

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
Χώρος, Σχεδιασμός & Δομημένο Περιβάλλον

Κατεύθυνση:

**Ολοκληρωμένη προστασία ιστορικού δομημένου περιβάλλοντος
με προηγμένες τεχνολογίες & υλικά**

Μεταπτυχιακή διατριβή:

ΔΟΜΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ
ΜΕ ΕΜΦΑΝΕΙΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΦΟΡΕΙΣ

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ & ΑΙΣΘΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Ευάγγελος Γ. Νιταδωράκης
Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ., MSc

Επιβλέπων:
Κλήμης Ασλανίδης
Επίκουρος Καθηγητής

Χανιά
Νοέμβριος 2019

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Δομικές ενισχύσεις μνημείων στην Ελλάδα με εμφανείς
μεταλλικούς φορείς.
Θεωρητικοί προβληματισμοί & αισθητικές επιπτώσεις

Ευάγγελος Γ. Νιταδωράκης
Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ., MSc

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Νικόλαος Σκουτέλης
Αναπληρωτής Καθηγητής

Επιβλέπων
Κλήμης Ασλανίδης
Επίκουρος Καθηγητής

Μαρία Σταυρουλάκη
Επίκουρη Καθηγήτρια

Χανιά, 6 Νοεμβρίου 2019

Πίνακας περιεχομένων

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	I
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	V
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	VIII
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	IX
ABSTRACT	XI
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ & ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ	XIII
1. Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	1
1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Τα κράματα σιδήρου και άλλων μετάλλων	4
1.3 Η χρήση του σιδήρου στις κατασκευές	7
1.4 Από τους εμπειρικούς κατασκευαστικούς κανόνες στις σύγχρονες μεθόδους προσομοίωσης και ανάλυσης	10
1.5 Η ανάλυση των μνημειακών κατασκευών από τοιχοποιία σήμερα	14
1.5.1 Οι μέθοδοι ανάλυσης	14
1.5.2 Οι μέθοδοι προσομοίωσης	15
1.5.3 Μια περίπτωση μελέτης: η ανάλυση του Καθολικού της Ι.Μ. Δαφνίου	18
1.6 Η χρήση εμφανών μεταλλικών ενισχύσεων στην Ελλάδα κατά τον 19ο και 20ο αιώνα	23
1.6.1 Περίοδος 1834-1885	23
1.6.2 Περίοδος 1885-1922	27
1.6.3 Περίοδος 1922-1939	28
1.6.4 Περίοδος 1939-1967	29
1.6.5 Περίοδος 1967-σήμερα	29
2. ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ & ΟΙ ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΟΥΣ	31
2.1 Εισαγωγή	31
2.2 Η απόκριση κτηριακών κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία	32
2.2.1 Αντοχή τοιχοποιίας	32
2.2.2 Μορφές αστοχίας	34
2.2.3 Διαφραγματική λειτουργία	35
2.2.4 Η απόκριση μνημειακών κατασκευών	36
2.3 Ελκυστήρες-θλιπτήρες	38
2.3.1 Εισαγωγή	38

2.3.2	Υλικό κατασκευής και σχεδιασμός	40
2.3.3	Τυπικά κατασκευαστικά στοιχεία	41
2.3.4	Κλειδιά αγκύρωσης	42
2.3.5	Εξέλιξη	44
2.4	Περιδέσεις	45
2.5	Πλαίσια	46
2.6	Διαζώματα	47
2.7	Άλλες διατάξεις ενίσχυσης	48
3.	ΑΙΣΘΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΕΜΦΑΝΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	49
3.1	Εισαγωγή	49
3.2	Περί επεμβάσεων αποκατάστασης και ενίσχυσης	49
3.3	Ιστορική εξέλιξη των επεμβάσεων σε μνημεία	50
3.4	Το σύγχρονο πλαίσιο και οι αρχές προστασίας των μνημείων	52
3.5	Οι αρχές της αναστρεψιμότητας, της επαναληψιμότητας και της συμβατότητας	54
3.6	Περί αυθεντικότητας	55
3.7	Μνημεία και σεισμός	57
3.8	Το σύγχρονο ελληνικό κανονιστικό πλαίσιο των μελετών	58
3.9	Αισθητικές επιπτώσεις & προβληματισμοί	59
3.10	Μεταξύ εγκατάλειψης και ανάδειξης	60
3.11	Λήψη αποφάσεων για την ενίσχυση μνημείων	63
4.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	67
5.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	69
	Κατάλογος μνημείων	70
1.	Ι.Ν. Παναγίας Οδηγήτριας, Κριτσά	76
2.	Καθεδρικός ναός Εισοδίων της Θεοτόκου («Τριμάρτυρη»), Χανιά	77
3.	Καθολικό της Ι.Μ. Αγίου Γεωργίου Επανωσήφη, Ηράκλειο	78
4.	Γενί Τζαμί, Μυτιλήνη	79
5.	Ι.Ν. Αγίων Αποστόλων, Μυτιλήνη	80
6.	Ι.Ν. Αγίου Αθανασίου, Μυτιλήνη	81
7.	Καθολικό της Ι.Μ. Αρχαγγέλου Μιχαήλ (Ταξιάρχης Μανταμάδος), Μανταμάδος, Λέσβος	82
8.	Καθεδρικός ναός των Καθολικών, Ερμούπολη, Σύρος	83
9.	Ι.Ν. Μεταμόρφωσης του Σωτήρος, Ερμούπολη, Σύρος	84
10.	Κωδωνοστάσιο Ι.Ν. Ελκομένου Χριστού, Μονεμβασιά	85
11.	Κωδωνοστάσιο Ι.Ν. Υπαπαντής, Υδρα	86

12.	Ι.Ν. Ευαγγελισμού της Θεοτόκου, Τήνος	87
13.	Ροτόντα, Θεσσαλονίκη	88
14.	Ι.Ν. Παναγίας Αχειροποίησητου, Θεσσαλονίκη	89
15.	Βυζαντινό λουτρό, Θεσσαλονίκη	90
16.	Καθολικό της Ι.Μ. Δαφνίου, Αττική	91
17.	Καθολικό της Ι.Μ. Αγίου Αθανασίου, Φίλια Αχαΐας	92
18.	Καστρομονάστηρο Αγίου Διονυσίου, Νήσοι Στροφάδες	93
19.	Καθεδρικός ναός Αθηνών, Αθήνα	94
20.	Φετχιγιέ Τζαμί, Αθήνα	95
21.	Πύλη Βευιέ Αθηναϊκής Ακρόπολης	96
22.	Ι.Ν. Αγίου Πέτρου των Δομνικανών, Ηράκλειο	97
23.	Πύλη Παντοκράτορα των ενετικών τειχών Ηρακλείου, Ηράκλειο	98
24.	Ι.Μ. Μεταμόρφωσης του Σωτήρος («Φωτοδότη Χριστού»), Νάξος	99
25.	Ι.Ν Παναγιάς «Κρήνας», Χίος	100
26.	Ι.Ν. Αγίου Ιωάννη Ελεήμονα Λυγουριίου, Αργολίδα	101
27.	Καθολικό της Ι.Μ. Μεταμόρφωσης του Σωτήρος Σαγματά, Ύπατο Βοιωτίας	102
28.	Καθολικό Ι.Μ. Οσίου Λουκά, Στείρι Βοιωτίας	103
29.	Ι.Ν. Παναγίας στην Ι.Μ.Οσίου Λουκά, Στείρι Βοιωτίας	104
30.	Κωδωνοστάσιο καθεδρικού ναού Κοιμήσεως της Θεοτόκου, Ύδρα	105
31.	Ι.Ν. Σωτήρος, Αλεποχώρι Μεγαρίδος	106
32.	Ρετζέπ Πασά Τζαμί, Ρόδος	107
33.	Ι.Ν. Μεταμόρφωσης του Σωτήρος, Άμφισσα	108
34.	Ι.Ν. Κοίμησης της Θεοτόκου («Πρωτάτο»), Καρυές Αγίου Ορους	109
35.	Φιάλη Ι.Μ.Μεγίστης Λαύρας, Άγιον Όρος	110
36.	Ι.Ν. Αγίου Πέτρου, Καστάνια, Μεσσηνιακή Μάνη	111
37.	Ι.Ν. Άι Στράτηγου, Καστάνια, Μεσσηνιακή Μάνη	112
38.	Ι.Ν. Αγίου Νικολάου, Οχιά, Λακωνική Μάνη	113
39.	Ι.Ν. Παναγίας Παντάνασσας, Γερουμάνια	114
40.	Ι.Ν. Παναγίας Μυρτιδιώτισσας, Μονεμβασία	115
41.	Κελιά Ι.Μ. Μεταμορφώσεως του Σωτήρος («Ανδρομονάστηρο») Πετράλωνα	116
42.	Ι.Ν. Μεταμορφώσεως του Σωτήρος Νομισί, Μεσσηνιακή Μάνη	117
43.	Ι.Ν. Αγίας Σοφίας, Μυστράς	118
44.	Καθολικό Ι.Μ. Παναγίας Παντάνασσας, Μυστράς	119
45.	Ι.Ν. Μεταμορφώσεως του Σωτήρος, Μεσοχώρι Βοιών	120
46.	Καθολικό της Ι.Μ. Παναγίας Παλιανής, Βενεράτο	121
47.	Ι.Ν. Κοιμήσεως της Θεοτόκου («Παλαιά Επισκοπή»), Τεγέα	122
48.	Καθεδρικός ναός της Αρχιεπισκοπής Κρήτης, (Ι.Ν. Αγίου Τίτου), Ηράκλειο	123
49.	Καθολικό της Ι.Μ. Δολιανών, Πίνδος	124
50.	Ι.Ν. Αγίου Μηνά, Θεσσαλονίκη	125
51.	Καθολικό Ι.Μ. Μουνδών, Χίος	126
52.	Ι.Ν. Εισοδίων της Θεοτόκου («Παναγία Κουμπελίνα»), Χουμεριάκο	127
53.	Ι.Ν. Αγίου Δημητρίου, Άγιος Δημήτριος, Ρέθυμνο	128
54.	Ι.Ν. Αγίου Γεωργίου στον οικισμό Σμάρι, Ηράκλειο	129
55.	Ι.Ν. Αγίας Παρασκευής στον οικισμό Άγιος Μύρων Ηρακλείου	130
56.	Ενετικά τείχη Χανίων	131
	ΒΑΣΙΚΗ ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ	132
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	133

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.1: Σχήματα οριζόντιων συνδέσμων (Ορλάνδος, 1994).	1
Εικόνα 1.2: Σιδηρές δοκοί στήριξης των εναετίων αγαλμάτων του Παρθενώνα (Ορλάνδος, 1994).	2
Εικόνα 1.3: Σύστημα γόμφωσης της ΒΔ γωνίας του σηκού του Παρθενώνα (τα βέλη δείχνουν τη φορά τοποθέτησης των λίθων) και συνήθη σχήματα γόμφων (Ορλάνδος, 1994).	3
Εικόνα 1.4: Παράδειγμα συνδέσμου της επέμβασης του Νικ. Μπαλάνου το 1898-1902 στην Ακρόπολη (Μαλλούχου-Tufano, 1998).	3
Εικόνα 1.5: Περίδεση κίονα με δακτύλιο από τιτάνιο σε αρχαιοελληνικό ναό της Σικελίας (Fabbrocino, Iervolino, & Manfredi, 2006).	5
Εικόνα 1.6: Ο ναός του San Giorgio στο Trignano της Ιταλίας όπου έγινε εφαρμογή συστήματος SMA με ελκυστήρες (Indirli, Castellano, Clemente, & Martelli, 2001).	6
Εικόνα 1.7: Σχέδια για τη χρήση σφυρήλατου σιδήρου στο Λούβρο το 1665 (Frampton, 1995).	8
Εικόνα 1.8: Τμήματα λίθου από την Αγορά του Τραϊανού με εγκοπές για την πιθανή αγκύρωση μεταλλικών ελκυστήρων (Lancaster, 2005).	9
Εικόνα 1.9: Αναπαράσταση μιας στοάς από τα Λουτρά του Διοκλητιανού όπου επισημαίνονται η θέση του ελκυστήρα και των λίθων αγκύρωσής του (Lancaster, 2005).	9
Εικόνα 1.10: Οι θέσεις ελκυστήρων από σφυρήλατο σίδηρο στην Αγία Σοφία Κωνσταντινουπόλεως (Wright, 2005).	9
Εικόνα 1.11: Γεωμετρικές αναλογίες μεταξύ του Πανθέου και του Μουσουλίου του Ρωμύλου (Como, 2017).	10
Εικόνα 1.12: Αναπαράσταση εμπειρικού κανόνα διαστασιολόγησης πυλώνων ενός ημικυκλικού και ενός οξυκόρυφου τόξου (Cacace & De Matteis, 2018).	11
Εικόνα 1.13: Σχέδια βασισμένα στη μελέτη του Milizia για την ώθηση που προκαλείται από τα τόξα (Cacace & De Matteis, 2018).	11
Εικόνα 1.14: Το εσωτερικό του αναγνωστηρίου της Bibliothèque Nationale στο Παρίσι (Wikipedia, Renovation of Bibliothèque Nationale de France, 2019).	13
Εικόνα 1.15: Το εσωτερικό της Galerie des Machines το 1889 (Wikipedia, Galerie des machines, 2019).	13
Εικόνα 1.16: Βήματα προσομοίωσης ενός τοίχου από αριστερά προς τα δεξιά: από τον ορισμό υπέρθυρων, πεσσών, κόμβων στο ισοδύναμο πλαίσιο (Lagomarsino, Penna, Galasco, & Cattari, 2013)	16
Εικόνα 1.17: Σύγκριση ανάμεσα στην πραγματική κατανομή βλαβών (αριστερά), την κατανομή μέσω προσομοίωσης με τη μέθοδο του ισοδύναμου πλαισίου (κέντρο) και τις κύριες ανελαστικές παραμορφώσεις που προέκυψαν από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία (δεξιά) (Lagomarsino, Penna, Galasco, & Cattari, 2013).	16
Εικόνα 1.18: Εφαρμογή της μεθόδου των μακροστοιχείων και της κινηματικής ανάλυσης του Ι.Ν. Αγ. Δημητρίου στη Λήμνο (Spyrakos, 2018).	17
Εικόνα 1.19: Η βορειοδυτική άποψη του Καθολικού μετά τις εργασίες αποκατάστασης (προσωπικό αρχείο) και η κάτοψη του (Miltiadou-Feranz, et al., 2018).	18
Εικόνα 1.20: Παθολογία του Καθολικού της Ι.Μ. Δαφνίου από τομή στο άξονα Ανατολής-Δύσης (Miltiadou-Feranz, et al., 2018).	19
Εικόνα 1.21: Προσομοιώματα πεπερασμένων στοιχείων του φορέα πριν (α) και μετά (β) τις προτεινόμενες επεμβάσεις, αλλά και του τρούλου με το τύμπανο του (Miltiadou-Feranz, et al., 2018).	19
Εικόνα 1.22: σύγκριση μεταξύ των παρατηρούμενων ρηγματώσεων στο τύμπανο του τρούλου πριν από τις επεμβάσεις και τις αναπτυσσόμενες κύριες εφελκυστικές τάσεις από την ανάλυση (Miltiadou-Feranz, et al., 2016).	20
Εικόνα 1.23: Βοηθητικό προσομοίωμα για την διαστασιολόγηση των πλακών αγκύρωσης των ελκυστήρων (αριστερά) και αναπαράσταση όλων των επεμβάσεων ενίσχυσης (δεξιά) (Miltiadou-Feranz, et al., 2018).	21
Εικόνα 1.24: Οι μέγιστες κύριες τάσεις που αναπτύσσονται στον εξωνάρθηκα απουσία (αριστερά) και παρουσία (δεξιά) διαφράγματος (Miltiadou-Feranz, et al., 2018).	21
Εικόνα 1.25: Οι μέγιστες κύριες εφελκυστικές τάσεις πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) τις επεμβάσεις (Miltiadou-Feranz, et al., 2018).	22

Εικόνα 1.26: Η οπτοπλινθοδομή στο εσωτερικό του βόρειου τοίχου του Παρθενώνα κατά το 1872 (Μαλλούχου-Tufano, 1998).	24
Εικόνα 1.27: Οι επιμήκεις σύνδεσμοι σχήματος Π, μαζί με μεταγενέστερες (κάτω) εντορμίες συνδέσμων σχήματος διπλού T (επέμβαση Ν.Μπαλάνου) αλλά και εντορμίες αρχαίων συνδέσμων (άνω) στον βόρειο τοίχο του Ερέχθειου (Μαλλούχου-Tufano, 1998).	24
Εικόνα 1.28: Η Βιβλιοθήκη του Αδριανού μετά από τις περιδέσεις του τέταρτου κίονα της βόρειας πτέρυγας της πρόσοψης που έγιναν το 1864. Άποψη από ΝΔ (Μαλλούχου-Tufano, 1998).	25
Εικόνα 1.29: Ο ναός της Αφαίας το 1873 μετά την περίδεση των κιόνων. Άποψη από δυτικά (Μαλλούχου-Tufano, 1998).	25
Εικόνα 1.30: Ο ναός του Επικουρίου Απόλλωνα το 1891 μετά την περίδεση των κιόνων του το 1880. Άποψη από ΝΔ (Μαλλούχου-Tufano, 1998).	26
Εικόνα 1.31: Ο ναός του Σουνίου έπειτα από τις επεμβάσεις στερέωσης του 1880. Άποψη από ΒΔ. (Μαλλούχου-Tufano, 1998).	26
Εικόνα 1.32: Τα κλειδιά των ελκυστήρων στον νάρθηκα του Καθολικού της μονής Δαφνίου που τοποθετήθηκαν το 1893 (Χλέπα, 2011).	27
Εικόνα 1.33: Η ανατολική άποψη της δυτικής θύρας του Οπισθονάου του Παρθενώνα μετά την επέμβαση Μπαλάνου το 1926 (Μπαλάνος, 1940).	28
Εικόνα 1.34: το εσωτερικό της Παναγίας Παρηγορίτισσας στην Άρτα μετά την επέμβαση του Ορλάνδου τη δεκαετία του 1960 (Παπασταματίου, 2009).	29
Εικόνα 2.1: Μηχανικές ιδιότητες των κυριότερων δομικών υλικών ιστορικών κατασκευών (Feilden, 2008).	31
Εικόνα 2.2: Συγκριτικός πίνακας του βάρους (Α), της θλιπτικής (Β), εφελκυστικής (C) και διατμητικής (D) αντοχής και των μεταξύ τους λόγων για βασικά δομικά υλικά ως προς τις τιμές του ομόπλινθου (Wright, 2005).	32
Εικόνα 2.3: Αναπαράσταση τοιχοποιίας καλής ποιότητας με στρώσεις πλίνθων και διάτονους λίθους (Harries & Sharma, 2016).	33
Εικόνα 2.4: Τοιχοποιία με οριζόντια στρώματα πλίνθων στην Καλαβρία, Ιταλία (Harries & Sharma, 2016).	34
Εικόνα 2.5: Μορφές αστοχίας μεμονωμένου τοίχου (Καραντώνη, 2012).	34
Εικόνα 2.6: Τοπικοί μηχανισμοί αστοχίας κτηρίων που υπόκεινται σε οριζόντια φόρτιση (Harries & Sharma, 2016).	35
Εικόνα 2.7: Μορφές απόκρισης κατασκευής υπό σεισμική φόρτιση απουσία διαφραγματικής λειτουργίας (άνω σχήματα) και με διαφραγματική λειτουργία (κάτω σχήματα) (Στυλιανίδης & Ιγνατάκης, 2011).	35
Εικόνα 2.8: Παραδείγματα μηχανισμών αστοχίας από μετασεισμικές αυτοψίες (Malena, et al., 2019).	37
Εικόνα 2.9: Ενίσχυση με ελκυστήρες των λυγερών αντηρίδων του καθεδρικού της Beauvais στη βόρεια Γαλλία, λόγω ανεμοπιέσεων (Architecturefarm, 2014).	38
Εικόνα 2.10: Το καθολικό της Ι.Μ. Αστερίου μετά τις επεμβάσεις του Ορλάνδου (άνω αριστερά), πριν την επανατοποθέτηση ξύλινων θλιπτήρων (άνω δεξιά) και σήμερα μετά την επανατοποθέτησή τους (κάτω) (Δρίβα-Δεληνικόλα, 2014) (http://www.byzantineathens.com/ , 2019).	39
Εικόνα 2.11: Συνηθέστεροι τύποι σύνδεσης των ράβδων ελκυστήρων μεταξύ τους (Portland Bolt, 2019).	40
Εικόνα 2.12: Διάτρηση τοιχοποιίας με δράπανο χειρός και χρήση κεφαλών από διαμάντια.	41
Εικόνα 2.13: Τετραγωνικές πλάκες αγκύρωσης ελκυστήρων με νευρώσεις (Κουφόπουλος, 2014).	42
Εικόνα 2.14: Συνηθέστερες διατάξεις αγκύρωσης των άκρων των ελκυστήρων (Ural, Firat, Tugrulelci, & Kara, 2016).	42
Εικόνα 2.15: Λεπτομέρεια αγκύρωσης του μεταλλικού συστήματος ενίσχυσης του προστώου του οθωμανικού τεμένους Ρετζέπ Πασά στην μεσαιωνική πόλη της Ρόδου κατά την διάρκεια των πρόσφατων εργασιών αποκατάστασης (Μανούσου-Ντέλλα & Ντέλλας, 2017).	43
Εικόνα 2.16: Κλειδιά αγκύρωσης.	44
Εικόνα 2.17: Σύγχρονες αγκυρώσεις ελκυστήρων με πλάκες αγκύρωσης κυκλικού και τετράγωνου σχήματος με νευρώσεις (Κουφόπουλος, 2014).	44
Εικόνα 2.18: Ενσωμάτωση της πλάκας αγκύρωσης του ελκυστήρα στην εξωτερική παρειά της λιθοδομής του Ι.Ν. Σωτήρος στο Αλεποχώρι Μεγαρίδος (Κουφόπουλος, 2014).	44
Εικόνα 2.19: Περίδεση πεσσών του καθολικού της Ι.Μ. Δαφνίου με μεταλλικό κλωβό (προσωπικό αρχείο) και τριπλή περίσφιξη κίονα στο Καθολικό της Ι.Μ. Οσίου Λουκά στην Βοιωτία (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).	45
Εικόνα 2.20: Νέος πλαισιακός δομικός φορέας στην Πύλη Παντοκράτορα στο Ηράκλειο (προσωπικό αρχείο).	46

Εικόνα 2.21: Διαζώματα από χάλυβα στην Ι.Μ. Φωτοδότη Χριστού στη Νάξο (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).	47
Εικόνα 2.22: Ενίσχυση της ξύλινης στέγης στον Ι.Ν. Αγ. Πέτρου των Δομινικανών στο Ηράκλειο (προσωπικό αρχείο).	48
Εικόνα 2.23: Συνδετήριοι σύνδεσμοι σε βάθρο επιτύμβιας στήλης από τον Κεραμεικό της Αθήνας (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).	48
Εικόνα 2.24: Σύστημα μεταλλικών αντηρίδων στο Tokat Deveci Inn, στην Τοκάτη του Πόντου (Sözen & Çavuş, 2019).	48
Εικόνα 3.1: Ο δυτικός τοίχος του σηκού του Παρθενώνα μετά την επέμβαση του Μπαλάνου το 1926 (αρχείο ΥΣΜΑ).	55
Εικόνα 3.2: Εσωτερική άποψη του δυτικού τοίχου του σηκού του Παρθενώνα και της θύρας του, τον Δεκέμβριο του 2018, όπου στο υπέρθυρο διακρίνεται η δοκός εμφανούς οπλισμένου σκυροδέματος της επέμβασης Μπαλάνου (προσωπικό αρχείο).	55
Εικόνα 3.3: Το κωδωνοστάσιο του καθεδρικού της Ραβία πριν και μετά την ξαφνική κατάρρευσή του το 1989 (Miccoli & Abruzzese, 2009).	57
Εικόνα 3.4: Μεταλλικές ενισχύσεις στο εσωτερικό του καθολικού της Ι.Μ. Δαφνίου (προσωπικό αρχείο).	60
Εικόνα 5.1: Ο Ι.Ν. Παναγίας Οδηγήτριας στη Κριτσά Λασιθίου (προσωπικό αρχείο).	76
Εικόνα 5.2: Ο Καθεδρικός ναός των Χανίων (προσωπικό αρχείο).	77
Εικόνα 5.3: Το καθολικό της Ι.Μ. Αγίου Γεωργίου Επανωσήφη, εκτός του Ηρακλείου.	78
Εικόνα 5.4: Το Γενί Τζαμί στη Μυτιλήνη (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).	79
Εικόνα 5.5: Ο Ι.Ν. των Αγίων Αποστόλων στη Μυτιλήνη (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).	80
Εικόνα 5.6: Ο μητροπολιτικός ναός του Αγ. Αθανασίου στη Μυτιλήνη (Τσιτιμάκη, 2006).	81
Εικόνα 5.7: Το καθολικό της Ι.Μ Αρχαγγέλου Μιχαήλ στον Μανταμάδο (Ταξιάρχης Μανταμάδου, 2019).	82
Εικόνα 5.8: Το εσωτερικό του καθολικού της Ι.Μ Αρχαγγέλου Μιχαήλ στον Μανταμάδο (Τσιτιμάκη, 2006).	82
Εικόνα 5.9: Ο Ι.Ν. Αγίου Γεωργίου στην Άνω Σύρο (διαδίκτυο & αρχείο Κλ. Ασλανίδη).	83
Εικόνα 5.10: Ο Ι.Ν. Μεταμόρφωσης του Σωτήρος στην Ερμούπολη της Σύρου (διαδίκτυο & αρχείο Κλ. Ασλανίδη).	84
Εικόνα 5.11: Το κωδωνοστάσιο Ι.Ν. Ελκομένου Χριστού στη Μονεμβασιά.	85
Εικόνα 5.12: Λεπτομέρεια της δυτικής άποψης του κωδωνοστασίου του Ι.Ν. Υπαπαντής στην Ύδρα (Φινέ, 1979).	86
Εικόνα 5.13: Ο Ι.Ν. Ευαγγελισμού της Θεοτόκου στην Τήνο.	87
Εικόνα 5.14: Ο μιναρές της Ροτόντας (Ιγνατάκης, 2014) και το εσωτερικό της Ροτόντας στη Θεσσαλονίκη (προσωπικό αρχείο).	88
Εικόνα 5.15: Ο Ι.Ν. Παναγίας Αχειροποιήτου στη Θεσσαλονίκη (Ράπτης, 2016) και αρχείο Ελ. Μπακατσέλου).	89
Εικόνα 5.16: Το Βυζαντινό λουτρό στη Θεσσαλονίκη (Ρεβυθιάδου & Ράπτης, 2014).	90
Εικόνα 5.17: Το καθολικό της Ι.Μ. Δαφνίου (προσωπικό αρχείο).	91
Εικόνα 5.18: Εξωτερική άποψη του καθολικού της Ι.Μ. Αγίου Αθανασίου στα Φίλια Αχαΐας.	92
Εικόνα 5.19: Απόψεις του εσωτερικού του καθολικού της Ι.Μ. Αγίου Αθανασίου στα Φίλια Αχαΐας μετά τις πρόσφατες επεμβάσεις (Κουμάντος, 2018).	92
Εικόνα 5.20: Το καστρομονάστηρο του Αγίου Διονυσίου στις Στροφάδες νήσους πριν το σεισμό του 2018 (φωτογραφίες Robert McGable και www.GoZakynthos.gr).	93
Εικόνα 5.21: Ο Καθεδρικός ναός Αθηνών μετά τις πρόσφατες εργασίες αποκατάστασης. (Ασλανίδης Κ., 2019).	94
Εικόνα 5.22: Το Φετχιγιέ Τζαμί στην Αθήνα (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).	95
Εικόνα 5.23: Η πύλη Βευιέ στην Ακρόπολη των Αθηνών (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).	96
Εικόνα 5.24: Ο Ι.Ν. Αγίου Πέτρου των Δομινικανών στο Ηράκλειο (προσωπικό αρχείο).	97
Εικόνα 5.25: Η πύλη Παντοκράτορα των ενετικών τειχών του Ηρακλείου (προσωπικό αρχείο).	98
Εικόνα 5.26: Ο Ι.Ν. του Φωτοδότη Χριστού στη Νάξο (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).	99
Εικόνα 5.27: Ο Ι.Ν. Παναγίας Κρήνας στη Χίο.	100
Εικόνα 5.28: Ο Ι.Ν. Αγίου Ιωάννη Ελεήμονα στο Λυγούριο Αργολίδας.	101
Εικόνα 5.29: Το Καθολικό της Ι.Μ. Μεταμόρφωσης του Σωτήρος Σαγματά στο Ύπατο Βοιωτίας (διαδίκτυο & αρχείο Κλ. Ασλανίδη).	102
Εικόνα 5.30: Το Καθολικό της Ι.Μ. Οσίου Λουκά στο Στείρι Βοιωτίας.	103
Εικόνα 5.31: Ο Ι.Ν. Παναγίας στην Ι.Μ. Οσίου Λουκά στο Στείρι Βοιωτίας (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).	104

Εικόνα 5.32: Το κωδωνοστάσιο του καθεδρικού ναού Κοιμήσεως της Θεοτόκου, Ύδρα (αρχείο κλ. Ασλανίδη).	105
Εικόνα 5.33: Εξωτερικές απόψεις του Ι.Ν. Σωτήρος στο Αλεποχώρι Μεγαρίδος (Μνημειοτεχνική ΕΠΕ).	106
Εικόνα 5.34: Εσωτερικές απόψεις του Ι.Ν. Σωτήρος στο Αλεποχώρι Μεγαρίδος (Φωτογραφικό αρχείο κ. Στ.Μαμαλούκου).	106
Εικόνα 5.35: Το Ρετζέπ Πασά Τζαμί στη Ρόδο (Μανούσου-Ντέλλα & Ντέλλας, 2017).	107
Εικόνα 5.36: Εξωτερική και εσωτερικές απόψεις του ναού μετά την αποκατάστασή του (διαδίκτυο & αρχείο κλ. Ασλανίδη).	108
Εικόνα 5.37: Το Πρωτάτο στις Καρυές του Αγίου Όρους.	109
Εικόνα 5.38: Η φιάλη της Ι.Μ. Μεγίστης Λαύρας (αρχείο κλ. Ασλανίδη).	110
Εικόνα 5.39: Ο Ι.Ν. Αγίου Πέτρου στη Καστάνια της Μεσσηνιακής Μάνης πριν και μετά τις εργασίες αποκατάστασης (European Heritage Awards / Europa Nostra Awards, 2019).	111
Εικόνα 5.40: Ο Ι.Ν. Άι Στράτηγου στην Καστάνια προ και μετά των εργασιών αποκατάστασης (Μηλίτση-Κεχαγιά & Κάππας, 2018).	112
Εικόνα 5.41: Ο Ι.Ν. Αγίου Νικολάου στην Οχιά Λακωνικής Μάνης (Πάντου & Ανδρουλιδάκη, 2014).	113
Εικόνα 5.42: Ο Ι.Ν. Παναγίας Παντάνασσας στη Γερουμάνα (διαδίκτυο & αρχείο κλ. Ασλανίδη).	114
Εικόνα 5.43: Απόψεις του Ι.Ν. Παναγίας Μυρτιδιώτισσας στη Μονεμβασία.	115
Εικόνα 5.44: Η Ι.Μ. Μεταμορφώσεως του Σωτήρος («Ανδρομονάστηρο») στα Πετράλωνα.	116
Εικόνα 5.45: Ο Ι.Ν. της Μεταμορφώσεως του Σωτήρος στο Νομιτσί της Μεσσηνιακής Μάνης.	117
Εικόνα 5.46: Ο Ι.Ν. Αγίας Σοφίας Μυστρά (Γαλανού, 2013-2014) (Αρχείο ΙΑΑ).	118
Εικόνα 5.47: Απόψεις του καθολικού Ι.Μ. Παναγίας Παντάνασσας στον Μυστρά.	119
Εικόνα 5.48: Ο Ι.Ν. Μεταμορφώσεως του Σωτήρος στο Μεσοχώρι Βοιών (Ασλανίδης Κ. , 2013).	120
Εικόνα 5.49: Το καθολικό της Ι.Μ. Παναγίας Παλιανής στο Βενεράτο (προσωπικό αρχείο).	121
Εικόνα 5.50: Ο Ι.Ν. Κοιμήσεως της Θεοτόκου («Παλαιά Επισκοπή») στην Τεγέα.	122
Εικόνα 5.51: Ο Ι.Ν. Αγίου Τίτου στο Ηράκλειο (προσωπικό αρχείο).	123
Εικόνα 5.52: Το Καθολικό της Ι.Μ. Δολιανών στη Πίνδο.	124
Εικόνα 5.53: Ο Ι.Ν. Αγίου Μηνά στη Θεσσαλονίκη (αρχείο Ελ. Μπακατσέλου).	125
Εικόνα 5.54: Το καθολικό της Ι.Μ. Μουνδών στη Χίο.	126
Εικόνα 5.55: Ι.Ν. Εισοδίων της Θεοτόκου στο Χουμεριάκο Λασιθίου.	127
Εικόνα 5.56: Ο Ι.Ν. Αγίου Δημητρίου στον Άγιο Δημήτριο Ρεθύμνου κατά την διάρκεια (κάτω δεξιά) και μετά την ολοκλήρωση των εργασιών αποκατάστασης. (Βασιλάκη & Πύρρου, 2015).	128
Εικόνα 5.57: «Προσωρινή» περίδεση του Ι.Ν. Αγίου Γεωργίου στο Σμάρι, από το 2013.	129
Εικόνα 5.58: Εγκατάσταση ελκυστήρων στον Ι.Ν. Αγίας Παρασκευής στον Αγ. Μύρωνα το 2007.	130
Εικόνα 5.59: Αποτελεσματική αντιστήριξη με τη χρήση μεταλλικών αντηρίδων στο ενετικό τείχος των Χανίων, το ενδιάμεσο τμήμα μεταξύ διαδοχικών αντηρίδων κατέρρευσε από έντονες βροχοπτώσεις το 2019 (αρχείο κλ. Ασλανίδη)	131

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1-1: Οι βασικότερες περίοδοι επεμβάσεων σε μνημεία στην Ελλάδα	30
Πίνακας 3-1: Υπολογισμός του συντελεστή αποδοτικότητας επεμβάσεων.	66
Πίνακας 5-1: Κατάλογος μνημείων με εμφανείς μεταλλικές ενισχύσεις που παρουσιάζονται στις επόμενες σελίδες.	71

Ευχαριστίες

Είθισται, (σπανίως αυθόρμητα) να αφιερώνεται μια σελίδα στην αρχή του κειμένου κάθε διατριβής στην οποία γράφονται ευχαριστίες προς την τριμελή επιτροπή και ιδιαίτερα τον επιβλέποντα, το προσωπικό της Βιβλιοθήκης, της Γραμματείας, τους γονείς, τους φίλους, τους συμφοιτητές και συμφοιτήτριες και να αποτυπώνεται κατά κάποιο τρόπο και μια συγκίνηση σχετικά με τις εμπειρίες που αποκτήθηκαν σε όλη την διάρκεια των σπουδών και η πρόβλεψη για μια νοσταλγία που θα υπάρχει όταν πια ολοκληρωθεί αυτός ο κύκλος στη ζωή κάθε φοιτητή.

Θα ήθελα να ξεφύγω από αυτήν την κοινοτυπία και να αποτυπώσω στις λίγες αυτές γραμμές αυτής της σελίδας με τον παραπλανητικό τίτλο «Ευχαριστίες», με ειλικρίνεια μερικές σκέψεις μου για τη διετία που υπήρξα μεταπτυχιακός φοιτητής στην Αρχιτεκτονική Σχολή.

Για την απόφασή μου να παρακολουθήσω και να ολοκληρώσω το μεταπτυχιακό πρόγραμμα για την «Ολοκληρωμένη προστασία ιστορικού δομημένου περιβάλλοντος με προηγμένες τεχνολογίες & υλικά» δεν έχω μετανοιώσει και μάλιστα, νομίζω ότι ήταν από τις καλύτερες αποφάσεις που πήρα τα τελευταία χρόνια. Εμαθα πολλά και χρήσιμα. Γνώρισα αξιόλογους ανθρώπους, αξιοποίησα ευκαιρίες που μου δόθηκαν και δημιούργησα νέες.

Όταν πρίν από μερικούς μήνες ξεκίνησα να ασχολούμαι με το θέμα της διατριβής δεν είχα άγχος ή αμφιβολία αν θα τα καταφέρω ή όχι. Ημουν ήδη κερδισμένος. Ημουν και τυχερός όμως γιατί ασχολήθηκα με ένα θέμα που κράτησε το ενδιαφέρον μου σε εγρήγορση. Δεν το είδα σαν μια τυπική υποχρέωση για την ολοκλήρωση του μεταπτυχιακού. Δεν βαρέθηκα, δεν δυσανασχέτησα, δεν ένιωσα κουρασμένος, παρά τις εκατοντάδες ώρες που αφιέρωσα. Σίγουρα το αποτέλεσμα θα μπορούσε να ήταν καλύτερο αν είχα περισσότερο χρόνο στη διάθεσή μου, όμως καθαρά προσωπικοί λόγοι δεν μου επιτρέπουν να συνεχίσω. Αλλωστε, το θέμα είναι πολύ ενδιαφέρον και πολύπλευρο για να εξαντηλθεί στις λιγοστές σελίδες αυτής της διατριβής και στον χρόνο που διαρκεί κανονικά το μεταπτυχιακό πρόγραμμα.

Τελικά, παρόλη την εισαγωγή που έκανα, μου είναι δύσκολο να μην ολοκληρώσω αυτή τη σύντομη αποτύπωση των σκέψεων μου δίχως να αναφερθώ στην ουσιαστική βοήθεια που είχα από τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ασλανίδη ο οποίος είχε την ιδέα του θέματος αλλά και την ώβεια υπομονή να ασχοληθεί τόσους μήνες με το θέμα. Τον ευχαριστώ για τις εύστοχες παρατηρήσεις και διορθώσεις του

(από ορθογραφικά λάθη, μέχρι ζητήματα ορολογίας), το πλούσιο υλικό που μου παρείχε (βιβλιογραφία, φωτογραφίες μνημείων κ.ά) και την όρεξή του, την οποία τουλάχιστον εγώ δεν έχω συναντήσει σε πολλούς καθηγητές. Γνωρίζω ότι το τελικό αποτέλεσμα της προσπάθειας μου δυστυχώς δεν δικαιώνει όλες τις προσδοκίες του και οφείλω να αναγνωρίσω την κατανόησή του στην επιθυμία μου να ολοκληρώσω για προσωπικούς λόγους την εργασία μου εντός της κανονικής διάρκειας του μεταπτυχιακού προγράμματος. Την κ. Σταυρουλάκη και τον κ. Σκουτέλη τους συγχαίρω και τους ευχαριστώ συνάμα για την εξαιρετική δουλειά που κάνουν στο Πολυτεχνείο και ιδιαίτερα τις γνώσεις που μου μετέδωσαν και οι οποίες φυσικά και αποτυπώνονται και στο κείμενο της διατριβής μου. Χαίρομαι που υπήρξα φοιτητής τους.

Τελικά, τι θα συγκρατήσει άραγε το 39 Δεκεμβρίων μυαλό μου ανάμεσα σε όλα όσα έμαθα; Άγνωστο. Θα προσπαθήσω όμως να μην αφήσω αυτή τη γνώση να χαθεί. Η διατριβή αυτή αποτυπώνει το ενδιαφέρον και τη συγκίνηση που νιώθω για κάθε φορά που αντικρύζω για κατασκευές που έχουν επιβιώσει στην αναμέτρηση τους με τον χρόνο. Σημαντικές ή ασήμαντες, μικρές ή μεγάλες, ετοιμόρροπες ή όχι. Θα ήθελα πολύ να επισκεφτώ έστω λίγα από τα μνημεία που αναφέρονται στο κείμενο, τα οποία γνώριζω μέχρι σήμερα μόνο από φωτογραφίες. Επίσης, αν ασχοληθώ επαγγελματικά στο εξής με την αποκατάσταση των μνημείων, θα έχω μάθει πλέον τι πρέπει να αποφύγω και τι να κάνω. Αλλά και τίποτα απ'όλα αυτά να μην γίνει, παρατηρώ πλέον τα μνημεία με μια άλλη ματιά. Άξιζε τον κόπο.

Ευάγγελος Νιταδωράκης

Ηράκλειο, 31 Οκτώβρη 2019

Abstract

Structural strengthening of monuments in Greece with visible metal structures. Theoretical considerations & aesthetic implications

Cultural heritage structures are nowadays more than ever before in the need of strengthening measures due to their weakening derived from cumulative effects such as lack of maintenance, environmental decay, injudicious alterations or earthquakes. This thesis is concerned with the issue of visible metal elements applied as structural strengthening technique in cultural heritage structures of both vernacular (made of local materials and usual workmanship) and sophisticated (high quality materials and workmanship) class. Emphasis is given in cultural heritage structures in Greece, the majority of which are made of masonry, although numerous examples of similar applications in Europe are being referred in the text. The major types of such metal strengthening structures that are being examined are the tie-rods (in detail), hooping, ring beams, frames and cramps.

Questioning arises regarding the use of visible metal elements in masonry construction, such as their structural function, whether they were included in the initial design of the structures, the types of materials used, the reason of their limited use in specific areas of the country and last but not least, if their often profound aesthetic impact is consistent with the principles guiding the preservation and restoration of monuments described in numerous international Charters.

In a multidiscipline scientific context, many of the above issues are being carefully analysed so that the reader obtains a clear view of why, how and when the visible metal elements are implemented. Among others, information regarding the earthquake protection of monuments in a regulatory context and a proposed methodology for the assessment of possible intervention schemes is being analysed. A special theoretical analysis is made on the usefulness of preventive maintenance and mild repairs as a counterpart of restoration interventions which were in the past quite invasive, as well as on the perpetual conflict between safety margin improvement and the inherent values of the monuments. The text is accompanied with an Annex with a list of monuments in which visible metal strengthening elements are present, with a basic description of their architectural type, construction period as well as a photographic documentation.

This thesis hopes to provoke further discussion and attempts to resolve the challenge of balancing safety with consideration and respect of values embedded in each cultural heritage structure.

Αντίκειμενο & περίληψη της μεταπτυχιακής διατριβής

Αντικείμενο της παρούσας διατριβής αποτελεί η χρήση των εμφανών μεταλλικών ενισχυτικών διατάξεων (για συντομία στο εξής: «Ε.Μ.Ε.Δ.») σε μνημειακές κατασκευές στον ελλαδικό χώρο. Μνημεία στην Ελλάδα χαρακτηρίζονται τα πολιτιστικά αγαθά τα οποία αποτελούν υλικές μαρτυρίες και ανήκουν στην πολιτιστική κληρονομιά. Η προστασία τους ορίζεται από το νόμο¹ και διακρίνονται χρονικά σε αρχαία μνημεία (όσα χρονολογούνται έως το 1830) και σε νεότερα (τα μεταγενέστερα του 1830). Μέσα από το κείμενο επιχειρείται να αναδειχθεί η χρησιμότητα και η χρήση των Ε.Μ.Ε.Δ. τόσο σε αρχαία όσο και σε νεότερα μνημεία. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο κύριος όγκος του κειμένου αναφέρεται σε κτήρια από λιθοδομή, αφού τα μνημεία από σκυρόδεμα στην Ελλάδα είναι ελάχιστα, γιατί σπάνια τίθενται υπό καθεστώς προστασίας, καθώς η αξία τους δεν έχει αναγνωριστεί ακόμα στη χώρα μας. Εξάλλου, ελάχιστα εξ' αυτών έχουν εμφανείς μεταλλικές ενισχύσεις αφού η πλειονότητα των κτηρίων έχει υποστεί αφανείς ενισχυτικές επεμβάσεις όπως εφαρμογή ινοπλισμένων πολυμερών, κατασκευή μανδυνών οπλισμένου σκυροδέματος κ.λπ.

Το περιεχόμενο της διατριβής αναπτύσσεται σε τέσσερα κεφάλαια και ένα παράρτημα που είναι αφιερωμένο σε έναν ενδεικτικό αριθμό μνημείων που φέρουν Ε.Μ.Ε.Δ. σε ολόκληρη τη χώρα.

Το **πρώτο κεφάλαιο** αναφέρεται στον σίδηρο και άλλα μέταλλα και τη χρήση τους στην οικοδομική, ενώ γίνεται και μια ιστορική αναδρομή στην εφαρμογή τους σε ενισχυτικές διατάξεις σε μνημειακές κατασκευές (κατασκευασμένες στην πλειονότητά τους από φέρουσα τοιχοποιία), οι οποίες είναι τοποθετημένες στις κατασκευές είτε εξ αρχής είτε σε μεταγενέστερες περιόδους και μάλιστα συνηθέστερα έπειτα από καταστροφικούς σεισμούς. Παράλληλα, γίνεται αναφορά στη διαχρονική εξέλιξη των κατασκευαστικών πρακτικών, αλλά και στις στερεωτικές επεμβάσεις στην Ελλάδα μετά την ίδρυση του νέου Ελληνικού κράτους το 1830.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζονται στοιχεία για τη στατική των κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία, που αποτελούν την πλειονότητα των μνημείων στα οποία χρησιμοποιούνται εμφανείς μεταλλικές ενισχυτικές διατάξεις. Η αναλυτική αναφορά σε δομοστατικά ζητήματα υπερβαίνει τον στόχο της παρούσας εργασίας, για τον λόγο αυτό γίνεται μια σύντομη και επιλεκτική παρουσίαση των βασικότερων ζητημάτων. Περιγράφονται οι κυριότερες Ε.Μ.Ε.Δ. που απαντώνται σε μνημεία της Ελλάδας, δηλαδή οι ελκυστήρες-θλιπτήρες, οι περιδέσεις, τα μεταλλικά πλαίσια και διαζώματα κ.ά. Δίνονται στοιχεία για το υλικό κατασκευής, τον τρόπο λειτουργίας τους ως ενισχυτικές διατάξεις στην κατασκευή, και τη διαχρονική τους εξέλιξη. Αναλυτικότερη αναφορά γίνεται στους ελκυστήρες, διότι αποτελούν την πλέον χρησιμοποιούμενη εμφανή επέμβαση σε μνημεία.

Το **τρίτο κεφάλαιο** είναι αφιερωμένο στη διαχρονική εξέλιξη των επεμβάσεων στα μνημεία από την Αρχαιότητα μέχρι τις μέρες μας, στις σύγχρονες αρχές προστασίας των μνημείων και στο ζήτημα της αντισεισμικής τους προστασίας. Τέλος, γίνεται αναφορά στις εξελίξεις στο σύγχρονο ελληνικό κανονιστικό πλαίσιο για τις μελέτες αποτίμησης κατασκευών από τοιχοποιία και αποκατάστασης των μνημειακών κατασκευών στη χώρα μας και αναπτύσσονται οι προβληματισμοί που έχουν δημιουργηθεί από την εφαρμογή των μεταλλικών ενισχυτικών διατάξεων τους τελευταίους δύο αιώνες στον ελλαδικό χώρο και όχι μόνο.

¹ Με βάση τον αρχαιολογικό Ν.3028/2002 «Για την Προστασία των Αρχαιοτήτων και εν γένει της Πολιτιστικής Κληρονομιάς».

Στο τελευταίο **τέταρτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα συμπεράσματα από την πολύμηνη μελέτη του ζητήματος των εμφανών μεταλλικών ενισχύσεων των μνημείων και ορισμένες προτάσεις για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που ανακύπτουν.

Τέλος, στο **Παράρτημα** παρουσιάζεται φωτογραφικό υλικό από έναν αριθμό μνημείων στα οποία υπάρχουν εμφανείς μεταλλικές διατάξεις με στοιχεία για τη χρονολογία κατασκευής τους, τον τύπο στον οποίο ανήκουν, το είδος των διατάξεων που έχουν τοποθετηθεί κ.ά. Δίνονται ακόμα μερικά παραδείγματα από ιδιότυπες επεμβάσεις για λόγους σύγκρισης και τέλος απόδοση της βασικότερης ορολογίας για τις μεταλλικές ενισχύσεις στην αγγλική.

Μεταξύ άλλων, ερωτήματα και προβληματισμοί που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας και της συγγραφής της διατριβής αυτής στα οποία επιχειρήθηκε να δοθεί απάντηση είναι:

- Ποια είναι η στατική λειτουργία και χρησιμότητα των εμφανών μεταλλικών ενισχυτικών διατάξεων;
- Πότε ξεκίνησε η εφαρμογή τους ως μέτρο ενίσχυσης;
- Χρησιμοποιήθηκαν οι μεταλλικές ενισχυτικές διατάξεις πάντα ως μέτρο ενίσχυσης ή και ως εξαρχής δομικό στοιχείο των κατασκευών;
- Ποια είναι τα κυριότερα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των Ε.Μ.Ε.Δ.;
- Γιατί σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας η χρήση των μεταλλικών ενισχυτικών διατάξεων είναι πολύ περιορισμένη συγκριτικά με άλλες περιοχές;
- Συνάδουν οι επεμβάσεις με τη χρήση μεταλλικών ενισχυτικών διατάξεων, με το βαρύνον αισθητικό τους αποτύπωμα, με το γράμμα και αλλά και με το πνεύμα των Χαρτών προστασίας των μνημείων;

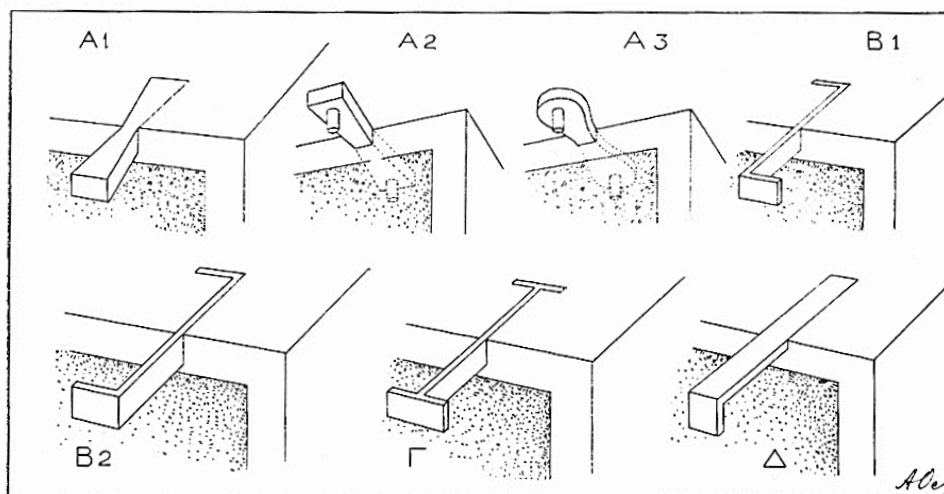
Εν κατακλείδι, ενώ το αντικείμενο των μεταλλικών ενισχύσεων δεν είναι πρόσφατο, στη διατριβή αυτή υπάρχει η πρωτοτυπία της παρουσιάσής του σε ένα νέο πλαίσιο με συνδυασμό πληροφοριών από επιστημονικούς τομείς όπως η επιστήμη υλικών, η μηχανική, η αρχιτεκτονική και η φιλοσοφία, μαζί με φωτογραφικό υλικό από τα κυριότερα μνημεία στην Ελλάδα στα οποία έχουν ενσωματωθεί εμφανείς μεταλλικές ενισχυτικές διατάξεις.

1. Η χρήση του σιδήρου στην αρχιτεκτονική

1.1 Εισαγωγή

Τα ορυκτά που περιέχουν σίδηρο απαντώνται σε σημαντικό ποσοστό στον φλοιό της Γης και μάλιστα ο σίδηρος είναι το τέταρτο σε αφθονία χημικό στοιχείο². Εντούτοις, η εξαγωγή του σιδήρου από τα σιδηρομεταλλεύματα για πολλούς αιώνες ήταν μια δύσκολη διαδικασία λόγω της υψηλής θερμοκρασίας που απαιτείται για την τήξη των σιδηρομεταλλευμάτων (περίπου στους 1500°C). Η αδυναμία επίτευξης θερμοκρασίας αυτού του επιπέδου είχε ως αποτέλεσμα η ευρεία χρήση του μετάλλου να καθυστερήσει αρκετά έως ότου βελτιωθεί η τεχνολογία παραγωγής του. Έτσι, ο σίδηρος ξεκίνησε να χρησιμοποιείται στην αρχαιότητα πολύ αργότερα από άλλα μέταλλα, όπως για παράδειγμα ο χαλκός, αντικαθιστώντας το ξύλο και πλεονεκτώντας ως προς εκείνο με τον πολύ υψηλότερο λόγο αντοχής/βάρους που διέθετε.

Τα πρώτα δείγματα αντικειμένων από σίδηρο ανάγονται στην αρχαιότητα σε περιοχές της Αιγύπτου, Κίνας, Ινδίας και του σημερινού Ιράκ (Ασσυρία-Βαβυλωνία). Στην Ευρώπη φαίνεται ότι πρωτοχρησιμοποιήθηκε από τους Έλληνες περί το 1200 π.Χ. με την κατασκευή των πρώτων εργαλείων και όπλων από σίδηρο (Δούση, 2015). Αργότερα ξεκίνησε η οικοδομική του χρήση ως αφανές στοιχείο: α) σπανίως για την ενίσχυση με τη μορφή ράβδων τετραγωνικής ή ορθογωνικής διατομής (για παράδειγμα στα Προπύλαια της Ακρόπολης και συγκεκριμένα στο άνω μέρος των επιστυλίων της ιωνικής στοάς) και β) σύνδεσης και εξασφάλισης ακινησίας των όμορων λίθων μεταξύ τους τόσο ως προς τους λίθους της ίδιας στρώσης (οριζόντια σύνδεση), όσο και προς τους λίθους της υποκείμενης στρώσης (κατακόρυφη σύνδεση). Στους οριζόντιους συνδέσμους αυτούς είχαν δοθεί από τους αρχαίους διάφορες ονομασίες όπως «δεσμοί», «δεσμά», «δέματα», «αμφιδέες» και αργότερα «τόρμοι» ενώ οι κατακόρυφοι ήταν γνωστοί ως «γόμφοι» (Ορλάνδος, 1994). Τους αρχικά ξύλινους συνδέσμους αντικατέστησαν σύνδεσμοι εξολοκλήρου από μολύβδο και στη συνέχεια από χαλκό ή ελατό σίδηρο με επικάλυψη μολύβδου. Το μήκος των μεταλλικών συνδέσμων έφτανε ανάλογα με το σχήμα τους (Εικ.1.1) τα 33 εκατοστά (στην αρχαία Ολυμπία) ή τα 56 εκατοστά (στους Δελφούς). Ενώ οι σύνδεσμοι διπλού T έφταναν ακόμα και τα 70 εκατοστά (στα Προπύλαια).

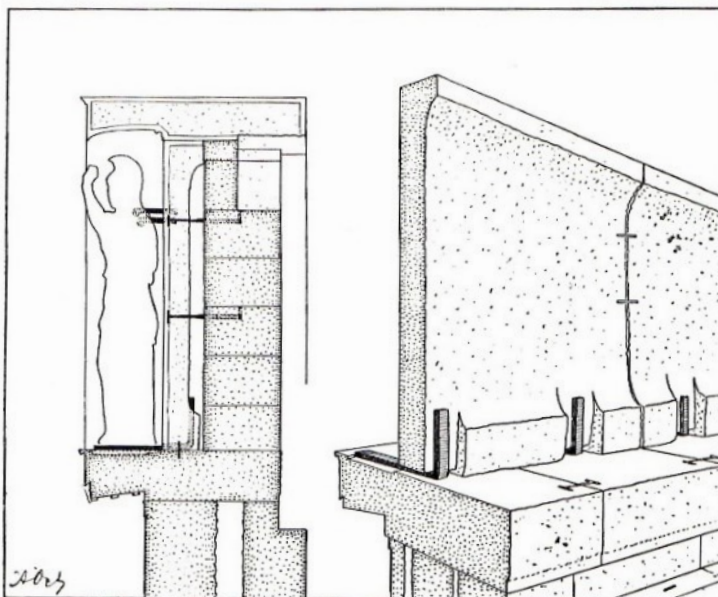


Εικόνα 1.1: Σχήματα οριζόντιων συνδέσμων (Ορλάνδος, 1994).

² Μετά από το οξυγόνο (O), το πυρίτιο (Si) και το αργίλιο (Al).

Ο Θουκυδίδης αναφέρει χρήση του σιδήρου σε συνδέσμους σχήματος διπλού T για τη σύνδεση μεγάλων λαξευμένων ογκόλιθων κατά την κατασκευή των τειχών της Αθήνας λίγο μετά τους Περσικούς πολέμους (502-449 π.Χ.). Οι σιδηροί σύνδεσμοι κατασκευάζονταν από τη συγκόλληση φύλλων μαλακού σιδήρου (εξωτερικά) με φύλλα χάλυβα (εσωτερικά) προκειμένου ο σύνδεσμος να έχει τόσο την απαραίτητη ολκιμότητα και ανθεκτικότητα στη διάβρωση (λόγω του μαλακού σιδήρου ο οποίος μάλιστα ήταν υψηλής καθαρότητας και απαλλαγμένος από επιβλαβείς προσμίξεις του θείου και του άνθρακα) αλλά και την αναγκαία μηχανική αντοχή (λόγω του χάλυβα) (Δούση, 2015). Συχνά οι σύνδεσμοι ήταν επικαλυμμένοι με **μόλυβδο**, ένα μέταλλο εύκαμπτο με χαμηλή θλιπτική αντοχή αλλά με εξαιρετική ανθεκτικότητα και κατεργασιμότητα, για επιπλέον προστασία από την οξείδωση. Εξάλλου ο μόλυβδος ως μαλακό μέταλλο όχι μόνο είναι κατεργάσιμος ακόμα και χωρίς να θερμανθεί, αλλά χάρη στο χαμηλό σημείο τήξης³ του μπορούσε να χρησιμοποιηθεί εύκολα σε ρευστή κατάσταση (Wright, 2005). Λόγω των εξαιρετικών ιδιοτήτων του χρησιμοποιήθηκε κατά την αρχαιότητα ως επικάλυψη σιδηρών στοιχείων έχοντας την ικανότητα να παρακολουθεί τις συστολοδιαστολές του σιδηρού συνδέσμου εξαιτίας θερμοκρασιακών μεταβολών. Η διαδικασία επικάλυψης με ρευστό μόλυβδο των σιδηρών συνδέσμων ήταν γνωστή ως «**μολυβδοχόηση**».

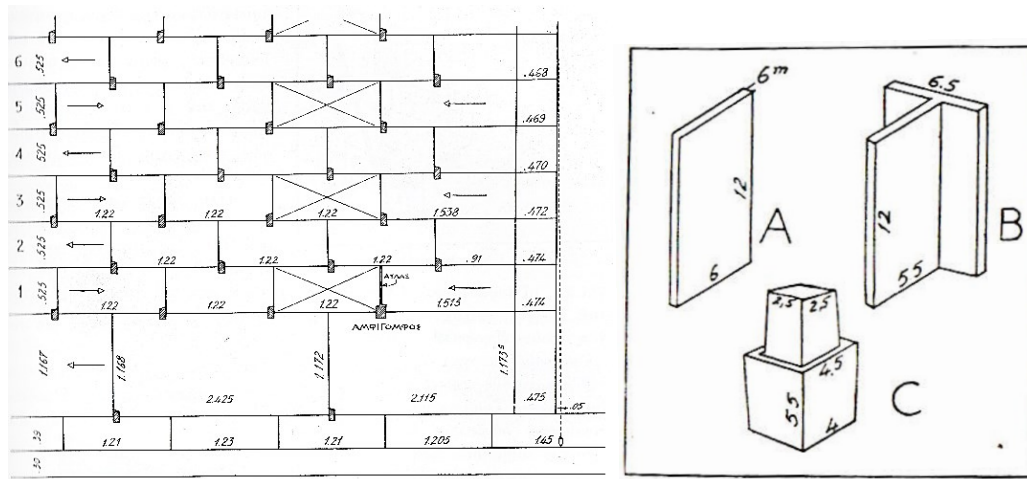
Η προστασία από μόλυβδο εφαρμοζόταν στην αρχαιότητα τόσο σε μεταλλικούς όσο και σε ξύλινους συνδέσμους όπως για παράδειγμα στη Στοά του Φιλίππου στη Δήλο (Ορλάνδος, 1994). Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν ράβδοι σιδήρου ορθογωνικής διατομής (7,5x11,5 cm.) για την ενίσχυση των επιστυλίων στα Προπύλαια, στο υπέρθυρο υπόγειας πυλίδας του Ερέχθειου, στα επιστύλια του Ολυμπίου του Ακράγαντος, αλλά ακόμα και στο δυτικό αέτωμα του Παρθενώνα όπου πλατιές σιδηρές ράβδοι στα υπαέτια γείσα χρησιμοποιήθηκαν για τη στήριξη των εναετίων αγαλμάτων ώστε το βάρος τους να μην υπερφορτίζει το οριζόντιο γείσο (Εικ. 1.2).



Εικόνα 1.2: Σιδηρές δοκοί στήριξης των εναετίων αγαλμάτων του Παρθενώνα (Ορλάνδος, 1994).

Σε ό,τι αφορά στην κατακόρυφη σύνδεση αρχιτεκτονικών μελών, όπως για παράδειγμα σφονδύλων κιόνων, χρησιμοποιούνταν αρχικά ξύλινοι και μεταγενέστερα μεταλλικοί γόμφοι από ελατό σίδηρο ή χαλκό σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου με πάχος 1-1,5 cm, πλάτος 5-8 cm και ύψος 5-10 cm. Οι γόμφοι ήταν μολυβδοχοημένοι. Άλλα σχήματα γόμφων ήταν το σχήμα T (σε ακραία τμήματα) ή το σχήμα Γ (σε κάτωψη).

³ Ο μόλυβδος έχει θερμοκρασία τήξης μόλις 327°C.



Εικόνα 1.3: Σύστημα γόμφωσης της ΒΔ γωνίας του σηκού του Παρθενώνα (τα βέλη δείχνουν τη φορά τοποθέτησης των λίθων) και συνήθη σχήματα γόμφων (Ορλάνδος, 1994).

Η «μολυβδοχώρηση» εφαρμόστηκε σε ορισμένες περιπτώσεις και στα νεότερα χρόνια στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, σε στερεωτικές εργασίες στην Ακρόπολη από την Αρχαιολογική Εταιρία υπό τον πολιτικό μηχανικό Νικόλαο Μπαλάνο (Μαλλούχου-Τufano, 1998). Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν εξωτερικοί σύνδεσμοι σχήματος διπλού T (Εικ. 1.4) για τη συγκράτηση όλων των επιστυλίων του θριγκού του Παρθενώνα, δυστυχώς χωρίς την επιτυχία των αρχαίων συνδέσμων αφού η μεταλλουργική σύνθεση των περισσότερων νεότερων χαλύβων και ο εγκιβωτισμός τους σε λεπτότερο στρώμα μολύβδου σε σχέση με την αρχαιότητα, δημιούργησαν αρκετά προβλήματα λόγω οξείδωσής τους.



Εικόνα 1.4: Παράδειγμα συνδέσμου της επέμβασης του Νικ. Μπαλάνου το 1898-1902 στην Ακρόπολη (Μαλλούχου-Τufano, 1998).

Μεγάλη ώθηση στη μαζική και εύκολη παραγωγή του σιδήρου έδωσαν οι τεχνολογικές εξελίξεις στη σιδηρουργία στην κεντρική Ευρώπη κατά τον Μεσαίωνα οπότε και αναπτύχθηκαν μέθοδοι εξόρυξης και επεξεργασίας των μεταλλευμάτων σιδήρου. Πιο συγκεκριμένα, οι δύο σημαντικότερες καινοτομίες ήταν η ανάπτυξη υδροκίνητων σφυρών (forge-hammers) και επίσης η ανάπτυξη υψικαμίνων και σφυρηλατηρίων (finery forge) (L'Héritier, Dillmann, & Benoit, 2010). Το επόμενο μεγάλο βήμα στην αύξηση της παραγωγής και ποιοτική αναβάθμιση του παραγόμενου προϊόντος ήταν η χρήση του κοκ ως καυσίμου για τις υψικαμίνους, το 1709 (Beckmann & Bowles, 2004).

1.2 Τα κράματα σιδήρου και άλλων μετάλλων

Ο σίδηρος δεν απαντάται στη φύση σε καθαρή μορφή και τα προϊόντα σιδήρου είναι κράματα σιδήρου και άνθρακα. Τα βασικότερα σιδηρούχα κράματα είναι ο σφυρήλατος (ή ελατός ή μαλακός) σίδηρος, ο χυτοσίδηρος (ή μαντέμι) και ο χάλυβας (ή ατσάλι). Τα τρία αυτά κράματα που διαφέρουν ως προς την περιεκτικότητά τους σε άνθρακα έχουν εντελώς διαφορετικές ιδιότητες και χρήσεις (Δούση, 2015).

Ο **σφυρήλατος σίδηρος** έχει μια πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα (περίπου 0,2-0,5%) και ενώ μπορεί να σφυρηλατηθεί και να ελαθεί, δεν είναι χυτεύσιμος. Έχει χρησιμοποιηθεί λόγω της μεγάλης εφελκυστικής του αντοχής (250-400MPa) για την κατασκευή ελκυστήρων και δομικών μελών (δοκοί). Χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή γεφυρών και κτηρίων από τα τέλη του 18^{ου} αιώνα. Ήταν η μορφή του σιδήρου που χρησιμοποιήθηκε περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη στην αρχαιότητα.

Ο **χυτοσίδηρος** έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε άνθρακα (περίπου 15-45%) και έχει μεγάλη σκληρότητα, ψαθυρότητα και υψηλή θλιπτική αντοχή (400-1000MPa), αλλά χαμηλό μέτρο ελαστικότητας και εφελκυστική αντοχή (100-150MPa). Έχει χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή δομικών μελών (υποστυλώματα). Έχει χρησιμοποιηθεί σε γέφυρες, φέροντες οργανισμούς κτηρίων (εργοστάσια, αγορές), σωληνώσεις κ.λπ. Η εκτεταμένη παραγωγή του ξεκίνησε το 15^ο αιώνα.

Ο **χάλυβας** έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα (περίπου 20%), ενώ έχει υψηλή εφελκυστική και θλιπτική αντοχή (350-700MPa). Μπορεί να διελαθεί και να χυτευθεί και η εκτεταμένη παραγωγή του ήταν δυνατή μόνο από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα, οπότε και αντικατέστησε σταδιακά τον μαλακό σίδηρο.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση των τριών κραμάτων και ιδιαίτερα του σφυρήλατου σιδήρου και του χυτοσίδηρου δεν ήταν σε όλες τις χώρες και σε όλες τις χρονικές περιόδους ίδια. Την περίοδο 1800-1850 ο χυτοσίδηρος χρησιμοποιούνταν περισσότερο, ακολούθησε ο σφυρήλατος σίδηρος την περίοδο 1850-1900 και ο χάλυβας από το 1900 έως σήμερα. Επιπλέον, στη Μεγάλη Βρετανία γινόταν περισσότερη χρήση του χυτοσίδηρου από την εποχή της Βιομηχανικής Επανάστασης έως αρκετά χρόνια από την περίοδο που είχε αρχίσει να βελτιώνεται η διαδικασία παραγωγής του σφυρήλατου σιδήρου. Την ίδια εποχή ο σφυρήλατος σίδηρος ήταν περισσότερο δημοφιλής στη Γαλλία από την αρχή της παραπάνω περιόδου. Έτσι, χωρίς μεγάλη πιθανότητα σφάλματος, η γεωγραφική περιοχή και η χρονολογία κατασκευής αποτελούν βασικούς παράγοντες για την αναγνώριση του είδους του σιδήρου που έχει χρησιμοποιηθεί.

Ειδικά κράματα του χάλυβα τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως σε ενισχυτικές διατάξεις αποτελούν τα κράματα **ανοξειδωτού χάλυβα**. Πρόκειται για κράματα σιδήρου (Fe), άνθρακα (C) και χρωμίου (Cr), νικελίου (Ni) και μολυβδενίου (Mo). Περιέχουν τουλάχιστον 10,5% χρώμιο, το οποίο τους προσδίδει εξαιρετική αντοχή στην οξείδωση. Παρότι ήταν γνωστό από τις αρχές του 19ου αιώνα ότι η προσθήκη χρωμίου προσδίδει αντοχή σε διάβρωση, η διαδικασία παραγωγής δεν είχε τελειοποιηθεί με αποτέλεσμα τα λοιπά χαρακτηριστικά του κράματος να μην ήταν τα επιθυμητά (είχε υψηλή ευθραυστότητα). Έτσι, ο ανοξειδωτός χάλυβας στη μορφή που γνωρίζουμε σήμερα άρχισε να παράγεται μόλις στις αρχές του 20ου αιώνα. Οι ανοξειδωτοί χάλυβες ταξινομούνται με βάση την κύρια μεταλλική δομή τους σε τρεις κατηγορίες: α) τους ωστενιτικούς, β) τους φερριτικούς και μαρτεσινικούς και γ) τους διφασικούς. Με βάση τα αμερικανικά πρότυπα AISI-SAE, τα οποία διακρίνουν πάνω από 50 κατηγορίες, οι πλέον χρησιμοποιούμενοι ανοξειδωτοί χάλυβες στην κατασκευή και ενίσχυση κτηρίων ανήκουν στην κατηγορία των ωστενιτικών ανοξειδωτών χαλύβων και είναι οι AISI-SAE 304 (περιέχουν 18% χρώμιο και 8% νικέλιο) και AISI-SAE 316 (περιέχουν επιπλέον 2-3% μολυβδαίνιο για μεγαλύτερη αντοχή στη διάβρωση). Ο ανοξειδωτός χάλυβας δεν είναι

ουσιαστικά ανοξείδωτος αφού η προστασία που του προσδίδει το χρώμιο είναι επιφανειακή σε ένα στρώμα που δεν υπερβαίνει τα 0,1μm. Μπορεί να οξειδωθεί υπό συνθήκες, με ηλεκτροχημική διάβρωση, υπό μηχανική καταπόνηση σε διαβρωτικό περιβάλλον κ.ά. Αν και έχει υψηλότερη αντοχή, έχει χαμηλότερη θερμική αγωγιμότητα από τον κοινό χάλυβα και είναι δυσκολότερα κατεργάσιμος, ενώ το κόστος του είναι μεγαλύτερο.

Εκτός από τη χρήση των κραμάτων σιδήρου, τα τελευταία χρόνια έχει ξεκινήσει η χρήση κραμάτων **αλουμινίου** κυρίως με σίδηρο (Fe), χαλκό (Cu) και μαγνήσιο (Mg) στις αποκαταστάσεις μνημείων. Τα κράματα αλουμινίου πλεονεκτούν ως προς τα κράματα σιδήρου στη μεγαλύτερη αντοχή σε διάβρωση που επιτρέπει τη χρήση στοιχείων χωρίς επικάλυψη ή με μικρή προστασία μειώνοντας έτσι το κόστος συντήρησης, αλλά και στο χαμηλότερο βάρος (σχεδόν το 1/3 των κραμάτων χάλυβα). Εντούτοις, μειονεκτούν κυρίως ως προς το υψηλότερο κόστος και τις μηχανικές αντοχές (χαμηλό μέτρο ελαστικότητας περίπου 70GPa, ευπάθεια σε λυγισμό και ελαστικές παραμορφώσεις) και η χρήση τους συχνά συνδυάζεται με τη χρήση κραμάτων χάλυβα σε περιπτώσεις όπου δεν απαιτείται υψηλή αντοχή.

Επιπλέον, σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται κράματα **τιτανίου** με άλλα στοιχεία όπως αργίλιο (Al), χρώμιο (Cr), σίδηρο (Fe), χαλκό (Cu), μαγνήσιο (Mg), νιόβιο (Nb) κ.ά. Τα κράματα τιτανίου έχουν τα ίδια πλεονεκτήματα με τα κράματα αλουμινίου δηλαδή την αντοχή στη διάβρωση και το χαμηλό ειδικό βάρος (υψηλότερο όμως από εκείνο του αλουμινίου), αλλά η τιμή τους είναι αρκετά υψηλότερη και οι μηχανικές τους ιδιότητες είναι γενικά υποδεέστερες από εκείνες των κραμάτων χάλυβα (μέτρο ελαστικότητας περί τα 100GPa, εφελκυστική αντοχή 250-1400MPa) και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη σύνθεσή τους και από τη θερμομηχανική επεξεργασία τους. Η χρήση τιτανίου για την εμφανή ενίσχυση μνημείων δεν είναι πολύ δημοφιλής στην Ελλάδα, ωστόσο ένα παράδειγμα εφαρμογής αποτελεί η περίδεση κίονα στο αρχαιοελληνικό ναό της Σικελίας (Εικ. 1.5), ως μέτρο αναχαίτισης των ρηγματώσεων του (Fabbrocino, Iervolino, & Manfredi, 2006).

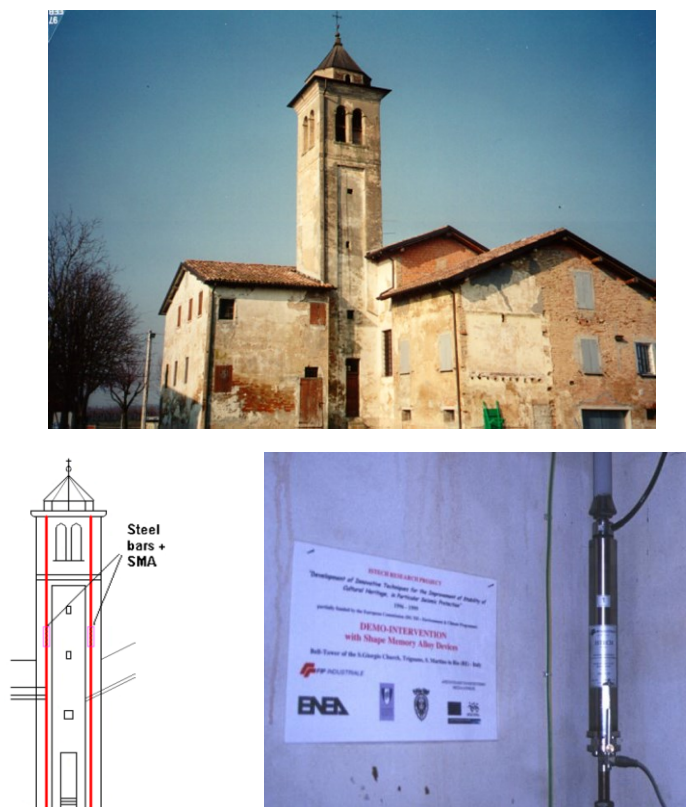


Εικόνα 1.5: Περίδεση κίονα με δακτύλιο από τιτάνιο σε αρχαιοελληνικό ναό της Σικελίας (Fabbrocino, Iervolino, & Manfredi, 2006).

Ακόμα, έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί τις τελευταίες δύο δεκαετίες πρωτοπόρα υλικά όπως μεταλλικά κράματα **SMA** (Shape-Memory Alloys). Τα SMA ανακαλύφθηκαν στις αρχές του 20ου αιώνα και είναι κυρίως κράματα σιδήρου-τιτανίου-κοβαλτίου-αλουμινίου ή αλουμινίου-μαγνησίου (Chang & Araki, Use of shape-memory alloys in construction: A critical review, 2016). Χρησιμοποιούνται σήμερα εκτός από τον κατασκευαστικό τομέα και σε ένα πλήθος άλλων όπως η

αυτοκινητοβιομηχανία, η αεροναυπηγική, η βιοιατρική κ.ά. Τα SMA έχουν ιδιαίτερες μηχανικές ιδιότητες, όπως μεταβολή του μέτρου ελαστικότητας με τη θερμοκρασία, πολύ μεγάλη ικανότητα διάχυσης ενέργειας, φαινόμενα «μνήμης» και υπερελαστικότητας κ.ά. Η ιδιαιτερότητα τους είναι ότι μπορούν να επανέλθουν στην αρχική τους θέση ακόμα και μετά από μεγάλες παραμορφώσεις, μέσω της εφαρμογής θερμότητας πάνω από ένα όριο ή της αφαίρεσης της τάσης (Ingalkar, 2014). Κύριο μειονέκτημα τους είναι το κόστος, το οποίο διαρκώς μειώνεται και η μείωση της αντοχής τους λόγω κόπωσης του υλικού (όσο μεγαλύτερη είναι η τάση στην οποία υποβάλλονται, τόσο μειώνεται ο χρόνος ζωής τους) ή λόγω έντονων θερμοκρασιακών μεταβολών (Chang & Araki, Use of shape-memory alloys in construction: a critical review, 2016).

Γνωστές εφαρμογές των SMA απαντώνται κυρίως στην Ιταλία και είναι στην ενίσχυση της πρόσοψης της βασιλικής του Αγίου Φραγκίσκου της Ασίζης μετά τον σεισμό του 1997, στο κωδονοστάσιο της Badia Fiorentina, αλλά και στο εσωτερικό του κωδονοστασίου του ναού San Giorgio στο Trignano μετά τον σεισμό του 1996 (Indirli, Castellano, Clemente, & Martelli, 2001). Πιο συγκεκριμένα, για το ύψους 18,5 μέτρων και τετραγωνικής βάσης 3x3 μέτρων κωδονοστάσιο του ναού του San Giorgio στο Trignano (Εικ. 1.6), τοποθετήθηκαν καθέτως στις τέσσερις γωνίες στο εσωτερικό του ελκυστήρες (σε έξι τμήματα ράβδων) σε σειρά με 4 συσκευές SMA στο τρίτο επίπεδο του πύργου. Κάθε συσκευή αποτελείται από 60 καλώδια μήκους 300 mm και διαμέτρου 1 mm κατασκευασμένα από ειδικό κράμα Ni-Ti. Η αγκύρωση των ράβδων έγινε στην κορυφή και στη βάση του πύργου. Οι συσκευές SMAD προεντάθηκαν με στόχο να ασκούν δύναμη έως 20 kN, και έτσι μειώνονται οι εφελκυστικές τάσεις στην τοιχοποιία σε ενδεχόμενο σεισμού, βελτιώνοντας την απόκριση του φορέα και αποτρέποντας την κατάρρευσή του. Το πρόσθετο πλεονέκτημα της χρήσης SMA σε συνδυασμό με τένοντες/ελκυστήρες είναι η ικανότητα τους να δρουν σαν συσκευές που περιορίζουν τη δύναμη (χάρη στην υπερελαστική τους συμπεριφορά), πολύ σημαντικό για τη διατήρηση των θεμελιώσεων των μνημείων. Επιτόπου δοκιμές, αριθμητικές αναλύσεις και η καλή απόκριση της κατασκευής σε σεισμό λίγο μετά την τοποθέτηση του συστήματος επιβεβαίωσαν την αποτελεσματικότητά της.



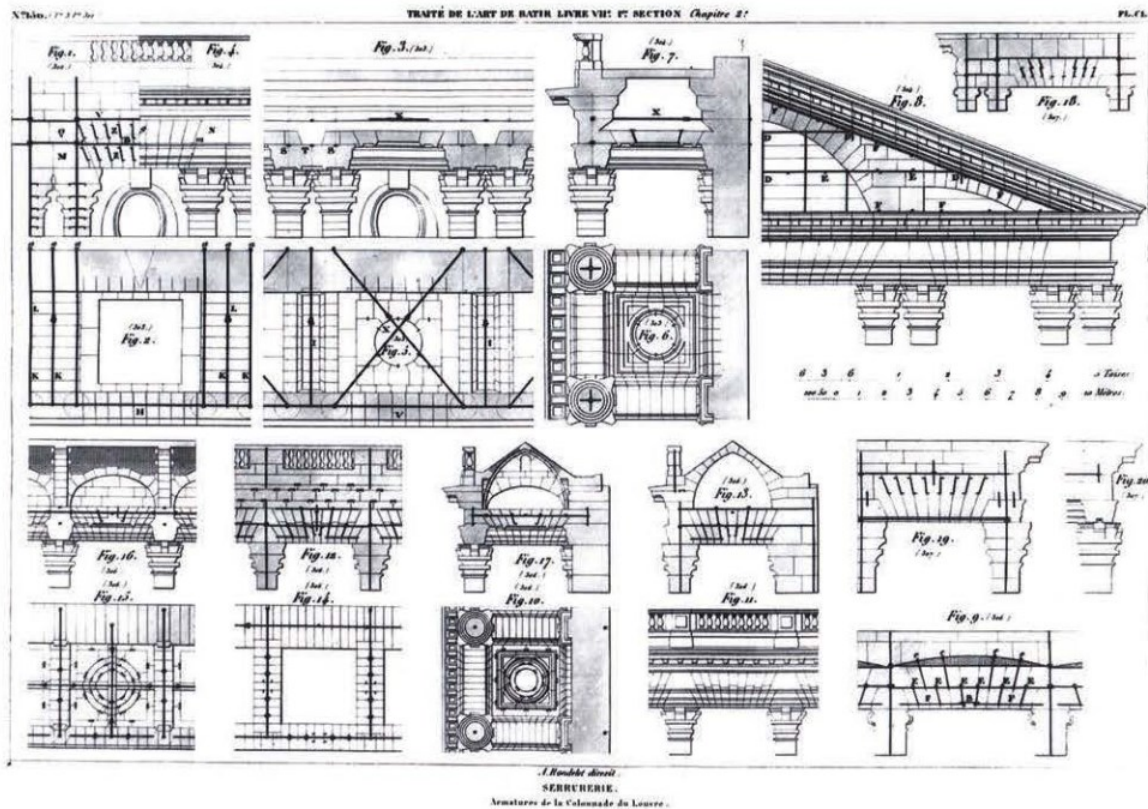
Εικόνα 1.6: Ο ναός του San Giorgio στο Trignano της Ιταλίας όπου έγινε εφαρμογή συστήματος SMA με ελκυστήρες (Indirli, Castellano, Clemente, & Martelli, 2001).

1.3 Η χρήση του σιδήρου στις κατασκευές

Δομικά στοιχεία από κράματα σιδήρου και άλλων μετάλλων χρησιμοποιήθηκαν κατά το παρελθόν τόσο κατά την ανέγερση νέων κατασκευών, όσο και την μόνιμη ή προσωρινή ενίσχυση των παλαιότερων. Λόγω της ιδιότητας των μεταλλικών υλικών να παραλαμβάνουν εφελκυστικές τάσεις οι οποίες δεν θα μπορούσαν να παραληφθούν αποτελεσματικά από υλικά όπως ο λίθος, το ξύλο ή το σκυρόδεμα, έγινε εφικτή μια μεγαλύτερη ευελιξία στον σχεδιασμό των κατασκευών (μικρότερες διατομές, περισσότερα ανοίγματα, περιορισμός αντηρίδων κ.λπ.) οι οποίες όχι μόνο μπορούσαν να φέρουν μεγαλύτερα φορτία αλλά και να έχουν και μεγαλύτερα ανοίγματα. Είναι χαρακτηριστικό ότι η εφελκυστική αντοχή του σφυρήλατου σιδήρου είναι επτά φορές μεγαλύτερη από εκείνη του ξύλου και η διατμητική του αντοχή εννέα φορές μεγαλύτερη. Σε νέες κατασκευές η χρήση του σιδήρου επεκτάθηκε ραγδαία από τον 18ο αιώνα οπότε και η παραγωγή του αυξήθηκε, όταν οι τεχνολογικές εξελίξεις επέτρεψαν την εύκολη, μαζική και φθηνή βιομηχανική παραγωγή του. Παράλληλα βελτιώθηκε και η ποιότητά του. Αξιοσημείωτο είναι και το γεγονός ότι το υψηλό κόστος παραγωγής του σιδήρου κατά τον Μεσαίωνα οδήγησε στη συχνή επανάχρηση τμημάτων ή στην ανακύκλωσή τους, όπως έχουν δείξει σχετικές έρευνες (L'Héritier, Dillmann, & Benoit, 2010).

Πρωτοπόρος χώρα στον τομέα της σιδηρουργίας υπήρξε η Μεγάλη Βρετανία τόσο λόγω της ύπαρξης στο υπέδαφός της πολλών κοιτασμάτων εύκολα αξιοποιήσιμων αλλά και χάρη στην ύπαρξη αρκετής ξυλείας και ορυκτού κάρβουνου για την παραγωγή του σιδήρου. Εξάλλου εκεί σημειώθηκε και η μεγαλύτερη τεχνολογική πρόοδος κατά τον 18ο αιώνα με καινοτομίες όπως ο μετασχηματισμός του ορυκτού κάρβουνου σε κοκ (coke) ως καύσιμη ύλη, οι βελτιωμένοι κύλινδροι καύσης με ατμοκίνητα φυσερά και ατμοκινούμενες μηχανές σφυρηλάτησης, η βελτίωση της διαδικασίας έλασης, η διαδικασία ανάδευσης του λιωμένου σιδήρου στον φούρνο κ.ά. Με την εφεύρεση του μετατροπέα (converter) το 1856 από τον Άγγλο Henry Bessemer και την τελειοποίησή του τα επόμενα χρόνια έγινε εφικτή η αύξηση της παραγωγής χάλυβα κάνοντάς τον ανταγωνιστικό έναντι του σφυρήλατου σιδήρου. Σε συνδυασμό με την εξέλιξη των μηχανημάτων έλασης κατέστη δυνατή η κατασκευή του πρώτου κτηρίου στις ΗΠΑ περί το 1890 το οποίο είχε χαλύβδινο φέροντα οργανισμό και ακολούθησαν πολλά πολυώροφα κτήρια σε πολλές αμερικανικές μεγαλουπόλεις όπως το 21όροφο Masonic Building στο Σικάγο που ολοκληρώθηκε το 1892 (Δούση, 2015).

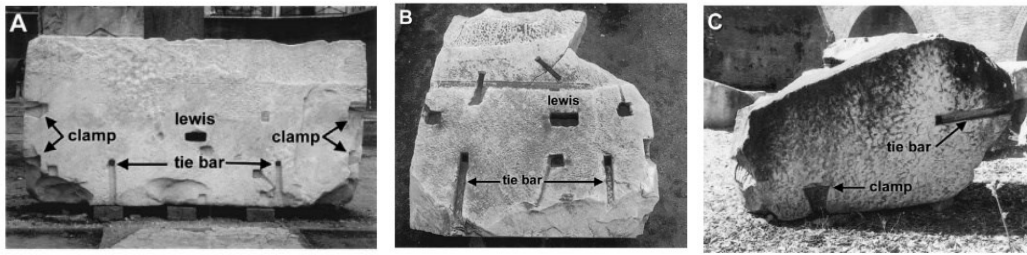
Η **ενίσχυση** των κτηρίων με σίδηρο προέκυπτε συχνά από την ανάγκη μετατροπών στον φέροντα οργανισμό των κατασκευών (π.χ. προσθήκες κατ'έκταση ή καθ' ύψος), από την αλλαγή χρήσης τους, η οποία προκαλούσε πρόσθετα φορτία ή λόγω επισκευών και ενισχύσεων μετά από βλάβες τους από σεισμό ή άλλα αίτια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η ενίσχυση το 1665 των δύο περιστευλίων στο Λούβρο με ζεύγη κίωνων κορινθιακού ρυθμού όπου στο εσωτερικό κάθε κίονα εισήχθησαν σιδηρές ράβδοι από τη βάση έως το κιονόκρανο συνδεδεμένες μεταξύ τους με εγκάρσιους συνδέσμους, ενώ στο επιστύλιο χρησιμοποιήθηκαν ράβδοι μικρού μήκους για τη σύνδεση των δόμων των θολιτών αλλά και οριζόντιοι ελκυστήρες από σφυρήλατο σίδηρο πάνω από το επιστύλιο και διαγώνιοι ελκυστήρες στις οροφές των περιστευλίων σε οριζόντιο επίπεδο (Δούση, 2015). Υπάρχουν ακόμα περιπτώσεις ενίσχυσης των οριζόντιων συνδέσεων του θριγκού της κιονοστοιχίας του κτιρίου αποθηκών Gran-Meuble στο Παρίσι στα μέσα του 18^{ου} αιώνα όπου οι κατακόρυφες συνδέσεις μεταξύ των σφονδύλων των κίωνων αποτελούνταν από συνδέσμους μορφής U από σφυρήλατο σίδηρο. Επιπλέον, στο Πάνθεον (ναός Sainte-Genève) χρησιμοποιήθηκαν ενισχύσεις από σφυρήλατο σίδηρο που ενσωματώθηκαν στην τοιχοποιία στα τέλη του 18^{ου} αιώνα. Ακόμα, στις αρχές του 19ου αιώνα χρησιμοποιήθηκε μια μέθοδος περίδεσης των τοιχοποιιών του μοναστηριού Saint Martin des Champs, οι οποίες είχαν υποστεί απόκλιση από την κατακόρυφο, με τη χρήση ελκυστήρων από μαλακό σίδηρο για την περίδεσή τους.



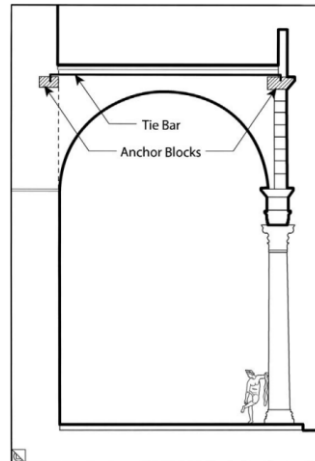
Εικόνα 1.7: Σχέδια για τη χρήση σφυρήλατου σιδήρου στο Λούβρο το 1665 (Frampton, 1995).

Η χρήση του σιδήρου σε κτήρια δεν ξεκίνησε από τις επεμβάσεις ενίσχυσης. Ξεκίνησε κατά την περίοδο της κατασκευής τους. Πολλά από τα μεταλλικά αυτά στοιχεία έχουν αντικατασταθεί σήμερα λόγω φθοράς και είναι δύσκολο να εντοπιστούν τα ίχνη των πρώτων κατασκευών με εμφανείς μεταλλικές διατάξεις εκ κατασκευής, λόγω των επεμβάσεων που έχουν γίνει σε αυτά. Εντούτοις, από σχετικές έρευνες προκύπτει ότι η χρήση του σιδήρου ήταν στοιχείο της γοθικής αρχιτεκτονικής και υπάρχουν αρκετά παραδείγματα ναών στους οποίους είχε χρησιμοποιηθεί σίδηρος ήδη από την φάση κατασκευής τους. Ωστόσο, η χρήση ελκυστήρων από σίδηρο πιθανολογείται ότι ξεκίνησε πολύ νωρίτερα και μάλιστα από την Ρωμαϊκή εποχή.

Ο Βιτρούβιος κάνει αναφορά για τη χρήση ελκυστήρων στην κατασκευή. Παρόλο που τα ρωμαϊκά μνημεία στη μορφή που έχουν σήμερα είναι αποτέλεσμα αναστηλωτικών εργασιών και έχουν γίνει πολλές παρατοποθετήσεις λίθων, ίχνη από την ύπαρξη ελκυστήρων είναι ορατά σε πολλά τμήματα λίθων από εσοχές ή σε εξαιρετικές περιπτώσεις από ίχνη σκουριάς. Ενδείξεις για την ύπαρξη ελκυστήρων υπάρχουν στην Horrea Agrippiana (33 π.Χ.-12 π.Χ.) και στη στοά στην όψη της Basilica Aemilia (14 π.Χ.-4 μ.Χ.), αλλά οι ανωδομές των κτηρίων δεν διασώζονται στο σύνολο τους και η ύπαρξη ελκυστήρων εικάζεται από χαρακτηριστικές εγκοπές σε λιθόπλινθους από τραβερτίνη από διάφορα σημεία της κατασκευής (Lancaster, 2005). Ισχυρότερες ενδείξεις αποτελούν ίχνη που βρέθηκαν σε άλλα μνημεία όπως στις Θέρμες του Τραϊανού (104-109 μ.Χ.) και την Αγορά του Τραϊανού (106 μ.Χ.-113 μ.Χ.). Κατά τη Ρωμαϊκή περίοδο φαίνεται ότι δεν προτιμούνταν εν γένει η χρήση εμφανών στοιχείων από σίδηρο, αφού οι ενδείξεις για εμφανή στοιχεία είναι ελάχιστες. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι ελκυστήρες τοποθετούνταν όχι στη γένεση των τόξων, αλλά κρυμμένοι πάνω από αυτά (Lancaster, 2005).

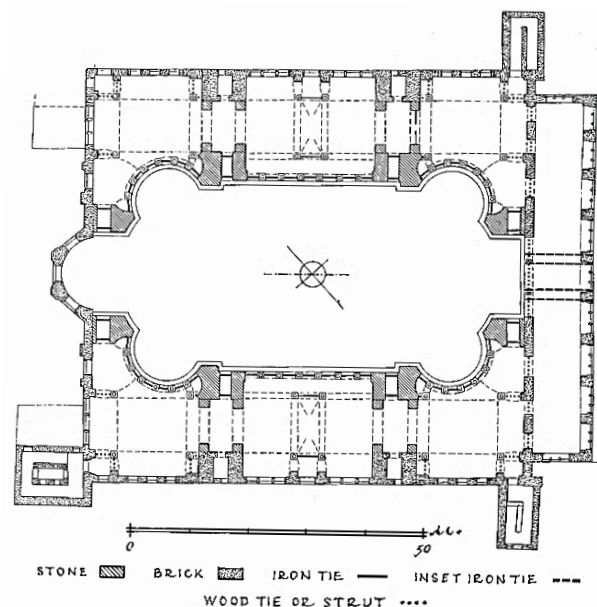


Εικόνα 1.8: Τμήματα λίθου από την Αγορά του Τραϊανού με εγκοπές για την πιθανή αγκύρωση μεταλλικών ελκυστήρων (Lancaster, 2005).



Εικόνα 1.9: Αναπαράσταση μιας στοάς από τα Λουτρά του Διοκλητιανού όπου επισημαίνονται η θέση του ελκυστήρα και των λίθων αγκύρωσής του (Lancaster, 2005).

Το παλιότερο μνημείο στο οποίο υπάρχουν και διατηρούνται ελκυστήρες εξ'αρχής είναι η Αγία Σοφία στην Κωνσταντινούπολη η οποία κατασκευάστηκε το διάστημα 532-537 μ.Χ. Εκτός από ελκυστήρες (τετραγωνικής διατομής 50x50 mm και μήκους έως 3,7 m τοποθετημένοι στη γένεση των τόξων), έχουν χρησιμοποιηθεί πολλοί σύνδεσμοι και περιδέση του τρούλου η οποία είναι σύγχρονη (Petrou & Charmpis, 2019). Περαιτέρω στοιχεία για τη χρονολογία τοποθέτησης των ελκυστήρων στην Αγία Σοφία και αν πράγματι υπάρχουν μέχρι σήμερα, δεν ήταν δυνατόν να βρεθούν.

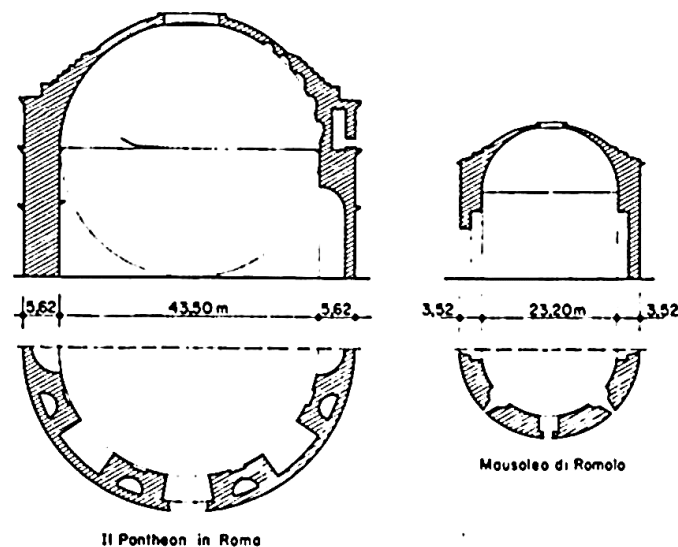


Εικόνα 1.10: Οι θέσεις ελκυστήρων από σφυρήλατο σίδηρο στην Αγία Σοφία Κωνσταντινουπόλεως (Wright, 2005).

1.4 Από τους εμπειρικούς κατασκευαστικούς κανόνες στις σύγχρονες μεθόδους προσομοίωσης και ανάλυσης

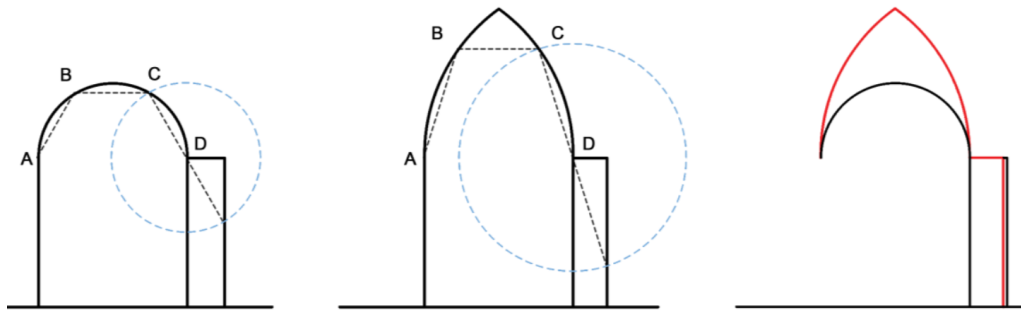
Για δεκάδες αιώνες όλες οι κατασκευές δομούνταν με βάση απλούς κανόνες και τεχνικές, αποτέλεσμα της εμπειρίας των τεχνιτών μετά από παρατηρήσεις τους για την συμπεριφορά ανάλογων κατασκευών που άντεξαν στο χρόνο και δεν κατέρρευσαν. Οι κατασκευαστικές τεχνικές ιδιαίτερα για τις θολωτές κατασκευές, διέφεραν ανάλογα με την τεχνική ικανότητα των τεχνιτών, την επιλογή των υλικών και άλλους κοινωνικο-οικονομικούς παράγοντες που διαμόρφωναν την τελική μορφή των κατασκευών. Ταυτόχρονα, υπήρχε ανέκαθεν η τάση για τη δημιουργία κατασκευών μεγαλύτερων διαστάσεων οπότε νέες κατασκευαστικές τεχνικές έκαναν την εμφάνισή τους (π.χ. ραβδωτοί θόλοι, διαβάθμιση στο βάρος των υλικών καθ' ύψος για μείωση του βάρους των θόλων, χρήση πλίνθων αντί για λίθους κ.ά.) προκειμένου να ανταποκριθούν στην ανάγκη για τρούλους μεγαλύτερων διαστάσεων και τοξωτή γεφύρωση μεγαλύτερων ανοιγμάτων.

Το απόσταγμα της κατασκευαστικής εμπειρίας συμπυκνώθηκε σταδιακά στη μορφή κατασκευαστικών κανόνων που βασίζονταν στην **αρχή της αναλογίας** ως παράμετρο ελέγχου της συνολικής μορφής της κατασκευής, ήδη από την εποχή του Βιτρουβίου. Η βάση της θεωρίας αυτής είναι ότι η στατική των κατασκευών από τοιχοποιία πρέπει να ελέγχεται αποκλειστικά από τη γεωμετρία. Η γνώση των καταλληλότερων αναλογιών μεταξύ των μελών της κατασκευής και του βασικού τους μέτρου (modulus) ανεξαρτήτως του απόλυτου μεγέθους του, αντιπροσώπευε την ουσία της τέχνης των κατασκευών του παρελθόντος (Como, 2017). Η χρήση γεωμετρικών κανόνων για τον σχεδιασμό τόξων, θόλων, αντηρίδων κ.ά., ανάγεται στην αρχαιότητα και η γνώση των κανόνων αυτών κρατούνταν συχνά μυστική από τους πρωτομάστορες του παρελθόντος. Εντούτοις, πρόσφατες έρευνες επιβεβαιώνουν τους κανόνες αυτούς όπως στην περίπτωση του Πανθέου της Ρώμης και του μαυσωλείου του Ρωμύλου που έχουν την ίδια μορφή αλλά διαφορετική κλίμακα μεγέθους. Και οι δύο κατασκευές έχουν μέγιστο ύψος ίσο με τη διάμετρο του τρούλου, ενώ το πάχος του τρούλου είναι ίσο με το 15% της διαμέτρου του.



Εικόνα 1.11: Γεωμετρικές αναλογίες μεταξύ του Πανθέου και του Μαυσωλείου του Ρωμύλου (Como, 2017).

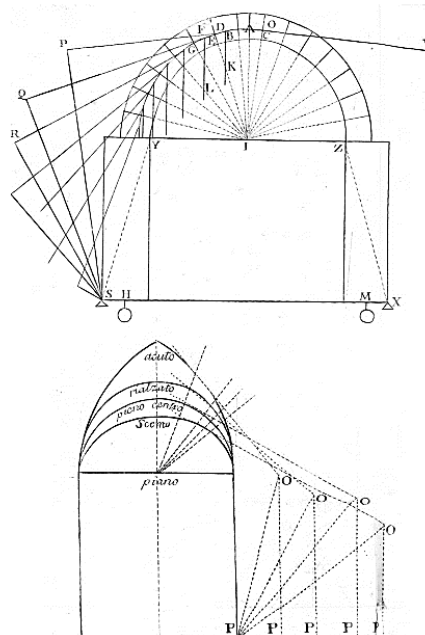
Ένα παράδειγμα εμπειρικού κανόνα του Μεσαίωνα για τη διαστασιολόγηση πυλώνων ενός τόξου παρουσιάζεται στην Εικ. 1.12, και δείχνει ότι το απαιτούμενο πλάτος του για ένα ημικυκλικό τόξο είναι μεγαλύτερο συγκριτικά με ένα οξυκόρυφο τόξο.



Εικόνα 1.12: Αναπαράσταση εμπειρικού κανόνα διαστασιολόγησης πυλώνων ενός ημικυκλικού και ενός οξυκόρυφου τόξου (Cacace & De Matteis, 2018).

Επιπλέον, από τη μελέτη των μνημειακών κτιριακών κατασκευών από λιθοδομή οι οποίες σώζονται μέχρι σήμερα στην Ιταλία, και όχι μόνο, έχουν διαπιστωθεί μερικά κοινά γεωμετρικά χαρακτηριστικά ως κανόνες καλής κατασκευαστικής πρακτικής, στις οποίες υπακούουν οι περισσότερες κατασκευές από λιθοδομή (Lucibello, Brandonisio, Mele, & De Luca, 2013). Τα χαρακτηριστικά αυτά αφορούν το πάχος των λιθοδομών (0,8-0,9 m), το εμβαδόν των ανοιγμάτων ως προς το εμβαδόν των τοίχων (9-20%), το λόγο του ύψους του τοίχου ως προς το πάχος του δηλ. η λυγρηρότητά του (>8), το λόγο του συνολικού εμβαδού της κάτοψης των τοίχων ως προς το εμβαδόν της κάτοψης ($>20\%$) κ.ά.

Τον 15ο αιώνα έκαναν την εμφάνιση τους αρχιτεκτονικές πραγματείες για την «καλύτερη πρακτική» και επηρέασαν σημαντικά τον σχεδιασμό και τις μεθόδους κατασκευής θολωτών κυρίως κατασκευών, παρέχοντας υποδείξεις για τις γεωμετρικές αναλογίες και μορφές που έπρεπε να υιοθετηθούν. Σημαντικές πραγματείες αποτελούν εκείνες των Leon Battista Aliberti (15ος αι.), Andrea Palladio (16ος αι.), Guarino Guarini (17ος αι.), Vincenzo Lamberti και Francesco Milizia (18ος αι.) και Jean-Baptiste Rondelet (19ος αι.) (Cacace & De Matteis, 2018). Ενδεικτικά, ο Francesco Milizia (1725-1798) μελετάει το πρόβλημα των ωθήσεων από τα τόξα (Εικ. 1.13) και καταλήγει σε συμπεράσματα συσχετίζοντας την καμπυλότητά τους με το μέγεθος της ώθησης που δημιουργείται (τα οξυκόρυφα τόξα ασκούν μικρότερη ώθηση από τα ημικυκλικά και η ώθηση μειώνεται όσο το ύψος τους αυξάνει).



Εικόνα 1.13: Σχέδια βασισμένα στη μελέτη του Milizia για την ώθηση που προκαλείται από τα τόξα (Cacace & De Matteis, 2018).

Ωστόσο, οι πραγματείες αυτές περιέγραφαν το τι και πώς πρέπει να γίνει, χωρίς να απαντούν στο γιατί. Η χρήση νέων υλικών όπως ο χάλυβας και το σκυρόδεμα επέτρεψε τη δημιουργία κατασκευών με ανοίγματα μεγαλύτερου μεγέθους, μειωμένου πάχους και νέων μορφών και για τον σκοπό αυτό δεν αρκούσαν εμπειρικοί κανόνες αλλά έπρεπε να μελετηθεί η συμπεριφορά των κατασκευών. Σταδιακά, ο σχεδιασμός των κατασκευών με βάση της αρχές της μηχανικής και όχι την πρακτική εμπειρία υπερίσχυσε της τεχνογνωσίας των τεχνιτών σε τέτοιο βαθμό που στις μέρες μας σχεδόν ολόκληρος ο πλούτος των κανόνων της τέχνης και της τεχνικής με τους οποίους κτίστηκαν όλα τα σπουδαία μνημεία του παρελθόντος που σώζονται ως τις μέρες μας να έχει χαθεί.

Αν και η Αγγλία υπήρξε πρωτοπόρος στον χώρο της μεταλλουργίας, οι Άγγλοι μηχανικοί ήταν αρκετά συντηρητικοί και για μεγάλο διάστημα προσκολλημένοι στην κατασκευή με βάση την εμπειρία, ενώ υπήρξαν αρκετοί πολέμιοι της χρήσης του σιδήρου στην αρχιτεκτονική (John Ruskin κ.ά.). Αντίθετα, η Γαλλία ήταν η χώρα εκείνη στην οποία υπήρξε έντονο ενδιαφέρον, αναπτύχθηκαν και βρήκαν πρόσφορο έδαφος απόψεις για τη σημασία της κατανόησης της συμπεριφοράς των υλικών και ιδιαίτερα των νέων υλικών (μεταλλικών), έγιναν πειραματικές δοκιμές και αναπτύχθηκαν επιστημονικές θεωρίες της αντοχής υλικών.

Παράλληλα, χάρη στην ενθάρρυνση και στήριξη από το κράτος τον 19ο αιώνα, το εκπαιδευτικό σύστημα της χώρας ενσωμάτωσε και προώθησε την επιστημονική γνώση (ίδρυση πολύ αξιόλογων πανεπιστημιακών σχολών για μηχανικούς⁴) και η αρχιτεκτονική άρχισε να εξαρτάται από την επιστήμη. Οι Γάλλοι μαθηματικοί και μηχανικοί του 19ο αιώνα συνεισέφεραν σημαντικά στην ανάπτυξη της αντοχής των υλικών (με γνωστότερους τους C.Dupin, A.Duleau, L.Navier, G.Lamé, B. Clapeyron), αλλά και επιστημονικών αρχών σχεδιασμού για τις σιδηρές κατασκευές.

Εγκαινιάζεται έτσι μια νέα περίοδος όπου ο αρχιτέκτονας αν και εκπαιδεύεται έστω μερικώς για την αντοχή των υλικών και την ανάλυση των κατασκευών, διαχωρίζεται επαγγελματικά από τον πολιτικό μηχανικό. Πλέον, η συνεργασία μεταξύ τους θεωρείται αναγκαία, παρότι οι μεταξύ τους διαμάχες ήταν συχνές πλην όμως ιδιαίτερα γόνιμες στην καλλιέργεια ενός πολύ δημιουργικού κλίματος στη γαλλική αρχιτεκτονική από το οποίο προέκυψαν θαυμαστές κατασκευές όπως για παράδειγμα στο Παρίσι η θολωτή αίθουσα του αναγνωστηρίου της Bibliothèque Nationale (1868) με εννέα θόλους από μαλακό σίδηρο υποστηριζόμενους από 16 υψίκορμα χυτοσιδηρά υποστυλώματα (Εικ. 1.14), η Galerie des Machines⁵ (1889) με τα τριαρθρωτά τοξωειδή χυτοσιδηρά ζευκτά να φτάνουν σε ύψος 48 μέτρων και να γεφυρώνουν άνοιγμα 107 m (Εικ. 1.15) καθώς και ο ύψους 300 m πύργος του Eiffel (1899) με πάνω από 12000 δομικά μέλη από μαλακό σίδηρο. Οι πρωτοπόρες αρχιτεκτονικές εφαρμογές στη Γαλλία τον 19^ο αιώνα και οι επιστημονικές θεωρίες που αναπτύχθηκαν, διαδόθηκαν σε όλον τον κόσμο και αποτέλεσαν το υπόβαθρο για τη μεγάλη διάδοση της χρήσης του χάλυβα σε ολόκληρο τον κόσμο.

⁴ *École des Ponts et Chaussées (1747), École Militaire (1748), École Polytechnique (1794), Conservatoire des Arts et Métiers (1794), École Centrale des Arts et Manufactures (1829).*

⁵ Κατεδαφίστηκε το 1910.



Εικόνα 1.14: Το εσωτερικό του αναγνωστηρίου της Bibliothèque Nationale στο Παρίσι (Wikipedia, Renovation of Bibliothèque Nationale de France, 2019).



Εικόνα 1.15: Το εσωτερικό της Galerie des Machines το 1889 (Wikipedia, Galerie des machines, 2019).

1.5 Η ανάλυση των μνημειακών κατασκευών από τοιχοποιία σή-μερα

Σήμερα, η γνώση για τη συμπεριφορά των κατασκευών από χάλυβα και σκυρόδεμα είναι πλέον αρκετά μεγάλη. Αντίθετα, η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας και η μελέτη της απόκρισης των κατασκευών από τοιχοποιία μετά από ενίσχυση δεν βρίσκονται σε ανάλογα προχωρημένο επίπεδο. Ένα μεγάλο πλήθος αβεβαιοτήτων δυσχεραίνουν την αποτίμηση των κατασκευών (συνδέσεις μεταξύ τοιχοποιιών, θεμελίωση, μηχανικές ιδιότητες υλικών, ιστορικό φόρτισης και αφανείς φθορές κ.ά.). Για παράδειγμα, οι μηχανικές παράμετροι της τοιχοποιίας εξαρτώνται από ένα μεγάλο πλήθος παραγόντων (π.χ. μορφή και αντοχή τοιχοσωμάτων και κονιάματος, τρόπος δόμησης, αναλογία τοιχοσωμάτων-κονιάματος κ.ά.) που δημιουργούν μια πολυπλοκότητα στην αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής, με αποτέλεσμα αυτή να βασίζεται σε έναν μικρό ή μεγάλο αριθμό παραδοχών ο οποίος δεν μπορεί να μηδενιστεί, μπορεί όμως να περιοριστεί με τη χρήση εργαστηριακών ή/και επιτόπου δοκιμών (μη καταστρεπτικών ή έστω ημικαταστρεπτικών στην περίπτωση μνημειακών κατασκευών).

Παρόλα αυτά, υπάρχουν μέθοδοι ανάλυσης και προσομοίωσης οι περισσότερες από τις οποίες χρησιμοποιούνται και στην περίπτωση κατασκευών με φέροντα οργανισμό από σκυρόδεμα, ξύλο ή χάλυβα, αλλά έχουν εξελιχθεί και προσαρμοστεί στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που έχουν οι κατασκευές από τοιχοποιία. Οι μέθοδοι αυτές παρουσιάζονται παρακάτω συνοπτικά αφού η αναλυτική τους παρουσίαση αποκλίνει από τον στόχο της παρούσας εργασίας.

1.5.1 Οι μέθοδοι ανάλυσης

Οι μέθοδοι ανάλυσης που χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση και τον σχεδιασμό ενισχύσεων ή επισκευών που ενδεχομένως να απαιτηθούν εξαρτώνται από συγκεκριμένα κριτήρια-προϋποθέσεις εφαρμοσιμότητας και από τη σπουδαιότητα της κατασκευής (αφού το υπολογιστικό κόστος μπορεί να είναι ιδιαίτερα υψηλό) και είναι (Σπυράκος, Κατασκευές απο τοιχοποιία. Αποτίμηση και επεμβάσεις για σεισμικά φορτία, 2019):

- α) Η ελαστική/ανελαστική στατική ανάλυση.
- β) Η ελαστική/ανελαστική δυναμική ανάλυση.
- γ) Η γραμμική/μη-γραμμική κινηματική ανάλυση.
- δ) Η γραμμική/μη-γραμμική δυναμική κινηματική ανάλυση.

Οι **ελαστικές αναλύσεις** χρησιμοποιούνται σε συνήθεις κατασκευές (κανονικές σε ύψος και κάτοψη κ.λπ.), είναι απλούστερες στην εφαρμογή τους και μπορούν να αποδώσουν με αξιοπιστία και υπό προϋποθέσεις μόνο την ελαστική απόκριση της κατασκευής. Υιοθετούν γραμμική σχέση έντασης-παραμόρφωσης των δομικών μελών και εφαρμόζονται χρησιμοποιώντας καθολικούς ή τοπικούς δείκτες συμπεριφοράς. Η ανακατανομή των εντατικών μεγεθών κατά τη μετελαστική απόκριση δεν μπορεί να αποδοθεί, όπως φυσικά ούτε οι μηχανισμοί αστοχίας του φορέα.

Οι **ανελαστικές αναλύσεις** χρησιμοποιούνται για σύνθετες και σημαντικές κατασκευές (μη κανονικές σε κάτοψη και καθ' ύψος) και επιτρέπουν τη μελέτη της πραγματικής απόκρισης της κατασκευής, η οποία είναι δεδομένο ότι σε περίπτωση ισχυρής σεισμικής διέγερσης δεν πρόκειται να συμπεριφερθεί ελαστικά. Τουναντίον, αναμένεται να εμφανιστούν αστοχίες και ενδεχομένως να οδηγηθεί ακόμα και σε κατάρρευση. Απαιτούν εμπειρία και κριτική ικανότητα στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων λόγω της μεγάλης τους πολυπλοκότητας. Ειδικά η ανελαστική δυναμική ανάλυση (ανάλυση χρονοϊστορίας) είναι η πλέον ακριβής μέθοδος, ωστόσο είναι αρκετά πολύπλοκη, υπολογιστικά απαιτητική και απαιτεί τόσο εμπειρία όσο και μεγάλη κριτική ικανότητα από τον μελετητή. Επιπλέον, προϋπόθεση είναι η κατά όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστη γνώση των μηχανικών

χαρακτηριστικών των υλικών και της αλληλεπίδρασης των μελών του φορέα μεταξύ των (ολισθήσεις, ασυνέχειες κ.λπ.). Ως εκ τούτου, η χρήση της περιορίζεται κυρίως σε σημαντικές κατασκευές. Σε ό,τι αφορά την ανελαστική στατική ανάλυση (μέθοδος ελέγχου μετακινήσεων), εφαρμόζεται σε κατασκευές οι οποίες έχουν προσομοιωθεί με γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία και γίνονται απλοποιητικές παραδοχές για τον υπολογισμό των ανελαστικών παραμορφώσεων των δομικών μελών υπό στατική και δυναμική φόρτιση. Έτσι, μπορούν να εντοπιστούν τα τρωτά σημεία του φορέα και να αποτιμηθεί η σεισμική του επάρκεια για επιλεγμένη στάθμη επιτελεστικότητας. Ο έλεγχος της συμπεριφοράς του φορέα γίνεται μέσω της καμπύλης ικανότητάς του και της απαίτησης σε μετακίνηση και εξασφαλίζει ότι για την επιλεγμένη στάθμη επιτελεστικότητας τα δομικά μέλη του φορέα δεν θα υποστούν βλάβες μεγαλύτερες από τα επιτρεπτά όρια όταν υποστούν την ένταση και τη μετακίνηση που αντιστοιχεί στην απαίτηση για μετακίνηση.

Οι **κινηματικές αναλύσεις** χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση των τοπικών μηχανισμών αστοχίας εκτός επιπέδου, οι οποίοι προέρχονται από την απώλεια ή την ανεπαρκή σύνδεση μεταξύ των κατακόρυφων στοιχείων του φέροντος οργανισμού, αλλά και μεταξύ κατακόρυφων και οριζόντιων ή κεκλιμένων στοιχείων (πατώματα, στέγες). Στόχος τους είναι ο υπολογισμός της σεισμικής δύναμης που ενεργοποιεί τον επιλεγμένο μηχανισμό τοπικής κατάρρευσης ο οποίος έχει ταυτοποιηθεί εκ των προτέρων (χρήση γραμμικών κινηματικών αναλύσεων) και την εξέλιξή του μέχρι την τοπική κατάρρευση δηλαδή ο υπολογισμός της καμπύλης ικανότητας του φορέα (χρήση μη-γραμμικών κινηματικών αναλύσεων). Οι πιθανοί τοπικοί μηχανισμοί αστοχίας καθορίζονται αφού εξεταστεί αφενώς η παρουσία και το είδος των ήδη υπάρχουσών βλαβών και αφετέρου η έλλειψη στοιχείων που μπορούν να αποτρέψουν τον σχηματισμό τους όταν υπάρχουν στοιχεία ικανά να δημιουργήσουν οριζόντιες ωθήσεις οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν μηχανισμούς αστοχίας.

1.5.2 Οι μέθοδοι προσομοίωσης

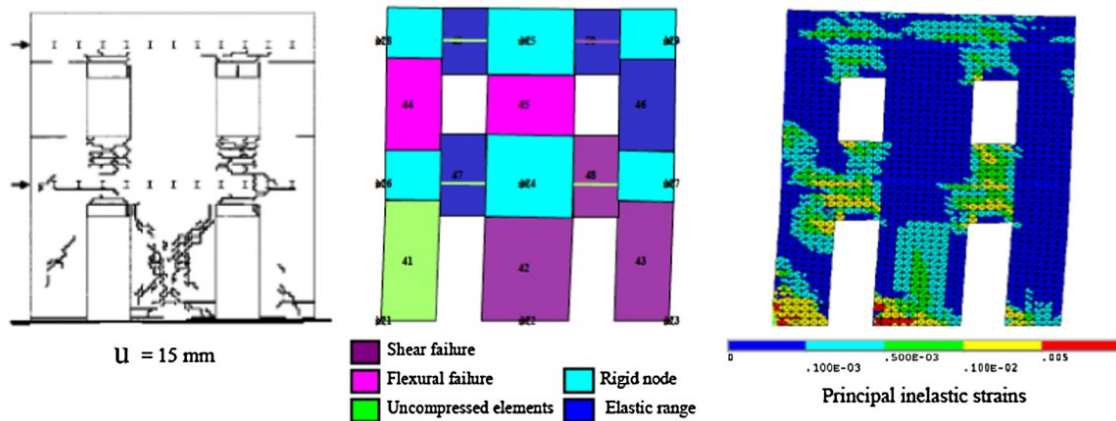
Οι μέθοδοι προσομοίωσης που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία εξαρτώνται από το είδος της ανάλυσης που θα χρησιμοποιηθεί, από την φόρτιση, την επιθυμητή ακρίβεια των αποτελεσμάτων αλλά και τη γεωμετρία και τα μηχανικά χαρακτηριστικά της κατασκευής. Οι βασικότερες είναι (Σπυράκος, Κατασκευές απο τοιχοποιία. Αποτίμηση και επεμβάσεις για σεισμικά φορτία, 2019):

- α) Η μέθοδος του ισοδύναμου πλαισίου.
- β) Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων.
- γ) Η μέθοδος των μακροστοιχείων.

Η **μέθοδος του ισοδύναμου πλαισίου** (προσομοίωση του φορέα με γραμμικά στοιχεία) είναι η απλούστερη και επιτρέπει την εύκολη ερμηνεία των αποτελεσμάτων, όμως δεν επιτρέπει την προσομοίωση φορέων οποιασδήποτε γεωμετρίας. Η κατασκευή προσομοιώνεται με γραμμικά στοιχεία και κάθε τοίχος προσομοιώνεται ως επίπεδο πλαίσιο, θεωρώντας ότι αποτελείται από πεσσούς και υπέρθυρα (θεωρούνται παραμορφώσιμα στοιχεία και πιο συγκεκριμένα στοιχεία δοκού που λαμβάνουν υπόψη τόσο την καμπτική όσο και τη διατμητική παραμόρφωση του στοιχείου) και τους κόμβους (θεωρούνται απαραμόρφωτοι) οι οποίοι ενώνουν τα επιμέρους στοιχεία πεσσών και υπέρθυρων μεταξύ τους. Ο συνδυασμός της μεθόδου του ισοδύναμου πλαισίου με μη γραμμική στατική ανάλυση οδηγεί υπό προϋποθέσεις σχετικές με τη διαφραγματική λειτουργία του φορέα σε καλά αποτελέσματα. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τα βήματα προσομοίωσης με τη μέθοδο του ισοδύναμου πλαισίου και ένα παράδειγμα εφαρμογής ανάλυσης pushover για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ της ανάλυσης με ισοδύναμο πλαίσιο και της ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία.



Εικόνα 1.16: Βήματα προσομοίωσης ενός τοίχου από αριστερά προς τα δεξιά: από τον ορισμό υπέρθυρων, πεσσών, κόμβων στο ισοδύναμο πλαίσιο (Lagomarsino, Penna, Galasco, & Cattari, 2013)



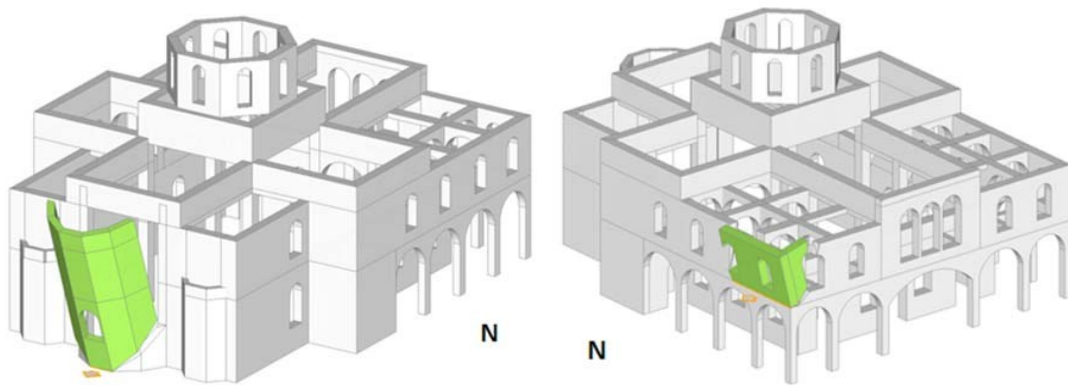
Εικόνα 1.17: Σύγκριση ανάμεσα στην πραγματική κατανομή βλαβών (αριστερά), την κατανομή μέσω προσομοίωσης με τη μέθοδο του ισοδύναμου πλαισίου (κέντρο) και τις κύριες ανελαστικές παραμορφώσεις που προέκυψαν από ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία (δεξιά) (Lagomarsino, Penna, Galasco, & Cattari, 2013).

Η **μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων** (γραμμικών, επιφανειακών ή χωρικών) παρέχει μεγάλη ακρίβεια, σε αντάλλαγμα του υψηλού υπολογιστικού κόστους και της πολυπλοκότητας που συνεπάγεται η εφαρμογή της. Ωστόσο για την ακριβή προσομοίωση της εκτός επιπέδου αστοχίας απαιτούνται να γίνουν μη-γραμμικές δυναμικές αναλύσεις ενώ παράλληλα πρέπει να προσομοιωθεί με ακρίβεια η μη-γραμμική συμπεριφορά της τοιχοποιίας και των συνδέσεων τοίχων μεταξύ τους αλλά και με τα διαφράγματα, αλλά και επιπλέον να γίνει προσομοίωση της συμπεριφοράς στα ρηγματωμένα τμήματα.

Στην ενότητα 1.5.3 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα χρήσης της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων για την ανάλυση ενός από τα σημαντικότερα μνημεία της χώρας, το Καθολικό της Ι.Μ. Δαφνίου.

Η **μέθοδος των μακροστοιχείων** χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις μελέτης τοπικών μηχανισμών αστοχίας, τοπικών δηλαδή βλαβών λόγω της μεγάλης τρωτότητας ορισμένων δομικών στοιχείων του φορέα, τα οποία δεν μπορούν να κατανείμουν τα σεισμικά φορτία στα όμορα τους και αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο δομικός φορέας να μην συμπεριφέρεται ως ενιαίο σύνολο. Μάλιστα, δεν είναι σπάνιο να προηγηθεί η ενεργοποίηση εντός τοπικού μηχανισμού αστοχίας πριν από την εντός επιπέδου αστοχία ενός τοίχου. Στους τοπικούς μηχανισμούς αστοχίας γίνεται αναφορά στην ενότητα 2.2.2. Με βάση τη μεθοδολογία αυτή προσομοιώνονται ολόκληρα τμήματα του φορέα. Πιο συγκεκριμένα, θεωρείται ότι ένας τοπικός μηχανισμός αστοχίας εκτός επιπέδου αποτελείται από απαραμόρφωτα στερεά σώματα τα οποία διαχωρίζονται μεταξύ τους με ζώνες ασυνέχειας. Με εφαρμογή της αρχής των δυνατών έργων εξετάζεται η πιθανότητα δημιουργίας ενός τοπικού μηχανισμού αστοχίας εκτός επιπέδου με εφαρμογή της γραμμικής κινηματικής ανάλυσης. Οι μηχανισμοί αστοχίας καθορίζονται λαμβάνοντας υπόψη είτε το τυχόν υφιστάμενο δίκτυο ρωγμών της

κατασκευής, είτε εξετάζοντας αν υπάρχουν στοιχεία ικανά να προκαλέσουν οριζόντια ώθηση στους τοίχους (π.χ. εγκάρσιοι τοίχοι, στέγη) ενώ δεν υπάρχουν άλλα στοιχεία να την αποτρέψουν (π.χ. απαραμόρφωτα διαζώματα/διαφράγματα ελκυστήρες, επαρκής εγκάρσια σύνδεση μεταξύ τοίχων). Στη συνέχεια για κάθε τοπικό μηχανισμό αστοχίας γίνεται εφαρμογή της μη γραμμικής κινηματικής ανάλυσης με την οποία υπολογίζεται η καμπύλη ικανότητας του φορέα, οι οριακές μετακινήσεις, και τέλος γίνονται έλεγχοι ασφαλείας για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας με βάση τον σεισμό σχεδιασμού (Σπυράκος, Κατασκευές από τοιχοποιία. Αποτίμηση και επεμβάσεις για σειμικά φορτία, 2019). Ένα παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.18 και συγκεκριμένα από την ανάλυση για τον Ι.Ν. Αγ. Δημητρίου στη Λήμνο.



Εικόνα 1.18: Εφαρμογή της μεθόδου των μακροστοιχείων και της κινηματικής ανάλυσης του Ι.Ν. Αγ. Δημητρίου στη Λήμνο (Spyrakos, 2018).

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο καθορισμός των μακροστοιχείων έγινε έπειτα από αναλυτική μελέτη που περιελάμβανε γεωτεχνική έρευνα, οπτική εξέταση, επιτόπου και εργαστηριακές μετρήσεις (Spyrakos, 2018). Αναγνωρίστηκαν δύο τοπικοί μηχανισμοί αστοχίας (ανατροπή τοίχου της βόρειας όψης και ανατροπή του κεντρικού κλίτους της ανατολικής όψης). Για τη λήψη μέτρων ενάντια στους τοπικούς μηχανισμούς αστοχίας έγινε ενεμάτωση της τοιχοποιίας, προσθήκη ριζοπλισμών και νέων ελκυστήρων από ανοξείδωτο χάλυβα. Μετά τις επεμβάσεις επαναλήφθηκαν οι ανάλυσεις με μακροστοιχεία και έδειξαν την αποτελεσματικότητά τους στις οριακές καταστάσεις ελέγχου δηλ. εκείνης των σοβαρών βλαβών (σοβαρές καμπτοδιατμητικές ρηγματώσεις των τοίχων, ρηγματώσεις στη συμβολή των τοίχων, περιορισμένη ολίσθηση μεταξύ κατακόρυφων και οριζόντιων στοιχείων, αποκλίσεις από την κατακόρυφο κ.λπ.) και εκείνη του περιορισμού βλαβών (τριχοειδείς ρηγματώσεις των τοίχων, τοπικές φθορές των επιχρισμάτων). Η διαδικασία περιγράφεται αναλυτικά σε σχετική δημοσίευση (Spyrakos, 2018).

Τόσο οι μέθοδοι προσομοίωσης, όσο και οι μέθοδοι ανάλυσης δεν έχουν καμία αξιοπιστία αν δεν μπορούν να αποτυπώσουν τις υφιστάμενες βλάβες της κατασκευής που στην περίπτωση των μνημείων είναι συχνά πολλές και εύκολα εντοπίσιμες. Για παράδειγμα στην Εικόνα 1.22 παρουσιάζονται οι μέγιστες κύριες εφελκυστικές τάσεις στους πεσσούς του τυμπάνου τρούλου του Καθολικού της Ι.Μ. Δαφνίου. Η προσομοίωση του μνημείου με πεπερασμένα στοιχεία κατάφερε να εντοπίσει τις περιοχές με τις μέγιστες εφελκυστικές τάσεις που ήταν ρηγματωμένες. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει ταύτιση βλαβών-τάσεων ή τα αποτελέσματα του προσομοιώματος δεν πλησιάζουν εκείνα των αποτελεσμάτων στατικών δοκιμών ή δεδομένων από καταγραφές από τα οποία υπολογίζονται δυναμικά χαρακτηριστικά του φορέα (ιδιοπερίοδοι, ιδιομορφές κ.λπ.), τότε πρέπει να γίνει κατάλληλη τροποποίηση του προσομοιώματος για να βελτιωθεί η αξιοπιστία του.

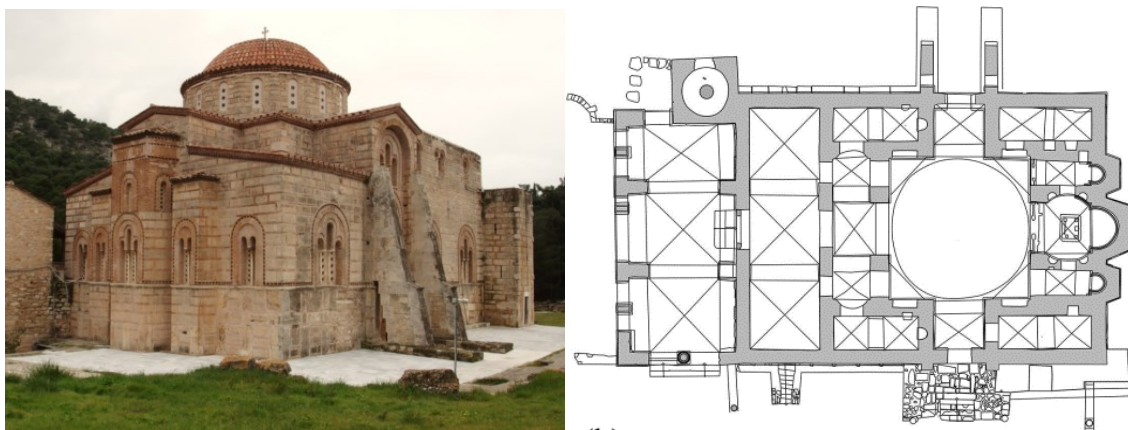
Πρέπει να σημειωθεί ότι οι μέθοδοι ανάλυσης είναι σε κάποιο βαθμό εμπειρικές και τα προγράμματα ανάλυσης δεν είναι ακόμα αρκετά εξελιγμένα για να μπορέσουν να προσομοιώσουν με μεγάλη ακρίβεια τις κατασκευές από τοιχοποιία. Εξάλλου, οι ενδεδειγμένες μέθοδοι ανάλυσης

επιλέγονται κατά περίπτωση ανάλογα με τον σκοπό για τον οποίο γίνονται, τον βαθμό προσέγγισης ή το πεδίο εφαρμογής αλλά και πάλι τα αποτελέσματα εξαρτώνται από τις παραδοχές οι οποίες έχουν γίνει, όπως για παράδειγμα αν η σύνδεση των τοιχοποιιών μεταξύ τους ή μεταξύ των πατωμάτων είναι πλήρης, και συχνά οδηγούν σε υπερεκτίμηση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής.

Επιπλέον, η θεωρητική και πρακτική εκπαίδευση της πλειονότητας των μηχανικών για τις κατασκευές από τοιχοποιία υστερεί σε σχέση με τις κατασκευές από σκυρόδεμα ή χάλυβα, με αποτέλεσμα ελάχιστοι να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις που έχουν πολύπλοκες και δυσκολότερες στην εφαρμογή τους μέθοδοι ανάλυσης και προσομοίωσης. Υπό το πρίσμα αυτό, γίνεται σαφές ότι τόσο οι σύγχρονες κατασκευές από τοιχοποιία όσο και οι παλαιότερες, δεν τυγχάνουν του ενδιαφέροντος των ερευνητών αλλά και των μηχανικών που καλούνται να τις κατασκευάσουν ή να τις ενισχύσουν. Αποτέλεσμα όλων αυτών, ειδικά στον τομέα των αποκαταστάσεων-ενισχύσεων κατασκευών, είναι να γίνονται αρκετές άστοχες, αντιοικονομικές, αντιαισθητικές και επικίνδυνες επεμβάσεις ακόμα και για τις ίδιες τις κατασκευές. Σε ό,τι αφορά στη χρήση μεταλλικών ενισχυτικών διατάξεων, τα παραδείγματα από την άστοχη χρήση τους λόγω ανεπαρκούς γνώσης όχι μόνο αυτών αλλά και της συμπεριφοράς της τοιχοποιίας, είναι πολλά τόσο από τον διεθνή χώρο όσο και από την Ελλάδα.

1.5.3 Μια περίπτωση μελέτης: η ανάλυση του Καθολικού της Ι.Μ. Δαφνίου

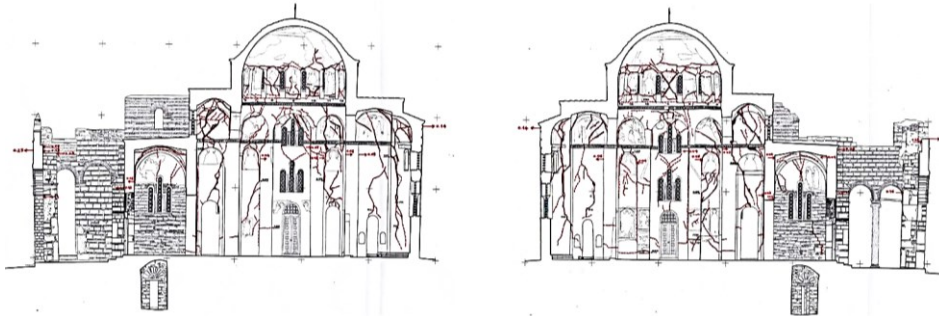
Το Καθολικό της Ι.Μ. Δαφνίου είναι ένα από τα σπουδαιότερα μνημεία της μεσοβυζαντινής περιόδου και έχει ενταχθεί στον κατάλογο μνημείων παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς της UNESCO από το 1990. Πρόκειται για έναν σταυροειδή ναό σύνθετου οκταγωνικού τύπου ο οποίος χρονολογείται από τα τέλη του 11ου αιώνα. Έχει υποστεί αλλεπάλληλες βλάβες από σεισμούς και πολλές επεμβάσεις ενίσχυσης. Τα σοβαρά προβλήματα τρωτότητάς του επιδεινώθηκαν περισσότερο μετά τον σεισμό της Πάρνηθας το 1999 (προκλήθηκε εκτεταμένο δίκτυο καμπτοδιατμητικών ρωγμών και διεύρυνση παλιότερων σε εύρος και μήκος), ωστόσο αντιμετωπίστηκαν σε μεγάλο βαθμό με εργασίες αποκατάστασης που ολοκληρώθηκαν πρόσφατα.



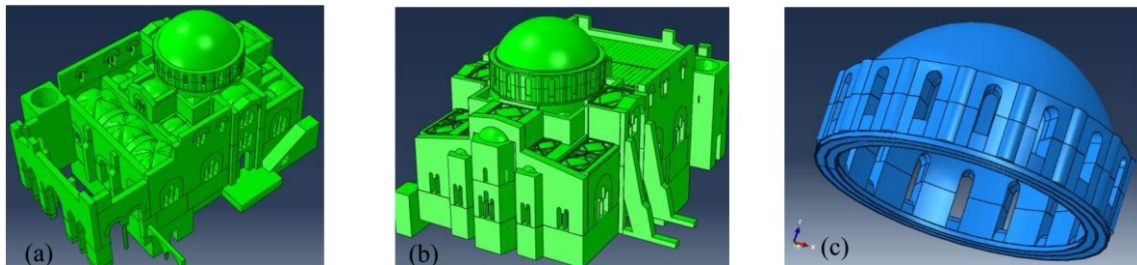
Εικόνα 1.19: Η βορειοδυτική άποψη του Καθολικού μετά τις εργασίες αποκατάστασης (προσωπικό αρχείο) και η κάτοψη του (Miltiadou-Feranz, et al., 2018).

Στο πλαίσιο της μελέτης αποκατάστασης, αναπτύχθηκαν προσομοιώματα, βαθμονομήθηκαν (μετά από ανάλυση δεδομένων από σύστημα καταγραφής επιταχύνσεων εγκατεστημένο επιτόπου) και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν για αριθμητικές αναλύσεις προκειμένου να εξεταστεί το αποτέλεσμα προτεινόμενων μέτρων ενίσχυσης του φορέα (ενεμάτωση, ενισχύσεις με μεταλλικά στοιχεία κ.ά.) και προστασίας των περίφημων ψηφιδωτών του μνημείου. Έγιναν παραμετρικές αναλύσεις προκειμένου να βρεθεί ο βέλτιστος συνδυασμός επεμβάσεων. Τα προσομοιώματα έγιναν

τόσο για τον συνολικό φορέα, όσο και μεμονωμένα για τον τρούλο με το τύμπανο του προκειμένου να μελετηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια γιατί παρουσίαζε σοβαρά προβλήματα. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ABAQUS και τρισδιάστατα τετραεδρικά πεπερασμένα στοιχεία για την ακριβή προσομοίωση της γεωμετρίας η οποία προέκυψε από φωτογραμμετρική αποτύπωση του μνημείου.



Εικόνα 1.20: Παθολογία του Καθολικού της Ι.Μ. Δαφνίου από τομή στο άξονα Ανατολής-Δύσης (Miltiadou-Feranz, et al., 2018).



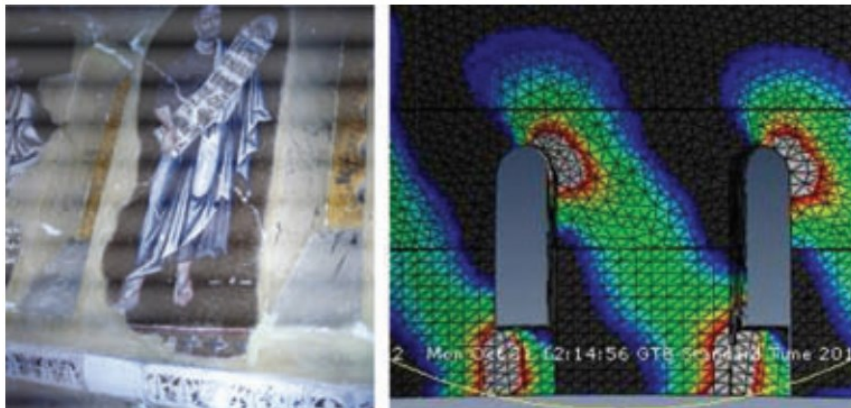
Εικόνα 1.21: Προσομοιώματα πεπερασμένων στοιχείων του φορέα πριν (a) και μετά (b) τις προτεινόμενες επεμβάσεις, αλλά και του τρούλου με το τύμπανο του (Miltiadou-Feranz, et al., 2018).

Οι αναλύσεις που έγιναν ήταν γραμμικές προκειμένου να ξεπεραστούν δυσκολίες όπως το πολύ μεγάλο υπολογιστικό κόστος των μη-γραμμικών αναλύσεων λόγω της πολυπλοκότητας του φορέα αλλά και οι αβεβαιότητες για την ανελαστική συμπεριφορά των υλικών και των στοιχείων του φορέα. Μάλιστα έγινε ειδική μελέτη σεισμικής διακινδύνευσης (seismic hazard study) για να εκτιμηθούν οι σεισμικές δράσεις στη θέση του μνημείου, χρησιμοποιώντας μια πιθανοτική προσέγγιση για την εκτίμηση της εδαφικής επιτάχυνσης, θεωρώντας την προσδοκώμενη διάρκεια ζωής των ενισχυτικών μέτρων ίση με 50 έτη και 10% την πιθανότητα υπέρβασης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης η οποία βρέθηκε ίση με 0,30g. Έγιναν αναλύσεις χρονοϊστορίας για τέσσερα επιταχυνσιογραφήματα από τον σεισμό του Northridge⁶. Ειδικά για το προσομοίωμα του τρούλου η επιτάχυνση στη βάση του εφαρμόστηκε μεγεθυμένη λόγω της έδρασής του στον υποκείμενο φορέα και όχι σε σταθερό έδαφος. Ο συντελεστής μεγέθυνσης από δεδομένα του συστήματος καταγραφής για τρεις σεισμούς που έγιναν μεταξύ 2008-2009 έφτασε το 2,5 και αυτός ο συντελεστής εφαρμόστηκε και για τις αναλύσεις χρονοϊστορίας με τα επιταχυνσιογραφήματα από τον σεισμό του Northridge.

Η βαθμονόμηση των προσομοιωμάτων έγινε συγκρίνοντας τις ιδιοπεριόδους από τα δεδομένα του συστήματος καταγραφής και εκείνες του αναλυτικού προσομοιώματος. Οι μηχανικές ιδιότητες των υλικών εκτιμήθηκαν από επιτόπου δοκιμές και τα δεδομένα του συστήματος καταγραφής. Οι αναλύσεις έδειξαν καλή σύγκλιση μεταξύ των επιταχύνσεων που αναπτύσσονται σε συγκεκριμένες θέσεις με εκείνες που είχαν καταγραφεί όταν γινόταν κατάλληλη τροποποίηση των συνοριακών συνθηκών της βάσης. Επιπλέον, έγινε επιβεβαίωση της ικανότητας των προσομοιωμάτων να απεικονίσουν τις υφιστάμενες βλάβες του μνημείου μέσω σύγκρισης των κύριων εφελκυστικών

⁶ Ο σεισμός του Northridge (Νότια Καλιφόρνια) είχε μέγεθος 6.7 (Mw) και έγινε στις 17/1/1994.

αναπτυσσόμενων τάσεων που υπερέβαιναν της αντοχής της τοιχοποιίας και των υφιστάμενων ρηγματώσεων του μνημείου (Εικ. 1.22). Οι περιοχές στο προσομοίωμα με μεγάλες κύριες εφελκυστικές τάσεις ταυτίζονταν με το μοτίβο ρηγματώσεων στα περισσότερα μέλη του μνημείου.

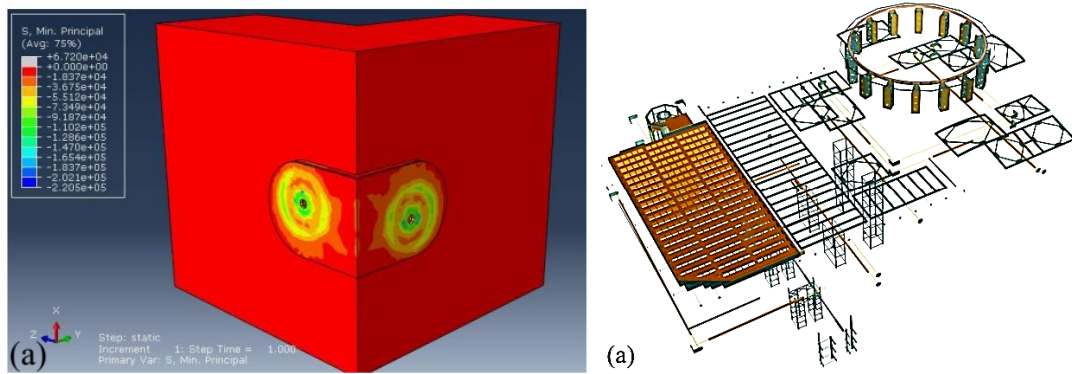


Εικόνα 1.22: σύγκριση μεταξύ των παρατηρούμενων ρηγματώσεων στο τύμπανο του τρούλου πριν από τις επεμβάσεις και τις αναπτυσσόμενες κύριες εφελκυστικές τάσεις από την ανάλυση (Miltiadou-Fezans, et al., 2016).

Αυτό είναι ένδειξη ότι η ελαστική ανάλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για τον καθορισμό ασθενών περιοχών της κατασκευής και περιοχών όπου θα δημιουργηθούν ρηγματώσεις σε έναν σεισμό. Ωστόσο, ακόμα και μετά την ενεμάτωση, η ανάλυση έδειξε ότι η υπέρβαση της εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας είναι αναπόφευκτη και έτσι είναι αναμενόμενες ορισμένες ρηγματώσεις, συνεπώς υπήρχε η ανάγκη λήψης επιπλέον ενισχυτικών μέτρων για την άρση της υψηλής τρωτότητας της κατασκευής και την προστασία της από εκτεταμένες βλάβες (που άλλωστε θα ήταν καταστροφικές και για τον περίφημο ψηφιδωτό διάκοσμο του ναού). Η επιβεβαίωση της παθολογίας του μνημείου μέσω των αναλύσεων και των κατάλληλων προσομοιωμάτων έδειξε την καταλληλότητα τους για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των ενισχυτικών επεμβάσεων (Miltiadou-Feranz, et al., 2018).

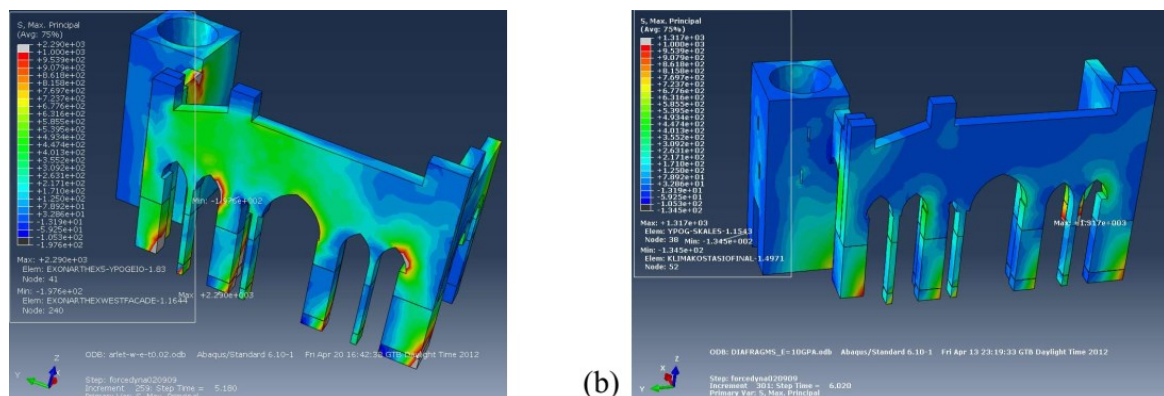
Εξετάστηκε η συνεισφορά στην απόκριση του φορέα από διάφορους τύπους ενισχυτικών διατάξεων (ελκυστήρες, διαφράγματα κ.ά.) αρχικά μεμονωμένα για κάθε τύπο λαμβάνοντας ως παραμέτρους τη διατομή, τις μηχανικές ιδιότητες, τη θέση κάθε ενισχυτικού στοιχείου και στη συνέχεια εξετάστηκε η συνεισφορά του συνδυασμού των μέτρων στην απόκριση του φορέα. Στις ελαστικές αναλύσεις που έγιναν τα προσομοιώματα τροποποιήθηκαν κατάλληλα για εισήχθησαν ασυνέχειες σε περιοχές σοβαρών ρηγματώσεων του μνημείου. Τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν σε πρώτη φάση ποιοτικά ως προς την αποτελεσματικότητα των επεμβάσεων (εντοπισμός περιοχών μεγάλων κύριων εφελκυστικών τάσεων προ και μετά τις επεμβάσεις) και ακολούθως έγινε λεπτομερής επαλήθευση για τα στοιχεία και τις περιοχές αυτές στις οποίες υπήρχε υπέρβαση της εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας. Τέλος έγινε διαστασιολόγηση των επεμβάσεων (πλάκες αγκύρωσης, αγκύρια κ.ά.) με τη χρήση των εντατικών μεγεθών που υπολογίστηκαν από τις αναλύσεις. Οι επεμβάσεις που μελετήθηκαν ήταν η αντικατάσταση της περιίδεσης του τρούλου με νέα από ανοξείδωτο χάλυβα και η προσθήκη μιας επιπλέον, η τοποθέτηση αφανούς διαφράγματος από ράβδους ανοξείδωτου χάλυβα πάνω από τα σταυροθόλια, η τοποθέτηση σύμμικτου ξύλινου-μεταλλικού διαφράγματος στον νάρθηκα και τα δυτικά παρεκκλήσια, η τοποθέτηση μεταλλικών ελκυστήρων και ξύλινων θλιπτήρων στα τόξα, η τοποθέτηση μεταλλικών κλωβών στους πεσσούς κ.ά.

Επιπλέον, έγιναν παραμετρικές αναλύσεις για την εκτίμηση της εντός επιπέδου ακαμψίας των διαφραγμάτων με τη χρήση απλοποιητικής προσομοίωσης των διαφραγμάτων με στοιχεία κελύφους και εισαγωγή τους στο προσομοίωμα. Στη συνέχεια αφού διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση της απόκρισης (σε όρους τάσεων και παραμορφώσεων) έγινε επιλογή της καταλληλότερης τοποθέτησής τους, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς από τη γεωμετρία του φορέα.



Εικόνα 1.23: Βοηθητικό προσομοίωμα για την διαστασιολόγηση των πλακών αγκύρωσης των ελκυστήρων (αριστερά) και αναπαράσταση όλων των επεμβάσεων ενίσχυσης (δεξιά) (Miltiadou-Feranz, et al., 2018).

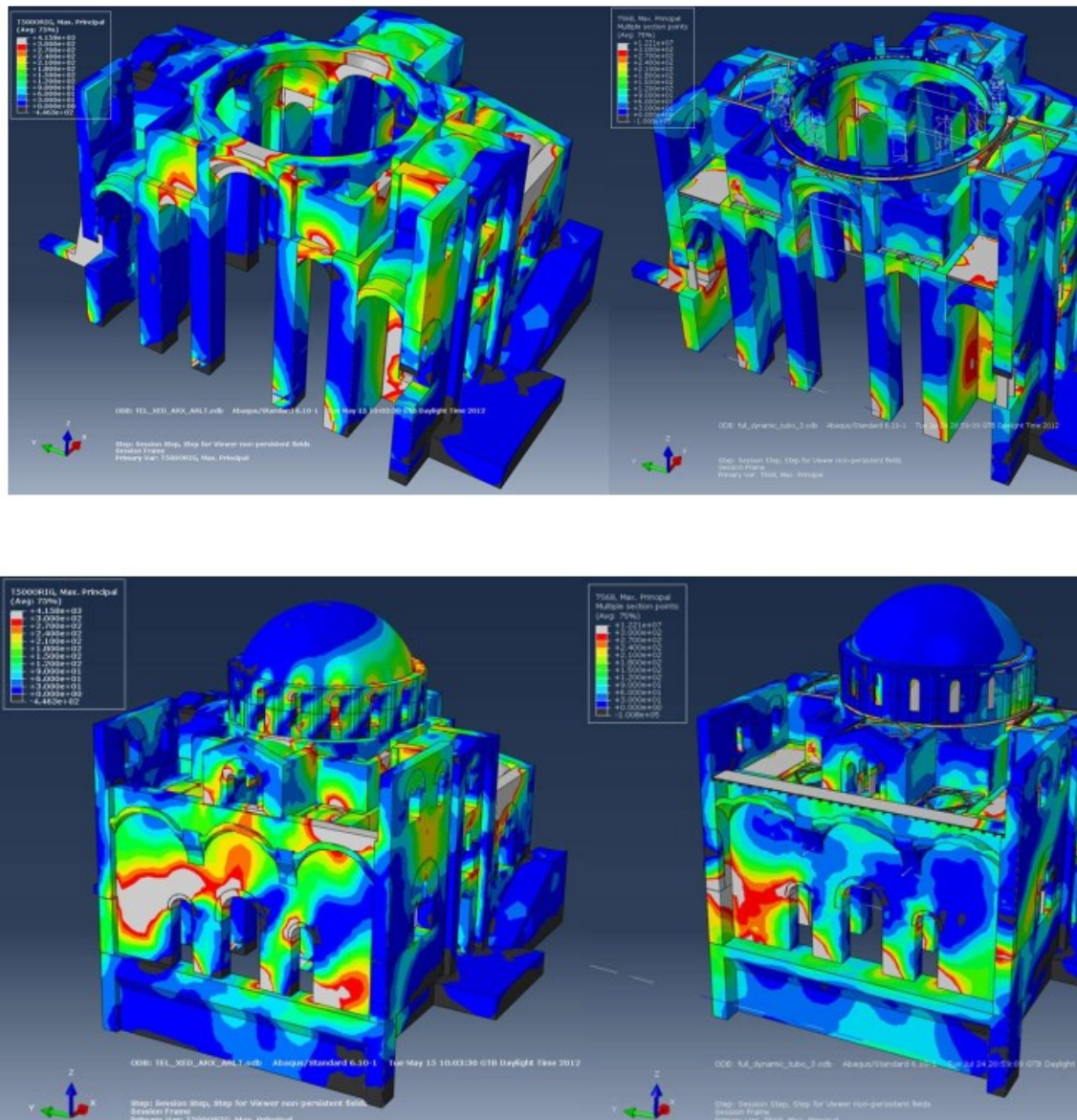
Σε ό,τι αφορά την αποτελεσματικότητα των ελκυστήρων (θέση και διαστασιολόγηση) έγιναν δύο ελαστικές αναλύσεις στο ρηγματωμένο προσομοίωμα: α) ενισχυμένο μόνο με ελκυστήρες και β) με τον συνδυασμό όλων των ενισχύσεων. Από την αξιολόγηση των αναλύσεων (στην περίπτωση συνδυασμού όλων των μέτρων ενίσχυσης η μέγιστη εφελκυστική δύναμη των ελκυστήρων ήταν 30% μικρότερη λόγω συνεισφοράς των διαφραγμάτων), επιλέχθηκε η συντηρητικότερη λύση της διαστασιολόγησης με βάση τη μεγαλύτερη ένταση που άλλωστε θα μπορούσε να υποστηρίξει και ανακατανομή έντασης από τα περισσότερα φορτισμένους ελκυστήρες προς τους λιγότερο φορτισμένους.



Εικόνα 1.24: Οι μέγιστες κύριες τάσεις που αναπτύσσονται στον εξωνάρθηκα απουσία (αριστερά) και παρουσία (δεξιά) διαφράγματος (Miltiadou-Feranz, et al., 2018).

Όπως προέκυψε από την ιδιομορφική ανάλυση, με τον συνδυασμό όλων των μέτρων ενίσχυσης, η δυσκαμψία του φορέα αυξήθηκε (η πρώτη ιδιοπερίοδος μειώθηκε κατά 25%) και η ανεξάρτητη απόκριση μεμονωμένων τμημάτων (όπως ο εξωνάρθηκας) μειώθηκε δραματικά, ενώ ο δομικός φορέας δείχνει να έχει αποκτήσει συμπεριφορά στερεού σώματος το οποίο σημαίνει ότι γίνεται καλύτερη κατανομή των φορτίων. Συμπερασματικά, ο στόχος των επεμβάσεων ενίσχυσης εκπληρώνεται.

Η απόκριση του φορέα πριν και μετά τις επεμβάσεις μετά από ανάλυση χρονοϊστορίας (σεισμός Northridge) παρουσιάζεται ενδεικτικά στην Εικόνα 1.25 με τη μορφή μέγιστων κύριων εφελκυστικών τάσεων. Η κατανομή των τάσεων είναι περισσότερο ομαλή και σε μικρότερα επίπεδα (ιδιαίτερα στο ανώτερο τμήμα του φορέα). Ιδιαίτερη βελτίωση υπήρξε και στον τρούλο οπότε οι μικρότερες παραμορφώσεις του δεν θα θέσουν σε κίνδυνο τα περίφημα ψηφιδωτά. Στην εικόνα αυτή με γκρι χρώμα παρουσιάζονται οι περιοχές όπου οι τάσεις υπερβαίνουν την αντοχή της τοιχοποιίας (250kPa) η οποία προέκυψε από πειραματικές μετρήσεις δοκιμίων.



Εικόνα 1.25: Οι μέγιστες κύριες εφελκυστικές τάσεις πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) τις επεμβάσεις (Miltiadou-Feranz, et al., 2018).

Συμπερασματικά, αξίζει να σημειωθεί ότι τα προτεινόμενα μέτρα ενίσχυσης του φορέα δεν μπορούν να εξασφαλίζουν την πλήρη αντισεισμικότητά του ως σύνολο. Δεν αποκλείεται να παρουσιαστεί αστοχία ορισμένων περιοχών, όμως οι αναμενόμενες βλάβες θα είναι πολύ μικρότερες και περιορισμένες σε σχέση με τον πρωταρχικό φορέα. Η λήψη πρόσθετων μέτρων ενίσχυσης ενώ θα μείωνε την πιθανότητα αστοχίας, θα επιβάρυνε ακόμα περισσότερο την αισθητική του μνημείου, η οποία ούτως ή άλλως έχει πληγεί σε μεγάλο βαθμό από την επέμβαση και έχει προκαλέσει αμφιβολίες για την αναγκαιότητά της και αρνητική κριτική.

1.6 Η χρήση εμφανών μεταλλικών ενισχύσεων στην Ελλάδα κατά τον 19ο και 20ο αιώνα

Οι επεμβάσεις για την προστασία των μνημείων ξεκίνησαν από την ίδρυση του νεοελληνικού κράτους και προσέδωσαν σε πολλά μνημεία τη μορφή που γνωρίζουμε σήμερα. Τόσο για τα υλικά όσο και για τις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα υπήρξε έντονη κριτική που ξεκίνησε από την περίοδο χρήσης τους. Οι επεμβάσεις αρχικά επικεντρώθηκαν στα μνημεία της Ακρόπολης, ενώ από τα τέλη του 19ου αιώνα επεκτάθηκαν σε βυζαντινά και μεταβυζαντινά μνημεία. Η περίοδος από την ίδρυση του νεοελληνικού κράτους μέχρι σήμερα για την οποία γίνεται ιδιαίτερη αναφορά παρακάτω, μπορεί να υποδιαιρεθεί σε τέσσερις υποπεριόδους που διαφέρουν μεταξύ τους κυρίως ως προς τους στόχους των επεμβάσεων (Παπασταματίου, 2009). Για παράδειγμα, από την απομάκρυνση των ερειπίων και των προσθηκών, την ανεύρεση και διαφύλαξη των αρχαίων και τις επανατοποθετήσεις τμημάτων και συμπληρώσεις μελών, έγινε μετάβαση σε δραστηκές αποκαταστάσεις, σε απολαξεύσεις και χρήση αρχαίου υλικού σε συμπληρώσεις μελών και αργότερα σε τεκμηριωμένες αποτυπώσεις και εμπεριστατωμένες μελέτες αλλά και σε διεπιστημονική συνεργασία. Σε κάθε περίοδο οι βασικοί συντελεστές, οι τεχνικές και τα υλικά αλλά η προτεραιότητα ως προς το είδος των μνημείων (της αρχαιότητας ή της βυζαντινής περιόδου) στα οποία γίνονταν επέμβαση διαφοροποιούνταν σε μικρό ή μεγαλύτερο βαθμό. Για τους λόγους αυτούς παρακάτω επιχειρείται μια σύντομη περιγραφή των πρωταγωνιστών, των τεχνικών και των μνημείων κάθε περιόδου τα οποία αποτυπώνονται στον Πίνακα 1-1.

1.6.1 Περίοδος 1834-1885

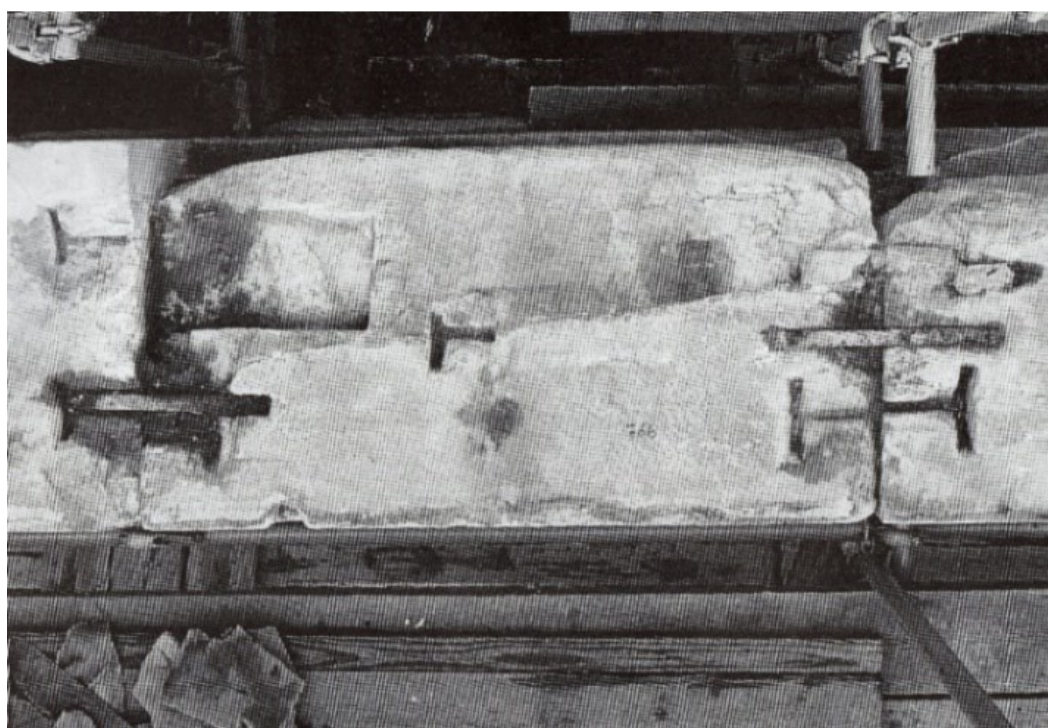
Μετά το 1830, με την ίδρυση του νεοελληνικού κράτους, ξεκινούν στερεωτικές εργασίες στην Ακρόπολη. Την περίοδο αυτή με τα έργα στερέωσης ασχολείται η Αρχαιολογική Υπηρεσία η οποία ιδρύεται το 1834, η Αρχαιολογική Επιτροπή η οποία ιδρύεται δύο χρόνια αργότερα και η Αρχαιολογική Εταιρεία η οποία ιδρύεται το 1837. Ανάμεσα στις εργασίες που πραγματοποιούνται είναι και στερεωτικές επεμβάσεις με την κατασκευή τοίχων αλλά και συμπληρώσεις του πάχους των αρχαίων μερών (ακόμα και σε σφονδύλους κιόνων) με την κατασκευή τοίχων από αργολιθοδομή και οπτοπλινθοδομή⁷, όπως έγινε στο Ερέχθειο αλλά και στον Παρθενώνα. Οι επενδύσεις από οπτόπλινθους στο εσωτερικό των αναστηλωμένων τοίχων συνδέονται με τα αρχαία λιθοσώματα με εμφανείς σιδηρές ράβδους και ελκυστήρες (Εικ. 1.26). Γίνονται επίσης συνδέσεις των αρχιτεκτονικών μελών με επιμήκεις σιδηρούς συνδέσμους σχήματος αβαθούς Π με επιφανειακή άκτωση των άκρων τους και ισχνή μολυβδοχώρηση. Σε πολλά αρχιτεκτονικά μέλη στα οποία έγιναν τέτοιου είδους συνδέσεις, χρειάστηκε να γίνουν και άλλες συνδέσεις μερικές δεκαετίες αργότερα (Εικ. 1.27).

Η Αρχαιολογική Εταιρεία, εκτός από τη μέριμνά της για τα αναστηλωτικά έργα στην Ακρόπολη που είχαν ξεκινήσει από την ίδρυση του νεοελληνικού κράτους, εκδηλώνει ενδιαφέρον για τη στερέωση το 1864 ενός κίονα στη βόρεια πτέρυγα της πρόσοψης της Βιβλιοθήκης του Αδριανού (Εικ. 1.28) με περίδεση από τέσσερις σιδηρές στεφάνες. Πραγματοποιούνται ακόμα στερεωτικές εργασίες και σε ναούς εκτός των Αθηνών όπως για παράδειγμα το 1873 στην Αίγινα στον ναό της Αθηνάς Αφάιας (Εικ. 1.29), με περίδεση των κιόνων με σιδηρές στεφάνες, αλλά επίσης και το 1880 στην Πελοπόννησο στον ναό του Επικουρίου Απόλλωνα στις Βάσσες (Εικ. 1.30) σε δύο κίονες του, και επιπλέον σε τέσσερις κίονες στον ναό του Ποσειδώνα στο Σούνιο (Εικ. 1.31) την ίδια χρονιά.

⁷ Αυτή ήταν μια συνήθης πρακτική στις αναστηλώσεις των μνημείων της Ρώμης στις αρχές του 19^{ου} αιώνα.



Εικόνα 1.26: Η οπτοπλινθοδομή στο εσωτερικό του βόρειου τοίχου του Παρθενώνα κατά το 1872 (Μαλλούχου-Tufano, 1998).



Εικόνα 1.27: Οι επιμήκεις σύνδεσμοι σχήματος Π, μαζί με μεταγενέστερες (κάτω) εντορμίες συνδέσμων σχήματος διπλού Τ (επέμβαση Ν.Μπαλάνου) αλλά και εντορμίες αρχαίων συνδέσμων (άνω) στον βόρειο τοίχο του Ερέχθειου (Μαλλούχου-Tufano, 1998).



Εικόνα 1.28: Η Βιβλιοθήκη του Αδριανού μετά από τις περιδέσεις του τέταρτου κίονα της βόρειας πτέρυγας της πρόσοψης που έγιναν το 1864. Άποψη από ΝΔ (Μαλλούχου-Τυφانو, 1998).



Εικόνα 1.29: Ο ναός της Αφαίας το 1873 μετά την περίδεση των κιόνων. Άποψη από δυτικά (Μαλλούχου-Τυφانو, 1998).



Εικόνα 1.30: Ο ναός του Επικουρίου Απόλλωνα το 1891 μετά την περίδεση των κίωνων του το 1880. Άποψη από ΝΔ (Μαλλούχου-Tufano, 1998).



Εικόνα 1.31: Ο ναός του Σουνίου έπειτα από τις επεμβάσεις στερέωσης του 1880. Άποψη από ΒΔ. (Μαλλούχου-Tufano, 1998).

Επίσης, έγιναν επεμβάσεις την περίοδο αυτή στον ναό του Ολυμπίου Διός και του Ηφαίστου, στην αρχαία Αγορά, κ.ά. Κύρια χαρακτηριστικά της περιόδου αυτής ήταν οι ενέργειες διασωστικού χαρακτήρα και ανασκαφικές προσπάθειες και όχι ιδιαίτερα αναστηλωτικής φύσης. Παρόλα αυτά σημαντική υπήρξε η απώλεια βασικών στοιχείων και αυθεντικού υλικού των μνημείων, η απομάκρυνση ιστορικών φάσεων και η χρήση ακατάλληλων όπως αποδείχθηκε σιδηρών υλικών που προκάλεσαν μακροπρόθεσμα μεγαλύτερες φθορές στα μνημεία.

1.6.2 Περίοδος 1885-1922

Την περίοδο αυτή κυριαρχεί το έργο του νομομηχανικού Νικόλαου Μπαλάνου (1860-1942) στα μνημεία της Ακρόπολης με πρωτοποριακές για την εποχή στερεωτικές επεμβάσεις τόσο στην χρήση υλικών (οπλισμένο σκυρόδεμα, σίδηρος) όσο και στην εφαρμογή σύγχρονων τεχνικών (π.χ. ανάρτηση αρχαίων μελών από ισχυρές μεταλλικές δοκούς διπλού T στον θριγκό της βόρειας κιονοστοιχίας του Παρθενώνα), ανάγκη που διογκώθηκε μετά τον καταστροφικό σεισμό του 1894. Το έργο του Μπαλάνου καθόρισε τις στερεωτικές επεμβάσεις για πολλά χρόνια και γνώρισε παγκόσμια προβολή και αναγνώριση προτού αμφισβητηθεί έντονα για τα ολέθρια αποτελέσματα της ενσωμάτωσης σιδηρών στοιχείων στις αρχές της δεκαετίας του 1940. Η περίοδος αυτή ολοκληρώνεται το 1922 με την ανάληψη καθηκόντων από τον Αναστάσιο Ορλάνδο (1887-1979) ως διευθυντή του Γραφείου Αναστυλώσεως Αρχαίων και Ιστορικών Μνημείων.

Εκτός από το ενδιαφέρον για τα αρχαιοελληνικά μνημεία στα οποία επικεντρώθηκε το ενδιαφέρον των αρμόδιων φορέων του νεοσύστατου ελληνικού κράτους, προς τα τέλη του 19^{ου} αιώνα γίνονται οι πρώτες στερεωτικές επεμβάσεις με εμφανή μεταλλικά στοιχεία σε απειλούμενα μεσαιωνικά μνημεία. Στην κατεύθυνση αυτή συνέβαλε σημαντικά η ίδρυση το 1884 της Χριστιανικής Αρχαιολογικής Εταιρείας η οποία σηματοδότησε την αναγνώριση της αξίας της μεσαιωνικής τέχνης και αρχιτεκτονικής και τη σημασία της διάσωσης των μνημείων της περιόδου εκείνης που περιλάμβανε όχι μόνο βυζαντινά μνημεία αλλά και βενετικά, φράγκικα και οθωμανικά. Από τις επεμβάσεις αυτές ξεχωρίζει η τοποθέτηση το 1893 σιδηρών ελκυστήρων στον νάρθηκα του καθολικού της Ι.Μ. Δαφνίου (Εικ. 1.32) για την ενίσχυση του δυτικού τοίχου του, αλλά και σε άλλα σημεία του καθολικού (Χλέπα, 2011).



Εικόνα 1.32: Τα κλειδιά των ελκυστήρων στον νάρθηκα του Καθολικού της μονής Δαφνίου που τοποθετήθηκαν το 1893 (Χλέπα, 2011).

Τα μνημεία στα οποία έγιναν επεμβάσεις την περίοδο αυτή είναι τα μνημεία και το τείχος της Ακρόπολης, ο ναός του Διός στη Νεμέα, η Πύλη των Λεόντων στις Μυκήνες, ο ναός του Απόλλωνα στους Δελφούς, τα μνημεία της Επιδαύρου κ.ά. Από τα θετικά χαρακτηριστικά της περιόδου αυτής ξεχωρίζει η τεκμηρίωση των επεμβάσεων (φωτογραφική και σχεδιαστική) τουλάχιστον μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, και η συλλογικότητα στη λήψη αποφάσεων. Από την άλλη, συνεχίστηκε η καταστροφή του αυθεντικού υλικού των μνημείων, έγιναν εκτεταμένες παραπομπές αρχιτεκτονικών μελών και χρήση ακατάλληλων υλικών (οπλισμένο σκυρόδεμα, σίδηρος).

1.6.3 Περίοδος 1922-1939

Οι δύο μεγάλοι πρωταγωνιστές της περιόδου αυτής είναι ο Νικόλαος Μπαλάνος και ο Αναστάσιος Ορλάνδος. Κατά την περίοδο αυτή γίνονται αρκετές συρραφές αρχαίων αρχιτεκτονικών μελών που υφίστανται απολαξεύσεις, αποκοπές και διατρήσεις για να γίνει συνένωση τους και να προσαρμοστούν με τα νέα τμήματα μαρμάρου. Επιπλέον, γίνεται σύνδεση των μαρμάρων τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά με σιδηρά ή ορειχάλκινα στοιχεία, τα οποία εγκιβωτίζονταν σε τσιμεντοκονίαμα αντί να μολυβδοχοούνται (Παπασταματίου, 2009). Γίνεται χρήση σιδηροδοκών διατομής διπλού T, οι οποίες καλύπτονται με τσιμεντοκονίαμα αφού προσαρμοστούν στα μάρμαρα εσωτερικά ή εξωτερικά. Οι τεχνικές που είχε χρησιμοποιήσει ο Μπαλάνος υιοθετούνται και από τον Αναστάσιο Ορλάνδο (αντικαταστάσεις και συμπληρώσεις μελών, με τη χρήση τσιμέντου για τις συμπληρώσεις, χρήση μεταλλικών στοιχείων όχι όμως από σίδηρο αλλά από ορείχαλκο ή ανοξείδωτο χάλυβα όταν φάνηκαν τα αποτελέσματα της χρήσης σιδηρών στοιχείων).

Τα μνημεία στα οποία γίνονται επεμβάσεις κατά την περίοδο αυτή είναι εκείνα της Ακρόπολεως (Λαμπρινού, 2019) (υπέρθυρο του Οπισθонаού, βόρεια κιονοστοιχία Παρθενώνα κ.λπ.), της αρχαίας Κορίνθου, το Παναθηναϊκό Στάδιο, το ωδείο Ηρώδου του Αττικού, ο Τύμβος του Μαραθώνα, η Στοά του Αττάλου, μνημεία στα Μετέωρα, στο Άγιο Όρος και στον Μυστρά, η Ι.Μ. Δαφνίου, ο Ι.Ν. Παναγίας Παρηγορήτισσας στην Άρτα, η Παναγία Χαλκέων στη Θεσσαλονίκη (Μαλλούχου-Tufano, 2015) κ.ά.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν την περίοδο αυτή δεν προκάλεσαν περαιτέρω φθορές στα μνημεία και γενικότερα η προσέγγιση του Ορλάνδου στα ζητήματα των επεμβάσεων δεν αντιμετώπιζε τα αρχαία μέλη ως οικοδομικό υλικό. Εντούτοις, δεν υπήρξε ούτε την περίοδο αυτή τεκμηρίωση των επεμβάσεων.



Εικόνα 1.33: Η ανατολική άποψη της δυτικής θύρας του Οπισθοναού του Παρθενώνα μετά την επέμβαση Μπαλάνου το 1926 (Μπαλάνος, 1940).

1.6.4 Περίοδος 1939-1967

Κυριαρχεί το έργο του Αναστάσιου Ορλάνδου και του Ευστάθιου Στίκα, ως επικεφαλής της Υπηρεσίας Αναστηλώσεως Αρχαίων και Ιστορικών Μνημείων, οι οποίοι διαμόρφωσαν την σύγχρονη μορφή των σπουδαιότερων μνημείων και αρχαιολογικών χώρων. Σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε και ο Χαράλαμπος Μπούρας (1933-2016) ο οποίος ανέλαβε τη διεύθυνση της υπηρεσίας το 1965 και είχε μια πιο μεθοδική προσέγγιση στο ζήτημα των επεμβάσεων.

Ο Ορλάνδος αν και εξακολουθεί να χρησιμοποιεί τις μεθόδους του Μπαλάνου, διαφοροποιείται ως προς τη χρήση των υλικών (ορείχαλκος αντί για σίδηρος για την κατασκευή μικρών συνδέσμων και γόμφων και ανοξείδωτος χάλυβας για μεγαλύτερες ενισχύσεις). Στα αρχαία μνημεία οι ενισχύσεις είναι αφανείς (όπως για παράδειγμα η διάτρηση και ένθεση ράβδων ανοξείδωτου χάλυβα στον ναό του Επικούριου Απόλλωνα το 1966), αλλά είναι αρκετά συντηρητικότερες λόγω και της οικονομικής ένδειας της χώρας μετά τον Β' παγκόσμιο και τον εμφύλιο πόλεμο. Μεγάλη χρήση οπλισμένου σκυροδέματος γίνεται σε βυζαντινά και μεταβυζαντινά μνημεία, αλλά χρησιμοποιείται με μεγάλη φειδώ στα αρχαία μνημεία.

Τα μνημεία στα οποία γίνονται επεμβάσεις την περίοδο αυτή είναι το θέατρο της Επιδαύρου, ο ναός της Αθηνάς Αφαίας στην Αίγινα, η Ακρόπολη των Μυκηνών, το ρωμαϊκό ωδείο της Πάτρας, ο Ι.Ν. του Αγίου Δημητρίου στη Θεσσαλονίκη, ο Ι.Ν της Καταπολιανής στην Πάρο, οι μονές Ξηροποτάμου και Παντοκράτορος Σωτήρος αλλά και στο Πρωτάτο στο Άγιο Όρος, η μονή Δαφνίου κ.ά (Παπασταματίου, 2009). Η περίοδος αυτή και ιδιαίτερα προς το τέλος της χαρακτηρίζεται από την τεκμηρίωση των επεμβάσεων, την υιοθέτηση της διεθνούς επικρατούσας ιδεολογίας και γενικότερα την ύπαρξη για πρώτη φορά αναστηλωτικών μελετών πριν από τις επεμβάσεις.



Εικόνα 1.34: το εσωτερικό της Παναγίας Παρηγορίτισσας στην Άρτα μετά την επέμβαση του Ορλάνδου τη δεκαετία του 1960 (Παπασταματίου, 2009).

1.6.5 Περίοδος 1967-σήμερα

Μετά τη μεταπολίτευση του 1974, αρχίζει μια γόνιμη περίοδος για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς στην οποία συνέβαλε και η ένταξη της χώρας στην ΕΟΚ, τα οικονομικά οφέλη από την οποία έδωσαν μεγάλη ώθηση στις επεμβάσεις αποκατάστασης. Η κρατική προστασία της πολιτιστικής και φυσικής κληρονομιάς κατοχυρώνεται συνταγματικά το 1975, διευρύνονται οι φορείς προστασίας, ενώ η Ελλάδα συμμετέχει σε πανευρωπαϊκές διασκέψεις και συνυπογράφει σχετικές Συμβάσεις (Γρανάδας, Βαλέττας) και Διακηρύξεις (Άμστερνταμ κ.λπ.). Παράλληλα γίνονται δεκτές από τις επιτροπές εκτέλεσης αρχαιολογικών έργων, αρχές όπως η πολυεπιστημονική σύνθεση, η τήρηση των αρχών του Χάρτη της Βενετίας, η σύνταξη λεπτομερών μελετών για κάθε επέμβαση, η καθιέρωση διαδικασίας αξιολόγησης και ελέγχου των μελετών, η πλήρης τεκμηρίωση (πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την επέμβαση), η διαφάνεια και η ενημέρωση, η διαχείριση και συντήρηση των έργων μετά την ολοκλήρωσή τους. Επιπλέον για τα μνημεία της αρχαιότητας τηρούνται και αρχές

όπως η αναστρεψιμότητα των επεμβάσεων (επιτυγχάνεται με συγκεκριμένους τρόπους τεκμηρίωσης και εργασίας), η διατήρηση της αυτοτέλειας των αρχιτεκτονικών μελών και ο περιορισμός των επεμβάσεων στις απολύτως απαραίτητες (Μπούρας, 2006). Σε ό,τι αφορά τα χρησιμοποιούμενα υλικά για εμφανείς ενισχυτικές επεμβάσεις, σταδιακά αρχίζει να κυριαρχεί η χρήση του ανοξείδωτου χάλυβα.

Ωστόσο, δεν λείπουν προβλήματα από τη μη εφαρμογή ενός νομικού πλαισίου εναρμονισμένου με τις σύγχρονες αρχές ολοκληρωμένης προστασίας και οι καθυστερήσεις στη θεσμοθέτηση μέτρων προστασίας και επέκτασης μελετών για την ουσιαστική προστασία μεμονωμένων μνημείων αλλά και οικιστικών συνόλων (Μαλλούχου-Τυφانو, Προστασία και διαχείριση μνημείων. Ιστορικές και θεωρητικές προσεγγίσεις, 2015). Πρέπει να σημειωθεί ότι ξεκινά η συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα στην εκτέλεση έργων αποκατάστασης με συχνά αμφιλεγόμενα ποιοτικά και οικονομικά αποτελέσματα και η μη αναστρεψιμότητα πολλών επεμβάσεων σε νεότερα μνημεία, ελλείψει ενός πλαισίου ειδικών προδιαγραφών για επεμβάσεις σε μνημεία. Τέλος, αρχίζει με μεγάλη καθυστέρηση η οργάνωση της επιμόρφωσης όλων των επιστημόνων που εμπλέκονται ακόμα και με προγράμματα μεταπτυχιακών σπουδών.

Ο Πίνακας 1-1 συνοψίζει για καθεμία από τις πέντε περιόδους στις οποίες έγινε αναφορά παραπάνω, τους βασικούς συντελεστές, ενδεικτικά μνημεία στα οποία έγιναν επεμβάσεις, τους στόχους και τα υλικά των επεμβάσεων.

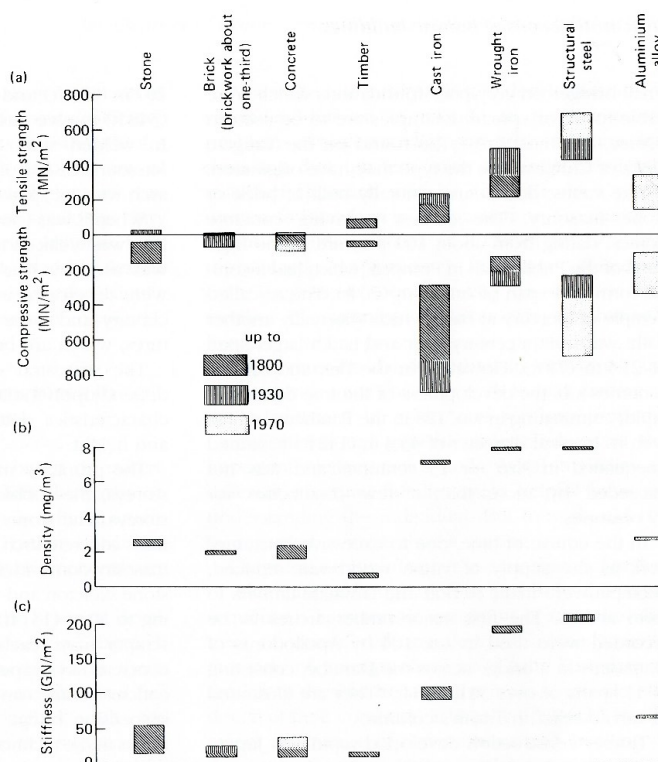
Πίνακας 1-1: Οι βασικότερες περίοδοι επεμβάσεων σε μνημεία στην Ελλάδα.

Περίοδος	Βασικοί συντελεστές	Στόχοι	Υλικά	Μνημεία
1834-1885	Κυρ.Πιττάκης Στ.Κουμανούδης F. C. Penrose E. Ziller	Συμπληρώσεις, επανατοποθετήσεις εκκαθαρίσεις, περιδέσεις, συγκολλήσεις	Συνδέσεις με εξωτερικούς σιδηρούς συνδέσμους, σιδηρές στεφάνες, σιδηροδοκοί, ελκυστήρες, πλινθοδομές για αντιστηρίξεις	Ακρόπολη, Θησείο, ν. Ολυμπίου Διός, τείχος Ακρόπολης, βιβλιοθήκη Αδριανού, Αρχαία Αγορά, ν. Ποσειδώνα στο Σούνιο, ν. Επικούριου Απόλλωνα στις Βάσσες, ν. Αθηνάς Αφαίας στην Αίγινα
1885-1922	Νικ. Μπαλάνος Αναστ. Ορλάνδος F. C. Penrose	Συντήρηση, δομικές αποκαταστάσεις, καθαιρέσεις ετοιμόρροπων τμημάτων	Μεταλλικά συνδετήρια στοιχεία, μεταλλικές ράβδοι και δοκοί	Ακρόπολη, τείχος Ακρόπολης, ν. Ποσειδώνα στο Σούνιο, ν. Επικούριου Απόλλωνα στις Βάσσες, μνημεία Επιδαύρου, Δελφών και αρχαίας Κορίνθου
1922-1939	Νικ. Μπαλάνος Αναστ. Ορλάνδος Ευστ. Στίκας	Διαχωρισμός της συντήρησης, στερέωσης και αναστήλωσης από τις υπόλοιπες αρχαιολογικές εργασίες	Εσωτερική και εξωτερική σύνδεση με μεταλλικούς συνδέσμους (σιδηρούς ή ορειχάλκινους), τσιμεντοκονιάματα (πλήρωση αρμών και κενών), σιδηροδοκοί, οπλισμοί	Παρθενώνας, Πύλη Ανδριανού, Προπύλαια, τείχος Ακρόπολης, Φαληρικό τείχος, ν. Διός στη Νεμέα, μνημεία Επιδαύρου, ν. Απόλλωνα Δελφών
1939-1967	Αναστ. Ορλάνδος Ευστ. Στίκας	Αναστηλωτικές μελέτες, τεκμηρίωση επεμβάσεων	Ορειχάλκινοι σύνδεσμοι, ανοξείδωτος χάλυβας, οπλισμένο σκυρόδεμα σε βυζαντινά και μεταβυζαντινά μνημεία	Ακρόπολη των Μυκηνών, ν. Αθηνάς Αφαίας στην Αίγινα, ρωμαϊκό ωδείο Πάτρας, ο Ι.Ν. του Αγίου Δημητρίου στη Θεσσαλονίκη, ο Ι.Ν. Καταπολιανής στην Πάρο, Ι.Μ. Ξηροποτάμου και Παντοκράτορος Σωτήρος και Πρωτάτο Αγίου Όρους, η Ι.Μ. Δαφνίου κ.ά
1967-σήμερα	Χαρ. Μπούρας	Εναρμόνιση με τις διεθνείς συμβάσεις και διακηρύξεις	Χρήση ανοξείδωτων μεταλλικών στοιχείων από χάλυβα ή τιτάνιο	Πλήθος αρχαίων, βυζαντινών και μεταβυζαντινών μνημείων (ενδεικτικά βλ. Πίνακα 5-1 στο Παράρτημα).





2. Απόκριση κατασκευών από τοιχοποιία & οι μεταλλικές διατάξεις ενίσχυσής τους

2.1 Εισαγωγή

Ο συνδυασμός της χρήσης μετάλλων με άλλα δομικά υλικά όπως λίθοι/πλίνθοι ή ξύλο και πολύ αργότερα με το σκυρόδεμα, επέτρεψε τη δημιουργία ασφαλέστερων, οικονομικότερων, ανθεκτικότερων και μεγαλύτερων κατασκευών. Έδωσε επίσης ώθηση σε νέα σχεδιαστικά πρότυπα που επέτρεψαν στον φέροντα οργανισμό των κατασκευών να έχει τις μικρότερες δυνατές διαστάσεις και άρα να επιτρέπει καλύτερο φυσικό φωτισμό και αερισμό στο εσωτερικό του κτηρίου. Ο συνδυασμός αυτός ενώ για πολλούς αιώνες ήταν περιορισμένος λόγω της δυσκολίας στην παραγωγή μεταλλικών υλικών και κατ' επέκταση του κόστους τους, έγινε περισσότερο αποτελεσματικός τους τελευταίους αιώνες με την πρόοδο στην παραγωγή μετάλλων και την πρόοδο στη μηχανική. Συγκρίνοντας τις μηχανικές ιδιότητες των βασικότερων δομικών υλικών όπως η θλιπτική και η εφελκυστική αντοχή, αλλά και το μέτρο ελαστικότητάς τους, και τις διαστάσεις (μέγιστο άνοιγμα, ύψος κ.λπ.) των κατασκευών που μπορούν να προκύψουν από τη χρήση τους, εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι η μορφή τους καθορίζεται και περιορίζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τις μηχανικές ιδιότητες των δομικών τους υλικών. Στην Εικόνα 2.1 απεικονίζονται συνοπτικά και συγκριτικά οι μηχανικές ιδιότητες του λίθου, της πλίνθου, του ξύλου, κραμάτων του σιδήρου (χυτοσίδηρος, σφυρήλατος σίδηρος, χάλυβας) και η βελτίωση των ιδιοτήτων των κραμάτων σιδήρου τους τελευταίους δύο αιώνες. Αντίστοιχη σύγκριση μηχανικών ιδιοτήτων των βασικότερων δομικών υλικών των μνημείων γίνεται και στην Εικόνα 2.2.



Εικόνα 2.1: Μηχανικές ιδιότητες των κυριότερων δομικών υλικών ιστορικών κατασκευών (Feilden, 2008).

ΥΛΙΚΟ	A 	B 	C 	D 	E $\frac{B}{A}$	F $\frac{C}{A}$	G $\frac{D}{A}$
ΟΜΟΠΛΙΝΘΟΣ	1.0	1.0	—	—	1.0	—	—
ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΣ	1.13	5.0	—	—	4.5	—	—
ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ	1.33	3.0	1.0	1.0	2.3	0.75	0.75
ΓΡΑΝΙΤΗΣ	1.8	40.0	1.0	1.0	22.2	0.55	0.55
ΞΥΛΟ	~0.5	7.0	10.0	10.0	14.0	20.0	20.0
ΣΙΔΗΡΟΣ	2.3	50.0	70.0	90.0	22.0	30.5	39.2

Εικόνα 2.2: Συγκριτικός πίνακας του βάρους (A), της θλιπτικής (B), εφελκυστικής (C) και διατμητικής (D) αντοχής και των μεταξύ τους λόγων για βασικά δομικά υλικά ως προς τις τιμές του ομόπλινθου (Wright, 2005).

Αν και σήμερα τα μεταλλικά υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται ως ενισχυτικές διατάξεις είναι υψηλών ποιοτικών προδιαγραφών, ο τρόπος λειτουργίας τους παραμένει ίδιος και η τοποθέτησή τους εξακολουθεί να γίνεται με σχεδόν τον ίδιο τρόπο που γινόταν αιώνες πριν. Για παράδειγμα, εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται μεταλλικοί γόμφοι για την αφανή ενίσχυση σφονδύλων κιόνων ή περιδέσεις και σύνδεσμοι με τον ίδιο τρόπο που γινόταν μερικούς αιώνες νωρίτερα. Επιπλέον, οι ελκυστήρες χρησιμοποιούνται ήδη αρκετούς αιώνες, ενώ πολλές δεκαετίες μετρούν και οι αντιστηρίξεις από πλαίσια. Οι κυριότερες από τις παραπάνω μεταλλικές ενισχυτικές διατάξεις, δηλαδή οι ελκυστήρες/θλιπτήρες, οι περιδέσεις, τα διαζώματα, οι αντιστηρίξεις με πλαίσια και οι σύνδεσμοι αναλύονται στις επόμενες σελίδες. Προκειμένου να γίνει κατανοητή η αναγκαιότητα των μεταλλικών ενισχύσεων σε κατασκευές από τοιχοποιία, γίνεται παρακάτω μια σύντομη αναφορά στη στατική των κτηριακών κατασκευών από τοιχοποιία.

2.2 Η απόκριση κτηριακών κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία

Οι κατασκευές από τοιχοποιία έχουν μια πολύ καλή συμπεριφορά όταν υπόκεινται σε κατακόρυφα φορτία, και μια ιδιαίτερα καλή αντίσταση σε τυχηματικά και σε μόνιμα φορτία. Ο φέρων οργανισμός τους αποτελείται από τοίχους που συμμετέχουν στις περισσότερες περιπτώσεις όλοι στην στατική λειτουργία του δομικού φορέα, οι εγκάρσιες διαστάσεις είναι σταθερές (υπάρχει μια κανονικότητα στην μορφή του φορέα) και τα επίπεδα των θλιπτικών τάσεων είναι συνήθως μικρά.

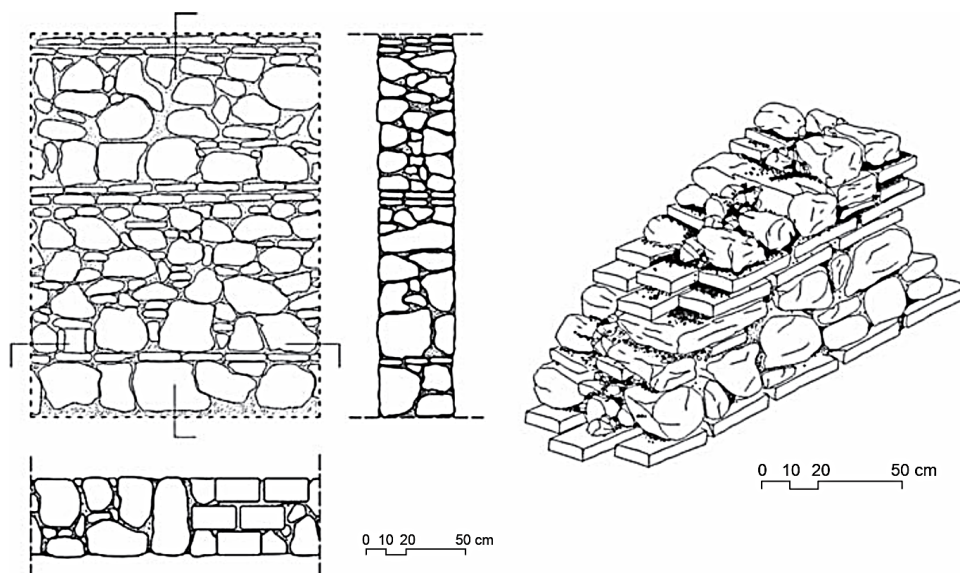
Ωστόσο, σε οριζόντια φορτία όπως ανάγονται οι σεισμικές διεγέρσεις (για την ακρίβεια οι σεισμικές διεγέρσεις επιβάλλουν μετακινήσεις και όχι δυνάμεις), αλλά και στην περίπτωση που υπάρχουν διαφορικές καθιζήσεις, εκδηλώνονται οι αδυναμίες του υλικού λόγω της πολύ χαμηλής εφελκυστικής του αντοχής. Σε τοιχοποιίες στις οποίες δεν υπάρχει συνδετικό κονίαμα μεταξύ των λίθων οι εφελκυστικές δυνάμεις αντισταθμίζονται από τις δυνάμεις βαρύτητας και τριβής. Σε τοιχοποιίες όπου υπάρχει συνδετικό κονίαμα συμμετέχει και η δύναμη συνοχής στη φέρουσα ικανότητα σε εφελκυσμό, δίχως όμως να αποφεύγονται ρηγματώσεις και καταρρεύσεις λόγω σεισμικών δράσεων. Οι ρηγματώσεις προκύπτουν συνήθως από τον διαχωρισμό μεταξύ κάθετα διασταυρούμενων τοίχων, από τη διατμητική αστοχία εντός επιπέδου των τοίχων και ακόμα από την τάση του τοίχου προς ανατροπή, τα οποία θα αναλυθούν στη συνέχεια.

2.2.1 Αντοχή τοιχοποιίας

Η αντοχή της κατασκευής υπό οριζόντια φορτία βασίζεται κυρίως στα υλικά (μορφή και το μέγεθος των τοιχοσωμάτων και ποιότητα του συνδετικού κονιάματος) και στον βαθμό μονολιθικότητας των επιμέρους τοίχων, στην κανονικότητα της κατασκευής σε κάτοψη και καθ' ύψος και στην

ύπαρξη οριζόντιων διαζωμάτων. Πιο αναλυτικά, καλή συμπεριφορά εμφανίζουν οι τοιχοποιίες στις οποίες η πλειονότητα των τοιχοσωμάτων είναι μεγάλου μεγέθους ή υπάρχει ομοιογένεια στο μέγεθος τους. Ο κύριος ρόλος του συνδετικού κονιάματος είναι να κάνει σχετικά ομοιόμορφη την επαφή και τριβή μεταξύ των τοιχοσωμάτων με σκοπό να αποτραπεί συγκέντρωση φορτίου όταν οι επιφάνειες δεν είναι ομαλές. Όταν τα τοιχοσώματα έχουν μικρές διαστάσεις και η διάταξή τους δεν είναι επαρκής για να εξασφαλιστεί η μονολιθική συμπεριφορά της τοιχοποιίας, το κονίαμα μπορεί να προσφέρει εγκάρσια σύμπλεξη των τοιχοσωμάτων, αν και η χαμηλή του εφελκυστική αντοχή περιορίζει αυτόν τον ρόλο του. Τέλος, σε ό,τι αφορά στη δομή της τοιχοποιίας, επειδή συχνά το πάχος της είναι μεγαλύτερο από το μέγεθος των τοιχοσωμάτων με αποτέλεσμα να αποτελείται από δύο παρειές (εσωτερική και εξωτερική), είναι απαραίτητο για να έχει καλή απόκριση οι παρειές αυτές να είναι καλά συνδεδεμένες μεταξύ τους και να μην μπορούν να διαχωριστούν και να συμπεριφερθούν ανεξάρτητα. Η μονολιθικότητα που είναι το ζητούμενο στην περίπτωση αυτή επιτυγχάνεται με συνδέσεις μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών τοιχοσωμάτων από διάτονα στοιχεία, που γεφυρώνουν με το μήκος τους τις δύο παρειές της τοιχοποιίας ή έχουν μήκος τουλάχιστον τα 2/3 του πάχους όταν αυτό είναι αρκετά μεγάλο. Όταν η σύνδεση αυτή είναι καλή γίνεται επαρκής μεταφορά φορτίων.

Η μηχανική συμπεριφορά της τοιχοποιίας βελτιώνεται περαιτέρω με τη χρήση οριζόντιων ζωνών αποτελούμενες από στρώσεις πλίνθων ή μικρούς λίθους (Εικ. 2.3) ή ακόμα καλύτερα, ξυλοδεσιές. Αυτές οι οριζόντιες ζώνες, σε οριζόντια διέγερση επιτρέπουν τον σχηματισμό γραμμικών αρθρώσεων οι οποίες προκαλούν έναν μηχανισμό επαναφοράς και αυτό-αποκατάστασης της ευστάθειας της τοιχοποιίας μετά το τέλος της διέγερσης (Harries & Sharma, 2016). Απουσία τέτοιων ζωνών, σε μη κανονικές στρώσεις τοιχοποιίας η σεισμική διέγερση έχει σαν αποτέλεσμα μεγάλες διακυμάνσεις στις δυνάμεις επαφής μεταξύ των λίθων σε ακανόνιστες περιοχές της τοιχοποιίας. Όταν ξεκινήσει η περιστροφή των περιοχών αυτών μπορεί να προκληθεί κατάρρευση από τη συνδυασμένη δράση του βάρους της τοιχοποιίας και της οριζόντιας φόρτισης που δρα λοξά στο πάχος του τοίχου επηρεάζοντας τη μονολιθικότητά του.



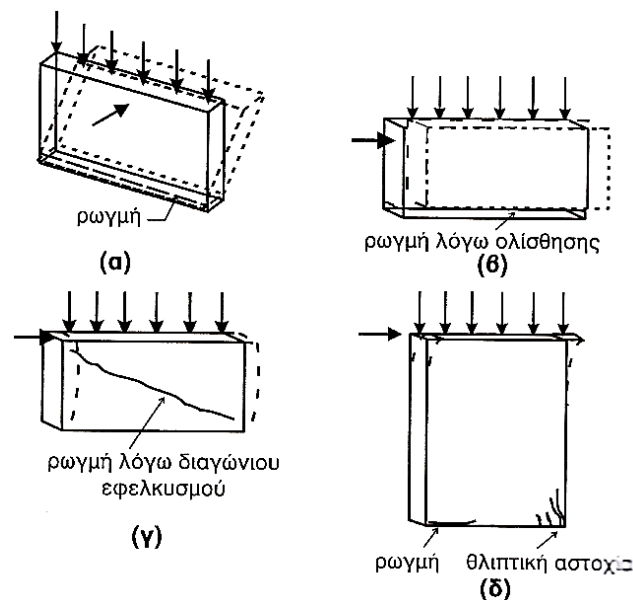
Εικόνα 2.3: Αναπαράσταση τοιχοποιίας καλής ποιότητας με στρώσεις πλίνθων και διάτονους λίθους (Harries & Sharma, 2016).



Εικόνα 2.4: Τοιχοποιία με οριζόντια στρώματα πλίνθων στην Καλαβρία, Ιταλία (Harries & Sharma, 2016).

2.2.2 Μορφές αστοχίας

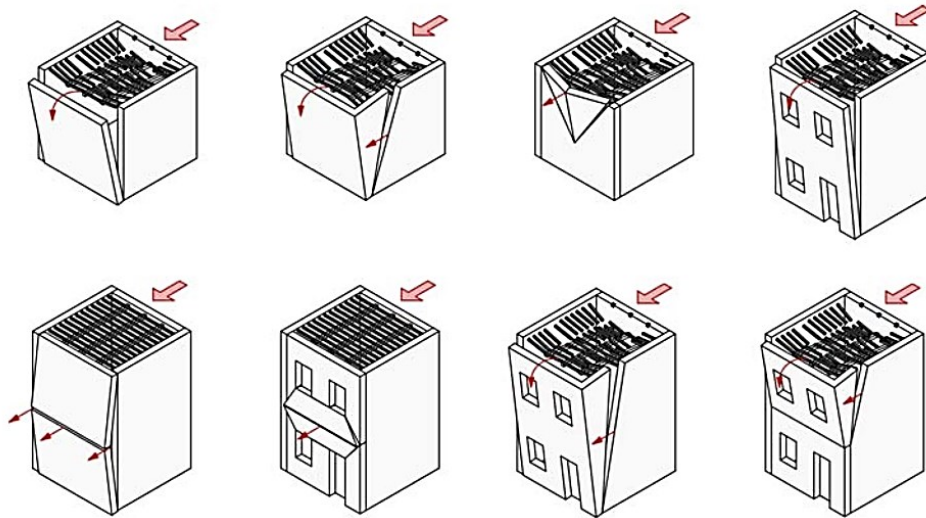
Γενικά στην **εντός επιπέδου καταπόνηση** τους οι μεμονωμένοι τοίχοι λειτουργούν ως δίσκοι και έχουν μεγαλύτερη αντίσταση. Σε περίπτωση υπέρβασης της αντοχής τους εμφανίζεται οριζόντια ολίσθηση, διαγώνια ρηγματώση (από λοξές κύριες εφελκυστικές τάσεις) ή καμπτική αστοχία από συντριβή (πυκνές κατακόρυφες ρηγματώσεις και εγκάρσια διάρρηξη) της θλιβόμενης γωνίας της βάσης. Σε **εκτός επιπέδου καταπόνηση** έχουν χαμηλή αντίσταση εάν είναι ασύνδετοι με τους εγκάρσιους τοίχους, και αντιστέκονται κυρίως με το ίδιο βάρος τους και την μικρή καμπτική αντοχή της διατομής της βάσης τους. Σε περίπτωση υπέρβασης της αντοχής τους εμφανίζονται οριζόντιες ρηγματώσεις (Στυλιανίδης & Ιγνατάκης, 2011). Οι τυπικές μορφές αστοχίας ενός μεμονωμένου τοίχου παρουσιάζονται στην Εικόνα 2.5.



Εικόνα 2.5: Μορφές αστοχίας μεμονωμένου τοίχου (Καραντώνη, 2012).

Σε μια κατασκευή στην οποία δεν υπάρχει επαρκής σύνδεση των εγκάρσιων τοίχων μεταξύ τους, ή δεν υπάρχει και διαφραγματική λειτουργία (ύπαρξη απαραμόρφωτων διαφραγμάτων και διαζωμάτων) ή υπάρχουν στοιχεία που μπορεί να προκαλέσουν οριζόντιες ωθήσεις (π.χ. τόξα,

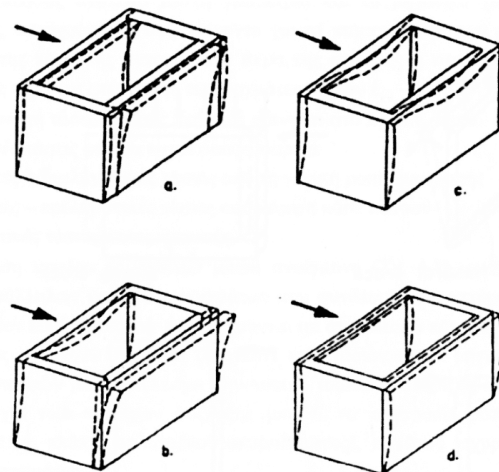
θόλοι), ή υπάρχει επαφή με όμορες κατασκευές, μπορεί να δημιουργηθεί ανεξάρτητη μετακίνηση των τοίχων και να αναπτυχθεί κάποιος τοπικός (κινηματικός) μηχανισμός αστοχίας. Ο **κινηματικός μηχανισμός αστοχίας** αποτελείται από αστοχούντα άκαμπτα στοιχεία (μακροστοιχεία), δηλαδή τοίχους. Για να υπάρχουν άκαμπτα στοιχεία θα πρέπει ο τοίχος να έχει επαρκή αντοχή για την οποία έγινε αναφορά στην προηγούμενη ενότητα. Ορισμένοι από τους τοπικούς μηχανισμούς αστοχίας στην περίπτωση ενός διώροφου κτηρίου παρουσιάζονται στην Εικόνα 2.6. Δεν πρέπει να αποκλειστεί η πιθανότητα συνδυασμού δύο ή περισσότερων μηχανισμών αστοχίας.



Εικόνα 2.6: Τοπικοί μηχανισμοί αστοχίας κτηρίων που υπόκεινται σε οριζόντια φόρτιση (Harries & Sharma, 2016).

2.2.3 Διαφραγματική λειτουργία

Απουσία अपαραμόρφωτων διαφραγμάτων ή διαζωμάτων και επαρκούς σύνδεσης των εγκάρσιων τοίχων μεταξύ τους, η παραμόρφωση κάθε τοίχου είναι διαφορετική και μάλιστα καμπτική για όσους βρίσκονται εγκάρσια στη διεύθυνση της ασκούμενης δύναμης και καμπτοδιατμητική για εκείνους που βρίσκονται παράλληλα σε αυτή. Αντίθετα, η ύπαρξη οριζώντιου διαζώματος στη στέψη τους, τους εξαναγκάζει σε κοινή παραμόρφωση στις γωνίες τους στο ύψος του διαζώματος ενώ η παρουσία απαραμόρφωτου διαφράγματος τους εξαναγκάζει σε κοινή παραμόρφωση η οποία μειώνει την ένταση στον φορέα και αποτρέπει την καμπτική παραμόρφωση των τοίχων (λειτουργία προβόλου).



Εικόνα 2.7: Μορφές απόκρισης κατασκευής υπό σεισμική φόρτιση απουσία διαφραγματικής λειτουργίας (άνω σχήματα) και με διαφραγματική λειτουργία (κάτω σχήματα) (Στυλιανίδης & Ιγνατάκης, 2011).

Πρόκειται για τη διαφραγματική λειτουργία της κατασκευής η οποία εξαρτάται τόσο από την αποτελεσματικότητα της σύνδεσης μεταξύ των διασταυρούμενων τοίχων όσο και την καλή σύνδεση τοίχων-οριζόντιων στοιχείων (π.χ. πατώματα). Χάρη στη διαφραγματική λειτουργία η σεισμική δράση απορροφάται από τους τοίχους με τη μεγαλύτερη δυσκαμψία, η ανατροπή μεμονωμένων τοίχων περιορίζεται σημαντικά και εμφανίζεται μόνο διατμητική αστοχία σε εγκάρσιους προς τη σεισμική δράση τοίχους. Η σύνδεση των διασταυρούμενων τοίχων υλοποιείται συνήθως με τεχνικές όπως η χρήση ακρογωνιαίων λίθων μεγαλύτερου μεγέθους από τους υπόλοιπους και κανονικού σχήματος, ώστε να επιτυγχάνεται αποτελεσματική σύζευξη των διασταυρούμενων τοίχων σε όλο το πάχος του τοίχου. Επιπλέον, σε αρκετές περιπτώσεις γίνεται χρήση στοιχείων από ξύλο για τη δημιουργία διαζωμάτων. Η τεχνική αυτή απαντάται συχνά σε σεισμογενείς περιοχές και σε περιοχές όπου υπάρχει αφθονία ξύλου. Η εφελκυστική αντοχή του ξύλου ενισχύει την τοιχοποιία σε οριζόντια φόρτιση και επιτρέπει την απορρόφηση σεισμικής ενέργειας. Επιπλέον, η υποδιαίρεση της τοιχοποιίας σε τμήματα αποτρέπει την επέκταση ρηγματώσεων από το ένα τμήμα στο άλλο. Με την πρόοδο της μεταλλουργίας από τον 13ο αιώνα, η χρήση μετάλλου αντικατέστησε το ξύλο σε πολλές περιπτώσεις, με τα πρώτα παραδείγματα να εμφανίζονται στη Γαλλία.

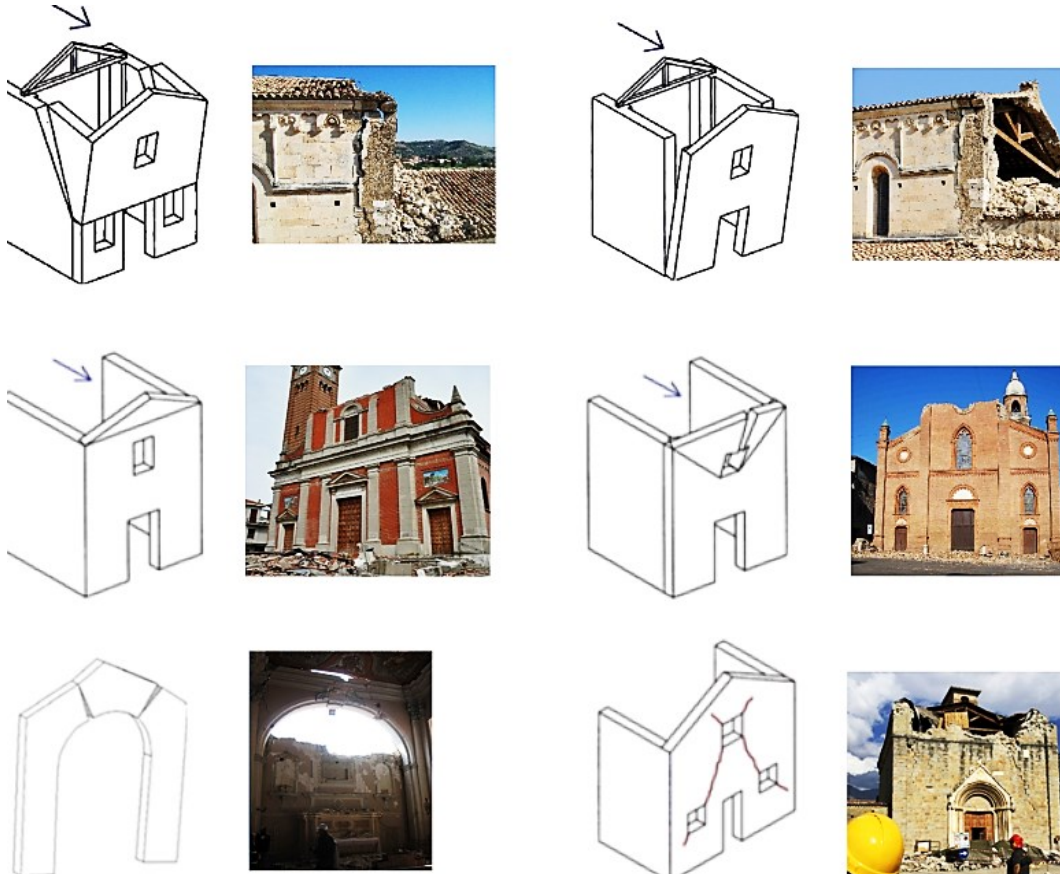
Συχνά είναι αναγκαία η ενίσχυση των κατασκευών, ακόμα και όσων κατασκευάστηκαν με επιμελημένη δόμηση και καλής ποιότητας δομικά υλικά, εξαιτίας ορισμένων παραγόντων όπως π.χ. η συσσώρευση βλαβών από πλήθος δράσεων (διάβρωση κ.λπ.) καθόλη τη διάρκεια ζωής της κατασκευής, η γήρανση των υλικών δόμησης και επίσης διάφορες άστοχες επεμβάσεις. Για τον λόγο αυτό μετά από επεμβάσεις στερέωσης της τοιχοποιίας (ενεμάτωση) για την βελτίωση της μονολιθικότητας της, συχνά ακολουθεί η τοποθέτηση συστήματος ελκυστήρων ή διαζωμάτων για την ενίσχυση της σύνδεσης των τοίχων μεταξύ τους και της διαφραγματικής λειτουργίας του φορέα, βελτιώνοντας την εκτός και εκτός επιπέδου αντοχή των τοίχων. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να αποφευχθούν τοπικοί και γενικοί μηχανισμοί αστοχίας με αποτέλεσμα να μειωθεί η τρωτότητά του.

2.2.4 Η απόκριση μνημειακών κατασκευών

Η μορφολογία των περισσότερων μνημειακών κατασκευών από λιθοδομή (ναοί, κωδωνοστάσια, τεμένη κ.λπ.) διαφέρει από εκείνη των απλών κατασκευών. Οι περισσότερες δεν έχουν διαφραγματική λειτουργία αφού τόσο η ξύλινη στέγη και οι θόλοι που χρησιμοποιούνται για την επιστέγασή τους είναι στοιχεία παραμορφώσιμα. Επιπλέον, απουσιάζουν συχνά τα περιμετρικά διαζώματα ή είναι σε κακή κατάσταση (ξυλοδεσιές), οι τοιχοποιίες έχουν μεγάλη λυγνρότητα (μεγάλος λόγος ύψους/πάχους) και συχνά καλούνται να παραλάβουν μεγάλα φορτία από τρούλους και θόλους που δημιουργούν οριζόντιες ωθήσεις, οι οποίες θα έπρεπε να παραληφθούν από ελκυστήρες, διαζώματα ή αντηρίδες δίχως όμως τα στοιχεία αυτά να υπάρχουν πάντα. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η πολύπλοκη απόκριση των κατασκευών και η πληθώρα των μηχανισμών αστοχίας όπως παρατηρείται συχνά μετά από κάθε ισχυρό σεισμό (Εικ. 2.8), οι οποίοι μπορεί να εμφανιστούν ακόμα και συνδυαστικά, όπως για παράδειγμα:

- Τοπικός μηχανισμός τύπου «σφήνας» από την αποκόλληση ακραίων τμημάτων διασταυρούμενων τοίχων.
- Τοπικός μηχανισμός ανατροπής τοίχου, κόγχης ιερού ή τυμπάνου αετώματος.
- Τοπικός μηχανισμός ανατροπής με αποκόλληση εξωτερικής παρειάς τυμπάνου αετώματος λόγω ανεπαρκούς σύνδεσης μεταξύ των δύο παρειών.
- Ολίσθηση διαζωμάτων λόγω ανεπαρκούς σύνδεσης τους με τα κατακόρυφα στοιχεία ή εμβολισμού των.
- Διατμητική αστοχία των πεσσών μεταξύ των ανοιγμάτων λόγω υπέρβασης λοξής εφελκυστικής αντοχής εξαιτίας των μεγάλων ορθών τάσεων.

- Καμπτική αστοχία στις γωνίες των ανοιγμάτων λόγω υπέρβασης της χαμηλής καμπτικής εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας.
- Καμπτική ή θλιπτική αστοχία κιόνων κυρίως λόγω μεγάλων θλιπτικών φορτίων από τρούλους.
- Αποκόλληση τμημάτων σε θέσεις όπου η γεωμετρία του φορέα διαφοροποιείται (π.χ. μεταξύ νάρθηκα ή κωδωνοστασίου με τον κυρίως ναό) και δεν υπάρχει αποτελεσματική σύνδεση μεταξύ τους.



Εικόνα 2.8: Παραδείγματα μηχανισμών αστοχίας από μετασεισμικές αυτοψίες (Malena, et al., 2019).

Η πολυπλοκότητα της μορφής των μνημειακών κατασκευών δυσχεραίνει τις απαραίτητες εργασίες επέμβασης, οι οποίες ταυτόχρονα υπόκεινται σε πολλούς περιορισμούς (αναστρεψιμότητα, ελαχιστοποίηση αισθητικής αλλοίωσης από την επέμβαση κ.λπ.) από το πλαίσιο προστασίας τους. Το μίγμα όλων των παραπάνω παραμέτρων ισοδυναμεί με μια αυξημένη τρωτότητα, ο περιορισμός της οποίας δεν είναι ούτε τεχνικά απλός, ούτε οικονομικός, αλλά ούτε και εξασφαλισμένος. Εντούτοις, οι εμφανείς μεταλλικές ενισχυτικές διατάξεις αποτελούν μια από τις βέλτιστες λύσεις που μπορούν να εφαρμοστούν σήμερα. Στις επόμενες σελίδες γίνεται αναφορά στις κυριότερες εμφανείς μεταλλικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση μνημειακών κατασκευών από τοιχοποιία και πιο συγκεκριμένα στους ελκυστήρες, τις περιδέσεις, τα μεταλλικά πλαίσια και διαζώματα αλλά και μερικές ακόμα ενισχυτικές διατάξεις.

2.3 Ελκυστήρες-θλιπτήρες

2.3.1 Εισαγωγή

Οι ελκυστήρες αποτελούν ίσως την πλέον χρησιμοποιούμενη εμφάνη μεταλλική ενίσχυση τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς. Πρόκειται για δομικά μέλη από ξύλο ή μέταλλο, τα οποία, όπως αναφέρεται χαρακτηριστικά στο Λεξικό της Αρχιτεκτονικής του 19ου αιώνα του σημαντικού Γάλλου αρχιτέκτονα-αναστηλωτή Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc, «διατηρούν την κλίση μεταξύ δύο παράλληλων τοίχων, την ώθηση ενός τόξου ή ακόμα την απόσταση ανάμεσα σε δοκούς σε ένα ξύλινο τόξο» (Viollet-le-Duc, 1854). Είναι σημαντικά δομικά στοιχεία που μαζί με οριζόντια ή και κατακόρυφα διαζώματα από ξύλο (ξύλοδεσιές) ή μέταλλο επηρεάζουν καθοριστικά την απόκριση των κατασκευών από λιθοδομή σε οριζόντια φορτία, ενισχύοντας την εκτός επιπέδου καμπτική λειτουργία των τοιχοποιιών και μεταφέροντας τις οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις που ασκούνται κάθετα στο επίπεδο τους στους εγκάρσιους τοίχους. Εξασφαλίζουν με τον ρόλο τους την ενιαία απόκριση των τοιχοποιιών σε οριζόντια φόρτιση, είτε πρόκειται για σεισμική είτε για ώθηση από τον φέροντα οργανισμό.

Διακρίνονται σε προσωρινούς (ξύλινοι είτε μεταλλικοί), οι οποίοι χρησιμοποιούνταν βοηθητικά κατά τη διάρκεια της κατασκευής και στη συνέχεια αφού η κατασκευή είχε αποκτήσει ευστάθεια αφαιρούνταν, και σε μόνιμους (κατά κανόνα μεταλλικοί), οι οποίοι παρέμεναν ενσωματωμένοι στον φέροντα οργανισμό μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής. Επιπλέον, οι μεταλλικοί ελκυστήρες χρησιμοποιήθηκαν κατά το παρελθόν σε εργασίες στερέωσης κατασκευών που είχαν υποστεί βλάβες. Η χρήση μόνιμων ελκυστήρων επέτρεψε στους αρχιτέκτονες του παρελθόντος να περιορίσουν τη χρήση λίθου στην κατασκευή και να ελαττώσουν, να αντικαταστήσουν ή ακόμα και να ενισχύσουν σε πολλές περιπτώσεις μέλη του φέροντος οργανισμού λόγω υποδιαστασιολόγησής τους, παραμορφώσεων, αύξησης φόρτισης, ή ακόμα λάθος σχεδιασμού του φέροντος οργανισμού ή μερικής καταστροφής του (Pelà, Bourgeois, Roca, Cervera, & Chiumenti, 2016).



Εικόνα 2.9: Ενίσχυση με ελκυστήρες των λυγρών αντηρίδων του καθεδρικού της Beauvais στη βόρεια Γαλλία, λόγω ανεμοπιέσεων (Architecturefarm, 2014).

Οι ελκυστήρες αποτελούν μέχρι σήμερα μια αποτελεσματική, σχετικά εύκολα εφαρμόσιμη, φτηνή και αναστρέψιμη τεχνική για την ενίσχυση των κατασκευών από λιθοδομή. Μάλιστα οι εμφανείς ελκυστήρες συνδυάζουν τόσο την εποπτικότητα για την κατάσταση που βρίσκονται, όσο και την εύκολη συντήρηση ή αντικατάστασή τους. Έχουν χρησιμοποιηθεί κατά το παρελθόν σε ιστορικά κτήρια τόσο κατά τη φάση σχεδιασμού και κατασκευής τους, όσο και σε ενισχυτικές επεμβάσεις στην περίπτωση μεταγενέστερης αλλαγής χρήσης ή δομής της κατασκευής ή ακόμα και ως ενίσχυση έναντι αστάθειας και βλαβών (L'Héritier, Dillmann, & Benoit, 2010). Χάρη στην πρόοδο της

μεταλλουργίας, οι μεταλλικοί ελκυστήρες (από χαλκό, μπρούτζο ή σίδηρο) αντικατέστησαν σταδιακά από τον 15ο αιώνα τους ξύλινους που χρησιμοποιούνταν ευρέως μέχρι τότε. Τα πρώτα δείγματα ελκυστήρων φαίνεται να προέρχονται από την Κωνσταντινούπολη τον 6ο αιώνα ή νωρίτερα από τους Ρωμαίους.

Η χρήση τους σε μνημεία είχε δεχθεί επικρίσεις ήδη από τα μέσα του 17ου αιώνα που εντάθηκαν κατά τον 19ο αιώνα (L'Héritier, Dillmann, & Benoit, 2010) οπότε και η χρήση μετάλλων στην αρχιτεκτονική δαιμονοποιήθηκε. Η άποψη αυτή αντικατοπτρίζεται για παράδειγμα στην κριτική του γνωστού βρετανού κριτικού τέχνης του 19ου αιώνα John Ruskin (1819-1900) ότι η πραγματική αρχιτεκτονική δεν χρησιμοποιεί τον σίδηρο ως δομικό υλικό (Dillmann & Bernardi, 2005) αναφέροντας χαρακτηριστικά στο έργο του *The Seven Lamps of Architecture* (Ruskin, 1849) ότι «Η στιγμή κατά την οποία ο σίδηρος έστω και κατ' ελάχιστο παίρνει τη θέση της πέτρας, το κτήριο σταματά να είναι πραγματικό αρχιτεκτόνημα» (Δούση, 2015). Και υπό αυτό το πρίσμα, πολλά μεσαιωνικά κτήρια απογυμνώθηκαν από τις μεταλλικές τους ενισχύσεις τον 19ο αιώνα. Έτσι, σε πολλές περιπτώσεις γινόταν κοπή των ελκυστήρων για αισθητικούς λόγους, θεωρώντας λανθασμένα ότι δεν ήταν μέρος της αρχικής κατασκευής όπως για παράδειγμα στον καθεδρικό ναό της Beaunais στο Picardy στην βόρεια Γαλλία ο οποίος κινδύνευσε με κατάρρευση μετά την αφαίρεση των ελκυστήρων του. Ωστόσο, αποδείχθηκε πριν τρεις δεκαετίες με μεταλλογραφικές αναλύσεις ότι γινόταν χρήση σιδήρου στην κατασκευή ναών τον Μεσαίωνα και μάλιστα ο σίδηρος ήταν ουσιώδες υλικό στις μεσαιωνικές κατασκευές ήδη από τη φάση σχεδιασμού και κατασκευής τους (Taupin, 1996). Ανάλογες επεμβάσεις έχουν γίνει και στην Ελλάδα και όπως για παράδειγμα στο καθολικό της Ι.Μ. Ταξιάρχων Αστερίου στον Υμηττό, κατασκευή της μεταβυζαντινής περιόδου, όπου παλαιοί κατεστραμμένοι ξύλινοι ελκυστήρες αντικαταστάθηκαν από τον Αναστάσιο Ορλάνδο με μεταλλικούς τη δεκαετία του 1930, τη δεκαετία του 1960 αφαιρέθηκαν εντελώς ενώ πρόσφατα έγινε επανατοποθέτηση τους (Δρίβα-Δεληνικόλα, 2014).



Εικόνα 2.10: Το καθολικό της Ι.Μ. Αστερίου μετά τις επεμβάσεις του Ορλάνδου (άνω αριστερά), πριν την επανατοποθέτηση ξύλινων θλιπτήρων (άνω δεξιά) και σήμερα μετά την επανατοποθέτησή τους (κάτω) (Δρίβα-Δεληνικόλα, 2014) (<http://www.byzantineathens.com/>, 2019).

Οι ελκυστήρες απαντώνται τόσο εγκιβωτισμένοι στην τοιχοποιία (Petrucci & Di Lorenzo, 2015), όσο και εμφανείς, ιδιαίτερα σε μνημεία όπως ναοί, κωδωνοστάσια ή τοξωτές κατασκευές όπου καλούνται να παραλάβουν οριζόντιες ωθήσεις τόσο από στατικές όσο και από δυναμικές (σεισμικές) φορτίσεις. Μάλιστα σε περιπτώσεις τοξωτών και θολωτών κατασκευών η τοποθέτηση τους ιδανικά θα πρέπει να γίνεται στη στάθμη γένεσης των τόξων και των θόλων, αν και πρακτικά αυτό δεν συμβαίνει πάντα.

Ένα σύστημα ελκυστήρων απαρτίζεται από τρία στοιχεία: α) τη ράβδο, β) το σύστημα αγκύρωσης (πλάκα αγκύρωσης) στην τοιχοποιία και γ) τις συνδέσεις των ράβδων μεταξύ τους ή και με την πλάκα αγκύρωσης. Η ράβδος και οι πλάκες αγκύρωσης έχουν κυκλική, ορθογωνική ή τετραγωνική διατομή ενώ άλλες μορφές αγκύρωσης είναι η λεπίδα, τα προφίλ από χάλυβα και γωνιακές πλάκες στη συμβολή τοίχων (Εικ. 2.16 και 2.17). Οι συνηθέστεροι τύποι σύνδεσης των ράβδων μεταξύ τους, όταν το μήκος τους δεν επαρκεί ή για να διευκολυνθεί η διαδικασία έντασης τους στα άκρα τους, είναι με άρθρωση, με διχάλα και με μπουλόνι εφελκυσμού, το οποίο επιπλέον επιτρέπει και την εφαρμογή προέντασης (Εικ. 2.11).



Εικόνα 2.11: Συνηθέστεροι τύποι σύνδεσης των ράβδων ελκυστήρων μεταξύ τους (Portland Bolt, 2019).

2.3.2 Υλικό κατασκευής και σχεδιασμός

Κατά το παρελθόν οι ελκυστήρες κατασκευάζονταν κυρίως από σφυρήλατο σίδηρο (το είδος του σιδήρου με τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα δηλ. μεταξύ 0,01-0,05%) ή αργότερα, με την εξέλιξη της μεταλλουργίας, από χάλυβα (περιεκτικότητα σε άνθρακα μεταξύ 2-20%) και σήμερα από ανοξείδωτο χάλυβα. Οι πρώτες υψικάμινι οι οποίες εμφανίστηκαν τον 15ο αιώνα επέτρεψαν την αύξηση της παραγωγής σιδήρου, ενώ ραγδαία εξέλιξη και πολλές καινοτομίες στην παραγωγή εμφανίστηκαν στα τέλη του 18ου αιώνα. Στα μέσα του 19ου αιώνα ξεκινά η βιομηχανική παραγωγή χάλυβα, ο οποίος σταδιακά θα αντικαταστήσει την χρήση του σφυρήλατου σιδήρου. Σήμερα οι ελκυστήρες κατασκευάζονται κυρίως από ανοξείδωτο χάλυβα κατηγορίας AISI-SAE 316 ή από κράματα τιτανίου.

Η προσθήκη των ελκυστήρων λόγω της παραλαβής εφελκυστικών τάσεων, μπορεί να διπλασιάσει τη φέρουσα ικανότητα τοξωτών κατασκευών σε κατακόρυφα φορτία, ανάλογα με τον τρόπο αγκύρωσής τους (Ural, Firat, Tugrulerli, & Kara, 2016). Αν και στο παρελθόν ο συνηθέστερος τρόπος αγκύρωσης ελκυστήρων κατά τη φάση κατασκευής ήταν με κατακόρυφη ράβδο στον πυρήνα του πεσσού ή του κίονα, ή με κατακόρυφη λάμα στην εξωτερική παρειά της τοιχοποιίας, σε σύγχρονες επεμβάσεις υπάρχουν και άλλες επιλογές για τον τρόπο αγκύρωσης των ελκυστήρων, οι οποίες εφαρμόζονται ανάλογα με την ιδιαιτερότητα κάθε κατασκευής.

Σε κάθε περίπτωση, σημασία έχει η συμπεριφορά του συστήματος ελκυστήρα-αγκύρωσης και ο συνδυασμός των επιμέρους τμημάτων είναι κρίσιμος για τη δόκιμη συμπεριφορά του συστήματος. Ο σχεδιασμός των ελκυστήρων για στατικές φορτίσεις αφορά τέσσερις πιθανούς μηχανισμούς αστοχίας (Podestà & Scandolo, 2019) δηλαδή:

1. Την υπέρβαση της εφελκυστικής τους αντοχής (συνάρτηση της εφελκυστικής αντοχής του υλικού και της διατομής της ράβδου).
2. Την υπέρβαση της δύναμης επαφής από την πλάκα αγκύρωσης (συνάρτηση της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας, και της επιφάνειας φόρτισης).

3. Την υπέρβαση της αντοχής της πλάκας αγκύρωσης (συνάρτηση του πάχους της και της ε-φελκυστικής αντοχής του υλικού) και
4. Την διάτρηση της τοιχοποιίας (συνάρτηση της διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας, του τύ-που και του πάχους της τοιχοποιίας, και των διαστάσεων της πλάκας αγκύρωσης).

Σε ό,τι αφορά στη δυναμική συμπεριφορά των κατασκευών στις οποίες έχουν τοποθετηθεί, οι ελκυστήρες καλούνται να αντιμετωπίσουν τόσο τον τοπικό μηχανικό αστοχίας (εκτός επιπέδου μετακίνηση των τοιχοποιιών) (βλ. § 2.2.2) όσο και την εντός επιπέδου απόκριση των τοιχοποιιών με την καμπτοδιατμητική απόκριση. Και οι δύο αυτοί μηχανισμοί εξαρτώνται κυρίως από την ποιότητα της λιθοδομής και τη σύνδεση μεταξύ των εγκάρσιων τοίχων αλλά και μεταξύ των οριζόντιων και κατακόρυφων μελών του φέροντος οργανισμού της κατασκευής.

2.3.3 Τυπικά κατασκευαστικά στοιχεία

Ένα σύγχρονο σύστημα ελκυστήρων κατασκευάζεται συνήθως από ανοξείδωτο χάλυβα κατηγορίας AISI-SAE 316 ή AISI-SAE 316L και αποτελείται από τις ευθύγραμμες ράβδους, τους εντατήρες, τις πλάκες αγκύρωσης και τα περικόχλια. Η τυπική διατομή των ελκυστήρων είναι η $\varnothing 20$ (η κυκλική διατομή επιτρέπει άλλωστε στα άκρα των ελκυστήρων να διαμορφώνεται σπείρωμα για την ένωση των επιμέρους τμημάτων που αποτελούν τον ελκυστήρα, αλλά και για τη σύνδεση με την πλάκα αγκύρωσης). Η τοποθέτηση των ελκυστήρων γίνεται με ακρίβεια μετά από αδιατάρακτη ξηρή (δηλαδή δίχως κρούση και χρήση νερού) διάτρηση της τοιχοποιίας με περιστροφικό δράπανο σε οπή συνήθως διπλάσια της διαμέτρου του ελκυστήρα, η οποία αφού καθαριστεί και τοποθετηθεί ο ελκυστήρας μπορεί να πληρωθεί με μη-συρρικνούμενο κονίαμα.



Εικόνα 2.12: Διάτρηση τοιχοποιίας με δράπανο χειρός και χρήση κεφαλών από διαμάντια.

(<https://falconstructural.co.uk/structural-repairs/diamond-drilling/>)

Οι πλάκες αγκύρωσης είναι συνήθως κυκλικής διατομής $\varnothing 350$ με πάχος συνήθως 20 mm και ενίοτε διαθέτουν τριγωνικές νευρώσεις ενίσχυσης ακτινικά συγκολλημένες ως προς την οπή αγκύρωσης του άκρου του ελκυστήρα (Εικ. 2.13). Οι εντατήρες έχουν συνήθως διατομή $\varnothing 60$ και μήκος περί τα 200 mm με διαμορφωμένο σπείρωμα 100 mm σε κάθε άκρο τους (αριστερόστροφο-δεξιόστροφο) ενώ διαθέτουν μια οπή στο μέσον τους για την είσοδο πείρου και την τάνυση των ελκυστήρων με ροπή σύσφιξης. Οι ελκυστήρες τοποθετούνται σε διατρήματα της τοιχοποιίας ενώ οι πλάκες αγκύρωσης σε εξομαλυμένες στρώσεις πάχους περίπου 1 cm από μη συρρικνούμενο κονίαμα.

Οι ελκυστήρες συνήθως τανύονται στα άκρα τους (μέσω εντατήρων και περικοχλίων στην πλάκα αγκύρωσης) προκειμένου να γίνει μόνο σταθεροποίηση του συστήματος χωρίς δηλαδή μεταβολή της γραμμής ωθήσεων του φορέα. Σημαντικό μειονέκτημα τους είναι ότι υπόκεινται σε χαλάρωση λόγω ερπυσμού οπότε πρέπει να γίνεται έλεγχος τους κατά διαστήματα ώστε να ελέγχεται η

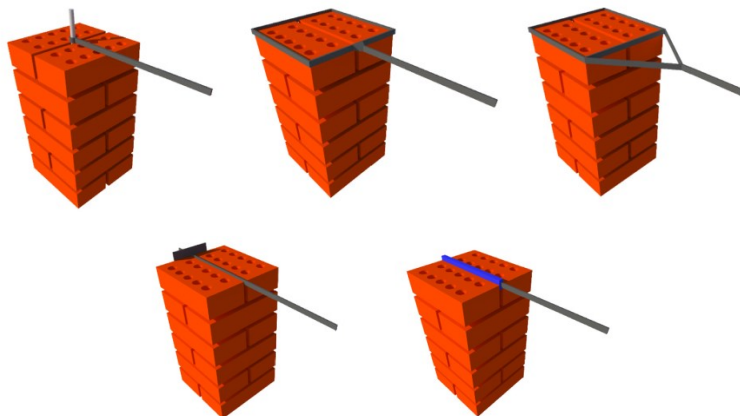
αποτελεσματικότητά τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι η προένταση των ελκυστήρων δεν γίνεται για την επιβολή πρόθλιψης στην τοιχοποιία, αλλά για την άρση τυχόν ανοχών μήκους ώστε η ενεργοποίησή τους να γίνει άμεσα (Στυλιανίδης & Ιγνατάκης, 2011). Υπάρχουν ωστόσο περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται ράβδοι ή καλώδια (τένοντες) τα οποία με την εφαρμογή προέντασης μπορούν να αντιμετωπίσουν αστοχίες οριζόντιας μετακίνησης στηρίξεων, λυγισμού τοιχοποιιών κ.ά. Εφαρμόζονται ιδιαίτερα σε κατασκευές μεγάλου ύψους (κωδωνοστάσια, μιναρέδες κ.λπ.) που έχουν προβλήματα λυγηρότητας και υψηλής τρωτότητας. Η προένταση βοηθά στη μείωση των επιβλαβών εφελκυστικών τάσεων που αναπτύσσονται και η έντασή της πρέπει να επιλεγεί κατάλληλα με βάση τη θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας και ιδιαίτερα την τοπική της αντοχή στα σημεία εφαρμογής της δύναμης προέντασης (Stavroulaki, Bartoli, Betti, & Stavroulakis, 2009). Η τεχνική αυτή αυξάνει την αντοχή χωρίς να επηρεάζει τα δυναμικά χαρακτηριστικά της κατασκευής αφού δεν μεταβάλλει τη μάζα και τη δυσκαμψία της.



Εικόνα 2.13: Τετραγωνικές πλάκες αγκύρωσης ελκυστήρων με νευρώσεις (Κουφόπουλος, 2014).

2.3.4 Κλειδιά αγκύρωσης

Τα κλειδιά αγκύρωσης είναι οι διατάξεις αγκύρωσης των ελκυστήρων συνήθως στις εξωτερικές όψεις του κτηρίου. Η ύπαρξη κλειδιών αγκύρωσης στις όψεις μνημείων δεν υποδηλώνει απαραίτητα ότι πρόκειται για κλειδιά αγκύρωσης αποκλειστικά μεταλλικών ελκυστήρων, αφού έχουν χρησιμοποιηθεί και για την αγκύρωση ξύλινων διαζωμάτων. Ο ρόλος τους είναι ιδιαίτερα κρίσιμος αφού χρησιμοποιούνται για να αποτραπεί η ολίσθηση των ελκυστήρων και να ενεργοποιηθούν όταν υπάρξει τάση μετακίνησης στα άκρα τους. Αποτελούν έναν από διάφορους τρόπους αγκύρωσης των ελκυστήρων, οι συνηθέστεροι από τους οποίους (εμφανούς ή αφανούς αγκύρωσης) παρουσιάζονται ενδεικτικά για ένα δοκίμιο από οπτοπλινθοδομή στην Εικόνα 2.14 (Ural, Firat, Tugrulelci, & Kara, 2016). Όταν απαιτείται να αγκυρωθεί το άκρο ενός ελκυστήρα (νέου ή σε αντικατάσταση παλαιού διαβρωμένου που αποκόπτεται) στην εσωτερική παρειά ενός τοίχου, επιλέγεται συχνά η λύση της χημικής αγκύρωσης με ρητίνη.



Εικόνα 2.14: Συνηθέστερες διατάξεις αγκύρωσης των άκρων των ελκυστήρων (Ural, Firat, Tugrulelci, & Kara, 2016).

Αγκύρωση των ελκυστήρων με πλαίσιο-νάρθηκα στον άβακα κιονόκρανων έχει κατασκευαστεί στο προστώο του οθωμανικού τεμένους Ρετζέπ Πασά (κατασκευάστηκε το 1588) στη μεσαιωνική πόλη της Ρόδου (Εικ. 2.14).

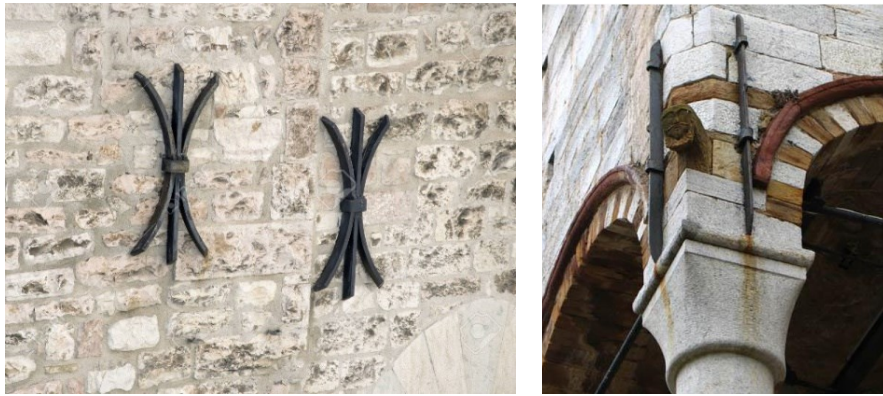


Εικόνα 2.15: Λεπτομέρεια αγκύρωσης του μεταλλικού συστήματος ενίσχυσης του προστώου του οθωμανικού τεμένους Ρετζέπ Πασά στην μεσαιωνική πόλη της Ρόδου κατά την διάρκεια των πρόσφατων εργασιών αποκατάστασης (Μανούσου-Ντέλλα & Ντέλλας, 2017).

Τα κλειδιά, ο σχεδιασμός των οποίων ήταν περίτεχνος αποτελώντας μέρος του διακόσμου του κτηρίου, απαντώνται σε μια ποικιλία μορφών (μορφή S, ZC, J[κ.ά.) με συννηθέστερη τη μορφή της κατακόρυφης λάμας (Εικ. 2.16). Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση αγκύρωσης τύπου κατακόρυφης λάμας, αναπτύσσεται συγκέντρωση τάσεων με κίνδυνο θλιπτικής αστοχίας της τοιχοποιίας.

Αν και στο παρελθόν οι ελκυστήρες αποτελούνταν από σφυρήλατο σίδηρο, έχουν αντικατασταθεί πλέον από ανοξείδωτο χάλυβα και συνήθως τα σύγχρονα κλειδιά αγκύρωσης αποτελούνται από πλάκες τετραγωνικής ή κυκλικής μορφής οι οποίες μεταβιβάζουν στη λιθοδομή την ένταση του ελκυστήρα (Εικ. 2.17). Οι πλάκες αγκύρωσης είναι σε κάποιες περιπτώσεις για αισθητικούς λόγους εγκιβωτισμένες στην εξωτερική παρειά της τοιχοποιίας (Εικ. 2.18). Σε περίπτωση χαμηλής ποιότητας τοιχοποιιών, οι πλάκες αγκύρωσης έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις, ενώ χρησιμοποιούνται συχνά και κατακόρυφες λεπίδες στις πλάκες αγκύρωσης προκειμένου να αυξηθεί η ακαμψία τους.





Εικόνα 2.16: Κλειδιά αγκύρωσης.



Εικόνα 2.17: Σύγχρονες αγκυρώσεις ελκυστήρων με πλάκες αγκύρωσης κυκλικού και τετράγωνου σχήματος με νευρώσεις (Κουφόπουλος, 2014).



Εικόνα 2.18: Ενσωμάτωση της πλάκας αγκύρωσης του ελκυστήρα στην εξωτερική παρειά της λιθοδομής του Ι.Ν. Σωτήρος στο Αλεποχώρι Μεγαρίδος (Κουφόπουλος, 2014).

2.3.5 Εξέλιξη

Σε αντίθεση με τους ελκυστήρες που έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν σε μνημειακές κατασκευές, οι σύγχρονοι ελκυστήρες αποτελούνται από υψηλής ποιότητας μεταλλικά κράματα, είναι ανθεκτικοί στην οξείδωση, έχουν αυστηρά καθορισμένες μηχανικές ιδιότητες (άνω και κάτω όριο εφελκυστικής αντοχής, ελάχιστη πλαστικότητα κ.λπ.), ενώ υπάρχει η δυνατότητα για την παραγωγή ράβδων σε ποικιλία διαστάσεων (μήκος, διατομή). Η πρόοδος στην επιστήμη των υλικών θα οδηγήσει σε υλικά με ακόμα καλύτερες μηχανικές ιδιότητες και θα επιτρέψει την περαιτέρω μείωση των διατομών των ελκυστήρων, μετριάζοντας την αισθητική τους επίπτωση. Επιπλέον, εκτός από τους συμβατικούς ελκυστήρες (παθητικοί) μπορεί να εφαρμόζεται ελαφρά προένταση προκειμένου να αυξηθεί η αποτελεσματικότητά τους. Στην περίπτωση αυτή οι ελκυστήρες ονομάζονται τένοντες ή καλώδια. Τα τελευταία χρόνια γίνονται έρευνες προκειμένου να μελετηθεί η ενσωμάτωση συσκευών διάχυσης της σεισμικής ενέργειας στους ελκυστήρες στην περίπτωση διέγερσης μεγάλης έντασης.

2.4 Περιδέσεις

Για τις περιδέσεις χρησιμοποιούνται μεταλλικά στοιχεία τα οποία τοποθετούνται περιμετρικά σε δομικά μέλη όπως κίονες, πεσσοί, θόλοι, τοιχοποιίες κ.λπ. και ο ρόλος τους είναι να ασκούν μια δύναμη περίσφιξης στα δομικά μέλη προκειμένου να ελαττώσουν την εγκάρσια διόγκωσή τους υπό θλιπτικά φορτία. Ειδικότερα, στην περίπτωση τοποθέτησης περιδέσεων σε θόλους, γίνεται παραλαβή των ωθήσεων που δημιουργούνται από το φορτίο του θόλου. Γενικά, αυξάνουν τη θλιπτική αντοχή των στοιχείων στα οποία εφαρμόζονται και την πλαστιμότητα τους (ικανότητα παραμόρφωσης χωρίς μείωση της αντοχής) με την εισαγωγή τριαξονικών θλιπτικών τάσεων. Οι περιδέσεις εφαρμόζονται συχνά όχι σε όλο το μήκος του κατακόρυφου στοιχείου, αλλά τοπικά όπως λ.χ. στη βάση ή το υποτραχήλιο κίωνων. Όταν τα κατακόρυφα φορτία ασκούνται έκκεντρα δηλαδή όχι κοντά στο κέντρο αλλά κοντά σε μια μόνο πλευρά, προκαλούν κάμψη στον κίονα (λόγω λυγισμού) από την απέναντι πλευρά με αποτέλεσμα οι εφελκυστικές τάσεις που δημιουργούνται να προκαλούν ρηγμάτωση, αποφλοιώσεις κ.λπ. Η περιμετρική περίδεση συμβάλει στην αποτροπή του φαινομένου. Η περίδεση ήδη ρηγματωμένων στοιχείων αποτρέπει απλώς την περαιτέρω αποδιοργάνωσή τους.

Οι περιδέσεις κατασκευάζονται από μεταλλικές λάμες και κοχλιώσεις (που επιτρέπουν την ελαφριά προέντασή τους), αλλά επίσης και με γωνιακά μεταλλικά ελάσματα τοποθετημένα στις ακμές των πεσσών στα οποία ηλεκτροσυγκολλούνται (ή κοχλιώνονται με βίδες ή ντίζες) καθ' ύψος εγκάρσιοι μεταλλικοί σύνδεσμοι, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο έναν μεταλλικό κλωβό. Τα δημιουργούμενα κενά από την επαφή του μεταλλικού κλωβού και του πεσσού συμπληρώνονται από ένα μη-συρρικνούμενο κονίαμα. Είναι μια τεχνική η οποία χρησιμοποιείται και σε στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα, ωστόσο στην περίπτωση των μνημείων από λιθοδομή προτιμάται η χρήση στοιχείων από ανοξείδωτο χάλυβα ή τιτάνιο. Αν και τα ακριβή στοιχεία αποτελούν αποτέλεσμα μελέτης, εντούτοις συνήθως συναντώνται διαμήκη μεταλλικά γωνιακά στοιχεία διατομής τουλάχιστον 50x50x5 mm και οριζόντια ελάσματα διατομής τουλάχιστον 25x4 mm που τοποθετούνται σε απόσταση 100 mm μεταξύ τους (Σπυράκος, 2004). Η Εικόνα 2.19 αποτυπώνει δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα περιδέσεων από την Ι.Μ. Δαφνίου και την Ι.Μ. Οσίου Λουκά στη Βοιωτία, μνημεία για τα οποία γίνεται λεπτομερέστερη αναφορά στο Παράρτημα.



Εικόνα 2.19: Περίδεση πεσσών του καθολικού της Ι.Μ. Δαφνίου με μεταλλικό κλωβό (προσωπικό αρχείο) και τριπλή περίσφιξη κίονα στο Καθολικό της Ι.Μ. Οσίου Λουκά στην Βοιωτία (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).

2.5 Πλαίσια

Η αντιστήριξη των κατασκευών από τοιχοποιία με εσωτερικά μεταλλικά πλαίσια παρέχει ένα εναλλακτικό δομικό σύστημα για την οριζόντια αντίστασή τους σε σεισμικά φορτία. Με τη χρήση δοκών και στύλων από χάλυβα σε επαφή με την τοιχοποιία, το σύστημα είναι πλήρως προσαρμοσμένο στη μορφή της κατασκευής και αφήνει ελεύθερο χώρο μεταξύ των μεταλλικών στοιχείων (όταν δεν υπάρχουν διαγώνιοι σύνδεσμοι), επιτρέποντας την πρόσβαση στα μεταλλικά στοιχεία. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτεί η εξασφάλιση συμβατότητας στη δυσκαμψία με την υφιστάμενη κατασκευή αφού ενώ η τοιχοποιία δεν έχει πλαστιμότητα, ο χάλυβας έχει, και σε σεισμική φόρτιση η πρόσθετη δυσκαμψία του ίσως δεν ενεργοποιηθεί μέχρι η φόρτιση να προκαλέσει εκτεταμένη ρηγμάτωση της τοιχοποιίας. Τα χαλύβδινα πλαίσια πρέπει να ενωθούν με την τοιχοποιία με συνδέσεις στο εσωτερικό της ή με το διάφραγμα της.

Η επέμβαση με μεταλλικά πλαίσια έχει έντονη αισθητική επίπτωση στο μνημείο, ωστόσο είναι σε μεγάλο βαθμό αναστρέψιμη αφού απαιτεί μόνο λίγες διατρήσεις για τη σύνδεση των μεταλλικών πλασιών με την τοιχοποιία και εύκολα επισκευάσιμη με εύκολη αντικατάσταση των μεταλλικών στοιχείων οι συνδέσεις των οποίων είναι κυρίως κοχλιωτές. Πρέπει να σημειωθεί ότι εκτός από προφίλ από κοινό χάλυβα, υπάρχουν επιπλέον προφίλ ανοξείδωτου δομικού χάλυβα διαφόρων τύπων (ΙΡΕ, ΗΕΑ κ.λπ.), ωστόσο λόγω κόστους η χρήση τους είναι αρκετά περιορισμένη. Η Εικόνα 2.20 αποτυπώνει μια περίπτωση επέμβασης με τη χρήση μεταλλικών πλασιών, στην Πύλη Παντοκράτορα των ενετικών τειχών του Ηρακλείου, μνημείο για το οποίο γίνεται εκτενέστερη αναφορά στο Παράρτημα.



Εικόνα 2.20: Νέος πλαισιακός δομικός φορέας στην Πύλη Παντοκράτορα στο Ηράκλειο (προσωπικό αρχείο).

2.6 Διαζώματα

Τα διαζώματα από μεταλλικά προφίλ χάλυβα είναι μια πολύ αποτελεσματική λύση για τη βελτίωση της σύνδεσης μεταξύ κατακόρυφων στοιχείων τοιχοποιίας αλλά και μεταξύ κατακόρυφων και οριζόντιων στοιχείων (πατώματα). Βοηθούν στην καλύτερη κατανομή των σεισμικών δυνάμεων στην τοιχοποιία (ανάλογα με τη δυσκαμψία των τοίχων), αυξάνουν την αντίστασή της και συμβάλλουν στην αποφυγή τοπικών μηχανισμών αστοχίας (τύπου ανατροπής, κάμψης ή σφήνας). Τα διαζώματα από χάλυβα έχουν αντικαταστήσει τα διαζώματα από ξύλο («ξυλοδεσιές») που χρησιμοποιούνταν ευρέως στο παρελθόν.

Τα μεταλλικά προφίλ τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως είναι UPN και τοποθετούνται στην εσωτερική και εξωτερική παρειά της τοιχοποιίας, συνδεόμενα μεταξύ τους με εγκάρσιους συνδέσμους από ράβδους, το πολύ ανα ένα μέτρο, οι οποίες διαπερνούν την τοιχοποιία. Η αντοχή του μεταλλικού διαζώματος καθορίζεται από την εφελκυστική αντοχή όλων των στοιχείων του που παραλαμβάνουν εφελκυστικές τάσεις (ράβδοι και προφίλ), από την αντοχή του προφίλ του διαζώματος σε κάμψη και διάτμηση (Σπυράκος, 2019). Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται μια περίπτωση τοποθέτησης μεταλλικών διαζωμάτων στην Ι.Μ. Φωτοδότη Χριστού τη Νάξο, ενώ στο Παράρτημα δίνονται περισσότερες πληροφορίες.



Εικόνα 2.21: Διαζώματα από χάλυβα στην Ι.Μ. Φωτοδότη Χριστού στη Νάξο (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).

2.7 Άλλες διατάξεις ενίσχυσης

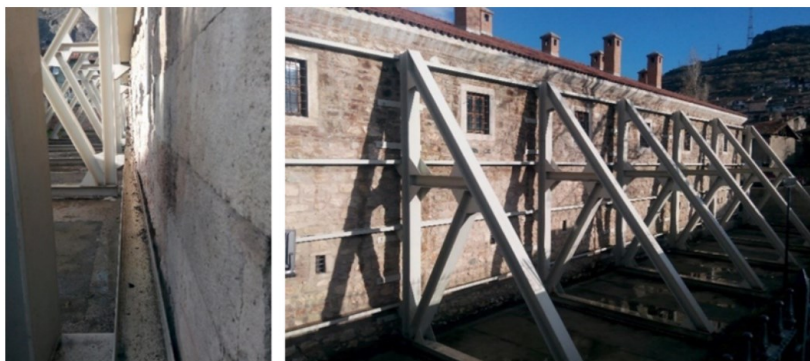
Εμφανείς μεταλλικές ενισχύσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και σε ξύλινους φορείς (στέγες, πατώματα κ.λπ.) με την τοποθέτηση λαμών ή τενόντων για την ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας, όπως για παράδειγμα στην ανακατασκευασμένη ξύλινη στέγη του Ι.Ν. Αγίου Πέτρου των Δομινικανών στο Ηράκλειο. Επιπλέον, γίνεται χρήση ανοξείδωτων συνδέσμων για την σύνδεση λίθων μεταξύ τους για την αποκατάσταση ή την εξασφάλιση της μονολιθικότητας του αρχιτεκτονικού μέλους. Τέλος, υπάρχουν περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται μεταλλικές αντηρίδες για την προστασία κτηρίων ωστόσο σε αυτήν την περίπτωση σημαντικό ρόλο έχει η κατάλληλη σύνδεση των αντηρίδων με τη λιθοδομή προκειμένου η επέμβαση να έχει ουσιαστικό ενισχυτικό χαρακτήρα.



Εικόνα 2.22: Ενίσχυση της ξύλινης στέγης στον Ι.Ν. Αγ. Πέτρου των Δομινικανών στο Ηράκλειο (προσωπικό αρχείο).



Εικόνα 2.23: Συνδετήριοι σύνδεσμοι σε βάθρο επιτύμβιας στήλης από τον Κεραμεικό της Αθήνας (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).



Εικόνα 2.24: Σύστημα μεταλλικών αντηρίδων στο Tokat Devci Inn, στην Τοκάτη του Πόντου (Sözen & Çavuş, 2019).

3. Αισθητικές επιπτώσεις από τη χρήση εμφανών μεταλλικών ενισχύσεων και θεωρητικοί προβληματισμοί

3.1 Εισαγωγή

Από τα μνημεία που φέρουν εμφανείς μεταλλικές ενισχυτικές διατάξεις ένα μέρος τους κατασκευάστηκε με αυτές ενώ σε πολλά αποτελεί προϊόν επεμβάσεων στερέωσης, πρόσφατων ή παλαιότερων, για τις οποίες έχει γίνει αναφορά στο πρώτο κεφάλαιο. Οι παλιότερες επεμβάσεις γίνονταν με μεγαλύτερη βαρύτητα στη διάσωση των μνημείων και λιγότερη στη μη αλλοίωση της μορφής τους, αφού άλλωστε ήταν επιτρεπτές από τις αντιλήψεις της εποχής. Εντούτοις, ακόμα και σήμερα δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου η χρήση εμφανών μεταλλικών διατάξεων σε μνημεία προκαλεί έριδες μεταξύ αρχιτεκτόνων, πολιτικών μηχανικών, αρχαιολόγων και άλλων ειδικοτήτων, αφού το κανονιστικό πλαίσιο για την προστασία των μνημείων επιδέχεται πολλαπλών ερμηνειών και αφήνει περιθώρια πολλές φορές για επεμβάσεις που δεν συνάδουν με το πνεύμα των σύγχρονων αρχών της αποκατάστασης. Για να γίνει περισσότερο σαφές το πρόβλημα αυτό, επιχειρείται στο κεφάλαιο αυτό μια ανάλυση των αιτιών που το προκαλούν, μέσα από μια αναφορά στο εθνικό και διεθνές πλαίσιο που διέπει την προστασία των μνημείων, αλλά και κρίσιμα σημεία για τον επιδιωκόμενο στόχο της επέμβασης ενίσχυσης.

3.2 Περί επεμβάσεων αποκατάστασης και ενίσχυσης

Η **αποκατάσταση** (restoration) μιας μνημειακής κατασκευής είναι, συχνά αλλά όχι πάντα, συνυφασμένη με την ενίσχυσή της. Εν συντομία, η αποκατάσταση είναι μια επέμβαση σύνθετη και εξειδικευμένη που έχει πρωταρχικό στόχο τη διάσωση του μνημείου και τη διατήρηση της φυσικής του υπόστασης, όμως στοχεύει και στην ανάδειξη του άυλου πολιτιστικού χαρακτήρα και των εγγενών πολιτιστικών του αξιών (Μαλλούχου-Tufano, 2015).

Η **ενίσχυση** (reinforcement/strengthening) μιας μνημειακής κατασκευής είναι μια επέμβαση αποκατάστασης του φέροντος οργανισμού της, η οποία στοχεύει στην αποκατάσταση ή βελτίωση της στατικής της επάρκειας. Συχνά χρησιμοποιείται με την ίδια σημασία και ο όρος στερέωση (consolidation).

Ωστόσο, είναι δυνατόν να υπάρχει ενίσχυση δίχως αποκατάσταση με την πλήρη σημασία του όρου, όταν για παράδειγμα δίνεται περισσότερη μέριμνα στη βελτίωση της στατικής επάρκειας δίχως το ανάλογο ενδιαφέρον για την ανάδειξη των αξιών του μνημείου. Τα παραδείγματα επεμβάσεων ενίσχυσης αλλά όχι ουσιώδους αποκατάστασης είναι πολλά, ακόμα και στη χώρα μας. Είτε αυτό οφείλεται στην έλλειψη παιδείας και ενδιαφέροντος, είτε οφείλεται στη σύγχυση και στην ατομία των εμπλεκόμενων, είτε σε ανθρώπινα λάθη, τα αποτελέσματα δεν παύουν να είναι τις περισσότερες φορές απογοητευτικά και το χειρότερο είναι ότι ίσως είναι αδύνατον να αναιρεθούν πλήρως. Οι επεμβάσεις αποκατάστασης των μνημείων αντιμετωπίζονταν στο παρελθόν ως ευρείας κλίμακας μετασκευές, με απομακρύνσεις καταλοίπων προηγούμενων κατασκευαστικών φάσεων, συμπληρώσεις και ανακατασκευές κατά το δοκούν. Σταδιακά, αναπτύχθηκε ένας προβληματισμός για τον αυθαίρετο χαρακτήρα και την ανεξέλεγκτη «διάσωση-εξωραϊσμό» μνημείων, έως ότου καταλήξουμε έπειτα από διαρκείς ζυμώσεις, του παγκοσμιοποιημένου πλέον ζητήματος της προστασίας των μνημείων, σε διεθνή πλαίσια **ολοκληρωμένης προστασίας** των μνημείων, με σύγχρονες

τάσεις που διαμορφώνονται συνεχώς που οδηγούν στη διεύρυνση του αντικείμενου της προστασίας από τα κτήρια στα πολιτιστικά αγαθά και την πολιτιστική κληρονομία (όχι μόνο την απτή αλλά ακόμα και την άυλη και την ψηφιακή). Αντίστοιχη διεύρυνση με το αντικείμενο προστασίας, υπάρχει και στο σύστημα των αξιών του που πλέον περιλαμβάνει αξίες πολιτιστικές (ταυτότητας, πνευματικές, θρησκευτικές, πολιτικές, επιστημονικές κ.ά.) κοινωνικές και οικονομικές (λειτουργικές, πολιτικές κ.ά.) που αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, διαμορφώνοντας τον ιδιαίτερο χαρακτήρα του πολιτιστικού αγαθού και το σύνολο των αξιών αυτών πρέπει σωστά να εκτιμηθεί σε κάθε επέμβαση προστασίας.

3.3 Ιστορική εξέλιξη των επεμβάσεων σε μνημεία

Μεγάλες διαφορές υπάρχουν στον τρόπο αντιμετώπισης των μνημείων και στις επεμβάσεις σε αυτά διαχρονικά, από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα. Το γεγονός ότι μέχρι σήμερα έχουν διασωθεί αρκετά μνημεία, έστω και με αλλοιώσεις στη δομή και στην αισθητική τους, οφείλεται σε πολλούς παράγοντες όπως:

- Η χρήση δομικών υλικών υψηλής ποιότητας με ανθεκτικότητα στη φθορά του χρόνου.
- Ο επιμελημένος σχεδιασμός και τρόπος δόμησης ώστε η στατική τους επάρκεια να μην τίθεται σε κίνδυνο.
- Η εύνοια της φύσης, ώστε με την ύπαρξη ευνοϊκών περιβαλλοντικών συνθηκών και με τη χαμηλή σεισμικότητα της περιοχής κατασκευής τους να μην αυξάνεται η τρωτότητά τους.
- Η χρήση τους η οποία δρα προστατευτικά (αποτρέποντας την ερείπωσή τους) και αποτελεί κίνητρο για τη διαρκή τους συντήρηση.
- Η συντήρηση και διασωστικές επεμβάσεις προστασίας που έγιναν στο παρελθόν και απέτρεψαν τον ρυθμό φθοράς των υλικών.
- Η συνειδητοποίηση των εγγενών τους αξιών ως κινητήρια δύναμη για τη διάσωση, αναστήλωση και αποκατάσταση ακόμα και των ερειπίων.
- Ο παράγοντας της τύχης που απέτρεψε βαρβαρότητες όπως η λιθολόγησή τους, τη χρήση των δομικών τους υλικών για την παρασκευή ασβέστη, η καταστροφή τους ως ειδωλολατρικά κατάλοιπα κ.λπ.

Εκείνο το οποίο φαντάζει σήμερα αυτονόητο (στους περισσότερους), ότι δηλαδή η πολιτιστική κληρονομιά του τόπου μας, είτε είναι κατασκευάσμα των προγόνων μας, είτε είναι κατασκευάσμα άλλων λαών, αξίζει σεβασμό και προστασία δεν ανέκαθεν έτσι. Τα μνημεία αντιμετωπίζονταν με πολύ διαφορετικό τρόπο στην Αρχαιότητα, στον Μεσαίωνα, στην Αναγέννηση και στους τελευταίους δύο αιώνες.

Κατά την Αρχαιότητα, ήταν σύνηθες να γίνεται αντικατάσταση των περισσότερων μνημείων που είχαν υποστεί καταστροφές ή φθορές με νέο σχεδιασμό με βάση τις αντιλήψεις της εποχής. Επίσης καθόλου σπάνιο δεν ήταν η επαναχρησιμοποίηση αρχιτεκτονικών μελών από τις παλαιότερες κατασκευές, σαν κοινό οικοδομικό υλικό. Από τον κανόνα αυτό εξαφούνταν κτήρια με σημαντικό λατρευτικό χαρακτήρα τα οποία ήταν σεβαστά και γινόταν προσπάθειες να διατηρηθούν.

Στα Ελληνιστικά και στα Ρωμαϊκά χρόνια (323 π.Χ.-324 μ.Χ.) γίνονταν επισκευές και αποκαταστάσεις παλαιότερων μνημείων, που φέρουν όμως τη σφραγίδα της εποχής τους τόσο στην τεχνική όσο και στην τεχνοτροπία. Γίνονταν επίσης απομιμήσεις μορφολογικών και τεχνικών στοιχείων σε περιπτώσεις μνημείων που ενέπνεαν θαυμασμό και σεβασμό. Υπήρχε, ωστόσο, μια εύνοια στην αντιμετώπιση των μνημείων των αρχαιοτήτων των κλασσικών χρόνων σε σχέση με μνημεία άλλων περιόδων, γιατί αποτελούσαν αντικείμενο θαυμασμού. Σημαντικές καταστροφές έγιναν από λεηλασίες σε μνημεία για την κατάρτιση συλλογών κατά τη ρωμαϊκή περίοδο. Η αξία των μνημείων, δίχως καλλιτεχνική αξία ή εθνολογική σημασία, ως ιστορικά τεκμήρια παραμένει ακόμα άγνωστη.

Στα Υστερορωμαϊκά και Παλαιοχριστιανικά χρόνια ήταν χαρακτηριστική πρακτική η λιθολόγηση των μνημείων και η επανάχρηση των αρχιτεκτονικών τους μελών (spolia) ως κοινό οικοδομικό υλικό για αισθητικούς και ιδεολογικούς λόγους. Σύνηθες φαινόμενο αποτελούσε επίσης η αλλαγή χρήσης των μνημείων (μετατροπή αρχαίων ναών σε εκκλησίες) με πλήθος μετασκευών.

Κατά τον Μεσαίωνα (6ος-15ος αιώνας) γίνεται πλήθος καταστροφών σε μνημεία αφού κυριαρχεί η λιθολόγησή τους και οι μετασκευές τους για κάλυψη λατρευτικών αλλά και πρακτικών αναγκών ως αποτέλεσμα της ευρύτερης πνευματικής παρακμής της περιόδου. Τα μνημεία της αρχαιότητας δαιμονοποιούνται μέχρι και τη μεσοβυζαντινή περίοδο, λιθολογούνται και εξαφανίζονται, η σημασία τους ήταν ακατανόητη ως προς τις αρχές και το πνεύμα της. Μόνο προς τα τέλη του Μεσαίωνα διαφαίνονται ίχνη ανάκαμψης και αναθέρμανσης του ενδιαφέροντος προς την ύστερη αρχαιότητα ιδιαίτερα στη Ρώμη με τη χρήση σπολίων, αλλά και την απαγόρευση καταστροφής μνημείων των ρωμαϊκών χρόνων.

Κατά την Αναγέννηση πραγματοποιείται μια σημαντική στροφή στην ελληνορωμαϊκή αρχαιότητα, με σεβασμό και θαυμασμό, απόρριψη της μεσαιωνικής τέχνης, μελέτη των καταλοίπων του κλασικού παρελθόντος και αντιμετώπιση τους ως πρότυπα αντιγραφής ή μίμησης. Από την άλλη δεν παύει να συνεχίζονται καταστροφές και μετασκευές μνημείων, λιθολογήσεις και ασβεστοποιήσεις. Αρκετά μνημεία αντιμετωπίζονται ωφελιμιστικά, επισκευάζονται και ανανεώνονται προσαρμοζόμενα στα καλλιτεχνικά πρότυπα της εποχής.

Την εποχή του Διαφωτισμού (τέλη 17ου-τέλη 18ου αιώνα), αναθερμαίνεται εκ νέου το ενδιαφέρον για την αρχαιότητα με αναγνώριση των μνημείων ως οικουμενικά στοιχεία πανανθρώπινου ενδιαφέροντος. Την περίοδο αυτή υπάρχει ενδιαφέρον για συστηματική αρχαιολογική έρευνα των αρχαιοτήτων και υπάρχει ισχυρή τάση για ταξίδια για τη μελέτη της πολιτιστικής κληρονομιάς άλλων χωρών. Η ανάπτυξη των επιστημών έχει σαν αποτέλεσμα η πολιτιστική κληρονομία να αποκτήσει την πραγματική ιστορική της διάσταση. Διατυπώνονται προβληματισμοί για την προστασία των μνημείων και του περιβάλλοντος τους προκειμένου να διασωθούν από το ραγδαία μεταβαλλόμενο τοπίο. Τα μνημεία αποκτούν πλέον καταλυτικό ρόλο στη διαμόρφωση εθνικής ιδεολογίας των ευρωπαϊκών κρατών που διαμορφώνονταν.

Ο 19ος αιώνας αποτελεί ορόσημο για την εξέλιξη της προστασίας των μνημείων. Ήταν το διάστημα εκείνο όπου πραγματοποιήθηκαν επέμβασης μεγάλης κλίμακας σε μνημεία στη Ρώμη, αλλά και σε μνημεία στη Γαλλία και τη Μεγάλη Βρετανία και υπήρξαν η πηγή για τη διατύπωση προβληματισμών και θέσεων που αποτυπώθηκαν τον 20ο αιώνα στον Χάρτη των Αθηνών και σε όλα τα μετέπειτα πρότυπα.

Σε ό,τι αφορά τα αρχαία μνημεία της Ρώμης, υπήρξε μια συστηματική αντιμετώπιση της αποκατάστασής τους, με νομοθετικό πλαίσιο (επηρέασε και τον ελληνικό αρχαιολογικό νόμο του 1834), προκαταρκτική έρευνα και αξιολόγηση, σύνταξη μελετών, οργάνωση και προγραμματισμό των έργων που δεν απείχαν πολύ από τις σύγχρονες μεθόδους και τις αρχές επεμβάσεων. Γίνονται επεμβάσεις διασωστικού χαρακτήρα για την άρση ετοιμορροπίας αρκετών μνημείων και ανακατασκευές πεσσών με οικονομικά υλικά (πλίνθοι, τσιμεντοκονιάματα, σίδηρος). Όμως, δεν λείπουν και οι κατεδαφίσεις μεσαιωνικών και μεταγενέστερων προσθηκών οι οποίες αλλοίωναν των μορφή των μνημείων. Σημαντικό στοιχείο αποτέλεσε η διάκριση των νέων προσθηκών από τα αυθεντικά τμήματα της Αψίδας του Τίτου (αναστηλώθηκε το 1824), που αποτέλεσε πρότυπο για την αναστήλωση των αρχαίων μνημείων. Οι επεμβάσεις που έγιναν στις αρχές του 19ου αιώνα στη Ρώμη άσκησαν επιρροή και σε επεμβάσεις στον ελληνικό χώρο (αναστηλώσεις ναού Αθηνάς Νίκης, μνημείων της Ακρόπολης κ.ά.). Από τα μέσα της δεύτερης δεκαετίας του 19ου αιώνα διαμορφώνεται μια νέα τάση που αποσκοπεί σε επεμβάσεις με συμπληρώσεις, πιστές απομιμήσεις των αρχαίων τμημάτων που δεν είναι πλέον ευδιάκριτες από τα αυθεντικά τμήματα με σκοπό να μην υπάρχει κανένα νεωτερικό

στοιχείο στην αρχιτεκτονική μορφή, στις αναλογίες ή τον διάκοσμο, αλλά τα μνημεία να αποκαθίστανται στην κατάσταση στην οποία είχαν κατασκευαστεί. Πρόκειται για την «αρχαιολογική στυλιστική αποκατάσταση» με βάση την οποία έγιναν συμπληρώσεις το Κολοσσαίο πριν τα μέσα του 19ου αιώνα η οποία θα επικρατήσει, μαζί με το γαλλικής προέλευσης δόγμα της «**ολικής στυλιστικής αποκατάστασης**» (κυρίως μνημείων του Μεσαίωνα) μέχρι το τέλος του 19ου αιώνα σε ολόκληρο τον ευρωπαϊκό χώρο.

3.4 Το σύγχρονο πλαίσιο και οι αρχές προστασίας των μνημείων

Το κύριο αποδεκτό διεθνώς πλαίσιο αρχών επέμβασης στα μνημεία το οποίο ισχύει σήμερα είναι ο **Χάρτης της Βενετίας**⁸ ο οποίος ψηφίστηκε το 1964. Ο Χάρτης της Βενετίας υπογράφηκε όχι μόνο από ευρωπαϊκά κράτη όπως ο Χάρτης των Αθηνών του 1931, αλλά και από κράτη της Αφρικής και της Αμερικής, δίνοντας έναν υπερευρωπαϊκό χαρακτήρα στο ζήτημα των αποκαταστάσεων. Επρόκειτο για μια αναθεώρηση του Χάρτη των Αθηνών του 1931, δηλαδή του «πρώτου ευρωπαϊκού καταστατικού χάρτη της Αποκατάστασης των Μνημείων της Τέχνης και της Ιστορίας», και βασίστηκε κυρίως σε Ιταλικά πρότυπα⁹, λαμβάνοντας υπόψη και τη θεωρία του Cesare Brandi που εκδόθηκε ένα χρόνο νωρίτερα. Ο Χάρτης της Βενετίας υιοθετήθηκε από το ICOMOS¹⁰, που ιδρύθηκε στη Βαρσοβία μόλις ένα χρόνο μετά την ψήφισή του, και αποτελεί τη βασική αναφορά αξιολόγησης μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς που καταχωρούνται στον κατάλογο μνημείων παγκόσμιας κληρονομιάς της UNESCO¹¹.

Οι βασικές αρχές που ορίζει το κείμενο αυτό είναι (Μαλλούχου-Tufano, 2015):

- Η αποκατάσταση πρέπει να στοχεύει στην ανάδειξη των ιστορικών και αισθητικών αξιών των μνημείων και επιβάλλεται η διεπιστημονική συνεργασία, η τεκμηρίωση των έργων και η δημοσίευση των επεμβάσεων μετά την ολοκλήρωσή τους ώστε να είναι προσιτά τα αρχεία αυτά στους ερευνητές.
- Επιβάλλεται η προληπτική και συνεχής συντήρηση, η πρόσδοση νέων χρήσεων σε παλαιά κτήρια εφόσον αυτές είναι συμβατές με αυτά.
- Επιβάλλεται η μέγιστη δυνατή διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος των μνημείων.
- Επιβάλλεται η αποτροπή της αφαίρεσης του πλαστικού διακόσμου των μνημείων εκτός αν δεν υπάρχει άλλη λύση.
- Επιβάλλεται η ανάδειξη μέσω της αποκατάστασης των αισθητικών και ιστορικών αξιών των μνημείων με σεβασμό στα αυθεντικά τους στοιχεία και την αρχική τους υπόσταση και χωρίς να γίνονται αυθαίρετες υποθετικές συμπληρώσεις και οι τυχόν αντικαταστάσεις ελλειπόντων τμημάτων σε κάθε περίπτωση πρέπει να είναι διακριτές από τα παλαιά τμήματα.
- Όταν οι παραδοσιακές τεχνικές αποδεικνύονται ανεπαρκείς, η στερέωση ενός μνημείου μπορεί να εξασφαλιστεί με την προσφυγή σε όλες σε όλες τις σύγχρονες τεχνικές συντηρήσεως και κατασκευές, των οποίων η αποτελεσματικότητα θα έχει αποδειχθεί από τα επιστημονικά δεδομένα και τις οποίες θα εγγυάται η πείρα της εφαρμογής τους.
- Είναι αναγκαίο να διατηρούνται κατάλοιπα όλων των ιστορικών φάσεων του μνημείου και να απομακρύνονται μόνο τα δευτερεύοντα και παραμορφωτικά στοιχεία. Κατ' εξαίρεση σε ειδικές περιπτώσεις επιτρέπεται η επαναφορά του μνημείου σε μια αρχική κατάσταση εκτός αν αυτή είναι πολύ μεγάλης ιστορικής και αισθητικής αξίας.

⁸ Χάρτης της Βενετίας για την Αποκατάσταση και Συντήρηση Μνημείων και Μνημειακών Συνόλων.

⁹ Χάρτης του Giovannoni (1932).

¹⁰ ICOMOS: International Council on Monuments and Sites.

¹¹ UNESCO World Heritage List.

Ο Χάρτης της Βενετίας μεταφράστηκε σε πολλές γλώσσες και αποτέλεσε πηγή για μια σειρά από διεθνή κανονιστικά κείμενα (Χάρτες, Οδηγίες, Διακηρύξεις, Συμβάσεις, Συστάσεις) για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς τα οποία τον εμπλούτισαν και τον διόρθωσαν σε ορισμένα σημεία του. Αξίζει να σημειωθεί ότι μετά τον Χάρτη της Βενετίας εκδόθηκαν μέχρι σήμερα από το ICOMOS 15 Χάρτες, 13 Διακηρύξεις και πλήθος άλλων κειμένων (ICOMOS, 2019). Τα σημαντικότερα από τα κείμενα του ICOMOS και άλλων οργανισμών είναι:

- Ο Χάρτης της Ρώμης¹² το 1972.
- Η Σύμβαση για την προστασία της παγκόσμιας πολιτιστικής και φυσικής κληρονομιάς το 1972 (UNESCO).
- Η Διακήρυξη του Άμστερνταμ το 1975 (Συμβούλιο της Ευρώπης).
- Η Σύμβαση της Γρανάδας για την προστασία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς της Ευρώπης το 1985 (Συμβούλιο της Ευρώπης).
- Ο Χάρτης της Μπάρα¹³ το 1979 (ICOMOS), όπως αναθεωρήθηκε το 2013.

Ο **Χάρτης της Μπάρα** (Burra Charter) αποτελεί σήμερα οδηγό για τους σύγχρονους αναστηλωτές παρότι είχε σχεδιαστεί για να προσαρμόσει τις αρχές του Χάρτη της Βενετίας στις ιδιαίτερες συνθήκες της Ωκεανίας. Έχει αναθεωρηθεί τέσσερις φορές μέχρι σήμερα. Σημαντικότερη καινοτομία που εισήγαγε είναι ότι ως αντικείμενο προστασίας ορίζονται όχι μόνο κτήρια, αλλά ολόκληροι τόποι (δηλαδή τοπία, σύνολα κτηρίων κ.ά.) με πολιτιστική σημασία (δηλαδή αισθητικές, ιστορικές, επιστημονικές, κοινωνικές ή πνευματικές, αξίες) για τις προηγούμενες, τις τωρινές αλλά και τις μελλοντικές γενιές. Οι αξίες αυτές εμπεριέχονται όχι μόνο στους χώρους, αλλά και στο άμεσο περιβάλλον τους, στη χρήση τους και στις συνειρμικές αναφορές που προκαλούν (Μαλλούχου-Tufano, 2015). Η συντήρηση ορίζεται στον Χάρτη της Μπάρα ως το σύνολο των διαδικασιών προστασίας ενός τόπου ώστε αυτό να διατηρήσει την πολιτιστική του σπουδαιότητα. Για τον σκοπό αυτό ορίζει σεβασμό στα τωρινά υλικά (fabric), στη χρήση, στις σχέσεις και στις έννοιες και τονίζει την προσεκτική προσέγγιση αλλάζοντας μόνο τα απαραίτητα και όσο το δυνατόν λιγότερο. Προσθήκες ή στοιχεία προηγούμενων επεμβάσεων στα υλικά είναι τεκμήρια ιστορίας και χρήσης που αποτελούν τμήματα της πολιτιστικής σπουδαιότητας και οι επεμβάσεις σε αυτές δεν θα πρέπει να εμποδίζουν την κατανόηση τους (Australia ICOMOS Charter, 2013).

Στη σύγχρονη πραγματικότητα το σύστημα αξιών που διέπουν το αντικείμενο προστασίας που διατυπώθηκε από τον αυστριακό θεωρητικό της τέχνης Alois Riegl (1858-1905) έναν αιώνα νωρίτερα (Riegl, 1903), όπως η ιστορική αξία (historisches Wert), η αξία της παλαιότητας (Alterswert), η καλλιτεχνική αξία (Kunstwert) κ.ά., έχει διευρυνθεί σε ένα ευρύτερο φάσμα αξιών το οποίο περιλαμβάνει αξίες όπως εκείνη της μνήμης, της σπανιότητας, της παράδοσης και άλλες και μέσα από την αλληλεπίδραση τους διαμορφώνεται ο ιδιαίτερος χαρακτήρας του πολιτιστικού αγαθού, ενώ με τη σωστή αξιολόγησή τους προκύπτει ένα βέλτιστο αποτέλεσμα σε μια επέμβαση προστασίας.

Από τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι το ζήτημα της αποκατάστασης και ειδικότερα της ενίσχυσης των μνημείων υπαγορεύεται από ένα συγκεκριμένο πλαίσιο που επιβάλλεται από διεθνείς συνθήκες τις οποίες έχει υπογράψει η χώρα μας και δεσμεύεται για την τήρησή του. Ειδικότερα σε ό,τι αφορά το θέμα των εμφανών μεταλλικών διατάξεων, συνίσταται να χρησιμοποιούνται παραδοσιακές τεχνικές και υλικά εκτός αν είναι ανεπαρκείς όποτε μπορεί να γίνεται χρήση σύγχρονων δοκιμασμένων τεχνικών και υλικών (ελκυστήρες, περιδέσεις και άλλων ανοξείδωτων μεταλλικών διατάξεων) αλλά επιπλέον, να υπάρχει σεβασμός στα αυθεντικά στοιχεία των μνημείων. Να μην αλλοιώνεται δηλαδή η μορφή τους και να μην αλλοιώνεται η παλαιότητά τους από υπερβολικά έντονες επεμβάσεις, οι οποίες γίνονται στο όνομα της όσο γίνεται υψηλότερης αντισεισμικής

¹² Χάρτης της Συντήρησης.

¹³ Αναφέρεται στα περισσότερα κείμενα ως Χάρτης της Μπούρα.

προστασίας των μνημείων και της διατήρησής τους για τις επόμενες γενιές με παράπλευρο στόχο την απόδοση τους στο κοινό.

3.5 Οι αρχές της αναστρεψιμότητας, της επαναληψιμότητας και της συμβατότητας

Ειδική αναφορά πρέπει να γίνει σε μια σπουδαία αρχή κάθε σύγχρονης επέμβασης αποκατάστασης, την **αναστρεψιμότητα** (reversibility) σχετικά με τις μεθόδους και τα υλικά που χρησιμοποιούνται. Αναλυτικότερα, αφορά στη χρήση υλικών τα οποία να είναι αφαιρέσιμα, αλλά και γενικότερα αφορά στη δυνατότητα μελλοντικής επαναφοράς του μνημείου στην προ-επεμβάσεων κατάσταση του, προκειμένου να επανεξεταστεί και να επανακαθοριστεί η κατάσταση που βρίσκεται και να γίνουν νεότερες επεμβάσεις. Δυστυχώς η πλήρης αναστρεψιμότητα είναι από δύσκολη έως αδύνατη στις περισσότερες περιπτώσεις. Για τον λόγο αυτό ο όρος έχει αντικατασταθεί, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά στις εργασίες στερέωσης με υλικά εμποτισμού ή επιφανειακής δράσης, από την επανεπεμβασιμότητα ή **επαναληψιμότητα** (retreatability) και αναφέρεται στη δυνατότητα μελλοντικής επανάληψης της επέμβασης με τα ίδια ή καλύτερα υλικά. Εκτός από την αρχή της αναστρεψιμότητας και της επαναληψιμότητας, ιδιαίτερη σημασία έχει και η αρχή της **συμβατότητας** (compatibility) σχετικά με τα νέα υλικά και τις μεθόδους επέμβασης, που άλλωστε αναφέρεται στα διεθνή κείμενα που διέπουν το αντικείμενο της αποκατάστασης όπως για παράδειγμα στη Χάρτα Victoria Falls του 2003.

Πιο αναλυτικά, στη Χάρτα Victoria Falls (ICOMOS, 2003) γίνεται αναφορά στο ότι η επιλογή μεταξύ παραδοσιακών και πρωτοποριακών τεχνικών πρέπει να σταθμίζεται ανα περίπτωση και να προτιμώνται οι λιγότερο επεμβατικές (invasive) και οι περισσότερο συμβατές με τις μνημειακές αξίες (heritage values) λαμβάνοντας υπόψη απαιτήσεις ασφάλειας και ανθεκτικότητας. Τα χαρακτηριστικά των υλικών επέμβασης και η συμβατότητά τους με τα υφιστάμενα υλικά πρέπει να έχουν τεκμηριωθεί πλήρως και να περιλαμβάνουν μακροπρόθεσμες επιπτώσεις ώστε να αποφευχθούν ανεπιθύμητες παρενέργειες. Με τον τρόπο αυτό γίνεται καλύτερη διαφύλαξη των αξιών του μνημείου, και οι επεμβάσεις θα οδηγούν στην ανάδειξη του μνημείου, δίχως να το επιβαρύνουν αισθητικά και μηχανικά. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι ο ορισμός της συμβατότητας (υλικών και τεχνικών) δεν αναλύεται κατάλληλα, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται κενά στην ερμηνεία του, όπως για παράδειγμα με τη σχέση συμβατότητας και συνεπειών στις μνημειακές αξίες (μορφή, ιστορικότητα και τεχνική) αλλά και στην επιλογή υλικών και τεχνικών που πρέπει να είναι συμβατές με τα υφιστάμενα υλικά αλλά σε τι όρους (μηχανικών χαρακτηριστικών, σύστασης;). Η επιλογή των υλικών και τεχνικών επέμβασης πρέπει να γίνεται καλύτερα όχι με όρους συμβατότητάς τους με τα υφιστάμενα υλικά του μνημείου, αλλά λαμβάνοντας υπόψη τόσο τον βαθμό επιρροής τους στις μνημειακές αξίες, όσο και άλλες παραμέτρους (ασφάλεια, ανθεκτικότητα, κατασκευαστική αξιοπιστία κ.λπ.) (Τάσιος Θ. , 2006).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα ασυμβατότητας και μη αναστρεψιμότητας αποτελούν οι καταστροφικές όπως αποδείχθηκε επεμβάσεις του Νικ. Μπαλάνο στην Ακρόπολη με τη χρήση οπλισμένου σκυροδέματος και σιδηρών στοιχείων (χαμηλής ποιότητας και μη μολυβδοχοημένων) οι οποίες προκάλεσαν σημαντικές φθορές στα μαρμάρινα μέλη λόγω διάβρωσης του σιδήρου και δημιουργίας τάσεων διάρρηξης στα μαρμάρινα αρχιτεκτονικά μέλη. Λίγα δείγματα αυτών των επεμβάσεων υπάρχουν έως σήμερα όπως για παράδειγμα η δοκός οπλισμένου σκυροδέματος στον δυτικό τοίχο του σηκού (Εικ. 3.1 και 3.2) η οποία παρότι θεωρείται στατικώς επαρκής, πρόκειται να απομακρυνθεί τα επόμενα χρόνια λόγω της ακραίας αισθητικής της ως προς το μνημείο.



Εικόνα 3.1: Ο δυτικός τοίχος του σηκού του Παρθενώνα μετά την επέμβαση του Μπαλάνου το 1926 (αρχείο ΥΣΜΑ).



Εικόνα 3.2: Εσωτερική άποψη του δυτικού τοίχου του σηκού του Παρθενώνα και της θύρας του, τον Δεκέμβριο του 2018, όπου στο υπέρθυρο διακρίνεται η δοκός εμφανούς οπλισμένου σκυροδέματος της επέμβασης Μπαλάνου (προσωπικό αρχείο).

3.6 Περί αυθεντικότητας

Η **αυθεντικότητα** στο Λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας του Γ. Μπαμπινιώτη ορίζεται ως «η γνησιότητα και εγκυρότητα» (Μπαμπινιώτης, 2002) και ως **αυθεντικός** αναφέρεται εκείνος που δεν είναι ψεύτικος, ο αρχικός-πρωτότυπος και αυτός που φανερώνει γνησιότητα, ειλικρίνεια, έλλειψη προσποίησης ή υποκρισίας. Η αυθεντικότητα είναι μια λέξη που χρησιμοποιείται κατά κόρον και στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς, συχνά όμως καταχρηστικά. Τούτο συμβαίνει γιατί καταρχήν δεν μπορούμε να μιλάμε για ένα μνημείο αυθεντικό με όλη τη σημασία της λέξης τη στιγμή που είναι αδύνατον μετά από αιώνες ζωής να διατηρεί ακόμα την αρχική και πρωτότυπη μορφή του. Ακόμα και καμία ανθρώπινη παρέμβαση να μην έχει δεχτεί, σίγουρα έχει επιδράσει σε αυτό το περιβάλλον του. Αυτό σημαίνει ότι όταν χρησιμοποιείται ο όρος αυθεντικότητα, πιθανότατα δεν εννοείται η πλήρης αυθεντικότητα αλλά μια αυθεντικότητα μερική ή εναπομένουσα αφού η αρχική έχει χαθεί. Επίσης, όταν επικαλούμαστε τον σεβασμό στην «αυθεντικότητα του μνημείου», εννοούμε την εναπομένουσα αυθεντικότητά του, εκείνη τη γνησιότητα που αποπνέει με τα σημάδια του χρόνου επάνω του, παρότι η εντύπωση που έχουμε για το μνημείο δεν είναι η ίδια που είχαν οι πρόγονοί μας όταν κατασκευάστηκε. Εξάλλου, σεβασμός στην αυθεντικότητα και επέμβαση σε ένα μνημείο είναι δράσεις αντιμαχόμενες. Δεν μπορούν να συνυπάρξουν δίχως αμοιβαίες υποχωρήσεις, δηλαδή από τη μία της αλλοίωσης της μορφής του μνημείου και αντικατάστασης των υλικών του, και από την άλλη της περιορισμένης αισθητικής επιβάρυνσης των διατάξεων ενίσχυσης, ούτως ώστε αν είναι δυνατόν να υπάρχει μια μεταξύ τους ισορροπία.

Συνεπώς, ο όρος αυθεντικότητα ενός μνημείου δεν είναι απολύτως εύστοχος όταν αναφερόμαστε σε επεμβάσεις, δίχως όμως να υπάρχει κάποιος όρος να αποδίδει μονολεκτικά και με ακρίβεια εκείνο που εννοούμε όταν μιλάμε για το ότι ένα μνημείο πρέπει να παραμείνει όσο το δυνατόν πιο ανέγγιχτο στη μορφή και την υλική του υπόσταση μετά από οποιαδήποτε επέμβαση. Υπό μια οπτική και αντιπαρερχόμενοι την αρχική αυθεντικότητά του (με βάση την αρχική του μορφή) που είναι πλέον ουτοπική, θα μπορούσαμε να πούμε, ότι η αυθεντικότητα ενός μνημείου συνίσταται στο απαραβίαστο της κατάστασης διατήρησής του, τόσο σε ό,τι αφορά τη μορφολογική του συνιστώσα, όσο και την υλική του υπόσταση. Η αυθεντικότητα γεννιέται ταυτόχρονα με την αποπεράτωση ενός κτηρίου (εν δυνάμει μνημείο), το συνοδεύει καθόλη τη διάρκεια χρήσης του (φάση «ιστορικοποίησης») ή της μετέπειτα εγκατάλειψης και ερείπωσής του, και ολοκληρώνεται όταν πιά αναγνωριστεί ένα αρχιτεκτονικό έργο ως αρχιτεκτονικό μνημείο το οποίο πρέπει να προστατευτεί (Μπίρταχας, 2014). Με τις επεμβάσεις αποκατάστασης που θα ακολουθήσουν, θα αλλάξει η κατάσταση του μνημείου αφού θα διαμορφωθούν νέες μορφές διατήρησής του. Το μνημείο θα γίνει βορά των επιθυμιών όσων παρεμβαίνουν σε αυτό και θα μειώνεται συνεχώς η αυθεντικότητά του, η οποία διαμορφώθηκε μέσα από μια μακρόχρονη πορεία ως το αποτέλεσμα της αθροιστικής επίδρασης σε αυτό τόσο της Φύσης (υλική φθορά) όσο και της ανθρώπινης παρέμβασης. Ο προβληματισμός αυτός υπήρξε έντονος όταν ξεκίνησαν τον 19ο αιώνα εκτεταμένες επεμβάσεις σε μνημεία, εκφράστηκε μάλιστα και από τον John Ruskin, ο οποίος πρώτος έθιξε το ζήτημα της αυθεντικότητας. Ο Ruskin ανέφερε ότι η μνήμη αποτυπώνεται πάνω στην ύλη, που γι' αυτό πρέπει να παραμείνει άθικτη, να διατηρηθεί σ' όλη την αυθεντικότητά της και πρώτος εμπλούτισε το περιεχόμενο της έννοιας του μνημείου με την αξία της παλαιότητας, υπογράμμισε την ανάγκη διατήρησης της υλικής αυθεντικότητας των μνημείων και της επιφανειακής γήρανσής τους (πάτινα). Αντίστοιχη ήταν και η προσέγγιση του κινήματος κατά της αποκατάστασης. Έκτοτε υπήρξαν αρκετές προσπάθειες για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που προέρχονταν από τον παραμερισμό της μορφής του μνημείου πριν από τις επεμβάσεις.

Μεγάλη ώθηση στην αντιμετώπιση του ζητήματος της αυθεντικότητας έδωσε η ανάγκη διαχείρισης της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς (εγγραφή και παρακολούθηση της κατάστασης διατήρησης των μνημείων στον κατάλογο της Παγκόσμιας Πολιτιστικής και Φυσικής Κληρονομιάς της UNESCO) (Μαλλούχου-Tufano, 2011). Έτσι, ξεκίνησε η θεωρητική επεξεργασία του ζητήματος μέσα από συζητήσεις και συναντήσεις ειδικών και την έκδοση κανονιστικών κειμένων σε διεθνές επίπεδο. Η έννοια της αυθεντικότητας επεκτείνεται πλέον πέρα από την υλική και φυσική υπόσταση, δηλαδή σε κριτήρια συνδεδεμένα με το πολιτιστικό πλαίσιο στο οποίο δημιουργήθηκαν στη μορφή, το σχέδιο, τη χρήση, τη λειτουργία, τις τεχνικές, τη θέση, το πνεύμα και το αίσθημα των μνημείων κ.ά. Χρονολογικά, η έννοια της αυθεντικότητας μέσα από διεθνή κείμενα αναλύεται ακολούθως.

Ορισμός της αυθεντικότητας δεν υπάρχει στον Χάρτη της Βενετίας. Αναφορά γίνεται για το ότι: *«η διαδικασία της αποκατάστασης είναι μια λειτουργία υψηλής εξειδίκευσης. Σκοπός της είναι η διατήρηση και αποκάλυψη της αισθητικής και ιστορικής αξίας του μνημείου και βασίζεται στον σεβασμό του πρωταρχικού του υλικού και των αυθεντικών στοιχείων»*. Ο όρος αναλύεται στον Χάρτη της Ρίγα το 2000 (ICCROM/Latvian National Commission for UNESCO/State Inspection for Heritage Protection of Latvia, 2000) όπου ορίζεται η αυθεντικότητα ως *«ένα μέτρο του βαθμού στον οποίο τα χαρακτηριστικά της πολιτιστικής κληρονομιάς (περιλαμβανομένων της μορφής και του σχεδιασμού, των υλικών και της ύλης (substance), της χρήσης και της λειτουργίας, των παραδόσεων και των τεχνικών, του τόπου και της τοποθέτησης, του πνεύματος και του συναισθήματος και άλλων παραγόντων), που αξιόπιστα και με ακρίβεια μαρτυρούν τη σπουδαιότητά τους»*.

Επιπλέον, αναφορά και ανάλυση του όρου γίνεται στη Διακήρυξη του San Antonio (ICOMOS, 1996) του 1996, κάνοντας επιμέρους συσχετισμούς της αυθεντικότητας με την ταυτότητα, την ιστορία, τα υλικά, την κοινωνική αξία, την οικονομία, τη χρήση και την ιδιοκτησία, δίχως να

δίνεται σαφής ορισμός της, αλλά περιγραφές όπως «η κατανόηση της ιστορίας και της σπουδαιότητας ενός τόπου στην πάροδο του χρόνου είναι ουσιώδη στοιχεία της αναγνώρισης της αυθεντικότητας του» ή «το υλικό ενός πολιτιστικού τόπου μπορεί να είναι βασικό στοιχείο της αυθεντικότητας του». Στο τέλος του κειμένου γίνονται κάποιες γενικές υποδείξεις για την προσοχή που πρέπει να δοθεί σε τεκμήρια αυθεντικότητας με βάση ενδείξεις όπως η ακεραιότητα του πρωταρχικού υλικού, το γενικό πλαίσιο/περιβάλλον, η αντιπροσώπευση της πραγματικής αξίας (αν παραμένει δηλαδή στην αρχική κατάσταση και ανακλά τη σημαντική του ιστορία) κ.α.

Δύο χρόνια πριν από τη Διακήρυξη του San Antonio, υπογράφηκε από 28 χώρες στην πόλη Nara της Ιαπωνίας το Nara Document on Authenticity (ICOMOS, The Nara Document on Authenticity, 1994), δηλαδή η «Διακήρυξη περί Αυθεντικότητας», έπειτα από συνάντηση ειδικών υπό την αιγίδα των οργανισμών UNESCO, ICCROM και ICOMOS. Είναι ένα σύντομο κείμενο το οποίο έχει καταβολές από τον Χάρτη της Βενετίας του 1964 (στον οποίο πρωταναφέρθηκε ο όρος «αυθεντικότητα») και αποσαφηνίζει διάφορες προσεγγίσεις και αντιλήψεις για το ζήτημα της αυθεντικότητας των μνημείων κατά τις επεμβάσεις, αλλά θέτει και τα κοινά αποδεκτά κριτήρια για την ένταξη μνημείων στον Κατάλογο της Παγκόσμιας Πολιτιστικής Κληρονομιάς της UNESCO. Εντούτοις, παρότι υπάρχει στον τίτλο του εγγράφου, στο κείμενο πουθενά δεν υπάρχει σαφής ορισμός της «αυθεντικότητας». Γίνεται απλώς αναφορά ότι η αυθεντικότητα αποτελεί ουσιώδη παράγοντα που χαρακτηρίζει τις αξίες και ότι η αυθεντικότητα κάθε μνημείου κατά περίπτωση, σύμφωνα με το πολιτισμικό πλαίσιο μέσα στο οποίο το μνημείο δημιουργήθηκε και στο οποίο αυτό ανήκει.

3.7 Μνημεία και σεισμός

Το γεγονός ότι κτήρια τα οποία μέχρι σήμερα δεν έχουν καταρρεύσει αλλά παραμένουν σε καλή κατάσταση ακόμα και μετά από πολλούς αιώνες, δεν είναι αποτέλεσμα τόσο της εύνοιας της τύχης όσο της καλής ποιότητας κατασκευής τους και του καλού σχεδιασμού τους. Από την άλλη, η καλή μέχρι σήμερα συμπεριφορά τους στο χρόνο, ουδόλως εγγυάται ότι δεν πρόκειται να καταρρεύσουν στο μέλλον. Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα αιφνιδιαστικής κατάρρευσης κτηρίων δίχως εμφανείς βλάβες, είτε λόγω σεισμού είτε όχι. Ένα πρόσφατο παράδειγμα αποτελεί η απρόσμενη κατάρρευση του κωδωνοστασίου του 11ου αιώνα του καθεδρικού της Ραβία της Ιταλίας τον Μάρτιο 1989 που στοίχισε τη ζωή τεσσάρων ανθρώπων. Τα ακριβή αίτια της κατάρρευσής του δεν έχουν προσδιοριστεί μέχρι σήμερα.



Εικόνα 3.3: Το κωδωνοστάσιο του καθεδρικού της Ραβία πριν και μετά την ξαφνική κατάρρευσή του το 1989 (Miccoli & Abruzzese, 2009).

Ως εκ τούτου, τα μνημεία πρέπει να μελετώνται και να διαπιστώνεται μέσα από αναλύσεις η ικανότητά τους να αποκρίνονται επαρκώς σε δυναμικές και στατικές φορτίσεις. Είναι γεγονός ωστόσο, ότι ενώ τα αποτελέσματα αναλύσεων δείχνουν συχνά πως τα κτήρια αυτά έπρεπε να είχαν ήδη καταρρεύσει, αυτά έχουν επιζήσει με επισκευάσιμες ως επι το πλείστον βλάβες. Αυτό οφείλεται στο υπάρχει ακόμα και σήμερα μεγάλη αβεβαιότητα για την πραγματική απόκριση των κτηρίων και ιδιαίτερα εκείνων από λιθοδομή και οι παραδοχές που γίνονται ακόμα και με βάση αποτελέσματα σύγχρονων επιτόπου ή εργαστηριακών δοκιμών είναι συχνά λανθασμένες, χωρίς να λησμονείται ότι τα σχετικά προγράμματα ανάλυσης έχουν ακόμα αρκετά περιθώρια βελτίωσης.

Κατά συνέπεια, προτού ληφθούν αποφάσεις για την ενίσχυση μνημείων παρόμοιων τύπων και δόμησης, καλό είναι να μελετηθεί και ο βαθμός βλαβών από προηγούμενους σεισμούς αντίστοιχων κτηρίων της ίδιας περιοχής, αφού ο βαθμός βλαβών εξαρτάται τόσο από τα χαρακτηριστικά της σεισμικής διέγερσης, όσο και από τον τύπο της κατασκευής. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό το ότι η παρατήρηση μετασεισμικών βλαβών έχει δώσει σημαντικά στοιχεία και είναι ένα εξαιρετικό μάθημα για τον τρόπο αστοχίας των κτηρίων. Ένας επιπλέον καθοριστικός παράγοντας για το είδος και τον βαθμό ενίσχυσης που πρέπει να επιλεγεί είναι ο βαθμός αντισεισμικής προστασίας. Σε κτήρια με ιδιαίτερη αρχιτεκτονική αξία, δεν θα πρέπει να επιλέγονται επεμβάσεις που αλλοιώνουν τη μορφή τους με την προσθήκη νέων διατάξεων οι οποίες συνήθως είναι μεταλλικές (ελκυστήρες, μεταλλικά πλαίσια, περιδέσεις κ.λπ.). Εξάλλου, σε μνημειακές κατασκευές οι ενισχυτικές τους διατάξεις υποκούνοντας στην αρχή της αναστρεψιμότητας της επέμβασης είναι κυρίως εμφανείς και συνεπώς αλλοιώνουν τη μορφή των κατασκευών. Πέρα από την αλλοίωση της μορφής σε μικρό ή μεγάλο βαθμό, διαταράσσεται με την προσθήκη τους στην κατασκευή η διαμορφωμένη αντίληψη των επισκεπτών και οι συγκρίσεις που γίνονται νοητά ως διαίσθηση για τον τρόπο που εξασφαλίζεται η ευστάθειά τους.

Στην περίπτωση αυτή ίσως είναι σκόπιμο να επιλεγεί ένας μικρότερος βαθμός ενίσχυσης, στοχεύοντας με τον τρόπο αυτό στην εξασφάλιση της κατάστασής της για λίγες δεκαετίες ακόμα και όχι για έναν αιώνα ή περισσότερο. Εξάλλου, πλήρης αντισεισμική προστασία δεν είναι δυνατόν να υπάρξει ούτε για τις σύγχρονες κατασκευές και ακόμα περισσότερο ούτε για τις μνημειακές. Το μόνο που θα προσέφερε ένα υψηλό επίπεδο ενίσχυσης για την προστασία του μνημείου σε μεγάλο χρονικό ορίζοντα, θα είναι επεμβάσεις μάλλον υπερσυντηρητικές που είναι αμφίβολο αν αντέξουν περισσότερο από έναν αιώνα, οπότε ως ουσιαστικό αποτέλεσμα θα έχουν ένα μεγάλο αρνητικό αισθητικό αποτύπωμα και εξάλλου ενδεχομένως να προκαταλαμβάνουν ή να περιορίζουν πολύ τη δυνατότητα για μελλοντικές επεμβάσεις. Ωστόσο, ένας μικρότερος βαθμός ενίσχυσης παρέχει μεν ένα χαμηλότερο επίπεδο αντισεισμικής προστασίας του μνημείου που επιτρέπει την εκδήλωση βλαβών (επισκευάσιμων), αλλά βοηθάει στην ισορροπία ανάμεσα στην ασφάλεια του μνημείου και των επισκεπτών του και στην προστασία της ιστορικής του φυσιογνωμίας.

3.8 Το σύγχρονο ελληνικό κανονιστικό πλαίσιο των μελετών

Είναι γεγονός ότι για τη μελέτη κατασκευών από λιθοδομή που αποτελούν την πλειονότητα των μνημείων δεν υπάρχει μέχρι στιγμής συγκεκριμένο κανονιστικό πλαίσιο στη χώρα μας. Επίκειται όμως σύντομα η ψήφιση από το Κοινοβούλιο του **Κ.Α.Δ.Ε.Τ.** (Κανονισμός για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας) ο οποίος θα συμπληρώνει το μέρος 3 του ευρωπαϊκού προτύπου EN 1998 (Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών - Μέρος 3: Αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας κτιρίων και επεμβάσεις) και αφορά στην αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας και στις ενισχύσεις κτηρίων). Ο Κ.Α.Δ.Ε.Τ. αφορά μόνο σε κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία στα οποία τα λιθοσώματα είναι συνδεδεμένα με κονίαμα και επίσης κτήρια με φέροντα οργανισμό από ξυλόπηκτη τοιχοποιία. Εξαιρεί δηλαδή τα κτήρια που είναι κατασκευασμένα εν ξηρώ και τα κτήρια με μικτό φέροντα οργανισμό (οπλισμένο σκυρόδεμα και τοιχοποιία). Υπάρχουν ακόμα περιπτώσεις κτηρίων που δεν

καλύπτονται από τον Κ.Α.Δ.Ε.Τ. όπως για παράδειγμα κτήρια «υψηλής διακινδύνευσης» (δηλαδή αυτά των οποίων ενδεχόμενη βλάβη μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες σε μεγάλη έκταση έξω από την περιοχή του έργου) ενώ για τα μνημεία και τα διατηρητέα κτήρια μνημεία και διατηρητέα κτίρια, απαιτούνται πρόσθετες διατάξεις και διαφορετικές προσεγγίσεις με περιορισμούς οι οποίοι εξαρτώνται από τις ιδιαιτερότητες των κτηρίων αυτών (Τάσιος, και συν., 2019). Ουσιαστικά δηλαδή με τον Κ.Α.Δ.Ε.Τ. γίνεται το πρώτο βήμα για την αποτίμηση και τον σχεδιασμό επεμβάσεων σε κτήρια από λιθοδομή, δίχως όμως να αποτελεί κανονισμό επεμβάσεων εξειδικευμένο για μνημειακές κατασκευές. Αυτό επιχειρήθηκε το 2010 όταν παρουσιάστηκε το «Προσχέδιο ρυθμιστικού πλαισίου για τις δομητικές επεμβάσεις και την αντισεισμική προστασία των μνημείων» (Τάσιος, και συν., 2019). Έγινε τότε ένα σημαντικό βήμα υπό την αιγίδα του ΟΑΣΠ και του Ευρωπαϊκού Κέντρου Πρόληψης Και Πρόγνωσης Σεισμών και για την εξειδικευμένη αντιμετώπιση των επεμβάσεων σε μνημεία που ωστόσο μέχρι σήμερα δεν έχει ολοκληρωθεί.

Πριν από την πολυαναμενόμενη ψήφιση του Κ.Α.Δ.Ε.Τ., πολύ πρόσφατα ψηφίστηκε η επίσημη πολυαναμενόμενη υπουργική απόφαση για το «Κανονιστικό πλαίσιο για την εκπόνηση μελετών και την εκτέλεση εργασιών σε ακίνητα μνημεία»¹⁴ με την οποία ρυθμίζονται θέματα σχετικά με τους κανόνες που διέπουν την εκπόνηση μελετών και την εκτέλεση εργασιών σε ακίνητα μνημεία. Το κανονιστικό αυτό πλαίσιο αποτελούσε μια χρόνια εκκρεμότητα από την ψήφιση του **N. 3028/2002**¹⁵ «Για την προστασία των Αρχαιοτήτων και εν γένει της Πολιτιστικής Κληρονομιάς» και συγκεκριμένα την παρ. 4 του άρθρου 40 «Εργασίες σε ακίνητα μνημεία». Πλέον, αποσαφηνίζονται τα στάδια εκπόνησης των απαιτούμενων μελετών (προκαταρκτική μελέτη σκοπιμότητας, προμελέτη, οριστική μελέτη, μελέτη εφαρμογής και τεχνικές προδιαγραφές), οι κατηγορίες μελετών (αρχιτεκτονική, φέρουσας ικανότητας, Η/Μ εγκαταστάσεων) και τα περιεχόμενα κάθε επιμέρους μελέτης, και προετοιμάζονται τα απαραίτητα στοιχεία για την ανάθεση των έργων αποκατάστασης.

Τέλος, αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι στον Ν.3028/2002 δεν έγινε η διεύρυνση της έννοιας του «μνημείου» σε «αρχιτεκτονική κληρονομιά» η οποία περιλαμβάνει επιπλέον και τα αρχιτεκτονικά σύνολα αλλά και τους τόπους. Ο όρος της «αρχιτεκτονικής κληρονομιάς» θεσμοθετήθηκε από την Σύμβαση της Γρανάδας η οποία κυρώθηκε από τον Ν.2039/1992 και υποχρεώνει στην υιοθέτηση μιας πολιτικής ολοκληρωμένης προστασίας της. Ωστόσο, στον **N.4067/2012** (Νέος Οικοδομικός Κανονισμός) γίνεται τόσο ορισμός της «αρχιτεκτονικής κληρονομιάς», γίνεται σύνδεση με της Σύμβαση της Γρανάδας και άλλες διεθνείς συνθήκες. Αυτό είναι σημαντικό διότι υποχρεώνει την υιοθέτηση πολιτικών ενσωματωμένης διατήρησης η οποίες θα τοποθετούν την προστασία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς μεταξύ των ουσιαστικών στόχων του χωροταξικού και πολεοδομικού σχεδιασμού και θα καθιστούν τη συντήρηση, αναβίωση και ανάδειξη της σημαντικό στοιχείο της πολιτιστικής, περιβαλλοντικής και χωροταξικής πολιτικής. Επιπλέον, κατ'επέκτασιν θα ακολουθήσει ο καθορισμός των προσόντων των δικαιωμάτων και των ευθυνών των Αρχιτεκτόνων, Πολιτικών μηχανικών και άλλων που σχετίζονται με την προστασία και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς.

3.9 Αισθητικές επιπτώσεις & προβληματισμοί

Τα σύγχρονα έργα των επεμβάσεων στερέωσης των μνημείων υπακούουν στις αρχές της επιστημονικής λογικής, της οικονομίας πόρων (κυρίως χρόνου και χρήματος) και της πρακτικότητας. Αποτελούν το αποτέλεσμα μιας μακράς εξελικτικής διαδικασίας που ξεκίνησε πολλές δεκαετίες πριν και εμπλουτίζεται διαρκώς με νέα επιστημονικά δεδομένα και τεχνολογικές εξελίξεις. Οι επεμβάσεις στερέωσης δεν έχουν χαρακτήρα εξωραϊστικό, ούτε γίνονται καταχρηστικά. Αποτελούν μια αναγκαιότητα που πηγάζει από τη διάθεση της κοινωνίας για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς. Ωστόσο, οι εμφανείς επεμβάσεις αποτελούν προσθήκες-παρεμβάσεις σε ένα αρχιτεκτονικό έργο

¹⁴ ΦΕΚ Β 2837/5-7-2019 (απόφαση ΥΠΠΟΑ/ΑΤΝΕΚΕ/356112/929)

¹⁵ ΦΕΚ Α 153/28-06-2002

που μεταφέρει εντός και εκτός του πολλαπλές αξίες στις οποίες εύστοχα έχει αναφερθεί ο Alois Riegl (Riegl, 1903), αλλά και πρόσθετες αξίες που έχουν διαμορφωθεί τις τελευταίες δεκαετίες. Στις επεμβάσεις αυτές φυσικά δεν έχει καμία συμμετοχή ο δημιουργός του έργου, ίσως πολλές από αυτές να μην τις ενέκρινε ούτε ο ίδιος, αφού ο ορθολογισμός της επιστήμης υπερισχύει κατά κανόνα της αισθητικής, του μέτρου και της ομορφιάς που θέλησε να μεταδώσει και εκφράστηκε μέσα από την κατασκευή του κτηρίου. Συχνά ο φόβος του αγνώστου (σεισμός) οδηγεί στην υπερβολή και η υπερβολή διαταράσσει την αρμονία των μνημείων ως αρχιτεκτονικών συνθέσεων, ενώ παράλληλα αναιρεί την εντύπωση και το αίσθημα συγκίνησης που προκαλεί η διατήρηση των κατασκευών στο χρόνο. Με τα δεδομένα αυτά, είναι σίγουρο ότι σε μερικές δεκαετίες δεν θα υπάρχει μνημείο το οποίο δεν θα έχει υποστεί κάποιας μορφής ενισχυτική επέμβαση αφανούς ή εμφανούς χαρακτήρα.

Ιδιαίτερα οι εμφανείς ενισχύσεις, ενώ από την μια έχουν το μεγάλο πλεονέκτημα της αναστρεψιμότητας, από την άλλη μειονεκτούν στη διατάραξη της αισθητικής που προκαλεί η παρέμβαση στη στατική λειτουργία του φέροντος οργανισμού και η δημιουργία εναλλακτικών διαδρομών μεταφοράς δυνάμεων μέσω στοιχείων και υλικών (π.χ. μεταλλικοί ελκυστήρες) που ήταν άγνωστα στον δημιουργό του έργου και την εποχή του. Οι εναλλακτικές κατακόρυφες και οριζόντιες αυτές διαδρομές των φορτίων ξενίζουν τον κοινό παρατηρητή με την ανοίκεια μορφή τους αφού δυσκολεύεται να εξοικειωθεί με αυτές και δυσκολεύεται να διακρίνει σε μερικές περιπτώσεις ακόμα και το ίδιο το μνημείο (Εικ. 3.4). Στον περισσότερο ανήσυχο παρατηρητή προκαλούν το έμφυτο στατικό του ένστικτο που έχει διαμορφωθεί με την καθαρότητα των περιγραμμάτων, την ακρίβεια και το μέτρο που έχει συναντήσει σε ανάλογα μνημεία ή που βλέπει καθημερινά στο περιβάλλον του. Έτσι, σε πολλές περιπτώσεις, οι επεμβάσεις στερέωσης μοιάζουν αδόκιμες και τα μνημεία στερούνται μεγάλο μέρος από το φορτίο των αξιών που μεταφέρουν από τη δημιουργία τους μέχρι σήμερα. Ιδανικά, μια αγαστή διεπιστημονική συνεργασία όλων των ειδικοτήτων που εμπλέκονται σε έργα αποκατάστασης θα ήταν ικανή να αποτρέψει ανορθολογικές επεμβάσεις που παρατείνουν τον χρόνο ζωής των μνημείων, δίχως να τα κακοποιούν.



Εικόνα 3.4: Μεταλλικές ενισχύσεις στο εσωτερικό του καθολικού της Ι.Μ. Δαφνίου (προσωπικό αρχείο).

3.10 Μεταξύ εγκατάλειψης και ανάδειξης

Ελάχιστα από τα μνημεία που υπάρχουν σήμερα παραμένουν άθικτα από σύγχρονα χέρια. Μάλιστα όσο παλαιότερο είναι το μνημείο, τόσο περισσότερη ανθρώπινη μεταχείριση έχει υποστεί (από τη χρήση του ή τις επεμβάσεις σε αυτό), αλλά και τόσο μεγαλύτερα είναι τα σημάδια του χρόνου επάνω του. Είναι γεγονός ότι δεν βλέπουμε πλέον εκείνο που θα ήθελαν να δούμε οι αρχιτέκτονες και τεχνίτες της εποχής κατά την οποία τα μνημεία κατασκευάστηκαν. Ίσως βέβαια δεν περιμένουμε να δούμε τα μνημεία αυτά άθικτα μέχρι σήμερα, αλλά σε ποια μορφή θα θέλαμε να τα δούμε είναι ένα ερώτημα που έχει απασχολήσει αρκετά τους αναστηλωτές μνημείων τους τελευταίους δύο αιώνες.

Την προστασία των μνημείων επηρέασαν δύο κυρίαρχα ρεύματα από τον 19ο και συνεχίστηκαν και τον 20ο αιώνα. Από τη μία, εκείνο της αποκατάστασης με τη δημιουργία ενός νέου έργου (το οποίο ενδεχομένως και να μην υπήρξε ποτέ), με βασικό υποστηρικτή τον **Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc** (1814-1879) και από την άλλη αυτό της διατήρησης της κατάστασης του μνημείου με τις ελάχιστες δυνατές επεμβάσεις με πρωταγωνιστή τον **John Ruskin** (1819-1900). Ήταν η εποχή όπου η Ευρώπη είχε πληγεί από καταστροφικές πολεμικές διαμάχες, πολλά από τα μνημεία είχαν υποστεί σημαντικές βλάβες και υπήρχε η ανάγκη προστασίας τους.

Ο πολυπράγμων Γάλλος αρχιτέκτονας Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc είχε μεγάλη επιρροή ακόμα και πέρα από τα σύνορα της χώρας του, και αποτελεί πρωταγωνιστή του κινήματος της αποκατάστασης με παγκόσμια εμβέλεια. Ασχολήθηκε με πλήθος αποκαταστάσεων σε μνημεία της Γαλλίας (καθεδρικοί ναοί Παρισιού, Amiens, Reims, ναοί La Madeleine στο Vézelay, Saint-Denis και Saint-Sermin στην Τουλούζη και στην Eu, κάστρα στο Coucy και στο Pierrefonds κ.λπ.). Η δράση του δεν περιορίστηκε στη Γαλλία, αλλά επεκτάθηκε στην Κεντρική Ευρώπη. Ο Viollet-le-Duc θεωρούσε την αποκατάσταση ως την παλινόρθωση ενός κτηρίου σε μια κατάσταση πληρότητας στην οποία ίσως ουδέποτε να υπήρξε. Το αναφέρει άλλωστε στον ορισμό του όρου στο δεκάτομο «λεξικό της γαλλικής αρχιτεκτονικής» που ο ίδιος έγραψε. Η αποκατάσταση για τον ίδιο περιελάμβανε την αντικατάσταση του ιστορικού υλικού με νέο, θεωρώντας την αποκατάσταση ένα πεδίο έκφρασης της δημιουργικότητας-φαντασίας του αποκαταστάτη αρχιτέκτονα (Jokilehto, 1999). Οι απόψεις του Viollet-le-Duc είναι η βάση του δόγματος της «**ολικής στυλιστικής αποκατάστασης**» το οποίο δίχως να έχει αποδοθεί ξεκάθαρα σε κάποιο κείμενο, συνοψίζεται στα βήματα: α) διερεύνηση του μνημείου με επισήμανση των κατασκευαστικών στοιχείων της αρχικής του κατάστασης, β) καθαίρεση και ανακατασκευή στοιχείων για λόγους στατικής επάρκειας του μνημείου, γ) ανακατασκευή όλων των στοιχείων που λείπουν (ως απομίμηση σωζόμενων στοιχείων στο ίδιο μνημείο ή σε μνημεία αντίστοιχης περιόδου και περιοχής), για λόγους αποκατάστασης της αρχικής στυλιστικής ενότητας του μνημείου, δ) καθαίρεση των στοιχείων των μεταγενέστερων οικοδομικών φάσεων του μνημείου που αλλοιώνουν την αρχική στυλιστική και κατασκευαστική του ενότητα και μετέπειτα ανακατασκευή στις περιοχές επέμβασης σύμφωνα με το αρχικό τους στυλ.

Απέναντι στη στυλιστική αποκατάσταση που κυριάρχησε τον 19ο και τον 20ο αιώνα, αλλά και στην υπερπροστασία που συχνά διακρίνει την πλειονότητα των επεμβάσεων του 21ου αιώνα είτε με εμφανείς ενισχύσεις, είτε με στέγαστρα ή κάθε είδους διατάξεις που τοποθετούνται στα μνημεία ή πέριξ αυτών κυρίως για την προστασία τους από τη φθορά του περιβάλλοντος ή τη σεισμική δράση, αντιπαρατάσσεται και η άποψη της «μη επέμβασης». Ένθερμος θιασώτης της άποψης αυτής και πρωταγωνιστής στον 19ο αιώνα του κινήματος της «**ρομαντικής αποκατάστασης**» ή «αντι-αποκατάστασης¹⁶» (anti-restoration) ήταν ο γνωστός βρετανός κριτικός τέχνης, φιλόσοφος, κοινωνιολόγος και ζωγράφος του 19ου αιώνα John Ruskin. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο Ruskin δεν ασχολήθηκε ποτέ με την πρακτική αντιμετώπιση και τα προβλήματα των αποκαταστάσεων (δεν ήταν άλλωστε αρχιτέκτονας) σε αντίθεση με τον Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc (Καραδέδος, 2009).

Ο Ruskin πριν από ενάμιση αιώνα ορμώμενος από ιδιότυπες αποκαταστάσεις ναών στη χώρα του¹⁷ αλλά και στην υπόλοιπη Ευρώπη, σε μια μορφή που μάλλον δεν είχαν ποτέ στο παρελθόν, πρώτος με σαφήνεια αναγνώρισε τις αξίες και τη σπουδαιότητα των ιστορικών κτηρίων και αντικειμένων εδραιώνοντας τις φιλοσοφίες της σύγχρονης αποκατάστασης (Jokilehto, 1999). Στο έργο του «The seven lamps of Architecture» αντιτίθεται σφοδρά στην αποκατάσταση θεωρώντας ότι καταστρέφει την ιστορική αυθεντικότητα των μνημείων και τις μαρτυρίες των γενιών του παρελθόντος που τα κατασκεύαζαν και συνυπήρχαν με αυτά και έχουν πλέον αποτυπωθεί στα μνημεία. Τα μνημεία τονίζει ότι είναι οικουμενικά αγαθά και η ανθρωπότητα έχει το δικαίωμα να διδαχθεί από

¹⁶ Η της συντήρησης (conservation).

¹⁷ Το διάστημα 1840-1873 αποκαθίστανται με στυλιστικό τρόπο 7500 ναοί στην Αγγλία.

αυτά και το καθήκον να τα προστατέψει. Στο περιεχόμενο της λέξης μνημείο ο Ruskin θέτει και την αξία της παλαιότητας, τονίζει την ανάγκη διατήρησης της υλικής τους αυθεντικότητας και της επιφανειακής τους γήρανσης (Μαλλούχου-Tufano, 2015). Η θεώρηση του Ruskin για την αποκατάσταση συνοψίζεται σε όσα ο ίδιος έγραψε χαρακτηριστικά: «*κανένας δεν έχει κατανοήσει το πραγματικό νόημα της λέξης «αποκατάσταση» (restoration). Σημαίνει την υπέρτατη καταστροφή που μπορεί να υποστεί ένα κτήριο. Μια καταστροφή από την οποία δεν μπορούν να συγκεντρωθούν υπολείμματα, μια καταστροφή συνοδευόμενη με μια λανθασμένη περιγραφή του αντικειμένου που καταστράφηκε. Ας μην ξεγελιόμαστε σε αυτό το σημαντικό ζήτημα, είναι αδύνατον όσο αδύνατον είναι να αναστηθεί ένας νεκρός, να αποκαταστήσουμε οτιδήποτε ήταν κάποτε σπουδαίο ή όμορφο στην αρχιτεκτονική»* (Ruskin, 1849). Επιπλέον, στον ίδιο ανήκουν και τα λόγια: «*Δεν έχουμε κανένα δικαίωμα να αγγίζουμε (εννοεί κτήρια του παρελθόντος). Δεν μας ανήκουν. Ανήκουν εν μέρει σε αυτούς που τα έκτισαν και εν μέρει σε όλες τις γενιές της ανθρωπότητας που θα μας ακολουθήσουν»* (Ruskin, 1849). Τέλος, αναφερόμενος στη σημασία της διαρκούς συντήρησης έναντι της αποκατάστασης ο Ruskin τόνιζε: «*Φροντίστε σωστά τα μνημεία σας και δεν θα χρειαστεί να τα αποκαταστήσετε. Με μερικά φύλλα μολύβδου στη στέγη την κατάλληλη στιγμή και το καθάρισμα μιας υδρορροής από μερικά νεκρά φύλλα και κλαδιά, θα γλιτώσουν και η στέγη και οι τοίχοι από την καταστροφή. Παρακολουθήστε ένα παλιό κτήριο με αγωνιώδη φροντίδα, φυλάξτε το όσο καλά μπορείτε, και με κάθε κόστος, από κάθε παραμέληση. Μετρήστε τις πέτρες του όπως θα κάνατε για τους πολύτιμους λίθους ενός στέμματος. Βάλτε φρουρούς όπως θα κάνατε σε μια πολιορκούμενη πόλη, δέστε το με σίδερο όπου χαλαρώνει, σταματήστε το με ξύλο όπου γέρνει, μην σας νοιάζει για την κακή εμφάνιση του στηρίγματος: καλύτερα ένα δεκανίκι από ένα χαμένο άκρο. Και κάντε το με τρυφερότητα, με σεβασμό, και συνεχόμενα και έτσι πολλές γενιές θα γεννηθούν και θα πεθάνουν κάτω από τη σκιά του. Η τελευταία του μέρα θα έρθει κάποια στιγμή, αλλά αφήστε να έρθει ανυπόκριτα, με ειλικρίνεια και μην αφήσετε κανένα υποτιμητικό και ψευδές αντίγραφο να του στερήσει την τιμή της μεταθανάτιας μνήμη»* (Ruskin, 1849).

Οι ιδέες του Ruskin επηρέασαν πολλούς σύγχρονους ομοεθνείς του όπως τον αρχιτέκτονα Philip Webb και ιδιαίτερα τον πολυπράγμονα ποιητή, σχεδιαστή και κοινωνικό ακτιβιστή William Morris (1834-1896) ο οποίος πρωτοστάτησε στην ίδρυση το 1877 της «Εταιρείας για την προστασία των παλαιών κτηρίων» (**S.P.A.B.**: Society of the Protection of Ancient Buildings) η οποία υπάρχει μέχρι σήμερα. Η S.P.A.B. δραστηριοποιήθηκε έντονα για την προστασία πολλών μνημείων στον ευρωπαϊκό χώρο αλλά και σε χώρες όπως η Αίγυπτος (για τα κοπτικά μνημεία) και η Οθωμανική αυτοκρατορία (για την Αγία Σοφία). Εναντιώνονταν στις αυθαίρετες επεμβάσεις βάσει υποκειμενικών αισθητικών προτιμήσεων και προσωπικών υποθέσεων οι οποίες οδήγησαν τον 19ο αιώνα σε καταστροφές σε πολλών μνημείων με τόση ένταση όση δεν είχαν υποστεί για πολλούς αιώνες. Επιπλέον, υποστήριζε τη διατήρηση των μνημείων όλων των στυλ και όλων των εποχών, τη διαρκή τους συντήρηση αλλά και την ανέγερση νέων κτηρίων αντί την αναστήλωση παλαιών που είναι ακατάλληλα για χρήση (Μαλλούχου-Tufano, 2015).

Εξομαλύνοντας τις δύο ακραίες απόψεις στις στυλιστικής αποκατάστασης και της ρομαντικής αποκατάστασης, ο Γάλλος ιστορικός και αρχαιολόγος **Adolphe Napoléon Didron** (1806-1867), ένας από τους μεγαλύτερους επικριτές των αποκαταστάσεων της δεκαετίας του 1840 στη Γαλλία, θα διατυπώσει σε άρθρο του το 1839 στο Bulletin Archéologique την άποψη ότι «*στα μνημεία προτιμότερη η στέρηση της επισκευής, η επισκευή της αποκατάστασης, η αποκατάσταση της ανακατασκευής, η ανακατασκευή του εξωραϊσμού σε καμία περίπτωση προσθήκες ή αφαιρέσεις»*.

Οι ιδέες του John Ruskin θα μπορούσαν να συσχετιστούν με εκείνες του ομοεθνή και σύγχρονό του, σπουδαίου Άγγλου φυσιοδίφη και γεωλόγου Κάρολου Δαρβίνου (1809-1882). Δαρβίνος διατύπωσε στα μέσα του 19ου αιώνα τη θεωρία της φυσικής επιλογής¹⁸ (αν και στην

¹⁸ On the Origin of Species by Means of Natural Selection (1859).

πραγματικότητα πατέρας της θεωρείται ο προσωκρατικός φιλόσοφος Εμπεδοκλής). Πρόκειται για μια εξελικτική θεωρία σύμφωνα με την οποία η φυσική επιλογή είναι η διαδικασία με την οποία οι οργανισμοί που είναι καλύτερα προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον τους επιβιώνουν και αναπαράγονται περισσότερο από τους λιγότερο προσαρμοσμένους. Τη φυσική επιλογή εκτός από τα έμβια όντα θα μπορούσε κάλλιστα να επικαλεστεί κάποιος κατ' αναλογία και για τις ανθρώπινες κατασκευές. Πιο συγκεκριμένα, η φυσική επιλογή υποδηλώνει την υπεροχή για «επιβίωση» μιας κατασκευής ή την αναπαραγωγή της (με την έννοια της κατασκευής παρομοίων κατασκευών) έναντι μιας άλλης σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον και σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Ας θεωρήσουμε ότι η ανθεκτικότητα στον χρόνο των κατασκευών είναι ουσιαστικά η επιτυχής ανταπόκριση τους στις μεταβολές του περιβάλλοντος. Η φυσική επιλογή μέσα σε ένα σύνολο κατασκευών δρα ευνοώντας δίνοντας δηλαδή μεγαλύτερες πιθανότητες «επιβίωσης», τις κατασκευές εκείνες που έχουν χαρακτηριστικά τα οποία τους προσδίδουν μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η φυσική επιλογή δεν αναφέρεται στην αντιμετώπιση των μεταβολών του περιβάλλοντος μέσω της ανάπτυξης γνωρισμάτων που δεν υπήρχαν εγγενώς. Αυτό αποτελεί μια θεωρία¹⁹ που είχε αναπτυχθεί από τον Γάλλο φυσιοδίφη και θεωρητικό της εξελικτικής θεωρίας Λαμάρκ (1744-1829). Η θεωρία του Λαμάρκ τροποποιημένη ως προς το σκέλος της «εγγενούς» ανάπτυξης γνωρισμάτων που δεν υπήρχαν πριν, παρουσιάζει εφαρμογή στις επεμβάσεις αποκατάστασης μνημείων που όντας ανίκανα να αντιμετωπίσουν τη φθορά του χρόνου λόγω εγγενών αδυναμιών τους, υποβοηθούνται με στερεωτικές επεμβάσεις. Αντιθέτως, για τη θεωρία της φυσικής επιλογής θα μπορούσε κάποιος να φέρει σαν παράδειγμα μνημεία τα οποία έχουν επιβιώσει μέχρι τις μέρες μας λόγω των εγγενών χαρακτηριστικών τους (τρόπος δόμησης, ποιότητα υλικών κ.λπ.) τα οποία τα βοήθησαν στις συγκεκριμένες τοπικές και περιβαλλοντικές συνθήκες. Για παράδειγμα, οι πυραμίδες της Αιγύπτου δεν θα μπορούσαν να έχουν τη μορφή που έχουν σήμερα αν είχαν κατασκευαστεί στο υγρό περιβάλλον της βόρειας Ευρώπης που θα είχε φθείρει προ πολλού τα υλικά δομής τους. Αυτό ουδόλως σημαίνει ότι κατασκευές οι οποίες έχουν επιβιώσει μέχρι σήμερα είναι ανώτερες από άλλες που έχουν εξαφανιστεί. Απλώς κατάφεραν να ανταπεξέλθουν καλύτερα στις συγκεκριμένες συνθήκες.

3.11 Λήψη αποφάσεων για την ενίσχυση μνημείων

Η απόφαση για το εάν, σε τι βαθμό και με ποιόν τρόπο πρέπει να γίνουν επεμβάσεις ενίσχυσης ενός μνημείου δεν είναι καθόλου εύκολη. Σε αντίθεση με τις συνήθεις κτηριακές κατασκευές, για τις οποίες λίγο-πολύ η διαδικασία λήψης αποφάσεων είναι αρκετά ξεκάθαρη μιας και η απόφαση υπαγορεύεται κυρίως από κριτήρια **ασφάλειας, λειτουργικότητας/χρήσης** και **οικονομίας**, στην περίπτωση μνημειακών κατασκευών υπάρχει μια πληθώρα κριτηρίων στα οποία πρέπει να βασιστεί η απόφαση ενίσχυσής τους.

Αυτό συμβαίνει λόγω της ιδιαιτερότητας των μνημειακών κατασκευών να εμπεριέχουν ένα σύνολο αξιών οι οποίες έρχονται σε σύγκρουση οποτεδήποτε διαταράσσεται η ευαίσθητη ισορροπία που έχει διαμορφωθεί μεταξύ τους καθόλη τη διάρκεια ύπαρξής τους. Επομένως, πλέον των συνήθων παραμέτρων της ασφάλειας, της οικονομίας και της λειτουργικότητας οι οποίες υπαγορεύονται από την Επιστήμη, στη διαδικασία εμπλέκονται αξίες που υπαγορεύονται από την Ηθική και οι οποίες προσδίδονται στα μνημεία. Υπενθυμίζεται στο σημείο αυτό ότι **αξία** σημαίνει μεταξύ άλλων, «*το ιδανικό, την ιδέα που καθορίζει τον τρόπο ζωής και σκέψης, καθετί που αναγνωρίζεται από ένα σύνολο ανθρώπων ως σημαντικό για τους ίδιους και αποτελεί μέτρο αξιολόγησης προσώπων, συμπεριφοράς, πραγμάτων κ.α.*» (Μπαμπινιώτης, 2002). Επίσης, η **ηθική** είναι «*το σύστημα κανόνων συμπεριφοράς που χαρακτηρίζει μια εποχή, κοινωνική ομάδα κ.λπ.*» και «*το σύνολο των αρχών*

¹⁹ Θεωρία της κληρονομικότητας των επίκτητων χαρακτηριστικών ή Λαμαρκισμός.

και των αξιών που έχει διαμορφώσει και τηρεί ένα πρόσωπο στην καθημερινή του ζωή» (Μπαμπινιώτης, 2002).

Συνεπώς, οι ηθικές αξίες είναι ένα πολύ σημαντικό μέτρο αξιολόγησης των βέλτιστων προτάσεων ενίσχυσης, των συνεπειών τους και του τρόπου εφαρμογής τους που θα προταθούν από τους επιστήμονες όταν για κάθε πρόταση θα χρειαστεί η αξιολόγησή της επειδή θα οδηγήσει αναπόφευκτα σε σύγκρουση διαφόρων μνημειακών αξιών. Οι μνημειακές αξίες εμπεριέχουν την **τεχνική** αξία (τεχνικές και υλικά που εφαρμόστηκαν στο μνημείο), την αξία της **μορφής** (αισθητική ικανοποίηση από τη θέαση του μνημείου) αλλά και την **ιστορική** αξία (σημασία του μνημείου ως ανάμνηση του παρελθόντος) (Τάσιος Θ. , 2006). Υπογραμμίζεται ότι οι τρεις αυτές συνιστώσες ούτε είναι διαχρονικά σταθερές, ούτε είναι ισότιμες. Η σχετική σπουδαιότητα τους μεταβάλλεται σε κάθε εποχή και προέρχεται από το κοινωνικό πλαίσιο κάθε εποχής που διαμορφώνει τη συνείδηση των ανθρώπων. Άλλωστε, όλες οι ηθικές αξίες πηγάζουν από την ανθρώπινη συνείδηση.

Μια από τις συγκρούσεις ηθικών-μνημειακών αξιών είναι το γνωστό δίλλημα μεταξύ της αναβάθμισης της αξίας της ασφάλειας (ευστάθειας του μνημείου αλλά και προστασίας της ανθρώπινης ζωής), έναντι της υποβάθμισης αισθητικής και της τεχνικής του αξίας οι οποίες θα αλλοιωθούν αναπόφευκτα σε κάθε δομητική επέμβαση. Αυτό είναι ίσως το σπουδαιότερο αξιολογικό πρόβλημα που χρειάζεται να λυθεί και η λύση του βρίσκεται στη βελτιστοποίηση των δύο αυτών αξιών δηλαδή στον βαθμό που η μία αξία θα υπερτερήσει έναντι της άλλης. Φυσικά, ο κατάλογος των αντιθέσεων ανάμεσα στις μνημειακές αξίες και στις γενικές αξίες (ασφάλεια, οικονομία, λειτουργικότητα/χρηστικότητα), δεν είναι σύντομος. Οι μεταξύ τους συνδυασμοί είναι αρκετοί και η ανθρώπινη επιθυμία για την ικανοποίηση όλων των αναγκών μας είναι ακόρεστη.

Στο πλαίσιο αυτής της αξιολογικής βελτιστοποίησης, η λήψη αποφάσεων δεν μπορεί να γίνεται μόνο με τεχνοκρατικά κριτήρια. Η απάντηση στα ηθικά διλήμματα που δημιουργούνται είναι αναγκαίο να δοθεί από την κοινωνία (με αντιπροσωπευτικό τρόπο δηλαδή με μια ομάδα ειδικών επιστημόνων, εκπροσώπων της τοπικής αυτοδιοίκησης αλλά και κρατικών λειτουργών και επίσης χρηστών του μνημείου) και μετά από τις απαραίτητες ζυμώσεις και προβληματισμούς να υπάρξει μια ευρύτερη δυνατή ομοφωνία στη λήψη της απόφασης. Κάθε τέτοια απόφαση οφείλει να βασιστεί στην αξιολόγηση στον αντίκτυπο στα παρακάτω χαρακτηριστικά που έχει κάθε τεχνικής πρότασης επέμβασης:

1. Στις μνημειακές αξίες δηλαδή στην τεχνική αξία (επίδραση στα υλικά και το στατικό σύστημα του φορέα), στην αξία της μορφής (χρωματικές ή γεωμετρικές μεταβολές στο μνημείο) και στην ιστορική αξία (απομάκρυνση τμημάτων των ιστορικών κατασκευαστικών φάσεων).
2. Στο κόστος της επέμβασης.
3. Σε ένα σύνολο τεχνικών παραμέτρων της επέμβασης που έχουν να κάνουν με την ανθεκτικότητά της στον χρόνο, την αναστρεψιμότητα και την επανεμβασιμότητά της αλλά και την εύχρηστη υλοποίηση και έλεγχο της σε ένα πρόγραμμα συντήρησης που θα πρέπει να τηρηθεί.

Κάθε τεχνική πρόταση έχει διαφορετικής έντασης αντίκτυπο σε καθένα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Επίσης σχετική διαβάθμιση υπάρχει και στο σημαντικό χαρακτηριστικό της ασφάλειας του μνημείου (και κατ'επέκταση και της ανθρώπινης ζωής). Επομένως, είναι αναγκαίο να δοθεί ένα ελάχιστο αποδεκτό όριο για καθένα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Κάθε μνημείο υπενθυμίζεται ότι αποτελεί ξεχωριστή περίπτωση και πρέπει να αντιμετωπίζεται διαφορετικά δηλαδή τα ελάχιστα αποδεκτά όρια δεν είναι κοινά για όλα τα μνημεία. Το κατά πόσον είναι αποδοτική ή όχι μια πρόταση επέμβασης θα μπορούσε να εκφραστεί ποσοτικά λαμβάνοντας υπόψη όλα τα χαρακτηριστικά της πρότασης αυτής (κόστος, τεχνικές παραμέτρους, επίδραση στις μνημειακές αξίες κ.λπ.), αλλά με τους κατάλληλους συντελεστές βαρύτητας καθενός (δεν είναι ισοδύναμα όλα) ο καθορισμός των οποίων δεν είναι καθόλου εύκολη υπόθεση.

Επειδή σε ό,τι αφορά την ασφάλεια του μνημείου, κάθε τεχνική πρόταση βασίζεται στη μέγλη ενίσχυσης που εκπονείται από πολιτικούς μηχανικούς και η οποία με τη σειρά της βασίζεται προς το παρόν σε μη κανονιστικά υποχρεωτικά ελάχιστη στάθμη σεισμικών δράσεων. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει ακόμα στη χώρα μας κανονιστικά μια ελάχιστη ανεκτή πιθανότητα υπέρβασης των σεισμικών δράσεων σχεδιασμού για τα μνημεία. Αυτή επιλογή της ελάχιστης στάθμης σεισμικών δράσεων (δηλαδή της ανεκτής πιθανότητας υπέρβασης των σεισμικών δράσεων) θα οδηγήσει και σε βλάβες συγκεκριμένης έντασης στο μνημείο, αλλά και θα καθορίσει συνάμα και σε αποτελέσματα στις μνημειακές αξίες και κυρίως στην αξία της μορφής και την ιστορική αξία του μνημείου.

Για τον λόγο αυτό πρέπει να εκφραστεί το αποτέλεσμα κάθε πρότασης επέμβασης μέσα από έναν συντελεστή αποδοτικότητας όπως προαναφέρθηκε. Επειδή ο συντελεστής αποδοτικότητας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την επιλεγμένη ελάχιστη στάθμη των σεισμικών δυνάμεων σχεδιασμού, η βελτιστοποίησή του θα γίνει μέσα από την επιλογή της κατάλληλης εκείνης στάθμης των σεισμικών δυνάμεων σχεδιασμού η οποία θα προκύψει από πολλά διαφορετικά σενάρια δυνητικών προτάσεων (δεν είναι όλες αποδεκτές). Στον υπολογισμό του συντελεστή αυτού παραμένει κάθε φορά κοινός ο συντελεστής βαρύτητας και η ελάχιστη αποδεκτή τιμή του κάθε χαρακτηριστικού. Αλλάζει μόνο η τιμή του χαρακτηριστικού που προκύπτει από την εν λόγω πρόταση δηλαδή το πόσο με τη συγκεκριμένη πρόταση το εν λόγω χαρακτηριστικό βελτιστοποιείται (δηλαδή πόσο πάνω από την ελάχιστη αποδεκτή τιμή βαθμολογείται το κάθε χαρακτηριστικό).

Η μεθοδολογία αυτή έχει περιγραφεί από τον Τάσιο (Τάσιος Θ. , 2006) και συνοπτικά τα βήματα που ακολουθούνται για την αποτίμηση κάθε πρότασης επέμβασης (έστω j κάθε πρόταση επέμβασης), η οποία θυμίζουμε ότι εξαρτάται άμεσα από την επιλεγμένη σεισμική δράση σχεδιασμού (έστω q η κάθε σεισμική δράση σχεδιασμού), είναι:

1. Ορίζεται για καθένα από τα εννέα χαρακτηριστικά (έστω i) (δηλαδή τις τρεις μνημειακές αξίες, το κόστος, την ασφάλεια και τις τέσσερις τεχνικές παραμέτρους) ένας συντελεστής βαρύτητας f_i . Αθροιστικά όλοι οι συντελεστές ισούνται με τη μονάδα. Για παράδειγμα ο συντελεστής βαρύτητας του κόστους μπορεί να είναι 0,2 ενώ της αξίας της μορφής 0,2 και προσαστάς της ανθρωπίνης ζωής 0,3.
2. Ορίζεται για κάθε χαρακτηριστικό i η κλάση των συνεπειών της εκάστοτε πρότασης επέμβασης $X_{j,i}$ (π.χ. για τη μορφή οι κλάσεις είναι καμία αλλοίωση της μορφής ($X_j=3$), μικρή αλλοίωση ($X_j=2$), σημαντική αλλοίωση ($X_j=1$). Ο ορισμός των κλάσεων έχει ποιοτικό χαρακτήρα γιατί δεν είναι εύκολο να ποσοτικοποιηθούν τα χαρακτηριστικά X_i .
3. Ορίζεται για κάθε χαρακτηριστικό η ελάχιστη αποδεκτή κλάση επιπτώσεων $X_{i,min}$ της κάθε πρότασης επέμβασης (π.χ. για την αξία της μορφής $X_{min}=2$, δεν γίνονται δηλαδή δεκτές σημαντικές αλλοιώσεις της μορφής).
4. Υπολογίζεται ο συντελεστής αποδοτικότητας για κάθε πρόταση επέμβασης για τη συγκεκριμένη σεισμική δράση σχεδιασμού:

$$E_{q,j} = \sum_{i=1}^{i=9} f_i \cdot (X_{j,i} - X_{i,min})$$

5. Με βάση τους συντελεστές E που προκύπτουν για κάθε πρόταση, προτιμάται καταρχήν η πρόταση που αντιστοιχεί στον μεγαλύτερο συντελεστή.

$$E_q = \max\{E_{q,j}\}$$

6. Στο πλαίσιο περαιτέρω βελτίωσης του συντελεστή αποδοτικότητας μπορεί να επιλεγεί διαφορετική σεισμική δράση σχεδιασμού και οι προτάσεις που θα προκύψουν να οδηγήσουν σε διαφορετικούς $X_{j,i}$ και κατ'επέκταση συντελεστή E .

$$E = \max\{E_q\}$$

Βελτίωση της ανωτέρω μεθοδολογίας, εις βάρος όμως της απλότητάς της, θα μπορούσε να γίνει με τον ορισμό μη σταθερών συντελεστών βαρύτητας για κάθε πρόταση και για κάθε σεισμική δράση. Επειδή οι μεγαλύτερες σεισμικές δράσεις σχεδιασμού οδηγούν σε μεγαλύτερη ασφάλεια, θα ήταν καλό αυτό να αντικατοπτριστεί στον αντίστοιχο συντελεστή βαρύτητας με μείωση του, πριμοδοτώντας αναλογικά τους υπόλοιπους συντελεστές αφού είναι περισσότερο ουσιώδες σε σχεδιασμό για μεγαλύτερες σεισμικές δράσεις να διαφυλαχθεί η μορφή του μνημείου.

Για παράδειγμα, έστω ότι αναζητούμε τη βέλτιστη πρόταση ανάμεσα σε πέντε προτάσεις επέμβασης για δύο σεισμικές δράσεις σχεδιασμού 1 και 2. Συνολικά λοιπόν υπάρχουν 10 προτάσεις επέμβασης με χαρακτηριστικά όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-1. Στην τελευταία στήλη παρουσιάζεται η τιμή του συντελεστή αποδοτικότητας που υπολογίστηκε για κάθε μια πρόταση επέμβασης. Οι τιμές των $X_{i,j}$, $f_{i,j}$ και X_{min} έχουν επιλεγεί ενδεικτικά.

Παρατηρείται ότι για μικρότερη σεισμική δράση σχεδιασμού, ο συντελεστής αποδοτικότητας είναι μεγαλύτερος και μάλιστα ο μέγιστος συντελεστής αποδοτικότητας ανάμεσα στα δύο επίπεδα σεισμικής δράσης αντιστοιχεί σε διαφορετική πρόταση από τις τέσσερις. Για μεγαλύτερη σεισμική δράση σχεδιασμού ο συντελεστής βαρύτητας για την ασφάλεια (f_s) μειώθηκε στο ήμισυ και η διαφορά επιμερίστηκε αναλογικά στους συντελεστές βαρύτητας των υπολοίπων χαρακτηριστικών. Βεβαίως το παράδειγμα δόθηκε για λόγους κατανόησης της μεθοδολογίας και οι τιμές για κάθε κλάση χαρακτηριστικού δεν αντιστοιχούν απαραίτητα στην πραγματικότητα.

Πίνακας 3-1: Υπολογισμός του συντελεστή αποδοτικότητας επεμβάσεων.

Σεισμική δράση	Προτάσεις ενίσχυσης		Χαρακτηριστικά									Ε
			X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	Συντελεστής αποδοτικότητας
			Μορφή	Ιστορικότητα	Τεχνική αξία	Κόστος	Ασφάλεια	Αναστρεψιμότητα	Ανθεκτικότητα	Κατασκευαστική αξιοπιστία	Λειτουργικότητα	
		X_{min}	1	2	1	2	1	1	2	1	1	
1		$f_{1,i}$	0,20	0,10	0,10	0,15	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	
	1	$X_{1,1}$	4	4	3	2	1	4	3	1	3	3,20
	2	$X_{1,2}$	3	2	4	4	3	2	2	2	4	3,40
	3	$X_{1,3}$	2	4	3	3	2	4	4	4	4	4,20
	4	$X_{1,4}$	3	4	4	2	3	3	3	3	3	3,80
2		$f_{2,i}$	0,22	0,11	0,11	0,18	0,1	0,11	0,06	0,06	0,06	
	1	$X_{2,1}$	4	3	2	2	1	4	3	2	3	3,3
	2	$X_{2,2}$	1	3	4	4	4	2	4	2	4	4,18
	3	$X_{2,3}$	3	4	3	3	2	4	3	3	2	3,96
	4	$X_{2,4}$	3	4	2	3	3	4	2	2	3	3,74

4.Συμπεράσματα

Οι εμφανείς μεταλλικές ενισχύσεις αποτελούν ακόμα και σήμερα ένα από τα δημοφιλέστερα μέσα για την αποκατάσταση ή και την ενίσχυση της αντοχής των μνημειακών κατασκευών. Είναι μια μέθοδος που έχει ιστορία αιώνων και έχει εξελιχθεί ακόμα περισσότερο χάρη στη διαθεσιμότητα νέων υλικών και τεχνικών εφαρμογής τους. Μεγάλο μέρος του μνημειακού αρχιτεκτονικού πλούτου της σεισμογενούς χώρας μας, οφείλει σε μεγάλο βαθμό την επιβίωσή του στις μεταλλικές ενισχύσεις που έχει δεχθεί κατά το πρόσφατο ή μακρινό παρελθόν. Ένα ακόμα τμήμα του μνημειακού μας πλούτου οφείλει την επιδείνωση της κατάστασής του στις άστοχες ενισχύσεις που έχει δεχτεί. Από την έρευνα που έγινε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής δεν προέκυψε ευτυχώς κατάρρευση μνημείου στη χώρα μας λόγω των μεταλλικών του ενισχύσεων του. Φθορές όμως λόγω της διάβρωσης του υλικού υπάρχουν πολλές και σε πολλά μνημεία, όμως η χρήση ανοξειδωτων μεταλλικών στοιχείων έχει απομακρύνει πλέον τον κίνδυνο αυτό.

Ωστόσο, ο κίνδυνος ο οποίος δεν έχει απομακρυνθεί και είναι πολύ δύσκολο να απομακρυνθεί, είναι εκείνος απώλειας μεγάλου και σημαντικού μέρους της αυθεντικότητας του μνημείου μετά από εμφανείς ενισχυτικές επεμβάσεις. Η απώλεια της αυθεντικότητας του μνημείου με την αυστηρή έννοια του όρου αναλύθηκε στο κυρίως κείμενο ότι είναι αναπόφευκτη. Όμως, υπάρχει ένα σημείο πέρα από το οποίο οι ενισχυτικές επεμβάσεις έχουν έντονο αισθητικό αποτύπωμα και δημιουργούν σοβαρές επιφυλάξεις για τη χρησιμότητά τους. Είναι το σημείο εκείνο στο οποίο η ζυγαριά ανάμεσα στην προστασία του μνημείου (και της ανθρώπινης ζωής) και της αισθητικής του αξίας, κλίνει πολύ υπέρ της πρώτης. Ο αντίκτυπος της αισθητικής επιβάρυνσης του μνημείου από τις εμφανείς επεμβάσεις είναι δύσκολο να μετρηστεί με προτάσεις όπως ο χρωματισμός τους σε συμβατές αποχρώσεις, ή η απόκρυψη τους με ξύλινα στοιχεία (θλιπτήρες) τα οποία δεν ξενίζουν τόσο τον παρατηρητή.

Όσο υπάρχουν ζητήματα ενίσχυσης, τόσο θα υπάρχει η προσπάθεια να έρθει μια ισορροπία στις δύο αυτές ασυμβίβαστες αξίες. Επειδή όμως η προστασία της ανθρώπινης ζωής και το χρέος μας να διαφυλάξουμε την πολιτιστική μας κληρονομιά για τις επόμενες γενιές θεωρούνται σημαντικότερες από την αισθητική διαφύλαξη του μνημείου, ποτέ δεν πρόκειται να υπάρξει ικανοποίηση για το αποτέλεσμα ούτε από τους εμπλεκόμενους στην αποκατάσταση του μνημείου, ούτε από τους επισκέπτες/χρήστες του. Αυτό συμβαίνει διότι οι ευθύνες για την κατάρρευση ενός μνημείου ή την απώλεια ζωής είναι πολύ μεγάλες και μπροστά σε τέτοιες ευθύνες, οι αποφάσεις που τείνουν να λαμβάνονται είναι πάντα συντηρητικές, δηλαδή προς την πλευρά της ασφάλειας. Λύση σε αυτό το ακανθώδες ζήτημα θα μπορούσε να δοθεί από την πολιτεία. Παρότι κάθε περίπτωση μνημείου είναι ιδιαίτερη και πρέπει να αντιμετωπίζεται ξεχωριστά, είναι υποχρέωση της πολιτείας να ορίσει το πλαίσιο στο οποίο θα πρέπει να κινηθεί η μελέτη ενίσχυσής του, δηλαδή τα ελάχιστα αποδεκτά όρια τα οποία πρέπει να τηρούνται κατά τη μελέτη σχεδιασμού των επεμβάσεών του, καθορίζοντας και τον χρονικό ορίζοντα της διάρκειας ζωής τους που για πολλούς λόγους δεν πρέπει να είναι ο ίδιος με εκείνων των νέων κατασκευών, αλλά μικρότερος. Με τον τρόπο αυτό θα δοθεί ένα τέρμα στην αβεβαιότητα για τις τιμές σχεδιασμού των ενισχύσεων και θα αποφορτιστεί το κλίμα ανάμεσα στους μελετητές των ενισχύσεων για την αναγκαιότητα ή όχι τόσο έντονων επεμβάσεων.

Ένα άλλο ζήτημα έχει να κάνει με την επιλογή του είδους των ενισχύσεων. Η πράξη έχει δείξει ότι επεμβάσεις με μεταλλικούς ελκυστήρες γίνονται καλύτερα αποδεκτές σε μνημεία όπου ο φέρων οργανισμός τους προδιαθέτει για την τοποθέτησή τους, λειτουργώντας με βάση το στατικό αισθητήριο που υπάρχει σε μικρό ή μεγάλο βαθμό σε όλους μας. Όταν μάλιστα εγκιβωτίζονται σε ξύλινα στοιχεία ή αποκρύπτονται υπεράνω αυτών, το αποτέλεσμα είναι καλύτερο. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις μνημείων με ορατές μέχρι και σήμερα τις φωλιές που μαρτυρούν την ύπαρξη ξύλινων

ελκυστήρων οι οποίοι αντικαταστάθηκαν από μεταλλικούς. Θα μπορούσε να γίνει επανατοθέτηση ξύλινων στοιχείων στις θέσεις αυτές για τον λόγο που αναφέρθηκε προηγουμένως. Από την άλλη, οι μεταλλικοί κλωβοί, τα πλαίσια και τα διαζώματα δεν φαίνεται να γίνονται εύκολα αποδεκτά, όσο διακριτικότερα και αν γίνεται προσπάθεια αυτά να γίνουν. Αυτές οι περιπτώσεις εμφανών ενισχύσεων διχάζουν με το αισθητικό τους αποτέλεσμα, παρότι έχουν το μεγάλο πλεονέκτημα της αναστρεψιμότητας.

Τελικά, οι εμφανείς μεταλλικές διατάξεις μπορούν και πρέπει να είναι ο σύμμαχος των μνημείων στη βελτίωση του «προσδόκιμου ορίου ζωής» τους. Ωστόσο, η χρήση τους πρέπει να γίνεται με φειδώ, μέτρο και σύνεση. Οι περιπτώσεις επιτυχημένων εφαρμογών τους είναι πολλές. Αξίζει να μελετηθούν με προσοχή και να αποτελέσουν παραδείγματα προς μίμηση για τον πλούτο της αρχιτεκτονικής μας κληρονομιάς που παραμένει σήμερα απροστάτευτος.

5.Παράρτημα

Φωτογραφικό υλικό με σύντομο σχολιασμό

Κατάλογος μνημείων

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης δεν ήταν δυνατόν να γίνει εντοπισμός, καταγραφή και παρουσίαση του συνόλου των εκατοντάδων περιπτώσεων εφαρμογής εμφανών ενισχυτικών διατάξεων σε μνημεία. Έτσι, προτιμήθηκε η επιλογή και παρουσίαση ενός μικρού πλην όμως αντιπροσωπευτικού δείγματος από μνημεία στην Ελλάδα. Παρότι οι περιπτώσεις μνημείων με εμφανείς μεταλλικές ενισχύσεις είναι περισσότερες σε ορισμένες περιοχές της χώρας, προτιμήθηκε να μην παρουσιαστούν πολλές περιπτώσεις από μια μόνο περιοχή, αλλά μονάχα ένα χαρακτηριστικό δείγμα. Επελέγησαν λοιπόν χαρακτηριστικές περιπτώσεις μνημείων προκειμένου να καλυφθεί ένα ευρύ φάσμα περιπτώσεων εφαρμογής ενισχυτικών διατάξεων ως προς τον τύπο του μνημείου, το είδος της ενίσχυσης και την εποχή της. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και αρκετά μνημεία που έφεραν μεταλλικές διατάξεις δεν έχουν διασωθεί όπως για παράδειγμα στη Χίο ο ναός των Αγίων Σαράντα στα Θυμανά (Βουρνούς, 1998) και ο ναός του Αγίου Ιωάννη στα Σκλαβιά (Βουρνούς, 2002) που έχουν πλέον καταρρεύσει σχεδόν ολοκληρωτικά και δεν παρουσιάζονται στις επόμενες σελίδες.

Το κατά πόσον επιλέχθηκε η χρήση μεταλλικών ενισχυτικών διατάξεων εκ κατασκευής σε ορισμένα κτήρια από λιθοδομή έναντι άλλων, πέρα από πρακτικά ζητήματα διαθεσιμότητας των μεταλλικών στοιχείων και της απαραίτητης τεχνογνωσίας για την εφαρμογή τους, σχετίζεται με μια σειρά παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η αντοχή των τοιχοποιιών όπως (Τάσιος, και συν., 2019):

- Ο τρόπος δόμησης της τοιχοποιίας κατά το πάχος (π.χ. μονόστρωτη, δίστρωτη, τρίστρωτη) και τις όψεις της.
- Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των συνιστώντων υλικών, η τραχύτητα των επιφανειών των λίθων και η παραμορφωσιμότητά τους.
- Το πάχος των αρμών του κονιάματος και η παραμορφωσιμότητά του.
- Το πάχος και το ύψος της τοιχοποιίας και η μεταξύ τους αναλογία, (δηλ. η λυγνρότητα των τοίχων).
- Ο τρόπος σύνδεσης των λίθων μεταξύ τους δηλαδή η εμπλοκή μεταξύ τους στις όψεις αλλά και κατά το πάχος της (π.χ. διάτονοι λίθοι) και η ενίσχυση της τοιχοποιίας (ξυλοδεσιές κ.λπ.).

Στην περίπτωση μεταγενέστερης ενίσχυσης, επιπλέον κριτήριο για την προσθήκη μεταλλικών ενισχυτικών διατάξεων είναι οι βλάβες που έχει υποστεί η κατασκευή (διαβρώσεις κονιαμάτων, λίθων, σιδηρών στοιχείων ή ξυλοδεσιών, ρηγματώσεις, καθιζήσεις, αποκλίσεις από την κατακόρυφο, αποκολλήσεις παρειών, «κοίλιασμα» κ.λπ.) που επιβαρύνουν την τρωτότητα των κατασκευών σε σεισμικές διεγέρσεις.

Ο Πίνακας 5-1 συνοψίζει τα 56 μνημεία για τα οποία υπάρχει αναλυτική αναφορά στις επόμενες σελίδες, παρέχοντας δεδομένα όπως ο αρχιτεκτονικός τους τύπος, η τοποθεσία, το έτος ανέγερσης και τελευταίας ενίσχυσής τους καθώς και το είδος της εμφανούς μεταλλικής ενίσχυσης που φέρουν. Η ταξινόμησή τους έγινε σε πρώτη επίπεδο σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το εάν οι μεταλλικές διατάξεις τοποθετήθηκαν κατά την κατασκευή ή μετέπειτα σε επέμβαση αποκατάστασης και σε δεύτερο επίπεδο ανάλογα με τη γεωγραφική θέση. Προφανώς για λόγους που έχουν αναλυθεί νωρίτερα στο κείμενο και έχουν να κάνουν με τη διαθεσιμότητα μεταλλικών στοιχείων, οι κατασκευές που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία είναι νεότερες και λιγότερες. Επομένως στην πρώτη κατηγορία δεν περιλαμβάνονται κατασκευές παλαιότερες του 16ου αιώνα.

Επισημαίνεται ότι σε όσες από τις φωτογραφίες που συνοδεύουν τα κείμενα δεν αναφέρεται συγκεκριμένη πηγή προέλευσης, έχουν ληφθεί από το διαδίκτυο.

Πίνακας 5-1: Κατάλογος μνημείων με εμφανείς μεταλλικές ενισχύσεις που παρουσιάζονται στις επόμενες σελίδες.

α/α	Μνημείο	Τοποθεσία	Τύπος	Ανέγερση	Τελευταία ενίσχυση	Είδος ενίσχυσης		
						Ελκυστήρες	Αντηρίδες / Πλάστια / Διαζώματα	Περιδέσεις
Μνημεία με εμφανείς μεταλλικές ενισχύσεις εκ κατασκευής τους								
1	Ι.Ν. Παναγίας Οδηγήτριας	Κριτσά, Δ. Αγίου Νικολάου	Βασιλική με τρούλο	τέλη 19ου αι.	2001	*		
2	Καθεδρικός ναός Εισοδίων της Θεοτόκου («Τριμάρτυρη»)	Χανιά, Δ. Χανίων	Τρίκλιτη βασιλική	19ος αι.		*		
3	Καθολικό Ι.Μ. Αγίου Γεωργίου Επανωσήφη	Δ. Αρχανών-Αστερουσίων	Δίκλιτη βασιλική	1863		*		
4	Γενί Τζαμί	Μυτιλήνη, Δ. Λέσβου	-	τέλη δεκ. 1820		*		
5	Ι.Ν. Αγ. Αποστόλων	Μυτιλήνη, Δ. Λέσβου	Τρίκλιτη βασιλική	1815				
6	Ι.Ν. Αγ. Αθανασίου	Μυτιλήνη, Δ. Λέσβου	Τρίκλιτη βασιλική με τρούλο	16ος-17ος αι.		*		
7	Καθολικό Ι.Μ. Αρχαγγέλου Μιχαήλ («Ταξιάρχης Μανταμάδου»)	Μανταμάδος, Δ. Λέσβου	Τρίκλιτη βασιλική	1879		*		
8	Καθεδρικός ναός των Καθολικών	Ερμούπολη, Δ. Σύρου	Τρίκλιτη βασιλική	13ος αι.	2015	*		
9	Ι.Ν. Μεταμόρφωσης του Σωτήρος	Ερμούπολη, Δ. Σύρου	Τρίκλιτη βασιλική με τρούλο	1824		*		
10	Κωδωνοστάσιο Ι.Ν. Ελκομένου Χριστού	Μονεμβασία, Δ. Μονεμβασίας	-	αρχές 20ου αι.				*

α/α	Μνημείο	Τοποθεσία	Τύπος	Ανέγερση	Τελευταία ενίσχυση	Είδος ενίσχυσης		
						Ελκυστήρες	Αντηρίδες / Πλάγια / Διαζώματα	Περιόδους
11	Κωδωνοστάσιο Ι.Ν. Υπαπαντής	Ύδρα, Δ. Ύδρας		1805		*		
12	Ι.Ν. Ευαγγελισμού της Θεοτόκου	Τήνος, Δ. Τήνου	Τρίκλιτη βασιλική	1823		*		
Μνημεία με εμφανείς μεταλλικές ενισχύσεις μετά την κατασκευή τους								
13	Ροτόντα	Θεσσαλονίκη, Δ. Θεσσαλονίκης	Περίκεντρος	4ος αι.	2015	*		*
14	Ι.Ν. Παναγίας Αχειροποίητου	Θεσσαλονίκη, Δ. Θεσσαλονίκης	Τρίκλιτη βασιλική, ξυλόστεγη	μέσα 5ου αι.	αρχές 20ου αι.			*
15	Βυζαντινό Λουτρό	Θεσσαλονίκη, Δ. Θεσσαλονίκης	-	12ος-13ος αι.	2015	*		
16	Καθολικό Ι.Μ. Κοιμήσεως της Θεοτόκου («Ι.Μ. Δαφνίου»)	Δ. Χαϊδαρίου	Σταυροειδής σύνθετου οκταγωνικού	τέλη 11ου αι.	2016	*	*	*
17	Καθολικό Ι.Μ. Αγ. Αθανασίου	Φίλια Αχαΐας, Δ. Καλαβρύτων	Τρίκλιτη βασιλική με τρούλο	1763	φίλ	*		*
18	Καστρομονάστηρο Αγ. Διονυσίου	Νήσοι Στροφάδες, Δ. Ζακυνθίων	-	1241	1965			*
19	Καθεδρικός ναός Αθηνών	Αθήνα, Δ. Αθηναίων	Τρίκλιτη βασιλική με τρούλο	1862	2016	*		*
20	Φετχιγιέ Τζαμί	Αθήνα, Δ. Αθηναίων	«Τετράφυλλος» (quatrefoil)	1670	2017	*		

α/α	Μνημείο	Τοποθεσία	Τύπος	Ανέγερση	Τελευταία ενίσχυση	Είδος ενίσχυσης		
						Ελκυστήρες	Αντηρίδες / Πλάσια / Διαζώματα	Περιόδους
21	Πύλη Βευλή Αθηναϊκής Ακρόπολης	Αθήνα, Δ. Αθηναίων	-	3 ^{ος} μ.Χ. αι.				*
22	Ι.Ν. Αγίου Πέτρου των Δομινικανών	Ηράκλειο, Δ. Ηρακλείου	Βασιλική	αρχές 13ου αι.	2010	*		
23	Πύλη Παντοκράτορα των ενετικών τειχών Ηρακλείου	Ηράκλειο, Δ. Ηρακλείου	-	1567-1570	2013		*	
24	Ι.Μ. Μεταμόρφωσης του Σωτήρος («Φωτοδότης Χριστός»)	Δ. Νάξου	Τετρακίονιος σταυροειδής εγγεγραμμένος	αρχές 12ου αι.		*	* Στην περιμετρική οχύρωση	*
25	Ι.Ν. Παναγιάς «Κρήνας»	Δ. Χίου	Απλός οκταγωνικός	τέλη 12ου αι.				
26	Ι.Ν. Αγίου Ιωάννη Ελεήμονα	Λυγούριο Αργολίδας, Δ. Επιδαύρου	Δικίονιος σταυροειδής εγγεγραμμένος με τρούλο	τέλη 11ου-αρχές 12ου αι.	2012			*
27	Καθολικό Ι.Μ. Μεταμόρφωσης του Σωτήρος Σαγματά	Σαγμάτιο όρος, Δ. Θηβαίων	Τετρακίονιος σύνθετος οκταγωνικός	αρχές 12ου αι.		*		
28	Ι.Ν. Παναγιάς στην Ι.Μ.Οσίου Λουκά	Στείρι Βοιωτίας, Δ. Διστόμου-Αράχοβας-Αντίκυρας	Σύνθετος τετρακίονιος σταυροειδής εγγεγραμμένος με τρούλο	10ος αι.		*		
29	Καθολικό Ι.Μ. Οσίου Λουκά	Στείρι Βοιωτίας, Δ. Διστόμου-Αράχοβας-Αντίκυρας	Οκταγωνικός σταυροειδής εγγεγραμμένος με τρούλο	11ος αι.				*
30	Κωδωνοστάσιο καθεδρικού ναού Κοιμήσεως της Θεοτόκου	Δ. Ύδρας	-	19ος αι.				*
31	Ι.Ν. Σωτήρος	Αλεποχώρι, Δ. Μεγαρέων	Σταυρεπίστεγος	αρχές 13ου αι.	2006	*		

α/α	Μνημείο	Τοποθεσία	Τύπος	Ανέγερση	Τελευταία ενίσχυση	Είδος ενίσχυσης		
						Ελκυστήρες	Αντηρίδες / Πλάγια Διαζώματα	Περιόσεις
32	Ρετζέπ Πασά Τζαμί	Ρόδος, Δ. Ρόδου	-	1588		*		*
33	Ι.Ν. Σωτήρος	Άμφισσα, Δ. Δελφών	Δικιόνιος σταυροειδής εγγεγραμμένος με τρούλο	12ος αι.				
34	Ι.Ν. Πρωτάτου	Καρυές, Άγιο Όρος	Τρίκλιτη βασιλική	10ος αι.		*		
35	Φιάλη Ι.Μ.Μεγίστης Λαύρας	Άγιο Όρος	-	1634		*		
36	Ι.Ν. Αγίου Πέτρου	Καστάνια, Μεσσηνιακή Μάνη, Δ. Ανατ. Μάνης	Τετρακίονιος σταυροειδής εγγεγραμμένος με τρούλο	12ος αι.	2014	*		
37	Ι.Ν. Άι Στράτηγου	Καστάνια, Μεσσηνιακή Μάνη, Δ. Ανατ. Μάνης	Σταυρεπίστεγος με τρούλο	12ος αι.		*		
38	Ι.Ν. Αγίου Νικολάου	Οχιά, Λακωνική Μάνη Δ. Ανατ. Μάνης	Δικιόνιος σταυροειδής εγγεγραμμένος με τρούλο	12ος αι.	2014	*		
39	Ι.Ν. Παναγίας Μυρτιδιώτισσας	Μονεμβασία, Δ. Μονεμβασίας	Μονόχωρος δρομικός τρουλλαίος	18ος αι.	2014	*		
40	Ι.Ν. Παναγίας Παντάνασσας	Γερουμάνα, Δ. Μονεμβασίας	Πεντάτρουλος σταυροειδής εγγεγραμμένος	15ος αι.		*		
41	Κελλιά Ι.Μ. Μεταμορφώσεως του Σωτήρος («Ανδρομονάστηρο»)	Πετράλωνα, Δ. Μεσσήνης	-	-	2015	*		
42	Ι.Ν. Μεταμορφώσεως του Σωτήρος	Νομιτσι, Μεσσηνιακή Μάνη Δ. Δυτ. Μάνης	Απλός σταυροειδής εγγεγραμμένος με τρούλο	13ος αι.		*		
43	Ι.Ν. Αγίας Σοφίας	Μυστράς, Δ. Μυστρά	Δίστυλος σταυροειδής εγγεγραμμένος με τρούλο	14ος		*		
44	Ι.Ν. Παναγίας Παντάνασσας	Μυστράς, Δ. Μυστρά	Σταυροειδής εγγεγραμμένος με τρούλο, μικτού τύπου	1428		*		*
45	Ι.Ν. Μεταμορφώσεως του Σω- τήρος	Μεσοχώρι Βοιών, Δ. Μονεμβασίας	Ημισύνθετος σταυροειδής εγγεγραμμένος με τρούλο	αρχές 19ου αι.		*		
46	Καθολικό Ι.Μ. Παλιανής	Δ. Ηρακλείου	Τρίκλιτη βασιλική με τρούλο	1860	2017	*		
47	Ιερός Ναός Κοίμησης της Θεοτόκου («Παλαιά Επισκοπή»)	Τεγέα, Δ. Τρίπολης	Πεντάτρουλος σταυροειδής εγγεγραμμένος	10ος αι.	2005	*		

α/α	Μνημείο	Τοποθεσία	Τύπος	Ανέγερση	Τελευταία ενίσχυση	Είδος ενίσχυσης		
						Ελκυστήρες	Αντηρίδες / Πλάσια / Διαζώματα	Περιόδους
48	Καθεδρικός ναός Αρχιεπισκοπής Κρήτης	Ηράκλειο, Δ. Ηρακλείου	Τετρακίονιος σταυροειδής εγγεγραμμένος με τρούλο	17ος αι.	1988	*		
49	Καθολικό της Ι.Μ. Δολιανών	Δολιανά, Δ. Καλαμπάκας	Σύνθετος	Τέλη 18ου αι.	2008	*		
50	Ι.Ν. Αγίου Μηνά	Θεσσαλονίκη, Δ. Θεσσαλονίκης	Τρίκλιτη ξυλόστεγη βασιλική	1852		*		
51	Καθολικό της Ι.Μ. Μουνδών	Δ. Χίου	μονόκλιτη καμαροσκεπής βασιλική	Τέλη 16ου αι.		*		
52	Ι.Ν. Εισοδίων της Θεοτόκου («Παναγία Κουμπελίνα»)	Χουμεριάκο, Δ. Αγίου Νικολάου	Σταυροειδής εγγεγραμμένος με τρούλο,	Τέλη 12ου αι.	2008	*	*	
53	Ι.Ν. Αγίου Δημητρίου	Άγιος Δημήτριος, Δ. Ρεθύμνης	Απλός τετρακίονιος σταυροειδής εγγεγραμμένος με τρούλο	Μέσα 11ου-μέσα 12ου αι.		*		*
Ιδιότυπες επεμβάσεις								
54	Ι.Ν. Αγίου Γεωργίου	Σμάρι, Δ. Μινώα Πεδιάδας	μονόκλιτη καμαροσκεπής βασιλική	1321	2013			*
55	Ι.Ν. Αγίας Παρασκευής	Άγιος Μύρωνας, Δ. Ηρακλείου			2007			*
56	Ενετικά τείχη Χανίων	Χανιά, Δ. Χανίων		1538-1549			*	

1. Ι.Ν. Παναγίας Οδηγήτριας, Κριτσά

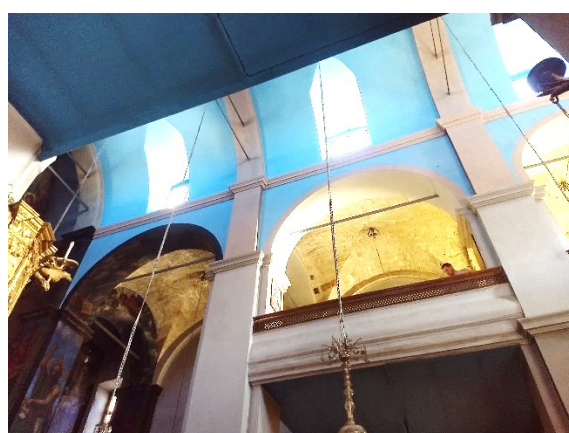
Ο ναός βρίσκεται στην κωμόπολη Κριτσά σε μικρή απόσταση από τον Άγιο Νικόλαο Λασιθίου. Θεμελιώθηκε το 1852 αλλά μέχρι το 1862 δεν είχε ολοκληρωθεί αφού υπάρχει φωτογραφία που τον δείχνει ακόμα ημιτελή. Ανήκει στον τύπο της δίκλιτης βασιλικής με τρούλο. Ο ναός συνδυάζει στοιχεία της βυζαντινής, ενετικής και οθωμανικής αρχιτεκτονικής στον διάκοσμο του, την κάτοψη, τη διαμόρφωση του όγκου και των επιφανειών του. Αποτελεί έναν από τους ελάχιστους ναούς στην Π.Ε. Λασιθίου που έχουν μεταλλικούς ελκυστήρες και μάλιστα πιθανότατα εκ κατασκευής του. Ο ναός αποκαταστάθηκε το 2001.



Εικόνα 5.1: Ο Ι.Ν. Παναγίας Οδηγήτριας στη Κριτσά Λασιθίου (προσωπικό αρχείο).

2. Καθεδρικός ναός Εισοδίων της Θεοτόκου («Τριμάρτυρη»), Χανιά

Ο ναός είναι κτισμένος πάνω στα ερείπια παλαιότερου ναού του 14ου αιώνα και αφού μετατράπηκε σε σαπωνοποιείο, απέκτησε λατρευτική χρήση εκ νέου το 1860. Ανήκει στον τύπο της τρίκλιτης βασιλικής με υπερυψωμένο το μεσαίο κλίτος. Βρίσκεται στο κέντρο των Χανίων και υπέστη ζημιές από την επανάσταση του 1897 οπότε και ανακαινίστηκε, αλλά και σημαντικότερες από τον βομβαρδισμό της πόλης από τους Γερμανούς το 1941. Ενσωματωμένο στη ΒΔ γωνία του ναού είναι ένα κωδωνοστάσιο.



Εικόνα 5.2: Ο Καθεδρικός ναός των Χανίων (προσωπικό αρχείο).

3. Καθολικό της Ι.Μ. Αγίου Γεωργίου Επανωσήφη, Ηράκλειο

Η μονή είναι από τις παλιότερες στην Κρήτη και βρίσκεται σε απόσταση περίπου 31 χλμ. νοτίως του Ηρακλείου. Το καθολικό καταστράφηκε από τον σεισμό του 1856 και ξανακτίστηκε το 1863. Ανήκει στον τύπο της δίκλιτης βασιλικής. Ο ναός φέρει μεταλλικούς ελκυστήρες οι οποίοι πιθανότατα τοποθετήθηκαν την περίοδο κατασκευής του.



Εικόνα 5.3: Το καθολικό της Ι.Μ. Αγίου Γεωργίου Επανωσήφη, εκτός του Ηρακλείου.

<http://www.monastiria.gr/iera-moni-agiou-gewrgiou-epanosifi-irakleiou/>

<https://www.cretanmagazine.gr/proskynima-sti-moni-t-ai-giorgi-epanosifi/>

<https://www.briefingnews.gr/orthodoxia/i-istoriki-iera-moni-toy-agioy-georgi-oy-toy-epanosifi>

<https://gr.depositphotos.com/stock-photos/epanosifi.html>

4. Γενί Τζαμί, Μυτιλήνη

Πρόκειται για το μεγαλύτερο και το νεότερο οθωμανικό τέμενος στη Μυτιλήνη, το οποίο χρονολογείται στα τέλη της δεκαετίας του 1820 (ΟΔΥΣΣΕΥΣ, 2019). Είναι μια κατασκευή από λιθοδομή, έχει κεραμοσκεπή τρούλο και φέρει στοιχεία οθωμανικής αρχιτεκτονικής με επιρροές από τον κλασικισμό. Το μνημείο είχε εγκαταλειφθεί για πολλές δεκαετίες και κινδύνευε με κατάρρευση, όμως αρχές του 2000 έγιναν εργασίες αναστήλωσης. Φέρει μεταλλικούς ελκυστήρες σε δύο στάθμες στην κιονοστοιχία του με κλειδιά από κατακόρυφες λάμες για την αγκύρωση και των δύο σταθμών ελκυστήρων, που τοποθετήθηκαν πιθανότατα από την κατασκευή του.



Εικόνα 5.4: Το Γενί Τζαμί στη Μυτιλήνη (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).

5. Ι.Ν. Αγίων Αποστόλων, Μυτιλήνη

Ο σημερινός ναός ανεγέρθηκε το 1815 στη θέση παλιότερου και ανήκει στον τύπο της τρίκλιτης βασιλικής (Τσιτιμάκη, 2006). Εσωτερικά οι οροφές σε κάθε κλίτος είναι θολωτές. Είναι από τους παλαιότερους ναούς της Μυτιλήνης. Φέρει παλαιούς ελκυστήρες τετραγωνικής διατομής από σίδηρο στην τοξοστοιχία του εξώστη (διασταυρούμενοι στους ακραίους κίονες), οι οποίοι είναι οξειδωμένοι με αποτέλεσμα να έχουν προκαλέσει βλάβες από διάρρηξη πάνω από τα κιονόκρανα. Τα κλειδιά αγκύρωσης αποτελούνται από κατακόρυφες λάμες από σίδηρο.



Εικόνα 5.5: Ο Ι.Ν. των Αγίων Αποστόλων στη Μυτιλήνη (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).

6. Ι.Ν. Αγίου Αθανασίου, Μυτιλήνη

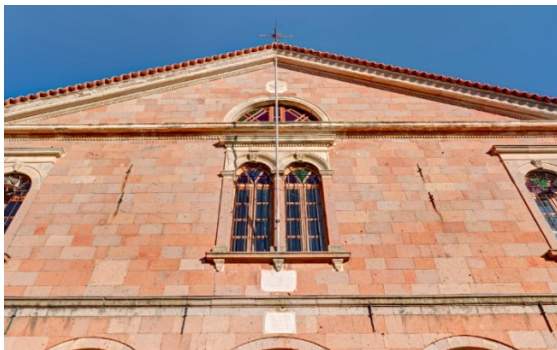
Είναι ο μητροπολιτικός ναός της Μυτιλήνης, Ερεσού και Πλωμαρίου. Χρονολογείται στα τέλη του 16ου-αρχές του 17ου αιώνα (Ναός Αγίου Αθανασίου Μυτιλήνης, 2019). Ανήκει στον τύπο της τρίκλιτης τρουλαίας βασιλικής. Στο προαύλιο του ναού βρίσκεται το ύψους 33 μέτρων κωδωνοστάσιο το οποίο είναι γοτθικού ρυθμού. Ανεγέρθηκε το 1882 και από τη βάση του γίνεται η είσοδος στον αύλειο χώρο μέσω ενός τοξωτού ανοίγματος. Στο εσωτερικό του ναού υπάρχουν μη διασταυρούμενοι μεταλλικοί ελκυστήρες (πιθανότατα από σφυρήλατο σίδηρο), όπως επίσης και στα τοξωτά ανοίγματα του αυτόνομου κωδωνοστασίου του.



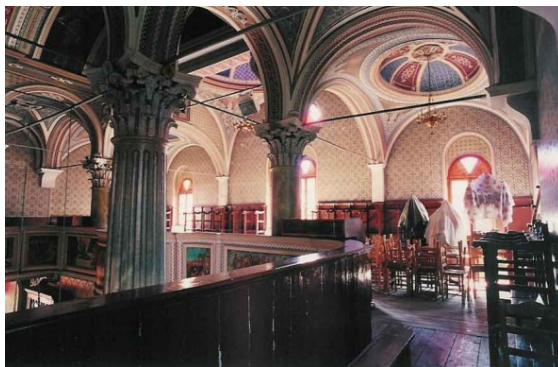
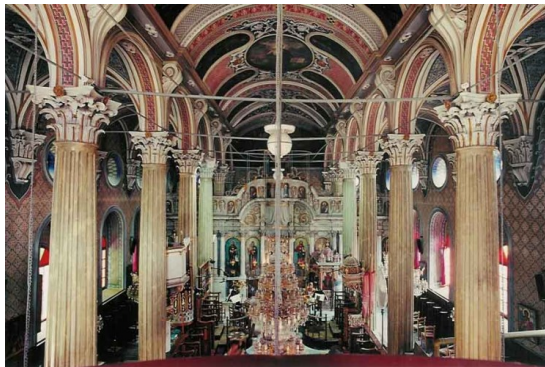
Εικόνα 5.6: Ο μητροπολιτικός ναός του Αγ. Αθανασίου στη Μυτιλήνη (Τσιτιμάκη, 2006).

7. Καθολικό της Ι.Μ. Αρχαγγέλου Μιχαήλ (Ταξιάρχης Μανταμάδου), Μανταμάδος, Λέσβος

Το καθολικό της μονής του Ταξιάρχη Μανταμάδου στη ΒΑ Λέσβο πήρε τη σημερινή του μορφή το 1879 έπειτα από αλλεπάλληλες ανακαινίσεις και ανήκει στον τύπο της τρίκλιτης βασιλικής. Βρίσκεται σε μικρή απόσταση βόρεια του οικισμού Μανταμάδος. Έχουν τοποθετηθεί εμφανείς ελκυστήρες στο εσωτερικό του ναού οι οποίοι αγκυρώνονται με κλειδιά από κατακόρυφες λάμες στις εξωτερικές του όψεις. Οι ελκυστήρες των κίωνων είναι διασταυρούμενοι.



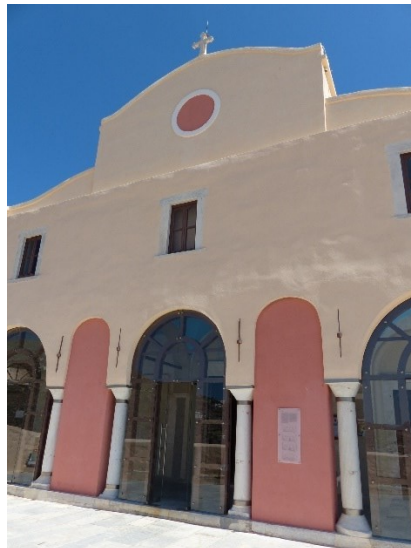
Εικόνα 5.7: Το καθολικό της Ι.Μ Αρχαγγέλου Μιχαήλ στον Μανταμάδο (Ταξιάρχης Μανταμάδου, 2019).



Εικόνα 5.8: Το εσωτερικό του καθολικού της Ι.Μ Αρχαγγέλου Μιχαήλ στον Μανταμάδο (Τσιτιμάκη, 2006).

8. Καθεδρικός ναός των Καθολικών, Ερμούπολη, Σύρος

Ο καθεδρικός ναός των καθολικών της Σύρου, ο Άγιος Γεώργιος ή «Σαν Τζώρτζης» βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο του λόφου, οχυρωμένος με το παλιό τείχος της ανατολικής πλευράς και τη φυσική οχύρωση της ΒΔ πλευράς. Ο ναός κτίστηκε το 13ο αιώνα, είναι τύπου τρίκλιτης βασιλικής και έχει δύο σειρές μαρμάρινων κίωνων. Το 1617 καταστράφηκε ολοσχερώς από τους Τούρκους. Επαναλειτούργησε το 1652, ενώ το 1832 ανακαινίσθηκε και πήρε τη μορφή που έχει μέχρι σήμερα. Οι τελευταίες εργασίες αποκατάστασης ολοκληρώθηκαν το 2015. Στο εσωτερικό του ναού έχουν τοποθετηθεί περιδέσεις από ανοξείδωτο χάλυβα στο υποτραχήλιο και κοντά στη βάση των μαρμάρινων κίωνων του, αλλά και ελκυστήρες στην τοξοστοιχία (σε δύο διευθύνσεις) και στον θόλο.



Εικόνα 5.9: Ο Ι.Ν. Αγίου Γεωργίου στην Άνω Σύρο (διαδίκτυο & αρχείο Κλ. Ασλανίδη).

9. Ι.Ν. Μεταμόρφωσης του Σωτήρος, Ερμούπολη, Σύρος

Ο καθεδρικός ναός χρονολογείται από το 1824 και είναι ο παλαιότερος ναός στην Ερμούπολη. Ανήκει στον τύπο της τρίκλιτης βασιλικής και έχει δύο πύργους κωδωνοστασίων. Έχει δεχθεί αλλεπάλληλες επεμβάσεις οι οποίες έχουν αλλοιώσει την αρχική του μορφή. Ο ναός έχει σιδηρούς ελκυστήρες ορθογωνικής διατομής τοποθετημένους σε δύο στάθμες στα τόξα του μεσαίου κλίτους και σε μία στάθμη στα τόξα των υπόλοιπων κλιτών.



Εικόνα 5.10: Ο Ι.Ν. Μεταμόρφωσης του Σωτήρος στην Ερμούπολη της Σύρου (διαδίκτυο & αρχείο Κλ. Ασλανίδη).

10. Κωδωνοστάσιο Ι.Ν. Ελκομένου Χριστού, Μονεμβασιά

Ο μητροπολιτικός Ι.Ν. του Χριστού Ελκομένου της πόλης της Μονεμβασιάς δεσπόζει στην κεντρική της πλατεία και φέρεται να χρονολογείται από τον 6ο αιώνα. Καταστράφηκε και ανοικοδομήθηκε αρκετές φορές. Ανήκει στον τύπο της τρίκλιτης βασιλικής με τρούλο. Το κωδωνοστάσιο στα ΒΔ του ναού κατασκευάστηκε στις αρχές του 20ου αιώνα, είναι ανεξάρτητο από τον ναό και έχει τετραγωνική κάτοψη, δίτοξα ανοίγματα με ενδιάμεσο πεσσό και υπερκείμενο κυκλικό άνοιγμα στο ανώτερο τμήμα του και τετράριχτη στέγη. Φέρει μεταλλική περίδεση στην κεφαλή των πεσών του με σιδηρές λεπίδες οι οποίες έχουν οξειδωθεί. Το εκκλησιαστικό συγκρότημα πρόκειται να αποκατασταθεί με κονδύλιο που εγκρίθηκε πρόσφατα (Ιούνιος 2019) από το Υπουργείο Πολιτισμού.



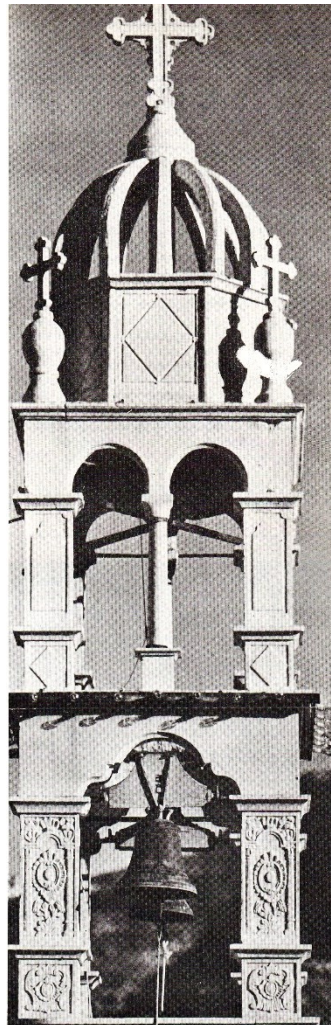
Εικόνα 5.11: Το κωδωνοστάσιο Ι.Ν. Ελκομένου Χριστού στη Μονεμβασιά.

http://www.religiousgreece.gr/peloponnese/-/asset_publisher/J4zsS00HIAz5/content/elkomenos-monembasia

<http://elkomenosmonemvasias.gr/index.php/ieros-naos/plirofories/istoria-tou-ieroy-naoy>

11. Κωδωνοστάσιο Ι.Ν. Υπαπαντής, Υδρα

Ο ναός κατασκευάστηκε το 1780 και ανήκει στον τύπο της μονόκλιτης βασιλικής με τρούλο. Το κωδωνοστάσιο του ναού, ύψους 12 μέτρων, είναι μεταγενέστερο (1805), κατασκευασμένο από μάρμαρο και έχει πυργοειδή μορφή (ιδιαίτερα διαδεδομένη στις Κυκλάδες και κυρίως στην Τήνο). Υπάρχουν τέσσερα ακόμα κωδωνοστάσια του ίδιου τύπου στην Ύδρα. Διαρθρώνεται σε τρία τμήματα, βάση, κορμό (με τρεις ορόφους με δίλοβα ανοίγματα και μονολιθικούς κιονίσκους απ' όλες τις πλευρές και τέσσερις τετράγωνους γωνιακούς πεσσούς) και στέψη τα οποία έχουν προσεγμένες και αρμονικές αναλογίες (Φινέ, 1979). Το κωδωνοστάσιο ενισχύεται εσωτερικά με μεταλλικούς ελκυστήρες τοποθετημένους διαγωνίως, στα τόξα και στα ανοίγματα.



Εικόνα 5.12: Λεπτομέρεια της δυτικής άποψης του κωδωνοστασίου του Ι.Ν. Υπαπαντής στην Ύδρα (Φινέ, 1979).

12. Ι.Ν. Ευαγγελισμού της Θεοτόκου, Τήνος

Ο ναός χρονολογείται από το 1823. Είναι το πρώτο αξιόλογο μνημείο της χώρας αμέσως μετά την απελευθέρωση. Ανήκει στον τύπο της τρίκλιτης βασιλικής και έχει τρεις εξέχουσες αψίδες στο ανατολικά της και τρούλο πάνω από το Ιερό Βήμα. Τα κλίτη χωρίζονται από δύο πεντάτοξες τοξοστοιχίες με τέσσερις ολόσωμους κίονες κάθε μια. Η σημερινή εικόνα του ναού αποτελεί αποτέλεσμα της ανακατασκευής του το 1892 σε σχέδια του Γάλλου αρχιτέκτονα Trump. Το αρχικό κωδωνοστάσιο ανακατασκευάστηκε για λόγους ασφαλείας το 1958 υπό την επίβλεψη του Αναστ. Ορλάνδου και έχει ύψος 29 μέτρων. Ο ναός φέρει μεταλλικούς ελκυστήρες σε δύο στάθμες στα τόξα του.

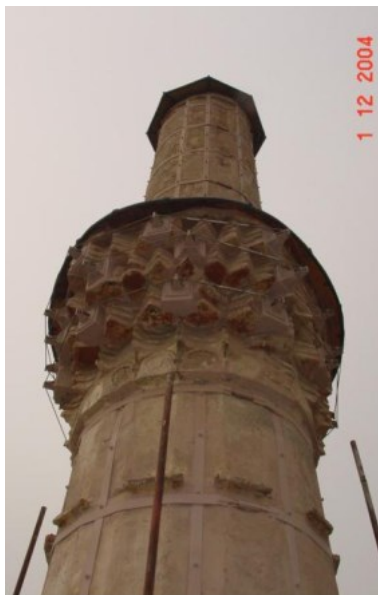


Εικόνα 5.13: Ο Ι.Ν. Ευαγγελισμού της Θεοτόκου στην Τήνο.

https://grafida-sintikis.blogspot.com/2016/08/blog-post_59.html

13. Ροτόντα, Θεσσαλονίκη

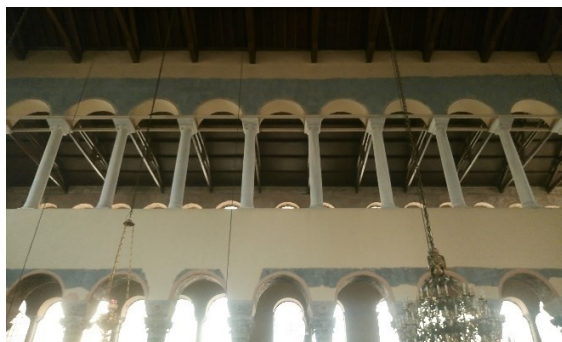
Κατασκευάστηκε τα χρόνια του Ρωμαίου αυτοκράτορα Γαλέριου τον 4ο αιώνα μ.Χ.. Χρησιμοποιήθηκε από τα τέλη του 4ου αιώνα ως χριστιανικός ναός και από το 1590 ως τζαμί. Για τον σκοπό αυτό κατασκευάστηκε πλησίον του μνημείου μιναρές ύψους σχεδόν 36 μέτρων, όμοιος με εκείνον της Αγίας Σοφίας Κωνσταντινουπόλεως. Από το 1988 είναι ενταγμένη στον κατάλογο παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς της UNESCO (αρ. αναφοράς 456) μαζί με πλήθος παλαιοχριστιανικών και βυζαντινών μνημείων της πόλης (Βυζαντινό λουτρό, Άγιος Δημήτριος, Όσιος Δαυίδ, πύργος Τριγωνίου, Αχειροποίητος κ.ά.). Το μνημείο υπέστη σημαντικές βλάβες από τον σεισμό του 1978 και έγινε πάλι πλήρως επισκέψιμο μετά από εργασίες στερέωσης και ενίσχυσης τόσο του ναού στο εσωτερικό με συστοιχίες από ελκυστήρες, όσο και του μιναρέ με περίδεση του από προεντεταμένα πολυγωνικά καλώδια και επιδερμικό περιμετρικό οπλισμό από δέκα κατακόρυφες λεπίδες και δακτυλίου πάχους πέντε χιλιοστών ανά αποστάσεις 1-2 μέτρων, από ανοξείδωτο χάλυβα (Ιγνατάκης, 2014).



Εικόνα 5.14: Ο μιναρές της Ροτόντας (Ιγνατάκης, 2014) και το εσωτερικό της Ροτόντας στη Θεσσαλονίκη (προσωπικό αρχείο).

14. Ι.Ν. Παναγίας Αχειροποίητου, Θεσσαλονίκη

Πρόκειται για μια από τις σημαντικότερες και καλύτερα διατηρημένες στην Ανατολική Μεσόγειο παλαιοχριστιανικές βασιλικές η οποία διασώζεται μέχρι σήμερα στη μορφή που κατασκευάστηκε, μετά τα μέσα του 5ου αιώνα. Από το 1988 είναι ενταγμένη στον κατάλογο παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς της UNESCO (αρ. αναφοράς 456) μαζί με πλήθος παλαιοχριστιανικών και βυζαντινών μνημείων της πόλης. Κατασκευάστηκε στα ερείπια δημόσιου ρωμαϊκού λουτρού. Ανήκει στον τύπο της τρίκλιτης ξυλοστεγούς βασιλικής με υπερώα, η οποία καταλήγει σε ημικυκλική αψίδα στα ανατολικά και είναι κτισμένο με το πλινθοπερίκλειστο σύστημα. Έχει πλούσιο γλυπτό αρχιτεκτονικό διάκοσμο, ψηφιδωτά και τοιχογραφίες. Ο ναός υπέστη κατά τον 7ο και 14ο-15ο αιώνα αρχιτεκτονικές επεμβάσεις, αλλά και μετά τον σεισμό του 1978. Μετατράπηκε το 1430 σε τζαμί και παρέμενε ως το 1912 δηλαδή καθόλη την περίοδο οθωμανικής κατοχής της πόλης. Οι στερεωτικές επεμβάσεις που έχει δεχτεί είναι στις αρχές του 20ου αιώνα η περίδεση των τριών τοξοστοιχειών του υπερώου με ζεύγη σιδερένιων ελκυστήρων διπλού T (Ράπτης, 2016).



Εικόνα 5.15: Ο Ι.Ν. Παναγίας Αχειροποίητου στη Θεσσαλονίκη (Ράπτης, 2016) και αρχείο Ελ. Μπακατσέλου).

15. Βυζαντινό λουτρό, Θεσσαλονίκη

Κατασκευάστηκε στα τέλη του 12ου-αρχές του 13ου αιώνα και από το 1988 είναι ενταγμένο στον κατάλογο παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς της UNESCO (αρ. αναφοράς 456) μαζί με πλήθος παλαιοχριστιανικών και βυζαντινών μνημείων της πόλης (Ροτόντα, Άγιος Δημήτριος, Όσιος Δαυίδ, πύργος Τριγωνίου, Αχειροποίητος κ.ά.). Στο μνημείο στο πλαίσιο εργασιών αποκατάστασης που ολοκληρώθηκαν το 2014 έγινε τοποθέτηση ελκυστήρων από ανοξείδωτο χάλυβα στα τρίβηλα (τριπλά τοξωτά ανοίγματα) του κεντρικού χώρου και στις καμάρες του προθαλάμου και της δεξαμενής, ενώ τοποθετήθηκαν μεταλλικά πλαίσια στα σημεία των εκλιπόντων τοίχων στον προθάλαμο (Ρεβυθιάδου & Ράπτης, 2019).



Εικόνα 5.16: Το Βυζαντινό λουτρό στη Θεσσαλονίκη (Ρεβυθιάδου & Ράπτης, 2014).

16. Καθολικό της Ι.Μ. Δαφνίου, Αττική

Το καθολικό της Ι.Μ. Δαφνίου χρονολογείται στα τέλη του 11ου αιώνα και είναι σταυροειδής ναός σύνθετου οκταγωνικού τύπου. Καθόλη τη διάρκεια της μακραίωνης ιστορίας του ο ναός έχει δεχθεί πολλαπλές επεμβάσεις κυρίως λόγω βλαβών που υπέστη από σεισμούς που είχαν ως αποτέλεσμα την αλλοίωση της αυθεντικής μορφής του. Η μονή εντάχθηκε το 1990 στον διεθνή κατάλογο της UNESCO για τα μνημεία παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς. Πρόσφατα ολοκληρώθηκαν οι εργασίες αποκατάστασης του καθολικού που περιλάμβαναν τη στερέωση και την ενίσχυση του, στο πλαίσιο των οποίων έχει γίνει τοποθέτηση εμφανών μεταλλικών ενισχύσεων όπως θλιπτήρων-ελκυστήρων και περιδέσεων ενώ συντηρήθηκαν και οι προγενέστερες μεταλλικές αντηρίδες.



Εικόνα 5.17: Το καθολικό της Ι.Μ. Δαφνίου (προσωπικό αρχείο).

17. Καθολικό της Ι.Μ. Αγίου Αθανασίου, Φίλια Αχαΐας

Το καθολικό χρονολογείται από το 1763 και ανήκει στον τύπο της τρίκλιτης βασιλικής με οκταγωνικό τρούλο ο οποίος φέρεται από τέσσερις μαρμαρίνους κίονες. Βρίσκεται σε απόσταση περίπου 2,5 χλμ. ανατολικά του οικισμού Φίλια. Μετά από σημαντικές βλάβες που υπέστη από τον σεισμό του Αιγίου ($M=6,1R$) το 1995 έγιναν εργασίες αποκατάστασης οι οποίες δεν έχουν ολοκληρωθεί. Σε αυτές περιλαμβάνεται η αντικατάσταση παλαιών σιδηρών ελκυστήρων με νέους από ανοξείδωτο χάλυβα, περίδεση των αβάκων των κιόνων με νάρθηκες από ανοξείδωτο χάλυβα, περίδεση των κιόνων σε δύο ή τρεις στάθμες με στεφάνες από λάμες ανοξείδωτου χάλυβα και μολυβδοχόηση του κενού μεταξύ του κίονα και της στεφάνης (Κουμάντος, 2018).



Εικόνα 5.18: Εξωτερική άποψη του καθολικού της Ι.Μ. Αγίου Αθανασίου στα Φίλια Αχαΐας.



Εικόνα 5.19: Απόψεις του εσωτερικού του καθολικού της Ι.Μ. Αγίου Αθανασίου στα Φίλια Αχαΐας μετά τις πρόσφατες επεμβάσεις (Κουμάντος, 2018).

18. Καστρομονάστηρο Αγίου Διονυσίου, Νήσοι Στροφάδες

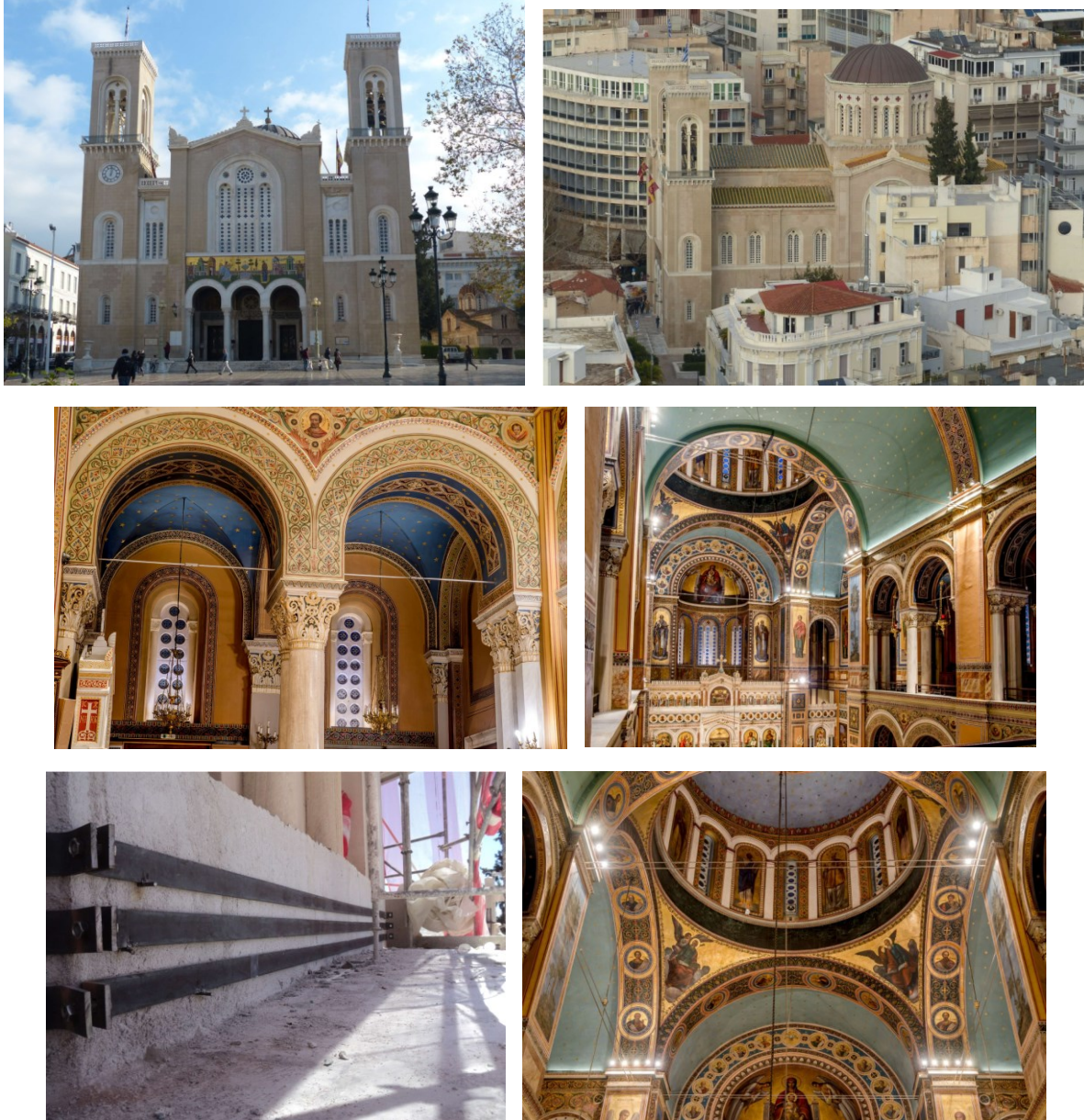
Το καστρομονάστηρο (οχυρό μοναστήρι) βρίσκεται στις Στροφάδες νήσους και συγκεκριμένα στη Νήσο Σταμφάνη, νότια της Ζακύνθου. Σύμφωνα με την παράδοση αναγέρθηκε το 1241 από την αυτοκράτειρα του Βυζαντίου Ειρήνη. Περιβάλλεται από τείχος ύψους 25 μέτρων. Επλήγη σημαντικά από αλληπάλληλους σεισμούς στην περιοχή της Ζακύνθου το 1953, το 1997 και το 2018. Στα μέσα της δεκαετίας του 1960 τοποθετήθηκαν περιμετρικά του αλλά και στο εσωτερικό του περιόψεις με καλώδια. Από τον σεισμό του 2018 υπέστη σημαντικές βλάβες και αναμένεται η αναστήλωση και ενίσχυσή του.



Εικόνα 5.20: Το καστρομονάστηρο του Αγίου Διονυσίου στις Στροφάδες νήσους πριν το σεισμό του 2018 (φωτογραφίες Robert McGable και www.GoZakynthos.gr).

19. Καθεδρικός ναός Αθηνών, Αθήνα

Ο ναός ολοκληρώθηκε το 1862 έπειτα από μια εικοσαετή περίοδο εργασιών. Ανήκει στον τύπο της τρίκλιτης βασιλικής με τρούλο. Υπέστη σοβαρές βλάβες από τον σεισμό της Πάρνηθας το 1999. Το 2016 ολοκληρώθηκαν οι εργασίες αποκατάστασης του. Για τη δομική ενίσχυση της κατασκευής χρησιμοποιήθηκαν μεταξύ άλλων, τένοντες ανοξείδωτου χάλυβα σε τέσσερις στάθμες, στη στάθμη γενέσεως των τόξων του ισογείου και του υπερώου, κατά μήκος των τοξοστοιχιών και εγκάρσια σε αυτές, στα παραβήματα, και τέλος στην υψηλότερη στάθμη κάτω από την γένεση των καμαρών (διπλοί) στα μέτωπα τους αλλά και στο μέσον του δυτικού θόλου. Επιπλέον, τοποθετήθηκε σύστημα περίδεσης με λάμες ανοξείδωτου χάλυβα στο τύμπανο του τρούλου αλλά και στο βάθρο του τρούλου στη θέση παλαιότερης ενίσχυσης (Ασλανίδης Κ., 2019).



Εικόνα 5.21: Ο Καθεδρικός ναός Αθηνών μετά τις πρόσφατες εργασίες αποκατάστασης. (Ασλανίδης Κ., 2019).

20. Φετχιγιέ Τζαμί, Αθήνα

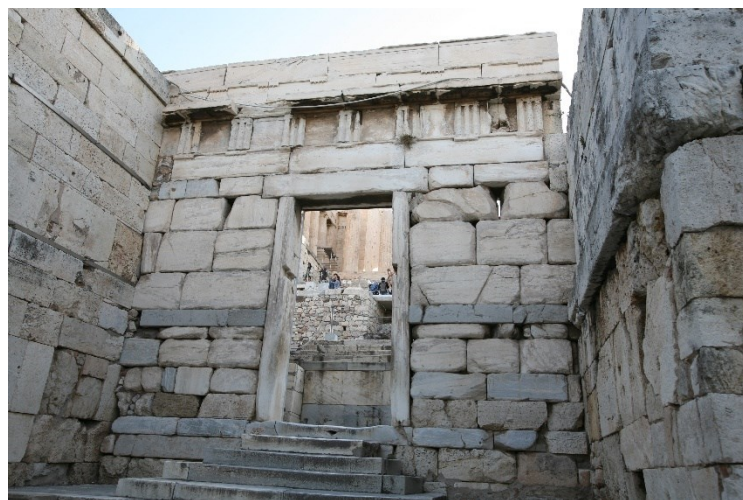
Το τζαμί (γνωστό και ως «τζαμί του σταροπάζαρου») κατασκευάστηκε περί το 1670, στα ερείπια μιας τρίκλιτης βασιλικής των Αγίων Αποστόλων από τη μεσοβυζαντινή περίοδο και βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της ρωμαϊκής αγοράς. Αποτελείται από με μια μεγάλη τετράγωνη αίθουσα με τρούλο οποίος στηρίζεται σε τέσσερις κίονες και από ένα προστώο με πέντε τόξα τα οποία στηρίζονται σε δύο ακραίους πεσσούς και τέσσερις ενδιάμεσους κίονες. Υπάρχουν ακόμα τέσσερις μικρότεροι τρούλοι στις γωνίες του κτιρίου. Το 1937 πραγματοποιήθηκαν εργασίες αποκατάστασης του τζαμιού στην αρχική του μορφή από τον Αναστ. Ορλάνδο, η οποία έχει διατηρηθεί μέχρι σήμερα. Το μνημείο είχε υποστεί εκτεταμένες φθορές λόγω έλλειψης συντήρησης και από τη δράση σεισμών, άλλα παρόλα τα προβλήματα σχεδιασμού του (κυρίως στο προστώο) η παρουσία μεταλλικών ελκυστήρων υπήρξε πολύ ευεργετική περιορίζοντας το εύρος ρηγματώσεων. Μετά από νέες εργασίες αποκατάστασης οι οποίες ολοκληρώθηκαν το 2017, το μνημείο είναι επισκέψιμο και φιλοξενεί εκθέσεις. Δεν διασώζεται ο μιναρές του. Έχει τοποθετηθεί νέο σύστημα ελκυστήρων στην τοξοστοιχία του προστώου σε δύο διευθύνσεις, το οποίο συνεπικουρείται από ξύλινους θλιπτήρες, αλλά και χιαστί συνδέσμους. Επίσης, έχουν τοποθετηθεί δακτύλιοι περίδεσης στην κεφαλή των κίωνων του προστώου.



Εικόνα 5.22: Το Φετχιγιέ Τζαμί στην Αθήνα (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).

21. Πύλη Βευλέ Αθηναϊκής Ακρόπολης

Η πύλη Βευλέ αποτελεί σήμερα την κύρια είσοδο στον αρχαιολογικό χώρο της Ακρόπολης. Βρίσκεται στη δυτική πλευρά του βράχου της Ακρόπολης και δυτικά των Προπυλαίων. Οικοδομήθηκε στα μέσα του 3ου αιώνα μ.Χ., στο πλαίσιο ενίσχυσης της οχύρωσης της Ακρόπολης και ήταν μία από τις πύλες που διέθετε το τείχος (η άλλη ήταν κάτω από τον πύργο της Αθηνάς Νίκης). Για την κατασκευή της χρησιμοποιήθηκαν αρχιτεκτονικά μέλη από το χορηγικό μνημείο του Νικία (κατασκευάστηκε περί το 320 π.Χ.) στους πρόποδες της Ακρόπολης (είναι ορατή στην πύλη η αφιερωτική επιγραφή προερχόμενη από το μνημείο) Το όνομα της προέρχεται από τον Γάλλο Αρχαιολόγο ο οποίος πραγματοποίησε έρευνες στο χώρο των Προπυλαίων το 1852. Τότε στην περιοχή δυτικά των Προπυλαίων κατασκευάστηκε ισχυρό τείχος και δύο πύλες, μία κάτω από τον πύργο της Αθηνάς Νίκης και μία στα δυτικά, με την ονομασία «πύλη Βευλέ» από το Γάλλο αρχαιολόγο Charles Ernest Beulé (1826-1874) που πραγματοποίησε τις έρευνες στο χώρο το 1852. Πρόσφατα τοποθετήθηκε περίδεση από λάμες ανοξείδωτου χάλυβα σε δύο στάθμες.



Εικόνα 5.23: Η πύλη Βευλέ στην Ακρόπολη των Αθηνών (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).

22. Ι.Ν. Αγίου Πέτρου των Δομινικανών, Ηράκλειο

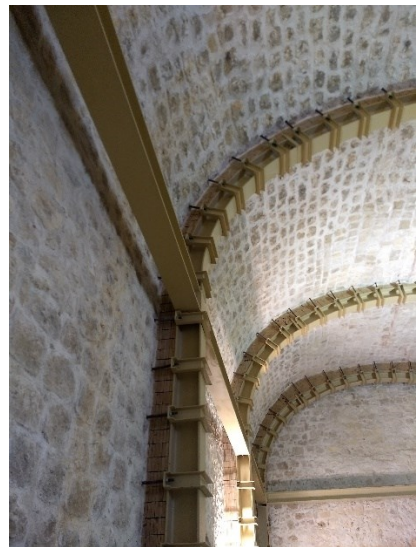
Ο ναός κτίστηκε στα πρώτα χρόνια της ενετικής κατοχής του Ηρακλείου, αρχές δηλαδή του 13ου αιώνα και αποτελούσε το καθολικό της μονής του τάγματος των Δομινικανών μοναχών. Στην αρχική του μορφή ανήκε στον τύπο της μονόκλιτης βασιλικής. Καθόλη τη διάρκεια ζωής του επλήγη από ισχυρούς σεισμούς και έχει καταρρεύσει τρεις φορές. Έπειτα από εργασίες αποκατάστασης που ολοκληρώθηκαν πρόσφατα ο ναός ενισχύθηκε μεταξύ άλλων με οκτώ μεταλλικές αντηρίδες επενδυμένες με λιθοδομή, αλλά και τένοντες ανοξείδωτου χάλυβα.



Εικόνα 5.24: Ο Ι.Ν. Αγίου Πέτρου των Δομινικανών στο Ηράκλειο (προσωπικό αρχείο).

23. Πύλη Παντοκράτορα των ενετικών τειχών Ηρακλείου, Ηράκλειο

Η πύλη Παντοκράτορα (Porta di Panigra) είναι μια από τις τρεις εναπομείνουσες πύλες των ενετικών τειχών του Ηρακλείου με τις οποίες επικοινωνεί η εντός των τειχών πόλη με το εκτός των τειχών τμήμα της. Η κατασκευή της ολοκληρώθηκε στο διάστημα 1567-1570. Η πρόσοψή της έχει κατασκευαστεί από ισόδομη λιθοδομή τύπου «αγροτικής» ή «opera rustica» και αποδίδεται στον μεγάλο βενετό αρχιτέκτονα Michele Sanmicheli. Είναι διαρθρωμένη με αυστηρούς άξονες συμμετρίας και διαθέτει δύο καμαρόσχημες εισόδους πλαισιωμένες από παραστάδες. Πρόσφατα ολοκληρώθηκαν εργασίες αποκατάστασης της πύλης το εσωτερικό της οποίας υποστυλώθηκε από μεταλλικά πλαίσια.



Εικόνα 5.25: Η πύλη Παντοκράτορα των ενετικών τειχών του Ηρακλείου (προσωπικό αρχείο).

24. Ι.Μ. Μεταμόρφωσης του Σωτήρος («Φωτοδότη Χριστού»), Νάξος

Το ύψους 17 μέτρων και τριών επιπέδων πυργομονάστηρο θεωρείται το αρχαιότερο στη Νάξο και βρίσκεται στο κέντρο του νησιού, κοντά στο χωριό Δανακός. Το καθολικό του μοναστηριού επι του οποίου κτίστηκε το πυργομονάστηρο κατά τον 15ο αιώνα ανήκει στον τύπο του τετρακλινίου σταυροειδούς εγγεγραμμένου ναού. Ο ναός κτίστηκε στην περίοδο της Εικονομαχίας (8ος-9ος αι.) και μετασκευάστηκε δραστικά κατά τον 12ο και το 18ο αιώνα (Ασλανίδης Κ. , 2014). Η μονή παραχωρήθηκε σε ενετούς μοναχούς του τάγματος των Βενεδικτίνων στις αρχές του 13ου αιώνα. Συνολικά διακρίνονται τρεις κύριες οικοδομικές φάσεις. Στο πλαίσιο αποκατάστασης της μονής πραγματοποιήθηκαν ενισχυτικές εργασίες με τοποθέτηση ελκυστήρων ανοξείδωτου χάλυβα και περιδέσεων κίωνων στον ναό και η δημιουργία οριζοντίων διαζωμάτων από μεταλλικές δοκούς στην περιμετρική οχύρωση. Διασώζονται επίσης σιδηροί ελκυστήρες του 18ου αιώνα.



Εικόνα 5.26: Ο Ι.Ν. του Φωτοδότη Χριστού στη Νάξο (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).

25. Ι.Ν Παναγιάς «Κρήνας», Χίος

Ο ναός βρίσκεται κοντά στον οικισμό Βαβύλοι στην κεντρική Χίο. Ανήκει μαζί με τον άλλο σπουδαίο ναό του νησιού, το καθολικό της Νέας Μονής, στον νησιωτικό οκταγωνικό τύπο όμως ο τρούλος του στηρίζεται προς τα ανατολικά σε μια ψηλή καμάρα. Χρονολογείται από τα τέλη του 12ου αιώνα (1197), αλλά σταδιακά έγιναν μερικές προσθήκες όπως ο εξωνάρθηκας. Από τον ισχυρό σεισμό του 1881 που έπληξε το νησί, υπήρξαν σημαντικές βλάβες και καταρρεύσεις που οδήγησαν σε ανακατασκευή τμημάτων του ναού λίγα χρόνια αργότερα, όπως μέρους του τρούλου του. (ΟΔΥΣΣΕΥΣ-Υπ. Πολιτισμού και Αθλητισμού, 2019). Η τοιχοποιία του ναού έχει γίνει με το ατελές πλινθοπερίκλειστο σύστημα, ενώ υπάρχουν και σπόλια από μαρμάρινα αρχιτεκτονικά μέλη μνημείων της αρχαιότητας. Υπάρχει ακόμα πλούσιος κεραμικός διάκοσμος και τοιχογραφίες έξι περιόδων στο εσωτερικό του. Από τις επεμβάσεις αποκατάστασης που έγιναν είναι εμφανής η περίδεση του τρούλου.



Εικόνα 5.27: Ο Ι.Ν. Παναγίας Κρήνας στη Χίο.

[http://www.greece.com/photos/destinations/North_Aegean/Chios/Settlement/Agios_Aimilianos/Panagia_KRINA, HIOS/105752548](http://www.greece.com/photos/destinations/North_Aegean/Chios/Settlement/Agios_Aimilianos/Panagia_KRINA,_HIOS/105752548)

26. Ι.Ν. Αγίου Ιωάννη Ελεήμονα Λυγουρίου, Αργολίδα

Ο ναός χρονολογείται από τα τέλη του 11ου-αρχές του 12ου αιώνα και ανήκει στον τύπο του δικιόνιου σταυροειδούς εγγεγραμμένου ναού με οκταγωνικό τρούλο. Αποτελεί ένα τυπικό δείγμα της Ελλαδικής Σχολής της βυζαντινής αρχιτεκτονικής. Διαθέτει εξαγωνική κόγχη ιερού. Η τοιχοδομία του ναού είναι αμελής πλινθοπερίκλειστη στα ανώτερα τμήματα και αργολιθοδομή (μεγάλοι δόμοι, αρχαίο οικοδομικό υλικό) με παρέμβλητη χρήση βησσάλων με περιορισμένη χρήση κεραμικού διακόσμου. Ο τρούλος οι πεσσοί, η δυτική όψη και το προστώο ανήκουν σε ανακατασκευή της περιόδου της βενετοκρατίας. Έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης αρχαία αρχιτεκτονικά μέλη, αυτούσια ή με λίγες απολαξεύσεις και η οργάνωσή τους θυμίζει όχι μόνο παλιές ρωμαϊκές και παλαιοχριστιανικές τοιχοποιίες αλλά και τους μεγάλους σταυρούς στις εξωτερικές επιφάνειες μερικών μεσοβυζαντινών ελλαδικών ναών (Μπούρας, 1974). Η τελευταία αποκατάσταση του ναού ολοκληρώθηκε το 2012 και περιλάμβανε την ενεμάτωση των τοιχοποιιών, την τοποθέτηση συστήματος ελκυστήρων ανοξείδωτου χάλυβα, την ανακατασκευή τμημάτων των όψεων, της στέγης κ.λπ.



Εικόνα 5.28: Ο Ι.Ν. Αγίου Ιωάννη Ελεήμονα στο Λυγούριο Αργολίδας.

[https://de.wikipedia.org/wiki/Agios_Ioannis_Eleimonas_\(Lygourio\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Agios_Ioannis_Eleimonas_(Lygourio))

<http://www.mnimeiotexniki.gr/projects/agios-ioannis-eleimonas-liougrio-argolidos.html>

<https://www.argolisculture.gr/el/lista-mnimeion/i-naos-agiou-ioanni-eleimona-ligouriou/monumentPhotos#&gid=1&pid=4>

27. Καθολικό της Ι.Μ. Μεταμόρφωσης του Σωτήρος Σαγματά, Ύπατο Βοιωτίας

Η μονή απέχει 20 χιλιόμετρα από τη Θήβα και είναι η δεύτερη παλαιότερη στη Βοιωτία μετά την Ι.Μ. Οσίου Λουκά. Το καθολικό δεσπόζει στο κέντρο της μονής και χρονολογείται στις αρχές του 12ου αιώνα (πιθανότατα το 1106). Ανήκει στον αρχιτεκτονικό τύπο του σταυροειδούς εγγεγραμμένου σύνθετου τετρακίονιου ναού μετά τρούλου, που παραπέμπει στην σχολή της Κωνσταντινούπολης. Ο κυρίως ναός καταλήγει ανατολικά σε τρεις ημιεξαγωνικές κόγχες. Ο εξωνάρθηκας και το κωδωνοστάσιο του ναού είναι μεταγενέστερα, πιθανότατα του 15ου-16ου αιώνα και 17ου αιώνα αντίστοιχα με βάση χρονολόγηση από τον Ορλάνδο. Ο ναός φέρει περίτεχνο μαρμαροθετημένο δάπεδο. Ο τρούλος του ναού κατέρρευσε από σεισμό το 1914 και αντικαταστάθηκε από δίρριχτη ξύλινη στέγη (Βογιατζής, 1995). Τη δεκαετία του 1970 έγιναν αναστηλωτικές εργασίες με απομάκρυνση προσθηκών πάνω από τη στέγαση του ιερού και περίδεση ορισμένων κίωνων. Έπειτα από εργασίες αποκατάστασης που ολοκληρώθηκαν το 2004 έγινε κατασκευή του τρούλου που υπήρχε μέχρι το 1914 και τοποθετήθηκε σύστημα ελκυστήρων από ανοξείδωτο χάλυβα στη θέση παλαιότερων ελκυστήρων. Οι μεταλλικοί ελκυστήρες έχουν καλυφθεί με στοιχεία που απομίμησης ξύλου.



Εικόνα 5.29: Το Καθολικό της Ι.Μ. Μεταμόρφωσης του Σωτήρος Σαγματά στο Ύπατο Βοιωτίας (διαδίκτυο & αρχείο Κλ. Ασλανίδη).

28. Καθολικό Ι.Μ. Οσίου Λουκά, Στείρι Βοιωτίας

Η Ι.Μ. Οσίου Λουκά, στο Στείρι Βοιωτίας αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μνημεία της μεσοβυζαντινής τέχνης και αρχιτεκτονικής. Αποτελεί το καλύτερα διατηρημένο μοναστηριακό συγκρότημα της μεσοβυζαντινής περιόδου στη χώρα. Συμπεριλαμβάνεται από το 1990 με τη Νέα Μονή Χίου και την Ι.Μ. Δαφνίου στον κατάλογο μνημείων παγκόσμιας κληρονομιάς της UNESCO. Βρίσκεται σε απόσταση 3,5 χλμ. ΝΑ του οικισμού Στείρι. Η ανοικοδόμηση της μονής χρονολογείται στο 1011 ή στο 1042. Κατά την περίοδο της Φραγκοκρατίας στη μονή εγκαθίστανται Λατίνοι μοναχοί, αλλά κατά την Τουρκοκρατία επανέρχεται σε Έλληνες μοναχούς. Το καθολικό, που χτίστηκε για να στεγάσει τα λείψανα του οσίου Λουκά, είναι ο μεγαλύτερος ναός της μονής και βρίσκεται νοτίως του ναού της Παναγίας. Χρονολογείται από το πρώτο μισό του 11ου αιώνα. Ανήκει στον αρχιτεκτονικό τύπο του σύνθετου (ή ηπειρωτικού) σταυροειδούς οκταγωνικού ναού, στον οποίο ο τρούλος στηρίζεται σε οκτώ πεσσούς (αντί των τεσσάρων του κανονικού εγγεγραμμένου σταυροειδούς ναού). Παρά τις καταστροφές που έχει υποστεί, διασώζεται μέχρι σήμερα ο αρχιτεκτονικός και διακοσμητικός του πλούτος με περίφημο ψηφιδωτό διάκοσμο. Ο τρούλος του ναού, διαμέτρου εννέα μέτρων είχε καταστραφεί από σεισμό το 1593. Η μονή υπέστη σοβαρές ζημιές και από βομβαρδισμό το 1943. Αναστηλωτικές εργασίες πραγματοποιήθηκαν από το 1938 και συνεχίζονται μέχρι σήμερα. Μεταξύ άλλων έχει τοποθετηθεί περίδεση στη βάση του τρούλου.



Εικόνα 5.30: Το Καθολικό της Ι.Μ. Οσίου Λουκά στο Στείρι Βοιωτίας.

http://greekorthodoxreligioustourism.blogspot.com/2015/08/blog-post_9.html

<http://peritexnisologos.blogspot.com/2016/02/h-11.html>

29. Ι.Ν. Παναγίας στην Ι.Μ.Οσίου Λουκά, Στείρι Βοιωτίας

Ο ναός της Παναγίας, ο παλαιότερος στο μοναστηριακό συγκρότημα του Οσίου Λουκά, είναι ο μόνος για τον οποίο είναι γνωστό ότι χτίστηκε στην κυρίως Ελλάδα το 10ο αιώνα. Ανήκει στον αρχιτεκτονικό τύπο του σύνθετου τετρακιόνιου σταυροειδούς εγγεγραμμένου ναού με τρούλο, ο οποίος διακρίνει την αρχιτεκτονική σχολή της Κωνσταντινούπολης. Διαθέτει πλινθοπερίκλειστη τοιχοδομία με ψευδοκουφικές διακοσμήσεις και επιμελημένο γλυπτό διάκοσμο εσωτερικά αλλά και εξωτερικά. Ο ναός βρίσκεται σε επαφή με το καθολικό της μονής. Οι προσπάθειες αποκατάστασης του ναού ξεκίνησαν ήδη από το 1848, αλλά ουσιαστική προσπάθεια έγινε το τρίτο τέταρτο του 20ου αιώνα από την Υπηρεσία Αναστηλώσεων του Υπουργείου Πολιτισμού με τον Ευστάθιο Στίκα και τον Αναστάσιο Ορλάνδο. Ανοξείδωτοι ελκυστήρες και περιδέσεις των κιόνων είναι εμφανείς στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του ναού.



Εικόνα 5.31: Ο Ι.Ν. Παναγίας στην Ι.Μ. Οσίου Λουκά στο Στείρι Βοιωτίας (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).

30. Κωδωνοστάσιο καθεδρικού ναού Κοιμήσεως της Θεοτόκου, Ύδρα

Ο καθεδρικός ναός της Ύδρας χρονολογείται από τα μέσα του 17ου αιώνα και ανήκει στον αρχιτεκτονικό τύπο της τρίκλιτης θολωτής βασιλικής με τρούλο. Διαθέτει δύο μαρμάρινα κωδωνοστάσια με πλούσιο γλυπτό διάκοσμο, τα οποία κατασκευάστηκαν το μικρότερο το 1806 και το μεγαλύτερο το 1874. Διακρίνονται οι οξειδωμένες πλέον περιδέσεις στις στάθμες του μεγαλύτερου κωδωνοστασίου.



Εικόνα 5.32: Το κωδωνοστάσιο του καθεδρικού ναού Κοιμήσεως της Θεοτόκου, Ύδρα (αρχείο κλ. Ασλανίδη).

31. Ι.Ν. Σωτήρος, Αλεποχώρι Μεγαρίδος

Ο ναός βρίσκεται στο Άνω Αλεποχώρι σε απόσταση περίπου 27 χλμ. από τα Μέγαρα. Αποτελούσε το καθολικό ομώνυμης μονής και χρονολογείται από τις αρχές του 13ου αιώνα και ανήκει στον τύπο των σταυρεπίστεγων ναών. Υπέστη σοβαρές βλάβες (εκτεταμένες ρηγματώσεις, μερική κατάρρευση θολοδομίας κ.ά.) από τον σεισμό του 1981. Οι τελευταίες εργασίες αποκατάστασής του έγιναν τη διετία 2004-2006 και μεταξύ άλλων έγινε τοποθέτηση συστήματος ελκυστήρων ανοξείδωτου χάλυβα στο ύψος της γένεσης των τόξων, αλλά και αφανών ελκυστήρων σε χαμηλότερα επίπεδα.



Εικόνα 5.33: Εξωτερικές απόψεις του Ι.Ν. Σωτήρος στο Αλεποχώρι Μεγαρίδος (Μνημειοτεχνική ΕΠΕ).



Εικόνα 5.34: Εσωτερικές απόψεις του Ι.Ν. Σωτήρος στο Αλεποχώρι Μεγαρίδος (Φωτογραφικό αρχείο κ. Στ.Μαμαλούκου).

32. Ρετζέπ Πασά Τζαμί, Ρόδος

Κατασκευάστηκε το 1588 και είναι ένα από τα εντυπωσιακότερα και σημαντικότερα μουσουλμανικά τεμένη της μεσαιωνικής πόλης της Ρόδου, με ιδιαίτερα επιμελημένη ποιότητα κατασκευής και μετρολογικά προσεγμένες χαράξεις. Απαρτίζεται από μια τρουλοσκεπαστή τετραγωνικής κάτοψης αίθουσα προσευχής και ένα τρουλοσκεπαστό τριμερές προστώο με ένα ξύλινο υπόστεγο (δεν έχει διασωθεί) πριν από αυτό. Έχει διασωθεί ένας κίονας του προερχόμενος από παλαιοχριστιανικό μνημείο. Το τέμενος είχε εγκαταλειφθεί για πολλές δεκαετίες ωστόσο στο πλαίσιο εργασιών αποκατάστασης που ολοκληρώθηκαν πρόσφατα έγινε μεταξύ άλλων περίδεση των τρούλων σε δύο στάθμες με δακτυλίους από ανοξείδωτο χάλυβα, συντηρήθηκαν οι ορειχάλκινοι δακτύλιοι προστασίας των αρμών σύνδεσης των κιόνων του προστώου και προστέθηκαν νέοι από ανοξείδωτο χάλυβα και αναστηλώθηκαν οι τέσσερις κίονες. Επιπλέον κατασκευάστηκε σύστημα οριζόντιων ελκυστήρων-θλιπτήρων από ανοξείδωτο χάλυβα σε τρεις διευθύνσεις οι οποίοι αγκυρώθηκαν στα κιονόκρανα με οριζόντια πλάκα από ανοξείδωτο χάλυβα. Οι κίονες μέσω του συστήματος ελκυστήρων συνδέθηκαν με την τοιχοποιία της αίθουσας προσευχής (Μανούσου-Ντέλλα & Ντέλλας, 2017).



Εικόνα 5.35: Το Ρετζέπ Πασά Τζαμί στη Ρόδο (Μανούσου-Ντέλλα & Ντέλλας, 2017).

33. Ι.Ν. Μεταμόρφωσης του Σωτήρος, Άμφισσα

Ο ναός βρίσκεται σε απόσταση 3 χλμ. από την πόλη και χρονολογείται στον 12ο αιώνα. Ανήκει στον τύπο του απλού δικιόνιου σταυροειδούς εγγεγραμμένου με τρούλο. Η τοιχοδομία διαμορφώνεται κυρίως με επιμελημένο πλινθοπερίκλειστο σύστημα με περίτεχνη κεραμοπλαστική διακόσμηση. Εσωτερικά, ξεχωρίζει ο γλυπτός διάκοσμος των κιόνων και του μαρμάρινου τέμπλου το οποίο σωζόταν μέχρι τουλάχιστον τα τέλη του 19ου αιώνα. Ο τρούλος είναι αθηναϊκού τύπου (πρωτοεμφανίστηκε στον ναό της Θεοτόκου στην Ι.Μ. Οσίου Λουκά στη Φωκίδα το 961), οκτάπλευρος, κεραμοσκεπής με κοίλα βυζαντινά κεραμίδια και φέρει από ένα μαρμάρινο κιονίσκο με επίθημα σε κάθε ακμή (Βαρούτα-Φλώρου, 2019). Η σημερινή μορφή του τρούλου προέρχεται από μεταγενέστερες επεμβάσεις. Εξωτερικά, η τοιχοδομία παρουσιάζει εξαιρετική επιμέλεια στην ανατολική και βόρεια όψη και διαμορφώνεται με πλήρες πλινθοπερίκλειστο σύστημα, ενώ στη δυτική και νότια όψη είναι λιγότερο επιμελημένη με αργούς λίθους, ενώ η κρηπίδα στη βάση του ναού διαμορφώνεται με *solia*. Ο ναός φέρει μετά την πρόσφατη αποκατάστασή του μια ιδιότυπη μεταλλική ενίσχυση στο τόξο άνωθεν της νότιας θύρας του.



Εικόνα 5.36: Εξωτερική και εσωτερικές απόψεις του ναού μετά την αποκατάστασή του (διαδίκτυο & αρχείο Κλ. Ασλαβίδη).

34. Ι.Ν. Κοίμησης της Θεοτόκου («Πρωτάτο»), Καρυές Αγίου Όρους

Ο καθεδρικός ναός του Πρωτάτου βρίσκεται στο κέντρο των Καρυών και ανήκει στον τύπο της τρίκλιτης βασιλικής με το κεντρικό της κλίτος να είναι υπερυψωμένο. Ο ναός, όπως φανερώνει η ονομασία του, είναι ο παλαιότερος στο Άγιο Όρος και κατασκευάστηκε το 962, όμως έχει υποστεί αρκετές επεμβάσεις αφού επλήγη από ισχυρό σεισμό στις αρχές του 13ου αιώνα (πιθανότατα το 1231) αλλά και μεταγενέστερους. Επιπλέον, έχει γίνει προσθήκη δύο ανοικτών ναρθήκων στη δυτική και βόρεια πλευρά του αλλά και κωδωνοστασίου (του 16ου αιώνα) σε μικρή απόσταση. Ξεχωρίζει ο τοιχογραφικός του διάκοσμος, έργο του 13ου αιώνα, που αποδίδεται στον Μανουήλ Πανσέληνο. Τη δεκαετία του 1950 στο ναό έγιναν υπό τη διεύθυνση του Α. Ορλάνδου επεμβάσεις (αντικατάσταση ξύλινης στέγης με στέγη από οπλισμένο σκυρόδεμα κ.λπ.), αλλά και πρόσφατα μεταξύ 2007-2009 οπότε η στέγη από σκυρόδεμα αντικαταστάθηκε από δέριχη ξύλινη, όπως και η βορινή ανοικτή στοά με τις επίστεγες αντηρίδες της, ενώ τοποθετήθηκαν μεταλλικοί ελκυστήρες.



Εικόνα 5.37: Το Πρωτάτο στις Καρυές του Αγίου Όρους.

<https://www.ipodomitechniki.gr/ergo/αποκατασταση-ιερου-ναου-πρωτατου-καρ/>

35. Φιάλη Ι.Μ.Μεγίστης Λαύρας, Άγιον Όρος

Η φιάλη βρίσκεται σε μικρή απόσταση από το Καθολικό της Μονής το οποίο χρονολογείται από το 963 και θεωρείται το παλαιότερο των 20 μονών που βρίσκονται στο Άγιο Όρος. Η φιάλη κατασκευάστηκε το 1060 αλλά το περιστύλιο με οκταγωνική κάτοψη χρονολογείται από το 1634. Είναι η παλαιότερη και μεγαλύτερη φιάλη στο Άγιο Όρος. Σε αυτήν τελείται τα Θεοφάνεια αλλά και την πρώτη Κυριακή κάθε μήνα ο Αγιασμός. Στους κίονες έχουν τοποθετηθεί μεταλλικές στεφάνες, ενώ ένα σύστημα σιδηρών ελκυστήρων διατρέχει την τοξοστοιχία στις γενέσεις των τόξων.



Εικόνα 5.38: Η φιάλη της Ι.Μ. Μεγίστης Λαύρας (αρχείο Κλ. Ασλανίδη).

36. Ι.Ν. Αγίου Πέτρου, Καστάνια, Μεσσηνιακή Μάνη

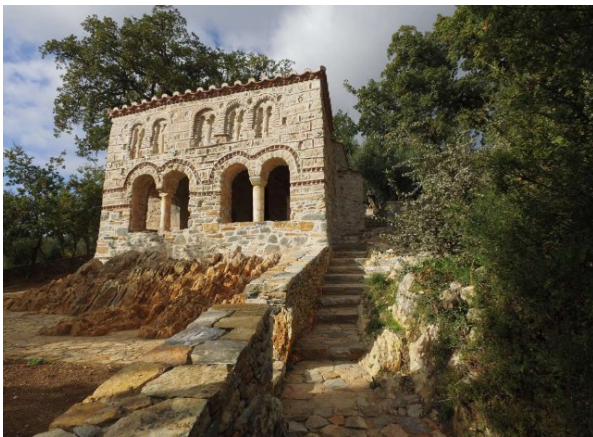
Αποτελεί το αρχαιότερο από τα δέκα βυζαντινά μνημεία της Καστάνιας. Ανήκει στον τύπο του απλού τετρακλόνιου σταυροειδούς εγγεγραμμένου με τρούλου ναού και χρονολογείται από τα μέσα του 12ου αιώνα. Μεταγενέστερες προσθήκες είναι ο νάρθηκας (μέσα του 13ου αιώνα) και το κωδωνοστάσιο (αρχές 19ου αιώνα). Στο εσωτερικό υπάρχει γλυπτός και ζωγραφικός διάκοσμος ο οποίος είχε υποστεί κακότεχνη επιζωγράφιση και η οποία έχει πλέον αφαιρεθεί. Ο ναός λόγω σοβαρών προβλημάτων αντιμετώπιζε σοβαρά προβλήματα τόσο στατικά όσο και οικοδομικά και αποκαταστάθηκε τη διετία 2013-2014. Οι εργασίες αποκατάστασης περιλάμβαναν μεταξύ άλλων και την εφαρμογή συστήματος ελκυστήρων από ανοξείδωτο χάλυβα. Το έργο της αποκατάστασης βραβεύτηκε το 2016 με το βραβείο Europa Nostra στην κατηγορία «Αποκατάσταση».



Εικόνα 5.39: Ο Ι.Ν. Αγίου Πέτρου στη Καστάνια της Μεσσηνιακής Μάνης πριν και μετά τις εργασίες αποκατάστασης (European Heritage Awards / Europa Nostra Awards, 2019).

37. Ι.Ν. Άι Στράτηγου, Καστάνια, Μεσσηνιακή Μάνη

Ο ναός του Άι Στράτηγου (Ταξιάρχη) βρίσκεται σε απόσταση 1,5 χλμ. από την Καστάνια. Ο ναός χρονολογήθηκε σύμφωνα με νεότερα στοιχεία, στον 12ο αιώνα και για πολλά χρόνια ήταν σε κατάσταση ετοιμορροπίας. Ενώ θεωρείτο για πολλά χρόνια ότι ανήκε στον τύπο των σταυρεπίστεγων ναών, έπειτα από έρευνες προέκυψε ότι ο ναός διέθετε αρχικά τρούλο και ανήκε σε μια σπάνια παραλλαγή των τρουλαίων ναών γνωστοί βιβλιογραφικά και ως «σταυρεπίστεγοι με τρούλο» ή ως «σταυροειδείς εγγεγραμμένοι ναοί με άνισα πλάτη κεραιών», μια παραλλαγή ανάλογα δείγματα της οποίας έχουν εντοπιστεί στην περιοχή της Μάνης (Μηλίτση-Κεχαγιά & Κάππας, 2018). Τη διετία 2016-2018 έγιναν εργασίες αποκατάστασης οι οποίες εκτός από ενεματώσεις των τοιχοποιιών και ανακατασκευές (τρούλος οκταγωνικής μορφής), περιλάμβαναν και την τοποθέτηση ελκυστήρων ανοξείδωτου χάλυβα.



Εικόνα 5.40: Ο Ι.Ν. Άι Στράτηγου στην Καστάνια προ και μετά των εργασιών αποκατάστασης (Μηλίτση-Κεχαγιά & Κάππας, 2018).

38. Ι.Ν. Αγίου Νικολάου, Οχιά, Λακωνική Μάνη

Βρίσκεται ανάμεσα στον οικισμό Οχιά και στον οικισμό Γερολιμένας και χρονολογείται από τα μέσα του 12ου αιώνα. Αποτέλεσε καθολικό μονής στα νεότερα χρόνια, ερειπωμένα κτίσματα της οποίας βρίσκονται στη νότια και δυτική πλευρά του. Ανήκει στον τύπο του σταυροειδούς εγγεγραμμένου ναού με οκτάπλευρο τρούλο «αθηναϊκού» τύπου με ένθετα μαρμάρινα διακοσμητικά μέλη. Είναι δικιόνιος ναός ελλαδικού τύπου και έχει οκταγωνικούς κίονες με σύμφυτα κιονόκρανα. Είναι κτισμένος με το πλινθοπερίκλειστο σύστημα στα ανώτερα τμήματα του, ενώ στα κατώτερα εφαρμόζεται αμελέστερη τοιχοποιία. Το τετράροφο πυργόμορφο με τετράριχτη στέγη κωδωνοστάσιο στη ΝΔ γωνία του ναού αποτελεί μεταγενέστερη προσθήκη από τα μέσα του 19ου αιώνα. Στο πλαίσιο εργασιών αποκατάστασης οι οποίες ολοκληρώθηκαν το 2014 στερεώθηκαν οι υφιστάμενοι μαρμαρίνοι ελκυστήρες και τοποθετήθηκαν καινούργιοι από ανοιξείδωτο χάλυβα (Πάντου & Ανδρουλιδάκη, 2014).



Εικόνα 5.41: Ο Ι.Ν. Αγίου Νικολάου στην Οχιά Λακωνικής Μάνης (Πάντου & Ανδρουλιδάκη, 2014).

39. Ι.Ν. Παναγίας Παντάνασσας, Γερουμάνα

Βρίσκεται μεταξύ των οικισμών Παντάνασσας και Γερουμάνας (νυν Κρυόβρυση). Ο ναός έχει επικρατήσει με το όνομα Άγιος Αθανάσιος και βρίσκεται δίπλα στο κοιμητήριο του χωριού Παντάνασσα και χρονολογήθηκε από τον Αναστ. Ορλάνδο και τον Χαρ. Μπούρα στον 12ο αιώνα αν και ενδεχομένως όπως συνηγορούν διάφορα αρχιτεκτονικά στοιχεία του ο ναός να είναι μεταγενέστερος (Λούβη-Κίζη, 2008). Ο ναός ανήκει στον τύπο του τετράστυλου εγγεγραμμένου με οκταγωνικό τρούλο, φέρει μάλιστα τέσσερις μικρότερους τρούλους στα γωνιακά του διαμερίσματα. Πιθανολογείται ότι είναι έργο των Ιωαννιτών Ιπποτών ή Ιπποτών της Μάλτας, γνωστό ρωμαιοκαθολικό τάγμα του 12ου αιώνα που έδρασε στους Αγίους Τόπους στο πλαίσιο της Α' Σταυροφορίας. Ο ναός φέρει μεταλλικούς ελκυστήρες στο εσωτερικό του.



Εικόνα 5.42: Ο Ι.Ν. Παναγίας Παντάνασσας στη Γερουμάνα (διαδίκτυο & αρχείο Κλ. Ασλανίδη).

40. Ι.Ν. Παναγίας Μυρτιδιώτισσας, Μονεμβασία

Ο ναός βρίσκεται στην Κάτω Πόλη της Μονεμβασίας και είναι γνωστός και ως «Παναγία Κρητικιά». Χρονολογείται από τις αρχές του 18ου αιώνα και συνδυάζει τόσο βυζαντινά όσο και δυτικά στοιχεία (στρογγυλοί φεγγίτες, οξυκόρυφα γείσα, αέτωμα εισόδου κ.ά.). Ανήκει στον τύπο της μονόκλιτης βασιλικής με τρούλο. Το περίτεχνο τέμπλο του ναού χρονολογείται από τον 16ο αιώνα και έχει αναγεννησιακά στοιχεία και μεταφέρθηκε από τον ναό του Ελκομένου Χριστού όταν έγινε αντικατάσταση του από μαρμάρινο στις αρχές του 20ου αιώνα. Κατά τη διάρκεια των εργασιών αποκατάστασης του ναού το διάστημα 2011-2014 έγινε μεταξύ άλλων τοποθέτηση ελκυστήρων από ανοξείδωτο χάλυβα.



Εικόνα 5.43: Απόψεις του Ι.Ν. Παναγίας Μυρτιδιώτισσας στη Μονεμβασία.

<https://www.mythicalpeloponnese.gr/?p=2170>

https://odosell.blogspot.com/2017/05/blog-post_21.html

41. Κελιά Ι.Μ. Μεταμορφώσεως του Σωτήρος («Ανδρομονάστηρο») Πετράλωνα

Η Ι.Μ. Μεταμορφώσεως του Σωτήρος βρίσκεται ΝΑ του οικισμού Πετράλωνα, λίγα μόλις χιλιόμετρα από την Αρχαία Μεσσήνη και ιδρύθηκε στα τέλη του 12ου ή στις αρχές του 13ου αιώνα. Το συγκρότημα έχει μορφή φρουρίου («καστρομοναστήρι») που περιβάλλεται από οχυρωματικό περίβολο ενισχυμένο με δύο πύργους. Η μία πλευρά του σχηματίζεται από το διώροφο κτίσμα των κελιών, που στο ισόγειο στέγαζε βοηθητικούς χώρους και αποθήκες, ενώ δίπλα στον ένα πύργο υψώνεται το τριώροφο κτίσμα της τράπεζας. Το καθολικό ανήκει στον τύπου του σταυροειδούς εγγεγραμμένου ναού με οκταγωνικό τρούλο που στηρίζεται σε τέσσερις κίονες, με τριμερή νάρθηκα. Ο εξωνάρθηκας και το κωδωνοστάσιο αποτελούν μεταγενέστερες προσθήκες. Η μονή, παρέμενε ερειπωμένη για πολλά χρόνια μέχρι την αποκατάστασή της που ολοκληρώθηκε το 2015 στο πλαίσιο της οποίας έγινε τοποθέτηση ελκυστήρων στο κτήριο των κελιών.



Εικόνα 5.44: Η Ι.Μ. Μεταμορφώσεως του Σωτήρος («Ανδρομονάστηρο») στα Πετράλωνα.

<https://www.messinialive.gr/dchairetismoi-sto-andromonastiro-parousia-plithous-piston/>

https://www.tripadvisor.com.au/LocationPhotoDirectLink-g1191103-d14411883-i338827599-Andromonastiro-Messini_Messinia_Region_Peloponnese.html

42. Ι.Ν. Μεταμορφώσεως του Σωτήρος Νομιστί, Μεσσηνιακή Μάνη

Ο ναός βρίσκεται στον οικισμό Νομιστί της μεσσηνιακής Μάνης και ανήκει στον τύπο του απλού σταυροειδούς εγγεγραμμένου ναού με τρούλο («αθηναϊκού»²⁰ τύπου). Χρονολογείται στα τέλη του 11ου αιώνα, έχει πλούσιο κεραμικό και γλυπτό διάκοσμο και είναι από τους παλαιότερους βυζαντινούς ναούς της περιοχής. Η τοιχοποιία έχει κατασκευαστεί με το πλινθοπερίκλειστο σύστημα, με πωρόλιθους, σποραδικά μάρμαρα, και τεμάχια πλίνθων σε μονή ή διπλή σειρά, δίχως ιδιαίτερη επιμέλεια (Ναός Μεταμόρφωσης του Σωτήρος στο Νομιστί, 2019). Έχει δίλοβα παράθυρα, πλαισιωμένα με πλίνθινα τόξα, όπως πλίνθινα είναι και τα οδοντωτά γείσα κάτω από τις στέγες. Χαρακτηριστικά είναι τα κεραμοπλαστικά κοσμήματα των εξωτερικών όψεων, όπως γράμματα, ρομβοειδή πλακίδια, φιαλοστόμια και τα τμήματα από εντοιχισμένα γλυπτά. Το εσωτερικό του ναού είναι τοιχογραφημένο και μάλιστα σε δύο φάσεις. Μαρμάρινος βυζαντινός ελκυστήρας που είχε κλαπεί από τον ναό το 1998 επαναπατρίστηκε στην Ελλάδα από το Η.Β. το 2012. Στο πλαίσιο αποκατάστασης του ναού έχουν τοποθετηθεί ελκυστήρες από ανοξείδωτο χάλυβα.



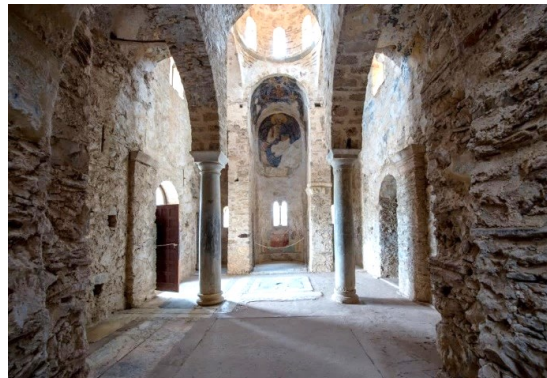
Εικόνα 5.45: Ο Ι.Ν. της Μεταμορφώσεως του Σωτήρος στο Νομιστί της Μεσσηνιακής Μάνης.

http://naoistimani.blogspot.com/p/blog-page_685.html

²⁰ Μικρού μεγέθους οκταγωνικός τρούλος με κιονίσκους στις ακμές του οι οποίοι στηρίζουν ισάριθμα τόξα.

43. Ι.Ν. Αγίας Σοφίας, Μυστράς

Αποτελεί το καθολικό της Ι.Μ. Ζωοδότη Χριστού η οποία ιδρύθηκε στα μέσα του 14ου αιώνα στην καστροπολιτεία του Μυστρά και εντάσσεται από το 1989 στον κατάλογο παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς της UNESCO. Την περίοδο της Τουρκοκρατίας λειτούργησε ως μουσουλμανικό τέμενος. Ανήκει στον τύπο του δίστυλου σταυροειδούς εγγεγραμμένου ναού με τρούλο. Μεταγενέστερες θεωρούνται οι προσθήκες νάρθηκα με τρούλο, παρεκκλησίων, κωδωνοστασίου και της βορεινής και δυτικής στοάς (η δυτική δεν διατηρείται πλέον). Έχει κτιστεί στο μεγαλύτερο τμήμα του με το πλινθοπερίκλειστο σύστημα και στα τύμπανα των κεραιών του σταυρού φέρει περίτεχνο κεραμοπλαστικό διάκοσμο. Διατηρούνται στο εσωτερικό του ναού τοιχογραφίες που χρονολογούνται από τα μέσα του 14ου αιώνα. Αναστηλώθηκε το 1938 από τον Αναστ. Ορλάνδο. Κατά την αναστήλωση, προστέθηκε ο τρούλος και η βορινή στοά, διανοίχθηκαν τα παράθυρα των αψίδων και στο εσωτερικό έγινε αντικατάσταση ενός πεσσού. Διατηρούνται μεταλλικοί ελκυστήρες στην τοξοστοιχία της βορεινής στοάς (Γαλανού, 2013-2014).



Εικόνα 5.46: Ο Ι.Ν. Αγίας Σοφίας Μυστρά (Γαλανού, 2013-2014) (Αρχείο ΙΑΑ).

44. Καθολικό Ι.Μ. Παναγίας Παντάνασσας, Μυστράς

Η μονή βρίσκεται στην κάτω πόλη του Μυστρά και αποτελεί το τελευταίο βυζαντινό εκκλησιαστικό κτίσμα που κατασκευάστηκε στην πόλη. Παρότι η μονή εξακολούθησε να λειτουργεί την περίοδο της Τουρκοκρατίας, στα τέλη του 18ου αιώνα εγκαταλείφθηκε και το 1824 πυρπολήθηκε. Αποτελεί σήμερα τη μοναδική σε λειτουργία μονή στον Μυστρά. Το καθολικό της το οποίο χρονολογείται από το 1428 συνδυάζει με επιδεξιότητα τόσο τη βυζαντινή παράδοση, όσο και στοιχεία της ισλαμικής αλλά και της δυτικής τέχνης. Ανήκει στον «μικτό» τύπο ή στον «τύπο του Μυστρά» ο οποίος έχει δύο ορόφους και αποτελεί συνδυασμό τρίκλιτης βασιλικής στο ισόγειο με πεντάτρουλο σύνθετο σταυροειδή εγγεγραμμένο ναό στον όροφο, με προσθήκη υπερώνων (ΟΔΥΣΣΕΥΣ-Υπ. Πολιτισμού και Αθλητισμού, 2019). Φέρει διώροφο νάρθηκα στη δυτική του πλευρά με έναν τρούλο στο μέσον του. Στη ΒΔ γωνία υψώνεται ένα τετραώροφο κωδωνοστάσιο με φράγκικες επιδράσεις. Στο εσωτερικό διακρίνονται κατά τόπους επεμβάσεις με περιδέσεις κιόνων και ελκυστήρες. Οι παλαιοί ξύλινοι ελκυστήρες έχουν αφαιρεθεί.



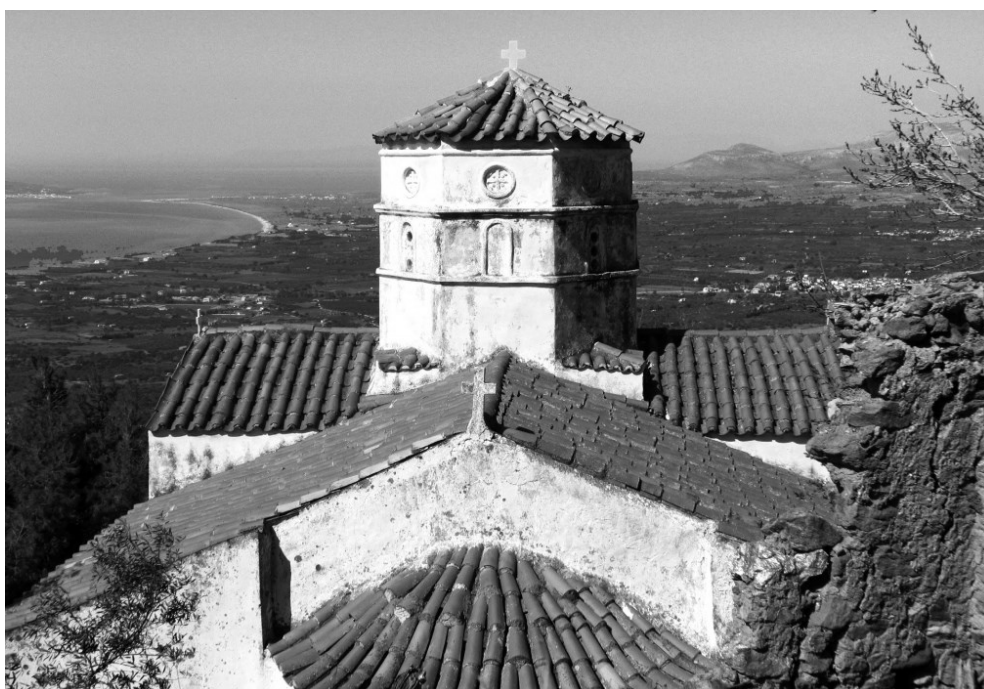
Εικόνα 5.47: Απόψεις του καθολικού Ι.Μ. Παναγίας Παντάνασσας στον Μυστρά.

https://proskynitis.blogspot.com/2014/08/blog-post_42.html

http://www.religiousgreece.gr/peloponnese/-/asset_publisher/J4zsS00HIAz5/content/mone-pantanassas-mystra

45. Ι.Ν. Μεταμορφώσεως του Σωτήρος, Μεσοχώρι Βοιών

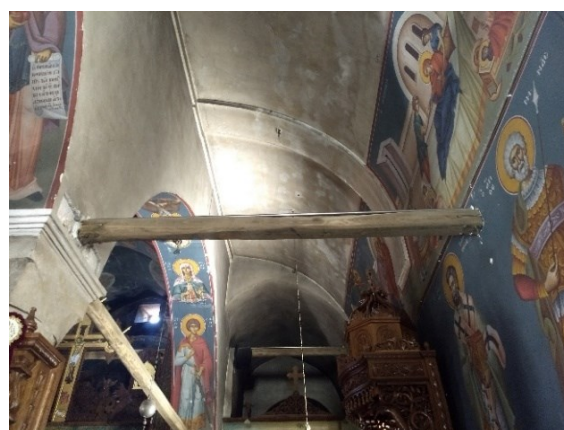
Ο ναός χρονολογείται από το πρώτο μισό του 19ου αιώνα και ανήκει στον τύπο του σταυροειδούς εγγεγραμμένου με τρούλο και μάλιστα στην παραλλαγή του ημισύνθετου όπου δηλαδή το ιερό βήμα προστίθεται μεν στο σταυρικό τετράγωνο της κάτοψης όμως οι δύο χώροι δεν διαχωρίζονται σαφώς μεταξύ τους (Ασλανίδης Κ. , Ο ναός της Μεταμορφώσεως του Σωτήρος Μεσοχωρίου στα Βατικά της Λακωνίας, 2013). Ξεχωρίζει με το υψηλό τύμπανο του τρούλου οκταγωνικής μορφής εξωτερικά το οποίο διαρθρώνεται σε τρεις ζώνες με τη βοήθεια δύο κοσμητών. Επειδή ο ναός είχε υποστεί βλάβες από σεισμό, τοποθετήθηκε τη δεκαετία του 1920 σύστημα σιδηρών ελκυστήρων προς αντικατάσταση των αρχικών ξύλινων που υπήρχαν στη στάθμη γένεσης των τόξων. Η τοποθέτηση τους έγινε σε διαφορετική στάθμη.



Εικόνα 5.48: Ο Ι.Ν. Μεταμορφώσεως του Σωτήρος στο Μεσοχώρι Βοιών (Ασλανίδης Κ. , 2013).

46. Καθολικό της Ι.Μ. Παναγίας Παλιανής, Βενεράτο

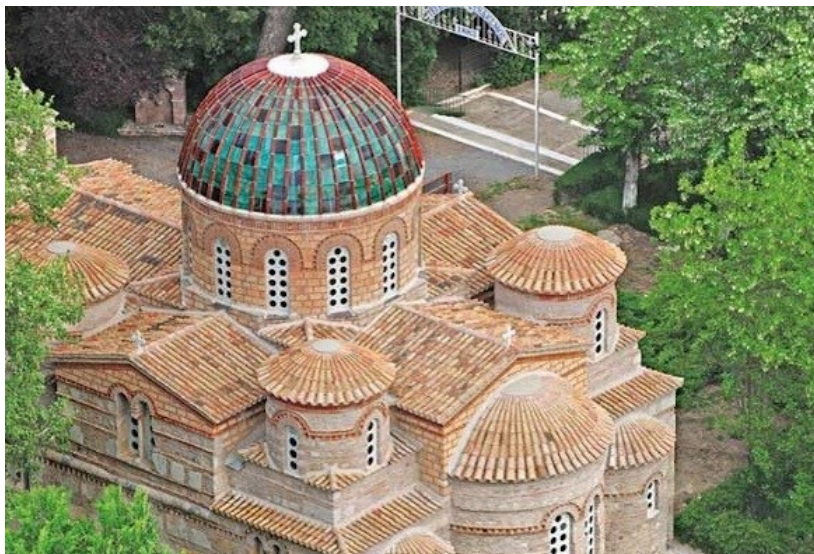
Η Ι.Μ. Παναγίας Παλιανής βρίσκεται σε απόσταση περίπου 20 χλμ. ΝΔ του Ηράκλειου και είναι από τις παλαιότερες της Κρήτης και η ύπαρξη της αναφέρεται σε έγγραφο του 7ου αιώνα. Το καθολικό της το οποίο χρονολογείται από τον 14ο αιώνα είναι τύπου τρίκλιτης βασιλικής με τρούλο και φαίνεται να είναι κτισμένο στα ερείπια παλαιοχριστιανικής βασιλικής, τμήμα της οποίας έχει ενσωματωθεί στη νεότερη κατασκευή. Φέρει μαρμαρίνους κίονες με κιονόκρανα βυζαντινής τεχνοτροπίας. Έχει καταστραφεί από τους Τούρκους δύο φορές τον 19ο αιώνα αλλά και από σεισμό το 1856 και τη σημερινή του μορφή απόκτησε το 1872. Στο καθολικό ολοκληρώθηκαν πρόσφατα εργασίες αποκατάστασης που περιελάμβαναν και την ενίσχυσή του με σύστημα ελκυστήρων από ανοξείδωτο χάλυβα και ξύλινων θλιπτήρων, αλλά και περιδέσεις των μαρμαρίνων κιόνων με στεφάνες ανοξείδωτου χάλυβα.



Εικόνα 5.49: Το καθολικό της Ι.Μ. Παναγίας Παλιανής στο Βενεράτο (προσωπικό αρχείο).

47. Ι.Ν. Κοιμήσεως της Θεοτόκου («Παλαιά Επισκοπή»), Τεγέα

Ο ναός βρίσκεται στην Τεγέα, σε μικρή απόσταση από την Τρίπολη, και είναι κτισμένος στα ερείπια αρχαίου θεάτρου του 2ου αιώνα π.Χ. Κατασκευάστηκε στα μέσα του 10ου αιώνα (κατά τον Αναστάσιο Ορλάνδο) και αποτελούσε την έδρα της επισκοπής Τεγέας. Ανήκει στον «μεταβατικό τύπο» ναού που τοποθετείται μεταξύ της παλαιοχριστιανικής τρουλαίας βασιλικής και στον μεσοβυζαντινό σταυροειδή εγγεγραμμένο ναό. Πρόκειται για έναν πεντάτρουλο σταυροειδή εγγεγραμμένο ναός με έναν μεγάλο κεντρικό τρούλο (διαμέτρου 5,65μ) και τέσσερις μικρότερους σε κάθε γωνία των κεραιών του σταυρού πάνω σε κυλινδρικά τύμπανα. Ο ναός υπέστη βλάβες από πολέμους και σεισμούς με αποτέλεσμα να παραμείνει ερειπωμένος μέχρι τον 19ο αιώνα. Αναστηλώθηκε από τον Ernst Ziller την περίοδο 1884-1888 με αποτέλεσμα η μορφή των ανώτερων τμημάτων του (θολοδομία και ανώτερα τμήματα της τοιχοποιίας) να έχει αλλοιωθεί. Γενικά υπάρχει μια πληθώρα διαφορετικών υλικών και τρόπων δόμησης της τοιχοποιίας του ναού. Για παράδειγμα ο κεντρικός τρούλος έχει επικαλυφθεί τόσο με κεραμίδια βυζαντινού τύπου, όσο και με πλάκες, κεραμικά εφυαλωμένα κεραμίδια αλλά και φύλλα μολύβδου. Περί το 2005 πραγματοποιήθηκαν επεμβάσεις αποκατάστασης στο πλαίσιο των οποίων έγινε τοποθέτηση μεταλλικών ελκυστήρων.



Εικόνα 5.50: Ο Ι.Ν. Κοιμήσεως της Θεοτόκου («Παλαιά Επισκοπή») στην Τεγέα.

<http://www.arcadiaportal.gr/news/o-naos-koimiseos-tis-theotokoy-stin-episkopi-tegeas>

https://www.traveltripolis.gr/202/conducted_tour/monasteries_churches_el//ιερός-ναός-επισκοπής-τεγέας/

48. Καθεδρικός ναός της Αρχιεπισκοπής Κρήτης, (Ι.Ν. Αγίου Τίτου), Ηράκλειο

Ο ναός χρονολογείται από το 1869 και κατασκευάστηκε στη θέση παλιότερου χριστιανικού ναού τρίκλιτης βασιλικής ο οποίος είχε μετατραπεί σε μουσουλμανικό τέμενος (Βεζίρ Τζαμί) το οποίο καταστράφηκε από ισχυρό σεισμό το 1856. Ο ναός κατασκευάστηκε ως μουσουλμανικό τέμενος (Γενί Τζαμί) με σχέδια του αρχιτέκτονα Αθανασίου Μούση ο οποίος σχεδίασε και τον μητροπολιτικό ναό του Αγίου Μηνά. Ανήκει στον τύπο του τετρακλόνιου ναού με τρούλο. Αποδόθηκε το 1925 στη χριστιανική λατρεία (ο μιναρές κατεδαφίστηκε το 1920) και είναι αφιερωμένος στον Άγιο Τίτο. Αποτελεί από το 2013 καθεδρικό ναό της Αρχιεπισκοπής Κρήτης. Το διάστημα 1974-1988 πραγματοποιήθηκαν εργασίες αποκατάστασης. Ο ναός φέρει σύστημα μεταλλικών ελκυστήρων τετραγωνικής διατομής στο εσωτερικό του, πολλοί από τους οποίους εξυπηρετούν την ανάρτηση πολυελαίων και καλωδίων ηλεκτρικού ρεύματος.



Εικόνα 5.51: Ο Ι.Ν. Αγίου Τίτου στο Ηράκλειο (προσωπικό αρχείο).

http://www.kritipoliskaihorion.gr/2011/03/blog-post_8119.html

49. Καθολικό της Ι.Μ. Δολιανών, Πίνδος

Ο ναός είναι αφιερωμένος στην Ύψωση του Τιμίου Σταυρού και βρίσκεται στην κεντρική ανατολική Πίνδο, περίπου 82 χλμ. από τα Τρίκαλα. Χρονολογείται από τα τέλη του 18ου αιώνα και εγκαταλείφθηκε το 1924, ενώ επίσης καταστράφηκε από τους Γερμανούς το 1943. Εντυπωσιακή είναι η θολοδομία του ναού που έχει συνολικά 12 τρούλους και τρουλλίσκους (ο κεντρικός τρούλος είναι διώροφος) και στέγη από πλάκες σχιστόλιθου. Ο αρχιτεκτονικός τύπος του ναού είναι σύνθετος και δεν μπορεί να ενταχθεί σε κανέναν γνωστό αρχιτεκτονικό τύπο. Μοιάζει περισσότερο με θολωτή τρίκλιτη βασιλική με τρούλους και πολλαπλές πλάγιες αψίδες μοναστηριακού τύπου με στοιχεία όμως και σταυροειδούς ναού (Μυλωνάς, 1979). Στο πλαίσιο εργασιών αποκατάστασης του ναού που ολοκληρώθηκαν το 2008 έγινε τοποθέτηση ανοξείδωτων ελκυστήρων οι οποίοι συνδυάζονται με ξύλινους θλιπτήρες.

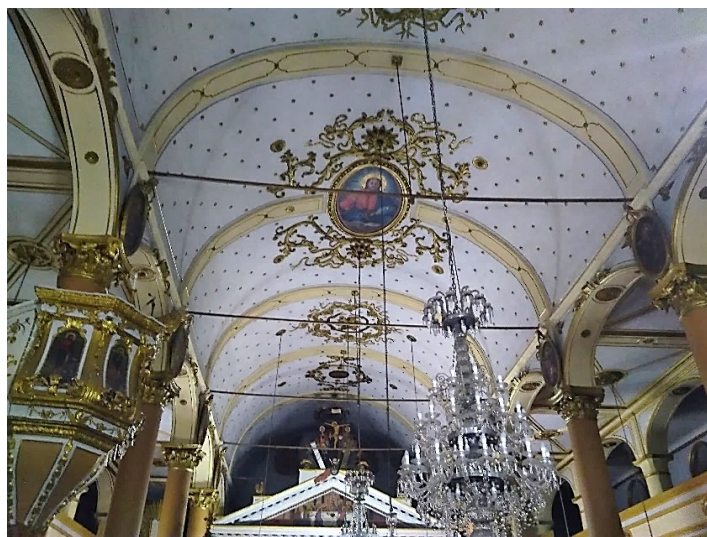


Εικόνα 5.52: Το Καθολικό της Ι.Μ. Δολιανών στη Πίνδο.

<https://www.meteorarocks.com/el/sights/holy-monastery-of-the-holy-cross-at-doliana/>

50. Ι.Ν. Αγίου Μηνά, Θεσσαλονίκη

Ο ναός βρίσκεται στο κέντρο της πόλης και είναι κτισμένος πάνω στα ερείπια παλαιότερου ιερού. Γνώρισε πολλές καταστροφές (ακόμα και βομβαρδισμό το 1687) και πυρκαγιές καθόλη την ιστορία του. Η αρχική φάση του ναού ανάγεται στα τέλη του 5ου αιώνα ή στις αρχές του 6ου. Ο ναός στη σημερινή του μορφή (η τελευταία ανοικοδόμηση του έγινε το 1852) ανήκει στον τύπο της τρίκλιτης ξυλόστεγης βασιλικής σχήματος T, με περιστύλιο και γυναικωνίτη σε 3 πλευρές και ενιαία δίρριχτη στέγη (Καμπούρη-Βαμβούκου, 1989). Φέρει μεταλλικούς ελκυστήρες στο εσωτερικό του αλλά και στην τοξοστοιχία του προστώου του οι οποίοι αγκυρώνονται στο εσωτερικό των πεσσών και των τοιχοποιιών. Οι ελκυστήρες που καταλήγουν στους κίονες έχουν καμφθεί.



Εικόνα 5.53: Ο Ι.Ν. Αγίου Μηνά στη Θεσσαλονίκη (αρχείο Ελ. Μπακατσέλου).

51. Καθολικό Ι.Μ. Μουνδών, Χίος

Η Ι.Μ. Μουνδών είναι αφιερωμένη στη μνήμη του Αγ. Ιωάννη του Πρόδρομου και βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της Χίου, σε μικρή απόσταση από το χωρίο Διευχά. Η χρονολόγηση του Καθολικού ανάγεται στα τελευταία χρόνια της περιόδου της Ενετοκρατίας στη Χίο (1346-1566) (Μονιούδη-Γαβαλά, 1979). Υπέστη πολλές ανακαινίσεις και μετασκευές σε όλη τη διάρκεια της ιστορίας της. Ειδικά το Καθολικό υπέστη μεγάλες ζημιές κατά την Επανάσταση και ανακαινίστηκε, όπως και μετά τον καταστροφικό σεισμό του 1881 οπότε και απέκτησε τη σημερινή του μορφή, ωστόσο οι προσθήκες και οι μετασκευές που έχουν γίνει έχουν αλλοιώσει την αρχική του μορφή. Το καθολικό ανήκει στον τύπο της δρομικής μονόκλιτης καμαροσκεπούς βασιλικής και εντυπωσιάζει με τις επιμήκεις αναλογίες του σε σχέση με το ύψος του. Η εξωτερική του τοιχοποιία είναι κατασκευασμένη με μια ατελέστερη μορφή του τυπικού πλινθοπερίκλειστου συστήματος με κεραμικά που παρεμβάλλονται στους φαρδείς αρμούς, ενώ στην ανατολική πλευρά πάνω από την κόγχη του ιερού βήματος η εξωτερική τοιχοποιία μετατρέπεται σε αργολιθοδομή. Ο ναός φέρει μεταλλικούς ελκυστήρες τοποθετημένους κατά το πλάτος του.



Εικόνα 5.54: Το καθολικό της Ι.Μ. Μουνδών στη Χίο.

http://chios-monuments.blogspot.com/2010/10/blog-post_8177.html

http://amonitis.blogspot.com/2014/09/blog-post_8.html

52. Ι.Ν. Εισοδίων της Θεοτόκου («Παναγία Κουμπελίνα»), Χουμεριάκο

Ο ναός βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του οικισμού Χουμεριάκο, Λασιθίου και χρονολογείται από τα τέλη του 12ου αιώνα, ενώ περί τα τέλη του 16ου αιώνα έγινε προσθήκη νάρθηκα στη δυτική του πλευρά. Επιπλέον, το 1886 κατασκευάστηκε κωδωνοστάσιο στη νότια πλευρά του νάρθηκα, όμως το 2000 καθαιρέθηκε και ανακατασκευάστηκε σε νέα βάση και διαστάσεις. Αρκετές επεμβάσεις έγιναν τον 20ο αιώνα. Αποτελεί έναν από τους ελάχιστα σωζόμενους ναούς στο Λασιθί που ανήκουν στον τύπο του σταυροειδούς εγγεγραμμένου με τρούλο. Στο εσωτερικό του ναού υπάρχει ένας ελαφρός κεκλιμένος κίονας ο οποίος στήριζε τον τρούλο (μαζί με τρεις πεσσούς), αλλά είχε καλυφθεί για πολλά χρόνια με σκυρόδεμα. Αποκαλύφθηκε πρόσφατα και βρίσκεται υπό μόνιμη υποστήλωση με στοιχεία από ανοξείδωτο χάλυβα. Ο ναός έχει δεχτεί επεμβάσεις τη δεκαετία του 1960, ενώ το 2008 ολοκληρώθηκαν μακροχρόνιες εργασίες αποκατάστασής του. Στο πλαίσιο των εργασιών έγινε εκτός από την υποστήλωση στη θέση του κίονα και τοποθέτηση συστήματα ελκυστήρων από ανοξείδωτο χάλυβα.



Εικόνα 5.55: Ι.Ν. Εισοδίων της Θεοτόκου στο Χουμεριάκο Λασιθίου.

https://www.e-storieskritis.gr/2018/11/blog-post_56.html

<http://new.ims.forth.gr/?q=el/node/2143>

53. Ι.Ν. Αγίου Δημητρίου, Άγιος Δημήτριος, Ρέθυμνο

Ο ναός βρίσκεται κέντρο του ομώνυμου οικισμού, σε απόσταση 10 χιλιομέτρων ΝΑ του Ρεθύμνου. Ανήκει στον τύπο του απλού τετρακίونيου σταυροειδούς εγγεγραμμένου ναού με τρούλο, με προεξέχουσα την εγκάρσια κεραία του²¹. Ο ναός χρονολογείται την περίοδο μεταξύ των μέσων του 11ου και των μέσων του 12ου αιώνα. Εργασίες αποκατάστασης έγιναν τη δεκαετία του 1970 με ανακατασκευή μεγάλου μέρους του τρούλου, ωστόσο ο ναός εξακολουθούσε να παρουσιάζει στατικά προβλήματα με σημαντικότερο την απόκλιση από την κατακόρυφο των δύο δυτικών κίωνων που παραλαμβάνουν τα φορτία του τρούλου αλλά και του κεντρικού τμήματος του ναού. Επίσης υπήρχε καθίζηση του ΒΔ τμήματος του ναού και απόκλιση του βόρειου τοίχου. Πρόσφατα με νέες επεμβάσεις που έγιναν και ήταν γενικά ήπιες, δεν διορθώθηκαν οι αποκλίσεις αλλά σταμάτησε η εξέλιξη τους. Μεταξύ των άλλων έγινε τοποθέτηση ελκυστήρων από ανοξείδωτο χάλυβα στη στάθμη γένεσης των τόξων²² οι οποίοι στη συνέχεια καλύφθηκαν με ξύλινα στοιχεία για να λειτουργούν και ως θλιπτήρες (Βασιλάκη & Πύρρου, 2015). Η αγκύρωση τους έγινε στην εξωτερική παρειά της τοιχοποιίας η οποία καλύφθηκε για να μην είναι ορατή (Πανηγυράκη, 2018). Επιπλέον, έγινε περισφιγή του τρούλου με λάμα από ανοξείδωτο χάλυβα σε δύο θέσεις, στη βάση της κυλινδρικής ανύψωσης και στην κορυφή της, αλλά και των τεσσάρων κίωνων του ναού στην κεφαλή τους.



Εικόνα 5.56: Ο Ι.Ν. Αγίου Δημητρίου στον Άγιο Δημήτριο Ρεθύμνου κατά την διάρκεια (κάτω δεξιά) και μετά την ολοκλήρωση των εργασιών αποκατάστασης. (Βασιλάκη & Πύρρου, 2015).

²¹ Ο αρχιτεκτονικός του τύπος, αλλά και τα επιμέρους μορφολογικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες με τον ναό της Ζωοδόχου Πηγής, γνωστό και ως «Άη Κυρ-Γιάννη», στον Αλικιανό Χανίων (Βασιλάκη & Πύρρου, 2015).

²² Υπήρχαν «φωλιές» που μαρτυρούν ενδεχόμενη παλαιότερη ύπαρξη ξύλινων ελκυστήρων/θλιπτήρων (Πανηγυράκη, 2018).

54. Ι.Ν. Αγίου Γεωργίου στον οικισμό Σμάρι, Ηράκλειο

Ο ναός χρονολογείται από το 1321 και βρίσκεται σε μικρή απόσταση από τον οικισμό Σμάρι, περίπου 23 χιλιόμετρα ΝΑ του Ηρακλείου. Έχει δεχθεί επεμβάσεις που αλλοίωσαν τη μορφή του, ενώ οι τοιχογραφίες του έχουν καλυφθεί στο μεγαλύτερο μέρος τους από επιχρίσματα. Δέχθηκε πρόσφατα επέμβαση με την κατασκευή περίδεσης στη στέψη των τοίχων του με αμφίβολη αποτελεσματικότητα.



Εικόνα 5.57: «Προσωρινή» περίδεση του Ι.Ν. Αγίου Γεωργίου στο Σμάρι, από το 2013.

<https://www.ics-kourakis.com/portfolio/prosorini-ypostilosi-ag-georgiou-smari/>

<http://www.discoverminoapediadas.gr/project/ξωκλήσι-του-σωτήρος-χριστού-στο-σμάρι/>

55. Ι.Ν. Αγίας Παρασκευής στον οικισμό Άγιος Μύρων Ηρακλείου

Ο ναός βρίσκεται στον οικισμό Άγιος Μύρωνας, σε απόσταση περίπου 18 χιλιομέτρων ΝΔ του Ηρακλείου. Στοιχεία για τη χρονολόγηση του δεν έχουν βρεθεί. Στο πλαίσιο εργασιών αποκατάστασης που ολοκληρώθηκαν πρόσφατα, έγινε τοποθέτηση συστήματος ανοξείδωτων ελκυστήρων με ευμεγέθεις πλάκες αγκύρωσης, στερεωμένες στη λιθοδομή με τσιμεντοκονίαμα. Ευτυχώς στη συνέχεια επιχρωματίστηκαν με συμβατή με την τοιχοποιία απόχρωση.



Εικόνα 5.58: Εγκατάσταση ελκυστήρων στον Ι.Ν. Αγίας Παρασκευής στον Αγ. Μύρωνα το 2007.

<http://houseservice.designgraphic.gr/el/articles/8311/ieros-naos-ag-paraskeyis-xwrio-ag-myrwna-hrakteio>

<http://agiosmyronas.weebly.com/iotaepsilonpsilonrhomicrosigma-nualphaomicronsigma-alphaagammaiotaalphasigma-pialpharhoalphasigmakappaepsilonpsilonupsilonetasigma.html>

56. Ενετικά τείχη Χανίων

Η προσωρινή αντιστήριξη στα ενετικά τείχη Χανίων (1538-1549) με μεταλλικές αντηρήδες διέσωσε τα τμήματα στα οποία ήταν συνδεδεμένες, όχι όμως και τα υπόλοιπα τα οποία κατέρρευσαν λόγω έντονων βροχοπτώσεων το 2019.



Εικόνα 5.59: Αποτελεσματική αντιστήριξη με τη χρήση μεταλλικών αντηρίδων στο ενετικό τείχος των Χανίων, το ενδιάμεσο τμήμα μεταξύ διαδοχικών αντηρίδων κατέρρευσε από έντονες βροχοπτώσεις το 2019 (αρχείο Κλ. Ασλανίδη)

Βασική ορολογία μεταλλικών ενισχύσεων

Ελληνικά	Αγγλικά
Ανοξείδωτος χάλυβας	Stainless steel
Αντηρίδα	Buttress
Αποκατάσταση	Restoration
Διάζωμα	Chainage/Ring beam
Ελκυστήρας	Tie-rod
Ενίσχυση	Strengthening
Ενίσχυση μετασεισμική	Retrofit
Ενίσχυση προσεισμική	Rehabilitation
Επέμβαση	Intervention
Επισκευή	Repair
Θλιπτήρας	Strut
Περίδεση	Hooping
Πλάκα αγκύρωσης	Anchor plate
Προένταση	Post-tensioning
Στερέωση	Consolidation
Σύνδεσμος μεταξύ λίθων ίδιας στρώσης (τόρμος)	Cramp
Σύνδεσμος μεταξύ λίθων διαφορετικών στρώσεων (γόμφος)	Dowel
Σφυρήλατος σίδηρος	Wrought iron
Τένοντας	Tendon
Χάλυβας	Steel
Χυτοσίδηρος	Cast iron

Βιβλιογραφία

- Australia ICOMOS Charter. (2013). *The Australia ICOMOS Charter for Places of Cultural Significance*. Australia ICOMOS.
- Beckmann, P., & Bowles, R. (2004). *Structural aspects of building conservation* (2nd ed.). Elsevier.
- Cacace, D., & De Matteis, G. (2018). Typological classification of vaulted structures in masonry churches. *WORLD HERITAGE and KNOWLEDGE, Representation, Restoration, Redesign and Resilience, Le Vie dei Mercanti, XVI International Forum*. Napoli, Capri.
- Chang, W.-S., & Araki, Y. (2016, 5). Use of shape-memory alloys in construction: a critical review. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Civil Engineering*, 169(2), 87-95.
- Chang, W.-S., & Araki, Y. (2016). Use of shape-memory alloys in construction: A critical review. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. 169, pp. 87-95. ICE Publishing.
- Como, M. (2017). *Statics of historic masonry constructions* (3rd ed.). Springer.
- Dillmann, P., & Bernardi, P. (2005). Stone skeleton or iron skeleton: The provision and use of metal in the construction of the Papal Palace at Avignon in the 14th century. In R. Bork, S. Montgomery, C. De Vegvar, S. Walton, & E. Shortell, *De re metallica. The uses of metal in the Middle Ages* (Vol. 4, pp. 297-315). Ashgate.
- Fabbrocino, G., Iervolino, I., & Manfredi, G. (2006). Damage mitigation by innovative materials for Temple C at Selinunte. *Construction and Building Materials*, 20, 1040–1048.
- Feilden, B. (2008). *Conservation of historic buildings* (3rd ed.). Elsevier.
- Frampton, K. (1995). *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of construction in nineteenth and twentieth century architecture*. (J. Cava, Ed.) MIT Press.
- Harries, K., & Sharma, B. (Eds.). (2016). *Nonconventional and vernacular construction materials. Characterisation, properties and applications*. Elsevier.
- ICOMOS. (1994). The Nara Document on Authenticity. *The Nara Document on Authenticity*. Nara, Japan: ICOMOS.
- ICOMOS. (1996). *The Declaration of San Antonio*. San Antonio, Texas, USA,: ICOMOS National Committees of the Americas.
- ICOMOS. (2003). *ICOMOS Charter- Principles for the Analysis, Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage*. Victoria Falls, Zimbabwe: ICOMOS.
- ICOMOS. (2019). Retrieved from ICOMOS: <https://www.icomos.org/en/charters-and-other-doctrinal-texts>
- Indirli, M., Castellano, M., Clemente, P., & Martelli, A. (2001). Demo-application of shape memory alloy devices: the rehabilitation of the S. Giorgio Church bell tower. *SPIE's 8th Annual International Symposium on Smart Structures and Materials*. Newport Beach, USA.
- Ingalkar, R. C. (2014). Rehabilitation of Buildings and Bridges by Using shape Memory Alloys. *International Journal of Civil Engineering Research*, 5(2), 163-168.
- Jokilehto, J. (1999). *A history of architectural conservation*. Elsevier.

- Lagomarsino, S., Penna, A., Galasco, A., & Cattari, S. (2013). TREMURI Program: An Equivalent Frame Model For The Nonlinear Seismic Analysis Of Masonry Buildings. *Engineering Structures*, 56, 1787-1799.
- Lancaster, L. (2005). *Concrete vaulted construction in imperial Rome*. New York: Cambridge university Press.
- L'Héritier, M., Dillmann, P., & Benoit, P. (2010). Iron in the building of gothic churches: its role, origins and production using evidence from Rouen and Troyes. *Historical metallurgy*, 21-35.
- Lucibello, G., Brandonisio, G., Mele, E., & De Luca, A. (2013). Seismic damage and performance of Palazzo Centi after L'Aquila earthquake: A paradigmatic case study of effectiveness of mechanical steel ties. *Engineering Failure Analysis*, 407-430.
- Malena, M., Portioli, F., Gagliardo, R., Tomaselli, G., Cascini, L., & de Felice, G. (2019). Collapse mechanism analysis of historic masonry structures subjected to lateral loads: A comparison between continuous and discrete models. *Computers and Structures*, 220, pp. 14-31.
- Miccoli, L., & Abruzzese, D. (2009). Permanent structural health monitoring via remote control. *HSI 2009*, (pp. 568-573). Catania, Italy.
- Miltiadou-Feranz, A., Vintzileou, E., Mouzakis, C., Dourakopoulos, J., Giannopoulos, P., & Delinikolas, N. (2018). Structural analysis of the Katholikon of Dafni monastery with alternative interventions improving its overall behaviour. *16th European Conference on Earthquake Engineering*. Thessaloniki.
- Miltiadou-Fezans, A., Dourakopoulos, J., Giannopoulos, P., Delinikolas, N., Vintzileou, E., & Mouzankis, C. (2016). Numerical analyses of the structural behaviour of the Katholikon of Daphni Monastery after grouting application. In K. Van Balen, & E. Verstrynghe (Eds.), *Structural Analysis of Historical Constructions – Anamnesis, diagnosis, therapy, controls* (pp. 1559-1566). London: Taylor & Francis Group.
- Pelà, L., Bourgeois, J., Roca, P., Cervera, M., & Chiumenti, M. (2016). Analysis of the Effect of Provisional Ties on the Construction and Current Deformation of Mallorca Cathedral. *International Journal of Architectural Heritage*, 10(4), 418-437.
- Petrou, M., & Charmpis, D. (2019). Iron ties originally anchored into masonry as a historical construction technology- Case study: Achurch in Cyprus. In R. Aguilar, D. Torrealva, S. Moreina, M. Pando, & L. Ramos (Eds.), *Structural Analysis of Historical Constructions: An Interdisciplinary Approach*. Springer.
- Petrucci, E., & Di Lorenzo, F. (2015). Metal tie-rods and anchor plates in old buildings: Structural elements with high aesthetic impact. *Metalli in architettura. Conoscenza, Conservazione, Innovazione* (pp. 293-303). Arcadia Recherche Srl.
- Podestà, S., & Scandolo, L. (2019). Earthquakes and Tie-Rods: Assessment, Design, and Ductility Issues. *International Journal of Architectural Heritage*.
- Riegl, A. (1903). *Der moderne Denkmalkultus. Sein Wesen und seine Entstehung*. Wien: W. Braumüller.
- Ruskin, J. (1849). *The seven lamps of Architecture*. London: Smith, Elder & Co.
- Sözen, Ş., & Çavuş, M. (2019). Assessment of the Seismic Performance of a Historical Building Reinforced. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 3113-3121.

- Spyrakos, K. (2018). Bridging performance based seismic design with restricted interventions on cultural heritage structures. *Engineering Structures*, 160, 34-43.
- Stavroulaki, M., Bartoli, G., Betti, M., & Stavroulakis, G. (2009). Strengthening of masonry using metal reinforcement: A parametric numerical investigation. In F. Mazzolani (Ed.), *Protection of Historical Buildings 2009* (pp. 1187-1192). Rome: Taylor & Francis Group.
- Taupin, J.-L. (1996). Le fer les cathédrales. *Monumental*, 13, 18-27.
- UNESCO, I. N. (2000). *Riga Charter on Authenticity and Historical Reconstruction in Relationship to Cultural Heritage*. Riga, Latvia: ICCROM/Latvian National Commission for UNESCO/State Inspection for Heritage Protection of Latvia.
- Ural, A., Firat, F., Tugrulleci, S., & Kara, M. (2016). Experimental and numerical study on effectiveness of various tie-rod. *Engineering Structures*, 209-221.
- Viollet-le-Duc, E. (1854). *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*. Paris.
- Wright, G. (2005). *Ancient building technology* (Vol. 2). Leiden/Boston: Brill.
- Ασλανίδης, Κ. (2013). Ο ναός της Μεταμορφώσεως του Σωτήρος Μεσοχωρίου στα Βατικά της Λακωνίας. Στο Χ. Μπούρας, & Σ. Μαμαλούκος, *Εκκλησίες στην Ελλάδα μετά την Άλωση* (Τόμ. 7, σσ. 13-22). Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Μυγδονία.
- Ασλανίδης, Κ. (2014). Βυζαντινή ναοδομία στη Νάξο. Η μετεξέλιξη από την παλαιοχριστιανική στη μεσοβυζαντινή αρχιτεκτονική. *Διδακτορική διατριβή Αρχιτεκτονικής Σχολής Πανεπιστημίου Πατρών*.
- Ασλανίδης, Κ. (2019). Θεωρητικά, τεχνικά και αισθητικά ζητήματα του έργου αποκατάστασης του Καθεδρικού Ναού των Αθηνών. *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Αναστηλώσεων*. Αθήνα: ΕΤΕΠΑΜ.
- Βασιλάκη, Μ., & Πύρρου, Ν. (2015). Ανασκαφική έρευνα και εργασίες αποκατάστασης στον ναό του Αγίου Δημητρίου στον Άγιο Δημήτριο Ρεθύμνου. Στο Π. Καρανασάση, Α. Τσιγκουνάκη, & Χ. Τσιγώνη (Επιμ.), *Αρχαιολογικό έργο Κρήτης: Πρακτικά 3ης συνάντησης 5-8 Δεκεμβρίου 2013. Β' : Χανιά-Ρέθυμνο-Λασιθί*, σσ. 353-364. Ρέθυμνο: Εκδόσεις Φιλοσοφικής Σχολής Πανεπιστημίου Κρήτης/Εφορεία Αρχαιοτήτων Ρεθύμνου.
- Βογιατζής, Σ. (1995). Παρατηρήσεις στην οικοδομική ιστορία της μονής Σαγματά στη Βοιωτία. *Δελτίον της Χριστιανικής Αρχαιολογικής Εταιρείας*, 18, 49-70.
- Βουρνού, Ε. (1998). Ο ναός των Αγίων Σαράντα στα Θυμανά και η Χιακή βασιλική της τουρκοκρατίας. Στο *Εκκλησίες στην Ελλάδα μετά την Άλωση* (Τόμ. 5, σσ. 53-70). Αθήνα: Πανεπιστημιακές εκδόσεις ΕΜΠ.
- Βουρνού, Ε. (2002). Ο ναός του Αγίου Ιωάννου στα Σκλαβιά της Χίου. Στο *Εκκλησίες στην Ελλάδα μετά την Άλωση* (Τόμ. 6, σσ. 43-56). Αθήνα: ΕΜΠ.
- Γαλανού, Κ. (2013-2014). Η αρχιτεκτονική φυσιогνωμία του Μυστρά. *Πτυχιακή εργασία*. Πειραιάς: ΑΤΕΙ Πειραιά/ Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΤΕ.
- Δούση, Μ. (2015). *Η αρχιτεκτονική και τα δομικά συστήματα των ιστορικών δομικών κατασκευών. 18ος-20ος αιώνας*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

- Δρίβα-Δεληνικόλα, Έ. (2014, 10 10). Ο ρόλος του αρχιτέκτονα στον σχεδιασμό των ενισχύσεων με ελκυστήρες. *Πρακτικά ημερίδας "Εμφανείς και αφανείς ενισχύσεις μνημείων"*. Θεσσαλονίκη: ΕΤΕΠΑΜ.
- Ιγνατάκης, Χ. (2014, 10 10). Εμφανείς και αφανείς ενισχύσεις βυζαντινών και οθωμανικών μνημείων. Προβληματισμοί και αποφάσεις. *Πρακτικά ημερίδας "Εμφανείς και αφανείς ενισχύσεις μνημείων"*. Θεσσαλονίκη: ΕΤΕΠΑΜ.
- Καλαμαρά, Π. (2012, 11 21). Απόφαση. *Διενέργεια Πρόχειρου Μειοδοτικού Διαγωνισμού... για τις ανάγκες του έργου «Αποκατάσταση Μεσαιωνικού Πύργου στα Πολιτικά Ευβοίας»*. Χαλκίδα: 23η Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων/Γενική Γραμματεία Πολιτισμού/ ΥΠ.Π.Θ.Π.Α.
- Καμπούρη-Βαμβούκου, Μ. (1989). Ο ναός του αγίου Μηνά στη Θεσσαλονίκη. Νέος τύπος εκκλησιαστικής αρχιτεκτονικής. Στο *Εκκλησίες στην Ελλάδα μετά την Άλωση* (Τόμ. 3, σσ. 13-32). Αθήνα: ΕΜΠ.
- Καραδέδος, Γ. (2009). *Ιστορία και θεωρία της αποκατάστασης*. Θεσσαλονίκη: Μέθεξις.
- Καραντώνη, Φ. (2012). *Κατασκευές απο τοιχοποιία. Σχεδιασμός και επισκευές*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Κουμάντος, Α. (2018). Τα Φίλια και οι απανταχού Φιλιώτες. (Τεύχος 78). Αθήνα: Αδελφότητα Φιλιωτών Καλαβρύτων "Ο Άγιος Βλάσσιος".
- Κουφόπουλος, Π. (2014, 10 10). Η εφαρμογή χαλύβδινων ελκυστήρων σε τοιχοποιίες. Ζητήματα σχεδιασμού και εκτέλεσης. *Πρακτικά ημερίδας "Εμφανείς και αφανείς ενισχύσεις μνημείων"*. Θεσσαλονίκη: ΕΤΕΠΑΜ.
- Λαμπρινού, Λ. (2019). Νικόλαος Μπαλάνος, ο πρώτος μοντερνιστής αναστηλωτής. *5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναστηλώσεων, Πρακτικά*. Αθήνα: ΕΤΕΠΑΜ.
- Λούβη-Κίζη, Α. (2008). Η Παντάνασσα της Γερουμάνας. Ενα μνημείο των Ιωαννιτών Ιπποτών. *Βυζαντινά Συμμεικτα*, 357-378.
- Μαλλούχου-Tufano, Φ. (1998). *Η αναστήλωση των αρχαίων μνημείων στη νεότερη Ελλάδα (1834-1939), Το έργο της Εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρείας και της Αρχαιολογικής Υπηρεσίας*. Αθήνα: Εκδόσεις Καπόν.
- Μαλλούχου-Tufano, Φ. (2011). Στο κατώφλι του 21ου αιώνα: Εξέλιξη ιδεών, νέες τάσεις και προσεγγίσεις στην προστασία και την ανάδειξη των μνημείων. Στο Α. Δεληβορριάς, Γ. Δεσπίνης, & Α. Ζαρκάδας, *Μουσείο Μπενάκη-7ο Παράρτημα* (σσ. 249-258). Αθήνα: Μουσείο Μπενάκη.
- Μαλλούχου-Tufano, Φ. (2015). *Προστασία και διαχείριση μνημείων. Ιστορικές και θεωρητικές προσεγγίσεις*. ΣΕΑΒ.
- Μανούσου-Ντέλλα, Κ., & Ντέλλας, Γ. (2017). Μεσαιωνική πόλη Ρόδου. Έργα αποκατάστασης 2011-2016. (Ε. Ε. Ρόδου, Επιμ.) Ρόδος: Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού.
- Μηλίτση-Κεχαγιά, Ε., & Κάππας, Μ. (2018, Αύγουστος). Ναός Άι Στράτηγου παρά την Καστάνια. *Θέματα Αρχαιολογίας*, σσ. 326-334.
- Μονιούδη-Γαβαλά, Θ. (1979). Το καθολικό της Μονής Μουνδών στη Χίο. Στο *Εκκλησίες στην Ελλάδα μετά την Άλωση* (Τόμ. 1, σσ. 177-184). Αθήνα: ΕΜΠ.

- Μπαλάνος, Ν. (1940). *Η Αναστήλωση των μνημείων της Ακροπόλεως εν Αθήναις*. Αθήνα: Εργαστήριο γραφικών τεχνών, “Στεφ. Ν. Ταρουσόπουλος”.
- Μπαμπινιώτης, Γ. (2002). *Λεξικό της νέας ελληνικής γλώσσας* (2 εκδ.). Αθήνα: Κέντρο Λεξικολογίας Ε.Π.Ε.
- Μπίρταχας, Π. (2014). Κριτική θεώρηση της σύγχρονης μεθοδολογίας των επεμβάσεων αποκατάστασης στα αρχιτεκτονικά μνημεία της αρχαίας, βυζαντινής και μεταβυζαντινής περιόδου: θεωρητικό υπόβαθρο, κριτική παρουσίαση και επαλήθευση. *Διδακτορική διατριβή Αρχιτεκτονικής Σχολής ΔΠΘ*.
- Μπούρας, Χ. (1974). Ο Άγιος Ιωάννης ο Ελεήμων Λιγουριού Αργολίδος. *Δελτίον της Χριστιανικής Αρχαιολογικής Εταιρείας*, 7 (1973-1974). Αθήνα.
- Μπούρας, Χ. (2006). *Οι βασικές αρχές προστασίας της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς και η διαχρονική εξέλιξη τους στην Ελλάδα*. Εισήγηση στη Διημερίδα της Ελληνικής Εταιρείας Περιβάλλοντος και Πολιτισμού, Χίος.
- Μυλωνάς, Π. (1979). Η Μονή Δολιανών ή Κρανιάς στην Πίνδο. Στο *Εκκλησίες στην Ελλάδα μετά την Αλωση* (Τόμ. 1, σσ. 93-110). Αθήνα: ΕΜΠ.
- Ορλάνδος, Α. Κ. (1994). *Τα υλικά δομής των αρχαίων Ελλήνων και τρόποι εφαρμογής αυτών κατά τους συγγραφείς, τας επιγραφάς και τα μνημεία* (2η εκδ.). Αθήνα: Η εν Αθήναις Αρχαιολογική Εταιρεία.
- Πανηγυράκη, Χ. (2018). Ιστορική εξέλιξη και μέθοδοι επεμβάσεων σε θολωτές και τοξωτές κατασκευές στους ναούς της Κρήτης. *Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Πολυτεχνείου Κρήτης*.
- Πάντου, Ε., & Ανδρουλιδάκη, Α. (2014). Στερέωση και αποκατάσταση του Αγίου Νικολάου στην Οχιά Μέσα Μάνης Νομού Λακωνίας. (5. Ε. Αρχαιοτήτων, Επιμ.) Σπάρτη: Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού.
- Παπασταματίου, Κ. (2009). *Υλικά και τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν σε εκτεταμένες επεμβάσεις συντήρησης λίθινων μνημείων κατά τον 19ο και στις αρχές του 20ου αιώνα*. Αθήνα.
- Ράπτης, Κ. (2016). Αχειροποίητος Θεσσαλονίκης. Αρχιτεκτονική και γλυπτός διάκοσμος. *Διδακτορική διατριβή τμήματος Ιστορίας και Αρχαιολογίας ΑΠΘ*. Θεσσαλονίκη: ΑΠΘ.
- Ρεβυθιάδου, Φ., & Ράπτης, Κ. (2014). *Αποκατάσταση – Στερέωση του βυζαντινού λουτρού στη Θεσσαλονίκη*. (Υπουργείο Αθλητισμού και Πολιτισμού, Επιμ.) Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.
- Ρεβυθιάδου, Φ., & Ράπτης, Κ. (2019). Η αποκατάσταση του Βυζαντινού Λουτρού της Θεσσαλονίκης. *5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναστηλώσεων*. Αθήνα: ΕΤΕΠΑΜ.
- Σπυράκος, Κ. (2004). *Ενίσχυση κατασκευών για σεισμικά φορτία*. Αθήνα: ΤΕΕ.
- Σπυράκος, Κ. (2019). *Κατασκευές απο τοιχοποιία. Αποτίμηση και επεμβάσεις για σεισμικά φορτία* (Α' εκδ.). Αθήνα: Εργονόμος.
- Στυλιανίδης, Κ., & Ιγνατάκης, Χ. (2011). *Κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες 6 & 8*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Αιβάζη.
- Τάσιος, Θ. (2006). *Αξιολογικά προβλήματα κατά τη δομητική αποκατάσταση των μνημείων*. Αθήνα: Εκδόσεις Λύχνος.

- Τάσιος, Θ., Δρίτσος, Σ., Βιντζηλαίου, Ε., Ιγνατάκης, Χ., Καραντώνη, Τ., Κωστίκας, Χ., . . . Χρονόπουλος, Μ. (2019). Κανονισμός για αποτίμηση και δομητικές επεμβάσεις τοιχοποιίας (Σχέδιο 1). ΟΑΣΠ.
- Τάσιος, Θ., Κάππος, Α., Μιλτιάδου, Ν., Παπαντωνόπουλος, Κ., Πέλλη, Ε., Στυλιανίδης, Κ., & Χαρκιολάκης, Ν. (2019, 13 10). *Ερευνητικά Προγράμματα*. Ανάκτηση από Ευρωπαϊκό Κέντρο Πρόληψης και Πρόγνωσης Σεισμών: <https://ecrpf.eoasp.gr/el/node/90>
- Τσιτιμάκη, Μ. (2006). Παραδοσιακή Ναοδομία στη Λέσβο (18ος και 19ος αι.). *Διδακτορική διατριβή Αρχιτεκτονικής Σχολής ΕΜΠ*. ΕΜΠ.
- Φινέ, Μ. (1979). Η εκκλησία της Υπαπαντής στην Ύδρα. Στο *Εκκλησίες στην Ελλάδα μετά την Αλωση* (Τόμ. 1, σσ. 225-236). Αθήνα: ΕΜΠ.
- Χλέπα, Ε.-Α. (2011). *Τα βυζαντινά μνημεία στη νεότερη Ελλάδα. Ιδεολογία και πρακτική των αποκαταστάσεων. 1833-1939*. Αθήνα: Εκδόσεις Καπόν.

Διαδικτυακές πηγές

- <https://architecturefarm.wordpress.com/2014/05/20/beauvais/>
- <http://www.europeanheritageawards.eu/winners/byzantine-church-st-peter-kastania/>
- https://el.wikipedia.org/wiki/Φυσική_επιλογή
- https://en.wikipedia.org/wiki/Galerie_des_machines
- <https://archello.com/project/renovation-of-bibliotheque-nationale-de-france>
- <http://www.eva-varouta-florou.gr/?p=241>
- <http://www.taxiarhismantamadou.gr/>
- http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=1708
- http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=1664
- http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=15942
- http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=1704
- http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=9382
- http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=1708
- <https://www.portlandbolt.com/products/others/clevises/>
- <http://www.byzantineathens.com/muomicronnueta-alphasigmatauepsilonrhoiotaomicronupsilon.html>