



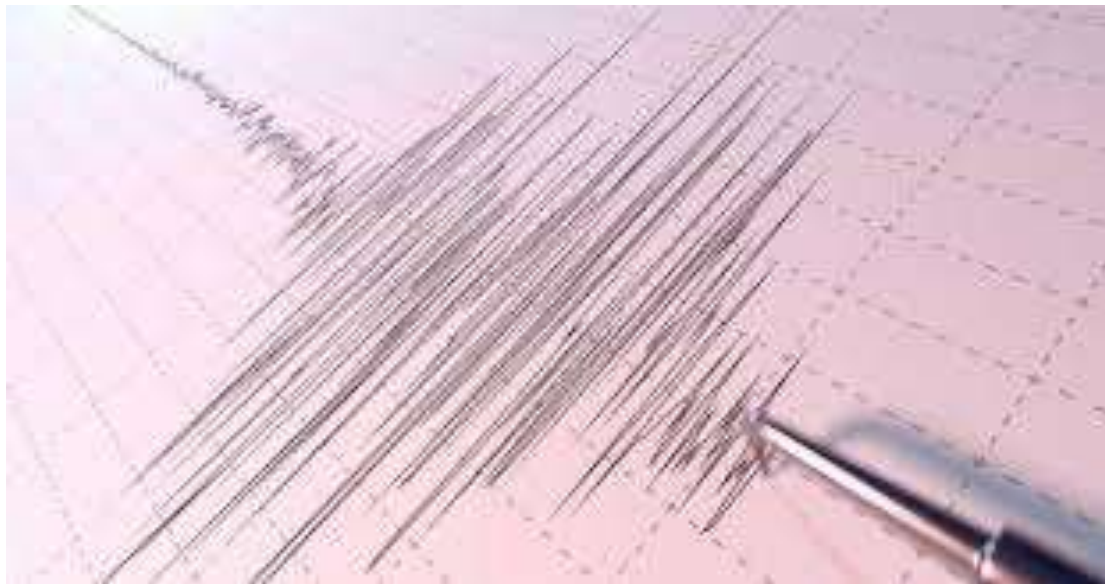
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής  
Σχολή Μηχανικών  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών  
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
«Αρχιτεκτονική και Δομοστατική Αποκατάσταση  
Ιστορικών Κτιρίων και Συνόλων (Α.Δ.Ο.Α.Π.)»



## ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ:** Αξιολόγηση Πρωτοβάθμιων Μεθόδων Αποτίμησης Σεισμικής Τρωτότητας Κτιρίων με Βάση τη Σεισμική Απόκριση Ιστορικών και Διατηρητέων Κτιρίων κατά τον Σεισμό των Τρικάλων στις 31/08/2018

**SUBJECT:** Evaluation of the First-Level Seismic Assessment Procedures Based on the Seismic Response of Historic and Listed Buildings During the 31/08/2018 Trikala Earthquake



**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ:** ΒΟΡΔΟΝΑΡΑΚΗΣ ΜΗΝΑΣ

**ΑΡΙΘΜΟΣΜΗΤΡΩΟΥ:** 1

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:** ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ ΠΑΡΔΑΛΟΠΟΥΛΟΣ

**ΤΡΙΚΑΛΑ 2020**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για να ολοκληρωθεί με επιτυχία η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία συνέβαλαν συγκεκριμένοι άνθρωποι τους οποίους και θέλω να ευχαριστήσω από καρδιάς μέσα από τη συγκεκριμένη ενότητα.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον κ. Στυλιανό Παρδαλόπουλο, Δρ. Πολιτικό Μηχανικό και επιβλέποντα καθηγητή παρούσας διπλωματικής εργασίας, για τις πολύτιμες γνώσεις, την καθοδήγηση, την υποστήριξη και την συμπαράσταση που μου παρείχε σε όλη την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Μπαλάφα Αναστασία, πτυχιούχος Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε. (ΤΡΙΚΑΛΑ), για την βοήθεια που μου παρείχε στον να καταγράψω με ακρίβεια όλες τις φθορές και τα στοιχεία των κτιρίων στο Νομό Τρικάλων και Καρδίτσας μετά τον σεισμό στις 31/08/2018.

Τέλος, δεν θα μπορούσα να παραλείψω από τις ευχαριστίες την τοπική κοινότητα του χωριού Βλάσι, του Δήμου Αργιθέας, στον Νομό Καρδίτσας για την σημαντική συνεισφορά στην εύρεση των κατάλληλων πληροφοριών για την επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος αυτής της εργασίας είναι η επεξεργασία και αξιολόγηση των στοιχείων από την οποία προκύπτει ικανοποιητική συσχέτιση μεταξύ της Δομικής βαθμολογίας και της πιθανότητας κατάρρευσης ενός κτιρίου.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα από την εφαρμογή της διαδικασίας μετασεισμικού ελέγχου. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζεται η οργάνωση και η εκτέλεση του οπτικού ελέγχου, η Δομική βαθμολογία σύμφωνα με τις μεθόδους αποτίμησης ως συνάρτηση διαφόρων παραμέτρων, καθώς και η σύγκριση των μεθόδων.

## SUMMARY

The aim of this work is the processing and evaluation of the data from which a satisfactory correlation exists between the Structural Score and the probability of collapse of a building.

This paper presents the results and conclusions from the implementation of the pre-seismic control process. More specifically, the organization and execution of the visual inspection, the structural evaluation according to the valuation methods as a function of various parameters, as well as the comparison of the methods.

## Πίνακας περιεχομένων

Ευρετήριο εικόνων.....	6
Ευρετήριο γραφημάτων.....	7
Ευρετήριο πινάκων.....	8
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	9
1.1 Γενικά.....	9
1.2 Περιγραφή του προβλήματος - Σκοπιμότητα.....	9
Κεφάλαιο 2: Αντισεισμικός σχεδιασμός.....	10
2.1 Αντισεισμική δόμηση των κτιρίων.....	10
2.2 Η εξέλιξη των αντισεισμικών κανονισμών.....	11
2.3 Πρωτοβάθμιος και Δευτεροβάθμιος έλεγχος.....	13
2.3.1 Ορισμοί και Διαφοροποίηση.....	13
2.3.2 Πρωτοβάθμιος έλεγχος.....	14
2.3.3 Δευτεροβάθμιος έλεγχος.....	17
2.3.4 Προτάσεις και Συμπεράσματα.....	19
2.4 Μετασεισμικός έλεγχος.....	20
2.4.1 Εισαγωγή.....	20
2.4.2 Σκοπιμότητα.....	21
Κεφάλαιο 3 Περιγραφή των μεθόδων.....	22
3.1 Εισαγωγή.....	22
3.2 Μέθοδοι αποτιμήσεις κτιρίων.....	24
3.2.1 Μέθοδος Αμερικάνικης FEMA.....	24
3.2.2 Η Ελληνική μέθοδος του ΥΠΕΧΩΔΕ – ΟΑΣΠ 2000.....	26
3.2.3 Μέθοδος Νέα Ζηλανδία.....	33
Κεφάλαιο 4 Ο Σεισμός.....	38
4.1 Σεισμοί και Ελλαδικός χώρος.....	38
4.2 Σεισμός 5,2R σε Τρίκαλα-Καρδίτσα.....	40
4.3 Ζημιές και κατολίσθηση από τον ισχυρό σεισμό.....	42
Κεφάλαιο 5 Παρουσίαση εξεταζόμενων κτιρίων.....	43
5.1 Ναοί του νομού Καρδίτσας.....	44
5.3 Ναοί του νομού Τρικάλων.....	79
Κεφάλαιο 6.....	94
Επεξεργασία αποτελεσμάτων των τριών εντύπων.....	94
6.1 Ναοί στο νομό Τρικάλων.....	95
6.2 Κτίρια στο νομό Τρικάλων.....	96
6.3 Ναοί στο νομό Καρδίτσας.....	97
6.4 Κτίρια στο νομό Καρδίτσας.....	98
Κεφάλαιο 7.....	100

Αξιολόγηση αποτελεσμάτων σεισμικής επάρκειας κτιρίων των μεθόδων πρωτοβάθμιου ελέγχου.....	100
7.1 Ναοί στο νομό Τρικάλων.....	101
7.2 Κτίρια στο νομό Τρικάλων.....	103
7.3 Ναοί στον νομό Καρδίτσας .....	106
7.4 Κτίρια στο νομό Καρδίτσας.....	110
7.5 Μέσος όρος των τριών εντύπων βάση αποτελεσμάτων για όλα τα κτίρια. ....	116
7.5.1 Ναοί στο νομό Τρικάλων.....	116
7.5.2 Κτίρια στα Τρίκαλα.....	117
7.5.3 Ναοί στην Καρδίτσα.....	117
7.5.4 Κτίρια στην Καρδίτσα .....	118
7.6 Συμπεράσματα βάση ποσοστού ανάλογα με τα αποτελέσματα των τριών εντύπων για το κάθε κτήριο. ....	119
Κεφάλαιο 8.....	120
Σύγκριση αποτελεσμάτων σεισμικής επάρκειας των κτιρίων βάση πρωτοβάθμιων προσεισμικών ελέγχων.....	120
Βιβλιογραφία.....	121

## Ευρετήριο εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΜΗ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ .....	26
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ .....	38
ΕΙΚΟΝΑ 3: ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ .....	39
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟ ΤΟΞΟ .....	40
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΟΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ ΣΤΟ ΑΙΓΑΙΟ .....	40
ΕΙΚΟΝΑ 6: ΕΠΙΚΕΝΤΡΟ ΣΕΙΣΜΟΥ .....	41
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ ΤΟΥ ΝΑΟΥ .....	45
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΟΝ ΤΟΙΧΟ ΠΟΥ ΧΩΡΙΖΕΙ ΤΟ ΝΑΡΘΗΚΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΥΡΙΩΣ ΝΑΟ ..	46
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΦΘΟΡΕΣ ΣΤΟΝ ΝΑΡΘΗΚΑ ΤΟΥ ΝΑΟΥ .....	46
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΟ ΤΟΙΧΟ ΠΟΥ ΧΩΡΙΖΕΙ ΤΟΝ ΝΑΡΘΗΚΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΥΡΙΩΣ ΝΑΟ .....	47
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΟΝ ΔΥΤΙΚΟ ΤΟΙΧΟ ΤΟΥ ΝΑΟΥ .....	48
ΕΙΚΟΝΑ 12: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΙΣ ΓΩΝΙΕΣ ΤΟΥ ΝΑΟΥ .....	48
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΞΥΛΟΔΕΣΙΑΣ ΣΤΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΝΑΟΥ .....	49
ΕΙΚΟΝΑ 14: ΤΟ ΜΟΝΑΣΤΗΡΙ ΓΕΝΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΘΕΟΤΟΚΟΥ ΣΤΟ ΑΝΘΗΡΟ .....	50
ΕΙΚΟΝΑ 15: ΧΑΡΑΚΙΕΣ ΣΕ ΤΟΙΧΟΓΡΑΦΙΕΣ ΣΤΟΝ ΝΑΡΘΗΚΑ .....	51
ΕΙΚΟΝΑ 16: ΧΑΡΑΚΙΕΣ ΣΕ ΤΟΙΧΟΓΡΑΦΙΕΣ ΣΤΟΝ ΠΡΟΝΑΟ .....	51
ΕΙΚΟΝΑ 17: ΧΑΡΑΚΙΕΣ ΣΕ ΤΟΙΧΟΓΡΑΦΙΕΣ ΣΤΟΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΟΙΧΟ .....	52
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΧΑΡΑΚΙΕΣ ΣΕ ΤΟΙΧΟΓΡΑΦΙΕΣ ΣΤΟΝ ΠΡΟΝΑΟ .....	52
ΕΙΚΟΝΑ 19: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΟΝ ΒΟΡΕΙΟ ΤΟΙΧΟ ΤΟΥ ΝΑΟΥ .....	53
ΕΙΚΟΝΑ 20: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΟΝ ΚΥΡΙΩΣ ΝΑΟ .....	53
ΕΙΚΟΝΑ 21: Ο ΝΑΟΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ. ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΗ ΑΠΟΨΗ .....	54
ΕΙΚΟΝΑ 22: ΡΩΓΜΗ ΣΤΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΟΙΧΟ .....	55
ΕΙΚΟΝΑ 23: ΝΑΟΣ ΑΓΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ, ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΗ ΑΠΟΨΗ .....	56
ΕΙΚΟΝΑ 24: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΟΝ ΝΟΤΙΟ ΤΟΙΧΟ .....	57
ΕΙΚΟΝΑ 25: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΟΝ ΝΟΤΙΟ ΤΟΙΧΟ .....	57
ΕΙΚΟΝΑ 26: ΡΩΓΜΗ ΣΤΟ ΑΝΩΦΛΙ ΤΟΥ ΝΟΤΙΟΥ ΤΟΙΧΟΥ .....	58
ΕΙΚΟΝΑ 27: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΙΣ ΓΩΝΙΕΣ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ .....	59
ΕΙΚΟΝΑ 28: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΟΝ ΚΥΡΙΩΣ ΝΑΟ .....	60
ΕΙΚΟΝΑ 29: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΙΣ ΓΩΝΙΕΣ ΤΟΥ ΝΑΟΥ .....	61
ΕΙΚΟΝΑ 30: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΙΣ ΓΩΝΙΕΣ ΤΟΥ ΝΑΟΥ .....	62
ΕΙΚΟΝΑ 31: Ο ΝΑΟΣ ΑΓΙΟΥ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ .....	63
ΕΙΚΟΝΑ 32: ΚΛΙΜΑΚΑ ΑΝΟΔΟΥ ΣΤΟΝ ΓΥΝΑΙΚΩΝΙΤΗ .....	64
ΕΙΚΟΝΑ 33: Η ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ ΤΟΥ ΝΑΟΥ .....	65
ΕΙΚΟΝΑ 34: Ο ΝΑΟΣ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ. ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ ΑΠΟΨΗ ΤΟΥ ΝΑΟΥ ..	65
ΕΙΚΟΝΑ 35: ΟΙΚΙΑ ΣΤΟ ΚΑΤΟΥΣΙ .....	66
ΕΙΚΟΝΑ 36: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΟΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ .....	67
ΕΙΚΟΝΑ 37: Η ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ .....	68
ΕΙΚΟΝΑ 38: ΑΣΤΟΧΙΑ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ, ΟΙΚΙΑ ΑΝΩΝΥΜΗ .....	68
ΕΙΚΟΝΑ 39: Η ΠΡΟΣΟΨΗ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΜΠΑΛΑΝΕΩΝ .....	69
ΕΙΚΟΝΑ 40: ΦΘΟΡΕΣ ΣΤΗΝ ΣΤΕΓΗ, ΟΙΚΙΑ ΜΠΑΛΑΝΕΩΝ .....	70
ΕΙΚΟΝΑ 41: Η ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΑΠΟΨΗ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ .....	70
ΕΙΚΟΝΑ 42: Η ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΑΠΟΨΗ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ .....	71
ΕΙΚΟΝΑ 43: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ .....	71
ΕΙΚΟΝΑ 44: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ, ΟΙΚΙΑ ΜΑΚΡΗ .....	72
ΕΙΚΟΝΑ 45: ΠΡΟΣΟΨΗ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΜΑΜΑΛΗ ΚΑΙ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ .....	73
ΕΙΚΟΝΑ 46: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΗΝ ΓΩΝΙΑ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ .....	74
ΕΙΚΟΝΑ 47: ΡΩΓΜΕΣ ΚΑΙ ΑΣΤΟΧΙΑ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΣΤΟΝ ΠΛΑΓΙΟ ΤΟΙΧΟ .....	75
ΕΙΚΟΝΑ 48: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ .....	75
ΕΙΚΟΝΑ 49: Η ΟΙΚΙΑ ΝΑΚΟΠΟΥΛΟΥ .....	76
ΕΙΚΟΝΑ 50: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ .....	77
ΕΙΚΟΝΑ 51: ΡΩΓΜΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΟΛΛΗΣΗ ΤΗΣ ΣΚΑΛΑΣ .....	77
ΕΙΚΟΝΑ 52: ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΟΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ .....	78
ΕΙΚΟΝΑ 53: Ο ΝΑΟΣ ΑΓΙΑΣ ΕΠΙΣΚΕΨΗΣ ΣΤΟ ΒΑΡΟΥΣΙ .....	79

ΕΙΚΟΝΑ 54: Ο ΝΑΟΣ ΑΓΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ .....	80
ΕΙΚΟΝΑ 55: ΤΟ ΚΟΥΡΣΟΥΜ ΤΖΑΜΙ ΣΤΑ ΤΡΙΚΑΛΑ. Η ΠΡΟΣΟΨΗ .....	81
ΕΙΚΟΝΑ 56: Η ΠΡΟΣΟΨΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΔΩΡΟΘΕΑ ΣΧΟΛΗ ΤΡΙΚΑΛΩΝ .....	82
ΕΙΚΟΝΑ 57: Η ΠΙΣΩ ΟΨΗ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ .....	83
ΕΙΚΟΝΑ 58: Η ΠΛΑΓΙΑ ΟΨΗ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ.....	83
ΕΙΚΟΝΑ 59: Η ΠΡΟΣΟΨΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	84
ΕΙΚΟΝΑ 60: ΖΗΜΙΕΣ ΣΤΟΝ ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	85
ΕΙΚΟΝΑ 61: Η ΞΥΛΙΝΗ ΣΤΕΓΗ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ .....	86
ΕΙΚΟΝΑ 62: Η ΞΥΛΙΝΗ ΣΤΕΓΗ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ .....	86
ΕΙΚΟΝΑ 63: ΖΗΜΙΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΤΡΑ .....	87
ΕΙΚΟΝΑ 64: Η ΠΡΟΣΟΨΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΕΠΙ ΤΗΣ ΑΝΘΙΜΟΥ ΓΑΖΗ .....	88
ΕΙΚΟΝΑ 65: ΤΟ ΚΟΝΑΚΙ ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ .....	89
ΕΙΚΟΝΑ 66: Η ΠΡΟΣΟΨΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	90
ΕΙΚΟΝΑ 67: Η ΠΙΣΩ ΟΨΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	90
ΕΙΚΟΝΑ 68: ΟΙ ΦΘΟΡΕΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	91
ΕΙΚΟΝΑ 69: ΟΙ ΦΘΟΡΕΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	92
ΕΙΚΟΝΑ 70: ΟΙ ΦΘΟΡΕΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	93
ΕΙΚΟΝΑ 71: ΟΙ ΦΘΟΡΕΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	93

## **Ευρετήριο γραφημάτων**

ΓΡΑΦΗΜΑ 1: ΝΑΟΣ ΑΓΙΑΣ ΕΠΙΣΚΕΨΗΣ.....	101
ΓΡΑΦΗΜΑ 2: ΑΓΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ.....	101
ΓΡΑΦΗΜΑ 3: ΚΟΥΡΣΟΥΜ ΤΖΑΜΙ .....	102
ΓΡΑΦΗΜΑ 4: ΪΔΡΥΜΑ ΑΥΓΕΡΗ.....	103
ΓΡΑΦΗΜΑ 5: ΔΩΡΟΘΕΑ ΣΧΟΛΗ .....	103
ΓΡΑΦΗΜΑ 6: ΚΟΝΑΚΙ ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΣ .....	104
ΓΡΑΦΗΜΑ 7: ΛΙΘΟΚΤΙΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ-ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟ.....	104
ΓΡΑΦΗΜΑ 8: ΚΤΙΡΙΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΑΝΘΗΜΟΥ ΓΑΖΙ ΣΤΟ ΒΑΡΟΥΣΙ.....	105
ΓΡΑΦΗΜΑ 9: ΑΓΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ.....	106
ΓΡΑΦΗΜΑ 10: ΑΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ .....	106
ΓΡΑΦΗΜΑ 11: ΑΓΙΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ .....	107
ΓΡΑΦΗΜΑ 12: ΙΕΡΑ ΜΟΝΗ ΚΟΙΜΗΣΗΣ ΘΕΟΤΟΚΟΥ.....	107
ΓΡΑΦΗΜΑ 13: ΑΓΙΟΣ ΒΛΑΣΗΣ .....	108
ΓΡΑΦΗΜΑ 14: ΝΑΟΣ ΚΟΙΜΗΣΗΣ ΘΕΟΤΟΚΟΥ.....	108
ΓΡΑΦΗΜΑ 15: ΝΑΟΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ.....	109
ΓΡΑΦΗΜΑ 16: ΟΙΚΙΑ ΚΑΡΑΦΕΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ.....	110
ΓΡΑΦΗΜΑ 17: ΟΙΚΙΑ ΣΤΟ ΚΑΤΟΥΣΙ.....	110
ΓΡΑΦΗΜΑ 18: ΟΙΚΙΑ ΛΑΜΠΡΟΣ ΜΠΑΛΑΤΣΟΥΚΑΣ.....	111
ΓΡΑΦΗΜΑ 19: ΟΙΚΙΑ ΜΑΚΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ.....	111
ΓΡΑΦΗΜΑ 20: ΟΙΚΙΑ ΜΑΜΑΛΗ ΚΑΙ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ .....	112
ΓΡΑΦΗΜΑ 21: ΟΙΚΙΑ ΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΠΕΤΡΟΣ.....	112
ΓΡΑΦΗΜΑ 22: ΟΙΚΙΑ ΝΑΚΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ .....	113
ΓΡΑΦΗΜΑ 23: ΟΙΚΙΑ ΝΑΚΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ .....	113
ΓΡΑΦΗΜΑ 24: ΟΙΚΙΑ ΠΟΥΛΙΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ .....	114
ΓΡΑΦΗΜΑ 25: ΟΙΚΙΑ ΤΣΙΤΣΙΡΙΓΓΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ .....	114
ΓΡΑΦΗΜΑ 26: ΟΙΚΙΑ ΤΩΝ ΜΠΑΛΑΝΕΩΝ .....	115
ΓΡΑΦΗΜΑ 27: ΝΑΟΙ ΣΤΑ ΤΡΙΚΑΛΑ .....	116
ΓΡΑΦΗΜΑ 28: ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΑ ΤΡΙΚΑΛΑ.....	117
ΓΡΑΦΗΜΑ 29: ΝΑΟΙ ΣΤΗΝ ΚΑΡΔΙΤΣΑ.....	117
ΓΡΑΦΗΜΑ 30: ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΗΝ ΚΑΡΔΙΤΣΑ.....	118

## Ευρετήριο πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΝΑΟΙ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΤΡΙΚΑΛΩΝ-----	95
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΤΡΙΚΑΛΩΝ -----	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΝΑΟΙ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ -----	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ-----	98



# Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

## 1.1 Γενικά

Σεισμός είναι η ξαφνική κίνηση του εδάφους, η οποία δημιουργείται από την δόνηση-κίνηση των πετρωμάτων που βρίσκονται βαθιά στην Γη. Η κίνηση αυτή απελευθερώνει μηχανική ενέργεια, η οποία διαδίδεται μέσα στη Γη με τη μορφή σεισμικών κυμάτων. Τα κύματα αυτά μέσω του εδάφους εισέρχονται με τη σειρά τους στα δομήματα που είναι θεμελιωμένα σε αυτό. Ο σεισμός αποτελεί έναν από τους πιο καταστρεπτικούς φυσικούς κινδύνους που αντιμετωπίζει καθημερινά ο πλανήτης. Με την ξαφνική εκδήλωσή του, υπάρχει ο κίνδυνος για την απώλεια της ανθρώπινης ζωής, ο οποίος προέρχεται κατά βάση από κατασκευές που έχει φτιάξει ο ίδιος όπως καταρρεύσεις κτιρίων, γεφυρών και άλλων τεχνικών έργων. Οι καταστροφές αυτές έχουν μεγάλο πλήγμα στην οικονομία της κάθε περιοχής. Προκαλούνται ζημιές σε κοινωνικό αλλά και οικονομικό επίπεδο, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του σεισμού. Ένας σεισμός είναι ικανός να προκαλέσει πάρα πολλούς κινδύνους. Οι κίνδυνοι αυτοί αντιμετωπίζονται με το σχεδιασμό και την κατασκευή σωστών αντισεισμικά κτιρίων. Δηλαδή το κτίριο μπορεί να καθορίσει τις συνέπειες ενός σεισμού ανάλογα με την σεισμική ικανότητα που έχει το κτίριο. Ο σχεδιασμός δομημάτων με σεισμική ικανότητα είναι αναγκαίος να υφίσταται εφαρμογή των κατάλληλων Αντισεισμικών Κανονισμών. Τα προηγούμενα χρόνια οι γνώσεις δεν ήταν τόσο υψηλές όπως είναι σήμερα και συνεπώς οι Κανονισμοί ήταν λιγότερο σύνθετοι και απαιτητικοί. Έπειτα όμως από πολλά χρόνια έρευνας οι Κανονισμοί εξελίχθηκαν και έτσι δόθηκε μεγαλύτερη έμφαση στις μεθόδους με τις οποίες μπορεί να είναι γνωστή η σεισμική συμπεριφορά ενός κτιρίου.[ Καματερή Δήμητρα, Αθήνα (2012)]

## 1.2 Περιγραφή του προβλήματος - Σκοπιμότητα

Η Ελλάδα αποτελεί μια από τις πιο σεισμογενείς χώρες. Επομένως τα υφιστάμενα κτίρια (κυρίως αυτά που έχουν δημιουργηθεί πριν το 1984) είναι αυτά που αποτελούν το μεγαλύτερο πρόβλημα σε ένα σεισμό, αφού είναι κατασκευασμένα αρκετά χρόνια παλαιότερα, με παλιούς Κανονισμούς και ανεπαρκείς σχεδιασμούς έναντι σεισμικών δράσεων. Πριν μερικές δεκαετίες υπήρξε σοβαρή ανοικοδόμηση στη χώρα μας, με αποτέλεσμα ένα τεράστιο τμήμα του δομικού μας πλούτου να αποτελείται από κτίρια αυτής της κατηγορίας. Τα υφιστάμενα κτίρια λοιπόν, πρέπει να ικανοποιούν τις σύγχρονες απαιτήσεις σεισμικής συμπεριφοράς όπως αναφέρεται στους νέους Κανονισμούς. Έτσι σε όλα τα κτίρια πρέπει να υπάρχει η μελέτη του αντισεισμικού κανονισμού. Αντισεισμικός σχεδιασμός, όμως, δεν είναι απλή

εφαρμογή των Κανονισμών, αλλά σύνθετη διαδικασία. Χρειάζεται αναλυτική διερεύνηση κάθε αδυναμίας που μπορεί να παρουσιάσει ένα κτίριο. [ Καματέρη Δήμητρα, Αθήνα (2012)]

## **Κεφάλαιο 2: Αντισεισμικός σχεδιασμός**

### **2.1 Αντισεισμική δόμηση των κτιρίων**

Η αντισεισμική δόμηση των κτιρίων αποτελεί κύριο παράγοντα για την αντιμετώπιση του σεισμικού κινδύνου. Σε πολλές περιοχές αυτά τα έργα του μηχανικού περνάνε από πολλές σεισμικές δράσεις θέτοντας συχνά σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές.

Στη χώρα μας, η οποία παρουσιάζει την υψηλότερη σεισμική επικινδυνότητα στην Ευρώπη, η κατασκευή κτιρίων ικανών να δέχονται με ασφάλεια τις σεισμικές καταπονήσεις, αποτελούσε πάντα βασική προτεραιότητα. Συνεπώς ο αντισεισμικός σχεδιασμός κτιρίων αποτελεί την κύρια μέθοδο αντιμετώπισης του σεισμού. Όμως πολλά κτίρια, είτε επειδή κατασκευάστηκαν υπό παλαιότερους κανονισμούς που δεν υπολόγιζαν τον παράγοντα σεισμό με προσοχή είτε επειδή έχουν κάποιες σχεδιαστικές ιδιομορφίες, είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στον σεισμό. Όμως τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλά βήματα, κυρίως με τη θεσμοθέτηση αυστηρών Αντισεισμικών Κανονισμών, που παρέχουν στα σύγχρονα κτίρια υψηλό επίπεδο αντισεισμικής ασφάλειας. Ο πρώτος Αντισεισμικός Κανονισμός εφαρμόστηκε στην Ελλάδα το 1959 και η πρώτη βελτίωσή του έγινε το 1985, έτσι δημιουργείται το ερώτημα για το πόσο ασφαλή μπορεί να είναι τα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1959 καθώς και πριν το 1985. Το ερώτημα αυτό γίνεται ιδιαίτερα σημαντικό όταν αφορά κτίρια συνάθροισης κοινού ή κρίσιμων λειτουργιών, όπως κατά κανόνα είναι τα κτίρια Δημόσιας και κοινωφελούς χρήσης, τα νοσοκομεία, σχολεία, κτίρια διοίκησης, τηλεπικοινωνίας, παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας, πυροσβεστικοί σταθμοί, κ.ά. Είναι σίγουρο ότι η χρονική περίοδος που μελετήθηκε και κατασκευάστηκε ένα κτίριο, αποτελεί κρίσιμο στοιχείο (γιατί παραπέμπει άμεσα στον ισχύοντα τότε αντισεισμικό κανονισμό, στην ποιότητα των υλικών και στην τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε ), και δεν αρκεί για την εκτίμηση της αντισεισμικής του επάρκειας .

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την συμπεριφορά των κτιρίων έναντι σεισμού που έχουν κατασκευαστεί στην ίδια χρονική περίοδο, όπου η αναζήτηση και ο εντοπισμός αυτών των κτιρίων αποτελεί μια εξαιρετικά δύσκολη και δαπανηρή εργασία. Και αυτό διότι σε πολλές περιπτώσεις οι μελέτες των κτιρίων

έχουν χαθεί άλλα και όταν είναι διαθέσιμες, είναι δύσκολο να διαπιστωθεί η ακριβής εφαρμογή τους. Αυτό σημαίνει ότι πολλά κατασκευαστικά στοιχεία, που είναι καθοριστικά για τη σεισμική συμπεριφορά ενός κτιρίου, όπως για παράδειγμα οι οπλισμοί, οι διατομές στοιχείων, η θεμελίωση, κ.α., είναι αδύνατο να ελεγχθούν οπτικά και απαιτείται η χρήση μεθόδων που είναι πολύ δαπανηρές, αλλά κυρίως θέτουν τη μερική ή ολική διακοπή της λειτουργίας του κτιρίου. Ένας άλλος κρίσιμος παράγοντας για την σεισμική ασφάλεια των κτιρίων είναι και το αναμενόμενο μέγεθος του σεισμικού κινδύνου που τα απειλεί.

Η σεισμική επικινδυνότητα μιας περιοχής μόνον πιθανολογικά μπορεί να εκτιμηθεί και η μέγιστη αναμενόμενη σεισμική δράση σε ένα συγκεκριμένο σημείο αλλά και η σφοδρότητα με την οποία θα καταπονήσει ένα συγκεκριμένο κτίριο, ενέχει πολλές αβεβαιότητες, όπως έχει αποδειχτεί και από τους πρόσφατους σεισμούς στην Ελλάδα αλλά και σε όλο το κόσμο. Η αβεβαιότητα αυτή καθιστά το εγχείρημα της εκτίμησης της σεισμικής ασφάλειας ενός κτιρίου ακόμα πιο σημαντική και πιο δύσκολη.

Στις παραπάνω δυσκολίες και αβεβαιότητες μιας και τα δεδομένα αλλάζουν σε καμία χώρα του κόσμου δεν υφίσταται προς το παρόν κανονιστικό πλαίσιο υποχρεωτικής εφαρμογής προσεισμικού ελέγχου του συνόλου των κτιρίων. [Σταματίου Θ. Κωνσταντίνα, Τσάφου Γ. Στέλλα, Αθήνα (2013)]

## 2.2 Η εξέλιξη των αντισεισμικών κανονισμών

Η εξέλιξη των αντισεισμικών κανονισμών ταυτίζεται με την εξέλιξη των μεθόδων αντισεισμικού υπολογισμού που εφαρμόστηκαν μέχρι σήμερα. Από δύο μέρη διακρίνονται τα γενικά χαρακτηριστικά των μεθόδων και κανονισμών, αυτά είναι: αρχικά το σεισμολογικό, που εξαρτάται αποκλειστικά για την σεισμικής δράσης ανεξάρτητα από την κατασκευή που μελετάμε και το στατικό-δυναμικό μέρος το οποίο αφορά τις στατικές φορτίσεις της κατασκευής, βάσει των οποίων επιτυγχάνεται ο τελικός υπολογισμός της μέγιστης σεισμικής απόκρισης με τις μεθόδους της στατικής. [Σταματίου Θ. Κωνσταντίνα, Τσάφου Γ. Στέλλα, Αθήνα (2013)]

- Στατική Μέθοδος Αντισεισμικού Υπολογισμού

Στην μέθοδο αυτή η κατασκευή θεωρείται σαν απόλυτα στερεό σώμα κατά την κίνηση του εδάφους, με αποτέλεσμα όλα της τα σημεία έχουν την ίδια επιτάχυνση  $\gamma_0$  με το έδαφος (ομοιόμορφη καθ' ύψος μεταβολή των επιταχύνσεων). Επίσης, επειδή δεν υπάρχει η παραμόρφωση, σύμφωνα με την αρχή του D' Alembert οι δυνάμεις αδράνειας στερεού σώματος  $-M \cdot \gamma_0$  θα εξισορροπούν τις δυνάμεις στήριξης της

κατασκευής, δηλαδή θα αποτελούν τα σεισμικά της φορτία (στατικά). Η σχέση υπολογισμού των σεισμικών φορτίων γράφεται απλούστερα:  $F_0 = \varepsilon \cdot B$

Όπου  $B = M \cdot g$  το βάρος της κατασκευής και  $\varepsilon = \gamma_0/g$  ο σεισμικός συντελεστής. Ο συντελεστής αυτός δίνει απευθείας το σεισμικό φορτίο  $F_0$  ως ποσοστό του υπερκείμενου βάρους  $B$  ή, επίσης, την μέγιστη επιτάχυνση  $\gamma_0$  του εδάφους ως ποσοστό της επιτάχυνσης της βαρύτητας  $g=9,81 \text{ m/s}^2$ .

Οι αριθμητικές τιμές του  $\varepsilon$  καθορίστηκαν στην αρχή εμπειρικά, παίρνοντας υπόψη φαινόμενα κατάρρευσης τοίχων ή ανατροπής λίθων έπειτα από ισχυρούς σεισμούς.

- Φασματική Μέθοδος

1932: Όταν δημοσιεύθηκαν οι ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας αναπτύχθηκε και ένα άλλο πεδίο: βάσει της δυναμικής των κατασκευών πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή και διαμόρφωση της δυναμικής μεθόδου αντισεισμικού υπολογισμού. Η βασική μαθηματική θεωρία της μεθόδου παρουσιάστηκε στην διδακτορική διατριβή του Βέλγου επιστήμονα Maurice Biot (υπό την επίβλεψη του διάσημου Theodore Karman στο California Institute of Technology). Εφαρμόστηκε η ιδιομορφική ανάλυση για τον υπολογισμό της σεισμικής απόκρισης και επισημάνθηκε η χρησιμότητα της ξεχωριστής μελέτης του συχνοτικού περιεχομένου του σεισμού με τη βοήθεια του φάσματος Fourier.

1941: Το φάσμα Fourier αντικαταστάθηκε, με τη συμβολή του G. Housner, αντικαταστάθηκε από το πιο πρακτικό στις εφαρμογές φάσμα απόκρισης, το οποίο παρουσιάστηκε τελικά αντίστοιχες δημοσιεύσεις των Biot και Housner.

1970: Η εισαγωγή της φασματικής μεθόδου στους αντισεισμικούς κανονισμούς άρχισε να γίνεται, ως βελτίωση ορισμένων διατάξεων της στατικής μεθόδου και ως αυτοτελής και γενικής ισχύος μέθοδος αντισεισμικού υπολογισμού 1978: Στην Έκθεση ATC-3.0 του Applied Technology Council (επιτροπής του SEAOC) παρουσιάζεται και τυπικά ως αυτοτελής μέθοδος αντισεισμικού υπολογισμού, από την οποία με διαδοχικές απλοποιήσεις προκύπτει και η στατική μέθοδος.

1985: Ο Ελληνικός αντισεισμικός κανονισμός του 1959, που στηριζόταν στη στατική μέθοδο, τροποποιείται μερικώς (ως προς τα πολυώροφα μοντέλα, τριγωνική φόρτιση κ.λπ.)

1995: Ως κύριας μεθόδου ανάλυσης χωρίς περιορισμούς γίνεται η εισαγωγή της φασματικής 2000 και με περιορισμένους περιορισμούς γίνεται η στατική μέθοδος στην γενική ανασύνταξη του ελληνικού κανονισμού. Ο παραπάνω κανονισμός βελτιώθηκε στον ΕΑΚ-2000 και ίσχυε μέχρι και πέρυσι.

- **Επιτελεστικός Σχεδιασμός**

1995: Στις Η.Π.Α. αναπτύχθηκαν και διατυπώθηκαν –από την αμερικανική FEMA (Federal Emergency Management Agency) (Vision 2000, ATC-10, FEMA 273 & 274)- ένα σύνολο ιδεών, κανόνων, μεθόδων και κριτηρίων που στοχεύει στο σχεδιασμό κατασκευών με προκαθορισμένη σεισμική συμπεριφορά για δεδομένο επίπεδο σεισμικής φόρτισης. Σημείο αναφοράς αυτού του σχεδιασμού είναι η επιθυμητή από τον κύριο του έργου σεισμική επίδοση ή επιτελεστικότητα του κτηρίου, δηλαδή η ανεκτή οριακή κατάσταση βλαβών μετά το σεισμό. Οι οριακές καταστάσεις βλαβών ορίζονται περιγραφικά με τη μεγαλύτερη δυνατή λεπτομέρεια τόσο για τα φέροντα όσο και για τα μη φέροντα στοιχεία και η επίτευξη τους ελέγχεται ποσοτικά με μεθόδους υπολογισμού και αντίστοιχα κριτήρια αποδοχής. Αναλυτικά ο σχεδιασμός περιλαμβάνει τα εξής 5 μέρη: 1)επίπεδα απόδοσης, 2)επίπεδα σεισμού, 3)στόχους σχεδιασμού, 4)μεθόδους υπολογισμού, 5)κριτήρια αποδοχής. [Σταματίου Θ. Κωνσταντίνα, Τσάφου Γ. Στέλλα, Αθήνα, (2013)]

## **2.3 Πρωτοβάθμιος και Δευτεροβάθμιος έλεγχος**

### **2.3.1 Ορισμοί και Διαφοροποίηση**

Ο πρωτοβάθμιος μετασεισμικός έλεγχος κτιρίων σύμφωνα με τις τελευταίες χρονικά Ελληνικές και διεθνείς οδηγίες είναι ένας ταχύς οπτικός έλεγχος που στοχεύει σε μία πρώτη εκτίμηση του βαθμού βλάβης των κτιρίων. Συγκεκριμένα με τις οδηγίες του ΟΑΣΠ ο πρωτοβάθμιος μετασεισμικός έλεγχος κτιρίων είναι ένας γρήγορος έλεγχος που κατηγοριοποιεί τα ελεγχθέντα κτήρια σε τρεις κατηγορίες ως προς την καταλληλότητα χρήσης τους:

- Κατηγορία 1: Κτήρια κατάλληλα χρήση
- Κατηγορία 2: κτήρια προσωρινά ακατάλληλα για χρήση
- Κατηγορία 3: κτήρια ακατάλληλα για χρήση - επικίνδυνα και αποσκοπεί:

α) στο να επισημανθούν όσο το δυνατόν ταχύτερα η πρώτη και η τρίτη κατηγορία, δηλαδή τα κτήρια που η χρήση τους δεν εγκυμονεί κίνδυνο (κατηγορία 1) καθώς και τα κτήρια για τα οποία υπάρχει μεγάλος και άμεσος κίνδυνος κατάρρευσης (κατηγορία 3).

β) στο να ενταχθούν τα υπόλοιπα κτήρια σε μια κατηγορία προσωρινά ακατάλληλων κτηρίων που θα επανελεγχθούν λεπτομερέστερα κατά το δευτεροβάθμιο μετασεισμικό έλεγχο (κατηγορία 2).

Ο δευτεροβάθμιος μετασεισμικός έλεγχος, επανελέγχει μια μεγαλύτερη προσοχή και σε λεπτομερέστερο βαθμό τα κτήρια τα οποία κατά τον πρωτοβάθμιο έλεγχο κρίθηκαν ότι ανήκουν στις κατηγορίες 2 και 3. Διενεργείται για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων και αποσκοπεί στην βαθύτερη εκτίμηση της επικινδυνότητας των βλαβών.

Τα βασικά σημεία στα οποία διαφοροποιούνται οι δύο έλεγχοι είναι:

- Ο πρωτοβάθμιος διενεργείται αμέσως μετά την εκδήλωση του σεισμού, είναι γρήγορος και διεξάγεται σε μικρό χρονικό διάστημα σε δύσκολες συνθήκες και ενώ βρίσκονται σε εξέλιξη οι μετασεισμικές επιπτώσεις, ενώ ο δευτεροβάθμιος δεν έχει περιορισμένο χρόνο με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη διάρκειά του.
- Ο πρωτοβάθμιος μπορεί σε αρκετές περιπτώσεις να είναι μόνο εξωτερικός ενώ εξετάζει την επικινδυνότητα του κτηρίου βάσει των άμεσα εμφανών βλαβών του σε αντίθεση με τον δευτεροβάθμιο ο οποίος εξετάζει το κτήριο εξωτερικά και εσωτερικά και αναζητά όλες τις βλάβες ή και αστοχίες όλων των στοιχείων του κτιρίου.
- Ο πρωτοβάθμιος δεν εξετάζει μόνο την ασφάλεια του κτιρίου αλλά εξετάζει και τους κινδύνους που εγκυμονεί για τη γύρω περιοχή και προτείνει άμεσα μέτρα για την αντιμετώπιση των επικινδυνοτήτων αυτών με στόχο την προστασία της ανθρώπινης ζωής. Από την άλλη μεριά, ο στόχος του δευτεροβάθμιου είναι η ακριβής εξέταση των βλαβών του κτιρίου και σε δεύτερο επίπεδο να αναζητησει κινδύνους για την γύρω περιοχή που προκλήθηκαν κατά τη μετασεισμική δραστηριότητα αν δεν υπήρχαν ή δεν ήταν εμφανείς κατά τη διεξαγωγή του πρωτοβάθμιου.[Κούτας Λάμπρος, Μόσχας Θεοφάνης, Πάτρα (2008)]

### **2.3.2 Πρωτοβάθμιος έλεγχος**

#### **Σκοπός – Κατηγοριοποίηση**

Το συνεργείο που διενεργεί την αυτοψία, καλείται να αποφασίσει σε ποια κατηγορία ανήκει το ελεγχθέν κτήριο. Αμέσως τοποθετείται ειδική σήμανση σε όλες τις πλευρές του κτιρίου που δηλώνει την κατηγορία του. Η σήμανση για να είναι εμφανής γίνεται με χρήση σπρέι χρώματος (πράσινο, κίτρινο, κόκκινο) σε σχήμα συνήθως Χ ή σταυρού ή ακόμα και τριγώνου. Συχνή επίσης είναι και η τοποθέτηση ειδικού αυτοκόλλητου με το ανάλογο χρώμα.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι κατηγορίες τις οποίες περιλαμβάνουν οι περισσότερες οδηγίες που έχουν εκδοθεί, και αφορούν το μετασεισμικό έλεγχο. Παράλληλα περιγράφονται τα κριτήρια βάσει των οποίων γίνεται η κατηγοριοποίηση καθώς και το τι συνεπάγεται αυτή για τα κτήρια που θα ελεγχθούν.

### Κατηγορία 1: Κτήρια κατάλληλα για χρήση

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα κτήρια που δεν έχουν βλάβες ή καλύτερα κτήρια που η αντισεισμική τους ικανότητα δεν έχει μειωθεί. Εντοπίζουν κυρίως ελαφρές βλάβες σε μη φέροντα στοιχεία των οποίων η επισκευή δεν είναι προτεραιότητα για την ασφαλή συνέχιση της λειτουργίας του κτηρίου, έχοντας ως παράμετρο την ασφαλή παραλαβή των φορτίων από τον φέροντα οργανισμό. Η σήμανση που αντιστοιχεί στην κατηγορία αυτή είναι χρώματος πράσινου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην κατηγορία αυτή μπορούν να ενταχθούν κάποια κτήρια των δευτερογενών κινδύνων που πιθανώς εγκυμονούν και προέρχονται μόνο από βλάβες σε μη φέροντα στοιχεία. Ονομαστικά τέτοιες περιπτώσεις είναι:

- Επικρεμάμμενα τμήματα επιχρίσματος στους τοίχους και τις οροφές που έχουν πιθανότητα πτώσης εξαιτίας ενός ισχυρού μετασεισμού.
- Ετοιμόρροπες μαρκίζες ή πινακίδες.
- Υάλινα στοιχεία πλήρωσης με εμφανή κίνδυνο τραυματισμού.

Σε αυτές τις περιπτώσεις ο λόγος που το κτήριο χαρακτηρίζεται κατάλληλο για χρήση έγκειται στην ευκολία και ταχύτητα απομάκρυνσης του κινδύνου από τους ιδιοκτήτες ή γενικώς χρήστες. Αφήνεται στη κρίση του συνεργείου να εκτιμήσει το μέγεθος των παραπάνω βλαβών ώστε αν αυτές είναι γενικής και όχι μερικής έκτασης να κατατάξει το κτήριο στην κατηγορία 2.

### Κατηγορία 2: Κτήρια προσωρινά ακατάλληλα για χρήση

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα κτήρια που είναι πιθανή η μείωση της αντισεισμικής τους ικανότητας όμως δεν παρουσιάζουν σημαντικές αστοχίες σε περιοχές του φέροντα οργανισμού ώστε να υπάρχει ενδεχόμενο μερικής ή ολικής κατάρρευσης. Επίσης, υπάγονται κτήρια με ελαφρές βλάβες όπως αυτές της κατηγορίας 1, που όμως λόγω της συντηρητικότητας του συνεργείου, δεν σημαίνονται ως κατάλληλα για χρήση. Η σήμανση των κτηρίων της κατηγορίας αυτής είναι χρώματος κίτρινου.

Όπως αναφέρθηκε η κατηγορία 2 είναι μια κατηγορία στην οποία ανήκει μεγάλος αριθμός κτηρίων με αρκετές βλάβες είτε στο φέροντα οργανισμό είτε σε μη φέροντα στοιχεία που δημιουργούν αβεβαιότητα ως προς την καταλληλότητα χρήσης. Για το λόγο αυτό τα κτήρια της κατηγορίας αυτής επανελέγχονται κατά τον δευτεροβάθμιο μετασεισμικό έλεγχο, όπου εξετάζονται καλύτερα οι βλάβες του φορέα. Σημαντικό σ' αυτό το σημείο είναι να ξέρουμε ότι έστω και ένα από τα κριτήρια να ισχύει αρκεί για την ένταξη του κτηρίου στην κατηγορία αυτή, αν και συνήθως κατά τους ελέγχους

συναντάται ένας συνδυασμός αυτών. Οι ζημιές αυτές σε ένα κτήριο αυτής της κατηγορίας είναι επιδιορθώσιμες και δεν τίθεται θέμα κατεδάφισης καθώς δεν υπάρχει κίνδυνος κατάρρευσης.

Το συνεργείο όμως που διενεργεί την αυτοψία μπορεί να κρίνει αναγκαία ακόμα και την προσωρινή υποστύλωση του κτηρίου, προκειμένου να περιοριστεί η πιθανότητα μερικής ή ολικής κατάρρευσης εξαιτίας ενός ισχυρού μετασεισμού και να γίνει ευκολότερη η διαδικασία του δευτεροβάθμιου μετασεισμικού ελέγχου. Όπως και στην κατηγορία 1, ανακοινώσεις για απομάκρυνση στοιχείων που θέτουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη ζωή γύρω από το κτίριο κρίνονται απαραίτητες. Εξαιτίας του μεγάλου αριθμού κτηρίων που υπάγονται στην κατηγορία αυτή, ο βαθμός συνολικής βλάβης του κτηρίου έχει μεγάλο εύρος και γι' αυτό δεν προτείνονται τρόποι επισκευής ή ενίσχυσης κατά τον πρωτοβάθμιο έλεγχο.

Όσον αφορά τους ιδιοκτήτες ή τους χρήστες του κτηρίου, μέχρι να γίνει επανέλεγχος η είσοδός τους στο κτήριο πρέπει να αποφεύγεται για λόγους ασφαλείας. Επιτρέπεται μόνο για περιορισμένη διάρκεια και με ευθύνη δικιά τους συνήθως για λόγους απομάκρυνσης περιουσιακών στοιχείων.

### Κατηγορία 3: κτήρια ακατάλληλα για χρήση – επικίνδυνα

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα κτήρια που φέρουν βαριές βλάβες ή και αστοχίες σε φέροντα και μη στοιχεία και υπάρχει σημαντικός κίνδυνος ολικής ή μερικής κατάρρευσης εξ' αιτίας ενός μετασεισμού. Με άλλα λόγια η αντισεισμική τους ικανότητα είναι εξαιρετικά μειωμένη. Επίσης ανήκουν κτήρια που έχουν ήδη καταρρεύσει. Η σήμανση για την κατηγορία αυτή είναι χρώματος κόκκινου.

Σε πολλές περιπτώσεις, που είναι προφανής ο μεγάλος βαθμός βλάβης του κτηρίου, συνιστάται το συνεργείο να αρκείται στον εξωτερικό οπτικό έλεγχο ώστε να αποφεύγονται οι τραυματισμοί.

Κατά τον πρωτοβάθμιο έλεγχο, αυτό που κατηγοριοποιεί ένα κτήριο στην κατηγορία αυτή, είναι ο κίνδυνος άμεσης κατάρρευσης και συνεπώς τραυματισμού ή απώλειας ζωής. Άρα κρίνεται σκόπιμο στο στάδιο αυτό, το συνεργείο να είναι αρκετά προσεκτικό στην αξιολόγηση των βλαβών και της φέρουσας ικανότητας του κτηρίου. Τα κτήρια που ανήκουν στην κατηγορία αυτή δε είναι σίγουρο ότι παρουσιάζουν όλα τον ίδιο βαθμό βλάβης και ότι όλα κινδυνεύουν να καταρρεύσουν, διότι οι παράμετροι που μπορούν να οδηγήσουν σε κατάρρευση είναι πολλοί και δεν μπορούν να αξιολογηθούν σ' αυτό το πρώτο στάδιο. Ας υποθέσουμε ότι ένα κτήριο είναι καινούριο και έχει σχεδιαστεί και κατασκευασθεί σύμφωνα με τον νέο αντισεισμικό κανονισμό και κανονισμό οπλισμένου σκυροδέματος είναι πολύ πιθανό να έχει



καμπτικές αστοχίες στις δοκούς στα σημεία σύνδεσης με τα υποστυλώματα, χωρίς όμως αυτό να συνεπάγεται με κίνδυνο κατάρρευσης. Παρ' όλα αυτά δεν είναι στα πλαίσια του πρωτοβάθμιου ελέγχου να το κρίνει. Είναι υποχρεωτικό όμως ένα κτήριο να χρωματιστεί με κόκκινο δηλαδή στην κατηγορία 3.

### **2.3.3 Δευτεροβάθμιος έλεγχος**

Ο δευτεροβάθμιος έλεγχος διενεργείται μετά την ολοκλήρωση του πρωτοβάθμιου ελέγχου και αφού διακοπή η μετασεισμική δραστηριότητα. Σκοπός του είναι να επανελεγχθούν λεπτομερέστερα τα κτήρια που κατά τον πρωτοβάθμιο έλεγχο κατατάχθηκαν στις κατηγορίες 2 και 3 ώστε να διαπιστωθεί ο βαθμός επικινδυνότητάς οριστικά η καταλληλότητα χρήσης τους και η ανάγκη για επισκευές, ενισχύσεις ή άλλες επεμβάσεις.

Τα συμπληρωμένα δελτία αυτοψίας του πρωτοβάθμιου ελέγχου συγκεντρώνονται και γίνεται ένα κατάλογος με τα κτήρια τα οποία χρίζουν επανελέγχου. Δευτεροβάθμιος έλεγχος σε κτήρια που ανήκουν στην κατηγορία 1, μπορεί να γίνεται μόνο κατόπιν αίτησης από τον ιδιοκτήτη.

Σε αυτήν την φάση, τα συνεργεία καλούνται να διενεργήσουν έναν λεπτομερέστερο έλεγχο σε σύγκριση με τον πρωτοβάθμιο, ο οποίος όμως παραμένει οπτικός. Αυτό επιτυγχάνεται με την παρακάτω διαδικασία:

- Επιθεωρείται το εξωτερικό του κτιρίου, καθώς και η κατάσταση του εδάφους γύρω από αυτό. Έπειτα καταγράφονται οι βλάβες ή οι αστοχίες που παρατηρούνται.
- Εξετάζεται το εσωτερικό του κτηρίου, εφόσον η είσοδος σε αυτό είναι απαλλαγμένη από κίνδυνο τραυματισμού.
- Στο εσωτερικό του κτηρίου ελέγχονται όλα τα δομικά στοιχεία για εύρεση πιθανών βλαβών ή αστοχιών. Η καταγραφή γίνεται ανά όροφο.
- Το κτήριο κατατάσσεται εκ νέου σε μια από τις κατηγορίες 1,2 και 3.

Τα κτήρια που κατά τον πρωτοβάθμιο έλεγχο χαρακτηρίστηκαν ως κατηγορίας 1 αλλά επανελέγχονται κατόπιν αίτησης του ιδιοκτήτη, επανελέγχονται και: α) εάν οι βλάβες τους δεν είναι εκτεταμένες και περιορίζονται σε μη φέροντα στοιχεία τα κτήρια παραμένουν στην κατηγορία 1 και γίνονται οι ανάλογες συστάσεις για επισκευή β) εάν έχουν υποστεί βλάβες στο φέροντα οργανισμό κατατάσσονται στην κατηγορία 2 οπότε η λειτουργία τους περιορίζεται ώσπου να επισκευαστούν οι βλάβες.

Κτήρια τα οποία κατά τον πρωτοβάθμιο έλεγχο χαρακτηρίστηκαν ως κατηγορίας 2 κατά τον δευτεροβάθμιο έλεγχο κατατάσσονται βάσει των παραπάνω.

Εάν υπήρχαν βλάβες σε φέροντα ή μη φέροντα στοιχεία οι οποίες έχουν επισκευαστεί το κτήριο αποχαρακτηρίζεται και κατατάσσεται στην κατηγορία 1. Εάν όμως υπάρχουν βλάβες τότε α) το κτήριο αποχαρακτηρίζεται και κατατάσσεται στην κατηγορία 1, εφόσον οι βλάβες δεν είναι εκτεταμένες και δεν εγκυμονούν κινδύνους τραυματισμού λόγω του ότι η κυρία μετασεισμική ακολουθία έχει λήξει ή β) το κτήριο παραμένει στην κατηγορία 2, εφόσον οι βλάβες είναι εκτεταμένες και γίνονται οι απαραίτητες συστάσεις από τα μέλη του συνεργείου για επισκευή χωρίς αυτές να αντικαθιστούν την πρόταση του ιδιώτη μηχανικού που θα αναλάβει την επισκευή.

Κτήρια τα οποία κατά τον πρωτοβάθμιο έλεγχο χαρακτηρίστηκαν ως κατηγορίας 3 κατά τον δευτεροβάθμιο έλεγχο κατατάσσονται βάσει των παρακάτω.

Εξαιτίας της συντηρητικότητας των συνεργειών του πρωτοβάθμιου ελέγχου, και του αυξημένου φόβου λόγω μετασεισμών, πολλά κτήρια που ανήκουν στην κατηγορία 3, δεν έχουν πραγματικό κίνδυνο κατάρρευσης και με συγκεκριμένες λύσεις επισκευής ή και ενίσχυσης μπορούν να συνεχίσουν τη λειτουργία τους. Τα κτήρια αυτά κατά τον δευτεροβάθμιο έλεγχο κατατάσσονται στην κατηγορία 2. Τέτοιες περιπτώσεις είναι κτήρια που έχουν αστοχίες σε οριζόντια κυρίως μέλη καθώς και μεμονωμένες καμπτικές αστοχίες υποστυλωμάτων, των οποίων η επισκευή είναι δυνατή και οικονομικά προσιτή.

Τα κτήρια τα οποία παραμένουν στην κατηγορία 3 είναι εκείνα που έχουν μειωμένη αντίσταση σε κατακόρυφα αλλά κυρίως σε πλευρικά φορτία. Εμφανίζουν εκτεταμένες αστοχίες σε κατακόρυφα φέροντα στοιχεία και πολλά από αυτά κινδυνεύουν άμεσα με κατάρρευση. Το ότι τα κτήρια αυτά παραμένουν στην κατηγορία 3 σημαίνει ότι απαγορεύεται αυστηρά η χρήση τους. Το συνεργείο που διενεργεί τον έλεγχο ενημερώνει για τα πιθανά ενδεχόμενα τα οποία μπορεί να σημαίνουν και κατεδάφιση του κτηρίου. Ο ιδιοκτήτης σε συνεργασία με ιδιώτη μηχανικό είναι αυτός που τελικώς αποφασίζει για τις περαιτέρω ενέργειες.

Τον δευτεροβάθμιο έλεγχο, ο οποίος είναι και ο τελευταίος έλεγχος που γίνεται, ακολουθεί έλεγχος από ιδιώτη μηχανικό ο οποίος καταλήγει, τις περισσότερες φορές μετά από αναλυτικές μεθόδους, σε αποκατάσταση των βλαβών, ενίσχυση του κτιρίου και γενικά στην οικονομικότερη λύση. [ Κούτας Λάμπρος, Μόσχας Θεοφάνης, Πάτρα (2008)]

### 2.3.4 Προτάσεις και Συμπεράσματα

Στην Ελλάδα, την οποία χαρακτηρίζει η έντονη σεισμική δραστηριότητα, είναι αναγκαία η ύπαρξη οδηγιών για τη τους μετασεισμικούς ελέγχους των κτιρίων και την αξιολόγηση των βλαβών τους και του βαθμού επικινδυνότητάς τους. Ενώ το 1984 ο ΟΑΣΠ είχε εκδώσει οδηγίες για τους μετασεισμικούς ελέγχους χωρίς να τους διαφοροποιεί σε πρωτοβάθμιο και δευτεροβάθμιο έλεγχο, στην τελευταία του έκδοση (1999) γίνεται διαφοροποίηση ανάμεσα σε πρωτοβάθμιο και δευτεροβάθμιο, και επίσης δίνονται οδηγίες για τη διενέργεια του πρωτοβάθμιου άμεσου μετασεισμικού ελέγχου. Συνεπώς, κρίνεται απαραίτητη η έκδοση οδηγιών και για το δευτεροβάθμιο έλεγχο, οι οποίες να διευκολύνουν σημαντικά τα έργα και την κρίση του συνεργείου.

Σχετικά με το δελτίο για τον δευτεροβάθμιο έλεγχο, θα πρέπει να έχει τα ίδια στοιχεία με αυτό του πρωτοβάθμιου αλλά επιπλέον θα ήταν επιθυμητό να βοηθάει τα μέλη του συνεργείου στον να βρει όλες τις λεπτομέρειες. Σε ότι αφορά τον αριθμό μελών του συνεργείου που διενεργεί τον δευτεροβάθμιο έλεγχο, προτείνεται να είναι τρία άτομα εκ των οποίων τα δύο να είναι πολιτικοί μηχανικοί με πολυετή εμπειρία τουλάχιστον από τον έναν μηχανικό. Το τρίτο μέλος μπορεί να είναι απλά τεχνικός με σχετική εμπειρία ή γνώση. Επίσης το συνεργείο πρέπει να είναι πλήρως ενημερωμένο για τους τρόπους προσωρινής υποστήλωσης και αντιστήριξης ώστε να ξέρουν να προτείνουν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας όπου χρειάζονται.

Εξαιτίας της συνεχώς αυξανόμενης κατασκευής και χρήσης μεταλλικών κτηρίων τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας, σε έναν μελλοντικό σεισμό θα χρειαστεί να ελεγχθούν και τέτοιου είδους κτήρια. Επομένως, είναι αναγκαία οι ειδικές οδηγίες που να αφορούν τις βλάβες και τις αστοχίες μεταλλικών κτηρίων σχετικά με τη φέρουσα ικανότητά τους. Το ίδιο θέμα έχουμε και για προκατασκευασμένα κτήρια.

Συμπερασματικά, ο μετασεισμικός έλεγχος κτηρίων είναι ένας θεσμός που για να επιτύχει τον σκοπό που απαιτεί την συνεργασία πολλών φορέων. Έτσι είναι απαραίτητο να υλοποιείται βάσει ενός πλήρους σχεδίου δράσης το οποίο να στοχεύει στην διευκόλυνση των ελέγχων. Οι έλεγχοι αυτοί κινούνται στο παρακάτω πλαίσιο. Ο πρωτοβάθμιος έλεγχος, ο οποίος γίνεται μέσα στο κλίμα γενικής αναταραχής που ακολουθεί έναν ισχυρό σεισμό, έχει στόχο να προστατεύσει τους πολίτες από τους οποιουσδήποτε κινδύνους που μπορεί να εγκυμονεί ένα κτήριο κατά τη διάρκεια της μετασεισμικής δραστηριότητας και να καθιστά σαφές ποια κτήρια είναι απόλυτα ασφαλή για χρήση. Ο δευτεροβάθμιος έλεγχος επανελέγχει τα κτήρια των οποίων η χρήση κρίθηκε ανασφαλής κατά τον πρωτοβάθμιο και πλέον με μεγαλύτερη ασφάλεια και χωρίς χρονική πίεση να κρίνει ξανά το βαθμό επικινδυνότητας των

κτηρίων ώστε ο ιδιοκτήτης έπειτα να προχωρήσει στις ενέργειες που αφορούν το μέλλον του κτηρίου. Τέλος, το σχέδιο δράσης του μετασεισμικού ελέγχου των κτηρίων θα πρέπει να εμπλουτίζεται βάσει των επιστημονικών εξελίξεων. [ Κούτας Λάμπρος, Μόσχας Θεοφάνης, Πάτρα (2008)]

## **2.4 Μετασεισμικός έλεγχος**

### **2.4.1 Εισαγωγή**

Μετά από την εκδήλωση ενός ισχυρού σεισμού σε μία κατοικημένη περιοχή, η τοπική κοινωνία βρίσκεται αντιμέτωπη με σημαντικά προβλήματα που γεννώνται από τις καταστροφές που προκάλεσε ο σεισμός. Τα κύρια προβλήματα που πρέπει να λυθούν αφορούν κυρίως την ασφάλεια των πολιτών καθώς και τη συνεχή της ομαλής λειτουργίας της τοπικής κοινωνίας κατά την χρονική περίοδο μετά το σεισμό. Η διάρκεια της μετασεισμικής ακολουθίας, το μέγεθος της καταστροφής, και κατά πόσο έτυμη είναι η κοινωνία καθορίζουν και τη δυσκολία αντιμετώπισης των παραπάνω προβλημάτων.

Οι τοπικές αρχές πρέπει άμεσα να εκτελέσουν ένα σχέδιο δράσης το οποίο περιλαμβάνει τον έλεγχο της υφιστάμενης κτιριακής υποδομής και την άρση των επικινδυνοτήτων με κατάλληλα προσωρινά μέτρα. Καλούνται να εκτιμήσουν το μέγεθος της καταστροφής για να γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες για την ανακούφιση του πληθυσμού που έχει χτυπηθεί όπως (παροχή στέγης, διατροφής, περίθαλψης). Έχοντας υπόψη τις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν (πανικός, έντονη μετασεισμική δραστηριότητα, κίνδυνος καταρρεύσεων και γενικότερα αίσθημα ανασφάλειας) το σχέδιο δράσης αυτό πρέπει να παρέχει σαφείς οδηγίες στην πολιτεία ώστε να είναι αποτελεσματικό και να ανταποκρίνεται κατά το δυνατόν στις ανάγκες μας.

Από τα παραπάνω, προκύπτει η ανάγκη για έλεγχο όλων κτιρίων της περιοχής από το διαθέσιμο τεχνικό προσωπικό. Ο έλεγχος αυτός διενεργείται σε δύο φάσεις:

- Α φάση ο πρωτοβάθμιος μετά σεισμικός έλεγχος
- Β φάση ο δευτεροβάθμιος μετά σεισμικός έλεγχος

Ο πρωτοβάθμιος έλεγχος είναι ταχύς, διενεργείται αμέσως μετά το σεισμό και εξετάζει τους άμεσους κινδύνους όπως κατάρρευση κτιρίων ή τμημάτων τους, ενώ δευτεροβάθμιος έλεγχος ακολουθεί του πρωτοβάθμιου, είναι λεπτομερέστερος και δίνει ασφαλέστερα συμπεράσματα σχετικά με την ασφάλεια των κτιρίων.

Από τα προβλήματα που υπήρχαν στο παρελθόν προκύπτει η ανάγκη πληρέστερης οργάνωσης της διαδικασίας των παραπάνω ελέγχων. Βάσει του πλαισίου αυτού υπάρχουν οδηγίες που έχουν εκδοθεί από τον Οργανισμό Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.) και ορισμένες οδηγίες και προτάσεις από άλλους φορείς με επιστημονικό προσωπικό της Ελλάδας και του εξωτερικού. Επιπλέον γίνονται προτάσεις για τον εμπλουτισμό των υπάρχουσών οδηγιών.[ Κούτας Λάμπρος, Μόσχας Θεοφάνης, Πάτρα (2008)]

### **2.4.2 Σκοπιμότητα**

Η σκοπιμότητα του σεισμικού ελέγχου ενός κτιρίου που υπέστη μικρότερες ή μεγαλύτερες βλάβες από έναν σεισμό είναι προφανής. Ο έλεγχος είναι το πρώτο αναγκαίο και επείγον μιας σειράς ενεργειών που πρέπει να ακολουθήσουν όπως: η δόκιμη αποκατάσταση της προϋπάρχουσας φέρουσας ικανότητας της κατασκευής με κατάλληλη επιδιόρθωση των βλαβών, η ενίσχυση της προϋπάρχουσας φέρουσας ικανότητας της κατασκευής και η βελτίωση εφόσον αυτό είναι επιθυμητό από τους ιδιοκτήτες της μελλοντικής αντισεισμικής της επιδόσεις και η κατεδάφιση της κατασκευής με βλάβες αν ο έλεγχος δείξει ότι η επιδιόρθωση ή ενίσχυση δεν είναι τεχνικά δυνατή ή οικονομικά συμφέρουσα για τον ιδιοκτήτη. [Σταματίου Θ. Κωνσταντίνα, Τσάφου Γ. Στέλλα, Αθήνα, (2013)]

## Κεφάλαιο 3 Περιγραφή των μεθόδων

### 3.1 Εισαγωγή

Μέσα στα χρόνια η ανάγκη για αποτίμηση της τρωτότητας των ήδη υπαρχόντων κτηρίων γίνεται ολοένα και εντονότερη και έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη διαφόρων μεθόδων προσεισμικού ελέγχου κτηρίων σε όλο τον κόσμο. Ένα μεγάλο μέρος του υφιστάμενου κτηριακού δυναμικού παρουσιάζει μικρή σεισμική ασφάλεια που δε συνάδει με τους σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς. Η αναβάθμιση λοιπόν του συνόλου των κτηρίων με χαμηλή σεισμική εξασφάλιση θα μπορούσε να γίνει είτε με αντικατάσταση αυτών των κτηρίων με καινούργιες κατασκευές που θα συμφωνούν με τους αντισεισμικούς κανονισμούς, τρόπος που είναι ιδιαίτερος αργός αν και ικανοποιητικού κόστους. Είτε με επέμβαση στις υφιστάμενες κατασκευές μέθοδος που θα μπορούσε να έχει θεαματικά αποτελέσματα αν μπορούσαν να διατεθούν τα υψηλά κονδύλια που απαιτούνται για τους προσεισμικούς ελέγχους. Γι' αυτό το λόγο, η ανάγκη για προσεισμικό έλεγχο του υφιστάμενου κτηριακού αποθέματος κρίνεται επιτακτική, κυρίως για τα κτήρια δημόσιας χρήσης. Έτσι τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιηθεί σε διάφορες σεισμογενείς χώρες του κόσμου ημιεμπειρικές μέθοδοι προσεισμικού ελέγχου (rapid screening methods) οι οποίες περιλαμβάνουν ταχύ οπτικό έλεγχο των προς αποτίμηση κτηρίων. Κάθε μέθοδος λαμβάνει υπόψη διάφορους παράγοντες σεισμικής τρωτότητας όπως κανονικότητα, είδος εδάφους, έτος κατασκευής και άλλα και αναλόγως αυξάνεται ή μειώνεται η βαθμολογία του εκάστοτε υπό εξέταση κτηρίου. Αν η τελική βαθμολογία του κτηρίου είναι εντός κάποιων ορίων δεν χρήζει περαιτέρω ελέγχου αλλιώς πρέπει να περάσει από το δευτεροβάθμιο προσεισμικό έλεγχο όπου και θα κριθεί τελικά αν χρειάζεται η όχι διορθωτική επέμβαση η δομικότητα του κτηρίου αυτού. Συνήθως ο έλεγχος διενεργείται σε επιλεγμένες κατασκευές οι οποίες παρουσιάζουν αυξημένη "σεισμική διακινδύνευση". Με αυτό τον όρο εκφράζονται οι πιθανές απώλειες από ένα σεισμό που αφορούν τόσο σε άμεσες απώλειες-όπως θάνατοι, τραυματισμοί και ζημιές- αλλά και σε έμμεσες-όπως η διακοπή οικονομικής δραστηριότητας και αρωγή σεισμοπλήκτων. Πρόκειται κυρίως για εμπειρικές μεθόδους, ανάπτυξη των οποίων βασίζεται στη στατιστική συσχέτιση των βλαβών και της σεισμικής συμπεριφοράς σε παρελθόντες σεισμούς με τα δομικά χαρακτηριστικά των κατασκευών. Επειδή όμως τα χαρακτηριστικά αυτά διαφέρουν σημαντικά από τόπο σε τόπο, η εφαρμοσιμότητα των μεθόδων αυτών περιορίζεται ουσιαστικά στη γεωγραφική περιοχή για την οποία αναπτύχθηκαν. Επιπλέον, επειδή η εφαρμογή τους απαιτεί λίγο σχετικά χρόνο, οι μέθοδοι αυτές προσφέρονται κατ' εξοχήν για την ταχεία αποτίμηση σημαντικά μεγάλου αριθμού κτηρίων, από μία Δημόσια Αρχή ή για λογαριασμό της, με στόχο

την εστίαση της προσοχής στις πλέον τρωτές από αυτές. Τέλος, στο βαθμό που αντικατοπτρίζουν τη φυσική πραγματικότητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο και τη βαθμονόμηση των λογιστικών μεθόδων σεισμικής αποτίμησης των υφισταμένων κατασκευών. Διεθνώς διατίθενται αρκετές μέθοδοι προσεισμικού ελέγχου όπως οι μέθοδοι της Αμερικανικής FEMA ή Ελληνική μέθοδος του ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ 2000, και οι Νεοζηλανδικές μέθοδοι της New Zealand National Society for Earthquake Engineering, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω.

Οι προσεισμικοί και μετασεισμικοί έλεγχοι έχουν αναπτυχθεί πάρα πολύ τα τελευταία χρόνια με στόχο την εκτίμηση της επάρκειας του υφιστάμενου κτιριακού δυναμικού το οποίο έχει δομηθεί με διάφορους κανονισμούς και εντάσσεται σε ποικίλους δομικούς τύπους. Αποτέλεσμα του προσεισμικού και μετασεισμικού ελέγχου είναι η δομική βαθμολογία του κτιρίου η οποία όσο χαμηλότερη προκύπτει τόσο αυξάνεται (εκθετικά) η πιθανότητα κατάρρευσης υπό το σεισμό σχεδιασμού. Στη χώρα μας έχει υιοθετηθεί από τον ΟΑΣΠ και εφαρμόζεται μια μέθοδος, βασισμένη σε αμερικάνικο θεσμικό πλαίσιο (FEMA) αλλά κατάλληλα προσαρμοσμένη στα Ελληνικά δεδομένα. Επίσης διατίθεται υλικό που αναφέρεται στη συμπεριφορά ομάδων κτιρίων έναντι σεισμών ώστε να υπολογισθεί η Δομική βαθμολογία τους.

Το πρώτο στάδιο αποτελεί ο Οπτικός έλεγχος από τον οποίο προκύπτει η Δομική βαθμολογία η οποία καθορίζει την ανεπάρκεια της κατασκευής με βάση τα στοιχεία των βλαμμένων κτιρίων. Έγινε συσχέτιση της δομικής βαθμολογίας των κτιρίων αυτών με την συμπεριφορά τους κατά τον σεισμό.

Στις περιπτώσεις που ο προσεισμικός έλεγχος αναφέρεται σε μεγάλο πλήθος κατασκευών είναι αναπόφευκτη η χρήση εμπειρικών μεθόδων. Οι μέθοδοι αυτές αποτίμησης περιλαμβάνουν συνήθως οπτικό έλεγχο των προς αποτίμηση κατασκευών. Διακρίνονται σε εκείνες που βασίζονται στην ταξινόμηση, την ένταση δηλαδή κάθε κατασκευής με βάση κάποια κρίσιμα χαρακτηριστικά της σε μια συγκεκριμένη κατηγορία τρωτότητας και σε εκείνες που βασίζονται στην αξιολόγηση ή βαθμολόγηση της κατασκευής ως προς τη σεισμική επάρκειά της, με τη βοήθεια ενός κατάλληλα επιλεγμένου συνόλου εμπειρικών κριτηρίων. Οι μέθοδοι αξιολόγησης είναι πιο λεπτομερείς από τις μεθόδους ταξινόμησης, δεδομένου ότι σ' αυτές είναι απαραίτητος ο επιτόπου έλεγχος του κτιρίου. Επιπλέον, οι μέθοδοι αξιολόγησης επικεντρώνονται σε όποια δομικά ή άλλα στοιχεία μιας κατασκευής είναι κρίσιμα ως προς τη σεισμική συμπεριφορά. Τα αποτελέσματα του επιτόπου οπτικού ελέγχου της κατασκευής συνοψίζονται σε ένα ειδικό έντυπο ελέγχου που αποτελεί βασικό στοιχείο σε κάθε μέθοδο αξιολόγησης. Ένα τέτοιο έντυπο πρέπει να είναι αρκετά

απλό ώστε να συμπληρώνεται από έναν μέσο μηχανικό εντός προκαθορισμένου χρόνου, αλλά και σχετικά λεπτομερές ώστε με βάση αυτό να προκύπτει μία σαφής εικόνα της τρωτότητας της κατασκευής. Διατίθενται αρκετές τέτοιες μέθοδοι, π.χ. οι μέθοδοι της Αμερικάνικης FEMA, η Νεοζηλανδική μέθοδος και η Ελληνική μέθοδος του ΥΠΕΧΩΔΕ – ΟΑΣΠ (2000). [Σταματίου Θ. Κωνσταντίνα, Τσάφου Γ. Στέλλα, Αθήνα, (2013)]

## **3.2 Μέθοδοι αποτιμήσεις κτιρίων**

### **3.2.1 Μέθοδος Αμερικάνικης FEMA**

Η συγκεκριμένη μέθοδος των Η.Π.Α. παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς πάνω σε αυτή βασίστηκε η ελληνική μέθοδος που ακολουθείται από τον Ο.Α.Σ.Π. Το εγχειρίδιο FEMA 154 (1988) περιλαμβάνει τα υπάρχοντα κείμενα οδηγιών και συστάσεων για θέματα σεισμικής αποτίμησης, το οποίο αναθεωρήθηκε το 2001, που αφορά στον ταχύ οπτικό έλεγχο (rapid visual screening, RVS) των κτηρίων. Η μέθοδος βασίζεται στη συμπλήρωση ενός σχετικά σύντομου εντύπου, το οποίο διαφοροποιείται με τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας και το οποίο περιλαμβάνει βασικά στοιχεία για το κτήριο. Την συνοδεία του εντύπου έχει ένα συνοπτικό φύλλο αναφοράς που βοηθά το μηχανικό στη συμπλήρωσή του. Το κλειδί στην εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι η κατάταξη του κτηρίου σε έναν από τους 12 βασικούς δομικούς τύπους που ορίζει η μέθοδος, οπότε και παίρνει καταρχήν τη λεγόμενη «βασική βαθμολογία» που κυμαίνεται από 1.0, για άοπλη τοιχοποιία και ζώνη υψηλής σεισμικής επικινδυνότητας, έως 8.5, «άριστα», για ξύλινο πλαίσιο και ζώνη χαμηλής σεισμικής επικινδυνότητας (FEMA 154, 1988). Η βαθμολογία αυτή μειώνεται καθώς συντρέχουν από μια σειρά δυσμενείς παράγοντες που σχετίζονται κυρίως με τη μορφολογία του κτηρίου (μεγάλο ύψος, μη κανονικότητα καθ' ύψος και σε κάτοψη, μαλακός όροφος, κοντά υποστυλώματα) και το έδαφος θεμελίωσης, αντίθετα αυξάνεται κατά 2 μονάδες εφόσον έχει σχεδιαστεί με βάση ένα σύγχρονο αντισεισμικό σχεδιασμό. Αν ο τελικός βαθμός είναι μικρότερος του 2 τότε το κτήριο χρίζει περαιτέρω διερεύνησης. Πάνω από 70000 κτήρια στις Η.Π.Α εφαρμόστηκε η μέθοδος του Εγχειριδίου FEMA 154 (1988). Συγκεκριμένα δημόσια ή υψηλής σπουδαιότητας κτίρια είχαν κυρίαρχο ρόλο. Η φυσική σημασία του τελικού βαθμού  $x$  σημαίνει πιθανότητα 10- $x$  βαριάς βλάβης ή κατάρρευσης του κτηρίου υπό το σεισμό σχεδιασμού. Επίσης, η εξαγωγή μηδενικής ή αρνητικής βαθμολογίας είναι πιθανή με τη χρήση των βασικών βαθμών και τροποποιητικών συντελεστών της πρώτης έκδοσης του Εγχειριδίου FEMA 154. Για την αποφυγή αυτού του ενδεχομένου η πρώτη έκδοση αναθεωρήθηκε από τη μέθοδο FEMA-G (αποτελεί προσαρμογή



αναθεωρημένης έκδοσης FEMA 154 που έγινε το 2001) και τα προαναφερθέντα ζητήματα αντιμετώπιστηκαν επιτυχώς. Οι διαφορές των δύο εκδόσεων εντοπίζονται στην αύξηση των δομικών κατηγοριών από 12 σε 15, στην άγνοια ορισμένων χαρακτηριστικών τρωτότητας και στη θεώρηση πρόσθετων νέων και τέλος στην αυξομείωση των βασικών βαθμολογιών και των τροποποιητικών συντελεστών λόγω δυσμενών και ευμενών παραγόντων. Πιο αναλυτικά, για τις αρχικές βαθμολογίες των κτηρίων ανάλογα με το δομικό του τύπο η οποία ανάλογα με τη σεισμική ζώνη στην οποία βρίσκεται το κτήριο είτε θα παραμείνει σταθερή είτε θα μειωθεί. Στη συνέχεια ανάλογα με τη σεισμική ζώνη που βρίσκεται το κτήριο και το δομικό του τύπο λαμβάνονται υπόψη επιπλέον παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη τελική βαθμολογία του κτηρίου. Οι παράμετροι που εξετάζονται είναι οι εξής:

- Μεγάλο ύψος: Κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία ή προκατασκευασμένα στοιχεία πάνω από 2 ορόφους και κτήρια με Φ.Ο. από Ο.Σ. ή από χάλυβα πάνω από 5 ορόφους θεωρούνται μεγάλου ύψους.
- Αλλαγή σπουδαιότητας: Αν αλλάξει η σπουδαιότητα του κτηρίου από Σ2 σε Σ3 η Σ4 τότε πρέπει να μειωθεί η βαθμολογία του κτηρίου.
- Σεισμικές επιβαρύνσεις: Βλάβες στο φέροντα οργανισμό της κατασκευής από προγενέστερους σεισμούς οι οποίες δεν έχουν αποκατασταθεί έντεχνα βάσει μελέτης επισκευής.
- Κακή κατάσταση: Ύπαρξη κακής ποιότητας σκυροδέματος η εκτεθειμένων και διαβρωμένων οπλισμών. Εμφανώς ασθενές κονίαμα σε κτήρια από λιθοδομή και ρηγματώσεις. Εμφανείς κακοτεχνίες, ρηγματώσεις οφειλόμενες σε καθιζήσεις.
- Κανονικότητα: Με την κανονικότητα θεωρούμε το ενδεχόμενο κρούσης, μη κανονική τοιχοπλήρωση σε κάτοψη, μη κανονικότητα καθ' ύψος, οριζόντια μη κανονικότητα και στρέψη. Κάθε μια από τις παραπάνω δυσμορφίες μειώνει τη βαθμολογία του κτηρίου κατά 0,2. Τίθεται όμως ένα ανώτερο όριο μείωσης σε περίπτωση που συσσωρεύονται τρεις ή και άνω παράγοντες στο 0,5.
- Μαλακός όροφος ή κοντά υποστυλώματα: Θεωρείται ότι εμφανίζεται μόνο σε κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος και από προκατασκευασμένα στοιχεία, επιβαρύνουν κυρίως τα πλαισιακά συστήματα ενώ η σημασία τους μειώνεται στα σύγχρονα κτήρια.

Κατηγορία εδάφους: Α,Β,Γ,Δ,Χ[Σταματίου Θ. Κωνσταντίνα, Τσάφου Γ. Στέλλα, Αθήνα, (2013)]

Παραδείγματα μη κανονικότητας σε κάτοψη			
Παραδείγματα μη κανονικότητας καθ' ύψος			
Παραδείγματα διάταξης δομικών στοιχείων με ενδεχόμενο φαινόμενο στρέψης			
Παραδείγματα κοντών υποστυλοματών			

Εικόνα 1: Κτίρια με μη κανονικότητα

### 3.2.2 Η Ελληνική μέθοδος του ΥΠΕΧΩΔΕ – ΟΑΣΠ 2000

Στις αρχές του 1998 συγκροτήθηκε από τον ΟΑΣΠ ομάδα εργασίας, με αντικείμενο την πρόταση μεθόδου προσεισμικού ελέγχου, επικεντρωμένη στα δημόσια κτίρια. Όπως προκύπτει από την τελική έκθεση της ομάδας η οποία υιοθέτησε από τον ΟΑΣΠ με μικρές τροποποιήσεις, η πρότασή της διαμορφώθηκε προς την κατεύθυνση της υιοθέτησης του αντίστοιχου ΠΔ του 1994 των ΗΠΑ με κατάλληλη προσαρμογή στα ελληνικά δεδομένα, συγχρόνως δε προτάθηκε μια διαδικασία ελέγχου σε τρία βήματα, σύμφωνα και με τη διεθνή πρακτική.

Το πρώτο βήμα βασισμένο στο εγχειρίδιο FEMA συνιστάται στον ταχύ οπτικό έλεγχο του κτιρίου και στην επί τόπου συμπλήρωση του εντύπου. Το έντυπο περιλαμβάνει γενικά στοιχεία κανονικότητας και μορφολογίας του κτιρίου, κατάταξη του κτιρίου σε έναν από τους βασικούς δομικούς τύπους, κατάταξη του εδάφους και κατάταξη στην ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας. Με βάση τα στοιχεία αυτά προκύπτει μια βαθμολογία από την οποία εκτιμάται η σεισμική ικανότητα του κτιρίου. Εάν ο βαθμός είναι μικρότερος ενός ορίου το κτίριο θεωρείται ως μη ανταποκρινόμενο στον ΕΑΚ και απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση.

Το δεύτερο βήμα περιλαμβάνει μη καταστροφικούς ελέγχους, υπολογισμό της τέμνουσας βάσης που μπορεί να φέρει η κατασκευή. Εάν δεν ικανοποιείται ο έλεγχος πάμε στο επόμενο βήμα.[Σταματίου Θ. Κωνσταντίνα, Τσάφου Γ. Στέλλα, Αθήνα (2013)]

Το τρίτο βήμα είναι η λεπτομερή ανάλυση με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς για τμήμα των σεισμικών δράσεων και κατάλληλη τιμή συντελεστή συμπεριφοράς.

Ο προσεισμικός έλεγχος αποτελείται από τρία στάδια ελέγχου:

1. Τον Πρωτοβάθμιο προσεισμικό έλεγχο ή Ταχύ Οπτικό Έλεγχο (ΤΟΕ), που έχουμε ταχεία καταγραφή και αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας των κτιρίων με μη καταστροφικές μεθόδους.
2. Τον Δευτεροβάθμιο προσεισμικό έλεγχο για την προσεγγιστική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας με μη καταστροφικές μεθόδους ελέγχοντας τις ποιότητες των υλικών για όσα κτίρια προκύψουν ανεπαρκή όσο αφορά την σεισμική ικανότητα από τον ΤΟΕ.
3. Την αναλυτική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας και σύνταξη μελέτης αποκατάστασης – ενίσχυσης, σε όσα κτίρια προκύψει σεισμική ανεπάρκεια από τον δευτεροβάθμιο έλεγχο.

Ο πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος υιοθέτησε πολλά στοιχεία από τον αντίστοιχο αμερικάνικο. Ο ταχύς οπτικός έλεγχος έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι απλοποιημένος και τυποποιημένος ώστε να μπορεί κάποιος έμπειρος μηχανικός, γρήγορα κι εύκολα να αξιολογεί την σεισμική επάρκεια του κτιρίου χρησιμοποιώντας μη καταστροφικές μεθόδους. Για το λόγο αυτό τα στοιχεία καταγράφονται σε δελτίο ελέγχου με μονοσήμαντο τρόπο έτσι ώστε να είναι εξίσου γρήγορη η επεξεργασία τους. Το δελτίο ελέγχου είναι ένα έντυπο το οποίο αποτελείται από 5 ενότητες καταγράφοντας τα χαρακτηριστικά στοιχεία του κτιρίου. Στη πρώτη ενότητα συμπληρώνονται στοιχεία για την ταυτότητα του κτιρίου, όσο αφορά τη τοποθεσία και τη χρήση του. Στη δεύτερη ενότητα καταγράφονται τεχνικά χαρακτηριστικά του κτιρίου όπως έτος κατασκευής, αριθμός ορόφων, συνολική δομημένη επιφάνεια κ.α. Στη Τρίτη ενότητα σημειώνονται τα σεισμολογικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής βασισμένοι στον ΝΕΑΚ. Στην τέταρτη ενότητα κατατάσσεται το κτίριο στο κατάλληλο δομικό τύπο ανάλογα με τον τύπο του φέροντα οργανισμού και τον ισχύων κανονισμό κατά την περίοδο της μελέτης. Στην Πέμπτη ενότητα καταγράφονται τα στοιχεία τρωτότητας του κτιρίου δηλαδή κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (μαλακός όροφος, προηγούμενες σεισμικές επιβαρύνσεις, οριζόντια μη κανονικότητα, ενδεχόμενο στρέψης κ.α.) τα οποία δυσχεραίνουν την συμπεριφορά του κτιρίου κατά τη σεισμική δράση.

Με βάση την συμπλήρωση του εντύπου στην συνέχεια ακολουθεί η βαθμολόγηση των κτιρίων. Έτσι το κτίριο με βάση την κατάταξη του σε ένα από τους δομικούς τύπους οπλισμένου σκυροδέματος παίρνει την αρχική βαθμολογία. Η βαθμολογία

αυτή μειώνεται ανάλογα από τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας και τα βασικά δομικά χαρακτηριστικά καταλήγοντας στη βασική βαθμολογία. Η τελική δομική βαθμολογία θα καθοριστεί από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις ιδιομορφίες που δυσχεραίνουν τη συμπεριφορά του κτιρίου κατά τη σεισμική δραστηριότητα με συνέπεια τη μείωση της βασικής βαθμολογίας.

Τον Δευτεροβάθμιο προσεισμικό έλεγχο για την προσέγγιση αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας με βάση αναλυτικότερους υπολογισμούς χωρίς να είναι καταστροφικός ο έλεγχος ποιότητας των υλικών, για όσα κτίρια προκύψει ανεπαρκής σεισμική ικανότητα με βάση τα αποτελέσματα του ΤΟΕ. Η προτεινόμενη μέθοδος προσεγγιστικής αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας συνίσταται στα παρακάτω βήματα:

- Επιτόπου επίσκεψη (επισκέψεις) στο κτίριο, οπτική αξιολόγηση, και διεξαγωγή μη καταστροφικών ελέγχων αντοχών υλικών (π.χ. κρουσιμετρήσεων)
- Κατάταξη του αποτιμώμενου κτιρίου σε μια από τις κατηγορίες
- Διεξαγωγή επιμέρους αναλυτικών υπολογισμών για τον προσδιορισμό ορισμένων κρίσιμων μεγεθών
- Συμπλήρωση των εντύπων του προσεισμικού ελέγχου της Β΄ Φάσης
- Τελική αξιολόγηση των αδυναμιών του κτηρίου και σύνταξη της σχετικής έκθεσης

Την αναλυτική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας και τη δημιουργία μελέτης αποκατάστασης και ενίσχυσης, για όσα κτίρια προκύψει τοπική ή γενική σεισμική ανεπάρκεια από το προηγούμενο στάδιο. Η αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας αποτελεί μία ποιοτική ή/και ποσοτική εκτίμηση για τον έλεγχο υφισταμένων κατασκευών σε συγκεκριμένη σεισμική δράση. Αφορά σε ένα σημαντικό πρόβλημα διεθνώς αφού ένας μεγάλος αριθμός των ήδη δομημένων κατασκευών παρουσιάζεται με χαμηλού επιπέδου σεισμική ασφάλεια ως προς τις σημερινές απαιτήσεις. Η ανάγκη για σεισμική αποτίμηση μπορεί να αφορά τόσο σε προσεισμικό όσο και σε μετασεισμικό έλεγχο. [Ψιμούλης Α. Παναγιώτης και Τσιλιμπάρης Ν. Ευθύμιος, Μάρτιος (2004)]

### 3.2.2.1 Ταχύς οπτικός έλεγχος

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται το πρώτο στάδιο του Προσεισμικού Ελέγχου των κτηρίων Δημόσιας και κοινωφελούς χρήσης, δηλαδή ο Πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος ή Ταχύς Οπτικός Έλεγχος.

Το πρώτο επίπεδο ελέγχου στηρίζεται αρκετά στο Εγχειρίδιο FEMA 154 (1988) και συνίσταται στον ταχύ οπτικό έλεγχο του κτηρίου και στην επί τόπου συμπλήρωση του Δελτίου Προσεισμικού Ελέγχου. Ο έλεγχος διενεργείται από διμελείς επιτροπές μηχανικών ενώ η διαδικασία έχει σχεδιαστεί να είναι απλοποιημένη και τυποποιημένη όσον αφορά τη συλλογή στοιχείων.

Μία πρώτη ματιά με ποιοτική εκτίμηση του βαθμού τρωτότητας της κατασκευής σαν σύνολο αποτελεί και ο στόχος αυτού του επιπέδου. Μέσω της ποσοτικοποίησης ορισμένων παραμέτρων σεισμικής τρωτότητας για την οποία χρησιμοποιείται το Δελτίο Προσεισμικού Ελέγχου. Το Δελτίο περιλαμβάνει 5 ενότητες: Στην ενότητα Α συμπληρώνονται στοιχεία σχετικά με την ταυτότητα του κτηρίου (νομός, δήμος, διεύθυνση, χρήση κτηρίου, κ.ά.), στην ενότητα Β τεχνικά στοιχεία του κτηρίου (αριθμός ορόφων, επιφάνεια κάτοψης, έτος κατασκευής κ.ά.), η ενότητα Γ αφορά σε σεισμολογικά και γεωτεχνικά στοιχεία της περιοχής (ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας κατά Ε.Α.Κ.-2000, κατηγορία εδάφους, κ.ά.), στην ενότητα Δ καταγράφεται ο δομικός τύπος του κτηρίου η κατάταξη του οποίου γίνεται με τη βοήθεια σχετικού πίνακα και τέλος στην ενότητα Ε καταγράφονται τα ενδεχόμενα στοιχεία τρωτότητας του κτηρίου (χωρίς αντισεισμικό κανονισμό, μαλακός όροφος, κοντά υποστυλώματα, μη κανονικότητες, κ.ά.).

Συνεπώς, με βάση τα στοιχεία που συμπληρώνονται στο Δελτίο Προσεισμικού Ελέγχου βαθμολογείται η σεισμική ικανότητα της κατασκευής λαμβάνοντας υπόψη τόσο την αναμενόμενη εδαφική κίνηση, όσο και τους κυριότερους συντελεστές δομικής τρωτότητας. Η διαδικασία πραγματοποιείται ως εξής: Αρχικά κατατάσσεται ο δομικός τύπος της κατασκευής σε μια από τις 13 κατηγορίες που ορίζει ο σχετικός πίνακας. Ανάλογα με το υλικό κατασκευής (σκυρόδεμα, χάλυβας, τοιχοποιία), το είδος του δομικού συστήματος (πλαισιωτό, δυαδικό), το είδος της κατασκευής (συμβατική, προκατασκευη, διαζωματική τοιχοποιία) και το ισχύον κατά τη φάση της μελέτης κανονιστικό πλαίσιο σχεδιασμού γίνεται η κατάταξη αυτή. Η κατασκευή λαμβάνει την Αρχική Βαθμολογία Σεισμικού Κινδύνου (ΑΒΣΚ), η οποία στη συνέχεια τροποποιείται λαμβάνοντας υπόψη ορισμένα βασικά δομικά χαρακτηριστικά, τα οποία διαμορφώνουν τη σεισμική συμπεριφορά: η ύπαρξη μαλακού ορόφου- pilotis ή

και κοντών υποστυλωμάτων και κανονικής διάταξης τοιχοπληρώσεων καθώς και η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας που ανήκει το κτήριο. Επομένως, σε πρώτο στάδιο η κατασκευή λαμβάνει τη Βασική Βαθμολογία Σεισμικού Κινδύνου (ΒΒΣΚ). Στη συνέχεια στη διαμόρφωση της τελικής Δομικής Βαθμολογίας (ΔΒ) λαμβάνονται υπόψη επιπλέον δομικά χαρακτηριστικά τα οποία επηρεάζουν την τρωτότητα μιας κατασκευής, η συμμετοχή των οποίων ποσοτικοποιείται με τους Τροποποιητικούς Συντελεστές Συμπεριφοράς (ΤΣΣ) με τιμές ανάλογες του εκτιμώμενου βαθμού επιρροής τους. Συγκεκριμένα λαμβάνονται υπόψη:

- η χρήση ή μη αντισεισμικού κανονισμού
- προηγούμενες σεισμικές επιβαρύνσεις
- οι τυχόν υπάρχουσες κακοτεχνίες
- οι εν επαφή κατασκευές
- μεγάλο ύψος
- μη κανονικότητα καθ' ύψος
- οριζόντια μη κανονικότητα
- ενδεχόμενο στρέψης
- οι εδαφικές συνθήκες της περιοχής
- δείκτης λειτουργίας
- δείκτης αριθμού προσώπων

Η τελική τιμή της Δομικής Βαθμολογίας αποτελεί ένα κριτήριο του βαθμού επάρκειας της κατασκευής συσχετιζόμενο με την πιθανότητα εμφάνισης σημαντικής βλάβης σε ενδεχόμενο σεισμό. Ως 'σημαντική βλάβη' θα μπορούσε να θεωρηθεί το είδος βλαβών εκείνο του οποίου οι επισκευές θα κόστιζαν ένα σημαντικό ποσοστό της αξίας της όλης κατασκευής. Τελικά, στην περίπτωση που ο προκύπτων βαθμός είναι μικρότερος ενός ορίου το κτήριο θεωρείται ως μη ανταποκρινόμενο στον ΕΑΚ και απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση, διαφορετικά ο έλεγχος ολοκληρώνεται στο πρώτο βήμα. [Σταματίου Θ. Κωνσταντίνα, Τσάφου Γ. Στέλλα, Αθήνα, (2013)]

### 3.2.2.2 Διαδικασία διενέργειας Τ.Ο.Ε.

Ο προσεισμηκός έλεγχος διενεργείται σε επίπεδο Περιφερειακής Ενότητας (σύμφωνα με το Πρόγραμμα «Καλλικράτης») από τους φορείς που έχουν την ευθύνη της λειτουργίας και ασφάλειας των κτηρίων. Ο έλεγχος των κτηρίων γίνεται από διμελείς επιτροπές μηχανικών, εκ των οποίων ο ένας τουλάχιστον πρέπει να είναι Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός (απόφοιτος Πανεπιστημιακής Εκπαίδευσης), ενώ ο δεύτερος μπορεί να είναι Διπλωματούχος Μηχανικός (απόφοιτος Πανεπιστημιακής Εκπαίδευσης), κατά προτίμηση Αρχιτέκτων ή Αγρονόμος - Τοπογράφος Μηχανικός, ή Πτυχιούχος Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, κατεύθυνσης Δομικών Έργων ή Έργων Υποδομής. Επίσης, οι διμελείς επιτροπές μηχανικών μπορούν να αποτελούνται και από απόφοιτους μηχανικούς Στρατιωτικών Σχολών, οι οποίες ωστόσο επιτρέπεται να διενεργούν έλεγχο μόνο σε κτήρια της δικαιοδοσίας τους μετά από γραπτή επώνυμη εντολή της αρμόδιας στρατιωτικής αρχής. Συμπληρώνεται ένα Δελτίο Προσεισμηκού Ελέγχου Κτηρίων σε όποιο κτήριο έχει γίνει έλεγχος. Αντίγραφα των δελτίων ελέγχου στις αρμόδιες Περιφερειακές Ενότητες θα αποστέλουν όλοι οι φορείς που θα κάνουν τον έλεγχο, οι οποίες έχουν την ευθύνη συγκέντρωσης των δελτίων ελέγχου όλων των κτηρίων δημόσιας και κοινωφελούς χρήσης που ανήκουν σε αυτές και αποστολής τους στον ΟΑΣΠ. Η αποστολή των δελτίων θα γίνεται εφόσον έχει συγκεντρωθεί ικανοποιητικό πλήθος δελτίων (κατά την κρίση της αρμόδιας Περιφερειακής Ενότητας) και θα συνοδεύεται από συγκεντρωτική κατάσταση στην οποία θα αναφέρεται το Όνομα του κτηρίου, η Δημοτική Ενότητα και ο φορέας που διενήργησε τον έλεγχο.

Ένας από τους σημαντικούς παράγοντες για την εξασφάλιση της αξιοπιστίας των στοιχείων είναι η εξεύρεση και χρήση της μελέτης του κτηρίου. Για το σκοπό αυτό συστήνεται στις υπηρεσίες που έχουν την ευθύνη του ελέγχου ή στους μηχανικούς που διενεργούν τον έλεγχο να φροντίζουν για την εξεύρεση των μελετών των κτηρίων, πριν τη διενέργεια του ελέγχου. Οι μελέτες μπορούν να αναζητηθούν είτε στις υπηρεσίες που στεγάζονται στο κτήριο, είτε στους ιδιοκτήτες των κτηρίων, είτε στις αρμόδιες πολεοδομικές υπηρεσίες. Οι μηχανικοί που διενεργούν τον έλεγχο πρέπει να σχεδιάζουν την κάτοψη του κτηρίου και μία χαρακτηριστική τομή σε λευκά φύλλα μεγέθους Α4. Τέλος σημαντικό είναι να φωτογραφίζεται το κτήριο (όψη) και να επικολλάται η φωτογραφία σε φύλλο Α4. Τα στοιχεία αυτά (κάτοψη, τομή φωτογραφία) δεν θα αποστέλλονται στο ΥΠΕΧΩΔΕ (παρά μόνον εφόσον ζητηθούν), θα τηρούνται όμως μαζί με τα αντίγραφα των δελτίων ελέγχου στο αρχείο της υπηρεσίας που διενεργεί τον έλεγχο. [Σταματίου Θ. Κωνσταντίνα, Τσάφου Γ. Στέλλα, Αθήνα, (2013)]

### 3.2.2.3 Οδηγίες Συμπλήρωσης Δελτίου Προσεισμικού Ελέγχου

Το Δελτίο Προσεισμικού Ελέγχου αποτελείται από ένα φύλλο που συμπληρώνεται και στις δύο όψεις. Τα στοιχεία του Δελτίου κατανέμονται σε 5 Ενότητες. Στην πρώτη σελίδα περιλαμβάνονται οι Ενότητες Α και Β που αναφέρονται στην ταυτότητα του κτηρίου και στα τεχνικά χαρακτηριστικά του. Τα στοιχεία ταυτότητας του κτηρίου πρέπει να συμπληρώνονται ώστε αυτό να προσδιορίζεται με ακρίβεια και να είναι δυνατός ο εντοπισμός του εφόσον απαιτηθεί περαιτέρω έλεγχος. Καταγράφονται επίσης στοιχεία που δίνουν τη μορφή του κτηρίου, τη σπουδαιότητά του, καθώς και τα στοιχεία των ελεγκτών μηχανικών. Στη δεύτερη σελίδα περιλαμβάνονται οι Ενότητες Γ, Δ και Ε που αναφέρονται στα σεισμολογικά και γεωλογικά στοιχεία της περιοχής (Ενότητα Γ), στο Δομικό Τύπο του κτηρίου ( Ενότητα Δ ) και στα Στοιχεία τρωτότητας , δηλαδή στα δομικά χαρακτηριστικά του κτηρίου που επηρεάζουν την σεισμική ικανότητά του ( Ενότητα Ε). Αν κατά τη συμπλήρωση του εντύπου ορισμένα στοιχεία δεν είναι πλήρως γνωστά και βασίζονται στην εκτίμηση του ελέγχοντος, η ελλιπής εμπιστοσύνη για τα στοιχεία αυτά, πρέπει να υποδηλώνεται με έναν αστερίσκο (\*) δίπλα στο αντίστοιχο Χ.

### 3.2.2.4 Συμπεράσματα

Από την αξιολόγηση των διαθέσιμων στοιχείων, ιδιαίτερα των δύο πρόσφατων βάσεων δεδομένων προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Η μέθοδος ΥΠΕΧΩΔΕ – ΟΑΣΠ φαίνεται ότι είναι σε θέση να διακρίνει με σχετικά χαμηλό κόστος και σχετική ακρίβεια τα κτίρια που χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση πριν από την απόφαση για προσεισμική ενίσχυση.

Η μέθοδος δεν μπορεί να είναι απόλυτα ακριβής καθώς, πέραν του υποκειμενισμού, ορισμένες βασικές παράμετροι, όπως η ποιότητα κατασκευής, δεν συνεκτιμώνται στη δομική βαθμολογία ενώ και οι λοιπές παράμετροι τρωτότητας εκφράζονται με ποιοτικό τρόπο.

Παρόλο την έλλειψη δυνατότητας ακριβούς πρόβλεψης σε επίπεδο κτιρίου η μέθοδος αναμένεται ιδιαίτερα αποδοτική σε επίπεδο ομάδας κτιρίων ή πολεοδομικού συγκροτήματος.

Το όριο που πρότεινε η ομάδα εργασίας κάτω του οποίου απαιτείται περαιτέρω έρευνα φαίνεται υψηλό. Πιο ρεαλιστική φαίνεται μια αναπροσαρμογή προς τα κάτω π.χ. δομική βαθμολογία = 1,0 [Σταματίου Θ. Κωνσταντίνα, Τσάφου Γ. Στέλλα, Αθήνα (2013)]



### 3.2.3 Μέθοδος Νέα Ζηλανδία

#### Μέθοδοι της NZSEE

Η NZSEE (New Zealand Society for Earthquake Engineering) έχει αναπτύξει δύο μεθόδους αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας των υφισταμένων κατασκευών, τη Μέθοδο της Ταχείας Αποτίμησης (Rapid Evaluation) η οποία προτάθηκε το 1996 και τη Μέθοδο Αρχικής Αποτίμησης (Initial Evaluation Process, IEP) η οποία προτάθηκε το 2000.

Η Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης (Rapid Evaluation): είναι η μέθοδος που προτάθηκε το 1996 από την NZSEE (New Zealand National Society for Earthquake engineering) με σκοπό την εμπειρική αποτίμηση της σεισμικής τρωτότητας των υφιστάμενων κατασκευών που βασίζεται στην παρατήρηση ορισμένων δομικών χαρακτηριστικών ενός κτηρίου τα οποία μπορεί να είναι αίτια πρόκλησης σεισμικών βλαβών. Βασίζεται στη μέθοδο του Ταχύ Οπτικού Ελέγχου κατά το Εγχειρίδιο FEMA 154 (1988). Επειδή υπάρχουν λίγα ποσοτικοποιημένα δεδομένα για τη σχετική συμπεριφορά των κτηρίων διαφόρων δομικών τύπων και χαρακτηριστικών, όσα δεδομένα ήταν διαθέσιμα, συμπεριλαμβανομένων και αυτών από άλλες χώρες, αναθεωρήθηκαν και τροποποιήθηκαν προκειμένου να αντιστοιχούν καλύτερα στα Νεοζηλανδικά δεδομένα. [Σταματίου Θ. Κωνσταντίνα, Τσάφου Γ. Στέλλα, Αθήνα (2013)]

Για την αποτίμηση του κτηρίου χρησιμοποιείται ειδικό έντυπο μαζί με ένα βοηθητικό επεξηγηματικό φύλλο αναφοράς. Παρόμοια με τη διαδικασία που ακολουθείται και κατά το Εγχειρίδιο FEMA 154 (1988), η κατασκευή κατατάσσεται σε μια από τις 10 κατηγορίες δομικών τύπων και λαμβάνει μια βασική βαθμολογία ανάλογα με τον τύπο της και τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας στην οποία ανήκει. Συνεπώς, η βασική βαθμολογία τροποποιείται λαμβάνοντας υπόψη διάφορα χαρακτηριστικά σεισμικής τρωτότητας, τη χρονολογία κατασκευής του κτηρίου (με ή χωρίς αντισεισμικό σχεδιασμό) και τον τύπο εδάφους. Με την βοήθεια σχετικού διαγράμματος του εντύπου προκύπτει η απαίτηση για λεπτομερέστερη διερεύνηση ή όχι, και είναι συνάρτηση της τελικής δομικής βαθμολογίας και της συνολικής επιφάνειας του κτηρίου.

Βασικά όσο πιο πολλά χαρακτηριστικά σεισμικής τρωτότητας διαθέτει η κατασκευή, τόσο μεγαλύτερη βαθμολογία παίρνει η μέθοδος αυτή. Συνεπώς, η λογική της μεθόδου είναι να δίνει υψηλές θετικές βαθμολογίες για επιζήμια προς την κατασκευή χαρακτηριστικά (ζώνη υψηλής και μέσης σεισμικής επικινδυνότητας, μαλακός όροφος, στρέψη, χαμηλής αντοχής έδαφος), χαμηλές για λιγότερο επιζήμια

(ακανονικότητες, κακή κατάσταση, κοντά υποστυλώματα) και αρνητικές για ευεργετικά στοιχεία (αντισεισμικός σχεδιασμός, έδαφος υψηλής αντοχής). Επομένως, όσο μικρότερη δομική βαθμολογία και επιφάνεια έχει ένα κτήριο τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να αποκλειστεί της απαίτησης για περαιτέρω διερεύνηση.

Πιο αναλυτικά: Δομικοί τύποι:

- T: Ξύλινες κατασκευές S1:Εύκαμπτα μεταλλικά πλαίσια
- S2: Δύσκαμπτα μεταλλικά πλαίσια
- S3: Ελαφριά μεταλλικά πλαίσια
- S4: Μεταλλικά πλαίσια με τοιχώματα διάτμησης
- C1: Πλαίσια από οπλισμένο σκυρόδεμα
- C2: Τοιχώματα διάτμησης από οπλισμένο σκυρόδεμα
- C3/S4: Μεταλλικά πλαίσια ή πλαίσια από οπλισμένο σκυρόδεμα με συμπληρώσεις από φέρουσα άοπλη τοιχοποιία
- TU: Κατασκευές με προκατασκευασμένα τμήματα από οπλισμένο σκυρόδεμα
- RM: Οπλισμένη τοιχοποιία

Τροποποιητικοί συντελεστές:

- Υψηλό κτήριο: 9 όροφοι και άνω για όλα τα κτήρια εκτός από ξύλινες κατασκευές που είναι από 3 ορόφους και άνω
- Κακή κατάσταση : Εμφανείς ρωγμές, βλάβες
- Μη κανονικότητα σε κάτοψη : Κτήρια με περίπλοκο σχήμα σε κάτοψη
- Στρέψη : Έκκεντρη δυσκαμψία σε κάτοψη
- Μαλακός όροφος : Έλλειψη τοιχοπλήρωσης σε όλες τις πλευρές του κτηρίου, υψηλό ισόγειο
- Κρούση με γειτονικά κτήρια : Επίπεδα πατώματα γειτονικών κτηρίων που δεν ευθυγραμμίζονται με αρμό μικρότερο των 100 χιλιοστών ανά όροφο
- Βαριές επικαλύψεις : Μεγάλες, βαριές πέτρες ή panel σκυροδέματος
- Κοντά υποστυλώματα: Υποστυλώματα με ενεργό μήκος σημαντικά μικρότερο από το πλήρες λόγω μετέπειτα προσθήκης δοκών σε κάποιο ύψος ή μερικού ύψους τοιχοπληρώσεων μεταξύ των υποστυλωμάτων ή τοιχοπληρώσεις από τη μια μεριά του υποστυλώματος.
- Με αντισεισμικό κανονισμό : Για την Ελλάδα οι αντίστοιχες χρονολογίες είναι το 1959 και το 1985 για όλους τους τύπους κτηρίων
- Τύπος εδάφους:

SL1: Βράχος ή πολύ δύσκαμπτο έδαφος

SL2: Έδαφος μέτριας δυσκαμψίας

SL3: Μαλακό έδαφος

- Κοντά σε ρήγμα : Κτήριο σε απόσταση τουλάχιστον 5 χιλιομέτρων από ενεργό ρήγμα-σημειώνεται ότι αν το κτήριο είναι κατασκευασμένο σε απόσταση 20 μέτρων από ενεργό ρήγμα τότε η τελική βαθμολογία είναι 100. Ειδικός σχεδιασμός : Αφορά τα κτήρια που έχουν σχεδιαστεί με υψηλούς σεισμικούς συντελεστές. Για την Ελλάδα τα κτήρια θεωρούνται ότι είναι σχεδιασμένα με υψηλό συντελεστή ασφαλείας μετά το 1985

Άλλα: Σε περίπτωση σεισμού οι ξύλινες κατασκευές μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά τη συμπεριφορά του κτηρίου. Αυτά τα χαρακτηριστικά με τους αντίστοιχους συντελεστές είναι: 1. ύπαρξη καμινάδας από οπτόλιθους, 2. απουσία τοιχίων θεμελίωσης από Ο/Σ, 3. Εργοστάσιο ή αποθήκη. [Σταματίου Θ. Κωνσταντίνα, Τσάφου Γ. Στέλλα, Αθήνα, (2013)]

- Μέθοδος Αρχικής Αποτίμησης (Initial Evaluation Process)

Η Μέθοδος Αρχικής Αποτίμησης (Initial Evaluation Process, IEP) είναι ένας χονδροειδής οπτικός έλεγχος κτηρίων στον οποίο χρησιμοποιούνται όσο το δυνατόν λιγότερα μέσα. Αυτός ο έλεγχος ακολουθείται από μια λεπτομερέστερη διερεύνηση εκείνων των κτηρίων τα οποία κρίθηκαν στην Αρχική Αποτίμηση ανασφαλή έναντι σεισμού. Έτσι, σκοπός της μεθόδου είναι η αναγνώριση των κτηρίων τα οποία έχουν μειωμένη σεισμική ικανότητα. Επιπλέον, στόχος είναι να μην μπουν σε υποβληθούν λεπτομερέστερο έλεγχο κτήρια τα οποία στη συνέχεια κρίνονται ασφαλή. Για ένα τυπικό πολυώροφο κτήριο απαιτούνται από δύο έως τέσσερις ώρες οπτικού ελέγχου, ενώ η αποτίμηση του κτηριακού αποθέματος διενεργείται από έμπειρους μηχανικούς ειδικευμένους στον αντισεισμικό σχεδιασμό και ειδικά εκπαιδευμένους στην εφαρμογή της Μεθόδου.

Η διαδικασία πραγματοποιείται με τη διεξαγωγή μιας αρχικής εκτίμησης της συμπεριφοράς των υφισταμένων κτηρίων έναντι της απαιτούμενης για ένα νέο κτήριο, η οποία είναι το «ποσοστό επί της πρότυπης για ένα νέο κτήριο» (“percent age new building standard”, NBS). Το ισχύον πρότυπο για νέα κτήρια είναι το NZS4203 : 1992.

Το πρώτο βήμα είναι η επισκόπηση των προς αποτίμηση κτηρίων και η συλλογή δεδομένων σχετικών με τα χαρακτηριστικά τους, επαρκών για την εφαρμογή της μεθόδου. Το δεύτερο βήμα είναι η εφαρμογή της Μεθόδου Αρχικής Αποτίμησης (IEP) στα υποψήφια κτήρια. Για κάθε κτήριο υπολογίζεται ένας Βαθμός Δομικής

Συμπεριφοράς (Structural Performance Score, SPS). Ο ΒΔΣ είναι ουσιαστικά η εκτιμώμενη δομική συμπεριφορά του κτηρίου, έχοντας λάβει υπόψη όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες, συγκρινόμενη με τις απαιτήσεις για ένα νέο κτήριο, εκφρασμένη σαν ένα ποσοστό. Για τον υπολογισμό του ΒΔΣ υπάρχουν ενδιάμεσα βήματα τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

- 1<sup>ο</sup> βήμα:

Υπολογισμός του βασικού ποσοστού επί της πρότυπης συμπεριφοράς ενός νέου κτηρίου (NBS)<sup>b</sup> (base line percent age new building standard) για τη διαμήκη και εγκάρσια διεύθυνση. Ο συντελεστής αυτός εκφράζει την εκτιμώμενη σεισμική συμπεριφορά του κτηρίου (αντοχή) λαμβάνοντας υπόψη την πλαστιμότητα, τη σεισμική ζώνη και την κατηγορία του κτηρίου ανάλογα με τη χρήση του.

- 2<sup>ο</sup> βήμα

Προσδιορισμός του λόγου επιτελεσματικότητας PAR (Performance Achievement Ratio) για τη διαμήκη και εγκάρσια διεύθυνση. Ο λόγος επιτελεσματικότητας εκφράζει τη σχέση της σεισμικής συμπεριφοράς ενός υφισταμένου κτηρίου, όπως αυτό επιθεωρείται, με ένα «ορθά» σχεδιασμένο και κατασκευασμένο κτήριο του ίδιου τύπου και της ίδιας περιοχής. Στον προσδιορισμό του συντελεστή αυτού λαμβάνονται υπόψη πιθανά στοιχεία τρωτότητας της κατασκευής όπως ακανονικότητα σε κάτοψη και καθ' ύψος, κοντά υποστυλώματα, κρούση με γειτονικά κτίρια και τέλος ενδεχόμενο καθίζησης και ρευστοποίησης του εδάφους.

- 3<sup>ο</sup> βήμα

Υπολογισμός του Βαθμού Δομικής Συμπεριφοράς SPS (Structural Performance Score). Ο ΒΔΣ προκύπτει ως το γινόμενο του βασικού ποσοστού επί της πρότυπης συμπεριφοράς ενός νέου κτηρίου και του λόγου επιτελεσματικότητας. Δηλαδή, με τον πρώτο συντελεστή λαμβάνεται υπόψη η ιδανική σεισμική συμπεριφορά του κτηρίου της αυτής πλαστιμότητας, σεισμικής ζώνης και κατηγορίας ενώ με το δεύτερο συντελεστή λαμβάνονται υπόψη όλα τα ενδεχόμενα χαρακτηριστικά τρωτότητας της κατασκευής.

- 4<sup>ο</sup> βήμα

Εάν η βαθμολογία που προκύπτει είναι μικρότερη ή ίση του 33 τότε οδηγούμαστε στην εκτίμηση ότι το κτήριο στερείται ασφάλειας έναντι σεισμού στο πλαίσιο του Κανονισμού (Building Act), επομένως απαιτείται λεπτομερέστερος έλεγχος. Ένας βαθμός μεγαλύτερος του 33 σημαίνει ότι το κτήριο είναι εκτός των απαιτήσεων του

Κανονισμού, επομένως δεν απαιτείται από το νόμο να ληφθούν μέτρα, παρόλο που μπορεί να προτείνεται.

- 5<sup>ο</sup> βήμα

Βαθμολόγηση του κτηρίου από A+ έως E ανάλογα με τη δομική του βαθμολογία.

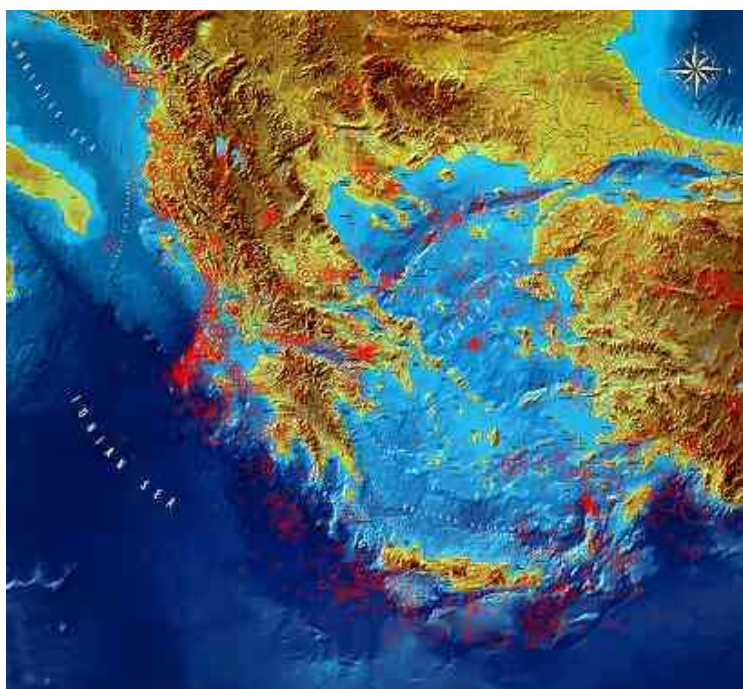
[Σταματίου Θ. Κωνσταντίνα, Τσάφου Γ. Στέλλα, Αθήνα,(2013)]

## Κεφάλαιο 4 Ο Σεισμός

### 4.1 Σεισμοί και Ελλαδικός χώρος

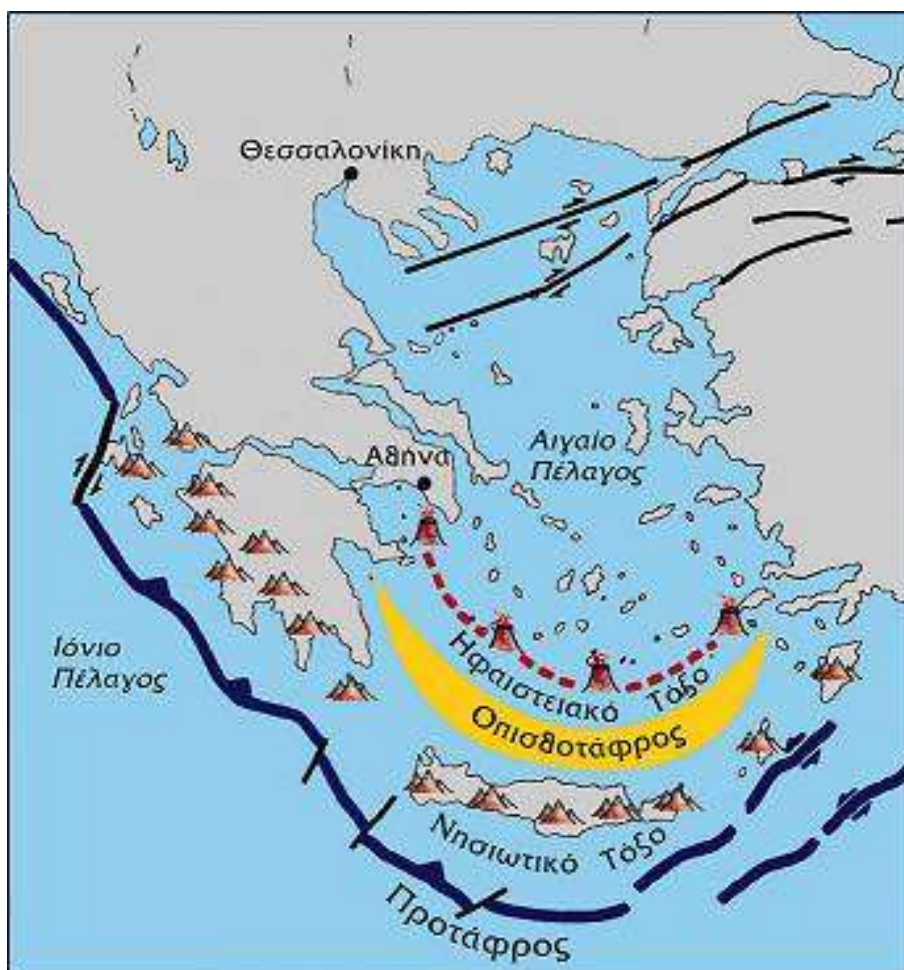
Οι περισσότεροι σεισμοί οφείλονται στις κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών, και συνεπώς οι ζώνες έντονης σεισμικής δράσης ενώνονται με τις παρυφές των πλακών. Ο ελληνικός χώρος βρίσκεται στα όρια επαφής και σύγκλισης της Ευρασιατικής πλάκας με την Αφρικανική, γι' αυτό και είναι χώρος μεγάλης σεισμικότητας (η σεισμικότητα ενός τόπου καθορίζεται από τη συχνότητα εμφάνισης των σεισμών και τα μεγέθη τους). Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία η Ελλάδα, από άποψη σεισμικότητας, κατέχει την πρώτη θέση στη Μεσόγειο και την Ευρώπη καθώς και την έκτη θέση σε παγκόσμιο επίπεδο, μετά την Ιαπωνία, Νέες Εβρίδες, Περού, νησιά Σολομώντα και Χιλή.

Στην Ελλάδα υπάρχει το Ελληνικό τεκτονικό τόξο. Το Ελληνικό τόξο (τόξο του Αιγαίου) αποτελεί το όριο επαφής της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας –τμήμα της οποίας είναι το Αιγαίο-, και της Αφρικανικής πλάκας –τμήμα της οποίας είναι η λιθόσφαιρα της Ανατ. Μεσογείου. Οι λιθοσφαιρικές αυτές πλάκες κλίνουν προς την περιοχή αυτή με ταχύτητα περίπου 2,5 εκατοστά ανά χρόνο, με συνέπεια την βύθιση της ωκεάνιας πλάκας της Ανατ. Μεσογείου, λόγω μεγαλύτερης πυκνότητας, κάτω από την ηπειρωτική πλάκα του Αιγαίου.



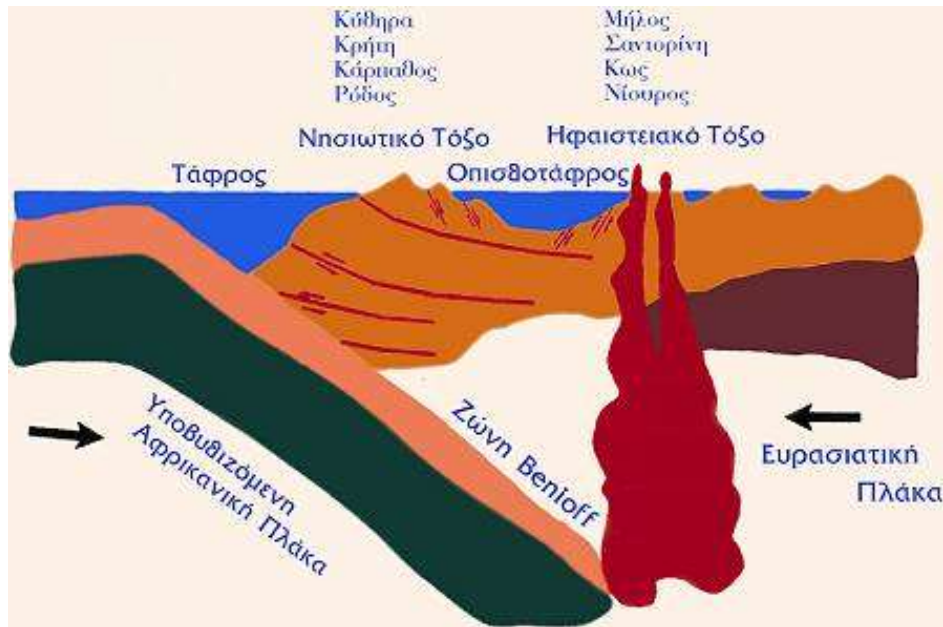
Εικόνα 2: Σεισμικός χάρτης Ελλάδος

Το τόξο που δημιουργείται στην περίπτωση αυτή αποτελείται από την ελληνική τάφρο, το νησιωτικό τόξο, την οπισθοτάφρο και το ηφαιστειακό τόξο. Η τάφρος δημιουργείται κατά μήκος της επαφής των δύο πλακών. Πρόκειται για ένα σύστημα τάφρων, μία σειρά από βαθιές θαλάσσιες λεκάνες από τη Ρόδο έως και την Κεφαλονιά (γνωστή και ως ελληνική διάυλος). Το μέγιστο βάθος της εντοπίστηκε νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου στο Ιόνιο πέλαγος (βάθος περίπου 4.500m). Αυτό είναι το βαθύτερο σημείο της Μεσογείου. Το νησιωτικό τόξο αποτελείται από μία σειρά διαδοχικών νησιών όπως η Ρόδος, η Κρήτη, τα Κύθηρα και από την Πελοπόννησο. Τοποθετείται παράλληλα ως προς την τάφρο και σε μικρή απόσταση από αυτήν. Το τόξο αυτό δημιουργείται από την παραμόρφωση και ανύψωση πετρωμάτων (κυρίως ιζηματογενών) του περιθωρίου της Ευρασιατικής πλάκας και περιλαμβάνει πολύ παραμορφωμένα πετρώματα της Αλπικής πτύχωσης.



Εικόνα 3: Σεισμικός χάρτης Ελλάδος

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



Εικόνα 4: Ηφαιστειακό τόξο



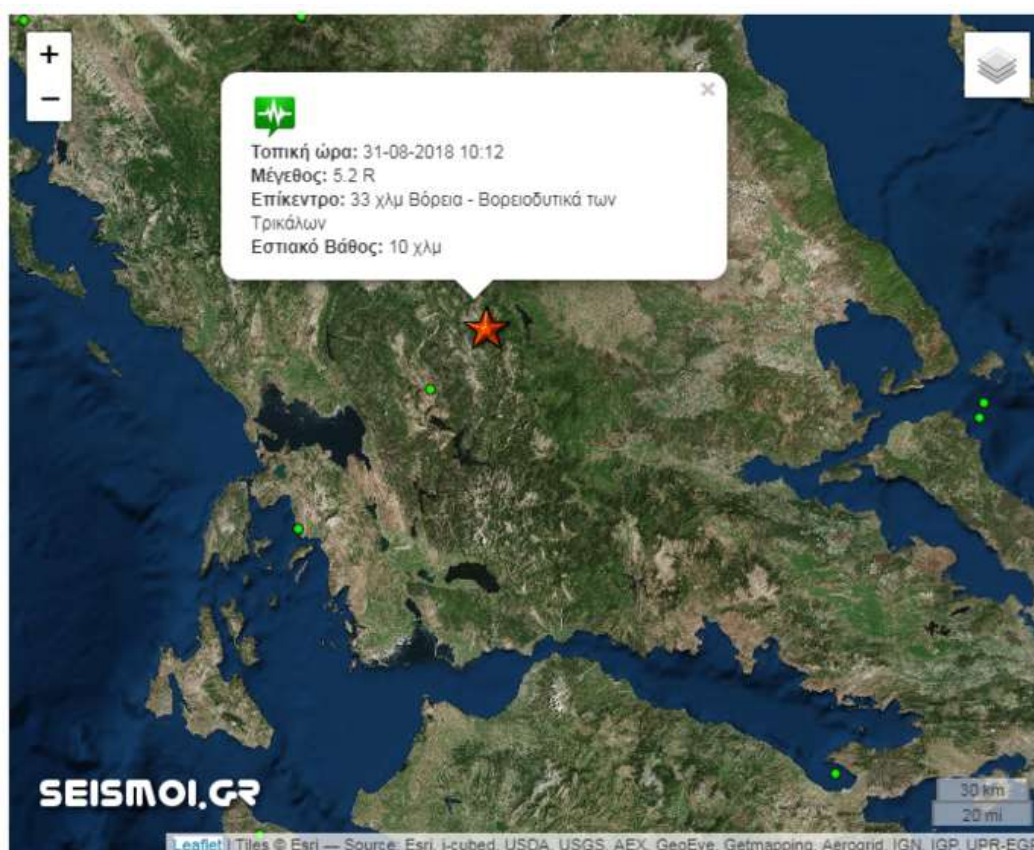
Σχηματική αποτύπωση των δυνάμεων που ασκούνται στη λιθόσφαιρα του Αιγαίου. Οι συμπιεστικές δυνάμεις Σ1, Σ2 και Σ3 που ασκούν οι γειτονικές λιθόσφαιρικές πλάκες στη λιθόσφαιρα του Αιγαίου απεικονίζονται με τα κόκκινα βέλη. Οι εφελκυστικές δυνάμεις που ασκούνται στην κάτω επιφάνεια της λιθόσφαιρας με τα κίτρινα βέλη (Παπαζάχος Β., 1989).

Εικόνα 5: Οι δυνάμεις από τις τεκτονικές πλάκες στο Αιγαίο



## 4.2 Σεισμός 5,2R σε Τρίκαλα-Καρδίτσα

Ο σεισμός που έγινε στις 31-08-2018 ημέρα Παρασκευή είχε εστιακό βάθος 10 χιλιομέτρων, ενώ έγινε αισθητός και στην Αττική. Κάτοικοι κοντινών περιοχών αναφέρουν ότι άκουσαν έντονο βουητό. Πανικό προκάλεσε στους κατοίκους και των δύο νομών της δυτικής Θεσσαλίας Τρικάλων και Καρδίτσας ο ισχυρός σεισμός 5,2 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ που σημειώθηκε στις 10:12 το πρωί της Παρασκευής, 34 χιλιόμετρα νότια-νοτιοδυτικά των Τρικάλων, με επίκεντρο δυτικά της Λίμνης Πλαστήρα.



Εικόνα 6: Επίκεντρο σεισμού

Ο σεισμός έγινε αισθητός από την Κέρκυρα έως τη Λαμία. Ευτυχώς δεν υπήρξαν θύματα και τραυματίες. **Πραγματοποιήθηκε μετασεισμός, μεγέθους 4,1 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ**, στον ίδιο εστιακό χώρο, που εκδηλώθηκε η σεισμική δόνηση. Ο μετασεισμός, ο οποίος έγινε ιδιαίτερα αισθητός, σημειώθηκε στις 11:26, και μετά

από αυτό καταγράφηκαν 15 μικροδονήσεις, από τις οποίες η μεγαλύτερη είχε μέγεθος 3,3 της κλίμακας Ρίχτερ σύμφωνα με το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Ρωγμές σε κατοικίες, κατολισθήσεις και πτώσεις βράχων στο οδόστρωμα, έγιναν κατά την διάρκεια του σεισμού.

#### **4.3 Ζημιές και κατολίσθηση από τον ισχυρό σεισμό**

Η περιοχή όπου σημειώθηκαν οι μεγαλύτερες καταστροφές μετά την ισχυρή σεισμική δόνηση της Παρασκευής (31/8) ήταν στον Δήμο Αργιθέας του Νομού Καρδίτσας. Συγκεκριμένα, στα χωριά Βλάσι και Ανθηρό σημειώθηκαν οι περισσότερες καταστροφές, όπως επίσης και στα τριγύρω χωριά δεν έλειψαν κι εκεί οι ζημιές.

Με την επίσκεψή μου στα χωριά ήταν ολοφάνερο στον δρόμο οι πεσμένες πέτρες από τα βουνά, η καταστροφή των προστατευτικών κιγκλιδωμάτων που βρίσκονταν στις άκρες των δρόμων και τα σπασμένα κομμάτια του οδοστρώματος.

Επίσης, αρκετά σπίτια και ιεροί ναοί είχαν επηρεαστεί από το μέγεθος του σεισμού. Διαπιστώθηκαν, ρωγμές σε τοιχοδομές και φέροντα στοιχεία, σπασμένα κουφώματα και πόρτες, πέτρες στο δάπεδο, αποκόλληση τοιχοποιίας, καθίζηση εδάφους, πεσμένες καμινάδες και στέγες. Όλα αυτά μαζί συνθέτουν το βαρύ σκηνικό που επικρατούσε στην περιοχή.

## Κεφάλαιο 5 Παρουσίαση εξεταζόμενων κτιρίων

### Εισαγωγή

Ο σεισμός του Αυγούστου έφερε μεγάλες καταστροφές τόσο σε κατοικίες ιδιοκτητών όσο και σε δημόσια κτήρια κυρίως μνημείων. Μετά από αυτοψία που πραγματοποιήσα στα χωρία του νομού Καρδίτσας και του νομού Τρικάλων έχω καταγράψει τις καταστροφές και τις αναλύω σε αυτό το κεφάλαιο.

Ξεκίνησα με τον διαχωρισμό των κτηρίων-μνημείων στους δύο νομούς ώστε να περιγράψω τις φθορές σε κάθε κτήριο-μνημείο ξεχωριστά. Αρχικά, γίνεται αναφορά για το είδος του κτηρίου (δηλαδή, είναι κατοικία ή ναός), την ιστορία του, το έτος κατασκευής και το όνομα του ιδιοκτήτη εφόσον υπάρχει. Στη συνέχεια επισημαίνω τις φθορές που έχουν υποστεί και με φωτογραφία παρουσιάζω την βλάβη του κτηρίου από τον σεισμό.

## 5.1 Ναοί του νομού Καρδίτσας

Κατά την αυτοψία που έγινε στα χωριά παρατηρήθηκε πως οι περισσότερες και οι σοβαρότερες ζημιές στον Δήμο Αργιθέας καταγράφονται σε μνημεία, μετά την ισχυρή σεισμική δόνηση της 31ης Αυγούστου. Πρόκειται για εκτεταμένες ζημιές που αναλύονται παρακάτω:

### ΑΝΘΗΡΟ

#### ΝΑΟΣ ΚΟΙΜΗΣΕΩΣ ΘΕΟΤΟΚΟΥ

Λίγο πριν φτάσουμε στο Ανθηρό συναντάμε τον ναό της Κοιμήσεως Θεοτόκου, άλλοτε καθολικό ομώνυμης μονής, γνωστής περισσότερο ως μονής Μπουκοβίτσας. Ναός τρίκογχος που έφερε τρούλο, σήμερα όμως στεγάζεται με δίρριχτη στέγη και κοσμείται με τοιχογραφίες που χρονολογούνται στα τέλη του 17ου αρχές 18ου αι., και τέμπλο του 17ου αι. Ο ναός κτίστηκε το 1633 και ως το 1638 είχαν πραγματοποιηθεί και τα εγκαίνια. Υπάρχει και ο πρόναος ο οποίος είναι μεταγενέστερος. Το 1963 μετά από έναν ισχυρό σεισμό και έπαθε μεγάλες καταστροφές με αποτέλεσμα ένα χρόνο αργότερα έγιναν επεμβάσεις, εξωτερική αρμολόγηση αποκατάσταση στέγης.

Ο ναός σήμερα έχει πολλές φθορές τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά της εκκλησίας. Έχει υπέστη ορισμένες φθορές, τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά, οι εξωτερικοί τοίχοι του μνημείου είναι σε κακή κατάσταση. Σε αρκετά σημεία και κυρίως στην Δυτική όψη του ναού παρατηρούνται ρωγμές.



**Εικόνα 7: Ρωγμές στην ανατολική όψη του Ναού**

Στο εσωτερικό τμήμα του ναού έχουμε τον νάρθηκα. Μεγάλες φθορές υπάρχουν στις τοιχοποιίες στις οποίες βλέπουμε αποκόλληση επιχρίσματος με αποτέλεσμα να καταστραφούν οι αγιογραφίες.



**Εικόνα 8: Ρωγμές στον τοίχο που χωρίζει το νάρθηκα με τον κυρίως ναό**



**Εικόνα 9: Φθορές στον νάρθηκα του ναού**



**Εικόνα 10: Ρωγμές στο τοίχο που χωρίζει τον νάρθηκα από τον κυρίως ναό**

Στον κυρίως ναό καθώς επίσης και στο ιερό έχουμε ακριβώς τα ίδια προβλήματα (ρωγμές, αποκόλληση τοιχοποιίας) με την μόνη διαφορά ότι στην μεσαία κόγχη, κυρίως είναι ορατές οι ξυλοδεσιές του τοίχου.



**Εικόνα 11: Ρωγμές στον δυτικό τοίχο του ναού**



**Εικόνα 12: Ρωγμές στις γωνίες του Ναού**





Εικόνα 13: Εμφάνιση ξυλοδεσιάς στο ανατολικό μέρος του ναού

## **ΑΝΘΗΡΟ**

### **ΜΟΝΗ ΓΕΝΝΗΣΕΩΣ ΘΕΟΤΟΚΟΥ**

Η μονή Γεννήσεως της Θεοτόκου, γνωστή κτίστηκε το 1600, και βρίσκεται έξι χιλιόμετρα βόρεια του οικισμού Ανθηρό. Από το παλιό μοναστηριακό συγκρότημα σήμερα σώζονται το καθολικό, δύο σημεία των κελιών και τμήμα του περιβόλου. Το καθολικό έχει δύο μέρη: το κάτω που τιμάται στη μνήμη της Γεννήσεως της Θεοτόκου ενώ στο επάνω διαμορφώνονται δύο παρεκκλήσια, το βόρειο, τιμάται στη Ζωοδόχο Πηγή και το νότιο στους Αγίους Αναργύρους. Ο κάτω ναός, ο ναός της Γεννήσεως της Θεοτόκου είναι τρίκογχος με τοιχογραφίες του 1663, που φιλοτέχνησαν, οι ζωγράφοι Ιωάννης ο Ευτελής, Αναστάσιος Ιερέας και Δημήτριος Αναγνώστης ενώ οι τοιχογραφίες των δύο παρεκκλησίων φέρουν επιγραφές 1784 και 1797. Είχε ξυλόγλυπτο τέμπλο, αξιόλογης τεχνικής και τέχνης που είχε κλαπεί αλλά ευτυχώς

βρέθηκε όμως και σήμερα φυλάσσεται σε χώρο στο κέντρο του χωριού όπου στεγάζεται η μουσειακή συλλογή του Ανθηρού, μαζί με άλλα κειμήλια που συγκεντρώθηκαν από ναούς της περιοχής.



**Εικόνα 14: Το μοναστήρι Γεννήσεως της Θεοτόκου στο Ανθηρό**

Στο κάτω τμήμα, εσωτερικά στο νότιο τοίχο εντοπίζεται αποκόλληση του επιχρίσματος με κίνδυνο καταστροφής των αγιογραφιών.



**Εικόνα 15: Χαρακιές σε τοιχογραφίες στον νάρθηκα**



**Εικόνα 16: Χαρακιές σε τοιχογραφίες στον πρόναο**

Στο επάνω τμήμα του ναού υπάρχουν μεγαλύτερες φθορές. Και εδώ εντοπίζεται αποκόλληση και αποφλοίωση των επιχρισμάτων και φθορά στις αγιογραφίες.



**Εικόνα 17: Χαρακιές σε τοιχογραφίες στον ανατολικό τοίχο**



**Εικόνα 18: Χαρακιές σε τοιχογραφίες στον πρόναο**

Σε ορισμένα σημεία οι ρωγμές έχουν μεγάλο βάθος όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα.



**Εικόνα 19: Ρωγμές στον βόρειο τοίχο του ναού**



**Εικόνα 20: Ρωγμές στον κυρίως Ναό**

## **ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ (ΚΑΤΟΥΣΙ)**

### **ΝΑΟΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ**

Ο ναός της Μεταμορφώσεως κτίστηκε το 1892, βρίσκεται στο χωρίο Κατούσι δηλαδή στον σημερινό οικισμό Μεταμόρφωσης. Η ανέγερση του ναού έγινε πάνω σε παλιά θεμέλια μετά από απόφαση των κατοίκων, οι οποίοι και ήταν οι δωρητές για να πραγματοποιηθεί η κατασκευή. Η εκκλησία είναι βασιλική και αποτελείται από πρόναο, κύριος ναό και ιερό.

Στο χωρίο Μεταμόρφωση, παλαιά ονομασία κατούσι, βρίσκετε ο ναός της Μεταμορφώσεως, κτίσμα του 1892, που κτίστηκε επάνω στα θεμέλια παλαιού κτίσματος, με δωρητές τους κατοίκους του χωριού. Είναι βασιλική που περιλαμβάνει το ιερό, τον κυρίως ναό και τον νάρθηκα.



**Εικόνα 21: Ο ναός Μεταμορφώσεως. Βορειοδυτική άποψη**

Η μοναδική φθορά που παρατηρείται στον ναό εντοπίζεται στον ανατολικό τοίχο του ιερού εξωτερικά. Πρόκειται για εκτεταμένη ρωγμή της τοιχοποιίας τοιχοποιία με αποτέλεσμα μικρή απόκλιση από την κατακόρυφο του τμήματος. Δεν υπάρχουν άλλες φθορές.



**Εικόνα 22: Ρωγμή στο ανατολικό τοίχο**

## **ΦΟΥΝΤΩΤΟ (ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΙ)**

### **ΝΑΟΣ ΑΓΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ**

Στο χωριό φουντωτό μνημείο αποτελεί ο ναός του Αγίου Γεωργίου (1960).

Στο δυτικό τοίχο υπάρχουν εκτεταμένες ρωγμές στην τοιχοποιία. Η αδυναμία πρόσβασης στο εσωτερικό του ναού απέκλεισε την δυνατότητα μελέτης των φθορών στο εσωτερικό.



**Εικόνα 23: Ναός Αγίου Γεωργίου, βορειοδυτική άποψη**





**Εικόνα 24: Ρωγμές στον νότιο τοίχο**



**Εικόνα 25: Ρωγμές στον νότιο τοίχο**



**Εικόνα 26: Ρωγμή στο ανώφλι του νότιου τοίχου**

## ΒΛΑΣΙ

### Ο ΝΑΟΣ ΑΓΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗ

Ο ναός του Αγίου Ιωάννη είναι χτισμένος το 1871. Ο ναός είναι σταυροειδής εγγεγραμμένος. Περιλαμβάνει α) τον κυρίως Ναό, β) το Ιερό, γ) το Νάρθηκα και το Γυναικωνίτη. Η αγιογράφηση έγινε το 1992 σε όλο το ναό.

Ο ναός έχει υποστεί από το σεισμό ρωγμές στην τοιχοποιία και αποκόλληση στα επιχρίσματα. Στο κύριο ναό και στο ιερό οι ρωγμές παρουσιάζονται στις γωνιές.



Εικόνα 27: Ρωγμές στις γωνιές της τοιχοποιίας



Εικόνα 28: Ρωγμές στον κυρίως Ναό

## **ΒΛΑΣΙ**

### **Ο ΝΑΟΣ ΑΓΙΟΥ ΒΛΑΣΙΟΥ**

Ο ναός κτίστηκε το 1960 στο χωριό Βλάσι. Είναι μία μονόκλιτη βασιλική με τετράριχτη στέγη. Δεν υπάρχουν αγιογραφίες. Ο ναός ανακαινίστηκε μετά από πυρκαγιά που έγινε το 2016



**Εικόνα 29: Ρωγμές στις γωνίες του ναού**



**Εικόνα 30: Ρωγμές στις γωνίες του ναού**

Ο ναός βρίσκεται σε σχετικά καλή κατάσταση με δυο μόνο ρωγμές στο εσωτερικό του.

## ΠΑΛΑΜΑΣ

### ΑΓΙΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

Ο ναός του Αγίου Χαραλάμπους κτίστηκε την 1 Οκτωβρίου 1836, όπως αναγράφεται στην λιθανάγλιφη επιγραφή στο υπέρθυρο της νότιας εισόδου του ναού. Στην ανατολική και δυτική πλευρά αναγράφονται οι χρονολογίες 1838. Πιθανώς η χρονολογία 1836 να αφορά την έναρξη των εργασιών και η χρονολογία 1838 την ολοκλήρωση των εργασιών ανέγερσης. Σε μεταγενέστερες χρονικές περιόδους πραγματοποιηθήκαν προσθήκες, επισκευές και αποκαταστάσεις. Η εκκλησία του Αγίου Χαραλάμπους είναι τρίκλιτη θολωτή βασιλική με τρούλο χωρίς τύμπανο, γυναικωνίτη άνωθεν του νάρθηκα, εξωτερική κλίμακα άνωθεν προστώου στην δυτική πλευρά και προστώο στην νότια πλευρά. Ο ναός περιλαμβάνει τέσσερα τμήματα, που διακρίνονται μεταξύ τους α) τον κυρίως ναό, β) το Ιερό, γ) το νάρθηκα και το γυναικωνίτη.



Εικόνα 31: Ο ναός Αγίου Χαραλάμπους



**Εικόνα 32: Κλίμακα ανόδου στον γυναικωνίτη**





**Εικόνα 33: Η Δυτική όψη του Ναού**



**Εικόνα 34: Ο ναός του αγίου Χαραλάμπους. Νοτιοδυτική άποψη του ναού**

## 5.2 Κτίρια του νομού Καρδίτσας

### ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ (ΚΑΤΟΥΣΙ)

#### ΟΙΚΙΑ ΛΑΜΠΡΟΥ ΜΠΑΛΑΤΣΟΥΚΑ

Κατοικία η οποία ανήκει στον Λάμπρο Μπαλατσούκα χτίστηκε από πέτρα το 1978. Η οικία έχει εμβαδό 96 τ.μ. Η στέγη είναι τετράριχτη και τοιχοποιία έχει σοβατιστεί με αποτέλεσμα να μην είναι ορατή.



Εικόνα 35: Οικία στο Κατούσι



**Εικόνα 36: Ρωγμές στον εσωτερικό χώρο**

Η σεισμική συμπεριφορά και η εμφάνιση βλαβών επηρεάζεται έντονα από τα ανοίγματα σε ένα κτίριο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εμφανίζονται διαγώνιες ρωγμές εφελκυσμού.

### **ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ (ΚΑΤΟΥΣΙ)**

#### **ΟΙΚΙΑ ΑΝΩΝΥΜΗ**

Για την συγκεκριμένη οικία δεν γνωρίζω τον ιδιοκτήτη της καθώς δεν μπόρεσα να μάθω περισσότερες πληροφορίες παρά μόνο ότι κτίστηκε το 1870 και όπως είναι φανερό αποτελείται από πέτρα και έχει εμβαδό 50 τ.μ.



**Εικόνα 37: Η ανατολική πλευρά της οικίας**



**Εικόνα 38: Αστοχία εκτός επιπέδου, οικία ανώνυμη**

Μία σημαντική σεισμική συμπεριφορά βλέπουμε σε αυτήν την οικία. Υπάρχει χαμηλή αντοχή τοιχοποιίας με αποτέλεσμα να έχουμε καμπτική αστοχία εκτός επιπέδου.

## **ΑΝΘΗΡΟ**

### **ΟΙΚΙΑ ΜΠΑΛΑΝΕΩΝ**

Η κατοικία ανήκει στο γένος Μπαλανέων και είναι κτισμένη το 1849. Αποτελείται από 65 τ.μ. επιφάνεια και έχει ένα υπόγειο και ισόγειο. Η πρόσβαση στο εσωτερικό της οικίας δεν ήταν εύκολη και δεν κατάφερα να μπω. Το κτίριο είναι χτισμένο από πέτρα, με παλιά ξύλινα κουφώματα και η στέγη έχει ξύλινη βάση και επικαλύπτεται με σχιστόπλακες. Η οικία δεν είναι κατοικήσιμη καθώς η στέγη είναι καταστραμμένη όπως επίσης έχουν πέσει τοίχοι από το πέρασμα του χρόνου και από καταστροφές που έχει υποστεί.



**Εικόνα 39: Η πρόσοψη της οικίας Μπαλανέων**



Εικόνα 40: Φθορές στην στέγη, οικία Μπαλανέων

## ΒΛΑΣΙ

### ΟΙΚΙΑ ΔΗΜΗΤΡΗ ΜΑΚΡΗ

Η διώροφη οικία κατασκευάστηκε το 1950 από πέτρα με εμβαδό 60 τμ. ο κάθε όροφος. Έχει ξύλινα κουφώματα και στο εσωτερικό έχει σοβά. Βρίσκεται βόρεια του χωριού. Στο εσωτερικό του σπιτιού υπάρχουν βλάβες μετά το ισχυρό σεισμό.



Εικόνα 41: Η νοτιοανατολική άποψη της οικίας



**Εικόνα 42: Η ανατολική άποψη της οικίας**

Όπως βλέπουμε στις παρακάτω εικόνες υπάρχει ρηγμάτωση επιχρισμάτων στις γραμμές επαφής με την τοιχοποιία. Αυτό οφείλεται στην μικρή αντοχή της τοιχοποιίας.



**Εικόνα 43: Ρωγμές στο εσωτερικό**



**Εικόνα 44: Ρωγμές στο εσωτερικό, οικία Μακρή**



## **ΒΛΑΣΙ**

### **ΟΙΚΙΑ ΜΑΜΑΛΗ ΚΑΙ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ**

Ιστορικό δώροφο κτίριο που κτίστηκε το 1816 με εμβαδό 70 τμ. ο κάθε όροφος. Η οικία δεν είναι κατοικήσιμη και λειτουργεί ως αποθηκευτικός χώρος. Παλιά την εποχή της Τουρκοκρατίας ζούσε σε αυτό το σπίτι ο Πασάς. Το κτίριο είναι πέτρινο με ξύλινα κουφώματα και η στέγη πλέον από αυλακωτή λαμαρίνα. Τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό ανατολικό τοίχιο του σπιτιού είναι ολοφάνερο ότι η τοιχοποιία είναι έτοιμη να πέσει καθώς έχει υποστεί ρηγμάτωση της πέτρας και μετακίνηση τμήματος προς τα έξω. Είναι επικίνδυνο αφού σε περίπτωση πτώσης θα καταστραφούν και γειτονικοί οικισμοί και θα κλείσει η πρόσβαση του δρόμου με πιθανόν ατυχήματα.



Εικόνα 45: Πρόσωση της οικίας Μάμαλη και Δημητρίου



**Εικόνα 46: Ρωγμές στην γωνία της οικίας**

Ένα από τα σημαντικά προβλήματα είναι η χαμηλή αντοχή της τοιχοποιίας με αποτέλεσμα να έχουμε αστοχία ενός μεμονωμένου τοίχου που επέρχεται από κάμψη. Δηλαδή έχουμε καμπτική αστοχία εκτός επιπέδου που ίσως οδηγήσει και στην κατάρρευση του τοίχους.



**Εικόνα 47: Ρωγμές και αστοχία εκτός επιπέδου στον πλάγιο τοίχο**



**Εικόνα 48: Ρωγμές στο εσωτερικό**

Τέλος, στο εσωτερικό έχουμε διαγώνια ρηγμάτωση καθώς και αποκόλληση διασταυρούμενων τοιχίων.

## **ΒΛΑΣΙ**

### **ΟΙΚΙΑ ΝΑΚΟΠΟΥΛΟΥ ΠΕΤΡΟΥ**

Η οικία ανεγέρθη το έτος 1950. Είναι μία διώροφη οικοδομή με συνολικό εμβαδό 100τ.μ. περίπου. Εξωτερικά δεν παρατηρείται κάποια καταστροφή από τον σεισμό.



**Εικόνα 49: Η οικία Νακόπουλου**

Όμως στο εσωτερικό της οικίας υπάρχουν ρωγμές διαγώνια της τοιχοποιίας και όπως φαίνεται μικρή αποκόλληση της ξύλινης σκάλας.



**Εικόνα 50: Ρωγμές στον εξωτερικό χώρο**



**Εικόνα 51: Ρωγμές και αποκόλληση της σκάλας**



**Εικόνα 52: Ρωγμές στον εσωτερικό χώρο**

## 5.3 Ναοί του νομού Τρικάλων

### ΒΑΡΟΥΣΙ

#### ΝΑΟΣ ΑΓΙΑΣ ΕΠΙΣΚΕΨΗΣ

Βρίσκεται στην παλιά συνοικία του Βαρουσίου, μία από τις πιο παλιές και ιστορικές εκκλησίες των Τρικάλων. Ο σημερινός ναός άρχισε να κτίζεται στις 26 Μαρτίου 1863 και ολοκληρώθηκε στις 29 Απριλίου 1867. Οι ανώνυμοι μαστόροι προέρχονταν από το νομό Κοζάνης και δούλεψαν με μεράκι και τέχνη την πέτρα. Ο ναός είναι αφιερωμένος στην Παναγία ως Επίσκεψη, ονομασία συνηθισμένη στη Βυζαντινή εποχή. Ο ναός είναι μια τρίκλιτη βασιλική με τρούλο, ανατολικά καταλήγει σε εννιάπλευρη κόγχη με λιθανάγλυφες παραστάσεις (δικέφαλοι αετοί, πτηνά, εξαπτέρυγα, αγγελικά πρόσωπα, σταυροί). Ωραιότερο είναι και το λιθανάγλυφα θύρωμα της δυτικής εισόδου. Υπάρχουν ξυλόγλυπτα με πλούσια παραδοσιακή διακόσμηση. Το τέμπλο ανήκει στο έτος 1869 και είναι μετσοβίτικης τέχνης. Το εμβαδό του ναού είναι 609 τ.μ.



Εικόνα 53: Ο Ναός Αγίας Επίσκεψης στο Βαρούσι

## **ΝΑΟΣ ΑΓΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ**

Η εκκλησία του Αγίου Γεωργίου βρίσκεται στην νοτιοανατολική πλευρά της πόλης των Τρικάλων. Κτίστηκε το 1878 όπως μαρτυρεί επιγραφή που βρίσκεται στο εσωτερικό της. Επί της βόρειας εξωτερικής εισόδου της εκκλησίας και επί λαξευμένης πέτρας της αριστερά παραστάδας είναι εγχάρακτη χρονολογία 1810 αγνώστου ερμηνείας. Το εμβαδό του ναού είναι 140 τ.μ. Ο τύπος του ναού είναι σταυροειδής εγγεγραμμένος με θολοσκεπή νάρθηκα. Ο εξωνάρθηκας βρίσκεται στην δυτική πλευρά και είναι ξύλινος. Η τοιχοποιία είναι πέτρινη αρμολογημένη.



**Εικόνα 54: Ο Ναός Αγίου Γεωργίου**



## ΤΖΑΜΙ

Το τέμενος του Οσμάν Σάχ ή Κουρσούμ τζαμί (Μολυβένιο τζαμί) βρίσκεται στην άκρη της πόλης των Τρικάλων, στον οδό Καρδίτσας νότια των φυλακών. Το τέμενος είναι ένα από τα 79 τζαμιά και το μοναδικό που σώζεται σε ελληνικό έδαφος που έχτισε ο ονομαστός αρχιτέκτονας του 16ου αιώνα Σινάν (Koca miimar Sinan). Το εμβαδό του είναι 450 τ.μ. Την ακριβή χρονολογία δημιουργίας του τζαμιού δεν την γνωρίζουμε, αφού δεν βρέθηκε κάποια επιγραφή που να το μαρτυρά. Το τζαμί αποτελείται από μια τετράγωνη αίθουσα προσευχής που καλύπτεται με πελώριο ημισφαιρικό θόλο. Η κατεστραμμένη στοά στην πρόσοψη, αναστηλώθηκε πρόσφατα. Στη ΒΔ γωνία του τεμένους σώζεται ο μιναρές του που είναι μάλιστα και ασκεπής. Ο τουρμπές (μαυσωλείο) του Οσμάν Σάχ, στα νότια του τεμένους, είναι ένα οκταγωνικής κάτοψης κτίσμα που καλύπτεται με ημισφαιρικό θόλο. Σήμερα στο εσωτερικό του φυλάσσονται αρχαιολογικά ευρήματα της περιοχής των Τρικάλων. (Κατσούλη Ελένη., [2018]),



Εικόνα 55: Το Κουρσουμ τζαμί στα Τρίκαλα. Η πρόσοψη

## 5.4 Κτίρια του νομού Τρικάλων

### ΔΩΡΟΘΕΑ ΣΧΟΛΗ ΤΡΙΚΑΛΩΝ

Κτίστηκε το 1875 με δωρεά χρυσών λιρών του ευεργέτη εκείνης της εποχής Δωρόθεου Σχολάριου. Λειτουργήσε αρχικά σαν ιερατική σχολή, ενώ από το 1897 σαν σχολείο. Το κτήριο έχει κάτοψη σχήματος “Π” και περιλαμβάνεται από δύο ορόφους. Βρίσκουμε πέντε αίθουσες στο ανώτερο μέρος και βοηθητικούς χώρους στο ημιυπόγειο. Η Σχολή αποτελεί ένα από τα πρωιμότερα δείγματα νεοκλασικών επιρροών στην αρχιτεκτονική των θεσσαλικών εκπαιδευτηρίων. Χαρακτηριστικά στοιχεία στις όψεις του κτηρίου είναι τα ορθογώνια παράθυρα με σιδεριές και λίθινες κορνίζες, το δισκελές κλιμακοστάσιο και η πλούσια διακοσμημένη κύρια είσοδος. Το 1991 χαρακτηρίστηκε από το Υπουργείο Πολιτισμού ως ιστορικό διατηρητέο μνημείο. Σήμερα στεγάζει τη Φιλαρμονική του Δήμου Τρικκαίων, καθώς και Συλλογική πινάκων. Το εμβαδό του κτιρίου είναι 268 τ.μ.



Εικόνα 56: Η πρόσοψη από την Δωροθέα σχολή Τρικάλων



Εικόνα 57: Η πίσω όψη της σχολής



Εικόνα 58: Η πλάγια όψη της σχολής

## ΛΙΘΟΚΤΙΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟ ΤΡΙΚΑΛΩΝ

Το παρόν ιστορικό κτίριο βρίσκεται στο κέντρο των Τρικάλων και συγκεκριμένα επί της οδού Χρήστου Καρρά 13 παράλληλα της οδού Κονδύλη. Το υπό εξέταση κτίριο είναι μονώροφο ορθογωνικής κάτοψης, με λίθινο περίβλημα. Το κτίριο κατασκευάστηκε το 1960 και έχει εμβαδό 57,50 τμ.



Εικόνα 59: Η πρόσοψη του κτιρίου



**Εικόνα 60: Ζημιές στον πίσω μέρος του κτιρίου**

Οι τοιχοποιίες αποτελούνται από λίθους. Κατά τον επί τόπου έλεγχο του κτιρίου εντοπίστηκαν αρκετές ρωγμές, κυρίως στο ύψος κάτω από την στέγη. Σύμφωνα με μαρτυρία του ιδιοκτήτη, οι ρωγμές προκλήθηκαν λόγω της κατάρρευσης της στέγης καθώς και από μικροδονήσεις που υπήρξαν στο παρελθόν.

Επίσης παρατηρείται αποσάθρωση κονιάματος εσωτερικά και εξωτερικά του κτιρίου.



**Εικόνα 61: Η ξύλινη στέγη στο εσωτερικό**



**Εικόνα 62: Η ξύλινη στέγη στο εσωτερικό**

Στα επιχρίσματα παρατηρείται αποφλοίωση κονιάματος. Ο πιθανός λόγος είναι η ασυμβατότητα υλικών και υγρασία που υπάρχει στην λιθοδομή.



**Εικόνα 63: Ζημιές στην πέτρα**

## **ΚΤΙΡΙΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΑΝΘΙΜΟΥ ΓΑΖΗ ΣΤΟ ΒΑΡΟΥΣΙ ΤΡΙΚΑΛΩΝ**

Το κτίσμα βρίσκεται στην παλιά πόλη των Τρικάλων επί της οδού Ανθίμου Γαζη με αριθμό 1. Η οικοδομή έχει συνολική επιφάνεια 96,20 τμ. Η κατασκευή υφίσταται πριν το 1940. Είναι λιθόκτιστη συμπαγής φέρουσα τοιχοποιία πάχους περίπου 60 εκ., της οποίας είναι από ξύλινη τετράρριχτη στέγη.



Εικόνα 64: Η πρόσοψη του κτιρίου επί της Ανθίμου Γαζη

Το κτίριο εμφανίζει σοβαρές βλάβες (ρηγματώσεις) στην τοιχοποιία, οι οποίες επηρεάζουν την ασφάλεια του κτηρίου.



## ΚΟΝΑΚΙ ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΣ ΚΑΛΑΜΠΑΚΑΣ

Στο 19<sup>ο</sup> χλμ. από τα Τρίκαλα βρίσκεται η κοινότητα Περιστεράς, στο δήμο Καλαμπάκας. Μέσα στο χωριό σώζεται το “κονάκι” του μπέη του τσιφλικιού, ένα πέτρινο κτίσμα με αυλόγυρο, που έχει κριθεί διατηρητέο. Το οίκημα, εικάζεται ότι χτίστηκε μεταξύ των ετών 1881-1895. Το εμβαδό του είναι 663 τ.μ. Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά του κτιρίου, ο πρώτος όροφος έχει πολυγωνικό χτίσιμο και επικοινωνεί με την αυλή με εξωτερική πέτρινη σκάλα, ενώ για το χτίσιμό του χρησιμοποιήθηκαν μικρότεροι λίθοι, λαξευμένοι σύμφωνα με το κυψελοειδές. Ο β΄ όροφος, κατασκευασμένος από αργολιθοδομή, είναι επιχρισμένος εξωτερικά και φέρει διακοσμητικές ταινίες, λείες και οδοντωτές. Όλοι οι όροφοι επικοινωνούν μεταξύ τους με εσωτερική σκάλα. Οι τέσσερις γωνίες του κτιρίου καθώς και τα ανοίγματα των παραθύρων κατασκευάστηκαν από ορθογωνισμένους γωνιόλιθους που προεξέχουν-ελαφρώς- από την υπόλοιπη επιφάνεια του τοίχου (πλην του άνω μέρους των κουφωμάτων που είναι χτισμένα, ελαφρώς τοξωτά, με τούβλα). Η κυρία είσοδος του κτιρίου καθώς και τα παράθυρα του ημιυπόγειου και πρώτου ορόφου ήταν ασφαλισμένα με βαριά σιδερένια κάγκελα (μερικά σώζονται μέχρι σήμερα) από ατόφιο σίδηρο.



Εικόνα 65: Το κονάκι Περιστεράς στην Καλαμπάκα



**Εικόνα 66: Η πρόσοψη του κτιρίου**



**Εικόνα 67: Η πίσω όψη του κτιρίου**

Το ιστορικό κτήριο παρουσιάζει σοβαρές βλάβες τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά. Αρχικά εμφανίζει ρηγμάτωση της τοιχοποιίας, αποκόλληση επιχρίσματος, κατάρρευση στέγης και της τοιχοποιίας. Σοβαρές επίσης είναι οι φθορές που παρουσιάζονται στα ανοίγματα.



**Εικόνα 68: Οι φθορές στο εσωτερικό του κτιρίου**



**Εικόνα 69: Οι φθορές στο εσωτερικό του κτιρίου**

Μεγάλες φθορές υπάρχουν στο εσωτερικό του κτιρίου, αποκόλληση του επιχρίσματος, ρωγμές στην τοιχοποιία, υγρασία, πτώση πλίνθων την τοιχοποιίας και σοβάδων, σάπισμα ξύλινων στοιχείων στην οροφή και στο δάπεδο.



**Εικόνα 70: Οι φθορές στο εσωτερικό του κτιρίου**



**Εικόνα 71: Οι φθορές στο εσωτερικό του κτιρίου**

## Κεφάλαιο 6

### Επεξεργασία αποτελεσμάτων των τριών εντύπων




Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα των εντύπων (ΟΑΣΠ, FEMA,NZEE) σε πίνακες με τις αντίστοιχες τιμές τους, για το κάθε κτήριο-μνημείο. Οι πίνακες είναι διαμορφωμένοι με τέτοιο τρόπο ώστε να φαίνεται το κάθε κτήριο ξεχωριστά και να είναι εμφανείς οι στήλες με τα ακόλουθα στοιχεία:

- το έτος κατασκευής του κτηρίου,
- ο ανάλογος τύπος κτηρίου, και
- τα αποτελέσματα για το κάθε έντυπο χωριστά

Επίσης, το πιο σημαντικό είναι ότι πριν την δημιουργία των πινάκων προηγήθηκε καταγραφεί των στοιχείων για το κάθε κτηρίου ξεχωριστά. Η διαδικασία έγινε για όλα τα έντυπα που αφορούν την μελέτη της εργασίας μου. Το αποτέλεσμα είναι για να έχω τις βαθμολογίες για την σύγκριση των τριών εντύπων.






## 6.1 Ναοί στο νομό Τρικάλων

Πίνακας 1: Ναοί στο Νομό Τρικάλων

ΚΤΗΡΙΑ	ΕΙΚΟΝΑ	ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ	ΟΑΣΠ	ΦΕΜΑ	ΝΖΕΕ
ΝΑΟΣ ΑΓΙΑΣ ΕΠΙΣΚΕΨΗΣ		1867	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ	2,00	0,50	35,00
ΝΑΟΣ ΑΓΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΣΤΟ ΡΙΖΑΡΙΟ ΤΡΙΚΑΛΩΝ		1878	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ	1,50	0,60	25,00
ΚΟΥΡΣΟΥΜ ΤΖΑΜΙ		16 <sup>ΟΥ</sup> ΑΙΩΝΑ	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ	2,50	1,00	35,00

## 6.2 Κτίρια στο νομό Τρικάλων

Πίνακας 2: Κτίρια στο Νομό Τρικάλων

ΚΤΗΡΙΑ	ΕΙΚΟΝΑ	ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ	ΟΑΣΠ	FEMA	NZEE
ΙΔΡΥΜΑ ΑΥΓΕΡΗ		19 <sup>ΟΥ</sup> ΑΙΩΝΑ	ΤΟΙΧΟΙΠΟΙΙΑ	1,00	0,60	25,00
ΔΩΡΟΘΕΑΣΧΟΛΗ ΤΡΙΚΑΛΩΝ		1876	ΤΟΙΧΟΙΠΟΙΙΑ	2,00	0,50	35,00
ΚΟΝΑΚΙ ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ		1885	ΤΟΙΧΟΙΠΟΙΙΑ	0,50	0,60	30,00
ΛΙΘΟΚΤΙΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ - ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΟ		1960	ΤΟΙΧΟΙΠΟΙΙΑ	1,50	1,00	25,00
ΚΤΙΡΙΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΑΝΘΗΜΟΥ ΓΑΖΗΣ ΣΤΟ ΒΑΡΟΥΣΙ		1940	ΤΟΙΧΟΙΠΟΙΙΑ	1,50	0,20	33,00



## 6.3 Ναοί στο νομό Καρδίτσας

Πίνακας 3: Ναοί στο Νομό Καρδίτσας

ΚΤΗΡΙΑ	ΕΙΚΟΝΑ	ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ	ΟΑΣΠ	ΦΕΜΑ	ΝΖΕΕ
ΑΓΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ		1960	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	1,50	1,00	20,00
ΑΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ		1871	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	2,00	0,50	35,00
ΑΓΙΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΣΤΟΝ ΠΑΛΑΜΑ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ		1836	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	2,00	0,50	35,00
ΜΟΝΗ ΚΟΙΜΗΣΕΩΣ ΘΕΟΤΟΚΟΥ		1600	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	1,00	0,60	25,00
ΑΓΙΟΣ ΒΛΑΣΗΣ ΣΤΟ ΒΛΑΣΙ		1960	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	2,50	1,20	35,00
ΝΑΟΣ ΚΟΙΜΗΣΗΣ ΘΕΟΤΟΚΟΥ		1633	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	2,00	0,50	35,00
ΝΑΟΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΟΣ		1892	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	1,00	0,60	25,00

## 6.4 Κτίρια στο νομό Καρδίτσας

Πίνακας 4: Κτίρια στο Νομό Καρδίτσας

ΚΤΙΡΙΑ	ΕΙΚΟΝΑ	ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ	ΟΑΣΠ	ΦΕΜΑ	ΝΖΕΕ
ΟΙΚΙΑ ΚΑΡΑΦΕΡΗ ΙΩΑΝΝΗ		1950	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	1,00	0,60	25,00
ΟΙΚΙΑ ΣΤΟ ΚΑΤΟΥΣΙ		1870	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	1,00	0,60	25,00
ΟΙΚΙΑ ΛΑΜΠΡΟΥ ΜΠΑΛΑΤΣΟΥΚΑ		1976	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ	2,50	1,20	35,00
ΟΙΚΙΑ ΜΑΚΡΗ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ		1950	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	1,00	0,60	25,00
ΟΙΚΙΑ ΜΑΜΑΛΗ ΚΑΙ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ		1816	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	1,00	0,60	25,00
ΟΙΚΙΑ ΝΑΚΟΠΟΥΛΟΥ ΠΕΤΡΟΥ		1950	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ	2,50	1,00	35,00

ΟΙΚΙΑ ΝΑΚΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ		1950	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	2,50	1,00	35,00
ΟΙΚΙΑ ΝΑΚΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ		1950	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	2,50	1,00	35,00
ΟΙΚΙΑ ΠΟΥΛΙΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ		1950	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	1,50	0,60	25,00
ΟΙΚΙΑ ΤΣΙΣΙΡΙΓΓΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ		1860	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	2,50	1,00	35,00
ΟΙΚΙΑ ΤΩΝ ΜΠΑΛΑΝΕΩΝ		1849	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΑΠΟ ΠΕΤΡΑ	1,50	0,60	25,00

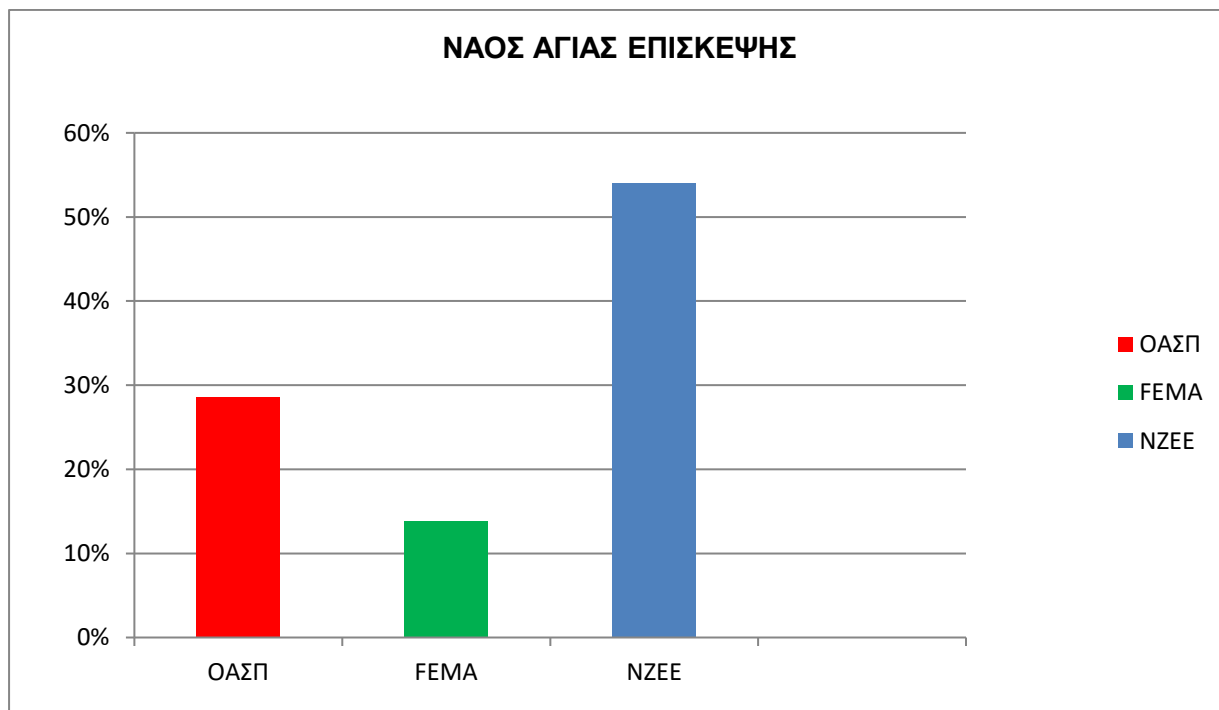
## **Κεφάλαιο 7**

### **Αξιολόγηση αποτελεσμάτων σεισμικής επάρκειας κτιρίων των μεθόδων πρωτοβάθμιου ελέγχου.**

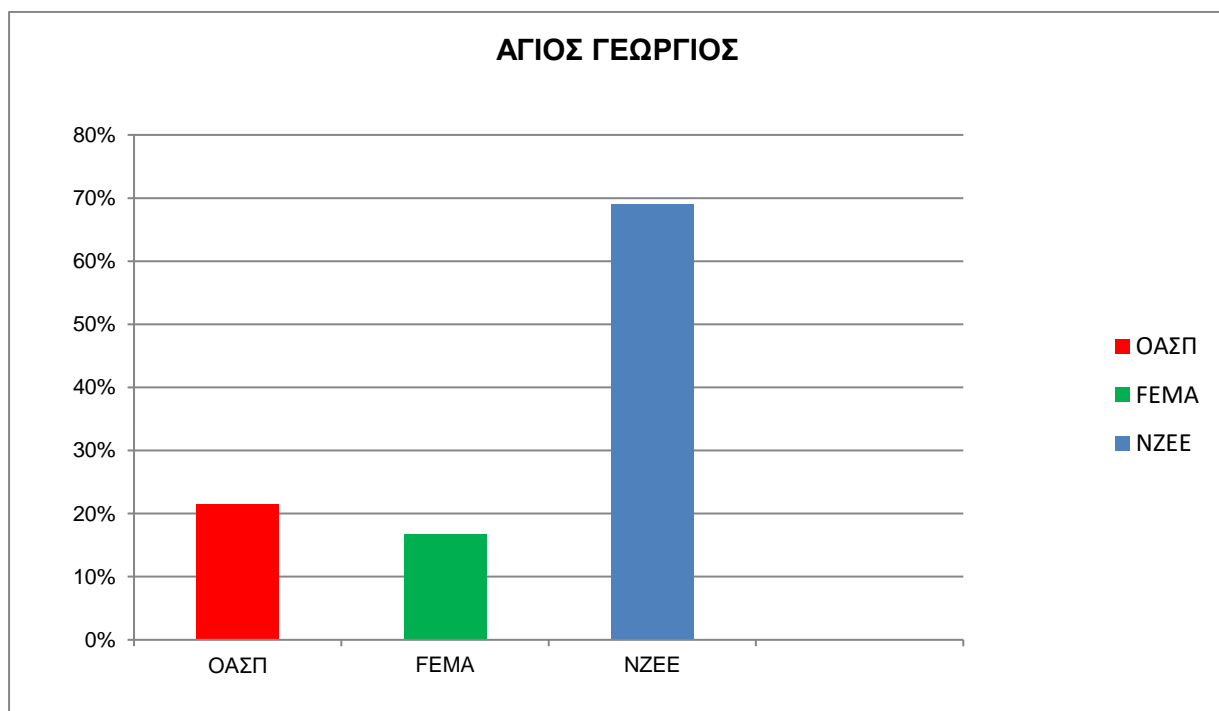
Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της σεισμικής επάρκειας των κτηρίων δημιούργησα γραφήματα που αναφέρω σε ποσοστό τα αποτελέσματα των τριών εντύπων. Αυτό θα οδηγήσει στην σύγκριση των εντύπων μεταξύ τους για το κάθε κτήριο ξεχωριστά και θα πάρω την πιο ακριβής και αποτελεσματική μέθοδο για την σεισμική επάρκεια πρωτοβάθμιου ελέγχου.

## 7.1 Ναοί στο νομό Τρικάλων

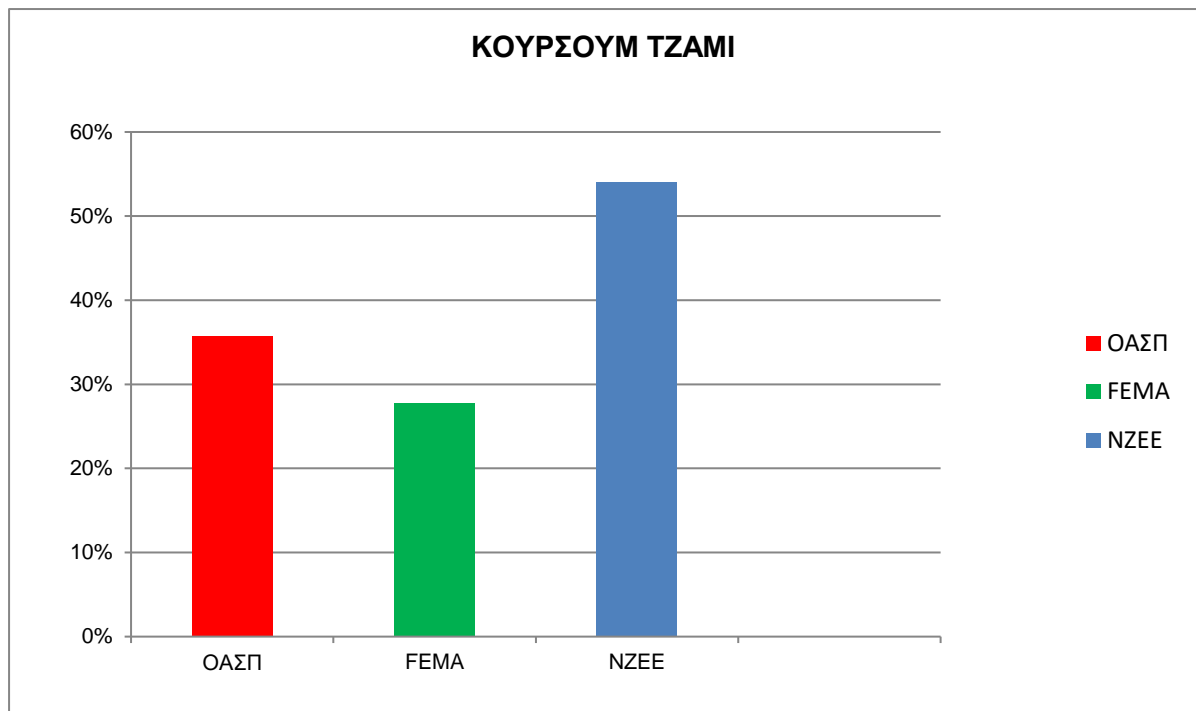
Γράφημα 1: Ναός Αγίας Επίσκεψης



Γράφημα 2: Άγιος Γεώργιος

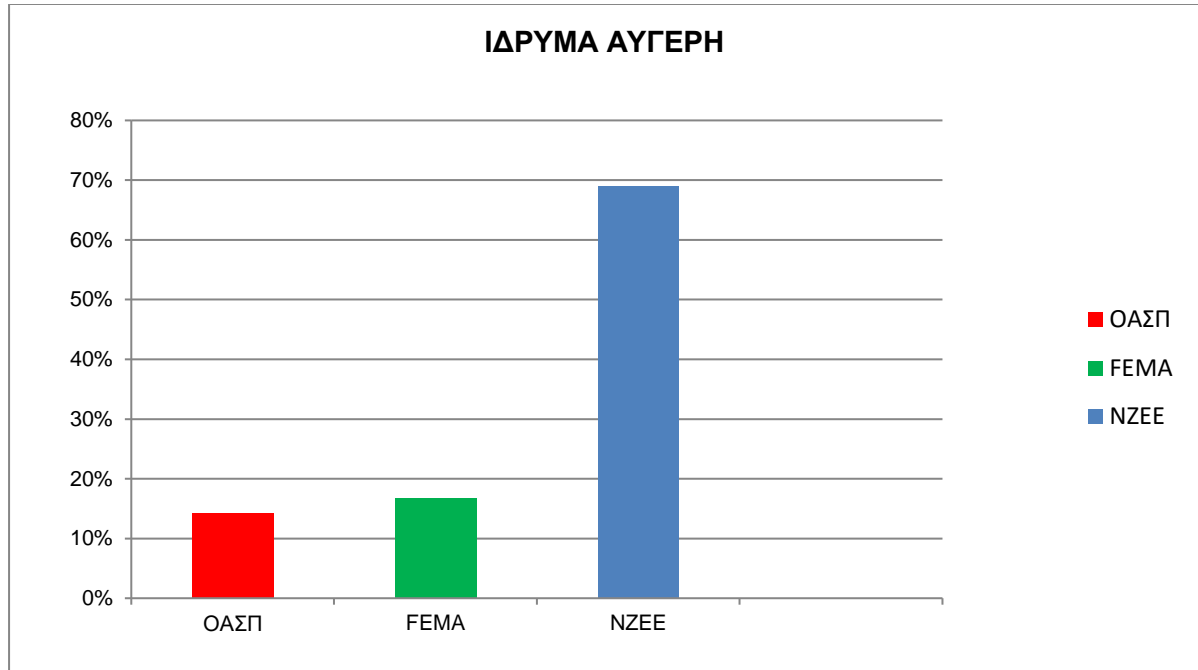


Γράφημα 3: Κουρσούμ Τζαμί

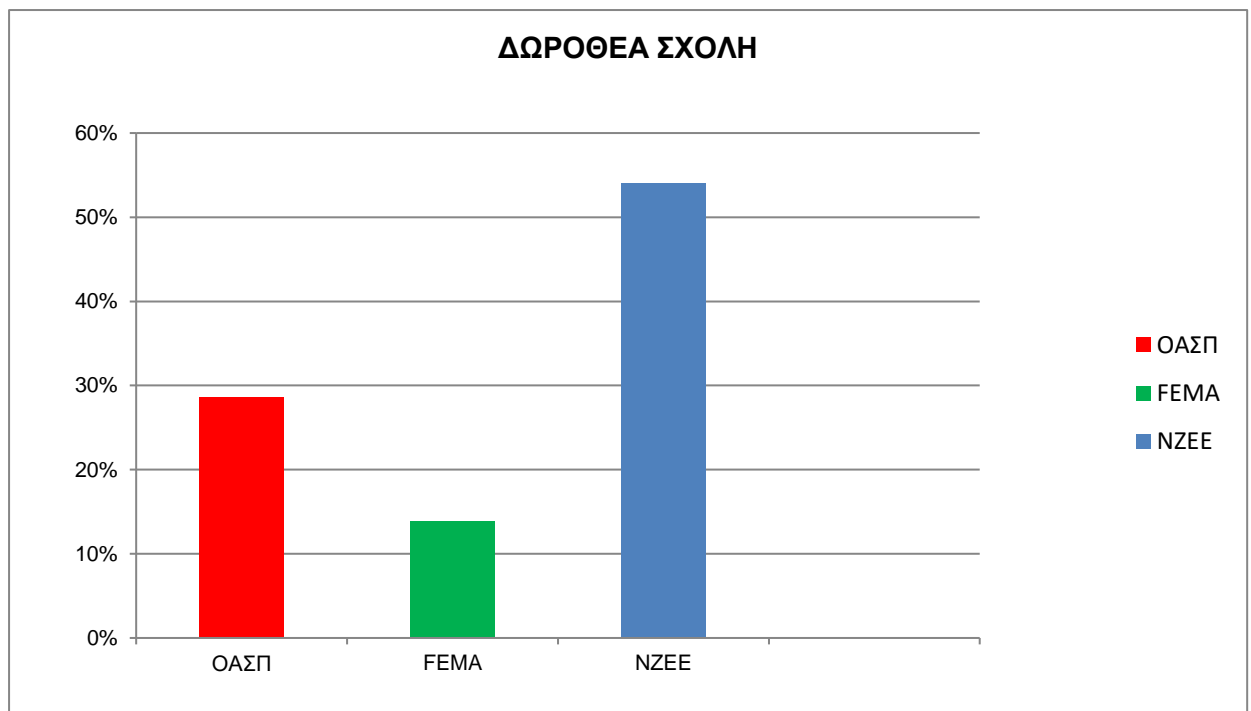


## 7.2 Κτίρια στο νομό Τρικάλων

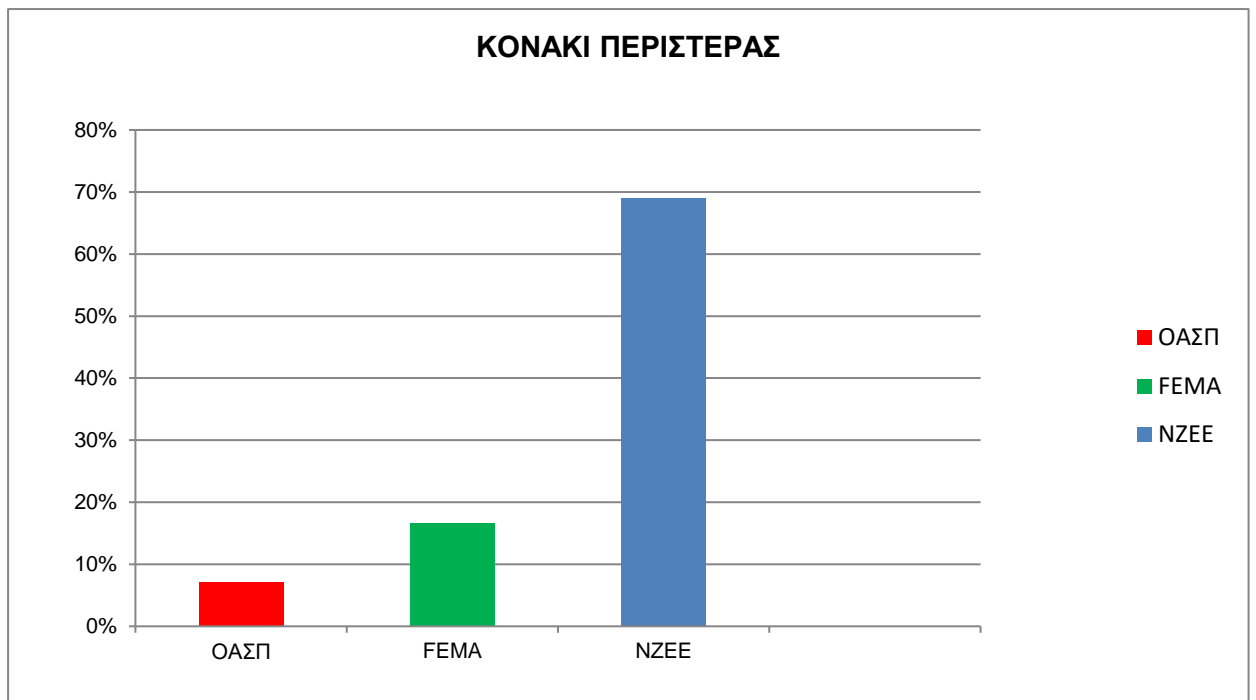
Γράφημα 4: Ίδρυμα Αυγέρη



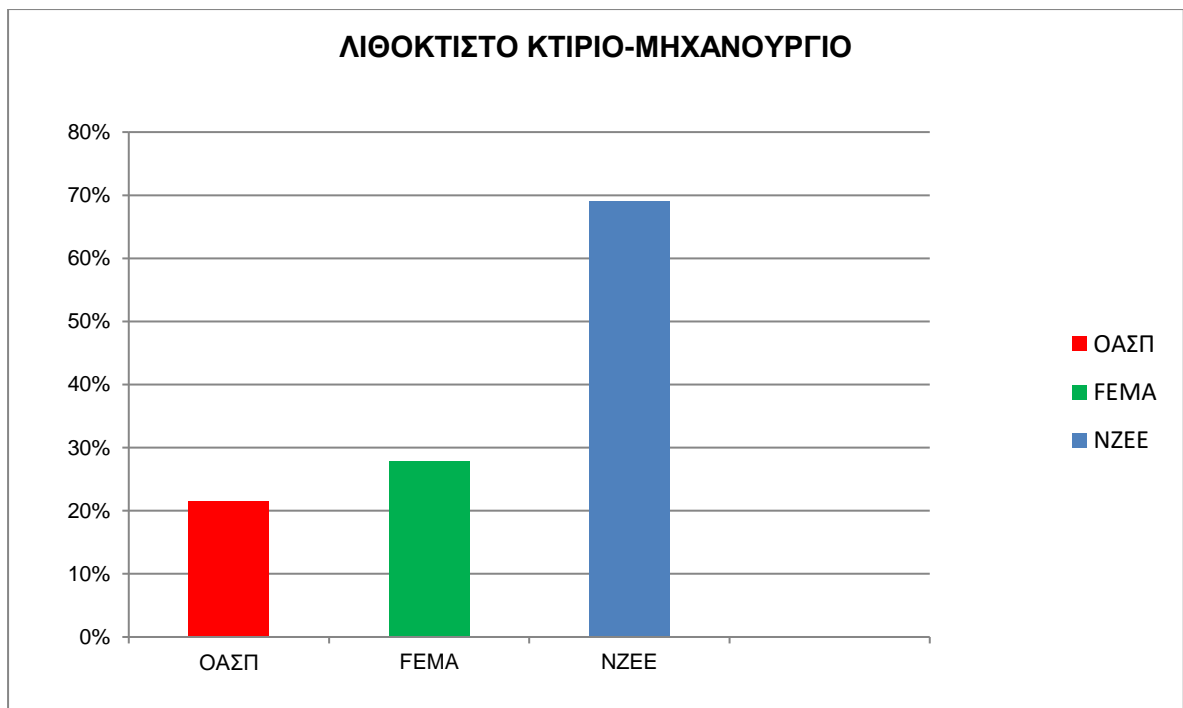
Γράφημα 5: Δωροθέα Σχολή



Γράφημα 6: Κονάκι Περιστέρας

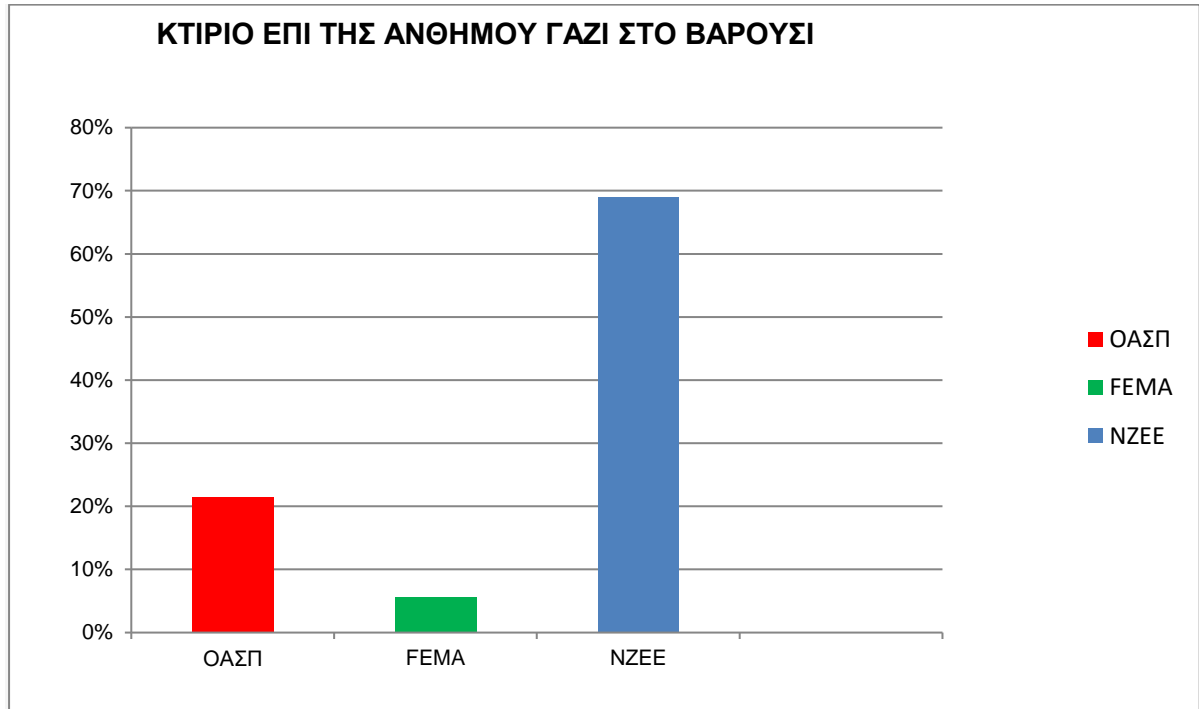


Γράφημα 7: Λιθόκτιστο Κτίριο-Μηχανουργείο



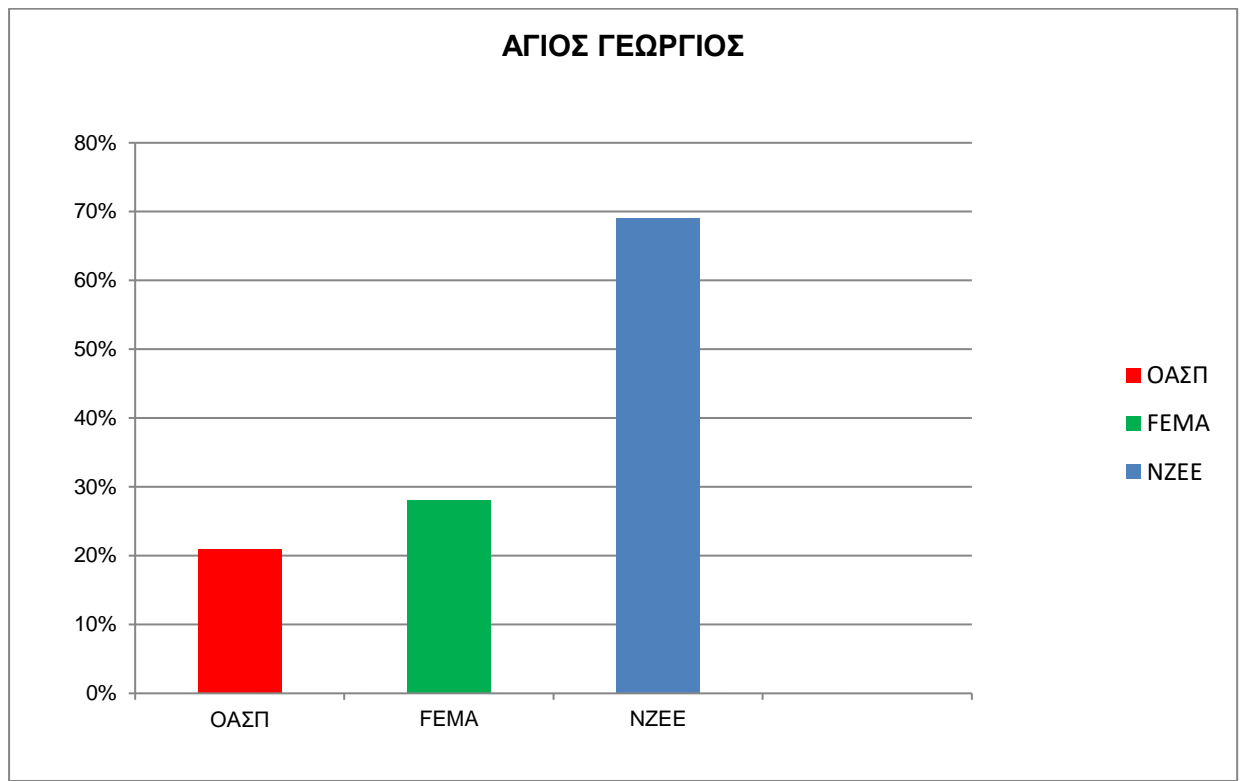


Γράφημα 8: Κτίριο επί της Ανθήμου Γάζι στο Βαρούσι

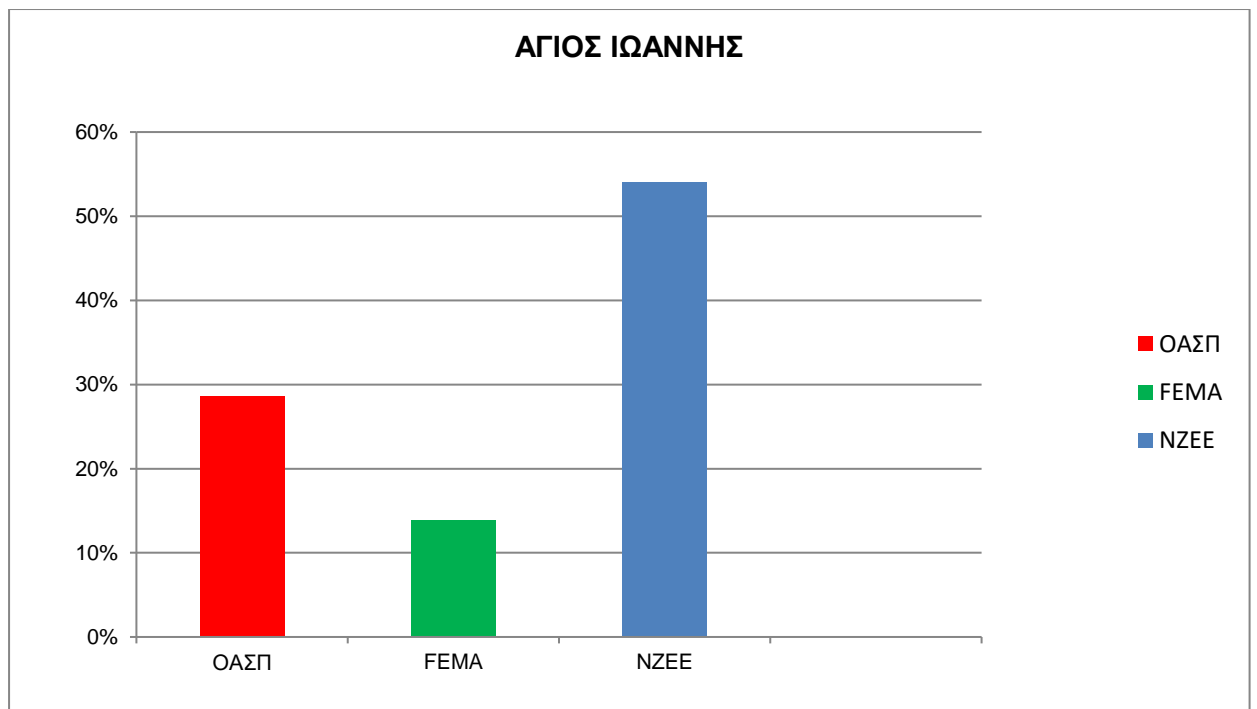


## 7.3 Ναοί στον νομό Καρδίτσας

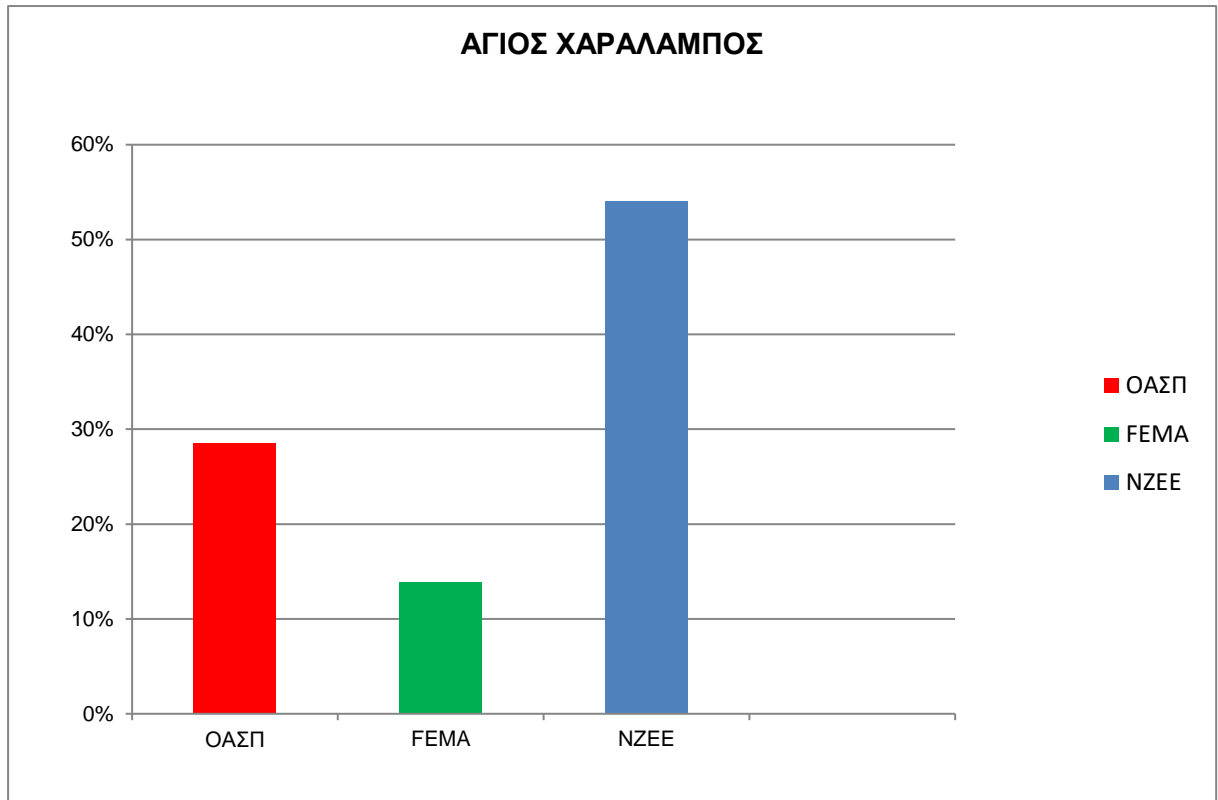
Γράφημα 9: Άγιος Γεώργιος



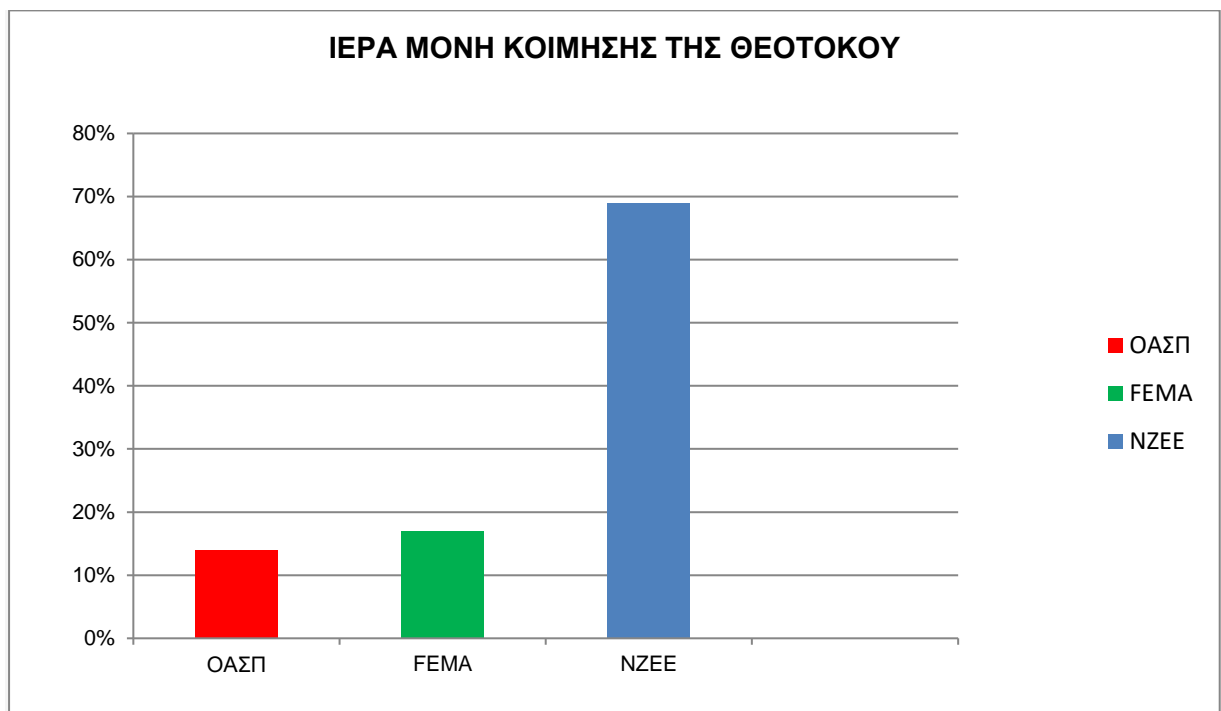
Γράφημα 10: Άγιος Ιωάννης



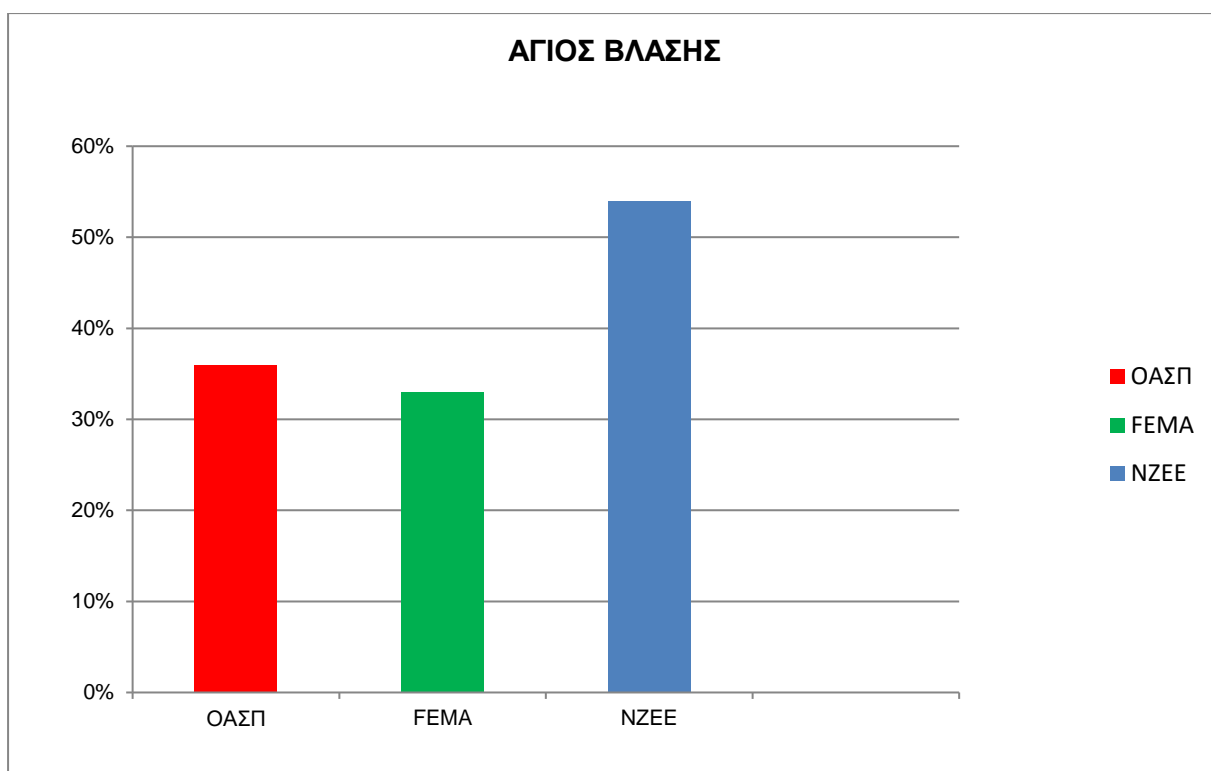
Γράφημα 11: Άγιος Χαράλαμπος



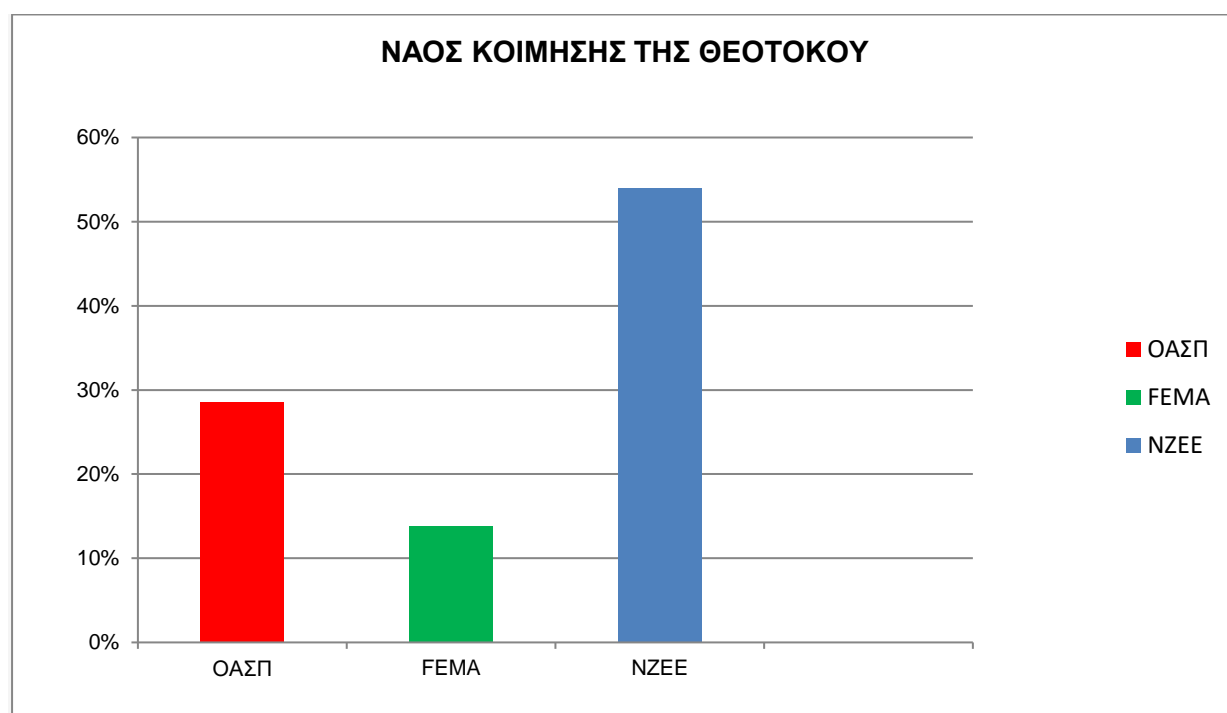
Γράφημα 12: Ιερά Μονή Κοίμησης Θεοτόκου



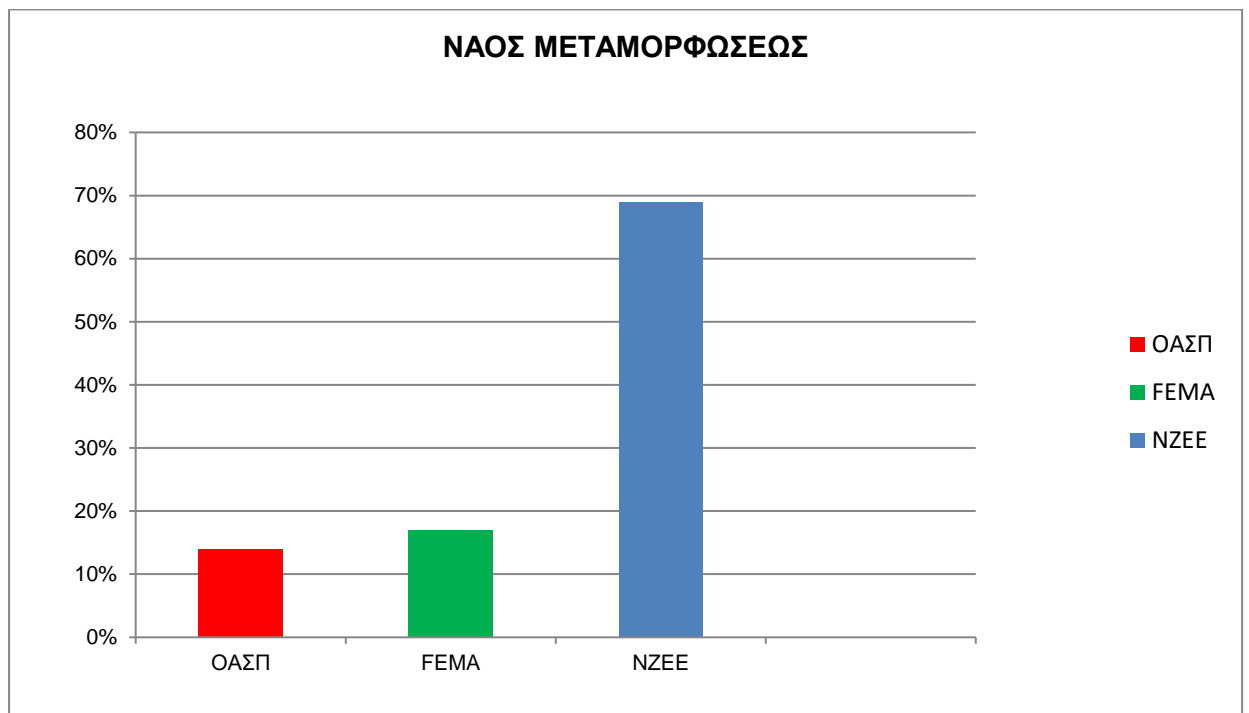
Γράφημα 13: Άγιος Βλάσης



Γράφημα 14: Ναός Κοίμησης Θεοτόκου

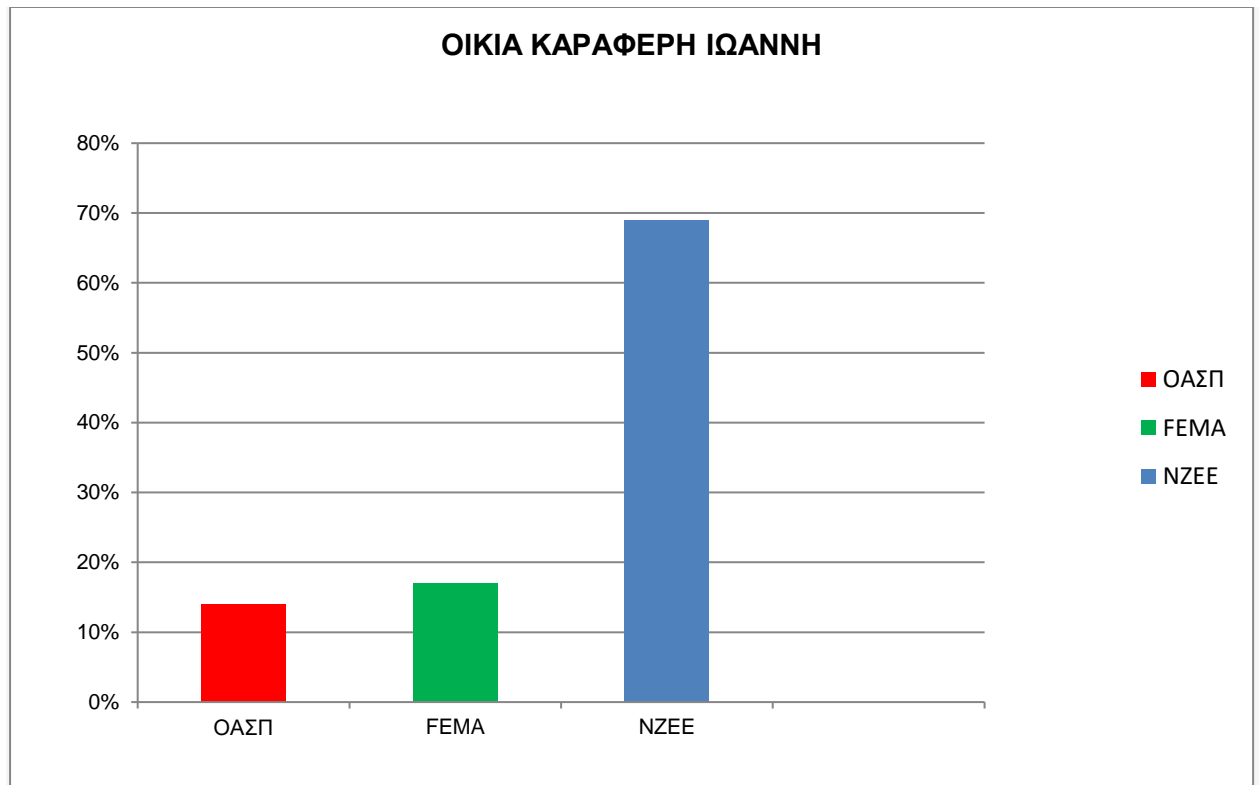


Γράφημα 15: Ναός Μεταμορφώσεως

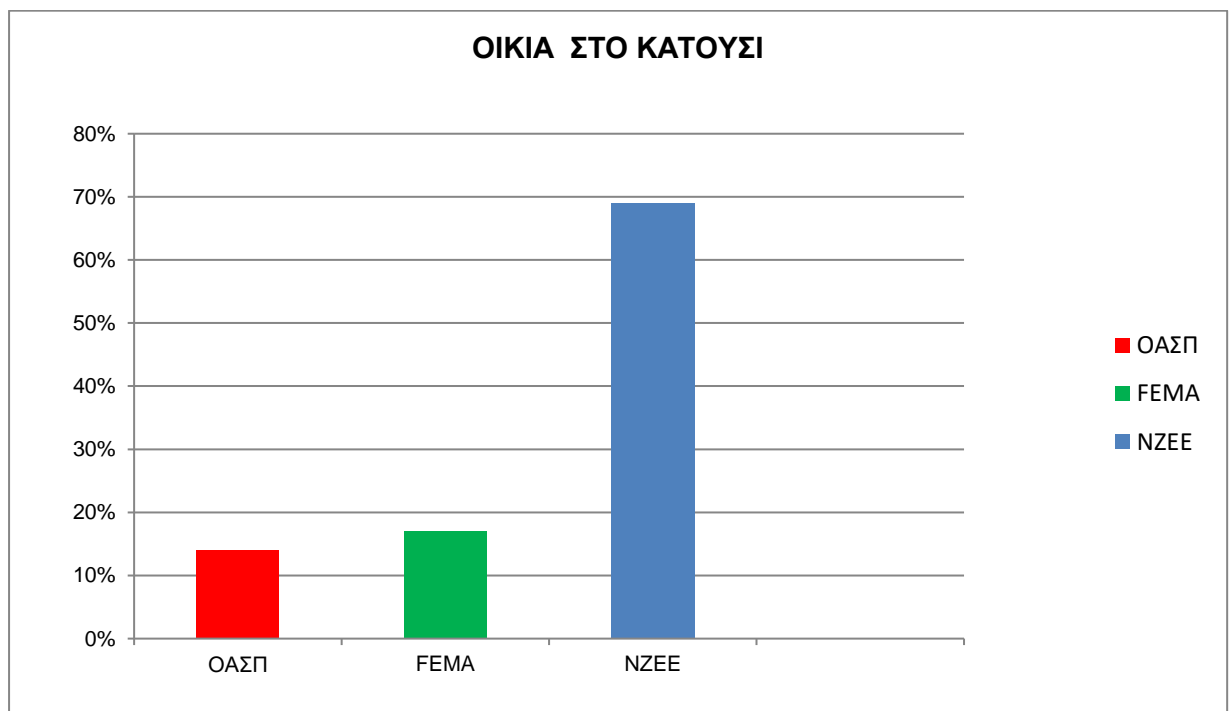


## 7.4 Κτίρια στο νομό Καρδίτσας

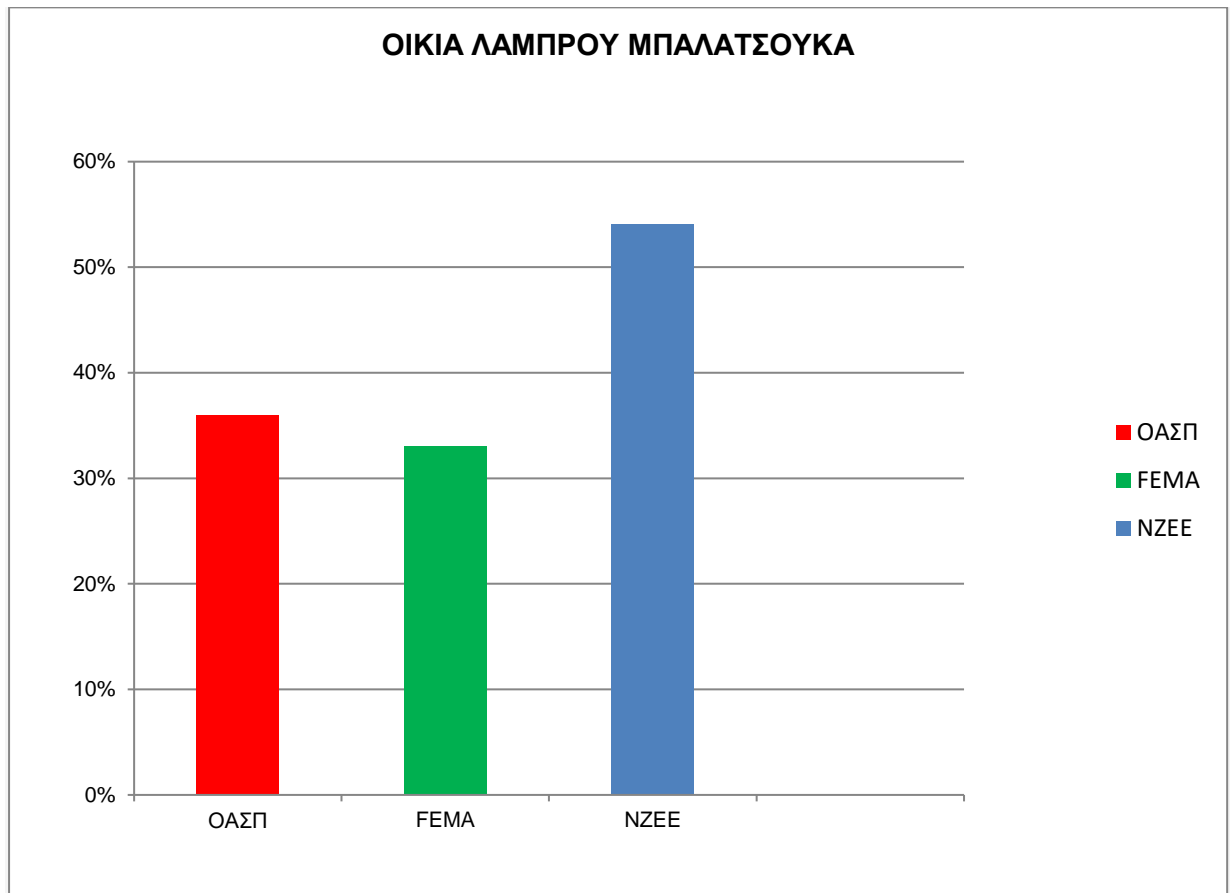
Γράφημα 16: Οικία Καραφέρης Ιωάννης



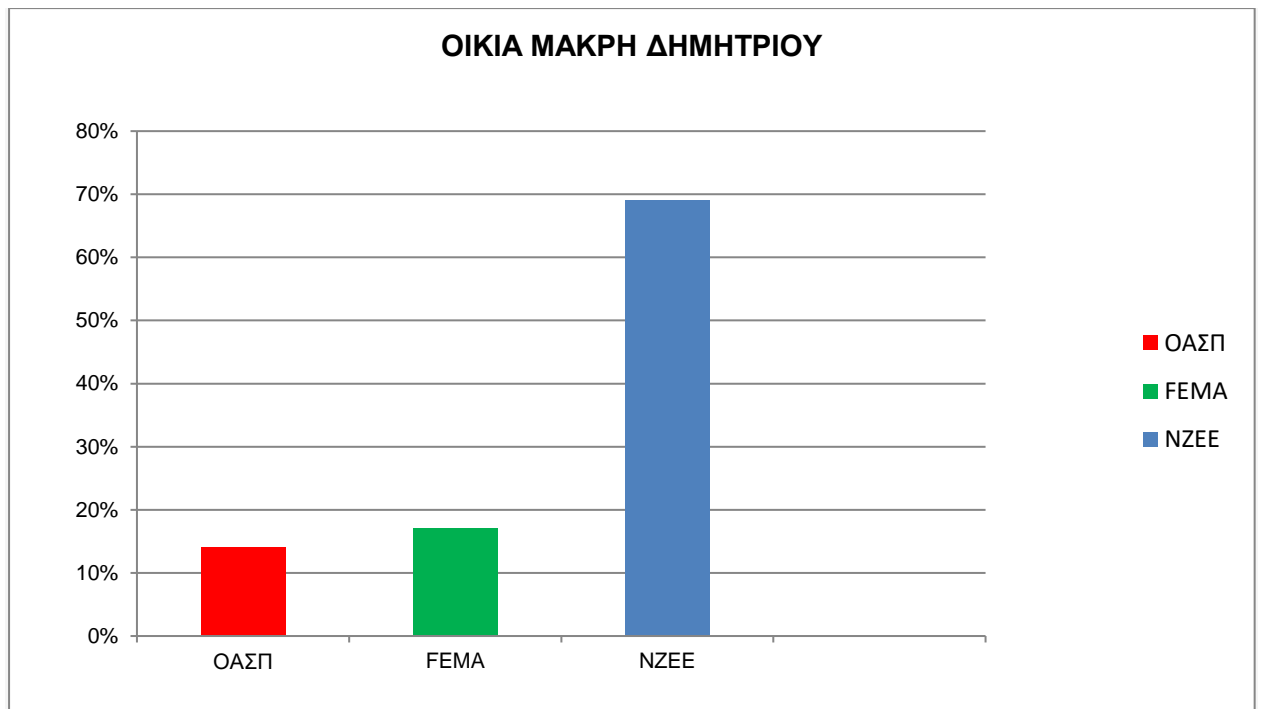
Γράφημα 17: Οικία στο Κατούσι



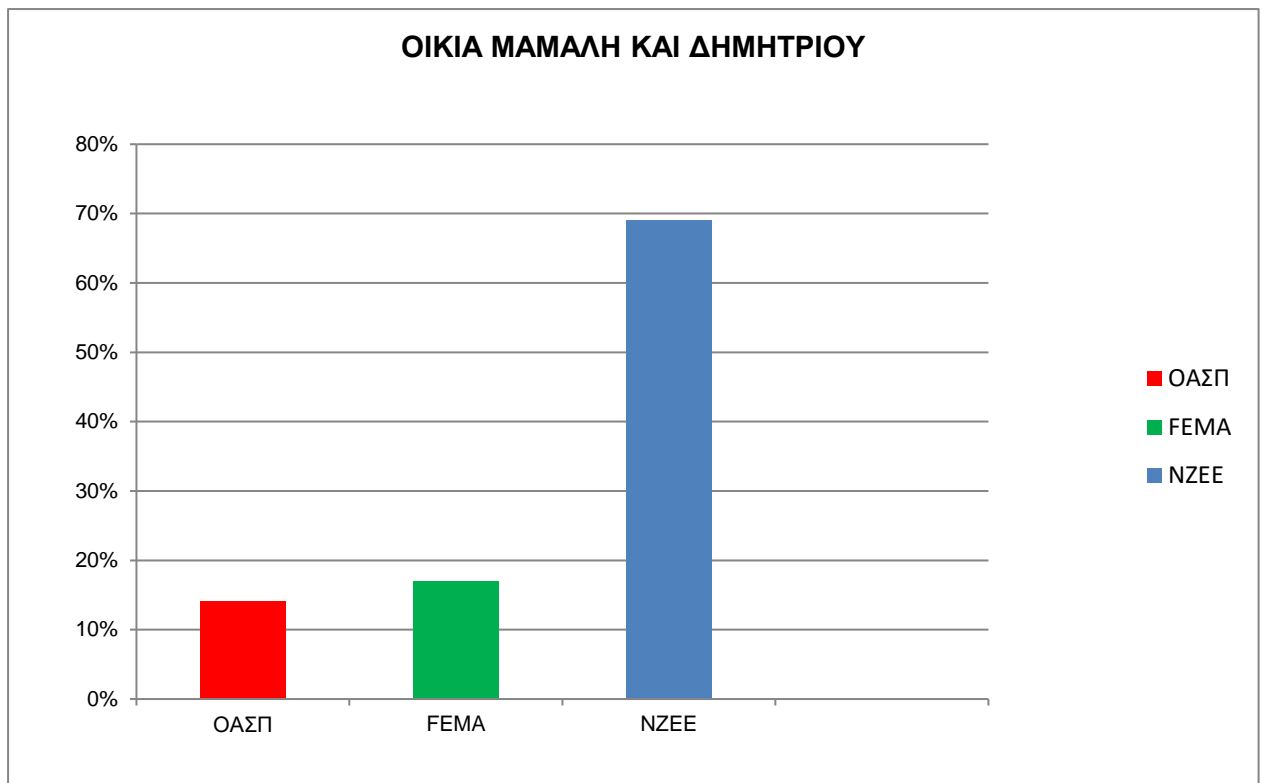
Γράφημα 18: Οικία Λάμπρος Μπαλατσούκας



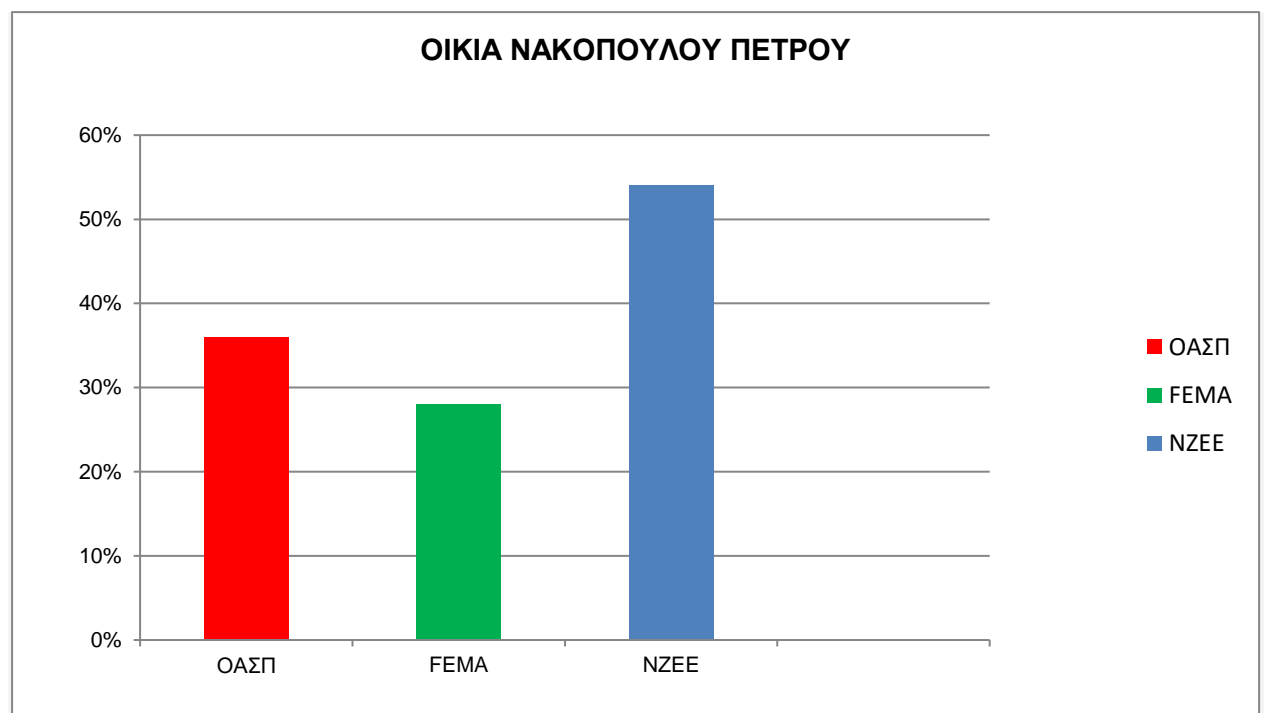
Γράφημα 19: Οικία Μακρής Δημήτριος



Γράφημα 20: Οικία Μάμαλη και Δημητρίου

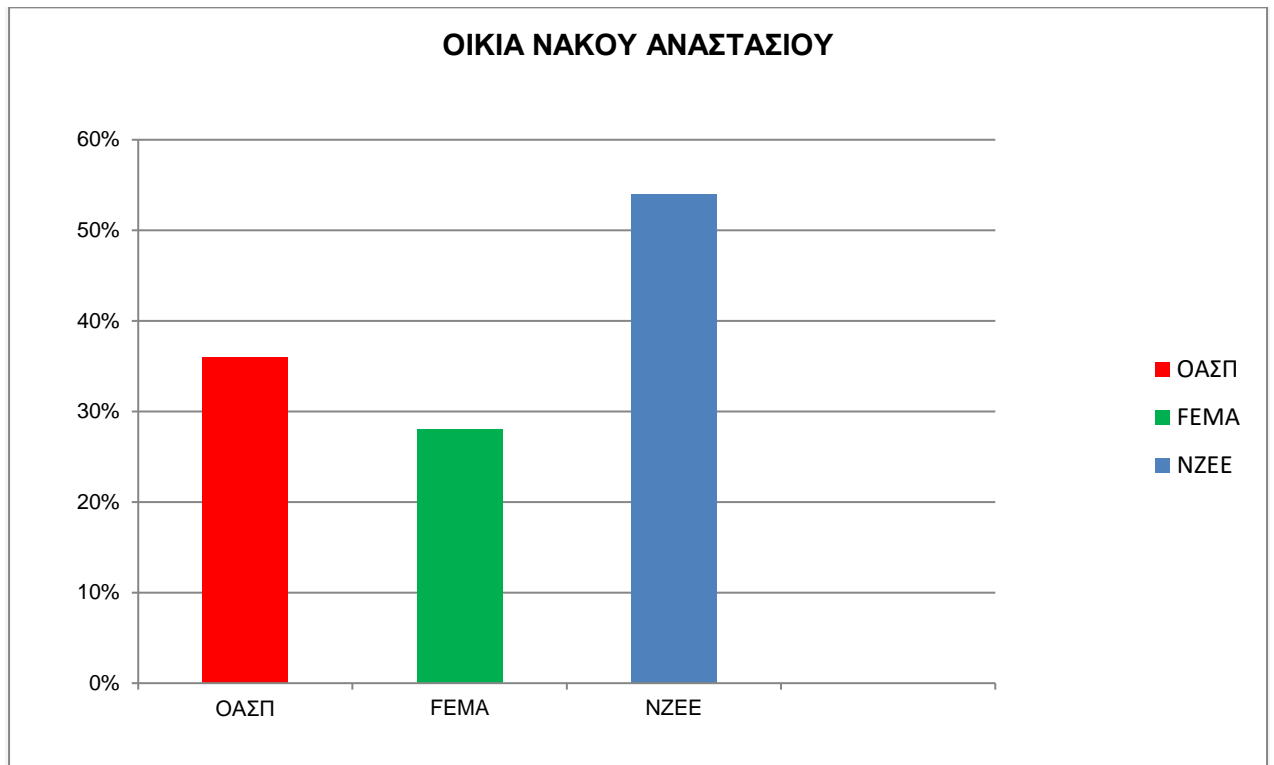


Γράφημα 21: Οικία Νακόπουλος Πέτρος

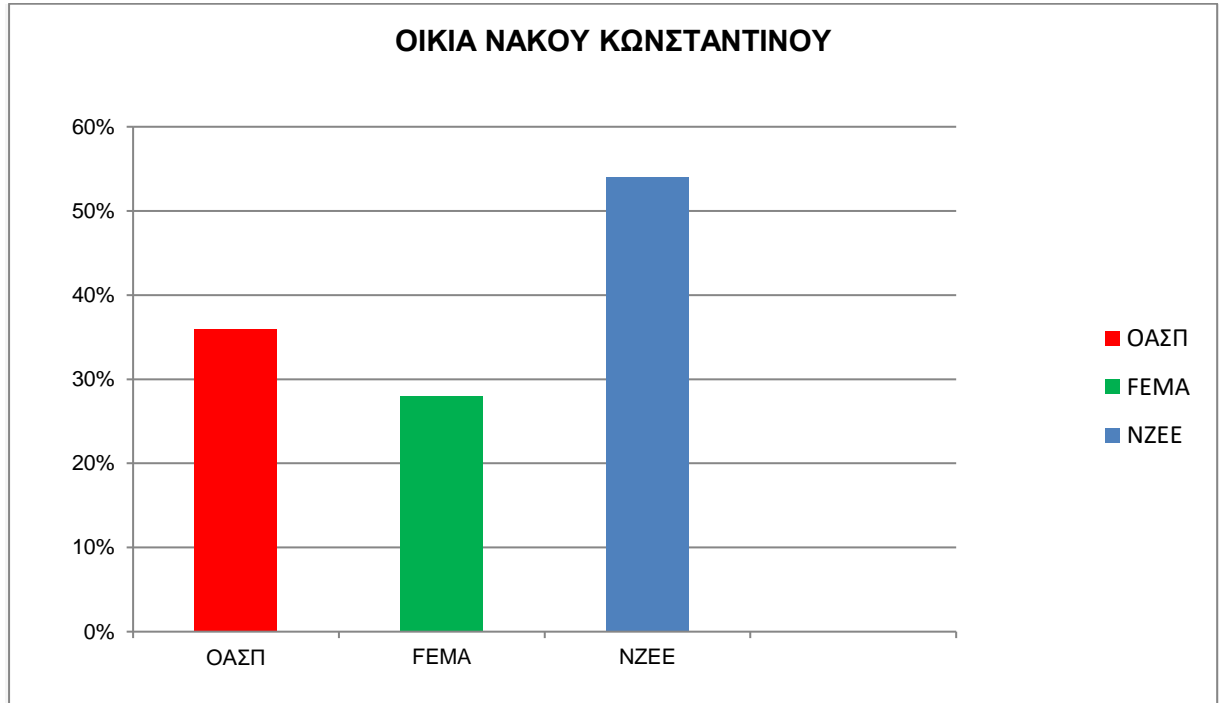




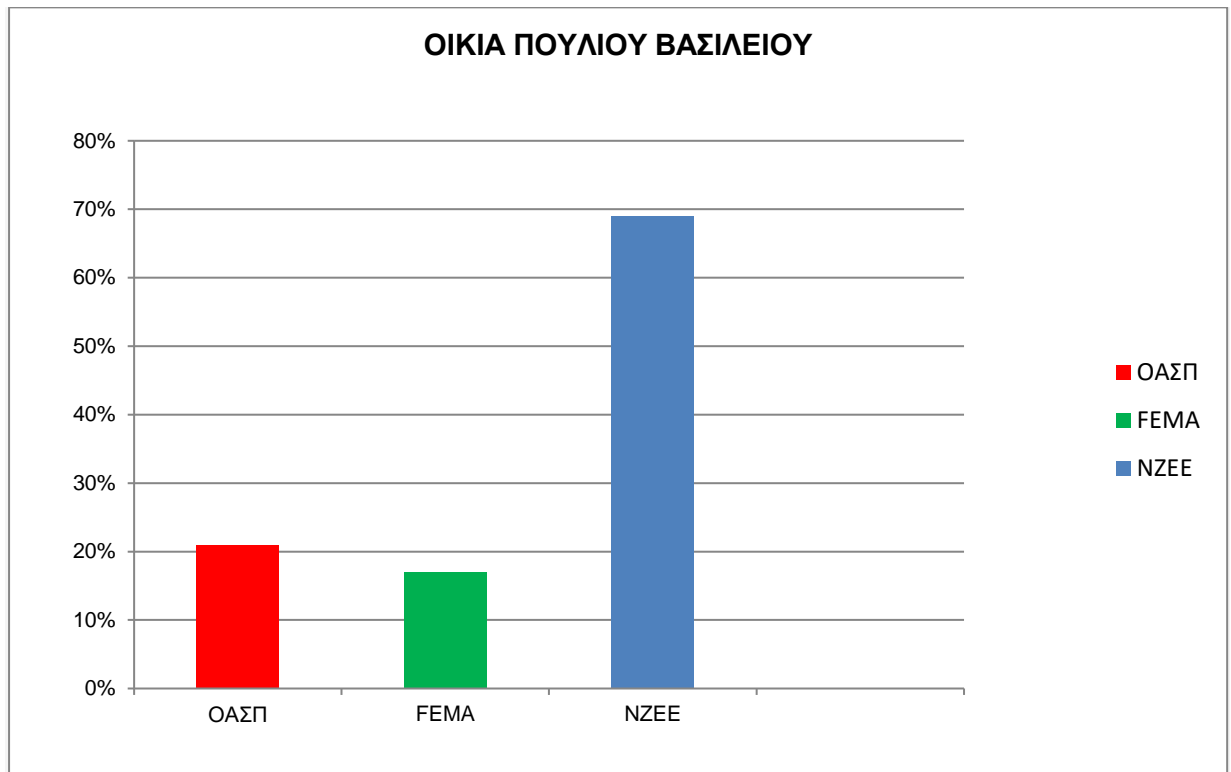
Γράφημα 22: Οικία Νάκος Αναστάσιος



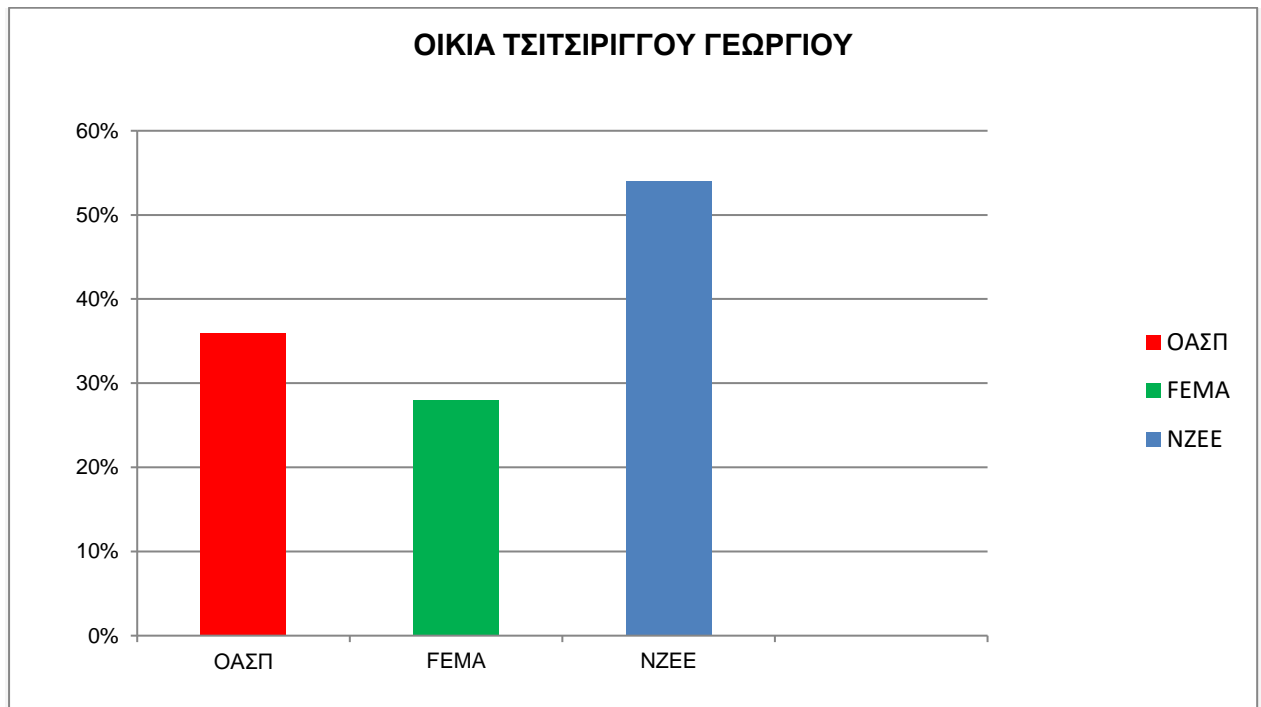
Γράφημα 23: Οικία Νάκος Κωνσταντίνος



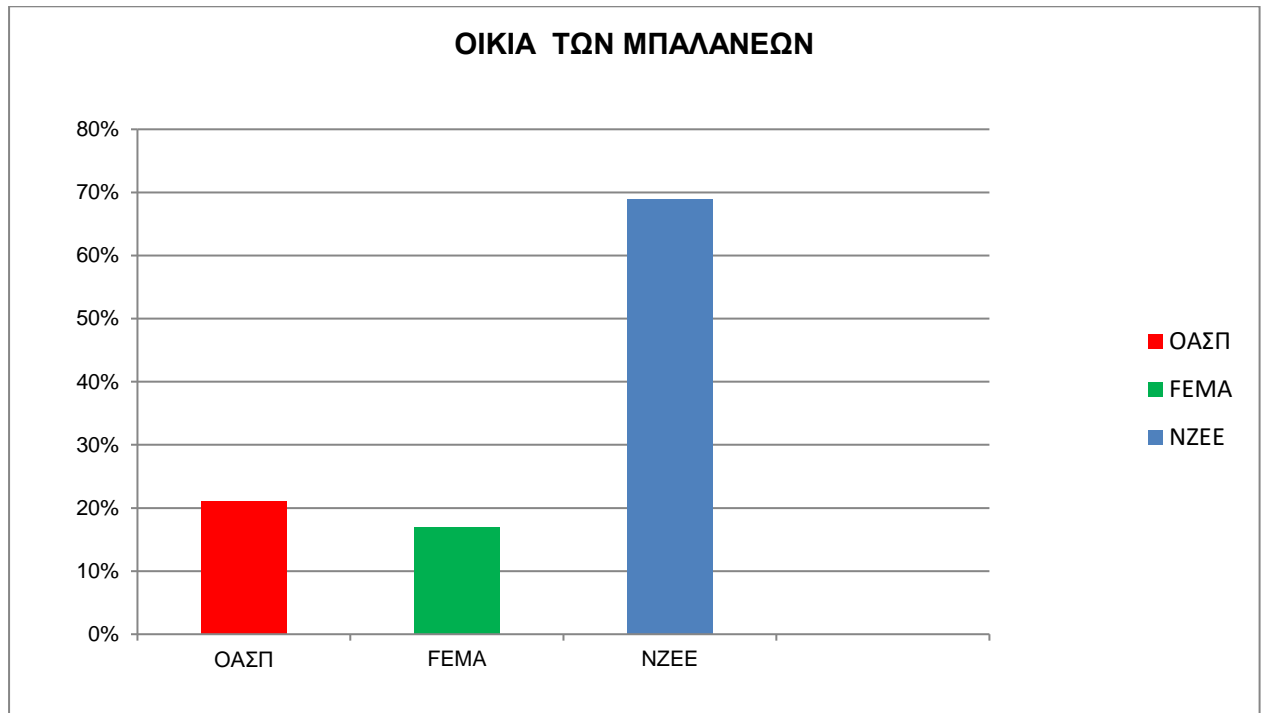
Γράφημα 24: Οικία Πούλιος Βασίλειος



Γράφημα 25: Οικία Τσιτσιρίγγος Γεώργιος



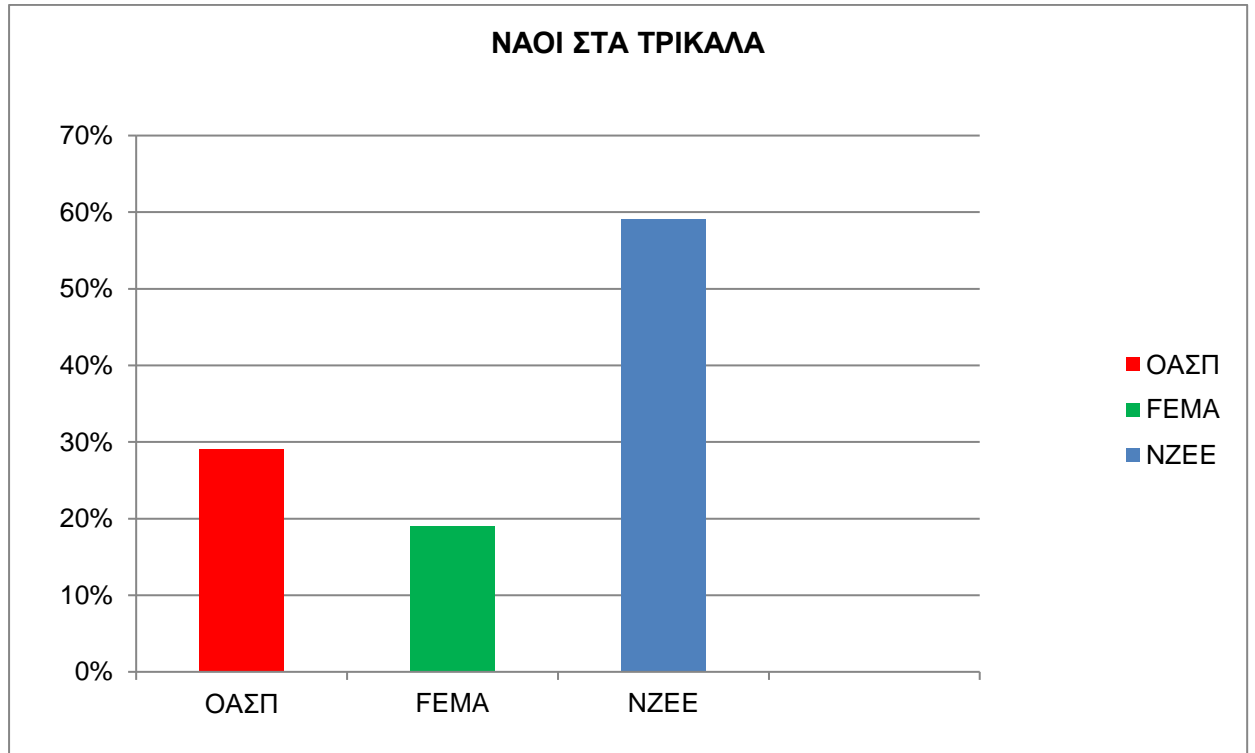
Γράφημα 26: Οικία των Μπαλανέων



## 7.5 Μέσος όρος των τριών εντύπων βάση αποτελεσμάτων για όλα τα κτίρια.

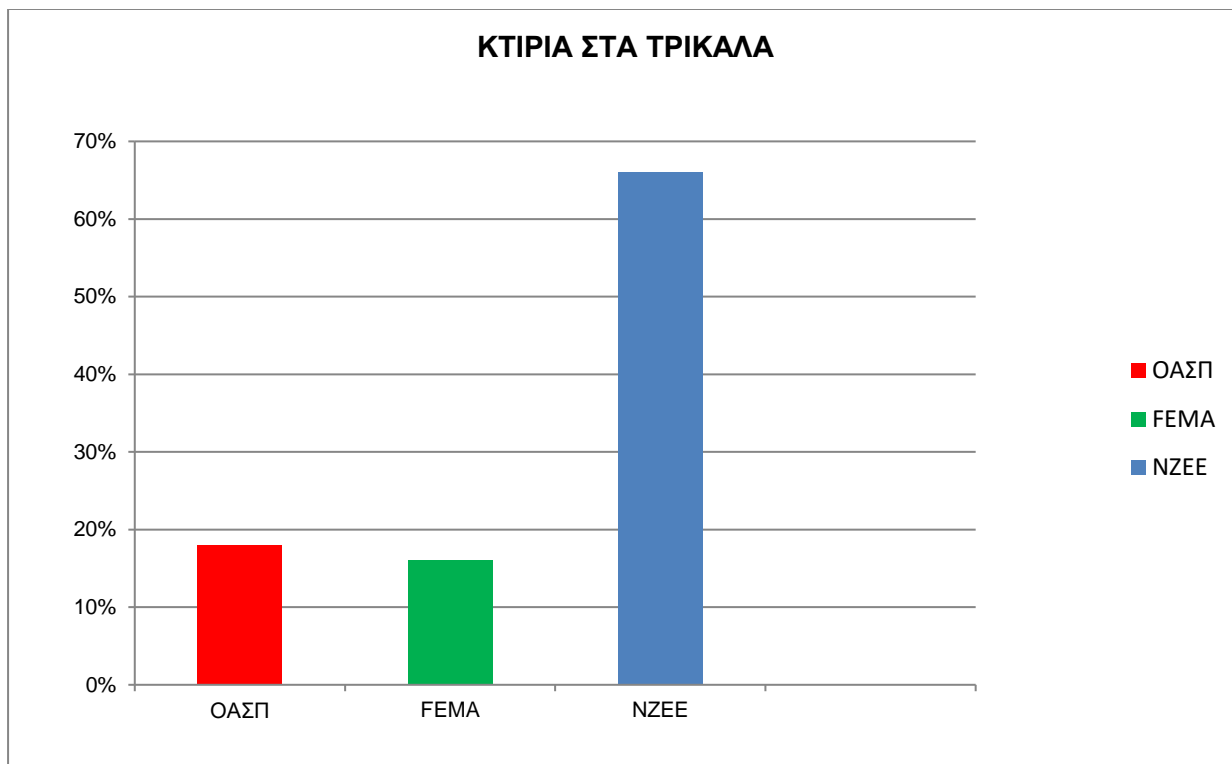
### 7.5.1 Ναοί στο νομό Τρικάλων

Γράφημα 27: Ναοί στα Τρίκαλα



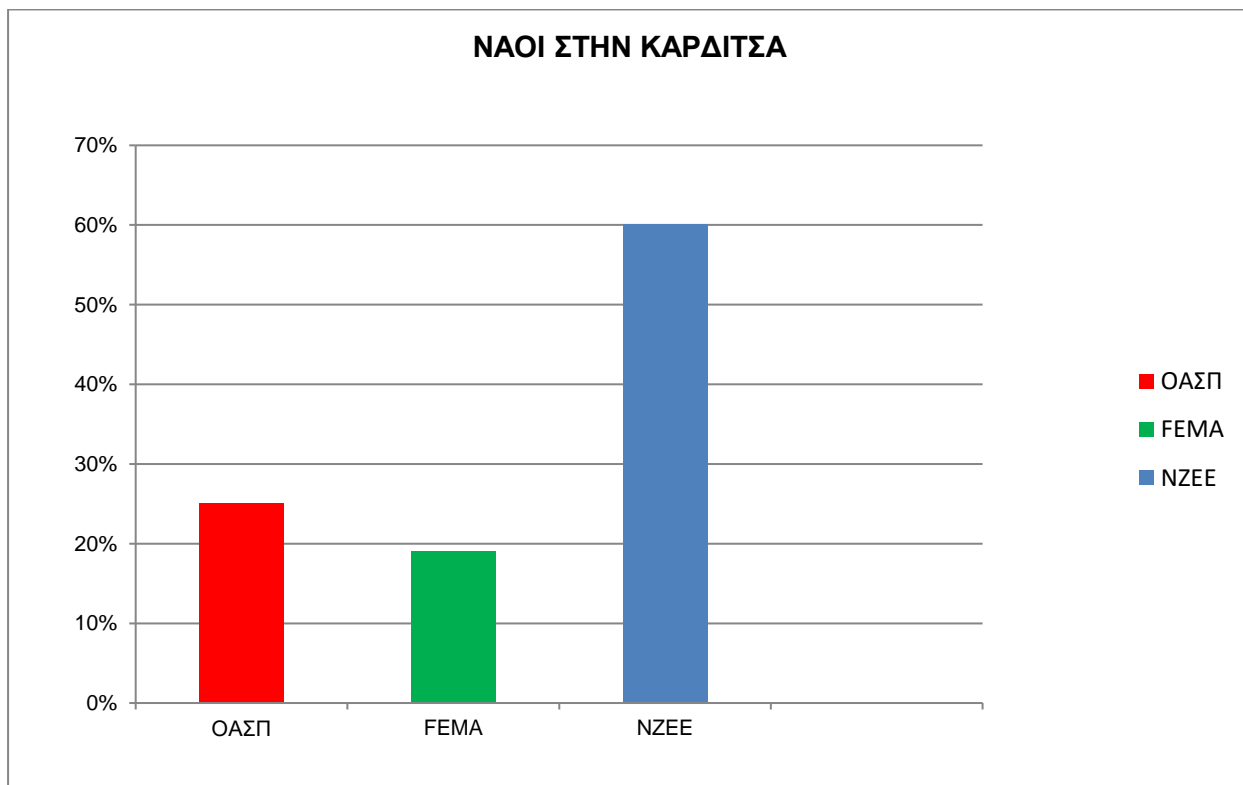
## 7.5.2 Κτίρια στα Τρίκαλα

Γράφημα 28: Κτίρια στα Τρίκαλα



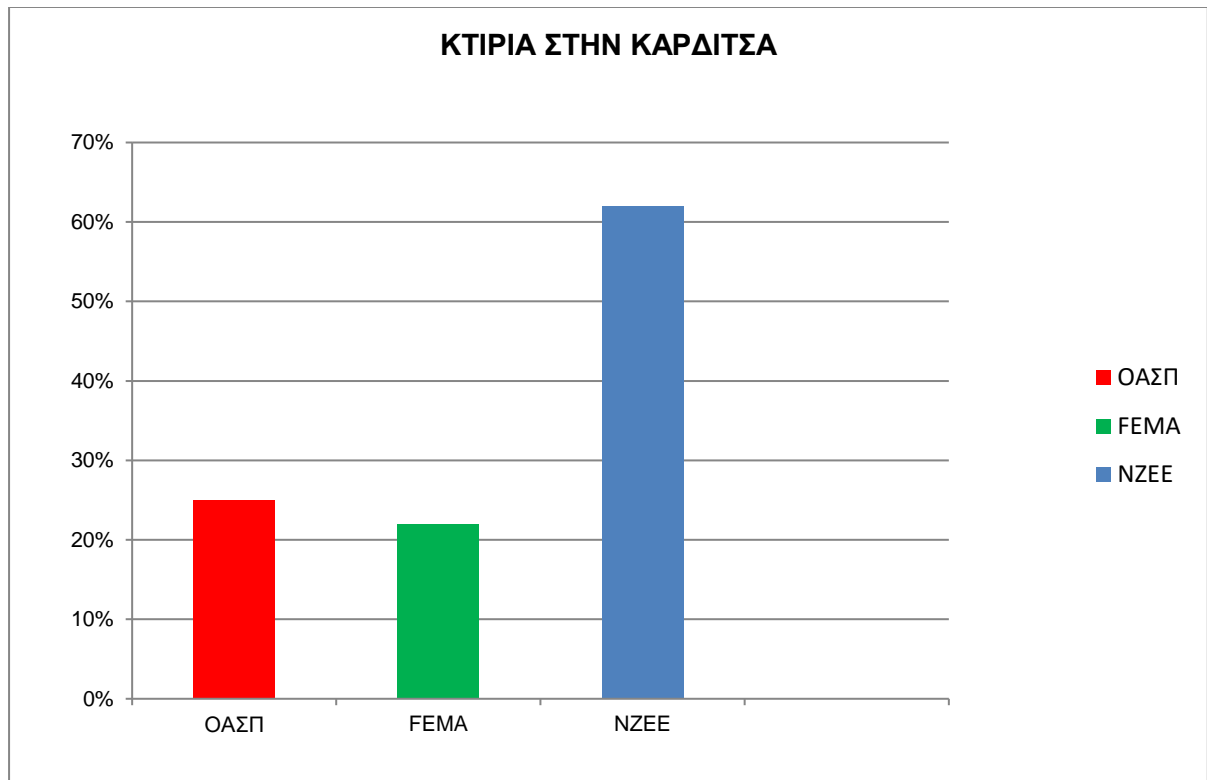
## 7.5.3 Ναοί στην Καρδίτσα

Γράφημα 29: Ναοί στην Καρδίτσα



## 7.5.4 Κτίρια στην Καρδίτσα

Γράφημα 30: Κτίρια στην Καρδίτσα



## 7.6 Συμπεράσματα βάση ποσοστού ανάλογα με τα αποτελέσματα των τριών εντύπων για το κάθε κτήριο.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των τριών εντύπων (ΟΑΣΠ, FEMA, NZEE) συμπεραίνουμε ότι οι βαθμολογίες στα περισσότερα κτίρια και Ναούς δεν είναι αυτή που περιμέναμε βάση της συμπεριφοράς του κτιρίου στο χρόνο, και με βάση τους σεισμούς που έχουν γίνει στην περιοχή αφού αναφερόμαστε σε κτίρια 16<sup>ου</sup> έως 20<sup>ου</sup> Αιώνα. Στα έντυπα των ( ΟΑΣΠ, FEMA) μια μέτρια βαθμολογία είναι από το 3 και όσο μειώνεται χειροτερεύει. Η μέγιστη που μπορεί να πάρει χωρίς τροποποιητικούς συντελεστές για τον ΟΑΣΠ είναι το 7 και ελάχιστη το 0 ενώ για την FEMA το 3,6 μέγιστη και ελάχιστη 1. Το αντίθετο ακριβώς συμβαίνει στο έντυπο της (NZEE) που όσο πιο μικρή είναι τόσο καλύτερη για το κτήριο με μέσο όρο περίπου το 20 ενώ η μέγιστη και συγχρόνως αρνητική βαθμολογία που μπορεί να πάρει χωρίς τροποποιητικούς συντελεστές είναι το 70 και ελάχιστη το 5.

Βλέπουμε ότι το πιο υψηλό ποσοστό το έχουμε στη μέθοδο της Νέας Ζηλανδίας (NZEE). Αυτό συμβαίνει επειδή στην Ελληνική μέθοδο (ΟΑΣΠ) και στην Αμερικάνικη μέθοδο (FEMA) έχουμε λιγότερους τροποποιητικούς συντελεστές και επίσης είναι πιο αυστηρές στην μέθοδο της Νέας Ζηλανδίας.

Και τα τρία έντυπα θα μπορούσαν να βελτιώσουν την βαθμολογία και να αυξήσουν τους τροποποιητικούς συντελεστές που βάση αυτών βγάζουμε τις βαθμολογίες. Επίσης θα μπορούσαμε να χρησιμοποιούσαμε ένα χάρτη με τις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας πιο ακριβή για να μην έχουμε αποκλίσεις στις αρχικές βαθμολογίες όπως επίσης και για την κατηγορία εδάφους της κάθε περιοχής. Τέλος παρατηρούμε ότι στο έντυπο της (NZEE) υπάρχουν λιγότερες κατηγορίες για τον δομικό τύπο του κτιρίου απ' ό τι στα έντυπα των (ΟΑΣΠ, FEMA).

## Κεφάλαιο 8

### Σύγκριση αποτελεσμάτων σεισμικής επάρκειας των κτιρίων βάση πρωτοβάθμιων προσεισμικών ελέγχων.

Καθώς παρατηρούμε τα γραφήματα όπου αναγράφονται οι βαθμολογίες των αποτελεσμάτων για τα τρία έντυπα θα δούμε ότι οι τιμές του έντυπου της Νέας Ζηλανδίας(NZEE) είναι υψηλότερες από τις άλλες δύο μεθόδους (ΟΑΣΠ, FEMA). Αυτό συμβαίνει γιατί η Νέα Ζηλανδία σαν χώρα είναι από τις πιο σεισμογενείς. Έτσι οι μηχανικοί είναι υποχρεωμένοι να χρησιμοποιούν έντυπα με αυστηρότερους κανόνες, περισσότερους τροποποιητικούς συντελεστές ώστε να δίνουν βαθμολογίες πιο ακριβής στα αποτελέσματα. Τα πιο υψηλά ποσοστά για το έντυπο (NZEE) τα βλέπουμε στα κτίρια που βρίσκονται στα Τρίκαλα. Αυτό συμβαίνει πιθανόν επειδή ο μέσος όρος των κτιρίων που μελετήθηκαν στα Τρίκαλα είναι μεταγενέστερος από αυτόν στις άλλες περιοχές.

Δεύτερο ακολουθεί το έντυπο του ΟΑΣΠ όπου το πιο μεγάλο ποσοστό του το συναντάμε στους Ναούς στα Τρίκαλα. Αυτό συμβαίνει πιθανόν γιατί η Ελλάδα έχει τεράστιο πλούτο από εκκλησίες παλαιών χρόνων και η χώρα μας έχει δώσει μια μικρή βαρύτητα σε αυτές αφού παρουσιάζουν και πολλά προβλήματα.

Τρίτο ακολουθεί το έντυπο της FEMA με το πιο μεγάλο ποσοστό να βρίσκετε στα κτίρια στην Καρδίτσα.

Παρατηρούμε ότι κάθε έντυπο έχει και σε διαφορετική περιοχή τα μέγιστα ποσοστά του. Αυτό συμβαίνει γιατί κάθε έντυπο έχει μερικούς διαφορετικούς τροποποιητικούς συντελεστές και λίγο διαφορετικούς αριθμούς ανάλογα τον συντελεστή. Επίσης επειδή η κάθε μέθοδος έχει δώσει και διαφορετική βαρύτητα ανάλογα τη θέση, την ημερομηνία κατασκευής και τις ζημιές που παρουσιάζει κάθε κτίριο.



## Βιβλιογραφία

1. Καματέρη Δ., “Αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς υφιστάμενων κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα και τρόποι ενίσχυσης τους”, Αθήνα (2012).
2. Στυλιανίδης Κ., “Προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις στα κτίρια”, ΚΙΛΚΙΣ (2003).
3. Κούτας Λ, Μόσχας Θ., “Πρωτοβάθμιος και δευτεροβάθμιος μετασεισμικός έλεγχος κτιρίων”, Πάτρα (2008).
4. Στυλιανίδης Κ, Κάππος Α., Πενέλης Γ., “Αξιολόγηση μεθόδων πρωτοβάθμιου προσεισμικού ελέγχου με κριτήριο τη συμπεριφορά των κτιρίων σε συγκεκριμένους σεισμούς”.
5. Στυλιανίδης Κ., Κάππος Α., Πενέλης Γ., “Προσεισμικός έλεγχος νοσοκομείων και σχολείων περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας”.
6. Παπαστεργίου Κ., “Τρικαλινά Κληροδοτήματα”, Τρίκαλα (2007).
7. Σταματίου Θ. Κωνσταντίνα, Τσάφου Γ. Στέλλα., “Ταχεία αποτίμηση τρωτότητας κτηριακού αποθέματος δημόσιας χρήσεως”, Αθήνα (2013).
8. Καρακώστας Χ., Λεκίδης Β., Σαλονικιός Θ., Μακάριος Τ., Σους Ισσαμ., “Μεθοδολογία και Αποτελέσματα Ταχέως Οπτικού Προσεισμικού Ελέγχου Δημοσίων Κτιρίων Ο/Σ στην πόλη των Γρεβενών”, ΓΡΕΒΕΝΑ.
9. Γκουντρομίχου Χ., “Επιχειρησιακός και Επικοινωνιακός σχεδιασμός για σεισμό”.
10. Ψιμούλης Α. Παναγιώτης και Τσιλιμπάρης Ν. Ευθύμιος., “Αξιολόγηση Πρωτοβάθμιου προσεισμικού ελέγχου με κριτήριο την συμπεριφορά κτιρίων στο σεισμό του Αίγιου και επεξεργασία του κόστους αποκατάστασης βλαβών”. (2004)
11. [http://dspace.lib.ntua.gr/dspace2/bitstream/handle/123456789/38573/stamatiou\\_trothta.pdf?sequence=1](http://dspace.lib.ntua.gr/dspace2/bitstream/handle/123456789/38573/stamatiou_trothta.pdf?sequence=1)
12. [https://www.nzsee.org.nz/db/PUBS/2006AISBEGUIDELINES\\_Corr\\_06a.pdf](https://www.nzsee.org.nz/db/PUBS/2006AISBEGUIDELINES_Corr_06a.pdf)
13. [https://www.nzsee.org.nz/db/PUBS/2006AISBEGUIDELINESCorr3\\_\(incl\\_2014\\_updates\).pdf](https://www.nzsee.org.nz/db/PUBS/2006AISBEGUIDELINESCorr3_(incl_2014_updates).pdf)

14. [www.oasp.gr](http://www.oasp.gr)
15. [http://www.moi.gov.cy/moi/cd/cd.nsf/All/BAD9E96ACECD2A38C225832B003212F7/\\$file/3\\_STOIXEIA%20TRWTOTHTAS%20ENANTI%20SEISMOU.pdf](http://www.moi.gov.cy/moi/cd/cd.nsf/All/BAD9E96ACECD2A38C225832B003212F7/$file/3_STOIXEIA%20TRWTOTHTAS%20ENANTI%20SEISMOU.pdf)
16. <http://ikee.lib.auth.gr/record/126270/files/GRI-2011-6509.pdf>
17. <https://el.wikipedia.org/wiki/>
18. <https://www.dimosargitheas.gr/el/xoria-argitheas/anatoliki-argithea/166-vlasi>
19. <https://buk.gr/el/poli-perioxi/vlasi>
20. <https://www.dimosargitheas.gr/el/xoria-argitheas/dytiki-argithea/179-anthiro>
21. [http://greekorthodoxreligioustourism.blogspot.com/2015/03/blog-post\\_10.html](http://greekorthodoxreligioustourism.blogspot.com/2015/03/blog-post_10.html)
22. <https://www.infotouristmeteora.gr>
23. <https://www.altsantiri.gr/ellada/simantikes-zimies-se-mnimeia-ston-dimo-argitheas-apo-ton-seismo/>
24. <http://www.ant1news.gr/LocalNews/article/513555/ragisan-spitia-kai-mnimeia-apo-ton-seismo-sti-thessalia--eikones->
25. <https://www.dimosargitheas.gr/el/27-nea-dimou/1150-isxyros-seismos-tarakoynise-tin-argithea-2>
26. <http://www.conservationtech.com/FEMA-WEB/FEMA-subweb-EQ/02-02-EARTHQUAKE/1-BUILDINGS/D3-Bldg-types.htm>
27. [https://www.fema.gov/media-library-data/1426210695633-d9a280e72b32872161efab26a602283b/FEMAP-154\\_508.pdf](https://www.fema.gov/media-library-data/1426210695633-d9a280e72b32872161efab26a602283b/FEMAP-154_508.pdf)
28. <http://ergotexniki.blogspot.com/>
29. <https://trikalaview.gr/>
30. [http://ergotexniki.blogspot.com/2014/06/blog-post\\_7171.html](http://ergotexniki.blogspot.com/2014/06/blog-post_7171.html)

31. <https://www.ert.gr/>
32. <https://trikala365.gr/>
33. <https://www.panagiaepiskepsi.gr>

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Βορδοναράκης Μηνάς, του

Γεωργίου φοιτητής του ΠΜ, Αρχιτεκτονική και Δομοστατική Αποκατάσταση Ιστορικών Κτιρίων και Συνόλων/ΑΔΟΑΠ του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, πριν αναλάβω την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Διπλωματική Εργασία (Δ.Ε) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε, ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όρων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε πρέπει να ολοκληρώσει εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18. παρ.5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού».

Ο Δηλών



Ημερομηνία: 01/09/2020