steady bedrock, with the minimum local level-outs, wherever these were necessary and feasible.



**Picture 4.** Masonry structure



**Picture 5.** Typical dome construction of Anavatos.





**Picture 6.** Wooden ties



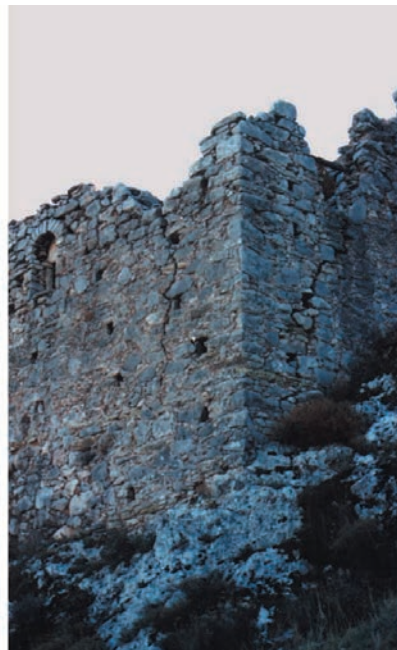
**Picture 7.** Construction of successive domes.

The construction of these simple buildings was reinforced by perimetric wooden ties and perpendicular tie-rods, situated a bit higher than the base-level of the dome, thus allowing the inhabitants to move freely under the wooden beams, inside their house .

This system of wooden ties, provided horizontal reinforcement at the upper level, where the horizontal forces of the dome were exercised.

The wooden perimetric ties were constructed into the thickness of the masonry, according to the Byzantine System, so as to be protected from humidity, and other atmospheric conditions .

After the abandonment of the buildings and the lack of maintenance, the damages that occurred first to the upper parts of the masonry walls, mainly due to rainwater, earthquakes, humidity etc, accelerated rot and the final inactivity of the wooden parts.



**Picture 8.** Quality of Masonry.



**Picture 9.** Interior of the building



**Picture 10.** Foundation on the rock

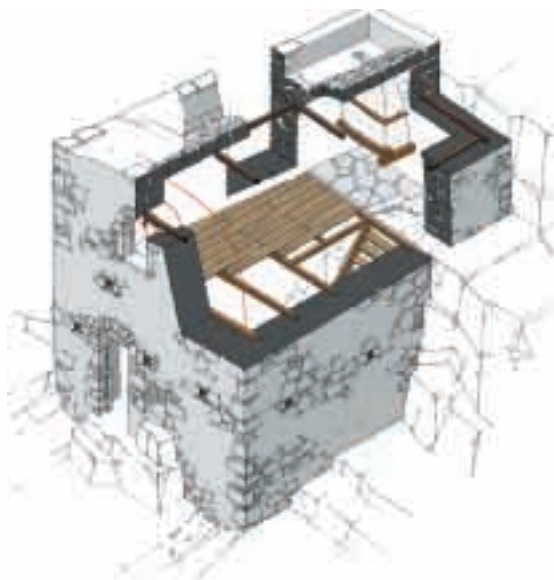


**Picture 11.** Formation of the openings

Another factor that caused damages was the cutting of the perpendicular ties in order to be used for firewood by the last impoverished inhabitants of the village. Due to these factors the research group was not able to make accurate measure drawings of all these wooden ties.

However, relevant kinds of wooden reinforcement systems were rather common in historical aseismic constructions of Chios.

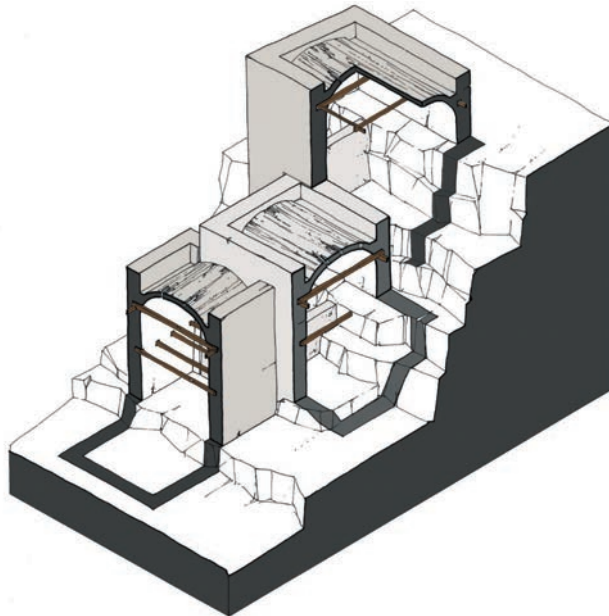
In the deserted village, vandalisms have also taken place, especially concerning the carved stones around the gates and windows, causing severe damages to the stability of the constructions .



**Picture 11a.**  
Constructional analysis of a typical unit



The buildings of the settlement were constructed either with the longitudinal axis of the dome in parallel to the topographic curves, or with the axis of the dome vertical to them. The drawing (p.7 ) represents the constructional analysis of a typical structural unit of the settlement with the axis of the dome placed vertical to the slope of the ground.



**Picture 11b.**  
Formation of building complexes.

Usually the buildings were constructed in contact one to another, in an attempt to create a supporting system between them, equilibrating the horizontal forces of the domes, thus providing more stable static and dynamic units.

It is obvious that the buildings of the historic village of Anavatos in Chios, were built based on the wisdom of empiric knowledge of the time, and this helped them survive for many centuries .

Nowadays, these buildings, having been in a state of ruins too long, urgently need adequate Protection and the application of a specific Rescue Program which will concern Immediate Rescue Actions, followed by organized Repairs and Reinforcements under the guidelines of an inspired Rehabilitation Project, concerning the whole of Anavatos.

As long as the public will is actively stated and the necessary funding exists, the rescue work should not fall behind anymore.

The presented research program has proposed guidelines for the structural reinforcement of the buildings, based on the analysis of the existing structures, typical units and complexes.

The proposed interventions, enriched by similar international experience, must be incorporated in an overall Rehabilitation Project concerning the general Protection, and Revival of this unique historical monument.



# Στερέωση και αποκατάσταση της ΒΑ πτέρυγας των κελλιών Ιεράς Μονής Οσίου Λουκά, Βοιωτίας

Ανδρονίκη Μιλτιάδου-Fezans

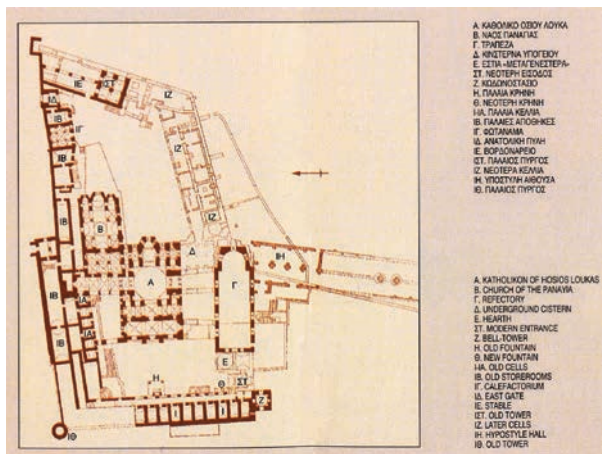
Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Διεύθυνση Αναστήλωσης Βυζαντινών και Μεταβυζαντινών Μνημείων

Υπουργείου Πολιτισμού

## Εισαγωγή

Η Ιερά Μονή του Οσίου Λουκά είναι ένα από τα σημαντικότερα μνημεία της μεσοβυζαντινής περιόδου στον ελλαδικό χώρο (Εικ 1). Πρόκειται για ένα μεγάλο μοναστηριακό συγκρότημα σε χρήση (Εικ. 2), που περιλαμβάνει εκτός από το Ναό της Παναγίας (10ος αι.) και το Μεγάλο Καθολικό με τα υψηλής ποιότητας ψηφιδωτά και μαρμαροθετήματα του 11ου αιώνα, δύο πολυώροφες πτέρυγες κελλιών, την Τράπεζα, το φωτάκι και το βορδοναρείο, τη βυζαντινή υπόγεια κινστέρνα, καθώς και τα ερείπια του νοσοκομείου. Το οικοδομικό συγκρότημα της Ιεράς Μονής Οσίου Λουκά, αν και αποτελείται από κτήρια διαφορετικών εποχών, από τον 10ο μέχρι τις αρχές του 20ού αιώνα, παρουσιάζει σήμερα μια αξιοθαύμαστη αρχιτεκτονική ενότητα και η σημασία του έχει ήδη αναγνωρισθεί από την UNESCO, η οποία το έχει εντάξει μεταξύ των μνημείων παγκόσμιας κληρονομιάς.



Εικόνα 1. Τοπογραφικό διάγραμμα της Ι. Μονής Οσίου Λουκά Βοιωτίας



Εικόνα 2. Άποψη της Μονής από ΝΔ

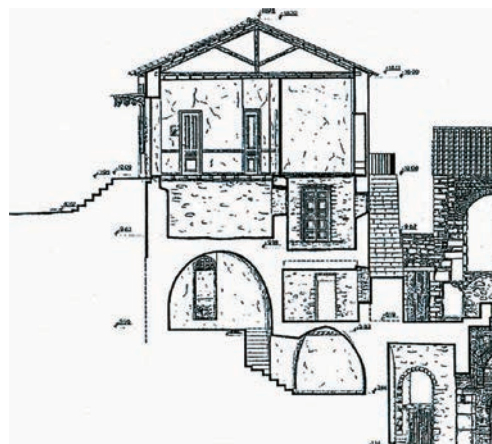
Για την ανάδειξη του μοναστηριακού συγκροτήματος η Διεύθυνση Αναστήλωσης Βυζαντινών και Μεταβυζαντινών Μνημείων και 1η Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων του ΥΠΠΟ έχουν πραγματοποιήσει τα τελευταία χρόνια σημαντικό έργο στερέωσης, αποκατάστασης και συντήρησης διαφόρων τμημάτων του μνημείου. Στο πλαίσιο αυτό εντάσσονται και οι εργασίες στερέωσης και αποκατάστασης της ΒΑ πτέρυγας των κελλιών που παρουσιάζονται εν συντομία παρακάτω.

### Περιγραφή του κτηρίου και του φέροντος οργανισμού του

Το ανατολικό τμήμα της πεντάωροφης βόρειας πτέρυγας κελιών (Εικ. 3, 4) είναι κτισμένο επί επικλινούς βραχώδους εδάφους και αποτελείται από: α) τον ανώτερο δ' όροφο ιδιορρυθμικού κελιού-διαμερίσματος, νεοκλασικού ρυθμού με ξύλινη κεραμοσκεπή στέγη, εξωτερική τοικοποιία από λιθοδομή και εσωτερικούς τοίχους και οροφές από μπαγδατί και με τη δημιουργούμενη προς βορρά αδιαμόρφωτη εξωτερική αυλή, β) τον γ' όροφο, με κύρια όψη προς την εσωτερική αυλή της Μονής, που είναι σε χαμηλότερη στάθμη από τη βόρεια εξωτερική αυλή της πτέρυγας και φαίνεται να προέκυψε από τη μετατροπή προγενέστερων θολωτών κοινοβιακών κελιών της εποχής της Τουρκοκρατίας σε ιδιορρυθμικό διαμέρισμα, και γ) τους υποκείμενους τρεις ορόφους με διάφορους επιμήκεις θολωτούς μεγάλους και μικρούς χώρους, τα μικρά κοινοβιακά κελιά του α' ορόφου και την κατώτερη στάθμη όπου βρίσκεται ο χώρος φυσικής πηγής νερού και διάφορες κατασκευές, πιθανότατα της αρχικής φάσης της Μονής (10ος αι.)



**Εικόνα 3.** Άποψη της ΒΑ πτέρυγας από ΝΔ, μετά την αποπεράτωση των εργασιών στερέωσης και αποκατάστασης.



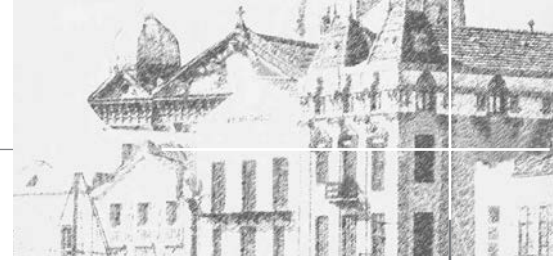
**Εικόνα 4.** Εγκάρσια τομή της ΒΑ πτέρυγας (Σχέδιο αποτύπωσης της Α. Θωμοπούλου-Μπουλαμάκη, Αρχιτέκτονος Μηχανικού, Αρχείο της ΔΑΒΜΜ/ΥΠΠΟ)

Το ισόγειο, ο πρώτος και δεύτερος όροφος αποτελούνται από θολοσκεπείς χώρους, οι οποίοι είναι κτισμένοι με μικτή αργολιθοδομή αποτελούμενη από αργούς λίθους, μεγάλο ποσοστό συμπαγών οπτοπλίνθων και ασβεστοκονιάματα χαμηλής αντοχής.

Στον τρίτο και τέταρτο όροφο το ποσοστό των συμπαγών οπτοπλίνθων μειώνεται σημαντικά ενώ τα κονιάματα δόμησης ομοιάζουν και μόνο σε τμήμα του δυτικού τοίχου του τετάρτου ορόφου χρησιμοποιείται πηλοκονίαμα. Στους κατακόρυφους τοίχους υπάρχει σύστημα ξυλοδεσιών, οι οποίες τοποθετούνται στην εσωτερική και εξωτερική παρειά τους συνδεόμενες κατά διαστήματα με εγκάρσιες δοκίδες (κλάπες). Ξύλινα είναι επίσης όλα τα πρέκια των ανοιγμάτων του κτηρίου.

Μεταξύ τρίτου και τετάρτου ορόφου υπάρχει ξύλινο πάτωμα που στηρίζεται στους περιμετρικούς και ενδιάμεσους τοίχους από λιθοδομή και σε ορισμένες θέσεις σε ξύλοπηκτους τοίχους. Στον τρίτο όροφο μόνον η βορειο-δυτική αίθουσα σκεπάζεται με λιθόδομητο θόλο. Στον τέταρτο όροφο επεκτείνονται μόνον οι τέσσερις εξωτερικοί τοίχοι του κτηρίου ενώ οι ενδιάμεσοι υποκείμενοι φέροντες τοίχοι από λιθοδομή σταματούν στο ύψος της οροφής του τρίτου ορόφου. Στον τελευταίο αυτό όροφο τα ενδιάμεσα χωρίσματα αποτελούνται από ξυλόπηκτες κατασκευές και η κάλυψη γίνεται με ξύλινη στέγη από τα ζευκτά της οποίας αναρτάται η ξύλινη οροφή των διαφόρων χώρων του.





**Εικόνα 5α.** Άποψη της ΒΑ πτέρυγας από βορρά μετά την αφαίρεση των επιχρισμάτων –Διακρίνεται ο τρόπος δομήσεως των τοικοποιιών του τρίτου και τετάρτου ορόφου καθώς και η κατάσταση διατήρησης του μνημείου

### **Παρουσίαση των βλαβών και διάγνωση των αιτίων που τις προκάλεσαν**

Το κτίριο γενικώς παρουσίαζε πλήθος δομικών βλαβών τόσο στις κατακόρυφες τοικοποιίες όσο και στο ξύλινο πάτωμα και τη στέγη του τέταρτου ορόφου. Παρατηρήθηκαν τοπικές καταρρεύσεις, πλήθος ρωγμών διαμπερών και μη, αποδιοργάνωση μεγάλων τμημάτων λιθοδομών, αποσάθρωση κονιαμάτων και λιθοσωμάτων, φέρουσες ξύλινες δοκοί σπασμένες και υποστυλωμένες με πρόχειρες κατασκευές, ανυπαρξία σύνδεσης των φερουσών δοκών των πατωμάτων και των ζευκτών της στέγης με τους εξωτερικούς τοίχους, αστοχία ξύλινων στοιχείων και υποχώρηση της στέγης. Στους χαμηλότερους ορόφους οι βλάβες ήταν παρόμοιες, μικρότερης όμως έκτασης και σοβαρότητας καθώς είναι κτισμένοι από λιθοδομές μεγαλύτερου πάχους με μικρά και λίγα ανοίγματα και επί πλέον ακολουθούν βαθμιδωτά το επικλινές του εδάφους.

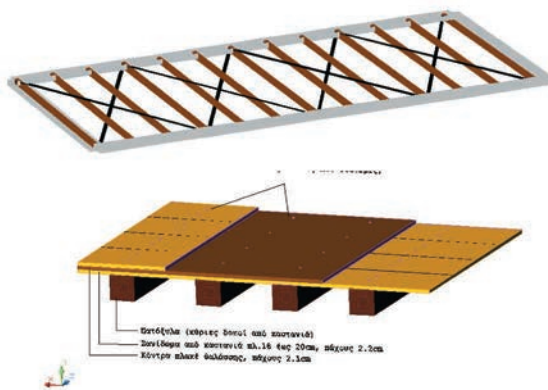
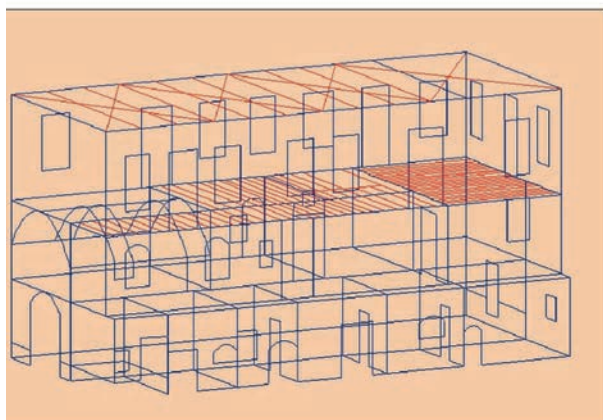
Η συσσώρευση βλαβών και παραμορφώσεων στο τρίτο και τέταρτο όροφο, που εξέχουν του βραχώδους σχηματισμού, εξηγείται από το γεγονός ότι πρόκειται για ένα επίμηκες ορθογωνικό κτίσμα (γενικών διαστάσεων 19.00x8.50m), χωρίς ενδιάμεσους φέροντες τοίχους και είναι αναμενόμενο να παρουσιάζει μία ιδιαίτερη ευαισθησία σε οριζόντιες καταπονήσεις, με διεύθυνση εγκάρσια στις κατά μήκος πλευρές του (σεισμικές δράσεις κατά την διεύθυνση Β-Ν). Επιπλέον οι μικρού πάχους φέρουσες τοικοποιίες του είχαν πολλά ανοίγματα και ήταν αποδιοργανωμένες λόγω των αλλεπάλληλων μετατροπών, ενώ τα ευτελούς κατασκευής ξύλινα πατώματα και στέγη δεν ήταν ικανά να δέσουν το κτίριο και να λειτουργήσουν σαν οριζόντια διαφράγματα.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι η κατάσταση διατήρησης του συνόλου του κτηρίου, ήταν γενικά κακή και σ' αυτό συνετέλεσε σε σημαντικό βαθμό η παντελής έλλειψη συντήρησης, λόγω της χρόνιας εγκατάλειψης και η διαβρωτική δράση της υγρασίας, που οδήγησαν στην επιδείνωση των βλαβών του αλλά και στη φθορά των επιχρισμάτων, πατωμάτων, κουφωμάτων και λοιπών στοιχείων του.

### Στόχοι και αρχές της επέμβασης

Η επέμβαση αποσκοπούσε, αφ' ενός μεν, στη συντήρηση, στερέωση και επισκευή του φέροντα οργανισμού του μνημείου, αφ' ετέρου δε, στη μορφολογική του αποκατάσταση στο βαθμό που τεκμηριώνεται επαρκώς και προσαρμόζεται στη σημερινή του χρήση και μορφή, όπως αυτή προέκυψε κατά τη μακραινών ιστορική εξέλιξη της βόρειας πτέρυγας της Μονής. Επίσης πραγματοποιήθηκε και μερική μετατροπή της εσωτερικής διαρρύθμισης του γ' και δ' ορόφου, ώστε αυτοί να αποδοθούν σε χρήση, με τη δημιουργία νέων κοινοβιακών κελιών με ατομικούς χώρους υγιεινής στον δ' όροφο και Τραπεζαρίας, κουζίνας και βοηθητικών χώρων στον γ' όροφο.

Η συστηματική παρατήρηση και καταγραφή των βλαβών του κτηρίου μαζί με τις αναλύσεις της μηχανικής συμπεριφοράς του σε κατακόρυφα και σεισμικά φορτία οδήγησαν στην επεξήγηση των αιτίων που τις προκάλεσαν και στον εντοπισμό των «αδύνατων» σημείων της κατασκευής και καθοδήγησαν τη διαμόρφωση των προτάσεων για τη στερέωση του γ' και δ' ορόφου του κτηρίου.

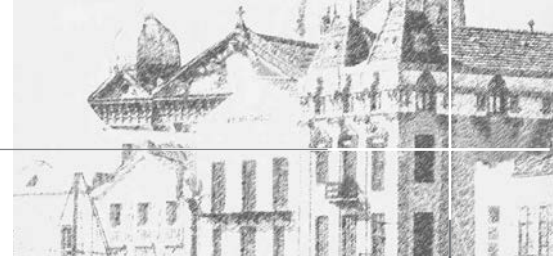


**Εικόνα 5β.** Σχηματική παρουσίαση του σκεπτικού των επεμβάσεων στο πάτωμα και τη στέγη του κτηρίου

Λόγω του μεγάλου βαθμού φθοράς και βλάβης των υπάρχοντων ξύλινων κατασκευών και της ανεπάρκειας των διατομών τους για την ικανοποίηση των απαιτήσεων χρήσης του κτηρίου, όπως αυτές προέκυψαν από την εγκεκριμένη αρχιτεκτονική μελέτη, θεωρήθηκε επιβεβλημένη η συνολική σχεδόν αντικατάστασή τους. Το σκεπτικό των επεμβάσεων επισκευής του φέροντος οργανισμού του μνημείου συνοψίζεται στα εξής:

- α) επισκευή των αποσθρωμένων και ρηγματωμένων τοιχοποιιών για την αποκατάσταση και ενίσχυση της αρχικής συνοχής και αντοχής του.
- β) ανακατασκευή του πατώματος του τετάρτου ορόφου έτσι ώστε να φέρει με ασφάλεια τα φορτία του κτηρίου και να έχει μια κατά το δυνατόν βελτιωμένη διαφραγματική λειτουργία,

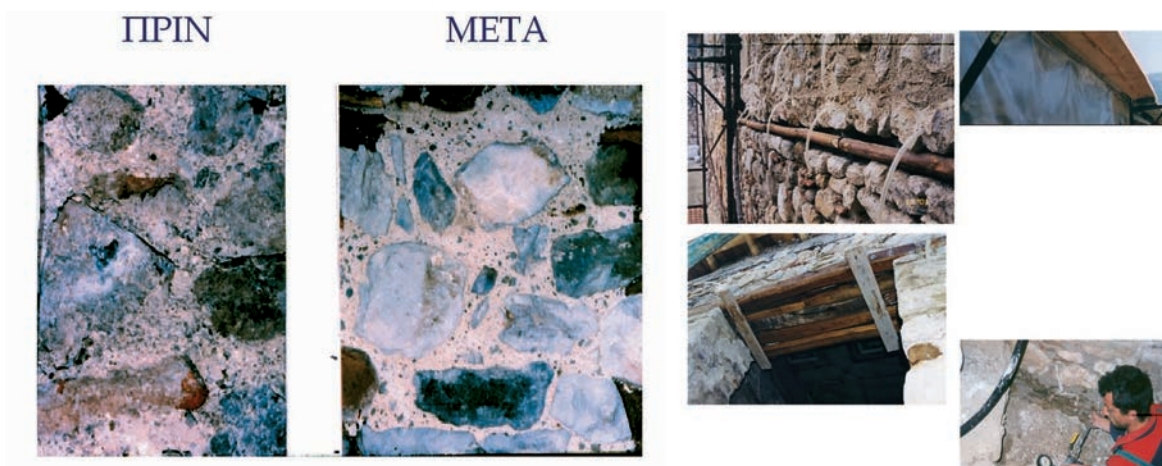




γ) ανακατασκευή της στέγης του τετάρτου ορόφου διατηρώντας την ίδια με την υπάρχουσα μορφή, βελτιώνοντας όμως και πάλι τη διαφραγματική λειτουργία της.

Τέλος, στους τρεις κατώτερους ορόφους του κτηρίου η επέμβαση περιορίστηκε α) στην πραγματοποίηση ερευνητικών εργασιών, με συνολική καθαίρεση των νεωτερικών δαπέδων από σκυρόδεμα και επιχρισμάτων από τσιμεντοκονία της μεγάλης και μικρής κρύπτης και παράλληλη διατήρηση, κατά το δυνατόν, των παλαιών αρμολογημάτων που διασώζονταν, και β) στην τοπική ενίσχυση της τοικοποιίας με τη βοήθεια αρμολογημάτων και υδραυλικών ενεμάτων κατάλληλης σύνθεσης. Στο τμήμα αυτό του μνημείου οι εργασίες θα ολοκληρωθούν μετά την εκπόνηση όλων των απαραίτητων μελετών που θα λάβουν υπόψη τα στοιχεία που προέκυψαν από τις ερευνητικές εργασίες.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στις εργασίες στερέωσης του φέροντος οργανισμού του μνημείου (λιθοσώματα, κονιάματα, ενέματα, κλπ) σχεδιάσθηκαν ή επιλέχθηκαν έτσι ώστε να είναι συμβατά με εκείνα των επί τόπου υλικών τόσο ως προς την τελική τους απόχρωση όσο και ως προς τα φυσικομηχανικά και χημικά χαρακτηριστικά τους και ταυτόχρονα μεγάλης διάρκειας στο χρόνο. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκαν ειδικές έρευνες<sup>1</sup> από το Εργαστήριο Δομικών Υλικών του Α.Π.Θ. και από το Εργαστήριο Υλικών και Μεθόδων Αναστήλωσης της ΔΑΒΜΜ. Τα μεταλλικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την αγκύρωση διαφόρων κατασκευών στο εσωτερικό της τοικοποιίας ήταν από ανοξείδωτο χρωμονικελιούχο ωστενιτικό χάλυβα, ενώ εκείνα που τοποθετήθηκαν στη στέγη για τη διαμόρφωση των εδράσεων των ζευκτών ήταν από γαλβανισμένο χάλυβα.



**Εικόνα 6.** Εργασίες αποκατάστασης φερόντων τοικοποιϊών με βαθύ αρμολόγημα, αντικατάσταση φθαρμένων ξυλοδεσιών και ξύλινων τμημάτων των πρεκίων των ανοιγμάτων και εφαρμογή υδραυλικών ενεμάτων

### **Σύντομη παρουσίαση των κυριότερων εργασιών στερέωσης και αποκατάστασης του φέροντος οργανισμού του τρίτου και τετάρτου ορόφου**

Η επισκευή και ενίσχυση των αποσπασμένων και ρηγματωμένων φερουσών λιθοδομών του κτηρίου πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια μιας σειράς εργασιών που εξασφάλισαν εκ νέου τη συνέ-

<sup>1</sup> ΡΑΡΑΥΑΝΝΙ Ι., ΜΙΛΤΙΑΔΟΥ – ΦΕΖΑΝΣ Α., ΧΑΡΚΙΟΛΑΚΙΣ Ν. (2000), "Study of the existing old mortars of the cells of Hosios Loukas Monastery and proposal for compatible repair mortars", 5th International Congress on Restoration of Architectural Heritage, Florence, Italy, September 17-24.

χεια, συνοχή και αντοχή τους. Οι εργασίες αυτές ήταν συνοπτικά: βαθύ αρμολόγημα της εξωτερικής και εσωτερικής παρειάς των τοίχων με χρήση ασβεστοτσιμεντοκονιάματος κατάλληλης σύνθεσης, τοπικές ανακτήσεις, τοποθέτηση διατμητικών συνδέσμων από κατάλληλους λίθους ή τοιμεντοκονία σταθερού όγκου όπου αυτό δεν ήταν εφικτό, και πραγματοποίηση υδραυλικών ενεμάτων κατάλληλης διεισδυτικότητας.

Παράλληλα με τη στερέωση των τοικοποιιών κατασκευάσθηκε αποστραγγιστική τάφρος κατά μήκος του βόρειου εξωτερικού τοίχου της πτέρυγας για την αντιμετώπιση των έντονων προβλημάτων της διαβρωτικής δράσης της υγρασίας.

Με την έναρξη του Έργου και μετά την ολοκλήρωση των ελέγχων των υπαρχόντων παλαιών κονιαμάτων πραγματοποιήθηκαν από τον ανάδοχο σε συνεργασία με την επίβλεψη και το Εργαστήριο Υλικών και Τεχνικών Αναστήλωσης της ΔΑΒΜΜ δείγματα κονιαμάτων και ενεμάτων στο εργοτάξιο, προκειμένου να καθοριστούν οι συνθέσεις που εφαρμόσθηκαν τελικά στο έργο. Η τελική επιλογή των συνθέσεων έγινε από την επίβλεψη σε συνεργασία με τους μελετητές.

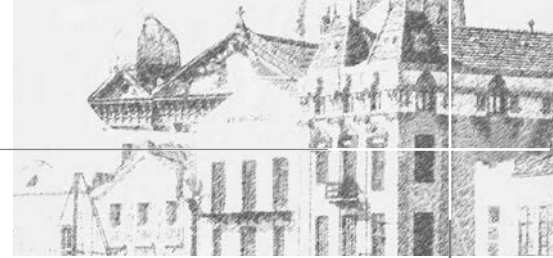
Το νέο πάτωμα διαμορφώθηκε έτσι ώστε να χρησιμεύει αφενός ως δάπεδο, αφετέρου δε να βελτιώνει τη λειτουργία του συστήματος ως δίσκου μεταφοράς των σεισμικών δυνάμεων<sup>2</sup> και αποτελείται: α) από τις ξύλινες φέρουσες δοκούς, που τοποθετήθηκαν ανά 0.50 cm περίπου, η διατομή των οποίων υπολογίσθηκε ανάλογα με το άνοιγμα και τα φορτία του κάθε χώρου, β) από σανίδωμα πάχους 2.2 cm (σανίδες 2.2X15X250cm), γ) από στρώση αντικολλητής ξυλείας πάχους 2.1cm. και δ) από σανίδωμα επί της αντικολλητής ξυλείας πάχους 2.2cm.

Τα επάλληλα στρώματα δοκών, σανιδώματος και αντικολλητής ξυλείας συνδέθηκαν μεταξύ τους με πυκνούς ήλους και ξυλόβιδες ώστε να διασφαλίζεται ο ενιαίος κορμός του πατώματος. Χρησιμοποιήθηκαν κυρίως πλατυκέφαλοι ήλοι με ελικώσεις, οι οποίοι τοποθετήθηκαν, τουλάχιστον σε όλες τις θέσεις των φερουσών δοκών, ανά 15cm μέγιστη απόσταση περιμετρικά και ανά 30cm μέγιστη απόσταση εσωτερικά. Η κάθε σανίδα συνδέθηκε με τα υποκείμενα στρώματα με τουλάχιστον 2 ήλους.



**Εικόνα 7.** Κατασκευή του ενισχυμένου ξύλινου πατώματος του τετάρτου ορόφου

<sup>2</sup> Ο σχεδιασμός των ξύλινων ενισχυμένων πατωμάτων έγινε με βάση τα αποτελέσματα του Ερευνητικού Προγράμματος «Διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων για τη στερέωση του Ι. Ναού Παναγίας Αχειροποιήτου» που εκπονήθηκε από το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης με Επιστημονικό Υπεύθυνο τον Καθηγητή Γ. Πενέλη και σε συνεργασία με την Ε. Τσακανίκα Πολ. Μηχανικό και Π. Τουλιάτο Αναπληρωτή Καθηγητή του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.



Το πάτωμα εδράσθηκε περιμετρικά στις τοικοποιίες μετά από πολύ προσεκτική διαμόρφωση της απόληξης του τοίχου κάτω και γύρω από τα άκρα των φερουσών δοκών, με τσιμεντοκονία σταθερού όγκου, ενώ παράλληλα με τους τοίχους τοποθετήθηκε γαλβανισμένη σιδηροδοκός με την οποία συνδέθηκαν τα πατόξυλα. Η σιδηροδοκός αυτή αγκυρώθηκε στην τοικοποιία κατά τακτά διαστήματα. Επιπλέον και για την καλύτερη σύνδεση του σύνθετου αυτού πατώματος με τους διαμήκεις τοίχους τοποθετήθηκαν μεταλλικές λάμες από ωστενιτικό χρωμονικελιούχο ανοξείδωτο χάλυβα που αγκυρώθηκαν στην εξωτερική παρειά της τοικοποιίας μετά την εξυγίανση της, σε εσοχή 10cm περίπου, με πλάκα από το ίδιο υλικό.

Για την έδραση του πατώματος στους εσωτερικούς φέροντες τοίχους, οι οποίοι δεν επεκτείνονται στον υπερκείμενο όροφο, κατασκευάστηκαν στην στέγη τους διαζώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα ύψους 20cm. Μεταξύ των φερουσών δοκών τοποθετήθηκαν κατά μήκος των τοίχων τεμάχια ξύλου για τη εξασφάλιση της ήλωσης των διαφόρων στρώσεων του πατώματος σε ενδιάμεσες θέσεις.

Για την ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας της στέγης τοποθετήθηκαν στο ύψος των ελκυστήρων των ζευκτών και σε κάθε φάτνωμα που σχηματίζεται μεταξύ τριών ελκυστήρων, χιαστί μεταλλικές ράβδοι, οι οποίες σε συνδυασμό με τους ξύλινους ελκυστήρες και τα οριζόντια διαζώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα, που τοποθετήθηκαν πάνω στην απόληξη των τοίχων, συνέβαλαν στη βελτίωση της συμπεριφοράς της στέγης σε σεισμικά φορτία<sup>5</sup>.



**Εικόνα 8.** Άποψη του εσωτερικού χώρου του τετάρτου ορόφου μετά την ολοκλήρωση των εργασιών κατασκευής της στέγης. Η οροφογραφία του ΒΑ δωματίου διατηρήθηκε και με την ολοκλήρωση των εργασιών στερεώθηκε και συντηρήθηκε από ειδικευμένο συνεργείο.

<sup>5</sup> Οι διερευνήσεις για το σχεδιασμό του διαφράγματος της στέγης και των δοκοθηκών εδράσεως των ζευκτών στην τοικοποιία πραγματοποιήθηκαν σε συνεργασία με την Ε. Τσακανίκα Πολιτικό Μηχανικό και την Ε. Δεληνικόλα Αρχιτέκτονα Μηχανικό.



Στη δυτική πλευρά, λόγω της μεσοτοιχίας, αντί του οριζόντιου διαζώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα, τοποθετήθηκε δοκός από γαλβανισμένο χάλυβα. Η δοκός αυτή βρίσκεται στο ίδιο ύψος με τα διαζώματα του βόρειου και νότιου τοίχου, τα άκρα της είναι εγκιβωτισμένα μέσα σ' αυτά και έχει τοποθετηθεί μέσα σε οριζόντια φωλεά που διανοίχθηκε κατά μήκος του δυτικού τοίχου, ενώ κατάλληλη μεταλλική διάταξη εξασφάλισε την αγκύρωσή της .

Οι κόμβοι σύνδεσης των άκρων των ζευκτών με τις τοικοποιίες διαμορφώθηκαν με τη βοήθεια γωνιακών ελασμάτων από γαλβανισμένο χάλυβα. Ο ελκυστήρας του ζευκτού απλά εγκιβωτίστηκε μέσα στα μεταλλικά στοιχεία χωρίς να βιδωθεί πάνω σ' αυτά. Συμπληρωματικά τοποθετήθηκε πάνω από την απόληξη του άκρου του ξύλινου ελκυστήρα λάμα που συνδέθηκε με τις μεταλλικές γωνίες προκειμένου να εμποδιστεί η τυχόν προς τα άνω μετακίνηση του ζευκτού. Η διασταύρωση των μεταλλικών λαμών έγινε σε διαφορετικά επίπεδα και στο κέντρο του κάθε φατνώματος.

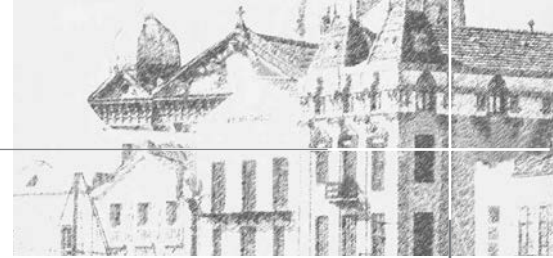
Μετά την ολοκλήρωση των στερεωτικών εργασιών πραγματοποιήθηκε η αποκατάσταση των εξωτερικών όψων του τρίτου και τετάρτου ορόφου, η κατασκευή νέων εσωτερικών διαχωριστικών τοίχων του τετάρτου ορόφου από μπαγδατί, στις θέσεις των παλαιών, η ανακατασκευή ξύλινων κουφωμάτων ίδιας μορφής με τα υπάρχοντα παλαιά και η κατασκευή νέων Η/Μ εγκαταστάσεων (ύδρευσης, αποχέτευσης, ηλεκτροφωτισμού και κεντρικής θέρμανσης) χώρων του γ' και δ' ορόφου.



**Εικόνα 9.** Άποψη του μνημείου μετά την αποκατάσταση από Β και Α αντίστοιχα.

### Στοιχεία και συντελεστές του έργου

Το Απρίλιο του 1998 η Διεύθυνση Αναστήλωσης Βυζαντινών και Μεταβυζαντινών Μνημείων του ΥΠΠΟ προέβη στην ολοκλήρωση της μελέτης στερέωσης και αποκατάστασης του ανατολικού τμήματος της τετραώροφης βόρειας πτέρυγας κελλιών και διαμόρφωσης του περιβάλλοντα χώρου. Η μελέτη, εκπονήθηκε από την Αρχιτέκτονα Μηχ. της ΔΑΒΜΜ κ. Α. Μπουλαμάκη – Θωμοπούλου, την Δρ. Πολιτικό Μηχ. της ΔΑΒΜΜ κ. Α. Μιλτιάδου – Fezans και την Τεχνολόγο Πολιτικό Μηχ. της ΔΑΒΜΜ κ. Ι. Μανωλούδη με συνεργάτες τον Αρχιτέκτονα Μηχ. της ΔΑΒΜΜ κ. Κ. Κωνσταντίνου και την Πολιτικό Μηχ. της ΔΑΒΜΜ κ. Ι. Σπυροπούλου. Το έργο δημοπρατήθηκε από τη ΔΑΒΜΜ το Σεπτέμβριο του ίδιου έτους με Προϊσταμένη Αρχή τη Δ/ντρια της ΔΑΒΜΜ κ. Μ. Φουντούκου Αρχι-



τέκτονα Μηχ. Η δημοπρασία ανέδειξε ως ανάδοχο την ειδικευμένη εργοληπτική Κοινοπραξία των Αρχιτεκτόνων Μηχ. κ.κ. Χ. και Α. Ηλιόπουλου. Οι εργασίες άρχισαν τον Νοέμβριο του 1998, με την επίβλεψη της Αρχιτέκτονος Μηχ. και Προϊσταμένης του Τμήματος Έργων της ΔΑΒΜΜ κ. Α. Χριστοφίδου, του Αρχιτέκτονα Μηχ. και Προϊστάμενου του Τμήματος Μελετών Βυζαντινών Μνημείων της ΔΑΒΜΜ κ. Ν. Χαρκιολάκη και της Δρ. Πολιτικού Μηχ. της ΔΑΒΜΜ κ. Α. Μιλτιάδου – Fezans. Κατά τη διάρκεια του έργου συνεργάστηκαν επίσης η Πολιτικός Μηχ. της ΔΑΒΜΜ κ. Ε. Ζαρογιάννη και η Χημικός Μηχ. της ΔΑΒΜΜ κ. Σ. Αναγνωστοπούλου σε θέματα προσαρμογής της στατικής μελέτης και των υλικών των επεμβάσεων στις επιτόπου συνθήκες του έργου. Οι υπεύθυνοι Μηχανικοί επιτόπου του έργου, εκ μέρους του αναδόχου, ήταν ο Αρχιτέκτων Μηχ. κ. Χ. Ηλιόπουλος και ο Πολιτικός Μηχ. κ. Θ. Κάντζος. Οι εργασίες ολοκληρώθηκαν τον Δεκέμβριο του 2001 και η συνολική δαπάνη ανήλθε σε 363.000.000 δρχ (με Φ.Π.Α. και αναθεωρήσεις). Το έργο χρηματοδοτήθηκε από κοινοτικούς και εθνικούς πόρους στο πλαίσιο του δεύτερου κοινοτικού πλαισίου στήριξης.

### **Βιβλιογραφία**

- Α. Θωμοπούλου - Μπουλαμάκη, (1997), «Αρχιτεκτονική μελέτη στερέωσης και αποκατάστασης του Ανατολικού σπιτιού βόρειας πτέρυγας κελλιών Ι. Μονής οσίου Λουκά, Βοιωτίας», Αρχείο Διεύθυνσης Αναστήλωσης Βυζαντινών και Μεταβυζαντινών Μνημείων του ΥΠΠΟ.
- Α. Μιλτιάδου – Fezans, Ι. Σπυροπούλου (1998), «Μελέτη στερέωσης και αποκατάστασης φέροντος οργανισμού του Ανατολικού σπιτιού βόρειας πτέρυγας κελλιών Ι. Μονής οσίου Λουκά, Βοιωτίας», Αρχείο Διεύθυνσης Αναστήλωσης Βυζαντινών και Μεταβυζαντινών Μνημείων του ΥΠΠΟ.
- Α. Μιλτιάδου – Fezans, Ε. Ζαρογιάννη (2001), «Ανατολικό σπίτι βόρειας πτέρυγας κελλιών Ι. Μονής οσίου Λουκά, Βοιωτίας: Συμπληρωματικά στοιχεία και έλεγχος προσαρμογής της μελέτης στις επί τόπου συνθήκες του έργου», Αρχείο Διεύθυνσης Αναστήλωσης Βυζαντινών και Μεταβυζαντινών Μνημείων του ΥΠΠΟ
- Papayanni I., Miltiadou – Fezans A., Charkiolakis N. (2000), "Study of the existing old mortars of the cells of Hosios Loukas Monastery and proposal for compatible repair mortars", 5th International Congress on Restoration of Architectural Heritage, Florence, Italy, September 17-24.
- Γ. Πενέλης, Κ. Στυλιανίδης, (1996), «Διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων για τη στερέωση του Ι. Ναού Παναγίας Αχειροποιήτου», Ερευνητικό πρόγραμμα που ανατέθηκε από τη ΔΑΒΜΜ του ΥΠΠΟ και εκπονήθηκε από το Εργαστήριο Σιδηροπαγούς Σκυροδέματος του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.
- Θ.Π.Τάσιος, (1986), «Η Μηχανική της τοικοποιίας», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Εργαστήριο Ωπλισμένου Σκυροδέματος, Αθήνα.



## Restoration works to the northeast range of cells of Hosios Lukas Monastery, Boeotia/Greece

**A. Miltiadou-Fezans**

*Dr. Civil Engineer,  
Directorate for the Restoration of Byzantine and Post-Byzantine Monuments  
Ministry of Culture, Greece*

### **Abstract**

The Byzantine Monastery of Hosios Lukas in Boeotia – Greece, already inscribed in the World Heritage List of UNESCO, is one of the most important monuments of the middle Byzantine period. The monastery is a living monument and comprises various buildings constructed from the 10th century and afterwards. The old Church of Panagia (i.e. the Church of the Virgin, 10th c.) and the famous octagonal Katholikon (11th c.), decorated with marble revetments and mosaics of excellent art, are well known monuments visited by thousands of people during all the year. The monastery complex comprises as well the trapeza (refectory) and two ranges of cells in separate buildings which lay out from the west to north east side.

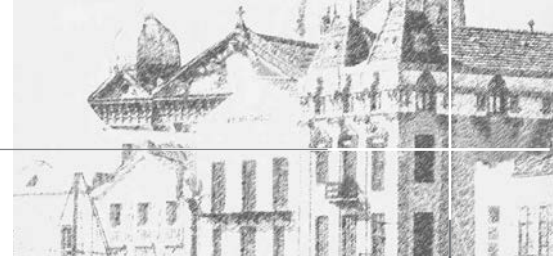
The Ministry of Culture has already planned a project of restoration works for the repair, strengthening and rehabilitation of the defective parts of this monastic complex and its overall promotion. After the accomplishment of the works in the west range of cells, a restoration project has been realized in the northeast range.

This range of cells, according to recent architectural and structural researches, which are still in progress, consists of various construction phases, dated from the middle-Byzantine period (11th century) until early 20th century.

It is a five-stores building, founded on an inclined rock. The load bearing structure consists of rubble stone-brick masonry comprising wooden horizontal reinforcement zones. The lower levels are vaulted while a wooden floor and roof is used to cover the upper one.

The most important structural problem for the lower levels was the disintegration of the old mortars, mainly of the masonry elements situated to the north part of the building, because of the presence of salts. This was due to the action of water, as the external façade was under the soil surface, in combination to previous unsuitable interventions by means of cement renderings and reinforced concrete slabs and staircases. In this lower part of the monument architectural and archaeological research revealed different phases of construction, which may belong to the oldest parts of the monastery and are not for the time being definitely determined.

In the upper levels, constructed circa 17th to early 20th century, the dimensions of the building are 19.0 to 8.50 m. The very low quality rubble masonry internal vertical walls existed only till the forth floor, while in the fifth floor there were only the external vertical load bearing walls. The wooden floor and roof were of a very poor quality, concerning both materials used and way of construction and presented a lot of damage. As we are in an earthquake prone area, the diaphragmatic role of these horizontal elements were very doubtful. This was confirmed by the high level of damage presented in the timber components and the masonry walls (cracks, deformations



...). In fact important bending cracks existed in the corners of the building and in the middle area of the longitudinal walls, while characteristic shear and bending cracks were also present below and over the openings.

The main objectives of the intervention scheme were the architectural and morphological restoration of the two upper levels of the building, on the basis of all the relevant documentation and in accordance with the Charter of Venice, together with the structural restoration of their load bearing capacity and the installation of all the minimum necessary facilities so that these two upper levels to be used again by the monastic society.

The basic concept of the structural restoration works in these upper levels of the monument consisted of two major interventions:

a) Repair and strengthening of masonry structures by deep repointing and injection grouting techniques using especially designed suitable materials (on the basis of all the necessary analysis and researches of the existing ones in collaboration with the Aristotle University of Thessaloniki) and by replacing only the most deteriorated external wooden tie rods. Special care was undertaken in order to conserve for the future generations the most important information both for the existing old materials and ways of construction.

b) Reconstruction of the wooden floor and roof in order to assure their behavior as horizontal diaphragms and improve in the best possible way the overall resistance of the structure, which will continue to be a living monument. Special care was undertaken to conserve in situ the painted wooden roof of one of the rooms of the fifth floor

Concerning the three lower levels, the objective of the intervention was the realization of all the architectural and archaeological research for the documentation of the different phases of construction, which belong to the oldest parts of the monastery. That is why in these oldest parts of the monastery, only the most indispensable structural repair works had to be realized in order to permit, in the near future, the elaboration of a fully documented restoration scheme taking into account all the new findings.

In this paper the restoration works realized both in the upper and lower levels are briefly presented.

## Παράδειγμα αποκατάστασης και επανάχρησης βιομηχανικού ιστορικού κελύφους στο τεχνολογικό πολιτιστικό πάρκο του Λαυρίου - Το “Ξυλουργείο”

Φ. Γουλιέλμος

*Αρχιτέκτων, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.*

Στη Ν.Α. Ευρώπη το Λαύριο είναι μια περιοχή όπου η εκμετάλλευση ορυχείων και η μεταλλουργία ήταν μια γνωστή δραστηριότητα εδώ και 3.000 χρόνια. Το πλούσιο έδαφος έχει αξιοποιηθεί από τους αρχαίους χρόνους δίνοντας σαν κύρια προϊόντα ασήμι και μόλυβδο.

Η οικονομική δύναμη που προέκυψε από τα ορυχεία έδωσε ώθηση στο Χρυσό Αιώνα του Περικλή, στην αρχαία Αθήνα, (ισχυρός σύμμαχος του Λαυρίου), υποστηρίζοντας τη δημιουργία των μοναδικών μνημείων της τέχνης, του πολιτισμού και της τεχνολογίας, όπως ο Παρθενώνας, ο στόλος από τις τριήρεις κ.λπ., που αποτελούν τα θεμέλια για το σύγχρονο πολιτισμό μας.

Η επόμενη εποχή ευφορίας για το Λαύριο έπρεπε να περιμένει για περίπου 1.500 χρόνια. Όπως οι τεχνολογίες αλλάζουν και η ιστορία τις προσπερνά, το τελευταίο γραμμένο στοιχείο για τις δραστηριότητες του Λαυρίου είναι από το 563 μ.Χ. σε μια προφορική μαρτυρία, κατά τη διάρκεια των τελετών στα εγκαίνια του Ναού της Του Θεού Σοφίας στην Κωνσταντινούπολη.

Το 1875 ο Ιταλός Τζοβάνι Μπατίστα Σερπέρι ίδρυσε μια γαλλική εταιρεία στο Λαύριο. Η «Companie Française des mines de Laurium» χρησιμοποιώντας νέες τεχνολογίες εκμεταλλεύτηκε την τεράστια ποσότητα των ακόμη πλουσιών αποθεμάτων της αρχαίας μεταλλουργίας παραλλήλως με νέα μεταλλουργική δραστηριότητα.

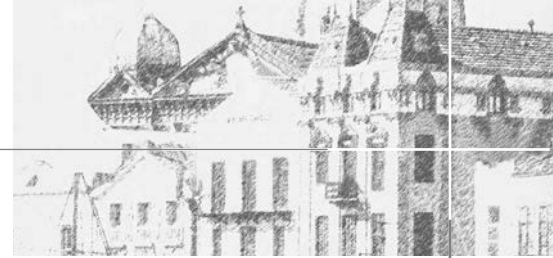
Αυτή η εταιρεία γρήγορα έγινε ο πυρήνας της οικονομικής ανάπτυξης και της κοινωνικής ζωής της πόλης του Λαυρίου που είχε στην κατοχή της μαζί με τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, κατοικίες, σχολεία, νοσοκομείο, φαρμακείο που στην πράξη συνιστούσαν μια «βιομηχανική πόλη», ένα μοναδικό παράδειγμα αυτού του είδους στην περιοχή εκείνο τον καιρό.

Η γαλλική εταιρεία εργάστηκε μέχρι το 1989 που εν τω μεταξύ είχε δημιουργήσει ένα τεράστιο βιομηχανικό συγκρότημα, με πλήθος κτιρίων και υποκατασκευών, τα οποία πρόσφατα κρίθηκαν ως διατηρητέα από το Ελληνικό Υπουργείο Πολιτισμού (τα κτίρια και ο εξοπλισμός τους επί τόπου).

Πολλές από τις εγκαταστάσεις της πρώτης εταιρείας ήταν κτισμένες σύμφωνα με τα τεχνολογικά αιτούμενα της εποχής εκείνης, για να καλύψουν συγκεκριμένες βιομηχανικές ανάγκες και μηχανικό εξοπλισμό. Αυτά τα βιομηχανικά κτίρια του 19ου αιώνα ήταν ως επί το πλείστον σχεδιασμένα στο εξωτερικό, πράγμα, που μπορούμε σήμερα να πιστοποιήσουμε από σχέδια που έχουν τη φήμη Bureau d' etudes...». Αμφότερα ο σχεδιασμός και η κατασκευή ήταν έξυπνα προσαρμοσμένα στις γενικές τοπικές συνθήκες και είχαν μια αξιοσημείωτη ακρίβεια εφαρμογής. Τα μεταλλικά στοιχεία των πρώτων εγκαταστάσεων ήταν ως επί το πλείστον κι αυτά σχεδιασμένα και προκατασκευασμένα σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες και ήταν μόνο συναρμολογημένα επί τόπου.

Αργότερα, το 1910, τα περισσότερα από τα κτίρια και ο μηχανικός εξοπλισμός μελετήθηκαν και τοποθετήθηκαν από μηχανικούς της γαλλικής εταιρείας στην Ελλάδα.

Η ανωτέρω ποικιλία κατασκευών και εξοπλισμού αποτελεί ένα πρόσθετο λόγο που κάνει αυτό το συγκρότημα τόσο μοναδικό, έτσι ώστε να αποτελεί πρακτικά ένα ανοικτό μουσείο για την εξό-



ρυξη μετάλλων τη μεταλλουργία και την εξέλιξή τους, καθώς και για την βιομηχανική αρχιτεκτονική στις αρχές της βιομηχανικής περιόδου στην Ελλάδα.

Από την άλλη πλευρά το Λαύριο και η Λαυρεωτική είναι μια περιοχή κατάμεστη από ιστορικές τοποθεσίες με μεγάλο αριθμό σπουδαίων μνημείων σε ένα ιδιαίτερος όμορφο περιβάλλον. Αυτά τα μνημεία σχετίζονται κυρίως με τα αποθέματα ορυκτών από τους κλασικούς χρόνους, με αρχαία ορυχεία, στοές και τοποθεσίες επεξεργασίας των ορυκείων για την παραγωγή αργύρου και μολύβδου.

Με απόφαση της Ελληνικής Κυβέρνησης το 1992 όλη η εγκατάσταση της γαλλικής εταιρείας που καταλαμβάνει μια έκταση 245.000 τ.μ. με 41 συγκροτήματα κτιρίων και καλύπτει 35.000 τ.μ. χτισμένης επιφάνειας, έγινε ιδιοκτησία του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με την υποχρέωση του τελευταίου να το μεταμορφώσει σ' ένα Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο. Αυτό το πρωτοπόρο πρόγραμμα εστιάζει στην υποστήριξη των καινοτομιών της σύγχρονης τεχνολογίας και έρευνας και επίσης στην ανάπτυξη νέων βιομηχανικών εφαρμογών, σε συνδυασμό με πολιτιστικές εκδηλώσεις και γεγονότα.

Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο πρώτο μεταξύ των ελληνικών Πανεπιστημίων στον τομέα της έρευνας με ένα εισόδημα 15 εκ. δολαρίων το χρόνο, στοχεύει για τον 21ο αιώνα στην υποστήριξη αυτού του προγράμματος με μια στρατηγική η οποία ακολουθεί δυο αναπτυξιακές κατευθύνσεις:

Πρώτον, είναι η μεταφορά τεχνολογίας από τα εργαστήρια στις επιχειρήσεις στοχεύοντας στην τεχνολογική αναβάθμιση του παραγωγικού πλέγματος της μητροπολιτικής περιοχής των Αθηνών και βεβαίως την οικονομική ανάπτυξη ολόκληρης της χώρας.

Δεύτερον, είναι η δημιουργία ενός τεχνολογικού και πολιτιστικού πόλου εθνικής εμβέλειας που θα συνδέσει τα ιστορικά μνημεία του παρελθόντος με τις προοπτικές ανάπτυξης του μέλλοντος.

Αυτή η προσπάθεια του Πολυτεχνείου να αναζωογονήσει τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις της πρώην γαλλικής εταιρείας εντάσσοντάς τες σ' ένα τεχνολογικό πολιτιστικό πάρκο, έκανε αναπόφευκτη την αποτίμηση του υπάρχοντος κτιριακού δυναμικού.

Η κλίμακα, η πολυπλοκότητα και η ποικιλία των μορφών και των κατασκευών, παράλληλα με το γεγονός ότι πολλά από αυτά τα κτίρια ήταν κτίρια μηχανές, ή κτίρια κελύφη για να στεγάσουν μηχανές, μ' ένα πλήθος μεταμορφώσεων λόγω της εξέλιξης των παραγωγικών μεθόδων, παράλληλα με την ύπαρξη ενός εξαιρετικά σεισμικού και διαβρωτικού περιβάλλοντος (λόγω της θάλασσας και των δηλητηριασμένων από τις εξορύξεις εδαφών), οδήγησε σε μια συστηματική αποτύπωση και ανάλυση, έτσι ώστε να μπορεί κανείς ν' αντιληφθεί πλήρως τι συμβαίνει.

Αυτή η τεράστια εργασία η οποία περιλάμβανε ιστορική αρχιτεκτονική και κατασκευαστική ανάλυση, τεκμηρίωση και αξιολόγηση, κατευθύνθηκε από μέλη του Τομέα τεχνολογίας της Σχολής Αρχιτεκτονικής του Πολυτεχνείου, σε συνεργασία με την Σχολή Πολιτικών Μηχανικών και υλοποιήθηκε με μια σημαντική συμμετοχή σπουδαστών μέσα σε 4 μήνες.

Κυρίαρχο σε αυτή την τεράστια βιομηχανική εγκατάσταση είναι το ψηλό κτίριο της πρώην «επίπλευσης» (επίπλευση είναι μεταλλουργική μέθοδος εμπλουτισμού του μεταλλεύματος) το οποίο κτίστηκε το 1875 και το οποίο αποτελεί ένα σήμα κατατεθέν και για την πόλη του Λαυρίου και για το συγκρότημα αυτό καθαυτό, που χαρακτηρίζει όλη την ευρύτερη περιοχή.

Σύμφωνα με το γενικό σχέδιο της νέας ανάπτυξης, αυτό το κτίριο το οποίο ήταν ένα κτίριο μηχανή, όπως ήδη αναφέρθηκε, έπρεπε να μετασχηματιστεί, έτσι που να μπορεί να ενσωματώσει μία δραστηριότητα χαμηλής όχλησης, υψηλής τεχνολογίας σε ένα μικρό παραγωγικό χώρο και διοικητικές υπηρεσίες επίσης. Η απαίτηση ήταν να στεγαστεί μια συνολική καθαρή επιφάνεια περίπου

1.100 τ.μ. για διαφορετικές χρήσεις εκτός του κτιρίου, και επίσης ο πλήρης ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός που θα εξυπηρετούσε την εγκατάσταση.

Λόγω της ιδιαιτερότητας αυτού του βιομηχανικού κτιριακού κελύφους, με τις ασυνήθεις διαστάσεις, την ασυνήθη επίσης εσωτερική διάταξη, την τεχνολογία των κατασκευαστικών συνιστωσών κ.λπ. και επιπροσθέτως την τελείως διαφορετική κλίμακα της προτεινομένης νέας χρήσης, αναζητήθηκε μία επέμβαση η οποία θα σεβόταν και θα πρόβαλλε το κτίριο εσωτερικά και εξωτερικά, διατηρώντας παράλληλα τα υφιστάμενα κατασκευαστικά στοιχεία των οροφών και των τοίχων.

Οι λύσεις που προτάθηκαν έπρεπε να λάβουν υπόψη τους την επισκευή και την ενίσχυση της υπάρχουσας κατασκευής και να παρέχουν σημαντική ευελιξία προκειμένου να ικανοποιήσουν τις διαφορετικές κλίμακας απαιτήσεις στους νέους χώρους και εγκαταστάσεις.

Αυτό το κτίριο πρακτικά αποτελείται από τα εξωτερικά κατακόρυφα φέροντα στοιχεία του, (πέτρινοι τοίχοι ενισχυμένοι με νευρώσεις αντηρίδες) και ξύλινη οροφή επικαλυμμένη με κεραμικά στοιχεία (κεραμίδια). Όπως δεν είχε εσωτερικά πατώματα, το κύριο χαρακτηριστικό ήταν το εντυπωσιακό ύψος του εσωτερικού χώρου, εντύπωση που στην τελική πρόταση προσπαθήσαμε να διατηρήσουμε.

Η κατασκευή μπορεί να διακριθεί σε 4 τμήματα τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους εξαιτίας των διαφορετικών υψών τα οποία εκτείνονται από τα 9,80 μέτρα έως τα 23. Παράλληλα υπάρχει μια διαφοροποίηση όσον αφορά τις κατόψεις, το πλάτος, τον τύπο των φερουσών λιθοδομών και επίσης στην αναλογία των ανοιγμάτων, (οι σχέσεις πλήρους προς κενό στους τοίχους), όπως επίσης και η κατασκευή των στεγών και των θεμελίων.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά του κτιρίου το οποίο πρακτικώς είναι ένας μεγάλος πρόβολος από το έδαφος, σε μία ζώνη εξαιρετικά σεισμική, και το γεγονός ότι πρόκειται για ένα κτίριο διατηρητέο, επέβαλλαν την ανάγκη όλες οι κατασκευαστικές προσθήκες να είναι αναστρέψιμες και αυτά ήταν οι κύριες κατευθυντήριες γραμμές για την ομάδα σχεδιασμού.

Η τελική πρόταση, προβλέπει την εισαγωγή ενός άκαμπτου, ατσάλινου σκελετού ο οποίος θα στέκεται εσωτερικά, ανεξάρτητα από τους τοίχους, σε μία απόσταση περίπου 15 εκατοστών από αυτούς, με δική του θεμελίωση. Τα χαμηλότερα οριζόντια στοιχεία του σκελετού είναι ενσωματωμένα σε μία πλάκα από σκυρόδεμα η οποία έχει αγκυρωθεί στο έδαφος, το οποίο καλύπτει με έναν αναστρεπτό τρόπο, τις περιοχές στο επίπεδο του εδάφους.

Αυτός ο μεταλλικός σκελετός είναι το κύριο σύστημα όλων των νέων χώρων που θα στεγάσουν χρήσεις, εξοπλισμό κτλ. Την ίδια στιγμή, αυτό το εσωτερικό άκαμπτο σύστημα είναι χαλαρά συνδεδεμένο με το λίθινο περίβλημα του κτιρίου μέσα από έναν μηχανισμό απόσβεσης, σε οριζόντιες ζώνες που περίπου αντιστοιχεί με τις ζώνες των νέων διαμορφωμένων πατωμάτων και την κορυφή της λιθοδομής. Αυτό το σύστημα αναμένεται να δράσει τη στιγμή που οι λιθοδομές, λόγω μιας δυναμικής φόρτισης (σεισμός) θα μετατοπισθούν πέραν ενός ορισμένου βαθμού, και θα σταθεροποιηθούν από την ακαμψία που θα προσφέρει αυτός ο ατσάλινος σκελετός.

Όσον αφορά τα νέα πατώματα και τα κατακόρυφα στοιχεία του παραπάνω μεταλλικού σκελετού, ήταν αναγκαία να προταθεί μία όχι κανονική διαστασιολόγηση, προκειμένου αυτό το σύστημα να προσαρμοστεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο στα υφιστάμενα κτιριακά δεδομένα όπως τα παράθυρα, τοίχοι κτλ.

Η κατακόρυφη κίνηση επιτυγχάνεται από μία μεταλλική σκάλα και έναν ανελκυστήρα ο οποίος εξυπηρετεί όλα τα επίπεδα. Μία βοηθητική σκάλα, ως την πούμε σκάλα διαφυγής, είναι τοποθετημένη εξωτερικά στη βόρεια πλευρά του κτιρίου, όπου είναι και το υψηλότερο μέρος του κτιρίου.





Αυτή η σκάλα μιμείται το παλιό ανυψωτικό σύστημα που έφερνε στην κορυφή του κτιρίου το μέταλλευμα.

Λόγω του ότι όλες αυτές οι μεταλλικές κατασκευές που προτείνονται πρέπει να συμφωνούν και με τους κανόνες πυροπροστασίας, πρόκειται να βαφούν με πυράντοχες βαφές και βεβαίως όλα τα άλλα ενεργητικά συστήματα που προβλέπονται για να προστατεύσουν όλα τα στοιχεία τους.

Η κύρια φέρουσα κατασκευή της στέγης, βρέθηκε ότι ήταν σε πάρα πολύ κατάσταση, αυτό εξαιτίας του δηλητηριώδους περιβάλλοντος, αρσενικό και άλλα στοιχεία που υπήρχαν στην περιοχή, το οποίο λειτούργησε ως μυκητοκτόνο και δεν επέτρεψε να εμφανιστούν φθορές στην ξυλεία. Η στέγη επισκευάστηκε επί τόπου και επαναχρησιμοποιήθηκε στη νέα στέγαση.

Οι υπόλοιπες ξύλινες κατασκευές λόγω του ότι ευρίσκοντο σε κακή κατάσταση λόγω και των μεγεθών τους και βεβαίως των διαφόρων κατά καιρούς επεμβάσεων, ανακατασκευάστηκαν με τον ίδιο τρόπο όπως ήταν οι υφιστάμενες.

Εσωτερικά χωρίσματα και οροφές όπου χρειάζονται, κατασκευάζονται από διπλές γυψόπλακες, σε ελαφριούς μεταλλικούς σκελετούς, έτσι ώστε να προσφέρουν και μία σημαντική αντιπυρική προστασία.

Εξαιτίας του βιομηχανικού χαρακτήρα του κτιρίου, αποφασίστηκε όλες οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις να είναι εκτεθειμένες και ορατές, ενισχύοντας έτσι το χαρακτήρα του εσωτερικού χώρου και ταυτοχρόνως, διευκολύνοντας τη συντήρησή των.

Εξωτερικά, μιας και το κτίριο όπως αναφέρθηκε αποτελεί σήμα κατατεθέν για την περιοχή, αποφασίστηκε να προστατευθεί και να διατηρηθεί η υπάρχουσα «εικόνα». Σε αυτή την κατεύθυνση, οι προταθείσες επεμβάσεις αφορούν μόνο την ενίσχυση της εκτεταμένης λιθοδομής με εφαρμογή τσιμεντενέσεων και την ανακατασκευή ορισμένων κατεστραμμένων θυρών και παραθύρων. Η οροφή καλύφθηκε με τα παλαιά υφιστάμενα κεραμίδια, αναμεμιγμένα με κάποια καινούργια, σε μία σχέση περίπου 75:25.

Η κατασκευή τελείωσε το Νοέμβριο του 1999.

Είναι σημαντικό για τον ιδιοκτήτη που είναι το Ε.Μ.Π., ότι οι χρήστες, στον ενάμισι χρόνο που μεσολάβησε μέχρι αυτή τη στιγμή που γράφτηκε το κείμενο, είναι πολύ ικανοποιημένοι, όχι μόνο εξαιτίας του κύρους που το κτίριο δίνει στο ίδρυμά τους, αλλά κυρίως για την άνεση και ευελιξία που τους παρέχεται από τον τρόπο παρέμβασης στους χώρους των γραφείων και στην περιοχική παραγωγή.

## Rehabilitation of Industrial building

**F. Goulielmos**

*Architect - Associate Professor N.T.U.A.*



In southeastern Europe, Lavrion is the region where mining and metallurgy was a very well known activity since 3000 years ago. The rich subsoil has been exploited from ancient times giving silver and lead as main products.

The economic power the mines gave, stimulated the Golden Era of Pericles in ancient Athens (a strong ally of Lavrion) supporting the creation of unique monuments of culture, art and technology such as the Parthenon and or the fleet of «trieres», which gave us the foundations of our contemporary civilization.

The Lavrion's next era of prosperity had to wait for almost a thousand and a half years. As Technologies change and history overpasses them, the last written evidence about the mining activities in Lavrion is from a 563 A.C. oral record during the inauguration celebrations of St. Sophia's cathedral in Constantinople.



In 1875 the Italian J. B. Serpieri established a French company in Lavrion. The «Compagnie Francaise des Mines de Laurium» using new technologies treated the vast quantity of the still rich remaining of the ancient metallurgy in parallel with new mining and metallurgy activities.

This company soon became the nucleus of the city of Lavrion economic development and social life, owning, besides the industrial installations, houses, schools, a hospital and a pharmacy that constituted an «industrial town», a unique example of this kind in the area at that time.



The French company has operated since 1989 having in the meantime built a huge industrial complex with numerous buildings and substructures that recently were listed by the Greek Ministry of Culture (both buildings and machinery in situ).

Most of the installations of the first company's activities were built according to the technology requirements of their time in order to cover precise industrial uses and mechanical equipment

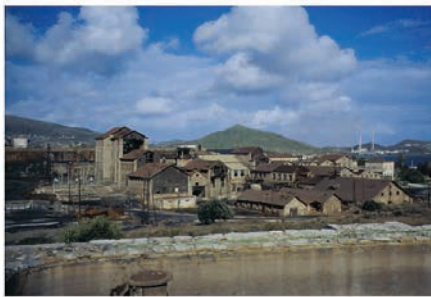
These 19th century buildings were mostly designed abroad as we can today verify from drawings signed by the firm «Huet et Geyler, Ingenieurs, Paris 1875» or the firm «Bureau d'etudes Paul



Borgnet, Liege». Both design and construction were cleverly adapted to the general local conditions with a remarkable precision of application, Metal elements of the first installations were also mostly designed and prefabricated in various industrial European countries and only assembled in situ.

Later, by 1910, most of the buildings and machinery were designed and implemented by engineers of the French company in Greece.

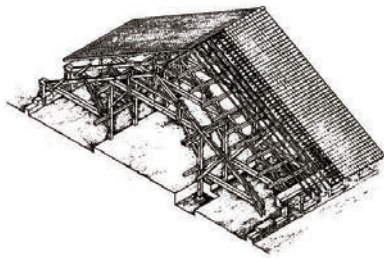
The above variety of structures and equipment constitutes an additional reason making this complex so unique, which practically is an open Museum for mining, metallurgy and their evolution and also for the industrial architecture of the beginning of the industrial era in Greece.



On the other hand Lavrion and Lavreotiki area are mushrooming with historical sites with a large number of important monuments in an especially beautiful environment. These monuments are mostly related to the mineral resources since classical times, with ancient mines, shafts and sites for processing ores for silver and lead production.



By Greek Government resolution in 1992 the entire installation of the French company, occupying an area of 245.000 sq. m. with 41 building complexes covering 35.000 sq. m., became property of the National Technical University of Athens (NTUA) with the obligation of the latter to transform them into Technological and Cultural Park. This pioneering project focuses on supporting innovations, modern technology, and research and on developing new industrial applications in parallel with cultural actions and events.



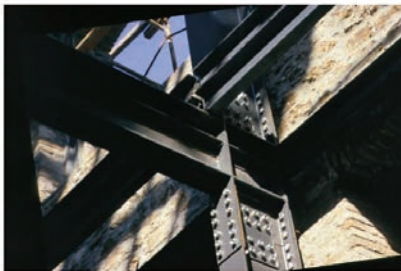
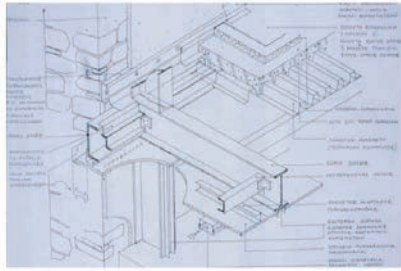
NTUA, ranking first place among Greek Universities in the research sector with an input of 15 million USD per year, is aiming at the 21st century through the undertaking of this project with a strategy that follows two development directions:

First is the transfer of technology from the research laboratories to the enterprises, aiming at the technological upgrading of the productive web of Athens metropolitan area and the economic development of the country as a whole.

Second is the creation of a technological and cultural pole of national range that shall link the historical monuments of the past to the development prospects of the future.

This NTUA effort to revitalize the ex French company industrial installations by exploiting them on a Technological - Cultural Park, made inevitable the evaluation of the existing built volume.





The scale, the complexity and the variety of forms and structures, in parallel with the fact that many of the buildings were building -machines or building-shells for machinery with a lot of transformations due to the productive evolution, as well as the existence of an extremely seismic and corrosive environment (because of the sea and the contaminated grounds), lead to a systematic survey and analysis in order to be completely comprehended.

This vast job including historical, architectural and structural analysis, documentation and evaluation, was guided by members of the Architectural Technology department of the NTUA's School of Architecture in collaboration of the School of Civil Engineering and it was realized with a significant participation of students within four months.

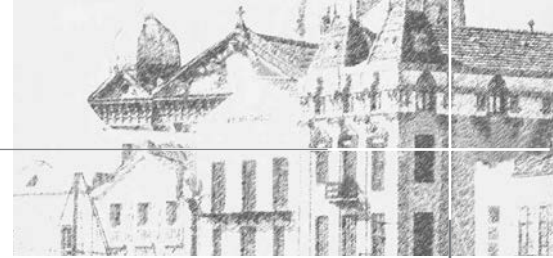
Dominant in this huge industrial installation is the high building of the ex «Flotation» (a metallurgic method of metals enrichment) built in 1875 which constitutes a landmark for both the city of Lavrion and the complex itself and characterizes the overall area.

According to the master plan of the new development, this building, being a building-machine as already mentioned, had to be transformed in order to incorporate a high tech, very low disturbance, productive space and administrative offices as well. The requirement requested a total net area of approximately 1.100 sq. m. for different uses within the building, plus full electromechanical equipment.

Because of the peculiarity of this industrial building shell, with its unusual dimensions, the interior layout, the technology of its structural components etc., in addition to the entirely different scale of the proposed new use, an intervention that would respect and distinguish the building internally and externally, maintaining at the same time the existing structural elements of roofs and walls had to be established.

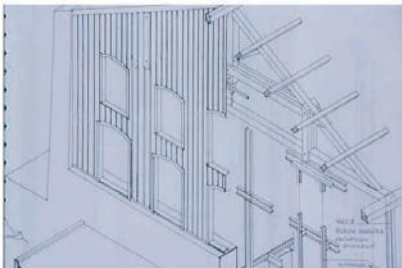
The solutions proposed ought to take into account repair and consolidation of the existing structure and give significant flexibility in order to cover different scale requirements in new spaces and installations.

This building practically consists of its external vertical elements (stone wall with stone reinforcing buttresses) and wooden roofs covered by ceramic tiles. As it has no internal



floors, its characteristic feature is the impressive height of the interior space that the new proposal should maintain.

The structure can be distinguished into four parts that differ among themselves because of their different heights that range from 9.80 m. to 23 m. They also vary in the area and the plan shape, the type and the width of the stonewalls, the percentage and the type of openings (solid to void ratio), as well as the structure of the roofs and the foundations.



All the above mentioned characteristics of the building, which in fact is a long cantilever from the ground in an extremely seismic zone, plus the fact that as the building is a listed one, there was a need for all new additions to be reversible, were the major guidelines for the design group.

The final proposal provided the introduction of a rigid steel frame box that would stand internally independent of the walls at a distance of approximately 15 cm. on its own foundation. The lower horizontal elements of the steel box are incorporated into a concrete slab anchored to the soil that covers, in a reversible way, the ground level areas.



This steel frame is the bearing element of all the new spaces, uses, machinery etc. In the same time, this internal rigid system is loosely connected to the shell of the building (the stonewall) through an absorbing system in horizontal zones, which are related to the new floor levels and, the top edge of the masonry. This system will act the moment that the stonewalls, due to a dynamic force, will be displaced beyond a certain degree, stabilizing the masonry as a result of the rigidity of the steel boxframe.

Regarding the new floor levels and the vertical elements of the above steel frame box, an irregular dimensioning was proposed in order to adapt this system with the best possible relation to the existing building elements such as windows, doors, walls etc.

Vertical circulation is obtained by a metal staircase and an elevator that service all levels. A secondary staircase is placed externally at the northern facade (with the highest part of the building) to function as a fire escape. At the same time, this staircase imitates the old lifting system of raw materials to the top of the building at the same point.

Since all these metal structures have to comply with the fire code, fireproof coatings in addition to the rest of the security systems protect all their elements.

The roof's wooden main structural system, as it was found out, is in a very good condition, the poisonous soil having acted in a germicidal capacity. It was properly maintained in situ and is reused in the new roofing.

Since the rest of the main wooden structures, such as all the southern facades of the building,





were in a very bad condition as a result of various interventions, they are reconstructed in the same way as they used to be.

Internal partitions and ceilings, wherever needed, are constructed by double gypsum boards on lightweight metal frames, ensuring in parallel a remarkable fire protection.

Due to the industrial nature of the building, it was decided that all electromechanical installations would be exposed and visible, thus enhancing the character of the interior space and, at the same time, facilitating its maintenance.



Externally, as the building constitutes a landmark for the area, it was decided to preserve its existing «image». In this line, the proposed interventions, concern only the reinforcement of the extended stonewalls by applying cement grouting and the reconstruction of the destroyed doors and windows. The roof is covered with the old ceramic tiles mixed with new ones in a ratio 75 to 25.

The construction was completed by November 1999.

It is significant for the owner (that is NTUA) that the users, during this one and a half year, are very satisfied not only because of the authority the building gives to the firm, but mainly because the convenience and flexibility the way of intervention gives both the office and the production area.



## Αντισεισμική κατασκευαστική παράδοση με ειδική αναφορά στη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς της Τουρκίας

**Zeynep Ahunbay**

*Professor, Istanbul Technical University, Turkey*

Η τέχνη της παραδοσιακής δόμησης έχει εξελιχθεί ανά τους αιώνες, ενσωματώνοντας μεθοδολογίες «δοκιμής – λάθους», προκειμένου να βελτιώνονται οι ασθενείς κατασκευές και να δημιουργούνται κατασκευές που να αντέχουν στους σεισμούς. Οι κτίστες στο Αιγαίο και στις Μεσογειακές χώρες, γνώριζαν την ύπαρξη σεισμικής δραστηριότητας και οι κατασκευές τους σταδιακά προσαρμόζονταν, ώστε να ανθίστανται στο φυσικό αυτό φαινόμενο. Μια προσεκτική εξέταση των παραδοσιακών κτιρίων παρέχει γνώση της παραδοσιακής δόμησης, την οποία δύσκολα οι σύγχρονοι αρχιτέκτονες μπορεί να αποκτήσουν στις αρχιτεκτονικές σχολές. Αυτή η πλευρά της δομικής κληρονομιάς συχνά δεν τυχάνει της αρμόζουσας προσοχής στη σύγχρονη διδασκαλία της αρχιτεκτονικής.

Τα πλινθόκτιστα και ομοπλινθόκτιστα κτίρια ενισχύονταν με ξυλοδεσιές που «έδεναν» την κατασκευή. Οι κοινωνικές ανάγκες, οι κλιματικές συνθήκες και τα τοπικά διαθέσιμα υλικά, περιόρισαν τη χρήση του αποκλειστικά ξύλινου πλαισίου. Το ξύλινο πλαίσιο γίνεται σχετικά απλό ή οι λεπτομέρειες των συνδέσεων σχετικά περίτεχνες, ώστε να εξασφαλίζεται η αντοχή του κτιρίου σε σεισμό. Ο τύπος του υλικού πλήρωσης ποικίλει, αλλά τα βασικά δομικά στοιχεία συμπεριφέρονται καλά κατά τη διάρκεια της ζωής της ξύλινης κατασκευής. Στην περιοχή της οροσειράς του Ταύρου, πλινθόκτιστοι τοίχοι ενισχυμένοι με ξυλοδεσιές, χρησιμοποιήθηκαν για αγροτικές κατοικίες. Ο τύπος των δομικών συνδέσεων αποκαλύπτει μια ιδιαίτερη φροντίδα στις λεπτομέρειες, που αναπτύχθηκε ειδικά για τη βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς. Ελαφριές κατασκευές με ξύλινα πλαίσια, είναι ευρέως διαδεδομένες στις δασικές περιοχές κατά μήκος της των παραλίων του Αιγαίου και της Μεσογείου. Στα παράλια, στην Αντάλια (Antalya) και την Αλάνια (Alanya), τοίχοι με ξύλινο πλαίσιο καλύπτονται με λεπτές σανίδες και σοβά, εξασφαλίζοντας έτσι καλύτερο εξαερισμό κατά την διάρκεια των ζεστών και υγρών καλοκαιριών.

Η προστασία των κτιρίων από τοιχοποιία από τους σεισμούς αποτελούσε πρόκληση για το σχεδιασμό μνημειακών κατασκευών από τούβλο ή πέτρα. Το σύστημα «στύλος – δοκάρη» δεν αποδείχτηκε πολύ επιτυχημένο, εξαιτίας της ασθενούς σύνδεσης μεταξύ των οριζόντων και των κάθετων μελών της κατασκευής. Θολωτές κατασκευές, όπως οι βασιλικές μετά τρούλου και τα θέατρα, είχαν σχετικά καλύτερη συμπεριφορά. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις τα κατακόρυφα στηρίγματα κατέρρεαν, με αποτέλεσμα οι αψίδες, οι θόλοι και τελικά οι τρούλοι να ρηγματώνονται και να καταρρέουν. Όταν όμως οι κατασκευές ήταν μικρού μεγέθους και τα δομικά στοιχεία ήταν κατάλληλα συνδεδεμένα, μπορούσαν να επιβιώσουν εύκολα στις δονήσεις. Ωστόσο, όσο το άνοιγμα των θόλων και τόξων αυξανόταν, τόσο αύξανε η σημασία των μεταλλικών ενισχύσεων και των μεταλλικών συνδέσεων. Οι ξυλοδεσιές σάπιζαν με το χρόνο. Η χρήση αλυσίδων και αγκυρίων για την αναστήλωση κτιρίων μετά από σεισμό, είναι συνήθης. Εξαιτίας της αντοχής τους στο χρόνο, οι μεταλλικοί σύνδεσμοι χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς για την αναστήλωση βυζαντινών κτιρίων και για την ενίσχυση κτιρίων της Οθωμανικής περιόδου.

Το να ζουν σε ενεργές σεισμικά περιοχές, δημιουργεί στους αρχιτέκτονες και τους μηχανικούς ευθύνες. Τα παραδοσιακά κτήρια της Κωνσταντινούπολης, η Αγία Σοφία, τα Τείχη, αρκετά τζαμιά και άλλα μνημεία, δείχνουν σημάδια που μαρτυρούν πως έχουν χτυπηθεί στο παρελθόν από σεισμούς και ότι έχουν ανακατασκευαστεί ή αναστηλωθεί. Τα σημάδια αυτά αποτελούν μια σιωπηρή προειδοποίηση προς τους μηχανικούς, τους συντηρητές και τους αρχιτέκτονες, υπενθυμίζοντας τους ότι οφείλουν να είναι προσεχτικοί κατά τις εργασίες αναστήλωσης, λαμβάνοντας ιδιαίτερη φροντίδα για το μέλλον των σημαντικών μνημείων. Ιδίως οι μηχανικοί και οι αρχιτέκτονες που ασχολούνται με τη συντήρηση, πρέπει να συνειδητοποιήσουν ότι ένα ιστορικό κτίριο που έχει υποστεί στο παρελθόν βλάβες από σεισμό, είναι πιθανόν να υποστεί και πάλι, ξανά και ξανά, μελλοντικούς σεισμούς.

Κατά τις επεμβάσεις σε ιστορικά κτίρια, θα πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στη διατήρηση της αυθεντικότητας της κατασκευής. Όταν υποστούν βλάβες από σεισμό, οι ιστορικές κατασκευές καθίστανται εξαιρετικά ευαίσθητες σε δραστικές αλλαγές. Όταν η σύγχρονη τεχνολογία επεμβαίνει σε αυτές τις κατασκευές, έχοντας λησμονήσει τις τεχνικές και τέχνες του παρελθόντος, το αποτέλεσμα ενδέχεται να είναι καταστροφικό. Εάν οι παλιές κατασκευαστικές τεχνικές έχουν ξεχαστεί και τα παραδοσιακά υλικά είναι αδύνατο να βρεθούν στη αγορά, πολλές από τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες που υπήρχαν αρχικά ενδέχεται να χαθούν κατά τη διάρκεια των εργασιών επισκευής. Επεμβάσεις που γίνονται χωρίς τη δέουσα προσοχή, εισάγουν ξένα στοιχεία στην αρχική κατασκευή, κάνοντας την έτσι πιο άκαμπτη ή μειώνοντας την ικανότητά της να απορροφήσει τον κραδασμό. Έτσι λοιπόν, οι αλλαγές που επιβλήθηκαν στην κατασκευή μπορεί να οδηγήσουν σε περισσότερες βλάβες της σε μελλοντικούς σεισμούς.



# Earthquake-resistant Building Tradition With special reference to Preservation of Cultural Heritage in Turkey

**Zeynep Ahunbay**

*Professor, Istanbul Technical University, Turkey*

The craft of traditional building has evolved through many centuries, incorporating the trial and error methodology for improving weak structures, developing earthquake resistant buildings. Builders in the Aegean and in the Mediterranean countries were aware of the presence of tremors and their buildings were gradually adapted to resist this natural phenomenon. A careful examination of traditional buildings provides insight into traditional design which modern architects can hardly get in modern architecture schools. This side of building heritage is usually neglected in modern technical teaching.

Earth and rubble masonry buildings were strengthened by timber runners, which hold the structure together. Social needs, climatic conditions and local material sources have limited the use of full timber frames. The timber frame can be very simple or the binding details are sophisticated to some degree so that they can resist the tremors. The type of filling is variegated but the basic structural elements perform successfully during the expected life span of a timber house. On the Taurus mountains, rubble walls, strengthened by timber binders were used for rural housing. The type of short connectors shows special detailing developed for earthquake resistant structural design. Light structures consisting of timber frames are widely-spread in the woodlands along the Mediterranean and the Aegean coast of Turkey. On the coastline, in Antalya and Alanya, the timber frame walls are covered with lath and plaster for better ventilation during hot and humid summers.

Protecting masonry buildings against earthquakes was the challenge of designing monumental buildings in brick or stone. Post and lintel system was not very successful, due to the weak bonding between the vertical and horizontal members. Vaulted structures like domed basilicas and theaters have performed relatively well. In many cases the vertical supports failed and as a result of this arches, vaults and finally the domes cracked and fell down. When the structure was small and the structural members were connected properly, it survived tremors easily. But as the span of the dome or the vault increased, the buttressing system and the function of tie-bars gained importance. Timber tie bars rot away in time. Use of chains and anchors are common as part of restorations after earthquakes. Due to its endurance, iron tie-bars were employed extensively in the restoration of Byzantine buildings and the reinforcement of Ottoman buildings.

Living in a seismically active area imposes responsibilities on architects and engineers. Historic buildings in Istanbul, Hagia Sophia, the Land Walls, several mosques and madrasas show marks of being hit by earthquakes and rebuilding or restoration. These are silent warnings for engineers and conservation architects, reminding them to be careful in their restoration work, taking special care for the future of these significant monuments. Especially engineers and conservation architects must be sensitive to the fact that an earthquake damaged historic building is prone to be damaged again and again in future earthquakes.

In treating historic buildings, one has to be careful about preserving the authenticity of the structure. After being damaged by an earthquake, historic structures are very sensitive to being changed drastically. When modern technology, having forgotten the arts of the past intervenes in these structures, the result may be fatal. If the old building crafts are forgotten and traditional materials can not be found in the market, many of the original details can easily be lost during repair work. Careless interventions introduce foreign elements into the original structure, making them stiffer or incapable of absorbing shocks. Thus, the changes inflicted on the structure may cause further damage to the structure in future earthquakes.





## Ευλογλυπτική / Ξυλουργική Ευρωπαϊκές Περιοχές Αναστήλωσης / 2000-2003

**Clara Berolini Cestari**

*Professor, Politecnico di Torino*

Το άρθρο επεξηγεί τους στόχους, τις μεθόδους και τις φάσεις, ενός ευρωπαϊκού προγράμματος στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος «Πολιτισμός 2000», και έχει διττό σκοπό\_ Από τη μια πλευρά να προωθήσει τη διάδοση της πρακτικής, αλλά και της θεωρητικής γνώσης που προέρχεται από διάφορες ευρωπαϊκές χώρες που ασχολούνται με το την αναστήλωση, για διαφορετικές κατασκευαστικές τυπολογίες ιστορικών κτιρίων. Από την άλλη πλευρά να αναδείξει τις αναλογίες και τις ιδιαιτερότητες μεταξύ των ξύλινων κτιρίων της Ευρώπης. Στα πλαίσια του Προγράμματος, η Ευρώπη θεωρείται ένας μοναδικός και ευρύς τόπος αναστηλώσεων.

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα εγκρίθηκε τον Δεκέμβριο του 2000 από τη Γενική Διεύθυνση «Παιδεία και Πολιτισμός» με στόχο την ανάπτυξη κοινοτικών πολιτικών στον τομέα του πολιτισμού (στο πρόγραμμα «Πολιτισμός 2000») για χρονικό διάστημα τριών χρόνων.

Το παρόν άρθρο επιδιώκει να αποσαφηνίσει με παραδείγματα, διάφορα θέματα των προγραμμάτων.

# Wooden Handwork / Wooden Carpentry: European Restoration Sites / 2000-2003

Clara Bertolini Cestari

*Department of Architectural Design- Politecnico di Torino – Italy*

## Abstract

The article illustrates objectives, methods and phases of a European Project inside the frame of "Culture 2000" Programme with the double intention to giving dissemination on the practical and theoretical knowledge of the different European Countries involved on the subject of restoration sites for different construction typologies of historical buildings, on one side. On the other there is the intention to highlight analogies and specificities inside wooden buildings in Europe. Europe is here considered as a unique and wide restoration site.

This project has been approved in December 2000 from the General Directorate "Instruction and Culture" for the development of community policies in cultural field – in Culture 2000 project, for a time of three years.

So this paper intends to illustrate with examples the different themes of the projects.

## 1. Introduction

The increased sensibility towards restoration and conservation on architectural Heritage as a whole, also in terms of historical construction technique memory, has arisen a renewed interest in the study of wooden structures, investing both new constructions and existing building restoration issues in Europe. With specific reference to the restoration of existing buildings, it must be stressed that the variegated articulation typology in various geographical areas across Europe, and the specific nature of wood as a material (biological), make defining homogenous principles for preserving and respecting local building cultures a difficult matter.

"Wooden Handwork / Wooden Carpentry: European Restoration Sites" is:

- One of the five projects that the European Community has recognized of utmost importance in the frame of "Actions and agreements of cultural transnational cooperation, structured and pluriannual" in the field of Cultural heritage of "Culture 2000" Project.
- It is the only project among these actions with 9 Countries-partners and with Italian leadership (Politecnico di Torino).
- It is the first, and for the moment the only, project that the EU encloses between the objectives of the European Union for the valorization of cultural sites of a particular architectural heritage: the heritage of wooden architecture handwork.

## 2. Objectives

The objective of the project is addressed to the conservation and the preservation of the Heritage of knowledge of the culture and practice of working with Wood. This is through the definition of a "European laboratory of cultural heritage wooden buildings" which contribute to the development and diffusion of technical knowledge and practice, as preservation principles, diagnostic



techniques, intervention techniques, that link tradition and innovation of the sector techniques at a European level.

The proposal is for a three-year program. The idea is to organize/visit/work on some laboratories/restoration sites, which of course have also an important didactical aspect, as well as confrontation with different methods of interventions and techniques.

These working-sites that constitute the framework of the project are held in different Countries, according to the proposals of the partners.

The actions are integrated in the frame of International Cultural co-operation accordance, structured and pluriannual.

The following actions are foreseen:

- Exploitation of at least the following European cultural sites and monuments:

Oubre Rong and Alagna Valsesia (Italy), rare example of Walser architectural culture; Comune di Cimego in Trentino Alto Adige (Italy), vernacular architectures of mountain people; Church in Caminha, North of Portugal; Monasteries near Tarouca, North of Portugal; traditional techniques applied in the Church of Käsämäki (Finland); Old vernacular "Farm" in Myllymäki (Finland); Old historical town of R\_ros (Norway); Mosque in Didimotichos (Greece);

- The use of innovative technologies: new products for the preservation and strengthening of wood and wood-based materials;

- Exploitation of cultural differences;

- Implementation of workshops devoted to the specific training of young Professionals, through exchanges with qualified scientists, technicians and specialised carpenters, both at theoretical and practical level (work camps for restoration interventions at each selected cultural site);

- The major action of this project is the organization and implementation of several workshops on different European sites, in order to exploit skills and abilities of carpenters specialized in interventions on wood architectures.

The interaction among scientists, technicians and craftsmen will improve the mutual knowledge and awareness, giving an International dimension to the complex matter related to conservation of the historical cultural heritage. The realisation of prototypes complying with traditional architectures and woodworking techniques is part of the project outcomes.

The meaning of the project is therefore the promotion of cultural dialogue, creativity and transnational distribution of culture, aiming to the exploitation of traditional woodworking knowledge and to the special training of professionals. - - Curricula for International Master Courses, promoting the cultural integration among different European countries, will be also developed.

### **3. Brief description of the project**

"Wooden Handwork / Wooden Carpentry: European Restoration sites" is a project aimed to share and valorise European timber Cultural Heritage, to diffuse and promote know-how on good practices relevant to the conservation and the protection of that heritage and to define a special training of professionals.



Figure 1: Localisation of co-organisers:

- ▶ Polytechnic of Turin, Faculty of Architecture (Italy)
  - ▶ University of Trento, Faculty of Engineer (Italy)
  - ▶ Istituto della ricerca sul legno IRL-CNR, Firenze, Italia
- ▶ University of Oulu, Department of Architecture; Meri-Lappi Institute Kemi; VTT, Oulu; National Boards of Antiquities, Department of Monuments and Sites, Helsinki (Finland)
  - ▶ NTUA– Department of Architecture, Athens (Greece)
  - ▶ University of Porto - Faculty of Engineering (Portugal)
- ▶ University College of Gotland; County Administration of Gävleborg (Sweden)
- ▶ Norwegian Institute for Cultural Heritage Research – NIKU – Oslo (Norway)

### 3.1 Approaches and methods

Theoretical comparison of the acquired knowledge in the different Countries, about the characteristics of the material, the diagnosis, the principles and the guidelines for the conservation; practical experiences through workshops in restoration and new building working-sites of timber architectures. At least 7 important architectures, being at present under restoration, will be a part of the programme. There, the theoretical experience will be put into practice and compared to the real operative complexity.



### *3.2 Partners*

A highly qualified association is involved: Universities, Research Institutes, Companies and professionals from 9 European Countries (Italy, Finland, Greece, France, Sweden, Norway, Portugal, Belgium, Luxembourg) for a total of 24 Operating Unities:

### *3.3 Description of Activities*

The entire project is structured in two work packages, each with experimentation in specific areas. Each work package includes several activities.

- Wood carpentry : a theoretic approach for the conservation of the cultural heritage and the project of innovative interventions.
- Wood carpentry: a practical approach for European sites representing the culture between nations.

Concerning the activities proposed, the aim of the first research is a theoretic approach to diagnostic themes, regulations, conservation methods and renovation techniques. The predicted impact is a document gathering the knowledge of the partners from different countries in the sector for a concrete and real evaluation of patrimony conservation.

The second research has the aim of applying traditional carpentry, diagnostic techniques and innovative interventions compatible with the environment and new constructions using innovative industrial products. The predicted impact is the creation of a professional figure able to work on restoration sites and new constructions.

#### *3.3.1 Impact of project activity*

The relapse of theoretical practical project activities should be evaluated keeping in mind both the plurality of cultural disciplines specific to each individual country and the peculiar characteristics of their practical application. The latter, which does not end with the specific project, can be seen in resulting procedures for new formative models for professional figures requested by industry. The importance of this new professional figure lies in his capacity to gather knowledge of culture and wood working in different countries. This leads to a concrete application of experience with materials, work, resistance, diagnosis, regulations and conservation methods for old and new structures. Here we find a convergence based on a knowledge of different national building traditions and the industrial innovations.

#### *3.3.2 Didactic impact*

From a quantitative point of view the new model for the engineering and architecture department foresees the formation of increasingly specialized graduates in the next three years with concrete professional job potential. Currently universities are not able to transfer the alphabet which is necessary for providing a basic service, a service which is increasingly distant from a real knowledge for professional use.

Thus the project foresees a formative program of a year to create professional engineers and architects with preparation at a first specialized level in wood carpentry.

- Industrial, cultural and social context



- Themes concerning the formation of the professional
- Job potential
- Evaluation and management of resources; evaluation criteria for the quality of the project
- Methods of evaluating the project; dividing resources
- Relations with International structures
- Characteristics of the products; evaluation of the products
- Subjects involved; indicators for evaluating results
- Work on sites; evaluation; validity
- Formation project
- Indicators for evaluating results; verification of the results of the general project

### *3.4 Beneficiaries*

The European scientific community, National Boards, architects, technical assistants and SMEs, involved in the protection of Cultural Heritage.

### *3.5 Duration*

36 months starting from October 2000.

### *3.6 Locations*

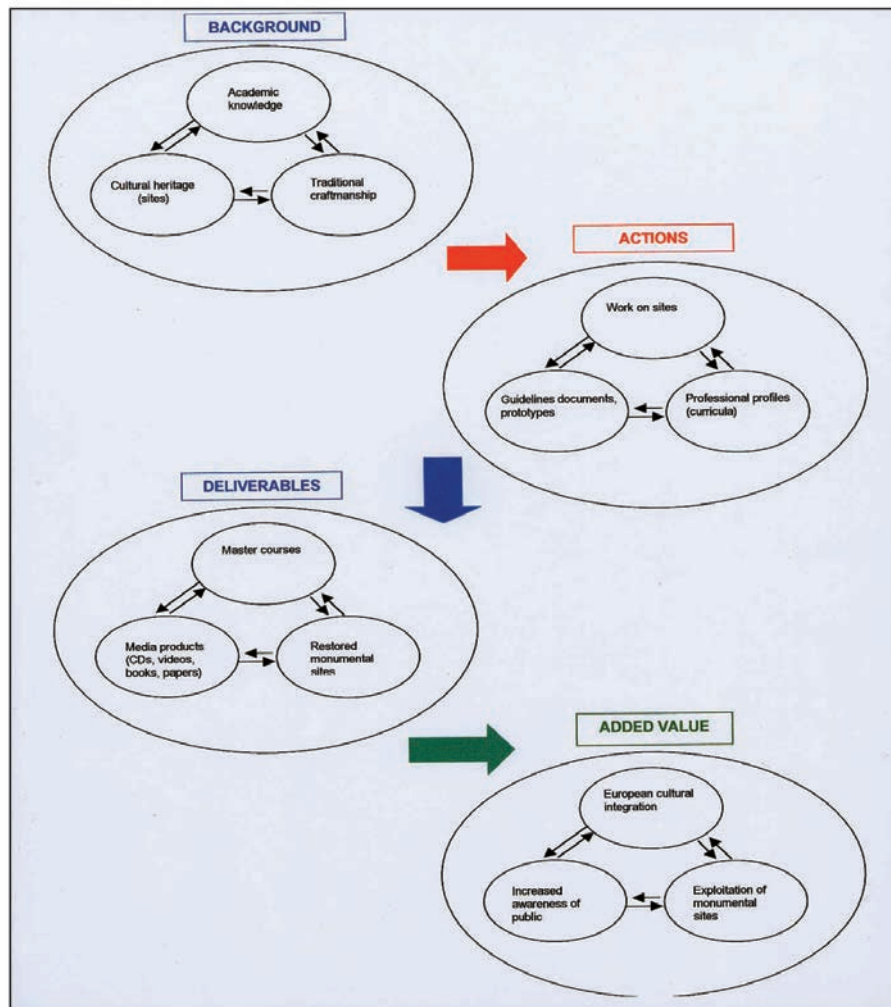
The different partners will organise the theoretical activities; through congresses, seminars and conferences. The practical activities will be located in the restoration working-sites disposed by the partners.

## **4. State of Art in Italy**

In Italy current interest in the conservation and restoration of ancient timber structures, important aspects of our architectural heritage, represents a recently introduced sector of the Cultural Heritage Department, which has raised problems regarding diagnostic surveys and intervention techniques focused on conservation. Over the past few years, there has been growing firm conviction that these structures must - wherever possible - be conserved and restored in accordance with their static role, using interventions that are consistent not only with the original design but also with the material: timber.

In Italy the panorama of timber constructive typology referred to historic architecture refers to a wide sector of building components, between whom roof structures, floors, false vaults, but also to whole timber vernacular architecture.

However, in practice, many recent interventions involving structural restoration have betrayed the idea of conservation: in extreme instances we have witnessed the unjustified demolition of century-old floors, wooden ceilings and roofs. Furthermore - frequently - ancient buildings have been altered by the widespread use of new structures and new materials in replacement of the original ones.



**Figure 2:** Scheme of the activities of the Project

These arbitrary -and to say the least "heavy-handed" interventions- are in the majority of cases induced by the difficulty of evaluating the state of the conservation of materials and the real load-bearing capacity of the structural elements, or by an incorrect evaluation of the overall structural function, or the choice of summary and profitable procedures rather than procedures guided by the real needs of the timber components.

It is precisely their load-bearing capacity that is constantly debated today, in spite of the renewed interest in studies on wood, by operators who, clearly lacking the necessary know-how, demonstrate their complete distrust through their interventions on existing timber structures. This distrust has been expressed and given tangible form through the development of consolidation techniques that foresee the extensive inclusion of every type of implant, made from "new" materials that, precisely because they are new, are regarded as superior from a short-sighted point of view that does not take account of durability problems in medium and long-term projects.

Many interventions - also those of an innovative type - currently appear to lag behind the conservative criterion which has to be spread not only in monumental restoration, but also in the restoration of historical or simply traditional (or vernacular) buildings. Too often we witness operations focused mainly on unjustified radical interventions: timber floors consolidated with heavy metal structures or capped in reinforced concrete, partial or total roofing with steel elements or reinforced epoxy conglomerates.

In these types of intervention, which reflect the distrust of this material, the traditional construction methods and the ancient master builders, it is often possible to note the lack of one of the characteristic phases of structural restoration project management: the diagnostic survey.

## **5. Recommendations on restoration of ancient timber structures**

### *5.1 General criteria of intervention on timber structures related to the type of structural damage*

Timber structures often carry an intrinsic historic, architectural or technological value. Maintenance and repair must hence be encouraged, saving the original structural function by means of works which respect both the original structural concept and the materials.

#### *5.1.1 Typological characteristics and structural types of timber structures*

The most common structural types in historic buildings are:

- Beams; walls; pillars; ties; floors; trusses, roof structures, frames; centring supporting false vaults; timber framed buildings.

The elements that compose these structural types are:

- logs or boxed-heart or quartered timbers;
- timber joints (timber-to-timber joints, with metal fixings, etc.).

#### *5.1.2 Grading of structural timber*

Margins of safety calculated in accordance with the methods defined by the EC5 (Eurocode for the design of timber structures) for new timber of the same species can be used for the assessment of the cross-section resistance of old members. Grading of the mechanical resistance can be made by means of non-destructive tests (providing that the instruments are regularly calibrated) or empirical methods. Good results can be achieved also by visual classification (according to national and European standards), by examining the macroscopic characteristics, e.g. number of knots, fibre deviation angle, shrinkage fissures, growth-rings thickness, geometric irregularity, etc.

#### *5.1.3 Defects of timber in use*

This part describes the defects considered in the grading of structural timber and their influence on the material properties: knots, fibre deviations, shrinkage fissures, shakes.



#### *5.1.4 Rheological performance*

Methods of calculation defined by EC5 are suggested as reference for the rheological performance. The timber should be reinforced or replaced if deflection is more than 1/100 of the span.

### *5.2. The restoration of timber structures*

#### *5.2.1 Criteria of intervention*

In addition to the general principles concerning all loadbearing structures (recovering of residual resistance and stiffness, respect for the original structural concept and for the material and fabric authenticity, aesthetic aspects, reversibility, etc.), the specific criteria for work on timber structures are: priority to systems and devices which do not entail removing the original material or making cuts, holes, slots, etc.; execution in situ, to avoid expensive and hazardous dismantling; minimal necessary contact between wood and metal surfaces; protection of the metal parts from sources of heat, to avoid the danger of fire; possibility to regulate the devices added in the repair; and other aspects relevant to the specific structure.

The most common typologies of intervention are:

- repair and reconstruction of parts of the structure; upgrading of the strength; upgrading of the stiffness; upgrading of the ductility.

Specifications for intervention on the structural types listed below are given in the following section.

#### *5.2.2 Intervention on the beams*

Timber beams are reinforced by:

- trussed beams;
- steel cables applied on the timber face or inserted into the member (generally in the lower part) so as to improve the tensile strength and therefore the resistance to bending;
- flinch plates set in sawn slots into the timber, to upgrade the tensile and compressive strength. They can be inserted into the upper or the lower part, according to the need;
- side sisters with wooden boards or structural plywood;
- upgrading of the support conditions (beam ends);
- additional supports (underbeams, struts, etc).

#### *5.2.3 Intervention on the walls*

The consolidation of degraded loadbearing timber walls can be carried out by increasing the general resistance (consolidating the individual timbers and their joints), or by increasing the stiffness by means of bracing, etc.

#### 5.2.4 *Intervention on pillars*

Timber pillars can be consolidated by means of additional members to increase the cross-section or by inserting a resistant material into drilled holes. Methods for reducing instability due to buckling are suggested, by increasing the cross-section of the pillars or reducing the 'bending length' by means of modern steel structures or, preferably, by traditional struts.

#### 5.2.5 *Intervention on ties*

Damage to timber ties (for instance tie-beams, ties of Byzantine architecture in Veneto, etc.) is generally due to the sliding of anchors, which ought to be reinforced and regulated.

#### 5.2.6 *Intervention on timber floors*

##### 5.2.6.1 General principles.

Three are the objectives of work on historic timber floor structures, to be carried out after adequate investigations:

- a) reinforcement of individual timbers;
- b) strengthening and improving of the joints;
- c) increasing resistance and stiffness of the whole structure.

In structural restoration, it is advisable to keep the structural function of the original members, thus avoiding their preservation for mere aesthetic reasons when a newly built structure fulfils the loadbearing function.

##### 5.2.6.2 Materials.

Reinforcing materials for timber floors include:

solid wood, wood-based materials (plywood, particle boards), glulam (prefabricated or in situ), steel components, reinforced concrete, steel, titanium, aluminium, epoxy resins, new wood-based materials: LVL (Microllam), DVW or 'densified wood'.

However, both traditional and modern techniques of intervention should meet the following requirements:

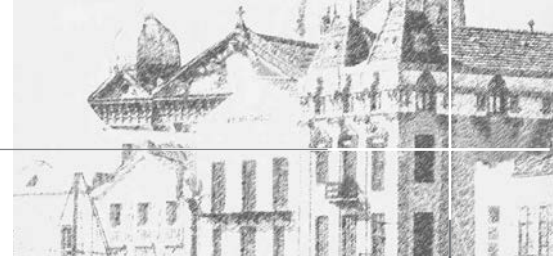
- a) long-term performance;
- b) technological compatibility between original wood and materials used for the work, in all use conditions.

##### 5.2.6.3 Technological compatibility with other materials or structural elements (existing or to be set in service).

The technological compatibility between wood and other materials or structural elements should be evaluated with regards to:

- a) risk of corrosion of metal elements;
- b) difficult drying of concrete (due to wood extractives);
- c) incompatibility between wood preservatives and chemical adhesives;





d) different dimensional changes, due to thermal (for wood associated with non-wooden materials) and hygroscopic actions (these latter are particularly important for work with any material).

#### 5.2.6.4 Validity of the use of non-traditional materials and methods.

Effectiveness of consolidation methods should be preliminarily tested in the long term, by monitoring previous works and carrying out laboratory ageing, in order to avoid unpredictable consequences, especially when using modern materials.

### 5.2.7 Reinforcement by using wood

#### 5.2.7.1 General principles.

Floors should be preferably reinforced by using new or reused wood. Fundamental requirements to meet in the choice of the wood for reinforcement are:

- a) adequate mechanical properties, in the short and the long term;
- b) durability to deteriorating agents;
- c) technological compatibility with the existing members (joints, fixings, etc.);
- d) performance in presence of fire according to the standards;
- e) "cultural" and aesthetic compatibility;
- f) acceptable conditions of provision;
- g) possibility of transport and setting in use;
- h) adaptability of the new material to the environment;

For these kinds of work it is necessary to avoid the following risk factors:

- bio-deterioration of the wood in storage and in use;
- excessive plastic deformations (creep);
- opening of shrinkage fissures due to anisotropy;
- dimensional changes and deformations.

With relation to these factors it is advised:

- to avoid stiffening the structural joints, unless proved necessary by calculation of the whole structure;
- to take into account that shrinkage and swelling may vary over the years, even after the initial seasoning;
- to save the original flexibility of the joints, in order to allow deformations of the wood due to changes of the environmental conditions;
- to create, when possible, the ductile joint.

### 5.2.8 Technical characteristics of intervention

The interventions suggested below are intended to respect the original structural concept by using appropriate materials and techniques.

#### 5.2.8.1 Intervention from the upper side of the floor is carried out when it is possible to dismantle the flooring.

It is preferable to reinforce the floor in its original thickness (to avoid increasing it), for example by cutting the secondary beam ends and adding 'upper beams' made of plywood, steel, reinforced concrete, etc. on the main beams. The insertion of the reinforcements into slots in the beams is no longer practised. It is important to connect the reinforcement members with the original structure, by means of steel connectors and glues. If the original beam to be reinforced is slightly pushed upwards before connecting or gluing the additional member, a useful pre-stressing action can be achieved.

5.2.8.2 Intervention from the underside can be carried out, if it is not aesthetically disturbed, by additional supports: underbeams, struts, etc. The modification of the support constraints can reduce the bending; this kind of work must be carefully carried out, because it might reverse the stress distribution in the beam-ends.

However, the addition of supports does not increase the stiffness of the floor, which can be achieved by creating a layer of reinforced concrete connected with the beams.

#### 5.2.8.3 Intervention on trusses, roof structures, frames, etc.

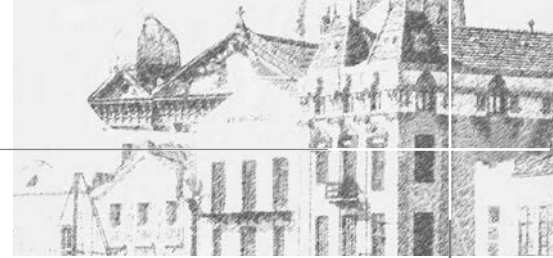
The restoration of these kinds of roof structures can be carried out by strengthening the individual timbers and therefore upgrading the structural performance of the whole, with respect for the original concept of performance, and in particular for the symmetry of form and load, ductility or stiffness of the joints. Deformations, which are harmful for the stability, should be eliminated.

The connections between the roof structure and the roof boarding (when existing) should be checked and improved. Bracing on the pitches, in wood (this material is preferred because resistant to compression), steel, plastic, etc. are required.

In the event of deformed and twisted members, new elements may be added to reinforce the structure. It is not advisable and convenient to dismantle and rebuild the structure. On the other hand, the horizontal displacement and out of plumb of trusses can be a serious problem and requires the recovering of the regular position.

### **Acknowledgement**

This study refers also to the results of the research "Ancient Timber Structures: Evaluation of the Loadbearing Capacity, Constructive Technologies, Intervention Techniques" (U. O. Co-ordinator: C. Bertolini, in a special project CNR-Cultural Heritage, 1996-2001) and mainly to the Culture 2000 Project "Wooden Handwork / Wooden carpentry: European Restoration Sites".



## Παρακολούθησαν το σεμινάριο οι παρακάτω:

Αναγνωστοπούλου Χριστίνα - Αρχιτέκτων Μηχανικός, Δημόσιος Υπάλληλος • Αναγνώστου Σ. - Υποψ. Διδ.Τμήματος Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Αντωνίου Β. - Εργολάβος • Αντωνίου Σ. - Φοιτητής, Παν.Αιγαίου • Αποστόλου Έκτωρ - Αρχιτέκτων Μηχανικός • Αργεντέλλης Μ. - Πολιτικός Μηχανικός • Αρχοντάκης Κώστας - Πολιτικός Μηχανικός • Βαδολάς Ν. - Φοιτητής, Παν.Αιγαίου • Βασιλέλλη Π. - Αρχιτέκτων • Βερούτης Κων/νος - Συντηρητής Έργων Τέχνης • Βιντζηλαίου Ελισάβετ - Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ε.Μ.Π. • Βλησιδής Στυλιανός - Ταμείο Διαχείρισης Μεσαιωνικής Ρόδου • Βουνάτσος Δ. - Νομάρχης • Βουνάτσου Β. - Φοιτήτρια Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Βουτσάς Τ. - Φοιτητής Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Γαρίτσης Κων/νος - Αρχαιολόγος • Γιανναδή Α. - Φοιτήτρια Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Γιαννακαρά Σ. - Φοιτήτρια Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Γιαννακοπούλου Αλίκη - Φοιτήτρια, Παν.Αιγαίου • Γιαννής Α. - Φοιτητής, Παν.Αιγαίου • Γιαννής Π. - Πολιτικός Μηχανικός • Γκουδή Νίκη - Φοιτήτρια, Παν.Αιγαίου • Δαλδούρας Σ. - Δ/ντής ΠΕ.ΧΩ. Β.Αιγαίου • Δανδουλάκη Μιράντα - Πολιτικός Μηχ.-Περιφ., Αν/τρια Δ/ντρια ΕΚΠΠΣ • Δεβεράκης Χ. - Φοιτητής Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Δελλαδέτομας Παύλος - Επίκ. Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Ευστρατίου Α. - Διδ. Τμήμα Επιστήμης της Θάλασσας, Παν.Αιγαίου • Εφεσίου Ειρήνη - Επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π. • Ζαμτράκης Π. - Φοιτητής • Ζούρος Ν. - Δ/ντής Μουσείου Φυσικής Ιστορίας, Ζώη Βασιλική - Πολιτικός Μηχανικός, ΕΚΠΠΣ, Θεάκου Ε., - Φοιτήτρια Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Καλαμποκίδης Κ. - Επίκ. Καθ.Γεωγραφίας • Καλάργαλης Α. - Εκπαιδευτικός • Καλογεράς Νικόλαος - Ομότιμος Καθηγητής Ε.Μ.Π. • Καμπούρογλου Άννα - Φοιτήτρια, Παν.Αιγαίου • Καρακασιδής Α. - Φοιτητής Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Καρατζάς Ι. - Τμ/χης Περιβάλλοντος- Χωροταξίας • Καρδακάρης Σ. - Δημ.Υπάλληλος • Καρύδης Νίκος - Φοιτητής Αρχιτεκτονικής Ε.Μ.Π. • Κασέρης Π. - Φοιτητής Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Κατωτριάτου Ε. - Γεωλόγος • Κίκου Γεωργία - Φοιτήτρια Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Κοζιάκης Νίκος - Φοιτητής Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Κοροστίζης Γ. - Αρχιτέκτων, Αξιοματικός Πυροσβεστικού Σώματος • Κουκούλας Παναγιώτης - Εκπαιδευτικός • Κουρμπανιάν Β. - Φοιτήτρια Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Κουρσακλής Σ. - Φοιτητής Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Κουτεντάκη Μ. - Φοιτήτρια Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Κουτσογιάννη Μ. - Φοιτήτρια Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Λαλιώτης Ε., - Φοιτητής Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Λαμπρόπουλος Χ., - Φοιτητής Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Λούπου Χ. - Αρχαιολόγος • Μ.Ταπανλή-Δανιά - Αρχιτέκτων Μηχανικός • Μακαριτζής Απόστολος - Φοιτητής, Παν.Αιγαίου • Μαμάσης Δ. - Φοιτητής, Παν.Αιγαίου • Μαυραγάνης Α. - Φοιτητής, Παν.Αιγαίου • Μελιδόνη Μ. - Φοιτήτρια Γεωγραφίας • Μηλιώτη Α. - Αρχιτέκτων Μηχανικός, Μεταπτ. Φοιτ. Ε.Μ.Π. • Μιλτιάδου Νίκη - Δρ.Πολιτικός Μηχανικός, ΔΑΒΜ, Υπ.Πο. • Μόμτσιου Κ. - Αρχιτέκτων Μηχανικός, ΔΕΠΙΟΣ • Μουτζούρης Απόστολος - Συντηρητής • Νύκτας Νικόλαος - Αντιδήμαρχος, Δήμος Ομήρου-Πόλης Χίου • Novak Irwin - Καθηγητής • Μωραϊτης Ραφαήλ - Αρχιτέκτων Μηχανικός • Ουζούνη Όλγα - Φοιτήτρια Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Παπαγεωργίου Μ. - Αρχαιολόγος • Παπαδόπουλος Γ. - Ιδιοκτήτης ΤΥΑ • Παπανικολάου Δημήτριος - Καθ.Ε.Κ.Παν.Αθηνών, Γ.Γ.Πολιτικής Προστασίας • Παπανικολάου Μαρία - Φοιτήτρια, Παν.Αιγαίου • Παπαντώνης Ε., - Φοιτητής Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Παπαπάσχου Π. - Φοιτήτρια Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Πίτσιου Δ. - Συντηρήτρια Αρχαιοτήτων • Πιττός Π. - Πολιτικός Μηχανικός • Σπυριδάκης Μ. - Φοιτητής, Παν.Αιγαίου • Σταθόπουλος Χ. - Φοιτητής Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Σταμίρη Κων/να - Φοιτήτρια Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Σταμούλας Α. - Πολιτικός Μηχανικός, Διοικούσα Επιτροπή ΤΕΕ • Τάταρης Γ. - Τεχν.Πολιτικός Μηχανικός • Τεντόμας Βασίλης - Πολιτικός Μηχανικός • Τερκενλή Θ. - Επ. Καθηγήτρια Τμ.Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Τζήμας Γ. - Φοιτητής Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Τουλιάτος Παναγιώτης - Αν.Καθ.Τμήματος Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π. • Τριανταφύλλου Δ. - Μηχανικός, Διοικούσα Επιτροπή ΤΕΕ • Τσακανίκα Ελευθερία - Πολιτικός Μηχανικός, ΕΜΥ-Ερευνήτρια Ε.Μ.Π. • Τσαρτσανίδου Ελένη - Αρχαιολόγος • Τσεκούρα Γ. - Αρχιτέκτων Μηχανικός, Μεταπτ. Φοιτήτρια Ε.Μ.Π. • Τσίγκρας Η. - Πολιτικός Μηχανικός • Τσιλιγιάννης Π. - Φοιτητής Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Φουντούλη Μ. - Αρχαιολόγος • Φράγκου Μ. - Αρχιτέκτων • Φραντζέσκος Στρατής - Αρχιτέκτων • Χαβιάρης Π. - Πολιτικός Μηχανικός • Χατζάκη Μαρίνα - Φοιτήτρια Γεωγραφίας, Παν.Αιγαίου • Χατζάκης Μ. - Φοιτητής • Χατζηαντωνίου Κώστας - Πολιτικός Μηχανικός, Μεταπτ. Φοιτητής Ε.Μ.Π. • Χατζηλιάς Χ. - Εκπαιδευτικός • Χρησιτιά Ε. - Φοιτήτρια, Παν.Αιγαίου • Χωραφά Έφη - Αρχιτέκτων Μηχανικός, Msc • Ahunbay Zeynep - Professor, Istanbul Technical University • Aksoy Dilek - PhD, Istanbul Technical University • Ahunbay Metin - PhD, Istanbul Technical University • Bertolini Clara - Professor, Polytecnico di Torino • Macchioni Nicola - PhD, Polytecnico di Torino • Pignatelli Olivia - PhD, Polytecnico di Torino • Marzi Tanja - Architect, Polytecnico di Torino • Carocci Caterina - Contract Professor, University of Syracuse • Terenzi Paola - Researcher, University of Syracuse • Scuderi Carlo - Student, University of Syracuse • Mangione Vincenzo - Student, University of Syracuse • Ceccoti Ario - Professor, University of Venice • Simoncelli Barbara - Architect, Researcher, University of Venice • Dal Piaz Marina - Architect, Researcher, University of Venice • Meier Claudio - PhD student, University of Venice • Gravela Marcella - PhD student, University of Venice • Goretti Agostino - Dr. Structural Engineer • Servizio Sismico Nazionale • Ferrigni Fabrizio - Centro Universitario Europeo • Uzielli Luca - Professor, University of Firenze • Wilquin H. - Professor, Polytechnical University of Mons • Fuccello Fabrizio - Architect, Cultural Heritage Expert

