



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ & ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ  
ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ & ΣΥΝΟΛΩΝ (Α.Δ.Ο.Α.Π.)

**ΔΟΜΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΤΗΡΗΤΕΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ  
ΙΑΚΩΒΑΤΕΙΟΥ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ ΛΗΞΟΥΡΙΟΥ ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ -  
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
**ΑΝΤΩΝΙΟΣ Χ. ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ**  
ΔΙΠΛ. ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Α.Π.Θ.

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ  
ΔΡ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΡΕΠΑΠΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2023

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΚΑΘΗΓΗΤΗ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ
ΡΕΠΑΠΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ (Επιβλέπων)	
ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ (Εξεταστής)	
ΒΡΥΖΙΔΗΣ ΙΣΑΑΚ (Εξεταστής)	

## Δήλωση Συγγραφέα Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Αντώνιος Πετρόπουλος του Χρήστου, με αριθμό μητρώου 2180 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών “Αρχιτεκτονική και Δομοστατική Αποκατάσταση Ιστορικών Κτιρίων και Συνόλων” του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

“Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου”.

Ο Δηλών



Αντώνιος Χ. Πετρόπουλος

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η εφαρμογή του νέου Κανονισμού για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας (ΚΑΔΕΤ) σε ένα διατηρητέο κτίριο με εμφανιζόμενη παθολογία. Για την παρούσα μελέτη επιλέχθηκε το παλαιό κτίριο της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης Ληξουρίου Κεφαλληνίας.

Η εργασία παρουσιάζει συνοπτικά το ιστορικό πλαίσιο και την εξέλιξη της αρχιτεκτονικής των Ιονίων Νήσων. Εξετάζει το πως αυτή επηρεάστηκε και διαμορφώθηκε από εξωγενείς συνθήκες - τους κατά βάσει δυτικούς κατακτητές- αλλά και από τα διαθέσιμα υλικά και την τεχνική εμπειρία που υπήρχε λόγω της έντονα σεισμογενούς περιοχής.

Το κτίριο της Βιβλιοθήκης βρίσκεται επί της οδού Αικατερίνης Τουλ 1. Αποτελεί διώροφο κτίριο, χαρακτηριστικό δείγμα νεοκλασικής αρχιτεκτονικής των μέσων του 19ου αιώνα (έτος κατασκευής: 1866), το οποίο περιήλθε στο Ελληνικό Δημόσιο με δωρεά το 1963 και αναπαλαιώθηκε το 1984, ενώ είχε κηρυχθεί έργο τέχνης από το Υπουργείο Πολιτισμού το 1968. Το κτίριο χωρίζεται λειτουργικά καθ' ύψος σε δύο χώρους. Το ισόγειο στεγάζει τη Δημοτική Βιβλιοθήκη Ληξουρίου, ενώ ο όροφος στεγάζει μουσειακό χώρο.

Από στατικής άποψης, αποτελεί κατασκευή με φέροντα οργανισμό από λιθοδομή. Πρόκειται για ένα κτίριο με σχεδόν ορθογώνια κάτοψη διαστάσεων περίπου 19m x 11m και εμβαδόν περίπου 211m<sup>2</sup> ανά στάθμη. Ο φέρων οργανισμός του αποτελείται από τέσσερεις περιμετρικούς φέροντες τοίχους από τρίστρωτη λιθοδομή, δύο ξύλινα πατώματα, τα οποία καθορίζουν τις στάθμες των ορόφων, και ξύλινη στέγη. Το κτίριο είχε δεχθεί επεμβάσεις επισκευής και ενισχύσεις, οι οποίες μελετήθηκαν το 1975, ολοκληρώθηκαν το 1984 και βοήθησαν στο ανταπεξέλθει στους ισχυρούς σεισμούς του 2014, αποτέλεσμα των οποίων είναι η εμφανιζόμενη παθολογία του.

Αρχικώς, υπολογίζονται τα μηχανικά χαρακτηριστικά των διαφόρων υλικών του κτιρίου με εμπειρικές σχέσεις του ΚΑΔΕΤ, και γίνεται αδρομερής παρουσίαση των βασικών εννοιών για την καλύτερη κατανόηση των μεγεθών συμπεριφοράς της τοιχοποιίας. Εν συνέχεια, υπολογίζονται αναλυτικά τα μόνιμα φορτία του κτιρίου και επιλέγεται η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.).

Ακολούθως, παρουσιάζονται οι έλεγχοι του κανονισμού σε όρους εντατικών και παραμορφωσιακών μεγεθών και οι αντίστοιχοι σε κάθε περίπτωση συντελεστές επάρκειας/ ανεπάρκειας λ. Παρουσιάζονται οι στάθμες επιτελεστικότητας και η αναμενόμενη κατά στάθμη συμπεριφορά, ενώ ορίζεται η στάθμη επιτελεστικότητας Β1 σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ.

Εξηγείται συνοπτικά η μέθοδος προσομοίωσης και τα δεδομένα των προσομοιωμάτων, καθώς και η αναγνώριση των στοιχείων ανάληψης σεισμικών δυνάμεων που θα ελεγχθούν.

Για την προσομοίωση και διενέργεια των ελέγχων σύμφωνα με τον εγκεκριμένο νέο κανονισμό ΚΑΔΕΤ, χρησιμοποιείται το λογισμικό Pessos της εταιρεία 3DR Engineering Software Ltd, το οποίο επιλύει με τη μέθοδο πεπερασμένων επιφανειακών στοιχείων κελύφους.

Οι προσομοιώσεις αφορούν στο κτίριο μετά τις μεταγενέστερες επεμβάσεις, μεταξύ της δεκαετίας 1975-1985, το οποίο επιβίωσε των σεισμών της Κεφαλονιάς του 2014, εκδηλώνοντας παθολογία, η οποία εξετάζεται στο σχετικό κεφάλαιο. Μέσω αυτών αποτιμάται η δομική συμπεριφορά και εξηγείται η τρωτότητα του κτιρίου. Στη συνέχεια, επιλέγοντας στρατηγικές επεμβάσεις τεχνικού χαρακτήρα, προσομοιώθηκε ο ενισχυμένος φορέας και συγκρίθηκε η μεταβολή στη συμπεριφορά των δύο φορέων, μέσω των δεικτών ανεπάρκειας/επάρκειας.

Στο προτελευταίο κεφάλαιο, πραγματοποιείται και Δευτεροβάθμιος Έλεγχος, βάσει των οδηγιών του ΟΑΣΠ. Συγκρίνονται οι συντελεστές επάρκειας-ανεπάρκειας του δευτεροβάθμιου ελέγχου, με το συντελεστή επάρκειας-ανεπάρκειας, που προέκυψε από τον τρίτοβάθμιο έλεγχο μέσω επαναληπτικών αναλύσεων του αρχικού φορέα για μικρότερη εδαφική επιτάχυνση. Προέκυψε προσέγγιση μεταξύ των δύο συγκρινόμενων συντελεστών.

Εν κατακλείδι, η εφαρμογή του κανονισμού απαιτεί γνώση από όλους τους εμπλεκόμενους (μελετητή και δημόσια αρχή). Εκτιμάται ότι παρά τις παραδοχές η αποτίμηση ανταποκρίνεται στη σημερινή εικόνα του κτιρίου. Διαπιστώθηκε ότι οι προτεινόμενες επεμβάσεις ενίσχυσης, παρά τη βελτίωση μερικώς της συμπεριφοράς, δεν επαρκούν για την στάθμη επιτελεστικότητας B1, κάτι που θα οδηγήσει σε στρατηγικές αποφάσεις διαχειριστικού χαρακτήρα ενώ προτείνεται επιπλέον διερεύνηση με νεότερες μεθόδους ενίσχυσης.

## ABSTRACT

The main objective of the postgraduate thesis at hand is the implementation of the new (Greek) Code for Structural Assessment and Interventions in Masonry (KADET according to the Greek acronym/abbreviation of the Code) to a listed building with an apparent pathology. The old building of the Municipal Library of Lixouri Kefallinia was chosen for the purposes of this study.

The thesis offers a brief presentation of the historical context and evolution of the architecture of the Ionian Islands. It examines the way the architecture was influenced and shaped by external conditions, mainly the Western conquerors, but also by the available materials and existing technical experience related to the high seismicity of the area.

The building of the Lixouri Public Library is located on Aikaterini Toul Street no 1. It is a two-story building; a typical sample of neoclassical architecture of the mid-19th century (construction was completed in 1866), which was donated to the Greek State in 1963 and restored between 1975 to 1984, while it was declared monument by the Ministry of Culture in 1968. The building is functionally divided into two spaces. The ground floor houses the Municipal Library of Lixouri, whereas the first floor houses a museum.

From a static point of view, it is a construction with a load-bearing body made of stonework with an almost rectangular floor plan with dimensions approximately 19m x 11m and measuring an area of approximately 211 m<sup>2</sup> per level. Its load-bearing body consists of four perimeter load-bearing walls with a three-layer stonework, two wooden floors, which determine the levels of the floors, and a wooden roof. The building had been restored and also received strengthening interventions, which were studied in 1975, and completed in 1984. These interventions helped the structure to resist the strong earthquakes of 2014, the result of which is its appearing pathology.

In the next chapters, the mechanical characteristics of the various building materials are calculated with experimental equations of KADET, and a brief presentation is provided of the basic concepts for a better understanding of the behaviour of masonry. Further, the permanent loads of the building are calculated in detail and the Data Confidence Level (C.L.) is selected.

What follows is the presentation of the controls of the regulation both in terms of forces and bending moments and in terms of deformations. In both cases corresponding adequacy/deficiency coefficients  $\lambda$  (Lamda) are used. The levels are presented of

performance and the expected behaviour by level, while the level of performance B1 is defined according to the KADET.

The simulation method and simulation data are briefly explained, as well as the identification of the seismic load bearing elements (piers) that are to be tested by the Pessos Software.

To simulate and carry out the checks in accordance with the approved new code (KADET), the software Pessos of the 3DR Engineering Software Ltd company is used, which solves with the method of finite shell elements.

The simulations concern the building after the later interventions, between the years 1975-1985, which survived the 2014 Kefalonia earthquakes, presenting structural pathology, which is discussed in the relevant chapter. Based on these, the structural behaviour of the building is assessed and the vulnerability of the building is analysed. Furthermore, by choosing strategic interventions of technical nature, the strengthened building was simulated and the change in the behaviour of the two bodies was compared, through the coefficients of inadequacy/sufficiency ( $\lambda$  or Lamda).

In the penultimate Chapter (10th) a Secondary Pre-Seismic Control (Audit) is also carried out, based on the instructions of the E.P.P.O (Earthquake Planning and Protection Organization of Greece, the Greek abbreviation is OASP). The adequacy-inadequacy coefficients of the secondary control are compared with those obtained from the third level detailed structural assessment of the building through repeated analyses of the existing (original) building for lower ground acceleration.

In conclusion, the implementation of the new code (KADET) requires knowledge from all the involved (the structural engineer and the public authority). It is estimated that despite the assumptions, the assessment of the existing building corresponds to its current image appearance. It is ascertained that the proposed strengthening interventions, despite the partially improvement of the structural behaviour, are insufficient for the B1 performance level. This insufficiency will lead to strategic administrative decisions while it is suggested further investigation with the implementation of newer strengthening methods.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Τη συμφοιτήτρια κ. Μαρία Ντόβα (ΔΤΥ/Υ.ΠΑΙ.ΘΑ.) για το αρχικό υλικό και την ιδέα ενασχόλησης με το συγκεκριμένο κτίριο.

Τη διοίκηση της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης Ληξουρίου για την παροχή στοιχείων και την άδεια πρόσβασης σε αυτή, τη Δρ. Θεοδώρα Ζαφειράτου - Προϊσταμένη των ΓΑΚ Κεφαλονιάς, με παράλληλη ανάθεση καθηκόντων Διευθύντριας της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης και τον κ. Πέτρο Πετράτο, εκπαιδευτικό-ιστορικό, Πρόεδρο Εφορευτικού Συμβουλίου της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης.

Την εταιρεία 3DR Engineering Software για την παραχώρηση μιας πλήρους εκπαιδευτικής άδειας του λογισμικού Pessos για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας και ιδιαιτέρως τον Δρ. Αριστείδη Παπαχρηστίδη και το τμήμα υποστήριξης της εταιρείας, την κ. Άννα Ζώτου και την κ. Μαρία Χούτα.

Την εταιρεία VR ARCHITECTS - ΑΝΤΥΠΑΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΜΕΣΣΑΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΟΕ για τις αρχιτεκτονικές αποτυπώσεις και ιδιαιτέρως τον Πολιτικό Μηχανικό Ευάγγελο Συνοδινό-Βαλλιάνο για το υλικό που διέθεσαν για την Ιακωβάτειο Βιβλιοθήκη Ληξουρίου.

Την Εφορεία Αρχαιοτήτων Κεφαλληνίας και Ιθάκης, τον προϊστάμενο της Δρ. Γρηγόριο Γρηγορακάκη και την τμηματάρχη Αρχαιολόγο Ελένη Παπαφλωράτου για την στήριξη τους και την παρότρυνση τους για μεγαλύτερη εμβάθυνση θεμάτων που άπτονται μνημειακών κατασκευών.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες τέλος προς τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Ρεπαπή για την υποστήριξη και τις στοχευμένες διορθώσεις του.

Σε προσωπικό επίπεδο θα ήθελα να ευχαριστήσω εκτός από τους γονείς μου, που πάντα υποστηρίζουν οποιαδήποτε προσπάθεια και απόφαση μου, τη σύζυγο μου Λένα για όλη την συμπαράσταση και την υπομονή της, σε όλη την απαιτητική περίοδο εκπόνησης της διπλωματικής, όντας εγκυμονούσα και πλέον νέα μητέρα.

Η διπλωματική εργασία αφιερώνεται στο νεογέννητο γιό μου.





## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>Κεφάλαιο 1</b>	<b>22</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>22</b>
1.1 Γενικά .....	22
1.2 Ιστορικό Πλαίσιο .....	24
1.3 Ιστορικά Στοιχεία Καταστροφικών Σεισμών Κεφαλλονιάς .....	26
1.4 Οικοδομικές Άδειες στα Ιστορικά Αρχεία Κεφαλλονιάς & Ιθάκης .....	32
<b>Κεφάλαιο 2</b>	<b>36</b>
<b>ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ</b>	<b>36</b>
2.1 Περίληψη .....	36
2.2 Αρχιτεκτονική Κατοικιών στην Κεφαλλονιά.....	36
2.3 Οικοδομικά Υλικά - Τρόπος Κατασκευής: .....	42
2.3.1 Οικοδομικά Υλικά:.....	42
2.3.2 Τρόπος Κατασκευής.....	43
2.4 Αρχιτεκτονική Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης.....	44
2.4.1 Ιστορικά Στοιχεία Κτιρίου .....	44
2.4.2 Γενικά Στοιχεία .....	45
2.4.3 Αρχιτεκτονική Κτιρίου .....	47
2.4.4 Μορφολογικά Στοιχεία Κτιρίου Ιακωβάτειου .....	49
2.4.5 Περιβάλλον Χώρος Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης.....	52
2.4.6 Οικοδομική Άδεια-Εγκρίσεις.....	54
2.4.7 Αρχαιακό Υλικό Κατασκευής .....	57
<b>Κεφάλαιο 3</b>	<b>61</b>
<b>ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ – ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ-ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ</b>	<b>61</b>
3.1 Εισαγωγή.....	61
3.2 Φέρων Οργανισμός Κτιρίου .....	62
3.3 Προηγούμενες Επεμβάσεις.....	67
3.5.1 Περιγραφή Βλαβών - Ρωγμών .....	98

<b>Κεφάλαιο 4</b>	<b>106</b>
<b>ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΩΝ</b>	<b>106</b>
4.1 Εισαγωγή.....	106
4.2 Μεγέθη Συμπεριφοράς Τοιχοποιίας.....	107
4.2.1 Μηχανικά Χαρακτηριστικά της Τοιχοποιίας:.....	107
4.2.2 Μέθοδοι Επιτόπου Μετρήσεων Μηχανικών Χαρακτηριστικών Τοιχοποιίας ..	111
4.2.3 Αντοχή Τοιχοποιίας σε Θλίψη.....	112
4.2.4 Εκτίμηση Θλιπτικής Αντοχής Άοπλης Τοιχοποιίας κατά ΚΑΔΕΤ .....	118
4.2.5 Εκτίμηση Θλιπτικής Αντοχής Άοπλης Τοιχοποιίας κατά EC6.....	123
4.2.6 Προσδιορισμός Μέτρου Ελαστικότητας.....	125
4.2.7 Αντοχή Τοιχοποιίας σε Διάτμηση .....	133
4.2.8 Εκτίμηση Διατμητικής Αντοχής κατά ΚΑΔΕΤ .....	135
4.2.9 Μηχανικά Χαρακτηριστικά Τοιχοποιίας Ποδιών Παραθύρων .....	137
4.2.10 Αντοχή Τοιχοποιίας σε Εφελκυσμό – Καμπτική Αντοχή .....	139
4.2.11 Εκτίμηση Εφελκυστικής Αντοχής κατά ΚΑΔΕΤ .....	142
4.2.12 Συνοπτικά Μηχανικά Χαρακτηριστικά.....	144
4.2.13 Μηχανικά Χαρακτηριστικά Τοιχοποιίας Λογισμικού Pessos 3DR .....	145
4.2.14 Υλικά Προηγούμενων Επεμβάσεων (1975-1985) .....	149
4.2.15 Ξύλινα Στοιχεία Κτιρίου .....	149
<b>Κεφάλαιο 5</b>	<b>152</b>
<b>ΦΟΡΤΙΑ -ΣΑΔ-ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ</b>	<b>152</b>
5.1 Εισαγωγή.....	152
5.2 Υπολογισμός Ιδιοπεριόδου Κτιρίου .....	152
5.3 Μόνιμα και Κινητά Φορτία .....	154
5.3.1 Υπολογισμοί Φορτίων.....	154
5.3.1.1 Φέρων Οργανισμός Οροφής Ισογείου .....	155
5.3.1.2 Εσωτερικές Κλίμακες .....	157
5.3.1.3 Διαχωριστικοί Εσωτερικοί Τοίχοι .....	157
5.3.1.4 Οροφή Α΄ Ορόφου .....	160
5.3.1.5 Στέγη .....	162
5.3.1.6 Φορτίο Χιονιού. ....	165
5.3.1.7 Κινητά Φορτία Δομήματος .....	166
5.4 Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ).....	166
5.4.1 Απαιτούμενες Διερευνητικές Εργασίες – Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων. ....	171

<b>Κεφάλαιο 6</b>	<b>173</b>
<b>ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΔΕΤ</b>	<b>173</b>
6.1	Περίληψη ..... 173
6.2	Γενική Αρχή Ελέγχου ..... 173
6.3	Έλεγχοι Κτιρίου ..... 175
6.4	Γενικοί Έλεγχοι Κτιρίου-Έλεγχος Ανατροπής ..... 176
6.4.1	Έλεγχος Εκκεντρότητας ..... 176
6.4.2	Έλεγχος Αδρανούς Περιοχής ..... 177
6.4.3	Έλεγχος Μέγιστης Ορθής Θλιπτικής Τάσης ..... 178
6.5	Έλεγχοι σε Όρους Εντατικών Μεγεθών ..... 178
6.5.1	Έλεγχος Τοιχοποιίας σε Κατακόρυφα Φορτία: ..... 178
6.5.2	Έλεγχος Επάρκειας Πεσσού σε Εντός Επιπέδου Δράση ..... 179
6.5.2.1	Ικανοτική Τέμνουσα ..... 179
6.5.2.2	Φέρουσα Ικανότητα έναντι Τέμνουσας ..... 180
6.5.2.3	Αντοχή υπό Διατμητική Ένταση ..... 181
6.5.2.4	Αντοχή υπό Κάμψη ..... 184
6.5.3	Έλεγχοι Επάρκειας Πεσσού σε Εκτός Επιπέδου Δράσεις ..... 185
6.5.3.1	Αντοχή σε Ροπή Κάμψεως περί Οριζόντιο Άξονα ..... 185
6.5.3.2	Αντοχή σε Ροπή Κάμψεως περί Κατακόρυφο Άξονα: ..... 186
6.5.3.3	Διατμητική Αντοχή εκτός Επιπέδου: ..... 188
6.5.4	Φαινόμενα Δευτέρας Τάξεως (§5.3.7, (ΚΑΔΕΤ, 2022)) ..... 189
6.5.5	Περί Παραμορφωσιακής Ικανότητας Τοιχοποιίας & Σεισμικής Φόρτισης ..... 190
6.6	Έλεγχοι σε Όρους Παραμορφωσιακών Μεγεθών ..... 193
6.6.1.1	Έλεγχος κλίσης εντός επιπέδου ..... 195
6.6.1.2	Έλεγχος σε Κλίση εκτός Επιπέδου ..... 196
6.6.1.3	Υπολογισμός Ανελαστικής Μετακίνησης ..... 198
6.7	Στάθμες Επιτελεστικότητας ..... 199
6.7.1	Έλεγχοι Αναλόγως Στάθμης Επιτελεστικότητας ..... 203
<b>Κεφάλαιο 7</b>	<b>209</b>
<b>ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ - ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ</b>	<b>209</b>
7.1	Περίληψη ..... 209
7.2	Γενικές Αρχές ..... 209
7.3	Επεμβάσεις Επισκευών ..... 212
7.4	Επεμβάσεις Ενισχύσεων ..... 212

7.4.1	Βαθειά Αρμολογήματα .....	214
7.4.2	Ομογενοποίηση Μάζας (Μέσω Ενέσεων) .....	216
7.4.2.1	Εκτίμηση Βελτιωμένων Μηχανικών Χαρακτηριστικών .....	218
7.4.3	Υπολογισμός Βελτιωμένων Μηχανικών Χαρακτηριστικών .....	221
7.4.4	Διαφράγματα .....	224
<b>Κεφάλαιο 8</b>		<b>226</b>
<b>ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ</b>		<b>226</b>
8.1	Περίληψη .....	226
8.2	Μέθοδοι Ανάλυσης .....	226
8.3	Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων .....	228
8.3.1	Γενικά .....	228
8.3.2	Καθολικοί & Τοπικοί Άξονες στο Pessos 3DR .....	232
8.4	Προσομοίωση Κτιρίου .....	235
8.4.1	Γενικά .....	235
8.4.2	Αναγνώριση Πεσσών & Δίσκων Υπερθύρων .....	237
8.4.3	Συνδυασμοί Φορτίσεων .....	239
8.4.4	Έδαφος .....	240
8.4.5	Σεισμική Επικινδυνότητα .....	243
8.4.6	Προσομοιώσεις Κτιρίου προς Επίλυση .....	243
<b>Κεφάλαιο 9</b>		<b>245</b>
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ</b>		<b>245</b>
9.1	Περίληψη .....	245
9.2	Αποτελέσματα Μεθόδου Ελαστικής Ισοδύναμης Στατικής Ανάλυσης .....	245
9.2.1	Αποτελέσματα Προσομοιώματος Υφιστάμενου Κτιρίου .....	245
9.2.2	Αποτελέσματα Προσομοιώματος Ενισχυμένου Κτιρίου .....	250
9.3	Σύγκριση Αποτελεσμάτων Προσομοιωμάτων .....	256
<b>Κεφάλαιο 10</b>		<b>262</b>
<b>ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ</b>		<b>262</b>
10.1	Περίληψη .....	262
10.2	Γενικά .....	262
10.3	Δείκτης Σεισμικής Επιβάρυνσης Κτιρίου Η .....	263

10.3.1 Δείκτης Σεισμικής Δράσης ( $H_1$ ) .....	263
10.3.2 Δείκτης Επιρροής Γειτονικών Κτιρίων ( $H_2$ ).....	264
10.4 Δείκτης Σεισμικής Αντίστασης Κτιρίου R .....	265
10.4.1 Δείκτης Διατμητικής Αντίστασης Ισογείου ( $R_1$ ).....	265
10.4.2 Δείκτης Ανοιγμάτων Φερόντων Τοίχων ( $R_2$ ) .....	269
10.4.3 Δείκτης Διαζωμάτων ( $R_3$ ) .....	270
10.4.4 Δείκτης Διαφραγμάτων ( $R_4$ ) .....	270
10.4.5 Δείκτης Ανοιγμάτων κοντά σε Γωνίες ( $R_5$ ) .....	271
10.4.6 Δείκτης Παθολογίας Φερουσών Τοιχοποιιών ( $R_6$ ).....	272
10.4.7 Δείκτης Σύνδεσης μεταξύ Εγκάρσιων Τοίχων ( $R_7$ ) .....	273
10.4.8 Δείκτης Καταπόνησης Περιμετρικών Τοίχων εκτός Επιπέδου ( $R_8$ ).....	273
10.4.9 Δείκτης Κανονικότητας της Κάτοψης Ισογείου ( $R_9$ ).....	274
10.4.10 Δείκτης Κανονικότητας καθ' Ύψος ( $R_{10}$ ).....	275
10.4.11 Δείκτη Προτεραιότητας λ.....	276
10.5 Σύγκριση Β' Βάθμιου Ελέγχου με Αναλύσεις Γ' Βάθμιου Ελέγχου .....	277
<b>Κεφάλαιο 11</b> .....	<b>278</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	<b>278</b>
11.1 Περίληψη .....	278
11.2 Συμπεράσματα .....	278
<b>Αναφορές – Ιστοσελίδες</b> .....	<b>283</b>
Αναφορές .....	283
Ιστοσελίδες Διαδικτύου .....	287

## Λίστα σχημάτων και πινάκων

Σχήμα 1.1 Το κάστρο του Αγίου Γεωργίου. Χαλκογραφία του J.Petters 1685. Museo Civico Correr, Βενετία. (Μαρκαντωνάτου & Σιμάτος, 2008).....	25
Σχήμα 1.2 Χάρτης του 1776 των νησιών Λευκάδα, Κεφαλονιά, Ζάκυνθος και οι παρακείμενες ακτές (Πηγή: <a href="http://eng.travelogues.gr/item.php?view=50156">http://eng.travelogues.gr/item.php?view=50156</a> )... 25	
Σχήμα 1.3 Το αποτέλεσμα του σεισμού (Πηγή: <a href="https://gerryco23.wordpress.com/2015/05/24/the-ruins-of-kefalonia/">https://gerryco23.wordpress.com/2015/05/24/the-ruins-of-kefalonia/</a> ).....	28
Σχήμα 1.4 Το Αργοστόλι μετά τους σεισμούς του 1953 (Πηγή: <a href="https://www.inkefalonia.gr/koinonia/64207-9-avgoystou-tou-1953-ksekina-i-seismiki-akolouthia-pou-isopedose-tin-kefalonia">https://www.inkefalonia.gr/koinonia/64207-9-avgoystou-tou-1953-ksekina-i-seismiki-akolouthia-pou-isopedose-tin-kefalonia</a> ).....	28
Σχήμα 1.5 Φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης στο Αργοστόλι και στο Ληξούρι από τους σεισμούς στις 26/1/2014 (Μ6.1) και 3/2/2014 (Μ6.0) (Θεοδουλίδης, et al., 2014) .....	30
Σχήμα 1.6 Το ρήγμα της Κεφαλονιάς και τα επίκεντρα των σεισμών του 2014 (με κίτρινο) και του 1953 (με πράσινο) (Karantoni, et al., 2017).....	30
Σχήμα 1.7 Άρθρα 1 έως 5 (τμήμα) του διατάγματος .....	32
Σχήμα 1.8 Άρθρα 5 (κάτω τμήμα) έως 12 του διατάγματος .....	33
Σχήμα 1.9 Ενδεικτικό αρχιτεκτονικό σχέδιο κατοικίας τύπου Palazzo του δρ. Ιωάννη Μελισσηνού (Μαρκαντωνάτου & Σιμάτος, 2008) .....	35
Πίνακας 2.1 Διαχωρισμός φάσεων εξέλιξης Νεοκλασικισμού(Κλασικισμού στην Ελλάδα) (Μαλικούτη, 2021) .....	37
Σχήμα 2.1 Παλαιό Δημαρχείο Κέρκυρας, έτος κατασκευής 1691, αρχικά ως Λέσχη των Ενετών ευγενών της Κέρκυρας ( loggia di nobili), (Πηγή: <a href="https://visit.corfu.gr/el/a3iotheata/palαιο-dhmarxeio-kerkyras-san-tziakomo/">https://visit.corfu.gr/el/a3iotheata/palαιο-dhmarxeio-kerkyras-san-tziakomo/</a> ) .....	37
Σχήμα 2.2 Πυργόσπιτο οικογένειας Σδριν. Κατελειός Ελειού. (Σελ. 38, (Μαρκαντωνάτου & Σιμάτος, 2008).....	38
Σχήμα 2.3 Οικία κόντε Καίσαρα Μεταξά. Λιθόστρωτο Αργοστολίου (Σελ.44, (Μαρκαντωνάτου & Σιμάτος, 2008).....	39
Σχήμα 2.4 Ενδεικτικός τοίχος μοροφίντο (Σελ.2201(9/13), (Theotokatou, 2019)).....	40
Σχήμα 2.5 Τετράγωνα και ορθογώνια φατνώματα με περίτεχνες οροφωγραφίες .....	41
Σχήμα 2.6 Φωτογραφία – πορτρέτο Κάτες (Αικατερίνης) Τυπάλδου Ιακωβάτου – Τουλ (Πηγή: <a href="https://liksouri.reasonablegraph.org/archive/item/11170?lang=el">https://liksouri.reasonablegraph.org/archive/item/11170?lang=el</a> ).....	44
Σχήμα 2.7 Θέση Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης στο Ληξούρι. (Πηγή: GoogleEarth) .....	45
Σχήμα 2.8 Δυτική όψη .....	48
Σχήμα 2.9 Ανατολική όψη .....	48
Σχήμα 2.10 Δυτική κεντρική είσοδος .....	49
Σχήμα 2.11 Λεπτομέρεια κλειστών εξωφύλλων (σκούρα) Α' ορόφου .....	49

Σχήμα 2.12 Αριστερά: Ταβάνι ορόφου Α, Δωμάτιο 2. Δεξιά: Ταβάνι κεντρικού διαδρόμου .....	50
Σχήμα 2.13 Παλαιότερη φωτογραφική λήψη από την εξωτερική κλίμακα της ανατολικής μεγάλης αυλής (Μοσχόπουλος, 2003) .....	52
Σχήμα 2.14 Ανατολική όψη κούρτης και εξωτερικού μεταλλικού πορτονιού. Διακρίνεται ο πλακόστρωτος διάδρομος που οδηγεί στην ανατολική θύρα εισόδου .....	52
Σχήμα 2.15 Εναέρια άποψη Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης & προαύλιου χώρου (Πηγή: <a href="https://kefalonianmantata.gr/wp-content/uploads/2016/03/iakovateios-vivliothiki-liksouriou-1.jpg">https://kefalonianmantata.gr/wp-content/uploads/2016/03/iakovateios-vivliothiki-liksouriou-1.jpg</a> ) .....	53
Σχήμα 2.16 Εξωτερικό πορτόνι στην κούρτη της δυτικής πλευράς. ....	53
Σχήμα 2.17 Αναφορά των αδελφών Τυπάλδων προς το Νομάρχη Κεφαλληνίας (23.2.1866) στον οποίο καταθέτουν σχέδια προς έγκριση οικοδομής σε τέσσερα αντίγραφα.....	54
Σχήμα 3.1 Αποτύπωση Κάτοψης Ισογείου (Δ.Μιχαλιτσιάνος & Συνεργάτες, 1975) .....	64
Σχήμα 3.2 Αποτύπωση Κάτοψης Ορόφου (Δ.Μιχαλιτσιάνος & Συνεργάτες, 1975).....	65
Σχήμα 3.3 Τομή Α-Α (Δ.Μιχαλιτσιάνος & Συνεργάτες, 1975) .....	66
Σχήμα 3.4 Θέση σεισμού 17/9/1972 και απόσταση από το κτίριο της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης (Πηγή: <a href="https://www.seismos.gr/seismos/kefalonias-lixoyri/3169">https://www.seismos.gr/seismos/kefalonias-lixoyri/3169</a> ) ...	67
Σχήμα 3.5 Ενδεικτικά αποσπάσματα μελέτης Δ.Μιχαλιτσιάνου & Συνεργάτες, 1975.....	67
Σχήμα 3.6 Πρόταση επέκτασης στέγης περιμετρικά (VR_Architects, et al., 2022) .....	69
Σχήμα 3.7 Πρόταση κατασκευής τοιχίου εσωτερικά στη θέση των κάθετων τοίχων (VR_Architects, et al., 2022) .....	69
Σχήμα 3.8 Πρόταση κατασκευής τοιχίου οπλισμένου σκυροδέματος, κάθετα στις μεγάλες πλευρές του κτιρίου και υπόδειξη μετατροπής θυρών σε παράθυρα (βόρεια πλευρά) (Δ.Μιχαλιτσιάνος & Συνεργάτες, 1975) .....	70
Σχήμα 3.9 Λεπτομέρεια οξειδωμένων οπλισμών δοκού Δ1 .....	71
Σχήμα 3.10 Θέση κατασκευής περιμετρικής δοκού (VR_Architects, et al., 2022) .....	72
Σχήμα 3.11 Λεπτομέρεια σύνδεσης εσωτερικής δοκού Δ1 με τους εξωτερικούς τοίχους (VR_Architects, et al., 2022) .....	72
Σχήμα 3.12 Λεπτομέρειες τοποθέτησης ενισχυτικών τενόντων (VR_Architects, et al., 2022) .....	73
Σχήμα 3.13 Οι συνδέσεις των δύο εγκάρσιων μεταλλικών δοκών με τον εξωτερικό τοίχο .....	73
Σχήμα 3.14 Λεπτομέρεια αγκύρωσης τενόντων σε γωνιακή σύνδεση εγκάρσιων τοίχων (VR_Architects, et al., 2022) .....	74
Σχήμα 3.15 Θέσεις εντοπισμού οξειδωμένων τενόντων (VR_Architects, et al., 2022) .....	74



Σχήμα 3.16 Οξειδωμένος σπλισμός στο σημείο α, σύνδεση τοίχου με ποδιά παραθύρου (αριστερά) & λεπτομέρεια (δεξιά) (Αλεξιάδης κ.α., 2022) .....	75
Σχήμα 3.17 Οξειδωμένος σπλισμός στο σημείο β, σύνδεση τοίχου με ποδιά παραθύρου (αριστερά) & λεπτομέρεια (δεξιά) (Αλεξιάδης κ.α., 2022) .....	75
Σχήμα 3.18 Τμήμα του φορέα της ξύλινης στέγης σε κάτοψη .....	76
Σχήμα 3.19 Αποτύπωση ζευκτού υπ' αριθμ. 4 στέγης από την Αικατερίνη Κορρέ, Αρχ. Μηχανικό (6-4-1983) .....	77
Σχήμα 3.20 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες σύνδεσης ζευκτών .....	78
Σχήμα 3.21 Προοπτικό σχέδιο προσθήκης σοφίτας .....	78
Σχήμα 3.22 Κάτοψη ισογείου, υφιστάμενη κατάσταση (αποτύπωση (VR_Architects, et al., 2022)) .....	80
Σχήμα 3.23 Κάτοψη ορόφου, υφιστάμενη κατάσταση (αποτύπωση (VR_Architects, et al., 2022)) .....	81
Σχήμα 3.24 Κάτοψη φ.ο. στέγης, υφιστάμενη κατάσταση (αποτύπωση (VR_Architects, et al., 2022)) .....	82
Σχήμα 3.25 Τομή Α-Α', υφιστάμενη κατάσταση (αποτύπωση (VR_Architects, et al., 2022)) .....	83
Σχήμα 3.26 Τομή Γ-Γ', υφιστάμενη κατάσταση (αποτύπωση (VR_Architects, et al., 2022)) .....	84
Σχήμα 3.27 Εικόνες βλαβών από καθιζήσεις στα άκρα κατασκευών (Σπυράκος, 2019) ..	86
Σχήμα 3.28 Τυπική ανάπτυξη ρωγμών λόγω κατακόρυφης καθίζησης στο κέντρο .....	86
Σχήμα 3.29 Ανομοιομορφες καθιζήσεις α & γ) ανάπτυξη ρωγμών και β & δ) ανάπτυξη καθιζήσεων (Σπυράκος, 2019) .....	86
Σχήμα 3.30 (α) Ασθενής σύνδεση εγκάρσιων τοίχων, (β) Ισχυρή σύνδεση εγκάρσιων τοίχων .....	87
Σχήμα 3.31 α) Όψη φέροντος στοιχείου υπό θλίψη και ανάπτυξη ρωγμών. Εντατική κατάσταση: θλιπτικές $\sigma_y$ και εφελκυστικές τάσεις $\sigma_x$ , β) Πεσσός από φέρουσα τοιχοποιία με ρωγμές λόγω ισχυρών κατακόρυφων φορτίων .....	87
Σχήμα 3.32 Τυπική ανάπτυξη ρωγμών σε τρίστρωτη τοιχοποιία λόγω ισχυρών κατακόρυφων φορτίων. α) κατανομή διακεκομμένων ρωγμών κατά μήκος της ασθενούς εσωτερικής στρώσης, β) κατανομή συνεχών ρωγμών κατά μήκος της ασθενούς εσωτερικής στρώσης. ....	88
Σχήμα 3.33 Τυπική ανάπτυξη ρωγμών σε τρίστρωτη τοιχοποιία λόγω ισχυρών κατακόρυφων φορτίων σε τοιχοποιία με (α) δίστρωτη τοιχοποιία με εσωτερικό πυρήνα μικρού πλάτους και υλικά χαμηλότερης ποιότητας, (β) δίστρωτη τοιχοποιία με διάτονες .....	88
Σχήμα 3.34 Λυγισμός τρίστρωτης τοιχοποιίας λόγω έκκεντρης φόρτισης πατώματος ....	89

Σχήμα 3.35 Ανάπτυξη ρωγμών λόγω άσκησης συγκεντρωμένων κατακόρυφων φορτίων .....	89
Σχήμα 3.36 α) Κατανομή κατακόρυφων/οριζόντιων ωθήσεων από στέγη, β) Ανεπαρκής σύνδεση μεταξύ εγκάρσιων τοίχων, γ) Επαρκής σύνδεση μεταξύ των εγκάρσιων τοίχων, δ) Μηχανισμός κάμψης εκτός επιπέδου, ε) Ρηγματώση λόγω διαγώνιο αμείβοντα (AB) .....	90
Σχήμα 3.37 α) Εξισορρόπηση οριζόντιας ώθησης $f_0$ από ελκυστήρα, β) Αστοχία σύνδεσης και μεταφορά της $f_0$ στους τοίχους, γ) Λεπτομέρεια Λ1, δ) Λεπτομέρεια Λ2 .....	90
Σχήμα 3.38 Ανάπτυξη ρωγμών σε τοίχο με φτωχή δόμηση σε σεισμικά φορτία: (α) εντός επιπέδου (σεισμική δράση $F$ παράλληλα στον τοίχο), (β) Αποκόλληση εξωτερικής παρειάς λιθοδομής σε σεισμική δράση κάθετα στο επίπεδο της. ....	92
Σχήμα 3.39 Αστοχία λόγω ανεπαρκούς σύνδεσης μεταξύ δύσκαμπτου διαφράγματος & υποκείμενων τοίχων. ....	92
Σχήμα 3.40 Τοπική αστοχία περιοχής σύνδεσης οριζόντιων στοιχείων (δοκών) εντός της τοιχοποιίας σε σεισμική φόρτιση $F_s$ λόγω και περιορισμένου βάθους έδρασης των δοκών. ....	92
Σχήμα 3.41 Τοπικοί μηχανισμοί (Πηγές: <a href="https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMB325/%210.6%20Masonry%20-%20Behavior%20and%20example.pdf">https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMB325/%210.6%20Masonry%20-%20Behavior%20and%20example.pdf</a> & <a href="https://www.oasp.gr/node/2067">https://www.oasp.gr/node/2067</a> .....	93
Σχήμα 3.42 Τυπικές αστοχίες λόγω σεισμού (Σπυράκος, 2019) .....	93
Σχήμα 3.43 Τυπικές μορφές ρηγματώσεων σε τυπικό όροφο από Φ.Τ. (Ο.Α.Σ.Π., 2001)	94
Σχήμα 3.44 Μηχανισμοί αστοχίας ενός μεμονωμένου τοίχου-προβόλου. α: σεισμική τέμνουσα εκτός επιπέδου, b-c-d: σεισμική τέμνουσα εντός επιπέδου (Ο.Α.Σ.Π., 2001) .....	94
Σχήμα 3.45 Τυπικές μορφές απόκρισης κτιρίων Φ.Τ. υπό σεισμική καταπόνηση: α και b: ασύνδετοι φέροντες τοίχοι, c: φέροντες τοίχοι με κορυφαίο διάζωμα και d: φέροντες τοίχοι με διάφραγμα στο επίπεδο της στέγης τους (Ο.Α.Σ.Π., 2001)....	95
Σχήμα 3.46 Μηχανισμός αστοχίας στις θέσεις σύζευξης πεσσών ενός διώροφου τοίχου χωρίς διαζώματα ή άκαμπτα διαφράγματα στις στάθμες των ορόφων (Ο.Α.Σ.Π., 2001) .....	96
Σχήμα 3.47 Βλάβες ανατολικής όψης (VR_Architects, et al., 2022) .....	98
Σχήμα 3.48 Συμπεριφορά βλαβών δυτικής όψης (VR_Architects, et al., 2022) .....	99
Σχήμα 3.49 Λεπτομέρεια κάτω αριστερά τμήματος του ισογείου, με τις εντοπιζόμενες βλάβες/ρωγμές (VR_Architects, et al., 2022).....	100
Σχήμα 3.50 Παθολογία ανατολική όψης (Από μελέτη Ομάδας Έργου (VR_Architects, et al., 2022)) .....	102

Σχήμα 3.51 Παθολογία δυτικής όψης (Από μελέτη Ομάδας Έργου (VR_Architects, et al., 2022)).....	103
Σχήμα 3.52 Παθολογία βόρειας όψης (Από μελέτη Ομάδας Έργου (VR_Architects, et al., 2022)).....	104
Σχήμα 3.54 Παθολογία νότιας όψης –όροφος (Από μελέτη Ομάδας Έργου (VR_Architects, et al., 2022)).....	105
Σχήμα 3.54 Παθολογία νότιας όψης –ισόγειο (Από μελέτη Ομάδας Έργου (VR_Architects, et al., 2022)).....	105
Πίνακας 4.1 Περιπτώσεις ανάγκης νέας εδαφοτεχνικής έρευνας (Π3.1, (ΚΑΔΕΤ, 2022)).....	110
Σχήμα 4.1 Τοιχοποιία υπό κατακόρυφη ή οριζόντια θλίψη (Σ6.1 (ΚΑΔΕΤ, 2022)).....	113
Σχήμα 4.2 Τοιχοποιία υπό λοξή θλίψη (Σ6.2 (ΚΑΔΕΤ, 2022)).....	113
Σχήμα 4.3 Σκαρίφημα των τάσεων του τοίχου κατά την επιβολή θλιπτικού φορτίου ...	114
Σχήμα 4.4 Ενδεικτική τομή κατά το πάχος μονόστρωτης τοιχοποιίας (Σ6.14, (ΚΑΔΕΤ, 2022) .....	114
Σχήμα 4.5 Μονόστρωτη τοιχοποιία υπό κατακόρυφη θλίψη (Σ6.17, (ΚΑΔΕΤ, 2022)) ....	115
Σχήμα 4.6 Ενδεικτικές εικόνες δίστρωτης τοιχοποιίας (α) με πυκνούς διάτονους λίθους, (β) με αραιούς διάτονους λίθους και (γ) χωρίς διάτονους λίθους.....	116
Σχήμα 4.7 Ενδεικτική τομή κατά το πάχος, τρίστρωτης τοιχοποιίας.....	116
Σχήμα 4.8 Η μηχανική της τρίστρωτης τοιχοποιίας υπό κεντρική θλίψη. (Σ6.18, (ΚΑΔΕΤ, 2022)).....	117
Σχήμα 4.9 Λεπτομέρειες διευρυμένων ρωγμών που διακρίνονται ημιλαξευτοί.....	121
Πίνακας 4.2 Τιμές K για κονιάματα γενικής εφαρμογής, λεπτής στρώσης ή ελαφροκονιάματος.(Π3.3, (EN1996-1:2005, 2005)) .....	124
Σχήμα 4.10 Αδιάστατη καμπύλη τάσεων παραμορφώσεων οπτοπλινθοδομής σε θλίψη από πειράματα του Hendry.....	126
Σχήμα 4.11 Γενική μορφή διαγράμματος τάσεων-παραμορφώσεων τοιχοποιιών EC6 .	131
Πίνακας 4.3 Παραμορφωσιακές ιδιότητες άοπλης τοιχοποιίας κατασκευασμένης με κονίαμα γενικής εφαρμογής (EC6-1, Παρ.3.7.4, (EN1996-1:2005, 2005)) .....	132
Σχήμα 4.12 Τυπική μορφή καμπύλης αστοχίας ( $\tau$ , $\sigma_n$ ) τοιχοποιίας (Ιγνατάκης & Στυλιανίδης, 2009).....	133
Σχήμα 4.13 Μηχανισμοί διατμητικής αστοχίας (α) διολίσθηση κατά μήκος αρμού, (β) διαγώνια/λοξή ρηγμάτωση (Tomazevic, 2009).....	134
Σχήμα 4.14 Αστοχία στην σύνδεση τοίχων (Σ6.5 (ΚΑΔΕΤ, 2022)) .....	134
Πίνακας 4.4 Τιμές $f_{vk0}$ και οριακές τιμές της $f_{vk}$ για κονιάματα γενικής εφαρμογής (Ιγνατάκης & Στυλιανίδης, 2009).....	136
Πίνακας 4.5 Απαιτήσεις για την κατάταξη των λιθοσωμάτων σε Ομάδες (Ιγνατάκης & Στυλιανίδης, 2009).....	137

Σχήμα 4.15 Μορφές αστοχίας τοιχοποιίας υπό άμεσο εφελκυσμό παράλληλα προς τους οριζόντιους αρμούς. (α) Ασθενείς πλίνθοι, (β) Ισχυρές πλίνθοι (Ιγνατάκης & Στυλιανίδης, 2009) .....	139
Σχήμα 4.16 Αστοχία τοιχοποιίας για εφελκυσμό (α)κατακόρυφο , (β) οριζόντιο και (γ) στη γωνιακή σύνδεση τοίχων(Σ6.3 (ΚΑΔΕΤ, 2022)).....	140
Σχήμα 4.17 Μηχανισμός αστοχίας τοιχοποιίας σε λοξό εφελκυσμό (Σ6.4 (ΚΑΔΕΤ, 2022)) .....	140
Σχήμα 4.18 Επίπεδα αστοχίας τοιχοποιίας σε κάμψη εκτός επιπέδου, αριστερά παράλληλα στους αρμούς και δεξιά κάθετα στους αρμούς, (Σχήμα Σ5B-3, (ΚΑΔΕΤ, 2022)) .....	141
Πίνακας 4.6 Μηχανικά χαρακτηριστικά τοιχοποιίας .....	144
Πίνακας 4.7 Φέρουσα ΚΑΝ (Γενικά κανονιστικά δεδομένα) .....	145
Πίνακας 4.10 Φέρουσα ΚΑΔΕΤ .....	146
Πίνακας 4.11 Φυσικές ιδιότητες πετρωμάτων (Ιγνατάκης & Στυλιανίδης, 2009).....	147
Πίνακας 4.12 Μηχανικές ιδιότητες πετρωμάτων (Ιγνατάκης & Στυλιανίδης, 2009).....	147
Πίνακας 4.13 Δεδομένα υφιστάμενης τοιχοποιίας Φέρουσα ΚΑΔΕΤ για την προσομοίωση του κτιρίου στο λογισμικό Pessos (με bold τα στοιχεία που μεταβάλλονται). .....	148
Πίνακας 4.14 «Ερήμην» αντιπροσωπευτικές τιμές θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος (Πιν.1, Παρ.3.1, ΚΑΝΕΠΕ2022) .....	149
Πίνακας 4.15 «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές τιμές διαρροής χάλυβα σπλισμού (Πιν.1, Παρ.3.1, ΚΑΝΕΠΕ2022) .....	149
Πίνακας 4.16 Κατάταξη ξυλείας με βάση τις αντοχές και την πυκνότητα – Χαρακτηριστικές τιμές (σύμφωνα με το Πρότυπο EN 338) .....	151
Πίνακας 5.1 Υπολογισμός δρώσας επιφάνειας $A_c$ κατά τη διεύθυνση X-X .....	153
Πίνακας 5.2 Υπολογισμός δρώσας επιφάνειας $A_c$ κατά τη διεύθυνση Y-Y.....	154
Πίνακας 5.3 Υπολογισμός I.B. ξύλινων δοκών δαπέδου οροφής ισογείου .....	155
Πίνακας 5.4 I.B. Επικάλυψης δαπέδου οροφής ισογείου.....	156
Σχήμα 5.1 Η τεχνική δόμησης (μία από αυτές) των ξυλόπηκτων τοίχων (Πηγή: <a href="http://5a.arch.ntua.gr/project/1192/4178">http://5a.arch.ntua.gr/project/1192/4178</a> .....	157
Σχήμα 5.2 Λεπτομέρεια εσωτερικού τοίχου με την τεχνική μοροφίντο.....	158
Πίνακας 5.5 Υπολογισμός I.B. εσωτερικών διαχωριστικών τοίχων ανά $m^2$ . .....	158
Σχήμα 5.3 Ενδεικτική κατασκευή μοροφίντου για τον υπολογισμό του I.B. του ανά τετραγωνικό μέτρο .....	159
Πίνακας 5.6 Συνολικό βάρος εσωτερικών τοίχων δαπέδου Α' ορόφου .....	159
Πίνακας 5.7 Υπολογισμός I.B. ξύλινων δοκών οροφής Α' ορόφου.....	160
Πίνακας 5.8 I.B. Επικάλυψης δαπέδου οροφής Α' ορόφου (προσβάσιμη στέγη) .....	161
Πίνακας 5.9 Αναλυτικός υπολογισμός ιδίου βάρους Φ.Ο. στέγης.....	162

Πίνακας 5.10 Αναλυτικός υπολογισμός εμβαδών στέγης και Ι.Β. πετρώματος.....	163
Πίνακας 5.11 Βάρος κεραμιδιών στέγης.....	164
Πίνακας 5.12 Αναγωγή Ι.Β. στέγης σε πάχος πλάκας.....	164
Πίνακας 5.13 Μόνιμο φορτίο στέγης προς περιμετρικούς τοίχους.....	164
Πίνακας 5.14 Τιμές $\gamma_g$ .....	167
Πίνακας 5.15 Τιμές $\gamma_m$ .....	167
Πίνακας 5.16 Τιμές λόγου $\gamma'_m/\gamma_m$ για προστιθέμενα συμβατικά υλικά.....	167
Πίνακας 5.17 Απαιτούμενες διερευνητικές εργασίες ανά Σ.Α.Δ. ....	168
Σχήμα 6.1 Εντός επιπέδου κάμψη στοιχείου: (α) Εσωτερική ροπής (β) Ύψος $H_o$ σε σχέση με διάγραμμα ροπών. (γ) $H_o$ σε τοίχο με ευπαραμόρφωτο διάφραγμα στη στέψη (Σ7.3 (ΚΑΔΕΤ, 2022)).	180
Σχήμα 6.2 (α) Διαγώνια εφελκυστική αστοχία, (β) Ολίσθηση κατά μήκος οριζόντιου αρμού κονιάματος (Σ 7.4(α), (ΚΑΔΕΤ, 2022) .....	182
Σχήμα 6.3 Αντοχή ολίσθησης αναπτύσσεται στο διαγραμμισμένο τμήμα της κάτοψης των φερόντων τοίχων (Σ7.5, (ΚΑΔΕΤ, 2022)).....	183
Σχήμα 6.4 Αντοχή ανατροπής πεσσού, $F_R$ , σε εκτός επιπέδου αστοχία (c: ύψος θλιβόμενης ζώνης (Σ7.8α, (ΚΑΔΕΤ, 2022)) .....	188
Σχήμα 6.5 Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων τοιχοποιίας υπό θλίψη (Σ6.6 (ΚΑΔΕΤ, 2022)).....	190
Σχήμα 6.6 Οι δύο υποπεριπτώσεις μηχανισμών διατμητικής αστοχίας (α) διολίσθηση κατά μήκος αρμού, (β) διαγώνια/λοξή ρηγμάτωση (Tomazevic, 2009).....	191
Σχήμα 6.7 Σχηματικό διάγραμμα τάσεων-γωνιακών παραμορφώσεων τοιχοποιίας (Σ6.7 (ΚΑΔΕΤ, 2022)) .....	191
Σχήμα 6.8 Διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων τοιχοποιίας υπό ετερόσημη ένταση-θλίψη/εφελκυσμός (σηματικό) (Σ6.8 (ΚΑΔΕΤ, 2022)) .....	192
Σχήμα 6.9 Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων τοιχοποιίας υπό επαναλαμβανόμενη θλίψη (Σ6.9 (ΚΑΔΕΤ, 2022)) .....	192
Σχήμα 6.10 Σχηματοποιημένο διάγραμμα συμπεριφοράς (7.1, (ΚΑΔΕΤ, 2022)) .....	193
Σχήμα 6.11 Παραμόρφωση εντός επιπέδου τοίχου (α) κάμψη-στροφή χορδής $\theta$ , (β) Τέμνουσα-γωνιακή παραμόρφωση $\gamma$ . (Σ 7.1 , ΚΑΔΕΤ) .....	195
Σχήμα 6.12 Κριτήρια ορισμού οριακής στροφής $\theta_{R,u}$ (Σ7.9, (ΚΑΔΕΤ, 2022) .....	197
Πίνακας 6.1 Στόχοι αποτίμησης/ανασχεδιασμού Φ.Ο. (Πιν.2.1, (ΚΑΔΕΤ, 2022)).....	199
Πίνακας 6.2 Ενδεικτική συσχέτιση περιόδου επαναφοράς & πιθανότητας υπέρβασης της σεισμικής δράσης με την αντίστοιχη ανηγμένη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση. (Πιν.Σ2.1, (ΚΑΔΕΤ, 2022) .....	200
Πίνακας 6.3 Ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού υφισταμένων κτιρίων (Πιν. ΠΑ.2.1, ΚΑΔΕΤ) .....	201

Πίνακας 6.4 Ελάχιστες βασικές σεισμικές κλάσεις υφισταμένων κτιρίων σπουδαιότητας I και II (Πίν. ΠΑ.2.2 ΚΑΔΕΤ 2022) .....	201
Πίνακας 6.5 Κατηγορίες σπουδαιότητας κτιρίων βάσει χρήσης (Πιν. ΠΑ2.3, ΚΑΔΕΤ2022) .....	202
Σχήμα 6.13 Στάθμες επιτελεστικότητας (Σ9.1, ΚΑΔΕΤ) .....	203
Πίνακας 6.6 Τιμές συντελεστή $\gamma_{Ed}$ (Πιν.Σ4.1, ΚΑΔΕΤ2022) .....	204
Σχήμα 6.14 Διάγραμμα Συμπεριφοράς (επιμέρους δομικών στοιχείων, ή δομήματος ή συνόλου).....	206
Πίνακας 6.7 Τιμές λόγου $q^*/q'$ αναλόγως του στόχου επανελέγχου (Π4.1, ΚΑΔΕΤ) .....	207
Πίνακας 6.8 Τιμές δείκτη συμπεριφοράς $q'$ για την στάθμη επιτελεστικότητας B (σημαντικές βλάβες) (ΠΣ4.3 ΚΑΔΕΤ).....	207
Πίνακας 7.1 Βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά τοιχοποιίας μετά την εφαρμογή των ενεμάτων. ....	223
Πίνακας 8.1 Προϋποθέσεις μεθόδων ανάλυσης στον ΚΑΔΕΤ .....	227
Σχήμα 8.1 Ενδεικτικές γεωμετρίες από χαμηλής τάξης Π.Σ. και υψηλής τάξης Π.Σ. (Π.Σ.: Πεπερασμένα Στοιχεία) (Logan, 1986).....	229
Σχήμα 8.2 Ισορροπία δυνάμεων σε κόμβο πλέγματος και στο εσωτερικό στοιχείου.....	230
Σχήμα 8.3 Ενδεικτική διακριτοποίηση σύνθετου κτιριακού φορέα (Σχ.3.4.1-3, (Αβραμίδης, et al., 2016) .....	231
Σχήμα 8.4 Στοιχείο τετρακομβικού κελύφους (Computer and Structures, 2023) .....	232
Σχήμα 8.5 Τοπικό Σύστημα Αξόνων Πεπερασμένων Στοιχείων (Τετρακομβικό στοιχείο) (Ομάδα Υποστήριξης 3DR, 2022) .....	232
Σχήμα 8.6 α) Αναπτυσσόμενες ροπές και τέμνουσες σε δίσκο επίπεδης έντασης (αριστερά) β) Αναπτυσσόμενες τάσεις σε επιφανειακό (2Δ) πεπερασμένο στοιχείο (δεξιά), στο τοπικό σύστημα (Ομάδα Υποστήριξης 3DR, 2022) .....	233
Σχήμα 8.7 Ορισμός θετικών πρόσημων εντατικών μεγεθών P (αξονικό), V (τέμνουσα) και M (ροπή) στο τοπικό σύστημα (επίπεδο τομής) (Dr. Papachristidis, 2021) ..	235
Σχήμα 8.8 Προβολή αναλυτικού μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων .....	236
Σχήμα 8.9 Τρισδιάστατη απεικόνιση προσομοιώματος Ιακωβάτειου στο Pessos 3DR ..	236
Σχήμα 8.10 Αναγνώριση και αρίθμηση τοίχων στην κάτοψη του ισογείου .....	237
Σχήμα 8.11 Αναγνώριση και αρίθμηση τοίχων στην κάτοψη του Α' ορόφου .....	237
Σχήμα 8.12 Αρίθμηση πεσσών και υπέρθυρων δίσκων τοίχου 1 .....	238
Σχήμα 8.13 Αρίθμηση πεσσών και υπέρθυρων δίσκων τοίχου 2 .....	238
Σχήμα 8.14 Αρίθμηση πεσσών και υπέρθυρων δίσκων τοίχου 3 .....	238
Σχήμα 8.15 Αρίθμηση πεσσών και υπέρθυρων δίσκων τοίχου 4 .....	239
Πίνακας 8.2 Βασικοί σεισμικοί συνδυασμοί φόρτισης.....	239
Πίνακας 8.3 Προτεινόμενες τιμές των συντελεστών $\psi$ για κτίρια (EN1990 Παράρτημα Α (Μαλακάτας & Τρέζος, 2011) .....	240

Σχήμα 8.16 Τοπογραφικό διάγραμμα θέσεων δειγματοληπτικών γεωτρήσεων (ΓΕΩΜΕΤΡΗΣΗ, 2021) .....	241
Σχήμα 8.17 Ενδεικτική γεωτεχνική τομή και γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού (ΓΕΩΜΕΤΡΗΣΗ, 2021) .....	242
Πίνακας 9.1 Γενικοί έλεγχοι κτιρίου –Προσομοίωμα Αρχικού Κτιρίου .....	246
Σχήμα 9.1 Παραμορφωμένος φορέας για σεισμικό συνδυασμό (006) $1.10 G + 0.60 Q + E_x + 0.30 E_y$ .....	246
Σχήμα 9.2 Παραμορφωμένος φορέας για σεισμικό συνδυασμό (042) $1.10 G + 0.60 Q + 0.30 E_x + E_y$ .....	247
Πίνακας 9.2 Λόγοι ανεπάρκειας λ ανά έλεγχο σε όρους εντατικών μεγεθών – Υφιστάμενο Κτίριο Ισόγειο .....	248
Πίνακας 9.3 Λόγοι ανεπάρκειας λ ανά έλεγχο σε όρους εντατικών μεγεθών – Υφιστάμενο Κτίριο Α΄ Όροφος.....	249
Πίνακας 9.4 Γενικοί έλεγχοι κτιρίου –Προσομοίωμα Ενισχυμένου Κτιρίου (Ενέματα- Διαφράγματα-Αρμολογήματα) .....	250
Σχήμα 9.3 Παραμόρφωση φορέα για σεισμικό συνδυασμό (006) $1.10G+0.60Q+E_x+0.30E_y$ .....	251
Σχήμα 9.4 Παραμόρφωση φορέα για σεισμικό συνδυασμό (042) $1.10G+0.60Q+0.30E_x+E_y$ .....	251
Σχήμα 9.5 Τάσεις $S_{xy}$ για σεισμικό συνδυασμό (006) $1.10G+0.60Q+E_x+0.30E_y$ (SW) .....	252
Σχήμα 9.6 Τάσεις $S_{xy}$ για σεισμικό συνδυασμό (006) $1.10G+0.60Q+E_x+0.30E_y$ (SE).....	252
Πίνακας 9.5 Λόγοι ανεπάρκειας λ ανά έλεγχο σε όρους εντατικών μεγεθών – Ενισχυμένο Κτίριο Ισόγειο .....	254
Πίνακας 9.6 Λόγοι ανεπάρκειας λ ανά έλεγχο σε όρους εντατικών μεγεθών – Ενισχυμένο Κτίριο Α΄ όροφος .....	255
Σχήμα 9.7 Συγκριτικός πίνακας λ αξονικών φορτίων.....	256
Σχήμα 9.8 Συγκριτικός πίνακας λ διάτμησης εντός επιπέδου .....	256
Σχήμα 9.9 Συγκριτικός πίνακας λ κάμψης εντός επιπέδου.....	257
Σχήμα 9.10 Συγκριτικός πίνακας λ κάμψης περί κατακόρυφο άξονα .....	257
Σχήμα 9.11 Συγκριτικός πίνακας λ κάμψης περί οριζόντιο άξονα.....	258
Σχήμα 9.12 Συγκριτικός πίνακας λ διάτμησης εκτός επιπέδου .....	258
Σχήμα 9.13 Συγκριτικός πίνακας λ αξονικών φορτίων (Α΄ όροφος) .....	259
Σχήμα 9.14 Συγκριτικός πίνακας λ κάμψης (Α΄ όροφος).....	259
Σχήμα 9.15 Συγκριτικός πίνακας λ κάμψης περί κατακόρυφο άξονα (Α΄ όροφος) .....	260
Σχήμα 9.16 Συγκριτικός πίνακας λ κάμψης περί οριζόντιο άξονα (Α΄ όροφος).....	260
Πίνακας 10.1 Τιμές δείκτη σεισμικής δράσης ( $H_1$ ).....	263
Πίνακας 10.2 Τιμές του δείκτη επιρροής γειτονικών κτιρίων ( $H_2$ ) .....	264
Πίνακας 10.3 Τιμή εκτιμήτριας σεισμικής επιβάρυνσης (H) .....	264

Πίνακας 10.4 Χαρακτηριστικοί τύποι λιθοδομών .....	266
Πίνακας 10.5 Τιμές συντελεστή τύπου φέρουσας τοιχοποιίας (m) .....	266
Πίνακας 10.6 Επιφάνειες/μήκη πεσσών, μήκη υπερθύρων (ανοιγμάτων) στο ισόγειο κατά Χ-Χ, Τοίχος 1.....	267
Πίνακας 10.7 Επιφάνειες/μήκη πεσσών, μήκη υπερθύρων (ανοιγμάτων) στο ισόγειο κατά Χ-Χ, Τοίχος 3.....	267
Πίνακας 10.8 Επιφάνειες/μήκη πεσσών, μήκη υπερθύρων (ανοιγμάτων) στο ισόγειο κατά Υ-Υ, Τοίχος 2 .....	268
Πίνακας 10.9 Επιφάνειες/μήκη πεσσών, μήκη υπερθύρων (ανοιγμάτων) στο ισόγειο κατά Υ-Υ, Τοίχος 4 .....	268
Πίνακας 10.10 Τιμές δείκτη διαζωμάτων ( $R_3$ ).....	270
Πίνακας 10.11 Τιμές δείκτη διαφραγμάτων ( $R_4$ ) .....	270
Πίνακας 10.12 Διαφραγματική στερρότητα πατωμάτων και στεγών .....	271
Πίνακας 10.13 Σύνδεση πατωμάτων ή στεγών με υποκείμενους τοίχους.....	271
Πίνακας 10.14 Τιμές δείκτη παθολογίας $R_6$ .....	272
Πίνακας 10.15 Τιμές δείκτη σύνδεσης μεταξύ εγκάρσιων τοίχων ( $R_7$ ) .....	273
Πίνακας 10.16 Τιμές δείκτη κανονικότητας σε κάτοψη ( $R_9$ ).....	275
Πίνακας 10.17 Τιμές δείκτη κανονικότητας καθ' ύψος ( $R_{10}$ ) .....	276
Πίνακας 10.18 Υπολογισμός R και δείκτη προτεραιότητας λ .....	276
Σχήμα 10.1 Έλεγχος επάρκειας σε όλους τους πεσσούς του κτιρίου κατά ΚΑΔΕΤ.....	277



# Κεφάλαιο 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η εργασία πραγματεύεται την αποτίμηση ενός αξιόλογου κηρυγμένου διατηρητέου κτιρίου, το οποίο αν και εντοπίζεται σε μία από τις σεισμικότερες περιοχές της Ευρώπης και του κόσμου, κτισμένο μόνο με την εμπειρική γνώση, έχει κατορθώσει και έχει επιβιώσει σε πλήθος καταστροφικών σεισμών που έχουν εκδηλωθεί τα τελευταία 105 χρόνια στο νησί της Κεφαλονιάς. Επιπλέον διερευνώνται τρόποι επεμβάσεων που μπορούν να μειώσουν τη σεισμική διακινδύνευση και να εξασφαλίσουν την ανθεκτικότητα του σε μελλοντικούς σεισμούς, που είναι βέβαιο ότι θα εκδηλωθούν στο νησί.

Στο πλαίσιο της τάσης για αναβίωση και αποκατάσταση της οικιστικής πολιτιστικής κληρονομιάς, τις τελευταίες δεκαετίες, καταγράφεται σημαντική ερευνητική δραστηριότητα γύρω από την αποτίμηση της δομικής συμπεριφοράς και της βελτίωσης αυτής υφιστάμενων δομημάτων. Το σύννηθες, εκτός από τα δομήματα των οποίων ο φέρων οργανισμός τους αποτελείται από σπλισμένο σκυρόδεμα υπάρχει μια ιδιαίτερη κατηγορία από υφιστάμενα δομήματα με φέροντα οργανισμό αποτελούμενο από φέρουσα τοιχοποιία, η οποία έχει οδηγήσει και σε νέα γενιά σχετικών Κανονισμών σε πολλές χώρες. Τονίζεται επίσης ότι λόγω της ιστορικότητας της φέρουσας τοιχοποιίας, είναι το σύννηθες «υλικό» δόμησης των μνημείων και των διατηρητέων κτιρίων.

Τα κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες καθώς τα ίδια τα υλικά κατά περίπτωση εμφανίζουν ευρεία κατανομή στα μηχανικά χαρακτηριστικά και στην συμπεριφορά τους. Ο τρόπος επίσης δόμησης των υλικών της επηρεάζει σημαντικά την απόκριση, όχι μόνο στα στατικά (κατακόρυφα) φορτία, αλλά κυρίως στα φορτία από σεισμό. Αν προσθέσει κανείς στη δεδομένη ανομοιογένεια και ανισότροπη συμπεριφορά

του υλικού, τους επιπρόσθετους περιορισμούς που επιβάλλει η νομοθεσία για την προστασία των μνημείων και των διατηρητέων κτιρίων, τόσο στο στάδιο της τεκμηρίωσης/αποτίμησης, όσο και στο στάδιο των επεμβάσεων, γίνεται αντιληπτή η δυσκολία και οι απαιτήσεις που πρέπει να υπερνικήσει ο μελετητής Μηχανικός.

Σε υποστήριξη του μελετητή προστρέχει ο νέος Κανονισμός για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας, εν συντομία ΚΑΔΕΤ, ο οποίος τέθηκε πρόσφατα σε ισχύ (Αριθμ.ΥΠ 128, ΦΕΚ Β/1619/17-03-2023, Έγκριση του Κανονισμού για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας)Ο οποίος έρχεται μετά την εφαρμογή του ΚΑΝ.ΕΠΕ. (Κανονισμός Επεμβάσεων, 3η Αναθεώρηση 2022, ΦΕΚ 3197/Β/22-6-2022) που όριζε το πλαίσιο αποτίμησης και επεμβάσεων σε κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος και συμπληρώνει το κενό που υπήρχε στο κανονιστικό πλαίσιο για τα κτίρια από τοιχοποιία και θέτει τις αρχές και τις προδιαγραφές για την σωστή αποτίμηση των κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία και τις επεμβάσεις για την επισκευή και βελτίωση της στατικής & δυναμικής συμπεριφοράς αυτών.

Ο ΚΑΔΕΤ λειτουργεί ως ανεξαρτήτως κανονισμός, που παραθέτει αναλυτικά τα στάδια που απαιτούνται για ολοκληρωμένες και επακριβώς τεκμηριωμένες μελέτες για το συγκεκριμένο τύπο κτιρίων, που ως γνωστό παρουσιάζουν μεγάλη διαφοροποίηση από τόπο σε τόπο. Διαφορετικές τεχνικές απαντώνται στο σύνολο της χώρας, καθώς επηρεάζονται από γνώση, εμπειρία, περιβάλλον, διαθέσιμα υλικά και ειδικές συνθήκες, όπως η σεισμικότητα. Αποτελεί έναν οδηγό και συνοδοιπόρο για το μηχανικό, είτε σχετικώς άπειρο, είτε έμπειρο.

Υιοθετεί την αποτίμηση και το σχεδιασμό των επεμβάσεων βάσει δεδομένης στάθμης επιτελεσματικότητας όπως οι περισσότεροι σύγχρονοι κανονισμοί (FEMA-273, 1997, EN 1998-3,2005) αλλά και ως συμπλήρωμα στο ευρωπαϊκό πλαίσιο για τις επεμβάσεις.

Η Ιακωβάτειος Βιβλιοθήκη αποτελεί ένα περίφημο κτίριο του 19<sup>ου</sup> αιώνα, το οποίο σεβάστηκε ο χρόνος και άντεξε σε μεγάλους καταστροφικούς σεισμούς. Αποτελεί ένα από τα ελάχιστα τέτοιου είδους κτίρια, τα οποία άντεξαν στη φθοροποιό δύναμη του χρόνου και των φυσικών φαινομένων, και αποτελεί μάρτυρα πολιτιστικής, αρχιτεκτονικής και δείγμα κατασκευαστικής γνώσης αιώνων. Δεδομένου και της εμφανιζόμενης παθολογίας, του γεγονότος ότι είναι επισήμως κηρυγμένο κτίριο και των πλημμελών μέτρων επισκευής που είχαν εφαρμοστεί το 1975 στο κτίριο, αποτελεί ένα μοναδικό κτίριο για αποτίμηση, για κατανόηση του νέου κανονισμού (ΚΑΔΕΤ) και των ιδιαιτεροτήτων και απαιτήσεων που παρουσιάζουν οι μελέτες αποτίμησης σε υφιστάμενα διατηρητέα κτίρια.

## 1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Από τις αρχικές σελίδες του ΚΑΔΕΤ, τονίζεται η σημασία της τεκμηρίωσης του υφιστάμενου δομήματος, όχι μόνο δομικά, αλλά και ως τμήμα του ευρύτερου δομικού συστήματος, όταν υπάρχει τέτοιο. Βαθύτερη σημασία παίζει και η κατανόηση του ευρύτερου ιστορικού πλαισίου της περιοχής, καθότι η αρχιτεκτονική εξελίσσεται μέσα στο χώρο και το χρόνο. Πολλοί παράγοντες διαμορφώνουν και καθορίζουν τα αρχιτεκτονήματα ενός τόπου, το φυσικό περιβάλλον, η μορφολογία του εδάφους, οι κλιματολογικές συνθήκες, οι ιστορικές συγκυρίες, η κοινωνική διαστρωμάτωση, το μορφωτικό επίπεδο, η γεωγραφική θέση, η δυνατότητα επικοινωνίας με άλλους πολιτισμούς-λαούς (αλληλεπιδράσεις, οι οικονομικές δυνατότητες των κατοίκων, η διαθεσιμότητα διαφόρων υλικών κατασκευής, η εύκολη πρόσβαση σε αυτά, όπως και οι τεχνικές δυνατότητες κάθε εποχής.

Οι ιστορικές συγκυρίες διαδραμάτισαν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της αρχιτεκτονικής στην Κεφαλονιά. Ένα νησί των Επτανήσων που πρακτικά δεν γνώρισε τον τουρκικό ζυγό (17 χρόνια μόνο κατοχής) και έμεινε στην επικυριαρχία δυτικοευρωπαϊκών κρατών. Η Κεφαλονιά αποχωρίστηκε από τον κορμό της βυζαντινής αυτοκρατορίας το 12<sup>ο</sup> μ.Χ. αιώνα. Η κατάσταση παρέμενε ασταθής με πολλές επιδρομές και διαρκείς συγκρούσεις μεταξύ των διεκδικητών δυτικών και Τούρκων μέχρι το 1500 που εγκαταστάθηκαν οι Ενετοί στο νησί. Αιτία ήταν η στρατηγική θέση του νησιού για τον έλεγχο του Ιονίου Πελάγους.

Το 1500 ο ενετικός στόλος, διοικούμενος από το ναύαρχο Βενέδικτο Πεζάρο καταδιώκει νικητής τον τουρκικό στόλο. Οι Ενετοί αποβιβάζονται στο νησί για να κατασκευάσουν πολιορκητικές μηχανές με σκοπό την ανάκτηση της Μεθώνης, καθώς η Κεφαλονιά διαθέτει άφθονα δάση. Κατά την αποβίβαση οι Ενετοί επιτίθενται στο φρούριο του Αγίου Γεωργίου όπου εδρεύει δύναμη υπό τον Αλβανό Κισδάρ, κατόπιν αλληπάλληλων επιθέσεων με υψηλό τίμημα για τους Ενετούς η φουρά των Τούρκων υποχωρεί, έχοντας και αυτοί πολλούς νεκρούς και αρκετούς άντρες που παραδόθηκαν.

Οι Τούρκοι επιτέθηκαν ανεπιτυχώς άλλες δύο φορές στο νησί το 1537 και το 1571 κατά την κατοχή των Ενετών (1500-1797) , προκαλώντας ωστόσο τρομερές καταστροφές στο νησί. Τα χρόνια της ενετικής κυριαρχίας, αστικός πληθυσμός, οικογένειες που είναι εγγεγραμμένες στο Libro Doro (Χρυσό Βιβλίο) και διαμένουν μέσα στο φρούριο του Αγίου Γεωργίου και στο Μπόργκο (προάστιο) συμμετέχει στη διακυβέρνηση του νησιού. Το 1571 ο ενετικό-ισπανικός στόλος καταστρέφει τον Οθωμανικό και ο κίνδυνος από τουρκικές επιδρομές χαλαρώνει. Η ζωή από το φρούριο μεταφέρεται στην παραλιακή ζώνη του Αργοστολίου, ενώ η Διοίκηση παραμένει στο φρούριο του Αγίου Γεωργίου.



Σχήμα 1.2 Χάρτης του 1776 των νησιών Λευκάδα, Κεφαλονιά, Ζάκυνθος και οι παρακείμενες ακτές (Πηγή: <http://eng.travelogues.gr/item.php?view=50156>)



Σχήμα 1.1 Το κάστρο του Αγίου Γεωργίου. Χαλκογραφία του J. Petters 1685. Museo Civico Correr, Βενετία. (Μαρκαντωνάτου & Σιμάτος, 2008)

Το 1757, παρά τις αντιδράσεις των οικογενειών του Κάστρου, ο Προβλεπτής του νησιού Magno με τη σύμφωνη γνώμη του Γενικού Προβλεπτού Sagredo αποφασίζουν τη

μεταφορά της πρωτεύουσας στο Αργοστόλι. Οι Προβλεπτές, για την απόφαση αυτή έλαβαν υπόψη δύο βασικά δεδομένα, πρώτον τη κεντρικότερη θέση του Αργοστολίου, κάτι που διευκόλυνε την επικοινωνία με τις άλλες περιοχές του νησιού και δεύτερον το ήδη μεγάλο και ασφαλές λιμάνι του, κατάλληλο για εμπορικές-ναυτιλιακές συναλλαγές. Η απόφαση είχε και ως αποτέλεσμα την αιώνια κόντρα με το Ληξούρι, η οποία συνεχίζεται μέχρι σήμερα.

Το Ληξούρι στα μέσα του 18<sup>ου</sup> αιώνα ήταν ήδη καλά οργανωμένη πόλη με σημαντικά κτίρια, κυρίως μεγάλων γαιοκτημόνων αρχόντων.

Στα τέλη του 18<sup>ου</sup> αιώνα εμφανίζονται στο γεωπολιτικό προσκήνιο και άλλες δυνάμεις όπως η Γαλλία, η Αυστρία, η Ρωσία και η Μεγάλη Βρετανία. Με τη συνθήκη του Κάμπο Φόρμιο, το 1797, οι Γάλλοι δημοκρατικοί καταλαμβάνουν τα Ιόνια νησιά. Οι δυνάμεις της Αγγλίας-Ρωσίας και της Τουρκίας συνασπίστηκαν εναντίον της Γαλλίας του Ναπολέοντα και τους απομακρύνουν από το Ιόνιο.

Το 1800 με τη συνθήκη της Κωνσταντινουπόλεως, ιδρύεται η «Ιόνιος Πολιτεία» το πρώτο ανεξάρτητο κράτος στον ελλαδικό χώρο. Μετά την σύντομη γαλλική κυριαρχία μεταξύ 1807-1809, η αγγλική κυριαρχία σταθεροποιείται, μετά την ήττα του Ναπολέοντα στο Βατερλό και το 1815 επισημοποιείται μέχρι το 1864, έτος ένωσης των Επτανήσων με την υπόλοιπη Ελλάδα.

### **1.3 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ**

Η παρατηρούμενη υψηλή σεισμικότητα της περιοχής των Ιονίων Νήσων και ειδικότερα των νησιών Κεφαλονιάς, Ιθάκης, Ζακύνθου και Λευκάδας είναι ιστορικά καταγεγραμμένη, παλιότερα με υπερβολή και λογοτεχνικό ύφος από τους χρονογράφους της εποχής και αργότερα με αντικειμενικό και λιτό ύφος. Η σεισμικότητα είναι η υψηλότερη που παρατηρείται στην Ελλάδα και στην Ευρώπη. Η συχνότητα μεγάλων σεισμών στις περιοχές αυτές έχει μια απλή εξήγηση, το μεγάλο λιθοσφαιρικό ρήγμα μεταξύ των πλακών της Αφρικής και της Ευρασίας. Το ρήγμα εμφανίζεται από το στενό της Μεσσήνης στην νότιο Ιταλία, φτάνει σχεδόν έξω από την Κεφαλονιά και κατηφορίζει ανοικτά της Ζακύνθου, της Δυτικής Πελοποννήσου, συνεχίζει νοτίως της Πελοποννήσου και τελικά οδεύοντας βορειώς της Κρήτης καταλήγει στην Ασιατική ήπειρο. Το βαθύ ρήγμα ή ελληνικό τόξο δύναται να γεννήσει πολύ ισχυρούς σεισμούς. Μεγαλύτερη είναι η σεισμικότητα της Κεφαλονιάς και της Ζακύνθου λόγω της εγγύτητας του ρήγματος, ενώ λίγο μακρύτερα βρίσκονται Ιθάκη και Λευκάδα. Η καταγεγραμμένη ιστορία των σεισμών στην Κεφαλονιά αρχίζει μόλις από το 1500 μ.Χ. , όχι επειδή δεν υπήρχαν συμβάντα, αλλά επειδή απουσίαζαν ιστορικοί και χρονογράφοι. Ενδεικτικά αναφέρονται οι Θουκυδίδης,

Αριστοτέλης και Στράβωνας, οι οποίοι αναφέρθηκαν αχρονολόγητα σε ισχυρούς σεισμούς στο Ιόνιο. Κατά τους βυζαντινούς χρόνους υπάρχουν αόριστες αναφορές για ισχυρούς σεισμούς στο Ιόνιο. Κατά την εποχή κατασκευής του υπό μελέτη δομήματος μας, της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης Ληξουρίου είναι άξιοι αναφοράς τρεις μεγάλοι σεισμοί, καθώς επηρέασαν όχι μόνο την ιστορία του νησιού, αλλά και την αρχιτεκτονική του.

### **Σεισμός 1867**

Ο σεισμός μεγέθους 7.2 βαθμών της κλίμακας Richter έπληξε στις 4 Φεβρουαρίου του 1867 την Κεφαλονιά ή στις 23 Ιανουαρίου 1867 κατά το παλιό ημερολόγιο. Ο σεισμός ήταν ο ισχυρότερος και καταστρεπτικότερος που έχει γνωρίσει το νησί, μαζί με εκείνον του 1953. Η πρώτη δόνηση διήρκησε 25''-30'' και ήταν κυρίως οριζόντια (παλατίας), ακολούθησαν ακόμα δύο ισχυρές την ίδια μέρα, η πρώτη βρασματίας, δηλαδή παρατηρήθηκε εντονότερη κατακόρυφη ταλάντωση, ενώ η άλλη δινοειδής, δηλαδή προκαλούσε στροφή των κτιρίων (Σπυρόπουλος, 1997). Οι μεγαλύτερες εντάσεις παρατηρήθηκαν στη χερσόνησο της Παλικής, όπου βρίσκεται και το Ληξούρι, μέσα στο οποίο διασώθηκαν 2 μόνο σπίτια.

Ολοκληρωτική καταστροφή υπέστησαν τα χωριά Κατωή, Ανωή, Νισοχώρι, Θυννιός, Δελλαπορτάτα, Κουραλάτα, Μεταξάτα, Καλιγάτα, Αγία Θέκλα, Σχοινιά, Ποριοράτα και Βαρόσκες. Τουλάχιστον 224 άνθρωποι σκοτώθηκαν και 2612 σπίτια κατέρρευσαν.

Παρατηρήθηκαν φαινόμενα ρευστοποίησης, διαρρήξεις στο έδαφος, βραχοπτώσεις και μικρό θαλάσσιο κύμα βαρύτητας. (Παπαζάχος & Παπαζάχου, 2003). Παρατηρήθηκαν πριν και μετά τον κύριο σεισμό «ρηχιές», δηλαδή απόσυρση της θάλασσας. (Σπυρόπουλος, 1997).

Μικρότερες καταστροφές προκλήθηκαν στη Λευκάδα και την Ιθάκη. Ασήμαντες ήταν οι βλάβες στη Ζάκυνθο, την Κέρκυρα και την Αιτωλία.

### **Σεισμοί Κεφαλονιάς 1953**

Ο πιο καταστρεπτικός σεισμός της Κεφαλονιάς εκδηλώθηκε λίγα χρόνια μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο και τον ελληνικό εμφύλιο πόλεμο. Η σεισμική ακολουθία ξεκίνησε στις 9 Αυγούστου 1953 ( $M_w=6.4$ ), στις 11 εκδηλώνεται σεισμός μεγέθους 6.8, ενώ ο ισχυρότερος όλων εκδηλώθηκε στις 12<sup>ης</sup> Αυγούστου 1953. Η ημερομηνία αποτελεί ορόσημο για τους Κεφαλλονίτες και καλείται από αυτούς ως ο «μεγάλος σεισμός». Ο σεισμός είχε εκτιμώμενο μέγεθος 7.2 της κλίμακας Ρίχτερ, έχει επίκεντρο την Κεφαλονιά και ένταση X+ κατά την κλίμακα Mercalli. Υπήρξε σχεδόν ολοκληρωτική καταστροφή των

οικιστικών ιστών στα νησιά Ζάκυνθο, Ιθάκη και Κεφαλονιά. Διασώθηκαν μερικά κτίρια στο δυτικό μέρος της Κεφαλονιάς, στη χερσόνησο της Παλικής.



Σχήμα 1.3 Το αποτέλεσμα του σεισμού (Πηγή: <https://gerryco23.wordpress.com/2015/05/24/the-ruins-of-kefalonia/>)

Αναλυτικότερα, από σύνολο 33.300 κτιρίων στα τρία νησιά, καταστράφηκαν 27.659, σοβαρές βλάβες υπέστησαν 2.780 και ελαφρές 2.394. Άθικτα έμειναν μόνο 467 κτίρια. Μεγάλο ήταν το κόστος σε ανθρώπινες ζωές (455 νεκροί, 21 αγνοούμενοι και 2.780 ελαφρά τραυματίες), ίσως όχι αντίστοιχο των κατεστραμμένων κτιρίων, καθώς οι πρόδρομοι σεισμοί είχαν οδηγήσει πολλούς κατοίκους στην ύπαιθρο.



Σχήμα 1.4 Το Αργοστόλι μετά τους σεισμούς του 1953 (Πηγή: <https://www.inkefalonia.gr/koinonia/64207-9-avgoustou-tou-1953-ksekina-i-seismiki-akolouthia-rου-isopedose-tin-kefalonia>)

Η τεράστια καταστροφή που προκάλεσε ήταν η αιτία για τη δημιουργία και εφαρμογή του πρώτου αντισεισμικού κανονισμού υποχρεωτικής εφαρμογής για ολόκληρη τη χώρα (Ελλάδα) με το ΒΔ 19/2/1959 (ΦΕΚ 36Α/26-02-1959). "Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων". Είχαν προηγηθεί αναφορές σε αντισεισμικό κανονισμό για

συγκεκριμένες περιοχές. Η πρώτη αναφορά είχε γίνει 31 χρόνια νωρίτερα ΠΔ 1-11-1928 (ΦΕΚ 234/Α/7-11-1928) "Περί Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού Κορίνθου Λουτρακίου", και είχε ακολουθήσει το ΚΔ 9-8-1941 (ΦΕΚ 277/Α/16-8-1941) "Περί επεκτάσεως του Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού εις την περιοχήν Λαρίσσης". Ενώ αξιοσημείωτη είναι και το ΒΔ 17-6-1954 (ΦΕΚ 134Α/26-6-1954) "Περί επεκτάσεως του Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού Κορίνθου-Λουτρακίου εις την περιοχήν των Νομών Κεφαλληνίας και Ζακύνθου". Πριν τον Αντισεισμικό Κανονισμό του 1959, τις περισσότερες φορές οι «κανονισμοί» ανά περιοχή εφαρμοζόντουσαν πλημμελώς.

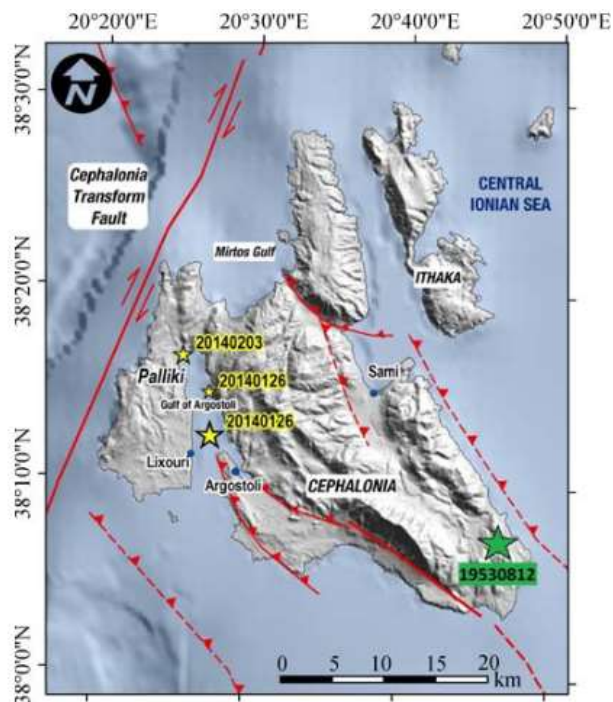
Το ελληνικό κράτος για την ανοικοδόμηση των τριών νησιών, εκτός από τη χρηματοδότηση της κατασκευής κτιρίων, παρείχε και τεχνική βοήθεια. Εκτενώς χρησιμοποιήθηκαν πρότυπες μελέτες που εκπονήθηκαν από το Υπουργείο, οι οποίες ονομάστηκαν "κτίρια αρωγής" λόγω της κρατικής βοήθειας ή αρωγής. Το δομικό σύστημα τους αποτελούνταν από οπλισμένη περισφιγμένη τοιχοποιία με τεχνητά λιθοσώματα, ώστε να αντικατασταθούν τα λίθινα κτίρια που είχαν καταρρεύσει.

#### **Σεισμοί Κεφαλονιάς 2014**

Οι πιο πρόσφατοι ισχυροί «δίδυμοι» σεισμοί, εκδηλώθηκαν στις 23 Ιανουαρίου και 3 Φεβρουαρίου 2014, 6.1 και 6.0 της κλίμακας Ρίχτερ, τα επίκεντρα των οποίων φαίνονται στο σχήμα 1.5. Οι σεισμοί έπληξαν κυρίως το δυτικό τμήμα της Κεφαλονιάς, την περιοχή της Παλλικής, στην οποία βρίσκεται και η πόλη του Ληξουρίου. Αξιοσημείωτη είναι η παρατηρούμενη εδαφική επιτάχυνση κατά το δεύτερο σεισμό, στο χωριό Χαβριάτα, ίση με 0.77g η οποία είναι η υψηλότερη που έχει καταγραφεί στον ελληνικό χώρο (Θεοδουλίδης, et al., 2014). Αποτέλεσμα των σεισμών ήταν η πρόκληση σημαντικών ζημιών στα κτίρια που είχαν διασωθεί από τους σεισμούς του 1953. Παρατηρήθηκαν βλάβες μόνο σε παλαιότερα κτίρια με εμφανείς κακοτεχνίες. Στα σύγχρονα καλοκατασκευασμένα κτίρια δεν παρατηρήθηκαν βλάβες.

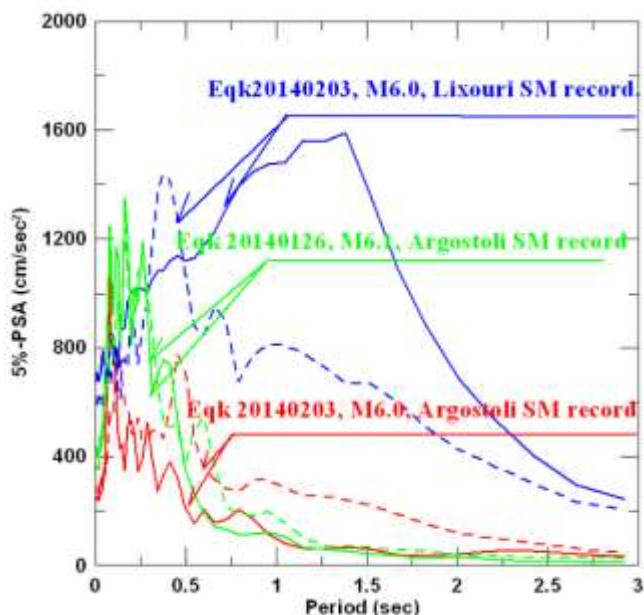
Τα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης των δύο ισχυρών σεισμών εμφανίζονται στο Σχήμα 1.6. Οι επιταχυνσιογράφοι ήταν τοποθετημένοι στο κτίριο του ΟΤΕ στο Αργοστόλι και στο πρώην Δημαρχείου Ληξουρίου. Οι τιμές και το φασματικό σχήμα, ιδιαίτερα στο Ληξούρι, μαρτυρούν καταγραφή ισχυρής δόνησης κοντινού πεδίου (near-field), χωρίς να αποκλείεται η επίδραση των τοπικών γεωλογικών συνθηκών.





Σχήμα 1.6 Το ρήγμα της Κεφαλονιάς και τα επίκεντρα των σεισμών του 2014 (με κίτρινο) και του 1953 (με πράσινο) (Karantoni, et al., 2017)

Από τα φάσματα απόκρισης στο σχήμα 1.6 γίνεται αντιληπτό ότι στο δεύτερο σεισμό επλήγησαν κυρίως τα κτίρια της χερσονήσου της Παλικής και λιγότερο τα δομήματα στην πρωτεύουσα του νησιού το Αργοστόλι.



Σχήμα 1.5 Φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης στο Αργοστόλι και στο Ληξούρι από τους σεισμούς στις 26/1/2014 (M6.1) και 3/2/2014 (M6.0) (Θεοδουλίδης, et al., 2014)

Κατά τις αυτοψίες επιβεβαιώθηκε ότι οι εμφανιζόμενες βλάβες που αναπτύχθηκαν κατά τον πρώτο σεισμό στο Αργοστόλι δεν επιδεινώθηκαν. Σε κτίρια μονώροφα και διώροφα

κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία μικρής σπουδαιότητας ή συνήθους χρήσης υπήρξαν έντονες ρηγματώσεις και μερικές καταρρεύσεις κατά τους δύο σεισμούς. Στα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα επιβεβαιώθηκε η παρατήρηση επιδείνωσης των βλαβών σε κτίρια της Παλικής κατά τον δεύτερο σεισμό και η μη επιδείνωσή των βλαβών στα κτίρια του Αργοστολίου. Οι μνημειακές κατασκευές και τα λοιπά κτίρια πολιτιστικής κληρονομιάς στα οποία εμφανίστηκαν βλάβες κατά τον πρώτο σεισμό υπήρξε επίσης επιδείνωση των βλαβών κατά τον δεύτερο σεισμό. Οι βλάβες εμφανίστηκαν στο άνω μέρος των κτιρίων αυτών και μεταξύ των ανοιγμάτων.

Κατά τον δεύτερο σεισμό, κυρίως διευρύνθηκαν και επεκτάθηκαν οι ρηγματώσεις που δημιουργήθηκαν κατά τον πρώτο σεισμό. Σε κατασκευές όπως κτίρια από ξύλο, πέτρινες γέφυρες και γέφυρες οπλισμένου σκυροδέματος δεν εντοπίστηκαν σημαντικές βλάβες. Σε γενικές γραμμές, λόγω της υψηλής αντοχής και της διαθέσιμης δυσκαμψίας των κτιρίων της Κεφαλονιάς, η απόκριση τους ήταν καλή.

## 1.4 ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΕΣ ΆΔΕΙΕΣ ΣΤΑ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΑΡΧΕΙΑ ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ & ΙΘΑΚΗΣ

Η αρχή της μακραίωνης ιστορίας κατοικιών της Κεφαλονιάς και της Ιθάκης χάνεται στα βάθη της Ενετοκρατίας. Δεδομένου και των καταστροφικών σεισμών του 1867, αλλά και του 1953, τα δείγματα αυτών που στέκονται ακόμα όρθια είναι ελάχιστα. Συνεπώς η μελέτη και η κατανόηση της αρχιτεκτονικής τους δεν είναι εύκολη λόγω της κατάρρευσης των περισσότερων, πλην ελαχίστων εξαιρέσεων.

Όμως η δόμηση στα Ιόνια Νησιά εξαιτίας της αγγλικής επικυριαρχίας εμφανίζει μια αξιοσημείωτη ιδιαιτερότητα, την ύπαρξη πολεοδομικού αρχείου που επιτρέπει τη διερεύνηση χρήσιμων στοιχείων και δεδομένων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η βρετανική κατοχή επέβαλλε κανονισμούς οικοδόμησης και ψηφίστηκε διάταγμα τις 9/21 Αυγούστου του 1819, το οποίο επικυρώθηκε με την πράξη XVI της Γερουσίας τις 28 Μαρτίου 1820, το οποίο δημοσιεύθηκε στο φύλλο 121 της Gazzetta degli Stati Uniti delle Isole Ionie τις 10/22 Απριλίου 1820. (Ζερβόπουλος, et al., 2009)

Από τη δημοσίευση της Αφροδίτης Αγοροπούλου-Μπιρμπίλη με τίτλο «Η αστική κατοικία στην αγγλοκρατούμενη Κέρκυρα και οι επτανησιακοί όροι δομήσεως», (Αγοροπούλου-Μπιρμπίλη, 1982), παρατίθεται μεταφρασμένο το διάταγμα:

### \*Άρθρο 1

Δεν θα επιτραπεί σε κανένα να ανεγείρει οικοδομή οποιαδήποτε φύσεως, εξωτερική κλίμακα, αρχιτεκτονική προεξοχή, ταπέτα κλπ. άκρη και πάνω από παλιά οικοδομή αν προηγουμένως δεν πάρει άδεια της Κυβερνήσεως.

### \*Άρθρο 2

Όποιος θέλει να πάρει τέτοια άδεια, πρέπει να υποβάλει εις τριπλούν το σχέδιο έσοει του όποιου έχει σκοπό να οικοδομήσει.

### \*Άρθρο 3

Τα σχέδια θα δείχνουν με ακρίβεια το χώρο του οικοπέδου από όπου πρόκειται να ανεγερθεί η οικοδομή, τα όριά του προς τις ιδιωτικές και δημόσιες ιδιοκτησίες σε κάθε πλευρά, το είδος της οικοδομής. Αν είναι ισόγειο ή με όροφο, τις διαστάσεις του, ύψος, μήκος και πλάτος, ύπολογίζοντας σε γεωμετρικό πάχος από 5 πόδια και 12 αντίχειρες", τον προσανατολισμό, όλες τις πόρτες, τα μπαλκόνια, τα ανοίγματα, αποχετεύσεις, εδράνες, σταφύλια, ροή και κατεύθυνση των ομβρίων και κάθε άλλη λεπτομέρεια χωρίς καμιά εξαίρεση.

### \*Άρθρο 4

Τα σχέδια θα δείχνουν τούς γειτονικούς ιδιοκτήτες προς τους οποίους αυτός που θέλει να οικοδομήσει όφείλει να κάνει καταβολή ταυτόχρονα με τη σύνταξη των σχεδίων αυτών, που πρέπει να γίνουν με κλίμακα τουλάχιστον 1/2 αντίχειρα (=0.014 μ.) για κάθε δευτερό πάχος και να γράφουν το όνομα του ιδιοκτήτη με κεφαλαία γράμματα.

(Τα στοιχεία που σημειώνονται στα Κερκυραϊκά σχέδια εμφανίζουν μία τυποποίηση που είναι ακριβώς αποτέλεσμα της εφαρμογής των 4 πρώτων άρθρων αυτού του διατάγματος (εικ. 1). (Αίτηση του ιδιοκτήτη με τα σχετικά με το είδος της οικοδομής (όροφοι, ανοίγματα, κλπ.), γειτονικά οικόπεδα, κλίμακα, προσανατολισμός κλπ.).

### \*Άρθρο 5

Όταν υποβληθούν τα σχέδια στον ύπαρχο, αυτός θα άνωθσει στον άρχοντα δημοτικό υπάλληλο να κάνει έκτετο έλεγχο και να αναφέρει οπούθεν αν η οικοδομή που πρόκειται να γίνει δημιουργεί βλάβη στην υγιεινή, στενο-

28. 1 Βεν. μέτρο=5 πόδια=0,314Χ3=1,74 μ. και 1 αντίχειρ=348:12=29 χσς.

Σχήμα 1.7 Άρθρα 1 έως 5 (τμήμα) του διατάγματος

χώρα ή Ήπεικλή, ακατακρήνη ή άνωμαλία στο δημόσιο έργο, όποτε ή οικοδομή αυτή ήν πρέπει να κατασκευαστεί όπως σχεδιάστηκε.

(Πέρα από τή δικαιοσύνη που όφαινα να κάνει ή δημοτικός έπαρχοςτος που αναφέρεται στο άρθρο αυτό, από το 1824 άποφασίστηκε στην πράξη της Κυβερνήσεως άρ. 6/4 'Οκτωβρίου 1824, Gaz. άρ. 354/1824, να ήνει επί πλείον την έγκρασή του και ήνας 'Αγγλος στρατιωτικός μηχανικός, όσα ή οικοδομή να μη βλάπται την άμυνα της πόλεως. Παράδειγμα αίτιας έγκρασίας θα. στην είν. 2f).

\*Α ρ θ ρ ο 6

Έφόσον ή έπαρχος δεδαικωθεί ότι ή οικοδομή ήν έρχεται οι αντίθετη κατά κανόνα τρόπο από άναφερόμενα στο προηγούμενο άρθρο θα ήσει ένωλή να παχοκολληθεί το ένα από τα σχέδια στην αίθουσα του Δημοτικού Συμβουλίου, ήνα ή άλλα δύο θα τα ήσει στο δικαστή των πολιτικών έκαστηρίων, που θα παχοκολληθεί κατά το διάστημα της ημέρας το ένα στην πόρτα της πλησιέστερης πρής την οικοδομή έκκληρίας, το άλλο ή ή θα το κοινοποιήσει με την 'Αρχιρόλακα στην ένδιαφερόμενο.

\*Α ρ θ ρ ο 7

Άφρο παρόσον 15 μέρες από την ύποβολή των σχεδίων, έφόσον ήν έπαρχος ένωταση του δημοσίου ή Ήπεικλή (που πρέπει να γράφεται στην άναφορά του δικαστή) ή έπαρχος ήνει την άδεια οικοδομήσεως και ήν μπορεί να ύπάρξει τότε πλέον θέμα ένστάσεως.

\*Α ρ θ ρ ο 8

Όποιος τολμήσει να παραβεί έσοοδήσεις από τα προαναφερόμενα άρθρα ή οικοδομήσει ήνω από τα όρα που καθορίζονται στα σχέδια, όσάκειται οι καταβήσεις της οικοδομής, οι έσοοδήσεις στάδιο και ήν δρόμοι και καταβήζονται από τις άρμόδιες άρχεις όαν παραβήτες των νόμων.

\*Α ρ θ ρ ο 9

Άν μία από δεκαπενθήμερο γίνει ένσταση, αυτή θα ήκαστεί από το έρμόδιο δικαστήριο.

\*Α ρ θ ρ ο 10

Προσωρικά τα παραπάνω ήν θα έφαρμόζονται παρά μόνο στις οικοδομές των πόλεων και των προαστίων. Άλλά ήνει παντός ότι στα χωριά κάθε φορά που ήδενον να χτίσουν νέα οικοδομή θα ήσει άναγκαία ή προηγούμενη άδεια της άρμόδιας δημοτικής άρχης.

\*Α ρ θ ρ ο 11

Οι οικοδομές στην έπαρρη προσωρικά ήν ύποχρεόονται οι κωμικά από τις παραπάνω διατυπώσεις.

\*Α ρ θ ρ ο 12

Το παρόν θα ύραγισθεί, θα ήκασισθεί και θα σπαλει όπου πρέπει γνή έκπληση.

Σχήμα 1.8 Άρθρα 5 (κάτω τμήμα) έως 12 του διατάγματος

Επομένως, στα Ιόνια νησιά είχε θεσμοθετηθεί επίσημη διαδικασία έκδοσης οικοδομικών αδειών στο πλαίσιο του συντάγματος του 1817 της Ιόνιας Πολιτείας (υπό Βρετανική Προστασία). Οι πράξεις με αρ. 16/28-3-1820 και αρ. 86/1827 της Ιόνιας Γερουσίας καθόριζαν τους όρους έκδοσης οικοδομικής άδειας και τους όρους δόμησης. Η διαδικασία απαιτούσε αίτηση στην τοπική κυβέρνηση (Έπαρχείο) κάθε νησιού με αρχιτεκτονικό σχέδιο (εις τριπλούν). Ο αρμόδιος εγχώριος σύμβουλος (Magistrato Polizia Civile) εκτελούσε αυτοψία και διαπίστωνε αν η νέα κατασκευή προκαλούσε προβλήματα δημόσιας υγείας ή καταπάτησης δημόσιου χώρου, εφόσον δεν συνέβαινε κάτι τέτοιο ο Έπαρχος (Reggente) υπέγραφε τη νέα άδεια. Μέχρι το 1850 χρησιμοποιείται η ιταλική γλώσσα στα σχέδια και στις άδειες, μετέπειτα η ελληνική. Το 1830 εμφανίζονται και τα χαρτοσημασμένα χαρτιά, που υποδηλώνουν καταβολή ειδικού φόρου σε δημόσιο ταμείο.

Αποτέλεσμα της εφαρμογής του διατάγματος που απαγόρευε ρητά οποιαδήποτε οικοδομική εργασία χωρίς άδεια της κυβέρνησης — θέτοντας ως προϋπόθεση γι' αυτήν την κατάθεση σχεδίων — είναι ένα πλήθος εγγράφων συνοδευόμενων από σχέδια, τα οποία σώζονται στα Τοπικά Ιστορικά Αρχεία της Κεφαλονιάς και της Ιθάκης. Στα σχετικά αρχεία υφίστανται εκατοντάδες υποθέσεις της περιόδου 1818-1865, που αφορούν αιτήσεις προς τις αρμόδιες υπηρεσίες του Ιόνιου Κράτους για χορήγηση άδειας οικοδομής (Φραγκούλη, 2010). Οι περισσότερες υποθέσεις, αφορούν σε μία μόνο

δωδεκαετία, μεταξύ 1838 και 1849, κατά την οποία ενδεχομένως συντελέστηκε οικοδομική κατασκευαστική έξαρση στα νησιά. Οι άδειες συνήθως αφορούν κατοικίες — ανέγερση νέας, μετασκευή παλαιάς, κατεδάφιση παλαιάς και ανέγερση νέας στη θέση της, επέκταση καθ' ύψος, οριζόντια επέκταση, προσθήκη βοηθητικών χώρων, επέμβαση στις όψεις, προσθήκη περίφραξης. Τα σχέδια παρουσιάζουν τυποποίηση, καθώς έχουν εφαρμοστεί οι προδιαγραφές των άρθρων 3 και 4. Συνήθως πρόκειται για κατόψεις ενταγμένες στο τοπογραφικό του οικοπέδου, με ενδείξεις των όμορων ιδιοκτησιών, και προσανατολισμό (βορράς= τραμουντάνα, όστρια = νότος, ανατολή = λεβάντες, δύση = πονέντες, βορειοδυτικά = μαΐστρος, νοτιοδυτικά = γαρμπής, νοτιοανατολικά = σιρόκος, βορειοανατολικά = γραιγός). Τα σχέδια κατόψεων και προσόψεων φέρουν υπογραφές μηχανικού ή αρχιτέκτονα. Απεικονίζουν ανοίγματα, διαστάσεις (σε ενετικά πόδια και αργότερα σε ιονικά πόδια και γιάρδες), όμορες ιδιοκτησίες. Σε αρκετές περιπτώσεις εμπεριέχουν μία ή περισσότερες όψεις του δομήματος. Αντιθέτως στοιχεία για την εσωτερική διαρρύθμιση —διάταξη εσωτερικών τοίχων, ανοιγμάτων και σκάλας ανόδου— υπάρχουν σπανίως καθώς δεν ήταν απαίτηση των προδιαγραφών.

Συνεπώς, το συγκεντρωμένο δείγμα του αρχείου παρέχει στοιχεία που αφορούν στη γεωμετρία του εξωτερικού κελύφους —διαστάσεις κάτοψης, ύψος, μορφή στέγης, ανοίγματα— και την οργάνωση των όψεων, και είναι ιδιαίτερα φτωχά —πλην κάποιων πολύτιμων εξαιρέσεων— όσον αφορά στην πληροφόρηση για την εσωτερική λειτουργική οργάνωση των κτισμάτων.

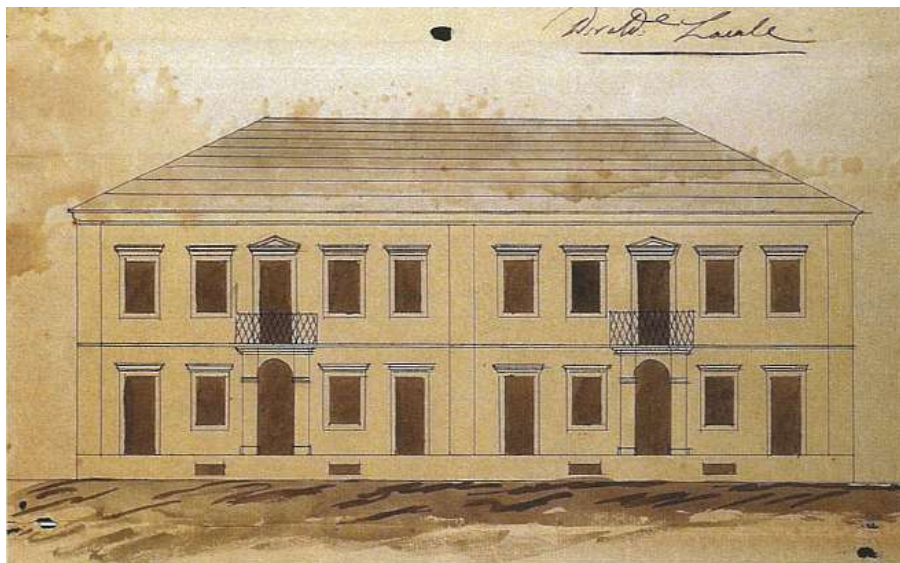
Εξαίρεση δεν αποτελεί και το υπό μελέτη στην παρούσα διπλωματική εργασία κείμενο, το οποίο έχει επισήμως αδειοδοτηθεί, όπως παρουσιάζεται στην § 2.4.6 του 2<sup>ου</sup> Κεφαλαίου.

Τα σχέδια, αν και είναι αρκετά απλοϊκά, σε σύγκριση με τα σημερινά, συγκροτούν μαζί με τα συνοδευτικά τους κείμενα, ένα πλούσιο δείγμα για στατιστική επεξεργασία και εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις οικοδομικές και αρχιτεκτονικές πρακτικές στην περίοδο της Αγγλοκρατίας. Αποτελούν πολύτιμα τεκμήρια της εξέλιξης των κατοικιών και του αρχιτεκτονικού μετασχηματισμού τους για περίπου πέντε δεκαετίες, μιας περιόδου ακμής με έξαρση της οικοδομικής δραστηριότητας. Μια αρχιτεκτονικής που φαίνεται να έχει απολεσθεί.

### **Συμβολή στη μελέτη της κατοικίας**

Η συμβολή του αρχείου αυτού είναι τεράστια στη μελέτη της αρχιτεκτονικής των κατοικιών, προσφέρει ακριβή χρονολόγηση και τη δυνατότητα τυπολογικής διερεύνησης των κτιρίων, τουλάχιστον για το διάστημα 1820-1865. Επομένως :

- Αποτυπώνει χρονικά την οικοδομική δραστηριότητα και τις επικρατούσες πρακτικές της συγκεκριμένης περιόδου, τη συχνότητα εφαρμογής αυτών, τις διαφαινόμενες τάσεις που ενδεχομένως καθόρισαν την επακόλουθη αρχιτεκτονική παραγωγή των τελευταίων δεκαετιών του 19ου αιώνα, καθώς και τις επιπτώσεις που επέφεραν οι πρακτικές αυτές στο τότε δομικό περιβάλλον.
- Καθιστά εφικτή τη χρονική τεκμηρίωση (άρα και παλαιότητα) της εφαρμογής κάποιων σωζόμενων σήμερα τύπων, κτιριακών μοντέλων ή διατάξεων. Και την κατάταξη αυτών σε εποχές που ενδεχομένως προηγήθηκαν της οικοδόμησης του σωζόμενου σήμερα ανάλογου.
- Επιτρέπει την ανάλυση και των απεικονιζόμενων στα σχέδια υφιστάμενων κτιρίων και την ανακάλυψη κτιριακών τύπων που έχουν εξαφανιστεί ή σώζονται σε πολύ περιορισμένο βαθμό, επιτρέποντας έτσι την τυπολογική διερεύνηση και κατάταξη.
- Ανάλυση των πιθανών επεμβάσεων και μετατροπών κατά τη φάση κατασκευής συγκρίνοντας το αρχαιακό υλικό που αφορά όμοια κτίρια. Επιτρέπεται έτσι η εξαγωγή συμπερασμάτων για τις φάσεις κατασκευής. Παροχή χρήσιμων πληροφοριών και για σωζόμενα δομήματα.
- Σύγκριση αρχαιακού υλικού με τα ιστορικά καταγεγραμμένα σεισμικά συμβάντα. Πώς και πόσο επηρέασαν την τυπολογία των κατασκευών.
- Παρέχεται η δυνατότητα, ως ένα βαθμό, ανασύνθεσης του δομικού περιβάλλοντος των οικισμών των νησιών.



Σχήμα 1.9 Ενδεικτικό αρχιτεκτονικό σχέδιο κατοικίας τύπου Palazzo του δρ. Ιωάννη Μελισσηνού (Μαρκαντωνάτου & Σιμάτος, 2008)

## Κεφάλαιο 2

### ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

#### 2.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Παρουσιάζονται οι αρχιτεκτονικές τάσεις της περιόδου, μορφολογικά στοιχεία και τα συνήθη οικοδομικά υλικά και κατασκευαστικές τεχνικές. Ακολουθούν τα αρχιτεκτονικά & μορφολογικά στοιχεία της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης, αρχιτεκτονικές όψεις και η διαδικασία αδειοδότησης του κτιρίου και το αρχαιακό υλικό.

#### 2.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑ

Ο 19<sup>ος</sup> αιώνας είναι πανευρωπαϊκά μια εποχή τεράστιων πολιτικών, πολιτιστικών, κοινωνικών, οικονομικών αλλαγών. Η βιομηχανική επανάσταση οδηγεί σε δημογραφική έκρηξη και αυτό συντελεί στη δημιουργία μεγάλων πόλεων και την αναζήτηση λύσεων για τη στέγαση των κατοίκων τους. Οι πολιτικές και κοινωνικές ζυμώσεις που συντελούνται, και κορυφώνονται με την εκδήλωση της γαλλικής επανάστασης και τις διακηρύξεις αυτής το 1789, οδηγούν και σε κοινωνική κρίση. Η «σύγκρουση» μεταξύ της μεγαλοαστικής τάξης και των νέων δυνάμεων που εμφανίζονται μέσω του βιομηχανικού καπιταλισμού έχει άμεσες επιπτώσεις και στην αρχιτεκτονική. Την ίδια περίοδο γεννιέται και κυριαρχεί το πρώτο μισό του 19<sup>ου</sup> αιώνα το ιδεολογικό κίνημα του κλασικισμού, μια στροφή στην Ελληνορωμαϊκή περίοδο, την λεγόμενη αρχαιότητα. Τον κλασικισμό τον διαδέχεται εν συνεχεία ο μορφολογικό πλουραλισμός, γνωστός ως Εκλεκτικισμός ή Ιστορισμός. Η εισαγωγή του κλασικισμού πραγματοποιείται στην Ελλάδα το 1830, στα Ιόνια Νησιά και στις Κυκλάδες, στις οποίες παρουσιάζεται με ένα περισσότερο παραδοσιακό στυλ εξαιτίας ενδεχομένως της παρουσίας της Καθολικής Εκκλησίας.



Πίνακας 2.1 Διαχωρισμός φάσεων εξέλιξης Νεοκλασικισμού(Κλασικισμού στην Ελλάδα) (Μαλικούτη, 2021)

Πρώιμος κλασικισμός	Από τον ώριμο στον όψιμο κλασικισμό	Ύστερος κλασικισμός Κτίρια με διακοσμητικό φόρτο, χωρίς κατάργηση κλασικιστικού πλαισίου την εποχή της μετάβασης προς τα νέα ρεύματα του 20 <sup>ου</sup> αιώνα
1833 - τέλη δεκαετίας 1850 (οθωνικά κτίρια)	1860 – μέσα δεκαετίας 1890	1890 – μέσα δεκαετίας 1910

Τα Ιόνια Νησιά, περιοχή που είχε γνωρίσει την ώριμη Αναγέννηση (Σχήμα 2.1) μέσω της Ενετικής κατοχής και κατ' επέκταση την επιρροή της, ο Κλασικισμός εμφανίζεται ως φυσιολογική εξέλιξη.



Σχήμα 2.1 Παλαιό Δημαρχείο Κέρκυρας, έτος κατασκευής 1691, αρχικά ως Λέσχη των Ενετών ευγενών της Κέρκυρας ( loggia di nobili), (Πηγή: <https://visit.corfu.gr/el/a3iotheata / palαιο - dhmarxio -kerkyras -san-tziakomo/>)

Η αρχιτεκτονική στην Κεφαλονιά επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό από τη διαμόρφωση του εδάφους και τα αρχιτεκτονικά ρεύματα που άνθιζαν στην Ευρώπη, ειδικότερα αυτά που επηρέασαν και τους λαούς που κατέκτησαν το νησί, δηλαδή της Βενετίας και της Αγγλίας.

Η αρχιτεκτονική στην Κεφαλονιά χωρίζεται χρονολογικά σε τρεις περιόδους (Μαρκαντωνάτου & Σιμάτος, 2008):

α. Κατοικίες από τον 16ο αιώνα έως και τα μέσα του 18ου αιώνα



β. Κατοικίες του δεύτερου μισού του 18ου αιώνα , εποχή που το Αργοστόλι ορίζεται πρωτεύουσα της Κεφαλονιάς

γ. Κατοικίες του 19ου αιώνα έως και τα μέσα του 20ου αιώνα

Τα χαρακτηριστικά τους ανά κατηγορία παρουσιάζονται συνοπτικά για τις δύο πρώτες και αναλυτικότερα για τη τελευταία, αφού σε αυτή εντάσσεται το υπό μελέτη κτίριο μας.

#### **A. Κατοικίες από τον 16ο αιώνα έως και τα μέσα του 18ου αιώνα**

Δε σώζονται δείγματα λόγω των πολλών καταστρεπτικών σεισμών στην περιοχή. Υπάρχουν αναφορές σε κείμενα της εποχής και δείγματα σε ερειπιώδη μορφή. Η πλειονότητα μέχρι το 1757 (έτος μεταφοράς της πρωτεύουσας του νησιού στο Αργοστόλι) βρισκόταν στο Κάστρο του Αγίου Γεωργίου και ελάχιστες περιπτώσεις στην ύπαιθρο. Βασικά χαρακτηριστικά:

- Όψεις λιτές χωρίς διακόσμηση
- Εξωτερικούς τοίχους διευρυμένους στη βάση τους, φαίνονται κεκλιμένοι («σκάρπα») για μεγαλύτερη αντοχή
- Πολεμίστρες στο ισόγειο για άμυνα
- Μικρά ανοίγματα, παράθυρα στον όροφο για ασφάλεια



Σχήμα 2.2 Πυργόσιπιτο οικογένειας Σδριν. Κατελειός Ελειού. (Σελ. 38, (Μαρκαντωνάτου & Σιμάτος, 2008)

Η εποχή χαρακτηρίζεται από τις συγκρούσεις Βενετών & Τούρκων, καθώς και από επιδρομές πειρατών, οπότε η αρχιτεκτονική έχει οχυρωματικό χαρακτήρα με ελάχιστες ανέσεις (Σχήμα 2.2).

#### **B. Κατοικίες του δεύτερου μισού του 18ου αιώνα , εποχή που το Αργοστόλι ορίζεται πρωτεύουσα της Κεφαλονιάς**

Πρωτεύουσα του νησιού το Αργοστόλι, το οποίο αναπτύσσεται ταχύτατα. Οι κατοικίες ανήκουν σε πλούσιες και εξέχουσες οικογένειες της Κεφαλονιάς. Ο σεισμός του 1953

κατέστρεψε όσα λίγα δείγματα είχαν απομείνει. Από παλαιότερες φωτογραφίες (προ 1953) διακρίνεται ο αρχιτεκτονικός ρυθμός του Μπαρόκ που ακολουθείται, με πιο απλοποιημένα στοιχεία και πιο λιτή αισθητική, ορατά κυρίως στις διακοσμήσεις των ανοιγμάτων και στα αετώματα των στεγών.



Σχήμα 2.3 Οικία κόντε Κάισαρα Μεταξά. Λιθόστρωτο Αργοστολίου (Σελ.44, (Μαρκαντωνάτου & Σιμάτος, 2008)

#### Γ. Κατοικίες του 19ου αιώνα έως και τα μέσα του 20ου αιώνα

Τελειώνει η ενετική κατοχή (1500-1797) και φθίνει η επιρροή των Βενετών. Οι κάτοικοι υποδέχονται τους Γάλλους ως ελευθερωτές, καθώς η κοινωνία έχει ενστερνιστεί τις αρχές της Γαλλικής Επανάστασης, ελευθερία-ισότητα-αδελφοσύνη. Οι ανακατατάξεις δημιουργούν ευκαιρίες και πολλοί Κεφαλλονίτες εγκαθίστανται σε διάφορες χώρες (Αγγλία, Ρωσία, Γαλλία, Ρουμανία, Αίγυπτο κ.α.) και εμπλέκονται με την ναυτιλία και το εμπόριο επηρεάζοντας θετικά την οικονομική ανάπτυξη του νησιού. Το 1809 οι Άγγλοι κατακτούν το νησί. Ειδικά κατά την περίοδο του διοικητή Κάρολου Νάπιερ (1822-1830) οικοδομούνται κτίρια στο Αργοστόλι και Ληξούρι σε νεοκλασικό ρυθμό, από τον Άγγλο στρατιωτικό μηχανικό Τζον Πιτ Κέννεντυ. Ο ρυθμός εμφανίζεται και στην Αθήνα το δεύτερο μισό του 19ου αιώνα με την έλευση του Όθωνα και των Βαυαρών. Το νεοκλασικό ρυθμό υιοθετούν τα δημόσια κτίρια αλλά και ιδιωτικές κατοικίες. Παρόλα τα έντονα στοιχεία του ρυθμού, όπως κίονες, ημικίονες, πεσσούς και αετώματα, η κεφαλλονίτικη αρχιτεκτονική παραμένει πιο λιτή. Οι κατοικίες της τελευταίας περιόδου διακρίνονταν σε:

A. Κατοικίες παλαιών αρχοντικών οικογενειών (χρυσοβιβλικών οικογενειών). Συνήθως διώροφες με μεγάλο όγκο (έως 5.500m<sup>3</sup>), έχουν πολλά δωμάτια (<30) και φέρουν πλούσια διακόσμηση στις προσόψεις.

B. Κατοικίες της εύρωστης ανώτερης τάξης των εμπόρων, εφοπλιστών, γιατρών, δικηγόρων κ.α. Παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες με τα αρχοντικά.

Γ. Κατοικίες της οικονομικά και κοινωνικά ανερχόμενης μεσαιάς τάξης. Μικρότερου μεγέθους με πιο λιτή διακόσμηση εσωτερικά και εξωτερικά.

Δ. Κατοικίες εργατικής τάξης και των αγροτών. Μικρές σε μέγεθος, μονώροφες, απλές και λιτές.

Οι δύο πρώτες κατηγορίες και κάποιες φορές στην Γ, οι οποίες αφορούν σε ιδιοκτήτες με μεγαλύτερη οικονομική επιφάνεια, άρα και δυνατότητες τοποθέτησης, ποιοτικότερων και ακριβότερων υλικών, οπότε παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες σε ορισμένα χαρακτηριστικά, όπως είναι:

**Η εσωτερική διαρρύθμιση:** Το ισόγειο αξιοποιείται για βοηθητικές χρήσεις. Στο ισόγειο «μετζάο» του αρχοντικού συναντούμε το μεγάλο χολ εισόδου «πόρτεγο», το γραφείο & τη βιβλιοθήκη του ιδιοκτήτη, την κουζίνα και την πρόχειρη τραπεζαρία. Στο πίσω μέρος του ισογείου φυλάσσονταν τα απαραίτητα αγαθά (λάδι, καυσόξυλα, κρασί). Τα κύρια δωμάτια βρίσκονται στον πρώτο όροφο που ονομάζονταν «Πιάνο νόμπιλε». Στον ίδιο όροφο συναντάμε μεγαλοπρεπές σαλόνι, τη λεγόμενη «σάλα», ένα καθημερινό σαλόνι, την τραπεζαρία και το εικονοστάσιο.

**Τα εσωτερικά διαχωριστικά:** Οι εσωτερικοί τοίχοι ακολουθούν την τεχνική «μοροφίντα», στενά σανίδια τα οποία καρφώνονται οριζόντια ή λοξά σε κάθετα δοκάρια και από τις δύο πλευρές και επιτυγχάνεται έτσι διπλός σκελετός. Ανάμεσα στα σανίδια προστίθενται φύκια ή σπάρτα για μόνωση. Τέλος η κατασκευή επικαλύπτεται με σοβά. Με αυτό τον τρόπο οι τοίχοι γίνονται ελαφρύτεροι και δεν επιβαρύνουν την κατασκευή.



Σχήμα 2.4 Ενδεικτικός τοίχος μοροφίντο (Σελ.2201(9/13), (Theotokatou, 2019))

**Τα δάπεδα:** Χρησιμοποιούνται συνήθως πλατιές σανίδες, οι οποίες στηρίζονται σε κορμούς δένδρων, κυρίως κορμούς κυπαρισσιών («πατερά»), μπηγμένους μέσα στους τοίχους. Λόγω των ενιαίων χώρων των ισογείων ή ημιυπόγειων δεν υπάρχουν ενδιάμεσοι τοίχοι, επομένως για την εγκάρσια στήριξη τους υπάρχει μεγαλύτερο και ισχυρότερο δοκάρι στη μέση του πατώματος, κάθετο στα «πατερά». Η δοκός αυτή ονομάζεται «μαΐστρα» και έχει και υποστηρίζεται από ξύλινα υποστυλώματα.

**Τα ταβάνια:** Στα αρχοντικά δε συναντάμε εμφανή πατερά, παρά μόνο στα ταβάνια των υπογείων και των ημιυπόγειων, αλλά σε αυτά διαμορφώνονται φατνώματα (εσοχές), τα οποία διακοσμούνται με διάφορα ευφάνταστα ζωγραφικά θέματα με ζωηρές αποχρώσεις (Σχήμα 2.5)



Σχήμα 2.5 Τετράγωνα και ορθογώνια φατνώματα με περίτεχνες οροφωγραφίες

**Η εξωτερική εμφάνιση & διακόσμηση:** Οι τρεις πρώτες κατηγορίες αφορούν σε διώροφα κυρίως (σπάνια τριώροφα) και έχουν ορθογωνική κάτοψη. Σπάνια συναντά κανείς με τετράγωνη κάτοψη ή σχήματος Γ («σέττε»).

Τα ανοίγματα έχουν συμμετρική διάταξη και στους δύο κατακόρυφους άξονες των προσόψεων. Χαρακτηριστικό γνώρισμα αποτελεί και ο ευδιάκριτος διαχωρισμός του διαζώματος μεταξύ ισογείου και Α' ορόφου.

**Οι στέγες:** Από ξύλινο σκελετό με επικάλυψη κεραμιδιών βυζαντινού τύπου, σπανιότερα συναντώνται εισαγόμενα γαλλικού τύπου. Καλύπτει τις απαιτήσεις της περιοχής σε έντονες βροχοπτώσεις και στέγαση μεγάλων ελεύθερων χώρων χωρίς ενδιάμεσα στηρίγματα. Η δίρριχτη στέγη ονομαζόταν «τσουπάδο», οι οποίες φέρουν λόγω σχήματος αετωματική απόληξη στις στενές πλευρές που καλείται «ατσούπι», το οποίο φέρει μικρό ορθογωνικό ή κυκλικό παράθυρο το «φώτολο». Σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχει και αερισμός της στέγης με ειδική κατασκευή το «αναμινάλε».

Στο κάτω τελείωμα της στέγης σχηματίζεται γείσο, περιμετρικά στις τετράρριχτες, για λόγους αισθητικής και για προστασία του τοίχου από τα νερά της στέγης. Στις ακριβότερες κατασκευές αποτελείται από λαξευμένες πέτρες που μπορείς να φέρουν κυμάτια ή άλλους αρχιτεκτονικές διακοσμήσεις. Η τετράρριχτη σκαφοειδής στέγη ονομαζόταν «παπιονάδο».

**Τα εξώφυλλα των παραθύρων:** Διακρίνονται τρεις τύποι εξωφύλλων:

α. Με συμπαγή σκούρα, από τάβλες κατακόρυφες που συγκρατούνται είτε με τρεις επιπλέον ξύλινες τάβλες που σχηματίζουν το γράμμα Z, είτε με σιδερένιες λάμες. Ανοικτά συγκρατούνται είτε με κομμάτι ξύλου που περνάει από σιδερένιες θηλές την

«καδινέλλα», είτε με σιδερένιες πετούγιες/πεταλούδες, αριστερά και δεξιά του παραθύρου.

β. Σκούρα με κινητές περσίδες («γρίλιες») και ανακλινόμενο κάτω τμήμα. Εμφανίζονται επί Ενετοκρατίας στα Επτάνησα, αλλά αποκαλούνται «γερμανικά». Ανοικτά συγκρατούνται με πεταλούδες.

γ. Γαλλικά σκούρα, με σταθερές γρίλιες. Είχε επικρατήσει στα νεοκλασικά κτίρια των Αθηνών και εμφανίστηκαν αργά στην Κεφαλονιά κυρίως σε δημόσια κτίρια.

Οι δύο πρώτοι τύποι δεν φέρουν κάσα και στηρίζονται σε σιδερένιους μεντεσέδες, τις «πορταδέλες», που περιστρέφονται μέσα στις «φούμπιες» (σιδερένια δακτυλίδια) οι οποίες στερεώνονται στις «έρτες» (λαμπάδες). Στον τρίτο τύπο (γαλλικά) τα εξώφυλλα στερεώνονται στη δική τους ξύλινη κάσα και είναι χωρισμένα σε δύο αναδιπλούμενα τμήματα. Τα χρώματα των εξωφύλλων συνήθως είναι απαλό γκρι, καφέ, μπλε λουλακιού.

**Οι θύρες εισόδου:** Στα αρχοντικά βρίσκονται στο κέντρο της πρόσοψης του κτιρίου , οδηγούν στο εσωτερικό και από εκεί στον α' όροφο με εσωτερική σκάλα.

**Μπαλκόνια:** Βρίσκονται στην πρόσοψη του και σπανιότερα πάνω από δύο εισόδους, όπως στην περίπτωση της Ιακωβάτειου. Τηρείται απόλυτη συμμετρία. Το δάπεδο τους συνήθως αποτελείται από μονοκόμματα σκληρή πέτρινη πλάκα και πιο σπάνια από ξύλα. Στηρίζονται σε πέτρινα φουρούσια, τα «μογδόνια», τα οποία σπάνια φέρουν διακόσμηση. Τα κιγκλιδώματα τους είναι σιδερένια σφυρήλατα, ενώ σε μεμονωμένες περιπτώσεις υπάρχουν μαντεμένα εισαγόμενα κιγκλιδώματα (χυτοσίδηρος) που φέρουν πολυπλοκότερες παραστάσεις και σχέδια.

## 2.3 ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ - ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:

### 2.3.1 Οικοδομικά Υλικά:

Η Κεφαλονιά διαθέτει πέτρα, πηλό, άμμο και ξυλεία (κυπαρίσσια). Λόγω των νέων δεσμών με το εξωτερικό την περίοδο της αγγλικής κυριαρχίας και του αυξανόμενου οικονομικού πλούτου, υπήρχε και η δυνατότητα εισαγωγής υλικών για την κάλυψη των αναγκών της προηγμένης αρχιτεκτονικής σε σίδηρο, ξυλεία ανώτερης ποιότητας, εφυσωμένα πλακάκια («μαγιόλια»)

Βασικό υλικό των δομημάτων είναι ο ασβεστόλιθος. Σε ακατέργαστη και λαξευμένη μορφή για την τοιχοποιία και σε επεξεργασμένη σε ασβεστοκάμινα για την παραγωγή

ασβέστη. Στα ασβεστοκάμινα χρησιμοποιούνταν ως καύσιμη ύλη τα κλαριά πουρναριού. Σκληρότεροι τύπου ασβεστόλιθου των περιοχών Φάλαρης Δηλινάτων και Μασπαλίου Μαντζαβινάτων Παλικής, χρησιμοποιούνταν σε γωνιόλιθους, ανώφλια κατώφλια, σκαλοπάτια, πλάκες δαπέδου, μπαλκονόπλακες κλπ.

Εκτός του ασβεστόλιθου, στο νησί εξορυσσόταν και πωρόλιθος καλής ποιότητας με μεγάλη αντοχή (Μεταξάτα Λειβαθούς & Σχοινιάς Παλικής). Ο πωρόλιθος χρησιμοποιούνταν ως διακοσμητικό υλικό λόγω της εύκολης κατεργασίας του, στις γωνίες των κτιρίων, στα διαζώματα, στα γείσα και σε κορνίζες ανοιγμάτων.

Στο νησί παράγονταν επίσης συμπαγή τούβλα που τα χρησιμοποιούσαν αποκλειστικά σε θολωτές κατασκευές, τα «ρεμενάτα».

Ως συνδετικό υλικό των λίθων χρησιμοποιούνταν ασβεστοκονίαμα με προσθήκη άμμου, ενώ σε πολυτελείς κατασκευές πρόσθεταν και πορσελάνη «πορτσολάνα». Στις φτωχότερες κατασκευές χρησιμοποιούνταν λάσπη από κοκκινόχωμα «κοκκινοπήλι» ή πηλός «γλίνα». Ο πηλός χρησιμοποιούνταν και για την κατασκευή κεραμιδιών βυζαντινού τύπου, τα οποία «εξάγονταν» και σε κοντινές περιοχές.

### 2.3.2 Τρόπος Κατασκευής

Η υψηλή σεισμικότητα της περιοχής οδήγησε στην ενίσχυση σημείων με μεγαλύτερη καταπόνηση, επομένως οι γωνίες των κτιρίων και τα πλαίσια των ανοιγμάτων κατασκευάζονται από λαξευμένη λιθοδομή. Η λαξευμένη λιθοδομή αν και προσφέρει μεγαλύτερη αντοχή δεν χρησιμοποιούνταν ευρέως λόγω του υψηλού κόστους. Εξάιρεση αποτελούν οι ακριβές κατασκευές.

Το πάχος των τοίχων κυμαινόταν από 0.50-0.70 m στο ισόγειο, και μειωνόταν ανά όροφο. Ενώ η θεμελίωση, αναλόγως του εδάφους, από 0.80 έως 1.00m.

Τα ανοίγματα έχουν μικρό πλάτος και μεγάλο ύψος, ώστε αφενός να είναι μικρή η διάσταση που γεφυρώνεται και αφετέρου να είναι μικρότερο το βάρος. Η συμμετρία επιλεγόταν ως προς τον κατακόρυφο άξονα του κτιρίου για καλύτερη συμπεριφορά στις σεισμικές δυνάμεις. Τα ανώφλια ήταν κατασκευασμένα από ξύλο, συνήθως ελιάς, λόγω της μεγαλύτερης ελαστικότητας του. Εσωτερικά των ανοιγμάτων κατασκευάζεται ανακουφιστικό τόξο, το «ρεμενάτο», από λαξευμένο πωρόλιθο (πωρί) ή από συμπαγή τούβλα. Σε περίπτωση μεγάλων ανοιγμάτων, π.χ. πορτόνια ή μόντζους των κατοικιών, αυτά γεφυρώνονται με θολωτές καμάρες («τα βόλτα»), οι οποίες έχουν καλή αντισεισμική συμπεριφορά.

## 2.4 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΙΑΚΩΒΑΤΕΙΟΥ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ

### 2.4.1 Ιστορικά Στοιχεία Κτιρίου

Η δημόσια βιβλιοθήκη Ληξουρίου «Ιακωβάτειος» φιλοξενείται στην προσεισμική κατοικία της οικογένειας Τυπάλδου – Ιακωβάτου. Το κτίριο κτίστηκε από τους αδελφούς Νικόλαο, Χαράλαμπο και Γεώργιο, τέκνα του Αλοΐσιου Τυπάλδου-Ιακωβάτου.

Ο Νικόλαος υπήρξε δήμαρχος Ληξουρίου (1866), βουλευτής και προσωρινός πρόεδρος του της Βουλής των Ελλήνων κατά το 1879. Ο Χαράλαμπος ήταν γιατρός, στην Πάτρα και στο Ληξούρι και ο Γεώργιος νομικός, μέλος του ριζοσπαστικού κινήματος και βουλευτής της Θ΄ Βουλής του Ιόνιου Κράτους (1850). Ο τέταρτος αδελφός των παραπάνω, Κωνσταντίνος ήταν ιεράρχης, θεολόγος, ρήτορας και διδάσκαλος στη Θεολογική Σχολή της Χάλκης.

Η κατασκευή του κτιρίου ξεκίνησε το 1866. Το κτίριο διέφυγε την καταστροφή του 1953, επισκευάστηκε το 1975 και παραμένει ένα αξιόλογο δώροφο δείγμα νεοκλασικής αρχιτεκτονικής.

Η τελευταία απόγονος της οικογένειας Τυπάλδου Ιακωβάτου «σιόρα» Κάτε Τουλ (Σχήμα 2.6), γεννήθηκε το 1872 στο Ληξούρι. Ήταν η κόρη του γιατρού και πολιτικού Χαράλαμπου Τυπάλδου Ιακωβάτου, το μοναδικό από τα έξι παιδιά του που επέζησε. Επομένως ήταν η μοναδική απόγονος και κληρονόμος της Οικογένειας Τυπάλδων Ιακωβάτων, καθώς οι υπόλοιποι αδερφοί του Χαράλαμπου δεν είχαν απογόνους. Ο Κωνσταντίνος ακολούθησε την ιεροσύνη, οι Νικόλαος και Γεώργιος παρέμειναν άγαμοι, ενώ ο Άγγελος (Άντζουλος) πέθανε άγαμος σε ηλικία 23ετών. Παντρεύτηκε τον James Toole (Τουλ), γόνο της οικογένειας που είχε στο Αργοστόλι την επιχείρηση «Βινάριες». Σπουδαία ήταν η



Σχήμα 2.6 Φωτογραφία – πορτρέτο Κάτες (Αικατερίνης) Τυπάλδου Ιακωβάτου – Τουλ (Πηγή: <https://liksouri.reasonablegraph.org/archive/item/11170?lang=el>)



κοινωνική της δραστηριότητα. Χρημάτισε Πρόεδρος του Ορφανοτροφείου Αργοστολίου με σημαντική προσφορά.

Με ιδιόχειρη επιστολή προς τα παιδιά της (εν είδει διαθήκης) στις 24 Ιουλίου 1952, αλλά και με δεύτερη επιστολή μετά τους σεισμούς του 1953, εξέφρασε την επιθυμία, να δωρισθεί από τα παιδιά της το κτίριο με το πολύτιμο περιεχόμενο του, δηλαδή έπιπλα, βιβλία και έργα τέχνης, στο Δήμο Ληξουρίου ή στο ελληνικό κράτος, για να γίνει βιβλιοθήκη.

Η δωρεά της οικίας στο Δημόσιο πραγματοποιήθηκε στο 1963 (απόφαση 24351/6-7-1963).

#### 2.4.2 Γενικά Στοιχεία

Το κτίριο της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης, διώροφο αρχοντικό, στη δυτική άκρη της πόλης του Ληξουρίου (Σχήμα 2.7), είναι ένα αξιόλογο δείγμα της νεοκλασικής αρχιτεκτονικής των μέσων του 19<sup>ου</sup> αι. Ανήκε στην ονομαστή κεφαλλονίτικη οικογένεια Τυπάλδων – Ιακωβάτων.



Σχήμα 2.7 Θέση Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης στο Ληξούρι. (Πηγή: GoogleEarth)

Πριν κηρυχθεί ακατάλληλο από τους μηχανικούς της ΥΑΣ μετά τους σεισμούς του 2014 στο ισόγειο στεγαζόταν η Δημόσια Βιβλιοθήκη Ληξουρίου, εμπλουτισμένη με τις δωρεές: α) της συλλογής του ακαδημαϊκού Αμίλκα Αλιβιζάτου β) της οικογένειας Σπύρου



Λοβέρδου γ) των αδελφών Φώτη και Σπύρου Λαμπίρη και με νεότερες αγορές βιβλίων. Στον όροφο διατηρούνταν Μουσείο με τα αντικείμενα κειμήλια της οικογένειας Τυπάλδου – Ιακωβάτου και αρχείο με αξιόλογα χειρόγραφα.

Το 1968, το κτίριο κηρύχθηκε ως έργο τέχνης από το Υπουργείο Πολιτισμού (ΥΑ 24598/25-10-68, ΦΕΚ 608/1968). Αργότερα χαρακτηρίστηκε ως διατηρητέος και ο περιβάλλων χώρος του, γιατί συμβάλλει στην προβολή και ανάδειξη του μνημείου και αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα του κτιριακού συνόλου, με τον χαρακτηριστικό του δρόμο (μαϊστρα), το πηγάδι με το λιθόγλυπτο φρεατοστόμιο και τη μνημειακή κλίμακα ανόδου στο κεντρικό κτίριο (ΥΑ ΔΙΛΑΠ/Γ/64024/1476/29-9-1981, ΦΕΚ 732/4-12-1981).

Από την Διεύθυνση Πολιτιστικών Κτιρίων και Αναστηλώσεως Νεότερων Μνημείων, του ΥΠΠΟ, εγκρίθηκαν εργασίες που προέβλεπε η μελέτη αναστήλωσης και ανακατασκευής τμημάτων του κτιριακού συγκροτήματος, με βάση τα σχέδια του Γεώργιου Μιχαλιτσιάνου (μελέτη του Μάρτη 1975). Οι εργασίες αναστήλωσης του κτιρίου υλοποιήθηκαν από το Υπουργείο Πολιτισμού, την περίοδο 1982-1984.

Το 1988 επισκευάστηκε ο ανατολικός μαντρότοιχος, ενώ ο νότιος το 1989. Την ίδια χρονιά ο προαύλιος χώρος τους διαμορφώθηκε για πολιτιστικές εκδηλώσεις, που πραγματοποιούνται κατά την περίοδο του θέρους.

### **Περιγραφή – Οικοδομικά σχέδια**

Το κτίριο περιορίζεται σε αυστηρό περίγραμμα, που τείνει στο ορθογώνιο (διαστάσεις: 11.05 x 18.90/19.03 m). Ο μορφολογικός χαρακτήρας του κελύφους της κατοικίας είναι απλός και ενιαίος. Τα συμπληρωματικά στοιχεία των όψεων, ανοίγματα, εξώστες, αυλόπορτες, διατηρούν επίσης την εντύπωση της απλότητας της μορφής. Η ξύλινη στέγη είναι τετράρρικτη (παπιονάδο) και έχει γείσο κτιστό.

### **Εσωτερική διαρρύθμιση**

Η διαμόρφωση των κατόψεων είναι απλή. Στο ισόγειο η εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας γίνεται με ένα διάδρομο, που είναι περίπου αξονικά τοποθετημένος, περιβάλλεται από τους χώρους και δίνει πρόσβαση στο κλιμακοστάσιο, πλευρικά, αμέσως μετά την κεντρική είσοδο. Σ' αυτόν ανοίγονται τα κεντρικά δωμάτια, τα οποία επικοινωνούν με τα υπόλοιπα και μεταξύ τους, χωρίς την παρεμβολή άλλων διαδρομών. Ο μεγαλύτερος χώρος του στεγάζει την τραπεζαρία, από την οποία και γίνεται η έξοδος προς τα βοηθητικά κτίσματα. Οι αποκλειστικοί χώροι κατοικίας, τα υπνοδωμάτια (κάμαρες), περιέχονται στον όροφο και περιβάλλουν το κλιμακοστάσιο και το κεντρικό δωμάτιο, το σαλόνι.

Όλοι οι βοηθητικοί χώροι, τα μαγειρεία, τα αποχωρητήρια και οι αποθήκες, κατά την τακτική της εποχής, στεγάζονται εκτός του κεντρικού όγκου του οικοδομήματος, σε μεταγενέστερο ιδιαίτερο ισόγειο κτίσμα (παράσπιτο, κάτοψης σχήματος «Π», παράπλευρα και σε συνέχεια του κατά μήκος άξονα του κτιρίου (συνολικές διαστάσεις παράσπιτου 11.00 x 13.75m).

Η κάτοψη του είναι ορθογωνική και οι όψεις του είναι ιδιαίτερα λιτές και συμμετρικές. Η ξύλινη στέγη είναι τετράρρικτη «παπιονάδο» με κτιστό γείσο.

Εσωτερικά η είσοδος οδηγεί σε ευρύχωρο διάδρομο, στο τέρμα του οποίου υπάρχει η σκάλα που οδηγεί στον πρώτο όροφο. Εκατέρωθεν του διαδρόμου υπάρχουν τα δωμάτια του ισογείου, τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους, χωρίς να παρεμβάλλονται άλλοι διάδρομοι. Το δάπεδο του ισογείου είναι διαστρωμένο με άσπρες και μαύρες πλάκες σαν σκακιέρα. Εκτός της εντυπωσιακής τραπεζαρίας, υπάρχουν δωμάτια που χρησιμοποιούνταν ως γραφεία από τους ιδιοκτήτες. Στον πρώτο όροφο εντοπίζονται τα υπνοδωμάτια γύρω από την σκάλα και το μεγάλο σαλόνι. Τα δάπεδα εδώ είναι ξύλινα.

Όλες οι οροφές και των δύο ορόφων, διακοσμούνται με τετράγωνα ή ορθογώνια ζωγραφισμένα φανώματα, με διαφορετικά σχέδια σε κάθε δωμάτιο. Τα εσωτερικά χωρίσματα (δρομικοί τοίχοι) είναι παντού ξυλόπηκτοι τοίχοι (μοροφίντα).

### **2.4.3 Αρχιτεκτονική Κτιρίου**

Η υπό μελέτη κατοικία της παρούσας διπλωματικής ανήκει στην δεύτερη κατηγορία της εύρωστης ανώτερης τάξης, η οποία παρουσιάζει πολύ μεγάλες ομοιότητες με τα αρχοντικά της αριστοκρατικής τάξης (οικογένειες ευγενών που αναφέρονται στη χρυσή βίβλο - Libro d' oro) όπως θα παρουσιάσουμε αναλυτικά παρακάτω

Το κτίριο αποτελούσε κατοικία της ισχυρής οικονομικά οικογένειας των Τυπάλδων-Ιακωβάτων, είναι αρχοντικό και ανήκει στα πρώιμα νεοκλασικά κτίρια.

Δεν υπάρχει εμφανής λιθοδομή, είναι επιχρισμένη, εκτός από τους γωνιόλιθους και τα περιθυρώματα στα πλαίσια των ανοιγμάτων, τα οποία αποτελούνται από λαξευμένους με ακρίβεια φυσικούς λίθους.

Διακρίνονται αρχιτεκτονικά τα εξής χαρακτηριστικά:

Τριμερής διαχωρισμός και οργάνωση όψεων (Βάση-Κορμός-Στέψη) με τονισμό οριζόντιων ζωνών και των επίπεδων επιφανειών. Επισήμανση των ορόφων διαμέσου των κορωνίδων. Επικράτηση της οριζόντιας εντύπωσης του συνόλου.

Η γεωμετρική οργάνωση του κτιρίου είναι αυστηρή, προσδίδοντας κύρος. Οι άξονες συμμετρίας υφίστανται και στις δύο διευθύνσεις, με τα ανοίγματα να είναι ισαπέχοντα.

Οριοθέτηση επιφανειών όψεων με παραστάδες από λαξευμένους πωρόλιθους στα περιθυρώματα των ανοιγμάτων και λαξευμένους με ακρίβεια γωνιόλιθους, στις τέσσερις γωνίες του κτιρίου.

Όσον αφορά την κάτοψη, υπάρχει τριμερής οργάνωση. Στον κάθετο άξονα συμμετρίας προς τις μακρύτερες όψεις του κτιρίου, υπάρχει ο κεντρικός πυρήνας – διάδρομος, επί της μίας πλευράς του οποίου εντοπίζεται το κλιμακοστάσιο προς τον όροφο. Ο διάδρομος εξασφαλίζει λειτουργική ενότητα με τη διέλευση προς τη μεγάλη αυλή ανατολικά του κτιρίου, μέσω των διπλών αντικριστών εισόδων, ακριβώς στον άξονα συμμετρίας του κτιρίου.

Η συμμετρική διάταξη εντοπίζεται και στις τρεις διευθύνσεις, στις επίμηκες όψεις (δυτική και ανατολική), στις μικρές όψεις (βορεινή και νότια), στη νότια η συμμετρία διαταράσσεται από το τμήμα που προστέθηκε αργότερα και εξασφαλίζει εσωτερική πρόσβαση στο παράσπιτο, τέλος συμμετρική είναι και η οργάνωση της κάτοψης του κτιρίου. Κυριαρχεί η απλή μορφολογική διάρθρωση και αυστηρότητα σε όλες τις όψεις. Οι προσόψεις είναι απλές, λιτές και παρόμοιες ανά δύο, σύμφωνα με τις πλευρές του ορθογωνίου της βάσης τους. Σήμερα η πρόσβαση στο κτίριο γίνεται από την πίσω όψη, δυτική όψη (Σχήμα 2.8) στην αντίστοιχη είσοδο της κεντρικής). Η κύρια όψη του σπιτιού ήταν αυτή που έβλεπε στη μαϊστρα, τον δρόμο πρόσβασης του κτίσματος από τη διαμορφωμένη σε επίπεδα αυλή, ανατολική όψη (Σχήμα 2.9).



Σχήμα 2.9 Ανατολική όψη

Βασικό στοιχείο της οργάνωσης των όψεων είναι η συμμετρία ως προς τον κεντρικό κάθετο άξονα και η αντιστοιχία των ανοιγμάτων: ρυθμικά τοποθετημένα ορθογωνικά ανοίγματα, που ενισχύουν την κανονικότητα της μορφής, οι ταινίες που χωρίζουν τους

ορόφους, τα πορτόνια, οι κεντρικοί επί όλων των όψεων πέτρινοι εξώστες, με τα σκαλιστά φουρούσια και το λιτό, μα έντεχνο, κιγκλιδωμά τους, τα πέτρινα κορνιζώματα που περιβάλλουν τα ανοίγματα και τονίζουν τις γωνίες του κτίσματος.

#### 2.4.4 Μορφολογικά Στοιχεία Κτιρίου Ιακωβάτειου

Στο ισόγειο οι εξωτερικές θύρες είναι ταμπλαδωτές με φεγγίτη και σιδεριές προστασίας (Σχήμα 2.10), τα υπόλοιπα ανοίγματα είναι υαλοστάσια με σιδεριές ασφαλείας.



Σχήμα 2.10 Δυτική κεντρική είσοδος

Τα παράθυρα της Ιακωβάτειου βιβλιοθήκης προστατεύονται από μια παραλλαγή εξωφύλλων (Σχήμα 2.11), δεν έχουν κινητές γρίλες όπως τα γερμανικά σκούρα, δεν αναδιπλώνονται όπως τα γαλλικά σκούρα και δε διαθέτουν δική τους κάσα. Τα χρώματα



Σχήμα 2.11 Λεπτομέρεια κλειστών εξωφύλλων (σκούρα) Α' ορόφου

συνήθως είναι απαλό γκρι, καφέ, μπλε λουλακιού και στην περίπτωση μας το πράσινο του κυπαρισσιού

Στους χρωματισμούς, η ώχρα στις επιφάνειες των τοίχων, σε αντίθεση με το λευκό των πλαισίων και κορνιζωμάτων, σε συνδυασμό με το πράσινο των κουφωμάτων και το μαύρο των κιγκλιδωμάτων, προσδίδει ενιαίο ύφος στο σύνολο, που τονίζεται και συμπληρώνεται με την επανάληψη των ανοιγμάτων, προσφέροντας τελικά αισθητικό αποτέλεσμα στις όψεις.

### Ταβάνια-οροφές

Όλες οι οροφές των χώρων του κτιρίου κοσμούνται με περίτεχνα ξύλινα τετράγωνα (Σχήμα 2.12, αριστερά) και ορθογώνια (Σχήμα 2.12, δεξιά) ζωγραφισμένα φαντώματα, βάθους 20cm. Κάθε δωμάτιο έχει διαφορετική παράσταση από λουλούδια και κλαδιά, ζωγραφισμένα με έντονα χρώματα. Οι οροφογραφίες στο σαλόνι και την τραπεζαρία υλοποιήθηκαν από τον Ρόκο Ξυδάκτυλο, ζωγράφο και «πιτόρο» (ελαιοχρωματιστή). Σε γωνιαίο φάντωμα του σαλονιού βρίσκουμε τη χειρόγραφη επιγραφή «*Ρόκος Ξυδάκτυλος / εχρωμάτισα τη σάλα και την τραπεζαρία / τον Μάρτιο του 1894 / που επρόκειτο να γίνει ο γάμος / της κυρίας Κάτες / με τον κο Τζέλη*».

Οι τοίχοι ήταν διακοσμημένοι με μπορντούρες γεωμετρικών σχεδίων και συμπλήρωναν αρμονικά σχεδιαστικά και χρωματιστά τις οροφογραφίες. Σήμερα, μετά τις εργασίες επισκευής του κτιρίου, δειγματοληπτικά υπάρχουν σημειακές αναφορές τους στους χώρους, που υλοποιήθηκαν από τον Παναγή Φαρακλό (Ζαχαρένιο).



Σχήμα 2.12 Αριστερά: Ταβάνι ορόφου Α, Δωμάτιο 2. Δεξιά: Ταβάνι κεντρικού διαδρόμου

Τα πατώματα του ισογείου καλύπτονται από μεγάλες ασπρόμαυρες μαρμάρινες πλάκες, σχηματίζοντας μοτίβο σκακιέρας, οι πλάκες έχουν τοποθετηθεί με στροφή υπό γωνία 45° και πλαισιώνονται από ψιλή λευκή μπορντούρα. Τα πατώματα του ορόφου είναι ξύλινα.

### **Εσωτερικά χωρίσματα (μοροφίντα)**

Τα εσωτερικά χωρίσματα, μοροφίντα, τα λεγόμενα και τραμέντζα (από το ιταλικό tramezzo), είχαν ξύλινο σκελετό από κάθετα καδρόνια, επενδυμένο και από τις δυο πλευρές με καρφωτούς σανιδένιους πήχεις, τις καδινέλλες (από το ιταλικό catanella). Παλαιότερα έκοβαν πήχεις ακανόνιστου σχήματος, τα λεγόμενα σκόρτσα, που ήταν εξωτερικά αποκόμματα από τους κορμούς που πριόνιζαν για να βγάλουν τις σανίδες και στο εσωτερικό είχαν γέμισμα από φύκια ή άχυρα.

Τα έπιπλα, όπως και σε κάθε καλό αστικό σπίτι, περιλάμβαναν χαρακτηριστικά κομμάτια επίπλωσης, όπως την ροτόντα, κονσόλες και τον απαραίτητο βενετσιάνικο καθρέπτη, καθώς και πορτραίτα των μελών της οικογένειας, σε περίτεχνα ξύλινα κάδρα με γύψινες διακοσμήσεις. Αρκετά από αυτά κοσμούν και σήμερα τόσο τον χώρο του ισογείου, όπου στεγάζεται η βιβλιοθήκη, όσο και του ορόφου, όπου στεγάζεται το Μουσείο.



### 2.4.5 Περιβάλλον Χώρος Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης

Το κτίριο εκτός από το διάδρομο που οδηγεί στα βοηθητικά κτίσματα, είναι πανταχόθεν ελεύθερο. Η δυτική όψη έχει μικρότερο ελεύθερο χώρο ενώ στο ανατολικό τμήμα του οικοπέδου εντοπίζεται η μεγαλοπρεπής κλίμακα που οδηγεί στην αυλή του κτιρίου (Σχήμα 2.13). Οι πέτρες στην αυλή είναι από την τοποθεσία Μασπάλι, κοντά στο χωριό Μαντζαβινάτα και των τοίχων από το χωριό Μεταξάτα (Σχήμα 2.16).



Σχήμα 2.13 Παλαιότερη φωτογραφική λήψη από την εξωτερική κλίμακα της ανατολικής μεγάλης αυλής (Μοσχόπουλος, 2003)

Το κτίριο της Ιακωβάτειου διέθετε εξωτερικά πορτόνια που βρίσκονταν στην «κούρτη», τον τοίχο που περιφράσει το κτίριο χωρίς να εφάπτεται σε αυτήν (Σχήμα 2.14), πέτρινοι



Σχήμα 2.14 Ανατολική όψη κούρτης και εξωτερικού μεταλλικού πορτονιού. Διακρίνεται ο πλακόστρωτος διάδρομος που οδηγεί στην ανατολική θύρα εισόδου

διάδρομοι οδηγούν στις δύο εισόδους του κτιρίου στην ανατολική και δυτική όψη του. (Σχήμα 2.15)



Σχήμα 2.16 Εξωτερικό πορτόνι στην κούρτη της δυτικής πλευράς.

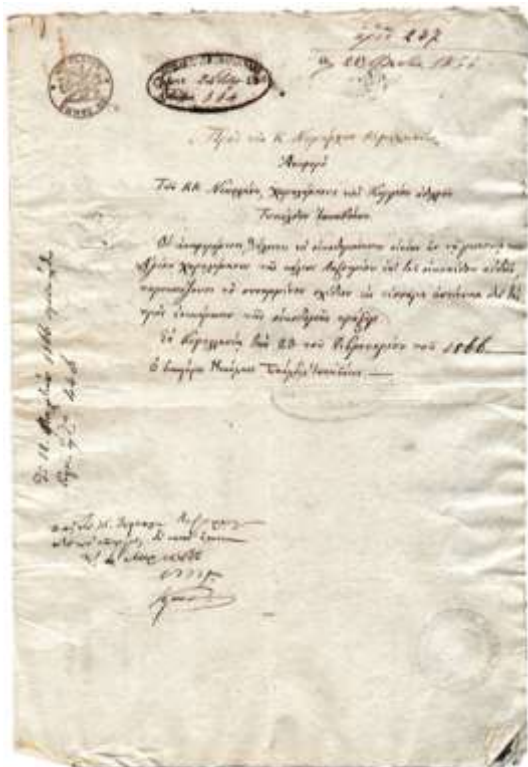


Σχήμα 2.15 Εναέρια άποψη Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης & προαύλιου χώρου (Πηγή: <https://kefalonianmantata.gr/wp-content/uploads/2016/03/iakovateios-vivliothiki-likouriou-1.jpg>)



## 2.4.6 Οικοδομική Άδεια-Εγκρίσεις

Στο αρχείο της οικογένειας βρέθηκε σειρά σχεδίων του κτιρίου της βιβλιοθήκης, με τις απαιτούμενες για την εποχή εγκρίσεις (Σχήμα 2.16).



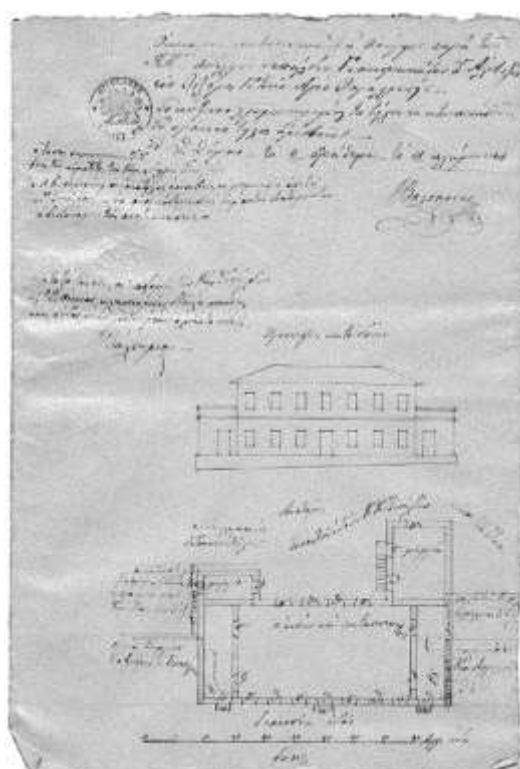
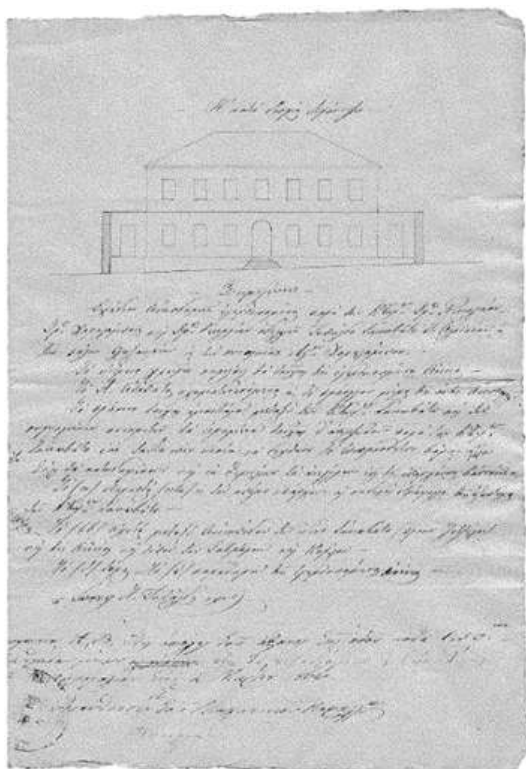
Σχήμα 2.17 Αναφορά των αδελφών Τυπάλδων προς το Νομάρχη Κεφαλληνίας (23.2.1866) στον οποίο καταθέτουν σχέδια προς έγκριση οικοδομής σε τέσσερα αντίγραφα.

Η πρώτη αναφορά των αδελφών Νικολάου, Χαραλάμπους και Γεωργίου Τυπάλδων Ιακωβάτων προς τον Νομάρχη γίνεται στις 23 Φεβρουαρίου του 1866. Με την αναφορά αυτή οι Ιακωβάτοι καταθέτουν για επικύρωση σχέδιο σε τέσσερα αντίγραφα “θέλοντες να οικοδομήσωσιν οικίαν εν τη γειτονία του Αγίου Χαραλάμπους της πόλεως Ληξουρίου επι του οικοπέδου αυτών». να οικοδομήσωσιν οικίαν εν τη γειτονία του Αγίου Χαραλάμπους της πόλεως Ληξουρίου επι του οικοπέδου αυτών” (Σχήμα 2.17, αριστερά).

Το αντίστοιχο σχέδιο της οικοδομής περιλαμβάνει κάτοψη και δυτική πρόσοψη του κεντρικού μόνο κτιρίου, με τις απαιτούμενες επεξηγηματικές σημειώσεις, υπογράφεται από τον Ιωσήφ Τυπάλδου, έχει τον αριθμό 237, θεωρείται 2 Μαρτίου 1866 από τη Διεύθυνση του Μηχανικού Κεφαλληνίας και 7 Μαρτίου 1866 θεωρείται και αντιστρέφεται για τα περαιτέρω από το Εγχώριο Σύμβουλο Ξυδιά. Η κλίμακα είναι σε Ιονικούς πόδες (Σχήμα 2.17, δεξιά). (Άλλα σχέδια που συμπεριλαμβάνονται στο αρχείο της οικογένειας είναι σε κλίμακα με ενετικούς πόδες, με αγγλικούς πόδες καθώς και με γαλλικά μέτρα). Το κτίριο αυτό ανταποκρίνεται σχεδιαστικά στο υπάρχον σήμερα κεντρικό κτίσμα με μικρές διαφορές, σημαντικότερη των οποίων είναι η τοξωτή είσοδος του κτιρίου στην προς δύση πρόσοψη, που βλέπει σε μικρών διαστάσεων και λίγων βαθμίδων σκάλα πρόσβασης από τον δημόσιο δρόμο. Σημαντικές όμως είναι οι διαφορές

που σημειώνουν οι διαστάσεις του οικοπέδου, κυρίως στη δυτική και νότια πλευρά του. Στο χώρο που σημειώνεται ο προς τη δύση δημόσιος δρόμος σήμερα βρίσκεται ο κήπος, από τον οποίο γίνεται η είσοδος στο κτίριο. Πιθανώς προέκυψε μεταγενέστερη της αδείας επέκταση του οικοπέδου, δεδομένου ότι και στον χώρο των όμορων ιδιοκτησιών, προς τα νοτιοδυτικά, κατασκευάσθηκε αργότερα το βοηθητικό κτίσμα, που καταλαμβάνει τη φερόμενη στο σχέδιο ως ιδιοκτησία Αγγελικής Λούζη. (Σε λογαριασμούς της οικογένειας, που παραθέτουμε, γίνεται αναφορά στα κοστολόγια κατασκευής του με ημερομηνία 1882).

Άλλωστε, βρέθηκαν, επίσης, και σχέδια διαμόρφωσης για τις αυλές του κτιρίου, χωρίς όμως ημερομηνία. Σε αυτά, στη δυτική αυλή, σχεδιάζονται η σκάλα πρόσβασης, οι θέσεις για τα άνθη, τα δενδρύλλια και οι πέργολες, με κλίμακα χωρίς αναφορά του χρησιμοποιημένου μέτρου. Στην άλλη αυλή, την ανατολική, σημειώνονται οι θέσεις για τα άνθη, (οι αλτάνες), οι στήλες και τα στρατόνια, σε κλίμακα με πόδες ενετικούς. Πιστεύουμε ότι οι τελικές διαστάσεις του οικοπέδου και υπάρχουσες σήμερα οριστικοποιήθηκαν με το νέο πολεοδομικό σχέδιο Ληξουρίου, που προέκυψε μετά τους σεισμούς του 1953.



Σχήμα 2.18 Θεωρημένα σχέδια οικοδομής, 2 Μαρτίου 1866 (αριστερά) και σχέδιο οικοδομής (δεξιά) (Αρχείο Τυπάλδων Ιακωβάτων)

Αξίζει να σημειώσουμε την ύπαρξη στο αρχείο της οικογένειας και άλλου παρόμοιου σχεδίου οικοδομής, ιδιοκτησίας *“των αδελφών Τιτάλδου Γιακομακάτου ποτέ Αλιβίζο, εις Λιξούρι, γειτονίαν Αγίου Χαλαραμπίου”*, δυστυχώς χωρίς ημερομηνία και χωρίς θεωρήσεις από τα αρμόδια γραφεία της εποχής. Το σχέδιο τούτο, υπογεγραμμένο από τον Βάλαμο και με κλίμακα σε αγγλικούς πόδες, έχει παρόμοια πρόσοψη προς δύση, αλλά αρκετές διαφορές στην κάτοψη, όπου στην προς ανατολή πλευρά φέρει σε προέκταση και σε συνέχεια των πλευρών του κτίσματος μαγειρεία, κατά τις συνήθειες της εποχής. Μερικές όμορες ιδιοκτησίες ταυτίζονται με το προηγούμενο σχέδιο, καθώς και μέρος των παρατηρήσεων.

Την 29 Απριλίου 1871 συντάσσεται τοπογραφικό διάγραμμα *“των ανεγερθησομένων οικοδομών παρά των αδελφών Ιακωβάτων εν τη πόλει Ληξουρίου”*, σε κλίμακα 1/200, με γαλλικά μέτρα. Το νέο αυτό σχέδιο υπογράφεται από τον Μηχανικό Κεφαλληνίας Κανελλόπουλο και θεωρείται από τον ίδιο την 29 Απριλίου 1871. Στο υπόμνημα αναγράφονται επεξηγήσεις των χρωμάτων και γραμμάτων του σχεδίου, που διακρίνουν τις οικοδομές και τα οικόπεδα των αδελφών Ιακωβάτων, τους περίξ αυτών ευρισκόμενους δημόσιους δρόμους, τις νέες οικοδομικές γραμμές, τα καταληφθέντα τμήματα των δρόμων από τους αδελφούς Ιακωβάτου καθώς και τα καταληφθέντα τμήματα της ιδιοκτησίας των αδελφών Ιακωβάτων, για την δια πλάτυνση και κατασκευή δημοτικών δρόμων.

Σχέδιο άλλης οικοδομής, θεωρημένα στο Αργοστόλι, 20 Μαΐου 1872 (διάγραμμα κάλυψης, κάτοψη και πρόσοψη), φέρονται σαν *“σχέδιον οικοδομής των αδελφών Ιακωβάτων εν Ληξουρίω”*, σε κλίμακα 1/100, σε γαλλικά μέτρα. Τα σχέδια αυτά ωστόσο δεν πρέπει να έχουν σχέση με το κτίριο της Βιβλιοθήκης δεδομένης της εντελώς διαφορετικής ανάπτυξης της κάτοψης και πρόσοψης. Δεν αναφέρονται επίσης όμορα οικόπεδα ή άλλα στοιχεία, ώστε να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα για τον χώρο που προορίζονταν να υλοποιηθούν και γενικά για την τύχη αυτών των σχεδίων.

Ένα έγγραφο ακόμη άδειας οικοδομής, με ημερομηνία 22 Απριλίου 1872, χορηγείται στον Νικόλαο Ιακωβάτο, για οικόπεδό του στην συνοικία Αγίου Χαλαράμπους Ληξουρίου, σύμφωνα με παρουσιασθέν διάγραμμα και την επί τούτου ληφθείσα οικοδομική γραμμή. Η έλλειψη όμως συνοδευτικών σχεδίων σ' αυτό το έγγραφο στερεί τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων για τη σχέση του με το κτίριο της Βιβλιοθήκης. Δεν θεωρείται όμως απίθανο να είναι η άδεια οικοδομής για τα παραπάνω σχέδια των Ιακωβάτων, δεδομένου ότι φέρουν σχετική ημερομηνία.

Τέλος με έγγραφο, με αριθμ. Πρωτ. 321/22 Απριλίου 1884, υπογεγραμμένο από τον Δήμαρχο Ληξουρίου Χαριτάτο, χορηγείται μετά από αίτηση του, στο δημότη Χαράλαμπο

Τυπάλδο Ιακωβάτο του Αλοΐσιου, άδεια οικοδομής, σε οικόπεδο κείμενο στη συνοικία Αγίου Χαραλάμπους, εκτός εγκεκριμένου διαγράμματος της πόλεως, σύμφωνα με τις επί τόπου δοθείσες γραμμές από τον ίδιο τον Δήμαρχο και τον επαρχιακό μηχανικό Πάλης, εργοδηγό Σ. Πεταλά.

#### 2.4.7 Αρχειακό Υλικό Κατασκευής

Στο αρχείο της οικογένειας είχαν εντοπιστεί επίσης αρκετές σημειώσεις και ενδιαφέροντες λογαριασμοί, που έχουν σχέση με την οικοδομή, παρατίθενται ενδεικτικά δείγματα. Από τα σημειώματα αυτά αντλούνται χρήσιμες πληροφορίες για τα υλικά και τα κοστολόγιά τους, καθώς και για τις επισυναπτόμενες συμφωνίες με τους μαστόρους. Παραθέτουμε μερικά αποσπάσματα ώστε να δοθεί μια παραστατική εικόνα των τεχνικών λεπτομερειών της συγκεκριμένης οικοδομής. Μέσω της μελέτης των στοιχείων αυτών είναι ξεκάθαρη και η σύγχυση που επικρατούσε την περίοδο αυτή στα Επτάνησα, στην χρήση μέτρων σταθμών και νομισμάτων, ως αποτέλεσμα της μακρόχρονης και ποικίλης ξενοκρατίας. Τα αποσπάσματα προέρχονται από το βιβλίο “Η Ιακωβάτειος Βιβλιοθήκη Ληξουρίου” (Μοσχόπουλος, 2003)

#### Διαστάσεις

Σχέδιον	Πόδες ιονικοί
Ολικόν μήκος εδάφους	84
Μήκος οικίας μετά των τοίχων	64
Τόπος σκαλών πλαγίων, ανά 10 εκάστης	20 - 84
Ολικόν ύψος οικίας	24
Υψος σκάρπας μεσημβρινής	2
Υψος σκάρπας αρκτικής	5
Υψος σκάρπας της μεσιανής πύλης	3
Υψος πρώτου πατώματος	12
Υψος δεύτερου πατώματος	12
Πλάτος πύλης πλάγιας	6 ½
Πλάτος πύλης μεσινής	5 1/3
Υψος παραθύρων, ανά	5
Πλάτος παραθύρων, ανά	3
Υψος θύρας ή πύλης, ανά	8
Πλάτος	
Πλάτος οικίας, μετά τοίχων	35 1/3

Πλάτος οικίας βάθος	3 1/3
Πλάτος έκαστης κάμαρας γαρμπινής	15
Μήκος της κάμαρας μεσημβρινής	19
Μήκος σαλονιού	22 ½
Μήκος κάμαρας μαΐστρου	19 ½

Στο αρχείο συμπεριλαμβάνονται επίσης και άλλοι δύο κατάλογοι με οικοδομικές διαστάσεις (ύψη δαπέδων, παραθύρων, πορτονιών) πόδες αγγλικούς και σε “μέτρα βενέτικα”, με ελάχιστες παραλλαγές των διαστάσεων που αναφέρονται παραπάνω και ή με “διορθώσεις”.

### **Παραγγελίες που αφορούν υλικά**

**Πωριά:** 200 δια πορτοπαράθυρα και θόλους πορτονιών

Πωριά μήκους ουγγιών...26, και ύψος το ελάχιστον ουγγιών 11 και χόντρου το ελάχιστον ουγγιών 9 41 ανώφλια, μήκους ουγγιών 50, πλάτους ουγγιών 12 και χόντρου ουγγιών 8, προς μισό δίστηλο το ένα. Να ερωτήσωμεν τον μάστορα εάν από τα πωριά που μας έφεραν οι Δρακέοι έβγαιναν εις το μέτρον τα ανωτέρω πωριά των πορτοπαραθύρων, θυρών, πορτονιών, φάσες, κορνιζώνια και ανωφλίων, όσο λείπουν κατά τις διαστάσεις, να τα διορίσωμεν να τα εβγάλουν. Να φροντίσωμεν δι’ ασβέστην και άμμον.

**1878, 1 Ιουλίου,** Πετροκόποι αδιλινάδες Ηλίας Πεφάνης του Νικολάου και Μαρής Γληγοράτος του Νικολάου, πέτρες πόδια 170, μήκους επτά ποδών καθαρών ισοκέφαλαις πλάτους δώδεκα ουγκιών, χόντρου επτά ουγκιών προς μία δραχμήν και ημίσειαν παλαιάν το πόδι, επί του μώλου του Τσάκη.

**3 Ιουλίου, Δευτέρα,** Πετροκόποι: Ηλίας Πεφάνης και Κωνσταντίνος Διακάτος ποτέ Χαραλάμπους. Σήμερα ο Νικολέττος και εγώ εσυμφωνήσαμε με τους μαστόρους κατά τους παραπάνω όρους και με προθεσμίαν να παραδώσουν 25 κομμάτια έκαστον επτά ποδών καθαρού μήκους επί του μώλου του Τελωνίου εντός 25 ημερών του Ιουλίου και εγώ τους έδωκα προθεσμίαν έως όλον τον Ιούλιον» (παρατίθεται και σκίτσο).

## ΣΧΟΛΙΑ – ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΤΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

### α. Για το νόμισμα

Πριν από την Ένωση το επίσημο νόμισμα της Επτανήσου ήταν το σελίνι, με τις υποδιαίρέσεις του. Κατά την περίοδο της βρετανικής επικυριαρχίας, νομισματική μονάδα των Επτανήσων ήταν η στερλίνα, στο νόμισμα αυτό καταβάλλονταν οι κρατικές προμήθειες, οι μισθοί και οι δημόσιες υποχρεώσεις. Παράλληλα κυκλοφορούσαν νόμιμα τα δίστηλα, τα ισπανικά ή μεξικάνικα τάλιρα, τα οποία χρησιμοποιούσαν σε όλες τις ιδιωτικές συναλλαγές. Την ίδια εποχή τα τραπεζογραμμάτια της Ιονικής Τράπεζας εκδίδονται σε δολάρια κολονάτα, (ασημένιο ταλιρο = κολονάτο ή δίστηλο), σε ισοτιμία με το τάλιρο Μαρίας Θηρεσίας. Η κυκλοφορία του διατηρήθηκε για πολύ μετά την Ένωση και καθορίστηκε, ώστε το ένα εγχώριο αργυρό νόμισμα να έχει σταθερή τιμή 6 δραχμές, ισοτιμία και καθορίστηκε με την Ένωση, όταν η δραχμή διατηρούσε την ισοτιμία της προς το χρυσό φράγκο. Ωστόσο διατηρήθηκε η ίδια και αργότερα, όταν η δραχμή έχασε την παραπάνω ισοτιμία της, με αρνητικές φυσικές επιπτώσεις για την μέχρι τότε ανθηρή οικονομία των Επτανήσων.

Λοιπές ισοτιμίες και αντιστοιχίες: 2 δίστηλα ή παλιάτσα = 16 βενέτικες λίρες. Η χιλιάδα έκανε 42 δίστηλα (δηλαδή = χίλιες βενετικές λίρες). Το 1/100 του δίστηλου ισοδυναμεί με 1 όβολο. Η πένα αντιστοιχεί σε 11 λεπτά και το τρίπενο σε 35 λεπτά, (η πιο εύχρηστη υποδιαίρεση στις συναλλαγές). Το ένα γρόσι = 70 λεπτά.

### β. Για τα μέτρα

Μετά την Ένωση επικρατούσε σύγχυση και στα μέτρα καθώς, χρησιμοποιήθηκαν από κοινού τα ιονικά μέτρα (ίσα με τα αντίστοιχα της Αγγλίας), εκ παραλλήλου με τα βενετσιάνικα.

Με την από 24 Μαΐου 1828 πράξη της Γερουσίας καθορίστηκαν τα μέτρα και τα σταθμά στην Επτανήσο και όριζαν ως μέτρο μήκους την ιονική υαρδή (ίση με της Αγγλίας), με αντιστοιχίες: 1 ιονική γιάρδα (= 3 πόδες) = 0,91438 γαλλ. μέτρα = 3 αγγλικοί πόδες = 1.3667 πήχεις εμπορικούς.

Το 1844 επισημαίνονται: η ενετική τετραγωνική ουγκιά = 1 και 15/49 ιονικής τετραγωνικής ουγκιάς. Ο ενετικός τετραγωνικός πους (πόδι) = ιονικό τετραγωνικό πόδι = 44 και 4/19 ουγκιές τετραγωνικές. Ο ιονικός τετραγωνικός πους προς 110 και ¼ ενετικές ουγκιές. Το 1857 και 1865 η ενετική οργιά λογίζεται προς ιονικές γιάρδες 3 και 5/8 ο δε ενετικός πόδας προς ιονικό πόδα 1, ουγκιές 1 και ¾.

Σε αντιστοιχίες έχουμε: 1 βενετικός πόδας = 0,347 γαλλικά μέτρα.

1 πους (= 12 δάκτυλοι) = 0,30479 γαλλ. μέτρα = 1 πόδας αγγλ. = 0,4063 τεκτονικά.

### **γ. Για τα σταθμά**

Λίτρες ή οκάδες: 1 λίτρα = 16 ουγκιές ή 477 γραμμάρια, (η βαριά ενετική).

1 λίτρα = 12 ουγκιές ή 318 γραμμάρια, (η ελαφριά αγγλική).

1 οκά = 1.282 γραμμάρια.

Καταργήθηκαν το 1950, οπότε καθιερώθηκε το κιλό.

### **ΓΛΩΣΣΑΡΙ**

Καδινέλλες:(από το ιταλικό *catanella*) σανιδένιες πήχεις, με τις οποίες συνήθιζαν να επενδύουν τον ξύλινο σκελετό στα μοροφίντα, τα εσωτερικά χωρίσματα των οικιών.

Κιάβαις: κλειδιά.

Μουγδόνια: λιθάρια πέτρες.

Πωρί: πωρόλιθος.

Πιλάστρο: κολώνα.

Σογάντζα: προεξέχων διακοσμητικό διάζωμα κτιρίου.

Σταλίτζο: πλακόστρωτο, που υπήρχε μπροστά ή από πίσω, στις εξώπορτες των σπιτιών.

Τραμέντζο: (από το ιταλικό *tramezzo*), εσωτερικό χώρισμα, μοροφίντο.

## Κεφάλαιο 3

### ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ – ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ-ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ

#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα δομήματα από φέρουσα τοιχοποιία, όπως είναι λογικό, παρατηρείται ταύτιση των αρχιτεκτονικών αποτυπώσεων και αποτύπωσης φέρον οργανισμού. Οι εξωτερικοί τοίχοι και πολλές φορές και οι εσωτερικοί που δίνουν την αρχιτεκτονική μορφή, αποτελούν τα φέροντα στοιχεία του δομήματος.

Η αναλυτική αρχιτεκτονική αποτύπωση σε συνδυασμό με τη προαναφερόμενη γνώση της εποχής ενδιαφέρει εξίσου τον αρχιτέκτονα και τον πολιτικό μηχανικό (δομοστατικό). Οι λεπτομέρειες διαμόρφωσης και η ακριβής γεωμετρική αποτύπωση της φέρουσας τοιχοποιίας επιτρέπουν την κατανόηση της δομικής λειτουργίας του κτιρίου. Στην περίπτωση κηρυγμένου μνημείου ή διατηρητέου κτιρίου, οι περιορισμοί στην κατανόηση του δομήματος είναι ακόμα μεγαλύτεροι ειδικότερα όταν αυτό φέρει διακοσμητικά στοιχεία.

Το σχήμα και η μέθοδος κατασκευής του κτιρίου, σε συνδυασμό και με τις προηγούμενες εργασίες επισκευής και ενίσχυσης του κτιρίου το 1975--1983, οι οποίες παρουσιάζονται εν συντομία στην **παράγραφο 3.3** του παρόντος κεφαλαίου, οδήγησαν στην εμφάνιση τυπικών βλαβών και ευρύτερης παθολογίας του κτιρίου. Γίνεται αντιληπτό ότι ακόμη και οι πλημμελείς επεμβάσεις του 1975 συνέβαλαν στην ανθεκτικότητα και επιβίωση του κτιρίου. Λαμβάνοντας υπόψη και το αυξημένο μέγεθος των δύο σεισμών της Κεφαλονιάς το 2014 και την υψηλότερη καταγεγραμμένη εδαφική επιτάχυνση, η εκδηλωμένη παθολογία κρίνεται ως λογική και αναμενόμενη. Η επιμελής ποιοτική αρχική κατασκευή και οι επεμβάσεις έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην επιβίωση του κτιρίου.



### 3.2 ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου αποτελείται από φέρουσα τοιχοποιία, συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους εργαστηριακούς χημικούς ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν από εξωτερικό εργαστήριο (ACL Ανδρέου Κ. ΙΚΕ, 2021), το βασικό δομικό υλικό της τοιχοποιίας είναι ο ασβεστόλιθος ο οποίος δομείται με κονίαμα υδραυλικής ασβέστου με μαρμαροκονία αντί για άμμο.

Το κτίριο είναι ορθογώνιο σε κάτοψη, και οι εξωτερικές του διαστάσεις 11.10m x 19.10m. Οι μεγάλες πλευρές του κτιρίου και στους δύο ορόφους, φέρουν επτά ανοίγματα, έξι παράθυρα και μία θύρα. Ενώ οι μικρές πλευρές φέρουν τέσσερα ανοίγματα παραθύρων. Σημειώνεται ότι στη βόρεια πλευρά του κτιρίου υπήρχαν θύρες, οι οποίες σε προηγούμενες επεμβάσεις μετατράπηκαν σε παράθυρα. Ενώ στην νότια πλευρά στο ισόγειο δημιουργήθηκε θύρα, σε προηγούμενες επεμβάσεις που εξυπηρετεί τις ανάγκες της λειτουργικής ενοποίησης της μετέπειτα, προσθήκης κατ' επέκταση, δηλαδή του βοηθητικού παράσπιτου, το οποίο δεν αποτελεί αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας και αγνοείται. Η συνολική γεωμετρία των φερόντων στοιχείων, καθώς και η διάταξη των ανοιγμάτων είναι απολύτως συμμετρική και ως προς τους δύο άξονες του κτιρίου.

Το δάπεδο του ισογείου είναι από λίθινες πλάκες. Η οροφή ισογείου αποτελείται από ξύλινο δάπεδο διαμορφωμένο από εσχάρα ξύλινων δοκών με διαστάσεις διατομής 120mm x 220mm διαστάσεων. Η απόσταση μεταξύ των δοκών είναι περίπου 45cm μετρούμενη στον άξονα των διατομών. Η διάταξη αυτή βοηθάει στην αύξηση της φέρουσας ικανότητας του πατώματος, στην ελαχιστοποίηση του βέλους κάμψης και τον περιορισμό της κατακόρυφης ιδιοσυχνότητας η οποία σύμφωνα με τον EC5, θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 8Hz (§7.3.3 EC1995 -1-1:2009). Ο έλεγχος της ιδιοσυχνότητας γίνεται στα πλαίσια λειτουργικότητας της κατασκευής. Το δάπεδο επιστρώνεται με σανίδες – τάβλες πάχους 3cm. Οι ξύλινες δοκοί είναι επενδυμένες με διακοσμητικά στοιχεία, τα οποία είναι αδύνατο να καθαιρεθούν προκειμένου να γίνει καλλίτερη διερεύνηση, της διάταξης των ξύλινων δοκών, του τρόπου σύνδεσης μεταξύ τους.

Η οροφή του ορόφου έχει ξύλινη ψευδοροφή ίδιας δομικής μορφής με την οροφή του ισογείου και αντίστοιχης διακόσμησης. Το κτίριο στεγάζεται με τετράρριχτη στέγη, από ξύλινα ζευκτά. Η ξύλινη ψευδοροφή έχει τα ίδια μορφολογικά χαρακτηριστικά με την οροφή του ισογείου και είναι ανεξάρτητη από την στέγη. Δηλαδή ο φέρων οργανισμός της στέγης, ζευκτά, ορθοστάτες, ελκυστήρες δεν έχουν δομική ενότητα με την ψευδοροφή η οποία είναι κατασκευασμένη πιο χαμηλά.

Η στέγη αποτελείται από ζευκτά, τα οποία έχουν δύο ελκυστήρες, ορθοστάτη και αντηρίδα. Ο ένας ελκυστήρας είναι τοποθετημένος στην μέση του ύψους του τριγώνου

που σχηματίζουν τα ζευκτά, και διαμορφώνουν στήριξη μορφής Α. Τα ζευκτά μεταξύ τους, δεν συνδέονται ούτε με δοκό στον κορφιά, ούτε με τεγίδες. Η σύνδεση τους επιτυγχάνεται μέσω των σανίδων του πετσώματος. Οι διατομές είναι από ολόσωμη ξυλεία, με εξαίρεση τις αντηρίδες που η ξυλεία είναι συγκολλητή. Ο μεγάλος κάτω ελκυστήρας, αποτελείται από δύο μέλη. Οι συνδέσεις της στέγης είναι καρφωτές. Τέλος, τα ζευκτά εδράζονται σε ξύλινο στρωτήρα, ο οποίος είναι ενθυλακωμένος στο περιμετρικό σενάζ από οπλισμένο σκυρόδεμα.

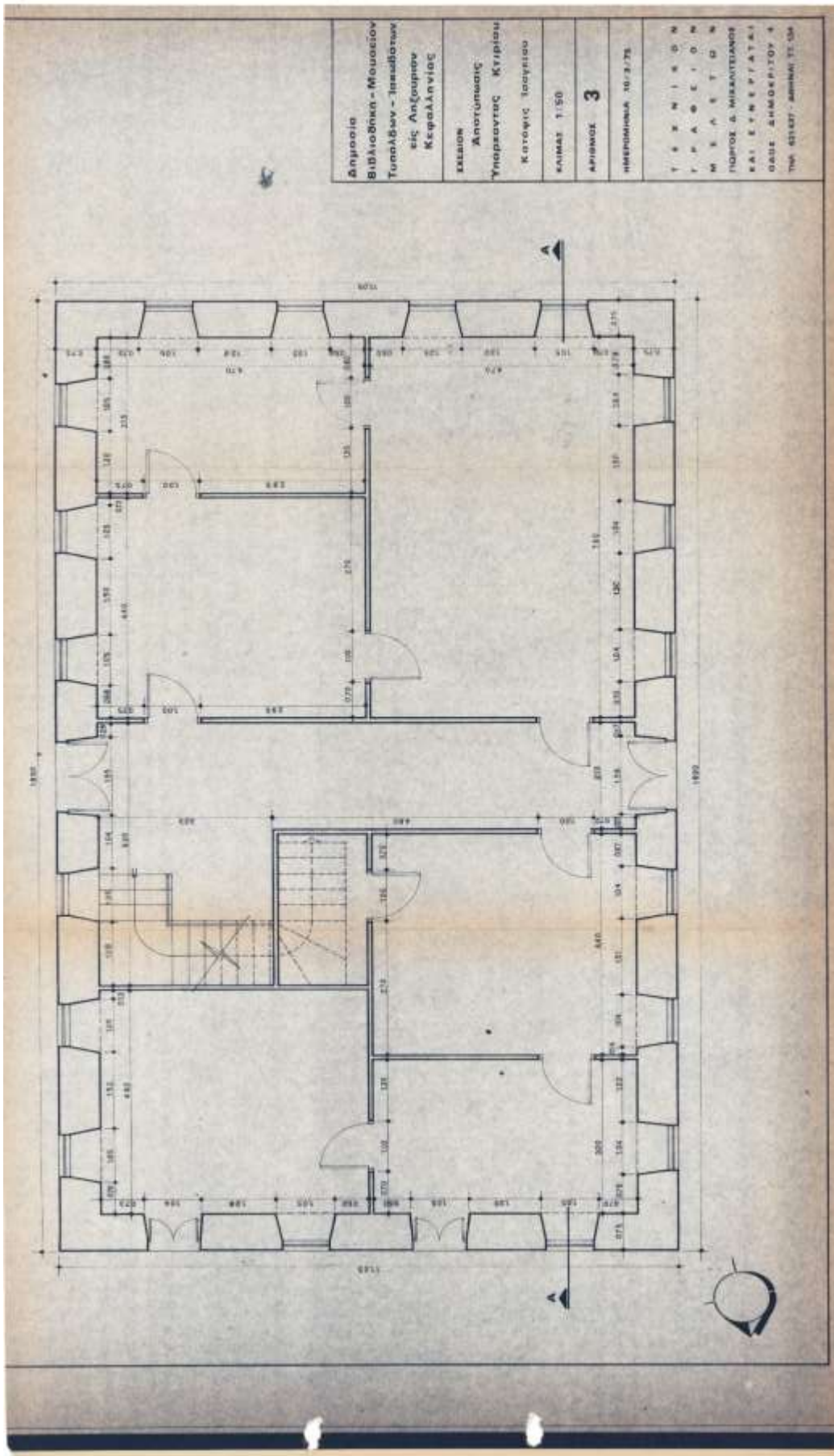
### **Λεπτομέρειες φέρουσας τοιχοποιίας**

Το κτίριο αποτελείται από τρίστρωτη φέρουσα τοιχοποιία, πάχους 75cm στο ισόγειο και 65cm στον όροφο. Οι εξωτερικές στρώσεις της τοιχοποιίας είναι από αργολιθοδομή και είναι εμφανής στα σημεία, που έχει αποκολληθεί το επίχρισμα. Η εσωτερική στρώση αποτελείται από τεμάχια λίθων πιθανόν με ανάμειξη κονιάματος (συνηθίζεται να έχει την ίδια σύνθεση με το κονίαμα δομήσεως), τα οποία διαστρώνονται σε φάσεις καθ' ύψος, χωρίς κάποιο είδος συμπύκνωσης. Ενώ δεν μπορεί να διαπιστωθεί η σύνδεση της εσωτερικής στρώσης με την εξωτερική με διάτονα λιθοσώματα. Προφανώς η ενδιάμεση στρώση αντιστοιχεί συνήθως σε σχετικώς χαλαρό υλικό με πολλά κενά και φυσικά πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά. Δεν υπάρχουν περισσότερες πληροφορίες για την ποιότητα του υλικού. Δυστυχώς στο πλαίσιο της διπλωματικής δεν υπήρχε η δυνατότητα επιπλέον διερεύνησης.

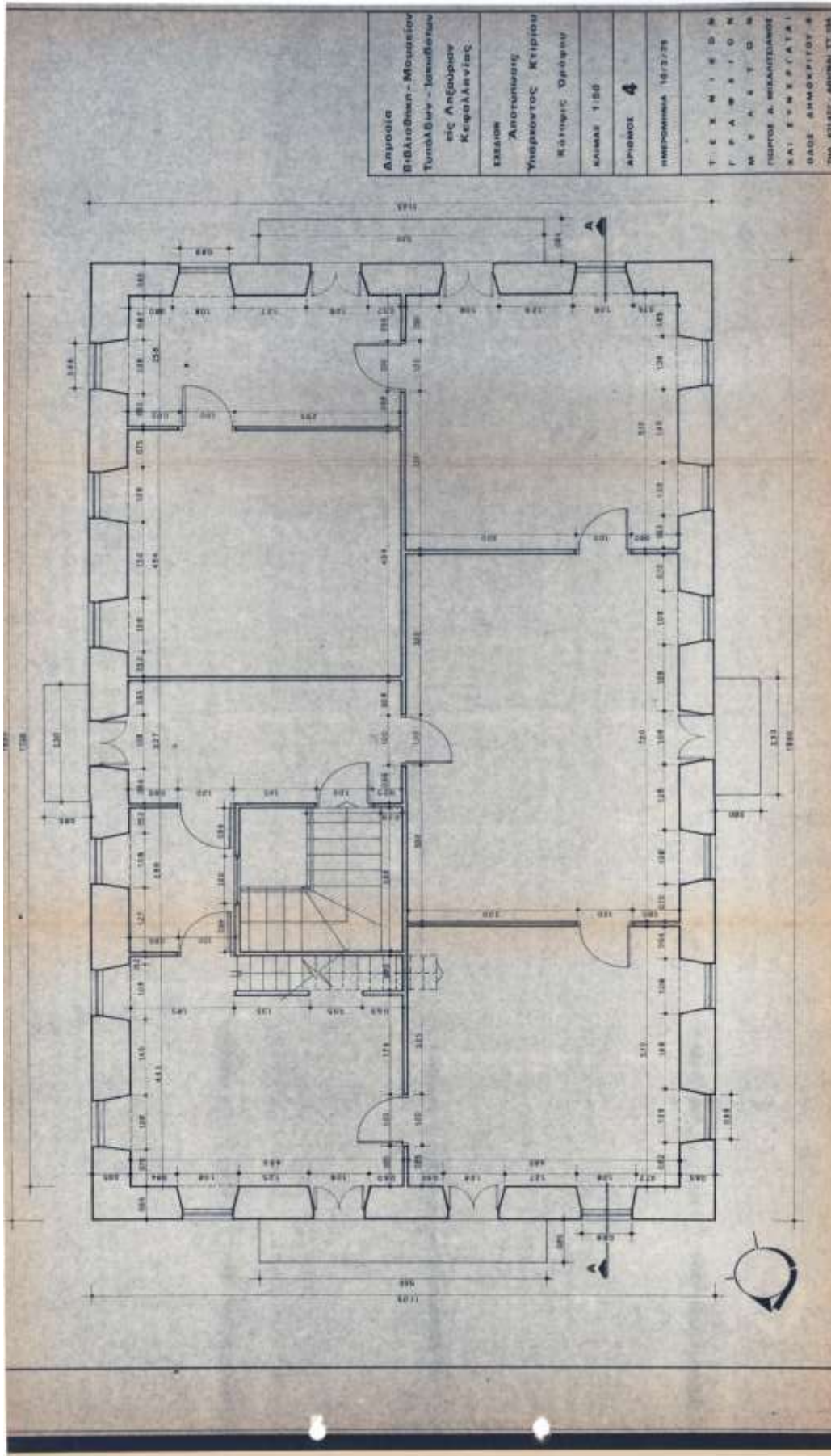
Στις γωνίες του κτιρίου υπάρχουν γωνιόλιθοι (αγκωνάρια) διαστάσεων 57-60 cm σε μήκος, 28-30 cm σε πλάτος και 30 cm σε ύψος. Οι γωνιόλιθοι αποτελούνται από φυσικούς λίθους (μάρμαρο), χωρίς κονίαμα και καταλαμβάνουν την εξωτερική στρώση της τοιχοποιίας. Στις εσωτερικές γωνίες του, όπου το επίχρισμα έχει αποκολληθεί, φαίνεται ότι έχουν χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερες πέτρες με λιγότερο κατά όγκο κονίαμα.

Στα ανοίγματα (πόρτες και παράθυρα) τα ανώφλια τους είναι τοξωτά, με περίπου ίδια ακτίνα ~70 cm. Στα παράθυρα η εξωτερική όψη φαίνεται ορθογώνια γιατί στο ανώφλι του παραθύρου η εξωτερική στρώση της τοιχοποιίας αναρτάται και διαμορφώνει την ορθογώνια κάσα του παραθύρου. Η διάταξη αυτή οδηγεί στη διαμόρφωση διπλού ανωφλιού. Η ποδιά των παραθύρων θεωρείται λόγω του μικρότερου πάχους 35 cm ότι διαμορφώνεται, με μια ή δύο στρώσεις αργολιθοδομής.

Ακολουθούν αρχιτεκτονικές κατόψεις (Σχήμα 3.1 & 3.2) και τομή του φορέα (Σχήμα 3.3), που ταυτίζονται με το φέροντα οργανισμό του κτιρίου πριν τις επεμβάσεις που είχε προτείνει η μελέτη του Τεχνικού Γραφείου Γ. Μιχαλιτσιάνου & Συνεργάτες το 1975.

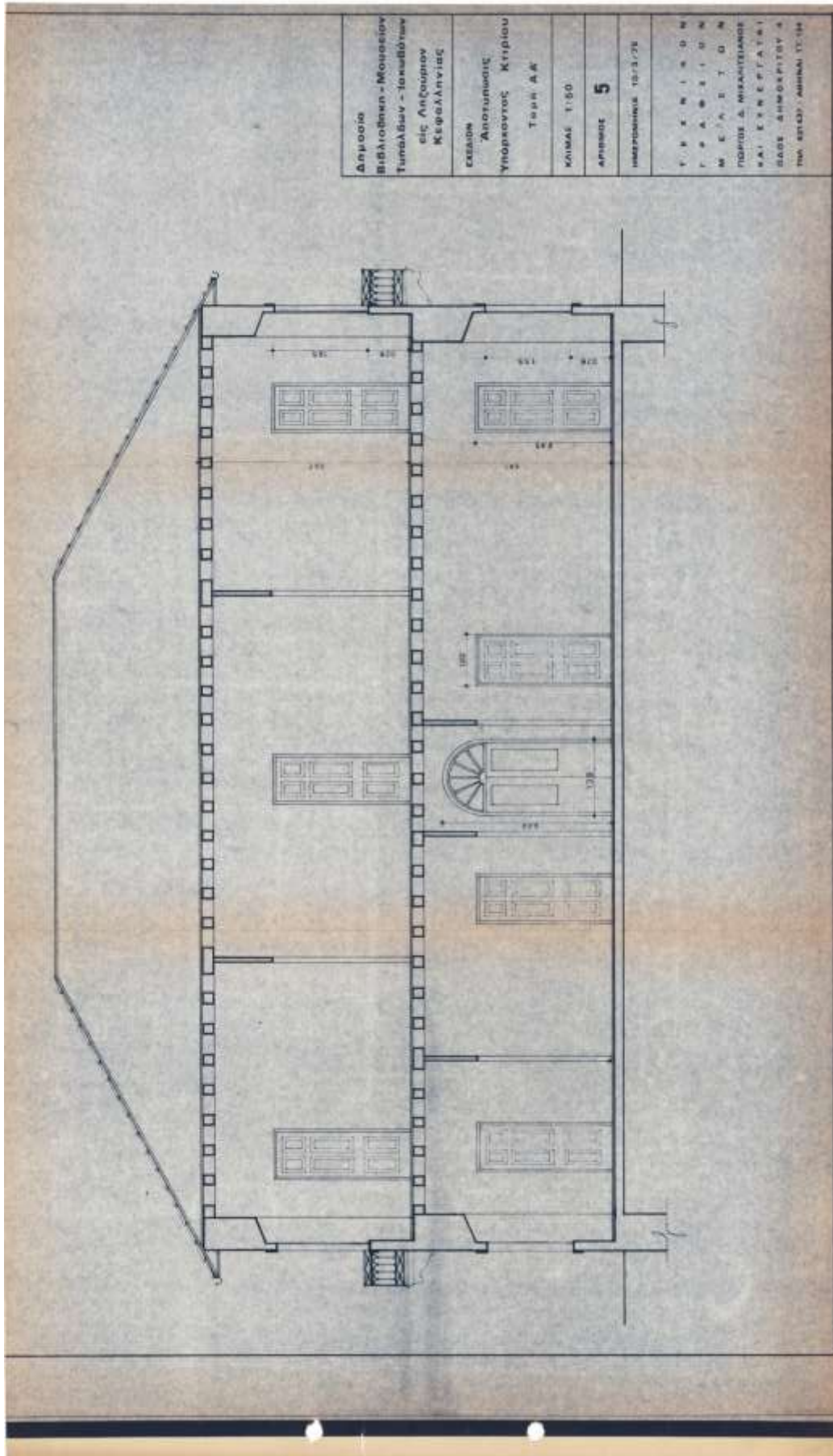


Σχήμα 3.1 Αποτύπωση Κάτοψης Ισογείου (Δ.Μιχαλιτσιάνος & Συνεργάτες, 1975)



Σχήμα 3.2 Αποτύπωση Κάτοψης Ορόφου (Δ.Μιχαλιτσιάνος & Συνεργάτες, 1975)

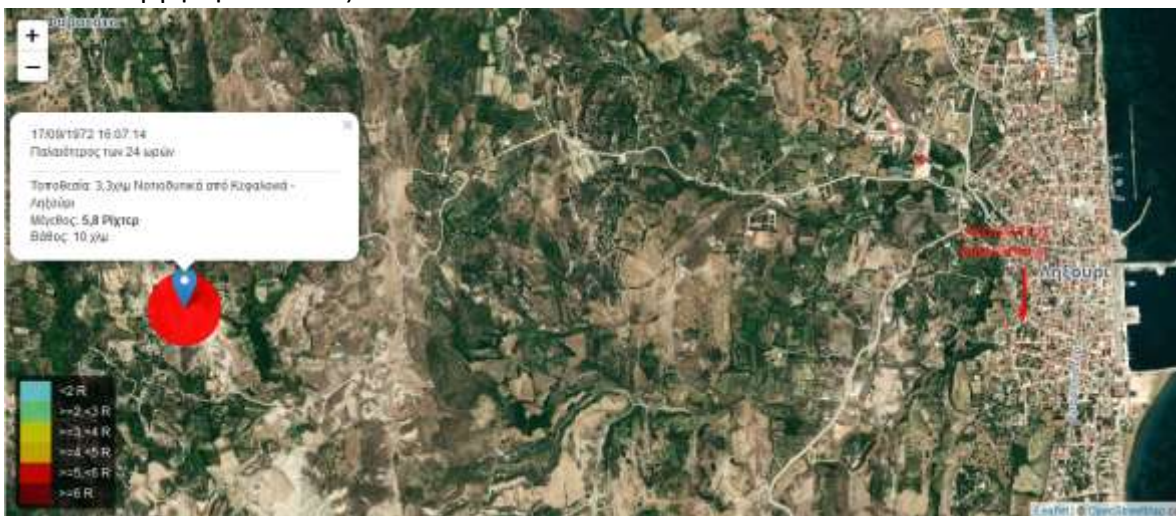




Σχήμα 3.3 Τομή Α-Α (Δ.Μιχαλιτσίανος & Συνεργάτες, 1975)

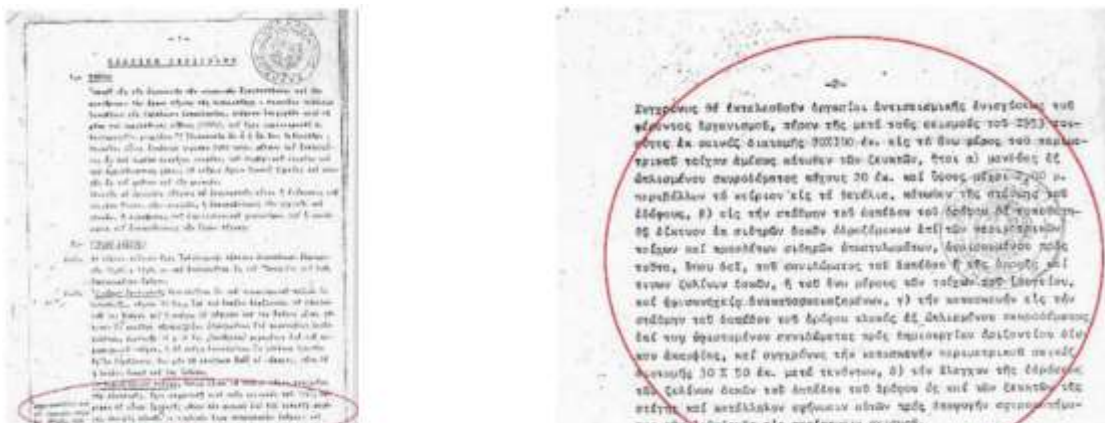
### 3.3 ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

Το κτίριο, δεδομένης και της μακρόχρονης ιστορίας του, έχει παρουσιάσει βλάβες εξαιτίας σεισμικών συμβάντων και είναι σίγουρο ότι είχε πληγωθεί στο μεγάλο σεισμό του 1953, όπως σχεδόν όλα τα κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία. Εκτός από αυτό το σεισμικό γεγονός, στις 17 Σεπτεμβρίου 1972 εκδηλώθηκε ισχυρή σεισμική δόνηση 5.8 βαθμών της κλίμακας, 3.3 km Νοτιοδυτικά από Κεφαλονιά - Ληξούρι και σε εστιακό βάθος 10 km (Σχήμα 3.4). Ο σεισμός αυτό αποτέλεσε την αφορμή για τη μελέτη επεμβάσεων και ενισχύσεων από το Τεχνικό Γραφείο Μελετών Γεωργίου Δ. Μιχαλιτσιάνου & Συνεργάτες που διενεργήθηκε το έτος 1975.



Σχήμα 3.4 Θέση σεισμού 17/9/1972 και απόσταση από το κτίριο της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης (Πηγή: <https://www.seismos.gr/seismos/kefalonia-lixouri/3169>)

Η μελέτη του 1975 πρότεινε μια σειρά από επεμβάσεις και ενισχύσεις, όπως εμφανίζεται και στα αποσπάσματα της μελέτης που συνέλεξε η ομάδα των αρχιτεκτόνων του αρχιτεκτονικού γραφείου VR ARCHITECTS - ΑΝΤΥΠΑΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΜΕΣΣΑΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΟΕ .



Σχήμα 3.5 Ενδεικτικά αποσπάσματα μελέτης Δ.Μιχαλιτσιάνου & Συνεργάτες, 1975

Σύμφωνα με την τεχνική περιγραφή της μελέτης του 1975:

Διαπιστώθηκαν δύο ρωγμές στη μεγάλη δυτική πλευρά του κτιρίου και άλλες μικρότερες ρωγμές οι οποίες έχουν στοιχειωδώς πληρωθεί (δεν αναφέρεται η σύσταση του υλικού πληρώσεων).

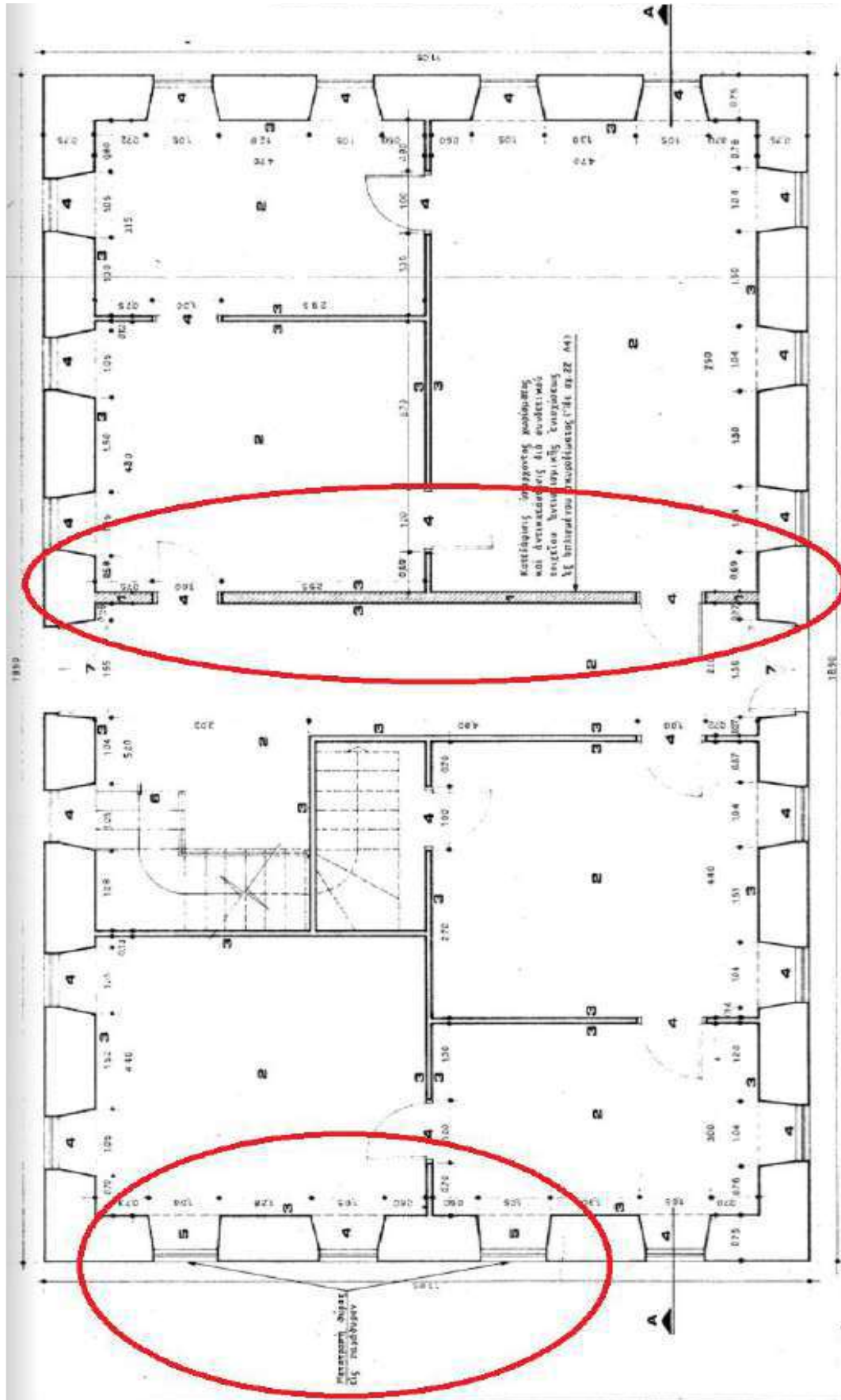
Σημειώνεται ότι μετά το σεισμό του 1953 εκτελέσθηκαν εργασίες αντισεισμικής ενίσχυσης του φέροντος οργανισμού, όπως σενάζ οπλισμένου σκυροδέματος διατομής 70x100 cm στο άνω μέρος του περιμετρικού εξωτερικού τοίχου, κάτω από τα ζευκτά της στέγης.

Προτάθηκαν οι παρακάτω επεμβάσεις για την περαιτέρω αντισεισμική ενίσχυση του κτιρίου:

- Κατασκευή μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 20 cm, σε ύψος 2.00 m, ο οποίος θα περιβάλλει το κτίριο στα θεμέλια, κάτω από τη τελική στάθμη εδάφους.
- Τοποθέτηση δικτύου σιδηρών δοκών στη στάθμη του δαπέδου του ορόφου, οι οποίες θα εδράζονται στους περιμετρικούς τοίχους και σε πρόσθετα μεταλλικά υποστυλώματα.
- Κατασκευή πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος επί του υφιστάμενου σανιδώματος στο δάπεδο της στάθμης του ορόφου, πάχους 6 cm μετά τη τοποθέτηση της σιδερένιας δοκού. Διάστρωση πατητήςτσιμεντοκονίας και επικόλληση πλακιδίων από χλωριούχο πολυβινυλίου (pvc), ώστε να επιτευχθεί λειτουργία οριζοντίου δίσκου. Συγχρόνως κατασκευή περιμετρικής δοκού ενίσχυσης (σενάζ) διαστάσεων 30x50 cm η οποία θα φέρει και τένοντες.
- Κατεδάφιση άνω τμημάτων του εσωτερικού τοίχου, οι οποίες είναι παράλληλος προς τις μεγάλες πλευρές, για την τοποθέτηση σιδερένιας δοκού στο άνω τμήμα του, των σιδηρών υποστυλωμάτων και των απαιτούμενων θεμελιώσεων αυτών.
- Αφαίρεση των μαρμαρινών πλακών του ισογείου. Επανατοποθέτηση στο υπόστρωμα σκυροδέματος αφού προηγηθεί γενική εκσκαφή σε όλη την επιφάνεια του ισογείου και διαστρωθεί χαλίκι πάχους 15 cm το οποίο θα επικαλυφθεί με φύλλα πολυαιθυλενίου.
- Αναφορά για πλήρωση και σφράγιση ρωγμών, τοποθέτηση σιδηρών τενόντων και σωλήνων.
- Κατασκευή τοιχίου οπλισμένου σκυροδέματος με νέα θεμελίωση (Σχήμα 3.6 & 3.8), αφού κατεδαφιστούν οι εσωτερικοί κάθετοι στις μεγάλες πλευρές τοίχοι, σύνδεση μέσω οπών με τις εξωτερικές τοιχοποιίες. Επανατοποθέτηση υπαρχουσών θυρών, σπατουλάρισμα επιφανειών τοιχίου και συμπλήρωση ζωγραφικού διακόσμου
- Επέκταση της υφιστάμενης στέγης, ως πρόβολος, κατά την περίμετρο της. Θα πραγματοποιηθεί μέσω προσθήκης νέων ξύλινων δοκών συνδεδεμένων με τα υφιστάμενα ζευκτά και το προεξέχων τμήμα θα καλυφθεί από κάτω με ψευδοροφή από νευρομετάλλ και κατάλληλο κονίαμα (Σχήμα 3.7).







Σχήμα 3.8 Πρόταση κατασκευής τοιχίου σπλισμένου σκυροδέματος, κάθετα στις μεγάλες πλευρές του κτιρίου και υπόδειξη μετατροπής θυρών σε παράθυρα (βόρεια πλευρά) (Δ.Μιχαλιτσιάνος & Συνεργάτες, 1975)

Κατά τον επιτόπιο μακροσκοπικό έλεγχο διαπιστώθηκε ότι από τις προτεινόμενες επεμβάσεις και ενισχύσεις έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες. Το ιδανικό σενάριο για ασφαλή συμπεράσματα θα περιλάμβανε την καθαίρεση όλων των επιχρισμάτων, κάτι που δεν είναι δυνατό, λόγω της κήρυξης του κτιρίου ως διατηρητέου. Από τα προαναφερόμενα έχει διαπιστωθεί ότι τα παρακάτω:

- Κατασκευάστηκε σύνδεσμος περίσφιξης (σενάζ) στη στέψη του κτιρίου, επί του οποίου εδράζονται τα ζευκτά.
- Όσον αφορά την κατασκευή δικτύου σιδηρών δοκών και ειδικότερα την τοποθέτηση στο άνω τμήμα εσωτερικών τοίχων μεταλλικής δοκού και σιδηρών υποστυλωμάτων δεν εφαρμόσθηκε στους παράλληλους προς τις μεγάλες πλευρές εσωτερικούς τοίχους αλλά σε κάθετους, ενώ δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί ο τρόπος θεμελίωσης των σιδηρών υποστυλωμάτων.
- Από τις καταστραμμένες σανίδες του δαπέδου του ορόφου διαπιστώθηκε ότι δεν έχει κατασκευαστεί πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος επί του σανιδώματος, διάστρωση τσιμεντοκονίας, ούτε τοποθέτηση πλακιδίων από χλωριούχο πολυβινύλιο (pvc).
- Δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί αν έγιναν οι εργασίες αφαίρεσης των μαρμάρων του δαπέδου, η γενική εκσκαφή, η κοιτόστρωση χωρίς να αφαιρεθούν οι μαρμάρινες πλάκες.
- Δεν πραγματοποιήθηκε η επέκταση της στέγης “εν προβόλω”.
- Δεν κατασκευάστηκε τοιχίο οπλισμένου σκυροδέματος
- Κατασκευάστηκε δοκός οπλισμένου σκυροδέματος (Δ1) διαστάσεων 10cm x 60cm στην εσωτερική παρειά του φέροντος τοίχου στη στάθμη του δαπέδου του Α' ορόφου

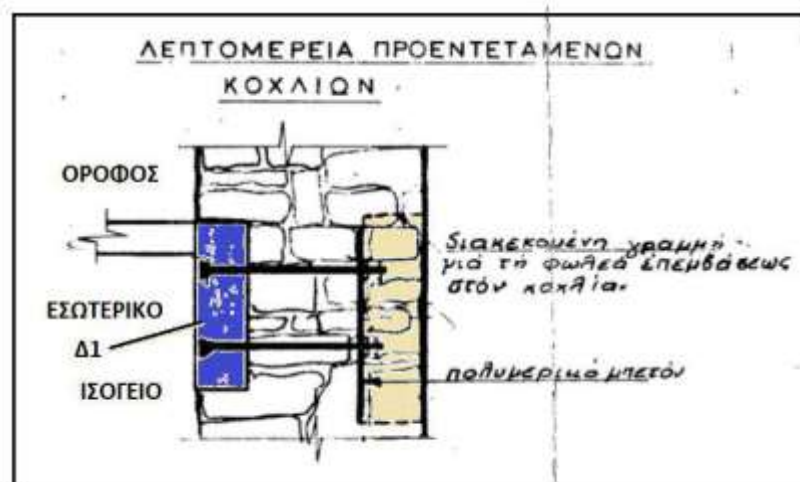


Σχήμα 3.9 Λεπτομέρεια οξειδωμένων οπλισμών δοκού Δ1

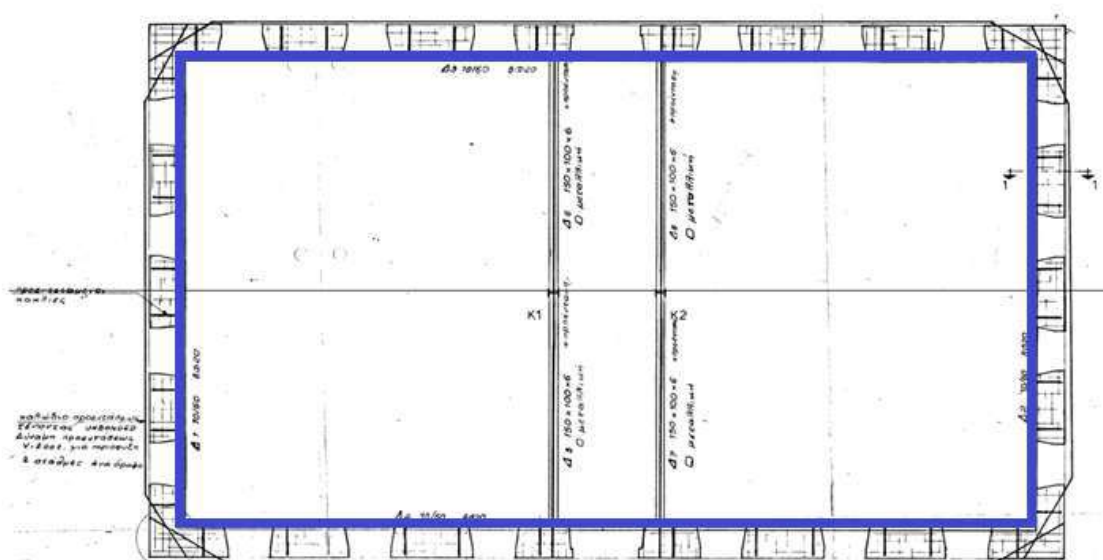
Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η πρόταση για την κατασκευή δοκού από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η πρόταση αυτή έχει εφαρμοστεί και συνέβαλε σαφώς στην αντοχή του

κιρίου στους αλληπάλληλους σεισμούς, παρ' όλο που ο σιδερένιος οπλισμός της φαίνεται να έχει εκτεταμένη οξείδωση (Σχήμα 3.9).

Στο Σχήμα 3.10 παρουσιάζεται η λεπτομέρεια τομής της σύνδεσης της δοκού Δ1, διαστάσεων 10x60, με τον εξωτερικό τοίχο. Ενώ στο σχήμα 3.11 εμφανίζεται με μπλε χρώμα η θέση της δοκού Δ1 στη στάθμη του δαπέδου του ορόφου, περιμετρικά στην εσωτερική πλευρά του φέροντος τοίχου καθώς και οι δύο μεταλλικές δοκοί 150x100x6 που τοποθετούνται κάθετα στις μεγάλες πλευρές, εδράζονται στους φέροντες τοίχους και τα δύο μεταλλικά υποστυλώματα Κ1 και Κ2. Ακολουθεί φωτογραφική τεκμηρίωση των δύο μεταλλικών δοκών συνδεδεμένων με τον δυτικό εξωτερικό τοίχο (Σχήμα 3.12).



Σχήμα 3.11 Λεπτομέρεια σύνδεσης εσωτερικής δοκού Δ1 με τους εξωτερικούς τοίχους (VR\_Architects, et al., 2022)



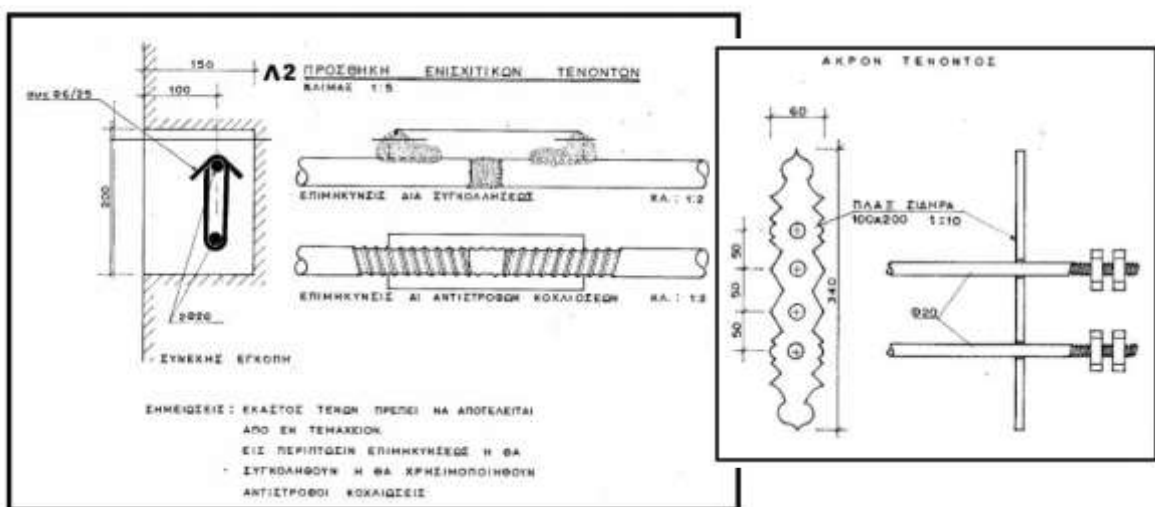
Σχήμα 3.10 Θέση κατασκευής περιμετρικής δοκού (VR\_Architects, et al., 2022)

Πιθανό θεωρείται στο εσωτερικό των κοιλοδοκών να έχουν περάσει 2 τένοντες  $\varnothing 20$  σύμφωνα με σχέδιο στο σχήμα 3.13, οι οποίοι όπως περιγράφεται θα είναι σε προένταση



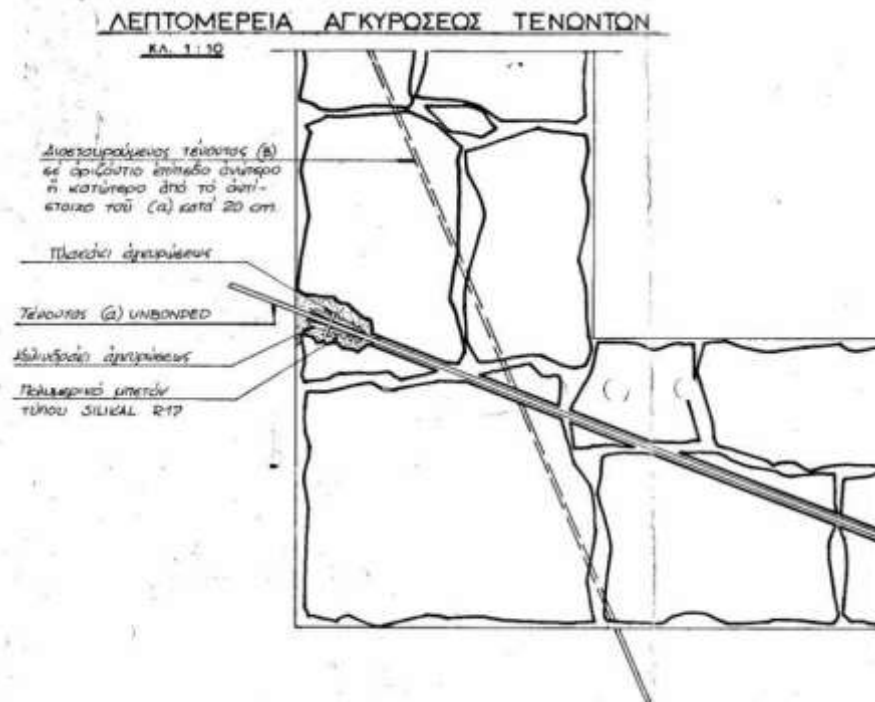
Σχήμα 3.13 Οι συνδέσεις των δύο εγκάρσιων μεταλλικών δοκών με τον εξωτερικό τοίχο

Σύμφωνα με την τεχνική μελέτη του 1975, οι οδηγίες αναφέρουν διάνοιξη αύλακα επί των εξωτερικών τοίχων για τον εντοιχισμό σιδηρών τενόντων, εν συνεχεία τοποθέτηση και τάνση σιδηρών ράβδων και στις τέσσερις όψεις του κτιρίου με τις απαιτούμενες πλάκες αγκύρωσης, περικοχλίων κλπ. (Σχήμα 3.13). Τέλος πλήρωση του αύλακα με λεπτό σκυρόδεμα, ανανέωση και συμπλήρωση των φθαρμένων επιχρισμάτων λόγω του αύλακα, συμπλήρωση των γωνιόλιθων και των περιθωρίων των κουφωμάτων με λίθους ίδιας ποιότητας. Παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.14 η λεπτομέρεια τοποθέτησης των τενόντων στη γωνιακή σύνδεση εγκάρσιων τοίχων.



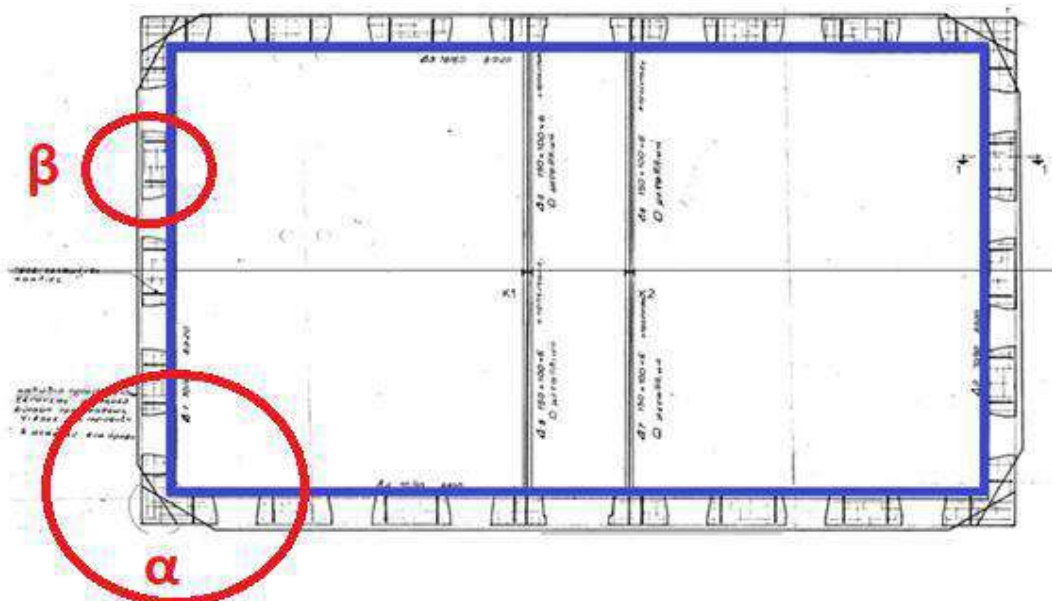
Σχήμα 3.12 Λεπτομέρειες τοποθέτησης ενισχυτικών τενόντων (VR\_Architects, et al., 2022)





Σχήμα 3.14 Λεπτομέρεια αγκύρωσης τενόντων σε γωνιακή σύνδεση εγκάρσιων τοίχων (VR\_Architects, et al., 2022)

Εκτός των παραπάνω διαπιστώθηκε, με οπτική παρατήρηση, η ύπαρξη οξειδωμένων οπλισμών σε τουλάχιστον δύο σημεία (βορειοδυτική γωνία (α) & βορεινή πλευρά (β), (Σχήμα 3.15) που επιβεβαιώνουν την εφαρμογή τενόντων ενίσχυσης σε διάφορα σημεία του κτιρίου, πιθανόν σύμφωνα με την πρόταση Μιχαλιτσιάνου, όπως σύνδεση εγκάρσιων τοίχων, ενίσχυση πλαισίων ανοιγμάτων κλπ. Η οξείδωση έχει επιταχυνθεί και από τη χρήση άμμους θαλάσσης. Για την πλήρη διερεύνηση απαιτείται ολική αφαίρεση των επιχρισμάτων και επιλεγμένων αρμών (Σχήμα 3.16 & 3.17).



Σχήμα 3.15 Θέσεις εντοπισμού οξειδωμένων τενόντων (VR\_Architects, et al., 2022)



Σχήμα 3.16 Οξειδωμένος οπλισμός στο σημείο α, σύνδεση τοίχου με ποδιά παραθύρου (αριστερά) & λεπτομέρεια (δεξιά) (Αλεξιάδης κ.α., 2022)

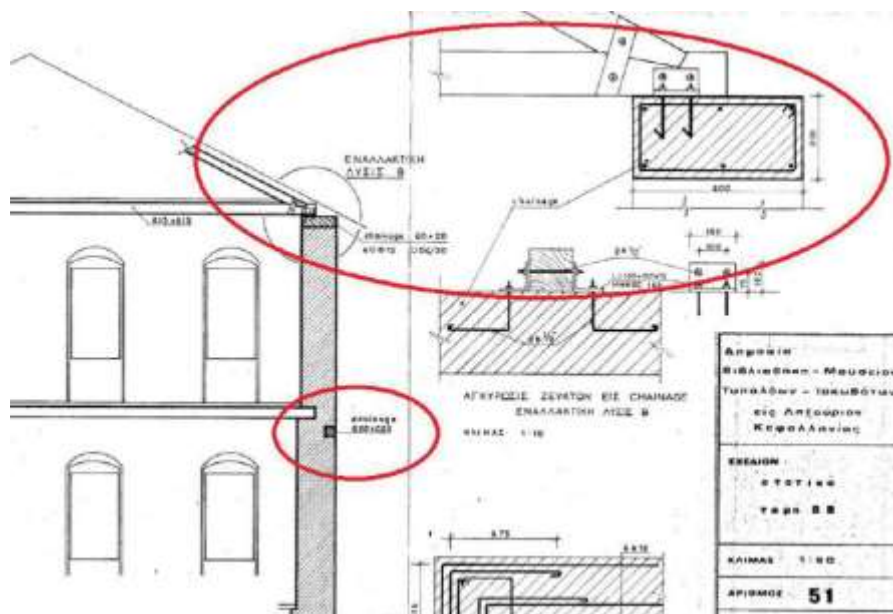


Σχήμα 3.17 Οξειδωμένος οπλισμός στο σημείο β, σύνδεση τοίχου με ποδιά παραθύρου (αριστερά) & λεπτομέρεια (δεξιά) (Αλεξιάδης κ.α., 2022)



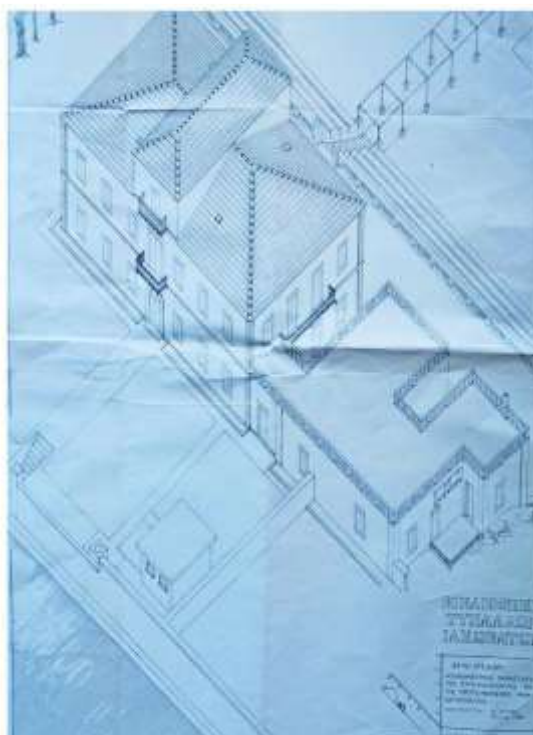






Σχήμα 3.20 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες σύνδεσης ζευκτών

Η αποτύπωση της στέγης το 1983, συνοδεύτηκε και από προτάσεις-μελέτη της Διεύθυνσης Πολιτιστικών Κτιρίων και Αναστηλώσεων Νεότερών Μνημείων του Υπουργείου Πολιτισμού που προβλέπει ανακατασκευές τμημάτων του κτιρίου. Προτείνεται η μετατροπή ενός παραθύρου σε θύρα στη νότια όψη ενώ στην βόρεια αντιθέτως δύο θύρες σε παράθυρα. Ακόμη προτείνεται η ανακατασκευή τμήματος κτιρίου που αφορά την σύνδεση του κυρίως κτιρίου με το βοηθητικό και τμήμα του



Σχήμα 3.21 Προοπτικό σχέδιο προσθήκης σοφίτας

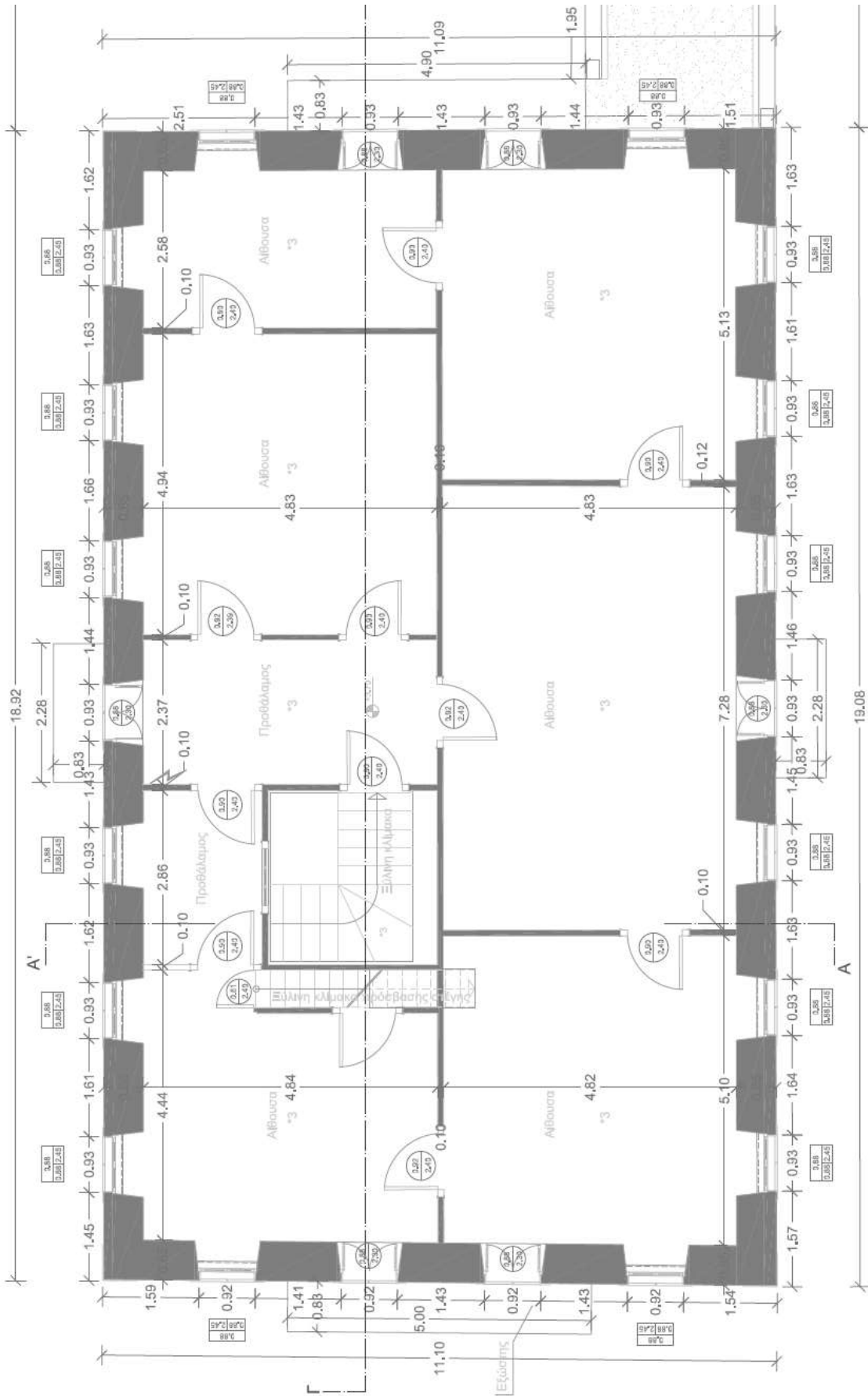
βοηθητικού κτιρίου στην νότια πλευρά του. Ταυτόχρονα όμως προτείνει και την ανακατασκευή της σοφίτας που βρίσκεται στο κέντρο της στέγης του κτιρίου (Σχήμα 3.21). Η πρόταση αυτή κατατίθεται στο Συμβούλιο Νεότερών Μνημείων, και στις 03/08/1983, αυτό αποφασίζει ότι αποδέχεται την εισήγηση σε όλα τα λουπά της στοιχεία και την απορρίπτει σε ότι αφορά την σοφίτα με το σκεπτικό ότι: "...είναι μεταγενέστερη προσθήκη και αντιαισθητική και αλλοιώνει τον παραδοσιακό χαρακτήρα του κτιρίου...". Την απόρριψη εισηγείται ο Διονύσιος Ζήβας και γίνεται αποδεκτή από το σύνολο σχεδόν των μελών. Το 2017 υπήρξε και πρόταση για την καθαίρεση του τμήματος που συνδέει το κεντρικό κτίριο με το βοηθητικό ώστε να τοποθετηθούν αντηρίδες προσωρινής υποστήλωσης του κτιρίου, η οποία δεν έχει υλοποιηθεί.

Οι μεταγενέστερες επεμβάσεις που αφορούσαν ενισχύσεις πραγματοποιήθηκαν μετά τον σεισμό της 17<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου του 1972. Οι παραπάνω επεμβάσεις και η αποφυγή κάποιων βελτίωσε τη συμπεριφορά του κτιρίου ως φαίνεται. Σε συνδυασμό με την απλότητα της μορφής του, τα καλά υλικά και την επιμελημένη δόμηση, παρόλο τις εκτεταμένες βλάβες που παρουσίασε, αντιστάθηκε σε ισχυρούς σεισμούς της πολυετούς παρουσίας του. Συνοπτικά οι επεμβάσεις που εφαρμόστηκαν και εντοπίστηκαν στο φέροντα οργανισμό, από την επιτόπου αυτοψία και αποτύπωση είναι οι εξής:

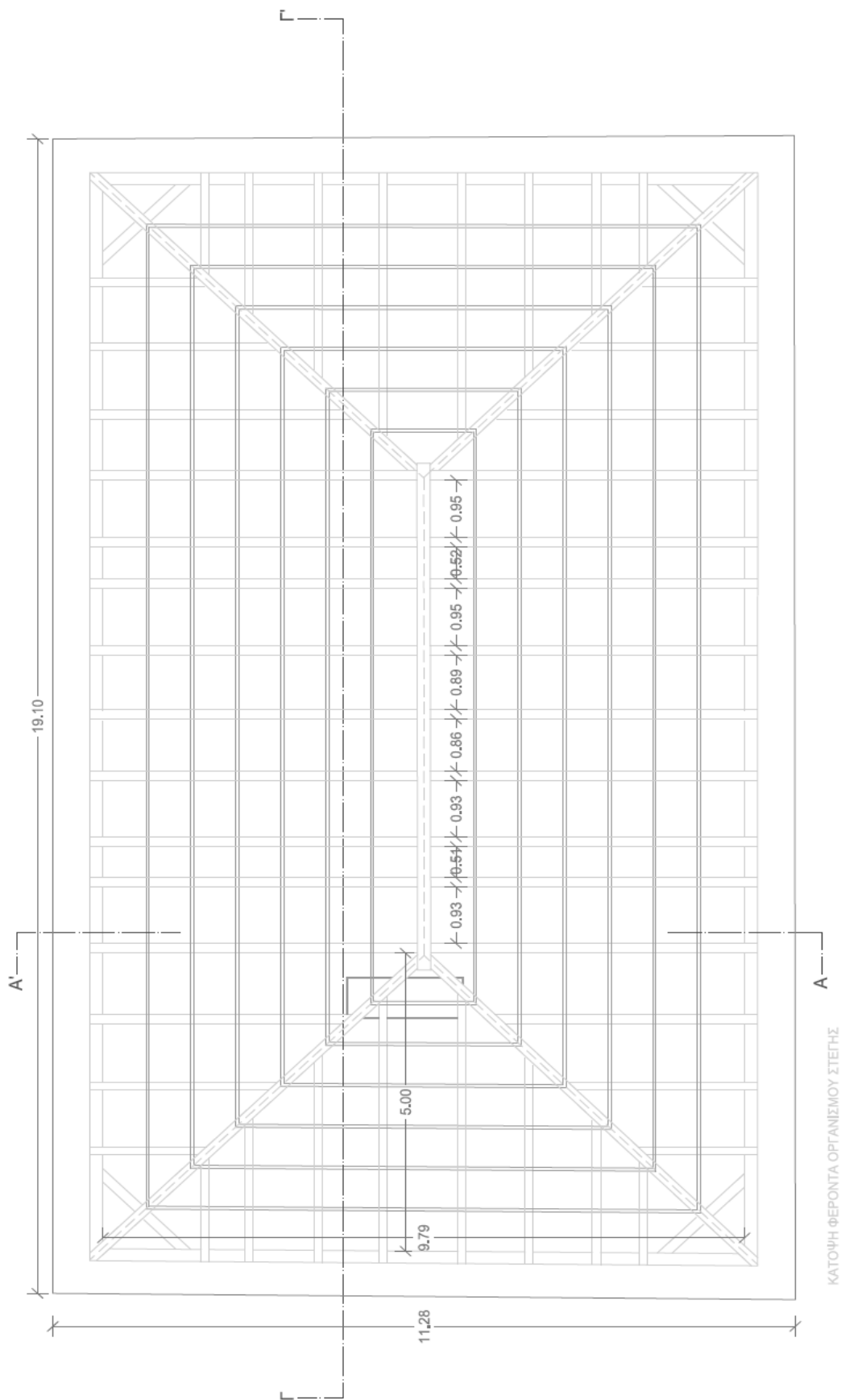
- i. Κατασκευή περιμετρικής δοκού ενίσχυσης (σενάζ) από οπλισμένο σκυρόδεμα, στη στέψη του κτιρίου, διαστάσεων 65x90εκ. επί της οποίας εδράζονται πλέον τα ζευκτά της ξύλινης στέγης.
- ii. Αντικατάσταση της ξύλινης τετράριχτης στέγης.
- iii. Κατασκευή σενάζ διαστάσεων 10x60εκ. πάνω στην φέρουσα τοιχοποιία στην εσωτερική περίμετρο του τοίχου, κάτω από το επίπεδο της οροφής του ισογείου.
- iv. Τοποθέτηση δύο μεταλλικών δοκών, διατομής 150x100x6 στην οροφή του ισογείου με προσθήκη δύο μεταλλικών υποστυλωμάτων για τον περιορισμό του μήκους λυγισμού τους.
- v. Υπάρχουν ενδείξεις για τοποθέτηση τενόντων (ριζοπλισμών) στις γωνίες του κτιρίου, καθώς και στην οροφή του ισογείου, που συνδέονται με το περιμετρικό σενάζ 10cm x 60cm.

Η υφιστάμενη κατάσταση, συμπεριλαμβανομένων και των προγενέστερων επεμβάσεων του 1975 και της νέας στέγης 1983, αποτυπώθηκε εκ νέου και παρουσιάζεται στα παρακάτω σκαριφήματα της αρχιτεκτονικής ομάδας VR Architects. (Σχήμα 3.22 έως Σχήμα 3.26)

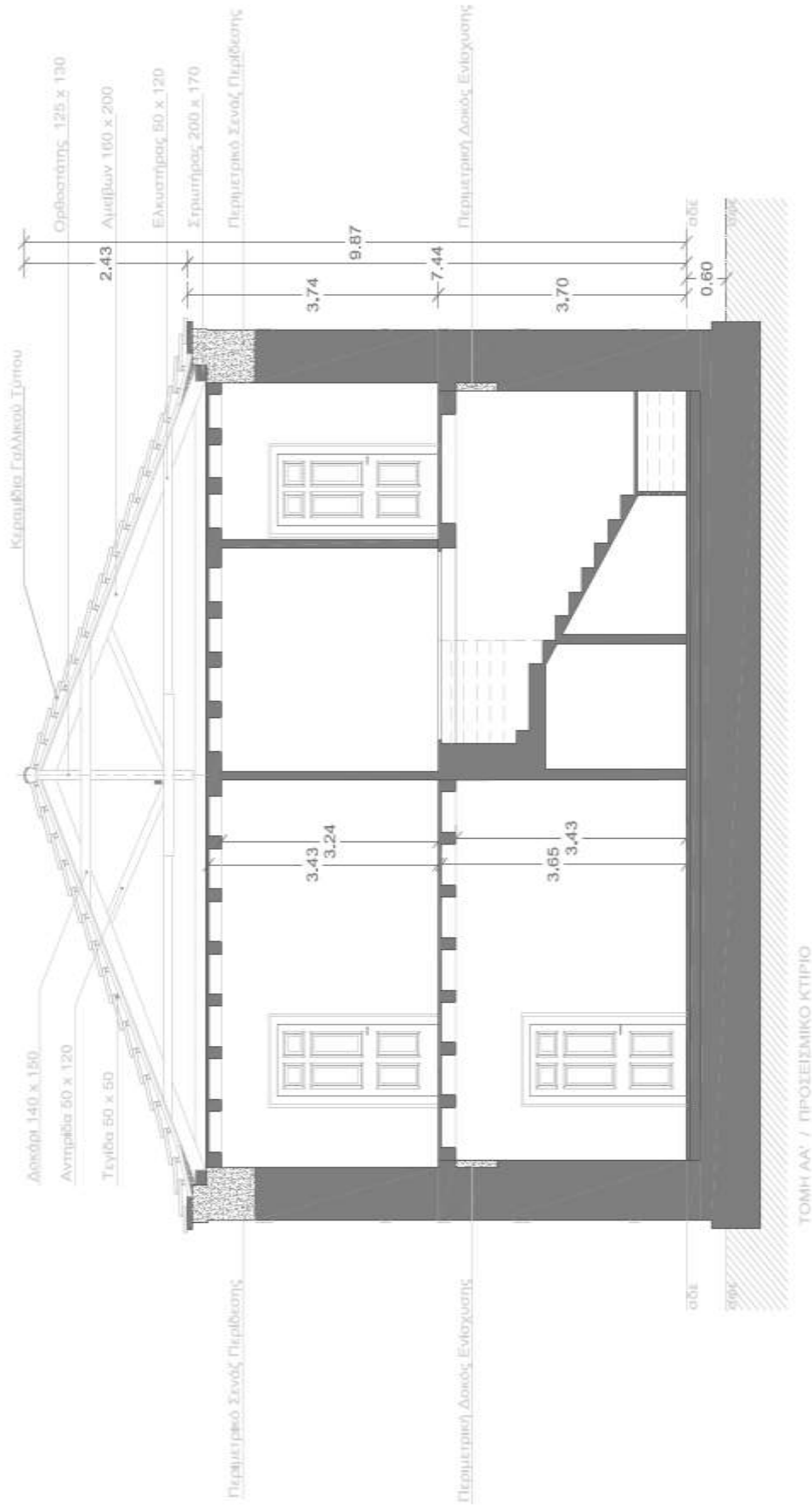




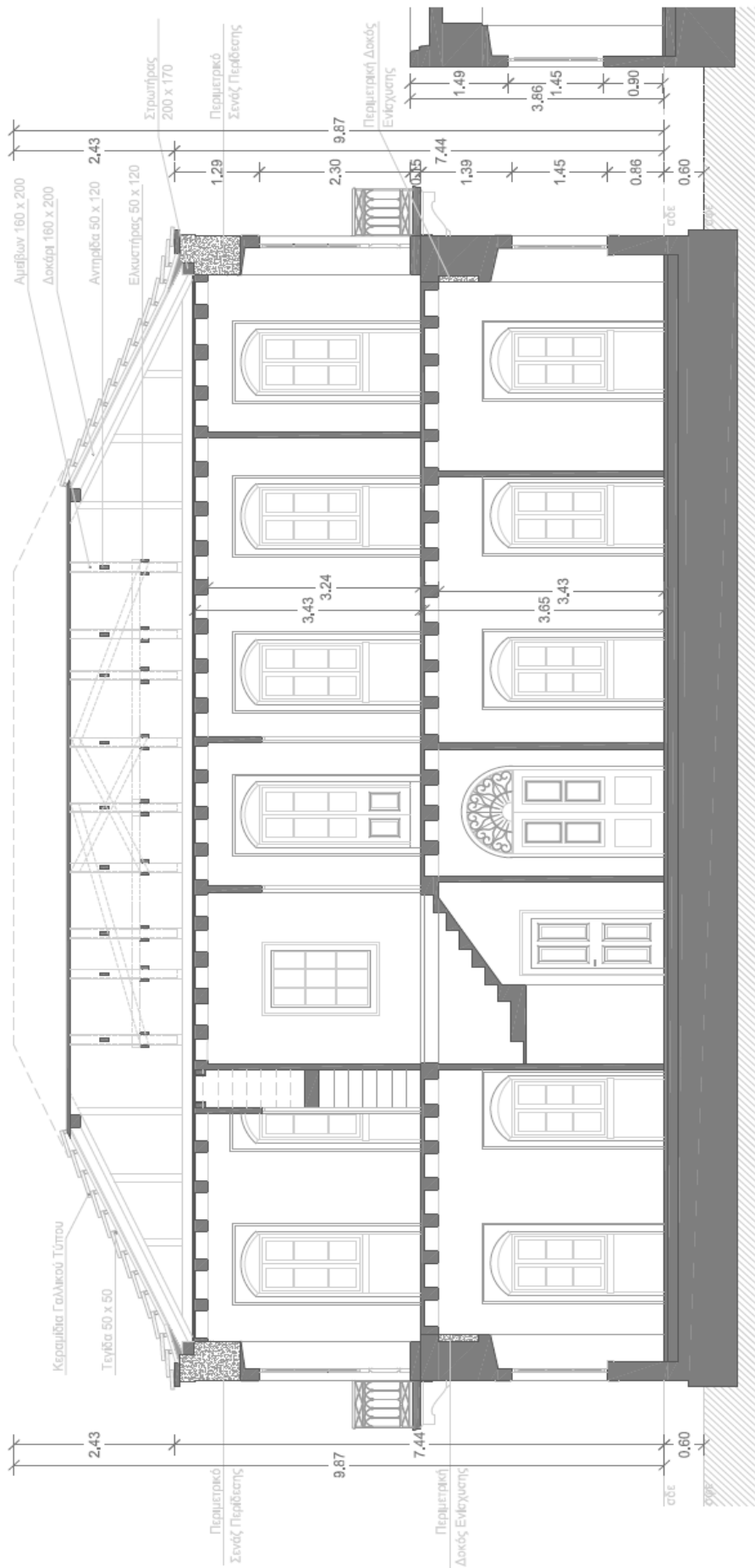
Σχήμα 3.23 Κάτοψη ορόφου, υφιστάμενη κατάσταση (αποτύπωση (VR\_Architects, et al., 2022))



Σχήμα 3.24 Κάτοψη φ.ο. στέγης, υφιστάμενη κατάσταση (αποτύπωση (VR\_Architects, et al., 2022))



Σχήμα 3.25 Τομή Α-Α', υφιστάμενη κατάσταση (αποτύπωση (VR\_Architects, et al., 2022))



Σχήμα 3.26 Τομή Γ-Γ', υφιστάμενη κατάσταση (αποτύπωση (VR\_Architects, et al., 2022))

### 3.4 ΒΛΑΒΕΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ

Τα υλικά από τα οποία αποτελείται η τοιχοποιία παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά και αντοχή όταν βρίσκονται υπό θλίψη. Διάφορες αιτίες όμως δύνανται να προκαλέσουν εφελκυστικές τάσεις, αυτό έχει ως συνηθέστερο αποτέλεσμα την εμφάνιση ρωγμών, των οποίων η θέση, η διεύθυνση, το εύρος, η μορφή των άκρων τους και το μήκος τους, σε συνδυασμό με την εξέλιξη τους στο χρόνο, μας επιτρέπει την ερμηνεία της παθολογίας της κατασκευής. Οι συνηθέστερες αιτίες για εμφάνιση παθολογίας στις κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία είναι οι παρακάτω (Σπυράκος, 2019), οι οποίες παρουσιάζονται συνοπτικά στην συνέχεια της παραγράφου.

- Καθίζηση θεμελίωσης
- Μεγάλα θλιπτικά κατακόρυφα φορτία
- Οριζόντιες ωθήσεις
- Δυναμικά φορτία
- Σεισμός

#### Βλάβες από καθίζηση

Οι βλάβες αυτές είναι άμεσα συνδεδεμένες με τα μηχανικά χαρακτηριστικά του εδάφους, τη στρωματογραφία του, το ύψος του υδροφόρου ορίζοντα και φυσικά με όποια αιτία μπορεί να διαταράξει τα προαναφερόμενα, όπως π.χ. υγροποίηση του εδάφους σε σεισμικό γεγονός. Απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή, παρατήρηση και πολλές φορές ειδικά όργανα (Monitoring) για τη διάγνωση τους, καθώς δεν εμφανίζονται πάντα ρηγματώσεις κατά την εξέλιξη του φαινομένου, ειδικότερα όταν συντελούνται ομοιόμορφα. Το γεγονός αυτό υποκρύπτει τον κίνδυνο πρόκλησης μεγάλης έκτασης βλαβών ή ακόμα και κατάρρευσης όταν εμφανιστεί συνδυαστικά και άλλο φορτίο, π.χ. σεισμό. Στην περίπτωση διαφορικών καθιζήσεων είναι ευκολότερη η διάγνωση τους, χωρίς βέβαια αυτό να είναι απόλυτο.

- Κατακόρυφη καθίζηση κοντά σε άκρο κατασκευής

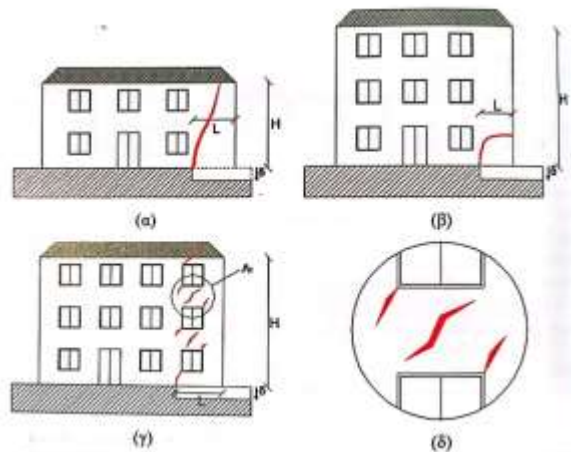
Οι μορφές των ρωγμών διαφοροποιούνται και εξαρτώνται από την παρουσία ανοιγμάτων και τις αναλογίες μήκους (L) προς ύψος (H) του γωνιακού πεσσού του κτιρίου. Η εικόνα των ρωγμών διαφοροποιείται σύμφωνα με τα παρακάτω (Σχήμα 3.27):

α) απουσία ανοιγμάτων άνω της καθίζησης για  $L/H > 0.5$

β) απουσία ανοιγμάτων άνω της καθίζησης για  $L/H < 0.5$



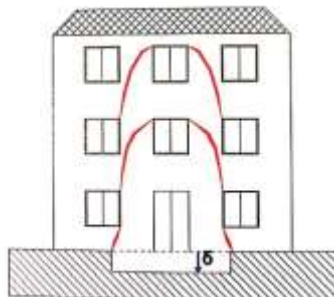
γ) παρουσία ανοιγμάτων στην περιοχή της καθίζησης και δ) λεπτομέρεια Λ1



Σχήμα 3.27 Εικόνες βλαβών από καθιζήσεις στα άκρα κατασκευών (Σπυράκος, 2019)

- Κατακόρυφη καθίζηση στο κέντρο της κατασκευής

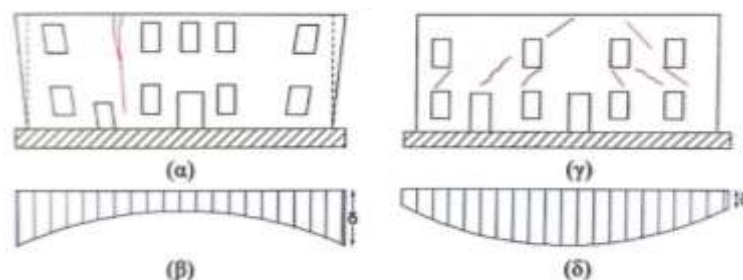
Η εκδήλωση της καθίζησης περιορίζεται σε κεντρικό τμήμα της θεμελίωσης και η μορφή και ανάπτυξη των ρωγμών καθορίζεται από την ύπαρξη ανοιγμάτων και το μέγεθος αυτών (Σχήμα 3.28).



Σχήμα 3.28 Τυπική ανάπτυξη ρωγμών λόγω κατακόρυφης καθίζησης στο κέντρο

- Ανομοιόμορφη καθίζηση σε όλο το εύρος της θεμελίωσης

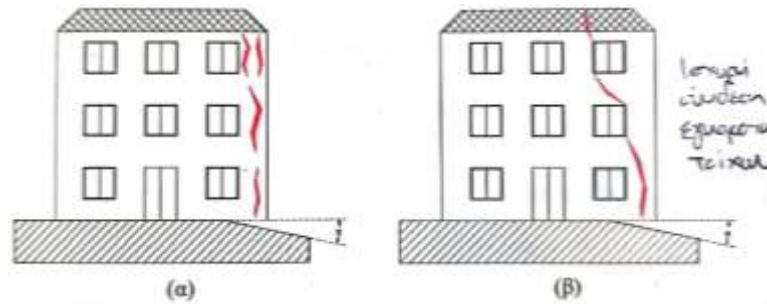
Διακρίνονται δύο τύποι, αυξημένες καθιζήσεις στα άκρα του κτιρίου, συνήθως σε δύσκαμπτα εδάφη και αυξημένες καθιζήσεις στο μέσον του, συνήθως σε εύκαμπτα εδάφη (Σχήμα 3.29).



Σχήμα 3.29 Ανομοιόμορφες καθιζήσεις α & γ) ανάπτυξη ρωγμών και β & δ) ανάπτυξη καθιζήσεων (Σπυράκος, 2019)

- Υποχώρηση εδάφους λόγω έκκεντρων φορτίων ή εκσκαφής

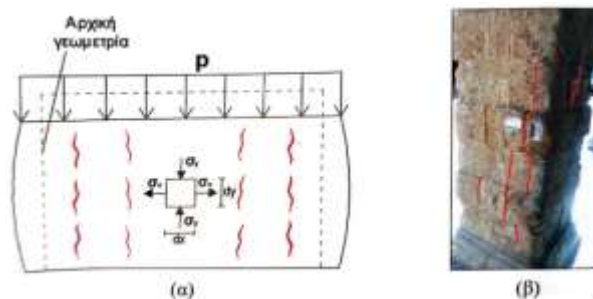
Συνήθως προκαλείται από την διάνοιξη ορύγματος κοντά στο κτίριο ή τη δράση έκκεντρων φορτίων που προκαλούν στροφή στη θεμελίωση, όπως οριζόντιες δυνάμεις από στέγη ή τόξα . Η μορφή των ρωγμών επηρεάζεται από το πόσο ισχυρή είναι η σύνδεση των εγκάρσιων τοίχων (Σχήμα 3.30)



Σχήμα 3.30 (α) Ασθενής σύνδεση εγκάρσιων τοίχων, (β) Ισχυρή σύνδεση εγκάρσιων τοίχων

### Μεγάλα θλιπτικά κατακόρυφα φορτία

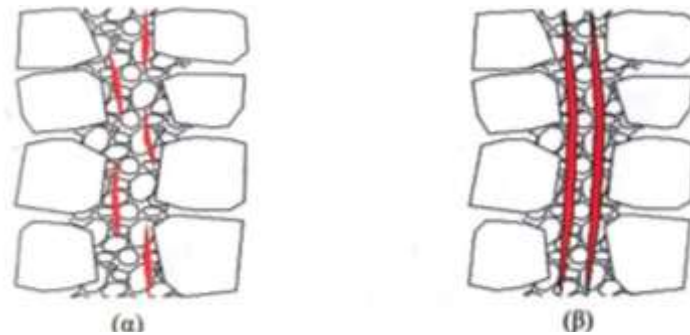
Κατά την εμφάνιση μεγάλων κατακόρυφων θλιπτικών φορτίων, τα φέροντα στοιχεία εμφανίζουν βράχυνση κατά τη διεύθυνση δράσης των φορτίων, λόγω θλιπτικών τάσεων  $\sigma_y$  και επιμήκυνση στην κάθετη διεύθυνση, λόγω εφελκυστικών τάσεων  $\sigma_x$  (Σχήμα 3.31)



Σχήμα 3.31 α) Όψη φέροντος στοιχείου υπό θλίψη και ανάπτυξη ρωγμών. Εντατική κατάσταση: θλιπτικές  $\sigma_y$  και εφελκυστικές τάσεις  $\sigma_x$ , β) Πεσσός από φέρουσα τοιχοποιία με ρωγμές λόγω ισχυρών κατακόρυφων φορτίων

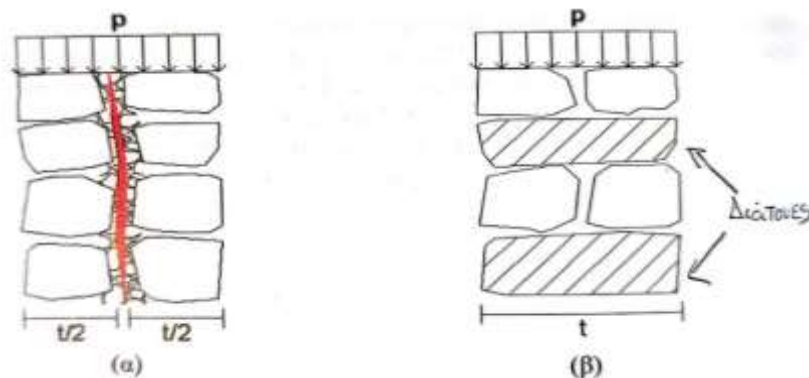
Όταν ξεπεραστούν τα όρια αντοχής της τοιχοποιίας, που εξαρτώνται από τον τρόπο δόμησης και τις αντοχές των επιμέρους υλικών (λιθοσώματα & κονίαμα), εμφανίζονται ρωγμές. Αναλόγως του τρόπου δόμησης της τοιχοποιίας κατά το πάχος, έχουμε εμφάνιση ρωγμών μόνο στην επιφάνεια της τοιχοποιίας στις μονόστρωτες και τις δίστρωτες με διάτονες λίθους, ενώ στις τρίστρωτες τοιχοποιίες και τις δίστρωτες χωρίς διάτονες λίθους οι ρωγμές εμφανίζονται και στην εσωτερική ασθενή περιοχή, μεταξύ των στρώσεων με

πιθανή ταυτόχρονη διόγκωση των εξωτερικών παρειών (στρώσεων) της τοιχοποιίας. (Σχήμα 3.34)



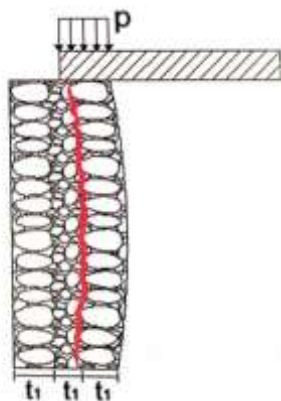
Σχήμα 3.32 Τυπική ανάπτυξη ρωγμών σε τρίστρωτη τοιχοποιία λόγω ισχυρών κατακόρυφων φορτίων. α) κατανομή διακεκομμένων ρωγμών κατά μήκος της ασθενούς εσωτερικής στρώσης, β) κατανομή συνεχών ρωγμών κατά μήκος της ασθενούς εσωτερικής στρώσης.

Στις τοιχοποιίες με ασύνδετες στρώσεις (δίστρωτες, τρίστρωτες), έχουμε εμφάνιση αστοχία από λυγισμό των παρειών της τοιχοποιίας. Λόγω της μικρότερης ροπής αδράνειας (λόγω  $t/2$  αντί για  $t$ , Σχήμα 3.33) οι δίστρωτες τοιχοποιίες χωρίς διάτονες λίθους μπορούν να παραλάβουν φορτίο λυγισμού οκτώ φορές μικρότερο από αυτό που θα μπορούσαν αν ήταν συνδεδεμένες με διάτονες λίθους. (Σπυράκος, 2019)



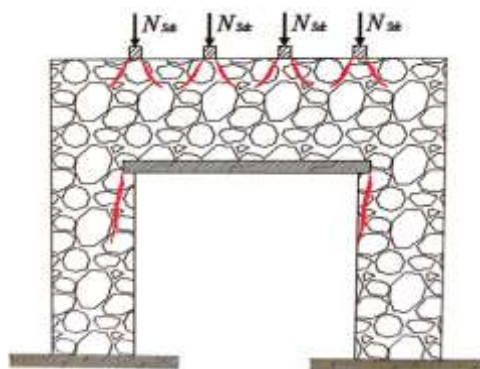
Σχήμα 3.33 Τυπική ανάπτυξη ρωγμών σε τρίστρωτη τοιχοποιία λόγω ισχυρών κατακόρυφων φορτίων σε τοιχοποιία με (α) δίστρωτη τοιχοποιία με εσωτερικό πυρήνα μικρού πλάτους και υλικά χαμηλότερης ποιότητας, (β) δίστρωτη τοιχοποιία με διάτονες

Η αστοχία από λυγισμό σε ασύνδετες μεταξύ τους στρώσεις τοιχοποιιών εμφανίζεται στην περίπτωση που τα πατώματα εδράζονται σε τμήμα του τοίχου ασκώντας κατακόρυφα φορτία όχι σε όλο το πάχος του (Σχήμα 3.33). Στην περίπτωση αυτή το κρίσιμο φορτίο λυγισμού υποβαθμίζεται 27 φορές ( $P_{cr}/27$ ). Επομένως η θεώρηση της δίστρωτης ή τρίστρωτης τοιχοποιίας ως ομογενούς σώματος μπορεί να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση της αντοχής της.



Σχήμα 3.34 Λυγισμός τρίστρωτης τοιχοποιίας λόγω έκκεντρης φόρτισης πατώματος

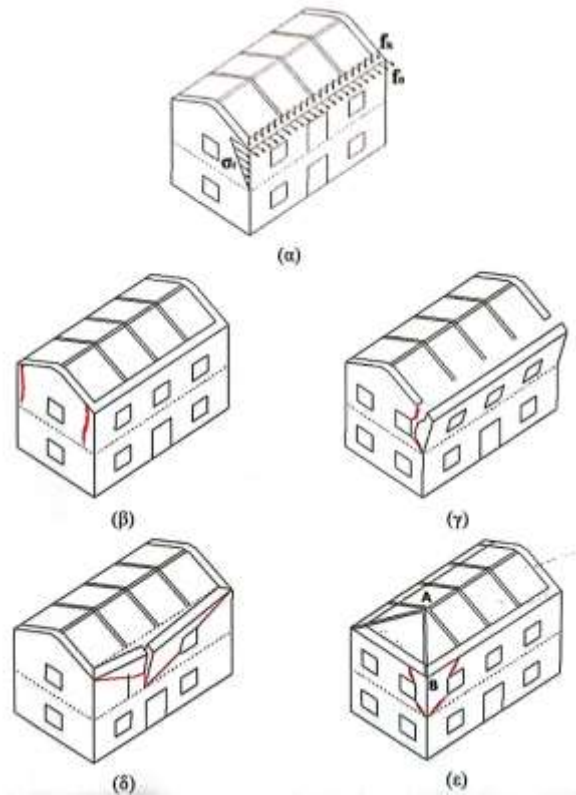
Παρόμοια περίπτωση δράσης συγκεντρωμένου φορτίου σε τμήμα τοιχοποιίας μπορεί να έχουμε όταν δοκοί δαπέδων εδράζονται χωρίς να παρεμβάλλεται κάποιο διάζωμα που να κατανέμει ομοιόμορφα τα φορτία στην τοιχοποιία (Σχήμα 3.35).



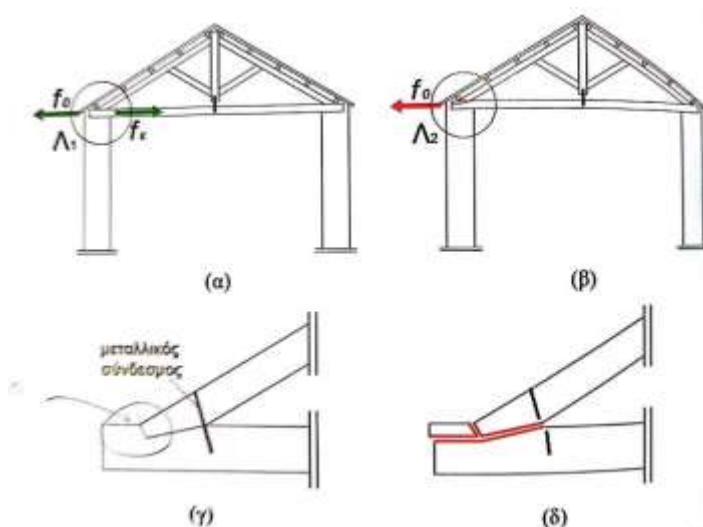
Σχήμα 3.35 Ανάπτυξη ρωγμών λόγω άσκησης συγκεντρωμένων κατακόρυφων φορτίων

**Βλάβες από οριζόντιες ωθήσεις της στέγης**

Τυπική ανάπτυξη ρωγμών σε κτίριο λόγω ωθήσεων στους τοίχους από τη στέγη, όταν απουσιάζουν στοιχεία ανάληψης εφελκυσμού, ελκυστήρες ή διαζώματα (Σχήμα 3.36):



Σχήμα 3.36 α) Κατανομή κατακόρυφων/οριζόντιων ωθήσεων από στέγη, β) Ανεπαρκής σύνδεση μεταξύ εγκάρσιων τοίχων, γ) Επαρκής σύνδεση μεταξύ των εγκάρσιων τοίχων, δ) Μηχανισμός κάμψης εκτός επιπέδου, ε) Ρηγμάτωση λόγω διαγώνιο αμείβοντα (ΑΒ)



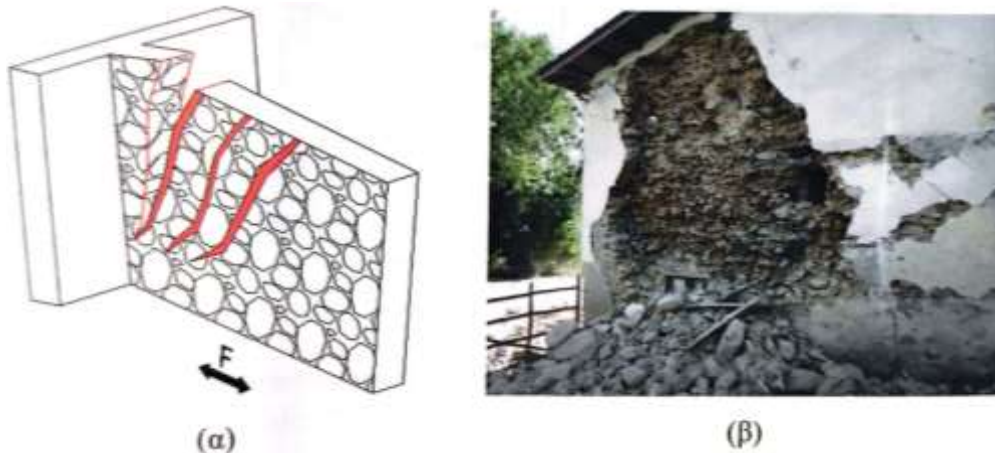
Σχήμα 3.37 α) Εξισορρόπηση οριζόντιας ώθησης  $f_0$  από ελκυστήρα, β) Αστοχία σύνδεσης και μεταφορά της  $f_0$  στους τοίχους, γ) Λεπτομέρεια Λ1, δ) Λεπτομέρεια Λ2

Παρόμοια είναι η εικόνα της βλάβης σε περίπτωση αστοχίας μέλους ή σύνδεση του δικτυώματος της στέγης, είτε από αστοχία της εντορμίας (εγκοπή ξύλου) είτε από αστοχία του μεταλλικού συνδέσμου πχ λόγω οξείδωσης του. Η οριζόντια ώθηση της στέγης  $f_0$  αδυνατεί να παραληφθεί από τη δύναμη  $f_e$  του ελκυστήρα και παραλαμβάνεται από τους εξωτερικούς τοίχους (Σχήμα 3.29), όταν ξεπεραστεί η αντοχή τους εκτός επιπέδου, οδηγούμαστε στις αστοχίες του σχήματος 3.37.

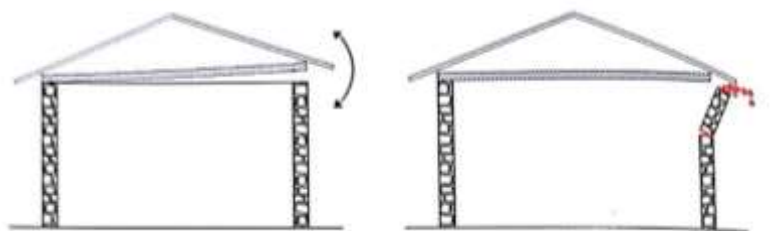
## Βλάβες λόγω σεισμού

Διακρίνονται τρεις κύριοι τύποι αστοχιών:

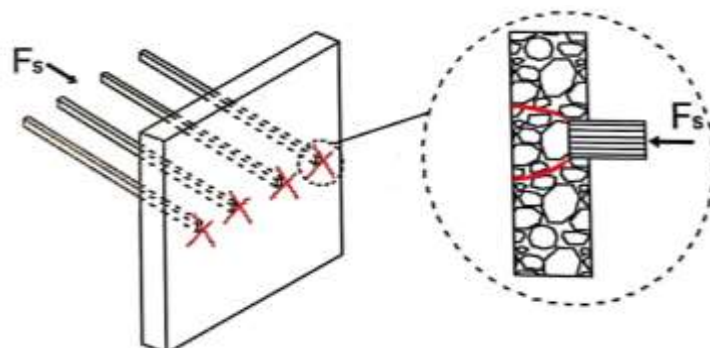
α) Αστοχίες λόγω φτωχής ποιότητας της τοιχοποιίας, (Σχήματα 3.38, 3.39 και 3.40,



Σχήμα 3.38 Ανάπτυξη ρωγμών σε τοίχο με φτωχή δόμηση σε σεισμικά φορτία: (α) εντός επιπέδου (σεισμική δράση  $F$  παράλληλα στον τοίχο), (β) Αποκόλληση εξωτερικής παρειάς λιθοδομής σε σεισμική δράση κάθετα στο επίπεδο της.



Σχήμα 3.39 Αστοχία λόγω ανεπαρκούς σύνδεσης μεταξύ δύσκαμπτου διαφράγματος & υποκείμενων τοίχων.



Σχήμα 3.40 Τοπική αστοχία περιοχής σύνδεσης οριζόντιων στοιχείων (δοκών) εντός της τοιχοποιίας σε σεισμική φόρτιση  $F_s$  λόγω και περιορισμένου βάθους έδρασης των δοκών

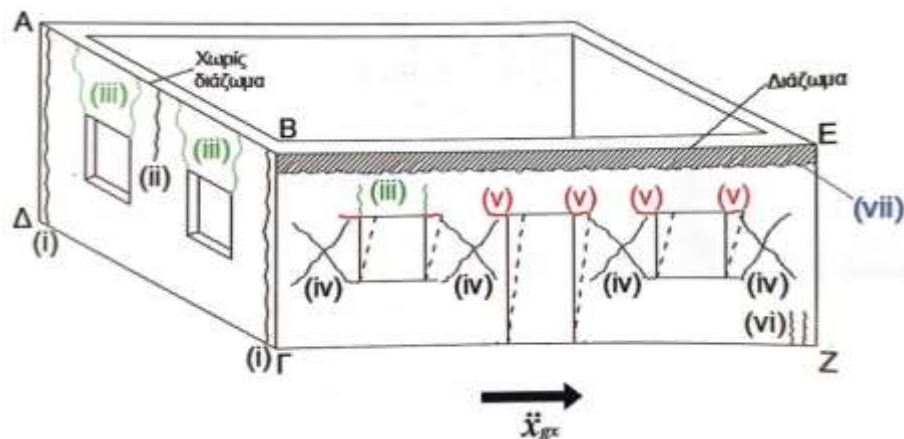


β) Τοπικές εκτός επιπέδου αστοχίες (ή τοπικοί μηχανισμοί) (Σχήμα 3.41), οι οποίες εμφανίζονται όταν οι συνδέσεις μεταξύ των εγκάρσιων τοίχων ή των πατωμάτων και των στεγών είναι ασθενείς, ενώ απουσιάζει σύστημα ελκυστήρων ή/και διαζωμάτων. Συνηθέστερα εμφανίζονται σε κατασκευές κατηγορίας I, δηλαδή κατασκευές που αναλαμβάνουν το σύνολο των φορτίων ως έκκεντρη θλίψη και είναι έντονη η παρουσία τόξων και καμπύλων δομικών στοιχείων και σε κατασκευές κατηγορίας II, μετεξέλιξη της κατηγορίας I, στην οποία προστέθηκαν πατώματα με δοκούς από ξύλο ή χάλυβα και το πάχος των τοίχων μειώθηκε.



Σχήμα 3.41 Τοπικοί μηχανισμοί (Πηγές: <https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMB325/%2010.6%20Masonry%20-%20Behavior%20and%20example.pdf> & <https://www.oasp.gr/node/2067>)

γ) Αστοχίες της κατασκευής ως σύνολο (Σχήμα 3.42 και Σχήμα 3.43), εμφανίζεται σε όλες τις κατηγορίες κατασκευών I & II, που εμφανίζουν ισχυρή σύνδεση μεταξύ εγκάρσιων τοίχων, ελκυστήρες και διαζώματα. Αλλά και σε κατηγορία III, όπου πλέον χρησιμοποιείται το οπλισμένο σκυρόδεμα για την κατασκευή θεμελίων, πατωμάτων και πρεκιών (διακοπή της συνεχούς δόμησης καθ' ύψος). Για την κατανόηση αυτών, παρουσιάζονται στο σχήμα 3.44, οι αντίστοιχοι μηχανισμοί αστοχίας σε μεμονωμένο τοίχο πρόβολο.



Σχήμα 3.42 Τυπικές αστοχίες λόγω σεισμού (Σπυράκος, 2019)



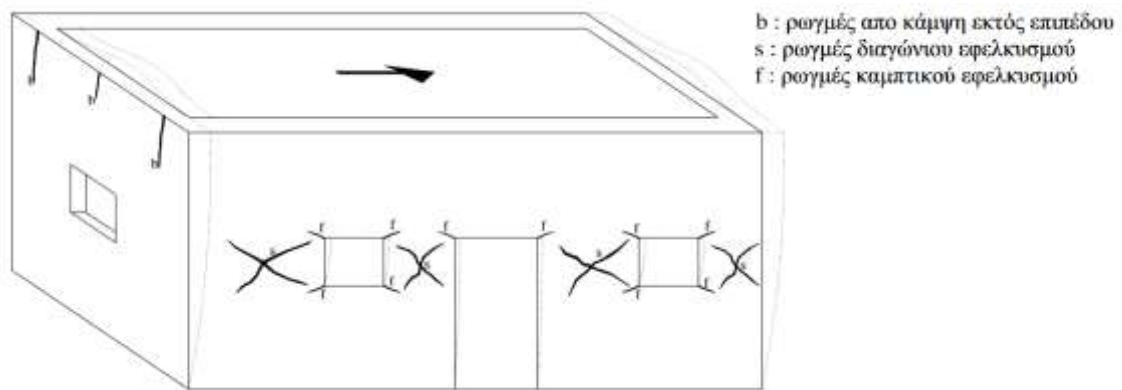
Στην πλευρά **ΑΒΓΔ** στην οποία δεν υπάρχει διάζωμα σημειώνονται:

- (i) Έναρξη ανάπτυξης τοπικού μηχανισμού ανατροπής με την εμφάνιση των κατακόρυφων ρωγμών παράλληλα με τις ακμές ΑΔ & ΒΓ. (τοπική αστοχία).
- (ii) Εκτός επιπέδου αστοχία λόγω κάμψης
- (iii) Αστοχία λόγω εφελκυσμού στα υπέρθυρα

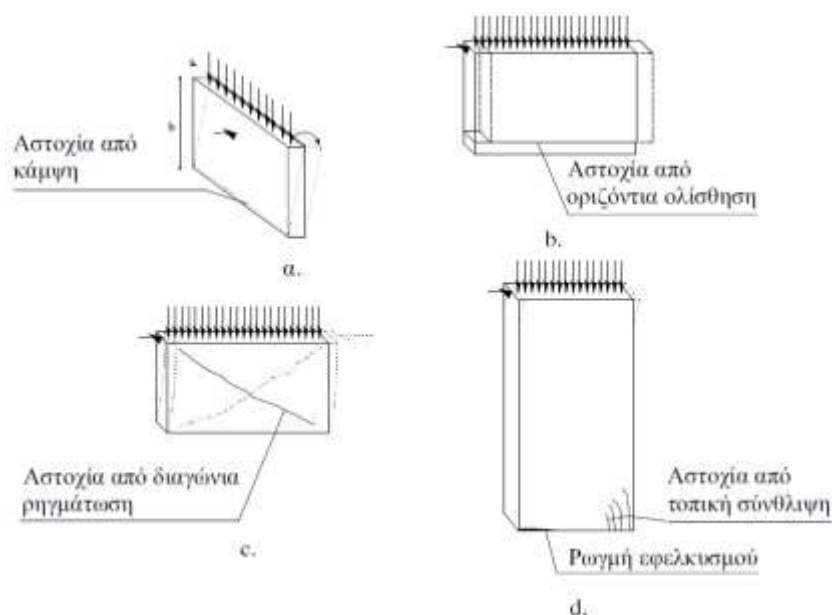
Στην πλευρά **ΒΕΖΓ** στην οποία υπάρχει διάζωμα σημειώνονται:

- Διαγώνιες ρωγμές λόγω διάτμησης σε τοίχους
- Ρωγμές λόγω κάμψης σε τοίχους
- Κατακόρυφες ρωγμές λόγω θλίψης σε πεσσό
- Ρωγμές λόγω ολίσθησης διαζώματος

Ο Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας παρέιχε για τη διάγνωση της παθολογίας των κτιρίων το παρακάτω σκαρίφημα με τυπικές μορφές αστοχίας.



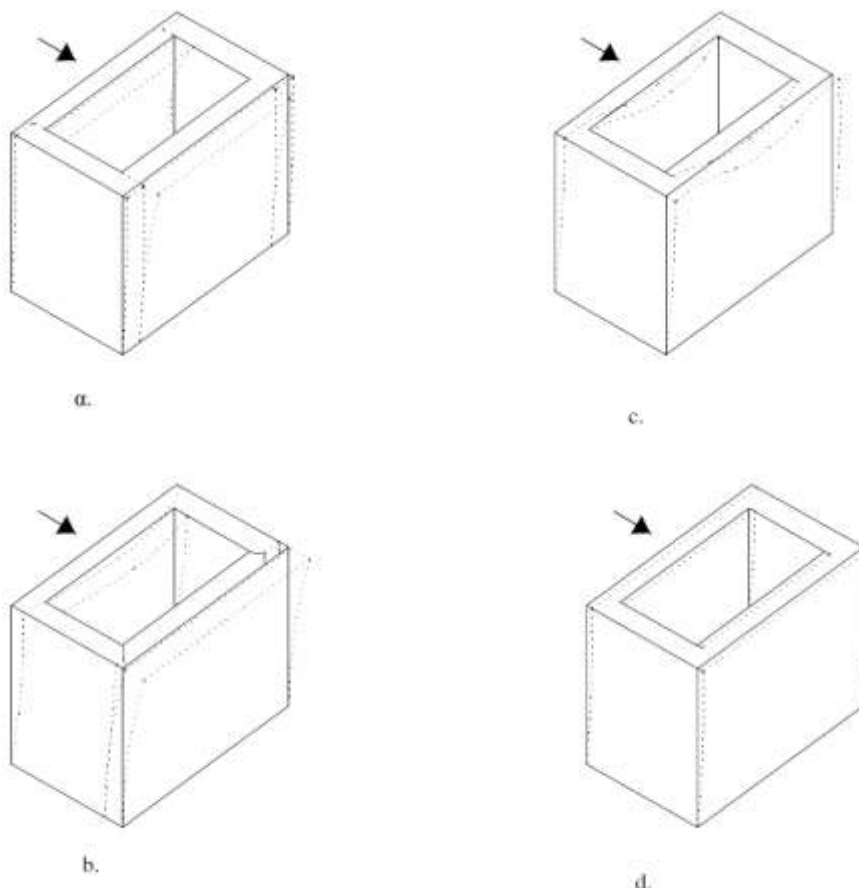
Σχήμα 3.43 Τυπικές μορφές ρηγματώσεων σε τυπικό όροφο από Φ.Τ. (Ο.Α.Σ.Π., 2001)



Σχήμα 3.44 Μηχανισμοί αστοχίας ενός μεμονωμένου τοίχου-προβόλου. α: σεισμική τέμνουσα εκτός επιπέδου, b-c-d: σεισμική τέμνουσα εντός επιπέδου (Ο.Α.Σ.Π., 2001)

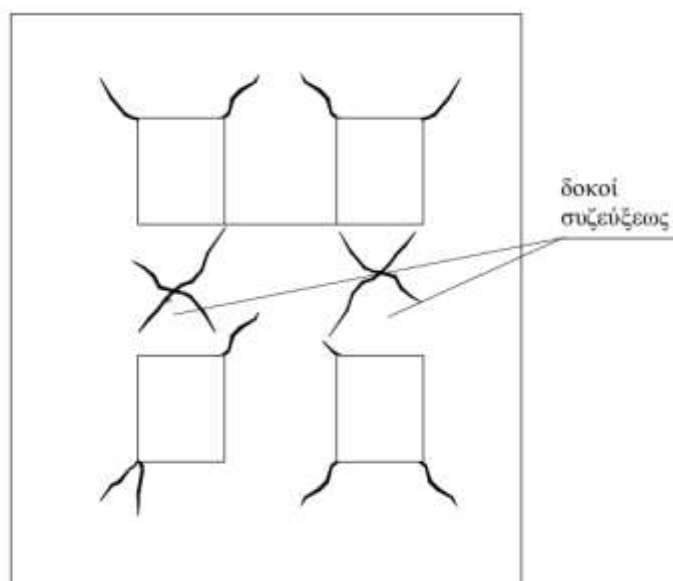
### Διαφραγματική και μη λειτουργία

Συμπεριφορά φορέα φέρουσας τοιχοποιίας αναλόγως της σύνδεσης καθέτων τοίχων και της ύπαρξης ή μη διαφραγμάτων (Σχήμα 3.45).



Σχήμα 3.45 Τυπικές μορφές απόκρισης κτιρίων Φ.Τ. υπό σεισμική καταπόνηση: a και b: ασύνδετοι φέροντες τοίχοι, c: φέροντες τοίχοι με κορυφαίο διάζωμα και d: φέροντες τοίχοι με διάφραγμα στο επίπεδο της στέγης τους (Ο.Α.Σ.Π., 2001)

Από την εμφανιζόμενη παθολογία του κτιρίου μετά από κάποιο ισχυρό σεισμικό γεγονός, μπορούμε να καταλάβουμε και την ύπαρξη ή όχι διαφραγματικής λειτουργίας. Παρουσία εύκαμπτων διαφραγμάτων και απουσία ισχυρών διαζωμάτων, σε κτίριο με αραιά ανοίγματα εμφανίζονται χιαστί καμπτοδιατμητικές ρωγμές στις ζώνες σύζευξης των πεσσών (καθέτως μεταξύ των ανοιγμάτων, Σχήμα 3.46). Η αστοχία αυτή οδηγεί σε απώλεια στήριξης των πατωμάτων. Προφανώς η ευαισθησία αυτή αναιρείται όταν υφίστανται άκαμπτα διαφράγματα ή/και ισχυρά διαζώματα.



Σχήμα 3.46 Μηχανισμός αστοχίας στις θέσεις σύζευξης πεσσών ενός δώροφου τοίχου χωρίς διαζώματα ή άκαμπτα διαφράγματα στις στάθμες των ορόφων (Ο.Α.Σ.Π., 2001)

### 3.5 ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Στις 26/01/2014 και στις 03/02/2014 στην Κεφαλονιά έλαβαν χώρα δύο ισχυρές σεισμικές δονήσεις, λόγω των οποίων προκλήθηκαν σημαντικές βλάβες στην κατασκευή. Μετά από αυτοψία που πραγματοποιήθηκε προέκυψε το συμπέρασμα ότι οι βλάβες αυτές εμφανίζονται σχεδόν στο σύνολο των φερόντων στοιχείων της, με αποτέλεσμα το κτίσμα να έχει απωλέσει σημαντικό μέρος της φέρουσας ικανότητάς του.

Πιο συγκεκριμένα παρατηρούνται τόσο διαγώνιες όσο και οριζόντιες ρωγμές στην πλειονότητα των πεσσών, υπερθύρων και ποδιών στους περιμετρικούς φέροντες τοίχους στις στάθμες του ισογείου και του ορόφου της κατασκευής. Οριζόντιες ρωγμές παρατηρούνται στο σύνολο των πεσσών του ορόφου στη στάθμη κάτω από τα υπέρθυρα. Παράλληλα παρατηρούνται οριζόντιες και διαγώνιες ρωγμές και στους εσωτερικούς μη φέροντες ξυλόπηκτους τοίχους (μοροφίντα), οι οποίοι όμως είναι μη φέροντες και δεν επηρεάζουν τη στατική λειτουργία του φορέα.

Στο κτίριο εμφανίζονται και επιφανειακές ρωγμές, που περιορίζονται στο χρώμα ή στα επιχρίσματα, η πλειοψηφία αυτών δεν παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τη στατική λειτουργία του κτιρίου. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται γενική καθαίρεση των επιχρισμάτων για ασφαλή συμπεράσματα ή τουλάχιστον, λόγω κήρυξης του ως διατηρητέου καθαίρεση επιχρισμάτων σε επιλεγμένες θέσεις.

Οι ρωγμές που εξετάζονται με μεγαλύτερη επιμέλεια είναι αυτές που έχουν αποδιοργανώσει την φέρουσα τοιχοποιία, οι οποίες γίνεται προσπάθεια κατηγοριοποίησης τους βάσει αιτίας χρησιμοποιώντας ως οδηγό τα αναφερόμενα στην προηγούμενη παράγραφο.

Οι κατηγορίες με βάση την αιτία είναι:

1. Οριζόντιες: Αστοχία σε κάμψη εντός επιπέδου σε συνδυασμό ορθών εφελκυστικών τάσεων.
2. Χιαστί ή διαγώνιες: Διατμητικές σε ανακύκλωση του σεισμού
3. Κατακόρυφες. Κάμψη εκτός επιπέδου, περί τον κατακόρυφο άξονα.

Στην επόμενη παράγραφο παρουσιάζονται αδρομερώς οι βλάβες και η εικόνα αυτών ανά όψη.

### 3.5.1 Περιγραφή Βλαβών - Ρωγμών

Η γενική εικόνα των ρωγμών του κτιρίου, που αφορούν την φέρουσα τοιχοποιία, είναι ότι οι περισσότερες αστοχίες οφείλονται σε εντός επιπέδου εντατική κατάσταση γιατί οι περισσότερες ρωγμές είναι οριζόντιες και διαγώνιες. Είναι λογικό ότι οι δύο μεγαλύτερες σε μήκος όψεις, ανατολική και δυτική, εμφανίζουν περισσότερες και ευρύτερες βλάβες από τις δύο μικρότερες πλευρές, δεδομένου του μεγαλύτερου ελεύθερου μήκους κίνησης των πλευρών αυτών. Αναλυτικότερα η εικόνα των ρωγμών ανά όψη είναι η εξής:

#### Ανατολική όψη

Στο ισόγειο εντοπίζονται διαμπερείς διαγώνιες ρωγμές, που εκτονώθηκαν προς τα έξω, πιέζοντας τους γωνιακούς πεσσούς αποκολλώντας τους γωνιόλιθους στο ύψος της οροφής ισογείου. Ενώ στον Α όροφο, εντοπίζονται οριζόντιες διαμπερείς ρωγμές στο επίπεδο των ανωφλιών, λόγω ολίσθησης του ισχυρού διαζώματος που είχε κατασκευαστεί στις προγενέστερες επεμβάσεις. Η σχετική οριζόντια μετατόπιση έχει προκαλέσει και την αποκόλληση των ακρογωνιαίων λίθων και στις δύο ακμές της όψης. Οι ρωγμές αυτές εντοπίζονται σε όλο το μήκος της πλευράς του κτιρίου. Στις ποδιές των παραθύρων του Α ορόφου, τα οποία βρίσκονται στους γωνιακούς πεσσούς, παρατηρούνται ρωγμές με μικρή κλίση (σχεδόν κατακόρυφες), οι οποίες ενδέχεται να υποδεικνύουν την αρχή τοπικού μηχανισμού, ο οποίος δεν εξελίχθηκε λόγω του ισχυρού οριζόντιου διαζώματος (Σχήμα 3.47).

Η εικόνα των βλαβών μεταξύ των δύο σταθμών παρουσιάζεται διαφορετική, κάτι που υποδεικνύει ενδεχόμενη διαφραγματική λειτουργία στο επίπεδο του δαπέδου του ορόφου ή της οροφής του ισογείου, το δίκτυο των καθέτως διασταυρούμενων ξύλινων



Σχήμα 3.47 Βλάβες ανατολικής όψης (VR\_Architects, et al., 2022)

δοκών του φορέα του δαπέδου εκτιμάται ότι εξασφαλίζει επαρκή λειτουργία δίσκου και λειτουργεί ως διάφραγμα.

### Δυτική όψη

Οι ρωγμές στην όψη αυτή είναι περισσότερες και εμφανίζονται με μεγαλύτερο εύρος από αυτές της ανατολικής. Πιθανός λόγος για αυτό μπορεί να είναι η παρουσία του πλευρικού εν επαφή παράσιτου, κάτι που δεν υφίσταται στην ανατολική όψη.



Σχήμα 3.48 Συμπεριφορά βλαβών δυτικής όψης (VR\_Architects, et al., 2022)

Στο ισόγειο οι διαμπερείς διαγώνιες ρωγμές πιέζουν προς τα έξω τους γωνιακούς πεσσούς αποκολλώντας λίθους στην άνω μεριά της αριστερής γωνίας. Η συμπεριφορά αυτή ήταν τόσο έντονη που έκοψε κατακόρυφα και αποκόλλησε τους λίθους στη βάση, αριστερά και δεξιά, της κεντρικής εισόδου (Σχήμα 3.48). Στην ίδια στάθμη εντοπίζονται πλήθος διαγώνιων και δισδιαγώνιων ρωγμών στους πεσσούς. Πιο συγκεκριμένα οι διαγώνιες ρωγμές εκτείνονται από τα ανώφλια με διεύθυνση προς τους ακρογωνιαίους λίθους στα ακραία ανοίγματα (κοντά στις γωνίες του κτιρίου) (Σχήμα 3.49). Οι βλάβες παρουσιάζουν συμμετρία περί του κάθετου κεντρικού άξονα του κτιρίου.

Στον όροφο παρατηρείται, σε όλο το μήκος της πλευράς, ρωγμή οριζόντιας ολίσθησης του ισχυρού διαζώματος, στον αρμό μεταξύ της δοκού περίσφιξης με την τοιχοποιία, παρόμοια με την ανατολική όψη. Η οριζόντια αυτή ρωγμή εκτονώνεται τους δύο ακρογωνιαίους λίθους αυτής της πλευράς, με θραύση και αποκόλληση τους. Εκτός αυτού στην όψη αυτή εμφανίζονται άλλες δύο παράλληλες ρωγμές, η μία περίπου στην ευθεία που ορίζουν οι βάσεις των ανωφλίων των ανοιγμάτων και η άλλη στην ευθεία που ορίζουν οι κορυφές των ποδιών των παραθύρων του ορόφου. Οι δύο επιπλέον αυτές ρωγμές παραπέμπουν σε εκτός επιπέδου κατακόρυφη κάμψη (δημιουργία αρθρώσεων στο επίπεδο των ανωφλίων και των ποδιών των ανοιγμάτων του ορόφου). Η συγκεκριμένη λειτουργία ή μηχανισμός προϋποθέτει και υποδεικνύει δυσπαραμόρφωτο διάφραγμα

στην οροφή του ισογείου καθώς και ύπαρξη διαζώματος σε συνδυασμό με επιμελή αγκύρωση της στέγης. Τέλος εμφανίζεται σε κτίρια με επαρκή αλληλεμπλοκή/συρραφή των εγκάρσιων τοίχων.



Σχήμα 3.49 Λεπτομέρεια κάτω αριστερά τμήματος του ισογείου, με τις εντοπιζόμενες βλάβες/ρωγμές (VR\_Architects, et al., 2022)

Τέλος εκτεταμένη είναι και η παρουσία υγρασίας, που δικαιολογείται λόγω του προσανατολισμού, η οποία ευθύνεται εν μέρει και για την εκτεταμένη ανάπτυξη φυτών στις ευρύτερες ρωγμές της τοιχοποιίας (Σχήμα 3.51).

### **Βορεινή όψη**

Στις μικρότερες σε μήκος πλευρές η εικόνα των βλαβών είναι παρόμοια με τις μεγάλες πλευρές, αλλά οι ρωγμές δε παρουσιάζουν μικρότερο εύρος. Στη βόρεια πλευρά στον Α όροφο, υπάρχουν οριζόντιες ρωγμές στο ύψος των ανωφλιών, των παραθύρων, και διαγώνιες ρωγμές στις ποδιές των παραθύρων. Στο ισόγειο υπάρχουν δισδιαγώνιες τριχοειδείς ρωγμές, ενώ εντοπίζονται δύο διαμπερείς διαγώνιες ρωγμές με δυτική κατεύθυνση. (Σχήμα 3.52)

### **Νότια όψη**

Παρουσιάζει συνολικά πολύ λιγότερες και ελαφρύτερες βλάβες από τη βόρεια όψη. Στον Α όροφο, παρατηρούνται διαμπερείς καμπτικές (εντός επιπέδου) οριζόντιες ρωγμές στο ύψος εκατέρωθεν των ανωφλιών των ανοιγμάτων καθώς και διακοπτόμενες οριζόντιες ρωγμές στη σύνδεση του οριζόντιου διαζώματος με την τοιχοποιία. Σημειώνεται και η ανάπτυξη κατακόρυφων τριχοειδών ρωγμών στο μέσον του ορόφου, δείγμα μικρής καμπτικής καταπόνησης εκτός επιπέδου του οριζοντίου διαζώματος (Σχήμα 3.53).



Το ισόγειο της νότιας όψης παρουσιάζει τις λιγότερες βλάβες από όλες τις όψεις και οι ρωγμές περιορίζονται σε τριχοειδείς διατμητοκαμπτικές εντός επιπέδου. Οι μοναδικές διαμπερείς ρωγμές παρουσιάζονται κάτω και πάνω από το παράθυρο, πλησίον στην ανατολική όψη. Εντοπίζεται μια κατακόρυφη ρωγμή στο μέσον της ποδιάς και διαμπερείς ρωγμές στη βάση του ανωφλιού (Σχήμα 3.54).

### **Εσωτερικοί τοίχοι (Μη φέροντες)**

Εσωτερικά παρουσιάζονται εκτενείς βλάβες σε όλους σχεδόν του δρομικούς ξυλόπηκτους τοίχους (μοροφίντα), με εκτεταμένες ζημιές στα επιχρίσματα, πτώσεις επιχρισμάτων, ενώ από την παραμένουσα μετακίνηση τους υπάρχει αποδιοργάνωση των κασωμάτων των εσωτερικών ανοιγμάτων και των κορνιζών αυτών.

### **Συνολική εικόνα βλαβών**

Από την μορφολογία των ρωγμών φαίνεται ότι στο κτίριο, οι περισσότερες αστοχίες, που οφείλονται στο σεισμικό γεγονός της 26<sup>ης</sup> Ιανουαρίου του 2014 (26-1-2014), οφείλονται σε εντατικές καταστάσεις εντός επιπέδου. Ελάχιστες κατακόρυφες ρωγμές, εμφανίζονται στις ποδιές των παραθύρων και οφείλονται σε εκτός επιπέδου κάμψη, περί τον κατακόρυφο άξονα. Η δυτική όψη (Σχήμα 3.50) έχει περισσότερες και με μεγαλύτερο εύρος ρωγμές, σε σχέση με την ανατολική (Σχήμα 3.51). Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι στην δυτική όψη οι προσθήκες κατ' επέκταση, που έγιναν αργότερα, εφάπτονται στην δυτική πλευρά αυτή, ενώ η ανατολική είναι "ελεύθερη". Λόγω της προσθήκης, οι εμποδιζόμενες εντός επιπέδου παραμορφώσεις αύξησαν τις διατμητικές τάσεις και τις ορθές τάσεις (ροπή εντός επιπέδου) στο τοίχο της δυτικής όψης, σε βαθμό που τοπικά υπερέβησαν τα όρια αντοχής της τοιχοποιίας.

Λόγω του μεγάλου μήκους ελεύθερων πλευρών του κτιρίου, θα ήταν αναμενόμενες βλάβες οφειλόμενες σε αστοχίες εκτός επιπέδου, ιδιαίτερα σε κάμψη εκτός επιπέδου κατά τον κατακόρυφο άξονα, κάτι το οποίο δεν παρατηρείται. Πιθανή εξήγηση είναι η προσθήκη και επιμελής αγκύρωση, στις εξωτερικές τοιχοποιίες των δύο μεταλλικών δοκών.

Εκτός από κάποιες επικαλύψεις με τσιμεντοκονία σε τμήματα εξωτερικών επιχρισμάτων τα οποία είχαν υποχωρήσει, οι υπόλοιπες ρωγμές παραμένουν από το 2014 εκτεθειμένες στις εξωτερικές συνθήκες. Αποτέλεσμα αυτού είναι η εισχώρηση υγρασίας και η ανάπτυξη φυτών, των οποίων ριζικό σύστημα διευρύνει περαιτέρω τις ρωγμές. Δεδομένου της μεγάλης σεισμικής δραστηριότητας της περιοχής, απαιτείται η συντομότερη αντιμετώπιση των βλαβών μετά φυσικά από ενδελεχή έρευνα και μελέτη.





Σχήμα 3.50 Παθολογία ανατολική όψης (Από μελέτη Ομάδας Έργου (VR\_Architects, et al., 2022))

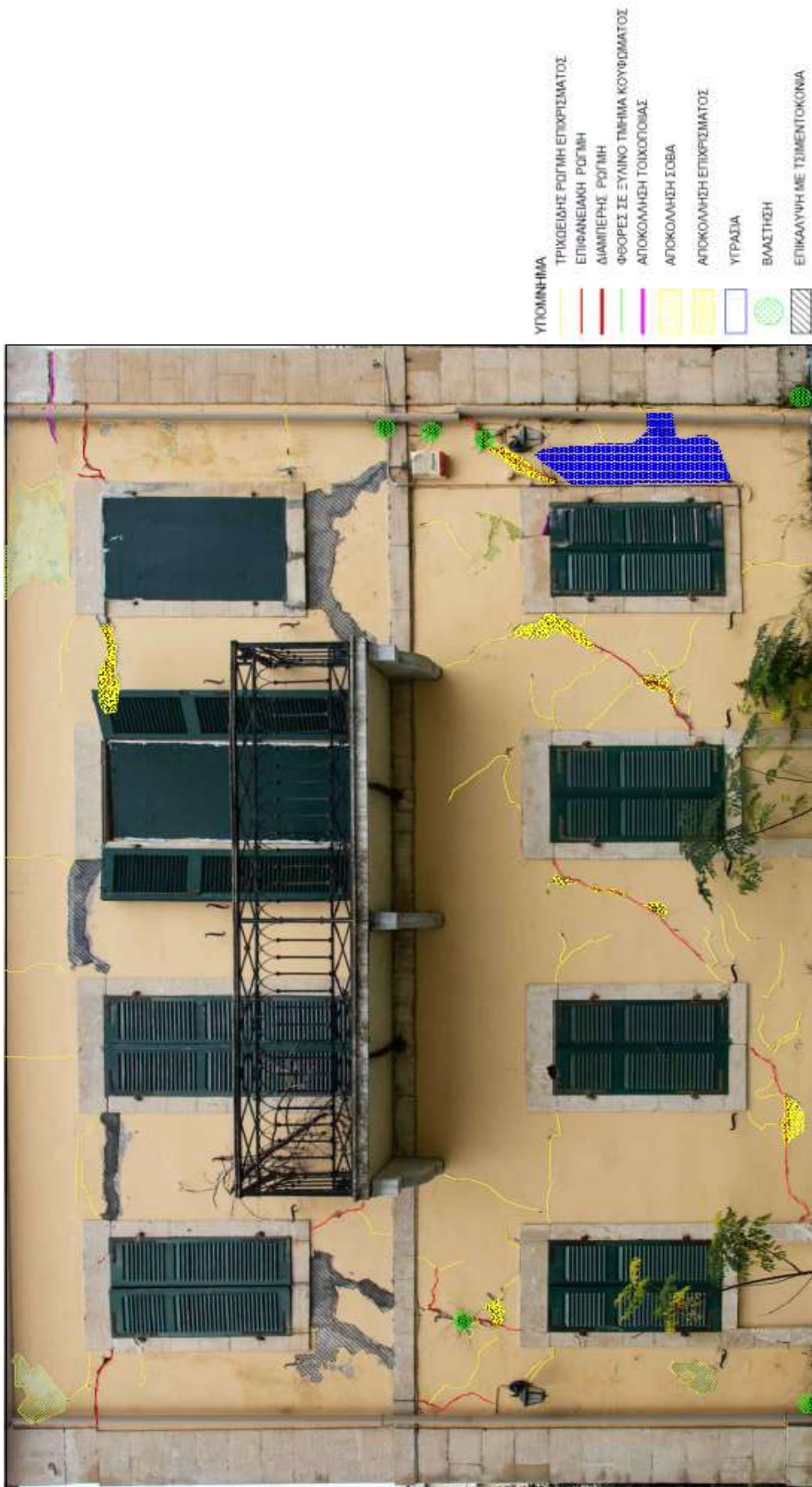
- ΥΠΟΜΗΝΗΜΑ
- ΤΡΙΚΛΙΣΙΔΗ ΡΩΓΜΗ ΕΠΙΧΡΩΣΜΑΤΟΣ
- ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΡΩΓΜΗ
- ΔΙΑΜΠΕΡΗΣ ΡΩΓΜΗ
- ΦΩΡΕΣ ΣΕ ΞΥΛΙΝΟ ΠΛΗΡΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ
- ΑΠΟΚΟΛΛΗΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ
- ΑΠΟΚΟΛΛΗΣΗ ΣΩΒΑ
- ΑΠΟΚΟΛΛΗΣΗ ΕΠΙΧΡΩΣΜΑΤΟΣ
- ΥΓΡΑΣΙΑ
- ΒΛΑΣΤΗΣΗ
- ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΜΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΩΝΑ



Σχήμα 3.51 Παθολογία δυτικής όψης (Από μελέτη Ομάδας Έργου (VR\_Architects, et al.,

- ΥΠΟΜΗΝΗΜΑ
- ΤΡΙΚΕΙΔΗΣ ΡΩΓΜΗ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΟΣ
  - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΡΩΓΜΗ
  - ΔΙΑΜΠΕΡΗΣ ΡΩΓΜΗ
  - ΦΩΡΕΣ ΣΕ ΣΥΛΙΚΟ ΤΗΡΗΜΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ
  - ΑΠΟΚΟΛΛΗΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ
  - ΑΓΟΚΟΛΛΗΣΗ ΣΟΒΑ
  - ΑΓΟΚΟΛΛΗΣΗ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΟΣ
  - ΥΓΡΑΣΙΑ
  - ΒΛΑΣΤΗΣΗ
  - ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΜΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑ

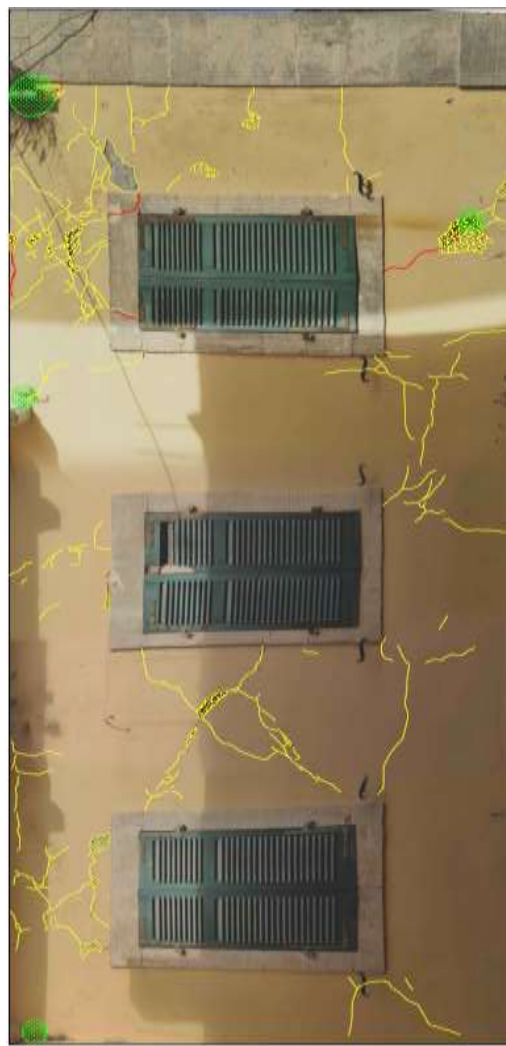




Σχήμα 3.52 Παθολογία βόρειας όψης (Από μελέτη Ομάδας Έργου (VR\_Architects, et al., 2022))



Σχήμα 3.54 Παθολογία νότιας όψης –όροφος (Από μελέτη Ομάδας Έργου (VR\_Architects, et al., 2022))



Σχήμα 3.54 Παθολογία νότιας όψης –ισόγειο (Από μελέτη Ομάδας Έργου (VR\_Architects, et al., 2022))

## Κεφάλαιο 4

### ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΩΝ

#### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα κτίρια με φέροντα οργανισμό από φέρουσα τοιχοποιία αφού αποτυπωθούν αναλυτικά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του φορέα και οι εμφανιζόμενες σε αυτόν προηγούμενες επεμβάσεις και τέλος η παθολογία του, το επόμενο βήμα είναι η εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας. Οι δυσκολίες είναι αρκετές καθώς η τοιχοποιία ως υλικό είναι πολυφασικό και πολύμορφο.

Ο προσδιορισμός των μηχανικών ιδιοτήτων της τοιχοποιίας είναι απαιτητικός καθώς παρουσιάζει ανομοιογένεια και είναι ανισότροπο υλικό, ενώ ο τρόπος δόμησης διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Η τοιχοποιία διαφοροποιείται από τα υπόλοιπα υλικά κατασκευών που έχουν επικρατήσει, όπως το σκυρόδεμα, ο χάλυβας καθώς δεν αποτελεί βιομηχανικό προϊόν ώστε να ελέγχεται και να διατηρεί σταθερή ποιότητα. Η πολυμορφία και η πολυτυπία του ίδιου του υλικού κάνει πολύ δύσκολη την τυποποίηση του διεθνώς.

Μέχρι τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα ο γενικότερος σχεδιασμός κτιρίων με φέρουσα τοιχοποιία ήταν σχεδόν εμπειρικός. Τα τελευταία χρόνια οι πολίτες έχουν ευαισθητοποιηθεί σχετικά με την διατήρηση, αποκατάσταση της οικιστικής κληρονομιάς, γεγονός το οποίο οδήγησε στην αναζωπύρωση της έρευνας της μηχανικής συμπεριφοράς της τοιχοποιίας, καθώς τα περισσότερα μνημεία ή διατηρητέα κτίρια αποτελούνται από φέρουσα τοιχοποιία.

Η εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε δομήματα κηρυγμένα είναι ακόμη πιο δυσχερής και αποτελεί πρόκληση για νέες σύγχρονες τεχνικές (π.χ. θερμογραφία ή άλλες σύγχρονες απεικονιστικές τεχνικές) καθώς υφίστανται επιπλέον περιορισμοί που καθιστούν τις άμεσες και περισσότερες επεμβατικές μεθόδους εκτίμησης της ποιότητας των υλικών, δύσκολα εφαρμόσιμες.

## 4.2 ΜΕΓΕΘΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ

Στη συγκεκριμένη παράγραφο πραγματοποιείται εννοιολογική παρουσίαση των μεγεθών συμπεριφοράς της τοιχοποιίας σύμφωνα με τη βιβλιογραφία και κατά τον ΚΑΔΕΤ, αναφέροντας συνοπτικά κάποια χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τα μεγέθη αυτά. Τονίζεται η σημασία κατανόησης της λειτουργίας της τοιχοποιίας, καθώς το υλικό δεν είναι ομοιογενές και ο μελετητής πρέπει σε κάθε περίπτωση να αντιλαμβάνεται τις γενικές αρχές της συμπεριφοράς της τοιχοποιίας σε διαφορετικές καταστάσεις.

### 4.2.1 Μηχανικά Χαρακτηριστικά της Τοιχοποιίας:

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας, η οποία παρουσιάζει έντονα ανισότροπη συμπεριφορά, που ενδιαφέρουν ιδιαίτερος των μελετητή μηχανικό, με τον χαρακτηρισμό της συνήθης μηχανικής συμπεριφοράς τους είναι:

- α. Θλιπτική αντοχή, σχετικά υψηλή.
- β. Εφελκυστική αντοχή, ιδιαίτερος χαμηλή
- γ. Διατμητική αντοχή, σχετικώς ικανοποιητική
- δ. Μέτρο ελαστικότητας, μεγάλο εύρος τιμών.

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας σε υφιστάμενα κτίρια εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τις ακόλουθες παραμέτρους (Σπυράκος, 2019):

#### α) κατεργασία λιθοσωμάτων:

- ακατέργαστοι -αργοί- λίθοι,
- ημικατεργασμένοι -ημιλαξευτοί λίθοι,
- λαξευτοί λίθοι

#### β) ποιότητα δόμησης:

- μη κανονική
- κανονική (απουσία συνεχών κατακόρυφων αρμών)

#### γ) το είδος των λιθοσωμάτων

- σκληροί φυσικοί λίθοι, όπως ασβεστόλιθος

- μαλακοί φυσικοί λίθοι, όπως ηφαιστειακοί
- οπτόπλινθοι (συμπαγείς ή με οπές)

#### δ) δόμηση κατά το πάχος:

- τοιχοποιία μίας ή πολλών στρώσεων
- εγκάρσια σύνδεση των στρώσεων
- χαρακτηριστικά της εσωτερικής στρώσης (πυρήνας)

#### ε) ύπαρξη ή μη στοιχείων ανάληψης εφελκυσμού

#### στ) ύπαρξη ή μη ξύλινων στοιχείων

Στη βιβλιογραφία εντοπίζονται διάφορες μέθοδοι εκτίμησης των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας, είτε μέσω πινάκων, μεθοδολογία που προτείνεται στο νέο αναθεωρημένο Ευρωκώδικα 8 Μέρος 3 (EC8-3) και περιέχεται στον Ιταλικό Κανονισμό (Σπυράκος, 2019), είτε μέσω ημιεμπειρικών σχέσεων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι διαδικασίες εκτίμησης των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας μας.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η συμπεριφορά της τοιχοποιίας διαφοροποιείται όταν αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου δομητικού συστήματος. Άλλη η συμπεριφορά σε ένα εργαστηριακό απομονωμένο δοκίμιο, κατασκευασμένο υπό ελεγχόμενες συνθήκες και άλλο ως τμήμα κτιρίου, εργοταξιακά κατασκευασμένο. Το πιο ευαίσθητο μέγεθος της τοιχοποιίας είναι κυρίως η οριακή παραμορφωσιακή της ικανότητα η οποία, επηρεάζεται δυσμενώς ή ευμενώς όταν αποτελεί τμήμα ενός δομητικού συστήματος, όπως είναι τα παρακάτω:

- διαζώματα (διαφόρων υλικών) συνδεδεμένα μεταξύ τους και τους εγκάρσιους τοίχους
- διαφράγματα (ή ακόμη και στέγες με δυνατότητα διαφραγματικής λειτουργίας).
- ανοίγματα ενισχυμένα με πλαίσιο από διάφορα υλικά (περιλαμβανομένων λαξευτών λιθωμάτων).
- συνδέσεις εγκάρσιων τοίχων, έναντι αποκόλλησης και έναντι διατμητικής απόσχισης.
- μεταλλικές περισφίγγεις πεσσών, και
- κάθε άλλο στοιχείο δομητικής επέμβασης (επισκευής ή ενίσχυσης), όπως εκ των μεταγενέστερων επεμβάσεων στοιχείων (π.χ. μανδύες, ελκυστήρες, θλιπτήρες, κ.λπ.

Η αλλαγή στη συμπεριφορά της τοιχοποιίας εντός δομητικού συστήματος οφείλεται στα ακόλουθα αίτια:

- Εντός επιπέδου περίσφιγξη, κυρίως όταν τα οριζόντια διαζώματα συνδυάζονται με ισχυρές (κατακόρυφες) παραστάδες ανοιγμάτων.
- Ανακατανομή της έντασης και αντίστοιχη δυνατότητα πλαστικής συμπεριφοράς κρίσιμων περιοχών τοιχοποιίας.
- Δυνατότητα λειτουργίας λοξών θλιπτήρων μικρότερου μήκους, οι οποίοι απολήγουν στα περιθυρώματα.
- Αύξηση θλιβόμενου πέλματος στο κάτω άκρον στοιχείου τοιχοποιίας, μέσω συνεργαζόμενου πλάτους εγκάρσιου τοίχου.
- Τριαξονική θλιπτική λειτουργία (αύξηση αντοχής και κρίσιμης παραμόρφωσης

Επομένως είναι ιδιαίτερα κρίσιμο για τον μελετητή να εντοπίσει, ανιχνεύσει και αξιολογήσει τον τρόπο κατασκευής της τοιχοποιίας και την ύπαρξη ή απουσία χαρακτηριστικών που συμβάλλουν στη διαφοροποίηση της δομικής συμπεριφοράς της. Ο νέος κανονισμός, ορίζει με σαφήνεια τα κρίσιμα ποιοτικά χαρακτηριστικά και τον τρόπο με τον οποίο ο μελετητής μηχανικός μπορεί να τα επιβεβαιώσει. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι:

#### **Τρόπος δόμησης τοιχοποιίας κατά τις όψεις της (§3.5.4.1, (ΚΑΔΕΤ, 2022))**

Συστήνεται τοπική καθαίρεση επιχρισμάτων σε αντιπροσωπευτική επιφάνεια (περίπου  $1 \times 1 \text{m}^2$ ) για εκτίμηση του λόγου μέσου πάχους οριζόντιων αρμών κονιάματος προς το μέσο ύψος λιθωμάτων και ο μέσος όγκος κονιάματος ως ποσοστό προς τον όγκο της τοιχοποιίας. **Σε κηρυγμένα ως μνημεία ή διατηρητέα κτίρια και τα επιχρίσματα φέρουν διακοσμητικά στοιχεία προς διατήρηση, τότε χρειάζεται η εφαρμογή της θερμογραφίας ή/και άλλων μη καταστρεπτικών τεχνικών.**

#### **Τρόπος δόμησης τοιχοποιίας κατά το πάχος της (§3.5.4.2, (ΚΑΔΕΤ, 2022))**

Διακρίνεται οπτικά α) σε τμήματα που έχουν καταρρεύσει ή παρουσιάζουν σοβαρές βλάβες, β) αφαιρώντας τα κασώματα σε ανοίγματα, γ) αφαιρώντας προσεκτικά μικρό πλήθος λιθωμάτων και στις δύο όψεις, επιλογή θέσης με κριτήριο την ύπαρξη διάτονων/ημιδιάτονων λίθων ώστε να εκτιμηθεί ο βαθμός σύνδεσης των εξωτερικών παρειών, δ) λαμβάνοντας πυρήνες σε αντιπροσωπευτικές θέσεις και ε) χρησιμοποιώντας ραντάρ ή ενδοσκοπήσεις και ηχητικών μεθόδων και ιδιαίτερα μέσω ηχητικής τομογραφίας. **Οι τεχνικές αυτές εφαρμόζονται σε κτίρια μεγάλης ιστορικής / αρχιτεκτονικής αξίας. Πιο αξιόπιστα τα αποτελέσματα αν η τοιχοποιία είναι ανεπίχριστη ή όταν είναι δυνατή η καθαίρεση των επιχρισμάτων στις θέσεις ελέγχου.** στ) Συμπληρωματικά, λήψη στοιχεία από γειτονικά κτίρια, όταν το υπό μελέτη ανήκει σε οικισμό με ενιαίο τρόπο δόμησης.

#### **Εντοπισμός οριζοντίων διαζωμάτων εντός τοιχοποιίας (§3.5.4.3, (ΚΑΔΕΤ, 2022))**

Αν διακρίνονται εξωτερικά, σε ανεπίχριστες τοιχοποιίες, διερευνάται και αποτυπώνεται η διάταξη των, κατά μήκος των παρειών, ξυλοδεσιών ή των μεταλλικών διαζωμάτων. Σε



επιχρισμένες απαιτείται καθαίρεση των επιχρισμάτων. Επικουρικώς λήψη στοιχείων από κτίρια ιστορικού ή μη οικισμού (αν υφίσταται) του κτιρίου. **Εάν δεν είναι δυνατή η μερική καθαίρεση των επιχρισμάτων (π.χ. σε εν χρήσει κτίριο ή σε κτίριο χαρακτηρισμένο ως μνημείο ή διατηρητέο), τότε απαιτείται διερεύνηση μέσω χρήσης ραντάρ ή ενδοσκοπήσεων σε επιλεγμένες θέσεις.**

Αν δεν διακρίνονται εξωτερικά στις όψεις διαζώματα, διερευνώνται στο εσωτερικό τμήμα της τοιχοποιίας με εντοπισμό των θέσεων αυτών καθ' ύψος του κτιρίου, στις οποίες υπάρχει διάταξη διαζωμάτων. Αφαιρώντας εξωτερικές σειρές λίθων στις δύο παρειές επιτρέπεται η λεπτομερής μέτρηση των διαμήκων και τυχόν εγκάρσιων στοιχείων των διαζωμάτων. **Σε περιπτώσεις μνημείων ή διατηρητέων κτιρίων, εντοπίζονται οι θέσεις και οι διαστάσεις των στοιχείων αυτών χρησιμοποιώντας ραντάρ ή ενδοσκοπήσεων σε κατάλληλες θέσεις.**

#### Συνδέσεις μεταξύ τοίχων (§3.5.4.4, (ΚΑΔΕΤ, 2022))

Απαίτηση καθαίρεσης επιχρισμάτων στις δύο παρειές, ώστε μέσω της μέτρησης των διαστάσεων των λιθοσωμάτων και των συναντώμενων/διασταυρούμενων τοίχων να συντάσσεται σχέδιο τρόπου δόμησης των περιοχών αυτών. Αν δεν υπάρχει σύνδεση, τότε ακολουθούνται τα περιγραφόμενα στο Νο1 (§3.5.4.2). Αν δεν είναι δυνατή η τοπική καθαίρεση των επιχρισμάτων, εφαρμόζεται μέθοδος θερμογραφίας για τον εντοπισμό της γεωμετρίας των λιθοσωμάτων των όψεων. Αν υφίσταται μη συμπαγής δόμηση εφαρμόζονται τα συναρτώμενων περιγραφόμενα στο Νο1 (§3.5.4.2).

#### Κατασκευαστικές φάσεις, ασυνέχειες όψεων (§3.5.4.5, (ΚΑΔΕΤ, 2022))

Με απλή οπτική παρατήρηση σε ανεπίχριστες τοιχοποιίες ή με καθαιρέσεις σε επιχρισμένες. **Σε περιπτώσεις μνημείων ή διατηρητέων υποβοήθηση με θερμογραφία, αφού έχει μελετηθεί το ιστορικό του υπό μελέτη κτιρίου.**

#### Έδαφος θεμελίωσης (§3.5.4.7, (ΚΑΔΕΤ, 2022))

Όπως και στις σύγχρονες κατασκευές έτσι και στις υφιστάμενες ένας από τους κρίσιμους παράγοντες που πρέπει να ελεγχθεί είναι το έδαφος θεμελίωσης. Για το σωστό και αξιόπιστο έλεγχο του εδάφους θεμελίωσης απαιτείται εδαφοτεχνική ή γεωτεχνική

Πίνακας 4.1 Περιπτώσεις ανάγκης νέας εδαφοτεχνικής έρευνας (Π3.1, (ΚΑΔΕΤ, 2022))

Προγενέστερη Εδαφοτεχνική έρευνα	Προηγούμενη συμπεριφορά θεμελίωσης	Επέμβαση που προκαλεί πρόσθετες δράσεις στο έδαφος (1)	Ανάγκη νέας εδαφοτεχνικής έρευνας
Διατίθεται	Κακή		Ναι
Δεν διατίθεται	Καλή	Όχι	Όχι
		Ναι	Ναι
	Κακή		Ναι

(1) Όταν προκαλείται αύξηση των τάσεων εδάφους τουλάχιστον σε ένα στοιχείο θεμελίωσης μεγαλύτερη από 20%

έρευνα. Ο ΚΑΔΕΤ (§3.5.4.7, Έδαφος Θεμελίωσης) ορίζει με σαφήνεια τις περιπτώσεις που η εδαφοτεχνική έρευνα κρίνεται απαραίτητη. Τα βασικά στοιχεία που ορίζουν την αναγκαιότητα αυτή είναι η συμπεριφορά της υφιστάμενης θεμελίωσης και η προσθήκη επεμβάσεων που θα αυξήσουν τις δράσεις προς το έδαφος (Πίνακας 4.1).

#### 4.2.2 Μέθοδοι Επιτόπου Μετρήσεων Μηχανικών Χαρακτηριστικών Τοιχοποιίας

Εκτός της εργαστηριακής έρευνας, μέσω αντιγραφής δοκιμών τοιχοποιίας, λόγω της μεγάλης ποικιλομορφίας και της διαφοροποίησης της συμπεριφοράς της τοιχοποιίας, όταν αποτελεί μέρος δομητικού συστήματος, πολλές φορές επιδιώκεται η επιτόπου μέτρηση των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας, ώστε να ληφθούν μερικώς και πιο άμεσα οι τοπικές συνθήκες που επηρεάζουν τις τιμές των μεγεθών αυτών. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω των ακόλουθων μεθόδων (§3.6.6, (ΚΑΔΕΤ, 2022)):

α) **Με την μέθοδο των επίπεδων γρύλλων.** Αξιόπιστη υπό όρους, η απόφαση για την εφαρμογή της, και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της πρέπει να γίνεται από ειδικευμένο Πολιτικό Μηχανικό. Αναφέρονται οι σχετικές συστάσεις της *RILEM Recommendation MDT. D. 4: In-situ stress tests based on the flat jack* και *RILEM Recommendation MDT. D.5: In-situ stress-strain behavior tests based on the flat jack*. Υπό προϋποθέσεις, μπορεί να δώσει πληροφορίες και για το μέτρο ελαστικότητας, καθώς και για τον λόγο εγκάρσιας διόγκωσης της τοιχοποιίας (Λόγος Poisson). Σε τρίστρωτες τοιχοποιίες η μέθοδος των επίπεδων γρύλλων, δίνει στοιχεία μόνο για τις παρειές της τοιχοποιίας. Η εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών της σε ολόκληρο το πάχος της απαιτεί γνώση της γεωμετρίας της κατά το πάχος της, στοιχεία για την αντοχή του υλικού πληρώσεως, καθώς και κατάλληλη επεξεργασία αυτών των στοιχείων, κατά την § 6.2.4.3 (ΚΑΔΕΤ, 2022).

β) **Λήψη δοκιμών τοιχοποιίας** και την εργαστηριακή υποβολή τους σε θλίψη/διαγώνια θλίψη

Στις περιπτώσεις κατασκευών κηρυγμένων ως μνημεία ή διατηρητέα κτίρια, , δεν μπορούν να εφαρμοστούν καταστροφικές μέθοδοι (πυρηνοληψίες, μέθοδος επίπεδων γρύλλων κλπ.) για την εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας (Βλ. §3.6.6(β), ΚΑΔΕΤ2022).

Καθότι επίσης απαγορεύεται συνήθως η καθαίρεση των επιχρισμάτων, η διαπίστωση του τρόπου δόμησης ως προς την όψη και του τρόπου σύνδεσης των τοίχων απαιτεί μη καταστροφικές μεθόδους, όπως θερμογραφία (Βλ. §3.5.4.1 & §3.5.4.4, ΚΑΔΕΤ), ενώ για

τον τρόπο δόμησης κατά το πάχος απαιτείται χρήση ραντάρ ή ενδοσκοπήσεων (βλ. §3.5.4.2, ΚΑΔΕΤ). Οι τελευταίες μέθοδοι σε συνδυασμό με επικουρικά στοιχεία, όπως άλλα κτίρια ίδιας εποχής στο ίδιο δομικό σύστημα, απαιτούνται και για τον έλεγχο ύπαρξης οριζόντιων διαζωμάτων (βλ. §3.5.4.3(β)iii, ΚΑΔΕΤ2022).

Τα παραπάνω τονίζονται καθώς ισχύουν και στην περίπτωση του κτιρίου της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς αποτελεί κηρυγμένο μνημείο. Απουσίας εξοπλισμού στο πλαίσιο της διπλωματικής δεν διενεργήθηκαν οι παραπάνω συνιστώμενοι έλεγχοι.

Επικουρικά ευρέθησαν στοιχεία χημικών αναλύσεων για τον προσδιορισμό των υλικών. Σύμφωνα με τις αναλύσεις (ACL Ανδρέου Κ. ΙΚΕ, 2021). Σύμφωνα με αυτές, οι λίθοι είναι ασβεστόλιθος και το συνδετικό κονίαμα αποτελείται από υδραυλική άσβεστο και μαρμαροκονία.

Εξαιτίας των πολλών περιορισμών στους απαιτούμενους διενεργηθέντες ελέγχους και της απαίτησης εξειδικευμένου εξοπλισμού, χρησιμοποιήθηκε η υφιστάμενη βιβλιογραφία, επικουρικά ιστορικά στοιχεία για την περιοχή της Κεφαλονιάς και εκτεταμένη κρίση μηχανικού για τη λήψη αποφάσεων, σχετικά με τη θεώρηση του τρόπου δόμησης της τοιχοποιίας και των μηχανικών χαρακτηριστικών και της ποιότητας των υλικών.

Όσον αφορά την τοιχοποιία, λόγω του αυξημένου πάχους και τις παρατηρούμενης συμπεριφοράς θεωρείται τριστρωτη τοιχοποιία όσον αφορά τον τρόπο δόμησης.

#### **4.2.3 Αντοχή Τοιχοποιίας σε Θλίψη**

Η αντοχή σε θλίψη (compression) προκύπτει ως συνάρτηση της αντοχής των λιθοσωμάτων και του είδους και της αντοχής των κονιαμάτων και είναι το μηχανικό χαρακτηριστικό που έχει ερευνηθεί περισσότερο, καθώς οι κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία υπόκεινται κυρίως σε θλίψη, αποτελεί ως εκ τούτου το δυνατό χαρακτηριστικό της τοιχοποιίας (wall). Η αύξηση της θλιπτικής αντοχής μιας τοιχοποιίας δεν είναι ανάλογη της θλιπτικής αντοχής των δύο υλικών (λίθος-κονίαμα) και προφανώς η συμμετοχή του κονιάματος είναι μικρότερη από αυτή του λιθοσώματος (βλ. και §3.6.1, (EN1996-1:2005, 2005). Η θλιπτική αντοχή επηρεάζεται από τους κάτωθι παράγοντες :

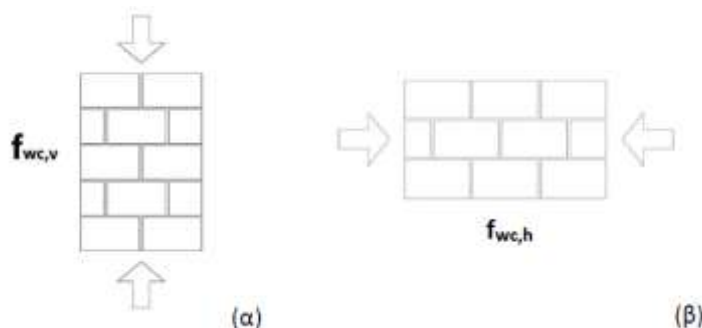
- Χαρακτηριστικά λιθοσωμάτων: αντοχή, τύπος και γεωμετρία αυτών (συμπαγή ή διάτρητα, το είδος και το ποσοστό των οπών, σχετικό ύψος), τραχύτητα επιφανειών τους υδατοαπορροφητικότητα, παραμορφωσιμότητα

- Χαρακτηριστικά κονιάματος: αντοχή, σύνθεση μείγματος (λόγος νερού προς τσιμέντο -αν υπάρχει-, συγκράτηση ύδατος), σχετικό πάχος κονιάματος σε σχέση με το λιθόσωμα και η σχετική παραμόρφωση των υλικών (μεγάλο πάχος, αρνητική επίπτωση στη θλιπτική αντοχή), παραμορφωσιμότητα
- Γενικές συνθήκες τοιχοποιίας: τρόπος εμπλοκής λιθοσωμάτων στην όψη και στο πάχος (σημαντικότερος παράγοντας, χωρίς επαρκή πειραματικά δεδομένα), διεύθυνση φόρτισης, τοπικές αυξήσεις τάσεων, τρόπος επιβολής φορτίου (εκκεντρότητα επιβολής αξονικού φορτίου (π.χ. από έδραση διαζωμάτων), διαφορετικές αντοχές και μέτρα ελαστικότητας παρειών τοιχοποιίας.

Η αντοχή της τοιχοποιίας σε θλίψη, αλλά και ο τρόπος αστοχίας αυτής διαφοροποιείται και επηρεάζεται αναλόγως με την κατεύθυνση εφαρμογής της δράσης, ιδιαιτέρως ως προς τη διεύθυνση των οριζόντιων αρμών (ανισοτροπία), επομένως ορίζονται οι εξής αντοχές:

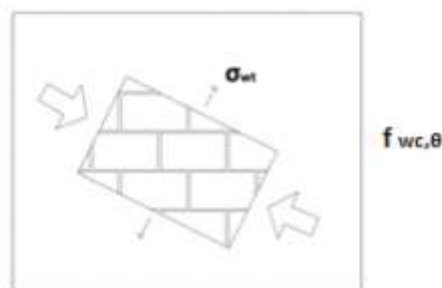
(i) κατά την κατακόρυφη διεύθυνση,  $f_{wc,v}$  (Σχήμα 4.1α)

(ii) κατά την οριζόντια διεύθυνση,  $f_{wc,h}$  (Σχήμα 4.1β) (περιλαμβάνεται και η αντοχή σε τοπική θλίψη,  $f_{wc,l}$ , από ανγκύρωση ελκυστήρα), και



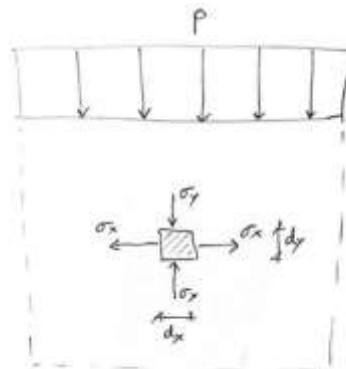
Σχήμα 4.1 Τοιχοποιία υπό κατακόρυφη ή οριζόντια θλίψη (Σ6.1 (ΚΑΔΕΤ, 2022))

(iii) κατά λοξή διεύθυνση,  $f_{wc,\theta}$ , (ταυτόχρονα με εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις (Σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.2 Τοιχοποιία υπό λοξή θλίψη (Σ6.2 (ΚΑΔΕΤ, 2022))

Η διεύθυνση του στερεού των τάσεων (ετερόσημη διαξονική ένταση εντός του επιπέδου του τοιχώματος) προκαλεί μείωση της φέρουσας ικανότητας της τοιχοποιίας έναντι

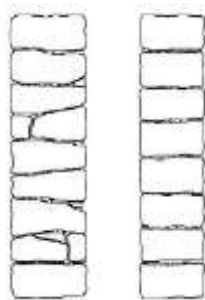


Σχήμα 4.3 Σκαρίφημα των τάσεων του τοίχου κατά την επιβολή θλιπτικού φορτίου

θλίψεως κατά την κατακόρυφο. Δηλαδή κατά τη θλιπτική καταπόνηση κάθετα στους κύριους οριζόντιους αρμούς, αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις στις εγκάρσιες διευθύνσεις, οι οποίες οδηγούν σε εγκάρσια ρηγμάτωση των λιθοσωμάτων. Οι ορθοτροπικές ιδιότητες της τοιχοποιίας ευθύνεται για τη συμπεριφορά αυτή. (Σχήμα 4.3).

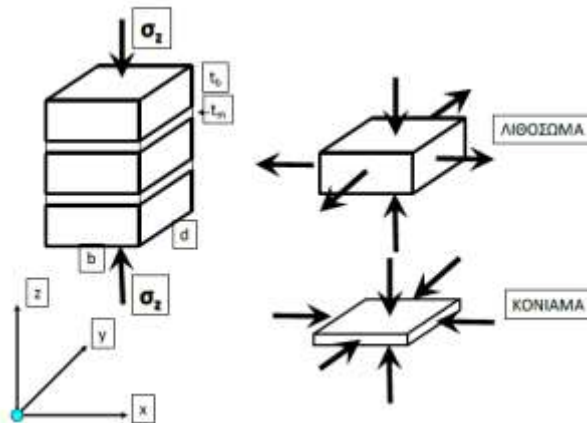
Κατανοώντας την περιγραφόμενη συμπεριφορά, ο ΚΑΔΕΤ προτείνει, όταν δεν διατίθενται ακριβέστερα προσομοιώματα για τον υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής εμπειρικές σχέσεις, στις οποίες συνυπολογίζονται οι διάφορες παράμετροι και η επιρροή αυτών. Η βασική διάκριση του νέου κανονισμού έχει να κάνει με τον αριθμό των στρώσεων και τη σύνδεση μεταξύ αυτών. Οι προτεινόμενες σχέσεις μπορούν να εφαρμοσθούν, μόνο όταν πληρούνται οι προϋποθέσεις που ρητώς αναφέρονται.

➤ Μονόστρωτη τοιχοποιία



Σχήμα 4.4 Ενδεικτική τομή κατά το πάχος μονόστρωτης τοιχοποιίας (Σ6.14, (ΚΑΔΕΤ, 2022)

Η απλούστερη μορφή τοιχοποιίας (Σχήμα 4.4), η οποία παρουσιάζει κατά την αστοχία σχεδόν κατακόρυφες ρωγμές στις όψεις της, που διαπερνούν τους αρμούς κονιάματος, ή/και τα λιθοσώματα. Τα διαφορετικά μέτρα ελαστικότητας λιθοσωμάτων ( $b$ ) και κονιαμάτων ( $m$ ) ( $E_m < E_b$ ) και οι διαφορετικοί λόγοι Poisson ( $\nu_m > \nu_b$ ) προκαλούν τις

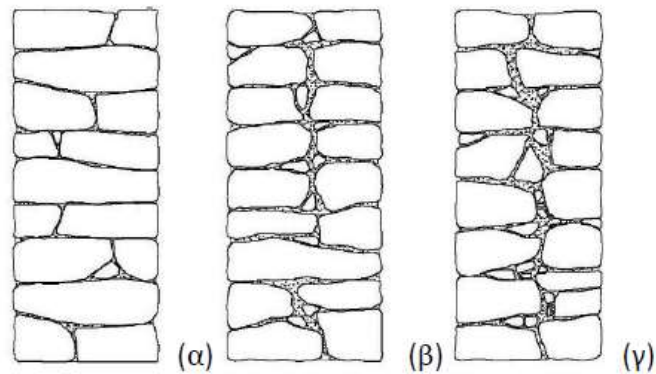


Σχήμα 4.5 Μονόστρωτη τοιχοποιία υπό κατακόρυφη θλίψη (Σβ.17, (ΚΑΔΕΤ, 2022))

εφελκυστικές τάσεις στα λιθοσώματα και θλιπτικές τάσεις στο κονίαμα, καθώς προσπαθούν να συμβιβαστούν οι μεγάλες εγκάρσιες παραμορφώσεις του κονιάματος με τις μικρότερες παραμορφώσεις των λιθοσωμάτων, προκαλώντας εγκάρσια περίσφιξη στο κονίαμα. Έτσι προκαλείται τριαξονική καταπόνηση στα λιθοσώματα (Σχήμα 4.5) και εμφάνιση κατακόρυφων ρωγμών σε τιμές μικρότερης της μέγιστης αντοχής του σε μονοαξονική θλίψη. Με αυτό τον τρόπο εξηγείται ότι η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας ( $f_{wc}$ ), για το συνήθη συνδυασμό λιθοσώματος-κονιάματος, με μεγαλύτερη θλιπτική αντοχή του λιθοσώματος ( $f_{bc} > f_{mc}$ ), είναι μικρότερη από αυτή του λιθοσώματος και μεγαλύτερη από αυτή του κονιάματος ( $f_{bc} > f_{wc} > f_{mc}$ ). Συνεπώς, η τοιχοποιία εμφανίζει μειωμένη ανισοτροπία και η αστοχία της μοιάζει με εκείνη του σκυροδέματος χαμηλής αντοχής. Διαφέρουν οι ωμοπλινθοδομές, αστοχία των οποίων εκδηλώνεται με εμφάνιση δισδιαγώνιων ρωγμών από θλίψη.

➤ Δίστρωτη τοιχοποιία:

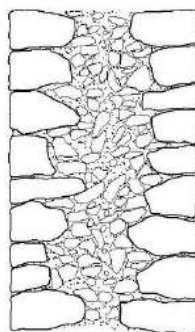
Παρουσιάζει μηχανική συμπεριφορά και μορφή αστοχίας όμοια με την μονόστρωτη, ειδικά όταν διαθέτει πυκνά διάτονα λιθοσώματα (Σχήμα 4.6α) τα οποία συνδέουν τις εξωτερικές στρώσεις. Όταν οι διάτονες λίθοι είναι αραιοί ή δεν υπάρχουν (Σχήμα 4.15β,γ) παρουσιάζει επιπροσθέτως κατακόρυφη ρωγμή κατά μήκος του ενδιάμεσου κονιάματος, με πιθανότητα εξάπλωσης και στα λιθοσώματα. Η αστοχία εμφανίζεται όταν αστοχεί η ασθενέστερη από τις δύο παρειές.



Σχήμα 4.6 Ενδεικτικές εικόνες δίστρωτης τοιχοποιίας (α) με πυκνούς διάτονους λίθους, (β) με αραιούς διάτονους λίθους και (γ) χωρίς διάτονους λίθους.

➤ Τρίστρωτη τοιχοποιία:

Οι εξωτερικές στρώσεις αποτελούνται από καλοδομημένους λίθους αργούς ή λαξευμένους και η ενδιάμεση στρώση από υλικό πληρώσεως (Σχήμα 4.7). Το μεγαλύτερο πάχος (>0,60m περίπου), εμποδίζει κατά κάποιον τρόπο την ένωση των εξωτερικών παρειών με διάτονους λίθους. Ως εκ τούτου η ενδιάμεση περιοχή/στρώση αποτελείται από υλικό πλήρωσης με χαμηλό μέτρο ελαστικότητας και αυξημένο λόγο εγκάρσιας



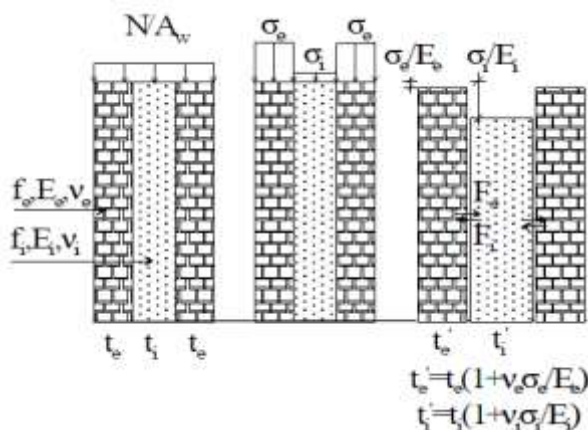
Σχήμα 4.7 Ενδεικτική τομή κατά το πάχος, τρίστρωτης τοιχοποιίας

διόγκωσης, καθώς αποτελείται μίξη λίθων (τεμάχια) ή οτιδήποτε άλλο μαζί με κονίαμα διαστρωμένο και ασυμπύκνωτο καθ' ύψος. Έτσι, πρόκειται συχνότατα για υλικό χαμηλής ποιότητας. Υπάρχουν και εξαιρέσεις ενδιάμεσης στρώσης με μεγαλύτερου μεγέθους λίθους και καλής ποιότητας κονίαμα.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διαφορετική και ανομοιογενή μηχανική συμπεριφορά της τοιχοποιίας. Η ενδιάμεση στρώση ασκεί στις εξωτερικές παρειές οριζόντια δύναμη,  $F_i$  (Σχήμα 4.8). Επομένως, οι εξωτερικές στρώσεις, αναλαμβάνουν σχεδόν το σύνολο του θλιπτικού φορτίου υποβαλλόμενες και σε εκτός του επιπέδου τους δράση. Η αστοχία της τοιχοποιίας οφείλεται σε συνδυασμό θλίψης ταυτόχρονα με εκτός επιπέδου κάμψη των εξωτερικών της στρώσεων.

Εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής τρίστρωτης τοιχοποιίας, προϋποθέτει γνώση της γεωμετρίας της τοιχοποιίας κατά τις όψεις, κατά το πάχος της, των θλιπτικών αντοχών των δυο παρειών και του υλικού πληρώσεως ανάμεσά τους.

Η θλιπτική αντοχή των εξωτερικών παρειών μπορεί να υπολογιστεί εφαρμόζοντας αξιόπιστη εμπειρική σχέση. Μπορούν να χρησιμοποιούνται οι σχέσεις Σ 6.1, Σ 6.2 και Σ 6.3 του ΚΑΔΕΤ, αν δεν υπάρχουν πιο ακριβή στοιχεία, όπως στην περίπτωση μας.



Σχήμα 4.8 Η μηχανική της τρίστρωτης τοιχοποιίας υπό κεντρική θλίψη. (Σ6.18, (ΚΑΔΕΤ, 2022))

Τα δείγματα μπορούν να ληφθούν μέσω πυρηνοληψίας ή μετά από προσωρινή αφαίρεση λιθοσωμάτων της μιας όψης της τοιχοποιίας. Οι μετρήσεων σε αυτά πρέπει να γίνονται κατά την § 4.5.3.1 του ΚΑΔΕΤ.

Η θλιπτική αντοχή του υλικού πληρώσεως προκύπτει από εργαστηριακές δοκιμές κατάλληλων δειγμάτων ή δοκιμών αναπαραγόμενων ενδεχομένως υπό ανάλογες συνθήκες. Όταν το υλικό πληρώσεως είναι χαμηλής αντοχής και η λήψη είναι αδύνατη, μπορεί να λαμβάνεται θλιπτική αντοχή του ίση με 0.15MPa.

Υπό αυτές τις προϋποθέσεις, η θλιπτική αντοχή τρίστρωτης τοιχοποιίας με πρακτικώς ισοπαχείς εξωτερικές στρώσεις και παρόμοιας αντοχής μπορεί να εκτιμάται μέσω της ακόλουθης σχέσης:

$$f_{wc} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} (2\lambda_e \delta f_{c,e} + \lambda_i f_{c,i}) : (1 + 2\delta) \quad 4.1 \text{ (6.1 ΚΑΔΕΤ)}$$

όπου:

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



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

$\lambda_e (<1.00)$ ,  $\lambda_i (>1.00)$  : εμπειρικοί συντελεστές, λαμβάνουν υπ' όψη την αλληλεπίδραση εξωτερικών παρειών και υλικού πληρώσεως. *Ελλείπει ακριβέστερων στοιχείων, οι συντελεστές λαμβάνονται ίσοι με 0.80 και 1.20 αντιστοίχως. Οι εμπειρικοί συντελεστές λαμβάνουν υπ' όψη την μείωση της θλιπτικής αντοχής των εξωτερικών παρειών, λόγω των οριζόντιων παραμορφώσεων οι οποίες τους επιβάλλονται από το υλικό πληρώσεως (Σχήμα 4.8), καθώς και την αύξηση της θλιπτικής αντοχής του υλικού πληρώσεως λόγω της ευνοϊκής περισφιγξης που του ασκείται από τις εξωτερικές παρειές της τοιχοποιίας.*

$\gamma_{Rd}$  : δείκτης αβεβαιότητας, ο οποίος μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 1.50.

Σε περίπτωση μη ισοπαχών εξωτερικών στρώσεων χρησιμοποιείται η ακόλουθη σχέση (4.2):

$$f_{wc} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} [\lambda_e (\delta_{e1} f_{c,e1} + \delta_{e2} f_{c,e2})] : (1 + \delta_{e1} + \delta_{e2}) \quad 4.2 \text{ (Σ6.4 ΚΑΔΕΤ)}$$

Η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας υπό γωνία  $f_{wc,\theta}$ , μπορεί να λαμβάνεται ίση με το 60% της αντοχής της υπό κατακόρυφη θλίψη. Η δε αντοχή υπό οριζόντια θλίψη, ελλείπει άλλων στοιχείων, μπορεί να λαμβάνεται ίση με το 50% αυτής υπό κατακόρυφο θλίψη.

Δεδομένου ότι πρόκειται για εμπειρικές σχέσεις, οι τιμές θλιπτικής αντοχής τις οποίες υπολογίζουν θεωρούνται ότι είναι μέσες τιμές, βασίζονται δε σε εκτιμώμενες μέσες τιμές αντοχής λιθοσωμάτων και κονιάματος. Ο χειρισμός των υπολογιζόμενων τιμών θλιπτικής αντοχής από απόψεως αξιοπιστίας, περιλαμβάνεται στην § 4.5.3.1 (ΚΑΔΕΤ, 2022).

#### 4.2.4 Εκτίμηση Θλιπτικής Αντοχής Άοπλης Τοιχοποιίας κατά ΚΑΔΕΤ

Ο ΚΑΔΕΤ, στην παράγραφο §6.2.4.2, προτείνει κατάλληλες εμπειρικές σχέσεις για τον υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής δίστρωτης τοιχοποιίας χωρίς ή αραιά διάτονα λιθοσώματα. Οι ακόλουθες σχέσεις χρησιμοποιούνται ελλείψει άλλων στοιχείων. Λαμβάνεται η μικρότερη θλιπτική αντοχή από τις δύο τιμές που υπολογίζονται με εφαρμογή των ακόλουθων σχέσεων για τις δύο ανεξάρτητες παρειές. Επιλέγεται η κατάλληλη σχέση αναλόγως της ποιότητας δόμησης και του είδους των πλίνθων, επομένως:

(α) Καλοδομημένη οπτοπλινθοδομή:

$$f_{wc} = [f_{mc} + 0,40(f_{bc} + f_{mc})] \cdot (1 - 0,8\sqrt[3]{a}), f_{bc} > f_{mc} \quad 4.3 \text{ (Σ6.1 ΚΑΔΕΤ)}$$

$$f_{wc} = f_{bc} \cdot (1 - 0,8\sqrt[3]{a}), f_{bc} < f_{mc} \quad 4.4 \text{ (Σ6.2 ΚΑΔΕΤ)}$$

όπου,

$f_{bc}$  και  $f_{mc}$  : η θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων και του κονιάματος αντιστοίχως,

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

(β) Χαμηλής αντοχής λιθοδομή:

$$f_{wc} = \xi \cdot \left[ \frac{2}{3} \left\{ \sqrt{f_{bc}} - f_0 \right\} + \lambda \cdot f_{mc} \right] \quad 4.5 \text{ (Σ6.3 ΚΑΔΕΤ)}$$

όπου,

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

$f_{bc}$  : η θλιπτική αντοχή του λιθοσώματος

$\lambda$  : συντελεστής συνάφειας λιθοσώματος-κονιάματος, ο οποίος λαμβάνεται ίσος με

0.50 για τραχείς λίθους και

0.1 για πολύ λείους λίθους.

$f_0$  : συντελεστής (σε 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 ημιλαξευτούς 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

$$\xi = 1 : \left[ 1 + 3,5(k - k_0) \right] < 1,0 \quad 4.6$$

$k = (\text{όγκος κονιάματος}) : (\text{όγκος τοιχοποιίας}) = V_m/V_w \geq 0,30$

$$k_0=0.30$$

Εάν  $V_m/V_w \leq 0,30$ , τότε λαμβάνεται  $\xi = 1.00$ .

Η εξίσωση 4.3 (ΚΑΔΕΤ Σ 6.3) μπορεί να ισχύσει για  $f_{bc}=25-75$  MPa και  $f_{mc}=0.5-2.5$  MPa.

Οι τιμές των θλιπτικών αντοχών λιθοσωμάτων και κονιάματος, που χρησιμοποιούνται στις προτεινόμενες εμπειρικές σχέσεις είναι μέσες τιμές που έχουν όμως προκύψει από μικρό πλήθος δοκιμών (βλ. Κεφ. 3 και 4 (ΚΑΔΕΤ, 2022)).

Ελλείψει δοκιμών θεωρείται βάσει πινάκων ερήμην τιμών ΚΑΔΕΤ (Πίνακας 3.2, Παράρτημα 3.1, (ΚΑΔΕΤ, 2022) και σχετικής βιβλιογραφίας (Ιγνατάκης & Στυλιανίδης, 2009) ότι η θλιπτική αντοχή του ασβεστόλιθου είναι περίπου 50MPa. Για το συνδετικό κονίαμα δεν υπάρχουν βιβλιογραφικές αναφορές για την συγκεκριμένη σύσταση, δεδομένου ότι κατά κανόνα οι έρευνες, που έχουν γίνει αφορούν σύσταση κονιαμάτων με ποζολάνες ή τσιμέντο. Λαμβάνεται τιμή ίση με 0.50MPa, που είναι και η ελάχιστη, που έχει εφαρμογή η εξίσωση Σ6.3 του ΚΑΔΕΤ.

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα και την βιβλιογραφία γίνεται μια προσπάθεια εκτίμησης της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας, του μέτρου ελαστικότητας, σύμφωνα με τις σχέσεις του νέου Κανονισμού.

Ο προσδιορισμός της θλιπτικής αντοχής τρίστρωτης τοιχοποιίας, γίνεται μέσω της εξίσωσης 6.1 λαμβάνοντας υπ' όψη την παραδοχή ότι η εξωτερική στρώση της τοιχοποιίας με την εσωτερική έχουν το ίδιο πάχος  $t_e$  και δεδομένου ότι δεν υπάρχουν στοιχεία για το εσωτερική στρώση της τοιχοποιίας, λαμβάνεται θλιπτική αντοχή ίση με  $f_{c,i}=0.15$ MPa, σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ (Σχόλια §6.2.4.3).

Πριν τον προσδιορισμό της θλιπτικής αντοχής του συνόλου της τρίστρωτης τοιχοποιίας υπολογίζεται η θλιπτική αντοχή των εξωτερικών στρώσεων σύμφωνα με την εξίσωση 4.3 (Σ6.3, ΚΑΔΕΤ).

Επομένως οι συντελεστές της εξίσωσης 4.3 διαμορφώνονται ως εξής:

$$k = V_m/V_w < 0.30 \text{ επομένως ο συντελεστής } \xi = 1$$

$$f_0 = 2.00 \text{ MPa για την περίπτωση αργολιθοδομής}$$

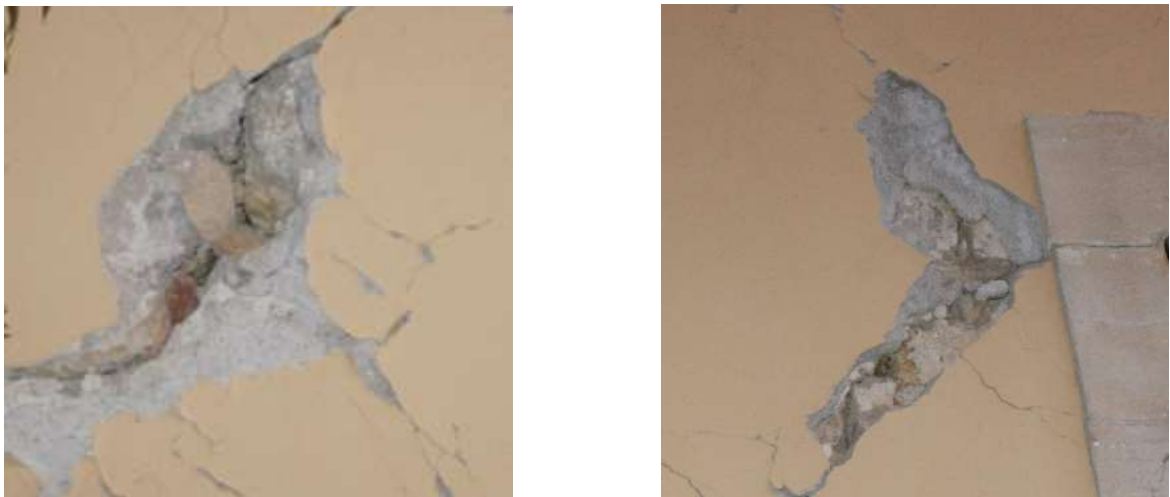
$$\lambda = 0.50 \text{ λόγω ύπαρξης τραχέων λίθων}$$

Σημειώνεται ότι η χρήση της εξίσωσης 4.3 λαμβάνεται με την παραδοχή της χαμηλής αντοχής λιθοδομής, σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ αλλά ανταποκρίνεται και στην σχέση που δίνεται από την βιβλιογραφία σε περίπτωση αργολιθοδομής και είχε προτείνει ο καθηγητής Θ. Τάσιος (1986).

Με εφαρμογή των παραπάνω τιμών η θλιπτική αντοχή της εξωτερικής στρώσης υπολογίζεται:

$$f_{(c,e)} = f_{wc} = \xi \left[ \left\{ \frac{2}{3} \sqrt{50} - f_0 \right\} + \lambda f_{mc} \right] \Rightarrow f_{(c,e)} = \left[ \left\{ \frac{2}{3} \sqrt{50} - 2,00 \right\} + 0,50 \cdot 0,50 \right] \Rightarrow f_{(c,e)} = 2,71 + 0,25 = 2,96 \text{MPa}$$

Παρατηρούνται ημιλαξευτοί λίθοι στα σημεία διευρυμένων αποκολλήσεων (Σχήμα 4.9)



Σχήμα 4.9 Λεπτομέρειες διευρυμένων ρωγμών που διακρίνονται ημιλαξευτοί

Σε περίπτωση επιλογής ημικανονικών λίθων, από θέμα λάξευσης θα είχαμε  $f_0=0.75\text{MPa}$ , επομένως η θλιπτική αντοχή θα υπολογιζόταν:

$$f_{(c,e)} = f_{wc} = \xi \left[ \left\{ \frac{2}{3} \sqrt{50} - f_0 \right\} + \lambda f_{mc} \right] \Rightarrow f_{(c,e)} = \left[ \left\{ \frac{2}{3} \sqrt{50} - 0,75 \right\} + 0,50 \cdot 0,50 \right] \Rightarrow f_{(c,e)} = 3,96 + 0,25 = 4,21 \text{MPa}$$

Εν συνεχεία, καθώς στην περίπτωση του κτιρίου μας, καθώς και στους δύο ορόφους, οι εξωτερικές παρειές ή στρώσεις της τοιχοποιίας έχουν το ίδιο πάχος και θεωρούμε ότι έχουν και την ίδια αντοχή, μπορεί να εφαρμοστεί η εξίσωση 4.5 (6.3 ΚΑΔΕΤ), από την οποία υπολογίζεται η θλιπτική αντοχή της τρίστρωτης τοιχοποιίας για χαμηλής ποιότητας λιθοδομή με αργολιθοδομή.

Σύμφωνα με την αρχιτεκτονική αποτύπωση το ισόγειο, η φέρουσα τοιχοποιία έχει πάχος ίσο με 0.75m και ο όροφος έχει πάχος ίσος με 0.65m, ενώ οι ποδιές και στους δύο

ορόφους έχουν το ίδιο πάχος 0.32m. Η διαφορά στο συνολικό πάχος της τοιχοποιίας μεταξύ των δύο ορόφων προκύπτει από το μικρότερο πάχος της ενδιάμεσης στρώσης στον όροφο. Έτσι ο λόγος  $\delta$  έχει διαφορετική τιμή για το ισόγειο και διαφορετική για τον όροφο. Κατά συνέπεια, με την παραδοχή ότι οι θλιπτικές αντοχές των στρώσεων είναι ίδιες για το ισόγειο και τον όροφο, λαμβάνονται δύο διαφορετικές τιμές για την θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας. Μία τιμή για το ισόγειο και μια τιμή για τον όροφο. Αυτό ισχύει διότι καθοριστικό ρόλο στις σχέσεις παίζει ο λόγος  $\delta$  του πάχους της εξωτερικής τοιχοποιίας προς το πάχος του υλικού πληρώσεως. Το πάχος των εξωτερικών στρώσεων είναι  $t_e=0.25m$  και για τους δύο ορόφους, ενώ το πάχος του υλικού πληρώσεως (εσωτερική/μεσαία στρώση) είναι  $t_i$ , ισόγειου=0.25m για το ισόγειο και  $t_{i,ορόφου}=0.15m$  για τον όροφο.

### I) Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας στο ισόγειο:

$$\delta = \frac{t_e}{t_i} = \frac{0,25}{0,25} = 1,00$$

Από την εξίσωση 4.1 λαμβάνεται για :

$$f_{wc} = \frac{\frac{1}{\gamma_{Rd}}(2\lambda_e \cdot \delta \cdot f_{c,e} + \lambda_i f_{c,i})}{1 + 2\delta} = \frac{\frac{1}{1,50}(2 \cdot 0,80 \cdot 1,00 \cdot 2,96 + 1,20 \cdot 0,15)}{1 + 2 \cdot 1,0} \Rightarrow f_{wc} = 1,09 \text{ Mpa}$$

Στην περίπτωση ημιλαξευμένων λίθων:

$$f_{wc} = \frac{\frac{1}{\gamma_{Rd}}(2\lambda_e \cdot \delta \cdot f_{c,e} + \lambda_i f_{c,i})}{1 + 2\delta} = \frac{\frac{1}{1,50}(2 \cdot 0,80 \cdot 1,00 \cdot 4,21 + 1,20 \cdot 0,15)}{1 + 2 \cdot 1,0} \Rightarrow f_{wc} = 1,54 \text{ Mpa}$$

### II) Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας στον όροφο:

$$\delta = \frac{t_e}{t_i} = \frac{0,25}{0,15} = 1,66$$

Από την εξίσωση 4.1 λαμβάνεται για αργολιθοδομή:

$$f_{wc} = \frac{\frac{1}{\gamma_{Rd}}(2\lambda_e \cdot \delta \cdot f_{c,e} + \lambda_i f_{c,i})}{1 + 2\delta} = \frac{\frac{1}{1,50}(2 \cdot 0,80 \cdot 1,66 \cdot 2,96 + 1,20 \cdot 0,15)}{1 + 2 \cdot 1,66} \Rightarrow f_{wc} = 1,24 \text{ Mpa}$$

Στην περίπτωση ημιλαξευμένων λίθων:

$$f_{wc} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \frac{(2\lambda_e \cdot \delta \cdot f_{c,e} + \lambda_1 f_{c,i})}{1 + 2\delta} = \frac{1}{1,50} \frac{(2 \cdot 0,80 \cdot 1,66 \cdot 4,21 + 1,20 \cdot 0,15)}{1 + 2 \cdot 1,66} \Rightarrow f_{wc} = 1,75 \text{Μρα}$$

#### 4.2.5 Εκτίμηση Θλιπτικής Αντοχής Άοπλης Τοιχοποιίας κατά EC6

Στην περίπτωση μονόστρωτων οπτοπλινθοδομών ή δίστρωτων οπτοπλινθοδομών με διάτονες οπτόπλινθους, ή στην περίπτωση λαξευτών λιθοδομών, και εφόσον πληρούνται οι παρακάτω περιορισμοί καθώς και όταν οι αρμοί του κονιάματος δεν υπερβαίνουν σε πάχος τα 15mm, είναι δυνατόν να εφαρμόζονται οι σχέσεις του Ευρωκώδικα 6 (EN1996-1:2005, 2005) (Σχέση 4.7 (§ 3.6) και οι σχέσεις (4.8-4.9-4.10) για τον υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας. Δεδομένου ότι οι τιμές που προκύπτουν από τις αντίστοιχες σχέσεις του EC6 είναι χαρακτηριστικές τιμές της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας, ο χειρισμός τους από απόψεως αξιοπιστίας περιλαμβάνεται στην §4.5.3.1 (ΚΑΔΕΤ, 2022).

Για λόγους απλά ποσοτικής σύγκρισης παρουσιάζεται και ο υπολογισμός της χαρακτηριστικής θλιπτικής τοιχοποιίας σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 6. Η χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή  $f_k$  της τοιχοποιίας υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση 4.7:

$$f_k = K \cdot f_b^a \cdot f_m^b \quad 4.7$$

Όπου:

$f_k$  η χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας

$K$  σταθερά από τον πίνακα 4.2

$a, b$  σταθερές οι οποίες λαμβάνουν τιμές σύμφωνα με τις σχέσεις

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3}, \text{ για κονίαμα γενικής εφαρμογής και ελαφροκονίαμα) } \quad 4.8$$

$$f_k = K \cdot f_b^{0,85}, \text{ για κονίαμα λεπτής στρώσης (0,5mm < πάχος κονιάματος < 3mm) και οπτόπλινθους Κατ.1 & 4} \quad 4.9$$

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7}, \text{ για κονίαμα λεπτής στρώσης (0,5mm < πάχος κονιάματος < 3mm) και οπτόπλινθους Κατ.2 & 3} \quad 4.10$$

$f_b$  η ανηγμένη μέση θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων, κατά τη διεύθυνση εφαρμοζόμενης δράσης

$f_m$  η θλιπτική αντοχή του κονιάματος

Πίνακας 4.2 Τιμές  $K$  για κονιάματα γενικής εφαρμογής, λεπτής στρώσης ή ελαφροκονιάματος. (Π3.3, (EN1996-1:2005, 2005))

Υλικό λιθοσώματος		Κονίαμα γενικής εφαρμογής	Κονίαμα λεπτής στρώσεως ( $N/mm^2$ ) (οριζόντιος αρμός $\leq 3mm$ )	Ελαφροκονίαμα με πυκνότητα	
				$600 \leq \rho \leq 700$ Kg/m <sup>3</sup>	$700 \leq \rho \leq 1500$ Kg/m <sup>3</sup>
Άργιλος	Ομάδα 1	0,50	0,75	0,30	0,40
	Ομάδα 2	0,45	0,55	0,30	0,40
	Ομάδα 3	0,40	0,45	0,20	0,25
	Ομάδα 4	0,35	0,35	0,20	0,25
Πυριτικό Ασβέστιο	Ομάδα 1	0,50	0,80	‡	‡
	Ομάδα 2	0,45	0,55	‡	‡
Σκυρόδεμα με αδρανή	Ομάδα 1	0,55	0,80	0,45	0,45
	Ομάδα 2	0,45	0,80	0,45	0,45
	Ομάδα 3	0,40	0,60	‡	‡
	Ομάδα 4	0,35	‡	‡	‡
Αυτόκλειστο κυψελωτό σκυρόδεμα	Ομάδα 1	0,55	0,80	0,45	0,45
Τεχνητοί λίθοι	Ομάδα 1	0,45	0,75	‡	‡
Λαξευτοί φυσικοί λίθοι	Ομάδα 1	0,45	‡	‡	‡

‡ Συνδυασμός κονιάματος/λιθοσώματος ο οποίος συνήθως δεν εφαρμόζεται. Δεν δίδεται σχετική τιμή του  $K$ .

Οι παραπάνω σχέσεις εφαρμόζονται όταν πληρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

- i) Οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες ακολουθούν το Κεφάλαιο 8 του EC6-1
- ii) Όλοι οι αρμοί ικανοποιούν τις απαιτήσεις της Ενότητας 8.1.5 του EC6-1 ώστε να θεωρούνται πλήρεις.
- iii) Η  $f_b$  δε λαμβάνεται μεγαλύτερη από 75 MPa, όταν για την κατασκευή της τοιχοποιίας χρησιμοποιείται κονίαμα γενικής εφαρμογής.
- iv) Η  $f_b$  δε λαμβάνεται μεγαλύτερη από 50 MPa, όταν για την κατασκευή της τοιχοποιίας χρησιμοποιείται κονίαμα λεπτής στρώσεως
- v) Η  $f_m$  δε λαμβάνεται μεγαλύτερη από 20 MPa και  $2f_b$ , όταν για την κατασκευή της τοιχοποιίας χρησιμοποιείται κονίαμα γενικής εφαρμογής
- vi) Η  $f_m$  δε λαμβάνεται μεγαλύτερη από 10 MPa, όταν για την κατασκευή της τοιχοποιίας χρησιμοποιείται ελαφροκονίαμα
- vii) Το πάχος της τοιχοποιίας ισούται με το πλάτος ή με το μήκος του λιθοσώματος, έτσι ώστε να μην υπάρχει αρμός κονιάματος παράλληλος με τις όψεις του τοίχου σε όλο ή σε τμήμα του μήκους του : Δεν ισχύει στην περίπτωση του



- εξεταζόμενου κτιρίου, καθώς η τοιχοποιία είναι τρίστρωτη και το πάχος της είναι μεγαλύτερο από το πλάτος ή μήκος του λιθοσώματος
- viii) Ο συντελεστής μεταβλητότητας της αντοχής των λιθοσωμάτων δεν υπερβαίνει το 25%.

Επομένως, θεωρώντας ότι έχει εφαρμοστεί κονίαμα γενικής εφαρμογής και σύμφωνα με την οπτική παρουσίαση το πάχος του συνδετικού κονιάματος κυμαίνεται από 10 έως 15 mm, εφαρμόζεται η πρώτη σχέση.

Για την τιμή του  $K$  για ασβεστόλιθους και γενικά φυσικού λίθους είναι: 0.45 (Πίνακας 4.3) επομένως με την εφαρμογή των παραπάνω στην εξίσωση 4.17 έχουμε:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} = 0,45 \cdot 50^{0,7} \cdot 0,50^{0,3} = 5,65 \text{MPa}$$

Για λόγους απλή σύγκρισης, αν και δεν μπορούν να εφαρμοστεί η προτεινόμενη σχέση καθώς δεν πληρείται το κριτήριο (vii), εφαρμόζουμε την εξίσωση 4.3, για να εκτιμήσουμε τη θλιπτική αντοχή της τρίστρωτης τοιχοποιίας:

Ισόγειο:

$$f_{wc} = \frac{\frac{1}{\gamma_{Rd}}(2\lambda_e \cdot \delta \cdot f_{c,e} + \lambda_i f_{c,i})}{1 + 2\delta} = \frac{\frac{1}{1,50}(2 \cdot 0,80 \cdot 1,00 \cdot 5,65 + 1,20 \cdot 0,15)}{1 + 2 \cdot 1,0} \Rightarrow f_{wc} = 2,05 \text{MPa}$$

Α' Όροφος:

$$f_{wc} = \frac{\frac{1}{\gamma_{Rd}}(2\lambda_e \cdot \delta \cdot f_{c,e} + \lambda_i f_{c,i})}{1 + 2\delta} = \frac{\frac{1}{1,50}(2 \cdot 0,80 \cdot 1,66 \cdot 5,65 + 1,20 \cdot 0,15)}{1 + 2 \cdot 1,66} \Rightarrow f_{wc} = 2,34 \text{MPa}$$

#### 4.2.6 Προσδιορισμός Μέτρου Ελαστικότητας.

Κάθε υλικό σώμα με την άσκηση τάσης, δηλαδή δύναμης ανά μονάδα διατομής, παραμορφώνεται. Για μικρές τάσεις η παραμόρφωση είναι ανάλογη της τάσης που εφαρμόζεται. Ο λόγος της τάσης προς την παραμόρφωση σε κάθε σώμα είναι σταθερός και ονομάζεται μέτρο ελαστικότητας. Το μέτρο ελαστικότητας εξαρτάται από το υλικό που παραμορφώνεται και την φύση της παραμόρφωσης.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές κατηγορίες παραμόρφωσης που χαρακτηρίζονται από διαφορετικά μέτρα ελαστικότητας. Η γραμμική παραμόρφωση που χαρακτηρίζεται από το μέτρο ελαστικότητας Young, η παραμόρφωση σχήματος που χαρακτηρίζεται από το

μέτρο ελαστικότητας σχήματος και η παραμόρφωση όγκου που χαρακτηρίζεται από το μέτρο ελαστικότητας όγκου.

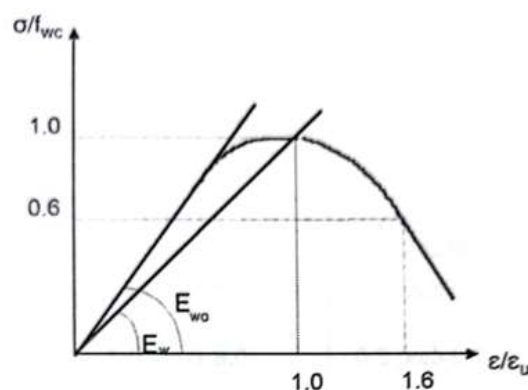
Καθώς η τοιχοποιία είναι ένα σύνθετο και τεχνητό υλικό, είναι δύσκολο να προσδιοριστεί με ακρίβεια το μέτρο ελαστικότητας (Μέτρο Young), οπότε οι τιμές του παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά. Το μέτρο ελαστικότητας δεν έχει προσδιοριστεί μονοσήμαντα και άλλοτε λαμβάνεται το εφαπτομενικό και άλλοτε το τέμνον μέτρο. Ο προσδιορισμός του γίνεται είτε πειραματικά με υπερηχομετρήσεις, είτε αναλυτικά από εμπειρικές σχέσεις (Εξίσωση 4.8), όταν είναι γνωστά τα μέτρα ελαστικότητας του λιθοσώματος ( $E_b$ ) και του κονιάματος ( $E_m$ ).

$$E_w = \frac{E_b \cdot E_m \cdot (1 + \alpha)}{\alpha \cdot E_b + E_m} \quad \text{όπου } \alpha = \frac{t_m}{t_b} \quad 4.11$$

Οι τιμές του στα πειραματικά δεδομένα παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά, όπως και του λόγου Poisson. Στο Σχήμα 4.10 παρουσιάζεται η σχέση τάσεων-παραμορφώσεων για οριακή παραμόρφωση  $\epsilon_u = 0.25-0.35\%$ , από τα πειράματα του Hendry. Μέσω της αδιάστατης καμπύλης του διαγράμματος γίνεται κατανοητό το εφαπτομενικό μέτρο ελαστικότητας (Σχέση 4.12) και το τέμνον μέτρο ελαστικότητας στην αστοχία (Σχέση 4.13), τα οποία ισούνται με (Καραντώνη, 2004):

$$\text{Εφαπτομενικό μέτρο ελαστικότητας: } E_{w0} = 2 \cdot \frac{f_{wc}}{e_u} \quad 4.12$$

$$\text{Τέμνον μέτρο ελαστικότητας στην αστοχία: } \text{Για } \frac{\sigma}{f_{wc}} = 1.0 \text{ είναι } E_w = 0,75 \cdot E_{w0} \quad 4.13$$



Σχήμα 4.10 Αδιάστατη καμπύλη τάσεων παραμορφώσεων οπτοκλινοδομής σε θλίψη από πειράματα του Hendry

Τονίζεται ότι παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση των καμπύλων τάσεων - παραμορφώσεων ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) και των τιμών του μέτρου ελαστικότητας  $E_w$  και του λόγου Poisson  $\nu_w$  όταν υπάρχει μεταβολή της γωνίας που σχηματίζει η φόρτιση/δράση με τους οριζόντιους αρμούς. Ειδικότερα όταν οι τοιχοποιίες εμφανίζουν μεγάλο πάχος αρμών, όπως αυτές των Ρωμαϊκών και Βυζαντινών μνημείων, η διαφοροποίηση αυτή είναι εντονότερη.

Για τον προσδιορισμό του μέτρου ελαστικότητας έχουν προταθεί διάφορες σχέσεις και έχουν επικρατήσει αυτές που το ορίζουν ως πολλαπλάσιο μέγεθος της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας, επομένως για κάθε κανονισμό προτείνεται η ανάλογη σχέση, όπως παρουσιάζεται εν συνεχεία:

➤ Κατά τον ΚΑΔΕΤ

Σύμφωνα και με την § 6.2.5 Παραμορφώσεις, Μέτρα Ελαστικότητας και Διαγράμματα Τάσεων-Παραμορφώσεων του ΚΑΔΕΤ, το μέγεθος του μέτρου ελαστικότητας της τοιχοποιίας παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλη διασπορά και εξαρτάται από:

- τα χαρακτηριστικά των συνιστώντων υλικών,
- το μέγεθος των λιθοσωμάτων
- το πάχος των αρμών κονιάματος, καθώς και
- τη στάθμη της θλιπτικής τάσεως στην τοιχοποιία.

Είναι δυνατόν να μετρηθεί μέσω κατάλληλων εργαστηριακών δοκιμών σε ομοιώματα τοιχοποιίας. Στις περιπτώσεις που αυτό δεν είναι εφικτό ο ΚΑΔΕΤ συστήνει να χρησιμοποιούνται:

α) τιμές του μέτρου ελαστικότητας για παρόμοιες με την εξεταζόμενη τοιχοποιίες, από αξιόπιστη βιβλιογραφία ή

β) οι ενδεικτικές τιμές που αναφέρονται στα επόμενα:

Συστήνεται η χρήση του τέμνοντος μέτρου ελαστικότητας που αντιστοιχεί σε επιβαλλόμενη θλιπτική τάση ίση με το 30% της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας, το οποίο κυμαίνεται από  $300f_{wc}$  έως  $1200f_{wc}$ . Σημειώνεται ότι οι μεγαλύτεροι πολλαπλασιαστές της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας αντιστοιχούν σε μικρότερες τιμές της θλιπτικής αντοχής. Ενδεικτικώς μπορεί να εφαρμόζεται η εμπειρική σχέση:

$$E_{wc} \approx 1300\left(1 - \frac{f_{wc}}{5}\right)f_{wc} \mp 140f_{wc}^2 [MPa] \quad 4.14 \text{ (Σ6.5 ΚΑΔΕΤ)}$$

για  $1MPa < f_{wc} < 3MPa$

Ενώ όταν η τοιχοποιία υποβάλλεται σε θλίψη υπό γωνία, το μέτρο ελαστικότητας μπορεί να λαμβάνεται ίσο με εκείνο που αντιστοιχεί σε κατακόρυφη θλίψη.

**Η τιμή του μέτρου ελαστικότητας συνήθως δεν επηρεάζει ουσιαδώς τους ελέγχους φέρουσας ικανότητας του δομήματος, όταν αυτοί πραγματοποιούνται σε όρους δυνάμεων.** Δεν ισχύει το ίδιο όταν οι έλεγχοι πραγματοποιούνται σε παραμορφωσιακά μεγέθη, σε αυτή την περίπτωση, ή όταν στο ίδιο δόμημα συνυπάρχουν διάφορα είδη τοιχοποιίας, συνιστάται να λαμβάνονται υπ' όψη τουλάχιστον δύο ευλόγως επιλεγόμενες ακραίες τιμές του μέτρου ελαστικότητας για κάθε είδος τοιχοποιίας.

Το τελικό τέμνον μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας (επιβατικό μέτρο) είναι ίσο με τον λόγο της θλιπτικής αντοχής προς την ανηγμένη παραμόρφωση αστοχίας (Σχέση 4.15).

$$E_{wc} = \frac{f_{wc}}{\varepsilon_{cu}} \quad 4.15$$

Η ανηγμένη παραμόρφωση,  $\varepsilon_u$ , η οποία αντιστοιχεί στην θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας εξαρτάται από μεγάλο πλήθος γεωμετρικών (όπως, τρόπος δομήσεως της τοιχοποιίας) και κατασκευαστικών παραμέτρων (όπως, βαθμός πληρώσεως αρμών κονιάματος), καθώς και από τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών της τοιχοποιίας και τις οριακές συνθήκες του εξεταζόμενου στοιχείου τοιχοποιίας. Εκτιμάται μέσω εργαστηριακών δοκιμών κατάλληλων ομοιωμάτων της εκάστοτε εξεταζόμενης τοιχοποιίας (βλ. § 3.8.4, (ΚΑΔΕΤ, 2022)). Ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων, λαμβάνονται υπ' όψη οι ακόλουθες ενδεικτικές τιμές, από εργαστηριακές δοκιμές σε διάφορα είδη τοιχοποιίας:

(i) Αργολιθοδομή:  $\varepsilon_u=0.002-0.003$  ( $f_{wc}=1.0-3.0$  MPa)

(ii) Οπτοπλινθοδομή από συμπαγείς οπτόπλινθους:  $\varepsilon_u=0.004$  ( $f_{wc}=3.0-8.0$  MPa)

(iii) Οπτοπλινθοδομή από ορθότρυπα λιθοσώματα:  $\varepsilon_u = 0.0015-0.0035$  ( $f_{wc}=2.0-3.0$  MPa)

(iv) Τρίστρωτη λιθοδομή:  $\varepsilon_u = 0.0015$  ( $f_{wc}=2.0$  MPa).

Επομένως, το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας ισογείου και ορόφου επίσης διαφέρει, δεδομένου ότι διαφέρει η αναλογία κατ' όγκο των εξωτερικών στρώσεων προς την εσωτερική. Είναι αναμενόμενο ότι η τοιχοποιία του ορόφου θα έχει μεγαλύτερο μέτρο

ελαστικότητας και αυτό δεν προδίδεται μόνο από την μεγαλύτερη θλιπτική αντοχή αλλά και από το γεγονός ότι η εσωτερική στρώση, που είναι πιο “χαλαρή”, έχει μικρότερο ποσοστό όγκου σε σχέση με το ισόγειο.

Με τα παραπάνω δεδομένα, στο ισόγειο για τον υπολογισμό του μέτρου ελαστικότητας, χρησιμοποιείται η ανηγμένη παραμόρφωση αστοχίας προς την θλιπτική τάση αστοχίας όπως υπολογίστηκε παραπάνω.

Επιλέγεται προφανώς ως ανηγμένη παραμόρφωση αστοχίας  $\varepsilon_u = 0.0015$  για τρίστρωτη λιθοδομή από τις προαναφερόμενες συστάσεις του ΚΑΔΕΤ (Σχόλια §6.2.5)

### I) Για το ισόγειο

Το τελικό τέμνον μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας (επιβατικό μέτρο) υπολογίζεται ως:

$$E_{wc} = \frac{f_{wc}}{\varepsilon_{cu}} = \frac{1,09MPa}{0,0015} = 726,66MPa$$

Το τέμνον μέτρο ελαστικότητας υπολογίζεται ως:

$$E_{wc} = 1300 \cdot \left(1 - \frac{f_{wc}}{5}\right) \cdot f_{wc} \pm 140 f_{wc}^2 \Rightarrow 1300 \cdot \left(1 - \frac{1,09}{5}\right) \cdot 1,09 \pm 140 \cdot 1,09^2 \Rightarrow$$

$$E_{wc} = 1.108,09MPa \pm 166,33MPa \Rightarrow E_{wc} = \begin{bmatrix} 1.274,42MPa \\ 941,76MPa \end{bmatrix}$$

**Στην περίπτωση ημιλαξευμένων λίθων, οι σχέσεις διαμορφώνονται ως εξής:**

Το τελικό τέμνον μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας (επιβατικό μέτρο) υπολογίζεται ως:

$$E_{wc} = \frac{f_{wc}}{\varepsilon_{cu}} = \frac{1,54MPa}{0,0015} = 1.026,66MPa$$

και το τέμνον μέτρο ελαστικότητας υπολογίζεται:

$$E_{wc} = 1300 \cdot \left(1 - \frac{f_{wc}}{5}\right) \cdot f_{wc} \pm 140 f_{wc}^2 \Rightarrow 1300 \cdot \left(1 - \frac{1,54}{5}\right) \cdot 1,09 \pm 140 \cdot 1,54^2 \Rightarrow$$

$$E_{wc} = 1.385,38MPa \pm 332,02MPa \Rightarrow E_{wc} = \begin{bmatrix} 1.717,40MPa \\ 1.053,36MPa \end{bmatrix}$$

### II) Για τον όροφο:

Το τελικό τέμνον μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας (επιβατικό μέτρο) υπολογίζεται ως:

$$E_{wc} = \frac{f_{wc}}{\varepsilon_{cu}} = \frac{1,24\text{MPa}}{0,0015} = 826,66\text{MPa}$$

Το τέμνον μέτρο ελαστικότητας υπολογίζεται ως:

$$E_{wc} = 1300 \cdot \left(1 - \frac{f_{wc}}{5}\right) \cdot f_{wc} \pm 140 f_{wc}^2 \Rightarrow 1300 \cdot \left(1 - \frac{1,24}{5}\right) \cdot 1,24 \pm 140 \cdot 1,24^2 \Rightarrow$$

$$E_{wc} = 1.212,22\text{MPa} \pm 215,26\text{MPa} \Rightarrow E_{wc} = \begin{bmatrix} 1.427,48\text{MPa} \\ 996,96\text{MPa} \end{bmatrix}$$

Σε περίπτωση θεώρησης ημιλαξευμένων λίθων οι παραπάνω τιμές διαμορφώνονται ως εξής:

$$E_{wc} = \frac{f_{wc}}{\varepsilon_{cu}} = \frac{1,75\text{MPa}}{0,0015} = 1.166,66\text{MPa}$$

$$E_{wc} = 1300 \cdot \left(1 - \frac{f_{wc}}{5}\right) \cdot f_{wc} \pm 140 f_{wc}^2 \Rightarrow 1300 \cdot \left(1 - \frac{1,75}{5}\right) \cdot 1,75 \pm 140 \cdot 1,75^2 \Rightarrow$$

$$E_{wc} = 1.478,75\text{MPa} \pm 428,75\text{MPa} \Rightarrow E_{wc} = \begin{bmatrix} 1.907,50\text{MPa} \\ 1050,00\text{MPa} \end{bmatrix}$$

Προφανώς χρησιμοποιείται ως παραδοχή ένα ομογενοποιημένο μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας ώστε να είναι εφικτή η ανάλυση με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.

➤ Κατά EC6

Ο Ευρωκώδικας 6 (§3.7.2, (EN1996-1:2005, 2005)) προτείνει τον πειραματικό προσδιορισμό του μέτρου ελαστικότητας ακολουθώντας το πρότυπο EN1052-1 και τον καθορισμό του βραχυχρόνιου τέμνοντος μέτρου ελαστικότητας υπό συνθήκες λειτουργίας, δηλαδή για τάση  $1/3f_{wc}$  (Σχήμα 4.11), επίσης συστήνει την παράληψη του πρώτου 5% της καμπύλης, καθώς επηρεάζεται έντονα από τον τρόπο επιβολής του φορτίου και τοπικές συνθήκες. Όταν δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα προτείνεται προσδιορισμός του μέτρου ελαστικότητας με την εμπειρική σχέση 4.16. Ενώ συστήνεται μείωση της τιμής αυτής στο 60% σε οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας.

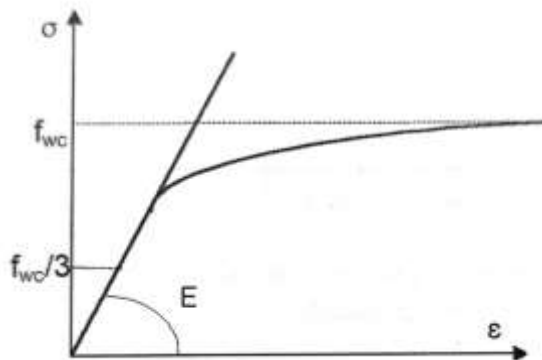
$$E = 1000 \cdot f_{wc} \tag{4.16}$$

Η τιμή της 4.16 υπερτιμά το μέτρο ελαστικότητας των τοιχοποιιών της Β. Αμερικής κατά των ερευνητή Drysdale (Drysdale, et al., 1994). Για τις μελέτες που αφορούν τον ελληνικό χώρο υπάρχουν δεδομένα πειραμάτων του καθηγητή Φαρδή Μ. (Fardis, et al., 1996)

Το μακροχρόνιο μέτρο ελαστικότητας μπορεί να υπολογίζεται με βάσει την περίπτωση (β) αλλά με μείωση λόγω ερπυσμού (συνυπολογισμός ερπυστικών φαινομένων)

$$E_{longterm} = \frac{E}{1 + \phi_{\infty}} \quad 4.17$$

Όπου  $\phi_{\infty}$  είναι ο τελικός συντελεστής ερπυσμού, δίδονται τιμές στον παρακάτω πίνακα.



Σχήμα 4.11 Γενική μορφή διαγράμματος τάσεων-παραμορφώσεων τοιχοποιιών EC6

Στον Πίνακα 4.5 δίνεται ένα εύρος τιμών για τις παραμορφωσιακές ιδιότητες της τοιχοποιίας για διάφορα είδη λιθοσωμάτων και για κονίαμα γενικής εφαρμογής ή κονίαμα λεπτής στρώσης. Κατά προτίμηση, οι παραμορφωσιακές ιδιότητες θα πρέπει να προσδιορίζονται μέσω δοκιμών, αλλά όταν δεν διατίθενται τέτοια δεδομένα, μπορούν να χρησιμοποιούνται οι τιμές σχεδιασμού του Πίνακα 4.3. Παρατηρούμε ότι για φυσικούς λίθους, όπως έχουμε στο κτίριο της παρούσης διπλωματικής, ο συντελεστής ερπυσμού είναι μηδέν. Επομένως η μορφή της εξίσωσης 4.17, παίρνει τη μορφή της εξίσωσης 4.16. Συνεπώς απλοποιητικά στην περίπτωση μας το μέτρο ελαστικότητας βάσει EC6, υπολογίζεται:

Για τιμές θλιπτικής αντοχής, για τον όροφο του ισογείου:

$$E = 1000 \cdot f_{wc} = 1000 \cdot 1,09 = 1090 \text{MPa}$$

Για τον πρώτο όροφο:

$$E = 1000 \cdot f_{wc} = 1000 \cdot 1,24 = 1240 \text{MPa}$$



Στην περίπτωση θεώρησης ημιλαξευμένων λίθων, για το ισόγειο:

$$E = 1000 \cdot f_{wc} = 1000 \cdot 1,54 = 1540 \text{MPa}$$

Για τον πρώτο όροφο:

$$E = 1000 \cdot f_{wc} = 1000 \cdot 1,75 = 1750 \text{MPa}$$

Πίνακας 4.3 Παραμορφωσιακές ιδιότητες άοπλης τοιχοποιίας κατασκευασμένης με κονίαμα γενικής εφαρμογής (EC6-1, Παρ.3.7.4, (EN1996-1:2005, 2005))

Τύπος λιθοσώματος	Τελικός συντελεστής ερπυσμού (βλ.σημ.1) $\varphi_{\infty}$		Τελική διαστολή λόγω υγρασίας ή συστολή ξηράνσεως (βλ.σημ.2) mm/m		Συντελεστής θερμικής διαστολής $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	
	Εύρος τιμών	Τιμή σχεδιασμού	Εύρος τιμών	Τιμή σχεδιασμού	Εύρος τιμών	Τιμή σχεδιασμού
Οπτόπλινθοι	0.5 ÷ 1.5	1.0	-0.2 ÷ +1.0	(βλ.Σημ.3)	4 ÷ 8	6
Πυριτικό ασβέστιο	1.0 ÷ 2.0	1.5	-0.4 ÷ -0.1	-0.2	7 ÷ 11	9
Λιθοσώματα από σκυρόδεμα και τεχνητοί λίθοι	1.0 ÷ 2.0	1.5	-0.6 ÷ -0.1	-0.2	6 ÷ 12	10
Λιθοσώματα από ελαφροσκυρόδεμα	1.0 ÷ 3.0	2.0	-1.0 ÷ -0.2	-0.4 (βλ.σημ.4) -0.2 (βλ.σημ.5)	8 ÷ 12	10
Ελαφρόλιθοι από σκυρόδεμα	1.0 ÷ 2.5	1.5	-0.4 ÷ +0.2	-0.2	7 ÷ 9	8
Φυσικοί λίθοι	(βλέπε σημ.6)	0	-0.4 ÷ +0.7	+0.1	3 ÷ 12	7

Σημειώσεις:

1. Ο τελικός συντελεστής ερπυσμού  $\varphi_{\infty} = \varepsilon_{c\infty} / \varepsilon_{e1}$ , όπου  $\varepsilon_{c\infty}$  είναι η τελική παραμόρφωση λόγω ερπυσμού και  $\varepsilon_{e1} = \sigma / E$ .
2. Όταν η τελική τιμή της μηκύνσεως λόγω υγρασίας ή της συστολής ξηράνσεως είναι αρνητική, δηλώνει τη βράχυνση, ενώ όταν είναι θετική δηλώνει μήκυνση.
3. Οι τιμές εξαρτώνται από το υλικό και δεν μπορεί να δοθεί μία μόνη τιμή σχεδιασμού.
4. Η διδόμενη τιμή ισχύει για αδρανή από τέφρα και από διογκωμένη άργιλο.
5. Η τιμή που δίνεται ισχύει για ελαφρά αδρανή πλην τέφρας και διογκωμένης άργιλου.
6. Οι τιμές είναι συνήθως πολύ χαμηλές.

#### 4.2.7 Αντοχή Τοιχοποιίας σε Διάτμηση

Δεν παρουσιάζεται καθαρή διάτμηση σε πραγματικές συνθήκες, αλλά στο επίπεδο των αρμών συνυπάρχουν οι διατμητικές ( $\tau$ ) και ορθές τάσεις ( $\sigma_n$ ), λόγω και του ίδιου βάρους της τοιχοποιίας. Στο Σχήμα 4.12 παρουσιάζεσαι η περιβάλλουσα αστοχίας που συσχετίζει  $\tau$  και  $\sigma_n$  κατά τη δράσει σεισμικών φορτίων, από το σχήμα γίνονται κατανοητά τα εξής:

- Περιοχή I. Χαμηλές τιμές ορθών τάσεων  $\sigma_n$  οδηγούν σε αστοχία τριβής-ολίσθησης οριζώντιου αρμού ή σε κλιμακωτή αποκόλληση και ολίσθηση κατακόρυφων & οριζώντιων αρμών (συνήθης μορφή διατμητικής αστοχίας τοίχων).

Αποδεκτό το γραμμικό κριτήριο αστοχίας Coulomb

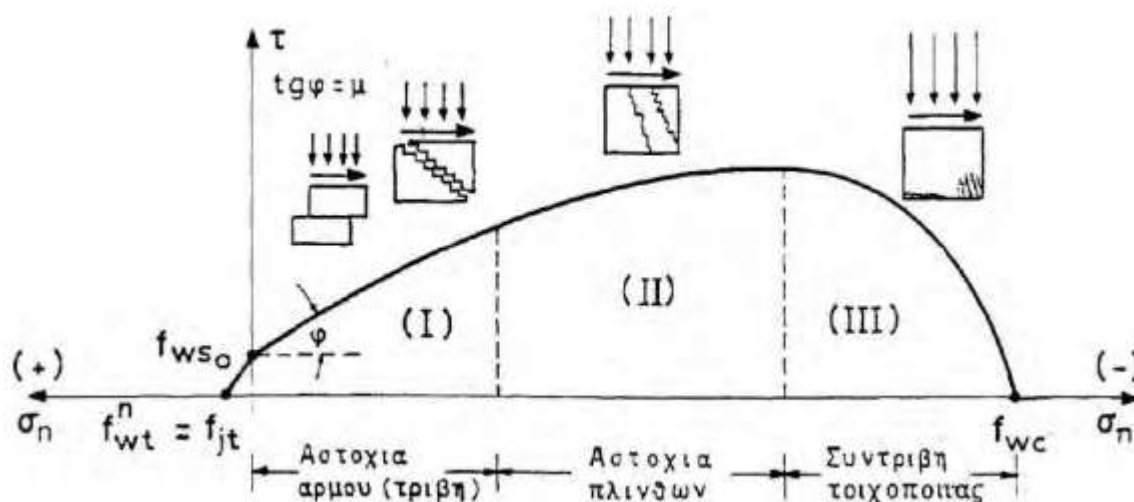
$$\tau_u = f_{ws} = f_{ws0} + \mu \cdot \sigma_n \quad 4.18$$

Όπου:  $f_{ws}$  : διατμητική (shear) αντοχή τοιχοποιίας υπό θλίψη

$f_{ws0}$  : διατμητική αντοχή τοιχοποιίας για  $\sigma_n=0$

- Περιοχή II. Μέσες τιμές ορθών τάσεων  $\sigma_n$  οδηγούν σε αστοχία από λοξή ρηγμάτωση που διαπερνά και λιθοσώματα. Εμφάνιση συνήθως σε πεσσούς μεταξύ ανοιγμάτων.
- Περιοχή III. Υψηλές τιμές ορθών τάσεων  $\sigma_n$  οδηγούν σε αστοχία θλιβόμενης γωνίας. Η αστοχία είναι καμπτικού τύπου και προηγείται της διατμητικής αστοχίας.

Περιοχή εφελκυστικών ορθών τάσεων  $\sigma_n$  (στο θετικό τμήμα). Η περιβάλλουσα είναι σχεδόν ευθεία οδηγούν σε αστοχία με έντονη κλίση, ισχύει  $f_{ws0} > f_{jt}$  (Αντοχή αρμού σε αποκόλληση)



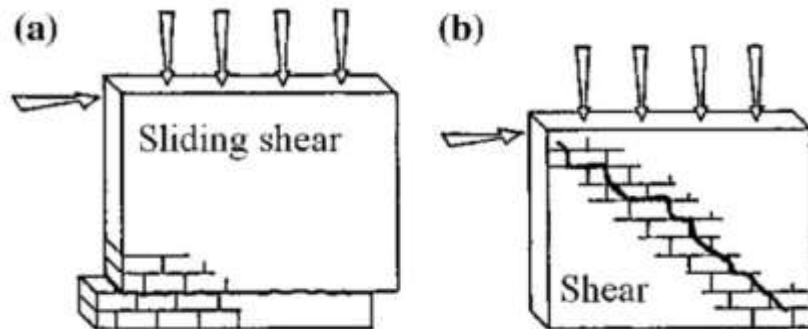
Σχήμα 4.12 Τυπική μορφή καμπύλης αστοχίας ( $\tau$ ,  $\sigma_n$ ) τοιχοποιίας (Ιγνατάκης & Στυλιανίδης, 2009)

Η καμπύλη του σχήματος 4.12 επηρεάζεται από τα μηχανικά χαρακτηριστικά των συνιστώντων υλικών, το πάχος του αρμού και το σχήμα των λιθοσωμάτων.

Ακολούθως παρουσιάζονται οι τρόποι διατμητικής αστοχίας (§6.1.1.1(β), (ΚΑΔΕΤ, 2022)):

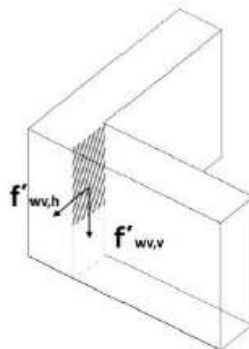
(i) Διολίσθηση κατά μήκος περίπου οριζόντιας στρώσης λιθοσωμάτων (Σχήμα 4.13α)

(ii) Εφελκυστική λοξή ρηγμάτωση σε τυχωματικό στοιχείο υπό ετερόσημη επίπεδη ένταση, παρουσία τέμνουσας (Σχήμα 4.13β)



Σχήμα 4.13 Μηχανισμοί διατμητικής αστοχίας (α) διολίσθηση κατά μήκος αρμού, (β) διαγώνια/λοξή ρηγμάτωση (Tomazevic, 2009)

(iii) Ολίσθηση κατά μήκος τμήματος της κατακόρυφης επιφάνειας σύνδεσης εγκάρσιων τοίχων (Σχήμα 4.14) Πρόκειται για την (σχετικώς σπανιότερη) μορφή αστοχίας. Η σχετική αντίσταση εξαρτάται εντόνως απ' την τοπική κατανομή των διατμητικών τάσεων και από την κλίμακα του φαινομένου.



Σχήμα 4.14 Αστοχία στην σύνδεση τοίχων (Σ6.5 (ΚΑΔΕΤ, 2022))

(iv) Αντοχή συνάφειας τοιχοποιίας με πρόσθετα υλικά. (στην περίπτωση επεμβάσεων ή προσθηκών). Όταν έχουμε αγκύρωση οπλισμών ή οπλισμούς για αντίσταση ολίσθησης στην διεπιφάνεια τοιχοποιίας και μανδύα από διάφορα υλικά.

#### 4.2.8 Εκτίμηση Διατμητικής Αντοχής κατά ΚΑΔΕΤ

Η αντοχή της άοπλης τοιχοποιίας έναντι τέμνουσας, κατά μήκος της θλιβόμενης ζώνης,  $l_c$ , της διατομής ελέγχου, μπορεί να υπολογίζεται μέσω της ακόλουθης σχέσης 4.19:

$$f_v = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_n \leq 0,065 \cdot f_{bc} \quad 4.19 \text{ (6.4 ΚΑΔΕΤ)}$$

όπου,

$f_{v0}$  : η διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας υπό μηδενική θλιπτική τάση,  $\sigma$

$\mu$  : ο φαινόμενος συντελεστής τριβής

$f_{bc}$  : η μέση θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων

*Ο φαινόμενος συντελεστής τριβής αναφέρεται σε οριζόντιο επίπεδο και όχι στο κεκλιμένο επίπεδο της ρωγμής. Ο συντελεστής τριβής είναι συνάρτηση τόσο της τιμής της θλιπτικής τάσεως, όσο και της τραχύτητας της διεπιφάνειας. Ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων, ο συντελεστής τριβής μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 0,40. Δεδομένου ότι αυτή η τιμή αντιστοιχεί σε μεγάλες τιμές θλιπτικής τάσης κάθετης στην διεπιφάνεια, όταν πρόκειται για αποτίμηση κτιρίων με ιστορική/αρχιτεκτονική αξία, συνιστάται να λαμβάνεται υπ' όψη κατάλληλη (αυξημένη) τιμή του συντελεστή τριβής, βάσει της βιβλιογραφίας.*

Όσον αφορά την αρχική διατμητική αντοχή  $f_{v0}$ , για τρίστρωτη τοιχοποιία δεν εντοπίστηκαν βιβλιογραφικές αναφορές. Επίσης σε αργολιθοδομή, που είναι η εξωτερική στρώση, δεν υπάρχουν αναφορές. Η αρχική τιμή (για θλιπτική τάση  $\sigma_c=0.00\text{MPa}$ ) μπορεί να προσδιοριστεί ως  $f_{v0}=0.02\text{MPa}$  σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα για δίστρωτες τοιχοποιίες. Οι τιμές της διατμητικής αντοχής σε δίστρωτες τοιχοποιίες χωρίς διάτονους λίθους, έχει εκτιμηθεί για αρχικές τιμές  $t_k=0,045\text{MPa}$  και η μέγιστη διατμητική αντοχή σε λοξή θλίψη είναι  $t_u=0,089\text{MPa}$  (Corradi, et al., 2008) ή σε άλλη πειραματική έρευνα (Borri, et al., 2011), οι τιμές της αρχικής διατμητικής αντοχής (για  $\sigma_0=0.00\text{MPa}$ ) έχουν εκτιμηθεί μεταξύ 0,019 και 0,022MPa. Οι τελικές τιμές που υιοθετούνται στην παρούσα διπλωματική είναι:  $f_{v0}=0.02\text{MPa}$  και  $f_{vmax}=0.089\text{MPa}$ .

Στην περίπτωση των ημιλαξευμένων λίθων υπάρχει η δυνατότητα να επιλεγεί η  $f_{vko}$  από τον πίνακα 4.4, ο οποίος προέρχεται από τον Ευρωκώδικα 6, καθότι ο EC6 δεν καλύπτει αργούς λίθους. Τα λιθοσώματα κατατάσσονται σε ομάδες (1, 2α, 2β και 3) με κριτήριο το ποσοστό, το μέγεθος και τη διεύθυνση των κενών, όταν τα λιθοσώματα βρίσκονται στην οριστική τους θέση στην τοιχοποιία. Προφανώς οι φυσικοί λίθοι, όπως στην περίπτωση

μας, που έχουμε ασβεστόλιθους, ανήκουν στην ομάδα 1, (Πίνακας 4.5) καθώς πρακτικά δεν έχουν κανένα κενό. Επομένως για φυσικούς λίθους Ομάδας 1 για τη χαμηλότερη αντοχή κονιάματος M1 ως M προκύπτει:  $f_{vk0} = 0,10$  (N/mm<sup>2</sup>)

Πίνακας 4.4 Τιμές  $f_{vk0}$  και οριακές τιμές της  $f_{vk}$  για κονιάματα γενικής εφαρμογής (Ιγνατάκης & Στυλιανίδης, 2009)

Λιθόσωμα	Κονίαμα	$f_{vk0}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Οριακή τιμή της $f_{vk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	
Οπτόπλινθοι Ομάδας 1	M10 ως M20	0.30	1.70	
	M2.5 ως M9	0.20	1.50	
	M1 ως M2	0.10	1.20	
Λιθοσώματα Ομάδας 1 εκτός οπτοπλίνθων και φυσικών λίθων	M10 ως M20	0.20	1.70	
	M2.5 ως M9	0.15	1.50	
	M1 ως M2	0.10	1.20	
Φυσικοί λίθοι Ομάδας 1	M2.5 ως M9	0.15	1.00	
	M1 ως M2	0.10	1.00	
Οπτόπλινθοι Ομάδας 2 α	M10 ως M20	0.30	Η μικρότερη από τις παράπλευρες τιμές ή η θλιπτική αντοχή κατά τη διαμήκη διεύθυνση (βλέπε σημείωση)	1.40
	M2.5 ως M9	0.20		1.20
	M1 ως M2	0.10		1.00
Ομάδες 2α και 2β εκτός οπτοπλίνθων και οπτόπλινθοι 2β	M10 ως M20	0.20		1.40
	M2.5 ως M9	0.15		1.20
	M1 ως M2	0.10		1.00
Οπτόπλινθοι Ομάδας 3	M10 ως M20	0.30	Δεν δίνονται όρια πέραν εκείνων της εξισώσεως (3.4)	
	M2.5 ως M9	0.20		
	M1 ως M2	0.10		

Σημείωση: Για τα λιθοσώματα των Ομάδων 2α και 2β, η διαμήκης θλιπτική αντοχή λαμβάνεται ίση με τη μετρηθείσα, για δ όχι μεγαλύτερο από 1.0.  
Όταν η διαμήκης θλιπτική αντοχή αναμένεται να είναι μεγαλύτερη από  $0.15f_b$ , λαμβανομένης υπ' όψη της διατάξεως των κενών, δεν είναι αναγκαία η διεξαγωγή δοκιμών.

Πίνακας 4.5 Απαιτήσεις για την κατάταξη των λιθοσωμάτων σε Ομάδες (Ιγνατάκης &amp; Στυλιανίδης, 2009)

	Ομάδα λιθοσώματος			
	1	2α	2β	3
Όγκος κενών ως ποσοστό % του μικτού όγκου (βλέπε σημ.1)	≤ 25	>25-45 για οπτοπλίνθους >25-50 για λιθοσώματα από σκυρόδεμα	>45-55 για οπτοπλίνθους >50-60 για λιθοσώματα από σκυρόδεμα (βλέπε σημ 2)	≤ 70
Όγκος ενός κενού (% του μικτού όγκου)	≤ 12.5	≤ 12.5 για οπτοπλίνθους ≤ 25 για λιθοσώματα από σκυρόδεμα	≤ 12.5 για οπτοπλίνθους ≤ 25 για λιθοσώματα από σκυρόδεμα	Περιορισμός μέγιστου εμβαδού (βλέπε πιο κάτω)
Εμβαδόν ενός κενού	Περιορισμός όγκου (βλέπε παραπάνω)	Περιορισμός όγκου (βλέπε παραπάνω)	Περιορισμός όγκου (βλέπε παραπάνω)	≤ 2800mm <sup>2</sup> εκτός από τα λιθοσώματα με ένα μόνον κενό, το οποίο δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 18000mm <sup>2</sup>
Σύνθετο πάχος (% του συνολικού πλάτους) (βλέπε σημ.3)	≥ 37.5	≥ 30	≥ 20	-
Σημειώσεις: 1. Τα κενά μπορούν να αποτελούν διαμερή κατακόρυφα <sup>(α)</sup> κενά ή εσοχές. 2. Εάν υπάρχει εθνική εμπειρία βασιζόμενη σε πειράματα, η οποία να επιβεβαιώνει ότι η ασφάλεια της τοιχοποιίας δεν μειώνεται απαραδέκτως όταν το ποσοστό των κενών είναι μεγαλύτερο, τότε το όριο του 55% για οπτοπλίνθους και του 60% για λιθοσώματα από σκυρόδεμα μπορεί να αυξηθεί για τα λιθοσώματα που χρησιμοποιούνται στη χώρα που έχει τη σχετική εμπειρία. 3. Το σύνθετο πάχος είναι το πάχος των τοιχωμάτων και των κελυφών, μετρούμενων οριζώντιως διαμέσου του λιθοσώματος σε ορθή γωνία ως προς τις εξωτερικές όψεις του τοίχου.				

#### 4.2.9 Μηχανικά Χαρακτηριστικά Τοιχοποιίας Ποδιών Παραθύρων

Εμβόλιμα παρουσιάζεται ο υπολογισμός στις ποδιές των παραθύρων, με πάχος 0.32m και στους δύο ορόφους, επομένως η τοιχοποιία θεωρείται δίστρωτη, χωρίς την εσωτερική ενδιάμεση στρώση. Σύμφωνα με την §6.2.4.1, (ΚΑΔΕΤ, 2022), ο υπολογισμός της αντοχής της μονόστρωτης και της δίστρωτης τοιχοποιίας, είναι ταυτόσημος και για τις δύο περιπτώσεις. Έτσι σύμφωνα με τα παραπάνω, η θλιπτική αντοχή είναι ίδια με αυτήν της εξωτερικής στρώσης όπως υπολογίστηκε παραπάνω ( $f_{wc}=2.96\text{MPa}$  για αργούς λίθους,  $f_{wc}=4.21\text{MPa}$  για ημί-λαξευμένους λίθους,  $f_{wc}=5.65\text{MPa}$  κατά EC6 ). Το μέτρο ελαστικότητας, δίνεται από την σχέση (4.14) Σ6.5 του ΚΑΔΕΤ, Το τέμνον μέτρο ελαστικότητας δεν μπορεί να υπολογιστεί από την ίδια σχέση, όταν  $f_{wc}$  υπερβαίνει τα όρια εφαρμογής της εξίσωσης (για ημίλαξευμένους) που είναι  $1\text{MPa} < f_{wc} < 3\text{MPa}$ , επομένως υπολογίζεται το τελικό τέμνον μέτρο ελαστικότητας (επιβατικό).

Για Αργολιθοδομή, κι όχι τρίστρωτη τοιχοποιία, ισχύει εδώ:  $\varepsilon_u=0.002-0.003$  ( $f_{wc}=1.0-3.0$  MPa), επομένως, το τελικό τέμνον μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας (επιβατικό μέτρο) υπολογίζεται ως:

$$E_{wc} = \frac{f_{wc}}{\varepsilon_{cu}} = \frac{2,96MPa}{0,0025} = 1.184,00MPa$$

Το τέμνον μέτρο ελαστικότητας υπολογίζεται ως:

$$E_{wc} = 1300 \cdot \left(1 - \frac{f_{wc}}{5}\right) \cdot f_{wc} \pm 140 f_{wc}^2 \Rightarrow 1300 \cdot \left(1 - \frac{2,96}{5}\right) \cdot 2,96 \pm 140 \cdot 2,96^2 \Rightarrow$$

$$E_{wc} = 1.569,98 \pm 1.226,62MPa \Rightarrow E_{wc} = \begin{bmatrix} 2.796,60MPa \\ 343,36MPa \end{bmatrix}$$

Επιλέγεται μια μέση τιμή  $E_{wc}=1.569,98MPa$ .

Για Ημιλαξευμένους Λίθους:

Το τελικό τέμνον μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας (επιβατικό μέτρο) υπολογίζεται ως:

$$E_{wc} = \frac{f_{wc}}{\varepsilon_{cu}} = \frac{4,21MPa}{0,0025} = 1.684,00MPa$$

Για Ημιλαξευμένους Λίθους κατά EC6 (απλά για σύγκριση):

$$E_{wc} = 1000 \cdot f_{wc} = 1000 \cdot 5,65 = 5.650,00MPa$$

Σε περίπτωση υπολογισμού της διατμητικής αντοχής προκύπτει με βάση τα παραπάνω πειραματικά δεδομένα, και η αρχική της τιμή θεωρείται ως  $f_0=0.02MPa$ , και η μέγιστη σε λοξή θλίψη ίση με:

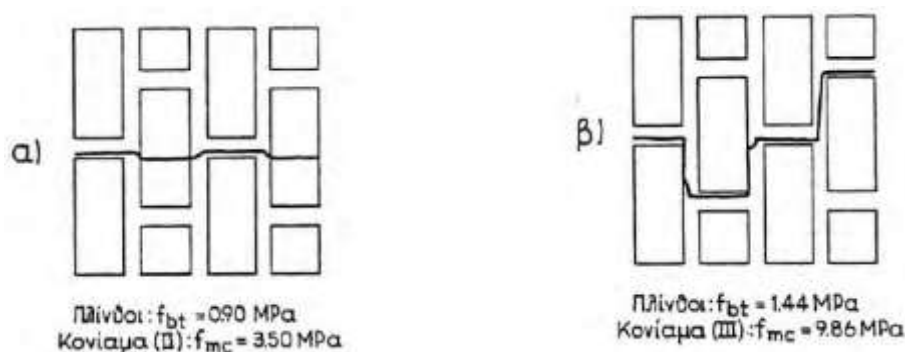
$$F_{v,max} = f_0 + \mu \cdot 60\% \cdot f_{wc} \Rightarrow f_{vmax} = 0,02 + 0,4 \cdot 60\% \cdot 2,96 \Rightarrow f_{vmax} = 0,101MPa$$

#### 4.2.10 Αντοχή Τοιχοποιίας σε Εφελκυσμό – Καμπτική Αντοχή

Η συμπεριφορά της άοπλης τοιχοποιίας σε δράσεις που προκαλούν εφελκυσμό (t: tension = εφελκυσμός) δεν είναι καλή και εξηγείται από τα υλικά από τα οποία αποτελείται, δηλαδή φυσικούς ή τεχνητούς λίθους και κονίαμα, τα οποία και αυτά ξεχωριστά παρουσιάζουν ψαθυρή αστοχία παρουσία εφελκυσμού. Σε απόλυτους αριθμούς αποτελεί ένα μικρό κλάσμα της θλιπτικής αντοχής. Η αντοχή σε εφελκυσμό διαφοροποιείται, ακόμη πιο έντονα από τη θλίψη, από τη γωνία της δρώσας δύναμης, ως προς τους οριζόντιους αρμούς. Παρουσιάζει πολύ μεγάλη διασπορά τιμών, γεγονός που προσδίδει μεγάλη αναξιοπιστία στο μέγεθος του εφελκυσμού. Η εφελκυστική αντοχή επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες:

- α. Αντοχή αρμού σε αποκόλληση ( $f_{jt}$ )
- β. Εφελκυστική αντοχή κονιάματος ( $f_{mt}$ )
- γ. Συνοχή κονιάματος – πλίνθου ( $f_{js0}$ )

Η εφελκυστική αντοχή κάθετα στους οριζόντιους αρμούς ( $f_{wt}^n$ ) προκαλείται με αποκόλληση αρμών από υπέρβαση της μικρότερης από τις  $f_{jt}$ ,  $f_{mt}$ . Ενώ η εφελκυστική αντοχή παράλληλα στους οριζόντιους αρμούς ( $f_{wt}^p$ ) παρουσιάζει έντονη διαφοροποίηση αντοχών και τύπων αστοχίας (Σχήμα 4.15). Συνήθως η εφελκυστική αντοχή παράλληλα στους οριζόντιους αρμούς είναι μεγαλύτερη από την εφελκυστική αντοχή κάθετα σε αυτούς:  $f_{wt}^p > f_{wt}^n$



Σχήμα 4.15 Μορφές αστοχίας τοιχοποιίας υπό άμεσο εφελκυσμό παράλληλα προς τους οριζόντιους αρμούς. (α) Ασθενείς πλίνθοι, (β) Ισχυρές πλίνθοι (Ιγνατάκης & Στυλιανίδης, 2009)

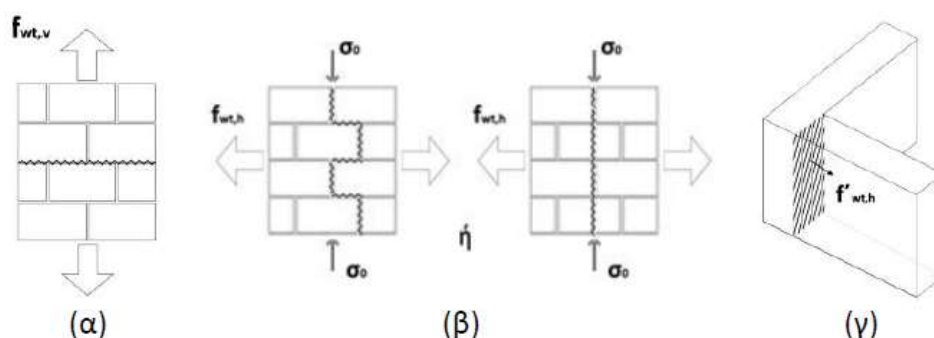
Καθώς η τοιχοποιία, ως ανισότροπο υλικό, χαρακτηρίζεται από εφελκυστική αντοχή η οποία έχει διαφορετική τιμή ανάλογα με την γωνία υπό την οποία εμφανίζεται ο εφελκυσμός. Σε περιπτώσεις αργολιθοδομών (π.χ. αργοί λίθοι μικρών διαστάσεων - μεγάλη ποσότητα κονιάματος), παρατηρείται μειωμένη ανισοτροπία και, οι τιμές των



εφελκυστικών αντοχών της τοιχοποιίας δεν διαφέρουν σημαντικά αναλόγως με την γωνία υπό την οποία ασκείται ο εφελκυσμός. Κατά τον ΚΑΔΕΤ ορίζονται τα εξής μεγέθη εφελκυστικής αντοχής, ο διαχωρισμός των οποίων γίνεται κυρίως με βάση τη διεύθυνση δράσης:

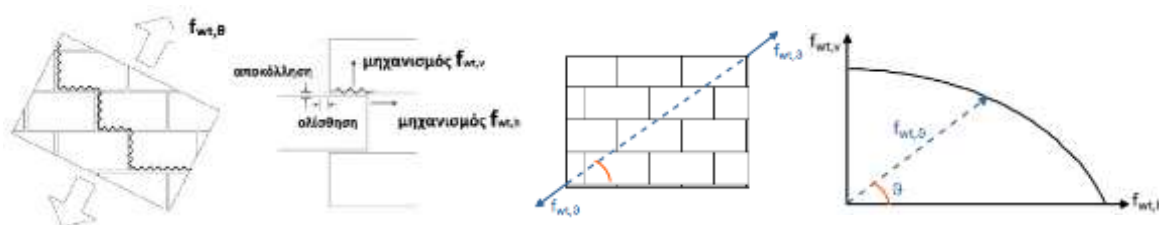
i) κατά την κατακόρυφη διεύθυνση,  $f_{wt,v}$  (Σχήμα 4.16α). ο εφελκυσμός εξαρτάται από την εφελκυστική αντοχή του κονιάματος των οριζόντιων αρμών ( $f_{mt}$ ), καθώς και από την αντοχή αποκόλλησης λιθοσώματος-κονιάματος ( $f_{jt}$ ). Ισχύει  $f_{wt,v} \approx 0.5 f_{wt,h}$ . Για ενδιάμεσες γωνίες των εφελκυστικών τάσεων, ισχύουν ενδιάμεσες τιμές εφελκυστικής αντοχής.

ii) κατά την οριζόντια διεύθυνση,  $f_{wt,h}$ , εντός του επιπέδου τοιχώματος, ή  $f'_{wt,h}$ , κατά την δυναμική αποσύνδεση εγκάρσιων τοιχωμάτων, (Σχήμα 4.16γ). Η αντοχή σε οριζόντιο εφελκυσμό, εξαρτάται από την εφελκυστική αντοχή του κονιάματος ( $f_{mt}$ ), όταν η αντοχή του κονιάματος είναι πολύ μικρότερη από την αντοχή του λιθοσώματος και από την τριβή κατά μήκος των οριζόντιων τμημάτων της ρωγμής (Σχήμα 4.16β, αριστερά). Σε περίπτωση συγκρίσιμων εφελκυστικών αντοχών συνιστώντων υλικών, τότε η συνολική αντοχή εξαρτάται και από τις δύο (Σχήμα 4.16,β, δεξιά).



Σχήμα 4.16 Αστοχία τοιχοποιίας για εφελκυσμό (α)κατακόρυφο , (β) οριζόντιο και (γ) στη γωνιακή σύνδεση τοίχων(Σ6.3 (ΚΑΔΕΤ, 2022))

iii) κατά λοξή διεύθυνση,  $f_{wt,\theta}$  (Σχήμα 4.17)



Σχήμα 4.17 Μηχανισμός αστοχίας τοιχοποιίας σε λοξό εφελκυσμό (Σ6.4 (ΚΑΔΕΤ, 2022))

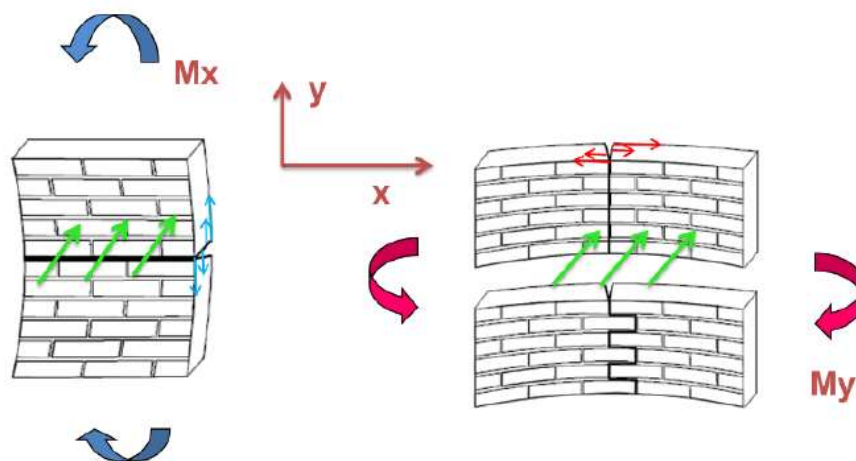
Συνεπώς, οι αντίστοιχοι μηχανισμοί αστοχίας είναι διαφορετικοί και, επομένως, η εισαγωγή μιας ενιαίας έννοιας “αντοχής της τοιχοποιίας σε εφελκυσμό” δεν ανταποκρίνεται στην πραγματική συμπεριφορά του υλικού. Στην περίπτωση ύπαρξης

αργολιθοδομής, οι ως άνω σημειούμενοι μηχανισμοί αστοχίας είναι ακόμη πιο ασαφείς και περίπλοκοι.

Τονίζεται δε ότι οι Κανονισμοί κατά κανόνα δεν χρησιμοποιούν την εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας στο σχεδιασμό (non tension material). Σύμφωνα με την §6.4(β) (ΚΑΔΕΤ, 2022), η εφελκυστική αντοχή δεν λαμβάνεται υπ' όψη στην αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό των δομημάτων, εκτός από την περίπτωση επιτελεστικότητας Α.

Αντίθετα, συνήθως προδιαγράφουν την καμπτική αντοχή τοιχοποιίας για φόρτιση κάθετα στο επίπεδό της (σεισμός, άνεμος). Καθώς δημιουργούνται εφελκόμενες περιοχές στους τοίχους είτε λόγω εκκεντρότητας των κατακόρυφων φορτίων εντός ή εκτός του επιπέδου τους, είτε λόγω ύπαρξης οριζόντιων δυνάμεων εγκάρσιων στο επίπεδο τους από ανεμοπιέσεις, ωθήσεις γαιών ή σεισμό, καθώς και σε καμπτόμενα τμήματα του κτιρίου, όπως τα ανώφλια.

Συνεπώς, σε επίπεδο σχεδιασμού κατασκευών είναι σημαντικότερος ο προσδιορισμός της καμπτικής εφελκυστικής αντοχής και όχι της εφελκυστικής αντοχής. Η καμπτική εφελκυστική αντοχή, αναφέρεται συνήθως ως προς τη διεύθυνση του επιπέδου του εφελκυσμού, δηλαδή είτε κάθετα στους αρμούς, που εξαρτάται από τη συνάφεια κονιάματος-λιθώματος, είτε παράλληλα προς αυτούς (Σχήμα 4.18)



Σχήμα 4.18 Επίπεδα αστοχίας τοιχοποιίας σε κάμψη εκτός επιπέδου, αριστερά παράλληλα στους αρμούς και δεξιά κάθετα στους αρμούς, (Σχήμα Σ5B-3, (ΚΑΔΕΤ, 2022))

Υπενθυμίζεται ότι οι εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται στην τοιχοποιία οφείλονται σε συνδυασμό κατακόρυφης θλιπτικής δύναμης, τέμνουσας και ροπής κάμψεως. Έτσι, για κάθε συνδυασμό εντατικών μεγεθών προκύπτει διαφορετική τιμή της εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας, λόγω (α) της ετερόσημης επίπεδης διαξονικής κατάστασης και (β) λόγω της διαφορετικής γωνίας υπό την οποία εμφανίζεται η κύρια εφελκυστική τάση ως προς τις στρώσεις της τοιχοποιίας.

#### 4.2.11 Εκτίμηση Εφελκυστικής Αντοχής κατά ΚΑΔΕΤ

Όπως εξηγήθηκε στην προηγούμενη παράγραφο η έννοια της εφελκυστικής καμπτικής αντοχής έχει μεγαλύτερη σημασία στην συμπεριφορά της τοιχοποιίας, αυτό εκφράζεται και στην §6.4 του ΚΑΔΕΤ, για τον έλεγχο επάρκειας μια διατομής υπό κάμψη εκτός επιπέδου

- Εκτός επιπέδου ροπή κάμψεως περί οριζόντιο άξονα:

$$M_R = \frac{1}{2} \cdot l \cdot t_w^2 \cdot \sigma_0 \cdot \left( 1 - \frac{\sigma_0}{f_{wc}} \right) \quad 4.20 \text{ (6.2 ΚΑΔΕΤ)}$$

όπου:

$$\sigma_0 = \frac{N}{l \cdot t_w} \quad : \text{ η μέση θλιπτική τάση λόγω αξονικής δράσεως στην διατομή ελέγχου}$$

$l$  και  $t_w$  : το μήκος και το πάχος της διατομής

$f_{wc}$  : η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας

Στις τρίστρωτες τοιχοποιίες, όπως στην περίπτωση του κτιρίου μας, πρέπει να ελέγχεται αν οι εξωτερικές παρειές έχουν αποκολληθεί, σε αυτή την περίπτωση ελέγχεται η κάθε παρειά ξεχωριστά.

- Εκτός επιπέδου ροπή κάμψης περί κατακόρυφο άξονα:

$$\sigma_{wt} = \frac{6 \cdot M_s}{l \cdot t_w^2} < f_{wt} \quad 4.21 \text{ (6.3 ΚΑΔΕΤ)}$$

όπου:

$\sigma_{wt}$  : η τάση στην ακραία εφελκυσόμενη ίνα, οφειλόμενη σε ροπή  $M_s$

$l$  και  $t_w$  : το μήκος και το πάχος της διατομής

$f_{wt}$  : η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας

Σύμφωνα με τις σημειώσεις της §6.4 του ΚΑΔΕΤ, απουσία ακριβέστερων στοιχείων, η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας,  $f_{wt}$ , μπορεί να λαμβάνεται ίση με: 0.10 MPa, για όταν η θλιπτική αντοχή του κονιάματος  $f_{mc}$  δεν υπερβαίνει τα 2.0 MPa, ίση με 0.20 MPa, όταν  $2.0\text{MPa} < f_{mc} < 5.0\text{MPa}$  και ίση με 0.40 MPa, όταν  $5.0\text{MPa} < f_{mc}$ . Επομένως για την περίπτωση μας, επιλέγεται εφελκυστική αντοχή τοιχοποιίας:  **$f_{wt}=0.10\text{ MPa}$** .



#### 4.2.13 Μηχανικά Χαρακτηριστικά Τοιχοποιίας Λογισμικού Pessos 3DR

Κατά την προσομοίωση με το λογισμικό 3DR.Pessos απαιτούνται από το πρόγραμμα διαφορετικοί παράμετροι ανάλυσης και ιδιότητες συνιστώντων υλικών, αναλόγως τον κανονισμό παρατίθενται οι ανάλογοι πίνακες 4.7 έως 4.10.

Πίνακας 4.7 Φέρουσα ΚΑΝ (Γενικά κανονιστικά δεδομένα)

Παράμετροι ανάλυσης:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μέτρο Ελαστικότητας E</li> <li>• Μέτρο Διάτμησης G</li> <li>• Λόγος Poisson <math>\nu</math></li> <li>• Φαινόμενο Βάρος</li> </ul>
Ιδιότητες Κονιάματος:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Γενικής εφαρμογής/Λεπτής στρώσης/ελαφροκονίαμα</li> <li>• Θλιπτική αντοχή <math>f_m</math></li> <li>• Πυκνότητα κονιάς <math>d_m</math></li> </ul>
Ιδιότητες Λιθοσώματος:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τύπος: Οπτόπλινθοι/Πυριτικό ασβέστιο/Σκυρόδεμα με συνήθη αδρανή/Αυτόκλειστο κυψελωτό σκυρόδεμα/Τεχνητοί λίθοι/Φυσικοί λίθοι</li> <li>• Ομάδα: 1/2/3/4</li> <li>• Μήκος</li> <li>• Πλάτος</li> <li>• Ύψος</li> <li>• Θλιπτική αντοχή <math>f_{bc}</math></li> <li>• Σκαφοειδές;</li> </ul>
Ιδιότητες Αρμών:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τύπος: Παράλληλα πουθενά/ Παράλληλα στο μήκος / Παράλληλα στο πλάτος</li> <li>• Πάχος οριζοντίων</li> <li>• Πάχος κατακόρυφων</li> <li>• Πλήρωση κατακόρυφων αρμών</li> <li>• Διαμήκης αρμός</li> </ul>
Λοιπές ιδιότητες:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χαρακτηριστική καμπτική αντοχή παράλληλα στους αρμούς <math>f_{xk1}</math></li> <li>• Χαρακτηριστική καμπτική αντοχή κάθετα στους αρμούς <math>f_{xk2}</math></li> <li>• Συντελεστής ασφαλείας:</li> <li>• Ποιοτικός έλεγχος: Κατηγορία 1/2/3/4/5</li> <li>• Δοκιμές με EN1052-3</li> </ul>

Πίνακας 4.8 Φέρουσα ΕΚ8-3

Παράμετροι ανάλυσης	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μέτρο Ελαστικότητας E</li> <li>• Μέτρο Διάτμησης G</li> <li>• Λόγος Poisson <math>\nu</math></li> <li>• Φαινόμενο Βάρος</li> <li>• Συντελεστής Θερμική Διαστολής <math>\alpha_T</math></li> </ul>
Μέσες εργαστηριακές τιμές	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Θλιπτική αντοχή <math>f_{mc}</math></li> <li>• Διατμητική αντοχή <math>f_{vm0}</math></li> </ul>

Πίνακας 4.9 Φέρουσα ΕΡΓ (ορισμός με βάση εργαστηριακές τιμές)

Εργαστηριακές Τιμές	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χαρακτηριστική καμπτική αντοχή παράλληλα στους αρμούς</li> <li>• Χαρακτηριστική καμπτική αντοχή κάθετα στους αρμούς <math>f_{xk2}</math></li> <li>• Θλιπτική αντοχή παράλληλα στους αρμούς</li> <li>• Διατμητική αντοχή παράλληλα στους αρμούς</li> <li>• Θλιπτική αντοχή κάθετα στους αρμούς</li> <li>• Διατμητική αντοχή κάθετα στους αρμούς <math>f_{xk2}</math></li> </ul>
------------------------	---

Για την περίπτωση ελέγχου του κτιρίου μας με τον νέο κανονισμό (ΚΑΔΕΤ, 2022) επιλέγεται η καρτέλα Φέρουσα ΚΑΔΕΤ, κατά την οποία πρέπει να εισαχθούν οι παρακάτω παράμετροι ανάλυσης και οι μέσες εργαστηριακές τιμές. Ελλείψει αυτών, εισάγονται μεγέθη που έχουν προσδιορισθεί στις προηγούμενες παραγράφους του παρόντος Κεφαλαίου.

Πίνακας 4.10 Φέρουσα ΚΑΔΕΤ

Παράμετροι ανάλυσης	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μέτρο Ελαστικότητας E</li> <li>• Μέτρο Διάτμησης G</li> <li>• Λόγος Poisson <math>\nu</math></li> <li>• Φαινόμενο Βάρος</li> <li>• Συντελεστής Θερμική Διαστολής <math>\alpha_T</math></li> </ul>
Μέσες εργαστηριακές τιμές	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Θλιπτική αντοχή <math>f_{mc}</math></li> <li>• Διατμητική αντοχή <math>f_{vm0}</math></li> <li>• Θλιπτική αντοχή κονιάματος <math>f_m</math></li> <li>• Θλιπτική αντοχή λιθοσώματος <math>f_b</math></li> <li>• Τύπος λιθοσώματος: Συμπαγείς πλίνθοι/Διάτρητοι Πλίνθοι/Αργολιθοδομή</li> </ul>

Για τα στοιχεία που δεν έχουν εξηγηθεί ή υπολογιστεί στις προηγούμενες παραγράφους, επιλέγονται τα παρακάτω μεγέθη, σύμφωνα με τον Πίνακα 4.11 και τον Πίνακα 4.12, για ασβεστόλιθο:

Φαινόμενο Ειδικό Βάρος:  $18.7 \div 26.9 \text{ KN/m}^3$ . Επιλέγεται:  $22.8 \text{ KN/m}^3$

Συντελεστής Θερμική Διαστολής  $\alpha_T$ :  $4.2 \times 10^{-6} \div 22.0 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$ . Επιλέγεται:  $13.1 \times 10^{-6}$

Λόγος Poisson  $\nu$ :  $0.27 \div 0.30$ . Επιλέγεται:  $0.285$

Πίνακας 4.12 Μηχανικές ιδιότητες πετρωμάτων (Ιγνατάκης & Στυλιανίδης, 2009)

Πέτρωμα	Τύπος	Τόπος δοκιμών	Αντοχή σε				Μέτρο ελαστικότητας (GPa)	Λόγος Poisson $\nu$
			Θλίψη (MPa)	Κόμηση (MPa)	Διάτμηση (MPa)	Εφελκυσμό (MPa)		
Γρανίτης, Συηνίτης	E.	Η.Π.Α.	54.0+422.0	10.0+36.5	14.0+34.0	4.0+7.0	40.0 + 57.0	0.23+0.27
Διορίτης, Γάβρος	E.	Γερμανία	170.0+300.0	10.0+22.0	-	-	70.0+110.0	0.26+0.29
Πορφύριτης, Ανδεσίτης	E.	Γερμανία	180.0+300.0	15.0+20.0	-	-	-	-
Βασάλτης	E.	Γερμανία	250.0+400.0	15.0+25.0	-	-	-	-
Λάβα	E.	Γερμανία	80.0+150.0	8.0+12.0	-	-	-	-
Διαβάσης	E.	Γερμανία	180.0+250.0	15.0+25.0	-	-	-	-
Γραουβάκης	I.	Γερμανία	150.0+300.0	13.0+25.0	-	-	-	-
Χαλαζικός ψαμίτης	I.	Γερμανία	120.0+200.0	12.0+20.0	-	-	-	-
Ηφαιστειακός τόφφος	I.	Γερμανία	20.0+30.0	2.0+6.0	-	-	-	-
Ασβεστόλιθος	I.	Η.Π.Α.	18.0+197.0	3.5+14.0	5.5+32.0	2.0+6.5	10.5+87.0	0.27+0.30
Ασβεσίτης - Δολομίτης	I.	Γερμανία	80.0+180.0	6.0+15.0	-	-	-	-
Ψαμίτης	I.	Η.Π.Α.	35.0+140.0	5.0+16.0	2.0+21.0	2.0+3.5	13.0+54.0	-
Τραβερτίνης	I.	Γερμανία	20.0+60.0	4.0+10.0	-	-	-	-
Γνεύσιος	M.	Γερμανία	160.0+280.0	-	-	-	-	-
Μάρμαρο	M.	Η.Π.Α.	56.0+350.0	4.0+34.5	9.0+45.5	1.0+16.0	50.5+102.0	0.27+0.30
Σερπεντίνης	M.	Η.Π.Α.	77.0+197.0	9.0+77.0	-	5.5+11.0	34.0+67.5	-
Σχιστόλιθος	M.	Η.Π.Α.	-	42.0+105.0	14.0+25.0	21.0+30.0	69.0+126.5	0.15+0.20
Αμφιβολίτης	M.	Η.Π.Α.	100.0+350.0	-	-	-	96.0+124.0	0.28+0.30

Οι τιμές του Πίνακα ισχύουν για την περίπτωση ξηρού πετρώματος. Εάν το πέτρωμα είναι κορεσμένο οι τιμές μεταβάλλονται κατά περίπτωση από το 0.54 έως το 1.35 των αντιστοίχων τιμών για ξηρό πέτρωμα.

E.: Εκρηξίγενή, I.: Ιζηματογενή, M.: Μεταμορφωσιγενή

Πίνακας 4.11 Φυσικές ιδιότητες πετρωμάτων (Ιγνατάκης & Στυλιανίδης, 2009)

Πέτρωμα	Τύπος	Τόπος δοκιμών	Φαινόμενο ειδικό βάρος	Πραγματικό ειδικό βάρος	Πορώδες $(\gamma - \gamma')/\gamma'$	Συντελεστής θερμικής διαστολής
			$\gamma'$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	(% κατ' όγκο)	grad <sup>-1</sup>
Γρανίτης, Συηνίτης	E.	Η.Π.Α.	26.0 + 30.4	26.0 - 30.8	0.4 + 3.8	$(6.3+9.0) \times 10^{-6}$
Διορίτης, Γάβρος	E.	Γερμανία	28.0 + 30.0	28.5 - 30.5	0.5 + 1.2	-
Πορφύριτης, Ανδεσίτης	E.	Γερμανία	25.5 + 28.0	25.8 - 28.3	0.4 + 1.8	-
Βασάλτης	E.	Γερμανία	29.5 + 30.0	30.0 + 31.5	0.2 + 0.9	-
Λάβα	E.	Γερμανία	22.0 + 23.5	30.0 + 31.5	20.0 + 25.0	-
Διαβάσης	E.	Γερμανία	28.0 + 29.0	28.5 + 29.5	0.3 + 1.1	-
Γραουβάκης	I.	Γερμανία	26.0 + 26.5	26.4 + 26.8	0.4 + 2.0	-
Χαλαζικός ψαμίτης	I.	Γερμανία	26.0 + 26.5	26.4 + 26.8	0.4 + 2.0	-
Ηφαιστειακός τόφφος	I.	Γερμανία	18.0 + 20.0	26.2 - 27.5	20.0 + 30.0	-
Ασβεστόλιθος	I.	Η.Π.Α.	18.7 + 26.9	27.0 + 28.6	1.10 + 31.0	$(4.2+22.0) \times 10^{-6}$
Ασβεσίτης - Δολομίτης	I.	Γερμανία	26.5 + 28.5	27.0 + 29.0	0.5 + 2.0	-
Ψαμίτης	I.	Η.Π.Α.	22.0 + 27.0	-	1.9 + 27.3	$(5.0+12.0) \times 10^{-6}$
Τραβερτίνης	I.	Γερμανία	24.0 + 25.0	26.9 + 27.2	5.0 + 12.0	-
Γνεύσιος, Γρανουλίτης	M.	Γερμανία	26.5 + 30.0	26.7 + 30.5	0.4 + 2.0	-
Μάρμαρο	M.	Η.Π.Α.	26.4 + 28.6	27.2 + 28.8	0.4 + 2.1	$(3.6+16.0) \times 10^{-6}$
Σερπεντίνης	M.	Η.Π.Α.	25.0 + 28.0	-	-	-
Σχιστόλιθος	M.	Η.Π.Α.	27.4 + 28.9	27.7 + 29.0	0.1 + 1.7	$(9.4+12.0) \times 10^{-6}$

Επομένως ο πίνακας με τα τελικά μεγέθη των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας, τα οποία θα εισαχθούν κατά την προσομοίωση του υφιστάμενου κτιρίου στο λογισμικό είναι:



Πίνακας 4.13 Δεδομένα υφιστάμενης τοιχοποιίας Φέρουσα ΚΑΔΕΤ για την προσομοίωση του κτιρίου στο λογισμικό Pessos (με bold τα στοιχεία που μεταβάλλονται).

Ισόγειος Όροφος			
Παράμετροι ανάλυσης	Μέτρο Ελαστικότητας E	<b>1.11</b>	GPa
	Μέτρο Διάτμησης G	<b>0.44</b>	GPa
	Λόγος Poisson $\nu$	0.285	-
	Φαινόμενο Βάρος	22.8	kN/m <sup>3</sup>
	Συντελεστής Θερμική Διαστολής $\alpha_T$	$13.1 \cdot 10^{-6}$	grad <sup>-1</sup>
Μέσες εργαστηριακές τιμές	Θλιπτική αντοχή $f_{mc}$	<b>1.09</b>	MPa
	Διατμητική αντοχή $f_{vm0}$	0.02	Mpa
	Θλιπτική αντοχή κονιάματος $f_m$	0.50	Mpa
	Θλιπτική αντοχή λιθοσώματος $f_b$	50	Mpa
	Τύπος λιθοσώματος: Συμπαγείς πλίνθοι/Διάτρητοι Πλίνθοι/Αργολιθοδομή	Αργολιθοδομή	-

Α' Όροφος			
Παράμετροι ανάλυσης	Μέτρο Ελαστικότητας E	<b>1.21</b>	GPa
	Μέτρο Διάτμησης G	<b>0.48</b>	GPa
	Λόγος Poisson $\nu$	0.285	-
	Φαινόμενο Βάρος	22.8	kN/m <sup>3</sup>
	Συντελεστής Θερμική Διαστολής $\alpha_T$	$13.1 \cdot 10^{-6}$	grad <sup>-1</sup>
Μέσες εργαστηριακές τιμές	Θλιπτική αντοχή $f_{mc}$	<b>1.24</b>	Mpa
	Διατμητική αντοχή $f_{vm0}$	0.02	Mpa
	Θλιπτική αντοχή κονιάματος $f_m$	0.50	Mpa
	Θλιπτική αντοχή λιθοσώματος $f_b$	50	Mpa
	Τύπος λιθοσώματος: Συμπαγείς πλίνθοι/Διάτρητοι Πλίνθοι/Αργολιθοδομή	Αργολιθοδομή	-

Ποδιές Ισογείου & Α' Ορόφου			
Παράμετροι ανάλυσης	Μέτρο Ελαστικότητας E	<b>1.57</b>	GPa
	Μέτρο Διάτμησης G	<b>0.63</b>	GPa
	Λόγος Poisson $\nu$	0.285	-
	Φαινόμενο Βάρος	22.8	kN/m <sup>3</sup>
	Συντελεστής Θερμική Διαστολής $\alpha_T$	$13.1 \cdot 10^{-6}$	grad <sup>-1</sup>
Μέσες εργαστηριακές τιμές	Θλιπτική αντοχή $f_{mc}$	<b>2.96</b>	Mpa
	Διατμητική αντοχή $f_{vm0}$	0.02	Mpa
	Θλιπτική αντοχή κονιάματος $f_m$	0.50	Mpa
	Θλιπτική αντοχή λιθοσώματος $f_b$	50	Mpa
	Τύπος λιθοσώματος: Συμπαγείς πλίνθοι/Διάτρητοι Πλίνθοι/Αργολιθοδομή	Αργολιθοδομή	-

#### 4.2.14 Υλικά Προηγούμενων Επεμβάσεων (1975-1985)

Για τα μεταλλικά στοιχεία των δύο υποστυλωμάτων και των δύο δοκών επιλέχθηκε ποιότητα Stl (S220) με τις εξής διατομές:

Υποστυλώματα: IPE 100

Δοκοί: Rectangular Hollow Section (RHS) 150x100x6.3

Τα υποστυλώματα θεωρήθηκαν πακτωμένα στο έδαφος (στήριξη Fixed) και άνω δύο κόμβοι τους συνδέθηκαν με τις δοκούς, οι οποίες εν συνεχεία συνδέονται και αυτές με τους κόμβους των περιμετρικών τοίχων. Ως υλικό της δοκού ενίσχυσης επιλέχθηκε βάσει, λόγω ελλείψεως δεδομένων, στο πλαίσιο της διπλωματικής, “ερήμην” αντιπροσωπευτικές τιμές θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος σύμφωνα με τον Πίν.4.14 & 4.15, θεωρώντας ΣΑΔ “Ανεκτή” για το σκυρόδεμα και “Ικανοποιητική” για τον χάλυβα (ΚΑΝ.ΕΠΕ., 2022)

Πίνακας 4.14 «Ερήμην» αντιπροσωπευτικές τιμές θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος (Πιν.1, Παρ.3.1, ΚΑΝΕΠΕ2022)

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	«Ονομαστική» Μέση τιμή $f_{cm}$ (MPa)	«Χαρακτηριστική» Μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση $f_{ck}$ (MPa)
...<1985	13	9
1985≤...	17	13

Πίνακας 4.15 «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές τιμές διαρροής χάλυβα οπλισμού (Πιν.1, Παρ.3.1, ΚΑΝΕΠΕ2022)

Κατηγορία Χάλυβα Οπλισμού	«Ονομαστική» Μέση τιμή $f_{yk}$ (MPa)	«Χαρακτηριστική» Μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση $f_{yk}$ (MPa)
S220 & Stahl I	280	240
S400 & Stahl III	450	410
S500 & Stahl IV	520	500

#### 4.2.15 Ξύλινα Στοιχεία Κτιρίου

Το ξύλο είναι ορθότροπο υλικό με διαφορετικά μηχανικά χαρακτηριστικά (μέτρο ελαστικότητας) παράλληλα και εγκάρσια προς τις ίνες του. Η εφελκυστική αντοχή του

ξύλου παράλληλα προς τις ίνες είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη θλιπτική και αντίστοιχα εμφανίζει μειωμένη θλιπτική και εφελκυστική αντοχή σε διεύθυνση κάθετη προς τις ίνες του.

Για την εφαρμογή του Ευρωκώδικα 5 ακολουθείται η ταξινόμηση η οποία καθορίζεται στο Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 338 “Δομική ξυλεία – Κατηγορίες αντοχών”. Σύμφωνα με αυτό η δομική ξυλεία ταξινομείται σε δύο είδη: κωνοφόρα - λεύκη (coniferous) με 9 κατηγορίες αντοχών (σήμανση C) και φυλλοβόλα (deciduous) με 6 κατηγορίες αντοχών (σήμανση D). Κάθε κατηγορία αντοχής σημαίνεται με χαρακτηριστικό γράμμα του είδους (C/D) ακολουθούμενο από τη χαρακτηριστική αντοχή σε κάμψη  $f_{wk}$  σε MPa (Πίνακας 4.16).

Στην περίπτωση του αρχοντικού κτιρίου της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης θεωρείται ότι όλα τα δομικά στοιχεία κύρια, δευτερεύοντα και αρχιτεκτονικά που χρησιμοποιήθηκαν και ειδικότερα τα στοιχεία των δαπέδων των δύο ορόφων είναι από την αρχική φάση κατασκευής του κτιρίου και είναι φυσική πελεκητή ξυλεία από πλατύφυλλα (δρυς, καστανιά). Η στέγη αφαιρέθηκε και επανατοποθετήθηκε στις μεταγενέστερες επεμβάσεις, όπως προαναφέρθηκε, κατά την κατασκευή της περιμετρικής δοκού ενίσχυσης, με κάποια πρόσθετα ξύλινα ενισχυτικά στοιχεία της δυσκαμψίας της και γίνεται η παραδοχή ότι αποτελείται από την ίδια ποιότητα ξύλου με τα υπόλοιπα.

Για τη συγκεκριμένη μελέτη η κατηγορία δομικής ξυλείας και αντοχών σύμφωνα με τον EC5 είναι η D30. Για να ληφθεί υπόψη και να προσομοιωθεί η ελαττωμένη αντοχή των ξύλων λόγω χρόνου και σήψης, η κατηγορία που υιοθετήθηκε είναι η D30.

Το λογισμικό πεσσός εμφανίζει πολύ μικρές διαφορές στις πυκνότητες από τον παραπάνω πίνακα, που πιθανότατα οφείλονται σε ενημερώσεις νεότερων πινάκων του κανονισμού.

**Τα κωνοφόρα C** (ή πευκόφυτα) είναι γυμνόσπερμα και οι σπόροι προστατεύονται στους κώνους. Έχουν ξυλώδη κορμό, τα περισσότερα είναι δέντρα, ενώ λίγα είναι θάμνοι. Η συνομοταξία περιλαμβάνει 8 οικογένειες, 68 γένη και 630 είδη. Ο αριθμός ειδών είναι μικρός, αλλά ο ρόλος των κωνοφόρων έχει τεράστια οικολογική σημασία, επειδή κυριαρχούν σε τεράστιες εκτάσεις γης, όπως στην τάιγκα στο βόρειο ημισφαίριο, και αποτελούν τις πρώτες ύλες για ξυλεία και χαρτί. Τυπικά παραδείγματα κωνοφόρων είναι ο κέδρος, το πεύκο, το κυπαρίσσι, ο γιουνίπερος, το έλατο και ο λάρικας.

**Πλατύφυλλα δένδρα** (αγγλ. Hardwood trees, Flowering plants) **D** ανήκουν, αγγειόσπερμα (αγγεία περικλείουν σπέρματα/σπόρους). Είναι φυλλοβόλα ή αειθαλή και εμφανίζουν μεγάλη ποικιλομορφία με 416 διαφορετικές οικογένειες και περίπου 300.000 γνωστά είδη (tree species). Τα δένδρα αυτά παράγουν καρπούς σε ετήσια συνήθως βάση. Τα δένδρα αυτής της κατηγορίας φέρουν “πλατιά φύλλα”, διαφορετικού σχήματος κάθε φορά, και αυτό τα διαχωρίζει από τα Κωνοφόρα δένδρα, τα οποία πάντοτε φέρουν “βελόνες” ως φύλλωμα. Τυπικά Ευρωπαϊκά πλατύφυλλα είδη είναι οι δρύες, η καστανιά, η οξιά, το πλατάνι, η λεύκη, το σφενδάμι (ή σφένδαμος), η φτελιά, η ακακία, η ελιά, το φλαμούρι, ο ευκάλυπτος, η ιτιά, η σημύδα, ο φράξος και πολλά άλλα. Η όλη εξωτερική μορφολογία των πλατύφυλλων δένδρων είναι συνήθως τυπική, με το χαρακτηριστικό "στέμμα" της κόμης, στις περισσότερες των περιπτώσεων. Στον ελλαδικό χώρο σημαντικά είδη (παραμεσογειακή βλάστηση) φυλλοβόλων είναι η οξιά, οι δρύες, η καστανιά, η όστρια, ο ανατολικός γαύρος, η φλαμουριά, ο φράξος κ.α.. (Πηγή: Wikipedia).

Πίνακας 4.16 Κατάταξη ξυλείας με βάση τις αντοχές και την πυκνότητα – Χαρακτηριστικές τιμές (σύμφωνα με το Πρότυπο EN 338)

		Κωνοφόρα είδη και Λεύκη										Πλατύφυλλα είδη							
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	<b>C35</b>	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Αντοχές (σε N/mm <sup>2</sup> )																			
Κόμμη	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	<b>35</b>	40	45	50	30	35	40	50	60	70
Εφελκυσμός αξονικός	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	<b>21</b>	24	27	30	18	21	24	30	36	42
Εφελκυσμός εγκάρσιος	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	<b>0,6</b>	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Θλίψη αξονική	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	<b>25</b>	26	27	29	23	25	26	29	32	34
Θλίψη εγκάρσια	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	<b>2,8</b>	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Διάτμηση	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	<b>3,4</b>	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Αντοχές (σε kN/m <sup>2</sup> )																			
Μέσο μέτρο ελαστικότητας αξονικό	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	<b>13</b>	14	15	16	10	10	11	14	17	20
5% μέτρο ελαστικότητας αξονικό	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	<b>8,7</b>	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Μέσο μέτρο ελαστικότητας εγκάρσιο	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	<b>0,43</b>	0,47	0,50	0,53	0,64	0,68	0,75	0,93	1,13	1,33
Μέσο μέτρο διάτμησης	$G_{mean}$	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	<b>0,81</b>	0,88	0,94	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Πυκνότητα (σε kg/m <sup>3</sup> )																			
Πυκνότητα	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	<b>400</b>	420	440	480	530	580	590	650	700	900
Μέση πυκνότητα	$\rho_{mean}$	350	370	380	390	410	420	450	460	<b>480</b>	500	520	550	640	670	700	780	840	1080

## Κεφάλαιο 5

### ΦΟΡΤΙΑ -ΣΑΔ-ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ

#### 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται εκτός του υπολογισμού των στατικών και κινητών φορτίων του υπό μελέτη κτιρίου, και ο υπολογισμός της ιδιοπεριόδου του κτιρίου με εμπειρική σχέση. Πινακοποιούνται οι απαιτήσεις ορισμού των Στάθμεων Αξιοπιστίας Δεδομένων και συσχετίζονται με του συντελεστές ασφαλείας για να τονιστεί το πόσο σημαντική είναι η κατανόηση ενός δομήματος με ποσοτικότερη και ποιοτικότερη πληροφορία σχετικά με αυτό.

#### 5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ (§5.4.3) η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος ταλάντωσης του κτιρίου  $T_1$ , ώστε να χρησιμοποιηθεί στις εξισώσεις του φάσματος απόκρισης, μπορεί να εκτιμηθεί με:

- εκφράσεις βασισμένες σε μεθόδους της Δυναμικής (π.χ. η μέθοδος Rayleigh)
- και εμπειρικές εκφράσεις

Επιλέγεται η εμπειρική σχέση 5.1, η οποία εμπεριέχεται και στον EC8 (§ 4.3.3.2.2, (EN1998-1:2004, 2009))

$$T_{1\max} = C_t \cdot H^{3/4} \quad 5.1 \text{ (5.3, ΚΑΔΕΤ)}$$

H: είναι το ύψος του κτιρίου, σε m, μετρούμενο από τη θεμελίωση ή από την άνω επιφάνεια άκαμπτου υπογείου

$C_t$  : σταθερά η οποία δίνεται από τη σχέση:

$$C_t = 0,0075 / \sqrt{A_c} \geq 0,05 \quad 5.2 \text{ (5.4, ΚΑΔΕΤ)}$$

όπου το άνω όριο αναφέρεται σε κτίρια με ευπαραμόρφωτα διαφράγματα.

$A_c$  : είναι η συνολική δρώσα επιφάνεια των τοιχωμάτων στο ισόγειο του κτιρίου ανά κύρια κατεύθυνση, σε  $m^2$  και ισούται με

$$A_c = \sum [A_i \cdot (0,2 + (l_{wi} / H))^2] \quad 5.3 \text{ (5.5, ΚΑΔΕΤ)}$$

$A_i$  είναι η δρώσα επιφάνεια της διατομής του τοίχου  $i$  στη θεωρούμενη κατεύθυνση στον πρώτο όροφο του κτιρίου, σε  $m^2$ .

$l_{wi}$  είναι το μήκος του τοίχου  $i$  στον πρώτο όροφο σε διεύθυνση παράλληλη με την εφαρμοζόμενη φόρτιση, με τον περιορισμό ότι ο λόγος  $l_{wi}/H$  δεν πρέπει να λαμβάνεται μεγαλύτερος από 0.9.

Επομένως, σύμφωνα με το κτίριο μας, υπολογίζονται πινακοποιημένα τα δεδομένα των σχέσεων, κατά τη δύο διευθύνσεις Χ-Χ (Τοίχος 1 & 3), Υ-Υ (Τοίχος 2 & 4) Πίνακες 5.1 & 5.2.

Πίνακας 5.1 Υπολογισμός δρώσας επιφάνειας  $A_c$  κατά τη διεύθυνση Χ-Χ

Τοίχος 1 Διεύθυνση Χ-Χ						
Εξ.Διάσταση	Έσ. Διάσταση	d=	0.75	Check≤0.9	H=	7.18
$l_1$	$l_2$	$l_{wi}$	$A_i$	$l_{wi}/H$	$(0.2+(l_{wi}/H))^2$	$A_i \cdot (0.2+(l_{wi}/H))^2$
1.62	1.54	1.58	1.19	0.22	0.18	0.21
1.62	1.49	1.56	1.17	0.22	0.17	0.20
1.62	1.50	1.56	1.17	0.22	0.17	0.20
1.19	1.05	1.12	0.84	0.16	0.13	0.11
1.20	1.09	1.15	0.86	0.16	0.13	0.11
1.63	1.50	1.57	1.17	0.22	0.17	0.21
1.61	1.49	1.55	1.16	0.22	0.17	0.20
1.62	1.54	1.58	1.19	0.22	0.18	0.21
					<b>A<sub>c</sub>=</b>	<b>1.45</b>
Τοίχος 3 Διεύθυνση Χ-Χ						
Εξ.Διάσταση	Έσ. Διάσταση	d=	0.75	Check≤0.9	H=	7.18
$l_1$	$l_2$	$l_{wi}$	$A_i$	$l_{wi}/H$	$(0.2+(l_{wi}/H))^2$	$A_i \cdot (0.2+(l_{wi}/H))^2$
1.46	1.38	1.42	1.07	0.20	0.16	0.17
1.65	1.53	1.59	1.19	0.22	0.18	0.21
1.63	1.51	1.57	1.18	0.22	0.18	0.21
1.19	1.07	1.13	0.85	0.16	0.13	0.11

1.20	1.07	1.14	0.85	0.16	0.13	0.11
1.63	1.50	1.57	1.17	0.22	0.17	0.21
1.63	1.51	1.57	1.18	0.22	0.18	0.21
1.59	1.52	1.56	1.17	0.22	0.17	0.20
					<b>A<sub>c</sub>=</b>	<b>1.42</b>

Πίνακας 5.2 Υπολογισμός δρώσας επιφάνειας A<sub>c</sub> κατά τη διεύθυνση Y-Y

Τοίχος 2 Διεύθυνση Y-Y						
Εξ. Διάσταση	Έσ. Διάσταση	d=	0.75	Check≤0.9	H=	7.18
l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>wi</sub>	A <sub>i</sub>	l <sub>wi</sub> /H	(0.2+(l <sub>wi</sub> /H)) <sup>2</sup>	A <sub>i</sub> ·(0.2+(l <sub>wi</sub> /H)) <sup>2</sup>
1.54	1.44	1.49	1.12	0.21	0.17	0.19
1.43	1.27	1.35	1.01	0.19	0.15	0.15
1.43	1.28	1.36	1.02	0.19	0.15	0.15
1.41	1.26	1.34	1.00	0.19	0.15	0.15
1.59	1.50	1.55	1.16	0.22	0.17	0.20
					A <sub>c</sub> =	0.84
Τοίχος 4 Διεύθυνση Y-Y						
Εξ. Διάσταση	Έσ. Διάσταση	d=	0.75	Check≤0.9	H=	7.18
l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>wi</sub>	A <sub>i</sub>	l <sub>wi</sub> /H	(0.2+(l <sub>wi</sub> /H)) <sup>2</sup>	A <sub>i</sub> ·(0.2+(l <sub>wi</sub> /H)) <sup>2</sup>
1.51	1.41	1.46	1.10	0.20	0.16	0.18
1.44	1.28	1.36	1.02	0.19	0.15	0.15
1.43	1.27	1.35	1.01	0.19	0.15	0.15
1.43	1.28	1.36	1.02	0.19	0.15	0.15
1.56	1.49	1.53	1.14	0.21	0.17	0.19
					A <sub>c</sub> =	0.83

Με αντικαταστάσεις στη σχέση 5.1, προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

$$T_{1,max,x-x}=0.219 \text{ sec και } T_{1,max,y-y}=0.254 \text{ sec}$$

## 5.3 ΜΟΝΙΜΑ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΑ ΦΟΡΤΙΑ

### 5.3.1 Υπολογισμοί Φορτίων

Τα στατικά φορτία αποτελούνται από :

α) Το ίδιο βάρος των φερόντων τοίχων της κατασκευής (Υπολογίζονται αυτομάτως από το πρόγραμμα, αλλά παρουσιάζεται και υπολογισμός με το “χέρι”)

β) Τα μόνιμα των ξύλινων δαπέδων, αποτελούμενων από εσχάρα ξύλινων δοκών και σανίδωμα. Τα φορτία διανέμονται μέσω των δοκών στους φέροντες περιμετρικούς τοίχους, επί των οποίων εδράζονται. Επιπλέον τα φορτία από τις ξύλινες κλίμακες.

γ) Το Ι.Β. της στέγης, ξύλινος φέροντας οργανισμός και γαλλικά κεραμίδια

δ) Το ίδιο βάρος των εσωτερικών διαχωριστικών τοίχων (μοροφίντα)

ε) Τα εξωτερικά κινητά των ξύλινων δαπέδων οποία διανέμονται κατά τη διεύθυνση των φερόντων τοίχων στους οποίους εδράζονται οι ξύλινες δοκοί.

στ) Φορτίο χιονιού και ανέμου

### 5.3.1.1 Φέρων Οργανισμός Οροφής Ισογείου

Η οροφή ισογείου αποτελείται από ξύλινες δοκούς οι οποίες δημιουργούν εσχάρα, καθώς υπάρχουν δοκοί και καθέτως στην μικρή διεύθυνση (κατά γ-γ'), οι οποίες επικαλύπτονται από σανίδωμα. Οι δοκοί κατά τη διεύθυνση Υ-Υ είναι οι κύριες φέρουσες και οι εγκάρσιες σε αυτές αυξάνουν τη δυσκαμψία του φορέα. Καταγράφονται αναλυτικά οι διατάξεις των δοκών και το ειδικό βάρος του ξύλου που χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή, σύμφωνα με τις αποτυπώσεις των εξωτερικών διαστάσεων των στοιχείων (βλ. Τομές Α-Α & Γ-Γ, ) καθώς δεν μπορούν να αφαιρεθούν οι οροφωγραφίες του αρχιτεκτονικού διακόσμου των φανωμάτων λόγω των περιορισμών που επιβάλλει η κήρυξη του κτιρίου ως μνημείου/διατηρητέου. Επιλέγεται ως υλικό το ξύλο ποιότητας D30 σύμφωνα με την §4.2.14 και υπολογίζεται αναλυτικά το Ι.Β. των διαδοκιδώσεων στον Πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.3 Υπολογισμός Ι.Β. ξύλινων δοκών δαπέδου οροφής ισογείου

ΔΟΚΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΙΚΡΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ (Υ-Υ)					
A/A	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Μήκος (m)	Ειδ.Βάρος (kN/m <sup>3</sup> )	Βάρος (kN)
1	0.15	0.22	10.25	6.28	2.12
2	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
3	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
4	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
5	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
6	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
7	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
8	0.15	0.22	10.25	6.28	2.12
9	0.20	0.22	7.68	6.28	2.12
10	0.20	0.22	7.68	6.28	2.12
11	0.20	0.22	7.68	6.28	2.12
12	0.20	0.22	7.68	6.28	2.12
13	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
14	0.25	0.22	10.25	6.28	3.54
15	0.25	0.22	10.25	6.28	3.54
16	0.25	0.22	10.25	6.28	3.54
17	0.25	0.22	10.25	6.28	3.54



18	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
19	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
20	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
21	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
22	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
23	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
24	0.30	0.22	10.25	6.28	4.25
25	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
26	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
27	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
28	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
29	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
<b>M.O.</b>	<b>0.21</b>	<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>			<b>82.08</b>
<b>ΔΟΚΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΙΚΡΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ (X-X)</b>					
<b>A/A</b>	<b>Πλάτος</b>	<b>Ύψος</b>	<b>Μήκος</b>	<b>Ειδ.Βάρος</b>	<b>Βάρος</b>
	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(kN)</b>
1	0.15	0.22	12.19	6.28	2.52
2	0.15	0.22	12.19	6.28	2.52
3	0.15	0.22	12.19	6.28	2.52
4	0.15	0.22	12.19	6.28	2.52
5	0.15	0.22	12.19	6.28	2.52
6	0.15	0.22	12.19	6.28	2.52
7	0.15	0.22	12.19	6.28	2.52
8	0.15	0.22	12.19	6.28	2.52
9	0.15	0.22	10.09	6.28	2.09
10	0.15	0.22	10.09	6.28	2.09
11	0.15	0.22	10.09	6.28	2.09
12	0.15	0.22	10.09	6.28	2.09
13	0.15	0.22	12.19	6.28	2.52
14	0.15	0.22	12.19	6.28	2.52
15	0.15	0.22	12.19	6.28	2.52
16	0.15	0.22	12.19	6.28	2.52
<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>					<b>38.65</b>
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΙΒ ΔΟΚΩΝ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ(KN):</b>					<b>120.73</b>

Υπολογίζεται Ι.Β. της επικάλυψης της οροφής ισογείου(δάπεδο του Α' ορόφου (Πίν. 5.4)

Πίνακας 5.4 Ι.Β. Επικάλυψης δαπέδου οροφής ισογείου

<b>ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΔΑΠΕΔΟΥ ΟΡΟΦΗΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ</b>					
<b>Ε</b>	<b>Ε<sub>οροφής</sub></b>	<b>Πάχος</b>	<b>Ειδ.Βάρος</b>	<b>Βάρος*</b>	<b>Σε επιφάνεια δαπέδου</b>
<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(m)</b>	<b>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(kN/m<sup>2</sup>)</b>
172.23	7.97	0.03	6.28	<b>30.93+2.32</b>	<b>0.20</b>

\*Προστίθεται και το Ι.Β. της ξύλινης κλίμακας, ώστε να γίνει αναγωγή σε kN/m<sup>2</sup>

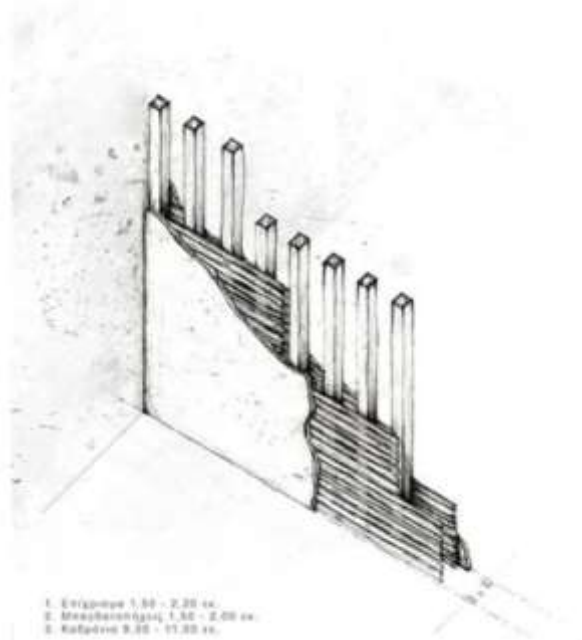
### 5.3.1.2 Εσωτερικές Κλίμακες

Υπολογίζεται το ιδίον βάρος της κλίμακας α' ορόφου προς την επισκέψιμη στέγη καθώς εδράζεται κατά κύριο λόγο. Λόγω έλλειψης πρόσβασης γίνονται λογικές παραδοχές με κρίση μηχανικού για τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται. Επομένως θεωρούνται δίδυμες δοκοί διατομής 0.12x0.25m, διαγώνιου μήκους 5.0m , το οποίο προκύπτει ως τετραγωνική ρίζα του μήκους (3.60m) και του ύψους του ορόφου μέχρι την επισκεπτόμενη στέγη, το οποίο καλύπτει η κλίμακα (3.47m). Τέλος οι δοκοί, που τοποθετούνται σε κεντρικές θέσεις, ώστε να διαιρούν το άνοιγμα των 0.64m σε τρία ίσα μέρη, επιστρώνονται με σανίδωμα πάχους 0.03m στο σύνολο της επιφάνειας σε κάτοψη της κλίμακας, δηλαδή  $E=3.60 \times 0.64=2.304\text{m}^2$ . Επομένως το βάρος των δοκών και του σανιδώματος είναι:  $[(2 \times 5 \times 0.25 \times 0.12) + (2.304 \times 0.03)] \times 6.28 = 2.32\text{kN}$

Το φορτίο της κλίμακας ισογείου προς τον α' όροφο δεν υπολογίζεται καθώς μεταβιβάζεται απευθείας στο έδαφος.

### 5.3.1.3 Διαχωριστικοί Εσωτερικοί Τοίχοι

Οι διαχωριστικοί εσωτερικοί τοίχοι (Σχήμα 5.1), δομούνται σύμφωνα με την τεχνική των ξυλόπηκτων τοίχων, η οποία ονομάζεται “μοροφίντο” στην Κεφαλονιά. Αποτελούνται



Σχήμα 5.1 Η τεχνική δόμησης (μία από αυτές) των ξυλόπηκτων τοίχων (Πηγή: <http://5a.arch.ntua.gr/project/1192/4178>)

από στενά σανίδια τα οποία καρφώνονται οριζόντια ή λοξά σε κάθετα δοκάρια και από τις δύο πλευρές και επιτυγχάνεται έτσι διπλός σκελετός. Ανάμεσα στα σανίδια πολλές

φορές προστίθενται φύκια ή σπαρτά για θερμό και ηχομόνωση. Εξωτερικά η κατασκευή επικαλύπτεται και με λεπτή στρώση επιχρίσματος. Το αποτέλεσμα ήταν ένας ελαφρύς τοίχος που δεν επιβαρύνει την κατασκευή, αλλά προφανώς δεν προσφέρει οποιαδήποτε βελτίωση στη στατική και σεισμική συμπεριφορά του φορέα του κτιρίου. Υπολογίζεται το βάρος των εσωτερικών τοίχων ώστε να συνυπολογιστεί στα μόνιμα φορτία.

Ακολουθεί ενδεικτική διάταξη του εσωτερικού τοίχου (Σχήμα 5.3), σε αντιστοίχιση με τις



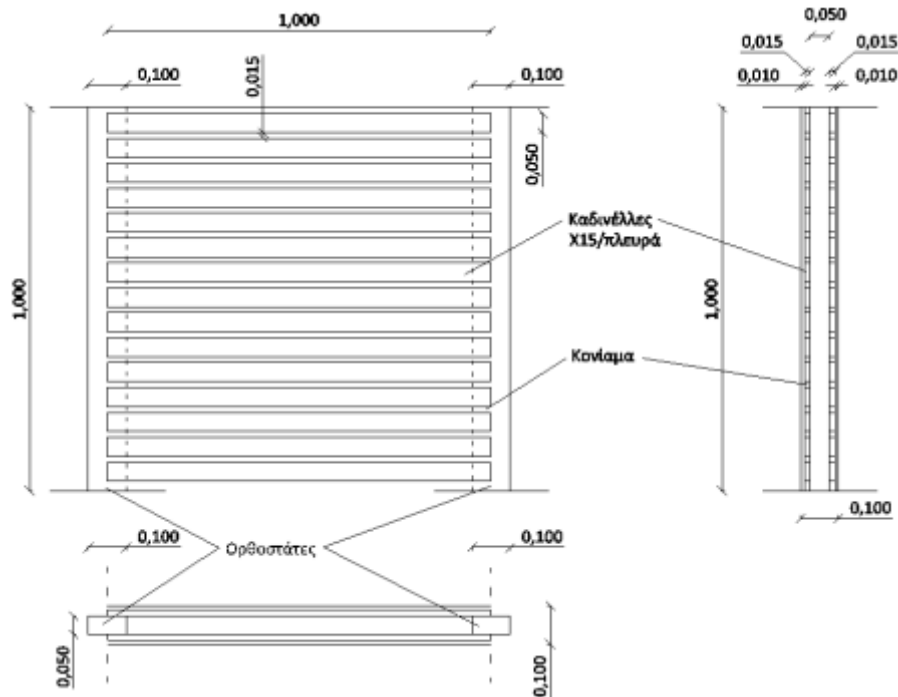
Σχήμα 5.2 Λεπτομέρεια εσωτερικού τοίχου με την τεχνική μοροφίντο

οπτικές παρατηρήσεις (Σχήμα 5.2), σύμφωνα με την οποία πραγματοποιείται ο υπολογισμός του ίδιου βάρους των εσωτερικών τοίχων της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης (Πίν. 5.5).

Πίνακας 5.5 Υπολογισμός Ι.Β. εσωτερικών διαχωριστικών τοίχων ανά  $m^2$ .

	Πάχος d	Πλάτος b	Μήκος l	Πλήθος	Ειδ.Βάρος	Πλευρές	Βάρος	
	(m)	(m)	(m)	αριθμός/ $m^2$	$kN/m^3$		$kN$	
<b>Καδινέλλες (πήχεις/σανίδες)</b>	0.015	0.05	1	15	6.28	2	0.141	
<b>Ορθοστάτες</b>	0.05	0.1	1	1	6.28	2	0.063	
<b>Κονίαμα</b>	0.01	0.02	1	16	18	2	0.115	
<b>Βάρος "μοροφίντο"/<math>m^2</math></b>								<b>0.319</b>

Το δάπεδο του Ισογείου μεταφέρει τα φορτία απευθείας στο έδαφος, επομένως υπολογίζεται το βάρος των εσωτερικών διαχωριστικών τοίχων μόνο στο επίπεδο του δαπέδου του Α ορόφου, σύμφωνα με τη σχετική αρχιτεκτονική κάτοψη (Πίνακας 5.6).



Σχήμα 5.3 Ενδεικτική κατασκευή μοροφίντου για τον υπολογισμό του I.B. του ανά τετραγωνικό μέτρο

Πίνακας 5.6 Συνολικό βάρος εσωτερικών τοίχων δαπέδου Α' ορόφου

Τοίχοι	Δάπεδο Α' Ορόφου		
	Τρέχον Μέτρο	H	Εμβαδόν
Χ-Χ	17.66	3.43	60.57
	2.96	3.43	10.15
Υ-Υ	3.02	3.43	10.36
	4.84	3.43	16.60
	4.83	3.43	16.57
	4.83	3.43	16.57
	4.82	3.43	16.53
	4.82	3.43	16.53
	4.83	3.43	16.57
Συνολική επιφάνεια:			180.45
Βάρος Τοίχου Μοροφίντου/m <sup>2</sup>			0.32
Συνολικό βάρος στον όροφο (kN)			57.62
Επιφάνεια ορόφου (m <sup>2</sup> ) (172,23-7,97=)			164.26
Αναγωγή σε επιφάνεια ορόφου (kN/m <sup>2</sup> )			0.35

Επομένως για το σύνολο του ίδιου βάρους του φέροντος οργανισμού της ξύλινης πλάκας οροφής ισογείου υπολογίζεται και ορίζεται στο λογισμικό Pessos 3DR, σύμφωνα με τις οδηγίες εφαρμογής του προγράμματος (Ομάδα Υποστήριξης 3DR, 2022) ξύλινη πλάκα πάχους  $d=0.117 \text{ m} \approx 0.12 \text{ m}$ , η οποία αντιστοιχεί στο ίδιο βάρος της εσχάρας ξύλινων δοκών, δηλαδή σε 120.73KN.

Η ξύλινη επίστρωση του σανιδώματος, μαζί με την ξύλινη κλίμακα (έχει ήδη προστεθεί στον Πίνακα και τους εσωτερικούς τοίχους (μοροφίντα), εισάγεται ως φορτίο επικαλύψεων:  $0.20+0.35=0.55 \text{ kN/m}^2$

### 5.3.1.4 Οροφή Α' Ορόφου

Η οροφή ισογείου αποτελείται από ξύλινες δοκούς, οι οποίες επικαλύπτονται από σανίδωμα καθώς η στέγη είναι επισκέψιμη, καθώς εξασφαλίζεται πρόσβαση σε αυτή, μέσω εσωτερικής κλίμακας από τη στάθμη του Α' ορόφου. Και σε αυτή την περίπτωση καταγράφονται αναλυτικά οι διατάσεις των δοκών και το ειδικό βάρος του ξύλου που χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή.

Πίνακας 5.7 Υπολογισμός Ι.Β. ξύλινων δοκών οροφής Α' ορόφου

ΔΟΚΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΙΚΡΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ (Υ-Υ)					
A/A	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Μήκος (m)	Ειδ.Βάρος (kN/m <sup>3</sup> )	Βάρος (kN)
1	0.15	0.22	10.36	6.28	2.15
2	0.20	0.22	10.36	6.28	2.86
3	0.20	0.22	10.36	6.28	2.86
4	0.20	0.22	10.36	6.28	2.86
5	0.20	0.22	10.36	6.28	2.86
6	0.20	0.22	10.36	6.28	2.86
7	0.20	0.22	10.36	6.28	2.86
8	0.15	0.22	10.36	6.28	2.15
9	0.20	0.22	10.36	6.28	2.86
10	0.20	0.22	10.36	6.28	2.86
11	0.20	0.22	10.36	6.28	2.86
12	0.20	0.22	10.36	6.28	2.86
13	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
14	0.25	0.22	10.25	6.28	3.54
15	0.25	0.22	10.25	6.28	3.54
16	0.25	0.22	10.25	6.28	3.54
17	0.25	0.22	10.25	6.28	3.54
18	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
19	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
20	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
21	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
22	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
23	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
24	0.30	0.22	10.25	6.28	4.25
25	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
26	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
27	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
28	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83

29	0.20	0.22	10.25	6.28	2.83
				<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	<b>85.26</b>
<b>ΔΟΚΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΙΚΡΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ (X-X)</b>					
<b>A/A</b>	<b>Πλάτος</b>	<b>Ύψος</b>	<b>Μήκος</b>	<b>Ειδ.Βάρος</b>	<b>Βάρος</b>
	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(kN)</b>
1	0.15	0.22	12.36	6.28	2.56
2	0.15	0.22	12.36	6.28	2.56
3	0.15	0.22	12.36	6.28	2.56
4	0.15	0.22	12.36	6.28	2.56
5	0.15	0.22	12.36	6.28	2.56
6	0.15	0.22	12.36	6.28	2.56
7	0.15	0.22	11.72	6.28	2.43
8	0.15	0.22	11.72	6.28	2.43
9	0.15	0.22	11.72	6.28	2.43
10	0.15	0.22	12.36	6.28	2.56
11	0.15	0.22	12.36	6.28	2.56
12	0.15	0.22	12.36	6.28	2.56
13	0.15	0.22	12.36	6.28	2.56
14	0.15	0.22	12.36	6.28	2.56
15	0.15	0.22	12.36	6.28	2.56
16	0.15	0.22	12.36	6.28	2.56
				<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	<b>40.56</b>
				<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΙΒ ΔΟΚΩΝ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ(KN):</b>	<b>125.82</b>

Όπως και στην οροφή ισογείου, υπολογίζεται εδώ το ίδιο βάρος της επικάλυψης της στέγης, καθώς διαθέτει επίστρωση και η ξύλινη κλίμακα εξασφαλίζει πρόσβαση στο εσωτερικό της. Λόγω της ύπαρξης εντός της στέγης του φέροντος οργανισμού της, δεν γίνεται χρήση της, παρά μόνο εξασφαλίζεται η πρόσβαση για τον έλεγχο των ζευκτών.

Πίνακας 5.8 Ι.Β. Επικάλυψη δαπέδου οροφής Α' ορόφου (προσβάσιμη στέγη)

<b>ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΔΑΠΕΔΟΥ ΟΡΟΦΗΣ Α' ΟΡΟΦΟΥ</b>					
<b>E</b>	<b>E<sub>οπίης</sub></b>	<b>Πάχος</b>	<b>Ειδ.Βάρος</b>	<b>Βάρος*</b>	<b>Σε επιφάνεια δαπέδου</b>
<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>(m)</b>	<b>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(kN/m<sup>2</sup>)</b>
172,23	1,11	0,03	6,28	<b>32,22</b>	<b>0,19</b>

Επομένως για το σύνολο του ίδιου βάρους του φέροντος οργανισμού της ξύλινης πλάκας οροφής Α' ορόφου υπολογίζεται και ορίζεται στο λογισμικό Pessos 3DR, σύμφωνα με τις οδηγίες εφαρμογής του προγράμματος (Ομάδα Υποστήριξης 3DR, 2022) ξύλινη πλάκα πάχους  $d=0.117 \text{ m} \approx 0.12 \text{ m}$ , η οποία αντιστοιχεί στο ίδιο βάρος της εσχάρας ξύλινων δοκών, δηλαδή σε 125.82KN. Η ξύλινη επίστρωση του σανιδώματος, εισάγεται ως φορτίο επικαλύψεων: **0.19 kN/m<sup>2</sup>**

### 5.3.1.5 Στέγη

Τα φορτία της στέγης υπολογίζονται βάσει των σχεδίων αποτύπωσης του φέροντα οργανισμού της. Επιπλέον υπολογίζεται και το βάρος της επικάλυψης από κεραμίδια γαλλικού τύπου.

Πίνακας 5.9 Αναλυτικός υπολογισμός ιδίου βάρους Φ.Ο. στέγης

ΦΕΡΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΞΥΛΙΝΗΣ ΣΤΕΓΗΣ						
	Πλάτος	Ύψος	Μήκος	Πλήθος	Ειδ.Βάρος	Βάρος
	(m)	(m)	(m)		(kN/m <sup>3</sup> )	(kN)
<b>Δοκάρι</b>	0.140	0.150	3.33	9	6.28	3.95
<b>Αντηρίδα</b>	0.500	0.120	2.11	18	6.28	14.30
<b>Ορθοστάτης</b>	0.125	0.130	2.55	9	6.28	2.34
<b>Αμείβων</b>	0.160	0.200	5.50	18	6.28	19.88
<b>Ελκυστήρας</b>	0.050	0.120	8.59	9	6.28	2.91
<b>Στρωτήρες</b>	0.200	0.170	18.00	1	6.28	3.84
	0.200	0.170	18.06	1	6.28	3.85
	0.200	0.170	10.15	1	6.28	2.17
	0.200	0.170	10.15	1	6.28	2.17
<b>Τεγίδα</b>	0.050	0.050	9.52	2	6.28	0.30
	0.050	0.050	10.87	2	6.28	0.34
	0.050	0.050	12.23	2	6.28	0.38
	0.050	0.050	13.58	2	6.28	0.43
	0.050	0.050	14.93	2	6.28	0.47
	0.050	0.050	16.28	2	6.28	0.51
	0.050	0.050	1.61	2	6.28	0.05
	0.050	0.050	2.98	2	6.28	0.09
	0.050	0.050	4.34	2	6.28	0.14
	0.050	0.050	5.70	2	6.28	0.18
	0.050	0.050	7.07	2	6.28	0.22
	0.050	0.050	8.43	2	6.28	0.26
<b>Διαγ.δοκοί</b>	0.16	0.2	7.67	4	6.28	6.16
<b>Αμείβοντες γωνιών</b>	0.160	0.200	4.37	1	6.28	0.88
	0.160	0.200	3.12	1	6.28	0.63
	0.160	0.200	1.90	1	6.28	0.38
	0.160	0.200	0.94	1	6.28	0.19
	0.160	0.200	0.93	1	6.28	0.19
	0.160	0.200	1.83	1	6.28	0.37
	0.160	0.200	2.69	1	6.28	0.54
	0.160	0.200	3.72	1	6.28	0.75
	0.160	0.200	4.79	1	6.28	0.96
	0.160	0.200	4.82	1	6.28	0.97
	0.160	0.200	3.70	1	6.28	0.74
	0.160	0.200	2.57	1	6.28	0.52
	0.160	0.200	1.80	1	6.28	0.36

0.160	0.200	0.91	1	6.28	0.18
0.160	0.200	0.99	1	6.28	0.20
0.160	0.200	1.98	1	6.28	0.40
0.160	0.200	3.15	1	6.28	0.63
0.160	0.200	4.38	1	6.28	0.88
0.160	0.200	4.37	1	6.28	0.88
0.160	0.200	3.12	1	6.28	0.63
0.160	0.200	1.94	1	6.28	0.39
0.160	0.200	0.93	1	6.28	0.19
0.160	0.200	0.96	1	6.28	0.19
0.160	0.200	1.88	1	6.28	0.38
0.160	0.200	2.61	1	6.28	0.52
0.160	0.200	3.75	1	6.28	0.75
0.160	0.200	4.83	1	6.28	0.97
0.160	0.200	4.88	1	6.28	0.98
0.160	0.200	3.77	1	6.28	0.76
0.160	0.200	2.65	1	6.28	0.53
0.160	0.200	1.87	1	6.28	0.38
0.160	0.200	0.95	1	6.28	0.19
0.160	0.200	0.91	1	6.28	0.18
0.160	0.200	1.99	1	6.28	0.40
0.160	0.200	3.15	1	6.28	0.63
0.160	0.200	4.38	1	6.28	0.88
<b>Συνολικό βάρος φέροντος οργανισμού στέγης:</b>					<b>84.54</b>

Υπολογίζονται οι επικλινείς επιφάνειες της τετράρριχτης στέγης (Πίν. 5.10), ώστε να υπολογιστεί το I.B. της επικάλυψης κεραμιδιών και του πετσώματος της στέγης.

Πίνακας 5.10 Αναλυτικός υπολογισμός εμβαδών στέγης και I.B. πετσώματος

<b>Επικλινείς επιφάνειες στέγης (τραπέζια &amp; τρίγωνα)</b>				
Προς τοίχο	1	2	3	4
Γωνία α(°)	24	24	24	24
Βάση (m)	19.1	11.28	19.26	11.26
Βάση (m)	7.9	0.1	7.9	0.1
ύψος (m)	5.64	5.64	5.64	5.64
Ύψος/cosa (m)	6.17	6.17	6.17	6.17
Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	83.35	35.13	83.84	35.07
Σύνολο (m <sup>2</sup> )	<b>237.38</b>			
Πάχος πετσώματος(m)	0.02			
Ειδ.Βάρος (kN/m <sup>3</sup> )	6.28			
Βάρος πετσώματος (KN)	<b>29.82</b>			
Αναγωγή σε επιφάνεια (kN/m <sup>2</sup> )	<b>0.13</b>			



Η επικάλυψη του ξύλινου πετσώματος της στέγης έχει γίνει με γαλλικά κεραμίδια, το συνολικό βάρος των οποίων είναι Πιν.5.11 :

Πίνακας 5.11 Βάρος κεραμιδιών στέγης

ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΣΤΕΓΗΣ ΜΕ ΓΑΛΛΙΚΑ ΚΕΡΑΜΙΔΙΑ				
Ε (m <sup>2</sup> )	Κερ/m <sup>2</sup>	Σύνολο κεραμιδιών	Ειδ.Βάρος (kg/κερ.)	Βάρος (kN)
237.38	13	3086	3.3	<b>101.84</b>
Σε τόνους:				10.18
Αναγωγή σε επιφάνεια πλάκας(kN/m <sup>2</sup> )				0.59
Αναγωγή σε επιφάνεια στέγης (kN/m <sup>2</sup> )				0.43

Επομένως το συνολικό βάρος της στέγης (φ.ο. + πέτσωμα + κεραμίδια) ανέρχεται σε:

$$84.54 + 29.82 + 101.84 = 216.19 \text{ KN}$$

Το φορτίο αυτό, μπορεί είτε να εισαχθεί στο λογισμικό Pessos 3DR ως ισοδύναμη πλάκα από ξύλο αντίστοιχου πάχους με το υπολογισμένο ίδιο βάρος, είτε να κατανεμηθεί στους περιμετρικούς τοίχους. Στην πρώτη περίπτωση, σύμφωνα με την επιφάνεια του δαπέδου και του ειδικού βάρους της ξυλείας, αντιστοιχεί σε ξύλινο δάπεδο πάχους 0.20 m (Πίν.5.12)

Πίνακας 5.12 Αναγωγή Ι.Β. στέγης σε πάχος πλάκας

<b>Συνολικό βάρος στέγης (kN):</b>	<b>216.19</b>
Επιφάνεια ξύλινης πλάκας (m <sup>2</sup> )	172.23
Ειδικό βάρος ξυλείας (kN/m <sup>3</sup> )	6.276
<b>Πάχος “πλάκας” με αντίστοιχο βάρος (m)</b>	<b>0.20</b>

Στη δεύτερη περίπτωση γίνεται κατανομή του φορτίου στο τρέχον μήκος κάθε περιμετρικού τοίχου (Πίνακας 5.13)

Πίνακας 5.13 Μόνιμο φορτίο στέγης προς περιμετρικούς τοίχους

	Ανατολικός	Βόρειος	Δυτικός	Νότιος
Τοίχος	3	4	1	2
kN	75.90	31.99	76.35	31.94
Μήκος Τοίχου	18.88	11.06	19.04	11.04
kN/m	4.02	2.89	4.01	2.89

### 5.3.1.6 Φορτίο Χιονιού.

Για τον υπολογισμό του φορτίου χιονιού έγινε εφαρμογή του (EN 1991-Δράσεις μέρος 3), (Τρέζος, 2011). Υπολογίζεται αρχικά το χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού στο έδαφος: Η σχέση που προσδιορίζει το χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού στο έδαφος είναι σύμφωνα με το εθνικό προσάρτημα:

$$S_k = S_{k,0} \left[ 1 + (A/917)^2 \right] \quad 5.4$$

Ο νομός Κεφαλληνίας ανήκει στην ζώνη Ι ή Α και το υψόμετρο στο οποίο βρίσκεται το κτίριο μελέτης είναι 25m. Το χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού στην στάθμη της θάλασσας για την ίδια ζώνη λαμβάνεται  $S_{k,0} = 1.70 \text{ Kpa}$ . Άρα με αντικατάσταση στην σχέση (5.4) προκύπτει ότι το χαρακτηριστικό ύψος χιονιού είναι:  $S_k = 1.88 \text{ KN/m}^2$ .

Ζώνη Α: Νομοί Αρκαδίας, Ηλείας, Λακωνίας, Μεσσηνίας και όλα τα νησιά πλην των Σποράδων και της Εύβοιας ( $S_{k,0} = 0.4 \text{ kN/m}^2$ )

Ζώνη Γ: Νομοί Μαγνησίας, Φθιώτιδας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Λάρισας, Σποράδες και Εύβοια ( $S_{k,0} = 1.7 \text{ kN/m}^2$ )

Ζώνη Β: Υπόλοιπη Χώρα ( $S_{k,0} = 0.8 \text{ kN/m}^2$ )

Το φορτίο χιονιού της στέγης μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο:

$$S = \mu_1 C_e C_t S_k \quad 5.5$$

Η κλίση της στέγης είναι  $\alpha = 24^\circ$ , λόγω του σχήματος της τετράρριχτης στέγης και για λόγους ευκολίας, καθώς το φορτίο χιονιού δεν είναι κρίσιμο στο Ν. Κεφαλληνίας, μπορεί να υπαχθεί στην κατηγορία της δίρριχτης στέγης για τον υπολογισμό του συντελεστή σχήματος φορτίου χιονιού  $\mu_1$

Για  $\alpha = 24^\circ$  έχουμε  $15 \leq \alpha \leq 30$ . Άρα το  $\mu_1 = 0.8$ .

Ο συντελεστής έκθεσης είναι ίσος με  $C_e = 1.0$  για κανονικές συνθήκες

Ο θερμικός συντελεστής  $C_t = 1.0$  για κανονικό ανάγλυφο.

Άρα με αντικατάσταση στην σχέση (5.4) προκύπτει ότι το φορτίο χιονιού είναι

$$S_k = 0.4 \left[ 1 + (25/917)^2 \right] = 0.40 \text{ kN/m}^2$$

Και το αντίστοιχο φορτίο στην στέγη θα ήταν:

$$S = \mu_1 C_e C_t S_k = 0.8 \times 1 \times 1 \times 0.4 = 0.32 \text{ kN/m}^2$$

Τα φορτία ανέμου και χιονιού αγνοήθηκαν στην παρούσα εργασία, καθώς δεν θεωρήθηκαν κρίσιμα μεγέθη σχεδιασμού για την αποτίμηση και ανασχεδιασμό της φέρουσας τοιχοποιίας και επειδή το φορτίο της στέγης μεταφέρθηκε ως στατικό κατανεμημένο φορτίο στους περιμετρικούς τοίχους. Στη θεώρηση αυτή βοήθησε και η ύπαρξη αφενός των στρωτήρων περιμετρικά και αφετέρου η ύπαρξης της δοκού οπλισμένου σκυροδέματος στη στέψη του κτιρίου για τα προσομοιώματα που αφορούν στις μεταγενέστερες επεμβάσεις.

### 5.3.1.7 Κινητά Φορτία Δομήματος

Το κτίριο της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης, από αρχική χρήση ως κτιρίου κατοικίας έχει μετατραπεί σε κτίριο που φιλοξενεί χρήση βιβλιοθήκης στο ισόγειο και μουσείου στον α' όροφο, επομένως πλέον θεωρείται ότι ανήκει στην κατηγορία C, που αφορά χώρους συνάθροισης κοινού, Η επιλεγόμενη χρήση διαφοροποιεί τα κινητά φορτία και τους συντελεστές  $\psi_0$ ,  $\psi_1$ ,  $\psi_2$ .

Όσον αφορά τα κινητά φορτία έχουμε:

- Μεταβλητά φορτία δαπέδων για χρήση βιβλιοθήκης: 5.00 KN/m<sup>2</sup>
- Μεταβλητά φορτία (εσωτερικό στέγης): 2.00 KN/m<sup>2</sup>
- Μεταβλητό φορτίο προβόλων/κλιμάκων: 5.00 KN/m<sup>2</sup>

Αναφορικά για λόγους σύγκρισης το κινητό φορτίο για τα δάπεδα χώρων διαμονής με χρήση κατοικία λαμβάνονται 2 KN/m<sup>2</sup> σύμφωνα με το EC-1 (Μαλακάτας & Τρέζος, 2011)

## 5.4 ΣΤΑΘΜΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (Σ.Α.Δ)

Κατά τον ΚΑΔΕΤ 2022, υπάρχουν τρεις στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων ΑΝΕΚΤΗ-ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ-ΥΨΗΛΗ. Η επιλεγόμενη Σ.Α.Δ. επηρεάζει τους συντελεστές ασφαλείας δράσεων και υλικών, όπως αποτυπώνεται στους παρακάτω πίνακες (Πιν.5.14-5.16). Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ επιλέγεται η αντίστοιχη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων αναλόγως των στοιχείων που έχει συλλέξει ο μελετητής μηχανικός και βάσει του τρόπου και της μεθοδολογίας που έχει εφαρμοστεί, παρατίθεται πινακοποιημένες οι απαραίτητες διερευνητικές εργασίες που πρέπει να προηγηθούν της μελέτης, ώστε να επιλεγεί η αντίστοιχη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (Σ.Α.Δ.) (Πίνακας 5.17)

- Για τις δράσεις:

Πίνακας 5.14 Τιμές  $\gamma_g$ 

Σ.Α.Δ.	Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή
Μόνιμες δράσεις	1.50	1.35	1.20
Υπόλοιποι συνδυασμοί	1.20	1.10	1.00

- Για τα υλικά:

Πίνακας 5.15 Τιμές  $\gamma_m$ 

Σ.Α.Δ.	Έλεγχος σε όρους	Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή
Υφιστάμενα υλικά	Εντατικών μεγεθών	1.50	1.35	1.20
	Παραμορφωσιακών μεγεθών	1.20	1,10	1.00
Νέα υλικά επεμβάσεων	Καλύπτονται από τους ισχύοντες κανονισμούς			

Όταν εκτιμηθούν από τον μελετητή πρόσθετες αβεβαιότητες για τη χρήση νέων υλικών που σχετίζονται με:

- Την ποικιλία των τεχνικών επέμβασης
- Το ενδεχόμενο μικρής διατομής πρόσθετων υλικών
- Τη δυσκολία προσπελασιμότητας & ελέγχου
- Τις αποκλίσεις ομοιομορφίας & ποιότητας

Χρησιμοποιούνται πρόσθετοι συντελεστές ασφαλείας  $\gamma'_m$

Πίνακας 5.16 Τιμές λόγου  $\gamma'_m/\gamma_m$  για προστιθέμενα συμβατικά υλικά

Διατομή (ή και όγκος) προστιθέμενων υλικών ή/και προσπελασιμότητας της θέσης όπου γίνεται η επέμβαση	
Κανονικές (συνήθεις)	Μειωμένες
1.00	1.10

Πίνακας 5.17 Απαιτούμενες διερευνητικές εργασίες ανά Σ.Α.Δ.

		Σ.Α.Δ. ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ		ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ (§3.4.5.2)	ΥΨΗΛΗ (§3.4.5.3)
ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ		ΑΝΕΚΤΗ (§3.4.5.1)	Μεγάλα Κτίρια	Επιπλέον της ΑΝΕΚΤΗΣ	Επιπλέον της ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗΣ
α	Αποτύπωση φέροντος οργανισμού	<p>Συνηθισμένα Κτίρια</p> <p>Γενικά Σχέδια*, Κλίμακα 1:50                      - Κατόψεις, όψεις και τομές                      - Γεωμετρία φορέα                      - Προσδιορισμός δομικών στοιχείων/διαστάσεις                      - Φ.Ο. παραλαβής κατακόρυφων &amp; πλευρικών δράσεων</p> <p>*Σκαριφήματα:</p> <p>(i) τρόπος δομήσεως κατά τις όψεις &amp; το πάχος, οριζόντια διαζώματα,                      (ii) διαμόρφωση κατακόρυφων συνδέσεων γωνιών &amp; διασταυρώσεων,                      (iii) τρόπος δομήσεως παρειών ανοιγμάτων &amp; ανωφλίων,                      (iv) βασικά στοιχεία στεγής &amp; πατωμάτων (εκτίμηση εντός επιπέδου δυσκαμψία),                      (v) τρόπος σύνδεσης οριζόντιων-κατακόρυφων στοιχείων</p>		(+) Λεπτομερή Σχέδια Κατασκευής (εμφανών δομικών στοιχείων & συνδέσεων)	Όλα (+) Λεπτομερή Σχέδια Κατασκευής (εμφανών & αφανών δομικών στοιχείων & συνδέσεων)
		<p>Απλή καταγραφή στοιχείων/ πληροφοριών, προερχόμενα από ΚΤΕ.                      Αδρομερή αναφορά τυχόν τροποποιήσεων:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Χρόνο/Φάσεις κατασκευής</li> <li>• Μεταγενέστερες προσθήκες, επιμβάσεις, αλλαγές χρήσης ή φορτίων, κ.λπ.</li> <li>• Εμφάνιση προηγούμενων βλαβών ή φθορών-τρόπος αποκατάστασης</li> <li>• Έκτακτες δράσεις (σεισμοί, πυρκαγιά, πρόσκρουση, κατασκευή μεγάλου γειτονικού έργου, κ.λπ.).</li> </ul>		(+) Αναλυτική καταγραφή στοιχείων/πληροφοριών της ΑΝΕΚΤΗΣ Κάθε άλλη αρχειακή πηγή Τεκμηρίωση τροποποιήσεων	(+) Επί τόπου παρατηρήσεις & διερευνήσεις. Τεκμηρίωση
β	Ιστορικό Κατασκευής			(+) Αναλυτική καταγραφή φθορών & βλαβών επί των γενικών σχεδίων αποτύπωσης + πλήρη φωτογραφική τεκμηρίωση	(+) Πλήρης σχεδιαστική τεκμηρίωση αποκλίσεων/ρωγμών, επί τόπου μετρήσεις δοκίμων μεθόδων-αφαίρεση επιχρισμάτων. Σύγκριση παθολογίας-ιστορικής παθολογίας. Χρονική εξέλιξη βλαβών
γ	Καταγραφή Φθορών & Βλαβών	<p>Αδρομερές καταγραφή (σκαρίφημα) επί των γενικών σχεδίων Φ.Ο. &amp; επί επιλεγμένων ειδικών σκαριφημάτων                      Χονδρική εκτίμηση πάχους ρωγμών &amp; αποκλίσεων (οπτικά). Συνοδεύεται από χαρακτηριστικές φωτογραφίες</p>			

<b>δ1</b>	Τεκμηρίωση Υλικών & Τρόπου Δομήσεως Τοιχοποιίας	Αν ΣΙ ή ΣΙΙ & E<100 m <sup>2</sup> & max 2όροφο - χωρίς υπόγειο Χωρίς κακοτεχνίες, φθορές, βλάβες Επιτρέπονται παλαιότερα αποτελέσματα ποιοτικών ελέγχων ή ελλείψει αυτών ερήμην τιμές (Παράρτημα 3, ΚΑΔΕΤ)** βάσει ενδεδειγμένης οπτικής παρατήρησης *Ορισμός τιμών με απόφαση Δημ. Αρχής, Υπ.Απόφ σε συνδυασμό με αξιόπιστα στοιχεία & πληροφορίες **Δεν ισχύει σε κτίρια κηρυγμένα μνημεία ή διατηρητέα, ανεξαρτήτως μεγέθους & χρήσης			
		Συντηρητικές "ερήμην" τιμές οδηγούν σε εκτεταμένες αδικαιολόγητες επεμβάσεις, τότε ακολουθούνται (i)-(iv) (i) Λεπτομερής οπτική παρατήρηση λιθοσωμάτων/κονιαμάτων για - Προσδιορισμό είδους - Κατάσταση διατήρησης (ii) 3 δοκίμια λιθοσωμάτων 3 δοκίμια Κονιαμάτων σε αντιπροσωπευτικές θέσεις (iii) Αν συμμετέχουν κατά μεγάλη ποσοστά περισσότεροι τύποι, δειγματοληψία & σχετικοί έλεγχοι για όλους τους τύπους. Δεν απαιτούνται	(iv) 15% (αθροιστικά ≥ 3)	30% (αθροιστικά ≥ 5)	50% (αθροιστικά ≥ 10)
<b>δ1</b>	Υπέρθυρα Δίσκων Μεταλλικά & Ξύλινα Στοιχεία	(v) Προσεκτική οπτική επιθεώρηση & εκτίμηση κατάστασης διατήρησης των στοιχείων.	8% (αθροιστικά ≥ 3)	15% (αθροιστικά ≥ 5)	25% (αθροιστικά ≥ 10)
				30%	50%

62	<p><b>Τεκμηρίωση Τρόπου Δομήσεως</b></p>	<p>(i) Κατά τις όψεις σύμφωνα με § 3.5.4.1 διαστάσεις, σχήμα, λάξευση, διάταξη &amp; εμπλοκή λιθοσωμάτων. Σε επιχρισμένες των κρηγυμένων μνημείων ή διατηρητέων, επιλογη θέσεων με αρμόδια Αρχή ή έμμεσες μέθοδοι. <u>Επιτρέπεται παραδοχή όμοιων όψεων όταν:</u> (α) Είναι σύμφωνη με διάσταση τοιχοποιίας κατά το πάχος της &amp; (β) Η δυνάμενη να αποτυπωθεί εξωτερική όψη δεν είναι λαξευτή ή ημιλαξευτή. Θεωρείται διαφορά εσωτερικής (επιχρισμένης) όψης από εξωτερική, &amp; πρέπει να τεκμηριωθεί. <u>Οπτική παρατήρηση για τον τρόπο δομής:</u> γωνίες κτιρίου, συνδέσεις τοίχων, πλακίσια ανοιγμάτων, διαμόρφωση ανωφλίου (υλικό, διαστάσεις, επάρκεια στήριξης εκατέρωθεν στοιχείων), ≥ 3 θέσεις, με τοπική αφαίρεση επιχρισμάτων 3 αντιπροσωπευτικές θέσεις μετά την αφαίρεση επιχρισμάτων 1m<sup>2</sup> (πεσσοί, υπέρθυροι δίσκοι, οριζόντια διαζώματα κλπ.)</p>	<p>(+) Με αφαίρεση επιχρισμάτων &amp; οπτική παρατήρηση ή με έμμεσες τεχνικές και στις 2 όψεις 30% Πεσσών &amp; Τοίχων 15 % Υπερθύρων Ομοίως 3 30% θέσεων γωνιών, συνδέσεων, διαμόρφωση ανωφλίων, πλακίσια ανοιγμάτων Ομοίως 30% τοίχων η ύπαρξη οριζόντιων διαζωμάτων</p>	<p>(+) Ομοίως με ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ 50% Πεσσών &amp; Τοίχων 25 % Υπερθύρων 50% θέσεων γωνιών, συνδέσεων, διαμόρφωση ανωφλίων, πλακίσια ανοιγμάτων 50% τοίχων η ύπαρξη οριζόντιων διαζωμάτων</p>
63	<p><b>Τεκμηρίωση Θεμελίωσης &amp; Εδάφους</b></p>	<p>(ii) Κατά το πάχος της τοιχοποιίας § 3.5.4.2 πυρηνοληψία: ύπαρξη η μη διάτονων ή ημιδιάτονων λίθων χωρίς πυρηνοληψία: δειγματοληψία με απόσταση λιθοσωμάτων σε 3 θέσεις</p>	<p>(+) Παρατήρησης πυρηνοληψία, απόσταση λιθοσωμάτων η έμμεσες μεθόδους 30% πεσσών &amp; 15% υπερθύρων</p>	<p>(+) Ομοίως με ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ 50% Πεσσών &amp; 25 % Υπερθύρων</p>
64	<p><b>Τεκμηρίωση Οριζόντιων Πατωμάτων ή Δωμάτων, Θολωτών Κατασκευών &amp; Στεγών</b></p>	<p>Παράληψη (εάν δεν υπάρχουν βλάβες)</p>	<p>1 τομή (εάν δεν υπάρχουν βλάβες) 3 τομές (εάν υπάρχουν βλάβες)</p>	<p>3 τομές ανεξαρτήτως βλάβης</p>
				<p>(+) Ομοίως με ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ 50% θέσεων</p>

#### **5.4.1 Απαιτούμενες Διερευνητικές Εργασίες – Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων.**

Οι διερευνητικές εργασίες για την τεκμηρίωση του φέροντος οργανισμού που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ιακωβάτειο Βιβλιοθήκη είναι οι παρακάτω:

##### (ii) Διαστάσεις - Τρόπος εμπλοκής λιθοσωμάτων - Πάχος αρμών κονιάματος.

Γίνεται με οπτική παρατήρηση, αφού καθαιρεθεί το επίχρισμα, υπάρχουν ήδη τοπικές αποκολλήσεις επιχρισμάτων, αποτέλεσμα ρωγμών, οι οποίες έχουν φωτογραφηθεί. Οι διαστάσεις των λιθοσωμάτων είναι από 20cm έως 30cm. Τα λιθοσώματα ως προς το μέγεθος είναι ομοιόμορφα και στους δύο ορόφους και στις δύο παρειές.

##### (ii) Τρόπος δόμησης τοιχοποιίας κατά την έννοια του πάχους της.

Δεν έχει γίνει δοκιμαστική τομή στον τοίχο, ούτε ενδοσκόπηση. Σύμφωνα με τα ιστορικά στοιχεία που παρουσιάστηκαν στο 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, το χρόνο κατασκευής, το αρχιτεκτονικό είδος του κτιρίου, καθώς επρόκειτο για αρχοντικό εύρωστης οικονομικά οικογένειας και το συνολικό πάχος της τοιχοποιίας, γίνεται η παραδοχή ότι η τοιχοποιία είναι τρίστρωτη χωρίς διάτονους λίθους.

##### (iii) Προέλευση συνιστώντων υλικών της τοιχοποιίας.

Για το είδος των λιθοσωμάτων και το είδος του κονιάματος πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές αναλύσεις, όπου διαπιστώθηκε ότι το κονίαμα είναι άσβεστος με μαρμαροκονίαμα.

##### (iv) Ελάχιστο ονομαστικό εύρος ρωγμών-κενών- ασυνεχειών, το οποίο χαρακτηρίζει την τοιχοδομή και το ποσοστό των προς πλήρωση κενών, ρωγμών.

Στις αρχιτεκτονικές όψεις έχει γίνει αποτύπωση των ρωγμών, που αντιστοιχούν στο μήκος και στην διεύθυνση τους.

##### (v) Στοιχεία όπλισης τοιχοποιίας, αν υφίστανται (ξύλινα-μεταλλικά κ.α.)

Υπάρχουν μεταλλικά στοιχεία (τένοντες ή ριζοπλισμοί) σύμφωνα με τη μελέτη Γ. Μιχαλιτσιάνου αλλά δεν μπορεί να γίνει γενική αποτύπωση ούτε να βγει ασφαλές συμπέρασμα, δεδομένου ότι υπάρχει η μελέτη (1975) που τα προβλέπει αλλά δεν επιβεβαιώνεται η θέση τους. Σε περίπτωση αδειοδότησης για την καθαίρεση των



επίχρισμάτων, τουλάχιστον σε κάποιες θέσεις, ενδεχομένως να αποκαλυφθούν οι μεταλλικές ράβδοι.

(vi) Ύπαρξη οριζόντιων ή κατακόρυφων διαζωμάτων (ξύλο-Ο/Σ-μεταλλικά κ.ο.κ.)

Υπάρχει στην στέψη του τοίχου, στην βάση της στέγης περιμετρικά σενάζ διαστάσεων ενεργής 60x65 (90x65, συμπεριλαμβανομένου του ύψους πάνω από τους στρωτήρες της στέγης) από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στο ύψος της οροφής του ισογείου έχει κατασκευαστεί δοκός οπλισμένου σκυροδέματος διαστάσεων 10x60 (πάχος x ύψος), στην εσωτερική παρειά της τρίστρωτης τοιχοποιίας.

(vii) Τρόπος σύνδεσης τοίχων (Εγκάρσιοι ή γωνίες κτιρίου):

Στις γωνίες του κτιρίου παρατηρούνται γωνιόλιθοι διαστάσεων 30cm σε ύψος, 28~30cm σε πλάτος και 57~60cm σε μήκος. Αποτελούνται από φυσικούς λίθους (μάρμαρο), χωρίς κονίαμα και καταλαμβάνουν την εξωτερική στρώση της τοιχοποιίας. Στις εσωτερικές γωνίες του, όπου το επίχρισμα έχει αποκολληθεί, φαίνεται ότι έχουν χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερες πέτρες με λιγότερο κατ' όγκο κονίαμα.

Βάσει των προαναφερόμενων και έχοντας ως δεδομένο ότι το κτίριο προς μελέτη είναι διατηρητέο και οι καταστροφικές μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι πολύ περιορισμένες, επιλέγεται εξ αρχής ως στάθμη αξιοπιστίας η ανεκτή (σύμφωνα με τον Πίνακα 5.17) και όσον αφορά τους δείκτες εμπιστοσύνης, επιλέγεται επίπεδο γνώσης “Περιορισμένο” , σύμφωνα με τον Πίν. 3.1 (EN1998-3, 2010), το οποίο αντιστοιχεί κατά το Εθνικό Προσάρτημα σε δείκτη εμπιστοσύνης CF1=1.30.

# Κεφάλαιο 6

## ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΔΕΤ

### 6.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται αδρομερώς οι επιβαλλόμενοι έλεγχοι βάσει του νέου Κανονισμού σε όρους εντατικών και παραμορφωσιακών μεγεθών. Οι έλεγχοι και το υπολογιζόμενο ποσοστό επάρκειας/ανεπάρκειας μέσω του λόγου  $\lambda$  για κάθε μέγεθος, που εκτελεί και παρουσιάζει το λογισμικό Pessos 3DR, όντας εναρμονισμένο με τον εν ισχύ κανονισμό ΚΑΔΕΤ 2022.

### 6.2 ΓΕΝΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΛΕΓΧΟΥ

Οι έλεγχοι ασφαλείας που διενεργούνται οφείλουν να αποδείξουν ότι το επιβαλλόμενο μέγεθος (ένταση ή παραμόρφωση) είναι μικρότερο από τη διαθέσιμη ικανότητα ή αντίσταση. Για το σκοπό αυτό σε όλους τους ελέγχους για την αποτίμηση του δομήματος, εξετάζεται η ανίσωση ασφαλείας, Σχέση 6.1 (§4.1.2, (ΚΑΔΕΤ, 2022)):

$$E_d < R_d \quad 6.1$$

με:

$E_d$  τιμή σχεδιασμού (και επανελέγχου) των εντατικών ή παραμορφωσιακών μεγεθών που προκαλούνται από τις δράσεις (Σχέση 6.2).

- Σε όρους δυνάμεων: ορθές και τέμνουσες δυνάμεις (N και V) καθώς και οι καμπτικές ροπές (M),

- Σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών: μεταθέσεις & μετακινήσεις (d), οι στροφές (θ) ραβδόμορφων στοιχείων/μακροστοιχείων, γωνιακές παραμορφώσεις (γ) τοίχων, που προκύπτουν από τις επιβαλλόμενες δράσεις.

$$E_d = \gamma_{Ed} \cdot E(E_k \cdot \gamma_f) \quad 6.2$$

$R_d$  : τιμή αντίστασης σχεδιασμού και επανελέγχου των διαθέσιμων αντίστοιχων αντιστάσεων (εντατικά ή παραμορφωσιακά μεγέθη) (Σχέση 6.3)

$$R_d = \left(\frac{1}{\gamma_{Rd}}\right) \cdot R \cdot \left(\frac{R_k}{\gamma_m}\right) \quad 6.3$$

Όπου,

$E_k$ : Αντιπροσωπευτικές τιμές των βασικών και τυχηματικών δράσεων.

$R_k$ : Αντιπροσωπευτικές τιμές ιδιοτήτων των υλικών που διαμορφώνουν τις αντιστάσεις.

$\gamma_f, \gamma_m$  : Συντελεστές ασφαλείας δράσεων και ιδιοτήτων υλικών. Λαμβάνονται υπόψη οι ενδεχόμενες δυσμενείς αποκλίσεις των αντίστοιχων μεταβλητών από τις αντιπροσωπευτικές τιμές,

$\gamma_{Ed}, \gamma_{Rd}$ : Συντελεστές ασφαλείας με τους οποίους λαμβάνονται υπόψη οι αυξημένες αβεβαιότητες των προσομοιωμάτων (σε σχέση με τον σχεδιασμό νέων κτιρίων),

Καθοριστικός για την επιλογή του ελέγχου σε όρους δυνάμεων ή παραμορφώσεων είναι το είδος της αστοχίας ενός στοιχείου. Συμβατικά, αν η διαθέσιμη πλαστιμότητα ενός στοιχείου είναι  $\mu_d \geq 1.50$  τότε η αστοχία είναι οιονεί πλαστική και οι έλεγχοι μπορούν να γίνουν σε όρους δυνάμεων.

Ο δείκτης πλαστιμότητας των παραμορφώσεων  $\mu_\delta$ , εκφράζεται μέσω της σχέσης 6.4 (§7.1.4, (5.2 (ΚΑΔΕΤ, 2022))):

$$\mu_\theta = \frac{\delta}{\delta_y} = \frac{\theta}{\theta_y} \quad 6.4 \text{ (5.2 (ΚΑΔΕΤ, 2022))}$$

ενώ, η διαθέσιμη (μέγιστη) τιμή του δείκτη πλαστιμότητας των παραμορφώσεων  $\mu_{\delta u}$ , εκφράζεται μέσω της σχέσης 6.5:

$$\mu_{\delta} = \frac{\delta_u}{\delta_y} = \frac{\theta_u}{\theta_y}$$

6.5 (5.2 (ΚΑΔΕΤ, 2022))

### 6.3 ΈΛΕΓΧΟΙ ΚΤΙΡΙΟΥ

Οι έλεγχοι που επιβάλλει ο ΚΑΔΕΤ2022 και εκτελούνται κατά την επίλυση του λογισμικού 3DR PESSOS, σύμφωνα με το αρχείο OUTPUT. Με πλάγια γράμματα ο έλεγχος επάρκειας που πραγματοποιεί το λογισμικό.

#### Γενικοί Έλεγχοι ή έλεγχος ανατροπής (§5.3.8 (ΚΑΔΕΤ, 2022) (στο σύνολο του κτιρίου

- Έλεγχος εκκεντροτήτων (βάσει §5.3.8(α))
- Έλεγχος αδρανούς περιοχής (βάσει §5.3.8(β))
- Έλεγχος μέγιστης ορθής θλιπτικής τάσης (βάσει §5.3.8(γ))

#### **Έλεγχοι σε όρους εντατικών μεγεθών (σε κάθε πεσσό, σε κάθε στάθμη ξεχωριστά)**

- Έλεγχος σε κατακόρυφα φορτία (σε κάθε τοίχο, σε κάθε στάθμη)
- Έλεγχος σε διάτμηση (εντός επιπέδου)
- Έλεγχος σε διάτμηση (εκτός επιπέδου)
- Έλεγχος σε κάμψη (εντός επιπέδου)
- Έλεγχος σε κάμψη (εκτός επιπέδου) περί οριζόντιο άξονα
- Έλεγχος σε κάμψη (εκτός επιπέδου) περί κατακόρυφο άξονα

Τονίζεται ότι, εάν ο έλεγχος ασφαλείας γίνεται σε όρους εντατικών μεγεθών (δυνάμεων), οι ιδιότητες των υφιστάμενων υλικών συγκεκριμένου (επιμέρους) δομικού στοιχείου αντιπροσωπεύονται γενικώς με τις οιονεί χαρακτηριστικές τιμές, ίσες με τις μέσες τιμές μειωμένες κατά 20%, 25% ή 30% για ΣΑΔ υψηλή, ικανοποιητική ή ανεκτή αντιστοίχως, οι δε ιδιότητες των προστιθέμενων υλικών αντιπροσωπεύονται με τις χαρακτηριστικές τους τιμές που προβλέπονται από τους οικείους Κανονισμούς.

#### **Έλεγχοι σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών (στο συνολικό ύψος κάθε τοίχου, όχι πεσσού)**

- Έλεγχος σε κλίση εντός επιπέδου
- Έλεγχος σε κλίση εκτός επιπέδου (περί οριζόντιο άξονα)
- Έλεγχος σε κλίση εκτός επιπέδου (περί κατακόρυφο άξονα)

## 6.4 ΓΕΝΙΚΟΙ ΈΛΕΓΧΟΙ ΚΤΙΡΙΟΥ-ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ

Πριν τον έλεγχο των επιμέρους δομικών στοιχείων (τοιχών, πεσσών κλπ.) που αποτελούν τον φέροντα οργανισμό του δομήματος, πραγματοποιούνται γενικοί έλεγχοι που αφορούν στο σύνολο του κτιρίου και επηρεάζουν ευμενώς ή δυσμενώς τη συμπεριφορά του υπό σεισμική καταπόνηση. Το κτίριο ελέγχεται έναντι των δυνάμεων ανατροπής που προκύπτουν από τα σεισμικά φορτία. Ο έλεγχος πραγματοποιείται ως εξής:

### 6.4.1 Έλεγχος Εκκεντρότητας

Η εκκεντρότητα ορίζεται στη στάθμη του εδάφους ως ο λόγος της σεισμικής ροπής ανατροπής  $M$ , προς το ίδιο βάρος του κτιρίου,  $N$ . (Το  $N$  εκφράζεται από τα κατακόρυφα φορτία για τον σεισμικό συνδυασμό,  $G+\psi_2Q$ ) (§5.3.8.(α) (ΚΑΔΕΤ, 2022)). Είναι επιθυμητό η εκκεντρότητα να μην υπερβαίνει μια οριακή τιμή  $e_{lim}$  : η οποία είναι το  $1/6$  της διάστασης του κτιρίου σε κάθε μία εκ των δύο κυρίων διευθύνσεων, σχέση 6.6 .

$$e = \frac{M}{N} \leq e_{lim} = \frac{L}{6} \quad 6.6$$

Αν  $L/6 < e \leq L/2$  πρέπει να εξασφαλιστεί ότι τα θλιβόμενα τμήματα των τοίχων δύναται να παραλάβουν το σύνολο των οριζοντίων και κατακόρυφων φορτίων.

**3DR Pessos:** Στη στήλη έλεγχος η οριακή τιμή είναι η μονάδα (unity check). Για παράδειγμα για τον έλεγχο εκκεντροτήτων στη διεύθυνση  $X$  προκύπτει  $e=M/N= 16248.34/4330.63 = 3.75m$  ενώ η οριακή τιμή εκκεντρότητάς είναι  $e_{lim}=Lx/6=19.04/6=3.17m$ . Στη στήλη έλεγχος τυπώνεται ο λόγος  $3.75/3.17=1.18>1$ , ο έλεγχος δεν ικανοποιείται οπότε τυπώνεται με κόκκινο χρώμα.

Ο έλεγχος ή λόγος επάρκειας  $\lambda$  προσδιορίζεται από το πηλίκο, σχέση 6.7:

$$\lambda = \frac{\left(\frac{M}{N}\right)}{\left(\frac{L}{6}\right)} \quad 6.7$$

Σε περίπτωση επάρκειας ο λόγος  $\lambda$  είναι  $<1$

### 6.4.2 Έλεγχος Αδρανούς Περιοχής

Αδρανείς περιοχές είναι αυτές όπου οι ορθές τάσεις που προκύπτουν από τον συνδυασμό ροπής και αξονικού φορτίου, είναι εφελκυστικές. (§5.3.8.(β) (ΚΑΔΕΤ, 2022))

Η δημιουργία αδρανούς περιοχής στην κάτοψη του δομήματος, (ουδέτερες ζώνες), αποφεύγεται όταν ισχύει η ακόλουθη σχέση 6.8:

$$\frac{S_d(T)}{g} \leq \frac{\zeta_e \cdot \Omega_w}{C_m \cdot \eta \cdot S \cdot h_{tot}} \left[ \frac{f_{tm}}{N_{Ed}} + \frac{1}{A_w} \right] \quad 6.8 \text{ (5.1 (ΚΑΔΕΤ, 2022))}$$

όπου:

$C_m$ : Συντελεστής δρώσας μάζας. Λαμβάνεται ίσος με **1.0 για μονώροφα και διώροφα** κτίρια, 0.8 για τρεις ή παραπάνω ορόφους,

$\zeta_e$ : Συντελεστής σχήματος κατανομής οριζοντίων σεισμικών δυνάμεων. (=2 για θεώρηση ομοιόμορφης κατανομής, και 1.5 για θεώρηση ανεστραμμένης τριγωνικής κατανομής).

$S_e(T)/g$ : Ανηγμένη φασματικής επιτάχυνσης. Ορίζεται από το φάσμα σχεδιασμού (κατά τον EN1988-1 §3.2.2.2), για τη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο T του κτιρίου (g η επιτάχυνση της βαρύτητας).

$\Omega_w$ : Ροπή αντίστασης κάτοψης δομήματος περί τον άξονα κάμψης όπου αναπτύσσεται η ροπή ανατροπής

$A_w$ : Συνολικό εμβαδόν φερόντων τοίχων στη στάθμη ελέγχου

$\eta$ : συντελεστής εξαρτώμενος από απόσβεση (§3.2.2.2, (EN1998-1:2004, 2009)) =1

H: ύψος του κτιρίου

S: Συντελεστής εξαρτώμενος από το έδαφος (§3.2.2.2, (EN1998-1:2004, 2009))

$f_{tm}$ : η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας

Το λογισμικό υπολογίζει και τον λόγο επάρκειας ως το παρακάτω πηλίκο (Σχέση 6.9):

$$\lambda = \frac{\left( \frac{S_d(T)}{g} \right)}{\left( \frac{\zeta_e \cdot \Omega_w}{C_m \cdot \eta \cdot S \cdot h_{tot}} \left[ \frac{f_{tm}}{N_{Ed}} + \frac{1}{A_w} \right] \right)} \quad 6.9$$

Σε περίπτωση επάρκειας ο λόγος  $\lambda$  είναι  $<1$

### 6.4.3 Έλεγχος Μέγιστης Ορθής Θλιπτικής Τάσης

Ελέγχεται ότι η μέγιστη ορθή θλιπτική τάση στο περισσότερο θλιβόμενο άκρο, που υπολογίζεται από την κατωτέρω σχέση 6.10, δεν υπερβαίνει τη μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας αλλά και του υποκείμενου εδάφους (§5.3.8.(γ) (ΚΑΔΕΤ, 2022)).

$$\sigma_{wc} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{\Omega_{w,c}} \quad 6.10 \text{ (5.2 (ΚΑΔΕΤ, 2022))}$$

$\sigma_{wc}$ : η ορθή τάση στη θέση ελέγχου (τα θλιπτικά φορτία λαμβάνονται αρνητικά).

N: το συνολικό κατακόρυφο φορτίο από τον υπόψη σεισμικό συνδυασμό

M: η ροπή ανατροπής (= Τέμνουσα βάσης επί την απόσταση από το σημείο δράσης της συνισταμένης οριζόντιας σεισμικής δύναμης μέχρι τη στάθμη ελέγχου, η οποία λαμβάνεται 0.5<sup>H</sup> για θεώρηση ομοιόμορφης καθ' ύψος κατανομής των οριζόντιων σεισμικών φορτίων και 0.67<sup>H</sup> για ανεστραμμένη τριγωνική κατανομή).

$f_{mc}$ : μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας

Τέλος υπολογίζεται ο λόγος επάρκειας ως το παρακάτω πηλίκο (Σχέση 6.11):

$$\lambda = \frac{\sigma_{wc}}{f_{mc}} = \frac{\left( \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{\Omega_{w,c}} \right)}{f_{mc}} \quad 6.11$$

Σε περίπτωση επάρκειας ο λόγος  $\lambda$  είναι  $<1$

## 6.5 ΈΛΕΓΧΟΙ ΣΕ ΌΡΟΥΣ ΕΝΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

### 6.5.1 Έλεγχος Τοιχοποιίας σε Κατακόρυφα Φορτία:

Η μέγιστη ορθή τάση στη βάση του κάθε πεσσού υπολογίζεται από τη σχέση 6.12:

$$\sigma_c = \frac{N_{Sd,max}}{A_w} \quad 6.12$$

όπου:

$N_{Sd,max}$ : η μέγιστη αξονική δύναμη, στη βάση κάθε πεσσού που προκύπτει από την ανάλυση του κτιρίου για τον συνδυασμό φόρτισης 1.35G+1.50Q

$A_w$ : το εμβαδόν του πεσσού στη στάθμη ελέγχου

$f_d (=f_{mc}/\gamma_m)$ : η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας ( $\text{KN/m}^2$ )

$f_{mc}$  ( $\text{KN/m}^2$ ) η μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας

$\gamma_m$  : συντελεστής ασφαλείας για τα δεδομένα των υφιστάμενων υλικών

Σ.Α.Δ.	Υψηλή	Ικανοποιητική	Ανεκτή
$\gamma_m$	1.20	1.35	1.50

Επομένως υπολογίζεται η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας  $f_d$  και προκύπτει ο λόγος επάρκειας  $\lambda$  (Εξίσωση 7.11):

$$\lambda = \frac{\sigma_c}{f_d} \quad 6.13$$

Όταν  $\lambda < 1$ , τότε υπάρχει επάρκεια στα κατακόρυφα φορτία

## 6.5.2 Έλεγχος Επάρκειας Πεσσού σε Εντός Επιπέδου Δράση

Ο έλεγχος επάρκειας διενεργείται για τους τοίχους που διατάσσονται κατά  $\chi$ - $\chi$  για εντός επιπέδου δράση σύμφωνα με το σεισμικό συνδυασμό  $G+\psi_2Q+EQ_x+0,30EQ_y$  και για τους τοίχους που διατάσσονται κατά  $\psi$ - $\psi$ , για εντός επιπέδου δράση με το σεισμικό συνδυασμό  $G+\psi_2Q+0,3EQ_x+EQ_y$ .

### 6.5.2.1 Ικανοτική Τέμνουσα

Αρχικά υπολογίζεται η ικανοτική τέμνουσα, η οποία ισούται με τη δύναμη που αναπτύσσεται σε διατμητικό μήκος  $H_0$  και ισορροπεί με την καμπτική αντοχή, κατά την σχετική μετάθεση των άκρων του τοίχου, όταν αναπτύσσεται αντοχή σε κάμψη σε κρίσιμη διατομή (Σχήμα 6.1), ονομάζεται ικανοτική τέμνουσα ( $V_f$ ) και υπολογίζεται από τη σχέση 6.14.

$$V_f = \frac{L \cdot N_{sd}}{2 \cdot H_0} \cdot (1 - 1,15 \cdot v_{sd}) \quad 6.14 \text{ (7.2β ΚΑΔΕΤ)}$$

Όπου:

$H_0$ : απόσταση μεταξύ διατομής ανάπτυξης μέγιστης ροπής και σημείου μηδενισμού ροπών.

$N_{sd}$ : αξονικό φορτίο τοίχου για σεισμικό συνδυασμό (μόνο εάν είναι θλιπτικό)

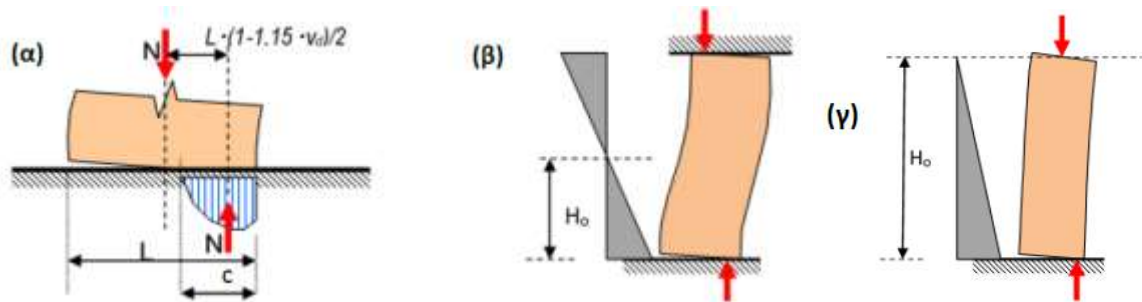


$L$ : η οριζόντια εντός επιπέδου διάσταση του τοιχώματος (μήκος),

$v_{sd} = N_{sd}/(L \cdot t \cdot f_d)$  είναι το ανηγμένο αξονικό φορτίο

με  $f_d = f_{wc}/\gamma_m$ , όπου  $f_{wc}$  είναι η αντιπροσωπευτική τιμή της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας όπως λαμβάνεται από επιτόπου δοκιμές και από πρόσθετες πηγές πληροφόρησης, και το  $\gamma_m$  είναι ο συντελεστής ασφαλείας για την τοιχοποιία σύμφωνα με Σ.Α.Δ.

$t$ : το πάχος του τοίχου.



Σχήμα 6.1 Εντός επιπέδου κάμψη στοιχείου: (α) Εσωτερική ροπή (β) Ύψος  $H_0$  σε σχέση με διάγραμμα ροπών. (γ)  $H_0$  σε τοίχο με ευπαραμόρφωτο διάφραγμα στη στέψη (Σ7.3 (ΚΑΔΕΤ, 2022)).

### 6.5.2.2 Φέρουσα Ικανότητα έναντι Τέμνουσας

Τοίχος άοπλης τοιχοποιίας διαθέτει διατμητική αντίσταση  $V_v$  σύμφωνα με την παρακάτω σχέση 6.15:

$$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t \quad 6.15 \text{ (7.3α ΚΑΔΕΤ)}$$

όπου:

$L'$ : είναι το μήκος της θλιβόμενης περιοχής του τοίχου

$t$ : είναι το πάχος του τοίχου, και

$f_{vd}$ : είναι η αντιπροσωπευτική τιμή της διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας, η οποία συνυπολογίζει και την παρουσία κατακόρυφου θλιπτικού φορτίου ως εξής, σχέση 6.16:

$$f_{vd} = f_{vm0} + 0,4 \cdot \frac{N_{sd}}{L' \cdot t} \leq 0,065 \cdot f_{bc} \quad 6.16 \text{ (7.3β ΚΑΔΕΤ)}$$

$f_{vm0}$ : η διατμητική αντοχή στην περίπτωση απουσίας κατακόρυφου φορτίου (συνοχή).

$f_{bc}$ : η θλιπτική αντοχή του τοιχοσώματος

Οι δύο αντοχές ( $f_{vm0}$  και  $f_{bc}$ ) λαμβάνονται από επί τόπου δοκιμές και/ή από πρόσθετες πηγές πληροφόρησης, και διαιρούνται με συντελεστές εμπιστοσύνης CF (Confidence Factors), σύμφωνα με την §3.5(1)P και τον Πίν.3.1 (EN1998-3, 2010) συνυπολογίζοντας τη ΣΑΔ. (επίπεδο γνώσης).

Οι συντελεστές αυτοί διαμορφώνονται όπως και οι αντίστοιχοι συντελεστές ασφαλείας αναλόγως της ΣΑΔ. Υποδηλώνουν την ποσότητα και την ποιότητα των πληροφοριών για την εκάστοτε κατασκευή, διαχωρίζονται κι αυτοί σε τρία επίπεδα γνώσεων Περιορισμένη (kNowledge Level 1=KL1) – Κανονική (kNowledge Level 2=KL2) και Πλήρης ((kNowledge Level 3=KL3) και καθορίζονται σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα ως εξής : CF1=1.30 – CF2=1.20 και CF3=1.10 αντιστοίχως.

### 6.5.2.3 Αντοχή υπό Διατμητική Ένταση

Εν συνεχεία υπολογίζεται η αντοχή υπό διατμητική ένταση εντός επιπέδου, η οποία ορίζεται ως η ελάχιστη των παρακάτω δύο μηχανισμών διατμητικής αστοχίας, που εμφανίζονται στο Σχήμα 6.2:

α) Λόγω διαγώνιας εφελκυστικής αστοχίας (§7.2.2i, (ΚΑΔΕΤ, 2022))

Όταν υπερβαίνεται η εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας λόγω διάτμησης, παρουσιάζεται ο τύπος της αστοχίας Σχήμα 6.3(α). Στη σχέση 6.13 η τιμή της  $f_{vd}$  υπολογίζεται από την επόμενη σχέση 6.17, το αρνητικό πρόσημο αναφέρεται σε εφελκυσμό και το θετικό σε θλίψη.

$$f_{vd,t} = \left[ \left( -f_{wt,d} - \frac{v_d \cdot f_d}{2} \right)^2 - \left( \frac{v_d \cdot f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wt,d} \cdot (f_{wt,d} + v_d \cdot f_d)} \quad 6.17(\Sigma 7.2 \text{ ΚΑΔΕΤ})$$

όπου:

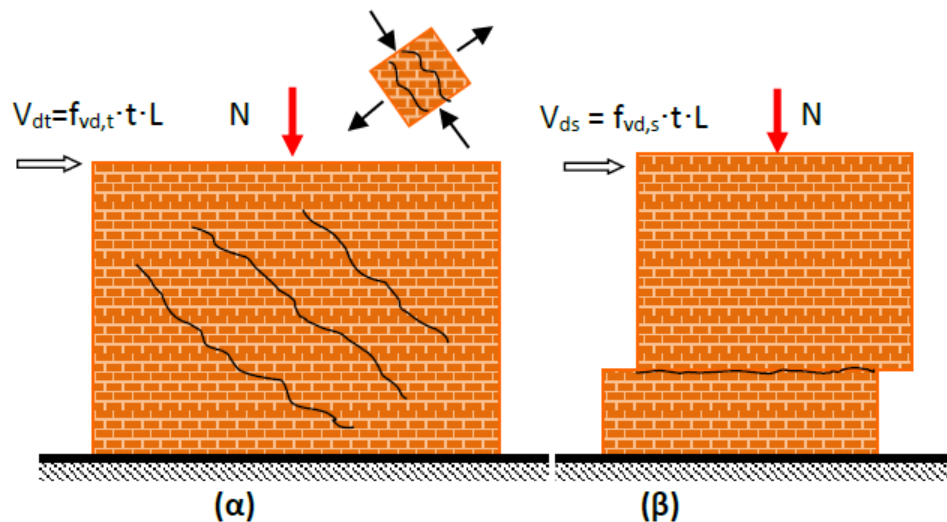
$f_{vd,t}$ : αντιπροσωπευτική διατμητική αντοχή τοιχοποιίας (σχετική με διαγώνια εφελκυστική ρηγμάτωση).

$f_{wt,d}$ : αντιπροσωπευτική εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας

Υπενθυμίζεται ότι  $f_d = f_{wc} / \gamma_m$ , όπου  $\gamma_m$  είναι ο συντελεστής ασφαλείας για την τοιχοποιία σύμφωνα με τη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων.

Επομένως η σχέση 6.15, διαμορφώνεται ως εξής:

$$V_{v,d} = f_{vd,t} \cdot L' \cdot t \quad 6.18$$



Σχήμα 6.2 (α) Διαγώνια εφελκυστική αστοχία, (β) Ολίσθηση κατά μήκος οριζόντιου αρμού κονιάματος (Σ 7.4(α), (ΚΑΔΕΤ, 2022)

β) Λόγω ολίσθησης κατά μήκος των οριζοντίων αρμών

Η θεωρητική τιμή της διατμητικής αντοχής ολισθήσεως  $f_{vd,s}$  εκτιμάται από την συνοχή και την τριβή που δημιουργείται παρουσία του υπερκείμενου θλιπτικού φορτίου, ως:

Σε περίπτωση ολισθήσεως κατά μήκος των οριζόντιων αρμών παρουσιάζεται ο τύπος της αστοχίας Σχήμα 6.3(β) και στη σχέση 7.13 η τιμή της  $f_{vd}$  υπολογίζεται από την επόμενη σχέση 6.19:

$$f_{vd,s} = f_{vm0} + \mu \cdot (v_d \cdot f_d) \quad 6.19 \text{ (Σ7.3 ΚΑΔΕΤ)}$$

$f_{vd,s}$  η διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας που σχετίζεται με ολίσθηση κατά μήκος επιφάνειας τριβής.

$f_{vm0}$  : η συνοχή που αναπτύσσεται στη διεπιφάνεια του κονιάματος – λιθοσώματος.

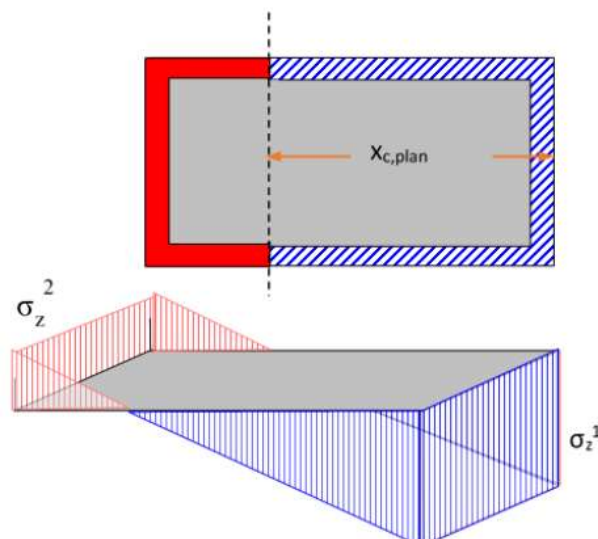
$\mu$ : είναι ο φαινόμενος συντελεστής τριβής κατά μήκος της επιφάνειας ολισθήσεως. Ο φαινόμενος συντελεστής τριβής αναφέρεται σε οριζόντιο επίπεδο και όχι στο κεκλιμένο επίπεδο της ρωγμής. Η τιμή του συντελεστή τριβής είναι συνάρτηση τόσο της τιμής της θλιπτικής τάσεως, όσο και της τραχύτητας της διεπιφάνειας.

Ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων, ο συντελεστής τριβής λαμβάνεται=0.40. Δεδομένου ότι αυτή η τιμή αντιστοιχεί σε μεγάλες τιμές θλιπτικής τάσης κάθετης στην διεπιφάνεια, όταν πρόκειται για αποτίμηση κτηρίων με ιστορική/αρχιτεκτονική αξία, συνιστάται να

λαμβάνεται υπ' όψη κατάλληλη (αυξημένη) τιμή του συντελεστή τριβής, βάσει της βιβλιογραφίας (βλ. Σχόλια § 6.5.2).

Τονίζεται ότι η αντίσταση σε ολίσθηση αναπτύσσεται στις θλιβόμενες μόνο περιοχές των τοίχων που είναι παράλληλη με τη διεύθυνση της σεισμικής δράσης (διαγραμμισμένο τμήμα, Σχήμα 6.3). Οι εγκάρσιοι τοίχοι συμβάλουν στην θλιβόμενη περιοχή μόνο όταν εξασφαλίζεται διαφραγματική λειτουργία (δύσκαμπτα διαφράγματα).

$v_d \cdot f_d = \sigma_d$ : είναι η υπερκείμενη θλιπτική τάση στο επίπεδο ολισθήσεως.



Σχήμα 6.3 Αντοχή ολισθήσεως αναπτύσσεται στο διαγραμμισμένο τμήμα της κάτοψης των φερόντων τοίχων (Σ7.5, (ΚΑΔΕΤ, 2022))

Επομένως η σχέση 6.15, διαμορφώνεται ως εξής:

$$V_{v,s} = f_{vd,s} \cdot L' \cdot t \quad 6.20$$

Συνεπώς, η διατμητική αντίσταση του πεσσού είναι η μικρότερη των δύο παραπάνω δυνάμεων:

$$V_v = \min(V_{v,t}, V_{v,s}) \quad 6.21$$

Στον έλεγχο επάρκειας του πεσσού πραγματοποιείται η σύγκριση μεταξύ τέμνουσας σχεδιασμού με την ελάχιστη των δύο τιμών (Σχέση 6.21), και βάσει αυτής της σύγκρισης καθορίζεται και το μέγεθος που είναι κρίσιμο για τη μορφή αστοχίας σε εντός επιπέδου δράση.

Όταν  $V_v \leq V_f$  κρίσιμη για την αστοχία του τοίχου είναι η **τέμνουσα**. Επομένως διενεργείται έλεγχος σε διάτμηση.

Όταν  $V_v > V_f$  κρίσιμη για την αστοχία του τοίχου είναι η **ροπή**. Επομένως διενεργείται έλεγχος σε κάμψη.

Ο έλεγχος επάρκειας συγκρίνει την τέμνουσα σχεδιασμού, η οποία προκύπτει από την ανάλυση του φορέα, με την ελάχιστη των τιμών  $V_v$  (Φ.Ι. έναντι τέμνουσας) και  $V_f$  (Ικανοτική τέμνουσα).

Π.χ. αν  $V_v > V_f$  κρίσιμη για την αστοχία ενός συγκεκριμένου πεσσού είναι κάμψη, επομένως η καμπτική ικανότητα του πεσσού  $V_{Rd} = V_f$  και ο λόγος ανεπάρκειας διαμορφώνεται ως (Σχέση 6.22):

$$\lambda = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} = \frac{V_{Sd}}{V_f} \quad 6.22$$

Στην περίπτωση  $V_v \leq V_f$  κρίσιμη είναι η τέμνουσα τότε η διατμητική ικανότητα του πεσσού είναι  $V_{Rd} = V_v$  ο λόγος ανεπάρκειας διαμορφώνεται ως (Σχέση 6.23)

$$\lambda = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} = \frac{V_{Sd}}{V_v} \quad 6.23$$

Όταν ο λόγος  $\lambda$  προκύπτει  $< 1$ , τότε διαπιστώνεται **ΕΠΑΡΚΕΙΑ**

#### 6.5.2.4 Αντοχή υπό Κάμψη

Η καμπτική αντοχή σχεδιασμού του πεσσού, θεωρώντας αδρανή περιοχή υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση 6.24:

$$M_{Rd} = N_{Sd} \cdot (1 - 1,5 \cdot v_{sd}) \cdot L / 2 \quad 6.24 \text{ (7.2(α) ΚΑΔΕΤ)}$$

$N_{Sd}$  : αξονικό φορτίο τοίχου για σεισμικό συνδυασμό (λαμβάνεται υπόψη μόνον εφόσον είναι θλιπτικό)

$L$  : η οριζόντια εντός επιπέδου διάσταση του τοιχώματος (μήκος),

$v_{sd} = N_{Sd} / (L \cdot t \cdot f_d)$  είναι το ανηγμένο αξονικό φορτίο

( $f_d = f_{wc} / \gamma_m$ , όπου  $f_{wc}$  η αντιπροσωπευτική τιμή της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας όπως λαμβάνεται από επί τόπου δοκιμές και από πρόσθετες πηγές πληροφόρησης, και το  $\gamma_m$

είναι ο συντελεστής ασφαλείας για την τοιχοποιία σύμφωνα με τη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων κατά την § 4.5.3,

$t$  : το πάχος του τοίχου.

*Συντελεστής ανεπάρκειας  $\lambda$*

Συγκρίνεται η δρώσα ροπή κάμψης  $M_{sd,z}$  στη βάση του πεσσού, όπως αυτή προκύπτει από την ανάλυση για το συγκεκριμένο σεισμικό συνδυασμό φόρτισης με την καμπτική αντοχή σχεδιασμού του πεσσού εντός επιπέδου  $M_{Rd}$  (Σχέση 6.25).

$$\lambda = \frac{M_{sd,z}}{M_{Rd}} \quad 6.25$$

Όταν ο λόγος  $\lambda$  προκύπτει  $<1$ , τότε διαπιστώνεται ΕΠΑΡΚΕΙΑ του πεσσού.

### 6.5.3 Έλεγχοι Επάρκειας Πεσσού σε Εκτός Επιπέδου Δράσεις

Οι δύο τρόποι εμφανιζόμενης αστοχίας ως προς την καταπόνηση με εκτός επιπέδου δράσεις εμφανίζονται παράλληλα και κάθετα προς τους οριζόντιους αρμούς κονιάματος της τοιχοποιίας. Οι επί μέρους αντοχές υπολογίζονται σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις. Η σχέση 6.26 η οποία υπολογίζει τη ροπή κάμψης, περί οριζόντιο άξονα και τη σχέση 6.31, η οποία υπολογίζει τη ροπή κάμψης περί κατακόρυφο άξονα.

#### 6.5.3.1 Αντοχή σε Ροπή Κάμψης περί Οριζόντιο Άξονα

$$M_{Rd1,o} = \frac{1}{2} \cdot l \cdot t_w^2 \cdot \sigma_0 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d}\right) \quad 6.26 \text{ (7.6α ΚΑΔΕΤ)}$$

$\sigma_0$  (=  $N_{sd}/e_{tw}$ ) : θλιπτική τάση λόγω αξονικής δράσεως στη διατομή ελέγχου,

$e$  &  $t_w$  : μήκος και πάχος της διατομής και

$f_d$  η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας

*Συντελεστής ανεπάρκειας  $\lambda$*

Συγκρίνεται η δρώσα ροπή κάμψης  $M_{sd,x}$  περί οριζόντιο άξονα πεσσού, όπως αυτή προκύπτει από την ανάλυση για το συγκεκριμένο σεισμικό συνδυασμό φόρτισης με την καμπτική αντοχή σχεδιασμού του πεσσού εντός επιπέδου  $M_{Rd}$  (Σχέση 6.27)

$$\lambda = \frac{M_{Sd,x}}{M_{Rd1,0}} \quad 6.27$$

Όταν ο λόγος  $\lambda$  προκύπτει  $<1$ , τότε διαπιστώνεται ΕΠΑΡΚΕΙΑ του πεσσού.

Εν συνεχεία υπολογίζεται και η ικανοτική τέμνουσα βάσει ροπής κάμψης εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα (Σχέση 6.28):

$$F_{y,R} = \frac{M_{Rd1,0}}{H_0} \quad 6.28$$

Η οποία συγκρίνεται με τη δρώσα τέμνουσα  $F_y$ , η οποία ορίζεται ως το πηλίκο τις ροπής κάμψης  $M_{Sd,x}$  όπως προκύπτει από την ανάλυση δια το μήκος του στοιχείου  $H_0$ , δηλαδή την απόσταση που ορίζεται από τη μέγιστη ροπή μέχρι το σημείο στο οποίο μηδενίζεται η ροπή (Σχέση 6.29):

$$F_y = \frac{M_{Sd,x}}{H_0} \quad 6.29$$

Και ως εκ τούτου προκύπτει ο λόγος ανεπάρκειας  $\lambda$ , ως το πηλίκο της ικανοτικής τέμνουσας εκτός επιπέδου και της δρώσας τέμνουσας (Σχέση 6.30):

$$\lambda = \frac{F_{yR}}{F_y} \quad 6.30$$

Όταν ο λόγος  $\lambda$  προκύπτει  $<1$ , τότε διαπιστώνεται ΕΠΑΡΚΕΙΑ

### 6.5.3.2 Αντοχή σε Ροπή Κάμψεως περί Κατακόρυφο Άξονα:

$$M_{Rd2,o} = \frac{1}{6} \cdot f_{wt,d} \cdot t_w^2 \cdot l \quad 6.31 \text{ (7.6β ΚΑΔΕΤ)}$$

$l$  και  $t_w$  : μήκος & πάχος καμπτόμενης διατομής στοιχείου αντιστοίχως, το  $l$  αντιστοιχεί στο ύψος του τοίχου.

$f_{wt,d}$  η αντιπροσωπευτική εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας (ίση προς  $f_{wt}/\gamma_w$ )

Η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας,  $f_{wt}$ , μπορεί να λαμβάνεται:

$$0.10 \text{ MPa} = 100 \text{ kN/m}^2 \text{ για } f_{mc} \leq 2.0 \text{ MPa,}$$

$$0.20 \text{ MPa} = 200 \text{ kN/m}^2, \text{ όταν } 2.0 < f_{wc} \leq 5.0 \text{ MPa}$$

0.40 MPa=400kN/m<sup>2</sup>, όταν  $f_{wc} > 5.0$  MPa

εκτός κι αν υφίστανται ακριβή στοιχεία από δοκιμές κλπ.

Συντελεστής ανεπάρκειας  $\lambda$

Συγκρίνεται η δρώσα ροπή κάμψης  $M_{sd,y}$  περί κατακόρυφο άξονα πεσσού, όπως αυτή προκύπτει από την ανάλυση για το συγκεκριμένο σεισμικό συνδυασμό φόρτισης με την καμπτική αντοχή σχεδιασμού του πεσσού εντός επιπέδου  $M_{Rd2,0}$  (Σχέση 6.32)

$$\lambda = \frac{M_{sd,y}}{M_{Rd2,0}} \quad 6.32$$

Όταν ο λόγος  $\lambda$  προκύπτει  $<1$ , τότε διαπιστώνεται ΕΠΑΡΚΕΙΑ του πεσσού.

Εν συνεχεία υπολογίζεται και η ικανοτική τέμνουσα βάσει ροπής κάμψης εκτός επιπέδου κάθετα στους οριζόντιους αρμούς (Σχέση 6.33):

$$F_{y,R} = \frac{M_{Rd2,0}}{H_0} \quad 6.33$$

Η οποία συγκρίνεται με τη δρώσα τέμνουσα  $F_y$ , η οποία ορίζεται ως το πηλίκο τις ροπής κάμψης  $M_{sd,y}$  όπως προκύπτει από την ανάλυση δια το μήκος του στοιχείου  $H_0$ , δηλαδή την απόσταση που ορίζεται από τη μέγιστη ροπή μέχρι το σημείο στο οποίο μηδενίζεται (Σχέση 6.34).

$$F_y = \frac{M_{sd,y}}{H_0} \quad 6.34$$

Και ως εκ τούτου προκύπτει ο λόγος ανεπάρκειας  $\lambda$ , ως το πηλίκο της δρώσας τέμνουσας προς την ικανοτικής τέμνουσας εκτός επιπέδου (Σχέση 6.35)

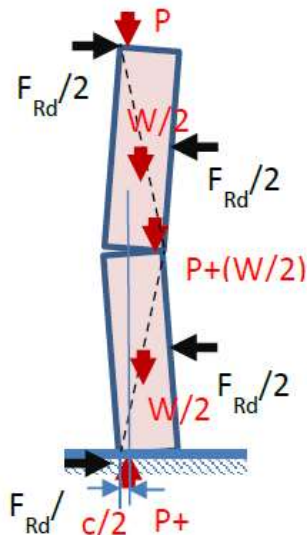
$$\lambda = \frac{F_y}{F_{yR}} \quad 6.35$$

Όταν ο λόγος  $\lambda$  προκύπτει  $<1$ , τότε διαπιστώνεται ΕΠΑΡΚΕΙΑ του πεσσού.



### 6.5.3.3 Διατμητική Αντοχή εκτός Επιπέδου:

Μέσω των ικανοτικών τεμνουσών που υπολογίζονται από τον λόγο της αντίστοιχης ροπής (περί οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα) δια το μήκος διάτμησης του τοίχου  $H_0$  στις σχέσεις 7.28 και 7.33, συγκρίνεται με την αντοχή του στοιχείου έναντι ανατροπής  $F_{Rd}$ .



Σχήμα 6.4 Αντοχή ανατροπής πεσσού,  $F_R$ , σε εκτός επιπέδου αστοχία ( $c$ : ύψος θλιβόμενης ζώνης (Σ7.8α, (ΚΑΔΕΤ, 2022))

Η  $F_{Rd}$  υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση 6.36, έχοντας το σχήμα 6.4 ως αναφορά, για  $\lambda=2$  και  $\psi=0$  (προς την πλευρά της ασφάλειας).

$$F_{Rd} = \lambda \cdot W \cdot (1 + \Psi) \cdot \frac{t_w}{H_0}, \quad \Psi = \frac{2P}{W} \quad 6.36(\Sigma 7.8 \text{ ΚΑΔΕΤ})$$

Συνεπώς η σχέση παίρνει τη μορφή:

$$V_{Rd} = \frac{2Wt_w}{H_0} \quad 6.37$$

Η εκτός επιπέδου δρώσα τέμνουσα προκύπτει από την ανάλυση και αντιστοιχεί στην  $F_z$ . Ως εκ τούτου προκύπτει ο λόγος ανεπάρκειας  $\lambda$ , ως το πηλίκο της ικανοτικής τέμνουσας εκτός επιπέδου και της δρώσας τέμνουσας (Σχέση 6.38), ο οποίος πρέπει να είναι μικρότερος της μονάδας για επάρκεια.

$$\lambda = \frac{F_z}{V_{Rd}} \quad 6.38$$

### 6.5.4 Φαινόμενα Δευτέρας Τάξεως (§5.3.7, (ΚΑΔΕΤ, 2022))

Εκτός των υπολοίπων ελέγχων, πραγματοποιείται και έλεγχος φαινομένων δευτέρας τάξης ή Όταν υπάρχουν απαραμόρφωτα διαφράγματα ο έλεγχος μεταθετότητας γίνεται κατά τα αναφερόμενα στην §5.4 (EN1996-1:2005, 2005). Γενικά, όταν ένα κτίριο διαθέτει τοίχους ικανού/επαρκούς πάχους δεν προκύπτει πρόβλημα μεταθετότητας. Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα εάν ικανοποιούνται οι σχέσεις 6.39 & 6.40 (αναλόγως των ορόφων) από τα κατακόρυφα στοιχεία δυσκαμψίας, κατά την εξεταζόμενη διεύθυνση του κτιρίου στη βάση του κτιρίου, η μεταθετότητα δεν χρειάζεται να λαμβάνεται υπόψη:

$$h_{tot} \sqrt{\frac{N_{Ed}}{\Sigma EI}} \leq 0,6 \rightarrow n \leq 4 \quad 6.39 \text{ (}\Sigma 5.1, \text{ΚΑΔΕΤ)}$$

$$h_{tot} \sqrt{\frac{N_{Ed}}{\Sigma EI}} \leq 0,2 + 0,1n \rightarrow 1 \leq n < 4 \quad 6.40 \text{ (}\Sigma 5.2, \text{ΚΑΔΕΤ)}$$

όπου,

$h_{tot}$  : συνολικό ύψος κτιρίου από στέψη της θεμελίωσης

$N_{Ed}$ : τιμές σχεδιασμού κατακόρυφων φορτίων στη βάση του κτιρίου

$\Sigma EI$ : άθροισμα των δυσκαμψιών όλων των στοιχείων δυσκαμψίας κατά την θεωρούμενη διεύθυνση.

Σημείωση: Ανοίγματα κατακόρυφων στοιχείων δυσκαμψίας μπορούν να αγνοηθούν, όταν έχουν εμβαδόν  $\leq 2 \text{ m}^2$  και ύψος  $\leq 0.6h$ .

$n$ : πλήθος ορόφων

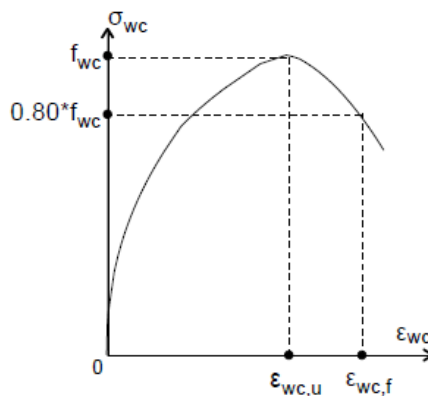
Σε περίπτωση που στοιχεία δυσκαμψίας δεν ικανοποιούν το παραπάνω κριτήριο πρέπει μέσω υπολογιστικών ελέγχων επιβεβαιώνεται αν το δόμημα διαθέτει επαρκή αντίσταση σε μεταθετότητα. Στο παράρτημα Β του (EN1996-1:2005, 2005) προτείνεται μία μεθοδολογία ελέγχου.

Τέλος σε δομήματα με ευπαραμόρφωτα διαφράγματα θα υπολογίζονται τα εντατικά μεγέθη και ο μελετητής λαμβάνει υπόψη την παραμορφωμένη, υπό σεισμικά φορτία, γεωμετρία του φορέα.

### 6.5.5 Περί Παραμορφωσιακής Ικανότητας Τοιχοποιίας & Σεισμικής Φόρτισης

Η μηχανική συμπεριφορά, όταν δεν εκφράζεται σε όρους δυνάμεων, μπορεί να εκφραστεί σε όρους “παραμορφωσιακής ικανότητας”. Μπορεί να γίνει διάκριση των παραμορφώσεων αναλόγως της επιβαλλόμενης δράσης, επομένως οι περιπτώσεις παραμόρφωσης μπορούν να διακριθούν:

- Σε περίπτωση μονοαξονικής θλίψης: Η Παραμόρφωση  $\epsilon_{wc,u}$  αντιστοιχίζεται στην αντοχή  $f_{wc}$  και παραμόρφωση  $\epsilon_{wc,f}$  που αντιστοιχεί σε στάθμη τάσεως  $0,80f_{wc}$  στον κατιόντα κλάδο της μονοτονικής φόρτισης (Σχήμα 6.5).



Σχήμα 6.5 Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων τοιχοποιίας υπό θλίψη (Σ6.6 (ΚΑΔΕΤ, 2022))

- Σε περίπτωση επίπεδης ετερόσημης έντασης: Παραμόρφωση  $\epsilon'_{wc,u}$  που αντιστοιχεί στην αντοχή θλιπτική αντοχή υπό γωνίαν  $f_{wc,\theta}$  (λοξή θλίψη) (Σχήμα 4.2)

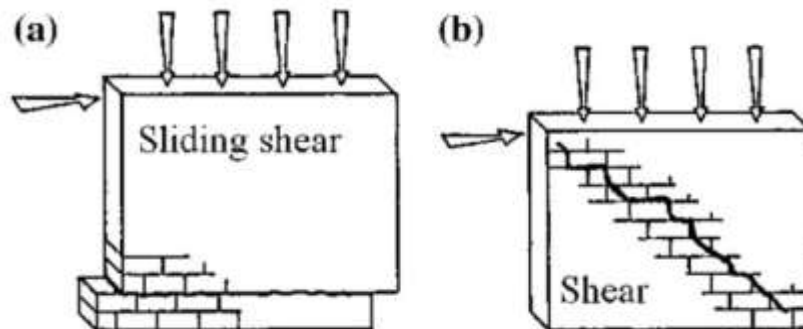
- Σε περίπτωση εφελκυστικής αντοχής, που ενώ είναι πρακτικά μηδέν, υφίσταται παραμένουσα εφελκυστική αντοχή που οφείλεται στη λειτουργία τριβής από την εμπλοκή των λιθοσωμάτων-κονιάματος.

- Σε περίπτωση διατμητικής έντασης, που χωρίζεται σε δυο υποπεριπτώσεις:

- Γωνιακής παραμόρφωσης μέχρι την διολίσθηση κατά στρώση παράλληλη προς την ασκούμενη τέμνουσα (ταυτόχρονη δράση θλιπτικών δυνάμεων και τέμνουσας, Σχήμα 6.6α). Η οιονεί ελαστική γωνιακή παραμόρφωση της τοιχοποιίας, πάνω ή κάτω από τον κρίσιμο αρμό, τη στιγμή έναρξης της διολίσθησης. Λόγω μορφής δεν υπάρχει σαφής τιμή, επειδή παραμένει σταθερή η αντίσταση τριβής μετά την διολίσθηση ακόμα και για μεγαλύτερες τιμές επιβαλλόμενης παραμόρφωσης.

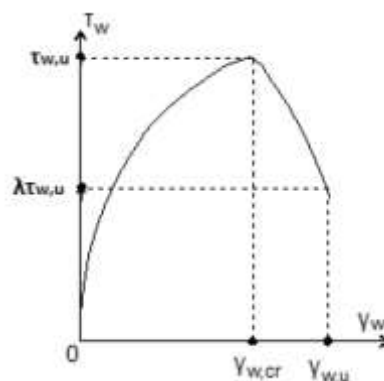
(ii) Γωνιακή παραμόρφωση στοιχείου τοιχώματος υπό ετερόσημη επίπεδη ένταση, έχοντας ως σχήμα αναφοράς το (Σχ. 6.6β), περιγράφεται σχηματικά στο Σχήμα 6.7 :

- την στιγμή της ρηγμάτωσης,  $\gamma_{w,cr}$
- μετά την εμφάνιση λοξών ρωγμών δεδομένου αποδεκτού βαθμού βλάβης,  $\gamma_{w,u}$ .



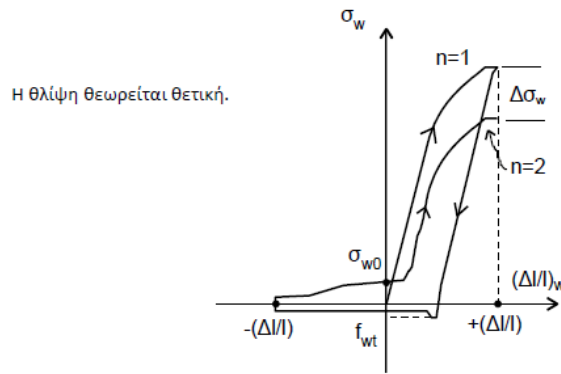
Σχήμα 6.6 Οι δύο υποπεριπτώσεις μηχανισμών διατμητικής αστοχίας (α) διολίσθηση κατά μήκος αρμού, (β) διαγώνια/λοξή ρηγμάτωση (Tomazevic, 2009)

Η τιμή  $\gamma_{w,u}$  εξαρτάται απ' την κλίμακα του θεωρούμενου στοιχείου τοιχοποιίας καθώς ο βαθμός βλάβης μπορεί να εκφραστεί ως συνολικό άθροισμα των μεγίστων ανοιγμάτων των λοξών ρωγμών.



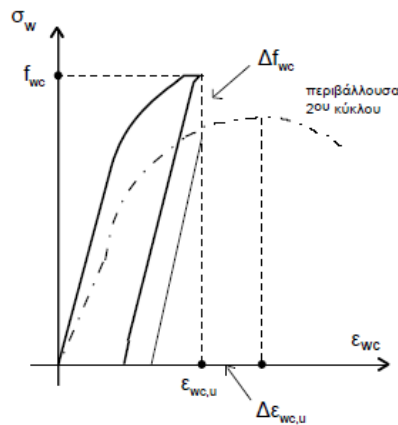
Σχήμα 6.7 Σχηματικό διάγραμμα τάσεων-γωνιακών παραμορφώσεων τοιχοποιίας (Σ6.7 (ΚΑΔΕΤ, 2022))

Η συμπεριφορά της τοιχοποιίας διαφοροποιείται όταν υπόκειται σε σεισμό, (§6.1.1.3, (ΚΑΔΕΤ 2022)) όπου η φόρτιση και κατ' επέκταση η παραμόρφωση είναι ανακυκλιζόμενη. Κατά την διάρκεια του σεισμού περιοχές της τοιχοποιίας υπόκεινται σε εντατικές καταστάσεις ανακυκλιζόμενης θλίψης και εφελκυσμού (Σχήμα 6.8) π.χ. στην περίπτωση άκρων τοιχώματος υπό κάμψη εντός επιπέδου, ή στη μεσαία περιοχή τεμνόμενου τοιχώματος όπου εκδηλώνεται μηχανισμός εναλλαγής λοξού θλιπτήρα/ελκυστήρα).



Σχήμα 6.8 Διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων τοιχοποιίας υπό ετερόσημη ένταση-θλίψη/εφελκυσμός (σηματικό) (Σ6.8 (ΚΑΔΕΤ, 2022))

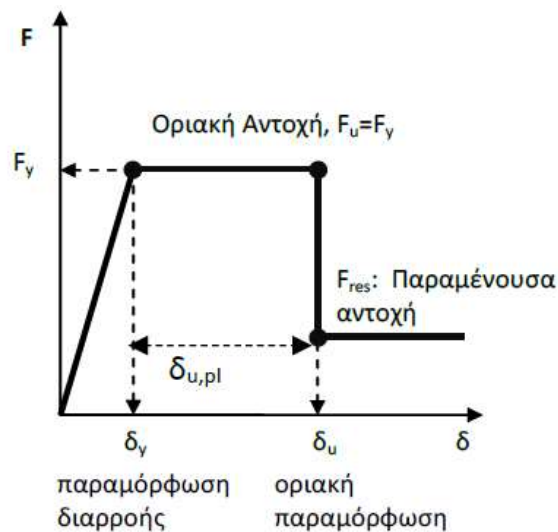
Η σχετικά μικρή τιμή της εφελκυστικής αντοχής επιτρέπει την αγνόηση του εφελκυσμού και θεώρηση κατάστασης επαναλαμβανόμενης θλιπτικής τάσης, ενώ στον σχεδιασμό λαμβάνεται η εξασθένηση απόκρισης  $\Delta f_{wc}$  μετά τον δεύτερο κύκλο, καθώς και η μικρή αύξηση  $\Delta \epsilon_{wc,u}$  της κορυφαίας παραμορφωσιμότητας (Σχ. 6.9).



Σχήμα 6.9 Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων τοιχοποιίας υπό επαναλαμβανόμενη θλίψη (Σ6.9 (ΚΑΔΕΤ, 2022))

## 6.6 ΈΛΕΓΧΟΙ ΣΕ ΌΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΑΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

Τη μηχανική συμπεριφορά δομικού στοιχείου (πεσσού ή υπερθύρου δίσκου) περιγράφει το παρακάτω διάγραμμα συσχετίζοντας το εντατικό μέγεθος  $F$  με την παραμόρφωση ή σχετική μετακίνηση  $\delta$ . Η καμπύλη αντίστασης εντατικού μεγέθους-παραμόρφωσης ( $F$ - $\delta$ ) σχηματίζεται είτε μέσω πειραματικών στοιχείων, η διαδικασία περιγράφεται στην §7.1.2.1α (ΚΑΔΕΤ, 2022), είτε μέσω σχηματοποιημένου διαγράμματος συμπεριφοράς (Σχήμα 6.10)



Σχήμα 6.10 Σχηματοποιημένο διάγραμμα συμπεριφοράς (7.1, (ΚΑΔΕΤ, 2022))

### $\delta_y$ ή $d_y$ ή $\theta_y$

Η στροφή της “οιονεί διαρροής” επιφανειακών στοιχείων φέρουσας τοιχοποιίας,  $\theta_y$ , είναι η μέση ανηγμένη απόκλιση μεταξύ του παραμορφωμένου στοιχείου και της χορδής του με την εκκίνηση της ρηγμάτωσης (Βλ. και Σχήμα 6.9), δηλαδή τερματίζεται ο ανιόν κλάδος μόλις διαμορφωθούν ρωγμές στο στοιχείο.

### $\delta_u$ ή $d_u$ ή $\theta_u$

Σε περίπτωση δυνατότητας ικανής παραμόρφωσης των κρίσιμων περιοχών, ο μετελαστικός κλάδος λαμβάνεται οριζόντιος μέχρι την παραμόρφωση αστοχίας του στοιχείου  $\delta_u$ . Σε περίπτωση όμως που αναμένεται έντονη εξασθένηση της απόκτησης λόγω ανακύκλωσης ή φαινομένων 2ας τάξης, ο κλάδος λαμβάνεται με αρνητική κλίση.

Η απότομη μείωση της αντίστασης  $F$  ενώ αυξάνεται μονοτονικά η παραμόρφωση ορίζεται ως αστοχία και θεωρείται ότι συντελείται όταν έχουμε μείωση περίπου του 20% της μέγιστης τιμής του αντίστοιχου μεγέθους.

Η ικανότητα πλαστικής παραμόρφωσης στοιχείου, κρίσιμης περιοχής ή σύνδεσης ορίζεται ως:

$$\delta_{u,pl} = \delta_u - \delta_y \quad 6.41$$

Ο δείκτης πλαστιμότητας παραμορφώσεων προκύπτει ως το πηλίκο

$$\mu_\delta = \frac{\delta}{\delta_y} = \frac{\theta}{\theta_y} \quad 6.42 \text{ (7.1, ΚΑΔΕΤ)}$$

Και η μέγιστη διαθέσιμη τιμή του δείκτη πλαστιμότητας διαμορφώνεται ως:

$$\mu_{\delta u} = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad 6.43$$

Σύμφωνα με το δείκτη πλαστιμότητας γίνεται η διάκριση μεταξύ πλαστικής και ψαθυρής συμπεριφοράς ενός δομικού στοιχείου, μια κρίσιμης περιοχής ή μιας σύνδεσης στοιχείων. Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ2022 το όριο αυτό συμβατικά λαμβάνεται ίσο με **1.5** και αναφέρεται στο δείκτη πλαστιμότητας ανηγμένων σχετικών μετακινήσεων (στροφή χορδής) των τοίχων  $\mu_\theta$ , ο οποίος αφορά σχετική μετάθεση άκρων στοιχείων ανηγμένη προς την απόσταση μεταξύ τους (Σχέση 6.44)

$$\mu_\delta = \mu_\theta = \frac{\delta}{\delta_y} \quad 6.44$$

Επομένως όταν  $\mu_\theta > 1.5$  η συμπεριφορά είναι πλαστική και οι έλεγχοι ασφαλείας εκφράζονται σε όρους παραμορφώσεων  $\delta$ , διαφορετικά έχουμε ψαθυρή συμπεριφορά και εκφράζονται σε όρους δυνάμεων  $F$ .

Μετά την παραμόρφωση αστοχίας  $\delta_u$  η απόκριση του στοιχείου δεν μηδενίζεται συνήθως, αλλά μειώνεται σημαντικά και αναφέρεται ως απομένουσα αντίσταση  $F_{res}$ , η οποία χρησιμοποιείται σε περίπτωση ανελαστικής απόκρισης. Επειδή είναι δύσκολο να εκτιμηθεί στην περίπτωση άοπλης τοιχοποιίας, λαμβάνεται ως:

- 50% της οριακής αντοχής σε τοίχους υπό εντός επιπέδου τέμνουσας & κατακόρυφου φορτίου και
- 30% της οριακής αντοχής σε τοίχους υπό κάμψη εκτός επιπέδου με κατακόρυφο αξονικό φορτίο, σε διαζωματικές τοιχοποιίες

- Μηδέν για συνήθεις ψαθυρές τοιχοποιίες

Σημειώνεται επίσης, εάν ο έλεγχος ασφαλείας γίνεται σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών (μετακινήσεων, στροφών κ.λπ.), οι ιδιότητες των υλικών αντιπροσωπεύονται από τις μέσες τιμές τους. Ο υπολογισμός των δυσκαμψιών και δυσμησιών γίνεται με μέσες τιμές ιδιοτήτων υλικών (χωρίς συντελεστές  $\gamma_m$ ), βλ. Κεφ. 7 και 8, καθώς και § 4.4.1.4 (ΚΑΔΕΤ, 2022).

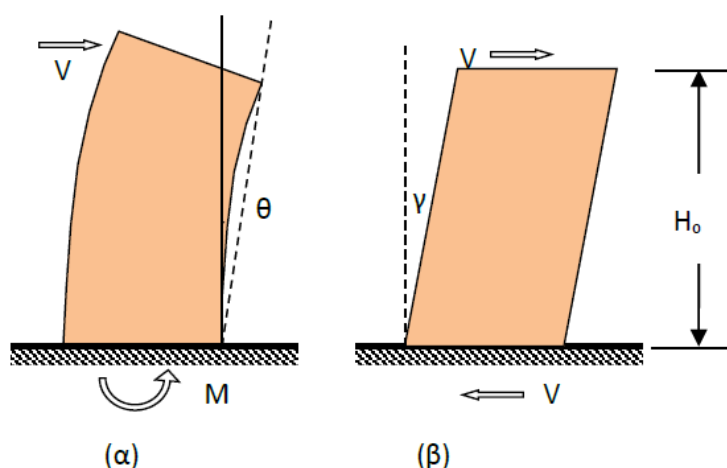
**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Κατά τον έλεγχο των τοίχων σε εντατικά μεγέθη ελέγχεται ποιο εντατικό μέγεθος είναι κρίσιμο για την αστοχία του . καθώς το κρίσιμο μέγεθος καθορίζει τα κρίσιμα όρια των παραμορφωσιακών μεγεθών.

- Όταν  $V_v \leq V_f$  κρίσιμη για την αστοχία του τοίχου είναι η τέμνουσα. Επομένως διενεργείται έλεγχος σε διάτμηση.
- Όταν  $V_v > V_f$  κρίσιμη για την αστοχία του τοίχου είναι η ροπή. Επομένως διενεργείται έλεγχος σε κάμψη.

Τονίζεται επίσης ότι οι έλεγχοι των παραμορφωσιακών μεγεθών πραγματοποιούνται σε επίπεδο τοίχου όψης και όχι ανά πεσσό, όπως κατά τον έλεγχο σε όρους δυνάμεων.

### 6.6.1.1 Έλεγχος κλίσης εντός επιπέδου

Σύμφωνα με τα παραπάνω, επιλέγονται κατάλληλα ζεύγη εντατικών μεγεθών και παραμορφώσεων αναλόγως της ανελαστικής συμπεριφοράς του στοιχείου. Για εντός επιπέδου ένταση επομένως, αν καθοριστική είναι η κάμψη, το κατάλληλο ζεύγος μεγεθών



Σχήμα 6.11 Παραμόρφωση εντός επιπέδου τοίχου (α)κάμψη-στροφή χορδής  $\theta$ , (β) Τέμνουσα-γωνιακή παραμόρφωση  $\gamma$ . (Σ 7.1, ΚΑΔΕΤ)

είναι η ροπή κάμψης  $M$  και η στροφή χορδής  $\theta$  (Σχήμα 6.11α). είναι το κατάλληλο ζεύγος



περιγραφής της συμπεριφοράς. Αν καθοριστική είναι η διάτμηση τότε η τέμνουσα δύναμη  $V$  και η (διατμητική) γωνιακή παραμόρφωση  $\gamma$  (Σχήμα 6.11β)

Κατά τον έλεγχο συγκρίνεται η αναπτυσσόμενη γωνία στροφής χορδής ( $\theta_{sd}$ ) με την ικανότητα παραμόρφωσης του τοίχου  $\theta_{Rd}=\theta_u$

Συνεπώς, ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων μπορεί να γίνει χρήση των παρακάτω τιμών για κάθε παραμόρφωση:

> Για άοπλη τοιχοποιία που ελέγχεται σε κάμψη, η ικανότητα σε όρους σχετικής μετατόπισης:

- Παραμόρφωση “οιονεί” διαρροής,  $\theta_\gamma=0.0015$ , για εντός επιπέδου κάμψη
- Παραμόρφωση αστοχίας  $\delta_u = \theta_u = d_u$  :

$$d_u = 0.008 \frac{H_0}{L} \text{ για πρωτεύοντες τοίχους} \quad 6.45 \text{ (Σ7.5α ΚΑΔΕΤ)}$$

$$d_u = 0.012 \frac{H_0}{L} \text{ για δευτερεύοντες τοίχους} \quad 6.46 \text{ (Σ7.5β ΚΑΔΕΤ)}$$

$L$ : οριζόντια εντός επιπέδου διάσταση τοίχου (μήκος)

$H_0$ : η απόσταση μεταξύ της διατομής στην οποία επιτυγχάνεται η καμπτική ικανότητα και του σημείου μηδενισμού των ροπών (βλ. Σχήμα Σ 6.1(β) και (γ)).

> Για άοπλη τοιχοποιία που ελέγχεται σε τέμνουσα:

- Παραμόρφωση “οιονεί” διαρροής,  $\theta_\gamma=0.0015$ , για εντός επιπέδου διάτμηση
- Παραμόρφωση αστοχίας  $\delta_u = \theta_u = d_u$  :

$$\theta_u = 0.004 \text{ για πρωτεύοντες τοίχους} \quad 6.47 \text{ (Σ7.6α ΚΑΔΕΤ)}$$

$$\theta_u = 0.006 \text{ για δευτερεύοντες τοίχους} \quad 6.48 \text{ (Σ7.6β ΚΑΔΕΤ)}$$

### **6.6.1.2 Έλεγχος σε Κλίση εκτός Επιπέδου**

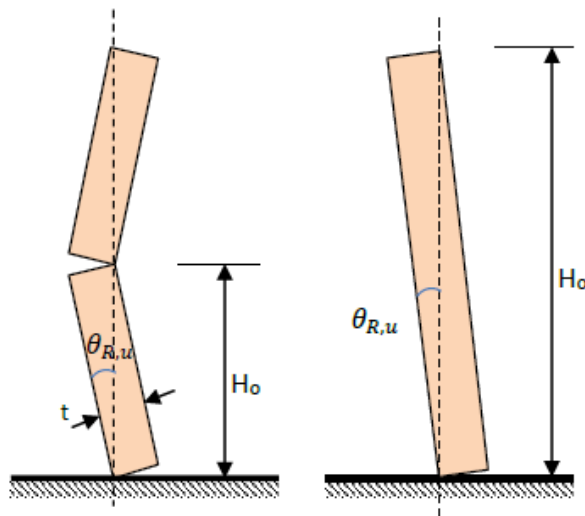
Η ικανότητα παραμόρφωσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως τρόπος δόμησης τοιχοποιίες, συνθήκες στήριξης βάσης-οροφής και ακμών τοίχου, παρουσία ανοιγμάτων, παρουσία/απουσία διαζωμάτων (ξύλινα-μεταλλικά-Ο/Σ) κ.α.

Η στροφή ανατροπής που κάμπτεται περί οριζόντιο άξονα (Σχήμα 6.12) μπορεί να υπολογιστεί ως το πηλίκο της σχέσης 6.49,

$$\theta_{R,u} = \frac{t}{H_0} \quad 6.49 \text{ (}\Sigma 7.9 \text{ ΚΑΔΕΤ)}$$

$H_0$  : η απόσταση σημείου μέγιστης μετακίνησης από την ακμή αστοχίας.

Συνεπώς, ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων μπορεί να γίνει χρήση των παρακάτω τιμών για κάθε παραμόρφωση:



Σχήμα 6.12 Κριτήρια ορισμού οριακής στροφής  $\theta_{R,u}$  (Σ7.9, (ΚΑΔΕΤ, 2022))

> Για άοπλη τοιχοποιία που ελέγχεται σε κάμψη, η ικανότητα σε όρους σχετικής μετατόπισης:

- Στροφή της “οιονεί” διαρροής,  $\theta_y=0.0020$  για εκτός επιπέδου κάμψη
- Παραμόρφωση αστοχίας  $\delta_u = \theta_u = d_u$  λαμβάνεται η μικρότερη από τις παρακάτω τιμές:

$$\theta_{u,1} = 0.003 \frac{H_0}{t} \quad 6.50 \text{ (}\Sigma 7.10\alpha \text{ ΚΑΔΕΤ)}$$

$$\theta_{u,2} = \theta_{R,u} \left(1 - \frac{F_y}{F_{Rd}}\right) \quad 6.51 \text{ (}\Sigma 7.10\beta \text{ ΚΑΔΕΤ)}$$

> Για άοπλη τοιχοποιία που ελέγχεται σε τέμνουσα:

Στην περίπτωση ύπαρξης άκαμπτων διαφραγμάτων, έτσι ώστε να είναι εφικτός ο ορισμός τέμνουσας ορόφου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω όρια για τη σχετική οριζόντια μετακίνηση ορόφου, για άοπλη φέρουσα τοιχοποιία:

- 0.7% για τοιχοποιία με συμπαγείς πλίνθους,
- 0.45% για τοιχοποιία με διάτρητους πλίνθους,
- 0.6% για τοιχοποιία από αργολιθοδομή.

Έλεγχος ανεπάρκειας  $\lambda$ , για εντός και εκτός επιπέδου παραμορφώσεις:

Ο λόγος ανεπάρκειας της κλίσης εντός επιπέδου προκύπτει σύμφωνα με το πηλίκο της κλίσης  $\theta_{sd}$ , όπως προκύπτει από την ανάλυση προς την οριακή παραμόρφωση  $\theta_u = \theta_{Rd}$ .

$$\lambda = \frac{\theta_{sd}}{\theta_u} = \frac{\theta_{sd}}{\theta_{Rd}} \quad 6.52$$

Όταν ο λόγος  $\lambda$  προκύπτει  $<1$ , τότε συνεπάγεται ΕΠΑΡΚΕΙΑ του πεσσού.

### 6.6.1.3 Υπολογισμός Ανελαστικής Μετακίνησης

Κατά τη γραμμική ελαστική ανάλυση με ενιαίο δείκτη συμπεριφοράς  $q$  υπολογίζεται ελαστική μετακίνηση  $\delta$  ( $d_{el}$ ) και χρησιμοποιούνται οι σχέσεις 7.51 και 7.52 για τον υπολογισμό της αναμενόμενης ανελαστικής μετακίνησης επομένως για  $\delta_{ed}$  ( $d_{inel}$ ).

$$\frac{d_{inel}}{d_{el}} = 1 \quad \text{Για } T \geq T_c \quad 6.53$$

$$\frac{d_{inel}}{d_{el}} = \frac{1 + (R - 1) \frac{T_c}{T}}{R} \geq 1 \quad \text{Για } T < T_c \quad 6.54$$

Όπου  $T_c$  η τιμή εκκίνησης του κατιόντος κλάδου του φάσματος

Στην περίπτωση ανελαστικής ανάλυσης ακολουθείται η διαδικασία της §9.3.1. Ενώ για επίλυση με ελαστική ανάλυση με τοπικούς δείκτες πλαστιμότητας ή συμπεριφοράς  $m$ , οι τοίχοι ελέγχονται σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφεται στην §9.3.1 (ΚΑΔΕΤ2022).

Ως οιονεί πλάστιμα στοιχεία μπορούν να θεωρηθούν μόνο οι ξυλόπηκτες τοιχοποιίες ή/και οι τοιχοποιίες με οριζόντια διαζώματα και καλή κατάσταση του κονιάματος των αρμών. Στην περίπτωση της παρούσας εργασίας οι υφιστάμενοι τοίχοι θεωρείται ότι δεν παρουσιάζουν οιονεί πλάστιμη συμπεριφορά καθώς αποτελούνται από άοπλη τοιχοποιία και ελέγχονται σε όρους δυνάμεων ή παραμορφώσεων σύμφωνα με την §7.4.1. ΚΑΔΕΤ (2022).

## 6.7 ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Οι προαναφερόμενοι έλεγχοι είναι άμεσα συσχετισμένοι με την οριζόμενη στάθμη επιτελεστικότητας, ή απλούστερα ποια είναι η επιθυμητή συμπεριφορά του κτιρίου μας σε περίπτωση σεισμικού γεγονότος.

Η επιλογή της στάθμης επιτελεστικότητας είναι μια σύνθετη υπόθεση και εκτός από τους αυστηρά τεχνικούς λόγους για την ασφάλεια του χρήστη της κατασκευής, λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή της και ευρύτερες κοινωνικό-οικονομικές ανάγκες. Με τον ΚΑΔΕΤ έχουν θεσπιστεί τρεις στάθμες επιτελεστικότητας (στοχευόμενες συμπεριφορές) και εννέα επίπεδα σεισμού σχεδιασμού (Πίνακας 6.1). Ο κάθε “στόχος” συσχετίζει τη στάθμη επιτελεστικότητας με μια σεισμική δράση και την πιθανότητα υπέρβασης της στη διάρκεια ζωής της κατασκευής (σεισμός σχεδιασμού). Οι στόχοι επανελέγχου αφορούν αποκλειστικά φέροντα στοιχεία στον ΚΑΔΕΤ. Σημειώνεται ότι οι στόχοι ανασχεδιασμού ενδέχεται να είναι υψηλότεροι από αυτούς της αποτίμησης.

Πίνακας 6.1 Στόχοι αποτίμησης/ανασχεδιασμού Φ.Ο. (Πιν.2.1, (ΚΑΔΕΤ, 2022))

$a_g / a_{g,ref}$	Στάθμη Επιτελεστικότητας Φέροντος Οργανισμού		
	A «Περιορισμένες Βλάβες»	B «Σημαντικές Βλάβες»	Γ «Οιονεί Κατάρρευση»
1.80	A0	B0	Γ0
1.30	A1 <sup>+</sup>	B1 <sup>+</sup>	Γ1 <sup>+</sup>
1.00	A1	B1	Γ1
0.75	A2 <sup>+</sup>	B2 <sup>+</sup>	Γ2 <sup>+</sup>
0.60	A2	B2	Γ2
0.45	A3 <sup>+</sup>	B3 <sup>+</sup>	Γ3 <sup>+</sup>
0.35	A3	B3	Γ3
0.25	A4 <sup>+</sup>	B4 <sup>+</sup>	Γ4 <sup>+</sup>
<0.25	A4	B4	Γ4

Όπου:

$a_{g,ref}$  : οριζόντια εδαφική επιτάχυνση αναφοράς, ορίζεται με πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 10% στα 50 χρόνια συμβατικής ζωής του έργου. Η συσχέτιση με την περίοδο επαναφοράς και την πιθανότητα υπέρβασης αυτής παρουσιάζεται στον Πίν.7.2

$a_g$  : οριζόντια εδαφική επιτάχυνση. Αναφέρεται στην αντίστοιχη πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης του Πιν. 6.1

Οι ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού είναι βάσει του Παραρτήματος 2.1 (ΚΑΔΕΤ, 2022) οι εμφανιζόμενοι στον Πίνακα 6.2. Η Δημόσια αρχή ή με

Υπ. Απόφαση μπορούν να ορίσουν διαφορετικούς στόχους και ταυτόχρονα να ορίσουν και τα κριτήρια ελέγχου ικανοποίησης των στόχων αυτών.

Πίνακας 6.2 Ενδεικτική συσχέτιση περιόδου επαναφοράς & πιθανότητας υπέρβασης της σεισμικής δράσης με την αντίστοιχη ανηγμένη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση. (Πιν.Σ2.1, (ΚΑΔΕΤ, 2022))

Περίοδος Επαναφοράς (έτη)	Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	$a_g / a_{g,ref}$
2475	2%	1.80
975	5%	1.30
475	10%	1.00
225	20%	0.75
135	30%	0.60
70	50%	0.45
40	70%	0.35
20	90%	0.25
<20	>90%	<0.25

Στον Πιν. 2.1 παρουσιάζεται η συσχέτιση της πιθανότητας υπέρβασης σεισμικής δράσης σχεδιασμού με την περίοδο επαναφοράς και η αντίστοιχη αποδεκτή ανηγμένη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση ( $a_g / a_{g,ref}$ ) σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ (2022).

Έχοντας ως επίπεδο αναφοράς την πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 10% στα 50 χρόνια συμβατικής ζωής του έργο, στάθμη επιτελεστικότητας B1, Η σεισμική επιτάχυνση σχεδιασμού  $a_g$  ταυτίζεται με την  $a_{g,ref}$ . Συνεπώς στην περίπτωση του κτιρίου μας  $a_g = a_{g,ref} = 0.36g$ .

Όταν επιλέγεται μικρότερη πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης, δηλαδή κινηθούμε στον Πίνακα 6.1 στα επίπεδα των στάθμεων επιτελεστικότητας 0 και 1+ (A0-B0-Γ0 & A1+, B1+, Γ1+), τότε η σεισμική επιτάχυνση διαμορφώνεται μεγαλύτερη από την επιτάχυνση αναφοράς, δηλαδή  $a_g > a_{g,ref} = 0.36g$

Για να γίνει πιο κατανοητή η επιλογή στάθμης επιτελεστικότητας, παρουσιάζεται ο υπολογισμός της επιτάχυνσης σχεδιασμού για δεδομένη στάθμη επιτελεστικότητας, ο οποίος μπορεί να γίνει και μέσω της σχέσης 6.55

$$\frac{a_g}{a_{g,ref}} = \gamma_I \left( \frac{T_R}{T_{LR}} \right)^{1/k} = \gamma_I \left( \frac{T_R}{T_{NC,R}} \right)^{1/k} \quad 6.55$$

Όπου

$T_{NC,R}$  : η περίοδος επαναφοράς για τη στάθμη επιτελεστικότητας οιονεί κατάρρευσης ή διαφορετικά για πιθανότητα υπέρβασης  $P_{NCR}=10\%$  σε συμβατικό χρόνο ζωής 50 ετών, επομένως εφαρμόζοντας τη σχέση 6.54 προκύπτει  $T_{NC,R}=475$  έτη, το οποίο επιβεβαιώνεται και στον πίν.6.1

Η τιμή αναφοράς της περιόδου επαναφοράς  $T_{LR}$  που υπεισέρχεται στην σχέση 6.56

$$T_{LR} = - \frac{T_L}{\ln(1 - P_R)} \quad 6.56 \text{ (EC8-1}\$2.1(1))$$

$T_L$  : συμβατικός χρόνος ζωής. Στον πίν.6.2 (Πιν.Σ2.1, ΚΑΔΕΤ2022) παρουσιάζεται η συσχέτιση για συμβατικό χρόνο ζωής 50 ετών, που είναι ο συνηθισμένος στους σύγχρονους κανονισμούς (ΕΑΚ, EC8, ΚΑΝ.ΕΠΕ, ΚΑΔΕΤ2022)

$P_R$ : η πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής

Πρακτικά η επιλογή μεγαλύτερης πιθανότητας υπέρβασης σεισμικής δράσης, οδηγεί σε μικρότερες περιόδους επαναφοράς, επομένως ο μελετητής αποδέχεται την εμφάνιση εκτεταμένων και πιο σοβαρών βλαβών. Ενώ η μειωμένη πιθανότητα υπέρβασης οδηγεί σε περιορισμένες και ελαφρύτερες βλάβες.

Αναλόγως της σπουδαιότητας του κτιρίου τίθενται από τον ΚΑΔΕΤ2022 και οι ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού (Πίν.6.3). Επίσης ορίζονται και οι μέγιστοι στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού των κτιρίων, που μπορεί να εξασφαλίσει ένα κτίριο, σε όρους στάθμεων επιτελεστικότητας. Ο μέγιστος στόχος ονομάζεται σεισμική κλάση κτιρίου. Στον πίνακα 6.4 παρουσιάζονται οι ελάχιστες βασικές σεισμικές κλάσεις.

Πίνακας 6.3 Ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού υφισταμένων κτιρίων (Πιν. ΠΑ.2.1, ΚΑΔΕΤ)

Κατηγορία Σπουδαιότητας	Στόχοι
I	Γ2
II	Γ1
III	B1
IV	B1 και A2 (Ικανοποίηση και των δύο στόχων)

Σε κάθε περίπτωση να θεωρηθεί ότι ισχύει  $A1>A2$ ,  $B1>B2$ ,  $\Gamma1>\Gamma2$ ,  $A1>B1>\Gamma1$  και  $A2>B2>\Gamma2$

Πίνακας 6.4 Ελάχιστες βασικές σεισμικές κλάσεις υφισταμένων κτιρίων σπουδαιότητας I και II (Πίν. ΠΑ.2.2 ΚΑΔΕΤ 2022).

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	Ελάχιστη Βασική Σεισμική Κλάση Κτιρίου
...≤1985	B3
1985<...≤1995	B3*
1995<...	B2*

Η κατηγοριοποίηση σπουδαιότητας των κτιρίων πραγματοποιείται αναλόγως της χρήσης του κτιρίου και της σημαντικότητας διατήρησης της λειτουργικότητας του κατά τη διάρκεια και αμέσως μετά της εμφάνισης του σεισμικού γεγονότος (Πίνακας 6.5)

Πίνακας 6.5 Κατηγορίες σπουδαιότητας κτιρίων βάσει χρήσης (Πιν. ΠΑ2.3, ΚΑΔΕΤ2022)

Κατ. Σπουδ.	Κτίρια
I	<b>Κτίρια μικρής σπουδαιότητας ως προς την ασφάλεια του κοινού, όπως:</b> αγροτικά οικήματα και αγροτικές αποθήκες, υπόστεγα, στάβλοι, βουστάσια, χοιροστάσια, ορνιθοτροφεία, κ.λπ.
II	<b>Συνήθη κτίρια, όπως:</b> κατοικίες και γραφεία, βιομηχανικά - βιοτεχνικά κτίρια, ξενοδοχεία (τα οποία δεν περιλαμβάνουν χώρους συνεδρίων), ξενώνες, οικοτροφεία, χώροι εκθέσεων, χώροι εστίασεως και ψυχαγωγίας (ζαχαροπλαστεία, καφεενεία, μπόουλινγκ, μπιλιάρδου, ηλεκτρονικών παιχνιδιών, εστιατόρια, μπαρ, κλπ), τράπεζες, ιατρεία, αγορές, υπεραγορές, εμπορικά κέντρα, καταστήματα, φαρμακεία, κουρέια, κομμωτήρια, ινστιτούτα γυμναστικής, βιβλιοθήκες, εργοστάσια, συνεργεία συντήρησης και επισκευής αυτοκινήτων, βαφεία, ξυλουργεία, εργαστήρια ερευνών, παρασκευαστήρια τροφίμων, καθαριστήρια, κέντρα μηχανογράφησης, αποθήκες, κτίρια στάθμευσης αυτοκινήτων, πρατήρια υγρών καυσίμων, ανεμογεννήτριες, γραφεία δημοσίων υπηρεσιών και τοπικής αυτοδιοίκησης που δεν εμπίπτουν στην κατηγορία IV, κλπ.
III	<b>Κτίρια τα οποία στεγάζουν εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης οικονομικής σημασίας,</b> καθώς και κτίρια δημοσίων συναθροίσεων και γενικώς κτίρια στα οποία ευρίσκονται πολλοί άνθρωποι κατά μεγάλο μέρος του 24ώρου, όπως: αίθουσες αεροδρομίων, χώροι συνεδρίων, κτίρια που στεγάζουν υπολογιστικά κέντρα, ειδικές βιομηχανίες, εκπαιδευτικά κτίρια, αίθουσες διδασκαλίας, φροντιστήρια, νηπιαγωγεία, χώροι συναυλιών, αίθουσες δικαστηρίων, ναοί, χώροι αθλητικών συγκεντρώσεων, θέατρα, κινηματογράφοι, κέντρα διασκέδασης, αίθουσες αναμονής επιβατών, ψυχιατρεία, ιδρύματα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ιδρύματα χρονίως πασχόντων, οίκοι ευγηρίας, βρεφοκομεία, βρεφικοί σταθμοί, παιδικοί σταθμοί, παιδότοποι, αναμορφωτήρια, φυλακές, εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού και αποβλήτων, κλπ.
IV	<b>Κτίρια των οποίων η λειτουργία, τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και μετά τους σεισμούς, είναι ζωτικής σημασίας, όπως:</b> κτίρια τηλεπικοινωνίας, παραγωγής ενέργειας, νοσοκομεία, κλινικές, αγροτικά ιατρεία, υγειονομικοί σταθμοί, κέντρα υγείας, διυλιστήρια, σταθμοί παραγωγής ενέργειας, πυροσβεστικοί και αστυνομικοί σταθμοί, κτίρια δημοσίων επιτελικών υπηρεσιών για την αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών από σεισμό. Κτίρια που στεγάζουν έργα μοναδικής καλλιτεχνικής αξίας, όπως: μουσεία, αποθήκες μουσείων, κλπ.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για **νέα δομήματα προβλέπεται στόχος σχεδιασμού B1** κατά τον Πιν.6.1. Στην περίπτωση της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης λόγω χρήσης βιβλιοθήκης στο ισόγειο και μουσείου στον πρώτο όροφο, επιλέγεται κατηγορία σπουδαιότητας III. Σύμφωνα με τον Πίν.6.3, ο ελάχιστος στόχος αποτίμησης, και ανασχεδιασμού για την Ιακωβάτειο Βιβλιοθήκη Ληξουρίου, είναι η στάθμη επιτελεστικότητας B1.

Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ (2022) για κάθε υφιστάμενο κτίριο κατηγορίας σπουδαιότητας III και IV, είναι αποδεκτή οποιαδήποτε δομητική επέμβαση σεισμικής αναβάθμισης του κτιρίου η οποία διασφαλίζει τους ελάχιστους ανεκτούς στόχους σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στον Πίν. 6.2

### 6.7.1 Έλεγχοι Αναλόγως Στάθμης Επιτελεστικότητας

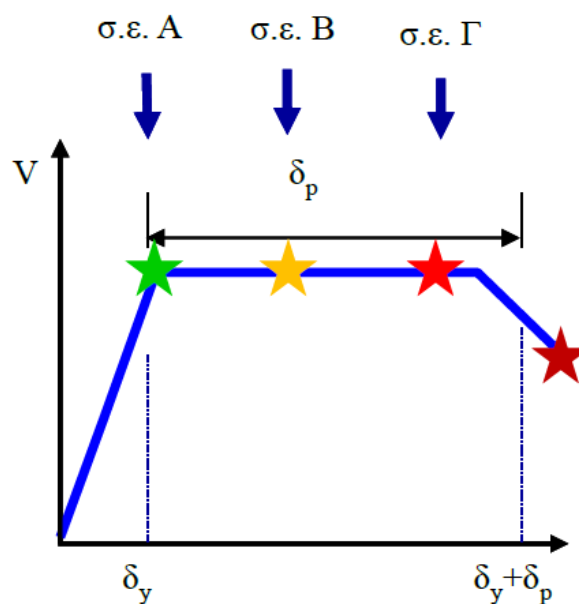
Κατά την αποτίμηση και ανασχεδιασμό ισχύουν δύο κριτήρια για τον έλεγχο της ανίσωσης ασφαλείας (Σχέση 6.1), ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο ανάλυσης και τον αναμενόμενο τρόπο αστοχίας, δηλαδή πλάστιμο ή ψαθυρό. Επομένως οι τρεις στάθμες επιτελεστικότητας (Σχήμα 6.13),

A= Οριακή Κατάσταση Περιορισμού Βλαβών (DL= Damage Limitation)

B= Οριακή Κατάσταση Σημαντικών Βλαβών (SD= Significant Damage)

Γ= Οριακή Κατάσταση Οιονεί Κατάρρευσης (NC= Near Collapse)

έχουν διαφορετικά κριτήρια συμμόρφωσης, όσον αφορά τα εντατικά και τα παραμορφωσιακά μεγέθη.



Σχήμα 6.13 Στάθμες επιτελεστικότητας (Σ9.1, ΚΑΔΕΤ)

#### Στάθμη Επιτελεστικότητας A

Ο στόχος της είναι όπως φαίνεται και από τον τίτλο της ο περιορισμός των βλαβών, δηλαδή αναμένεται μια οιονεί ελαστική συμπεριφορά όλων των στοιχείων φέροντα και



δευτερεύοντα. Το κτίριο έχει υποστεί μόνο ελαφριές βλάβες, δηλαδή τριχοειδείς ρωγμές, σε φέροντες τοίχους και ίσως ευρύτερες σε υπέρθυρους δίσκους, ενώ διάσπαρτη ρηγμάτωση μπορούν να παρουσιάσουν οι μη φέροντες τοίχοι. Επομένως  $q \approx m \approx 1$ .

Πρωτεύοντα και δευτερεύοντα στοιχεία ελέγχονται σε όρους δυνάμεων και πρέπει να ικανοποιείται η ανίσωση ασφαλείας της σχέσης 6.55

$$S_d < R_d \quad 6.57$$

$S_d$  : τιμή εντατικού μεγέθους ελαστικής ανάλυσης, με  $\gamma_{Ed}$  (§ 4.5.1, ΚΑΔΕΤ2022)

$\gamma_{Ed} = 1$ , όταν οι σεισμικές δράσεις παραλαμβάνονται σε ποσοστό  $\geq 78\%$ , από νέους, ικανούς και επαρκείς φορείς, γενικά ισχύει και ο Πίν.6.6

Πίνακας 6.6 Τιμές συντελεστή  $\gamma_{Ed}$  (Πιν.Σ4.1, ΚΑΔΕΤ2022)

Έντονες και εκτεταμένες βλάβες ή / και επεμβάσεις	Ελαφρές και τοπικές βλάβες ή / και επεμβάσεις	Χωρίς βλάβες και χωρίς επεμβάσεις
$\gamma_{Ed} = 1,10$	$\gamma_{Ed} = 1,05$	$\gamma_{Ed} = 1,00$

$R_d$ : τιμή σχεδιασμού αντίστασης σε όρους εντατικών μεγεθών, με συντελεστές ασφαλείας υλικού  $\gamma_m$  και με οιονεί χαρακτηριστικές τιμές ιδιοτήτων των υλικών, σύμφωνα με §5.4 (§4.5.3, ΚΑΔΕΤ, 2022).

Ο έλεγχος περιλαμβάνει όλα τα εντατικά μεγέθη, εκτός και εντός επιπέδου, που παρουσιάστηκαν στην §6.5 Έλεγχοι με Όρους Εντατικών Μεγεθών

Σε ελαστική ανάλυση, η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας γίνεται σε όρους τέμνουσας βάσης που προκύπτει από το σεισμικό συνδυασμό σε κάθε κύρια διεύθυνση (Σχέση 6.56)

$$V_{Ed} = C_m S_e(T) W / g \quad 6.58$$

όπου:

W: συνολικό βάρος κτιρίου για σεισμικό συνδυασμό.

$S_e(T)$ : η φασματική επιτάχυνση της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου T

g: επιτάχυνση βαρύτητας

$C_m$ : Συντελεστής δρώσας μάζας, 1.0 για 1-2 ορόφους & 0.8 για ορόφους  $\geq 3$  .

Η ικανότητα ελέγχεται στην αντίστοιχη στάθμη του κτιρίου, κατά την διεύθυνση της σεισμικής δράσης ως εξής:

α) Ευπαραμόρφωτα διαφράγματα: σε μία οριζόντια διεύθυνση για κάθε μεμονωμένο δομικό στοιχείο.

β) Δυσπαραμόρφωτα διαφράγματα: η ικανότητα της κατασκευής να λαμβάνεται ίση με το άθροισμα των τεμνουσών αντοχής των μεμονωμένων τοίχων.

Η τέμνουσα αντοχής κάθε μεμονωμένου τοίχου στην οριζόντια διεύθυνση της σεισμικής δράσης υπολογίζεται ,όταν ελέγχεται από την κάμψη από τη σχέση 6.14 ή από τη διάτμηση σύμφωνα με τη σχέση 6.15.

Εφόσον πραγματοποιηθεί και έλεγχος παραμορφώσεων, αυτές θα πρέπει να παραμένουν στον ελαστικό κλάδο (ανερχόμενο κλάδο) του διαγράμματος συμπεριφοράς, δηλαδή οιονεί ελαστικές. Συνεπώς  $\theta \leq \theta_y$

### Στάθμη Επιτελεστικότητας Β

Το κτίριο εμφανίζει σημαντικές βλάβες (καμπτικές ή διατμητικές ρωγμές τοίχος και υπερθύρων, χωρίς εμφάνιση αποδιοργάνωσης – εκτεταμένες αποκολλήσεις επιχρισμάτων και περιορισμένες ολισθήσεις οριζόντιων και κατακόρυφων στοιχείων του Φ.Ο.), χωρίς τοπικές καταρρεύσεις. Υπάρχει διαθέσιμη φέρουσα ικανότητα και δυσκαμψία. Σημειώνονται μέτριες μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων. Ο Φ.Ο. μπορεί να ανταπεξέλθει σε σεισμούς μέτριας έντασης.

Συνεπώς οι έλεγχοι πραγματοποιούνται και σε όρους παραμορφώσεων. Ως όριο που τίθεται βάσει §9.2.2, (ΚΑΔΕΤ, 2022) ώστε να εξασφαλιστεί η ικανότητα του τοίχου σε σχετική μετατόπιση λαμβάνεται η διαθέσιμη παραμόρφωση αστοχίας ( $\theta_u = \theta_{Rd}$ )

$$\delta_{Ed} = \theta_{Sd} \leq \delta_u = \theta_u = \theta_{Rd} \quad 6.59$$

Οι παραμορφώσεις υπολογίζονται για οιονεί πλάστιμα στοιχεία από τις προηγούμενες εξισώσεις της §6.3.6:

➤ Για τοίχους που ελέγχονται σε κάμψη σύμφωνα με τη σχέση 6.43, για δράση εντός επιπέδου και τη σχέση 6.48, για δράση εκτός επιπέδου.

➤ Ενώ για τοίχους που ελέγχονται σε διάτμηση, σύμφωνα με τις σχέσεις 6.48, 6.49 για δράση εντός επιπέδου και τα ισχύοντα, μόνο σε περίπτωση ύπαρξης άκαμπτων διαφραγμάτων, για δράση εκτός επιπέδου: 0.7% για τοιχοποιία με συμπαγείς πλίνθους, 0.45% για τοιχοποιία με διάτρητους πλίνθους και 0.6% για τοιχοποιία από αργολιθοδομή.

### Στάθμη Επιτελεστικότητας Γ

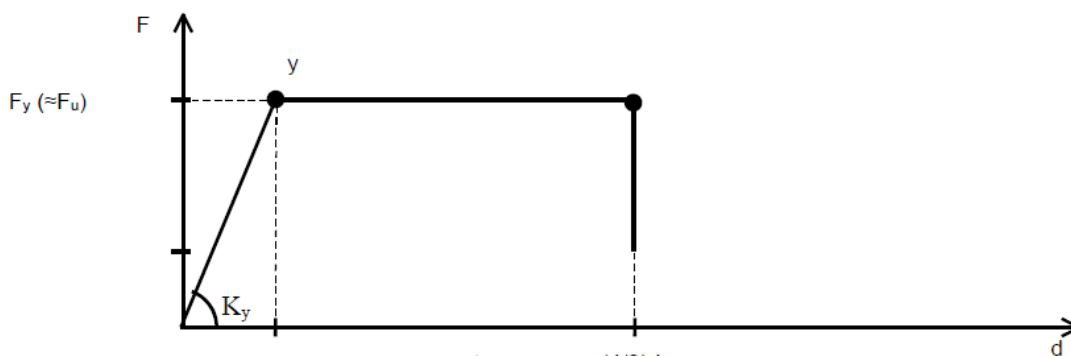
Το κτίριο εμφανίζει βαριές βλάβες (σοβαρές & εκτεταμένες ρωγμές, τοπική εμφάνιση αποδιοργάνωση ή κατάπτωση τμημάτων τοίχων & υπερθύρων, αποχωρισμός όψεων & καταρρεύσεις τρίστρωτων τοιχοποιιών, αποκολλήσεις συνδέσεων τοίχων, σοβαρές ολισθήσεις οριζοντίων και καθέτων δομικών στοιχείων Φ.Ο. χωρίς εκτεταμένες καταρρεύσεις δαπέδων ή στεγών, πτώσεις προσαρτημάτων), οι περισσότερες μη επισκευάσιμες, δηλαδή απαιτείται ενίσχυση και όχι απλώς επισκευή τους ή αντικατάσταση. Παρουσιάζεται χαμηλή φέρουσα ικανότητα και μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων. Δεν διατίθεται οποιοδήποτε περιθώριο ασφαλείας για μελλοντικό σεισμό.

Συνεπώς οι έλεγχοι πραγματοποιούνται και εδώ και σε όρους παραμορφώσεων. Το όριο που τίθεται βάσει §9.2.2, (ΚΑΔΕΤ, 2022) ώστε να εξασφαλιστεί η ικανότητα του τοίχου σε σχετική μετατόπιση λαμβάνεται ως 4/3 της διαθέσιμης παραμόρφωσης αστοχίας:

$$\delta_{Ed} = \theta_{Sd} \leq 4/3 \delta_u = 4/3 \theta_u = 4/3 \theta_{Rd} \tag{6.60}$$

Τα κριτήρια ελέγχου των δύο στάθμεων επιτελεστικότητας Β και Γ, ισχύουν και για τα πρωτεύοντα και τα δευτερεύοντα στοιχεία, αν υφίστανται.

Η λογική όλων των ελέγχων ασφαλείας βάσει στάθμης επιτελεστικότητας (Α έως και Γ) και του ελέγχου σε όρους δυνάμεων (μέσω του q ή των m) ή παραμορφώσεων (μέσω της παραμόρφωσης σχεδιασμού,  $d_d \approx \gamma_d$ ) μπορεί να συνοψιστεί στον παρακάτω Σχήμα 6.14.



Στάθμη επιτελεστικότητας	A	B	Γ	
Ενιαίος δείκτης q	$q_A \cong 0,6 \cdot q_B$ ( $\cong 1,0 \div 1,5$ )	$q_B$	$q_\Gamma \cong 1,4 \cdot q_B$	
Παραμόρφωση σχεδιασμού, $d_d$ (ή $\gamma_d$ )	$d_y$	$d_u / \gamma_{Rd}$	$(4/3) d_u / \gamma_{Rd}$	για τα πρωτεύοντα φ.σ. (1)
	$d_y$	$d_u / \gamma_{Rd}$	$(4/3) d_u / \gamma_{Rd}$	για τα δευτερεύοντα φ.σ. (2)

Σχήμα 6.14 Διάγραμμα Συμπεριφοράς (επιμέρους δομικών στοιχείων, ή δομήματος ή συνόλου)

### Επιρροή των Σ.Ε. στο συντελεστή συμπεριφοράς $q$

Τονίζεται ότι ο καθολικός δείκτης συμπεριφοράς, όταν επιτρέπεται η χρήση του για το σύνολο του κτιρίου, τροποποιείται κατάλληλα σύμφωνα με το 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο (ΚΑΔΕΤ, 2022) αναλόγως της επιλογής συγκεκριμένου στόχου αποτίμησης ή ανασχεδιασμού του Φ.Ο.

Αναλόγως της Σ.Ε. διαφοροποιείται και ο συντελεστής συμπεριφοράς  $q^*$ , όπως εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα 6.7, με τιμή αναφοράς  $q'$ , που ισχύει στα Σ.Ε. Β (Σημαντικές Βλάβες)

Πίνακας 6.7 Τιμές λόγου  $q^*/q'$  αναλόγως του στόχου επανελέγχου (Π4.1, ΚΑΔΕΤ)

Στάθμη επιτελεστικότητας		
Περιορισμένες βλάβες (Α)	Σημαντικές βλάβες (Β)	Οιονεί κατάρρευση (Γ)
0,6 πάντως δε $1,0 < q^* < 1,2$	1,0	1,4

Κατά την διαδικασία αποτίμησης του κτιρίου η τιμή  $q'$  λαμβάνει υπόψη την περίοδο κατασκευής του κτιρίου, την ύπαρξη βλαβών σε πρωτεύοντα στοιχεία, την κανονικότητα κατ' όροφο, τον τρόπο αστοχία των στοιχείων, τη διαθέσιμη πλαστιμότητα των κρίσιμων περιοχών και τους επικουρικούς αντισεισμικούς μηχανισμούς (διαζώματα, διαφράγματα κλπ (Πίνακας 6.8)

Πίνακας 6.8 Τιμές δείκτη συμπεριφοράς  $q'$  για την στάθμη επιτελεστικότητας Β (σημαντικές βλάβες) (ΠΣ4.3 ΚΑΔΕΤ)

ΤΟΙΧΟΔΟΜΕΣ	ΟΥΣΙΩΔΕΙΣ ΒΛΑΒΕΣ (ΚΑΙ ΦΘΟΡΕΣ) ΣΕ ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
	ΝΑΙ	ΟΧΙ
ΑΟΠΛΕΣ	1,20	1,50
ΔΙΑΖΩΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΑΖΩΜΑΤΑ ΜΟΝΟΝ	1,50	2,00
ΔΙΑΖΩΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΔΙΑΖΩΜΑΤΑ	2,00	2,50

Κατά τη διαδικασία ανασχεδιασμού και αν πρόκειται για νέες ισχυρές διατάξεις ή αναβάθμιση των υφισταμένων (εξασφάλιση επάρκειας σύνδεσης και θεμελίωσης) μπορούν να χρησιμοποιούν οι τιμές  $q$  σύγχρονων κανονισμών.

Η επάρκεια του “νέου” σκελετού, ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων εξασφαλίζεται σε περίπτωση:

Α. Ύπαρξης τουλάχιστον δύο μη συνεπίπεδων και σταθερών καθ' ύψος νέων στοιχείων προς τις δύο κάθετες κύριες διευθύνσεις, κατ' αναλογία του μεγέθους, της γεωμετρίας και κανονικότητας του κτιρίου

Β. Λόγου  $V_R/V_E \geq 0,75$  του συνόλου των νέων στοιχείων σε κάθε όροφο και κατεύθυνση, με  $V_R$ : τέμνουσα αντίστασης νέων στοιχείων και  $V_E$ : δρώσα τέμνουσα. Αν  $0.60 \leq V_R/V_E \leq 0.75$  τότε  $q' = 4/5q$ .

Γ. Επιβεβαίωσης μέσω ελέγχου της σύνδεσης των νέων με τα υφιστάμενα, των νέων θεμελιώσεων και επιβεβαίωση της οιονεί ελαστικής συμπεριφοράς τους για το σεισμό σχεδιασμού. Θεωρείται ότι ικανοποιείται ο έλεγχος και των δύο, όταν ο σχεδιασμός γίνεται με επαύξηση των εντατικών μεγεθών για  $\gamma_{Ed} = 1.35$ .

Κατά τις ήπιες οι εκτεταμένες επεμβάσεις είναι εφικτή η λήψη των τιμών ανασχεδιασμού  $q'$  για στοιχεία χωρίς ουσιώδεις βλάβες.

## Κεφάλαιο 7

### ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ - ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ

#### 7.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο κεφάλαιο παρουσιάζονται σε γενικές γραμμές οι αρχές που διέπουν την επιλογή των επεμβάσεων, γίνεται ο διαχωρισμός στις επεμβάσεις τεχνικού και στρατηγικού χαρακτήρα. Παρατίθεται οι διάφοροι μέθοδοι επισκευών και ενισχύσεων κατά τον ΚΑΔΕΤ. Ενώ για την περίπτωση των ενισχύσεων δίδονται και οι εκτιμήσεις υπολογιστικά των βελτιωμένων μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών, για τις μεθόδους που μπορούν να εφαρμοστούν στο υπόψη κτίριο, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς λόγω της κήρυξης του κτιρίου της διπλωματικής ως μνημείο.

#### 7.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Όπως και στα νέα κτίρια, βασική αρχή των επεμβάσεων είναι να επιτευχθεί μια ισορροπία και ένας συγκερασμός μεταξύ βέλτιστης απόδοσης και κόστους.

Τις κατευθυντήριες οδηγίες για τις επιλογές στις επεμβάσεις δίνουν τα συμπεράσματα της αποτίμησης του δομήματος και από την εικόνα των βλαβών που αυτό παρουσιάζει, αν παρουσιάζει. Στόχος είναι πάντα η ικανοποίηση των απαιτήσεων των Κανονισμών που εκφράζονται μέσω των επιλεγόμενων Στάθμεων Επιτελεστικότητας. Οι στόχοι τίθενται με συνεργασία μελετητή ή/και αρμόδιων υπηρεσιών και του κυρίου του έργου. Στις τελικές αποφάσεις λαμβάνεται υπόψη ένα πλήθος παραμέτρων, όπως η αποτελεσματικότητα των επεμβάσεων, το κόστος, τα διαθέσιμα μέσα, η ταχύτητα που πρέπει να πραγματοποιηθεί μια επέμβαση κ.α. Προφανώς σε περιπτώσεις δομημάτων με μνημειακή αξία γίνεται διαφορετική ιεράρχηση των παραμέτρων και η επιλογή των επεμβάσεων περιορίζεται αναλόγως των επιτρεπόμενων λύσεων από τη Δημόσια Αρχή.

Σε γενικές γραμμές κριτήρια θεωρούνται ενδεικτικώς τα ακόλουθα:

- Το κόστος, αρχικό και μελλοντικό (συντήρηση, φθορές, βλάβες) πάντα σε σχέση με τη σπουδαιότητα και την ηλικία του υπό μελέτη δομήματος.
- Η ποιότητα εργασίας (μέτρα επέμβασης συμβατά με διαθέσιμα τεχνικά μέσα και καταλληλόλητα του προσωπικού εφαρμογής).
- Η δυνατότητα εφαρμογής του κατάλληλου ποιοτικού ελέγχου.
- Η χρήση του κτιρίου.
- Η αισθητική (αφανείς ή διακριτές σκοπίμως επεμβάσεις)
- Η διατήρηση της αρχιτεκτονικής ταυτότητας και ακεραιότητας των ιστορικών κτιρίων ή μνημείων και η συνεκτίμηση του βαθμού αναστρεψιμότητας και της εν χρόνω ανθεκτικότητας των επεμβάσεων.
- Η διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών.

Οι ελάχιστοι στόχοι του ανασχεδιασμού σε κάθε περίπτωση είναι:

- Η αποκατάσταση σοβαρών σφαλμάτων.
- Η αποκατάσταση βλαβών και φθορών σε πρωτεύοντα στοιχεία
- Η βελτίωση της κανονικότητας σε κάτοψη και καθ' ύψος. Τόσο από άποψη κατανομής δυσκαμψίας και μάζας όσο και κυρίως από την άποψη της κατανομής της υπεραντοχής.
- Να ικανοποιούνται όλες οι απαιτήσεις σε εντατικά και παραμορφωσιακά μεγέθη από τα δομικά στοιχεία.
- Ανθεκτικότητα νέων και αρχικών στοιχείων λαμβάνοντας υπόψη και το ενδεχόμενο επιτάχυνσης της φθοράς σε ιδιαίτερες περιπτώσεις.

Έχοντας υπόψη τα προηγούμενα κριτήρια και τα αποτελέσματα της αποτίμησης του δομήματος, επιλέγονται κατά περίπτωση οι κατάλληλοι τύποι επέμβασης σε επιμέρους δομικά στοιχεία ή στο σύνολο του κτιρίου και του μη-φέροντος οργανισμού (αν απαιτείται), λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη και τις επιπτώσεις των επεμβάσεων στις θεμελιώσεις. Προκειμένου να επιτευχθεί μείωση της σεισμικής διακινδύνευσης, μπορούν να υιοθετηθούν στρατηγικές τόσο τεχνικού όσο και διαχειριστικού χαρακτήρα ή/και συνδυασμός τους. Αρμόδιος και υπεύθυνος για την επιλογή των κατά περίπτωση στρατηγικών είναι ο κύριος του έργου, μετά από διατύπωση γνώμης του μελετητή.

Ενδεικτικώς αναφέρονται εδώ ορισμένες στρατηγικές τεχνικού και διαχειριστικού χαρακτήρα:

#### **Στρατηγικές διαχειριστικού χαρακτήρα**

- Περιορισμός ή αλλαγή της χρήσης του κτιρίου
- Καθαίρεση τμημάτων δομήματος (π.χ. ορόφων)

- Μονολιθική μεταφορά δομήματος σε άλλη θέση
- Απόφαση για “καμία επέμβαση”. Γίνεται αποδεκτή και μια μείωση της απομένουσας τεχνικής διάρκειας ζωής του δομήματος, υπό τον όρο ότι θα κατεδαφιστεί με τη λήξη της.

#### **Στρατηγικές τεχνικού χαρακτήρα (Σχόλια §2.4.2.2, ΚΑΔΕΤ2022)**

- Μείωση μαζών ή/και φορτίων (ενδεχόμενη ευεργετική αλλαγή της ιδιοπεριόδου
- Αύξηση της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου (επιλεκτική ή συνολική ενίσχυση δομικών στοιχείων ή προσθήκη νέων) για την παραλαβή των σεισμικών δράσεων)
- Αύξηση της δυσκαμψίας του κτιρίου
- Αύξηση της ικανότητας μετελαστικής παραμόρφωσης των μελών (μέσω περιίδεσης, όπλισης, προσθήκης οριζόντιων και κατακόρυφων διαζωμάτων κ.λπ.)
- Διόρθωση κρίσιμων ανεπαρκειών και μη-κανονικοτήτων
- Μείωση των σεισμικών απαιτήσεων

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στον σχεδιασμό της θεμελίωσης λόγω της αύξησης της μάζας του δομήματος καθώς και των σεισμικών φορτίων, αλλά και στην αναίρεση κρίσιμων ανεπαρκειών: Συνίσταται στην άρση εκείνων των χαρακτηριστικών που συνεπάγονται δυσμενή αντισεισμική συμπεριφορά. Ενδεικτικά αναφέρονται:

- Η τροποποίηση του δομητικού συστήματος (κατάργηση/δημιουργία νέων αρμών, αντικατάσταση/αφαίρεση/υποκατάσταση ευαίσθητων δομικών στοιχείων, τροποποίηση προς μια πιο κανονική και πιο πλαστική μορφή)
- Η ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας πατωμάτων και στεγών και η εξασφάλιση της σύνδεσής τους με τα κατακόρυφα στοιχεία
- Η εξασφάλιση της συνεργασίας, μέσω ειδικών συνδέσμων, της συνεργασίας μεταξύ των δομικών στοιχείων της τοιχοποιίας και υφισταμένων ή νέων στοιχείων ενίσχυσης
- Η ενίσχυση ανεπαρκών συνδέσεων μεταξύ τοίχων ή μεταξύ τοίχων και πατωμάτων.
- Η αντικατάσταση ανεπαρκών μελών ή μελών που εμφανίζουν εκτεταμένες βλάβες
- Η τροποποίηση της εντατικής κατάστασης (π.χ. μέσω εξωτερικής προέντασης)
- Ενίσχυση υφιστάμενων μη-φερόντων στοιχείων μετατρέποντας τα σε φέροντα.

Σε περίπτωση επικίνδυνων για τη ζωή των χρηστών του κτιρίου μη φερόντων στοιχείου, λαμβάνονται μέτρα για επισκευή ή ενίσχυση των στοιχείων αυτών, των οποίων η επιρροή θα λαμβάνεται υπόψη στον υπόλοιπο φέροντα οργανισμό. Στις περιπτώσεις αυτές, η μερική ή ολική κατάρρευση αυτών των μελών πρέπει να αποφεύγεται με:

- Κατάλληλες συνδέσεις με τα φέροντα στοιχεία ή τη λήψη μέτρων στήριξης για την πρόληψη πιθανής πτώσης τμημάτων αυτών των στοιχείων.
- Τη βελτίωση χαρακτηριστικών της φέρουσας ικανότητας των μη-φερόντων στοιχείων



Σε όλες τις περιπτώσεις επεμβάσεων τεχνικού χαρακτήρα, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι συνέπειες στην τοπική και της συνολική ικανότητα του κτιρίου για κατανάλωση σεισμικής ενέργειας, καθώς η αύξηση της φέρουσας ικανότητας μπορεί να συνοδεύεται από μείωση της πλαστιμότητας, εάν δεν λαμβάνονται ειδικά μέτρα.

Πιο συγκεκριμένα περιγράφονται οι επεμβάσεις στο Κεφάλαιο 8 του ΚΑΔΕΤ 2022. Ενώ αρχικώς τονίζεται η σπουδαιότητα της προκαταρκτικής προσομοίωσης και αριθμητικής ανάλυσης του κτιρίου, κατά την οποία εντοπίζονται από τον μελετητή οι προβληματικές περιοχές του δομήματος, το είδος της ανεπάρκειας που τις χαρακτηρίζει, καθώς και η απόσταση μεταξύ αποτιμώμενης και επιδιωκόμενης συμπεριφοράς. Η αποτίμηση καθοδηγείτο Μηχανικό στη λήψη αποφάσεων για τις βέλτιστες λύσεις επισκευών και ενισχύσεων. Τις περισσότερες φορές, αν όχι όλες, απαιτείται συνδυασμός επεμβάσεων.

### **7.3 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ**

Ως πλήρης επισκευή νοείται η διαδικασία επέμβασης στα δομικά στοιχεία δομήματος τα οποία εμφανίζουν βλάβες ή φθορές ανεξαιρέτως αιτίας, κατά την οποία αποκαθίστανται τα προ της βλάβης ή φθοράς μηχανικά χαρακτηριστικά των στοιχείων (και οι συνδέσεις τους με άλλα στοιχεία). Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ2022, §8.8.1β ανεξαρτήτως του βαθμού της βλάβης την οποία έχει υποστεί, το επισκευασμένο στοιχείο (και η σύνδεσή του με άλλα στοιχεία) μπορεί να θεωρηθεί ως μονολιθικό.

Στην κατηγορία των επισκευών εντάσσονται τα εξής:

- Αρμολογήματα, επιχρίσματα
- Πλήρωση με ενέματα (εύρος  $\leq 5$ χιλ. και δεν είναι διαμπερείς) ή συρραφή (έντονες διαμπερείς ρωγμές, με εύρος  $> 5$ χιλ. και τοπική αποδιοργάνωση στοιχείου) με λιθοσώματα ή μεταλλικούς συνδέσμους
- Αποκατάσταση ή βελτίωση συνδέσεων και συνδέσμων (μεταξύ τοίχων, δίσκων, πατωμάτων ή στεγών με τοίχους, αντικατάσταση ξυλοδεσιών κλπ.)
- Τοπικές ανακατασκευές (σε έντονες τοπικές βλάβες: σε μικτές κατά το πάχος τοιχοποιίες, γωνίες τοίχων, τμήματα πατωμάτων, δωμάτων, στεγών κλπ.

### **7.4 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ**

Ως ενίσχυση θεωρείται η επέμβαση σε δομικά στοιχεία ή γενικά στο δόμημα, ανεξαρτήτως εμφάνισης βλαβών ή φθορών, κατά την οποία αυξάνεται η αντίσταση σε όρους εντατικών ή/και παραμορφωσιακών μεγεθών σε σχέση με την αρχική ή υφιστάμενη. Αυτό επιτυγχάνεται είτε μέσω βελτίωσης των χαρακτηριστικών των υλικών

(ενέματα, αρμολογήματά κλπ.) είτε μέσω βελτίωσης συνολικής συμπεριφοράς δομήματος (π.χ. διαφράγματα, προσθήκη νέων στοιχείων κλπ.)

Η ενισχυμένη κατασκευή προσομοιώνεται εκ νέου εισάγοντας τα νέα χαρακτηριστικά των υλικών, αλλά και τις τροποποιημένες δυσκαμψίες, μέτρα ελαστικότητας κ.λπ. και ελέγχεται σύμφωνα με τα οριζόμενα στο Κεφάλαιο 7.

Ως μέθοδοι ενισχύσεις παρουσιάζονται αδρομερώς οι εξής:

- Σύνδεση παρειών τοίχων. Σε δίστρωτες, τρίστρωτες τοιχοποιίες με χρήση κατάλληλων εγκάρσιων (κατά το πάχος) μεταλλικών συνδέσμων. (§8.9.2, ΚΑΔΕΤ2022)
- Οπλισμένα επιχρίσματα. Στην εξωτερική παρειά ή αμφίπλευρα, προηγείται επισκευή των στοιχείων, πάχος  $\leq 40$ χιλ., κατάλληλα συνδεδεμένα για μεταφορά εντατικών μεγεθών.(§8.9.4, ΚΑΔΕΤ2022)
- Περιδέσεις πεσών, στύλων. Μεταλλικά και μη μεταλλικά υλικά, όπως ελάσματα, πρέπει να εξασφαλίζεται η καλή πρόσφυση και η ισχυρή περίσφιξη τους. Επομένως τοποθετούνται σε μικρές διατομές. Συμβάλλουν έναντι θλίψεως. Θεωρητικά οδηγούν σε αύξηση της παραμορφωσιμότητας, όμως δεν υπάρχουν στοιχεία για γενική εφαρμογή.
- Μανδύες. Σημαντική επέμβαση, μη αναστρέψιμη, μη εφαρμόσιμη σε διατηρητέα κτίρια, ειδικά αμφίπλευρα, οδηγεί σε αλλαγή της γεωμετρίας των ανοιγμάτων και κατ'επέκταση όλου του φορέα. Συνιστάται πάχος  $\leq 100$ mm, η σωστή αγκύρωση με την υφιστάμενη τοιχοποιίας και η κατάλληλη θεμελίωση τους. Ενώ στο υπολογιστικό προσομοίωμα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πρόσθετη μάζα.
- Ενισχύσεις με σύνθετα υλικά. Ινοπλισμένα (άνθρακας, ύαλος, βασάλτης, ΡΒΟ – πολυαμίδιο), έναντι εκτός και εντός επιπέδου κάμψης, τέμνουσας και για περίδεση στοιχείων – διατίθεται τυπολόγιο στην §8.9.8 (ΚΑΔΕΤ, 2022). Πρέπει να έχει προηγηθεί ενίσχυση του σώματος της τοιχοποιίας και να μην εφαρμόζονται σε μεγάλες επιφάνειες καθώς προκαλεί προβλήματα διαπνοής. Απαιτείται κατάλληλη αγκύρωση.
- Πλαισίωση ή συμπλήρωση ανοιγμάτων. “Κλειστά” και με ισχυρούς κόμβους πλαισιώματα. Κυρίως κοντά σε γωνίες ή σε κρίσιμες περιοχές. Πάχος  $\geq 85\%$  υφιστάμενου τοίχου.
- Διάταξη ελκυστήρων/θλιπτήρων, περιδέσεις. Συνήθως μεταλλικοί. Συμβολή στην εντός επιπέδου παραμόρφωση. Στα ιστορικά κτίρια αντικαθιστούν τους ξύλινους και μπορούν να διαταχθούν και σε τόξα, αψίδες, θόλους για ανάληψη οριζόντιων ωθήσεων. Απαιτείται κατάλληλη αγκύρωση. Ενεργοποιούνται με την εμφάνιση ανελαστικών παραμορφώσεων του φέροντος οργανισμού.
- Διατάξεις αντηρίδων. Συνήθως εκτός. Βελτιώνει την εκτός επιπέδου συμπεριφορά. Ύψος όσο ο τοίχος, πάχος όσο το πάχος του τοίχου και πλάτος βάση ( $\geq 2$  ti w). Θεμελιώνονται καταλλήλως σε ενιαίο (προτιμότερο) θεμέλιο. Σχεδιασμός για το δυσμενέστερο συνδυασμό και οι δράσεις προσαυξάνονται  $\gamma_{Ed}=1,25$ .
- Διαζώματα. Στις στάθμες ορόφων και στέγης για ομοιόμορφη μεταφορά φορτίων στους τοίχους. Συνίστανται και στις δύο κύριες διευθύνσεις και στο σύνολο του πάχους του τοίχου. Επιτρέπεται μειωμένο πάχος στα διατηρητέα κτίρια, αλλά να καλύπτει τη μια παρειά και την εσωτερική στρώση και τα 2/3 της εξωτερικής στρώσης.

Δυνατότητα παραλαβής οριζόντιας τέμνουσας –απαίτηση κατάλληλης σύνδεσης με περιμετρικούς τοίχους(με βλήτρα κλπ.). Σχεδιάζονται ικανοτικά οι κόμβοι των γωνιών: η αστοχία τους να έπεται της αστοχίας των τοίχων και των μελών του διαζώματος.

- Νέος εσωτερικός φέρων οργανισμός. Οπλισμένου σκυροδέματος ή χάλυβα, για ανάληψη σεισμικών δράσεων. Προϋποθέτει κατάλληλη σύνδεση με υφιστάμενο.
- Επεμβάσεις στη θεμελίωση ή/και στο έδαφος θεμελίωσης. Όταν παρουσιάζονται βλάβες οφειλόμενες στη θεμελίωση ή κατά την προσθήκη νέων στοιχείων.

Παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι επόμενες τρεις μέθοδοι ενίσχυσης που εφαρμόστηκαν στο κτίριο της διπλωματικής.

- Βαθεία αρμολογήματα (§8.4.1)
- Ομογενοποίηση μάζας (μέσω ενέσεων) (§8.4.1)
- Διαφράγματα

Οι μέθοδοι επιτρέπεται να εφαρμοστούν, υπό όρους στο κτίριο της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης, λόγω των περιορισμών της κήρυξης του κτιρίου ως διατηρητέου κτιρίου. Επιλέχθηκε να προσομοιωθούν όσες εμπειριέχουν εμπειρικές σχέσεις εκτίμησης των μηχανικών χαρακτηριστικών που βελτιώνονται με την εφαρμογή αυτών.

#### 7.4.1 Βαθεία Αρμολογήματα

Τα αρμολογήματα γενικά συνιστώνται για λόγους στεγάνωσης, για την αποκατάσταση του αρχικού πάχους και ως προετοιμασία για τα ενέματα. Συνιστώνται σε στοιχεία με περιορισμένο πάχος ( $\leq 0,60\text{m}$ ) και με χαμηλά αρχικά μηχανικά χαρακτηριστικά. Αντιθέτως δεν συνιστάται σε παχύτερες δίστρωτες και τρίστρωτες τοιχοποιίες διότι η συμβολή τους στη βελτιωμένη διαμόρφωση των μηχανικών χαρακτηριστικών είναι περιορισμένη ενώ το κόστος τους είναι μεγάλο και η εφαρμογή τους δυσχερής. Όταν εφαρμόζονται επιλέγονται μίγματα με παρόμοια μηχανικά χαρακτηριστικά με τα προϋφιστάμενα και η πορεία των εργασιών είναι συνοπτικά η εξής:

- Αφαίρεση υφιστάμενου κονιάματος αρμών – Καθαρισμός επιφανειών
- Προετοιμασία κονιάματος. (ασβεστοποζολανικά, υδραυλικής άσβεστου, ασβεστοποζολανικά με τσιμέντου( $\leq 10\%$  κονιάς), όταν τα λιθοσώματα είναι υψηλής αντοχής.
- Τμηματική εφαρμογή και εναλλάξ στις δύο όψεις-πλήρωση όλων των αρμών
- Έλεγχος διαδικασίας με δοκιμαστικές εφαρμογές
- Συντήρηση για αποφυγή πρόωρης εξάτμισης ύδατος μίγματος (πριν τη σκλήρυνση)
- Τελική διαμόρφωση, αναλόγως ύπαρξης επιχρίσματος

Η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας η οποία έχει ενισχυθεί με αμφίπλευρα, βαθειά και καθολικά αρμολογήματα, μπορεί να υπολογίζεται με εφαρμογή της σχέσης η οποία χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της αρχικής θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας, με αντικατάσταση της αντοχής του κονιάματος από την αντοχή του “μικτού” κονιάματος, η οποία υπολογίζεται κατά την ακόλουθη σχέση:

$$f_{m,f} = f_j \delta + f_{m,0} (1 - \delta) \quad 7.1 \text{ (8.1, (ΚΑΔΕΤ, 2022))}$$

όπου:

$f_{m,f}$ ,  $f_{m,0}$ ,  $f_j$  : θλιπτική αντοχή μικτού και αρχικού κονιάματος και κονιάματος αρμολόγησης αντίστοιχα

$\delta$ : ο λόγος του αθροίσματος των βαθών της αμφίπλευρης αρμολόγησης προς το πάχος της τοιχοποιίας

Συνιστάται:

- αντικατάσταση κονιάματος οριζόντιων αρμών  $\delta \leq 0.30$
- αύξηση της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας  $\leq 30\%$ .

Το μέτρο ελαστικότητας μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση 4.14 (Σ6.5, ΚΑΔΕΤ2022), ενώ για η εφελκυστική και διατμητική αντοχή προκύπτει από το μικτό κονίαμα (παλιό και νέο).

Γίνεται χρήση της σχέσης 7.1, για τον υπολογισμό της βελτιωμένης αντοχής του κονιάματος, κάνοντας παραδοχή την ταυτόχρονη χρήση νέων αρμολογημάτων και ενεμάτων. Υποθέτουμε χρήση κονιάματος θλιπτικής αντοχής 5MPa (M5 κατά EC6) και πάχος νέων αρμών αμφιπλεύρως 0.05m (το ελάχιστο βάθος αμφίπλευρης αρμολόγησης (§8.9.3. (ΚΑΔΕΤ, 2022))). Έχοντας ως αρχική αντοχή κονιάματος  $f_{m,0}=0.50$  MPa, η σχέση διαμορφώνεται ως εξής, για

Το ισόγειο:

$$f_{m,f} = f_j \delta + f_{m,0} (1 - \delta) = 5 \cdot \left( \frac{0.05 + 0.05}{0.75} \right) + 0.5 \cdot \left( 1 - \left( \frac{0.05 + 0.05}{0.75} \right) \right) = 1.10 \text{ MPa}$$

Τον Α' όροφο:

$$f_{m,f} = f_j \delta + f_{m,0} (1 - \delta) = 5 \cdot \left( \frac{0.05 + 0.05}{0.65} \right) + 0.5 \cdot \left( 1 - \left( \frac{0.05 + 0.05}{0.65} \right) \right) = 1.19 \text{ MPa}$$

Τις ποδιές:

$$f_{m,f} = f_j \delta + f_{m,0}(1 - \delta) = 5 \cdot \left( \frac{0.05 + 0.05}{0.32} \right) + 0.5 \cdot \left( 1 - \left( \frac{0.05 + 0.05}{0.32} \right) \right) = 1.88 \text{MPa}$$

Σε όλες τις περιπτώσεις τηρούνται τα όρια που συστήνει ο ΚΑΔΕΤ για την αύξηση της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας κατά 30% στην εφαρμογή αρμολογημάτων. Η αύξηση αντοχής επιτυγχάνεται μέσω ομογενοποίηση μάζας με ενέματα, όπως θα δούμε στην επόμενη παράγραφο.

#### 7.4.2 Ομογενοποίηση Μάζας (Μέσω Ενέσεων)

Πραγματοποιείται ομογενοποίηση της μάζας των τοίχων με εφαρμογή ενέσεων, υπό ελεγχόμενη πίεση, ιδιαίτερα σε τοιχοποιίες με μεγάλα κενά, συνήθως δίστρωτης χωρίς ή με αραιούς διάτονους λίθους ή τρίστρωτης αργολιθοδομής, αλλά και σε αραιότερες μονόστρωτες τοιχοποιίες. Σε περίπτωση αποκόλλησης των παρειών συνιστάται να προηγηθεί η σύνδεση τους, ώστε να αποφευχθεί διάρρηξη λόγω υδροστατικής πίεσης.

Κατά το σχεδιασμό της σύνθεσης του ενέματος πρέπει να εξασφαλίζονται τα επόμενα ώστε να επιτυγχάνεται υψηλή αποτελεσματικότητα:

- Υψηλή ενεσιμότητα, ώστε να διεισδύσει σε ένα εκτιμώμενο εύρος ρωγμών και κενών
- Κατάλληλη αντοχή, υψηλή σε εφελκυσμό για εξασφάλιση συνάφειας με τα υφιστάμενα υλικά και χαμηλή σε θλίψη, ώστε να αποφευχθεί υπέρμετρα υψηλή δυσκαμψία
- Φυσικοχημική ανθεκτικότητα στις περιβαλλοντικές συνθήκες και αποφυγή εσωτερικής χημικής ασυμβατότητας με τα υφιστάμενα υλικά και τα διεισδυμένα νοσογόνα στοιχεία στην τοιχοποιία
- Επιλογή κατάλληλης μεθόδου εφαρμογής για την παρασκευή και προώθηση του ενέματος, την προετοιμασία της τοιχοποιίας (πυκνός κάναβος σωληνίσκων εισπίεσης/εκροής), καταγραφή πιέσεων και καταναλώσεων
- Εξασφάλιση προσέγγισης μη επικοινωνούντων ασυνεχειών/ρωγμών

Κατά τη σύνθεση του ενέματος λαμβάνεται υπόψη στο ελάχιστο ονομαστικό εύρος ρωγμών, σύμφωνα με τα στοιχεία τεκμηρίωσης και διερεύνηση του Κεφ. 3 (ΚΑΔΕΤ, 2022). Για συνήθεις τοιχοποιίες κυμαίνεται από 0,1-0,5χιλ. και ελλείψει στοιχείων μπορεί να λαμβάνεται 0,25χιλ.

Ως αποτέλεσμα των προηγούμενων εξασφαλίσεων επιτυγχάνεται πλήρωση ρωγμών, ασυνεχειών και κενών:

- Στις μονόστρωτες τοιχοποιίες: στις διεπιφάνειες κονιάματος, αρμού και λιθοσώματος, κατακορύφως και οριζοντίως
- Στις δίστρωτες ή τρίστρωτες τοιχοποιίες: εκτος των διεπιφανειών και στις διεπιφάνειες παρειών και των υλικών του πυρήνα, καθώς και στο ίδιο το υλικό του πυρήνα

Ένα από τα κρισιμότερα μεγέθη που λαμβάνεται υπόψη στη σύνθεση, αλλά και στην τελική εκτίμηση της επιτυγχόμενης βελτίωσης των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας είναι η αναμενόμενη κατανάλωση ενέματος κατά όγκο τοιχοποιίας. Ελλείπει στοιχείων οι ενδεικτικές τιμές που μπορούν να ληφθούν υπόψη είναι:

- 15% για χαμηλής ποιότητας τρίστρωτες τοιχοποιίες
- 8% για χαμηλής ποιότητας δίστρωτες αργολιθοδομές

Σε εξαιρετικά κακοδομημένες αργολιθοδομές με ουσιώδεις βλάβες:

- $\geq 10\%$  για μονόστρωτες και δίστρωτες τοιχοποιίες
- $\geq 20\%$  για τρίστρωτες τοιχοποιίες

Και απαιτείται τεκμηρίωση με περισσότερο της μίας επί τόπου δοκιμαστικής εφαρμογής του ενέματος.

Σε γενικές γραμμές απαιτείται η δοκιμαστική Παρασκευή και εφαρμογή του ενέματος, ώστε να ελεγχθεί ποιοτικά ως προς τη σύνθεση, ως προς την εισπίεση και ενεσιμότητα του και ως προς την αναμενόμενη κατανάλωση. Αναλόγως της κατανάλωσης αναπροσαρμόζεται η σύνθεση και πραγματοποιούνται περισσότερες δοκιμές σε χαρακτηριστικές θέσεις.

Τα ενέματα που χρησιμοποιούνται για την ομογενοποίηση είναι υποχρεωτικά υδραυλικά και αποκλείεται η χρήση ισχυρών τσιμεντενεμάτων. Η ακριβής σύνθεση, δηλαδή είδος κονιάς (μονομερής, διμερής ή τριμερής), τυχόν λεπτόκοκκα αδρανή, νερό, ενδεχόμενα πρόσμικτα κ.λπ., και λοιπές ιδιαίτερες κατά περίπτωση απαιτήσεις, θα καθορίζονται λεπτομερώς και θα αναγράφονται στην μελέτη και στα σχέδια

Ελλείψει ανεπαρκών πειραματικών δεδομένων συνίσταται ο λόγος:

$$(\text{θλιπτική αντοχή ενέματος})/(\text{αρχική θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας}) = (f_{grc})/(f_{wc,0}) \leq 5$$

Βήματα εφαρμογής ενεμάτων:

- Αφαίρεση επιχρισμάτων
- Οπές σε αρμούς, σε πυκνό κάναβο ισοσκελών τριγώνων πλευράς 30-40 cm (δημιουργία ρόμβων) και στις δύο όψεις της τοιχοποιίας, με μετακίνηση του κανάβου οριζόντια και κάθετα στο μισό της απόστασης των κόμβων του
- Τοποθέτηση σωληνίσκων, κατά κανόνα 10 mm οι μισοί σε βάθος 1/3 & οι άλλοι μισοί σε βάθος 1/2, ή όποιος προδιαγράφει η μελέτη
- Τοποθέτηση σωληνίσκων πυκνά κατά μήκος των ρωγμών (ανά 20-30εκ. περίπου)

#### 7.4.2.1 Εκτίμηση Βελτιωμένων Μηχανικών Χαρακτηριστικών

##### A. Μονόστρωτες τοιχοποιίες ή δίστρωτες με διάτονους λίθους

Εφόσον επιτευχθεί ομοιόμορφη κατανάλωση ενέματος, ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:

**Αντοχή σε θλίψη, μετά την ομογενοποίηση με ενέματα:**

$$f_{wc,f} = f_{wc,0} + \Delta\delta_0 + \lambda n f_{grc} \quad 7.2 \text{ (8.2, ΚΑΔΕΤ2022)}$$

όπου:

$f_{wc,f}$  και  $f_{wc,0}$ : τελική & αρχική θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας, αντιστοίχως

$n$ : ο λόγος του όγκου του εισαγόμενου ενέματος ως προς τον συνολικό όγκο του κονιάματος. Συνιστάται ο όγκος του ενέματος < από το 30% του κονιάματος ( $n < 0.3$ )

$f_{grc}$ : θλιπτική αντοχή του ενέματος

$\Delta f_0 = f_0 \cdot (1 + 1/10n)$ : Τα ενέματα μειώνουν την ακανονιστία και ανομοιογένεια της δόμησης που οφείλεται στον βαθμό λάξευσης των λίθων και επομένως απαιτείται μείωση του συντελεστή  $f_0$

$f_0$ : συντελεστής (σε MPa), σύμφωνα με το βαθμό λάξευσης των λίθων με 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

$\lambda$  : συντελεστής συνάφειας λιθοσώματος-κονιάματος, λαμβάνεται 0.50 για τραχείς λίθους και 0.1 για πολύ λείους λίθους

Συνιστάται:

- Αποφυγή ενέματος πολύ υψηλής αντοχής
- Αποφυγή όγκος ενέματος  $\leq 8\%$  όγκου της τοιχοποιίας
- Αύξηση αντοχής  $\leq 50\%$

Η παραμορφωσιακή ικανότητά της ενισχυμένης τοιχοποιίας πρακτικά παραμένει ίδια με την αρχική

### **Αντοχή σε εφελκυσμό**

Η πλήρωση των κενών και των ασυνεχειών βελτιώνει τη συνάφεια των διαφόρων διεπιφανειών και κατ' επέκταση επιτυγχάνεται αύξηση της εφελκυστικής αντοχής. Η αύξηση αυτή εξαρτάται από τη σύνθεση, την τεχνική εφαρμογής και την κατανάλωση του ενέματος. Εκτιμάται από τον μελετητή με βάση τον λόγο  $n$ .

### **Διατμητική αντοχή**

Τα ενέματα έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της διατμητικής αντοχής υπό μηδενική θλίψη  $f_{v0}$ . Κατά την εκτίμηση της μπορεί να λαμβάνεται υπόψη η αντοχή του μικτού κονιάματος.

### **Μέτρο Ελαστικότητας**

Αυξάνεται αναλόγως της σύνθεσης του κονιάματος. Μεγάλο ποσοστό τσιμεντού αυξάνει σημαντικά το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας, όμως τα τσιμεντενέματα δεν εφαρμόζονται πλέον, διότι δεν αυξάνουν την αντοχή, ενώ η ανθεκτικότητας στο χρόνο υπολείπεται των υδραυλικών ενεμάτων. Τα εφαρμοζόμενα ενέματα, τριμερή ή/και υδραυλικής ασβέστου, δεν αυξάνουν ιδιαιτέρως το μέτρο ελαστικότητας. Συνιστάται ο μελετητής να πραγματοποιεί προσεγγίσεις με αύξηση και χωρίς των αντίστοιχων χαρακτηριστικών.

### **B. Τρίστρωτες τοιχοποιίες**

Εφόσον επιτευχθεί ομοιόμορφη κατανάλωση ενέματος, ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:

- Αντοχή σε θλίψη, μετά την ομογενοποίηση με ενέματα:



$$f_{wc,f} = f_{wc,0} + \left[ 1 + 1,25 \frac{V_i}{V_w} \cdot \frac{\sqrt{f_{grc}}}{f_{wc,0}} \right] \quad 7.3 \text{ (8.3, ΚΑΔΕΤ2022)}$$

Όπου:

$f_{wc,f}$ ,  $f_{wc,0}$ ,  $f_{grc}$  : τελική & αρχική θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας, αντιστοίχως, και η θλιπτική αντοχή του ενέματος (σε MPa)

$V_i$ : όγκος τοίχου μεταξύ εξωτερικών παρειών

$V_w$  :όγκος της τοιχοποιίας

$V_i / V_w$  : ο όγκος του ενέματος

Συνιστάται:

- Αποφυγή ενέματος πολύ υψηλής αντοχής
- Αποφυγή όγκος ενέματος  $\leq 15\%$  όγκου της τοιχοποιίας
- Αύξηση αντοχής  $\leq 100\%$

Σε εξαιρετικά κακοδομημένες τοιχοποιίες ή σε τοιχοποιίες με σοβαρές βλάβες η κατανάλωση ενέματος μπορεί να φτάσει  $\geq 20\%$  του όγκου της τοιχοποιίας. Η κατανάλωση τεκμηριώνεται με δοκιμαστικές εφαρμογές και επαληθεύεται με καθημερινές καταγραφές της κατά την εφαρμογή του ενέματος.

Σημειώνεται ότι η εφαρμογή, αν και υπάρχει οδηγία αποφυγής, τιμεντενεμάτων, οδηγεί σε μείωση της δυνατότητας παραμόρφωσης.

### **Αντοχή σε εφελκυσμό**

Η πλήρωση των κενών και των ασυνεχειών βελτιώνει τη συνάφεια των διαφόρων διεπιφανειών και κατ' επέκταση επιτυγχάνεται αύξηση της εφελκυστική αντοχής. Το ποσοστό της αύξησης εξαρτάται από τα μηχανικά χαρακτηριστικά του ενέματος. Ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων λαμβάνεται ως 100%.

### **Διατμητική αντοχή**

Τα ενέματα έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της διατμητικής αντοχής υπό μηδενική θλίψη  $f_{v0}$ . Ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων από αναλύσεις/δοκιμές μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εξής τιμές:

- Αύξηση της  $f_{v0}$  κατά 100% με ένεμα υδραυλικής ασβέστου
- Αύξηση της  $f_{v0}$  κατά 200% με τριμερές ένεμα

### Μέτρο Ελαστικότητας

Αυξάνεται αναλόγως της σύνθεσης του κονιάματος. Μεγάλο ποσοστό τσιμέντου αυξάνει σημαντικά το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας, όμως τα τσιμεντενέματα δεν εφαρμόζεται πλέον, διότι δεν αυξάνουν την αντοχή, ενώ η ανθεκτικότητας στο χρόνο υπολείπεται των υδραυλικών ενεμάτων. Τα εφαρμοζόμενα ενέματα, τριμερή ή/και υδραυλικής ασβέστου, δεν αυξάνουν ιδιαίτερος το μέτρο ελαστικότητας. Δεν υπάρχει πλήθος διατιθέμενων στοιχείων για ασφαλείς συστάσεις. Οι βιβλιογραφικές τιμές δίνουν μια αύξηση 60% του μέτρου ελαστικότητας. Συνιστάται, υπέρ της ασφάλειας, ο μελετητής να πραγματοποιεί προσεγγίσεις με αύξηση και χωρίς των αντίστοιχων χαρακτηριστικών.

#### 7.4.3 Υπολογισμός Βελτιωμένων Μηχανικών Χαρακτηριστικών

Σύμφωνα με την προηγούμενη παράγραφο, υπολογίζονται και εκτιμώνται τα βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά της δίστρωτης τοιχοποιίας των ποδιών και των τρίστρωτων τοιχοποιιών των δύο στάθμεων της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης.

Επιλέχθηκε τριμερές υδραυλικό ένεμα με βάση την άσβεστο και γίνεται δεκτή και η προσθήκη λευκού τσιμέντου ειδικής σύνθεσης (Δανίας) σε ποσοστό μέχρι 30% κ.β., θλιπτικής αντοχής 5 MPa (σε 28 ημέρες), με την υπόθεση ότι καταλαμβάνει κυρίως την εσωτερική στρώση, της τοιχοποιίας. Πρακτικά ισχύει ο κανόνας για την επιλογή της θλιπτικής αντοχής του ενέματος, ο λόγος της προς τη θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας να μην ξεπερνά την τιμή 5.

Γίνεται η παραδοχή ότι το ένεμα καταλαμβάνει το 10% του όγκου της τρίστρωτης τοιχοποιίας, ενώ γίνεται παραδοχή πλήρωσης του 5% για την δίστρωτη τοιχοποιία των ποδιών των παραθύρων που έχει πάχος 32 cm.

Συνεπώς αρχικά στην περίπτωση της δίστρωτης τοιχοποιίας χρησιμοποιείται η σχέση 7.2, η οποία αντικαθιστώντας τα επιλεγόμενα, μας δίνει την βελτιωμένη αντοχή της τοιχοποιίας:

$$\begin{aligned}
 f_{wc,f} &= f_{wc,0} + \Delta\delta_0 + \lambda n f_{grc} \\
 &= 2,96 + \left[ 1,5 \cdot \left( 1 + \frac{1}{10 \cdot 0,06} \right) \right] + (0,5 \cdot 0,05 \cdot 10) = 3,71 \text{MPa}
 \end{aligned}$$

Η οποία είναι μικρότερη από το επιτρεπόμενο όριο αύξησης της αντοχής  $< 1,5 * 2.96 = 4,44MPa$

Γίνεται δεκτή μια αύξηση της διατμητικής αντοχής μετά την εφαρμογή του ενέματος στη δίστρωτη τοιχοποιίας της τάξεως του 40%

Για την τρίστρωτη τοιχοποιία του Ισογείου, χρησιμοποιώντας τη σχέση 7.3, έχουμε με αντικαταστάσεις:

$$f_{wc,f} = f_{wc,0} + \left[ 1 + 1.25 \frac{V_i}{V_w} \cdot \frac{\sqrt{f_{grc}}}{f_{wc,0}} \right] = 1,09 + \left[ 1 + 1.25 \cdot 0.10 \cdot \frac{\sqrt{5}}{1.09} \right]$$

$$\Rightarrow f_{wc,f} = 2.35 \text{ MPa} \text{ Συνιστάται } 2 \cdot 1.09 = 2.18 \text{ MPa} \text{ Λήφθηκε } 2.35 \text{ MPa}$$

Ενώ για την τρίστρωτη τοιχοποιία του Α' ορόφου, η σχέση 8.3 διαμορφώνεται ως εξής:

$$f_{wc,f} = f_{wc,0} + \left[ 1 + 1.25 \frac{V_i}{V_w} \cdot \frac{\sqrt{f_{grc}}}{f_{wc,0}} \right] = 1.24 + \left[ 1 + 1.25 \cdot 0,10 \cdot \frac{\sqrt{5}}{1.24} \right]$$

$$\Rightarrow f_{wc,f} = 2.47 \text{ MPa}$$

Στις περιπτώσεις των τρίστρωτων τοιχοποιιών των δύο στάθμεων, η διατμητική αντοχή μετά την εφαρμογή του ενέματος αυξάνεται κατά 200%, καθώς επιλέγεται τριμερές ένεμα και το μέτρο ελαστικότητας αυξάνεται κατά 60%. Συνεπώς, με βάση τον Πίνακα 4.13, όπου παρουσιάζονται οι μηχανικές τοιχοποιίας, τρίστρωτης και δίστρωτης των ποδιών, πριν τις επεμβάσεις, μετά την εφαρμογή των ενεμάτων τα νέα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας που αφορούν σε βελτίωσης της θλιπτικής αντοχής, του μέτρου ελαστικότητας και της διατμητικής αντοχής παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 7.1.

Ο ΚΑΔΕΤ στα σχόλια της §8.9.5 συστήνει την αποφυγή ισχυρών τσιμεντενεμάτων, ωστόσο δεν αποκλείεται και έχει διεξαχθούν ερευνητικές εργασίες για τη χρήση λευκού τσιμέντου Δανίας, ειδικών προδιαγραφών, για χρήση σε ιστορικές τοιχοποιίες (Τουμπακάρη, 2008) και (Καλαγρή, et al., 2008).

Ο σχεδιασμός υλικών επισκευής ειδικά για ιστορικές τοιχοποιίες, όπως στην περίπτωση μας, παρουσιάστηκε πρώτη φορά σε συνέδριο του ICCROM (1982) όπου και ορίστηκαν οι πρώτες απαιτήσεις σχεδιασμού των υλικών αυτών.

Πίνακας 7.1 Βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά τοιχοποιίας μετά την εφαρμογή των ενεμάτων.

Ισόγειος Όροφος			
Παράμετροι ανάλυσης	Μέτρο Ελαστικότητας E	<b>1.78</b>	GPa
	Μέτρο Διάτμησης G	<b>0.71</b>	GPa
	Λόγος Poisson n	0.285	-
	Φαινόμενο Βάρος	<b>23.94</b>	kN/m <sup>3</sup>
	Συντελεστής Θερμική Διαστολής α <sub>T</sub>	13.1·10 <sup>-6</sup>	grad <sup>-1</sup>
Μέσες εργαστηριακές τιμές	Θλιπτική αντοχή f <sub>mc</sub>	<b>2.35</b>	MPa
	Διατμητική αντοχή f <sub>vm0</sub>	<b>0.04</b>	MPa
	Θλιπτική αντοχή κονιάματος f <sub>m</sub>	<b>1.10</b>	MPa
	Θλιπτική αντοχή λιθοσώματος f <sub>b</sub>	50	MPa
	Τύπος λιθοσώματος: Συμπαγείς πλίνθοι/Διάτρητοι Πλίνθοι/Αργολιθοδομή	Αργολιθοδομή	-
*Ο ΚΑΔΕΤ συνιστά η αύξηση της αντοχής να μη ξεπερνά το 100%. Γίνεται δεκτή η τιμή ως παραδοχή από τον μελετητή στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας			
Α' Όροφος			
Παράμετροι ανάλυσης	Μέτρο Ελαστικότητας E	<b>1.94</b>	GPa
	Μέτρο Διάτμησης G	<b>0.77</b>	GPa
	Λόγος Poisson n	0.285	-
	Φαινόμενο Βάρος	<b>23.94</b>	kN/m <sup>3</sup>
	Συντελεστής Θερμική Διαστολής α <sub>T</sub>	13.1·10 <sup>-6</sup>	grad <sup>-1</sup>
Μέσες εργαστηριακές τιμές	Θλιπτική αντοχή f <sub>mc</sub>	<b>2.47</b>	MPa
	Διατμητική αντοχή f <sub>vm0</sub>	<b>0.04</b>	MPa
	Θλιπτική αντοχή κονιάματος f <sub>m</sub>	1.19	MPa
	Θλιπτική αντοχή λιθοσώματος f <sub>b</sub>	50	MPa
	Τύπος λιθοσώματος: Συμπαγείς πλίνθοι/Διάτρητοι Πλίνθοι/Αργολιθοδομή	Αργολιθοδομή	-
Ποδιές Ισογείου & Α' Ορόφου			
Παράμετροι ανάλυσης	Μέτρο Ελαστικότητας E	<b>2.51</b>	GPa
	Μέτρο Διάτμησης G	<b>1.00</b>	GPa
	Λόγος Poisson n	0.285	-
	Φαινόμενο Βάρος	<b>23.94</b>	kN/m <sup>3</sup>
	Συντελεστής Θερμική Διαστολής α <sub>T</sub>	13.1·10 <sup>-6</sup>	grad <sup>-1</sup>
Μέσες εργαστηριακές τιμές	Θλιπτική αντοχή f <sub>mc</sub>	<b>3.71</b>	MPa
	Διατμητική αντοχή f <sub>vm0</sub>	<b>0.04</b>	MPa
	Θλιπτική αντοχή κονιάματος f <sub>m</sub>	<b>1.88</b>	MPa
	Θλιπτική αντοχή λιθοσώματος f <sub>b</sub>	50	MPa
	Τύπος λιθοσώματος: Συμπαγείς πλίνθοι/Διάτρητοι Πλίνθοι/Αργολιθοδομή	Αργολιθοδομή	-

#### 7.4.4 Διαφράγματα

Η εξασφάλιση της διαφραγματικής λειτουργίας αποτελεί μια από τις αποτελεσματικότερες μεθόδους ενίσχυσης, καθώς εξασφαλίζει την κοινή παραμόρφωση των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων και περιορίζει τις παραμορφώσεις του φορέα. Ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας επιτυγχάνεται υπό τις εξής προϋποθέσεις:

- Αρχικώς επισκευή & ενίσχυση των τοίχων με τους οποίους συνδέονται τα διαφράγματα
- Τοποθέτηση οριζόντιων διαζωμάτων περιμετρικά για τη μόρφωση κλειστών πλαισιωμάτων
- Επεμβάσεις αύξησης της εντός επιπέδου δυσκαμψίας των οριζόντιων φερόντων στοιχείων (πατώματα, στέγες, θολωτές κατασκευές)
- Σύνδεση των διαφραγμάτων με τα διαζώματα ή/και περιμετρικά πλαισιώματα και με τους υποκείμενους ή παρακείμενους τοίχους. Δηλαδή η διεπιφάνεια μεταξύ διαφράγματος και τοίχου να είναι σε θέση να αναλαμβάνει τη δύναμη που αναπτύσσεται κατά μήκος του τοίχου. Το ίδιο ισχύει και τα διαζώματα στη στέψη ή παράλληλα στους τοίχους. Αυτό επιτυγχάνεται και με τοποθέτηση βλήτρων με διάμετρο  $\Phi \leq 12\text{mm}$ ,  $10 * R_{\beta\lambda\eta\tau\rho\upsilon} < \text{απόσταση συνέσεων} < 1.0\text{m}$ .

Οι κατά περίπτωση περιορισμοί ορίζουν και την επιλεγόμενη μέθοδο εξασφάλισης της διαφραγματικής λειτουργίας μέσω:

- Τοποθέτησης δευτέρου πατώματος (σανίδωμα υπό γωνία)
- Διατάξης πλακών τεχνητής ξυλείας, πάνω από το υφιστάμενο
- Διάταξης χαλύβδινων ελκυστήρων ή/και ελασμάτων (οριζόντιο δικτύωμα)
- Κατασκευής λεπτής στρώσης ελαφροσκυροδέματος οπλισμένου, χρησιμοποιώντας ως καλούπι που θα παραμείνει, τα υφιστάμενα πατώματα. Η στρώση πρέπει να συνδέεται με διατμητικούς συνδέσμους με τα υποκείμενα φέροντα στοιχεία (σύμμικτη λειτουργία και να αγκυρώνεται στην περιμετρική τοιχοποιία)
- Κατασκευή σύμμικτης πλάκας.

Όπως είναι φανερό εκτός των τριών πρώτων μεθόδων και αυτές στο άνω τμήμα, οι υπόλοιπες δεν δύναται να εφαρμοστούν στο κτίριο της παρούσας διπλωματικής λόγω ύπαρξης οροφωγραφιών. Η κατασκευή των πλακών απαιτεί μεγάλη διατάραξη της περιμετρικής τοιχοποιίας, διότι η μερική σύνδεση δημιουργεί κινδύνους εμβολισμού.

Το υφιστάμενο κτίριο είχε πραγματοποιηθεί αντικατάσταση της στέγης με ταυτόχρονη κατασκευή περιμετρικής δοκού ενίσχυσης, ενώ η αποτύπωση έδειξε και τοποθέτηση ενίσχυσης των ζευκτών της επισκευασμένης στέγης.

Στο αρχικό προσομοίωμα του κτιρίου αγνοήθηκε η ενδεχόμενη διαφραγματική λειτουργία των δαπέδων και της στέγης, και εξετάστηκε η συμβολή τους στο προσομοίωμα του ενισχυμένου κτιρίου.

## Κεφάλαιο 8

### ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

#### 8.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται πινακοποιημένα οι μέθοδοι ανάλυσης που προτείνει ο ΚΑΔΕΤ σε σχέση με την Σ.Α.Δ., το προσομοίωμα ανάλυσης και τις προϋποθέσεις εφαρμογής τους. Η επιλεγόμενη μέθοδος ανάλυσης μέσω επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων. Το προσομοίωμα του κτιρίου της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης με κατάλληλο λογισμικό, συγκεκριμένα το Pessos της 3DR. Τέλος παρουσιάζονται τα προσομοιώματα του κτιρίου και οι επιλογές των παραμέτρων επίλυσης του λογισμικού.

#### 8.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Οι δράσεις και οι παραμορφώσεις του εκάστοτε φορέα υπολογίζονται μέσω ανάλυσης για συγκεκριμένους συνδυασμούς δράσεων. Αρχικά πραγματοποιούνται αναλύσεις αρχικά αποτίμησης ενός φορέα για την αξιολόγηση της δομικής απόκρισης του φορέα. Οι ελαστικές αναλύσεις προηγούνται πάντα των ανελαστικών, και χρησιμοποιούνται ακόμη (με θεώρηση  $q=1$ ) και στην περίπτωση δυνατότητας ανελαστικών αναλύσεων, καθώς εντοπίζονται οι περιοχές που θα εμφανιστούν συγκεντρώσεις τάσεων/παραμορφώσεων στο φέροντα οργανισμό.

Η δομική απόκριση του φορέα, υπολογίζεται είτε μέσω α) γραμμικής θεωρίας ελαστικότητας, με γραμμική σχέση τάσεων παραμορφώσεων με κλίση ίση με το βραχυχρόνιο τέμνον μέτρο ελαστικότητας (§4.2.6), είτε μέσω β) μη γραμμικής θεωρίας για τα υλικά ή τις διεπιφάνειες υλικών, με κατάλληλο διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων (απαίτηση δοκιμών).

Οι προτεινόμενες μέθοδοι ανάλυσης κατά τον ΚΑΔΕΤ 2022 παρουσιάζονται στον Πίν. 6.1 μαζί με τις προϋποθέσεις εφαρμογής της κάθε μεθόδου συνοπτικά.

Πίνακας 8.1 Προϋποθέσεις μεθόδων ανάλυσης στον ΚΑΔΕΤ

A/A	Μέθοδοι Ανάλυσης	Ελάχιστη Επιτρεπόμενη Σ.Α.Δ.	Προσομοίωμα Ανάλυσης	Προϋποθέσεις Εφαρμογής
<b>A. Ελαστικές Μέθοδοι Ανάλυσης</b>				
<b>A.1</b>	Ελαστική ισοδύναμη στατική (§5.4)	Ανεκτή (§2.5.2α)	Ισοδύναμο πλαίσιο με μέθοδο q ή m	<p><b>(§5.3.3.3)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· διαφραγματική λειτουργία δαπέδων, στέγης</li> <li>· σταθερό μήκος πεσσού καθ' ύψος</li> <li>· (ύψος προς μήκος πεσσού) <math>h/l &gt; 2</math> στον όροφο</li> </ul>
<b>A.2</b>			Π.Σ. με μέθοδο q ή m	<p><b>§5.4.1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Προκαταρκτικός έλεγχος για όλα τα κτίρια</li> </ul>
<b>A.3</b>	Ελαστική δυναμική φάσματος απόκρισης (§5.5.1.1)	Ανεκτή (§2.5.2β)	Ισοδύναμο πλαίσιο με μέθοδο q ή m	<p><b>§5.3.3.3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· διαφραγματική λειτουργία</li> <li>· σταθερό μήκος πεσσού καθ' ύψος</li> <li>· (ύψος προς μήκος πεσσού) <math>h/l &gt; 2</math></li> </ul>
<b>A.4</b>	Ελαστική δυναμική Χρονοϊστορίας (§5.5.1.2)	Ανεκτή (§2.5.2β)	Π.Σ. με μέθοδο q ή m	Χωρίς περιορισμό
<b>B. Ανελαστικές Μέθοδοι Ανάλυσης</b>				
<b>B.1</b>	Ανελαστική στατική (§5.6)	Ικανοποιητική (§2.5.2γ, στ)	Ισοδύναμο πλαίσιο με σκελετικά Μ-θ διαφορετικά για εντός και εκτός επιπέδου.	<p><b>§5.3.3.3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· διαφραγματική λειτουργία</li> <li>· σταθερό μήκος πεσσού καθ' ύψος</li> </ul>



				(ύψος προς μήκος πεσσού) $h/l > 2$
<b>B.2</b>			Ελαστικά Π.Σ.+ Gap elements όπου η ανελαστικότητα περιορίζεται στις διεπιφάνειες.	Χωρίς περιορισμό
<b>B.3</b>	Ανελαστική δυναμική ανάλυση (Ανάλυση Χρονοϊστορίας) (§5.8 ΚΑΝ.ΕΠΕ.)		Σύμφωνα με §5.8 ΚΑΝ.ΕΠΕ.	Χωρίς περιορισμό
<b>Γ. Προσεγγιστικές Μέθοδοι Ανάλυσης</b>				
<b>Γ.1</b>	Προσεγγιστική αναλυτική εκτίμηση έντασης	(§2.5.2ζ)	Χωρίς λεπτομερή ανάλυση προσομοιώματος	Μόνο για υφιστάμενα κτίρια
<b>Γ.2</b>	Προσεγγιστικές & εμπειρικές μέθοδοι	(§2.5.2η)	Ομοίως σε ειδικές περιπτώσεις, για συγκεκριμένους σκοπούς	Μόνο για υφιστάμενα κτίρια

\*Οι παράγραφοι του Πιν.6.1 αναφέρονται στον (ΚΑΔΕΤ, 2022), εκτός της §5.8 που αναφέρεται στον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εφαρμόστηκε η μέθοδος Α.2 της Ελαστικής Ισοδύναμης Στατικής Ανάλυσης με χρήση επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων, με καθολικό δείκτη συμπεριφοράς  $\alpha$ .

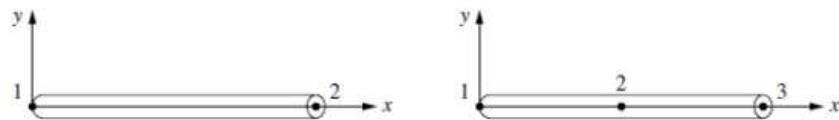
## 8.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

### 8.3.1 Γενικά

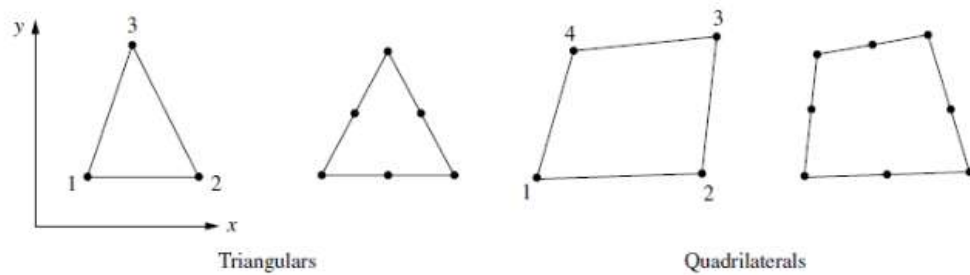
Η Μ.Π.Σ. (Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων) ή FEM (Finite Element Method) αποτελεί μια μέθοδο μαθηματικής προσομοίωσης των κατασκευών (και όχι μόνο αυτών) ώστε να είναι εφικτός ο ακριβέστερος υπολογισμός της συμπεριφοράς τους. Ως αριθμητική μέθοδος οδηγεί σε προσεγγιστικές λύσεις. Η αλματώδης αύξηση της υπολογιστικής ισχύος των ηλεκτρονικών υπολογιστών βοήθησε στην εφαρμογή της μεθόδου, καθώς έχει

αυξημένες απαιτήσεις όταν εφαρμόζεται σε σύνθετα προσομοιώματα (μοντέλα) με πολλές μεταβλητές στα υλικά, φορτίσεις κλπ.

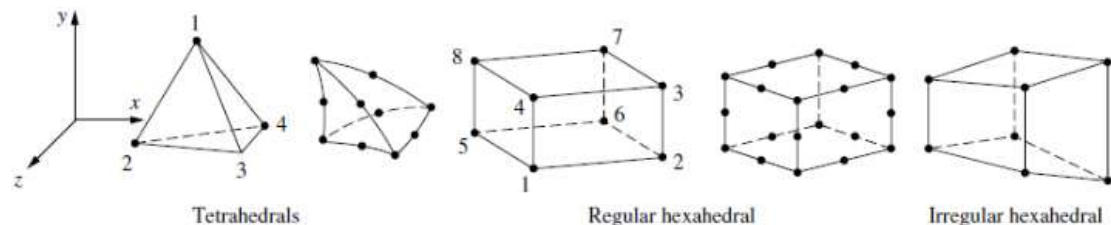
Η μέθοδος βασίζεται στην διακριτοποίηση ενός στοιχείου ή ολόκληρης κατασκευής σε μικρότερα στοιχεία σε πεπερασμένο αριθμό, τα οποία έχουν καθορισμένα χαρακτηριστικά και συνοριακές συνθήκες. Τα στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους σε κοινά σημεία, τους κόμβους ή/και σε συνοριακές γραμμές και επιφάνειες, αναλόγως της γεωμετρίας των πεπερασμένων στοιχείων που χρησιμοποιούνται κάθε φορά. Η διαίρεση



(a) Simple two-noded line element (typically used to represent a bar or beam element) and the higher-order line element



(b) Simple two-dimensional elements with corner nodes (typically used to represent plane stress/strain) and higher-order two-dimensional elements with intermediate nodes along the sides



(c) Simple three-dimensional elements (typically used to represent three-dimensional stress state) and higher-order three-dimensional elements with intermediate nodes along edges

Σχήμα 8.1 Ενδεικτικές γεωμετρίες από χαμηλής τάξης Π.Σ. και υψηλής τάξης Π.Σ. (Π.Σ.: Πεπερασμένα Στοιχεία) (Logan, 1986)

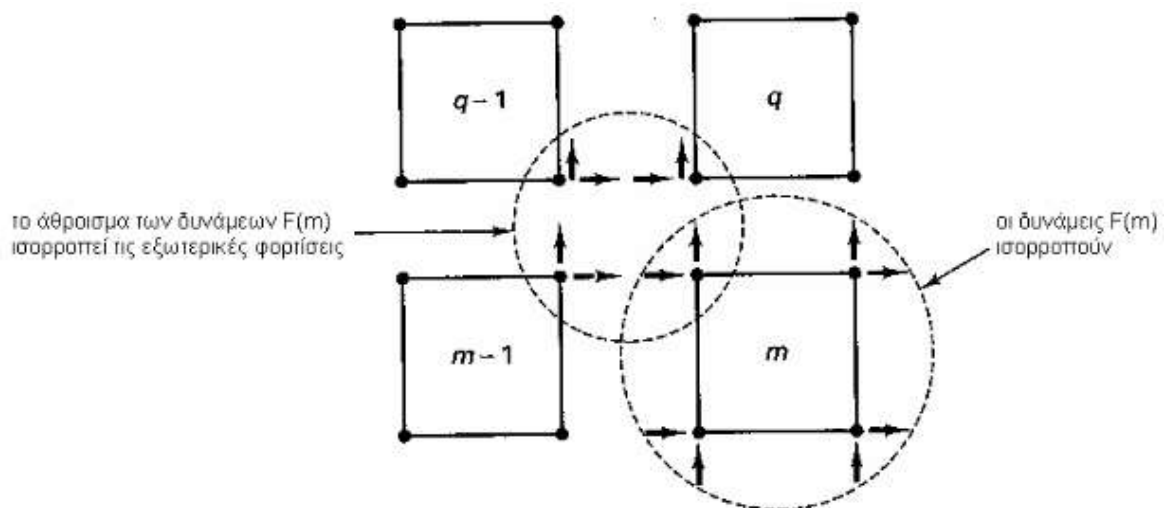
σε μικρότερα στοιχεία οδηγεί στη δημιουργία ενός πλέγματος/δικτύου, το οποίο περιέχει τις ιδιότητες του προσομοιώματος (υλικά, φορτίσεις, περιορισμούς κινήσεων/στηρίξεις κ.α.) και με αυτό τον τρόπο μετατρέπεται ένα συνεχές πρόβλημα σε διακριτό, που μπορεί να εκφραστεί μέσω συστήματος γραμμικών εξισώσεων, που επιλύονται με αριθμητικές μεθόδους (μητρώα).

Στη ΜΠΣ δεν ικανοποιούνται οι εξισώσεις ισορροπίας σε κάθε σημείο του συνεχούς μέσου (διαφορική μορφή), αλλά ικανοποιούνται πάντοτε δύο βασικές συνθήκες,

ανεξάρτητα του πλήθους των στοιχείων που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη διακριτοποίηση. Αυτές είναι:

1. Ισορροπία των δυνάμεων που ασκούνται σε κάθε κόμβο
2. Ισορροπία των κομβικών δυνάμεων για κάθε στοιχείο

Συνεπώς, οι εσωτερικές δυνάμεις (στο εντατικό πεδίο του στοιχείου) ισορροπούν τις δυνάμεις που εφαρμόζονται εξωτερικά, αυτές περιλαμβάνουν τις αδρανειακές δυνάμεις, τα συγκεντρωμένα φορτία, τις επιφανειακές δυνάμεις, τις δυνάμεις λόγω παραμενουσών τάσεων και τις αντιδράσεις στα σημεία στήριξης. Στο Σχήμα 6.2 παρουσιάζεται η ισορροπία δυνάμεων σε κάθε κόμβο.

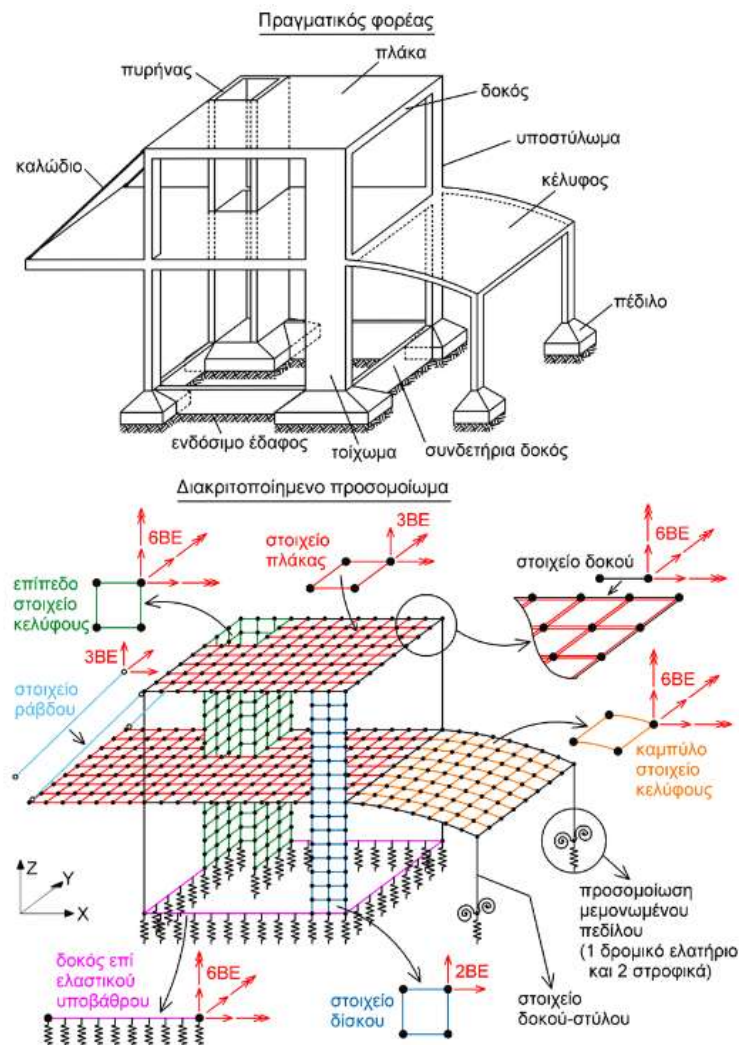


Σχήμα 8.2 Ισορροπία δυνάμεων σε κόμβο πλέγματος και στο εσωτερικό στοιχείου

Τα βασικά βήματα της Μ.Π.Σ. σε επιφανειακούς φορείς (Αβραμίδης, et al., 2016) ορίζονται ως:

- Βήμα 1<sup>ο</sup>: Διακριτοποίηση φορέα και φόρτισης
- Βήμα 2<sup>ο</sup>: Θεώρηση των επί μέρους πεπερασμένων στοιχείων
- Βήμα 3<sup>ο</sup>: Σύνθεση του διακριτοποιημένου προσομοιώματος
- Βήμα 4<sup>ο</sup>: Επίλυση των εξισώσεων ισορροπίας
- Βήμα 5<sup>ο</sup>: Υπολογισμός τελικών μεγεθών έντασης και παραμόρφωσης

Αναλόγως της γεωμετρίας και δομικής συμπεριφοράς του στοιχείου που επιθυμούμε να προσομοιώσουμε μέσω πεπερασμένων στοιχείων, χρησιμοποιείται και το κατάλληλο στοιχείο (γραμμικά στοιχεία π.χ. για υποστυλώματα & δοκούς (6BE/κόμβο), στοιχείο πλάκας (3BE/κόμβο), στοιχεία ράβδου π.χ. για καλώδια (3BE/κόμβο), στοιχεία δίσκου για τοιχώματα (2BE/κόμβο)

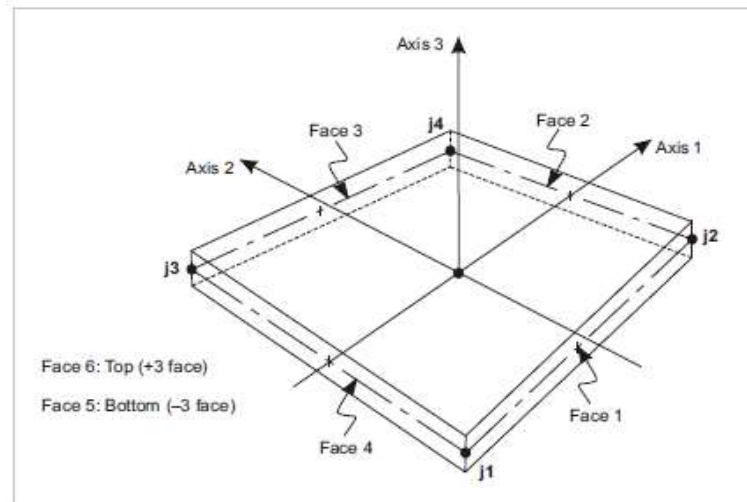


Σχήμα 8.3 Ενδεικτική διακριτοποίηση σύνθετου κτιριακού φορέα (Σχ.3.4.1-3, (Αβραμίδης, et al., 2016))

Για την προσομοίωση της φέρουσας τοιχοποιίας συστήνεται η χρήση με πεπερασμένα στοιχεία συνεχούς μέσου με δύο διαστάσεις, γνωστά ως στοιχεία κελύφους (Shell Elements) (§5.3.3.1, (ΚΑΔΕΤ, 2022)). Τα στοιχεία κελύφους έχουν τη δυνατότητα προσομοίωσης δράσεις επίπεδης έντασης και δράση από εκτός επιπέδου κάμψη, για την φέρουσα τοιχοποιία και για διαζώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Δεν πρέπει να συγχέονται με στοιχεία επίπεδης έντασης (plane stress elements) καθώς αυτά δεν διαθέτουν ικανότητα καμπτικής παραμόρφωσης ( $\sigma_{zz}=0$ ) π.χ. μεμβράνες. Ο ΚΑΔΕΤ δέχεται και τα στοιχεία τριών διαστάσεων (Solid Elements) ως δόκιμη μέθοδο παρέχουν μεν δυνατότητα λεπτομερέστερης προσομοίωσης, αλλά συχνά παρουσιάζουν ασυμβατότητες στις ελευθερίες κίνησης των κόμβων του προσομοιώματος. Προτιμώνται μόνο βάσει πολυπλοκότητας προσομοίωσης και για διατμητικό ύψος προς πάχος πεσσού  $<5$ .

Χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Pessos της εταιρείας 3DR, το οποίο χρησιμοποιεί επιφανειακά τετράκομβα ορθογωνικά στοιχεία (quad shell elements) για την

προσομοίωση της φέρουσας τοιχοποιίας. Μέσω των στοιχείων αυτών συνεχούς μέσου δύο διαστάσεων είναι δυνατή η προσομοίωση δράσεων επίπεδης έντασης και κάμψης εκτός επιπέδου. Ενδεικτικά στο σχήμα 8.4 εμφανίζεται τετρακομβικό στοιχείο κελύφους από διαφορετικό λογισμικό.



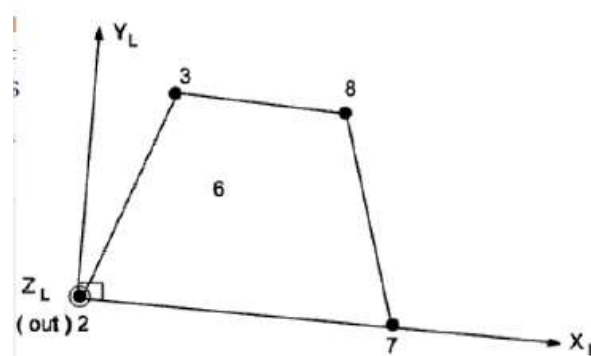
Σχήμα 8.4 Στοιχείο τετρακομβικού κελύφους (Computer and Structures, 2023)

### 8.3.2 Καθολικοί & Τοπικοί Άξονες στο Pessos 3DR

Το καθολικό σύστημα των αξόνων του λογισμικού ταυτίζεται με τους άξονες του λογισμικού CAD, στην περίπτωση μας χρησιμοποιήθηκε ως βάση του λογισμικού πεπερασμένων το ProgeCAD2024. Το τοπικό σύστημα αξόνων των πεπερασμένων στοιχείων ορίζεται ως εξής: (Σχήμα 8.5):

Τοπικός άξονας X: Κατά μήκος του πεπερασμένου στοιχείου, εντός του επιπέδου του

Τοπικός άξονας Y: Καθ' ύψος του πεπερασμένου στοιχείου, εντός του επιπέδου. Ο άξονας Y ταυτίζεται με τον καθολικό άξονα Z)



Σχήμα 8.5 Τοπικό Σύστημα Αξόνων Πεπερασμένων Στοιχείων (Τετρακομβικό στοιχείο) (Ομάδα Υποστήριξης 3DR, 2022)

Τοπικός άξονας Z: Κάθετος στο επίπεδο που σχηματίζει το επιφανειακό πεπερασμένο στοιχείο.

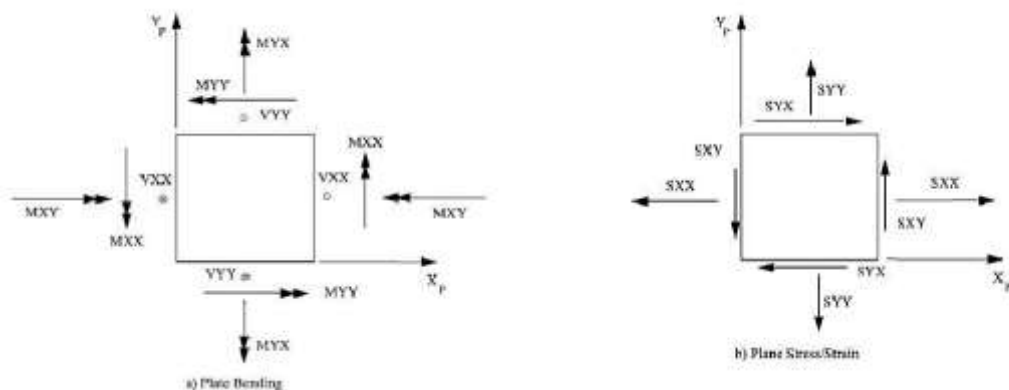
Στο λογισμικό κατά τη φάση διακριτοποίησης του φορέα επιλέγονται: α) Μέγεθος, δηλαδή το μέγιστο μήκος πεπερασμένου στοιχείου, β) Γεωμετρική Ανοχή (%), η ανοχή με την οποία δημιουργούνται τα πεπερασμένα στοιχεία ώστε να αποδίδεται η γεωμετρία του φορέα (ειδικά στα ανοίγματα) και γ) Ανοχή Ανάλυσης (%). Και το λογισμικό δημιουργεί ακολούθως το δίκτυο πεπερασμένων.

Οι διευθύνσεις εφαρμογής των τάσεων και των εντατικών μεγεθών, σύμφωνα με το πρόγραμμα 3DR.PESSOS, ορίζονται σύμφωνα με το σχήμα 8.6, που ακολουθεί. Τονίζεται ότι οι τάσεις αναφέρονται στο επίπεδο των πεπερασμένων στοιχείων (ο άξονας X κατά το μήκος, ο άξονας Y κατακόρυφος και ο άξονας Z κάθετος στο επίπεδο του ΠΣ:

$S_{xx}$ : ορθές αξονικές τάσεις, εντός επιπέδου

$S_{yy}$ : ορθές αξονικές τάσεις, εντός επιπέδου

$S_{xy}$  και  $S_{yx}$ : διατμητικές τάσεις, εντός επιπέδου



Σχήμα 8.6 α) Αναπτυσσόμενες ροπές και τέμνουσες σε δίσκο επίπεδης έντασης (αριστερά) β) Αναπτυσσόμενες τάσεις σε επιφανειακό (2Δ) πεπερασμένο στοιχείο (δεξιά), στο τοπικό σύστημα (Ομάδα Υποστήριξης 3DR, 2022)

Τα εντατικά μεγέθη προκύπτουν από την ολοκλήρωση των τάσεων σε τρεις διατομές, στη βάση, στο μέσον και στην στέψη κάθε πεσσού, υπολογίζοντας έτσι τρεις δυνάμεις και τρεις ροπές απαραίτητες για τους ελέγχους κατά ΚΑΔΕΤ2022.

➤ **Δυνάμεις και Ροπές στις επιφάνειες των πεπερασμένων (Σχήμα 8.6α):**

$M_{xx}$  : ροπή περί τον κατακόρυφο άξονα Y του πεπερασμένου στοιχείου, όχι της διατομής του πεσσού. Προκύπτουν από την ολοκλήρωση των τάσεων  $S_{xx}$  (Σχήμα 8.6β)

επί την απόσταση από το κέντρο βάρους του πεπερασμένου στοιχείου και αναγράφονται ανά μονάδα μήκους πεπερασμένου στοιχείου. Δίνει ροπές περί τον Y άξονα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 8.6α. Επομένως οι ροπές  $M_{xx}$  αντιστοιχούν στη ροπή  $M_y$  (Ροπή περί κατακόρυφο άξονα).

$M_{yy}$ : ροπή περί τον κατακόρυφο άξονα X του πεπερασμένου στοιχείου, όχι της διατομής του πεσσού. Προκύπτουν από την ολοκλήρωση των τάσεων  $S_{yy}$  επί την απόσταση από το κέντρο βάρους του πεπερασμένου στοιχείου και αναγράφονται ανά μονάδα μήκους πεπερασμένου στοιχείου. Δίνει ροπές περί τον άξονα X διατομής (κατά τη λήψη των δυνάμεων τομής των πεπερασμένων (Command: 3DRViewSectionCutRes). Επομένως οι ροπές  $M_{yy}$  αντιστοιχούν στη ροπή  $M_x$  (Ροπή περί οριζόντιο άξονα).

$V_{xx}$ : Τέμνουσα δύναμη κάθετα στο επίπεδο του πεπερασμένου στοιχείου

$V_{yy}$ : Τέμνουσα δύναμη κάθετα στο επίπεδο του πεπερασμένου στοιχείου

➤ **Δυνάμεις και ροπές στις διατομές (cut lines) των πεπερασμένων:**

$F_x$ : Τέμνουσα δύναμη στον πεσσό -> εντός επιπέδου διάτμηση ( $=V_{Ed}$ ), προκύπτει από την ολοκλήρωση των τάσεων  $S_{xx}$

$F_y$ : Αξονική κατακόρυφη δύναμη στον πεσσό-> θλιπτικό αξονικό φορτίο. προκύπτει από την ολοκλήρωση των τάσεων  $S_{yy}$

$F_z$ : Δύναμη κάθετα στο επίπεδο του πεσσού-> εκτός επιπέδου διάτμηση, προκύπτει από την ολοκλήρωση των διατμητικών τάσεων  $S_{xy}$ ,  $S_{yx}$

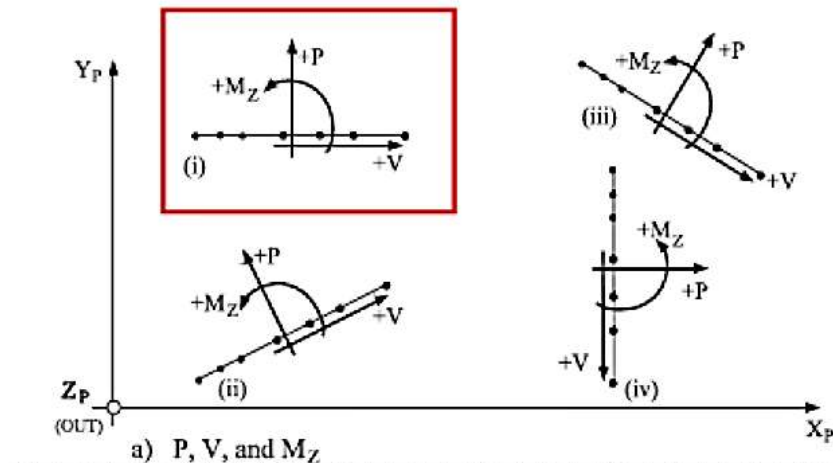
$M_x$ : Ροπή εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα πεσσού (από ροπές  $M_{yy}$  των Π.Σ.)

$M_y$ : Ροπή εκτός επιπέδου περί κατακόρυφο άξονα πεσσού (από ροπές  $M_{xx}$  των Π.Σ.)

$M_z$ : Ροπή εντός επιπέδου πεσσού.

## Straight Line Cuts

GT STRUDL



Σχήμα 8.7 Ορισμός θετικών πρόσχημων εντατικών μεγεθών P (αξονικό), V (τέμνουσα) και M (ροπή) στο τοπικό σύστημα (επίπεδο τομής) (Dr. Parachristidis, 2021)

## 8.4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

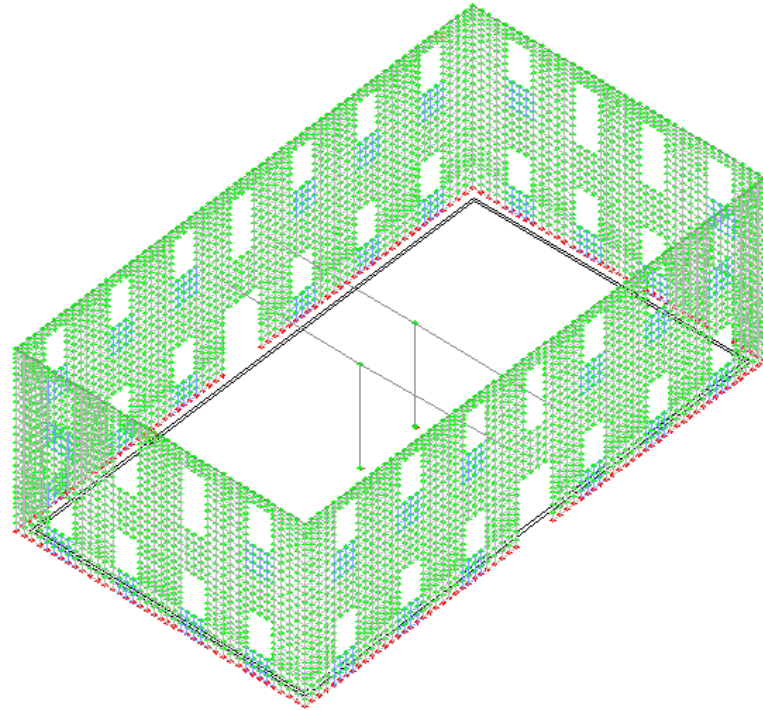
### 8.4.1 Γενικά

Στην περίπτωση της παρούσης διπλωματικής εργασίας προσομοιώθηκαν οι εξωτερικοί περιμετρικοί τοίχοι με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία. Τα φέροντα στοιχεία της στέγης δεν προσομοιώθηκαν αναλυτικά με γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία, αλλά υπολογίστηκε αναλυτικά το βάρος της στέγης με την επικάλυψη της και ορίστηκε σαν μόνιμο φορτίο στους περιμετρικούς τοίχους. Ο αναλυτικός υπολογισμός παρουσιάζεται αναλυτικά στην §5.3.1.

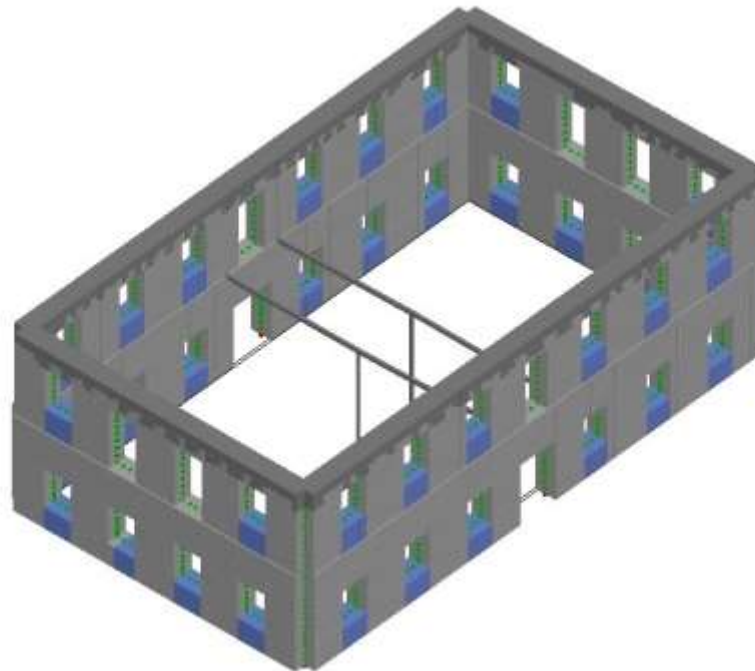
Τα ξύλινα δάπεδα και η διαδοκίδωση αυτών με την εσχάρα ξύλινων δοκών δεν προσομοιώθηκαν αναλυτικά στο λογισμικό. Ελήφθησαν υπόψη μέσω του αναλυτικού υπολογισμού του ιδίου βάρους τους και των μόνιμων και κινητών φορτίων αυτών, το σύνολο των οποίων μεταβιβάστηκε και κατανεμήθηκε στους περιμετρικούς τοίχους, μέσω ορισμού ξύλινης πλάκας με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της αποτύπωσης (φέρουσες δοκοί κατά τη διεύθυνση Y-Y' σε απόσταση 0.45 m)

Οι ενισχύσεις-επεμβάσεις που είχαν προηγηθεί στο κτίριο προσομοιώθηκαν τα υποστυλώματα με κατακόρυφα γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία ενώ οι μεταλλικοί δοκοί και η δοκός ενίσχυσης οπλισμένου σκυροδέματος στην στέψη του κτιρίου με στοιχεία μέλη δοκού, εισάγοντας στην κάθε περίπτωση το αντίστοιχο υλικό. Ενδεικτικές εικόνες του προσομοιώματος ως αναλυτικό μοντέλο και ως τρισδιάστατη απεικόνιση, στα σχήματα 8.8 και 8.9 αντίστοιχα.





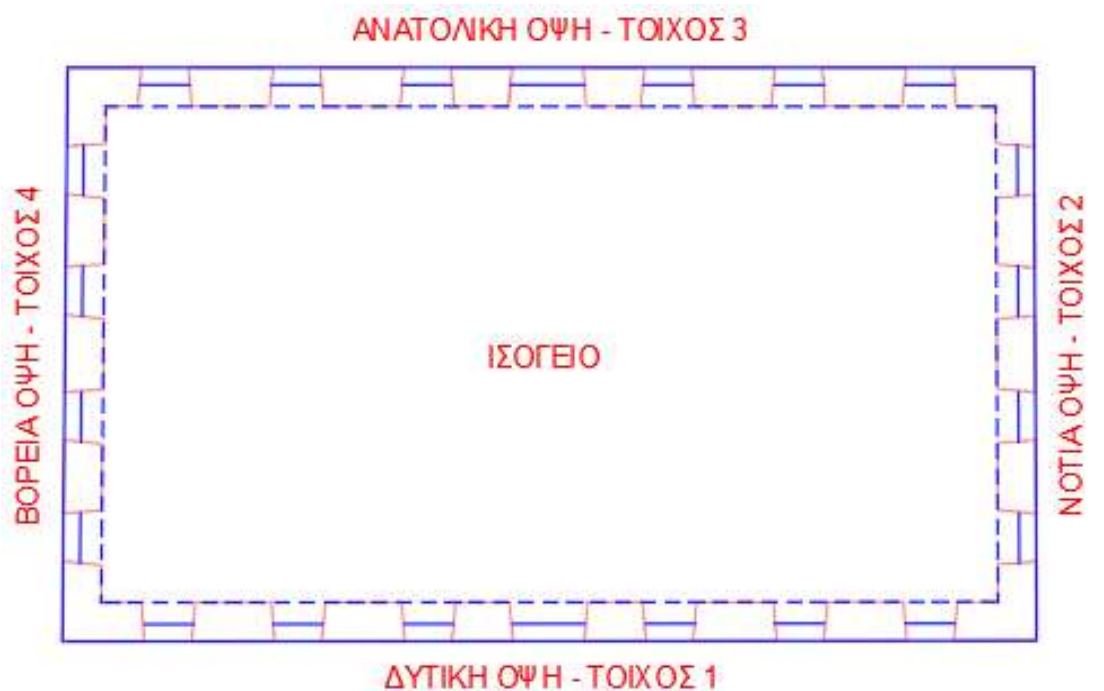
Σχήμα 8.8 Προβολή αναλυτικού μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων



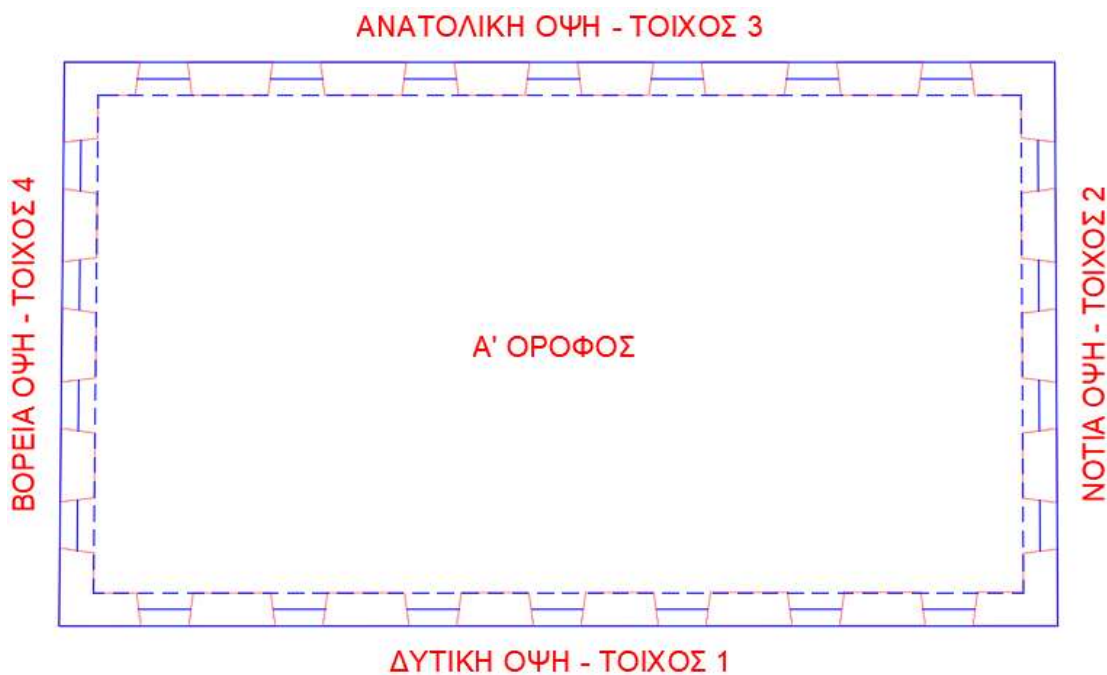
Σχήμα 8.9 Τρισδιάστατη απεικόνιση προσομοιώματος Ιακωβάτειου στο Pessos 3DR

### 8.4.2 Αναγνώριση Πεσσών & Δίσκων Υπερθύρων

Στα σκαριφήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι τοίχοι, πεσσοί και οι υπέρθυροι δίσκοι με την ονομασία τους, όπως αναγνωρίστηκαν από το λογισμικό, σχεδιάζοντας τους φέροντες τοίχους με αντιωρολογιακή φορά σε κάτοψη (Σχήμα 8.10 και Σχήμα 8.11).

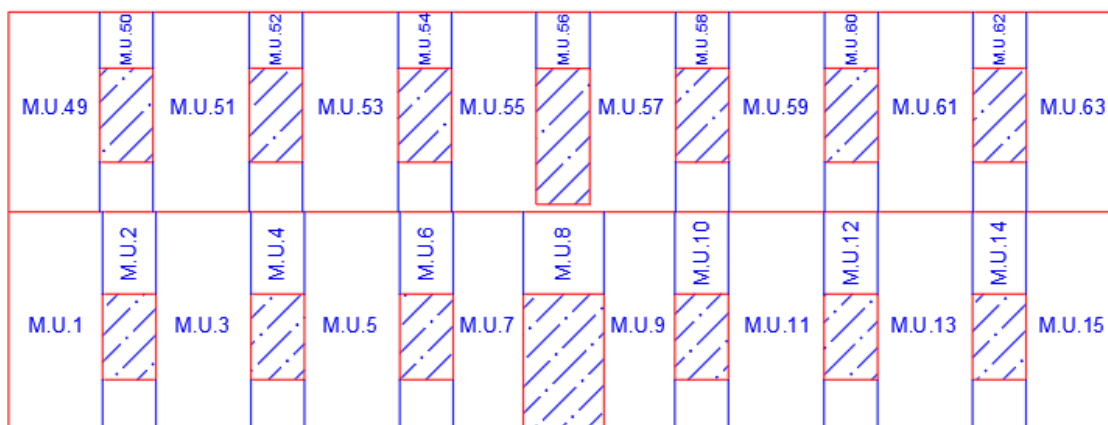


Σχήμα 8.10 Αναγνώριση και αρίθμηση τοίχων στην κάτοψη του ισογείου



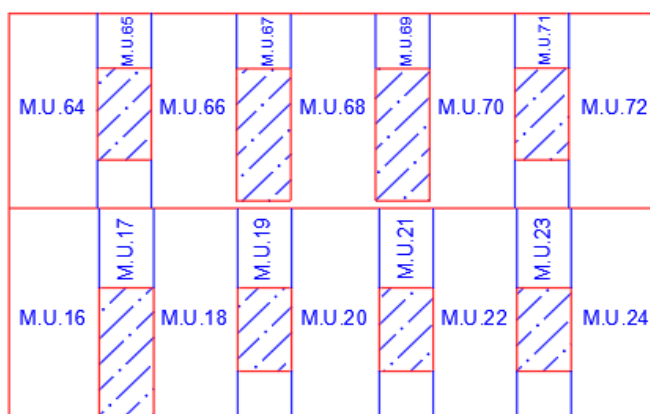
Σχήμα 8.11 Αναγνώριση και αρίθμηση τοίχων στην κάτοψη του Α' ορόφου

Το λογισμικό αναγνωρίζει ως στοιχεία που θα ελεγχθούν έναντι σεισμού, τους πεσσούς και τους αριθμεί σειριακά, συμπεριλαμβάνοντας στην αρίθμηση και τους υπέρθυρους δίσκους του κάθε τοίχου, σε κάθε στάθμη (Σχήματα 8.12 , 8.13, 8.14 και 8.15).



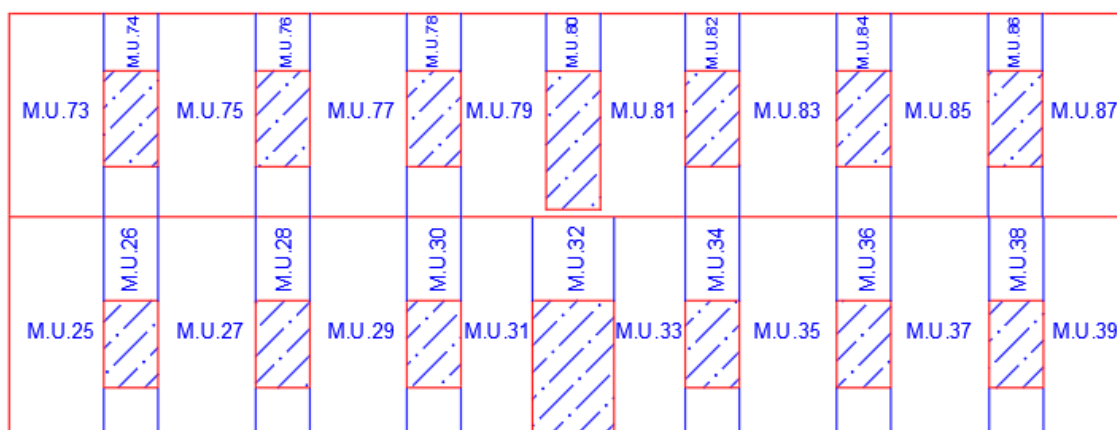
### ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ - ΤΟΙΧΟΣ 1

Σχήμα 8.12 Αρίθμηση πεσσών και υπέρθυρων δίσκων τοίχου 1



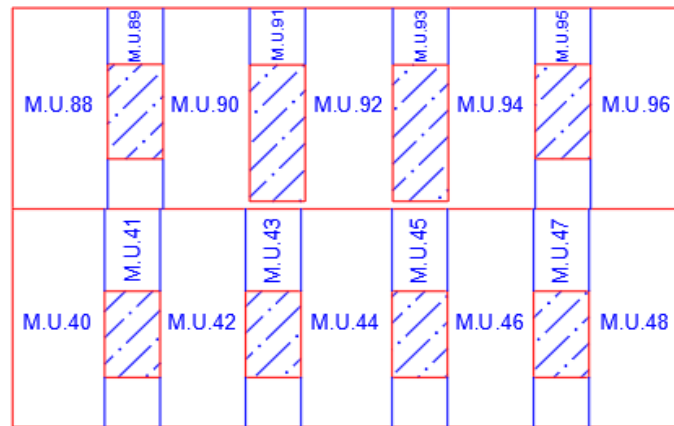
### ΝΟΤΙΑ ΟΨΗ - ΤΟΙΧΟΣ 2

Σχήμα 8.13 Αρίθμηση πεσσών και υπέρθυρων δίσκων τοίχου 2



### ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ - ΤΟΙΧΟΣ 3

Σχήμα 8.14 Αρίθμηση πεσσών και υπέρθυρων δίσκων τοίχου 3



**ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ - ΤΟΙΧΟΣ 4**

Σχήμα 8.15 Αρίθμηση πεσσών και υπέρθυρων δίσκων τοίχου 4

### 8.4.3 Συνδυασμοί Φορτίσεων

Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ2022, όταν ο στόχος είναι η αποτίμηση και ο ανασχεδιασμός λόγω σεισμού, δεν ελέγχονται θέματα λειτουργικότητας ή/και ανθεκτικότητας. Οι συνδυασμοί των δράσεων, για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας (βασικοί και τυχηματικοί συνδυασμοί), γίνονται σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς και με τους αντίστοιχους συντελεστές συνδυασμού των μεταβλητών δράσεων  $\psi_i$ .

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ2000 και τον Ευρωκώδικα 8 (EN1998-1, 2004), ο σεισμικός συνδυασμός δράσεων για συνήθη κτίρια δίνεται από τη σχέση :

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{ED} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}, j \geq 1, i \geq 1 \tag{8.1 (6.12b)} \tag{EN1990:2002+A1, 2005)}$$

όπου ο συντελεστής  $\psi_2$  για κτίρια συγκέντρωσης κοινού ορίζεται ίσος με  $\psi_2 = 0,60$  (Πίνακας 6.4). Έτσι δημιουργήθηκαν οι παρακάτω βασικοί σεισμικοί συνδυασμοί φόρτισης:

Πίνακας 8.2 Βασικοί σεισμικοί συνδυασμοί φόρτισης

A/A	Κωδικός Φόρτισης	Συνδυασμός Φορτίων
1	EC1-006	1.10 G + 0.60 Q+Ex + 0.30 Ey
2	EC1-015	1.10 G + 0.60 Q+Ex - 0.30 Ey
3	EC1-024	1.10 G + 0.60 Q- Ex + 0.30 Ey
4	EC1-033	1.10 G + 0.60 Q - Ex - 0.30 Ey
5	EC1-042	1.10 G + 0.60 Q +0.30Ex + Ey
6	EC1-051	1.10 G + 0.60 Q + 0.30Ex - Ey
7	EC1-060	1.10 G + 0.60 Q - 0.30Ex + Ey
8	EC1-069	1.10 G + 0.60 Q - 0.30Ex - Ey

Πίνακας 8.3 Προτεινόμενες τιμές των συντελεστών  $\psi$  για κτίρια (EN1990 Παράρτημα Α (Μαλακάτας & Τρέζος, 2011))

Δράσεις	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Επιβαλλόμενα φορτία σε κτίρια, κατηγορία (βλέπε EN 1991-1-1)			
Κατηγορία Α: κατοικίες, συνήθη κτίρια κατοικιών	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία Β: χώροι γραφείων	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία C: χώροι συνάθροισης	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία D: χώροι καταστημάτων	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία E: χώροι αποθήκευσης	1,0	0,9	0,8
Κατηγορία F: χώροι κυκλοφορίας οχημάτων βάρος οχημάτων $\leq 30\text{kN}$	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία G: χώροι κυκλοφορίας οχημάτων $30\text{kN} < \text{βάρος οχημάτων} \leq 160\text{kN}$	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία H: στέγες	0	0	0
Φορτία χιονιού επάνω σε κτίρια (βλέπε EN 1991-1-3)*			
Φιλανδία, Ισλανδία, Νορβηγία, Σουηδία	0,70	0,50	0,20
Υπόλοιτα Κράτη Μέλη του CEN για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο $H > 1000\text{ m}$	0,70	0,50	0,20
Υπόλοιτα Κράτη Μέλη του CEN για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο $H \leq 1000\text{ m}$	0,50	0,20	0
Φορτία ανέμου σε κτίρια (βλέπε EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Θερμοκρασία (μη-πυρκαϊάς) σε κτίρια (βλέπε EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι τιμές $\psi$ μπορούν να καθορισθούν από το Εθνικό Προσάρτημα.			
* Για χώρες οι οποίες δεν αναφέρονται παρακάτω, βλέπε συναφείς τοπικές συνθήκες.			

**Σημείωση:** Δεν υπάρχει διαφοροποίηση στο ΕΠ ως προς το EN 1990

#### 8.4.4 Έδαφος

Έχει πραγματοποιηθεί γεωτεχνική έρευνα στην περιοχή του κτιρίου της Ιακωβάτειου βιβλιοθήκης (ΓΕΩΜΕΤΡΗΣΗ, 2021). Στο πλαίσιο της γεωτεχνικής έρευνας υπαίθρου διανοίχθηκαν δύο δειγματοληπτικές γεωτρήσεις Γ1 και Γ2 βάθους 15.00m η κάθε μία, οι θέσεις εμφανίζονται στο Σχήμα , από τις οποίες προέκυψαν δείγματα εν ξηρώ, ενώ εκτελέστηκαν και εννέα δοκιμές πρότυπης διείδυσης (SPT).

Από τα αποτελέσματα των επιτόπιων δοκιμών και την εργαστηριακή επεξεργασία αυτών διαπιστώθηκαν τρεις γεωτεχνικές ενότητες, οι οποίες σύμφωνα με τον EN 1998-1:2004, κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

GU-I και GU-II: Κατηγορία C

GU-III: Κατηγορία A

Το υπέδαφος θεμελίωσης κατά EN1998-1 κατατάσσεται συνολικά στην κατηγορία C, ενώ η κατηγορία σπουδαιότητας του κτιρίου είναι η III ( $\gamma_I = 1.20$ ).







#### 8.4.5 Σεισμική Επικινδυνότητα

Η ευρύτερη περιοχή της Κεφαλλονιάς, μαζί με τις περιοχές της Λευκάδας, Ζακύνθου και Ιθάκης εντάσσονται στη Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας III, σύμφωνα με το Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας (ΦΕΚ 1154/Β/12-8-2003), που συνοδεύει και το ελληνικό προσάρτημα του Ευρωκώδικα 8. και εμπεριέχεται και στον Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ 2000).

Σύμφωνα με τη ζώνη III η  $a_{gR} = 0,36g$

Κατά EN1998-1 εφαρμόζεται το Ελαστικό Φάσμα Τύπου 1 που έχει επιλεγθεί για την Ελλάδα (εθνικό προσάρτημα).

##### Παράμετροι αντισεισμικού σχεδιασμού:

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III

Επιτάχυνση εδάφους  $0.36g$

Κατηγορία σπουδαιότητας: III (Χώροι συνάθροισης κοινού)

Συντελεστής σπουδαιότητας  $\gamma$  1.20

Κατηγορία εδάφους C

Συντελεστής εδάφους S 1.20

Συντελεστής θεμελίωσης  $\theta$  1.00

Χαρακτηριστικές περίοδοι φάσματος  $T_B=0.15s$

$T_c=0.50s$

Απόσβεση  $\zeta$ : 5%

Ομοιόμορφη Κατανομή Φόρτισης (όχι τριγωνική)

Καθολικός δείκτης συμπεριφοράς  $q$

#### 8.4.6 Προσομοιώσεις Κτιρίου προς Επίλυση

##### Προσομοίωμα Υφιστάμενου Φορέα (αρχικό κτίριο με επεμβάσεις 1975):

- Εξωτερική τοιχοποιία διαφοροποιημένη στον ισόγειο και πρώτο όροφο
- Διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες στις ποδιές όλων των ανοιγμάτων, καθώς είναι δίστρωτες, ενώ στο υπόλοιπο κτίριο τρίστρωτες.
- Μεταφορά φορτίων στέγης στους περιμετρικούς τοίχους ως μόνιμο φορτίο



- Αντιστοίχιση Ι.Β. ξύλινου φέροντος οργανισμού στην οροφή των δύο σταθμών με ταυτόχρονη εισαγωγή των μόνιμων και κινητών φορτίων.
- Μεταλλικά υποστυλώματα και μεταλλικές δοκοί, συνδεδεμένες με τους κόμβους της εξωτερικής περιμετρικής τοιχοποιίας στη πρώτη στάθμη
- Εισαγωγή ενιαίου συντελεστή συμπεριφοράς  $q=1.2$  λόγω βλαβών
- Στάθμη επιτελεστικότητας: B1
- ΣΑΔ: για Υλικά : ΑΝΕΚΤΗ (ή Περιορισμένη κατά Πίν. 3.1 (EN1998-3, 2010)
- Σ.Α.Δ. για Φορτία: ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ (ή Κανονική κατά Πίν. 3.1 (EN1998-3, 2010) (Επιλογές 3DR Pessos)

#### **Προσομοίωμα Ενισχυμένου Κτιρίου (επεμβάσεις κατά ΚΑΔΕΤ):**

- Εκτός των οριζόμενων στο προσομοίωμα του υφιστάμενου κτιρίου
- Εισαγωγή διαφραγμάτων και στις δύο στάθμες. Το λογισμικό συνδέει κινηματικά όλα τα σημεία στη στάθμη του ορόφου
- Χρήση τριμερούς ενέματος, με χρήση και λευκού τσιμέντου ειδικών προδιαγραφών σε ποσοστό κάτω του 30% και εισαγωγή των νέων βελτιωμένων μηχανικών χαρακτηριστικών στην τοιχοποιία.
- Εφαρμογή αρμολογημάτων και υπολογισμός της νέας θλιπτικής αντοχής κονιάματος της τοιχοποιίας, ανά στάθμη
- Εισαγωγή ενιαίου συντελεστή συμπεριφοράς  $q=1.5$
- Η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.) δεν μεταβάλλεται.

## Κεφάλαιο 9

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

#### 9.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων των προσομοιωμάτων του κτιρίου, όπως αυτά ορίστηκαν μέχρι τώρα στις προηγούμενες παραγράφους. Τα αποτελέσματα των ελέγχων εκφρασμένων μέσω των μέγιστων  $\lambda$ , τους ελέγχους σε όρους εντατικών μεγεθών για κάθε πεσσό ανά στάθμη. Ενδεικτικές τιμές σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών για κάθε τοίχο. Συγκρίνονται μέσω γραφημάτων οι συντελεστές επάρκειας-ανεπάρκειας  $\lambda$  του υφιστάμενου και του ενισχυμένου κτιρίου. Ενώ παρουσιάζονται ενδεικτικές εικόνες παραμόρφωση των δύο προσομοιωμάτων.

#### 9.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με χρήση του ενιαίου ή καθολικού δείκτη συμπεριφοράς  $q$  και επιλύθηκαν με το λογισμικό Pessos 3DR δύο προσομοιώματα του κτιρίου, το υφιστάμενο και το ενισχυμένο.

##### 9.2.1 Αποτελέσματα Προσομοιώματος Υφιστάμενου Κτιρίου

Το πρώτο προσομοίωμα αντιστοιχεί στο υφιστάμενο κτίριο όπως αντιμετώπισε τους σεισμούς της Κεφαλονιάς το 2014, δηλαδή το αρχικό κτίριο με τις επεμβάσεις της δεκαετίας του 80. Επομένως διαθέτει την αρχική τοιχοποιία, την αλλαγή σε δύο θύρες που διαμορφώθηκαν ως παράθυρα στην και με την προσθήκη των επεμβάσεων της δεκαετίας 1975-1984, οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά στην §....

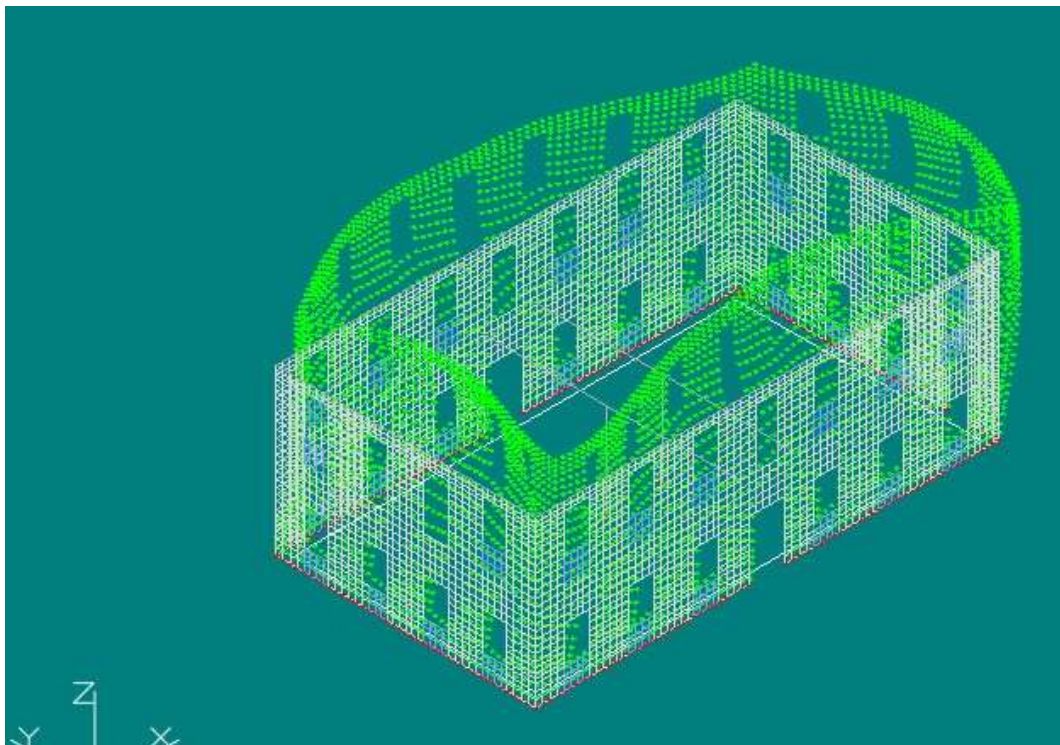
Ακολουθούν αρχικώς οι γενικοί έλεγχοι σε επίπεδο κτιρίου, βάσει ΚΑΔΕΤ (Πίν. 9.1) και ενδεικτικές παραμορφώσεις του αρχικού φορέα.

Πίνακας 9.1 Γενικοί έλεγχοι κτιρίου –Προσομοίωμα Αρχικού Κτιρίου

Έλεγχος εκκεντροτήτων (βάσει παρ. 5.3.8(α))						
Διεύθυνση	L	M		N	Έλεγχος	
	[m]	[kNm]		kN		
X	19.03	24696.36		6132.05	<b>1.27</b>	
Y	11.06	24696.36		6132.05	<b>2.18</b>	
Έλεγχος αδρανούς περιοχής (βάσει παρ. 5.3.8(β))						
Διεύθυνση	T	Se	Ωw	Aw	Έλεγχος	
	[s]	[m/s <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]		
X	0.22	1.24	558.71	27.42	<b>0.16</b>	
Y	0.25	1.24	309.69	15.49	<b>0.18</b>	
Έλεγχος μέγιστης ορθής θλιπτικής τάσης (βάσει παρ. 5.3.8(γ))						
Διεύθυνση	N	Aw	M	Ωw	fmc	Έλεγχος
	[kN]	[m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	
X	6132.05	27.42	24696.36	558.71	1090.00	<b>0.25</b>
Y	6132.05	15.49	24696.36	309.69	1090.00	<b>0.44</b>

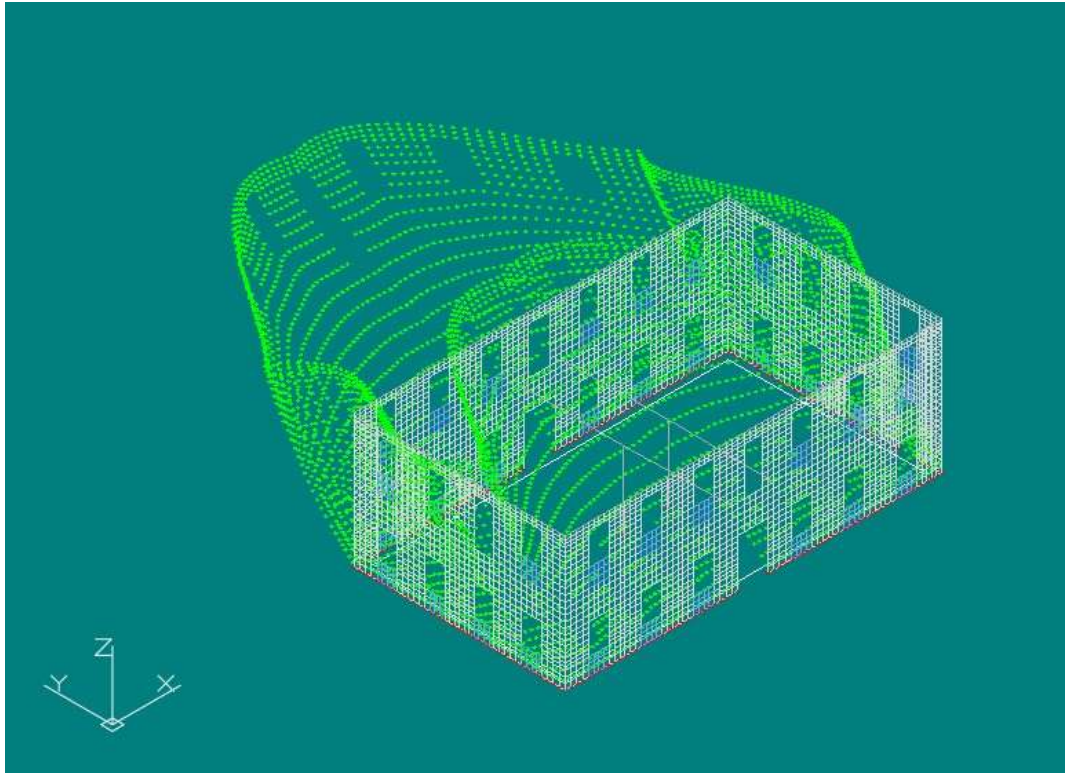
Διαπιστώνεται η εγγενής αδυναμία του κτιρίου στον έλεγχο εκκεντρότητας, ο έλεγχος προκύπτει ανώτερος της μονάδας που αντικατοπτρίζει ανεπάρκεια.

Στα επόμενα σχήματα παρουσιάζονται ενδεικτικώς το παραμορφωμένο σχήμα του φορέα για δύο βασικούς σεισμικούς συνδυασμούς κατά X κ Y.



Σχήμα 9.1 Παραμορφωμένος φορέας για σεισμικό συνδυασμό

(006) 1.10 G + 0.60 Q+Ex + 0.30 Ey



Σχήμα 9.2 Παραμορφωμένος φορέας για σεισμικό συνδυασμό

$$(042) 1.10 G + 0.60 Q + 0.30E_x + E_y$$

Ακολούθως, στις επόμενες δύο σελίδες, παρουσιάζονται πινακοποιημένοι οι λόγοι ανεπάρκειας  $\lambda$  σε όρους εντατικών μεγεθών, σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν στο 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο. Τα  $\lambda$  είναι τα μέγιστα σε κάθε εντατική κατάσταση, ανά πεσσό και ανά στάθμη, Πίνακας 9.2 για την 1<sup>η</sup> στάθμη ή ισόγειο και Πίνακας 9.3 για τη 2<sup>η</sup> στάθμη ή Α' όροφος.



Πίνακας 9.2 Λόγοι ανεπάρκειας λ ανά έλεγχο σε όρους εντατικών μεγεθών – Υφιστάμενο Κτίριο Ισόγειο

ΙΣΟΓΕΙΟ ΕΛΕΓΧΟΙ	ΑΡΧΙΚΟ ΜΕ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ 1975												MAX			
	ΤΟΙΧΟΣ	ΠΕΡΙΣΣΟΙ	ΑΞΟΝΙΚΑ		ΕΠΙΣΤΑΣΙΟΥ		ΚΑΜΥΦΗ		ΚΑΜΥΦΗ ΠΕΡΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΑΞΟΝΑ		ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΥΦΗ ΠΕΡΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ			ΔΙΑΤΜΗΣΗ		
			λ	ΣΧΟΛΙΟ	λ	ΣΧΟΛΙΟ	λ	ΣΧΟΛΙΟ	λ	ΣΧΟΛΙΟ	λ	ΣΧΟΛΙΟ		λ	ΣΧΟΛΙΟ	λ
1	1	1.111	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	13.266	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.907	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.124	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.518	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.214	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.214	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	13.266
	3	0.478	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.733	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.444	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.697	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.953	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.004	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.004	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.733
	5	0.443	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.784	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.456	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.694	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.565	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.427	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.427	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.784
	7	0.779	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	46.326	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	64.300	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.492	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.239	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.039	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.039	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	64.300
	9	0.775	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	43.964	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	41.662	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.416	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.039	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.069	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.069	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	43.964
	11	0.445	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.842	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.410	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.664	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.602	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.412	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.412	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.842
	13	0.470	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.717	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.448	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.710	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.772	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.782	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.782	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.717
	15	1.163	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	17.284	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	8.019	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.064	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	22.507	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.065	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.065	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	22.507
	16	0.953	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	15.799	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.828	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.259	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.739	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.578	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.578	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	15.799
	18	0.685	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	40.060	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.214	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.488	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.269	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.269	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	40.060
	20	0.382	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.994	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.206	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.122	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.451	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.451	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999
	22	0.417	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.832	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.216	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.822	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.926	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.926	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999
	24	0.967	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	33.104	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	8.086	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.259	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.143	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.374	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.374	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	33.104
	25	1.179	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	17.287	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.334	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.476	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.773	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.207	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.207	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	17.287
	27	0.473	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	11.600	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.502	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.826	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	7.006	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.036	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.036	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	11.600
29	0.447	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.825	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.539	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.857	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.638	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.501	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.501	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.825	
31	0.809	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	49.651	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	13.158	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.710	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.332	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.218	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.218	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	49.651	
33	0.760	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	32.751	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.068	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.746	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	7.824	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.325	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.325	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	32.751	
35	0.449	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.774	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.557	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.841	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.587	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.488	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.488	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.774	
37	0.483	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.230	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.602	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.780	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	7.039	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.147	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.147	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.230	
39	1.202	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	18.976	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.614	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	7.330	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.260	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.155	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.155	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	18.976	
40	0.938	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	28.585	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.926	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.430	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	32.032	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.481	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.481	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	32.032	
42	0.402	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.311	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.358	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.608	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.822	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.822	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999	
44	0.395	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.061	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.335	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.178	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.425	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.425	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999	
46	0.402	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.408	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.355	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.476	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.654	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.654	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999	
48	0.930	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	26.148	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	7.613	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.422	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	7.274	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.533	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.533	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	26.148	
MAX		1.202		49.651		64.300		7.330		32.032		5.147		5.147		26.148

Πίνακας 9.3 Λόγοι ανεπάρκειας λ ανά έλεγχο σε όρους εντατικών μεγεθών – Υφιστάμενο Κτίριο Α΄ Ορόφος

Α΄ ΟΡΟΦΟΣ ΕΛΕΓΧΟΙ	ΑΡΧΙΚΟ ΜΕ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ 1975											
	ΤΟΙΧΟΣ	ΠΕΡΙΣΣΟΣ	ΑΞΟΝΙΚΑ			ΕΠΙΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ		ΚΑΜΨΗ		ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ		MAX
			λ	ΣΧΟΛΙΟ	λ	ΣΧΟΛΙΟ	λ	ΣΧΟΛΙΟ	λ	ΣΧΟΛΙΟ	λ	
1	49	0.290	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.617	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.725	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.323	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.725	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.725
	51	0.230	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.440	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.984	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.165	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.165	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.165
	53	0.186	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.767	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.997	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.106	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.106	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.106
	55	0.187	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.581	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.262	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.457	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.457	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.457
	57	0.186	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.586	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.243	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.477	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.477	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.477
	59	0.189	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.762	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.997	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.118	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.118	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.118
	61	0.229	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.451	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.007	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.515	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.515	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.515
	63	0.299	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.496	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.596	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.328	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.596	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.596
	64	0.223	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.433	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.034	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.885	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.034	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.034
	66	0.339	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	28.361	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.191	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	30.002	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	30.002	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	30.002
2	68	0.251	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.650	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.193	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.127	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.650	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.650
	70	0.328	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	143.460	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.189	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	83.376	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	143.460	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	143.460
3	72	0.216	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.135	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.763	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.580	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.580	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.580
	73	0.321	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.627	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.383	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.942	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.942	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.942
	75	0.265	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.450	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.831	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.184	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.184	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.184
	77	0.212	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.881	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.796	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.207	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.207	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.207
	79	0.197	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.439	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.088	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.779	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.779	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.779
	81	0.253	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.785	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.103	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.821	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.821	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.821
	83	0.219	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.736	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.831	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.145	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.145	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.145
	85	0.273	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.487	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.851	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	8.211	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	8.211	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	8.211
	87	0.332	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.829	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.787	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.917	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.787	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.787
	88	0.208	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.934	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.962	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	13.127	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	13.127	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	13.127
4	90	0.319	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	69.867	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.455	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	72.526	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	72.526	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	72.526
	92	0.259	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.694	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.372	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.076	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.694	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.694
	94	0.321	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	150.016	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.394	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	45.721	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	150.016	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	150.016
	96	0.223	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.235	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.149	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.297	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.297	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.297
MAX		0.339	150.016		4.149		83.376					

## 9.2.2 Αποτελέσματα Προσομοιώματος Ενισχυμένου Κτιρίου

Στο δεύτερο προσομοίωμα, εισήχθησαν οι βελτιωμένες τιμές των μηχανικών χαρακτηριστικών, από την εφαρμογή των μεθόδων ενίσχυσης, σύμφωνα με ΚΑΔΕΤ2022, των βαθειών αρμολογημάτων, της ομογενοποίησης της μάζας μέσω τριμερούς ενέματος και της κατασκευαστικά εφαρμοζόμενης διαφραγματικής λειτουργίας. Εκτός των δύο πρώτων επεμβάσεων ενίσχυσης που εισήχθησαν στο προσομοίωμα μέσω της βελτίωσης των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας, επιλέχθηκε και διαφραγματική λειτουργία στις οροφές των δύο στάθμων, του ισογείου και του Α' ορόφου, το λογισμικό με την ενεργοποίηση της επιλογής διαφράγματος, προχωρά σε κινηματική δέσμευση των σημείων που βρίσκονται στην στάθμη του διαφράγματος.

Ακολουθούν αρχικώς οι γενικοί έλεγχοι σε επίπεδο κτιρίου, βάσει ΚΑΔΕΤ (Πίν. 9.4) και ενδεικτικές παραμορφώσεις του ενισχυμένου φορέα.

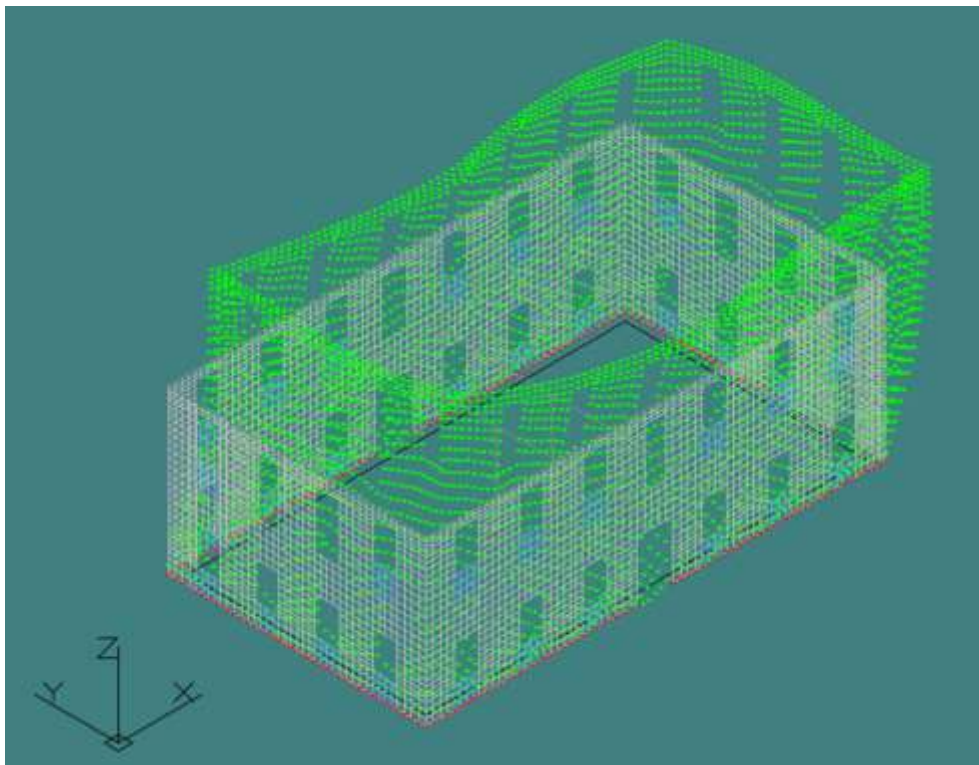
Πίνακας 9.4 Γενικοί έλεγχοι κτιρίου –Προσομοίωμα Ενισχυμένου Κτιρίου (Ενέματα- Διαφράγματα-Αρμολογήματα)

Έλεγχος εκκεντροτήτων (βάσει παρ. 5.3.8(α))						
Διεύθυνση	L	M	N	Έλεγχος		
	[m]	[kNm]	kN			
X	19.03	19757.09	6132.05	<b>1.02</b>		
Y	11.06	19757.09	6132.05	<b>1.75</b>		
Έλεγχος αδρανούς περιοχής (βάσει παρ. 5.3.8(β))						
Διεύθυνση	T	Se	Ωw	Aw	Έλεγχος	
	[s]	[m/s <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]		
X	0.22	1.24	558.71	27.42	<b>0.16</b>	
Y	0.25	1.24	309.69	15.49	<b>0.18</b>	
Έλεγχος μέγιστης ορθής θλιπτικής τάσης (βάσει παρ. 5.3.8(γ))						
Διεύθυνση	N	Aw	M	Ωw	fmc	Έλεγχος
	[kN]	[m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	
X	6132.05	27.42	19757.09	558.71	2350.00	<b>0.11</b>
Y	6132.05	15.49	19757.09	309.69	2350.00	<b>0.20</b>

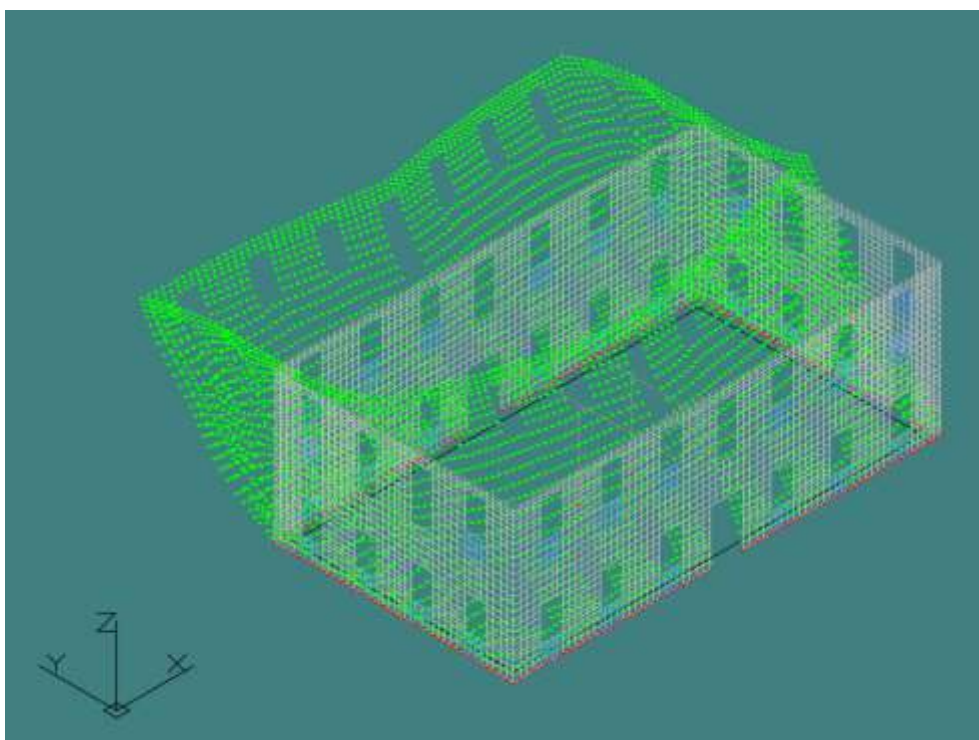
Διαπιστώνεται η βελτίωση του ελέγχου, με τη μείωση του απόλυτου αριθμού στον έλεγχο, χωρίς ωστόσο να ξεπερνιέται η εγγενής αδυναμία του κτιρίου στον έλεγχο εκκεντρότητας, ο έλεγχος προκύπτει και πάλι ανώτερος της μονάδας, ειδικά στη διεύθυνση Y, που αντικατοπτρίζει ανεπάρκεια.



Στα επόμενα σχήματα παρουσιάζονται ενδεικτικώς το παραμορφωμένο σχήμα του φορέα για δύο βασικούς σεισμικούς συνδυασμούς κατά Χ κ Υ



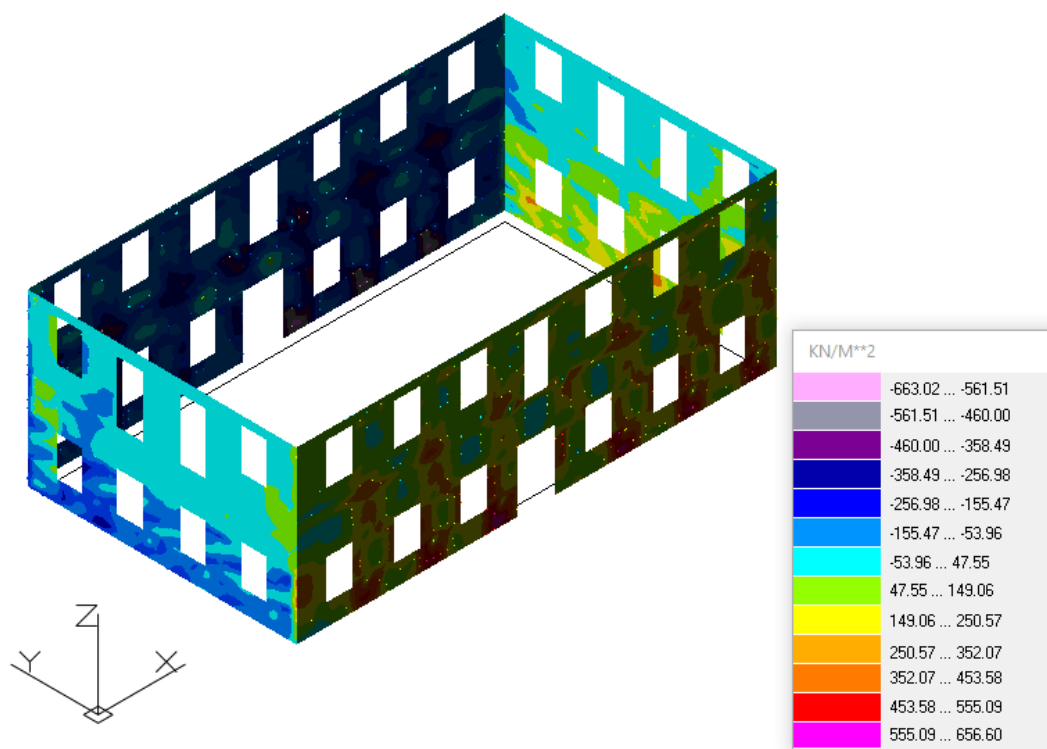
Σχήμα 9.3 Παραμόρφωση φορέα για σεισμικό συνδυασμό (006)  $1.10G+0.60Q+E_x+0.30E_y$



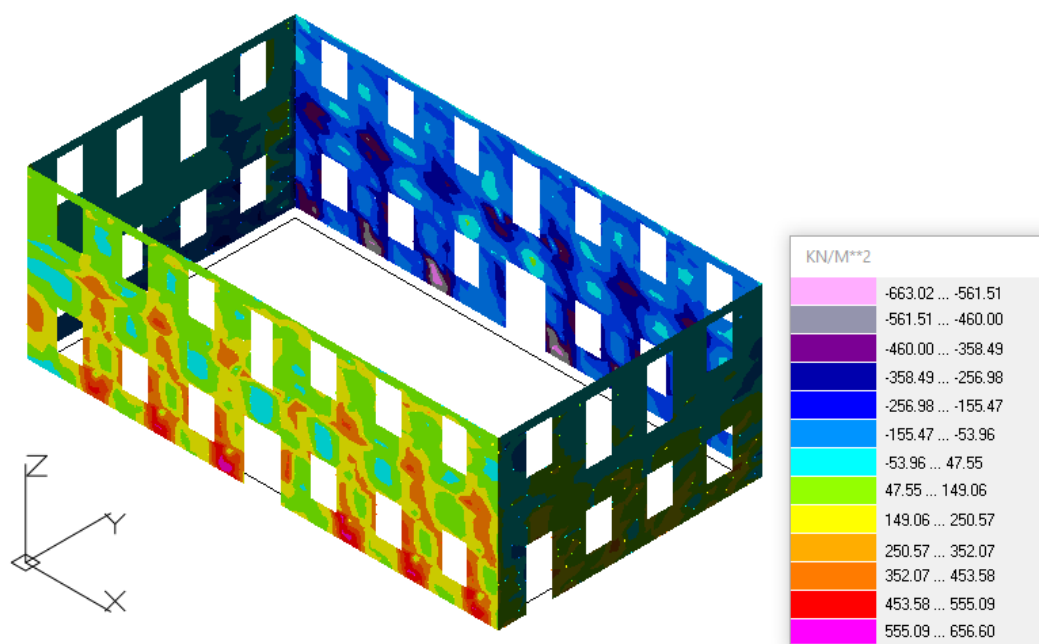
Σχήμα 9.4 Παραμόρφωση φορέα για σεισμικό συνδυασμό (042)  $1.10G+0.60Q+0.30E_x+E_y$



Ακολούθως παρουσιάζονται ενδεικτικές εικόνες των διατμητικών τάσεων  $S_{xy}$  για το σεισμικό συνδυασμό του σχήματος 9.3 του παραμορφωμένου φορέα.



Σχήμα 9.5 Τάσεις  $S_{xy}$  για σεισμικό συνδυασμό (006)  $1.10G+0.60Q+Ex+0.30Ey$  (SW)



Σχήμα 9.6 Τάσεις  $S_{xy}$  για σεισμικό συνδυασμό (006)  $1.10G+0.60Q+Ex+0.30Ey$  (SE)

Ομοίως και για το ενισχυμένο κτίριο, στις επόμενες δύο σελίδες, παρουσιάζονται πινακοποιημένοι οι λόγοι ανεπάρκειας  $\lambda$  σε όρους εντατικών μεγεθών, σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν στο 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο. Τα  $\lambda$  είναι τα μέγιστα σε κάθε εντατική κατάσταση, ανά πεσσό και ανά στάθμη, Πίνακας 9.2 για την 1<sup>η</sup> στάθμη ή ισόγειο και Πίνακας 9.3 για τη 2<sup>η</sup> στάθμη ή Α' όροφος.

Πίνακας 9.5 Λόγοι ανεπάρκειας λ ανά έλεγχο σε όρους εντατικών μεγεθών – Ενισχυμένο Κτίριο Ισόγειο

ΕΛΕΓΧΟΙ	ΤΟΙΧΟΣ	ΠΕΣΣΟΣ	ΑΞΟΜΙΚΑ		ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ				ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ				MAX		
			λ	ΣΧΟΛΙΟ	ΔΙΑΤΜΗΣΗ		ΚΑΜΨΗ		ΚΑΜΨΗ ΠΕΡΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΑΞΟΝΑ		ΚΑΜΨΗ ΠΕΡΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΑΞΟΝΑ			ΔΙΑΤΜΗΣΗ	
					λ	ΣΧΟΛΙΟ	λ	ΣΧΟΛΙΟ	λ	ΣΧΟΛΙΟ	λ	ΣΧΟΛΙΟ		λ	ΣΧΟΛΙΟ
1		1	1.111	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	13.266	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.907	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.124	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.518	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.214	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	13.266
		3	0.478	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.733	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.444	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.697	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.953	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.004	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.733
		5	0.443	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.784	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.456	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.694	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.565	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.427	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.784
		7	0.779	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	46.326	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	64.300	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.492	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.239	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.039	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	64.300
		9	0.775	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	43.964	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	41.662	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.416	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.039	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.069	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	43.964
		11	0.445	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.842	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.410	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.664	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.602	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.412	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.842
		13	0.470	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.717	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.448	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.710	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.772	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.782	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.717
		15	1.163	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	17.284	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	8.019	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.064	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	22.507	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.065	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	22.507
		16	0.953	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	15.799	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.828	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.259	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.739	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.578	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	15.799
		18	0.685	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	40.060	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.214	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.488	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.269	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	40.060
		20	0.382	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.994	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.206	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.122	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.451	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999
		22	0.417	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.832	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.216	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.822	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.926	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999
		24	0.967	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	33.104	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	8.086	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.259	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.143	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.374	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	33.104
		25	1.179	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	17.287	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.334	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.476	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.773	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.207	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	17.287
		27	0.473	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	11.600	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.502	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.826	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	7.006	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.036	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	11.600
29	0.447	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.825	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.539	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.857	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.638	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.501	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.825		
31	0.809	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	49.651	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	13.158	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.710	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.332	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.218	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	49.651		
33	0.760	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	32.751	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.068	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.746	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	7.824	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.325	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	32.751		
35	0.449	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.774	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.557	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.841	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.587	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.488	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.774		
37	0.483	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.230	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.602	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.780	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	7.039	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.147	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.230		
39	1.202	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	18.976	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.614	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	7.330	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	10.260	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.155	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	18.976		
40	0.938	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	28.585	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.926	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.430	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	32.032	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.481	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	32.032		
42	0.402	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.311	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.358	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.608	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.822	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999		
44	0.395	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.061	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.335	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.178	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.425	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999		
46	0.402	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.408	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.355	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.476	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.654	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	9.999		
48	0.930	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	26.148	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	7.613	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.422	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	7.274	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.533	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	26.148		
MAX			1.202		49.651		64.300		7.330		32.032		5.147		

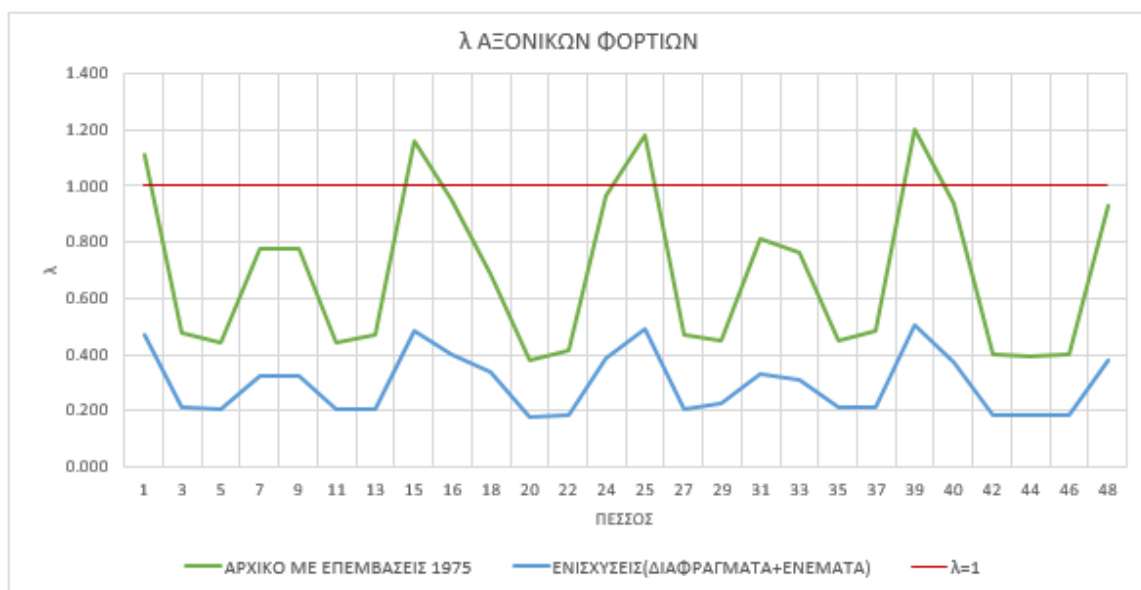
Πίνακας 9.6 Λόγοι ανεπάρκειας λ ανά έλεγχο σε όρους εντατικών μεγεθών – Ενισχυμένο Κτίριο Α΄ όροφος

ΕΛΕΓΧΟΙ	ΤΟΙΧΟΣ		ΠΕΣΣΟΣ		ΑΞΟΝΙΚΑ		ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ		ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ		ΜΑΧ		
					λ	ΣΧΟΛΙΟ	ΚΑΜΨΗ		ΚΑΜΨΗ ΠΕΡΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΑΞΟΝΑ			ΚΑΜΨΗ ΠΕΡΙ ΟΡΙΖΟΝΤΟ ΑΞΟΝΑ	
							λ	ΣΧΟΛΙΟ	λ	ΣΧΟΛΙΟ		λ	ΣΧΟΛΙΟ
1	49	0.290	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.617	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.725	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.323	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.725	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	51	0.230	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.440	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.984	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.165	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.165	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	53	0.186	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.767	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.997	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.106	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.106	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	55	0.187	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.581	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.262	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.457	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.457	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	57	0.186	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.586	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.243	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.477	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.477	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	59	0.189	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.762	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.997	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.118	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.118	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	61	0.229	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.451	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.007	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.515	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.515	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	63	0.299	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.496	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.596	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.328	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.596	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
2	64	0.223	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.433	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.034	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.885	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.034	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	66	0.339	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	28.361	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.191	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	30.002	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	30.002	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	68	0.251	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.650	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.193	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.127	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.650	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	70	0.328	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	143.460	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.189	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	83.376	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	143.460	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	72	0.216	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.135	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.763	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.580	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.580	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	73	0.321	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.627	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.383	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.942	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.942	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
3	75	0.265	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.450	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.831	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.184	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.184	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	77	0.212	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.881	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.796	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.207	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.207	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	79	0.197	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.439	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.088	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.779	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.779	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	81	0.253	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.785	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.103	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.821	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.821	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	83	0.219	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.736	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.831	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.145	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.145	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	85	0.273	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.487	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.851	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	8.211	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	8.211	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	87	0.332	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	0.829	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.787	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.917	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.787	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
4	88	0.208	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	1.934	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.962	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	13.127	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	13.127	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	90	0.319	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	69.867	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.455	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	72.526	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	72.526	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	92	0.259	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.694	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.372	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.076	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	5.694	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	94	0.321	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	150.016	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	3.394	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	45.721	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	150.016	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	96	0.223	ΕΠΑΡΚΕΙΑ	2.235	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	4.149	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.297	ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	6.297	ΑΝΑ ΠΕΣΣΟ		
	MAX		0.339	150.016		4.149		83.376					

### 9.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΩΝ

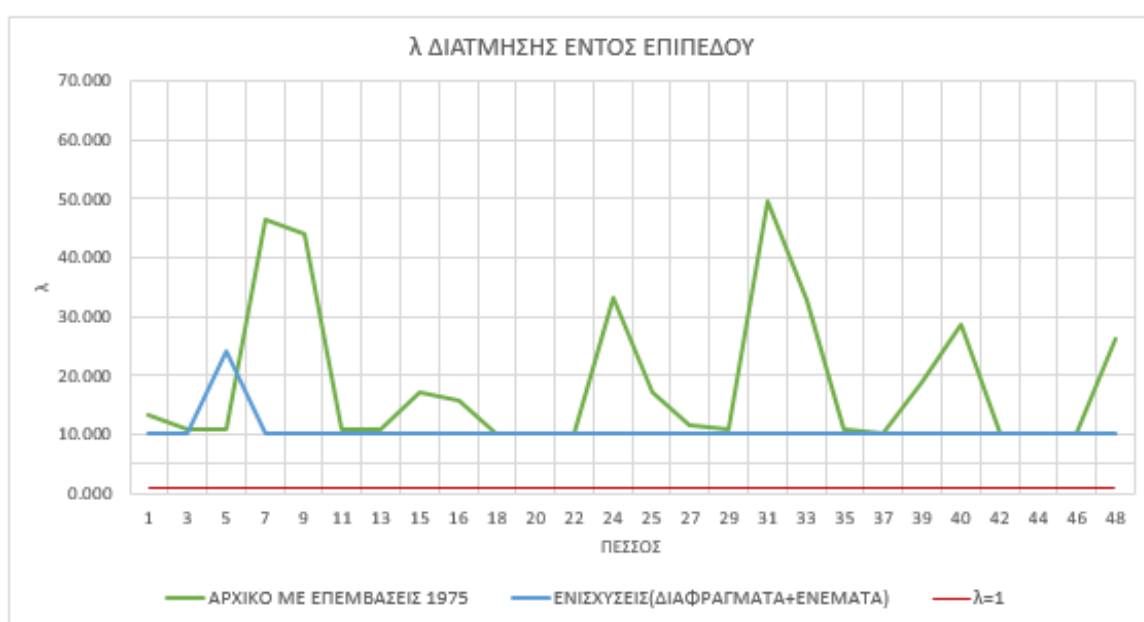
Για να γίνει πιο κατανοητή η διαφοροποίηση στη συμπεριφορά του φορέα μεταξύ υφισταμένου και ενισχυμένου κτιρίου, δημιουργήθηκαν γραφήματα με εισαγωγή των  $\lambda$  ανά εντατική κατάσταση και στάθμη, καθώς και του ενδεικτικού ορίου  $\lambda=1$ , για το οποίο κάτω από αυτό υπάρχει επάρκεια του φορέα και πάνω από αυτό ανεπάρκεια.

Για την πρώτη στάθμη ή Ισόγειο (Σχήμα 9.7 έως 9.12):

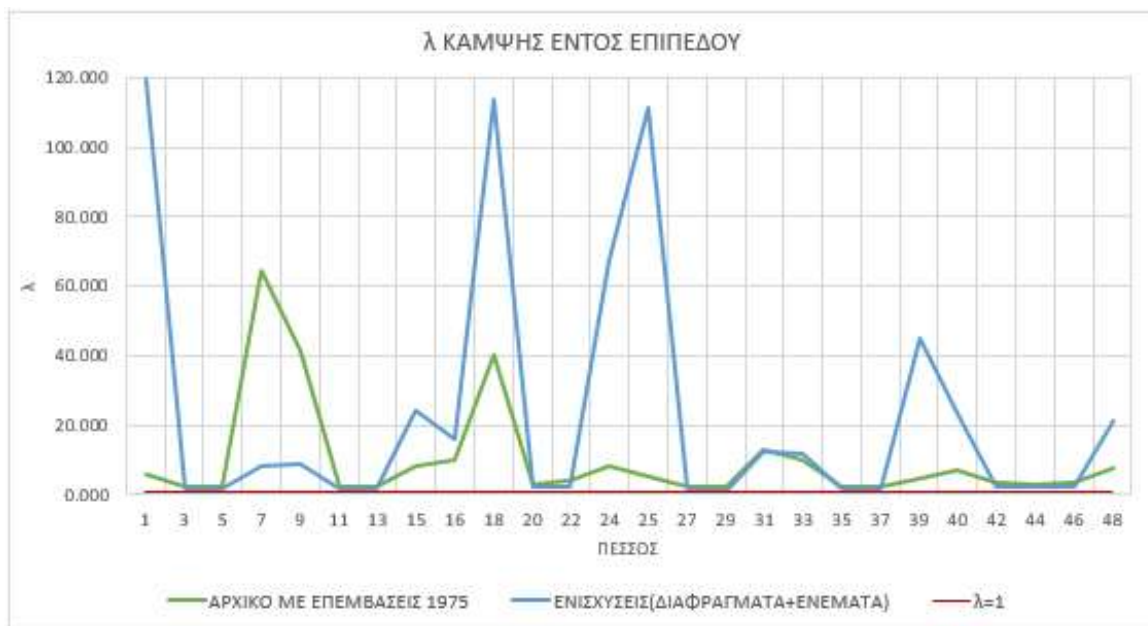


Σχήμα 9.7 Συγκριτικός πίνακας  $\lambda$  αξονικών φορτίων

Εντατικές καταστάσεις εντός επιπέδου:



Σχήμα 9.8 Συγκριτικός πίνακας  $\lambda$  διάτμησης εντός επιπέδου



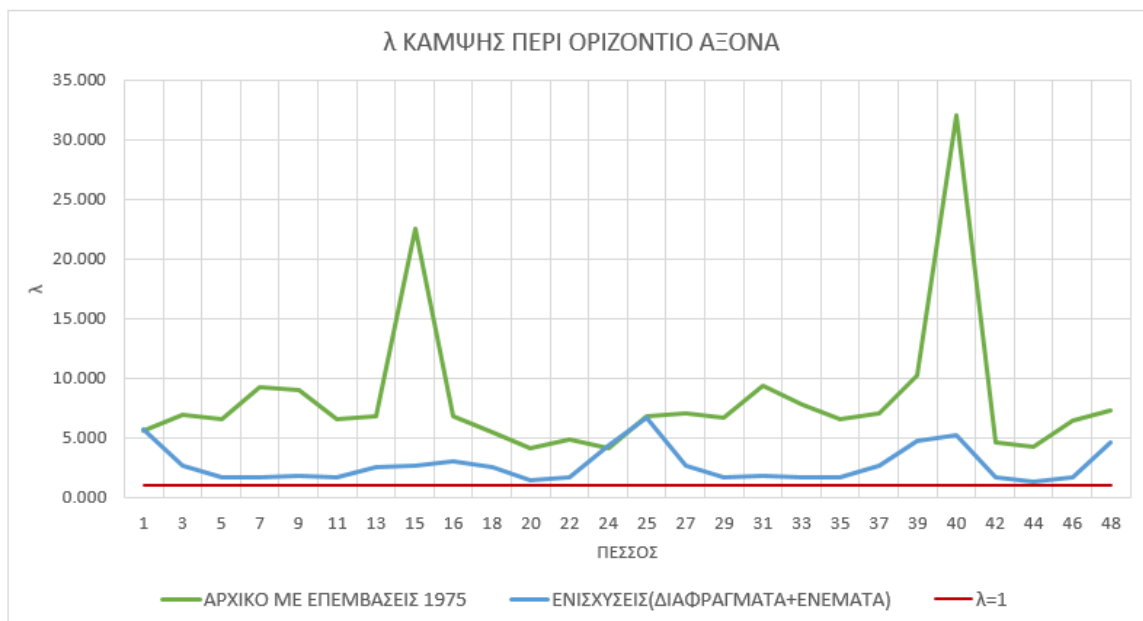
Σχήμα 9.9 Συγκριτικός πίνακας λ κάμψης εντός επιπέδου

Παρουσιάστηκε βελτίωση των λ όσον αφορά τα αξονικά φορτία με καθολική επάρκεια, ενώ παρατηρείται μερική βελτίωση στη διάτμηση (με εξομάλυνση) και στην κάμψη εντός επιπέδου, χωρίς ωστόσο να αποφεύγεται η ανεπάρκεια των πεσσών.

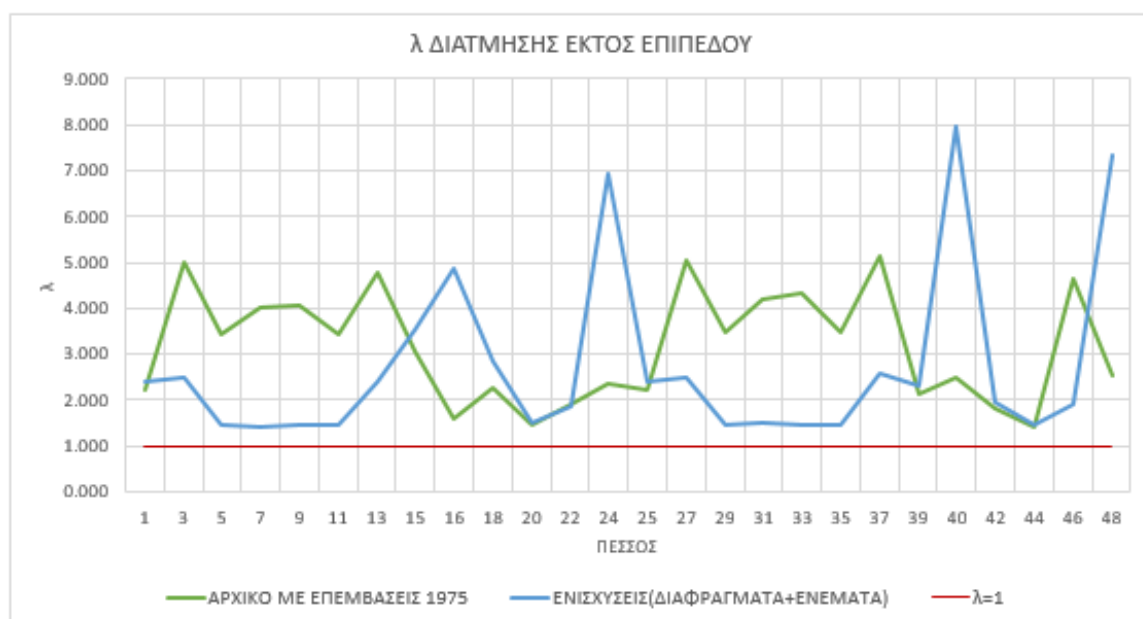
**Εντατικές καταστάσεις εκτός επιπέδου:**



Σχήμα 9.10 Συγκριτικός πίνακας λ κάμψης περί κατακόρυφο άξονα



Σχήμα 9.11 Συγκριτικός πίνακας λ κάμψης περί οριζόντιο άξονα

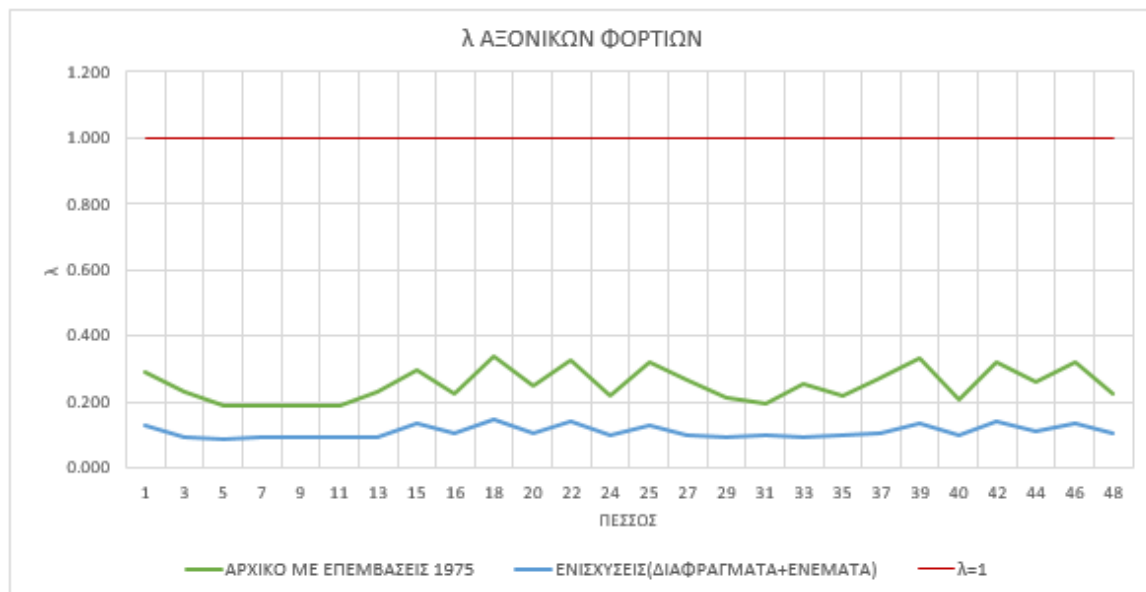


Σχήμα 9.12 Συγκριτικός πίνακας λ διάτμησης εκτός επιπέδου

Όσον αφορά τις εντατικές καταστάσεις εκτός επιπέδου, διακρίνεται μεγαλύτερη βελτίωση στα λ της κάμψης περί κατακόρυφο άξονα, με εκδήλωση σχεδόν γενικευμένης επάρκειας. Ωστόσο, αν και βελτιωμένες οι τιμές λ, παρουσιάζεται γενικευμένη ανεπάρκεια στην κάμψη περί οριζόντιο άξονα και έντονη διαφοροποίηση της διάτμησης εκτός επιπέδου, που στο ενισχυμένο πλέον εμφανίζονται μεγαλύτερες ανεπάρκειες στους γωνιακούς πεσσούς των μικρότερων πλευρών.

### Για τη δεύτερη στάθμη ή Α' όροφο:

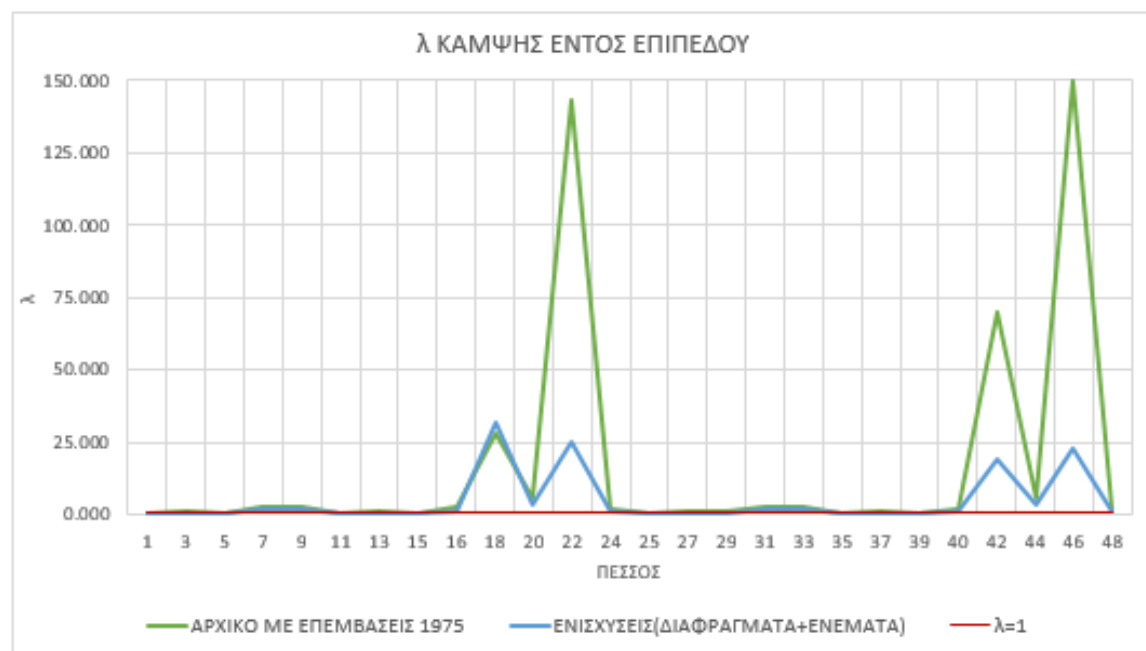
Το λογισμικό Pessos 3DR, στη συγκεκριμένη έκδοση 2023 (Version 23.0.9.0), κάνει έλεγχο, εκτός των αξονικών φορτίων μόνο σε επίπεδο κάμψεων εντός και εκτός επιπέδου (Σχήμα 9.13 έως 9.16):



Σχήμα 9.13 Συγκριτικός πίνακας λ αξονικών φορτίων (Α' όροφος)

Διαπιστώνεται μερική βελτίωση στα λ των αξονικών φορτίων του ενισχυμένου κτιρίου.

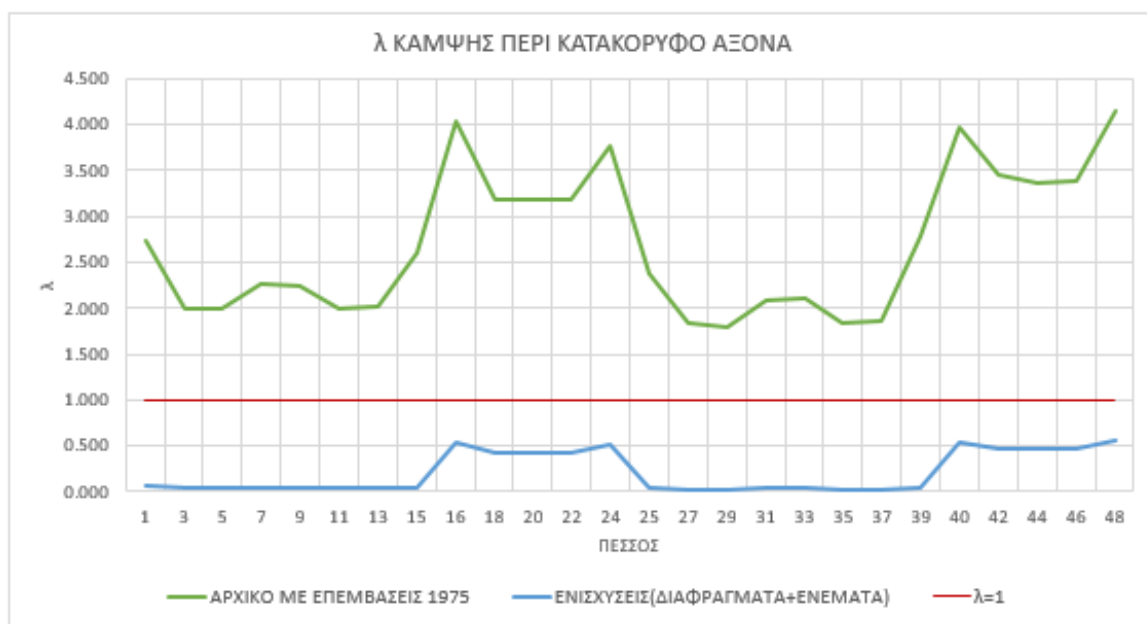
### Κάμψη εντός επιπέδου:



Σχήμα 9.14 Συγκριτικός πίνακας λ κάμψης (Α' όροφος)

Κυρίως βελτίωση των ακραίων τιμών των λ ορισμένων πεσσών.



**Κάμψη εκτός επιπέδου:**

Σχήμα 9.15 Συγκριτικός πίνακας λ κάμψης περί κατακόρυφο άξονα (Α' όροφος)

Υπάρχει σαφής βελτίωση των συντελεστών επάρκειας-ανεπάρκειας λ του ενισχυμένου κτιρίου σε κάμψη περί κατακόρυφο άξονα στον Α' όροφο, το οποίο εμφανίζει πλέον επάρκεια.



Σχήμα 9.16 Συγκριτικός πίνακας λ κάμψης περί οριζόντιο άξονα (Α' όροφος)

Ενώ παρατηρείται βελτίωση και “εξομάλυνση” των τιμών του λ σε κάμψη περί οριζόντιο άξονα, παρά το γεγονός ότι παρουσιάζεται γενικευμένη ανεπάρκεια των πεσσών στον έλεγχο αυτό. Κρίνεται ως πιο βελτιωμένη η συμπεριφορά του Α' ορόφου στις εντατικές καταστάσεις των κάμψεων εντός και εκτός επιπέδου.

Σε επίπεδο λ παραμορφωσιακών μεγεθών, τα αποτελέσματα του οποίου δεν παρουσιάζονται εδώ, παρατηρήθηκαν στο υφιστάμενο κτίριο, ανεπάρκεια σε έλεγχο κλίσης εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα στους μεγαλύτερους τοίχους 1 και 3, ενώ παρατηρήθηκε ανεπάρκεια σε έλεγχο κλίσης εντός επιπέδου των δύο μικρότερων πλευρών των τοίχων 2 και 4.

Στο ενισχυμένο κτίριο οι έλεγχοι σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών (κλίση εντός επιπέδου, κλίση εκτός επιπέδου περί οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα) παρουσιάζουν γενική επάρκεια.

## Κεφάλαιο 10

### ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

#### 10.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται ο δευτεροβάθμιος έλεγχος που πραγματοποιήθηκε στο αρχικό κτίριο σύμφωνα με τις οδηγίες του ΟΑΣΠ. (Δρίτσος, et al., 2018)

#### 10.2 ΓΕΝΙΚΑ

Ο Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας (ΟΑΣΠ) πρότεινε μια εμπειρική μέθοδο βασισμένη σε τροποποιημένη εργασία των Θ. Τάσιου και Ε. Βιντζηλαίου. Η μέθοδος βαθμονομεί ένα κτίριο με βάση τη σύγκριση της Σεισμικής Επιβάρυνσης (H) και της Σεισμικής Αντίστασης (R). Ο λόγος H/R δεν αντικατοπτρίζει την αντισεισμική ή μη επάρκειας ενός κτιρίου, αλλά χρησιμοποιείται απλώς για την ιεράρχηση των κτιρίων μεταξύ τους όσον αφορά τη σεισμική διακινδύνευση, οδηγώντας στο Δείκτη Προτεραιότητας λ, ο οποίος ορίζει την προτεραιότητα ενός κτιρίου για περαιτέρω έλεγχο και ορίζεται από τη σχέση:

$$\lambda=100(H/R)$$

10.1

Η εκτίμηση των επί μέρους συντελεστών της μεθόδου προκύπτει από τον εμπειρικό υπολογισμό δεικτών, οι οποίοι συμμετέχουν στον τελικό υπολογισμό με διαφορετικό συντελεστή βαρύτητας, αναλόγως της συνδρομής τους, στην σεισμική επιβάρυνση ή αντίσταση.

Όλοι οι πίνακες του παρόντος κεφαλαίου προέρχονται από το 2<sup>ο</sup> Βάθμιο Έλεγχο του ΟΑΣΠ (Δρίτσος, et al., 2018)

### 10.3 ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ Η

Η σεισμική επιβάρυνση του κτιρίου (Hazard) “H” δεν εκφράζεται σε όρους επιταχύνσεων ή δυνάμεων (δεν πραγματοποιούνται προσομοιώσεις ή υπολογισμοί), αλλά αποτιμάται με συνεκτίμηση της ζώνης σεισμικής επικινδυνότητας, της τοπικής γεωμορφολογίας και της κατηγορίας εδάφους και εκφράζεται μέσω του δείκτη  $H_1$ . Ενώ επιπρόσθετη παράμετρος είναι η πιθανότητα κρούσης του εξεταζόμενου κτιρίου με τα γειτονικά του, η οποία εκφράζεται μέσω της παραμέτρου  $H_2$ . Οι δύο παράμετροι έχουν διαφορετικό συντελεστή βαρύτητας ώστε να εκφράζεται έμμεσα η επιρροή της κάθε παραμέτρου, επομένως:

$$H = 0,75 \cdot H_1 + 0,25 \cdot H_2 \quad 10.2$$

Οι τιμές του δείκτη H κυμαίνονται από 1.02 για τον ευνοϊκότερο έως 3.68 για τον δυσμενέστερο συνδυασμό δεδομένων.

#### 10.3.1 Δείκτης Σεισμικής Δράσης ( $H_1$ )

Ο δείκτης  $H_1$  επηρεάζεται από τη σεισμική ζώνη της περιοχής και το υφιστάμενο έδαφος. Έδαφος. Μπορεί είτε να εκφραστεί μέσω του γινομένου  $H_1 = a \cdot S$ , όπου  $a$  συντελεστής σεισμικότητας και  $S$  συντελεστής σχετικός με το έδαφος. Η κατάταξη του εδάφους σε κατηγορίες πραγματοποιείται σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 και το ελληνικό προσάρτημα. Οι τιμές των δύο συντελεστών εμφανίζονται στον Πίνακα 10.1

Πίνακας 10.1 Τιμές δείκτη σεισμικής δράσης ( $H_1$ )

Ζώνη Σεισμικής Επικ/τας	Τιμές Συντ/στή $a$	Κατηγορία εδάφους / Τιμές συντελεστή $s$				
		A	B,C	D	E	S1, S2*
		0.85	1.00	1.15	1.25	-
Z1	1.6	1.36	1.60	1.84	2.00	-
Z2	2.4	2.04	2.40	2.76	3.00	-
Z3	3.6	3.06	3.60	4.14	4.50	-

Σημειώνεται ότι σε περίπτωση ύπαρξης διαζωματικής τοιχοποιίας ( διαζώματα Ο/Σ ή μεταλλικά, οριζοντίως και κατακορύφως στον φορέα, σύμφωνα με EC6) ή σε περίπτωση οπλισμένης τοιχοποιίας επιτρέπεται πολλαπλασιασμός του δείκτη  $H_1$  επί 0.75 ή 0.60 αντίστοιχα, εκφράζοντας με αυτό τον τρόπο την αυξημένη πλαστιμότητα του φορέα.

Όταν υπάρχουν ενδείξεις για τοπικά μεγέθυνση του σεισμού. Λόγω της θέσης του κτιρίου, όπως κτίριο κοντά ή πάνω σε επισφαλές φυσικό πρηνές ή επιφανειακή θεμελίωση σε χαλαρές επιχωματώσεις, τότε ενδείκνυται η αύξηση του  $H_1$  έως και 50%.

Στην περίπτωση μας, έχουμε ζώνη III και έδαφος C, επομένως ο δείκτης  $H_1=3.60$ .

### 10.3.2 Δείκτης Επιρροής Γειτονικών Κτιρίων ( $H_2$ )

Μέσω του  $H_2$  (Πίν. 10.2) εκφράζεται η επιβάρυνση του κτιρίου από πρόσκρουση όμορων εν επαφή κτιρίων, απουσία αντισεισμικού αρμού. Επαρκής θεωρείται ο αρμός όταν έχει πάχος 2 cm για ύψος 3.0 m, ενώ προσαυξάνεται κατά 1 cm για κάθε 2.0 m επιπλέον ύψους. Αν υφίστανται, περισσότερα του ενός, όμορα κτίρια, μπορούν να υιοθετηθούν και τιμές μέχρι 1.50.

Πίνακας 10.2 Τιμές του δείκτη επιρροής γειτονικών κτιρίων ( $H_2$ )

α/α	Χαρακτηριστικά όμορων κτιρίων	$H_2$
1	Ελεύθερο κτίριο ή όμορα με επαρκείς αρμούς ή κτίρια σε επαφή με ισουψία χωρίς σημαντική διαφορά δυσκαμψίας	0.00
2	Ισουψία αλλά με σημαντική διαφορά δυσκαμψίας	0.30
3	Διαφορά ενός ορόφου χωρίς κίνδυνο εμβολισμού	0.50
4	Κοινό πλήθος αλλά ανισουψία ορόφων (κίνδυνος εμβολισμού)	0.80
5	Διαφορά δύο ή περισσότερων ορόφων χωρίς κίνδυνο εμβολισμού	1.00
6	Διαφορά ενός ή περισσότερων ορόφων και κίνδυνος εμβολισμού	1.20

Στην περίπτωση μας, το κτίριο θεωρείται πανταχόθεν ελεύθερο, καθώς υπάρχει μια τμηματική επαφή με νεότερο διάδρομο που οδηγεί στο παράσπιτο, χωρίς σημαντική διαφορά δυσκαμψίας. Επομένως επιλέγεται  $H_2=0.00$ .

Συνεπώς ο συνολικός δείκτης  $H$  προκύπτει είτε από τη σχέση 10.2,  $H=0,75 \times 3.60 + 0,25 \times 0.00 = 2.70$ , είτε από τον ακόλουθο πίνακα 10.3.

Πίνακας 10.3 Τιμή εκτιμήτριας σεισμικής επιβάρυνσης ( $H$ )

Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας	Κατηγορία επιρροής όμορων	A	B,C	D	E
Z1	1	1.02	1.20	1.38	1.50
	2	1.10	1.28	1.46	1.58
	3	1.15	1.33	1.51	1.63
	4	1.22	1.40	1.58	1.70
	5	1.27	1.45	1.63	1.75
	6	1.32	1.50	1.68	1.80
Z2	1	1.53	1.80	2.07	2.25
	2	1.61	1.88	2.15	2.33
	3	1.66	1.93	2.20	2.38
	4	1.73	2.00	2.27	2.45
	5	1.78	2.05	2.32	2.50
	6	1.83	2.10	2.37	2.55

Z3	1	2.30	2.70	3.11	3.38
	2	2.37	2.77	3.18	3.45
	3	2.42	2.82	3.23	3.50
	4	2.50	2.90	3.31	3.58
	5	2.55	2.95	3.36	3.63
	6	2.60	3.00	3.41	3.68

Ο δείκτης σεισμικής επιβάρυνσης κτιρίου είναι: **H=2.70**

#### 10.4 ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ R

Η εκτίμηση του δείκτη σεισμικής αντίστασης κτιρίου R, είναι πολυπλοκότερη από την εκτίμηση του δείκτη H, αντικατοπτρίζοντας, ως ένα βαθμό, και το γεγονός ότι το θέμα της αντίστασης ενός κτιρίου σε σεισμό είναι μία πολυπαραγοντική απαίτηση. Ο δείκτης R εκφράζεται μέσω δέκα δεικτών, ο καθένας με διαφορετικό συντελεστή βαρύτητας, σχέση

$$R = 0.20R_1 + 0.15(R_3 + R_5) + 0.10(R_4 + R_7 + R_8) + 0.05(R_2 + R_6 + R_9 + R_{10}) \leq 1.0 \quad 10.3$$

Ο οποίος είναι πάντα θετικός αριθμός με ανώτατο όριο το +1.0.

##### 10.4.1 Δείκτης Διατμητικής Αντίστασης Ισογείου (R<sub>1</sub>)

Αποτιμάται άμεσα η διατμητική αντοχή στο ισόγειο του κτιρίου συνυπολογίζοντας έμμεσα τον τύπο της φέρουσας τοιχοποιίας. Εκφράζεται με τη σχέση 10.4 :

$$R_1 = 12 \cdot (m \cdot \lambda_m) \cdot \frac{\Sigma A_w}{n \cdot A} \leq 1 \quad 10.4$$

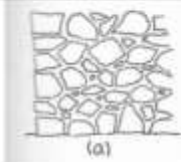

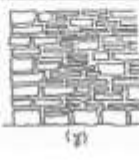
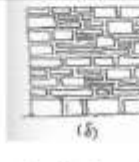
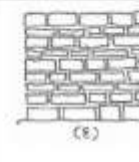
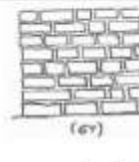
Όπου:

m: Συντελεστής τύπου φέρουσας τοιχοποιίας (Πίνακας 10.5). Με αναφορά στον ακόλουθο Πίνακα 10.4, όπου περιλαμβάνονται σκίτσα και περιγραφή του χαρακτηρισμού των διαφόρων τύπων λιθοδομών.

Ιδιαίτερη προσοχή στις περιπτώσεις (ε) και (στ) καθώς στις περισσότερες κατασκευές αποτελούν την επιμελημένη εξωτερική όψη τριστρωτης λιθοδομής με κακή πλοκή των παρειών.

➔ Θεωρήθηκε, ελλείψει καθαίρεσης των επιχρισμάτων ότι η φέρουσα τοιχοποιία του κτιρίου αποτελείται από αργολιθοδομή με παρουσία σε περιοχές πλακοειδών αργών λίθων και ημιλαξευτά αγκωνάρια , επομένως γνωρίζοντας ότι το κονίαμα είναι ασβεστοκονίαμα, λαμβάνεται η μέση τιμή μεταξύ αργολιθοδομής και λιθοδομής πλακοειδών λίθων  $m=0.60$

Πίνακας 10.4 Χαρακτηριστικοί τύποι λιθοδομών

Αργολιθοδομή		Πλακοειδείς λίθοι και ημιλαξευτά αγκωνάρια		Ημιλαξευτοί, λαξευτοί ορθογωνικοί λίθοι	
					
Αργοί λίθοι ακανόνιστης μορφής	Αργοί λίθοι πλακοειδείς	Αργοί λίθοι πλακοειδείς Ημιλαξευτά αγκωνάρια	Ημιλαξευτοί πλακοειδείς λίθοι	Ημιλαξευτοί ορθογωνικοί λίθοι	Λαξευτοί λίθοι

Πίνακας 10.5 Τιμές συντελεστή τύπου φέρουσας τοιχοποιίας (m)

Τύπος Λιθοσωμάτων και Τύπος Δόμησης	Τύπος κονιάματος δόμησης		
	Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	Ασβεστοκονίαμα	Πηλοκονίαμα
Ημιλαξευτή ή λαξευτή λιθοδομή	1.00	0.80	-
Λιθοδομή Πλακοειδών λίθων	0.80	0.70	0.50
Αργολιθοδομή	0.60	0.50	0.40
Κροκαλοδομή	0.50	0.40	0.30
Πλινθοδομή πλήρων πλίνθων	1.00	0.80	0.60
Πλινθοδομή διάτρητων πλίνθων	0.80	0.70	0.50
Τσιμεντολιθοδομή	0.70	0.60	0.50
Ωμοπλινθοδομή	-	0.40	0.25

$\lambda_m$ : Μειωτικός συντελεστής για περιπτώσεις εμφανώς κακής πλοκής λιθοσωμάτων ή/και σοβαρής αποσάθρωσης του κονιάματος ( $0.70 \leq \lambda \leq 1.00$ )

➔ Θεωρείται μια μέση τιμή  $\lambda=0,85$  λόγω ύπαρξης τρίστρωτης τοιχοποιίας μεγάλου πάχους, η οποία καθιστά την πλοκή των λιθοσωμάτων δύσκολη κατασκευαστικά.

$\Sigma A_w$ : Άθροισμα εμβαδών διατομής των φερόντων τοίχων (πεσσών) του ισόγειου κατά τη δυσμενέστερη διεύθυνση (διεύθυνση με το  $\min \Sigma A_w$ ). Αγνοούνται πεσσοί με μήκος  $\ell_w < 1.00m$ . Επομένως, σχηματίζονται οι παρακάτω πίνακες 10.6 και 10.7, κατά Χ-Χ διεύθυνση:

Πίνακας 10.6 Επιφάνειες/μήκη πεσσών, μήκη υπερθύρων (ανοιγμάτων) στο ισόγειο κατά Χ-Χ, Τοίχος 1

<b>ΣΤΑΘΜΗ 1 (ΙΣΟΓΕΙΟ)</b>					
<b>Τοίχος 1 Διεύθυνση Χ-Χ</b>					
Piers	Spandrels	Εξω. Διάσταση	Έσω. Διάσταση	d=	0.75
m.u.	m.u.	$l_1$	$l_2$	$l_{wi}$	$A_i$
1		1.62	1.54	1.58	1.19
	2			0.99	0.74
3		1.62	1.49	1.56	1.17
	4			0.99	0.74
5		1.62	1.50	1.56	1.17
	6			0.99	0.74
7		1.19	1.05	1.12	0.84
	8			1.46	1.10
9		1.20	1.09	1.15	0.86
	10			0.99	0.74
11		1.63	1.50	1.57	1.17
	12			0.99	0.74
13		1.61	1.49	1.55	1.16
	14			0.99	0.74
15		1.62	1.54	1.58	1.19
Μήκος Ανοιγμάτων=Μήκος Υπερθύρων:				<b>7.40</b>	
Μήκος Πεσσών:				<b>11.66</b>	
<b>Επιφάνεια Πεσσών (<math>A_w</math>)</b>					<b>8.74</b>
Συνολικό Μήκος:				<b>19.06</b>	

Πίνακας 10.7 Επιφάνειες/μήκη πεσσών, μήκη υπερθύρων (ανοιγμάτων) στο ισόγειο κατά Χ-Χ, Τοίχος 3

<b>ΣΤΑΘΜΗ 1 (ΙΣΟΓΕΙΟ)</b>					
<b>Τοίχος 3 Διεύθυνση Χ-Χ</b>					
Piers	Spandrels	Εξω. Διάσταση	Έσω. Διάσταση	d=	0.75
m.u.	m.u.	$l_1$	$l_2$	$l_{wi}$	$A_i$
25		1.46	1.38	1.42	1.07
	26			0.99	0.74
27		1.65	1.53	1.59	1.19
	28			0.99	0.74
29		1.63	1.51	1.57	1.18
	30			0.99	0.74
31		1.19	1.07	1.13	0.85
	32			1.46	1.10



33		1.20	1.07	1.14	0.85
	34			0.99	0.74
35		1.63	1.50	1.57	1.17
	36			0.99	0.74
37		1.63	1.51	1.57	1.18
	38			0.99	0.74
39		1.59	1.52	1.56	1.17
Μήκος Ανοιγμάτων=Μήκος Υπερθύρων:				<b>7.40</b>	
				Μήκος Πεσσών:	<b>11.54</b>
<b>Επιφάνεια Πεσσών (A<sub>w</sub>)</b>					<b>8.65</b>
Συνολικό Μήκος:				<b>18.94</b>	

Και οι πίνακες 10.8 και 10.9 κατά την Υ-Υ διεύθυνση:

Πίνακας 10.8 Επιφάνειες/μήκη πεσσών, μήκη υπερθύρων (ανοιγμάτων) στο ισόγειο κατά Υ-Υ, Τοίχος 2

ΣΤΑΘΜΗ 1 (ΙΣΟΓΕΙΟ)					
Τοίχος 2 Διεύθυνση Υ-Υ					
Piers	Spandrels	Εξ. Διάσταση	Έσω. Διάσταση	d=	0.75
m.u.	m.u.	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	lwi	Ai
16		1.54	1.44	1.49	1.12
	17			0.98	0.74
18		1.43	1.27	1.35	1.01
	19			0.99	0.74
20		1.43	1.28	1.36	1.02
	21			0.98	0.74
22		1.41	1.26	1.34	1.00
	23			0.98	0.74
24		1.59	1.50	1.55	1.16
Μήκος Ανοιγμάτων=Μήκος Υπερθύρων:				<b>3.93</b>	
				Μήκος Πεσσών:	<b>7.08</b>
<b>Επιφάνεια Πεσσών (A<sub>w</sub>)</b>					<b>6.06</b>
Συνολικό Μήκος:				<b>11.01</b>	

Πίνακας 10.9 Επιφάνειες/μήκη πεσσών, μήκη υπερθύρων (ανοιγμάτων) στο ισόγειο κατά Υ-Υ, Τοίχος 4

ΣΤΑΘΜΗ 1 (ΙΣΟΓΕΙΟ)					
Τοίχος 4 Διεύθυνση Υ-Υ					
Piers	Spandrels	Εξω. Διάσταση	Έσω. Διάσταση	d=	0.75
m.u.	m.u.	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	lwi	Ai
		1.51	1.41	1.46	1.10
				0.99	0.74
		1.44	1.28	1.36	1.02
				0.98	0.74

		1.43	1.27	1.35	1.01
				0.99	0.74
		1.43	1.28	1.36	1.02
				0.99	0.74
		1.56	1.49	1.53	1.14
Μήκος Ανοιγμάτων=Μήκος Υπερθύρων:				<b>3.95</b>	
Μήκος Πεσσών:				<b>7.05</b>	
<b>Επιφάνεια Πεσσών (A<sub>w</sub>)</b>					<b>6.04</b>
Συνολικό Μήκος:				<b>11.00</b>	

n: Πλήθος ορόφων συμπεριλαμβανομένου και ισογείου. Δεν προσμετράται η απόληξη κλιμακοστασίου στο δώμα, αν υφίσταται.

Στην περίπτωση μας έχουμε n=2,

Με αντικατάσταση στη σχέση 10.4, έχουμε R<sub>1</sub> :

$$R_1 = 12 \cdot (m \cdot \lambda_m) \cdot \frac{\Sigma A_w}{n \cdot A} = 12 \cdot (0.60 \cdot 0.85) \cdot \frac{6.06 + 6.04}{2 \cdot 210.79} = 0.18 \leq 1$$

#### 10.4.2 Δείκτης Ανοιγμάτων Φερόντων Τοίχων (R<sub>2</sub>)

Ο R<sub>2</sub> αναφέρεται στο ισόγειο και στη διεύθυνση με την ελάχιστη τιμή του. Υπολογίζεται από τη σχέση 10.3

$$R_2 = \frac{1}{a + 0.4} - 0.7 \leq 1 \quad 10.5$$

όπου

α: λόγος αθροίσματος μηκών ανοιγμάτων στους φέροντες τοίχους σε μια διεύθυνση προς το συνολικό μήκος των φερόντων τοίχων στην ίδια διεύθυνση, μαζί με τα ανοίγματα

Επομένως, χρησιμοποιώντας τους πίνακες 10.6 έως 10.9 το α προκύπτει

$$\text{Για διεύθυνση } X - X: \alpha = \frac{7.40 + 7.40}{11.66 + 11.54} = \frac{14.80}{23.19} = 0.64$$

$$\text{Για διεύθυνση } Y - Y: \alpha = \frac{3.93 + 3.95}{6.06 + 6.04} = \frac{7.88}{12.40} = 0.65$$

Επομένως ο  $R_2$  προκύπτει από τη διεύθυνση  $Y-Y$ , με αντικατάσταση στη σχέση 10.5:

$$R_2 = \frac{1}{0.65 + 0.4} - 0.7 = 0.25 \leq 1$$

#### 10.4.3 Δείκτης Διαζωμάτων ( $R_3$ )

Ο  $R_3$  (Πίν.10.10) αναφέρεται στην ύπαρξη διαζώματος (ξύλινο-μεταλλικό ή οπλισμένου σκυροδέματος) εφόσον αυτό εξαπλώνεται σε όλο το μήκος των περιμετρικών και των κυριότερων εσωτερικών φερόντων τοίχων. Δοκοί έδρασης πατωμάτων ή στέγης, όταν εδράζονται μόνο στην εσωτερική παρειά των τοίχων δεν θεωρούνται διάζωμα. Εκτός αυτού πρέπει να εξασφαλίζεται η συνέχεια των ξύλινων και μεταλλικών ράβδων, ενώ όταν είναι χαλαρές ή διαβρωμένες πρέπει ο δείκτης να μειώνεται αντίστοιχα. Για μονώροφο κτίριο με κορυφαίο διάζωμα ισχύει  $R_3=0,90$  ενώ για πολυώροφο με διάζωμα στη στέγη  $R_3=0.90 - 0.15n \geq 0.50$  ( $n$ : πλήθος πατωμάτων χωρίς διάζωμα)

Πίνακας 10.10 Τιμές δείκτη διαζωμάτων ( $R_3$ )

Θέση διαζωμάτων	$R_3$
Απουσία διαζωμάτων ή διαζώματα ασύνδετα μεταξύ τους	0.50
Διαζώματα στις στάθμες των υπερθύρων	0.60
Διαζώματα στις στάθμες των πατωμάτων πλην της στέγης	0.75
Διαζώματα στις στάθμες πατωμάτων και στέγης	0.90
Διαζώματα στις στάθμες υπερθύρων, πατωμάτων και στέγης	1.00

Με βάση τα στοιχεία της αποτύπωσης, με ότι επιτρέπει η Δημόσια Αρχή λόγω κήρυξης διατηρητέου κτιρίου, θεωρείται απουσία διαζωμάτων, επομένως  $R_3 = 0.50$ .

#### 10.4.4 Δείκτης Διαφραγμάτων ( $R_4$ )

Ο δείκτης  $R_4$  επηρεάζεται περισσότερο από τη διάταξη των φερόντων τοίχων σε κάτοψη, στη δυσμενέστερη διεύθυνση του κτιρίου (Πιν. 10.11). Στον πίνακα 10.12 δίδεται η ποιοτική αξιολόγηση της διαφραγματικής στερρότητας των πατωμάτων. Στα πατώματα εντάσσονται και οι μονοκλινείς στέγες με καμπτόμενες δοκούς από ξύλο ή μέταλλο.

Πίνακας 10.11 Τιμές δείκτη διαφραγμάτων ( $R_4$ )

Διάταξη φερόντων τοίχων σε κάτοψη	Στερρότητα διαφραγμάτων και σύνδεση με τους υποκείμενους τοίχους		
	Ασθενής	Μέτρια	Ισχυρή
Συμμετρική	0.80	0.90	1.00
Μερικώς συμμετρική	0.60	0.75	0.90
Ασύμμετρη	0.40	0.55	0.70

Πίνακας 10.12 Διαφραγματική στερρότητα πατωμάτων και στεγών

Τύποι πατωμάτων και στέγης	Διαφραγματική στερρότητα
Ξύλινο πάτωμα με μονό σανίδωμα	Ασθενής
Ξύλινο πάτωμα με διπλό σανίδωμα	Μέτρια
Σιδηροδοκοί με επίπεδη πλινθοπλήρωση	Μέτρια
Σιδηροδοκοί με θολίσκους πλινθοπλήρωσης	Ισχυρή
Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος	Ισχυρή
Κτιστά θολωτά πατώματα μονής ή διπλής καμπυλότητας	Ισχυρή
Στέγη χωρίς σαφή δικτύωση, χωρίς σανίδωμα	Ασθενής
Στέγης χωρίς σαφή δικτύωση, αλλά με σανίδωμα	Μέτρια
Στέγη με σαφή δικτύωση, χωρίς σανίδωμα	Μέτρια
Στέγη με σαφή δικτύωση, χωρίς σανίδωμα	Ισχυρή

Στον πίνακα 10.13 αξιολογείται ποιοτικά η σύνδεση των πατωμάτων με τους περιμετρικούς τοίχους. Οι δύο ποιοτικοί χαρακτηρισμοί των πινάκων, μπορούν να συνδυασθούν, από τον μηχανικό, και να οδηγήσουν σε κατάλληλες ενδιάμεσες τιμές

Πίνακας 10.13 Σύνδεση πατωμάτων ή στεγών με υποκείμενους τοίχους

Τύπος σύνδεσης πατωμάτων ή στεγών με τους τοίχους	Σύνδεση
Πατόξυλα ή σιδηροδοκοί απευθείας επί του τοίχου	Ασθενής
Πατόξυλα ή σιδηροδοκοί επί ποταμού	Μέτρια
Πατόξυλα ή σιδηροδοκοί επί διαζώματος	Ισχυρή
Πλάκα Ο/Σ με σημειακές χανδρώσεις	Ασθενής
Πλάκα Ο/Σ με συνεχή έδραση σε τμήμα του πάχους των τοίχων	Μέτρια
Πλάκα Ο/Σ με συνεχή έδραση σε όλο το πάχος του τοίχου	Ισχυρή
Κτιστά θολωτά πατώματα	Ισχυρή

Στο υπό μελέτη κτίριο υφίσταται ξύλινο πάτωμα με διπλό σανίδωμα (θεωρώντας ότι αντικατοπτρίζει την εσχάρα ξύλινων δοκών στις δύο διευθύνσεις) επομένως σημαίνει μέτρια διαφραγματική στερρότητα. Ενώ και η έδραση των πατόξυλων των πατωμάτων και της στέγης εξασφαλίζεται μέσω ποταμών, που μεταφράζεται σε μέτρια σύνδεση.

Επομένως βάσει του Πίν. 10.11, για συμμετρική κάτοψη των φερόντων τοίχων και στις δύο διεύθυνσης, για μέτρια διαφραγματική στερρότητα και σύνδεση, προκύπτει  $R_4 = 0.90$ .

#### 10.4.5 Δείκτης Ανοιγμάτων κοντά σε Γωνίες ( $R_5$ )

Αν δεν υπάρχουν ανοίγματα σε απόσταση μικρότερης του 1.00m από εξέχουσα γωνία του κτιρίου, όπως στην περίπτωση μας, ο  $R_5 = 0.00$ .

Σε διαφορετική περίπτωση ισχύει:

$$R_5 = -\left(\lambda + \frac{\alpha}{2\gamma} \cdot \frac{\alpha}{\Sigma l_w}\right) \geq -1.0 \quad 10.6$$

λ: Τίθεται λ = 0.25 ή 0.50 εφόσον υπάρχει έστω και μία εξέχουσα γωνία με πεσσό μήκους <1.00m στη μία ή και στις δύο πλευρές της γωνίας αντίστοιχα.

α: Πλήθος πεσσών μήκους <1.00m σε εξέχουσες γωνίες σε όλους τους ορόφους. Πολλαπλασιάζεται με 0,5 αν υφίσταται διάφραγμα ή συνεχές διάζωμα στα ανώφλια των ανοιγμάτων όλων των περιμετρικών και των κυριότερων εσωτερικών τοίχων.

γ: Πλήθος εξεχουσών γωνιών όλων των ορόφων.

$l_w$ : Άθροισμα μηκών (σε m) όλων των πεσσών με μήκος < 1.00 m σε εξέχουσες γωνίες

Ο δείκτης αυτός αντικατοπτρίζει τον υψηλό κίνδυνο αστοχίας α) πεσσών μικρού μήκους σε εξέχουσες γωνίες ειδικά για σεισμό εκτός επιπέδου, η εισέχουσα γωνία κινδυνεύει λιγότερο β) τοπικής κατάρρευσης γωνίας στους υπερκείμενους ορόφους.

#### 10.4.6 Δείκτης Παθολογίας Φερουσών Τοιχοποιιών ( $R_6$ )

Ο  $R_6$  αντικατοπτρίζει την ύπαρξη βλαβών, αναλόγως της σοβαρότητας τους. Ελαφρές βλάβες, χαρακτηρίζονται ρηγματώσεις εύρους  $\leq 1,0$ χιλ. μέτριες, οι ρηγματώσεις εύρους  $\leq 2,0$ χιλ. χωρίς θραύσεις από θλίψη και σημαντικές παραμένουσες παραμορφώσεις. Μπορούν να ληφθούν και ενδιάμεσες τιμές κατά τη κρίση του Μηχανικού. Ενώ κτίρια με βαριές βλάβες παραπέμπονται κατά προτεραιότητα σε τριτοβάθμιο έλεγχο.

Πίνακας 10.14 Τιμές δείκτη παθολογίας  $R_6$

Τύπος βλαβών φερουσών τοιχοποιιών	$R_6$
Απουσία βλαβών	1.00
Ελαφρές διάσπαρτες βλάβες	0.75
Ελαφρές εκτεταμένες ή μέτριες διάσπαρτες βλάβες	0.50
Βαριές βλάβες	-

Στην περίπτωση μας, ώστε να μη “μηδενιστεί” ο δείκτης, θεωρούνται μέτριες προς βαριές διάσπαρτες βλάβες, και υιοθετείται  $R_6 = 0.40$

#### 10.4.7 Δείκτης Σύνδεσης μεταξύ Εγκάρσιων Τοίχων ( $R_7$ )

Σε περίπτωση που τα λιθοσώματα των εγκάρσιων τοίχων είναι πλεγμένα η σύνδεση θεωρείται επαρκής. Ο οπτικός έλεγχος όμως απαιτεί καθαίρεση επιχρισμάτων, κάτι που δεν είναι εφικτό στην περίπτωση του εξετάζόμενου κτιρίου, ωστόσο δεν παρατηρήθηκαν βλάβες στις συνδέσεις των εγκάρσιων τοίχων, ενώ δεν υπάρχουν εσωτερικοί εγκάρσιοι τοίχοι, επομένως γίνεται θεώρηση επαρκούς σύνδεσης, λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη οπτικής επιβεβαίωσης με μικρή μείωση  $R_7=0.90$

Σε περίπτωση ύπαρξης μεταλλικών ελκυστήρων με αγκύρωση στις γωνίες ή τις διασταυρώσεις των τοίχων, πάλι εξασφαλίζεται επαρκής σύνδεση. Στις προσθήκες κατ' επέκταση είναι συνήθης η απουσία σύνδεσης με τις υφιστάμενες τοιχοποιίες. Ο δείκτης επιτρέπεται να πάρει και ενδιάμεσες τιμές.

Πίνακας 10.15 Τιμές δείκτη σύνδεσης μεταξύ εγκάρσιων τοίχων ( $R_7$ )

Χαρακτηρισμός σύνδεσης μεταξύ εγκάρσιων τοιχοποιιών	$R_7$
Υπάρχει επαρκής σύνδεση σε όλες τις διασταυρώσεις	1.00
Οι περιμετρικοί τοίχοι είναι επαρκώς συνδεδεμένοι μεταξύ τους, όχι όμως με τους εσωτερικούς	0.80
Ανεπαρκής σύνδεση σε όλες τις διασταυρώσεις	0.40

#### 10.4.8 Δείκτης Καταπόνησης Περιμετρικών Τοίχων εκτός Επιπέδου ( $R_8$ )

Ο  $R_8$  αναφέρεται στους περιμετρικούς τοίχους, καθώς αυτοί εμφανίζουν χειρότερη σύνδεση με τον οριζόντιο φέροντα οργανισμό. Υπολογίζεται για κάθε ομάδα τοίχων με ιδίου πάχους και λαμβάνεται η ελάχιστη τιμή του, δίδεται από τη σχέση 10.7

$$R_8 = 6 \cdot \frac{\sqrt{t}}{l} \leq 1,00 \quad (t, l: \text{σε μέτρα}) \quad 10.7$$

όπου:

t: πάχος περιμετρικού τοίχου

l: απόσταση μεταξύ εγκάρσιων εσωτερικών τοίχων που στηρίζουν τον περιμετρικό.

6: αριθμητικός παράγων ώστε να περιορισθούν τιμές του  $R_8 < 1$  για ικανοποιητικές αποστάσεις εγκάρσιων τοίχων.

Ο παράγοντας  $\sqrt{t}/l$  υποδεικνύει την επικινδυνότητα του τοίχου σε καταπόνηση εκτός επιπέδου, θεωρώντας τριαρθρωτή λειτουργία κατά την αστοχία – γραμμικές αρθρώσεις στα άκρα του τοίχου με τους εγκάρσιους και στο μέσον του ανοίγματος του.

Επομένως για πάχος τοιχοποιίας 0.75 m στο ισόγειο και 0.65 m στον όροφο, με απουσία εσωτερικών εγκάρσιων τοίχων, ο δείκτης διαμορφώνεται ως εξής:

#### Ισόγειο:

Τοίχος 1 ή 3 (X-X):  $R_8=6\sqrt{0.75}/(19.06-2\times 0.75)=0.13\leq 1.00$

Τοίχος 2 ή 4 (Y-Y):  $R_8=6\sqrt{0.75}/(11.01-2\times 0.75)=0.24\leq 1.00$

#### Α΄Οροφος:

Τοίχος 1 ή 3 (X-X):  $R_8=6\sqrt{0.65}/(19.06-2\times 0.75)=0.11\leq 1.00$

Τοίχος 2 ή 4 (Y-Y):  $R_8=6\sqrt{0.65}/(11.01-2\times 0.75)=0.20\leq 1.00$

Η ελάχιστη τιμή προκύπτει  $R_8=0,11$

### **10.4.9 Δείκτης Κανονικότητας της Κάτοψης Ισογείου ( $R_9$ )**

Προτείνονται οι τιμές του Πιν. 10.16, επιτρέπονται και ενδιάμεσες τιμές. Για την κατάταξη της κανονικότητας ελέγχονται γεωμετρικά κριτήρια στο ισόγειο του κτιρίου, μη κανονικότητες σε υπόλοιπου ορόφους ελέγχονται στο δείκτη  $R_{10}$  :

Σε περίπτωση επιμήκους κάτοψης κριτήριο αποτελεί ο λόγος των πλευρών στις κύριες ορθογώνιες διευθύνσεις,  $\lambda=L_{\max}/L_{\min}$

- Για  $\lambda < 4.0$  -> κτίριο κανονικό
- Για  $4.0 \leq \lambda \leq 8.0$  κτίριο μερικώς κανονικό
- Για  $\lambda \geq 8.0$  κτίριο μη κανονικό

Σε περίπτωση πολύπλοκου σχήματος κάτοψης (L, T, Π, E κ.α.) κριτήριο είναι το αθροιστικό εμβαδόν  $\Sigma A_E$  των εσοχών και το εμβαδόν της μεγαλύτερης εσοχής  $A_{E,\max}$  συγκριτικά με το εμβαδόν της κάτοψης  $A_{\text{tot}}$  .

- Για  $\Sigma A_E < 0.25 A_{\text{tot}}$  , ή  $A_{E,\max} < 0.15 A_{\text{tot}}$  -> κτίριο κανονικό
- Για  $0.25 A_{\text{tot}} \leq \Sigma A_E < 0,40 A_{\text{tot}}$  ή  $0.15 A_{\text{tot}} A_{E,\max} < 0.25 A_{\text{tot}}$  -> κτίριο μερικώς κανονικό

- Για  $\Sigma A_E \geq 0.40 A_{\text{tot}}$  ή  $A_{E,\text{max}} \geq 0.25 A_{\text{tot}}$  -> κτίριο μη κανονικό

Όπου  $A_E$  : Εμβαδόν εσοχής, το οποίο ορίζεται από την περίμετρο της εσοχής και τη χορδή που συνδέει τις εξώτατες κορυφές της.

Πίνακας 10.16 Τιμές δείκτη κανονικότητας σε κάτοψη ( $R_9$ )

Χαρακτηρισμός του σχήματος κάτοψης του κτιρίου	$R_9$
Κανονική κάτοψη	1.00
Μερικώς κανονική κάτοψη	0.75
Μη κανονική κάτοψη	0.50

#### 10.4.10 Δείκτης Κανονικότητας καθ' Ύψος ( $R_{10}$ )

Οι προτεινόμενες τιμές του δείκτη  $R_{10}$  εμφανίζονται στον Πίνακα 10.17. Προηγείται έλεγχος γεωμετρικών χαρακτηριστικών για την κατάταξη του ως κανονικό, μερικώς κανονικό ή μη κανονικό, σύμφωνα με τα παρακάτω:

– Κτίρια των οποίων το εμβαδόν ορόφων μεταβάλλεται λόγω εσοχών ή στοών (αγνοούνται απολήξεις στο δώμα με  $A \leq 0.25 A_{\text{τελευταίου ορόφου}}$ ):

- $A_{\text{ορόφου}} > 75\% A_{\text{υπερκείμενου/υποκείμενου ορόφου}}$  ή  $\Sigma A_E, \text{υπερκείμενων} < A_{\text{ισογείου}}$  -> κτίριο κανονικό
- $60\% A_{\text{υπερκ./υποκ. ορόφου}} < A_{\text{ορόφου}} < 75\% A_{\text{υπερκ./υποκ. ορόφου}}$  ή  $40\% A_{\text{ισογείου}} < \Sigma A_E, \text{υπερκείμενων} < 60\% A_{\text{ισογείου}}$  -> κτίριο μερικώς κανονικό
- $A_{\text{ορόφου}} < 60\% A_{\text{υπερκ./υποκ. ορόφου}}$  ή  $\Sigma A_E, \text{υπερκείμενων} > 60\% A_{\text{ισογείου}}$  -> κτίριο μη κανονικό

– Κτίρια με σημαντική διαφορά δυσκαμψίας γειτονικών ορόφων. Η δυσκαμψία εκφράζεται προσεγγιστικά από το αθροιστικό εμβαδόν διατομής των τοίχων ανά διεύθυνση ( $\Sigma A_w$ ) χωρίς τα ανοίγματα:

- $\Delta \Sigma A_w, \text{γειτονικών ορόφων} < 30\%$  -> Κτίριο κανονικό
- $30\% < \Delta \Sigma A_w, \text{γειτονικών ορόφων} < 50\%$  -> Κτίριο μερικώς κανονικό.
- $\Delta \Sigma A_w, \text{γειτονικών ορόφων} > 50\%$  -> Κτίριο μη κανονικό.

– Κτίριο σε επικλινές έδαφος με διαφορά ύψους ( $\Delta H$ ):

- $\Delta H < 1$  ορόφου μεταξύ χαμηλότερης και υψηλότερης στάθμης -> Κτίριο κανονικό
- $1$  ορόφου  $< \Delta H < 2$  ορόφων μεταξύ χαμηλότερης και υψηλότερης στάθμης -> Κτίριο μερικώς κανονικό



- $\Delta H > 2$  ορόφων μεταξύ χαμηλότερης και υψηλότερης στάθμης ->Κτίριο μη κανονικό

Πίνακας 10.17 Τιμές δείκτη κανονικότητας καθ' ύψος ( $R_{10}$ )

Χαρακτηρισμός της μορφής του κτιρίου καθ' ύψος	$R_{10}$
Κανονικό καθ' ύψος	1.00
Μερικώς κανονικό καθ' ύψος	0.75
Μη κανονικό καθ' ύψος	0.50

Το κτίριο της Ιακωβάτειου δεν έχει εσοχές καθ' ύψος, είναι κτισμένη σε επίπεδο έδαφος και η κάτοψη του είναι ορθογωνική με λόγο πλευρό  $\lambda = L_{max}/L_{min} = 19.06/11.00 = 1.73 < 4$ , επομένως το κτίριο είναι κανονικό καθ' ύψος και το  $R_{10} = 1.00$

#### 10.4.11 Δείκτη Προτεραιότητας $\lambda$

Από όσα αναφέρονται στις προηγούμενες παραγράφους §10.4.1 έως §10.4.10, διαπιστώνεται ότι οι δέκα δείκτες σεισμικής αντίστασης ( $R_i$ ) δεν πρέπει να έχουν την ίδια βαρύτητα στη διαμόρφωση της τιμής της εκτιμήτριας σεισμικής αντίστασης ( $R$ ). Επομένως σύμφωνα με τους προτεινόμενους συντελεστές του ΟΑΣΠ, η τιμή του  $R$  διαμορφώνεται στον παρακάτω Πιν. 10.18 και ακολούθως υπολογίζεται ο δείκτης προτεραιότητας  $\lambda$ , σύμφωνα με τη σχέση 10.1.

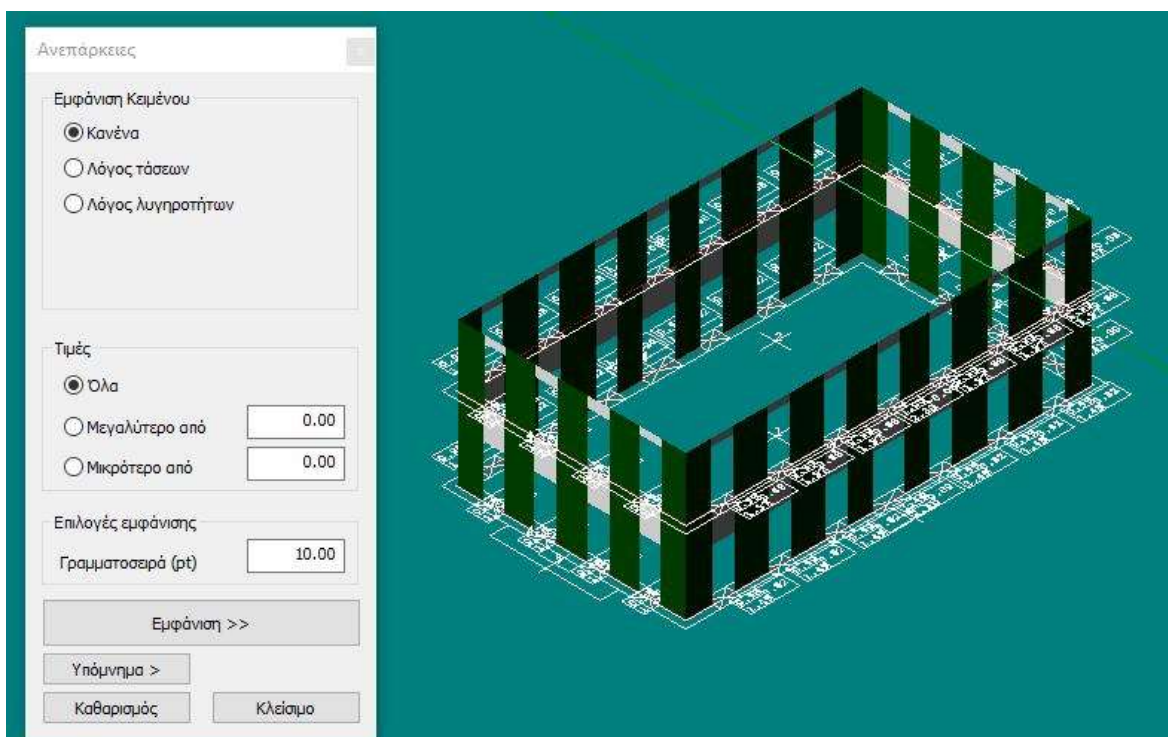
Πίνακας 10.18 Υπολογισμός  $R$  και δείκτη προτεραιότητας  $\lambda$ 

Περιγραφή δείκτη	Σύμβολο	Τιμές	$r_i$	Τιμή $\times r_i$
Διατμητικής αντίστασης ισογείου	R1	0.18	0.20	0.04
Ανοιγμάτων φερόντων τοίχων	R2	0.25	0.05	0.01
Διαζωμάτων	R3	0.50	0.15	0.08
Διαφραγμάτων	R4	0.90	0.10	0.09
Ανοιγμάτων κοντά σε γωνίες	R5	0.00	0.15	0.00
Παθολογίας φερουσών τοιχοποιιών	R6	0.40	0.05	0.02
Σύνδεσης μεταξύ εγκάρσιων τοίχων	R7	0.90	0.10	0.09
Καταπόνησης περιμετρικών τοίχων εκτός επιπέδου	R8	0.11	0.10	0.01
Κανονικότητας της κάτοψης ισογείου	R9	1.00	0.05	0.05
Κανονικότητας καθ' ύψος	R10	1.00	0.05	0.05
<u>ΥΠΟΜΝΗΜΑ</u>			<b>R=</b>	<b>0.43</b>
Υπολογίστηκαν			<b>H=</b>	<b>2.7</b>
Βάσει πινάκων			<b><math>\lambda = 100(H/R) =</math></b>	<b>622.63</b>

## 10.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ Β' ΒΑΘΜΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ Γ' ΒΑΘΜΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις στο προσομοίωμα του αρχικού κτιρίου με επεμβάσεις 1975, δηλαδή του φορέα όπως υφίσταται σήμερα, εισάγοντας μικρότερους σεισμούς από το σεισμό σχεδιασμού, δηλαδή  $a_{gR} \ll a_{gR} = 0.36g$ , ο οποίος είναι ο σεισμός σχεδιασμού.

Στόχος των επαναληπτικών λύσεων ήταν να βρεθεί το μέγιστο  $a_g$  για το οποίο το κτίριο εμφανίζει επάρκεια στους ελέγχους κατά ΚΑΔΕΤ σε εντατικά μεγέθη, καθώς χρησιμοποιείται ισοδύναμη στατική ανάλυση. Οδηγός για το επιλεγόμενο μέγεθος αποτελούσε ο βαθμός ανεπάρκειας των πεσσών, ώστε να προσαρμοστεί καταλλήλως η επιτάχυνση στην επίλυση. Οι υπόλοιπες παράμετροι επίλυσης έμειναν αμετάβλητες.



Σχήμα 10.1 Έλεγχος επάρκειας σε όλους τους πεσσούς του κτιρίου κατά ΚΑΔΕΤ Προκύπτει τελικώς επάρκεια για  $a_{gR} = 0.06g$ . Επομένως συγκρίνοντας τους δύο δείκτες επάρκειας/ανεπάρκειας

$$PGA_{αστοχίας} / PGA_{σχεδιασμού} = 0.06 / 0.36 = 0.166$$

$$\text{Δείκτης } 1/\lambda = 1/(H/R) = 1/(2.7/0.43) = 1/6.23 = 0.161$$

Παρατηρούμε ότι οι τιμές είναι σχετικά κοντά και ο δείκτης επάρκειας-ανεπάρκειας του Δευτεροβάθμιου ελέγχου συνάδει με το δείκτη ανεπάρκειας που προκύπτει από τις αναλύσεις του Τριτοβάθμιου ελέγχου του υφισταμένου κτιρίου που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.

# Κεφάλαιο 11

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 11.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο τελευταίο Κεφάλαιο πραγματοποιείται μια σύνοψη των παρατηρήσεων και των συμπερασμάτων που αποκομίστηκαν κατά τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας, από τη συγκέντρωση του υλικού, τον επιτόπιο έλεγχο/αυτοψία, την ανάγνωση πλήθους σχετικών διπλωματικών εργασιών και φυσικά της επιμελημένης μελέτης του νέου Κανονισμού για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας, καθώς και της εφαρμογής του σε ένα κτίριο ιδιαίτερων απαιτήσεων όπως η Ιακωβάτειος Βιβλιοθήκη Ληξουρίου, καθότι αποτελεί κηρυγμένο μνημείο, με παθολογία λόγω ισχυρού σεισμικού συμβάντος, σε μια περιοχή με υψηλότερη σεισμικότητα.

### 11.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο ΚΑΔΕΤ 2022 έχοντας ως βάση τους Ευρωκώδικες 6, 8 και φυσικά τον Ευρωκώδικα 8-3, βάζει σε μια σειρά το δύσκολο θέμα της αποτίμησης υφισταμένων κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία και του ανασχεδιασμού τους. Θέτει σοβαρές κατευθυντήριες οδηγίες για την αντιμετώπιση ενός “φύσει” δύσκολου θέματος, αυτό της αποτίμησης και του ανασχεδιασμού υφιστάμενων κτιρίων κατασκευασμένα από φέρουσα τοιχοποιία. Οι δυσκολίες έγκεινται στο γεγονός ότι η συντριπτική πλειονότητα αυτών των κτιρίων δεν δομήθηκαν σύμφωνα με κάποιο κανονισμό και τα υλικά τους δεν ήταν προϊόν βιομηχανικής παραγωγής, ώστε να υπάρχει μια σχετική τυποποίηση και συγκεκριμένης ποιότητας. Και από αυτές τις δύο αιτίες προέρχεται η δυσκολία στη στάθμιση πολλών μεταβλητών, όπως τα μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών, τρόπος δόμησης (όψεις, πάχος, συνδέσεις τοίχων), η ύπαρξη ή όχι διαζωμάτων, η αμφίβολη διαφραγματική λειτουργία των δαπέδων, η θεμελίωση κ.ο.κ. Επιπλέον πολλές φορές είναι δύσκολη ακόμη και η εφαρμογή μεθόδων αξιολόγησης και εντοπισμού όλων των μεταβλητών. Ειδικότερα στα

διατηρητέα κτίρια είναι ακόμη πιο δύσκολη η διερεύνηση των κτιρίων εξαιτίας των πολλών και πολλές φορές δυσεπίλυτων απαγορεύσεων (π.χ. καθαίρεση επιχρισμάτων) που επιβάλλουν οι υπεύθυνοι των Δημοσίων Αρχών.

Από την αρχή γίνεται ορατό στον μελετητή μηχανικό, πως εκτός από το αυστηρά τεχνικό πλαίσιο που ορίζει ένας κανονισμός σαν τον ΚΑΔΕΤ, πρέπει να κατανοήσει την εξέλιξη και τις αιτίες διαμόρφωσης της αρχιτεκτονικής μιας περιοχής. Ο λόγος είναι διπλός, και για να δημιουργηθεί αρχικά ένας κοινός κώδικας επικοινωνίας με τον αρχιτέκτονα μηχανικό που θα προτείνει λύσεις αποκατάστασης, αλλά και για να εξάγει χρήσιμα συμπεράσματα όσον αφορά τη δομοστατική λειτουργία του φορέα. Η αρχιτεκτονική δεν περιορίζεται στην τυπολογία και στα μορφολογικά στοιχεία ενός κτιρίου, αλλά ορίζει τον τρόπο δόμησης που επικρατούσε και επικρατεί σε μια περιοχή, τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως καθώς και, ίσως το σημαντικότερο για το δομοστατικό μηχανικό, της εμπειρικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται σε κάθε τοποθεσία για τη δόμηση που θα έρθει αντιμέτωπη με τις κατά τύπου συνθήκες, όπως η έντονη σεισμικότητα στην περιοχή της Κεφαλλονιάς.

Η αναγνώριση της Αρχιτεκτονικής ενός υφιστάμενου –παλαιού- κτιρίου δεν περιορίζεται μόνο στην απλή μορφολογική και τυπολογική αναγνώριση, αλλά αποτελεί εργαλείο κατανόησης για τον μελετητή μηχανικό. Η γνώση δε της εμπειρικής τέχνης της κατασκευής, ειδικά σε παλαιότερα κτίρια που δεν ακολουθούσαν κατασκευαστικούς κανονισμούς. Σε αυτό συμβάλει εκτός των άλλων η έρευνα σε βιβλιογραφία, η οποία αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι μιας ολοκληρωμένης στατικής μελέτης αποτίμησης και ανασχεδιασμού διατηρητέων κτιρίων.

Δεν αποτελεί εξαίρεση το παλαιό κτίριο της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης Ληξουρίου, το οποίο κατόρθωσε να επιβιώσει πολλών καταστροφικών σεισμών λόγω της ποιοτικής κατασκευής του και των επεμβάσεων του 1975.

Κατά την έναρξη της διπλωματικής διαπιστώθηκαν οι δυσκολίες στη διερεύνηση του φορέα και η αναγκαιότητα για πλήθος οπτικών ελέγχων που θα έδιναν μια καλύτερη εικόνα θεμελιωδών στοιχείων για τον μελετητή μηχανικό, όπως τρόπο δόμησης κατά τις όψεις και το πάχος, πάχος στρώσεων, τρόπο συνδέσεων τοίχων, ακριβέστερες διαστάσεις δοκών ξύλινων πατωμάτων κ.α. Η έλλειψη των δεδομένων αυτών, οδηγεί αναγκαστικά σε παραδοχές, οι οποίες παρότι λογικές, ως ένα σημείο, παραμένουν παραδοχές και υποβαθμίζουν τη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων και κατ' επέκταση τους συντελεστές ασφαλείας.

Οι περιορισμοί διερευνήσεων στο κηρυγμένο μνημείο της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης οδήγησαν σε Σ.Α.Δ. “Ανεκτή” για τα υλικά (ή Περιορισμένη κατά Πίν. 3.1 (EN1998-3,

2010)) και Σ.Α.Δ. “Ικανοποιητική” (ή Κανονική κατά Πίν. 3.1 (EN1998-3, 2010)) για τα φορτία, οι οποίες μέσω των αυξημένων συντελεστών ασφαλείας, επιδείνωσαν τους συντελεστές επάρκειας/ανεπάρκειας λ.

Οι αντοχές της τοιχοποιίας με τις εμπειρικές σχέσεις και απουσία ελέγχων θεωρούνται συντηρητικές, προς την πλευρά όμως της ασφάλειας, αν προσθέσει κάποιος και την διαίρεση με τους συντελεστές ασφαλείας για περιορισμένη γνώση των υλικών, η κατάσταση γίνεται ακόμη πιο δυσμενής για το κτίριο. Προκύπτει έτσι μεγάλη αναγκαιότητα λήψης δοκιμών για εργαστηριακές δοκιμές.

Επιπλέον η επιβολή, βάσει ΚΑΔΕΤ, για τα κτίρια κατηγορίας σπουδαιότητας III (συνάθροισης κοινού), στάθμης επιτελεστικότητας B1, οδηγεί υπολογιστικά σε μεγάλες φορτίσεις. Η στάθμη επιτελεστικότητας B1 είναι η ίδια για τα νέα κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία. Στην περίπτωση μας επομένως, καλείται ένα κτίριο του 1866, να ανταπεξέλθει σε σεισμό σχεδιασμού ενός σύγχρονου κανονισμού.

Οι αναλύσεις αποτίμησης, παρά τις παραδοχές (αγνόηση αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής (SSI) - θεώρηση πάκτωσης κτιρίου - μειωμένες Σ.Α.Δ.) ανταποκρίνονται στην εικόνα βλαβών του υφιστάμενου κτιρίου (πιο κοντά η συμπεριφορά του με μερικώς ευπαραμόρφωτο διάφραγμα) και όσον αφορά την εικόνα των παραμορφώσεων στο λογισμικό Pessos 3DR, αλλά και όσον αφορά τα παρατηρούμενα μέγιστα λ ανά εντατική κατάσταση σε κάθε πεσσό, σε κάθε στάθμη. Εμφανίζεται ανεπάρκεια σε όλες τις εντατικές καταστάσεις, πλην των περισσότερων σε αξονικά φορτία και της κάμψης περί κατακόρυφο άξονα στις μικρότερες πλευρές του κτιρίου. Η γενική εικόνα των παρουσιαζόμενων ανεπαρκειών δείχνει να συνάδει επαρκώς με την παθολογία που έχει εμφανιστεί εξαιτίας των σεισμών της Κεφαλλονιάς (2014).

Οι προτεινόμενες επεμβάσεις που εξετάστηκαν, δηλαδή ο συνδυασμός των βαθειών αρμολογημάτων με ομογενοποίηση μάζας με τριμερές ένεμα και εξασφάλιση διαφραγματικής λειτουργίας στις δύο στάθμες, δείχνουν να βελτίωσαν υποτυπωδώς τη συμπεριφορά του κτιρίου χωρίς όμως να προσφέρουν επάρκεια. Μερική βελτίωση επετεύχθη στα λ των αξονικών φορτίων και της κάμψης περί κατακόρυφο άξονα και στις δύο στάθμες με σχετική επάρκεια. Αντίθετα, στις υπόλοιπες καταστάσεις παρουσιάζεται βελτίωση των τιμών, ωστόσο γενικευμένη ανεπάρκεια. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η κάμψη εντός επιπέδου και η διάτμηση εκτός επιπέδου, όπου οι μέγιστες τιμές διαφοροποιούνται πλέον σε διαφορετικούς πεσσούς μετά την ενίσχυση. Πιο βελτιωμένη εικόνα παρουσιάζει ο Α΄ όροφος, χωρίς όμως να επιτυγχάνεται επάρκεια.

Σε επίπεδο λ παραμορφωσιακών μεγεθών, τα αποτελέσματα του οποίου δεν παρουσιάζονται εδώ, παρατηρήθηκε στο υφιστάμενο κτίριο, ανεπάρκεια σε έλεγχο κλίσης εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα στους μεγαλύτερους τοίχους 1 και 3, ενώ παρατηρήθηκε ανεπάρκεια σε έλεγχο κλίσης εντός επιπέδου των δύο μικρότερων πλευρών των τοίχων 2 και 4. Στο ενισχυμένο κτίριο οι έλεγχοι σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών (κλίση εντός επιπέδου, κλίση εκτός επιπέδου περί οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα) παρουσιάζουν γενική επάρκεια.

Η “νέα” συμπεριφορά εφόσον εξασφαλιστεί κατασκευαστικά διαφραγματική λειτουργία μπορεί να οδηγήσει στην περαιτέρω λήψη αποφάσεων και εφαρμογή νεότερων μεθόδων ενίσχυσης π.χ. Ινοπλέγματα Ανόργανης Μήτρας (IAM) – αν επιτραπεί η χρήση τους.

Πολύ συντηρητική η Στάθμη Επιτελεστικότητας B1 για τα διατηρητέα κτίρια (σπουδαιότητας III). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για τη μετάβαση σε στάθμη B2, λαμβάνεται το 53% της  $a_{gR}$  για B1.

Δύσκολα θα καλυφθεί η απαίτηση για διατήρηση της χρήσης κτιρίου ως χώρου συνάθροισης κοινού, καθώς οδηγεί σε κατηγορία σπουδαιότητας III και ορίζεται αυτομάτως ως ελάχιστος στόχος αποτίμησης και ανασχεδιασμού η στάθμη επιτελεστικότητας B1.

Η δυσκολία σε κτίρια χαρακτηρισμένα ως μνημεία ή/και διατηρητέα, προσθέτει μια ακόμη σοβαρή απαίτηση γνώσης και εμπειρίας όχι μόνο για τον μελετητή μηχανικό, αλλά και για τον επιβλέποντα και την εμπειρία του συνεργείου, που θα αναλάβει, υπό την καθοδήγηση του επιβλέποντα μηχανικού, την εφαρμογή των επισκευών και ενισχύσεων

Αν και ποσοτικοποιείται η ενίσχυση μέσω διαφόρων μεθόδων, δεν είναι καθόλου εύκολη η εφαρμογή τους και απαιτείται διαρκής επίβλεψη από τον υπεύθυνο μηχανικό κατά την εκτέλεση των εργασιών. Εκτός αυτού ο επιβλέπων μηχανικός οφείλει να κρατά ένα επιμελές αρχείο καταγραφής των εφαρμογών όπως π.χ. κατανάλωση στα ενέματα, ώστε να διαπιστώνεται αν επιτυγχάνεται στην πράξη η συνιστώμενη επέμβαση. Είναι προφανές ότι ο επιβλέπων μηχανικός, θα κληθεί να πάρει και επί τόπου αποφάσεις, αναλόγως των δυσκολιών που θα παρουσιαστούν, σε συνεργασία με το μελετητή μηχανικό, αν δεν είναι το ίδιο πρόσωπο.

Ο νέος ΚΑΔΕΤ απαιτεί εξειδικευμένη γνώση, όχι μόνο στο πλαίσιο της μελέτης αλλά και της εφαρμογής των επεμβάσεων. Ο ΚΑΔΕΤ προσφέρει γνώσεις και οι γενικές οδηγίες που προσφέρει στο μηχανικό αποτελούν πυξίδα, βοηθά τον μη έμπειρο μηχανικό να κατανοήσει τα θέματα των κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία, ενώ αποτελεί οδηγό ποιότητας για τους εμπειρότερους μηχανικούς, αλλά δεν μπορεί να καλύψει το πλήθος

των υλικών, τεχνικών δόμησης και τύπος τοιχοποιίας που υπάρχουν, καθώς μιλάμε για μη τυποποιημένα υλικά (μη βιομηχανική παραγωγή), τα οποία παρουσιάζουν πολλές φορές μεγάλο εύρος στα μηχανικά χαρακτηριστικά τους.

Απαιτείται “ανοχή” και κατανόηση των εκπροσώπων των υπευθύνων Δημοσίων Αρχών για τη συγκέντρωση ακριβέστερων στοιχείων μέσω δοκιμών και προσεκτικών επεμβατικών μεθόδων ώστε να αυξηθεί η Σ.Α.Δ.

Ο μηχανικός της Δημόσιας Αρχής που θα ορίσει το πλαίσιο της μελέτης καθώς και την επιθυμητή Στάθμη Επιτελεστικότητας, μέσω της επιλεγόμενης χρήσης, θα πρέπει να έχει γνώση του αντικειμένου και του νέου Κανονισμού. Ο ΚΑΔΕΤ, όπως και οι σύγχρονοι κανονισμοί (Eurocodes, FEMA, DIN κ.α.) πλέον εισάγουν τις ελάχιστες απαιτήσεις συμπεριφοράς και όρους όπως στάθμη επιτελεστικότητας και σεισμική κλάση του κτιρίου

Στην περίπτωση της Ιακωβάτειου Βιβλιοθήκης απαιτούνται αποφάσεις σε συνεργασία με τη Δημόσια Αρχή, Στρατηγικού Χαρακτήρα, όπως π.χ. Περιορισμός ή αλλαγή της χρήσης του κτιρίου ή/και Τεχνικού Χαρακτήρα όπως π.χ. προσθήκη νέων στοιχείων παραλαβής σεισμικών δυνάμεων – ελκυστήρες - περιδέσεις ή άλλες νεότερες μεθόδους (I.A.M. κλπ.).

Όσον αφορά το δευτεροβάθμιο έλεγχο του ΟΑΣΠ, είναι σημαντικό εργαλείο γρήγορο και σχετικά αξιόπιστο στα χέρια της πολιτείας για την ιεράρχηση προτεραιότητας της αποτίμησης των κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία.

Η σύγκριση αναλύσεων τριτοβάθμιου ελέγχου της διπλωματικής, φαίνεται να επαληθεύει τον κατ’ εκτίμηση συντελεστή επάρκειας-ανεπάρκειας (ή τρωτότητας) του δευτεροβάθμιου ελέγχου

Η πολιτεία οφείλει να κινηθεί αποδοτικότερα για την προστασία αρχικώς και την ανάδειξη στη συνέχεια διατηρητέων κτιρίων ή να αναλάβει άμεσα μέτρα τουλάχιστον διατήρησης. Ήδη στην Ελλάδα, και λόγω σεισμικότητας έχουν “χαθεί” πολλά κτίρια που θα “κοσμούσαν” τις πόλεις μας.

## Αναφορές – Ιστοσελίδες

### ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ACL Ανδρέου Κ. ΙΚΕ, Χ. Ε., 2021. Έκθεση Δοκιμών Λίθου 261121-6, 261121-07, Κονιαμάτων 261121-08, 261121-09 & Εσωτερικού Επιχρίσματος 261121-10, Αθήνα: ACL Ανδρέου Κ. ΙΚΕ Χημικά Εργαστήρια.

Borri, A., Castori, G., Corradi, M. & Speranzini, E., 2011. Shear behavior of unreinforced and reinforced masonry panels subjected. *Construction and Building Materials* 25, p. 4403–4414.

Computer and Structures, I., 2023. *Technical Knowledge Base, CSI*. [Online] Available at: <https://wiki.csiamerica.com/display/kb/Shell> [Accessed 2023].

Corradi, M., Tedeschi, C., Binda, L. & Borri, A., 2008. Experimental evaluation of shear and compression strength of masonry wall before and after reinforcement: Deep repointing. *Construction and Building Materials* 22, p. 463–472.

Dr. Papachristidis, A., 2021. *GT STRUDL Advanced Training Course*. Athens: s.n.

Drysdale, R. G., Hamid, A. A. & Baker, L. R., 1994. *Masonry Structures, behavior and design*. New Jersey: Prentice Hall.

EN1990:2002+A1, 2005. *Eurocode - Basis of structural design*. Brussels: CEN, The European Union Per Regulation 305//2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC.

EN1998-3, 2010. *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance-Part 3: Assesment and retrofitting of buildings*. Brussels: CEN, The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC.



Fardis, M. et al., 1996. *Contribution of University of Patras to the Final Report of the project*. s.l.:Contract no 101969405 F1ED ISP 1.

Karantoni, F., Pantazopoulou, S. & Ganas, A., 2017. Confined masonry as practical seismic construction-the experience from the 2014 Cephalonia Earthquake. *Frontiers of Structural and Civil Engineering (FSCE)*.

Logan, D. L., 1986. *A First Course in the Finite Element Metho*. 4th ed. University of Wisconsin–Platteville: Thompson.

Theotokatou, E., 2019. On “Arogi” Buildings’ Structural System and Construction Procedure after the 1953 Earthquake in Kefalonia. *Heritage*, pp. 2193-2205.

Tomazevic, M., 2009. Shear resistance of masonry walls and Eurocode 6: shear versus tensile strength of masonry. *Materials and Structures*, August.

VR\_Architects, και συν., 2022. *Μελέτη Αποκατάστασης Κτιρίων Δημόσιας Κεντρικής Βιβλιοθήκης Ληξουρίου Ιακωβάτειος*. Αργοστόλι: s.n.

Αβραμίδης, Ι., Αθανατοπούλου, Α. & Μορφίδης, Κ., 2016. *Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων, Προσομοίωση και ανάλυση κατασκευών, Μια πρακτική εισαγωγή*. 1η επιμ. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Σοφία.

Αγοροπούλου-Μπιρμπίλη, Α., 1982. Η αστική κατοικία στην αγγλοκρατούμενη Κέρκυρα και οι επτανησιακοί όροι δομήσεως. *Κερκυραϊκά Χρονικά*, ρ. Τόμος XXVI.

ΓΕΩΜΕΤΡΗΣΗ, 2021. *Γεωτεχνική έρευνα-μελέτη για την Ιακωβάτειο Βιβλιοθήκη στο Ληξούρι Κεφαλονιάς*, Άλιμος: GEOMETRISI.

Δ.Μιχαλιτσιάνος & Συνεργάτες, Τ. Γ., 1975. *Μελέτη Δημόσιας Βιβλιοθήκης-Μουσείου Τυπαλδων Ιακωβάτων εις Ληξούριον Κεφαλληνίας*, Αθήνα: s.n.

Δρίτσος, Σ., Ιγνατάκης, Χ., Παναγιωτοπούλου, Δ. & Σπηλιόπουλος, Α., 2018. *Δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία*, Αθήνα: Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας (ΟΑΣΠ).

EN1996-1:2005, 2005. *Ευρωκώδικας 6: Κατασκευές από τοιχοποιία - Μέρος 1-1:Γενικοί κανόνες για κατασκευές από οπλισμένη & άοπλη τοιχοποιία*. Βρυξέλλες: CEN.

EN1998-1:2004, 2009. *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance-Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings*. Brussels: CEN, The European Union Per Regulation 305//2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC.

EN1998-1, 2004. *Ευρωκώδικας 8: Αντισεισμικός Σχεδιασμός, Μέρος 1: Γενικοί κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτίρια*. Βρυξέλλες: CEN, Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την Τυποποίηση.

Ζερβόπουλος, Σ., Βλάχου, Ν., Πιληγή, Κ. & Αγάθος, Μ., 2009. *Βλάβες και ζημιές από σεισμούς και άλλες αιτίες στην παλαιά πόλη της Κέρκυρας από τα μέσα του 17ου αιώνα έως και σήμερα*. Κέρκυρα: ΤΕΕ, ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΤΜΗΜΑ ΝΟΜΟΥ ΚΕΡΚΥΡΑΣ.

Θεοδουλίδης, Ν., Μάργαρης, Β., Παπαϊωάννου, Χ. & Σαββαΐδης Α., 2014. *Ισχυρή σεισμική κίνηση των σεισμών στην Κεφαλονιά (26/1 & 3/2/2014)*. Αργοστόλι: Οργανισμός Αντισεισμικής Σχεδιασμού & Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.), Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ)

Ιγνατάκης, Χ. & Στυλιανίδης, Κ., 2009. *Σεμινάριο Μικρής Διάρκειας*. Θεσσαλονίκη: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας.

ΚΑΔΕΤ, 2022. *ΚΑΔΕΤ, Κανονισμός για Αποτίμηση & Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας*. Αθήνα: ΟΑΣΠ, Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας, Συντακτική Ομάδα.

Καλαγρή, Ά., Μιλτιάδου-Fezans, Α. & Βιντζηλαίου, Ε., 2008. *Ενέματα υδραυλικής ασβέστου για την επισκευή ιστορικών κατασκευών*. Αθήνα, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Υπουργείο Πολιτισμού.

ΚΑΝ.ΕΠΕ., Σ. Ο., 2022. *Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.), 3η Αναθεώρηση*. Αθήνα: Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.).

Καραντώνη, Φ., 2004. *Κατασκευές από Τοιχοποιία*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.

Καραντώνη, Φ. & Πανταζοπούλου, Σ., 2016. *Η οπλισμένη τοιχοποιία της ανοικοδόμησης των Ιονίων Νήσων και η συμπεριφορά της στους σεισμούς του 2014*. Θεσσαλονίκη(Κεντρική Μακεδονία): Ελληνική Επιστημονική Εταιρία Ερευνών Σκυροδέματος (ΕΠΕΣ) – ΤΕΕ / Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας.

Μαλακάτας, Ν. & Τρέζος, Κ., 2011. *ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ για τη χρήση των Ευρωκωδίκων, EN 1990 : Βάσεις Σχεδιασμού των Φερουσών Κατασκευών, EN 1991: Δράσεις επί των κατασκευών*.

Αθήνα: Ινστιτούτο Εκπαίδευσης και Επιμόρφωσης Μελών Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΙΕΚΕΜ-ΤΕΕ).

Μαλικούτη, Σ., 2021. *Παρουσιάσεις μαθήματος 2α 21-22*. Αθήνα: ΜΔΕ Αρχιτεκτονική & Δομοστατική Αποκατάσταση Ιστορικών Κτιρίων & Συνόλων.

Μαρκαντωνάτου, Υ. & Σιμάτος, Λ., 2008. *Αρχιτεκτονική κατοικιών στην Κεφαλονιά*. Αθήνα: Εικόν Εκδοτική.

Μοσχόπουλος, Γ., 2003. *Η Ιακωβάτιος Βιβλιοθήκη Ληξουρίου*. Αθήνα: Εταιρεία Κεφαλληνιακών Ιστορικών Ερευνών.

Ο.Α.Σ.Π., 2001. *Συστάσεις για προσεισμικές & μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια*, Αθήνα: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων, Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας.

Ομάδα Υποστήριξης 3DR, 2022. *3DR.Pessos 2022 Οδηγός Εφαρμογής*. Αθήνα: 3DR Προγράμματα Μηχανικού.

Παπαζάχος, Β. & Παπαζάχου, Κ., 2003. *Οι σεισμοί της Ελλάδας*. Θεσσαλονίκη: Ζήτη.

Σπυράκος, Κ., 2019. *Κατασκευές από τοιχοποιία*. Αθήνα: Εργονόμος ΙΚΕ.

Σπυράκος, Κ., 2019. *Κατασκευές από Τοιχοποιία, Αποτίμηση & Επεμβάσεις για Σεισμικά Φορτία*. Αθήνα: ΕΡΓΟΝΟΜΟΣ ΙΚΕ.

Σπυρόπουλος, Π., 1997. *Χρονικό των σεισμών της Ελλάδας (από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα)*. Αθήνα-Γιάννινα: Δωδώνη.

Τουμπακάρη, Ε.-Ε., 2008. *Τριμερείς συνθέσεις υδράσβστου-ποζολάνης-τσιμέντου ως βάση για το σχεδιασμό κονιαμάτων & ενεμάτων για την επισκευή ιστορικών τοιχοποιιών*. Αθήνα, Τεχνικό Επιτετήριο Ελλάδος, Υπουργείο Πολιτισμού .

Φραγκούλη, Χ., 2010. [www.archaiologia.gr/blog](http://www.archaiologia.gr/blog). [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.archaiologia.gr/blog/2010/09/07/12995/> [Πρόσβαση 07 09 2010].

**ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ**

1. <https://www.archaiologia.gr/blog/2010/09/07/12995/>
2. <http://eng.travelogues.gr/item.php?view=50156>
3. <https://www.mixanitouxronou.gr/o-seismos-7-2-richter-poy-syntaraxe-tin-kefalonia-to-1867-afise-piso-toy-244-nekroys-kai-chiliades-ereipia/>
4. <file:///E:/Downloads WD/Earthquake induced crises game tree approached ris .pdf>
5. <https://gerryco23.wordpress.com/2015/05/24/the-ruins-of-kefalonia/>
6. <https://www.kefaloniapress.gr/topika/seismoj/article/305838/pos-epesan-ta-spitia-mas-stoys-seismoys-toy-53-toy-aeimnistoy-taki-paylatoy/>
7. <https://visit.corfu.gr/el/a3iotheata/palαιο-dhmarxeio-kerkyras-san-tziakomo/>
8. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BB%CE%B1%CF%84%CF%8D%CF%86%CF%85%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CE%B4%CE%AD%CE%BD%CE%B4%CF%81%CE%B1>
9. <https://www.inkefalonia.gr/koinonia/64207-9-avgoystou-tou-1953-ksekina-i-seismiki-akolouthia-pou-isopedose-tin-kefalonia>
10. <https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMB325/%210.6%20Masonry%20-%20Behavior%20and%20example.pdf>
11. <https://www.oasp.gr/node/2067>
12. <http://5a.arch.ntua.gr/project/1192/4178>