

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΣΧΟΛΙΚΩΝ  
ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ**

Ελπίδα Γεωργίου

Λεμεσός 2011

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΣΧΟΛΙΚΩΝ  
ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ

Ελπίδα Γεωργίου  
Επιβλέπων καθηγητής  
Αναπληρωτής Καθηγητής Κρίστης Χρυσοστόμου

Λεμεσός 2011

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © Ελπίδα Γεωργίου, 2011

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας μου Αναπληρωτή Καθηγητή Κρίστη Χρυσοστόμου, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου αυτή την εργασία, για την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκειά της και κυρίως για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα ενδιαφέρον αντικείμενο. Επίσης ευχαριστώ τον Δρ. Νικόλα Κυριακίδη για τις παρατηρήσεις και τις υποδείξεις του στη βελτίωση της εργασίας μου, καθώς και τις Τεχνικές Υπηρεσίες του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού, ιδιαίτερα την κ. Ευαγγελία Γεωργίου, όπως επίσης και τους διάφορους μελετητές για τη βοήθειά τους στη συλλογή στοιχείων για την εργασία μου.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Λόγω της υψηλής σεισμικότητας της Κύπρου, η Κυπριακή Πολιτεία ενεργώντας πρωτοποριακά αποφάσισε τη σεισμική αναβάθμιση όλων των σχολικών κτιρίων επενδύοντας μεγάλα ποσά. Τα ερωτήματα που τίθενται είναι πόσο αποτελεσματικά είναι τα μέτρα που λήφθηκαν και πως συντηρείται αυτή η επένδυση με το λιγότερο δυνατό κόστος. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η συλλογή πληροφοριών σχετικά με την ενίσχυση των σχολικών κτιρίων και ανάλυση αυτών των πληροφοριών. Γίνεται καταγραφή των επιπέδων ασφάλειας και της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, των σχολείων τα οποία έτυχαν αντισεισμικής ενίσχυσης, γίνεται κατηγοριοποίηση των σχολείων ανάλογα με το σύστημα του φέροντος οργανισμού, καθώς και καταγραφή των μεθόδων επέμβασης που εφαρμόστηκαν για σεισμική αναβάθμιση. Στη συνέχεια γίνεται ανάλυση όλων των δεδομένων που συλλέχθηκαν και εξάγονται συμπεράσματα για το σημαντικό αυτό έργο που έχει επιτελεσθεί.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	iv
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	viii
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	xvii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	xviii
1 Ορισμός βασικών εννοιών .....	1
2 Βασικές αρχές ενίσχυσης.....	8
2.1 Πρότυπα .....	8
2.2 Τρωτότητα υφιστάμενων κτιρίων στην Κύπρο.....	12
2.3 Διαδικασία επιλογής βέλτιστου τρόπου επέμβασης.....	14
2.3.1 Συνήθεις λόγοι σφαλμάτων από τον τρόπο εργασίας μας.....	15
3 Συμπεριφορά κτιρίων και μεθοδολογία ενίσχυσης.....	16
3.1 Σεισμική συμπεριφορά υφιστάμενων κτιρίων .....	16
3.1.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη σεισμική ασφάλεια των κτιρίων.....	17
3.2 Αξιολόγηση ανθεκτικότητας κτιρίων.....	18
3.3 Στάθμες επιτελεσματικότητας για αποτίμηση ή ενίσχυση .....	19
3.3.1 Επίπεδα επιτελεσματικότητας για τα δομικά στοιχεία.....	20
3.3.2 Κριτήρια αξιολόγησης της επιτελεσματικότητας των κατασκευών.....	21
3.4 Στόχοι σεισμικής αποτίμησης και ενίσχυσης κατά τους σύγχρονους κανονισμούς.....	22
4 Συλλογή στοιχείων για τα σχολικά κτίρια .....	23
4.1 Επιλογή των απαραίτητων στοιχείων για ανάλυση δεδομένων .....	23
4.2 Καταγραφή σχολικών κτιρίων που ενισχύθηκαν .....	29
4.3 Καταγραφή σχολικών κτιρίων που κατεδαφίστηκαν και αντικαταστάθηκαν.....	34
4.4 Στατιστικά στοιχεία.....	36

4.5	Καταγραφή στοιχείων για τα σχολικά κτίρια που αναβαθμίστηκαν-Ανάλυση στοιχείων.....	39
4.6	Δυσκολίες που προέκυψαν κατά τη συλλογή των στοιχείων.....	78
4.7	Διαδικασία αναβάθμισης υφιστάμενων σχολικών κτιρίων.....	79
4.8	Προβλήματα κατά τη διάρκεια ενίσχυσης σχολικών κτιρίων.....	83
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ/ ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	86
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	88
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	93
5	Σεισμικότητα Κύπρου .....	93
6	Βλάβες Δομικών Στοιχείων .....	96
6.1	Βλάβες υποστυλωμάτων και τοιχείων.....	96
6.2	Βλάβες δοκών.....	110
6.3	Βλάβες κόμβων .....	114
6.4	Βλάβες φέρουσας τοιχοποιίας.....	117
7	Μέθοδοι Επέμβασης (Επισκευές και Ενισχύσεις δομικών στοιχείων).....	119
7.1	Επισκευή και Ενίσχυση Υποστυλωμάτων .....	120
7.2	Ενίσχυση με Τοιχεία.....	133
7.3	Ενίσχυση Δοκών .....	140
7.4	Ενίσχυση Κόμβων .....	143
7.5	Ενίσχυση Πεδύλων.....	149
7.6	Ενίσχυση Φέρουσας Τοιχοποιίας.....	155
8	Έλεγχος Ασφάλειας των Σχολικών Κτιρίων (Εγχειρίδιο ΤΥΥΠΠ) .....	181
8.1	ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ.....	181
8.2	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΟΥΣ .....	184
8.2.1	Βάση Σχεδιασμού.....	184
8.2.2	Πληροφορίες για το υφιστάμενο κτίριο .....	186

8.2.3	Επίπεδα Ασφάλειας.....	187
8.2.4	Επιλογή Επιπέδου Σεισμικής Συμπεριφοράς.....	188
8.2.5	Επίπεδο Σεισμικής Συμπεριφοράς του Κτιρίου.....	189
8.2.6	Κριτήρια Αποδοχής.....	190
8.3	Μεθοδολογία Ενίσχυσης.....	193
8.3.1	Μέθοδοι Ενίσχυσης – Αποκατάστασης.....	193
8.3.2	Μέθοδοι Ανάλυσης.....	194
8.3.3	Μέθοδοι Εξάλειψης Ανεπαρκειών.....	195
8.4	Κριτήρια Αποδοχής Τεχνικών Χαρακτηριστικών.....	200
8.4.1	Αντοχή Φέρουσας Τοιχοποιίας.....	200
8.4.2	Κριτήρια αποδοχής Εντατικών Μεγεθών.....	201
8.4.3	Οικονομικά Κριτήρια Αποδοχής.....	202
8.5	Μεθοδολογία Ενίσχυσης.....	202
8.5.1	Μέθοδοι Ενίσχυσης – Αποκατάστασης.....	202
8.5.2	Μέθοδοι Εξάλειψης Ανεπαρκειών.....	202

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Κατάλογος με σχολεία που ενισχύθηκαν ή είναι σε εξέλιξη εργασιών ενίσχυσης για την επαρχία Αμμοχώστου.....	29
Πίνακας 2: Κατάλογος με σχολεία που ενισχύθηκαν ή είναι σε εξέλιξη εργασιών ενίσχυσης για την επαρχία Λάρνακας.....	30
Πίνακας 3: Κατάλογος με σχολεία που ενισχύθηκαν ή είναι σε εξέλιξη εργασιών ενίσχυσης για την επαρχία Λεμεσού.....	31
Πίνακας 4: Κατάλογος με σχολεία που ενισχύθηκαν ή είναι σε εξέλιξη εργασιών ενίσχυσης για την επαρχία Λευκωσίας.....	32
Πίνακας 5: Κατάλογος με σχολεία που ενισχύθηκαν ή είναι σε εξέλιξη εργασιών ενίσχυσης για την επαρχία Πάφου.....	33
Πίνακας 6: Νηπιαγωγεία που αντικαταστάθηκαν ή πρόκειται να αντικατασταθούν .....	34
Πίνακας 7: Σχολεία Δημοτικής εκπαίδευσης που αντικαταστάθηκαν ή πρόκειται να αντικατασταθούν.....	35
Πίνακας 8: Σχολεία Μέσης εκπαίδευσης που αντικαταστάθηκαν ή πρόκειται να αντικατασταθούν.....	35
Πίνακας 9: Στατιστικά Στοιχεία Εκτέλεσης Σχολικών Κτιρίων ανά Επαρχία.....	36
Πίνακας 10: Χαρακτηρισμός, δυνατότητα χρήσης της κατασκευής και μέτρα ασφαλείας, μαζί με ενδεικτική περιγραφή της ζημιάς για την Κύπρο.....	113
Πίνακας 11: Τυπικοί βαθμοί βλάβης κτηρίων από φέρουσα τοιχοποιία.....	117
Πίνακας 12: Τεχνικές Επισκευής και Ενίσχυσης σε κατασκευές φέρουσας τοιχοποιίας και σχέση αλλοίωσης αρχιτεκτονικών όψεων και βαθμός αναστρεψιμότητας.....	179
Πίνακας 13-Μέγιστες Επιταχύνσεις Εδάφους.....	187

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1: Μορφολογία κτιρίου καθ' ύψος.....	6
Εικόνα 2: Κανονικότητα σε όψη.....	6
Εικόνα 3: Κανονικότητα σε όψη.....	7
Εικόνα 4: Τρωτότητα κατασκευής – κατασκευαστικές ατέλειες.....	13
Εικόνα 5: Στάθμες σεισμού σε σχέση με την απαίτηση συμπεριφοράς.....	19
Εικόνα 6: Στατιστικά στοιχεία εκτέλεσης αντισεισμικής αναβάθμισης σχολείων στην Λευκωσία.....	37
Εικόνα 7: Στατιστικά στοιχεία εκτέλεσης αντισεισμικής αναβάθμισης σχολείων στην Λεμεσό.....	37
Εικόνα 8: Στατιστικά στοιχεία εκτέλεσης αντισεισμικής αναβάθμισης σχολείων στην Λάρνακα.....	37
Εικόνα 9: Στατιστικά στοιχεία εκτέλεσης αντισεισμικής αναβάθμισης σχολείων στη Πάφο.....	38
Εικόνα 10: Στατιστικά στοιχεία εκτέλεσης αντισεισμικής αναβάθμισης σχολείων στην Αμμόχωστο.....	38
Εικόνα 11: Στατιστικά στοιχεία εκτέλεσης αντισεισμικής αναβάθμισης σχολείων στην Κύπρο.....	38
Εικόνα 12: Δομικό Σύστημα Σχολικών Κτιρίων.....	39
Εικόνα 13: Αριθμός Κτιρίων σε κάθε Σχολείο.....	40
Εικόνα 14: Έτος κατασκευής σχολικών κτιρίων.....	40
Εικόνα 15: Διάρκεια έργων Αντισεισμικής Αναβάθμισης και Ενίσχυσης Σχολείων.....	41
Εικόνα 16: Ύψος Σχολικών Κτιρίων.....	41
Εικόνα 17: Είδος επέμβασης στα Σχολεία.....	42
Εικόνα 18: Μέθοδοι Ενίσχυσης Στα Σχολικά Κτίρια.....	44
Εικόνα 19: Επιταχύνσεις που χρησιμοποιήθηκαν στα Σχολεία.....	45
Εικόνα 20: Επίπεδο Ασφάλειας για Σχολικά Κτίρια.....	45

Εικόνα 21: Εναπομένουσα ζωή Σχολικών Κτιρίων αμέσως μετά την ενίσχυση .....	46
Εικόνα 22: Εναπομένουσα ζωή Σχολείων (τα οποία ενισχύθηκαν) σήμερα .....	46
Εικόνα 23: Αντοχές Υλικών για Κτίρια από Ο/Σ.....	47
Εικόνα 24: Αντοχές Υλικών για Κτίρια με Φέρουσα Τοιχοποιία .....	47
Εικόνα 25: Χημικές Αναλύσεις Σχολείων.....	48
Εικόνα 26: Κόστος Ενίσχυσης Σχολείων .....	48
Εικόνα 27: Κόστος Αντικατάστασης Σχολείων .....	49
Εικόνα 28: Δομικό Σύστημα – Έτος Κατασκευής .....	50
Εικόνα 29: Δομικό Σύστημα – Κατασκευή Προ 1986.....	50
Εικόνα 30: Δομικό Σύστημα – Κατασκευή Μετά το 1986 .....	50
Εικόνα 31: Δομικό Σύστημα – Κατασκευή μετά το 1992 .....	51
Εικόνα 32: Είδος Επέμβασης – Κατασκευή προ 1986.....	51
Εικόνα 33: Είδος Επέμβασης – Κατασκευή προ 1986 και μετά 1992.....	52
Εικόνα 34: Επίπεδο Ασφάλειας – Έτος Κατασκευής .....	52
Εικόνα 35: Έτος Κατασκευής – Εναπομένουσα ζωή.....	53
Εικόνα 36: Έτος Κατασκευής – Αντοχές Υλικών.....	53
Εικόνα 37: Έτος Κατασκευής – Χημικές Αναλύσεις.....	54
Εικόνα 38: Έτος Κατασκευής – Κόστος Ενίσχυσης.....	55
Εικόνα 39: Έτος Κατασκευής – Κόστος Αντικατάστασης .....	56
Εικόνα 40: Έτος Κατασκευής – Έτος Εκκίνησης Έργου .....	56
Εικόνα 41: Έτος Εκκίνησης Εργασιών Ενίσχυσης – Αντοχές Υλικών .....	57
Εικόνα 42: Έτος Εκκίνησης Εργασιών Ενίσχυσης – Χημικές Αναλύσεις .....	58
Εικόνα 43: Δομικό Σύστημα – Ύψος Κτιρίου .....	58
Εικόνα 44: Μέθοδος Ενίσχυσης – Κτίρια από Ο/Σ.....	59
Εικόνα 45: Μέθοδος Ενίσχυσης – Κτίρια με Φέρουσα Τοιχοποιία.....	60
Εικόνα 46: Μέθοδος Ενίσχυσης – Κτίρια με Μικτό Δομικό Σύστημα.....	60

Εικόνα 47: Κόστος Ενίσχυσης – Σχολεία από Ο/Σ.....	61
Εικόνα 48: Κόστος Ενίσχυσης – Σχολεία με Φέρουσα Τοιχοποιία.....	61
Εικόνα 49: Κόστος Ενίσχυσης – Σχολεία με Μικτό Δομικό Σύστημα.....	62
Εικόνα 50: Κόστος Αντικατάστασης – Σχολεία Ο/Σ.....	62
Εικόνα 51: Κόστος Αντικατάστασης – Σχολεία με Φέρουσα Τοιχοποιία.....	63
Εικόνα 52: Κόστος Αντικατάστασης – Σχολεία με Μικτό Δομικό Σύστημα.....	63
Εικόνα 53: Είδος Επέμβασης – Μονώροφα Σχολεία.....	64
Εικόνα 54: Είδος Επέμβασης – Διώροφα Σχολεία.....	64
Εικόνα 55: Είδος Επέμβασης – Τριώροφα Σχολεία.....	64
Εικόνα 56: Κόστος Ενίσχυσης – Μονώροφα Σχολεία.....	65
Εικόνα 57: Κόστος Ενίσχυσης – Διώροφα Σχολεία.....	65
Εικόνα 58: Κόστος Αντικατάστασης – Μονώροφα Σχολεία.....	65
Εικόνα 59: Κόστος Αντικατάστασης – Διώροφα Σχολεία.....	66
Εικόνα 60: Κόστος Αντικατάστασης – Μονώροφα και Διώροφα Κτίρια σε Σχολεία.....	66
Εικόνα 61: Κόστος Ενίσχυσης – Αναβάθμιση, ενίσχυση, γενική συντήρηση.....	67
Εικόνα 62: Κόστος Ενίσχυσης – Αναβάθμιση, ενίσχυση, επέκταση, γενική συντήρηση.....	67
Εικόνα 63: Κόστος Ενίσχυσης – Μέθοδο Ενίσχυσης.....	68
Εικόνα 64: Ενίσχυση με Μανδύες Ο/Σ.....	69
Εικόνα 65: Ενίσχυση με Τοιχεία.....	70
Εικόνα 66: Ενίσχυση με FRPs.....	70
Εικόνα 67: Ενίσχυση με Μεταλλικά Στοιχεία.....	71
Εικόνα 68: Επέμβαση σε πέδιλα.....	71
Εικόνα 69: Ενίσχυση Δοκών.....	71
Εικόνα 70: Επεμβάσεις σε Κοντά Υποστυλώματα (Φεγγίτες).....	72
Εικόνα 71: Νέα Υποστυλώματα / Τοιχεία.....	72
Εικόνα 72: Ενίσχυση Υποστυλωμάτων.....	73



Εικόνα 73: Αντοχές Υλικών – Χημικές Αναλύσεις .....	74
Εικόνα 74: Επίπεδα Ασφάλειας –Αντοχές Υλικών.....	74
Εικόνα 75: Επίπεδο Ασφάλειας – Χημικές Αναλύσεις.....	75
Εικόνα 76: Επίπεδο Ασφάλειας – Χημικές Αναλύσεις.....	75
Εικόνα 77: Επίπεδο Ασφάλειας – Κόστος Ενίσχυσης .....	76
Εικόνα 78: Εναπομένουσα Ζωή – Κόστος Ενίσχυσης.....	76
Εικόνα 79: Εναπομένουσα ζωή – Κόστος Ενίσχυσης.....	77
Εικόνα 80: Εντοπισμός υποκολώνων στο Γυμνάσιο Κάτω Πύργου.....	84
Εικόνα 81: Ενίσχυση υφιστάμενου πεδίου (Γυμνάσιο Κάτω Πύργου) .....	84
Εικόνα 82: Ενίσχυση υποκόλωνου με την κατασκευή πεδίου (Γυμνάσιο Κάτω Πύργου)....	85
Εικόνα 83: Υπάρχει κενό στο υποκόλωνο αφού δεν έγινε καλά η σκυροδέτηση κατά την κατασκευή του σχολείου (Γυμνάσιο Κάτω Πύργου).....	85
Εικόνα 84: Σεισμικότητα Κύπρου.....	93
Εικόνα 85: Τεκτονικός Χάρτης Ανατολικής Μεσογείου .....	94
Εικόνα 86: Χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας της Κύπρου, που δείχνουν ότι η παραλιακή ζώνη από την Πάφο έως την Αμμόχωστο είναι η πιο σεισμόπληκτη περιοχή.....	94
Εικόνα 87: Σεισμικές Επιταχύνσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την αντισεισμική αναβάθμιση των σχολείων.....	95
Εικόνα 88: Διακοπή συνέχειας υποστυλώματος λόγω πλήρους αποδιοργάνωσης του σκυροδέματος και βλάβης του διαμήκους και του εγκάρσιου οπλισμού.....	97
Εικόνα 89: Ρηγμάτωση υποστυλώματος λόγω κάμψης. ....	98
Εικόνα 90: Έλλειψη συνδετήρων σε υποστύλωμα (Δημοτικό Ίνειας) .....	99
Εικόνα 91: Αστοχία Υποστυλώματος σε σεισμό λόγω τέμνουσας.....	99
Εικόνα 92: Αστοχία λόγω τέμνουσας. ....	99
Εικόνα 93: Αστοχία σε διάτμηση.....	100
Εικόνα 94: Διατμητική αστοχία υποστυλώματος πάνω και κάτω με λυγισμό ράβδων και θραύση λεπτών και αραιών συνδετήρων.....	100

Εικόνα 95: Διατμητική αστοχία τοιχείου με μεγάλες παραμορφώσεις.....	100
Εικόνα 96: Καμπτοδιατμητική αστοχία με σύνθλιψη.....	101
Εικόνα 97: Κατάρρευση κατοικίας από αστοχία υποστυλωμάτων (σεισμός Αθήνας 1999).	102
Εικόνα 98: Κατάρρευση τμήματος πολυκατοικίας λόγω μετακίνησης υποστυλώματος στο υπόγειο (σεισμός Αθήνας 1999).....	102
Εικόνα 99: Αστοχία λόγω κακής αγκύρωσης οπλισμού υποστυλώματος και πεδύλου. Έλλειψη συνδετήρων στη βάση του υποστυλώματος.....	103
Εικόνα 100: Δημιουργία κοντού υποστυλώματος. ....	104
Εικόνα 101: Διώροφη κατοικία σε πιλοτή, σεισμός Αιγίου 1995.....	104
Εικόνα 102: Κατάρρευση μαλακού ορόφου σε σεισμό (σεισμός Αθήνας 1999) .....	105
Εικόνα 103: Αστοχίες κοντών υποστυλωμάτων, σεισμός Αθήνας 1999.....	106
Εικόνα 104: Συνήθης τρόπος σχηματισμού και αστοχίας κοντών υποστυλωμάτων. ....	107
Εικόνα 105: Αστοχία κοντού υποστυλώματος και προσωρινή στήριξη με μεταλλικά στοιχεία. .....	108
Εικόνα 106: Διορθώσεις κοντών υποστυλωμάτων με κατασκευή τοιχοπλήρωσης εκατέρωθεν του κοντού υποστυλώματος (Δημοτικό Ακρωτηρίου).....	108
Εικόνα 107: Ενίσχυση κοντών υποστυλωμάτων σε φεγγίτες με μεταλλικά στοιχεία. ....	109
Εικόνα 108: Βλάβη δοκού λόγω διάτμησης παρά τις στηρίξεις. ....	111
Εικόνα 109: Διατμητική αστοχία στη θέση έμμεσης στήριξης.....	112
Εικόνα 110: Βλάβες στο άνοιγμα δοκού λόγω κάμψης. ....	112
Εικόνα 111: Ανεπαρκής αγκύρωση ράβδων δοκού. ....	112
Εικόνα 112: Αποφλοίωση σκυροδέματος στις γωνίες. ....	114
Εικόνα 113: Αποφλοίωση σκυροδέματος και λοξές ρωγμές μικρού βάθους. ....	115
Εικόνα 114: Διαγώνιες ρωγμές και αποδιοργάνωση σκυροδέματος. ....	115
Εικόνα 115: Βλάβες σε κόμβους πλαισίων. (α) σύνθλιψη κάτω παρειάς δοκού, (β) σύνθλιψη άνω παρειάς δοκού, (γ) αποδιοργάνωση κόμβου από ανακυκλιζόμενη φόρτιση .....	115
Εικόνα 116: Αστοχία εξωτερικού κόμβου και πρακτική απώλεια στήριξης δοκού. ....	116

Εικόνα 117: Αστοχία στον κόμβο υποστυλώματος λόγω έλλειψης συνδετήρων.....	116
Εικόνα 118: Διατμητική αστοχία πάνω άκρου υποστυλώματος λόγω απουσίας συνδετήρων. Ο μανδύας συνδετήρων έφτανε μέχρι 0,5m κάτω από τη δοκό.....	116
Εικόνα 119: b-ρωγμές από κάμψη εκτός επιπέδου, s-ρωγμές διαγώνιου εφελκυσμού, f-ρωγμές καμπτικού εφελκυσμού.....	118
Εικόνα 120: Περίσφιξη με μεταλλικά επικολλητά ελάσματα.....	122
Εικόνα 121: Εφαρμογή τοπικού μανδύα (α) τοποθέτηση υφάσματος, (β) επάλειψη με μείγμα ρητίνης και τελική εικόνα ενισχυμένων δοκιμίων.....	124
Εικόνα 122: Περίσφιξη με μεταλλικό κλωβό.....	125
Εικόνα 123: Επέμβαση με μεταλλικό κλωβό για προσωρινή ανάληψη κατακόρυφων φορτίων.....	125
Εικόνα 124: Ενίσχυση υποστυλωμάτων με τετράπλευρους μανδύες (Δημοτικό Κάτω Πύργου).....	126
Εικόνα 125: Σύνδεση μανδύων Ο/Σ με υφιστάμενο υποστύλωμα.....	127
Εικόνα 126: Χρήση εκτοξευμένου σκυροδέματος.....	128
Εικόνα 127: Παράδειγμα αγκύρωσης οπλισμού υποστυλώματος πάνω σε πέδιλο.....	130
Εικόνα 128: Αγκύρωση διαμήκων οπλισμών σε πέδιλα των υποστυλωμάτων.....	130
Εικόνα 129: Περιπτώσεις ανοικτών μανδύων.....	131
Εικόνα 130: Μονόπλευρη ή δίπλευρη επέκταση υποστυλώματος.....	131
Εικόνα 131: Μανδύας σε υποστύλωμα που βρίσκεται σε επαφή με τοίχο (τρίπλευρος).....	132
Εικόνα 132: Μονόπλευρος μανδύας σε τοιχείο.....	132
Εικόνα 133: Τεχνικές κατασκευής τοιχείων εντός πλαισίων. Αριστερά με έγχυτο σκυρόδεμα και περιμετρική σύνδεση και δεξιά με προκατασκευασμένα τοιχεία χωρίς πλευρική σύνδεση.....	135
Εικόνα 134: Προσθήκη τοιχείου στο εσωτερικό φαντώματος πλαισίου.....	136
Εικόνα 135: Προσθήκη τοιχείων σε συνέχεια υποστυλωμάτων.....	139
Εικόνα 136: Τοιχωπατοποίηση.....	139
Εικόνα 137: Ενίσχυση υποστυλώματος και δοκού με ανθρακονήματα.....	141

Εικόνα 138: Κλειστός μανδύας δοκού .....	142
Εικόνα 139: Μανδύες Ο/Σ για διατμητική ενίσχυση δοκών σε υφιστάμενο κτίριο .....	142
Εικόνα 140: Ενίσχυση κόμβου με μανδύα .....	145
Εικόνα 141: Ενίσχυση κόμβου με επικολλητά ελάσματα. Η σύνδεση των ελασμάτων με τον υπάρχοντα φορέα, δεν απαφίεται μόνο στην κόλληση μέσω κόλλας αλλά χρησιμοποιούνται και βίδες ή ντίζες που συσφίγγουν τα ελάσματα απέναντι παρειών .....	147
Εικόνα 142: ενίσχυση κόμβου με χαλύβδινα κυματοειδή ελάσματα .....	148
Εικόνα 143: Ενίσχυση πεδίων με την τεχνική των μανδύων όταν η επέμβαση περιλαμβάνει και ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου. ....	151
Εικόνα 144: Ενίσχυση πεδίων, όταν η επέμβαση δεν περιλαμβάνει ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου.....	152
Εικόνα 145: Προετοιμασία τοιχοποιίας για την εφαρμογή ενέματος .....	156
Εικόνα 146: Εφαρμογή ενεμάτων .....	156
Εικόνα 147: Πλαίσιο ενίσχυσης κουφωμάτων.....	158
Εικόνα 148: Τοπική διόγκωση τοιχοποιίας.....	159
Εικόνα 149: Καμπούριασμα τοιχοποιίας .....	160
Εικόνα 150: Κατάρρευση άνω μέρους τοιχοποιίας.....	160
Εικόνα 151: Λιθοσυρραφή στη γωνία τοίχου .....	161
Εικόνα 152: Τοποθέτηση χαλύβδινων λάμων στις γωνιές.....	162
Εικόνα 153: Χρήση ελκυστήρων για τη σύνδεση τοίχων σε γωνία.....	163
Εικόνα 154: Χρήση ελκυστήρων .....	164
Εικόνα 155: Προσθήκη ελκυστήρων .....	164
Εικόνα 156: Εισαγωγή κονιάματος.....	166
Εικόνα 157: Βαθύ αρμολόγημα .....	166
Εικόνα 158: Τοπική ενίσχυση με ριζοπλισμούς.....	167
Εικόνα 159: Τοποθέτηση ριζοπλισμών .....	168
Εικόνα 160: Εισαγωγή κονιάματος.....	168

Εικόνα 161: Ενίσχυση τοιχοποιίας με μανδύες Ο/Σ .....	169
Εικόνα 162: Ελαφρά οπλισμένος μανδύας.....	171
Εικόνα 163: Μονόπλευροι – αμφίπλευροι μανδύες.....	171
Εικόνα 164: Θεμελίωση μονόπλευρου και αμφίπλευρου μανδύα .....	172
Εικόνα 165: Επαρκές κενό ανάμεσα σε τοίχο και στέγη .....	173
Εικόνα 166: Μη επαρκές κενό ανάμεσα σε τοίχο και στέγη .....	173
Εικόνα 167: Διάζωμα στέψης – σύνδεση ζευκτού, διαφραγματική λειτουργία .....	173
Εικόνα 168: Κατασκευή οριζόντιου διαζώματος σε στάθμη στέψης.....	174
Εικόνα 169: Ανάλυση οριζόντιων δράσεων με διαζώματα-σενάζ .....	174
Εικόνα 170: Ανθρακονήματα σε τοιχοποιία .....	175
Εικόνα 171: Ζευκτό εδραζόμενο σε λιθοδομή.....	178
Εικόνα 172: Λεπτομέρειες σύνδεσης – ενίσχυσης κόμβων ζευκτού στέψης. ....	178
Εικόνα 173: Ανακατασκευή ξύλινης στέψης.....	179

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Παρουσιάζονται συνοπτικά όλες οι σημαντικές συντομογραφίες που έχουν χρησιμοποιηθεί στο κείμενο της πτυχιακής:

ΤΕΠΑΚ.:	Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου
ΕC:	Eurocode
Ο/Σ	Οπλισμένο Σκυρόδεμα
ΤΥΥΠΠ	Τεχνικές Υπηρεσίες Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού
ΚΑΝΕΠΕ	Κανονισμός Επεμβάσεων
Κ.Σ.Κ	Κυπριακός Σεισμικός Κώδικας
ΙΟΠ (FRPs)	Ινοπλισμένα Πολυμερή (Fiber Reinforced Polymer Composites)
ΥΑΖ	Υπηρεσία Αποκατάστασης Ζημιών (Κύπρου)

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Κύπρος είναι μία χώρα με υψηλή σεισμικότητα λόγω του ότι βρίσκεται πάνω σε δύο τεκτονικές πλάκες την Αφρικανική και Ευρασιατική πλάκα. Μέσα στη σεισμική ζώνη που βρίσκεται η Κύπρος εκδηλώνονται 15% των σεισμών παγκοσμίως. Το τεκτονικό όριο μεταξύ των δύο πλακών βρίσκεται στη θάλασσα στα δυτικά και νότια της Κύπρου. Κατά μήκος του τόξου αυτού παρατηρείται συγκέντρωση πολλών επικέντρων σεισμών. Ιστορικές αναφορές και αρχαιολογικά ευρήματα μαρτυρούν ότι την Κύπρο έπληξαν στο παρελθόν ισχυροί σεισμοί που σε αρκετές περιπτώσεις κατέστρεψαν τις πόλεις της. Ιστορικά δεδομένα δείχνουν ότι 16 καταστροφικοί σεισμοί έγιναν μεταξύ 26 π.Χ. και 1900 μ.Χ. Ακριβέστερα στοιχεία για τους σεισμούς που συμβαίνουν στον κυπριακό χώρο άρχισαν να συλλέγονται από το 1896, όταν σεισμολογικοί σταθμοί άρχισαν να λειτουργούν σε γειτονικές χώρες. Κατά την περίοδο 1896-2004, περισσότεροι από 400 σεισμούς, με τα επίκεντρά τους στην Κύπρο και τη γύρω περιοχή, έγιναν αισθητοί στο νησί. Από αυτούς 14 προκάλεσαν ζημιές και μερικοί είχαν θύματα. Οι πλέον καταστροφικοί σεισμοί ήταν εκείνοι των ετών 1941, 1953, 1995, 1996 και 1999. Η μελέτη των ιστορικών και των πρόσφατων σεισμών δείχνει ότι η χρονική κατανομή της σεισμικής δραστηριότητας δεν είναι κανονική, αλλά υπάρχουν περίοδοι έντονης δραστηριότητας ακολουθούμενες από περιόδους σεισμικής ύφεσης. Κατά τα έτη 1995-99 παρατηρήθηκε αύξηση της σεισμικής δραστηριότητας με ισχυρούς σεισμούς μεγέθους 5,6-6,5 βαθμών στην κλίμακα Ρίχτερ. Χάρτες με τη σεισμικότητα της Κύπρου και τις σεισμικές ζώνες, φαίνονται στο Παράρτημα 5.

Παρόλη την προϊστορία καταστρεπτικών σεισμών, μόλις μετά το 1986 επιβλήθηκαν μέτρα για τον αντισεισμικό σχεδιασμό των κατασκευών στην Κύπρο, και ο πρώτος αντισεισμικός κώδικας εισήχθη την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 1994. Επομένως ένας μεγάλος αριθμός κατασκευών σχεδιάστηκαν χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο σεισμός, πράγμα που αυξάνει την πιθανότητα βλάβης τους σε περίπτωση σεισμού. Μια ευαίσθητη κατηγορία κτιρίων είναι τα σχολικά, τα οποία στεγάζουν το μέλλον κάθε κοινωνίας. Η Κυπριακή κοινωνία αποφάσισε στις αρχές του 2000 να ενισχύσει όλα τα σχολεία έναντι σεισμού, πράγμα πρωτοποριακό για τα παγκόσμια δεδομένα.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η συλλογή στοιχείων για το υφιστάμενο πρόγραμμα αντισεισμικής ενίσχυσης σχολείων στην Κύπρο. Έχουν συλλεχθεί πληροφορίες σχετικά με τις μέχρι σήμερα εργασίες που έγιναν και αφορούν στη μείωση της τρωτότητας των σχολικών

κτιρίων, για να γίνει δυνατή η αξιολόγηση του πρωτοποριακού προγράμματος αντισεισμικής ενίσχυσης όλων των σχολείων του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού της Κύπρου.

Στα πλαίσια αυτού του προγράμματος τα σχολεία είτε ενισχύθηκαν, είτε συντηρήθηκαν, είτε κατεδαφίστηκαν, είτε έγινε συνδυασμός των προηγούμενων. Τα δομικά συστήματα των υφιστάμενων σχολείων στην Κύπρο είναι από Οπλισμένο Σκυρόδεμα, με Φέρουσα Τοιχοποιία, ή Μικτά. Ο συνολικός αριθμός των σχολικών κτιρίων ανέρχεται στα 733, τα οποία στην αρχή ξεκίνησαν μόνο με ενίσχυση και στην συνέχεια η διαδικασία έγινε πιο σύνθετη με επεκτάσεις και κατεδαφίσεις. Αυτή η προσπάθεια που γίνεται στη χώρα μας τέθηκε σε εφαρμογή το 2001 και αναμενόταν να ολοκληρωθεί το 2012, όμως επειδή εμπλέκονται πολλοί παράγοντες όπως η Πολιτική και η Οικονομία, είναι αναμενόμενο να μην τηρήθηκε ο αρχικός χρονικός προγραμματισμός.

Ένας σημαντικός αριθμός από τα σχολεία αυτά, κατά τη διάρκεια σεισμών που έχουν συμβεί στο διάστημα από την κατασκευή τους έως σήμερα, έχουν υποστεί διάφορων εκτάσεων βλάβες. Η φυσική φθορά που υφίστανται με το χρόνο, εφόσον δεν υπήρχε πρόνοια για κατάλληλη συντήρηση και ενδεχομένως ενίσχυσή τους, μείωσε την αντοχή των κατασκευών για την ανάληψη σεισμικών φορτίων. Επιπρόσθετα, πολλά από τα σχολεία έχουν κατασκευαστεί είτε πριν από την δημιουργία κανόνων και κωδίκων για αντισεισμικό σχεδιασμό κατασκευών, είτε με τους παλιούς κανονισμούς και έτσι δεν είναι σχεδιασμένα για να παραλαμβάνουν τις σημερινές απαιτούμενες σεισμικές δράσεις. Έτσι, πολλά υφιστάμενα σχολεία, διαπιστώθηκε ότι χρειάζονται επέμβαση για την ανάληψη σεισμικών φορτίων.

Στο πρώτο μέρος αυτής της μελέτης δίδονται οι ορισμοί κάποιων βασικών εννοιών σχετικών με το θέμα ενώ στο δεύτερο παρουσιάζονται οι βασικές αρχές ενίσχυσης κτιρίων. Στη συνέχεια αναλύεται η σεισμική συμπεριφορά των κτιρίων και η μεθοδολογία που ακολουθείται για την ενίσχυσή τους. Στο τέταρτο μέρος παρουσιάζονται όλα τα στοιχεία που έχουν συλλεχθεί για το πρόγραμμα σεισμικής αναβάθμισης των σχολικών κτιρίων και γίνεται η ανάλυση αυτών των στοιχείων. Τέλος καταγράφονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη. Στα παραρτήματα υπάρχουν επιπρόσθετες πληροφορίες οι οποίες δίδουν σε βάθος πληροφορίες για τα αντικείμενα που παρουσιάστηκαν στο κυρίως μέρος αυτής της μελέτης.



# 1 Ορισμός βασικών εννοιών

Αποτίμηση Σεισμικής Συμπεριφοράς ορίζεται η ποσοτική εκτίμηση και ο έλεγχος της επάρκειας μιας κατασκευής για μια συγκεκριμένη στάθμη σεισμικής δράσης. Με την αποτίμηση δεν έχουμε σαν αποτέλεσμα ένα ναι ή ένα όχι για την ανάγκη ενίσχυσης. Ακόμα και όταν είναι προφανής η ανάγκη για ενίσχυση όταν η κατασκευή είναι ανεπαρκής, η λεπτομερής αποτίμηση είναι απαραίτητο σαν πρώτο στάδιο ενός καλού ανασχεδιασμού (δηλ. μιας καλής μελέτης της ενίσχυσης), γιατί μέσω της αποτίμησης εντοπίζονται τα πλέον τρωτά σημεία και τμήματα της κατασκευής και καθοδηγείται ο μελετητής στην επιλογή του είδους και της έκτασης της ενίσχυσης (Κοσμόπουλος Ι. Αντώνης 2005).

Επέμβαση ορίζεται η ευρύτερη διαδικασία που αφορά είτε την επισκευή της κατασκευής είτε την ενίσχυση της κατασκευής είτε την κατεδάφισή της και την ανέγερση νέας είτε τον συνδυασμό των προηγούμενων (Σφήκας Π. Ιωάννης 2005).

Επισκευή ορίζεται η διαδικασία επέμβασης σε μία κατασκευή (ή δομικό στοιχείο) με βλάβες. Η επισκευή αποκαθιστά τα χαρακτηριστικά των στοιχείων της κατασκευής στην ίδια κατάσταση που βρίσκονταν προ της βλάβης και επαναφέρει την κατασκευή στην αρχική της κατάσταση. Σε περιπτώσεις εκτεταμένων ή/ και σοβαρών βλαβών κρίνεται απαραίτητο η επισκευή των επιμέρους δομικών στοιχείων να συνοδεύεται και από ενίσχυση της κατασκευής (Σφήκας Π. Ιωάννης 2005).

Ενίσχυση ορίζεται η διαδικασία επέμβασης σε μία κατασκευή με ή χωρίς βλάβες, έτσι ώστε να αυξηθεί η φέρουσα ικανότητα του φορέα σε υψηλότερο επίπεδο από αυτό του αρχικού σχεδιασμού (Σφήκας Π. Ιωάννης 2005). Είναι η αναβάθμιση της αντοχής της κατασκευής σε εξωτερικές δράσεις (στη συγκεκριμένη περίπτωση σεισμό), σε σύγκριση με το επίπεδο του αρχικού σχεδιασμού της (Κοσμόπουλος Ι. Αντώνης 2005). Σε αυτή τη διαδικασία περιλαμβάνονται όλα τα μέτρα αναβάθμισης των μηχανικών χαρακτηριστικών (αντοχή, δυσκαμψία, πλαστιμότητα) των δομικών στοιχείων ή κτισμάτων μέχρι το επιθυμητό ή απαιτούμενο επίπεδο (Σφήκας Π. Ιωάννης 2005). Υφιστάμενες κατασκευές που θα εμφανίσουν σεισμικές βλάβες ή και φθορές από το χρόνο, είναι πολύ πιθανόν να είναι εντελώς ανεπαρκείς από απόψεως αντισεισμικού σχεδιασμού σύμφωνα με τις σημερινές αντιλήψεις, γνώσεις και απαιτήσεις ασφαλείας (Κοσμόπουλος Ι. Αντώνης 2005). Η ενίσχυση από ιεραρχική άποψη ακολουθεί την επισκευή τυχόν βλαβών, είναι όμως δυνατό να εφαρμόζεται και προληπτικά χωρίς την παρουσία βλαβών. Έτσι, κατά κανόνα η επισκευή συνοδεύεται από σεισμική ενίσχυση (Σφήκας Π. Ιωάννης 2005).

Αντισεισμική Αναβάθμιση είναι η τροποποίηση των υφιστάμενων δομών ώστε να καταστούν πιο ανθεκτικά στην σεισμική δράση, την κίνηση του εδάφους ή την αποτυχία του εδάφους λόγω σεισμών. Με την καλύτερη κατανόηση της σεισμικής απαίτησης των κατασκευών και με τις πρόσφατες εμπειρίες μας με μεγάλους σεισμούς κοντά σε αστικά κέντρα, η ανάγκη σεισμικής αναβάθμισης αναγνωρίζεται ευρέως. Πλέον έχουν ξεκινήσει σε όλο τον κόσμο τεχνικές κατευθυντήριες γραμμές για σεισμική αποτίμηση και αποτίμησης (όπως ASCE-SEI 41, NZSEE).

Διατήρηση ορίζεται η διαφύλαξη της υπάρχουσας κατάστασης της κατασκευής με μέτρα αποτροπής περαιτέρω φθορών (Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων).

Συντήρηση είναι γενικότερος όρος με ευρύτερη χρήση. Υπονοεί συνήθως περιορισμένου ή και πρόσκαιρου, αλλά όχι πρόχειρου χαρακτήρα, μέτρα εν όψει τελικής ή ριζικότερης επέμβασης (Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων).

Επανάχρηση είναι η περιορισμένη συνήθως διαρρύθμιση και μετατροπή μίας κατασκευής ώστε να εξυπηρετήσει νέες και σύγχρονες χρήσεις και λειτουργίες.

Ακαμψία: Για να μπορούν να ποσοτικοποιηθούν αξιόπιστα οι παραμορφώσεις που προκαλούνται από τη δράση των οριζόντιων δυνάμεων και στη συνέχεια να ελεγχθούν, πρέπει να γίνεται μία ρεαλιστική εκτίμηση της ακαμψίας. Η ακαμψία συσχετίζει φορτία ή δυνάμεις με τις προκύπτουσες παραμορφώσεις της κατασκευής. Οι γνωστές σχέσεις προκύπτουν από τις βασικές αρχές της Στατικής, με τη χρήση των γεωμετρικών ιδιοτήτων των μελών της κατασκευής και του μέτρου ελαστικότητας του υλικού. Ωστόσο σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος και τοιχοποιίας, αυτές οι σχέσεις δεν είναι τόσο απλές. Αν τα κριτήρια λειτουργικότητας πρόκειται να ικανοποιηθούν με εύκολο βαθμό αξιοπιστίας, τότε πρέπει να εξεταστεί η έκταση και η επίδραση της ρηγμάτωσης των μελών και η συμβολή του σκυροδέματος ή της τοιχοποιίας στον εφελκυσμό, σε συνδυασμό με τις συμβατικές θεωρήσεις της γεωμετρίας των μελών και των ιδιοτήτων των υλικών (Paulay και Priestley).

Αντοχή: Αν μία κατασκευή σκυροδέματος ή τοιχοποιίας πρόκειται να προστατευτεί από βλάβες στη διάρκεια ενός σεισμού, τότε πρέπει να προληφθούν μετελαστικές εκτροπές στη διάρκεια της δυναμικής απόκρισης. Δηλαδή η κατασκευή πρέπει να έχει επαρκή αντοχή για να αντιδράσει σε εσωτερικές δράσεις που αναπτύσσονται στη διάρκεια της σεισμικής δράσης (Paulay και Priestley).

Πλαστιμότητα: Για να ελαχιστοποιηθούν οι κύριες βλάβες και να εξασφαλιστεί η επιβίωση των κτιρίων με μέτρια αντίσταση σε οριζόντιες δυνάμεις, οι κατασκευές πρέπει να είναι

ικανές να διατηρήσουν υψηλό ποσοστό της αρχικής τους αντοχής όταν ο σεισμός επιβάλει μεγάλες παραμορφώσεις. Αυτές οι παραμορφώσεις μπορεί να είναι πέρα από το όριο ελαστικότητας. Αυτή η ικανότητα της κατασκευής, των στοιχείων της, ή των χρησιμοποιούμενων υλικών να προβάλλουν αντίσταση στη μετελαστική περιοχή απόκρισης, περιγράφεται με το γενικό όρο πλαστιμότητα. Αυτή περιλαμβάνει την ικανότητα της κατασκευής να υπομένει μεγάλες παραμορφώσεις μετά το όριο διαρροής των υλικών και να απορροφάει ενέργεια με υστερητική συμπεριφορά (Paulay και Priestley).

Φάσμα Απόκρισης: Περιγράφει τη μέγιστη απόκριση ενός μονοβάθμιου ταλαντωτή με ιξώδη απόσβεση με διάφορες ιδιοπεριόδους, όταν υποβάλλεται σε ένα επιταχυνσιογράφημα. Είναι ένα κατάλληλο μέσο συνοψισμού μέγιστης απόκρισης όλων των πιθανών γραμμικών μονοβάθμιων συστημάτων σε μία συγκεκριμένη συνιστώσα της εδαφικής κίνησης. Αποτελεί ένα πρακτικό τρόπο για την εφαρμογή της γνώσης της δυναμικής των κατασκευών στο σχεδιασμό των κατασκευών και την ανάπτυξη των απαιτήσεων σεισμικών πλευρικών δυνάμεων στους κτιριακούς κανονισμούς. Υπάρχουν τρία φάσματα που χρησιμοποιούνται της μετατόπισης, ψευδοταχύτητας και ψευδοεπιτάχυνσης. Αποτελούν μία περιγραφή μίας συγκεκριμένης εδαφικής κίνησης. Τα φάσματα απόκρισης αναλύονται στατιστικά και ομαλοποιούνται, πριν χρησιμοποιηθούν στο σχεδιασμό (Χρυσόστομου Κρίστης 2010).

Φάσμα Σχεδιασμού: Είναι ο μέσος όρος μίας ομάδας φασμάτων απόκρισης από καταγραφές με κοινά χαρακτηριστικά. Για πρακτικές εφαρμογές αποτελούνται από ομαλές καμπύλες ή ευθείες γραμμές. Το ομαλό φάσμα σχεδιασμού αποτελεί καθορισμό του επιπέδου της σεισμικής δύναμης σχεδιασμού, ή της μετατόπισης, ως συνάρτησης της ιδιοπεριόδου ταλάντωσης και του λόγου απόσβεσης (Χρυσόστομου Κρίστης 2010).

Συντελεστής Συμπεριφοράς ( $q$ ): Για να αποφευχθεί η εκτέλεση πλήρως ανελαστικής ανάλυσης στην μελέτη, η ικανότητα του φορέα για απόδοση ενέργειας, κυρίως μέσω της πλαστικής συμπεριφοράς των στοιχείων του ή/και άλλων μηχανισμών, λαμβάνεται υπόψη με εκτέλεση ελαστικής ανάλυσης βασισμένης σε φάσμα απόκρισης μειωμένο σε σχέση με το ελαστικό, που ονομάζεται φάσμα σχεδιασμού. Η μείωση αυτή επιτυγχάνεται με την εισαγωγή του συντελεστή συμπεριφοράς. Αυτός ο συντελεστής, είναι μία προσέγγιση του λόγου των σεισμικών δυνάμεων στις οποίες θα υποβάλλονταν ο φορέας εάν η απόκρισή του ήταν ελαστική με ιξώδη απόσβεση 5%, προς τις σεισμικές δυνάμεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην μελέτη, με ένα συμβατικό προσομοίωμα ελαστικής ανάλυσης, εξασφαλίζοντας όμως ικανοποιητική απόκριση του φορέα. Οι συντελεστές συμπεριφοράς εξαρτώνται από το υλικό των μελών και τα δομητικά συστήματα και δίνονται για διαφορετικά επίπεδα πλαστιμότητας. Μπορούμε να έχουμε διαφορετικούς συντελεστές συμπεριφοράς ανά

κατεύθυνση του δομήματος, αλλά το επίπεδο πλαστιμότητας πρέπει να είναι το ίδιο (Χρυσοστόμου Κρίστης 2010).

Για σκοπούς αντισεισμικού σχεδιασμού, τα κτίρια κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

1. Κανονικά κτίρια (Regular Buildings)
2. Μη – κανονικά κτίρια (Non – regular buildings)

Αυτή η κατάταξη έχει επιπτώσεις:

- Στο μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί, το οποίο μπορεί να είναι είτε απλοποιημένο επίπεδο μοντέλο (planar model) ή χωρικό μοντέλο (spatial model).
- Στη μέθοδο ανάλυσης, η οποία μπορεί να είναι η μέθοδος της οριζόντιας φόρτισης (lateral force procedure) ή η ιδιομορφική μέθοδος φάσματος απόκρισης (modal response spectrum analysis).
- Στο συντελεστή συμπεριφοράς, ο οποίος μειώνεται για κτίρια μη – κανονικά σε όψη.

(Χρυσοστόμου Κρίστης 2010)

Μη Κανονικότητα σε Κάτοψη, είναι ένας γενικός όρος που περιγράφει καταστάσεις κατά τις οποίες η μόρφωση ενός στατικού φορέα εμπεριέχει διάφορες ανομοιομορφίες (που οι νέοι κανονισμοί αποθαρρύνουν ή βάζουν όρια στην έκτασή τους) (Κοσμόπουλος Ι. Αντώνης). Είναι η έλλειψη συμμετρίας και ομοιομορφίας στη διάταξη των φερόντων στοιχείων σε κάτοψη (Κοσμόπουλος Αντώνης και Σφήκας Π. Ιωάννης). Οι ανομοιομορφίες επηρεάζουν την συμπεριφορά του φορέα αρνητικά. Τέτοιες ανομοιομορφίες μπορεί να είναι:

- Η ανομοιόμορφη κατανομή της δυσκαμψίας ή / και της μάζας σε κάτοψη.
- Μεγάλες μεταβολές στη δυσκαμψία ή / και τη μάζα καθ' ύψος.
- Η μη-κανονική κάτοψη (κάτοψη σχήματος «Γ», «Π» κλπ. χωρίς αρμούς).
- Η έλλειψη πλαισίων δυσκαμψίας κατά τη μια ή και τις δύο κύριες διευθύνσεις του κτιρίου (Κοσμόπουλος Αντώνης 2005).

Δύο σημαντικές έννοιες πρέπει να καθοριστούν για να γίνει δυνατός ο καθορισμός της κανονικότητας σε κάτοψη. Το κέντρο βάρους και το κέντρο δυσκαμψίας. Το κέντρο βάρους ενός ορόφου είναι το σημείο που θεωρείται ότι συγκεντρώνεται η μάζα του ορόφου. Το κέντρο δυσκαμψίας είναι το σημείο που αν εφαρμοσθεί η τέμνουσα του ορόφου θα προκαλέσει μόνο μετακινήσεις χωρίς στροφές. Η ύπαρξη εκκεντρότητας μεταξύ των δύο κέντρων δημιουργεί στρεπτική ροπή (ίση με το γινόμενο της τέμνουσας επί την εκκεντρότητα σε κάθε κατεύθυνση) και ροπή της κάτοψης. Σκοπός είναι η προσπάθεια μείωσης της στρεπτικής ροπής με τη μείωση της απόστασης μεταξύ κέντρου βάρους και κέντρου

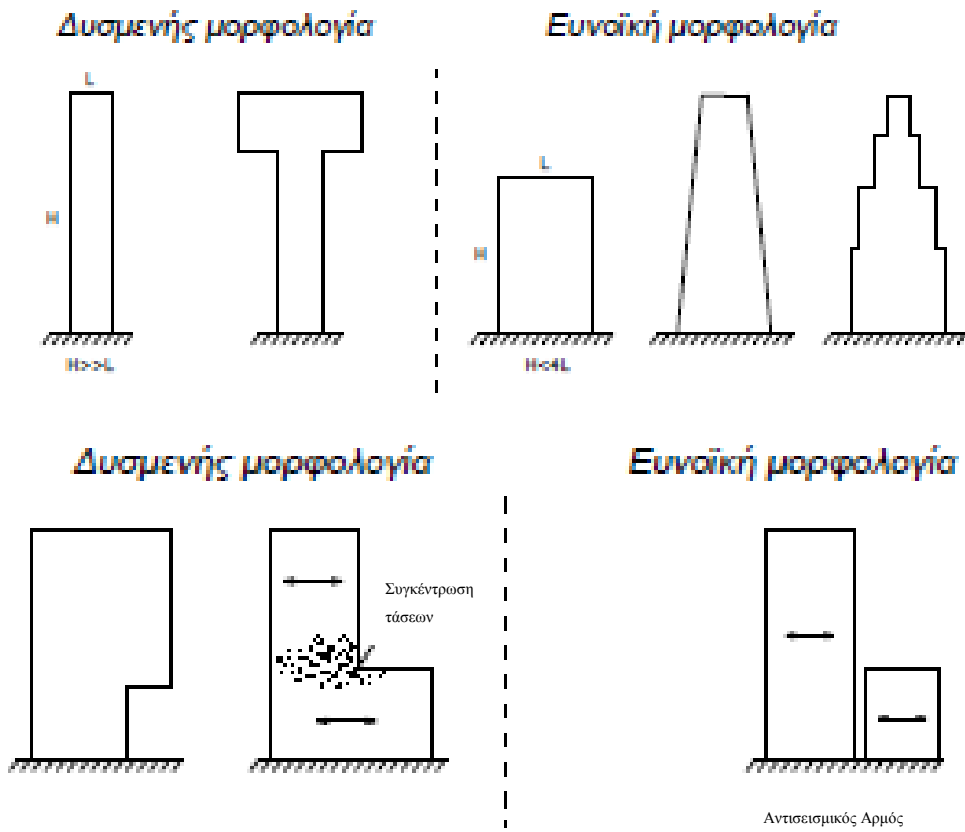
δυσκαμψίας. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διαφοροποίηση των δυσκαμψιών των κατακόρυφων στοιχείων της κάτοψης (Χρυσοστόμου Κρίστης).

Η μη-κανονικότητα σε κάτοψη έχει συμβάλει σημαντικά σε καταρρεύσεις και βαριές βλάβες με την στρεπτική απόκριση που προκαλεί περί τον κατακόρυφο άξονα σε σεισμούς. Οι σημερινοί Αντισεισμικοί Κανονισμοί, δεν αντιμετωπίζουν επαρκώς το πρόβλημα της μη-κανονικότητας και της στρέψης, ακόμα και για τα νέα κτίρια.

Μη κανονικότητα σε Όψη. Η μορφή του κτιρίου σε όψη, είναι επίσης σημαντική για τη συμπεριφορά του δομικού συστήματος κατά τη διάρκεια ενός σεισμού. Όλα εκείνα που μπορεί να οδηγήσουν σε μία απρόβλεπτη συμπεριφορά κατά την ταλάντωση ή σε υπερβολικές καταπονήσεις πρέπει να αποφεύγονται (Hugo Bachmann 1998).

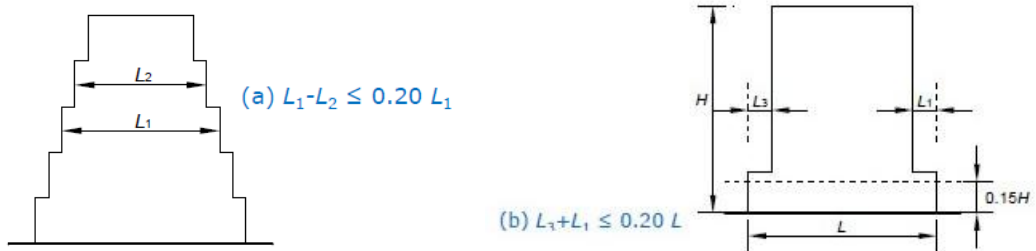
Για να είναι ένα κτίριο κανονικό σε όψη πρέπει:

- Όλα τα συστήματα ανάληψης οριζοντίων φορτίων, όπως πυρήνες, φέροντα τοιχώματα ή πλαίσια, να είναι συνεχή χωρίς διακοπή από τα θεμέλια έως την άνω επιφάνεια του κτιρίου, ή εάν υπάρχουν ζώνες εσοχών με διαφορετικά ύψη έως την άνω επιφάνεια της σχετικής ζώνης του κτιρίου.
- Η δυσκαμψία και η μάζα των επιμέρους ορόφων να παραμένουν σταθερές ή να μειώνονται βαθμιαία, χωρίς απότομες αλλαγές, από τη βάση προς την κορυφή ενός κτιρίου (Εικόνα 1, 2 και 3).
- Σε κτίρια με πλαισιωτό σύστημα ο λόγος της πραγματικής αντοχής ορόφων προς την αντοχή που απαιτείται από την ανάλυση δεν πρέπει να διαφέρει δυσανάλογα μεταξύ συνεχόμενων ορόφων (Ευρωκώδικας 8).
- Υπάρχουν πρόσθετες συνθήκες στον Ευρωκώδικα 8, όταν υπάρχουν εσοχές.



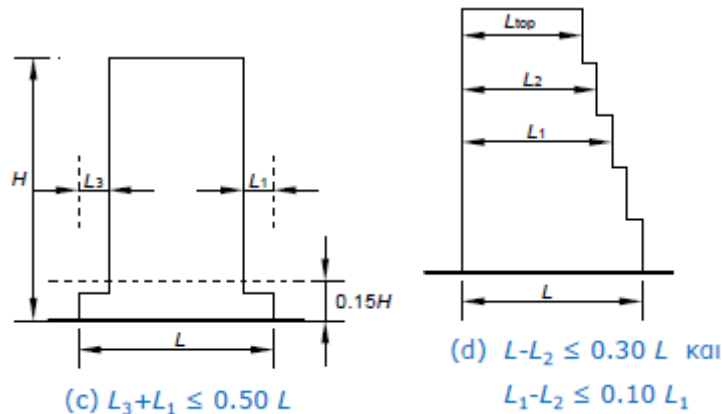
Εικόνα 1: Μορφολογία κτιρίου καθ' ύψος

Πηγή: Εμμανουήλ Κίρτας, Ειδικά κεφάλαια στατικής, Σέρρες, Σεπτέμβριος, 2008



Εικόνα 2: Κανονικότητα σε όψη.

Πηγή: EC8



Εικόνα 3: Κανονικότητα σε όψη.

Πηγή: EC8

Φέρον οργανισμός κατασκευής, είναι τα δομικά στοιχεία. Δηλαδή οι πλάκες, οι δοκοί, τα υποστυλώματα, τα τοιχεία και τα στοιχεία θεμελίωσης. Ο φέρον οργανισμός της κατασκευής είναι υπεύθυνος για την παραλαβή των φορτίων και τη μεταφορά τους στο έδαφος. Η μεταφορά των φορτίων στο έδαφος γίνεται σε μικρό βαθμό από μεμονωμένα δομικά στοιχεία. Η παραλαβή γίνεται κυρίως από σύνολα δομικών στοιχείων που συνεργάζονται μεταξύ τους. Τα σύνολα αυτά δομικών στοιχείων ονομάζονται υποφορείς του φέροντος οργανισμού και οι υποφορείς φροντίζουν για την ασφαλή μεταφορά κατακόρυφων και οριζόντιων φορτίων στο έδαφος (Κίρτας Εμμανουήλ 2008).

Σεισμική διακινδύνευση ή ρίσκο ή αλλιώς επικινδυνότητα, καλείται το γινόμενο της πιθανότητας που έχει να εμφανισθεί ένας σεισμός δεδομένης στάθμης μέσα σε κάποιο χρονικό διάστημα επί τις συνέπειες του συγκεκριμένου σεισμού (π.χ. ζωές ανθρώπων ή υλικές ζημιές). Επομένως, η σεισμική διακινδύνευση έχει μονάδες μέτρησης: ανθρώπινες ζωές ή € / χρόνο (Μυστακίδης Ευριπίδης 2002). Η σεισμική επικινδυνότητα μπορεί να μειωθεί.

Κάθε επέμβαση έχει σκοπό τη μείωση της σεισμικής διακινδύνευσης και αντιστοιχεί σε δεδομένο κόστος. Έτσι, μπορεί να αξιολογηθεί και η αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων επεμβάσεων. Τα κριτήρια αξιολόγησης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: αυτά που αφορούν αποκλειστικά ανθρώπινες ζωές και αυτά που αφορούν υλικό κόστος (όπως ζημιές και απώλεια δομήματος) (Μυστακίδης Ευριπίδης 2002).

Σεισμικός Κίνδυνος, είναι η πιθανότητα να συμβεί ένας καταστροφικός σεισμός σε δεδομένη χρονική περίοδο. Μπορεί να εκτιμηθεί αλλά όχι να μειωθεί.

## 2 Βασικές αρχές ενίσχυσης

### 2.1 Πρότυπα

Οι χώρες πρωτοπόροι στις θεματικές περιοχές της σεισμολογίας και της αντισεισμικής τεχνολογίας θεωρούνται η Ιαπωνία, η Νέα Ζηλανδία και οι Η.Π.Α. στις οποίες τα ευρήματα της έρευνας των άλλων χωρών γρήγορα αξιοποιούνται προωθούνται και ενσωματώνονται σε πιο ολοκληρωμένες μεθόδους πρακτικής εφαρμογής και κανονιστικά κείμενα.

Τα τελευταία χρόνια οι χώρες αυτές έχουν επικεντρωθεί:

α) Στον Επιτελεστικό Αντισεισμικό Σχεδιασμό: δηλαδή στο σχεδιασμό κατασκευών για τέσσερα επίπεδα σεισμού με διαφορετικές απαιτήσεις για το καθένα, π.χ. συνέχιση λειτουργίας, επανάχρηση μετά το σεισμό, προστασία ανθρώπινης ζωής, αποφυγή κατάρρευσης.

β) Στη σεισμική αποτίμηση και ενίσχυση υφισταμένων κτιρίων (Λεπτομέρειες για αποτίμηση βλαβών και τρόπους ενίσχυσης φαίνονται στα Παράρτημα 6 και 7).

γ) Στον προσδιορισμό των αναμενόμενων σεισμικών κινήσεων κοντά σε γνωστά ρήγματα ως συνάρτηση της τοπογραφίας και τοπικής γεωλογίας.

δ) Στον αντισεισμικό σχεδιασμό και στη σεισμική ενίσχυση συγκοινωνιακών υποδομών, ανάγκη που έγινε φανερή μετά τις βλάβες που υπέστησαν κατασκευές αυτού του είδους μετά τους σεισμούς Loma Prieta, Ca., 1989, και Kobe 1995.

ε) Στον αντισεισμικό σχεδιασμό μεταλλικών κατασκευών που τέθηκε ως προτεραιότητα μετά το σεισμό του Northridge, Ca., 1994.

(Μυστακίδης Ευριπίδης 2002)

Οι πιο γνωστοί Διεθνείς Κανονισμοί και Κώδικες:

- Ευρωκώδικας 8

Οι νέες διατάξεις του Ευρωκώδικα 8 – Μέρος 3 περιορίζονται στην θέσπιση κριτηρίων για την κανονικότητα σε κάτοψη, τα οποία προσδιορίζουν τον τύπο της και του προσομοιώματος που θα χρησιμοποιηθεί (2D ή 3D), και επί πλέον μία τυχηματική εκκεντρότητα, η οποία δεν επηρεάζεται από τη μη-κανονικότητα. Ο Ευρωκώδικας 8, τονίζει ότι δεν ορίζει ο ίδιος το πότε και με ποια κριτήρια και προϋποθέσεις θα απαιτείται η αποτίμηση ενός συγκεκριμένου



υφιστάμενου κτιρίου, που μπορεί να οδηγήσει σε ενίσχυσή του (Κοσμόπουλος Ι. Αντώνης 2005). Δεν είναι υποχρεωτικά εφαρμόσιμος σε όλες τις ευρωπαϊκές χώρες ακόμη.

- Αμερικανικοί UBC (Uniform Building Code) 1997

Οι Αμερικανικοί Κανονισμοί εφαρμόζουν μια εμπειρική μεγέθυνση της τυχηματικής εκκεντρότητας στην περίπτωση μεγάλης φυσικής εκκεντρότητας (παρά το γεγονός ότι η τυχηματική εκκεντρότητα έχει ευδιάκριτη επιρροή μόνο σε κανονικές και συμμετρικές κατασκευές). Ο πρώτος κανονισμός ο οποίος έλαβε υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της εδαφικής κίνησης στο κοντινό πεδίο (Κοσμόπουλος Ι. Αντώνης 2005). Ακολούθως μετονομάστηκε σε IBC (International Building Code), ούτως ώστε να χρησιμοποιείται ευρέως. Είναι κώδικας. Δηλαδή είναι υποχρεωτική η εφαρμογή του.

- SEAOC (Structural Engineers Association of California)

Είναι σεβαστό και έγκυρο παγκοσμίως πρότυπο στην πρακτική των Αντισεισμικών Κατασκευών. Έχει εθνική επιρροή σαν διαρθρωτικός κώδικας και είναι πολύτιμη πηγή για την άσκηση διορθωτικών μέτρων για τους Μηχανικούς στην Καλιφόρνια. Επιδιώκει, να αποδίδει στο κοινό ασφαλή δομήματα με αξιόπιστη απόδοση. Να δώσει στο επάγγελμα του Πολιτικού Μηχανικού, τις πιο πρόσφατες πληροφορίες και εργαλεία για την ανάλυση, τον σχεδιασμό, καθώς και λεπτομέρειες για την αποτελεσματική διαχείριση των επιχειρήσεων, όπως επίσης να χρησιμεύει ως μία σεβαστή, αποτελεσματική και διορατική φωνή στο δομικό κώδικα και τυπική ανάπτυξη (SEAOC 1995).

- NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Program)

Καθιερώθηκε, από τις ΗΠΑ, μετά τον σεισμό του 1997. Σκοπός της δημιουργίας του ήταν, η μείωση του κινδύνου ζωής και ιδιοκτησίας, από μελλοντικούς σεισμούς μέσω της εγκατάστασης και συντήρησης ενός αποτελεσματικού προγράμματος μείωσης σεισμικού κινδύνου. Δεν είναι κώδικας, λειτουργεί σαν πρότυπο για αναφορά και πληροφόρηση για επιδιορθώσεις. Από το 1997, έχουν επανεξεταστεί περιοδικά το 1980, 1981, 1983, 1984, 1985, 1988, 1990, 1994, 1997, 2000 και 2004.

Οι τέσσερις βασικοί στόχοι του:

1. Ανάπτυξη αποτελεσματικών πρακτικών και πολιτικών για τη μείωση των απωλειών σεισμό και να επιταχύνει την εφαρμογή τους.
2. Βελτίωση των τεχνικών για τη μείωση των τρωτών σημείων σεισμό των εγκαταστάσεων και συστημάτων.

3. Βελτίωση σεισμό ταυτοποίηση κινδύνων και μεθόδων αξιολόγησης κινδύνου, και τη χρήση τους.
4. Στην καλύτερη κατανόηση των σεισμών και των συνεπειών τους.

(NEHRP National Earthquake Hazards Reduction Program)

- FEMA (Federal Emergency Management Agency) 273, 274, 356, 440

Παρέχει συμβουλές σχετικά με τους κανόνες δόμησης, διδάσκει τους ανθρώπους πώς να αντιμετωπίσουν τον κίνδυνο, εκπαιδεύει στελέχη έκτακτης ανάγκης. Το φάσμα των δραστηριοτήτων της είναι ευρή και καλύπτει όλο το φάσμα των καταστροφών (Cubus Hellas). Δεν είναι κώδικας, λειτουργεί σαν πρότυπο για αναφορά και πληροφόρηση για επιδιορθώσεις.

- Ιαπωνικός Κανονισμός του 1981

Ο Ιαπωνικός Κανονισμός εφαρμόζει μια εμπειρική μεγέθυνση των αποτελεσμάτων της ελαστικής ανάλυσης, η οποία εξαρτάται από το μέγεθος της (φυσικής) εκκεντρότητας ανάμεσα στο κέντρο μάζας και το κέντρο δυσκαμψίας κάθε στάθμης (Κοσμόπουλος Ι. Αντώνης 2005). Δεν είναι κώδικας, λειτουργεί σαν πρότυπο για αναφορά και πληροφόρηση για επιδιορθώσεις.

- Εθνικός Κανονισμός του Καναδά του 1995
- Μεξικάνικος Ομοσπονδιακός Κανονισμός του 1997

Οι Καναδικοί και Μεξικάνικοι Κανονισμοί αυξάνουν ή μειώνουν κατά 50% τις επιδράσεις της φυσικής εκκεντρότητας, ανάλογα με το αν αυτές είναι ευμενείς ή δυσμενείς, λαμβάνοντας έτσι εμπειρικά υπόψη την ανελαστική μεγέθυνση των επιδράσεων που προκαλεί η στρέψη (Κοσμόπουλος Ι. Αντώνης 2005). Δεν είναι κώδικες, λειτουργούν σαν πρότυπα για αναφορά και πληροφόρηση για επιδιορθώσεις.

- Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός ΕΑΚ2000 [ΟΑΣΠ2000]

Είναι το βασικό εργαλείο για την μελέτη και κατασκευή κτιρίων και τεχνικών έργων, που τα καθιστά ικανά να δέχονται με ασφάλεια τις ισχυρές καταπονήσεις που προκαλεί ο σεισμός. Αποτελεί αναθεώρηση του Νέου Αντισεισμικού Κανονισμού μετά από 4 χρόνια εφαρμογής του (ΕΑΚ 2000).

Χαρακτηριστικό των διατάξεων των Διεθνών Κανονισμών και Κωδίκων είναι ότι αποκλίνουν πάρα πολύ για την φυσική και τυχηματική εκκεντρότητα. Ακόμη και σε εθνικό επίπεδο, δεν υπάρχει συμφωνία μεταξύ της επιστημονικής και πρακτικής κοινότητας της Αντισεισμικής

Τεχνολογίας για την ακολουθητέα διαδικασία και τον τρόπο σεισμικής αποτίμησης υφιστάμενων κατασκευών.

Παρόλο που μέχρι σήμερα έχουν προταθεί πολλές διαδικασίες σεισμικής αποτίμησης υφιστάμενων κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος, αλλά και κατασκευών με φέρουσα τοιχοποιία - με τοίχους πλήρωσης (ATC, BSSC 1992b, New Zealand Nat. Auth. Earthq. Eng. 1996), ο πρώτος επίσημα θεσμοθετημένος κανονισμός για τη σεισμική αποτίμηση υφιστάμενων κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος, εθνικός ή υπερεθνικός, είναι ο Ευρωκώδικας 8 (Κοσμόπουλος Ι. Αντώνης 2005) και για κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία ο Ευρωκώδικας 6 και Ευρωκώδικας 8.

Χαρακτηριστικό είναι ότι και τα πιο έγκυρα και επίσημα σχετικά κείμενα (ATC, BSSC 1992a, CEN 1996, 2005, UNIDO 1983) συμφωνούν μεταξύ τους ως προς τις τεχνικές ενίσχυσης αλλά διαφοροποιούνται ριζικά ως προς τα κριτήρια ανασχεδιασμού, δηλαδή τα στάδια ασφάλειας / επιτελεστικότητας ακόμη και μέσα στα ίδια εθνικά πλαίσια (ATC 1996, ATC 1997a, b, c).

Όσον αφορά τη σεισμική ενίσχυση κατασκευών, παρόλο που το σημερινό επίπεδο γνώσεων και εμπειρίας για τις τεχνικές επέμβασης και ενίσχυσης είναι ικανοποιητικό, δεν υπάρχουν ακόμη ευρέως αποδεκτά ή θεσμοθετημένα κριτήρια για τη μελέτη ενίσχυσης. Η πρακτική επίπτωση της έλλειψης κωδίκων, γνώσης και νομικής κάλυψης για τον ανασχεδιασμό είναι ότι, λειτουργεί είτε ως αντικίνητρο για την ανάληψη από τον Μηχανικό ενός έργου ανασχεδιασμού, είτε, εάν την αναλάβει, αυξάνεται το μέσο κόστος των σεισμικών ενισχύσεων, αφού ο Μηχανικός δεν έχει τη νομική και ουσιαστική κάλυψη που παρέχουν τα θεσμοθετημένα ή ευρέως αποδεκτά κριτήρια. Έτσι, υιοθετεί πιο συντηρητικά κριτήρια που οδηγούν σε λιγότερο οικονομικές λύσεις.

Την έλλειψη αυτή έρχεται να καλύψει στην Ελλάδα ο υπό σύνταξη ΚΑΝΕΠΕ, που συντάχθηκε ως σχέδιο από τον ΟΑΣΠ το 2003 (Κοσμόπουλος Ι. Αντώνης 2005). Στην Κύπρο, υπάρχουν δύο εκδοχές. Προς το παρόν έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ο Ευρωκώδικας 8 – Μέρος 3 αλλά όχι σε τελικό επίπεδο. Υπάρχει και η δεύτερη εκδοχή της υιοθέτησης του ΚΑΝΕΠΕ από την Ελλάδα.

Ιστορικά, στην Κύπρο, τα πρώτα μέτρα προστασίας εφαρμόστηκαν το 1986, ακολούθησε ο σεισμικός κώδικας το 1992 και σήμερα υπάρχουν οι νεότεροι αντισεισμικοί κανονισμοί (EC8) από το 2011.

## 2.2 Τρωτότητα υφιστάμενων κτιρίων στην Κύπρο

Η τρωτότητα ενός κτιρίου αφορά το μέγεθος της ζημιάς που είναι δυνατό να υποστεί το κτίριο από ένα δεδομένο σεισμό, και εκφράζεται ως η αναλογία του κόστους επιδιόρθωσης της ζημιάς με το κόστος αντικατάστασης του κτιρίου (Κυριακίδης Ν., Πηλακούτας Κ. κ.ά.)

Η τρωτότητα ενός δομήματος μπορεί να έχει ένα ή και περισσότερα από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. Τρωτότητα σχεδιασμού. Μπορεί να οφείλεται:

- Σε ανεπαρκή εκτίμηση των σεισμικών δράσεων κατά την μελέτη του κτιρίου:
  - Κτίρια χωρίς αντισεισμικό κανονισμό (προ του 1986)
  - Κτίρια με τα 1<sup>α</sup> μέτρα προστασίας από τους σεισμούς (1986)
  - Κτίρια με το σχέδιο για ένα σεισμικό κώδικα (1992)
  - Κτίρια με νεότερους αντισεισμικούς κανονισμούς - Ευρωκώδικες (2011)

Από την χρονολογία της κατασκευής των κτιρίων και από τα σχέδια και στατικές μελέτες, αν υπάρχουν, εντοπίζεται η σύνθεση του φέροντος οργανισμού και του κτιρίου γενικότερα. Έτσι, συνδυάζονται η επιστημονική γνώση, οι κατασκευαστικές συνήθειες της εποχής που κατασκευάστηκε το κτίριο και ο επί τόπου έλεγχος. Έτσι, μπορεί να υπάρχουν κτίρια με:

α) Υπερβολικά εύκαμπτο αλλά μη πλάστιμο σκελετό.

β) Ανεπαρκής σαφών συστημάτων παραλαβής οριζοντίων δράσεων κατά τις δύο διευθύνσεις (πλαίσια ή τοιχώματα).

γ) Μειωμένη ή ανεπαρκής διαφραγματική λειτουργία λόγω ύπαρξης μεγάλων οπών στις πλάκες.

δ) Φαινόμενα μαλακού ορόφου (π.χ. Pilotis).

ε) Φαινόμενα ευστρεψίας.

στ) Φαινόμενα με «κοντά» υποστυλώματα (π.χ. φεγγίτες εργοστασίων ή σχολείων).

ζ) Μη κανονικότητα σε κάτοψη.

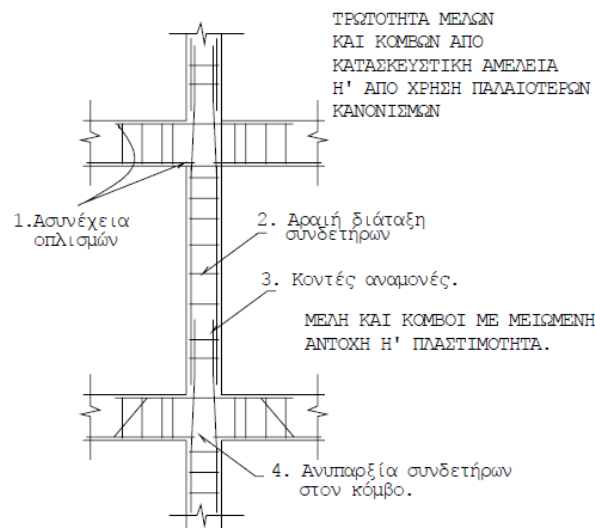
η) Μη κανονικότητα καθ' ύψος, απότομες μεταβολές μάζας και ακαμψίας σε διαδοχικούς ορόφους.

2. Τρωτότητα λόγω κατασκευής. Μπορεί να οφείλεται σε:

- Κατασκευαστικές διατάξεις σε μέλη και κόμβους με ανεπαρκή εξασφάλιση αντοχής και πλαστιμότητας λόγω μη πρόβλεψης από τους σχετικούς κανονισμούς της εποχής.
- Ποιότητα υλικών (χαμηλές ποιότητες σκυροδέματος και χάλυβα μη ανταποκρινόμενες στις παραδοχές της μελέτης).

- Ανεπαρκή εφαρμογή της μελέτης και παραλείψεις κατά την τοποθέτηση των οπλισμών.
- Αυθαίρετες τροποποιήσεις και αποκλίσεις από την μελέτη χωρίς σχετική ανασύνταξη της μελέτης.
- Κακοτεχνίες κατασκευής (Εικόνα 4):
  - Ακάθαρτοι αρμοί διακοπής εργασίας.
  - Απομείξεις σκυροδέματος, σκυροφωλιές.
  - Ανεπαρκείς αγκυρώσεις οπλισμών.
  - Ανεπαρκείς επικαλύψεις.

Για τα υλικά, ο εντοπισμός γίνεται με μη καταστροφικές μεθόδους και εργαστηριακούς ελέγχους δειγμάτων. Για το αν η μελέτη εφαρμόστηκε σωστά, ελέγχονται οι οπλισμοί με ηλεκτρομαγνητικές και άλλες μεθόδους αλλά και με ερευνητικές τομές. Οι κακοτεχνίες της κατασκευής, εντοπίζονται με σχολαστικό επιτόπιο έλεγχο με απομάκρυνση επιχρισμάτων σε κόμβους και άλλες χαρακτηριστικές θέσεις (Μυστακίδης Ευριπίδης 2002).



**Εικόνα 4: Τρωτότητα κατασκευής – κατασκευαστικές ατέλειες.**

**Πηγή: Μυστακίδης Ευριπίδης, Μέθοδοι εκτίμησης της αντοχής σε σεισμική δράση υφιστάμενων κτιρίων και γεφυρών από Ο/Σ – Βελτίωση Σεισμικής Συμπεριφοράς μέσω τεχνικών επεμβάσεων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, Αύγουστος, 2010**

3. Τρωτότητα λόγω αυθαιρέτων επεμβάσεων μετά το πέρας της κατασκευής από τους χρήστες
  - Διάτρηση ή κοπή φερόντων στοιχείων αυθαίρετα
  - Καθαιρέσεις τοίχων
  - Μείωση ακαμψίας συστήματος ή και

- Δημιουργία μαλακών ορόφων

Οι αυθαίρετες επεμβάσεις αποκαλύπτονται με σύγκριση των σχεδίων της μελέτης με την υπάρχουσα κατασκευή. Επίσης, εντοπίζονται οι θέσεις των τοιχοποιιών από την αρχιτεκτονική μελέτη και έτσι επισημαίνεται η μείωση της ακαμψίας ή η δημιουργία μαλακών ορόφων.

#### 4. Τρωτότητα λόγω κακής συντήρησης και παλαιότητας των κατασκευών

Με σχολαστικό επιτόπιο έλεγχο, εντοπίζονται οι φθορές στο σκυρόδεμα και τον χάλυβα:

- Υγρασίες, τυμπανισμός και αποκολλήσεις σκυροδέματος (οπτικά)
- Ενανθρακωμένο σκυρόδεμα (επιτόπου τεστ φαινολοφθανεΐνης και εργαστηριακοί έλεγχοι )
- Διαβρώσεις οπλισμών (οπτικός έλεγχος - μέτρηση διαφοράς δυναμικού)

#### 5. Προβλήματα που σχετίζονται με το έδαφος θεμελίωσης του έργου

Όταν υπάρχει αβεβαιότητα για την σύσταση, την κατάσταση και συμπεριφορά του εδάφους, τα προβλήματα θεμελίωσης θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με έρευνα, η οποία θα περιλαμβάνει όπου κρίνεται απαραίτητο ερευνητικές τομές, αποκαλύψεις πεδίων, γεωτρήσεις και εδαφοτεχνική μελέτη.

(Μυστακίδης Ευριπίδης 2002)

### **2.3 Διαδικασία επιλογής βέλτιστου τρόπου επέμβασης**

Υπήρξαν διάφορες εναλλακτικές στρατηγικές και συστήματα επεμβάσεων που οδήγησαν σε αποδεκτές λύσεις επεμβάσεων. Αρχικό στάδιο οποιασδήποτε ενέργειας αποτελεί πάντα η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατασκευής. Πληροφορίες για τις βλάβες που εμφανίζονται στα δομικά στοιχεία μίας κατασκευής, φαίνονται στο Παράρτημα 6. Πριν την υιοθέτηση μίας συγκεκριμένης στρατηγικής, ο Μηχανικός πρέπει να αξιολογήσει κατά πόσον αυτή είναι πρακτικά εφαρμόσιμη και να επιλέξει εκείνη τη στρατηγική ή το συνδυασμό στρατηγικών που αποτελεί τη βέλτιστη λύση. Οι τεχνικές και μέθοδοι επέμβασης στις κατασκευές φαίνονται στο Παράρτημα 7. Αυτό είναι δυνατό μόνο εφόσον έχει καθοριστεί η στάθμη επιτελεστικότητας, δηλαδή η επιθυμητή συμπεριφορά της κατασκευής για την αντίστοιχη σεισμική δράση σχεδιασμού. Μέσω της αξιολόγησης μπορεί να προσδιοριστεί εάν η κατασκευή πληροί τις απαιτήσεις της επιλεγείσας στάθμης επιτελεστικότητας και, εάν όχι, ο βαθμός ανεπάρκειάς της (ΤΕΕ).

Οι κατασκευές πρέπει να ελεγχθούν ώστε να συμπεράνουμε αν επαρκούν με τους νέους πλέον κανονισμούς, όπου οι εδαφικές επιταχύνσεις είναι αυξημένες και επομένως, οι απαιτήσεις για επιπρόσθετη αντοχή, πλαστιμότητα και δυσκαμψία είναι μεγαλύτερες. Επιπλέον, δεδομένου ότι η αυθαιρεσία στο παρελθόν ήταν μεγάλη, με αποτέλεσμα να υπάρχουν αποκλίσεις των σχεδίων υλοποίησης της κατασκευής από τα αρχικά σχέδια με τα οποία εκδόθηκε η άδεια της κατασκευής, έχουμε έναν λόγο παραπάνω να ανησυχούμε για την επάρκεια των παλαιότερων κατασκευών. Πραγματοποιώντας, λοιπόν, τον απαραίτητο έλεγχο τρωτότητας των κατασκευών αυτών και διαπιστώνοντας τα σημεία ανεπάρκειας μπορούμε να επιλέξουμε την κατάλληλη μέθοδο επέμβασης (Τσάμπρας Γεώργιος 2009).

Εφόσον προκύψει από την προμελέτη ότι οι επιλογές είναι ικανοποιητικές, δηλαδή η ενισχυμένη πλέον κατασκευή ανταποκρίνεται στους στόχους ανασχεδιασμού που έχουν τεθεί, ακολουθεί η οριστική μελέτη που περιλαμβάνει τον πλήρη σχεδιασμό των προτεινόμενων επεμβάσεων (ΤΕΕ).

Το πρόβλημα του ανασχεδιασμού είναι αρκετά σύνθετο και πολυδιάστατο, καθώς εκτός από το τεχνικό μέρος που αφορά το μηχανικό περιλαμβάνει ευρύτερες κοινωνικές, πολιτιστικές, αρχιτεκτονικές και οικονομικές διαστάσεις.

Η επισκευή των παλαιών κατασκευών, ανεξαρτήτως της ύπαρξης ή μη βλαβών, στοχεύει πρωταρχικά στην αποκατάσταση της αντοχής, της δυσκαμψίας και της ικανότητας απορρόφησης σεισμικής ενέργειας και δευτερευόντως στην αισθητική και λειτουργική της αναβάθμιση (Σφήκας Π. Ιωάννης 2005) με εξαίρεση τις περιπτώσεις των ιστορικών κτιρίων όπου δίνεται πρωταρχική σημασία στην αρχιτεκτονική των κατασκευών.

### **2.3.1 Συνήθεις λόγοι σφαλμάτων από τον τρόπο εργασίας μας**

Ο κύριος λόγος σφαλμάτων είναι η χρήση διαφορετικών αναλυτικών προσομοιωμάτων, και η ασχολία με διάφορα (συνήθως απλουστευτικά) δομικά συστήματα (πλαισιωτά, με φέρουσα τοιχοποιία, κελύφη, δικτυώματα όταν έχουμε περιορισμό σε ύψος). Επιπλέον, γίνονται διάφορες θεωρήσεις σχετικά με το σημείο από το οποίο μετριέται η εκκεντρότητα της μάζας (κέντρο δυσκαμψίας, κέντρο ελαστικής στροφής, κέντρο αντοχής, κέντρο βάρους, κλπ.). Πολλές από τις βασικές παραδοχές που γίνονται δεν έχουν σχέση με την πραγματικότητα. Για παράδειγμα, οι περισσότερες από τις μελέτες θεωρούν την ελαστική δυσκαμψία και την κατανομή της στην κατασκευή σταθερή. Στην πραγματικότητα όμως, η ελαστική δυσκαμψία είναι ανάλογη της αντοχής και επομένως οι μεταβολές της κατανομής της αντοχής επηρεάζουν και την στατική ή φυσική εκκεντρότητα (Κοσμόπουλος Ι. Αντώνης 2005).

### 3 Συμπεριφορά κτιρίων και μεθοδολογία ενίσχυσης

#### 3.1 Σεισμική συμπεριφορά υφιστάμενων κτιρίων

Σε υφιστάμενες κατασκευές, όπου χρησιμοποιήθηκαν παλαιότεροι κανονισμοί ή δεν χρησιμοποιήθηκαν καθόλου κανονισμοί, η φάση κατασκευής είναι συνήθως ανέλεγκτη και η εμφάνιση βλαβών είναι περισσότερο συνήθης και αναμενόμενη. Επιπλέον, το φαινόμενο εντείνεται λόγω των ελλιπών γνώσεων του παρελθόντος όσο αφορά τους μηχανισμούς κατάρρευσης (π.χ. δημιουργία μαλακού ορόφου σε κτίρια με έντονη μεταβολή της δυσκαμψίας καθ' ύψος – κτίρια με Pilotis), της χρήσης κατασκευαστικών στοιχείων που με την εξέλιξη της επιστήμης του μηχανικού αποδείχτηκε ότι είναι επιβλαβή για την κατασκευή (π.χ. κοντά υποστυλώματα), καθώς και η επιρροή αδιερεύνητων για την εποχή φαινομένων, όπως η λειτουργία των τοιχοπληρώσεων, η επίδραση των γειτονικών κτιρίων και του εδάφους θεμελίωσης. Σημαντικό ρόλο στις υφιστάμενες κατασκευές διαδραματίζει η κατηγορία βλαβών που συνδέεται με την ηλικία της κατασκευής και την επίδραση των περιβαλλοντικών δράσεων (Σφήκας Π. Ιωάννης 2005).

Το πρόγραμμα για την ενίσχυση των σχολικών κτιρίων στην Κύπρο, εφαρμόζεται για τα σχολεία εκείνα τα οποία δεν κατασκευάστηκαν έχοντας πρότυπο κάποιο κανονισμό ή αν είχαν πρότυπο δεν πληρούν τα κριτήρια επιτελεστικότητας. Στα σχολεία λόγω της σημαντικότητάς τους, αφού αποτελούν το μέλλον κάθε κοινωνίας, διαφοροποιείται το επίπεδο ασφάλειας για το οποίο σχεδιάζουμε από τις συνήθεις κατασκευές και χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες επιταχύνσεις. Με βάση την αποτίμηση της κατάστασης των σχολικών κτιρίων, την αξιολόγηση των αυτοψιών και των σχεδίων, τα σχολικά κτίρια έχουν ταξινομηθεί σε δύο κατηγορίες:

1. Κτίρια με υψηλή επικινδυνότητα (κατεπείγοντα)
2. Κτίρια που χρήζουν αντισεισμικής αναβάθμισης

Η αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων υψηλής επικινδυνότητας (13 σχολεία) προχώρησε άμεσα, ενώ παράλληλα καταρτίστηκε πρόγραμμα για μελέτη και αναβάθμιση των υπολοίπων. Επισημαίνεται ότι στο πρόγραμμα έχει συμπεριληφθεί, πέρα από τα δημοτικά, γυμνάσια και λύκεια και η αναβάθμιση των κτιρίων προδημοτικής εκπαίδευσης. Η ιεράρχηση των σχολικών κτιρίων που χρήζουν αντισεισμικής αναβάθμισης έγινε με βάση τα πιο κάτω κριτήρια:



1. Περίοδος Ανέγερσης
2. Μορφολογία των κτιρίων
3. Υφιστάμενη κατάσταση των κτιρίων

(ΤΥΥΠΠ)

### **3.1.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη σεισμική ασφάλεια των κτιρίων**

- Η αντισεισμική δόμηση των κτιρίων. Δηλαδή η κατασκευή τους με βάση κάποιο πρότυπο, αποτελεί αναμφισβήτητα τον κύριο και καθοριστικό παράγοντα για την αντιμετώπιση του σεισμικού κινδύνου.
  - Το πόσο ασφαλή είναι τα υφιστάμενα κτίρια έχει ιδιαίτερη σημασία όταν αφορά κτίρια συνάθροισης κοινού ή κρίσιμων λειτουργιών, όπως κατά κανόνα είναι τα κτίρια Δημόσιας και κοινωφελούς χρήσης, και κυρίως τα νοσοκομεία, σχολεία, κτίρια διοίκησης, τηλεπικοινωνίας, παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας, πυροσβεστικοί σταθμοί.
- Η χρονική περίοδος που μελετήθηκε και κατασκευάστηκε ένα κτίριο.
  - Παρόλο που αποτελεί κρίσιμο στοιχείο (γιατί παραπέμπει άμεσα στον ισχύοντα τότε αντισεισμικό κανονισμό, στην ποιότητα των υλικών και στην τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε), δεν αρκεί για την εκτίμηση της αντισεισμικής του επάρκειας. Υπάρχουν πάρα πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την σεισμική συμπεριφορά των κτιρίων που έχουν κατασκευαστεί στην ίδια χρονική περίοδο, η αναζήτηση και ο εντοπισμός των οποίων αποτελεί μια εξαιρετικά δύσκολη και δαπανηρή εργασία. Και αυτό διότι σε πολλές περιπτώσεις οι μελέτες των κτιρίων έχουν χαθεί ή είναι δύσκολο να ευρεθούν, 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 που έχουν επενδυθεί, η ποιότητα των υλικών, η θεμελίωση, είναι αδύνατο να ελεγχθούν οπτικά και απαιτείται η χρήση μεθόδων που είναι δαπανηρές, αλλά κυρίως προϋποθέτουν τη μερική ή ολική διακοπή της λειτουργίας του κτιρίου (στην περίπτωση των σχολικών κτιρίων αυτό είναι ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα).
- Ένας άλλος κρίσιμος παράγοντας για την σεισμική ασφάλεια των κτιρίων είναι και το αναμενόμενο μέγεθος του σεισμικού κινδύνου που τα απειλεί.

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

Στις παραπάνω δυσκολίες και αβεβαιότητες οφείλεται το γεγονός ότι σε πολλές χώρες του κόσμου δεν υπάρχει μέχρι σήμερα κανονιστικό πλαίσιο υποχρεωτικής εφαρμογής προσεισμικού ελέγχου του συνόλου των κτιρίων και υπάρχουν μόνο πρότυπα για πληροφόρηση και αναφορά.

(Υπουργείο Περιβάλλοντος και Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων)

### **3.2 Αξιολόγηση ανθεκτικότητας κτιρίων**

Υπάρχουν πολλά ερωτήματα όσον αφορά την ανθεκτικότητα των κτιρίων. Τα οποία περιλαμβάνουν ερωτήσεις όπως: πόσο ανθεκτικό είναι ένα υπάρχον κτίριο έναντι σεισμού, τι μέγεθος σεισμού εννοούμε, τι ακριβώς σημαίνει ο χαρακτηρισμός ανθεκτικό (λίγο ή πολύ), και εφόσον απαντηθούν αυτά τα ερωτήματα, τι κάνουμε μετά, αν απαιτείται ενίσχυση και σε ποιο βαθμό και με ποια κριτήρια μπορούμε να οδηγηθούμε σε σκόπιμες αποφάσεις (Κανελλόπουλος Αντώνης).

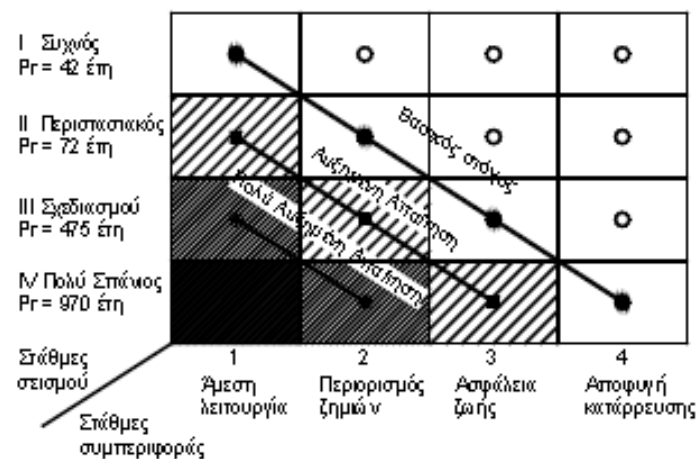
#### Μέθοδοι ανάλυσης για αξιολόγηση ανθεκτικότητας κτιρίων

Για την αξιολόγηση ανθεκτικότητας κτιρίων, χρησιμοποιείται η Ελαστική δυναμική ανάλυση, η Ανελαστική στατική ανάλυση, που σήμερα χρησιμοποιείται ευρέως η μέθοδος μετακινήσεων (Push Over Analysis). Επιπλέον χρησιμοποιείται η Ανελαστική δυναμική ανάλυση (ανάλυση χρονοϊστορίας) και η Φασματική Ελαστική ανάλυση.

Για να εκτιμήσουμε την ανθεκτικότητα της κατασκευής, είναι σκόπιμο να ποσοτικοποιήσουμε τα διάφορα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς του κτιρίου. Δηλαδή, την παραμόρφωση των ορόφων, τις πλαστικές παραμορφώσεις (στροφές, κ.ά), το βαθμό απορρόφησης ενέργειας (πλαστικότητα), ο οποίος είναι δείκτης φθοράς των υλικών του συστήματος και να εντοπίσουμε τις ενδεχόμενες αστοχίες ψαθυρού τύπου (π.χ. διατμητικές) που είναι πιθανόν να συμβούν σε μέλη του φορέα με τις αντίστοιχες επιπτώσεις που μπορούν να έχουν στο σύνολο του δομήματος.

Χρησιμοποιείται σαν κριτήριο σχεδιασμού αλλά και έλεγχου συμπεριφοράς τις μετακινήσεις του φορέα, που είναι αποτέλεσμα ελαστικών και ανελαστικών παραμορφώσεων σε κάθε επιμέρους στοιχείο (δοκός, υποστύλωμα, τοίχωμα, πέδιλο). Οι μετακινήσεις είναι πολύ σημαντικές γιατί η ποσοτικοποίηση των ζημιών και η εμφάνιση αστοχιών ψαθυρού τύπου είναι συνάρτηση κυρίως των ανελαστικών παραμορφώσεων. Η ελαστική ανάλυση δεν μπορεί πλέον να ικανοποιήσει τις ανάγκες και χρησιμοποιείται ελαστοπλαστική ανάλυση, βασιζόμενοι συνήθως στην κλασσική θεώρηση των πλαστικών αρθρώσεων στροφής (Κανελλόπουλος Αντώνης).

Η δράση του σεισμού, μας οδηγεί στην πολυσταθμική διερεύνηση του προβλήματος (Κανελλόπουλος Αντώνης). Στην Εικόνα 5, φαίνονται όλοι οι συνδυασμοί των σταθμών σεισμού και της απαίτησης συμπεριφοράς που μπορούν να γίνουν. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να σχεδιάσουμε και να επέμβουμε σε μία κατασκευή έχοντας το βέλτιστο συνδυασμό στάθμης σεισμού και στάθμης συμπεριφοράς για την κάθε περίπτωση. Λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη τους παράγοντες κόστος και απαιτούμενη ασφάλεια από τον ιδιοκτήτη.



Εικόνα 5: Στάθμες σεισμού σε σχέση με την απαίτηση συμπεριφοράς.

Πηγή: Κανελλόπουλος Αντώνης

### 3.3 Στάθμες επιτελεστικότητας για αποτίμηση ή ενίσχυση

Η επιτελεστικότητα που επιδιώκεται, καθορίζει την απόδοση του κτιρίου. Η απόδοση του κτιρίου περιγράφεται με τον καθορισμό του μέγιστου αποδεκτού επίπεδου βλάβης για ένα δεδομένο επίπεδο σεισμικής δράσης (Εικόνα 5). Επιπλέον, η επιδιωκόμενη επιτελεστικότητα είναι πιθανόν να περιλαμβάνει θεωρήσεις βλαβών για διάφορα επίπεδα σεισμικής δράσης. Σε

αυτή την περίπτωση υπάρχουν διπλά ή πολλαπλά επίπεδα επιδιωκόμενης επιτελεστικότητας. Όταν καθοριστεί η επιδιωκόμενη επιτελεστικότητα (από τον ιδιοκτήτη του έργου ή από την Πολιτεία), ο Μηχανικός μπορεί να εξακριβώσει τη σεισμική απαίτηση, η οποία θα χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση και τα κριτήρια αποδοχής, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο και σχεδιασμό των δομικών και μη δομικών στοιχείων. Ακολούθως, καθορίζονται τα επίπεδα επιδιωκόμενης επιτελεστικότητας για τα δομικά στοιχεία.

Με το επίπεδο επιτελεστικότητας περιγράφονται τα όρια μίας κατάστασης βλάβης, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική για ένα συγκεκριμένο κτίριο για δεδομένη σεισμική δράση. Αυτή η κατάσταση περιγράφεται από τη βλάβη των στοιχείων ενός κτιρίου, την απειλή για τη ζωή των χρηστών από τη βλάβη των δομικών στοιχείων και από τις απαιτήσεις λειτουργικότητας του κτιρίου αμέσως μετά τον σεισμό (Μυστακίδης Ευριπίδης 2002).

### **3.3.1 Επίπεδα επιτελεστικότητας για τα δομικά στοιχεία**

Κατά τον Ευρωκώδικα 8 – Μέρος 3 οι τρεις δυνατές στάθμες επιτελεστικότητας ονομάζονται "Οριακές Καταστάσεις" και ορίζονται ως:

#### **1. Ο Περιορισμός βλαβών.**

Η κατάσταση κατά την οποία ο φέρων οργανισμός του κτιρίου εμφανίζει ελαφρές βλάβες μόνο και τα στοιχεία του δεν έχουν μπει σημαντικά στη μετελαστική περιοχή και διατηρούν την αντοχή και τη δυσκαμψία τους. Οι παραμένουσες παραμορφώσεις, κυρίως σε επίπεδο σχετικών μετακινήσεων ορόφων, είναι ασήμαντες και ο φέρων οργανισμός δε χρειάζεται επισκευή. Τα μη φέροντα στοιχεία μπορεί να εμφανίζουν διάσπαρτη ρηγμάτωση, αλλά οι βλάβες τους μπορούν να επισκευασθούν με χαμηλό κόστος.

#### **2. Οι Σημαντικές βλάβες.**

Η κατάσταση κατά την οποία αναμένεται να προκληθούν σημαντικές βλάβες στο φέροντα οργανισμό του κτιρίου από τον αντίστοιχο σεισμό. Ο φέρων οργανισμός διατηρεί ένα σημαντικό μέρος της δυσκαμψίας και αντοχής του έναντι οριζόντιων δράσεων. Τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία είναι σε θέση να φέρουν τα κατακόρυφα φορτία και οι παραμένουσες σχετικές μετακινήσεις των ορόφων είναι υποφερτές. Τα μη φέροντα στοιχεία έχουν βλάβες, αλλά δεν έχουν καταρρεύσει εκτός επιπέδου. Το κτίριο μπορεί να αντέξει μετασεισμικούς μετρίου μεγέθους αλλά ενδέχεται η επισκευή του να είναι αντιοικονομική.

#### **3. Η Οιονεί Κατάρρευση.**

Είναι μια κατάσταση κατά την οποία ο αντίστοιχος σεισμός προκαλεί στο φέροντα οργανισμό βαριές βλάβες και μικρή παραμένουσα δυσκαμψία και αντοχή έναντι οριζόντιων δράσεων,

αλλά με ικανότητα να φέρει ακόμη τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία. Οι παραμένουσες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι μεγάλες, τα περισσότερα μη φέροντα στοιχεία έχουν καταρρεύσει. Το κτίριο υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να καταρρεύσει και κατά πάσα πιθανότητα δεν είναι σε θέση να αντέξει άλλο σεισμό, ακόμη και μετρίου μεγέθους.

Ο Ευρωκώδικας 8 – Μέρος 3 δίνει στα κράτη-μέλη την ελευθερία να επιλέξουν, μέσω του Εθνικού Προσαρτήματος που θα συντάξουν, τον ελάχιστο ανεκτό στόχο για την αποτίμηση ή ενίσχυση υφισταμένων κτιρίων (δηλαδή το ποιές στάθμες επιτελεστικότητας θα πρέπει να ικανοποιηθούν και για ποιά σεισμική δράση). Στην πιθανή περίπτωση που το κράτος-μέλος δε θα χρησιμοποιήσει αυτή την ελευθερία μέσω του Εθνικού του Προσαρτήματος, ο ορισμός του στόχου αποτίμησης ή ενίσχυσης αφήνεται στον κύριο του έργου, έτσι ώστε να γίνεται οικονομικά προσιτή η ενίσχυση (Κοσμόπουλος Ι. Αντώνης 2005).

### **3.3.2 Κριτήρια αξιολόγησης της επιτελεστικότητας των κατασκευών**

Τα κριτήρια αξιολόγησης της επιτελεστικότητας των κατασκευών φαίνονται πιο κάτω.

1. Σεισμική διακινδύνευση και τρωτότητα. Ο Μηχανικός θα πρέπει κατά το σχεδιασμό να εφαρμόζει όλη την εμπειρία των τελευταίων ετών, δηλαδή, εφαρμογή τοιχωμάτων, καλή θεμελίωση, συμμετρικές κατασκευές, χρήση πυρήνων, χρήση εγκαρσίων οπλισμών (συνδετήρων), αποφυγή κοντών υποστυλωμάτων ή δοκών, ορθή εκτίμηση του συντελεστή συμπεριφοράς  $q$  και σε περίπτωση αυξημένης τιμής του  $q$ , εξασφάλιση μηχανισμού ελαστοπλαστικής παραμόρφωσης για την απορρόφηση ενέργειας χωρίς ζημιές ή αστοχίες (Μυστακίδης Ευριπίδης 2002).

Σε υφιστάμενες κατασκευές δεν είναι δυνατή η τήρηση των παραπάνω. Γι' αυτό απαιτείται ορθή εκτίμηση της συμπεριφοράς του δομήματος σε επικείμενο σεισμό (Μυστακίδης Ευριπίδης 2002).

2. Στάθμες Σεισμού. Όταν γίνεται αναφορά σε σεισμό, εννοούνται διάφορες στάθμες σεισμού (συχνού, περιστασιακού, σχεδιασμού, πολύ μεγάλου), με διαφορετική πιθανότητα εμφάνισης – περίοδο επαναφοράς για κάθε στάθμη σεισμού (προσεισμικός έλεγχος συμπεριφοράς). Σε περιπτώσεις που υπάρχει ιστορικό συμπεριφοράς από προηγούμενους σεισμούς, πρέπει να γίνεται προσεκτική μελέτη και έρευνα, λαμβάνοντας υπόψη και τυχόν επισκευές ή ενισχύσεις (γενικά επεμβάσεων) που έχουν γίνει (μετασεισμικός έλεγχος συμπεριφοράς) (Μυστακίδης Ευριπίδης 2002).

### 3.4 Στόχοι σεισμικής αποτίμησης και ενίσχυσης κατά τους σύγχρονους κανονισμούς

Η αποτίμηση της σεισμικής φέρουσας ικανότητας και συμπεριφοράς υφιστάμενων κατασκευών βασίζεται στην σύγκριση του μεγέθους έντασης / ζήτησης / ικανότητας ( $S_d$ ) που προκαλεί ο σεισμός στο στατικό φορέα, με το αντίστοιχο μέγεθος αντοχής / αντίστασης ( $R_d$ ) ή αντίστασης που διαθέτει ο στατικός φορέας για την συγκεκριμένη ένταση. Εάν  $S_d > R_d$ , τότε δεν υπάρχει ανεπάρκεια. Η αντίσταση και η ένταση των μελών μπορούν να εκφραστούν είτε σε όρους δυνάμεων είτε σε όρους παραμορφώσεων.

Κατά κανόνα η σύγκριση ζήτησης – ικανότητας, γίνεται στη στάθμη των επιμέρους δομικών μελών (δοκοί, υποστυλώματα, τοιχώματα), στα σημεία όπου αυτά συνδέονται με άλλα μέλη (άκρα μελών), ή και ενδιάμεσα αυτών των σημείων, όπου είναι κρισιμότερα.

Το θεσμικό πλαίσιο για την αποτίμηση ή ενίσχυση υφιστάμενων κτιρίων καθορίζεται από το Μέρος 3 του Ευρωκώδικα 8: “Αποτίμηση και Ενίσχυση Κτιρίων”. Ο Ευρωκώδικας 8 – Μέρος 3, εισάγει την έννοια των “Στόχων αποτίμησης και ενίσχυσης” για την αποτίμηση ή ενίσχυση υφιστάμενων κτιρίων. Οι στόχοι αυτοί συνίστανται στην ικανοποίηση μίας ή περισσότερων από τρεις δυνατές Στάθμες Επιτελεστικότητας δηλαδή επιθυμητής συμπεριφοράς για αντίστοιχους σεισμούς. Οι επιτρεπόμενες κατά περίπτωση μέθοδοι ανάλυσης για την αποτίμηση ή την ενίσχυση ενός κτιρίου εξαρτώνται από την εκπλήρωση ορισμένων προϋποθέσεων κανονικότητας του κτιρίου καθώς και από την στάθμη αξιοπιστίας των διαθέσιμων δεδομένων.

(Κοσμόπουλος Ι. Αντώνης 2005)

## 4 Συλλογή στοιχείων για τα σχολικά κτίρια

### 4.1 Επιλογή των απαραίτητων στοιχείων για ανάλυση δεδομένων

Η συλλογή πληροφοριών για το πρόγραμμα μείωσης της τρωτότητας των σχολείων γίνεται με σκοπό την καταγραφή και αξιολόγηση του προγράμματος. Τα στοιχεία που αποφασίστηκε να καταγραφούν από την αντισεισμική αναβάθμιση κάθε σχολείου για το κάθε σχολικό κτίριο είναι:

- 1) Ο αριθμός των κτιρίων που αποτελείται το κάθε σχολείο.

Τα περισσότερα σχολεία αποτελούνται από πολλά κτίρια. Τις πλείστες μάλιστα φορές το κάθε κτίριο έχει διαφορετικό δομικό σύστημα αφού κάθε κτίριο κατασκευάστηκε σε διαφορετική φάση, όταν προέκυπταν επεκτάσεις σε διάφορα χρονικά διαστήματα. Επομένως είναι λογικό που στο κάθε σχολείο γίνονται διαφορετικές επεμβάσεις σε κάθε κτίριο του. Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις στον αριθμό των κτιρίων συμπεριλαμβάνονται και τα νηπιαγωγεία που βρίσκονταν στον ίδιο χώρο με τα δημοτικά σχολεία.

- 2) Το έτος κατασκευής του σχολείου, το έτος εκκίνησης του έργου (όχι μελέτης) καθώς και το έτος τελικής παραλαβής του έργου.

Το έτος κατασκευής του κάθε σχολείου είναι βασικό στοιχείο για να βγουν συμπεράσματα όπως το πόσα σχολεία κατασκευάστηκαν πριν το 1986, μετά το 1986 αλλά και μετά το 1992, καθώς και άλλα συμπεράσματα τα οποία φαίνονται στα επόμενα κεφάλαια με τους συνδυασμούς του έτους κατασκευής με διάφορες άλλες παραμέτρους (π.χ. με τις αντοχές υλικών).

Το έτος εκκίνησης του έργου είναι επίσης σημαντικό στοιχείο αφού από αυτό βλέπουμε απευθείας τον κανονισμό που χρησιμοποιήθηκε για την αντισεισμική αναβάθμιση του σχολείου, δηλαδή την επιτάχυνση και το επίπεδο ασφάλειας που χρησιμοποιήθηκαν. Επίσης με το έτος εκκίνησης σε συνδυασμό με το έτος παραλαβής φαίνεται η διάρκεια των εργασιών επέμβασης στα σχολικά κτίρια.

Το έτος παραλαβής του έργου μας παραπέμπει στην εναπομένουσα ζωή των κτιρίων, έτσι ώστε να υπάρχει σωστός προγραμματισμός για τον επόμενο έλεγχό του. Επίσης, σε συνδυασμό με το έτος εκκίνησης του έργου μπορούμε να έχουμε συμπεράσματα για την διάρκεια που απαιτείται για αυτά τα έργα. Σημειώνεται ότι το έτος παραλαβής

αντιπροσωπεύει την προσωρινή παραλαβή και όχι την τελική παραλαβή η οποία γίνεται μετά από ένα χρόνο παράδοσης του έργου για εντοπισμό τυχόν κακοτεχνιών του εργολάβου.

3) Το δομικό σύστημα κάθε κτιρίου.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, σε κάθε σχολείο το κάθε κτίριο έχει διαφορετικό δομικό σύστημα. Τα δομικά συστήματα που συναντήθηκαν στα σχολικά κτίρια της Κύπρου, είναι από Οπλισμένο Σκυρόδεμα, από Φέρουσα Τοιχοποιία και Μικτά συστήματα. Τα κτίρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν πλαισιωτά και σε ελάχιστες περιπτώσεις μικτά (νεώτερες κατασκευές). Τα κτίρια με Φέρουσα Τοιχοποιία είναι διατηρητέα κτίρια όπου δεν μπορούν να γίνουν αισθητές επεμβάσεις και η τοιχοποιία είναι κατασκευασμένη από πουρόπετρα ή πέτρα τοπική και έχουν ξύλινη στέγη με κεραμίδια. Σε κάθε σχολείο συνήθως υπήρχε και η αίθουσα πολλαπλών χρήσεων, η οποία ήταν από Ο/Σ και Μεταλλική στέγη.

4) Το ύψος κάθε κτιρίου.

Το ύψος των κτιρίων είναι σημαντικό αφού επηρεάζει την ακαμψία τους. Όσο πιο μεγάλο ύψος έχει ένα κτίριο τόσο πιο εύκαμπτο είναι και αντίστροφα. Έτσι, για αντισεισμική αναβάθμιση κατασκευών το ύψος κτιρίου είναι σημαντικός παράγοντας. Στον πίνακα συλλογής των στοιχείων τα σχολικά κτίρια στην Κύπρο χωρίζονται σε 4 κατηγορίες. Υπάρχουν, κτίρια με υπόγειο, μονώροφα, διώροφα και τριώροφα. Στις περιπτώσεις των κατασκευών με φέρουσα τοιχοποιία και των αιθουσών πολλαπλών χρήσεων το ύψος συγκριτικά με τις κατασκευές Ο/Σ είναι πάντα μεγαλύτερο για όλες τις κατηγορίες.

5) Το είδος επέμβασης.

Υπάρχουν πολλά είδη επέμβασης που πραγματοποιούνται κάθε φορά στα σχολικά κτίρια. Αυτές οι επεμβάσεις είναι:

- Αντισεισμική αναβάθμιση κατασκευής
- Ενίσχυση στατικού φορέα
- Συντήρηση

Σε όλα τα σχολεία ανεξαιρέτως μαζί με την ενίσχυση του στατικού φορέα και την αντισεισμική αναβάθμιση των κτιρίων γινόταν ταυτόχρονα και η συντήρησή τους. Για παράδειγμα μπογιαντίσματα ή αλλαγή κεραμικών. Όμως,



σε πολλές περιπτώσεις αυτές οι εργασίες που κατατάσσονται στην κατηγορία της συντήρησης, ήταν απαραίτητες για την ενίσχυση του φέροντα οργανισμού της κατασκευής (χαλάσματα πριν τις εργασίες ενίσχυσης και αναβάθμισης-προκαταρτικά). Επακόλουθο των πιο πάνω σύνθετων εργασιών λογικό είναι ο δύσκολος διαχωρισμός τους, για τον σχεδιασμό του κύκλου ζωής των κατασκευών.

- Βελτιώσεις

Στις βελτιώσεις, συμπεριλαμβάνονται οι εργασίες βελτιώσεων του εξοπλισμού των αιθουσών, όπως η αντικατάσταση των πάγκων.

- Επεκτάσεις

Πολλές είναι οι περιπτώσεις όπου χρειάστηκαν να γίνουν και επεκτάσεις των σχολικών κτιρίων αφού τα υφιστάμενα δεν ήταν ικανοποιητικά για να καλύψουν τις σημερινές ανάγκες της εκπαίδευσης. Πιο συγκεκριμένα, υπήρχαν περιπτώσεις κατασκευής επιπλέον αιθουσών για διδασκαλία, για εκσυγχρονισμένα εργαστήρια ή για γραφεία καθηγητών. Επίσης, σε αρκετά σχολεία χρειάστηκε ανέγερση αίθουσας πολλαπλών χρήσεων, καινούργιες τουαλέτες, αποθήκες, κλιμακοστάσια ή ανελκυστήρες για την εξυπηρέτηση αναπήρων σύμφωνα με τις νέες προδιαγραφές.

- Ηλεκτρολογική αναβάθμιση

- Μηχανολογική αναβάθμιση

- Τοποτέχνηση

Για κάθε σχολείο γινόταν συνδυασμός των πιο πάνω επεμβάσεων κάθε φορά. Έτσι εμφανίζεται δυσκολία στον διαχωρισμό του κόστους για την κάθε επέμβαση ξεχωριστά, εφόσον οι εργασίες είναι σύνθετες και γίνονται ταυτόχρονα συνήθως.

6) Η μέθοδος επέμβασης.

Ανάλογα με το δομικό σύστημα του κάθε σχολικού κτιρίου κάθε φορά επιλεγόταν μετά από προτεινόμενες λύσεις από το μελετητή του έργου (ο οποίος επιλεγόταν μετά από τη διαδικασία των προσφορών) από το Τεχνικό Τμήμα του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού η βέλτιστη λύση επέμβασης βασισμένη κυρίως σε οικονομικά κριτήρια.

Στις περιπτώσεις που το κτίριο ήταν από Ο/Σ, χρησιμοποιήθηκαν οι πιο κάτω κύριες μέθοδοι για ενίσχυση και αναβάθμιση:

- Μανδύες
- Τοιχεία
- Ανθρακονήματα
- Μεταλλικά στοιχεία
- Μικτές Μέθοδοι

Στις περιπτώσεις που το κτίριο ήταν με φέρουσα τοιχοποιία:

- Κατασκευή οριζόντιου διαζώματος στη στάθμη της στέγης (σενάζ) περιμετρικά πάνω από την τοιχοποιία
- Αντικατάσταση πετρών
- Ενίσχυση στέγης
- Αντικατάσταση στέγης
- Καθόλου επέμβαση

#### 7) Η επιτάχυνση που καθορίστηκε

Η επιτάχυνση που καθορίστηκε προκύπτει σύμφωνα με τις οδηγίες του ΤΥΥΠΠ και λαμβάνεται ανάλογα με την περιοχή που βρίσκεται το κάθε σχολείο (Παράρτημα 8). Είναι σημαντική για να γνωρίζουμε με βάση πια επιτάχυνση ενισχύθηκαν τα κτίρια έτσι ώστε να είναι πιο εύκολη η ανταπόκριση σε μελλοντικές απαιτήσεις των σχολικών κτιρίων. Τα τελευταία χρόνια γίνεται χρήση των νέων επιταχύνσεων σύμφωνα με τον EC8.

#### 8) Το επίπεδο ασφαλείας που χρησιμοποιήθηκε

Για τον έλεγχο της υφιστάμενης αντοχής και για πιθανό σχεδιασμό της ενίσχυσης ενός κτιρίου είναι απαραίτητο να καθοριστεί το επίπεδο ασφαλείας του. Χρησιμοποιήθηκαν 3 επίπεδα ασφαλείας. Για περίοδο 50 χρόνων (III), 20 χρόνων (II) και 10 χρόνων (I). Για τα κτίρια που επισκευάζονται πλήρως σύμφωνα με τον Κ.Σ.Κ παίρνουμε μέγιστη επιτάχυνση εδάφους για περίοδο 50 χρόνων. Αυτά που προγραμματίζεται να αντικατασταθούν μέσα στα επόμενα 20 χρόνια επισκευάζονται χρησιμοποιώντας μέγιστη επιτάχυνση εδάφους για περίοδο 20 χρόνων και τέλος αυτά

που πρόκειται να αντικατασταθούν στα επόμενα 10 χρόνια επισκευάζονται χρησιμοποιώντας μέγιστη επιτάχυνση εδάφους για περίοδο 10 χρόνων.

9) Η εναπομένουσα ζωή της κατασκευής

Στον πίνακα συλλογής δεδομένων υπάρχουν δύο περιπτώσεις εναπομένουσας ζωής της κατασκευής. Η εναπομένουσα ζωή σήμερα και η εναπομένουσα ζωή μετά την τελική παραλαβή του έργου. Έτσι φαίνεται σε ποια κατάσταση βρίσκονται τα σχολικά κτίρια σήμερα αλλά και πότε χρειάζεται να γίνουν επεμβάσεις και έλεγχοι στα κτίρια αυτά.

10) Οι αντοχές των υλικών πριν την ενίσχυση-αναβάθμιση

Για τα κτίρια από Ο/Σ, οι κατασκευές αναλύονται και εξακριβώνεται αν ικανοποιούν τα απαιτούμενα κριτήρια του επιπέδου ασφάλειας που επιλέγεται. Αν όχι τότε πρέπει να προσδιορίζονται οι ανεπάρκειες, με τον προσδιορισμό αντοχής σκυροδέματος (επί τόπου κυλινδρικά δοκίμια) και προσδιορισμό τεχνικών χαρακτηριστικών και φυσικής κατάστασης υφιστάμενου οπλισμού.

Για κτίρια με φέρουσα τοιχοποιία, λαμβάνονται υπόψη η συνεισφορά όλων των στοιχείων πλήρωσης που μπορούν να συνεισφέρουν στην παραλαβή κάποιου ποσοστού σεισμικής φόρτισης και στη δυνατότητα που έχουν για απορρόφηση μέρους της αναπτυσσόμενης ενέργειας.

11) Οι χημικές αναλύσεις των υλικών πριν την ενίσχυση-αναβάθμιση

Με τις χημικές αναλύσεις γίνεται προσδιορισμός της ενανθράκωσης, της επίδρασης χλωρίων και θεικών στις κατασκευές.

12) Το κόστος ενίσχυσης

Το κόστος ενίσχυσης αποτελείται από σύνθετες εργασίες και έτσι είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί ακριβώς. Με το κόστος ενίσχυσης εννοείται το κόστος μόνο για τις επεμβάσεις ενίσχυσης και αντισεισμικής αναβάθμισης των σχολικών κτιρίων. Ο μόνος τρόπος προσέγγισης μίας αξιόπιστης τιμής του ήταν ο διαχωρισμός του από τις υπόλοιπες επεμβάσεις στο έργο. Πολλές φορές ακόμη καταγράφηκαν τιμές κόστους ενίσχυσης στο περίπου από την εμπειρία του κάθε μελετητή. Η δυσκολία εκτίμησής του οφείλεται στο γεγονός ότι οι εργασίες στην πράξη είναι αλληλένδετες και σύνθετες και δεν μπορούν να διαχωριστούν. Κυρίως οι εργασίες ενίσχυσης με τις εργασίες ενίσχυσης και αναβάθμισης που είτε πραγματοποιούνται ταυτόχρονα είτε η

μία επηρεάζει την άλλη. Στη δυσκολία προσέγγισης αυτού του κόστους συμπεριλαμβάνεται και το γεγονός ότι τα δελτία ποσοτήτων από τις κατασκευαστικές εταιρείες που αναλαμβάνουν την εκτέλεση των έργων δεν διαχωρίζουν το κόστος της ενίσχυσης και αναβάθμισης, παρόλο που στην μελέτη πριν την έναρξη των εργασιών γίνεται μία προ εκτίμηση κόστους ξεχωριστά για τις εργασίες επέκτασης, ενίσχυσης και συντήρησης του κάθε κτιρίου, ώστε να μπορεί να παρθεί η απόφαση αν τελικά γίνει ενίσχυση ή αντικατάσταση του σχολείου σύμφωνα με τα οικονομικά κριτήρια του ΤΥΥΠΠ. Το κόστος της προ εκτίμησης από τους μελετητές δεν ήταν ποτέ σωστό, αφού κατά τη διάρκεια του έργου υπήρχαν πρόσθετες εργασίες οι οποίες δεν αναφέρονταν στην μελέτη και το τελικό κόστος ήταν κατά πολύ μεγαλύτερο από αυτό που είχε εκτιμηθεί αρχικά.

### 13) Το κόστος αντικατάστασης

Αποτελεί το κόστος για αντικατάσταση των σχολικών κτιρίων και κατεδάφιση των υφιστάμενων. Αυτό εκτιμάται από το ΤΥΥΠΠ και μαζί με το κόστος ενίσχυσης αποτελεί το κριτήριο για την τελική απόφαση. Δηλαδή αν το σχολείο θα ενισχυθεί, αναβαθμιστεί ή αν θα ανεγερθεί καινούργιο σχολείο. Το κόστος αντικατάστασης δεν είναι και πάλι αξιόπιστο αφού υπολογίστηκε σε μικρό χρονικό διάστημα εξαιτίας του ότι κάποια σχολεία ήταν επείγον να ενισχυθούν άμεσα.

## 4.2 Καταγραφή σχολικών κτιρίων που ενισχύθηκαν

Πιο κάτω φαίνονται σε πίνακες τα σχολεία που ενισχύθηκαν ή είναι σε εξέλιξη εργασιών ενίσχυσης μέχρι τον Αύγουστο 2010 ξεχωριστά για κάθε πόλη της Κύπρου. Συνολικά, ενισχύθηκαν 132 νηπιαγωγεία, 223 δημοτικά σχολεία και 65 σχολεία μέσης εκπαίδευσης (Γυμνάσια και Λύκεια) σε όλη την Κύπρο.

**Πίνακας 1. Κατάλογος με σχολεία που ενισχύθηκαν ή είναι σε εξέλιξη εργασιών ενίσχυσης για την επαρχία Αμμοχώστου**

A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ
<b>ΑΜΜΟΧΩΣΤΟΣ</b>	
<b><u>ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ</u></b>	
1	ΑΥΓΟΡΟΥ Α
2	ΛΙΟΠΕΤΡΙ
3	ΠΑΡΑΛΙΜΝΙ ΓΙΩΡΚΕΙΟΝ
4	ΣΩΤΗΡΑ
<b><u>ΔΗΜΟΤΙΚΑ</u></b>	
5	ΑΥΓΟΡΟΥ Α
6	ΑΓ.ΝΑΠΑ
7	ΔΑΣΑΚΙ ΑΧΝΑΣ
8	ΔΕΡΥΝΕΙΑ Α
9	ΔΕΡΥΝΕΙΑ Β (σε εξέλιξη)
10	ΛΙΟΠΕΤΡΙ Α
11	ΛΙΟΠΕΤΡΙ Β
12	ΠΑΡΑΛΙΜΝΙ Α
13	ΠΑΡΑΛΙΜΝΙ Γ (σε εξέλιξη)
14	ΠΑΡΑΛΙΜΝΙ Δ
15	ΦΡΕΝΑΡΟΣ
16	ΣΩΤΗΡΑ Α
17	ΣΩΤΗΡΑ Β
18	ΕΙΔ.ΣΧ.ΑΠ.ΒΑΡΝΑΒΑΣ
<b><u>ΜΕΣΗ</u></b>	
19	ΚΟΚΚΙΝΟΧΩΡΙΩΝ ΓΥΜΝ.
20	ΠΑΡΑΛΙΜΝΙΟΥ ΓΥΜΝ.
21	ΠΑΡΑΛΙΜΝΙΟΥ ΛΥΚ. (σε εξέλιξη)
-	-

Πηγή: ΤΥΥΠΠ,2011

**Πίνακας 2: Κατάλογος με σχολεία που ενισχύθηκαν ή είναι σε εξέλιξη εργασιών ενίσχυσης για την επαρχία Λάρνακας**

A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ	A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ	A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ
<b>ΛΑΡΝΑΚΑ</b>					
	<b><u>ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ (ΠΟΛΗ)</u></b>	-	<b><u>ΔΗΜΟΤΙΚΑ (ΠΟΛΗ)</u></b>	-	<b><u>ΜΕΣΗ</u></b>
1	ΑΡΑΔΙΠΠΟΥ	29	ΑΡΑΔΙΠΠΟΥ Α	75	ΑΡΑΔΙΠΠΟΥ ΓΥΜΝ.
2	ΠΑΥΛΙΔΙΟ	30	ΑΡΑΔΙΠΠΟΥ Β	76	ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΛΥΚΕΙΟ
3	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	31	ΑΡΑΔΙΠΠΟΥ Γ	77	ΔΡΟΣΙΑΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟ
4	ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ	32	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	78	ΑΡΧ. ΜΑΚΑΡΙΟΥ Γ ΛΥΚ.
5	ΑΓ. ΛΑΖΑΡΟΣ Α	33	ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ	79	ΠΑΓΚΥΠΡΙΟ ΛΥΚΕΙΟ
6	ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	34	ΑΓ. ΛΑΖΑΡΟΣ Α	80	ΦΑΝΕΡΩΜΕΝΗΣ ΓΥΜΝ.
7	ΔΡΟΜΟΛΑΞΙΑ Α	35	ΑΓ. ΛΑΖΑΡΟΣ Β (σε εξέλιξη)	81	ΛΕΥΚΑΡΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΟ
8	ΕΘΝ.ΜΑΚΑΡΙΟΥ Γ ΣΥΝ.ΚΑΜ.	36	ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	82	ΤΕΧ.ΣΧ.ΑΓ.ΛΑΖΑΡΟΥ Λ/ΚΑΣ
9	ΕΘΝ.ΜΑΚΑΡΙΟΥ Γ ΣΥΝ.ΚΟΚ.	37	ΔΡΟΜΟΛΑΞΙΑ Α		
10	ΜΕΝΕΟΥ	38	ΔΡΟΜΟΛΑΞΙΑ Β (σε εξέλιξη)		
11	ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	39	ΔΡΟΣΙΑΣ Β		
		40	ΕΘΝΑΡΧΗ ΜΑΚΑΡΙΟΥ Γ		
	<b><u>ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ (ΕΠΑΡΧΙΑ)</u></b>	41	ΚΑΜΑΡΕΣ		
12	ΑΛΑΜΙΝΟΣ	42	ΛΕΙΒΑΔΙΑ (σε εξέλιξη)		
13	ΑΝΑΦΩΤΙΑ	43	ΜΕΝΕΟΥ		
14	ΑΓΓΛΙΣΙΔΕΣ	44	ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ		
15	ΑΓ. ΘΕΟΔΩΡΟΣ	45	ΣΩΤΗΡΟΣ		
16	ΚΑΛΑΒΑΣΟΣ	46	ΖΗΝΩΝ		
17	ΚΙΤΙ	47	ΕΙΔ. ΣΧ.ΑΓ.ΣΠΥΡΙΔΩΝΑ		
18	ΚΛΑΥΔΙΑ	48	ΑΡΜΕΝΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ		
19	ΚΟΦΙΝΟΥ				
20	ΚΟΡΝΟΣ		<b><u>ΔΗΜΟΤΙΚΑ (ΕΠΑΡΧΙΑ)</u></b>	-	-
21	ΛΕΥΚΑΡΑ	49	ΑΛΑΜΙΝΟΣ		
22	ΟΡΑ ΜΕΛΙΝΗ	50	ΑΛΕΘΡΙΚΟ		
23	ΟΡΜΗΔΕΙΑ	51	ΑΝΑΦΩΤΙΑ (σε εξέλιξη)		
24	ΠΕΡΒΟΛΙΑ	52	ΑΓΓΛΙΣΙΔΕΣ		
25	ΨΕΥΔΑΣ	53	ΑΓ. ΑΝΝΑ		
26	ΠΥΛΑ	54	ΑΓ. ΒΑΒΑΤΣΙΝΙΑΣ		
27	ΤΟΧΝΗ	55	ΑΓ. ΘΕΟΔΩΡΟΣ		
28	ΟΡΟΚΛΙΝΗ (σε εξέλιξη)	56	ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ		
		57	ΚΕΛΛΙΑ		
		58	ΧΟΙΡΟΚΟΙΤΙΑ		
		59	ΚΟΦΙΝΟΥ		
		60	ΚΟΡΝΟΣ		
		61	ΛΕΥΚΑΡΑ		
		62	ΜΑΡΩΝΙ		
		63	ΜΑΖΩΤΟΣ		
		64	ΜΟΣΦΙΛΩΤΗ		
		65	ΟΔΟΥ		
		66	ΟΡΜΗΔΕΙΑ Α		
		67	ΟΡΜΗΔΕΙΑ Β		
		68	ΨΕΥΔΑΣ		
		69	ΠΥΛΑ		
		70	ΤΕΡΣΕΦΑΝΟΥ		
		71	ΟΡΟΚΛΙΝΗ (σε εξέλιξη)		
		72	ΞΥΛΟΦΑΓΟΥΑ		
		73	ΞΥΛΟΦΑΓΟΥ Β		
		74	ΞΥΛΟΤΥΜΠΟΥ Α (σε εξέλιξη)		

Πηγή: ΤΥΥΠΠ,2011

**Πίνακας 3: Κατάλογος με σχολεία που ενισχύθηκαν ή είναι σε εξέλιξη εργασιών ενίσχυσης για την επαρχία Λεμεσού**

A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ	A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ	A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ	A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ
<b>ΛΕΜΕΣΟΣ</b>							
-	<b><u>ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ (ΠΟΛΗ)</u></b>	-	<b><u>ΔΗΜΟΤΙΚΑ (ΠΟΛΗ)</u></b>	-	<b><u>ΔΗΜΟΤΙΚΑ (ΕΠΑΡΧΙΑ)</u></b>	-	<b><u>ΜΕΣΗ</u></b>
1	ΑΓ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ	29	ΑΓ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ	57	ΑΓΡΟΣ	90	ΑΠ. ΠΕΤΡΟΥ ΠΑΥΛΟΥ Λ.
2	ΛΕΜΕΣΟΣ Α	30	ΛΕΜΕΣΟΣ Α	58	ΑΚΡΩΤΗΡΙ	91	ΑΓ. ΑΝΤΩΝΙΟΥ ΛΥΚΕΙΟ
3	ΛΕΜΕΣΟΣ Β	31	ΛΕΜΕΣΟΣ Β	59	ΑΠΑΙΣΙΑ	92	ΑΓ.ΙΩΑΝΝΗ ΓΥΜΝ.
4	ΛΕΜ 5 ΑΓ.ΙΩΑΝΝΗΣ	32	ΛΕΜΕΣΟΣ Δ	60	ΑΓ.ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	93	ΑΓ.ΙΩΑΝΝΗ ΛΥΚΕΙΟ
5	ΛΕΜ 6 ΑΓ.ΝΙΚΟΛΑΟΥ	33	ΛΕΜ. 5 ΑΓ.ΙΩΑΝΝΗΣ	61	ΑΣΓΑΤΑ ΠΛΑΤ ΒΑΣΑ	94	ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΛΥΚΕΙΟ
6	ΛΕΜ 7 ΑΠ. ΑΝΔΡΕΑΣ	34	ΛΕΜ. 7 ΑΠ. ΑΝΔΡΕΑΣ	62	ΑΣΩΜΑΤΟΣ	95	ΚΑΛΟΓΕΡΟΠΟΥΛΟΥ Γ.
7	ΛΕΜ 8 ΟΜΟΝΟΙΑ	35	ΛΕΜ. 8 ΟΜΟΝΟΙΑ	63	ΑΓ. ΑΜΒΡΟΣΙΟΣ	96	ΚΑΘΟΛΙΚΗΣ ΓΥΜΝ.
8	ΛΕΜ 11 ΤΣΙΡΕΙΟ	36	ΛΕΜ. 9 ΚΑΦΑΛΟΥ	64	ΑΓ ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΓΡΟΥ	97	ΛΑΝΙΤΕΙΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ
9	ΛΕΜ16 ΖΑΚΑΚΙΟΥ	37	ΛΕΜ. 11 ΤΣΙΡΕΙΟ	65	ΑΓ. ΤΥΧΩΝΑΣ	98	ΛΑΝΙΤΕΙΟ ΛΥΚΕΙΟ Α
10	ΛΕΜ 18 ΑΓ.ΑΝΤΩΝΙΟΣ	38	ΛΕΜ. 12 ΛΑΝΙΤΕΙΟ	66	ΕΠΙΣΚΟΠΗ	99	ΛΑΝΙΤΕΙΟ ΛΥΚΕΙΟ Β
11	ΛΕΜ 20 ΑΓ.ΠΑΝΤΕΛΕΗΜ	39	ΛΕΜ. 13 ΑΓ.ΣΠΥΡΙΔΩΝΑ	67	ΕΡΗΜΗ	100	ΛΙΝΟΠΕΤΡΑΣ ΓΥΜΝ.
12	ΠΟΛΕΜΙΔΙΑ ΚΑΤΩ Α	40	ΛΕΜ. 15 ΑΓ. ΝΕΟΦΥΤΟΣ	68	ΑΥΔΗΜΟΥ	101	ΝΕΑΠΟΛΙΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟ
13	ΚΑΛΟΓΕΡΟΠΟΥΛΟΥ	41	ΛΕΜ. 16 ΖΑΚΑΚΙΟΥ	69	ΠΕΡΙΦ. ΙΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΠΤ	102	ΑΓ.ΒΑΡΒΑΡΑΣ ΓΥΜΝ.
14	ΥΨΩΝΑΣ	42	ΛΕΜ. 18 ΑΓ.ΑΝΤΩΝΙΟΣ	70	ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ	103	ΠΟΛΕΜΙΔΙΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΟ
15	ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΟΤΟΚΟΣ	43	ΛΕΜ. 19 ΑΓ.ΦΥΛΑΞΗΣ	71	ΚΑΝΤΟΥ	104	ΘΕΚΛΕΙΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ
-	<b><u>ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ (ΕΠΑΡΧΙΑ)</u></b>	44	ΛΕΜ. 20 ΑΓ.ΠΑΝΤΕΛΕΗΜ.	72	ΚΥΒΙΔΕΣ (σε εξέλιξη)	105	ΤΣΙΡΕΙΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ
16	ΑΓΡΟΣ	45	ΛΕΜ. 21 ΚΟΝΤΟΒΑΘΙΑ	73	ΚΟΛΟΣΣΙ Α	106	ΑΓΡΟΥ ΓΥΜΝΑΣΙΟ (σε εξέλιξη)
17	ΑΚΡΩΤΗΡΙ	46	ΛΕΜ. 22 ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ	74	ΚΥΠΕΡΟΥΝΤΑ	107	ΤΡΑΧΩΝΙ ΓΥΜΝ.
18	ΜΟΝΗ ΜΟΝΑΓΡΟΥΛΙ	47	ΛΙΝΟΠΕΤΡΑ	75	ΟΜΟΔΟΣ	108	ΜΙΤΣΗ ΛΕΜΥΘΟΥ ΣΧΟΛΗ
19	ΑΓ ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΓΡΟΥ	48	ΑΓ.ΣΤΕΦΑΝΟΣ	76	ΠΑΧΝΑ	109	ΟΜΟΔΟΥΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟ
20	ΠΕΡΙΦ. ΙΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΠΤ	49	ΠΟΛΕΜΙΔΙΑ ΚΑΤΩ Α	77	ΠΑΛΩΔΙΑ	110	ΞΕΝΟΔΟΧΙΑΚΗ ΛΕΜΕΣ.
21	ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ	50	ΠΟΛΕΜΙΔΙΑ ΚΑΤΩ Β	78	ΠΑΡΕΚΚΛΗΣΙΑ		
22	ΚΑΝΤΟΥ	51	ΠΟΛΕΜΙΔΙΑ ΠΑΝΩ ΚΑΡΜ.	79	ΠΕΛΕΝΔΡΙ		
23	ΚΟΛΟΣΣΙ ΣΥΝΙΚΟΙΣΜΟΥ	52	Α ΠΟΤ.ΓΕΡΜΑΣ.ΧΡΙΣΤΑΚ.	80	ΠΕΝΤΑΚΩΜΟ		
24	ΚΥΠΕΡΟΥΝΤΑ	53	ΥΨΩΝΑΣ Α	81	ΦΑΣΟΥΛΑ		
25	ΠΑΛΩΔΙΑ	54	ΠΑΙΔΙΚΟ ΑΝΑΡΡΩΤΗΡΙΟ	82	ΠΛΑΤΡΕΣ		
26	ΠΑΡΕΚΚΛΗΣΙΑ	55	ΑΓ.ΜΑΡΙΑ	83	ΠΡΑΣΤΕΙΟ ΑΥΔΗΜΟΥ		
27	ΠΛΑΤΡΕΣ	56	ΣΧ.ΚΩΦΩΝ ΠΑΙΔΩΝ	84	ΠΥΡΓΟΣ		
28	ΣΠΙΤΑΛΙ ΠΑΡΑΜΥΘΑ	-	-	85	ΣΟΥΝΙ ΣΑΝΑΤΣΙΑ		
				86	ΣΠΙΤΑΛΙ ΠΑΡΑΜΥΘΑ		
				87	ΤΡΑΧΩΝΙ (σε εξέλιξη)		
				88	ΤΡΙΜΙΚΛΙΝΗ		
				89	ΜΟΝΗ ΜΟΝΑΓΡΟΥΛΙ		

Πηγή: ΤΥΥΠΠ,2011

**Πίνακας 4: Κατάλογος με σχολεία που ενισχύθηκαν ή είναι σε εξέλιξη εργασιών ενίσχυσης για την επαρχία Λευκωσίας**

A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ	A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ	A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ	A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ	A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ
<b>ΛΕΥΚΩΣΙΑ</b>									
	<b>ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ (ΠΟΛΗ)</b>		<b>ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ (ΕΠΑΡΧΙΑ)</b>		<b>ΔΗΜΟΤΙΚΑ (ΠΟΛΗ)</b>		<b>ΔΗΜΟΤΙΚΑ (ΕΠΑΡΧΙΑ)</b>		<b>ΜΕΣΗ</b>
1	ΑΝΘΟΥΠΟΛΙΣ ΣΥΝ.	29	ΑΝΑΓΥΙΑ	55	ΑΚΡΟΠΟΛΗ	97	ΑΓΡΟΚΗΠΙΑ	135	ΑΚΡΟΠΟΛΙΣ ΓΥΜΝΑΣ.
2	ΑΓ.ΟΜΟΛ.Κ.ΜΕΡ.	30	ΑΡΕΔΙΟΥ	56	ΑΝΘΟΥΠΟΛΗ	98	ΑΚΑΚΙ	136	ΑΝΘΟΥΠΟΛΙΣ ΓΥΜΝΑΣ.
3	ΑΓ.ΟΜ.Κ.Μ.ΙΕΡ.ΣΧ.	31	ΑΣΤΡΟΜΕΡΙΤΗΣ (σε εξέλιξη)	57	ΑΠΟΣΤ.ΒΑΡΝΑΒΑΣ	99	ΑΛΑΜΠΡΑ	137	ΠΛΑΤΥ ΓΥΜΝΑΣΙΟ
4	ΑΓ.ΟΜ.Κ.Μ.ΣΤΡ.3.	32	ΔΕΥΤΕΡΑ	58	ΑΓ.ΟΜΟΛΟΓΗΤΕΣ	100	ΑΝΑΛΥΟΝΤΑΣ	138	ΑΡΧΑΓΓΕΛΟΥ ΛΥΚ.
5	ΑΓ.ΑΝΤΩΝΙΟΣ (σε εξέλιξη)	33	ΕΡΓΑΤΕΣ (σε εξέλιξη)	59	ΑΓ.ΑΝΔΡΕΑΣ	101	ΑΡΕΔΙΟΥ	139	ΑΓ.ΔΟΜΕΤΙΟΥ ΓΥΜΝ.
6	ΑΓ.ΔΟΜΕΤΙΟΣ Β	34	ΚΑΚΟΠΕΤΡΙΑ	60	ΑΓ.ΑΝΤΩΝΙΟΣ	102	ΑΣΤΡΟΜΕΡΙΤΗΣ (σε εξέλιξη)	140	ΔΙΑΝΕΛ. ΘΕΟΔΟΤ. ΓΥΜ.
7	ΑΓ.ΔΟΜΕΤΙΟΣ Γ	35	ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ ΟΡΕΙΝΗΣ	61	ΑΓ.ΔΟΜΕΤΙΟΣ Α (σε εξέλιξη)	103	ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ	141	ΕΓΚΩΜΗΣ ΓΥΜΝ.
8	ΑΓ.ΚΑΣΙΑΝΟΣ	36	ΚΑΜΠΙΑ	62	ΑΓ.ΔΟΜΕΤΙΟΣ Β	104	ΑΓ. ΤΡΙΜΙΘΙΑΣ (σε εξέλιξη)	142	ΚΥΚΚΟΥ Α ΛΥΚΕΙΟ (σε εξέλιξη)
9	ΔΑΣΟΥΠΟΛΗ	37	ΚΑΜΠΟΣ ΤΣΑΚΙΣΤΡΑΣ	63	ΑΓ.ΔΟΜΕΤΙΟΣ Γ	105	ΑΓ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΟΣ	143	ΚΥΚΚΟΥ Β ΛΥΚΕΙΟ
10	ΑΓΛΑΝΤΖΙΑ Α	38	ΚΑΠΕΔΕΣ	64	ΑΓ.ΚΑΣΙΑΝΟΣ	106	ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΑΛΟΥΝΤΑ	144	ΑΓΛΑΝΤΖΙΑΣ ΓΥΜΝ.
11	ΚΑΙΜΑΚΛΙ	39	ΚΛΗΡΟΥ	65	ΔΑΣΟΥΠΟΛΗ	107	ΔΑΛΙ Α	145	ΠΑΛΛΟΥΡΙΩΤΙΣΣΑ ΓΥΜ.
12	ΛΑΚΑΤΑΜΕΙΑ Α	40	ΚΟΚΚΙΝΟΤΡΙΜΙΘΙΑ	66	ΕΛΕΝΕΙΟ	108	ΔΑΛΙ Β	146	ΠΑΛΛΟΥΡΙΩΤΙΣΣΑ ΛΥΚ.
13	ΛΑΚΑΤΑΜΕΙΑ Β	41	ΚΟΡΑΚΟΥ	67	ΕΓΚΩΜΗ Α	109	ΔΕΝΕΙΑ	147	ΦΑΝΕΡΩΜΕΝΗΣ ΓΥΜΝ.
14	ΛΑΤΣΙΑ Α	42	ΛΥΘΟΡΟΔΟΝΤΑΣ	68	ΕΓΚΩΜΗ Β	110	ΔΕΥΤΕΡΑ	148	ΑΣΠΡΕΣ ΣΤΡΟΒ. ΓΥΜΝ.
15	ΣΥΝ.ΛΑΤΣΙΑ(ΣΤΕΓ)	43	ΜΑΜΜΑΡΙ	69	ΑΓΛΑΝΤΖΙΑ Α	111	ΕΠΙΣΚΟΠΕΙΟ	149	ΕΘΝ.ΚΥΠΡΙΑΝΟΥ ΛΥΚ
16	ΠΑΛΣΣΑ Β	44	ΜΑΘΙΑΤΗΣ	70	ΑΓΛΑΝΤΖΙΑ Γ	112	ΕΡΓΑΤΕΣ (σε εξέλιξη)	150	ΑΚΑΚΙΟΥ ΓΥΜΝ.
17	ΜΑΝΑ ΠΑΛΛΟΥΡ.	45	ΜΕΝΟΙΚΟ	71	ΑΓΛΑΝΤΖΙΑ Δ	113	ΕΥΡΥΧΟΥ (σε εξέλιξη)	151	ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑΣ ΓΥΜΝ
18	ΣΥΝ.ΠΑΛΛΟΥΡ.	46	ΜΙΤΣΕΡΟ	72	ΚΑΙΜΑΚΛΙ Α,Β	114	ΓΑΛΑΤΑ	152	ΔΑΛΙΟΥ ΓΥΜΝ.
19	ΦΑΝΕΡΩΜΕΝΗ	47	ΟΡΟΥΝΤΑ	73	ΚΑΙΜΑΚΛΙ Γ	115	ΚΑΚΟΠΕΤΡΙΑ	153	ΣΟΛΕΑΣ ΓΥΜΝ.
20	ΣΤΡ.Α ΧΡΥΣΕΛΕΟΥΣΑ	48	ΠΑΛΑΙΟΜΕΤΟΧΟ	74	ΚΟΡΝΕΣΙΟΣ	116	ΚΑΜΠΙΑ	154	ΣΟΛΕΑΣ ΛΥΚΕΙΟ (σε εξέλιξη)
21	ΛΟΙΖΙΔΕΙΟ	49	ΠΕΡΑ ΧΩΡΙΟ ΝΗΣΟΥ Α	75	ΛΑΚΑΤΑΜΕΙΑ Β	117	ΚΑΜΠΟΣ ΤΣΑΚΙΣΤΡΑΣ	155	Α'ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΛΙΑΣ
22	ΣΤ'ΣΤΡ.(ΕΞΟΡ.)	50	ΠΟΤΑΜΙΑ	76	ΛΑΚΑΤΑΜΕΙΑ Γ	118	ΚΑΠΕΔΕΣ	156	Β'ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΛΙΑΣ
23	ΓΕΡΙ Β	51	ΨΗΜΟΛΟΦΟΥ	77	ΛΑΚΑΤΑΜΕΙΑ Δ	119	ΚΟΚΚΙΝΟΤΡΙΜΙΘΙΑ Α		
24	ΠΑΣΥΔΥ	52	ΚΑΤΩ ΠΥΡΓΟΣ	78	ΛΑΤΣΙΑ Α	120	ΚΟΡΑΚΟΥ		
25	ΠΑΙΔΟΜΑΝΑ	53	ΤΕΜΠΡΙΑ	79	ΛΑΤΣΙΑ Β	121	ΛΥΘΟΡΟΔΟΝΤΑΣ		
26	ΣΧ.ΤΥΦΛΩΝ	54	ΤΣΕΡΙ	80	ΛΥΚΑΒΗΤΟΣ	122	ΜΑΜΜΑΡΙ		
27	ΛΙΟΣΤΡΟΦΙ			81	ΜΑΚΕΔΟΝΙΤΙΣΣΑ Α	123	ΜΑΘΙΑΤΗΣ		
28	ΛΑΙΟΝΣ			82	ΝΑΡΕΚ	124	ΜΙΤΣΕΡΟ		
				83	ΠΑΛΛΟΥΡΙΩΤΙΣΣΑ Β	125	ΠΑΛΑΙΟΜΕΤΟΧΟ Α		
				84	ΠΑΛΛΟΥΡΙΩΤΙΣΣΑ Γ	126	ΠΕΡΑ ΧΩΡΙΟ ΝΗΣΟΥ Α		
				85	ΦΑΝΕΡΩΜΕΝΗ	127	ΠΕΡΑ ΧΩΡΙΟ ΝΗΣΟΥ Β		
				86	ΣΤΡ.Α ΧΡΥΣΕΛΕΟΥΣΑ	128	ΠΕΡΑ ΟΡΕΙΝΗΣ		
				87	ΣΤΡ.Γ ΑΓ.ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	129	ΣΙΑ		
				88	ΣΤΡ.Δ ΑΓ.ΣΠΥΡΙΔΩΝΑΣ	130	ΦΑΡΜΑΚΑΣ		
				89	ΣΤΡ.Ε ΣΤΑΥΡΟΥ (σε εξέλιξη)	131	ΠΟΛΙΤΙΚΟ		
				90	ΓΕΡΙ Α	132	ΠΟΤΑΜΙΑ		
				91	ΓΕΡΙ Β	133	ΨΗΜΟΛΟΦΟΥ		
				92	ΣΧΟΛΗ ΚΩΦΩΝ	134	ΤΣΕΡΙ Β		
				93	ΕΙΔ.ΣΧ.ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟΣ				
				94	ΣΧ. ΤΥΦΛΩΝ				
				95	ΙΔΡΥΜ. ΝΕΑ ΕΛΕΟΥΣΑ				
				96	Κ.Ε.Α.ΑΝΑΠΗΡΩΝ				

Πηγή: ΤΥΥΠΠ,2011



**Πίνακας 5: Κατάλογος με σχολεία που ενισχύθηκαν ή είναι σε εξέλιξη εργασιών ενίσχυσης για την επαρχία Πάφου**

A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ	A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ	A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ
<b>ΠΑΦΟΣ</b>					
	<b><u>ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ (ΠΟΛΗ)</u></b>	-	<b><u>ΔΗΜΟΤΙΚΑ (ΠΟΛΗ)</u></b>	-	<b><u>ΜΕΣΗ</u></b>
1	ΧΛΩΡΑΚΑ	19	ΕΜΠΑΣ	41	Α ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΠΑΦΟΥ
2	ΠΑΦΟΣ Α	20	ΚΟΝΙΩΝ	42	ΑΡΧ. ΜΑΚΑΡΙΟΥ Γ ΛΥΚ.
3	ΠΑΦ. Γ ΑΠ.ΠΑΥΛΟΥ	21	ΠΑΦ. 1 ΝΕΟΦΥΤΕΙΟ	43	ΑΓ.ΝΕΟΦΥΤΟΥ ΛΥΚ.
4	ΠΑΦ. ΣΤ Κ.ΠΑΦΟΣ	22	ΠΑΦ. 2 ΔΗΜΗΤΡΕΙΟ	44	ΚΥΚΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟ
5	ΠΑΦ Η ΑΝΑΒΑΡΓΟΣ (σε εξέλιξη)	23	ΠΑΦ. 3 ΑΠ.ΠΑΥΛΟΥ	45	ΝΙΚΟΛΑΙΔΕΙΟ ΓΥΜΝ.
6	ΓΕΡΟΣΚΗΠΟΥ	24	ΠΑΦ. 4 Κ.ΠΕΡΒΟΛΙΩΝ	46	ΠΑΝΑΓΙΑΣ ΓΥΜΝ.
		25	ΠΑΦ. 6 Κ.ΠΑΦΟΣ	47	ΠΟΛΕΜΙΟΥ ΓΥΜΝ.
	<b><u>ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ (ΕΠΑΡΧΙΑ)</u></b>	26	ΠΑΦ. 7 ΑΓ.ΚΕΝΔΕΑΣ	48	ΠΟΛ. ΧΡΥΣΟΧΟΥΣ ΓΥΜ.
7	ΑΡΓΑΚΑ	27	ΠΑΦ. 8 ΙΟΡΔΑΝΙΟ (σε εξέλιξη)	49	ΠΟΛ. ΧΡΥΣΟΧΟΥΣ ΛΥΚ.
8	ΙΝΙΑΣ	28	ΠΑΦ. 9 ΚΟΥΠΑΤΙΟ	50	ΓΥΜ. ΚΑΤΩ ΠΥΡΓΟΥ
9	ΚΙΣΣΟΝΕΡΓΑ ΑΚΟΥΡΣ.		<b><u>ΔΗΜΟΤΙΚΑ (ΕΠΑΡΧΙΑ)</u></b>	51	ΤΕΧ. ΣΧ. ΠΑΦΟΥ (σε εξέλιξη)
10	ΚΟΥΚΛΙΑ ΑΡΧΙΜΑΝ.			-	-
11	ΣΙΜΟΥ	29	ΑΡΓΑΚΑ		
12	ΜΑΝΔΡΙΩΝ	30	ΙΝΙΑΣ		
13	ΠΑΝΑΓΙΑ ΑΣΠΡΟΓΙΑ	31	ΚΙΣΣΟΝΕΡΓΑ ΑΚΟΥΡΣ.		
14	ΠΕΓΕΙΑ	32	ΚΟΥΚΛΙΑ ΑΡΧΙΜΑΝ		
15	ΠΟΛΕΜΙ	33	ΣΙΜΟΥ		
16	ΠΩΜΟΣ ΠΑΧΥΑΜΜΟΣ	34	ΜΑΝΔΡΙΩΝ		
17	ΣΤΡΟΥΜΠΙ	35	ΠΑΝΑΓΙΑ ΑΣΠΡΟΓΙΑ		
18	ΤΣΑΔΑ ΚΟΙΛΗ	36	ΠΕΓΕΙΑ		
		37	ΠΟΛΕΜΙ		
		38	ΠΩΜΟΣ ΠΑΧΥΑΜΜΟΣ		
		39	ΣΤΡΟΥΜΠΙ		
		40	ΤΣΑΔΑ ΚΟΙΛΗ		

**Πηγή: ΤΥΥΠΠ,2011**

### 4.3 Καταγραφή σχολικών κτιρίων που κατεδαφίστηκαν και αντικαταστάθηκαν

Όταν το κόστος αντισεισμικής αναβάθμισης και ενίσχυσης των σχολικών κτιρίων ήταν περισσότερο από το 30% του κόστους αντικατάστασης, τα σχολεία κατεδαφίζονταν και γινόταν η αντικατάστασή τους. Πιο κάτω φαίνονται σε πίνακες τα σχολεία τα οποία αντικαταστάθηκαν και τα σχολεία που πρόκειται να αντικατασταθούν για κάθε επίπεδο εκπαίδευσης ξεχωριστά.

**Πίνακας 6: Νηπιαγωγεία που αντικαταστάθηκαν ή πρόκειται να αντικατασταθούν**

<b>ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ</b>	
<b>Α/Α</b>	<b>ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ</b>
<b>ΕΠΑΡΧΙΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ</b>	
1	ΑΛΕΘΡΙΚΟ
2	ΑΘΗΑΙΝΟΥ
3	ΛΕΙΒΑΔΙΑ
<b>ΠΟΛΗ ΛΕΜΕΣΟΥ</b>	
4	ΛΕΜΕΣΟΣ Γ (μελέτη)
5	ΛΕΜ 10 ΧΑΛΚΟΥΤΣΑΣ (μελέτη)
6	ΛΕΜ 13 ΑΓ.ΣΠΥΡΙΔΩΝΑ
7	ΛΕΜ 14 Μ.ΓΕΙΤΟΝΙΑΣ (μελέτη)
8	ΛΕΜ 22 ΑΓ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ
9	ΠΟΛΕΜΙΔΙΑ ΠΑΝΩ ΚΑΡΜΙΩΤ.
10	ΓΕΡΜΑΣΟΓΕΙΑ (εκτέλεση)
<b>ΕΠΑΡΧΙΑ ΛΕΜΕΣΟΥ</b>	
11	ΑΓΙΟΣ ΤΥΧΩΝΑΣ (μελέτη)
12	ΚΥΒΙΔΕΣ (εκτέλεση)
13	ΚΟΛΟΣΣΙ
14	ΠΕΛΕΝΔΡΙ (μελέτη)
15	ΠΕΝΤΑΚΩΜΟ
16	ΤΡΑΧΩΝΙ (μελέτη)
<b>ΠΟΛΗ ΛΕΥΚΩΣΙΑΣ</b>	
17	ΑΓ.ΔΟΜΕΤΙΟΣ Α (μελέτη)
18	ΑΓΛΑΝΤΖΙΑ Ε (εκτέλεση)
19	ΣΤΡ.Ε ΣΤΑΥΡΟΥ (εκτέλεση)
20	ΓΕΡΙ Α
<b>ΕΠΑΡΧΙΑ ΛΕΥΚΩΣΙΑΣ</b>	
21	ΑΚΑΚΙ (μελέτη)
22	ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ ΟΡΕΙΝΗΣ (εκκρεμεί)
23	ΚΛΗΡΟΥ (εκκρεμεί)
24	ΦΑΡΜΑΚΑΣ (μελέτη)
<b>ΠΟΛΗ ΠΑΦΟΥ</b>	
25	ΠΑΦ Β ΜΟΥΤΤΑΛΟΣ (μελέτη)
26	ΠΑΦ Δ Κ.ΠΕΡΒΟΛΙΩΝ
27	ΠΑΦ Θ ΠΕΤΡΙΔΕΙΟ
<b>ΕΠΑΡΧΙΑ ΠΑΦΟΥ</b>	
28	ΚΑΤΩ ΠΥΡΓΟΣ
29	ΤΑΛΑ (μελέτη)
30	ΤΙΜΗ (εκτέλεση)

Πηγή: ΤΥΥΠΠ,2011

**Πίνακας 7: Σχολεία Δημοτικής εκπαίδευσης που αντικαταστάθηκαν ή πρόκειται να αντικατασταθούν**

<b>ΔΗΜΟΤΙΚΑ</b>	
<b>Α/Α</b>	<b>ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ</b>
<b>ΕΠΑΡΧΙΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ</b>	
1	ΑΘΗΝΙΟΥ (μελέτη)
2	ΚΑΛΑΒΑΣΟΣ
3	ΠΕΡΒΟΛΙΑ
4	ΖΥΓΙ ΒΑΣΙΛΙΚΟ ΜΑΡΙ (μελέτη)
<b>ΠΟΛΗ ΛΕΜΕΣΟΥ</b>	
5	ΛΕΜΕΣΟΣ Γ (μελέτη)
6	ΛΕΜ 10 ΧΑΛΚΟΥΤΣΑΣ (μελέτη)
7	ΛΕΜ 14 Μ.ΓΕΙΤΟΝΙΑΣ (μελέτη)
8	ΓΕΡΜΑΣΟΓΕΙΑ (μελέτη)
<b>ΕΠΑΡΧΙΑ ΛΕΜΕΣΟΥ</b>	
9	ΑΨΙΟΥ ΓΕΡΑΣΑ ΜΑΘΗΚΟΛΟΝΗ
<b>ΠΟΛΗ ΠΑΦΟΥ</b>	
10	ΠΑΦ 5 ΜΟΥΤΤΑΛΟΣ (μελέτη)
<b>ΕΠΑΡΧΙΑ ΠΑΦΟΥ</b>	
11	ΚΑΤΩ ΠΥΡΓΟΣ
12	ΤΑΛΑ (μελέτη)
13	ΤΙΜΗ (εκτέλεση)

**Πηγή: ΤΥΥΠΠ,2011**

**Πίνακας 8: Σχολεία Μέσης εκπαίδευσης που αντικαταστάθηκαν ή πρόκειται να αντικατασταθούν**

<b>ΜΕΣΗ</b>	
<b>Α/Α</b>	<b>ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ</b>
<b>ΠΟΛΗ ΛΑΡΝΑΚΑΣ</b>	
1	ΔΙΑΝΕΛΛΕΙΟ ΓΥΜΝ. (μελέτη)
2	ΑΘΗΝΙΟΥ ΓΥΜΝΑΣΙΟ
<b>ΠΟΛΗ ΛΕΜΕΣΟΥ</b>	
3	ΠΟΛΕΜΙΔΙΩΝ ΛΥΚΕΙΟ
4	Α ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧ. ΛΕΜΕΣ. (μελέτη)
<b>ΠΟΛΗ ΛΕΥΚΩΣΙΑΣ</b>	
5	ΑΚΡΟΠΟΛΙΣ ΛΥΚΕΙΟ
6	ΑΡΧ.ΜΑΚΑΡΙΟΥ Γ ΛΥΚΕΙΟ

**Πηγή: ΤΥΥΠΠ,2011**

#### 4.4 Στατιστικά στοιχεία

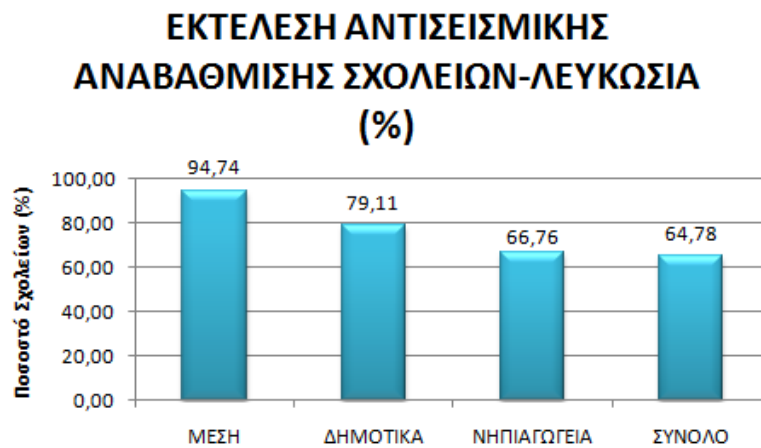
Σύμφωνα με το ΤΤΥΠΠ τα στατιστικά στοιχεία σχετικά με την εκτέλεση των σχολικών κτιρίων φαίνονται στον Πίνακα 9. Φαίνεται το ποσοστό εκτέλεσης της Μέσης εκπαίδευσης (Γυμνάσια και Λύκεια) ανά επαρχία και Δημοτικής και Νηπιαγωγείων ξεχωριστά ανά επαρχία και πόλη. Στα ποσοστά αυτά περιλαμβάνονται όλα τα σχολεία της Κύπρου, δηλαδή και τα σχολεία που έγιναν και τα σχολεία που εκτελούνται και τα σχολεία που ακόμη βρίσκονται στο στάδιο της μελέτης αλλά και τα σχολεία τα οποία αντικαταστήθηκαν.

**Πίνακας 9: Στατιστικά Στοιχεία Εκτέλεσης Σχολικών Κτιρίων ανά Επαρχία**

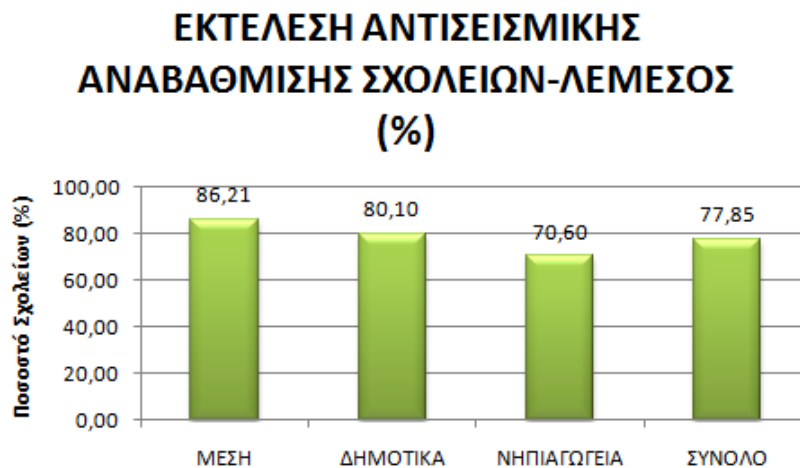
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΕΙΩΝ		ΕΚΤΕΛΕΣΗ
		%
ΜΕΣΗ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΛΕΥΚΩΣΙΑ (37)		94,74
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΠΟΛΗΣ ΛΕΥΚΩΣΙΑ (54)		76,36
ΔΗΜ.&ΚΟΙΝ.ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ ΠΟΛΗΣ ΛΕΥΚΩΣΙΑ (45)		62,22
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΛΕΥΚΩΣΙΑ (52)		81,97
ΔΗΜ.& ΚΟΙΝ. ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΛΕΥΚΩΣΙΑ (41)		71,74
ΣΥΝΟΛΟ	234	
ΜΕΣΗ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΛΕΜΕΣΟΣ (28)		86,21
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΠΟΛΗΣ ΛΕΜΕΣΟΣ (40)		82,50
ΔΗΜ.&ΚΟΙΝ.ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ ΠΟΛΗΣ ΛΕΜΕΣΟΣ (28)		73,33
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΛΕΜΕΣΟΣ (37)		77,50
ΔΗΜ.& ΚΟΙΝ. ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΛΕΜΕΣΟΣ (28)		67,86
ΣΥΝΟΛΟ	163	
ΜΕΣΗ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΛΑΡΝΑΚΑΣ (17)		88,24
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΠΟΛΗΣ ΛΑΡΝΑΚΑΣ (22)		81,82
ΔΗΜ.&ΚΟΙΝ.ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ ΠΟΛΗΣ ΛΑΡΝΑΚΑΣ (17)		84,21
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΛΑΡΝΑΚΟΣ (36)		86,49
ΔΗΜ.& ΚΟΙΝ. ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΛΑΡΝΑΚΟΣ (32)		53,12
ΣΥΝΟΛΟ	126	
ΜΕΣΗ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΠΑΦΟΥ (14)		85,71
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΠΟΛΗΣ ΠΑΦΟΥ (16)		77,42
ΔΗΜ.&ΚΟΙΝ.ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ ΠΟΛΗΣ ΠΑΦΟΥ (12)		68,42
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΠΑΦΟΥ (28)		77,42
ΔΗΜ.&ΚΟΙΝ.ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΠΑΦΟΥ (18)		68,42
ΣΥΝΟΛΟ	89	
ΜΕΣΗ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΑΜΜΟΧΩΣΤΟΥ (5)		80,00
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΑΜΜΟΧΩΣΤΟΥ (18)		88,89
ΔΗΜ.&ΚΟΙΝ.ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΑ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΑΜΜΟΧΩΣΤΟΥ (13)		84,62
ΣΥΝΟΛΟ	36	

Πηγή: ΤΤΥΠΠ, 2011

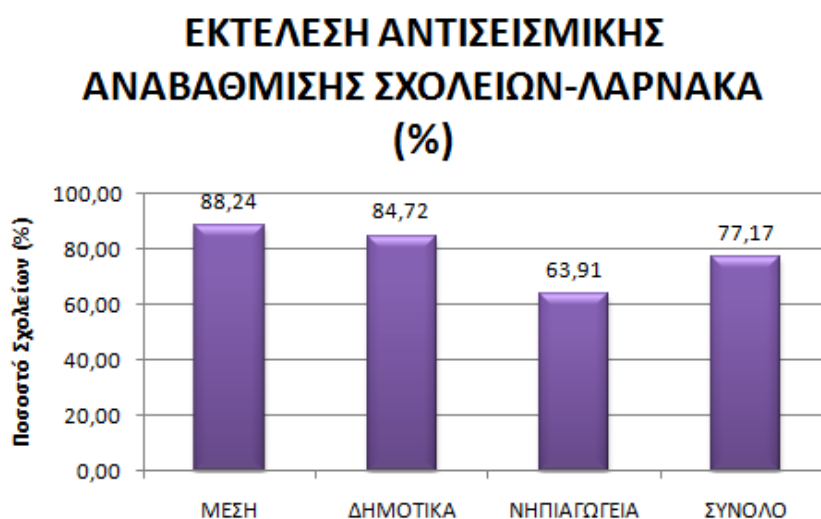
Τα στατιστικά στοιχεία για τα σχολεία σε κάθε επαρχία αλλά και για ολόκληρο το νησί φαίνονται στα διαγράμματα πιο κάτω.



Εικόνα 6: Στατιστικά στοιχεία εκτέλεσης αντισεισμικής αναβάθμισης σχολείων στην Λευκωσία

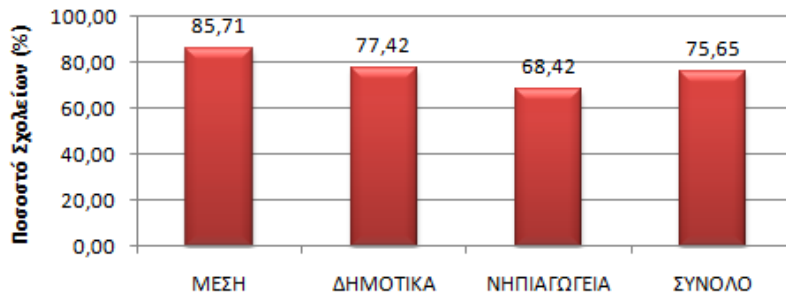


Εικόνα 7: Στατιστικά στοιχεία εκτέλεσης αντισεισμικής αναβάθμισης σχολείων στην Λεμεσό



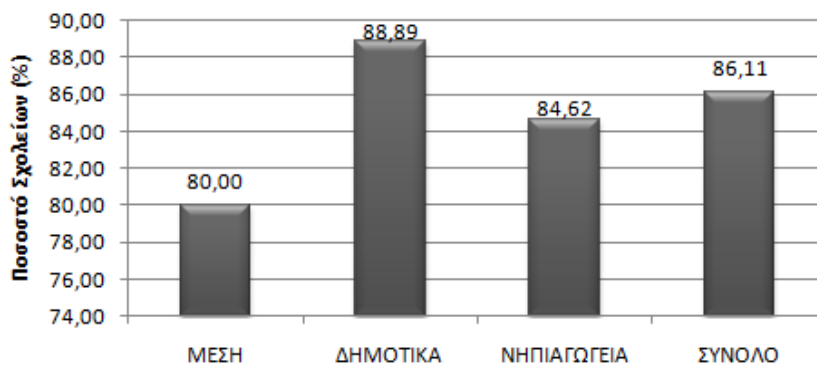
Εικόνα 8: Στατιστικά στοιχεία εκτέλεσης αντισεισμικής αναβάθμισης σχολείων στην Λάρνακα

### ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΣΧΟΛΕΙΩΝ-ΠΑΦΟΣ (%)



Εικόνα 9: Στατιστικά στοιχεία εκτέλεσης αντισεισμικής αναβάθμισης σχολείων στη Πάφο

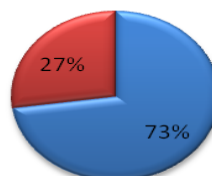
### ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΣΧΟΛΕΙΩΝ- ΑΜΜΟΧΩΣΤΟΣ (%)



Εικόνα 10: Στατιστικά στοιχεία εκτέλεσης αντισεισμικής αναβάθμισης σχολείων στην Αμμόχωστο

### ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ

■ Εκτέλεση Αντισεισμικής Αναβάθμισης ■ Εκκρεμού



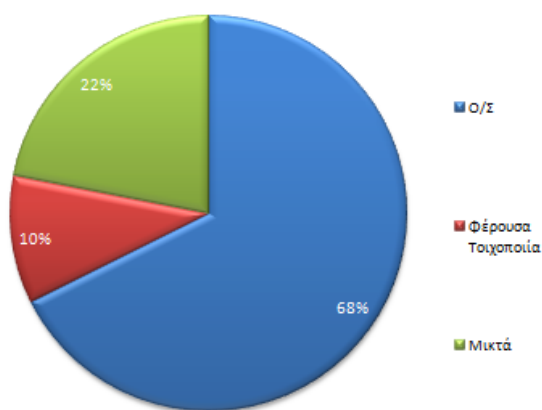
Εικόνα 11: Στατιστικά στοιχεία εκτέλεσης αντισεισμικής αναβάθμισης σχολείων στην Κύπρο

#### 4.5 Καταγραφή στοιχείων για τα σχολικά κτίρια που αναβαθμίστηκαν- Ανάλυση στοιχείων

Σε όλη την Κύπρο αναβαθμίστηκε συνολικά το 73% των σχολείων σε όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης. Από αυτά τα σχολεία καταγράφηκαν στοιχεία (βλ. κεφάλαιο 4.1) για 117 σχολεία σε ολόκληρη την Κύπρο από όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης. Συνολικά για 10 νηπιαγωγεία, 70 δημοτικά, 26 γυμνάσια και 11 λύκεια. Αυτά τα στοιχεία όμως, λόγω της δυσκολίας στην συλλογή τους δεν ήταν δυνατόν να καταγραφούν για όλα τα σχολεία. Σύμφωνα με αυτά τα στοιχεία που καταγράφηκαν, μετά από ανάλυσή τους προέκυψαν κάποια διαγράμματα από τα οποία μπορούν να βγουν μερικά συμπεράσματα. Πιο κάτω φαίνονται τα διαγράμματα από τα στοιχεία που καταγράφηκαν για τα πιο πάνω σχολεία. Σε πολλές περιπτώσεις, τα διαγράμματα αναφέρονται σε σχολικά κτίρια και όχι σε σχολεία αφού η ανάλυση έγινε για κάθε σχολικό κτίριο και όχι για κάθε σχολείο (αφού κάθε σχολείο αποτελείται τις περισσότερες φορές από πολλά κτίρια).

Η πλειοψηφία των σχολικών κτιρίων στην Κύπρο, σύμφωνα με την Εικόνα 12, φαίνεται ότι είναι από Ο/Σ (68%) και ακολουθούν τα σχολεία με μικτό δομικό σύστημα (22%) ενώ λίγα είναι τα κτίρια μόνο με φέρουσα τοιχοποιία (10%). Αυτά τα αποτελέσματα προέρχονται από ένα σχετικά ικανοποιητικό δείγμα σχολικών κτιρίων.

**Ποσοστά σχολικών κτιρίων ανάλογα με το δομικό τους σύστημα (Δείγμα: 105 Σχολικά Κτίρια)**

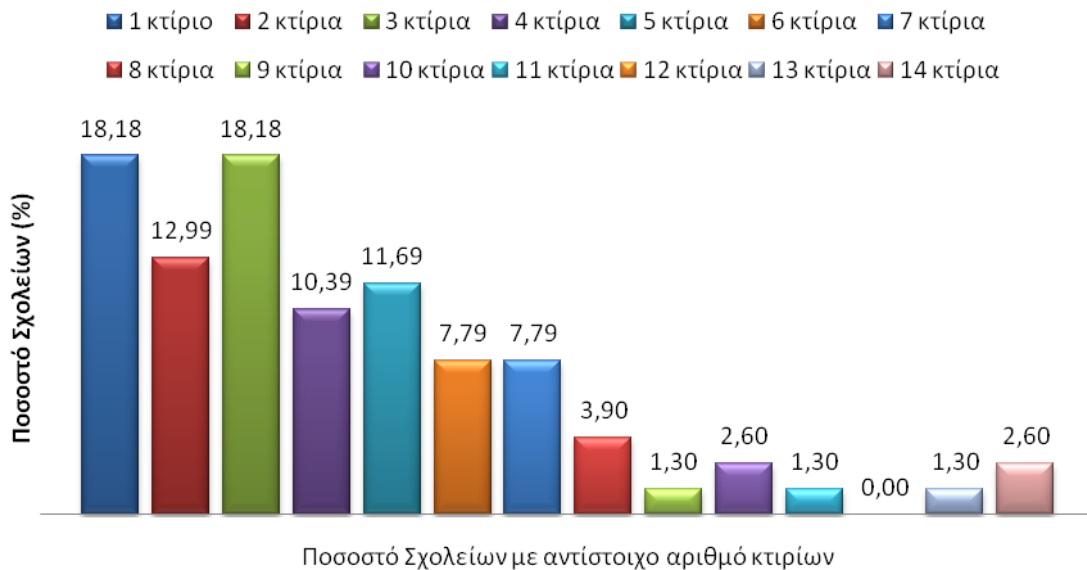


**Εικόνα 12: Δομικό Σύστημα Σχολικών Κτιρίων**

Στην Εικόνα 13, φαίνεται το ποσοστό των σχολείων με τον αντίστοιχο αριθμό κτιρίων, με δείγμα 77 σχολείων. Φαίνεται ότι τα περισσότερα σχολεία έχουν ένα ή τρία κτίρια, μετά

ακολουθούν τα σχολεία με δύο ή πέντε κτίρια και λίγα σχολεία έχουν περισσότερα από οκτώ κτίρια. Γενικά τα κτίρια σε κάθε σχολείο κυμαίνονται από ένα κτίριο μέχρι 14 κτίρια.

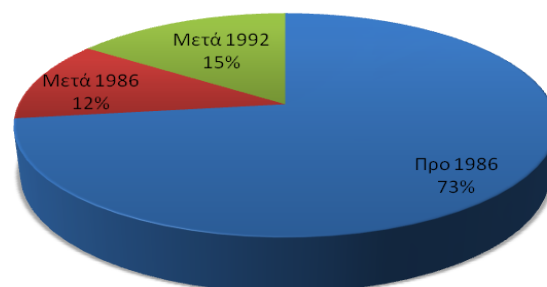
### Αριθμός Κτιρίων σε κάθε Σχολείο (Δείγμα: 77 Σχολεία)



Εικόνα 13: Αριθμός Κτιρίων σε κάθε Σχολείο

Τα σχολικά κτίρια στην Κύπρο κατασκευάστηκαν είτε πριν τα 1<sup>α</sup> μέτρα προστασίας από σεισμούς (προ 1986) είτε μετά τα 1<sup>α</sup> μέτρα προστασίας από σεισμούς (μετά 1986) είτε μετά το Σχέδιο για ένα σεισμικό κώδικα (μετά 1992). Στην Εικόνα 14, φαίνονται τα ποσοστά των σχολικών κτιρίων ανάλογα με την χρονική περίοδο που κατασκευάστηκαν με δείγμα 111 σχολικά κτίρια. Σύμφωνα με την πιο κάτω Εικόνα, φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των σχολικών κτιρίων κατασκευάστηκαν πριν τα 1<sup>α</sup> μέτρα προστασίας από σεισμούς. Πολλά σχολεία όμως που κατασκευάστηκαν έστω και με παλαιότερους κανονισμούς ή κώδικες παρουσίαζαν προβλήματα και έπρεπε να ενισχυθούν σύμφωνα με το εγχειρίδιο των ΤΥΥΠΠ που έγινε ειδικά για την αντισεισμική αναβάθμιση και ενίσχυση των σχολικών κτιρίων.

### Χρονική περίοδος κατασκευής σχολικών κτιρίων (Δείγμα: 111 σχολικά κτίρια)



Εικόνα 14: Έτος κατασκευής σχολικών κτιρίων



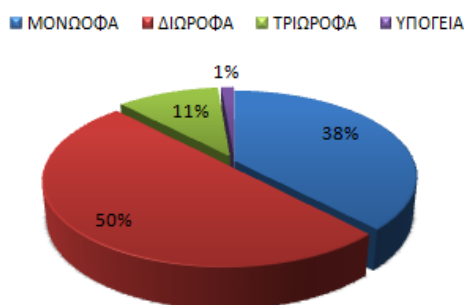
Η διάρκεια για αντισεισμική αναβάθμιση και ενίσχυση σχολικών κτιρίων κυμαίνεται μεταξύ 4 και 48 μηνών. Ο μέσος χρόνος για εκτέλεση των εργασιών είναι 19 μήνες. Σύμφωνα με την Εικόνα 15, η οποία προέκυψε από δείγμα 68 σχολείων το μεγαλύτερο ποσοστό σχολείων χρειάζεται 7 με 28 μήνες για την εκτέλεση των εργασιών. Σημειώνεται ότι για την δημιουργία αυτού του διαγράμματος χρησιμοποιήθηκαν οι ημερομηνίες προσωρινής παραλαβής των σχολείων και όχι τελικής παραλαβής. Αφού η τελική παραλαβή του έργου είναι ένας χρόνος μετά το τέλος των εργασιών για να λειτουργήσουν να σχολεία και να φανούν οποιεσδήποτε κατασκευαστικές ατέλειες ή λάθη του εργολάβου.



**Εικόνα 15: Διάρκεια έργων Αντισεισμικής Αναβάθμισης και Ενίσχυσης Σχολείων**

Τα σχολικά κτίρια είτε είναι μονώροφα, είτε διώροφα, είτε τριώροφα. Σε ελάχιστες περιπτώσεις υπήρχαν και διώροφα κτίρια με υπόγειο. Σύμφωνα με την Εικόνα 16, η οποία δημιουργήθηκε με δείγμα 148 σχολικών κτιρίων φαίνεται ότι τα περισσότερα σχολικά κτίρια είναι διώροφα και μετά ακολουθούν τα μονώροφα.

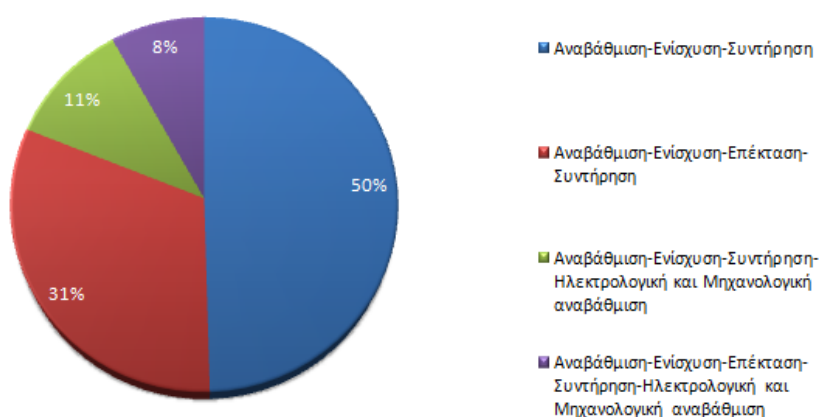
**Ποσοστό σχολικών κτιρίων σε σχέση με  
το Ύψος τους (Δείγμα: 148 Σχολικά  
Κτίρια)**



**Εικόνα 16: Ύψος Σχολικών Κτιρίων**

Σε όλα τα σχολεία τα οποία αναβαθμίστηκαν και ενισχύθηκαν αντισεισμικά πάντα γινόταν και γενική συντήρηση των κτιρίων. Υπήρχαν όμως και άλλα είδη επεμβάσεων όπως επεκτάσεις και ηλεκτρολογικές και μηχανολογικές αναβαθμίσεις. Στο πιο κάτω γράφημα (Εικόνα 17), το οποίο δημιουργήθηκε με δείγμα 111 σχολεία, φαίνεται ότι στο 50% των σχολείων οι επεμβάσεις ήταν μόνο για αντισεισμική αναβάθμιση, ενίσχυση και γενική συντήρηση, ενώ μεγάλο είναι και το ποσοστό των σχολείων (31%) τα οποία συμπεριλάμβαναν και επεκτάσεις. Σε μικρότερα ποσοστά σχολείων μαζί με την αντισεισμική αναβάθμιση και ενίσχυση ή και με επεκτάσεις συμπεριλαμβάνονταν και εργασίες ηλεκτρολογικής και μηχανολογικής αναβάθμισης.

**Είδος Επέμβασης στα σχολεία (Δείγμα: 111 Σχολεία)**



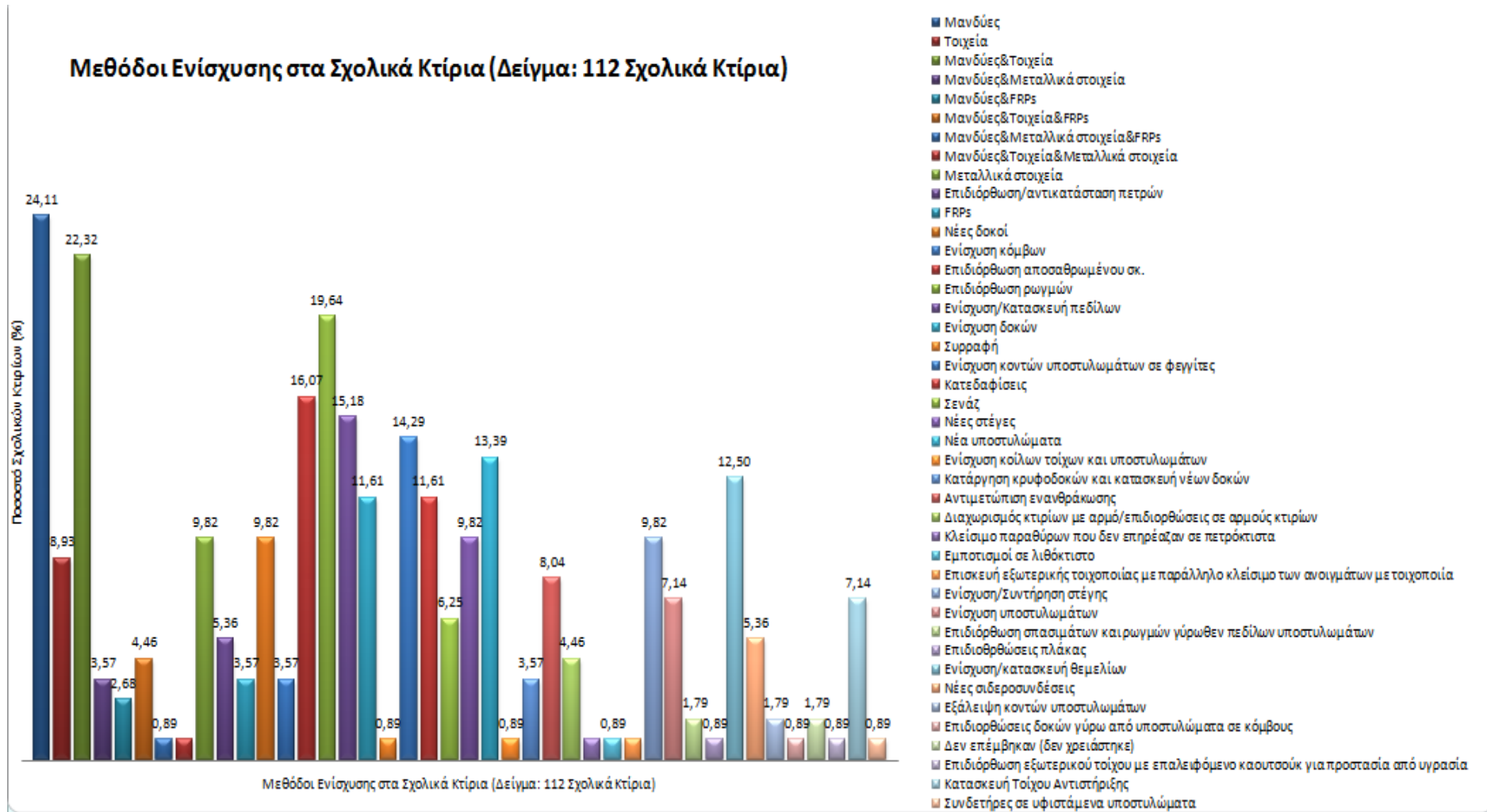
**Εικόνα 17: Είδος επέμβασης στα Σχολεία**

Οι κύριες μέθοδοι και τεχνικές που εφαρμόστηκαν στα σχολικά κτίρια, σύμφωνα με το διάγραμμα στην Εικόνα 18, το οποίο δημιουργήθηκε με δείγμα 112 σχολικών κτιρίων, είναι οι μανδύες Ο/Σ (24,11%) σε δοκούς και υποστυλώματα και οι μανδύες Ο/Σ σε συνδυασμό με Τοιχεία (22,32%). Επίσης, φαίνεται ότι σε μεγάλο ποσοστό σχολικών κτιρίων γινόταν επιδιόρθωση ρωγμών, ενίσχυση κόμβων, η ενίσχυση δοκών με άλλες μεθόδους οι οποίες φαίνονται αναλυτικά πιο κάτω, η ενίσχυση κοντών υποστυλωμάτων σε φεγγίτες, οριζόντια διαζώματα στη στάθμη της στέγης (σενάζ) στα κτίρια με φέρουσα τοιχοποιία και ανακατασκευή ξύλινων στεγών, η κατασκευή νέων υποστυλωμάτων, αλλά και η κατασκευή ή η ενίσχυση υφιστάμενων θεμελίων.

Οι επιταχύνσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των σχολικών κτιρίων στον υπολογιστή, λαμβάνονταν τις πλείστες φορές εκτός από τα σχολεία που ενισχύθηκαν τα τελευταία χρόνια για τα οποία γινόταν χρήση μεγαλύτερων επιταχύνσεων σύμφωνα με τους νεότερους κώδικες, από τις οδηγίες των ΤΥΥΠΠ (βλ. Παράρτημα 8). Σύμφωνα με γράφημα

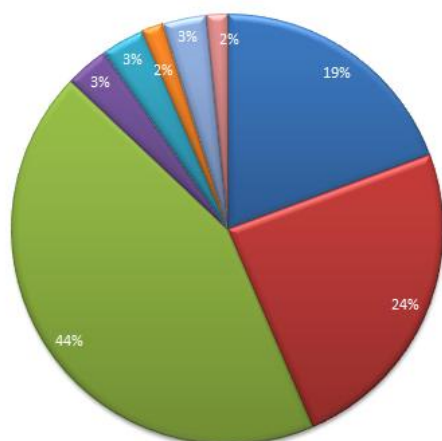
της Εικόνας 19, φαίνεται ότι χρησιμοποιήθηκαν επιταχύνσεις 0,15g και 0,1g κυρίως. Αν και οι επιταχύνσεις καθορίζονται σύμφωνα με την περιοχή που βρίσκεται το κάθε σχολείο.

### Μεθόδοι Ενίσχυσης στα Σχολικά Κτίρια (Δείγμα: 112 Σχολικά Κτίρια)



Εικόνα 18: Μέθοδοι Ενίσχυσης Στα Σχολικά Κτίρια

**Επιτάχυνσεις που χρησιμοποιήθηκαν (Δείγμα: 62 Σχολεία)**

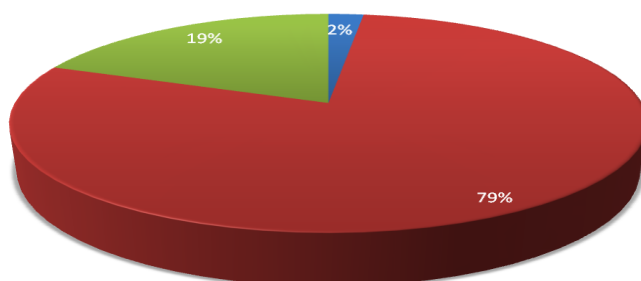


**Εικόνα 19: Επιταχύνσεις που χρησιμοποιήθηκαν στα Σχολεία**

Στα σχολικά κτίρια, το επίπεδο ασφάλειας επίσης καθοριζόταν από το εγχειρίδιο των ΤΥΥΠΠ (βλ. Παράρτημα 8), ανάλογα με το πόσο σημαντικό ήταν το σχολείο σε συνδυασμό με την υφιστάμενή του κατάσταση. Δηλαδή για ένα σχολείο το οποίο έπρεπε να ενισχυθεί για να είναι ασφαλές αλλά στο μέλλον επρόκειτο να κατεδαφιστεί χρησιμοποιήσαν επίπεδο ασφάλειας I (10 χρόνια). Βλέποντας το διάγραμμα πιο κάτω, (Εικόνα 20), φαίνεται ότι τις περισσότερες φορές τα σχολεία ενισχύονταν με επίπεδο ασφάλειας III (50 χρόνια) ενώ αντίθετα, ελάχιστα σχολεία ενισχύθηκαν με επίπεδο ασφάλειας I.

**Επίπεδο Ασφάλειας για κάθε κτίριο (Δείγμα: 47 Σχολικά Κτίρια)**

■ I (10 χρόνια) ■ II (20 χρόνια) ■ III (50 χρόνια)



**Εικόνα 20: Επίπεδο Ασφάλειας για Σχολικά Κτίρια**

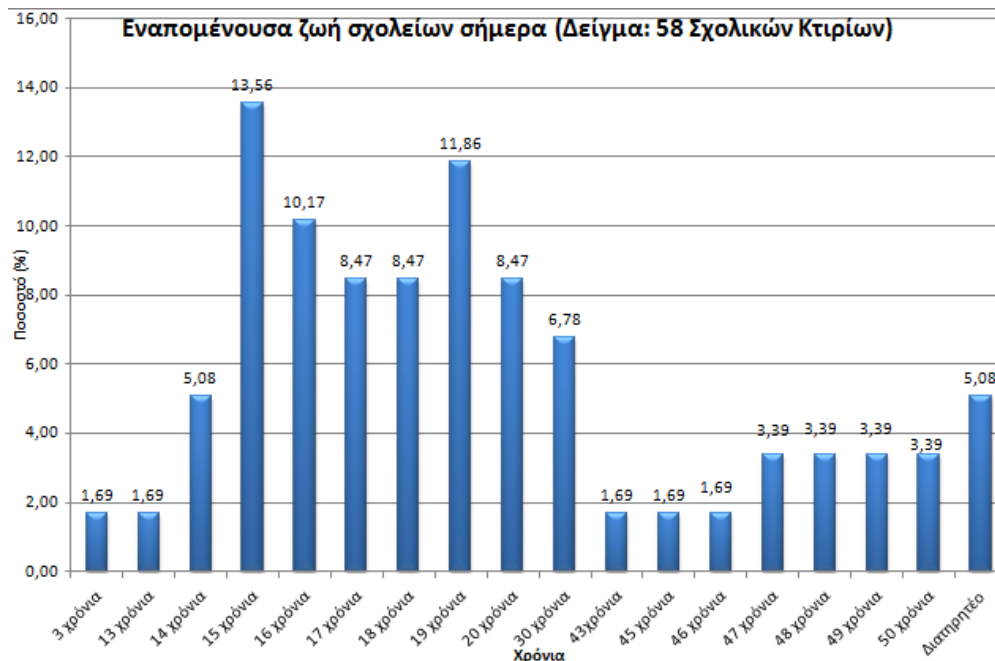
Σύμφωνα με το επίπεδο ασφάλειας που χρησιμοποιήθηκε για κάθε σχολικό κτίριο, το μεγαλύτερο ποσοστό σχολικών κτιρίων αμέσως μετά το τέλος των εργασιών ενίσχυσης έχει εναπομένονσα ζωή 50 χρόνια, ενώ ένα μικρό ποσοστό σχολικών κτιρίων είναι διατηρητέα και

πολύ λίγα σχολεία έχουν εναπομένουσα ζωή 10 χρόνια (Εικόνα 21). Στο διάγραμμα που φαίνεται στην Εικόνα 22, φαίνεται η εναπομένουσα ζωή των σχολικών κτιρίων σήμερα. Σε τρία χρόνια θα πρέπει να ξεκινήσουν οι εργασίες αποτίμησης υφιστάμενης κατάστασης σε μικρό ποσοστό σχολικών κτιρίων, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό σχολικών κτιρίων θα πρέπει να ελεγχθεί ως προς την ασφάλειά του σε σεισμική επάρκεια σε 15 χρόνια.

### Εναπομένουσα ζωή αμέσως μετά το τέλος του έργου (Δείγμα: 54 Σχολικών Κτιρίων)



Εικόνα 21: Εναπομένουσα ζωή Σχολικών Κτιρίων αμέσως μετά την ενίσχυση

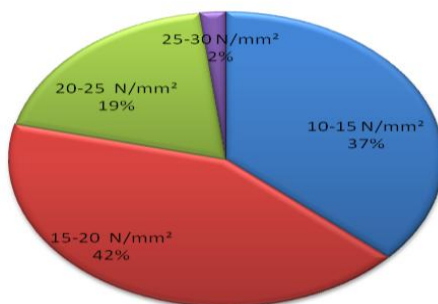


Εικόνα 22: Εναπομένουσα ζωή Σχολείων (τα οποία ενισχύθηκαν) σήμερα

Σε κάθε σχολείο στο στάδιο της μελέτης γινόταν λήψη πυρήνων από το μπετόν, για να γίνει εργαστηριακός έλεγχος έτσι ώστε να είναι γνωστές οι αντοχές των υλικών, καθώς επίσης γίνονταν και χημικές αναλύσεις σύμφωνα με τις οδηγίες των ΤΥΥΠΠ (βλ. Παράρτημα 8). Καταγράφηκαν ο μέσος όρος της αντοχής υλικών από κάθε σχολείο και τα αποτελέσματα από τις χημικές αναλύσεις και δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα τα οποία φαίνονται στις Εικόνες

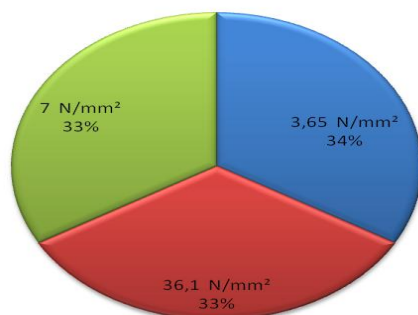
23, 24 και 25. Για τη δημιουργία της Εικόνας 23, δεν χρησιμοποιήθηκε αρκετό δείγμα σχολικών κτιρίων επομένως δεν μπορούν να βγουν ικανοποιητικά αποτελέσματα αλλά φαίνεται η διακύμανση των τιμών αντοχής πέτρας ότι είναι πολύ μεγάλη. Για τα κτίρια από Ο/Σ φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό σχολικών κτιρίων έχει αντοχές κάτω από 25N/mm<sup>2</sup>, αλλά για αντοχές από 10N/mm<sup>2</sup> μέχρι 20N/mm<sup>2</sup> τα σχολεία κυμαίνονται στα ίδια ποσοστά.

**Αντοχές Μπετόν Κτιρίων Ο/Σ (Δείγμα: 52 Σχολικά Κτίρια)**



**Εικόνα 23: Αντοχές Υλικών για Κτίρια από Ο/Σ**

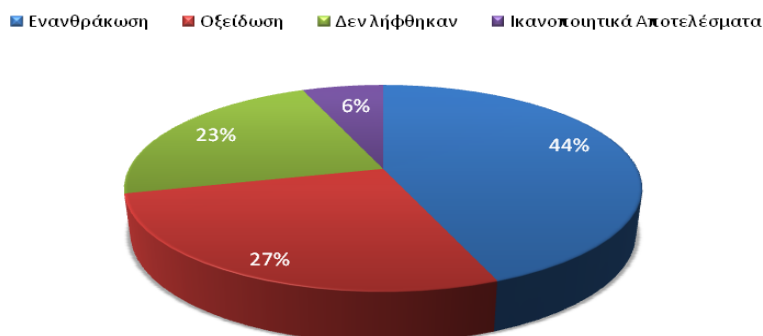
**Αντοχές Πέτρας Κτιρίων με φέρουσα τοιχοποιία (Δείγμα: 3 Σχολικά Κτίρια)**



**Εικόνα 24: Αντοχές Υλικών για Κτίρια με Φέρουσα Τοιχοποιία**

Από τις χημικές αναλύσεις που καταγράφηκαν (Εικόνα 25), φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό σχολικών κτιρίων αντιμετωπίζει προβλήματα ενανθράκωσης και σε λιγότερο βαθμό οξείδωσης. Πολύ μικρό ποσοστό σχολικών κτιρίων είχε ικανοποιητικά αποτελέσματα από τις χημικές αναλύσεις.

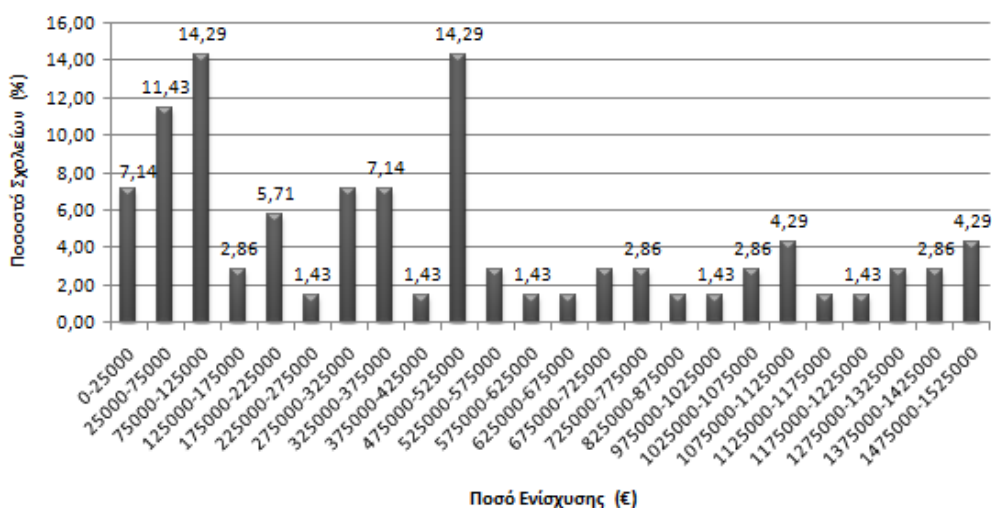
## Χημικές Αναλύσεις Σχολείων (Δείγμα: 66 Σχολεία)



Εικόνα 25: Χημικές Αναλύσεις Σχολείων

Το κόστος για την ενίσχυση και αναβάθμιση των σχολείων κυμαίνεται από 1 145 ευρώ μέχρι 15 000 000 ευρώ σύμφωνα με τα στοιχεία που καταγράφηκαν. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η καταγραφή του κόστους ενίσχυσης είναι εξαιρετικά δύσκολη εφόσον στα σχολεία γίνονταν και άλλες εργασίες (επεκτάσεις, γενική συντήρηση) εκτός από τις εργασίες ενίσχυσης και αναβάθμισης. Έτσι, τα ποσά αυτά δεν αντιπροσωπεύουν ακριβώς το επιθυμητό κόστος, αλλά αποκλίνουν είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω. Από τα δεδομένα (Εικόνα 26) φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό σχολείων είχε κόστος ενίσχυσης είτε 75 000 με 125 000 ευρώ είτε 475 000 με 525 000 ευρώ. Ο μέσος όρος του κόστους ενίσχυσης στα σχολικά κτίρια είναι 483 667 ευρώ. Ενώ για το Ποσό Συμβολαίου το μέγιστο Ποσό ήταν 2 120 711 ευρώ, το ελάχιστο Ποσό Συμβολαίου ήταν 75 992 ευρώ και ο μέσος όρος 40 775 090 ευρώ (δεδομένα από 39 σχολεία).

## Κόστος Ενίσχυσης (€) - (Δείγμα: 75 Σχολεία)



Εικόνα 26: Κόστος Ενίσχυσης Σχολείων



Το κόστος για αντικατάσταση των σχολείων φαίνεται πιο κάτω (Εικόνα 27) και κυμαίνεται από 30 000 ευρώ μέχρι 7 000 000 ευρώ. Ο μέσος όρος του κόστους αντικατάστασης για δείγμα 109 σχολείων είναι 3 515 000 ευρώ. Το μεγαλύτερο ποσοστό σχολείων έχει κόστος αντικατάστασης 30 000 με 500 000 ευρώ.



**Εικόνα 27: Κόστος Αντικατάστασης Σχολείων**

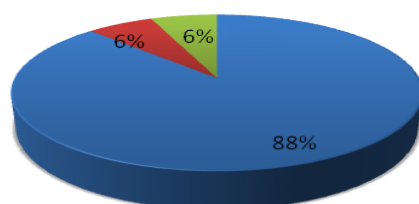
Για συγκριτικούς σκοπούς αλλά και για καλύτερη χρήση των στοιχείων που καταγράφηκαν έγιναν συνδυασμοί των στοιχείων για περαιτέρω αποτελέσματα. Στις επόμενες Εικόνες φαίνονται τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν συνδυάζοντας ζευγάρια δεδομένων. Σε αρκετές περιπτώσεις το δείγμα των σχολικών κτιρίων είναι ελάχιστο και έτσι τα αποτελέσματα σε αυτές τις περιπτώσεις έχουν σημαντικό βαθμό λάθους. Επίσης, σε ορισμένες περιπτώσεις όταν το δείγμα ήταν πάρα πολύ μικρό δεν δημιουργήθηκαν καθόλου τα διαγράμματα.

Έγιναν διαγράμματα σχετικά με το έτος κατασκευής των σχολικών κτιρίων. Στις Εικόνες 28 μέχρι 31 φαίνεται η σχέση του δομικού συστήματος των σχολικών κτιρίων με το έτος κατασκευής τους. Σύμφωνα με τα διαγράμματα στις Εικόνες 28 μέχρι 31, το μεγαλύτερο ποσοστό σχολείων που κατασκευάστηκαν σε όλες τις χρονικές περιόδους είναι από Ο/Σ. Για τη χρονική περίοδο μετά το 1986 δεν κατασκευάστηκαν καθόλου κτίρια με μικτό δομικό σύστημα ενώ για τις άλλες δύο χρονικές περιόδους κατασκευάστηκαν και με μικτό δομικό σύστημα και με φέρουσα τοιχοποιία κτίρια αλλά σε πολύ μικρό ποσοστό συγκριτικά με τα κτίρια από Ο/Σ.



**Σχέση δομικού συστήματος σχολικών κτιρίων με τη χρονική περίοδο κατασκευής του (Δείγμα: 16 Σχολικά Κτίρια)**

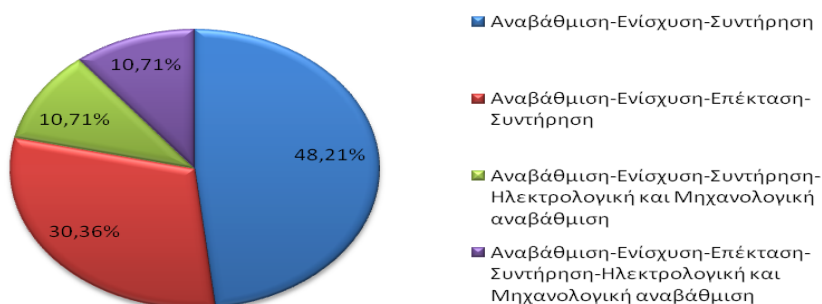
- Μετά σεισμικό κώδικα-Ο/Σ
- Μετά σεισμικό κώδικα-Φέρουσα Τοιχοποιία
- Μετά σεισμικό κώδικα-Μικτά



**Εικόνα 31: Δομικό Σύστημα – Κατασκευή μετά το 1992**

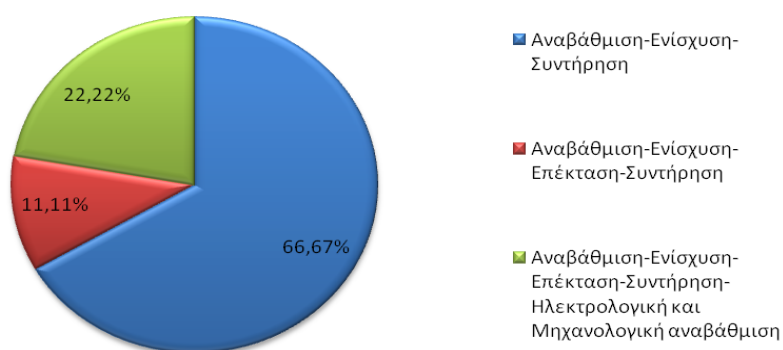
Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, τα σχολικά κτίρια είτε κατασκευάστηκαν χωρίς αντισεισμικούς κανονισμούς (προ 1986) είτε με τα 1<sup>α</sup> μέτρα προστασίας από σειμούς (μετά 1986 και πριν το 1992) είτε με τον κυπριακό σεισμικό κώδικα (μετά το 1992). Στα σχολεία, υπήρχαν κτίρια με διαφορετικές ηλικίες. Στις Εικόνες 32 και 33, φαίνονται τα διαγράμματα που δείχνουν την σχέση του έτους κατασκευής των σχολικών κτιρίων με το είδος επέμβασης. Το μεγαλύτερο ποσοστό των σχολείων δέχθηκε επεμβάσεις αντισεισμικής αναβάθμισης, ενίσχυσης και γενικής συντήρησης και για τα σχολεία με κατασκευές προ 1986 αλλά και για σχολεία με κατασκευές προ 1986 και μετά 1992. Όμως, στις κατασκευές προ 1986 υπήρξαν περισσότερες επεκτάσεις και ηλεκτρολογικές/ μηχανολογικές αναβαθμίσεις σε σχέση με τις κατασκευές προ 1986 και μετά 1992.

**Κτίρια Κατασκευής Προ 1986 - Είδος Επέμβασης (Δείγμα: 56 Σχολεία)**



**Εικόνα 32: Είδος Επέμβασης – Κατασκευή προ 1986**

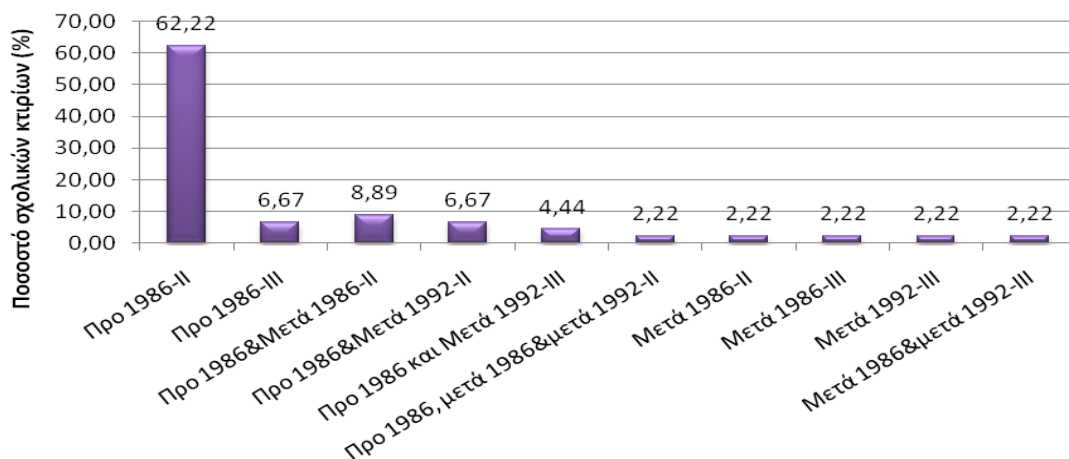
### Κτίρια Κατασκευής Προ 1986 & Μετά 1992 - Είδος Επέμβασης (Δείγμα: 9 Σχολεία)



Εικόνα 33: Είδος Επέμβασης – Κατασκευή προ 1986 και μετά 1992

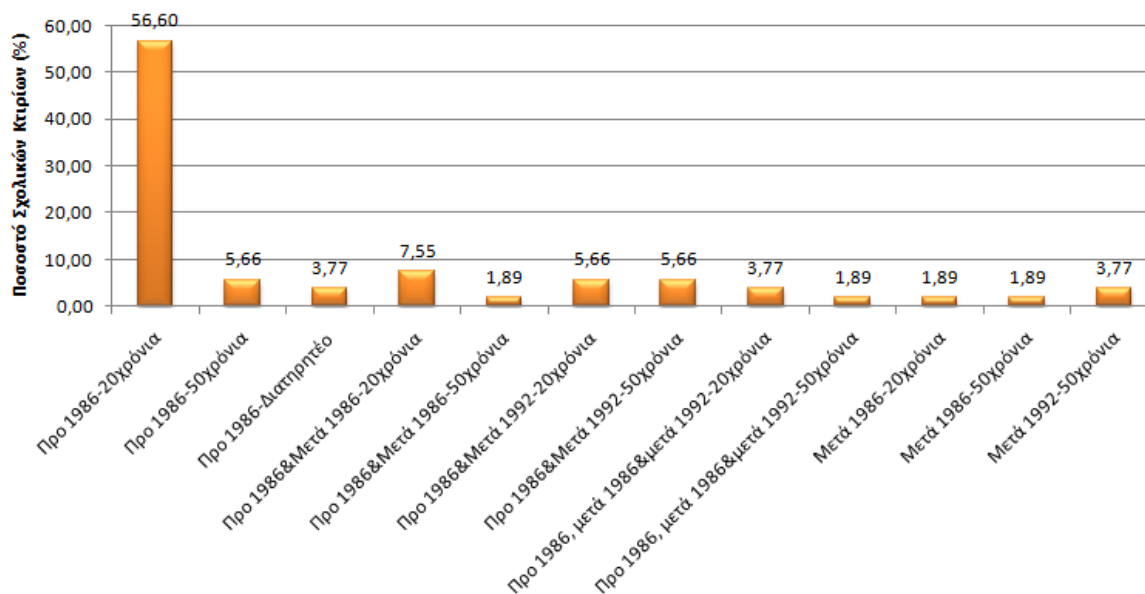
Το έτος κατασκευής των σχολείων με το επίπεδο ασφάλειας που χρησιμοποιήθηκε αλλά και την εναπομένονσα ζωή των κτιρίων φαίνονται στα πιο κάτω διαγράμματα (Εικόνα 34 και 35). Στο μεγαλύτερο ποσοστό σχολείων κατασκευής προ 1986, χρησιμοποιήθηκε επίπεδο ασφάλειας II (20 χρόνια). Σε σχολεία με κτίρια που κατασκευάστηκαν προ 1986 και μετά 1992, επίσης χρησιμοποιήθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό σχολείων επίπεδο ασφάλειας II. Σε κατασκευές μετά το 1986 και μετά το 1992 χρησιμοποιήθηκε επίπεδο ασφάλειας III (50 χρόνια). Επομένως, μπορεί να βγει το συμπέρασμα ότι όσο πιο παλιό είναι το κτίριο με εξαίρεση τα διατηρητέα κτίρια χρησιμοποιήθηκε πιο χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, ενώ όσο πιο καινούργια είναι τα κτίρια χρησιμοποιήθηκαν πιο υψηλά επίπεδα ασφάλειας.

### Σχέση έτους κατασκευής σχολικού κτιρίου με επίπεδο ασφάλειας (Δείγμα: 45 Σχολεία)



Εικόνα 34: Επίπεδο Ασφάλειας – Έτος Κατασκευής

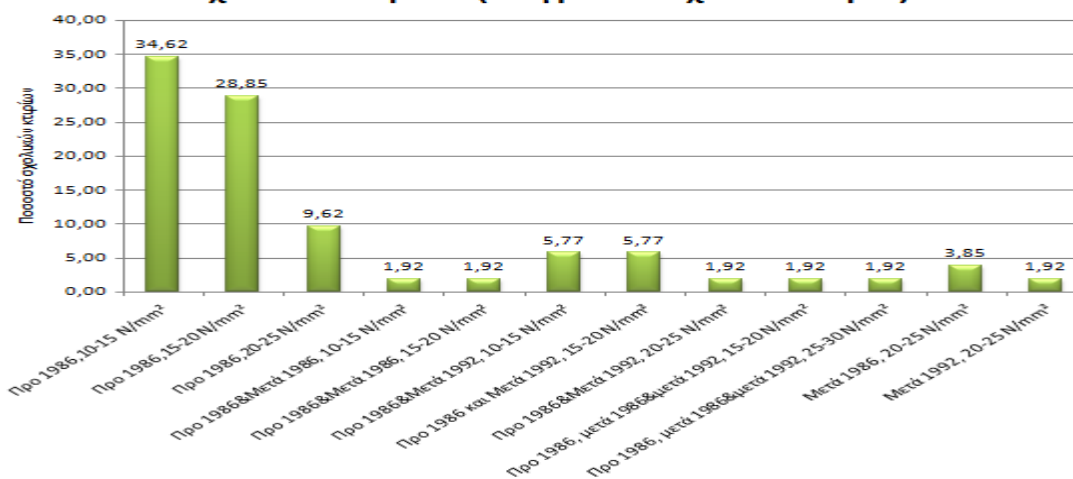
### Έτος κατασκευής - Εναπομένουσα ζωή σχολικών κτιρίων (Δείγμα: 53 σχολικά κτίρια)



Εικόνα 35: Έτος Κατασκευής – Εναπομένουσα ζωή

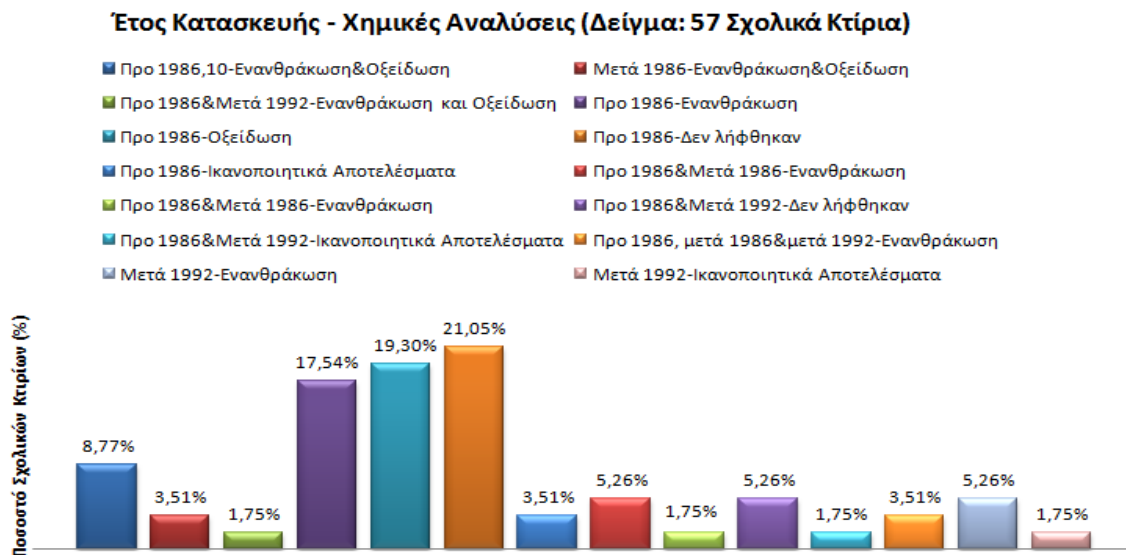
Στην Εικόνα 36, φαίνονται οι συνδυασμοί του έτους κατασκευής των σχολικών κτιρίων με τις αντοχές υλικών. Τα πιο παλαιά κτίρια φαίνεται ότι παρουσιάζουν τις χαμηλότερες αντοχές αλλά υπάρχουν και παλαιά κτίρια με σχετικά υψηλές αντοχές υλικών. Τα νεότερα σχολικά κτίρια παρουσιάζουν υψηλότερες αντοχές υλικών αλλά υπάρχουν και καινούργια κτίρια με χαμηλές αντοχές για την ηλικία τους. Τα δεδομένα της αντοχής υλικών είναι ο μέσος όρος της αντοχής. Επομένως για τα κτίρια όπου υπάρχουν συνδυασμοί κτιρίων από όλες τις κατηγορίες έτους κατασκευής ο μέσος όρος μπορεί να είναι παραπλανητικός.

### Σχέση χρονολογίας κατασκευής και αντοχών υλικών σχολικών κτιρίων (Δείγμα: 52 Σχολικά Κτίρια)



Εικόνα 36: Έτος Κατασκευής – Αντοχές Υλικών

Από τον συνδυασμό του έτους κατασκευής των σχολικών κτιρίων με τις χημικές αναλύσεις δημιουργήθηκε το διάγραμμα που φαίνεται στην Εικόνα 37. Το μεγαλύτερο ποσοστό ενανθράκωσης και οξείδωσης παρουσιάζεται σε κτίρια κατασκευής προ 1986. Ενώ ταυτόχρονα υπάρχουν και κτίρια προ 1986 με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Υπάρχουν όμως και μικρά ποσοστά κτιρίων κατασκευής μετά το 1992 τα οποία παρουσιάζουν ενανθράκωση αλλά και κτίρια προ 1986 με ικανοποιητικά αποτελέσματα.



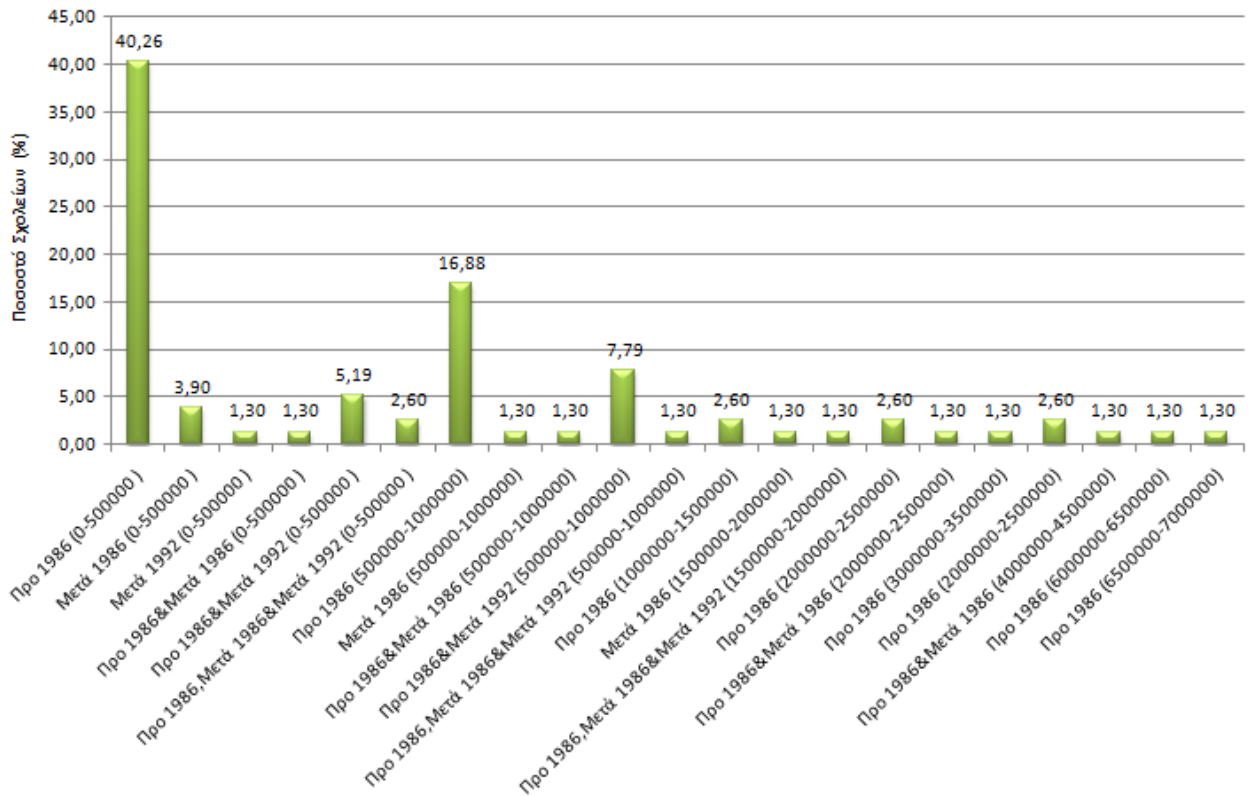
**Εικόνα 37: Έτος Κατασκευής – Χημικές Αναλύσεις**

Η Εικόνα 38, παρουσιάζει τα αποτελέσματα από τον συνδυασμό του κόστους ενίσχυσης με το έτος κατασκευής των σχολείων. Για σχολεία τα οποία κατασκευάστηκαν πριν το 1986, τα μεγαλύτερα ποσοστά των σχολείων έχουν κόστος ενίσχυσης 75 000 έως 125 000 ευρώ (12,28%) και 475 000-525 000 ευρώ (10,53%) και για αυτού του έτους κατασκευής κτίρια το κόστος κυμαίνεται από 25 000 έως 1 525 000 ευρώ. Για σχολεία στα οποία υπάρχουν κτίρια από τις δύο πρώτες χρονικές περιόδους (προ 1986 και μετά 1986), χρησιμοποιήθηκαν από 25 000 μέχρι 1 125 000 ευρώ. Για σχολεία στα οποία υπάρχουν κτίρια πρώτης και τρίτης χρονικής περιόδου (προ 1986 και μετά 1992), το κόστος ενίσχυσης κυμαίνεται μεταξύ 75 000 με 625 000 ευρώ. Σε σχολεία όπου υπάρχουν κτίρια κατασκευής και από τις τρεις χρονικές περιόδους το κόστος ενίσχυσης βρίσκεται μεταξύ 475 000 και 13 250 000 ευρώ. Το μεγαλύτερο κόστος ενίσχυσης χρησιμοποιήθηκε για σχολεία κατασκευής πριν το 1986. Σε σχολεία όπου υπάρχουν κτίρια από διάφορες χρονικές περιόδους το υψηλό κόστος ενίσχυσης, λογικά οφείλεται και στο γεγονός ότι ενισχύονται περισσότερα κτίρια.



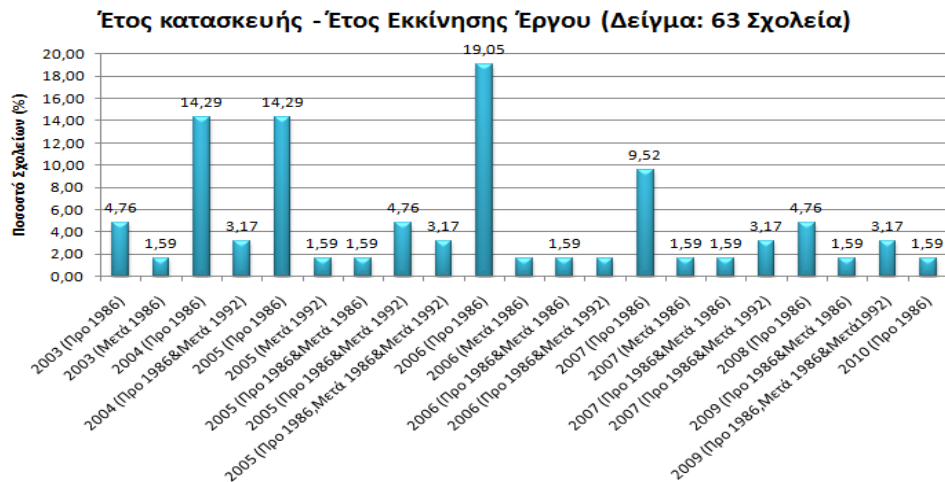


### Έτος Κατασκευής-Κόστος Αντικατάστασης (€) με αύξουσα σειρά κόστους (Δείγμα: 77 Σχολεία)



Εικόνα 39: Έτος Κατασκευής – Κόστος Αντικατάστασης

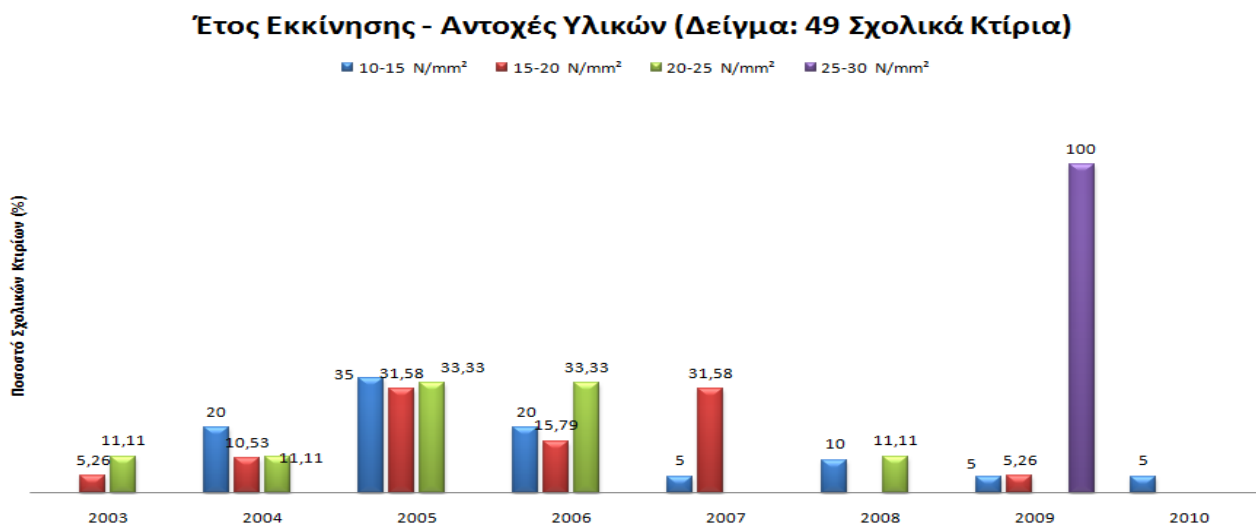
Η σχέση του έτους κατασκευής με το έτος εκκίνησης του έργου για αντισεισμική αναβάθμιση και ενίσχυση κάθε σχολείου φαίνεται στην Εικόνα 40. Το πιο μεγάλο ποσοστό σχολείων ξεκίνησε τις εργασίες για αντισεισμική αναβάθμιση και ενίσχυση το έτος 2006 και είναι για σχολεία κατασκευής πριν το 1986.



Εικόνα 40: Έτος Κατασκευής – Έτος Εκκίνησης Έργου



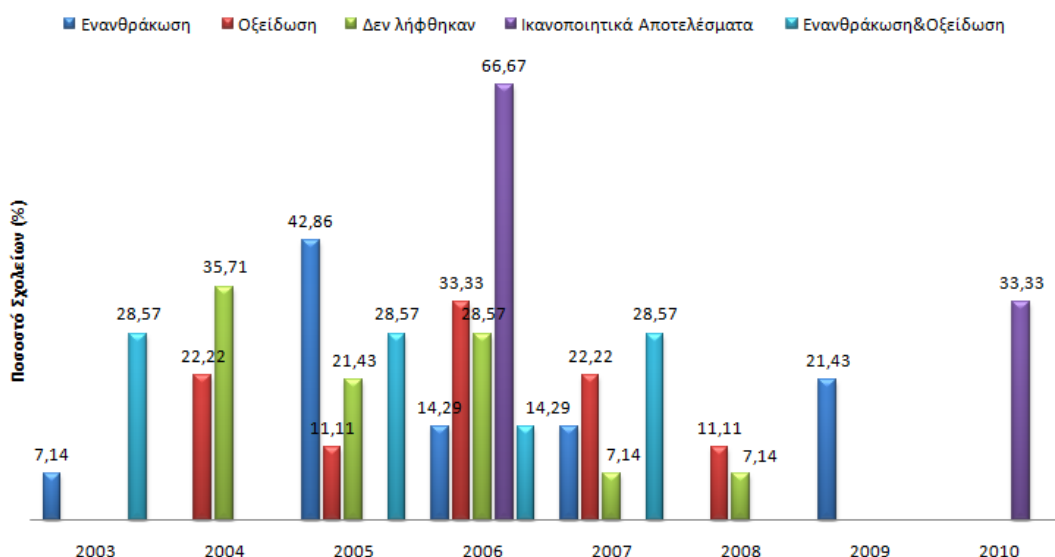
Στο πιο κάτω διάγραμμα (Εικόνα 41) φαίνεται η σχέση του έτους εκκίνησης των εργασιών επέμβασης στα σχολικά κτίρια με τις αντοχές υλικών. Φαίνεται ότι τα κτίρια με υψηλές αντοχές ξεκίνησαν εργασίες ενίσχυσης μετά το 2009. Τα κτίρια με πολύ χαμηλές αντοχές υλικών ξεκίνησαν εργασίες ενίσχυσης το 2004 και μετά αλλά με το μεγαλύτερο ποσοστό το 2005. Υπάρχουν και μικρά ποσοστά κτιρίων με χαμηλές αντοχές υλικών τα οποία ξεκινούν τα τελευταία χρόνια εργασίες ενίσχυσης, επομένως οι αντοχές υλικών δεν είναι παράγοντας αξιολόγησης για το πότε θα ξεκινήσει ένα σχολείο τις εργασίες ενίσχυσης.



**Εικόνα 41: Έτος Εκκίνησης Εργασιών Ενίσχυσης – Αντοχές Υλικών**

Από το Διάγραμμα που συνδέει το έτος εκκίνησης εργασιών ενίσχυσης με τις χημικές αναλύσεις των σχολείων (Εικόνα 42) βλέπουμε όπως και πριν ότι οι χημικές αναλύσεις δεν αποτελούν παράγοντα επιλογής του έτους εκκίνησης των εργασιών ενίσχυσης. Εξάλλου οι χημικές αναλύσεις αλλά και οι αντοχές υλικών λαμβάνονται μετά την επιλογή της ημερομηνίας εκκίνησης των έργων.

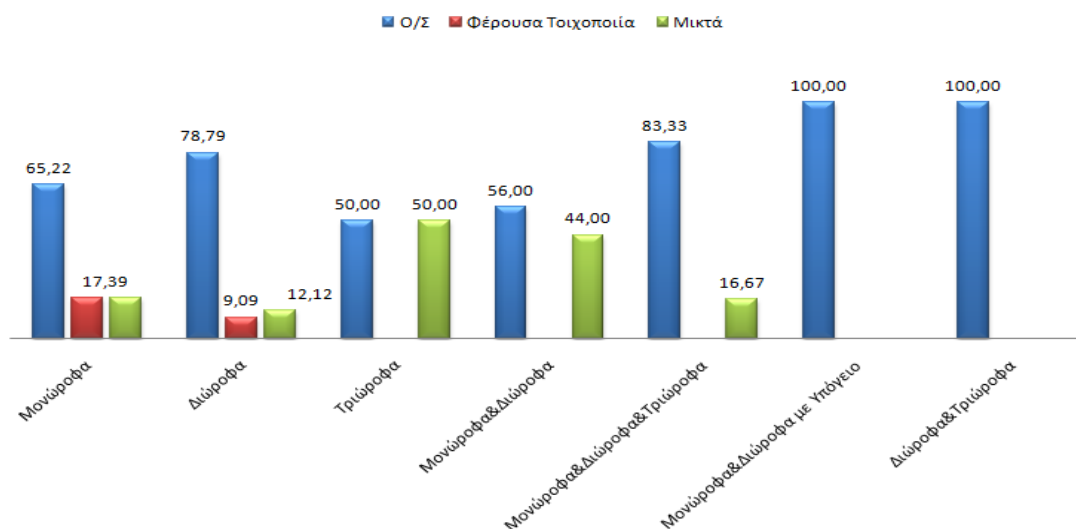
### Έτος Εκκίνησης - Χημικές Αναλύσεις (Δείγμα: 47 Σχολεία)



Εικόνα 42: Έτος Εκκίνησης Εργασιών Ενίσχυσης – Χημικές Αναλύσεις

Η σχέση δομικού συστήματος σχολείων με το ύψος τους φαίνεται στην Εικόνα 43. Είναι φανερό ότι δεν υπάρχουν τριώροφα και υπόγεια κτίρια με φέρουσα τοιχοποιία. Επίσης, φαίνεται ότι μόνο σε κτίρια Ο/Σ υπάρχουν υπόγεια.

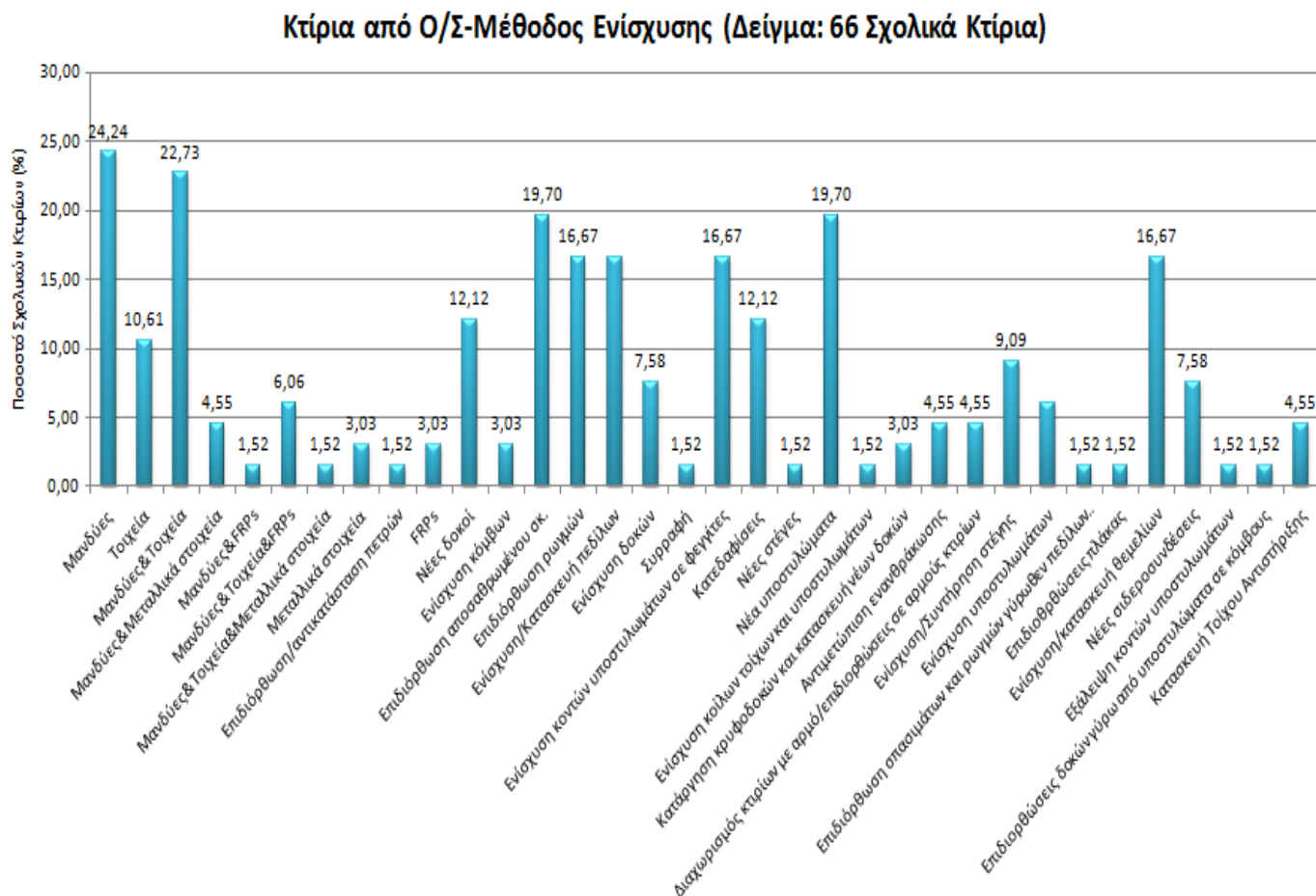
### Δομικό Σύστημα - Ύψος Κτιρίου (Δείγμα: 97 Σχολεία)



Εικόνα 43: Δομικό Σύστημα – Ύψος Κτιρίου

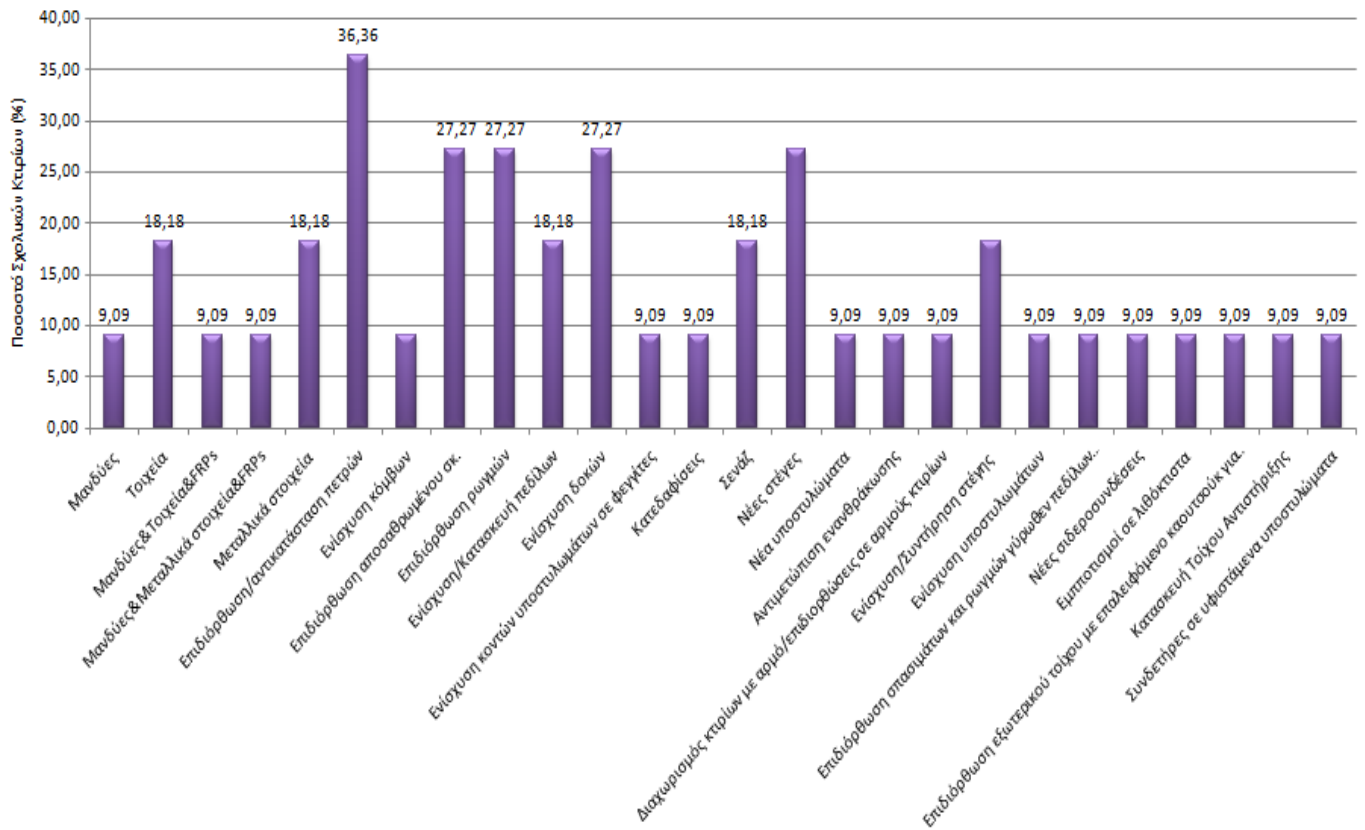
Στα διαγράμματα που ακολουθούν (Εικόνες 44 μέχρι 46), φαίνονται οι διάφορες μέθοδοι ενίσχυσης ανάλογα με το δομικό σύστημα των σχολικών κτιρίων. Για κτίρια Ο/Σ το μεγαλύτερο ποσοστό κτιρίων ενισχύθηκε με μανδύες Ο/Σ και μετά με μανδύες Ο/Σ και Τοιχεία. Στα κτίρια με φέρουσα τοιχοποιία, έγινε επιδιόρθωση ή αντικατάσταση πετρών. Στα κτίρια με μικτό δομικό σύστημα, στο μεγαλύτερο ποσοστό των κτιρίων έγινε αντικατάσταση

ξύλινης στέγης (σε κτίρια με φέρουσα τοιχοποιία) και μανδύες Ο/Σ και Τοιχεία στα κτίρια από Ο/Σ.



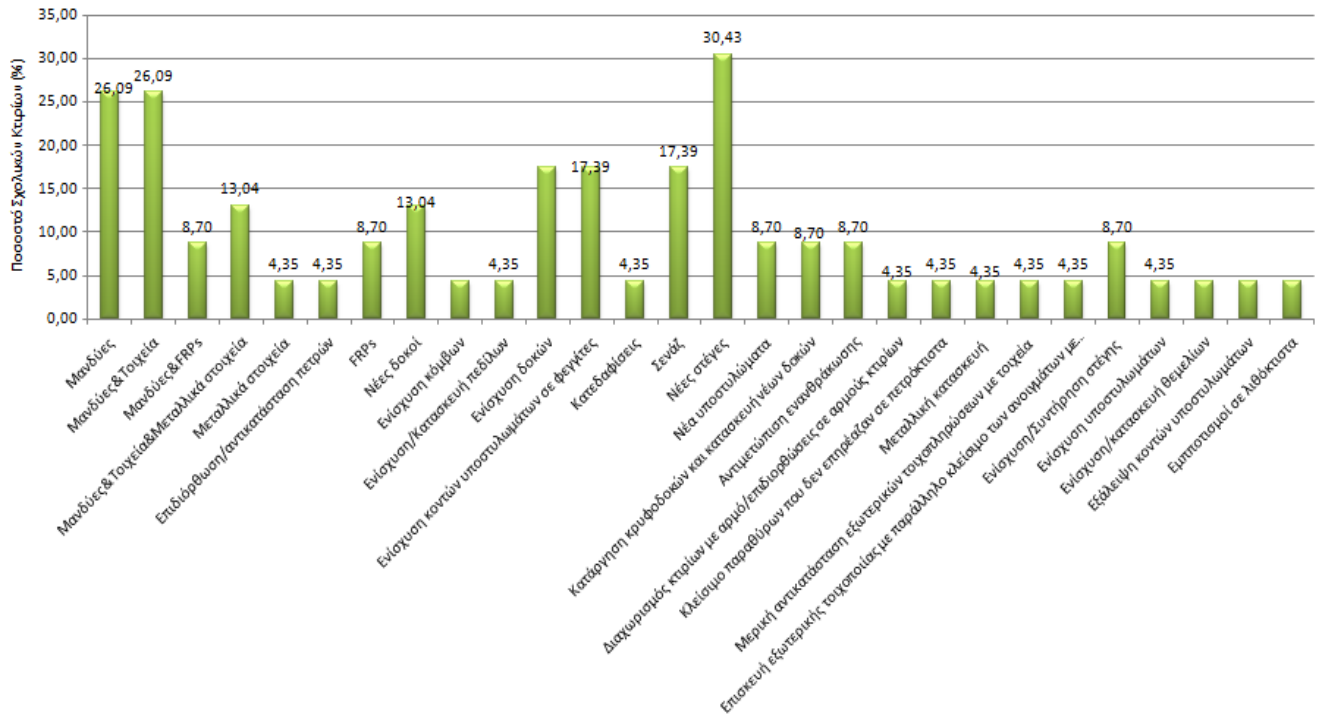
**Εικόνα 44: Μέθοδος Ενίσχυσης – Κτίρια από Ο/Σ**

### Κτίρια με Φέρουσα Τοιχοποιία-Μέθοδος Ενίσχυσης (Δείγμα: 11 Σχολικά Κτίρια)



Εικόνα 45: Μέθοδος Ενίσχυσης – Κτίρια με Φέρουσα Τοιχοποιία

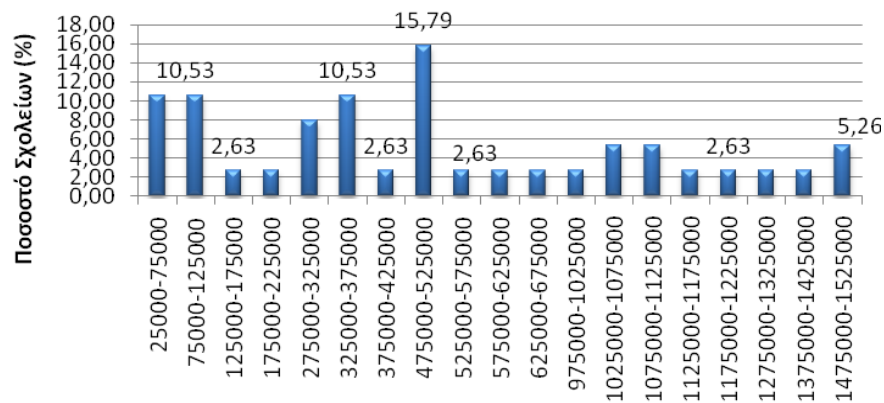
### Κτίρια με Μικτό Δομικό Σύστημα-Μέθοδος Ενίσχυσης (Δείγμα: 23 Σχολικά Κτίρια)



Εικόνα 46: Μέθοδος Ενίσχυσης – Κτίρια με Μικτό Δομικό Σύστημα

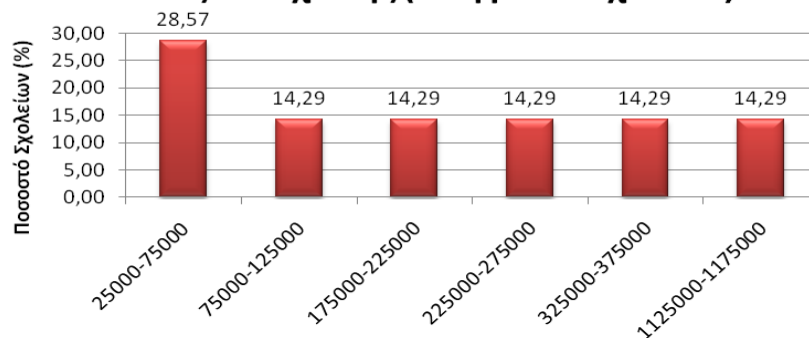
Ακολουθούν Εικόνες (47 μέχρι 49) όπου φαίνεται η σύνδεση του κόστους ενίσχυσης με το δομικό σύστημα των σχολείων. Στα σχολεία Ο/Σ στο μεγαλύτερο ποσοστό σχολικών το κόστος ενίσχυσης βρίσκεται ανάμεσα στις 475 000 με 525 000 ευρώ. Στα σχολεία με φέρουσα τοιχοποιία το κόστος του μεγαλύτερου ποσοστού κυμαίνεται μεταξύ 25 000 και 75 000 ευρώ, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό των σχολείων με μικτό δομικό σύστημα έχει κόστος 75 000 με 125 000 ευρώ.

### Σχολεία από Ο/Σ-Κόστος Ενίσχυσης (Δείγμα: 38 Σχολεία)



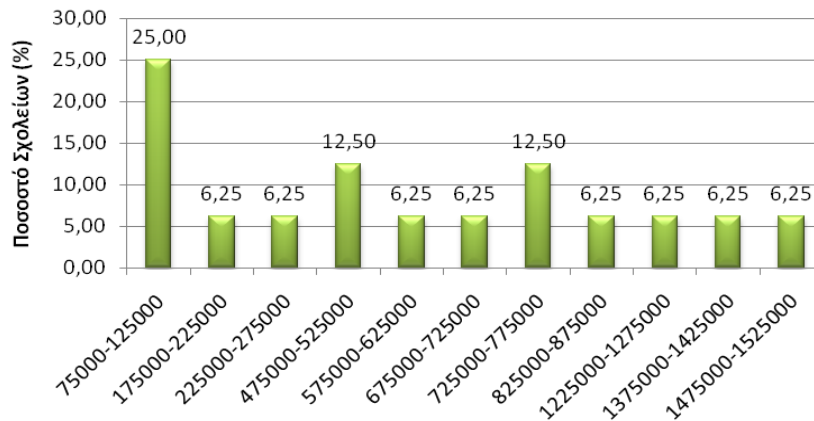
Εικόνα 47: Κόστος Ενίσχυσης – Σχολεία από Ο/Σ

### Σχολεία με Φέρουσα Τοιχοποιία- Κόστος Ενίσχυσης (Δείγμα: 7 Σχολεία)



Εικόνα 48: Κόστος Ενίσχυσης – Σχολεία με Φέρουσα Τοιχοποιία

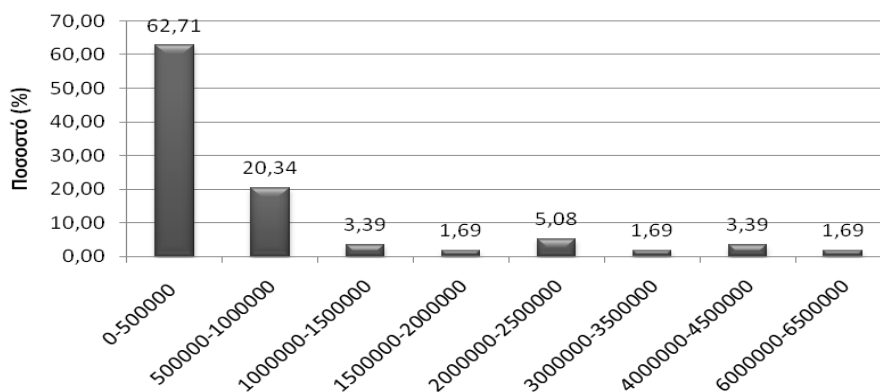
### Σχολεία με Μικτό Δομικό Σύστημα-Κόστος Ενίσχυσης (Δείγμα: 16 Σχολεία)



Εικόνα 49: Κόστος Ενίσχυσης – Σχολεία με Μικτό Δομικό Σύστημα

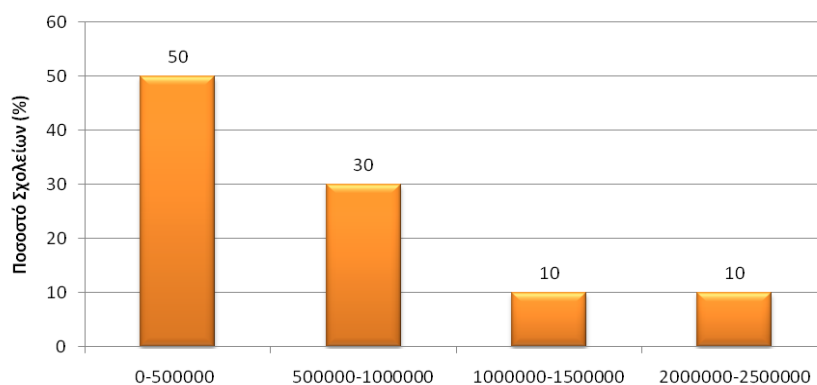
Ακολουθούν διαγράμματα (Εικόνες 50 μέχρι 52), τα οποία συσχετίζουν το κόστος αντικατάστασης με το δομικό σύστημα των σχολείων. Σε όλες τις κατηγορίες δομικού συστήματος το μεγαλύτερο ποσοστό σχολείων βρίσκεται στις τιμές κόστους αντικατάστασης μέχρι 500 000 ευρώ. Τα κτίρια με φέρουσα τοιχοποιία όμως παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα κόστους αντικατάστασης (μέγιστο κόστος 2,5 εκατομμύρια) συγκριτικά με τις άλλες δύο κατηγορίες δομικού συστήματος.

### Σχολεία από Ο/Σ-Κόστος Αντικατάστασης (Δείγμα:59 Σχολεία)



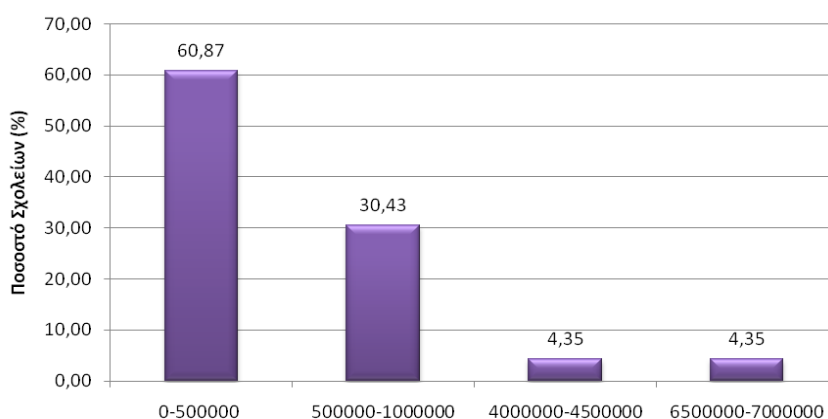
Εικόνα 50: Κόστος Αντικατάστασης – Σχολεία Ο/Σ

### Σχολεία με Φέρουσα Τοιχοποιία-Κόστος Αντικατάστασης (Δείγμα:10 Σχολεία)



Εικόνα 51: Κόστος Αντικατάστασης – Σχολεία με Φέρουσα Τοιχοποιία

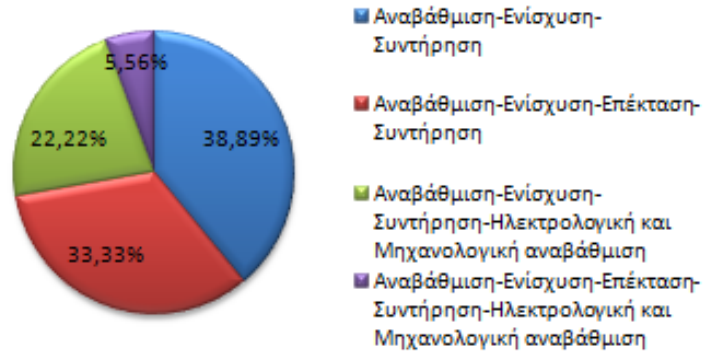
### Σχολεία με Μικτό Δομικό Σύστημα-Κόστος Αντικατάστασης (Δείγμα:23 Σχολεία)



Εικόνα 52: Κόστος Αντικατάστασης – Σχολεία με Μικτό Δομικό Σύστημα

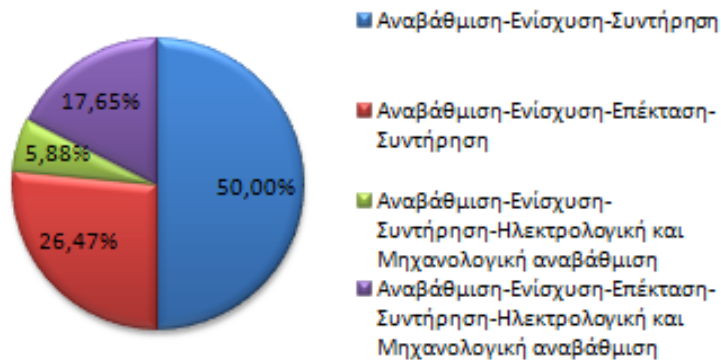
Στη συνέχεια, φαίνονται διαγράμματα (Εικόνες 53 μέχρι 55) που συσχετίζουν το ύψος των κτιρίων με το είδος επέμβασης σε αυτά. Στα περισσότερα σχολεία Ο/Σ μαζί με τις εργασίες ενίσχυσης έγινε και ηλεκτρολογική/μηχανολογική αναβάθμιση αλλά και επεκτάσεις. Στα διώροφα σχολεία έγιναν στο μεγαλύτερο ποσοστό των σχολείων εργασίες αντισεισμικής αναβάθμισης, ενίσχυσης και γενικής συντήρησης και σε λιγότερο βαθμό επεκτάσεις και άλλες επεμβάσεις. Στα τριώροφα σχολεία το μεγαλύτερο ποσοστό δέχθηκε εργασίες αντισεισμικής αναβάθμισης, ενίσχυσης, επέκτασης και γενικής συντήρησης.

### Μονώροφα Σχολεία-Είδος Επέμβασης (Δείγμα: 18 Σχολεία)



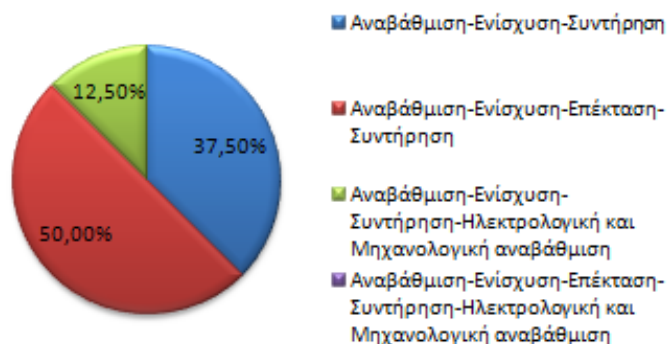
Εικόνα 53: Είδος Επέμβασης – Μονώροφα Σχολεία

### Διώροφα Σχολεία-Είδος Επέμβασης (Δείγμα: 34 Σχολεία)



Εικόνα 54: Είδος Επέμβασης – Διώροφα Σχολεία

### Τριώροφα Σχολεία-Είδος Επέμβασης (Δείγμα: 8 Σχολεία)

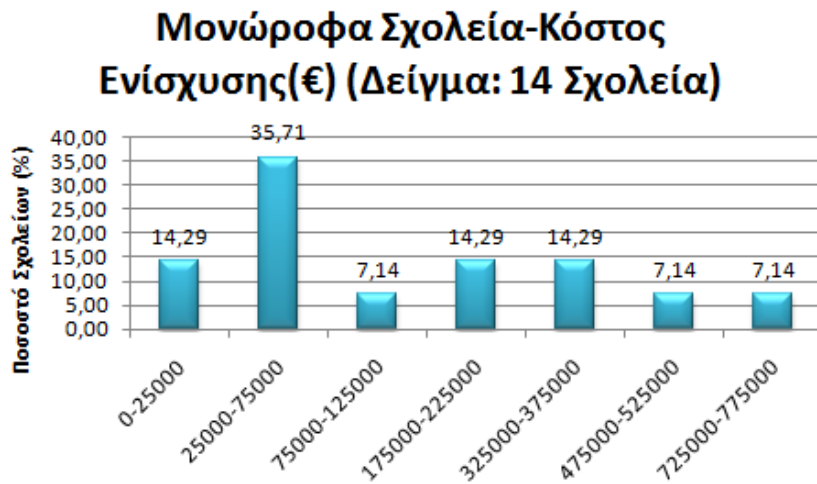


Εικόνα 55: Είδος Επέμβασης – Τριώροφα Σχολεία

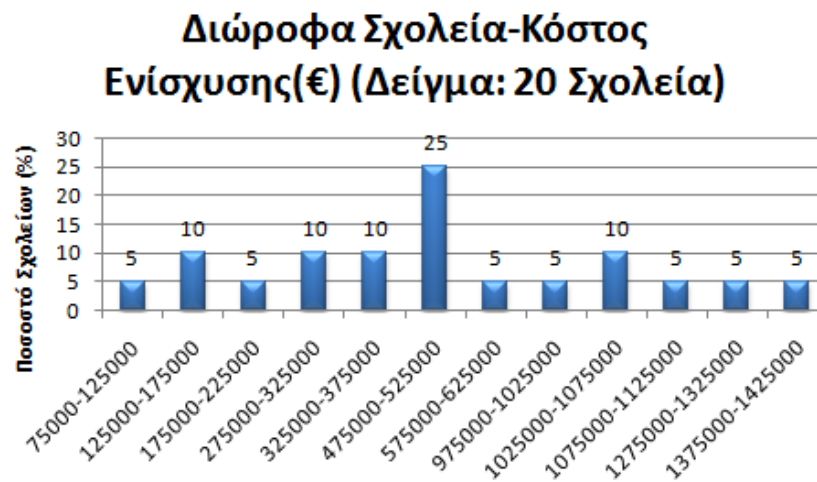
Πιο κάτω, γίνεται συνδυασμός του ύψους των σχολείων με το κόστος ενίσχυσής τους και με το κόστος αντικατάστασής τους. Όπως φαίνεται στις Εικόνα 56 και 57, το κόστος ενίσχυσης των διώροφων σχολείων είναι πολύ μεγαλύτερο από το κόστος ενίσχυσης των μονώροφων



σχολείων. Το κόστος αντικατάστασης όμως του μεγαλύτερου ποσοστού των σχολείων κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα και για τα μονώροφα και για τα διώροφα σχολεία (Εικόνα 58 μέχρι 60).

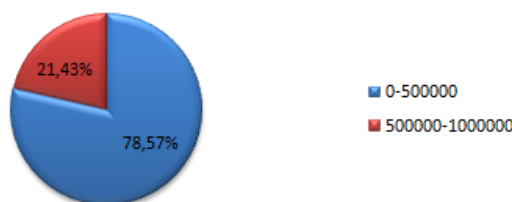


Εικόνα 56: Κόστος Ενίσχυσης – Μονώροφα Σχολεία



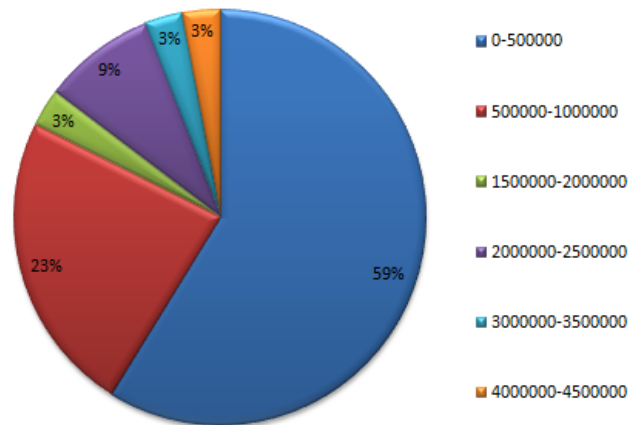
Εικόνα 57: Κόστος Ενίσχυσης – Διώροφα Σχολεία

### Μονώροφα Σχολεία - Κόστος Αντικατάστασης (€) (Δείγμα: 15 Σχολεία)



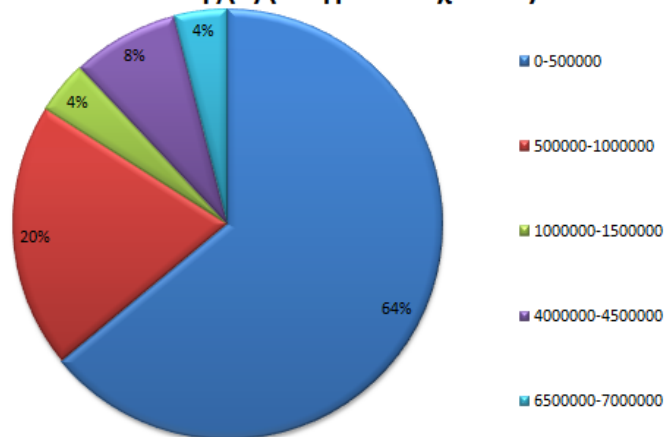
Εικόνα 58: Κόστος Αντικατάστασης – Μονώροφα Σχολεία

**Διώροφα Σχολεία - Κόστος Αντικατάστασης  
(€) (Δείγμα: 34 Σχολεία)**



**Εικόνα 59: Κόστος Αντικατάστασης – Διώροφα Σχολεία**

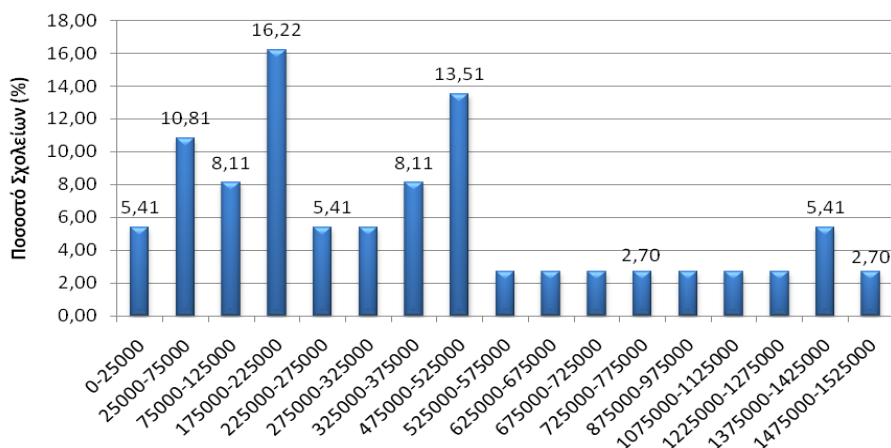
**Μονώροφα και Διώροφα Σχολεία - Κόστος  
Αντικατάστασης (€) (Δείγμα: 25 Σχολεία)**



**Εικόνα 60: Κόστος Αντικατάστασης – Μονώροφα και Διώροφα Κτίρια σε Σχολεία**

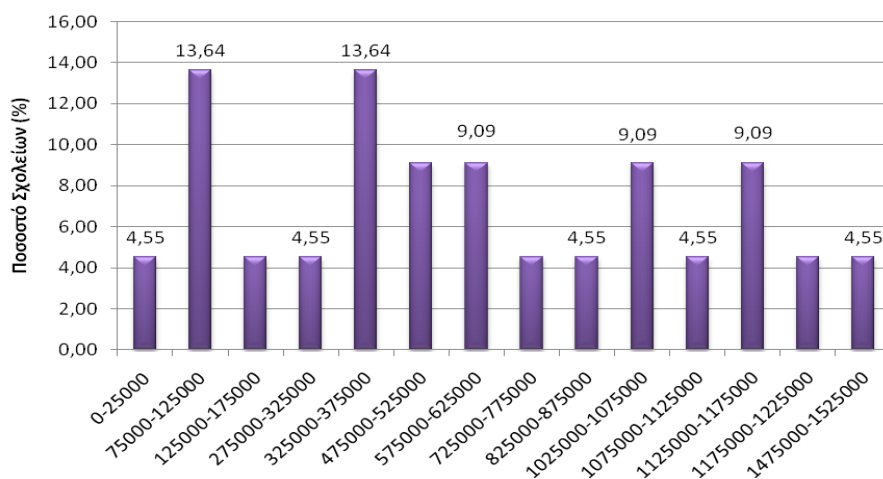
Ακολουθούν οι Εικόνες 61 και 62, στις οποίες φαίνεται το κόστος ενίσχυσης ανάλογα με το είδος επέμβασης στα σχολεία. Σύμφωνα με τις πιο κάτω Εικόνες, υπάρχουν περιπτώσεις που το κόστος ενίσχυσης κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα και με επεκτάσεις και χωρίς επεκτάσεις, αλλά τις περισσότερες φορές το κόστος ενίσχυσης όταν υπάρχουν και επεκτάσεις στις εργασίες είναι υψηλότερο.

### Αναβάθμιση, Ενίσχυση, Συντήρηση-Κόστος Ενίσχυσης (€) (Δείγμα: 37 Σχολεία)



Εικόνα 61: Κόστος Ενίσχυσης – Αναβάθμιση, ενίσχυση, γενική συντήρηση

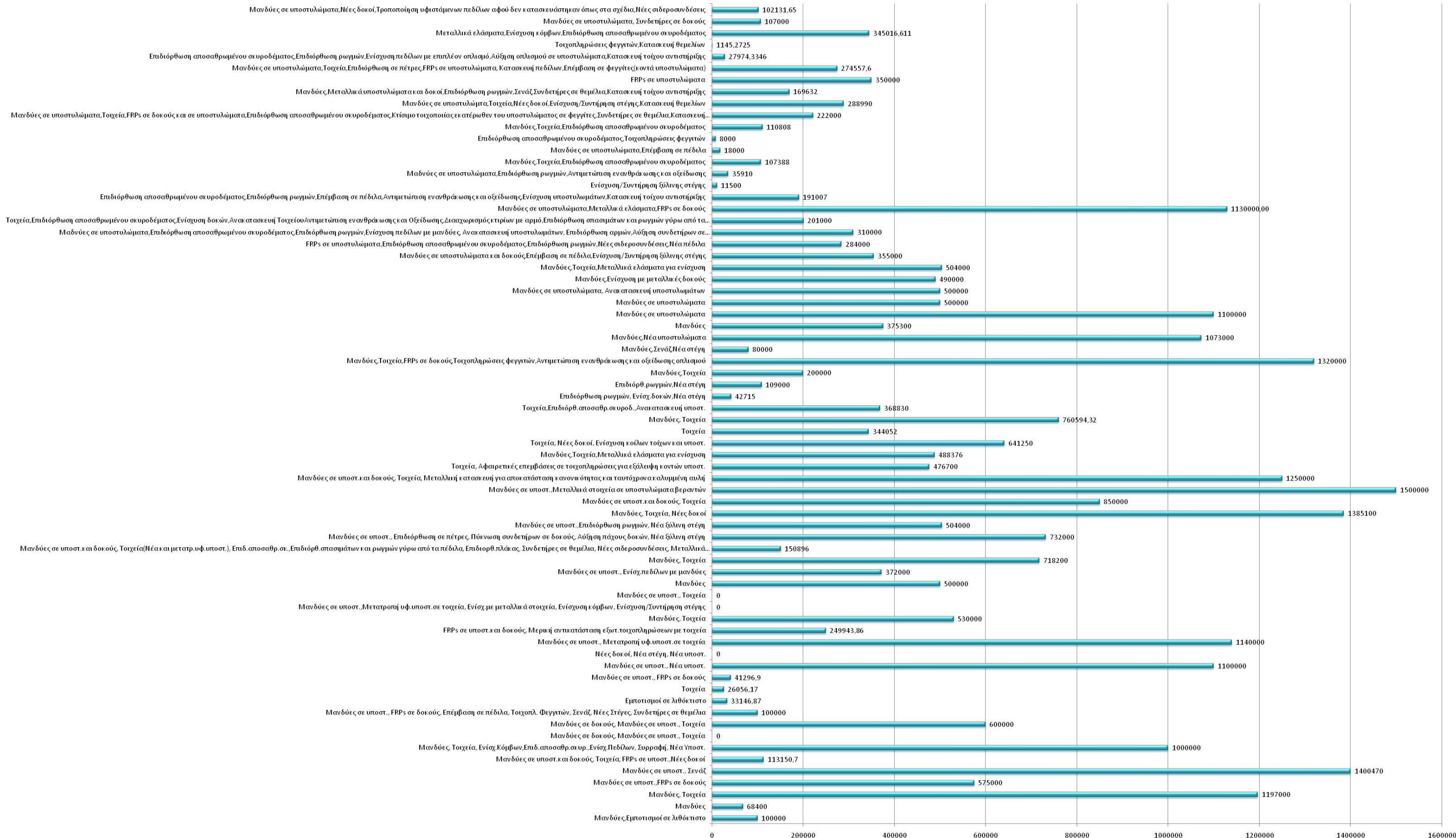
### Αναβάθμιση, Ενίσχυση, Επέκταση, Συντήρηση -Κόστος Ενίσχυσης (€) (Δείγμα: 22 Σχολεία)



Εικόνα 62: Κόστος Ενίσχυσης – Αναβάθμιση, ενίσχυση, επέκταση, γενική συντήρηση

Ακολουθεί ένα γράφημα (Εικόνα 63) στο οποίο φαίνεται το κόστος ενίσχυσης ανάλογα με τη μέθοδο ενίσχυσης. Σύμφωνα με αυτό το γράφημα το μεγαλύτερο κόστος ενίσχυσης προκύπτει από ενίσχυση με μανδύες Ο/Σ και ενίσχυση με μεταλλικά στοιχεία τα υποστυλώματα βεραντών. Επίσης το κόστος είναι υψηλό όταν γίνεται εφαρμογή μανδυών Ο/Σ, Τοιχείων και κατασκευάζονται νέες δοκοί, αλλά και όταν εφαρμόζονται μανδύες Ο/Σ σε υποστυλώματα και κατασκευάζεται οριζόντιο διάφραγμα στη στάθμη της στέγης (σενάζ) σε κτίρια με φέρουσα τοιχοποιία.

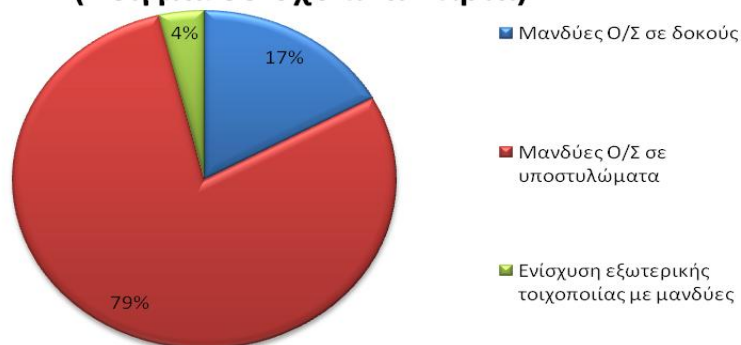
### Μέθοδος Ενίσχυσης - Κόστος Ενίσχυσης(€) (Δείγμα: 70 Σχολεία)



Εικόνα 63: Κόστος Ενίσχυσης – Μέθοδο Ενίσχυσης

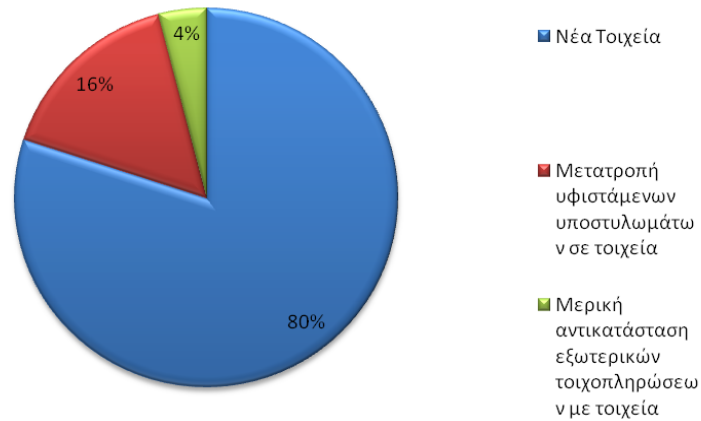
Στη συνέχεια ακολουθούν μερικά διαγράμματα (Εικόνες 64 μέχρι 72) στα οποία φαίνεται για κάθε μέθοδο ενίσχυσης πιο αναλυτικά πως χρησιμοποιήθηκαν. Σε περιπτώσεις που έγινε ενίσχυση σχολικών κτιρίων με μανδύες Ο/Σ, το 79% ήταν σε υποστυλώματα. Στις περιπτώσεις όπου γινόταν ενίσχυση με τοιχεία, στο μεγαλύτερο ποσοστό ήταν η κατασκευή νέων τοιχείων και όχι η μετατροπή υφιστάμενων υποστυλωμάτων σε τοιχεία ή η μερική αντικατάσταση εξωτερικών τοιχοπληρώσεων με τοιχεία. Όταν γινόταν χρήση FRP το 50% των περιπτώσεων γινόταν σε δοκούς και το 50% σε υποστυλώματα. Στην περίπτωση της εφαρμογής μεταλλικών στοιχείων, στο μεγαλύτερο ποσοστό σχολείων γινόταν ενίσχυση δοκών με μεταλλικά στοιχεία είτε ενίσχυση δομικών στοιχείων με μεταλλικές λάμες. Επίσης, στο 40% των σχολικών κτιρίων γινόταν κατασκευή νέων πεδίων και στο 30% των περιπτώσεων γινόταν ενίσχυση των πεδίων είτε με επιπλέον οπλισμό είτε με μανδύες Ο/Σ. Στις περιπτώσεις ενίσχυσης δοκών, το μεγαλύτερο ποσοστό γινόταν με εφαρμογή μανδύων Ο/Σ και σε λιγότερο βαθμό με FRPs και σε ακόμη πιο μικρό βαθμό οι υπόλοιπες μέθοδοι. Στις περιπτώσεις των κοντών υποστυλωμάτων (σε φεγγίτες) τις περισσότερες φορές γινόταν τοιχοπληρώσεις των φεγγιτών και σε λιγότερες περιπτώσεις γινόταν κτίσιμο τοιχοποιία εκατέρωθεν των κοντών υποστυλωμάτων ή αφαιρετικές επεμβάσεις των τοιχοπληρώσεων. Στις περιπτώσεις νέων υποστυλωμάτων λίγες ήταν οι φορές που ανακατασκευάζονταν τα υποστυλώματα. Συνήθως κατασκευάζονταν νέα υποστυλώματα. Σε περιπτώσεις ενίσχυσης υποστυλωμάτων τις περισσότερες φορές, εφαρμοζόταν η τεχνική των μανδύων Ο/Σ και σε πολύ μικρότερο βαθμό η αύξηση οπλισμού, η αύξηση συνδετήρων και η χρήση FRP.

### Ενίσχυση σχολικών κτιρίων με μανδύες Ο/Σ (Δείγμα: 53 σχολικά κτίρια)



Εικόνα 64: Ενίσχυση με Μανδύες Ο/Σ

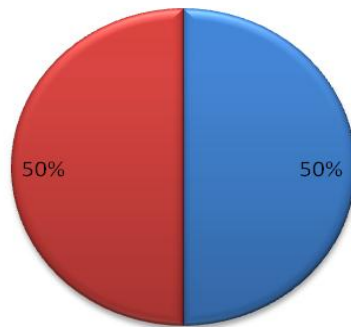
### Ενίσχυση σχολικών κτιρίων με Τοιχεία (Δείγμα: 25 σχολικά κτίρια)



Εικόνα 65: Ενίσχυση με Τοιχεία

### Ενίσχυση σχολικών κτιρίων με FRPs (Δείγμα: 16 σχολικά κτίρια)

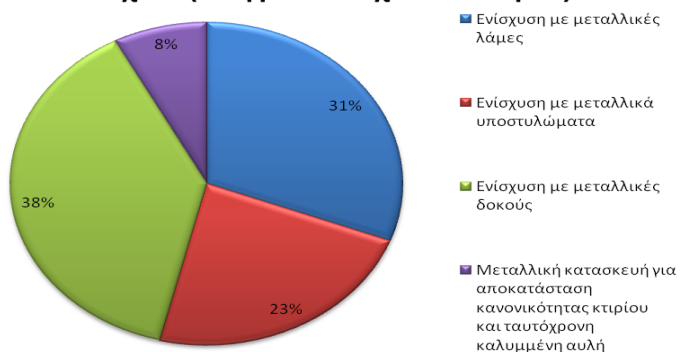
■ FRPs σε δοκούς ■ FRPs σε υποστυλώματα



Εικόνα 66: Ενίσχυση με FRPs

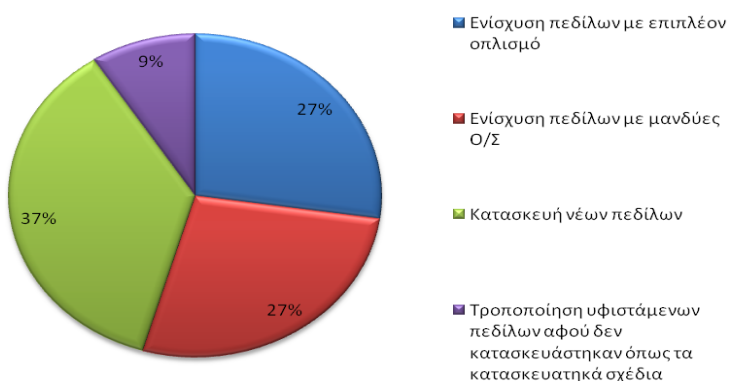


### Ενίσχυση σχολικών κτιρίων με μεταλλικά στοιχεία (Δείγμα: 13 σχολικά κτίρια)



Εικόνα 67: Ενίσχυση με Μεταλλικά Στοιχεία

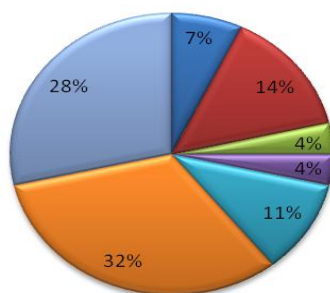
### Επέμβαση σε πέδιλα σχολικών κτιρίων (Δείγμα: 11 σχολικά κτίρια)



Εικόνα 68: Επέμβαση σε πέδιλα

### Ενίσχυση δοκών σε σχολικά κτίρια (Δείγμα: 20 σχολικά κτίρια)

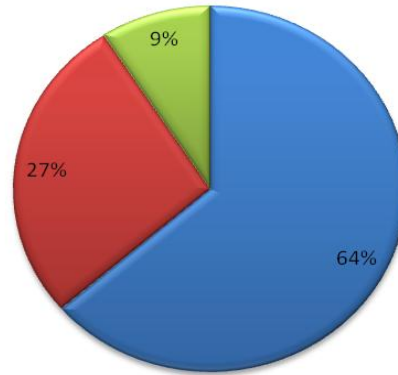
- Ανθρακούφασματα σε δοκούς
- Ανθρακοελάσματα σε δοκούς
- Αύξηση οπλισμού σε δοκούς
- Πύκνωση συνδετήρων σε δοκούς
- Αύξηση πάχους δοκών
- Μανδύες Ο/Σ σε δοκούς
- FRPs σε δοκούς



Εικόνα 69: Ενίσχυση Δοκών

## Κοντά υποστυλώματα σε φεγγίτες (Δείγμα: 11 σχολικά κτίρια)

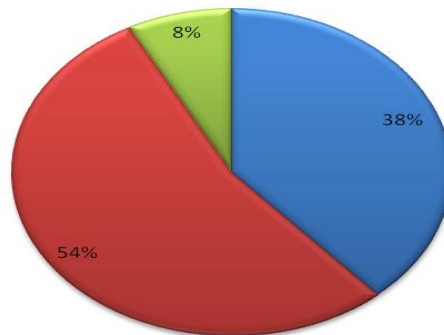
- Τοιχοπληρώσεις φεγγιτών
- Κτίσιμο τοιχοποιίας εκατέρωθεν κοντού υποστυλώματος σε φεγγίτες
- Αφαιρετικές επεμβάσεις στις τοιχοπληρώσεις σε κοντά υποστυλώματα



Εικόνα 70: Επεμβάσεις σε Κοντά Υποστυλώματα (Φεγγίτες)

## Νέα υποστυλώματα/τοιχεία (Δείγμα: 13 σχολικά κτίρια)

- Νέα υποστυλώματα
- Ανακατασκευή υποστυλωμάτων
- Ανακατασκευή τοιχείου

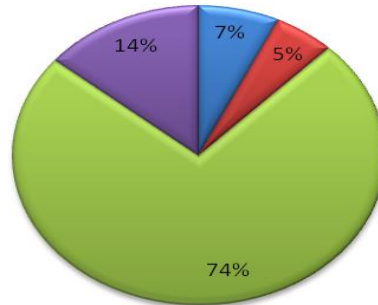


Εικόνα 71: Νέα Υποστυλώματα / Τοιχεία



## Ενίσχυση υποστυλωμάτων σε σχολικά κτίρια (Δείγμα: 57 σχολικά κτίρια)

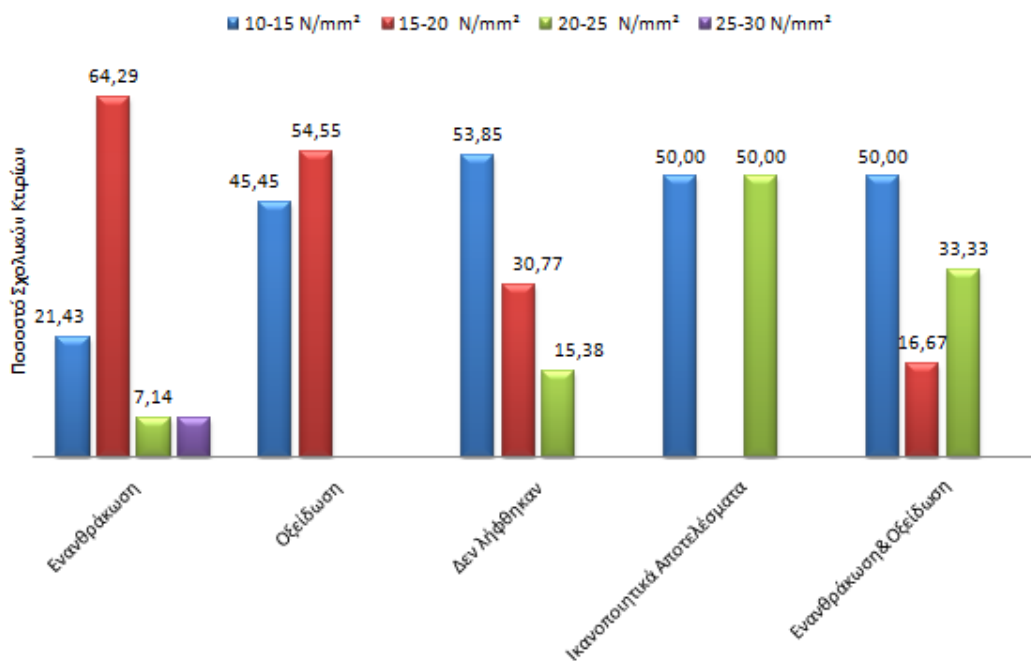
- Ενίσχυση υποστυλωμάτων με αύξηση σπλισμού
- Ενίσχυση υποστυλωμάτων με αύξηση συνδετήρων
- Μανδύες Ο/Σ σε υποστυλώματα
- FRPs σε υποστυλώματα



Εικόνα 72: Ενίσχυση Υποστυλωμάτων

Η σχέση της αντοχής υλικών με τις χημικές αναλύσεις φαίνεται στην Εικόνα 73. Από αυτό το διάγραμμα φαίνεται ότι δεν υπάρχει σύνδεση μεταξύ των δύο παραγόντων αφού οξείδωση και ενανθράκωση εμφανίζονται σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις της αντοχής υλικών. Επίσης, φαίνεται ότι ακόμη και σε περιπτώσεις ικανοποιητικών αποτελεσμάτων χημικών αναλύσεων υπάρχουν χαμηλές αντοχές υλικών. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται όμως σε αυτό το διάγραμμα δεν είναι πολύ αντιπροσωπευτικά αφού προέκυψαν από πολύ μικρό δείγμα σχολικών κτιρίων (για ενανθράκωση 14 σχολικά κτίρια, για οξείδωση 11, για αυτά που δεν λήφθηκαν 13, για ικανοποιητικά αποτελέσματα 4, και 6 για ενανθράκωση και οξείδωση).

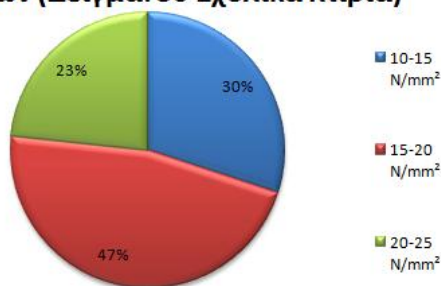
## Αντοχές Υλικών - Χημικές Αναλύσεις Σχολικών Κτιρίων



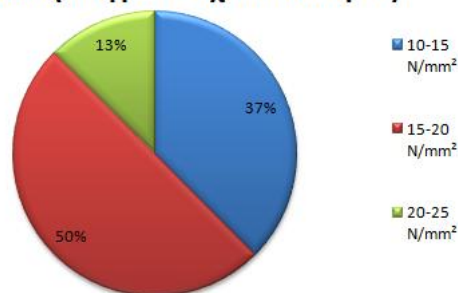
Εικόνα 73: Αντοχές Υλικών – Χημικές Αναλύσεις

Το επίπεδο ασφάλειας που χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με τις αντοχές των υλικών και των χημικών αναλύσεων φαίνεται στις πιο κάτω Εικόνες. (Εικόνα 74 μέχρι 76). Σχετικά με το επίπεδο ασφάλειας και τις αντοχές υλικών φαίνεται ότι και τα δύο επίπεδα ασφάλειας (II και III), δεν επιλέχθηκαν με βάση τις αντοχές αφού εφαρμόζονται εξίσου το ίδιο σε κατασκευές με χαμηλές αντοχές σε κτίρια με ίδιες αντοχές.

Επίπεδο Ασφάλειας II-Αντοχές Υλικών (Δείγμα: 30 Σχολικά Κτίρια)



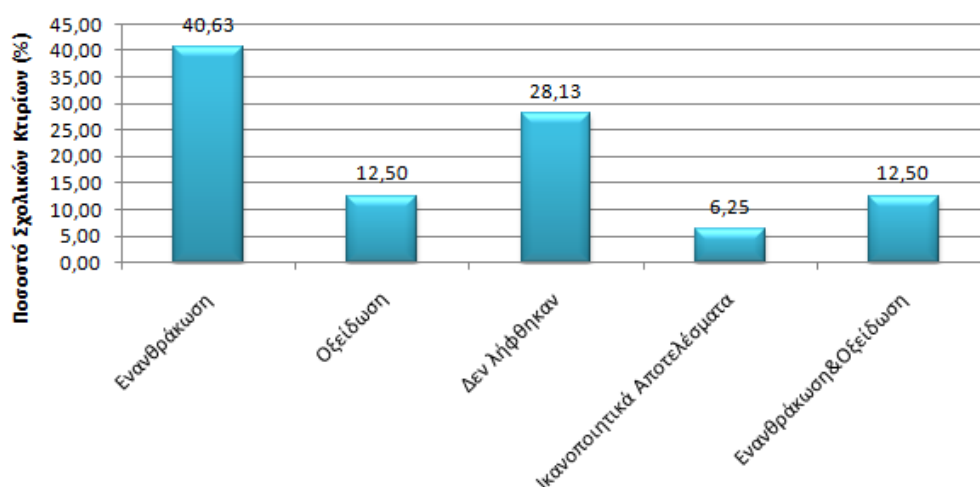
Επίπεδο Ασφάλειας III-Αντοχές Υλικών (Δείγμα: 8 Σχολικά Κτίρια)



Εικόνα 74: Επίπεδα Ασφάλειας –Αντοχές Υλικών

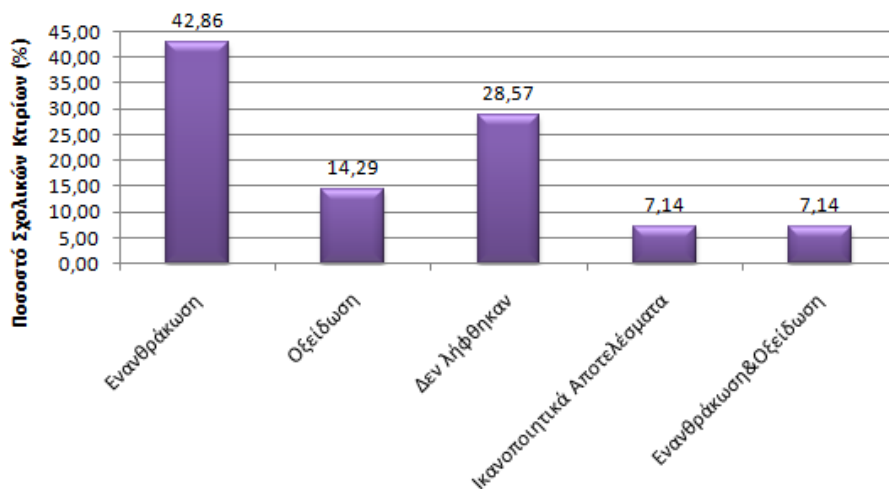
Παρόμοια είναι και η εφαρμογή των επιπέδων ασφάλειας στα κτίρια και σχετικά με τις χημικές αναλύσεις, αφού όπως φαίνεται από τα διαγράμματα το επίπεδο ασφάλειας δεν επιλέγεται με βάση αυτές τις αναλύσεις.

### Επίπεδο Ασφάλειας II-Χημικές Αναλύσεις (Δείγμα: 32 Σχολικά Κτίρια)



Εικόνα 75: Επίπεδο Ασφάλειας – Χημικές Αναλύσεις

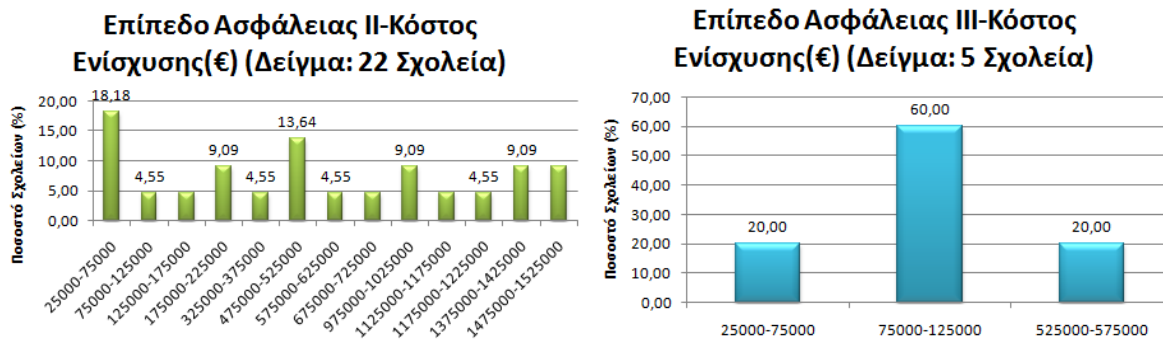
### Επίπεδο Ασφάλειας III-Χημικές Αναλύσεις (Δείγμα: 14 Σχολικά Κτίρια)



Εικόνα 76: Επίπεδο Ασφάλειας – Χημικές Αναλύσεις

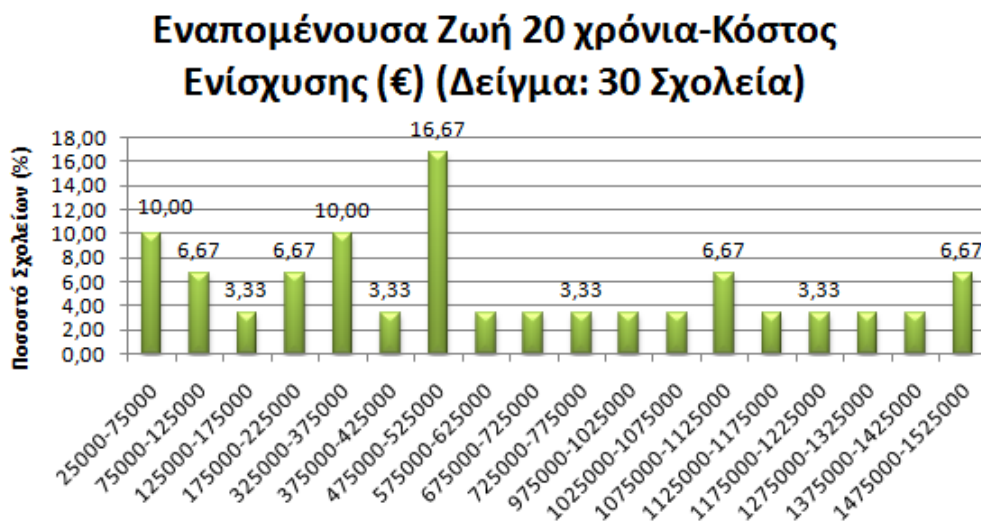
Όσον αφορά τη σχέση του επιπέδου ασφάλειας που εφαρμόζεται με το κόστος ενίσχυσης τα αποτελέσματα φαίνονται στην Εικόνα 77. Για το επίπεδο ασφάλειας II φαίνεται ότι το κόστος

έχει μεγάλη διακύμανση με το μεγαλύτερο ποσοστό σχολείων να βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα κόστους, ενώ ταυτόχρονα υπάρχουν και ποσοστά σχολείων με πολύ υψηλότερο κόστος. Όταν εφαρμόζεται επίπεδο ασφάλειας ΙΙΙ, το κόστος ενίσχυσης κυμαίνεται στα χαμηλά επίπεδα κόστους ενίσχυσης χωρίς όμως αυτό να είναι ασφαλές αφού δημιουργήθηκε από δείγμα μόνο 5 σχολείων.



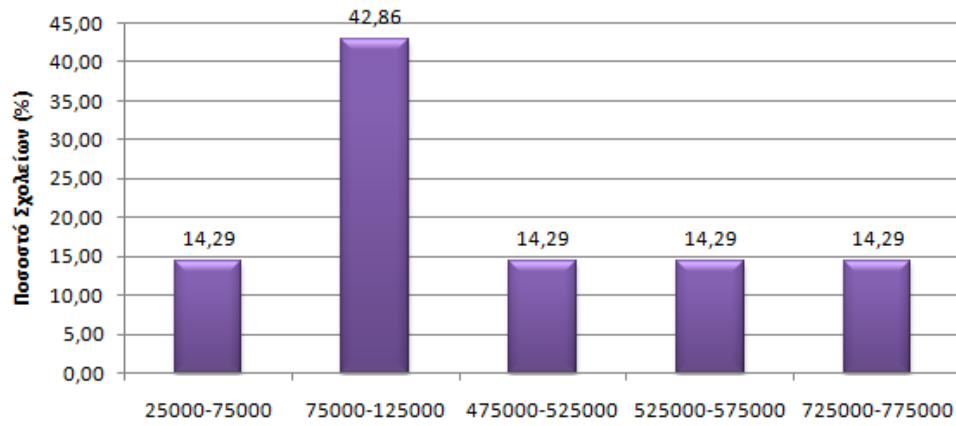
**Εικόνα 77: Επίπεδο Ασφάλειας – Κόστος Ενίσχυσης**

Η σχέση του κόστους ενίσχυσης με την εναπομένουσα ζωή των σχολείων αμέσως μετά τις εργασίες ενίσχυσης, φαίνεται στις Εικόνες 78 και 79. Όπως και στα πιο πάνω διαγράμματα, φαίνεται ότι το κόστος ενίσχυσης έχει μεγάλη διακύμανση για εναπομένουσα ζωή 20 χρόνια, με τα υψηλά κόστη να έχουν μεγαλύτερα ποσοστά σχολείων. Για εναπομένουσα ζωή αν και το δείγμα και πάλι είναι πολύ μικρό, φαίνεται ότι το κόστος ενίσχυσης κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα.



**Εικόνα 78: Εναπομένουσα Ζωή – Κόστος Ενίσχυσης**

### Εναπομένουσα Ζωή 50 χρόνια-Κόστος Ενίσχυσης (€) (Δείγμα: 7 Σχολεία)



Εικόνα 79: Εναπομένουσα ζωή – Κόστος Ενίσχυσης

#### **4.6 Δυσκολίες που προέκυψαν κατά τη συλλογή των στοιχείων**

Κατά τη συλλογή στοιχείων, προέκυψαν κάποιες δυσκολίες, οι οποίες αφορούν τα στοιχεία που επρόκειτο να καταγραφούν.

Όσον αφορά το κόστος ενίσχυσης κυρίως αλλά και το κόστος αντικατάστασης των σχολείων. Για το κόστος ενίσχυσης είναι ανέφικτο να γνωρίζει κανείς πόσο ήταν για κάθε σχολείο, αφού ταυτόχρονα με τις εργασίες ενίσχυσης γίνονταν και άλλες εργασίες. Εργασίες γενικής συντήρησης, εργασίες επεκτάσεων αλλά και ηλεκτρολογικής και μηχανολογικής αναβάθμισης. Επίσης, τις πλείστες φορές προέκυπταν και απρόοπτες εργασίες τα οποία πρόσθεταν επιπλέον κόστος στις εργασίες. Για αυτό το λόγο το αρχικό κόστος το οποίο εκτιμά ο μελετητής είναι πολύ διαφορετικό από το τελικό κόστος. Ακόμη και από τα δελτία έκδοσης πληρωμής των εργολάβων ή τα δελτία ποσοτήτων, δεν μπορεί να εκτιμηθεί ξεχωριστά το κόστος ενίσχυσης αφού οι διάφορου τύπου εργασίες γίνονται ταυτόχρονα και είναι αλληλένδετες.

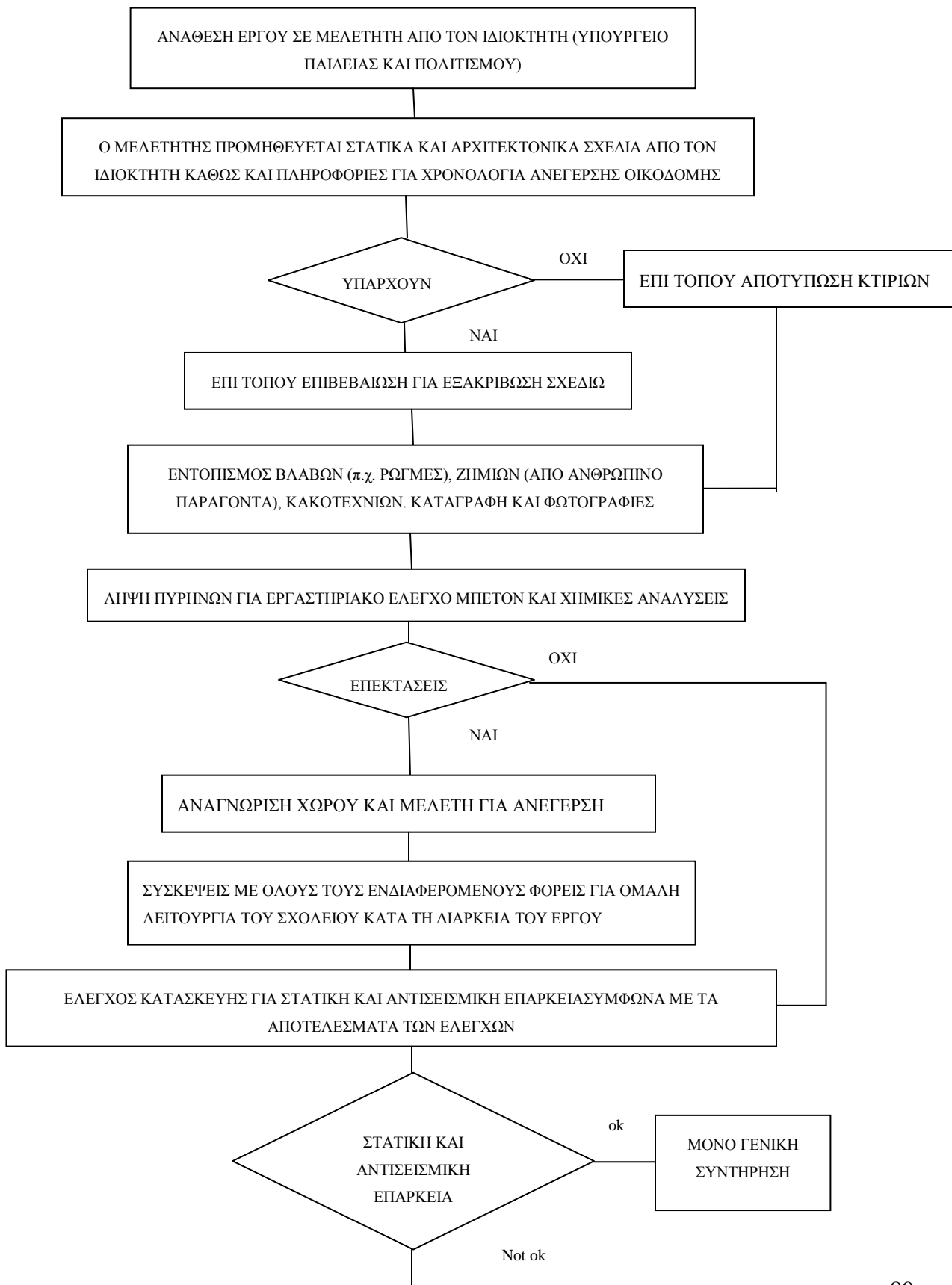
Σχετικά με το κόστος αντικατάστασης των σχολείων, το οποίο αντιπροσωπεύει το κόστος για αντικατάσταση των κτιρίων αντί για ενίσχυσή τους σε περιπτώσεις που το κόστος ενίσχυσής τους είναι περισσότερο από το 30% του κόστους αντικατάστασής τους, πάλι υπήρξε δυσκολία στην ανάλυσή του. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπολογίστηκε χονδρικά για τα σχολεία όταν ξεκίνησε αυτό το πρόγραμμα γιατί υπήρχαν σχολεία τα οποία έπρεπε να ενισχυθούν επειγόντως. Αυτό το ποσό προκύπτει από το εμβαδόν του κάθε σχολείου ( $m^2$ ) πολλαπλασιασμένο με κάποιο ποσό που καθορίστηκε από τις ΤΥΥΠΠ.

#### **4.7 Διαδικασία αναβάθμισης υφιστάμενων σχολικών κτιρίων**

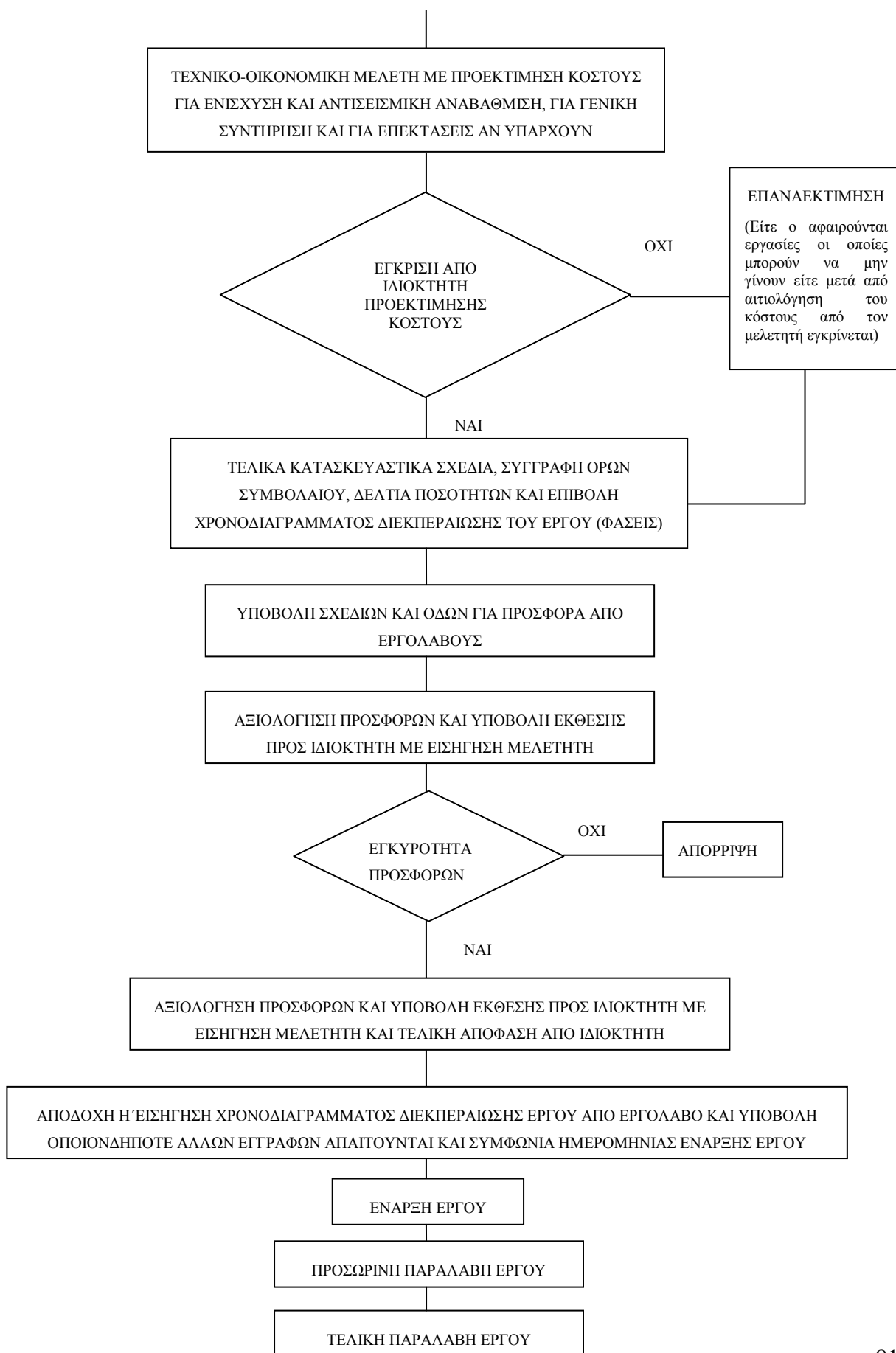
Με βάση το τι παρατήρησα από την εμπειρία μου από τη διερεύνηση που έγινε, και σε συνεργασία με μελετητή Πολιτικό Μηχανικό, δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα στο οποίο φαίνονται οι ενέργειες οι οποίες πραγματοποιούνται σε σειρά για τη διαδικασία αντισεισμικής αναβάθμισης και ενίσχυσης υφιστάμενων σχολικών κτιρίων.

Πιο κάτω φαίνεται το διάγραμμα με τη σειρά διαδικασιών που γίνονται συνήθως για την αποπεράτωση αντισεισμικής αναβάθμισης ενός σχολείου. (Σημειώνεται ότι κατά τη διάρκεια του έργου πραγματοποιούνται τακτές συσκέψεις με όλους τους ενδιαφερόμενους φορείς για την καλύτερη λειτουργία των εργασιών).

ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ







Οι υποχρεώσεις του ιδιοκτήτη, του μελετητή και του εργολάβου κατά την διάρκεια εκτέλεσης του έργου είναι πολύ σημαντικές. Ο ιδιοκτήτης έχει υποχρέωση στη διεκπεραίωση της πληρωμής προς τον εργολάβο αφού παραλαμβάνει από τον μελετητή το πιστοποιητικό πληρωμής. Ο μελετητής είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο της σωστής εκτέλεσης έργου από τον εργολάβο όσον αφορά τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις που προέρχονται από τους όρους. Επίσης είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο εφαρμογής των κατασκευαστικών σχεδίων με τακτικές επιβλέψεις στο εργοτάξιο. Ακόμη, ο μελετητής είναι υπεύθυνος για τις τακτές συσκέψεις με τον εργολάβο, τους υπεργολάβους αν υπάρχουν, τους συντονιστές, τη σχολική εφορία και τον σύνδεσμο γονέων. Επιπλέον ο μελετητής είναι υπεύθυνος για την έκδοση πιστοποιητικού πληρωμής του εργολάβου και την έκδοση οδηγιών για τυχόν προσθαφαιρέσεις κατά τη διάρκεια του έργου. Τέλος, ο εργολάβος είναι υπόχρεος να τηρεί πιστά το συμβόλαιο για την ποιότητα υλικών, τη σωστή εφαρμογή των σχεδίων αλλά και το χρονοδιάγραμμα. Επίσης είναι υπεύθυνος για τον αποθηκευτικό χώρο των υλικών του αλλά και για τον συντονισμό των υπεργολάβων που απασχολούνται στο έργο.

Σε περιπτώσεις καθυστερήσεων πρέπει να δικαιολογούνται στον ιδιοκτήτη αν ήταν δικαιολογημένες αλλιώς υπάρχει ποινική ρήτρα από το Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού και αφαιρούνται ποσά από την πληρωμή του εργολάβου. Όταν γίνει η προσωρινή παραλαβή του έργου γίνεται κράτηση ενός ποσού του συμβολαίου μέχρι να γίνει η τελική παραλαβή για να μπορεί να λειτουργήσει το σχολείο για κάποιο διάστημα (ένας χρόνος) έτσι ώστε να φανούν οι ατέλειες της κατασκευής μέχρι την τελική παραλαβή του έργου. Μετά από ένα χρόνο από την προσωρινή παραλαβή γίνεται σύσκεψη και καταγράφονται τυχόν παρατηρήσεις για κακοτεχνίες και ακολούθως αφού διορθωθούν οι κακοτεχνίες αν υπάρχουν γίνεται η τελική εξόφληση και το κλείσιμο του λογαριασμού.

## 4.8 Προβλήματα κατά τη διάρκεια ενίσχυσης σχολικών κτιρίων

Κατά τη διάρκεια ενίσχυσης των σχολικών κτιρίων υπήρχαν διάφορα προβλήματα, με τα οποία οι μελετητές και οι Τεχνικές Υπηρεσίες Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού ήρθαν αντιμέτωποι και έπρεπε να αντιμετωπίσουν. Αυτά τα προβλήματα συνήθως προέκυπταν κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των έργων. Κάθε σχολείο είχε τη δική του ιδιαιτερότητα και κάθε φορά προέκυπταν διαφορετικά προβλήματα. Γι' αυτό θα αναφερθούν μερικά από τα κοινά και πιο σημαντικά προβλήματα που προέκυπταν.

Σε κάποια σχολεία κατά την διάρκεια των εργασιών ενίσχυσης, όταν γίνονταν οι εκσκαφές για την ενίσχυση πεδίων διαπιστωνόταν ότι δεν υπήρχαν καθόλου πέδιλα (π.χ. Δημοτικό Ίνειας). Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις δεν υπήρχαν καθόλου τα στατικά και αρχιτεκτονικά σχέδια και έπρεπε να γίνουν επί τόπου έλεγχοι για τον εντοπισμό του οπλισμού που χρησιμοποιήθηκε ή και άλλων απαραίτητων στοιχείων. Ακόμη όμως και σε περιπτώσεις που υπήρχαν τα σχέδια χρειαζόταν να γίνει επί τόπου έλεγχος για την επιβεβαίωση των σχεδίων αφού δεν ήταν λίγες οι φορές που στην πράξη δεν κατασκευάζονταν τα σχολεία όπως υποδεικνυόταν στα σχέδια. Ένα άλλο σοβαρό πρόβλημα στην πορεία των εργασιών ήταν ο εντοπισμός μεγάλων ή μικρών υποκολώνων (π.χ. Γυμνάσιο Κάτω Πύργου) που σήμερα απαγορεύεται η ύπαρξή τους (Εικόνα 80, 83 και 84). Ακόμη, στις πλείστες περιπτώσεις τα υποστυλώματα είχαν πάρα πολύ μικρές διατομές (π.χ. 20x20) οι οποίες ενισχύονταν στη συνέχεια καθώς και τα πέδιλά τους (Εικόνα 82). Κάποια άλλα προβλήματα ήταν η διάβρωση του οπλισμού λόγω των ρωγμών που υπήρχαν αλλά και οι μικρές διατομές των πεδίων που διαπιστώνονταν και από τα σχέδια αλλά και από επί τόπου ελέγχους. Επίσης, σε κάποιες περιπτώσεις διαπιστωνόταν ότι δεν υπήρχαν δοκοί στις πλάκες οι οποίες να ενώνουν τα υποστυλώματα.

Ένα άλλο πολύ σημαντικό πρόβλημα που έπρεπε να αντιμετωπιστεί κάθε φορά ήταν η μεταφορά των μαθητών σε άλλες αίθουσες για την ομαλή λειτουργία του σχολικού προγράμματος. Για αυτό το πρόβλημα είτε γινόταν χρήση άλλων αιθουσών του χωριού ή της πόλης ή αν δεν υπήρχε διαθέσιμος κοντινός χώρος γινόταν αγορά λυόμενων αιθουσών οι οποίες έχουν πολύ ψηλό κόστος. Γι' αυτό οι εργασίες γίνονταν σε φάσεις έτσι ώστε να μπορούν να λειτουργούν διάφορες αίθουσες του σχολείου ενώ κάποιες άλλες εργασίες βρισκότουσαν σε εξέλιξη.

Πιο κάτω φαίνονται μερικές εικόνες με τα προβλήματα αυτά αλλά και μετά την επιδιόρθωσή τους.



**Εικόνα 80: Εντοπισμός υποκολώνων στο Γυμνάσιο Κάτω Πύργου.**

**Πηγή: Βοσκαρίδης Μίλτος, Πολιτικός Μηχανικός**



**Εικόνα 81: Ενίσχυση υφιστάμενου πεδίου (Γυμνάσιο Κάτω Πύργου)**

**Πηγή: Βοσκαρίδης Μίλτος, Πολιτικός Μηχανικός**



**Εικόνα 82: Ενίσχυση υποκόλωνα με την κατασκευή πεδίου (Γυμνάσιο Κάτω Πύργου)**

**Πηγή: Βοσκαρίδης Μίλτος, Πολιτικός Μηχανικός**



**Εικόνα 83: Υπάρχει κενό στο υποκόλωνα αφού δεν έγινε καλά η σκυροδέτηση κατά την κατασκευή του σχολείου (Γυμνάσιο Κάτω Πύργου)**

**Πηγή: Βοσκαρίδης Μίλτος, Πολιτικός Μηχανικός**

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ/ ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Για την αντισεισμική αναβάθμιση και ενίσχυση των σχολικών κτιρίων στην Κύπρο, εφαρμόστηκε ποικιλία μεθόδων. Αφού στο νησί υπάρχουν σχολικά κτίρια με δομικό σύστημα Ο/Σ, με φέρουσα τοιχοποιία αλλά και μικτά. Επίσης, υπήρξαν διάφορες περιπτώσεις ηλικίας κτιρίων, λόγω του ότι σε κάθε σχολείο υπήρχαν κτίρια από όλες τις χρονικές περιόδους. Υπήρχαν κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν χωρίς καθόλου αντισεισμικούς κανονισμούς αλλά υπήρχαν και κτίρια σχεδιασμένα και κατασκευασμένα με αντισεισμικούς κανονισμούς ή κώδικες. Στις περιπτώσεις που δεν υπήρχαν καθόλου κατασκευαστικά σχέδια των κτιρίων, θα είναι δύσκολο να διαχωριστούν οι ευθύνες των μελετητών αρχικής κατασκευής του σχολείου με τον μελετητή ενίσχυσης των κτιρίων σε περίπτωση σεισμικής δόνησης. Το κόστος ενίσχυσης των κτιρίων και αντικατάστασης, παρόλο που δεν είναι μεγάλης ακρίβειας φαίνεται ότι έχει μεγάλη διακύμανση. Στις περιπτώσεις του κόστους ενίσχυσης υπάρχει μεγάλη διαφορά με το τελικό ποσό συμβολαίου, στο οποίο περιλαμβάνονται όλες οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στα σχολεία. Ορισμένες φορές μάλιστα το κόστος ενίσχυσης ήταν μικρότερο από το κόστος γενικής συντήρησης και άλλων εργασιών, όταν γινόταν ενίσχυση σε μικρό μέρος των σχολείων.

Σε όλα τα κτίρια εφαρμοζόταν ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος ενίσχυσης σύμφωνα με το κόστος που όριζαν οι ΤΥΥΠΠ για αυτό συνήθως επιλεγόταν η μέθοδος με το πιο μικρό κόστος γιατί δεν μπορούσαν να ξεφύγουν από τον προϋπολογισμό. Επίσης, τα ενισχυτικά μέτρα σχεδιάζονταν με τέτοιο τρόπο ώστε να περιοριστεί στο ελάχιστο η καταστροφή στα υφιστάμενα κτίρια. Σε κτίρια με φέρουσα τοιχοποιία παρόλο που τα κτίρια ήταν πιο παλαιά συνήθως μπορούσαν να παραλάβουν τις οριζόντιες φορτίσεις από σεισμό και αυτό οφείλεται κυρίως στην αξιολογημένη τοιχοποιία πάχους 45 με 50 cm. Έτσι, τις περισσότερες φορές στα πετρόκτιστα κτίρια γίνονταν μόνο συντηρήσεις ή οριζόντια διαζώματα στη στάθμη της στέγης (σενάζ) και αλλαγή ξύλινης στέγης. Μόνο σε περιπτώσεις που οι βεράντες είχαν υποστυλώματα Ο/Σ χρειαζόταν να γίνει ενίσχυση. Επιπλέον, σε αρκετές περιπτώσεις οι επεμβάσεις που μπορούσαν να εφαρμοσθούν ήταν συγκεκριμένες για αρχιτεκτονικούς λόγους (π.χ. δύσκολη εφαρμογή τοιχείων ή τετράπλευρων μανδύων). Σε κτίρια Ο/Σ, σε περιπτώσεις ενίσχυσης υποστυλωμάτων με μανδύες γίνονταν και ενίσχυση δοκών με FRPs γύρω από τους κόμβους για αποφυγή δημιουργίας αδύναμων σημείων. Ακόμη, σε όλα τα σχολεία γινόταν προσπάθεια συνδυασμού των μεθόδων

έτσι ώστε να επιτευχθεί το ελάχιστο κόστος. Υπήρχαν κτίρια σχετικά μικρής ηλικίας τα οποία παρουσίαζαν υπέρμετρα προβλήματα σε σχέση με την ηλικία τους.

Ένας ανορθόδοξος τρόπος ενίσχυσης ήταν στο Γυμνάσιο Διανέλλου και Θεοδότου, όπου το κόστος ενίσχυσης (14£/m<sup>2</sup>) σημείωσε και μέχρι σήμερα ακατάρριπτο ρεκόρ σε σύγκριση με το τότε κόστος ενίσχυσης σχολείων που ανερχόταν στις 80 – 100£/m<sup>2</sup>. Έγινε ενίσχυση κοίλων τοίχων και υποστυλωμάτων με γέμισμα με σκυρόδεμα από οπές και ενίσχυση εξωτερικά με μεταλλικά ελάσματα. Η ενίσχυση βασίστηκε σε μία αρχιτεκτονική ιδιομορφία του κτιρίου δηλαδή να περιβάλλονται όλα τα περιμετρικά υποστυλώματα από κοίλους τοίχους. Έτσι, δουλεύοντας μόνο εξωτερικά και χωρίς διακοπή των εργασιών του σχολείου δημιουργήθηκε ένας αριθμός συνθέτων τοιχωμάτων που αποτελούνταν από τα υφιστάμενα υποστυλώματα από Ο/Σ, την κοίλη τοιχοποιία που γεμίστηκε με σκυρόδεμα και τις σιδηρές εξωτερικές λάμες που έπαιξαν τον ρόλο του εξωτερικού οπλισμού τοιχωμάτων.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, φαίνεται ότι κάθε φορά η μέθοδος ενίσχυσης αποφασιζόταν με ένα πολυδιάστατο τρόπο, ο οποίος όμως σύμφωνα με τους μελετητές πάντα είχε απώτερο σκοπό το ελάχιστο κόστος. Έτσι, δεν μπορούν να βγουν ιδιαίτερα συμπεράσματα από τον συνδυασμό δύο παραμέτρων κάθε φορά. Σίγουρο είναι όμως ότι με τον συνδυασμό και την συμφωνία των διοικητικών μέτρων, των οικονομικών μέτρων και των τεχνικών μέτρων υπάρχουν καλύτερες και απλούστερες τεχνικές λύσεις.

Αξίζει στο σημείο αυτό να επιβραβεύσουμε το Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού για την πρωτοβουλία του για τον έλεγχο και την επισκευή των σχολικών κτιρίων και για το μεγάλο ποσό χρημάτων που δόθηκε για εξασφάλιση της ασφάλειας των μαθητών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Α.Ι.Κάππος, Η.Γ.Δημητρακόπουλος, Θεσσαλονίκη. «Εφαρμογή ιξωδών αποσβεστήρων στην ενίσχυση υφιστάμενων κτιρίων από σκυρόδεμα». Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ.

Αναγνωστόπουλος Σ., Αθήνα (1984). «Πλαστιμότητα: Μία Βασική Ιδιότητα της Αντισεισμικής Κατασκευής με Πολλούς ορισμούς και συχνές Παρερμηνείες». Σ.Π.Μ.Ε, Συνέδριο, Σεισμοί και Κατασκευές.

Αδαμόπουλος Αναστάσιος. «Επισκευές Ενισχύσεις θεμελίωσης»

Αντώνης Κανελλόπουλος, (2007). «Αντισεισμικός σχεδιασμός και ενίσχυση κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα». Αντώνης Π. Κανελλόπουλος, Πολ. Μηχανικός ΕΜΠ, Dr. sc. techn. ΕΤΗ Zuerich, Αθήνα.

Αντώνης Κανελλόπουλος, Ευάγγελος Μακρुकώστας, Ευριπίδης Μυστακίδης, Ευστάθιος Παπαγεωργίου, Παναγιώτης Παπακυριακόπουλος, Βόλος (2002). «Μέθοδοι εκτίμησης της αντοχής σε σεισμική δράση υφιστάμενων κτιρίων και γεφυρών από Ο/Σ – Βελτίωση σεισμικής συμπεριφοράς μέσω τεχνικών επεμβάσεων». Ερευνητικό έργο, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Αντώνης Ι. Κοσμόπουλου, (2005). «Αποτίμηση σεισμικής συμπεριφοράς και ενίσχυση μηχανοκάνονικών σε κάτοψη κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος». Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Αντωνόπουλος Θεμιστοκλής. «Συμπεριφορά των τοιχοπληρώσεων στις κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος».

Βλάσης Κουμούσης, Κέρκυρα (2008). «Βασικές Αρχές Ενίσχυσης κατασκευών από λιθοδομή». Ελληνική Εταιρεία για την Προστασία του Περιβάλλοντος και της Πολιτιστικής Κληρονομιάς, Εργαστήριο Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών.

Βοσκαρίδης Μίλτος, Κύπρος.

Βρεττού Π. Ιωάννης, (2009). «Καμπτική Ενίσχυση Υποστυλωμάτων Οπλισμένου Σκυροδέματος με Σύνθετα Υλικά και Χρήση Αγκυρίων Σύνθετων Υλικών Τύπου Θυσάνου». Διατριβή



Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τομέας Κατασκευών Εργαστήριο Μηχανικής και Τεχνολογίας Υλικών.

Γιαννόπουλος Ιωάννης, Γιαννόπουλος Πλούταρχος. «Βλάβες από σεισμό σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα».

Δ. Κακαλέτσης, Χ. Καραγιάννης, (2006). ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Δημοσθένους Α. Μίλων, Θεσσαλονίκη (2009). «Μέθοδοι και υλικά αποκατάστασης και ενίσχυσης διατηρητέων κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία». Τ.Ε.Ε./Τ.Κ.Μ., Έρευνα ΙΤΣΑΚ.

Δρίτσος Η. Στέφανος, Αθήνα (2007). «Στρατηγικές και Σχεδιασμός Αντισεισμικής Ενίσχυσης Κτιρίων». Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Πανεπιστήμιο Πατρών.

Δρίτσος Στέφανος, Τσίκας Παναγιώτης, (2008). «Διερεύνηση της Επιτροπής Ανοιγμάτων Τοιχοπληρώσεων σε Πλαισιακές Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος». 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, Άρθρο 2004.

Ζυγούρη Κωνσταντίνος. «Σεισμική Ενίσχυση μέσω Περίσφιξης Υποστυλωμάτων Οπλισμένου Σκυροδέματος σε Περιοχές Ματίσεων σε Πλέγματα Συνεχών ινών σε Ανόργανη Μήτρα». Διατριβή διπλώματος ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τομέας Κατασκευών Εργαστήριο Μηχανικής & Τεχνολογίας των Υλικών.

Κ. Σπυράκος, Αθήνα (2004). «Ενίσχυση Κατασκευών για Σεισμικά Φορτία»

Κ. Σπυράκος, Αθήνα. «Φαινόμενα Κατευθυντικότητας – Σύγχρονες Αντιλήψεις», Εργαστήριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο.

Κ.Ε.Κ. Ανάπτυξη Κρήτης, (1999). «Συντήρηση και Αποκατάσταση Μνημείων και Παραδοσιακών Κτιρίων, Αποκατάσταση Βλαμμένων Λιθοδομών». Σεμινάριο.

Καΐρης Στέφανος, Χατζηβασιλειάδης Αναστάσιος, Πάτρα (2008). «Ενίσχυση Υποστυλωμάτων με Μανδύες Οπλισμένου Σκυροδέματος». 14<sup>ο</sup> Φοιτητικό Συνέδριο: Επισκευές Κατασκευών.

Καρβέλας Γ. Χαράλαμπος, Πάτρα (2011). «Ενίσχυση κοντών υποστυλωμάτων με σύνθετα υλικά». 17<sup>ο</sup> Φοιτητικό Συνέδριο: επισκευές και ενίσχυση κατασκευών.

Κίρτας Εμμανουήλ, Σέρρες (2008). «Ειδικά κεφάλαια στατικής».

Κοντού Παναγιώτα Λουΐζα, Χατζηαλεξίου Αλέξιος, Πάτρα (2009). «Αποτελεσματικότητα ενίσχυσης υποστρωμάτων με μανδύες σύνθετων υλικών έναντι λυγισμού ράβδων και τρόποι αστοχίας τους». 15<sup>ο</sup> Φοιτητικό Συνέδριο: Επισκευές Κατασκευών.

Κούλης Παναγιώτης, Πάτρα (2008). «Ενίσχυση κατασκευών Ο/Σ με χρήση τοιχωμάτων». 14<sup>ο</sup> Φοιτητικό Συνέδριο: Επισκευές Κατασκευών.

Κούτα Ν. Λάμπρος, (2010). «Ενίσχυση Πλακοδοκών Οπλισμένου Σκυροδέματος σε Τέμνουσα με Μανδύες Ινοπλισμένων Πολυμερών και Αγκύρια Ινών». Διατριβή για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τομέας Κατασκευών Εργαστήριο Μηχανικής & Τεχνολογίας των Υλικών.

Κυριακίδης Ν., Πηλακούτας Κ. , Χρυσοστόμου Κ., Κύπρος. «Τρωτότητα κτιρίων από ΟΣ και εκτίμηση του σεισμικού κινδύνου στην Κύπρο».

Κωνσταντινίδης Απόστολος, Αθήνα. «Επιδιορθώσεις». psystems.

Μαργαράνης Δημήτρης, Πάτρα (2007). «Οι τοίχοι πληρώσεως στις κατασκευές Ο/Σ». 13<sup>ο</sup> Φοιτητικό Συνέδριο: Επισκευές Κατασκευών.

Ματσούκας Παναγιώτης, Οικονομόπουλος Γρηγόρης. «Επισκευή Ενίσχυση θεμελίων».

Μιχαήλ Φαρδής, Στέφανος Δρίτσος, Πάτρα (2003). «Σεισμικές Βλάβες, Επισκευές και Ενισχύσεις, Αποτίμηση Σεισμικών Βλαβών, Επισκευές και Ενισχύσεις Κτιρίων Οπλισμένου Σκυροδέματος». Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

ΟΑΣΠ. «Προσεισμικός Έλεγχος Κτιρίων».

Παναγιωτοπούλου Μαρία. «Μέθοδοι Ενίσχυσης και Επισκευής Στοιχείων Θεμελίωσης».

Παπαθεοδώρου Νικηφόρος, Φιλίνης Χρήστος, Πάτρα (2011). «Ενίσχυση Υποστρωμάτων με μανδύες Οπλισμένου Σκυροδέματος». 17<sup>ο</sup> Φοιτητικό Συνέδριο: Επισκευές Κατασκευών.

Παπασεραφείμ Αναστασία, Πάτρα (2007). «Ενίσχυση των κατασκευών με χρήση σύνθετων υλικών από ινοπλισμένα πολυμερή». 13<sup>ο</sup> Φοιτητικό Συνέδριο: Επισκευές Κατασκευών.

Πετρόχειλος Σταύρος, Πάτρα (2010). «Ενίσχυση δοκών σε διάτμηση με ΙΟΠ (FRP)». 16<sup>ο</sup> Φοιτητικό Συνέδριο: Επισκευές Κατασκευών.

Στάθης Κωνσταντίνος, Πάτρα (2008). «Επισκευή και Ενίσχυση κόμβων δοκών υποστυλωμάτων». 15<sup>ο</sup> Φοιτητικό Συνέδριο: Επισκευές Κατασκευών.

Σύλλογος Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδος, Αθήνα (2001), «Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000». Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, Αθήνα.

Σφήκας Π. Ιωάννης, Αθήνα (2005). «Επεμβάσεις σε υφιστάμενα κτίρια». Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Τομέας Δομοστατικής Εργαστήριο Οπλισμένου Σκυροδέματος.

Τεχνικές Υπηρεσίες Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού, Κύπρος (2011).

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα (2004). «Ενίσχυση κατασκευών για σεισμικά φορτία».

Τσαμπράς Γεώργιος, Πάτρα (2009). «Ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα με μεταλλικούς συνδέσμους δυσκαμψίας». 15<sup>ο</sup> Φοιτητικό Συνέδριο, Επισκευές Κατασκευών.

Τσιούλου Θ. Ουρανία, Πάτρα (2005). «Αναλυτική Εκτίμηση της Συμπεριφοράς Δοκών Οπλισμένου Σκυροδέματος Ενισχυμένων με Νέες Στρώσεις Σκυροδέματος». Πανεπιστήμιο Πατρών, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημ. Έργων Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασία. «Πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος κτιρίων Δημόσιας και Κοινοφελούς χρήσης».

Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημ. Έργων Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασία, Αθήνα (2001). «Συστάσεις για Προσεισμικές και Μετασεισμικές Επεμβάσεις σε Κτίρια».

Χ' Νικόλας Λούκας, Κύπρος. «Αυτοψίες». Υ.Α.Ζ Κύπρου.

Χρυσοστόμου Κρίστης, Κύπρος. «Γενικό Πλαίσιο των Ευρωκωδίκων και η εφαρμογή τους στην Κύπρο». Ενημερωτικό Σεμινάριο EC2, EC7, EC8.

Χρυσοστόμου Κρίστης, Λεμεσός (2010), «Αντισεισμική Μηχανική». Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής.

*Επισκευές – Ενισχύσεις Τοιχοποιίας,*

[http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1) > (Απρίλιος 16,2011)

Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, «Σεισμικότητα

Κύπρου» <[http://www.cyprusgeology.org/greek/5\\_1\\_seismicity\\_gr.htm](http://www.cyprusgeology.org/greek/5_1_seismicity_gr.htm)> (Απρίλιος 16, 2011)

«Σύνοψη Βλαβών». *Μέθοδοι και Τρόποι Αποκατάστασης,*

[http://haris.jappee.com/diplomatiki/5k1\\_1b.html](http://haris.jappee.com/diplomatiki/5k1_1b.html)> (Απρίλιος 16, 2011)

Hugo Bachmann, Ζυρίχη (1998). «Αντισεισμική προστασία κατασκευών». Μ.Γκιούρδας, Αθήνα.

Pacific Earthquake Engineering Research Center, (2001). «Geotechnical report». Peruvian Earthquake.

R. Rybicki, (1980). «Βλάβες Δομικών Έργων. Ανάλυση και βελτίωση». Μ. Γκιούρδας, Αθήνα, Τόμος 1<sup>ος</sup>.

SEAOC (1995). "Performance based seismic engineering of buildings", Vision 2000 Committee, Structural Engineering Association of California, California.

T. Paulay, M.J.N. Priestley, New Zealand, San Diego. «Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα και Τοιχοποιία». Κλειδάριθμος, Αθήνα.

Nehrp, (2009). "National Earthquake Hazards Reduction Program". *Background & History*, <<http://www.nehrp.gov/about/history.htm>> (Jan. 7, 2011).

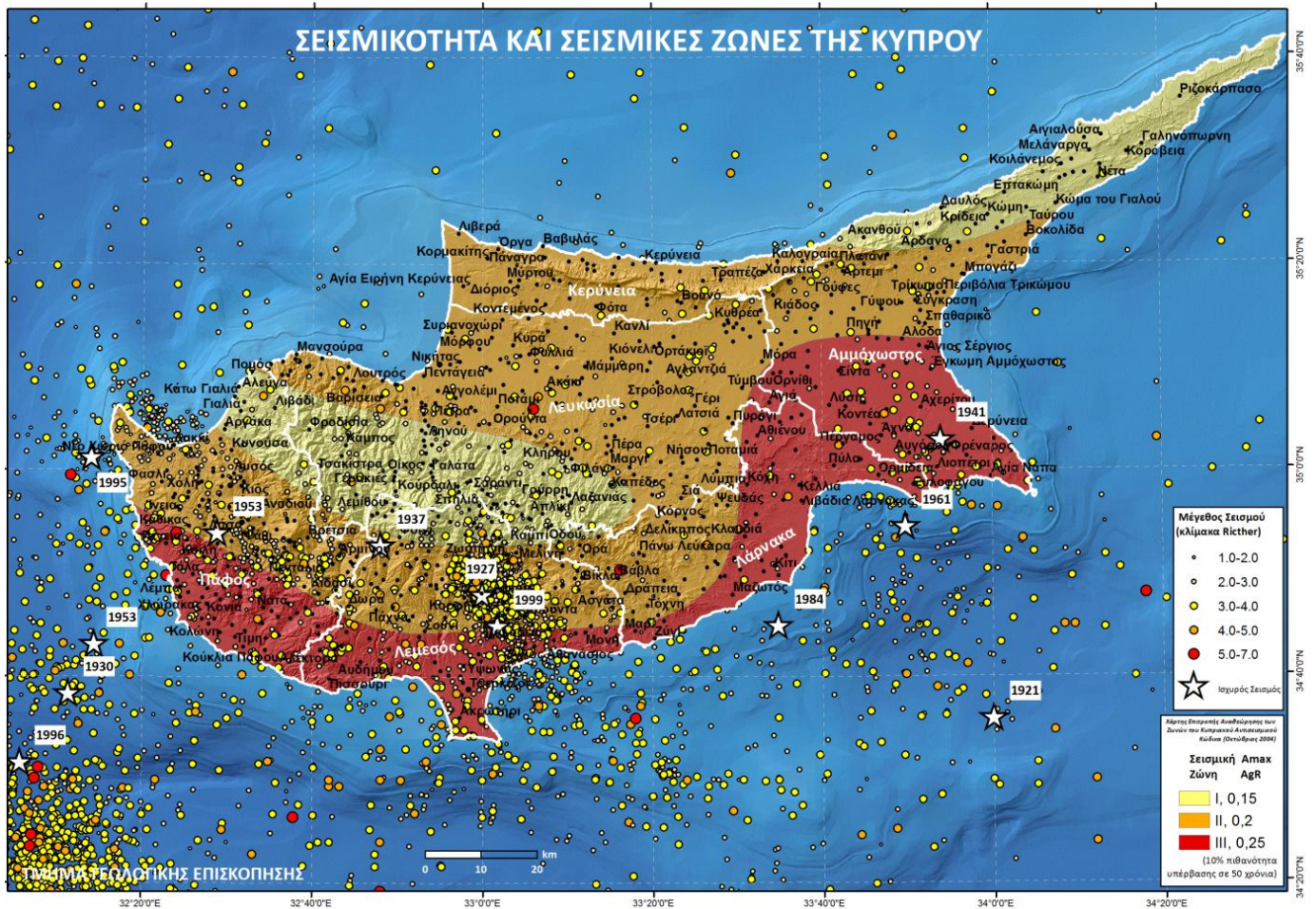
FEMA, (2011). "Federal Emergency Management Agency". *About FEMA*, <<http://www.fema.gov/about/index.shtm>> (Jan. 7, 2011).

Cubus Hellas Ltd. "Cubus Hellas Ltd Engineering Consultans Software". *Έργα-Μελέτες-Ενισχύσεις*, <<http://www.cubushellas.gr/GR/04-04-Erga.asp>> (Jan. 7,2011).

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

## 5 Σεισμικότητα Κύπρου

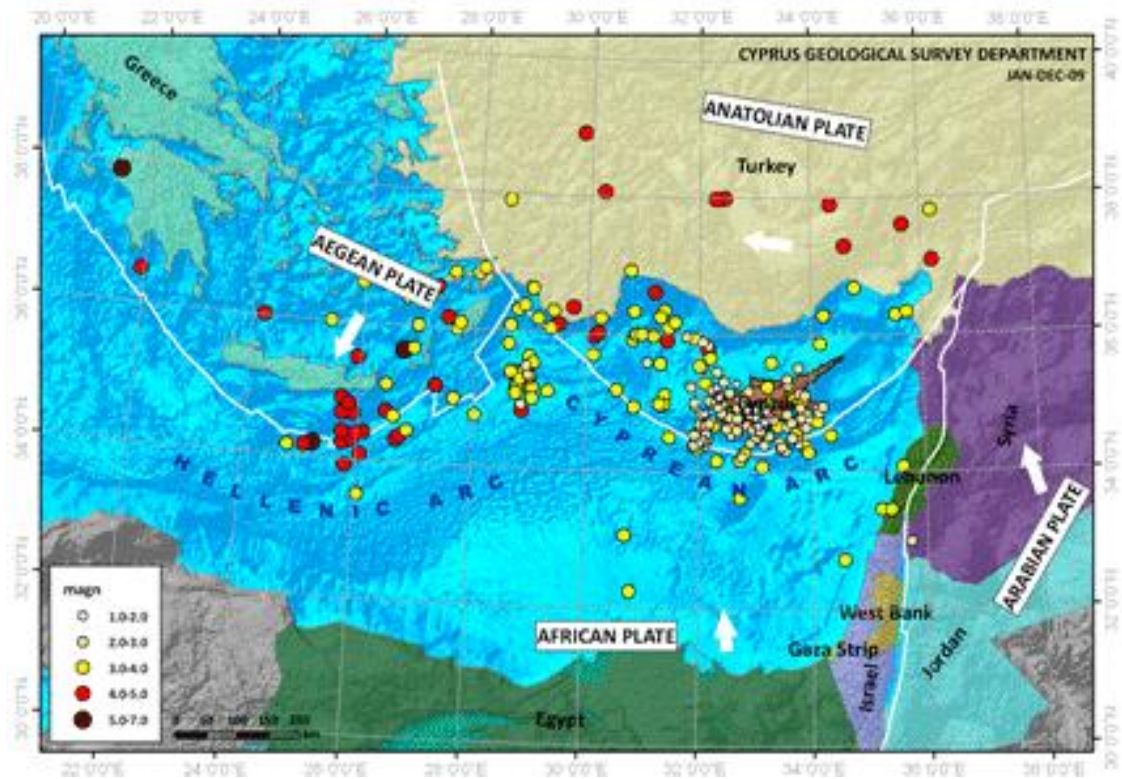
Πιο κάτω φαίνονται 3 Εικόνες στις οποίες φαίνεται η σεισμικότητα της Κύπρου και ο τεκτονικός χάρτης της Ανατολικής Μεσογείου.



Εικόνα 84: Σεισμικότητα Κύπρου

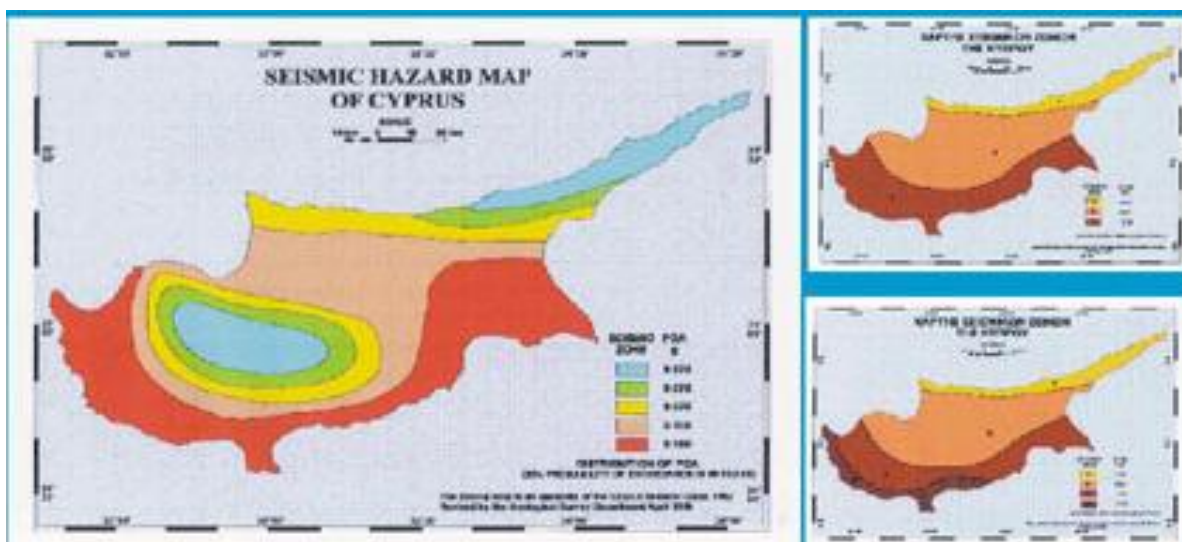
Πηγή: Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης





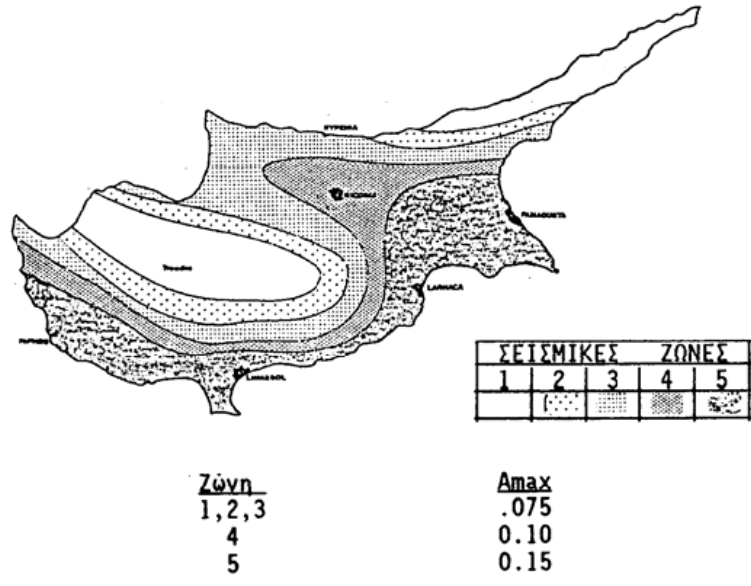
Εικόνα 85: Τεκτονικός Χάρτης Ανατολικής Μεσογείου

Πηγή: Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης



Εικόνα 86: Χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας της Κύπρου, που δείχνουν ότι η παραλιακή ζώνη από την Πάφο έως την Αμμόχωστο είναι η πιο σεισμόπληκτη περιοχή

Πηγή: Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης



Εικόνα 87: Σεισμικές Επιταχύνσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την αντισεισμική αναβάθμιση των σχολείων

Πηγή: Κυπριακός Σεισμικός Κώδικας

## 6 Βλάβες Δομικών Στοιχείων

Σε αυτό το κεφάλαιο φαίνονται διάφορες βλάβες οι οποίες προκύπτουν στα δομικά στοιχεία μίας κατασκευής.

### 6.1 Βλάβες υποστυλωμάτων και τοιχείων

Τα υποστυλώματα είναι το σημαντικότερο τμήμα μίας κατασκευής Ο/Σ αφού λόγω και του ικανοτικού σχεδιασμού πρέπει να γίνεται πρώτα η αστοχία των δοκών. Οι βλάβες στα υποστυλώματα είναι οι σοβαρότερες και μπορεί να οδηγήσουν ακόμη και σε ολική κατάρρευση της κατασκευής (βλ Εικόνες 97, 98, 99). Έτσι, όταν υποστεί βλάβες μία κατασκευή, το πρώτο που πρέπει να ελεγχθεί είναι τα υποστυλώματα αφού αποτελούν τα πιο σημαντικά στοιχεία της. (Καίρης Στέφανος, Χατζηβασιλειάδης Αναστάσιος 2008)

Οι τυπικοί βαθμοί βλάβης στα υποστυλώματα είναι:

#### 1. Απλή ρηγμάτωση

Το υποστυλώμα παρουσιάζει είτε μεμονωμένες ρωγμές μικρού εύρους (<2mm) λόγω δευτερευόντων λόγων και τοπικών αδυναμιών, όπως αρμοί διακοπής σκυροδέτησης ή ανεπαρκές μήκος αγκύρωσης του οπλισμού, είτε πολλές ρωγμές λόγω κάμψης ή μεμονωμένες λοξές ρωγμές λόγω διάτμησης μικρού εύρους (<0,5mm). Με την προϋπόθεση ότι δεν παρατηρούνται εμφανείς μετακινήσεις του σκελετού οι παραπάνω βλάβες χαρακτηρίζονται ελαφρές.

#### 2. Μερική αποδιοργάνωση

Παρατηρείται έντονη ρηγμάτωση μεγάλου πλάτους, καθώς και τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος από θλίψη ή και διάτμηση και οι παραμένουσες παραμορφώσεις είναι πολύ μικρές. Οι βλάβες αυτού του βαθμού χαρακτηρίζονται σοβαρές.

#### 3. Διακοπή συνέχειας από πλήρη αποδιοργάνωση σκυροδέματος ή βλάβη οπλισμών (Εικόνα 88).

Η τρίτη περίπτωση βλαβών είναι οι βαριές βλάβες. Είναι η σοβαρότερη κατηγορία επισκευάσιμων βλαβών. Παρατηρείται θραύση του σκυροδέματος του στοιχείου, βλάβη



των κύριων οπλισμών, όπως λυγισμός των διαμήκων ράβδων ή διαρροή συνδετήρων. Επίσης, παρατηρείται διακοπή της συνέχειας του στοιχείου. Όμως παρόλα αυτά, οι παραμένουσες παραμορφώσεις και ιδιαίτερα οι κατακόρυφες είναι σχετικά μικρές.

#### 4. Πλήρης κατάρρευση υποστυλώματος.



**Εικόνα 88: Διακοπή συνέχειας υποστυλώματος λόγω πλήρους αποδιοργάνωσης του σκυροδέματος και βλάβης του διαμήκους και του εγκάρσιου οπλισμού.**

**Πηγή: Κ. Σπυράκος, 2004**

- Καμπτικού χαρακτήρα βλάβες

Αυτές οι βλάβες παρουσιάζονται συνήθως στην κορυφή και στην βάση των υποστυλωμάτων αφού σε αυτές τις περιοχές παρατηρούνται οι μεγαλύτερες καμπτικές εντάσεις (Εικόνα 89). Στην περίπτωση που υπάρχουν μικρά αξονικά φορτία η βλάβη έχει τη μορφή οριζόντιας καμπτικής ρωγμής από υπέρβαση του ορίου διαρροής του χάλυβα σε εφελκυσμό και αυτό οφείλεται στην ανεπάρκεια συνδετήρων στην περιοχή και το εύρος της ρωγμής είναι αποκαλυπτικό και του βαθμού της αστοχίας.

(Παπαθεοδώρου Νικηφόρος, Φιλίνης Χρήστος 2011)

Η εξέλιξη αυτών των βλαβών εμφανίζεται με ρηγμάτωση κεφαλής και πόδα στην περίμετρο της διατομής, με αποφλοίωση σκυροδέματος επικάλυψης, με εγκάρσια διόγκωση ανάλογα με το βαθμό περίσφιξης, με ενδεχόμενη θραύση συνδετήρων από εφελκυσμό, με αποδιοργάνωση σκυροδέματος πυρήνα και με λυγισμό των διαμήκων ράβδων. (Σημειώσεις Σεμιναρίου για Βλάβες Ο/Σ)

Οι αιτίες αυτών των βλαβών οφείλονται σε χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος, σε αραιούς συνδετήρες, σε ισχυρά ζυγώματα που οδηγούν σε αστοχία πρώτα των υποστυλωμάτων, σε

ισχυρή σεισμική διέγερση και σε μεγάλη διάρκεια ισχυρής κίνησης. Η σοβαρότητα της βλάβης έναντι κατάρρευσης είναι μέτρια για καλή περίσφιξη και μεγάλη για κακή περίσφιξη. Αυτός ο τύπος βλάβης είναι πολύ συνηθισμένος. (Σημειώσεις Σεμιναρίου για Βλάβες Ο/Σ)



**Εικόνα 89: Ρηγμάτωση υποστυλώματος λόγω κάμψης.**

**Πηγή: Κ. Σπυράκος, 2004**

Διατμητικού χαρακτήρα βλάβες

Αυτές οι βλάβες παρατηρούνται στις περιοχές με τη μεγαλύτερη διατμητική αδυναμία και συνήθως στη μέση του υποστυλώματος. Είναι βλάβες ψαθυρής μορφής και επομένως σοβαρές. Εκδηλώνονται με λοξές ρωγμές οι οποίες λόγω της αντίστροφης φοράς της σεισμικής δράσης έχουν χιαστί μορφή. Συνήθως, η χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος και η έλλειψη επαρκούς διατμητικού οπλισμού είναι παράγοντες για τέτοιου είδους βλάβες, όπως και η δημιουργία κοντών υποστυλωμάτων (στα σχολικά κτίρια με τη δημιουργία φεγγιτών) (Παπαθεοδώρου Νικηφόρος, Φιλίνης Χρήστος 2011).

Αυτού του είδους οι βλάβες εξελίσσονται με εμφάνιση χιαστί ρηγμάτων στην ασθενέστερη θέση του υποστυλώματος, με αποφλοιώση σκυροδέματος επικάλυψης, με μικρή εγκάρσια διόγκωση, με ολίσθηση κατά μήκος των ρηγμάτων, με συντριβή σκυροδέματος πυρήνα και λυγισμό διαμήκων ράβδων.

Αυτού του τύπου βλάβες, οφείλονται σε χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος, σε αραιούς συνδετήρες και άρα μικρή αντοχή σε διάτμηση και σε ισχυρή σεισμική διέγερση, ακόμη και μικρής διάρκειας. Η σοβαρότητα της βλάβης έναντι κατάρρευσης είναι πολύ μεγάλη λόγω ψαθυρότητας και εμφανίζεται σχετικά λίγες φορές σε υποστυλώματα ισογείου με μεγάλες διαστάσεις και σε κοντά υποστυλώματα. Αστοχίες υποστυλωμάτων λόγω διάτμησης φαίνονται στις Εικόνες 90 μέχρι 95. (Σημειώσεις Σεμιναρίου για Βλάβες Ο/Σ)



**Εικόνα 90: Έλλειψη συνδετήρων σε υποστύλωμα (Δημοτικό Ίνειας)**

**Πηγή: Βοσκαρίδης Μίλτος, Πολιτικός Μηχανικός**



**Εικόνα 91: Αστοχία Υποστυλώματος σε σεισμό λόγω τέμνουσας**

**Πηγή: Χ'' Νικόλας Λούκας, Πολιτικός Μηχανικός, ΥΑΖ, Κύπρος**



**Εικόνα 92: Αστοχία λόγω τέμνουσας.**

**Πηγή: Χ'' Νικόλας Λούκας, Πολιτικός Μηχανικός, ΥΑΖ, Κύπρος**



**Εικόνα 93: Αστοχία σε διάτμηση**

**Πηγή: Χ'' Νικόλας Λούκας, Πολιτικός Μηχανικός, ΥΑΖ, Κύπρος**



**Εικόνα 94: Διατμητική αστοχία υποστύλωματος πάνω και κάτω με λυγισμό ράβδων και θραύση λεπτών και αραιών συνδετήρων.**

**Πηγή: Γιαννόπουλος Ιωάννης & Γιαννόπουλος Πλούταρχος, Βλάβες από σεισμό σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα**



**Εικόνα 95: Διατμητική αστοχία τοιχείου με μεγάλες παραμορφώσεις.**

**Πηγή: Γιαννόπουλος Ιωάννης & Γιαννόπουλος Πλούταρχος, Βλάβες από σεισμό σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα**

- Καμπτοδιατμητικού χαρακτήρα βλάβες

Εμφανίζονται στην περίπτωση μεγάλων αξονικών θλιπτικών φορτίων με σύγχρονη δράση κάμψης και διάτμησης με εγκάρσια διόγκωση του σκυροδέματος, διαρροή ή θραύση των συνδετήρων της περιοχής και πολλές φορές με λυγισμό των διαμήκων ράβδων. Συνήθως, αυτές οι βλάβες οφείλονται σε ανεπάρκεια των διαστάσεων της διατομής, έλλειψη περίσφιξης, χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος ή συνδυασμό των προηγούμενων. Αυτές οι βλάβες παρουσιάζονται με ψαθυρή αστοχία, σημαντική μείωση της ακαμψίας του υποστυλώματος και παρουσιάζει αδυναμία μεταφοράς των κατακόρυφων φορτίων. Η αδυναμία αυτή είναι πιθανό να οδηγήσει στην κατάρρευση της κατασκευής (Παπαθεοδώρου Νικηφόρος, Φιλίνης Χρήστος 2011). Μία τέτοια βλάβη φαίνεται στην Εικόνα 96.



**Εικόνα 96: Καμπτοδιατμητική αστοχία με σύνθλιψη.**

**Πηγή: Κοσμόπουλος Αντώνης, 2005**



**Εικόνα 97: Κατάρρευση κατοικίας από αστοχία υποστυλωμάτων (σεισμός Αθήνας 1999).**

**Πηγή: Βοσκαρίδης Μίλτος**



**Εικόνα 98: Κατάρρευση τμήματος πολυκατοικίας λόγω μετακίνησης υποστυλώματος στο υπόγειο (σεισμός Αθήνας 1999)**

**Πηγή: Βοσκαρίδης Μίλτος**





**Εικόνα 99: Αστοχία λόγω κακής αγκύρωσης οπλισμού υποστυλώματος και πεδίου. Έλλειψη συνδετήρων στη βάση του υποστυλώματος.**

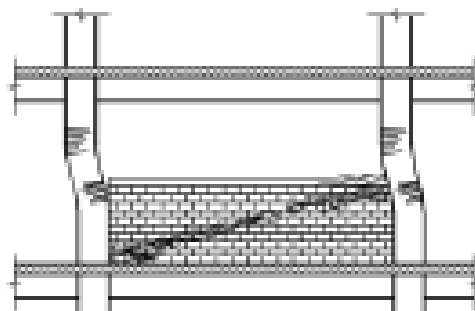
**Πηγή: Βοσκαρίδης Μίλτος, Πολιτικός Μηχανικός**

#### Τοιχοπληρώσεις και δημιουργία κοντών υποστυλωμάτων

Οι τοιχοπληρώσεις έχουν κατά το πλείστον θετική επιρροή στη σεισμική συμπεριφορά και ασφάλεια των κατασκευών, εφόσον είναι καλά εγκιβωτισμένες από τα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος που τις περιβάλλουν. Έτσι γενικά οι τοιχοπληρώσεις αποτελούν αντισεισμική εφεδρεία και πηγή σεισμικής υπεραντοχής για το κτίριο (Παναγιώτης Τσίκας και Στέφανος Δρίτσος 2004). Όμως, οι τοιχοποιίες πλήρωσης μπορεί να έχουν δυσμενή επιρροή στη συνολική σεισμική συμπεριφορά, αν η κατανομή τους καθ' ύψος ή σε κάτοψη είναι ανομοιόμορφη. Μια άλλη σοβαρότατη δυσμενής επίπτωση των τοιχοπληρώσεων είναι η δημιουργία κοντών υποστυλωμάτων μεταξύ δοκού οροφής και ποδιάς παραθύρων ή φεγγιτών που είναι (σχεδόν) σε επαφή με το υποστυλώμα όπως φαίνεται στην Εικόνα 100. Η ύπαρξη ανοιγμάτων στις τοιχοπληρώσεις είναι μια σημαντική παράμετρος που επηρεάζει τη συμπεριφορά των συστημάτων τοιχοπλήρωσης (Δ. Κακαλέτσης και Χ. Καραγιάννης 2006, ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2005).

Η δυσμενής διάταξη των τοιχοπληρώσεων, δηλαδή όταν οι τοιχοπληρώσεις δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες καθ' ύψος, δημιουργούν μαλακούς ορόφους, αφού η ύπαρξη της τοιχοπλήρωσης σε ένα όροφο συνεισφέρει σημαντικά στη διατμητική αντοχή του ορόφου, εμποδίζει την ανάπτυξη ανελαστικών παραμορφώσεων του περιβάλλοντος πλαισίου με

αποτέλεσμα όλες οι παραμορφώσεις που αναπτύσσει η κατασκευή από το σεισμό να συγκεντρώνονται στον μη τοιχοπληρωμένο όροφο. Ουσιαστικά έχουμε δημιουργία μηχανισμού με πλαστικές αρθρώσεις στην κορυφή και τη βάση των υποστυλωμάτων του γυμνού ορόφου και συγκέντρωση εκεί όλων των μετακινήσεων της κατασκευής με επακόλουθο την ανάπτυξη φαινομένων δευτέρας τάξεως που οδηγούν σε μερική ή ολική κατάρρευση (Αντωνόπουλος Θεμιστοκλής). Αστοχίες σε κατασκευές κατά τη διάρκεια σεισμού λόγω ύπαρξης μαλακών ορόφων φαίνονται στις Εικόνες 101 και 102.



**Εικόνα 100: Δημιουργία κοντού υποστυλώματος.**

**Πηγή: ΕΑΚ 2000 §4.1.7.1.α**



**Εικόνα 101: Διώροφη κατοικία σε πιλοτή, σεισμός Αγίου 1995**

**Πηγή: Αντωνόπουλος Θεμιστοκλής**





**Εικόνα 102: Κατάρρευση μαλακού ορόφου σε σεισμό (σεισμός Αθήνας 1999)**

**Πηγή: Βοσκαρίδης Μίλτος, Πολιτικός Μηχανικός**

Μια επίσης δυσμενής διάταξη των τοιχοπληρώσεων ακόμη και αν αυτές είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες στην περίμετρο της κατασκευής, δημιουργείται όταν οι τοιχοπληρώσεις διακόπτονται καθ' ύψος π.χ. στη στάθμη της ποδιάς παραθύρων σε όλο το μήκος του φατνώματος ή σε ψηλότερη στάθμη (για λόγους φωτισμού) που συναντάται σε πολλές περιπτώσεις σχολείων (Αντωνόπουλος Θεμιστοκλής).

Αποτέλεσμα της διακοπής των τοιχοπληρώσεων καθ' ύψος μέσα σε ένα φάτνωμα είναι η δημιουργία κοντών υποστυλωμάτων (τμήμα του υποστυλώματος που δεν έρχεται σε επαφή με τον τοίχο). Τα κοντά υποστυλώματα είναι στοιχεία μικρής λυγηρότητας που κατά τη σεισμική διέγερση της κατασκευής και ειδικά όταν αυτά είναι στον κατώτατο όροφο όπου αναπτύσσεται η μέγιστη σεισμική τέμνουσα, αστοχούν διατμητικά, αναπτύσσοντας διαγώνιες ρωγμές (Αντωνόπουλος Θεμιστοκλής). Αστοχίες κοντών υποστυλωμάτων φαίνονται στις Εικόνες 103, 104 και 105.



**Εικόνα 103: Αστοχίες κοντών υποστυλωμάτων, σεισμός Αθήνας 1999**

**Πηγή: Γιαννόπουλος Ιωάννης & Γιαννόπουλος Πλούταρχος, Βλάβες από σεισμό σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα**

Τα κοντά υποστυλώματα παρουσιάζουν ψαθυρή συμπεριφορά όταν υποβληθούν σε ανακυκλζόμενη οριζόντια φόρτιση. Εμφανίζουν αυξημένη αρχική δυσκαμψία, ενώ για μετακίνηση μεγαλύτερη από αυτή που αντιστοιχεί στη μέγιστη τέμνουσα παρουσιάζουν αυξημένη μείωση της δυσκαμψίας και της απορροφόμενης ενέργειας.

Ως κοντά υποστυλώματα χαρακτηρίζονται τα υποστυλώματα με λόγο διάτμησης  $a_s \leq 2,5$ .

Λόγος διάτμησης ορίζεται το πηλίκο  $a_s = \frac{M}{Vh}$ , όπου  $M$  και  $V$  είναι η δρώσα καμπτική ροπή και τέμνουσα δύναμη αντίστοιχα στο άκρο του στοιχείου. Σε περίπτωση αμφίπακτου υποστυλώματος, η ροπή κάμψης εκφράζεται σαν  $M=VL/2$ , όπου  $L$  το μήκος του στοιχείου, και άρα ο λόγος διάτμησης είναι  $a_s = L/2h$ . Τα κοντά υποστυλώματα τα συναντάμε είτε επειδή οι διαστάσεις της κατασκευής είναι συγκρίσιμες με το μήκος του στοιχείου εκ κατασκευής είτε όταν το μήκος του υποστυλώματος μειώνεται λόγω δέσμευσης της πλευρικής μετακίνησης. Η δεύτερη είναι η περίπτωση των σχολικών κτιρίων με τοίχους πλήρωσης που δεν εκτείνονται σε όλο το ύψος με στόχο τον σχηματισμό παραθύρων (Καρβέλας Γ. Χαράλαμπος 2011). Κατά τη διάρκεια σεισμικής δόνησης τα κοντά υποστυλώματα συμπεριφέρονται σαν αμφίπακτα με μικρό μήκος και αστοχούν σε διάτμηση, και μάλιστα συνήθως με διαγώνια ή δισδιαγώνια διάρρηξη λόγω αστοχίας του σκυροδέματος σε λοξή θλίψη. Αυτή η αστοχία είναι πλήρης και μάλιστα εκρηκτική, δεν μπορεί να αποφευχθεί με περισσότερο οπλισμό, διαμήκη ή εγκάρσιο (μάλιστα η

αύξηση του διαμήκους οπλισμού έχει δυσμενή αποτελέσματα, καθότι αυξάνει τις ροπές αντοχής στα άκρα και μαζί της την ικανοτική τέμνουσα που χρειάζεται να αναληφθεί με διάτμηση χωρίς να αυξάνει τη διατμητική αντοχή). Το ενδεχόμενο της αστοχίας αυτής καθορίζεται από τη γεωμετρία του μέλους, την αντοχή του σκυροδέματος και την αξονική θλίψη. Η περίπτωση των φεγγιτών είναι η πιο συχνή περίπτωση κοντών υποστυλωμάτων αλλά και η πιο επικίνδυνη εφόσον στην εγγενή τους τρωτότητα από απόψεως αντοχής έρχεται να προστεθεί το γεγονός ότι τα υποστυλώματα αυτά έχουν θεωρηθεί κατά κανόνα με το πλήρες τους ύψος στο προσομοίωμα για την ανάλυση. Το αποτέλεσμα είναι να υποτιμηθεί η πραγματική ελαστική δυσκαμψία τους και μαζί με αυτήν η σεισμική τους ένταση (το ποσοστό της τέμνουσας που θα παραλάβουν). Σε μία σειρά υποστυλωμάτων, που λειτουργούν ως κοντά υποστυλώματα λόγω της ύπαρξης φεγγίτη (ή και χαμηλών παραθύρων) σε επαφή με αυτά, στα γωνιακά ακραία της σειράς το λοξό επίπεδο αστοχίας έχει αντίθετη κλίση και μάλιστα τέτοια που να είναι συμβατή με τη διεύθυνση στην οποία το υποστυλώμα λειτουργεί ως κοντό. Προς την εξωτερική πλευρά το υποστυλώμα λειτουργεί με το πλήρες ύψος του και δεν αστοχεί, ενώ μπορεί να αστοχήσουν όλα τα υπόλοιπα πίσω του λειτουργώντας ως κοντά (Μιχαήλ Φαρδής, Στέφανος Δρίτσος 2003).



**Εικόνα 104: Συνήθης τρόπος σχηματισμού και αστοχίας κοντών υποστυλωμάτων.**

**Πηγή: Pacific Earthquake Engineering Research Center, 2001**



**Εικόνα 105: Αστοχία κοντού υποστυλώματος και προσωρινή στήριξη με μεταλλικά στοιχεία.**

**Πηγή: Βοσκαρίδης Μίλτος, Πολιτικός Μηχανικός**

Οι τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος της δημιουργίας κοντών υποστυλωμάτων λόγω των φεγγιτών μπορεί να αντιμετωπιστεί με τοιχοπληρώσεις των φεγγιτών, με κτίσιμο τοιχοποιίας εκατέρωθεν του κοντού υποστυλώματος όπως φαίνεται στην Εικόνα 106 ή με αφαιρετικές επεμβάσεις στις τοιχοπληρώσεις προς άρση σχηματισμών κοντών υποστυλωμάτων. Επίσης, μπορεί να γίνει ενίσχυση των κοντών υποστυλωμάτων με μεταλλικά στοιχεία (Εικόνα 107).



**Εικόνα 106: Διορθώσεις κοντών υποστυλωμάτων με κατασκευή τοιχοπλήρωσης εκατέρωθεν του κοντού υποστυλώματος (Δημοτικό Ακρωτηρίου)**

**Πηγή: Βοσκαρίδης Μίλτος, Πολιτικός Μηχανικός**



**Εικόνα 107: Ενίσχυση κοντών υποστρωμάτων σε φεγγίτες με μεταλλικά στοιχεία.**

**Πηγή: Βοσκαρίδης Μίλτος, Πολιτικός Μηχανικός**

## 6.2 Βλάβες δοκών

Οι βλάβες που σημειώνονται στις δοκούς μιας κατασκευής είναι πολύ συχνές, συχνότερες και από αυτές που σημειώνονται στα υποστυλώματα, είναι όμως λιγότερο επικίνδυνες σε ότι αφορά την ευστάθεια της κατασκευής ως σύνολο. Μία πολύ συνηθισμένη μορφή βλαβών στις δοκούς είναι η εμφάνιση εγκάρσιων καμπτικών ρωγμών στο κάτω πέλμα, συνήθως μετά από ένα σεισμό. Ανάλογη εικόνα παρουσιάζεται και στην περίπτωση ανεπάρκειας εξαιτίας της δράσης κατακόρυφων φορτίων. Σ' αυτή την περίπτωση παρατηρούνται αρκετές ρωγμές μεγάλου πλάτους στην περιοχή της μέγιστης ροπής κάμψης. Επίσης πολύ πιθανή είναι η εμφάνιση καμπτικών ρωγμών κοντά στις στηρίξεις που όταν εμφανίζονται στο πάνω πέλμα των δοκών οφείλονται σε μακροχρόνιες ή σεισμικές δράσεις, ενώ όταν εμφανίζονται στο κάτω πέλμα οφείλονται συνήθως στην ανεπαρκή αγκύρωση και ολίσθηση του κάτω οπλισμού. Οι πιο σοβαρές βλάβες που μπορούν να εμφανιστούν σε μία δοκό, είναι διατμητικές βλάβες στις περιοχές στήριξης, οι οποίες εμφανίζονται συνήθως μετά από έναν πολύ ισχυρό σεισμό (Τσιούλου Θ. Ουρανία 2005).

Οι δοκοί συνοπτικά παρουσιάζουν τις πιο κάτω βλάβες:

- Βλάβη της δοκού από διάτμηση

Είναι ρηγμάτωση μικρού εύρους στις στηρίξεις της δοκού και παρουσιάζεται διεύρυνση υφιστάμενων ρωγμών από κατακόρυφα φορτία (Εικόνες 108, 109 και 111). Είναι φυσικό επακόλουθο της λειτουργίας του σκυροδέματος υπό τάσεις εφελκυσμού. Κάποια ενδεχόμενη αύξηση των τάσεων αυτών από σεισμική δράση διευρύνει τις ρωγμές αυτές ή δημιουργεί νέες. Η σοβαρότητα της βλάβης έναντι κατάρρευσης είναι μικρή αλλά σημαντικότερη από την προηγούμενη λόγω της ψαθυρότητας του φαινομένου και η συχνότητα εμφάνισής της είναι μεγάλη (Σημειώσεις Σεμιναρίου για Βλάβες Ο/Σ).

- Βλάβη της δοκού από κάμψη

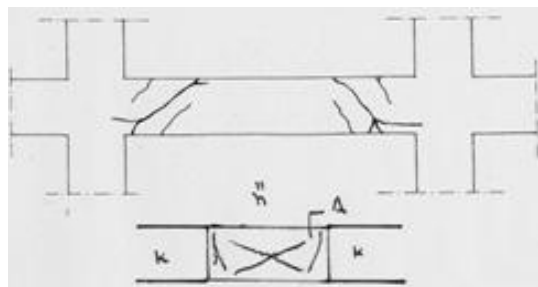
Είναι ρηγμάτωση μικρού εύρους στο κάτω πέλμα του ανοίγματος της δοκού καθώς και διεύρυνση υφιστάμενων ρωγμών από κατακόρυφα φορτία (Εικόνα 110). Είναι φυσικό επακόλουθο της λειτουργίας του σκυροδέματος υπό τάσεις εφελκυσμού και ενδεχόμενη αύξηση

των τάσεων αυτών από σεισμική δράση διευρύνει τις ρωγμές ή δημιουργεί νέες. Η σοβαρότητα της βλάβης έναντι κατάρρευσης είναι ασήμαντη και παρουσιάζεται μικρή απώλεια δυσκαμψίας στις δοκούς. Η συχνότητα εμφάνισης αυτής της βλάβης είναι πολύ μεγάλη.

Υπάρχουν και ρηγματώσεις μικρού εύρους στο κάτω πέλμα των στηρίξεων της δοκού τέτοιου είδους καθώς και διεύρυνση ρωγμών στο κάτω πέλμα των στηρίξεων της δοκού, συνήθως υπό μορφή ενός ή δύο μεγάλου εύρους ρωγμές και ενδεχόμενη μικρορηγματώση στο άνω πέλμα. Είναι φυσικό επακόλουθο της λειτουργίας του σκυροδέματος υπό τάσεις εφελκυσμού όταν αντιστρέφεται η εφελκυσόμενη ίνα από τη σεισμική δράση. Ενδεχόμενη αύξηση των τάσεων στην άνω ίνα από σεισμική δράση διευρύνει τις ρωγμές ή δημιουργεί νέες. Επίσης, οφείλονται και σε κακή αγκύρωση οπλισμού στο κάτω πέλμα. Η σοβαρότητα της βλάβης έναντι κατάρρευσης είναι μικρή αλλά σημαντικότερη από αυτή των καμπτικών ρωγμών στο άνοιγμα λόγω της ψαθυρότητας του φαινομένου, αν πρόκειται για εξόλκευση οπλισμών. Η συχνότητα εμφάνισής της είναι μικρή (Σημειώσεις Σεμιναρίου για Βλάβες Ο/Σ).

- Χιαστί διατμητικές ρωγμές σε κοντές δοκούς σύζευξης υποστυλωμάτων ή/ και τοιχείων

Είναι ρηγματώση μικρού εύρους, καμπτοδιατμητικού τύπου, υπό γωνία στον κορμό της δοκού. Η μορφή της είναι ανάλογη με αυτή των κοντών υποστυλωμάτων. Οφείλονται σε χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος, σε αραιούς συνδετήρες και άρα σε μικρή αντοχή σε διάτμηση, δημιουργούνται από ισχυρή σεισμική διέγερση ακόμη και μικρής διάρκειας και σε ανεπάρκεια διαμήκους οπλισμού. Η σοβαρότητα της βλάβης έναντι κατάρρευσης είναι σημαντικότερη από αυτή των διατμητικών ρωγμών στις στηρίξεις των συνηθισμένων δοκών. Έχουν σημαντική πτώση δυσκαμψίας και γίνεται ανακατανομή έντασης λόγω σεισμού. Η συχνότητα εμφάνισής τους είναι όμως σχετικά μικρή. (Σημειώσεις Σεμιναρίου για Βλάβες Ο/Σ)



**Εικόνα 108: Βλάβη δοκού λόγω διάτμησης παρά τις στηρίξεις.**

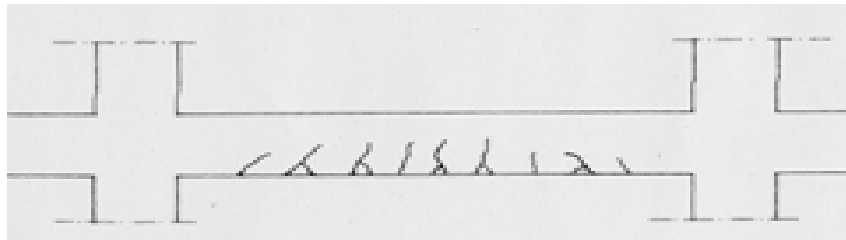
**Πηγή: Χ'' Νικόλας Λούκας, Πολιτικός Μηχανικός, ΥΑΖ, Κύπρος**





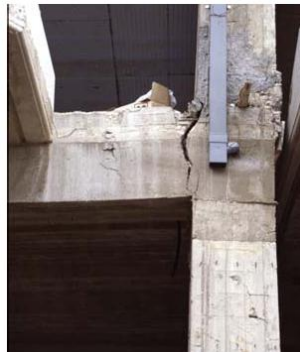
**Εικόνα 109:** Διατμητική αστοχία στη θέση έμμεσης στήριξης

Πηγή: Χ'' Νικόλας Λούκας, Πολιτικός Μηχανικός, ΥΑΖ, Κύπρος



**Εικόνα 110:** Βλάβες στο άνοιγμα δοκού λόγω κάμψης.

Πηγή: Χ'' Νικόλας Λούκας, Πολιτικός Μηχανικός, ΥΑΖ, Κύπρος




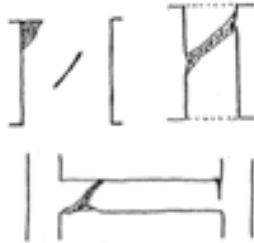

**Εικόνα 111:** Ανεπαρκής αγκύρωση ράβδων δοκού.

Πηγή: Γιαννόπουλος Ιωάννης και Γιαννόπουλος Πλούταρχος



Στον πιο κάτω Πίνακα, παρουσιάζονται οι βλάβες σε υποστυλώματα και δοκούς και η καταλληλότητα χρήσης τους.

**Πίνακας 10: Χαρακτηρισμός, δυνατότητα χρήσης της κατασκευής και μέτρα ασφαλείας, μαζί με ενδεικτική περιγραφή της ζημιάς για την Κύπρο**

Χαρακτηρισμός	Κατάλληλότητα για χρήση Μέτρα ασφαλείας	Ενδεικτική περιγραφή βλαβών
<p>Κτίριο κατάλληλο για χρήση</p> 	<p>Στη κατηγορία αυτή υπάρχουν κτίρια που δεν έχουν βλάβες και κτίρια που η αντισεισμική τους ικανότητα δεν έχει μειωθεί.</p>	<p>Ελαφρές ρωγμές στους τοίχους πλήρωσης και στο επίχρισμα της οροφής.</p> <p>Τριχοειδείς μη διαγώνιες ρωγμές σε οριζόντια στοιχεία του φέροντα οργανισμού από οπλισμένο σκυρόδεμα.</p>
<p>Κτίριο προσωρινά ακατάλληλο για χρήση</p> 	<p>Στη κατηγορία αυτή υπάρχουν κτίρια που η αντισεισμική τους ικανότητα έχει μειωθεί ή που για λόγους ασφαλείας δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν μέχρι να αρθούν επικινδυνότητες που παρουσιάζονται σε στοιχεία οφσων ή, σε άλλα μη φέροντα στοιχεία.</p> <p>Είναι πιθανό να απαιτείται η λήψη πρόσθετων μέτρων ασφαλείας (υποστήλωση, καθάρωση επικρεμασμένων στοιχείων οφσων κλπ.) μέχρι την οριστική άρση του κινδύνου.</p> <p>Θα γίνει επανέλεγχος των κτιρίων κατά το δευτεροβάθμιο μετασεισμικό έλεγχο.</p> <p>Μέχρι τότε απαγορεύεται η χρήση τους.</p> <p>Μπορεί να επιτραπεί περιορισμένη είσοδος για μικρό χρονικό διάστημα και με ίδια ευθύνη.</p>	<p>Αποκόλληση μεγάλων κομματιών επίχρισματος από τους τοίχους και τις οροφές.</p> <p>Ελαφρές βλάβες, μερική ή ολική ολίσθηση ή κατάρρευση της επικάλυψης της στέγης.</p> <p>Βλάβες ή και μερική αστοχία σε καμινάδες, σοφίτες, στηθαία</p> <p>Διαγώνιες ή άλλες ρωγμές σε φέροντες τοίχους.</p> <p>Διαγώνιες ρωγμές ή θρυμματίσματα του υλικού σε τοίχους ανάμεσα σε παράθυρα ή πόρτες ή συναφή στοιχεία της κατασκευής.</p> <p>Ρωγμές στα φέροντα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα (υποστυλώματα, δοκοί τοιχώματα).</p> <p>Βλάβες ή κατάρρευση ή σημαντική στρέβλωση της στέγης.</p> <p>Ελαφρά παραμόρφωση φερόντων στοιχείων.</p>
<p>Κτίριο ακατάλληλο για χρήση Επικίνδυνο</p> 	<p>Τα κτίρια που υπάρχουν στην κατηγορία αυτή έχουν υποστεί σοβαρές βλάβες και υπάρχει πιθανότητα αυτά τμήματά τους να καταρρεύσουν ξαφνικά. Πρέπει να εκκενωθούν και να απαγορευθεί η χρήση τους. Απαιτείται να ληφθούν άμεσα μέτρα ασφαλείας, όπως να προστατευτεί ο περιβάλλον χώρος και να απαγορευτεί κατάλληλα η προσβαση.</p> <p>Τα κτίρια αυτά θα επανελεγχθούν κατά το δευτεροβάθμιο μετασεισμικό έλεγχο.</p>	<p>Φέροντα στοιχεία έχουν μεγάλες βλάβες και παραμορφώσεις.</p> <p>Οι συνδέσεις και οι κόμβοι των φερόντων στοιχείων έχουν σοβαρές βλάβες.</p> <p>Το κτίριο ή κάποιος όροφος παρουσιάζει σημαντικές παραμορφώσεις.</p> <p>Η φέρουσα τοιχοποιία παρουσιάζει απόκλιση από την κατακόρυφο ή αποσάθρωση της μάζας της ή σοβαρές ρωγμές.</p> <p>Ολική ή μερική κατάρρευση του κτιρίου ή ορόφου.</p>

Πηγή: Χ'' Νικόλας Λούκας, Πολιτικός Μηχανικός, ΥΑΖ, Κύπρος

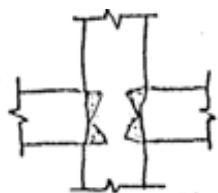
### 6.3 Βλάβες κόμβων

Οι κόμβοι δοκών-υποστυλωμάτων δεν προβλεπόταν κατά τους παλαιότερους κανονισμούς να ελέγχονται για διατμητικές τάσεις και έτσι δεν τοποθετούνταν συνδετήρες σε αυτούς. Για το λόγο αυτό σε εξωτερικούς κόμβους, όπου η δοκός και τα υποστυλώματα που συντρέχουν σε αυτούς δεν παρουσιάζουν αστοχία, μπορεί να εμφανιστεί διαγώνια εφελκυστική αστοχία. Αυτή η διαγώνια ρηγμάτωση, λόγω της απουσίας συνδετήρων, είναι ψαθυρής μορφής και μειώνει την ακαμψία της κατασκευής. Το εύρος της ρηγμάτωσης και οι επιπτώσεις της βλάβης του κόμβου εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες και σε μερικές περιπτώσεις μειώνεται πολύ η ακαμψία του κόμβου ή χάνεται η στήριξη της δοκού στο υποστύλωμα και ακολουθεί κατάρρευση της κατασκευής. Πιο κάτω φαίνονται σε εικόνες διάφορες βλάβες σε κόμβους (Γιαννόπουλος Ιωάννης & Γιαννόπουλος Πλούταρχος).

Οι βλάβες σε κόμβους δοκών – υποστυλωμάτων εμφανίζονται με ρηγμάτωση διαφόρων μορφών, μικρού εύρους σε πρώτη φάση και μεγαλύτερου σε επόμενη, καμπτοδιατμητικού τύπου, συνήθως υπό γωνία. Για να εμφανιστεί αστοχία κόμβου, προϋποτίθεται ότι οι διατομές στις παρειές του κόμβου μεταβιβάζουν με επάρκεια τις δυνάμεις στο σώμα του κόμβου, δηλαδή υπάρχει επάρκεια οπλισμού και κυρίως μήκων αγκύρωσης (Σημειώσεις Σεμιναρίου για Βλάβες Ο/Σ).

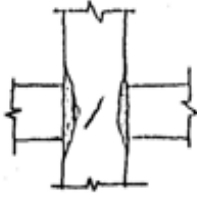
Οφείλονται σε χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος, σε αραιούς συνδετήρες και άρα μικρή αντοχή σε διάτμηση, σε ανεπάρκεια διαμήκους οπλισμού και κακή διάταξη οπλισμών. Δημιουργούνται σε ισχυρή σεισμική διέγερση ακόμη και μικρής διάρκειας. Η σοβαρότητα της βλάβης έναντι κατάρρευσης είναι πολύ σημαντική, γιατί υποβαθμίζεται η δυσκαμψία του συστήματος και οι ανακατανομές της έντασης γίνονται ανεξέλεγκτες. Η συχνότητα εμφάνισής τους είναι μικρή.] (Σημειώσεις Σεμιναρίου για Βλάβες Ο/Σ)

Στις πιο κάτω Εικόνες φαίνονται αστοχίες κόμβων και βλάβες κόμβων (Εικόνες 112 μέχρι 118):



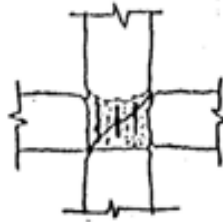
Εικόνα 112: Αποφλοίωση σκυροδέματος στις γωνίες.

Πηγή: Χ'' Νικόλας Λούκας, Πολιτικός Μηχανικός, ΥΑΖ, Κύπρος



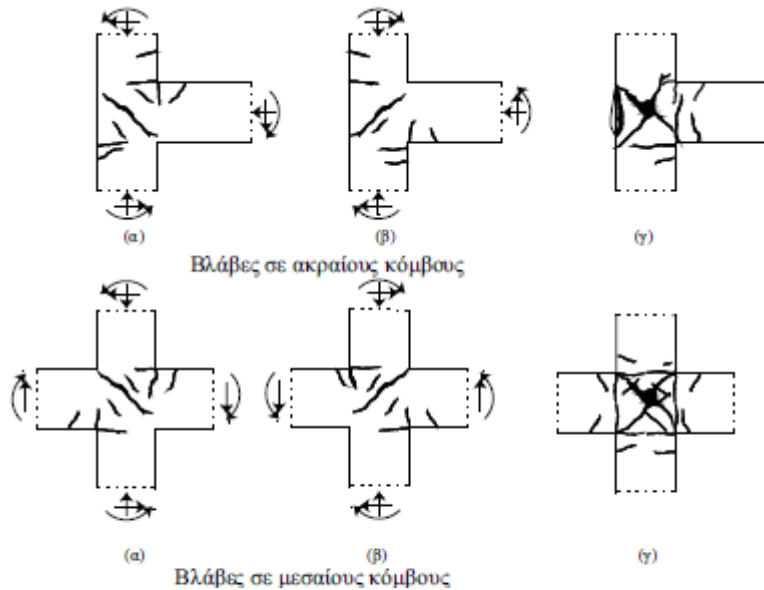
**Εικόνα 113: Αποφλοίωση σκυροδέματος και λοξές ρωγμές μικρού βάθους.**

**Πηγή: X'' Νικόλας Λούκας, Πολιτικός Μηχανικός, ΥΑΖ, Κύπρος**



**Εικόνα 114: Διαγώνιες ρωγμές και αποδιοργάνωση σκυροδέματος.**

**Πηγή: X'' Νικόλας Λούκας, Πολιτικός Μηχανικός, ΥΑΖ, Κύπρος**



**Εικόνα 115: Βλάβες σε κόμβους πλαισίων. (α) σύνθλιψη κάτω παρειάς δοκού, (β) σύνθλιψη άνω παρειάς δοκού, (γ) αποδιοργάνωση κόμβου από ανακυκλιζόμενη φόρτιση**

**Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001**



**Εικόνα 116: Αστοχία εξωτερικού κόμβου και πρακτική απώλεια στήριξης δοκού.**

**Πηγή: Γιαννόπουλος Ιωάννης και Γιαννόπουλος Πλούταρχος**



**Εικόνα 117: Αστοχία στον κόμβο υποστυλώματος λόγω έλλειψης συνδετήρων**

**Πηγή: Χ'' Νικόλας Λούκας, Πολιτικός Μηχανικός, ΥΑΖ, Κύπρος**



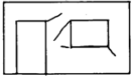


**Εικόνα 118: Διατμητική αστοχία πάνω άκρου υποστυλώματος λόγω απουσίας συνδετήρων. Ο μανδύας συνδετήρων έφτανε μέχρι 0,5m κάτω από τη δοκό.**

**Πηγή: Γιαννόπουλος Ιωάννης & Γιαννόπουλος Πλούταρχος, Βλάβες από σεισμό σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα**

## 6.4 Βλάβες φέρουσας τοιχοποιίας

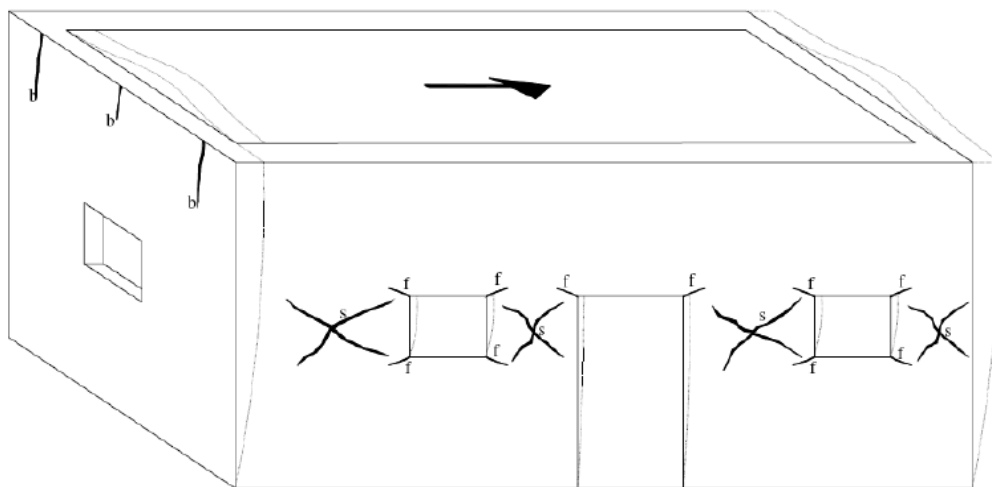
Πιο κάτω φαίνεται ο Πίνακας με τους τυπικούς τύπους βλαβών σε κατασκευές φέρουσας τοιχοποιίας.

**Πίνακας 11: Τυπικοί βαθμοί βλάβης κτηρίων από φέρουσα τοιχοποιία.**

<p><b>Ελαφρές</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Μικρορηγματώσεις σε διαχωριστικούς τοίχους ορατές και από τις δύο πλευρές (<math>d \leq 3.0</math> mm).</li> <li>2. Μικρές ρωγμές σε φέροντες τοίχους που αρχίζουν ως επί το πλείστον από τις γωνίες ανοιγμάτων (<math>d \leq 3.0</math> mm).</li> <li>3. Αποκόλληση τμήματος σοβά από την οροφή ή τους τοίχους.</li> <li>4. Διαταραχή, μερική ολίσθηση ή και πτώση κεραμιδιών από τη στέγη.</li> </ol>
<p><b>Μέτριες - Σοβαρές</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Σημαντικές ρηγματώσεις διαχωριστικών τοίχων (<math>d &gt; 3.0</math> mm).</li> <li>2. Διαγώνιες ρωγμές σε φέροντες τοίχους (<math>d \sim 5.0</math> mm), αλλά όχι τόσο εκτεταμένες ώστε να συνεπάγονται αστοχία.</li> <li>3. Μετακίνηση, αποκόλληση ή τοπική αστοχία στέγης και των πλαισίων έδρασης των πατωμάτων.</li> <li>4. Μετακινήσεις και/ή μερική κατάρρευση καμινάδων, στηθαίων ή στεγών.</li> <li>5. Τοπικές σοβαρές βλάβες σε κάποιο σημείο του κτηρίου.</li> </ol>
<p><b>Βαριές - Ολικές</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Φέροντες τοίχοι με μεγάλες ρωγμές (<math>d &gt; 5.0</math> mm), ορατές και από τις δύο πλευρές.</li> <li>2. Μερική ή ολική αστοχία φερόντων τοίχων, πατωμάτων ή και στέγης.</li> <li>3. Τοίχοι με κλίση ως προς την κατακόρυφο.</li> <li>4. Αστοχία στις στηρίξεις πατωμάτων και στέγης και μετατόπιση των πλαισίων στήριξής τους.</li> <li>5. Πάσης φύσεως βλάβη που ενδεικτική σημαντικού κινδύνου κατάρρευσης.</li> </ol>

Πηγή: X'' Νικόλας Λούκας, Πολιτικός Μηχανικός, YAZ, Κύπρος

Στην εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 119), παρουσιάζονται μερικές βλάβες οι οποίες προκύπτουν σε κτίρια με φέρουσα τοιχοποιία:



**Εικόνα 119: b-ρωγμές από κάμψη εκτός επιπέδου, s-ρωγμές διαγώνιου εφελκυσμού, f-ρωγμές καμπτικού εφελκυσμού.**

**Πηγή: ΟΑΣΠ**

## **7 Μέθοδοι Επέμβασης (Επισκευές και Ενισχύσεις δομικών στοιχείων)**

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για επισκευή ή ενίσχυση των δομικών στοιχείων σε υφιστάμενες κατασκευές, αφού πολλά κτίρια κατασκευάστηκαν χωρίς αντισεισμικούς κώδικες ή κανονισμούς και χρειάστηκε κατά τη διάρκεια του χρόνου να ενισχυθούν αντισεισμικά έτσι ώστε να μπορούν να ανταποκριθούν στις σεισμικές δυνάμεις. Ακόμη και σήμερα γίνονται μελέτες και εργαστηριακές δοκιμασίες και έλεγχοι για νέες μεθόδους ενίσχυσης κατασκευών και θα συνεχίσουν να γίνονται και στο μέλλον αφού πλέον θα είναι εξαιρετικά δύσκολο να εγκριθεί άδεια για κατεδάφιση κτιρίων αφού με τις εργασίες ενίσχυσης και επισκευής τους δημιουργούνται θέσεις εργασίας και στις μέρες μας υπάρχει ανάγκη για εξοικονόμηση υλικών. Επίσης, με την αποφυγή κατεδάφισης υφιστάμενων κατασκευών μειώνονται οι εκπομπές καυσαερίων και άλλων αερίων θερμοκηπίου.

Σε αυτό το κεφάλαιο αναπτύσσονται οι μέθοδοι και οι τεχνικές που εφαρμόζονται για την τεχνική και ενίσχυση δομικών στοιχείων από Ο/Σ αλλά και για φέρουσες τοιχοποιίες.

## 7.1 Επισκευή και Ενίσχυση Υποστυλωμάτων

Οι επεμβάσεις στα υποστυλώματα είναι η πλέον συχνή πρακτική στον αντισεισμικό ανασχεδιασμό μίας υφιστάμενης κατασκευής. Όταν έχουν εμφανιστεί βλάβες, η λύση μπορεί να προβλέπει είτε την αποκατάσταση των αρχικών χαρακτηριστικών του υποστυλώματος δηλαδή επισκευή, είτε τη βελτίωσή τους δηλαδή ενίσχυση. Προφανώς, η δεύτερη επιλογή μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα από την ύπαρξη βλαβών, ενώ όταν υπάρχουν βλάβες σχεδόν πάντοτε προηγείται η επισκευή.

### Επισκευές υποστυλωμάτων

Ανάλογα με το βαθμό βλάβης του υποστυλώματος η επισκευή μπορεί να γίνει είτε με χρήση ρητινέσεων ή επισκευαστικών κονιαμάτων είτε με καθαίρεση και αποκατάσταση των περιοχών βλάβης. Η πρώτη διαδικασία επιλέγεται όταν οι βλάβες είναι ελαφρές ενώ η δεύτερη διαδικασία όταν οι βλάβες είναι σοβαρότερες.

- Επισκευές με ρητενέσεις ή επισκευαστικά κονιάματα

Αποκαταστάσεις με ρητενέσεις ή επισκευαστικά κονιάματα εφαρμόζονται όταν οι βλάβες είναι ελαφρές, όταν δηλαδή εμφανίζονται ρηγματώσεις ή αποφλοιώσεις σκυροδέματος χωρίς αποδιοργάνωση του περισιγμένου τμήματος του υποστυλώματος και λυγισμό των ράβδων οπλισμού. Ειδικότερα, οι ρητενέσεις χρησιμοποιούνται στην περίπτωση των ρηγματώσεων, ενώ τα επισκευαστικά κονιάματα στην περίπτωση των επιφανειακών αποφλοιώσεων του σκυροδέματος.

Από τα επισκευαστικά κονιάματα, τα ρητινοκονιάματα έχουν ευρύτερη εφαρμογή επειδή συνήθως οι αποφλοιώσεις είναι μικρού πάχους. Για μεγαλύτερο πάχος αποδιοργανωμένου σκυροδέματος, που σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να επεκτείνεται και στο εντός του συνδετήρος τμήμα της διατομής, χρησιμοποιούνται μη συρρικνούμενα κονιάματα με βάση το τσιμέντο.

- Τοπικές αποκαταστάσεις ίσης διατομής

Είναι επεμβάσεις με καθαίρεση και αποκατάσταση ίσης διατομής και εφαρμόζονται όταν οι βλάβες είναι σοβαρές, όταν δηλαδή εμφανίζεται αποδιοργάνωση του σκυροδέματος ή διάρρηξη που μπορεί να ακολουθείται από άνοιγμα ή διάρρηξη των συνδετήρων και λυγισμό των



διαμήκων ράβδων. Συχνά μετά από μία επισκευή τέτοιου είδους ακολουθεί η ενίσχυση με μανδύες Ο/Σ. Στις διεπιφάνειες παλαιού και νέου σκυροδέματος η ικανότητα μεταφοράς διατμητικού φορτίου εξασφαλίζεται μέσω του μηχανισμού της τριβής. Συνήθως το αξονικό φορτίο του υποστυλώματος και ο οπλισμός που διαπερνούν τη διεπιφάνεια εξασφαλίζουν την ανάπτυξη της απαραίτητης διατμητικής αντίστασης. Οι συνθήκες είναι δυσμενέστερες στα υποστυλώματα των ανώτερων ορόφων, επειδή εκεί το αξονικό φορτίο των υποστυλωμάτων είναι μειωμένο.

### Ενισχύσεις υποστυλωμάτων

Η ενίσχυση ενός υποστυλώματος, αφορά την διαδικασία επέμβασης με την οποία αυξάνεται η φέρουσα ικανότητα του ή γενικότερα βελτιώνεται η συμπεριφορά του. Οι τεχνικές ενίσχυσης των υποστυλωμάτων μπορούν να διακριθούν σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με την αύξηση ή όχι της διατομής του υποστυλώματος. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι τεχνικές στις οποίες δεν αυξάνεται η διατομή του υποστυλώματος και η ενίσχυση επιτυγχάνεται με ενεργή περίσφιξη του στοιχείου. Η ενίσχυση αυτή μπορεί να γίνει με τη χρήση επικολλητών κολάρων μεταλλικών ή FRP, με τη χρήση προεντεταμένων κολάρων από χάλυβα ή FRP, με τη χρήση σπειροειδούς οπλισμού, με ολόσωμο μανδύα από ινοπλισμένα πολυμερή ή ακόμη και με την τεχνική του μεταλλικού κλωβού. Στη δεύτερη κατηγορία η ενίσχυση επιτυγχάνεται με αύξηση της διατομής του υποστυλώματος με νέες στρώσεις σκυροδέματος και νέους οπλισμούς, κατασκευάζοντας ένα μανδύα γύρω από το αρχικό στοιχείο.

- Περίσφιξη

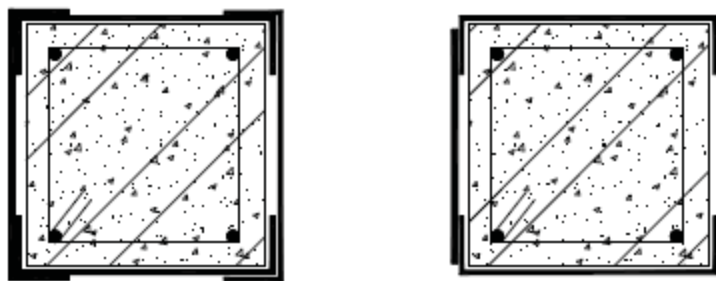
Η ενίσχυση υποστυλωμάτων με εξωτερική περίσφιξη προσφέρεται όταν απαιτείται αύξηση της πλαστιμότητας του υποστυλώματος, όταν απαιτείται αύξηση της διατμητικής αντοχής του υποστυλώματος, όταν μία αύξηση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος μέχρι 30% το πολύ είναι επαρκής και όταν υπάρχει κίνδυνος αστοχίας της συνάφειας των κατακόρυφων οπλισμών του υποστυλώματος στην περιοχή υπερκάλυψής τους. Όταν απαιτείται η μεταφορά ενός τμήματος των κατακόρυφων φορτίων του υποστυλώματος, η τεχνική συνδυάζεται με την εφαρμογή εξωτερικής σιδηροκατασκευής.

Η επιβολή εξωτερικής περίσφιξης σε υποστυλώματα μπορεί να γίνει με χρήση επικολλητών κολάρων που μπορεί να είναι μεταλλικά ελάσματα (Εικόνα 120) συνήθους πάχους 1-2mm ή λωρίδες από ινοπλισμένα πολυμερή. Επίσης, μπορεί να γίνει με τη χρήση προεντεταμένων

κολάρων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή, που μπορεί να έχουν την μορφή ταινιών πακεταρίσματος. Επιπρόσθετα, η επιβολή εξωτερικής περίσφιξης μπορεί να γίνει και με τη χρήση σπειροειδούς οπλισμού, που μπορεί να είναι από μεταλλικό έλασμα ή από ινοπλισμένο πολυμερές. Άλλος τρόπος είναι η χρήση ολόσωμου μανδύα από φύλλα χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή, επικολλητών επί των πλευρών του υποστυλώματος. Σήμερα, στην πράξη έχει αρχίσει να επεκτείνεται η εφαρμογή της τεχνικής με χρήση φύλλων ινοπλισμένων πολυμερών.

Στην περίπτωση των μεταλλικών μανδύων η τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί τοποθετώντας τα χαλύβδινα φύλλα σε μικρή απόσταση από τις παρειές του υποστυλώματος και στη συνέχεια το κενό γεμίζεται με μη συρρικνούμενο κονίαμα. Η τεχνική είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, όταν ο μεταλλικός μανδύας έχει ελλειπτική ή κυκλική μορφή. Ακόμη, η περίσφιξη μπορεί να γίνει με χρήση μεταλλικού κλωβού που δημιουργείται με κατακόρυφα γωνιακά ελάσματα και είτε οριζόντια μεταλλικά κολάρα είτε πλήρη χαλύβδινα φύλλα.

(Μιχαήλ Φαρδής και Στέφανος Δρίτσος 2003)



**Εικόνα 120: Περίσφιξη με μεταλλικά επικολλητά ελάσματα.**

**Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001**

- Μανδύες από ινοπλισμένα πολυμερή

Η χρήση μανδύων από σύνθετα υλικά για την περίσφιξη υποστυλωμάτων είναι πολύ πιο αποτελεσματική σε σχέση με τη χρήση μεταλλικών μανδύων ή κάποιας άλλης μεθόδου. Γενικά η αξονική καταπόνηση των υποστυλωμάτων έχει ως συνέπεια την εγκάρσια διόγκωση του σκυροδέματος, με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση του μανδύα σύνθετων υλικών που το περιβάλλει μέσω ανάπτυξης εφελκυστικών παραμορφώσεων στις ίνες. Έτσι επιβάλλονται στο σκυρόδεμα εγκάρσιες θλιπτικές τάσεις κάθετα στον άξονα του μέλους από το μανδύα μέχρις

ότου επέλθει η αστοχία του. Οι εγκάρσιες αυτές τάσεις περίσφιξης έχουν ως αποτέλεσμα τα ακόλουθα:

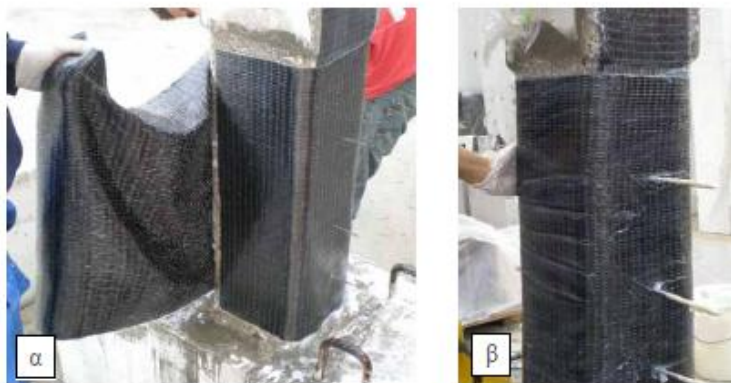
- 1) Αυξάνεται η θλιπτική αντοχή και τη μέγιστη κρίσιμη παραμόρφωση σε τιμές πολύ μεγαλύτερες από το συμβατικό όριο αστοχίας.
- 2) Αυξάνεται η πλαστιμότητα του σκυροδέματος με δεδομένη μάλιστα την επιρροή της σεισμικής φόρτισης σε μια κατασκευή, είναι πολύ σημαντικό να εξασφαλίζεται η πλάστιμη συμπεριφορά ενός φορέα σε όσον το δυνατό μεγαλύτερες παραμορφώσεις.
- 3) Βελτιώνονται οι συνθήκες συνάφειας μεταξύ των ράβδων οπλισμού και του σκυροδέματος σε περιοχές με ματίσεις και εν συνεχεία παρεμποδίζεται η ολίσθηση των διαμήκων ράβδων στις περιοχές αυτές με συνέπεια πιο πλάστιμη συμπεριφορά σε φορείς με ανεπαρκή μήκη ματίσεως.
- 4) Τέλος, στις περιοχές που υπάρχει αραιή διάταξη συνδετήρων, καθυστερείται η εμφάνιση λυγισμού των διαμήκων ράβδων του δομικού στοιχείου.

Αξίζει να προσθέσουμε ότι η γεωμετρία των υποστυλωμάτων παίζει σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα των σύνθετων υλικών. Γενικά είναι κοινώς αποδεκτό ότι η περίσφιξη του σκυροδέματος με σύνθετα υλικά είναι πιο αποτελεσματική σε κυκλικές διατομές. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας του σχήματος των κυκλικών μανδυών, οι οποίοι όταν βρίσκονται σε εφελκυσμό δημιουργούν συνεχείς τάσεις προς την περιφέρεια. Αντιθέτως, σε υποστυλώματα ορθογωνικών διατομών υπάρχει συγκέντρωση τάσεων στις γωνίες. Έτσι καθώς το σκυρόδεμα διογκώνεται, η πίεση περίσφιξης είναι πολύ σημαντική στις γωνίες.

(Κοντού Παναγιώτα και Χατζηαλεξίου Αλέξιος 2009)

Η εφαρμογή των ελασμάτων ΙΟΠ ως εξωτερικά επικολλώμενος οπλισμός στοιχείων σκυροδέματος εμφανίζει πολύ υψηλή εφελκυστική αντοχή και αντοχή στη διάβρωση. Επιπλέον υπάρχει διάθεση σε πολύ μεγάλα μήκη και δυνατότητα χρήσης ακόμα και σε μέλη της κατασκευής που έχουν δύσκολη πρόσβαση. Το κόστος εφαρμογής τους είναι χαμηλό (ανάλογο με παραδοσιακές μεθόδους) και απαιτούν ελάχιστο ή και καθόλου εξοπλισμό για την τοποθέτησή τους. Ένα άλλο πλεονέκτημά τους είναι η απλή εφαρμογή τους καθώς και το πολύ μικρό ίδιο βάρος που σε συνδυασμό με τη μεγάλη ευκαμψία καθιστά πολύ εύκολη τη μεταφορά και έτσι διευκολύνεται και η εφαρμογή τους. Ακόμη, οι διαστάσεις του δομικού υλικού που ενισχύεται παραμένουν σχεδόν αμετάβλητες, λόγω του μικρού πάχους του σύνθετου υλικού. Μπορούν

επίσης, να επιχριστούν και να μπογιατιστούν, διατηρώντας την αισθητική και αρχιτεκτονική της υπάρχουσας κατασκευής (Παπασεραφείμ Αναστασία 2007). Η εφαρμογή μανδύα από ινοπλισμένα πολυμερή φαίνεται στην Εικόνα 121.



**Εικόνα 121: Εφαρμογή τοπικού μανδύα (α) τοποθέτηση υφάσματος, (β) επάλειψη με μείγμα ρητίνης και τελική εικόνα ενισχυμένων δοκιμίων**

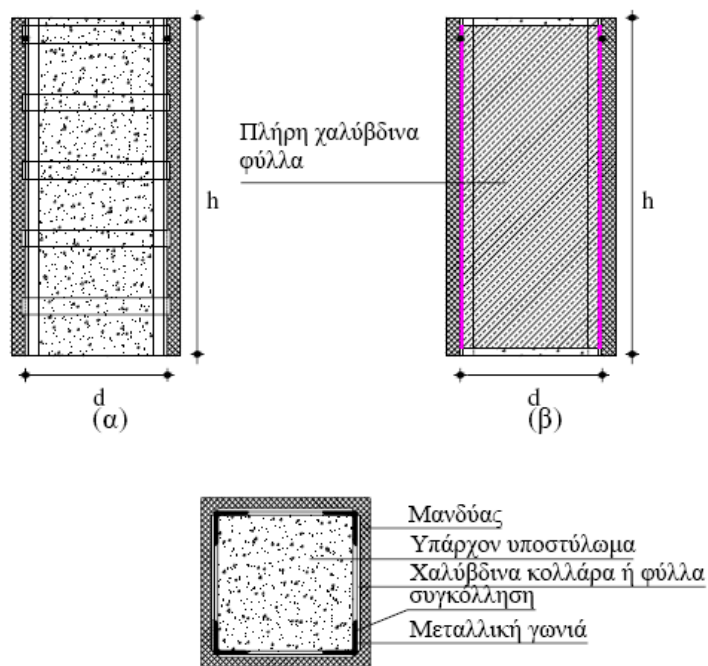
**Πηγή: Βρεττός Π. Ιωάννης, 2009**

- Τεχνική του μεταλλικού κλωβού

Αυτή η τεχνική είναι η πλέον διαδεδομένη διαδικασία επιβολής της περίσφιξης. Τέσσερα μεταλλικά γωνιακά ελάσματα προσαρμόζονται στις γωνίες του υποστυλώματος και οριζόντια μεταλλικά ελάσματα (κολάρα) ή ράβδοι από δομικό χάλυβα συγκολλούνται πάνω στα γωνιακά. Πριν γίνει η συγκόλληση προηγείται σύσφιξη των γωνιακών με ειδικά κλειδιά ή γίνεται προθέρμανση του οριζόντιου οπλισμού, έτσι ώστε να δημιουργηθεί πλευρική συμπίεση των απέναντι παρειών του υποστυλώματος και κατά συνέπεια μία μορφή περίσφιξης, που στην περίπτωση της προθέρμανσης επιτυγχάνεται, όταν γίνεται απόψυξη.

Σε σύγκριση με τις υπόλοιπες διαδικασίες, αποτελεί πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής η δυνατότητα μεταφοράς ενός τμήματος των κατακόρυφων φορτίων του υποστυλώματος. Σε συνδυασμό μάλιστα με την ταχύτητα με την οποία μπορεί να εφαρμοστεί η τεχνική σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, η τεχνική αποτελεί κατάλληλη προσωρινή λύση άμεσης ανάληψης κατακόρυφων φορτίων σε στοιχεία που υπέστησαν βλάβες και αδυνατούν πλέον να μεταφέρουν τα αξονικά τους φορτία. Εξάλλου στην περίπτωση τοπικής βλάβης του υποστυλώματος ο κλωβός μπορεί να εφαρμοστεί γύρω από τη βλαφθείσα περιοχή. Περίσφιξη με μεταλλικό κλωβό φαίνεται στις Εικόνες 122 και 123.

(Μιχαήλ Φαρδής και Στέφανος Δρίτσος 2003)



Εικόνα 122: Περίσφιξη με μεταλλικό κλωβό.

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001



Εικόνα 123: Επέμβαση με μεταλλικό κλωβό για προσωρινή ανάληψη κατακόρυφων φορτίων.

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001ς

- Μανδύες υποστυλωμάτων από Ο/Σ

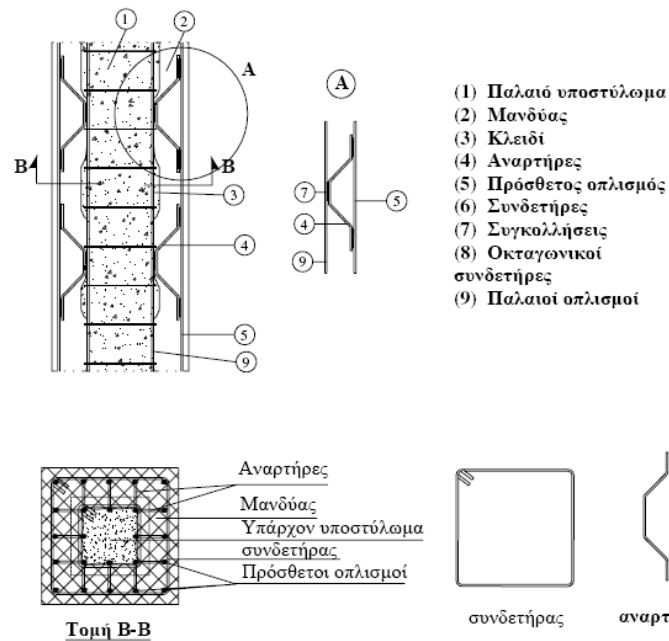
Αυτή η τεχνική περιλαμβάνει την αύξηση της διατομής του υποστυλώματος με νέο σκυρόδεμα και νέους διαμήκεις εγκάρσιους οπλισμούς περιμετρικά του αρχικού στοιχείου (Μιχαήλ Φαρδής και Στέφανος Δρίτσος 2003). Είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος ενίσχυσης υφιστάμενων υποστυλωμάτων που εμφανίζουν ανεπάρκεια όσον αφορά την αντοχή, δυσκαμψία και πλαστιμότητά τους (Παπαθεοδώρου Νικηφόρος και Φιλίνης Χρήστος 2011).

Με αυτή τη μέθοδο, η αρχιτεκτονική όψη της υφιστάμενης κατασκευής μπορεί να μην μεταβληθεί και αυξάνεται και ο βαθμός πυροπροστασίας της κατασκευής. Επίσης, με την κατασκευή μανδύα που περικλείει το υφιστάμενο υποστυλώμα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση λυγηρότητας αλλά και αύξηση της δυσκαμψίας της διατομής (Παπαθεοδώρου Νικηφόρος και Φιλίνης Χρήστος 2011). Εφαρμογή μανδύων Ο/Σ φαίνονται στις Εικόνες 124 και 125.



**Εικόνα 124: Ενίσχυση υποστυλωμάτων με τετράπλευρους μανδύες (Δημοτικό Κάτω Πύργου).**

**Πηγή: Βοσκαρίδης Μίλτος, Πολιτικός Μηχανικός**



Εικόνα 125: Σύνδεση μανδύων Ο/Σ με υφιστάμενο υποστύλωμα.

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001

### Είδη μανδύων

- Μανδύες έγχυτου σκυροδέματος

Χρησιμοποιείται έγχυτο σκυρόδεμα όταν ο μανδύας που πρόκειται να κατασκευαστεί έχει πάχος μεγαλύτερο από 8cm και για τη σκυροδέτηση του μανδύα απαιτείται η χρήση ξυλοτύπου.

- Μανδύες εκτοξευμένου σκυροδέματος

Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που το συνολικό πάχος του μανδύα δεν υπερβαίνει τα 10cm. Παρόλο που δεν απαιτείται ξυλότυπος, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην εξασφάλιση της κατακόρυφης επιφάνειας του μανδύα. Σε αυτή την κατηγορία μανδύων η συστολή ξήρανσης είναι μεγαλύτερη και έτσι είναι σημαντική η σωστή συντήρησή τους. Χρήση εκτοξευμένου σκυροδέματος φαίνεται στην Εικόνα 126.





**Εικόνα 126: Χρήση εκτοξευμένου σκυροδέματος.**

**Πηγή: Παπαθεοδώρου Νικηφόρος και Φιλίνης Χρήστος, 2011**

- Μανδύες από σκυροτσιμεντόπηγμα

Αυτό το είδος μανδύων έχουν το πλεονέκτημα της εύκολης σκυροδέτησης ακόμη και με παρουσία πυκνού διαμήκους και εγκάρσιου οπλισμού. Η διαδικασία εφαρμογής του σκυροτσιμεντοπήγματος περιλαμβάνει την τοποθέτηση αδρανών σε καλούπια και στη συνέχεια την πλήρωση των κενών με υγροποιημένο τσιμέντο υπό πίεση. Με αυτούς τους μανδύες μειώνεται σημαντικά το πρόβλημα της συστολής ξηράνσεως, καθώς τα αδρανή που βρίσκονται ήδη σε επαφή μεταξύ τους, περιορίζουν τη συστολή ξήρανσης στο ελάχιστο. Αυτή η τεχνική δεν είναι διαδεδομένη γιατί υπάρχει έλλειψη τεχνικής εμπειρίας και το κόστος είναι σχετικά ψηλό.

- Μανδύες από ειδικά σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα

Με αυτή την τεχνική είναι δυνατό να κατασκευαστούν μανδύες εξαιρετικά μικρού πάχους. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι αποκτούν πολύ μεγαλύτερη αντοχή από το συνηθισμένο σκυρόδεμα και σε πολύ μικρότερο χρόνο. Το βασικό μειονέκτημά τους όμως, που αποτελεί και το λόγο της μη διάδοσής τους, είναι το αυξημένο κόστος κατασκευής τους και γι' αυτό χρησιμοποιούνται μόνο σε περιπτώσεις που απαιτείται μικρός μανδύας.

Επίσης, οι μανδύες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν και ανάλογα με το μήκος τους ή το αν περιβάλλουν ολόκληρη την περίμετρο του υποστυλώματος. Στην περίπτωση που ο μανδύας εκτείνεται σε όλο το μήκος του υποστυλώματος καλείται ολικός μανδύας, ενώ αν η έκτασή του είναι ένα μέρος του υποστυλώματος καλείται τοπικός μανδύας. Επίσης, αν ο μανδύας καλύπτει και τις τέσσερις πλευρές της περιμέτρου τότε ονομάζεται κλειστός, ενώ αν σε αντίθετη



περίπτωση ονομάζεται ανοιχτός μανδύας. Ανοικτοί μανδύες φαίνονται στις Εικόνες 129 μέχρι 132.

(Παπαθεοδώρου Νικηφόρος και Φιλίνης Χρήστος 2011)

#### Κατασκευή μανδύων

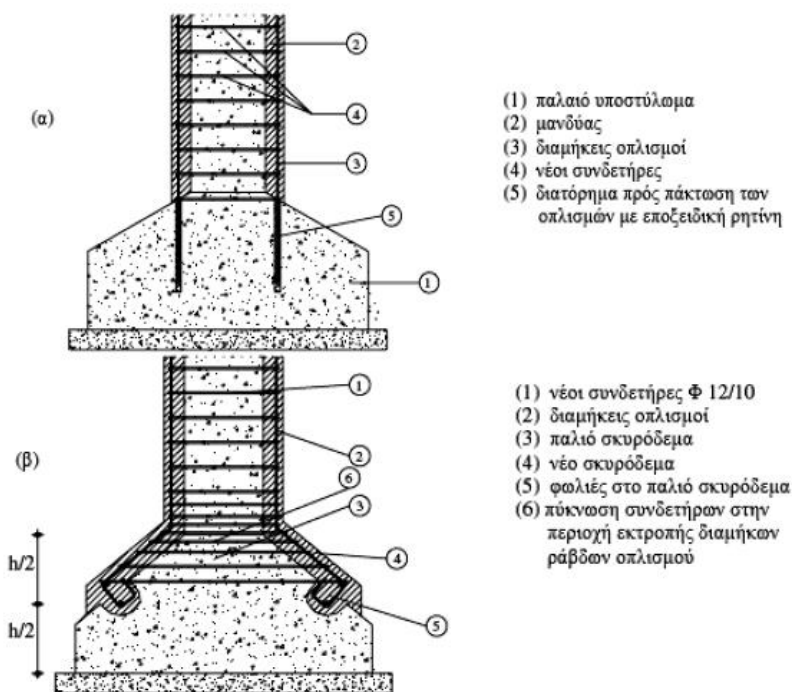
Για την κατασκευή του μανδύα, πρώτα πρέπει να αποφορτιστούν οι δοκοί και οι πλάκες που στηρίζονται στο υποστύλωμα. Ακολούθως απομακρύνεται το αποδιοργανωμένο σκυροδέμα και καθαρίζεται η περιοχή έτσι ώστε να αποκαλυφθούν οι οπλισμοί στους οποίους θα συγκολληθούν οι καινούργιοι. Προετοιμάζονται οι κατάλληλες οπές όπου θα αγκυρωθούν οι νέες ράβδοι και οι θέσεις που θα μπουν τα βλήτρα. Στη συνέχεια εκτραχύνεται η επιφάνεια του σκυροδέματος έτσι ώστε να αποκαλυφθούν τα αδρανή. Αγκυρώνονται στα άκρα οι διαμήκεις οπλισμοί στις οπές με τη χρήση εποξειδικής ρητίνης ή μπορούν να αγκυρωθούν μικρότερες ράβδοι στις οπές και στη συνέχεια ο διαμήκης οπλισμός να ματιστεί πάνω στις ράβδους αυτές και αν το υποστύλωμα είναι στον κατώτερο όροφο μπορεί να γίνει αγκύρωση πάνω στα πέδιλα. Αυτό γίνεται συνεχίζοντας τον μανδύα γύρω από τον κώνο του πεδίλου σε μήκος τουλάχιστον ίσο με το μισό του ύψους του πεδίλου, με τη χρήση πυκνών κλειστών συνδετήρων πάνω στο πέδιλο και απόληξη του μανδύα σε μία περιμετρική φωλιά που δημιουργείται στο πέδιλο. Στην περίπτωση που είναι αναγκαίο να ενισχυθεί το θεμέλιο προσαρμόζεται η τελευταία τεχνική ώστε να αντιμετωπιστεί συνολικά το πρόβλημα. Στο τέλος αγκυρώνονται τα βλήτρα, τοποθετούνται και συγκολλούνται τα παρεμβλήματα σύνδεσης παλαιού και νέου οπλισμού. Μετά τοποθετούνται οι νέοι συνδετήρες, καθαρίζονται οι επιφάνειες για άλλη μία φορά, διατρέχεται η επιφάνεια του παλαιού σκυροδέματος πριν την σκυροδέτηση αλλά και τα καλούπια και τα αδρανή και τελευταία γίνεται η σκυροδέτηση. Τρόπος αγκύρωσης υποστυλώματος φαίνεται στις Εικόνες 127 και 128.

(Παπαθεοδώρου Νικηφόρος και Φιλίνης Χρήστος 2011)



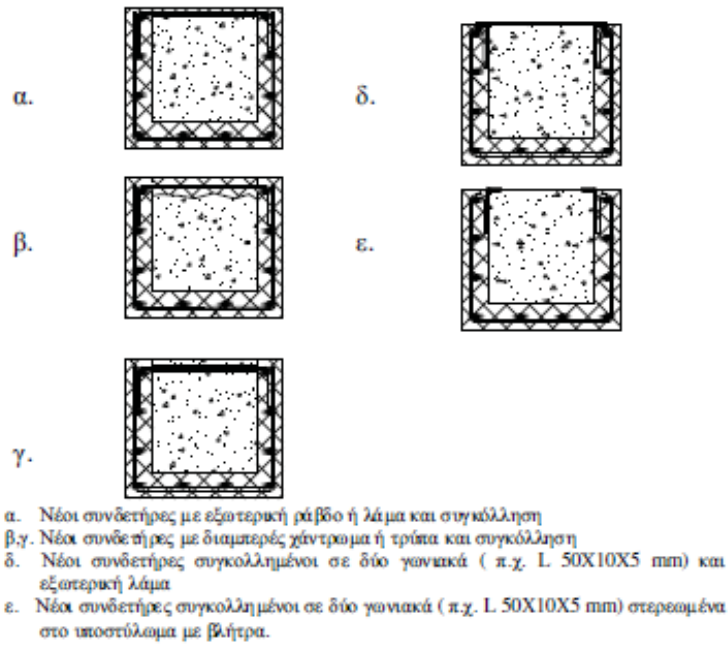
Εικόνα 127: Παράδειγμα αγκύρωσης οπλισμού υποστυλώματος πάνω σε πέδιλο.

Πηγή: Παπαθεοδώρου Νικηφόρος και Φιλίνης Χρήστος, 2011



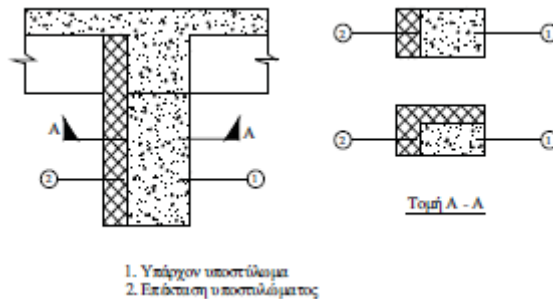
Εικόνα 128: Αγκύρωση διαμήκων οπλισμών σε πέδιλα των υποστυλωμάτων.

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001



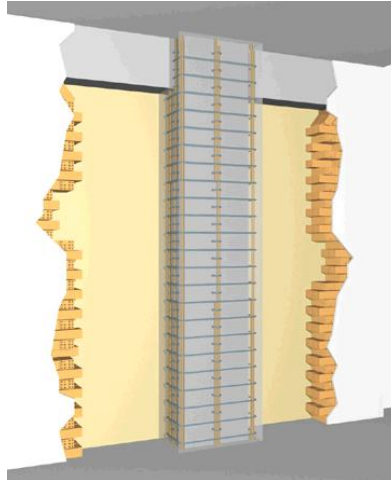
Εικόνα 129:Περιπτώσεις ανοικτών μανδύων

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001



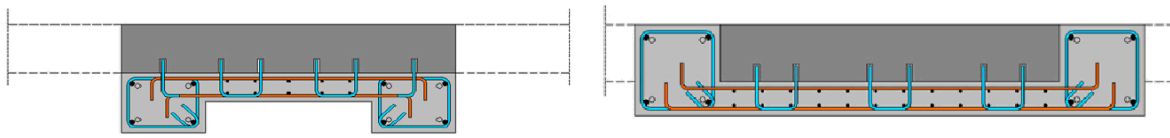
Εικόνα 130:Μονόπλευρη ή δίπλευρη επέκταση υποστύλωματος

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001



**Εικόνα 131: Μανδύας σε υποστύλωμα που βρίσκεται σε επαφή με τοίχο (τρίπλευρος)**

**Πηγή: Αντισεισμική Πανοπλία, Τυποποιημένες τεχνολογίες επισκευής και ενίσχυσης δομικών στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα**



**Εικόνα 132: Μονόπλευρος μανδύας σε τοίχείο**

**Πηγή: Αντισεισμική Πανοπλία, Τυποποιημένες τεχνολογίες επισκευής και ενίσχυσης δομικών στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα**

## 7.2 Ενίσχυση με Τοιχεία

Η προσθήκη τοιχείων είναι μία από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους και είναι από τις πρώτες μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για την ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών από Ο/Σ. Επιδρούν σε όλη την κατασκευή και μπορούν να τοποθετηθούν είτε περιμετρικά στην κατασκευή είτε στο εσωτερικό της. Ο στόχος χρήσης τους είναι η μείωση των μετακινήσεων του κτιρίου και η αύξηση της δυσκαμψίας του.

Υπάρχουν 2 τεχνικές προσθήκης τοιχείων στις υφιστάμενες κατασκευές. Η κατασκευή τοιχείων στα πλαίσια του φέροντος οργανισμού της κατασκευής και η κατασκευή πλευρικών τοιχείων σε συνέχεια υποστυλωμάτων με πτερύγια.

Στην 1<sup>η</sup> περίπτωση, η χρήση της βασίζεται στην αναλυτική εκτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς του φορέα λαμβάνοντας υπόψη τη συμβολή των υφιστάμενων μη φερόντων στοιχείων της κατασκευής και στοιχείων που αγνοούνται συχνά κατά την ανάλυση, όπως τα κλιμακοστάσια. Σχετικά με την τοποθέτηση των τοιχείων στην κάτοψη του υφιστάμενου κτιρίου, θα πρέπει να κατασκευάζονται σε επιλεγμένα πλαίσια της κατασκευής, προκειμένου να υπάρχει συμμετρική διάταξή τους. Επίσης, πρέπει να κατασκευάζονται συνεχόμενα από την κατώτατη στάθμη της κατασκευής μέχρι την ανώτατη. Σε διαφορετική περίπτωση, η διάταξή τους θα δημιουργεί εκκεντρότητα του κέντρου βάρους της κατασκευής και του κέντρου δυσκαμψίας και έτσι προκύπτει δημιουργία στρέψης στα υποστυλώματα και αναπτύσσονται διατμητικές τάσεις σε αυτά και αυτό οδηγεί σε πρόωρη αστοχία των υποστυλωμάτων σε διάτμηση. Σχετικά με την τοποθεσία των τοιχείων υπάρχουν περιορισμοί στους κώδικες και κανονισμούς.

Εκτός από την τοποθεσία των τοιχείων, σημαντικός είναι και ο καθορισμός του απαραίτητου πλήθους τοιχείων ενίσχυσης. Η σύνδεσή τους φυσικά, γίνεται με όλα τα μέλη του πλαισίου.

Όταν η σύνδεση του τοιχείου γίνεται μόνο με τις δοκούς του αντίστοιχου πλαισίου, στα πλάγια αφήνεται ένα μικρό κενό και έτσι υπάρχει πιο πλάσטיμη συμπεριφορά. Επίσης, η ενφάντωση τοιχείων εντός των πλαισίων του φέροντα οργανισμού μίας κατασκευής, οδηγεί στην παραλαβή μέσω των πλαισίων, μεγάλου μέρους του σεισμικού φορτίου καθώς και στη δραστική μείωση των μετακινήσεων του χωρικού συστήματος. Επίσης, η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για διόρθωση

σφαλμάτων σχεδιασμού σχετικά με τη μόρφωση του φορέα και ειδικά όταν υπάρχει ασυμμετρία κατανομής της δυσκαμψίας καθ' ύψος ή εκκεντρότητες δυσκαμψίας στην κάτοψη.

Ένα από τα μειονεκτήματα της μεθόδου ενίσχυσης είναι ότι μπορεί να υπάρξει πρόβλημα στην θεμελίωση λόγω αύξησης του νεκρού φορτίου. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ο χρόνος ολοκλήρωσης των εργασιών, σε σχέση με άλλες μεθόδους είναι χρονοβόρα μέθοδος. Επιπλέον, χρειάζεται μεγάλη προσοχή στη σύνδεση του τοιχείου με το πλαίσιο. Γίνεται και διαίρεση του εσωτερικού χώρου με τα εσωτερικά ενφραττούμενα τοιχεία και με τα εξωτερικά προκαλείται περιορισμός του φυσικού φωτός μέσω των δεσμεύσεων των ανοιγμάτων από αυτά.

Για την υλοποίηση της 1<sup>ης</sup> μεθόδου, χρησιμοποιούνται οι πιο κάτω τεχνικές.

#### 1. Τοιχεία από έγχυτο σκυρόδεμα ή εκτοξευμένο

Κατασκευάζονται σε κατάλληλα επιλεγμένα πλαίσια. Το τοιχείο συνδέεται κατά μήκος της περιμέτρου του πλαισίου με τα υπάρχοντα υποστυλώματα και δοκάρια (Εικόνες 133 και 134). Σε περιπτώσεις όπου επιδιώκεται μία πιο πλάστιμη συμπεριφορά της κατασκευής, γίνεται σύνδεση μόνο στις δοκούς (πάνω και κάτω άκρο του τοιχείου), ενώ στα πλάγια μεταξύ τοιχείου και υποστυλωμάτων δεν γίνεται σύνδεση και αφήνεται μικρό κενό. Για την εξασφάλιση της συνέχειας στις διεπιφάνειες παλαιού και νέου σκυροδέματος πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή (σύνδεση πλαισίου με τοιχείο για να δρουν ως σύνολο). Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση διατημητικών συνδέσμων. Επίσης, ένα άλλο κρίσιμο σημείο στην εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι η εξασφάλιση της μεταφοράς των δράσεων στα νέα τοιχεία Ο/Σ από τις δοκούς. Κάποια άλλα κατασκευαστικά προβλήματα που προκύπτουν είναι η συστολή ξήρανσης που έχει σαν συνέπεια την ρηγμάτωση της επιφάνειας και η δυσκολία σκυροδέτησης. Για την αντιμετώπιση της συστολής ξήρανσης υπάρχουν ειδικά σκυροδέματα (πολυμερικό ή διάφορα κονιάματα) τα οποία έχουν υψηλή πρόσφυση και μικρή συστολή ξήρανσης και χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία των επιφανειών διάστρωσης. Για τη δυσκολία σκυροδέτησης, η οποία προκύπτει λόγω της ανεπαρκούς πρόσβασης στην κορυφή και έτσι το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία αρμού στο πάνω μέρος, υπάρχει αντιμετώπιση με τσιμεντενέσεις.

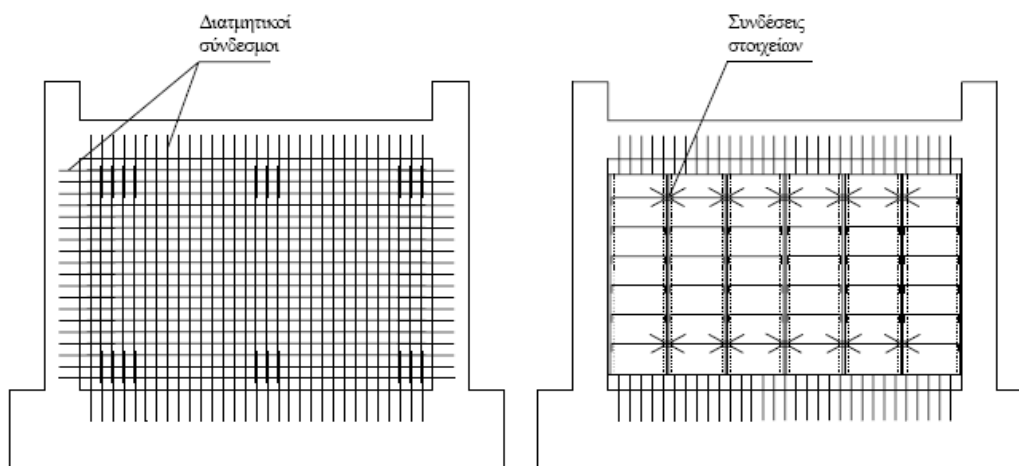
#### 2. Προκατασκευασμένα τοιχεία (panels)

Η προσθήκη προκατασκευασμένων τοιχείων εντός των πλαισίων της κατασκευής, είναι αρκετά πιο οικονομική σε σύγκριση με την προσθήκη νέων τοιχείων. Αυτή η τεχνική όμως απαιτεί εξειδικευμένα συνεργεία και μονάδες παραγωγής. Κατά την εφαρμογή της τεχνικής αυτής πρέπει

να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη σύνδεση παλαιού και νέου στοιχείου (υπάρχουν ειδικές τεχνικές) και αυτή η σύνδεση κρίνει την αποτελεσματικότητα της τεχνικής. Όπως και στην προηγούμενη τεχνική όταν επιδιώκεται πιο πλάσσιμη συμπεριφορά τότε η σύνδεση γίνεται μόνο με τις δοκούς. Η συνεισφορά αυτής της τεχνικής στην συνολική δυσκαμψία και αντοχή του φορέα είναι μικρότερη σε σχέση με την τεχνική προσθήκης τοιχείων από Ο/Σ.

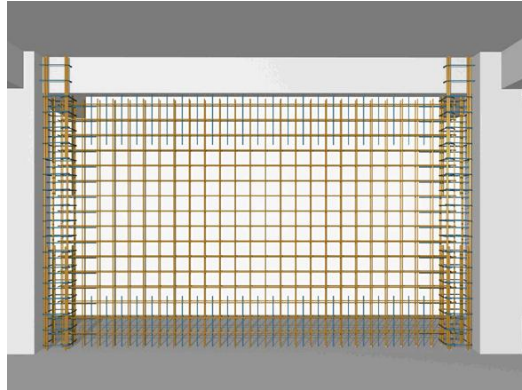
Ένα από τα πιο σύγχρονα συστήματα προκατασκευής είναι τα επίπεδα δομικά στοιχεία τύπου σάντουιτς (precast concrete sandwich panels, PCSP), με φλοιούς από υψηλής αντοχής σκυρόδεμα που συνήθως είναι ινοπλισμένο και πυρήνα από ελαφροσκυρόδεμα ή και στρώση θερμομονωτικού υλικού. Αυτά τα στοιχεία όπως και τα συμπαγή στοιχεία από Ο/Σ, όταν χρησιμοποιούνται για μόρφωση δομικών συνόλων για ενισχύσεις υφιστάμενων κατασκευών συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς και αποθήκευσης. Μπορούν να εφαρμοσθούν όμως, σε κατασκευές με λίγους ορόφους.

(Κούλης Παναγιώτης 2008)



**Εικόνα 133: Τεχνικές κατασκευής τοιχείων εντός πλαισίων. Αριστερά με έγχυτο σκυρόδεμα και περιμετρική σύνδεση και δεξιά με προκατασκευασμένα τοιχεία χωρίς πλευρική σύνδεση**

**Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001**



**Εικόνα 134: Προσθήκη τοιχείου στο εσωτερικό φατνώματος πλαισίου**

**Πηγή: Αντισεισμική Πανοπλία, Τυποποιημένες τεχνολογίες επισκευής και ενίσχυσης δομικών στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα**

Στην 2<sup>η</sup> περίπτωση, της κατασκευής πλευρικών τοιχείων σε συνέχεια υποστυλωμάτων με πτερύγια από Ο/Σ, βελτιώνεται η αντοχή των υποστυλωμάτων με την τοποθέτηση πλευρικών τοιχείων Ο/Σ. Τέτοιου είδους τοιχεία φαίνονται στις Εικόνες 135 και 136. Η προσθήκη τοιχείου γίνεται στη διεύθυνση αύξησης της αντίστασης της κατασκευής. Σε περιπτώσεις γωνιακών υποστυλωμάτων γίνεται προσθήκη τοιχείων και στις δύο διευθύνσεις. Αυτά τα τοιχεία συνδέονται με τα υφιστάμενα υποστυλώματα για να έχουν ενιαία συμπεριφορά. Υπάρχουν δύο τρόποι σύνδεσής τους. Η μονολιθική σύνδεση των υφιστάμενων υποστυλωμάτων με τα πλευρικά τοιχεία, όπου γίνεται αποκόλληση μέρους του παλαιού σκυροδέματος του υποστυλώματος έτσι ώστε να υπάρχει καλή συνάφεια μεταξύ παλαιού και νέου στοιχείου και η σύνδεσή τους με βλήτρα (σφηνοειδή αγκύρια ή άλλου τύπου βλήτρα), όπου τα βλήτρα τοποθετούνται μέσα στον πυρήνα σκυροδέματος των δοκών και υποστυλωμάτων με σκοπό ισχυρότερης σύνδεσης. Τα πλευρικά τοιχεία είναι είτε από επί τόπου έγχυση είτε από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα εγχύοντας κονίαμα στην ένωση. Με τη μέθοδο της προσθήκης πλευρικών τοιχείων, αυξάνεται η πλαστιμότητα του φορέα με μικρή αύξηση της αντοχής και δυσκαμψίας του. Το κόστος είναι σχετικά μικρό σε σχέση με άλλες μεθόδους. Αυτή η μέθοδος δεν εφαρμόζεται σε κτίρια όπου οι αποστάσεις μεταξύ των υποστυλωμάτων είναι μικρή για αποφυγή αστοχίας λόγω τέμνουσας δοκών, αφού τα πρόσθετα πτερύγια μειώνουν αισθητά το καθαρό άνοιγμα των δοκών. Επίσης, η σύνδεση υποστυλώματος και πτερυγίων πρέπει να γίνεται με προσοχή ώστε να αποφευχθεί η παραμόρφωση εκτός του επιπέδου τους. Όταν τα πτερύγια τοποθετούνται έκκεντρα στο υποστυλώμα και η δοκός δεν είναι αντίστοιχα έκκεντρη δεν είναι εφικτή η χρήση αυτού του κατασκευαστικού τύπου. Ακόμη, υπάρχει αύξηση του πάχους του υφιστάμενου υποστυλώματος



(>5cm), λόγω της σύνδεσης των πτερυγίων μεταξύ τους. Σε περιπτώσεις που το νέο στοιχείο χρησιμοποιείται ως εξωτερικός τοίχος πρέπει να δίνεται προσοχή στην στεγανοποίηση της σύνδεσης. Όσον αφορά τη σύνδεση με βλήτρα, επειδή η σύνδεση δεν είναι τόσο μονολιθική θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού ότι η στατική συμπεριφορά του υπάρχοντος υποστυλώματος με πτερύγια (πλευρικά τοιχεία) μπορεί να διαφέρει σημαντικά από την συμπεριφορά άλλου τύπου υποστυλώματος και επιπλέον απαιτείται μεγάλη ακρίβεια κατά την τοποθέτηση των βλήτρων.

Τα τοιχεία σε μία υφιστάμενη κατασκευή συντελούν στην αποτελεσματική προστασία του υφιστάμενου φέροντος οργανισμού αφού παραλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό των σεισμικών δράσεων με ταυτόχρονη μείωση των συνολικών μετατοπίσεων του χωρικού συστήματος κατά τη σεισμική κίνηση σε ανεκτά επίπεδα για την παραμορφωσιακή ικανότητα των υφιστάμενων μελών. Ταυτόχρονα με τα τοιχεία αντιμετωπίζονται και άλλες παράμετροι σεισμικής τρωτότητας (μαλακοί όροφοι, κοντά υποστυλώματα, αυξημένη μεταθετότητα και αυξημένη επικινδυνότητα εδάφους). Επίσης, πιθανά προβλήματα σε δευτερεύουσα στοιχεία ή με γειτονικά κτίρια αποφεύγονται σε πιθανό μελλοντικό σεισμό. Ταυτόχρονα, τα τοιχεία αυξάνουν την αντοχή των επιμέρους πλαισίων και εάν η σύνδεση των ενφαινούμενων τοιχείων γίνει μόνο πάνω κάτω, δηλαδή μόνο με τις δοκούς και όχι με τα υποστυλώματα ή όταν χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της προσθήκης των τοιχείων σε συνέχεια των υφιστάμενων υποστυλωμάτων τότε αυξάνεται και η πλαστιμότητα της υφιστάμενης κατασκευής. Έτσι, η κατασκευή έχει ένα ελαστοπλαστικό μηχανισμό σε περίπτωση σεισμού και η απόσβεση ενέργειας γίνεται μέσω ελεγχόμενων βλαβών χωρίς σημαντική μείωση των αρχικών χαρακτηριστικών αποκρίσεως και δυσκαμψίας του φορέα. Ακόμη, αυξάνουν την αντοχή του συνόλου της κατασκευής αφού παραλαμβάνουν μέρος των επιβαλλόμενων δυνάμεων μειώνοντας τα φορτία στα υποστυλώματα. Τα τοιχεία επίσης, συνεισφέρουν στην αντιμετώπιση προβλημάτων σχετικά με ασυνέχειες στην δυσκαμψία μεταξύ των ορόφων (χρήση σε κατασκευές με πυλωτές).

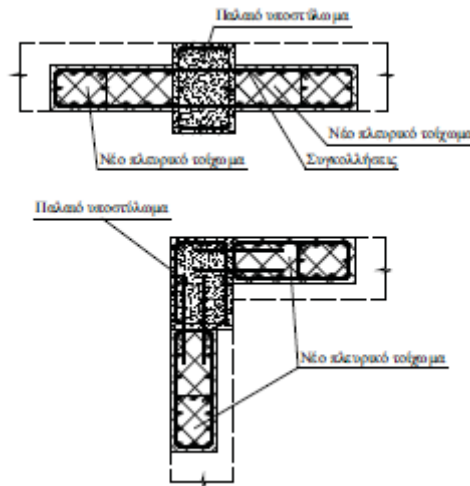
Κάποια μειονεκτήματα από τη χρήση τοιχείων για ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών είναι η παρουσία κατασκευαστικών δυσκολιών. Παρουσιάζεται δυσκολία στην κατασκευή θεμελιώσεων, ικανών να παραλάβουν τις μεγάλες ροπές βάσης των συνεχών τοιχείων σε όλο το ύψος του κτιρίου αλλά και των αυξημένων κατακόρυφων δυνάμεων λόγω του πρόσθετου βάρους από την κατασκευή τους. Επίσης, δημιουργούνται ροπές οι οποίες θα πρέπει να αναληφθούν από το σύστημα θεμελίωσης. Αυτό έχει μεγάλο κόστος και είναι ιδιαίτερα δύσκολο κατασκευαστικά.

Σε περιπτώσεις κτιρίων με ανεπαρκές σύστημα θεμελίων δεν είναι καθόλου βολικό. Ακόμη και σε περίπτωση κατασκευής μόνο ενός καινούργιου τοιχείου, επειδή το κατακόρυφο φορτίο είναι δυσανάλογα μικρό σε σχέση με τη ροπή ανατροπής το αποτέλεσμα είναι το σήκωμα και η εμφάνιση μεγάλων στροφών στο στοιχείο της θεμελίωσης. Έτσι, μειώνεται η φέρουσα ικανότητα της κατασκευής. Η ενίσχυση με τοιχεία εντός των πλαισίων, χωρίς αυτό να είναι σε επαφή με τα υποστυλώματα, οδηγεί σε μείωση του μήκους των δοκών που συνδέονται με αυτό. Έτσι, αυξάνεται η τέμνουσα στις δοκούς και χρειάζεται ενίσχυση των δοκών για την παραλαβή της τέμνουσας. Εκτός από τις τεχνικές δυσκολίες παρουσιάζονται συχνά στην πράξη δυσεπίλυτα αρχιτεκτονικά και λειτουργικά προβλήματα (μεγάλοι χώροι κατοικιών στους 2 τελευταίους ορόφους, μικρότεροι γραφειακοί χώροι στους μεσαίους ορόφους, ελεύθεροι χώροι καταστημάτων στο ισόγειο και χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων στο υπόγειο).

Όπως έχει αναφερθεί πιο πάνω, για να λειτουργήσει το τοιχείο και να προσφέρει στην κατασκευή όλα τα πλεονεκτήματα ως προς την ενίσχυσή της πρέπει να ενισχυθεί και η θεμελίωση. Η ενίσχυση αυτή μπορεί να γίνει με αύξηση του μεγέθους του πέδιλου έτσι ώστε να αυξηθεί το βάρος του και η αντίσταση του εδάφους ή με τη δημιουργία ενός ενιαίου πεδίλου με τα γειτονικά του, μεταβάλλοντας έτσι τον τρόπο μεταβίβασης των κατακόρυφων φορτίων και των ροπών στο έδαφος. Επίσης, μπορεί να γίνει σύνδεση του πεδίλου με τα διπλανά του με συνδετήρια δοκό. Ακόμη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μικροπασσάλι ή αγκύρια με στόχο την αποφυγή του σηκώματος της θεμελίωσης ή ακόμη μπορούμε να δημιουργηθεί σύστημα κεφαλόδεσμου-μικροπασσάλων για τη θεμελίωση των επιπρόσθετων στοιχείων εάν το σύστημα θεμελίωσης το οποίο προϋπάρχει είναι γενική κοιτόστρωση. Ο τελευταίος τρόπος είναι ο πιο οικονομικός αφού μειώνεται το εύρος των εκσκαφών.

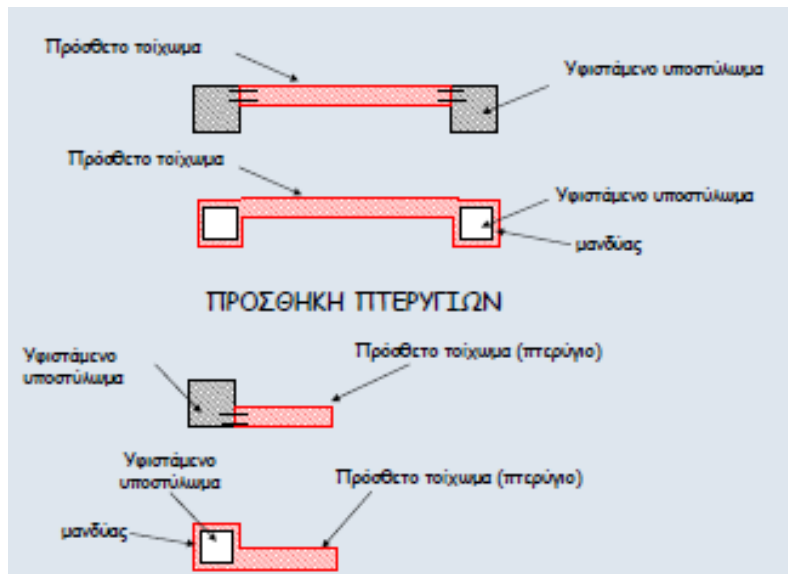
Η προσθήκη τοιχείων είναι μία τεχνικώς εφικτή, πρακτική και αποτελεσματική λύση για την ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών από Ο/Σ. Συνιστάται να χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν σοβαρές βλάβες στην κατασκευή και όταν η δυσκαμψία και η αντοχή της κατασκευής δεν είναι επαρκής. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού των τοιχείων με άλλες τεχνικές ενίσχυσης, εφόσον όμως διασφαλίζεται η σωστή συνεργασία τους.

(Κούλης Παναγιώτης 2008)



Εικόνα 135: Προσθήκη τοιχείων σε συνέχεια υποστυλωμάτων

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001



Εικόνα 136: Τοιχοπατοποίηση

Πηγή: Δρίτσος Στέφανος, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Πατρών, Μυτιλήνη, Οκτώβριος, 2008

### 7.3 Ενίσχυση Δοκών

Οι επισκευές και ενισχύσεις δοκών, ακολουθούν αντίστοιχες τεχνικές με αυτές που αναφέρθηκαν για τα υποστύλωματα και τα τοιχεία. Στην περίπτωση σεισμικής έντασης οι βλάβες συγκεντρώνονται στην περιοχή του κόμβου. Έτσι η επέμβαση στις δοκούς αποτελεί συνήθως μέρος μίας συνολικής επέμβασης που κυρίως αφορά τα κατακόρυφα στοιχεία και τον κόμβο.

#### Επισκευή δοκών

Για επισκευές δοκών, χρησιμοποιούνται ανάλογα με το βαθμό βλάβης είτε η τεχνική ρητινέσεων και επισκευαστικών κονιαμάτων για ελαφρές βλάβες είτε η τεχνική της αποκατάστασης ίσης διατομής για βαριές βλάβες.

#### Ενίσχυση δοκών

Οι τεχνικές ενίσχυσης δοκών διακρίνονται ανάλογα με τον επιδιωκόμενο στόχο. Σε αυτές που στοχεύουν στην αύξηση της καμπτικής αντοχής, σε αυτές που στοχεύουν στην αύξηση της διατμητικής αντοχής ή και στα δύο.

- Καμπτική ενίσχυση με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος

Αυτή η τεχνική εφαρμόζεται συχνά για ισχυρές ενισχύσεις δοκών στο εφελκόμενο πέλμα. Μερικές φορές επίσης εφαρμόζεται και για ενισχύσεις στο θλιβόμενο πέλμα. Η ενίσχυση στο εφελκόμενο πέλμα γίνεται με νέους οπλισμούς που καλύπτονται από εκτοξευμένο σκυρόδεμα σε όλο το πλάτος της δοκού. Στις ενισχύσεις στο θλιβόμενο πέλμα, όπου μπορεί να γίνουν και χωρίς πρόσθετους οπλισμούς, χρησιμοποιείται είτε εκτοξευμένο σκυρόδεμα είτε έγχυτο. Η συνεργασία της νέας στρώσης σκυροδέματος με τη δοκό γίνεται με χρήση διατμητικών συνδέσμων που συνήθως είναι χαλύβδινα βλήτρα ή ηλεκτροσυγκολλήσεις νέων και παλαιών ράβδων οπλισμού μέσω παρεμβλημάτων.

- Διατμητική ενίσχυση με εξωτερικά στοιχεία

Πολλές φορές στην πράξη, εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές διατμητικής ενίσχυσης δοκών χρησιμοποιώντας είτε μεταλλικά στοιχεία που περισφίγγουν εξωτερικά τη δοκό είτε επικολλητά φύλλα από γάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή (Εικόνα 137).

(Μιχαήλ Φαρδής και Στέφανος Δρίτσος 2003)

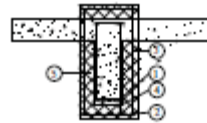
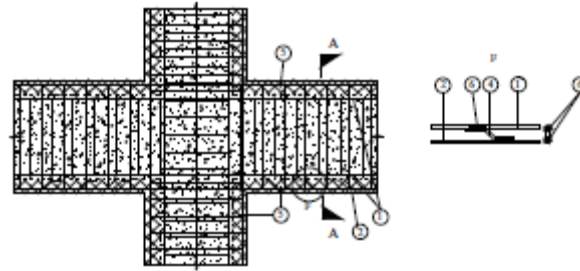


**Εικόνα 137: Ενίσχυση υποστυλώματος και δοκού με ανθρακονήματα**

**Πηγή: <http://mavroudis.freeoda.com/anthr/anthr.htm>**

- Ενίσχυση με μανδύες Ο/Σ

Η τεχνική κατασκευής μανδύων σε δοκούς από Ο/Σ είναι η πλέον αποτελεσματική μέθοδος αύξησης της διατμητικής και καμπτικής τους αντοχής. Αυτή η τεχνική περιλαμβάνει την αύξηση της διατομής της δοκού με νέο σκυρόδεμα, νέους διαμήκεις οπλισμούς και νέους συνδετήρες περιμετρικά του αρχικού στοιχείου (Εικόνες 138 και 139). Για κατασκευαστική ευκολία συνήθως χρησιμοποιείται εκτοξευμένο σκυρόδεμα. Οι μανδύες Ο/Σ, εφαρμόζονται κυρίως όταν υπάρχει ανάγκη διατμητικής ενίσχυσης της δοκού, επειδή όταν απαιτείται μόνο αύξηση της καμπτικής της αντοχής επιλέγεται η απλούστερη τεχνική της ενίσχυσης με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος. Βασικό κατασκευαστικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι η δημιουργία κλειστού μανδύα στο άνω μέρος της δοκού, λόγω της ύπαρξης των πλακών. Γι' αυτό πολλές φορές στην πράξη επιλέγεται η λιγότερο αποτελεσματική τεχνική της κατασκευής ανοικτού μανδύα (Μιχαήλ Φαρδής και Στέφανος Δρίτσος 2003).



- (1) Παλιός οπλισμός
- (2) Πρόσθετος οπλισμός
- (3) Πρόσθετοι συνδετήρες
- (4) Ράβδοι συνδέσεως
- (5) Μανδύας σκυροδέματος
- (6) Συγκόλληση

Τμήμα Α - Α

Εικόνα 138: Κλειστός μανδύας δοκού

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001



Εικόνα 139: Μανδύες Ο/Σ για διατμητική ενίσχυση δοκών σε υφιστάμενο κτίριο

Πηγή: Κούτα Ν. Λάμπρος 2010

## 7.4 Ενίσχυση Κόμβων

Οι επισκευές και οι ενισχύσεις στην περιοχή των κόμβων αποτελούν ίσως τη δυσκολότερη κατασκευαστική διαδικασία στον τομέα των επεμβάσεων επειδή εκεί συντρέχουν πολλά στοιχεία του φορέα (Μιχαήλ Φαρδής και Στέφανος Δρίτσος 2003).

Οι τεχνικές επισκευής των κόμβων είναι οι ίδιες με αυτές που εφαρμόζονται και για άλλα δομικά στοιχεία. Δηλαδή για ελαφρές ρηγματώσεις εφαρμόζεται η τεχνική των ρητινέσεων και των επισκευαστικών κονιαμάτων ενώ για βαριές βλάβες εφαρμόζεται η τεχνική της αποκατάστασης ίσης διατομής. Η αποκατάσταση του κόμβου με την τεχνική της ίσης διατομής τις περισσότερες φορές περιλαμβάνει και τη διόρθωση ελαττωμάτων στην όπλιση. Δηλαδή συχνά τοποθετούνται πυκνότεροι συνδετήρες και βελτιώνονται οι αγκυρώσεις των ράβδων (ηλεκτροσυγκολλώντας νέα τμήματα). Γι' αυτό η τεχνική θα έπρεπε να θεωρείται μάλλον ως τεχνική ενίσχυσης παρά ως επισκευής (Μιχαήλ Φαρδής και Στέφανος Δρίτσος 2003).

- Ρητινέσεις

Οι ρητινέσεις εφαρμόζονται σε περιπτώσεις μικρού εύρους ρηγματώσεων χωρίς αποδιοργάνωση του σκυροδέματος και λυγισμού των ράβδων οπλισμού των υποστυλωμάτων και των δοκών. Η τεχνική αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι με την εφαρμογή της διατηρούνται οι αρχικές διαστάσεις του στοιχείου και έτσι είναι η πλέον εύκολη σε πραγματικές κατασκευές. Οι ρητίνες και ιδιαίτερα ο πιο συνηθισμένος τύπος τους οι εποξειδικές, χρησιμοποιούνται στη ρευστή τους κατάσταση για τη συγκόλληση ρωγμών πλάτους από 0,1 mm έως 3mm. Τα εποξειδικά κονιάματα χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση ρωγμών όταν αυτές έχουν πλάτος μεγαλύτερο των 3mm. Σε επισκευές με ρητινέσεις έχει αποδειχθεί πειραματικά πως αποκαθίσταται πλήρως η αντοχή των κόμβων σχεδόν πλήρως η δυσκαμψία καθώς και η ικανότητα απορρόφησης ενέργειας και μάλιστα μπορεί ακόμη και να αυξηθεί. Παρά τα παραπάνω, όμως, επιθυμητά αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της τεχνικής των ρητινέσεων η αποκατάσταση της συνάφειας μεταξύ χάλυβα και σκυροδέματος με εποξειδική ρητίνη δεν θα πρέπει να θεωρηθεί αξιόπιστη και ως εκ τούτου συνιστάται η παράλληλη επέμβαση με κάποια από τις τεχνικές ενίσχυσης (Στάθης Κωνσταντίνος 2008).

- Αποκατάσταση ίσης διατομής

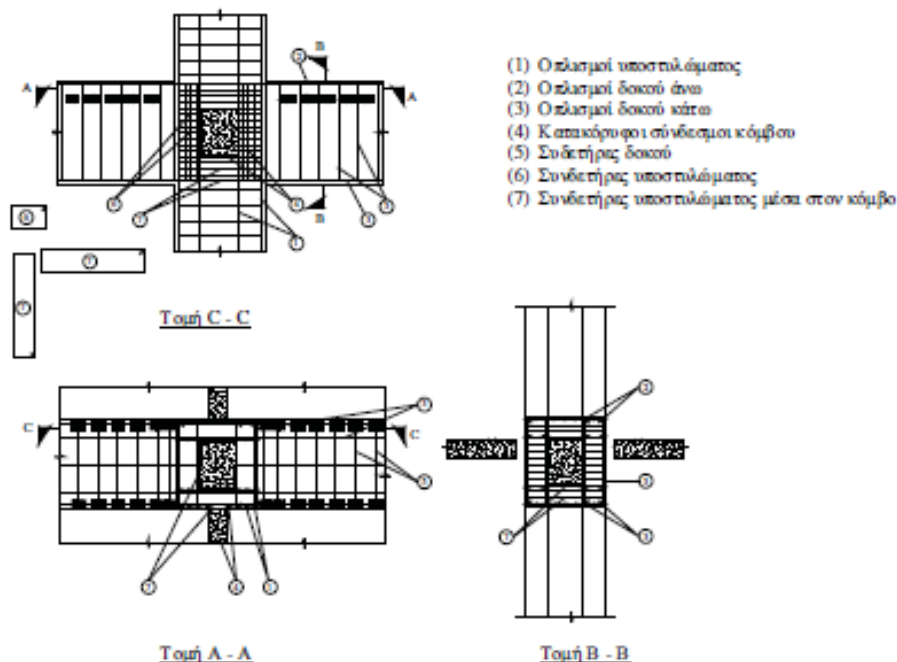
Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται σε κόμβους με υψηλό βαθμό βλάβης, δηλαδή συντριβή του σκυροδέματος, διάρρηξη των συνδετήρων και λυγισμό των διαμήκων ράβδων. Στην περίπτωση αυτή καθαιρείται το αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα στον κόμβο και σε τμήματα των κρίσιμων περιοχών των υποστυλωμάτων και των δοκών, τοποθετούνται με συγκόλληση νέοι διαμήκεις ράβδοι οπλισμού σε όποιους οπλισμούς έχει διαπιστωθεί λυγισμός, τοποθετούνται πρόσθετοι συνδετήρες και τελικώς αποκαθίσταται το καθαιρούμενο σκυρόδεμα με νέο. Με τον τρόπο αυτό παραμένουν σταθερές και μετά την επισκευή οι διατομές που είχαν αρχικά τα δομικά στοιχεία. Πρέπει να αναφερθεί εδώ πως τις περισσότερες φορές η αποκατάσταση του κόμβου με την παραπάνω τεχνική, περιλαμβάνει και την διόρθωση ελαττωμάτων στην όπλιση. Συνεπώς θα έπρεπε να θεωρείται μάλλον ως τεχνική ενίσχυσης παρά ως επισκευή. Σε επισκευές με αποκατάσταση ίσης διατομής, όπου περιλαμβάνονται και διορθωτικές παρεμβάσεις στην όπλιση, τα χαρακτηριστικά του κόμβου μπορούν να βελτιωθούν σημαντικά. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η αποτελεσματικότητα της τεχνικής αυξάνεται όσο χειρότερος είναι ο κόμβος (Στάθης Κωνσταντίνος 2008)..

Για την ενίσχυση των κόμβων, οι βασικές μορφές ενίσχυσης κόμβων δοκών-υποστυλωμάτων είναι είτε με μανδύα σκυροδέματος που κατασκευάζεται με τη διαδικασία που έχει αναφερθεί για υποστυλώματα και δοκούς, είτε με χρήση χιαστί κολάρων, είτε με χρήση επικολλητών φύλλων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή (Στάθης Κωνσταντίνος 2008).

- Μανδύες Ο/Σ

Ο πλέον αποτελεσματικός τρόπος ενίσχυσης των κόμβων είναι η κατασκευή μανδύα από Ο/Σ. Συνήθως ο μανδύας αυτός αποτελεί συνέχεια του μανδύα που έχει χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση του υποστυλώματος (Εικόνα 140). Όμως η τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί και τοπικά μόνο στην περιοχή των κόμβων (Μιχαήλ Φαρδής και Στέφανος Δρίτσος 2003).





Εικόνα 140: Ενίσχυση κόμβου με μανδύα

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001

- Τεχνική χιαστί προεντεταμένων κολάρων

Τα χιαστί κολάρα τοποθετούνται και εντείνονται με μηχανικό τρόπο περισφίγγοντας έτσι την περιοχή του κόμβου. Επίσης τοποθετούνται δύο οριζόντια κολάρα στις διατομές παρειάς των υποστύλωματων τα οποία συγκολλούνται πάνω στα χιαστί κολάρα σταθεροποιώντας έτσι το σύστημα περισφίξης. Συνήθως η όλη περιοχή των κόμβων καλύπτεται με έναν μανδύα από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα οπλισμένο με ένα ελαφρύ ανοξείδωτο πλέγμα (Στάθης Κωνσταντίνος 2008).

Η εφαρμογή της τεχνικής είναι ιδιαίτερα προβληματική όταν στον κόμβο συντρέχουν τέσσερις δοκοί, επειδή η διέλευση των χιαστί διαγωνίων θα πρέπει να γίνει με διάτρηση των εγκάρσιων δοκών και η διατομή των κολάρων να μετατραπεί σε κυκλική. Γι' αυτό, σε αυτές τις περιπτώσεις η παραπάνω τεχνική δε φαίνεται προς στιγμή να έχει πεδίο εφαρμογής (Στάθης Κωνσταντίνος 2008).

- Τεχνική επικολλητών φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή και χρήση επικολλητών χαλύβδινων ελασμάτων ή φύλλων

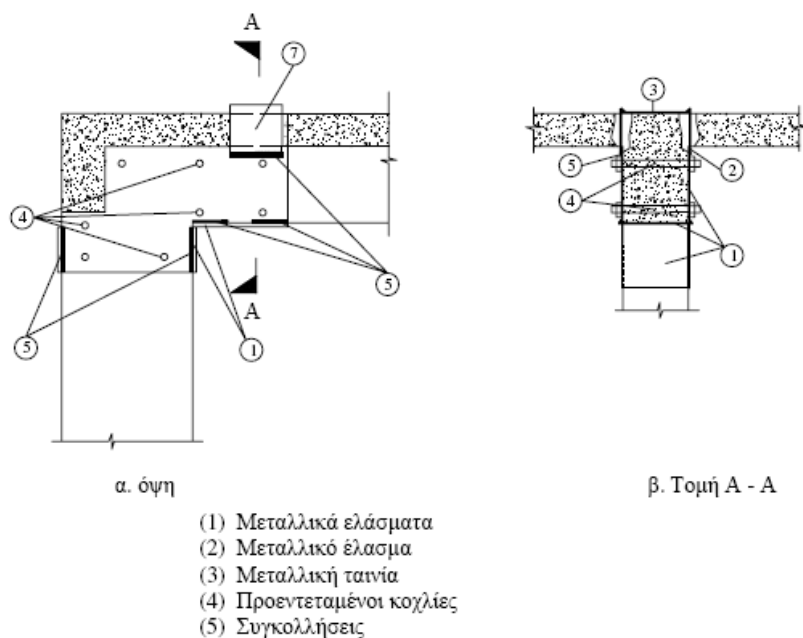
Τα ελάσματα προεκτείνονται εκατέρωθεν του κόμβου, στις συντρέχουσες δοκούς και τα υποστυλώματα, σε μήκος τουλάχιστον ίσο με το αντίστοιχο πλάτος του κόμβου. Συνήθως χρησιμοποιούνται λεπτά χαλύβδινα ελάσματα πάχους 1-1,5mm. Το πάχος των ελασμάτων ενίσχυσης πρέπει να είναι μικρό για να αποφεύγεται η πρόωρη αστοχία στην διεπιφάνεια επικόλλησης του ελάσματος. Τα ελάσματα επικολλούνται σε μία ή περισσότερες στρώσεις σε συνεχή σύνδεση χρησιμοποιώντας κυρίως εποξειδική κόλλα. Φυσικά η σύνδεση των ελασμάτων με τον κόμβο δεν επαφίεται μόνο στην κόλληση με εποξειδική κόλλα αλλά χρησιμοποιούνται και πρόσθετα στοιχεία αγκύρωσης όπως βίδες που συσφίγγουν τα ελάσματα των απέναντι παρειών. Με την τεχνική αυτή αυξάνεται η διατμητική αντοχή και η πλαστιμότητα του κόμβου κυρίως με τη χρησιμοποίηση κυματοειδών ελασμάτων. Επίσης έχει το πλεονέκτημα της εύκολης εφαρμογής και του χαμηλού κόστους. Κύρια αδυναμία της τεχνικής βρίσκεται ακριβώς στην περιοχή αγκύρωσης των άκρων των ελασμάτων. Η πρόωρη αστοχία των άκρων με απόσχιση στη γειτονική προς το έλασμα περιοχή σκυροδέματος οφείλεται στην υψηλή συγκέντρωση τάσεων στην περιοχή. Επομένως θα πρέπει να γίνεται έλεγχος για την εξασφάλιση επαρκούς μήκους αγκύρωσης πέραν της περιοχής που απαιτείται ενίσχυση και έλεγχος της συγκέντρωσης καμπτικών και διατμητικών τάσεων στην περιοχή των άκρων, λόγω της ασυνέχειας του επικολλητού ελάσματος. Η χρήση επικολλητών φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή αποτελεί ουσιαστικά την εξέλιξη των χαλύβδινων ελασμάτων στον τομέα της ενίσχυσης των κατασκευών. Η τεχνική αυτή χαρακτηρίζεται από την ευκολία εφαρμογής και το μικρό συγκριτικά με τα χαλύβδινα ελάσματα όγκο. Το βάρος τους είναι ιδιαίτερα χαμηλό, περίπου το 1/4 του χάλυβα ωστόσο δεν έχει διερευνηθεί ακόμη σε ικανοποιητικό βαθμό η ανθεκτικότητά τους σε διάρκεια. Απαραίτητη φυσικά είναι η καλή και προσεκτική αγκύρωση με βλήτρα, πολλές φορές ενισχυμένα με μεταλλικά φύλλα στις γωνίες, ώστε να αναπτυχθεί ολόκληρη η αντοχή τους στη μικρή αυτή περιοχή (Στάθης Κωνσταντίνος 2008).

Η χρήση των επικολλητών φύλλων από χάλυβα (Εικόνες 141 και 142) ή ινοπλισμένα πολυμερή είναι μία τεχνική που χωρίς αμφιβολία προσφέρει σημαντικά στην ενίσχυση του κόμβου. Τα επικολλητά φύλλα προεκτείνονται εκατέρωθεν του κόμβου στις συντρέχουσες δοκούς και τα υποστυλώματα, σε μήκος τουλάχιστον ίσο με το αντίστοιχο πλάτος του κόμβου (Μιχαήλ Φαρδής και Στέφανος Δρίτσος 2003).

Η εφαρμογή επικολλητών φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή για ενίσχυση ασθενών κόμβων, αποδεικνύεται πειραματικά ιδιαίτερα αποτελεσματική. Όμως στην πράξη αυτή η τεχνική

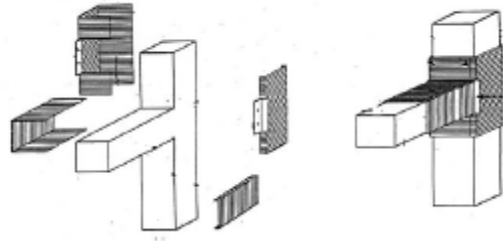
εφαρμόζεται δύσκολα λόγω της παρουσίας πλακών και δοκών. Το ίδιο ισχύει και για την περίπτωση εφαρμογής επικολλητών χαλύβδινων ελασμάτων. Άλλες τεχνικές, όπως η κατασκευή μανδύων από Ο/Σ ή η ανακατασκευή του κόμβου με προσθήκη οπλισμών εντός του, δείχνουν κατασκευαστικά προσφορότερες. Για ελαφρές βλάβες σε κόμβους η επισκευή με την τεχνική των ρητινέσεων φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματική (Δρίτσος Η. Στέφανος 2007).

Επίσης, εκτός από τις περιπτώσεις όπου οι κόμβοι χρειάζονται ενίσχυση στις περιπτώσεις προσθήκης νέων στοιχείων στον φέροντα οργανισμό η επαρκής αντοχή των κόμβων (υποστυλωμάτων-δοκών) είναι απαραίτητη, επειδή αποτελούν τις περιοχές αλληλεπίδρασης του παλαιού φορέα με τα νέα στοιχεία (Δρίτσος Η. Στέφανος 2007).



**Εικόνα 141: Ενίσχυση κόμβου με επικολλητά ελάσματα. Η σύνδεση των ελασμάτων με τον υπάρχοντα φορέα, δεν απαφίεται μόνο στην κόλληση μέσω κόλλας αλλά χρησιμοποιούνται και βίδες ή ντίζες που συσφίγγουν τα ελάσματα απέναντι παρειών**

**Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001**



**Εικόνα 142:νίσχυση κόμβου με χαλύβδινα κυματοειδή ελάσματα**

**Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001**

## 7.5 Ενίσχυση Πεδίλων

Η παραμόρφωση και η μετακίνηση των θεμελίων, εξ αιτίας ενός σεισμού, μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στη σεισμική απόκριση και την απόδοση των κατασκευών (Αδαμόπουλος Αναστάσιος).

Η ενίσχυση των θεμελίων μπορεί να γίνει με αύξηση του ύψους του πέδιλου, με αύξηση των διαστάσεων του πέδιλου, με μεγέθυνση των πέδινων ή μπορούν να κατασκευαστούν νέα θεμέλια. Στις δυο πρώτες περιπτώσεις χρησιμοποιείται κάποιος μανδύας από σκυρόδεμα σε συνδυασμό με την τοποθέτηση νέων οπλισμών, διαμηκών αλλά και συνδετήρων (Αδαμόπουλος Αναστάσιος).

- Αύξηση ύψους πεδίου

Μια τέτοια ενίσχυση γίνεται με την χρήση ενός μανδύα από σκυρόδεμα. Γενικά για να διασφαλίσουμε την αποτελεσματική συνεργασία μεταξύ του παλιού και του νέου σκυροδέματος και να βελτιώσουμε την συνάφεια στην διεπιφάνεια, είναι απαραίτητο να τηρήσουμε τις πιο κάτω συστάσεις κατά την προετοιμασία και την σκυροδέτηση :

1. Να γίνει καθαίρεση του βλαμμένου ή αποδιοργανωμένου σκυροδέματος.
2. Να διαμορφωθούν κοιλότητες για καλύτερο εγκιβωτισμό του νέου υλικού και να γίνει αποκάλυψη των οπλισμών και αγρίεμα της διεπιφάνειας.
3. Να γίνει συμπληρωματική μηχανική εκτράχυνση της διεπιφάνειας με αμμοβολή.
4. Να γίνει έκπλυση της διεπιφάνειας με άφθονο νερό υπό πίεση για να φύγει η σκόνη και διαβροχή του παλιού σκυροδέματος μέχρι κορεσμού πριν τη διάστρωση.
5. Αφού γίνει η σκυροδέτηση να διατηρείται συνεχώς σε υγρή κατάσταση η επιφάνεια του στοιχείου με βρεγμένες λινάτσες.

Σ' αυτό το σημείο, θα πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι η πυκνότητα του οπλισμού θα επιτρέπει τη διέλευση των χονδρών αδρανών και ότι θα γίνεται σωστά η συμπίκνωση του σκυροδέματος. Το νέο σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται, θα πρέπει να έχει αντοχή μεγαλύτερη από το παλιό, τουλάχιστον κατά 5 MPa ώστε να επιτυγχάνονται καλύτερα χαρακτηριστικά συνάφειας και συνοχής στην διεπιφάνεια. Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται κατά την παρασκευή του δεν πρέπει να έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από 2 cm. Τέλος, κατά την διάστρωση το σκυρόδεμα

πρέπει να έχει ρευστότητα, διεισδυτικότητα, αλλά και πλαστικότητα. Επιβάλλεται η χρήση δονητή.

Επιπλέον, πρέπει να δημιουργηθούν «φωλιές» στη διεπιφάνεια αλλά να τοποθετηθούν βλήτρα που να εξασφαλίζουν τη καλύτερη συνεργασία του παλιού υλικού με το νέο.

Ο μανδύας που θα κατασκευαστεί, θα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το μισό του ύψους του πέδιλου και να περιλαμβάνει πάντοτε κλειστούς συνδετήρες. Η μέθοδος αυτή ενίσχυσης του πέδιλου είναι άμεσα συσχετισμένη με την αντιμετώπιση του προβλήματος βλάβης σε υποστυλώματα του κατώτερου ορόφου μιας κατασκευής. Συγκεκριμένα στην περίπτωση που ενισχύεται με μανδύα το υπερκείμενο του θεμελίου υποστύλωμα, θα πρέπει ο μανδύας αυτός μαζί με τους νέους οπλισμούς να συνεχίζει και να καλύπτει το πέδιλο. Οι οπλισμοί αυτοί αγκυρώνονται μέσα σε «φωλιές» που δημιουργούνται πάνω στο πέδιλο.

Ταυτόχρονα πρέπει να τοποθετηθούν και οριζόντιοι συνδετήρες. Ο μανδύας του υποστυλώματος πρέπει να συνεχίζεται πέραν του σημείου συνδέσεως του υποστυλώματος με το πέδιλο, ώστε οι οπλισμοί να έχουν το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης.

(Αδαμόπουλος Αναστάσιος)

- Αύξηση διαστάσεων του πεδίλου

Η εφαρμογή της τεχνικής αυτής διευκολύνεται πάρα πολύ εάν ταυτόχρονα με την κατασκευή μανδύα στο πέδιλο, κατασκευαστεί και μανδύας για την αύξηση των διαστάσεων της διατομής του υπερκείμενου υποστυλώματος και μάλιστα ενιαίος, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη τεχνική. Στην περίπτωση που αυξάνεται και η διατομή του υποστυλώματος, η πρόσθετη τάση του εδάφους λόγω της αύξησης της διατομής του πεδίλου εξισορροπείται από τις λοξές δυνάμεις στο νέο μανδύα του υποστυλώματος.

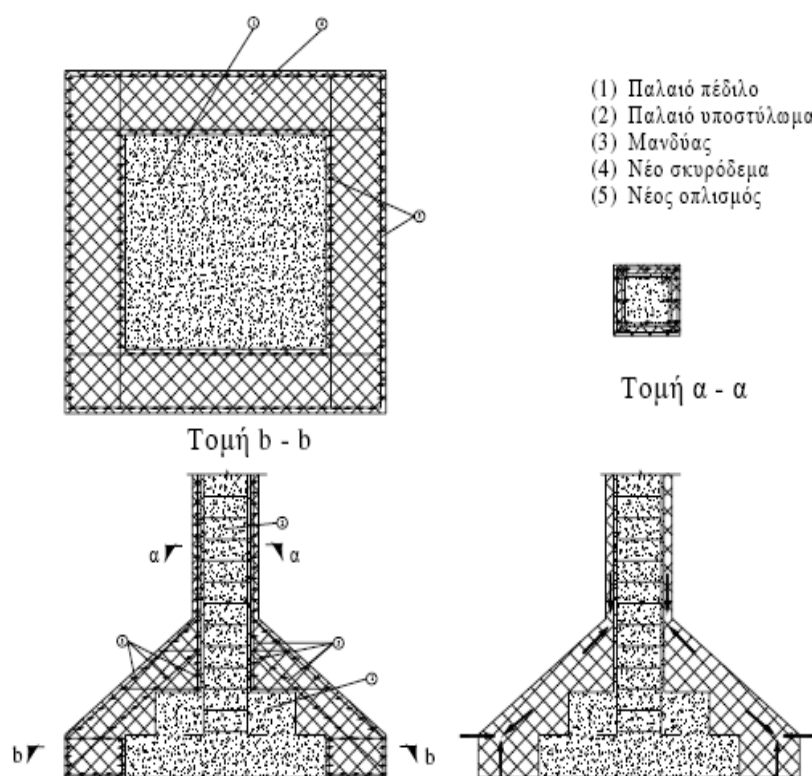
Η ζώνη που, όπως φαίνεται στα σχήματα που ακολουθούν, δημιουργείται στο πόδι του θεμελίου, χρησιμεύει στην μεταφορά τόσο των πρόσθετων κατακόρυφων αντιδράσεων του εδάφους, όσο και των λοξών δυνάμεων στο μανδύα του πεδίλου. Γι' αυτό και απαιτείται ισχυρή όπλιση με επαρκή αγκύρωση στην περιοχή εκείνη.

Στην περίπτωση όμως που δεν γίνεται ταυτόχρονη ενίσχυση του υποστυλώματος, η πίεση του εδάφους που ασκείται στο ενισχυμένο τμήμα του πεδίλου, πρέπει να μεταβιβαστεί απευθείας στο υπάρχον σώμα του πεδίλου. Η μεταβίβαση αυτή μπορεί να επιτευχθεί είτε με βλήτρα είτε με κάποιες πρότυπες μεταλλικές διατομές που τοποθετούνται κάτω από τα άκρα του υπάρχοντος

πεδίλου. Η αύξηση του ύψους του πεδίου πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται αύξηση της ακαμψίας του πεδίου, ομοιόμορφη διανομή των τάσεων του εδάφους, αλλά και μείωση των απαιτήσεων του πεδίου για οπλισμό (λόγω κατασκευαστικής δυσκολίας, αλλά και για αποφυγή διαβρώσεων του).

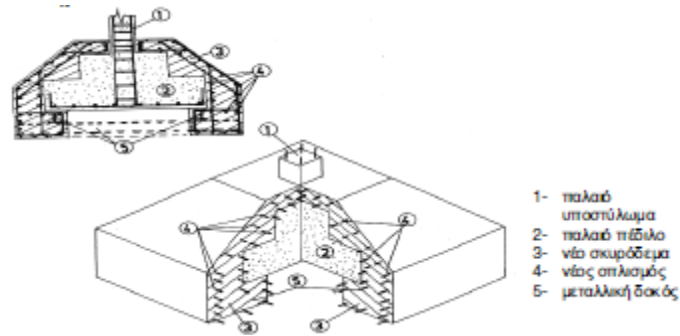
(Αδαμόπουλος Αναστάσιος)

Ενίσχυση των πεδίων με τη χρήση μανδύων Ο/Σ φαίνεται στις Εικόνες 143 και 144, μαζί με ενίσχυση φέροντος κατακόρυφου στοιχείου και χωρίς ενίσχυση φέροντος κατακόρυφου στοιχείου.



**Εικόνα 143** Ενίσχυση πεδίων με την τεχνική των μανδύων όταν η επέμβαση περιλαμβάνει και ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου.

**Πηγή:** Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001



**Εικόνα 144: Ενίσχυση πεδίων, όταν η επέμβαση δεν περιλαμβάνει ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου.**

**Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων έργων, Ο.Α.Σ.Π, Συστάσεις για σεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, Αθήνα, Απρίλιος, 2001**

Η διεύρυνση υπάρχοντων θεμελίων με νέα συνεχόμενα σώματα μπετόν, εκτός του γεγονότος ότι το έδαφος έχει προφορτιστεί ήδη από τα υπάρχοντα, παρουσιάζει και δυσχέρειες κατά την μεταβίβαση τέμνουσων δυνάμεων και ροπών. Για την μεταβίβαση των τέμνουσων δυνάμεων από τα νέα τμήματα θεμελίων που παραμένουν ελεύθερα τάσεων μέχρι την πραγματοποίηση περαιτέρω καθιζήσεων, προς το υπάρχον που ως επί το πλείστον θα παρουσιάζει λείες πλευρικές παρειές, χρειάζεται να δημιουργηθεί μια οδόντωση. Τη διάτμηση μπορούν να αναλάβουν ραβδοσίδηροι μέσα σε μπετόν, οι οποίες θα τοποθετηθούν σε οπές (κανάλια) που θα διατηρηθούν λοξά (χωρίς δονήσεις). Το μήκος προσφύσεως των ράβδων, η σύνδεση του καταθλιβόμενου κονιάματος και η κατά ανάγκη διάτμηση του παλιού θεμελίου, θα ρυθμιστούν ανάλογα προς τις ειδικές επιτόπιες συνθήκες (Αδαμόπουλος Αναστάσιος).

Αυτές οι μέθοδοι αύξησης των διαστάσεων των στοιχείων θεμελίωσης παρουσιάζουν το μειονέκτημα ότι υπάρχουν δυσχέρειες στην μεταβίβαση τεμνουσών δυνάμεων και ροπών, επιπλέον του γεγονότος ότι το έδαφος είναι προφορτισμένο από τα υπάρχοντα θεμέλια. Αυτές οι δυσχέρειες αντιμετωπίζονται με κατάλληλη τοποθέτηση οπλισμού. Για τη μεταβίβαση των τεμνουσών από τα νέα τμήματα του θεμελίου, που προτού δημιουργηθούν καθιζήσεις είναι ελεύθερα τάσεων, προς το παλαιό θεμέλιο το οποίο συνήθως θα έχει λείες παρειές, δημιουργείται μια οδόντωση. Επίσης, ράβδοι χάλυβα οι οποίες θα τοποθετηθούν σε κανάλια που θα διατηρηθούν λοξά και χωρίς δονήσεις συμμετέχουν στη μεταβίβαση των τεμνουσών. Πρέπει κατάλληλα να εκλεγεί και το μήκος αγκύρωσης των ράβδων. Η μεταβίβαση των καμπτικών ροπών, που δημιουργούνται από την εκκεντρότητα των νέων τμημάτων του θεμελίου ως προς τον άξονα του υπερκείμενου τοίχου, γίνεται ξεχωριστά, αφού αναλυθούν σε ζεύγη δυνάμεων. Η επάνω θλιπτική



δύναμη μεταβιβάζεται εξ επαφής προς την πλευρά του θεμελίου, οπότε η τοιχοποιία θα περιορίσει με την σχετικώς μικρή επιτρεπόμενη πίεση την θλιπτική δύναμη και άρα και το πλάτος της ενίσχυσης. Η κάτω εφελκυστική δύναμη μεταβιβάζεται μέσω ράβδων χάλυβα που μπαίνουν ύστερα από διάτρηση και περιβάλλονται από μπετόν, και που μπορούν προκειμένου περί στενών θεμελίων να τεθούν μα ανάκαμψη (R. Rybicki 1980).

Όταν γίνεται χρήση μανδυών από σκυρόδεμα, πρέπει να εξασφαλίζεται επαρκής συνεργασία παλαιού και νέου σκυροδέματος, η οποία από κατασκευαστικής άποψης επιτυγχάνεται με την παρακάτω διαδικασία:

1. Αποκοπή της επιφανειακής στρώσης σκυροδέματος με βλάβες και διαμόρφωση κοιλιοτήτων για να υποδεχτούν το νέο σκυρόδεμα.
2. Εκτράχυνση της επιφάνειας με μηχανικά μέσα
3. Πλύση της επιφάνειας με νερό υπό πίεση
4. Διαβροχή της επιφάνειας παλαιού σκυροδέματος μέχρι κορεσμού

(Παναγιωτοπούλου Μαρία)

- Μεγένθυνση θεμελίων

Εκτός από την ενίσχυση του υπάρχοντος πέδιλου με την χρήση μανδύα, υπάρχει και η δυνατότητα κατασκευής ενός κύβου σκυροδέματος κάτω από την υπάρχουσα θεμελίωση (Αδαμόπουλος Αναστάσιος).

- Κατασκευή νέων θεμελίων

Η πιο συνηθισμένη αιτία για την δημιουργία πρόσθετων θεμελίων είναι η αύξηση των φορτίων μίας κατασκευής, πιθανόν εξαιτίας της προσθήκης νέων ορόφων. Η πιο συνηθισμένη εφαρμογή των παραπάνω, είναι η υποστήριξη τοίχων με την βοήθεια νέων πρόσθετων λωρίδων θεμελίων εκατέρωθεν του υπάρχοντος. Τα νέα πρόσθετα φορτία αναλαμβάνονται, το μεγαλύτερο τους μέρος, από τα νέα λωριδωτά θεμέλια με την μεσολάβηση διαδοκίδων που διαπερνούν την τοιχοποιία. Στο καινούργιο θεμέλιο χρησιμοποιούνται και πάσσαλους διατρήσεων οι οποίοι δένονται (η κεφαλή τους) μέσα στο οπλισμένο σκυρόδεμα των δοκών θεμελίωσης. Οι πάσσαλοι αυτοί παρουσιάζουν μικρότερη μάζα καθίζησης, παρόλα αυτά επηρεάζουν τα υπάρχοντα λόγω της αναπότρεπτης χαλάρωσης του εδάφους και της αρνητικής τριβής (Αδαμόπουλος Αναστάσιος).

Σε περίπτωση όπου η καθίζηση θα πρέπει να περιοριστεί στην τάξη μερικών χιλιοστών, τότε χρησιμοποιούμε μια ειδική διάταξη πασσάλων διάτρησης, τους ριζοπασσάλους. Στους ριζοπασσάλους, η έμπηξη τους γίνεται με την μέθοδο της περιστροφικής διεύθυνσης, οπλίζοντας με διαμήκεις ράβδους και ελικοειδή συνδετήρα (Αδαμόπουλος Αναστάσιος).

Συνήθως επιβάλλεται λόγω δημιουργίας πρόσθετων φορτίων τα οποία καλείται να αναλάβει η κατασκευή, κυρίως λόγω προσθήκης ορόφων. Η πιο συνηθισμένη εφαρμογή της κατασκευής νέων θεμελίων είναι η υποστήριξη τοίχων με τη βοήθεια νέων πρόσθετων λωρίδων θεμελίων εκατέρωθεν του υπάρχοντος. Τα πρόσθετα φορτία αναλαμβάνονται κατά μεγάλο μέρος από τα νέα αυτά λωριδωτά θεμέλια με τη μεσολάβηση χαλύβδινων διαδοκίδων που διαπερνούν την τοιχοποιία. Για το καινούριο θεμέλιο γίνεται χρήση πασσάλων διατρήσεως των οποίων η κεφαλή δένεται μέσα στο σκυρόδεμα των συνδετήριων δοκών θεμελιώσεως. Αυτοί οι πάσσαλοι παρουσιάζουν μικρότερη μάζα καθιζήσεως, αλλά επηρεάζουν σε κάποιο βαθμό τα υπάρχοντα θεμέλια λόγω της αναπόφευκτης χαλάρωσης του εδάφους και της αρνητικής τριβής (Παναγιωτοπούλου Μαρία).

## 7.6 Ενίσχυση Φέρουσας Τοιχοποιίας

Οι εργασίες επισκευής και ενίσχυσης σε κατασκευές φέρουσας τοιχοποιίας έχουν ως κύριους στόχους:

- 1) Την επισκευή βλαβών της τοιχοποιίας ή και την ενίσχυση της φέρουσας ικανότητάς της.
- 2) Τη βελτίωση της συμπεριφοράς της κατασκευής σε στατικές αλλά κυρίως σε σεισμικές φορτίσεις.
- 3) Την ενίσχυση της φέρουσας ικανότητας της θεμελίωσης ή ακόμα και του ιδίου του εδάφους.

(Δημοσθένους Α. Μίλων 2009)

### Τεχνικές Επισκευής

- Επισκευή ρωγμών μικρού εύρους

Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που το άνοιγμα των ρωγμών της τοιχοποιίας δεν υπερβαίνει τα 10mm. Σε αντίθεση με το βαθύ αρμολόγημα το οποίο συνιστάται για μικρού πάχους τοιχοποιία ( $t < 300-400\text{mm}$ ), η τεχνική αυτή συνιστάται και για τοιχοποιίες μεγαλύτερου πάχους και επισκευάζονται με ενέσιμο τσιμεντοκονίαμα (τσιμεντενέσεις). Οδηγεί σε αποκατάσταση της αρχικής αντοχής της τοιχοποιίας και όχι σε σημαντική αύξησή της, εκτός εάν το ένεμα εισχωρήσει και πληρώσει τα κενά της τοιχοποιίας οπότε λαμβάνει χώρα ομογενοποίηση μάζας (βλέπε πιο κάτω). Όμως πρόκειται για τεχνική ιδιαίτερα υψηλού κόστους η οποία απαιτεί την ύπαρξη σχετικού εξοπλισμού και πολύ σχολαστικής εργασίας.

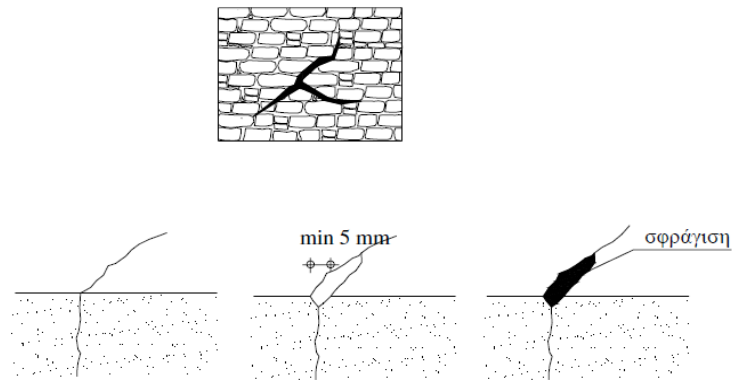
Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής :

- 1) Αφαιρείται το επίχρισμα κατά μήκος των ρηγματώσεων και οι ρωγμές καθαρίζονται με νερό ή αέρα υπό πίεση.
- 2) Ανοίγονται τυφλές οπές κατά μήκος των ρωγμών ανά αποστάσεις 0,3-0,6 m.
- 3) Στις οπές εισάγονται πλαστικά σωληνάκια σε βάθος 5 cm και οι ρωγμές σφραγίζονται με τσιμεντοκονία.

- 4) Ταπώνονται τα σωληνάκια εκτός από δύο. Στο χαμηλότερο από αυτά εισάγεται τσιμεντένεμα μέχρις ότου αρχίσει να τρέχει από το σωληνίσκο που βρίσκεται ακριβώς από πάνω του.
- 5) Τότε σφραγίζεται ο χαμηλότερος σωλήνας και η διαδικασία επαναλαμβάνεται με το ψηλότερο σημείο (κ.ο.κ).
- 6) Μετά το τέλος των εργασιών αφαιρούνται τα σωληνάκια και αποκαθίστανται οι αρμοί στις θέσεις των οπών.

Η εφαρμογή ενεμάτων φαίνεται στις Εικόνες 145 και 146.

([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1))



**Εικόνα 145: Προετοιμασία τοιχοποιίας για την εφαρμογή ενέματος**

**Πηγή: Βιντζηλαίου, Ε., Σημειώσεις για το μάθημα Προχωρημένη Μηχανική της Τοιχοποιίας (οπλισμένης και άοπλης), Έκδοση Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1998.**



**Εικόνα 146: Εφαρμογή ενεμάτων**

**Πηγή: [http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)**

- Επισκευή ρωγμών μεγάλου εύρους (συρραφή)

Εφαρμόζεται στις περιπτώσεις μεγάλων ρωγμών, δηλ. σε διαμπερείς ρωγμές που διακόπτουν τη συνέχεια της τοιχοποιίας καθώς και ρωγμές μεγάλου εύρους (>10mm) ή μεγάλου μήκους που εκτείνονται οριζόντια, κατακόρυφα ή διαγώνια στην επιφάνεια του τοίχου. Γι τη συρραφή των ρωγμών γίνεται συνήθως χρήση χάλυβα και σκυροδέματος υψηλής αντοχής τοπικά σε ειδικούς αύλακες που ανοίγονται γι' αυτό το σκοπό. Με την τεχνική αυτή αυξάνεται η διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας. Απαιτούνται εκτενείς εργασίες και ιδιαίτερη φροντίδα στήριξης των τοίχων στη φάση που διανοίγονται οι αύλακες. Επίσης πολλές φορές προκαλείται αλλοίωση της εξωτερικής όψης των τοίχων (Δημοσθένους Α. Μίλτων 2009).

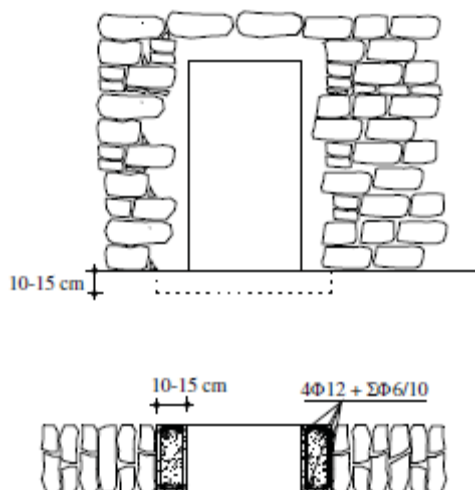
Όταν υπάρχουν ρωγμές μεγάλου εύρους ή λίθοι που έχουν σπάσει κατά μήκος της ρωγμής εφαρμόζεται μία από τις παρακάτω επισκευές :

- 1) Αφαιρούνται οι σπασμένες πέτρες στο μισό πάχος του τοίχου και αντικαθίστανται με ισχυρό τσιμεντοκονίαμα. Η σύνδεση του κονιάματος με την υπάρχουσα τοιχοποιία γίνεται με τζινέτια συρραφής.
- 2) Αφαιρούνται όλες οι πέτρες σε ζώνη 15-20 cm εκατέρωθεν της ρωγμής και το τμήμα αυτό ξαναχτίζεται με στενόμακρες πέτρες ή γεμίζεται με σκυρόδεμα οπλισμένο με 2Φ14.

([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1))

- Επισκευή ή κατασκευή υπερθύρων

Εφαρμόζεται όπου έχουν επισημανθεί σημαντικές βλάβες στις θέσεις των ανοιγμάτων και εκτιμάται ότι η πρόκληση αυτών των βλαβών οφείλεται στη σχετική αδυναμία του υφιστάμενου συστήματος. Βελτιώνει γενικώς και σε σχετικά υψηλό βαθμό τη συμπεριφορά του τμήματος της κατασκευής στις θέσεις των ανοιγμάτων έναντι σεισμικών φορτίσεων λόγω περιορισμού των παραμορφώσεων στις θέσεις αυτές. Σε αρκετές περιπτώσεις περιορίζεται στην επισκευή ή την κατασκευή υπερθύρων, είτε από ξύλο είτε από σκυρόδεμα και σε άλλες δε περιπτώσεις επιβάλλεται η κατασκευή πλαισίου ενίσχυσης του κουφώματος, συνήθως από σκυρόδεμα. Γενικώς προϋποθέτει εκτενείς εργασίες οι οποίες θα πρέπει να εκτελούνται με σχολαστικότητα (Δημοσθένους Α. Μίλτων 2009). Εφαρμογή πλαισίου ενίσχυσης ανοίγματος φαίνεται στην Εικόνα 147.



**Εικόνα 147: Πλαίσιο ενίσχυσης κουφωμάτων**

Πηγή: Ε.Μ.Π., Συστάσεις για τις επισκευές κτιρίων βλαμμένων από σεισμό, Έκδοση Ε.Μ.Π, Αθήνα, 1978.

### Τεχνικές Ενίσχυσης

Έχει ήδη αναφερθεί ότι, ως ενίσχυση ορίζεται το σύνολο των μέτρων αναβάθμισης των μηχανικών χαρακτηριστικών (αντοχή, δυσκαμψία) δομικού στοιχείου ή κτίσματος μέχρι ενός επιθυμητού ή απαιτητού επιπέδου (π.χ. σεισμικές δράσεις σχεδιασμού που επιβάλλουν οι τρέχοντες κανονισμοί). Σημειώνεται ότι η ενίσχυση προχωρά πέραν της επισκευής τυχόν βλαβών, είναι όμως δυνατή και η προληπτική ενίσχυση χωρίς την παρουσία βλαβών. Το επίπεδο και τα μέτρα ενίσχυσης προσδιορίζονται από ειδική μελέτη. Οι πλέον γνωστές τεχνικές ενίσχυσης είναι:

- Οπλισμένο επίχρισμα

Η τεχνική αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με τις τεχνικές επισκευής υπό την προϋπόθεση ότι δεν είναι απαιτητή η διατήρηση της όψης της λιθοδομής. Έχει ως στόχο την αύξηση της διατμητικής και καμπτικής αντοχής της τοιχοποιίας. Μπορεί να εφαρμοστεί μονόπλευρα σε συνδυασμό με κατάλληλες φωλιές στην τοιχοποιία για την αποτελεσματική αγκύρωση, ή αμφίπλευρα με κατάλληλες διαμπερείς συνδέσεις. Ο βαθμός αποτελεσματικότητας της μεθόδου εξαρτάται από το πάχος και την καλή αγκύρωση του επιχρίσματος στην τοιχοποιία. Μειονέκτημα της τεχνικής αυτής αποτελεί η πιθανότητα συγκέντρωσης και εγκλωβισμού υγρασίας στη διεπιφάνεια μεταξύ τοίχου και επιχρίσματος με αποτέλεσμα τη σταδιακή αποδιοργάνωση του υφιστάμενου κονιάματος και τη μείωση της αντοχής του τοίχου. Στην

περίπτωση της εφαρμογής της τεχνικής αυτής συνιστάται να λαμβάνεται πρόνοια για την απομάκρυνση της υγρασίας (Δημοσθένους Α. Μίλτων 2009).

- Ομογενοποίηση μάζας

Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται στις περιπτώσεις όπου επιδιώκεται η εισαγωγή ενέματος στη μάζα της τοιχοποιίας όχι μόνον για την πλήρωση ενδεχόμενων ρωγμών αλλά όλων των κενών στο εσωτερικό της τοιχοποιίας. Το κόστος ενός κυβικού μέτρου ενέματος είναι υψηλό. Επομένως, είναι σαφές ότι η τεχνική αυτή είναι δαπανηρή. Είναι πάντως δυνατό να εφαρμόζεται όχι στο σύνολο της τοιχοποιίας, αλλά σε επιλεγμένες περιοχές, κρίσιμες για τη συμπεριφορά της κατασκευής (Δημοσθένους Α. Μίλτων 2009).

- Τοπική Κύρτωση

Η τοπική κύρτωση οφείλεται σε μεγάλες θλιπτικές τάσεις ή σε συνδυασμό απώλειας συνάφειας και θλιπτικών τάσεων. Υπάρχουν 2 περιπτώσεις κύρτωσης.

- 1) Τοπικής διόγκωσης των δύο όψεων της τοιχοποιίας (Εικόνα 148)

Η επισκευή πραγματοποιείται με καθαίρεση και ανακατασκευή του τοίχου σε μεγάλο πλάτος.

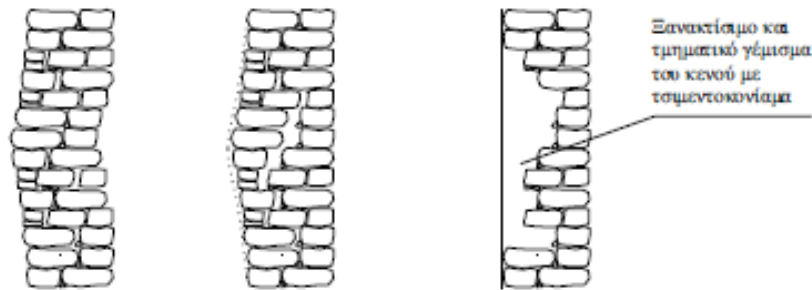


**Εικόνα 148: Τοπική διόγκωση τοιχοποιίας**

**Πηγή: [http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)**

- 2) Τοπικής διόγκωσης της μίας όψης της τοιχοποιίας (Εικόνα 149)

Η επισκευή πραγματοποιείται με την κατακόρυφη πλευρά να παραμένει στερεά και καθαιρείται μόνο το τμήμα που έχει φουσκώσει και ανακατασκευάζεται.



**Εικόνα 149: Καμπούριασμα τοιχοποιίας**

**Πηγή: Βιντζηλαίου, Ε., Σημειώσεις για το μάθημα Προχωρημένη Μηχανική της Τοιχοποιίας (οπλισμένης και άοπλης), Έκδοση Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1998.**

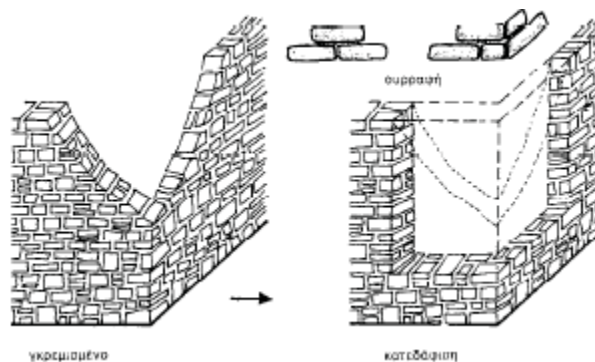
- Βλάβες σε γωνίες τοίχων (άνω ή κάτω)

Αυτές οι βλάβες εμφανίζονται λόγω σεισμού ή εδαφικών προβλημάτων. Παράδειγμα κατάρρευσης άνω μέρους τοιχοποιίας φαίνεται στην Εικόνα150.

Η επισκευή γίνεται με υποστύλωση ανώτερου ορόφου, καθαίρεση χαλαρών τμημάτων τοίχου και ξανακτίσιμο με καλή εμπλοκή νέων και υφιστάμενων λίθων.

Για ταυτόχρονη ενίσχυση κατασκευάζεται κατακόρυφο και οριζόντιο διάζωμα οπλισμένου σκυροδέματος.

([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1))



**Εικόνα 150: Κατάρρευση άνω μέρους τοιχοποιίας**

**Πηγή: Βιντζηλαίου, Ε., Σημειώσεις για το μάθημα Προχωρημένη Μηχανική της Τοιχοποιίας (οπλισμένης και άοπλης), Έκδοση Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1998.**

- Αποκόλληση σε διασταύρωση τοίχων

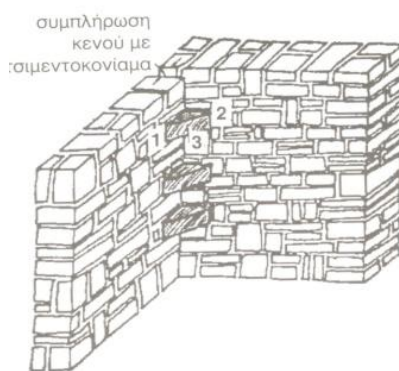


Όταν υπάρχει ρωγμή αποκόλλησης ή μερική κατάρρευση στη θέση ένωσης γωνιακών ή εσωτερικών τοίχων (καλής κατάστασης), κάθετων μεταξύ τους, επισκευάζονται με λιθοσυρραφή μέσα έξω, με χαλύβδινες λάμες συρραφής, με χύτευση υποσυλώματος είτε με προσθήκη ελκυστήρων. Αυτή η μορφή αστοχίας προκύπτει λόγω σεισμού ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)).

#### 1) Λιθοσυρραφή μέσα – έξω

Χρησιμοποιείται για επισκευή αποκόλλησης σε διασταύρωση τοίχων (σε καλή κατάσταση). Αφαιρούνται γειτονικοί λίθοι από τις τοιχοποιίες που αποκολλήθηκαν ανά αποστάσεις 70cm και στα κενά τοποθετούνται νέοι συνδετικοί λίθοι με ισχυρό τσιμεντοκονίαμα. Το κενό ανάμεσα στους τοίχους γεμίζει με τσιμεντοκονία. Τέλος, η επιφάνεια μπορεί να καλυφθεί με οπλισμένο επίχρισμα ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)).

Με τη λιθοσυρραφή ανακτάται και εν μέρει αυξάνεται τοπικά η αντοχή του τοίχου στην ανακατασκευαζόμενη περιοχή (Δημοσθένους Α. Μίλτων 2009). Παράδειγμα λιθοσυρραφής φαίνεται στην Εικόνα 151.

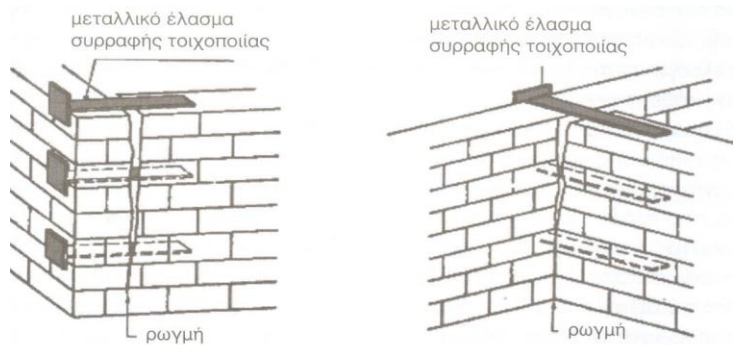


**Εικόνα 151: Λιθοσυρραφή στη γωνία τοίχου**

**Πηγή: Βιντζηλαίου, Ε., Σημειώσεις για το μάθημα Προχωρημένη Μηχανική της Τοιχοποιίας (οπλισμένης και άοπλης), Έκδοση Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1998.**

#### 2) Χαλύβδινες λάμες συρραφής

Χαλύβδινες λάμες τοποθετούνται στους οριζόντιους αρμούς τοιχοποιίας και περιβάλλονται από τσιμεντοκονίαμα. Εξωτερικά τοποθετείται σύρμα και ακολουθεί επίχρισμα τσιμεντοκονίας ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)). Παράδειγμα χαλύβδινων λάμων συρραφής φαίνεται στην Εικόνα 152.



**Εικόνα 152: Τοποθέτηση χαλύβδινων λάμων στις γωνιές**

**Πηγή: Βιντζηλαίου, Ε., Σημειώσεις για το μάθημα Προχωρημένη Μηχανική της Τοιχοποιίας (οπλισμένης και άοπλης), Έκδοση Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1998.**

### 3) Χύτευση υποστύλωματος

Καθααρείται η τοιχοποιία σε όλο το ύψος της και στη θέση της χυτεύεται υποστύλωμα οπλισμένο με 4Φ16 και συνδετήρες Φ6/20. για την καλύτερη συνεργασία λίθων – σκυροδέματος είναι προτιμότερο η διεπιφάνεια να είναι οδοντωτή ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)).

### 4) Προσθήκη ελκυστήρων και τενόντων

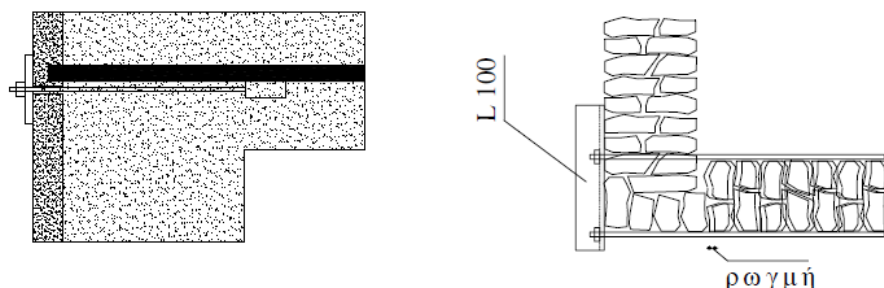
Οι ελκυστήρες είναι μεταλλικές ράβδοι που αγκυρώνονται στο ένα άκρο πάνω σε κατάλληλες πλάκες αγκύρωσης και εφελκούνται από το άλλο. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης και σαν μέθοδος ενίσχυσης ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)).

Εκτός από τη χρήση σε περίπτωση αποκόλλησης διασταυρούμενων τοίχων ή αποδιοργάνωσης γωνιών τοίχων, εφαρμόζονται επίσης για τη βελτίωση της συμπεριφοράς της κατασκευής συνδέοντας τα τμήματά της, μέσω της εφαρμογής ευνοϊκής χαμηλής θλιπτικής τάσης. Μπορεί να είναι οριζόντιοι ή και κατακόρυφοι. Επίσης, μπορούν να εφαρμοστούν και για ενίσχυση της θεμελίωσης (Ο.Α.Σ.Π 2011). Μπορούν να τοποθετηθούν και εξωτερικά, περισφίγγοντας τους τοίχους. Επιτυγχάνεται βελτίωση της συμπεριφοράς της τοιχοποιίας σε οριζόντιες μετακινήσεις λόγω κυρίως σεισμικής φόρτισης. Όμως, λόγω ερπυσμού οι ελκυστήρες υπόκεινται σε χαλάρωση με την πάροδο του χρόνου γι' αυτό και επιβάλλεται συστηματικός έλεγχος ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)). Ως μέθοδος επέμβασης δεν επιλύει ριζικά το πρόβλημα αποκατάστασης από μόνη της γι' αυτό συνήθως αποτελεί

συμπληρωματική μορφή επέμβασης. Επιπλέον, επειδή είναι μεταλλικά στοιχεία μπορεί να εμφανίσουν προβλήματα διάβρωσης, οπότε πρέπει να προστατεύονται (Ο.Α.Σ.Π 2011).

Διαδικασία εφαρμογής:

Επιλέγονται οι θέσεις προσαρμογής των ελκυστήρων και ελέγχεται η καταλληλότητα επάρκειας αυτών των θέσεων της τοιχοποιία (έλεγχος τοπικής θλίψης) για παραλαβή των δυνάμεων προέντασης. Σε αντίθετη περίπτωση, γίνεται τοπική ενίσχυση. Ακολούθως, γίνεται διάνοιξη των οπών (δίοδοι) στη μάζα του τοίχου, σε απέναντι θέσεις και στο ίδιο ύψος (περίπτωση οριζόντιων τενόντων). Συνήθως τοποθετούνται κάτω από τη στάθμη των δαπέδων ή της έδρασης της στέγης. Στη συνέχεια γίνεται αγκύρωση των τενόντων (ράβδοι υψηλής αντοχής και μεγάλης διαμέτρου) σε κατάλληλα διαστασιολογημένες πλάκες αγκύρωσης. Μετά γίνεται επιβολή προέντασης με δυναμόκλειδα (απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιβολή της προέντασης, η οποία πρέπει να είναι ήπια και διαρκώς ελεγχόμενη). Οι αγκυρώσεις (μετά την εφαρμογή κατάλληλης βαφής) παραμένουν ακάλυπτες (και επομένως επισκέψιμες). Εναλλακτικώς, καλύπτονται με επίχρισμα ή με ελαφρύ μανδύα από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (Ο.Α.Σ.Π 2011). Παράδειγμα χρήσης ελκυστήρων για τη σύνδεση τοίχων σε γωνία φαίνεται στις Εικόνες 153, 154 και 155.



**Εικόνα 153: Χρήση ελκυστήρων για τη σύνδεση τοίχων σε γωνία**

**Πηγή: Βιντζηλαίου, Ε., Σημειώσεις για το μάθημα Προχωρημένη Μηχανική της Τοιχοποιίας (οπλισμένης και άοπλης), Έκδοση Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1998.**



**Εικόνα 154: Χρήση ελκυστήρων**

**Πηγή:** [http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)



**Εικόνα 155: Προσθήκη ελκυστήρων**

**Πηγή:** [http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)

- Αρμολογήματα (χόλιασμα)

Συνιστάται για λιθοδομές μικρού πάχους ( $t < 300-400\text{mm}$ ) ή πλινθοδομές, που παρουσιάζουν ρωγμές μέχρι  $10\text{mm}$  (Ο.Α.Σ.Π 2011). Είναι εργασία επιφανειακής αντικατάστασης του κονιάματος με άλλο ισχυρότερο κονίαμα. Το υπάρχον κονίαμα μπορεί να έχει διαβρωθεί ή απλώς χρειάζεται κονίαμα υψηλό-τερης αντοχής. Το βάθος του αρμολογήματος εξαρτάται από την κατάσταση της τοιχοποιίας. Αυξάνει τοπικά την αντοχή της τοιχοποιίας στα σημεία αντικατάστασης του κονιάματος, αλλά είναι δύσκολο να προσδιορισθεί η αύξηση της αντοχής ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)). Η επαύξηση της αντοχής της τοιχοποιίας εξαρτάται από το βαθμό αντικατάστασης του υπάρχοντος κονιάματος χαμηλής αντοχής από νέο κονίαμα υψηλής αντοχής. Ο βαθμός όμως αυτής της επαύξησης δύσκολα προσδιορίζεται και επιπλέον επιτυγχάνεται τοπικά, δηλ. όπου έχει αντικατασταθεί το παλιό

κονίαμα. Από σχετικές έρευνες που έχουν γίνει, τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Κύπρο, προκύπτει ότι πρόκειται για μία από τις πλέον συνήθεις τεχνικές επέμβασης σε φέρουσα τοιχοποιία, κυρίως λόγω του χαμηλού κόστους και της μη απαίτησης ειδικού εξοπλισμού για την εφαρμογή της (Δημοσθένους Α. Μίλων 2009). Το συστηματικό αρμολόγημα και στις δύο παρειές μίας τοιχοποιίας βελτιώνει τη συμπεριφορά της σε βαθμό ο οποίος εξαρτάται κυρίως από την κατάσταση της λιθοδομής και τον όγκο του νέου συνδετικού υλικού μεγάλης αντοχής που αντικαθιστά ίσο ή περισσότερο όγκο του αρχικού συνδετικού κονιάματος μικρής αντοχής (Κ.Ε.Κ 1999).

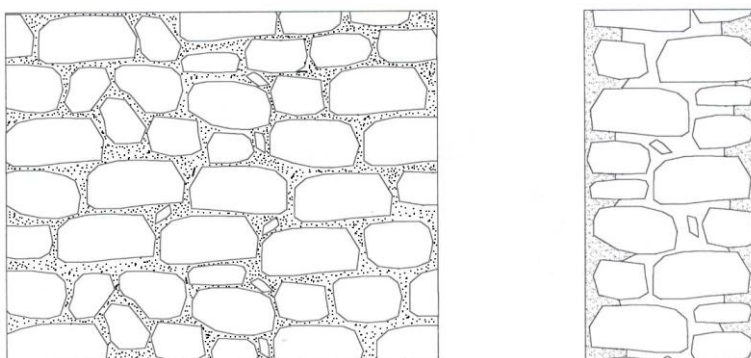
Στις περιπτώσεις αυτές ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Αρχικά γίνεται καθαίρεση του επιχρίσματος γύρω από τη ρωγμή, καθώς και αφαίρεση χαλαρών λίθων και ασθενούς συνδετικού υλικού. Η καθαίρεση του παλιού κονιάματος γίνεται είτε με το χέρι, είτε μηχανικά με νερό ή αέρα υπό πίεση ή με αμμοβολή. Το νέο κονίαμα, η σύνθεση του οποίου εξαρτάται από το υπάρχον κονίαμα, αναμειγνύεται σε αναμικτήρες με πλαστικά πτερύγια. Έπειτα, ακολουθεί διεύρυνση του χείλους της ρωγμής και πλύσιμο της ρωγμής με νερό υπό πίεση. Ακολούθως γίνεται εισαγωγή πλούσιου τσιμεντοκονιάματος στο εσωτερικό της για σφράγιση των αρμών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 156 και στο τέλος γίνεται το εξωτερικό αρμολόγημα και το τελικό (οπλισμένο με σύρμα) επίχρισμα. Επίσης απαιτείται προσοχή στη συμβατότητα των υλικών γιατί το νέο κονίαμα δεν πρέπει να είναι ισχυρότερο από τα λιθοσώματα ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)). Όταν το αρμολόγημα είναι βαθύ πρέπει να γίνεται σε δύο στρώσεις. Παράδειγμα για βαθύ αρμολόγημα φαίνεται στην Εικόνα 157. Εάν οι αρμοί είναι μεγάλοι απαιτείται σφήνωση μικρών λιθαριών με την πλατύτερη πλευρά εγκάρσια στο τοίχο. Για να αποφεύγονται οι ρηγματώσεις του αρμολογήματος είναι αναγκαία η διαβροχή του ώστε να διατηρείται υγρό, ή και η πρόσμιξη κατάλληλου γαλακτώματος (Κ.Ε.Κ 1999).



**Εικόνα 156: Εισαγωγή κονιάματος**

Πηγή: [http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)



**Εικόνα 157: Βαθύ αρμολόγημα**

Πηγή: Ο.Α.Σ.Π 2001

- Ριζοπλισμοί

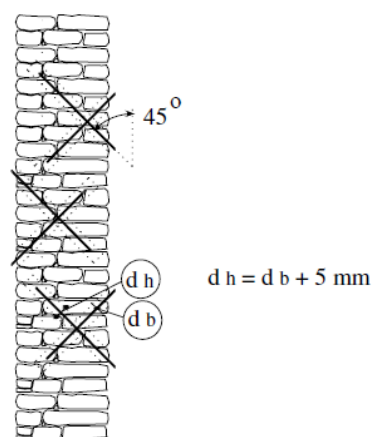
Είναι μέθοδος ενίσχυσης και επισκευής με την οποία εισάγονται χαλύβδινες ράβδοι στο σώμα της τοιχοποιίας. Οι ράβδοι τοποθετούνται μέσα στους οριζόντιους αρμούς της τοιχοποιίας ή σε τρύπες που ανοίγονται μέσα στα τούβλα ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)). Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται συνήθως σε παλιές λιθοδομές μεγάλου πάχους για βελτίωση της μάζας, τοπικές ενισχύσεις ή και καθολική ενίσχυση. Στην περίπτωση τοιχοποιιών με πολύ χαμηλή αντοχή (είτε λόγω γήρανσης είτε λόγω κακής ποιότητας υλικών) η διαμόρφωση ενός δικτύου ριζοπλισμών κατά το πάχος ή κατά το μήκος της τοιχοποιίας αποτελεί μια επέμβαση, αποτέλεσμα της οποίας είναι μια σημαντική αύξηση της αντοχής της τοιχοποιίας. Γενικώς, στις θέσεις εφαρμογής των ριζοπλισμών επέρχεται σχετικά μικρή αύξηση της θλιπτικής αντοχής και σημαντική αύξηση της

διατμητικής αντοχής (δεν είναι εύκολο να προσδιορισθεί) της τοιχοποιίας ανάλογα με την πυκνότητα τοποθέτησης και των διαμέτρων των ριζοπλισμών (Ο.Α.Σ.Π 2001). Σαν μέθοδος επισκευής χρησιμοποιείται για να κλείσει μία ρωγμή ή να μειωθεί ο κίνδυνος εμφάνισης της ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)).

Μειονεκτήματα της τεχνικής αυτής, τα οποία συνδέονται κυρίως με τη χρήση της σε μνημεία, είναι η αλλοίωση της δομής της τοιχοποιίας και μάλιστα κατά τρόπο μη αναστρέψιμο και ότι σε περίπτωση διάβρωσης των ράβδων του οπλισμού είναι εξαιρετικά δυσχερής η αντικατάστασή τους (απαιτεί διατρήσεις μεγάλης διαμέτρου), ενώ υπάρχει κίνδυνος να προκληθούν βλάβες λόγω της διόγκωσης από τη διάβρωση (Ο.Α.Σ.Π 2001).

Στάδια υλοποίησης:

Αρχικά γίνεται διάνοιξη αλληλοτεμνόμενων οπών σε προεπιλεγμένες θέσεις της περιοχής ενίσχυσης της τοιχοποιίας. Η διάμετρος των οπών θα πρέπει να είναι ελαφρά μεγαλύτερη από τη διάμετρο του οπλισμού κατά τρόπο που να μπορεί να εισχωρεί το ένεμα (ειδικές τσιμεντοκονίες) και να περιβάλλει τον οπλισμό. Ακολούθως γίνεται τοποθέτηση και προσωρινή στερέωση των ράβδων οπλισμού (Εικόνα 159). Στη συνέχεια ακολουθεί η πλήρωση των οπών με ειδικές τσιμεντοκονίες ή με ειδικά κονιάματα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 160 (Ο.Α.Σ.Π 2001). Παράδειγμα τοπικής ενίσχυσης με ριζοπλισμούς φαίνεται στην Εικόνα 158.



**Εικόνα 158: Τοπική ενίσχυση με ριζοπλισμούς**

**Πηγή: Τάσιος, Θ., Η Μηχανική της Τοιχοποιίας, Έκδοση Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1986.**





**Εικόνα 159: Τοποθέτηση ριζοπλισμών**

**Πηγή: [http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)**



**Εικόνα 160: Εισαγωγή κονιάματος**

**Πηγή: [http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)**

- Μανδύες Ο/Σ

Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται σε περίπτωση εκτεταμένων ζημιών στους τοίχους όπου κρίνεται καθολική επέμβαση επισκευής - ενίσχυσής τους. Διακρίνονται σε μονόπλευρους και αμφίπλευρους μανδύες και σε ισχυρά και ελαφρά οπλισμένους. Γενικώς οι αμφίπλευροι κρίνονται ως καλύτεροι λόγω της συμμετρικής διατομής που δημιουργούν. Οι μονόπλευροι μανδύες συνήθως εφαρμόζονται όταν υπάρχουν περιορισμοί ή πρακτικές δυσκολίες όπως π.χ. έλλειψη δυνατότητας εκτέλεσης εργασιών στους εσωτερικούς χώρους ή διατήρηση των εξωτερικών όψεων της τοιχοποιίας για αρχιτεκτονικούς αισθητικούς λόγους. Γενικώς, με τους



μανδύες επαυξάνονται σημαντικά η θλιπτική, εφελκυστική και διατμητική αντοχής της τοιχοποιίας. Όταν οι μανδύες εκτείνονται σε όλη την κατασκευή, προσδίδεται σε μεγάλο βαθμό σχετική μονολιθικότητα της κατασκευής γεγονός που βελτιώνει τη σεισμική της συμπεριφορά. Τα μειονεκτήματα αυτής της τεχνικής είναι οι εκτεταμένες εργασίες υψηλού κόστους, η αλλοίωση των όψεων της τοιχοποιίας, και η συγκέντρωση υγρασίας πίσω από την τοιχοποιία (Δημοσθένους Α. Μίλων 2009).

Κατασκευάζονται μονόπλευροι ή αμφίπλευροι μανδύες, αφού πρώτα αποκατασταθούν, αν υπάρχουν, τα ρηγματωμένα λιθοσώματα.

Είναι αποτελεσματική μέθοδος ενίσχυσης, η οποία αυξάνει σημαντικά τη θλιπτική, διατμητική και εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας, αλλά αλλοιώνει σημαντικά την αρχική μορφή της κατασκευής, με αποτέλεσμα να υπάρχουν περιορισμοί στην εφαρμογή της.

Προτιμότεροι είναι οι μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα γιατί κατασκευάζονται σε μικρότερα πάχη και αλλοιώνουν λιγότερο τη μορφολογία του κτιρίου.

Στάδια κατασκευής μανδύων:

Γίνεται αφαίρεση του κονιάματος των τοίχων, ακολουθεί τράχυνση των επιφανειών που θα εφαρμοσθεί ο μανδύας και στερέωση δομικού πλέγματος, ως σπλισμός μανδύα. Στο τέλος γίνεται η σκυροδέτηση. Παράδειγμα ενίσχυσης τοιχοποιίας με μανδύες Ο/Σ φαίνεται στην Εικόνα 161.

([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1))



**Εικόνα 161: Ενίσχυση τοιχοποιίας με μανδύες Ο/Σ**

**Πηγή: [http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)**

Σημεία που απαιτούν προσοχή στην κατασκευή μανδύων, είναι ότι η κατασκευή τους αυξάνει σημαντικά τα νεκρά φορτία και κατά συνέπεια και τα σεισμικά και πρέπει να ελέγχεται η επάρκεια της θεμελίωσης. Ακόμη, αυξάνουν σημαντικά τη δυσκαμψία του κτιρίου και ασύμμετρη κατανομή τους μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητες στροφές υπό σεισμική φόρτιση ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)). Επίσης πρέπει συνδέονται με τα διαζώματα της στέγης, των μεσοπατωμάτων και του δαπέδου (Κ.Ε.Κ 1999).

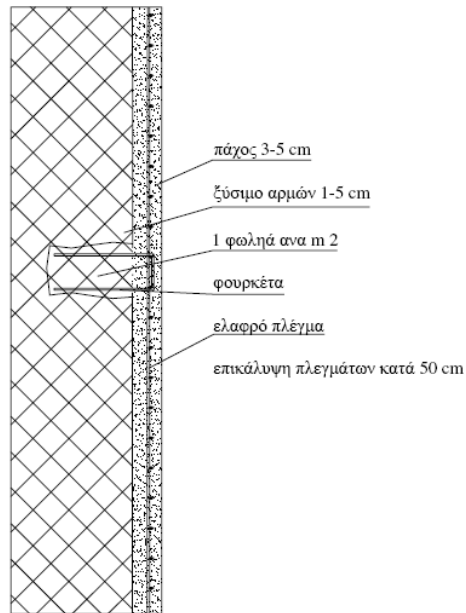
Οι μανδύες μπορεί να είναι:

1. Μονόπλευροι: Εφαρμόζονται στη εσωτερική ή εξωτερική παρειά του τοίχου εάν ο τοίχος έχει μεγάλο πάχος ή επιβάλλεται από αρχιτεκτονικούς λόγους, ή εάν οι βλάβες είναι περιορισμένες .
2. Αμφίπλευροι: Εφαρμόζονται και στις δύο παρειές του τοίχου εάν οι βλάβες είναι εκτεταμένες.
3. Τοπικοί: Εφαρμόζονται στη περίπτωση τοπικών βλαβών ή αναγκαίων τοπικών ενισχύσεων (γωνίες τοίχων, πλαίσια ανοιγμάτων).

Παραδείγματα μανδύων φαίνονται στις Εικόνες 162, 163 και 164.

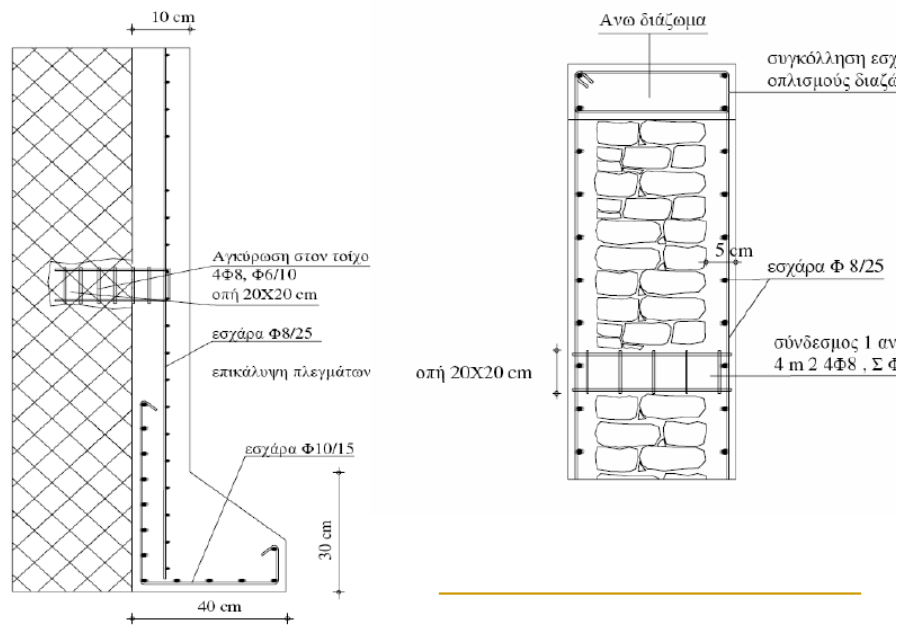
Η εκτίμηση των αντοχών της τοιχοποιίας μετά την επέμβαση με μανδύες βασίζεται στις παραδοχές ότι η αντοχή της τελικής διατομής ισούται με το άθροισμα της αντοχής του μανδύα και της αντοχής της λιθοδομής και ότι η σύνδεση του μανδύα με τη λιθοδομή και τα μεσοπατώματα - στέγες είναι πλήρης.

(Κ.Ε.Κ 1999)



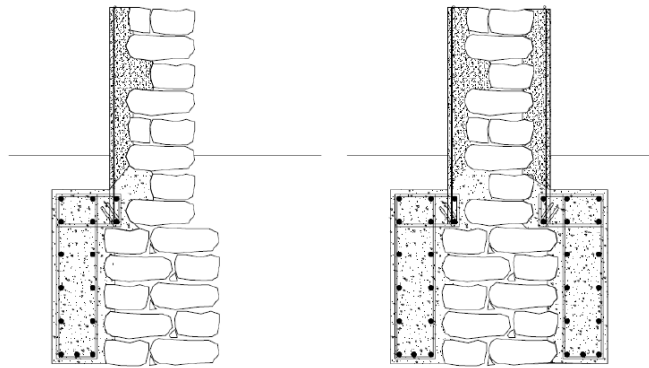
**Εικόνα 162: Ελαφρά οπλισμένος μανδύας**

**Πηγή: Υπουργείο Δημοσίων έργων, Κατευθυντήριες προδιαγραφές και οδηγίες για επισκευές κτιρίων με βλάβες από σεισμό, Έκδοση Υ.Δ.Ε., Θεσσαλονίκη, 1978.**



**Εικόνα 163: Μονόπλευροι – αμφίπλευροι μανδύες**

**Πηγή: Υπουργείο Δημοσίων έργων, Κατευθυντήριες προδιαγραφές και οδηγίες για επισκευές κτιρίων με βλάβες από σεισμό, Έκδοση Υ.Δ.Ε., Θεσσαλονίκη, 1978.**



**Εικόνα 164: Θεμελίωση μονόπλευρου και αμφίπλευρου μανδύα**

**Πηγή: Τάσιος, Θ., Η Μηχανική της Τοιχοποιίας, Έκδοση Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1986.**

- Κατασκευή οριζόντιων διαζωμάτων

Τα οριζόντια διαζώματα βελτιώνουν σημαντικά την συμπεριφορά της τοιχοποιίας σε περίπτωση σεισμού ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)). Επιπλέον επιτυγχάνεται ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων της στέγης με παράλληλη διόρθωση ενδογενών προβλημάτων της κατασκευής, όπως προβλήματα γωνιών και διασταυρώσεων τοίχων, έδρασης και αγκύρωσης δαπέδων και στεγών. Τα διαζώματα μπορεί να είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα, μέταλλο ή ξύλο. Η επιλογή του υλικού καθορίζεται από ορισμένες παραμέτρους όπως ο χαρακτήρας του κτιρίου, τα υλικά της τοιχοποιίας, τα υλικά του υπερκείμενου πατώματος ή στέγης. Για την κατασκευή του διαζώματος απαιτείται σχολαστική εργασία υποστύλωσης της στέγης ή του πατώματος και τμήματος του τοίχου προς αποφυγή περαιτέρω βλαβών λόγω της αφαίρεσης λίθων από τους τοίχους. Γενικώς, η κατασκευή διαζωμάτων προϋποθέτει εκτενείς εργασίες (Δημοσθένους Α. Μίλτων 2009).

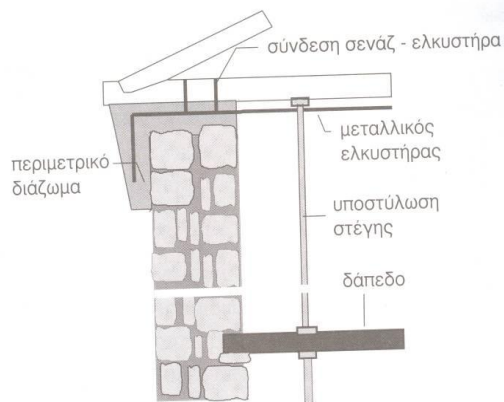
Οριζόντια διαζώματα στη στάθμη της στέγης:

Όταν υπάρχει αρκετό κενό ανάμεσα στον αμείβοντα των ζευκτών και τον τοίχο, ο οπλισμός τοποθετείται επί του τοίχου, καλουπώνονται τα πλαϊνά και σκυροδετούνται (Εικόνα 165). Όταν δεν υπάρχει αρκετό κενό ανάμεσα στον αμείβοντα των ζευκτών και τον τοίχο, απαιτείται υποστύλωση της στέγης (Εικόνα 166). Αφαιρείται μία στρώση λίθων και κατασκευάζεται το οριζόντιο διάζωμα με τον ίδιο τρόπο ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)). Παράδειγμα κατασκευής οριζόντιου διαζώματος στην στάθμη της στέγης φαίνεται στις Εικόνες 167 και 168.



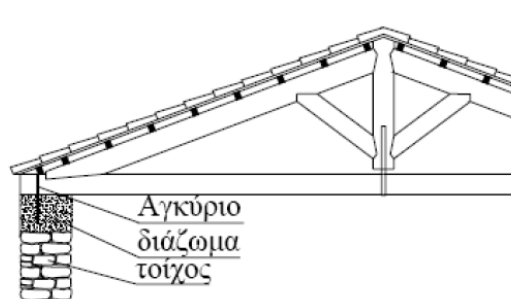
**Εικόνα 165: Επαρκές κενό ανάμεσα σε τοίχο και στέγη**

Πηγή: [http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)



**Εικόνα 166: Μη επαρκές κενό ανάμεσα σε τοίχο και στέγη**

Πηγή: [http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)



**Εικόνα 167: Διάζωμα στέψης – σύνδεση ζευκτού, διαφραγματική λειτουργία**

Πηγή: [http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)

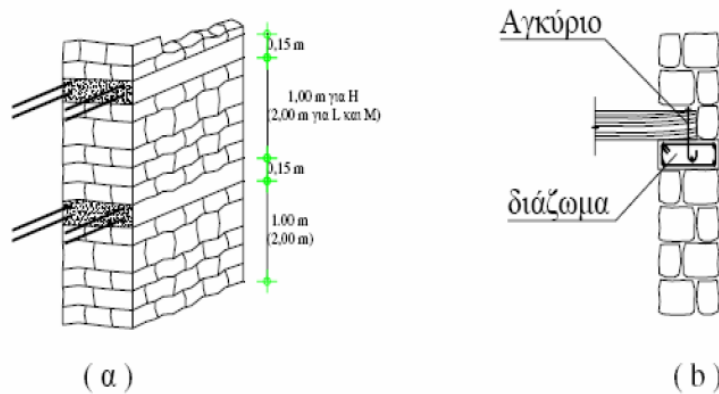


**Εικόνα 168: Κατασκευή οριζόντιου διαζώματος σε στάθμη στέγης**

Πηγή: [http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)

Οριζόντια διαζώματα σε ενδιάμεσες στάθμες:

Πραγματοποιείται η κατασκευή του διαζώματος σε δύο φάσεις. Στην πρώτη αφαιρούνται τα λιθοσώματα στο μισό του πάχους του τοίχου, κατασκευάζεται το διάζωμα το οποίο οπλίζεται με διαμήκειες ράβδους και συνδετήρες με αναμονές. Σε δεύτερη φάση καθαιρείται το υπόλοιπο πάχος, κατασκευάζεται και οπλίζεται το υπόλοιπο διάζωμα, το οποίο ενώνεται με το πρώτο μέσω των αναμονών. Οι παραπάνω εργασίες πραγματοποιούνται χωρίς υποστήλωση καλοδομημένης τοιχοποιίας ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)). Παραδείγματα οριζόντιων διαζωμάτων σε ενδιάμεσες στάθμες φαίνονται στην Εικόνα 169.



**Εικόνα 169: Ανάλυση οριζόντιων δράσεων με διαζώματα-σενάζ**

Πηγή: [http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)

- Ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας ξύλινων πατωμάτων

Οι μέθοδοι ενίσχυσης που χρησιμοποιούνται είναι η τοποθέτηση δεύτερου σανιδώματος κάθετα προς το υφιστάμενο και η τοποθέτηση διαγώνιων ελκυστήρων που αγκυρώνονται στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου. Επίσης, μπορεί να κατασκευαστεί πλάκα σκυροδέματος πάνω στο υφιστάμενο ξύλινο δάπεδο, το οποίο λειτουργεί και σαν ξυλότυπος ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1))

- Ενίσχυση Τοιχοποιίας με ανθρακονήματα (FRPs)

Ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης των ανθρακονημάτων μπορούν να αυξήσουν την εφελκυστική και διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας ([http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)). Παράδειγμα ενίσχυσης τοιχοποιίας με ανθρακονήματα φαίνεται στην Εικόνα 170.



**Εικόνα 170: Ανθρακονήματα σε τοιχοποιία**

**Πηγή:** [http://pde.teiser.gr/systems/file\\_download.aspx?pg=438&ver=1](http://pde.teiser.gr/systems/file_download.aspx?pg=438&ver=1)

- Αβαθής υποθεμελίωση

Είναι η πιο διαδεδομένη τεχνική υποθεμελίωσης στην πράξη, κυρίως για κτίρια μικρής σπουδαιότητας, λόγω του χαμηλού κόστους και της γρήγορης εφαρμογής της συγκριτικά με άλλες τεχνικές που αναφέρονται πιο κάτω. Εφαρμόζεται κυρίως σε περιπτώσεις όπου επιβάλλεται ενίσχυση της θεμελίωσης αλλά δεν παρατηρούνται ιδιαίτερα προβλήματα εδάφους. Ουσιαστικά υποβιβάζει το μέγεθος των τάσεων στον αρμό εδάφους – θεμελίου λόγω διαπλάτυνσης του πέλματος του πεδίου και έτσι μειώνει την ανάπτυξη μετακινήσεων ή διαφορικών καθιζήσεων στο επίπεδο της θεμελίωσης. Η βελτίωση της φέρουσας ικανότητας της θεμελίωσης εξαρτάται από την ποιότητα σύνδεσης των νέων στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος με την υφιστάμενη θεμελίωση, η επίτευξη της οποίας απαιτεί σχολαστικές και

εκτενείς εργασίες, κυρίως σε περίπτωση αμφίπλευρης ενίσχυσης (Δημοσθένους Α. Μίλτων 2009).

- Βαθιά υποθεμελίωση με τη μέθοδο των μικροπασσάλων

Η τεχνική αυτή συνιστάται για τη βελτίωση της φέρουσας ικανότητας τόσο του εδάφους όσο και της θεμελίωσης. Εφαρμόζεται κυρίως στις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η εφαρμογή των αβαθών υποθεμελίωσεων (π.χ. προβληματικά εδάφη, υψηλός υδροφόρος ορίζοντας). Τα κύρια πλεονεκτήματα των μικροπασσάλων είναι η άμεση εφαρμογή και η ταχύτητα κατασκευής τους, η αποφυγή εργασιών υποσκαφής και η ικανότητά τους να παραλάβουν σταδιακά τμήμα των φορτίων και να οδηγήσουν στη σταθεροποίηση των μετακινήσεων. Απαιτείται η διάθεση ενός ευέλικτου και ισχυρού γεωτρύπανου, ικανού να διατρήσει κάθε είδος εδάφους και θεμελίωσης. Η συμμετρική διάταξη μικροπασσάλων και από τις δύο πλευρές του τοίχου, αυξάνει την αποτελεσματικότητα. Ωστόσο υπάρχει συνήθως δυσκολία εισόδου του γεωτρύπανου στο κτίριο, το κόστος δε για την επιτυχή εφαρμογή της τεχνικής είναι σχετικά υψηλό (Δημοσθένους Α. Μίλτων 2009).

- Ενίσχυση εδάφους

Εφαρμόζεται με την εισαγωγή ενεμάτων υψηλής αντοχής όταν κρίνεται αναγκαία η βελτίωση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους θεμελίωσης (π.χ. εδάφη χαμηλής αρχικής φέρουσας ικανότητας, προσθήκη ορόφων η οποία αυξάνει τις τάσεις στο έδαφος θεμελίωσης ή ακόμη η περίπτωση εκσκαφής δίπλα από θεμέλια η οποία δημιουργεί σχετική αστάθεια του εδάφους κάτω από το επίπεδο της θεμελίωσης). Εφαρμόζεται τόσο σε συνεκτικά όσο και σε μη συνεκτικά εδάφη καθώς και σε βράχο υπό τον όρο ότι ο βράχος είναι ρηγματωμένος με τις ρωγμές του επικοινωνούσες. Αντίθετα δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστεί σε εδάφη με μικρή διαπερατότητα όπως π.χ. οι άργιλοι. Η τεχνική αυτή καθίσταται ελκυστική για το λόγο ότι διατίθενται ενέματα με μικρό ιξώδες κοντά σ' αυτό του νερού. Η αποτελεσματικότητα της τεχνικής εξαρτάται από την ομοιομορφία της διασποράς του ενέματος κάτω από τη θεμελίωση. Σε περιπτώσεις ανομοιογένειας του εδάφους, η ομοιόμορφη διασπορά του ενέματος καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη ενώ η διείδυση του ενέματος σε μεγάλη έκταση ενδέχεται να έχει σημαντικές οικονομικές συνέπειες (Δημοσθένους Α. Μίλτων 2009).

- Ανακατασκευή στέγης



Οι στέγες λόγω κατασκευής αλλά και λόγω του ρόλου που επιτελούν (προστασία από βροχή, άνεμο, ήλιο) είναι από τα πιο ευάλωτα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου. Αποτελούν τις πιο πολύπλοκες ξύλινες κατασκευές. Στην πλειοψηφία των κτιρίων η αποκατάσταση της στέγης απαιτούσε την ανακατασκευή της.

Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται όταν η τοιχοποιία παρουσιάζει τοπική διόγκωση στη μια ή και στις δύο όψεις της. Επίσης εφαρμόζεται και στις περιπτώσεις κατάρρευσης γωνιών στο πάνω ή στο κάτω μέρος του τοίχου. Έχει ως αποτέλεσμα την επαύξηση τοπικά της αντοχής της τοιχοποιίας στην ανακατασκευαζόμενη περιοχή (Δημοσθένους Α. Μίλτων 2009).

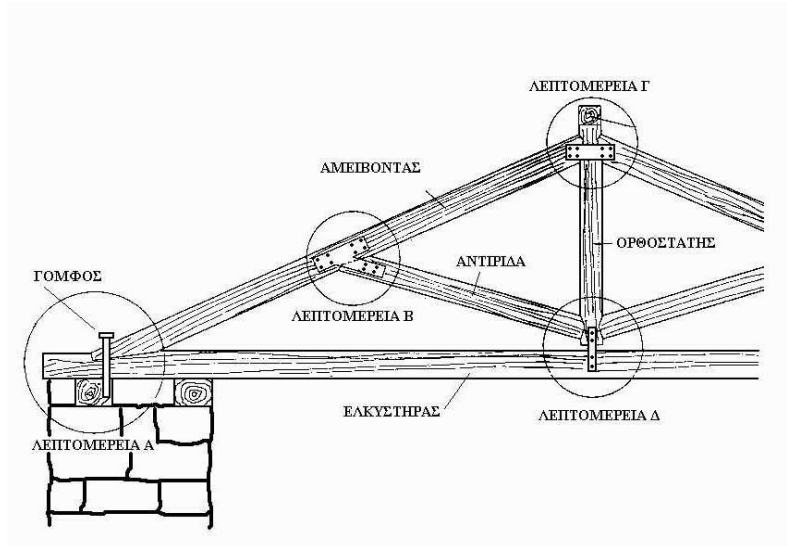
Πρώτα γίνεται η αποσυναρμολόγηση της στέγης, αρχίζοντας με την επικάλυψη της. (κεραμίδια, σανίδες κτλ). Ακολουθεί η αποξήλωση του σκελετού της στέγης. Αυτή πρέπει να γίνεται με την αποσύνδεση των ενώσεων και όχι με την αποκοπή των άκρων των ξύλων έτσι ώστε να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση όσων ξύλων είναι σε καλή κατάσταση. Όσα ξύλα κρίνονται ως κατάλληλα για επανάχρηση, καθαρίζονται από καρφιά και οι επιφάνειες τους τρίβονται με σμυριδόχαρτο μέχρι να φανεί το υγιές μέρος του ξύλου. Σε κάθε στάδιο της αποσυναρμολόγησης πρέπει να αποφεύγεται κάθε ενέργεια που θα μπορούσε να βλάψει κάθε δομικό στοιχείο που θα μπορούσε να επαναχρησιμοποιηθεί. Προσοχή πρέπει να δίνεται επίσης στην εξαγωγή των δοκών από τις πακτώσεις τους ώστε να προκαλείται η μικρότερη δυνατή διαταραχή.

Τα ζευκτά ή το χωροδικτύωμα κατασκευάζονται από την αρχή με συνδυασμένη χρήση παλιών και νέων ξύλων βάση του παλιού σχεδίου ή βάση νέου που προέρχεται από στατική μελέτη. Η καλή εγκάρσια σύνδεση των ζευκτών μιας στέγης ή η καλή σύνδεση των στοιχείων της αν πρόκειται για τρισδιάστατο δικτύωμα συντελεί στην καλύτερη διαφραγματική της λειτουργία.

Η ανακατασκευή ή η αποκατάσταση μιας ξύλινης στέγης δεν είναι πλήρης χωρίς την σωστή επικάλυψη. Κύριος ρόλος της επικάλυψης είναι η προστασία της κατασκευής από την βροχή η οποία προκαλεί μακροπρόθεσμα πολλά προβλήματα υγρασίας (διάβρωση ξύλινων δομικών στοιχείων, φουσκώματα σε λιθοδομές, αποσάθρωση συνδετικών κονιαμάτων τοιχοποιιών κλπ). Τα κυριότερα υλικά επικάλυψης είναι τα κεραμίδια, οι σχιστόπλακες και τα μολυβδόφυλλα. Αυτά τα παραδοσιακά υλικά χρησιμοποιούνται και σήμερα σε συνδυασμό με σύγχρονα υλικά όπως ασφαλτόπανο και τσιμεντοκονίαμα για την καλύτερη απόδοσή τους.

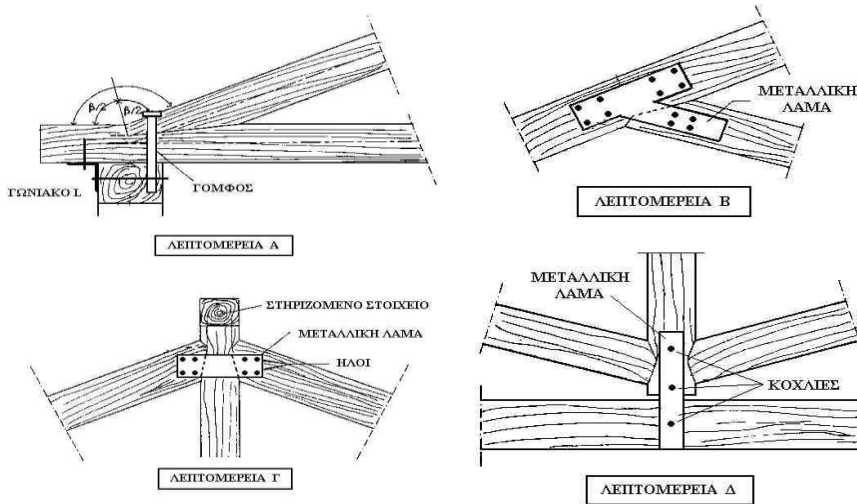
([http://haris.jappee.com/diplomatiki/5k1\\_1b.html](http://haris.jappee.com/diplomatiki/5k1_1b.html))

Πιο κάτω στις Εικόνες 171, 172 και 173, φαίνονται λεπτομέρειες ξύλινων στεγών:



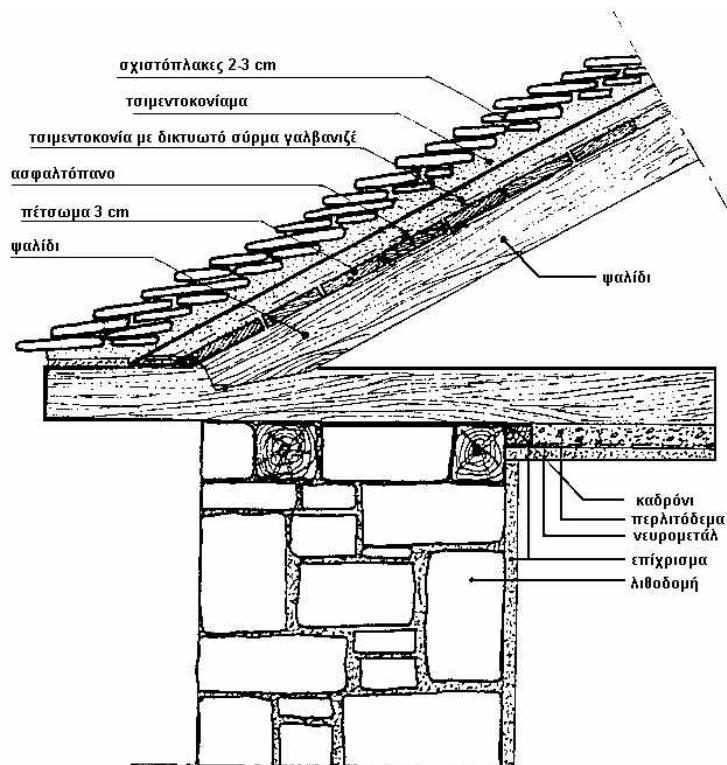
Εικόνα 171: Ζευκτό εδραζόμενο σε λιθοδομή

Πηγή: [http://haris.jappee.com/diplomatiki/5k1\\_1b.htm](http://haris.jappee.com/diplomatiki/5k1_1b.htm)



Εικόνα 172: Λεπτομέρειες σύνδεσης – ενίσχυσης κόμβων ζευκτού στέγης.

Πηγή: [http://haris.jappee.com/diplomatiki/5k1\\_1b.htm](http://haris.jappee.com/diplomatiki/5k1_1b.htm)



Εικόνα 173: Ανακατασκευή ξύλινης στέγης

Πηγή: [http://haris.jappee.com/diplomatiki/5k1\\_1b.htm](http://haris.jappee.com/diplomatiki/5k1_1b.htm)

Πιο κάτω φαίνεται ένας Πίνακας με τις τεχνικές επισκευής και ενίσχυσης σε κατασκευές φέρουσας τοιχοποιίας και η σχέση αλλοίωσης των αρχιτεκτονικών όψεων, καθώς και ο βαθμός αναστρεψιμότητάς τους.

**Πίνακας 12: Τεχνικές Επισκευής και Ενίσχυσης σε κατασκευές φέρουσας τοιχοποιίας και σχέση αλλοίωσης αρχιτεκτονικών όψεων και βαθμός αναστρεψιμότητας.**

Τεχνικές Επισκευής και Ενίσχυσης	Αλλοίωση Αρχιτεκτονικών Όψεων			Βαθμός Αναστρεψιμότητας		
	Σημαντικά	Μερικός (Διακριτός)	Καθόλου	Πλήρως	Μερικός	Καθόλου
Βαθό αρμολόγημα		X			X	
Ενέσεις σε ρογιές			X			X
Συρραφή μεγάλων ρογιών		X			X	
Τοπική ανακατασκευή		X			X	
Συρραφή αποκαλ. Τοίχων		X			X	
Οπλισμένο επίχρισμα	X				X	
Μανδύες	X					X
Διαζώματα		X			X	
Ομογενοποίηση μάζας			X			X
Ελακυστήρες – Τένοντες		X		X		
Ριζοπλισμοί			X			X
Αβαθής υποθεμελιώσεις			X			X
Βαθιάς θεμελιώσεις			X			X
Ενίσχυση εδάφους			X			X

Πηγή: Δημοσθένους Α. Μίλτων, 2009

Από τον πιο πάνω πίνακα γίνεται σαφές ότι τα τελικά αποτελέσματα από την εφαρμογή όλων των τεχνικών επισκευής και ενίσχυσης, πλην της περιπτώσεως των ελκυστήρων, είναι πρακτικά μη αναστρέψιμα. Αν και ορισμένα από αυτά επιδέχονται κάποιου βαθμού αναστροφή, ωστόσο οι εργασίες αυτές είναι ιδιαίτερα δαπανηρές και με κίνδυνο πρόκλησης βλαβών στο κτίριο.

Γι' αυτό, όπως συνήθως συμβαίνει, το τελικό σχήμα επέμβασης αναπόφευκτα προκύπτει μέσα από συμβιβασμούς και ως εκ τούτου η απαίτηση περί αναστρεψιμότητας σε επεμβάσεις επισκευής και ενίσχυσης δεν θα πρέπει να τίθεται με ιδιαίτερη αυστηρότητα. Αντίθετα, ο γράφων έχει την άποψη ότι, οι απαιτήσεις περί συμβατότητας και ανθεκτικότητας σε διάρκεια των υλικών και των τελικών αποτελεσμάτων από την εφαρμογή τεχνικών επισκευής και ενίσχυσης, θα πρέπει με την πάροδο του χρόνου να γίνονται πιο αυστηρές, δεδομένης της συνεχούς εξέλιξης της τεχνογνωσίας και των τεχνολογιών σ' αυτό τον τομέα. Επιπλέον, θα πρέπει να τονιστεί ότι από την εφαρμογή σχεδόν κάθε τεχνικής επισκευής ή και ενίσχυσης προκύπτουν κάποιες ανεπιθύμητες καταστάσεις στο κτίριο όπως π.χ. συσσώρευση υγρασίας, μερική καταστροφή πρωτοτύπου κ.λ.π. Η λήψη πρόσθετων μέτρων για την αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων, θα πρέπει να αποτελεί επίσης κριτήριο αξιολόγησης για το κατά πόσο το προτεινόμενο σχήμα επισκευής ή ενίσχυσης θα πρέπει τελικώς να γίνει αποδεκτό προς εφαρμογή.

(Δημοσθένους Α. Μίλων 2009)

## 8 Έλεγχος Ασφάλειας των Σχολικών Κτιρίων (Εγχειρίδιο ΤΥΥΠΠ)

### ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΩΝ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΕΠΙΔΙΩΞΕΙΣ ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΕΩΝ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

#### 8.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Επιδίωξη και σκοπός του ελέγχου και της επισκευής των σχολικών κτιρίων είναι να εξασφαλισθεί η ασφάλεια των μαθητών. Σημαντικό δεν είναι μόνο η μη κατάρρευση του κτιρίου αλλά να μην υπάρξουν τραυματισμοί κατά τη διάρκεια του σεισμού και να μπορούν να εξέλθουν οι μαθητές από το κτίριο μετά το πέρας του με ασφάλεια έχοντας ελεύθερες τις διόδους διαφυγής.

Τα σχολικά αυτά κτίρια χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

1. Τα παλιά από φέρουσα τοιχοποιία και ξύλινη στέγη, συνήθως 40 ετών και άνω.
2. Από οπλισμένο σκυρόδεμα έχουμε αυτά που χτίστηκαν μετά το 1960 περίπου:
  - a. Προ της εισβολής με προβλήματα γήρανσης, χωρίς αντισεισμική ικανότητα, έλλειψη συντήρησης, εδαφικές καθιζήσεις, σεισμοί, η παρουσία περιβάλλοντος με υψηλό ποσοστό υγρασίας, και άλλοι παράγοντες.
  - b. Αυτά που κτίστηκαν αμέσως μετά την εισβολή με σχετικά χαμηλές προδιαγραφές, κακή ποιότητα υλικών, περιορισμένη δυνατότητα για ποιοτικούς ελέγχους.
  - c. Αυτά από την δεκαετία του 80 και μεταγενέστερα με καλύτερες προδιαγραφές αλλά χωρίς τους ισχύοντες αντισεισμικούς κανονισμούς.
  - d. Αυτά που κτίστηκαν μετά την θέσπιση του Κυπριακού Σεισμικού Κώδικα του 1994.

Τα οικοδομήματα αυτά ελέγχονται και αν απαιτείται επισκευάζονται-ενισχύονται ώστε να αποκτήσουν την απαιτούμενη σεισμική ικανότητα σύμφωνα με τα επίπεδα που καθορίζονται σ' αυτό το κείμενο.

Η επέμβαση για ενίσχυση πρέπει να είναι επιστημονικά ορθή και τεχνικά καθώς και οικονομικά εφικτή. Η τήρηση αρχών αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επιστημονική τεκμηριωμένη επίτευξη του επιδιωκόμενου στόχου.

Το κείμενο αυτό στοχεύει στην παρουσίαση μιας σύγχρονης μεθοδολογίας για την αξιολόγηση, ανάλυση, σχεδιασμό και επισκευή – ενίσχυση των υφιστάμενων σχολικών κτιρίων. Καθορίζεται το επίπεδο ασφάλειας και ποιότητας των κατασκευών, το επιθυμητό δηλαδή επίπεδο συμπεριφοράς που πρέπει να διασφαλιστεί και προτείνονται μεθοδολογίες για την διερεύνηση των προβλημάτων, την ανάλυσή τους και διαδικασίες για την αναίρεσή τους.

Σε συνηθισμένες συνθήκες και αφού ληφθούν υπόψη όλοι οι διαθέσιμοι μηχανισμοί αντίστασης - φέρον οργανισμός από οπλισμένο σκυρόδεμα, φέρουσες τοιχοποιίες, τοιχοποιία πλήρωσης κτλ. – ο συντελεστής ασφαλείας πρέπει να βρίσκεται στα επίπεδα ασφαλείας που καθορίζονται στο κείμενο αυτό.

Όσον αφορά τα σχολεία με φέρουσα τοιχοποιία από πορόλιθους ή άλλο υλικό θα λαμβάνονται κατά το δυνατό υπόψη οι όροι αντισεισμικών μέτρων για τις οικοδομές που τέθηκαν σε εφαρμογή το 1986.

Η επέμβαση για ενίσχυση πρέπει να είναι επιστημονικά ορθή και τεχνικά καθώς και οικονομικά εφικτή. Η τήρηση ορισμένων αρχών αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επιστημονική τεκμηριωμένη επίτευξη του επιδιωκόμενου στόχου.

Σε σεισμικές καταπονήσεις η ασφάλεια των κτιρίων λαμβάνοντας υπόψη όλους τους μηχανισμούς αντίστασης, θα πρέπει να βρίσκεται κατά το δυνατόν στα ίδια επίπεδα με ανάλογα κτίρια που κτίζονται σήμερα. Δεδομένου ότι ο χρόνος σχεδιασμού μίας συνηθισμένης κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι 50 χρόνια, είναι προφανές ότι πολλά σχολεία έχουν διανύσει τον χρόνο ζωής τους ή ένα σημαντικό μέρος αυτής. Έτσι λοιπόν καθορίζεται ως Επίπεδο Ασφάλειας το Επίπεδο Ασφάλειας της Ανθρώπινης Ζωής σε σεισμό με πιθανότητα μη υπέρβασης 90% στα 50 χρόνια. Σε περιπτώσεις που προγραμματίζεται η αντικατάσταση του κτιρίου σε μικρότερο χρονικό διάστημα θα ακολουθούνται οι πιθανότητες που καθορίζονται σε αυτό το έγγραφο.

Τα επισκευασμένα – ενισχυμένα κτίρια δεν πρέπει να παρουσιάζουν ρωγμές, υγρασίες ή άλλες παθήσεις και δεν πρέπει να έχουν ακαλαίσθητες επιδιορθώσεις ενώ παράλληλα πρέπει να συντηρούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

## **8.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΟΥΣ**

### **8.2.1 Βάση Σχεδιασμού**

Η μεθοδολογία που αναπτύσσεται στη συνέχεια έχει σαν βασικό στόχο την κατανόηση και αξιολόγηση αρχικά της υφιστάμενης κατάστασης και κατ' επέκταση της αντισεισμικής συμπεριφοράς και αντοχής ενός κτιρίου και την εφαρμογή στη συνέχεια επιδιορθωτικών ή ενισχυτικών μέτρων ώστε να βελτιωθεί η αντισεισμική συμπεριφορά σύμφωνα με τα κριτήρια που καθορίζονται.

Τα κριτήρια καθορίζουν το Επίπεδο Ασφάλειας που αποτελεί τη βάση του σχεδιασμού και καθοδήγηση για επιδιόρθωση και αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων. Αναμένεται ότι τα κτίρια που θα ενισχυθούν σύμφωνα με τη μεθοδολογία αυτή, όταν θα εκτεθούν στο σεισμό για τον οποίο σχεδιάζονται, θα ανταποκριθούν μέσα στο προβλεπόμενο επιθυμητό επίπεδο.

Παρόλα αυτά, πρέπει να είναι κατανοητό ότι υπάρχουν πολλές αβεβαιότητες που χαρακτηρίζουν τόσο το φαινόμενο της σεισμικής δράσης όσο και τις παραμέτρους που υπεισέρχονται στην έρευνα και ανάλυση μίας υφιστάμενης κατασκευής.

Σε περίπτωση που δεν μπορούν να ικανοποιηθούν τα Επίπεδα Ασφαλείας η περίπτωση παραπέμπεται σε ειδική επιτροπή που συστήνεται για να πάρει τις σχετικές αποφάσεις στην οποία θα εκπροσωπούνται:

- α) ο μελετητής του έργου
- β) μηχανικός των Τεχνικών Υπηρεσιών του Υπ. Παιδείας
- γ) αντιπρόσωπος του Γενικού Διευθυντή του Υπ. Παιδείας
- ε) εκπρόσωπος της Σχολικής Εφορίας

Συνοπτικά η μεθοδολογία αναλύεται στα ακόλουθα στάδια:

Συλλογή πληροφοριών για το υφιστάμενο κτίριο και προσδιορισμός των χαρακτηριστικών του.

Καθορισμός του Επιπέδου Ασφάλειας δηλαδή του Επιθυμητού Επιπέδου Συμπεριφοράς για δεδομένες Φορτίσεις. Στο παρόν κείμενο καθορίζεται το Επίπεδο Ασφάλειας για τα σχολικά κτίρια. Συγκεκριμένα γίνονται:



a) Καθορισμός – Επιλογή των Φορτίων Σχεδιασμού.

Καθορισμός – Επιλογή του Επιθυμητού Επιπέδου Συμπεριφοράς του κτιρίου.

Καθορισμός Κριτηρίων Αποδοχής.

b) Επιλογή της κατάλληλης τεχνικής για ανάλυση. Εξακρίβωση της στατικής και σεισμικής επάρκειας του κτιρίου.

c) Έλεγχος για ικανοποίηση των Κριτηρίων Αποδοχής.

Αν τα Κριτήρια Αποδοχής δεν ικανοποιούνται τότε γίνεται:

a) Επιλογή της κατάλληλης μεθόδου τεχνικής ενίσχυσης που περιλαμβάνει την επιλογή μεθοδολογίας ενίσχυσης και εφαρμογής.

b) Επιλογή της κατάλληλης τεχνικής για ανάλυση. Εφαρμογή της ανάλυσης στο κτίριο συμπεριλαμβανομένου των μέτρων ενίσχυσης.

c) Έλεγχος για ικανοποίηση των Κριτηρίων Αποδοχής.

Αν η ανάλυση δείξει ότι ο σχεδιασμός δεν ήταν επαρκής, τότε πρέπει να προταθούν συμπληρωματικά ενισχυτικά μέτρα ή μια νέα μεθοδολογία ενίσχυσης. Η ανάλυση θα επαναληφθεί μέχρι τα αποτελέσματα της επίλυσης να πληρούν τα Κριτήρια Αποδοχής.

Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι κοινωνικές και τεχνοοικονομικές πτυχές του θέματος.

## **8.2.2 Πληροφορίες για το υφιστάμενο κτίριο**

Συλλογή πληροφοριών που αφορούν εκείνα τα χαρακτηριστικά στοιχεία του κτιρίου που επηρεάζουν τη στατική και σεισμική συμπεριφορά του.

### **8.2.2.1 Χαρακτηριστικά της Τοποθεσίας της Κατασκευής και Γεωτεχνικές Πληροφορίες**

- Γεωτεχνικά στοιχεία που αφορούν τη θεμελίωση.
- Λεπτομέρειες για τη φυσική επίδραση του περιβάλλοντος στην κατασκευή.
- Σεισμική ζώνη στην οποία ανήκει η κατασκευή.

### **8.2.2.2 Υφιστάμενος Σχεδιασμός Κτιρίου**

- Συλλογή και μελέτη των διαθέσιμων σχεδίων της αρχικής μελέτης, αρχιτεκτονικής και στατικής καθώς και άλλων πιθανών κατασκευαστικών σχεδίων.
- Προσδιορισμός του τύπου, του μεγέθους και της διάταξης των φερόντων και μη φερόντων στοιχείων της κατασκευής καθώς επίσης και σαφής κατανόηση του τρόπου σύνδεσης και λειτουργίας τους.
- Διερεύνηση πιθανών τροποποιήσεων, προσθηκών, αφαιρέσεων, επιδιορθώσεων και αναβαθμίσεων που έγιναν κατά τη διάρκεια ζωής του έργου.
- Προσδιορισμός των υφιστάμενων τεχνικών χαρακτηριστικών των διατομών, της φυσικής τους κατάστασης και αντοχής με επιτόπιους οπτικούς ελέγχους και σειρά επιλεγμένων δομικών ελέγχων και μετρήσεων.

### **8.2.2.3 Επίδραση Γειτονικών Κτιρίων**

- Έλεγχος για την πιθανή επίδραση γειτονικών κτιρίων ή άλλων έργων που βρίσκονται σε επαφή ή πολύ κοντά με το υπό μελέτη οικοδόμημα.

### 8.2.3 Επίπεδα Ασφάλειας

Για τον έλεγχο της υφιστάμενης αντοχής και για πιθανό σχεδιασμό της ενίσχυσης ενός κτιρίου είναι απαραίτητο να καθοριστεί το Επίπεδο Ασφάλειάς του.

#### 8.2.3.1 Σεισμική Δράση

Λαμβάνοντας υπόψη τον Κυπριακό Σεισμικό Κώδικα (Κ.Σ.Κ) η σεισμική δράση εκτιμάται με πιθανότητα υπέρβασης 10% για περίοδο 10, 20 και 50 χρόνια. Γι'αυτά τα κτίρια που επισκευάζονται πλήρως σύμφωνα με τον Κ.Σ.Κ παίρνουμε Μέγιστη Επιτάχυνση Εδάφους για περίοδο 50 χρόνων. Αυτά που προγραμματίζεται να αντικατασταθούν μέσα στα επόμενα 20 χρόνια θα επισκευαστούν χρησιμοποιώντας Μέγιστη Επιτάχυνση Εδάφους για περίοδο 10 χρόνων.

Οι εκτιμήσεις αυτές, που εκφράζονται υπό μορφή μέγιστων εδαφικών επιταχύνσεων και που κατανέμονται στις υφιστάμενες σεισμικές ζώνες του Κ.Σ.Κ παρουσιάζονται στον Πίνακα 13.

**Πίνακας 13-Μέγιστες Επιταχύνσεις Εδάφους**

Σεισμική Ζώνη	Μέγιστη Επιτάχυνση Εδάφους		
	Περίοδος 50 χρόνια	Περίοδος 20 χρόνια	Περίοδος 10 χρόνια
1,2,3	0,075	0,075	0,075
4	0,100	0,075	0,075
5	0,150	0,100	0,075

Έτσι η απαίτηση για ποσοτικοποίηση της σεισμικής δόσης στις κατασκευές εκφράζεται με το υφιστάμενο φάσμα ελαστικής απόκρισης του Σεισμικού Κώδικα σε συνδυασμό με τον πιο πάνω καθορισμό των μέγιστων εδαφικών επιταχύνσεων.

#### 8.2.3.2 Φάσμα Απόκρισης Σχεδιασμού

- Συντελεστής Σπουδαιότητας:  $I=1.5$
- Συντελεστής Σεισμικής Συμπεριφοράς  $K$  για επίπεδο πλαστιμότητας ΕΠ Ι.

$K=2.0$  Για πλαισιακό φορέα με τοιχοπληρώσεις

$K=1.5$  Για φέρουσες τοιχοποιίες

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαφορετικός Συντελεστής Σεισμικής Συμπεριφοράς  $K$  εάν υπάρχει η ανάλογη τεκμηρίωση.

- Σεισμικές Ζώνες

Οι ήδη οριζόμενες από τον Κ.Σ.Κ.

- Σεισμικές Επιταχύνσεις Εδάφους για περίοδο 10, 20 και 50 ετών.

Όπως περιγράφεται στον πίνακα 13 πιο πάνω.

- Ανηγμένα φάσματα ελαστικής απόκρισης γηπέδου.

Η ιδιοπερίοδος των υπό μελέτη κατασκευών που έχουν σαν μέγιστο ύψος 3 ορόφους εκτιμάται ως μικρότερη από 0,4 sec.

Συμπερασματικά, οι παράμετροι που αφορούν το Συντελεστή Γηπέδου και τις κατηγορίες Εδαφών δεν επηρεάζουν το ανηγμένο φάσμα ελαστικής απόκρισης.

Η τιμή του  $R_{as}$  λαμβάνεται σταθερή και ίση με 2,5 ( $R_{as}=2,5$ ).

#### **8.2.4 Επιλογή Επιπέδου Σεισμικής Συμπεριφοράς**

Ο καθορισμός του επιθυμητού επιπέδου σεισμικής συμπεριφοράς είναι συνδεδεμένος με τη σεισμική απόκριση του κτιρίου.

Η σεισμική απόκριση μπορεί να περιγραφεί ποσοτικοποιημένη με όρους που έχουν σχέση με:

- Την ασφάλεια των μαθητών του κτιρίου κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της σεισμικής δόνησης.
- Τη δυνατότητα και το κόστος για την επαναφορά του κτιρίου στην αρχική του κατάσταση πριν το σεισμό.
- Το απαραίτητο χρονικό διάστημα για να γίνουν οι επιδιορθώσεις αυτές.
- Την επίδραση των επισκευών-ενισχύσεων σε σχέση με τη λειτουργία του κτιρίου.
- Την αρχιτεκτονική του.

- Τις οικονομικές και κοινωνικές επιδράσεις στο ευρύτερο κοινωνικό και πολεοδομικό σύνολο.

Όλα τα πιο πάνω χαρακτηριστικά του αποτελέσματος της απόκρισης είναι άμεσα συνδεδεμένα με το μέγεθος των ζημιών που θα παρουσιάσει το κτίριο. Το μέγεθος των ζημιών σε ένα κτίριο είναι ακριβώς αυτό που περιγράφει το επίπεδο της σεισμικής απόκρισης του κτιρίου. Κάθε τέτοιο επίπεδο είναι συνδυασμός της απόκρισης όλων των φερόντων και μη φερόντων στοιχείων της κατασκευής.

#### **8.2.4.1 Απόκριση Κατασκευής**

Για την απόκριση της κατασκευής λαμβάνονται υπόψη τα στοιχεία και μέλη του φέροντα οργανισμού του κτιρίου, καθώς και η συνεισφορά εκείνων των στοιχείων που παρά το γεγονός ότι κατά το σχεδιασμό δεν λήφθηκαν υπόψη στην ανάληψη οποιασδήποτε φόρτισης εντούτοις στην πραγματικότητα συμμετέχουν και συνεργάζονται με στοιχεία του φέροντα οργανισμού τροποποιώντας το στατικό σύστημα λειτουργίας της κατασκευής.

#### **8.2.5 Επίπεδο Σεισμικής Συμπεριφοράς του Κτιρίου**

Η απαιτούμενη σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου καθορίζεται από το Επίπεδο Ασφάλειας της Ανθρώπινης Ζωής.

- **Επίπεδο Ασφάλειας Ανθρώπινης Ζωής**

Κτίρια που πληρούν τις απαιτήσεις αυτού του επιπέδου μπορεί να υποστούν εκτεταμένες ζημιές τόσο σε φέροντα στοιχεία όσο και σε μη φέροντα στοιχεία. Μπορεί να χρειαστούν επιδιορθώσεις πριν την επαναλειτουργία τους και η επιδιόρθωση μπορεί να θεωρηθεί ανεφάρμοστη από οικονομικής άποψης. Ο κίνδυνος προς την ανθρώπινη ζωή σε κτίρια που ικανοποιούν τις απαιτήσεις αυτού του επιπέδου είναι χαμηλός.

## ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

### 8.2.6 Κριτήρια Αποδοχής

Η κατασκευή πρέπει να αναλυθεί και να εξακριβωθεί αν ικανοποιεί τα απαιτούμενα κριτήρια του Επιπέδου Ασφάλειας που επιλέγηκε. Αν όχι τότε πρέπει να προσδιοριστούν οι ανεπάρκειες.

#### 8.2.6.1 Κριτήρια Αποδοχής Τεχνικών Χαρακτηριστικών

##### 8.2.6.1.1 Αντοχή Σκυροδέματος

Απαιτείται ο προσδιορισμός της ισοδύναμης επί τόπου αντοχής κυλινδρικού δοκιμίου σύμφωνα με τα Αμερικάνικα πρότυπα, όπως αυτά περιγράφονται στην αναφορά της NEHRP – “Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings”.

Ως ελάχιστη αποδεκτή επί τόπου ποιότητα σκυροδέματος ορίζεται σκυρόδεμα με ισοδύναμη επί τόπου αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου ίση με  $10 \text{ N/mm}^2$ .

Η πιο πάνω αντοχή θα προκύπτει από το μέσο όρο τουλάχιστο ενός δοκιμίου ανά δύο αίθουσες με ελάχιστο αριθμό 6 δοκιμίων ανά όροφο για κάθε ανεξάρτητο τμήμα κάθε πτέρυγας για κάθε κτίριο ή ομάδα κτιρίων.

Η αντοχή οποιασδήποτε δοκιμής δεν πρέπει να είναι μικρότερη από  $8 \text{ N/mm}^2$ .

Σε περίπτωση που δεν ικανοποιούνται οι πιο πάνω απαιτήσεις, θα γίνεται περαιτέρω έρευνα.

Η υπολογιστική αντοχή του σκυροδέματος για σκοπούς ανάλυσης θα είναι σύμφωνα με τα Κυπριακά Πρότυπα CYS159,CYS13.

##### 8.2.6.1.2 Αντοχή Οπλισμού

Απαιτείται ο προσδιορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών και φυσικής κατάστασης του υφιστάμενου οπλισμού.

- Χαρακτηρισμός οπλισμού σε μαλακό-λείο ή νευροχάλυκα.
- Προσδιορίζεται η διάμετρος του υφιστάμενου οπλισμού λαμβάνοντας υπόψη την αλλοίωση λόγω οξειδωσης. Σαν αποδεκτή διάμετρος ορίζεται η διάμετρος που προκύπτει από μείωση του εμβαδού της αρχικής διατομής του οπλισμού με ποσοστό μικρότερο από

15%. Σε περίπτωση που η οξείδωση χαρακτηριστεί σαν σοβαρή τότε θα πρέπει ο οπλισμός να αντικατασταθεί.

Ελάχιστη αποδεκτή ποιότητα χάλυβα η κατηγορία S220-Μαλακός χάλυβας με χαρακτηριστική αντοχή ορίου διαρροής 220 N/mm<sup>2</sup> (MPa).

#### **8.2.6.1.3 Αντοχή Στοιχείων Πληρώσεως (Τοιχοποιίας)**

Λαμβάνεται υπόψη η συνεισφορά όλων των στοιχείων πλήρωσης (τοιχοποιιών) που μπορούν να συνεισφέρουν τόσο στην παραλαβή κάποιου ποσοστού της σεισμικής φόρτισης όσο και στη δυνατότητα που έχουν για απορρόφηση μέρους της αναπτυσσόμενης ενέργειας.

Η αντοχή σε θλίψη της τοιχοποιίας πλήρωσης από διάτρητα τούβλα με συνδετικό τσιμεντοκονίαμα θα λαμβάνεται συντηρητικά, αν δεν υπάρχουν ακριβέστερα δεδομένα, ίση με  $f_w=1.8 \text{ N/mm}^2$ . Η αντίστοιχη διατμητική αντοχή θα λαμβάνεται ίση με  $f_w=0.05x f_w$ .

#### **8.2.6.1.4 Χημικές Επιδράσεις (Ενανθράκωση, Επίδραση χλωρίων, Θεικών)**

Πρέπει να προσδιορίζεται το βάθος ενανθράκωσης του σκυροδέματος με βάση τους επί τόπου ελέγχους για καλύτερη κατανόηση της επίδρασης της ενανθράκωσης στην οξείδωση των οπλισμών.

Η περιεκτικότητα των χλωρίων στο σκυρόδεμα πρέπει να ελέγχεται παρά το γεγονός της αδυναμίας επέμβασης για αποκατάσταση του προβλήματος λόγω της μη ύπαρξης πρακτικής μεθοδολογίας για την αφαίρεση των χλωρίων από το σκυρόδεμα.

Για το σκοπό αυτό τα μέτρα που επιβάλλονται είναι μέτρα περιορισμού της διάδοσης των πιο πάνω προβλημάτων και όχι εξάλειψής τους.

Επιβάλλεται λοιπόν η επικάλυψη της επιφάνειας του σκυροδέματος με ειδικά στεγανοποιητικά υλικά ή πρόσμικτα ώστε να περιοριστεί η περαιτέρω επίδραση της υγρασίας όπως και η διείδυση Οξυγόνου (O<sub>2</sub>) και Διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) αιτιών που προκαλούν την ενανθράκωση του σκυροδέματος και την οξείδωση των οπλισμών.

### **8.2.6.2 Κριτήρια Αποδοχής Εντατικών Μεγεθών / Μετατοπίσεων**

#### **8.2.6.2.1 Εντατικά Μεγέθη**

Υπολογίζονται τα εντατικά μεγέθη για τους ακόλουθους συνδυασμούς δράσεων.

$$1.35xG+1.5xQ$$

$$1.00xG+0.50xQ+E(G+0.50xQ)$$

Όπου:

G: Μόνιμα Φορτία

Q: Κινητά Φορτία όπου για τις αίθουσες διδασκαλίας η τιμή είναι 3kN/m<sup>2</sup>.

E: Σεισμικό Φορτίο (στις 4 διευθύνσεις 0°,90°,180° και 270°).

#### **8.2.6.2.2 Σχετικές μετατοπίσεις ορόφων**

Μεγέθη της τάξεως του 2% με επαναφορά ή και 1% μόνιμη παραμόρφωση.

#### **8.2.6.2.3 Αντοχή μελών Φέροντος Οργανισμού**

Ο έλεγχος της αντοχής των μελών γίνεται σύμφωνα με το Κυπριακό Πρότυπο CYS159 χρησιμοποιώντας τις αντοχές των υλικών που προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τις πρόνοιες του παρόντος κειμένου.

#### **8.2.6.2.4 Απαιτήσεις Περίσφιξης**

Για οποιαδήποτε στοιχεία του φέροντα οργανισμού, που συμμετέχουν στην ανάληψη του σεισμικού φορτίου, απαιτείται ικανοποιητική παρουσία συνδετήρων για ανάληψη των διατμητικών δυνάμεων και εξασφάλιση της μεγαλύτερης δυνατής πλαστιμότητας. Είναι απαραίτητος ο έλεγχος ύπαρξης συνδετήρων στα υποστυλώματα με κατώτατο αποδεκτό όριο Φ8/20, εκτός αν τεκμηριωθεί ότι ο λιγότερος οπλισμός δεν επηρεάζει το Επίπεδο Ασφάλειας.



### **8.2.6.3 Οικονομικά Κριτήρια Αποδοχής**

Για κάθε μεθοδολογία ενίσχυσης που επιλέγεται και η οποία πληροί τις τεχνικές απαιτήσεις του επιπέδου ασφάλειας που επιλέγηκε απαιτείται στη συνέχεια τεχνοοικονομική μελέτη για προσδιορισμό του κόστους εκτέλεσης.

Αν το κόστος εκτέλεσης της επισκευής – ενίσχυσης ξεπερνά το ένα τρίτο της σημερινής αξίας για κατασκευή του κτιρίου, τότε η απόφαση για τη διαδικασία επέμβασης θα λαμβάνεται από την ειδική επιτροπή που αναφέρεται στο κεφάλαιο 6.2.1 του παρόντος κειμένου για κάθε περίπτωση ξεχωριστά με βάση όλους τους συναφείς παράγοντες.

## **8.3 Μεθοδολογία Ενίσχυσης**

### **8.3.1 Μέθοδοι Ενίσχυσης – Αποκατάστασης**

Για τον ορθό σχεδιασμό και την επίτευξη του στόχου της ενίσχυσης ενός κτιρίου ώστε να πληροί τα κριτήρια του επιπέδου απόκρισης που επιλέγηκε, είναι βασικό να ακολουθηθεί η πιο κάτω διαδικασία.

Με τη συμπλήρωση της συλλογής όλων των απαραίτητων πληροφοριών και την πλήρη κατανόηση του στατικού συστήματος τόσο των φερόντων όσο και των μη φερόντων στοιχείων της κατασκευής, αναπτύσσεται το στατικό – μαθηματικό μοντέλο για την ανάλυση.

Με βάση το μοντέλο αυτό, η κατασκευή αναλύεται για να εξακριβωθεί αν είναι επαρκής, ή αν πληροί δηλαδή, τα απαιτούμενα κριτήρια του Επιπέδου Ασφαλείας που καθορίζεται στο παρόν κείμενο. Αν όχι τότε προσδιορίζονται οι ανεπάρκειες.

Αν η αρχική ανάλυση ;παρουσιάσει ότι ορισμένα κρίσιμα μέλη ή στοιχεία της κατασκευής δεν πληρούν τα κριτήρια αποδοχής τότε είναι πιθανό αυτά να γίνουν αποδεκτά αν χρησιμοποιηθεί μια πιο αναλυτική και ακριβής ανάλυση (π.χ. δυναμική φασματική ανάλυση). Αν όχι τότε:

- Αναπτύσσονται μία ή και περισσότερες μεθοδολογίες – λύσεις για την εξάλειψη των ανεπαρκειών που προσδιορίστηκαν.
- Γίνεται εκ νέου προμελέτη του σχεδιασμού ενίσχυσης που να είναι σύμφωνη με τη μεθοδολογία εξάλειψης των ανεπαρκειών που αποφασίστηκε.

- Η κατασκευή αναλύεται και πάλι σύμφωνα με τα δεδομένα της προμελέτης του σχεδιασμού ενίσχυσης που έγινε και για να εξακριβωθεί αν η ενισχυμένη κατασκευή είναι επαρκής ώστε να πληροί τις απαιτήσεις του Επιπέδου Ασφάλειας.
- Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι που η ανάλυση δείξει ότι η μεθοδολογία σχεδιασμού της ενίσχυσης πληροί τα κριτήρια και τις απαιτήσεις του Επιπέδου Ασφάλειας.

### **8.3.2 Μέθοδοι Ανάλυσης**

Σκοπός της ανάλυσης είναι να προσδιοριστούν οι κατανομές των δυνάμεων και των παραμορφώσεων που αναπτύσσονται στην κατασκευή όταν σ' αυτήν επιβάλλεται το σεισμικό φορτίο σχεδιασμού σε συνδυασμό με τα κατακόρυφα, μόνιμα και κινητά φορτία.

Οι μέθοδοι ανάλυσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό είναι η ελαστική ανάλυση ή η πλαστική ανάλυση.

#### **8.3.2.1 Ελαστική Ανάλυση**

Στην ελαστική ανάλυση το κτίριο μοντελοποιείται λαμβάνοντας υπόψη στοιχεία με γραμμική ελαστική ακαμψία, ενώ για τον υπολογισμό της δυνατότητας απορρόφησης ενέργειας χρησιμοποιείται σταθερός συντελεστής απόσβεσης 5% και ισοδύναμη χαρακτηριστική τιμή του δείκτη συμπεριφοράς που να ανταποκρίνεται πλησιέστερα στην πραγματική συμπεριφορά του.

Πρόσθετα απαιτείται να ληφθεί υπόψη η συνεισφορά των στοιχείων πληρώσεων (τοιχοποιίας). Η μοντελοποίηση μπορεί να γίνει εφαρμόζοντας μία από τις πιο κάτω μεθοδολογίες.

- Μοντέλο Ισοδύναμης διαγώνιας ράβδου
- Μοντέλο επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων

##### **8.3.2.1.1 Ελαστική Ισοδύναμη Στατική Ανάλυση**

Η σεισμική δύναμη μοντελοποιείται με την εφαρμογή ισοδύναμων οριζόντιων στατικών δυνάμεων. Ο υπολογισμός των σεισμικών δυνάμεων και η κατανομή τους καθ' ύψος γίνεται με τριγωνική κατανομή όπως και στον εν ισχύει Κυπριακό Σεισμικό Κώδικα. Τα εντατικά μεγέθη

κα οι παραμορφώσεις προκύπτουν από τους συνδυασμούς φορτίσεων που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο. Η εφαρμογή της μεθόδου επιτρέπεται σε κανονικά κτίρια όπως αυτά καθορίζονται στον Κ.Σ.Κ.

#### **8.3.2.1.2 Δυναμική Φασματική Ανάλυση**

Η σεισμική φόρτιση μοντελοποιείται με την εφαρμογή του φάσματος σχεδιασμού. Σύμφωνα με τη μεθοδολογία, υπολογίζονται καταρχήν οι ανεξάρτητες ιδιομορφές της κατασκευής και με βάση το φάσμα σχεδιασμού υπολογίζονται οι μέγιστες τιμές των αποκρίσεων για κάθε μία από τις ιδιομορφές. Λαμβάνονται υπόψη όλες οι ιδιομορφές που έχουν σημαντική συνεισφορά στην απόκριση και στη συνέχεια γίνεται επαλληλία των μεγίστων των ιδιομορφικών αποκρίσεων ώστε να υπολογιστεί η συνολική εντατική κατάσταση.

#### **8.3.2.2 Πλαστική Ανάλυση (Μη Γραμμική)**

- Πλαστική (Μη Γραμμική) Στατική Ανάλυση (Pushover Analysis)
- Πλαστική (Μη Γραμμική) Δυναμική Ανάλυση

#### **8.3.3 Μέθοδοι Εξάλειψης Ανεπαρκειών**

Ο προσδιορισμός των ανεπαρκειών σε μία κατασκευή οδηγεί ουσιαστικά στη διάγνωση του προβλήματος και καθοδηγεί στη διαδικασία αποκατάστασης και κατ'επέκταση στην επισκευή – ενίσχυση της όλης κατασκευής.

Η εμπειρία και διδάγματα από καταστρεπτικούς σεισμούς ανά το παγκόσμιο βοηθά τον μηχανικό μελετητή να σχηματίσει μία εικόνα των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν γενικά οι κατασκευές και να τον καθοδηγήσουν στο που και πως θα ανιχνεύσει, επισημάνει και κατανοήσει το πρόβλημα, όπως επίσης και κάποιες γενικές υποδείξεις, τουλάχιστο στη φάση αυτή πως να το αντιμετωπίσει. Ο συνδυασμός της εμπειρίας και της σε βάθος ανάλυσης και ερμηνείας των αποτελεσμάτων της υπολογιστικής ανάλυσης βοηθούν τον μηχανικό στην ανάπτυξη μίας μεθοδολογίας για την αντιμετώπιση και εξάλειψη των ανεπαρκειών.

Κάθε διαδικασία εξάλειψης των ανεπαρκειών μπορεί να επιτευχθεί με μία ή και περισσότερες μεθοδολογίες. Στη συνέχεια γίνεται προσπάθεια παρουσίασης και ανάπτυξης κάποιων βασικών μεθοδολογιών για την καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας που προτείνεται.

### 8.3.3.1 Αφαίρεση ή Μείωση των Υφιστάμενων Ανωμαλιών και Ασυνεχειών

Η εμφάνιση μη κανονικότητας στα κτίρια είναι συχνή και συνήθως είναι το αποτέλεσμα της παρουσίας κάποιας ασυνέχειας ή εκκεντρότητας της μάζας ή της ακαμψίας στην κατασκευή τόσο στην οριζόντια όσο και στην κατακόρυφη διεύθυνση.

Εκκεντρότητες μαζών έχουμε σε ιδιόρρυθμα σχήματα κατόψεων με εσοχές – εξοχές, μη συμμετρικά, ενώ συνέχεια στην ακαμψία έχουμε συνήθως σε κτίρια με φυτευτά υποστυλώματα, πυλωτές, κοντά υποστυλώματα, ασύνδετα κλιμακοστάσια ή ασυνέχειες τοιχωμάτων.

Οι ανωμαλίες αυτές μπορούν να εντοπιστούν από την επί τόπου οπτική επιθεώρηση αλλά και κυρίως κατά την ανάλυση της κατασκευής.

Η απλή αναίρεση της μη κανονικότητας θα ήταν πιθανό το πιο απλό μέτρο για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις της ανάλυσης.

Δραστικά μέτρα για την αναίρεση ή τη μείωση της μη κανονικότητας και των ασυνεχειών, όπως για παράδειγμα σε πολύ εύκαμπτους ή ασθενείς ορόφους, είναι η προσθήκη κάποιων αντισεισμικών τοιχωμάτων ή κάποιων διαγώνιων μεταλλικών πλαισίων στον όροφο αυτό.

Για τη βελτίωση της στρωφικής ακαμψίας του κτιρίου μπορεί να απαιτηθεί η προσθήκη κάποιων πλαισίων ή τοιχωμάτων στις πρόπουσες θέσεις έτσι ώστε να ισορροπηθεί η κατανομή των μαζών και των ακαμψιών.

Οι ασυνέχειες σε κάποια στοιχεία ή μέλη όπως είναι τα υποστυλώματα ή τα τοιχώματα μπορούν να αναιρεθούν με τη συνέχεια (επέκταση) των στοιχείων αυτών στα τμήματα της ασυνέχειας.

Η κατεδάφιση ακόμη κάποιου ακανόνιστου τμήματος ή μίας ανωμαλίας μπορεί να χαρακτηριστεί επίσης σαν διορθωτικό μέτρο.

Για την άρση της μη κανονικότητας θα μπορούσαν να δημιουργηθούν κάποιοι αντισεισμικοί αρμοί ώστε το ένα κτίριο να μετατραπεί σε δύο ή περισσότερες κανονικές κατασκευές. Τέτοιες επεμβάσεις είναι ιδιαίτερα πολύπλοκες και πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην αποφυγή άλλων προβλημάτων όπως είναι η αλληλοσύγκρουση και ο εμβολισμός μεταξύ των κατασκευών.

### 8.3.3.2 Ενίσχυση της Ακαμψίας της Κατασκευής

Μερικές εύκαμπτες κατασκευές δεν έχουν καλή αντισεισμική συμπεριφορά γιατί κάποια κρίσιμα στοιχεία και μέλη τους δεν έχουν επαρκή πλαστιμότητα ώστε να αντισταθούν στις μεγάλες πλευρικές παραμορφώσεις που προκαλεί το σεισμικό φορτίο.

Ένα μέτρο για τη βελτίωση της συμπεριφοράς είναι η αύξηση της ακαμψίας της κατασκευής ώστε η συμπεριφορά της να προκαλεί μικρότερες πλευρικές παραμορφώσεις.

Αυτό επιτυγχάνεται με την:

- Προσθήκη νέων στοιχείων όπως είναι τα τοιχώματα.
- Αύξηση των διατομών και κατά συνέπεια της ακαμψίας των υφιστάμενων στοιχείων.
- Λήψη όλων των απαραίτητων κατασκευαστικών προνοιών για την συμμετοχή των στοιχείων πληρώσεως (τοιχοποιίας) στην όλη συμπεριφορά.

### 8.3.3.3 Ενίσχυση της Αντοχής της Κατασκευής

Κάποια από τα υφιστάμενα κτίρια δεν έχουν επαρκή αντοχή στο να αντισταθούν σε οριζόντιες πλευρικές φορτίσεις. Αυτές οι κατασκευές παρουσιάζουν ανελαστική συμπεριφορά σε πολύ μικρά επίπεδα του σεισμικού φορτίου. Απαιτείται λοιπόν η αύξηση της ικανότητας για ανελαστική παραμόρφωση δηλαδή δυνατότητα για μεγαλύτερη απορρόφηση ενέργειας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με:

- Προσθήκη ή αντικατάσταση τμημάτων του υφιστάμενου οπλισμού.
- Προσθήκη νέων συνδετήρων.
- Επιδιορθώσεις με υλικά και σκυρόδεμα μεγαλύτερης αντοχής ώστε να αποφεύγονται και τα προβλήματα οξειδώσεως.
- Δημιουργία, όπου είναι εφικτό καθαρών πλαισιακών συστημάτων με ενισχυμένα δομικά στοιχεία για την ασφαλή ανάληψη του σεισμικού φορτίου.

### **8.3.3.4 Μείωση Μάζας**

Όπως προαναφέρθηκε η μάζα και η ακαμψία είναι τα δύο βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη που ελέγχουν το μέγεθος των δυνάμεων και των παραμορφώσεων που υφίστανται στην κατασκευή λόγω του σεισμικού φορτίου. Μείωση της μάζας συνεπάγεται απευθείας μείωση τόσο των δυνάμεων που εισέρχονται, όσο και των παραμορφώσεων που αναπτύσσονται. Συνεπώς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε αντικατάσταση της αύξησης της αντοχής και της ακαμψίας στην κατασκευή.

Η μάζα μπορεί να μειωθεί από αφαίρεση κάποιων προσαρτημάτων ή των στηθαίων οροφής και των μπαλκονιών, ή ακόμη και ορόφων, από την αντικατάσταση κάποιων βαρετών τοιχοποιιών πλήρωσης, επικαλύψεων, εσωτερικών διαχωριστικών ή μετακίνηση κάποιων άλλων βαρετών κινητών φορτίων, όπως των ντεποζιτών της οροφής κτλ.

Επίσης μπορούν να αφαιρεθούν οι ηλιοθραύστες (κυρίως όταν είναι οξειδωμένοι ή ρηγματωμένοι) και διακοσμητικά στοιχεία από Ο/Σ στα κλιμακοστάσια και αλλού.

### **8.3.3.5 Τοπικές Αλλαγές Στοιχείων**

Κάποια από τα υφιστάμενα κτίρια πιθανό να έχουν την απαιτούμενη αντοχή και ακαμψία. Παρόλα αυτά κάποια στοιχεία τους μπορεί να μην έχουν ικανοποιητική αντοχή.

Μία καλή μεθοδολογία γι' αυτού του τύπου κατασκευές είναι να γίνουν κάποιες τοπικές τροποποιήσεις και ενισχύσεις στα στοιχεία εκείνα που παρουσιάζουν την ανεπάρκεια, χωρίς να επηρεάζεται ή να αλλοιώνεται η βασική διάταξη του φέροντα οργανισμού.

Τοπικές τροποποιήσεις που μπορούν να γίνουν για την αύξηση της δυνατότητας παραμόρφωσης και απορρόφησης ενέργειας ώστε να ικανοποιούν τα κριτήρια αποδοχής, είναι η βελτίωση της συνδεσμολογίας των μελών και των στοιχείων αυτών καθώς επίσης η βελτίωση της δυνατότητας για απορρόφηση ενέργειας με αύξηση της αντοχής τους ενισχύοντάς τα με μανδύα με πυκνούς συνδετήρες, η πλήρης αντικατάσταση του στοιχείου μπορεί να αποτελέσει εναλλακτική λύση και ιδιαίτερα όταν πρόκειται για διατομές μικρού μεγέθους.

Η διαδικασία αυτή αποτελεί και την πλέον οικονομική λύση στην προσέγγιση για ενίσχυση των κατασκευών, αλλά προϋποθέτει ότι μόνο μερικά από τα στοιχεία και μέλη δεν είναι επαρκή.

Τοπικά διορθωτικά μέτρα και υποδείξεις για την διαδικασία που ακολουθείται όπως και υλικά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αποφασίζονται για το κάθε φέρον στοιχείο ξεχωριστά, ανάλογα με τον τύπο του, δηλαδή σε πέδιλα, υποκόλωνα, θεμελιοδοκούς, υποστυλώματα, κόμβους, δοκούς, πλάκες ή σε επιμέρους στοιχεία – κλιμακοστάσια, στηθαία κλπ.

Όσον αφορά τα κοντά υποστυλώματα προτείνεται η τοιχοπλήρωση των φεγγιτών ή η ενίσχυση του υποστηλώματος ή ο κατακόρυφος διαχωρισμός της τοιχοποιίας.

Συνοπτικές οδηγίες για επισκευή και ενίσχυση του φέροντα οργανισμού μπορούν να παρθούν από τη διεθνή βιβλιογραφία ή από οδηγίες που εκδόθηκαν για επισκευές κτιρίων που έπαθαν βλάβες από σεισμό.

## ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

Τα σχολικά κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία συνήθως είναι χτισμένα μεταξύ του 1900 και του 1960 περίπου. είναι ορθογωνικά κτίρια ή σε σχήμα γάμα ή πι χτισμένα με πουρόπετρα ή πέτρα τοπική και το ύψος τους είναι συνήθως 4-4.5 μέτρα. Η στέγη είναι δίριχτη ή τετράριχτη με ξύλινα ψαλίδια και κεραμίδια. Οι βεράντες είναι καλυμμένες και η στέγη συνήθως στηρίζεται εξωτερικά σε περιμετρική δοκό και κολώνες από πουρόπετρα. Το πάτωμά τους είναι ξύλινο ή με μωσαϊκά μαρμαράκια. Οι τοίχοι είναι θεμελιωμένοι πάνω σε συνεχές θεμέλιο. Το θεμέλιο είναι βάθους 1.5-2 μέτρα και γεμισμένο με ασβεστοκονίαμα και πέτρες ποταμού.

Σε μερικά σχολικά κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία υπάρχουν και φέροντα στοιχεία από σκυρόδεμα. Διαθέτουν ξύλινη στέγη που καλύπτει τους κλειστούς χώρους και πρόβολο από πλάκα μπετόν η οποία ξεκινά από τον ανώφλι του κυρίως κτιρίου και καταλήγει σε μικρές στρογγυλές ή τετράγωνές κολώνες επίσης από μπετόν που εδράζονται στην άκρη της βεράντας.

Κριτήριο για επισκευή ή καθαίρεση και ανακατασκευή είναι κατά πόσο είναι ασφαλή ή μπορούν να γίνουν ασφαλή και να πληρούν τα Επίπεδα Ασφάλειας που καθορίζονται στο παρόν κείμενο. Θα ληφθούν επίσης υπόψη το οικονομικό κόστος σε συνάρτηση με τον πολιτιστικό και κοινωνικό ρόλο του κτιρίου την κοινότητα. Σε περίπτωση που δεν μπορούμε να φτάσουμε τα Επίπεδα Ασφάλειας ελέγχεται κατά πόσον μπορεί να γίνει αλλαγή χρήσης του κτιρίου π.χ. γραφείο, βιβλιοθήκη ή μουσείο.

### 8.4 Κριτήρια Αποδοχής Τεχνικών Χαρακτηριστικών

#### 8.4.1 Αντοχή Φέρουσας Τοιχοποιίας

Σε περίπτωση υπολογιστικής εκτίμησης της τοιχοποιίας απαιτείται να γίνει έλεγχος της αντοχής της τοιχοποιίας με δοκίμια. Πρέπει να γίνει ικανοποιητική δειγματοληψία ώστε να επιτευχθεί αξιόπιστη εικόνα της αντοχής των τοιχοποιιών. Ο έλεγχος της αντοχής θα γίνεται με αποδεκτές μεθοδολογίες και με καθοδήγηση από εξειδικευμένη βιβλιογραφία.



## 8.4.2 Κριτήρια αποδοχής Εντατικών Μεγεθών

### 8.4.2.1 Εντατικά Μεγέθη

#### Τοιχοποιίες:

Υπολογίζονται τα εντατικά μεγέθη για τους ακόλουθους συνδυασμούς δράσεων.

$$1.35 \times G + 1.5 \times Q$$

$$1.00 \times G + 0.50 \times Q + E(G + 0.50 \times Q)$$

Όπου:

G = Μόνιμα Φορτία Q = Κινητά Φορτία όπου για τις αίθουσες διδασκαλίας η τιμή είναι 3kN/m<sup>2</sup>

E = Σεισμικό φορτίο (στις 4 διευθύνσεις 0°, 90°, 180°, και 270°)

#### Ξύλινες κατασκευές:

Χρησιμοποιούνται οι συνδυασμοί φόρτισης σύμφωνα με αποδεκτό κώδικα.

### 8.4.2.2 Απαλλαγή από απαίτηση υπολογισμού

Σχολικά κτίρια θα θεωρούνται ότι πληρούν τα Επίπεδα Ασφάλειας και απαλλάσσονται από την μελέτη υπολογισμού αν πληρούν τα ακόλουθα:

- α) Να έχουν φέροντες τοίχους σε δύο κύριες και κάθετες μεταξύ τους κατευθύνσεις.
- β) Όλοι οι τοίχοι του ορόφου (αν υπάρχει) να εδράζονται πάνω σε τοίχους του ισογείου. Σε περίπτωση που αυτό δεν συμβαίνει πρέπει να ελέγχεται η ευστάθεια.
- γ) Σε κάθε φέροντα τοίχο ο λόγος  $\alpha = \Sigma L / L$  όπου L το ολικό μήκος του τοίχου και  $\Sigma L$  το μήκος μετά την αφαίρεση των ανοιγμάτων (πόρτες, παράθυρα) να μην είναι μικρότερο από 0.50 για μονώροφα και 0.60 για διώροφα σχολικά κτίρια. Στον υπολογισμό του μεγέθους  $\Sigma L$  θα λαμβάνονται υπόψη μόνο τα τμήματα του τοίχου που έχουν ελάχιστο μήκος 600mm για μονώροφα και 800mm για διώροφα.
- δ) Το ελεύθερο μήκος του φέροντα τοίχου να μην είναι μεγαλύτερο από 6 μέτρα.
- ε) Ελάχιστο πάχος φερόντων τοίχων 200mm για τοίχους από γεμάτα τούβλα ή δυνατές πουρόπετρες και 400mm για φέροντες τοίχους από πέτρες.

στ) Η τοιχοποιία να μην έχει έντονες ή διαμπερείς ρηγματώσεις και να μην υπάρχουν αποδιοργανωμένοι τοίχοι ή σοβαρές ρωγμές.

ζ) Η στέγη να μην έχει σάπια ξύλα και να μην υπάρχουν μεγάλα βέλη κάμψης. Σε περίπτωση μικτών κατασκευών θα λαμβάνεται υπόψη πως επηρεάζει η κατασκευή από σκυρόδεμα την φέρουσα τοιχοποιία.

### **8.4.3 Οικονομικά Κριτήρια Αποδοχής**

Για κάθε μεθοδολογία ενίσχυσης που επιλέγεται και η οποία πληροί τις τεχνικές απαιτήσεις του Επιπέδου Ασφάλειας απαιτείται στη συνέχεια τεχνοοικονομική μελέτη για προσδιορισμό του κόστους εκτέλεσης.

Στην περίπτωση αυτών των κτιρίων μπορεί να γίνει αποδεκτό ψηλό κόστος επισκευής – ενίσχυσης γιατί συνυπολογίζονται οι ιστορικοί, πολιτιστικοί και κοινωνικοί παράγοντες, ο ρόλος του σχολικού κτιρίου στην κοινότητα και η απόφαση για την διαδικασία επέμβασης θα λαμβάνεται για κάθε περίπτωση ξεχωριστά.

## **8.5 Μεθοδολογία Ενίσχυσης**

### **8.5.1 Μέθοδοι Ενίσχυσης – Αποκατάστασης**

Σε περίπτωση υπολογιστικής εκτίμησης ακολουθούνται διαδικασίες αντίστοιχες με αυτές που περιγράφονται στην παράγραφο 3.1 για οπλισμένο σκυρόδεμα.

Στις περιπτώσεις που τα κτίρια θα απαλλαγούν από την υπολογιστική ανάλυση εντοπίζονται τα σημεία στα οποία δεν ικανοποιούνται οι όροι της παραγράφου 4.2.2 και γίνονται οι απαραίτητες επισκευές – αλλαγές ώστε να πληρούνται όλοι οι όροι της παραγράφου.

### **8.5.2 Μέθοδοι Εξάλειψης Ανεπαρκειών**

Ο προσδιορισμός των ανεπαρκειών σε μια κατασκευή οδηγεί ουσιαστικά στη διάγνωση του προβλήματος, από πού δηλαδή προέρχονται οι ζημιές ή κίνδυνοι – σεισμούς, καθιζήσεις, φθορές, έδαφος για να γίνει αναίρεση των αιτιών τους με τη σωστή διαδικασία αποκατάστασης και κατ' επέκταση επισκευή – ενίσχυση της όλης κατασκευής. Κάθε διαδικασία εξάλειψης των ανεπαρκειών μπορεί να επιτευχθεί με μία ή και περισσότερες μεθοδολογίες. Στη συνέχεια γίνεται προσπάθεια παρουσίασης και ανάπτυξης κάποιων βασικών μεθοδολογιών για την καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας που προτείνεται.

### **8.5.2.1 Αφαίρεση ή Μείωση των Υφιστάμενων Ανωμαλιών και Ασυνεχειών**

Η εμφάνιση μη κανονικότητας στα κτίρια είναι συχνή και συνήθως είναι το αποτέλεσμα της παρουσίας κάποιας ασυνέχειας ή εκκεντρότητας της μάζας ή της ακαμψίας στην κατασκευή τόσο στην οριζόντια όσο και στην κατακόρυφη διεύθυνση.

Οι ανωμαλίες αυτές μπορούν να εντοπιστούν από την επί τόπου οπτική επιθεώρηση ή κατά την ανάλυση της κατασκευής.

Η απλή αναίρεση της μη κανονικότητας θα ήταν πιθανό το πιο απλό μέτρο για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις του Επιπέδου Ασφάλειας.

Η κατεδάφιση κάποιου ακανόνιστου τμήματος ή μιας ανωμαλίας μπορεί να χαρακτηριστεί σαν διορθωτικό μέτρο.

Προσθήκη τοιχοποιίας σε στρατηγικά σημεία ή κλείσιμο ανοιγμάτων κλπ.

### **8.5.2.2 Ενίσχυση της Ακαμψίας της Κατασκευής**

Ένα μέτρο για τη βελτίωση της συμπεριφοράς είναι η αύξηση της ακαμψίας της κατασκευής ώστε η συμπεριφορά της να προκαλεί μικρότερες πλευρικές παραμορφώσεις. Αυτό επιτυγχάνεται με την:

- Προσθήκη νέων στοιχείων όπως είναι οι τοιχοποιίες.
- Αύξηση των διατομών και κατά συνέπεια της ακαμψίας των υφιστάμενων στοιχείων.

### **8.5.2.3 Ενίσχυση της Αντοχής της Κατασκευής**

Κάποια από τα υφιστάμενα κτίρια δεν έχουν επαρκή αντοχή στο να αντισταθούν σε οριζόντιες πλευρικές φορτίσεις. Αυτές οι κατασκευές παρουσιάζουν ανελαστική συμπεριφορά σε πολύ μικρά επίπεδα του σεισμικού φορτίου. Απαιτείται λοιπόν η αύξηση της ικανότητας για ανελαστική παραμόρφωση δηλαδή δυνατότητα για μεγαλύτερη απορρόφηση ενέργειας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με:

- Προσθήκη ισχυρού διαζώματος στη στάθμη εδράσεως της στέγης, όπου είναι εφικτό.
- Χρήση ελκυστήρων.
- Επιπλεγμάτωση τοίχων.
- Τσιμεντενέσεις.

- Συρραφές τοιχοποιίας.
- Δημιουργία διαφράγματος στο επίπεδο οροφής.

#### **8.5.2.4 Μείωση Μάζας**

Όπως προαναφέρθηκε, η μάζα και η ακαμψία είναι τα δύο βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη που ελέγχουν το μέγεθος των δυνάμεων και των παραμορφώσεων που υπεισέρχονται στην κατασκευή λόγω του σεισμικού φορτίου. Μείωση της μάζας συνεπάγεται απευθείας μείωση τόσο των δυνάμεων που εισέρχονται, όσο και των παραμορφώσεων που αναπτύσσονται. Συνεπώς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε αντικατάσταση της αύξησης της αντοχής και της ακαμψίας στην κατασκευή.

Η μάζα θα μπορούσε να μειωθεί από αφαίρεση βαρειών επιστεγασμάτων, βαρειών γείσων, μπαλκονιών ή μετακίνηση κάποιων άλλων βαρετών κινητών φορτίων ( ντεπόζιτα κλπ. )

#### **8.5.2.5 Τοπικές Αλλαγές Στοιχείων και Επιδιόρθωση Υφιστάμενων Βλαβών**

Σε μερικά κτίρια οι ανεπάρκειες περιορίζονται σε τοπικά στοιχεία.

Σε τέτοια κτίρια μπορούν να γίνουν κάποιες τοπικές τροποποιήσεις και ενισχύσεις στα στοιχεία εκείνα που παρουσιάζουν την ανεπάρκεια χωρίς να επηρεάζεται ή να αλλοιώνεται η βασική διάταξη του φέροντα οργανισμού.

Τοπικά διορθωτικά μέτρα και οι διαδικασίες που ακολουθούνται όπως και υλικά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αποφασίζονται για το κάθε φέρον στοιχείων ξεχωριστά.

Αναφέρονται ενδεικτικά κάποια διορθωτικά μέτρα:

1. Όταν πρόκειται για λιθοδομή μικρού πάχους με ρωγμές λίγων χιλιοστών γίνεται καλό καθάρισμα και πλύσιμο της ρωγμής και μετά γέμισμα με ασβεστο-τσιμεντοκονίαμα όσο γίνεται βαθύτερα μέσα στην ρωγμή.
2. Όταν πρόκειται για μεγάλου πάχους λιθοδομή με απλή και αραιή σχετικά ρηγμάτωση τότε χρησιμοποιείται η τεχνική των τσιμεντενέσεων.
3. Στην έντονη ρηγμάτωση τοίχων αφαιρούνται πέτρες σε πλάτος 15-20 cm γύρω από τη ρωγμή και ξαναχτίζεται ο τοίχος χρησιμοποιώντας μακρόστενες πέτρες με τέτοιο τρόπο ώστε να γεφυρώνεται η ρωγμή. Άλλη μέθοδος είναι η τοποθέτηση μεταλλικών λαμών

συρραφής αφού καθαιρεθούν οι βλαμμένες πέτρες και αντικατασταθούν με νέες και ασβεστο-τσιμεντοκονίαμα.

4. Στο τοπικό καμπούριασμα του τοίχου απαιτείται η καθαίρεση και ανακατασκευή του τοίχου σε αρκετό πλάτος. Η ανακατασκευή μπορεί να αποφευχθεί αν η μία πλευρά παραμένει κατακόρυφη και είναι αρκετά στερεή οπότε γίνεται ξανακτίσιμο και τμηματικό γέμισμα των κενών με ασβεστο-τσιμεντοκονίαμα.
5. Η επισκευή-ενίσχυση γωνιάς γίνεται με καλό ξανακτίσιμο μαζί με επισκευή ή προσθήκη διαζώματος από Ο.Σ. όπου χρειάζεται και είναι εφικτό. Η επισκευή-ενίσχυση τοίχων που αποσυνδέθηκαν μπορεί να γίνει με λιθοσυρραφή.
6. Τα διαζώματα και τα υπέρθυρα επισκευάζονται γενικά όπως τα δοκάρια. Σε πολλά διαζώματα ή ανώφλια τα μεταλλικά στοιχεία που έχουν υποστεί βλάβη ή είναι σκουριασμένα πρέπει να αντικαθίστανται.
7. Στέγες που έχουν υποστεί φανερές βλάβες πρέπει να επισκευάζονται και να ενισχύονται (ενίσχυση ζευκτών στέγης και σύνδεση μεταξύ τους, αύξηση διαφραγματικής λειτουργίας της στέγης, στερέωση αετωμάτων, κλπ.)
8. Σε περίπτωση που έχει διαπιστωθεί βλάβη τοίχων από διαφορικές καθιζήσεις ή ολισθήσεις πρέπει να εξεταστεί αν απαιτείται ενίσχυση της θεμελίωσης και προστασία του υπεδάφους (εγκιβωτισμός, πάσσαλοι, υποθεμελιώσεις από Ο.Σ. ή κατασκευή περιμετρικής ζώνης από Ο.Σ. γύρω από το κτίριο στη στάθμη θεμελιώσεων, κλπ.)

Οδηγίες για επισκευή και ενίσχυση του φέροντα οργανισμού μπορούν να παρθούν από τη διεθνή βιβλιογραφία ή από οδηγίες που εκδόθηκαν για επισκευές κτιρίων που έπαθαν βλάβες από σεισμό.