



# ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΤΗΡΗΤΕΟΥ ΝΕΟΓΟΤΘΙΚΟΥ ΡΥΘΜΟΥ

Στην οδό Θήρας 54, Αθήνα

## ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

“ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ  
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ  
ΑΕΙΦΩΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ”

ΤΜΗΜΑ: ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ  
ΑΤΤΙΚΗΣ

## ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ

ΦΙΑΜΕΓΚΟΥ ΘΕΟΔΩΡΑ

## ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

κ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΡΕΠΑΠΗΣ

Δεκέμβριος 2020, Αθήνα

<b>Ευχαριστίες</b> .....	<b>3</b>
<b>Πρόλογος</b> .....	<b>4</b>
<b>Περίληψη</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Φορείς από φέρουσα τοιχοποιία</b> .....	<b>5</b>
1.1. Λίγα λόγια για την τοιχοποιία .....	5
1.1.1. Είδη των λιθοσωμάτων .....	5
1.1.2. Τοιχοποιίες από φυσικούς λίθους .....	5
1.1.3. Τοιχοποιίες από τεχνητούς λίθους .....	6
1.2. Τα είδη της τοιχοποιίας .....	7
1.2.1. Τρόποι δόμησης μιας τοιχοποιίας .....	8
1.3. Διαδικασία ανάλυσης – ελέγχου – αποτίμησης φορέα .....	8
1.3.1. Έλεγχος υφιστάμενου κτηρίου .....	8
1.4. Προσδιορισμός αντοχών τοιχοποιίας .....	10
1.4.1. Θλιπτική αντοχή μονόστρωτης ή δίστρωτης με διάτονα λιθοσώματα .....	10
1.4.2. Θλιπτική αντοχή δίστρωτης τοιχοποιίας χωρίς με διάτονα λιθοσώματα .....	11
1.4.3. Θλιπτική αντοχή τρίστρωτης τοιχοποιίας .....	12
1.4.4. Θλιπτική αντοχή ενισχυμένης με ένεμα τρίστρωτης τοιχοποιίας .....	13
<b>2. Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων γι’ “απλά” κτήρια από τοιχοποιία</b> .....	<b>13</b>
2.1. Έλεγχοι επάρκειας βάσει των κανονισμών .....	16
2.2. Διάκριση πρωτευόντων – δευτερευόντων στοιχείων .....	17
2.3. Συντελεστής ασφαλείας .....	18
2.4. Έλεγχοι κατά EC8-3 .....	20
2.4.1. Στοιχεία υπό αξονική δύναμη και κάμψη .....	20
2.4.2. Στοιχεία υπό τέμνουσα δύναμη .....	21
2.5. Έλεγχοι κατά ΚΑΔΕΤ .....	22
2.5.1. Στοιχεία από άοπλη τοιχοποιία υπό εντός επιπέδου ορθή κάμψη .....	22
2.5.2. Στοιχεία από άοπλη τοιχοποιία υπό τέμνουσα .....	23
2.5.3. Στοιχεία από άοπλη τοιχοποιία υπό εκτός επιπέδου κάμψη με θεώρηση ανενεργού περιοχής .....	24
2.5.4. Στοιχεία από άοπλη τοιχοποιία υπό εκτός επιπέδου κάμψη με κλασική θεώρηση .....	25
2.6. Σύγκριση διατιθέμενων κανονισμών .....	26
2.6.1. Πεδία εφαρμογής των κανονισμών .....	26
2.6.2. Μέθοδοι ανάλυσης των κατασκευών .....	27
2.6.2.1. Ελαστική στατική ανάλυση .....	28
2.6.2.2. Ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης .....	28
2.6.2.3. Έλεγχοι επάρκειας των μελών .....	28

<b>3. Αποτίμηση υφιστάμενου κτηρίου από φέρουσα τοιχοποιία</b> .....	<b>30</b>
3.1. Περιγραφή κτηρίου – Ιστορική περιγραφή .....	30
3.2. Λίγα λόγια για τη γοτθική αρχιτεκτονική .....	31
3.3. Νεογοτθικά κτήρια στην Ελλάδα .....	32
3.4. Οριοθέτηση κτηρίου .....	35
3.4.1. Τοπογραφικό διάγραμμα .....	35
3.4.2. Προγενέστερα σχέδια .....	36
3.4.3. Αρχιτεκτονικά σχέδια κτηρίου .....	37
3.5. Φωτογραφική τεκμηρίωση .....	47
3.6. Παθολογία – Υπάρχουσα κατάσταση .....	48
3.6.1. Κλιμακοστάσιο .....	48
3.6.2. Δάπεδα .....	48
3.6.3. Τοιχοποιία .....	49
3.7. Αρχιτεκτονικά σχέδια ξυλοτύπου .....	50
<b>4. 3D Απεικόνιση με τη χρήση 3D max της Autodesk</b> .....	<b>53</b>
<b>5. Προσομοίωση φορέα από φέρουσα τοιχοποιία</b> .....	<b>56</b>
5.1. Γενικά .....	56
5.1.1. Καθορισμός παραμέτρων υλικών .....	56
5.2. Δημιουργία 3d προσομοιώματος με το software Seismostruct2021.....	57
5.2.1. Υπολογισμός και προσομοίωση κατακόρυφων δράσεων .....	58
5.3. Μη γραμμικές στατικές αναλύσεις - pushover.....	59
5.3.1. Μη γραμμική στατική ανάλυση (pushover) – Τριγωνική κατανομή .....	59
5.3.2. Μη γραμμική στατική ανάλυση (pushover) – Ομοιόμορφη κατανομή .....	65
5.3.3. Συγκριτικά αποτελέσματα τριγωνικής – ομοιόμορφης κατανομής .....	70
5.4. Δυναμική ανάλυση χρονοιστορίας .....	71
5.4.1. Σεισμός Αθήνας 1999 – 1η καταγραφή .....	71
5.4.2. Σεισμός Αθήνας 1999 – 2 <sup>η</sup> καταγραφή .....	75
5.4.3. Σεισμός Αθήνας 1999 – 3 <sup>η</sup> καταγραφή .....	79
5.5. Συγκριτικά αποτελέσματα των δυναμικών αναλύσεων .....	83
<b>6. Συμπεράσματα</b> .....	<b>86</b>
6.1. Βιβλιογραφία .....	87

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη διεκπεραίωση αυτής της διπλωματικής εργασίας θα ήθελα πρωτίστως να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Ρεπαπή, καθώς σε οτιδήποτε χρειάστηκα ήταν εκεί όχι μόνο να με καθοδηγήσει, αλλά και να μου εξηγήσει/καλύψει τα κενά που προϋπήρχαν, χωρίς επικριτική στάση. Είναι πρότυπο καθηγητή και μακάρι να ήταν έτσι η πλειοψηφία του ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια και τον άνθρωπό μου, για την αμέριστη υποστήριξή τους. Καθώς, με τη βοήθειά που ο καθένας πρόσφερε, κατέστησε δυνατή την απόκτηση του διπλώματος αυτού.

Για τη δημιουργία του φωτορεαλιστικού τρισδιάστατου προσομοιώματος με τη χρήση 3d max της Autodesk, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καλό φίλο και πρώην συνάδελφο Γιώργο Λιαραμάντζα που με βοήθησε να το υλοποιήσουμε.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής με τίτλο «Δομοστατικά Έργα».

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εξετάζεται και μελετάται η σεισμική συμπεριφορά μίας διώροφης κτηριακής κατασκευής από φέρουσα τοιχοποιία. Αφορά ένα κτήριο στην οδό Θήρας 54 της πλατείας Αμερικής, που κηρύχθηκε διατηρητέο το 2008 από τον ΥΠΕΧΩΔΕ.

Πιο αναλυτικά, στη παρούσα εργασία, διερευνάται η σεισμική απόκριση του κτηρίου όπου αποτελείται από 4 ( τέσσερα ) επίπεδα. Υπόγειο, ισόγειο, Α' όροφος, Β' όροφος και δώμα. Σχετικά με την κατασκευή, λεπτομέρειες για την οποία θα δοθούν στα προσεχή κεφάλαια, θα ελεγχθούν η επάρκεια των φερόντων τοίχων σύμφωνα με τις διατάξεις των ισχυόντων κανονισμών και πιο συγκεκριμένα του Ευρωκώδικα 8 (Μέρος 3) και του ΚΑΔΕΤ. Το πόρισμα που υπήρξε από τους ελέγχους επάρκειας της υφιστάμενης κατασκευής για τα σεισμικά φάσματα των κανονισμών του EC8-1, ήταν **καμπτική** και **διατμητική** αστοχία σε πεσσούς και υπέρθυρα για στάθμη επιτελεστικότητας η οποία κυμαίνεται από Περιορισμένες Βλάβες μέχρι και Σημαντικές Βλάβες.

Για να προσομοιωθεί η κατασκευή έγινε χρήση του ηλεκτρονικού λογισμικού *Seismostruct 2021*.

Σκοπός της εργασίας / έρευνας είναι η εκτενέστερη κατανόηση της συμπεριφοράς μίας κατασκευής από φέρουσα τοιχοποιία εκτεθειμένη σε σεισμικά φορτία, όπως επίσης και η καταγραφή όλων των πιθανών μορφών αστοχίας έναντι των παραπάνω φορτίων λόγω της ιδιαίτερης σπουδαιότητας του κτηρίου. Η μελέτη αυτή αποσκοπεί και στη διερεύνηση εναλλακτικών σεναρίων / επεμβάσεων τα οποία εξετάζουν και την επιτελεστικότητα του κτηρίου και προτείνοντας επεμβάσεις για την αναβάθμισή του.

## 1. ΦΟΡΕΙΣ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

### 1. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Η τοιχοποιία αποτέλεσε κυρίαρχη για τις κατασκευές όλων των έργων παγκοσμίως, μέχρις ότου έκανε την εμφάνισή του ο χάλυβας (περίπου στα μέσα του 19ου αιώνα) και το σκυρόδεμα (αρχές του 20ου αιώνα). Ωστόσο, αποτελούν εξαίρεση ορισμένες περιοχές, όπου χρησιμοποιήθηκε το ξύλο ως κύριο υλικό δόμησης.

Πρόκειται για ένα σύνθετο υλικό αποτελούμενο ως επί τω πλείστον από λιθοσώματα και συνδετικό κονίαμα. Με βάση το **είδος** των λιθοσωμάτων από το οποίο είναι κατασκευασμένες, τη **λειτουργία** τους στην κατασκευή αλλά και τον **τρόπο** δόμησής τους, οι τοιχοποιίες χωρίζονται σε κατηγορίες έχοντας κάποια κοινά χαρακτηριστικά, οι οποίες αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω.

#### 1.1.1. ΕΙΔΗ ΤΩΝ ΛΙΘΟΣΩΜΑΤΩΝ

Η προέλευση του λιθοσώματος, δηλαδή αν είναι φυσικό ή τεχνητό, διαχωρίζει τις τοιχοποιίες σε δυο βασικές κατηγορίες:

- τοιχοποιίες από **φυσικούς λίθους** (λιθοδομές) και
- τοιχοποιίες από **τεχνητά τοιχώματα** (πλινθοδομές).

#### 1.1.2. ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΕΣ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΟΥΣ ΛΙΘΟΥΣ

Αποτελούν το αρχαιότερο και το κυριότερο δομικό υλικό σε πολλές περιοχές παγκοσμίως, έως ότου το σκυρόδεμα γίνει ευρέως γνωστό και εφαρμοστεί σε πληθώρα κατασκευών.

Οι λίθοι είναι προερχόμενοι από φυσικά και τις περισσότερες φορές ανθεκτικά πετρώματα, οι οποίοι κατόπιν μικρού ή μεγάλου βαθμού επεξεργασίας καταλήγουν να έχουν το επιθυμητό σχήμα ώστε να είναι ικανά να χρησιμοποιηθούν σε συγκεκριμένες κατασκευές.

Από γεωλογικής σκοπιάς, και ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους, οι λίθοι που χρησιμοποιούνται ως δομικά υλικά έχουν προέλευση:

- ιζηματογενή,
- ηφαιστειογενή και
- μεταμορφωσιγενή.

**ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ:** Προήλθαν από αποθέσεις υδατικών διαλυμάτων ή από τη μεταφορά μέσω του ανέμου, υλικών που προήλθαν από τη διάβρωση των ηφαιστειακών πετρωμάτων και στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ασβεστόλιθοι και οι ψαμμίτες.

**ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΓΕΝΗ:** Προέρχονται από τη στερεοποίηση ηφαιστειακής ύλης και στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι γρανίτες.

**ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΙΓΕΝΗ:** Ανήκουν τα μάρμαρα και οι σχιστόλιθοι. Πήραν το σχήμα τους από ανακρυστάλλωση των ιζηματογενών ή ηφαιστειογενών πετρωμάτων, η οποία συνέβη κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας. Επιπροσθέτως, ο σχηματισμός μπορεί να είναι εφικτός λόγω φυσικοχημικές δράσεις.

Οι τοιχοποιίες από φυσικούς λίθους, ανάλογα με το αν έχουν ή όχι **συνδετικό κονίαμα** διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

**ΞΗΡΟΛΙΘΟΔΟΜΕΣ:** Πρόκειται για λιθοδομές που δε χρησιμοποιούν συνδετικό κονίαμα και αποτελούνται από φυσικούς λίθους οι οποίοι δεν έχουν υποστεί επεξεργασία.

**Αρνητικά:** Αδυναμία στο να αναλάβουν σημαντικά οριζόντια φορτία. Γι' αυτό και σήμερα στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται 12 κυρίως για περιφράξεις αλλά και πρόχειρους χαμηλούς τοίχους αντιστήριξης.

Στο παρελθόν ξερολιθιές από μεγάλους λίθους (ογκόλιθους) είχαν χρησιμοποιηθεί και για την κατασκευή προσωρινών καταλυμάτων κυρίως στην περιοχή της Μάνης.

**ΛΙΘΟΔΟΜΕΣ:** Τοιχοποιίες που ως βασικό υλικό κατασκευής φυσικούς λίθους συγκολλημένους με την χρήση κονιάματος. Στο παρελθόν χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή κάθε είδους δομήματος, όπως για παράδειγμα οικοδομές, γέφυρες, τοίχοι αντιστήριξης και οχυρωματικά έργα.

Από το παρελθόν ακόμη υπήρξε το κατ' εξοχήν οικοδομικό υλικό για χιλιάδες χρόνια σε κάθε μεριά του κόσμου. Εξαιρεση αποτελούσαν οι περιοχές που βρίσκονταν σε συμβολές μεγάλων ποταμών, π.χ. στη Μεσοποταμία, όπου χρησιμοποιήθηκαν κυρίως ωμόπλινθοι.

Οι λιθοδομές χρησιμοποιούνταν μέχρι να κάνει την εμφάνιση του το οπλισμένο σκυρόδεμα για κατασκευή κάθε είδους, ενώ έδωσε τη θέση του στους οπτόπλινθους όταν συστηματοποιήθηκε η παραγωγή τους (τέλη του 19ου αιώνα).

**ΧΥΤΕΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣΕΙΣ:** Κατασκευάζονται από πλαστικά μείγματα πηλού, κροκάλων και σκυροδέματος, τα οποία στη συνέχεια ομογενοποιούνται και σκληραίνουν με αποτέλεσμα ν' αποτελούν ένα ενιαίο σύνολο τοίχου.

Χυτές είναι και οι ρωμαϊκές τοιχοποιίες στις οποίες για καλούπι έχουν χρησιμοποιηθεί συμπαγείς οπτόπλινθοι, αποτελώντας έτσι την εξωτερική επένδυση των τοίχων.

Χυτές τοιχοποιίες είναι και οι προκατασκευασμένοι τοίχοι από σκυρόδεμα που κατασκευάζονται βιομηχανικά. Τέλος όταν το καλούπι αφαιρείται προκύπτει η τοιχοποιία είτε έχει οπλισμό, είτε όχι.

### 1.1.3. ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΕΧΝΗΤΟΥΣ ΛΙΘΟΥΣ

Στις (πλινθοδομές) το υλικό των τοιχοσωμάτων (πλίνθων) των πλινθοδομών είναι βιοτεχνικό ή βιομηχανικό προϊόν κατασκευαζόμενο είτε επί τόπου είτε μακριά απ' το έργο. Το κύριο χαρακτηριστικό των τεχνητών τοιχοσωμάτων είναι το συγκεκριμένο σχήμα και οι σταθερές διαστάσεις που αυτά διατίθενται. Ανάλογα με το υλικό των τεχνητών τοιχοσωμάτων οι πλινθοδομές διακρίνονται σε:

**ΩΜΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ:** Όταν το υλικό είναι ωμόπλινθοι δηλαδή άψητες "χωματόπλιθες", υλικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε αρχικά στη Μεσοποταμία πριν από 12.000 χρόνια περίπου. Στην Ελλάδα, στις πεδινές περιοχές χρησιμοποιήθηκε σε οικοδομικά έργα μέχρι τα πρώτα μετεπαναστατικά χρόνια και σε αγροικίες μέχρι την εμφάνιση των τιμεντόλιθων. Σε περιοχές της γης όπου η πέτρα είναι σπάνιο υλικό, οι ωμόπλινθοι χρησιμοποιήθηκαν σε πολύ μεγαλύτερη έκταση από όση στην Ελλάδα. Ένα σημαντικό τμήμα των κτιρίων των μη ανεπτυγμένων χωρών αποτελείται από ωμόπλινθους. Η χαμηλή αντοχή τους σε ισχυρές σεισμικές δυνάμεις είναι η αιτία των μεγάλων καταστροφών στις περιοχές αυτές οι οποίες συνοδεύονται και από μεγάλο αριθμό θυμάτων.

**ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ:** Όταν αποτελούνται από ψημένες (οπτές) πλίνθους, κοινώς τούβλα, τα 13 οποία είναι συνήθως από αργιλικό υλικό (πηλό). Κατασκευές από φέρουσα οπτοπλινθοδομή αποτελούν την πλειονότητα των κτιρίων σε πολλές περιοχές του κόσμου. Τοιχοποιίες από οπτοπλινθοδομή κατασκευάζονται σήμερα είτε ως φέρουσες είτε ως τοιχοπληρώσεις σε κατασκευές με φέροντα οργανισμό από σκυρόδεμα ή χάλυβα. Στην Ελλάδα οι οπτόπλινθοι είναι σήμερα σχεδόν το αποκλειστικό υλικό πληρώσεως στα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα.

**ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ:** Όταν τα τοιχοσώματα είναι τσιμεντόλιθοι, δηλαδή τεχνητά τοιχοσώματα με βάση το σκυρόδεμα. Σήμερα στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται για την κατασκευή περιφράξεων και αγροτικών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Λόγω της κακής θερμομονωτικής ικανότητάς τους η χρήση τους για κατοικία είναι απαγορευτική. Σε πολλές χώρες χρησιμοποιούνται ευρέως ειδικού τύπου τσιμεντόλιθοι με θερμομονωτικές ιδιότητες, κυρίως για την κατασκευή οπλισμένης τοιχοποιίας. Τελευταία, έχουν παραχθεί ειδικά τοιχοσώματα τα οποία κυκλοφορούν στην αγορά με διάφορες εμπορικές ονομασίες, απαντώνται σε ποικιλία διαστάσεων και έχουν ως βάση το τσιμέντο, αλλά διαθέτουν ικανοποιητικές θερμομονωτικές ικανότητες λόγω της κυψελοειδούς μορφής της δομής τους. Όταν τα αδρανή είναι από κίσηρη τότε εξασφαλίζεται αυξημένη θερμομονωτική ικανότητα και οι πλίνθοι ονομάζονται κισηρόλιθοι.

## 1. ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ

### ΦΕΡΟΥΣΕΣ

Ονομάζονται οι τοιχοποιίες όταν προορίζονται να μεταφέρουν στο έδαφος κατακόρυφα ή και οριζόντια φορτία, σε αντίθεση με αυτές που κατασκευάζονται για τη διαμόρφωση των χώρων. Σε ένα κτήριο χωρίς σκελετό, φέροντες είναι οι τοίχοι που μεταφέρουν τα κατακόρυφα φορτία από τη στέγη και τα πατώματα στο έδαφος. Υπό σεισμική δράση, τόσο αυτοί οι τοίχοι όσο και όσοι συνδέονται με αυτούς είναι φέροντες. Στη διεθνή βιβλιογραφία οι τοίχοι που συνεισφέρουν στη διατμητική αντίσταση των κτιρίων ονομάζονται διατμητικοί τοίχοι. Αλλά ακόμα και οι τοίχοι πλήρωσης των πλαισίων σε κτίρια με σκελετό, υπό ορισμένες συνθήκες σύνδεσης με τα πλαίσια, είναι φέροντες για οριζόντια φόρτιση και σε αυτό οφείλεται η διαγώνια ρηγμάτωσή τους. Σε ένα κτίριο από φέρουσα τοιχοποιία όλα τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία πρέπει να κατασκευάζονται πριν από τα οριζόντια που στηρίζουν.

### ΠΛΗΡΩΣΕΩΣ

ονομάζονται οι τοιχοποιίες οι οποίες δεν προορίζονται για να μεταφέρουν φορτία αλλά κατασκευάζονται για να διαμορφώσουν τους χώρους σε ένα οικοδόμημα. Οι μη φέροντες τοίχοι σε ένα κτίριο από φέρουσα τοιχοποιία πρέπει να κατασκευάζονται μετά την κατασκευή των πατωμάτων ή πλακών, εκτός αν λαμβάνεται μέριμνα ώστε να μην είναι δυνατή η μεταφορά φορτίων σε αυτούς.

### ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

ονομάζονται οι τοιχοποιίες οι οποίες στηρίζουν γαιώδη πρηνή. Στο σημείο αυτό πρέπει να διαχωριστούν οι παλαιότερες πραγματικές τοιχοποιίες αντιστήριξης από τις νεώτερες που αποτελούν στην πραγματικότητα επένδυση τοίχων αντιστήριξης από οπλισμένο σκυρόδεμα και γίνονται για αισθητικούς λόγους ή για την εναρμόνιση των τοίχων με το περιβάλλον.



## ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Ονομάζονται οι τοιχοποιίες οι οποίες κατασκευάζονται εν επαφή με τοίχους των ανωτέρω κατηγοριών ή με στοιχεία από σπλισμένο σκυρόδεμα και χρησιμοποιούνται μόνο για διακοσμητικούς σκοπούς. Η δόμησή τους μπορεί να είναι ιδιαίτερα επιμελής μιμούμενη τη λαξευμένη λιθοδομή ή λιγότερο, οπότε δίνει την εντύπωση πλακολιθοδομής ή να είναι από ειδικές διακοσμητικές πλίνθους.

### 1.1.1. ΤΡΟΠΟΙ ΔΟΜΗΣΗΣ ΜΙΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

Μία τοιχοποιία, είτε είναι από φυσικούς είτε από τεχνητούς λίθους, διακρίνεται σε συμπαγή, σε κοίλη και σε τοιχοποιία με πυρήνα. Σε μία κατακόρυφη τομή σε συμπαγή τοιχοποιία δε διακρίνονται κατακορύφως ξεχωριστές στρώσεις, ενώ στην κοίλη διακρίνονται εξωτερική και εσωτερική στρώση και ανάμεσά τους πυρήνας είτε κενός, είτε πληρωμένος με κονίαμα, το οποίο μπορεί να είναι κροκαλόδεμα ή σκυρόδεμα ή τσιμεντοκονίαμα. Εφόσον μία κοίλη τοιχοποιία με κενό πυρήνα χρησιμοποιείται ως φέρουσα είναι απαραίτητη η σύνδεση των κατακόρυφων στρώσεων με συνδέσμους και κάθε μία στρώση πρέπει να έχει ελάχιστο πάχος 10cm. 1.2

## 2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ – ΕΛΕΓΧΟΥ – ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΦΟΡΕΑ

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται συνοπτικά η διαδικασία που ακολουθείται με σκοπό την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας ενός υφισταμένου κτηρίου από φέρουσα τοιχοποιία. Αρχικά είναι απαραίτητη η επίσκεψη στο χώρο της κατασκευής, η εξέταση της κατάστασης αυτής και η καταγραφή όλων των εμφανών βλαβών που φέρει. Στη συνέχεια πραγματοποιούνται μετρήσεις σε διάφορα χαρακτηριστικά σημεία της κατασκευής, με τη χρήση εξειδικευμένων οργάνων μέτρησης, από τις οποίες προκύπτουν τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών κατασκευής. Βάσει αυτών των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών, με τη χρήση των ισχυόντων κανονισμών, προκύπτει η αντοχή της φέρουσας τοιχοποιίας. Έπειτα, με τη χρήση των σχεδίων του κτηρίου κατασκευάζεται το τρισδιάστατο προσομοίωμα. Τέλος, πραγματοποιούνται αναλύσεις, καθορίζονται οι μορφές αστοχίας των μελών του φορέα και προτείνονται μέθοδοι επισκευής και ενίσχυσης της κατασκευής.

### 1.2.1. ΈΛΕΓΧΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται αναλυτικά τα διάφορα μέσα που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της αντοχής των υλικών κατασκευής, ο υπολογισμός της οποίας είναι απαραίτητο στοιχείο για τη δημιουργία του τρισδιάστατου προσομοιώματος και την πραγματοποίηση όλων των απαραίτητων ελέγχων επάρκειας. Τα μέσα που χρησιμοποιούνται είναι:

**ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ:** Μία απλή και άμεση εκτίμηση της επιφανειακής κατάστασης της τοιχοποιίας μπορεί να γίνει οπτικά. Χρησιμοποιείται κατά κανόνα για τον προσδιορισμό ρηγματώσεων, αποφλοιώσεων και άλλων επιφανειακών ατελειών. Πολλές φορές αυτός που διενεργεί τον έλεγχο χρησιμοποιεί μεγεθυντικό φακό, ηλεκτρικό φακό, κανόνα ή ρωγμοσκόπιο.

**ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΗΣΗ:** Ο συνηθέστερος μη καταστροφικός έλεγχος είναι η κρουσιμέτρηση. Η μέθοδος βασίζεται στο συσχετισμό της σκληρότητας της επιφάνειας των λιθωμάτων με τη θλιπτική αντοχή τους. Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζεται η σκληρότητα της επιφάνειας του εξεταζόμενου υλικού ανάλογα με το ύψος αναπήδησης του κρουσμέτρου.

**Πλεονεκτήματα:** είναι εύκολα στη χρήση και η μέθοδος είναι σχετικά απλή και αξιόπιστη.

**Μειονέκτημα:** τα αποτελέσματα μπορούν να επηρεαστούν από τις επιφανειακές συνθήκες και τις διαστάσεις των λιθοσωμάτων της τοιχοποιίας.

Οι επιφάνειες που ελέγχονται με τη μέθοδο της κρουσιμέτρησης πρέπει να είναι απολύτως λείες. Εκτός από τις ανώμαλες επιφάνειες, ακατάλληλες είναι επίσης αυτές που προκύπτουν από κοπή.

**ΧΡΗΣΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ:** Η μέθοδος χρησιμοποιείται ευρύτατα σε κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία. Η ποιότητα και η ομοιομορφία της τοιχοποιίας της κατασκευής μπορεί να εκτιμηθεί με την εκπομπή υπερήχων διαμέσου της τοιχοποιίας και τη μέτρηση της ταχύτητάς τους. Οι μετρούμενες τιμές εξαρτώνται από την υφή της επιφάνειας, την υγρασία και τη θερμοκρασία, το μήκος της διαδρομής, αλλά κυρίως είναι συνάρτηση του σπλισμού, των ενδεχόμενων εσωτερικών ατελειών και ρωγμών της τοιχοποιίας, καθώς και της πυκνότητάς της.

**Πλεονεκτήματα:** το χαμηλό κόστος των οργάνων και η ευκολία στη χρήση τους.

**Μειονεκτήματα:** το μέγεθος των λιθοσωμάτων μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα.

**ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ:** Η δημιουργία μαγνητικού πεδίου από κατάλληλα βαθμονομημένες συσκευές χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της θέσης και της διαμέτρου του σπλισμού τοιχοποιίας ή σκυροδέματος με σημείο αναφοράς την επιφάνεια της τοιχοποιίας - σκυροδέματος, καθώς επίσης και το πάχος της επικάλυψης του σκυροδέματος.

**ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΗΣΗ ΜΕ ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ:** Μία πηγή υπέρυθρης ακτινοβολίας τοποθετείται στη μία πλευρά του υπό έλεγχο στοιχείου και η ροή υπέρυθρης ενέργειας καταγράφεται και αναλύεται. Μπορούν να εντοπιστούν τυχόν κενά ή ασυνέχειες στο σώμα της τοιχοποιίας ή του σκυροδέματος, τα οποία διαταράσσουν τη ροή της ακτινοβολίας. Η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για την ανίχνευση διάβρωσης, εσωτερικών ρωγμών, κενών, αυξημένου πορώδους και αλλαγών στη σύσταση του υλικού.

**Πλεονέκτημα** της μεθόδου είναι η ακρίβεια των αποτελεσμάτων που δίνει.

**Μειονέκτημα** το σχετικά υψηλό κόστος του ειδικού εξοπλισμού που απαιτείται για τη διενέργειά της.

### 3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΟΧΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται αναλυτικά οι σχέσεις υπολογισμού της αντοχής για τα διάφορα είδη άοπλης τοιχοποιίας, πριν αλλά και μετά την εφαρμογή ενισχύσεων. Οι σχέσεις αυτές περιέχονται στον υπό ανάπτυξη “Κανονισμό για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας” (ΚΑΔΕΤ) και συγκεκριμένα στα κεφάλαια 6 και 8.

#### 1.3.1. ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΜΟΝΟΣΤΡΩΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ Η ΔΙΣΤΡΩΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΜΕ ΔΙΑΤΟΝΑ ΛΙΘΟΣΩΜΑΤΑ (ΚΑΔΕΤ §6.2.4.1):

- ΚΑΛΟΔΟΜΗΜΕΝΗ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ:

$$f_{wc} = [f_{mc} + 0,40 \cdot (f_{bc} - f_{mc})] \cdot (1 - 0,8 \cdot \sqrt[3]{\alpha}) \quad \text{όταν } f_{bc} > f_{mc}$$

$$f_{wc} = f_{bc} \cdot (1 - 0,8 \cdot \sqrt[3]{\alpha}) \quad \text{όταν } f_{bc} < f_{mc}$$

όπου

$f_{bc}$  η θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων

$f_{mc}$  η θλιπτική αντοχή του κονιάματος

$\alpha = t_{jm}/h_{bm}$  ο λόγος του μέσου πάχους των οριζόντιων αρμών κονιάματος και του μέσου ύψους των λιθοσωμάτων

- ΧΑΜΗΛΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΛΙΘΟΔΟΜΗ:

$$f_{wc} = \xi \cdot \left[ \left( \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_{bc}} - f_0 \right) + \lambda \cdot f_{mc} \right]$$

όπου

$V_m, V_w$  ο όγκος του κονιάματος και ο όγκος της τοιχοποιίας αντίστοιχα

$f_{bc}$  η θλιπτική αντοχή του λιθοσώματος

$\lambda$  συντελεστής συνάφειας λιθοσώματος-κονιάματος, ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 0,50 για τραχείς λίθους και ίσος με 0,1 για πολύ λείους λίθους

$f_0$  συντελεστής (MPa), ο οποίος λαμβάνει υπ' όψη τον βαθμό λάξευσης των λίθων και παίρνει τις ακόλουθες τιμές:

0,00 για λαξευτή λιθοδομή

0,50 - 1,00 για λιθοδομή από ημικανονικούς λίθους

1,50 - 2,50 για αργολιθοδομή, ανάλογα με την ποιότητα δομήσεως

$\xi$  συντελεστής ο οποίος λαμβάνει υπ' όψη την δυσμενή επιρροή του πάχους των αρμών κονιάματος όπου:

$$\xi=1:[1+3,5(k-k_0)] < 1,0$$

$$k=(\text{όγκος κονιάματος}) / (\text{όγκος τοιχοποιίας}) = V_m/V_w$$

$$k_0=0,30$$

Εάν  $V_m/V_w \leq 0,30$  τότε λαμβάνεται  $\xi=1,00$

Η παραπάνω σχέση μπορεί να ισχύει για  $f_{bc}=25 - 75$  MPa και  $f_{mc}=0,5 - 2,5$  MPa. Οι τιμές των θλιπτικών αντοχών λιθοσωμάτων και κονιάματος είναι ονομαστικές τιμές.

### 1.3.2. ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΔΙΣΤΡΩΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΧΩΡΙΣ ΔΙΑΤΟΝΑ ΛΙΘΟΣΩΜΑΤΑ (ΚΑΔΕΤ §6.2.4.1):

Όταν η τοιχοποιία είναι δίστρωτη και οι δυο παρειές της δεν συνδέονται με διάτονα λιθοσώματα, μπορεί να υπολογίζεται η θλιπτική αντοχή κάθε παρειάς χωριστά. Ως θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας μπορεί να λαμβάνεται η μικρότερη από τις δυο τιμές που προκύπτουν από την εφαρμογή της σχέσεως που εφαρμόζεται για τις δυο ανεξάρτητες παρειές. Ελλείψει άλλων στοιχείων, μπορεί να γίνει χρήση των παραπάνω σχέσεων (μονόστρωτης τοιχοποιίας ή δίστρωτης τοιχοποιίας με διάτονα λιθοσώματα).

### 1.3.3. ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΡΙΣΤΡΩΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ (ΚΑΔΕΤ §6.2.4.3):

- ΙΣΟΠΑΧΕΙΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΠΑΡΕΙΕΣ:

$$f_{wc} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot (2 \cdot \lambda_e \cdot \delta \cdot f_{c,e} + \lambda_i \cdot f_{c,i}) / (1 + 2 \cdot \delta)$$

όπου

$\delta$  ο λόγος του πάχους της εξωτερικής παρειάς προς το πάχος του υλικού

πληρώσεως

$f_{c,e}, f_{c,i}$  η θλιπτική αντοχή των εξωτερικών παρειών και του υλικού πληρώσεως αντίστοιχα

$\lambda_e, \lambda_i$  εμπειρικοί συντελεστές, οι οποίοι λαμβάνουν υπ' όψη την αλληλεπίδραση εξωτερικών παρειών και υλικού πληρώσεως, οι οποίοι είναι ίσοι με με 0,80 και 1,20 αντίστοιχως

$\gamma_{Rd}$  δείκτης αβεβαιότητας, ο οποίος μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 1,50

- ΜΗ ΙΣΟΠΑΧΕΙΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΠΑΡΕΙΕΣ:

$$f_{wc} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot \frac{[\lambda_e \cdot (\delta_{e1} \cdot f_{c,e1} + \delta_{e2} \cdot f_{c,e2}) + \lambda_i \cdot f_{c,i}]}{1 + \delta_{e1} + \delta_{e2}}$$

όπου

$\delta_{e1}, \delta_{e2}$  ο λόγος του πάχους της καθεμίας εξωτερικής παρειάς προς το πάχος του υλικού πληρώσεως

$f_{c,e1}, f_{c,e2}, f_{c,i}$  η θλιπτική αντοχή των δύο εξωτερικών παρειών και του υλικού πληρώσεως αντίστοιχα

$\lambda_e, \lambda_i$  εμπειρικοί συντελεστές, οι οποίοι λαμβάνουν υπ' όψη την αλληλεπίδραση εξωτερικών παρειών και υλικού πληρώσεως, οι οποίοι είναι ίσοι με με 0,80 και 1,20 αντίστοιχως

$\gamma_{Rd}$  δείκτης αβεβαιότητας, ο οποίος μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 1,50

**1.3.4. ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗΣ ΜΕ ΕΝΕΜΑ ΤΡΙΣΤΡΩΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ (ΚΑΔΕΤ §8.1.2):**

Η θλιπτική αντοχή τρίστρωτης τοιχοποιίας μετά από την εφαρμογή ενεμάτων μπορεί να υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$f_{wcs} = f_{wc0} \cdot \left( 1 + 1,25 \cdot \frac{V_l}{V_w} \cdot \frac{\sqrt{f_{grc}}}{f_{wc0}} \right)$$

όπου

- $f_{wcs}$  η θλιπτική αντοχή της ενισχυμένης τοιχοποιίας
- $f_{wc0}$  η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας πριν από την ενίσχυση
- $V_l$  ο όγκος του αρχικού υλικού πληρώσεως ο οποίος αντιστοιχεί σε  $V_w$  όγκο τοιχοποιίας
- $V_w$  ο όγκος όγκο της τοιχοποιίας
- $f_{grc}$  η θλιπτική αντοχή του ενέματος

## 2. ΈΛΕΓΧΟΣ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΓΙΑ “ΑΠΛΑ” ΚΤΗΡΙΑ ΑΠΟ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Στην παράγραφο αυτή καθορίζονται οι προϋποθέσεις για να χαρακτηριστεί ένα κτήριο ως “απλό”, σύμφωνα με την §9.7 του EC8-1 (CEN). Οι προϋποθέσεις που τίθενται αφορούν στην κατηγορία σπουδαιότητας του κτηρίου, στο μέγιστο αριθμό υπέργειων ορόφων, στο ελάχιστο ποσοστό επιφάνειας των τοίχων, στη γεωμετρία της κάτοψης του κτηρίου και στη μέγιστη απόσταση μεταξύ των φερόντων τοίχων. (Πατσουμαδάκης Γεώργιος, 2016)

1. Το κτήριο πρέπει να ανήκει στις κατηγορίες σπουδαιότητας I και II
2. Η διαμόρφωση της κάτοψης πρέπει να πληροί όλες τις παρακάτω συνθήκες:
  - Να είναι περίπου ορθογώνια
  - Ο λόγος του μήκους της μικρότερης πλευράς προς το μήκος της μεγαλύτερης σε κάτοψη να είναι μεγαλύτερος από 0,25
  - Η αθροιστική επιφάνεια των εσοχών από το ορθογώνιο σχήμα να είναι μικρότερη από το 15% της επιφάνειας του ορόφου
3. Ο μέγιστος επιτρεπόμενος αριθμός υπέργειων ορόφων  $n$ , που εξαρτάται από το είδος της τοιχοποιίας και από το ποσοστό των τοίχων στις δύο ορθογώνιες διευθύνσεις, εκφρασμένο ως ποσοστό της συνολικής επιφάνειας της κάτοψης ανά όροφο, το οποίο ποικίλει ανάλογα με την τοπική επιτάχυνση, φαίνεται στον επόμενο πίνακα.

Για κτήρια στα οποία τουλάχιστον το 70% των υπό εξέταση τοιχωμάτων έχουν μήκος μεγαλύτερο από 2 m, ο συντελεστής  $k$  δίδεται από την σχέση  $k = 1 + (lan - 2)/4$  με  $k \leq 2$  και  $lan$  είναι το μέσο μήκος σε m των υπό εξέταση τοιχωμάτων. Για τις λοιπές περιπτώσεις  $k = 1$ .

(Ευρωκώδικας 8)

Πίνακας 2.1. Τοπική επιτάχυνση ανάλογα του τύπου της κατασκευής (Ευρωκώδικας 8)

Τοπική επιτάχυνση $a_{g,S}$		$< 0,07 k \cdot g$	$< 0,10 k \cdot g$	$< 0,16 k \cdot g$	$< 0,20 k \cdot g$
Τύπος κατασκευής	Αριθμός ορόφων ( $n$ ) <sup>**</sup>	Ελάχιστο σύνολο των διατομών των οριζόντιων τοιχωμάτων προς κάθε κατεύθυνση, ως ποσοστό της συνολικής επιφάνειας του δαπέδου ανά όροφο ( $\rho_{A,min}$ )			
Άοπλη τοιχοποιία	1	2,0%	2,0%	3,5%	n/a
	2	2,0%	2,5%	5,0%	n/a
	3	3,0%	5,0%	n/a	n/a
	4	5,0 %	n/a*	n/a	n/a
Διαζωματική τοιχοποιία	2	2,0%	2,5%	3,0%	3,5%
	3	2,0%	3,0%	4,0%	n/a
	4	4,0%	5,0%	n/a	n/a
	5	6,0%	n/a	n/a	n/a
Οπλισμένη τοιχοποιία	2	2,0%	2,0%	2,0%	3,5%
	3	2,0%	2,0%	3,0%	5,0%
	4	3,0%	4,0%	5,0%	n/a
	5	4,0%	5,0%	n/a	n/a

<sup>\*\*</sup> Όπου υπάρχει n/a σημαίνει ότι δεν επιτρέπεται



4. Τα τοιχώματα του κτηρίου θα πρέπει να πληρούν όλες τις ακόλουθες συνθήκες:
- το κτήριο θα πρέπει να ενισχύεται με τοιχώματα, διατεταγμένα σχεδόν συμμετρικά σε κάτοψη σε δύο ορθογωνικές κατευθύνσεις,
  - τουλάχιστον δύο παράλληλα τοιχώματα θα πρέπει να τοποθετούνται σε δύο ορθογωνικές κατευθύνσεις, με το μήκος του κάθε τοιχώματος να είναι μεγαλύτερο από το 30% του μήκους του κτηρίου στην κατεύθυνση του υπό εξέταση τοιχώματος
  - σε ό,τι αφορά τα τοιχώματα που βρίσκονται σε μία κατεύθυνση, η απόσταση μεταξύ των τοιχωμάτων αυτών θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το 75% του μήκους του κτηρίου στην άλλη κατεύθυνση
  - τουλάχιστον το 75 % των κατακόρυφων φορτίων θα πρέπει να φέρεται από τα τοιχώματα
  - τα τοιχώματα θα πρέπει να είναι συνεχή από την κορυφή μέχρι τη βάση του κτηρίου.
5. Για κτήρια από άοπλη τοιχοποιία, οι τοίχοι σε μία κατεύθυνση θα πρέπει να είναι συνδεδεμένοι με τοίχους στην άλλη ορθογωνική κατεύθυνση ανά μέγιστη απόσταση 7 m.  
(Ευρωκώδικας 8)

## 2.1. ΈΛΕΓΧΟΙ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι έλεγχοι επάρκειας των μελών από τα οποία αποτελείται ένα κτήριο από φέρουσα τοιχοποιία.

Αυτοί οι έλεγχοι περιλαμβάνονται στους [EC6 \(CEN\)](#), [EC8 \(CEN\)](#) και στον [KADET](#). Παρόλο που στην αποτίμηση υφιστάμενων κτηρίων από φέρουσα τοιχοποιία αναφέρονται μόνο ο [EC8-3 \(CEN\)](#) και ο [KADET](#), με κατάλληλη τροποποίηση των παραμέτρων αντοχής της τοιχοποιίας μπορούν να εφαρμοστούν αποτελεσματικά και οι έλεγχοι του [EC6 \(CEN\)](#).  
(Πατσουμαδάκης Γεώργιος, 2016)

## 2.2. ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΩΝ – ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Στην παρούσα παράγραφο καθορίζονται τα κριτήρια με βάση τα οποία τα στοιχεία της κατασκευής χαρακτηρίζονται ως κύρια ή δευτερεύοντα. Τα κριτήρια αυτά περιέχονται στην §9.5 του EC8-1 (CEN). (Ευρωκώδικας 8)

Αναλυτικά:

Πίνακας 2.2. Προτεινόμενες γεωμετρικές απαιτήσεις για κύρια τοιχώματα (Ευρωκώδικας 8)

Τύπος τοιχοποιίας	$t_{ef,min}$ (mm)	$(h_{ef}/t_{ef})_{max}$	$(l/h)_{min}$
Αοπλη, λιθοσώματα από φυσική πέτρα	350	9	0,5
Αοπλη, με οποιοδήποτε άλλο τύπο λιθοσωμάτων	240	12	0,4
Αοπλη, με οποιονδήποτε άλλο τύπο λιθοσωμάτων, σε περιπτώσεις χαμηλής σεισμικότητας	170	15	0,35
Διαζωματική τοιχοποιία	240	15	0,3
Οπλισμένη τοιχοποιία	240	15	Χωρίς περιορισμό
Τα σύμβολα τα οποία χρησιμοποιούνται έχουν την ακόλουθη σημασία: $t_{ef}$ πάχος του τοιχώματος (βλέπε EN 1996-1-1:2004), $h_{ef}$ ύψος λυγισμού του τοιχώματος (βλέπε EN 1996-1-1:2004), $h$ μεγαλύτερο καθαρό ύψος των ανοιγμάτων που πρόσκεινται στο τοίχωμα, $l$ μήκος του τοιχώματος.			

Τα στοιχεία τα οποία δεν συμμορφώνονται με τις ελάχιστες γεωμετρικές απαιτήσεις του παραπάνω πίνακα μπορούν να θεωρηθούν ως δευτερεύοντα σεισμικά στοιχεία.

### 2.3. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ Συντελεστής εμπιστοσύνης (CF)

Σύμφωνα με την §3.3 του EC8-3 καθορίζονται τα ακόλουθα επίπεδα γνώσης:

- Περιορισμένη γνώση (ΕΓ1)
- Κανονική γνώση (ΕΓ2)
- Πλήρης γνώση (ΕΓ3)

Το επίπεδο γνώσης το οποίο επιτυγχάνεται προσδιορίζει την επιτρεπόμενη μέθοδο ανάλυσης, καθώς και τις τιμές που θα υιοθετηθούν για τους συντελεστές εμπιστοσύνης. Οι τιμές οι οποίες αποδίδονται στους συντελεστές εμπιστοσύνης που θα χρησιμοποιηθούν σε μια χώρα μπορούν να βρεθούν στο Εθνικό της Προσάρτημα.

Οι προτεινόμενες τιμές είναι  $CF_{ΕΓ1} = 1,35$  ,  $CF_{ΕΓ2} = 1,20$  ,  $CF_{ΕΓ3} = 1,00$ .

Συντελεστής ασφαλείας υλικού  $\gamma_M$

Κατά την πραγματοποίηση των απαιτούμενων ελέγχων επάρκειας των στοιχείων πρέπει να χρησιμοποιούνται οι κατάλληλες τιμές του επί μέρους συντελεστή ασφαλείας υλικών  $\gamma_M$ . (Ευρωκώδικας 8)

Οι τιμές αυτές περιέχονται στην §2.4.3 του Εθνικού Προσαρτήματος του EC6-1 και παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 2.3. Αριθμητικές τιμές για τον συντελεστή  $\gamma_M$  για την τοιχοποιία (Ευρωκώδικας 8)

Υλικό		$\gamma_M$		
		Στάθμη ποιοτικού ελέγχου κατασκευής		
		1	2	3
	Τοιχοποιία από:			
A	Λιθωσώματα Κατηγορίας I, κονίαμα με μελέτη συνθέσεως	1,7	2,0	2,2
B	Λιθωσώματα Κατηγορίας I, προδιαγεγραμμένο κονίαμα	2,0	2,2	2,5
Γ	Λιθωσώματα Κατηγορίας II, οποιοδήποτε κονίαμα	2,2	2,5	2,7

#### ΛΙΘΟΣΩΜΑΤΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ I:

Τα λιθοσώματα κατατάσσονται στην κατηγορία I, όταν ο παραγωγός αποδέχεται να προμηθεύει λιθοσώματα της προδιαγεγραμμένης θλιπτικής αντοχής, η οποία θα προκύπτει από δοκιμές, όπως αυτές ορίζονται στο EN 772-1. Η μονάδα παραγωγής 25 λειτουργεί βάσει πιστοποιημένου συστήματος ελέγχου ποιότητας, τα αποτελέσματα του οποίου είναι διαθέσιμα, ώστε μία ανεξάρτητη Αρχή να ελέγχει και να διαπιστώνει συστηματική συμμόρφωση της θλιπτικής αντοχής των λιθοσωμάτων με την προδιαγραφόμενη τιμή. (Πατσουμαδάκης Γεώργιος, 2016)

#### ΛΙΘΟΣΩΜΑΤΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ II:

Τα λιθοσώματα κατατάσσονται στην Κατηγορία II, όταν ο παραγωγός ικανοποιεί την απαίτηση προμήθειας λιθοσωμάτων με την προδιαγεγραμμένη θλιπτική αντοχή, αλλά δεν πληροί τους λοιπούς όρους που περιγράφονται για την Κατηγορία I. (Πατσουμαδάκης Γεώργιος, 2016)

#### Στάθμη ποιοτικού ελέγχου κατασκευής 1:

Αυτή η στάθμη μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύει, όταν ικανοποιούνται όλες οι παρακάτω απαιτήσεις ταυτοχρόνως:

- Προκαταρκτικές δοκιμές θλιπτικής αντοχής κονιάματος, σκυροδέματος πληρώσεως και λιθοσωμάτων αποδεικνύουν την συμφωνία με τις προδιαγραφόμενες από την μελέτη τιμές.
- Τακτικές δοκιμές του κονιάματος, του σκυροδέματος πληρώσεως και των λιθοσωμάτων τα οποία χρησιμοποιούνται στο εργοτάξιο, αποδεικνύουν την συστηματική συμμόρφωση αυτών των υλικών με τις προδιαγεγραμμένες απαιτήσεις.

#### Στάθμη ποιοτικού ελέγχου κατασκευής 2:

Αυτή η στάθμη μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύει, όταν σποραδικοί έλεγχοι πραγματοποιούμενοι απ' τον Επιβλέποντα Μηχανικό ή από Εκπρόσωπό του και οι αντίστοιχες δοκιμές του κονιάματος, του σκυροδέματος πληρώσεως και των λιθοσωμάτων αποδεικνύουν την συμμόρφωση με τις προδιαγεγραμμένες τιμές αντοχών.

#### Στάθμη ποιοτικού ελέγχου κατασκευής 3:

Αυτή η στάθμη μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύει, όταν οι σχετικοί έλεγχοι από τον Επιβλέποντα Μηχανικό δεν είναι συχνοί ή όταν οι έλεγχοι πραγματοποιούνται μόνον απ' τον Ανάδοχο.

## 2.4. ΈΛΕΓΧΟΙ ΚΑΤΑ EC8-3

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι έλεγχοι αποτίμησης, σύμφωνα με τις διατάξεις του Παραρτήματος C του EC8-3. Οι έλεγχοι αυτοί είναι δύο, έναντι κάμψης και έναντι διάτμησης και πραγματοποιούνται για τρεις διαφορετικές στάθμες επιτελεστικότητας (Περιορισμού Βλαβών (DL), Σοβαρών Βλαβών (SD) και Οιονεί Κατάρρευσης (NC)). Για τη στάθμη Περιορισμού Βλαβών (DL) πραγματοποιείται ο έλεγχος σε όρους δυνάμεων ενώ για τις στάθμες Σοβαρών Βλαβών (SD) και Οιονεί Κατάρρευσης (NC) πραγματοποιείται ο έλεγχος σε όρους παραμορφώσεων. (Ευρωκώδικας 8)

### 2.4.1. Στοιχεία υπό αξονική δύναμη και κάμψη:

#### Στάθμη επιτελεστικότητας Περιορισμού Βλαβών (DL)

Η ικανότητα ενός τοίχου από άοπλη τοιχοποιία εξετάζεται έναντι ορθής κάμψης, εάν η τιμή της τέμνουσάς του, η οποία δίδεται στη σχέση 1, είναι μικρότερη από την τιμή που προκύπτει από τη σχέση 2. Η διατμητική ικανότητα υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση και συγκρίνεται με την αντίστοιχη δρώσα τέμνουσα δύναμη:

$$V_f = \frac{DN}{2H_0}(1 - 1,15 v_d) \quad (\text{Σχέση 1})$$

όπου

$D$	η οριζόντια εντός επιπέδου διάσταση του τοιχώματος (πλάτος)
$H_0$	η απόσταση μεταξύ της διατομής στην οποία επιτυγχάνεται η καμπτική ικανότητα και του σημείου μηδενισμού των ροπών
$v_d = \frac{N}{D \cdot t \cdot f_d}$	το ανοιγμένο αξονικό φορτίο (με $f_d = f_m / CF_m$ , όπου $f_m$ είναι η μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας και $CF_m$ είναι ο συντελεστής εμπιστοσύνης για το αντίστοιχο επίπεδο γνώσης), $t$ είναι το πάχος του τοίχου και $D$ το θλιβόμενο μήκος αυτού
$N$	η αξονική θλιπτική δύναμη του τοίχου

#### Στάθμη επιτελεστικότητας Σοβαρών Βλαβών (SD)

Η ικανότητα ενός τοίχου από άοπλη τοιχοποιία για στάθμη επιτελεστικότητας Σοβαρών Βλαβών, η οποία ελέγχεται από την κάμψη, μπορεί να εκφράζεται σε όρους σχετικής μετατόπισης και λαμβάνεται ίση με  $0,008 \cdot H_0/D$  για πρωτεύοντες σεισμικούς τοίχους και με  $0,012 \cdot H_0/D$  για τους δευτερεύοντες, όπου  $H_0$  και  $D$  ορίστηκαν παραπάνω.

#### Στάθμη επιτελεστικότητας Οιονεί Κατάρρευσης (NC)

Η ικανότητα ενός τοίχου για στάθμη επιτελεστικότητας Οιονεί Κατάρρευσης, η οποία ελέγχεται από την κάμψη, λαμβάνεται ως τα  $4/3$  των τιμών που ορίστηκαν παραπάνω για τη στάθμη επιτελεστικότητας Σοβαρών Βλαβών.

### 2.4.2. Στοιχεία υπό τέμνουσα δύναμη

#### Στάθμη επιτελεστικότητας Περιορισμού Βλαβών (DL)

Η ικανότητα ενός τοίχου από άοπλη τοιχοποιία ελέγχεται έναντι τέμνουσας, εάν η τιμή της διατμητικής ικανότητας, η οποία προκύπτει από τη σχέση 2 είναι μικρότερη ή ίση με την τιμή που προκύπτει από τη σχέση 1.

Η διατμητική ικανότητα υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση και συγκρίνεται με την αντίστοιχη δρώσα τέμνουσα δύναμη:

$$V_f = f_{vd} D' t \quad (\text{Σχέση})$$

όπου

$D'$  είναι το μήκος της θλιβόμενης περιοχής του τοίχου

$t$  είναι το πάχος του τοίχου

$f_{vd}$  είναι η διατμητική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας η οποία συνυπολογίζει και την παρουσία κατακόρυφου φορτίου:  $f_{vd} = f_{vm0}/(CF \cdot \gamma_M) + 0,4 N/(D' \cdot t) \leq 0,065 f_m/(CF \cdot \gamma_M)$ , όπου  $f_{vm0}$  είναι η μέση αρχική διατμητική αντοχή στην περίπτωση απουσίας κατακόρυφου φορτίου,  $f_m$  είναι μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας,  $CF$  ο συντελεστής εμπιστοσύνης για την αντίστοιχη στάθμη γνώσης και  $\gamma_M$  ο συντελεστής ασφαλείας για τους αντίστοιχους συνδυασμούς φόρτισης.

#### Στάθμη επιτελεστικότητας Σοβαρών Βλαβών (SD)

Η ικανότητα ενός τοίχου από άοπλη τοιχοποιία για στάθμη επιτελεστικότητας Σοβαρών Βλαβών, η οποία ελέγχεται από τη διάτμηση, μπορεί να εκφράζεται σε

όρους σχετικής μετατόπισης και λαμβάνεται ίση με 0,004 για πρωτεύοντες σεισμικούς τοίχους και με 0,006 για τους δευτερεύοντες.

#### Στάθμη επιτελεστικότητας Οιονεί Κατάρρευσης (NC)

Η ικανότητα ενός τοίχου για στάθμη επιτελεστικότητας Οιονεί Κατάρρευσης, η οποία ελέγχεται από τη διάτμηση, λαμβάνεται ως τα 4/3 των τιμών που ορίστηκαν παραπάνω για τη στάθμη επιτελεστικότητας Σοβαρών Βλαβών.

## 2.5. ΈΛΕΓΧΟΙ ΚΑΤΑ ΚΑΔΕΤ

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι έλεγχοι επάρκειας που πραγματοποιούνται σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΑΔΕΤ. Οι έλεγχοι αυτοί περιλαμβάνονται στα κεφάλαια 6 και 7 του κανονισμού και εξετάζουν την εντός επιπέδου ορθή κάμψη, τη διάτμηση αλλά και την εκτός επιπέδου κάμψη των στοιχείων. (ΚΑΔΕΤ)

### 2.5.1. Στοιχεία από άοπλη τοιχοποιία υπό εντός επιπέδου ορθή κάμψη (ΚΑΔΕΤ §6.6):

Κατά τον έλεγχο μιας διατομής έναντι εντός επιπέδου κάμψης, αμελείται η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας, γίνεται παραδοχή αδρανούς περιοχής, η δε ροπή κάμψης την οποία μπορεί να αναλάβει η διατομή ελέγχου εξαρτάται από την θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας και από την τιμή του θλιπτικού αξονικού φορτίου, κατά την ακόλουθη σχέση:

$$M_R = \frac{1}{2} \cdot l^2 \cdot t_w \cdot \sigma_0 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_c}\right)$$

όπου

- $\sigma_0$  η θλιπτική τάση λόγω αξονικής δράσης στην διατομή ελέγχου
- $l$  το μήκος της διατομής
- $t_w$  το πάχος της διατομής
- $f_c = 0,85 \cdot f_m / CF$  η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας
- $CF$  ο συντελεστής εμπιστοσύνης για την αντίστοιχη στάθμη γνώσης

#### Εναλλακτικά

Η διατμητική ικανότητα ενός στοιχείου για εντός επιπέδου ορθή κάμψη μπορεί να υπολογίζεται μέσω της ικανοτικής τέμνουσας (ΚΑΔΕΤ σχέση 7.1 της §7.1.2.3), κατά την οποία ισχύει:

$$V_f = \frac{D \cdot N}{2 \cdot H_0} \cdot (1 - 1,15 \cdot v_d)$$

όπου

- $D$  η οριζόντια εντός επιπέδου διάσταση του τοιχώματος (πλάτος)
- $H_0$  η απόσταση μεταξύ της διατομής στην οποία επιτυγχάνεται η καμπτική ικανότητα και του σημείου μηδενισμού των ροπών
- $v_d = N/(D \cdot t \cdot f_d)$  το ανοιγμένο αξονικό φορτίο (με  $f_d = f_m/CF_m$ , όπου  $f_m$  είναι η μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας και  $CF_m$  είναι ο συντελεστής εμπιστοσύνης για το κατάλληλο επίπεδο γνώσης),  $t$  είναι το πάχος του τοίχου και  $D$  το θλιβόμενο μήκος αυτού
- $N$  η αξονική δύναμη του τοίχου

### 2.5.2. Στοιχεία από άοπλη τοιχοποιία υπό τέμνουσα (ΚΑΔΕΤ §7.1.2.3):

Η διατμητική αντοχή ενός τοίχου από άοπλη τοιχοποιία υπολογίζεται από την σχέση:

$$V_f = f_{vd} \cdot D' \cdot t$$

όπου

- $D'$  είναι το βάθος της θλιβόμενης περιοχής του τοίχου
- $t$  είναι το πάχος του τοίχου
- $f_{vd}$  είναι η διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας η οποία συνυπολογίζει και την παρουσία κατακόρυφου φορτίου:  $f_{vd} = f_{vm0} + 0,4 N/D't \leq 0,065f_m$ , όπου  $f_{vm0}$  είναι η μέση διατμητική αντοχή στην περίπτωση απουσίας κατακόρυφου φορτίου και  $f_m$  είναι μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας

#### Εναλλακτικά

Σύμφωνα με την ίδια παράγραφο (§7.1.2.3 του ΚΑΔΕΤ), υπολογίζεται η διατμητική αντοχή ενός τοίχου έναντι διαγώνιας εφελκυστικής αστοχίας ως εξής:

$$V_{d,t} = D \cdot t \cdot f_{vd,t}$$

όπου

- $D$  είναι το πλάτος του τοίχου
- $t$  είναι το πάχος του τοίχου
- $f_{vd,t} = (1,5 \cdot f_{vd,0}/K) \cdot \sqrt{1 + (\sigma_0/(1,5 \cdot f_{vd,0}))}$



όπου

- $f_{vd,0} = f_{vm,0} / (CF_m \cdot \gamma_M)$
- $f_{vm,0}$  η αρχική μέση διατμητική αντοχή σε περίπτωση απουσίας κατακόρυφου φορτίου
- $CF_m$  ο συντελεστή εμπιστοσύνης για τη συγκεκριμένη στάθμη γνώσης
- $\gamma_M$  ο σεισμικός συντελεστής ασφαλείας
- $K = H/D$
- $D$  είναι το πλάτος του τοίχου
- $H$  είναι το ύψος του τοίχου

### ΣΗΜΕΙΩΣΗ:

Πρέπει να τονιστεί ότι σε περίπτωση που  $K > 1,50$  τότε ο συντελεστής λαμβάνει την τιμή  $K = 1,50$ . Επίσης, επισημαίνεται ότι στην παρούσα μορφή του ο ΚΑΔΕΤ δεν περιέχει στον έλεγχο αυτό το συντελεστή  $K$ .

### 2.5.3. Στοιχεία από άοπλη τοιχοποιία υπό εκτός επιπέδου κάμψη με θεώρηση ανενεργού περιοχής (ΚΑΔΕΤ §6.5):

Περί τον οριζόντιο άξονα

Η εφελκυστική αντοχή της μονόστρωτης ή δίστρωτης με διάτονα λιθοσώματα τοιχοποιίας αμελείται, γίνεται παραδοχή αδρανούς περιοχής, η δε ροπή κάμψεως την οποία μπορεί να αναλάβει η διατομή ελέγχου εξαρτάται από την θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας και από την τιμή του (ευμενούς) αξονικού θλιπτικού φορτίου, κατά την ακόλουθη σχέση:

$$M_R = \frac{1}{2} \cdot l \cdot t_w^2 \cdot \sigma_0 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_c}\right)$$

όπου

- $\sigma_0$  η θλιπτική τάση λόγω αξονικής δράσεως στην διατομή ελέγχου
- $l$  το μήκος της διατομής
- $t_w$  το πάχος της διατομής
- $f_c = 0,85 \cdot f_m / CF$  η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας
- $CF$  ο συντελεστής εμπιστοσύνης για την αντίστοιχη στάθμη γνώσης

Περί τον κατακόρυφο άξονα

Σ' αυτήν την περίπτωση, ο έλεγχος της κρίσιμης διατομής γίνεται μέσω σύγκρισης της αναπτυσσόμενης εφελκυστικής τάσης στην ακραία εφελκυσόμενη ίνα, με την αντίστοιχη εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας:

$$\sigma_{wt} = \frac{6 \cdot M_S}{l \cdot t_w^2} < f_{wt}$$

όπου

- $\sigma_{wt}$  η τάση στην ακραία εφελκόμενη ίνα που οφείλεται σε ροπή  $M_S$
- $l$  και  $t_w$  το μήκος και το πάχος του στοιχείου αντίστοιχα
- $f_{wt} = f_{xk2}/CF$  η εφελκυστική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας

#### 2.5.4. Στοιχεία από άοπλη τοιχοποιία υπό εκτός επιπέδου κάμψη με κλασική θεώρηση (ΚΑΔΕΤ §7.1.2.4):

Εναλλακτικά

Είναι δυνατός ο υπολογισμός της αντοχής σε κάμψη στο στάδιο της διαρροής, από την κλασική θεώρηση της επαλληλίας των στερεών των τάσεων που οφείλεται σε αξονικό φορτίο και σε καμπτική ροπή, και την απαίτηση της μη υπέρβασης της εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας,  $f_{xk}$ :

$$M_{max,1} = (f_{xd1} + v_d \cdot f_d) \cdot \frac{t^2}{6}$$

$$M_{max,2} = f_{xd2} \cdot \frac{t^2}{6}$$

όπου

- $f_{xd1} = f_{xk1}/\gamma_M$  η καμπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας για κάμψη παράλληλα στους οριζόντιους αρμούς
- $f_{xd2} = f_{xk2}/\gamma_M$  η καμπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας για κάμψη κάθετα στους οριζόντιους αρμούς
- $v_d$  το ανηγμένο αξονικό φορτίο στη στάθμη ελέγχου
- $\gamma_M$  ο συντελεστής ασφαλείας για τους αντίστοιχους συνδυασμούς φόρτισης

## 2.6. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

Έχει ήδη ειπωθεί σε παραπάνω ενότητα ότι λόγω παντελής έλλειψης ενός πλήρους και ενιαίου κανονισμού ο οποίος να διαθέτει όλες τις αναγκαίες διατάξεις για την αποτίμηση μίας υφιστάμενης κατασκευής από φέρουσα τοιχοποιία, τα δεδομένα, οι πληροφορίες αλλά και θεωρίες έχουν παρθεί από επιμέρους κανονισμούς και βιβλιογραφικές πηγές όπως λόγου χάριν ο [Ευρωκώδικας 8](#), ο [ΚΑΔΕΤ](#) και ιταλικές βιβλιογραφικές πηγές.

Οι διατάξεις του Ευρωκωδίκα 8 και του ΚΑΔΕΤ που σχετίζονται με τους απαιτούμενους ελέγχους επάρκειας των μελών μίας κατασκευής παρουσιάστηκαν λεπτομερώς στην προηγούμενη ενότητα.

Στόχος της συγκεκριμένης παραγράφου, είναι η συνοπτική περιγραφή των διαφορών αλλά και των ομοιοτήτων των κανονισμών αυτών σε τρία βασικά σημεία:

1. Πεδία εφαρμογής των κανονισμών
2. Μέθοδοι ανάλυσης των κατασκευών
3. Έλεγχοι επάρκειας των μελών

### 2.6.1. Πεδία εφαρμογής των κανονισμών

#### Για EC-8

Σύμφωνα με την §C.1 του Παραρτήματος C του EC8-3, ο κανονισμός περιέχει συστάσεις για την αποτίμηση και τον σχεδιασμό των ενισχύσεων κτηρίων από τοιχοποιία σε σεισμικές περιοχές.

Οι συστάσεις του κεφαλαίου αυτού εφαρμόζονται σε στοιχεία τοιχοποιίας από τούβλα ή λιθοσώματα που αντιστέκονται σε πλευρικές δυνάμεις, στα πλαίσια ενός δομικού συστήματος με άοπλη, διαζωματική ή οπλισμένη τοιχοποιία. (Ευρωκώδικας 8)

Συνεπώς, ο EC8-3 **δεν περιλαμβάνει** κτήρια από αργολιθοδομή, κατασκευές οι οποίες αποτελούν την πλειονότητα των υφιστάμενων κατασκευών στη χώρα μας.

### Για ΚΑΔΕΤ (ΚΑΔΕΤ)

Σύμφωνα με την §1.1.1 του κεφαλαίου 1, σκοπός του Κανονισμού είναι η θεσμοθέτηση κριτηρίων για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας υφισταμένων δομημάτων από φέρουσα τοιχοποιία η οποία διαμορφώνεται από λιθοσώματα συνδεδεμένα με κονίαμα για τον αντισεισμικό ανασχεδιασμό τους, καθώς και για τις ενδεχόμενες επεμβάσεις, επισκευές ή ενισχύσεις.

Συνεπώς ο ΚΑΔΕΤ περιλαμβάνει και αργολιθοδομές όπως επίσης και κτήρια χωρίς διαφραγματική λειτουργία. (Πατσουμαδάκης Γεώργιος, 2016)

### 2.6.2. Μέθοδοι ανάλυσης των κατασκευών

#### Για EC-8

Σύμφωνα με την §C.3.2 του παραρτήματος C του EC8-3, επιτρέπεται η πραγματοποίηση γραμμικών μεθόδων ανάλυσης, στατικών και φασματικών, στην περίπτωση που ικανοποιούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Οι πλευρικοί φέροντες τοίχοι είναι γενικά διατεταγμένοι και προς τις δύο οριζόντιες κατευθύνσεις .
- Τα τοιχώματα παρουσιάζουν συνέχεια στο ύψος.
- Τα δάπεδα διαθέτουν αρκετή δυσκαμψία εντός του επιπέδου τους και είναι συνδεδεμένα επαρκώς στα τοιχώματα της περιμέτρου έτσι ώστε να μπορεί να υποθεθεί ότι μπορούν να κατανεύμουν τις αδρανειακές δυνάμεις στα κατακόρυφα στοιχεία με διαφραγματική λειτουργία.
- Δάπεδα που βρίσκονται στις αντίθετες πλευρές ενός κοινού τοίχου βρίσκονται στο ίδιο ύψος.
- Τα στοιχεία διαδοκίδωσης τα οποία συμπεριλαμβάνονται στο προσομοίωμα είτε είναι κατασκευασμένα από μπλοκ που εμπλέκονται ικανοποιητικά με εκείνα των προσκείμενων τοιχωμάτων, ή ενώνονται με συνδέσμους.

Στην περίπτωση που δεν ικανοποιούνται οι παραπάνω συνθήκες, επιτρέπεται η πραγματοποίηση μη γραμμικών μεθόδων ανάλυσης, στατικών και δυναμικών (§C.3.3(1) του EC8-3).

#### Για ΚΑΔΕΤ

Σύμφωνα με το κεφάλαιο 5, για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό ενός κτηρίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια από τις παρακάτω μεθόδους ανάλυσης.

Το πεδίο εφαρμογής κάθε μεθόδου ανάλυσης συναρτάται με την εκπλήρωση μιας σειράς προϋποθέσεων. Οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι ανάλυσης είναι:

### 2.6.2.1. Ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση

Η μέθοδος ανάλυσης αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε κτήρια η απόκριση των οποίων σε κάθε κύρια διεύθυνση δεν επηρεάζεται σημαντικά από τις συμβολές ιδιομορφών ταλάντωσης υψηλότερων από τη θεμελιώδη ιδιομορφή.

Η ανωτέρω απαίτηση θεωρείται ότι ικανοποιείται σε κτήρια που ικανοποιούν τους ακόλουθους δύο όρους:

1. Έχουν θεμελιώδεις περιόδους ταλάντωσης  $T_1$ , στις δύο κύριες διευθύνσεις, μικρότερες από τις ακόλουθες τιμές

$$T_1 \leq \begin{cases} 4 \cdot T_C \\ 2,0 \text{ sec} \end{cases}$$

όπου η  $T_C$  ορίζεται στην §3.2.2.2 του EC8-1.

2. Οι πλευρικοί φέροντες τοίχοι είναι γενικά διατεταγμένοι προς τις δύο σχεδόν κάθετες μεταξύ τους οριζόντιες κατευθύνσεις. Τα τοιχώματα παρουσιάζουν συνέχεια στο ύψος. Τα δάπεδα έχουν αρκετή δυσκαμψία στο επίπεδό τους προσφέροντας διαφραγματική λειτουργία.

### 2.6.2.2. Ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης

Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής πρέπει να ισχύουν τα ακόλουθα:

1. Το άθροισμα των δρωσών ιδιομορφικών μαζών για τις ιδιομορφές που λαμβάνονται υπόψη είναι τουλάχιστον το 75% της συνολικής μάζας του φορέα.
2. Λαμβάνονται υπόψη όλες οι ιδιομορφές με δρώσες ιδιομορφικές μάζες μεγαλύτερες από το 5% της συνολικής μάζας.

### 2.6.2.3. Έλεγχοι επάρκειας των μελών

Ομοιότητες / Διαφορές μεταξύ των ελέγχων επάρκειας των μελών που πραγματοποιούνται σε κάθε κανονισμό.

Αναλυτική παρουσίαση των οποίων πραγματοποιήθηκε σε προηγούμενη παράγραφο.

Κατά τον EC8-3 πραγματοποιούνται οι ακόλουθοι έλεγχοι

- Έναντι εντός επιπέδου κάμψης (με όρους διατμητικής ικανότητας)
- Έναντι τέμνουσας (με όρους διατμητικής ικανότητας)

Κατά τον ΚΑΔΕΤ πραγματοποιούνται οι ακόλουθοι έλεγχοι

- Έναντι εντός επιπέδου κάμψης (τόσο με όρους καμπτικής αντοχής όσο και με όρους διατμητικής ικανότητας)
- Έναντι τέμνουσας (με όρους διατμητικής ικανότητας)

- Έναντι εκτός επιπέδου κάμψης παράλληλα αλλά και κάθετα στους οριζόντιους αρμούς (τόσο με κλασσική θεώρηση όσο και με θεώρηση ανενεργού περιοχής)

#### Ομοιότητες

Και στους δύο κανονισμούς πραγματοποιούνται οι έλεγχοι επάρκειας έναντι εντός επιπέδου κάμψης και διάτμησης σε όρους διατμητικής ικανότητας. Επίσης, και στους δύο πραγματοποιείται ο έλεγχος έναντι εκτός επιπέδου κάμψης με την κλασσική θεώρηση.

#### Διαφορές

Ο ΚΑΔΕΤ επιτρέπει την πραγματοποίηση του ελέγχου έναντι εντός επιπέδου κάμψης και σε όρους καμπτική αντοχής. Επίσης επιτρέπει την πραγματοποίηση του ελέγχου έναντι εκτός επιπέδου κάμψης, παράλληλα και κάθετα στους οριζόντιους αρμούς, με τη θεώρηση ανενεργού περιοχής. Ωστόσο στον ΚΑΔΕΤ δεν πραγματοποιείται έλεγχος έναντι κατακορύφων φορτίων. (Πατσουμαδάκης Γεώργιος, 2016)

### 3. ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται λεπτομερώς η διαδικασία που ακολουθείται με σκοπό την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας ενός υφιστάμενου κτηρίου και συγκεκριμένα ενός αναγνωρισμένου ως διατηρητέο το 2008 από τον ΥΠΕΧΩΔΕ, στην οδό Θήρα 54 της πλατείας Αμερικής στην Αθήνα.

Η διαδικασία της αποτίμησης και των προτάσεων επισκευής και ενίσχυσης του φορέα περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

1. Περιγραφή κτηρίου και παρουσίαση ιστορικών στοιχείων.
2. Τεκμηρίωση κτηρίου (σχέδια, μετρήσεις, φωτογραφίες).
3. Προσομοίωση φορέα.
4. Καθορισμός παραμέτρων ανάλυσης (είδος εδάφους, σεισμική ζώνη, κλπ.).
5. Πραγματοποίηση αναλύσεων και παρουσίαση αποτελεσμάτων.
6. Πραγματοποίηση ελέγχων αποτίμησης.
7. Συμπεράσματα ελέγχων και προτάσεις ενίσχυσης.

#### **Πότε ένα κτήριο ή περιοχή ορίζεται διατηρητέο;**

Σύμφωνα με το ΓΟΚ (Γενικός οικοδομικός κανονισμός), άρθρο 4 του νόμου 1577/1985, υπάρχουν ορισμένες προϋποθέσεις για να χαρακτηριστεί ένα κτίριο, ή μια περιοχή, ως διατηρητέο. Διατηρητέα χαρακτηρίζονται τα αστικά ακίνητα που κατασκευάστηκαν μετά το 1830. Η νομοθεσία προβλέπει τις ακόλουθες εξής περιπτώσεις:

α) Ο χαρακτηρισμός μπορεί να δοθεί σε έναν ολόκληρο οικισμό, ή σε ένα τμήμα πόλης, όπου χρήζει θαυμασμού και πρόκειται για μια ζώνη ιδιαίτερης φυσικής ομορφιάς. Σε αυτή τη κατηγορία συμπεριλαμβάνονται και οι παραδοσιακοί οικισμοί που έχουν ανάγκη προστασίας και χαρακτηρίζονται από το ΥΠΕΧΩΔΕ.

β) Το ΥΠΕΧΩΔΕ ορίζει ως διατηρητέο ένα κτίριο, ένα τμήμα του κτιρίου, ένα συγκρότημα, ή και ένα μεμονωμένο στοιχείο του. Σε αυτή τη κατηγορία κατατάσσεται και το οικοδόμημα που εξετάζεται σε αυτή τη διπλωματική εργασία. (πηγή: e-nomothesia.gr)

#### **3.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΗΡΙΟΥ – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ**

Στις αρχές του 20ου αιώνα, οι οδοί Πατησίων και Αχαρνών ήταν οι κύριες οδικές αρτηρίες που οδηγούσαν στις εξοχές και αποτέλεσαν την πρώτη επέκταση του σχεδίου πόλεως Αθηνών. Εκεί εγκαταστάθηκε η νέα αστική τάξη, σε μονοκατοικίες με κήπους, από τις οποίες ελάχιστες δυστυχώς έχουν διασωθεί.

Η περιοχή των Πατησίων ως επί το πλείστον έχει μια χαρακτηριστική τοπογραφία με πυκνή δόμηση των πολυκατοικιών του '60 και '70. Ιδιαίτερη εξαίρεση αποτελεί ένας πύργος στην οδό [Θήρας 54](#). Κατασκευάστηκε το 1914 και ιδιοκτήτης του ήταν ο Τζώρτζης Αλφονσάτος Τυπάλδος, εισαγωγέας φαρμάκων με καταγωγή από το Ληξούρι της Κεφαλονιάς.

Το κτήριο αντανακλά αφενός το ενδιαφέρον του για τον Εραλδισμό και αφετέρου την μεγάλη ιστορία της οικογένειας. Οι Τυπάλδοι έχουν ρίζες της στη Νάπολη της Ιταλίας, απ' όπου φαίνεται ότι μετανάστευσαν στην Κεφαλονιά τον 15<sup>ο</sup> αιώνα. Το σπίτι κατοικούνταν ως το

1993 από τους θείους της κυρίας Καλλιμάνη, Άγγελο και Ρόζα Τυπάλδου Ξυδιά, δύο βαθύτατα καλλιεργημένους ανθρώπους. Μια ληστεία στο εσωτερικό του σπιτιού τους οδήγησε να εγκαταλείψουν την περιοχή και στη συνέχεια ο πύργος αφέθηκε στην τύχη του.

Στην εποχή του αποτελούσε πρότυπο « βίλας εξοχής ». Ο νεογοτθισμός εκφράζεται εύγλωττα με την φρουριακού τύπου αρχιτεκτονική του, που χρησιμοποιεί με μέτρο στοιχεία του ανάλογου λεξιλογίου, όπως τα στηθαία τύπου επάλξεων, τα οξυκόρυφα τόξα των ανοιγμάτων, οι ιδιότυποι πεσσοί του κεντρικού πρόπυλου, οι ρόδακες, τα εμβλήματα κλπ. (Ιωάννα Σωτηρίου, 2008)

Ταυτόχρονα όμως το κτήριο διαρθρώνεται άψογα με βάση επιτηδευμένους κανόνες του νεοκλασικού λεξιλογίου, έχοντας τριμερή διάρθρωση με κεντρική μορφολογική ενότητα, διαβάθμιση της διακόσμησης, μέτρο και ρυθμό με την επανάληψη στοιχείων σε άλλη κλίμακα, κορνίζες ανοιγμάτων, ταινία στέψης, κλπ.

Σήμερα, παρόλο που περιβάλλεται ασφυκτικά από πανύψηλες, ακαλαίσθητες πολυκατοικίες, αποτελεί μια όαση αρχιτεκτονικής δεξιοτεχνίας και φυσικού τοπίου σε επίπεδο γειτονιάς.

### 3.2. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΓΟΤΘΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

#### Βασικά στοιχεία της μεσαιωνικής γοτθικής αρχιτεκτονικής

- οργανικός, σκελετοειδής σχεδόν, χαρακτήρας της διάρθρωσης της δομής
- ο εμφατικός κατακορυφισμός, όπου είναι εμφανής τόσο στις όψεις όσο και στη χωροταξική διάταξη.
- ο έντονες διακοσμήσεις, όπου ενισχύονται στις ύστερες περιόδους του ρυθμού διαμορφώνοντας έτσι εξαιρετικά περίτεχνες μορφές.

Η αρχή της γοτθικής τεχνοτροπίας εντοπίζεται στην ευρύτερη γεωγραφική περιοχή της βορείου Γαλλίας κατά το 12ο αιώνα.

Στην Αγγλία ο ρυθμός για μεγάλο χρονικό διάστημα κρατούσε τα πρωτεία μετά την υποχώρησή του στην ηπειρωτική Ευρώπη έως και το 16ο αιώνα.

Λίγο μετέπειτα στο πλαίσιο της λεγομένης Γοτθικής Επιβίωσης, η διάρκεια εφαρμογής του ρυθμού πήρε παράταση για σημαντικό χρονικό διάστημα.

Κατά τον 19ο αιώνα η γοτθική αρχιτεκτονική παράδοση απέκτησε νέα δυναμική στον ευρωπαϊκό χώρο μέσω του τεχνοτροπικού ρεύματος της Γοτθικής Αναγέννησης ή νεογοτθικού ρυθμού. (Ιωάννης Ε. Κωτούλας, 2017)



### 3.3. ΝΕΟΓΟΤΘΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

- **Ερμούπολη, Σύρος – 1839-1842**

Το Λοιμοκαθατήριο (Λαζαρέττα) ανήκει από τεχνοτροπικής άποψης στην κατηγορία του νεορωμανισμού.

Το κτίσμα, το οποίο ανεγέρθηκε μεταξύ των ετών 1839-42, ξεχωρίζει για το σημαντικό του μέγεθος για την επιμελημένη κατασκευή των χαμηλωμένων τόξων, τα οποία γεφυρώνουν τα ανοίγματα του κτίσματος.

- **Παλαιό Ηράκλειο, Αττική – 1842-1845**

Η Καθολική εκκλησία του Αγίου Λουκά πρόκειται για έναν μικρών διαστάσεων μονόχωρος ναός, με νοητά εσωτερικά κλίτη. Οι γενικές αναλογίες του ναού παραπέμπουν σε θεμελιώδεις αρχές του γοθτικού ρυθμού.

Ο ρυθμός του κτίσματος δεν ανήκει σε ένα περίτεχνο, έντονα διακοσμημένο γοθτικό ύφος, αλλά σε μία πιο απλή κατασκευή.

Η πρόσοψη του ναού διαμορφώνεται με μία επιμελημένη και εντυπωσιακή γοθτική είσοδο, η οποία συνίσταται σε επάλληλα τόξα, τα οποία βαθαίνουν και μικραίνουν σταδιακά.



Εικόνα 3.1. Λοιμοκαθατήριο, Σύρος. πηγή [data:image/jpeg;base64](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSUAWm8tYgmBr4T1dDYM4Lc59SG1dTt_Y6HNg&usqp=CAU)

- **Οδός Φιλελλήνων και Λεωφόρο Βασιλίσσης Αμαλίας - 1843**

Η Αγγλικανική Εκκλησία του Αγίου Παύλου υπήρξε το πρώτο κτίσμα με γοθτικά μορφολογικά χαρακτηριστικά.

Ακολουθεί το χαρακτηριστικό για τη γοθτική αρχιτεκτονική τύπο της τρίκλιτης βασιλικής με περιορισμένου μεγέθους πλάγια λίτη.

Τα πλάγια κλίτη καλύπτονται με μία μόνο γοθτική αψίδα, ώστε να διαμορφωθεί η σταυροειδής διάταξη στην κάτοψη του κτίσματος. Η στέγη εδράζεται σε δύο οξυκόρυφα τόξα, με τα οποία εξασφαλίζεται η απαραίτητη ενότητα χώρου μεταξύ του μεσαίου κλίτους και των δύο παράπλευρων κλιτών. Διαθέτει υψηλές απλές εξωτερικές αντηρίδες, οι οποίες έχουν προσαρμοστεί στο βασικό σώμα του κτίσματος.



Εικόνα 3.2. Εκκλησία Αγίου Παυλου, Αθήνα. πηγή [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSUAWm8tYgmBr4T1dDYM4Lc59SG1dTt\\_Y6HNg&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSUAWm8tYgmBr4T1dDYM4Lc59SG1dTt_Y6HNg&usqp=CAU)

- Τμήμα του Κτήματος Συγγρού, Μαρούσι - 1875

Η εκκλησία του Αγίου Ανδρέα είναι και ο μοναδικός γοθικού ρυθμού ναός Ορθοδόξου δόγματος, στην Ελλάδα. Τα χαρακτηριστικά που εμφανίζει είναι ομοίως με τον ναό του Αγίου Λουκά (1842-45) στο Ηράκλειο Αττικής.



Εικόνα 3.3. Εκκλησία Αγίου Ανδρέα, Αθήνα. πηγή <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTy1cX6OfToU1OazmN1325eHo1gz1-k8l8TNw&usqp=CAU>

- Ο Πύργος της Βασιλίσσης, Νέα Λιόσια – 1851

Το κυρίως κτίσμα είναι τετραγωνικής κάτοψης και αποτελείται από ισόγειο και όροφο. Στο επίπεδο του ισογείου υπάρχουν τρία απλά οξυκόρυφα γοθικά παράθυρα, ενώ στο επίπεδο του ορόφου υπάρχουν τρία ορθογωνικά παράθυρα με γοθικού τύπου διακόσμηση στο άνω τμήμα τους, η οποία συνίσταται σε διακοσμητικά ανθέμια και στυλιζαρισμένα μοτίβα.

Στην αριστερή πλευρά του υψώνονταν δύο οκταγωνικοί πύργοι. Το κτίσμα έφερε πολυάριθμα γοθικά ανοίγματα στην εξωτερική του επιφάνεια, ενώ στο εσωτερικό του υπήρχαν διακοσμητικά μοτίβα.



Εικόνα 3.4. Πύργος της Βασιλίσσης, Αθήνα. πηγή <https://15dimiliou.weebly.com/uploads/2/6/2/4/26249935/7223691.jpg?286>

- Το Παλατάκι, Χαϊδάρι – 1880

Ο Πύργος είναι τυπικό δείγμα αρχιτεκτονικής ρομαντικού ιστορισμού με νεογοθικά στοιχεία. Βασικό χαρακτηριστικό: ο φρουριακός του χαρακτήρας. Αποτυπώνεται στη χρήση οχρωματικών επάλξεων, γωνιακών πυργοειδών διαμορφώσεων και στενών ανοιγμάτων των παραθύρων, τα οποία κατ' αυτόν τον τρόπο προσιδιάζουν σε πολεμίστρες.

Διακρίνεται για τις ραδινές αναλογίες της γενικής διαμόρφωσής του και τα γοθικίζοντα διακοσμητικά στοιχεία, όπως τα παράθυρα με οξυκόρυφα τόξα και ο εξωτερικός κεραμοπλαστικός διάκοσμος.

(Ιωάννης Ε. Κωτούλας, 2017)



Εικόνα 3.5. Το Παλατάκι, Αθήνα. πηγή <https://mario.net/images-p/40684284.jpg>

Μερικά ακόμη κτίσματα που έχουν επιρροές γοθτικής αρχιτεκτονικής, με φυσικά τη λίστα να συνεχίζεται με έναν μεγάλο αριθμό κατασκευών, είναι:

- Τα Ανάκτορα της Τρίπολης - 1828
- Αστικά κτίσματα του Κλεάνθη για τη Δούκισσα της Πλακεντίας
- Η Βίλα Ιλίσια – 1840
- Το Καστέλο της Ροδοδάφνης - 1840

Η εξοχική κατοικία Maisonette – 1841

### 3.4. ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ

#### 3.4.1. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

Τα όρια του οικοπέδου που βρίσκεται το κτήριο είναι τα εξής:

- Ανατολικό όριο

Οδός Ιεροσολύμων και κατ' επέκταση η παράλληλη κεντρική οδός 28<sup>ης</sup> Οκτωβρίου ή Πατησίων, δύο στενά ανατολικότερα.

- Βόρειο όριο

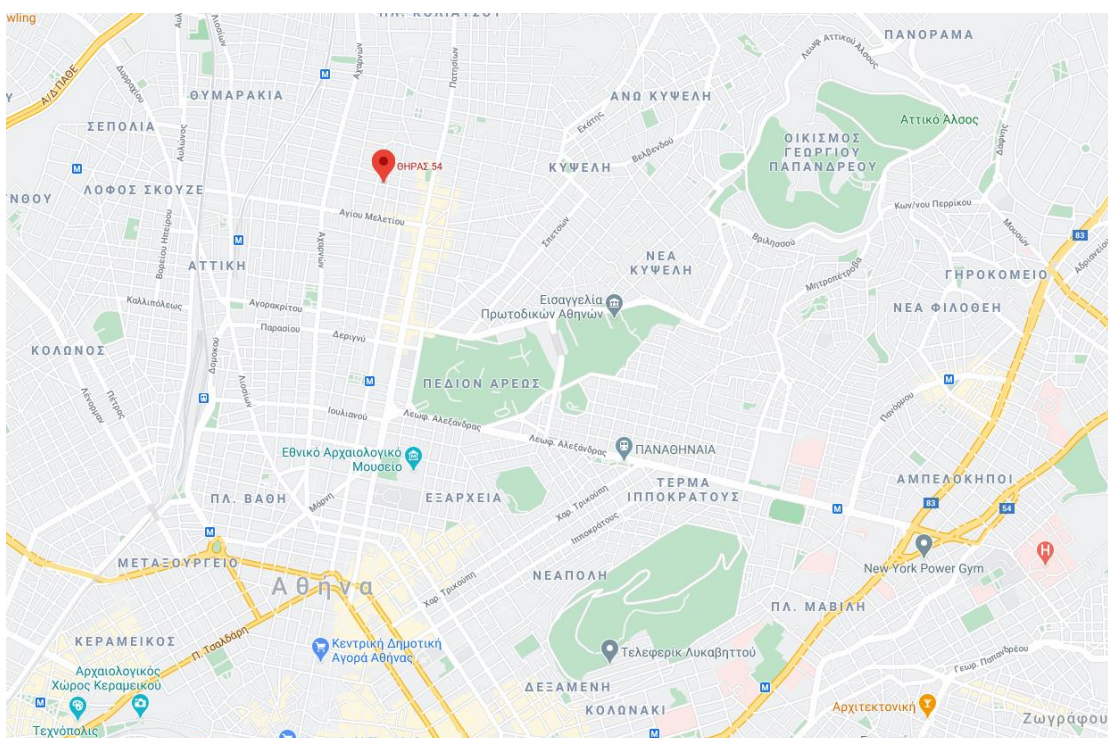
Οδός Μηθύμνης και κατ' επέκταση η παράλληλη οδός Λέλας Καραγιάννη, δύο στενά βορειότερα.

- Δυτικό όριο

Οδός Σταυροπούλου και κατ' επέκταση η παράλληλα κεντρική οδός Αχαρνών, δύο στενά δυτικότερα.

- Νότιο όριο

Οδός Θήρας όπου είναι και η κύρια είσοδος του κτηρίου και είναι παράλληλη κατ' επέκταση της κεντρικής οδού Αγίου Μελετίου, δύο στενά νοτιότερα.

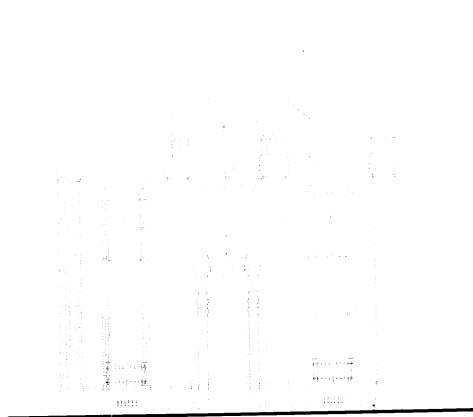


Εικόνα 3.6. Τοποθεσία οικοδομήματος.

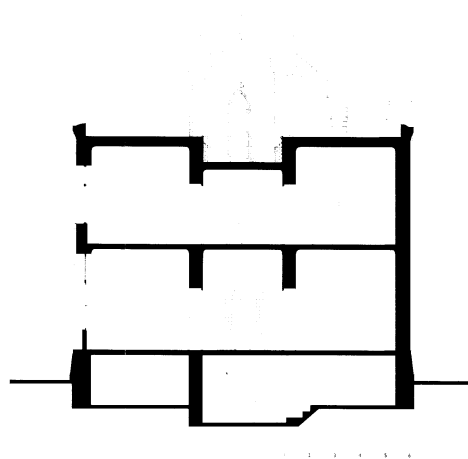
### 3.4.2. ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΑ ΣΧΕΔΙΑ

Τα σχέδια, δόθηκαν από την ιδιοκτήτρια του κτηρίου όχι μόνο με σκοπό να συγκριθούν με τα προγενέστερα σχέδια της μηχανικού Βιτζηλαίου Έφης, με αυτά της αποτύπωσής, αλλά και για να καταχωρηθούν σε ηλεκτρονική μορφή, να γίνει ανάπτυξη τους και με την πιθανότητα μελλοντικά να χρησιμοποιηθούν για τη μελετη με την προοπτική να γίνει ενίσχυση του φέροντα οργανισμού, αποκατάσταση των στοιχείων σε βλάβη, ανακαίνιση και επανάχρηση.

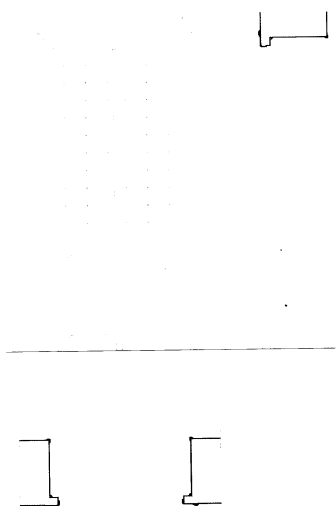
Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν αποστασιόμετρο και μετροταινία ενώ το συμπέρασμα που προέκυψε ήταν ότι οι μετρήσεις είχαν άμεση σχέση με τα αρχικά σχέδια.



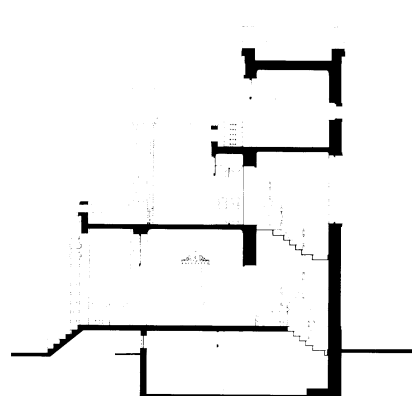
Σχήμα 3.7. Πρόσοψη



Σχήμα 3.8. Τομή A-A'



Σχήμα 3.9. Λεπτομέρεια πόρτας

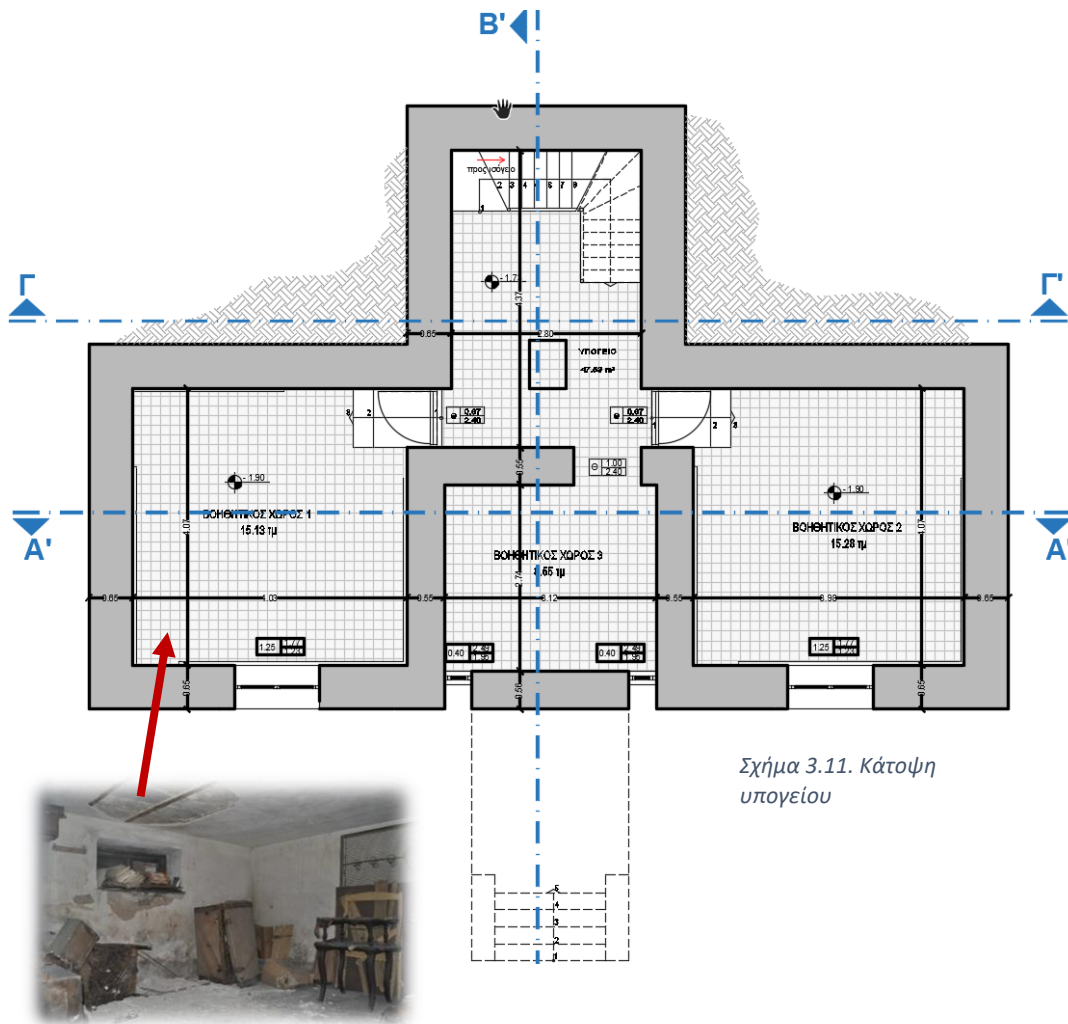


Σχήμα 3.10. Τομή B-B'

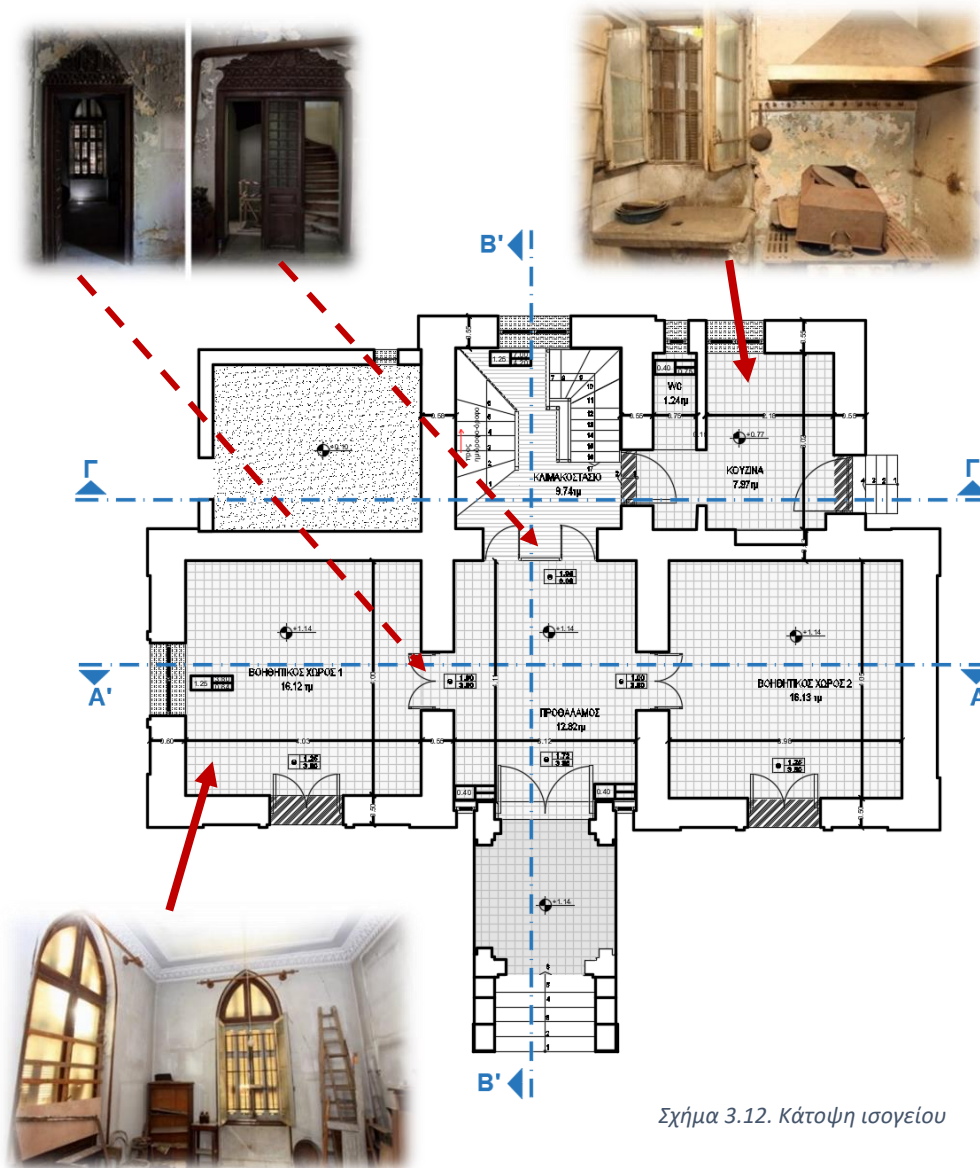


### 3.4.3. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΚΤΗΡΙΟΥ

Τα αρχιτεκτονικά σχέδια (κατόψεις, όψεις, τομές) του κτηρίου που μελετάται παρουσιάζονται παρακάτω.



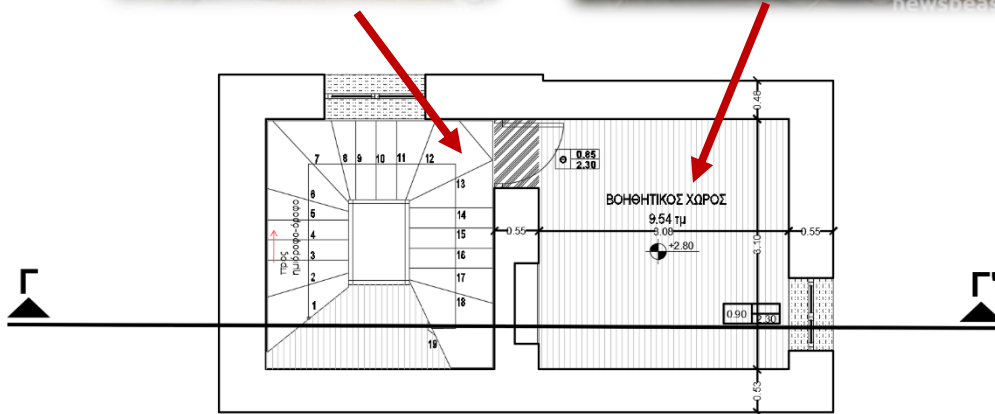
Σχήμα 3.11. Κάτοψη υπογείου



Σχήμα 3.12. Κάτοψη ισογείου

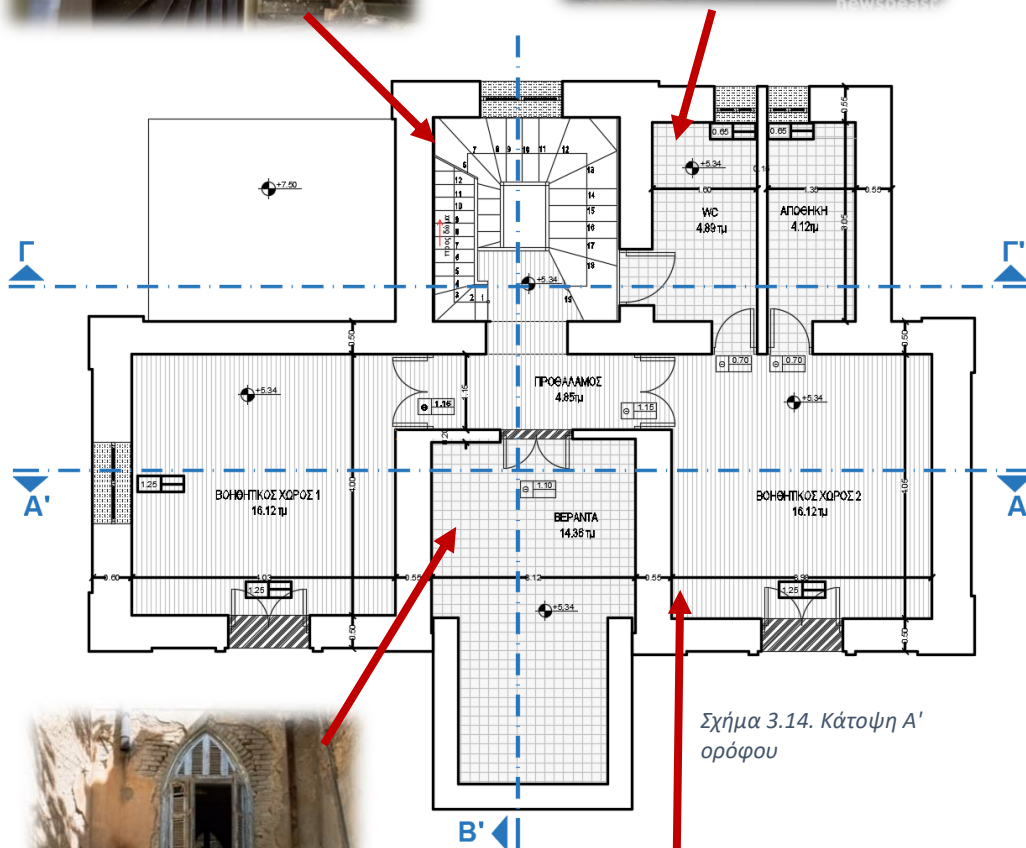
### Περιγραφή χώρων

Το δωμάτιο στα αριστερά ήταν το σαλόνι του πύργου και το δωμάτιο στα δεξιά η τραπεζαρία. Στο βάθος και δεξιά βρίσκεται η κουζίνα, καθαρά παρασκευαστικός χώρος με δική του έξοδο στον κήπο. Ακριβώς απέναντι από την εξωτερική πόρτα δεσπόζει η μεγάλη ξύλινη σκάλα που σε μεταφέρει στο δεύτερο επίπεδο. Στο μέσο της σκάλας συναντάς ένα μικρό δωμάτιο, όπου βρισκόταν μια μεγάλη βιβλιοθήκη



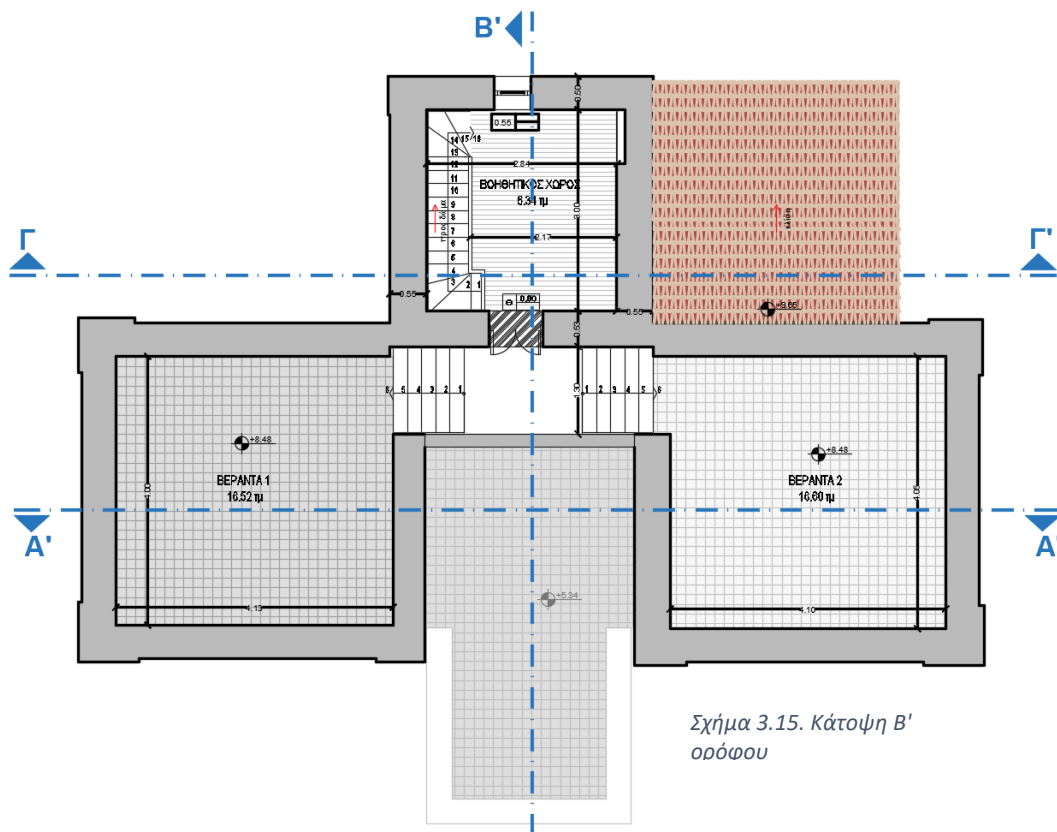
Σχήμα 3.13. Κάτοψη ημιωρόφου  
- βιβλιοθήκης





### Περιγραφή χώρων

Προχωρώντας στο δεύτερο επίπεδο αριστερά και δεξιά βρίσκονται τα δύο υπνοδωμάτια και η τουαλέτα. Μπροστά ακριβώς η μπαλκονόπορτα δεν σε βγάζει σε ένα συνηθισμένο μπαλκόνι, αλλά στις πολεμίστρες του πύργου.

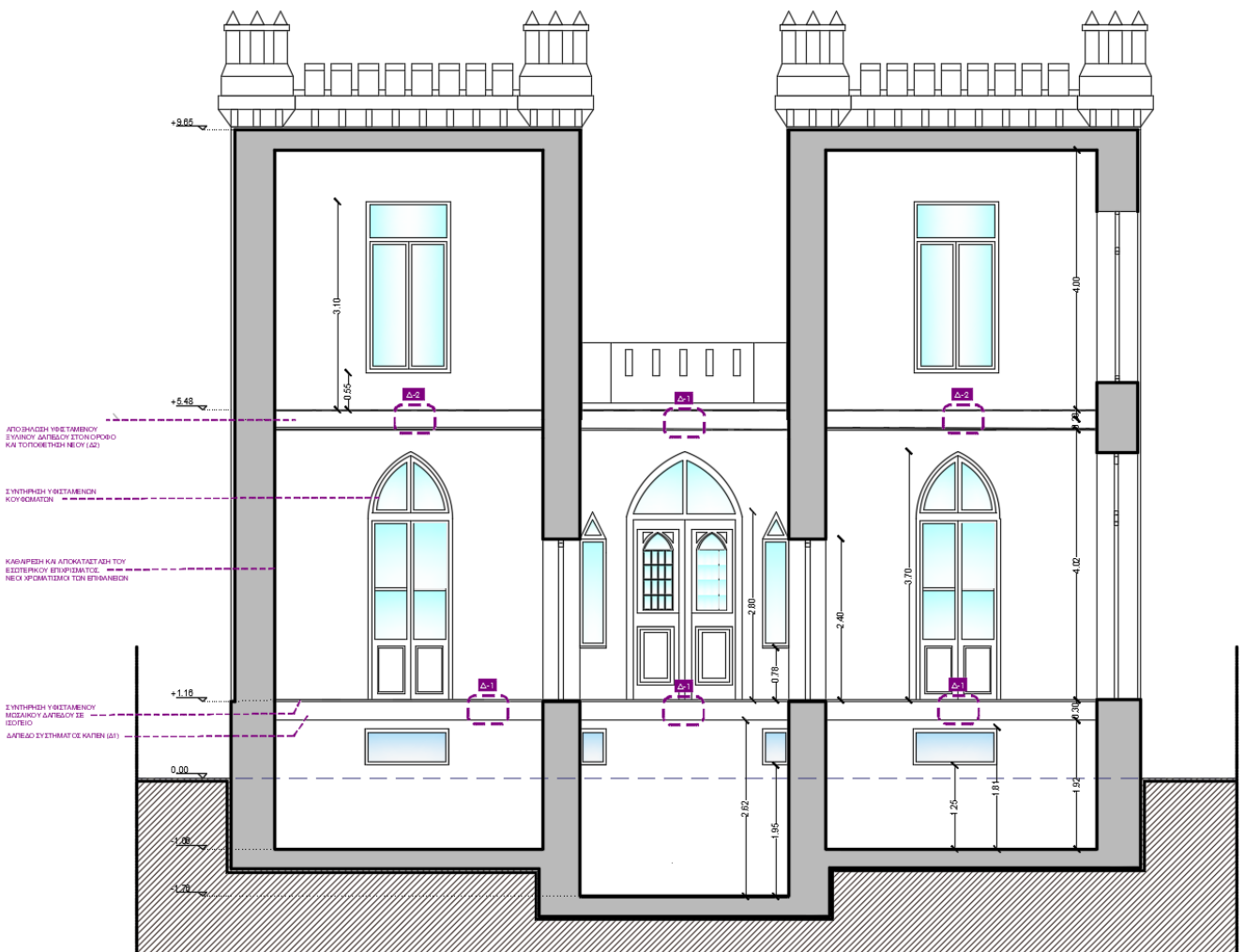


Σχήμα 3.15. Κάτοψη Β' ορόφου

### Περιγραφή χώρων

Στο τρίτο επίπεδο βρίσκεται ένα ακόμη δωμάτιο με την μπαλκονόπορτα να οδηγεί στις δεύτερες πολυμίστρες στο ψηλότερο σημείο του κτηρίου.





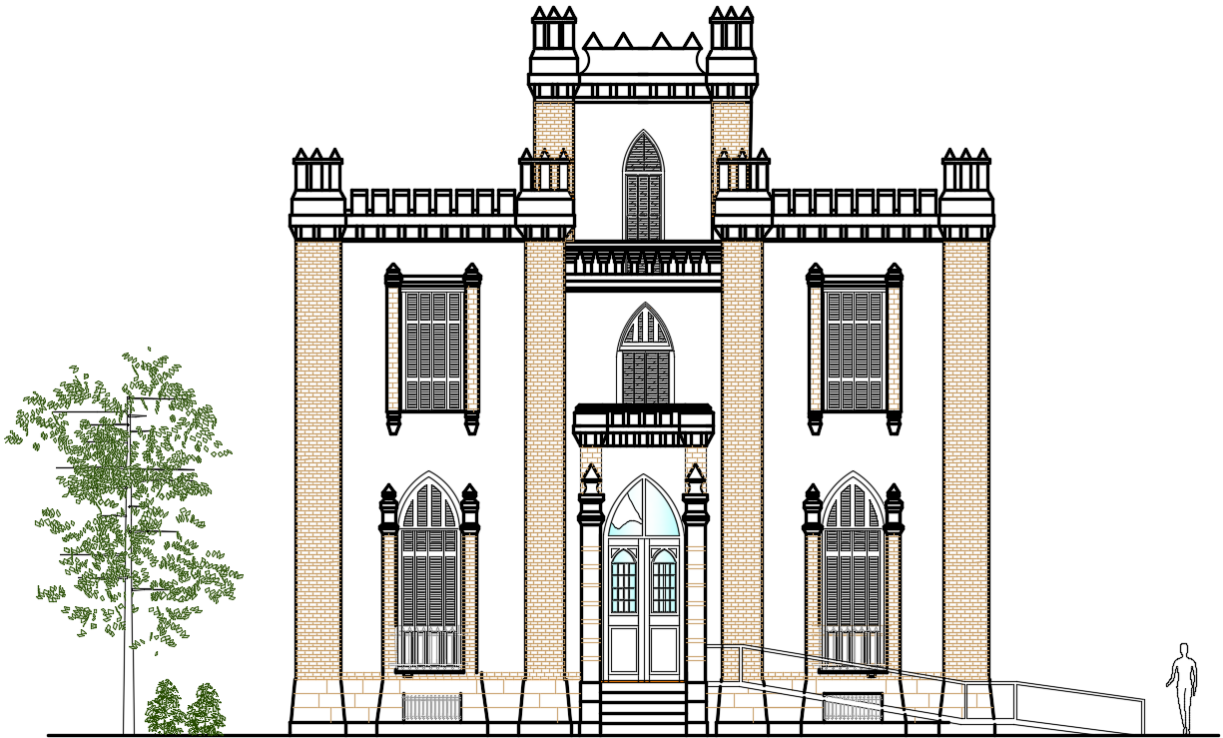
Σχήμα 3.16. Τομή Α-Α'



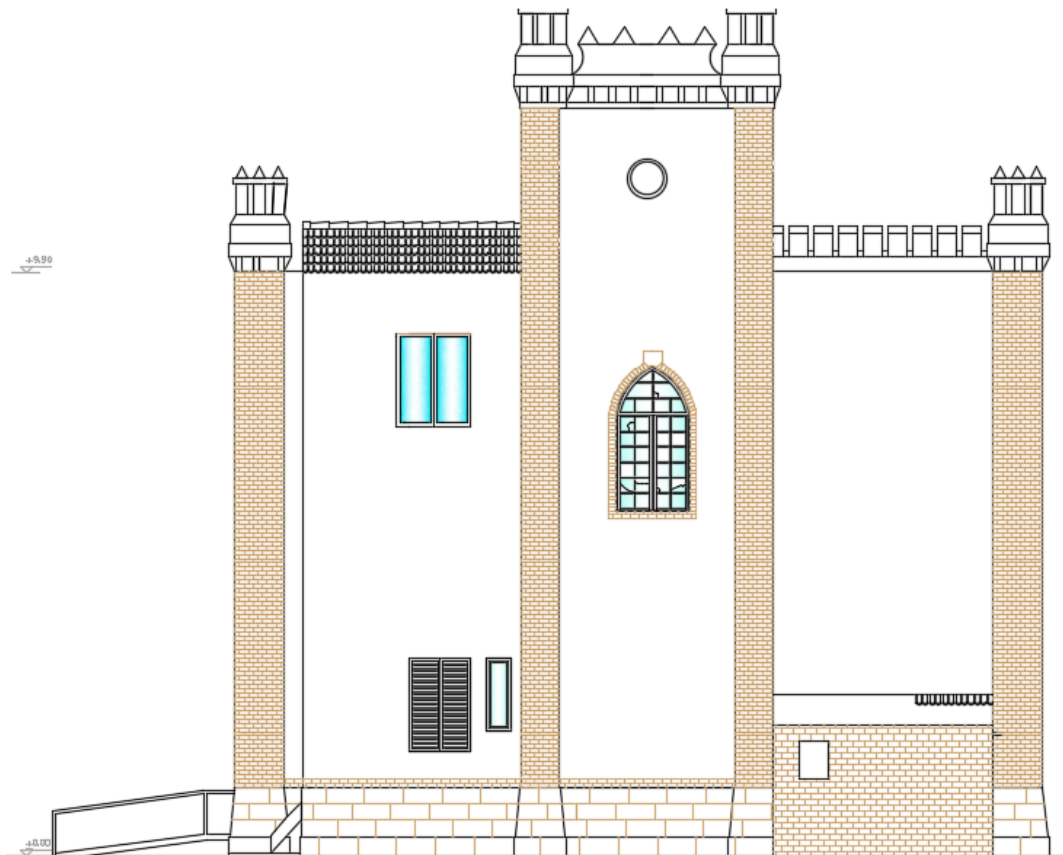


Σχήμα 3.18.1 Τομή Γ-Γ'

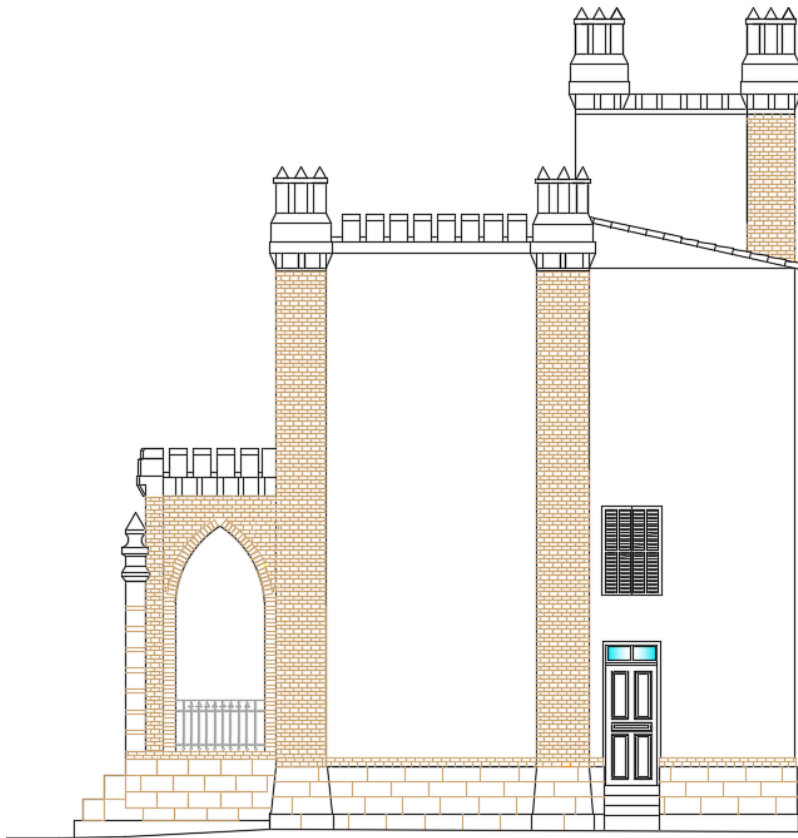




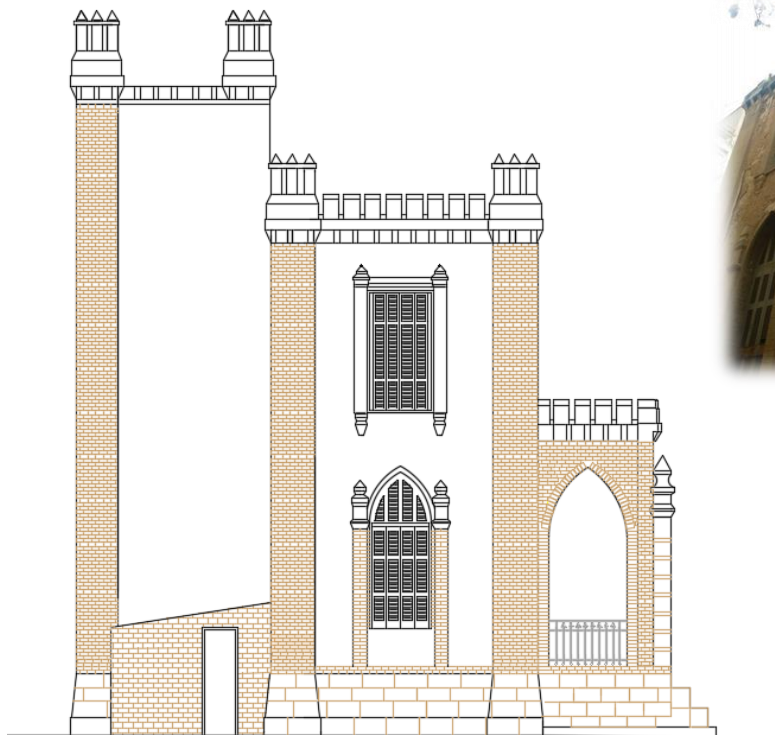
Σχήμα 3.19. Όψη Α



Σχήμα 3.20. Όψη Β



Σχήμα 3.21.3 Όψη Γ



Σχήμα 3.22.2 Όψη Δ

### 3.5. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΙΡΙΩΣΗ



Εικόνα 3.23. Είσοδος του κτηρίου.



Εικόνα 3.24. Πρόσοψη κτηρίου.



Εικόνα 3.25. Πρόσοψη κτηρίου



Εικόνα 3.26. Είσοδος, τραβηγμένη από το εσωτερικό.



Εικόνα 3.27. Αεροφωτογραφία προσόψεως.



### 3.6. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ – ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Εμφανής είναι η ανάπτυξη των παθολογιών, λόγω της εγκατάλειψης του κτηρίου σε συνδυασμό με τα καιρικά φαινόμενα και τον βανδαλισμό που έχει υποστεί από το 1993, τη χρονολογία που εγκαταλείφθηκε από τους τότε ιδιοκτήτες.

Έχει προσβληθεί από υγρασία και ανεπτυγμένη βλάστηση τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά. Παρατηρείται υποχώρηση των δύο ξύλινων δαπέδων στον χώρο του α' ορόφου, και στο ξύλινο δάπεδο του β' ορόφου λόγω της υγρασίας. Μικρός αριθμός κασών έχουν αποκολληθεί από την τοιχοποιία που είναι εφαπτόμενες, κυρίως στο χώρο του ισογείου.

#### 3.6.1. ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ

Η κυρίως ξύλινη σκάλα κεντρικά του κτηρίου δεν έχει καταρρεύσει, έχει υποστεί όμως μερική αποκόλληση σε ορισμένα σημεία, γεγονός που καθιστά εφικτή τη συντήρησή της και όχι την αφαίρεση αυτής.

#### 3.6.2. ΔΑΠΕΔΑ

##### ΠΛΙΝΘΟΚΤΙΣΤΟ ΕΠΙ ΣΙΔΗΡΟΔΟΚΩΝ

Το δάπεδο του υπογείου είναι από σκυρόδεμα χωρίς κάποια επίχριση και φθορά. (3.28.)

Το πάτωμα του ισογείου είναι πλινθόκτιστο επί σιδηροδοκών και επικαλυμμένο με πλακάκι μωσαϊκού, δεν έχει υποστεί βλάβη, παρά μόνο ρωγμές σε ορισμένα σημεία.

Πλινθόκτιστο είναι και ένα τμήμα του ξυλοτύπου του ισογείου όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα. (3.29.)

##### ΞΥΛΙΝΑ ΔΑΠΕΔΑ

Τα ξύλινα πατώματα στους ορόφους έχουν υποστεί μεγάλη φθορά, καθώς έχουν αποκολληθεί οι σανίδες από τα δοκάρια, τα οποία έχουν σαπίσει από την υγρασία και το χρόνο. (3.30.)

Πιο συγκεκριμένα τα ξύλινα δάπεδα είναι κατασκευασμένα από ξύλινες σανίδες πλάτους και πάχους, 15 και 3 εκατοστών αντίστοιχα. Οι σανίδες αυτές πατούν πάνω σε ξύλινα δοκάρια τετράγωνης διατομής 10 εκατοστών.

Τα δοκάρια αυτά είναι τοποθετημένα και έχουν απόσταση μεταξύ τους, περίπου τα 40 εκατοστά. Πακτώνονται στη πλευρική τοιχοποιία και συνδέονται με τις εσωτερικές ξυλοδεσιές της.



Εικόνα 3.28. Ξυλότυπος υπογείου



Εικόνα 3.29. Ξυλότυπος χολ ισογείου.



Εικόνα 3.30. Ξυλότυπος βοηθητικού χώρου 1, ισογείο.

### 3.6.3. ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

- ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ / ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ

Τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά είναι τοιχοποιία με χαλίκωμα από ακατέργαστη πέτρα ενώ σε ορισμένες επιφάνειες περιμετρικά υπάρχει εμφανής οπτοπλινθοδομή. Σε μόνο δύο σημεία στην οικοδομή φαίνεται να υπάρχει διαχωριστική τοιχοποιία.

Το επίχρισμα έχει υποχωρήσει σε αρκετά σημεία στους τοίχους, βλέποντας έτσι τα οικοδομικά υλικά (πέτρα, τούβλο, χαλίκια).

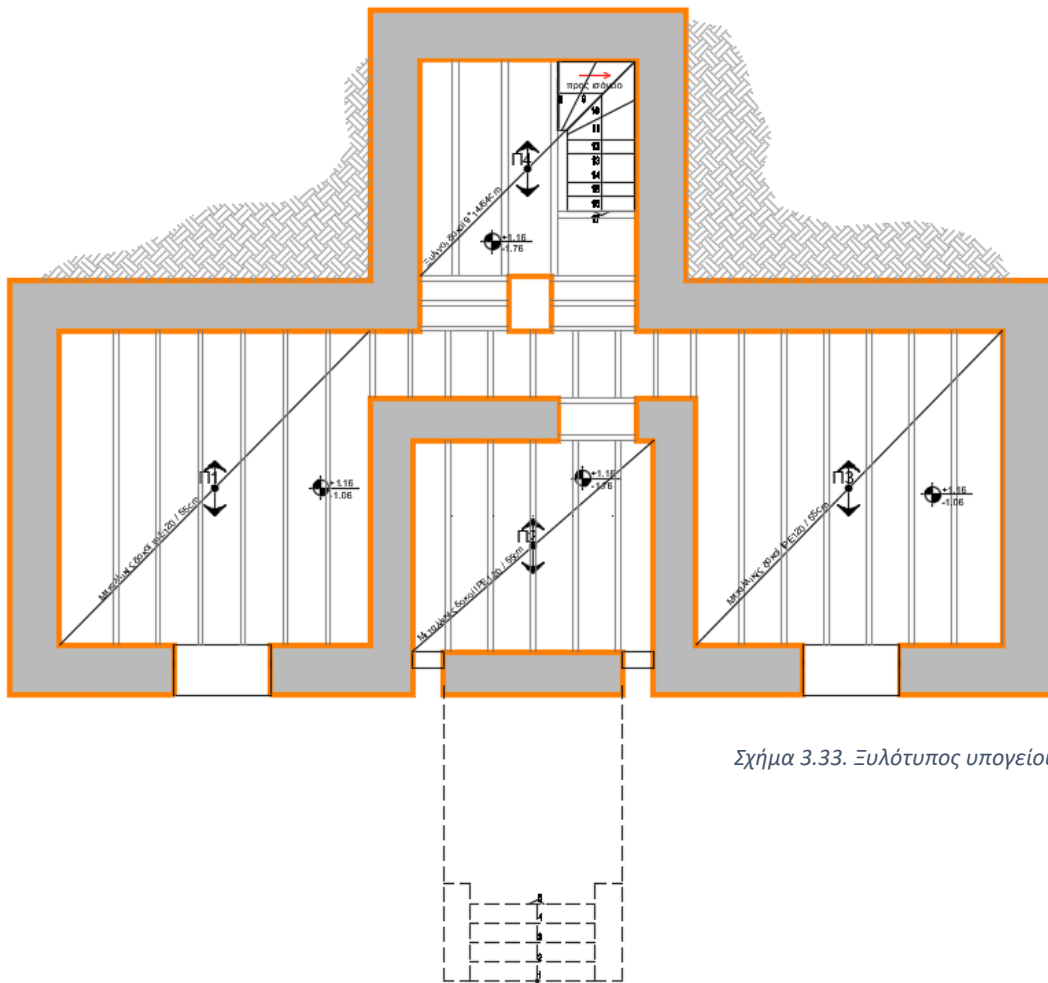


Εικόνα 3.31. Θύρα μετάβασης από το χολ στο βοηθητικό χώρο 1, στο ισογείο.

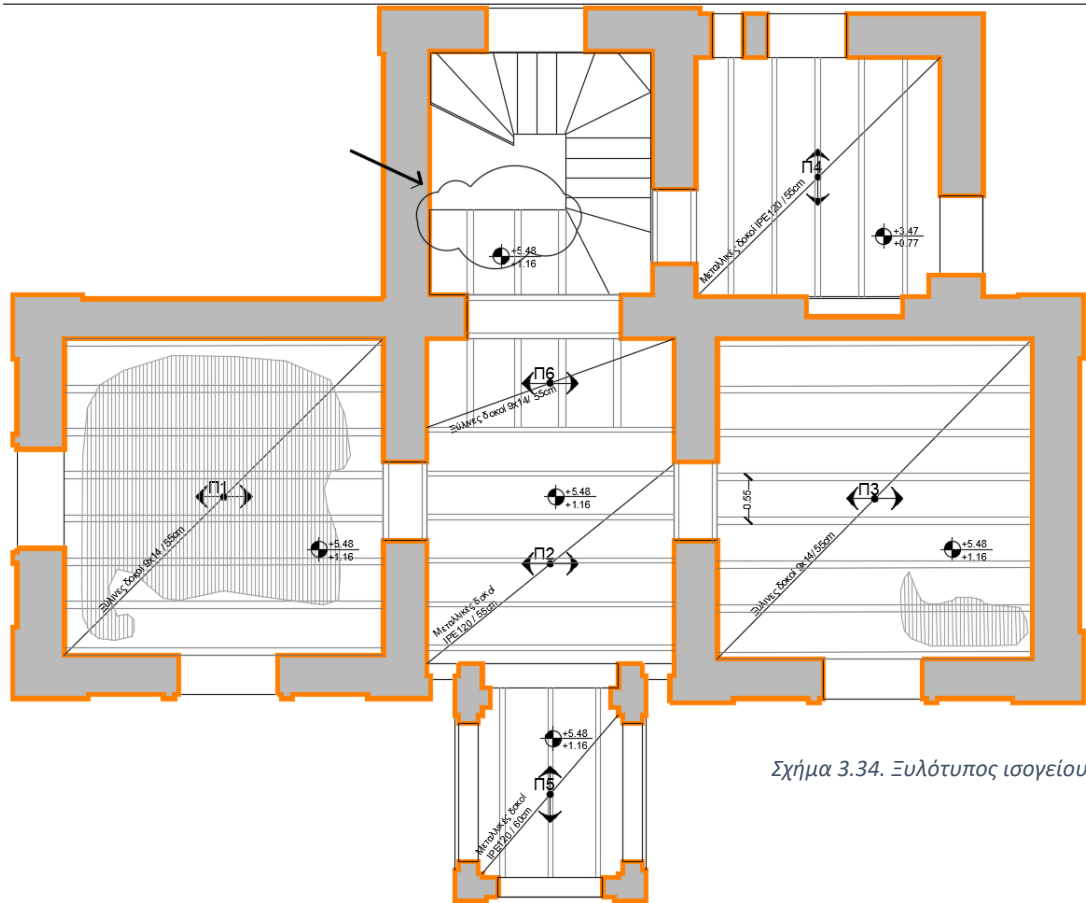


Εικόνα 3.32. Ξυλότυπος βοηθητικού χώρου 2, ισογείο.

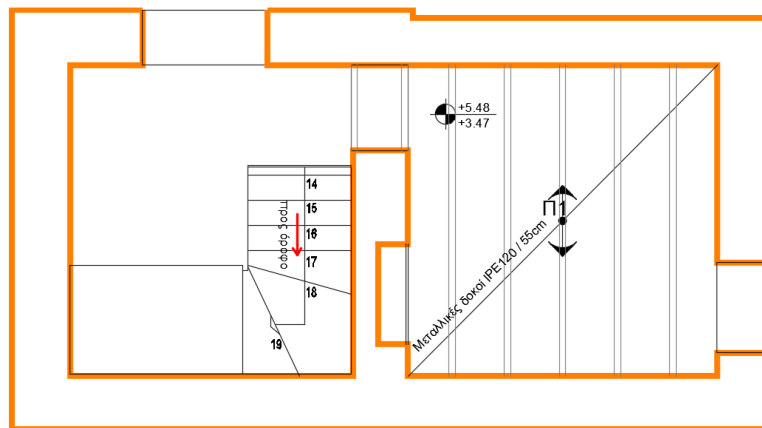
### 3.7. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΞΥΛΟΥΠΟΥ



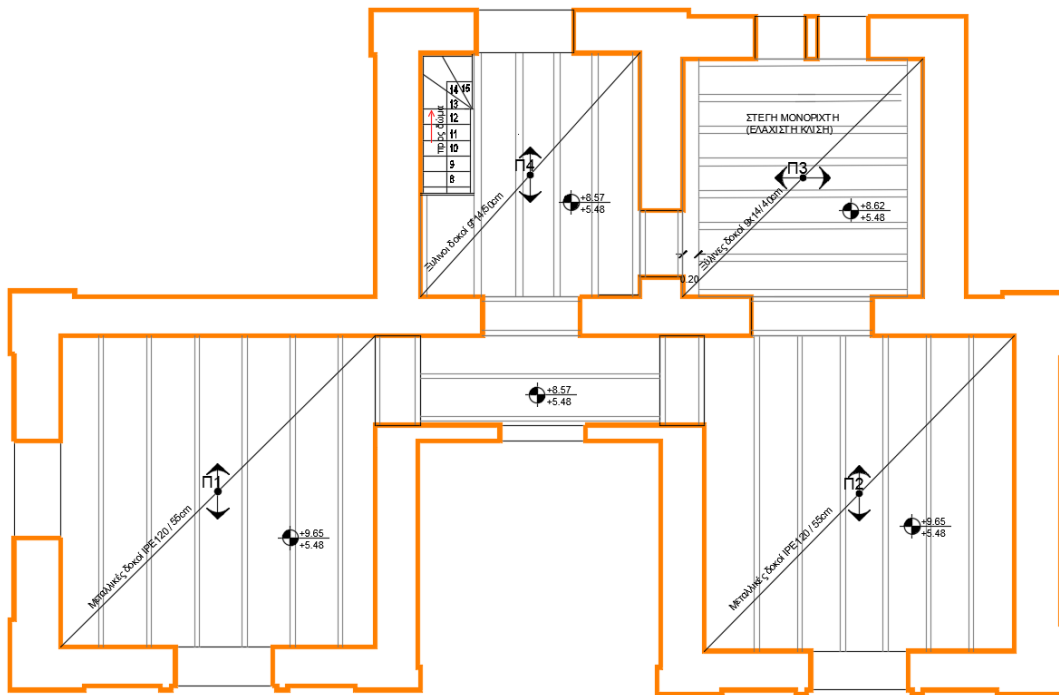
Σχήμα 3.33. Ξυλότυπος υπογείου



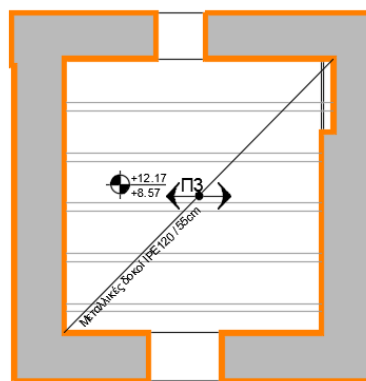
Σχήμα 3.34. Ξυλότυπος ισογείου



Σχήμα 3.35. Ξυλότυπος ημιωρόφου



Σχήμα 3.36. Ξυλότυπος Α' ορόφου



Σχήμα 3.37. Ξυλότυπος Β' ορόφου

#### 4. 3D ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ 3D MAX ΤΗΣ AUTODESK

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται η τρισδιάστατη απεικόνιση του κτηρίου, καθώς είναι ένα εργαλείο που μας παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες βοηθώντας μας μέσω της τρισδιάστατης απεικόνισής του να κατανοήσουμε το αντικείμενο σε τρεις διαστάσεις.

Η ανάπτυξη του τρισδιάστατου μοντέλου πραγματοποιήθηκε μέσω της χρήσης του λογισμικού 3D Max της Autodesk. Είναι μια αρκετά δύσκολη και σύνθετη διαδικασία όπου χρησιμοποιήθηκαν τα αρχιτεκτονικά σχέδια της αποτύπωσης που έγινε στα πλαίσια της εργασίας και στη συνέχεια εισήχθησαν στο 3d πρόγραμμα.

Οι χώροι και τα επίπεδα στο πρώτο στάδιο έγιναν με την βοήθεια των κατόψεων, το ίδιο και η προσθήκη των ανοιγμάτων. Στη συνέχεια, για το σχεδιασμό περαιτέρω λεπτομερειών έγινε χρήση τόσο των κατόψεων αλλά και όψεων/τομών, καθώς και φωτογραφιών έτσι ώστε να αποτυπωθούν σωστά όλα τα διακοσμητικά στοιχεία του κτιρίου.

Για λόγους γρηγορότερης διαχείρισης οι διάφορες επαναλαμβανόμενες λεπτομέρειες του κτιρίου (γύψινα, παράθυρα, διάκοσμος κλπ.) χρησιμοποιήθηκαν διάφορα αρχικά αντικείμενα, με αρκετά modifiers, από τα οποία έγιναν αρκετά αντίγραφα (instances). Με αυτόν τον τρόπο οι αλλαγές που γίνονταν στο μητρικό αντικείμενο μεταφέρονταν αυτόματα στα υπόλοιπα, γλιτώνοντάς μου πολύτιμο χρόνο, αλλά εξασφαλίζοντας παράλληλα την ομοιομορφία των διάφορων στοιχείων.

Βλέποντας μακροχρόνια όσον αφορά την πραγματοποίηση εργασιών ανακαίνισης, αποκατάστασης αλλά και επανάχρησης του εν λόγω κτηρίου, ένας επιπλέον λόγος που υλοποιήθηκε το 3d μοντέλο, είναι η παραχώρηση των πληροφοριών που μπορούν να αντληθούν, από τους εμπλεκόμενους φορείς προκειμένου να διεκπεραιωθούν εργασίες και μελέτες σε πραγματικό χρόνο. Υπάρχουν όντως βλέψεις, όραμα και έντονη επιθυμία από την ιδιοκτήτρια να ανακαινισθεί το κτήριο και να λειτουργήσει ως ένα πολιτισμικό κέντρο αναβαθμίζοντας έτσι και την περιοχή.

Στις εικόνες 4.1 έως 4.6 παρουσιάζονται οι εικόνες που προέκυψαν από το λογισμικό 3D max.



Εικόνα 4.1. Φωτορεαλιστική απεικόνιση του κτηρίου. Πρόσοψη επί της οδού Θήρας.





*Εικόνα 4.2. Φωτορεαλιστική απεικόνιση του κτηρίου. Πρόσοψη επί της οδού Θήρας.*



*Εικόνα 4.3.. Φωτορεαλιστική απεικόνιση του κτηρίου με πρόβλεψη κατασκευής ράμπας ΑΜΕΑ.*



*Εικόνα 4.4. Φωτορεαλιστική απεικόνιση του κτηρίου*



*Εικόνα 4.5. Φωτορεαλιστική απεικόνιση του κτηρίου*



*Εικόνα 4.6. Φωτορεαλιστική απεικόνιση του κτηρίου στο περιβάλλοντα χώρο με πρόβλεψη πετρόκτιστου διαδρόμου περιμετρικά του οικοδομήματος.*



## 5. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΦΟΡΕΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

### 5.1. Γενικά

Παρακάτω γίνεται αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθείται όσον αφορά την προσομοίωση του φορέα από φέρουσα τοιχοποιία. Η προσομοίωση είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς μέσω αυτής επιτρέπεται η πραγματοποίηση αναλύσεων και η εξαγωγή σημαντικών αποτελεσμάτων σχετικά με το φορέα, όπως εντατικά και παραμορφωσιακά μεγέθη. Ανάλογα τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι εφικτή η πραγματοποίηση των *ελέγχων επάρκειας των μελών του φορέα* που είναι φυσικά ο λόγος ύπαρξης αυτής της εργασίας. Ο φορέας χαρακτηρίζεται από διαφραγματική λειτουργία σε όλο το υπόγειο, ισόγειο και τους εξώστες πλην των κλιμακοστασίων και των ορόφων καθώς αποτελείται από ξύλινα δάπεδα (πλάκες) σε εκείνα τα επίπεδα. Το θέμα εξετάζεται με χρήση του EC8-3 και σχετικής βιβλιογραφίας. Τέλος πρέπει να τονιστεί ότι, από τη στιγμή που στην παρούσα εργασία δεν πραγματοποιείται έλεγχος της θεμελίωσης, εφαρμόζεται πάκτωση στο ισόγειο που θεωρείται και η στάθμη 0.00, σε όλο το μήκος της σύνδεσης των τοίχων με το έδαφος. Επίσης έχει παρθεί ως δεδομένο ότι οι πλινθόκτιστες πλάκες που υπάρχουν στους εξώστες είναι από σκυρόδεμα, για διευκόλυνση της διεκπεραίωσης της εργασίας.

#### 5.1.1. Καθορισμός παραμέτρων υλικών

Επειδή οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν για την επάρκειας του υφισταμένου κτηρίου βασίζονται στις διατάξεις του Ευρωκώδικα 8, πριν προχωρήσουμε στη δημιουργία του μοντέλου πρέπει να καθοριστούν ορισμένες παράμετροι σχετικές με τα υλικά κατασκευής του κτηρίου όπως οι πλίνθοι, το *κονίαμα* και το *σκυρόδεμα*. Οι παράμετροι αυτές είναι ιδιαίτερα σημαντικές διότι καθορίζουν στη συνέχεια τις τιμές διαφόρων συντελεστών ασφαλείας που υπεισέρχονται στους ελέγχους επάρκειας των μελών του φορέα. Συγκεκριμένα, όσον αφορά τις πλάκες σκυροδέματος, προσομοιώθηκε με διάφραγμα. Σχετικά με την τοιχοποιία για να προκύψει η σωστή τιμή του συντελεστή ασφαλείας του υλικού  $\gamma_M$ , ο επιλέγονται τα ακόλουθα χαρακτηριστικά για τους πλίνθους:

- Τοιχοποιία πάχους 60cm, 55cm και 50cm

## 5.2. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ 3D ΠΡΟΣΟΜΙΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΟ SOFTWARE SEISMOSTRUCT 2021

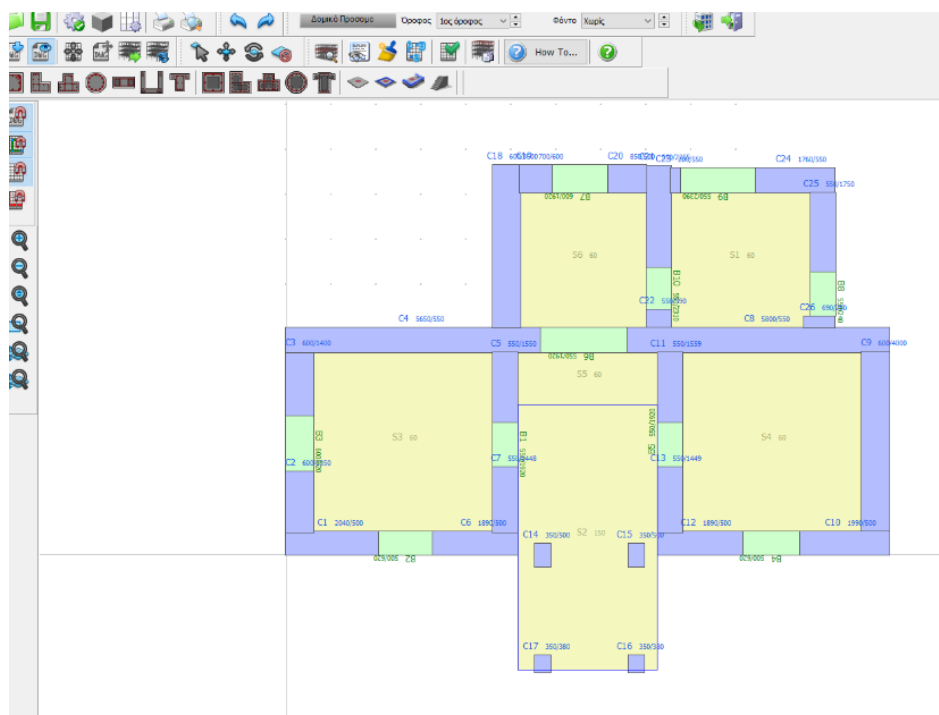
Στο σημείο αυτό, και αφού έχουν καθορισθεί όλες οι παράμετροι των υλικών κατασκευής και οι χαρακτηριστικές αντοχές της τοιχοποιίας, δημιουργείται το τρισδιάστατο προσομοίωμα του φορέα.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί και παραπάνω, το κτήριο αποτελείται από *φέρουσα τοιχοποιία, πλάκες σκυροδέματος* στο επίπεδο του υπογείου, *πλινθόκτιστες πλάκες επί σιδηροδοκών* στο επίπεδο του ισογείου και στους εξώστες και *τέλος ξύλινα δάπεδα* στους ορόφους και στο χώρο του κλιμακοστασίου.

Τα στοιχεία αυτά προσομοιώνονται στο λογισμικό *Seismostruct2021* με τον ακόλουθο τρόπο:

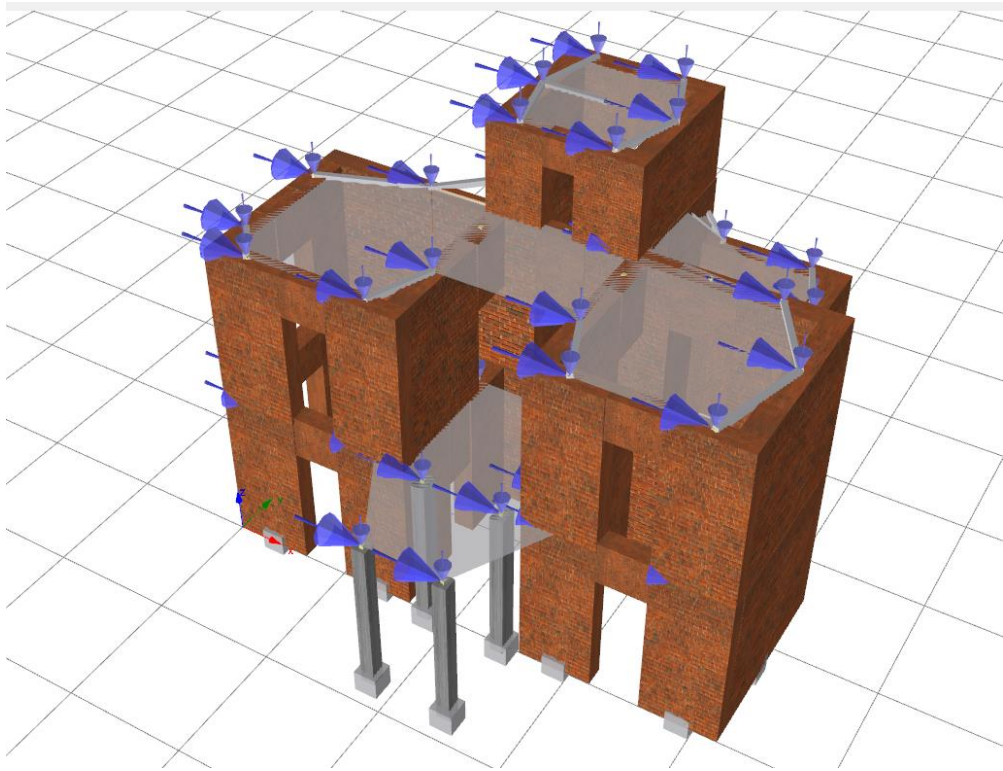
- Έγινε η εισαγωγή των 2d αρχιτεκτονικών σχεδίων στον προσομοιωτή (building modeler). Επειδή το πρόγραμμα δεν υποστηρίζει ακόμη τοιχοποιία, περάστηκαν όλοι οι φέροντες τοίχοι ως υποσύλωμα σκυροδέματος πάχους από 60cm-50cm και έγινε μετατροπή υλικών στην συνέχεια, μέσω του Seismostruct.
- Τα υπέρθυρα προσομοιώθηκαν ως δοκοί, ενώ τα 4 υποστυλώματα στην είσοδο του κτηρίου και που στηρίζουν τον εξώστη, θεωρήθηκαν από σκυρόδεμα διατομής 35cm\*50cm και 35cm\*35cm.

Να σημειωθεί ότι με αυτό τον τρόπο προσομοιώνεται αυτόματα η διαφραγματική λειτουργία σε όλα τα επίπεδα.



Σχήμα 5.1.4 Δημιουργία κάτοψης ισογείου με τη χρήση του Seismostruct2021

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω δημιουργείται η προσομοίωση του μοντέλου της κατασκευής το οποίο παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 5.2. Τελική μορφή προσομοιώματος κατασκευής

#### 5.2.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ

Πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός των κατακορύφων φορτίων που δρουν στην κατασκευή. Για να βρεθεί το  $\Phi_{σχ}$  (φορτίο σχεδιασμού) ώστε να εφαρμοστεί στην τοιχοποιία υπολογίσθηκε το  $IB_{πλ}$  (ιδιο βάρος πλάκας),  $g_{ολ}$  (συνολικά μόνιμα φορτία) για τα ξύλινα δάπεδα και τις πλάκες σκυροδέματος για όλους τους χώρους και στη συνέχεια πολλαπλασιάστηκε με το εμβαδόν της πλάκας του κάθε χώρου. Το  $\Phi_{σχ}$  για τα ξύλινα δάπεδα υπολογίσθηκε ως  $2,1 \text{ kN/m}^2$  ενώ για τις πλάκες από σκυρόδεμα  $5,85 \text{ kN/m}^2$

#### ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Το κτήριο ελέγχθηκε με βάσει τα παρακάτω κριτήρια επιτελεστικότητας:

1. Διατμητική δύναμη τοιχοποιίας (πορτοκαλί χρώμα)
2. Θλιπτική δύναμη τοιχοποιίας (κόκκινο χρώμα)
3. Ροπή κάμψης τοιχοποιίας (πράσινο χρώμα)
4. Μετακίνηση τοιχοποιίας (μπλε χρώμα)

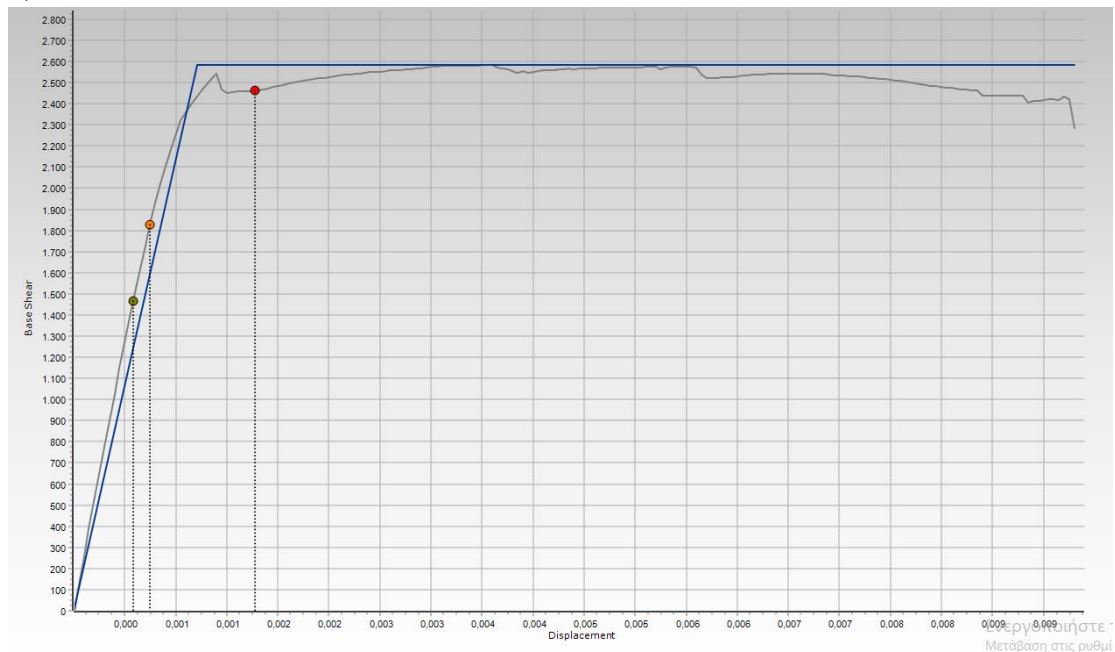
### 5.3. ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΕΣ ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ - PUSHOVER

#### 5.3.1. ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (PUSHOVER) – ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Μετακινήσεις για τις τρεις στάθμες επιτελεστικότητας

#### ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ “Χ”

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι στοχευμένες μετακινήσεις για τις 3 στάθμες επιτελεστικότητας κατά τον άξονα «χ» όπου παρουσιάζεται μετακίνηση στα 0.7mm κατά τον έλεγχο για σημαντικές βλάβες. Οι υπολογισμοί έγιναν με βάση τον Ευρωκώδικα – 8, part 3, με φασματική επιτάχυνση στα 0,160g, τύπος 1, απόσβεση στο 5%, έδαφος Β και σπουδαιότητα II. Τέλος οι σημαντικές βλάβες (significant damage) που σχετίζεται με τις οριακή κατάσταση είναι στο 50%.



Target Displacement	
Damage Limitation (DL)	0,00058272
Significant Damage (SD)	0,00074753
Near Collapse (NC)	0,00177194

Σχήμα 5.3.5 Διάγραμμα στοχευόμενων μετακινήσεων για τις τρεις στάθμες επιτελεστικότητας

Πιο συγκεκριμένα διαβάζοντας το παραπάνω διάγραμμα όσον αφορά τις στοχευμένες μετακινήσεις του σεισμού για τις τρεις στάθμες φαίνεται ότι:

**Damage limitation (DL)** αντιστοιχεί → το βήμα 13 με συντελεστή φόρτισης 15,07 και μετακίνηση στα **0.0006m**. Το στοιχείο το οποίο αστόχησε σε διάτμηση είναι το C3\_1 (στο ισόγειο) και παρουσιάζεται στο σχήμα 5.4. με πορτοκαλί χρώμα ενώ τα στοιχεία που μετακινήθηκαν σε ροπή κάμψης είναι τα C10\_2, C1\_2 – άνω κόμβοι (στο πρώτο επίπεδο) και C12\_1 – κάτω κόμβος (στο ισόγειο). Παρουσιάζονται στο σχήμα 5.5. με πράσινο χρώμα.



Σχήμα 5.4. Αστοχία στοιχείου σε διάτμηση – όψη Δ



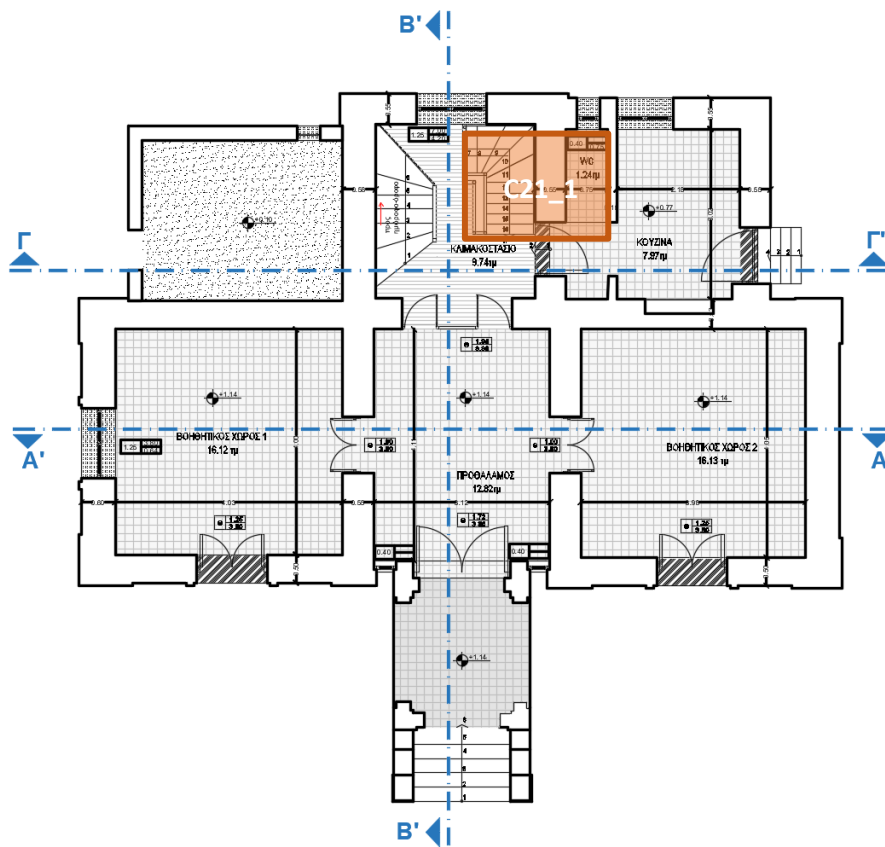
Σχήμα 5.5. Αστοχία στοιχείων σε ροπή κάμψης - πρόσοψη

**Significant Damage (SD)** αντιστοιχεί → το βήμα 16 με συντελεστή φόρτισης 18,32 και μετακίνηση στα **0.00075m**. Το στοιχείο το οποίο αστόχησε μόνο σε ροπή κάμψης είναι το **C30\_2** – κάτω κόμβος (στο δεύτερο επίπεδο) και παρουσιάζεται στο σχήμα 5.6 με πράσινο χρώμα.



Σχήμα 5.6. Αστοχία του στοιχείου σε ροπή κάμψης– πίσω όψη

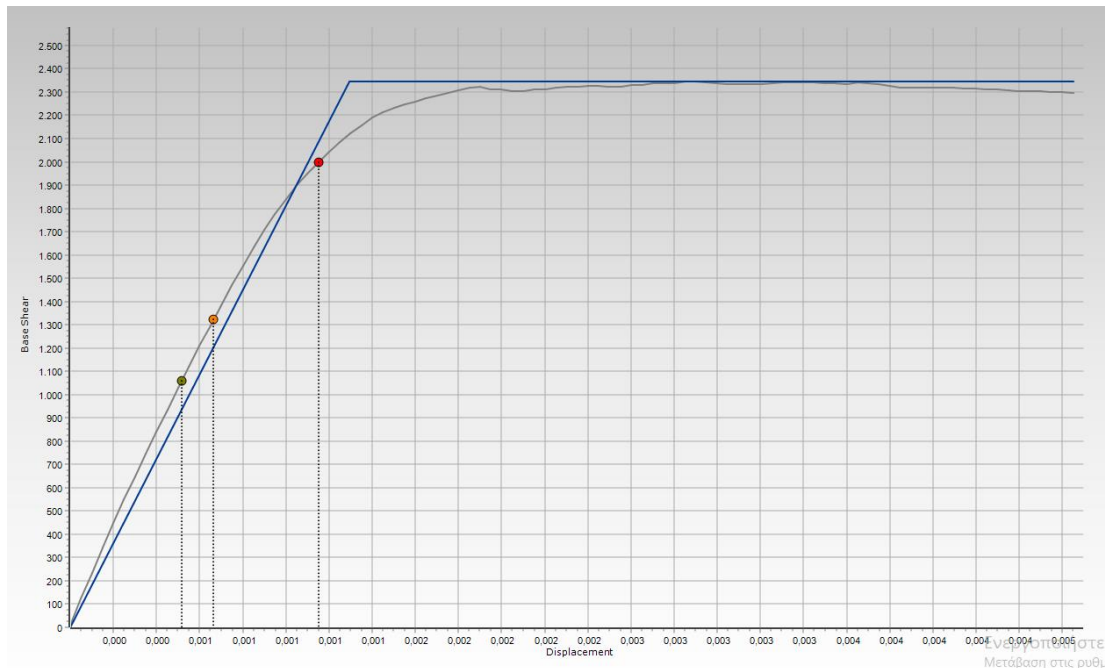
Near Collapse (NC) αντιστοιχεί → το βήμα 37 με συντελεστή φόρτισης 24,64 και μετακίνηση στα 0.0018m. Το στοιχείο αστόχησε σε διάτμηση και είναι το C21\_1 (στο ισόγειο) και παρουσιάζεται στο σχήμα 5.7 με πορτοκαλί χρώμα.



Σχήμα 5.7.6 Αστοχία του στοιχείου σε διάτμηση – κάτοψη ισογείου



## ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ “Υ”

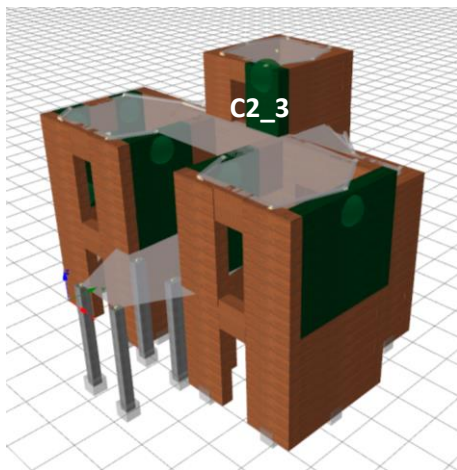


Target Displacement	
Damage Limitation (DL)	0,00051744
Significant Damage (SD)	0,00066379
Near Collapse (NC)	0,00115077

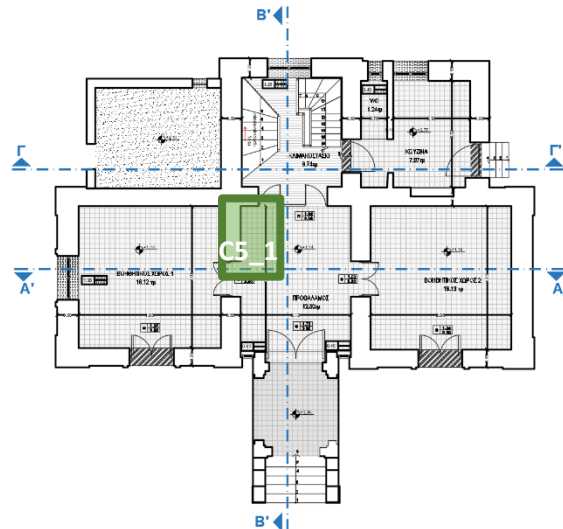
Σχήμα 5.8. Διάγραμμα μετακινήσεων για τις τρεις στάθμες επιτελεσματικότητας

Πιο συγκεκριμένα διαβάζοντας το παραπάνω διάγραμμα όσον αφορά τις στοχευμένες μετακινήσεις του σεισμού για τις τρεις στάθμες φαίνεται ότι:

**Damage Limitation (DL)** αντιστοιχεί → το βήμα 11 με συντελεστή φόρτισης 10,27 και μετακίνηση στα 0.0005m. Τα στοιχεία τα οποία αστόχησαν σε ροπή κάμψης είναι το **C5\_1** - άνω κόμβος (στο ισόγειο) και το **C2\_3** - άνω κόμβος (στο δεύτερο επίπεδο) ενώ παρουσιάζονται στα σχήματα 5.9, 5.10 με πράσινο χρώμα.

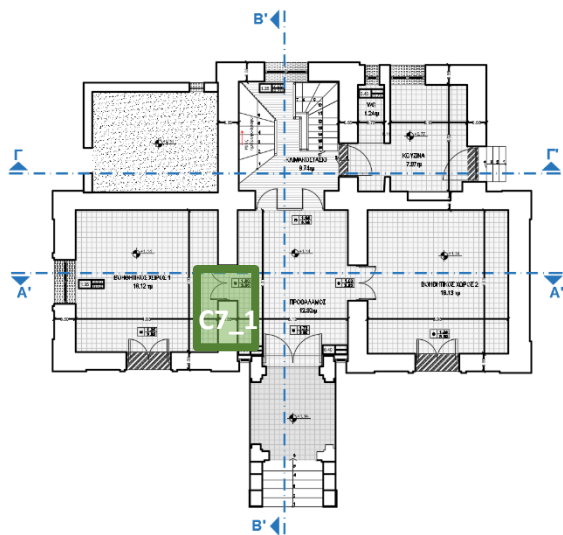


Σχήμα 5.9. Αστοχία του στοιχείου σε ροπή κάμψης – πρόσοψη



Σχήμα 5.10 Αστοχία του στοιχείου σε ροπή κάμψης – κάτοψη ισόγειου

Significant Damage (SD) αντιστοιχεί → το βήμα 14 με συντελεστή φόρτισης 12,97 και μετακίνηση στα 0.0006m. Τα στοιχεία τα οποία αστόχησαν σε ροπή κάμψης είναι τα C7\_1, C18\_1 - κάτω κόμβοι (στο ισόγειο), C2\_1 - άνω κόμβος (στο ισόγειο) και C33\_2 – κάτω κόμβος (στο πρώτο επίπεδο) παρουσιάζονται στα σχήματα 5.11, 5.12 και 5.13 με πράσινο χρώμα.



Σχήμα 5.11. Αστοχία του στοιχείου σε ροπή κάμψης – κάτοψη ισογείου



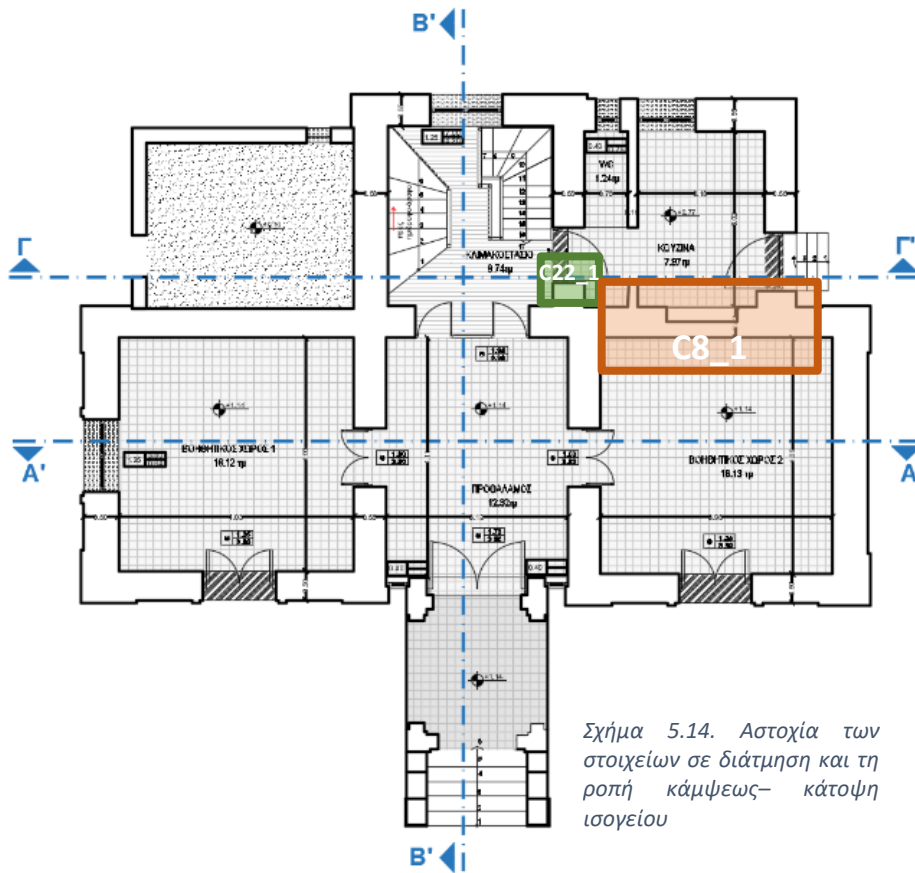
Σχήμα 5.12. Αστοχία των στοιχείων σε ροπή κάμψης – όψη Δ



Σχήμα 5.13. Αστοχία του στοιχείου σε ροπή κάμψης – όψη Γ



Near Collapse (NC) αντιστοιχεί → το βήμα 31 με συντελεστή φόρτισης 22,31 και μετακίνηση στα 0.0015m. Το στοιχείο αστόχησε σε διάτμηση και είναι το C8\_1 (στο ισόγειο) και C22\_1 - άνω κόμβος (στο ισόγειο) παρουσιάζονται στο σχήμα 5.14 με πορτοκαλί και πράσινο χρώμα.

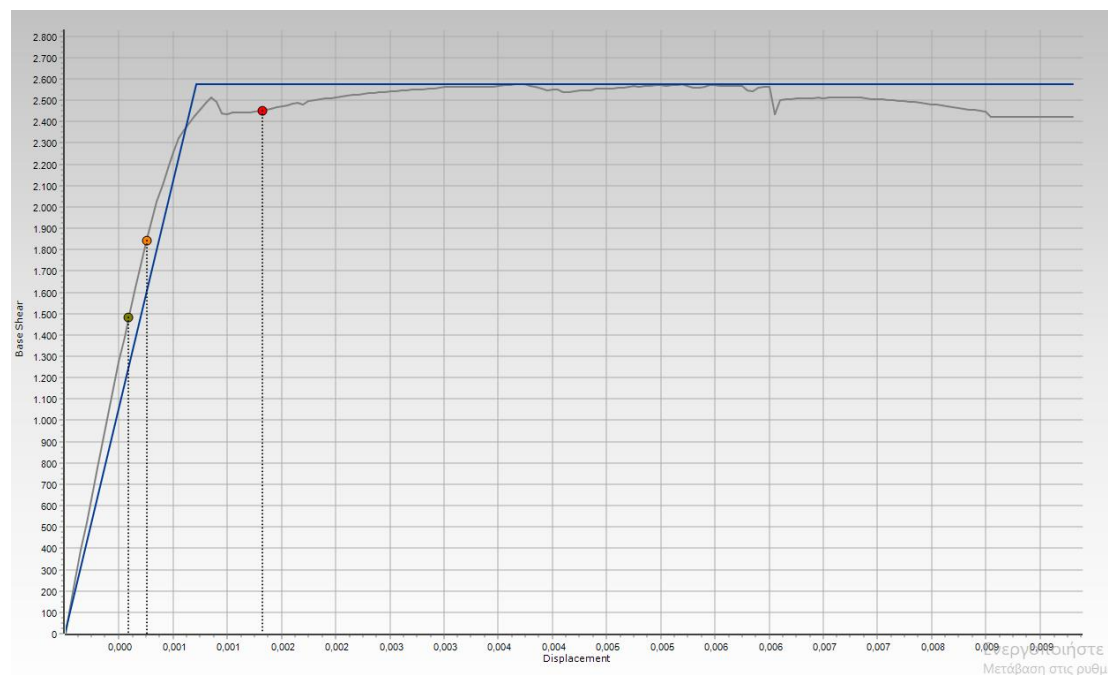


### 5.3.2. ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (PUSHOVER) – ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Μετακινήσεις για τις τρεις στάθμες επιτελεστικότητας

#### ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ “Χ”

Ομοίως με την τριγωνική κατανομή, έτσι και με την ομοιόμορφη φαίνονται οι στοχευόμενες μετακινήσεις για τις 3 στάθμες επιτελεστικότητας κατά τον άξονα «χ» όπου παρουσιάζεται μετακίνηση στα 0.0007m κατά τον έλεγχο για σημαντικές βλάβες. Οι υπολογισμοί έγιναν με βάση τον Ευρωκώδικα – 8, part 3, με φασματική επιτάχυνση στα 0,160g, τύπος 1, απόσβεση στο 5%, έδαφος Β και σπουδαιότητα ΙΙ. Τέλος οι σημαντικές βλάβες (significant damage) που σχετίζεται με τις οριακή κατάσταση είναι στο 50%.

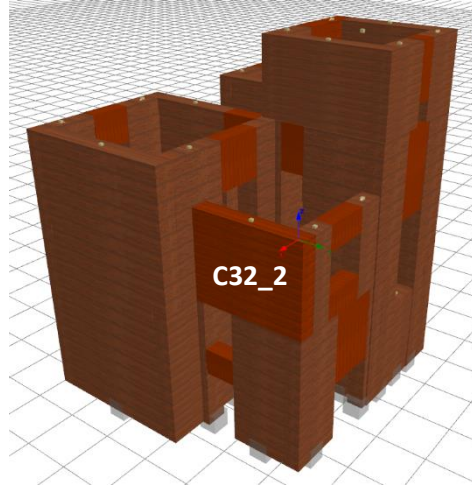


Target Displacement	
Damage Limitation (DL)	0,00058897
Significant Damage (SD)	0,00075556
Near Collapse (NC)	0,00182126

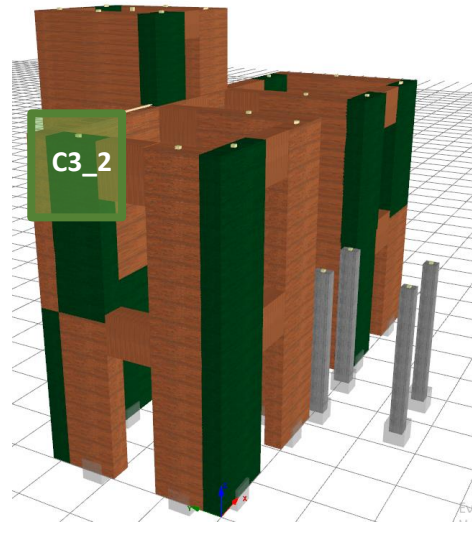
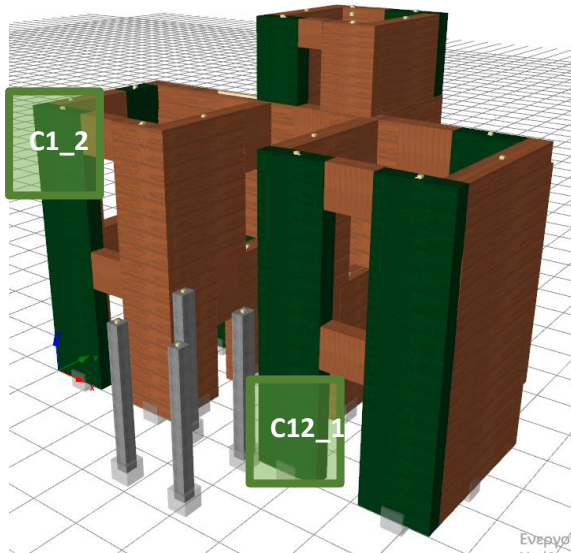
Σχήμα 5.15.7 Διάγραμμα στοχευόμενων μετακινήσεων για τις τρεις στάθμες επιτελεστικότητας

Πιο συγκεκριμένα διαβάζοντας το παραπάνω διάγραμμα όσον αφορά τις στοχευμένες μετακινήσεις του σεισμού για τις τρεις στάθμες φαίνεται ότι:

**Damage limitation (DL)** αντιστοιχεί → το βήμα 13 με συντελεστή φόρτισης 15,09 και μετακίνηση στα 0.0006m. Το στοιχείο το οποίο αστόχησε σε διάτμηση είναι το C3\_1 (στο ισόγειο) και C32\_2 (όροφος). Παρουσιάζεται στο σχήμα 5.16. με πορτοκαλί χρώμα ενώ τα στοιχεία που μετακινήθηκαν σε ροπή κάμψης είναι τα C1\_2 και C3\_2 – άνω κόμβοι (στο πρώτο επίπεδο) και C12\_1 – κάτω κόμβος (στο ισόγειο). Παρουσιάζονται στο σχήμα 5.17 με πράσινο χρώμα.

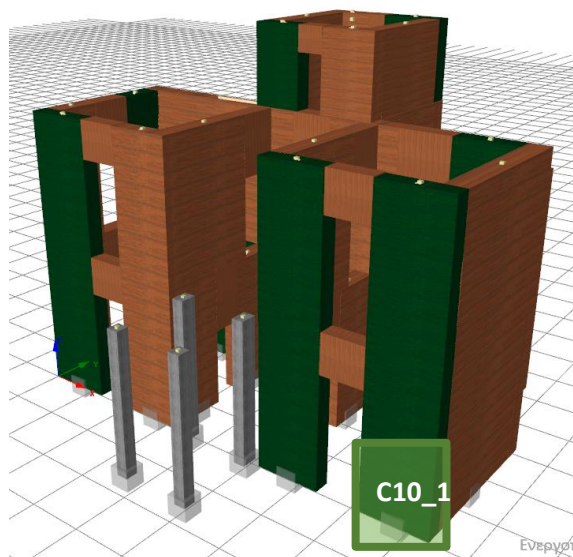


Σχήμα 5.16 Αστοχία στοιχείων σε διάτμηση – όψη Δ



Σχήμα 5.17 Αστοχία στοιχείων σε ροπή κάμψης - πρόσοψη

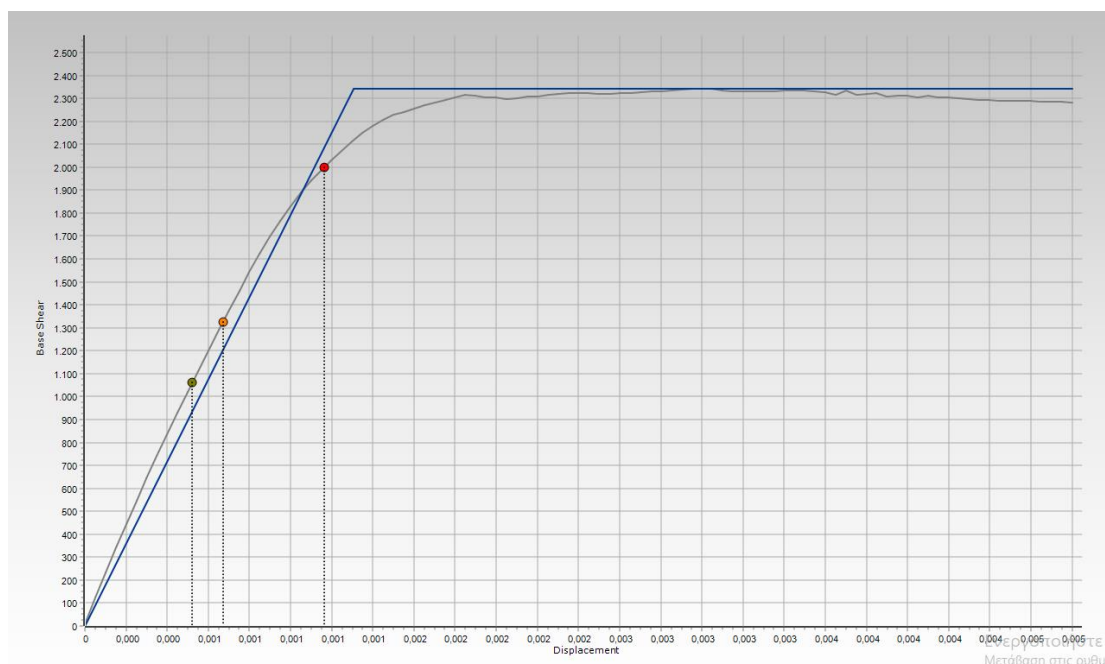
**Significant Damage (SD)** αντιστοιχεί → το βήμα 16 με συντελεστή φόρτισης 18,32 και μετακίνηση στα 0.00075m. Το στοιχείο το οποίο αστόχησε μόνο σε ροπή κάμψης είναι το C10\_1 – κάτω κόμβος (στο ισόγειο) και παρουσιάζεται στο σχήμα 5.18 με πράσινο χρώμα.



Σχήμα 5.18. Αστοχία του στοιχείου σε ροπή κάμψης- πρόσοψη

**Near Collapse (NC)** αντιστοιχεί → το βήμα 37 με συντελεστή φόρτισης 24,51 και μετακίνηση στα 0.0018m. Κανένα στοιχείο δεν αστόχησε.

## ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ “Υ”

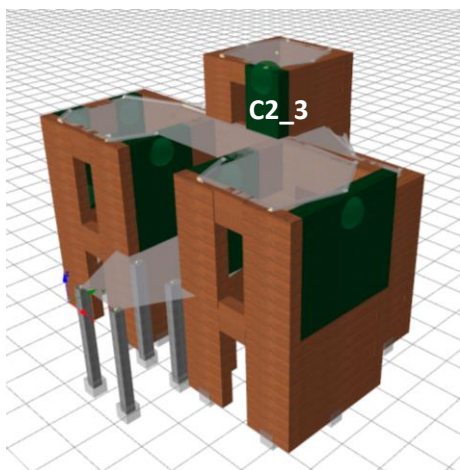


Target Displacement	
Damage Limitation (DL)	0,00052265
Significant Damage (SD)	0,00067047
Near Collapse (NC)	0,00116235

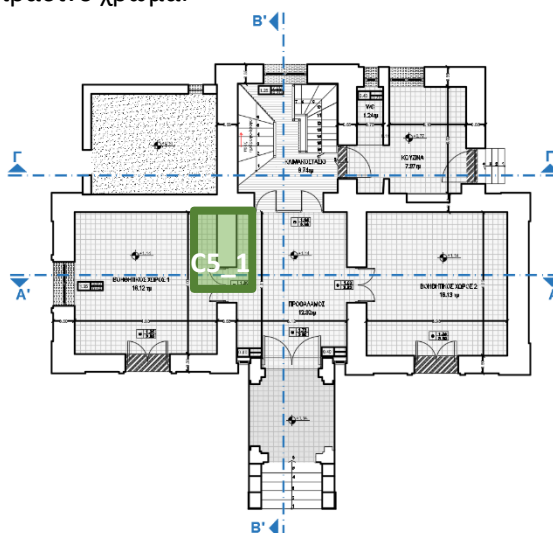
Σχήμα 5.19 Διάγραμμα μετακινήσεων για τις τρεις στάθμες επιτελεστικότητας

Πιο συγκεκριμένα διαβάζοντας το παραπάνω διάγραμμα όσον αφορά τις στοχευμένες μετακινήσεις του σεισμού για τις τρεις στάθμες φαίνεται ότι:

**Damage limitation (DL)** αντιστοιχεί → το βήμα 11 με συντελεστή φόρτισης 10,27 και μετακίνηση στα 0.00052m. Τα στοιχεία τα οποία αστόχησαν σε ροπή κάμψης είναι το **C5\_1** - άνω κόμβος (στο ισόγειο) και το **C2\_3** - άνω κόμβος (στο δεύτερο επίπεδο) ενώ παρουσιάζονται στα σχήματα 5.20, 5.21 με πράσινο χρώμα.



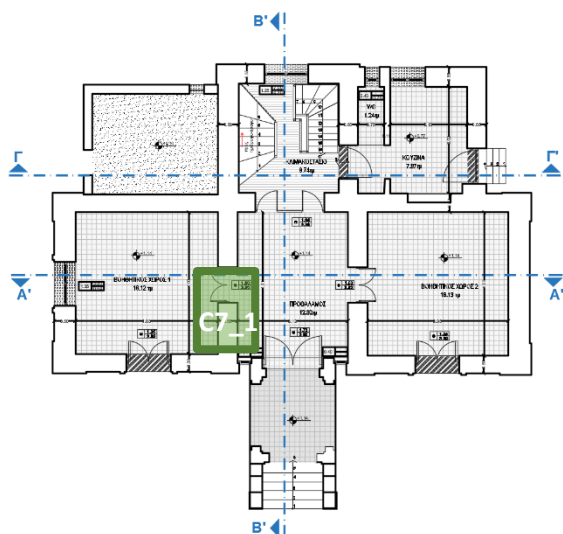
Σχήμα 5.20 Αστοχία του στοιχείου σε ροπή κάμψης – πρόσοψη



Σχήμα 5.21 Αστοχία του στοιχείου σε ροπή κάμψης – κάτωψη ισόγειο



**Significant Damage (SD)** αντιστοιχεί → το βήμα 14 με συντελεστή φόρτισης 12,90 και μετακίνηση στα 0.00067m. Τα στοιχεία τα οποία αστόχησαν σε ροπή κάμψης είναι τα C7\_1, C18\_1 - κάτω κόμβοι (στο ισόγειο), και C33\_2 – κάτω κόμβος (στο πρώτο επίπεδο) παρουσιάζονται στα σχήματα 5.22, 5.23 και 5.24 με πράσινο χρώμα.



Σχήμα 5.22 Αστοχία του στοιχείου σε ροπή κάμψης – κάτωψη ισογείου



Σχήμα 5.23 Αστοχία των στοιχείων σε ροπή κάμψης – όψη Δ



Σχήμα 5.24 Αστοχία του στοιχείου σε ροπή κάμψης – όψη Γ

**Near Collapse (NC)** αντιστοιχεί → το βήμα 23 με συντελεστή φόρτισης 19,41 και μετακίνηση στα 0.0011m. Κανένα στοιχείο δεν αστόχησε.

### 5.3.3. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΡΙΓΩΝΙΚΗΣ – ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ

Στα προηγούμενα υποκεφάλαια πραγματοποιήθηκαν τριγωνικές και ύστερα ομοιόμορφες μη στατικές αναλύσεις. Και στις δύο περιπτώσεις, οι διαφορές μεταξύ των στοχευόμενων μετακινήσεων που προέκυψαν ήταν αμελητέες, ενώ υπήρχαν λιγότερα στοιχεία που αστόχησαν στην τριγωνική κατανομή.

Συγκεκριμένα η διαφορά που παρατηρήθηκε ήταν στα στοιχεία C30\_2 και στο C10\_1, όπου το πρώτο αστόχησε μόνο κατά την τριγωνική κατανομή στη διεύθυνση χ ενώ το δεύτερο αστόχησε μόνο στην ομοιόμορφη κατανομή επίσης στη διεύθυνση χ.

Τα υπόλοιπα στοιχεία που αστόχησαν κατά τις γ διευθύνσεις ήταν και για τις δύο κατανομές τα ίδια εκτός από το στοιχείο C2\_1 που αστόχησε μόνο στην τριγωνική.

Όλες οι αστοχίες που καταγράφηκαν γι' αυτή τη στάθμη που εξετάζουμε συνέβησαν σε ροπή κάμψης.

Προτιμήθηκαν να καταγραφούν σε πίνακα τα παρακάτω στοιχεία που αστόχησαν κατά τη δεύτερη στάθμη επιτελεσματικότητας «σημαντικές βλάβες». Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων φαίνονται ν' αστοχούν λιγότερα στοιχεία στην ομοιόμορφη κατανομή.

Πίνακας 5.25 Συγκριτικός πίνακας τριγωνικής – ομοιόμορφης κατανομής.

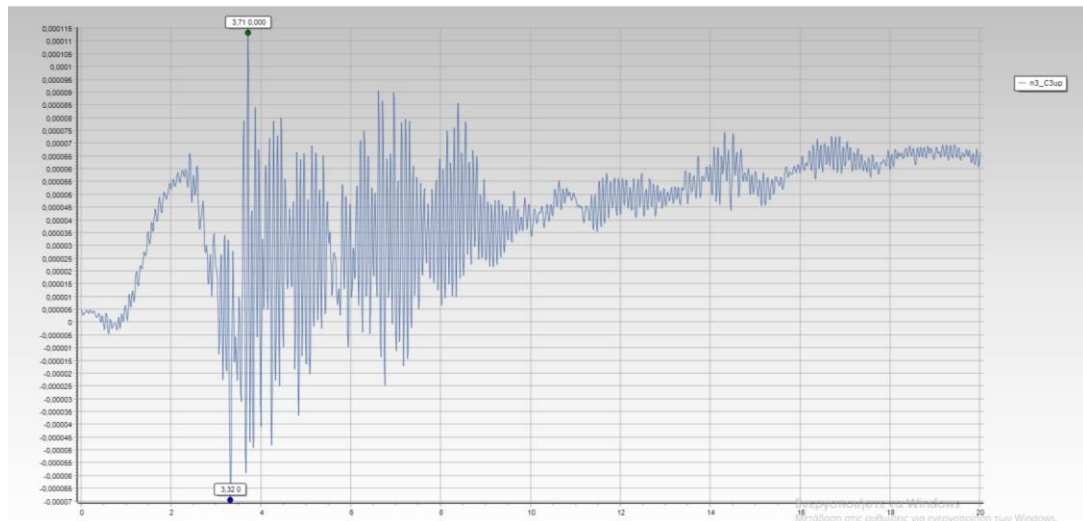
Σημαντικές βλάβες (Significant damages)	Μη γραμμική στατική ανάλυση τριγωνική κατανομή (Pushover analysis)	Μη γραμμική στατική ανάλυση - ομοιόμορφη κατανομή (Pushover analysis)
Στοιχεία	Στοχευόμενη Μετακίνηση(m)	Στοχευόμενη Μετακίνηση(m)
C2_1	0,0006	-
C7_1	0,0006	0,00067
C18_1	0,0006	0,00067
C30_2	0,00077	-
C33_2	0,0006	0,00067
C10_1	-	0,00075

## 5.4. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΟΙΣΤΟΡΙΑΣ

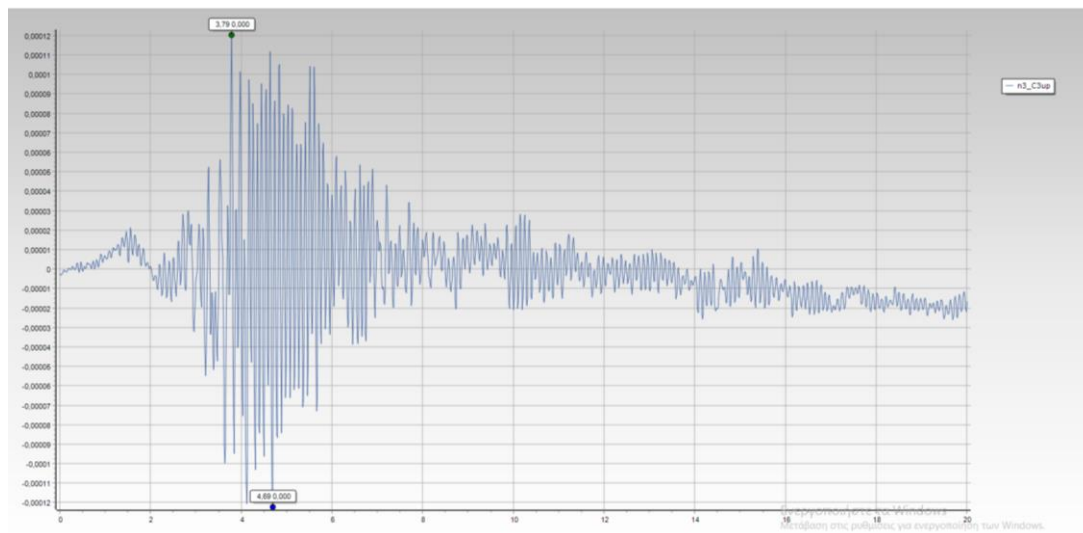
### 5.4.1. Σεισμός Αθήνας 1999 – 1<sup>η</sup> καταγραφή

Παρατηρείται ότι η καταγραφή αυτή έχει αρκετά μεγάλη διάρκεια και συγκεκριμένα είναι ίση με 35sec. Επιλέγεται να απομονωθεί το διάστημα 0sec - 20sec συνολικής διάρκειας και να πραγματοποιηθεί η ανάλυση για τις τιμές του διαστήματος αυτού.

Πιο συγκεκριμένα για την καταγραφή που έγινε, τα αποτελέσματα του επιταχυνσιογραφήματος που πάρθηκαν για τη μέγιστη μετακίνηση του κτηρίου σε συνάρτηση με το χρόνο κατά τους δύο άξονες x και y, είναι τα παρακάτω:



Σχήμα 5.26 Χρονοιστορία μέγιστης μετακίνησης του φορέα για διέγερση κατά την διεύθυνση x. Μέγιστη μετακίνηση ίση με 0,00011322m



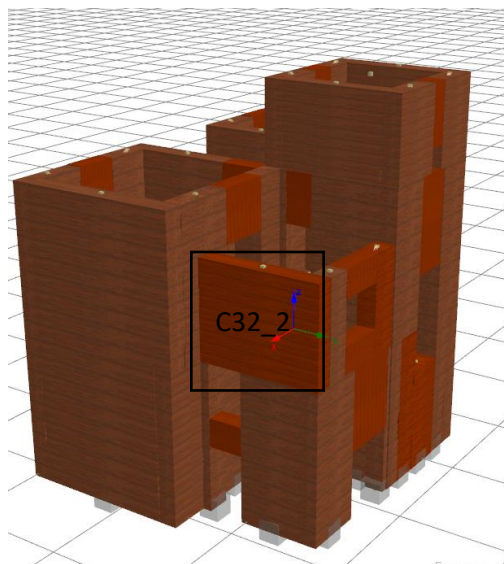
Σχήμα 5.278 Χρονοιστορία μέγιστης μετακίνησης του φορέα για διέγερση κατά την διεύθυνση y. Μέγιστη μετακίνηση ίση με 0,0001203m.



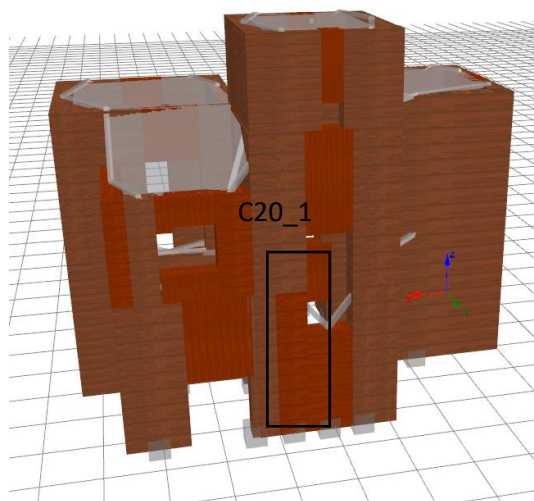
Στη **διάτμηση** παρατηρήθηκε αστοχία στα υπέρθυρα από το ξεκίνημα της ανάλυσης και πάλι, ενώ οι πρώτες αστοχίες συνέβησαν στο **2,75** και **2,78** στην πίσω όψη του κτηρίου όπως φαίνεται στην εικόνα 5.28. Όσον αφορά τη μέγιστη μετακίνηση του κτηρίου κατά τη διάρκεια του σεισμού δηλαδή στο χρονικό διάστημα **3,71** το στοιχείο που αστόχησε ήταν λίγο αργότερα δηλαδή τη χρονική στιγμή **3,74** και φαίνεται στο σχήμα 5.29. Η τελευταία αστοχία συνέβη στο **14,18** και είναι του στοιχείου που φαίνεται στο σχήμα 5.30.



Σχήμα 5.28 Πρώτες αστοχίες στοιχείων σε διάτμηση, της πρώτης καταγραφής - πίσω όψη



Σχήμα 5.29 Αστοχία του στοιχείου στην μέγιστη μετακίνηση, σε διάτμηση, της πρώτης καταγραφής - όψη Γ



Σχήμα 5.30 Τελευταία αστοχία σε διάτμηση, της πρώτης καταγραφής - πίσω όψη

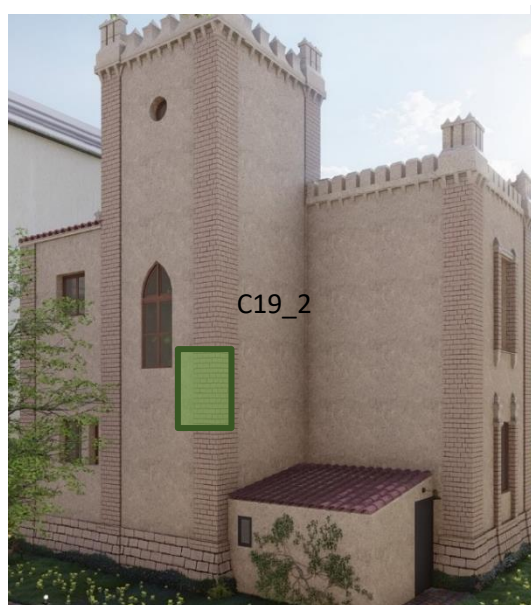
Κατά τη **ροπή κάμψης** η πρώτη αστοχία συνέβη στο **0,2** στην πίσω όψη του κτηρίου στο στοιχείο C6\_3 – κάτω κόμβος, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.31. Από το **1,32 – 1,41** αστοχεί ένα ακόμη στοιχείο στην πίσω όψη του κτηρίου και στους δυο του κόμβους όπως φαίνεται στο σχήμα 5.32 ενώ το επόμενο που αστοχεί είναι ο κάτω κόμβος του στοιχείου στο σχήμα 5.33 και στο χρονικό διάστημα **2,02**. Αντίστοιχα και στο σχήμα 5.34 το χρονικό διάστημα **2,42**.



Σχήμα 5.31. Αστοχία του στοιχείου σε ροπή κάμψης, της πρώτης καταγραφής - πίσω όψη



Σχήμα 5.32. Αστοχία του στοιχείου σε ροπή κάμψης, της πρώτης καταγραφής - πίσω όψη



Σχήμα 5.33 Αστοχία του στοιχείου σε ροπή κάμψης, της πρώτης καταγραφής - πίσω όψη



Σχήμα 5.34 Αστοχία του στοιχείου σε ροπή κάμψης, της πρώτης καταγραφής - πίσω όψη

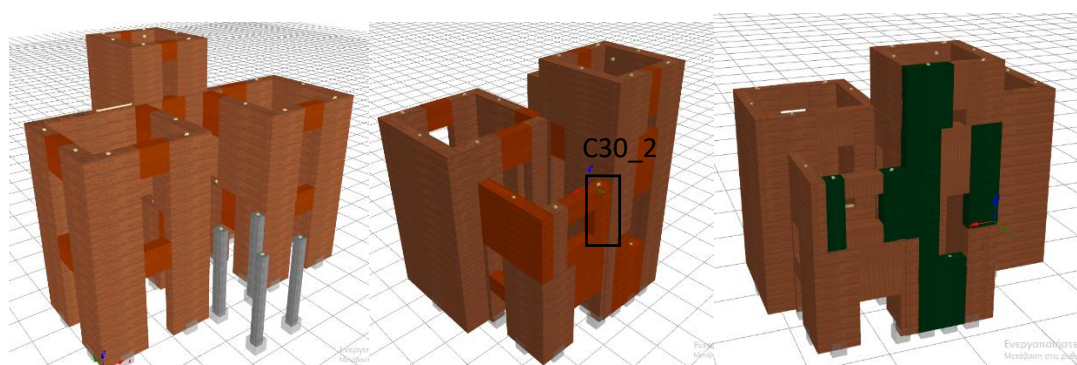
## Παρατηρήσεις

Οι τελικές βλάβες που έχει υποστεί το κτήριο σε διάτμηση και ροπή κάμψης φαίνονται στο σχήμα 5.35 με πορτοκαλί και πράσινο χρώμα αντίστοιχα.

Η πρώτη αστοχία που υπέστη σε αυτή τη καταγραφή, συνέβη σε ροπή κάμψης.

Παρατηρήθηκε σχετικά με τα αποτελέσματα που εξήχθησαν σε ροπή κάμψης, οι βλάβες που υπέστη έχουν περιοριστεί στην πίσω όψη.

Σχετικά με τον έλεγχο των στοιχείων που έγινε (C2\_1, C7\_1, C10\_1, C18\_1, C30\_2 και C33\_2) και προέκυψαν από τη δεύτερη στάθμη επιτελεστικότητας των σημαντικών βλαβών (Damage Limitation - κατά τη μέγιστη μετακίνηση της pushover ανάλυσης), στην πρώτη καταγραφή υπήρξε μία μόνο αστοχία, αυτή του στοιχείου C30\_2 σε διάτμηση. Κανένα απ' τα στοιχεία δεν αστόχησε κατά τη μέγιστη μετακίνηση του κτηρίου.



Σχήμα 5.35 Τελικές βλάβες σε διάτμηση και ροπή κάμψης, της πρώτης καταγραφής.

Πίνακας 5.36 Σύνοψη στοιχείων που ήρθαν σε αστοχία με βάση τη δεύτερη στάθμη επιτελεστικότητας.

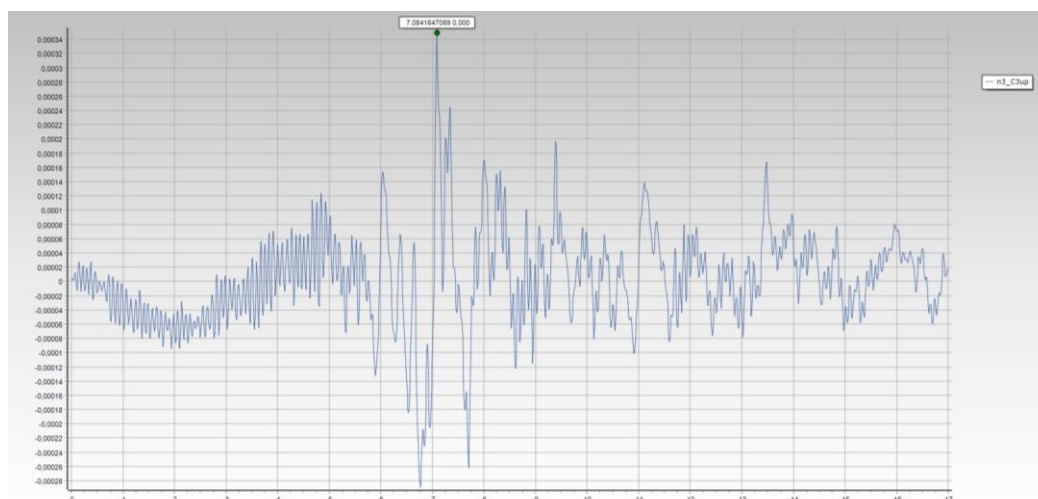
Στοιχεία	Έλεγχος γι' αστοχία στοιχείου σε κάθε καταγραφή (ΑΣΤΟΧΕΙ / ΔΕΝ ΑΣΤΟΧΕΙ)	
	1η καταγραφή (A399)	
	Διάρκεια καταγραφής: 0-20sec	
	Μέγιστη Μετακίνηση(mm)	Κατάσταση
C2_1	5,40E-05	ΔΕΝ ΑΣΤΟΧΕΙ
C7_1	4,75E-05	ΔΕΝ ΑΣΤΟΧΕΙ
C18_1	5,69E-05	ΔΕΝ ΑΣΤΟΧΕΙ
C30_2	5,86E-06	ΑΣΤΟΧΕΙ
C33_2	4,76E-05	ΔΕΝ ΑΣΤΟΧΕΙ
C10_1	5,80E-05	ΔΕΝ ΑΣΤΟΧΕΙ



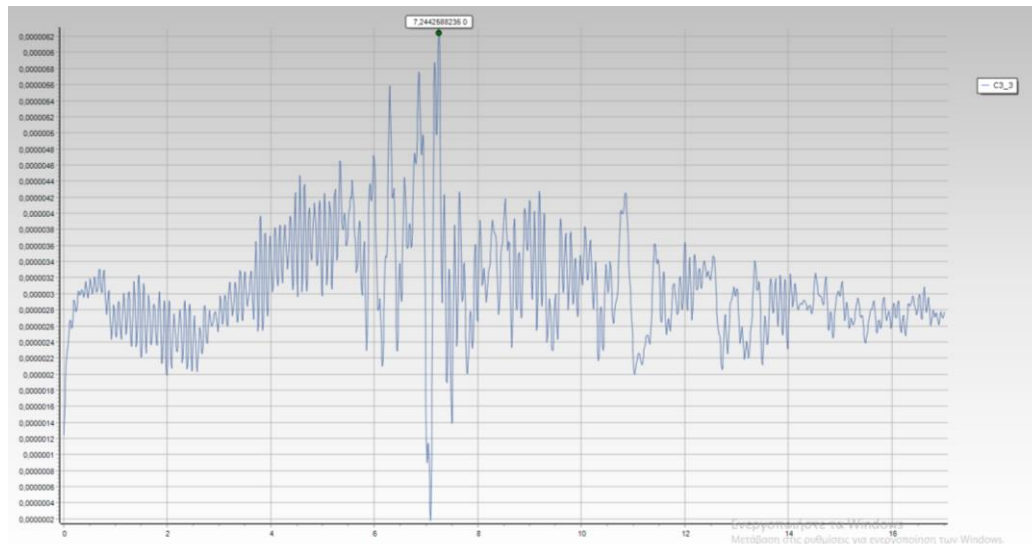
#### 5.4.2. Σεισμός Αθήνας 1999 – 2<sup>η</sup> καταγραφή από το Σύνταγμα

Ομοίως και αυτή η καταγραφή ανέρχεται στα 35sec. Καθώς τα πρώτα περίπου 5 δευτερόλεπτα είναι μηδενικά, επιλέγεται να απομονωθεί το διάστημα 5sec - 17sec συνολικής διάρκειας και να πραγματοποιηθεί η ανάλυση για τις τιμές του διαστήματος αυτού.

Πιο συγκεκριμένα για την καταγραφή που έγινε, τα αποτελέσματα του επιταχυνσιογραφήματος που πάρθηκαν για τη μέγιστη μετακίνηση του κτηρίου σε συνάρτηση με το χρόνο κατά τους δύο άξονες x και y, είναι τα παρακάτω:



Σχήμα 5.37. Χρονοιστορία μέγιστης μετακίνησης του φορέα για διεύθυνση x. Μέγιστη μετακίνηση ίση με 0,00034913m.

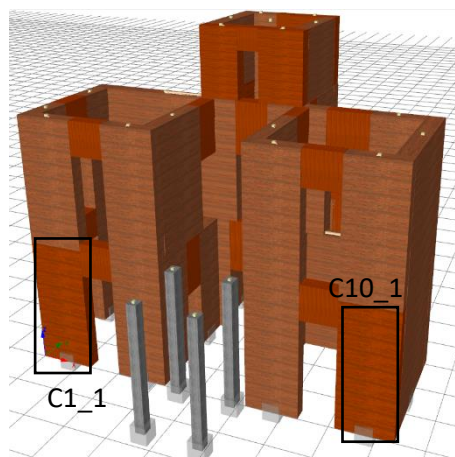


Σχήμα 5.38. Χρονοιστορία μέγιστης μετακίνησης του φορέα για διεύθυνση y. Μέγιστη μετακίνηση ίση με 0,00082226m.

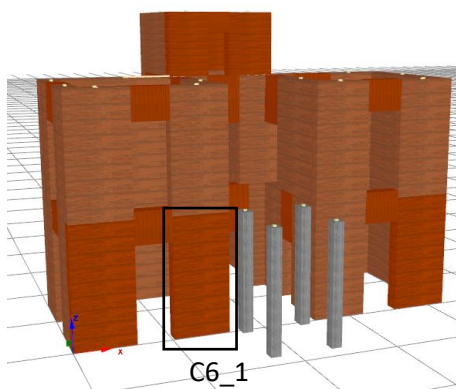
Στη **διάτμηση** παρατηρήθηκε αστοχία στα υπέρθυρα από το ξεκίνημα, όπως και στις προηγούμενες αναλύσεις, ενώ η πρώτη αστοχία που συνέβη ήταν στο **0,47** στην πίσω όψη του κτηρίου και είναι το ίδιο στοιχείο που υπέστη βλάβη και στην πρώτη καταγραφή (εικόνα 5.39.). Όσον αφορά τη μέγιστη μετακίνηση του κτηρίου κατά τη διάρκεια του σεισμού δηλαδή στο χρονικό διάστημα **7,08** δεν υπήρξε κάποια αστοχία. Έγινε όμως ταυτόχρονη βλάβη σε δυο στοιχεία στην πρόσοψη στο **7,15**. τα στοιχεία που αστόχησαν ήταν τα C1\_1, και C10\_1 (σχήμα 5.40.). Η τελευταία αστοχία συνέβη στο **7,24** και είναι του στοιχείου που φαίνεται στο σχήμα 5.41.



Σχήμα 5.39. Πρώτη αστοχία σε διάτμηση, της δεύτερης καταγραφής - πίσω όψη

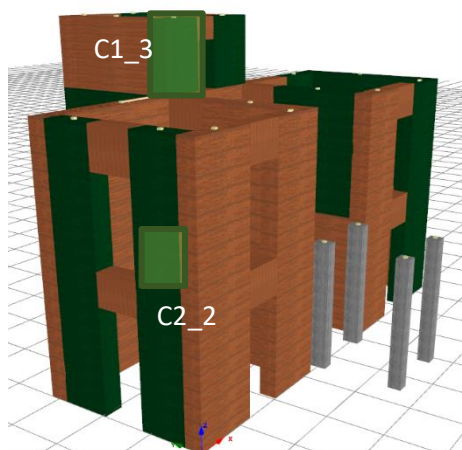


Σχήμα 5.40 Ταυτόχρονη αστοχία των στοιχείων στη μέγιστη μετακίνηση, σε διάτμηση, της δεύτερης καταγραφής – πρόσοψη,

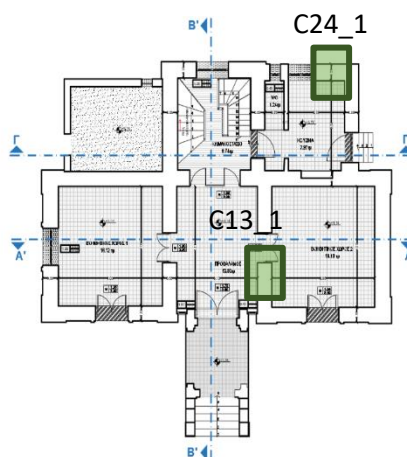


Σχήμα 5.41 Τελευταία αστοχία στοιχείου σε διάτμηση – πρόσοψη, της δεύτερης καταγραφής.

Στη **ροπή κάμψης** η πρώτη αστοχία συνέβη στο **0,21** στην πίσω όψη του κτηρίου στο στοιχείο C6\_3 – κάτω κόμβος, ομοίως με την πρώτη καταγραφή που έγινε (σχήμα 5.42). Όσον αφορά τη μέγιστη μετακίνηση του κτηρίου κατά τη διάρκεια του σεισμού δηλαδή στο χρονικό διάστημα **7,08** τα στοιχεία που αστόχησαν ήταν ολόκληρο το C1\_3, και οι κάτω κόμβοι του C2\_2 και C24\_1 (σχήμα 5.43). Η τελευταία αστοχία συνέβη στο **7,24** και είναι του στοιχείου που φαίνεται στο σχήμα 5.43.



Σχήμα 5.42 Ταυτόχρονη αστοχία των στοιχείων στη μέγιστη μετακίνηση, σε ροπή κάμψης - πρόσοψη και όψη Γ, της δεύτερης καταγραφής.



Σχήμα 5.43 Τελευταία βλάβη που υπέστη το κτήριο, σε ροπή κάμψης της δεύτερης καταγραφής – κάτοψη ισογείου



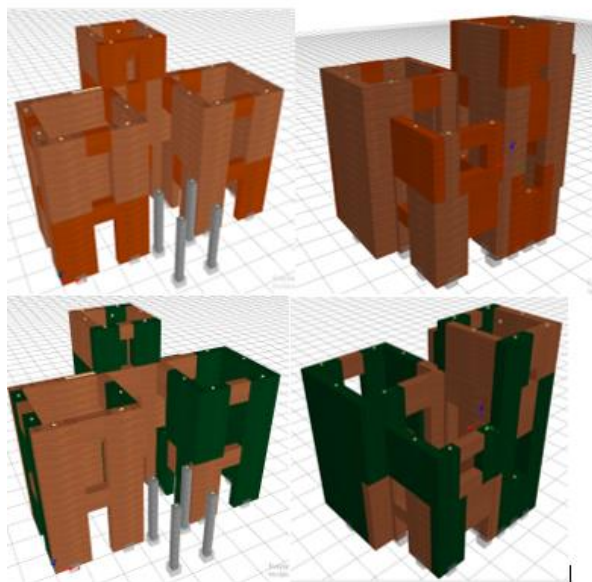
## Παρατηρήσεις

Οι τελικές βλάβες που έχει υποστεί το κτήριο σε διάτμηση και ροπή κάμψης φαίνονται στο σχήμα 5.44. με πορτοκαλί και πράσινο χρώμα αντίστοιχα.

Η πρώτη αστοχία που υπέστη σε αυτή τη καταγραφή, συνέβη σε ροπή κάμψης.

Παρατηρήθηκε ότι οι βλάβες που υπέστη δεν έχουν περιοριστεί μόνο στην πίσω όψη όπως συνέβη στην πρώτη καταγραφή, αλλά έχουν επεκταθεί σε όλο το κτήριο.

Σχετικά με τον έλεγχο των στοιχείων που έγινε (C2\_1, C7\_1, C10\_1, C18\_1, C30\_2 και C33\_2) και προέκυψαν από τη δεύτερη στάθμη επιτελεστικότητας των σημαντικών βλαβών (Damage Limitation - κατά τη μέγιστη μετακίνηση της pushover ανάλυσης), στην δεύτερη καταγραφή υπήρξαν δύο αστοχίες σε διάτμηση, αυτή του στοιχείου C30\_2 και του C10\_1 ενώ όλα τα στοιχεία έχουν αστοχήσει σε ροπή κάμψης μέχρι το τέλος της ανάλυσης. Κανένα απ' τα στοιχεία δεν αστόχησε κατά τη μέγιστη μετακίνηση του κτηρίου.



Σχήμα 5.44 Τελικές βλάβες σε διάτμηση (πορτοκαλί χρώμα) και ροπή κάμψης (πράσινο χρώμα), της δεύτερης καταγραφής.

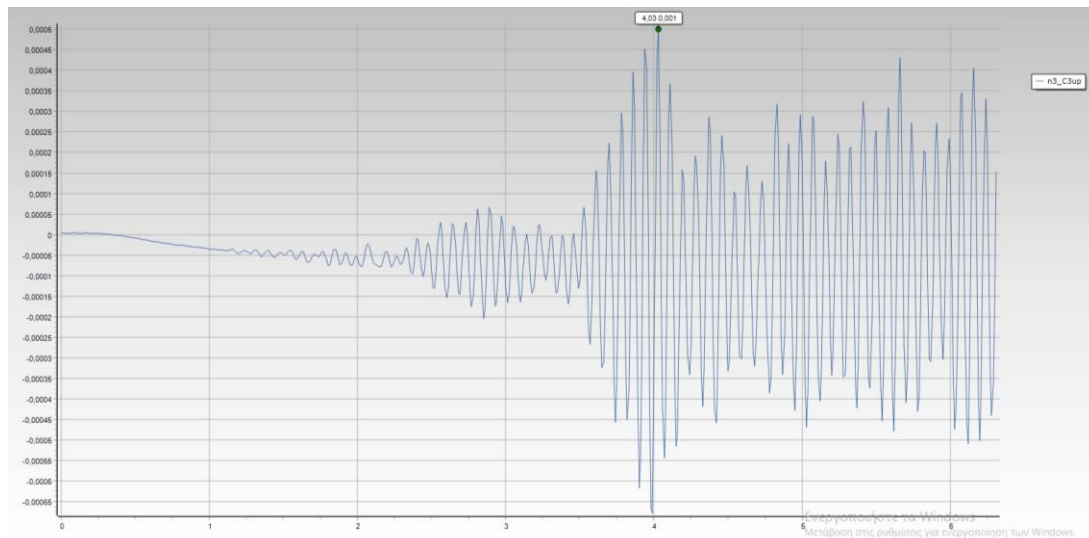
Πίνακας 5.45 Σύνοψη στοιχείων που ήρθαν σε αστοχία με βάσει τη δεύτερη στάθμη επιτελεστικότητας.

Σημαντικές βλάβες (Significant damages)	2η καταγραφή (SGMA)	
	Διάρκεια καταγραφής: 5-17sec	
Στοιχεία	Μέγιστη Μετακίνηση(mm)	Κατάσταση
C2_1	0,208	ΑΣΤΟΧΕΙ
C7_1	0,2	ΑΣΤΟΧΕΙ
C18_1	0,147	ΑΣΤΟΧΕΙ
C30_2	0,297	ΑΣΤΟΧΕΙ
C33_2	0,362	ΑΣΤΟΧΕΙ
C10_1	0,22	ΑΣΤΟΧΕΙ

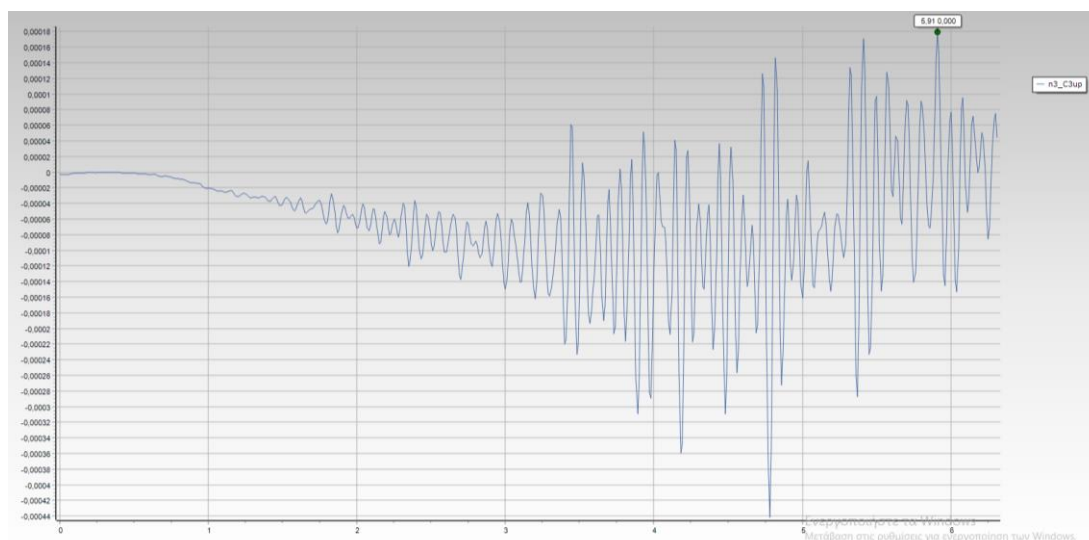
### 5.4.3. Σεισμός Αθήνας 1999 – 3<sup>η</sup> καταγραφή από τα Σεπόλια

Ομοίως και αυτή η καταγραφή ανέρχεται στα 35sec. Επιλέγεται να απομονωθεί το διάστημα 0sec - 20sec συνολικής διάρκειας και να πραγματοποιηθεί η ανάλυση για τις τιμές του διαστήματος αυτού. Να σημειωθεί ότι η ανάλυση διακόπηκε στο 6,31 καθώς ο σεισμός αποδείχθηκε πιο ισχυρός και το κτήριο υπέστη βλάβες σε τέτοιο βαθμό όπου καθίσταται η ολοκλήρωση αδύνατη.

Πιο συγκεκριμένα για την καταγραφή που έγινε, τα αποτελέσματα του επιταχυνσιογραφήματος που πάρθηκαν για τη μέγιστη μετακίνηση του κτηρίου σε συνάρτηση με το χρόνο κατά τους δύο άξονες x και y, είναι τα παρακάτω:

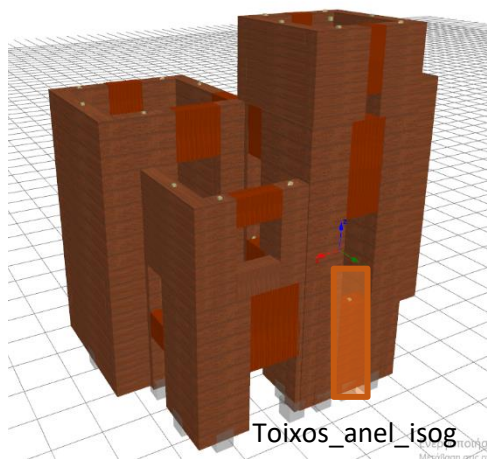


Σχήμα 5.46 Χρονοιστορία μέγιστης μετακίνησης του φορέα για διέγερση κατά την διεύθυνση x. Μέγιστη μετακίνηση ίση με 0,00050022m.

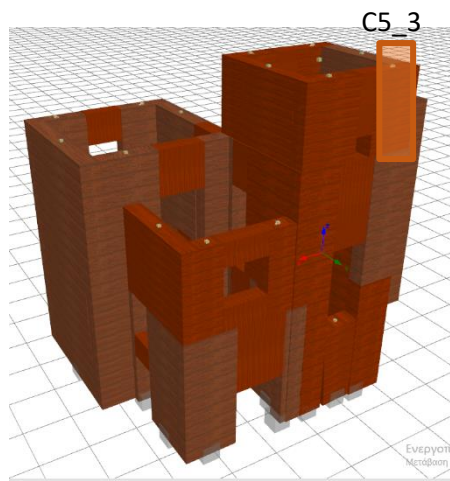


Σχήμα 5.47 Χρονοιστορία μέγιστης μετακίνησης του φορέα για διέγερση κατά την διεύθυνση y. Μέγιστη μετακίνηση ίση με 0,00017946m.

Στη **διάτμηση** παρατηρήθηκε αστοχία στα υπέρθυρα από το ξεκίνημα, όπως και στις προηγούμενες αναλύσεις, ενώ η πρώτη αστοχία που συνέβη ήταν στο **0,65** στην πίσω όψη του κτηρίου και είναι το ίδιο στοιχείο που υπέστη βλάβη και στις δύο προηγούμενες καταγραφές (εικόνα 5.48). Όσον αφορά τη μέγιστη μετακίνηση του κτηρίου κατά τη διάρκεια του σεισμού δηλαδή στο χρονικό διάστημα **5,7** δεν υπήρξε κάποια αστοχία. Η τελευταία αστοχία έγινε στο **6,26** και είναι το στοιχείο που φαίνεται στο σχήμα 5.49. στην πίσω όψη του κτηρίου.

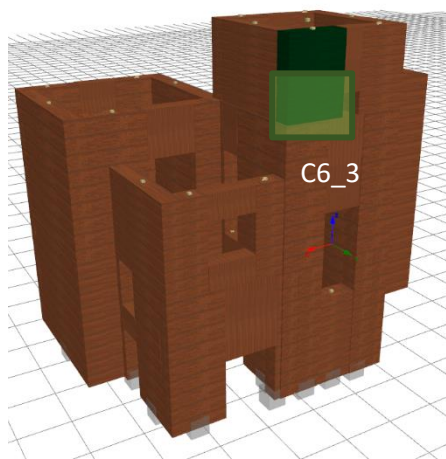


Σχήμα 5.48 Πρώτη αστοχία σε διάτμηση, της τρίτης καταγραφής - πίσω όψη

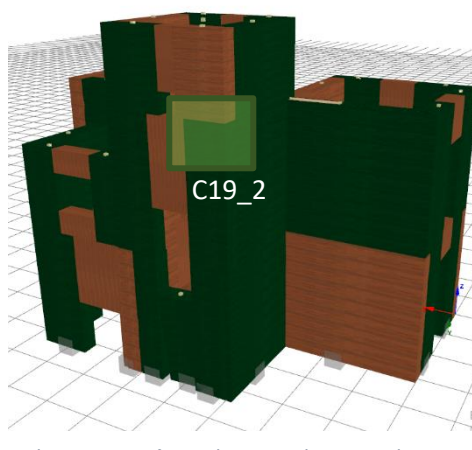


Σχήμα 5.49 Τελευταία αστοχία στοιχείου, σε διάτμηση, της τρίτης καταγραφής - πίσω όψη.

Στη **ροπή κάμψης** η πρώτη αστοχία συνέβη στο **0,20** στην πίσω όψη του κτηρίου στο στοιχείο **C6\_3** – κάτω κόμβος, ομοίως με τις προηγούμενες καταγραφές που έγιναν (σχήμα 5.50). Όσον αφορά τη μέγιστη μετακίνηση του κτηρίου κατά τη διάρκεια του σεισμού δηλαδή στο χρονικό διάστημα **5,7** δεν υπήρξε κάποια αστοχία καθώς η τελευταία έγινε στο **5,58** και είναι ο άνω κόμβος του στοιχείο που φαίνεται στο σχήμα 5.51 στην πίσω όψη του κτηρίου.



Σχήμα 5.50 Πρώτη αστοχία, σε ροπή κάμψης, της τρίτης καταγραφής - πίσω όψη



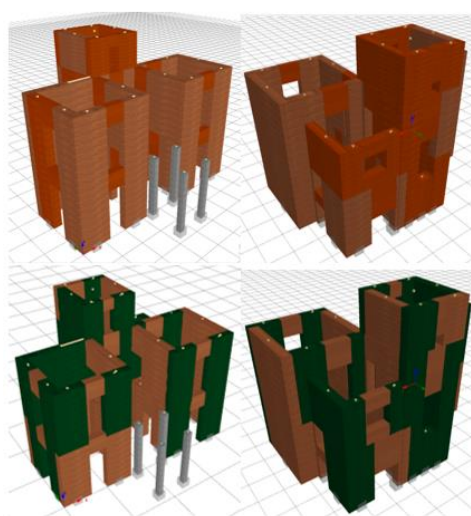
Σχήμα 5.51 Τελευταία αστοχία στοιχείου, σε ροπή κάμψης, της τρίτης καταγραφής - πίσω όψη.

## Παρατηρήσεις

Παρατηρήθηκε ότι οι βλάβες που υπέστη και σε αυτή τη καταγραφή δεν έχουν περιοριστεί μόνο στην πίσω όψη όπως συνέβη στην πρώτη καταγραφή, αλλά έχουν επεκταθεί σε όλο το κτήριο.

Η πρώτη αστοχία που υπέστη σε αυτή τη καταγραφή, συνέβη σε ροπή κάμψης.

Σχετικά με τον έλεγχο των στοιχείων που έγινε (C2\_1, C7\_1, C10\_1, C18\_1, C30\_2 και C33\_2) και προέκυψαν από τη δεύτερη στάθμη επιτελεστικότητας των σημαντικών βλαβών (Damage Limitation - κατά τη μέγιστη μετακίνηση της pushover ανάλυσης), στη τρίτη καταγραφή υπήρξαν δύο αστοχίες σε διάτμηση, αυτή των στοιχείων C18\_1 και C30\_2 ενώ τα στοιχεία που έχουν αστοχήσει στη ροπή κάμψης μέχρι το τέλος της ανάλυσης, είναι τα: C2\_1, C10\_1, C18\_1 και C30\_2. Κανένα απ' τα στοιχεία δεν αστόχησε κατά τη μέγιστη μετακίνηση του κτηρίου.



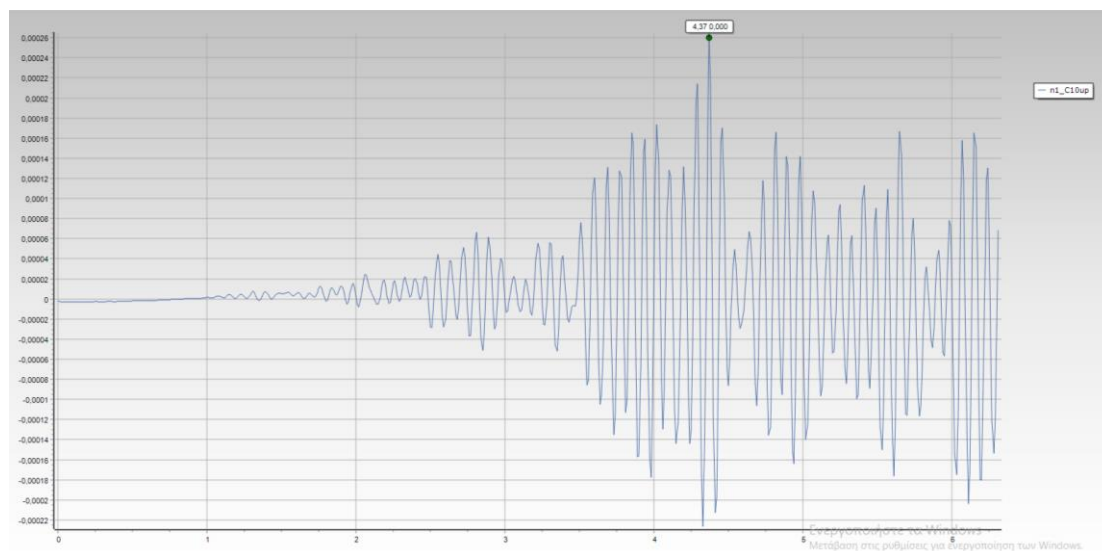
Σχήμα 5.52 Τελικές βλάβες σε διάτμηση (πάνω) και ροπή κάμψης (κάτω), της τρίτης καταγραφής (πορτοκαλί και πράσινο χρώμα αντίστοιχα). Στις εικόνες φαίνεται η πρόσοψη και πίσω όψη του κτηρίου.

Πίνακας 5.53 Σύνοψη στοιχείων που ήρθαν σε αστοχία με βάση τη δεύτερη στάθμη επιτελεστικότητας.

Έλεγχος γι' αστοχία στοιχείου σε κάθε καταγραφή (ΑΣΤΟΧΕΙ / ΔΕΝ ΑΣΤΟΧΕΙ)		
Σημαντικές βλάβες (Significant damages)	3η καταγραφή (SPLB1)	
	Διάρκεια καταγραφής: 0-6,31sec	
Στοιχεία	Μέγιστη Μετακίνηση(mm)	Κατάσταση
C2_1	0,198	ΑΣΤΟΧΕΙ
C7_1	0,145	ΔΕΝ ΑΣΤΟΧΕΙ
C18_1	0,134	ΑΣΤΟΧΕΙ
C30_2	0,111	ΑΣΤΟΧΕΙ
C33_2	0,251	ΑΣΤΟΧΕΙ
C10_1	0,26	ΑΣΤΟΧΕΙ

### Σημείωση:

Καθώς το ποσοστό της σχετικής μετακίνησης ήταν πολύ μικρό, δηλαδή της τάξεως του 0.001% για το λόγο αυτό, δεν υπήρχε νόημα να αναλυθεί περαιτέρω μιας και τα νούμερα που προκύπτουν είναι πάρα πολύ μικρά. Ωστόσο παρακάτω υπάρχει υπολογισμός ενός εκ των έξι στοιχείων που ήρθαν σε αστοχία, το C10\_1, στην 3<sup>η</sup> καταγραφή του σεισμού της Αθήνας. Ο λόγος που επιλέχθηκε το συγκεκριμένο στοιχείο είναι διότι ανέπτυξε τη μεγαλύτερη μέγιστη μετακίνηση εν συγκρίσει με τα υπόλοιπα. Στη πρώτη εικόνα ( ) φαίνεται το διάγραμμα που προέκυψε για το στοιχείο ενώ στη δεύτερη εικόνα ( ), φαίνεται η χρονική στιγμή και πόση ήταν η μέγιστη μετακίνηση.



Σχήμα 5.54 Χρονοιστορία μέγιστης μετακίνησης του στοιχείου C10\_1, για διέγερση κατά την διεύθυνση x. Μέγιστη μετακίνηση ίση με 0,00026018m.

Time	n1_C10up
4,35	-1,8665725E-006
4,36	0,0001709
4,37	0,00026018
4,38	0,0002123
4,39	5,7570123E-005
4,40	-0,00011388
4,41	-0,00021259
4,42	-0,00019839

Άρα:

$$0.00026018\text{m} / 4.02\text{m (ύψος πεσσού)} = 6.47213930348\text{E} - 5$$

Το αποτέλεσμα που προκύπτει πολλαπλασιάζοντάς το επί τοις % είναι της τάξεως του 0.001%.



## 5.5. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Στην παράγραφο αυτή, και αφού έχουν ολοκληρωθεί οι αναλύσεις του προσομοιώματος για τις τρεις σεισμικές καταγραφές καθώς και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων, παρουσιάζονται διάφορες παρατηρήσεις και εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με τη σημασία των σεισμικών καταγραφών αλλά και την ευστάθεια του φορέα έναντι σεισμικών φορτίσεων. Οι παρατηρήσεις αυτές βασίζονται σε γενικά στοιχεία όπως η παραμορφωμένη κατάσταση του φορέα στο τέλος των σεισμικών φορτίσεων, αλλά κυρίως σε συγκεκριμένα στοιχεία όπως: οι μέγιστες μετακινήσεις των στοιχείων και οι σχετικές μετακινήσεις μεταξύ επιλεγμένων στοιχείων.

Πιο αναλυτικά:

Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ των στατικών και δυναμικών αναλύσεων, η στοχευόμενη μετακίνηση που προκύπτει από το pushover έρχεται σε συμφωνία με τις δυναμικές, καθώς οι μετακινήσεις των δυναμικών αναλύσεων φαίνεται να είναι μικρότερες από τις στοχευόμενες των στατικών.

Το κτήριο υπέστη μικρότερη μετακίνηση στη 3<sup>η</sup> καταγραφή του σεισμού. Πιο συγκεκριμένα για τις διευθύνσεις:  $x = 0.000502m$  και  $y = 0.000179m$ . Ωστόσο, φαίνεται να είναι ισχυρότερη η καταγραφή ή να επιβαρύνει περισσότερο την συγκεκριμένη κατασκευή μιας και αστόχησαν περισσότερα στοιχεία σε λιγότερο χρόνο απ' ότι στις δύο προηγούμενες, καθώς η ανάλυση δεν ολοκληρώθηκε μετά το 6<sup>ο</sup> δευτερόλεπτο.

Λίγο μεγαλύτερη ήταν η μετακίνηση στην 1<sup>η</sup> καταγραφή, πιο συγκεκριμένα για τις διευθύνσεις:  $x = 0.000132m$  και  $y = 0.000120m$ , όπου αστόχησαν συνολικά 11 στοιχεία μέχρι το τέλος της καταγραφής.

Η μεγαλύτερη μετακίνηση φαίνεται να συμβαίνει στη 2<sup>η</sup> καταγραφή, πιο συγκεκριμένα για τις διευθύνσεις:  $x = 0.000349m$  και  $y = 0.000822m$ , όπου αστόχησαν συνολικά περίπου 40 στοιχεία μέχρι το τέλος της καταγραφής.

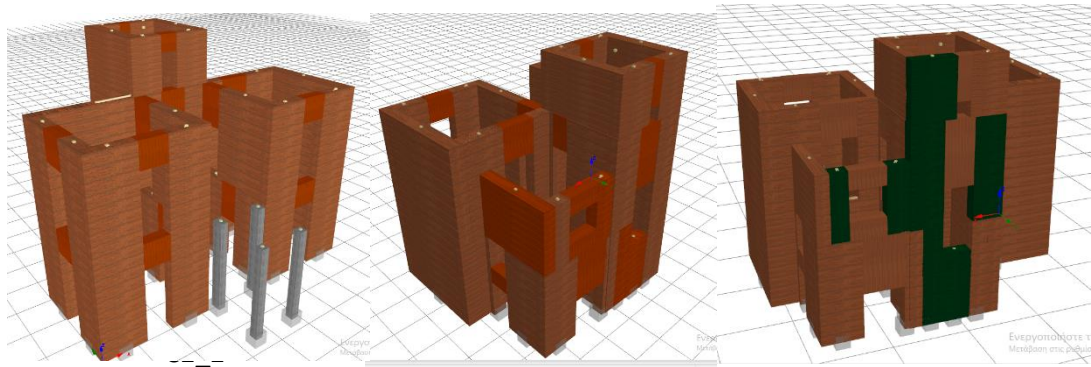
Συγκεκριμένα σχετικά με τον έλεγχο των στοιχείων που έγινε για τη δεύτερη στάθμη επιτελεστικότητας σημαντικών βλαβών (damage limitation - κατά τη στοχευόμενη μετακίνηση της pushover ανάλυση), στην πρώτη καταγραφή, υπήρξε μία αστοχία. Αντιθέτως στη δεύτερη καταγραφή αστόχησαν όλα ενώ στην τρίτη όλα εκτός από ένα όπως φαίνονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.55 Τελική κατάσταση των στοιχείων που προέκυψαν απ' τη δεύτερη στάση επιτελεστικότητας: "σημαντικές βλάβες".

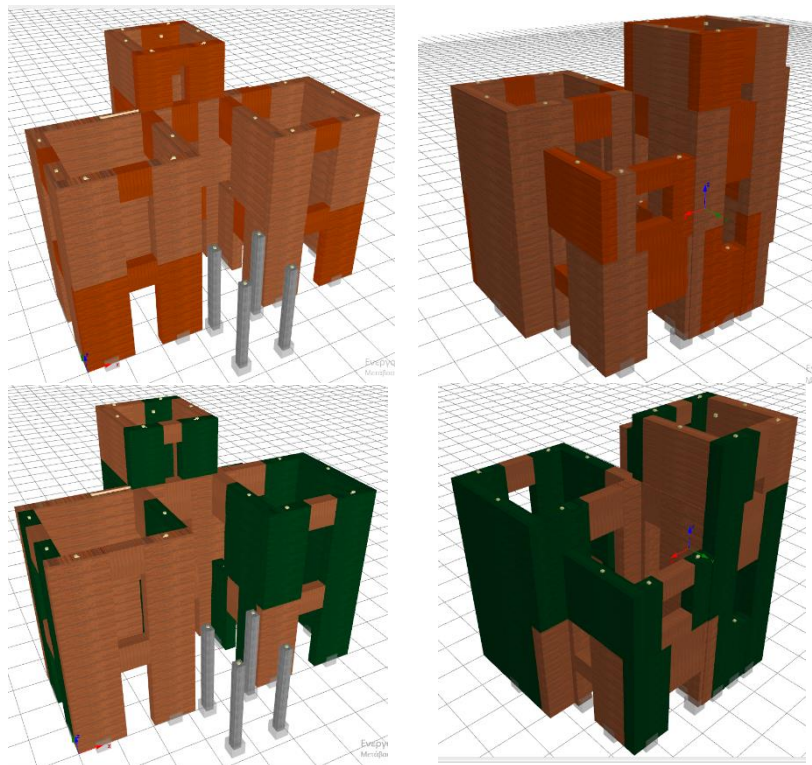
Έλεγχος γι' αστοχία στοιχείου σε κάθε καταγραφή (ΑΣΤΟΧΕΙ / ΔΕΝ ΑΣΤΟΧΕΙ)			
Σημαντικές βλάβες (Significant damages)	1η καταγραφή (A399)	2η καταγραφή (SGMA)	3η καταγραφή (SPLB1)
	Διάρκεια καταγραφής: 0-20sec	Διάρκεια καταγραφής: 5-17sec	Διάρκεια καταγραφής: 0-6,31sec
Στοιχεία	Κατάσταση		
C2_1	ΔΕΝ ΑΣΤΟΧΕΙ	ΑΣΤΟΧΕΙ	ΑΣΤΟΧΕΙ
C7_1	ΔΕΝ ΑΣΤΟΧΕΙ	ΑΣΤΟΧΕΙ	ΔΕΝ ΑΣΤΟΧΕΙ
C18_1	ΔΕΝ ΑΣΤΟΧΕΙ	ΑΣΤΟΧΕΙ	ΑΣΤΟΧΕΙ
C30_2	ΑΣΤΟΧΕΙ	ΑΣΤΟΧΕΙ	ΑΣΤΟΧΕΙ
C33_2	ΔΕΝ ΑΣΤΟΧΕΙ	ΑΣΤΟΧΕΙ	ΑΣΤΟΧΕΙ
C10_1	ΔΕΝ ΑΣΤΟΧΕΙ	ΑΣΤΟΧΕΙ	ΑΣΤΟΧΕΙ



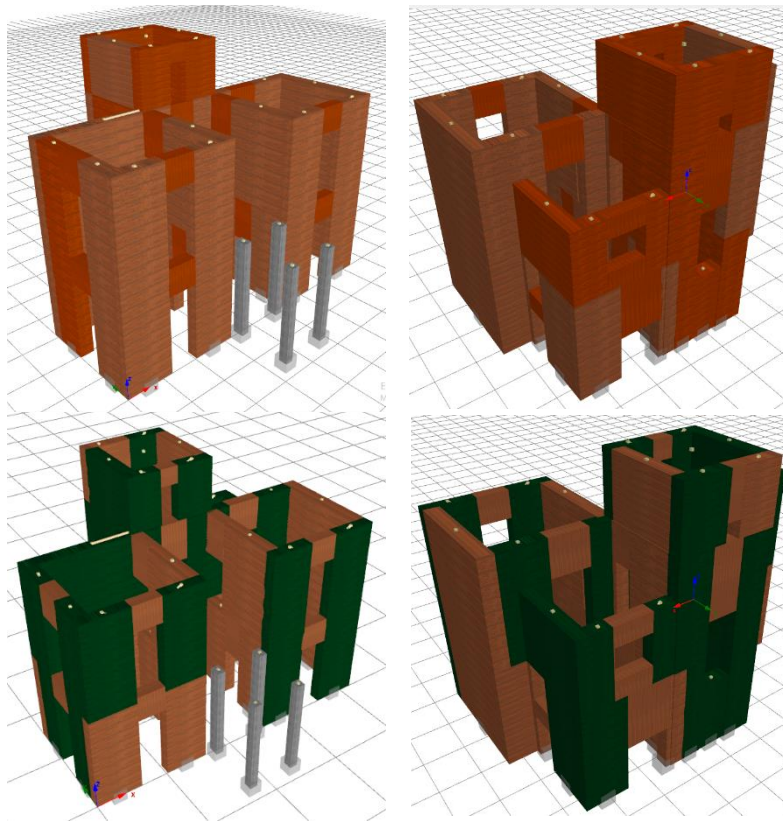
Σύγκριση μεταξύ καταγραφών των τριών σεισμών για παραμόρφωση του φορέα (Εικόνες).



Σχήμα 5.56 Πρώτη καταγραφή, πρόσοψη και πίσω όψη



Σχήμα 5.57 Δεύτερη καταγραφή, πρόσοψη και πίσω όψη



Σχήμα 5.58 Τρίτη καταγραφή, πρόσψη και πίσω όψη.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται ένα διώροφο κτίριο στο κέντρο της Αθήνας, νεογοθτικού ρυθμού, από φέρουσα τοιχοποιία το οποίο ανοικοδομήθηκε το 1914, κατοικήθηκε μέχρι το 1993 κι έκτοτε έμεινε ακατοίκητο εκτεθειμένο στα φυσικά φαινόμενα και στην έλλειψη ανθρώπινης εκτίμησης και σεβασμού. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα φθορές που υπέστη το διάστημα που μεσολάβησε.

Αρχικά έγινε αναλυτική αποτύπωση του κτιρίου και δημιουργήθηκαν σχέδια σχεδόν απ' το μηδέν, καθώς παραχωρήθηκαν από την ιδιοκτήτρια μία όψη και δύο τομές. Τα σχέδια που συμπεριλαμβάνονται σε αυτή τη διπλωματική εργασία είναι κατόψεις για τις τρεις στάθμες που εξετάζονται (πλην του υπογείου), τρεις τομές και τέσσερις όψεις. Στην συνέχεια, για να γίνει καλύτερη κατανόηση του αναγνώστη όσον αφορά τον όγκο του οικοδομήματος εν συγκρίσει με τον περιβάλλοντα χώρο, δημιουργήθηκε και μία τρισδιάστατη προσομοίωση του κτηρίου με χρήση του λογισμικού 3D max της Autodesk.

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκαν μη γραμμικές αναλύσεις. Η προσομοίωση έγινε με κατάλληλο λογισμικό - Seismostruct 2021 - που λαμβάνει υπόψη την μη γραμμική συμπεριφορά των υλικών. Η προσομοίωση έγινε με γραμμικά στοιχεία. Αρχικά πραγματοποιήθηκαν στατικές μη γραμμικές αναλύσεις (pushover) και στην συνέχεια δυναμικές μη γραμμικές αναλύσεις χρονοϊστορίας επιβάλλοντας τρεις σεισμικές διεγέρσεις από τον σεισμό της Αθήνας του 1999. Επιβλήθηκαν στο κτίριο και οι δύο οριζόντιες συνιστώσες της σεισμικής διέγερσης  $x$  και  $y$ .

Από τα αποτελέσματα των μη γραμμικών αναλύσεων προέκυψαν τα εξής:

Σχετικά με τις μη γραμμικές στατικές αναλύσεις προκύπτει ότι αστοχούν πρώτα τοιχοποιίες σε διάτμηση και ροπή ταυτόχρονα σε πρώτο και δεύτερο επίπεδο. Στην στοχευόμενη μετακίνηση για στάθμη "σημαντικές βλάβες" έχουν αστοχήσει μόνο έξι (6) στοιχεία. Από τις μη γραμμικές στατικές αναλύσεις κατά τις διευθύνσεις  $x$  και  $y$  προκύπτουν αστοχίες σε παρόμοια στοιχεία.

Από τα αποτελέσματα των μη γραμμικών δυναμικών αναλύσεων προκύπτει ότι αστοχούν πρώτα στοιχεία σε ροπή κάμψης, την ίδια χρονική στιγμή, σε όλες τις καταγραφές. Σχετικά με τις τρεις καταγραφές:

- Στην 1<sup>η</sup> καταγραφή (A399) φαίνεται ότι αστοχούν στο σύνολο μόνο 11 στοιχεία που προέκυψαν από έλεγχο σε ροπή κάμψης και σε διάτμηση.
- Στην 2<sup>η</sup> καταγραφή (SGMA1) φαίνεται ότι αστοχούν στο σύνολο περίπου 40 στοιχεία που προέκυψαν από έλεγχο σε ροπή κάμψης και σε διάτμηση.
- Στην 3<sup>η</sup> (SPLB1) η ανάλυση δεν ολοκληρώνεται καθώς φαίνεται ότι αστοχεί μεγάλος αριθμός στοιχείων.

Όσον αφορά τις μέγιστες μετακινήσεις του κτιρίου από τους τρεις σεισμούς, είναι παρόμοιες, με ελάχιστο μεγαλύτερη αυτή της 2<sup>ης</sup> καταγραφής. Οι μετακινήσεις από τους σεισμούς είναι σε αποδεκτή συμφωνία με την στοχευόμενη μετακίνηση που προκύπτει από το pushover, καθώς από την σύγκριση των στατικών και δυναμικών αναλύσεων, φαίνεται ότι οι μετακινήσεις που προέκυψαν από τις καταγραφές είναι μικρότερες απ' τις στοχευόμενες μετακινήσεις.

Με βάση τα παραπάνω συνεπάγεται, ότι τα αποτελέσματα των δυναμικών αναλύσεων είναι σε αποδεκτή συμφωνία με εκείνα των μη γραμμικών στατικών αναλύσεων.

## 6.1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ευρωκώδικας 8, EN 1998:2004 «Αντισεισμικός σχεδιασμός», Μέρος 1 «Γενικοί κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτίρια»
- [2] Ευρωκώδικας 8, EN 1998:2004 «Αντισεισμικός σχεδιασμός», Μέρος 1 «Γενικοί κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτίρια», Εθνικό προσάρτημα
- [3] Ευρωκώδικας 8, EN 1998:2004 «Αντισεισμικός σχεδιασμός», Μέρος 3 «Αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας και ενισχύσεις κτιρίων»
- [4] ΚΑΔΕΤ, Κανονισμός για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας
- [5] ΜΑΡΙΑ ΝΙΚΟΔΗΜΟΥ, ΑΝΑΠΑΛΑΙΩΣΗ ΔΙΑΤΗΡΗΤΕΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ, , Λεμεσός 2016
- [6] ΠΑΤΣΟΥΜΑΔΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΗΡΗΤΕΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ: “ΠΡΟΣΦΥΓΙΚΑ” ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΟΧΥΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΠΟ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ, , Αθήνα Ιούλιος 2016
- [7] ΙΩΑΝΝΗΣ Ε. ΚΩΤΟΥΛΑΣ, Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΝΕΟΓΟΤΘΙΚΗ ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΚΑΙ Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ (1830-1897), ΙΩΑΝΝΗΣ Ε. ΚΩΤΟΥΛΑΣ, ΑΘΗΝΑ 2017
- [8] Χ. ΙΓΝΑΤΑΚΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Α.Π.Θ., Κ. ΣΤΥΛΙΑΝΙΔΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Α.Π.Θ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ – ΒΛΑΒΕΣ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
- [8] [http://www.moi.gov.cy/MOI/tph/tph.nsf/93F970B33ACCD548C225811A0038DD75/\\$file/%CE%93%CE%95%CE%9D%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%99%20%CE%9F%CE%A1%CE%9F%CE%99%20%CE%94%CE%99%CE%91%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%97%CE%A4%CE%95%CE%A9%CE%9D%20%CE%9F%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%94%CE%9F%CE%9C%CE%A9%CE%9D.pdf](http://www.moi.gov.cy/MOI/tph/tph.nsf/93F970B33ACCD548C225811A0038DD75/$file/%CE%93%CE%95%CE%9D%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%99%20%CE%9F%CE%A1%CE%9F%CE%99%20%CE%94%CE%99%CE%91%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%97%CE%A4%CE%95%CE%A9%CE%9D%20%CE%9F%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%94%CE%9F%CE%9C%CE%A9%CE%9D.pdf)
- [9] <http://5a.arch.ntua.gr/>
- [10] <https://kapnikarea.wordpress.com/%CE%BC%CE%BF%CF%81%CF%86%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%B1-%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%B9%CF%87%CE%B5%CE%B9%CE%B1/>
- [11] Ιωάννα Σωτηρίου, Εισηγήτρια του ΥΠΕΧΩΔΕ, 2008
- [12] lifo.gr, 2015
- [13] SeismoStruct 2021 [2021] – A computer program for seismic assessment of reinforced concrete framed structures
- [14] <https://www.e-nomothesia.gr/kat-periballon/oikodomes/n-1577-1985.html>