

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Δ.Π.Μ.Σ. «ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΝΗΜΕΙΩΝ»**

Α' Κατεύθυνση «Συντήρηση και Αποκατάσταση Ιστορικών Κτιρίων και Συνόλων»  
Έτος εισαγωγής: 2019

## ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΔΟΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΩΜΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ

**Ιωάννα Παπανδρέου**  
Πολιτικός Μηχανικός

Επιβλέπουσες:

**Ανδρονίκη Μιλτιάδου**  
**Σταματίνα Μικρού**

Δεκέμβριος 2022

**Διερεύνηση της δομικής  
συμπεριφοράς κτιρίων από  
ωμοπλινθοδομή**



## Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο μελέτης την διερεύνηση του τρόπου δόμησης των κτιρίων από ωμοπλινθοδομή καθώς και τις τεχνικές επεμβάσεων που εφαρμόζονται. Αρχικά παρουσιάστηκαν τα κύρια συστατικά του εδάφους και αναλύθηκαν τα χαρακτηριστικά που το καθιστούν κατάλληλο υλικό για δόμηση. Ακολουθεί συνοπτική ιστορική και γεωγραφική ανασκόπηση που καταδεικνύει την ύπαρξη και την ιστορικότητα των χωμάτινων κατασκευών.

Παρουσιάζεται ακολούθως μια σύνθεση των μηχανικών χαρακτηριστικών της μεμονωμένης δομικής μονάδας, του κονιάματος και της ωμοπλινθοδομής σαν σύνολο με βάση τα αποτελέσματα εκτενούς βιβλιογραφικής έρευνας για τον τρόπο προσδιορισμού των μηχανικών χαρακτηριστικών, που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της εργασίας αυτής.

Με σκοπό την ανάλυση του τρόπου δόμησης αλλά και ταυτόχρονα της κατασκευαστικής τεκμηρίωσης της ύπαρξης των πλίνθινων κατασκευών έγινε συστηματική καταγραφή υπό την μορφή καρτελών πολλών υφιστάμενων κτιρίων κυρίως στο κέντρο της πόλης των Πατρών και κατά μήκος της παλαιάς εθνικής οδού Πατρών – Κορίνθου. Αποκτήθηκε πλούσιο φωτογραφικό υλικό και διερευνήθηκαν πλινθόκτιστα κτίρια εστιάζοντας σε κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Μια σύνθεση των παρατηρήσεων παρουσιάζεται στο κείμενο της εργασίας.

Λαμβάνοντας υπόψη τα ως άνω στοιχεία, επιχειρήθηκε μια συνοπτική παρουσίαση της συμπεριφοράς των πλίνθινων κατασκευών έναντι περιβαλλοντικών και σεισμικών δράσεων και των συνήθων βλαβών που χαρακτηρίζουν την παθολογία τους. Ακολούθως παρουσιάζονται οι συνήθεις τεχνικές επισκευών και επεμβάσεων που συναντήθηκαν στο πεδίο και αυτές που προτείνονται στην διεθνή βιβλιογραφία.

Υπό την σκοπιά της επιστήμης του πολιτικού μηχανικού και με σκοπό την προστασία του κτιριακού πλούτου προσεγγίστηκε υπολογιστικά, με την βοήθεια λογισμικού πεπερασμένων στοιχείων, ο φέρων οργανισμός κτιρίου συνήθους τυπολογίας. Έγιναν αναλύσεις αποτίμησης της συμπεριφοράς του υφιστάμενου φορέα καθώς και έλεγχος μελών σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΑΔΕΤ. Ακολούθως προτάθηκε σειρά επεμβάσεων για την βελτίωση της απόκρισής του. Οι επεμβάσεις προσομοιώθηκαν καταλλήλως και έγιναν οι αναλύσεις της συμπεριφοράς του ενισχυμένου φορέα. Πέρα από το σχήμα των επεμβάσεων που με κάποιο τρόπο ελήφθη υπόψη στην προσομοίωση προτάθηκαν επίσης επιπρόσθετα μέτρα για τη βελτίωση της συμπεριφοράς ορισμένων κρίσιμων στοιχείων που σύμφωνα με την ανάλυση συνέχιζαν να παρουσιάζουν αστοχίες.

Η εργασία αυτή αποτελεί μια προσπάθεια συμβολής στην καλύτερη κατανόηση της κατασκευής και της συμπεριφοράς αυτών των κτιρίων, που συναντώνται συχνά στην χώρα μας και για τις οποίες δεν υπάρχουν ακόμη επαρκείς γνώσεις σε πειραματικό και αναλυτικό επίπεδο για την αποτίμηση της συμπεριφοράς τους και τη διαμόρφωση κατάλληλων μέτρων επέμβασης.

## Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες απευθύνω στην επιβλέπουσα καθηγήτρια της εργασίας μου, Ανδρονίκη Μιλτιάδου αρχικά για την γνωριμία με το αντικείμενο μελέτης και ακολούθως, για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε για την συνεχή καθοδήγηση μου και γενικότερα για την συνεργασία τα χρόνια των σπουδών μου. Ακόμη ευχαριστώ την συνεπιβλέπουσα Σταματίνα Μικρού για τις σημαντικές συμβουλές, το υλικό και την υποστήριξη της.

Ευχαριστίες απευθύνω στον Απόστολο Μουσουράκη για το πλούσιο υλικό και τις συμβουλές, στην Υπηρεσία Νεωτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Δυτικής Ελλάδας, Πελοποννήσου και Νοτίου Ιονίου για την παροχή των σχεδίων της αποτύπωσης του κτιρίου, και στον Αντιδήμαρχο Γαλαξιδίου Ευθύμιο Γρίβα για την ξενάγηση και την πρόσβαση στο κτήριο.

Απευθύνω ακόμη ευχαριστίες στην καθηγήτρια Σταυρούλα Πανταζοπούλου για τις συμβουλές της, στον Gérard Fezans για την παροχή του λογισμικού και την σημαντική βοήθεια του, στην Αναστασία για την συμβολή της στα σχέδια.

Στον Βαγγέλη για την μόνιμη υποστήριξη και τέλος, στους γονείς μου που βρίσκονται πάντα δίπλα μου.



Περίληψη .....	iii
Ευχαριστίες.....	v
<b>1. Το χώμα-έδαφος ως υλικό δόμησης.....</b>	<b>- 1 -</b>
1.1 Συστατικά.....	- 1 -
1.2 Κατηγορίες και ιδιότητες των εδαφών.....	- 7 -
1.3 Τεχνικές δόμησης.....	- 12 -
1.4 Ιστορική και γεωγραφική ανασκόπηση .....	- 13 -
<b>2. Προσδιορισμός μηχανικών χαρακτηριστικών.....</b>	<b>- 27 -</b>
2.1 Δομικής μονάδας .....	- 27 -
2.2 Κονιάματος .....	- 30 -
2.3 Τοιχοποιίας .....	- 32 -
<b>3. Κατασκευαστικά.....</b>	<b>- 36 -</b>
3.1 Τρόπος δόμησης.....	- 37 -
3.2 Ανοίγματα .....	- 43 -
3.3 Ξυλοδεσιές - Ξύλινα στοιχεία.....	- 44 -
3.4 Εσωτερικοί τοίχοι.....	- 46 -
3.5 Ελκυστήρες-μεταλλικές ενισχύσεις.....	- 47 -
<b>4. Συμπεριφορά πλίνθινων κατασκευών.....</b>	<b>- 49 -</b>
4.1 Σε περιβαλλοντικές δράσεις.....	- 49 -
4.2 Συμπεριφορά υπό σεισμική διέγερση.....	- 53 -
<b>5. Επεμβάσεις - ενισχύσεις.....</b>	<b>- 57 -</b>
5.1 Συνήθεις επισκευές-επεμβάσεις στην περιοχή έρευνας.....	- 57 -
5.2 Επεμβάσεις προτεινόμενες στην βιβλιογραφία .....	- 59 -
<b>6. Υπολογιστική προσέγγιση .....</b>	<b>- 71 -</b>
6.1 Περιπτωσιολογική μελέτη .....	- 71 -
6.2 Έλεγχοι δομικών μελών.....	- 78 -
6.3 Προσομοίωση υφιστάμενου φορέα.....	- 87 -
6.4 Προσομοίωση ενισχυμένου φορέα.....	- 96 -
6.5 Επιπρόσθετες επεμβάσεις για αντιμετώπιση τοπικών αστοχιών .....	- 115 -



7. Συμπεράσματα – Αντί επιλόγου .....	- 122 -
Βιβλιογραφία.....	- 124 -

Παράρτημα Α (καρτέλες καταγραφής)

Παράρτημα Β (διάθρωση υπολογιστικών φύλλων)

Παράρτημα Γ (σχέδια)

# 1. Το χώμα-έδαφος ως υλικό δόμησης

Το έδαφος αποτελεί στάδιο μιας μακράς διαδικασίας αλλοίωσης και εξέλιξης του μητρικού πετρώματος. Είναι το αποτέλεσμα ενός εύρους από φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που σχετίζονται με κλιματικές και βιολογικές συνθήκες, την χλωρίδα και την πανίδα. Έτσι, αποκτά άπειρες μορφές και τεράστια ποικιλία χαρακτηριστικών. Η δόμηση με χώμα επιτυγχάνεται με την ανάμειξη τμήματος εδάφους, νερού και διαφόρων πρόσμικτων. Τα επιμέρους συστατικά μπορεί να διαφέρουν ανά περίπτωση και αυτό να οδηγεί σε διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες, απόχρωση κλπ..

## 1.1 Συστατικά

### 1.1.1 Στερεά

Αποτελούνται από τα ορυκτά (ανόργανα), τα οποία είναι αποτέλεσμα της διάστασης<sup>1</sup> και της χημικής μεταβολής του υποκείμενου μητρικού πετρώματος και τα οργανικά, τα οποία προέρχονται από κατάλοιπα αποσύνθεσης χλωρίδας και πανίδας. Το σύνολο των στερεών αποτελεί μη διαλυτές στο νερό ουσίες.

#### Ορυκτά

Τα ιζηματογενή εδάφη προέρχονται από τη μεταφορά των προϊόντων αποσάθρωσης με τα νερά των ποταμών (σε αιώρηση) μακριά από την αρχική τους θέση και την επακόλουθη απόθεσή ή καταβύθιση τους στην περιοχή των εκβολών. Ακολουθεί η συγκόλληση των υλικών που αποτέθηκαν. Αποτελούν την πλειοψηφία των εδαφικών σχηματισμών, διακρίνονται **ως προς το μέγεθος** τους, σε χονδρόκοκκα (χάλικες και άμμο) και λεπτόκοκκα (ιλείς και άργιλοι). Τα χονδρόκοκκα ιζήματα προέρχονται κυρίως από τη μηχανική αποσάθρωση των βράχων, ενώ τα λεπτόκοκκα ιζήματα από τη χημική αποσάθρωση των πετρωμάτων. Τα χονδρόκοκκα και τα λεπτόκοκκα ιζήματα διαφέρουν εκτός του τρόπου δημιουργίας τους και στο μέγεθος των κόκκων που τα απαρτίζουν<sup>2</sup>. Το έδαφος που χρησιμοποιείται για δόμηση περιέχει άργιλο, ιλύ και άμμο.

---

<sup>1</sup> Διάσταση στην χημεία ονομάζεται η διεργασία κατά την οποία μόρια διαχωρίζονται σε μικρότερα σωματίδια, άτομα ή ιόντα με την μορφή αμφίδρομης αντίδρασης.

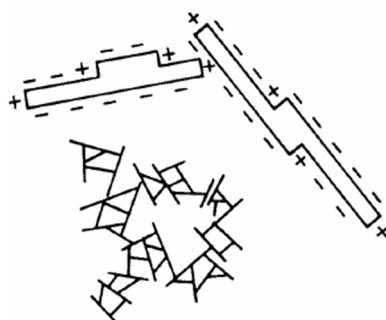
<sup>2</sup> (Καββαδάς 2006)

άργιοι	ίλις			άμμοι			χάλικες			κροκάλες	
	λεπτές	μέσες	χονδρές	λεπτές	μέσες	χονδρές	λεπτές	μέσες	χονδρές		
0.001	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2	6	20	60	200

*Πίνακας 1.1 Όρια μεγεθών εδαφικών υλικών (διαστάσεις κόκκων σε mm).*

### Άργιλος

Η άργιλος είναι μείγμα από ένυδρες πυριτικές ενώσεις του αργιλίου αναμειγμένες με οξειδία του σιδήρου και άλλες προσμίξεις που καθορίζουν το χρώμα και προέρχονται από την αποσάθρωση πυριτικών πετρωμάτων<sup>3</sup>. Αποτελεί κατά κάποιο τρόπο το σημαντικότερο συστατικό, την κοιλία η οποία συγκρατεί τα υπόλοιπα υλικά. Αυτό συμβαίνει γιατί οι κόκκοι (έως 0.002 mm) της άργιλου παρουσιάζουν πλακοειδή μορφή οι οποίοι πέραν της βαρύτητας και της τριβής, λόγω των φορτισμένων επιφανειών τους, παρουσιάζουν και ηλεκτρικές έλξεις μεταξύ τους (συνεκτικά εδάφη).



*Εικόνα 1.1 Ηλεκτρικά φορτία στην επιφάνεια αργιλικών πλακιδίων<sup>4</sup>.*

### Αργιλικά ορυκτά

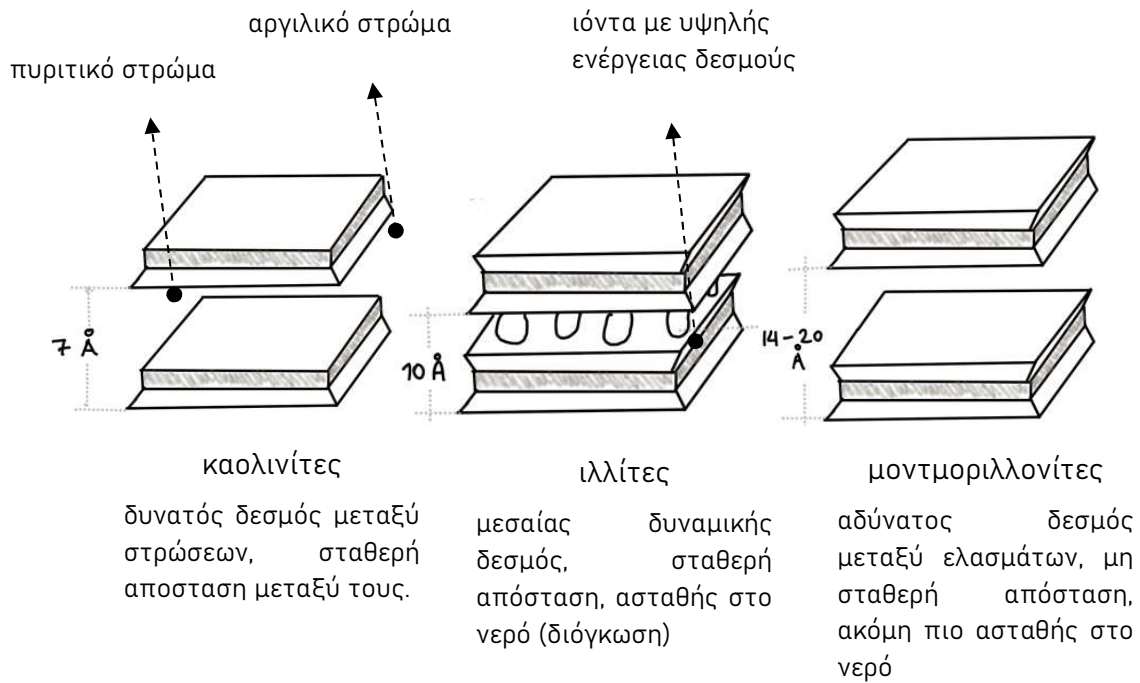
Τα αργιλικά ορυκτά ανήκουν στην ευρύτερη οικογένεια των φυλλοπυριτικών ορυκτών. Αποτελούνται από τετραεδρικά πυριτικά που συνδέονται με οκταεδρικά αργιλικά στρώματα. Ανάλογα με την διάταξη και την δομή τους προκύπτουν διάφορα είδη αργιλικών ορυκτών όπως οι καολινίτες, οι ιλλίτες και οι μοντμοριλλονίτες.

Η φυλλώδης δομή των αργιλικών ορυκτών εξαρτάται από τον τρόπο που τοποθετούνται τα μόρια οξυγόνου και υδροξυλίου (σε τετραεδρικές ή οκταεδρικές δομές). Η φυσική και

<sup>3</sup> (Τριανταφύλλου 2005)

<sup>4</sup> (Καββαδάς 2006)

χημική συμπεριφορά της αργίλου είναι σύνθετη λόγω του τεράστιου αριθμού ηλεκτρικών φαινομένων που συμβαίνουν.



**Εικόνα 1.2** Δομή αργιλικών ορυκτών<sup>5</sup> ( $1 \text{ \AA} = 10^{-7} \text{ mm}$ )

### Ιλύς

Με μέγεθος κόκκων 0.002 – 0.06 mm, η ιλύς δεν έχει μαγνητικό φορτίο και δεν αλληλοεπιδρά με το νερό. Επομένως δεν συμβάλλει στην συνεκτικότητα του μείγματος. Ο ρόλος της έγκειται στην συμπλήρωση των κενών μεταξύ μεγαλύτερων κόκκων και την αύξηση της πυκνότητας του συνόλου.

### Άμμος

Η άμμος προέρχεται από αποσάθρωση πετρωμάτων ή ορυκτών. Οι κόκκοι της έχουν μέγεθος (0.6 mm – 2mm) και ανάλογα με το είδος των υλικών που περιέχονται σε μεγαλύτερη ποσότητα λέγονται σιδηρούχες, αργιλικές, χαλαζιακές κλπ. Στην φυσική ή τεχνητή (θραυστή) μορφή της αποτελεί βασικό δομικό υλικό, συνδυαζόμενο με σκυρόδεμα, πηλό ή υδράσβεστο (κονιάματα).

<sup>5</sup> Εικόνα με βάση το (Houben and Guillaud 1994).

**Ως προς την ταυτότητα** τους, τα ορυκτά διαχωρίζονται σε κολλοειδή και αμώδη στοιχεία (μη επηρεασμένα από την επίδραση των εξωτερικών συνθηκών<sup>6</sup>). Τα τελευταία αποτελούνται από το πυριτικό άλας, το διοξείδιο του πυριτίου και τον ασβεστόλιθο. Τα κολλοειδή είναι το αποτέλεσμα της χημικής επίδρασης (διάβρωσης ή αποσάθρωσης) των ορυκτών του μητρικού πετρώματος. Έχουν μέγεθος μικρότερο από 2μm. Λόγω αυτού, εάν έρθουν σε επαφή με το νερό αποκτούν την όψη κολλώδους πάστας. Εξ' αυτού και η ονομασία τους από την γαλλική λέξη colle (κόλλα), επειδή αποτελούν την κοιλία (συγκολλητική ουσία) του χώματος. Τα σημαντικότερα κολλοειδή είναι οι άργιλοι<sup>7</sup>.

### Οργανικά

Συνήθως εντοπίζονται στην επιφανειακή στρώση του εδάφους σε βάθη 5-35cm. Είναι πιθανό να περιέχονται υπολείμματα (ρίζες κλπ.) φυτών. Εάν όχι, η αποσύνθεσή τους είναι σε τόσο προχωρημένο στάδιο που έχει ως αποτέλεσμα μια μάζα μαύρου χρώματος που ονομάζεται χούμους. Το χούμους είναι κολλοειδές και όξινο, με μεγάλη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων<sup>8</sup> και απορρόφησης νερού αυξάνοντας τον όγκο του. Ξεπερνώντας την περιεκτικότητα σε οργανικά σε ποσοστό 2-4% υπάρχουν επιπτώσεις στα χαρακτηριστικά του εδάφους.

### 1.1.2 Αέρας και Νερό

Η ύπαρξη του αέρα εντός του εδάφους το αποδυναμώνει και η περιεκτικότητά του θα πρέπει όσο το δυνατόν να μειώνεται. Ο αέρας εγκλωβίζει ποικιλία μικροοργανισμών και μούχλα που μπορεί να οδηγήσουν σε αποδόμηση των συστατικών του εδάφους. Θύλακες αέρα δημιουργούν κανάλια τα οποία επιτρέπουν την διείσδυση του νερού καθώς και τους υδρατμούς.

---

<sup>6</sup> Εδώ, εννοείται ο αγγλικός όρος weathering με τον οποίο συνήθως αποδίδεται η επίδραση λόγω των συνθηκών που επικρατούν και αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Έχει φυσικές-μηχανικές ή/και χημικές επεκτάσεις.

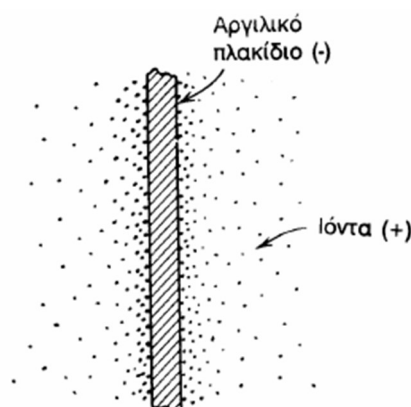
<sup>7</sup> Λόγω της σημασίας των αργίλων στην κατηγορία των κολλοειδών στην εδαφομηχανική χρησιμοποιείται ο ορισμός «αργιλικό κλάσμα» αντί για «κλάσμα κολλοειδών»

<sup>8</sup> Ως ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων ορίζεται (ΙΑΚ) η ποσότητα των κατιόντων που μπορεί να ανταλλάξει ένα έδαφος. Αυτή η διεργασία γίνεται στην διεπιφάνεια ανάμεσα στην στερεή και την υγρή φάση.

Εκφράζεται σε centimoles (cmol) ανά χιλιόγραμμο (kg). Πηγή:

<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/ENV217/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%20%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20powerpoint%2C%20%28%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%B1%20pdf%29/ΚΙ%20%CE%A3%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B5%CF%8C%CF%82%20%CE%A6%CE%BB%CE%BF%CE%B9%CF%8C%CF%82%20%CE%88%CE%B4%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%82.pdf>

Το νερό που εμπεριέχεται στο υλικό δόμησης χωρίζεται στις εξής κατηγορίες:



*Εικόνα 1.3 Προσροφημένο νερό σε αργιλικό πλακίδιο.<sup>9</sup>*

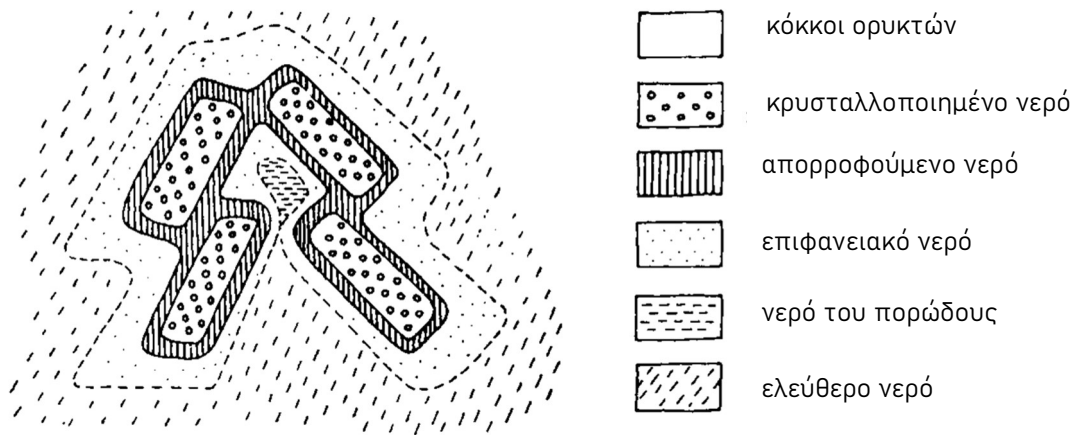
Το **κρυσταλλοποιημένο** νερό είναι χημικά δεσμευμένο και διακρίνεται μόνο όταν η άργιλος θερμανθεί σε θερμοκρασίες μεταξύ 400°C και 900°C. Το **απορροφούμενο** νερό το οποίο παρουσιάζει ηλεκτρική αλληλεπίδραση με τα αργιλικά πλακίδια. Στα μόρια του νερού έχουν τις ιδιότητες ηλεκτρικού δίπολου, λόγω ασύμμετρης κατανομής των φορτίων, παρά το γεγονός πως είναι ηλεκτρικά ουδέτερα. Για αυτό το λόγο έλκονται προς την ηλεκτρικά φορτισμένη πλευρά των πλακιδίων αργίλου, προσκολλώνται κατά κάποιον τρόπο και συμπεριφέρονται σαν ενιαίο σώμα<sup>10</sup>. Αποτελεί μια πολύ λεπτή ζώνη γύρω από τις επιφάνειες, οι δυνάμεις που το συγκρατούν είναι αρκετά δυνατές ώστε να μην μετακινείται. Απομακρύνεται με θέρμανση στους 100-200 °C.

Το **επιφανειακό** νερό το οποίο λαμβάνει την μορφή του περιγράμματος των στερεών (σαν φιλμ) και συγκρατείται στις επιφάνειες από πολικές και ηλεκτροστατικές δυνάμεις. Απομακρύνεται σε θερμοκρασία δωματίου. Το νερό **του πορώδους**, το οποίο έχει τριχοειδή δράση και απελευθερώνεται στους 50-120°C και τέλος το **ελεύθερο** νερό, κινείται σύμφωνα με την βαρύτητα ή τριχοειδώς σύμφωνα με τις κινήσεις του υπόγειου νερού και τις μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης και θερμοκρασίας.

---

<sup>9</sup> (Καββαδάς 2006)

<sup>10</sup> (Καββαδάς 2006)



*Εικόνα 1.4 Μικροσκοπική απεικόνιση των κατηγοριών του νερού στο εδαφικό υλικό.<sup>11</sup>*

#### Επίδραση του νερού

Ανάλογα με την ποσόστωση και τις επιμέρους ιδιότητες των παραπάνω κατηγοριών νερού στο εδαφικό υλικό, επηρεάζονται οι δομικές και υδραυλικές τους ιδιότητες.

#### Επιδράσεις λόγω ρευστότητας

**Συνοχή:** συνεκτικές δυνάμεις των σωματιδίων (ιλύος και αργίλου) λόγω των ζωνών που τα συνδέουν. Αυτές είναι η τάση στη διεπιφάνεια νερού – αέρα και η αλληλεπίδραση των σωματιδίων αργίλου – νερού.

**Αναρρόφηση:** οι δυνάμεις που προκύπτουν από την επιφανειακή ενυδάτωση των σωματιδίων συνδυαζόμενες με την επιφανειακή τάση, δημιουργούν αναρρόφηση του νερού η οποία αυξάνεται με την μείωση του ποσοστού του.

**Διόγκωσή:** δυνάμεις απορρόφησης στην επιφάνεια των αργίλων, επί των μορίων του νερού.

**Συρρίκνωση:** μείωση του όγκου λόγω της εξάτμισης του νερού.

**Πλαστικότητα:** Η ενυδάτωση (λίπανση) των επιφανειών του νερού μεταξύ των κόκκων. Όταν φτάσει σε ένα όριο ελαστικότητας ένα καλώς ενυδατωμένο συνεκτικό χώμα μπορεί να παραμορφωθεί χωρίς να θρυμματιστεί. Εξαρτάται από το μέγεθος, το σχήμα και τις χημικές ιδιότητες των κόκκων.

<sup>11</sup> (Houben and Guillaud 1994)

Δράση διαλύτη

**Διαλυτά άλατα:** μεταλλικά κατιόντα<sup>12</sup> Na<sup>+</sup>, Mg<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup>, Al<sup>+</sup> τα οποία απορροφούνται από τις επιφάνειες των κόκκων. Επίσης, θετικά άλατα (Na, Mg, Ca) δημιουργούν κρυστάλλους κάνοντας το χώμα ψαθυρό.

**Οργανική ύλη:** Δύναται να επηρεάσουν την κατανομή των ορυκτών στο χώμα, όπως τον σίδηρο.

## 1.2 Κατηγορίες και ιδιότητες των εδαφών

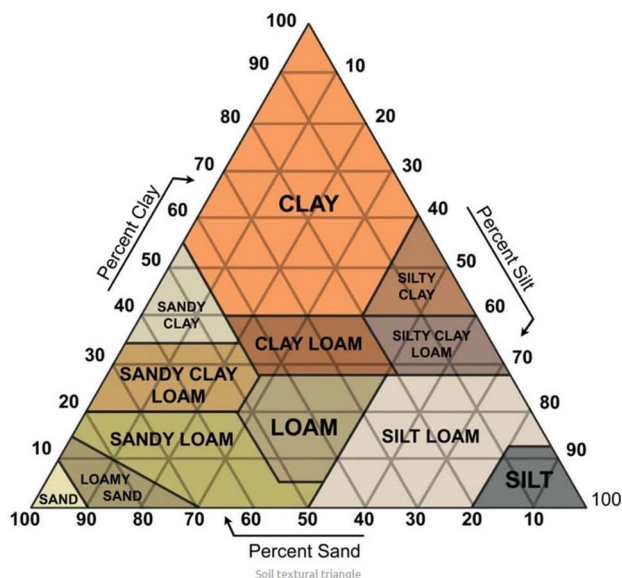
### 1.2.1 Κατηγορίες

Ένα μείγμα από τα παραπάνω στοιχεία όπως και κατ' αντιστοιχία ένα έδαφος, χαρακτηρίζεται ανάλογα με την ποσόστωση σε άργιλο ιλύ και άμμο. Το γράφημα της παρακάτω εικόνας παρουσιάζει το τρίγωνο μηχανικής σύστασης σύμφωνα με το οποίο μπορεί να γίνει η κατάταξη ενός εδάφους με δεδομένα την περιεκτικότητα στα δύο τουλάχιστον από τα παραπάνω υλικά. Αρχικά, επιλέγεται το ποσοστό αργίλου (αριστερή πλευρά) και σχεδιάζεται γραμμή παράλληλη στην βάση του τριγώνου. Έπειτα στην βάση του τριγώνου σημειώνεται το ποσοστό της άμμου και απ' αυτό το σημείο σχεδιάζεται ευθεία παράλληλη στην δεξιά πλευρά του τριγώνου. Το σημείο τομής των δύο ευθειών καθορίζει, εκτός του ποσοστού σε ιλύ (το οποίο προκύπτει με απλή αφαίρεση), την κατηγορία του εδάφους από το οποίο προέρχεται το δείγμα που εξετάστηκε.

---

<sup>12</sup> Θετικά φορτισμένα ιόντα που δημιουργούνται όταν ένα μεταλλικό στοιχείο χάσει ένα ή παραπάνω ηλεκτρόνια.





Εικόνα 1.5 Τρίγωνο μηχανικής σύστασης<sup>13</sup>

Αμμώδη	Sand	αμμώδη
Πηλοαμμώδη	Loamy sand	
Πηλώδη	Loam	πηλώδη
Αμμοπηλώδη	Sandy loam	
Αμμοαργιλοπηλώδη	Sandy clay loam	
Ιλώδη	Silt	
Ιλοπηλώδη	Silty loam	
Ιλοαργιλοπηλώδη	Silty clay loam	
Αργιλοπηλώδη	Clay loam	
Αργιλώδη	Clay	αργιλώδη
Αμμοαργιλώδη	Sandy clay	
Ιλοαργιλώδη	Silty clay	

Πίνακας 1.2 Κατηγορίες εδαφών.<sup>14</sup>

### 1.2.2 Θεμελιώδεις ιδιότητες

**Υφή:** η κοκκομετρική διαβάθμιση η οποία εκφράζει πόσο χονδρόκοκκο ή λεπτόκοκκο είναι ένα χώμα. Βαθμονομείται με την κοκκομετρική καμπύλη η οποία εκφράζει το ποσοστό κάθε μεγέθους κόκκων που διέρχεται από συγκεκριμένα κόσκινα.

<sup>13</sup> Πηγή: <https://soilsensor.com/articles/soil-textures/> (ανάκτηση 02/02/2022)

<sup>14</sup> (Μιχάλαϊνας και Πετράκης 2020)

**Συνοχή:** η έκφραση της δυνατότητας των κόκκων του χώματος να μένουν ενωμένοι όταν το συσσωμάτωμα τους εφελκύεται. Εξαρτάται από τις ιδιότητες των κόκκων μεγέθους μικρότερου των 2mm.

**Συμπάγεια:** η μέγιστη συμπίεση που μπορεί να δεχτεί το χώμα για δεδομένη τιμή ενέργειας και συγκεκριμένο ποσοστό υγρασίας.

**Πλαστικότητα:** η δυνατότητα ενός χώματος να παραμορφωθεί χωρίς να αστοχήσει (ρηγματώση η διαχωρισμός). Το μέγεθος που την εκφράζει είναι το όριο πλαστικότητας το οποίο (μαζί με τα υπόλοιπα) περιγράφεται στα όρια Atterberg. Για τις μετρήσεις τους απομονώνονται τα μικρότερα (<0.4mm) αδρανή του χώματος.

Συμπληρωματικά για τα όρια Atterberg:

Η ποσότητα του νερού (σε ποσοστό %) που αντικατοπτρίζει το όριο μεταξύ της υγρής και της πλαστικής φάσης αποτελεί το όριο υδαρότητας (LL) όπου το έδαφος αρχίζει να αναπτύσσει αντίσταση στην διάτμηση, ενώ το όριο μεταξύ της πλαστικής και της στερεής φάσης το όριο πλαστικότητας (PL) όπου σταματά να είναι πλάστιμο και αρχίζει η ψαθυρή συμπεριφορά του.

### 1.2.3 Φυσικές ιδιότητες

**Χρώμα:** τεράστια ποικιλία αποχρώσεων από το άσπρο στο μαύρο περνώντας από μπεζ, κίτρινο, πορτοκαλί, καφέ.

**Ειδική θερμότητα:** η θερμότητα που απαιτείται για να αυξηθεί κατά 1°C μια μονάδα μάζας του χώματος (Joule/kg K).

**Θραύση:** η δυνατότητα του χώματος να διασπάται εύκολα. Αυξημένη σε χώματα όπου κυριαρχεί η άμμος, μειώνεται όσο κυριαρχεί η άργιλος.

**Διαπερατότητα:** η ταχύτητα με την οποία ένα υγρό διέρχεται από το χώμα. Εξαρτάται κυρίως από την δομή του και από την υφή (cm/hour), π.χ. σε ένα ιλυοαργιλώδες ισούται με 0.6 cm/hour.

**Ειδική επιφάνεια:** εκτίμηση της χημικής δραστηριότητας της ανταλλαγής ιόντων (cm<sup>2</sup>/g), π.χ. για την χονδρόκοκκη άμμο 23 cm<sup>2</sup>/g, ενώ για την ιλύ 454 cm<sup>2</sup>/g.

**Σταθερότητα:** η ικανότητα να αντιστέκεται στις φθορές.

**Πρόσφυση:** η ικανότητα σε συγκεκριμένο επίπεδο υγρασίας να προσκολλάται σε αντικείμενα (όπως εργαλεία), αυξάνεται ανάλογα με το επίπεδο υγρασίας μέχρι ενός σημείου.

**Διατμητική αντοχή (σε Ξηρή κατάσταση):** εξαρτάται από το είδος της αργίλου, την κοκκοδιαβάθμιση, την διάρθρωση των αργιλικών κρυστάλλων (καοлинίτες 0.07-5 MPa, ιλίτες 1.5-7 MPa, μοντμοριλονίτες 2-6 MPa).

**Φαινόμενη πυκνότητα:** βάρος κατ' όγκο ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

**Συστολή:** μέτρο συρρίκνωσης της μάζας ενός δουλεμένου αργιλικού χώματος μετά την ξήρανση (σε ποσοστό % του αρχικού όγκου) ( καολινίτες 3-10%, ιλίτες 4-11%, μοντμοριλονίτες 12-13%).

**Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ):** μέγιστη ποσότητα κατιόντων που το έδαφος μπορεί να συγκρατήσει. Αυξάνεται για τα αργιλώδη χώματα ενώ μειώνεται για τα αμμώδη. ( $\text{meq}/100 \text{ g}$  χώματος με  $1 \text{ eq}=1\text{mole}$ ).

**Βαθμός κορεσμού με βάσεις:** το ποσοστό της ΙΑΚ που είναι εξουδετερωμένο από τα μεταλλικά κατιόντα. Εξαρτάται από τα κατιόντα του μητρικού πετρώματος.

**Ειδική πυκνότητα:** πυκνότητα των εκάστοτε συστατικών του χώματος, π.χ. άμμος  $2600-3000 \text{ kg}/\text{m}^3$ , άργιλος  $2500 \text{ kg}/\text{m}^3$ .

**Ποσοστό υγρασίας:** η ποσότητα του νερού που περιέχει το χώμα σε οποιαδήποτε φάση του.

**Πορώδες:** το ποσοστό των κενών.

**Τριχοειδής λειτουργία:** μετράει την τάση από την εισρόφηση του νερού στα τριχοειδή κανάλια (σε  $\text{g}/\text{cm}^2$  ή  $\text{atm}$ ).

**Δυνατότητα απορρόφησης:** η δυνατότητα της αργίλου ή του χούμους να συγκρατούνται στην επιφάνεια ηλεκτρικά φορτισμένα ιόντα (θετικά ή αρνητικά).

**Τριχοειδής διάχυση:** ο όγκος του νερού που συγκρατείται στο έδαφος.





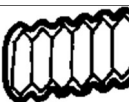

#### 1.2.4 Σταθεροποίηση

Με τον όρο σταθεροποίηση εννοείται η βελτίωση των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών του χώματος με την προσθήκη υλικών με σκοπό την καλύτερη συμπεριφορά του τελικού προϊόντος. Συνήθεις σταθεροποιητές για την βελτίωση έναντι του νερού είναι ο ασβέστης, ενώ για την ενίσχυση σε όρους μηχανικών αντοχών συχνά τοποθετούνται ίνες (ζωικές τρίχες, άχυρο κλπ.). Ανάλογα με την σύσταση και τα περιεχόμενα του εδάφους επιλέγεται το κατάλληλο σταθεροποιητικό. Δεν υπάρχει κάποιο ευρέως διαδεδομένο σύστημα με την έννοια της επιστημονικής μεθόδου προκειμένου η διαδικασία της σταθεροποίησης να ακολουθεί κάποιον οδηγό / βήματα. Προφανώς αυτό προκύπτει από την ποικιλία και την φυσικοχημική πολυπλοκότητα των εδαφικών υλικών. Ο σκοπός πέραν της βελτίωσης των μηχανικών χαρακτηριστικών είναι η αύξηση της συνοχής, η μείωση του πορώδους και η βελτίωση της αντίστασης στον άνεμο και την βροχή. Τα παραπάνω επιτυγχάνονται με τους εξής τρόπους: μείωση του όγκου των ενδιάμεσων κενών, πλήρωση των κενών που δεν μπορούν να εξαλειφθούν και βελτίωση των συνεκτικών δυνάμεων μεταξύ των κόκκων.

Η **μηχανική** σταθεροποίηση περιλαμβάνει την επιτόπου συμπίεση (χειρωνακτικά ή μηχανικά) του εδάφους και επηρεάζει την πυκνότητα, την μηχανική αντοχή, την συμπιεστότητα, την διαπερατότητα και το πορώδες.

Με παρέμβαση στην ύψη του χώματος δηλαδή με την κατάλληλη κοκκοδιαβάθμιση, με εναλλαγές ψύξης - θέρμανσης ή ηλεκτρώσμωση για μεγαλύτερες δυνατότητες στράγγισης συντελείται η **φυσική** σταθεροποίηση.

Τέλος, η **χημική** σταθεροποίηση προκύπτει με την προσθήκη χημικών επηρεάζοντας τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά είτε διαμορφώνοντας μια συνδετική κονία στις επιφάνειες των κόκκων.

με/χωρίς		είδος	μέθοδος	λειτουργία	αρχή	σκίτσο
Χωρίς σταθεροποιητή			<b>μηχανική</b>	συμπύκνωση	Πλήρωση των πόρων	
Με σταθεροποιητή	εσωτερικό	ορυκτά	<b>φυσική</b>	ενίσχυση	Ανισότροπο δίκτυο, περιορίζοντας τις κινήσεις	
		ίνες		τσιμεντοποίηση <sup>15</sup>	Πλήρωση των κενών και δέσμευση των κινήσεων	
		κονίες	<b>χημική</b>	σύνδεση	Σταθεροί χημικοί δεσμοί μεταξύ των αργιλικών κρυστάλλων	
	φυσικό	αδιαπερατότητα		Περιβάλλει τα στερεά με ένα αδιάβροχο περίβλημα		
		υδρόφοβα		αδιαβροχοποίηση	Ελαχιστοποιείται η προσρόφηση και η απορρόφηση <sup>16</sup> νερού	

*Πίνακας 1.3 Μέθοδοι σταθεροποίησης<sup>17</sup>.*

<sup>15</sup> Πρόκειται για μια διαδικασία (στην γεωλογία) κατά την οποία ιόντα που μεταφέρονται καθιζάνουν (χημικά) σχηματίζοντας νέους κρυστάλλους οι οποίοι αποτελούν σύνδεση των κόκκων.

<sup>16</sup> «Προσρόφηση είναι η διεργασία κατά την οποία μόρια ενός αερίου ή υγρού έρχονται σε επαφή και προσκολλώνται σε μία στερεή επιφάνεια. Σε αντίθεση, απορρόφηση είναι η διαλυτοποίηση των μορίων μέσα στο μέσο συλλογής, κυρίως σε υγρά.» Πηγή:

[http://archive.eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/MHXB119/%CE%98%CE%B5%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%203/Unit\\_3\\_2\\_Adsorption\\_Absorption.pdf](http://archive.eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/MHXB119/%CE%98%CE%B5%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%203/Unit_3_2_Adsorption_Absorption.pdf)

<sup>17</sup> (Houben and Guillaud 1994)

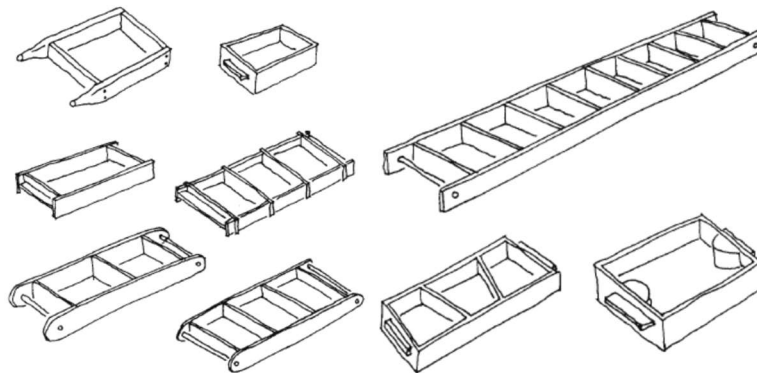


*Εικόνα 1.6 Συνήθης σταθεροποιητής το άχυρο (κέντρο Πάτρας).*

## 1.3 Τεχνικές δόμησης

### 1.3.1 Ωμόπλινθοι – (adobes)

Αργιλικό έδαφος αναμιγνύεται με νερό και συχνά με πρόσμικτα (άχυρο, ζωικές τρίχες ) ή με πρόσθετα χαλίκι, άμμο και συμπυκνώνεται χειρωνακτικά. Αυτό γίνεται με την χρήση ξύλινων καλούπιών τοποθετημένων στο έδαφος, ορθογώνιου σχήματος τα οποία είναι ανοιχτά στην πάνω και την κάτω πλευρά τους. Η δύναμη με την οποία χύνεται το υλικό στο καλούπι είναι ευμενής για τη μετέπειτα αντοχή των ωμοπλίνθων. Η πάνω πλευρά μετά την τοποθέτηση επιπεδοποιείται με τα χέρια, με κάποιο κομμάτι ξύλου η σύρμα.



*Εικόνα 1.7 Καλούπια ωμόπλινθων<sup>18</sup>*

---

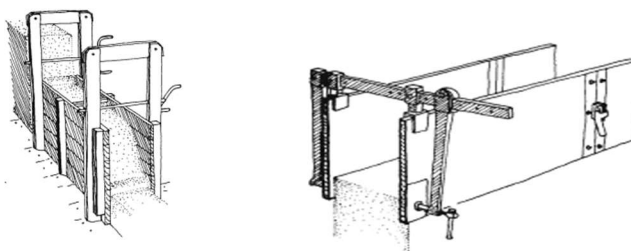
<sup>18</sup> (Building with Earth 2006)

Η σύσταση του υλικού είναι τέτοια, ώστε να μπορούν οι δομικές μονάδες να απομακρυνθούν από το καλούπι μετά από κάποιο χρονικό διάστημα ώστε να στεγνώσουν και να σκληρύνουν στις ατμοσφαιρικές συνθήκες.

### 1.3.2 Καλουπωτές τοιχοποιίες από πηλό

Λόγω της μη εμφάνισης της τεχνικής αυτής στην χώρα μας, στην παρούσα εργασία γίνεται μια σύντομη αναφορά για λόγους πληρότητας.

Στις χυτές κατασκευές το δομικό υλικό χύνεται σε καλούπι σε στρώσεις έως και 15cm και συμπυκνώνεται με χτυπήματα. Το καλούπι αποτελείται από δύο παράλληλες ξύλινες πλάκες (συνήθως σχηματισμένες από σανίδες) οι οποίες συνδέονται με αποστάτες. Η τεχνική αυτή με μικρές παραλλαγές ανά περίπτωση, ονομάζεται *pisé de terre* ή *terre pisé* στα γαλλικά· *barro arisonado* ή *tapial* στα Ισπανικά· *cob* στη Βρετανία· *tapial* στην Πορτογαλία· *zabour* στην Βόρεια Υεμένη· *hangtu* στην Κίνα και *Stampflehm* στην Γερμανία.



*Εικόνα 1.8 Πρακτική δόμησης με καλουπωτή γη.<sup>19</sup>*

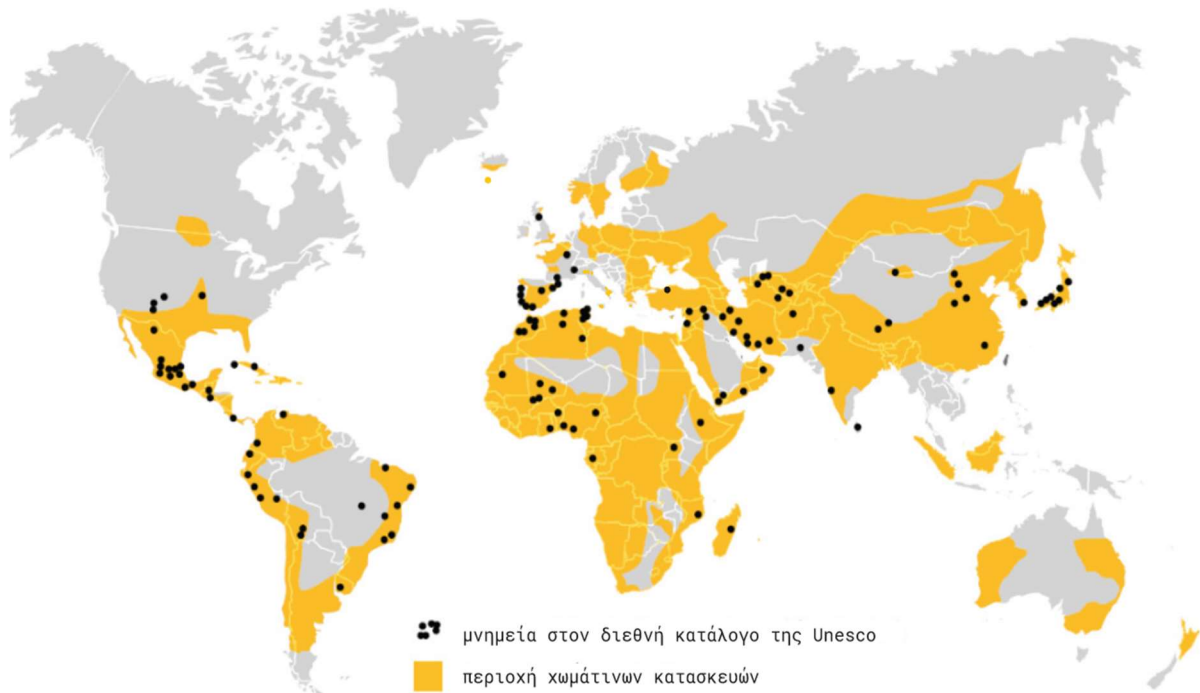
## 1.4 Ιστορική και γεωγραφική ανασκόπηση

Από την αρχαιότητα έως και σήμερα, το χώμα (ή ωμή γη) είναι ένα από τα πιο συνηθισμένα υλικά δόμησης μαζί με το ξύλο και τους φυσικούς λίθους. Η χρήση του χώματος απαντάται συχνά στην Λατινική Αμερική, στην Αφρική, την Μέση Ανατολή και την Νότια Ευρώπη. Ως πρώτη ύλη βρίσκεται σε αφθονία σχεδόν παντού και ίσως αποτελεί το οικονομικά πιο προσιτό (κύριο δομικό) υλικό. Η δόμηση γίνεται σχετικά εύκολα και γρήγορα χωρίς κατ' ανάγκη την συμμετοχή εξειδικευμένου προσωπικού. Αποτέλεσμα αυτού το γεγονός ότι σήμερα, το ένα τρίτο του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικεί σε χωμάτινες κατασκευές. Προφανώς το ποσοστό αυτό αυξάνεται στις αναπτυσσόμενες

---

<sup>19</sup> (Building with Earth 2006)

χώρες όπου βασικές κοινωνικές ανάγκες δεν καλύπτονται, η κατοικία κατασκευάζεται με απαρхайωμένα ή χωρίς πρότυπα και εξειδικευμένο προσωπικό *·non engineered κατασκευές*. Σχεδόν το 10% των κηρυγμένων μνημείων της UNESCO αποτελούν, εν μέρει τουλάχιστον, χωμάτινες κατασκευές.



*Εικόνα 1.9 Χάρτης περιοχών χωμάτινων κατασκευών και μνημείων.<sup>20</sup>*

Η δόμηση με χώμα έχει παρουσία σχεδόν 9000 χρόνων. Όλοι οι αρχαίοι πολιτισμοί έχτιζαν καθ' αυτό τον τρόπο όχι μόνο κατοικίες αλλά και δημόσια κτίρια. Παρακάτω ακολουθεί συνοπτική αναφορά, χαρακτηριστικών παραδειγμάτων ταξινομημένων χρονικά χωμάτινης δόμησης, προκειμένου να γίνει κατανοητό το πλήθος και η σημασία τους.

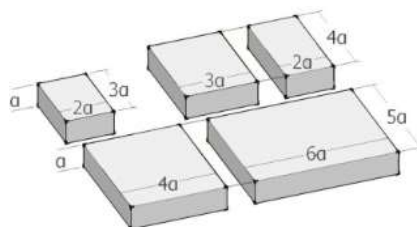
### 1.4.1 Προϊστορία

Στην Μεσοποταμία 9000 χρόνια πριν χρησιμοποιούσαν αρχικά λάσπη και στην συνέχεια πλιθιά που διαμορφώθηκαν με το χέρι. Στην όχθες του Ευφράτη δυο ξύλινες τάβλες είχαν τον ρόλο του πρώιμου καλουπιού. Αργότερα κατά την Ubaid<sup>21</sup> περίοδο εμφανίζονται οι

<sup>20</sup> Μικρή επεξεργασία από (Daudon, et al. 2014)

<sup>21</sup> Ιστορική περίοδος στα 5000-4100 π.Χ. που αφορά την Μεσοποταμία. Κατά την περίοδο αυτή οικοδομήθηκαν οι πρώτοι ναοί ζιγκουράτ.

τετράπλευρες μήτρες<sup>22</sup>. Κατά την νεολιθική εποχή μια τεχνική παρόμοια με την δόμηση με καλουπωτή γη (rammed earth) στην Κύπρο εφαρμοζόταν σε κτίσματα στους νεολιθικούς οικισμούς της Χοιροκοιτίας και Καλαβασός-Τέντα. Στην χαλκολιθική περίοδο, χρησιμοποιούνταν πλιθιά με ακανόνιστο σχήμα ενώ προχωρώντας στην πρώιμη εποχή του χαλκού αποκτούν κανονικό ορθογώνιο σχήμα με ορισμένες διαστάσεις.



*Εικόνα 1.10* Συνήθεις αναλογίες προϊστορικών πλιθιών<sup>23</sup>.

Σχετικά πρόσφατα έλαβε το φως της δημοσιότητας ανασκαφή<sup>24</sup> στην περιοχή Los Morteros Hill στην οροσειρά των Άνδεων που χρονολογείται στα 3500-3000 π.Χ. (χαλκολιθική περίοδος). Πρόκειται για κατάλοιπα πλιθινών κατασκευών, με τοίχους περί τα 7 μέτρα ύψος κατασκευασμένους από πλιθιά μήκους 30-40 εκατοστών.



*Εικόνα 1.11* Κατάλοιπα πλιθινών κατασκευών στη θέση Los Morteros Hill, Άνδεις<sup>25</sup>.

---

<sup>22</sup> (Parisi, Tarque, et al. 2021)

<sup>23</sup> (Philokyrou 2016)

<sup>24</sup> (Mauricio, et al. 2021)

<sup>25</sup> Πηγή: Andina.pe. 2022. Peru: Oldest adobe construction in the Americas discovered in La Libertad. [online] Available at: <<https://andina.pe/ingles/noticia-peru-oldest-adobe-construction-in-the-americas-discovered-in-libertad-870576.aspx>> [Ανακτήθηκε 1 Φεβρουαρίου 2022].



Στο Caral, περιοχή του Περού, γινόταν χρήση πλιθίων που περιείχαν άχυρο και λάσπη με σκοπό την μείωση του βάρους της κατασκευής σε συνδυασμό με την τεχνική quincha, έναν ξύλινο σκελετό (ξύλινες κολώνες που συνδέονται με δοκούς από καλάμι). Φυσικά υλικά χρησιμοποιούνταν ως μέθοδος ενίσχυσης (κλαδιά, καλάμια, ίνες) τοποθετημένα σε όλες τις διευθύνσεις (οριζόντια, κάθετα και διαγώνια). Η περίπτωση αυτή αποτελεί σίγουρα μία από τις πρώιμες αντισεισμικές κατασκευές της ανθρωπότητας. Την ίδια εποχή στην Μέση Ανατολή χρησιμοποιούσαν παρόμοια ενισχυτικά υλικά όπως καλάμια, παραδείγματος χάρη το Ζιγκουράτ στην αρχαία πόλη Ουρούκ, ανατολικά του Ευφράτη, στο σημερινό Ιράκ.



*Εικόνα 1.12 & 1.13. Αριστερά: Δομική μονάδα μικρού βάρους από άχυρο και λάσπη. Δεξιά: Ξύλινος σκελετός σε χωμάτινο τοίχο στην κορυφή της πυραμίδας του Caral, Περού.<sup>26</sup>*

Στην Ελλάδα, κοντά στον Βόλο, στον οικισμό Σέσκλο, νεολιθικό οικισμό που γνώρισε την μεγαλύτερη ακμή του στην 5<sup>η</sup> χιλιετία π.Χ., κτίρια που χρονολογούνται 6000 π.Χ. μέχρι και την μέση εποχή του Χαλκού (1800 π.Χ.) αποτελούνταν από λιθόκτιστα θεμέλια και τοίχους από πλίνθους (μερικά με παρουσία ξύλινων στοιχείων).

#### 1.4.2 Αρχαιότητα

Χτισμένο στις εύφορες όχθες της λίμνης Βαν (σημερινή ανατολική Τουρκία), από τους Ουράρτιους ανάμεσα στο 9<sup>ο</sup> και 7<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ., το φρούριο του Βαν αποτελεί δείγμα οχυρωματικής αρχιτεκτονικής. Πέραν της λίθινης βάσης του τείχους που περιβάλλει το φρούριο, το υπόλοιπο μέρος είναι κατασκευασμένο από πλίθες. Σημειώνεται ότι προεκτάσεις (οθωμανικές) του οχυρωματικού συμπλέγματος κατασκευάστηκαν αποκλειστικά από λίθους.

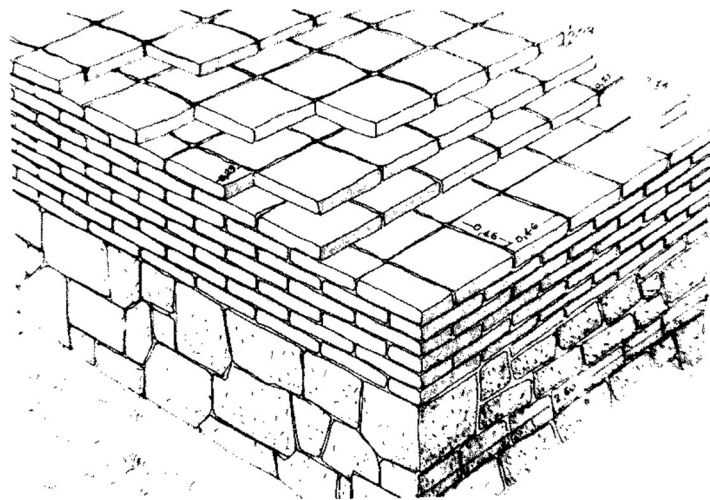
---

<sup>26</sup> (Parisi, Tarque, et al. 2021)



*Εικόνες 1.14 & 1.15. Αριστερά: Το Φρούριο του Βαν.<sup>27</sup> Δεξιά: Το Ουράρτιο τείχος.<sup>28</sup>*

Στην πόλη της Ελευσίνας, κατά την κλασική περίοδο στο τέλος του 6<sup>ου</sup> αιώνα π.Χ. το Πεισιστράτειο Τείχος (πάχους έως και 4.5μ) απαρτίζεται από μια λίθινη βάση ύψους 1.2μ και στη συνέχεια ωμοπλινθοδομή από τετράγωνες πλίνθους (με διαστάσεις 46\*46\*8) ενισχυμένες με άχυρο.



*Εικόνα 1.16 Σχέδιο Α. Ορλάνδου: ανατολικός περίβολος του ιερού της Ελευσίνας.<sup>29</sup>*

<sup>27</sup> Πηγή: <https://gcarson.typepad.com/.a/6a00d834e351dd53ef01a73df5707d970d-porup>

<sup>28</sup> Πηγή: [https://turkisharchaeonews.net/sites/tan/files/pictures/sites/van-fortress/van\\_fortress\\_14.jpg](https://turkisharchaeonews.net/sites/tan/files/pictures/sites/van-fortress/van_fortress_14.jpg)

<sup>29</sup> Πηγή: (Μιχαλάκης 2019)

Στην περιοχή της Κάτω Αχαΐας, όπου και σήμερα συναντάται μεγάλο πλήθος πλίνθινων κατασκευών, το πλίνθινο τείχος της αρχαίας Δύμης, πόλης μέλους της Αχαϊκής Συμπολιτείας, σώζεται σε ικανοποιητικό βαθμό και χρονολογείται στο δεύτερο μισό του 4<sup>ου</sup> αιώνα π.Χ. Διακρίνεται η πλακοειδής μορφή των πλινθίων καθώς και ο τρόπος δόμησης τους.



*Εικόνα 1.17 Ανατολικό τμήμα του βορείου σκέλους του πλίνθινου τείχους της αρχαίας Δύμης (θέση Βίγλα). Αποψη από ΒΑ. (φωτ. Βασιλική Τσακνάκη, αρχείο ΕΦΑ Αχαΐας).*

Η Ιερά Οικία, ένα μεγάλο οίκημα με επτά δωμάτια εκατέρωθεν ενός διαδρόμου, σήμερα κάτω από μεταλλικό υπόστεγο, βρίσκεται στην Ακαδημία Πλάτωνος και χρονολογείται περί το 700πΧ ήταν χτισμένη από άψητες πλίνθους. Σήμερα, λόγω μεγάλης πλημμύρας που έγινε το 1961 διακρίνονται μόνο ίχνη της κάτοψης. Μόνο ένας πλίνθος έχει διασωθεί και φυλάσσεται στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο<sup>30</sup>.

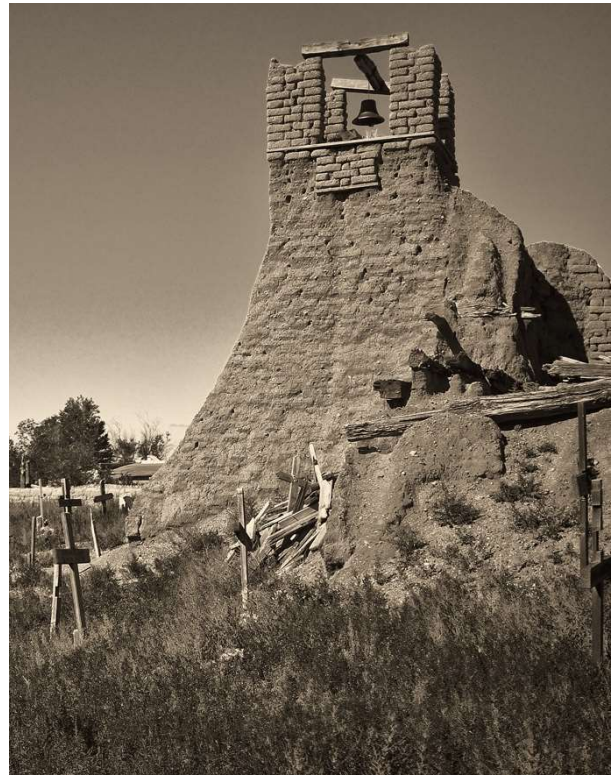
---

<sup>30</sup>Πηγή:

<https://www.archaiologia.gr/blog/2013/08/02/%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B4%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CE%BD%CF%8D%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%B9-%CE%BF-%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B1%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82-%CF%87%CF%8E%CF%81%CE%BF%CF%82/>

### 1.4.3 Μεσαίωνας

Στον Taos Pueblo, που βρίσκεται στην πολιτεία του Νέου Μεξικού στις Ηνωμένες Πολιτείες, οικισμό που θεωρείται από τις παλαιότερες συνεχώς κατοικημένες περιοχές στις ΗΠΑ, όλα τα κτίσματα είναι πλίθινα και χρονολογούνται στο 1000-1450 μ.Χ.



*Εικόνες 1.18 & 1.19* Αριστερά: Άποψη του Taos Pueblo, χιονισμένο<sup>31</sup>. Δεξιά: Χώρος ταφής και πλίθινος πύργος του San Jeronimo<sup>32</sup>.

### 1.4.4 Νεότερη Ιστορία

Στην ευρωπαϊκή επικράτεια τα πλινθόκτιστα κτίσματα συναντώνται στις μεσογειακές χώρες (Ιταλία, Ισπανία, Γαλλία, Πορτογαλία) αλλά και στην Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Η περιοχή του Aveiro στην Πορτογαλία, όπου τα πλιθιά χρησιμοποιούνταν ευρέως έως τα μέσα του προηγούμενου αιώνα, αποτελείται κατά 40% από πλινθόκτιστα κτίρια σημαντικής αρχιτεκτονικής αξίας. Στην Ιταλία, στην αλλουβιακή πεδιάδα του Campidano (Σαρδηνία) περίπου 30000 πλινθόκτιστα είχαν κατασκευαστεί μέχρι της αρχές του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου, μισά από τα οποία σήμερα έχουν κατεδαφιστεί. Πέραν της καθιερωμένης χρήσης του χώματος στις αναμενόμενες περιοχές (πεδινές,

---

<sup>31</sup> Πηγή: taospueblo.org

<sup>32</sup> Πηγή: suspendedmoment.files.wordpress.com

αυτές που έχουν έλλειψη λίθων) τα τελευταία χρόνια οικοδομούνται κατασκευές με κύριο υλικό το χώμα από επιλογή λαμβάνοντας υπόψη την αειφορία και την βιωσιμότητα του συγκεκριμένου τρόπου δόμησης.

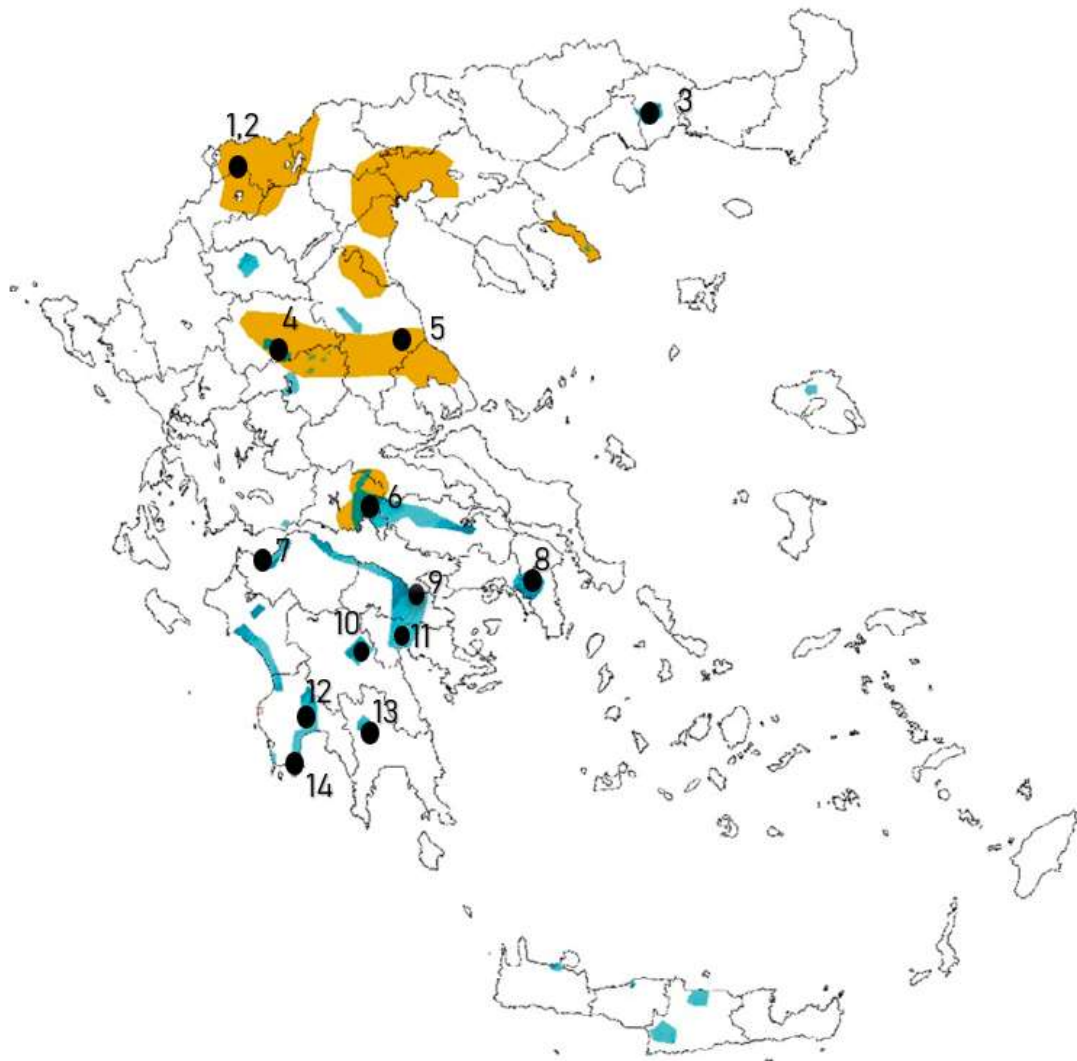
Στην παρακάτω εικόνα επισημαίνονται οι περιοχές στις οποίες έχει καταγραφεί δόμηση με χώμα στην Ελλάδα. Η πλειονότητα των χωμάτινων κατασκευών στην χώρα συναντάται στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της χώρας. Οι περισσότερες αναφορές, σε επίπεδο δημοσιεύσεων, διπλωματικών εργασιών αφορούν τις παραπάνω περιοχές και γενικότερα έχουν αποτυπωθεί στην κοινή συνείδηση<sup>33</sup> ως τέτοιες. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η δόμηση με χώμα στο ελλαδικό χώρο τεκμηριώνεται από τα προϊστορικά και αρχαία χρόνια, στο σύνολο σχεδόν της χώρας. Όσο αναφορά την νεότερη δόμηση ομάδα ερευνητών από την χώρα<sup>34</sup>, κατέγραψαν και τεκμηρίωσαν (πέραν της κεντρικής Ελλάδας) μεγάλο απόθεμα χωμάτινων κατασκευών στην Πελοπόννησο και σε κομμάτι της Κρήτης. Σε πεδινές περιοχές με αργιλώδες έδαφος η κατασκευή με αυτόν τον τρόπο γινόταν συστηματικά, όχι μόνο σε επίπεδο κατοικιών αλλά και προβιομηχανικά, αγροτικά κτίσματα. Σημαντικό κομμάτι αποτελούν οι προσφυγικές κατοικίες στις αρχές του προηγούμενου αιώνα σε μεγάλα αστικά κέντρα ( Αθήνα, Θεσσαλονίκη).

Ενώ η γη αποτελεί ένα από τα πρώτα δομικά υλικά το οποίο χρησιμοποιούταν αδιαλείπτως μέχρι περίπου και τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, η εξέλιξη της τεχνολογίας και των τεχνικών δόμησης που έφερε η βιομηχανική επανάσταση έδωσαν νέες δυνατότητες και κατά κάποιο τρόπο «ξεπέρασαν» τα παραδοσιακά δομικά υλικά. Τα νέα υλικά, κυρίως το ωπλισμένο σκυρόδεμα και ο χάλυβας, πολύ σύντομα παράχθηκαν με προδιαγραφές συνοδευόμενες από πρότυπα και κανονισμούς σε όλα τα κράτη. Έτσι, σχεδόν για έναν αιώνα σε μεγάλο μέρος του κόσμου κυρίως στο κομμάτι που λέγεται ανεπτυγμένο, η δομική κουλτούρα άλλαξε. Φέρουσες τοιχοποιίες και ξύλινοι φορείς έπαψαν να είναι στο προσκήνιο της οικοδομικής απόρροια της βελτιωμένης συμπεριφοράς των νέων συστημάτων δόμησης και της στροφής των κοινωνιών στην βιομηχανική εποχή. Στην χώρας μας, περίπου το 1950 σταματά η οικοδόμηση χωμάτινων κατασκευών. Η δόμηση από χώμα ταυτίστηκε με την οικονομική δυσχέρεια των αναπτυσσόμενων χωρών και γενικότερα με την ευτέλεια των υλικών που την απαρτίζουν.

---

<sup>33</sup> Με την έννοια της προβολής από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης ακόμα και της φιλομορφικής τους απεικόνισης.

<sup>34</sup> (Mousourakis, et al. 2020)



*Εικόνα 1.20* Περιοχές χωμάτινης δόμησης στην Ελλάδα. Με καφέ χρώμα οι περιοχές για τις οποίες υπήρχαν αναφορές. Με μπλε χρώμα η τεκμηρίωση των (Mousourakis, et al. 2020).<sup>35</sup>

---

<sup>35</sup> Εικόνα με μικρή επεξεργασία από (Mousourakis, et al. 2020)



Εικόνα 1.21 Αριστερά: Μελάς Καστοριάς<sup>36</sup>. Δεξιά: Αντάρτικο Φλώρινας<sup>37</sup>.



Εικόνα 1.22 Αριστερά: Ξάνθη<sup>38</sup>. Δεξιά: Μαγουλίτσα Καρδίτσας<sup>39</sup>.



Εικόνα 1.23 Αριστερά: Λάρισα<sup>40</sup>. Δεξιά: Άμφισσα.

<sup>36</sup> Πηγή: (Μπατσούκα 2016)

<sup>37</sup> Πηγή: (Οίκοπομου 2013)

<sup>38</sup> Πηγή: (Mousourakis, et al. 2020)

<sup>39</sup> Ο.π.

<sup>40</sup> Ο.π.



*Εικόνα 1.24 Αριστερά: Πάτρα. Δεξιά: Νέα Ιωνία, Αττικής<sup>41</sup>.*



*Εικόνα 1.25 Σολομός Κορινθίας (φωτογραφία από το αρχείο της Σταματίνας Μικρού).*



*Εικόνα 1.26 Τρίπολη<sup>42</sup>.*

<sup>41</sup> Ο.π.

<sup>42</sup> Ο.π.





*Εικόνα 1.27 Άργος (φωτογραφία από το προσωπικό αρχείο της Σταματίνας Μικρού).*



*Εικόνα 1.28 Μεσσήνη Μεσσηνίας (φωτογραφία από το αρχείο της Σταματίνας Μικρού).*



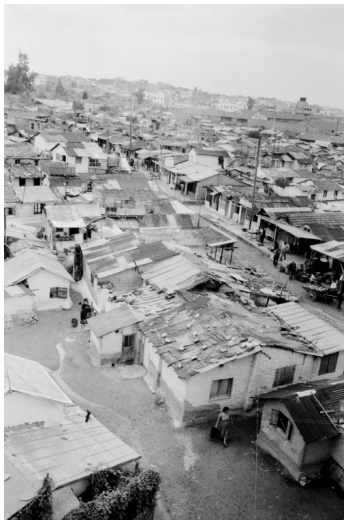
*Εικόνα 1.29 Σπάρτη, Κορώνη (φωτογραφίες από το προσωπικό αρχείο της Σταματίνας Μικρού).*



*Εικόνες 1.30 & 1.31. Αριστερά: Προβιομηχανικός νερόμυλος (λίθινου ισογείου και πλινθόκτιστου ορόφου) στην περιοχή του Κάτω Αλισσού (Ν. Αχαΐας). Δεξιά: Πλινθόκτιστη κατοικία στην άνω πόλη Πατρών.*



*Εικόνες 1.32 & 1.33 Εξόριστοι στον Αη Στράτη (δεκαετία 1950) κατασκευάζουν πλίνθους, πέραν των σκαπτικών εργαλείων διακρίνεται καλούπι τεσσάρων θέσεων.<sup>43</sup>*



*Εικόνες 1.34 & 1.35 Φωτογραφίες του Hans Gerber, Αθήνα 1955: ο σημερινός Νέος Κόσμος (τότε Δουργούτι) τόπος εγκατάστασης προσφύγων.<sup>44</sup>*

<sup>43</sup> Πηγή: Αρχεία Σύγχρονης Κοινωνικής Ιστορίας (askiweb.eu)

<sup>44</sup> Πηγή: <http://doi.org/10.3932/ethz-a-000667359> και <http://doi.org/10.3932/ethz-a-000667359> .

Υπάρχει λοιπόν στην χώρα μας ένα σημαντικό απόθεμα πλίνθινων κατασκευών οι οποίες ορισμένες περιοχές τις χαρακτηρίζουν εξολοκλήρου ενώ σε άλλες αποτελούν σημαντικούς μάρτυρες μιας εποχής. Πέραν της αποδεδειγμένης μνημειακής αξίας λόγω ιστορικότητας και αρχιτεκτονικής αξίας, η σημασία της προστασίας του συγκεκριμένου τρόπου δόμησης έγκειται και στην διαφύλαξη σειράς τεχνικών που περιλαμβάνουν εκτός από την καθαυτή διαδικασία της οικοδόμησης αλλά και αυτή της παραγωγής των δομικών μονάδων.

## 2. Προσδιορισμός μηχανικών χαρακτηριστικών

Παρά την σημασία των μηχανικών χαρακτηριστικών, το πλήθος των Κανονισμών η Προτύπων αναγνωρισμένων από κράτη είναι περιορισμένο. Η αναφορά σε δομικές μονάδες από ωμή γη, όταν γίνονται δεν είναι συγκεκριμένες και λεπτομερείς.

New Mexico Administrative Code	14.7.4 NMAC (2015)	ΗΠΑ
Diseño y Construcción con Tierra Reforzada	Norma E.080 (2017)	Περου
Materials and workmanship for earth buildings	NZS 4298:2020	Νέα Ζηλανδία
Standard Specifications and Details for Construction	Pima County Standard (2012)	Αριζόνα, ΗΠΑ
The Australian earth building handbook	Australian Handbook (Walker 2002)	Αυστραλία
Indian Earthen Building Standards (1993)		Ινδία
California State Building Code		Καλιφόρνια, ΗΠΑ
Guide de bonnes pratiques de la construction en terre crue (2020)		Γαλλία
ASTM 2005 Earthen Building Standards		ΗΠΑ
MOPT. Bases para el diseño y construcción con tapial.	MOPT 1992	Ισπανία

*Πίνακας 2.1 Πρότυπα και Κανονισμοί διεθνώς.*

### 2.1 Δομικής μονάδας

#### 2.1.1 Θλιπτική αντοχή

Η θλιπτική αντοχή αποτελεί ένα από τα βασικότερα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών. Για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ωμόπλινθοι, επιβάλλεται ο προσδιορισμός της θλιπτικής τους αντοχής. Δυστυχώς δεν υπάρχει κοινώς αποδεκτός τρόπος μέτρησής της. Συνήθεις δοκιμές είναι η μονοαξονική θλίψη, η κάμψη τριών σημείων και η επιτόπου μέτρηση με σκληρόμετρο. Βασικοί παράγοντες που καθιστούν τα αποτελέσματα των ερευνών μη συγκρίσιμα είναι το μέγεθος, το σχήμα των δοκιμίων, το εμβαδό στο οποίο ασκείται άμεση θλίψη και ο τρόπος τοποθέτησής τους σε σχέση με την διεύθυνση επιβολής της φόρτισης. Πέραν αυτών, η εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής επηρεάζεται από την θετική επίδραση της περίσφιξης που προκύπτει από την τριβή των

πλακών φόρτισης και της επιφάνειας των ωμοπλίνθων. Τέλος, σημασία έχει και το είδος της διεπιφάνειας μεταξύ πλάκας φόρτισης και επιφάνειας ωμοπλίνθου. Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται επιγραμματικά τιμές που συναντώνται στην βιβλιογραφία.

Εργασία	Τοποθεσία / παλαιότητα	Σύσταση	Αναλογία διαστάσεων <sup>45</sup>	Τύπος δοκιμίων	Θλιπτική αντοχή (Μρα)
(Blondet and Vargas, Investigaci3n sobre vivienda rural. 1978)	Περου	Αργιλώδες χώμα με άχυρο	1	Κύβος	1.27-1.62
(Torres and Mu1oz D1az 2005)	Κολομβία / ≈ 300 χρόνια	Ανόργανη άργιλος χαμηλής πλαστικότητας	-	Τούβλο	3.04
(Liberatore, et al. 2006)	Ιταλία	Πηλοαμμώδης	0.8-1.3	Τούβλο και τούβλο διχοτομημένο	0.29-1.56
(Quagliarini and Lenci 2010)	Ιταλία	Πηλοαμμώδες έδαφος, άμμος (με χαλίκι) και άχυρο	0.9	¼ τούβλου	2.14-2.88
(Fratini, et al. 2010)	Ιταλία / > 70 χρόνια	Αργιλώδες έδαφος με χαλίκι	1	Κύβος	0.20-0.78
(Vega, et al. 2011)	Ισπανία	Αργιλώδες έδαφος με άχυρο (25%, 33%)	0.8	Τούβλο	3.69, 3.99
			1.2	Τούβλο	2.19, 1.13
(Adorni, Coisson and Ferretti 2013)	Τουρκμενιστάν / ≈ 2000 χρόνια	Ιλώδες έδαφος και άχυρο (και πιθανώς οργανικά όπως κοπριά)	15-2.1	Πρίσμα	0.24-1.33
(Silveira, Varum and Costa 2013)	Πορτογαλία / > 70 χρόνια	Αμμώδες έδαφος με άσβεστο	1.8	Κύλινδρος	0.23-1.02
			1	κύβος	0.28-1.21
(Wu, et al. 2013)	Κίνα	40-55% ιλυσ - άργιλος, 45-60% άμμος και 0.5% άχυρο	4	Τούβλο	1.39-1.70

<sup>45</sup> Η αναλογία διαστάσεων του δοκιμίου είναι ο λόγος της διάστασης που είναι παράλληλη στην διεύθυνση της φόρτισης προς το πάχος του στοιχείου κάθετα στη διεύθυνση αυτή.

Εργασία	Τοποθεσία / παλαιότητα	Σύσταση	Αναλογία διαστάσεων <sup>45</sup>	Τύπος δοκιμίων	Θλιπτική αντοχή (Μρα)
(Illampas, et al. 2014)	Κύπρος	60-90% ιλυοαργιλώδες, 8-25% άμμος, 1-15% χαλίκι και 15-45% άχυρο	1	Κύλινδρος	0.76-1.41
			1	Κύβος	0.60-1.75
			0.5	Πρίσμα	1.45-3.31
(Wosick, E., et al. 2014)	ΗΠΑ	Αμμοαργιλοπηλώδες και άχυρο	0.4	½ και ¼ του τούβλου	2.03-8.89
(Parisi, Asprone, et al. 2015)	Ιταλία	Αμμοαργιλοπηλώδες με άχυρο (0.64%)	1	Κύβος	1.08
(Προδρόμου 2016)	Ελλάδα / 100 χρόνια	Αμμοαργιλοπηλώδες	1	κύβος	1.08
(Liberotti, et al. 2016)	Τουρκία / 4000-6000 χρόνια	«λάσπη» και φυσικές ίνες	1	Κύβος	0.18-5.0
(Aguilar, Montesinos και Uceda 2017)	Περού / 1100 χρόνια	Πηλοαμμώδες	2-2.7	πρίσμα	1.16
(Illampas et al. 2017)	Κύπρος	Αργιλώδες έδαφος με ασβεστολιθικό ψαμμίτη (1:1) και άχυρο (0-5%)	1	Κύβος	0.93-4.50
			1	κύβος	2.05-4.53
(Rodríguez-Mariscal, Solís and Cifuentes 2018)	Ισπανία	Χωρίς διευκρίνηση (όχθες του Γουαδαλκιβίρ)	1	Κύβος	1.13
			2	Πρίσμα	1.06
			2	κύλινδρος	1.33
(Lan, et al. 2021)	Κίνα	Άργιλος (18-25%), ιλύς (39-31%), άμμος (36-41%) και χαλίκι (8-3%)	1	κύβος	1.04-1.10
			0.67/1.50/3.1	Πρίσμα	0.75-1.28
			1.33	½ πρίσματος	0.76

Πίνακας 2.2 Αποτελέσματα δοκιμών μονοαξονικής θλίψης στην βιβλιογραφία.<sup>46</sup>

## 2.1.2 Μέτρο ελαστικότητας

Γενικά, το μέτρο ελαστικότητας προσδιορίζεται μέσω της καμπύλης σ-ε (τάση - παραμόρφωση). Εκφράζει την κλίση με την οποία εξελίσσεται ο ανοδικός κλάδος της καμπύλης. Επί της ουσίας, η τιμή του εξαρτάται από ποια σημεία της καμπύλης

<sup>46</sup> Μετάφραση από (Oliveira, et al. 2021), προστέθηκαν η 13<sup>η</sup> και η τελευταία καταχώρηση.

λαμβάνονται υπόψη. Από τις παραπάνω έρευνες μερικοί θεώρησαν το τέμνον μέτρο ελαστικότητας με σημείο αναφοράς κάποιο ποσοστό της θλιπτικής αντοχής, ενώ άλλοι επέλεξαν το εφαπτομενικό.

## 2.2 Κονιάματος

Κονίαμα ονομάζεται κάθε μείγμα υλικών το οποίο αποτελεί την βάση της συγκολλητικής ουσίας για τα οικοδομικά υλικά (τούβλα, πέτρες κ.α.), καθώς πληρώνει και τα μεταξύ τους κενά. Στην κονία προστίθενται αδρανή (πχ άμμος) και όταν αναμειχθεί με το νερό το μείγμα με την πάροδο του χρόνου γίνεται πλαστικό και αποκτά την οριστική του αντοχή. Στις κατασκευές από ωμοπλινθοδομή, χρησιμοποιούνται κονιάματα με κύριο συστατικό τον πηλό, τα οποία όταν εκτεθούν στον ατμοσφαιρικό αέρα αρχίζει η εξάτμιση του περιεχόμενου νερού και τα στερεά υλικά παραμένουν ενωμένα (αερική κονία). Η σύνθεση τους μπορεί να περιέχει σταθεροποιητές (π.χ. προσθήκη ασβέστη) χωρίς αυτό να είναι απαραίτητο. Η (Μπέη 2004) αναφέρει ότι η προσθήκη ινών έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της αντοχής και τον περιορισμό των ρηγματώσεων λόγω της διοχέτευσης της υγρασίας μέσω των ινών. Αντίθετα ο (Μεϊμάρογλου 2016) αναφέρει την απουσία αχύρου στα συστατικά του πηλοκονιάματος. Παρά το γεγονός ότι η χρήση των πηλοκονιαμάτων ήταν ευρεία, καθότι χρησιμοποιούνταν και σε λιθόκτιστες ή ξύλινες κατασκευές, δεν έχουν μελετηθεί εκτενώς και συνεπώς η βιβλιογραφία έχει περιορισμένα στοιχεία.

Ο τρόπος προσδιορισμού των μηχανικών χαρακτηριστικών των πηλοκονιαμάτων δεν διαφέρει από τις περιπτώσεις των υπόλοιπων κονιαμάτων. Οι μηχανικές ιδιότητες των πηλοκονιαμάτων προφανώς καθορίζονται από τα συστατικά τους. Η μη τυποποίηση όμως των πηλών, οδηγεί στην αδυναμία καθορισμού των ιδιοτήτων του πηλοκονιάματος εξ αρχής. Η φύση του πηλού (ποσοστό αργίλου, ορυκτολογική σύσταση, κοκκομετρία) καθώς και το ποσοστό της άμμου έχουν καθοριστική σημασία. Οι τιμές των θλιπτικών αντοχών στην βιβλιογραφία<sup>47</sup> κυμαίνονται μεταξύ 0.2 – 6.2 MPa.

---

<sup>47</sup> Το τελικό κείμενο του ΚΑΔΕΤ (Πίνακας Π3.4) δίνει ένα εύρος τιμών 0.1-0.5 MPa ενώ σαν ερήμην τιμή (υπέρ της ασφαλείας) προτείνει 0.2 MPa.

Εργασία	Χώρα	Σύσταση	Θλιπτική αντοχή (MPa)
(Wu, et al. 2013)	Κίνα	Άργιλος, ίλυσ (40-49%), άμμος (51-60%), άχυρο (0.5%)	1.58
(Silveira, Varum, et al. 2015)	Πορτογαλία	Αμμώδες χώμα και υδράσβεστο σε αναλογία 1:3	0.47
(Illampas, Ioannou and Charmpis 2017)	Κύπρος	Ίλυσ (64%), άργιλος (27%), άμμος (8%) και χαλίκι (1%)	2.06
(Miccoli, Garofano, et al. 2015)	Γερμανία	Άμμος και χαλίκι (55%), ίλυσ (37%) και άργιλος (14%) <sup>48</sup>	3.32
(Müller 2017)	Γερμανία	Άμμος και χαλίκι (55%), ίλυσ (37%) και άργιλος (14%) <sup>5</sup>	3.34-3.78

*Πίνακας 2.3* Θλιπτικές αντοχές κονιαμάτων στη διεθνή βιβλιογραφία.

Εργασία	Σύσταση	Θλιπτική αντοχή (MPa)
(Μπέη 2004)	Πηλός (Κιλκίς) 90-60% και άμμος (Αξιού) 10-40%	2.43-3.33
(Σταθόπουλος 2015)	Πηλός (Β. Ελλάδος) 80% και πυριτική άμμος (Αξιού) <sup>49</sup>	1.1
(Μειμάρογλου 2016)	Πηλός (Αγ. Στεφάνου Αττικής), ποταμίσια άμμος (0-2mm) και ποταμίσιο χαλίκι (2-6mm). Μία σύνθεση με 14.5% άργιλο και μία με 19.5%	2.75 3.9
(Parayianni and Pacht 2017)	Πηλός (Χαλκιδικής), ασβεστης (αναλογία 1:3), αδρανή (0-8mm) και ίνες Ξύλου <sup>50</sup>	0.6
(Καραγιαννάκη 2017)	Πηλός, άμμος (0-2,5mm), χαλίκι (0.5-3.5mm) (σε ποσοστά 80-16-4 %) Πηλός, άμμος (0-2,5mm), χαλίκι (0.5-3.5mm), άσβεστος (σε ποσοστά 75-16-4-5 %)	4.5 6.2

*Πίνακας 2.4* Θλιπτικές τιμές κονιαμάτων στην Ελλάδα.

Ο καολίνης οδηγεί σε χαμηλές αντοχές (έως 1 MPa) και μειωμένη συνοχή. Παρουσία ιλλίτη, αυξάνεται η θλιπτική αντοχή (έως 3 MPa) ενώ υπάρχει μεγάλη διασπορά στις τιμές αντοχής ξηρής - πυκνότητας. Ο μοντμοριλονίτης οδηγεί σε διαφορετική συμπεριφορά για

<sup>48</sup> Σύμφωνα με το πρότυπο DIN 18946

<sup>49</sup> Η μελέτη εκτός άλλων, δείχνει την ευεργετική επίδραση της σταθεροποίησης (προσθήκη NHL και σκωρία βιομηχανικών αποβλήτων) με σχεδόν διπλασιασμό - τριπλασιασμό των θλιπτικών αντοχών των πηλοκονιαμάτων

<sup>50</sup> Το πείραμα αναφέρεται σε δείγματα κονιαμάτων από υφιστάμενες κατασκευές



παρόμοιες κοκκομετρίες με άλλες αργίλους και αντοχή έως 5 MPa<sup>51</sup>. Όταν το ποσοστό της άμμου είναι πάνω από 30%, μειώνεται η συστολή και οι αντοχές. Ακόμη, η απαίτηση νερού είναι ανάλογη του ποσοστού της αργίλου και αντιστρόφως ανάλογη της αντοχής<sup>52</sup>.

## 2.3 Τοιχοποιίας

Η τοιχοποιία ιστορικά αποτελεί το συνηθέστερο τρόπο δόμησης και κατασκευάζεται με τον συνδυασμό φυσικών ή τεχνητών λίθων με κονίαμα (εκτός της περίπτωσης της δόμησης εν ξηρώ). Τα δομικά μέλη από λιθοδομή έχουν ρόλο θλιβόμενου στοιχείου. Οι ωμοπλινθοδομές είναι τοιχοποιίες από πλιθιά (ή πλίθρες) και συνδετικό κονίαμα παρόμοιας σύστασης, στην χώρα μας ενισχύονται με ξύλινα στοιχεία (ξυλοδεσιές) ή μεταλλικούς ελκυστήρες. Πρόκειται για ανομοιογενές υλικό καθώς τα υλικά που το απαρτίζουν έχουν διαφορετική συμπεριφορά. Λόγω του τρόπου δόμησης, σε κάθε διεύθυνση φόρτισης έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά (ανισότροπο υλικό). Τέλος ως προς τον τρόπο αστοχίας, αποτελεί ένα ψαθυρό υλικό το οποίο επιδέχεται μικρές παραμορφώσεις έως την αστοχία και έπειτα ακολουθεί ένας απότομος φθίνον κλάδος (στην καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης).

Η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας κάθετα στην διεύθυνση των κύριων αρμών εξαρτάται από :

την αντοχή του κονιάματος σε θλίψη  $f_{mc}$

την αντοχή και γεωμετρία των πλίνθων σε θλίψη  $f_{bc}$

τα παραμορφωσιακά χαρακτηριστικά των λιθοσωμάτων και του κονιάματος

τη γεωμετρική μορφή και την ποιότητα δόμησης

το πάχος των αρμών

τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των επιμέρους υλικών

Ο προσδιορισμός της θλιπτικής αντοχής γίνεται με την διεξαγωγή πειραμάτων σύμφωνα με συγκεκριμένα πρότυπα ή την χρήση εμπειρικών τύπων.

---

<sup>51</sup> (Μεϊμάρογλου 2016)

<sup>52</sup> (Μπέη 2004).

Εργασία / Χώρα	Σύνθεση		Επιμέρους θλ. αντοχές		Θλιπτική αντοχή <sup>53</sup>
	λίθων	Κονιάματος	λίθων	κονιάματος	
(Meli 2005) / Μεξικό	«λάσπη»	«λάσπη»	0.51-1.57	-	1.32
(San Bartolomé and Pehovaz 2005) / Περού	Χώμα, χονδρή άμμος και άχυρο (αναλογία 5:1:1)	Χώμα, χονδρή άμμος και άχυρο (αναλογία 3:1:1)	2.94	-	0.71
(Torrealva and Acero 2005) / Περού	Χώμα, χονδρή άμμος και άχυρο (αναλογία 5:1:1)	«λάσπη»	-	-	0.65
(Yamin, et al. 2007) / Κολομβία <sup>54</sup>	Πηλώδες χώμα με ή χωρίς φυσικές ίνες	Πηλώδες χώμα	2.84	-	0.85
(Wu, et al. 2013) / Κίνα	Πηλός-ιλύς (44%), άμμος (56%) και άχυρο (0.5%)	Πηλός-ιλύς (40-49%), άμμος (51-60%) και άχυρο (0.5%)	1.66	1.58	0.79
(Silveira, Varum, et al. 2015) / Πορτογαλία <sup>54</sup>	Αμμώδες έδαφος με αερική άσβεστο	Αμμώδες έδαφος με υδράσβεστο (3:1)	0.47	0.47	0.3
(Illampas, Ioannou and Charmpis 2017) / Κύπρος	Πηλός (65%), άχυρο (35%)	Εδαφικό υλικό από θραυσμένους λίθους	1.28	2.06	1.18
(Miccoli, Garofano, et al. 2015) / Γερμανία	Χαλίκι και άμμος (43%), ιλύς (45%) και πηλός (12%)	Χαλίκι και άμμος (55%), ιλύς (37%) και πηλός (14%)	5.21	3.32	3.15
(Müller 2017) / Γερμανία	-	Χαλίκι και άμμος (55%), ιλύς (37%) και πηλός (14%)	3.58	3.34 / 3.78	1.82 / 1.84

*Πίνακας 2.5 Πειραματικός προσδιορισμός της θλιπτικής αντοχής δοκιμών από ωμοπλινθοδομή*

Ο Ευρωκωδικας 6 λαμβάνει υπόψη την αναλογία των διαστάσεων του λιθοσώματος καθώς και τον συνδυασμό των υλικών λιθοσώματος – κονιάματος. Σημειώνεται ότι οι ωμόπλινθοι και τα πηλοκονιάματα δεν είναι στο εύρος των υλικών που καλύπτει, αλλά οι (Illampas

<sup>53</sup> Εδώ αναγράφεται η απερίσφιγκτη (χωρίς την επιρροή των πλακών έδρασης) θλιπτική αντοχή, όταν αυτή δεν είναι γνωστή αναγράφεται η τιμή της θλιπτικής αγωγής με την παραπάνω επιρροή.

<sup>54</sup> Συλλογή δειγμάτων απο υφιστάμενες κατασκευές.

2014) και (Μπέη 2004) διαπιστώνουν ότι η σχέση του ΕΚ6 μπορεί να υιοθετηθεί αφού οδηγεί σε αποδεκτές αποκλίσεις από τα πειραματικά αποτελέσματα.

$$f_{wc} = K \cdot f_b^{0.7} \cdot f_m^{0.3}$$
$$f_b = \delta \cdot f_{bc}$$

Με τον συντελεστή  $\delta$  να προκύπτει από πίνακα λαμβάνοντας υπόψη την αναλογία των διαστάσεων του λίθου, ενώ το  $K$  αν θεωρήσουμε ότι οι ωμόπλινθοι ανήκουν στην Ομάδα 1<sup>55</sup> σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1 του ΕΚ6 λαμβάνει τιμές 0.45-0.55. Γενικά το  $K$ , είναι ένας συντελεστής που καθορίζεται από τον συνδυασμό κονιάματος – λιθοσώματος. Η (Μπέη 2004) υιοθετεί την τιμή  $K=0.6$  για συμπιεσμένες<sup>56</sup> ωμόπλινθους, η (Μπατσούκα 2016) επίσης για συμπιεσμένες ωμόπλινθους την τιμή  $K=0.55$  ενώ ο (Ilampas 2014)  $K=0.45$ . Το γράφημα που ακολουθεί, συγκρίνει πειραματικά αποτελέσματα που έχουν αντληθεί από την βιβλιογραφία με την τιμή που υπολογίζεται αν εφαρμόσει κανείς την σχέση που προτείνει ο ΕΚ6. Για την δημιουργία του παρακάτω διαγράμματος έχει ληφθεί τιμή του  $K$  ίση με 0.6 καθώς μετά από δοκιμές (τιμές του  $K$  που έχουν χρησιμοποιηθεί στην βιβλιογραφία<sup>57</sup>) φάνηκε ότι τα αναμενόμενα αποτελέσματα της εξίσωσης προσέγγισαν επαρκώς τα πειραματικά. Παρατηρείται ότι τουλάχιστον για τις εργασίες που εξετάστηκαν<sup>58</sup> η εξίσωση που προτείνει ο ΕΚ6 για την τιμή της θλιπτικής αντοχής δεν αποκλίνει σημαντικά από τις πραγματικές τιμές.

---

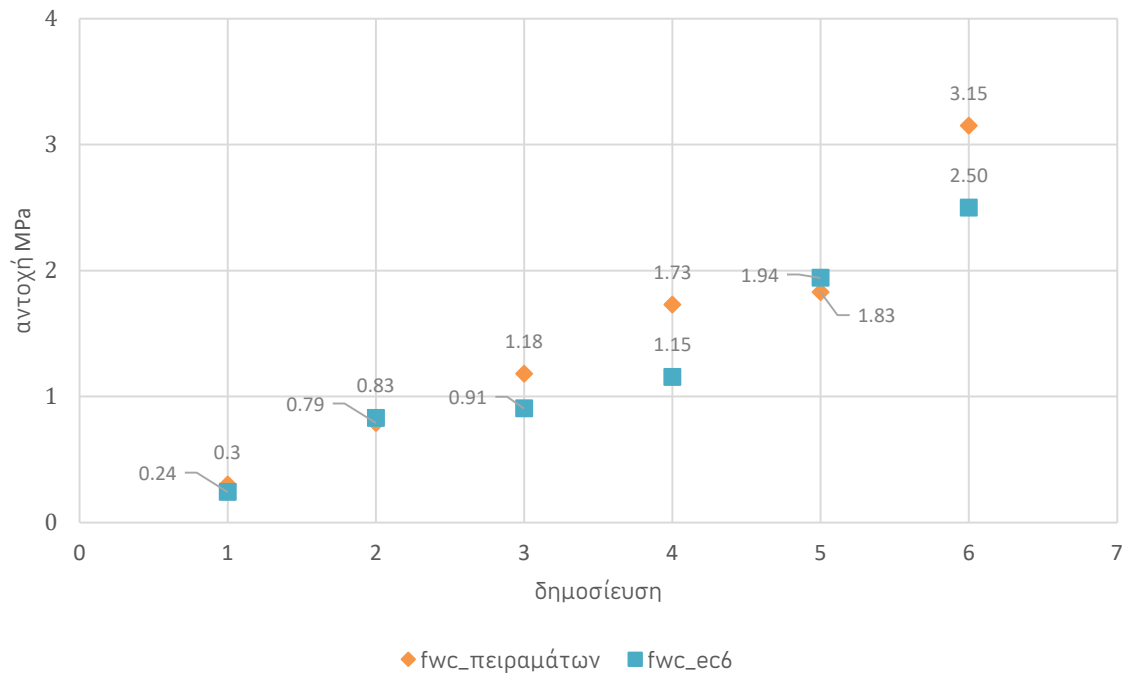
<sup>55</sup> Γεωμετρικές απαιτήσεις για την κατάταξη ενός λιθοσώματος στην ομάδα 1: όγκος όλων των κενών  $\leq 25$  (% του μεικτού όγκου) και όγκος ενός κενού  $\leq 12.5$  (% του μεικτού όγκου)

<sup>56</sup> Συμπιεσμένες ονομάζονται οι ωμόπλινθοι οποίες συμπυκνώνονται με μηχανικά μέσα (εφαρμογή πίεσης).

<sup>57</sup> Δοκιμάστηκαν οι τιμές  $K= 0.5$  ,  $0.55$  και  $0.6$ .

<sup>58</sup> Αναφέρονται οι συγκεκριμένες εργασίες διότι στην υπόλοιπη βιβλιογραφία δεν υπήρχαν άλλες με επαρκή δεδομένα που απαιτούνται για την εφαρμογή της εξίσωσης (στην πλειοψηφία, δεν μπορούσε να υπολογιστεί το  $\delta$  το οποίο προκύπτει από τις διαστάσεις του δοκιμίου).

### Συγκριτικό fwc\_ec6 - fwc\_exp (K=0.6)



- 1 (Silveira, Varum, et al. 2015)
- 2 (Wu, et al. 2013)
- 3 (Illampas, Ioannou and Charmpis 2017)
- 4 (Illampas 2014)
- 5 (Müller 2017)
- 6 (Miccoli, Müller και Fontana 2014)

**Εικόνα 2.1** Συγκριτικό γράφημα τιμών θλιπτικών αντοχών: εξίσωση του ΕΚ6 - πειραματικά αποτελέσματα.

### 3. Κατασκευαστικά

Προκειμένου να αναγνωριστεί ο τρόπος δόμησης, το πλήθος και το είδος των πλίνθινων κτιρίων, έγινε καταγραφή σε μορφή καρτελών<sup>59</sup> ορισμένου αριθμού κτιρίων. Οι διαστάσεις που αναφέρονται είναι προσεγγιστικές καθώς δεν ήταν σκοπός η λεπτομερής αποτύπωση των κτιρίων αλλά η κατανόηση τους σε ευρύτερο πλαίσιο. Κάθε κτίριο που καταχωρήθηκε μπορεί να εντοπιστεί επακριβώς στον διαδικτυακό χάρτη<sup>60</sup> όπως επίσης και άλλα πλινθόκτιστα κτίρια για τα οποία όμως δεν έγινε συστηματική καταγραφή.








Εικόνα 3.1 Περιοχή έρευνας.

Αναφορικά με την κατάσταση διατήρησης, στοιχείο που αναφέρεται στις καρτέλες, υιοθετήθηκε η παρακάτω διαβάθμιση που φαίνεται στην εικόνα: το μικρότερο νούμερο (1)

<sup>59</sup> Βλ. Παράρτημα Α

<sup>60</sup>Υπερσύνδεσμος: <https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1UC6N-nE-r4qbXwB6qB-d9xfujKhtYRQ&usp=sharing>

αντιστοιχεί στην καλύτερη κατάσταση (χωρίς δομικές βλάβες) ενώ το μεγαλύτερο (5) στην πλήρη κατάρρευση.

Classification of damage to masonry buildings	
	Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage) Hair-line cracks in very few walls; fall of small pieces of plaster only. Fall of loose stones from upper parts of buildings in very few cases only.
	Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage) Cracks in many walls; fall of fairly large pieces of plaster; parts of chimneys fall down.
	Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage) Large and extensive cracks in most walls; pantiles or slates slip off. Chimneys are broken at the roof line; failure of individual non-structural elements.
	Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage) Serious failure of walls; partial structural failure.
	Grade 5: Destruction (very heavy structural damage) Total or near total collapse.

Εικόνα 3.2 Διαβάθμιση των βλαβών σύμφωνα με Miha Tomazevic<sup>61</sup>.

## 3.1 Τρόπος δόμησης

### 3.1.1 Κατά το μήκος(όψη)

Με στόχο την αποφυγή της ανερχόμενης υγρασίας, στην συντριπτική πλειονότητα της η ωμοπλινθοδομή στηρίζεται σε μια λίθινη βάση 40-80 εκατοστών από αργολιθοδομή και μερικές φορές από οπτοπλινθοδομή. Στην περίπτωση όπου το κτίριο έχει όροφο, η λίθινη αυτή βάση μπορεί να εκταθεί μέχρι και το πάτωμα του ορόφου και στην συνέχεια να χτιστεί η ωμοπλινθοδομή. Παρατηρείται ένα καθ' ύψος ισόδομο σύστημα δόμησης όπου

<sup>61</sup> (Tomazevic 1999)

οι ωμόπλινθοι διατάσσονται σε μία στρώση με εμφανή την μεγάλη τους πλευρά και στην επόμενη στρώση με την μικρή.



*Εικόνες 3.3, 3.4, 3.5 & 3.6 Όψεις πλινθοδομών*

Σε μερικές περιπτώσεις ενδιάμεσα από τις πλίνθες παρεμβάλλονται κομμάτια από κεραμίδι. Διακρίνεται προσπάθεια τοποθέτησης τους με τέτοιο τρόπο ώστε να μην δημιουργούνται συνεχείς κατακόρυφοι αρμοί. Το άκρο των δοκών των πατωμάτων είναι πολύ συχνά εμφανές στην όψη του κτιρίου καθώς οι δοκοί εδράζονται σε όλο το πάχος της τοιχοποιίας.



*Εικόνες 3.7 & 3.8 Όψεις πλινθοδομών.*

### 3.1.2 Κατά το πάχος(τομή)

Κατά το πάχος της τοιχοποιίας, η εμπλοκή των λιθοσωμάτων της ωμοπλινθοδομής ποικίλει ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο είναι δομημένη. Δεν μπορεί να χαρακτηριστεί τρίστρωτη λόγω της απουσίας (εικ 3.9-11) της ενδιάμεσης στρώσης (γεμίματος) που συναντάται συνήθως στις λιθοδομές. Στα κτίρια που εξετάστηκαν στην περιοχή της έρευνας, οι τοιχοποιίες είναι μπατικές με τα λιθοσώματα δομημένα έτσι ώστε να μην υπάρχουν κατακόρυφοι αρμοί (εικ. 3.7-8) ανάμεσα στα λιθοσώματα. Σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρήθηκε τοιχοποιία δύο παρειών με ύπαρξη διάτονων λίθων (εικ. 3.9), γεγονός που υποδηλώνει μια άλλη λογική δόμησης με πάχος τοίχου ίσο με την μεγάλη διάσταση της δομικής μονάδας.

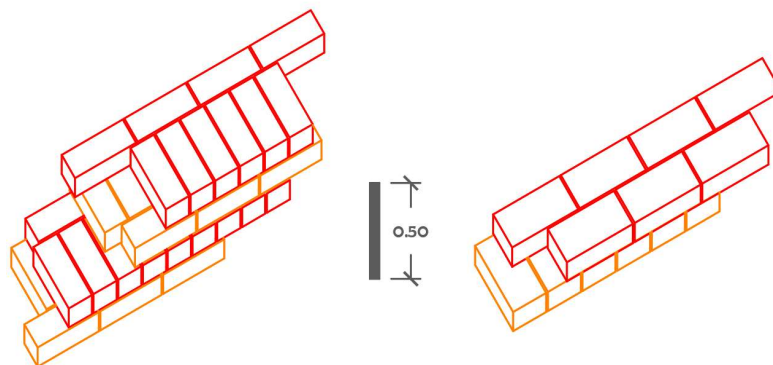




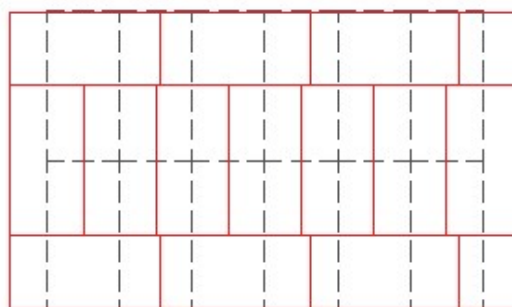
*Εικόνες 3.9, 3.10 & 3.11 Πλινθοδομές κατά το πάχος τους.*

### 3.1.3 Τρόπος διάταξης των πλιθιών

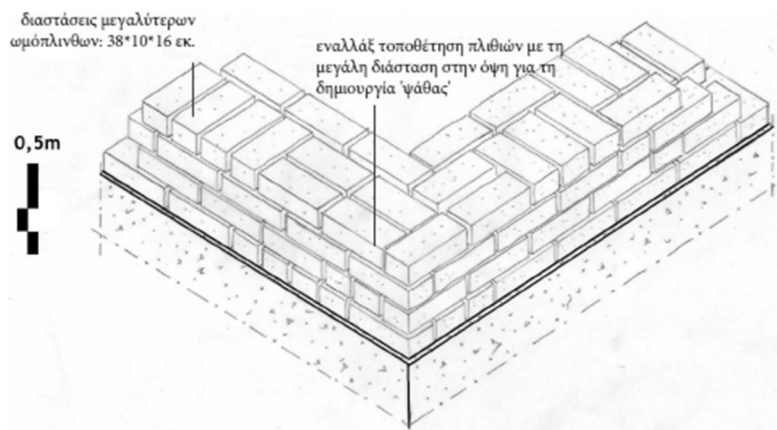
Υπάρχουν πολλοί τρόποι σύνθεσης των πλιθιών για την κατασκευή ενός τοίχου. Μπορούν να διαχωριστούν ανάλογα με την σχέση που έχει η μεγαλύτερη πλευρά (μήκος) της δομικής μονάδας με το πάχος του τοίχου. Για πάχη ίσα με το μήκος της πλίνθας η δόμηση είναι δρομική ενώ για μεγαλύτερα μπατική (ή υπερμπατική). Σε κάθε περίπτωση προκύπτουν ισόδομες τοιχοποιίες στις οποίες γίνεται προσπάθεια για διαμόρφωση διακοπτόμενων αρμών.



**Εικόνα 3.12** Τρόπος δόμησης στην περιοχή της έρευνας.



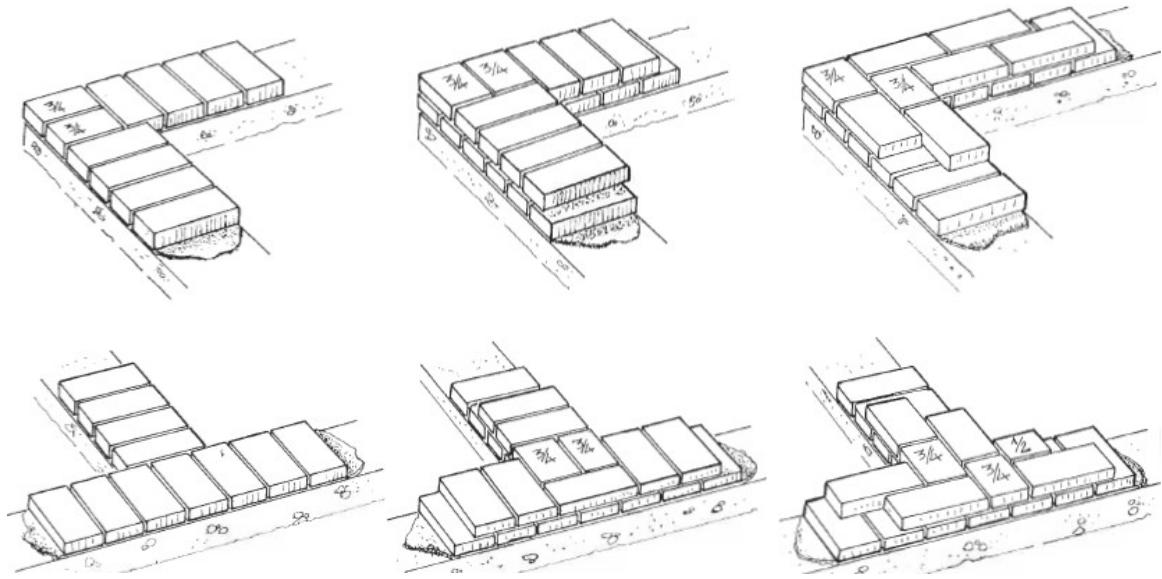
**Εικόνα 3.13** Τρόπος δόμησης στην Ιτέα Φωκίδας.<sup>62</sup>



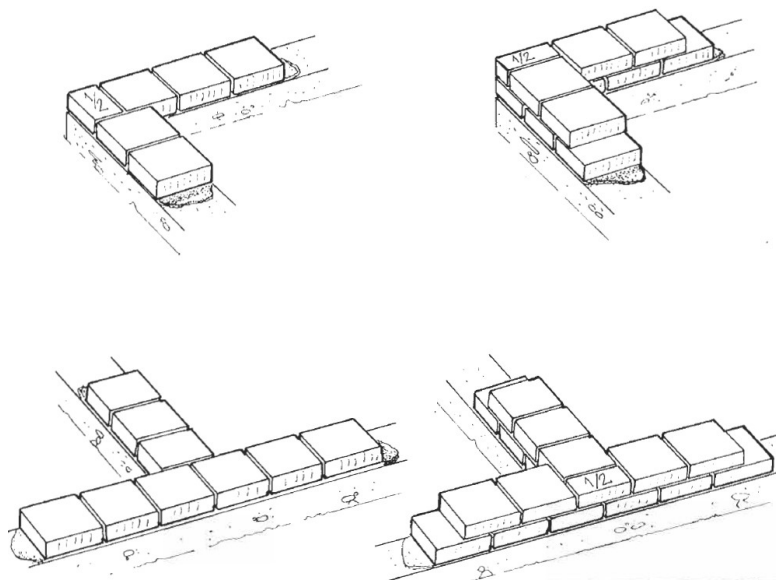
**Εικόνα 3.14** Τρόπος δόμησης στον Μηλιώνα του δήμου Πρεσπών.<sup>63</sup>

<sup>62</sup> (Visilia and Villi 2010)

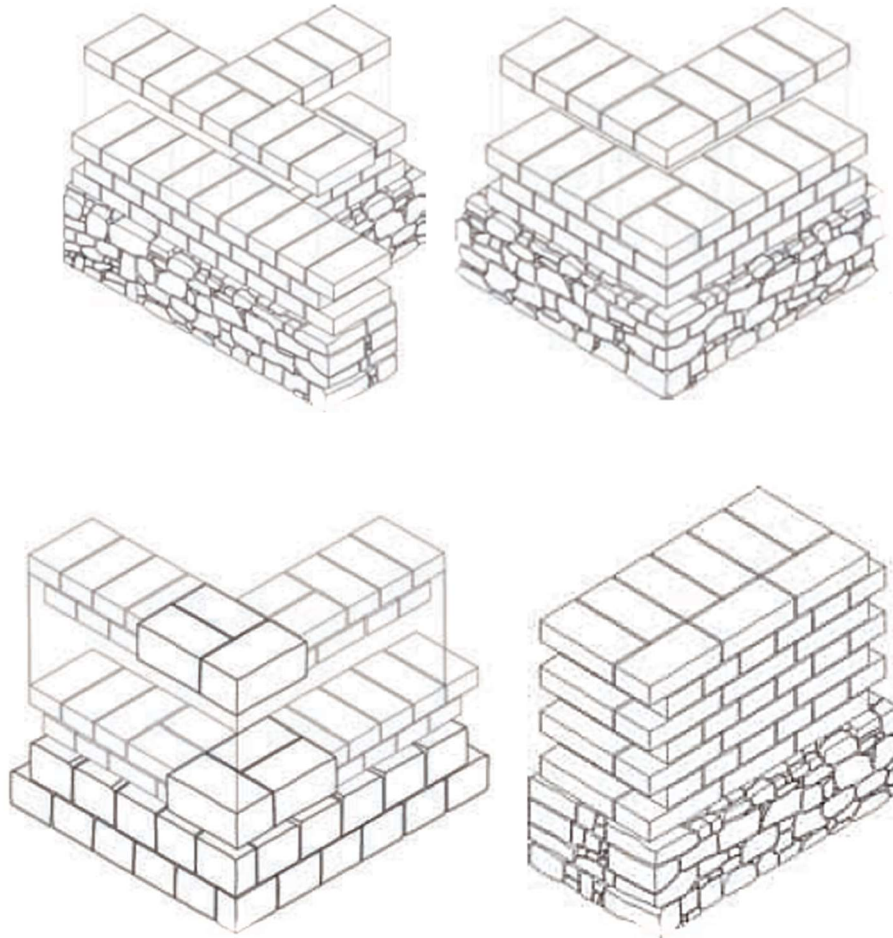
<sup>63</sup> (Προδρόμου 2016)



**Εικόνα 3.15** Τρόπος δόμησης στη Γαλλία (ορθογωνικής κάτοψης δομική μονάδα) (Construire en terre 1979)



**Εικόνα 3.16** Τρόπος δόμησης στη Γαλλία (τετραγωνικής κάτοψης δομική μονάδα) (Construire en terre 1979)



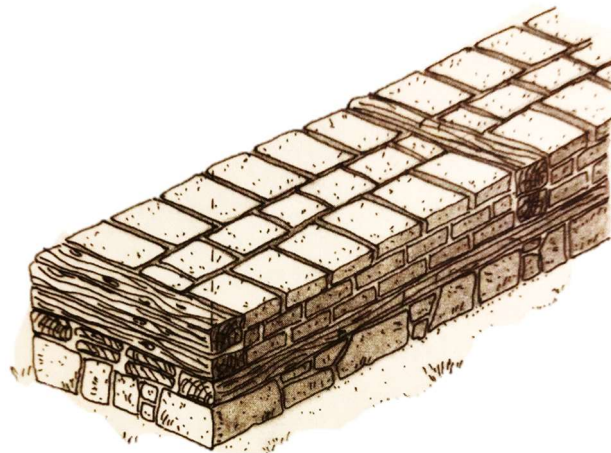
*Εικόνα 3.17 Τρόπος δόμησης στην Ιταλία (I MANUALI DEL RECUPERO DEI CENTRI STORICI DELLA SARDEGNA architettura in terra cruda 2009)*

## 3.2 Ανοίγματα

Όταν τα πλαισιώματα των ανοιγμάτων δεν είναι δομημένα εξ' ολοκλήρου από ωμοπλινθοδομή, οι παραστάδες διαμορφώνονται από λαξευμένους λίθους ή οπτόπλινθους. Τα πρέκια είναι συνήθως ξύλινα δοκάρια (ένα, δύο ή τρία δοκάρια, ανάλογα με το πάχος) που γεφυρώνουν το άνοιγμα τοποθετημένα σε όλο το πάχος του τοίχου. Πάνω τους καρφώνονται τάβλες που είτε αποτελούν την τελική επιφάνεια ή επιπλέον τοποθετούνται πηχάκια με διάκενο (όμοια με την λογική που ακολουθείται στο μπαγδατί). Συνήθως τα ξύλινα αυτά πρέκια εντάσσονται στο σύστημα των ξύλινων ενισχύσεων της τοιχοποιίας (ξυλοδεσιές).

### 3.3 Ξυλοδεσιές – Ξύλινα στοιχεία

Η δόμηση με ωμόπλινθους στην χώρα μας είναι παραδοσιακά συνυφασμένη με την χρήση ξύλινων στοιχείων τα οποία βελτιώνουν την συμπεριφορά της κατασκευής. Ξυλοδεσιές<sup>64</sup> τοποθετούνται συστηματικά σε στάθμες πατωμάτων, ποδιών και πρεκιών και συχνά οριζόντια (και μερικές φορές κατακόρυφα) ξύλινα στοιχεία ενισχύουν τους πεσσούς ανάμεσα από ανοίγματα. Όπως και στην περίπτωση της λιθοδομής η σημασία των ξύλινων ενισχύσεων, από τα προϊστορικά χρόνια<sup>65</sup> μέχρι και σήμερα, παραμένει ίδια: κατά κάποιον τρόπο καθιστούν την τοιχοποιία οπλισμένη σε ορισμένες κρίσιμες θέσεις επιτρέποντας την παραλαβή εφελκυστικών τάσεων. Πολλές φορές έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο, όπως όταν πρόκειται για ξυλόπηκτη τοιχοποιία ή στην περίπτωση διπλών συστημάτων όπως π.χ. δομικό σύστημα της Λευκάδας<sup>66</sup>. Τις περισσότερες όμως φορές λειτουργούν συμπληρωματικά της τοιχοποιίας, όπως στην περίπτωση των ξυλοδεσιών, που λειτουργούν ως οριζόντια διαζώματα, συνήθως σε πολλαπλές στάθμες. Τα ξύλινα δοκάρια μπορεί να είναι ένα ή δύο ή και τρία, εμφανή ή αφανή και διηκούν κατά το μήκος των τοίχων, ενώ συνδέονται μεταξύ τους κατά διαστήματα με εγκάρσια ξύλινα στοιχεία, τις ονομαζόμενες κλάπες.



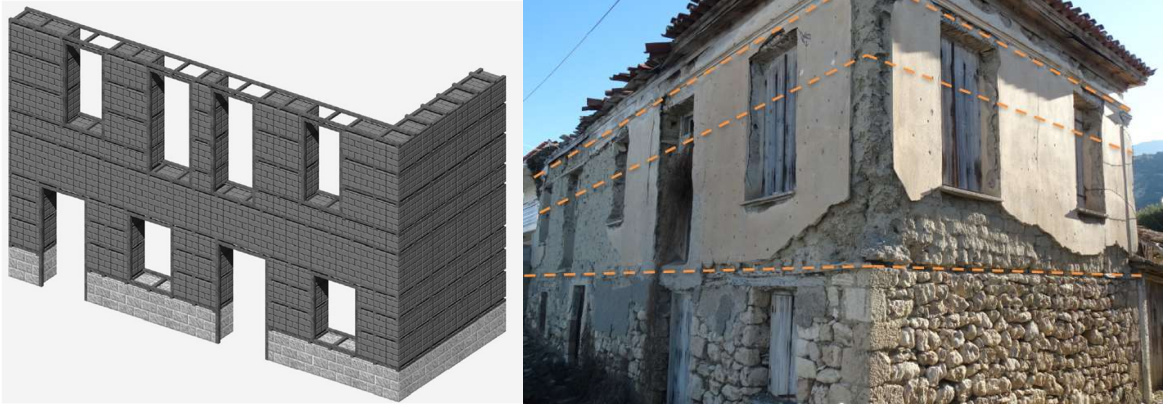
*Εικόνα 3.18 Ωμόπλινθοδομή με ξύλινη ενίσχυση σε λίθινη βάση.<sup>67</sup>*

<sup>64</sup> Εδώ με τον όρο «Ξυλοδεσιά» εννοείται η περίδεση του κτιρίου σε όλο το μήκος της περιμέτρου (διάζωμα) και όχι μεμονωμένες - διακοπτόμενες οριζόντιες ενισχύσεις.

<sup>65</sup> Βλ. Διδακτορική διατριβή, Ο δομικός ρόλος του ξύλου στην τοιχοποιία των ανακτορικού τύπου κτιρίων της Μινωϊκής Κρήτης, Τσακανίκα-Θεοχάρη Ελευθερία, 2006.

<sup>66</sup> Βλ. Αποτίμηση και σύνταξη συστάσεων για την επεμβάσεις στα κτίρια του ιστορικού οικισμού της Λευκάδας, ΟΑΣΠ 2004

<sup>67</sup> Πηγή: (Μιχαλάκης 2019)



*Εικόνες 3.19 & 3.20* Αριστερά: Παράδειγμα χρήσης Ξυλοδεσιών σε ωμοπλινθοδομή στην Ιτέα Φωκίδας (Visilia and Villi 2010). Δεξιά: Στάθμες Ξυλοδεσιών και οριζόντιων ενισχύσεων (ενδιάμεση στάθμη) στην περιοχή Λυκοποριά δήμου Ξυλοκάστρου – Ευρωστίνης.

Η σύνδεση των διαμήκων και εγκάρσιων ξύλων μεταξύ τους έχει μεγάλη σημασία για την αποτελεσματικότητα του συνόλου. Αυτή γίνεται είτε μισοχαρακτή είτε απλώς με εν επαφή – με ένα καρφί. Πιο σπάνια συναντώνται πιο περίτεχνες συναρμογές. Στην περίπτωση των ωμοπλινθοδομών που εξετάστηκαν για της ανάγκες της παρούσας εργασίας παρατηρήθηκε η προσπάθεια να προστατευτούν τα ξύλινα μέλη από την υγρασία τοποθετώντας στην όψη του κτιρίου μικρούς λίθους ή κεραμίδια. Όσον αφορά στις δοκούς των πατωμάτων, σε όλα τα κτίρια που εξετάστηκαν, διαπιστώθηκε η έδραση τους σε όλο το πάχος της τοιχοποιίας καθώς και η σύνδεση τους με τους στρωτήρες της στάθμης.



*Εικόνα 3.21 & 3.22* Τρόποι σύνδεσης ξύλινων στοιχείων. Αριστερά: μισοχαρακτή σύνδεση σε γωνία. Δεξιά: απλή σύνδεση με ένα καρφί.



*Εικόνα 3.23 Έδραση ξυλοδεσιάς σε σειρά λίθων.*



*Εικόνα 3.24 Προστασία πρεκιού με σειρά απο κεραμίδια.*



*Εικόνα 3.25 & 3.26 Δοκοί πατωμάτων με έδραση σε όλο το πάχος του τοίχου.*

### 3.4 Εσωτερικοί τοίχοι

Η δόμηση των διαχωριστικών τοίχων στα παραδοσιακά κτίσματα είτε από λιθοδομή είτε από πλινθοδομή γινόταν κατά κανόνα με ξύλινα φέροντα στοιχεία. Συνήθως τα κύρια μέλη τους αποτελούσαν οι ορθοστάτες και ίσως κάποια οριζόντια στοιχεία, ανάλογα με την

τεχνική που ακολουθούνταν διαμόρφωναν τσατμαδότοιχο<sup>68</sup> ή τοίχοι από μπαγδατί<sup>69</sup>. Η τελική τους επιφάνεια διαμορφώνονταν από πηλοεπίχρισμα. Χωρίς να έχουν κατασκευαστεί με αυτό τον σκοπό αποτελούν την ενδιάμεση στήριξη για τα δοκάρια της στέγης. Υπάρχουν και περιπτώσεις στις οποίες οι εσωτερικός τοίχος κατασκευάζονταν από πλιθιά σαν δρομική τοιχοποιία.



*Εικόνες 3.27 & 3.28 Αριστερά: Μπαγδατί στην Πάτρα, δεξιά: εσωτερικός πλιθινός δρομικός τοίχος στα Χανιά.*

### 3.5 Ελκυστήρες-μεταλλικές ενισχύσεις

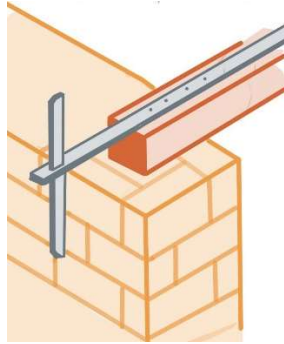
Για την επαρκή αγκύρωση των ξύλινων μελών, όπως μέρος ξυλοδεσιών, δοκών πατώματος ή στέγης συχνά χρησιμοποιούνται μεταλλικά στοιχεία αγκύρωσης στα άκρα τους. Μεταλλικοί ελκυστήρες χρησιμοποιούνται επίσης για τη σύνδεση κατακόρυφων στοιχείων μεταξύ τους σε διάφορες διατάξεις (ελεύθεροι, ενσωματωμένοι στα πατώματα ή στο πάχος των τοίχων).

---

<sup>68</sup> *Τσατμάς* ονομάζεται ο ξυλόπηκτος τοίχος του οποίου τον κύριο σκελετό αποτελούν κάθετα, οριζόντια και συχνά διαγώνια στοιχεία. Τα κενά που προκύπταν πληρώνονταν με μικρούς λίθους, κεραμικά, πλιθιά κ.α.

<sup>69</sup> *Μπαγδατί* ονομάζεται ο ξύλινος φορέας με βασικό σκελετό κάθετα και οριζόντια στοιχεία στις εξωτερικές πλευρές των οποίων καρφώνονται συστηματικά πηγάκια ή καλάμια. Τα εσωτερικά τους κενά πληρώνονταν όποια με τον τσατμά.





*Εικόνα 3.29* Σχηματική απεικόνιση πιθανής διάταξης μεταλλικής αγκύρωσης ξύλινης δοκού.



*Εικόνα 3.30* Κατοικία με μεταλλικά στοιχεία αγκύρωσης στις όψεις της, στην προσφυγική συνοικία της Πάτρας.



*Εικόνα 3.31* Κατοικία με ελκυστήρα που συνδέει τους απέναντι αετωματικούς τοίχους στην άνω πόλη Πατρών.

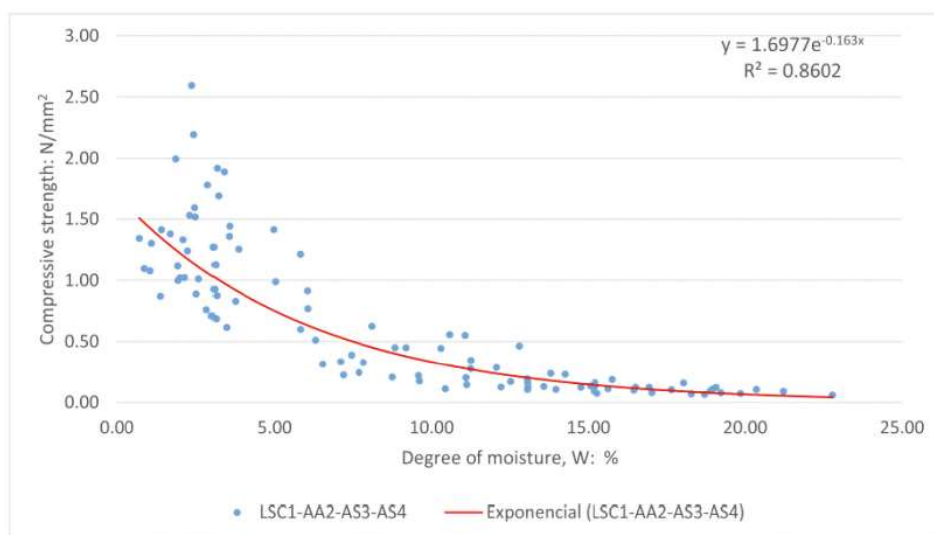
## 4. Συμπεριφορά πλίθινων κατασκευών

### 4.1 Σε περιβαλλοντικές δράσεις

#### 4.1.1 Υγρασία

Αποτελεί την πιο σημαντική -μη σεισμική- ευπάθεια του των κατασκευών από χώμα. Η υγρασία είτε ως κατερχόμενη ή πλευρική (βροχή) είτε ως ανερχόμενη έχει την ιδιότητα σταδιακά να διαβρώνει (με την έννοια της απόπλυσης) το χώμα. Συνήθως, η ανερχόμενη υγρασία (ειδικά σε περίπτωση απουσίας λίθινης βάσης) σε συνδυασμό με τις ριπές του ανέμου, απομειώνει τις διατομές στην βάση των τοίχων αυξάνοντας την καταπόνηση. Όταν το νερό εξατμίζεται, τα άλατα που περιέχει κρυσταλλοποιούνται και παραμένουν στην επιφάνεια των τοίχων. Κατά την διάρκεια αυτής της διαδικασίας τα άλατα διαστέλλονται και μπορούν να ρηγματώσουν την πλίθα.

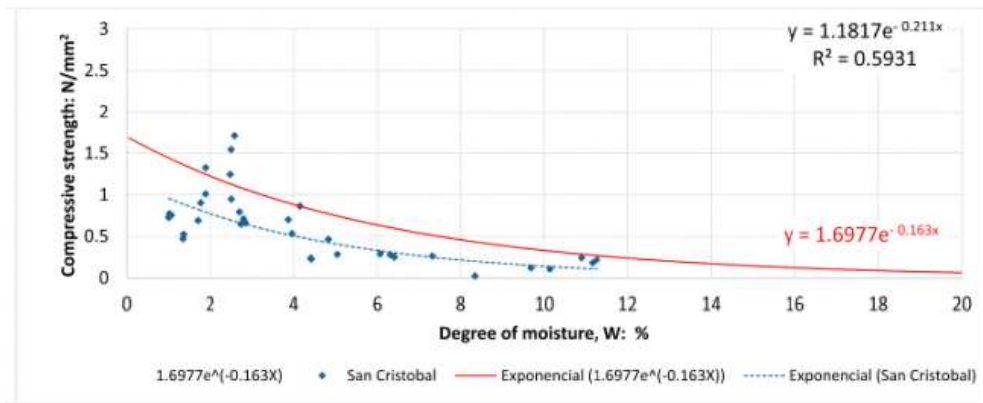
Η απομείωση της αντοχής των ωμοπλινθοδομών λόγω της υγρασίας μπορεί να περιγραφεί με μια εκθετική συνάρτηση της μορφής  $f(x) = A \cdot e^{B \cdot x}$ , όπου  $x$  το ποσοστό (%) της υγρασίας και  $f(x)$  η θλιπτική αντοχή σε N/mm<sup>2</sup>. Έπειτα από πειραματική διερεύνηση διακοσίων δοκιμών από τέσσερα διαφορετικά μείγματα χώματος και δείγματα από έξι ιστορικά κτίρια στο Περού<sup>70</sup> προτείνονται από τους ερευνητές οι τιμές  $A = 1.6977$  και  $B = -0.163$ .



Εικόνα 4.1 Καμπύλη συσχέτισης θλιπτικής αντοχής - ποσοστού υγρασίας στα δοκίμια.<sup>71</sup>

<sup>70</sup> (Lovón and Lovón 2019)

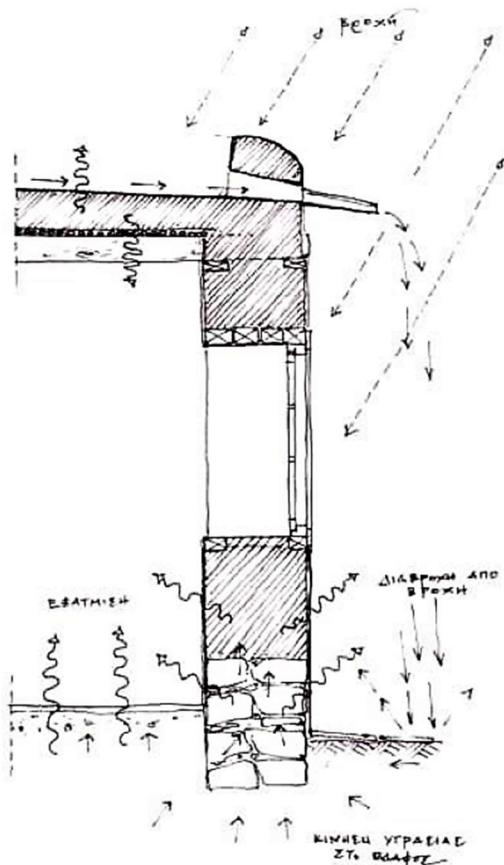
<sup>71</sup> (Lovón and Lovón 2019)



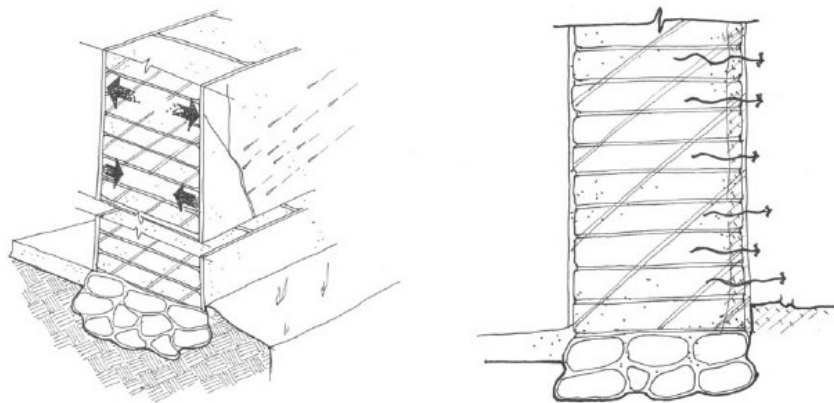
*Εικόνα 4.2 Σύγκλιση της προτεινόμενης καμπύλης για το μνημείο Saint Cristobal στο Περού.<sup>72</sup> Στην δημοσίευση οι ερευνητές παραθέτουν τα αντίστοιχα γραφήματα και των έξι μνήμειων που εξετάζουν.*

Η εφαρμογή εξωτερικού κονιάματος απο τσιμέντο, πρακτική που συνηθίζεται στην χώρα μας, στην ουσία σφραγίζει στο εσωτερικό του τοίχου την υγρασία και απαγορεύει την διαπνοή. Επιπλέον επειδή το τσιμεντοκονίαμα αντιδρά διαφορετικά από τον χωμάτινο τοίχο στις θερμοκρασιακές μεταβολές, συχνά εμφανίζονται ρωγμές στο κονίαμα λόγω συστολών διαστολών του τοίχου. Ενέχει ο κίνδυνος λοιπόν, να εισχωρήσει το νερό στο εσωτερικό της τοιχοποιίας, αποτελώντας μια μόνιμη πηγή διάβρωσης, και εφόσον δεν υπάρχει δυνατότητα εξάτμισης να παραμείνει. Αντίθετα, τα κονιάματα επίχρισης από πηλό ή ασβέστη είναι συμβατά με τις θερμικές ιδιότητες των πλιθιών και ευνοούν την διαπνοή της κατασκευής.

<sup>72</sup> (Lovón and Lovón 2019)



**Εικόνες 4.3 & 4.4** Δεξιά: Σχέδιο τομής πλίνθινου δομήματος<sup>73</sup>. Σημειώνεται ο κύκλος του νερού ως κύρια αιτία διάβρωσης. Αριστερά: Απομείωση της διατομής στην βάση του τοίχου, απουσία λίθινης βάσης, λόγω ανερχόμενης υγρασίας.



**Εικόνα 4.5** Σχηματική παρουσίαση της συμπεριφοράς λόγω εφαρμογής κονιάματος με βάση το τσιμέντο σε αντιδιαστολή με την χρήση συμβατών υλικών<sup>74</sup>.

<sup>73</sup> (Κουφόπουλος και Μυριανθέως 2011)

<sup>74</sup> (Adobe Conservation: A Preservation Handbook 2006)

#### 4.1.2 Ζωντανοί οργανισμοί – βλάστηση

Η συνεχής παρουσία υγρασίας στους χωμάτινους τοίχους ευνοεί την ανάπτυξη μούχλας, λειχήνων και γενικότερα μικροοργανισμών. Συνήθως η συγκέντρωσή τους παρατηρείται<sup>75</sup> στις βροχινές πλευρές των κτισμάτων, στις κατώτερες στάθμες ή στο γείσο της στέγης, εκεί δηλαδή που δεν δέχονται άμεση ηλιακή ακτινοβολία αρκετό χρονικό διάστημα.

Παρόμοια, αναπτύσσεται ένα δίκτυο ριζών προκαλώντας μικρορωγμές στο εσωτερικό των τοίχων εκμεταλλευόμενο την υγρασία στο εσωτερικό τους. Οι σπόροι και οι φύτες μεταφέρονται με την βοήθεια του ανέμου.

Τέλος διάφοροι ζωντανοί οργανισμοί όπως έντομα και μικρά πτηνά λόγω της φύσης του υλικού (του χώματος) τοποθετούν τις φωλιές τους σε υπήνεμα, προφυλαγμένα μέρη.

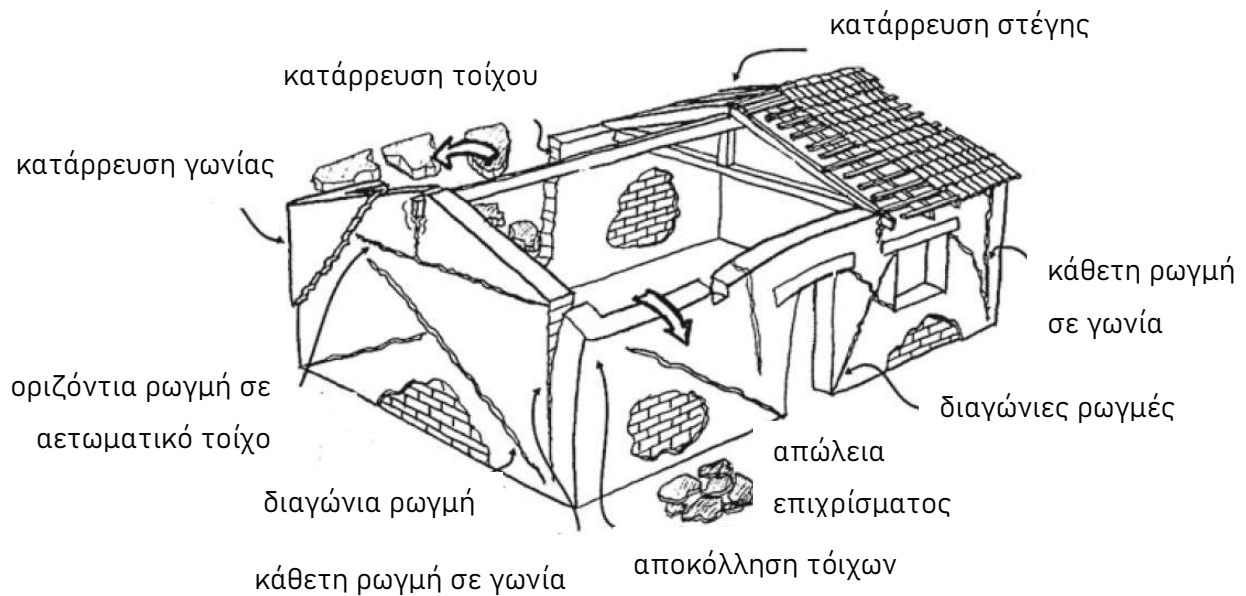


*Εικόνα 4.6 Βλάστηση σε ωμοπλινθοδομή και Εικόνες 4.7 & 4.8 Φωλιές εντόμων*

---

<sup>75</sup> (F. Javier Gómez-Patrocinio 2020)

## 4.2 Συμπεριφορά υπό σεισμική διέγερση



*Εικόνα 4.9* Τυπικές αστοχίες πλίνθινων κατασκευών<sup>76</sup>.

### 4.2.1 Εκτός επιπέδου καταπόνηση - βλάβες

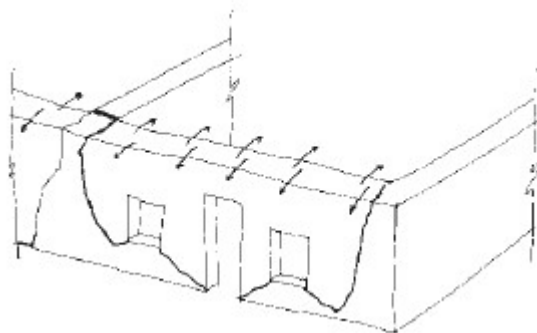
Οι τοίχοι από ωμοπλινθοδομή χαρακτηρίζονται από εγγενή αδυναμία να αντισταθούν στις εφελκυστικές τάσεις που προκαλούνται από εκτός επιπέδου καταπόνηση. Συνήθως οι βλάβες συναντώνται σε τοίχους που βρίσκονται κάθετα στη διεύθυνση του σεισμού, μεταξύ δύο εγκάρσιων τοίχων. Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εκτός επιπέδου συμπεριφορά είναι το πάχος και η λυγρότητα<sup>77</sup> του μέλους, η σύνδεση των τοίχων μεταξύ τους και με τους φορείς της στέγης και πατώματος, το μήκος του τοίχου και την κατάσταση της βάσης.

Ένας σχετικά παχύς τοίχος ( $S_L > 6$ ) είναι σχεδόν απίθανο να ανατραπεί προτού ολισθήσει, ενώ στην περίπτωση που είναι λιγυρός ( $S_L > 8$ ) η ανατροπή είναι πιθανή όπως και ο λυγισμός περί το μέσο του ύψους. Τα διαζώματα, τα διαφράγματα (μερικά ή ολικά) και οι αγκυρώσεις των φορέων πατωμάτων και στεγών στους τοίχους επιδρούν θετικά στην σύνδεση και την σταθεροποίηση των μελών (λειτουργία «κουτιού»). Όσο για την βάση του τοίχου, η απομειωμένη επιφάνεια που συχνά παρατηρείται λόγω της διάβρωσης ή της επίδρασης του ανέμου, οδηγεί σε πιο εύκολη ανατροπή του.

<sup>76</sup> (Tarque, N., et al. 2021)

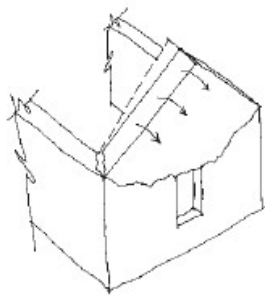
<sup>77</sup> Η λυγρότητα ενός τοίχου ορίζεται ως ο λόγος του ύψους προς το πάχος του ( $S_L = \frac{h}{t}$ ).

Τοίχοι με μεγάλο μήκος (απουσία εγκάρσιας στήριξης), χωρίς επαρκή σύνδεση με τους οριζόντιους φορείς (στέγη, πάτωμα) ρηγματώνονται στα πρώτα στάδια της σεισμικής διέγερσης.



*Εικόνα 4.10 Εκτός επιπέδου συμπεριφορά.<sup>78</sup>*

Όπως και στα συνήθη κτίρια από λιθοδομή, έτσι και στην περίπτωση της ωμοπλινθοδομής συχνά σε κτίρια με τρίριχτη ή δίριχτη στέγη οι αετωματικοί τοίχοι αποτελούν συνήθως στοιχεία που ανατρέπονται (λόγω διαφοράς συχνότητας) εκτός του επιπέδου τους στο μέσο (από την στάθμη που σταματούν οι ξυλοδεσιές και πάνω) του ύψους τους. Η απουσία σύνδεσης με τους εγκάρσιους τοίχους και το μεγάλο ύψος τους σε σχέση με το πάχος τους (λιγυρότητα) καθιστούν δυσμενή την σεισμική συμπεριφορά τους.



*Εικόνα 4.11 Ανατροπή αετώματος.<sup>79</sup>*

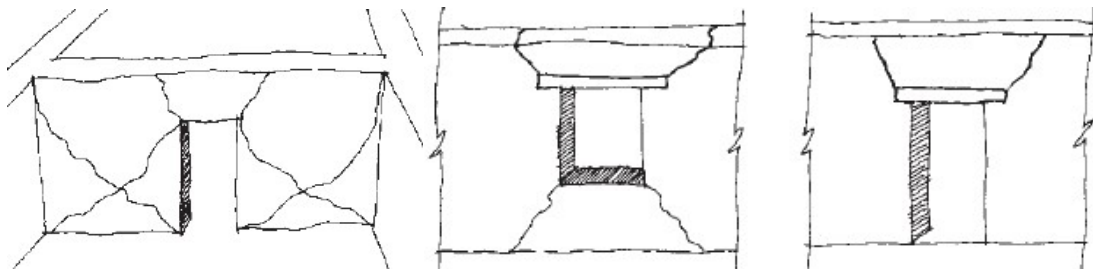
---

<sup>78</sup> (Tolles, Kimbro and Ginell 2002)

<sup>79</sup> (Tolles, Kimbro and Ginell 2002)

#### 4.2.2 Εντός επιπέδου καταπόνηση – διατμητικές και καμπτικές ρωγμές

Αποτελούν την πιο τυπική περίπτωση ρηγμάτωσης που προκαλείται από σεισμική διέγερση σε τοίχους που βρίσκονται παράλληλα με τον σεισμό. Διαγώνιες ή δυσδιαγώνιες ρωγμές, υπό γωνία περίπου  $45^\circ$ , εμφανίζονται σε πεσσούς και περιοχές άνω και κάτω των ανοιγμάτων ως αποτέλεσμα ανακυκλιζόμενης φόρτισης. Οι ρωγμές αυτές συνήθως αναπτύσσονται κλιμακωτά διότι στην περίπτωση της ωμοπλινθοδομής υπάρχουν σαφείς οριζόντιοι αρμοί. Σε συνδυασμό με κατακόρυφες μετακινήσεις προκαλούν σοβαρότερες βλάβες διερχόμενες και από τις πλίνθες. Οι ρωγμές αυτές συνδυάζονται συνήθως και με ρωγμές λόγω εντός επιπέδου κάμψης που εμφανίζονται συνήθως στις γωνίες των ανοιγμάτων.



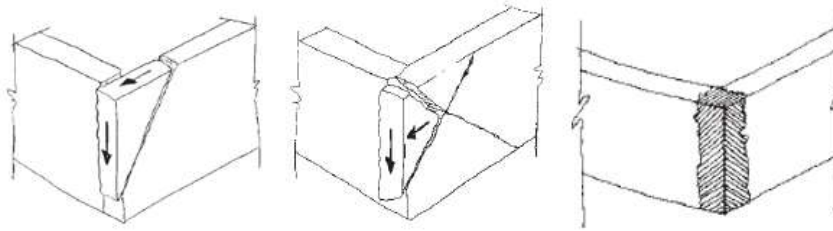
*Εικόνα 4.12 Ρωγμές λόγω εντός επιπέδου καταπόνησης.<sup>80</sup>*

#### 4.2.3 Βλάβες στις γωνίες

Λόγω ελλιπούς σύνδεσης των τοίχων μεταξύ τους και συγκέντρωσης τάσεων, πολύ συχνά λόγω εκτός επιπέδου καταπονήσεων εμφανίζονται στις γωνίες των κτιρίων κατακόρυφες ρωγμές, όταν αυτό συμβαίνει και στις δύο πλευρές τότε ολόκληρη η περιοχή της γωνίας πιθανώς να καταρρεύσει. Διαγώνιες ρωγμές σε ακραίους πεσσούς, επιτρέπουν την οριζόντια και κατακόρυφη κίνηση μέρους της τοιχοποιίας. Δρουν δηλαδή σαν ανεξάρτητα μέλη σε περίπτωση εδαφικής κίνησης.

<sup>80</sup> (Tolles, Kimbro and Ginell 2002)

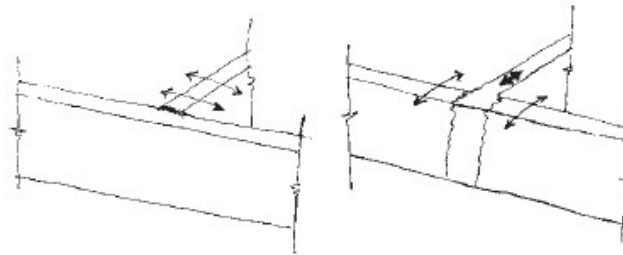




**Εικόνα 4.13** Βλάβες στις γωνίες.<sup>81</sup>

#### 4.2.4 Διασταυρούμενοι τοίχοι

Στα σημεία διασταύρωσης τοίχων, ανάλογα με την φορά διεύθυνσης της εδαφικής κίνησης ο ένας τοίχος καταπονείται εντός του επιπέδου του και ο άλλος εκτός. Λόγω της διαφοράς δυσκαμψίας που έχουν ο φορτιζόμενος εκτός του επιπέδου συχνά ρηγματώνεται και τείνει να αποκολληθεί από τον άλλο. Στοιχεία που ενισχύουν την κιβωτιοειδή λειτουργία του συνόλου μπορούν εν μέρει να αποτρέψουν την αποκόλληση.



**Εικόνα 4.14** Βλάβες σε διασταυρούμενους τοίχους.<sup>82</sup>

<sup>81</sup> (Tolles, Kimbro and Ginell 2002)

<sup>82</sup> (Tolles, Kimbro and Ginell 2002)

## 5. Επεμβάσεις - ενισχύσεις

### 5.1 Συνήθεις επισκευές-επεμβάσεις στην περιοχή έρευνας

Οι περισσότερες ενισχύσεις και επεμβάσεις στις ωμοπλινθοδομές αν μπορεί κανείς να κρίνει από την όψη και το τελικό αισθητικό αποτέλεσμα, πραγματοποιήθηκαν ως έκτακτη επέμβαση - άμεσο μέτρο προστασίας μετά από κάποιο σεισμικό γεγονός. Με τα μέσα και την πληροφόρηση που υπήρχε στην χώρα, η χρήση του σκυροδέματος ως υλικό ικανό να βελτιώσει την συμπεριφορά των κτιρίων αποτελούσε μονόδρομο.



*Εικόνα 5.1 Στρώση τσιμεντοκονιάματος επί ωμοπλινθοδομής.*

Την πιο συνηθισμένη περίπτωση επέμβασης στις περιοχές που έγινε η έρευνα αποτελεί η «ενίσχυση» των τοίχων με ελαφρώς ωπλισμένο τσιμεντοκονίαμα εφαρμοσμένο και στις δύο πλευρές τους. Κάποιο ελαφρύ μεταλλικό πλέγμα (κατά συντριπτική πλειονότητα το κοινό κοτετσόσυρμα) στερεώνεται με πρόκες ανά συγκεκριμένες αποστάσεις στην επιφάνεια των ωμοπλινθοδομών και στην συνέχεια επικαλύπτεται με μια στρώση τσιμεντοκονιάματος. Αυτή η πρακτική κατά πάσα πιθανότητα, πραγματοποιούνταν μετά την εμφάνιση ρωγμών που οφείλονταν σε σεισμική διέγερση. Το αποτέλεσμα της επέμβασης αυτής από μηχανικής άποψης εξαρτάται ουσιαστικά από την διεπιφάνεια που διαμορφώνεται μεταξύ της πλινθοδομής και του ωπλισμένου επιχρίσματος. Η πρόσφυση χρώματος - τσιμεντοκονιάματος είναι προβληματική για αυτό παρατηρούνται πολλές αποκολλήσεις και διαχωρισμός των υλικών. Τέλος, η σοβαρότερη και πιο άμεση επίπτωση

αυτής της πρακτικής σχετίζεται με την υγρασία και τον ενδεχόμενο εγκλωβισμό της στο εσωτερικό του τοίχου.



*Εικόνες 5.2, 5.3 & 5.4 Μεταλλικό πλέγμα για την εφαρμογή στρώσης επιχρίσματος, αυτοσχέδιο (αριστερά), κοτετσόσυρμα (κέντρο) και εφαρμογή guinite (δεξιά).*

Ακόμη η χρήση οριζόντιων διαζωμάτων από ωπλισμένο σκυρόδεμα εφαρμόστηκε επίσης αρκετά στις ωμοπλινθοδομές. Η ευμενής κατανομή φορτίων που προσφέρουν δικαιολογεί την υπαρξή τους αλλά, το μεγάλο ζήτημα είναι το μεγάλο βάρος τους και κυρίως το κατά πόσο θα έχουν συναρμογή με την υποκείμενη τοιχοποιία δηλαδή, το αν μπορούν τα δύο αυτά υλικά να συνεργαστούν και αν ναι με τι είδους βλήτρα, διότι υπάρχει ο κίνδυνος της διάρρηξης των ωμοπλίνθων.



*Εικόνα 5.5 Γλιθινή οικία στην Κάτω Αχαΐα. (Φωτογραφία: Βασιλική Τσακνάκη)*

Τέλος, η προσθήκη εξωστών από οπλισμένο σκυρόδεμα πέραν της προφανούς έκκεντρης φόρτισης που προσθέτει στον υποκείμενο τοίχο, οδηγεί σε προβλήματα υγρασίας η οποία εγκλωβίζεται στην στήριξη του εξώστη και οδηγείται στο εσωτερικό.



*Εικόνα 5.6 Εξώστες ω.σ. σε πλιθινη διπλή κατοικία με εμφανές πρόβλημα υγρασίας.*

## 5.2 Επεμβάσεις προτεινόμενες στην βιβλιογραφία

### 5.2.1 Ενέματα

Η εισαγωγή ενεμάτων στο εσωτερικό της τοιχοποιίας με σκοπό την πλήρωση ρωγμών και κενών αποτελεί συνήθη και αποτελεσματική (μη αναστρέψιμη) τεχνική για την βελτίωση της συμπεριφοράς της, χωρίς να αλλοιώνεται η εξωτερική μορφή της. Είναι προφανές ότι η αποδοτικότητα της μεθόδου είναι αντιστρόφως ανάλογη της αρχικής ποιότητας δόμησης του τοίχου. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των κενών τόσο σημαντικότερη θα είναι η επίδραση στα χαρακτηριστικά του τοίχου πληρώνωντάς τα.

Τα ενέματα διακρίνονται σε πολυμερή (προερχόμενα από οργανικά υλικά, μη συμβατά με τα παραδοσιακά υλικά δόμησης) και υδραυλικά (ανόργανα, με χαρακτηριστικά παρόμοια των λιθοδομών). Το ένεμα εισέρχεται στον τοίχο, έπειτα από εξειδικευμένες εργασίες (καθαρισμός, αρμολόγημα, διάνοιξη κατάλληλων οπών κ.α.), είτε υπό πίεση είτε παλαιότερα με την βαρύτητα. Ενώ τα υδραυλικά ενέματα, σε αποκαταστάσεις ιστορικών κτιρίων προκρίνονται στην συντριπτική πλειοψηφία, στην περίπτωση των ωμοπλινθοδομών η χρήση τους ενέχει πολλά προβλήματα.

Το κυριότερο πρόβλημα είναι ότι λόγω της φύσης των υλικών που είναι από χώμα οι ρωγμές και ασυνέχειες έχουν πολύ μικρό ονομαστικό εύρος<sup>83</sup> και επομένως η εξασφάλιση της διεισδυτικότητας των ενεμάτων είναι πολύ δύσκολη, καθώς δημιουργείται έμφραξη κατά την εφαρμογή τους. Επιπλέον προβλήματα παρουσιάζονται λόγω της απορρόφησης του νερού από το χωμάτινο υλικό, γεγονός που επηρεάζει άμεσα τη ρευστότητα του μίγματος και τη δυνατότητα του ενέματος να κινηθεί εντός της τοιχοποιίας. Η μέχρι

---

<sup>83</sup> (Miltiadiou-Fezans and Tassios 2022)

σήμερα έρευνα για το θέμα των ενεμάτων «ομογενοποίησης» είναι σχετικά μικρή. Δεν έχει ακόμη γίνει συστηματική έρευνα για μια τέτοια προσέγγιση, που θα απαιτούσε την ανάπτυξη ειδικών ενεμάτων υψηλής διεισδυτικότητας σε ρωγμές πολύ μικρού εύρους ( $\ll 0,1$  χιλιοστού), πολύ πιο μικρού από αυτό που συνήθως λαμβάνεται υπόψη για τις λιθοδομές (0,1-0,5 χιλιοστού). Στη βιβλιογραφία που μελετήθηκε φαίνεται ότι επί του παρόντος, οι ερευνητές επικεντρώνονται κυρίως στη χρήση της τεχνικής αυτής για την πλήρωση συγκεκριμένων ρωγμών

Και σε αυτές τις περιπτώσεις όμως, η είσοδος νερού μειώνει τις αντοχές των πλίνθων και αν τυχόν υπάρχει στο χωμάτινο υλικό μοντμοριλλονίτης μπορεί να παρουσιασθούν φαινόμενα διόγκωσης.

Για το λόγο αυτό απαιτείται ο έλεγχος των συστατικών που αποτελούν το εδαφικό υλικό που έχει χρησιμοποιηθεί στις πλίνθους και στο κονίαμα, πριν την όποια προσπάθεια εφαρμογής ενεμάτων για την πλήρωση ρωγμών και κενών.

Επιπλέον, οι έρευνες έχουν λάβει επίσης υπόψη τους ότι η παραμορφωσιακή συμπεριφορά των συνήθων τριμερών ή των ενεμάτων υδραυλικής ασβέστου διαφέρει κατά πολύ αυτή της ωμοπλινθοδομής σε στατικές, δυναμικές και θερμοκρασιακές φορτίσεις, ιδιαίτερα λαμβάνοντας υπόψη την πραγματική αντοχή του ενέματος μετά την απορρόφηση του πλεονάζοντος νερού, που βεβαίως είναι διαφορετική από αυτή που μετράται στο υλικό. Ιδιαίτερα συνθέσεις με βάση τον υδραυλικό ασβέστη ή το τσιμέντο (το οποίο γενικά αποφεύγεται) είναι αρκετά ισχυρότερες από τα πλιθιά και από το κονίαμα των αρμών. Τέλος μετά την απορρόφηση του πλεονάζοντος νερού ιδιαίτερα σε μη σταθερές συνθέσεις, το εισαγόμενο υλικό μπορεί να έχει χαμηλό πορώδες, και να δρα σαν φράγμα στην φυσική κυκλοφορία της υγρασίας διακόπτοντας την μεταφορά των υδρατμών.

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, έγιναν έρευνες για τη σύνθεση ενεμάτων με βάση τον πηλό ως μια πιο κατάλληλη λύση στην επισκευή ωμοπλινθοδομών. Σε αυτή τη λογική, οι έρευνες εστιάζουν στην προσθήκη ή μη, σταθεροποιητών στην σύνθεση. Τα σταθεροποιημένα ενέματα, συχνά περιέχουν γύψο, ασβέστη, τσιμέντο ή ιπτάμενη τέφρα. Από τα παραπάνω (τους σταθεροποιητές δηλαδή) εξαρτάται η σκλήρυνση και η αντοχή του ενέματος σε αντίθεση με τα μη σταθεροποιημένα τα οποία εξαρτώνται πλήρως από τις ιδιότητες της αργίλου. Όπως προαναφέρθηκε η διαδικασία εφαρμογής ενεμάτων ομογενοποίησης όπως γίνεται συνήθως στις λιθοδομές δεν εφαρμόζεται στην περίπτωση των πλινθοδομών, αφενός λόγω των προβλημάτων ενεσιμότητας που προαναφέρθηκαν, αλλά και γιατί πολλές φορές επί της ουσίας δεν υπάρχουν τέτοια κενά στον πυρήνα της τοιχοποιίας. Οι ενέσεις γίνονται με σκοπό την πλήρωση συγκεκριμένων ρωγμών ή

εσωτερικών κοιλοτήτων, που προσεγγίζονται συνήθως μέσω των ρωγμών. Άρα δεν ακολουθείται η χάραξη κάρναβου για τις θέσεις των σωληνίσκων, αυτοί τοποθετούνται στις τροχιές των ρωγμών ή σε θέσεις που αντιστοιχούν σε γνωστές εσωτερικές κοιλότητες ή ασυνέχειες.

Οι (Silva, et al. 2012) στην εκτενή μελέτη τους για τα χαρακτηριστικά των μη σταθεροποιημένων πηλοενεμάτων, επισημαίνουν ότι επιβάλλεται να περιοριστεί η συστολή ξήρανσης προκειμένου να αποκαθίσταται όντως η συνέχεια στις περιοχές των ρωγμών. Αυτό πρέπει να εξεταστεί λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η αύξηση του ποσοστού της αργίλου μειώνει την ρευστότητα του ενέματος.

Οι (Blondet, Vargas-Neumann and Groenenberg 2012) διερευνούν την δυνατότητα επισκευής των ωμοπλινθοδομών με την εφαρμογή ενεμάτων με βάση τον πηλό. Εκτελούν πείραμα, σε τετραγωνικής κάτοψης ισόγειο κτίσμα πλευράς 3.25 (m) και πάχος τοίχου 0.25 (m), όπου εφαρμόζουν οριζόντια φόρτιση έως την μείωση της αρχικής του δυσκαμψίας κατά 80% (η μείωση αυτή έγινε σε δύο φάσεις φόρτισης). Έπειτα οι ρωγμές πληρώνονται με το πηλοένεμα (στις μικρού πάχους ρωγμές γίνεται κατάλληλη διάνοιξη και εφαρμογή λεπτού στρώματος σιλικόνης χειρωνακτικά) και το κτίσμα υποβάλλεται ξανά σε διέγερση. Η δυσκαμψία ανακτάται μόνο σε ποσοστό 30% της αρχικής, οι συγγραφείς όμως υπογραμμίζουν ότι ίσως χρειαζόνταν περαιτέρω ενίσχυση του διαζώματος στην στέψη καθώς η αστοχία του απέτρεψε το κτίριο από το να λειτουργήσει σαν «κουτί».



*Εικόνες 5.7 & 5.8: Το αρχικό και το επισκευασμένο μοντέλο των (Blondet, Vargas-Neumann and Groenenberg 2012)*

Οι (Illampas, Silva, et al. 2017) υποστηρίζουν ότι τα μη σταθεροποιημένα ενέματα είναι συμβατά με τις ωμοπλινθοδομές (που είναι κατασκευασμένες από πλίνθια χωρίς σταθεροποιητές). Στο σχετικό πείραμα, όπου ένα ισόγειο κτίσμα σε κλίμακα 1:2

διαστάσεων 1.75 × 3.60 (m) υποβλήθηκε σε ανακυκλιζόμενη φόρτιση πριν και μετά την εφαρμογή ενεμάτων φάνηκε το ευεργετικό αποτέλεσμα τους σε δομήματα που έχουν υποστεί βλάβες.



*Εικόνες 5.9 & 5.10 Αριστερά: Εφαρμογή ενεμάτων στα σημεία που έχουν υποστεί βλάβες. Δεξιά: Τοποθέτηση σωληνίσκων κατά μήκος της ρωγμής<sup>84</sup>.*

Το ένεμα περιείχε χώμα (κοσκινισμένο  $d < 0.18\text{mm}$ ), ασβέστη ( $d < 0.025\text{mm}$ ) και για την βελτίωση της ρευστότητας εξαμεταφωσφορικό νάτριο (διαλυτικό προκειμένου να μειώσει το ιξώδες, 5 gr ανά kg ενέματος). Τοποθετήθηκαν σωληνάκια κατά μήκος της ρωγμής ανά 50-100 mm. Με σύριγγα έγινε η έκχυση του υλικού στα κατώτερα σωληνάκια μέχρις ότου υπερχειλίσει σε ανώτερο. Η ενεμάτωση επανάφερε τη μονολιθική συμπεριφορά του υλικού, βελτίωσε τη σύνδεση ξύλινων στοιχείων με την υπόλοιπη τοιχοποιία (π.χ. έδραση στέγης) καθώς και τη σύνδεση των τοίχων μεταξύ τους.

Αναφορικά με τα σταθεροποιημένα ενέματα, οι (Parayanni and Pachtla 2017) σε τοιχίσκους από πλιθιά (30×15×10cm) προερχόμενα από τον οικισμό του Ζωγράφου στην χερσόνησο της Χαλκιδικής, εφάρμοσαν ενέματα με βάση τον πηλό (ίδιας προέλευσης). Αναφέρουν ότι οι σταθεροποιητές (ποζολάνη, ασβέστης και ειδικά το τσιμέντο) βελτιώνουν σημαντικά την αντοχή και τις υπόλοιπες ιδιότητες του ενέματος. Παρατηρήθηκε ανάκτηση της αρχικής αντοχής έως και 98.5%.

---

<sup>84</sup> (Illampas, Silva, et al. 2017)



*Εικόνες 5.11 & 5.12 Τοποθέτηση των ενεμάτων στους τοιχίσκους με πιστόλι σιλικόνης (αριστερά) και με την βαρύτητα (δεξιά)<sup>85</sup>.*

Η ως άνω σύντομη παρουσίαση της βιβλιογραφίας, τεκμηριώνει ότι η χρήση ενεμάτων για την επισκευή των ρωγμών στις πλίνθινες κατασκευές μπορεί να θεωρηθεί μια πολύ σημαντική τεχνική επισκευής των κατασκευών αυτών.

## 5.2.2 Διαζώματα

Η ύπαρξη διαζωμάτων στις κατασκευές από τοιχοποιία ενισχύει και βελτιώνει την συμπεριφορά του συνόλου, εξασφαλίζοντας την συνεργασία όλων των πλευρών του κτιρίου διανέμοντας τα φορτία. Στην χώρα μας η χρήση ξύλινου διαζώματος στο ύψος της στέψης ή/και σε στάθμες πατωμάτων, πρεκιών είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τις χωμάτινες κατασκευές<sup>86</sup>. Όταν τα κτίρια υποστούν βλάβες και οι ξυλοδεσιές χάσουν την συνέχεια τους (διακόπτεται έτσι και η ευμενής λειτουργία τους) επιβάλλεται η αντικατάστασή τους, εργασία που ενέχει μεγάλης δυσκολίας για πρακτικούς (οικοδομικούς) λόγους. Στην περίπτωση του διαζώματος της στέψης όμως, επειδή συχνά γίνεται και επισκευή της της στέγης, είναι αρκετά πιο προσιτή η κατασκευή ενός νέου διαζώματος συνήθως από ξύλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα. Για το διάζωμα οπλισμένου σκυροδέματος η μεγάλη διαφορά στην δυσκαμψία συγκριτικά με τους τοίχους προβληματίζει, καθώς και η διαμόρφωση της σύνδεσης μεταξύ τους.

---

<sup>85</sup> (Papayanni and Pachta 2017)

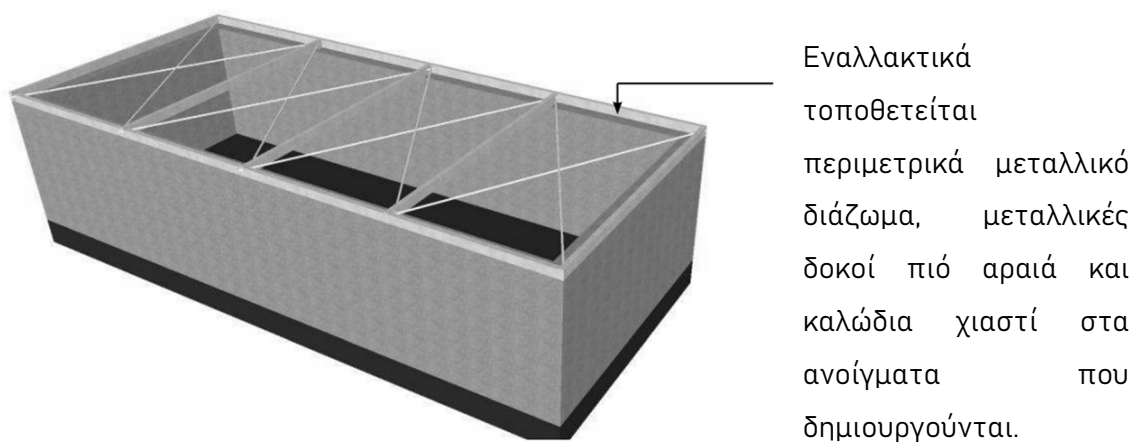
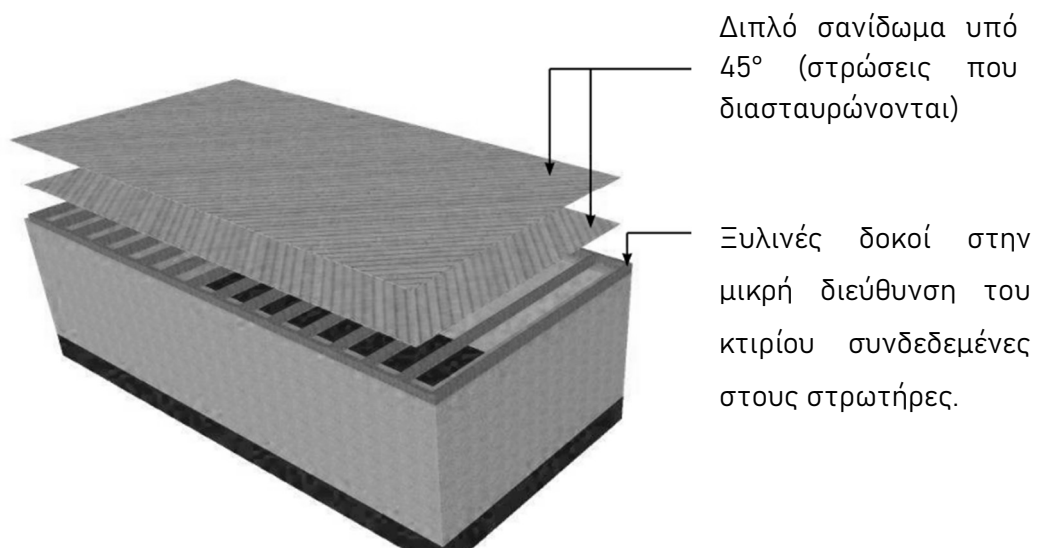
<sup>86</sup> Η έννοια του διαζώματος ταυτίζεται στην παραδοσιακή δόμηση με την χρήση ξυλοδεσιών.



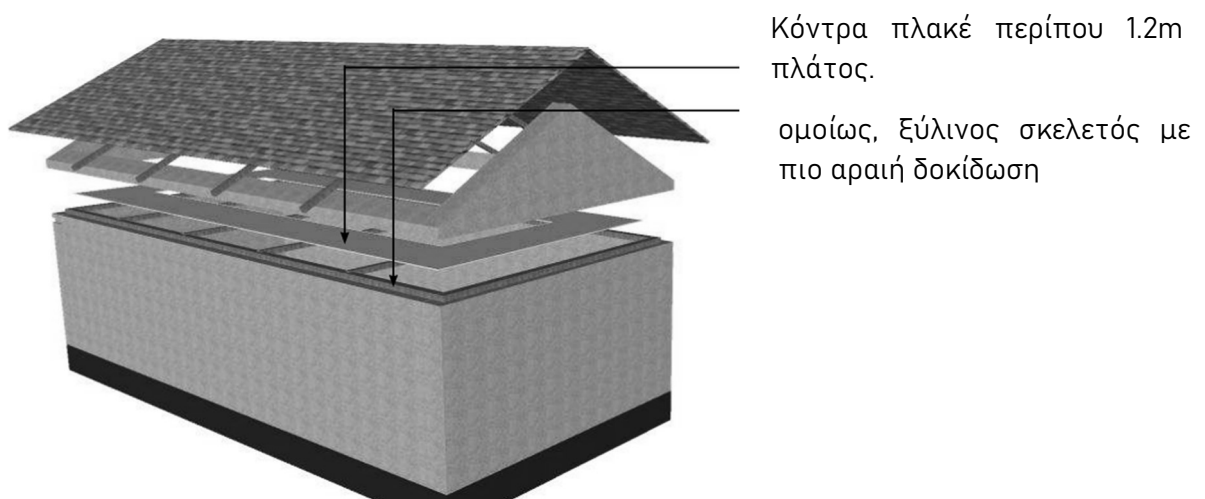


### 5.2.3 Διαφραγματοποίηση

Για ευμενέστερη κατανομή της σεισμικής φόρτισης, την ενεργοποίηση δηλαδή και των εγκάρσιων στην σεισμική διέγερση πλευρών του κτιρίου, απαραίτητη επέμβαση είναι η κατασκευή διαφράγματος στις κατάλληλες στάθμες. Στην χώρα μας συχνά τέτοιες επεμβάσεις έγιναν με πλάκα ω.σ. αλλά κάτι τέτοιο δεν ενδείκνυται για την περίπτωση των ωμοπλινθοδομών, όπου προτιμότερα είναι οι ξύλινοι ή μεταλλικοί φορείς. Ανάλογα την δυσκαμψία του διαφράγματος αυτό προσφέρει ολική ή μερική διαφραγματική λειτουργία.



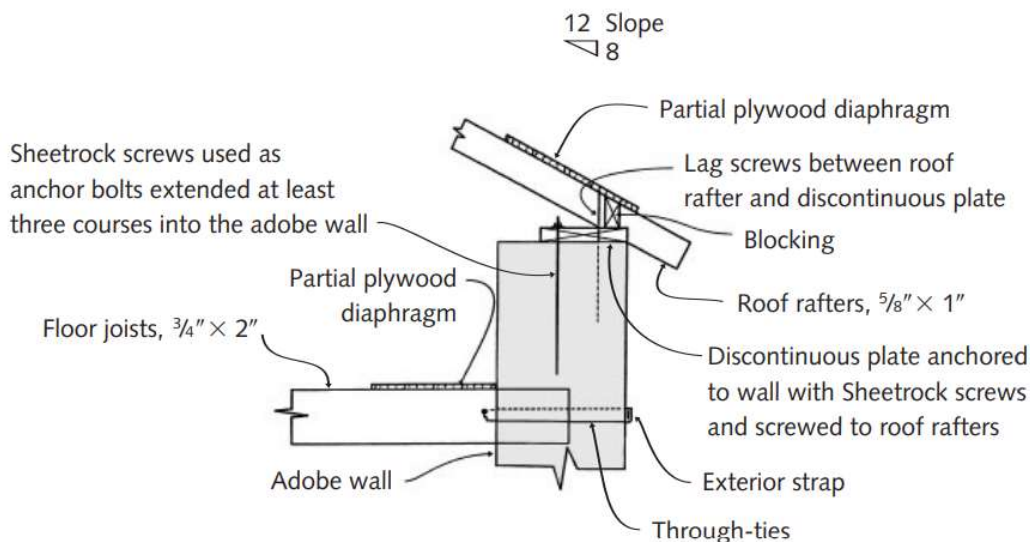
*Εικόνα 5.13 Ολική διαφραγματοποίηση οριζόντιων φερόντων στοιχείων<sup>87</sup>*



*Εικόνα 5.14 Μερική διαφραγματοποίηση οριζόντιων φερόντων στοιχείων.<sup>88</sup>*

<sup>87</sup> (Michiels 2014)

<sup>88</sup> (Michiels 2014)



*Εικόνα 5.15* Λεπτομέρεια μερικού διαφράγματος.<sup>89</sup>

#### 5.2.4 Εξωτερικά πλέγματα

Σε ένα τόσο ψαθυρό υλικό όπως η ωμοπλινθοδομή οι έρευνες είναι επόμενο να εστιάζουν στην αύξηση της παραμορφωσιμότητας και την βελτίωση της εκτός επιπέδου συμπεριφοράς.

Από την δεκαετία του '90 τα ερευνητικά προγράμματα του Ινστιτούτου Getty<sup>90</sup>, τα οποία μέχρι και σήμερα αποτελούν την πιο ενδελεχή και εμπειριστατωμένη μελέτη για την συμπεριφορά και την ενίσχυση των πλίθινων κατασκευών, προτείνουν οριζόντιους και κάθετους ιμάντες από νάιλον σε συνδυασμό με ξύλινο (ολικό ή μερικό) διάφραγμα .

Την ίδια περίπου περίοδο στο Pontifical Catholic University of Peru γίνονται έρευνες που περιλαμβάνουν πλέγμα από συγκολλητά καλώδια στις γωνίες του κτιρίου και στην στέψη τα οποία εφαρμόζονται με μείγμα τσιμέντου και ψιλής άμμου, λύση που για μικρούς σεισμούς είχε αποδεκτά αποτελέσματα.

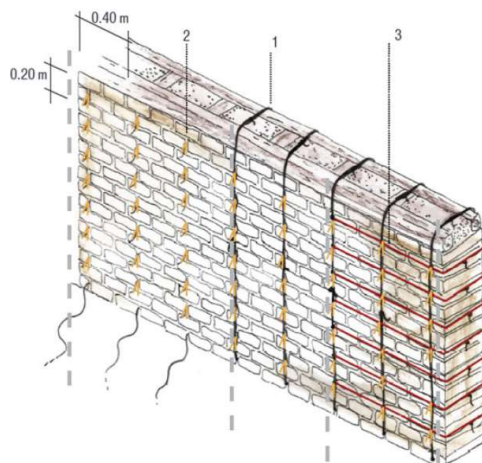
Την επόμενη δεκαετία στο PUCP η έρευνα επικεντρώθηκε στην χρήση βιομηχανικών υλικών και προτάθηκε η εφαρμογή, εσωτερικά και εξωτερικά, γεωπλέγματος με τελική επίστρωση κονιάματος. Εναλλακτικά προτάθηκε η χρήση καλαμιών (σε κάθετη διάταξη ανά 0.4m) συνδεδεμένα οριζοντίως με σχοινί ανά 0.3m.

Πιο πρόσφατα εξετάστηκε η συμπεριφορά πλέγματος εξ ολοκλήρου από συνθετικό σχοινί (διαμέτρου  $\approx 4\text{mm}$ ) σε συνδυασμό με ξύλινο διάζωμα. Αρχικά ένα μη ενισχυμένο μοντέλο

<sup>89</sup> (Tolles, Kimbro and Ginell 2002)

<sup>90</sup> Το Ερευνητικό Ινστιτούτο Getty, είναι ιδιωτικό ίδρυμα με έδρα το Λος Άντζελες της Καλιφόρνια ιδρυτής του οποίου βιομήχανος *Jean Paul Getty*

υποβλήθηκε σε μέτριας έντασης σεισμική διέγερση και στην συνέχεια ενισχύθηκε σύμφωνα με τα παραπάνω αφού πρώτα επισκευάστηκαν οι ρωγμές με (υγρό) πηλό. Σε επόμενη ισχυρότερη διέγερση, έγινε φανερός ο περιορισμός των μετακινήσεων και η επαρκής σύνδεση τοίχων και στέγης λόγω του διαζώματος.



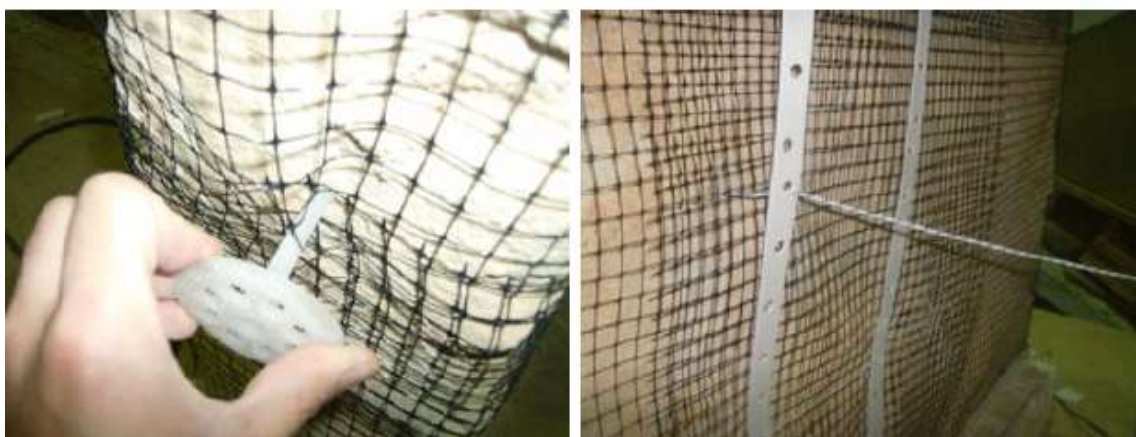
*Εικόνα 5.16 Ενίσχυση με πλέγμα από σχοινί (νάιλον).<sup>91</sup>*

Στην ίδια λογική οι (Figueiredo, et al. 2013) μεταξύ άλλων, αφού κάνουν μια συνοπτική ιστορική αναδρομή στην χρήση πλεγμάτων<sup>92</sup> για την βελτίωση της συμπεριφοράς των ωμοπλινθοδομών, με άξονες το χαμηλό κόστος, την προσβασιμότητα των υλικών καθώς και την απαίτηση για ένα υλικό το οποίο δεν είναι επιρρεπές στην διάβρωση προκειμένου να μην επιβαρύνει περαιτέρω τον χωμάτινο τοίχο, προτείνουν την εφαρμογή πλαστικού πλέγματος εφελκυστικής αντοχής 9 MPa εκατέρωθεν του τοίχου. Επιπλέον τοποθετούνται λεπτές λωρίδες από πλαστικό στις γωνίες και την βάση του τοίχου οι οποίες συνδέονται με βύσματα με κυκλική κεφαλή ανά τακτές αποστάσεις. Το πείραμα σε τοίχο σχήματος διπλού ταύ σε πραγματικό μέγεθος είχε ενθαρρυντικά αποτελέσματα για την εφαρμογή της μεθόδου. Πιο συγκεκριμένα αυξήθηκε κατά 23.4% η διατμητική αντοχή και σχεδόν τριπλασιάστηκε την ικανότητα παραμόρφωσης.

---

<sup>91</sup> Η πρόταση ενίσχυσης που αναφέρεται εδώ καθώς και σκαριφήματα προτάσεων αντιμετώπισης βασικών προβλημάτων των ωμοπλινθοδομών αναφέρονται στο (Fichas para la reparación de viviendas de adobe 2014)

<sup>92</sup> Με την οποία καταδεικνύουν γενικά την αποτελεσματικότητα (μείωση της σεισμικής τρωτότητας) της εφαρμογής πλεγμάτων διαφόρων ειδών.



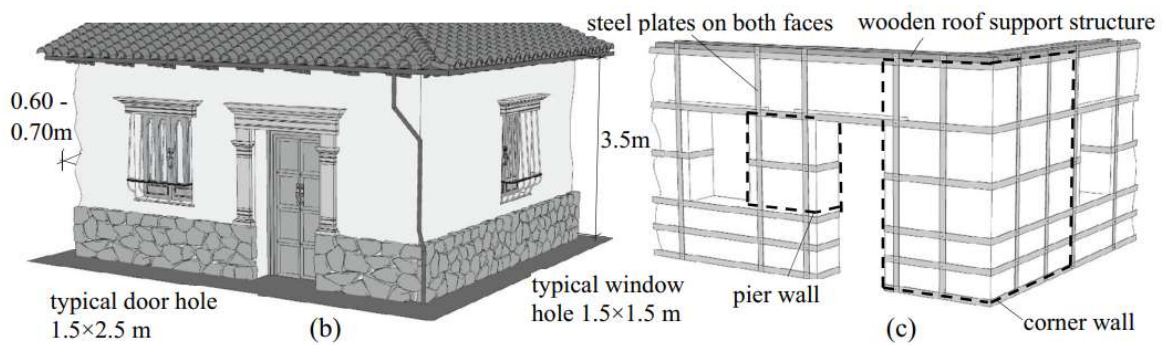
*Εικόνα 5.17 Εφαρμογή πλέγματος σε συνδυασμό με τις πλαστικές λωρίδες. Αριστερά διακρίνεται το πλαστικό βύσμα με την κυκλική κεφαλή.<sup>93</sup>*

### 5.2.5 Μεταλλικές λάμες

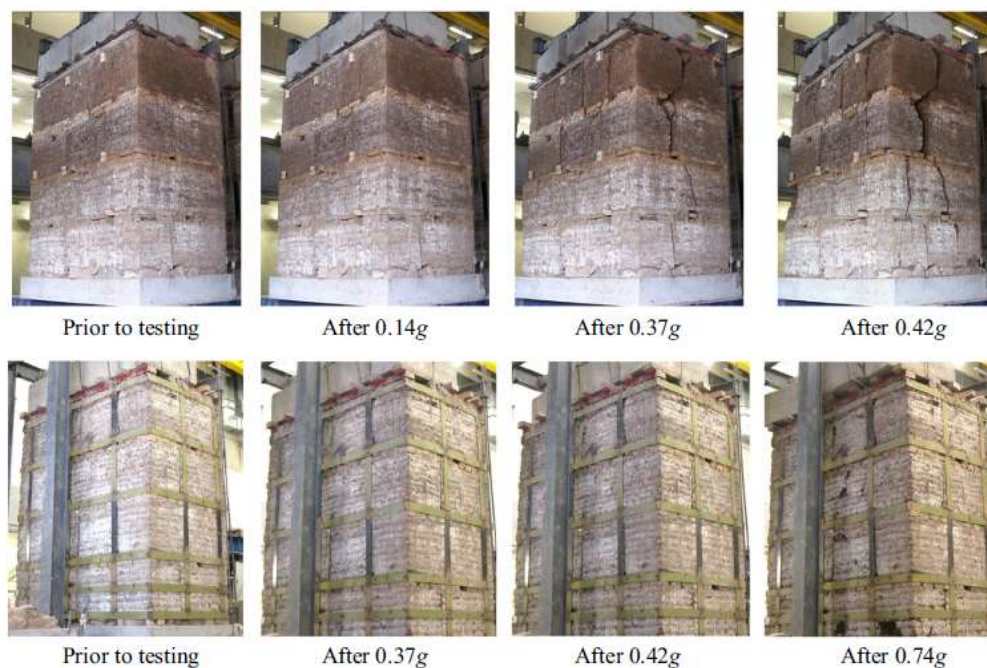
Οι (Reyes, et al. 2020) προτείνουν ως μέτρο βελτίωσης της συμπεριφοράς της τοιχοποιίας την εφαρμογή μεταλλικών λαμών (πάχους 6.35mm και πλάτους 101.6mm) και στις δύο διευθύνσεις με κατάλληλη διάταξη (μέγιστη απόσταση 1.2m). Η εσωτερική και εξωτερική παρειά συνδέονται με μεταλλικές ράβδους διαμέτρου 9.53mm ανά 0.6m. Μετά από πειράματα σε πεσσούς αλλά και σε τμήματα εγκάρσιων τοίχων πραγματικού μεγέθους τα αποτελέσματα είναι αρκετά ικανοποιητικά: αύξηση έως και 60% της ικανότητας εκτός και εντός επιπέδου αποφεύγοντας τις καταρρεύσεις ακόμα και σε μεγάλες τιμές σεισμικής επιτάχυνσης (1.74g στην κορυφή). Οι ερευνητές σημειώνουν ότι παρά την ασυμβατότητα των πλινθοδομών με το μέταλλο, οι διατομές των λαμών είναι αρκετά μικρές, οι ράβδοι σύνδεσης τοποθετούνται ανά μεγαλύτερες αποστάσεις συγκριτικά με άλλες μεθόδους ενίσχυσης και μπορούν τα κτίρια μετά την εφαρμογή επιχρίσματος να επαναφερθούν στην αρχική μορφή. Δεν παύει όμως να αποτελεί την πιο παρεμβατική τεχνική από τις παραπάνω τεχνικές και την πιο «απομακρυσμένη» από τις αποδεκτές πρακτικές αποκατάστασης μνημείων.

---

<sup>93</sup> (Figueiredo, et al. 2013)



**Εικόνα 5.18** Τυπική χωμάτινη κατασκευή (αριστερά) και σχηματική απεικόνιση της μεθόδου επέμβασης (Reyes, et al. 2020).



**Εικόνα 5.19** Η εικόνα των των τοίχων με ενισχύσεις από ξύλινα διαζώματα (πάνω) ή μεταλλικές λάμες (κάτω) που υποβλήθηκαν σε διέγερση από τους (Reyes, et al. 2020).

## 5.2.6 Αύξηση της υδροφοβικότητας

Με σκοπό την προστασία από την υγρασία, χρησιμοποιούνται υλικά επάλειψης τα οποία περιέχουν νανοσωματίδια<sup>94</sup> που έχουν την δυνατότητα να πληρώνουν όλα τα κενά και τις αμυχές στην επιφάνεια που τοποθετούνται. Σε αυτή την λογική, η επάλειψη με αδιαβροχοποιητικά υλικά στις ωμοπλινθοδομές κρίνεται απαραίτητη λόγω της μεγάλης

<sup>94</sup> Ως νανοσωματίδιο εννοείται μια σφαιρική δομή διάστασης  $10^{-9}$ m.

ευπάθειας στην υγρασία. Πειράματα<sup>95</sup> έδειξαν την ευεργετική δράση της επάλειψης με λινέλαιο<sup>96</sup> και siloxane<sup>97</sup> με nanosilica<sup>98</sup> σε τοιχίσκους ωμοπλίνθων.



*Εικόνες 5.20 & 5.21 Δοκιμή απορρόφησης σταγόνας μετά από επάλειψη με λινέλαιο (αριστερά) και siloxane με nanosilica (δεξιά).<sup>99</sup>*

---

<sup>95</sup> (Καψιμάνη 2016)

<sup>96</sup> Φυτικό έλαιο που παράγεται από το φυτό λινάρι.

<sup>97</sup> Σύνηθες λιπαντικό, πολυμερές.

<sup>98</sup> Νανοπυρίτιο ή αλλιώς σκόνη χαλαζία.

<sup>99</sup> (Καψιμάνη 2016)

## 6. Υπολογιστική προσέγγιση

### 6.1 Περιπτωσιολογική μελέτη

Προκειμένου να διερευνηθεί και υπολογιστικά/αναλυτικά η συμπεριφορά των κατασκευών από ωμοπλινθοδομή με χρήση λογισμικού πεπερασμένων στοιχείων αναζητήθηκε ένα παράδειγμα κτιρίου μιας από τις τυπολογίες που παρατηρήθηκαν (ορθογώνια κάτοψη, ισόγειο από λιθοδομή και ο όροφος από πλινθοδομή) στην έρευνα. Επιλέχθηκε ένα κτίριο χαρακτηρισμένο ως μνημείο που βρίσκεται στο Γαλαξίδι, περιοχή στην οποία ευρύτερα συναντώνται πλινθόκτιστα κτίρια. Για το εν λόγω κτίριο παραχωρήθηκε από την Υπηρεσία Νεωτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Δυτικής Ελλάδας, Πελοποννήσου και Νοτίου Ιονίου η αποτύπωση. Τα σχέδια της αποτύπωσης χρησιμοποιήθηκαν σαν υπόβαθρο για τις γενικές διαστάσεις, ενώ κατασκευαστικές λεπτομέρειες και ορισμένα σημεία συμπληρώθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Στην βόρεια ακτή του Κορινθιακού κόλπου, στην τοποθεσία του αρχαίου Χάλειου, κτισμένο σε χερσόνησο που δημιουργεί δύο φυσικά λιμάνια, το Γαλαξίδι ανέπτυξε από την αρχαιότητα την ναυτική του ταυτότητα. Η γεωμορφολογία της περιοχής που μάλλον οδήγησε στην απουσία δρόμων έως το 1963 που ολοκληρώθηκε ο δρόμος Ιτέας - Ναυπάκτου, έδωσε νησιωτικά χαρακτηριστικά στον οικισμό και ταυτόχρονα έπαιξε μεγάλο ρόλο στην διατήρησή του.

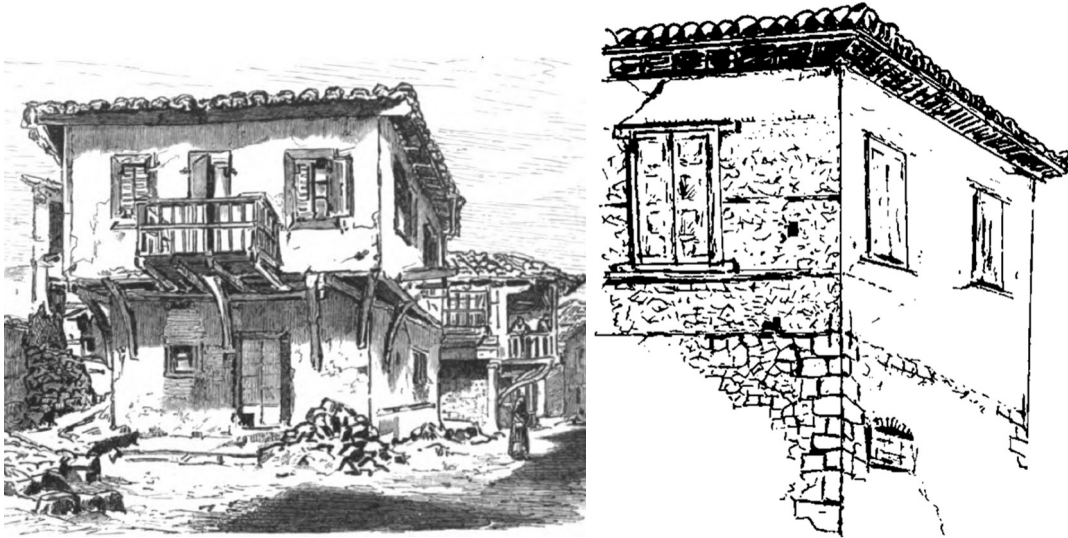


*Εικόνα 6.1 Το Γαλαξίδι από ψηλά (πηγή: [web-greece.gr/destinations/galaxidi-fokida](http://web-greece.gr/destinations/galaxidi-fokida)).*

Για τα Γαλαξιδιώτικα κτίρια χαρακτηριστική είναι η περιγραφή του περιηγητή Ludwig Salvator το 1876:



«Τα σπίτια... τα περισσότερα τετραγωνικά και χτισμένα με πέτρα... μερικά μόνον έως το πρώτο πάτωμα, με σιδεροδεσιές στις γωνίες, άλλα πιο πάνω είναι χτισμένα με άχυρο και λάσπη και με κομμάτια ξύλο, καλή κατασκευή για τους σεισμούς από τους οποίους συχνά υποφέρει η περιοχή. Το πάνω μέρος συνήθως είναι αρκετά ψηλό και συχνά ασβεστωμένο ενώ το κάτω είναι καμωμένο όλο από πέτρα ή έχει πέτρα στα πλευρά και μένει ακατέργαστη...»<sup>100</sup>



Εικόνες 6.2 & 6.3: Αριστερά: απεικόνιση του Ludwig Salvator<sup>101</sup>. Δεξιά: σκίτσο κτιρίου με πλινθόκτιστο όροφο στο Γαλαξίδι.<sup>102</sup>

### 6.1.1 Περιγραφή κτιρίου

Το κτίριο που προσομοιώθηκε αποτελεί τυπικό δείγμα της Γαλαξιδιώτικης αρχιτεκτονικής. Πρόκειται για ορθογωνικής κάτοψης κατασκευή με πλευρές 12.4×8.6m και ύψους τοιχοποιίας 9.15m. Διαρθρώνεται σε τρία επίπεδα (ισόγειο, μεσόροφος και όροφος), το ανώτερο από τα οποία είναι κατασκευασμένο από ωμοπλινθοδομή. Ο μεσόροφος καταλαμβάνει το μισό περίπου της συνολικής κάτοψης. Στην ψηλότερη στάθμη του το κτίριο διαθέτει πλούσιο ζωγραφικό διάκοσμο σε όλους τους χώρους. Τα τρία επίπεδα επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ξύλινης κλίμακας. Οι εσωτερικοί τοίχοι του κτιρίου πλην αυτών του ισογείου είναι ξύλινοι. Τα πατώματα όπως και η στέγη αποτελούνται από μέλη πελεκητής ξυλείας, οι φορείς των οποίων γεφυρώνουν όπως είναι αναμενόμενο το άνοιγμα της μικρής πλευράς.

<sup>100</sup> Μετάφραση από τα γερμανικά: (Σταθάκη-Κούμαρη και Χαβιάρα 2013)

<sup>101</sup> Πηγή: (Eine Spazierfahrt im Golfe von Korinth 1876)

<sup>102</sup> Πηγή: (Γαλάξα 1993)

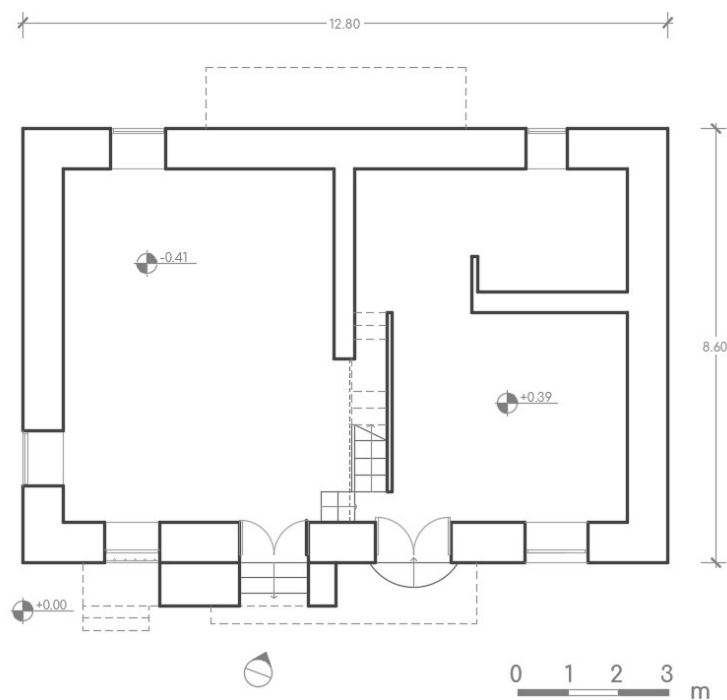
Οι όψεις του κτιρίου έχουν μεγάλο πλήθος ανοιγμάτων πλάτους 0.80-1.40 μέτρα τα οποία διατάσσονται με σχετική κανονικότητα καθ' ύψος. Οι λιθοδομές είναι επιχρισμένες πλην των εμφανών γωνιόλιθων του ισογείου. Τα σχέδια της αποτύπωσης βρίσκονται στο Παράρτημα Β' του παρόντος.



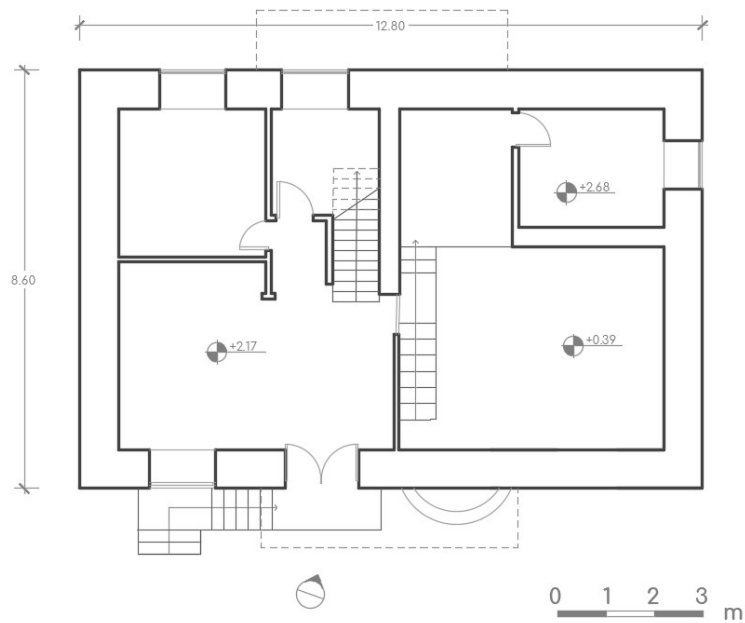
*Εικόνες 6.4 & 6.5 Η Νότια (αριστερά) και η Βόρεια (δεξιά) όψη.*



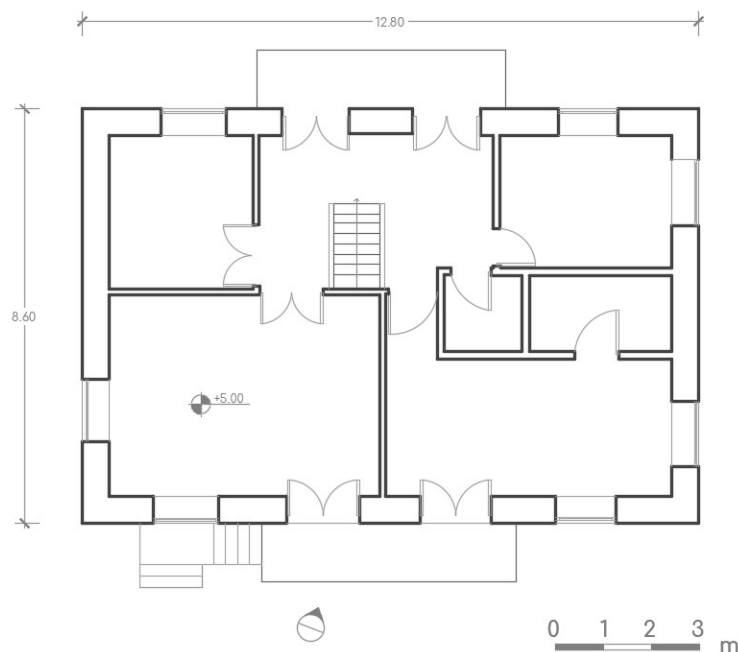
*Εικόνες 6.6 & 6.7 Δείγματα των οροφωγραφιών στον όροφο.*



*Εικόνα 6.8 Κάτοψη ισογείου.*



**Εικόνα 6.9** Κάτοψη μεσωρόφου.



**Εικόνα 6.10** Κάτοψη ορόφου.

### 6.1.2 Δεδομένα ανάλυσης

Για την προσομοίωση του κτιρίου με πεπερασμένα στοιχεία χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Acord (v6.2) της itech. Όπως αναφέρεται στην βιβλιογραφία (Asteris, et al. 2014)<sup>103</sup>, έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές περιπτώσεις και όπως αναγράφεται στον ΚΑΔΕΤ,

<sup>103</sup> Οι ερευνητές μεταξύ άλλων λαμβάνουν το μέτρο ελαστικότητας της πλινθοδομής  $E=600 \text{ MPa}$

οι τοίχοι θεωρήθηκαν επιφανειακά στοιχεία δύο διαστάσεων συνεχούς μέσου και τα ξύλινα μέλη (φορείς ή ξυλοδεσιές) γραμμικά. Η διακριτοποίηση των επιφανειακών μελών έγινε με τετραγωνικά στοιχεία μέγιστης διάστασης 0.45m, ενώ στις περιοχές που αναμένονταν συγκέντρωση τάσεων χρησιμοποιήθηκε πιο πυκνό πλέγμα πεπερασμένων στοιχείων. Τα ξύλινα μέλη θεωρήθηκαν αρθρωτά στα άκρα τους και οι τοίχοι πακτωμένοι στην βάση τους.

Οι παραδοχές που λήφθηκαν υπόψη για τη διαμόρφωση των επί μέρους συνδυασμών που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις έχουν ως εξής:

Φορτία:

### Μόνιμα (G)

Επικάλυψη στην στέγη με βυζαντινά κεραμίδια: 1.2 kN/m<sup>2</sup>

Ξύλινη οροφή: 0.15 kN/m<sup>2</sup>

Σανίδωμα πατωμάτων: 0.2 kN/m<sup>2</sup>

Μόνωση: 0.1 kN/m<sup>2</sup>

Στα μόνιμα φορτία συμπεριλαμβάνονται τα ίδια βάρη των υλικών.

### Μεταβλητά (Q,S)

Φορτίο χρήσης πατωμάτων: 2 kN/m<sup>2</sup>

Φορτίο χιονιού στην στέγη:  $s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.64 \text{ kN/m}^2$  όπου,

Χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού

$$S_k = S_{k,0} \left( 1 + \left( \frac{A}{917} \right)^2 \right) = 0.8 \text{ kN/m}^2 \text{ όπου,}$$

$S_{k,0}$  η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου στην στάθμη της θάλασσας, για το Γαλαξίδι ίσο με 0.8 kN/m<sup>2</sup>

A το υψόμετρο από τη στάθμη της θάλασσας ίσο με 5.3m

Συντελεστής μορφής φορτίου  $\mu = 0.8$

Συντελεστής έκθεσης  $C_e = 1$

Συντελεστής θερμότητας  $C_t = 1$

### Σεισμικά (Ex, Ey)

Τα σεισμικά φορτία λαμβάνονται υπόψη ομοιόμορφα κατανομημένα καθ' ύψος των τοίχων ακολουθώντας την κατανομή της μάζας του κτιρίου. Πάνω σε κάθε κόμβο των πεπερασμένων στοιχείων εφαρμόζονται σαν στατικά φορτία δυνάμεις ανάλογες τις μάζας που τους αντιστοιχεί.

### Φάσμα απόκρισης

Για τον επιμερισμό των επικόμβιων σεισμικών φορτίων χρησιμοποιείται το ελαστικό φάσμα απόκρισης σύμφωνα με τον ΕΚ 8-1 που το περιγράφουν οι παρακάτω σχέσεις:

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2.5 - 1) \right] \quad \text{για } 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \quad \text{για } T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{για } T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{για } T_D \leq T \leq 4 \text{ sec}$$

Όπου για την περίπτωση του κτιρίου λαμβάνονται οι τιμές:

Συντελεστής σπουδαιότητας  $\gamma=1$  (συνήθης σπουδαιότητα)

Ενεργός επιτάχυνση  $a_{gR}=0.24g$  (Ζώνη II)

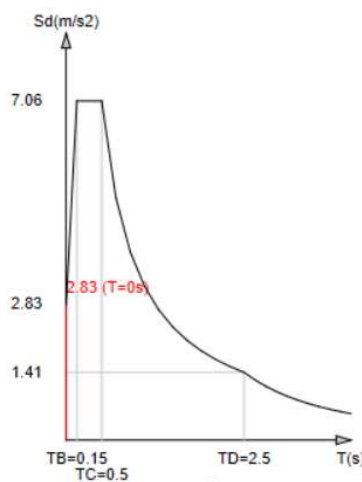
$$a_g = \gamma \cdot a_{gR} = 0.24g$$

Συντελεστής απόσβεσης  $\eta=1$  (για απόσβεση  $\zeta=5\%$ )

Συντελεστής εδάφους  $S=1.20$  (θεωρήθηκε έδαφος κατηγορίας Β).

Για αυτή την κατηγορία εδάφους οι τιμές των χαρακτηριστικών περιόδων είναι:

$$T_B=0.15 \text{ sec}, T_C=0.50 \text{ sec} \text{ και } T_D=2.50 \text{ sec}$$



**Εικόνα 6.11** Ελαστικό φάσμα (ΕΚ8-1) με τις παραπάνω τιμές.

Σημειώνεται εδώ ότι σύμφωνα με την παράγραφο 2.3 του ΚΑΔΕΤ «Στόχοι Αποτίμησης και Ανασχεδιασμού» για κτίρια συνήθους σπουδαιότητας που οικοδομήθηκαν προ του 1985<sup>104</sup> όπως αυτό που εξετάζεται στην παρούσα εργασία, δίνεται η δυνατότητα έξι επιπέδων

<sup>104</sup> Βλ. Παράρτημα 2.1 του ΚΑΔΕΤ.

σεισμού σχεδιασμού (με χαμηλότερο στόχο B3<sup>+</sup>). Όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα κάθε στόχος αποτίμησης αποτελεί έναν συνδυασμό στάθμης επιτελεστικότητας (Α,Β,Γ) και επίπεδου σεισμού σχεδιασμού ( $a_g/a_{g,ref} = 0.25-1.80$ ). Στην προκειμένη περίπτωση ο χαμηλότερος λόγος οριζόντιας εδαφικής επιτάχυνσης προς την οριζόντια εδαφική επιτάχυνση αναφοράς (με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια ζωής του έργου) μπορεί να λάβει την τιμή  $0.45^{105}$  που αντιστοιχεί σε πιθανότητα υπέρβασης 50% στα 50 χρόνια. Τελικώς για τον έλεγχο του κτιρίου επιλέχθηκε επίπεδο σεισμού σχεδιασμού με λόγο  $a_g/a_{g,ref}$  ίσο με 1.00.

Γενικά ο στόχος ανασχεδιασμού που τίθεται σε ένα υφιστάμενο κτίριο είναι συγκερασμός των ελάχιστων απαιτήσεων που θέτει η Δημόσια Αρχή και απαίτησης του Κύριου του έργου. Η περιβάλλουσα αυτών πέραν του επιστημονικού της χαρακτήρα, με την έννοια της συνεχούς ανανέωσης και επαναπροσδιορισμού των σεισμικών επιταχύνσεων από την επιστημονική κοινότητα, έχει και μια κοινωνικοοικονομική χροιά. Η υιοθέτηση υψηλής σεισμικής κλάσης, ενώ μειώνει την διακινδύνευση πιθανώς να έχει δυσμενείς οικονομικά επιπτώσεις για τις χαμηλότερες τάξεις εφόσον είναι επόμενο να οδηγήσει σε εκτεταμένες επεμβάσεις. Από την άλλη μεριά, λαμβάνοντας υπόψη και την μνημειακή αξία των κτιρίων και την αναγκαιότητα διατήρησής τους, γίνεται εμφανής η σημασία της δυνατότητας που δίνει στον/στην Μηχανικό ο ΚΑΔΕΤ με την πληθώρα σεισμικών κλάσεων, λαμβάνοντας υπόψη πάντα την σπουδαιότητα και την χρήση του κτιρίου. Για την επιλογή της σεισμικής κλάσης λαμβάνεται υπόψη και η διάρκεια ζωής των επεμβάσεων, ώστε οι επόμενες γενεές να πρέπει να επέμβουν εκ νέου για την τυχόν επισκευή των κατασκευών.

$a_g/a_{g,ref}$	Στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού		
	Α «Περιορισμένες Βλάβες»	Β «Σημαντικές Βλάβες»	Γ «Οιονεί Κατάρρευση»
1.80	A0	B0	Γ0
1.30	A1 <sup>+</sup>	B1 <sup>+</sup>	Γ1 <sup>+</sup>
<b>1.00</b>	<b>A1</b>	<b>B1</b>	<b>Γ1</b>
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	A3 <sup>+</sup>	B3 <sup>+</sup>	Γ3 <sup>+</sup>
<0.25	A3	B3	Γ3

*Πίνακας 6.1 Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού που αναγράφονται στον ΚΑΔΕΤ. Με πράσινο χρώμα επισημαίνονται οι δυνατοί στόχοι για τα δεδομένα του παραδείγματος και με έντονα γράμματα το επίπεδο σχεδιασμού που υιοθετήθηκε.*

<sup>105</sup> Αυτό τελικά θα οδηγούσε σε μείωση της εδαφικής επιτάχυνσης από 0.24g σε 0.108g.

### Συνδυασμοί φορτίσεων:

1	$G+0.3Q+Ex+0.3Ey$	6	$G+0.3Q+0.3Ex-Ey$
2	$G+0.3Q+Ex-0.3Ey$	7	$G+0.3Q-0.3E+E2$
3	$G+0.3Q-Ex+0.3Ey$	8	$G+0.3Q-0.3E-E2$
4	$G+0.3Q-Ex-0.3Ey$	9	$1.35G+1.5Q+0.5S$
5	$G+0.3Q+0.3Ex+Ey$	10	$1.35G+0.6Q+1.5S$

*Πίνακας 6.2 Συνδυασμοί φόρτισης.*

## 6.2 Έλεγχοι δομικών μελών

Με κριτήριο τις αναπτυσσόμενες τάσεις για κάθε συνδυασμό φόρτισης, επιλέχθηκαν συγκεκριμένοι πεσσοί και υπέρθυρα όπου έγιναν τομές. Ανάμεσα στα εξαγόμενα του λογισμικού, δίνονται τα εντατικά μεγέθη (τα οποία προκύπτουν από ολοκλήρωση των τάσεων) σε κάθε τομή. Για τους ελέγχους των μελών θεωρήθηκαν τιμές θλιπτικής αντοχής λίθων και κονιάματος από την βιβλιογραφία, ενώ η θλιπτική αντοχή της πλινθοδομής υπολογίστηκε με την σχέση του Ευρωκώδικα 6:

$$f_k = K \cdot f_b^{0.7} \cdot f_m^{0.3}$$

Η οποία δίνει  $f_k = 1.05 \text{ MPa}$ , αποτέλεσμα κοντινό και με την σχέση (Σ6.1) του ΚΑΔΕΤ για καλοδομημένη οπτοπλινθοδομή που οδηγεί σε τιμή  $1.22 \text{ MPa}$ .

$$f_{wc} = [f_{mc} + 0.4 \cdot (f_{bc} - f_{mc})] \cdot (1 - 0.8 \cdot \sqrt[3]{a}) \text{ για } f_{bc} > f_{mc}$$

Για το μέτρο ελαστικότητας λήφθηκαν υπ' όψη τιμές από την βιβλιογραφία αλλά και η σχέση του ΕΚ6 (3.7.2):

$$E = 1000 \cdot f_k$$

Για τον προσδιορισμό της θλιπτικής αντοχής της λιθοδομής (θεωρήθηκε τρίστρωτη) χρησιμοποιήθηκαν οι σχέσεις (6.1) και (Σ6.3) του ΚΑΔΕΤ.

Θλιπτική αντοχή τρίστρωτης τοιχοποιίας:

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

και θλιπτική αντοχή μονόστρωτης τοιχοποιίας, χαμηλής αντοχής (για τις παρειές):

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

$$\mu \xi = \frac{1}{[1+3.5 \cdot (k-k_0)]}$$

Επειδή το κτίριο που μελετάται δεν έχει κανένα τμήμα ανεπίχριστης λιθοδομής δεν ήταν δυνατή η τεκμηρίωση στοιχείων απαραίτητων για τον προσδιορισμό της θλιπτικής αντοχής, οπότε με γνώμονα τον κοινό τρόπο δόμησης του οικισμού αναζητήθηκαν ανεπίχριστες λιθοδομές σε γειτονικά κτίρια από τις οποίες ελήφθησαν τα απαιτούμενα στοιχεία για τον τρόπο δόμησης (εικ. 6.12). Αξιοποιήθηκαν επίσης και στοιχεία που βρέθηκαν στην βιβλιογραφία (εικ. 6.13).



Εικόνες 6.12&6.13: Αριστερά: δείγμα ανεπίχριστης λιθοδομής σε γειτονικό κτίριο. Δεξιά: τμήμα σχεδίου λεπτομέρειας όψης σε κατοικία στο Γαλαξίδι<sup>106</sup>.

Στον πίνακα 6.3 παρουσιάζονται τα επιμέρους μεγέθη που χρησιμοποιούνται για τις σχέσεις εκτίμησης της θλιπτικής αντοχής.

<b>Θλιπτική αντοχή μονόστρωτης <math>f_{wc,i}</math> (MPa)</b>		<b>2.99</b>
$\xi$	Συντελεστής που λαμβάνει υπ' όψη την δυσμενή επιρροή του πάχους των αρμών κονιάματος	0.85
$k$	Ο λόγος όγκος κονιάματος προς τον όγκο τοιχοποιίας $\geq 0.30$	0.35
$k_0$		0.30
$f_{bc}$	Θλιπτική αντοχή λιθοσώματος (MPa)	50
$f_0$	Συντελεστής που λαμβάνει υπ' όψη τον βαθμό λάξευσης των λίθων, 1.50-2.50 για αργολιθοδομή	1.50
$\lambda$	Συντελεστής συνάφειας λιθοσώματος κονιάματος (0.1 για λείους λίθους - 0.5 για τραχείς)	0.3
$f_{mc}$	Θλιπτική αντοχή κονιάματος (MPa)	1
<b>Θλιπτική αντοχή τρίστρωτης <math>f_{wc}</math> (MPa)</b>		<b>1.04</b>
$\gamma_{Rd}$	Δείκτης αβεβαιότητας	1.50
$\lambda_e$	Εμπειρικός συντελεστής για την αλληλεπίδραση των εξ. παρειών με το υλικό πλήρωσης ( $<1$ )	0.8

<sup>106</sup> (Σταθάκη-Κούμαρη και Χαβιάρα 2013)



$f_{c,e}$	Θλιπτική αντοχή εξωτερικών παρειών	2.99
$\delta$	Λόγος του πάχους της εξωτερικής παρειάς προς το πάχος της ενδιάμεσης στρώσης	0.83
$\lambda_i$	Εμπειρικός συντελεστής για την αλληλεπίδραση των εξ. παρειών με το υλικό πλήρωσης (>1)	1.2
$f_{c,i}$	Θλιπτική αντοχή υλικού πλήρωσης	0.15

*Πίνακας 6.3: Τιμές επιμέρους όρων για τον προσδιορισμό της θλιπτικής αντοχής.*

Η εφελκυστική αντοχή και στις δύο τοιχοποιίες λήφθηκε σύμφωνα με τα σχόλια του ΚΑΔΕΤ (σελ. 6-27) όπου σημειώνεται ότι «όταν η θλιπτική αντοχή του κονιάματος ( $f_{mc}$ ) δεν υπερβαίνει τα 2 MPa, μπορεί να θεωρηθεί ίση με 0.1 MPa». Ίδια τιμή θεωρήθηκε και για την συνοχή  $f_{vm0}$  (διατμητική αντοχή, απουσία κατακόρυφου φορτίου).

Όσον αφορά το μέτρο ελαστικότητας σύμφωνα με την σχέση (Σ6.5) του ΚΑΔΕΤ για τοιχοποιίες με θλιπτική αντοχή 1-3 MPa ισχύει:

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

Υλικό	$F_{wc}$	$E$	$f_{vm0}$	$f_{wt}$	$\rho$	$\nu$
-	MPa	MPa	MPa	MPa	kg/m <sup>3</sup>	
Λιθοδομή	1.04	1100	0.1	0.1	2200	0.2
Πλινθοδομή	0.85	810	0.1	0.1	1800	0.2

*Πίνακας 6.4 Χαρακτηριστικά υλικών.*

Επιπλέον για τις αναλύσεις αποτίμησης της υπάρχουσας κατάστασης θεωρήθηκαν ρηγματωμένες διατομές, λαμβάνοντας μέτρο ελαστικότητας μειωμένο κατά 50% σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ και τον ΕΚ8 (δηλ.  $E_{\lambda\theta} = 505$  MPa και  $E_{\pi\lambda\lambda\theta} = 405$  MPa).

## 6.2.1 Συντελεστές ασφαλείας

Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ (§3.10.5) ορίζεται η στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων ως «ανεκτή» ( $\Gamma$ )<sup>107</sup> δεδομένου ότι δεν κατέστη εφικτό να ληφθούν δείγματα από το μνημείο έτσι η τιμή του συντελεστή ασφαλείας  $\gamma_g$  που χρησιμοποιείται λαμβάνει την τιμή 1.50.

<sup>107</sup> Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ για την συγκεκριμένη στάθμη αξιοπιστίας είναι απαραίτητη η λήψη δοκιμών λιθοσωμάτων και κονιάματος, κάτι που δεν ήταν δυνατό στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

## 6.2.2 Έλεγχοι σε όρους δυνάμεων

Εντός επιπέδου

Σε αυτά που ακολουθούν, γενικά σε κάθε στοιχείο, με  $L$  συμβολίζεται το μήκος του,  $N$  η αξονική,  $H$  το ύψος του,  $H_0$  το σημείο μηδενισμού των ροπών και  $t$  το πάχος του.

Η εντός επιπέδου αντοχή ενός στοιχείου, η οποία συγκρίνεται με την τέμνουσα σχεδιασμού, θεωρείται η μικρότερη εκ των  $V_f, V_v$ . Όταν  $V_f < V_v$  τότε το στοιχείο ελέγχεται από την κάμψη ενώ στην αντίθετη περίπτωση από διάτμηση.

Ικανοτική τέμνουσα  $V_f$ :

$$V_f = \frac{L \cdot N}{2 \cdot H_0} V_{sd}$$

Φέρουσα ικανότητα έναντι τέμνουσας  $V_v$ :

$$V_v = f_{vd} \cdot L_c \cdot t \text{ όπου,}$$

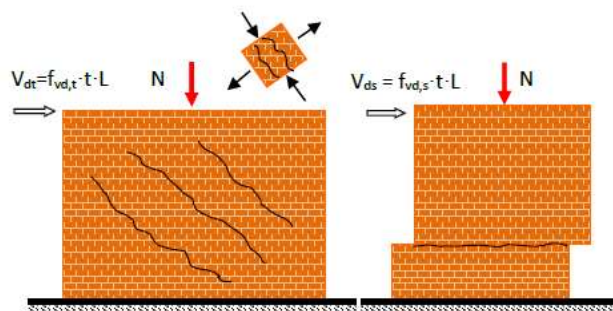
$t$  το πάχος του στοιχείου

$f_{vd}$  η μέση διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας παρουσία κατακόρυφου φορτίου η οποία λαμβάνεται ίση με την μικρότερη εκ των παρακάτω:

$$f_{vd} = \min (f_{vd,t}, f_{vd,s})$$

$$\text{Διαγώνια εφελκυστική αστοχία: } f_{vd,t} = \sqrt{f_{wtd} \cdot (f_{wtd} + v_d \cdot f_d)}$$

$$\text{Αστοχία ολίσθησης κατά μήκος του οριζόντιου αρμού: } f_{vd,s} = f_{vm0} + (\mu \cdot v_d \cdot f_d)$$



**Εικόνα 6.14** Αριστερά: Διαγώνια εφελκυστική αστοχία. Δεξιά: Ολίσθηση κατά μήκος του οριζόντιου αρμού (ΚΑΔΕΤ).

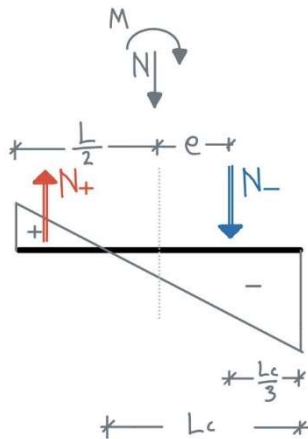
$L_c$  το μήκος της θλιβόμενης περιοχής

Για τον προσδιορισμό του θλιβόμενου μήκους:

Θλιπτική αξονική

Για  $e < L/6$ ,  $L_c = L$

Ενώ για  $e > L/6$



$$e = \frac{L}{2} - \frac{L_c}{3}$$

$$M = N \cdot e$$

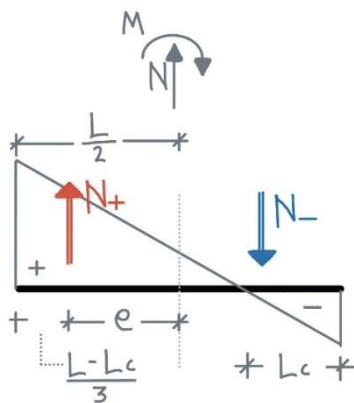
$$L_c = 3 \cdot \left( \frac{L}{2} - e \right)$$

Για την οριακή τιμή  $e = L/2$  και προφανώς για μεγαλύτερες τιμές, η διατομή δεν διαθέτει θλιβόμενη ζώνη και αστοχεί.

Εφελκυστική αξονική

Για  $e < L/6$ ,  $L_c = 0$

Ενώ για  $e > L/6$  και  $e < L/2$

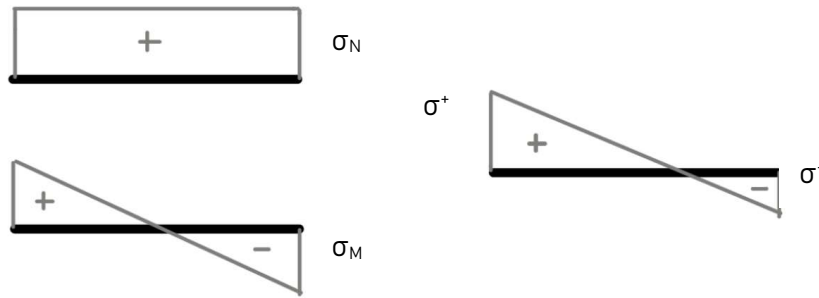


$$e = \frac{L}{2} - 2 \cdot \left( \frac{L - L_c}{3} \right)$$

$$M = N \cdot e$$

$$L_c = \frac{6 \cdot e + L}{4}$$

Στην περίπτωση όπου  $e > L/2$  και για να μην θεωρηθεί η παρουσία εφελκυστικού φορτίου αμέσως ως αστοχία, λαμβάνεται υπόψη η περίπτωση όπου η παρουσία ροπής προσφέρει κάποιο θλιβόμενο μήκος.



$$\sigma_N = \frac{N}{L \cdot t}$$

$$\sigma_M = \frac{M}{I} \cdot \frac{L}{2}$$

Όπου  $I$  η ροπή αδράνειας της διατομής ίση με:

$$I = \frac{t \cdot L^3}{12}$$

Υπολογίζονται οι τάσεις στις ακραίες ίνες και προκύπτει η τιμή του  $L_c$ . Προφανώς αν  $L_c=0$  υπάρχει αστοχία. Σε κάθε άλλη περίπτωση η δύναμη που δρα στην θλιβόμενη περιοχή προκύπτει από το εμβαδό του τριγώνου της περιοχής των θλιπτικών τάσεων επί το πάχος του στοιχείου.

Ακραία θλιβόμενη ίνα:  $\sigma^- = -\sigma_M + \sigma_N$

Ακραία εφελκυσόμενη:  $\sigma^+ = +\sigma_M + \sigma_N$

Η τιμή του  $L_c$  είναι ίση με:  $L_c = \frac{\sigma^-}{\sigma^- + \sigma^+} \cdot L$

$$N_{\theta\Delta} = \frac{1}{2} \sigma^- L_c t$$

Με αυτήν την αξονική και επί του θλιβόμενου μήκους  $L_c$  ορίζεται και το ανοιγμένο αξονικό φορτίο

$$v_{sd} = \frac{N_{\theta\Delta}}{L_c \cdot t \cdot f_d}$$

Οι πεσσοί μεγάλου μήκους επειδή αναμένεται να παρουσιάσουν περισσότερες από μία λοξές (διατμητικές) ρωγμές, χωρίστηκαν σε κατάλληλο αριθμό στοιχείων σύμφωνα με την σχέση που αναγράφεται στα σχόλια του ΚΑΔΕΤ στην παράγραφο 6.1.2.1:

$$\left[ \frac{3}{4} \cdot \frac{l_w}{h_w} \right]_{max.int} \leq n \leq \left[ \frac{3}{2} \cdot \frac{l_w}{h_w} \right]_{mix.int}$$

Όπου  $l_w$ ,  $h_w$  το μήκος και το ύψος του πεσσού αντίστοιχα και  $n$  το πλήθος των επιμέρους τοιχοστοιχείων.

Εκτός επιπέδου

Περί οριζόντιο άξονα (7.6α)

$$M_{Rd1} = \frac{1}{2} \cdot l \cdot t^2 \cdot \sigma_0 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d}\right)$$

Περί κατακόρυφο (Σ.7.4β)

$$M_{Rd2} = \frac{1}{6} \cdot f_{wtd} \cdot t^2$$

Σε kNm/m ύψους

### 6.2.3 Έλεγχοι σε όρους παραμορφώσεων

Για τον προσδιορισμό των ανελαστικών μετακινήσεων χρησιμοποιήθηκε η σχέση (Σ5.4) που βρίσκεται στα σχόλια του ΚΑΔΕΤ:

$$\frac{d_{inel}}{d_{el}} = 1 \text{ για } T \geq T_c$$
$$\frac{d_{inel}}{d_{el}} = \frac{1 + (R - 1) \cdot \frac{T_c}{T}}{R} \text{ για } T \leq T_c$$

Όπου  $T$  η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος<sup>108</sup> σε κάθε διεύθυνση,  $T_c=0.50\text{sec}$  και  $R$  ο λόγος της ελαστικής απαίτησης  $V_{el}$  (σεισμική τέμνουσα) προς την τέμνουσα  $V_y$  που αντιστοιχεί στην οιονεί διαρροή του φορέα.

Οι έλεγχοι σε όρους παραμορφώσεων πραγματοποιούνται με γωνιές στροφής χορδής, δηλαδή την γωνία που σχηματίζουν η χορδή του παραμορφωμένου στοιχείου με την αντίστοιχη ευθεία του απαραμόρφωτου.

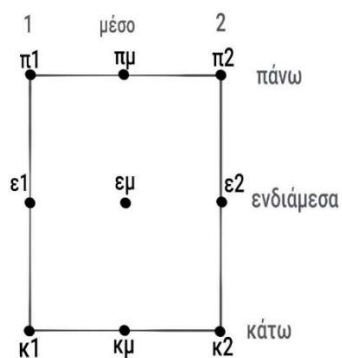
---

<sup>108</sup> Όταν κάποια από τις  $T_x$ ,  $T_y$  ενεργοποιεί ποσοστό μάζας μικρότερο του 25% τότε για τον προσδιορισμό της χρησιμοποιείται η σχέση (5.3) του ΚΑΔΕΤ.



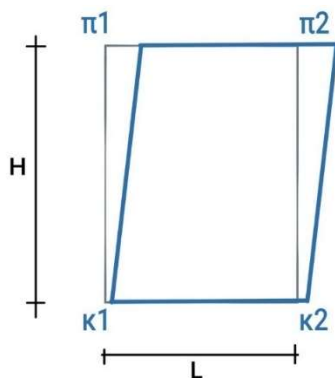
**Εικόνα 6.15** Ορισμός γωνίας στροφής χορδής.

Γενικά, για τα στοιχεία (πεσσοί και υπέρθυρα) που θα ελεγχθούν ζητούνται οι μετακινήσεις των αντιπροσωπευτικών τους κόμβων. Πιο συγκεκριμένα ορίστηκαν εννιά σημαντικοί κόμβοι κατά τέτοιο τρόπο ώστε κάθε στοιχείο να χωρίζεται σε τρεις διατομές κατακόρυφα και τρεις οριζόντια. Για όλους τους παρακάτω ελέγχους όταν πρόκειται για υπέρθυρο, αντιμετωπίζεται απλώς σαν ανεστραμμένος πεσσός, δηλαδή τα Η και L ανταλλάσσουν τιμές.



**Εικόνα 6.16** Οι εννιά κόμβοι που ορίστηκαν σε κάθε στοιχείο.

Εντός επιπέδου



**Εικόνα 6.17** Απαραίτητα μεγέθη για τον υπολογισμό της μέγιστης γωνίας στροφής χορδής.

Κρίσιμη γωνία στροφής χορδής ορίζεται η μεγαλύτερη κατ' απόλυτη τιμή των διατομών 1 και 2 σύμφωνα με τα παραπάνω.

$$d = \max\left(\frac{|\pi_1 - \kappa_1|}{H}, \frac{|\pi_2 - \kappa_2|}{H}\right)$$

Η οποία συγκρίνεται με:

Για στοιχεία που ελέγχονται από την κάμψη ( $V_f < V_n$ ) (Σ 7.5α):

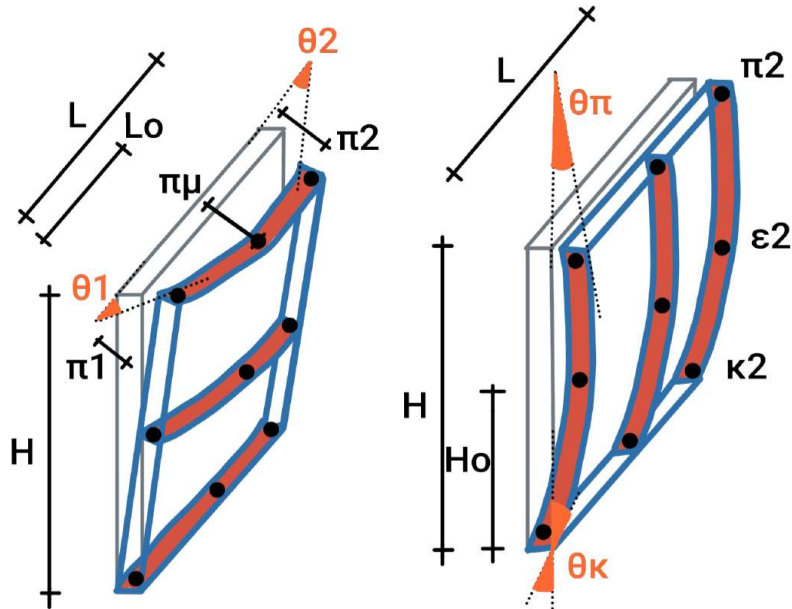
$$d_u = 0.008 \cdot \frac{H}{L}$$

Ενώ για τα στοιχεία που ελέγχονται από διάτμηση ( $V_f > V_n$ ) (Σ7.6<sup>α</sup>):

$$d_u = 0.004$$

Εκτός επιπέδου

Γενικά όταν εξετάζεται η κάμψη περί κατακόρυφο άξονα ελέγχονται οι παραμορφώσεις των οριζόντιων διατομών (πάνω, ενδιάμεσα, κάτω) που ορίστηκαν ενώ για κάμψη περί οριζόντιο εξετάζονται οι κάθετες διατομές (1, μέσο, 2). Στις παρακάτω εικόνες με κόκκινο χρώμα επισημαίνονται οι διατομές για κάθε περίπτωση ενώ με μαύρο οι εννιά σημαντικοί κόμβοι για κάθε στοιχείο.



Εικόνα 6.18 Αριστερά: Κάμψη περί κατακόρυφο. Δεξιά: Κάμψη περί οριζόντιο.

Πιο συγκεκριμένα για την πρώτη περίπτωση ως κρίσιμη γωνία στροφής χορδής λαμβάνεται η μέγιστη από:

$$\frac{|\pi_1 - \pi\mu|}{0.5 L}, \frac{|\pi_2 - \pi\mu|}{0.5 L},$$

$$\frac{|\varepsilon_1 - \varepsilon\mu|}{0.5 L}, \frac{|\varepsilon_2 - \varepsilon\mu|}{0.5 L},$$

$$\frac{|\kappa_1 - \kappa\mu|}{0.5 L}, \frac{|\kappa_2 - \kappa\mu|}{0.5 L}$$

Αντίστοιχα για την περίπτωση της κάμψης περί οριζόντιο ως κρίσιμη γωνία στροφής χορδής:

$$\frac{|\pi_1 - \kappa_1|}{H}, \frac{|\pi_1 - \varepsilon_1|}{0.5 H}, \frac{|\pi\mu - \kappa\mu|}{H}, \frac{|\pi\mu - \varepsilon\mu|}{0.5 H}, \frac{|\pi_2 - \kappa_2|}{H}, \frac{|\pi_2 - \varepsilon_2|}{0.5 H}, \frac{|\varepsilon_1 - \kappa_1|}{0.5 H}, \frac{|\varepsilon\mu - \kappa\mu|}{0.5 H}, \frac{|\varepsilon_2 - \kappa_2|}{0.5 H}$$

Γενικά οι αποστάσεις  $H_0, L_0$  αναφέρονται στο μήκος ανάμεσα από το σημείο της μέγιστης παραμόρφωσης μέχρι το σημείο μηδενισμού της ροπής.

Στροφή αστοχίας  $\theta_u = \min(\theta_{u,1}, \theta_{u,2})$

Οριακή στροφή  $\theta_{R,u} = \frac{t}{H_0}$ , όταν η κάμψη είναι περί οριζόντιο άξονα αλλιώς την αντίστοιχη απόσταση (δηλ. την  $L_0$ ) στην έννοια του μήκους. Γενικά η απόσταση αυτή αναφέρεται στο μήκος ανάμεσα από το σημείο της μέγιστης παραμόρφωσης μέχρι το σημείο μηδενισμού της ροπής.

$$\theta_{u,1} = 0.003 \cdot \frac{H_0}{t}$$

$$\theta_{u,2} = \theta_{R,u} \left(1 - \frac{F_y}{F_{Rd}}\right)$$

$$F_y = \frac{M_{Rd}}{H_0}$$

$$F_{Rd} = \lambda \cdot W \cdot (1 + \psi) \cdot \frac{t}{H_0}$$

$\psi = \frac{2N}{W}$  και  $\lambda = 2$  για συνθήκες πάκτωσης, αλλιώς λαμβάνει την τιμή 1.

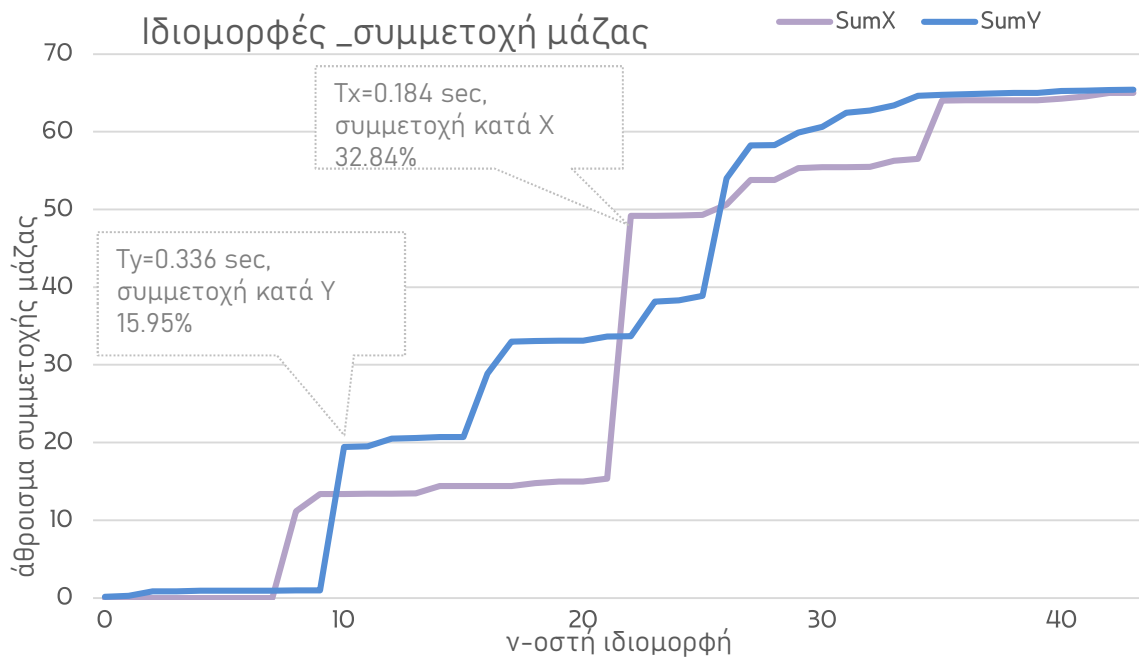
## 6.3 Προσομοίωση υφιστάμενου φορέα-αναλύσεις αποτίμησης της συμπεριφοράς

### 6.3.1 Ιδιομορφική

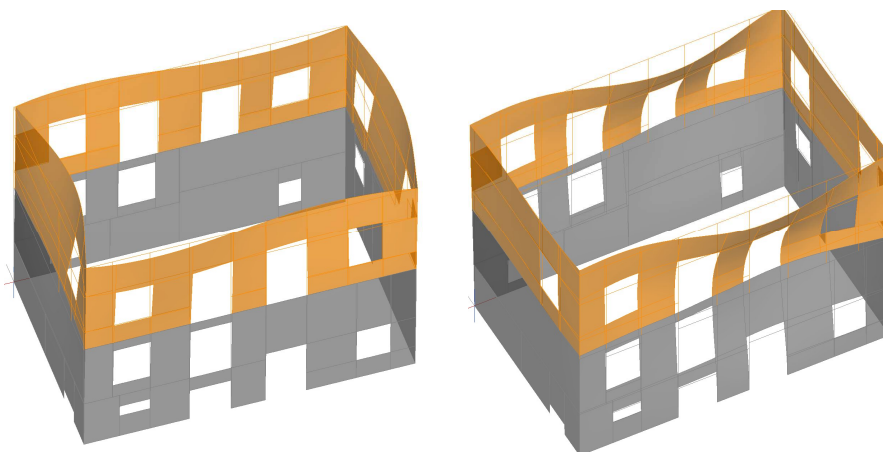
Για τον προσδιορισμό των θεμελιωδών ιδιομορφών και την οπτική παρουσίαση τους, εκτελέστηκε από το πρόγραμμα ιδιομορφική ανάλυση ικανού πλήθους ιδιομορφών τέτοιο ώστε να ενεργοποιείται αθροιστικά τουλάχιστον το 75% της συνολικής μάζας. Λήφθηκαν



υπόψη μόνο αυτές οι ιδιομορφές στις οποίες οι δρώσες μάζες είναι τουλάχιστον 5% (ΚΑΔΕΤ 5.5). Παρακάτω φαίνονται τα σχήματα των κυρίαρχων ιδιομορφών σε κάθε διεύθυνση, καθώς και την αθροιστική κατανομή του συνόλου κατά x, y.



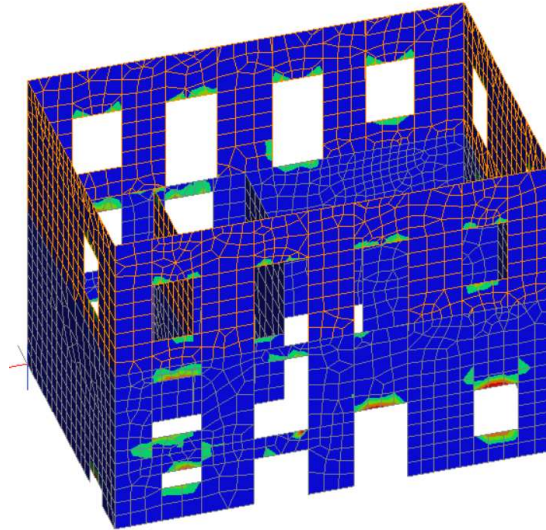
**Εικόνα 6.19** Πίνακας ιδιομορφών και ποσοστό ταλαντούμενης μάζας.



**Εικόνες 6.20 & 6.21** Θεμελιώδεις ιδιομορφές για  $T_{\gamma}=0.336 \text{ sec}$  και  $T_{\gamma}=0.184 \text{ sec}$  αντίστοιχα.

### 6.3.2 Αποτελέσματα ισοδύναμης στατικής ανάλυσης

Αρχικά δίνεται η εικόνα (εικ. 6.22) των κύριων εφελκυστικών τάσεων που αναπτύσσονται στον φορέα μόνο από τα μόνιμα κατακόρυφα φορτία. Παρατηρείται ότι μόνο υπό τη δράση των ιδίων βαρών υπάρχουν εφελκυσμοί πάνω από τα υπέρθυρα. Το κόκκινο χρώμα συμβολίζει την μέγιστη τιμή ( $>0.05$  MPa) ενώ το μπλε την απουσία εφελκυσμών.

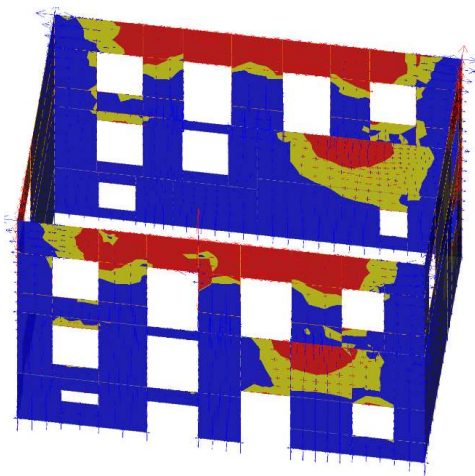


*Εικόνα 6.22 Κύριες εφελκυστικές τάσεις από τα μόνιμα φορτία (G).*

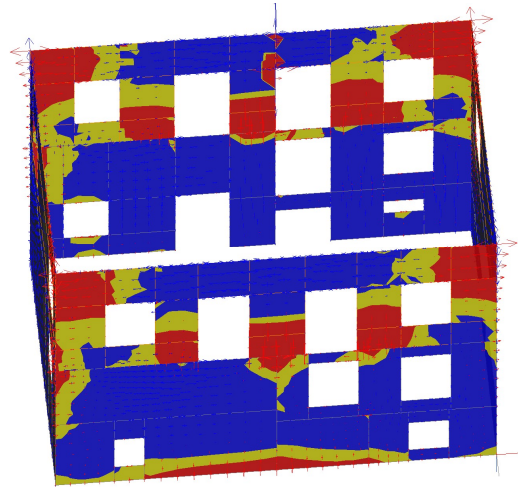
Με σκοπό την επαλήθευση της παθολογίας του κτιρίου ακολουθούν οι απεικονίσεις των κύριων εφελκυστικών τάσεων (στην ορατή κάθε φορά παρειά των τοίχων) για τις φορτίσεις :  $G+Ex$ ,  $G-Ex$ ,  $G+Ey$ ,  $G-Ey$ . Η λογική της χρωματικής διαβάθμισης στηρίζεται στην προσπάθεια ανάδειξης των περιοχών εκείνων στις οποίες γίνεται υπέρβαση της εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας (οπού λαμβάνεται ίση με  $0.11$  MPa). Οι περιοχές αυτές έχουν κόκκινο χρώμα ενώ οι περιοχές που θλίβονται μπλε. Το μουσταρδί αντιστοιχεί σε ενδιάμεσες τιμές.

# Σεισμός κατά Χ

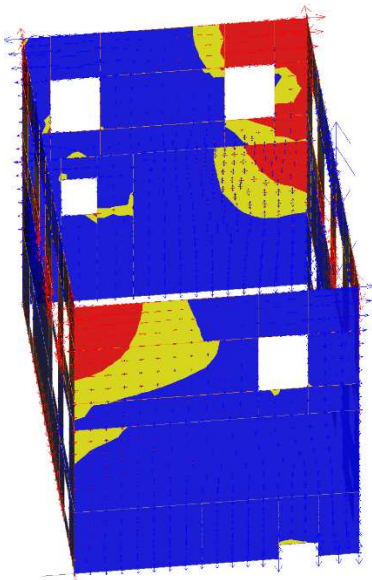
(G+Ex)



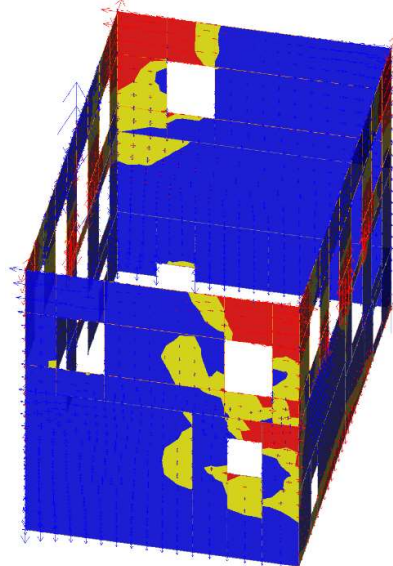
Νότια όψη



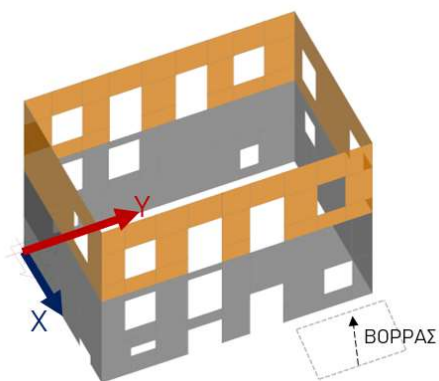
Βόρεια όψη



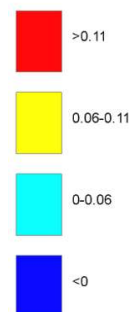
Δυτική όψη



Ανατολική όψη

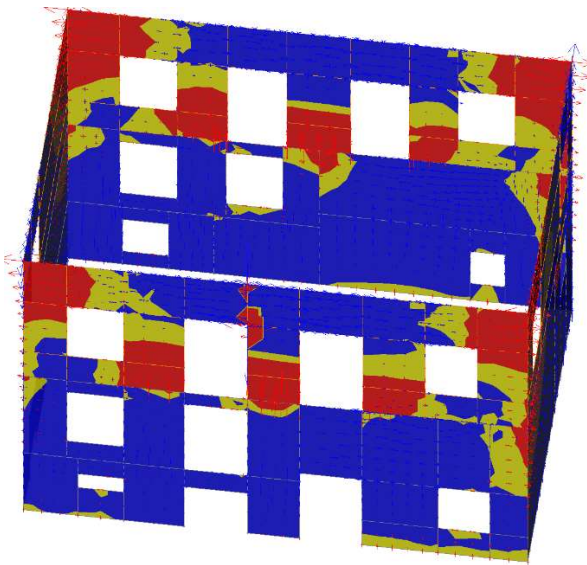


MPa

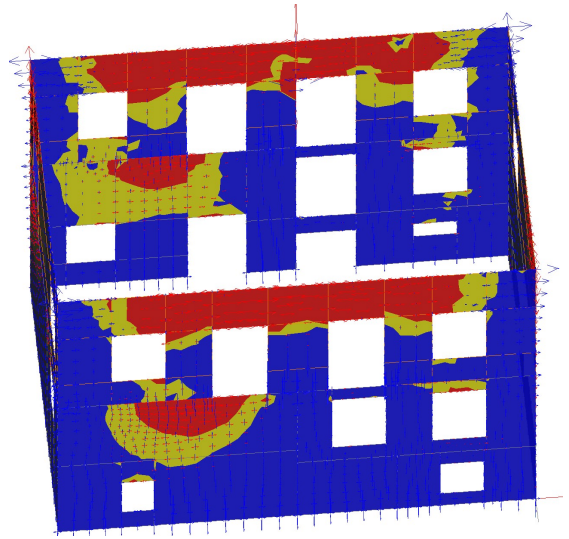


Εικόνα 6.23 Κύριες τάσεις για G+Ex.

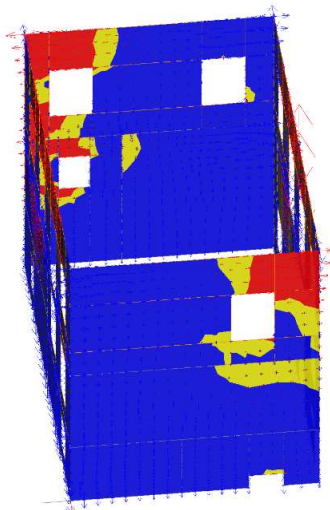
(G-Ex)



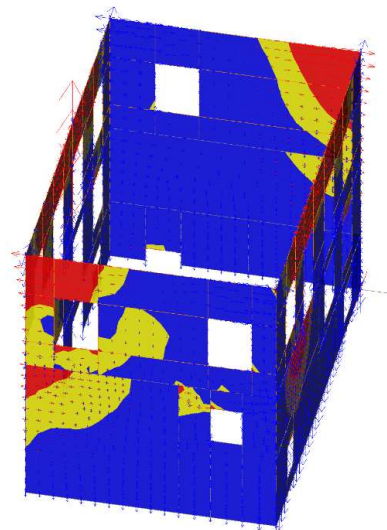
Νότια όψη



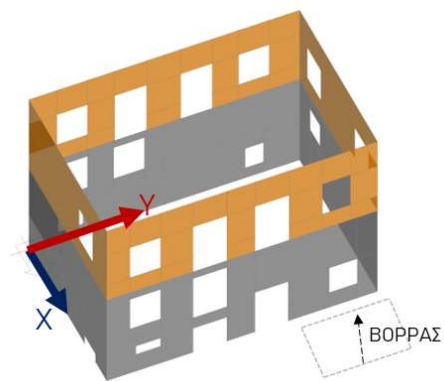
Βόρεια όψη



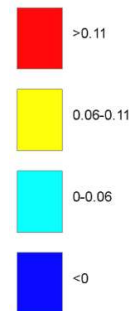
Δυτική όψη



Ανατολική όψη



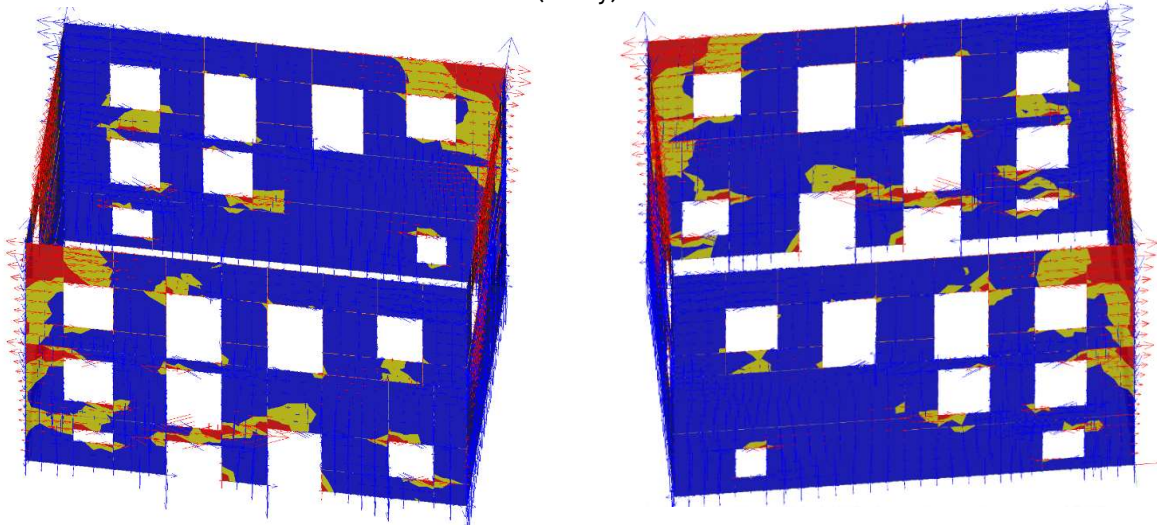
MPa



Εικόνα 6.24 Κύριες τάσεις για G-Ex.

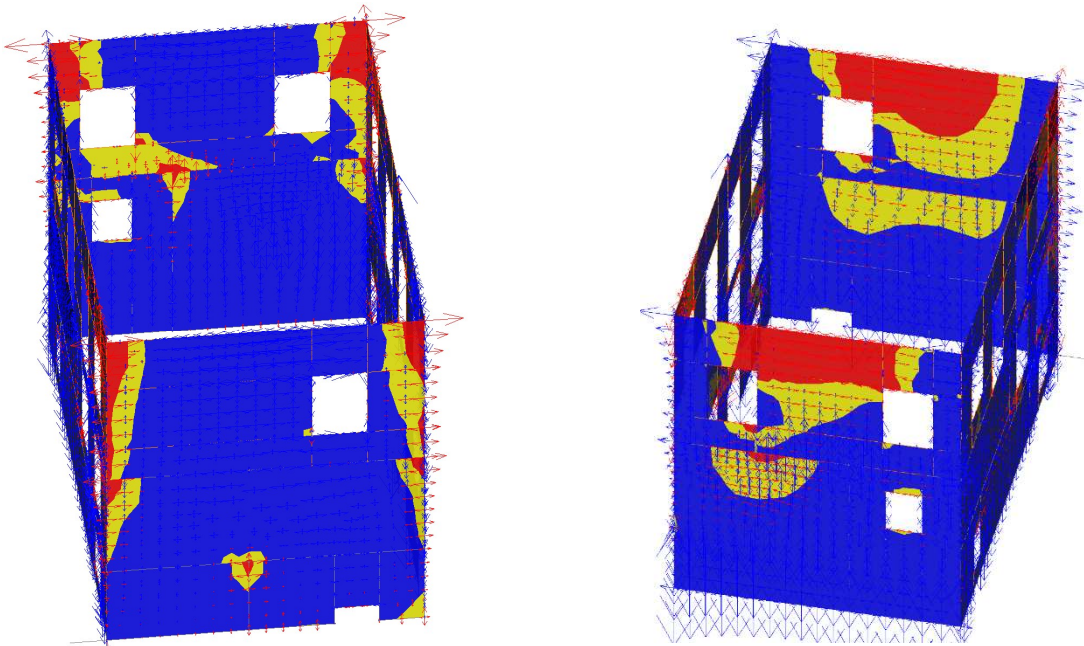
Σεισμός κατά Y

(G+Ey)



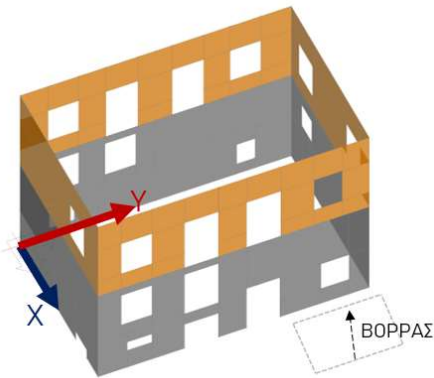
Νότια όψη

Βόρεια όψη

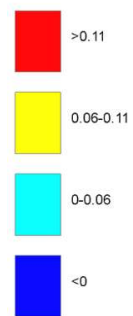


Δυτική όψη

Ανατολική όψη

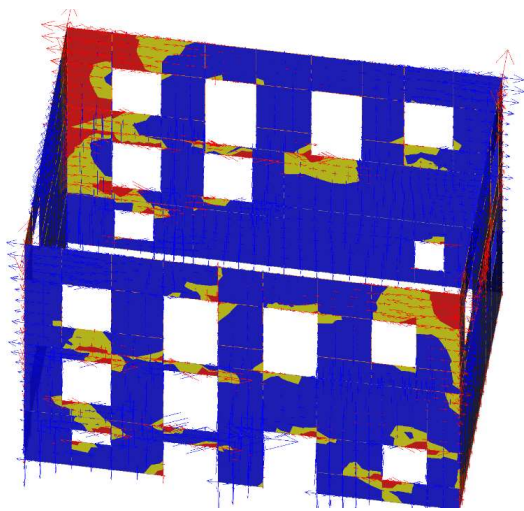


MPa

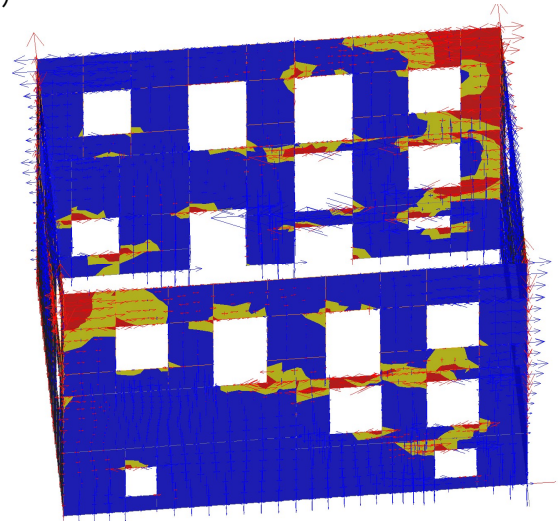


Εικόνα 6.25 Κύριες τάσεις για G+Ey.

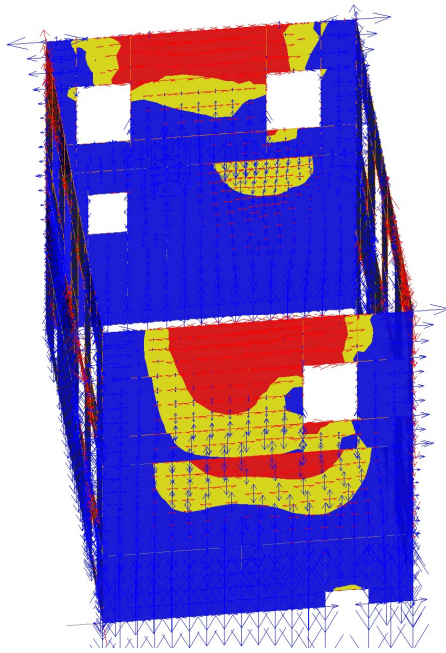
(G-Ey)



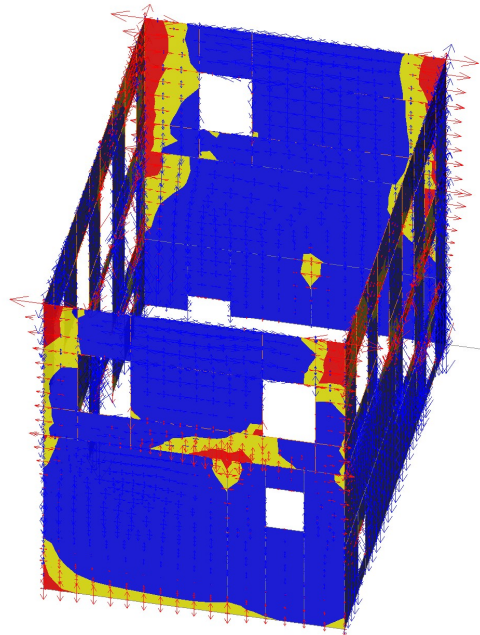
Νότια όψη



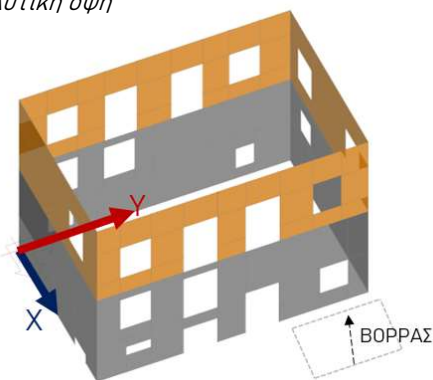
Βόρεια όψη



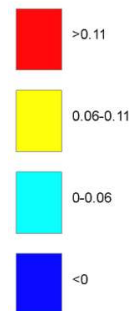
Δυτική όψη



Ανατολική όψη



MPa



Εικόνα 6.26 Κύριες τάσεις για G-Ey.

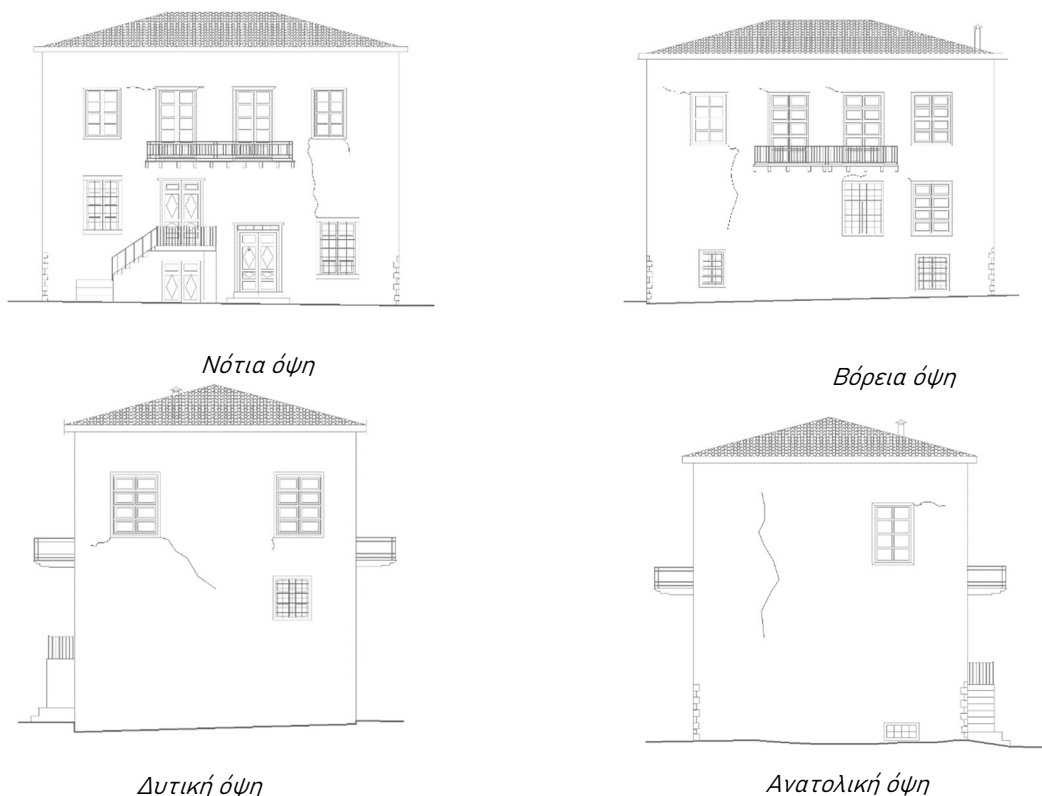
Από την εικόνα των κύριων τάσεων καθώς και από το σχετικό μέγεθος των βελών που αντικατοπτρίζουν τις τροχιές των τάσεων αναμένουμε:

Α) Στην νότια και την βόρεια όψη καμπτικές εκτός επιπέδου ρωγμές πάνω από την στάθμη των πρεκιών του ορόφου καθώς και οριζόντιες στην βάση των ενδιάμεσων πεσσών. Για το ισόγειο, κατακόρυφες ρωγμές στην οριζόντια ενδιάμεση ζώνη μεταξύ των ανατολικών ανοιγμάτων (G+Ex). Επιπλέον, διαγώνιες διατμητικές ή καμπτοδιατμητικές ρωγμές λόγω εντός επιπέδου έντασης (G+Ey) γύρω από τα ανοίγματα (συνδυασμός διάτμησης και εντός επιπέδου κάμψης).

Β) Στην δυτική όψη καμπτο-διατμητικές ρωγμές στον υπέρθυρο δίσκο και εν γένει στην περιοχή του παραθύρου του ορόφου (G-Ex) και μια περίπου κατακόρυφη ρωγμή από εκτός επιπέδου κάμψη στο μέσον της πλευράς (G-Ey).

Γ) Στην ανατολική όψη διαγώνιες καμπτο-διατμητικές ρωγμές στους υπέρθυρους δίσκους των ανοιγμάτων (G+-Ex) και κατακόρυφη ρωγμή από εκτός επιπέδου κάμψη στην στέψη στο μέσον της πλευράς (G+Ey).

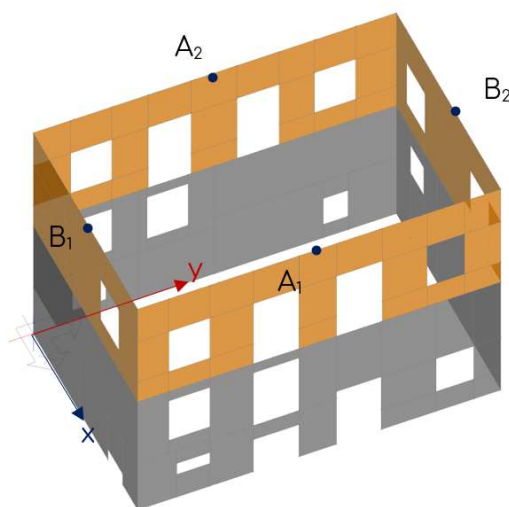
Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται οι ρωγμές που καταγράφηκαν κατά την επίσκεψη στο κτίριο. Παρατηρείται ότι η μεγάλη πλειοψηφία τους επαληθεύεται από την εικόνα των τάσεων η οποία δείχνει πιθανές θέσεις ρωγμών που ίσως και να επισκευάστηκαν στο παρελθόν. Στις μεγάλες πλευρές (B,N) οι κατακόρυφες ρωγμές από εκτός επιπέδου ένταση έχουν «ενωθεί» με αυτές των ανοιγμάτων.



Εικόνα 6.27 Υφιστάμενες ρωγμές.

### 6.3.3 Μετακινήσεις

Μετακινήσεις στην κορυφή (μέγιστες)



Εικόνα 6.28 Σημεία ελέγχου στις πλευρές του κτιρίου.

Το όριο της τιμής της γωνιάς στροφής χορδής για τις εκτός επιπέδου μετακινήσεις που ορίζεται στον ΚΑΔΕΤ είναι  $\theta_{y,εκτός}=0.002$ . Με δεδομένο το ύψος του κτιρίου  $H=9.15m$  και εφόσον δεν υπάρχουν διαφράγματα, για να μην υπάρχει διαρροή, οι τιμές των εκτός επιπέδου μετακινήσεων θα πρέπει:

$$\delta_{εκτός} < \theta_{y,εκτός} \cdot H \text{ δηλαδή } \delta_{εκτός} < 18.3mm$$

Ομοίως, εφόσον το αντίστοιχο όριο  $\theta_{y,εντός}=0.0015$ , οι τιμές των εντός επιπέδου μετακινήσεων για να μην υπάρχει διαρροή:  $\delta_{εντός} < 13.725mm$

Ακολουθεί πίνακας με τις μέγιστες κατ' απόλυτη τιμή μετακινήσεις κατά X (u) και Y (v) των σημείων A1,A2,B1,B2 που βρίσκονται στα μέσα των πλευρών του κτιρίου στην στέψη.

	u(mm)	v(mm)
A1,A2	35.08	4.71
B1,B2	3.57	16.43

Πίνακας 6.5 Μέγιστες μετακινήσεις στα σημεία ελέγχου.

Πριν καν τον προσδιορισμό των ανελαστικών μετακινήσεων γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχει υπέρβαση των ορίων στην εκτός επιπέδου μετακίνηση (επισημαίνεται με κόκκινο χρώμα). Στις μεγάλες πλευρές παρατηρείται μετακίνηση 35.08 χιλιοστά, τιμή σχεδόν διπλάσια από το όριο  $\delta_{εκτός}$ .



## 6.4 Προσομοίωση ενισχυμένου φορέα

### 6.4.1 Μοντελοποίηση ενισχύσεων

#### Ομογενοποίηση μάζας (λιθοδομές ισογείου)

Η ομογενοποίηση της μάζας της τοιχοποιίας μέσω ενεμάτων αποτελεί την πλέον διαδεδομένη μέθοδο βελτίωσης της συνολικής συμπεριφοράς των λιθοδομών. Μετά τα ενέματα, η τοιχοποιία επισκευάζεται και ανακτά την συνέχεια και την συνοχή της εφόσον πληρώνονται οι ρωγμές και τα κενά που υπάρχουν στο εσωτερικό της. Ειδικά στην περίπτωση της τρίστρωτης λιθοδομής αυξάνεται σημαντικά η συμβολή του -συνήθως- ισχνού υλικού πληρώσεως στην αντοχή της και βελτιώνεται σημαντικά η συνάφεια ανάμεσα στις παρειές και το υλικό πλήρωσης. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της μεθόδου αποτελεί το γεγονός ότι ενώ βελτιώνονται σημαντικά τα μηχανικά χαρακτηριστικά του υλικού δεν μεταβάλλεται η εξωτερική μορφή ούτε το δομικό σύστημα. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται ο σχεδιασμός της σύνθεσης του ενέματος και ο τρόπος εφαρμογής του καθώς πρόκειται για μία μη αναστρέψιμη επέμβαση. Στην περίπτωση που μελετάται στην παρούσα εργασία η τεχνική θα χρησιμοποιηθεί στο εξ αργολιθοδομής ισόγειο, όπου σύμφωνα με την σχέση 8.3 του ΚΑΔΕΤ η θλιπτική αντοχή της τρίστρωτης τοιχοποιίας μετά την εφαρμογή ενεμάτων υπολογίζεται:

$$f_{wc,f} = f_{wc,0} \cdot \left[ 1 + 1.25 \frac{V_i \sqrt{f_{gr,c}}}{V_w f_{wc,0}} \right]$$

Θλιπτική αντοχή τρίστρωτης μετά την ομογενοποίηση $f_{wc,f}$ (MPa)		1.29
$f_{wc,0}$	Αρχική θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας (MPa)	1.04
$V_i/V_w$	Ο λόγος του όγκου του ενέματος προς τον όγκο της τοιχοποιίας	0.10
$f_{gr,c}$	Θλιπτική αντοχή ενέματος (MPa)	4.00

*Πίνακας 6.6* Θλιπτική αντοχή λιθοδομής μετά την ομογενοποίηση.

Βάσει των σχολίων που αναφέρονται στην ίδια παράγραφο του Κανονισμού, η ομογενοποίηση με ένεμα υδραυλικής άσβεστου οδηγεί σε ποσοστό αύξησης ίσο με 100% της εφελκυστικής και της διατμητικής αντοχής. Το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας θεωρείται ότι αυξάνεται κατά 60%. Τέλος όσον αναφορά την πλινθοδομή, θεωρείται ότι γίνεται αποκατάσταση των ρωγμών με πηλοενέματα<sup>109</sup> τα οποία δεν αλλάζουν τα μηχανικά χαρακτηριστικά του υλικού, απλώς ανακτάται το μέτρο ελαστικότητας.

<sup>109</sup> Η εφαρμογή της μεθόδου παρουσιάζεται εκτενέστερα στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο της παρούσας εργασίας.

Μηχανικά χαρακτηριστικά μετά την ομογενοποίηση		(MPa)
$f_{wc,f}$	Θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας	1.29
$f_{wt}$	Εφελκυστική αντοχή τοιχοποιίας	0.20
$f_{v0}$	Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας	0.20
$E_\lambda$	Μέτρο ελαστικότητας λιθοδομής	1715
$E_\pi$	Μέτρο ελαστικότητας πλινθοδομής	810

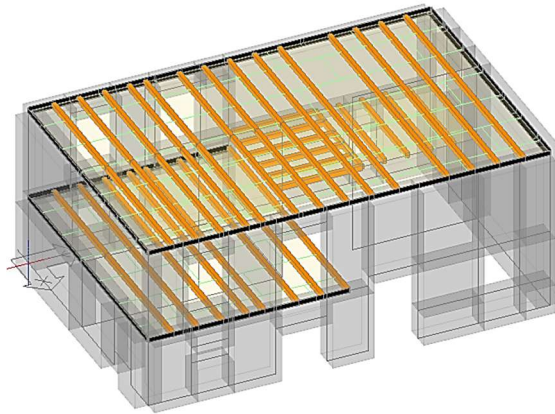
*Πίνακας 6.7 Μηχανικά χαρακτηριστικά μετά την ομογενοποίηση.*

#### 6.4.2 Διαφραγματοποίηση των πατωμάτων και της στέγης

Η ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας πατωμάτων και στεγών είναι ίσως η πιο διαδεδομένη μέθοδος βελτίωσης της συμπεριφοράς των κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία έναντι των σεισμικών φορτίων. Με την βελτίωση των υφιστάμενων ξύλινων πατωμάτων ώστε να μπορέσουν να λειτουργήσουν διαφραγματικά επιτυγχάνεται ορθότερη κατανομή των σεισμικών δυνάμεων ανάλογα με την δυσκαμψία των στοιχείων: δηλαδή η κάθετη στο επίπεδο του τοίχου αδρανειακή δύναμη μεταφέρεται κυρίως μέσω του διαφράγματος στους εγκάρσιους τοίχους και όχι μόνο μέσω των ακμών που τους συνδέουν. Με την προϋπόθεση ότι το διάφραγμα συνδέεται επαρκώς στους παρακείμενους ή υποκείμενους τοίχους ενισχύεται η «λειτουργία κιβωτίου» και το κτίριο αποκτά μονολιθική συμπεριφορά. Αυτό συνεπάγεται ομοιόμορφη σχεδόν μετατόπιση στην στάθμη του διαφράγματος και μείωση του κατακόρυφου ανοίγματος καμπτικής παραμόρφωσης.

Για την επίτευξη των παραπάνω εξετάστηκε πέρα από την επισκευή με ενέματα η προσθήκη οριζόντιων διαζωμάτων και η ενίσχυση του πατώματος και της στέγης ώστε να λειτουργήσουν διαφραγματικά. Τοποθετήθηκε περιμετρικά της στάθμης του πατώματος του ορόφου και της στέγης μεταλλική διατομή σχήματος «L» με την οποία συνδέονται αφενός τα δοκάρια του πατώματος και αφετέρου μια στρώση κλιμακωτής διάταξης φύλλων κόντρα πλακέ (διαστάσεων 1.25×2.5m και πάχους 18-24mm) η οποία εισάγεται πάνω από το υπάρχον σανίδωμα, ενώ τελική επιφάνεια αποτελεί ένα νέο σανίδωμα. Το λογισμικό δίνει την δυνατότητα μετά την εισαγωγή των επιμέρους υλικών για αυτόματο υπολογισμό της δυσκαμψίας που προσφέρει το κάθε διάφραγμα.

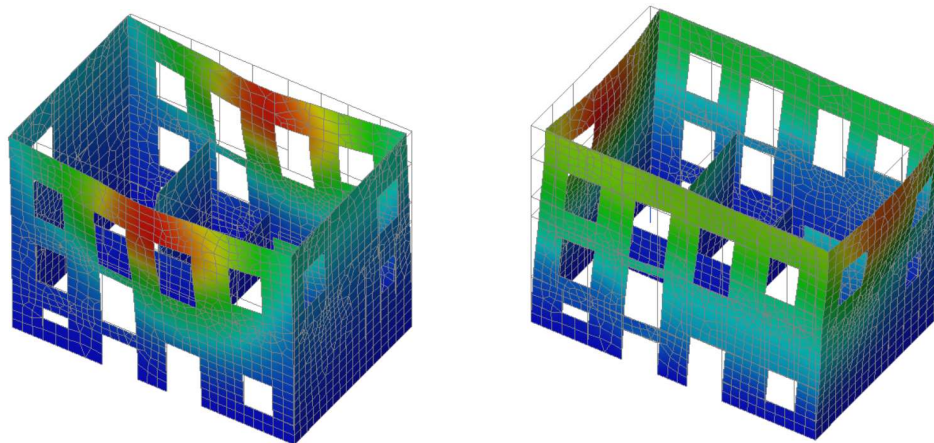
Όσον αφορά στη στέγη, λόγω της ιδιαιτερότητας του κτιρίου, με την ύπαρξη οροφωγραφιών σε όλη την έκταση του ταβανιού του ορόφου, οι επάλληλες στρώσεις κόντρα πλακέ – σανιδώματος τοποθετούνται στην κεκλιμένη επιφάνεια της στέγης.



**Εικόνα 6.29** Άποψη της εισαγωγής στο προσομοίωμα των οριζόντιων διαζωμάτων, των φύλλων κόντρα πλακέ και των συνδετικών μέσων μέσω ειδικών μελών που διαθέτει το λογισμικό.

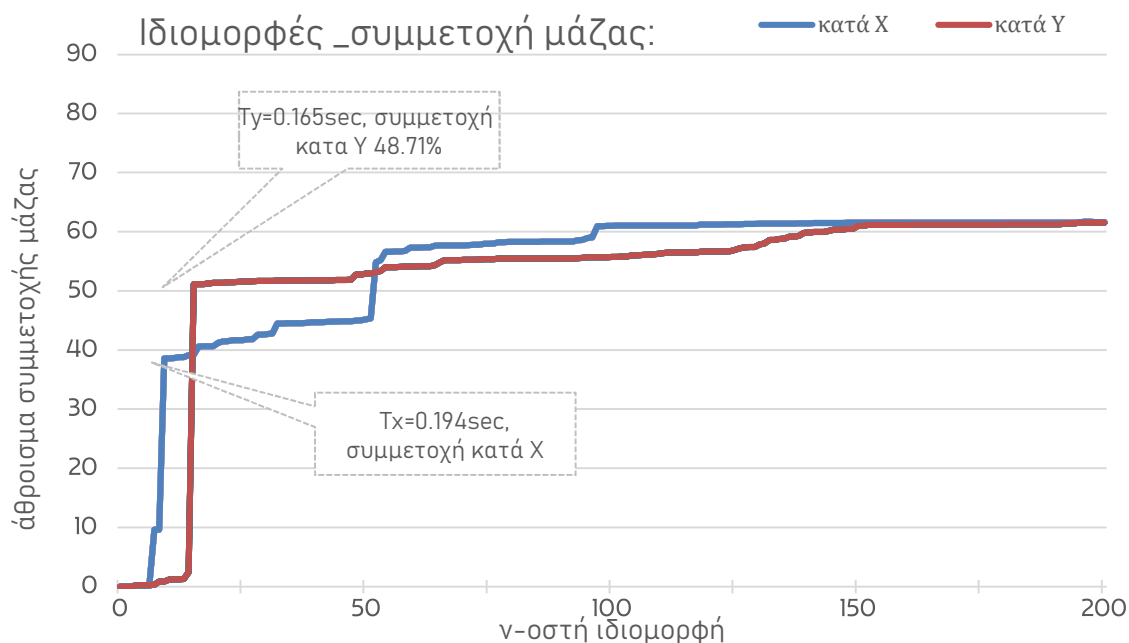
### 6.4.3 Ανάλυση

Όπως και κατά την αποτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης αναζητήθηκαν οι σημαντικές ιδιομορφές του κτιρίου εξετάζοντας τις διακόσιες πρώτες από τα αποτελέσματα των αναλύσεων με τα πεπερασμένα στοιχεία. Η συνολική ενεργοποιούμενη<sup>110</sup> μάζα δεν ξεπέρασε το 62% της συνολικής.



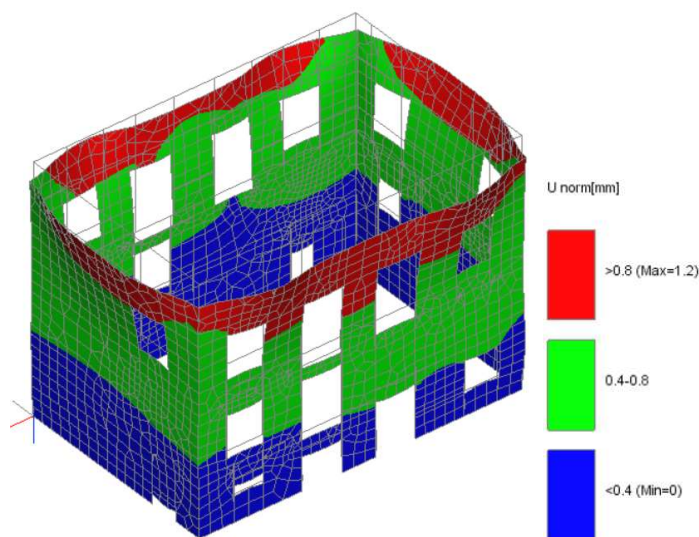
**Εικόνα 6.30** Το σχήμα του παραμορφωμένου κτιρίου στις θεμελιώδεις ιδιομορφές κατά Χ και Υ αντίστοιχα. Η χρωματική διαβάθμιση αναφέρεται στις μετατοπίσεις των κόμβων των επιφανειακών στοιχείων. Με πράσινο – κόκκινο χρωματισμό (μεγάλη μετατόπιση) εντοπίζονται οι περιοχές πιθανών βλαβών του κτιρίου.

<sup>110</sup> Πιθανώς μια θεώρηση όπου από την βάση του κτιρίου μέχρι ένα συγκεκριμένο ύψος (π.χ. 1 μέτρο) θα υπολογιζόταν ως μη ταλαντούμενη μάζα να ήταν πιο ορθή.

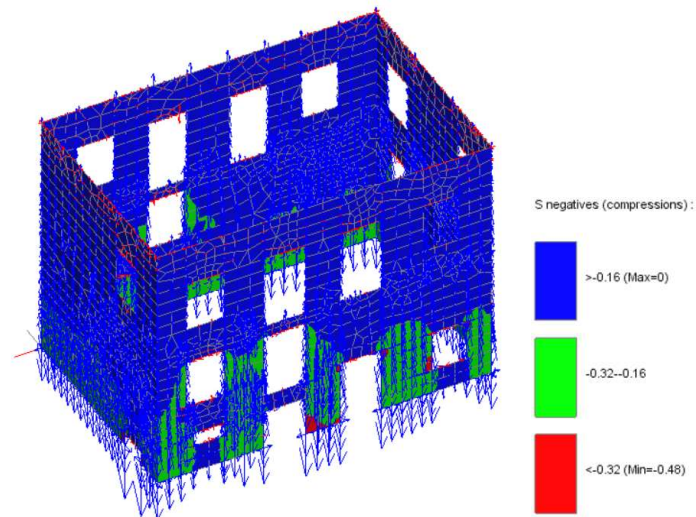


**Πίνακας 6.8** Ιδιομορφές και ποσοστό ενεργοποιούμενης μάζας για κάθε διεύθυνση.

Για λόγους σύγκρισης παρακάτω φαίνεται η εμφανώς βελτιωμένη εικόνα των κύριων εφελκυστικών τάσεων σε σχέση με τις εικόνες 6.23 - 6.26, μετά την εισαγωγή των ενισχυτικών επεμβάσεων στο προσομοίωμα. Τα διαφράγματα αναλαμβάνουν μέρος της έντασης και ομαλοποιούν την διανομή της στους τοίχους καθώς εξασφαλίζουν μια πιο κιβωτοειδή λειτουργία.



**Εικόνα 6.31** Παραμορφωμένο σχήμα του κτιρίου υπό κατακόρυφα (μόνιμα) φορτία. Με χρωματική διαβάθμιση οι μετακινήσεις.

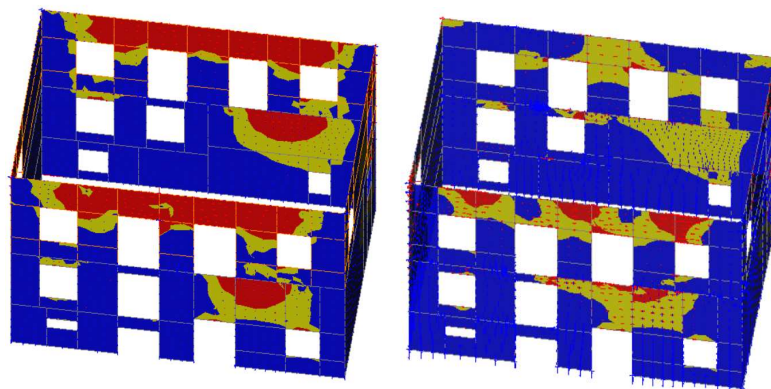


**Εικόνα 6.32** Κύριες θλιπτικές τάσεις για  $1.35G+1.5Q+0.5S$ . Με κόκκινα βέλη οι τροχιές των εφελκυστικών τάσεων.

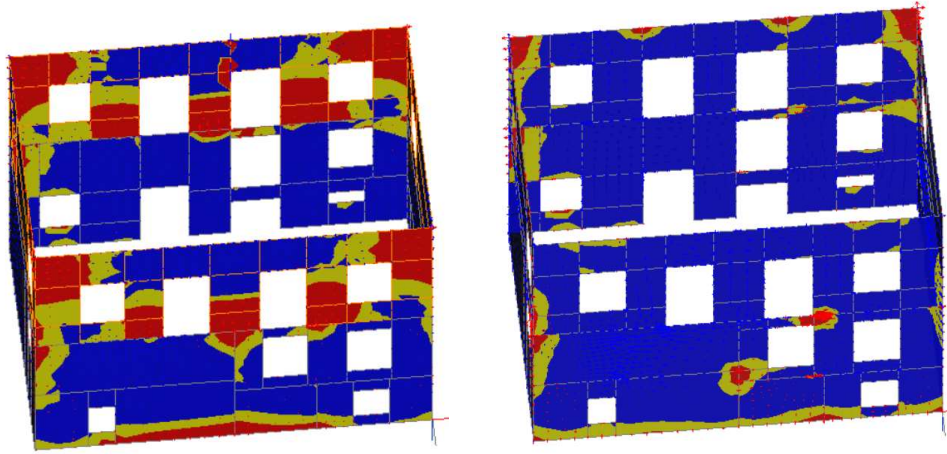
Για λόγους σύγκρισης παρατίθεται η εικόνα των κύριων εφελκυστικών τάσεων του αρχικού (μη ενισχυμένου) προσομοιώματος (αριστερά) σε αντιπαραβολή αυτών του ενισχυμένου φορέα (δεξιά). Φαίνεται η εμφανώς βελτιωμένη συμπεριφορά του κτιρίου μετά την εισαγωγή των ενισχυτικών επεμβάσεων στο προσομοίωμα. Τα διαφράγματα αναλαμβάνουν μέρος της έντασης και ομαλοποιούν την διανομή της στους τοίχους καθώς εξασφαλίζουν μια πιο κιβωτοειδή λειτουργία.

Η χρωματική διαβάθμιση είναι όμοια και για τις δύο στήλες με σκοπό την απευθείας σύγκρισή τους. Το κόκκινο χρώμα αντιστοιχεί σε υπέρβαση της τιμής 0.1 MPa (που θεωρήθηκε η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας στο αρχικό προσομοίωμα).

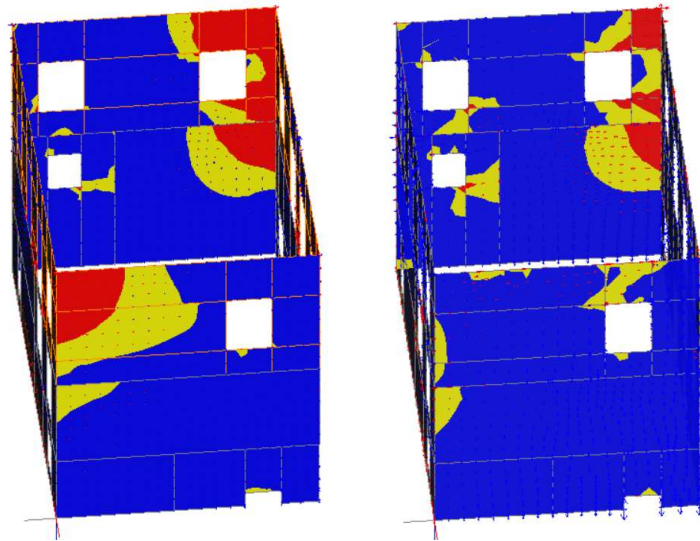
### Σεισμός κατά Χ



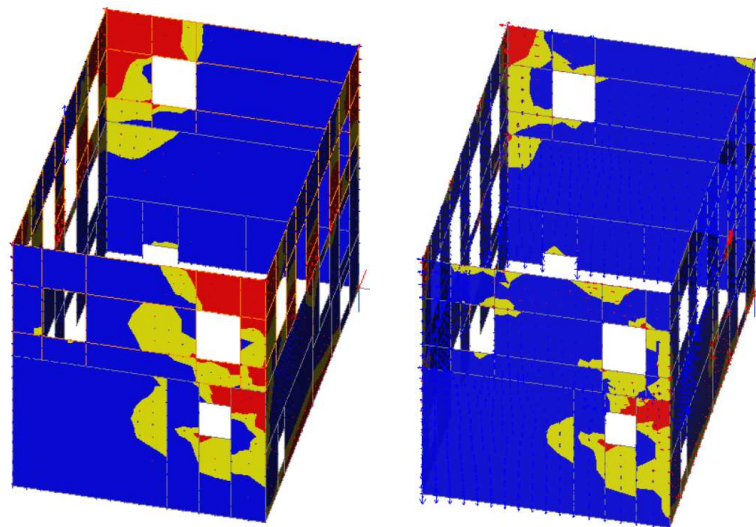
*Νότια όψη*



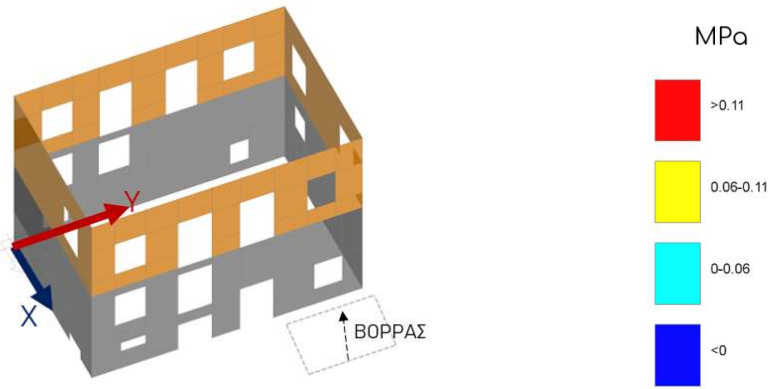
*Βόρεια όψη*



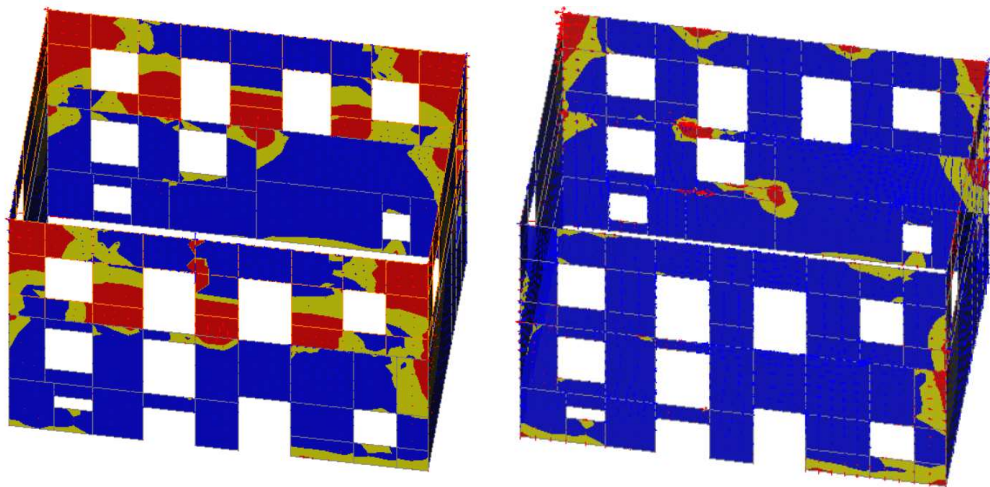
*Δυτική όψη*



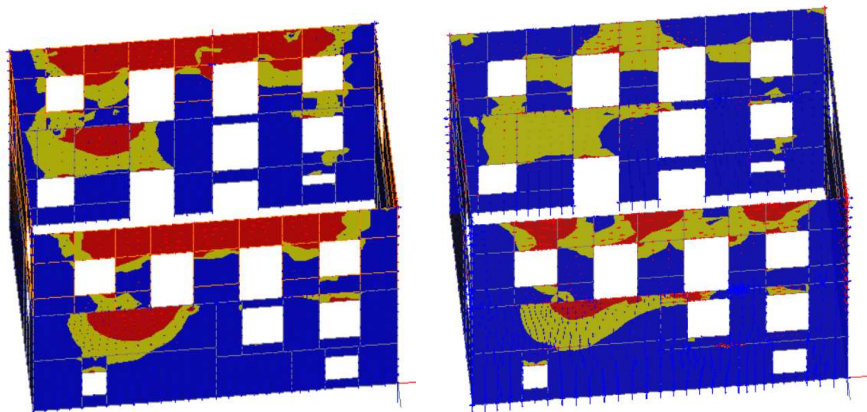
*Ανατολική όψη*



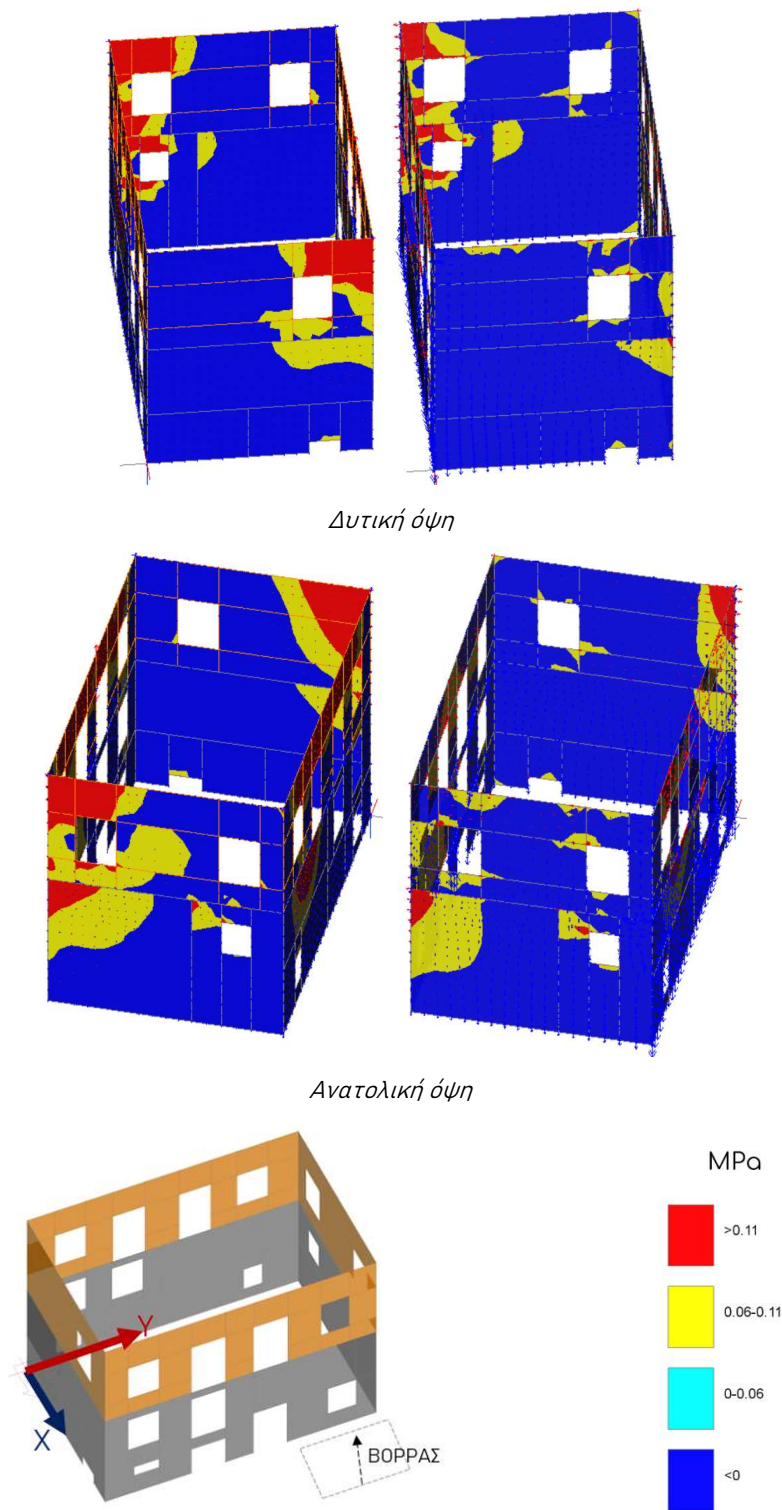
Εικόνα 6.33 Κύριες εφελκυστικές τάσεις στο αρχικό (αριστερά) και το ενισχυμένο (δεξιά) μοντέλο για G+Ex



Νότια όψη



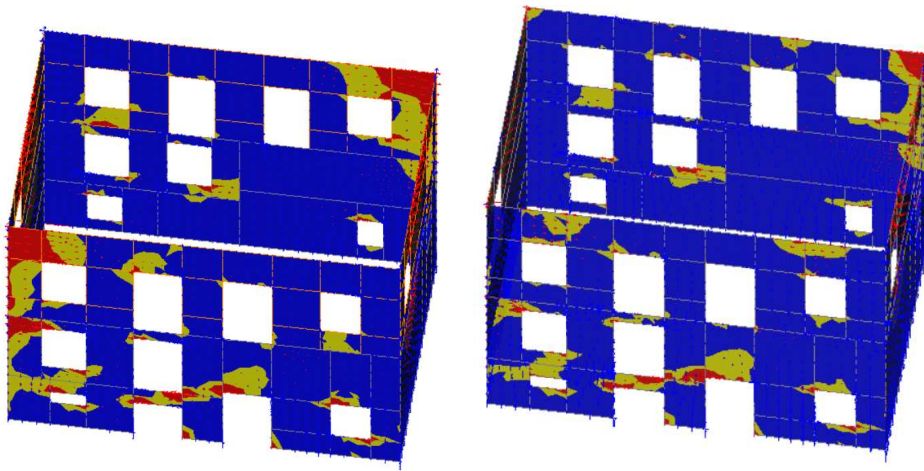
Βόρεια όψη



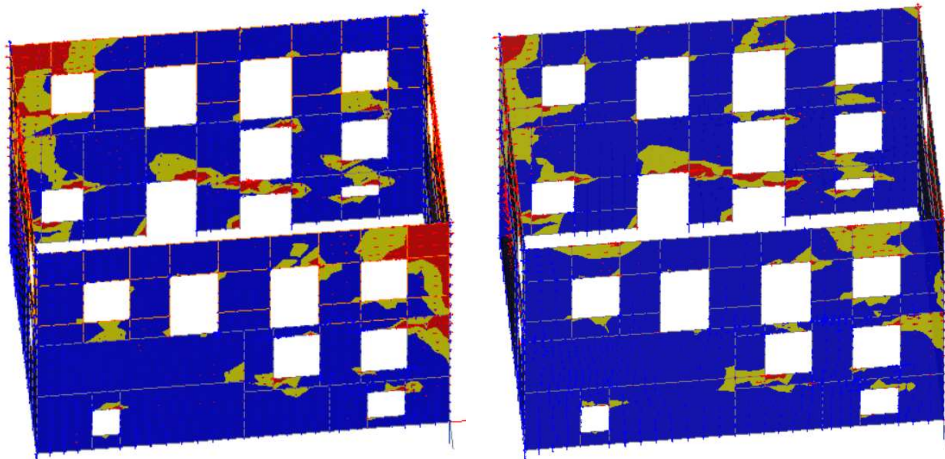
Εικόνα 6.34 Κύριες εφελκυστικές τάσεις στο αρχικό (αριστερά) και το ενισχυμένο (δεξιά) μοντέλο για G-Ex



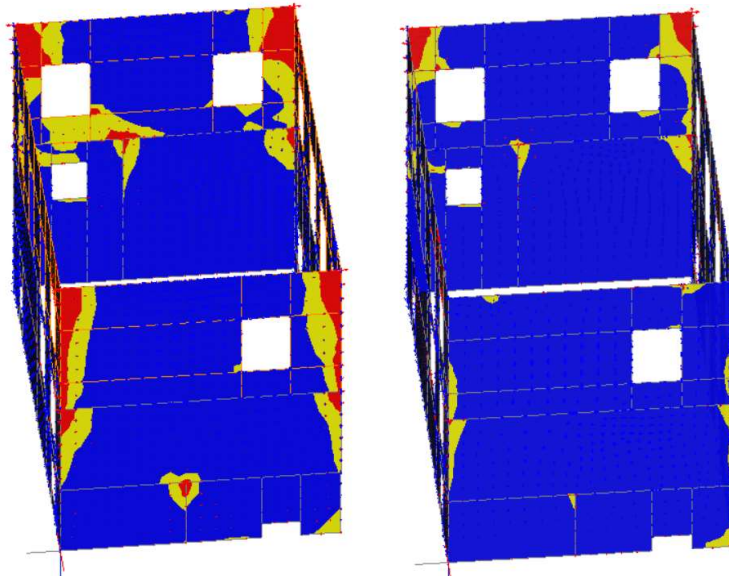
Σεισμός κατά Υ



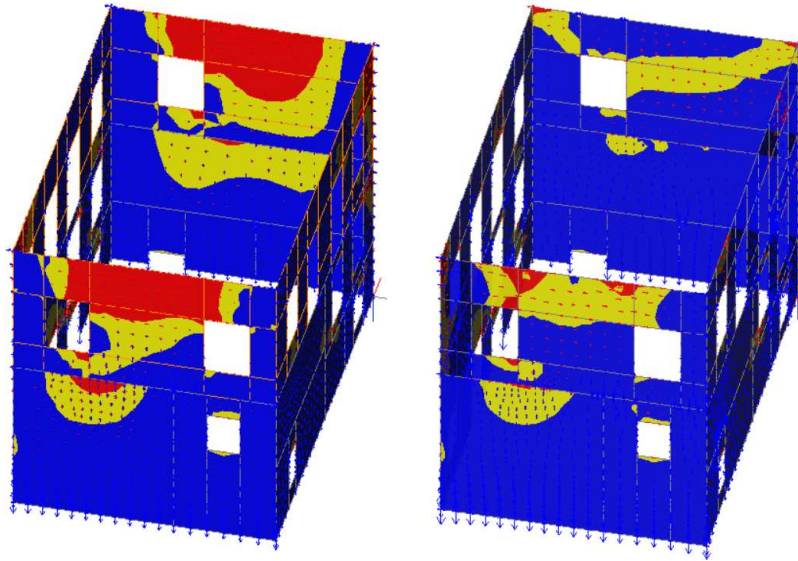
Νότια όψη



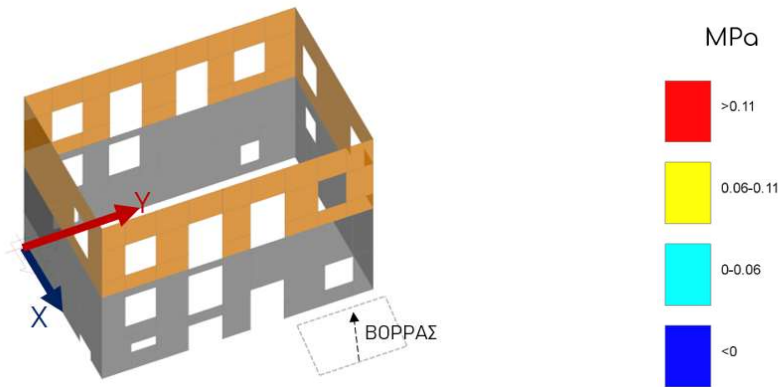
Βόρεια όψη



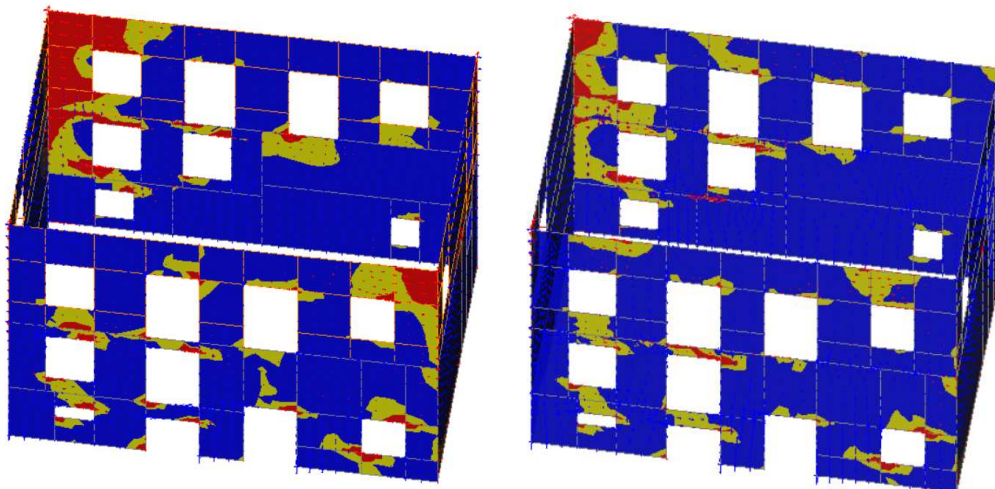
Δυτική όψη



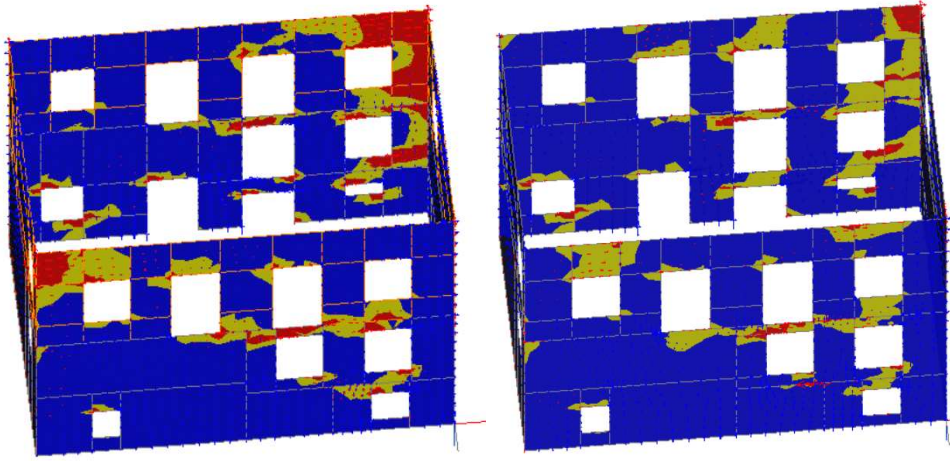
Ανατολική όψη



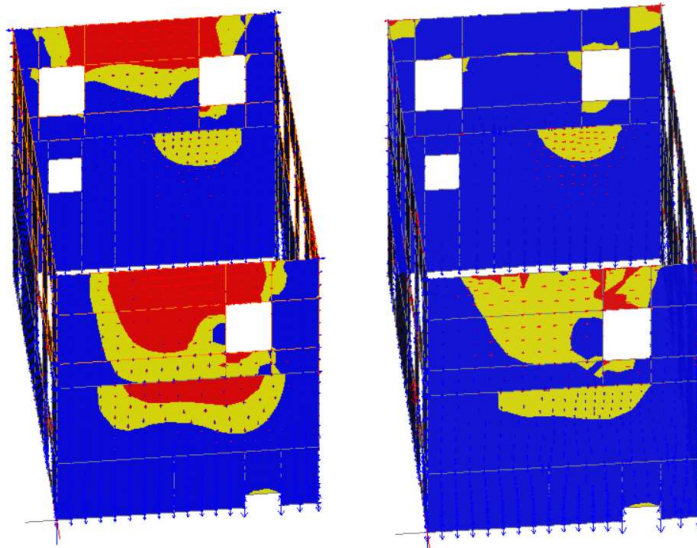
Εικόνα 6.35 Κύριες εφελκυστικές τάσεις στο αρχικό (αριστερά) και το ενισχυμένο (δεξιά) μοντέλο για G+Eγ.



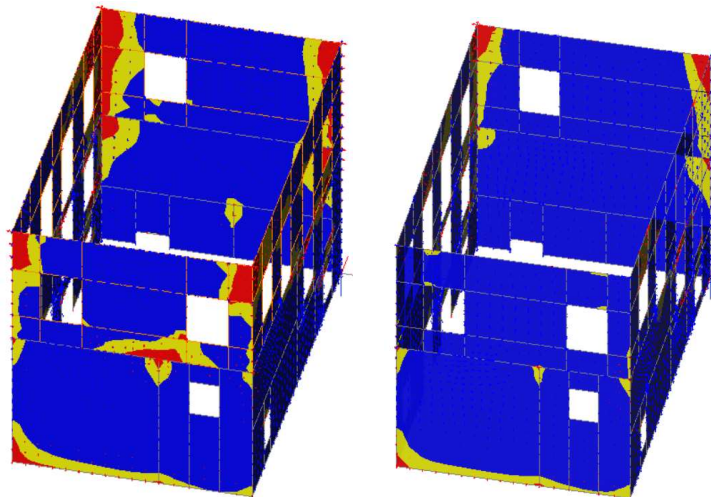
Νότια όψη



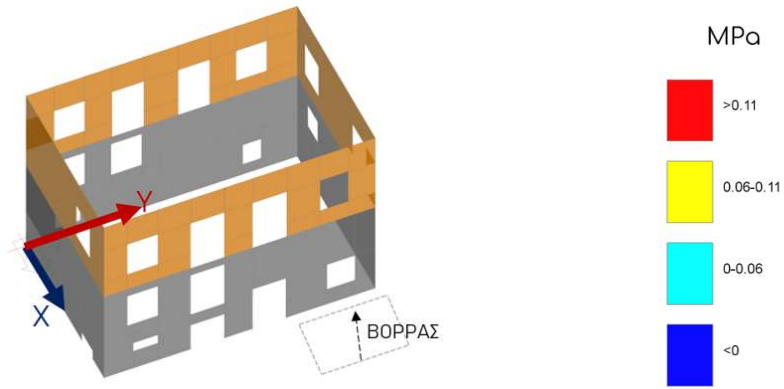
*Βόρεια όψη*



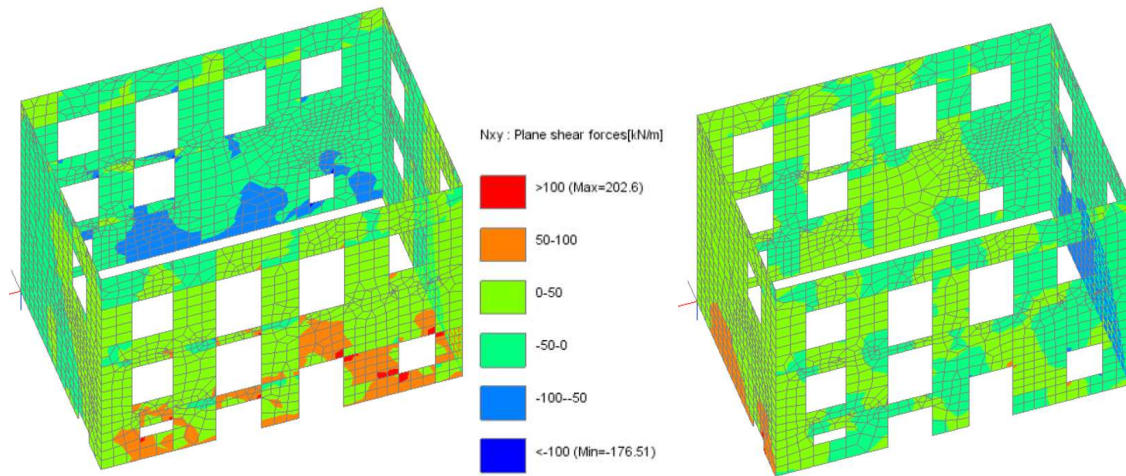
*Δυτική όψη*



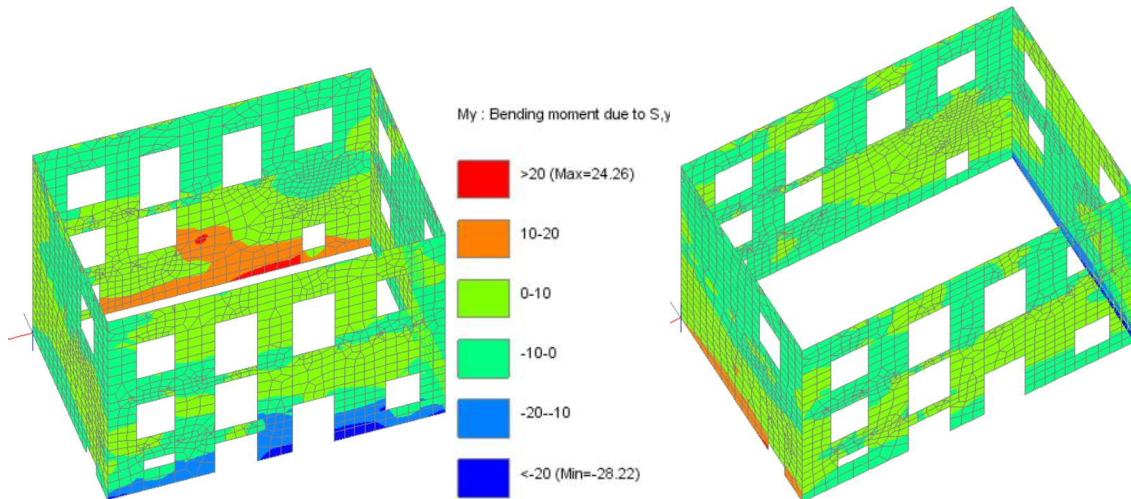
*Ανατολική όψη*



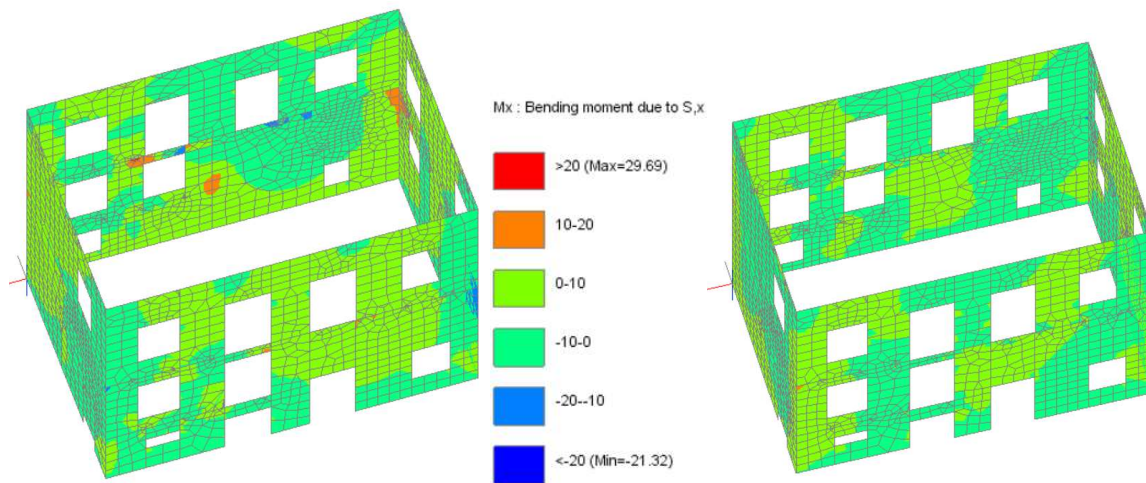
Εικόνα 6.36 Κύριες εφελκυστικές τάσεις στο αρχικό (αριστερά) και το ενισχυμένο (δεξιά) μοντέλο για G-Ey.



Εικόνα 6.37 Διατμητικές (εντός επιπέδου) δυνάμεις για G+Ex και G+Ey αντίστοιχα.



Εικόνα 6.38 Ροπές κάμψης περί οριζόντιο άξονα My (kNm/m) G+Ex και G+Ey..



*Εικόνα 6.39 Ροπές κάμψης περί κατακόρυφο άξονα  $M_x$  ( $kNm/m$ ) για  $G+Ex$  και  $G+Ey$ .*

#### 6.4.4 Προσδιορισμός R για τον προσδιορισμό των ανελαστικών μετακινήσεων

Η σεισμική τέμνουσα έχει την τιμή:

$$V_{el} = C_m \cdot S_e(T) \cdot \frac{W}{g}$$

Όπου

$C_m$  ο συντελεστής δρώσας μάζας ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 1.0 για μονώροφα και διώροφα κτίρια,

$S_e(T)$  η φασματική ολική επιτάχυνση που αντιστοιχεί στην θεμελιώδη ιδιοπερίοδο (από το ελαστικό φάσμα). Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί παραπάνω λαμβάνει την τιμή 0.72g

W η συνολική μάζα του δομήματος.

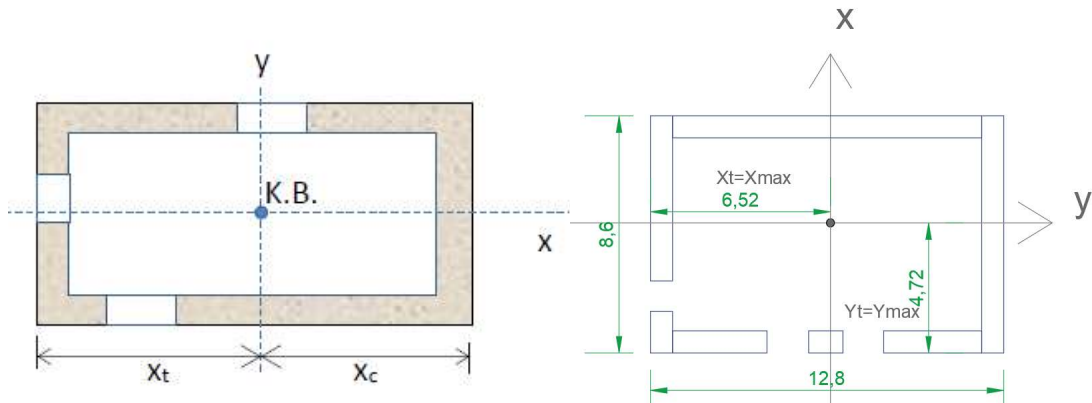
Μετά τον προσδιορισμό της σεισμικής τέμνουσας, υπολογίζεται η ροπή ανατροπής στην βάση του δομήματος (θεωρείται ορθογωνική κατανομή της σεισμικής δύναμης) :

$$M_{ed} = 0.5 \cdot H \text{ όπου } H \text{ το ύψος του κτιρίου}$$

Με σκοπό τον υπολογισμό των τάσεων στις ακραίες ίνες<sup>111</sup> (Pantazopoulou 2013) (θλιβόμενη και/ή εφελκυσόμενη), αφού πρώτα βρεθούν οι κεντροβαρικοί άξονες στην βάση

<sup>111</sup> Η μεθοδολογία που ακολουθείται περιγράφεται στο «STATE OF THE ART REPORT FOR THE ANALYSIS METHODS FOR UNREINFORCED MASONRY HERITAGE STRUCTURES AND MONUMENTS» (Pantazopoulou 2013)

του κτιρίου, για κάθε διεύθυνση σεισμικής φόρτισης υπολογίζονται οι ροπές αντίστασης για κάθε άξονα σύμφωνα με το σχήμα (Σ 5.8) του ΚΑΔΕΤ:

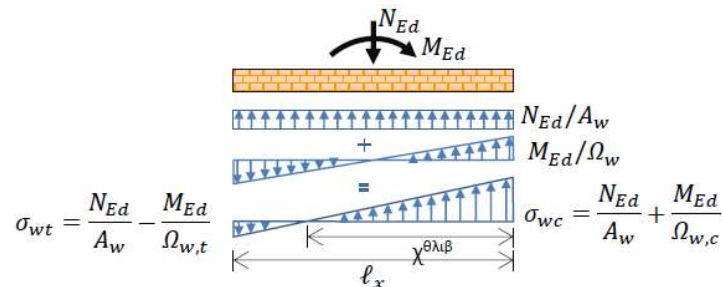


**Εικόνα 6.40** Αριστερά: το σχήμα (Σ 5.8) του ΚΑΔΕΤ σύμφωνα με το οποίο ορίζονται οι ροπές αντίστασης. Δεξιά: το αντίστοιχο σχήμα για το κτίριο του παραδείγματος.

$$\Omega_{wc} = \frac{I_{w,y}}{x_c}, \Omega_{wt} = \frac{I_{w,t}}{x_t} \text{ και αντίστοιχα για την διεύθυνση } y$$

Οι τάσεις στις ακραίες θέσεις για κάθε διεύθυνση υπολογίζονται σύμφωνα με την σχέση (5.2):

$$\sigma_{wc} = \frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{Ed}}{\Omega_{wc}} \text{ και } \sigma_{wt} = \frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{Ed}}{\Omega_{wt}}$$



**Εικόνα 6.41** Σχήμα (Σ 5.8 β) του ΚΑΔΕΤ: ορισμός μεγεθών για τις ορθές τάσεις στην βάση του κτιρίου.

Στη συνέχεια με δεδομένες τις τάσεις μπορεί να υπολογιστεί το θλιβόμενο μήκος (άρα και το θλιβόμενο εμβαδό  $A_c$ ) σε κάθε περίπτωση:

$$L_c = L \cdot \frac{\sigma_c}{\sigma_c + \sigma_t}$$

Ακολούθως βρίσκεται η απαιτούμενη διατμητική τάση στην βάση:

$$\tau_{\text{απαιτ}} = \frac{V_{el}}{A_c}$$

Εν συνεχεία για τον προσδιορισμό του R ( $=q_{\text{απαιτ}}$ ) συγκρίνεται η απαιτούμενη διατμητική τάση στην βάση με την θεωρητική διατμητική αντοχή<sup>112</sup> ( $f_v=200$  kPa):

$$R = \frac{\tau_{\text{απαιτ}}}{f_v}$$

Η απαιτούμενη πλαστιμότητα:

$$\mu_{\text{απαιτ}} = 1 + (R - 1) \cdot \frac{T_c}{T}$$

Εν τέλει ο λόγος των ανελαστικών προς ελαστικές μετακινήσεις (Σ 5.4) για κάθε διεύθυνση υπολογίζεται:

$$\frac{d_{\text{inel}}}{d_{\text{el}}} = \frac{\mu_{\text{απαιτ}}}{R} = \frac{1 + (R - 1) \cdot \frac{T_c}{T}}{R} \text{ για } T \leq T_c$$

			μονάδες	X	Y
διάσταση στην κάτοψη	Lx,Ly	m		8.6	12.8
ύψος		m		9.15	
ροπή αντίστασης, c	Ωcx,Ωcy	m <sup>3</sup>		102.84	80.63
ροπή αντίστασης, t	Ωtx,Ωty	m <sup>3</sup>		99.06	66.28
θεμελιώδης ιδιοπερίοδος	T1x,T1y	sec		0.194	0.165
Βάρος	W	kN		4925	
εμβαδό	A	m <sup>2</sup>		28.24	
επιτάχυνση	ag	g		0.24	
φασματική επιτάχυνση	Se(T1)	g		0.72	
τέμνουσα βάσης	Vo	kN		3546	
ροπή ανατροπής	Mo	kNm		16222.95	
τάσεις κατα X	σp1,	kN/m <sup>2</sup>		-26.804	
	σp2	kN/m <sup>2</sup>		419.162	
τάσεις κατα Y	σp1,	kN/m <sup>2</sup>			16.649
	σp2	kN/m <sup>2</sup>			338.167
θλιβόμενο μήκος	Lθly,Lθly	m		8.083	12.8
διατμητικές τάσεις	τx,τy	kN/m <sup>2</sup>		317.373	225.917
$q_{\text{απαιτ}}=\tau/f_v$				1.587	1.130
$\mu_{\Delta_{\text{απαιτ}}}=1+(q-1)*T_c/T$				2.513	1.393
$d_{\text{inel}}/d_{\text{el}}=\mu/q$				1.583	1.232

Πίνακας 6.9 Τα αριθμητικά δεδομένα για κάθε διεύθυνση του κτιρίου και η πορεία υπολογισμού του R.

<sup>112</sup> Η προσέγγιση αυτή είναι από την μεριά της ασφάλειας. Κανονικά θα έπρεπε να ληφθεί υπόψη και η ευμενής για την διατμητική αντοχή παρουσία του κατακόρυφου φορτίου.

Προκύπτει λοιπόν ότι οι μετακινήσεις των κόμβων που εξάγονται από την ελαστική (ισοδύναμη στατική) ανάλυση θα πολλαπλασιαστούν με 1.583 κατά την διεύθυνση X και με 1.232 κατά την διεύθυνση Y.

#### 6.4.4.1 Έλεγχος ανατροπής

Εφόσον λαμβάνεται υπόψη η ανελαστική συμπεριφορά του κτιρίου, η σεισμική τέμνουσα ( $V_o=V_{el}$ ) μετά την ανάπτυξη ρωγμών, μετακινήσεων (την μετατροπή της ενέργειας δηλαδή, την απόσβεση) μειώνεται ανάλογα με το  $q$ .

Η ανελαστική τέμνουσα σε κάθε διεύθυνση δηλαδή θα λάβει την τιμή:

$$V_{anel} = \frac{V_o}{q_{\alpha\pi\alpha\iota\tau}}$$

Αντίστοιχα η ροπή ανατροπής:

$$M_{anel} = \frac{M_o}{q_{\alpha\pi\alpha\iota\tau}}$$

Σε κάθε περίπτωση η εκκεντρότητα υπολογίζεται  $e=M_{anel}/W$

Με την τιμή της εκκεντρότητας ανάμεσα στις τιμές  $L/6$  και  $L/2$  υπολογίζονται με τον ίδιο τρόπο οι τάσεις στις ακραίες ίνες (οι οποίες προκύπτουν θλιπτικές) προκειμένου να μην υπερβαίνουν την αντοχή της τοιχοποιίας (έλεγχος ανατροπής σύμφωνα με το κεφάλαιο 5.3.8 του ΚΑΔΕΤ).

	X	Y
$q_{\alpha\pi\alpha\iota\tau}=R$	1.587	1.130
$V_{anel}= V_{el}/q$	2234.59	3139.2
$M_{anel}=0.5 \cdot V_{anel}$	10223.27	14361.84
$e=M_{anel}/W$	2.076	2.916
$L/6$	1.433	2.133
$L/2$	4.3	6.4
<b>τάσεις κατα X</b>	$\sigma_1$ , kN/m <sup>2</sup>	47.606
	$\sigma_2$ , kN/m <sup>2</sup>	328.642
<b>τάσεις κατα Y</b>	$\sigma_1$ , kN/m <sup>2</sup>	0.0683
	$\sigma_2$ , kN/m <sup>2</sup>	319.379

*Πίνακας 6.10 Προσδιορισμός τάσεων για τον έλεγχο ανατροπής.*

Σύμφωνα με την σχέση 5.1 του ίδιου κεφαλαίου για την απουσία αδρανούς περιοχής στην κάτοψη του κτιρίου πρέπει να ισχύει:

$$\frac{s_d(T)}{g} \leq \frac{\zeta_e \cdot \Omega_w}{c_m \cdot \eta \cdot S \cdot h_{tot}} \left[ \frac{f_{tm}}{N_{ed}} + \frac{1}{A_w} \right]$$

Όπου:

$S_d(T)$  η φασματική επιτάχυνση που ορίζεται από το φάσμα σχεδιασμού ( $S_d=S_e/q$ ),

$\zeta_e$  συντελεστής σχήματος ίσος με 2.0 για ομοιόμορφη κατανομή,



$\Omega_w$  η ροπή αντίστασης της κάτοψης του δομήματος ,  
 $C_m$  συντελεστής δρώσας μάζας, λαμβάνει την τιμή 1.0,  
 $\eta$  συντελεστής εξαρτώμενος από την απόσβεση,  
 $S$  συντελεστής εδάφους,  
 $h_{tot}$  συνολικό ύψος του κτιρίου,  
 $f_{tm}$  η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας,  
 $N_{ed}$  το συνολικό κατακόρυφο φορτίο και  
 $A_w$  το εμβαδό των φερόντων τοίχων στη βάση του κτιρίου.

Για την Χ διεύθυνση:

$$\frac{0.72}{1.587} \leq \frac{2 \cdot (80.63 + 66.28)}{1 \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 9.15} \left[ \frac{200}{4925} + \frac{1}{28.24} \right] =$$

$$0.45 \leq 2.03$$

Για την Υ διεύθυνση:

$$\frac{0.72}{1.13} \leq \frac{2 \cdot (102.84 + 99.06)}{1 \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 9.15} \left[ \frac{200}{4925} + \frac{1}{28.24} \right] =$$

$$0.637 \leq 2.796$$

#### 6.4.5 Έλεγχος μελών

Σε κάθε στοιχείο πραγματοποιήθηκε κατάλληλος αριθμός τομών, συνήθως τριών στην βάση, την μέση και την κορυφή του στοιχείου εκτός αν ήταν προφανής βάσει της εικόνας των τάσεων στα πεπερασμένα στοιχεία. Παρακάτω παρατίθενται εποπτικά οι αστοχίες των επιμέρους στοιχείων ανά στάθμη επιτελεστικότητας. Με πράσινο χρώμα εννοείται η επάρκεια των στοιχείων σε στάθμη επιτελεστικότητας Β, ενώ με πορτοκαλί σημειώνεται το στοιχείο που ικανοποιεί την Γ στάθμη. Τέλος τα στοιχεία που έχουν επισημανθεί με κόκκινο χρώμα αστοχούν στην στάθμη αυτή (Γ) και ο αριθμός που αναγράφεται πάνω τους αντιστοιχεί στον λόγο ανεπάρκειας. Οι πεσσοί μεγάλου μήκους, διαιρούνται σε επιμέρους τοιχοστοιχεία (διακεκομμένες γραμμές) όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενη παράγραφο.

Παρατηρούνται αστοχίες στα λίθινα υπέρθυρα της στάθμης του ορόφου (+4.92m) που οφείλονται στις μεγάλες εφελκυστικές δυνάμεις που τα καταπονούν σε συνδυασμό με την απουσία θλιβόμενης ζώνης και το μικρό τους ύψος. Σημειώνεται πως δεν λαμβάνεται υπόψη η ικανότητα ανάληψης εφελκυστικών φορτίων από τα πρέκια των ανοιγμάτων

καθώς αυτά δεν έχουν προσομοιωθεί όσο αναφορά το λίθινο τμήμα του κτιρίου. Αφενός δεν ήταν δυνατή η λεπτομερής τεκμηρίωση<sup>113</sup> τους εφόσον στην υφιστάμενη κατάσταση δεν είναι εμφανή και αφετέρου η εισαγωγή μεμονωμένων γραμμικών στοιχείων ως υπερθύρων (όταν δεν εντάσσεται στο συνολικό σύστημα ξυλοδεσιών όπως στο πλίνθινο τμήμα) αποτελεί περίπλοκη διαδικασία αφού θα επηρέαζε την διάρθρωση και τον καταμερισμό<sup>114</sup> των επιμέρους επιφανειακών στοιχείων που συνορεύει.

Επιπρόσθετα, στις μικρές πλευρές του κτιρίου στο πλίνθινο του τμήμα αστοχούν εκτός από τα υπέρθυρα και τα επιμέρους στοιχεία του πεσσού μεγάλου μήκους έναντι τέμνουσας.

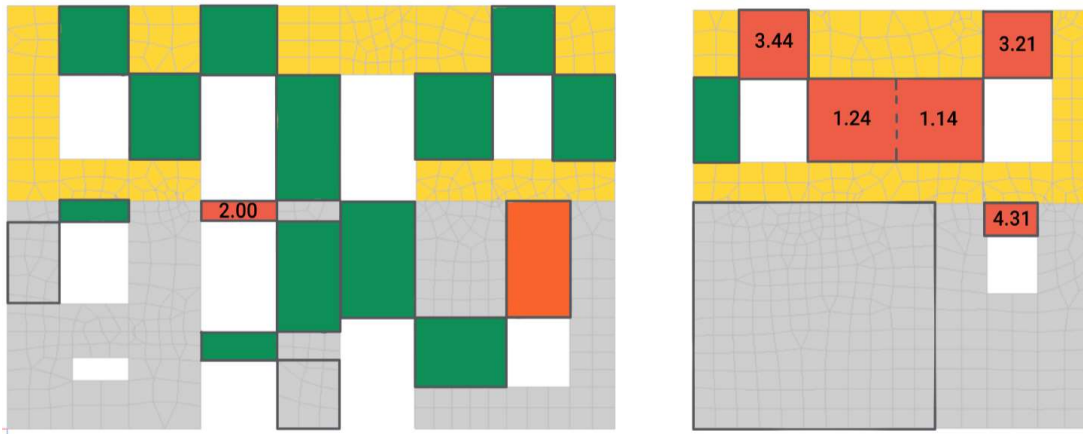
Υπενθυμίζεται πως ο στόχος ανασχεδιασμού στην επίλυση αυτή θεωρήθηκε η στάθμη επιτελεστικότητας B1 ( $a_g/a_{g,ref}=1.00$ ) με δεδομένη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων «Ανεκτή<sup>115</sup>», ο οποίος δεν επιτεύχθηκε λόγω εκτεταμένων αστοχιών τόσο στο λίθινο όσο και στο πλίνθινο τμήμα.

---

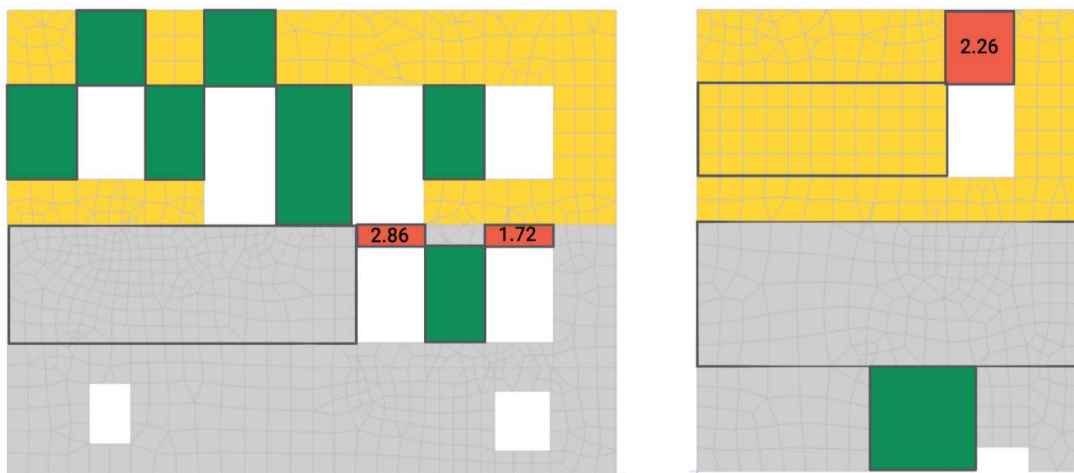
<sup>113</sup> Ενδέχεται η διαμόρφωση των υπερθύρων να είναι με σχηματισμό ανακουφιστικού τόξου. Στο Γαλαξίδι συναντώνται και οριζόντια και τοξωτά υπέρθυρα.

<sup>114</sup> Πιθανώς για αυτό τον λόγο στην βιβλιογραφία δεν συναντάται η μοντελοποίηση μεμονωμένων πρεκιών ως γραμμικά μέλη, παρά μόνο ως τμήμα του ευρύτερου συνόλου ξύλινων ενισχύσεων.

<sup>115</sup> Η τρίτη κατά σειρά στάθμη αξιοπιστίας «ανεκτή» στον ΚΑΔΕΤ αντιστοιχεί στο «περιορισμένο» επίπεδο γνώσης του ΕΚ8-1.



*Εικόνα 6.42: Νότια και Δυτική όψη.*



*Εικόνα 6.43: Βόρεια και Ανατολική όψη.*

Γίνεται σαφής η σημασία και η επίπτωση της στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό ενός υφιστάμενου κτιρίου. Μικρότεροι συντελεστές ασφαλείας τόσο στις δράσεις σχεδιασμού όσο και στα υφιστάμενα υλικά θα οδηγούσαν σε ευμενέστερα αποτελέσματα και τελικώς σε μικρότερου βαθμού επεμβάσεις. Ακόμη αξίζει να αναφερθεί ότι η υιοθέτηση μιας τόσο υψηλής σεισμικής κλάσης για ένα υλικό όπως η ωμοπλινθοδομή το οποίο από την φύση του έχει έναν πιο παροδικό χαρακτήρα, ίσως είναι υπερβολική. Επιπλέον λόγω του ότι πρόκειται για κατοικία η οποία συντηρείται σε τακτά χρονικά διαστήματα, θα μπορούσε να γίνει αποδεκτός ένας χαμηλότερος στόχος ανασχεδιασμού.

## 6.5 Επιπρόσθετες επεμβάσεις για αντιμετώπιση τοπικών αστοχιών

Η εντατική κατάσταση των λίθινων υπερθύρων που αστοχούν επηρεάζεται κυρίως από τις μεγάλες εφελκυστικές δυνάμεις που ασκούνται, μεγέθους έως και 60 kN, ενώ ταυτόχρονα οι εντός επιπέδου ροπές δεν προσφέρουν ικανό θλιβόμενο μήκος και σε αρκετές περιπτώσεις υπάρχει υπέρβαση της εφελκυστικής αντοχής στην αντίστοιχη παρειά του στοιχείου. Απαραίτητη επέμβαση επομένως είναι η αντικατάσταση και ενίσχυση των πρεκιών στα υπέρθυρα με επαρκές μήκος αγκύρωσης εκατέρωθεν, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς για την μη υπέρβαση της αντοχής της τοιχοποιίας στα σημεία έδρασης.

Όσον αφορά τα στοιχεία από ωμοπλινθοδομή, με δεδομένη την δυσκολία της οποιασδήποτε αύξησης των μηχανικών της χαρακτηριστικών εκτός από την παρόμοια μέθοδο με τα λίθινα υπέρθυρα, ενίσχυση των πρεκιών για ανάληψη των εφελκυστικών δυνάμεων, προτείνεται η τοποθέτηση πλαστικού πλέγματος εκατέρωθεν της τοιχοποιίας για την βελτίωση της παραμορφωσιμότητας του συνόλου.

Όπως αναφέρεται στην βιβλιογραφία, στην περίπτωση των ωμοπλινθοδομών έχουν εφαρμοστεί πλέγματα από διάφορα υλικά όπως ξύλο, μέταλλο, σχοινί, πλαστικό ή συνθετικά πλέγματα. Με σκοπό την διατήρηση της όψης του κτιρίου λαμβάνοντας υπόψη τον μνημειακό του χαρακτήρα, υλικά των οποίων η εφαρμογή τους απαιτεί μεγάλο πάχος προκαλώντας ανομοιομορφίες στην όψη δεν είναι αποδεκτά. Επιπλέον η επιλογή του υλικού επηρεάζεται σημαντικά από την ιδιαιτερότητα της συμπεριφοράς των ωμοπλίνθων παρουσία υγρασίας. Επιλέγεται έτσι το πλαστικό πλέγμα το οποίο έχει μηδενική απορροφητικότητα σε συνδυασμό με κονίαμα υδραυλικής άσβεστου.

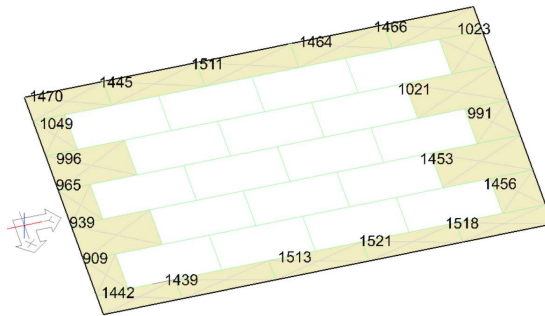
Απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός της επέμβασης καθότι, ναι μεν οι στρώσεις που θα δημιουργηθούν με το οπλισμένο επίχρισμα θα προσφέρουν αντοχή εντός και εκτός επιπέδου, αλλά υπάρχει ο προφανής κίνδυνος της αποκόλλησης και αυτός της διάτρησης της τοιχοποιίας. Οι κίνδυνοι αυτοί αντιμετωπίζονται με επιμελείς αγκυρώσεις (με πλαστικά αγκύρια ή θύσανους<sup>116</sup>) σε κατάλληλο κάρναβο και με ορθή τοποθέτηση του πλέγματος στην ευρύτερη περιοχή του ενισχυόμενου στοιχείου.

---

<sup>116</sup> [Λεξικό Τριανταφυλλίδη] Θύσανος: σύνολο μακριών τεχνητών ή φυσικών νημάτων τα οποία είναι ενωμένα μόνο στο ένα τους άκρο, αφήνοντας το άλλο ελεύθερο. Η χρήση θυσάνων δεν έχει εφαρμοστεί μέχρι τώρα σε ωμοπλινθοδομές.

## Διαστασιολόγηση στοιχείων σύνδεσης διαφραγμάτων

Για την διαστασιολόγηση των στοιχείων σύνδεσης σε κάθε διάφραγμα υπολογίσθηκαν από το λογισμικό οι μέγιστες διατμητικές δυνάμεις που καταπονούν τα ακραία πάνελ. Οι δυνάμεις αυτές θα καταπονούν όλα τα στοιχεία που συνδέουν τα μέλη του διαφράγματος (περιμετρικό διάζωμα διατομής L, κόντρα πλακέ, σανίδωμα, δοκάρια πατώματος)<sup>117</sup>



Εικόνα 6.44 Ακραία πάνελ του διαφράγματος στην στάθμη του ορόφου (+4.92m).

### Μεγάλες πλευρές:

Μέγιστη τέμνουσα (κατά μήκος) = 5.28 kN άρα  $5.28/2.5=2.112$  kN/m

Μέγιστη τέμνουσα (εγκάρσια)=1.81 kN  $1.81/2.5=0.724$  kN/m

Τα βλήτρα θα διαστασιολογηθούν με την μέγιστη κατά μήκος τέμνουσα δηλαδή 2.112 kN/m ενώ τα αγκύρια θα παραλάβουν (ως εφελκυσμό) την εγκάρσια στην πλευρά τέμνουσα 0.724 kN/m.

### Μικρές πλευρές:

Μέγιστη τέμνουσα (κατά μήκος) = 4.1 kN άρα  $4.1/1.25=3.28$  kN/m

Μέγιστη τέμνουσα (εγκάρσια)=8.01 kN άρα  $8.01/1.25=6.408$  kN/m

Ομοίως τα βλήτρα θα διαστασιολογηθούν με την μέγιστη κατά μήκος τέμνουσα δηλαδή 3.896 kN/m ενώ τα αγκύρια θα παραλάβουν (ως εφελκυσμό) την εγκάρσια στην πλευρά τέμνουσα 6.408 kN/m

Με τα παραπάνω μεγέθη σχεδιασμού προτείνεται (εικ. 6.45) η τοποθέτηση μεταλλικής λάμας πάχους 10mm περιμετρικά στην εξωτερική πλευρά προκειμένου να ακυρωθούν επαρκώς όλα τα αγκύρια που συνδέουν το μεταλλικό διάζωμα με την τοιχοποιία. Η λάμα αυτή θα φέρει οβάλ οπές ώστε να χρησιμοποιηθεί επίσης για την περιίδεση του κτιρίου στη στάθμη αυτή. Το μεταλλικό διάζωμα τοποθετείται παράλληλα με τον τοίχο και

<sup>117</sup> Χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στη Μελέτη Εφαρμογής Β' Φάση Αποκατάστασης του Καθολικού της Μονής Δαφνίου των Α. Μιλτιάδου-Fezans, Ν. Δεληνικόλα, Ε. Βιντζηλαίου, Χ. Μουζάκη, Ι. Ντουρακόπουλου, Π. Γιαννόπουλου, Αθήνα 2012, (Αρχείο ΔΑΒΜΜ, ΥΠΠΟΑ.)

συνδέεται με το πρώτο δοκάρι του πατώματος με καρφιά ανά 42cm. Τα φύλλα του κόντρα πλακέ καρφώνονται στο υπάρχον σανίδωμα ανά συγκεκριμένες αποστάξεις (15cm εξωτερικά και 30cm εσωτερικά) τοποθετημένα με συνεχή τον διαμήκη αρμό τους και κλιμακωτό τον εγκάρσιο. Στη συνέχεια λοξές λάμες<sup>118</sup> πάχους 4mm οι οποίες διαπερνούν το γωνιακό συνδέονται με καρφιά στα κόντρα πλακέ αλλά και στην επόμενη δοκό προκειμένου να λειτουργήσουν σαν σύνολο. Τέλος τοποθετείται καινούριο δάπεδο από σανίδες και περιμετρικά σοβατεπί.

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην διεπιφάνεια μεταξύ μεταλλικών στοιχείων (περιμετρική λάμα, διάζωμα διατομής L) και πλίνθινης τοιχοποιίας προκειμένου να γίνεται διανομή της έντασης σε ευρύτερη περιοχή (εικ. 6.47). Πιο συγκεκριμένα προ των μεταλλικών στοιχείων παρεμβάλλονται: ένα λεπτό φύλλο κόντρα πλακέ (πάχους 5mm) και ένα φύλλο neorgene (πάχους 5mm). Η διάταξη αυτή θα εξομαλύνει τις όποιες ανομοιομορφίες και κοιλώματα που πιθανώς να έχει η επιφάνεια της τοιχοποιίας και ταυτοχρόνως θα κατανέμει καλύτερα την ένταση των μεταλλικών μελών ώστε να μην ασκείται συγκεντρωμένη δύναμη στο εμβαδό της λάμας ή του γωνιακού αντίστοιχα. Η τελική επιφάνεια θα είναι επίχρισμα με βάση τον ασβέστη μετά την τοποθέτηση πλέγματος περίπου 20cm πάνω και κάτω από την ζώνη της περιόδου για την ανάληψη των συστολοδιαστολών του χάλυβα.

Με την ίδια μεθοδολογία υπολογίσθηκαν τα μεγέθη σχεδιασμού του κεκλιμένου διαφράγματος της στέγης. Αυτό πραγματοποιείται τοποθετώντας πάνω από το υπάρχον σανίδωμα<sup>119</sup> φύλλα κόντρα πλακέ ομοίως τοποθετημένα κλιμακωτά. Με σκοπό το να συνδεθούν όλοι οι φορείς τις στέγης μεταξύ τους αλλά και με τα πάνελ προστίθεται νέο ξύλινο μέλος τραπεζοειδούς διατομής το οποίο διέρχεται και καρφώνεται μεταξύ του άκρου των ελκυστήρων (όταν δεν υπάρχει ελκυστήρας τοποθετείται επιπλέον ξύλο προκειμένου για βάση του τραπεζοειδούς) και της ακραίας πλευράς των πάνελ της στέγης. Για να μην χρησιμοποιηθούν μεταλλικά στοιχεία και βλήτρα τα οποία ενδεχομένως να διαρρήξουν την πλινθοδομή ή να μην έχουν αρκετή συνάφεια, επιλέγεται η τοποθέτηση ξύλινου διαζώματος (εικ. 6.48) αποτελούμενου από δύο μέλη περίπου 8x8cm το οποίο συνδέεται μέσω γωνιακού μέλους L πάχους 5mm μέσω στριφωνιών και

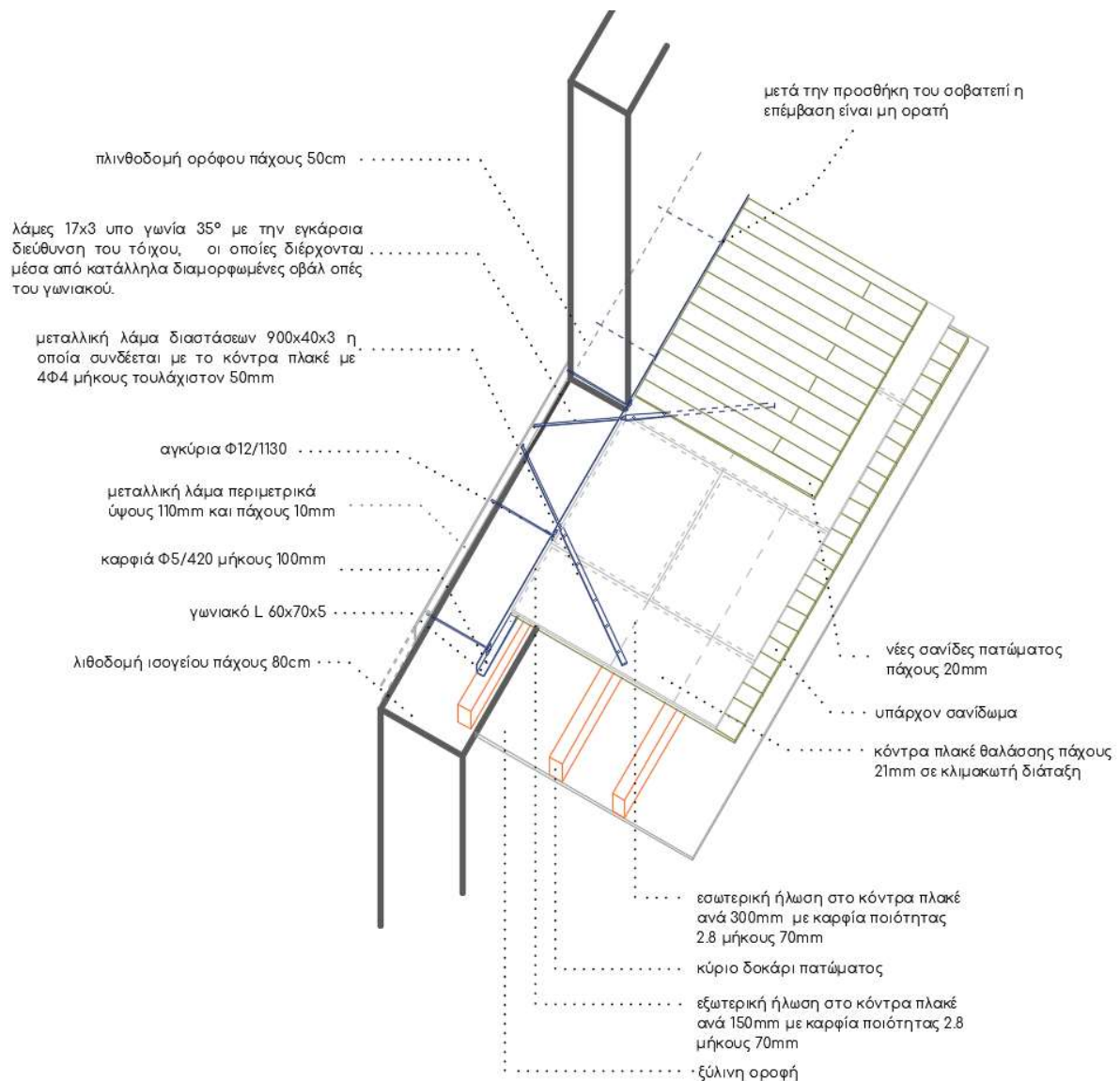
---

<sup>118</sup> Βλ. α) (Μιλιτιάδου 2001) «Εργασίες αποκατάστασης ΒΑ πτέρυγας των κελιών στο Μοναστήρι του Οσίου Λουκά, Βοιωτίας», Πρακτικά Διεθνούς Σεμιναρίου «Αποκατάσταση των ιστορικών κατασκευών σε σεισμικές περιοχές. Η περίπτωση των παραδοσιακών κτισμάτων στο Αιγαίο», που οργανώθηκε από τον ΟΑΣΠ, το ΕΚΠΠΣ, το Πανεπιστήμιο Αιγαίου και το ΕΜΠ στη Μυτιλήνη, 24-26 Μαΐου 2001, που εκδόθηκαν από τον ΟΑΣΠ το 2003, σελ. 155-165. και β) Παράρτημα του ΚΑΔΕΤ

<sup>119</sup> Ανάλογα βέβαια της κατάστασης των σανίδων, διαφορετικά θα γίνει τοποθέτηση νέων.

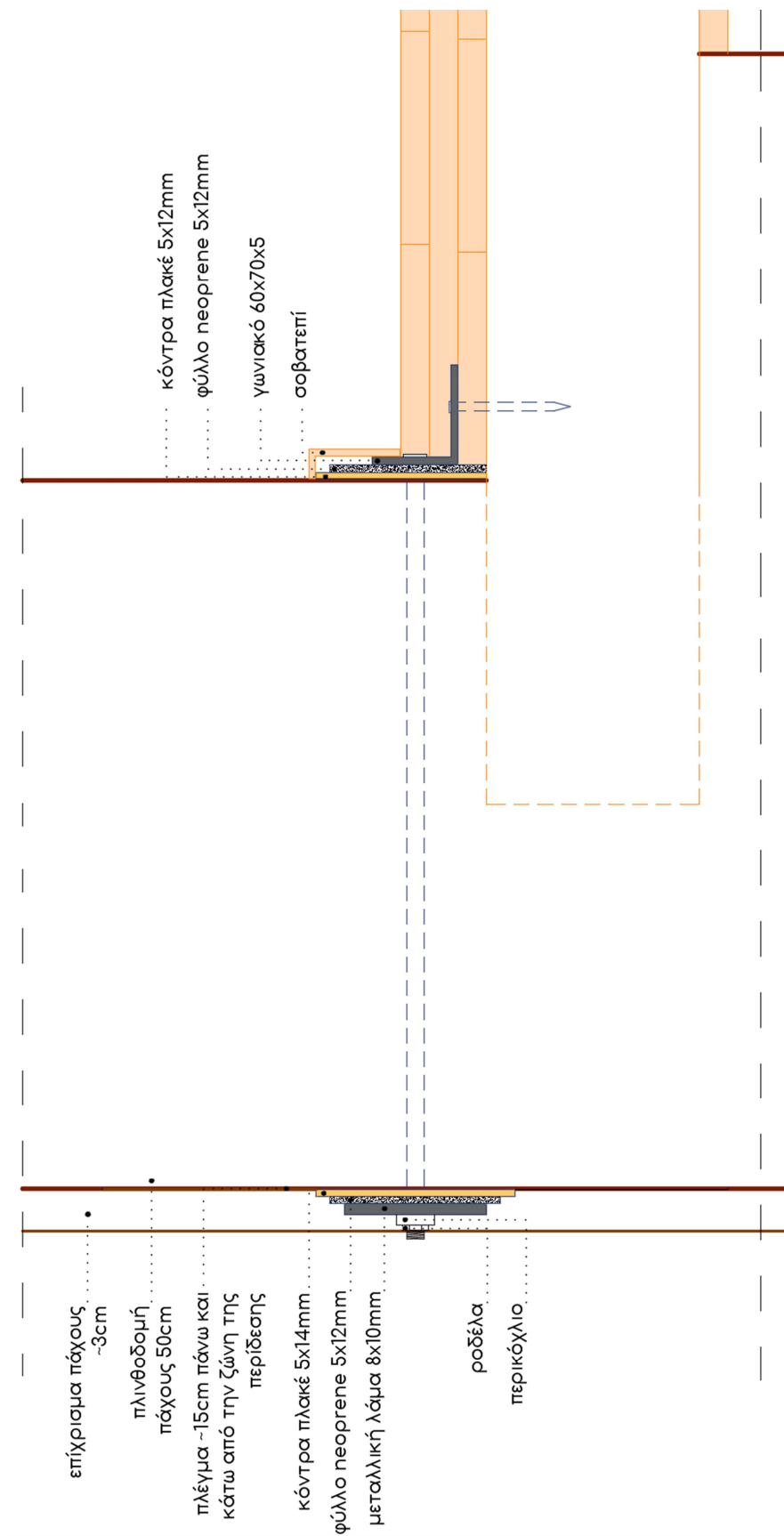
καρφιών Φ6. Στο πάνω μέρος του διαζώματος για την σύνδεσή του με την τοιχοποιία αλλά και ταυτόχρονα την ορθή λειτουργία του τοποθετούνται κλάπες ανά τουλάχιστον 50cm οι οποίες μέσω ξύλινων βλήτρων (καβίλιες)<sup>120</sup> συνδέονται καθέτως με τον πλίνθινο τοίχο. Στην τελευταία σελίδα του τεύχους βρίσκεται η συνολική εγκάρσια τομή του κτιρίου με εμφανή τα σημεία των επεμβάσεων.

Όλα τα μεταλλικά στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν είναι γαλβανισμένα για την πρόληψη της σκουριάς.



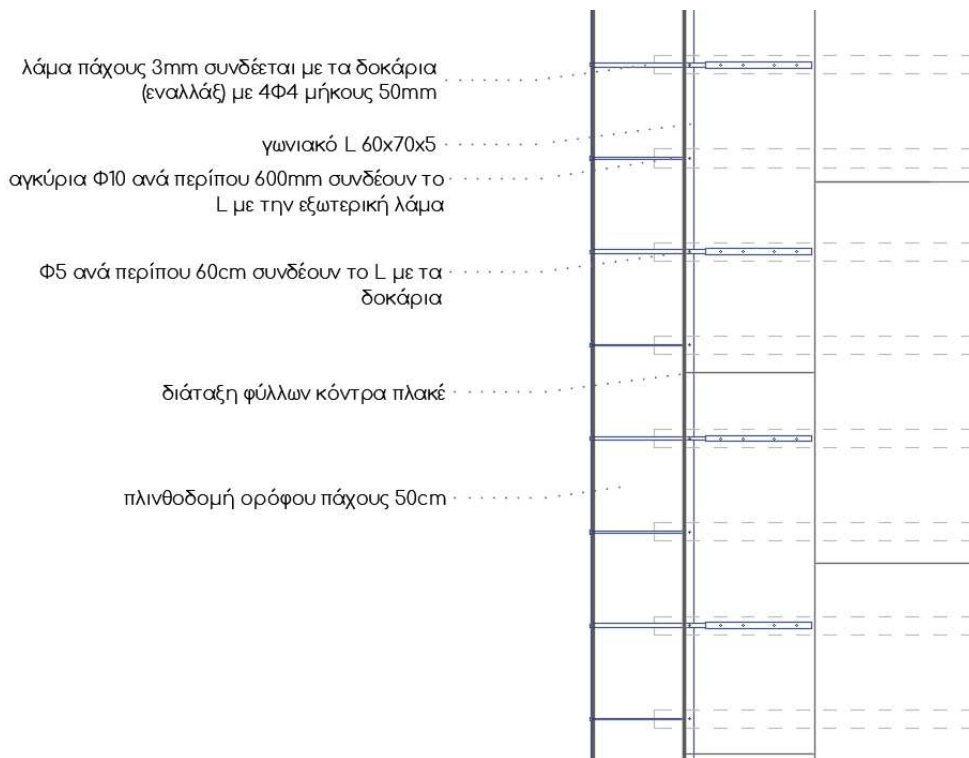
**Εικόνα 6.45** Σκίτσο της διάρθρωσης του διαφράγματος στην μικρή πλευρά (παράλληλα με τα δοκάρια).

<sup>120</sup> Πρόκειται για την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στο (Τσακανίκα - Θεοχάρη 2004) «Μεθοδολογία Αποκατάστασης Ιστορικών Κτηρίων - Εφαρμογές στο Τουρκικό Αρχοντικό και στο Τέμενος Hagı Mehmet αγά στην Μεσαιωνική Πόλη της Ρόδου»

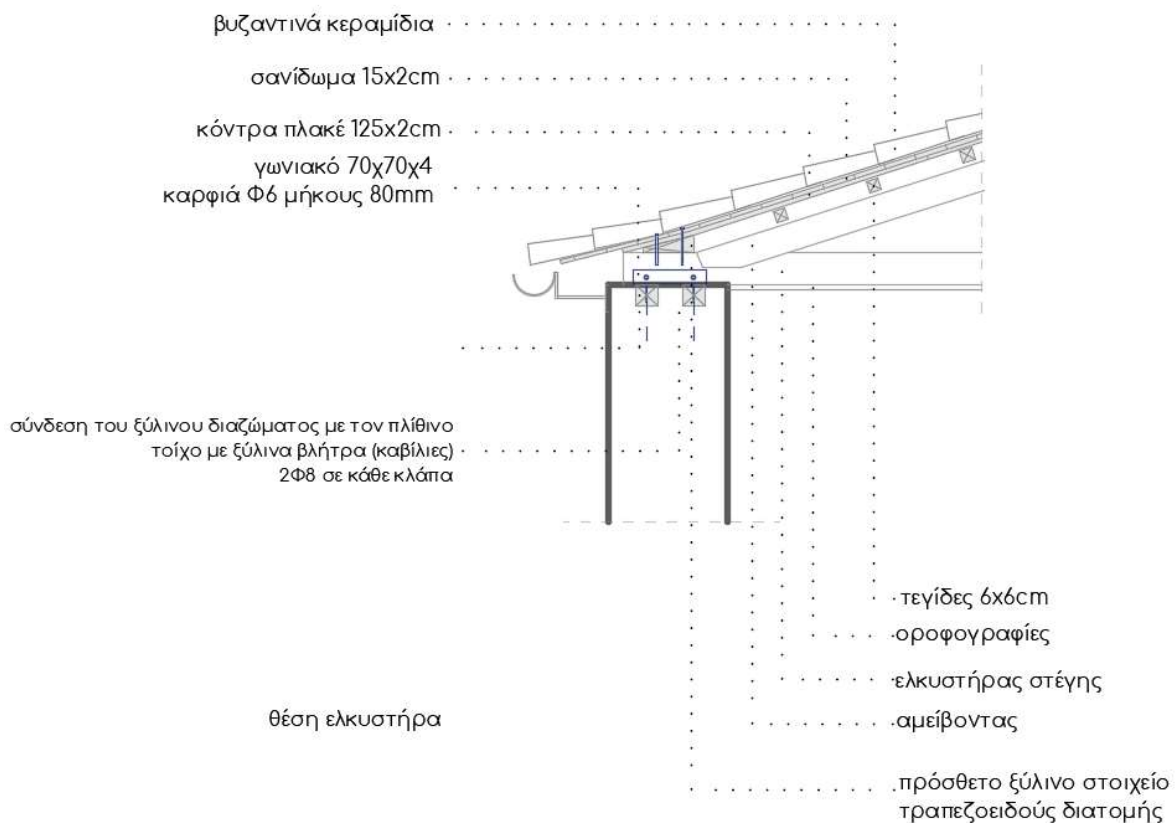


**Εικόνα 6.46** Διάταξη επάλληλων υλικών στην επιφάνεια της πλινθοδομής.

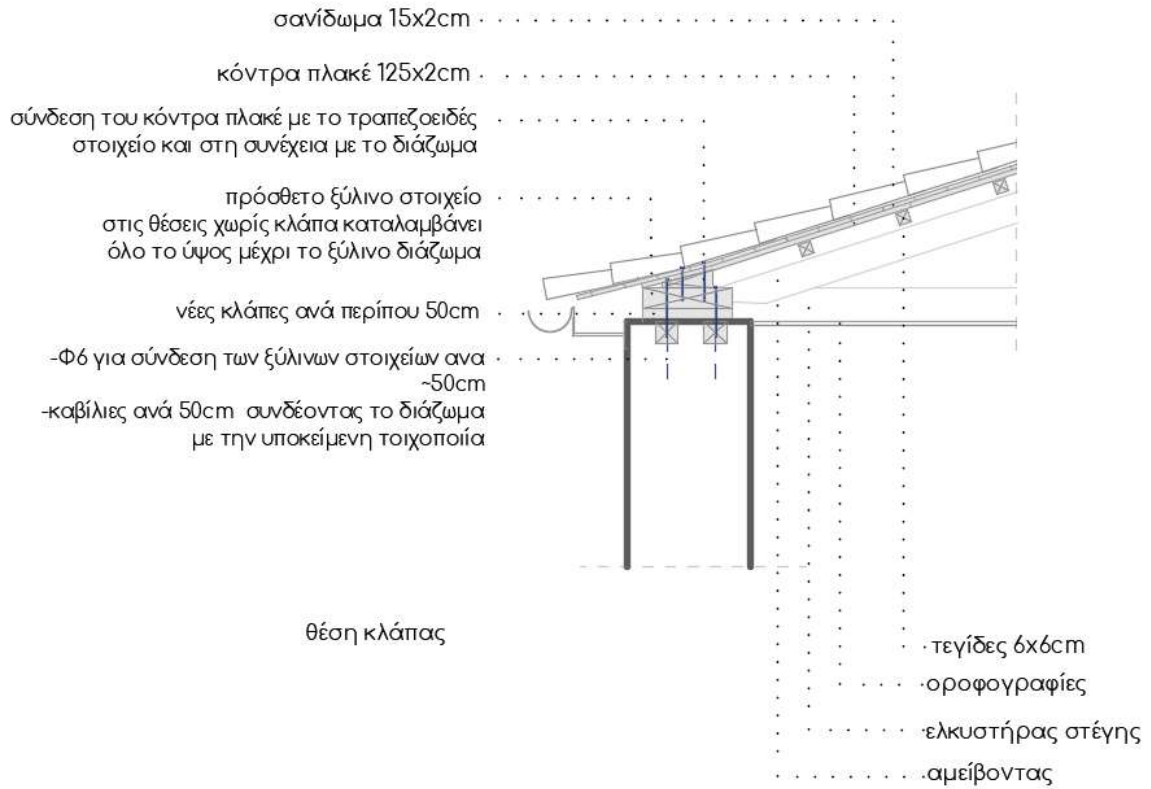




**Εικόνα 6.47** Σκαρίφημα κάτοψης της διάταξης των στοιχείων του διαφράγματος στις μεγάλες πλευρές.



**Εικόνα 6.48** Διάταξη στοιχείων της στέγης στις θέσεις που υπάρχει ελκυστήρας.



**Εικόνα 6.49** Διάταξη στοιχείων της στέγης στις θέσεις που δεν υπάρχει ελκυστήρας.

## 7. Συμπεράσματα – Αντί επιλόγου

Όπως έχει αναφερθεί στο πρώτο κεφάλαιο του παρόντος κειμένου οι ωμόπλινθοι ως δομικό υλικό έχουν μακράιωνη ιστορία στο μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη συμπεριλαμβανομένης και της χώρας μας. Στην εργασία αυτή τεκμηριώθηκε μεταξύ άλλων η ύπαρξη πλήθους κτιρίων από ωμοπλινθοδομή στο κέντρο της πόλης των Πατρών. Οι τοιχοποιίες από ωμόπλινθους όχι μόνο είναι μέρος της αρχιτεκτονικής μας παράδοσης αλλά ταυτόχρονα αποτελούν έναν εναλλακτικό τρόπο δόμησης λαμβάνοντας υπόψη την βιωσιμότητα και την αειφορία που προσφέρουν.

Η συνεχής και διευρυνόμενη κοινωνική αναγκαιότητα ωθεί την επιστημονική κοινότητα να ερευνά όλο και περισσότερο τόσο τις καθαυτές ιδιότητες του υλικού αλλά και την απόκριση των κατασκευών από ωμοπλινθοδομή. Μεγάλο πλήθος ερευνών επικεντρώνεται στον σχεδιασμό κατάλληλων μεθόδων επέμβασης και ενίσχυσης του φέροντος οργανισμού καθώς ειδικά στις χώρες με έντονη σεισμική δραστηριότητα όπως η δική μας, έχει προκύψει η ανάγκη διαμόρφωσης ενός πλαισίου τεχνικών επεμβάσεων, πέραν των άμεσων μέτρων προστασίας. Γίνεται λοιπόν σαφής η απαίτηση της ενσωμάτωσης των ωμοπλινθοδομών σε σύγχρονους κανονισμούς οι οποίοι θα είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι στους μηχανικούς. Για να συμβεί αυτό χρειάζεται να διαμορφωθεί ένα ενιαίος τρόπος προσδιορισμού των μηχανικών χαρακτηριστικών της δομικής μονάδας καθώς μέχρι και σήμερα βασικά μεγέθη όπως αυτό της θλιπτικής αντοχής εκτιμώνται πειραματικά με τρόπο διαφορετικό για κάθε ερευνητική ομάδα. Επόμενο αυτού είναι η πραγματοποίηση περαιτέρω έρευνας για την εκτίμηση των ιδιοτήτων της τοιχοποιίας από ωμοπλινθοδομή ως σύνολο συνεκτιμώντας τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της όπως αυτό του καλοδομημένου τρόπου δόμησης αλλά και την ευαισθησία του υλικού στην υγρασία κλπ..

Σε μια προσπάθεια να αναλυθεί υπολογιστικά μια πλίθινη κατασκευή, προσομοιώθηκε με λογισμικό πεπερασμένων στοιχείων μια συχνή τυπολογία που αποτελείται από λίθινο ισόγειο και πλίθινο όροφο. Οι δράσεις και οι αντιστάσεις των επιμέρους στοιχείων θεωρήθηκαν βάσει του τελικού κειμένου του ΚΑΔΕΤ, υιοθετώντας στόχο ανασχεδιασμού Β1 ο οποίος τελικά δεν ικανοποιήθηκε. Θεωρούμε ότι σε αυτού του είδους τις κατασκευές που υποχρεωτικά έχουν ανάγκη συνεχούς συντήρησης θα μπορούσε να θεωρηθεί δόκιμος ένας χαμηλότερος στόχος σε συνδυασμό με έλεγχο της κατασκευής και των τυχόν παλαιότερων επεμβάσεων σε τακτά χρονικά διαστήματα. Δεδομένης της αδυναμίας στο πλαίσιο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας να ληφθούν δείγματα από την κατασκευή, η στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων θεωρήθηκε υποχρεωτικά ανεκτή, γεγονός

που οδήγησε σε χαμηλά μηχανικά χαρακτηριστικά. Αναδείχθηκε επομένως η σημασία της στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων και η ανάγκη εξασφάλισης της λήψης δοκιμών για τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών μέσω εργαστηριακών μεθόδων καθώς οι ερήμην τιμές είναι αρκετά συντηρητικές. Τέλος προτάθηκαν επεμβάσεις οι οποίες βελτιώνουν την συμπεριφορά

Προτείνεται η διεξαγωγή πειραμάτων για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των ωμοπλίνθων, η προσπάθεια προσέγγισης την πραγματικής συμπεριφοράς τους μέσω πειραματικών μεθόδων που θα συμβάλλουν στην καλύτερη υπολογιστική προσέγγιση της συμπεριφοράς των κατασκευών. Ειδικότερα και πιο συγκεκριμένα για την χώρα μας, θα ήταν χρήσιμο να γίνουν πειράματα σε τοίχους από ωμοπλινθοδομή -μεγάλης κλίμακας και ακολούθως σε δοκίμια κτιρίων- με ξυλοδεσιές όπως είθισται σε αυτές τις κατασκευές. Μια τέτοια πειραματική διερεύνηση θα επιτρέψει την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας επιλεγμένων τεχνικών επέμβασης που αναφέρονται στην διεθνή βιβλιογραφία. Η συστηματική πειραματική προσέγγιση αποτελεί τον μοναδικό τρόπο εμπάθυνας στο συγκεκριμένο πεδίο προσφέροντας αξιόπιστες λύσεις και προτάσεις στην επιστημονική κοινότητα. Με βάση την πειραματική διερεύνηση θα μπορέσει ακολούθως να αναπτυχθεί κατάλληλα και η αναλυτική υπολογιστική προσέγγιση και η επεξεργασία ειδικών για ωμοπλινθοδομές κανονιστικών πλαισίων.

## Βιβλιογραφία

- Adorni, Elisa, Eva Coisson, και Daniele Ferretti. 2013. «In situ characterization of archaeological adobe bricks.» *Construction and Building Materials* 40: 1-9.
- Aguilar, Rafael, Mijaíl Montesinos, και Santiago Uceda. 2017. «Mechanical characterization of the structural components of Pre-Columbian earthen monuments: Analysis of bricks and mortar from Huaca de la Luna in Perú.» *Case Studies in Construction Materials* 16-28.
2013. *archaiologia.gr*. 02 08. Πρόσβαση 02 03, 2022. <https://www.archaiologia.gr/blog/2013/08/02/%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B4%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CE%BD%CF%8D%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%B9-%CE%BF-%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B1%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82-%CF%87%CF%8E%CF%81%CE%BF%CF%82/>.
- Arq. Roberto Prieto Sánchez, και Ing. Julio Vargas Newman. 2014. *Fichas para la reparación de viviendas de adobe*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Asteris, P. G., M. P. Chronopoulos, C. Z. Chrysostomou, H. Varum, V. Plevris, N. Kyriakides, and V. Silva. 2014. "Seismic vulnerability assessment of historical masonry structural systems." *Engineering Structures* 118-134.
- Blondet, M., J. Vargas-Neumann, and R.J. Groenenberg. 2012. "Evaluation of the Efficacy of Mud Injection to Repair Seismic Cracks on Adobe Structures via Full-Scale Shaking Table Tests." *15th World Conference on Earthquake Engineering*. Lisboa: Curran Associates, Inc.
- Blondet, M., και J. Vargas. 1978. «Investigación sobre vivienda rural.» (Pontifical Catholic University of Peru).
- Community, Technical Staff of Cornerstones. 2006. *Adobe Conservation: A Preservation Handbook*. Sunstone Press. Πρόσβαση 2 8, 2022. <https://books.google.com/books?id=7ndFdpi7Hn4C&pg=PA72>.
- Daudon, Dominique, Yannick Sieffert, Osvaldo Albarracín, Lucas Garino Libardi, και Gustavo Navarta. 2014. «Adobe Construction Modeling by Discrete Element Method: First Methodological Steps.» *Procedia Economics and Finance*.
- F. Javier Gómez-Patrocínio, Camilla Mileto, Lidia García-Soriano & Fernando. 2020. "Material Weathering and Structural Damage in Historic Adobe Constructions in Spain: Preliminary Results of a Quantitative Approach." *Studies in Conservation* 450-464.
- Figueiredo, A., H. Varum, A. Costa, D. Silveira, and C. Oliveira. 2013. "Seismic retrofitting solution of an adobe masonry wall." *Materials and Structures* 203-219.
- Fratini, Fabio, Elena Pecchioni, Luisa Rovero, και Ugo Tonietti. 2010. «The earth in the architecture of the historical centre of Lamezia Terme (Italy): Characterization for restoration.» *Applied Clay Science*.
- Houben, Hugo, and Hubert Guillaud. 1994. *Earth Construction A comprehensive guide*. London: ITDG Publishing.
- Illampas, Rogiros. 2014. *Experimental and computational investigation of the structural response adobe structures*. Phd Thesis, Πανεπιστήμιο Κύπρου, Πολυτεχνική Σχολή.
- Illampas, Rogiros, Ioannis Ioannou, and Dimos Charmpis. 2017. "Experimental assessment of adobe masonry assemblages under monotonic and loading-unloading compression." *Materials and Structures*.
- Illampas, Rogiros, Ioannis Ioannou, και Dimos C. Charmpis. 2014. «Adobe bricks under compression: Experimental investigation and derivation of stress-strain equation.» *Construction and Building Materials* 53: 83-90.

- Illampas, Rogiros, Rui Silva, Dimos Charmpis, Paulo Lourenço, and Ioannis Ioannou. 2017. "Validation of the repair effectiveness of clay-based grout injections by lateral load testing of an adobe model building." *Construction and Building Materials* 174-184.
- Illampas, Rogiros, Vasilios G. Loizou, and Ioannis Ioannou. 2017. «Effect of Straw Fiber Reinforcement on the Mechanical Properties of Adobe Bricks.» *Proceedings of the 6th Biot Conference on Poromechanics* (American Society of Civil Engineers (ASCE)) 1331-1338.
- Itech. (2022). Acord BAT-3D (Version 6.1) Manuel d' utilisation <https://www.acord.io/downloads/doc/ACORD-MU-V61-FR-MODULE-BAT3D.pdf>
- Lan, Guanqi, Sisi Chao, Yihong Wang, και Ying Cui. 2021. «Methods to Test the Compressive Strength of Earth Blocks.» *Advances in Materials Science and Engineering*.
- Liberatore, Domenico, Giuseppe Spera, Marco Mucciarelli, Maria Gallipoli, Donato Santarsiero, Chiara Tancredi, Nicola Masini, και συν. 2006. «Typological and Experimental Investigation on the Adobe Buildings of Aliano (Basilicata, Italy).» *Proceedings of the 5th international conference on structural analysis of historical constructions*. New Delhi.
- Liberotti, G., L. Rovero, G. Stipo, και U. Tonietti. 2016. «Mechanical investigation on adobe samples belonging to the archaeological site of Arslantepe (Malatya, Turkey).»
- Lovón, Romer, and Eric Lovón. 2019. *The Impact of Humidity on the Resistance of Historic Adobe Monuments*. Vol. 18, in *Structural Analysis of Historical Constructions*. Springer. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-319-99441-3\\_210](https://doi.org/10.1007/978-3-319-99441-3_210).
- Mauricio, Anna Cecilia, Rolf Grieseler, Andrew R. Heller, Alice R. Kelley, Fransisco Rumiche, Daniel H. Sandweiss, και Willem Viveen. 2021. «The earliest adobe monumental architecture in the Americas.» *Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- Meli, R. 2005. «Experiencias en México sobre reducción de vulnerabilidad sísmica de construcciones de adobe.» *Proceedings of SismoAdobe2005*. Lima: Pontifical Catholic University of Peru.
- Miccoli, Lorenzo , Urs Müller, και Patrick Fontana. 2014. «Mechanical behaviour of earthen materials: A comparison between earth block masonry, rammed earth and cob.» *Construction and Building Materials* 61: 327-339.
- Miccoli, Lorenzo, Angelo Garofano, Patrick Fontana, και Urs Müller. 2015. «Experimental testing and finite element modelling of earth block masonry.» *Engineering Structures* 104: 80-94.
- Michiels, Tim. 2014. *Seismic retrofitting techniques for historic adobe buildings*. Master Thesis, Leuven: KU Leuven.
- Miltiadou-Fezans, Androniki, Theodosios P. Tassios (2022) Mix design and application of hydraulic grouts for masonry strengthening. Book, Springer Nature, Switzerland AG 2022, p283: [doi.org/10.1007/978-3-030-85965-7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85965-7)
- Miltiadou-Fezans A, Delinikolas N, Dourakopoulos J, Giannopoulos P, Vintzileou E, Mouzakis Ch (2016). Numerical analysis of the structural behaviour of the Katholikon of Daphni Monastery. Proc 10th Int. Conf. on SAHC, Leuven, Belgium, Ed. by Koen Van Balen and Verstrynghe Els, Taylor and Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02951-4, pp.1559-1566.
- Miltiadou-Fezans A., Vintzileou E., Mouzakis Ch., Dourakopoulos J., Giannopoulos P., Delinikolas N. (2018). Structural analyses of the Katholikon of Daphni Monastery with alternative interventions improving its overall behaviour. Proc 16th E.C.E.E., 18-21 June, Thessaloniki, Greece, 2018, paper ID 11770
- Minke, Gernot. 2006. *Building with Earth*. Birkhäuser – Publishers for Architecture.
- Mousourakis, Apostolos, Maria Arakadaki, Sofoklis Kotsopoulos, Sinamidis Iordanis, Tina Mikrou, Evangelia Frangedaki, and Nikos Lagaros. 2020. "Earthen Architecture in Greece: Traditional Techniques and Revaluation." *Heritage*.

- Müller, P., Miccoli, L., Fontana, P., Ziegert, C. 2017. «Development of partial safety factors for earth block masonry.» *Materials and Structures* 50.
- Oikonomou, Aineias. 2013. "Traditional Adobe Architecture in Florina, Prespa Lakes and Kastoria areas, NW Greece." *New Generation Earthern Architecture: Learning from Heritage*. Kerpic.
- Oliveira, Cristina , Dora Silveira, Humberto Varum, and Ioannis Ioannou. 2021. "Mechanical Characterization of Adobe Bricks." In *Structural Characterization and Seismic Retrofitting of Adobe Constructions.*, by H., Parisi, F., Tarque, N., Silveira, D. Varum, 35-54. Springer.
- Pantazopoulou, Stavroula J. 2013. «STATE OF THE ART REPORT FOR THE ANALYSIS METHODS FOR UNREINFORCED MASONRY HERITAGE STRUCTURES AND MONUMENTS.»
- Papayanni, Ioanna, and Vasiliki Pacht. 2017. "Constructional characteristics and restoration aspects of historic earth block structures." *Res. Eng. Struct. Mat.* 3(2): 113-121.
- Papayianni, Ioanna, and Vasiliki Pacht. 2017. "Earth block houses of historic centers. A sustainable upgrading with compatible repair materials." *International Conference on Sustainable Synergies from Buildings to the Urban Scale*. Elsevier.
- Pardalopoulos, Stylianos I., and Stavroula J. Pantazopoulou. 2017. "Methodology for practical seismic assessment of unreinforced masonry buildings with historical value." *Earthquake Engng Struct Dyn.* 2793- 2810.
- Parisi, Fulvio, Domenico Asprone, Luigi Fenu, και Andrea Prota. 2015. «Experimental characterization of Italian composite adobe bricks reinforced with straw fibers.» *Composite Structures* 122: 300-307.
- Parisi, Fulvio, Nicola Tarque, Varum Humberto, and Julio Vargas-Neumann. 2021. "Adobe Constructions in the World: A First Overview." In *Structural Characterization and Seismic Retrofitting of Adobe Constructions*, 1-14. Springer.
- Patrice Doat, Alain Hays, Hugo Houben, Silvia Matuk, François Vitoux. 1979. *Construire en terre*. CRAterre.
- Philokyprou, Maria. 2016. «The earliest use of adobes in Cyprus: Issues of provenance and use.» *terra*. Lyon.
- Quagliarini, Enrico, και Stefano Lenci. 2010. «The influence of natural stabilizers and natural fibres on the mechanical properties of ancient Roman adobe bricks.» *Journal of Cultural Heritage* (Elsevier) 11 (3): 309-314.
- Reyes, Juan C., Raul Rincon, Luis E. Yamin, and Juan F. Correal. 2020. "Seismic retrofitting of existing earthen structures using steel plates." *Construction and Building Materials*.
- Rodríguez-Mariscal, J.D, M. Solís, και H. Cifuentes. 2018. «Methodological issues for the mechanical characterization of unfired earth bricks.» *Construction and Building Materials* 804-814.
- Salvator, Ludwig. 1876. *Eine Spazierfahrt im Golfe von Korinth*. Prague: Heinrich Mercy Sohn.
- San Bartolomé, A., and R Pehovaz. 2005. "Comportamiento a carga lateral cíclica de muros de adobe confinados." *SismoAdobe2005*.
- Sanna, Antonello, Carlo Atzeni, και Stefano Musso. 2009. «I MANUALI DEL RECUPERO DEI CENTRI STORICI DELLA SARDEGNA architettura in terra cruda.» Tipografia Del Genio Civile.
- Silva, Rui André , Luc Schueremans, Daniel V. Oliveira, Karolien Dekoning, and Gysels Tine. 2012. "On the development of unmodified mud grouts for repairing earth constructions: rheology, strength and adhesion." *Materials and Structures* 451497-1512.
- Silveira, Dora, Humberto Varum, and Aníbal Costa. 2013. "Influence of the testing procedures in the mechanical characterization of adobe bricks." *Construction and Building Materials* 40: 719-728.
- Silveira, Dora, Humberto Varum, Aníbal Costa, and and José Carvalho. 2015. "Mechanical Properties and Behavior of Traditional Adobe Wall Panels of the Aveiro District." *Journal of Materials in Civil Engineering* 27 (9).

- Tarque, N., Sayin, E., Rafi, M.M., and Tolles, E.L. 2021. "Behaviour of Adobe Construction in Recent Earthquakes." In *Structural Characterization and Seismic Retrofitting of Adobe Constructions*, by H., Parisi, F., Tarque, N., Silveira, D. Varum, 15-33. Springer.
- Tastani, S.P., M. Papadopoulos, and S.J. Pantazopoulou. 2009. "Seismic response of traditional masonry buildings: parametric study and evaluation." *1st Int. Conference for Protection of Historical Buildings (PROHITECH)*. Rome.
- Tolles, E. Leroy, Edna E. Kimbro, and William S. Ginell. 2002. *Planning and Engineering Guidelines for the Seismic Retrofitting of Historic Adobe Structures*. Getty Conservation Institute Scientific Program, Los Angeles, California: Getty Publications.
- Tomazevic, Miha. 1999. *Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings*. London: Imperial College Press.
- Torrealva, D., και J. Acero. 2005. «Reinforcing adobe buildings with exterior compatible mesh. The final solution against the seismic vulnerability?» *SismoAdobe2005*.
- Torres, Juan Carlos, και Edgar Eduardo Muñoz Díaz. 2005. «Caracterización estructural de materiales de sistemas constructivos en tierra : El adobe.»
- Vega, Paula, Andres Juan-Valdes, M. Guerra, Pedro Aguado, και B. Llamas. 2011. «Mechanical characterisation of traditional adobes from the north of Spain.» *Construction and Building Materials* 25 (7): 3020-3023.
- Visilia, Anna-Maria, and Maria Villi. 2010. "Adobe and Timber Ties as Main Construction Materials for an Historic Greek Dwelling." *International Journal of Architectural Heritage: Conservation, Analysis, and Restoration* 295-319.
- Wosick, E., Gebremariam, T., Weldon, B., Bandini, P., και Al-Aqtash, U. 2014. «Strength characteristics of typical adobe material in the Southwestern United States.» *Proceedings of the 9th international masonry conference*. Guimaraes, Portugal. 7-9.
- Wu, Feng, Gang Li, Hong-Nan Li, and Jin-Qing Jia. 2013. "Strength and stress-strain characteristics of traditional adobe block and masonry." *Materials and Structures*.
- Yamin, LE, C. Philips, JC Reyes, and D. Ruiz. 2007. "Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada." *Apunt Rev Estud sobre Patrim Cult*.
- Ευρωκώδικας 6: *Σχεδιασμός Κατασκευών από τοιχοποιία*.
- Καββαδάς, Μ. 2006. *Στοιχεία Εδαφομηχανικής*. Ε.Μ. Πολυτεχνείο.
- ΚΑΔΕΤ "Κανονισμός για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις", 2022.
- Καραγιαννάκη, Δέσποινα. 2017. *Πειραματική Αποτίμηση των Μηχανικών και Ρεολογικών Χαρακτηριστικών Υδραυλικών Ενεμάτων σε Φέρουσες Λιθοδομές με Πηλοκονίαμα*. Διπλωματική Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ.
- Καψιμάνη, Μαρία. 2016. *Βελτίωση υδροφοβικότητας παραδοσιακών πλίνθων και πηλοκονιαμάτων για αποκατάσταση μνημείων και ιστορικών κτηρίων*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Θεσσαλονίκη: ΑΠΘ.
- Κουφόπουλος, Πέτρος, και Μαρίνα Μυριανθέως. 2011. «Στερέωση τοιχοποιιών από πλίθρες και δωμάτων από χώμα: η εμπειρία εφαρμογών στη μονή Σινά.» *Τεχνικές Αναστήλωσης, υλικά και προβλήματα εφαρμογής*. Θεσσαλονίκη: ΕΤΕΠΑΜ. 157-167.
- Μεϊμάρογλου, Νικηφόρος. 2016. *Πειραματικός προσδιορισμός μηχανικών χαρακτηριστικών τρίστρωτης τοιχοποιίας κατασκευασμένης με φυσικούς λίθους και αργιλικά κονιάματα (πηλοκονιάματα)*. Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο- Δ.Π.Μ.Σ. "Συντήρηση και Αποκατάσταση Ιστορικών Κτηρίων και Συνόλων - Προστασία Μνημείων.
- Μιλιτιάδου, Ανδρονίκη. 2001. «Εργασίες αποκατάστασης ΒΑ πτέρυγας των κελιών στο Μοναστήρι του Οσίου Λουκά, Βοιωτίας.» *Αποκατάσταση των ιστορικών κατασκευών σε σεισμικές περιοχές. Η περίπτωση των παραδοσιακών κτισμάτων στο Αιγαίο*. Μυτιλήνη: ΟΑΣΠ. 155-165.



- Μιλτιάδου, Ανδρονίκη. 2020. «Μέθοδοι και τεχνικές στερέωσης: Τοιχοποιίες – θολοδομίες.» *Σημειώσεις Μαθήματος (ΔΠΜΣ "Προστασία Μνημείων")*. ΕΜΠ.
- Μιλτιάδου, Ανδρονίκη. 2020. «Μεθοδολογία εκπόνησης των μελετών στερέωσης και αποκατάστασης του Φ. Ο. των μνημείων.» *Σημειώσεις Μαθήματος (ΔΠΜΣ "Προστασία Μνημείων")*. ΕΜΠ.
- Μιχάλαϊνας, Βασίλης, και Πέτρος Πετράκης. 2020. *Δόμηση με χώμα: ανάλυση των τεχνικών adobe & rammed earth, ωμοπλινθοδομή & πατητή γη*. Διάλεξη , Σχολή Αρχιτεκτόνων ΕΜΠ.
- Μιχαλάκης, Κωνσταντίνος. 2019. *Ο Πηλός στην Οικοδομική*. Αθήνα: ΠΡΟΠΟΜΠΟΣ.
- Μπατσούκα, Χριστίνα. 2016. *Ωμοπλινθοδομές: Πειραματική διερεύνηση ενίσχυσης της φέρουσας ικανότητας των ωμοπλινθοδομών με σταθεροποιημένες συμπιεσμένες ωμοπλίνθους και εξωτερικά ινοπλέγματα συγκολλημένα με πηλοκονίαμα*. Θεσσαλονίκη: ΔΠΜΣ «Προστασία, Συντήρηση και Αποκατάσταση Μνημείων Πολιτισμού Κατεύθυνση Α'», ΑΠΘ.
- Μπέη, Γεωργία. 2004. *Τοιχοποιία από πηλό: Πειραματική διερεύνηση μηχανικώ και φυσικών χαρακτηριστικών δομικών μονάδων και τοίχων απο Συμπιεσμένες Ωμοπλίνθους*. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Προδρόμου, Μιχάλης. 2016. *Σεισμική & θερμική συμπεριφορά κτιρίων από ωμόπλινθους στην περιοχή των Πρεσπών: αναλυτική & πειραματική διερεύνηση*. Μεταπτυχιακή εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο- Δ.Π.Μ.Σ. "Συντήρηση και Αποκατάσταση Ιστορικών Κτηρίων και Συνόλων - Προστασία Μνημείων .
- Ρογήρος, Ιλλάμπας, Ιωάννης Ιωάννου, και Δήμος Χαρμπής. χ.χ. «Μνημεία απο Ωμοπλινθοδομή - Παθολογία, Προβλήματα Φθοράς και Πρακτικές Αποκατάστασης.»
- Σταθάκη-Κούμαρη, Ροδούλα, και Γωγώ Χαβιάρα . 2013. *Γαλαξείδι, η πολιτεία - τα σπίτια*. Άμφισσα: ΑΡΧΕ-ΤΥΠΟ.
- Σταθόπουλος, Κωνσταντίνος. 2015. *Μελέτη Σταθεροποίηση Πηλοκονιαμάτων*. Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο- Δ.Π.Μ.Σ. "Συντήρηση και Αποκατάσταση Ιστορικών Κτηρίων και Συνόλων - Προστασία Μνημείων.
- Τριανταφύλλου, Αθανάσιος. 2005. *Δομικά Υλικά*. Πάτρα.
- Τσκανάικα - Θεοχάρη, Ελευθερία. 2004. «Μεθοδολογία Αποκατάστασης Ιστορικών Κτηρίων - Εφαρμογές στο Τουρκικό Αρχοντικό και στο Τέμενος Hagi Mehmet αγά στην Μεσαιωνική Πόλη της Ρόδου.»
- Τσαουσάκης, Γιώργος. 1993. *Γαλάξα*. Αθήνα: μακέδος.
- Ψυχάρης, Ιωάννης. 2016. «Σημειώσεις Αντισεισμικής Τεχνολογίας.» ΕΜΠ.

# **Παράρτημα Α**

## **Καρτέλες καταγραφής**

θέση ΚΑΣΟΥ & ΚΙΘΑΙΡΩΝΟΣ, ΠΑΤΡΑ  
στίγμα 38°15'14.8"N 21°44'45.3"E

α/α 1  
ημερομηνία 7/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	1	αποκόλληση επιχρισμάτων	•
ωμοπλινθοδομή	•	καταρρέουσες εσωτερικών τοίχων	•
λιθοδομή		διάβρωση (βάση)	
στέγη		διάβρωση (στέψη)	
δίρριχτη	•	παραμορφώσεις	
τρίρριχτη		ρωγμές	διαγώνιες στα πρέκια •
τετράρριχτη			
πάχος τοίχου (cm)	80		
κατάσταση διατήρησης	2		

επεμβάσεις		σχόλια
διάζωμα ω.σ. τσιμεντοκονίαμα με πλέγμα guinite εξώστης ω.σ.	•	εσωτερικοί τοίχοι από οπτοπλινθοδομή διαστάσεις κάτοψης 8.5x4.2 (m)



θέση *ΚΙΘΑΙΡΩΝΟΣ 19, ΠΑΤΡΑ*  
στίγμα *38°15'12.6"N 21°44'43.2"E*

α/α *2*  
ημερομηνία *7/2/22*

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	1	αποκόλληση επιχρισμάτων	•
ωμοπλινθοδομή	•	καταρρεύσεις	
λιθοδομή		διάβρωση (βάση)	
στέγη		διάβρωση (στέψη)	
δίρριχτη	•	παραμορφώσεις	
τρίρριχτη		ρωγμές	
τετράρριχτη			
πάχος τοίχου (cm)	70		
κατάσταση διατήρησης	1		

επεμβάσεις

γείσο ω.σ. •  
τσιμεντοκονίαμα •  
guinite  
εξώστης ω.σ.

σχόλια

*διπλή κατοικία με κοινή στέγη, πλάτος όψης ~11m*



θέση ΡΟΔΟΥ 34, ΠΑΤΡΑ  
στίγμα 38°15'11.6"N 21°44'41.1"E

α/α 3  
ημερομηνία 7/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	1	αποκόλληση επιχρισμάτων καταρρεύσεις	• •
ωμοπλινθοδομή λιθοδομή	•	διάβρωση (βάση) διάβρωση (στέψη) παραμορφώσεις	• • •
στέγη	•	ρωγμές	διαγώνιες στα πρέκια •
δίρριχτη τρίρριχτη τετράρριχτη πάχος τοίχου (cm)	•		
κατάσταση διατήρησης	2		

επεμβάσεις	σχόλια
γείσο ω.σ. τσιμεντοκονίαμα guinite εξώστης ω.σ.	• -υγρασία στο σημείο επαφής με νεόδμητο εξώστη. • -εντοπίζονται χάλικες και μεγαλύτερα αδρανή ~4cm στο υλικό δόμησης.



θέση *NORMAN ΚΑΙ ΡΟΔΟΥ, ΠΑΤΡΑ*  
στίγμα *38°15'08.8"N 21°44'38.0"E*

α/α 4  
ημερομηνία 7/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	1	αποκόλληση επιχρισμάτων	•
ωμοπλινθοδομή	•	καταρρεύσεις	•
ωπλισμένο σκυρόδεμα	•	διάβρωση (βάση)	•
στέγη	•	διάβρωση (στέψη)	•
δίρριχτη		παραμορφώσεις	•
τρίρριχτη		ρωγμές	•
τετράρριχτη			
πάχος τοίχου (cm)			
κατάσταση διατήρησης	4		

επεμβάσεις		σχόλια
πλάκα ω.σ.	•	<i>υπερβολικά αλλοιωμένο κτίριο, η ωμοπλινθοδομή δεν έχει φέροντα χαρακτήρα</i>
τσιμεντοκονίαμα	•	<i>διαστάσεις κάτοψης 7.5×5.5 (m)</i>
guinite		
δοκάρι ω.σ.	•	



θέση *NORMAN 112, ΠΑΤΡΑ*  
στίγμα *38°15'08.3"N 21°44'38.9"E*

α/α 5  
ημερομηνία 7/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	1	αποκόλληση επιχρισμάτων	•
ωμοπλινθοδομή	•	καταρρεύσεις	•
λιθοδομή		διάβρωση (βάση)	•
στέγη		διάβρωση (στέψη)	•
δίρριχτη	•	παραμορφώσεις	•
τρίρριχτη		ρωγμές	•
τετράρριχτη			•
πάχος τοίχου (cm)	40		•
κατάσταση διατήρησης	4		

επεμβάσεις	σχόλια
πλάκα ω.σ. τσιμεντοκονίαμα guinite	<i>χωρίς λίθινη βάση η δόμηση του αετώματος γίνεται με πλιθιά που ακολουθούν την κλίση της στέγης διάσταση όψης ~7.5m</i>



θέση *NORMAN ΚΑΙ ΑΝΔΡΙΑΝΟΥΠΟΛΕΩΣ, ΠΑΤΡΑ*  
στίγμα *38°15'07.6"N 21°44'42.4"E*

α/α *6*  
ημερομηνία *7/2/22*

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	1	αποκόλληση επιχρισμάτων	•
ωμοπλινθοδομή	•	καταρρεύσεις	•
λιθοδομή	•	διάβρωση (βάση)	•
στέγη	•	διάβρωση (στέψη)	•
δίρριχτη	•	παραμορφώσεις	•
τρίρριχτη		ρωγμές	•
τετράρριχτη			
πάχος τοίχου (cm)			
κατάσταση διατήρησης	4		

επεμβάσεις	σχόλια
πλάκα ω.σ. τσιμεντοκονίαμα guinite	<i>εσωτερικοί τοίχοι από μπαγδατί</i> • <i>διάσταση όψης ~ 15m</i>





θέση *NORMAN (ΠΑΡΟΔΟΣ), ΠΑΤΡΑ*  
στίγμα *38°15'07.3"N 21°44'45.0"E*

α/α 7  
ημερομηνία 7/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	1	αποκόλληση επιχρισμάτων καταρρεύσεις	• •
ωμοπλινθοδομή λιθοδομή	•	διάβρωση (βάση) διάβρωση (στέψη) παραμορφώσεις ρωγμές	•
στέγη	•		<i>διαγώνιες στα ανοίγματα</i>
δίρριχτη τρίρριχτη τετράρριχτη πάχος τοίχου (cm)	80		
κατάσταση διατήρησης	2		

επεμβάσεις	σχόλια
πλάκα ω.σ. τσιμεντοκονίαμα guinite	• <i>διάσταση όψης 6-7 βρίσκεται σε πάροδο της οδού Νόρμαν, μέρος συστάδας 3-4 πλίθινων κατοικιών</i>



θέση *ΑΓΧΙΑΛΟΥ 10, ΠΑΤΡΑ*  
στίγμα *38°15'07.6"N 21°44'46.6"E*

α/α 8  
ημερομηνία 7/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	1	αποκόλληση επιχρισμάτων	•
ωμοπλινθοδομή	•	καταρρεύσεις	
λιθοδομή		διάβρωση (βάση)	•
στέγη		διάβρωση (στέψη)	
δίρριχτη	•	παραμορφώσεις	
τρίρριχτη		ρωγμές	•
τετράρριχτη			
πάχος τοίχου (cm)			
κατάσταση διατήρησης	2		

επεμβάσεις

πλάκα ω.σ.  
τσιμεντοκονίαμα  
με πλέγμα

•

σχόλια

*γείσο ω.σ.*



θέση *ΑΓΑΣΙΟΥ 43, ΠΑΤΡΑ*  
στίγμα *38°14'56.1"N 21°44'26.3"E*

α/α 9  
ημερομηνία 7/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	2	αποκόλληση επιχρισμάτων καταρρεύσεις	•
ωμοπλινθοδομή λιθοδομή	•	διάβρωση (βάση) διάβρωση (στέψη)	•
στέγη	•	παραμορφώσεις ρωγμές	•
δίρριχτη τρίρριχτη τετράρριχτη πάχος τοίχου (cm)	•		<i>διαγώνιες στα παράθυρα</i>
κατάσταση διατήρησης	2		

επεμβάσεις	σχόλια
πλάκα ω.σ. τσιμεντοκονίαμα με πλέγμα	• <i>κάτοψη περίπου 7.60 × 7.20 (m)</i> <i>ξύλινο γείσο</i>



θέση *ΚΑΜΠΟΣ ΑΒΙΑΣ, ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΝΗ*  
στίγμα *36°56'16.3"N 22°11'58.0"E*

α/α 10  
ημερομηνία 4/4/21

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	2	αποκόλληση επιχρισμάτων	•
ωμοπλινθοδομή	•	καταρρεύσεις	•
λιθοδομή	•	διάβρωση (βάση)	
στέγη		διάβρωση (στέψη)	
δίρριχτη		παραμορφώσεις	•
τρίρριχτη		ρωγμές	•
τετράρριχτη	•		
πάχος τοίχου (cm)			<i>αποκόλλησης στην γωνία, διαγώνιες στο άνοιγμα</i>
κατάσταση διατήρησης	4		

επεμβάσεις  
πλάκα ω.σ.  
τσιμεντοκονίαμα  
με πλέγμα

σχόλια  
*ξύλινο πατάρι εσωτερικά, πρόσμικτα της πλινθοδομής χάλικες και κεραμικά*



θέση *ΑΓΙΑΣ ΜΑΡΙΝΑΣ, ΜΟΥΡΝΙΕΣ ΧΑΝΙΩΝ*  
στίγμα *35°29'40.1"N 24°01'12.2"E*

α/α 11  
ημερομηνία 26/8/21

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	1	αποκόλληση επιχρισμάτων καταρρεύσεις	• •
ωμοπλινθοδομή λιθοδομή	• •	διάβρωση (βάση) διάβρωση (στέψη)	• •
στέγη		παραμορφώσεις ρωγμές	
δίρριχτη τρίρριχτη τετράρριχτη πάχος τοίχου (cm)	•		
κατάσταση διατήρησης	2		

επεμβάσεις	σχόλια
πλάκα ω.σ. τσιμεντοκονίαμα	• <i>Διαστάσεις 12x5 (m) , πρόσμικτα της πλινθοδομής βότσαλα, ο στενομέτωπος τοίχος είναι δομημένος από οπτόπλινθους</i>



θέση *ΑΓΙΑΣ ΜΑΡΙΝΑΣ 58, ΜΟΥΡΝΙΕΣ ΧΑΝΙΩΝ*  
στίγμα *35°29'47.2"N 24°00'38.9"E*

α/α 12  
ημερομηνία 26/8/21

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	1	αποκόλληση επιχρισμάτων	•
ωμοπλινθοδομή	•	καταρρεύσεις	•
λιθοδομή	•	διάβρωση (βάση)	•
στέγη		διάβρωση (στέψη)	•
δίρριχτη		παραμορφώσεις	
τρίρριχτη		ρωγμές	
τετράρριχτη	•		
πάχος τοίχου (cm)	50		
κατάσταση διατήρησης	3		

### επεμβάσεις

πλάκα ω.σ.  
τσιμεντοκονίαμα

•

### σχόλια

*σύνθετη κάτοψη σχήματος Γ, λίθινη βάση ύψους ~ 1m.*

*μετά την κατάρρευση της γωνίας το νερό επιβαρύνει περαιτέρω*



θέση *ΔΑΣΚΑΛΟΓΙΑΝΝΗ, ΠΕΡΙΒΟΛΙΑ ΧΑΝΙΩΝ*  
στίγμα *35°29'16.0"N 23°59'42.3"E*

α/α 13  
ημερομηνία 26/8/21

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	1	αποκόλληση επιχρισμάτων καταρρεύσεις	• •
ωμοπλινθοδομή λιθοδομή	•	διάβρωση (βάση) διάβρωση (στέψη)	
στέγη		παραμορφώσεις ρωγμές	•
δίρριχτη τρίρριχτη τετράρριχτη	•		
πάχος τοίχου (cm)	50		
κατάσταση διατήρησης	2		

επεμβάσεις	σχόλια
πλάκα ω.σ. τσιμεντοκονίαμα με πλέγμα	• <i>Διαστάσεις κάτοψης περίπου 7.8×4 (m)</i>



θέση ΚΑΡΑΪΣΚΑΚΗ 76, ΠΑΤΡΑ  
στίγμα 38°14'56.1"N 21°44'28.7"E

α/α 14  
ημερομηνία 9/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	2	αποκόλληση επιχρισμάτων	•
ωμοπλινθοδομή	•	καταρρεύσεις	•
λιθοδομή	•	διάβρωση (βάση)	•
στέγη		διάβρωση (στέψη)	•
δίρριχτη		παραμορφώσεις	
τρίρριχτη	•	ρωγμές	πλην αυτών που οφείλονται στην υγρασία, καμπτικές στα ανοίγματα
τετράρριχτη			
πάχος τοίχου (cm)	~70		
κατάσταση διατήρησης	2		

#### επεμβάσεις

πλάκα ω.σ.  
τσιμεντοκονίαμα  
με σύρμα

#### σχόλια

Διαστάσεις κάτοψης περίπου 8×4.3(m),  
• Λίθινη βάση 1m (έως την ποδιά του παραθύρου)





θέση ΚΑΡΑΪΣΚΑΚΗ 2Α, ΠΑΤΡΑ  
στίγμα 38°14'56.0"N 21°44'29.1"E

α/α 15  
ημερομηνία 9/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές
επίπεδα υλικά	2	αποκόλληση επιχρισμάτων καταρρεύσεις
ωμοπλινθοδομή	•	διάβρωση (βάση)
λιθοδομή	•	διάβρωση (στέψη)
στέγη		παραμορφώσεις ρωγμές
δίρριχτη	•	τοπική κατάρρευση στην μεσοτοιχία
τρίρριχτη		
τετράρριχτη		
πάχος τοίχου (cm)		
κατάσταση διατήρησης	2	

επεμβάσεις	σχόλια
πλάκα ω.σ. τσιμεντοκονίαμα	Διαστάσεις κάτοψης περίπου 10×4(m), Όμορο με την προηγούμενη καταχώρηση (#14) Πλάκα ω.σ. στην προσθήκη της πρόσοψης



θέση *ΑΓΑΣΙΟΥ, ΠΑΤΡΑ*  
στίγμα *38°14'56.4"N 21°44'28.8"E*

α/α  
ημερομηνία

16  
9/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	2	αποκόλληση επιχρισμάτων	•
ωμοπλινθοδομή	•	καταρρεύσεις	•
λιθοδομή	•	διάβρωση (βάση)	•
στέγη		διάβρωση (στέψη)	
δίρριχτη	•	παραμορφώσεις	
τρίρριχτη		ρωγμές	
τετράρριχτη			
πάχος τοίχου (cm)	~45		
κατάσταση διατήρησης	2		

### επεμβάσεις

πλάκα ω.σ.  
τσιμεντοκονίαμα

•

### σχόλια

*Διαστάσεις κάτοψης περίπου 7.5×3.9(m),*



θέση ΔΑΜΩΝΟΣ 45, ΠΑΤΡΑ  
στίγμα 38°14'05.1"N 21°44'24.4"E

α/α 17  
ημερομηνία 10/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	2	αποκόλληση επιχρισμάτων	•
ωμοπλινθοδομή	•	καταρρεύσεις	
λιθοδομή		διάβρωση (βάση)	•
στέγη		διάβρωση (στέψη)	
δίρριχτη		παραμορφώσεις	
τρίρριχτη	•	ρωγμές	•
τετράρριχτη			
πάχος τοίχου (cm)			
κατάσταση διατήρησης	2		

επεμβάσεις		σχόλια
εξώστης ω.σ.	•	Διαστάσεις κάτοψης περίπου 9.6x5.8(m) και ύψος ~7
τσιμεντοκονίαμα με σύρμα	•	m
		Μεταλλικές ενισχύσεις αγκύρωσης ξυλοδεσιών



θέση *ΜΠΟΥΚΑΟΥΡΗ 23, ΠΑΤΡΑ*  
στίγμα *38°14'35.0"N 21°44'32.4"E*

α/α 18  
ημερομηνία 10/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	2	αποκόλληση επιχρισμάτων	•
ωμοπλινθοδομή	•	καταρρεύσεις	
λιθοδομή	•	διάβρωση (βάση)	
στέγη		διάβρωση (στέψη)	
δίρριχτη	•	παραμορφώσεις	
τρίρριχτη		ρωγμές	•
τετράρριχτη			
πάχος τοίχου (cm)			
κατάσταση διατήρησης	1		

#### επεμβάσεις

εξώστης ω.σ.  
τσιμεντοκονίαμα  
με σύρμα

#### σχόλια

*Διαστάσεις κάτοψης περίπου 9.3×8.3(m)*  
*Μεταλλικές ενισχύσεις αγκύρωσης ξυλοδεσιών*  
*Πρόσοψη από λιθοδομή*



θέση ΠΕΟ ΚΟΡΙΝΘΟΥ ΠΑΤΡΩΝ 208-201  
στίγμα 38°12'29.0"N 22°08'32.5"E

α/α 19  
ημερομηνία 11/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	2	αποκόλληση επιχρισμάτων καταρρεύσεις	•
ωμοπλινθοδομή	•	διάβρωση (βάση)	
λιθοδομή		διάβρωση (στέψη)	•
στέγη		παραμορφώσεις ρωγμές	
δίρριχτη			
τρίρριχτη			
τετράρριχτη	•		
πάχος τοίχου (cm)	45		
κατάσταση διατήρησης	3		

επεμβάσεις		σχόλια
εξώστης ω.σ.	•	Διαστάσεις κάτοψης περίπου 9×7.4(m)
κλίμακα ω.σ.	•	Ω.σ. στην πρόσοψη
διάζωμα ω.σ.	•	



θέση *Π.Ε.Ο. ΚΟΡΙΝΘΟΥ ΠΑΤΡΩΝ 1238, ΔΙΑΚΟΠΤΟ*  
στίγμα *38°11'06.0"N 22°11'58.5"E*

α/α  
ημερομηνία

20  
11/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές
επίπεδα υλικά	2	αποκόλληση επιχρισμάτων καταρρεύσεις
ωμοπλινθοδομή λιθοδομή	•	διάβρωση (βάση) διάβρωση (στέψη)
στέγη		παραμορφώσεις ρωγμές
δίρριχτη τρίρριχτη τετράρριχτη	•	
πάχος τοίχου (cm)	60	
κατάσταση διατήρησης	3	

επεμβάσεις

σχόλια

*Διαστάσεις κάτοψης περίπου 10.7×6.8(m)*

*Απουσία εσωτερικών τοίχων*



θέση *Π.Ε.Ο. ΚΟΡΙΝΘΟΥ ΠΑΤΡΩΝ, ΛΥΚΟΠΟΡΙΑ*  
στίγμα *38°07'46.2"N 22°30'17.0"E*

α/α 21  
ημερομηνία 11/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	2	αποκόλληση επιχρισμάτων καταρρεύσεις	• •
ωμοπλινθοδομή λιθοδομή	•	διάβρωση (βάση) διάβρωση (στέψη) παραμορφώσεις ρωγμές	• • •
στέγη			<i>καμπτικές στα ανοίγματα</i>
δίρριχτη τρίρριχτη τετράρριχτη	•		
πάχος τοίχου (cm)	50		
κατάσταση διατήρησης	3		

#### επεμβάσεις

#### σχόλια

*Διαστάσεις κάτοψης περίπου 9.8x8.2(m)*  
*Απώλεια υλικού λόγω υγρασίας στην βάση*  
*Βότσαλα και φύκια σαν πρόσμικτα*



θέση *Π.Ε.Ο. ΚΟΡΙΝΘΟΥ ΠΑΤΡΩΝ, ΛΥΚΟΠΟΡΙΑ*  
στίγμα *38°07'32.4"N 22°30'39.0"E*

α/α 22  
ημερομηνία 11/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	2	αποκόλληση επιχρισμάτων	•
ωμοπλινθοδομή	•	καταρρεύσεις	
λιθοδομή	•	διάβρωση (βάση)	
στέγη		διάβρωση (στέψη)	
δίρριχτη		παραμορφώσεις	
τρίρριχτη		ρωγμές	
τετράρριχτη	•		<i>Επιφανειακές λόγω αποκόλλησης του επιχρίσματος</i>
πάχος τοίχου (cm)			
κατάσταση διατήρησης	1		

#### επεμβάσεις

διάζωμα ω.σ.  
εξώστης ω.σ.

- *Διαστάσεις κάτοψης περίπου 10.25×8.(m)*
- *Λιθοδομή στο ισόγειο, πλινθοδομή στον όροφο*

#### σχόλια





θέση *Π.Ε.Ο. ΚΟΡΙΝΘΟΥ ΠΑΤΡΩΝ 51, ΛΥΚΟΠΟΡΙΑ*  
στίγμα *38°07'21.0"N 22°30'52.9"E*

α/α  
ημερομηνία

23  
11/2/22

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές	
επίπεδα υλικά	2	αποκόλληση επιχρισμάτων καταρρεύσεις	• •
ωμοπλινθοδομή	•	διάβρωση (βάση)	•
λιθοδομή	•	διάβρωση (στέψη)	•
στέγη		παραμορφώσεις ρωγμές	• •
δίρριχτη τρίρριχτη τετράρριχτη πάχος τοίχου (cm)			
κατάσταση διατήρησης	4		

επεμβάσεις

σχόλια

*Διαστάσεις κάτοψης περίπου 14.3×6.5(m)*

*Λιθοδομή στο ισόγειο, πλινθοδομή στον όροφο*

*Κατάρρευση στέγης*



θέση *ΔΥΜΗ, ΔΥΤΙΚΗ ΑΧΑΪΑ*  
στίγμα *38°08'38.2"N 21°34'01.0"E*

α/α  
ημερομηνία

24  
11/8/21

χαρακτηριστικά κτιρίου		βλάβες / φθορές
επίπεδα υλικά	2	αποκόλληση επιχρισμάτων καταρρεύσεις
ωμοπλινθοδομή	•	διάβρωση (βάση)
λιθοδομή	•	διάβρωση (στέψη)
στέγη		παραμορφώσεις ρωγμές
δίρριχτη τρίρριχτη τετράρριχτη πάχος τοίχου (cm)		
κατάσταση διατήρησης	2	

επεμβάσεις  
εξώστες ω.σ.

•

σχόλια

*Διαστάσεις κάτοψης περίπου 24×10.5(m)*  
*Λιθοδομή στο ισόγειο, πλινθοδομή στον όροφο*  
*Κατάρρευση στέγης*



## Παράρτημα Β

Διάρθρωση υπολογιστικών φύλλων Excel

Ο έλεγχος των μελών μέσω υπολογιστικών φύλλων Excel έγινε σύμφωνα με την παρακάτω διάρθρωση. Χρησιμοποιήθηκαν οι οκτώ καρτέλες με την σειρά που φαίνονται στην εικόνα.



## Καρτέλα 0

Εκεί εισάγονται όλα τα βασικά δεδομένα:

Οι θεμελιώδης ιδιομορφή σε κάθε διεύθυνση, ο λόγος ανελαστικών προς ελαστικές μετακινήσεις (Dinel\_X και Dinel\_Y) και τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών (λιθοδομή, πλινθοδομή).

## Καρτέλα Points\_Insert

Εκεί εισάγονται οι μετακινήσεις κάθε κόμβου του προσομοιώματος όπως εξάγονται από το λογισμικό, υπό την παρακάτω μορφή:

	A	B	C	D	E	F	G
1	Face/Node/Case	Node	Face	case Id	U	V	W
2	109/1/1	1	109	1	0.31	0.06	-0.12
3	109/1/10	1	109	10	-0.03	-0.02	-0.16
4	109/1/2	1	109	2	0.32	-0.09	-0.11
5	109/1/3	1	109	3	-0.36	0.05	-0.12
6	109/1/4	1	109	4	-0.35	-0.09	-0.11
7	109/1/5	1	109	5	0.08	0.23	-0.14
8	109/1/6	1	109	6	0.09	-0.26	-0.09
9	109/1/7	1	109	7	-0.13	0.23	-0.14
10	109/1/8	1	109	8	-0.11	-0.26	-0.09
11	109/1/9	1	109	9	-0.05	-0.03	-0.19
12	847/10/1	10	847	1	0.18	0.06	-0.17
13	847/10/10	10	847	10	0	0.01	-0.06
14	847/10/2	10	847	2	0.18	0	-0.14
15	847/10/3	10	847	3	-0.17	0.02	0.06
16	847/10/4	10	847	4	-0.18	-0.04	0.08
17	847/10/5	10	847	5	0.06	0.13	-0.12
18	847/10/6	10	847	6	0.05	-0.1	-0.04
19	847/10/7	10	847	7	-0.04	0.12	-0.05
20	847/10/8	10	847	8	-0.06	-0.11	0.03
21	847/10/9	10	847	9	0	0.02	-0.07
22	109/10/1	10	109	1	0.18	0.06	-0.17
23	109/10/10	10	109	10	0	0.01	-0.06
24	109/10/2	10	109	2	0.18	0	-0.14

## Καρτέλα 1

Περιέχει (κατά πλάτος):

Επιλέγονται τα γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά του κάθε στοιχείου που γίνεται η τομή (που «καλούνται από την καρτέλα 0»), καθώς και των κόμβων που περιέχονται σ' αυτό.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		υψος τομής	μηκος	πάχος	αξονας	πεσσός/υπέρθυρο	
3							
26	3	1.8	1.43	0.5	γ	πεσσός	
27				Π1	183	183	
28	υλικό	πλινθοδομή		Π2	194	194	
29	fwt (MPa)	0.1		K1	184	184	
30	fwc	0.85		K2	127	127	
31	fvm0	100		E1	117	117	
32	E	648		E2	120	120	
33	γ	17.658		Πμ	112	112	
34	f <sub>b</sub>	1.5		Εμ	118	118	
35				KM	126	126	

Β. Η εντατική κατάσταση στην τομή ακριβώς όπως εξάγεται από το λογισμικό.

H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
Face label	Name	Case Id	Origin	End	Length	R_Nyy	R_Nxy	R_Vyz	R_Myy	R_Mz (in plane)	
-	-	-	m	m	m	kN	kN	kN	kN*m	kN*m	
241	Y1 P_7	1	7.8;2.39;7.63	7.8;3.82;7.63	1.43	-34.43	14.78	1.84	5.59	6.63	
241	Y1 P_7	2	7.8;2.39;7.63	7.8;3.82;7.63	1.43	-45.81	-3.25	1.58	5.14	-4.22	
241	Y1 P_7	3	7.8;2.39;7.63	7.8;3.82;7.63	1.43	-30.84	-9.56	-0.54	-6.51	-3.36	
241	Y1 P_7	4	7.8;2.39;7.63	7.8;3.82;7.63	1.43	-42.22	-27.59	-0.8	-6.97	-14.21	
241	Y1 P_7	5	7.8;2.39;7.63	7.8;3.82;7.63	1.43	-19.89	27.29	1.3	1.89	15.79	
241	Y1 P_7	6	7.8;2.39;7.63	7.8;3.82;7.63	1.43	-57.84	-32.8	0.45	0.36	-20.37	
241	Y1 P_7	7	7.8;2.39;7.63	7.8;3.82;7.63	1.43	-18.82	19.99	0.59	-1.74	12.79	
241	Y1 P_7	8	7.8;2.39;7.63	7.8;3.82;7.63	1.43	-56.76	-40.1	-0.27	-3.27	-23.36	
241	Y1 P_7	9	7.8;2.39;7.63	7.8;3.82;7.63	1.43	-52.4	-9.96	0.77	-1.12	-5.67	
241	Y1 P_7	10	7.8;2.39;7.63	7.8;3.82;7.63	1.43	-56.63	-10.51	0.88	-1.35	-6.07	

Γ. Καλούνται από την καρτέλα Points\_Insert οι μετακινήσεις των σημείων που δηλώθηκαν στην στήλη «Ε» της ίδιας καρτέλας (για λόγους ευκρίνειας στην παρακάτω εικόνα φαίνονται μόνο τα πέντε πρώτα).

S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	
		π1			π2			κ1			κ2			Ε1							
		u	v	w	u	v	w	u	v	w	u	v	w	u	v	w	u	v	w		
241/183/1		3.4	0.6	-0.96	241/194/1	4.12	0.63	-1	241/184/1	2.33	0.39	-0.82	241/127/1	2.74	0.43	-0.85	241/117/1	2.99	0.51	-0.87	
241/183/2		3.33	-0.8	-0.99	241/194/2	4.11	-0.78	-0.91	241/184/2	2.3	-0.63	-0.85	241/127/2	2.73	-0.61	-0.75	241/117/2	2.93	-0.73	-0.93	
241/183/3		-2.71	0.57	-0.7	241/194/3	-3.57	0.58	-0.81	241/184/3	-2.24	0.51	-0.59	241/127/3	-2.67	0.5	-0.66	241/117/3	-2.65	0.53	-0.66	
241/183/4		-2.77	-0.83	-0.73	241/194/4	-3.59	-0.84	-0.72	241/184/4	-2.28	-0.51	-0.63	241/127/4	-2.69	-0.54	-0.56	241/117/4	-2.71	-0.71	-0.72	
241/183/5		1.35	2.22	-0.84	241/194/5	1.44	2.27	-1.04	241/184/5	0.78	1.62	-0.69	241/127/5	0.87	1.67	-0.91	241/117/5	1.08	1.97	-0.74	
241/183/6		1.11	-2.44	-0.93	241/194/6	1.4	-2.46	-0.74	241/184/6	0.65	-1.78	-0.82	241/127/6	0.81	-1.81	-0.57	241/117/6	0.88	-2.17	-0.92	
241/183/7		-0.49	2.21	-0.76	241/194/7	-0.87	2.25	-0.98	241/184/7	-0.6	1.66	-0.63	241/127/7	-0.76	1.69	-0.85	241/117/7	-0.61	1.97	-0.67	
241/183/8		-0.72	-2.45	-0.85	241/194/8	-0.91	-2.47	-0.68	241/184/8	-0.72	-1.74	-0.75	241/127/8	-0.81	-1.79	-0.51	241/117/8	-0.81	-2.17	-0.86	
241/183/9		0.53	-0.17	-1.21	241/194/9	0.47	-0.16	-1.23	241/184/9	0.12	-0.09	-1.04	241/127/9	0.15	-0.08	-1.02	241/117/9	0.27	-0.15	-1.14	
241/183/10		0.6	-0.19	-1.2	241/194/10	0.52	-0.17	-1.22	241/184/10	0.07	-0.09	-1.02	241/127/10	0.07	-0.09	-1	241/117/10	0.27	-0.16	-1.13	

## Καρτέλα Lc

Προσδιορίζεται το θλιβόμενο μήκος σε κάθε διατομή καθώς και η θλιπτική δύναμη που δρα σ' αυτό (Nc).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
		input απο 1					γραμμική κατανομή τάσεων	ακρ. θλιβόμεν	ακρ. Εφελκυσμ	υπερβασή η μη εφελκ αντοχής	Lc=L* σθλ /( σ Εφ + σθλ )	N σε θλιψη	N σε θλιψη	nd	
	Combo	N	M	Eφ/θλ	e	σM	σN	σθλ	σΕφ			N	nd		
L=	1.43	1		-34.43	6.63	θλ	0.192565	38.90655	-48.1538	-87.0604	-9.2473	ok	1.43	-34.43	0.084977
H=	1.82			-45.81	-4.22	θλ	0.09212	24.76405	-64.0699	-88.834	-39.3059	ok	1.43	-45.81	0.113065
t=	0.53			-30.84	-3.36	θλ	0.108949	19.71735	-43.1329	-62.8502	-23.4155	ok	1.43	-30.84	0.076117
fwf=	100.4			-42.22	-14.21	θλ	0.33657	83.38794	-59.049	-142.437	24.33899	ok	1.221308222	-43.4898	0.12568
	5			-19.89	15.79	θλ	0.793866	92.65979	-27.8182	-120.478	64.84161	ok	0.929656222	-28.0008	0.106304
	6			-57.84	-20.37	θλ	0.352178	119.5364	-80.8951	-200.432	38.6413	ok	1.198869318	-60.0728	0.176851
	7			-18.82	12.79	θλ	0.679596	75.05501	-26.3217	-101.377	48.73334	ok	0.965749401	-24.4761	0.08945
	8			-56.76	-23.36	θλ	0.411557	137.0825	-79.3846	-216.467	57.69788	ok	1.129057235	-61.1009	0.191
	9			-52.4	-5.67	θλ	0.108206	33.27302	-73.2867	-106.56	-40.0137	ok	1.43	-52.4	0.129329
	10			-56.63	-6.07	θλ	0.107187	35.62032	-79.2028	-114.823	-43.5825	ok	1.43	-56.63	0.13977

## Καρτέλα Entos

Εδώ, πραγματοποιούνται οι έλεγχοι (αρχικά σε όρους δυνάμεων και αν υπάρχει αστοχία σε όρους παραμορφώσεων) που απαιτούνται για την εντός επιπέδου συμπεριφορά του στοιχείου αφού πρώτα καθοριστεί αν ελέγχεται από κάμψη ή διάτμηση. Οι μετακινήσεις των σημείων χρησιμοποιούνται αφού πρώτα πολλαπλασιαστούν με Dinel\_X ή Dinel\_Y.

γw=	1.5	"ανεκτή Σ.Α."																
fd=fm/γw	0	kPa																
μ=	0.6			διαγώνια ρηγμάτωση														
fwtd=	100	kPa		ολίσθηση														
fvmd=	100	kPa		≤ 0.065 fb 3250.00														
	Combo	L	t	H	N	M	Lc,vd	fvd,t	fvd,s	Vv	Vf	Vv=f * Lc * t	Vf	ελέγχεται από:	δρwsα τεμνους α V	% Vv	% Vf	ΕΠΑΡΚΕΙΑ
Face label / Name	1	1.43	0.5	1.8	-34.43	6.63	1.4300	0.0850	121.72	128.89	69.71	24.68	Κάμψη	14.78	0.212	0.599	0.599	
	2	1.43	0.5	1.8	-45.81	-4.22	1.4300	0.1131	128.09	138.44	69.71	31.66	Κάμψη	3.25	0.047	0.103	0.103	
241/ Y1 P.7	3	1.43	0.5	1.8	-30.84	-3.36	1.4300	0.0761	119.64	125.88	69.71	22.36	Κάμψη	9.56	0.137	0.428	0.428	
	4	1.43	0.5	1.8	-42.22	-14.21	1.2213	0.1257	130.85	142.73	59.54	28.69	Κάμψη	27.59	0.463	0.962	0.962	
πεσός κατά γ	5	1.43	0.5	1.8	-19.89	15.79	0.9297	0.1063	126.59	136.14	45.32	13.87	Κάμψη	27.29	0.602	1.968	1.968	
	6	1.43	0.5	1.8	-57.84	-20.37	1.1989	0.1769	141.50	160.13	58.44	36.61	Κάμψη	32.8	0.561	0.896	0.896	
	7	1.43	0.5	1.8	-18.82	12.79	0.9657	0.0895	122.76	130.41	47.08	13.41	Κάμψη	19.99	0.425	1.490	1.490	
3	8	1.43	0.5	1.8	-56.76	-23.36	1.1291	0.1910	144.30	164.94	55.04	35.19	Κάμψη	40.1	0.729	1.140	1.140	
a=Ho/H+	9	1.43	0.5	1.8	-52.4	-5.67	1.4300	0.1293	131.64	143.97	69.71	35.44	Κάμψη	9.96	0.143	0.281	0.281	
0.5	10	1.43	0.5	1.8	-56.63	-6.07	1.4300	0.1398	133.87	147.52	69.71	37.76	Κάμψη	10.51	0.151	0.278	0.278	

εντός επιπέδου μετακίνηση	π1	π2	K1	K2	π1-κ1/Ho	π2-κ2/Ho	du	επάρκεια
	0.744	0.7812	0.4836	0.5332	0.00029	0.00028	0.002517	0.115
	-0.992	-0.9672	-0.7812	-0.7564	0.00023	0.00023	0.002517	0.093
	0.7068	0.7192	0.6324	0.62	8.3E-05	0.00011	0.002517	0.044
v	-1.0292	-1.0416	-0.6324	-0.6696	0.00044	0.00041	0.002517	0.175
	2.7528	2.8148	2.0088	2.0708	0.00083	0.00083	0.003357	0.246
	-3.0256	-3.0504	-2.2072	-2.2444	0.00091	0.0009	0.003357	0.271
	2.7404	2.79	2.0584	2.0956	0.00076	0.00077	0.003357	0.230
	-3.038	-3.0628	-2.1576	-2.2196	0.00098	0.00094	0.003357	0.291
	-0.2108	-0.1984	-0.1116	-0.0992	0.00011	0.00011	0.005035	0.022
	-0.2356	-0.2108	-0.1116	-0.1116	0.00014	0.00011	0.005035	0.027

## Καρτέλα Ekτος

Εδώ πραγματοποιούνται οι έλεγχοι σε όρους δυνάμεων για την εκτός επιπέδου συμπεριφορά.

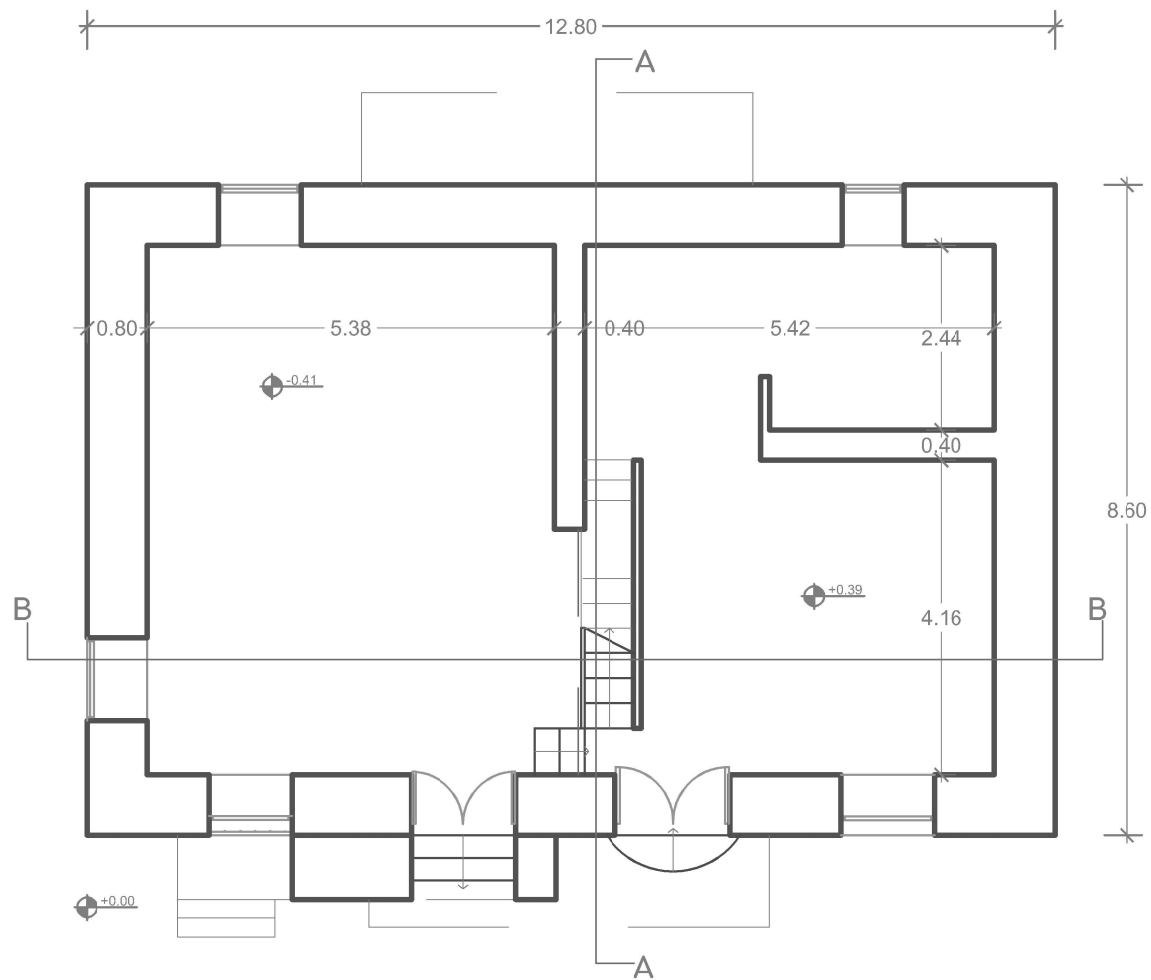
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
περί οριζόντιο												περί κατακόρυφο			
												ελεγχος οπτικά με MRd1			
Case id	N (kN)	l (m)	tw (m)	σ0 (kN/m2)	MRd1 (kN m)	Med,1	M/MR	H	MRd2 (kN m)/m υψους						
Face label / Name	1	-34.43	1.43	0.5	-48.154	7.876	5.59	0.7097	1.8	2.778					
	2	-45.81	1.43	0.5	-64.070	10.158	5.14	0.5060	1.8	2.778					
241/ Y1 P.7	3	-30.84	1.43	0.5	-43.133	7.123	-6.51	0.9139	1.8	2.778					
fd=fm/γw	566.67	4	-42.22	1.43	0.5	-59.049	9.455	-6.97	0.7372	1.8	2.778				
fwt/γw	66.67	5	-19.89	1.43	0.5	-27.818	4.728	1.89	0.3997	1.8	2.778				
πεσός κατά γ	6	-57.84	1.43	0.5	-80.895	12.396	0.36	0.0290	1.8	2.778					
	7	-18.82	1.43	0.5	-26.322	4.486	-1.74	0.3878	1.8	2.778					
3	8	-56.76	1.43	0.5	-79.385	12.202	-3.27	0.2680	1.8	2.778					
a=Ho/H+	9	-52.4	1.43	0.5	-73.287	11.406	-1.12	0.0982	1.8	2.778					
0.5	10	-56.63	1.43	0.5	-79.203	12.179	-1.35	0.1108	1.8	2.778					



# Παράρτημα Γ

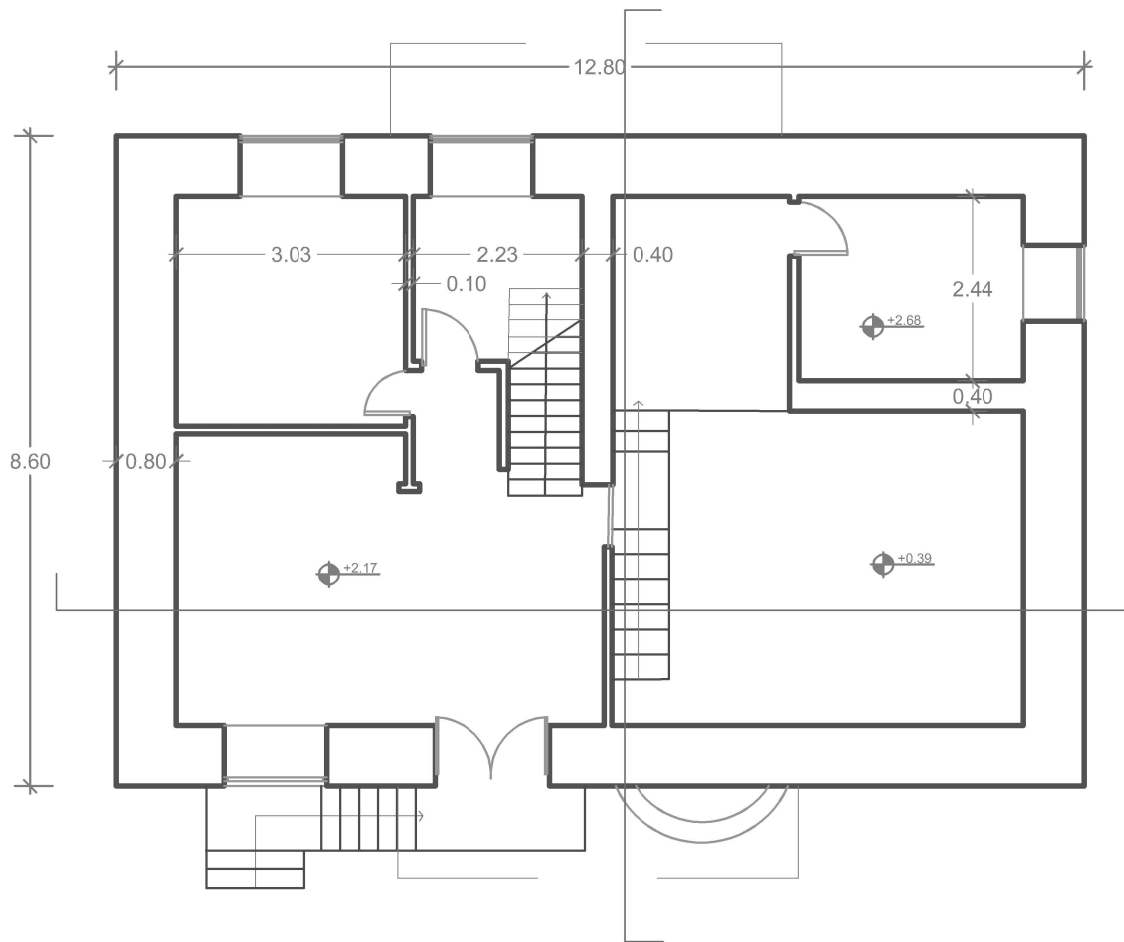
## Σχέδια





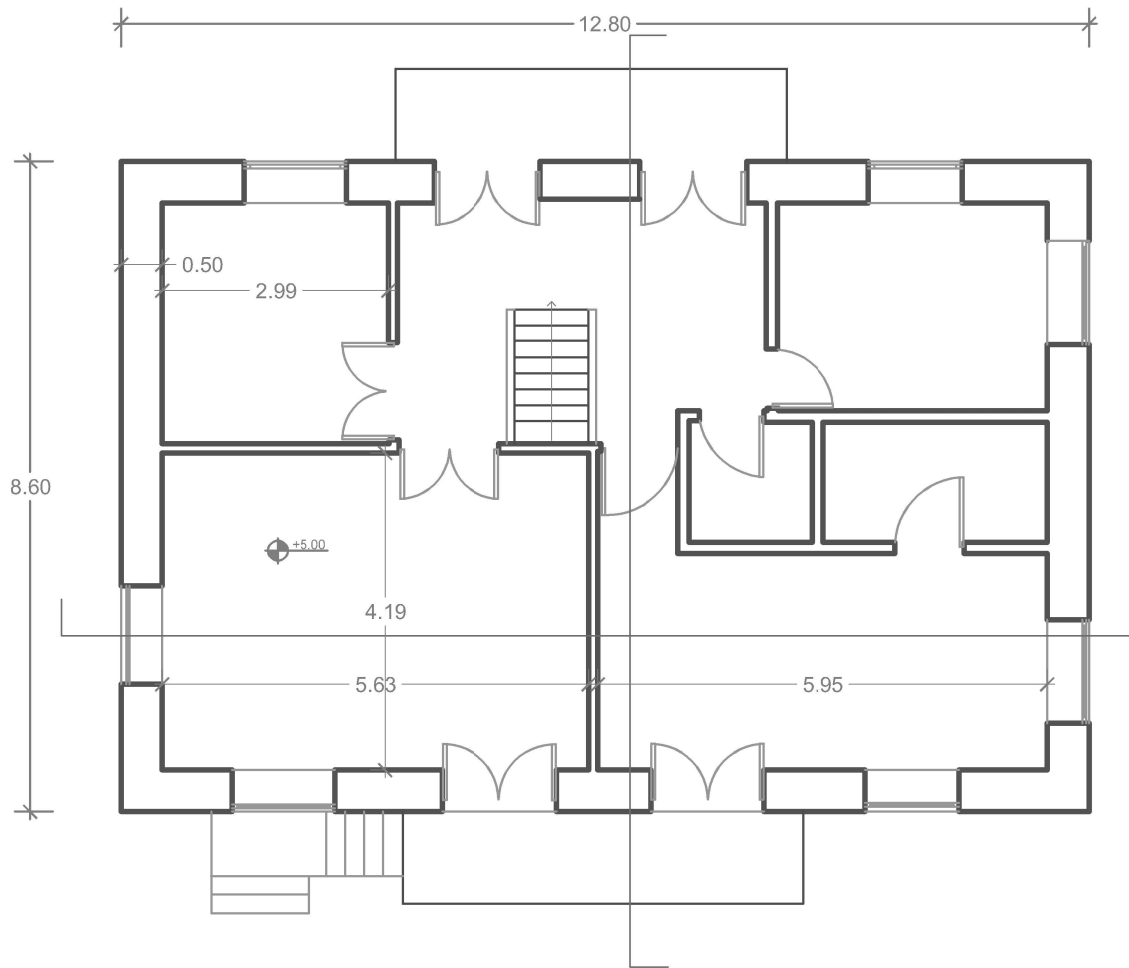
ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ

ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ  
κλίμακα 1:100



ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ

ΚΑΤΟΨΗ ΜΕΣΩΡΟΦΟΥ  
κλίμακα 1:100



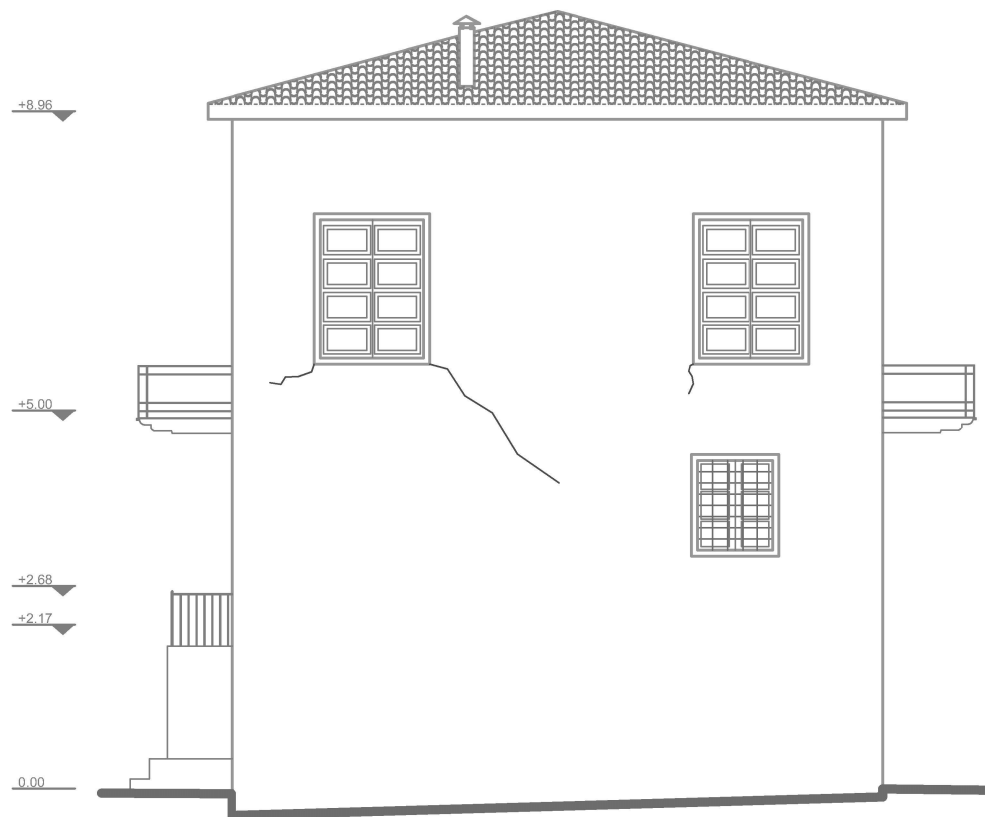
ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ

ΚΑΤΟΨΗ ΟΡΟΦΟΥ  
κλίμακα 1:100



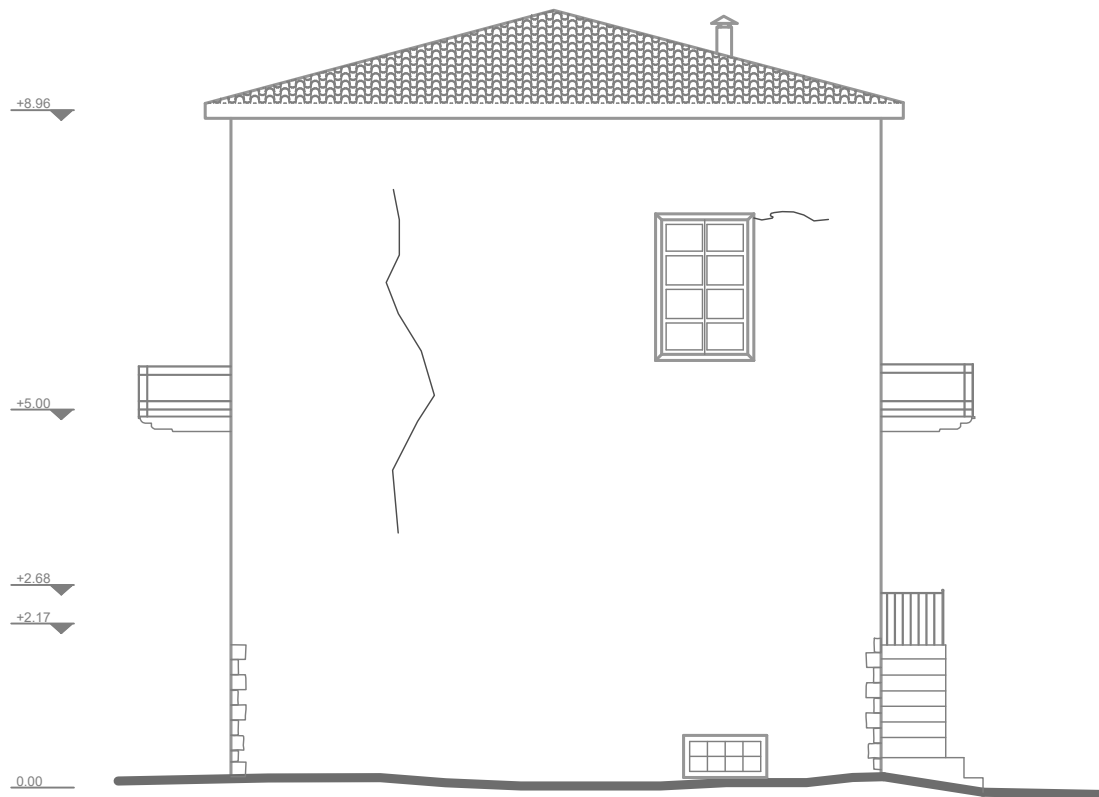
ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ

ΝΟΤΙΑ ΟΨΗ  
κλίμακα 1:100



ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ

ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ  
κλίμακα 1:100



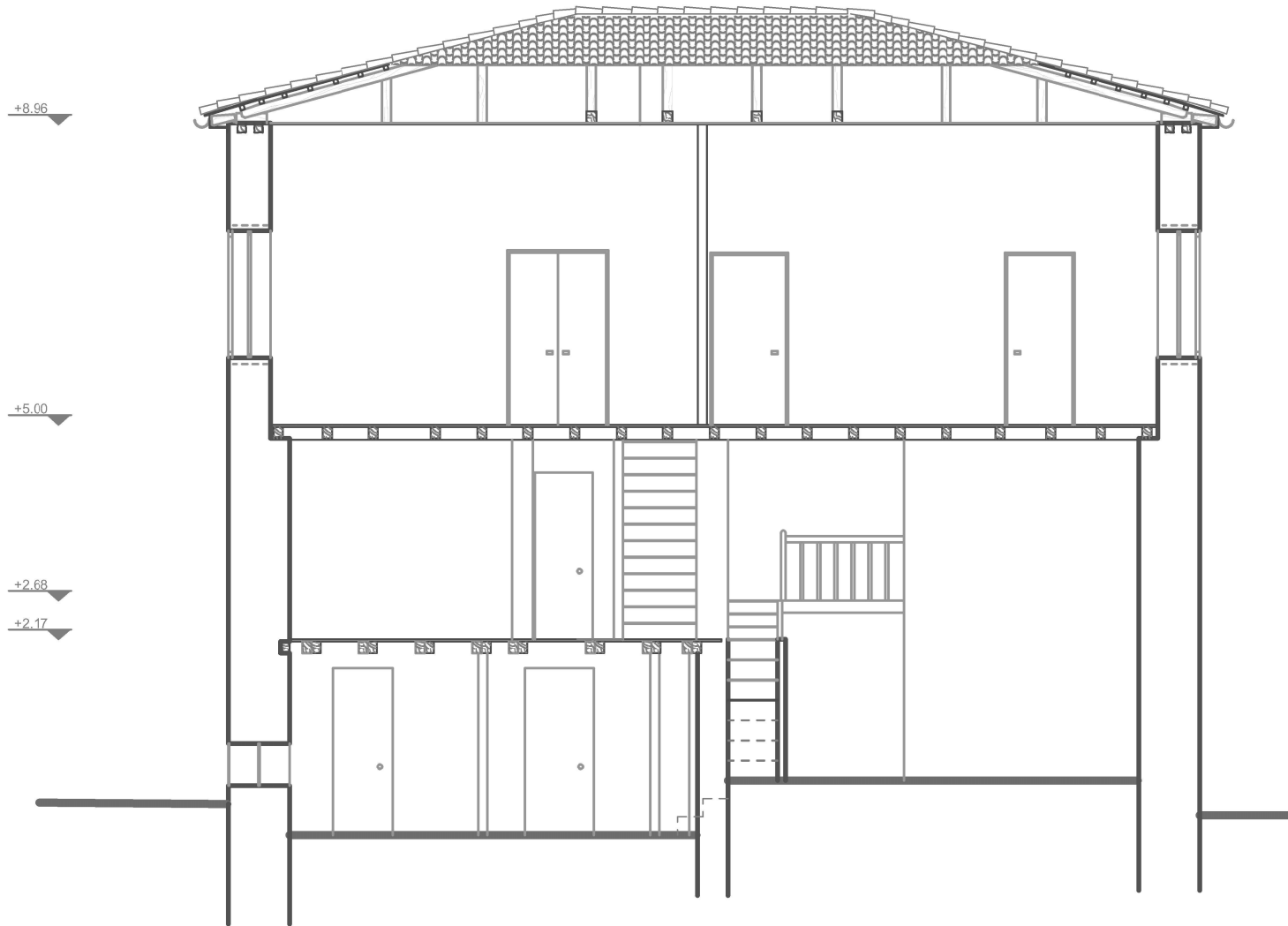
ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ

ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ  
κλίμακα 1:100



ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ

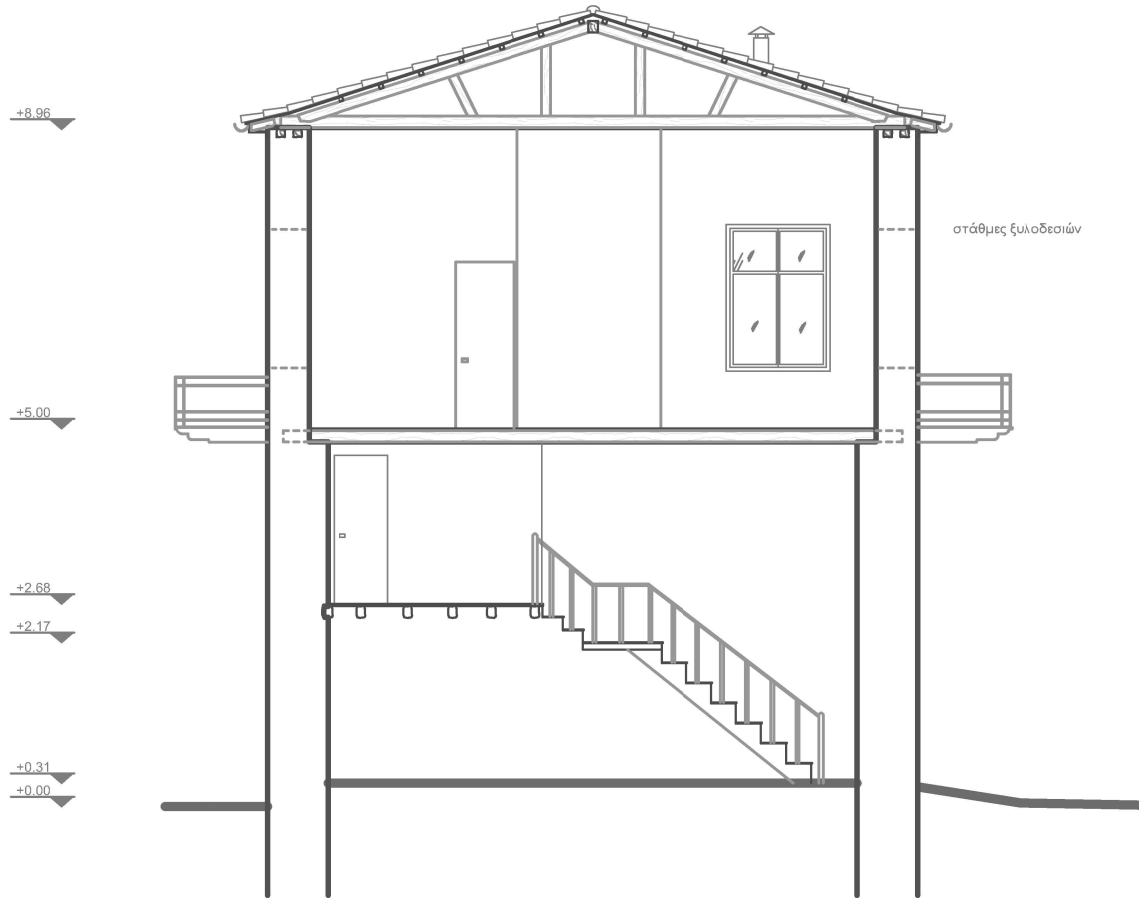
ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ  
κλίμακα 1:100



ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ

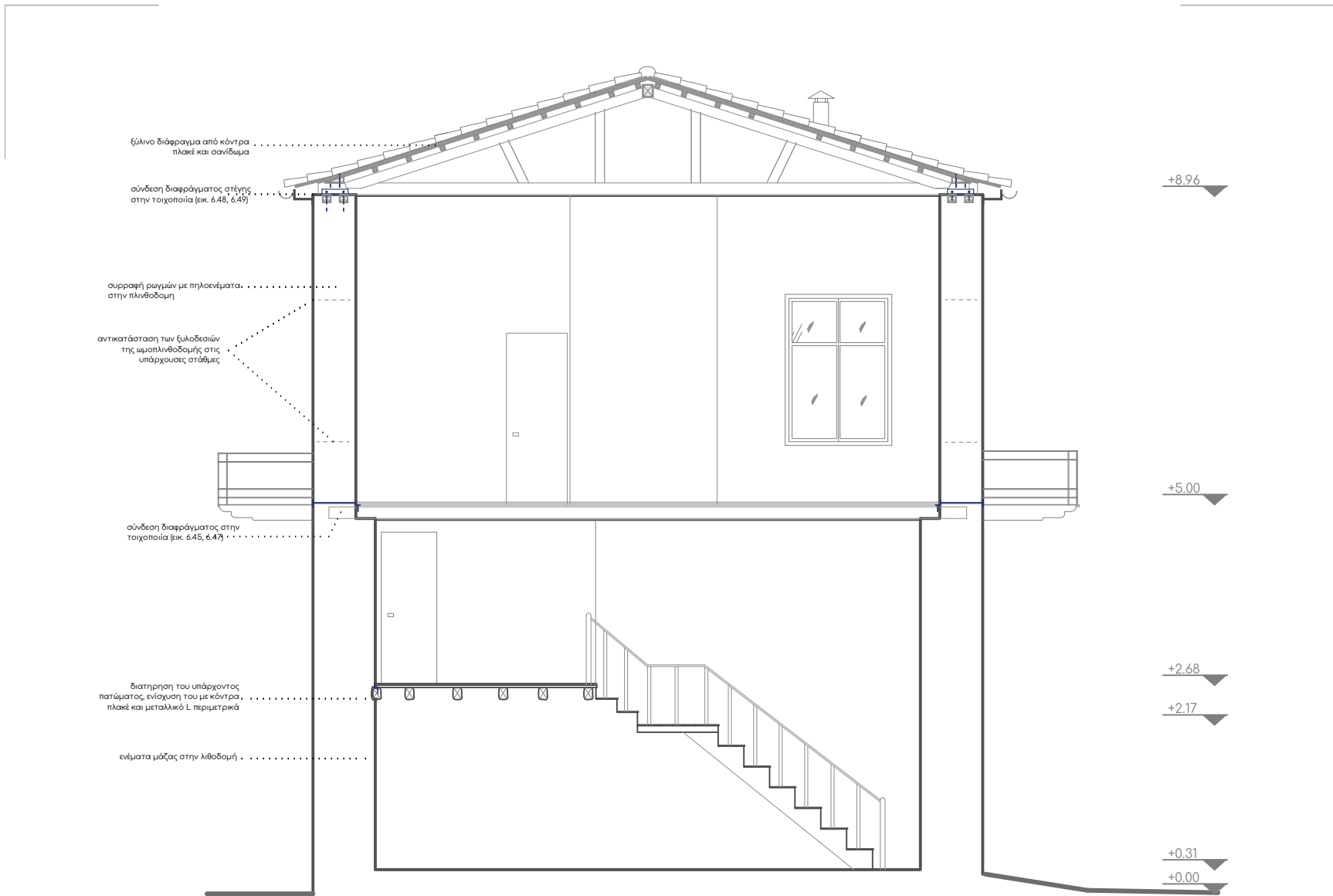
ΤΟΜΗ Α-Α  
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100





ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ

ΤΟΜΗ Β-Β  
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



# ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

ΤΟΜΗ Β-Β  
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:75

