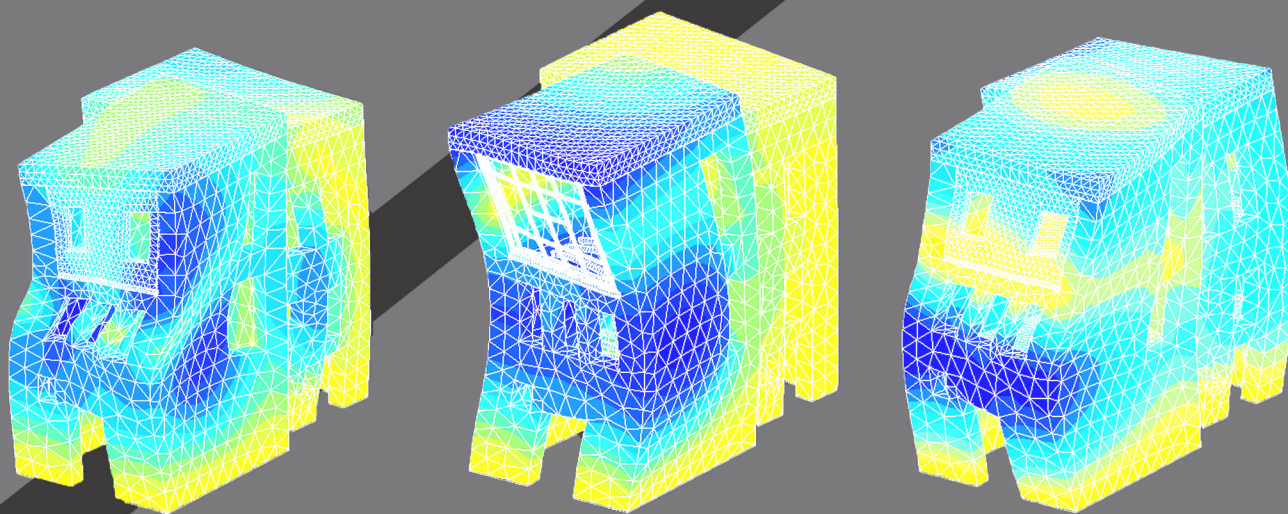


ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ-ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
Χώρος Σχεδιασμός και Δομημένο Περιβάλλον
“Ολοκληρωμένη προστασία Ιστορικού Δομημένου Περιβάλλοντος με Σύγχρονες Τεχνολογίες και Υλικά



Διπλωματική διατριβή:

Επιβλέπουσα: κ. Σταυρουλάκη Μαρία
Επίκουρος Καθηγήτρια

**Διερεύνηση με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων της επίδρασης
μεθόδων επέμβασης σε παραδοσιακό κτήριο**

Γερεουδάκη Ευαγγελία

Χανιά 2018

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ-ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
Χώρος Σχεδιασμός και Δομημένο Περιβάλλον

“Ολοκληρωμένη προστασία Ιστορικού Δομημένου Περιβάλλοντος με Σύγχρονες Τεχνολογίες και Υλικά

*Επιβλέπουσα: κ.Σταυρουλάκη Μαρία
Επίκουρος Καθηγήτρια*

**Διερεύνηση με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων της επίδρασης
μεθόδων επέμβασης σε παραδοσιακό κτήριο**

Γερεουδάκη Ευαγγελία

Χανιά 2018

Τριμελής Επιτροπή:
κ.Σταυρουλάκη Μαρία-Επίκουρος Καθηγήτρια
κ.Κωτσάκη Αμαλία- Καθηγήτρια
κ.Προβιδάκης Κωνσταντίνος - Καθηγητής

Περιεχόμενα

Περίληψη	7
Εισαγωγή.....	13
1. Έλεγχος και Επανάχρηση Υφιστάμενων Κατασκευών.....	17
1.1. Αποκατάσταση ιστορικών κτηρίων	17
1.2. Διεθνείς Χάρτες και Μέθοδοι επέμβασης	19
1.3. Αίτια και βλάβες παθολογίας υφιστάμενων κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία.....	20
1.4. Έλεγχος υφιστάμενης κατάστασης κτηρίου από φέρουσα τοιχοποιία.....	23
1.5. Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων (Finite Elements Method).....	25
1.6. Κριτήρια επεμβάσεων	26
1.7. Τεχνικές επεμβάσεων.....	28
1.8. Μηχανισμοί φθοράς ιστορικών κτιριακών και λιθοδομών.....	29
1.9. Συμβατότητα υλικών επέμβασης.....	31
2. Διερεύνηση των ξυλόπηκτων τοιχοποιιών στα κτήρια της παλαιάς πόλης Χανίων	37
2.1. Η Τούρκικη αστική αρχιτεκτονική στην παλαιά πόλη Χανίων.....	37
2.2. Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά	39
2.3. Σεισμική συμπεριφορά ξυλόπηκτων τοιχοποιιών	43
2.4. Κτήρια με ξυλόπηκτες τοιχοποιίες στην Ελλάδα	44
2.5. Χαρακτηριστικά κτηρίων με ξυλόπηκτες τοιχοποιίες στην Παλαιά Πόλη Χανίων	50

3. Ιστορική τεκμηρίωση παραδοσιακού κτηρίου (case study).....	69
3.1. Αρχιτεκτονική ανάλυση	69
3.1.1. Θέση κτηρίου	69
3.1.2. Κλιματολογικά χαρακτηριστικά περιοχής	70
3.1.3. Γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής - υλικά κατασκευής	72
3.1.4. Γεωμετρία- Αρχιτεκτονική αποτύπωση	75
3.1.5.Τυπολογία –χρονολόγηση	77
3.1.6. Φέρουσα κατασκευή	80
3.1.7.Εσωτερικά χαρακτηριστικά.....	81
3.1.8.Μορφολογικές και δομικές αλλοιώσεις	84
3.2.Κατασκευαστική ανάλυση.....	87
3.2.1. Παθολογία κτηρίου	87
3.2.2. Περιβαλλοντικές επιδράσεις- φθορές.....	104
 4.Ανάλυση με τη μέθοδο των Πεπερασμένων στοιχείων.....	121
4.1. Εισαγωγή γεωμετρίας φορέα (Mesh Generation).....	121
4.2. Διακριτοποίηση φορέα (Discretization).....	124
4.3. Ιδιότητες στοιχείων –Υλικών (Material Properties).....	127
4.4. Συνοριακές συνθήκες (Boundary Conditions)	130
4.5. Σώματα σε επαφή (Contact Bodies)	133
4.6.2. Στατική ανάλυση (Static analysis)	134
4.6.3. Δυναμική ιδιομορφική ανάλυση (Dynamic modal analysis)	146
4.7. Συμπεράσματα δυναμικής ιδιομορφικής ανάλυσης.....	151

5. Συμπεράσματα	169
------------------------------	------------

Βιβλιογραφία	171
---------------------------	------------

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 Ιδιομορφές και ιδιοσυχνότητες μοντέλων	173
--	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 Αποτύπωση Κτηρίου-Παθολογία.....	215
--	-----

Περίληψη

Στην παρούσα διατριβή μελετάται η συμπεριφορά παραδοσιακού υφιστάμενου κελύφους από λιθοδομή και ξυλόπηκτη τοιχοποιία με τη χρήση της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων. Στόχος είναι η παρουσίαση μιας μεθοδολογίας για τη συγκριτική εκτίμηση των επεμβάσεων με διαφορετικά υλικά που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε παραδοσιακά κτίσματα ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για τη δομική συμπεριφορά τους.

Στο πρώτο μέρος γίνεται αναφορά στις μεθόδους επέμβασης και αποκατάστασης ιστορικών κτηρίων και κτηρίων από φέρουσα τοιχοποιία, μηχανισμούς φθοράς και κριτήρια και τεχνικές επεμβάσεων.

Στη συνέχεια διερευνώνται κτήρια με ξυλόπηκτη τοιχοποιία στην Παλαιά πόλη Χανίων αλλά και στην υπόλοιπη Ελλάδα και μελετώνται τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τους, η τυπολογία τους καθώς και στοιχεία για τη σεισμική συμπεριφορά τους.

Στο τρίτο μέρος πραγματοποιείται ιστορική ανάλυση και τεκμηρίωση παραδοσιακού κτίσματος από λιθοδομή και ξυλόπηκτη τοιχοποιία που βρίσκεται στην Παλαιά Πόλη Χανίων και ανήκει στην τυπολογία των κτηρίων Τουρκικής περιόδου με «μπαγδατότοιχο», το οποίο έχει υποστεί σημαντικές δομικές και μορφολογικές αλλοιώσεις. Μελετώνται η κατασκευή, η τυπολογία, η παθολογία και οι περιβαλλοντικές επιδράσεις στο κτήριο αυτό. Η στατική ανάλυση της κατασκευής έγινε με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων και διενεργήθηκε ιδιομορφική ανάλυση για τον προσδιορισμό των κύριων ιδιοσυχνοτήτων και ιδιομορφών που διεγείρουν το κτήριο. Μελετήθηκαν τέσσερα μοντέλα του ίδιου κτηρίου με κριτήριο τον τρόπο επέμβασης για στήριξη και ενίσχυση του κτηρίου αλλά και τη δυνατότητα επαναφοράς παραδοσιακών στοιχείων στο φορέα και πώς αυτά θα επηρεάσουν δομικά τη συμπεριφορά της κατασκευής. Κύριο στοιχείο έρευνας είναι το πώς μπορεί να συμπεριφερθεί μια φέρουσα τοιχοποιία που έχει υποστεί επεμβάσεις με μη συμβατά υλικά με επαναφορά παραδοσιακών δομικών στοιχείων της αρχικής της μορφής και δομής. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην ξυλόπηκτη τοιχοποιία και στα ξύλινα μεσοπατώματα.

Από τη μελέτη διαπιστώθηκε η αλλαγή στη δομική συμπεριφορά του κτηρίου με την τοποθέτηση επιστέγασης με πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος επί φέρουσας

λιθοδομής. Το κτήριο, εφόσον διατηρηθεί αυτή η επιστέγαση ,μπορεί να επαναφέρει τα ξύλινα μεσοπατώματα με επιπλέον ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας του. Κρίσιμη κρίνεται στην επιλογή επαναφοράς της ξυλόπηκτης τοιχοποιίας η ενίσχυση του πλαισίου γύρω από αυτήν με σκοπό την απορρόφηση των αυξημένων φορτίων που έχει επιφέρει η υπερκείμενη επιστέγαση με πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Η επιλογή τοποθέτησης πατωμάτων από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος δημιουργεί ένα δύσκαμπτο φορέα ο οποίος προκαλεί έντονες παραμορφώσεις εκτός επιπέδου στο σύνολο του κτηρίου.

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων δύναται να χρησιμοποιηθούν και να δεχθούν βελτιώσεις που αφορούν κυρίως την περεταίρω διερεύνηση της δομής των ξυλόπηκτων τοιχοποιιών, την λεπτομερέστερη προσομοίωσή τους και πώς αυτές μπορούν να επηρεάσουν το δομικό σύστημα μιας παραδοσιακής κατασκευής.

Στους γονείς μου Μιχάλη και Κατερίνα

Στο Βαρδή

Για την πολύτιμη καθοδήγηση ,στήριξη και βοήθεια σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Χώρος Σχεδιασμός και Δομημένο Περιβάλλον- Ολοκληρωμένη προστασία Ιστορικού Δομημένου Περιβάλλοντος με σύγχρονες τεχνολογίες και προηγμένα υλικά» του Τμήματος Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πολυτεχνείου Κρήτης, ευχαριστώ θερμά την κ. **Σταυρουλάκη Μαρία**, Επίκουρο Καθηγήτρια του Πολυτεχνείου Κρήτης . Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ. Προβιδάκη Κωνσταντίνο , Καθηγητή του Γενικού τμήματος του Πολυτεχνείου Κρήτης και την κ. Κωτσάκη Αμαλία , καθηγήτρια της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πολυτεχνείου Κρήτης .

Εισαγωγή

Οι μελέτες αποκατάστασης ιστορικών κτηρίων αποτελούν ένα από τα βασικά αντικείμενα απασχόλησης των μηχανικών και πλήθους άλλων επιστημόνων. Για τις επεμβάσεις αποκατάστασης απαιτείται μια συστηματική ανάλυση των ιδιαίτερων ιστορικών, αισθητικών και λειτουργικών-κατασκευαστικών χαρακτηριστικών των κτηρίων. Απαιτείται διεπιστημονική έρευνα με βασικό άξονα την ανάδειξη των σχέσεων που πρέπει να διατηρεί η κοινωνία με τις αρχιτεκτονικές μαρτυρίες του παρελθόντος.

Τα κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος του δομημένου περιβάλλοντος στον ελλαδικό χώρο. Πολλά από αυτά έχουν χαρακτηριστεί «μνημεία». Η προστασία και το πλαίσιο επεμβάσεων σε αυτά διέπεται από ειδικό καθεστώς αρχών που περιγράφεται σε διεθνείς χάρτες, διακηρύξεις κ.ά. Μια δεύτερη κατηγορία αφορά κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία που έχουν χαρακτηριστεί «διατηρητέα» και προστατεύονται από ειδικές διατάξεις. Η πλειοψηφία όμως των κτηρίων από φέρουσα τοιχοποιία δεν εντάσσεται στις προηγούμενες κατηγορίες. Τα κτήρια αυτά, που χαρακτηρίζονται «παραδοσιακά» δεν υπάγονται σε συγκεκριμένες διατάξεις προστασίας και η ποιότητα επεμβάσεων σε αυτά επαφίεται στις γνώσεις την εμπειρία και την ευαισθησία του μηχανικού-μελετητή καθώς και στα τεχνολογικά και οικονομικά μέσα που διατίθενται σε κάθε περίπτωση.

Βασικό χαρακτηριστικό του κτηριακού αποθέματος των παραδοσιακών κτηρίων από φέρουσα τοιχοποιία είναι το ότι έχουν υποστεί διάφορες επεμβάσεις στην πορεία της ζωής τους αλλά και πρόκειται να συνεχίσουν να υφίστανται.

Οι κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία είναι συνήθως σχετικά δύσκαμπτες κατασκευές, με γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά διαφορετικά από εκείνα των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα για τις οποίες υπάρχει επαρκής εμπειρία σχεδιασμού. Η τοιχοποιία -λιθοδομή, εμφανίζει ψαθυρή μηχανική συμπεριφορά, μικρή έως μηδενική αντοχή σε εφελκυσμό και είναι σε πολλές περιπτώσεις ανομοιογενής. Η ποιότητα των υλικών και της κατασκευής είναι σε πολλές περιπτώσεις άγνωστη και διαφορετική στα διάφορα τμήματα των κατασκευών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα έλλειψη μονολιθικότητας, μεγάλο βάρος

κατανεμημένο καθ' ύψος και χαμηλή πλαστιμότητα, παράγοντες που οδηγούν σε μη γραμμική συμπεριφορά του υλικού.

Η δυνατότητα παραλαβής φορτίων από μια παραδοσιακή κατασκευή, η σεισμική συμπεριφορά λιθοδομών, ξύλινων πατωμάτων καθώς και ξυλόπηκτων κατασκευών οι οποίες αποτελούν μεγάλο ποσοστό των παραδοσιακών κτηρίων στην Ελλάδα, είναι ακόμη στο στάδιο της έρευνας. Η μελέτη και ανάλυση αυτών των ιδιαίτερων παραδοσιακών κατασκευών, οι οποίες άντεξαν στη διάρκεια των αιώνων θα τροφοδοτήσει με νέα δεδομένα του τρόπους υπολογισμού των αντοχών τους αλλά και θα διαμορφώσει νέες οπτικές θεωρήσεις για την αποκατάστασή τους και τη συμβολή τους στο σύνολο του φέροντος οργανισμού ενός παραδοσιακού κτηρίου.

Βασικός σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η παρουσίαση μιας μεθοδολογίας για τη συγκριτική εκτίμηση των επεμβάσεων με διαφορετικά υλικά που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε παραδοσιακά κτίσματα ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για τη δομική συμπεριφορά τους η οποία είναι καθοριστική στην απόφαση του τρόπου επέμβασης σε αυτά.

Πραγματοποιείται ιστορική ανάλυση και τεκμηρίωση παραδοσιακού κτίσματος από λιθοδομή και ξυλόπηκτη τοιχοποιία που βρίσκεται στην Παλαιά Πόλη Χανίων και ανήκει στην τυπολογία των κτηρίων Τουρκικής περιόδου με «μπαγδατότοιχο», το οποίο έχει υποστεί σημαντικές δομικές και μορφολογικές αλλοιώσεις. Μελετώνται η κατασκευή, η τυπολογία, η παθολογία και οι περιβαλλοντικές επιδράσεις στο κτήριο αυτό. Η στατική ανάλυση της κατασκευής γίνεται με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων και διενεργείται ιδιομορφική ανάλυση για τον προσδιορισμό των κύριων ιδιοσυχνοτήτων και ιδιομορφών που διεγείρουν το κτήριο. Μελετώνται τέσσερα μοντέλα του ίδιου κτηρίου με κριτήριο τον τρόπο επέμβασης για στήριξη και ενίσχυση του κτηρίου αλλά και τη δυνατότητα επαναφοράς παραδοσιακών στοιχείων στο φορέα και πώς αυτά θα επηρεάσουν δομικά τη συμπεριφορά της κατασκευής.

Κύριο στοιχείο έρευνας είναι το πώς μπορεί να συμπεριφερθεί μια φέρουσα τοιχοποιία που έχει υποστεί επεμβάσεις με μη συμβατά υλικά με επαναφορά παραδοσιακών δομικών στοιχείων της αρχικής της μορφής και δομής. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ξυλόπηκτη τοιχοποιία και στα ξύλινα μεσοπατώματα.

1. Έλεγχος και Επανάχρηση Υφιστάμενων Κατασκευών

1.1. Αποκατάσταση ιστορικών κτηρίων

Τα Χανιά είναι μια πόλη με μακραίωνη ιστορία και το δομημένο ιστορικό-λειτουργικό περιβάλλον της αποτελεί μαρτυρία της αλληλεπίδρασης των διαφορετικών πολιτισμών που εγκαταστάθηκαν στην Κρήτη και επηρέασαν τόσο τον κατασκευασμένο και λειτουργικό χώρο όσο και την κουλτούρα και ιδιοσυγκρασία των κατοίκων της. Η ιστορική φυσιογνωμία της πόλης σε συνδυασμό με τη σημαντική γεωγραφική θέση της Κρήτης αλλά και το φυσικό κάλλος προσδίδουν στην πόλη μοναδικότητα και ιδιαιτερότητα. Η σημασία του ιστορικού κέντρου της πόλης των Χανίων τονίζεται ιδιαίτερα στο Περιφερειακό πλαίσιο Χωροταξικού σχεδιασμού της περιφέρειας της Κρήτης και η προστασία και ανάδειξη του τίθεται ως πρωτεύων στόχος. (ΦΕΚ 1486/τΒ' 10-10-2003)

Οι μελέτες αποκατάστασης ιστορικών κτηρίων αποτελούν ένα από τα βασικά αντικείμενα απασχόλησης των μηχανικών και πλήθους άλλων επιστημόνων. Για τις επεμβάσεις αποκατάστασης απαιτείται μια συστηματική ανάλυση των ιδιαίτερων ιστορικών, αισθητικών και λειτουργικών-κατασκευαστικών χαρακτηριστικών των κτηρίων. Απαιτείται διεπιστημονική έρευνα με βασικό άξονα την ανάδειξη των σχέσεων που πρέπει να διατηρεί η κοινωνία με τις αρχιτεκτονικές μαρτυρίες του παρελθόντος. Διακρίνονται πέντε μεθοδολογικές ενότητες οι οποίες αντιστοιχούν σε διαφορετικά επίπεδα προσέγγισης και διαφορετικές κλίμακες μελέτης. Οι ενότητες είναι οι εξής:

- Σχέση κτηρίου με την ευρύτερη περιοχή

Ανάλογα με τον τόπο και τη σημασία του κτηρίου ορίζεται η ευρύτερη περιοχή επιρροής του, από τη μελέτη της οποίας θα προκύψουν τα απαραίτητα συμπεράσματα για τον τρόπο δημιουργίας και μετεξέλιξής του.

- Ιστορική ανάλυση –τεκμηρίωση

Η ιστορική ανάλυση σκοπεύει στην παρακολούθηση της διαχρονικής εξέλιξης του κτηρίου. Με τη μελέτη ιστορικών πηγών, τη συγκέντρωση μαρτυριών και την προσεκτική παρατήρηση, εντοπίζονται οι ιστορικές φάσεις του, χρονολογούνται οι

επί μέρους κατασκευές και οι τομές στην εξέλιξή του. Η ιστορική ανάλυση-τεκμηρίωση δεν στοχεύει μόνο στην κωδικοποίηση των ιστορικών στοιχείων και στον προσδιορισμό της ιστορικής του αξίας, αλλά και στην ανάδειξή τους μέσα από μια νέα ερμηνεία.

- Αρχιτεκτονική ανάλυση-τεκμηρίωση

Η αρχιτεκτονική αποτύπωση είναι μια ιδιαίτερη σύνθετη έρευνα που απαιτεί οργάνωση, παρατηρητικότητα, συστηματική ακρίβεια και έλεγχο των μετρήσεων. Η συστηματική έρευνα της τυπολογίας και μορφολογίας του κτηρίου συμβάλλει στην πληρέστερη κατανόηση της αρχικής δομής και της εξελικτικής του πορείας.

- Κατασκευαστική ανάλυση

Βασικό μέρος της ανάλυσης ενός κτηρίου αποτελεί η έρευνα για την κατασκευαστική δομή, την παθολογία, τα κατασκευαστικά στοιχεία καθώς και τα υλικά δόμησης. Η κατάσταση των θεμελίων και το βάθος έδρασής τους, τα υλικά δόμησης και τα συνδετικά κονιάματα φερουσών τοιχοποιιών, η κατάσταση των πατωμάτων και των δαπέδων, η κατασκευή των επιστεγάσεων, των εσωτερικών ενδιάμεσων χωρισμάτων, των κουφωμάτων κ.ά. είναι στοιχεία που πρέπει να εξετασθούν συστηματικά. Οι μη καταστρεπτικές μέθοδοι είναι οι πιο ενδεδειγμένες εφόσον εξασφαλίζεται σε βάθος η διερεύνηση των κατασκευαστικών στοιχείων του κτηρίου. Τοπικές εκσκαφές για να διαπιστωθεί η κατάσταση και το βάθος έδρασης των θεμελίων, σημειακές καθαιρέσεις των επιχρισμάτων για εξέταση του φέροντος οργανισμού και συνδετικών κονιαμάτων τοιχοποιιών καθώς και άλλες διερευνητικές τομές για την εξέταση των ξύλινων διατομών των ξυλόπηκτων κατασκευών είναι απαραίτητες.

Η δυνατότητα παραλαβής φορτίων από μια παραδοσιακή κατασκευή, η σεισμική συμπεριφορά λιθοδομών, ξύλινων πατωμάτων καθώς και ξυλόπηκτων κατασκευών είναι ακόμη στο στάδιο της έρευνας. Η μελέτη και ανάλυση αυτών των ιδιαίτερων παραδοσιακών κατασκευών, οι οποίες άντεξαν στη διάρκεια των αιώνων θα τροφοδοτήσει με νέα δεδομένα του τρόπους υπολογισμού των αντοχών τους αλλά και θα διαμορφώσει νέες οπτικές θεωρήσεις για την αποκατάστασή τους και τη συμβολή τους στο σύνολο του φέροντος οργανισμού ενός παραδοσιακού κτηρίου.

- Πρόταση αποκατάστασης – επανάχρησης

Το τελικό στάδιο σε μια μελέτη αποκατάστασης είναι η διατύπωση της συνθετικής πρότασης. Οι αποφάσεις για επεμβάσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν σε ένα ιστορικό κτήριο είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων όπως η κατάσταση διατήρησής του, η καλλιτεχνική και ιστορική του αξία, η σπανιότητα, οι εκάστοτε επιστημονικές απόψεις για την αποκατάσταση κ.ά. Κάθε νέα επέμβαση πρέπει να σέβεται και να αναδεικνύει τα τυπολογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά του κτηρίου λαμβάνοντας υπόψη και τη δομοστατική του ανάλυση [1].

1.2. Διεθνείς Χάρτες και Μέθοδοι επέμβασης

Χαρακτηριστικό του 20^{ου} αιώνα σχετικά με τις επεμβάσεις σε υφιστάμενα κτήρια και μνημεία ήταν η διατύπωση θεωριών σχετικά με το πλαίσιο, τις μεθόδους και τους στόχους μιας επέμβασης αποκατάστασης. Οι θεωρίες αυτές συνέβαλαν στην ωρίμανση απόψεων και βοήθησαν στη σύνταξη και την υπογραφή «χαρτών» από τη διεθνή κοινότητα, στους οποίους διατυπώνονται βασικές αρχές περί προστασίας και επεμβάσεων σε ιστορικά κτήρια. Το 1935 συντάσσεται ο «Χάρτης της Αθήνας» και το 1964 συντάσσεται και υπογράφεται από πολλά κράτη συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας ο «Χάρτης της Βενετίας». Χαρακτηριστική είναι η προσπάθεια ταξινόμησης και προσδιορισμού του αντικειμένου και της μεθόδου επέμβασης. Οι μέθοδοι επεμβάσεων διακρίνονται στις εξής:

Επέμβαση (intervention) είναι γενικότερος όρος και αναφέρεται ή υπονοεί οποιαδήποτε από τις παρακάτω έννοιες ή εργασίες.

Επισκευή (repairing) ορίζεται η επαναφορά δομικού στοιχείου ή κτίσματος με βλάβη στην κατάσταση προ της βλάβης. Είναι φανερό ότι το ίδιο ή ανάλογο αίτιο (π.χ. σεισμός) θα προκαλέσει κατά τεκμήριο την ίδια ή ανάλογη βλάβη. Έτσι σε περίπτωση εκτεταμένων ή σοβαρών βλαβών είναι φρόνιμο η επέμβαση να περιλαμβάνει και ενίσχυση της κατασκευής ενώ σε περιορισμένες ή μικρές βλάβες αρκεί συνήθως η επισκευή.

Ενίσχυση (strengthening) ορίζεται το σύνολο των μέτρων αναβάθμισης των μηχανικών χαρακτηριστικών (αντοχή, δυσκαμψία) δομικού στοιχείου ή κτίσματος μέχρι ενός επιθυμητού ή απαιτητού επιπέδου (π.χ. σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

που επιβάλλουν οι τρέχοντες κανονισμοί). Σημειώνεται ότι η ενίσχυση προχωρά πέραν της επισκευής τυχόν βλαβών, είναι όμως δυνατή και η προληπτική ενίσχυση χωρίς την παρουσία βλαβών. Το επίπεδο και τα μέτρα ενίσχυσης προσδιορίζονται από ειδική μελέτη.

Ανακατασκευή (reconstruction) ορίζεται η κατασκευή, στη θέση παλιού, ενός νέου δομικού στοιχείου ή κτίσματος. Το νέο δομικό στοιχείο ή κτίσμα μπορεί να είναι αντίγραφο ή ανάλογο του υφιστάμενου ή ακόμα και τελείως νέο. Η τελική απόφαση βασίζεται σε ιστορικούς, κοινωνικούς, χρηστικούς ή άλλους λόγους.

Αναστήλωση (restoration) ορίζεται η επαναφορά του δομήματος στην αρχική του μορφή. Είναι όρος που χρησιμοποιείται συνήθως για επεμβάσεις σε μνημειακά κτίσματα και έχει ένα χαρακτήρα αυστηρότητας όσον αφορά το σεβασμό της ιστορικής φυσιογνωμίας του κτίσματος.

Επανάχρηση (rehabilitation) ορίζεται η περιορισμένη συνήθως διαρρύθμιση και μετατροπή ενός κτηρίου ώστε να εξυπηρετήσει νέες, σύγχρονες χρήσεις και λειτουργίες. Αναφέρεται συνήθως σε αρχιτεκτονικού χαρακτήρα παρεμβάσεις.

Διατήρηση (preservation) ορίζεται η διαφύλαξη της υπάρχουσας κατάστασης με μέτρα αποτροπής περαιτέρω φθορών.

Συντήρηση (conservation) είναι γενικότερος όρος με ευρύτερη χρήση. Υπονοεί συνήθως περιορισμένου ή και πρόσκαιρου, αλλά όχι πρόχειρου, χαρακτήρα μέτρα εν όψει τελικής ή ριζικότερης επέμβασης για την τύχη του κτίσματος.

1.3. Αίτια και βλάβες παθολογίας υφιστάμενων κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία

Τα κτήρια με φέροντα οργανισμό από τοιχοποιία καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος του δομημένου περιβάλλοντος στην Ελλάδα. Τα κτήρια αυτά με κριτήριο την ιστορική

τους αξία, κατατάσσονται σε κατηγορίες σύμφωνα με τις οποίες τίθενται περιορισμοί και κανόνες σχετικά με τον τρόπο επέμβασης και αποκατάστασής τους. Έτσι τα κτήρια κατατάσσονται στην κατηγορία των «μνημείων» και των «διατηρητέων κτηρίων». Η προστασία και το πλαίσιο επεμβάσεων στα κτήρια αυτά διέπεται από ειδικό καθεστώς αρχών που περιγράφεται σε διεθνείς χάρτες και διακηρύξεις. Τα διατηρητέα κτήρια επίσης προστατεύονται από ειδικές διατάξεις. Πρόκειται για κτήρια ιδιαίτερης ιστορικής και αρχιτεκτονικής αξίας και για κτήρια που εντάσσονται σε ειδικά προστατευόμενες περιοχές. Η υψηλή ποιότητα των επεμβάσεων αποκατάστασης στα κτήρια αυτά διασφαλίζεται από το υφιστάμενο πλαίσιο διακηρύξεων και τους μηχανισμούς ελέγχου μελετών και εργασιών.

Μια τρίτη κατηγορία κτηρίων από φέρουσα τοιχοποιία αφορά τα χαρακτηριζόμενα ως «παραδοσιακά» κτήρια. Πρόκειται για ιστορικά κτήρια με ιδιαίτερα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά, τα οποία όμως δεν εντάσσονται στις παραπάνω κατηγορίες. Ως αποτέλεσμα η ποιότητα των επεμβάσεων σε αυτά επαφίεται στις γνώσεις, στην εμπειρία, την ευαισθησία του κάθε μελετητή αλλά και στα διαθέσιμα τεχνολογικά και οικονομικά μέσα.

Βασικό χαρακτηριστικό του κτηριακού αποθέματος των παραδοσιακών κτηρίων από φέρουσα τοιχοποιία είναι το ότι έχουν υποστεί διάφορες επεμβάσεις στην πορεία της ζωής τους αλλά και πρόκειται να συνεχίσουν να υφίστανται.

Η ανάληψη τέτοιων εργασιών επέμβασης σε παραδοσιακά κελύφη από φέρουσα τοιχοποιία απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις σε θέματα όπως βασικές αρχές επεμβάσεων, υφιστάμενο νομικό καθεστώς, μηχανική της τοιχοποιίας, παραδοσιακές και σύγχρονες τεχνολογίες και υλικά επεμβάσεων [2].

Οι αιτίες που προκαλούν τη δομική διατάραξη και φθορές στα παραδοσιακά κτήρια μπορεί να οφείλονται σε ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες. Στις ενδογενείς αιτίες κατατάσσονται η πλημμελής ή ελλιπής μορφολογία της κατασκευής, η κακή ποιότητα υλικών και δόμησης, η ασυμβατότητα των υλικών και των μεθόδων κατασκευής ή επισκευής, περιβαλλοντικές επιδράσεις κ.ά. Στον τομέα της μηχανικής των κατασκευών, τρωτότητα θεωρείται η «προδιάθεση» της κατασκευής να εμφανίσει βλάβες υπό τη δράση σεισμικών ή άλλων φορτίων με συνεπακόλουθο την απώλεια μέρους τη λειτουργικότητάς της ή και της ευστάθειάς της.

Παράγοντες που προσδίδουν υψηλή τρωτότητα σε κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία είναι:

- Το ακατάλληλο υπέδαφος: Η διάβρωση και αποδιοργάνωση της θεμελίωσης λόγω των υπογείων υδάτων και της συνεχούς αλλαγής της στάθμης τους, το εύκαμπτο έδαφος θεμελίωσης.
- Η μη επιλεγμένη δόμηση (κακή έδραση ανωφλίων, έλλειψη γωνιολίθων κ.λπ.).
- Η κακή ποιότητα των υλικών δόμησης
- Η φυσική γήρανση των υλικών (λίθων, κονιάματος, ξύλων κ.λπ.) του κτηρίου.
- Η χρήση μη πλάστιμων γενικά υλικών, αλλά και ειδικότερα η μειωμένη αντοχή των αργολιθοδομών έναντι σεισμικών ή άλλων καταπονήσεων.
- Η έλλειψη συντήρησης των κτηρίων.
- Η αστοχία λόγω συμπτώσεως πολλών κακοτεχνιών.
- Η προσθήκη καθ' ύψος ή οριζοντίως διαφόρων στοιχείων χωρίς στοιχειώδη μελέτη

Τα εξωγενή αίτια οφείλονται σε δράσεις μόνιμες ή σπάνιες (τυχηματικές ή περιβαλλοντικές) όσον αφορά τη συχνότητα εμφάνισης και στατικές ή δυναμικές όσον αφορά τον χαρακτήρα και τον τρόπο επιβολής. Τυχηματικές δράσεις είναι κυρίως ο σεισμός και η πυρκαγιά [3].

1.4. Έλεγχος υφιστάμενης κατάστασης κτηρίου από φέρουσα τοιχοποιία

Οι κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία είναι συνήθως σχετικά δύσκαμπτες κατασκευές, με γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά διαφορετικά από εκείνα των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα για τις οποίες υπάρχει επαρκής εμπειρία σχεδιασμού. Η τοιχοποιία –λιθοδομή τους εμφανίζει ψαθυρή μηχανική συμπεριφορά, μικρή έως μηδενική αντοχή σε εφελκυσμό και είναι σε πολλές περιπτώσεις ανομοιογενή. Η ποιότητα των υλικών και της κατασκευής είναι σε πολλές περιπτώσεις άγνωστη και διαφορετική στα διάφορα τμήματα των κατασκευών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα έλλειψη μονολιθικότητας, μεγάλο βάρος κατανεμημένο καθ' ύψος και χαμηλή πλαστιμότητα, παράγοντες που οδηγούν σε μη γραμμική συμπεριφορά του υλικού[4].

Τα κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία έχουν εξαιρετική αντοχή για κατακόρυφα θλιπτικά φορτία, παρουσιάζουν όμως μειωμένη αντοχή στις δράσεις που δημιουργούν εφελκυστικές τάσεις, όπως είναι ο σεισμός και οι διαφορικές καθιζήσεις. Υπό την επίδραση σεισμικών δράσεων, εκτός της σχεδόν μηδενικής εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας, ένας ακόμη λόγος της κακής σεισμικής απόκρισης τους είναι ο «κακός» σχεδιασμός ή ακόμα και η έλλειψη σχεδιασμού στα κτήρια αυτά, αφού πολλά από αυτά κατασκευάστηκαν εμπειρικά [5]. Υπό την επίδραση εξωτερικών φορτίων, συνήθως κατά τη διάρκεια κάποιας σεισμικής διέγερσης, οι κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία παρουσιάζουν μη γραμμική συμπεριφορά. Το αποτέλεσμα είναι ο σχηματισμός ρωγμών, μόνιμων βλαβών κ.α. στην τοιχοποιία. Με την ανάλυση, οι μηχανισμοί αστοχίας των μεμονωμένων δομικών στοιχείων καθώς και ολόκληρου του δομικού συστήματος, μπορούν να καθοριστούν.

Πειραματικά αποτελέσματα μας δίνουν τα χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας και των συστατικών της. Στην περίπτωση κάποιου σεισμού η δομή θα υποβληθεί σε μια σειρά περιοδικών διεγέρσεων, που θα προκαλέσουν μεγάλη ένταση σε κάμψη και καταπόνηση στους δομικούς τοίχους. Ανάλογα με την εφαρμογή ή τις συνθήκες κατασκευής, η συμπεριφορά της κατασκευής μπορεί να εξιδανικευθεί ή να απλοποιηθεί για να δώσει κάποια αποτελέσματα που είναι σημαντικά στην ανάλυση [6] .

Το υλικό της τοιχοποιίας είναι ένα σύνθετο υλικό που αποτελείται από τούβλα (ή πέτρες) και κονίαμα (ή χωρίς κονίαμα). Οι ιδιότητες του υλικού και οι σταθερές των επιμέρους υλικών του, μπορούν να υπολογιστούν στο εργαστήριο ή με πειράματα, κάτι που δεν είναι πάντα εύκολο. Οι δυσκολίες στη μελέτη αυτού του τύπου των κατασκευών, που προκύπτουν από την ανομοιογένεια της δόμησης, αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν τα δυναμικά χαρακτηριστικά των κατασκευών, δηλαδή της απόκρισης τους σε δυναμικά φορτία. Γι' αυτό και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά την εκτίμηση των δυναμικών χαρακτηριστικών τους και την ανάλυση τους για σεισμική φόρτιση, διότι θεωρείται η ύπαρξη εύκαμπτων πατωμάτων και η χαλαρή σύνδεση τους με τα κατακόρυφα στοιχεία (τοιχοποιίες), η οποία καταργεί την παραδοχή διαφραγματικής λειτουργίας και επηρεάζει την μεταφορά της σεισμικής δύναμης στα διάφορα στοιχεία της κατασκευής.

Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων αποτελεί ένα αξιόπιστο εργαλείο για την στατική ή δυναμική ανάλυση μνημειακών κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία, όπως αποδεικνύεται από τις πολλαπλές εφαρμογές της στην ανάλυση τέτοιων κατασκευών. Η εφαρμογή της μεθόδου τόσο στην ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης της κατασκευής όσο και στην ανάλυση της υποθετικής κατάστασής της μετά από διάφορες προτεινόμενες επεμβάσεις ενίσχυσης δίνει σημαντικά αποτελέσματα που βοηθούν στην εύρεση και πρόταση της καταλληλότερης από τις επεμβάσεις [7] .

1.5. Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων (Finite Elements Method)

Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων αποτελεί σήμερα τη σημαντικότερη μέθοδο της υπολογιστικής μηχανικής. Η ανάπτυξή της μπορεί να θεωρηθεί ως συμβολή τριών βασικών επιστημονικών περιοχών, των ενεργειακών μεθόδων της μηχανικής (energy methods), της θεωρίας προσεγγίσεων των μαθηματικών (approximation theory), αλλά και των πληροφοριακών συστημάτων σχεδιασμού CAD (Computer Aided Design).

Η αξία της μεθόδου έγκειται στη δυνατότητα της να παρουσιάζεται ως ένα ενιαίο εργαλείο για την στατική και δυναμική γραμμική και μη-γραμμική ανάλυση των κατασκευών από ραβδωτούς, επιφανειακούς και χωρικούς φορείς ή συνδυασμούς τους, για τυχαία γεωμετρία, φόρτιση και συνοριακές συνθήκες.

Αρχικά, η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων αποτέλεσε μια ενεργειακή μέθοδο για την επίλυση δισδιάστατων φορέων όπως οι μέθοδοι Rayleigh-Ritz και Galerkin, τις οποίες μετέφερε ουσιαστικά από το χώρο των συνεχών συστημάτων στα διακριτά συστήματα. Στη συνέχεια επεκράτησαν οι αρχές των ισοπαραμετρικών στοιχείων που εξασφαλίζουν ακρίβεια στους υπολογισμούς και βελτιώνουν σημαντικά τον ενιαίο προγραμματισμό της μεθόδου.

Η ανάπτυξη των προγραμμάτων προ- και μετά-επεξεργασίας (pre- and post-processing) των δεδομένων και αποτελεσμάτων καθιέρωσαν τη μέθοδο και τα αντίστοιχα προγράμματα που αναπτύχθηκαν. Έτσι σήμερα, χρησιμοποιώντας προγράμματα που στηρίζονται στις αρχές του CAD ο χρήστης είναι σε θέση να μορφώσει, να τροποποιήσει το προσομοίωμά του και να καθορίσει τις επιβαλλόμενες φορτίσεις κατά τρόπο απλό και εύκολα ελέγξιμο. Μετά την επίλυση του προβλήματος, η επεξεργασία των αποτελεσμάτων γίνεται άμεσα και εποπτικά ενώ σε πολλά συστήματα παρέχεται η δυνατότητα αναζήτησης των αποτελεσμάτων με τη μορφή βάσεων δεδομένων [8] (databases).

Οι δομικές κατασκευές είναι συστήματα με άπειρους βαθμούς ελευθερίας γιατί παρουσιάζουν συνεχή κατανομή μάζας και ελαστικών χαρακτηριστικών. Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων θεωρεί ότι η κίνηση του συστήματος περιγράφεται από έναν ορισμένο αριθμό παραμέτρων κίνησης, που αντιστοιχούν στις ελευθερίες

κινήσεως των κόμβων, επιτρέποντας την ελαστική διακριτοποίηση. Ο αριθμός των παραμέτρων αυτών εξαρτάται από τη δομή του συστήματος, τον τρόπο διέγερσης και την επιδιωκόμενη ακρίβεια. Η επιλογή των παραμέτρων πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αποδίδει κατά το δυνατόν καλύτερα την πραγματική κίνηση του συστήματος.

Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων, αποτελεί πλέον στις μέρες μας, μια διαδεδομένη διαδικασία αριθμητικής επίλυσης προβλημάτων σε διάφορους επιστημονικούς κλάδους, ιδίως για αυτόν του μηχανικού. Το πεδίο εφαρμογών της μεθόδου καλύπτει ένα ευρύ φάσμα όπως αυτό της ανάλυσης-εύρεσης τάσεων-παραμορφώσεων σε μια κατασκευή, της καταγραφής-απόκρισης ενός συστήματος υπό σεισμική διέγερση, της ανάλυσης ροής θερμότητας, μαγνητικής ροής κ.α.

Βασική αρχή της μεθόδου είναι η υποδιαίρεση της κατασκευής σε ένα πεπερασμένο αριθμό στοιχείων, (finite elements) τα οποία εξακολουθούν να ανήκουν στο ίδιο υλικό με την αρχική κατασκευή, η σύνδεση όμως μεταξύ τους γίνεται σ' ένα αριθμό διακριτών σημείων, τους κόμβους (nodes). Συνεπώς η απαίτηση ικανοποίησης των σχέσεων ισορροπίας και συμβιβαστού των παραμορφώσεων περιορίζεται σ' ένα πεπερασμένο αριθμό σημείων της κατασκευής [9].

Όπως και στην μητρική ανάλυση των κατασκευών (ανάλυση με χρήση πινάκων) έτσι και εδώ έχουμε την δυνατότητα να εκλέξουμε σαν βασικές μεταβλητές του προβλήματος τις κομβικές μετατοπίσεις (μέθοδο μετατοπίσεων) ή και τις κομβικές δυνάμεις (μέθοδος δυνάμεων) [10].

1.6. Κριτήρια επεμβάσεων

Η επιλογή ενός ορθολογικού σχήματος επέμβασης σε υφιστάμενο κτίριο προϋποθέτει μια σειρά από ερευνητικές εργασίες και συνεκτίμηση πολλών παραμέτρων. Οι σημαντικότερες απαιτήσεις για τον καθορισμό της βέλτιστης τεχνικής επέμβασης είναι [11] :

- Σαφής γνώση των υλικών και της μορφολογίας του φέροντα οργανισμού του κτηρίου,
- Αποτύπωση της παθολογίας και περιγραφή του τύπου και της έκτασης των βλαβών,
- Προσδιορισμός και τεκμηρίωση των αιτιών πρόκλησης της υφιστάμενης παθολογίας και των βλαβών του κτηρίου,
- Εκτίμηση της υφιστάμενης αντοχής του φέροντα οργανισμού με επιτόπου και εργαστηριακές δοκιμές,
- Σαφής γνώση των διαφόρων τεχνικών επισκευής και ενίσχυσης.

Τα κριτήρια και οι αρχές επεμβάσεων που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή των κατάλληλων τεχνικών συμβάλουν καθοριστικά στην αποτελεσματικότητα του τελικού σχήματος επέμβασης. Τα κριτήρια αυτά είναι:

- Σεβασμός στο πρωτότυπο
- Αντιστρεψιμότητα προτεινόμενων επεμβάσεων
- Συμβατότητα προτεινόμενων και υφιστάμενων υλικών
- Διαχρονικότητα νέων επεμβάσεων
- Οικονομικό κόστος επέμβασης και συντήρησης
- Χρόνος αποπεράτωσης
- Κοινωνικό και ψυχολογικό κόστος των ενοίκων και του κοινωνικού συνόλου
- Επαρκής και ευσταθής υποστήλωση κατά την διάρκεια των εργασιών επέμβασης

Συνήθης εργασία κατά την αποκατάσταση λιθοδομής είναι η αφαίρεση των σαθρών κονιαμάτων και η εφαρμογή νέων. Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζονται στην εκτίμηση της ποιότητας των παλιών κονιαμάτων είναι ποικίλες και διαφορετικές σε κάθε περίπτωση. Μετά τον προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων των παλιών κονιαμάτων αναζητούνται οι ιδιότητες των κονιαμάτων αποκατάστασης.

Τα χαρακτηριστικά του κονιάματος αποκατάστασης πρέπει να είναι :

- Εύκολη εργασιμότητα
- Σύντομη και αξιόπιστη πήξη τόσο σε υγρό όσο και σε ξηρό περιβάλλον

- Χαμηλή ξήρανση κατά την διάρκεια της πήξης
- Μηχανικά και θερμικά χαρακτηριστικά και πορώδες παρόμοια των αντίστοιχων των στοιχείων της τοιχοποιίας
- Μειωμένη περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα

1.7. Τεχνικές επεμβάσεων

Οι τεχνικές επεμβάσεων μπορούν να χωριστούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το ποσοστό ενσωμάτωσής τους στο κτήριο και την ευκολία ή δυσκολία αφαίρεσής τους από αυτό (βαθμός αναστρεψιμότητας). Επομένως, ήπιες επεμβάσεις χαρακτηρίζονται εκείνες που δεν ενσωματώνονται σε μεγάλο ποσοστό στον υφιστάμενο φορέα και μπορούν εύκολα να αφαιρεθούν. Δραστικές χαρακτηρίζονται οι επεμβάσεις με υψηλό ποσοστό ενσωμάτωσης στον υφιστάμενο φορέα και η αφαίρεσή τους είναι δύσκολη ή αδύνατη.

Οι πλέον διαδεδομένες τεχνικές επισκευής και ενίσχυσης είναι οι ακόλουθες [12] :

- Βαθύ αρμολόγημα

Η συγκεκριμένη μέθοδος συνιστάται για λιθοδομές μικρού πάχους ($< 0.004 \text{ m}$) ή πλινθοδομές που παρουσιάζουν ρηγματώσεις μέχρι $0,1 \text{ m}$. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου εξαρτάται από τον βαθμό αποκατάστασης του υπάρχοντος κονιάματος χαμηλής αντοχής από το νέο κονίαμα υψηλής αντοχής. Γενικά έχουμε τοπική αύξηση της αντοχής του τοίχου.

- Ενέσεις σε ρωγμές

Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται όπου το εύρος των ρωγμών της τοιχοποιίας δεν υπερβαίνει τα $0,01 \text{ m}$ ενώ μπορεί να εφαρμοστεί και σε τοιχοποιίες μεγαλύτερου πάχους. Η τεχνική αυτή οδηγεί σε αποκατάσταση της αρχικής αντοχής της τοιχοποιίας ενώ βασικά της μειονεκτήματα είναι το υψηλό κόστος λόγω διάθεσης σχετικού εξοπλισμού και σχολαστική εργασία.

Στην περίπτωση όπου επιδιώκουμε με το ένεμα που εισάγεται στην μάζα της τοιχοποιίας, την πλήρωση όχι μόνο των ενδεχόμενων ρωγμών αλλά και όλων των

κενών στο εσωτερικό της τότε πρόκειται για την τεχνική της ομογενοποίησης της μάζας. Η τεχνική αυτή είναι ιδιαίτερα αποδοτική στην περίπτωση αργολιδομών με μεγάλο ποσοστό κονιάματος χαμηλής ποιότητας καθώς και στην περίπτωση τρίστρωτων τοιχοποιιών.

- Συρραφή μεγάλων ρωγμών

Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις μεγάλων ρωγμών καθώς και ρωγμές μεγάλου εύρους ή μήκους που εκτείνονται οριζόντια, κατακόρυφα ή διαγώνια στην επιφάνεια του τοίχου. Με την τεχνική αυτή αυξάνεται η διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας ενώ προκαλείται γενικά αλλοίωση της εξωτερικής όψης του τοίχου.

- Συρραφή αποκολλημένων τοίχων

Εφαρμόζεται όπου υπάρχει ρωγμή αποκόλλησης ή μερική κατάρρευση στην θέση ένωσης γωνιακών ή εσωτερικών τοίχων. Με την συγκεκριμένη τεχνική ανακτάται και εν μέρει αυξάνεται τοπικά η αντοχή του τοίχου στην ανακατασκευαζόμενη περιοχή.

1.8. Μηχανισμοί φθοράς ιστορικών κονιαμάτων και λιθοδομών

Οι αιτίες φθοράς των παλιών κονιαμάτων είναι ποικίλες και συχνά αλληλοεξαρτώμενες. Συνήθως προέρχονται από κακοτεχνίες, υγρασία, διαλυτά άλατα, παγετό, υπέρβαση του ορίου αντοχής θλίψης, φωτιά και βιολογικές επιδράσεις. Οι παραπάνω αιτίες έχουν ως αποτέλεσμα την διάλυση της συνδετικής ύλης, γεγονός που προκαλεί αύξηση του πορώδους και κατά συνέπεια την πτώση της μηχανικής αντοχής. Συνέπεια αυτών είναι ο μετασχηματισμός του υλικού σε νέες υδατοδιαλυτές χημικές ενώσεις, την δημιουργία εξανθημάτων ή την καταστροφή του ιστού του κονιάματος από βλαβερά συστατικά [13].

Οι σημαντικότερες αιτίες οι οποίες επιφέρουν την αλλοίωση ή καταστροφή των κονιαμάτων είναι:

- Η πτώση της μηχανικής αντοχής του κονιάματος λόγω γήρανσης του υλικού,

- Η ενανθράκωση προκαλεί αύξηση στο πορώδες του κονιάματος με αποτέλεσμα την αύξηση του ερπυσμού και της ταχύτητας ανάπτυξής του,
- Το περιεχόμενο ποσοστό υγρασίας αποτελεί σημαντική παράμετρο της ανθεκτικότητας του κονιάματος επειδή οι περισσότεροι μηχανισμοί φθοράς για να πραγματοποιηθούν χρειάζονται νερό,
- Ο συνδυασμός μικρού πορώδους, υγρασίας και παρουσίας διαλυτών αλάτων έχει ως αποτέλεσμα την δυσχέρεια της ελεύθερης εξάτμισης του νερού, την απόθεση και κρυστάλλωση των αλάτων στα τοιχώματα των πόρων των λίθων δομής και την δημιουργία κρυσταλλικών πιέσεων,
- Η συνεχής ροή του νερού προκαλεί επίσης σημαντική φθορά των υλικών,
- Οι ακραίες μεταβολές των τιμών της θερμοκρασίας προκαλούν διαδοχικούς κύκλους ψύξης – απόψυξης του υλικού με αποτέλεσμα την απώλεια βάρους λόγω απότριψης και μείωσης της μηχανικής αντοχής,
- Επιπλέον, η πτώση της θερμοκρασίας οδηγεί σε πήξη του νερού που βρίσκεται στους τριχοειδείς πόρους, με αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου του. Αυτή η αύξηση του όγκου του νερού προκαλεί την άσκηση ισχυρών υδραυλικών πιέσεων στα τοιχώματα των πόρων και την πιθανή τοπική θραύση του ιστού του κονιάματος,
- Οι βιολογικές επιδράσεις από προέρχονται από την δράση των φυτών προκαλούν φθορά στα παλιά κονιάματα. Οι ρίζες των φυτών διεισδύουν στις μικρορωγμές του κονιάματος και ασκούν πιέσεις με αποτέλεσμα την αύξηση της υπάρχουσας ρηγμάτωσης. Επιπλέον, η σήψη τους δίνει χουμικό οξύ το οποίο προκαλεί διάβρωση.

Αντίστοιχα, οι λίθοι που χρησιμοποιούνται στην οικοδομική ποικίλουν ως προς την γεωλογική προέλευση, την σύσταση, τις φυσικές ιδιότητες, και την μηχανική αντοχή. Τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, ο τρόπος επεξεργασίας και χρήσης του και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του (είδος πετρώματος, ορυκτολογική σύσταση, ιστός, υφή) καθορίζουν την ανθεκτικότητα των δομικών λίθων.

Οι παράγοντες που συντελούν στη φθορά των δομικών λίθων των κτηρίων μπορούν να διακριθούν σε φυσικούς, χημικούς βιολογικούς κλιματολογικούς παράγοντες και γεωλογικούς. Πιο αναλυτικά :

- Η μεταβολή της θερμοκρασίας η οποία προκαλεί την χαλάρωση της σύνδεσης των υλικών και την δημιουργία ρηγματώσεων

- Το νερό ελέγχει την ενυδάτωση, μεταφορά, κρυστάλλωση και ανακρυστάλλωση των αλάτων τα οποία μπορεί να προκαλέσουν την δημιουργία στεγανών στρωμάτων στην επιφάνεια με δυσμενή αποτελέσματα
- Η συνεχής έκθεση των δομικών λίθων στον άνεμο και στην αμμοβολή φθείρει τις επιφάνειές τους
- Η δράσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και του διοξειδίου του πυριτίου (SO₂) της ατμόσφαιρας προκαλούν χημικές φθορές των δομικών λίθων και ιδιαίτερα αυτών με ασβεστολιθική σύσταση (γυψοποίηση του ασβεστόλιθου)
- Οι μικροοργανισμοί, τα φυτά και τα ζώα είναι δυνατόν να προκαλέσουν εκτεταμένες ζημιές είτε με την έκκριση ποσοτήτων οργανικών οξέων είτε με την κατακράτηση νερού είτε με τις μηχανικές τάσεις που δύναται να ασκήσουν
- Οι βλάβες που προέρχονται είτε από σεισμούς, είτε από καθιζήσεις ή δονήσεις του εδάφους μπορεί να είναι καταστρεπτικές για την ευστάθειας του ιστορικού κτηρίου .

1.9.Συμβατότητα υλικών επέμβασης

Κατά την διάρκεια της αποκατάστασης των μνημείων προκύπτει η ανάγκη είτε να επαναληφθούν οι παλιές κατασκευαστικές μέθοδοι είτε να συμπληρωθεί το υφιστάμενο «παραδοσιακό» υλικό. Τα παραδοσιακά υλικά, την εποχή που χρησιμοποιήθηκαν, ήταν κοινά και βρίσκονταν με σχετική ευκολία γιατί προέρχονταν από τις κοντινές προς το μνημείο περιοχές ή λατομεία . Σήμερα όπου η παραγωγή των παραπάνω υλικών έχει σταματήσει, η σύγχρονη τεχνολογία δεν έχει ενεργοποιηθεί για να καλύψει το παραπάνω κενό της αγοράς.

Ο όρος «συμβατότητα» δεν έχει πλήρως αποσαφηνιστεί. Υπάρχει η ανάγκη του ακριβούς προσδιορισμού του όρου συμβατότητα σε ότι αφορά τα ιστορικά κτίρια. Είναι απλά αποδεκτό ότι συμβατότητα δεν σημαίνει απαραίτητα υλικά με τα ίδια χημικά συστατικά αλλά με παρόμοιες φυσικές και μηχανικές ιδιότητες. Μέχρι τώρα ο προσδιορισμός της συμβατότητας των υλικών στηριζόταν σε πειραματικά

αποτελέσματα σε συνθήκες εργαστηρίου οι οποίες διαφέρουν σημαντικά από τις πραγματικές. Τα υλικά εξετάζονται με την χρήση μεθόδων που χρησιμοποιούνται για δοκιμές σκυροδέματος και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τα αυθεντικά υλικά .

Στην συνέχεια παρουσιάζονται παραδοσιακά υλικά που προτείνονται να χρησιμοποιούνται για τις αποκαταστάσεις των μνημείων και ιστορικών κτηρίων.

- Πηλός

Γενικά θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι όλοι οι πηλοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην δόμηση αρκεί να μην περιέχουν οργανικές προσμίξεις. Ο πηλός δόμησης πρέπει να έχει σχετικά υψηλή αντοχή σε θλίψη και κάμψη, χαμηλό ποσοστό συστολής ξήρανσης κατά την διάρκεια της διαδικασίας ξήρανσης και σχετικά ικανοποιητική ταχύτητα σκλήρυνσης. Η κοκκομετρική διαβάθμιση και το μέγεθος των τεμαχιδίων του πηλού επηρεάζει άμεσα τις φυσικομηχανικές ιδιότητες και την υδραυλικότητα των κονιαμάτων .

Στην περίπτωση των επιχρισμάτων με βάση τον πηλό πρέπει να έχουν σχετικά υψηλή ταχύτητα σκλήρυνσης, ικανοποιητική υδατοστεγανότητα, χαμηλό ποσοστό μικρορηγματώσεων κατά την διάρκεια της σκλήρυνσης και ιδιαίτερη καλή συνάφεια με το υπόστρωμα .

- Άσβεστος και ασβεστοκονιάματα

Τα ασβεστοκονιάματα εμφανίζονται σε μεγάλο ποσοστό σε ιστορικά κτίρια. Παρουσιάζουν μικρό ποσοστό κατακράτησης νερού είτε σε ελεύθερη μορφή είτε στην δομή τους και μεγάλο ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα. Ο λόγος της περιεκτικότητας σε διοξείδιου του άνθρακα και δομικά δεσμευμένου νερού είναι συνήθως πάνω από 10 .

Η φυσική υδραυλική άσβεστος παρασκευάζεται από την φρύξη σε θερμοκρασία < 900οC ασβεστολιθικών μαργών, ασβεστολίθων και δολομιτών.

Τέλος γίνεται σκλήρυνση της ένυδρης ασβέστου σε επαφή με την ατμόσφαιρα δημιουργώντας ένα κονίαμα με πολύ καλές αντοχές, αδιάλυτο σε νερό το οποίο δεν περιέχει υδατοδιαλυτά άλατα ενώ έχει και πολύ καλή ικανότητα διαπνοής .

Η μαγνησιακή ένυδρη άσβεστος προσδίδει στο κονίαμα τα χαρακτηριστικά της πλαστικότητας, συνοχής και ανθεκτικότητας στην ρηγμάτωση σε μεγαλύτερο βαθμό από την συνήθη άσβεστο λόγω της ινώδους δομής των κρυστάλλων του ένυδρου μαγνησίου.

- Ποζολανικά πρόσθετα

Η προσθήκη ποζολανικό υλικού, όπως θηραϊκή ή σκυδραϊκή γη και γενικά υλικά ηφαιστειογενούς προέλευσης, στα κονιάματα αποκατάστασης βελτιώνει τις ιδιότητές τους και επηρεάζεται η τελική θλιπτική αντοχή λόγω της υδραυλικότητας των ποζολανών. Η αύξηση της περιεχόμενης ποζολάνης αυξάνει αναλογικά την τελική θλιπτική και εφελκυστική αντοχή του υλικού. Επιπλέον αυξάνεται και η αντίσταση στην αποσάθρωση του κονιάματος.

Στην κατηγορία των ποζολανικών πρόσθετων ανήκουν και οι φυσικοί ζεόλιθοι. Είναι ορυκτά που προέρχονται από υδροθερμικές μεταβολές σε ηφαιστειακά πετρώματα. Διακρίνονται για την σταθερότητά τους και την αδιαλυτότητά τους. Η χρήση των φυσικών ζεόλιθων στα ιστορικά κονιάματα προσδίδει αυξημένες ποζολανικές ιδιότητες και ανθεκτικότητα.

- Καολίνης - Μετακαολίνης

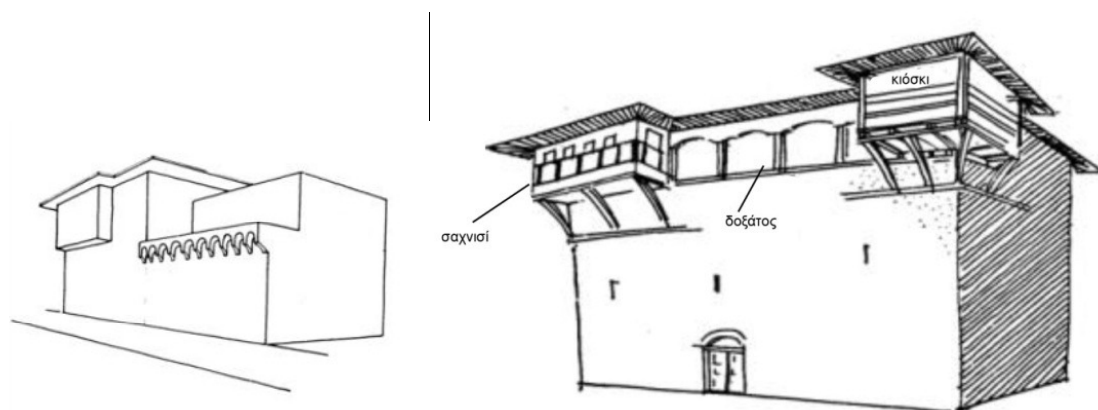
Ο καολίνης είναι άργιλος ο οποίος έχει σχηματιστεί από υδροθερμικές κυρίως μεταβολές σε αστριούχα πετρώματα (γρανίτες, τραχείτες κ.α) και περιέχει, λόγω του σχηματισμού του, τις λιγότερες προσμίξεις από όλους τους αργίλους. Η ανάμιξη του καολίνη με άσβεστο και νερό δημιουργεί νέα σύνθετα ένυδρα άλατα.

Ο μετακαολίνης προέρχεται από θερμική επεξεργασία καολίνη και παρουσιάζει έντονες ποζολανικές ιδιότητες ενώ με ανάμιξη σε κονιάματα δίνει μεγάλες φυσικομηχανικές αντοχές, μεγάλη ανθεκτικότητα και επιτρέπει την σκλήρυνση του κονιάματος εντός του νερού .

2. Διερεύνηση των ξυλόπηκτων τοιχοποιιών στα κτήρια της παλαιάς πόλης Χανίων

2.1. Η Τούρκικη αστική αρχιτεκτονική στην παλαιά πόλη Χανίων

Την εποχή της τουρκοκρατίας, κυρίως το 19^ο αιώνα, εμφανίζεται στη Κρήτη μια νέα τυπολογία αστικής κατοικίας. Μετά το μεγάλο σεισμό του 1856 αρχίζει να διαδίδεται ευρύτερα η χρήση του ξύλου στην οικοδομική. Παρατηρείται η κατασκευή ελαφρών, λεπτών σε πάχος εξωτερικών και διαχωριστικών τοίχων από «τσατμά» ή «μπαγδατί» και η γνωστή από τη βορειοελλαδίτικη αρχιτεκτονική προεξοχή του «σαχνισί» [14]. Το «σαχνισί» χαρακτηρίζει την αρχιτεκτονική της βαλκανικής χερσονήσου μετά το 18^ο αιώνα [15]. Προέρχεται από την περσική λέξη «schahnischin» που σημαίνει βασιλικό κάθισμα [16]. Είναι το πιο χαρακτηριστικό στοιχείο της μακεδονίτικης αρχιτεκτονικής. Παρόμοια στοιχεία σώθηκαν στην Πομπηία και συνηθίζονταν και στην αρχαία ελληνική οικία [17]. Χαρακτηριστική είναι η προσθήκη ενός κλειστού ξύλινου εξώστη στον όροφο. Ο εξώστης αυτός είναι αντίστοιχος με τον «ηλιακό» των Βυζαντινών. Στη βυζαντινή αρχιτεκτονική της κατοικίας της Κωνσταντινούπολης δέσποζαν στις όψεις ανοιχτοί και κλειστοί εξώστες (ηλιακοί, δοξάτοι) και κλειστές αρχιτεκτονικές προεξοχές [18], των οποίων συνέχεια θεωρείται το «σαχνισί» που δεσπάζει στην οθωμανική αρχιτεκτονική και στη βαλκανική αρχιτεκτονική του 18^{ου} αιώνα (Εικ.1).



Εικόνα 1. Σκίτσο βυζαντινής κατοικίας, σαχνισί, δοξάτος, κίοςκι

Οι προεξέχουσες αυτές τοιχοποιίες ή σαχνισί ή κιόσκια όπως λέγονταν, συναντώνται στις πόλεις της Κρήτης, όπου οι Τούρκοι κατακτητές έζησαν τον περισσότερο καιρό. Οι κατασκευές αυτές ενισχύονται και επιβάλλονται από την τουρκική διοίκηση με τον Αυτοκρατορικό Οικοδομικό Κανονισμό που συντάχτηκε μετά από το μεγάλο σεισμό του 1856 στην Κρήτη. Για να κτίσει κάποιος σαχνισί έπρεπε να καλέσει το μηχανικό του δήμου και εκείνος θα καθόριζε το πλάτος της προεξοχής ανάλογα με το πλάτος του δρόμου.

Οι προεξέχουσες τοιχοποιίες κατασκευάστηκαν και ως προσθήκες σε παλαιότερα βενετσιάνικα κτήρια και εντοπίζονται κυρίως στα Χανιά και στο Ρέθυμνο. Επεκτείνουν το χώρο του ορόφου, του «καλού οντά» πάνω από το δρόμο.

Χαρακτηριστικό είναι ότι τόσο στο Ρέθυμνο όσο και στα Χανιά, η ξυλοκατασκευή δεν χρησιμοποιήθηκε σαν σύνολο στη σύνθεση του κτηρίου απόλυτα κατά τα πρότυπα των αρχοντικών των μακεδονικών πόλεων. Οι ξυλόπηκτες τοιχοποιίες κατασκευάζονται με ιδιαίτερη επιμέλεια κυρίως ως προεξέχουσες προσθήκες, σαχνισί, στον πρώτο ή το δεύτερο όροφο των κτηρίων ενώ χαρακτηριστικές είναι οι περιπτώσεις στις οποίες η ελαφρά τοιχοποιία τοποθετείται σε εσοχή ή αποκοπή ενός μέρους του ορόφου πατώντας στους τοίχους του ισογείου χωρίς να προεξέχουν (Εικ.2). Χαρακτηριστικά κτήρια με μη προεξέχουσες ξυλόπηκτες τοιχοποιίες παρατηρούνται τόσο στα Χανιά όσο και στο Ρέθυμνο [14].

Τα σπίτια στην παλιά πόλη Χανίων είναι συνήθως στενομέτωπα. Η επικοινωνία του ορόφου με το ισόγειο γίνεται με εσωτερική ξύλινη σκάλα. Η βασική τοιχοποιία αποτελείται από λιθοδομή, αργολιθοδομή ή ημιλαξευτή λιθοδομή και κυρίως από παραστάδες με λαξευτούς πωρόλιθους. Τα ανοίγματα είναι περισσότερα στις ξυλόπηκτες τοιχοποιίες στους ανώτερους ορόφους και κλείνονται με καφασωτά ή καρφωτά πατζούρια.



Εικόνα 2. Αριστερά: Ξυλόπηκτη τοιχοποιία μη προεξέχουσα στη οδό Βερνάρδου στο Ρέθυμνο .Δεξιά: Ξυλόπηκτη τοιχοποιία προεξέχουσα, σαχνισί, στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως 84 στο Ρέθυμνο

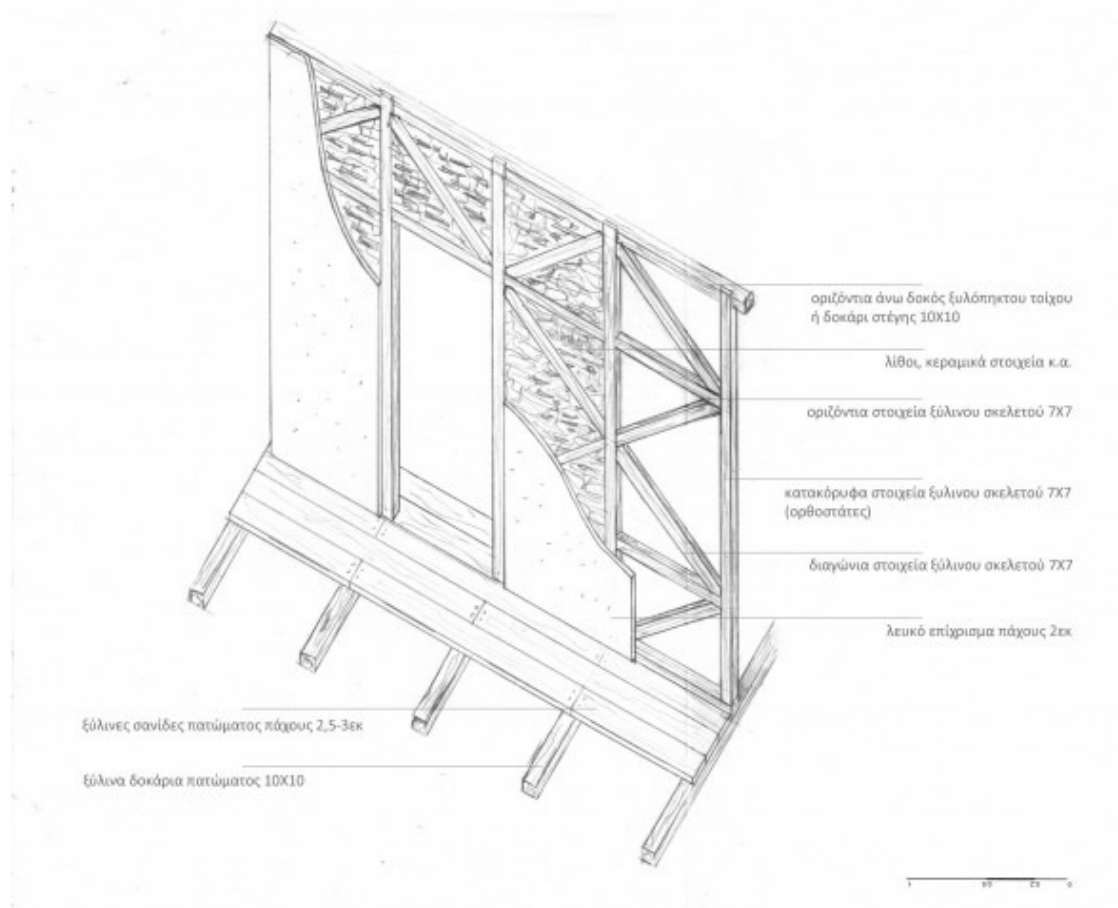
2.2. Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά

Οι ξυλόπηκτες τοιχοποιίες ελαφράς κατασκευής διακρίνονται σε προεξέχουσες του κύριου όγκου της βάσης του κτηρίου ή όχι. Οι προεξέχουσες τοιχοποιίες κατασκευάζονται στηριζόμενες σε ξύλινους προβόλους που συχνά αποτελούν απευθείας συνέχεια των δοκών στήριξης του πατώματος του ορόφου, και οι οποίοι με τη σειρά τους ενισχύονται στηριζόμενοι με ξύλινες αντηρίδες ή φουρούσια. Υπάρχουν περιπτώσεις που μόνο ένας τοίχος του ανώτερου ορόφου κατασκευάζεται με ελαφρά τοιχοποιία ενώ οι υπόλοιποι συνεχίζουν τη λιθοδομή των υποκείμενων ορόφων. Σε αυτές τις περιπτώσεις η τοιχοποιία κατασκευάζεται στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο με τη βάση και δεν προεξέχει.



Εικόνα 3. Αριστερά: τοιχοποιία «τσατμά», δεξιά τοιχοποιία «μπαγδατί»

Η κατασκευή των ελαφρών αυτών προεξοχουσών ή μη τοιχοποιών διακρίνεται σε δύο κατηγορίες. Αποτελούνται από ξυλόπηκτο τοίχο τον επονομαζόμενο τσατμά ή ξυλόπηκτο τοίχο με την ονομασία μπαγδατί. Ο τσατμάς και το μπαγδατί(Εικ .3) είναι συνήθως οι μη φέροντες διαχωριστικοί τοίχοι του ισογείου και σχεδόν πάντα οι διαχωριστικοί τοίχοι του ορόφου. Αποτελούν επίσης τμήματα του κελύφους του ορόφου είτε ως εσωτερικό περίβλημα των φατνωμάτων είτε ως εξωτερικός φέρων τοίχος στο νότο. Με τον τρόπο αυτό τα φορτία στον όροφο, στην ανώτερη ζώνη της κατασκευής, μειώνονται σημαντικά σε σύγκριση με τα φορτία της φέρουσας λιθοδομής του ισογείου [19].

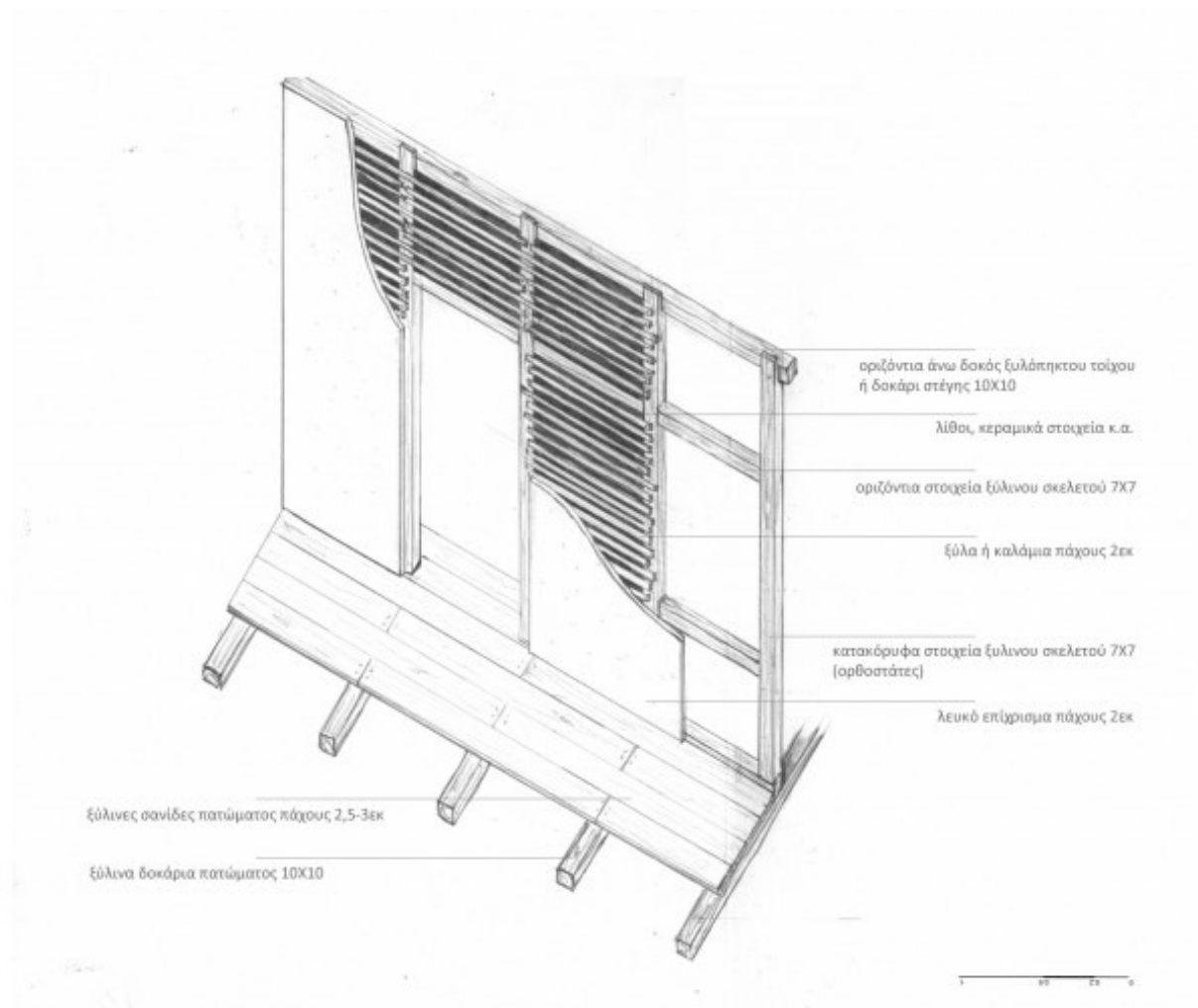


Εικόνα 4. Ξυλόπηκτος τοίχος -Τσατμάς

Ο «τσατμάς» αποτελείται από ξύλινο σκελετό με κάθετα και οριζόντια στοιχεία. Η πάνω δοκός πολλές φορές αποτελεί δοκάρι στέγης στο οποίο καρφώνονται τα κατακόρυφα στοιχεία του σκελετού, οι ορθοστάτες. Συνήθης διατομή των ορθοστατών και άλλων οριζόντιων στοιχείων που αποτελούν το σκελετό είναι 10Χ 10 εκατοστά ή 7Χ7 εκατοστά. Στο σκελετό τοποθετούνται διαγώνια ξύλινα στοιχεία (Εικ .4). Το κενό ανάμεσα στα ξύλα γεμίζεται με μικρούς λίθους, κεραμικά στοιχεία και άλλα. Οι δύο παρειές του τοίχου συνηθίζεται να επιχρίονται. Το μείγμα του επιχρίσματος που χρησιμοποιείται στην κατασκευή του τσατμά είναι πηλός, με σχετικά μικρή περιεκτικότητα αργίλου, με άμμο και μικρό χαλίκι και με αρκετό συνδετικό άχυρο ή ζωική τρίχα (αιγότριχα).

Το «μπαγδατί» αποτελείται από ξύλινο σκελετό με κατακόρυφα και οριζόντια στοιχεία (Εικ. 5). Μικρότερα ξύλα ή κλαδιά, πηχάκια ή λεπτές σανίδες μικρού πλάτους, καλάμια μικρής διατομής και άλλα καρφώνονται οριζόντια πάνω στους ορθοστάτες του σκελετού αφήνοντας κενό όχι μεγαλύτερο των 2 εκατοστών. Το κενό καλύπτεται από μικρούς λίθους και κεραμικά στοιχεία όπως συμβαίνει και στους τσατμάδες και τελικά ο τοίχος επιχρίεται [20]. Το κενό που έχει αφεθεί ενισχύει την πρόσφυση του επιχρίσματος. Τα υλικά και η μέθοδος κατασκευής καθορίζονται από το στατικό ρόλο των δομικών στοιχείων, τις διαθέσιμες πρώτες ύλες και τη φαντασία κάθε κατασκευαστή.

Στο Ρέθυμνο κυρίως και στα Χανιά, η τοιχοποιία ή η προεσοχή που κατασκευάζεται από «τσατμά» ή « μπαγδατί» συχνά αντί για επίχρισμα στην τελική επιφάνεια επενδύεται με πέτσωμα άλλοτε απλής κατασκευής και άλλοτε έντεχνα δουλεμένο με σκαλιστά φουρούσια και καφασωτά παράθυρα [15].



Εικόνα 5. Ξυλόπηκτη τοιχοποιία Μπαγδατί

2.3. Σεισμική συμπεριφορά ξυλόπηκτων τοιχοποιιών

Ξυλόπηκτα κτήρια συναντώνται συχνά σε περιοχές υψηλού σεισμικού κινδύνου, καθώς στο παρελθόν αποτέλεσαν ένα είδος αντισεισμικής κατασκευής. Η σύνθετη αυτή κατασκευή αποτελούμενη από οπτόπλινθους, κονίαμα και ξύλο παρουσιάζει μη γραμμική συμπεριφορά που οφείλεται στα υλικά και στην αλληλεπίδραση του ξύλινου δομικού συστήματος (πλαίσιο ξύλινων δοκών) και του γεμίσματος [21]. Ανάλογα με τον τρόπο που γίνεται η προσθήκη των δομικών στοιχείων από ξύλο στην ψαθυρή τοιχοποιία αυξάνεται η ικανότητα του φορέα να παραλαμβάνει εφελκυστικές τάσεις και προσδίδεται πλαστιμότητα. Χαρακτηριστικό είναι ότι η χρήση της ξυλοδεσιάς στα Μινωικά και Μυκηναϊκά ανάκτορα κατά το 1700-1100 π.Χ. θεωρείται ότι οφείλεται σε προσπάθεια αντισεισμικής προστασίας. Σε κτήρια της Ελλάδας συναντώνται διάφορα δομικά συστήματα ξυλόπηκτων τοιχοποιιών. Υπάρχουν κτήρια όπου το ξύλινο πλαίσιο του ορόφου μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα από την τοιχοποιία του ισόγειου αν αυτή καταρρεύσει αλλά και τοιχοποιίες ισόγειου που συνδέονται μονολιθικά με την ανωδομή και αποτελούνται είτε από ξυλόπηκτη τοιχοποιία είτε από αμιγή λιθοδομή. Η τελευταία περίπτωση συναντάται κυρίως στη Μακεδονία.

Το τρισδιάστατο ξύλινο δικτύωμα αποτελείται από υποστυλώματα, δοκούς και εσωτερικούς (χιαστί) συνδέσμους και τα εγκιβωτισμένα γεμίσματα από τοιχοποιία. Ο φέρων οργανισμός μορφώνεται από φατνώματα ξυλόπηκτης τοιχοποιίας με κατάλληλη σύνδεσή τους στις δύο διευθύνσεις καθώς και το οριζόντιο διάφραγμα (ξύλινο δάπεδο). Το εσωτερικό δικτύωμα εκάστου φατνώματος μπορεί να είναι χιαστί με δύο διαγώνιες ράβδους που συνδέονται στην μέση με κατάλληλη εντορμία ή πιο πολύπλοκης διαμορφώσεως με περισσότερα διαγώνια στοιχεία (Εικ.6). Σε κάθε φάτνωμα μπορεί να αλλάζει η διαμόρφωση των συνδέσμων. Τα διαγώνια στοιχεία αυξάνουν την πλευρική αντοχή και δυσκαμψία του πλαισίου. Η τοιχοποιία των γεμισμάτων αποτελείται από οπτοπλίνθους ή πλίνθους και ασβεστοκονίαμα ή πηλοκονίαμα και αυξάνει την ευστάθεια του ξύλινου πλαισίου. Ακόμη και αν κάποιες τοιχοποιίες καταρρεύσουν εκτός επιπέδου, όσες θα παραμείνουν είναι ικανές να αποτρέψουν την πλευρική αστάθεια του πλαισίου ή τον λυγισμό των χιαστί διαγωνίων συνδέσμων. Στο ισόγειο ενίοτε συναντάται αμιγής τοιχοποιία από οπτοπλινθοδομή ή λιθοδομή βαρέως τύπου. Η θεμελίωση είναι γενικά από τοιχοποιία. Βασικά στοιχεία της καλής σεισμικής συμπεριφοράς

των κτηρίων από ξυλόπηκτη τοιχοποιία που δίνει στην ψαθυρή τοιχοποιία την απαραίτητη πλαστιμότητα, είναι αφενός η προσεκτική σύνδεση των ξύλινων μελών και αφετέρου η καλή σφήνωση της τοιχοποιίας στο περιβάλλον δικτύωμα.



Εικόνα 6. Ξυλόπηκτη τοιχοποιία όπου διακρίνεται η δικτύωση

2.4. Κτήρια με ξυλόπηκτες τοιχοποιίες στην Ελλάδα

Στον Ελλαδικό χώρο υπάρχουν πολλά παραδείγματα κτηρίων με ξυλόπηκτες τοιχοποιίες, προεξέχουσες ή μη. Παραδείγματά τους δίνονται στις εικόνες 7-17.



Εικόνα 7. Σπίτι Μοχάμεντ Αλί , Καβάλα



Εικόνα 8. Αρχοντικό Παίδων, Χαλκίδα



Εικόνα 9. Αρχοντικό Μπασάρα, Καστοριά



Εικόνα 10. Αρχοντικό Σκούταρη, Καστοριά



Εικόνα 11. Αρχοντικό Ναντζί, Καστοριά



Εικόνα 12. Σπίτι Λαζαρίδη στην Εράτουρα Κοζάνης



Εικόνα 13. Αρχοντικό Σομαλιά, Καβάλα



Εικόνα 15. Κτήριο με σαχνισί, Ρέθυμνο



Εικόνα 14. Κτήριο με σανχισί, Ρέθυμνο



Εικόνα 16. Κτήριο με ιδιαίτερα επιμελημένο ξύλινο πέτσωμα στο σαχνισί, Ρέθυμνο



Εικόνα 17. Κτήριο με σαχνισί, Ηράκλειο

2.5. Χαρακτηριστικά κτηρίων με ξυλόπηκτες τοιχοποιίες στην Παλαιά Πόλη Χανίων

Στην Παλαιά Πόλη Χανίων εντοπίστηκαν περίπου 30 κτήρια που στους ανώτερους ορόφους φέρουν ελαφρά ξυλόπηκτη τοιχοποιία σαχνισί ή μπαγδατότοιχο (Χάρτης 1). Πρόκειται για κτήρια της τουρκικής περιόδου της πόλης των Χανίων είτε κτήρια της ενετικής περιόδου στα οποία το σαχνισί είχε κατασκευαστεί ως προσθήκη ορόφου. Τα περισσότερα εντοπίζονται στη συνοικία «Τοπ Χανέ» στο δυτικό τμήμα της παλαιάς πόλης Χανίων και στη συνοικία της «Σπλάντζιας» στο ανατολικό.

Τα κτήρια αποτελούνται συνήθως από τρία επίπεδα, ισόγειο, πρώτο και δεύτερο όροφο. Το ισόγειο είναι κατασκευασμένο από λιθοδομή. Στα ενετικά κτίσματα στα οποία αργότερα έχει προστεθεί η ξυλόπηκτη τοιχοποιία, η βάση του κτηρίου παρατηρείται κατασκευασμένη από επιμελημένη λιθοδομή η οποία συχνά φέρει και διακοσμητικά στοιχεία με ενετικά υπέρθυρα. Τα κτήρια της τουρκικής περιόδου είναι κατασκευασμένα από αργολιθοδομή με ημιλαξευτούς ή λαξευτούς λίθους γύρω από τους πεσσούς των ανοιγμάτων (Εικ 18). Όσον αφορά στα γωνιακά κτήρια παρατηρείται ιδιαίτερη επιμέλεια στους γωνιακούς λίθους οι οποίοι είναι λαξευτοί και ορθογωνικοί. Παρατηρήθηκε επίσης η ενίσχυση του κάτω μέρους της γωνίας με διεύρυνση του πλάτους της προς το έδαφος (βλ. Κτήριο αρ. 8)

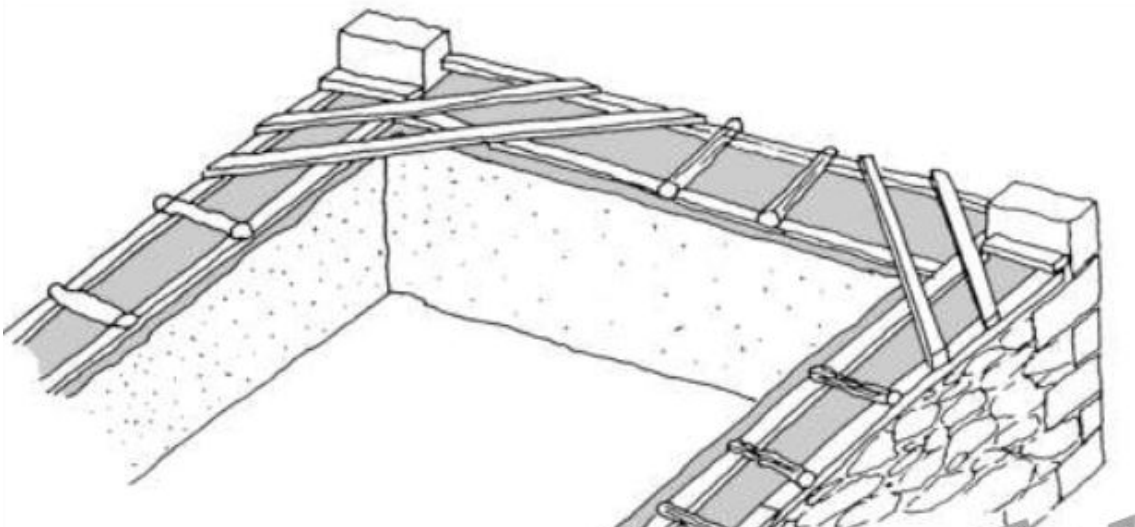


Εικόνα 18. Αριστερά: Λαξευτοί πεσσοί σε γωνία κτηρίου ,Δεξιά: Ημιλαξευτοί λίθοι σε πεσσό ανοίγματος αργολιθοδομής

Σε κτήρια με απώλεια του επιχρίσματος λόγω φθοράς διακρίνουμε ξυλοδεσιές- διαζώματα-σενάξ εντός της τοιχοποιίας με σκοπό την ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας του κτηρίου(Εικ 19,20,21). Οι λιθοδομές εμφανίζονται επιχρισμένες στο σύνολό τους αφήνοντας ανεπίχριστους τους πεσσούς των ανοιγμάτων και τα γωνιακά αγκωνάρια.



Εικόνα 19. Χαρακτηριστικά ξύλινα διαζώματα σε παραδοσιακές κατασκευές



Εικόνα 20. Κατασκευαστική λεπτομέρεια των ξύλινων διαζωμάτων σε λιθοδομή



Εικόνα 21. Ξύλινα διαζώματα σε λιθοδομή κτηρίου στην παλαιά πόλη Χανίων

Τα σαχνισί βρίσκονται στους υψηλότερους ορόφους. Παρατηρήθηκε ότι κατασκευάζονται τον ανώτερο όροφο κατοικιών τριών επιπέδων. Εντοπίστηκαν επίσης, κυρίως σε κτήρια μεγαλύτερης κλίμακας, σαχνισί διώροφα που προεξέχουν κλιμακωτά από τη βάση του κτηρίου και ο μεσαίος σε σχέση με τον ανώτερο όροφο του σαχνισί (Εικ 22).

Στην παλαιά πόλη Χανίων το συνεχές σύστημα δόμησης οδήγησε σε στενομέτωπα κτήρια. Οι ξυλόπηκτες τοιχοποιίες εντοπίζονται στην κύρια όψη του κτηρίου και είναι προεξέχουσες ή μη. Στην περίπτωση γωνιακού κτηρίου η ελαφρά ξυλόπηκτη κατασκευή συνεχίζει και εμφανίζεται ως προεξέχων ή μη όγκος στους εγκάρσιους τοίχους. Στις περιπτώσεις που το κτήριο γειτνιάζει άμεσα όντας στο συνεχές μέτωπο ενός δρόμου, το σαχνισί αποτελεί εξωτερικό τοίχο πλήρωσης του ανώτερου ορόφου. Σε αυτή την περίπτωση το κτήριο κατασκευάζεται από λιθοδομή στη βάση η οποία συνεχίζει και στους ορόφους. Ο τοίχος του ανώτερου ορόφου πληρώνεται με μπαγδατότοιχο που στηρίζεται στη στέγη και στους πλευρικούς τοίχους από λιθοδομή που ορθώνονται μέχρι τον τελευταίο όροφο. Οι προεξοχές στηρίζονται με αντηρίδες ή φουρούσια στηριγμένα στην υποκείμενη λιθοδομή.



Εικόνα 22. Χαρακτηριστικά σαχνισί γωνιακών κτηρίων



Εικόνα 23. Μπαγδατότοιχος μη προεξέχων, ως ελαφρά τοιχοποιία πλήρωσης του ορόφου

Οι ελαφρές τοιχοποιίες που εντοπίστηκαν στην Παλαιά πόλη Χανίων αποτελούνται από ξυλόπηκτη τοιχοποιία, μπαγδατί (Εικ 23). Στην κατασκευή τους αποτελούνται από ξύλινο σκελετό με κατακόρυφα και οριζόντια στοιχεία . Μικρότερα ξύλα ή κλαδιά, πηγάκια ή λεπτές σανίδες μικρού πλάτους, καλάμια μικρής διατομής και άλλα καρφώνονται οριζόντια πάνω στους ορθοστάτες του σκελετού. Οι τοιχοποιίες αυτές παρατηρήθηκαν επιχρισμένες ή καλυμμένες με ξύλινο πέτσωμα (Εικ24) . Το χαρακτηριστικό αυτό με την τελική επιφάνεια να αποτελείται από ξύλινα σανίδια και συχνά σκαλιστά με ιδιαίτερα διακοσμητικά στοιχεία εντοπίζεται και στην πόλη του Ρεθύμνου. Στις περιπτώσεις των επιχρισμένων ξυλόπηκτων τοιχοποιιών, ανεπίχριστες και εμφανείς παραμένουν οι ξύλινες οριζόντιες και κάθετες δοκοί του πλαισίου της κατασκευής.



Εικόνα 24. Αριστερά Μπαγδατί επιχρισμένο, δεξιά μπαγδατί με ξύλινο πέτσωμα, Παλαιά πόλη Χανίων

Τα ανοίγματα των κτηρίων με ξυλόπηκτες τοιχοποιίες εντοπίζονται κυρίως στον όροφο , στα σαχνισί και στους μπαγδατότοιχους και είναι περισσότερα και μεγαλύτερα από του ισογείου(Εικ 25,26). Στα κτήρια που μελετήθηκαν τα ανοίγματα είναι ξύλινα και αποτελούνται από δύο ανοιγώμενα τμήματα και δύο σταθερούς φεγγίτες. Τα ανοίγματα σκιάζονται από καρφωτά ξύλινα πατζούρια τα οποία καλύπτουν μόνο τα ανοιγώμενα τμήματα του κουφώματος επιτρέποντας τη διείσδυση του φωτός από τους φεγγίτες. Σε αντίθεση με τα ανοίγματα του ισογείου στα οποία συχνά εμφανίζονται διακοσμητικά γείσα από λαξευτούς δόμους που ελέγχουν της επιχρισμένης τοιχοποιίας και φέρουν κλασικιστικά και ενετικά στοιχεία, τα ανοίγματα των ξυλόπηκτων τοιχοποιιών είναι λιτά με ξύλινα πλαίσια(Εικ 27,28) ενώ σε μερικές περιπτώσεις φέρουν ένα ευθύγραμμο οριζόντιο ξύλινο γείσο (βλ. Κτήρια αρ. 9,23,22,26).



Εικόνα 25. Κτήριο με ξυλόπηκτη τοιχοποιία στο Ρέθυμνο, οδός Αρκαδίου



Εικόνα 26. Μη προεξέχουσα ξυλόπληκτη τοιχοποιία με ξύλινο πέτσωμα, οδός Αρκαδίου Ρέθυμνο



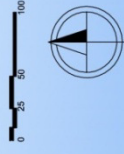
Εικόνα 27. . Ξυλόπληκτη τοιχοποιία με ξύλινο πέτσωμα στον όροφο κτηρίου, οδός Αρκαδίου, Ρέθυμνο



Εικόνα 28. Διώροφη ξυλόπηκτη προεξέχουσα τοιχοποιία, οδός Αρκαδίου Ρέθυμνο

Παλαιά Πόλη Χανίων

ΧΑΡΤΗΣ 1. Κτήρια περιόδου Τουρκοκρατίας με ξυλόπηκτη τοιχοποιία "σαχνισί"



Χάρτης 1. Κτήρια με ξυλόπηκτη τοιχοποιία στη παλαιά πόλη Χανίων



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



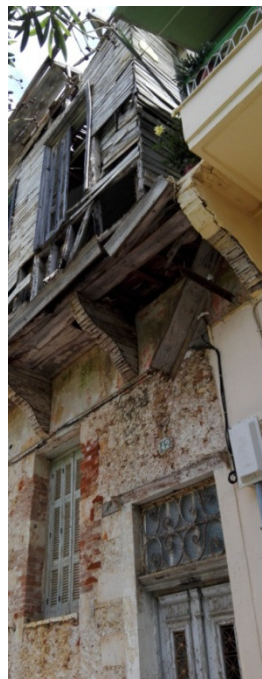
14



15



16



17



18-19



20



21



22



23



24



25



26



27



28



29



30

65

3. Ιστορική τεκμηρίωση παραδοσιακού κτηρίου (case study)

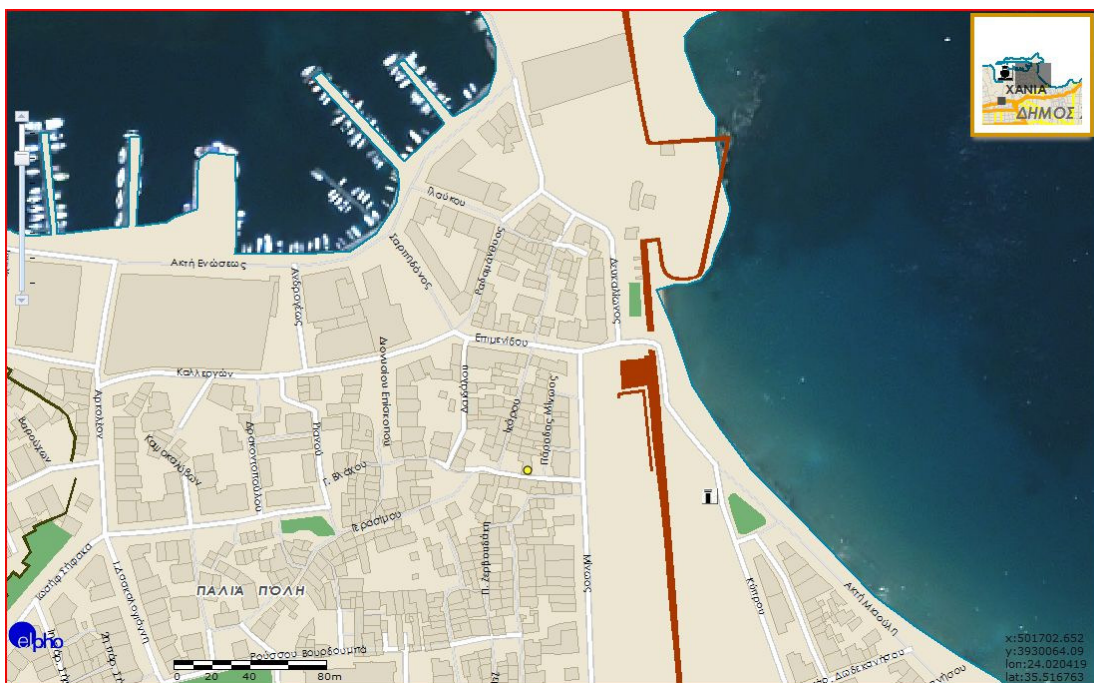
3.1. Αρχιτεκτονική ανάλυση

3.1.1. Θέση κτηρίου

Το μελετώμενο κτήριο βρίσκεται στην οδό Γερασίμου Βλάχου 45 στη συνοικία της Σπλάντζιας στο ανατολικό όριο της παλαιάς με τη νέα πόλη Χανίων σε απόσταση 100 μέτρων από τη θάλασσα(Χάρτης 2,3). Πρόκειται για τριώροφο κτήριο που η κατασκευή του χρονολογείται μεταξύ τελών του 18 και αρχών του 19^{ου} αιώνα .



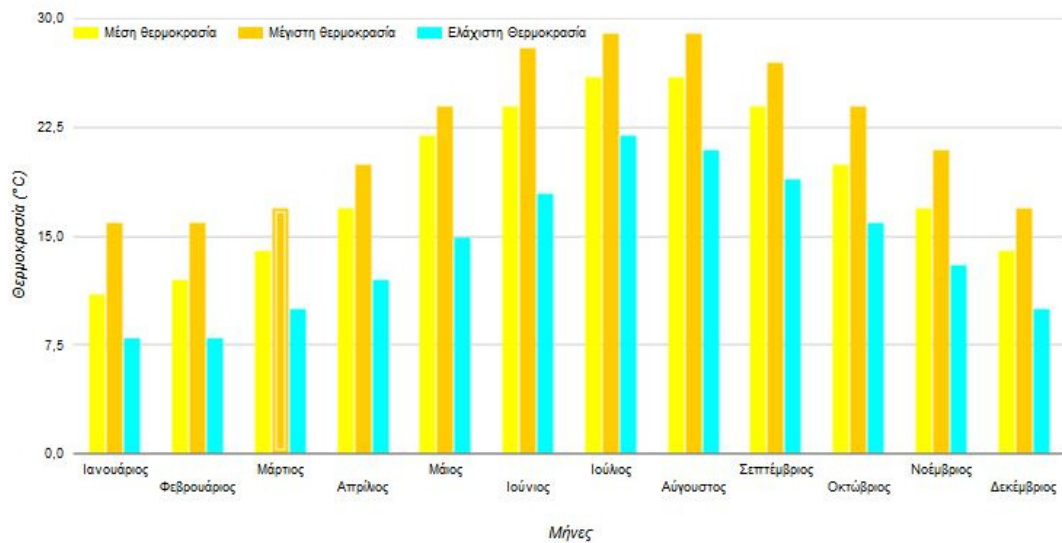
Χάρτης 4. Αεροφωτογραφία της πόλης των Χανίων, θέση κτηρίου



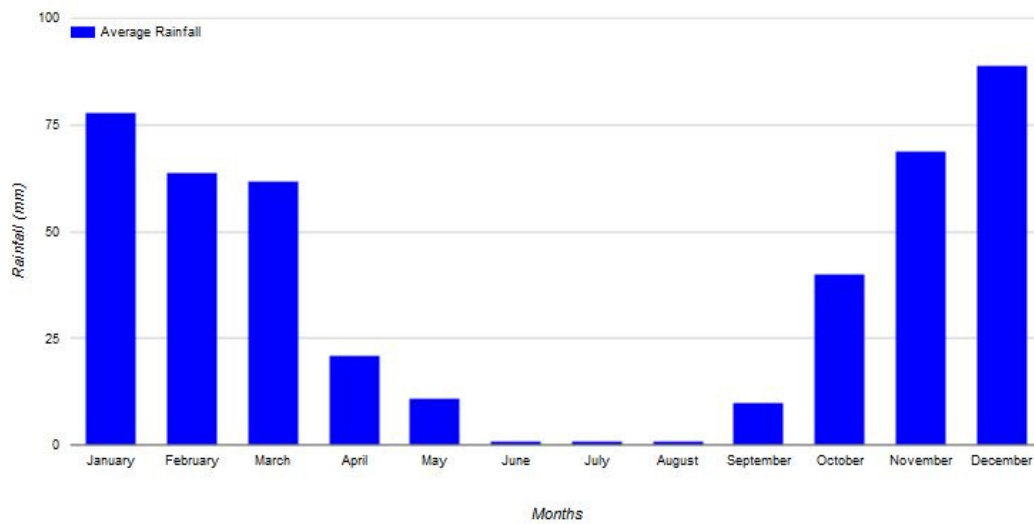
Χάρτης 5. Χάρτης της πόλης των Χανίων, θέση κτηρίου

3.1.2. Κλιματολογικά χαρακτηριστικά περιοχής

Το κλίμα της πόλης των Χανίων χαρακτηρίζεται εύκρατο μεσογειακό με την ηλιοφάνεια να καλύπτει το 70% των ημερών του έτους. Ο χειμώνας είναι ήπιος και ο καιρός από το Νοέμβριο μέχρι το Μάρτιο χαρακτηρίζεται κρύος αλλά όχι παγερός. Οι βροχοπτώσεις είναι συχνές. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες (30°C) εντοπίζονται τους καλοκαιρινούς μήνες Ιούλιο και Αύγουστο ενώ οι χαμηλότερες ($7^{\circ}-8^{\circ}\text{C}$) τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο. Οι μεγαλύτερες βροχοπτώσεις εντοπίζονται από το Νοέμβριο μέχρι και το Φεβρουάριο με μέση τιμή τα 75mm (Εικ. 29,30).



Εικόνα 29. Μέση καθημερινή θερμοκρασία της πόλης των Χανίων



Εικόνα 30. Μέση βροχόπτωση στην πόλη των Χανίων

3.1.3. Γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής - υλικά κατασκευής

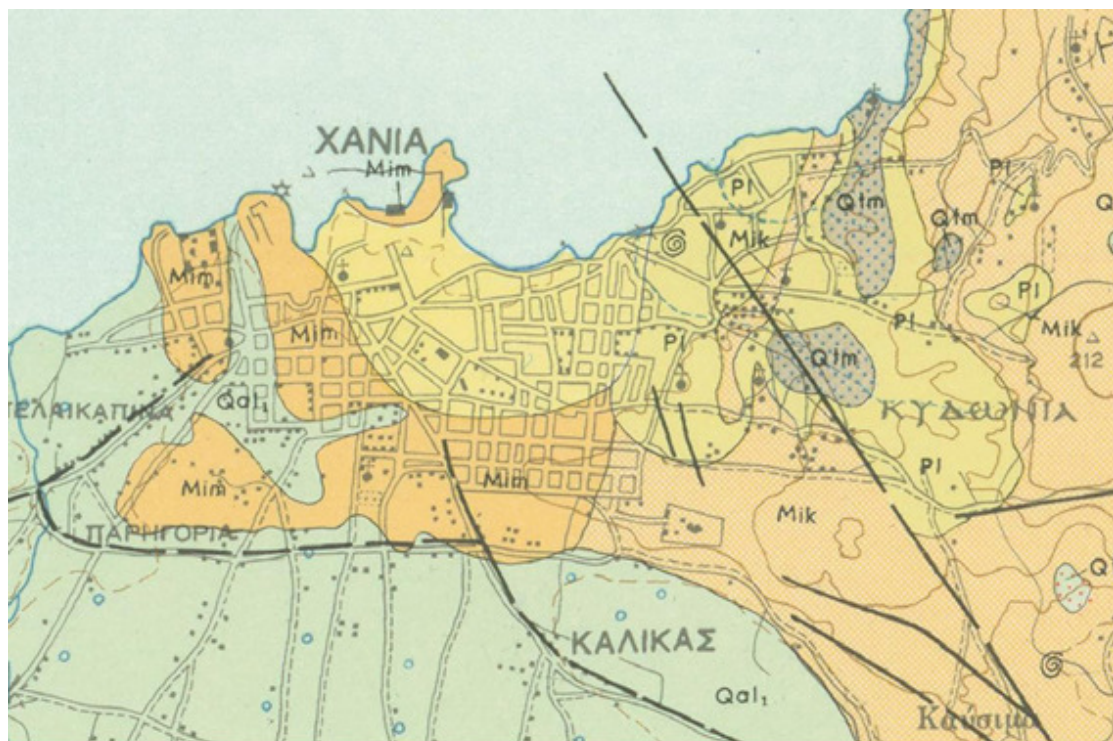
Το έδαφος στο ανατολικό τμήμα της παλαιάς πόλης Χανίων όπου βρίσκεται το κτήριο αποτελείται από μαργαϊκό ψαμμίτη (Χάρτης 4). Το κτήριο είναι κατασκευασμένο από λιθοδομή από ψαμμίτη (Εικ.31), αργολιθοδομή , με ημιλάξευτα αγκωνάρια από ασβεστόλιθο (Εικ. 32) στις γωνίες και στους πεσσούς των ανοιγμάτων. Τα ανοίγματα πλαισιώνονται από ξύλινα ανώφλια και οι όψεις έχουν υπολείμματα επιχρίσματος. Στη δυτική όψη του κτηρίου έχει πραγματοποιηθεί στερέωση με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος και έχουν προστεθεί για ενίσχυση διαζώματα οπλισμένου σκυροδέματος, δοκάρια οπλισμένου σκυροδέματος και πλάκα καθώς και τοίχος πλήρωσης στον όροφο της νότιας όψης από οπτόπλινθους.(Βλ. Σχεδιάγραμμα 1)



Εικόνα 31. Ψαμμίτης

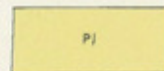


Εικόνα 32. Ασβεστόλιθος



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

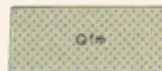
Μαργαϊκός ψαμμίτης: σθερός έγκλειων θαλάσσια άπολιθώματα μαλακίων, (*Ostrea crassissima* κλπ.)



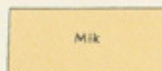
Θαλάσσιαι αποθέσεις: άμμόδης πηλός και χάλικες.



Παλαιότερα θαλάσσια άναβαθμής: ύψους 2-3 μέτρων, εκ συνεκτικού ψαμμίτου.



Μαργαϊκός άσβεστόλιθος: συμπαγής λευκοκίτρινος έως λευκό-τεφρος, έγκλειων θαλάσσια άπολιθώματα, Έλασματοβραχιών, Έχινοδέρμων, Βρυοζώνων, Έχινων και θραύσματα όστρακοδέρμων καθώς επίσης και τήν κατωτέρω μικροπανίδα.



Μάργαι: κιτρινόφαιαι έως λευκοκίτριναι, πολλάκις εις έναλλασσόμενα στρώματα μετά μαργαϊκών ψαμμιτών και πλακωδών μαργαϊκών άσβεστολίθων, έγκλειουσai άπολιθώματα θαλασσίων μαλακίων, (*Ostrea crassissima* κλπ.)



Field work by: Dr. E. D. KARAGEORGIOU, geologist of I.G.S.R., during the years 1951 and 1969.
Stratigraphy: S. TSAILA-MONOPOLI.
General Director: C. P. YANNETAKIS.
Published by: the I.G.S.R. in 1971.
Printed by: K. Papachryssanthou S.A.

Χάρτης 6. Απόσπασμα Γεωλογικού Χάρτη των Χανίων. (πηγή <http://gis.chania.gr/#>)



Νότια όψη

	Επίχρισμα		Μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος
	Επίχρισμα σε υποκείμενη στρώση		Ξύλινα στοιχεία
	Επίχρισμα με χρωματικές αλλοιώσεις		Σιδερένια εξώθυρα
	Βιολογική φθορά		Αργολιθοδομή
	Οπλισμένο σκυρόδεμα		Οπποπλινθοδομή
	Επίχρισμα με τσιμέντο		



Σχεδιάγραμμα 1. Νότια όψη, υλικά κατασκευής

3.1.4. Γεωμετρία- Αρχιτεκτονική αποτύπωση

Το κτήριο της οδού Γερασίμου 45 είναι ένα τριώροφο γωνιακό κτήριο αποτελούμενο από δύο ενιαίους διαφορετικούς σε ύψος όγκους που σχηματίζουν σε επίπεδο κάτοψης μεταξύ τους γωνία «Γ». Τα ανοίγματά του εμφανίζονται στην νότια και ανατολική μόνο όψη και παρουσιάζουν επιμήκεις αναλογίες ενώ παρατάσσονται συμμετρικά (Εικ. 33,34,35).



Εικόνα 33.Νοτιοανατολική όψη-τρισδιάστατη απεικόνιση



Εικόνα 34. Νοτιοδυτική όψη-τρισδιάστατη απεικόνιση



Εικόνα 35. Ανατολική όψη-τρισδιάστατη απεικόνιση

3.1.5.Τυπολογία –χρονολόγηση

Το κτήριο χρονολογείται στα τέλη του 18^{ου} με αρχές του 19^{ου} αιώνα και εμφανίζει συνδυασμό αρχιτεκτονικών στοιχείων Ενετικής και Τουρκικής Λαϊκής αρχιτεκτονικής ιδιωτικών κτηρίων. Το βορειότερο τμήμα, ο βόρειος χαμηλότερος όγκος φαίνεται να έχει κατασκευαστεί μεταγενέστερα(Εικ.36), καθώς παρουσιάζει διαφορές στο συνολικό ύψος, στο ύψος της θέσης των μεσοπατωμάτων και στο δομικό του σύστημα σε σχέση με το υψηλότερο νοτιότερο τμήμα. Δυτικά του νοτιότερου όγκου του κτηρίου διακρίνονται ίχνη κτηρίου που έχει καταρρεύσει και ένας πέτρινος φούρνος με καμινάδα εξακολουθεί να ορθώνεται σε επαφή και συνέχεια με το νότιο τοίχο του κτηρίου. Από το υπ' αριθμόν 10.607 συμβόλαιο της 10^{ης} Νοεμβρίου 1941 πληροφορούμαστε ότι δυτικά εκεί όπου σήμερα σώζεται η πέτρινη καμινάδα, υπήρχε διώροφο κτίσμα με ισόγειο και πάνω από αυτό μαγειρείο, χώροι που ήταν σε συνέχεια και επικοινωνία με τον σημερινό υφιστάμενο όγκο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται « *μίας οικίας ημικατεστραμμένην εκ των βομβαρδισμών τριώροφον εμβαδού μέτρων τετραγωνικών εβδομήντα οκτώ και 15 περίπου ης ο πρώτος όροφος απαρτίζεται από μίαν είσοδον μίαν αποθήκην εν δωμάτιον και εν κλιμακοστάσιον, ο δεύτερος από ένα διάδρομον ένα δωμάτιον ένα μαγειρείον ένα λουτρόν και ένα κλιμακοστάσιον και ο τρίτος από έναν διάδρομον ένα δωμάτιον και ένα ηλιακόν ως και μίαν αυλήν τοιχογυρισμένην με εν φρέαρ και μίαν κλιματαριάν...*» Στον υψηλότερο όροφο το κτήριο μέχρι το 1990 διατηρούσε ελαφρά τοιχοποιία « μπαγδατί» μη προεξέχουσα, «ηλιακόν» όπως αναγράφεται στο προαναφερθέν συμβόλαιο, η οποία αφαιρέθηκε και αντικαταστάθηκε μεταγενέστερα από τοίχο από οπτόπλινθους(Εικ.37).



Εικόνα 36.Δυτική όψη, βορειότερο μεταγενέστερο τμήμα κτηρίου



Εικόνα 37. Φωτογραφίες 1990, διακρίνεται η ελαφρά τοιχοποιία στον όροφο της νότιας όψης (πάνω αριστερά), τμήματα της ανατολικής όψης όπου διακρίνεται και κτίσμα του οποίου δε διατηρείται η επιστέγαση(πάνω δεξιά και κάτω κέντρο), (πηγή αρχείο Εφορίας Βυζαντινών Αρχαιοτήτων Χανίων)

3.1.6. Φέρουσα κατασκευή

Η φέρουσα κατασκευή του κτηρίου αποτελείται από λιθοδομή φυσικών λίθων, αργολιθοδομή από ψαμμίτη με ημιλαξευτά αγκωνάρια από ασβεστόλιθο στις γωνίες και στους πεσσούς των ανοιγμάτων. Στο νότιο τμήμα του κτηρίου παρατηρείται ελλιπής διαφραγματική λειτουργία καθώς αυτή επιχειρείται μέσω μεμονωμένων ανωφλιών στα ανοίγματα τα οποία έχουν αστοχήσει(Εικ.38). Τα εσωτερικά μεσοπατώματα τα οποία έχουν καταστραφεί ήταν κατασκευασμένα από



Εικόνα 38. Αργολιθοδομή σε κακή κατάσταση στη νότια όψη, τόξο στη δομή της τοιχοποιίας στη δυτική όψη

ξύλο με δοκάρια απευθείας πακτωμένα στη λιθοδομή και σανίδες. Εξωτερικά στην δυτική όψη διακρίνονται στη δομή της τοιχοποιίας χαμηλά τόξα . Το βορειότερο τμήμα είναι επίσης κατασκευασμένο από λιθοδομή φυσικών λίθων με ημιλαξευτά αγκωνάρια και στις όψεις του είναι εμφανή συνεχή διαζώματα. Λόγω της ύπαρξης διαζωμάτων στο τμήμα αυτό και της διαφορετικής φέρουσας κατασκευής φανερώνεται η μεταγενέστερη κατασκευή του σε σχέση με το τμήμα που βρίσκεται η κεντρική είσοδος του κτηρίου (νότια όψη). Το κτίσμα καλυπτόταν από δώμα με ξύλινα δοκάρια το οποίο έχει αντικατασταθεί με πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα.

3.1.7.Εσωτερικά χαρακτηριστικά

Στο εσωτερικό του κτηρίου διατηρούνται ελάχιστα στοιχεία της αρχικής δομής του. Στο ισόγειο υπάρχει λίθινο τόξο στη βάση της κλίμακας ανόδου και στον χώρο δίπλα από το χώρο εισόδου(Εικ.39). Τα μεσοπατώματα αποτελούνται από ξύλινα δοκάρια που στηρίζονται πακτωμένα στην τοιχοποιία (Εικ.40). Η κλίμακα ανόδου είναι επίσης ξύλινη με πέτρινη τοξωτή βάση και όπως και τα μεσοπατώματα διατηρείται σε κακή κατάσταση(Εικ.41,42,43).



Εικόνα 39.Λίθινο τόξο στο ισόγειο



Εικόνα 40. Ξύλινα δοκάρια πατώματος πακτωμένα στην τοιχοποιία



Εικόνα 41. Τα εσωτερικά ξύλινα μεσοπατώματα και η κλίμακα ανόδου



Εικόνα 42. Η λίθινη βάση της σκάλας στο ισόγειο



Εικόνα 43. Λεπτομέρεια κιγκλιδώματος ορόφου

3.1.8.Μορφολογικές και δομικές αλλοιώσεις

Μέχρι το 1990 το κτήριο διατηρούσε επιστέγαση με ξύλινη κατασκευή σε κακή κατάσταση ενώ στην νότια όψη-πρόσοψη του κτηρίου στο δεύτερο όροφο υπήρχε ελαφρά τοιχοποιία «μπαγδατότοιχος» . Τα στοιχεία πλήρωσης της ελαφράς αυτής κατασκευής ήταν πηχάκια ή πλεκτά κλαδιά (μπαγδατί) και η τελική επικάλυψη γινόταν με ξύλινο πέτσωμα.

Στις αρχές του 1990 πραγματοποιούνται εργασίες συντήρησης του κτηρίου. Η αναγκαιότητα της επέμβασης είναι άμεση καθώς το κτίσμα με το οποίο γειτνιάζει δυτικά καταρρέει έπειτα από σεισμό. Κακή είναι και η κατάσταση της επιστέγασης που επιτρέπει την εισροή βρόχινου νερού στο εσωτερικό του κτηρίου και έχει προκαλέσει σημαντικές φθορές στην ξυλόπηκτη τοιχοποιία του ορόφου.

Η δυτική όψη (που βρισκόταν σε επαφή με το κτήριο που κατέρρευσε) ενισχύεται με μονόπλευρο μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος στο ισόγειο μέχρι το ύψος του πρώτου ορόφου.



Εικόνα 44. Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, ενίσχυση με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος

Ακολουθούν εργασίες επισκευής του δώματος το οποίο αντικαθίσταται με πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και περιμετρικό δοκάρι επί της υφιστάμενης τοιχοποιίας, ως επιστέγαση (Εικ. 44). Εσωτερικά επιχρίονται με τσιμέντο όλες οι επιφάνειες ενώ εξωτερικά σε αρκετά σημεία είναι εμφανής η λιθοδομή και παραμένουν υπολείμματα παλαιών επιχρισμάτων. Η ξυλόπηκτη τοιχοποιία του ορόφου καθαρίζεται και το κενό συμπληρώνεται με τείχο από οπτόπλινθους αφού κατασκευάζεται διάζωμα στην υποκείμενη τοιχοποιία. Στον πρώτο όροφο ανοίγεται τρίτο παράθυρο στη μέση των δύο υφιστάμενων(Εικ.45,46).



Εικόνα 45.Αντικατάσταση του μπαγδατότοιχου με τείχο από οπτόπλινθους



Εικόνα 46. Φωτογραφία έτους 1990, διακρίνεται η ξύλινη τοιχοποιία στον όροφο

Τα ανοίγματα στο νοτιότερο (προγενέστερο) τμήμα του κτηρίου εντοπίζονται κυρίως στον όροφο. Στο ισόγειο το κτήριο διέθετε μια ξύλινη ταμπλαδωτή δίφυλλη εξώθυρα η οποία έχει αντικατασταθεί με σιδερένια. Στην πρόσοψη, στο ισόγειο, υπάρχει μικρό παράθυρο του οποίου η ποδιά είναι αρκετά ψηλά, μη επιτρέποντας από το επίπεδο του δρόμου την οπτική επαφή με το εσωτερικό. Είναι σιδερένιο, κυκλικής διατομής με περαστές διασταυρούμενες βέργες προσφέροντας έτσι ασφάλεια στην οικία [14]. Στον πρώτο και δεύτερο όροφο τα παράθυρα αποτελούνται από ξύλινο πλαίσιο, είναι δίφυλλα ανοιγώμενα με σταθερό φεγγίτη. Τα σκιάδιά τους είναι ξύλινα καρφωτά. Στην ανατολική όψη διακρίνονται θύρες οι οποίες έχουν κλειστεί με τοιχοποιία και χρησίμευαν για την προσπέλαση στο δώροφο κτίσμα που έχει καταρρεύσει, το οποίο διέθετε στον όροφό του μαγειρείο με τον σωζόμενο φούρνο. Τα ανοίγματα της ανατολικής όψης του βορειότερου κτίσματος είναι και αυτά ξύλινα ανοιγώμενα και υπάρχει και ξύλινη εξώθυρα προς την αυλή. Τα ανοίγματα αυτά σε αντίθεση με τα ανοίγματα του νοτιότερου όγκου, διαθέτουν υπολείμματα γείσων στο ανώφλι τους (Εικ.47) .



Εικόνα 47. Σιδερένιο κούφωμα ισογείου, καρφωτό ξύλινο κούφωμα με φεγγίτη στον όροφο, καρφωτό ξύλινο κούφωμα στην ανατολική όψη με γείσο

3.2. Κατασκευαστική ανάλυση

3.2.1. Παθολογία κτηρίου

Το κτήριο μετά τις επεμβάσεις επισκευής που πραγματοποιήθηκαν τη δεκαετία του 1990 έχει δεχθεί τροποποιήσεις στον φέροντα οργανισμό του. Η επίστεψη που γινόταν με ξύλινη στέγη αντικαταστάθηκε με πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος αφού πρώτα κατασκευάστηκε περιμετρικό διάζωμα που εξασφάλιζε την ενίσχυση των ζωνών σύζευξης και τη διαφραγματική λειτουργία στην οροφή του κτηρίου. Η πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και το περιμετρικό διάζωμα φαίνεται γενικά να έχει ενισχύσει την κατασκευή έχει όμως προσθέσει αυξημένα θλιπτικά φορτία που εκτονώνονται στο ισόγειο το οποίο έχει ενισχυθεί τοπικά με μονόπλευρο μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος.



Π 1. Παθολογία νοτιοανατολικής όψης, με κόκκινο εστιγμένο σημειώνονται οι ρωγμές, με κόκκινη επιφάνεια η πτώση κονιαμάτων, με συνεχή γραμμή η απόκλιση από την κατακόρυφο.

Το κτήριο της οδού Γερασίμου, εμφανίζει φθορές στον φέροντα λίθινο οργανισμό του κυρίως στις εξωτερικές επιφάνειες των τοίχων του (Π1,Π2). Στο εσωτερικό του κτηρίου λόγω επέμβασης για τη στερέωσή του έχουν καλυφθεί οι εσωτερικές επιφάνειες με επίχρισμα. Εσωτερικά δεν παρατηρούνται στις επιφάνειες των τοίχων ρωγμές που να υποδηλώνουν κάποια βλάβη. Το επίχρισμα με το οποίο καλύφθηκαν οι εσωτερικές επιφάνειες προ είκοσι οκτώ ετών (επέμβαση 1990) διατηρείται ανέπαφο. Η εξέταση της παθολογίας του κτηρίου επιχειρείται στις εξωτερικές επιφάνειες όπου και συναντώνται οι βλάβες. Για την διευκόλυνση της ανάγνωσης των βλαβών αυτές κωδικοποιούνται κατά την αποτύπωσή τους σε σχέση με την αιτία που τις προκάλεσε. (π.χ. ρωγμή σπ1 ερμηνεύεται ως προερχόμενη από σεισμό παράλληλο στην επιφάνεια της τοιχοποιίας βλ. και Πίνακα 1. Βλάβες της κατασκευής και πιθανά αίτια, Πίνακα 2.Κωδικοποίηση βλαβών-αιτίων αστοχίας) Στο Παράρτημα 2 δίνεται η Αποτύπωση του κτηρίου η Παθολογία και οι Περιβαλλοντικές επιδράσεις στο σύνολο του κτηρίου.



Π 2. Παθολογία Νοτιοδυτικής όψης, με κόκκινο εστιγμένο σημειώνονται οι ρωγμές, με κόκκινη επιφάνεια η πτώση κονιαμάτων, με συνεχή γραμμή η απόκλιση από την κατακόρυφο.

Ανατολική όψη

Τμήμα 1

Στο πρώτο τμήμα της ανατολικής όψης (Π3) παρατηρείται μηχανική αστοχία που αφορά σε βλάβες των δομικών υλικών, όπως ρηγματώσεις, επιφανειακή αποσάθρωση, απώλεια κονιάματος. Οι διαγώνιες ρηγματώσεις σπ1, σπ2, σπ3, σπ4, σπ6 και σπ7 που παρατηρούνται γύρω από τα ανοίγματα οφείλονται σε καμπτική αστοχία, πιθανότατα λόγω σεισμού παράλληλου στη διεύθυνση της επιφάνειας του τοίχου. Σε σεισμό παράλληλο και κάθετο στη διεύθυνση της επιφάνειας οφείλεται η αστοχία στη ρωγμή σπκ1 όπου εμφανίζεται αποκόλληση της λιθοδομής πλήρωσης από τον πεσσό του ανοίγματος. Η ρηγμάτωση σπ5 αφορά αποκόλληση υλικού γεμίσματος του ανοίγματος που υπήρχε στη συγκεκριμένη θέση και κλείστηκε με πλίνθους. Στο ύψος του ισογείου παρατηρούνται ρωγμές (αυ1, αυ2, αυ3) που έχουν προκληθεί από σεισμούς και λόγω της έντονης αποδιοργάνωσης του υλικού που προκάλεσε τη βύθιση και μετακίνηση της λιθοδομής. Η αποδιοργάνωση της λιθοδομής και οι προαναφερθείσες ρηγματώσεις οφείλονται στην ελλιπή διαφραγματική λειτουργία και στην αστοχία μεμονωμένων διαζωμάτων στο δομικό σύστημα του τριώροφου κτηρίου. Η καταστροφή των εσωτερικών μεσοπατωμάτων συντελεί στην αποδιοργάνωση του υλικού στις όψεις λόγω απουσίας της διαφραγματικής λειτουργίας των μεσοπατωμάτων. Αστοχία προκαλεί το διάζωμα που έχει τοποθετηθεί πάνω από το σημείο αποδιοργάνωσης υλικού εδ3 και δε φαίνεται να λειτουργεί.



Π 3. Παθολογία ανατολικής όψης, τμήμα 1

Τμήμα 2

Στο δεύτερο τμήμα της ανατολικής όψης (Π4) εμφανίζονται διαγώνιες ρηγματώσεις γύρω από τα ανοίγματα (σπ8, σπ9, σπ10) που οφείλονται σε σεισμό κατά διεύθυνση παράλληλη με την επιφάνεια του τοίχου. Η ρηγμάτωση αυ4 οφείλεται σε αποδιοργάνωση του υλικού και βύθιση. Αποδιοργάνωση υλικού εμφανίζεται και στις περιοχές εδ4, εδ5 λόγω αστοχίας του υπερθύρου της πόρτας του ισογείου .



Π 4. Παθολογία ανατολικής όψης, τμήμα 2

Νότια όψη

Τμήμα 1

Παρατηρούνται ρηγματώσεις αυ5 , αυ6 λόγω αποδιοργάνωσης υλικού εξαιτίας παλαιότητας και σεισμού (περιοχή σ1 , σ2) Εμφανίζεται επίσης ρηγμάτωση στο σημείο ένωσης με τον εγκάρσιο τοίχο σκ1 λόγω κάμψης εκτός επιπέδου (Π5).



Π 5. Παθολογία νότιας όψης τμήμα 1

Τμήμα 2

Στο τμήμα 2 της νότιας όψης (Π6) εμφανίζεται αστοχία στις ζώνες σύζευξης πεσσών λόγω απουσίας διαζωμάτων με ρηγματώσεις τύπου Χ (Χ1-Χ8). Παρατηρείται επίσης έντονη αποδιοργάνωση και μετακίνηση υλικού(εδ6,εδ7,εδ8). Ρηγματώσεις που οφείλονται σε καμπτική αστοχία εμφανίζονται γύρω από τα ανοίγματα (σπ11, σπ12).



Π 6. Παθολογία νότιας όψης , τμήμα 2

Τμήμα 3

Στο τμήμα 3 της νότιας όψης (Π7) παρατηρείται απόκλιση από την κατακόρυφο τμήματος της λιθοδομής , διόγκωσή της και αποδιοργάνωση υλικού(θ1,θ2).Στον πεσσό του κεντρικού ανοίγματος του κτηρίου που βρίσκεται στη όψη αυτή, παρατηρείται θραύση και πτώση λιθοσώματος (θρ1) . Η διόγκωση της τοιχοποιίας σε συνδυασμό με τις διατμητικές τάσεις που εμφανίζονται και αναφέρθηκαν στο τμήμα 2 καθώς και η θραύση λιθοσωμάτων μπορεί να οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι οι αστοχίες στην όψη αυτή οφείλονται σε υπέρβαση του 30% της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιία [2]. Πιθανόν η αύξηση των θλιπτικών δυνάμεων της λιθοδομής της νότιας όψης πάνω από το 30% της θλιπτικής αντοχής να οφείλεται στις αυξημένες θλιπτικές δυνάμεις λόγω της μεταγενέστερης κατασκευής πλάκας από οπλισμένο σκυρόδεμα ως επιστέγαση του κτηρίου.



Π 7. Παθολογία νότιας όψης , τμήμα 3

Τμήμα 4

Στο τμήμα 4 (Π 8) εμφανίζονται ρηγματώσεις στα σημεία ένωσης με εγκάρσιους τοίχους (σκ2) . Η αστοχία αυτή οφείλεται σε σεισμό με φορά εγκάρσια στην επιφάνεια της λιθοδομής [22] . Επίσης παρατηρείται ρηγμάτωση και διαχωρισμός του τοίχου πλήρωσης με πλίνθους που κατασκευάστηκε αργότερα στη θέση της ξυλόπηκτης τοιχοποιίας με την λιθοδομή (σκ3).



Π 8. Παθολογία νότιας όψης , τμήμα 4

Τμήμα 5

Στο τμήμα αυτό συναντάται λίθινος περίβολος υπαίθριου χώρου (Π9). Παρατηρείται έντονη αποδιοργάνωση υλικού που οδήγησε σε κατάρρευση τμήματος του πάχους της λιθοδομής και κατά συνέπεια ρηγμάτωση (ακ1) του στοιχείου από μπετόν που έχει τοποθετηθεί ως διάζωμα συγκράτησης της λιθοδομής.



Π 9 .Παθολογία νότιας όψης τμήμα 5

Δυτική όψη

Τμήμα 1

Στο τμήμα αυτό της δυτικής όψης (Π10) εντοπίζεται αποδιοργάνωση υλικού και πτώση λιθοσωμάτων (σ5,σ6). Τμήμα του στηθαίου της οροφής και γωνιακό τμήμα της λιθοδομής έχει καταρρεύσει. Πιθανή αιτία αστοχίας και κατάρρευσης είναι ο

σεισμός (σ7). Στο τμήμα αυτό της κατασκευής παρατηρείται λόγω του τρόπου αποκόλλησης του αποδιοργανωμένου υλικού η ύπαρξη διαζωμάτων. Αυτό πιθανόν αποτελεί ένδειξη μεταγενέστερης κατασκευής του τμήματος αυτού του κτηρίου από το τμήμα στο οποίο βρίσκεται η κύρια είσοδος της κατοικίας(νότια όψη). Στην όψη αυτή έχει τοποθετηθεί μονόπλευρος μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος. Ο μανδύας φαίνεται να έχει λειτουργήσει χωρίς να προκαλέσει προβλήματα στο κτήριο (π.χ. εγκλωβισμός υγρασίας).

Τμήμα 2

Το τμήμα αυτό της δυτικής όψης (Π11) είναι το τμήμα που ήταν σε επαφή με το άμεσα γειτνιάζον κτήριο που κατέρρευσε λόγω σεισμού. Το κάτω μέρος της επιφάνειας του τοίχου έχει ενισχυθεί με μονόπλευρο μανδύα σκυροδέματος . Διακρίνεται ένα τόξο στη δομή της τοιχοποιίας. Πάνω από αυτό εμφανίζονται δύο κάθετες ρωγμές (σκ4,σκ5). Οι ρωγμές αυτές οφείλονται σε κάμψη εκτός επιπέδου, λόγω σεισμού εγκάρσιου στη διεύθυνση της επιφάνειας του τοίχου. Παρατηρείται επίσης αποδιοργάνωση υλικού (σ8).



Π 10. Παθολογία δυτικής όψης, τμήμα 1



Π 11. Παθολογία δυτικής όψης, τμήμα 2

Πίνακας 1. Βλάβες της κατασκευής και πιθανά αίτια

A/A	Είδος αστοχίας	Πιθανή αιτία αστοχίας
σπ1	Διαγώνια ρηγμάτωση γύρω από άνοιγμα	Σεισμός παράλληλος στη διεύθυνση της λιθοδομής
σπ2	Διαγώνια ρηγμάτωση γύρω από άνοιγμα	Σεισμός παράλληλος στη διεύθυνση της λιθοδομής
σπ3	Διαγώνια ρηγμάτωση γύρω από άνοιγμα	Σεισμός παράλληλος στη διεύθυνση της λιθοδομής
σπκ1	Ρηγμάτωση λιθοδομής πεσσού	Σεισμός παράλληλος και κάθετος στη διεύθυνση της λιθοδομής
σπ4	Διαγώνια ρηγμάτωση γύρω από άνοιγμα	Σεισμός παράλληλος στη διεύθυνση της λιθοδομής
σπ5	Ρηγμάτωση μεταξύ διαφορετικών υλικών	Σεισμός παράλληλος στη διεύθυνση της λιθοδομής
σπ6	Διαγώνια ρηγμάτωση γύρω από άνοιγμα	Σεισμός παράλληλος στη διεύθυνση της λιθοδομής
σπ7	Διαγώνια ρηγμάτωση γύρω από άνοιγμα	Σεισμός παράλληλος στη διεύθυνση της λιθοδομής
αυ1	Διαγώνια ρηγμάτωση	Αποδιοργάνωση υλικού-βύθιση
αυ2	Διαγώνια ρηγμάτωση	Αποδιοργάνωση υλικού-βύθιση
αυ3	Διαγώνια ρηγμάτωση	Αποδιοργάνωση υλικού-βύθιση
εδ1	Αποδιοργάνωση υλικού	Έλλειψη διαζωμάτων- φθορά υλικού
εδ2	Αποδιοργάνωση υλικού	Έλλειψη διαζωμάτων- φθορά υλικού
εδ3	Αποδιοργάνωση υλικού	Έλλειψη διαζωμάτων- φθορά υλικού
σπ8	Διαγώνια ρηγμάτωση γύρω από άνοιγμα	Σεισμός παράλληλος στη διεύθυνση της λιθοδομής
σπ9	Διαγώνια ρηγμάτωση γύρω από άνοιγμα	Σεισμός παράλληλος στη διεύθυνση της λιθοδομής
αυ4	Διαγώνια ρηγμάτωση γύρω από άνοιγμα	Αποδιοργάνωση υλικού-βύθιση
σπ10	Διαγώνια ρηγμάτωση γύρω από άνοιγμα	Σεισμός παράλληλος στη διεύθυνση της λιθοδομής
εδ4	Αποδιοργάνωση υλικού	Έλλειψη διαζωμάτων- φθορά υλικού
εδ5	Αποδιοργάνωση υλικού	Έλλειψη διαζωμάτων- φθορά υλικού
αυ5	Ρηγμάτωση	Αποδιοργάνωση υλικού
σκ1	Ρηγμάτωση σε ένωση με εγκάρσιο τοίχο	Σεισμός εγκάρσιος στη διεύθυνση της λιθοδομής
αυ6	Ρηγμάτωση	Αποδιοργάνωση υλικού
σ1	Αποδιοργάνωση υλικού	Σεισμός-φθορά υλικού

σ2	Αποδιοργάνωση υλικού	Σεισμός-φθορά υλικού
σπ11	Διαγώνια ρηγμάτωση γύρω από άνοιγμα	Σεισμός παράλληλος στη διεύθυνση της λιθοδομής
X1	Ρηγμάτωση τύπου X	Αστοχία στη ζώνη σύζευξης πεσσών
X2	Ρηγμάτωση τύπου X	Αστοχία στη ζώνη σύζευξης πεσσών
X3	Ρηγμάτωση τύπου X	Αστοχία στη ζώνη σύζευξης πεσσών
X4	Ρηγμάτωση τύπου X	Αστοχία στη ζώνη σύζευξης πεσσών
X5	Ρηγμάτωση τύπου X	Αστοχία στη ζώνη σύζευξης πεσσών
σπ12	Διαγώνια ρηγμάτωση γύρω από άνοιγμα	Σεισμός παράλληλος στη διεύθυνση της λιθοδομής
X6	Ρηγμάτωση τύπου X	Αστοχία στη ζώνη σύζευξης πεσσών
X7	Ρηγμάτωση τύπου X	Αστοχία στη ζώνη σύζευξης πεσσών
X8	Ρηγμάτωση τύπου X	Αστοχία στη ζώνη σύζευξης πεσσών
εδ6	Αποδιοργάνωση υλικού	Έλλειψη διαζωμάτων- φθορά υλικού
εδ7	Αποδιοργάνωση υλικού	Έλλειψη διαζωμάτων- φθορά υλικού
εδ8	Αποδιοργάνωση υλικού	Έλλειψη διαζωμάτων- φθορά υλικού
θ1	Διόγκωση	Αυξημένες θλιπτικές τάσεις
θ2	Αποδιοργάνωση υλικού	Αυξημένες θλιπτικές τάσεις
θρ1	Θραύση λιθοσώματος	Αυξημένες θλιπτικές τάσεις
σκ2	Ρηγμάτωση σε ένωση με εγκάρσιο τοίχο	Σεισμός εγκάρσιος στη διεύθυνση της λιθοδομής
σκ3	Ρηγμάτωση σε ένωση με εγκάρσιο τοίχο	Σεισμός εγκάρσιος στη διεύθυνση της λιθοδομής
σ3	Αποδιοργάνωση υλικού	Σεισμός-φθορά υλικού
σ4	Αποδιοργάνωση υλικού	Σεισμός-φθορά υλικού
ακ1	Κάθετη ρηγμάτωση	Αποδιοργάνωση υλικού- κατάρρευση υποκείμενης τοιχοποιίας
σ5	Αποδιοργάνωση υλικού σε διάζωμα	Σεισμός-φθορά υλικού
σ6	Αποδιοργάνωση υλικού σε διάζωμα	Σεισμός-φθορά υλικού
σ7	Κατάρρευση	Σεισμός-φθορά υλικού
αυ7	Ρηγμάτωση	Αποδιοργάνωση υλικού

Πίνακας 2. Κωδικοποίηση βλαβών –αιτίων αστοχίας

Κωδικός βλάβης	Πιθανή αιτία αστοχίας
σπ	Σεισμός παράλληλος στη διεύθυνση της λιθοδομής
σπκ	Σεισμός παράλληλος και κάθετος στη διεύθυνση της λιθοδομής
αυ	Αποδιοργάνωση υλικού
εδ	Έλλειψη διαζωμάτων- φθορά υλικού
σκ	Σεισμός εγκάρσιος στη διεύθυνση της λιθοδομής
σ	Σεισμός-φθορά υλικού
Χ	Αστοχία στη ζώνη σύζευξης πεσσών
θ	Αυξημένες θλιπτικές τάσεις
θρ	Αυξημένες θλιπτικές τάσεις(θραύση λιθοσώματος)
ακ	Αποδιοργάνωση υλικού- κατάρρευση

3.2.2. Περιβαλλοντικές επιδράσεις- φθορές

Ανατολική όψη

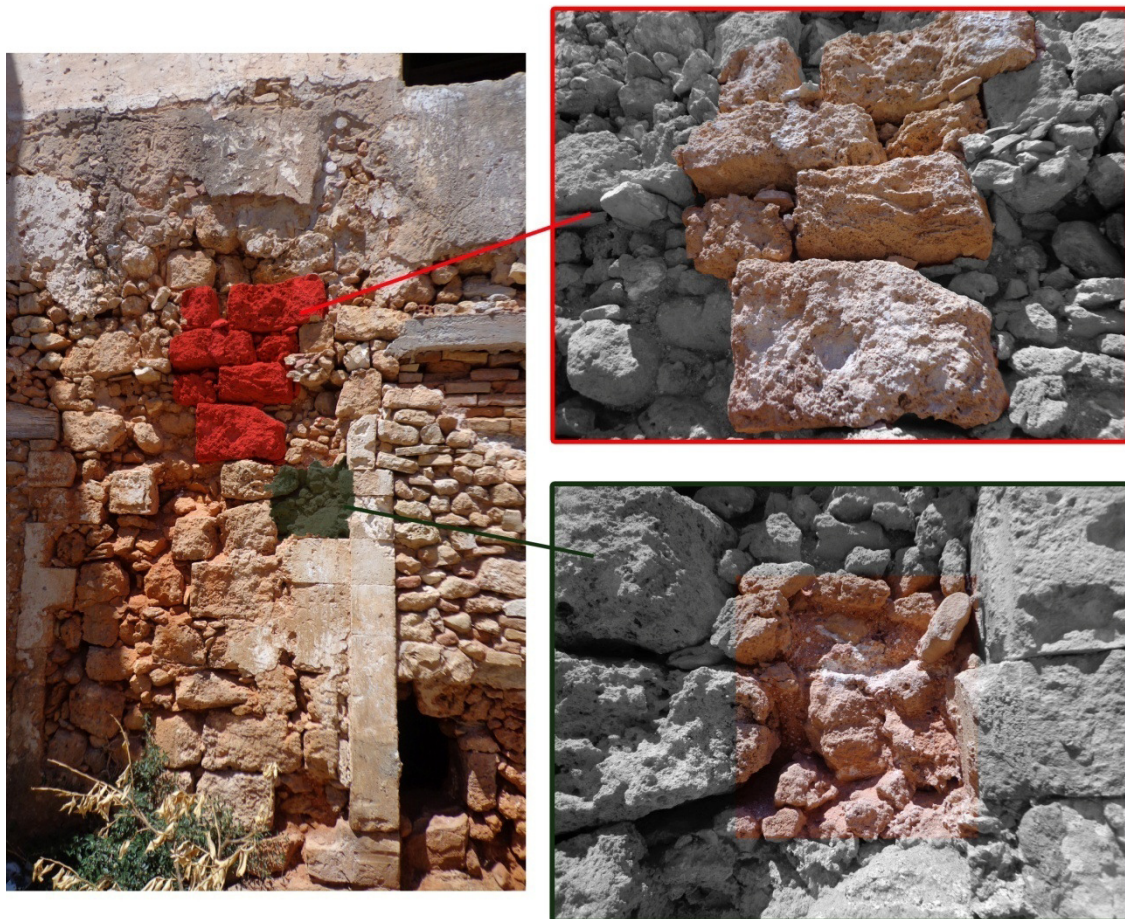
Τμήμα 1

Στην ανατολική όψη (Ε1) το επίχρισμα εμφανίζεται ρηγματωμένο και τμήματά του έχουν αποκολληθεί (Εικ.48) . Εντοπίζεται χρωματική αλλοίωση στην επιφάνεια του κονιάματος και στο γείσο της πλάκας, με την εμφάνιση φαιό-μαυρων χρωματισμών στο επίχρισμα που οφείλονται σε βιολογική φθορά από συσσώρευση υγρασίας και απόθεση αιθάλης και κονιορτού [23] .



Εικόνα 48. Χρωματικές αλλοιώσεις και αποκόλληση επιχρίσματος της ανατολικής όψης

Σε τμήματα του εναπομένοντος κονιάματος παρατηρούνται χρωματικές αλλοιώσεις σε αποχρώσεις του κίτρινου και του καφέ. Αυτή η χρωματική αλλοίωση οφείλεται στη μετανάστευση και διάχυση των οξειδίων του σιδήρου [23] από την ώχρα που



Εικόνα 49. Κυψελοειδής διάβρωση και βελονισμός σε λιθοσώματα του ισογείου της ανατολικής όψης







έχει χρησιμοποιηθεί στο κονίαμα αλλά και στην έκπλυση του πηλοκονιάματος που έχει χρησιμοποιηθεί στη δομή της τοιχοποιίας. Τα μεγαλύτερα τμήματα όπου έχει καταρρεύσει το επίχρισμα είναι στο ισόγειο και στο ύψος του μεσαίου ορόφου. Στο μεσαίο όροφο έχει αποκολληθεί τμήμα του κονιάματος και έχει αποκαλυφθεί το υποκείμενο τσαπετάρισμα. Στο ύψος του ισογείου παρατηρούνται μηχανικές βλάβες, ρωγμές, που έχουν προκληθεί από σεισμούς και λόγω της έντονης αποδιοργάνωσης του υλικού που προκάλεσε τη βύθιση και μετακίνηση της λιθοδομής. Τα λιθοσώματα ψαμμίτη του ισογείου που είναι εμφανή και εκτεθειμένα στον καιρό, λόγω αποκόλλησης του επιχρίσματος, παρουσιάζουν έντονες αλλοιώσεις και εμφάνιση κυψέλωσης και βελονισμού που συντελεί στη συνολική αποδιοργάνωση στα σημεία αυτά της τοιχοποιίας (Εικ. 49). Μηχανική αστοχία που αφορά σε βλάβες των δομικών υλικών, όπως ρηγματώσεις, επιφανειακή αποσάθρωση, απώλεια κονιάματος παρατηρείται στο σύνολο της

όψης αυτής όπως έχει προαναφερθεί. Η αποδιοργάνωση της λιθοδομής και οι προαναφερθείσες ρηγματώσεις οφείλονται κατά είναι σημαντικό ποσοστό στην ελλιπή διαφραγματική λειτουργία και στην αστοχία μεμονωμένων διαζωμάτων στο δομικό σύστημα του τριώροφου κτηρίου. Η καταστροφή των εσωτερικών μεσοπατωμάτων σε συνδυασμό με τη φθορά των λιθοσωμάτων και την ανερχόμενη υγρασία, συντελεί στην αποδιοργάνωση του υλικού στις όψεις .



ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ (τμήμα 1)

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΦΘΟΡΩΝ







-  χρωματική αλλοίωση-βιολογική φθορά
-  χρωματική αλλοίωση-οξειδία σιδήρου
έκπλυση πηλοκονιάματος
-  απώλεια κονιάματος- αποκάλυψη τσαπεταρίσματος
-  μηχανικές φθορές- ρηγματώσεις
-  αποδιοργάνωση υλικού
-  υπολείμματα επιχρίσματος

Ε 1. .Ανατολική όψη, τμήμα 1, σχεδιάγραμμα φθορών



ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ (τμήμα 2)

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΦΘΟΡΩΝ

-  χρωματική αλλοίωση-βιολογική φθορά
-  χρωματική αλλοίωση-οξείδια σιδήρου
έκπλυση πηλοκονιάματος
-  απώλεια κονιάματος- αποκάλυψη τσαπεταρίσματος
-  μηχανικές φθορές- ρηγματώσεις
-  αποδιοργάνωση υλικού
-  υπολείμματα επιχρίσματος


Ε 2. Ανατολική όψη, τμήμα 2, σχεδιάγραμμα φθορών

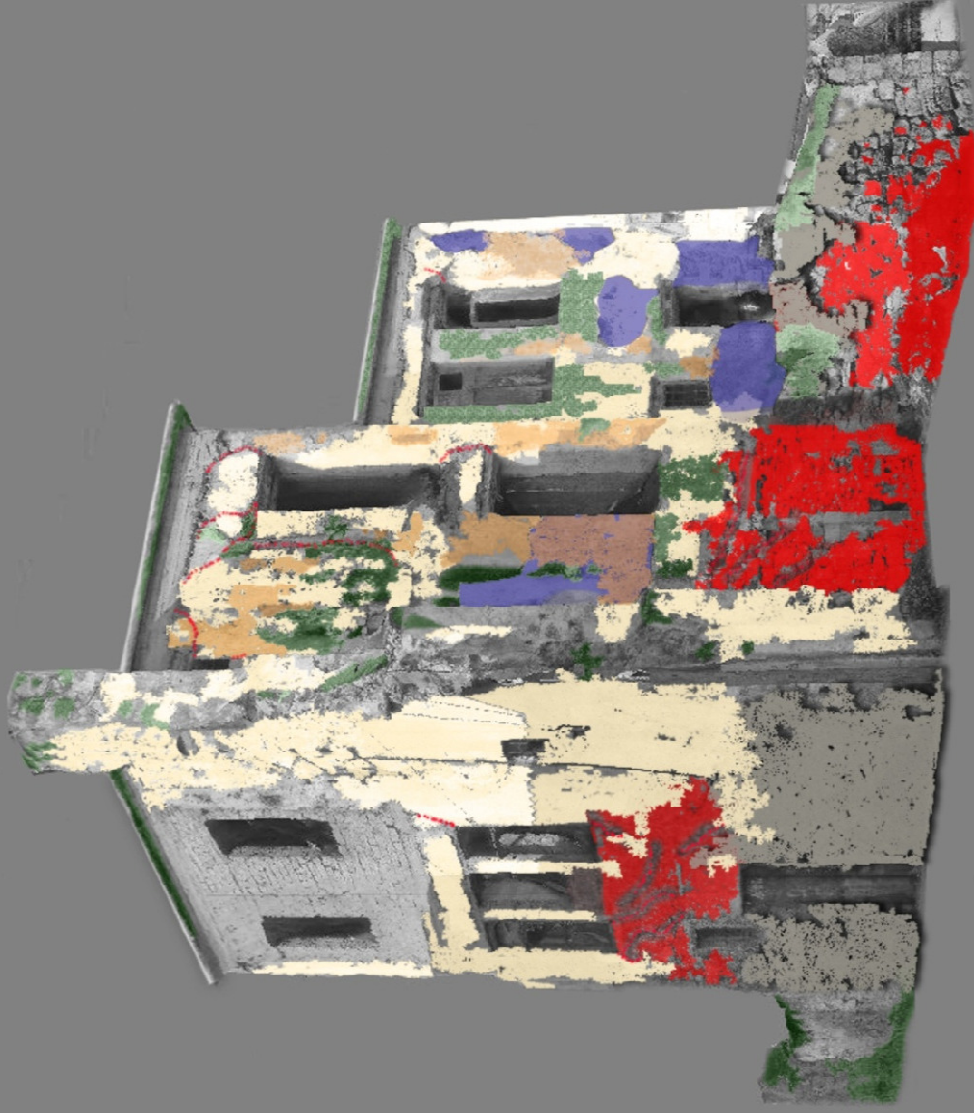
Τμήμα 2

Στο δεύτερο τμήμα της ανατολικής όψης (Ε2) εμφανίζονται διαγώνιες ρηγματώσεις γύρω από τα ανοίγματα καθώς και αποδιοργάνωση του υλικού. Τμήματα του κονιάματος έχουν αποκολληθεί και εμφανίζονται χρωματικές αλλοιώσεις λόγω βιολογικής φθοράς και διάχυσης οξειδίων του σιδήρου. Η αποδιοργάνωση υλικού και οι αποκολλήσεις τμημάτων του κονιάματος φαίνεται να έχουν προκληθεί κυρίως από μηχανική αστοχία των υπερθύρων και σεισμό.

ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ









	χρωματική αλλοίωση-βιολογική φθορά
	χρωματική αλλοίωση-οξείδια σιδήρου εξέλιξη πηλοκονιάματος
	επώλεια κονιόματος- αποκάλυψη τσιμεντοστρώματος
	μηχανικές φθορές- ρηγματώσεις
	αποδιοργάνωση υλικού
	νπολείμματα επιχρίσματος
	επίχρυσμα με τσιμέντο

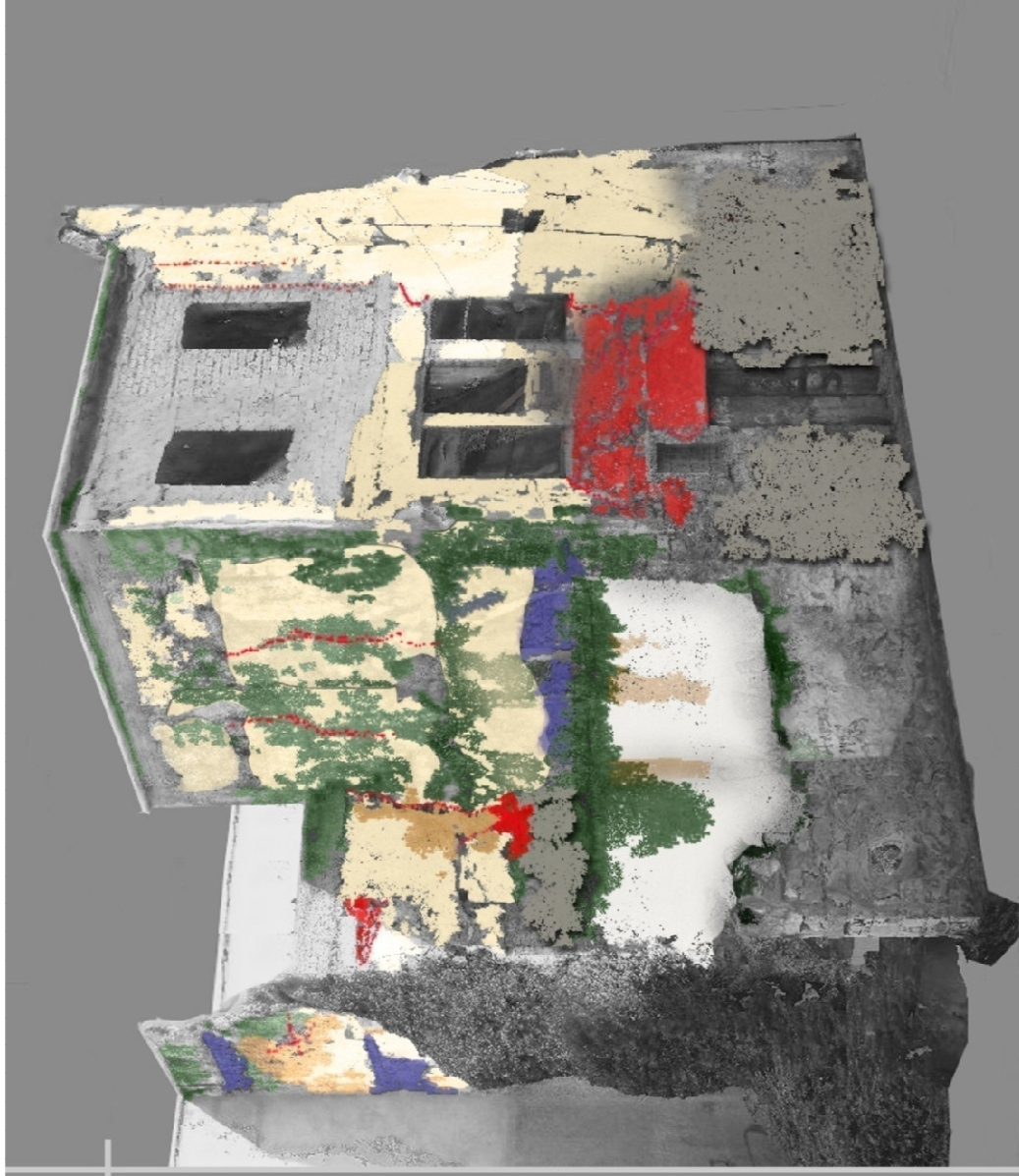


Ε 3. Νοτιοανατολική όψη, παθολογία και περιβαλλοντικές επιδράσεις

ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ

ΥΠΟΠΝΗΜΑ ΦΘΟΡΩΝ

	Χρωματική αλλοίωση-βιολογική φόρα
	Χρωματική αλλοίωση-οξείδια σιδήρου έκλυση πηλοκονιάματος
	απόλαστα κονιάματα- αποκέλυση λιθοδομής
	μηχανικές οφονές- ρηγματώσεις
	αποδιοργάνωση υλικού
	υπολείμματα επιχρίσματος
	επάρσιμα με τσιμέντο
	μινωδης σπασιμενου σκυροδεματος



Ε 5.Νοτιοδυτική όψη, παθολογία και περιβαλλοντικές επιδράσεις

Νότια όψη

Στη Νότια όψη του κτηρίου συναντώνται υπολείμματα επιχρίσματος στο μεσαίο όροφο και δεξιά και αριστερά της μεταγενέστερης πλήρωσης με οπτόπλινθους στο υψηλότερο όροφο. Τα λιθοσώματα εμφανίζουν κυψελοειδή διάβρωση και βελονισμό (Εικ. 50) ενώ έχει συντελεστεί και έκπλυση του συνδετικού κονιάματος με αποτέλεσμα την πτώση υλικού και την αποδιοργάνωση της τοιχοποιίας στο τμήμα αυτό. Χρωματικές αλλοιώσεις παρατηρούνται λόγω βιολογικής φθοράς και συσσώρευσης υγρασίας στο γείσο της πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος. Στο αριστερό τμήμα επαφής της όψης με τον εγκάρσιο τοίχο παρατηρείται απόκλιση από την κατακόρυφο τμήματος της λιθοδομής, διόγκωσή της και αποδιοργάνωση υλικού. Στον πεσσό του κεντρικού ανοίγματος του κτηρίου που βρίσκεται στη όψη αυτή, παρατηρείται θραύση και πτώση λιθοσώματος.



Εικόνα 50. Κυψελοειδής διάβρωση και βελονισμός σε λιθοσώματα της νοτίου όψης

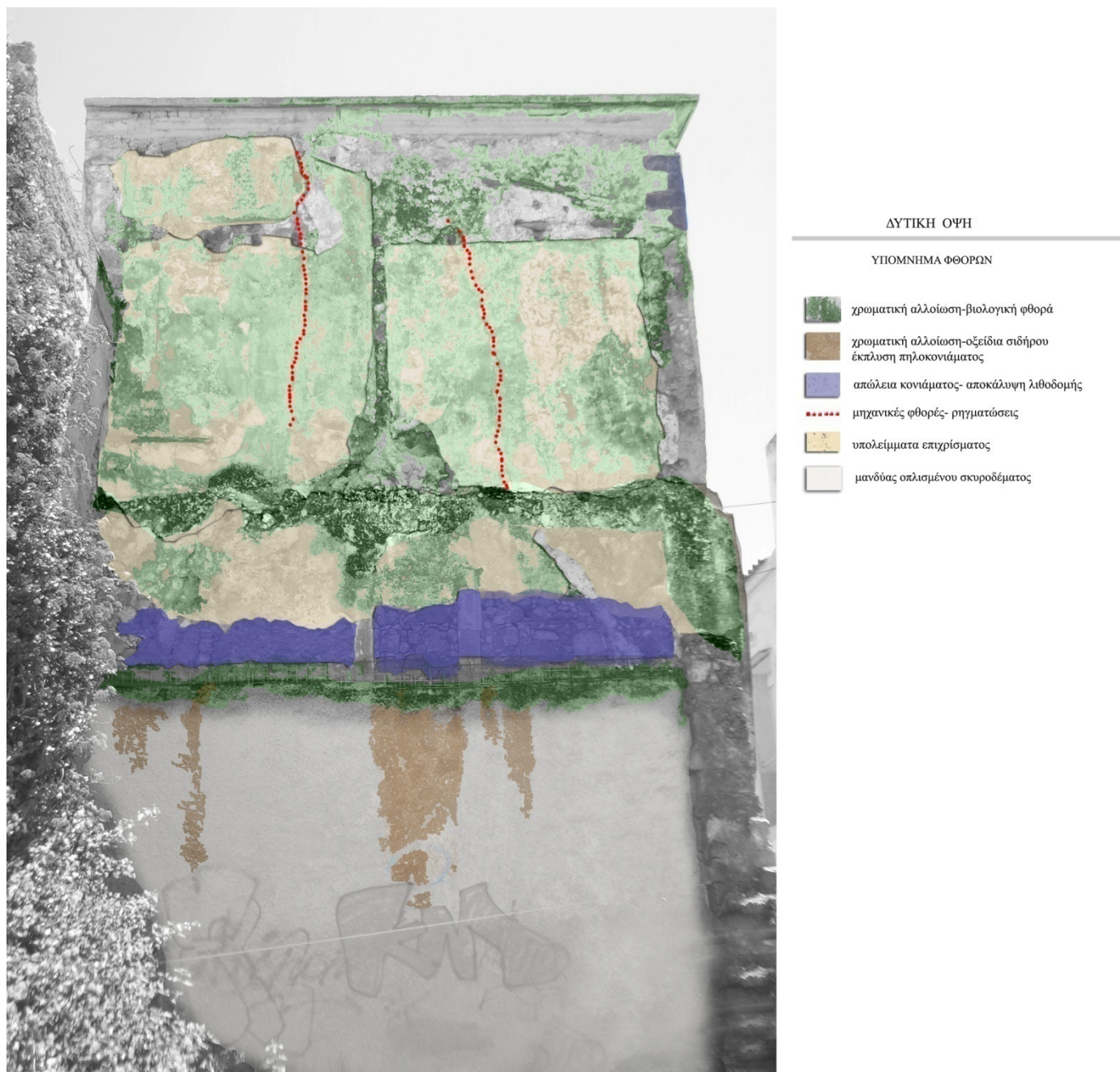


Εικόνα 51. Τμήμα της νότιας όψης, διαγώνιες ρηγματώσεις και αποδιοργάνωση υλικού

Στο ισόγειο έχει πραγματοποιηθεί επίχριση με τσιμέντο και έχει καλυφθεί η λιθοδομή. Σκοπός της επέμβασης αυτής που πραγματοποιήθηκε στην επέμβαση στερέωσης του 1990 ήταν η πρόχειρη στερέωση των λιθοσωμάτων που είχαν αρχίσει να αποδιοργανώνονται. Στην όψη αυτή δεν παρατηρείται συσσώρευση υγρασίας και βιολογική φθορά . Αυτό οφείλεται στην προστασία της όψης από τη βροχή λόγω της εγγύτητας του κτηρίου που γειτνιάζει στο νότο στα 2,5 μέτρα (Εικ.51).

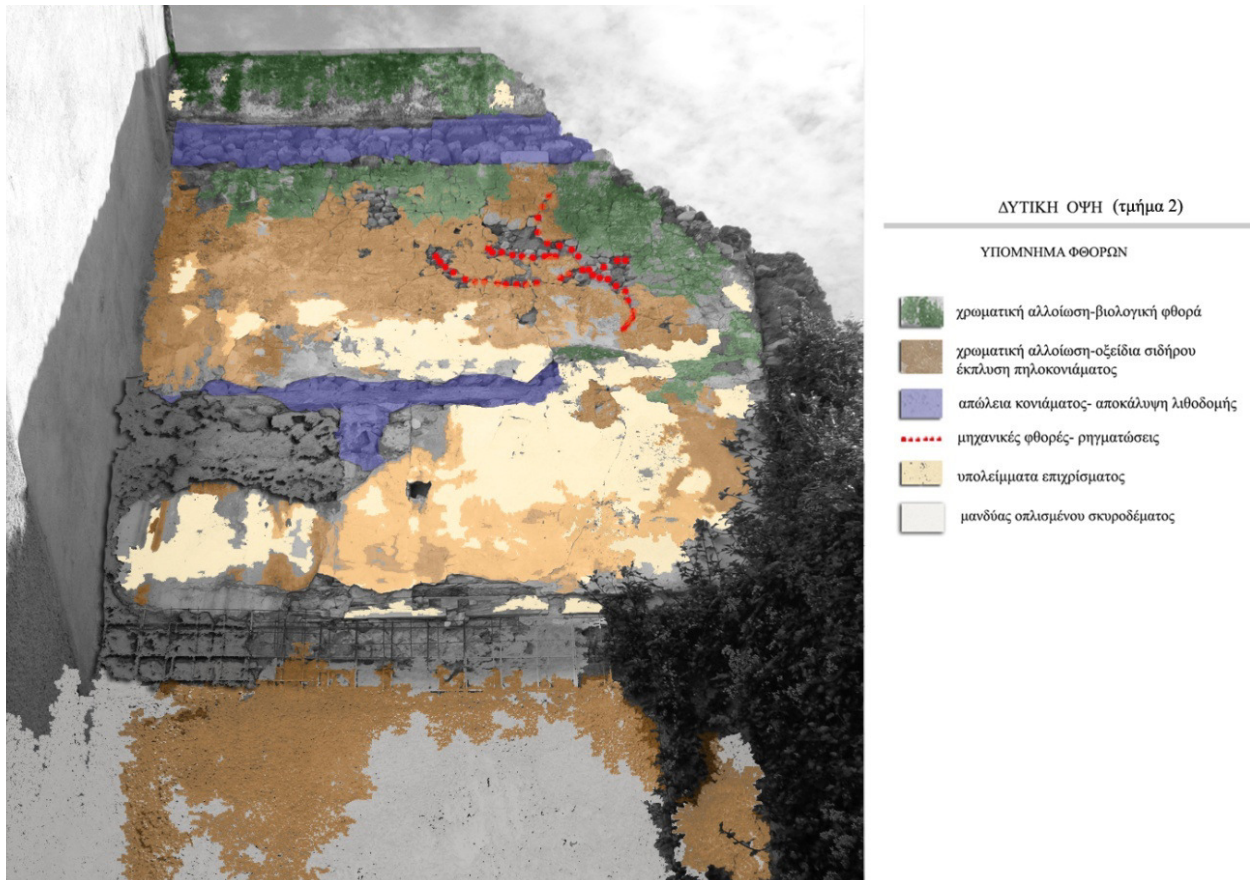
Δυτική όψη

Η δυτική όψη(Ε5)αποτελούσε μεσοτοιχία με κτήριο που έχει καταρρεύσει από σεισμό. Μέχρι το ύψος του ισογείου η λιθοδομή έχει επενδυθεί με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. Τα εναπομείναντα τμήματα του επιχρίσματος φανερώνουν τη θέση των εγκάρσιων τοίχων της οικοδομής που κατέρρευσε. Στον υψηλότερο όροφο εμφανίζονται δύο κάθετες ρωγμές .Οι ρωγμές αυτές οφείλονται σε κάμψη εκτός επιπέδου, λόγω σεισμού εγκάρσιου στη διεύθυνση της επιφάνειας του τοίχου. Χρωματικές αλλοιώσεις λόγω βιολογικής φθοράς εντοπίζονται στο ανώτερο σημείο επαφής του μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος με τη λιθοδομή και στη ζώνη που η λιθοδομή παρουσιάζει μια κλιμάκωση η οποία ευνοεί τη συσσώρευση υγρασίας. Υγρασία επίσης εντοπίζεται στο σημείο επαφής με τον εγκάρσιο τοίχο του βορειότερου τμήματος της οικίας.

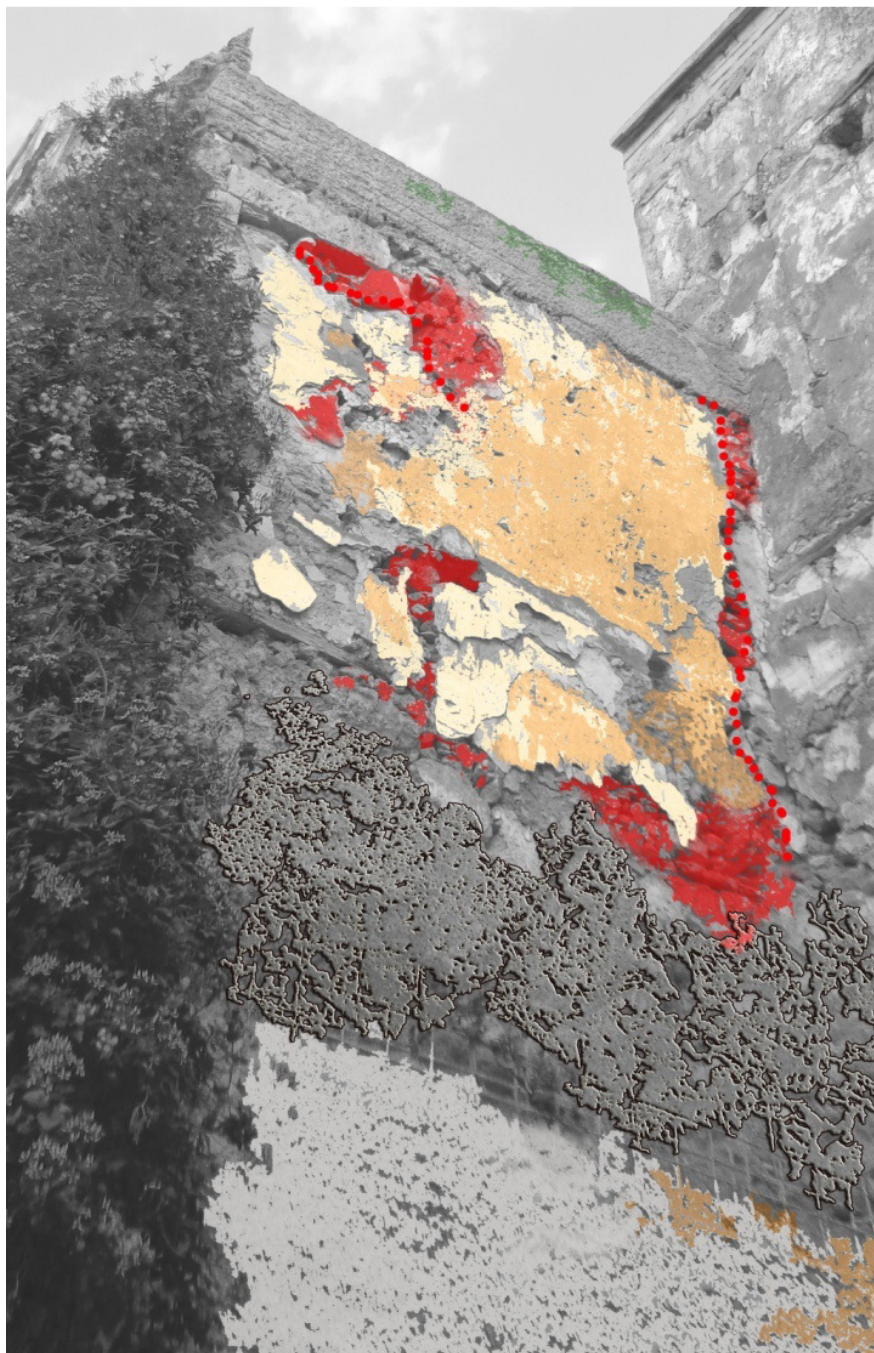


Ε 7. Τμήμα 1 δυτικής όψης, παθολογία και περιβαλλοντικές επιδράσεις

Στο βορειότερο τμήμα της δυτικής όψης εντοπίζεται αποδιοργάνωση υλικού και πτώση λιθοσωμάτων . Στην όψη αυτή έχει τοποθετηθεί μονόπλευρος μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος. Ο μανδύας φαίνεται να έχει λειτουργήσει χωρίς να προκαλέσει προβλήματα στο κτήριο (π.χ. εγκλωβισμός υγρασίας)[11]. Παρατηρούνται επίσης χρωματικές αλλοιώσεις λόγω βιολογικής φθοράς εντονότερες στο σημείο όπου έχει καταρρεύσει το στηθαίο καθώς και χρωματικές αλλοιώσεις λόγω οξειδίων του σιδήρου (Ε6).



Ε 8. Τμήμα 2 δυτικής όψης, παθολογία και περιβαλλοντικές επιδράσεις



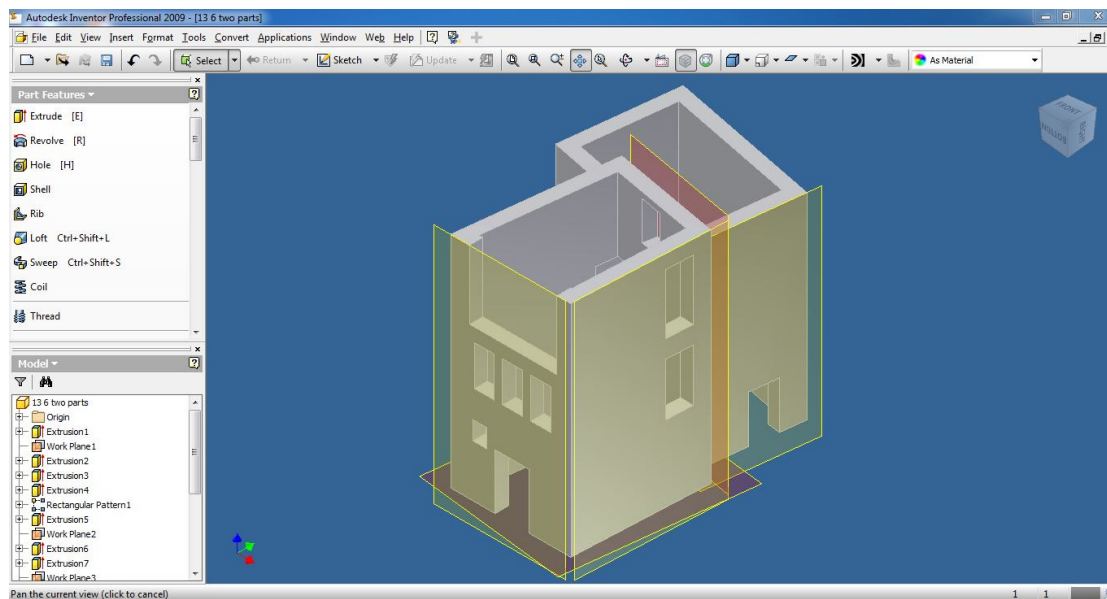
Ε 9. Εγκάρσιος τοίχος σύνδεσης του βορειότερου με το νοτιότερο τμήμα του κτηρίου, παθολογία και περιβαλλοντικές επιδράσεις

Στο τμήμα αυτό (Ε7) παρατηρούνται ρηγματώσεις λόγω αποδιοργάνωσης υλικού εξαιτίας παλαιότητας . Το εναπομείναν κονίαμα εμφανίζει χρωματικές αλλοιώσεις λόγω οξειδίων του σιδήρου. Στη ζώνη πάνω από το μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος έχει πραγματοποιηθεί επίχριση με τσιμέντο με σκοπό τη συγκράτηση των αποδιοργανωμένων λιθοσωμάτων.

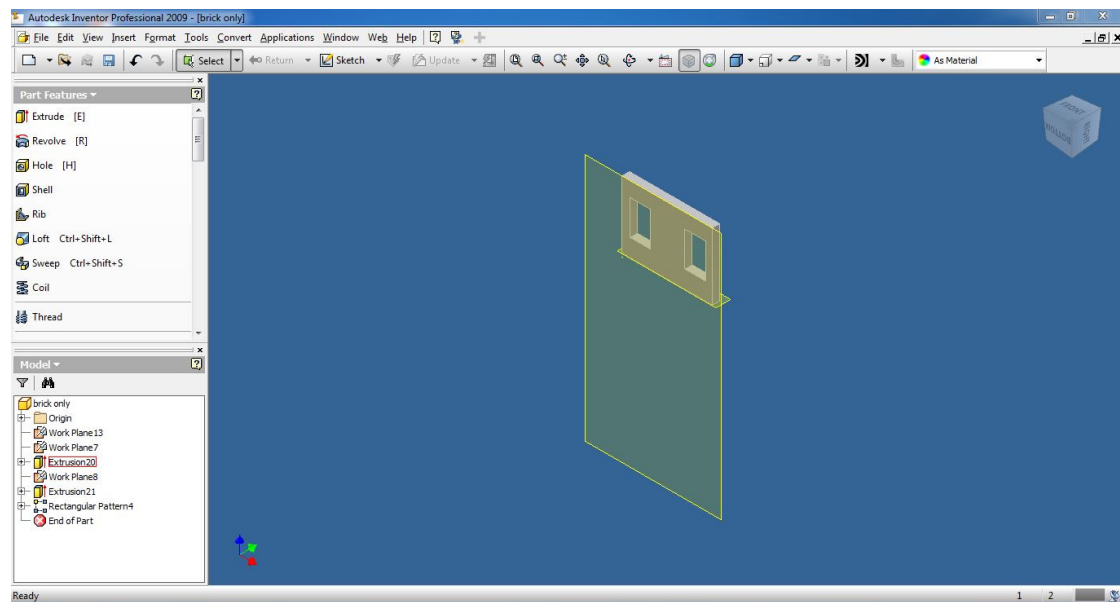
4.Ανάλυση με τη μέθοδο των Πεπερασμένων στοιχείων

4.1. Εισαγωγή γεωμετρίας φορέα (Mesh Generation)

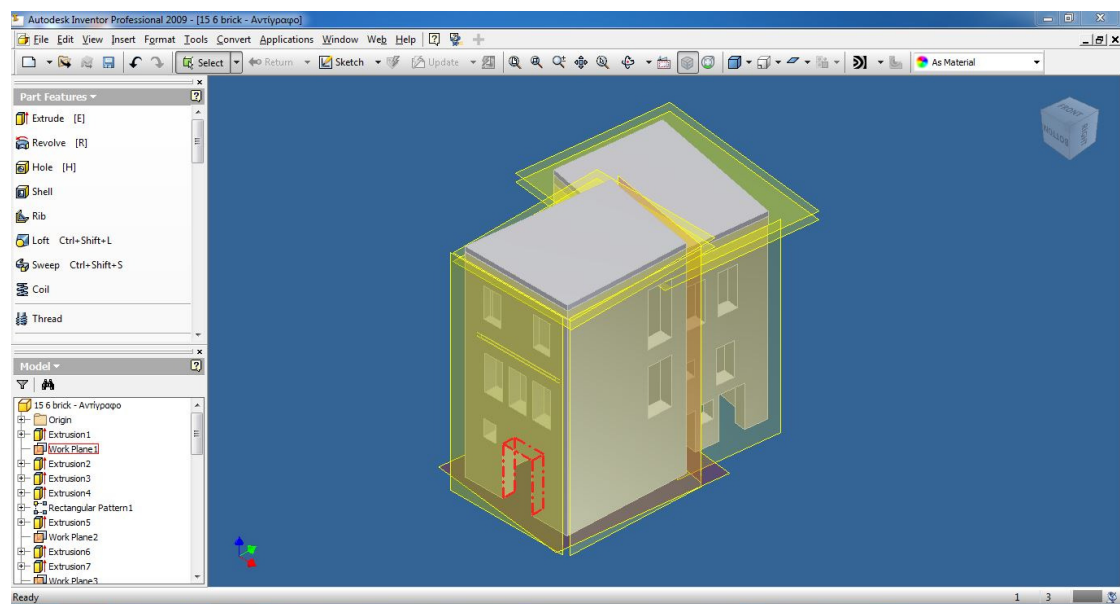
Το κτήριο αποτυπώθηκε και σχεδιάστηκε με σκοπό την προσομοίωση της συμπεριφοράς του σε στατικά φορτία καθώς και την εκτίμηση της δυναμικής συμπεριφοράς του μέσω ιδιομορφών του δηλαδή του τρόπου ταλάντωσής του στις φυσικές του συχνότητες (ιδιοσυχνότητες). Η σχεδίαση έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος Autocad 2013 της Autodesk. Λόγω της πολυπλοκότητας της γεωμετρίας του και την ανάγκη αποτύπωσης της πραγματικής κατάστασης κατά την ανάλυση με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων, η τρισδιάστατη μοντελοποίηση πραγματοποιήθηκε σε σχεδιαστικό πρόγραμμα δημιουργίας συμπαγών μοντέλων (solid elements) . Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε είναι το Autodesk Inventor. Το κτήριο μοντελοποιήθηκε τμηματικά με κριτήριο τα υλικά κατασκευής (Εικ. 52,53,54). Τα μοντέλα αυτά εισήχθησαν στο πρόγραμμα MSC Marc Mentat 2010 και αποτέλεσαν ένα ενιαίο μοντέλο του συνόλου του κτηρίου.



Εικόνα 52. Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση της τοιχοποιίας από λιθοδομή στο πρόγραμμα Inventor



Εικόνα 53. Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση της τοιχοποιίας από οπτόπλινθους στο πρόγραμμα Inventor



Εικόνα 54. Το σύνολο του τρισδιάστατου μοντέλου, λιθοδομή, τοιχοποιία οπτόπλινθων, πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος, διαζώματα οπλισμένου σκυροδέματος, στο πρόγραμμα inventor

Με σκοπό τη μελέτη των επιδράσεων διαφόρων μεθόδων επέμβασης σε παραδοσιακά κτήρια και με βάση τις επεμβάσεις που έχει υποστεί το κτήριο μελέτης, μελετήθηκαν τέσσερα μοντέλα του ίδιου κτηρίου.

A) Μοντέλο 1: Υφιστάμενο κτήριο

Το μοντέλο 1 περιλαμβάνει το κτήριο στην υφιστάμενη κατάσταση. Οι περιμετρικοί τοίχοι αποτελούνται από λιθοδομή, η επιστέγαση του κτηρίου γίνεται με πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, η θέση της ξυλόπηκτης τοιχοποιίας πληρώνεται με τοίχο με οπτόπλινθους ενώ απουσιάζουν τα πατώματα (Εικ. 55,56).

B) Μοντέλο 2: Κτήριο με μεσοπατώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα

Στο μοντέλο 2 έχουν τοποθετηθεί μεσοπατώματα από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος στο υφιστάμενο κτήριο (Εικ. 57).

Γ) Μοντέλο 3: Κτήριο με ξύλινα μεσοπατώματα πακτωμένα στην λιθοδομή

Στο μοντέλο 3 έχουν τοποθετηθεί στο μοντέλο του υφιστάμενου κτίσματος ξύλινες δοκοί των μεσοπατωμάτων σύμφωνα με τον τρόπο που ήταν κατασκευασμένα τα μεσοπατώματα πριν τις φθορές που έχουν υποστεί (Εικ. 58).

Δ) Μοντέλο 4: Κτήριο με ξύλινα μεσοπατώματα και ξυλόπηκτη τοιχοποιία στην πρόσοψη

Στο μοντέλο 4 μελετάται το κτήριο με ξύλινες δοκούς στα μεσοπατώματα πακτωμένες στην τοιχοποιία και επαναφορά της ξυλόπηκτης τοιχοποιίας στη θέση της οπτοπλινθοδομής στην πρόσοψη (Εικ. 59).

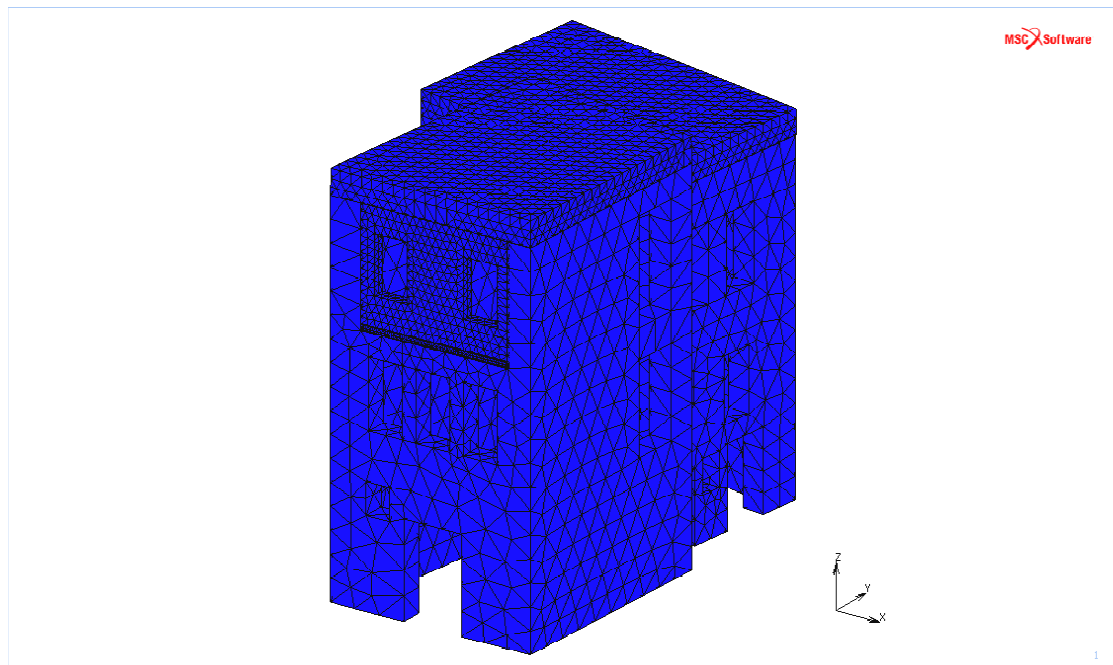
Σκοπός της δημιουργίας αυτών των μοντέλων είναι να μελετηθεί συγκριτικά η συμπεριφορά των παραδοσιακών κτηρίων σε σχέση με τις δυνατότητες επέμβασης και ενίσχυσης με διαφορετικά υλικά και πώς αυτά επηρεάζουν το σύνολο του δομικού τους συστήματος.

4.2. Διακριτοποίηση φορέα (Discretization)

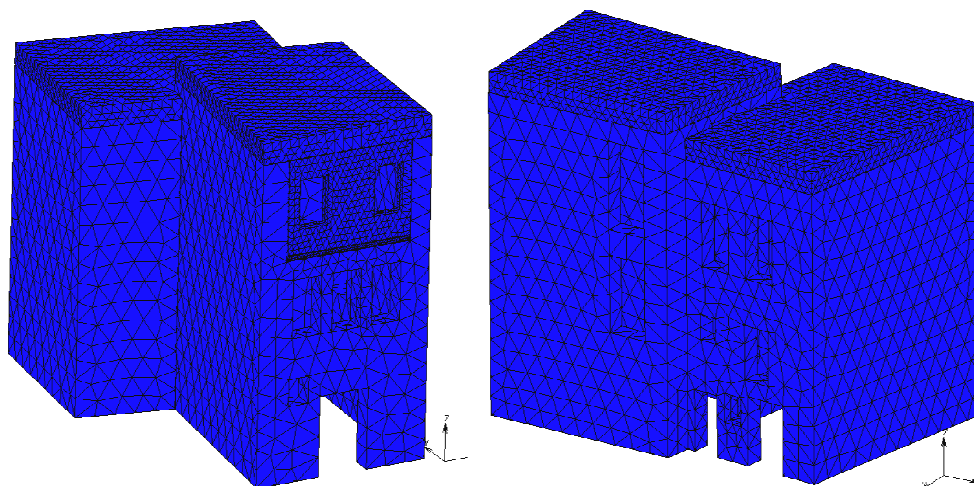
Τα τρισδιάστατα μοντέλα συμπαγών όγκων εισήχθησαν στο πρόγραμμα MSC Marc Mentat με σκοπό την αυτόματη διακριτοποίησή τους σε πεπερασμένα στοιχεία (Εικ.55-59). Τα στοιχεία που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι στοιχεία Quad(4) με τρεις βαθμούς ελευθερίας σε κάθε κόμβο (Πιν.3).

Μοντέλα	Elements	Nodes
Μοντέλο 1	21432	6893
Μοντέλο 2	44016	13515
Μοντέλο 3	37071	13516
Μοντέλο 4	43407	13517

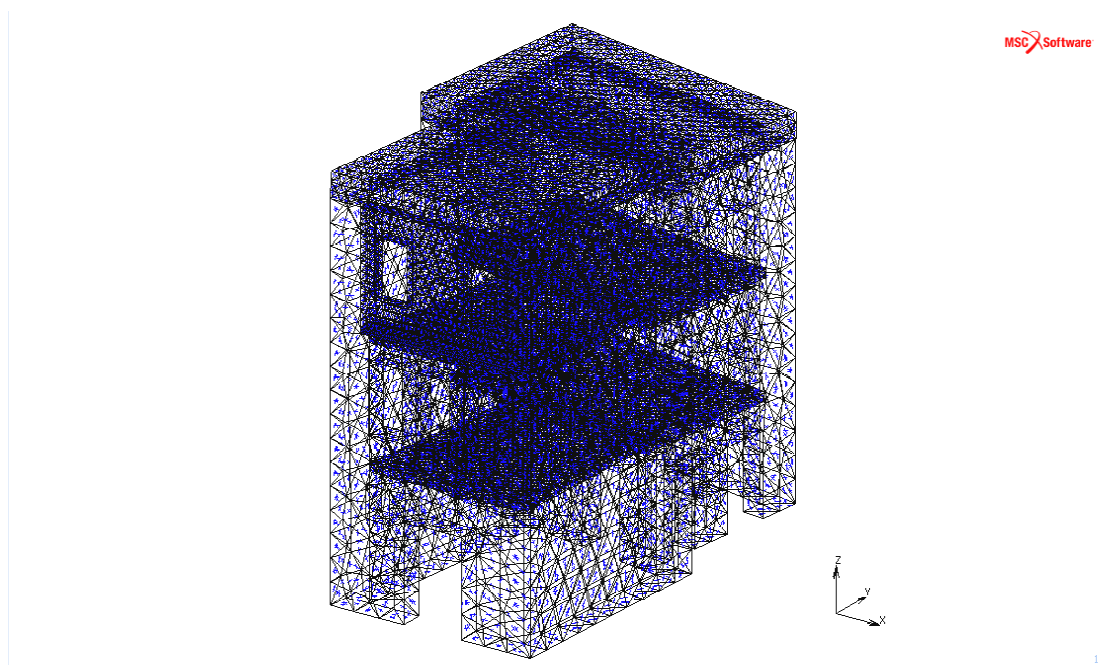
Πίνακας 3. Μεγέθη μοντέλων σε πεπερασμένα στοιχεία και κόμβους



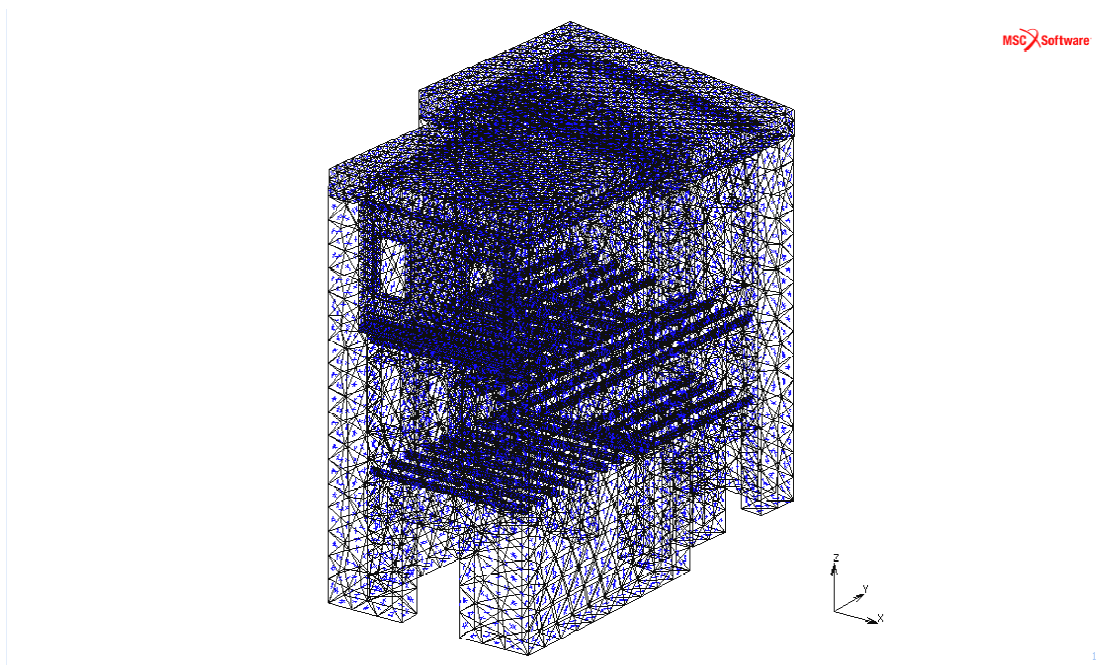
Εικόνα 55. Μοντέλο 1: Αυτόματη διακριτοποίηση σε πεπερασμένα στοιχεία, Νοτιοανατολική όψη



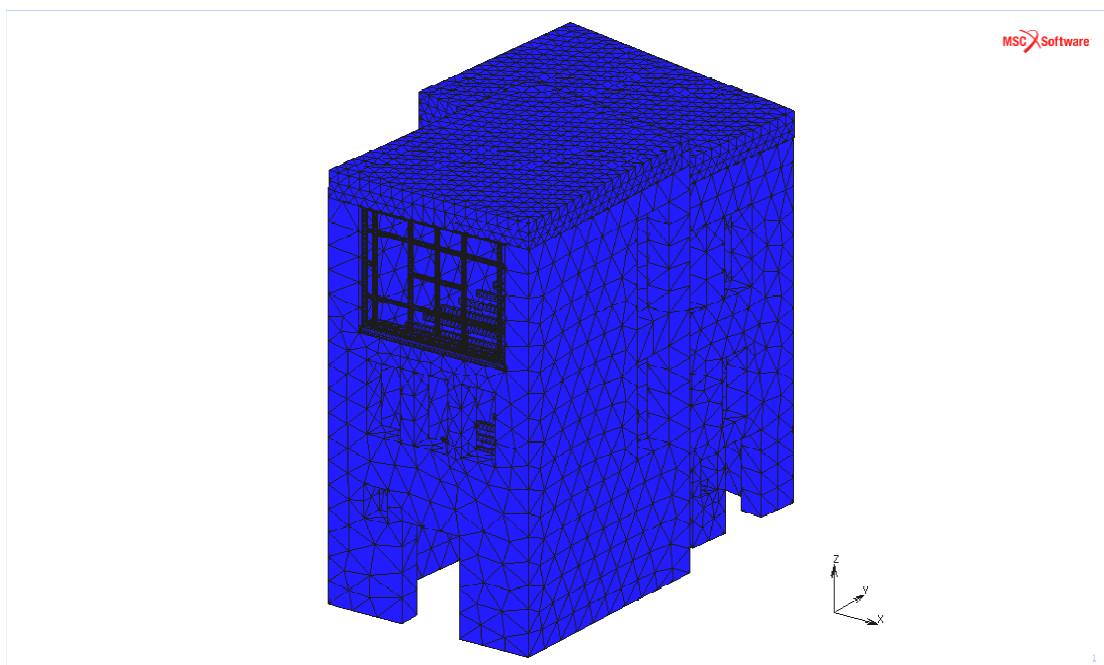
Εικόνα 56. Μοντέλο 1:Αυτόματη διακριτοποίηση σε πεπερασμένα στοιχεία, νοτιοδυτική όψη, βορειοανατολική όψη



Εικόνα 57. Μοντέλο 2: Αυτόματη διακριτοποίηση σε πεπερασμένα στοιχεία



Εικόνα 58. Μοντέλο 3: Αυτόματη διακριτοποίηση σε πεπερασμένα στοιχεία



Εικόνα 59. Μοντέλο 4: Αυτόματη διακριτοποίηση σε πεπερασμένα στοιχεία

4.3. Ιδιότητες στοιχείων –Υλικών (Material Properties)

Στα μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα βασικά υλικά, όπως: λιθοδομή, ξύλο, σκυρόδεμα και οπτόπλινθοι(Εικ. 60,61,62,63).

Τα μεγέθη και οι ιδιότητες των υλικών προέκυψαν μέσα από σχετική βιβλιογραφία.

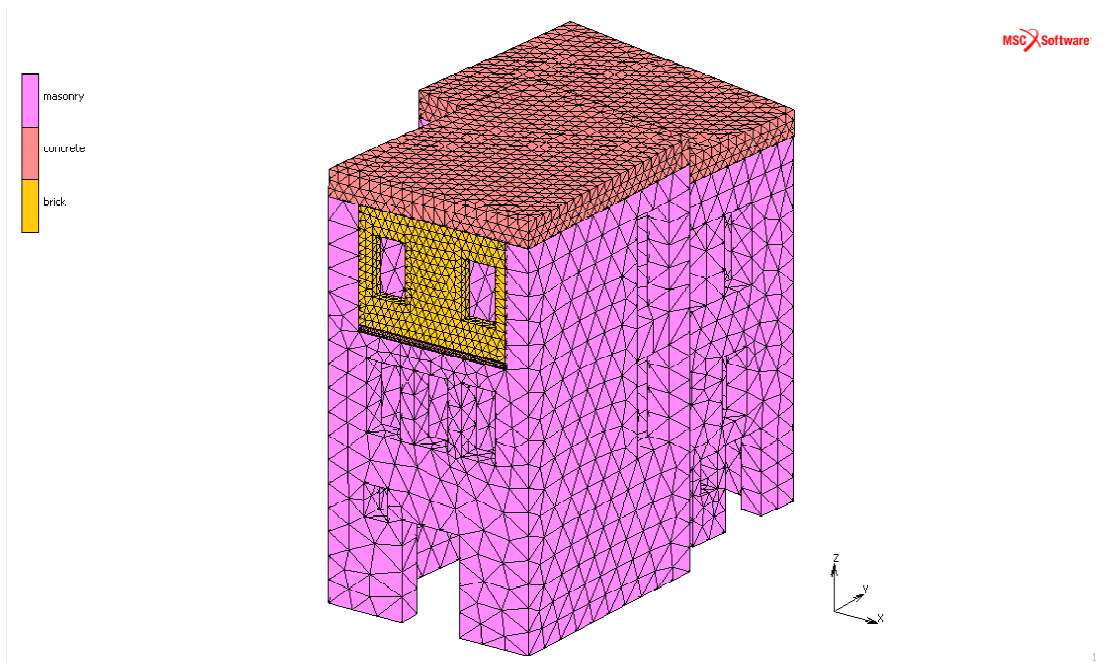
Τα μοντέλα σχεδιάστηκαν σε χιλιοστά (mm) οπότε κατά την εισαγωγή των ιδιοτήτων υλικών του στο πρόγραμμα έγιναν οι απαραίτητες αντιστοιχίες στις μονάδες (Πιν.4). Οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν αναγράφονται σε πίνακα που ακολουθεί (Πιν.5).

System of Units	Input							Output		
	Length	Force	Elastic Modulus	Mass	Mass Density	WTMASS Parameter	1 G	Disp	Force	Stress
1	m	N	Pa	kg	kg/m ³	1.0	9.807 m/sec ²	m	N	Pa
2	mm	N	MPa	t or Mg	t/mm ³ or Mg/mm ³	1.0	9807 mm/sec ²	mm	N	MPa

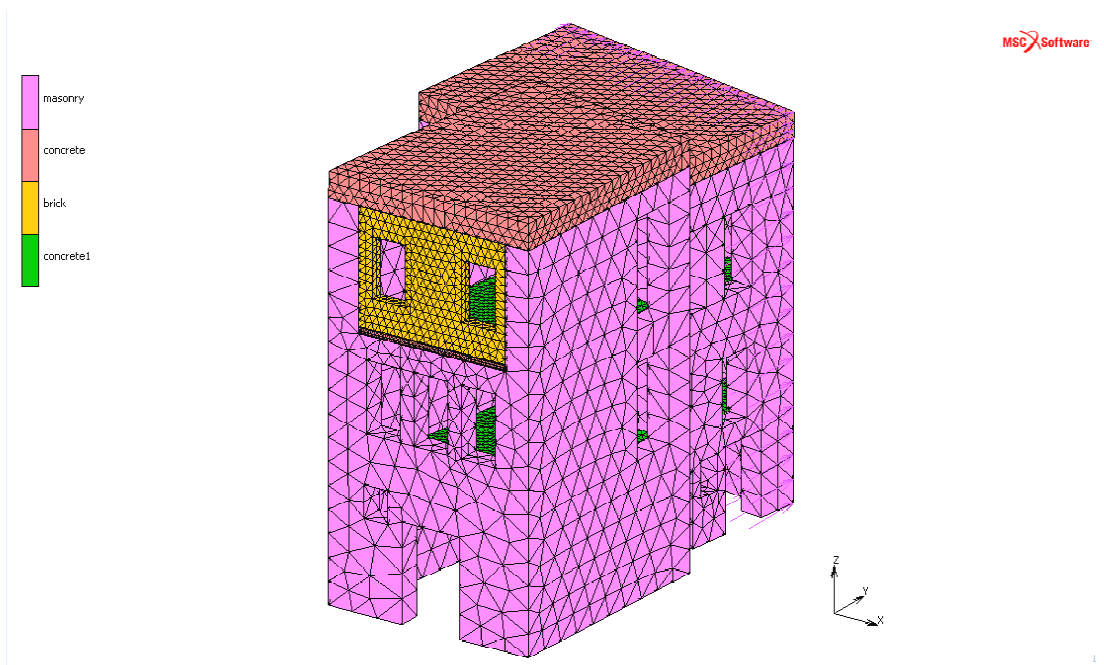
Πίνακας 4. Σύστημα μονάδων

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ			
Υλικά	Μέτρο ελαστικότητας E (Mpa)	Λόγος Poisson ν	Πυκνότητα ρ (t/mm ³)
Λιθοδομή	3000	0.2	1.70E-09
Ξύλινα ανώφλια	10000	0.2	7.00E-10
Σκυρόδεμα	27412	0.2	2.40E-09
Τοιχοποιία από οπτόπλινθους	8820	0.15	1.70E-09

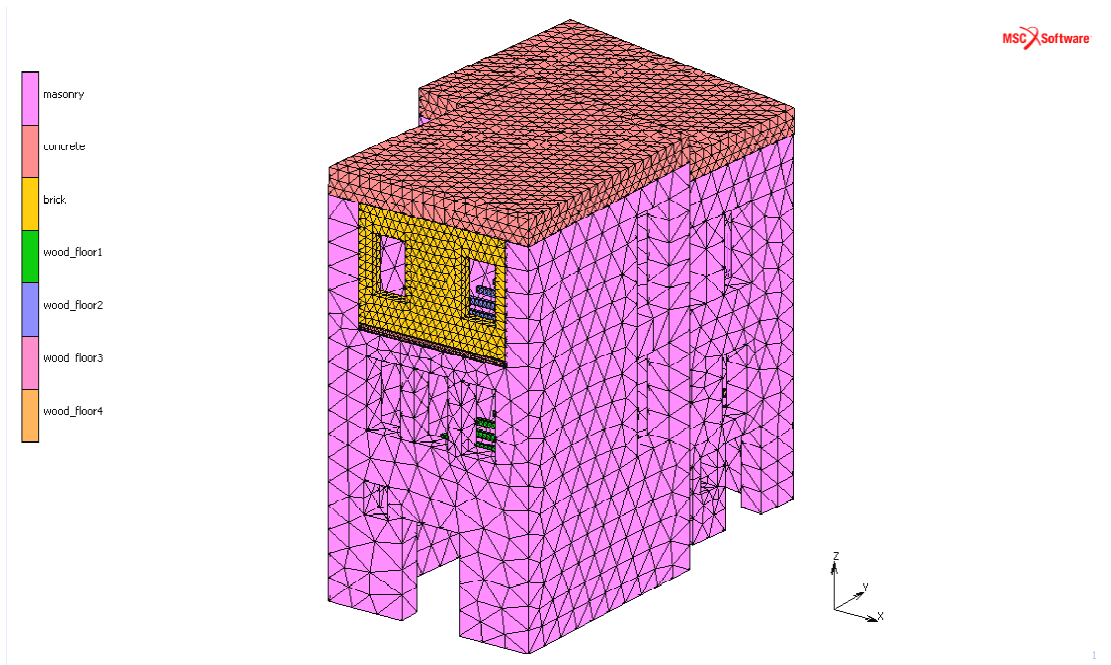
Πίνακας 5. Ιδιότητες Υλικών



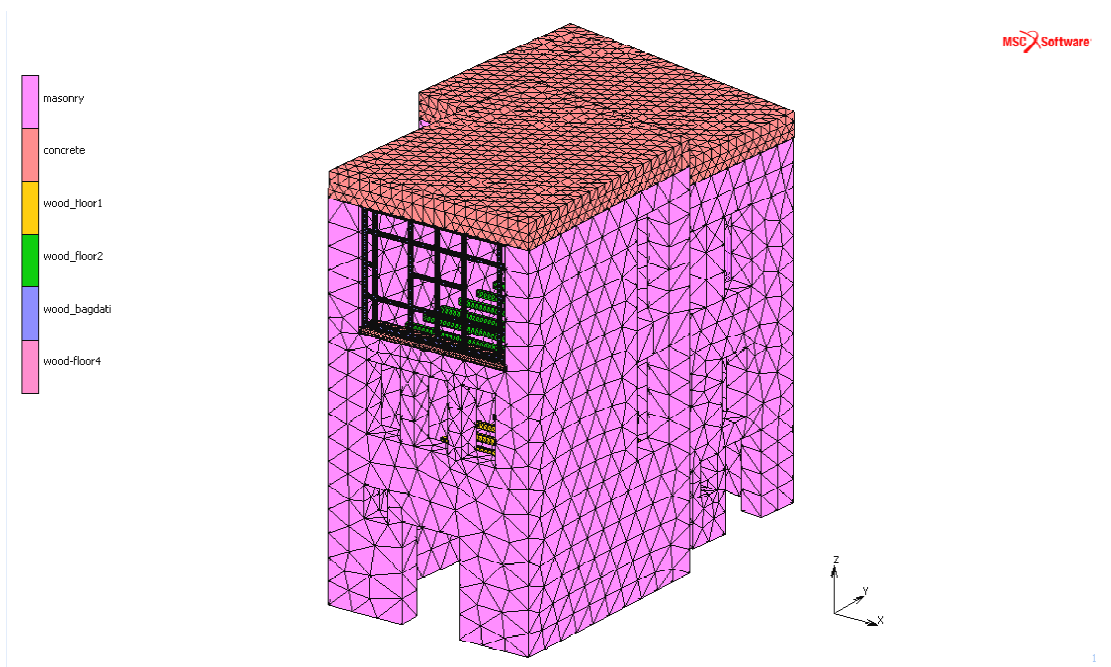
Εικόνα 60. Μοντέλο 1: Ιδιότητες υλικών



Εικόνα 61. Μοντέλο 2: Ιδιότητες υλικών



Εικόνα 62. Μοντέλο 3: Ιδιότητες υλικών

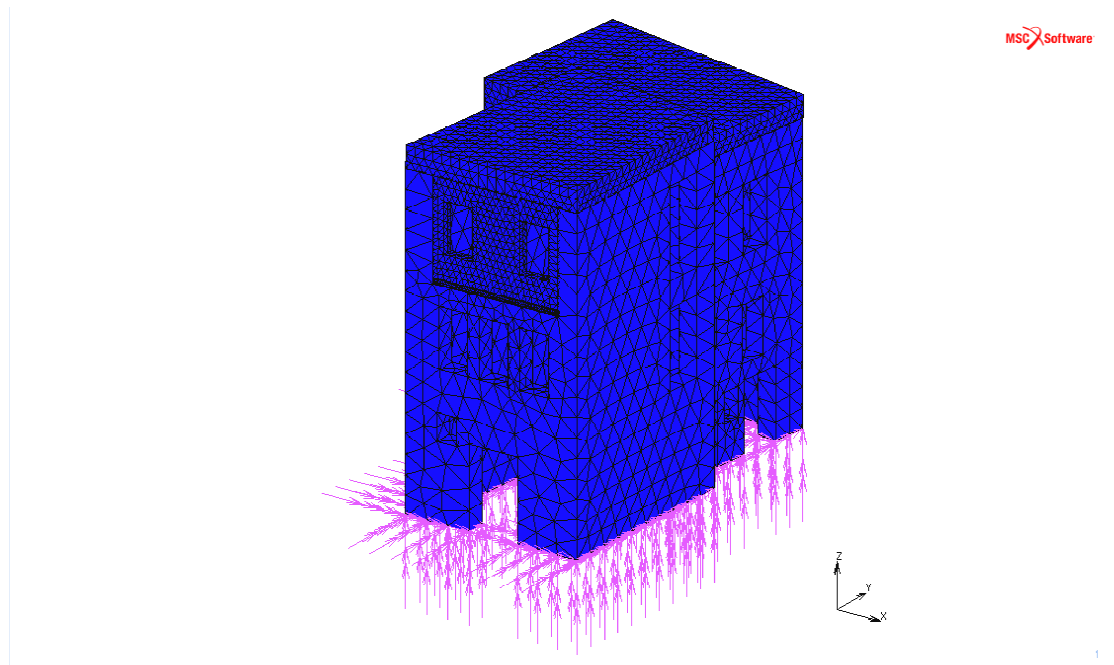


Εικόνα 63. Μοντέλο 4: Ιδιότητες υλικών

4.4. Συνοριακές συνθήκες (Boundary Conditions)

Οι συνοριακές συνθήκες και φορτίσεις που εφαρμόστηκαν στα μοντέλα του κτηρίου είναι οι εξής:

Πάκτωση στη βάση(Fixed displacement): Η θεμελίωση του κτηρίου θεωρήθηκε περιμετρικά ως πάκτωση (fixed displacement) απευθείας εδρασμένη στο έδαφος, στη στάθμη 0.00 m. Η εισαγωγή της πάκτωσης σε ένα κόμβο γίνεται με δέσμευση όλων των βαθμών ελευθερίας του(Εικ. 64).

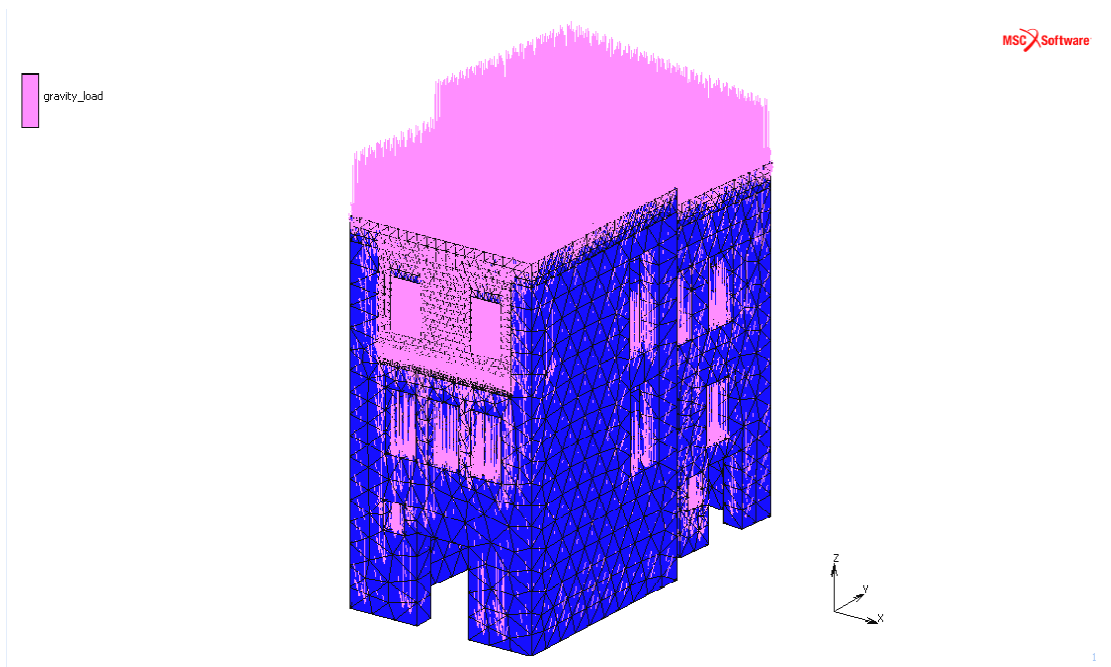


Εικόνα 64. Μοντέλο 1:Συνοριακή συνθήκη 1: Fixed displacement

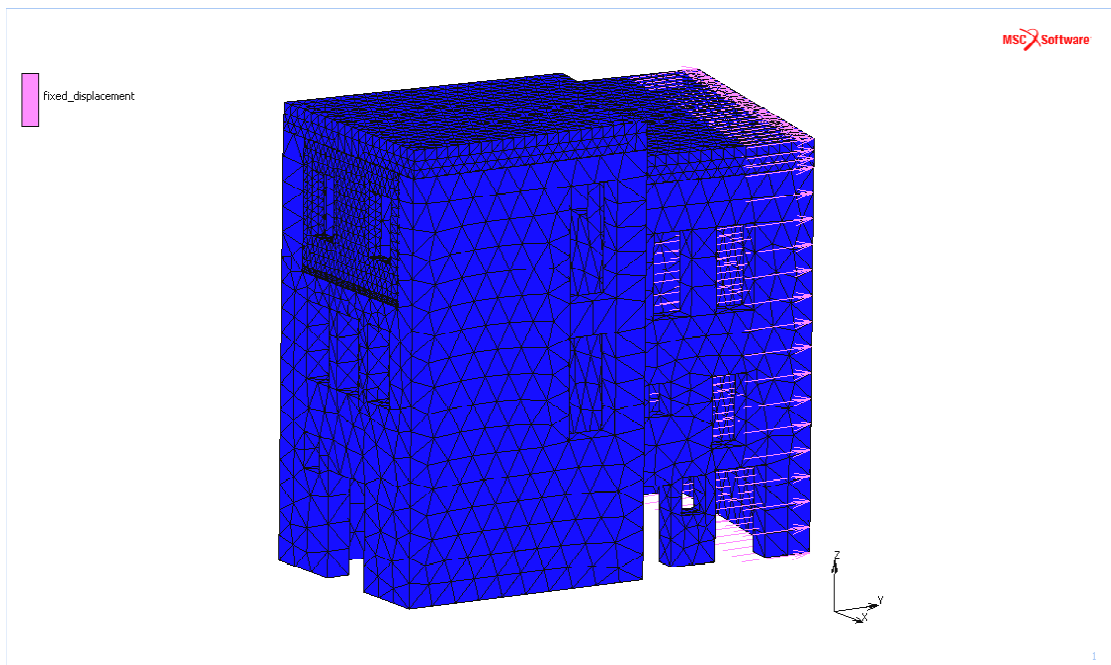
Ίδιο βάρος(gravity load): Το πρόγραμμα υπολογίζει αυτόματα τα ίδια βάρη των στοιχείων προσομοίωσης μέσω του ειδικού βάρους των υλικών που καθορίζεται στις ιδιότητές τους. Το g λαμβάνεται ίσο με 10m/s^2 (Εικ. 65).

Αποκλεισμός κίνησης στον άξονα Y (Fixed displacement Y): Κατά τον άξονα Y στο βόρειο τμήμα του κτηρίου ορίζεται αποκλεισμός της κίνησης καθώς το κτήριο έρχεται σε επαφή με γειτνιάζον κτίσμα (Εικ 66).

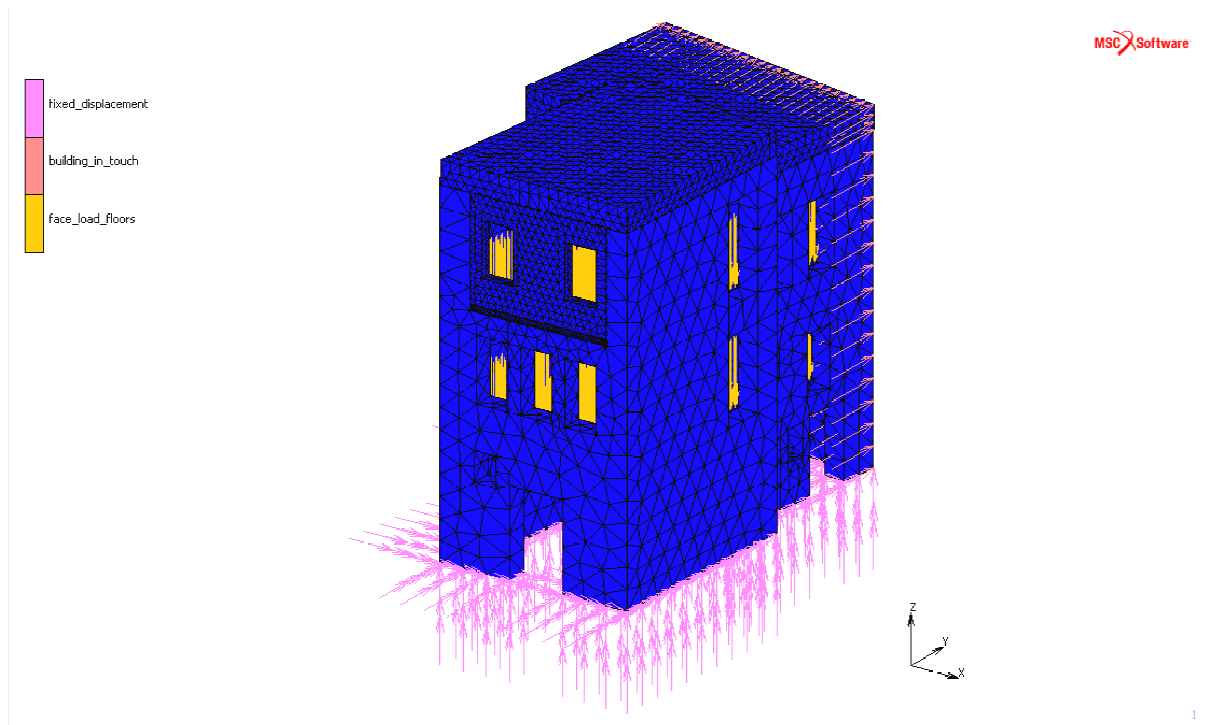
Φόρτιση δοκού(Face Load): Από τον κανονισμό φορτίσεων τα φορτία για δάπεδα είναι 3KN/m^2 . Επιμερισμένα στις δοκούς μας δίνουν $0,15\text{KN/M}^2$ (Εικ. 67,68,69).



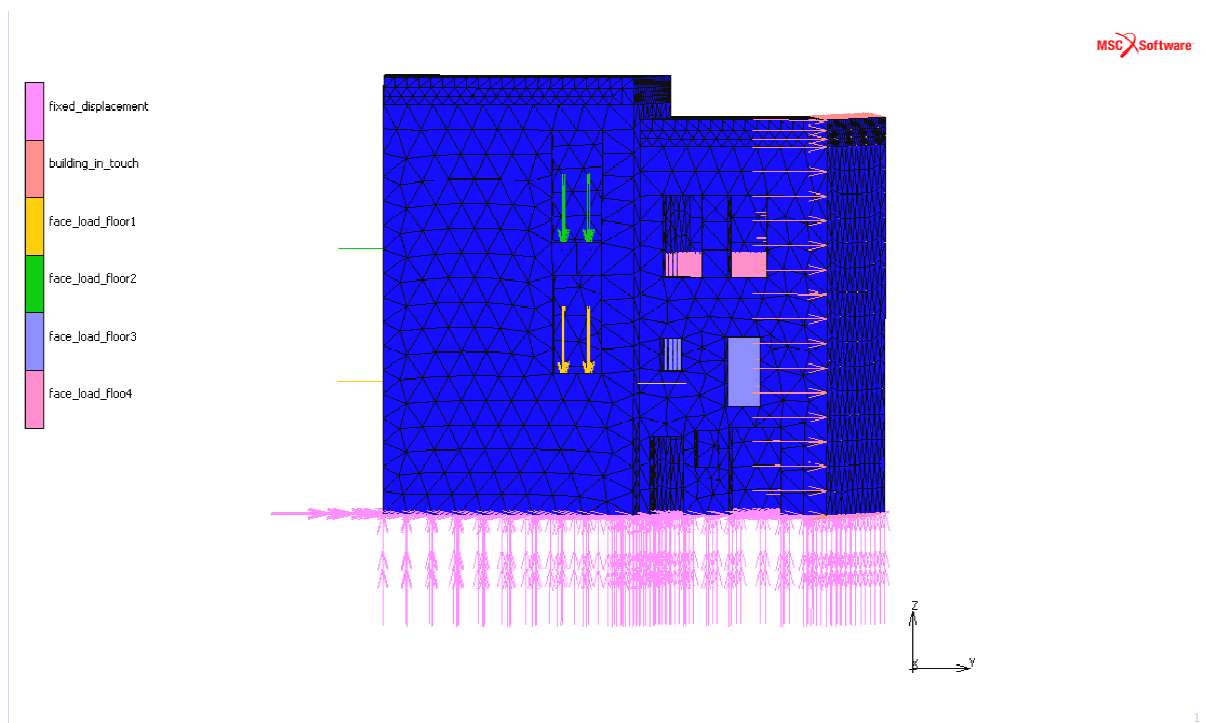
Εικόνα 65. Μοντέλο 1:Συνοριακή συνθήκη 2: Gravity Load



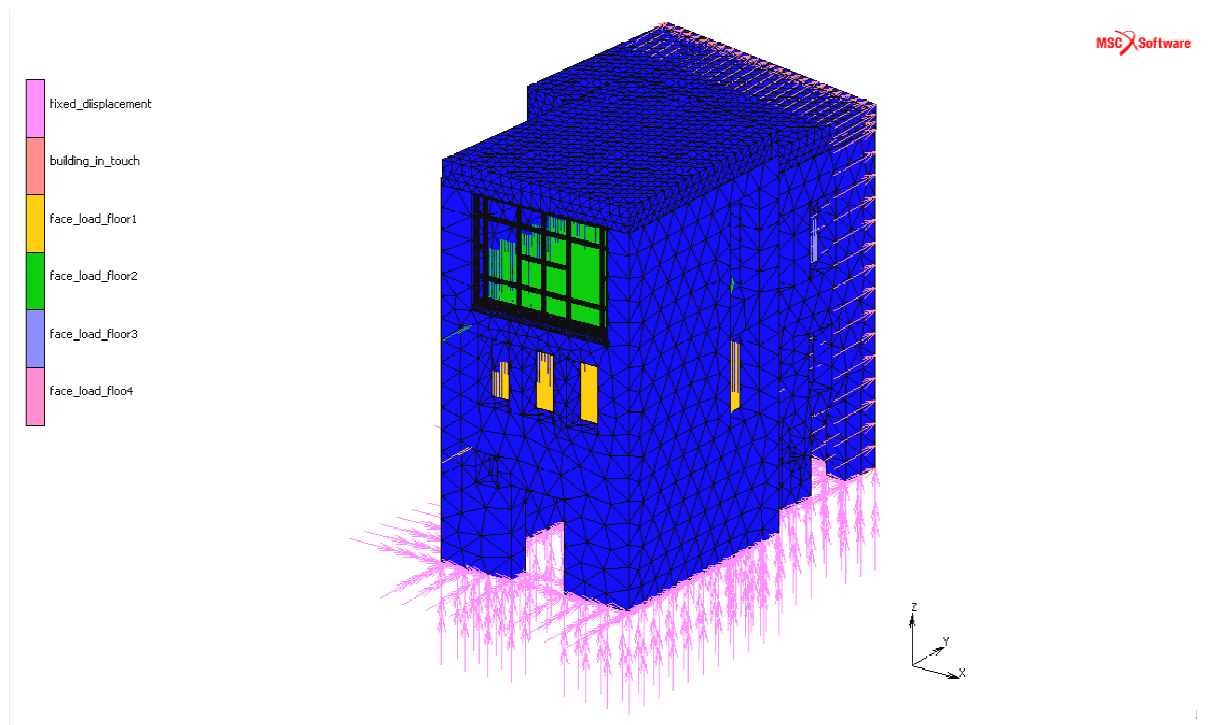
Εικόνα 66. Μοντέλο 1:Συνοριακή συνθήκη 3: Fixed displacement y



Εικόνα 67. Μοντέλο 2: Συνοριακές συνθήκες



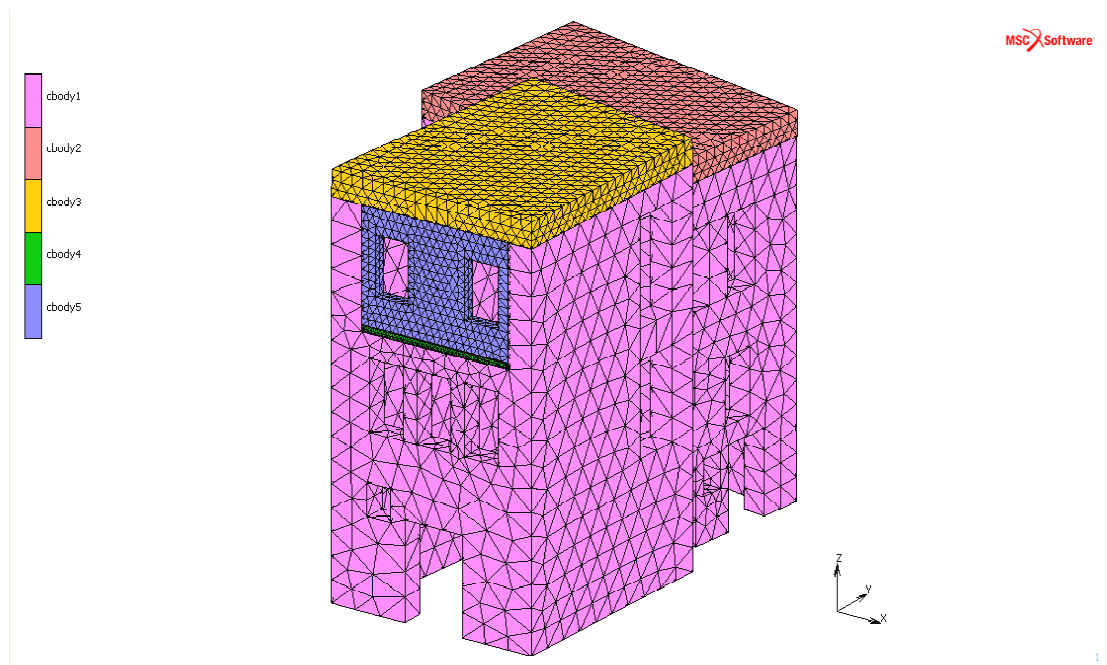
Εικόνα 68. Μοντέλο 3: Συνοριακές συνθήκες



Εικόνα 69. Μοντέλο 4: Συνοριακές συνθήκες

4.5. Σώματα σε επαφή (Contact Bodies)

Τα διακριτοποιημένα τμήματα του κτηρίου που εισήχθησαν ώστε να δημιουργηθούν τα τέσσερα μοντέλα αναγνωρίστηκαν ως σώματα σε επαφή «contact bodies» και η μεταξύ τους επαφή ορίστηκε σε « glue», δηλαδή θεωρείται πλήρης σύνδεση μεταξύ των διαφόρων σωμάτων. Λόγω της περίπλοκης γεωμετρίας των μοντέλων κατά την εφαρμογή της προσομοίωσης ορίστηκε κατάλληλη ανοχή με σκοπό την εξασφάλιση της επαφής όλων των «contact bodies» (Εικ. 70).



Εικόνα 70. Contact bodies με επαφή “Glue”

4.6.2. Στατική ανάλυση (Static analysis)

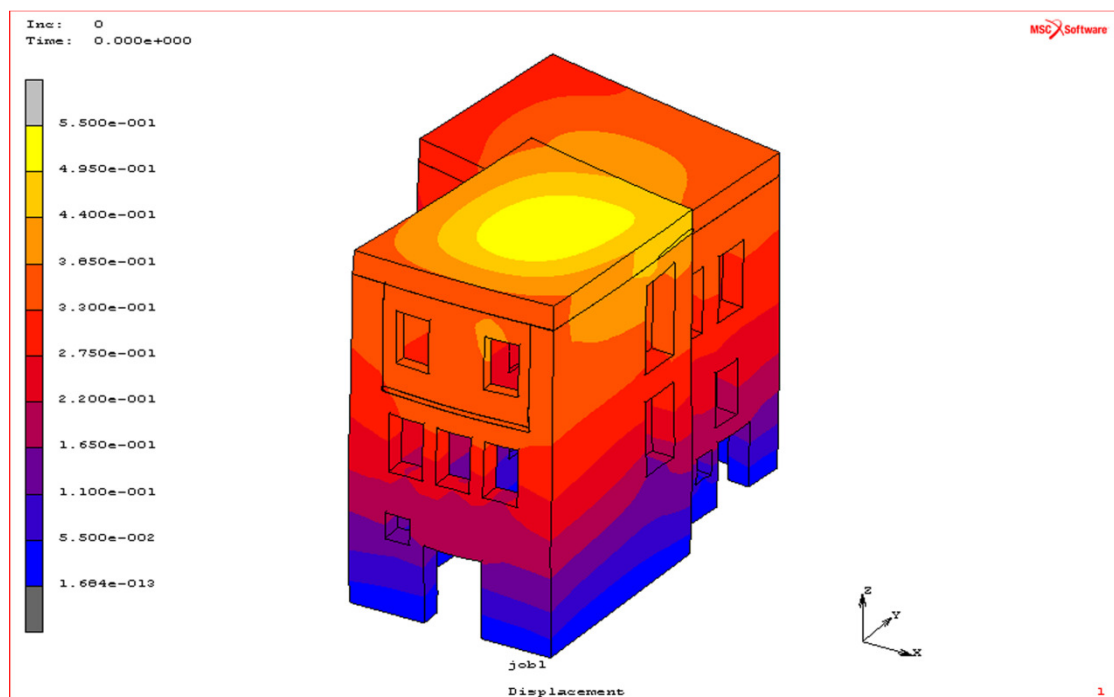
Τα τέσσερα μοντέλα προσομοιώθηκαν με τη βοήθεια του προγράμματος MSC Marc Mentat ώστε να μελετηθεί η μηχανική συμπεριφορά τους υποβαλλόμενα στα στατικά μόνιμα φορτία τους. Διαπιστώθηκε ότι οι μεγαλύτερες συνολικές μετατοπίσεις (Εικ.71,72,73,74) εντοπίζονται στον δεύτερο όροφο του κτηρίου. Στο Μοντέλο 1, λόγω ελλιπούς διαφραγματικής λειτουργίας, απουσίας των μεσοπατωμάτων, εντοπίζονται μεγάλες μετακινήσεις. Λόγω αυξημένων κατακόρυφων φορτίων με την προσθήκη της πλάκας σκυροδέματος στην αρχική κατασκευή παρατηρείται αύξηση θλιπτικών φορτίων που έχει οδηγήσει και σε εκτός επιπέδου μετακινήσεις. Στο Μοντέλο 2 η μετατοπίσεις κατανέμονται πιο ομοιόμορφα στον τελευταίο όροφο όμως η κατασκευή υφίσταται έντονες μετακινήσεις στα σημεία επαφής των πλακών οπλισμένου σκυροδέματος με το σώμα της λιθοδομής. Στα Μοντέλα 3 και 4 εντοπίζονται οι μετακινήσεις στον όροφο λόγω αυξημένων θλιπτικών φορτίων.

Μεγάλες τιμές διατμητικών τάσεων (Εικ.75,76,77,78) εμφανίζονται στο Μοντέλο 1 στις ζώνες σύζευξης πεσσών (βλ. Π3, Π6), γύρω από τα ανοίγματα, στην ένωση των δύο τμημάτων του κτηρίου , στην επαφή της πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος με τη φέρουσα λιθοδομή καθώς και στους πεσσούς των ανοιγμάτων σε σημεία που εμφανίζονται πιο εύκαμπτα λόγω γεωμετρίας και διαστάσεων. Στο Μοντέλο 2 με την προσθήκη πλακών οπλισμένου σκυροδέματος φαίνεται να επιβαρύνεται η κατασκευή και να αναπτύσσονται υψηλές διατμητικές τάσεις λόγω αυξημένων κατακόρυφων φορτίων στον κατώτερο όροφο και στα σημεία ένωσης των πλακών με τη φέρουσα λιθοδομή. Στο Μοντέλο 3 οι διατμητικές τάσεις παρουσιάζονται μειωμένες σε σχέση με το Μοντέλο 1 (βλ. Π6) και το Μοντέλο 2. Στο Μοντέλο 4 γίνεται φανερή η ανάγκη ενίσχυσης της πρόσοψης καθώς με την τοποθέτηση της εύκαμπτης ξυλόπηκτης τοιχοποιίας αναπτύσσονται έντονες διατμητικές τάσεις.

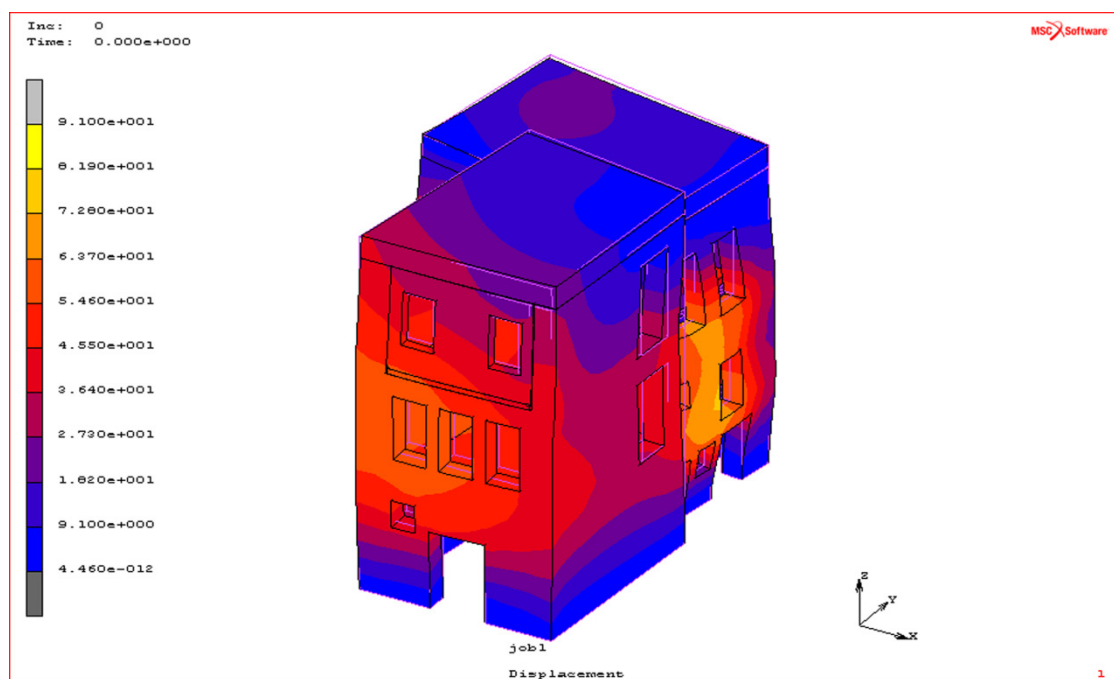
Ισοδύναμες και μέγιστες κύριες τάσεις (Εικ. 79,80,81,82,83,84,85,86) εμφανίζονται στο Μοντέλο 1 (βλ. Π6) στους πεσσούς των ανοιγμάτων ενώ υψηλές τιμές εμφανίζονται εστιαζόμενες στις πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος στο Μοντέλο 2. Οι ισοδύναμες τάσεις περιορίζονται με την τοποθέτηση ξύλινων μεσοπατωμάτων στο Μοντέλο 3, ενώ στο Μοντέλο 4 που επιπλέον έχει αντικατασταθεί ο τοίχος από οπτόπλινθους με ξυλόπηκτη τοιχοποιία περιορίζονται οι τάσεις στους πεσσούς της πρόσοψης του πρώτου ορόφου αυξάνοντας όμως τις τιμές των ισοδύναμων τάσεων στην πλάκα οροφής λόγω ευκαμψίας της ξυλόπηκτης τοιχοποιίας.

Οι μεγαλύτερες ισοδύναμες συνολικές παραμορφώσεις (Εικ. 87,88,89,90) εντοπίζονται στη βάση του κτηρίου (βλ. Π3,Π7). Στο Μοντέλο 2 η ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας με τις πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος αυξάνει τις συνολικές παραμορφώσεις στα σημεία επαφής των πλακών με τη λιθοδομή. Αντίστοιχες εμφανίζονται οι παραμορφώσεις στη βάση του κτηρίου στα Μοντέλα 3 και 4 και μειωμένες σε σχέση με το Μοντέλο 2.

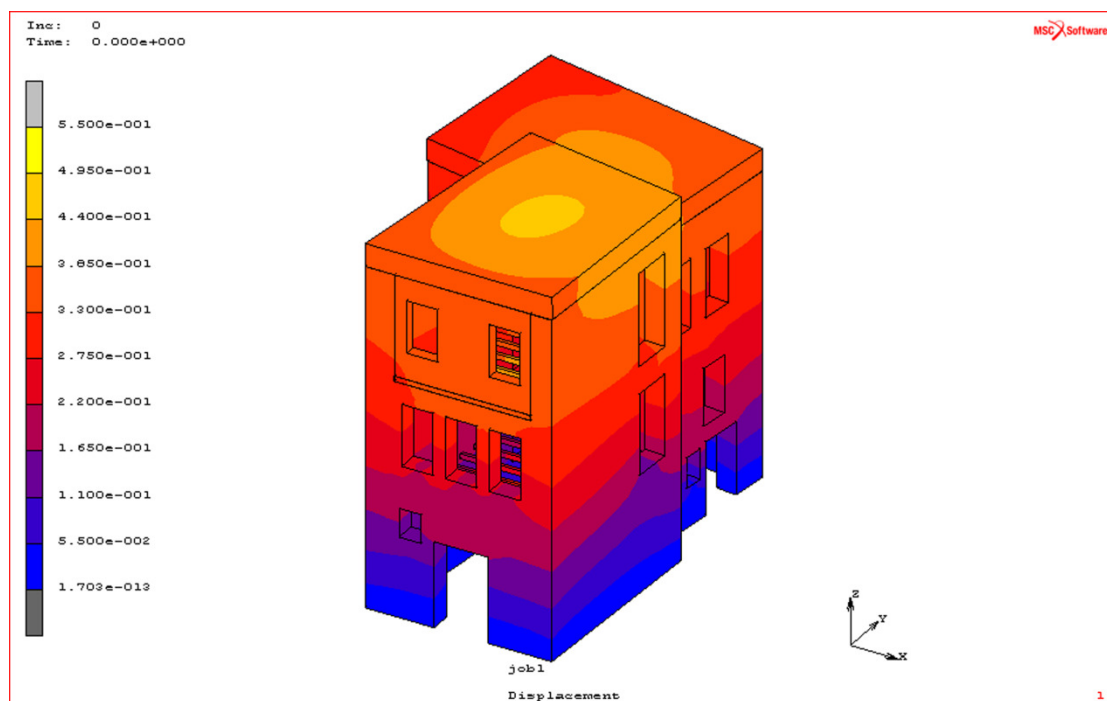
Συνολική μετατόπιση (displacement)



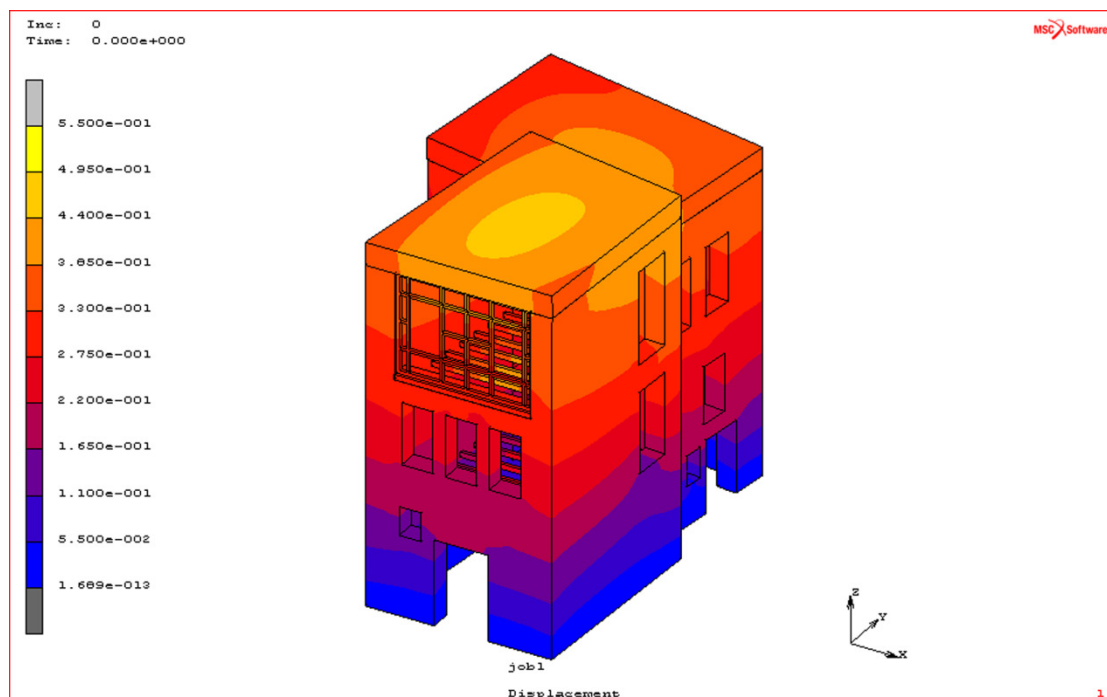
Εικόνα 71.Συνολική μετατόπιση Μοντέλο 1



Εικόνα 72.Συνολική μετατόπιση Μοντέλο 2

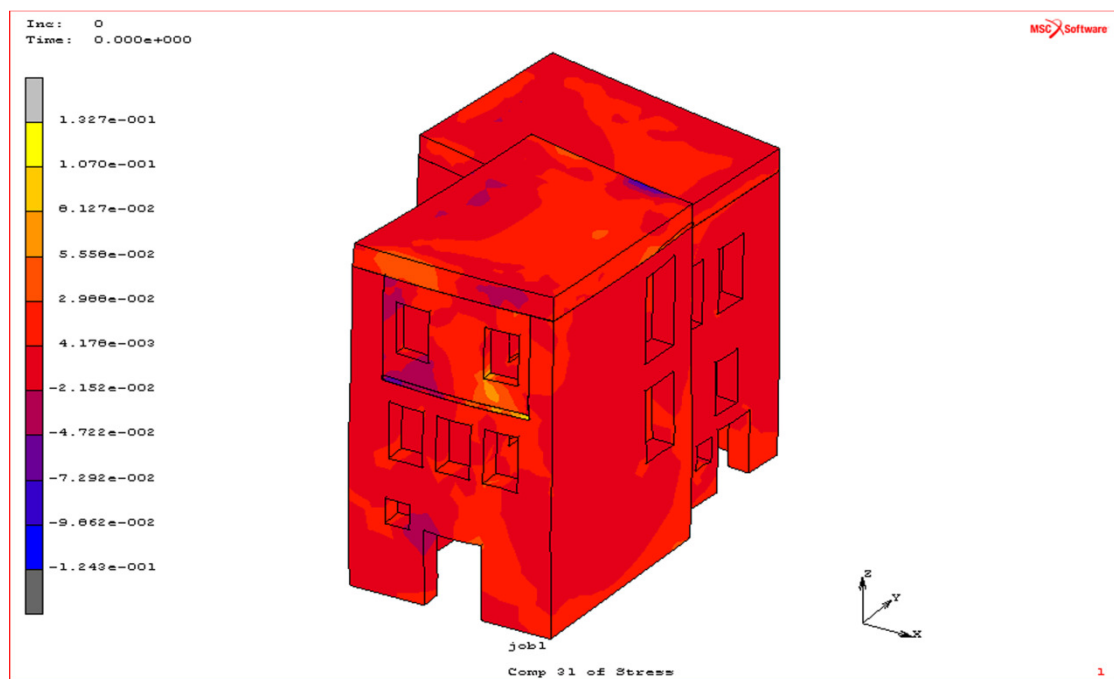


Εικόνα 73.Συνολική μετατόπιση Μοντέλο 3

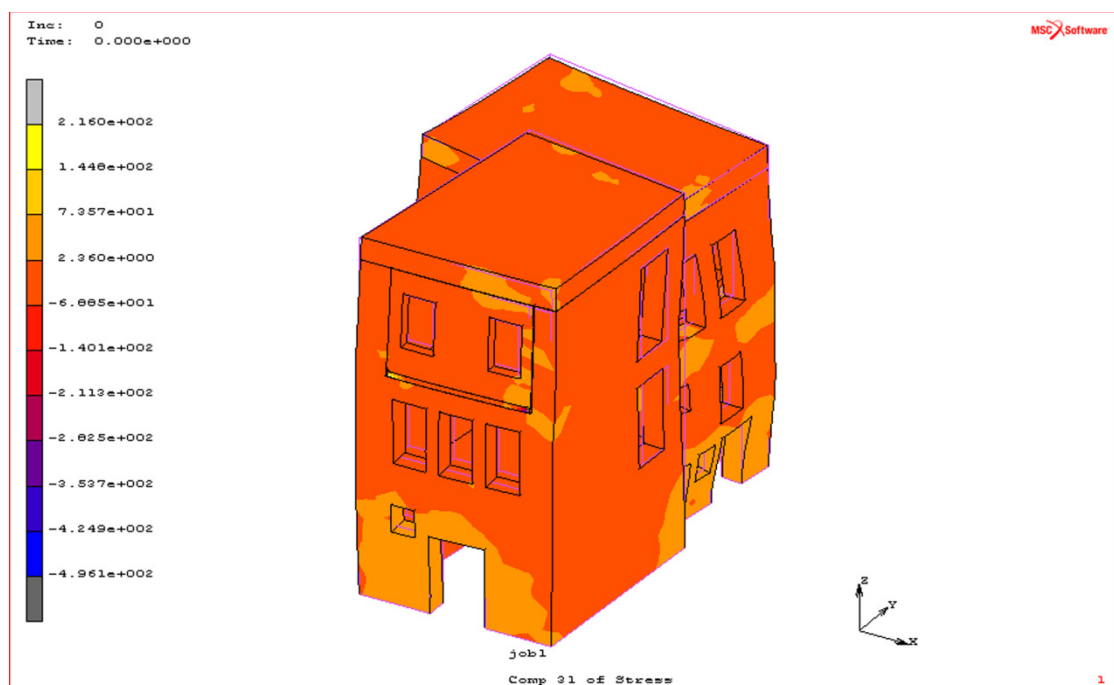


Εικόνα 74.Συνολική μετατόπιση Μοντέλο 4

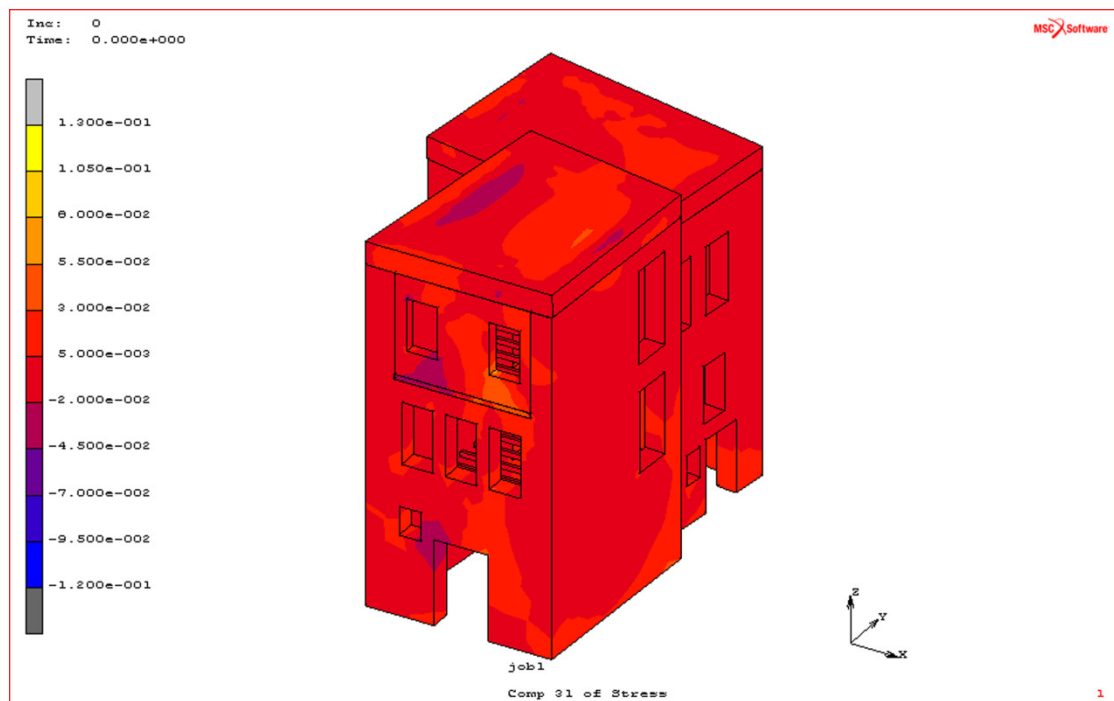
Διατμητικές τάσεις



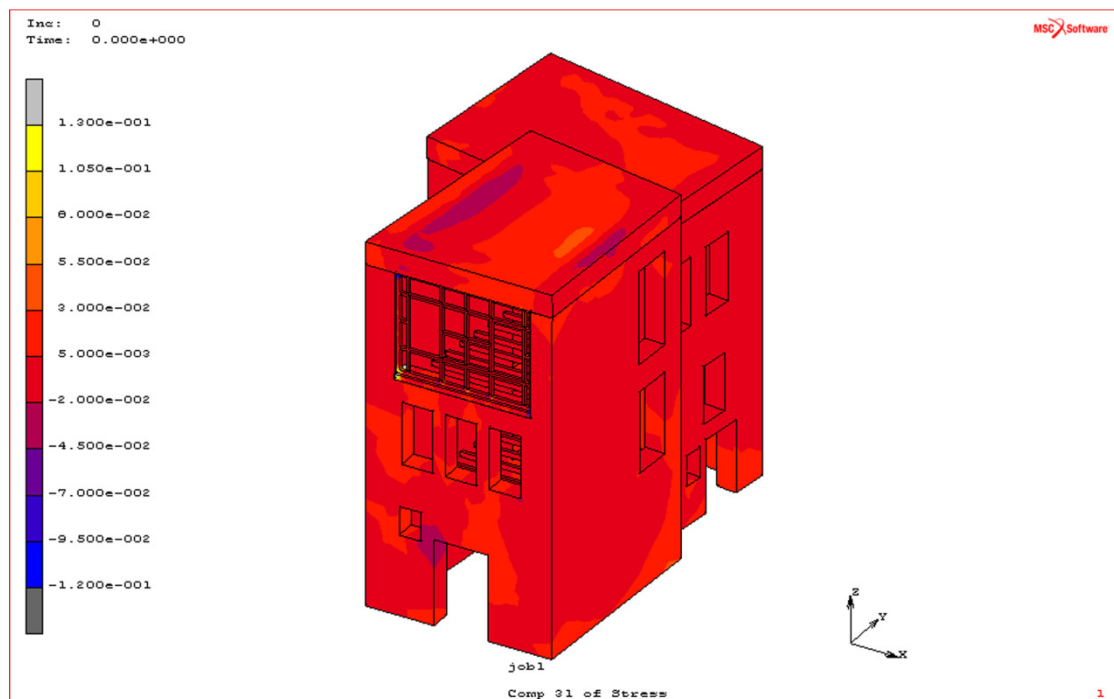
Εικόνα 75. Διατμητικές τάσεις Μοντέλο 1



Εικόνα 76. Διατμητικές τάσεις Μοντέλο 2

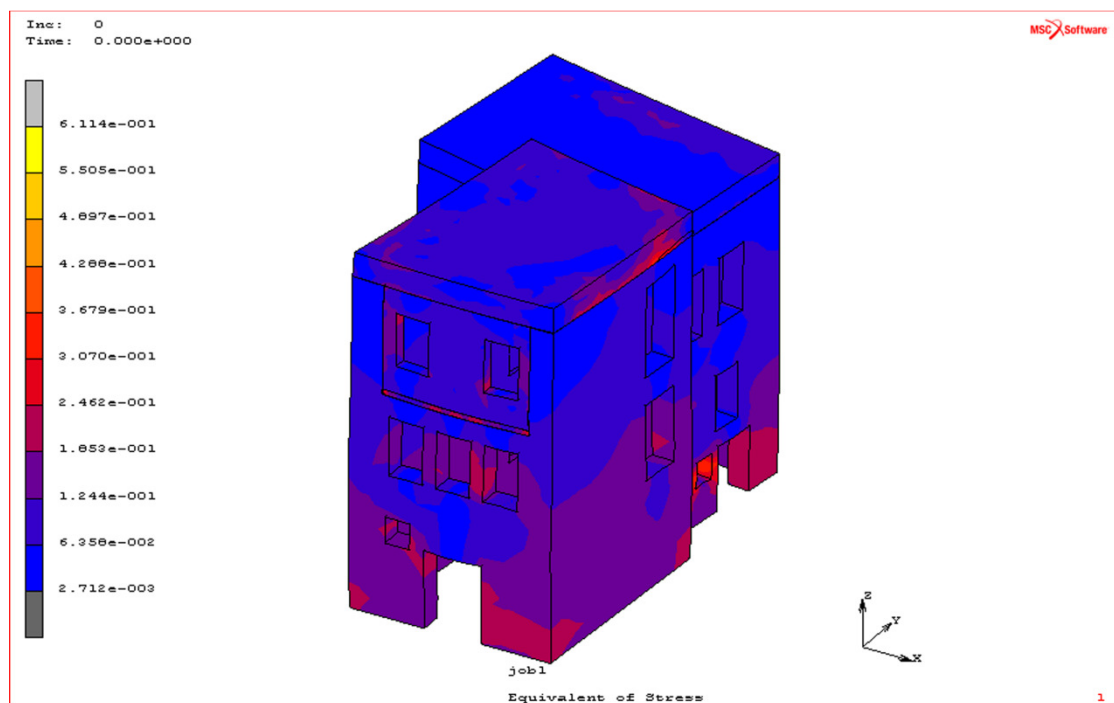


Εικόνα 77. Διατμητικές τάσεις Μοντέλο 3

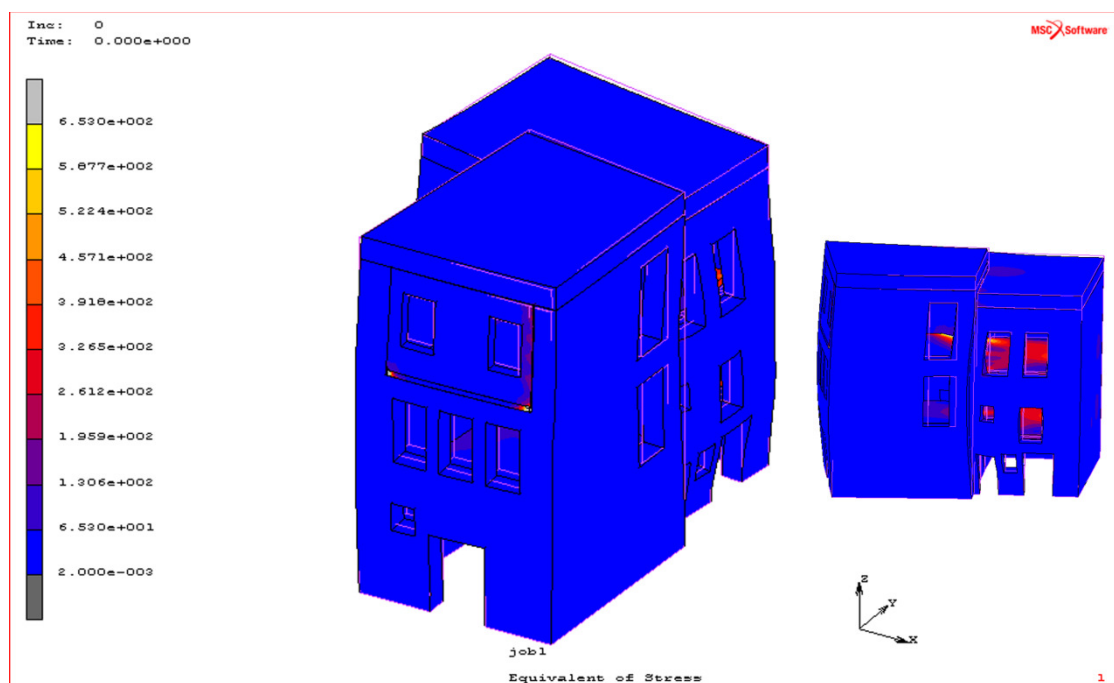


Εικόνα 78. Διατμητικές τάσεις Μοντέλο 4

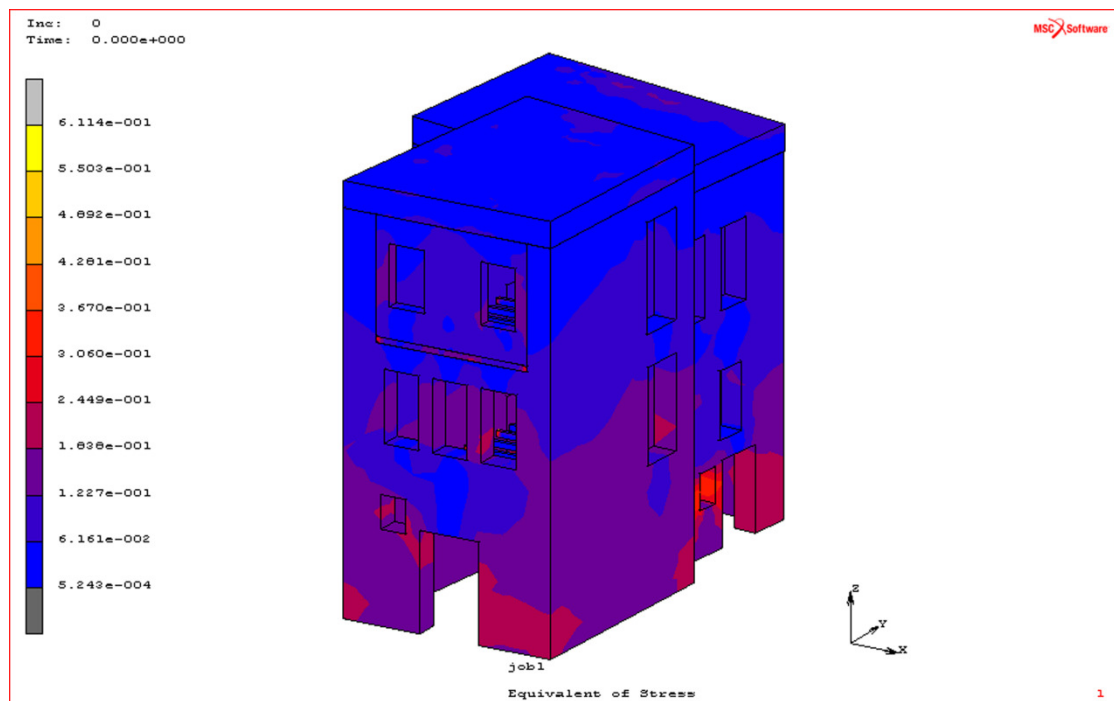
Ισοδύναμες τάσεις



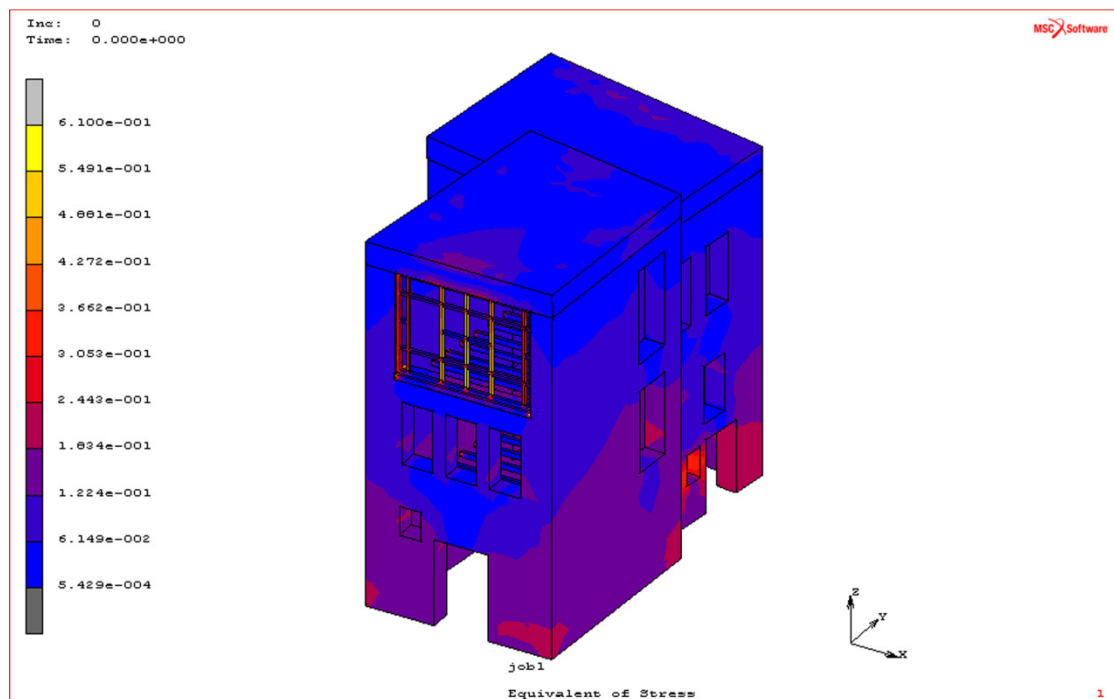
Εικόνα 79. Ισοδύναμες τάσεις Μοντέλο 1



Εικόνα 80. Ισοδύναμες τάσεις Μοντέλο 2

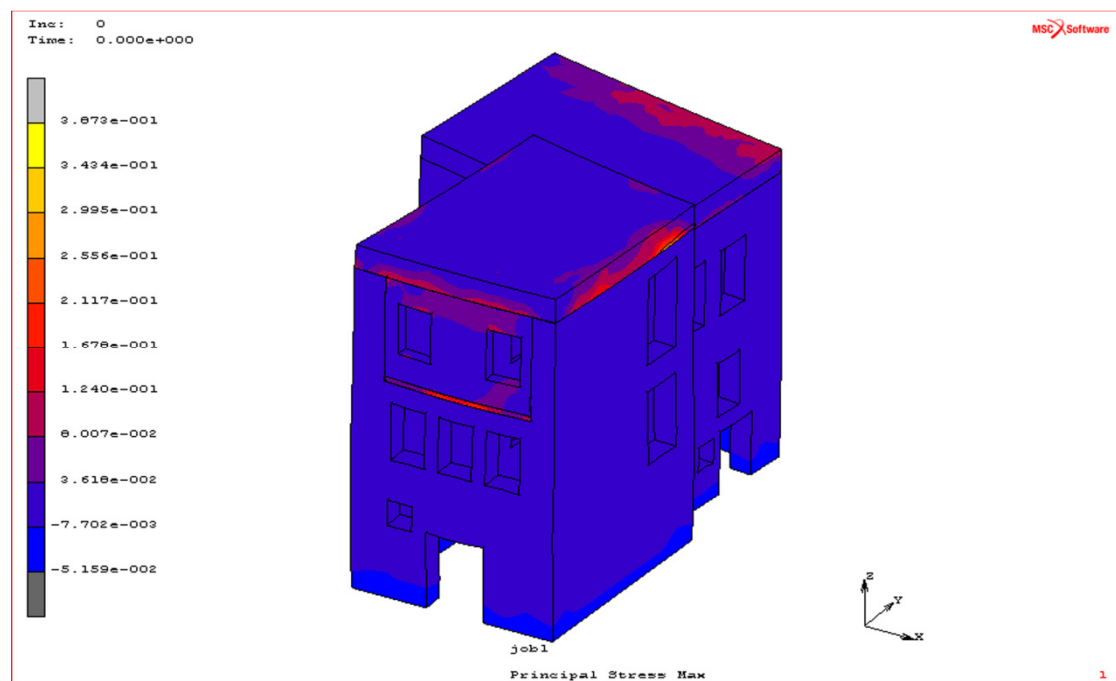


Εικόνα 81. Ισοδύναμες τάσεις Μοντέλο 3

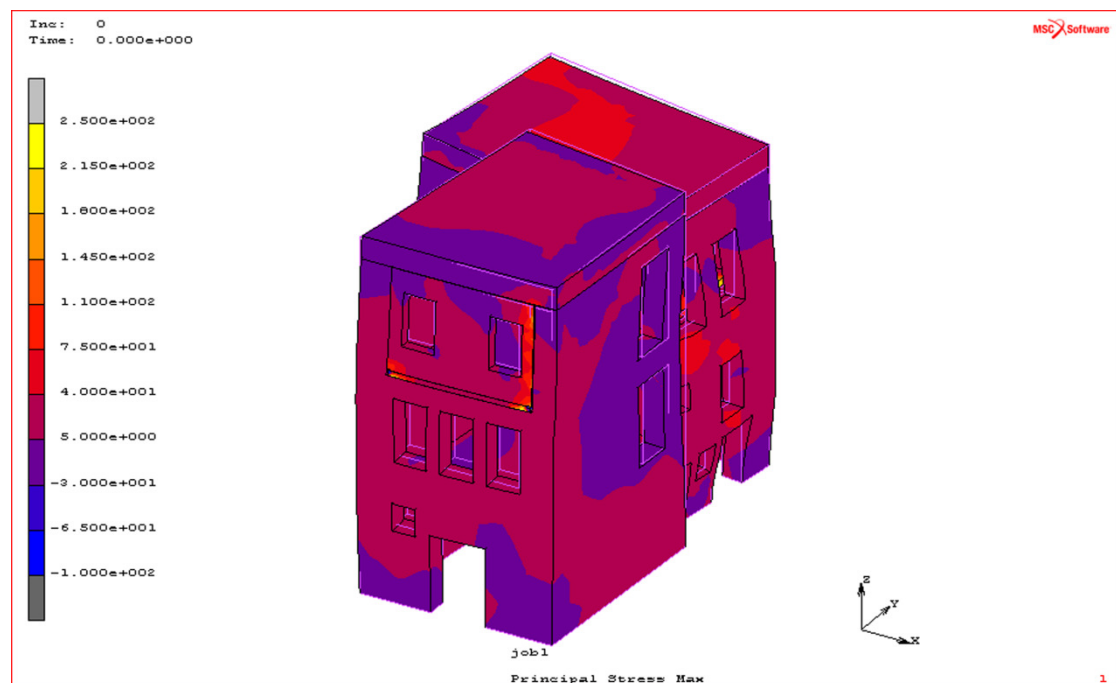


Εικόνα 82.Ισοδύναμες τάσεις Μοντέλο 4

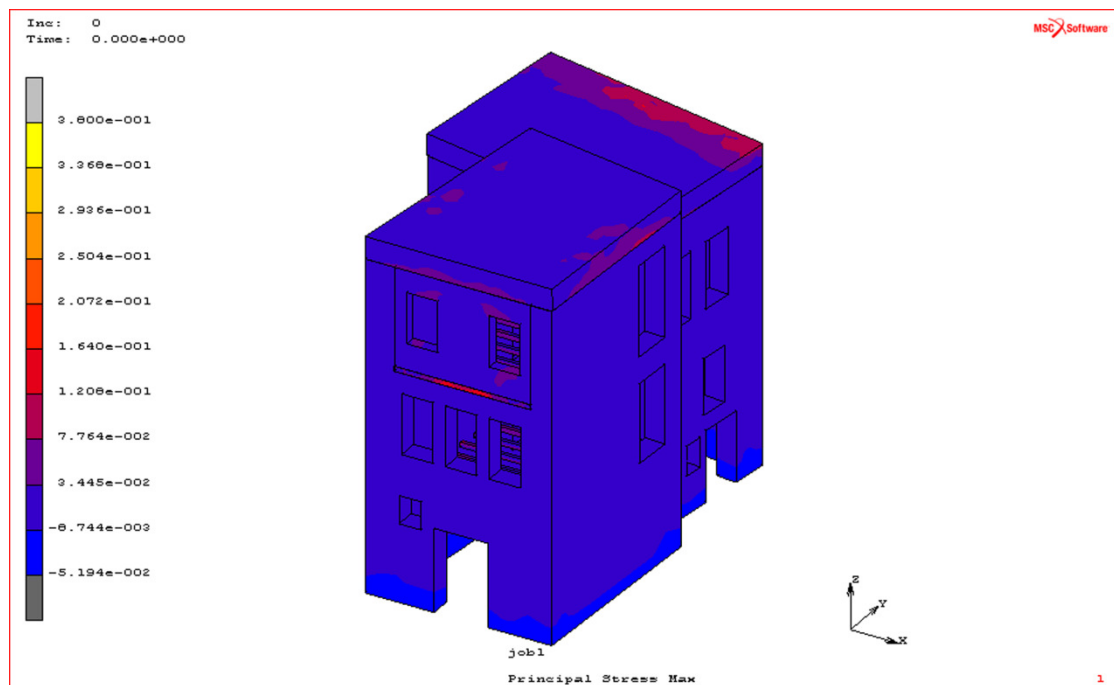
Μέγιστες κύριες τάσεις



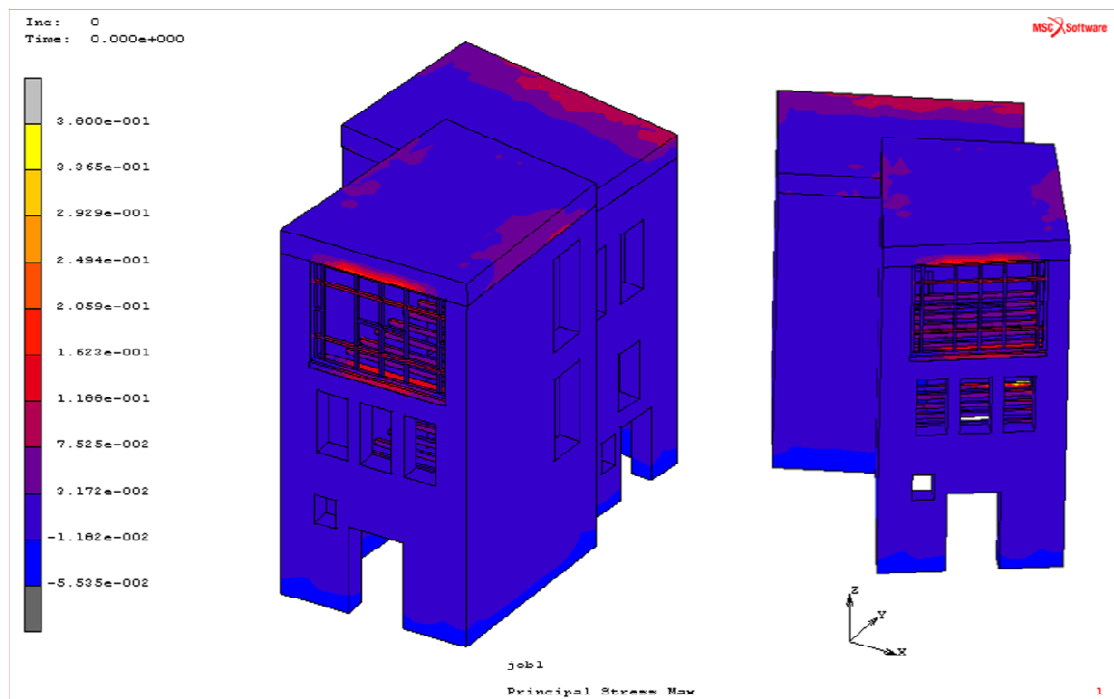
Εικόνα 83.Μέγιστες κύριες τάσεις Μοντέλο 1



Εικόνα 84. Μέγιστες κύριες τάσεις Μοντέλο 2

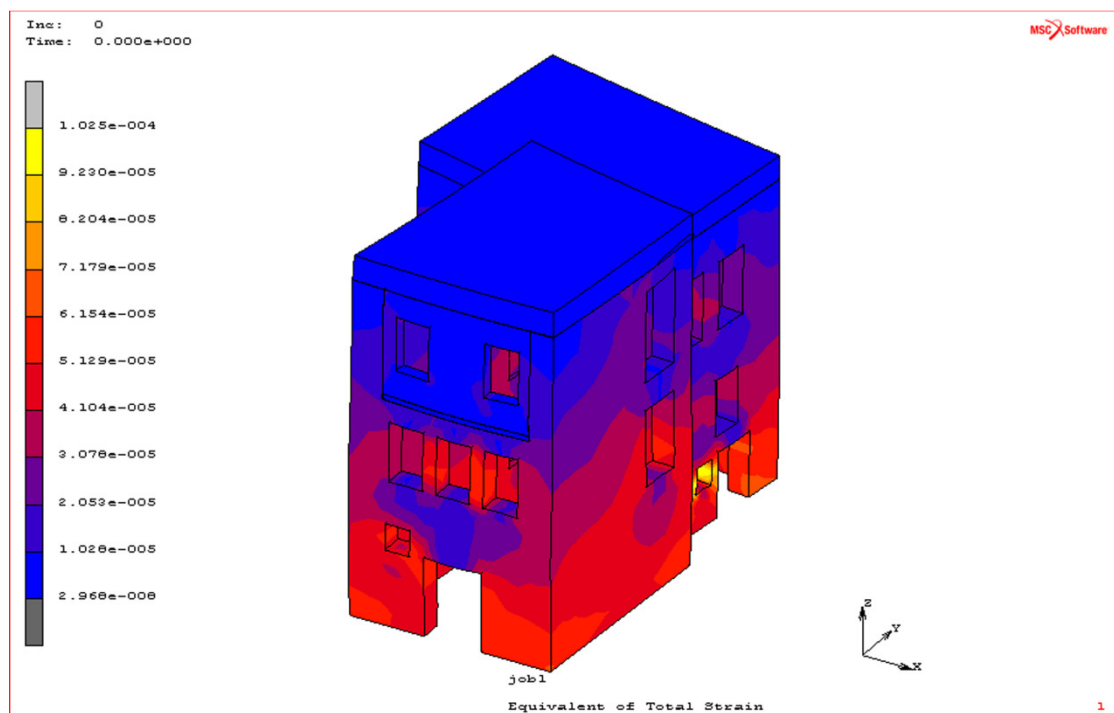


Εικόνα 85.Μέγιστες κύριες τάσεις Μοντέλο 3

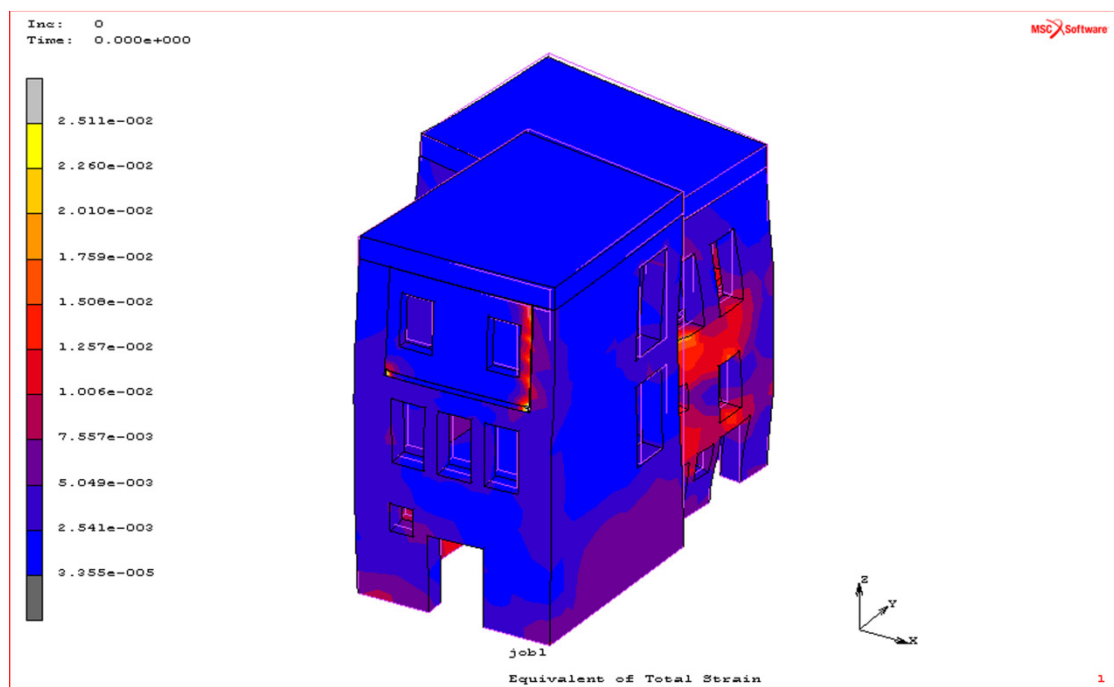


Εικόνα 86. Μέγιστες κύριες τάσεις Μοντέλο 4

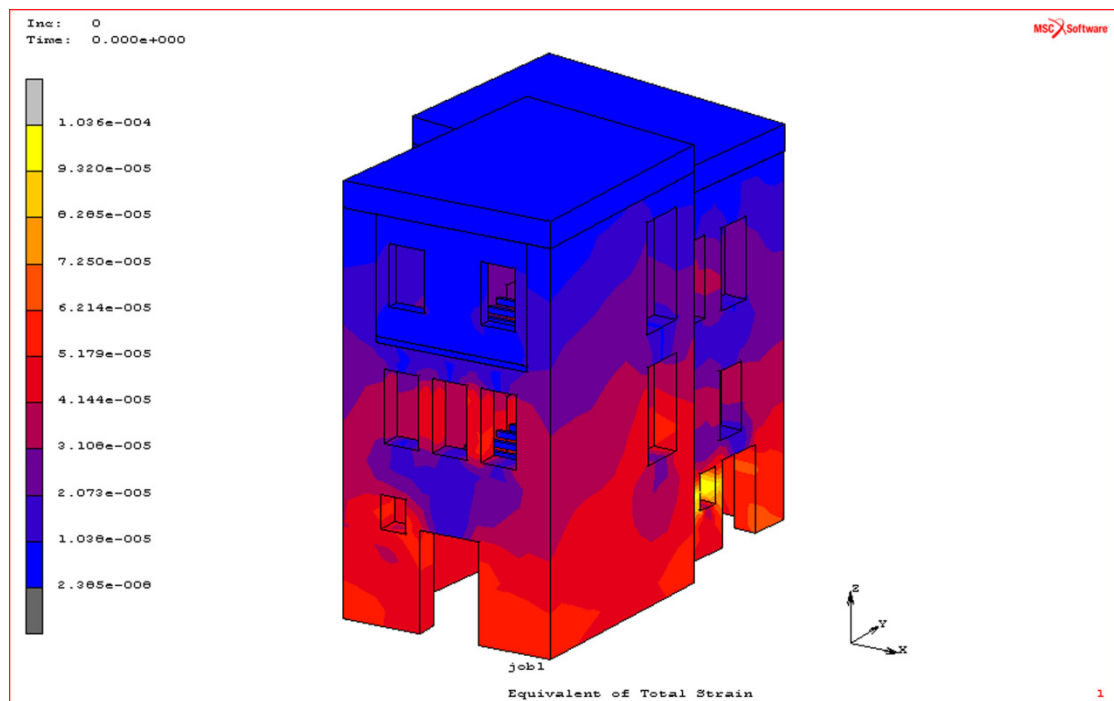
Ισοδύναμη συνολική παραμόρφωση



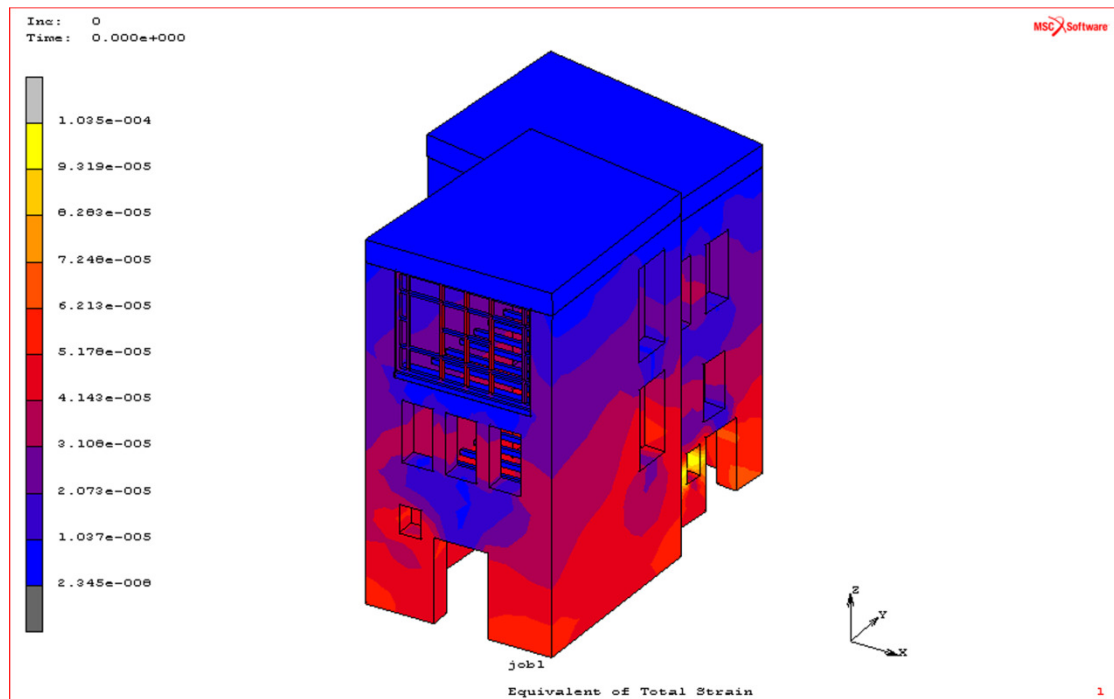
Εικόνα 87.Ισοδύναμη συνολική παραμόρφωση Μοντέλο 1



Εικόνα 88.Ισοδύναμη συνολική παραμόρφωση Μοντέλο 2



Εικόνα 89.Ισοδύναμη συνολική παραμόρφωση Μοντέλο 3



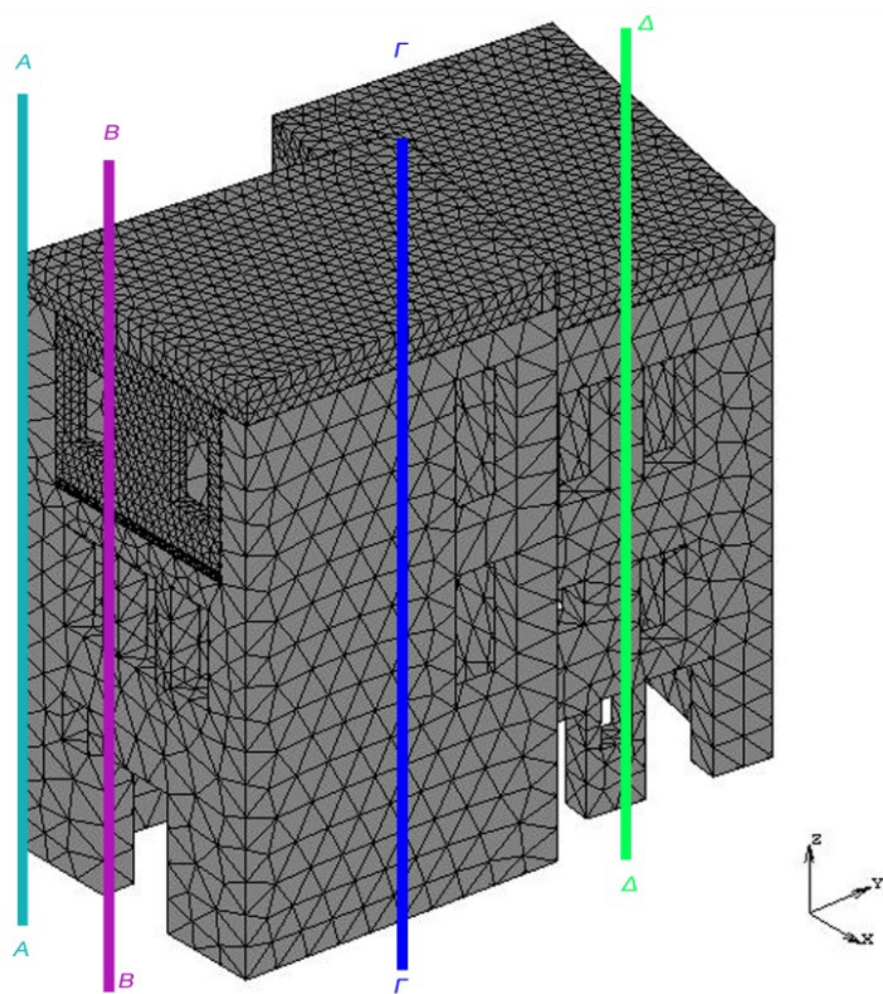
Εικόνα 90.Ισοδύναμη συνολική παραμόρφωση Μοντέλο 4

4.6.3. Δυναμική ιδιομορφική ανάλυση (Dynamic modal analysis)

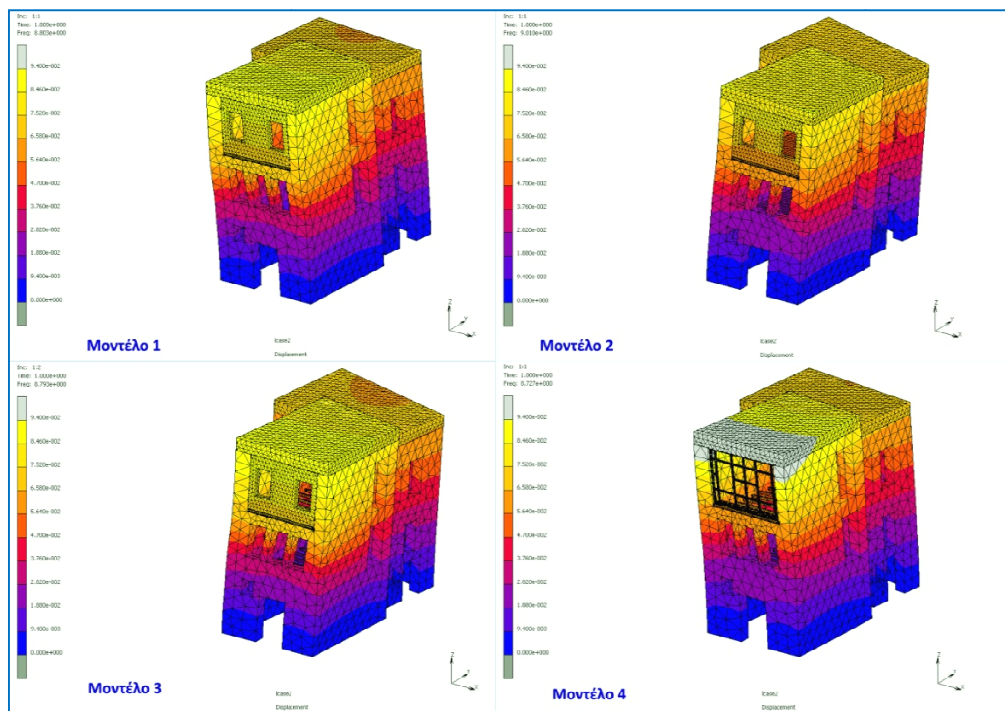
Με τον όρο ιδιομορφική ανάλυση εννοούμε την ανάλυση της κατασκευής για τον προσδιορισμό των δυναμικών χαρακτηριστικών της, των κύριων ιδιοσυχνοτήτων και ιδιομορφών που τη διεγείρουν και τα οποία καθορίζονται από τη δομή του συστήματος, από τη γεωμετρία, τη μάζα, την ακαμψία.

Η μέθοδος χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνικές υπολογιστικής-μηχανικής για την ανάλυση κατασκευών και εφαρμόζεται στη στατική και αντισεισμική μελέτη μνημείων, ιστορικών και παραδοσιακών δομών όπως φαίνεται από πολλά παραδείγματα εφαρμογών (Lourenco, Leftheris et al). [6][7]

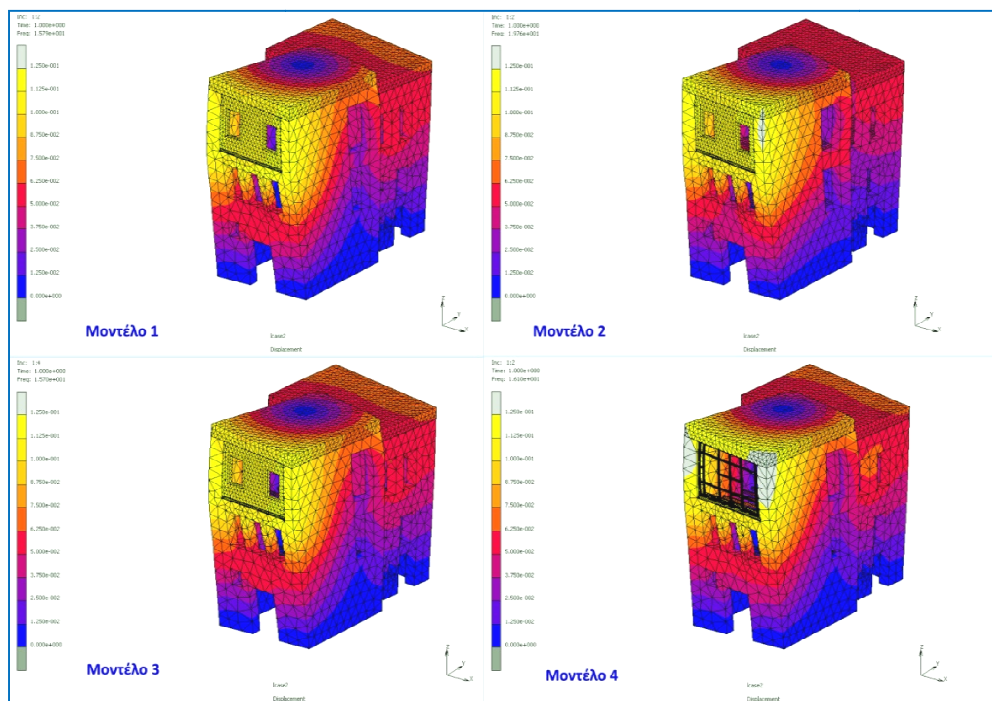
Με στόχο την μελέτη της επίδρασης των επεμβάσεων που έχει υποστεί το κτήριο στη δυναμική συμπεριφορά του ορίζονται κατακόρυφες τομές σε κρίσιμα σημεία του κτηρίου τα οποία δέχονται έντονες παραμορφώσεις. Ορίζονται τέσσερις τομές (Εικ.91), η πρώτη (Α-Α) στην πρόσοψη του κτηρίου στην νοτιοδυτική ακμή. Η επιλογή της τομής αυτής έγινε καθώς στη θέση αυτή το κτήριο εμφανίζει έντονη παραμόρφωση εκτός επιπέδου. Η δεύτερη τομή (Β-Β) βρίσκεται επίσης στην πρόσοψη, περίπου στο μέσο της με σκοπό να συγκριθεί η συμπεριφορά του τμήματος αυτού το οποίο εμφανίζεται πολύ εύκαμπτο μετά τις μετατροπές που έχει υποστεί. Η τρίτη τομή (Γ-Γ) πραγματοποιείται στην ανατολική όψη του νότιου όγκου του κτηρίου και η τέταρτη (Δ-Δ) στην ανατολική όψη του βορειότερου όγκου του κτηρίου όπου εντοπίζονται πολλά ανοίγματα. Τα δεδομένα των παραμορφώσεων των τεσσάρων μοντέλων παρατέθηκαν και συγκρίθηκαν για ομοιάζουσες ιδιοσυχνότητες (Εικ. 92-97) ώστε να είναι εφικτή η σύγκριση της δυναμικής συμπεριφοράς των ευπαθών σημείων για τους τέσσερις διαφορετικούς τρόπους επέμβασης στο κτήριο. Στο Παράρτημα 1 δίνονται οι πρώτες 20 ιδιοσυχνότητες και ιδιομορφές για κάθε μοντέλο.



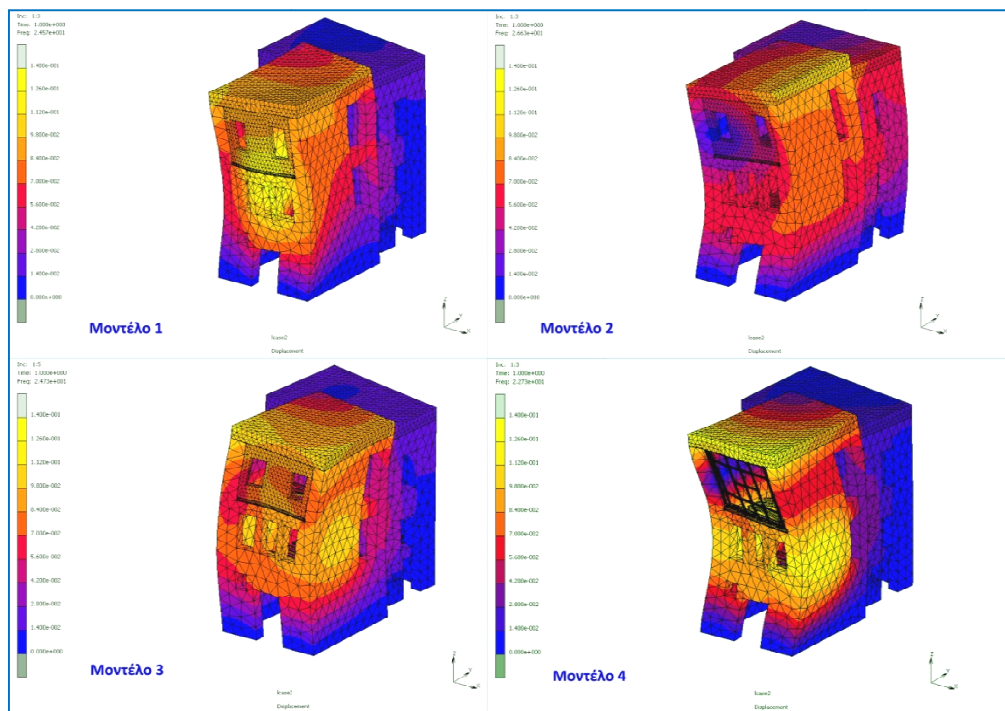
Εικόνα 91. Χαρακτηριστικές μελετώμενες τομές



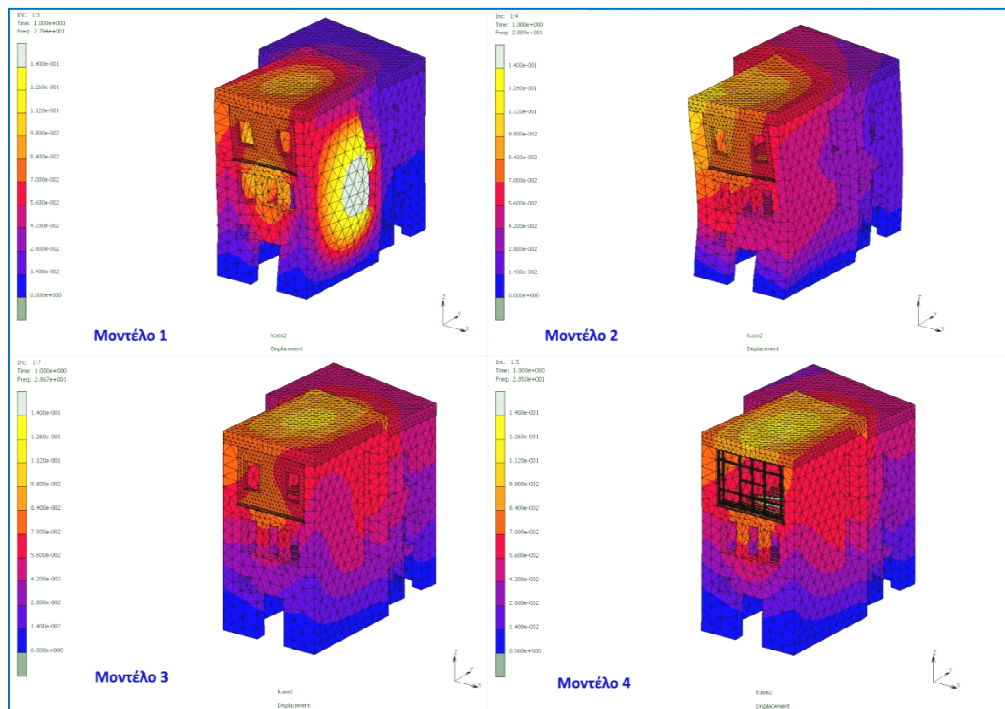
Εικόνα 92. 1η συγκρινόμενη ιδιοσυχνότητα



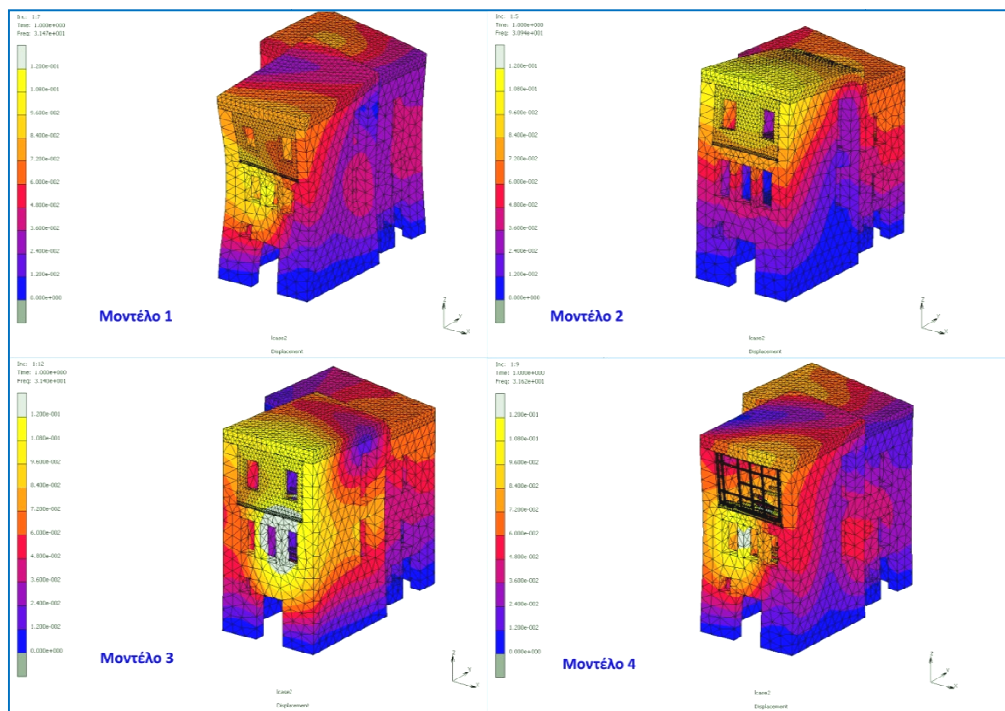
Εικόνα 93. 2η συγκρινόμενη ιδιοσυχνότητα



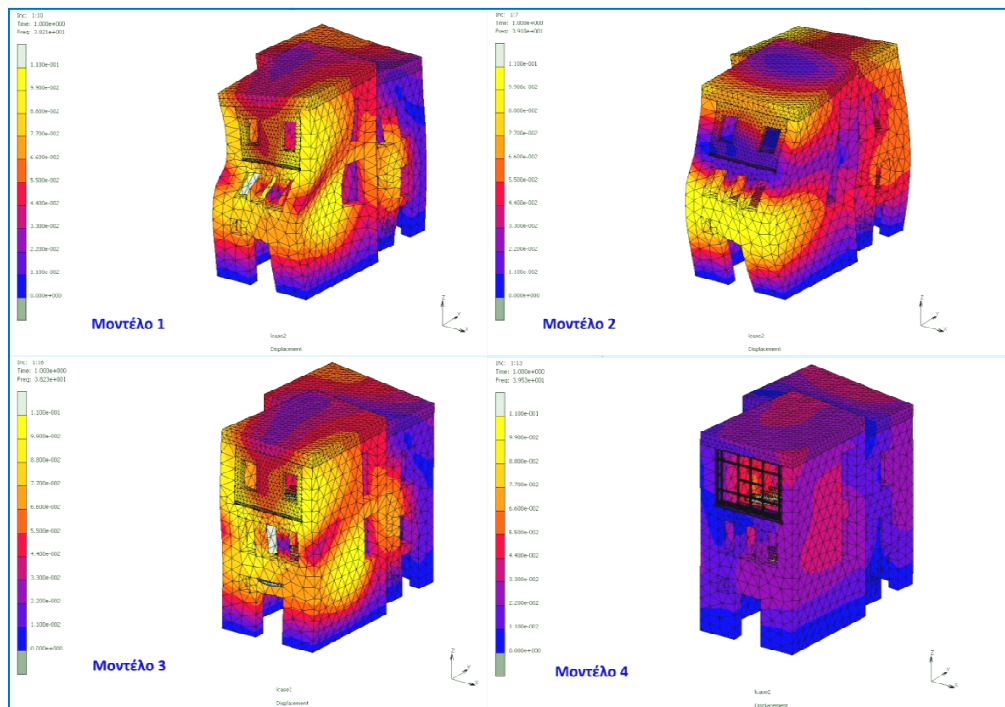
Εικόνα 94.3η συγκρινόμενη ιδιοσυχνότητα



Εικόνα 95.4η συγκρινόμενη ιδιοσυχνότητα



Εικόνα 96.5η συγκρινόμενη ιδιοσυχνότητα

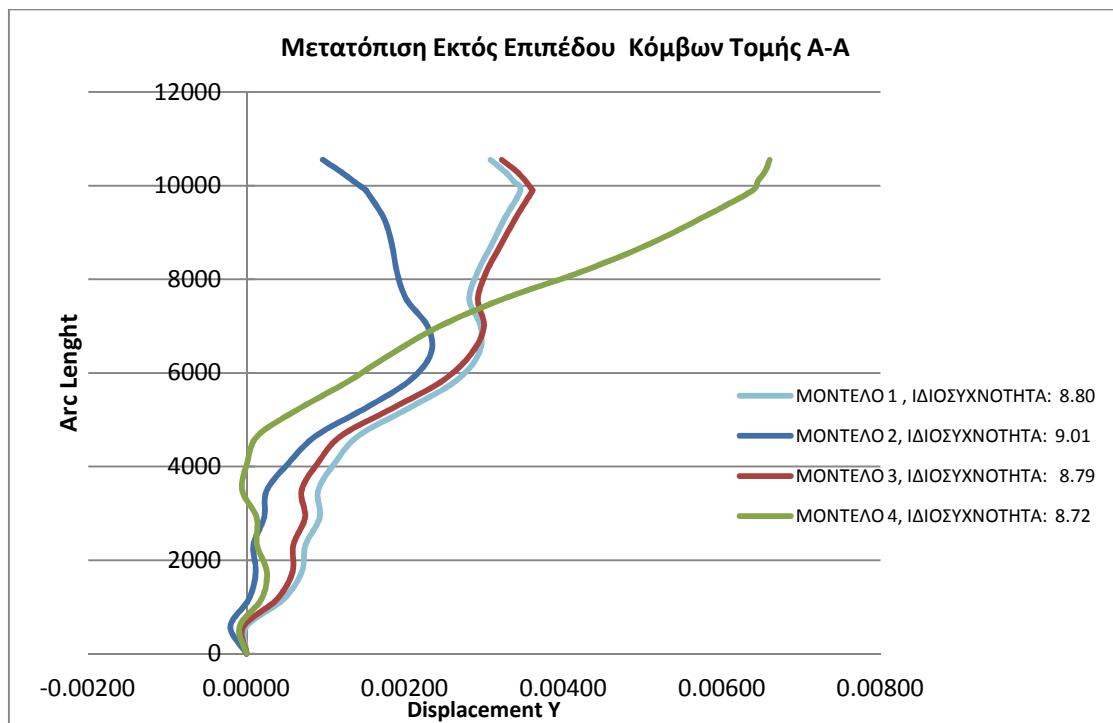


Εικόνα 97.6η συγκρινόμενη ιδιοσυχνότητα

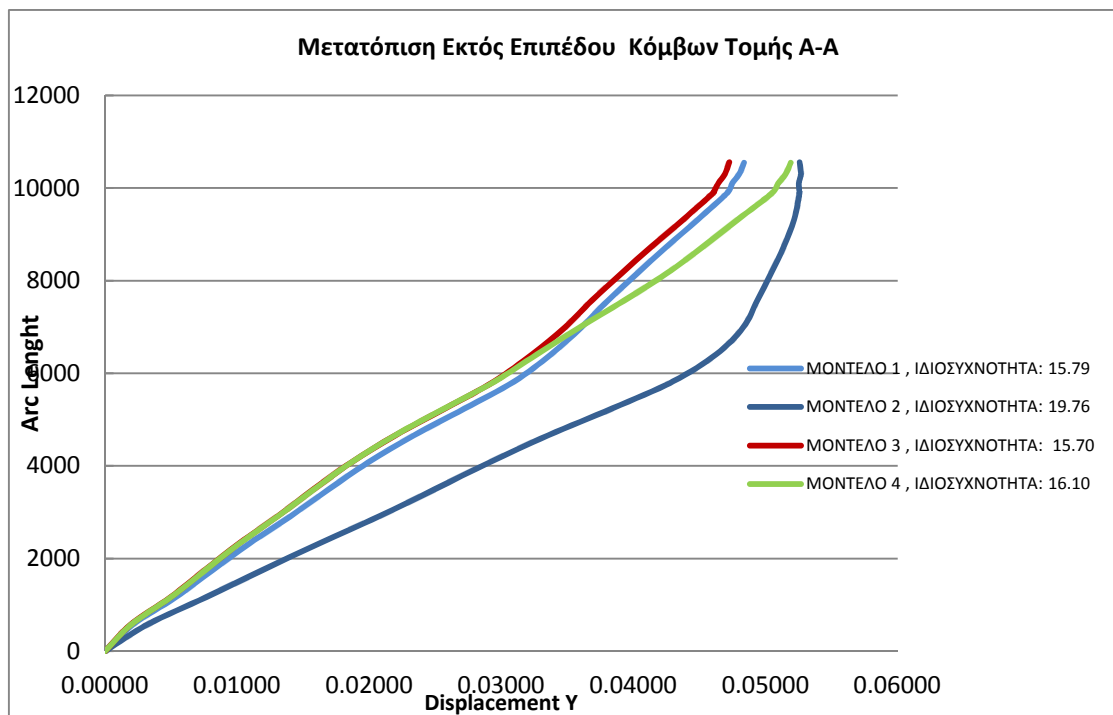
4.7. Συμπεράσματα δυναμικής ιδιομορφικής ανάλυσης

Συγκρίνοντας τις μετατοπίσεις εκτός επιπέδου της τομής A-A για το τέσσερα μοντέλα διαπιστώνεται ότι μέχρι το ύψος του πρώτου μετά το ισόγειο ορόφου, στις πρώτες συγκρινόμενες ιδιοσυχνότητες, τα μοντέλα παραμορφώνονται αντίστοιχα με μικρότερη μετατόπιση να εμφανίζει το Μοντέλο 4 (ξύλινα πατώματα-ξυλόπηκτη τοιχοποιία). Ακολουθούν τα άλλα τρία μοντέλα με αντίστοιχες μετακινήσεις. Πιο εύκαμπτος παρουσιάζεται ο δεύτερος όροφος. Παρατηρείται ότι το Μοντέλο 4 παρουσιάζει μεγαλύτερη παραμόρφωση εκτός επιπέδου στον δεύτερο όροφο ενώ το Μοντέλο 2 (πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος) εμφανίζει έντονη μετακίνηση στο σημείο που βρίσκεται η πλάκα πατώματος του δεύτερου ορόφου (Διάγραμμα 1). Στις υπόλοιπες συγκρινόμενες ιδιοσυχνότητες (Διάγραμμα 2,3,4) τα Μοντέλα 1,3 παραμορφώνονται αντίστοιχα, με το Μοντέλο 2 να παρουσιάζει μικρές σχετικές μετακινήσεις. Στις μεγαλύτερες ιδιοσυχνότητες (Διάγραμμα 5,6) με εξαίρεση την 4^η συγκρινόμενη (Διάγραμμα 4) το Μοντέλο 4 παρουσιάζει μικρότερες μετακινήσεις σε σχέση με τα 1,2,3 αποκλίνουν από την κατακόρυφο αντίστοιχα.

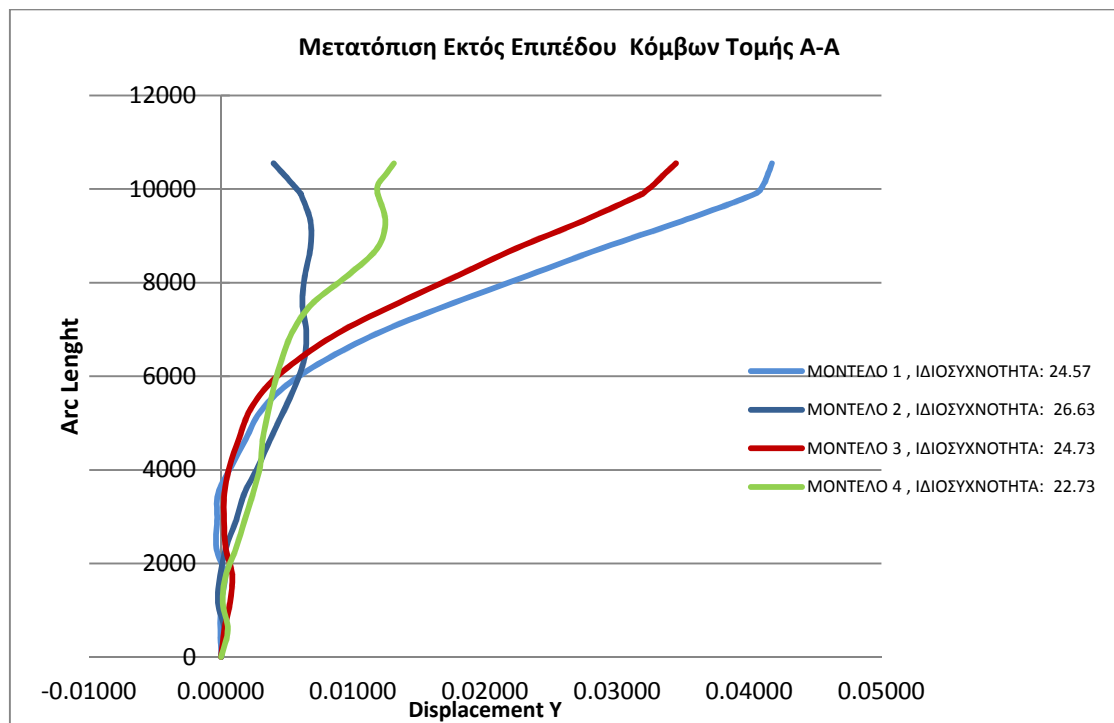
Σημειώνεται ότι όπου «Arc Length» ισοδυναμεί με το μήκος τόξου της τεμνόμενης κατακόρυφης επιφάνειας σε χιλιοστά (mm).



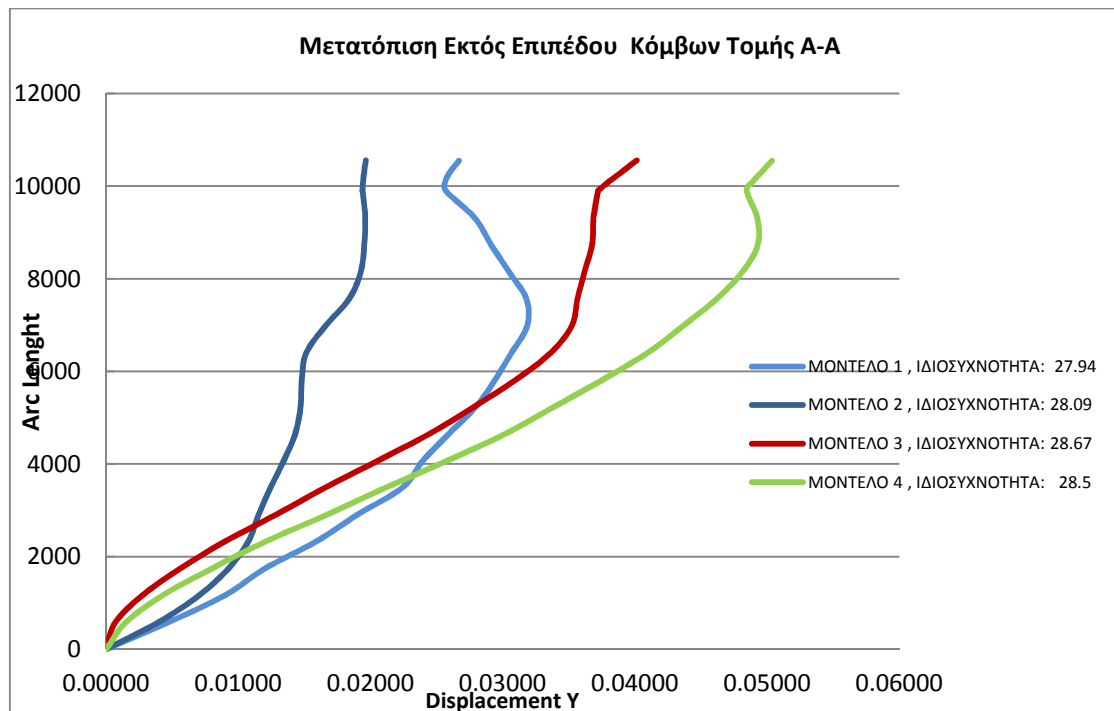
Διάγραμμα 1. Ιδιοσυχνότητα 1, Τομή Α-Α, μετατόπιση εκτός επιπέδου



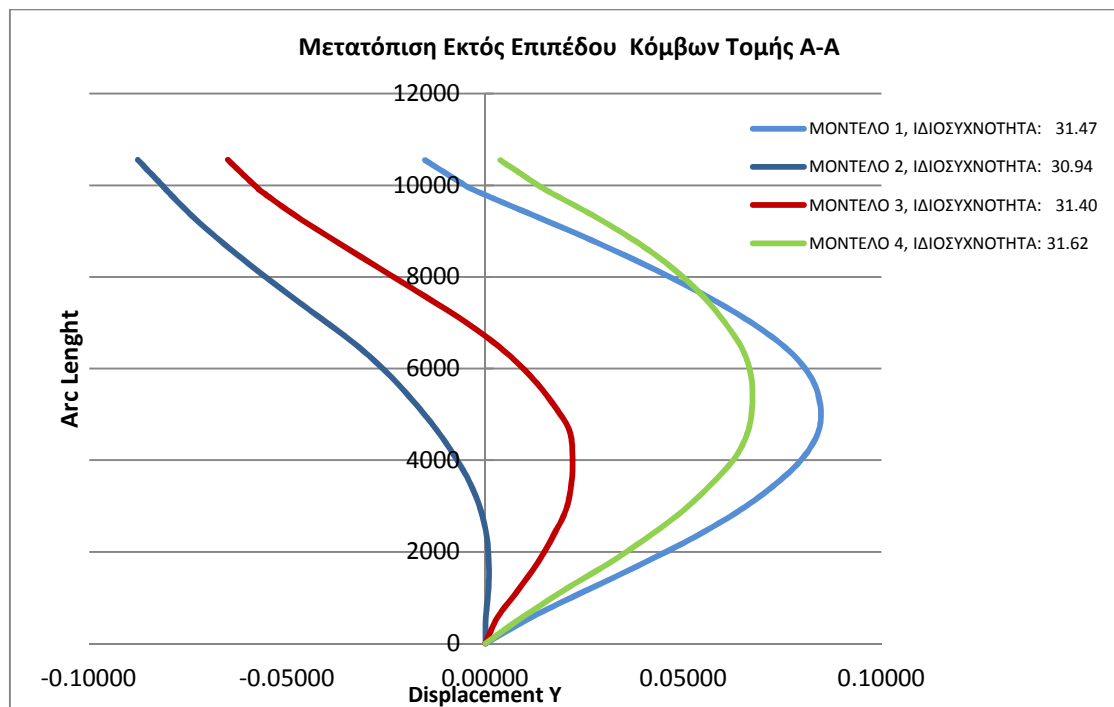
Διάγραμμα 2. Ιδιοσυχνότητα 2, Τομή Α-Α, μετατόπιση εκτός επιπέδου



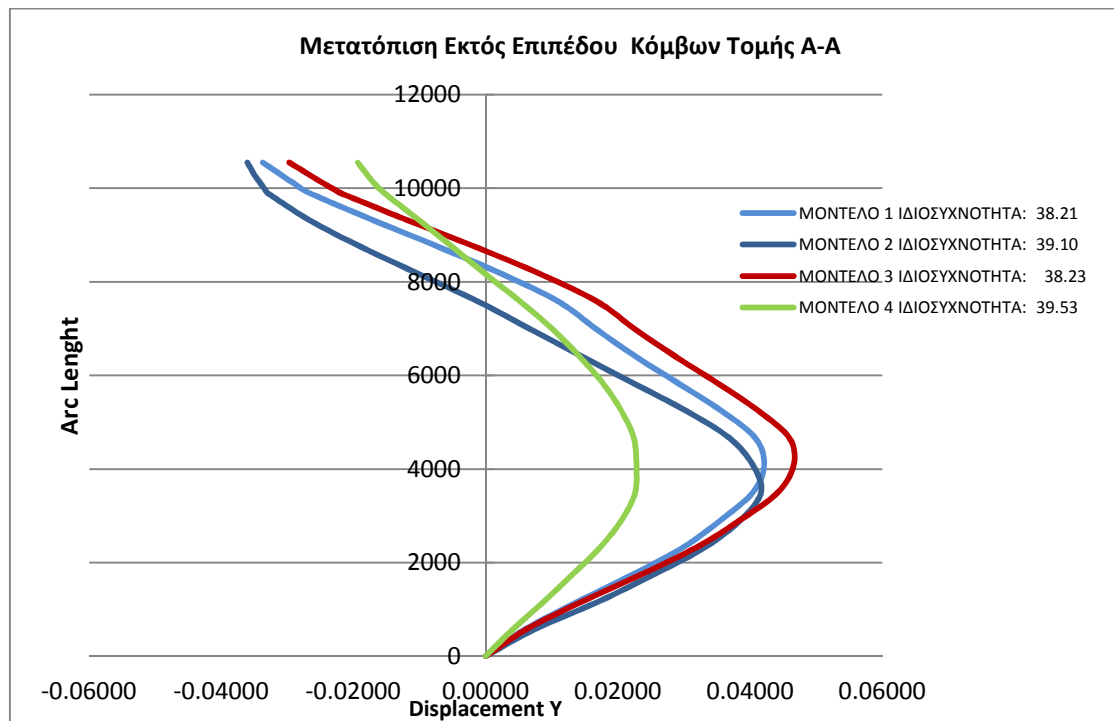
Διάγραμμα 3. Ιδιοσυχνότητα 3 , Τομή Α-Α, μετατόπιση εκτός επιπέδου



Διάγραμμα 4. Ιδιοσυχνότητα 4 , Τομή Α-Α, μετατόπιση εκτός επιπέδου

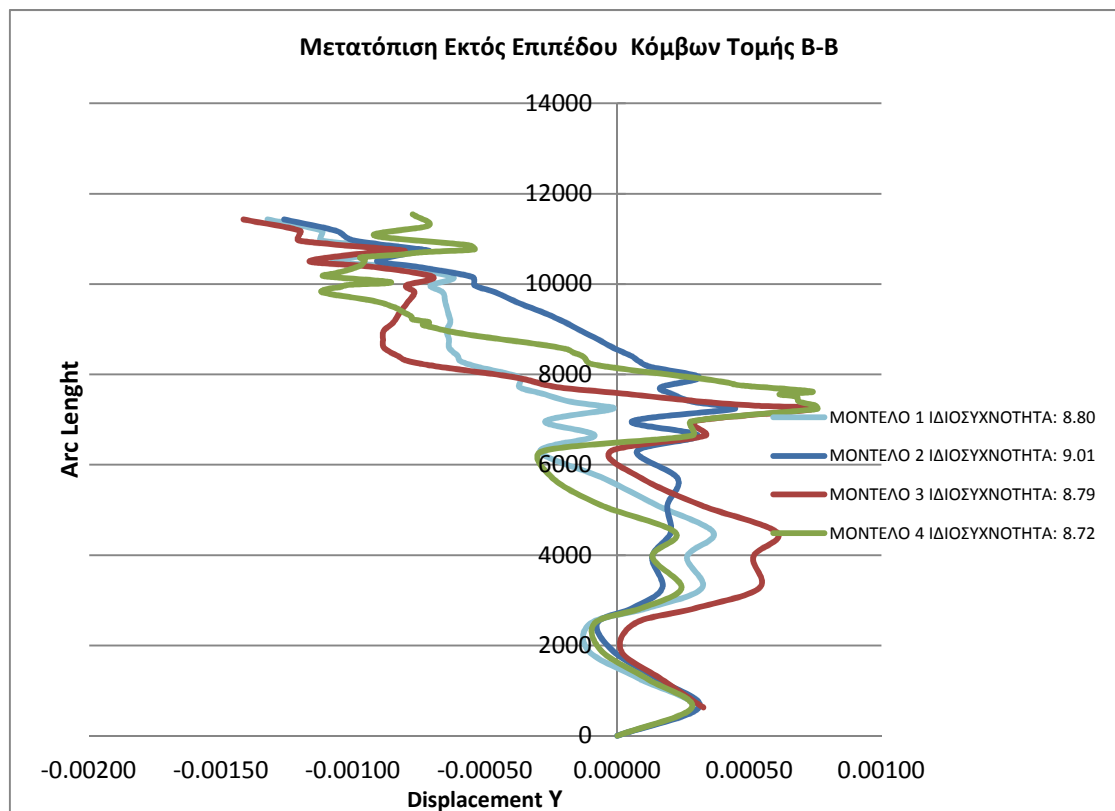


Διάγραμμα 5. Ιδιοσυχνότητα 5 , Τομή Α-Α, μετατόπιση εκτός επιπέδου

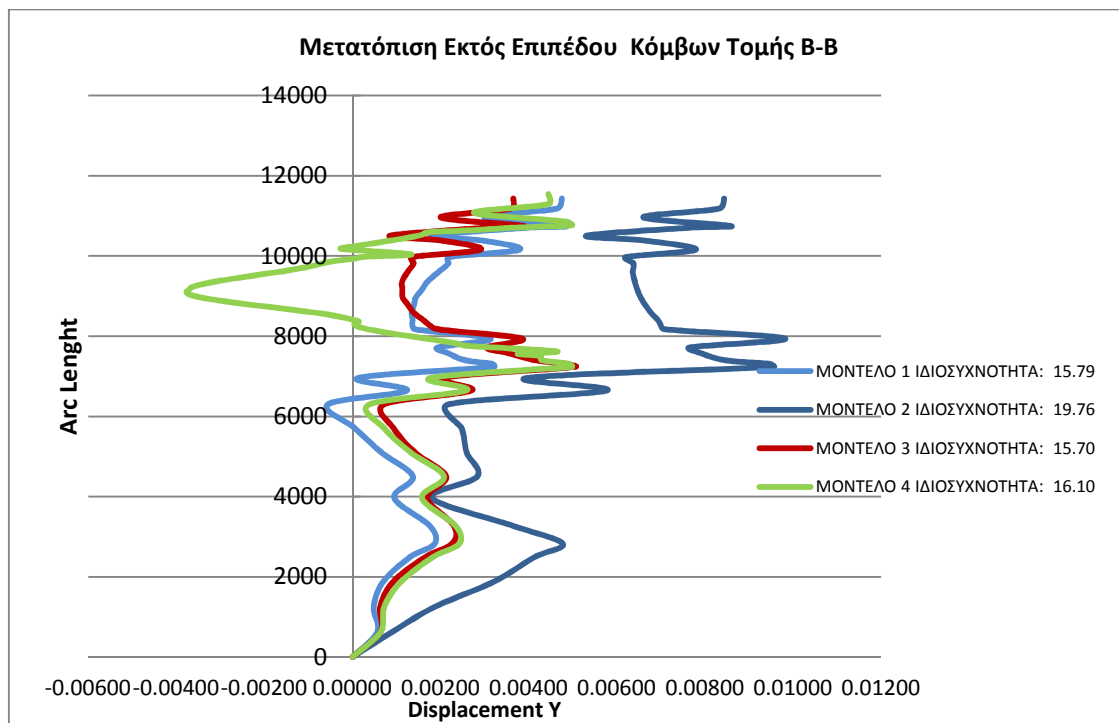


Διάγραμμα 6. Ιδιοσυχνότητα 6 , Τομή Α-Α, μετατόπιση εκτός επιπέδου

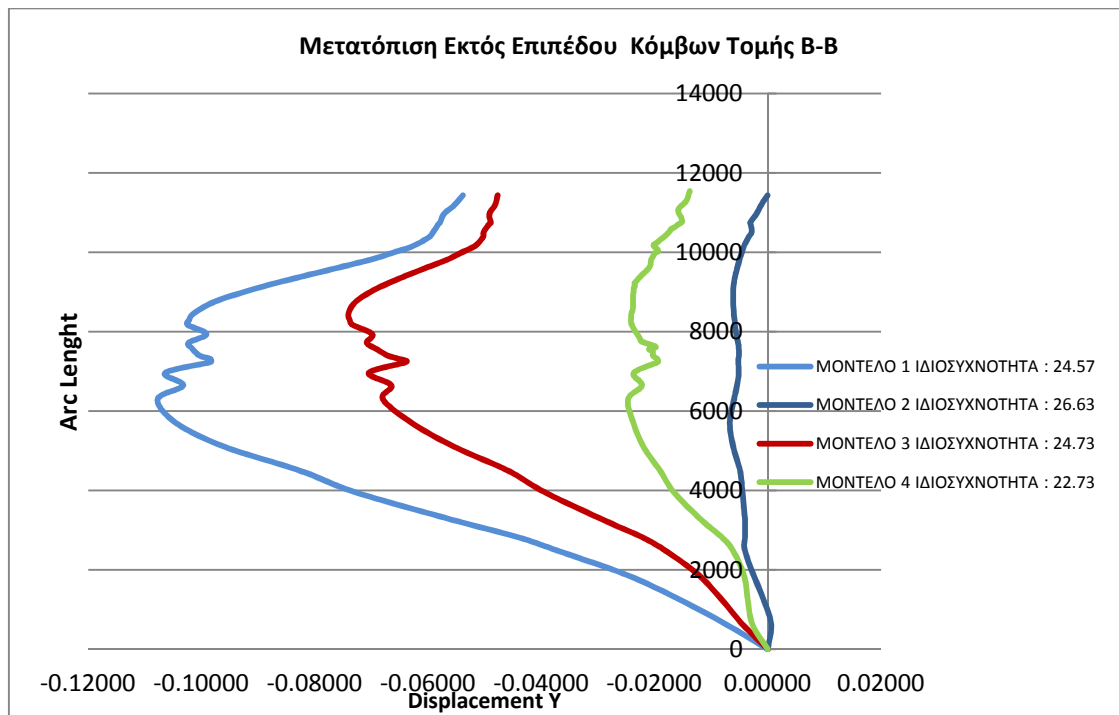
Η τομή B-B βρίσκεται στο πιο εύκαμπτο τμήμα του κτηρίου, στο μέσο της πρόσοψης, όπου εντοπίζονται τα περισσότερα ανοίγματα και η οποία έχει υποστεί σημαντικές τροποποιήσεις με την αλλαγή της ξυλόπηκτης τοιχοποιίας με τοίχο από οπτόπλινθους, διάνοιξη ανοίγματος και επιστέγαση με πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Στις πρώτες ιδιοσυχνότητες εντοπίζονται σε όλα τα μοντέλα έντονες μετακινήσεις εκτός επιπέδου με μεγαλύτερες τις μετακινήσεις του δεύτερου και τέταρτου μοντέλου στο ύψος του δευτέρου ορόφου (Διάγραμμα 7,8). Στην τρίτη τέταρτη και πέμπτη εξεταζόμενη ιδιοσυχνότητα, τα Μοντέλα 1,3,4 παρουσιάζουν μεγαλύτερες μετακινήσεις ενώ στο Μοντέλο 2 τα μεσοπατώματα από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος καθιστούν την πρόσοψη πιο άκαμπτη (Διάγραμμα 9,10,11). Στις μεγαλύτερες συχνότητες το Μοντέλο 2 εξακολουθεί να εμφανίζει μικρές μετακινήσεις ενώ χαρακτηριστική είναι η διαφοροποίηση μεταξύ των μοντέλων 3,4 στο δεύτερο όροφο που έγκειται στην μεγαλύτερη ακαμψία του τοίχου από οπτόπλινθους (Μοντέλο 3) στον όροφο σε σχέση με την ξυλόπηκτη τοιχοποιία (Μοντέλο 4) (Διάγραμμα 10, 11).



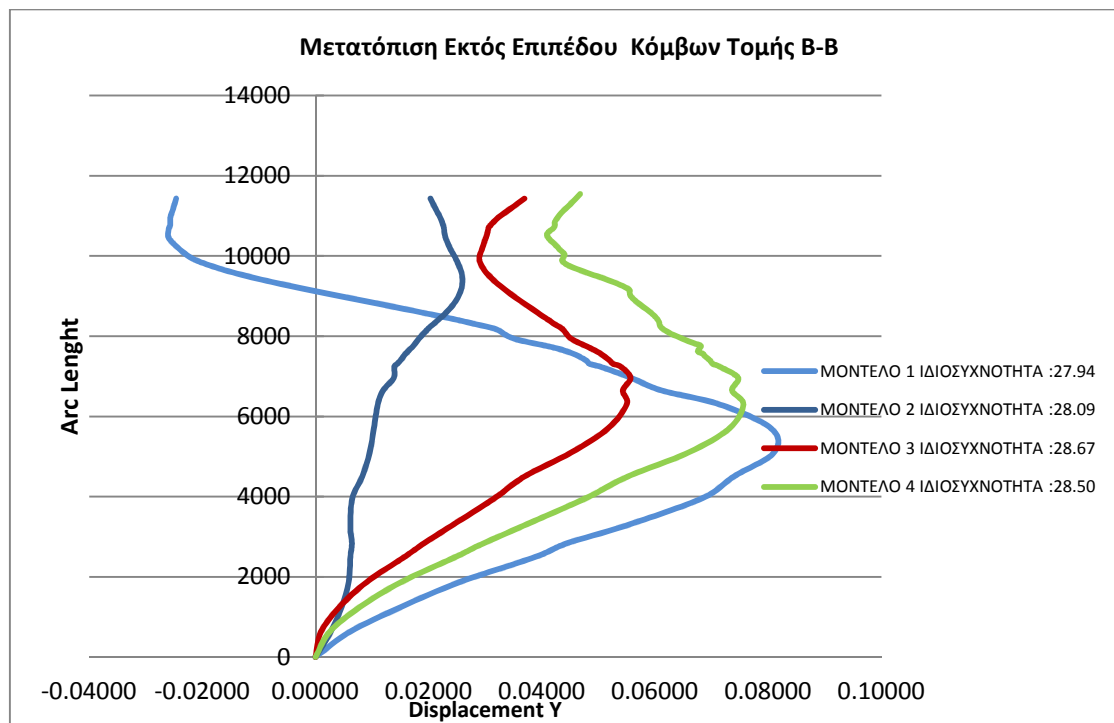
Διάγραμμα 7. Ιδιοσυχνότητα 1, Τομή Β-Β, μετατόπιση εκτός επιπέδου



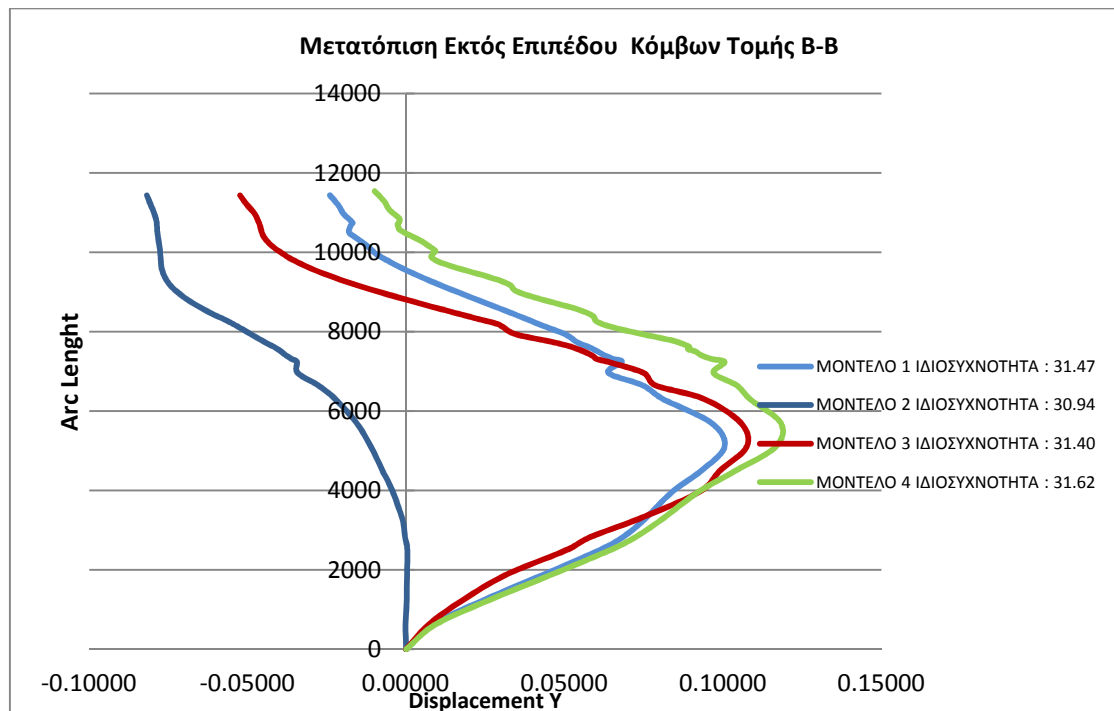
Διάγραμμα 8. Ιδιοσυχνότητα 2, Τομή Β-Β, μετατόπιση εκτός επιπέδου



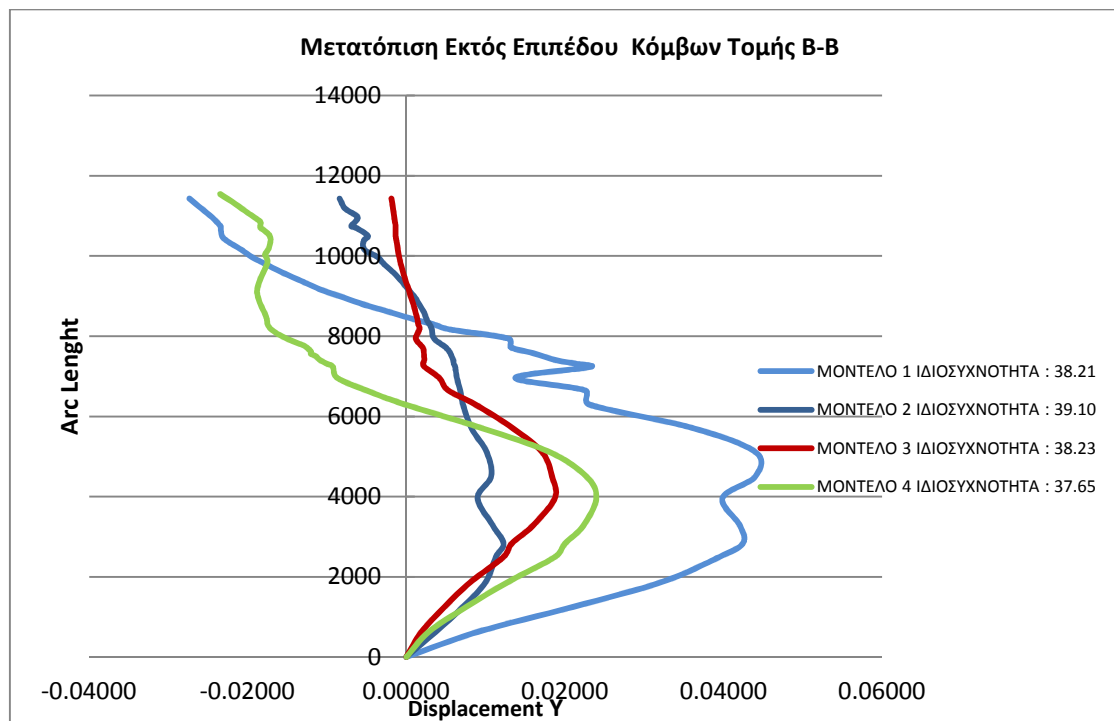
Διάγραμμα 9. Ιδιοσυχνότητα 3, Τομή Β-Β, μετατόπιση εκτός επιπέδου



Διάγραμμα 10. Ιδιοσυχνότητα 4, Τομή Β-Β, μετατόπιση εκτός επιπέδου

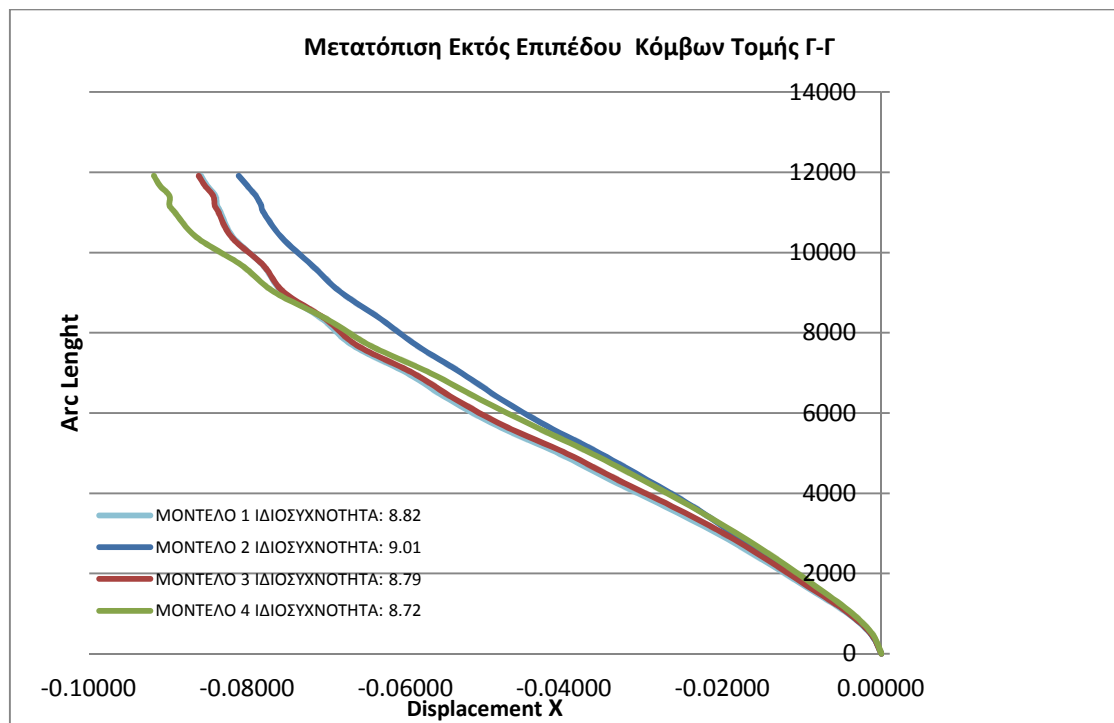


Διάγραμμα 11. Ιδιοσυχνότητα 5, Τομή Β-Β, μετατόπιση εκτός επιπέδου

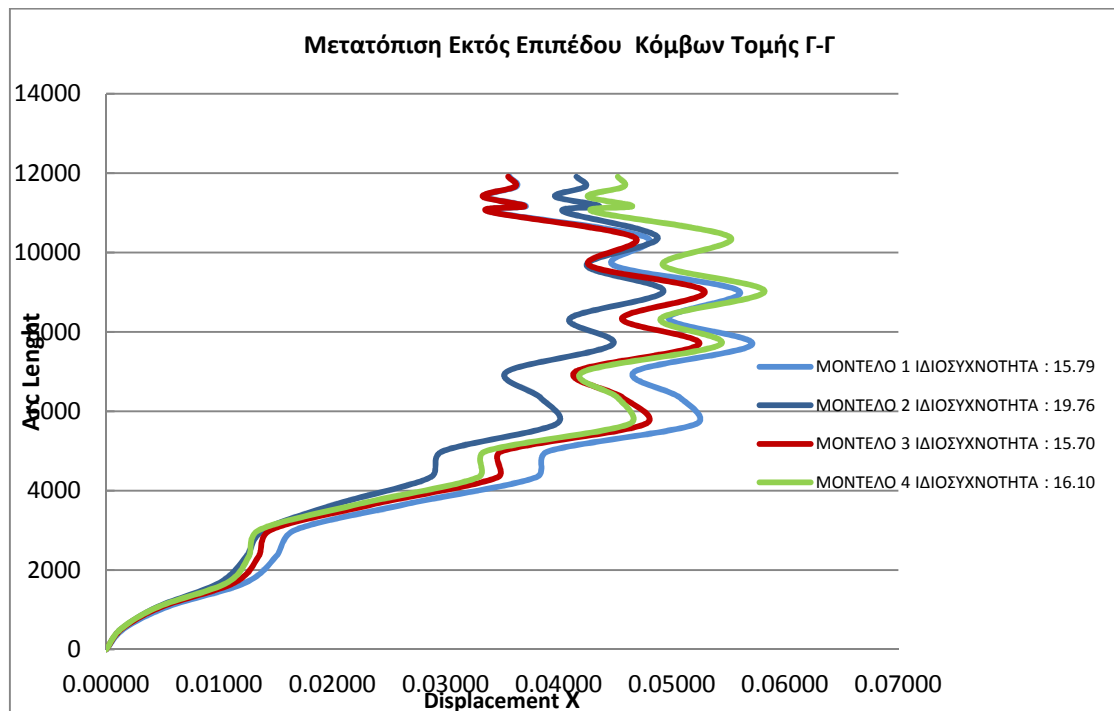


Διάγραμμα 12 . Ιδιοσυχνότητα 6, Τομή Β-Β, μετατόπιση εκτός επιπέδου

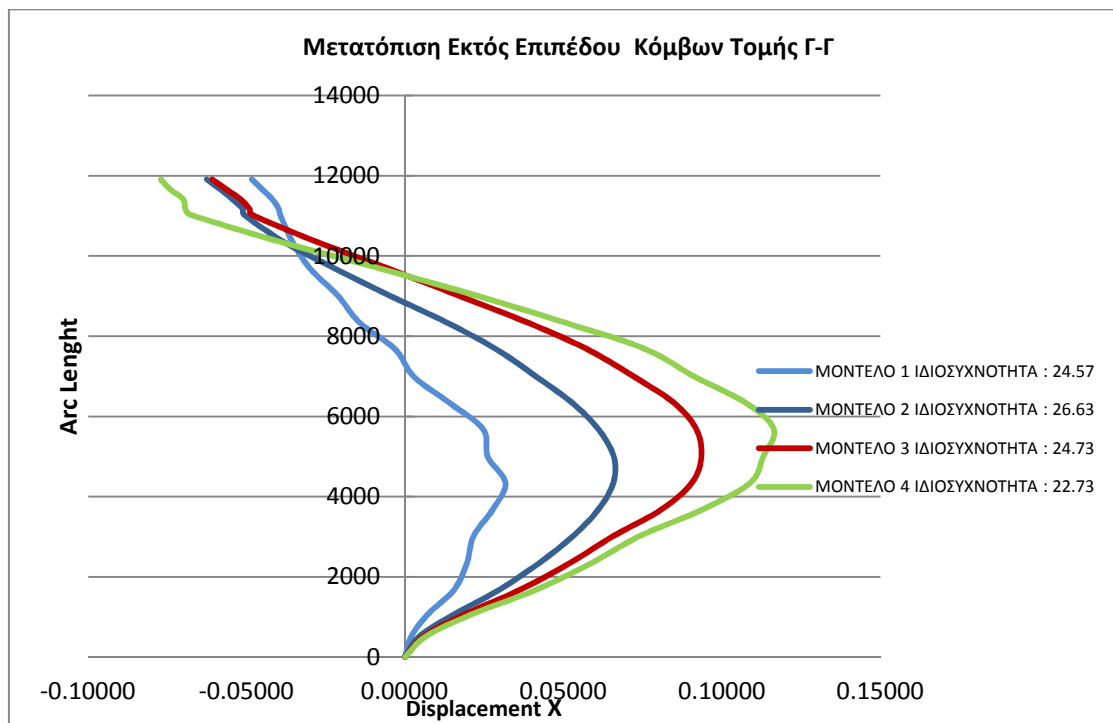
Η τομή Γ-Γ βρίσκεται στην εγκάρσια κατεύθυνση των τομών Α-Α και Β-Β, στο μέσο της ανατολικής τοιχοποιίας του νότιου τμήματος του κτηρίου. Παρατηρείται για τις πρώτες ιδιοσυχνότητες (Διάγραμμα 13,14,15) αντίστοιχη συμπεριφορά των μοντέλων με μεγαλύτερες μετατοπίσεις να παρουσιάζει το Μοντέλο 1,4, το πρώτο με απουσία μεσοπατωμάτων και το δεύτερο με τα ξύλινα μεσοπατώματα και την ξυλόπηκτη τοιχοποιία. Στις μεγαλύτερες συχνότητες οι πιο έντονες μετατοπίσεις εμφανίζονται στα Μοντέλα 2 και 3. Το Μοντέλο 1 λόγω ελλιπούς διαφραγματικής λειτουργίας καθώς απουσιάζουν τα μεσοπατώματα δέχεται τις μεγαλύτερες παραμορφώσεις στην πλειονότητα των ιδιοσυχνοτήτων. Το μοντέλο 2 προκαλεί έντονες μετακινήσεις εκτός επιπέδου στους ορόφους στις θέσεις των πλακών οπλισμένου σκυροδέματος στις μεγαλύτερες ιδιοσυχνότητες σε αντίθεση με το Μοντέλο 4 που εμφανίζει μικρότερες μετακινήσεις εστιασμένες στο δεύτερο εύκαμπτο όροφο (Διάγραμμα 18).



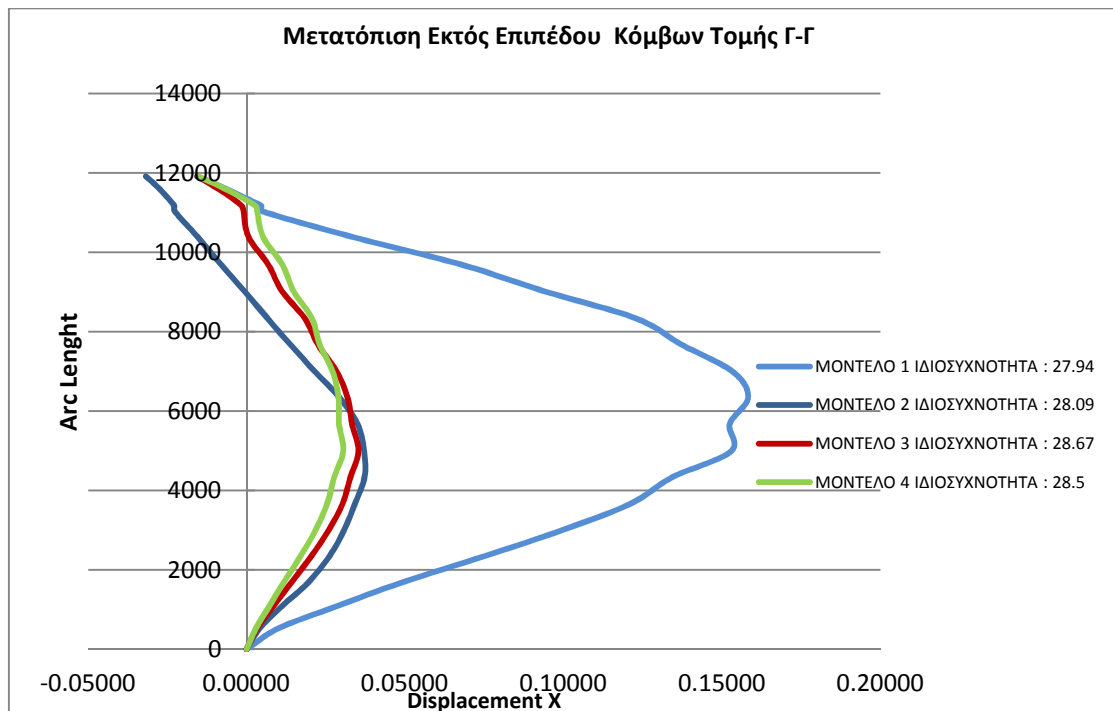
Διάγραμμα 13. Ιδιοσυχνότητα 1, Τομή Γ-Γ, μετατόπιση εκτός επιπέδου



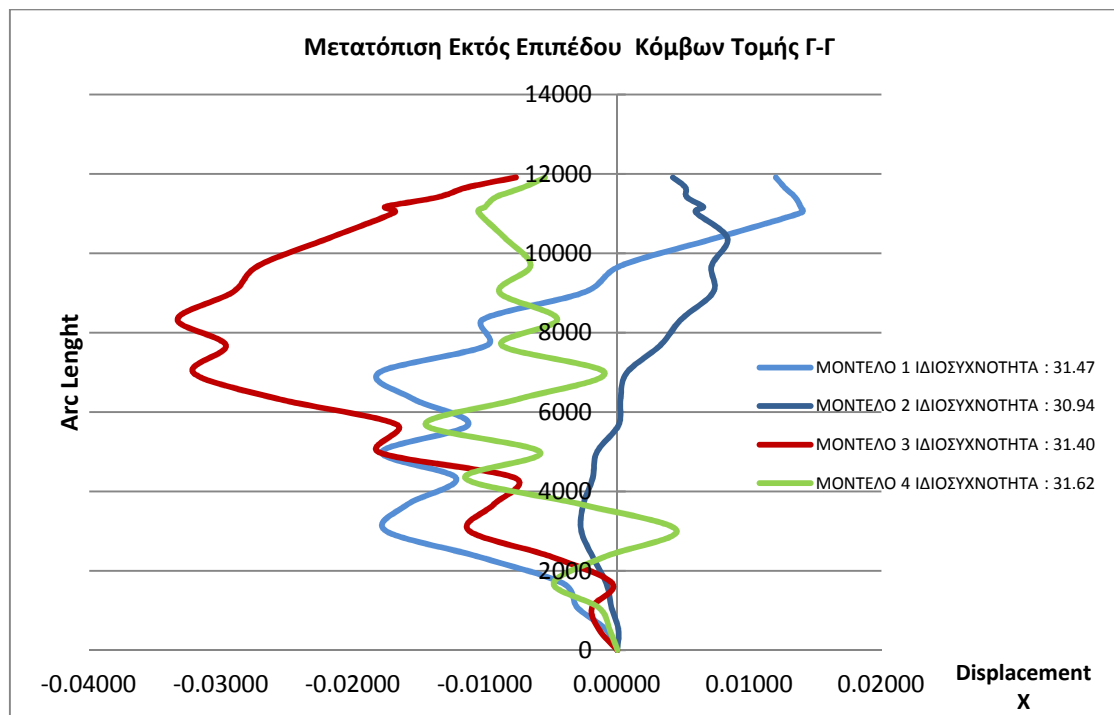
Διάγραμμα 14. Ιδιοσυχνότητα 2, Τομή Γ-Γ, μετατόπιση εκτός επιπέδου



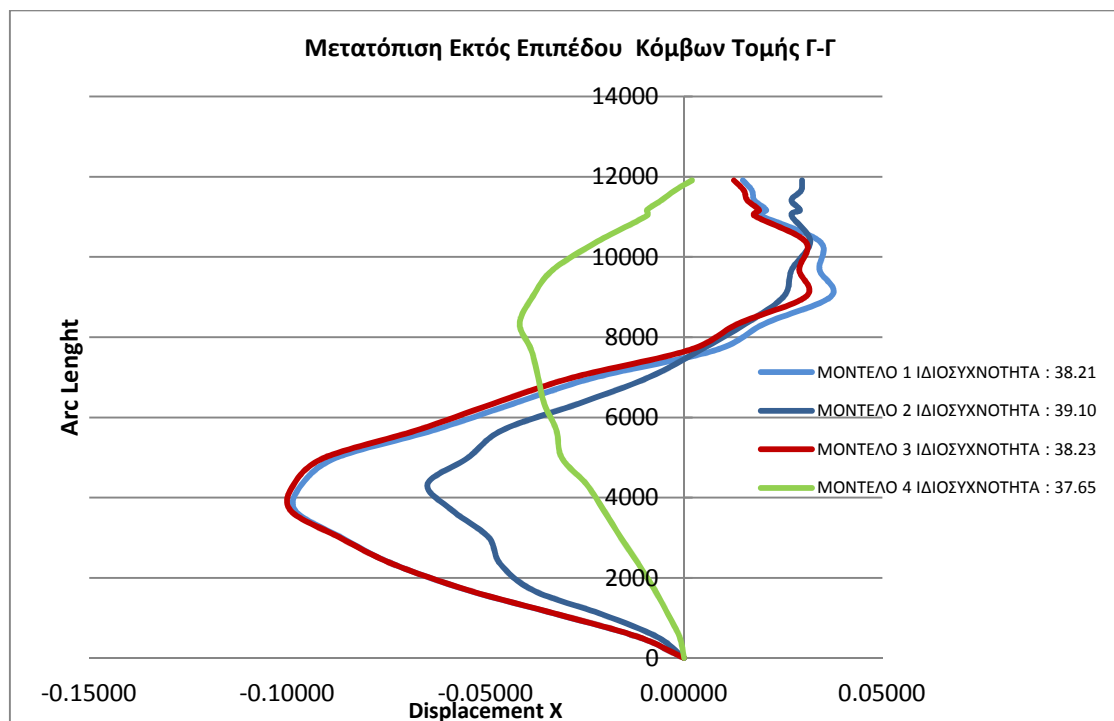
Διάγραμμα 15. Ιδιοσυχνότητα 3, Τομή Γ-Γ, μετατόπιση εκτός επιπέδου



Διάγραμμα 16. Ιδιοσυχνότητα 4, Τομή Γ-Γ, μετατόπιση εκτός επιπέδου

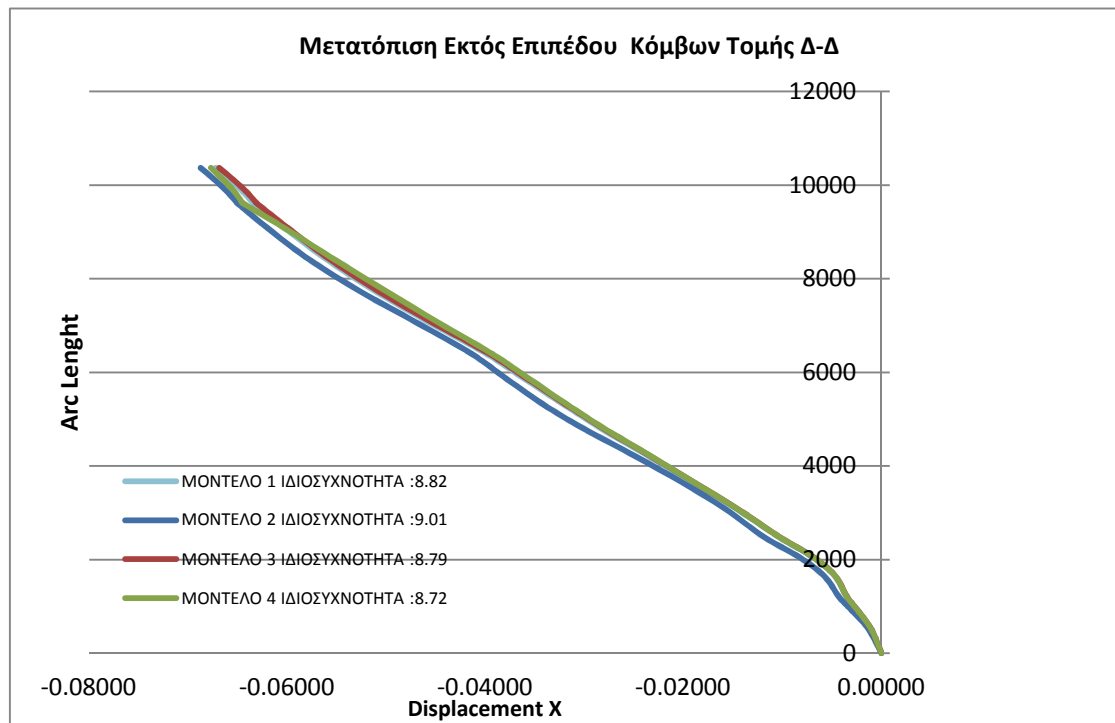


Διάγραμμα 17. Ιδιοσυχνότητα 5, Τομή Γ-Γ, μετατόπιση εκτός επιπέδου

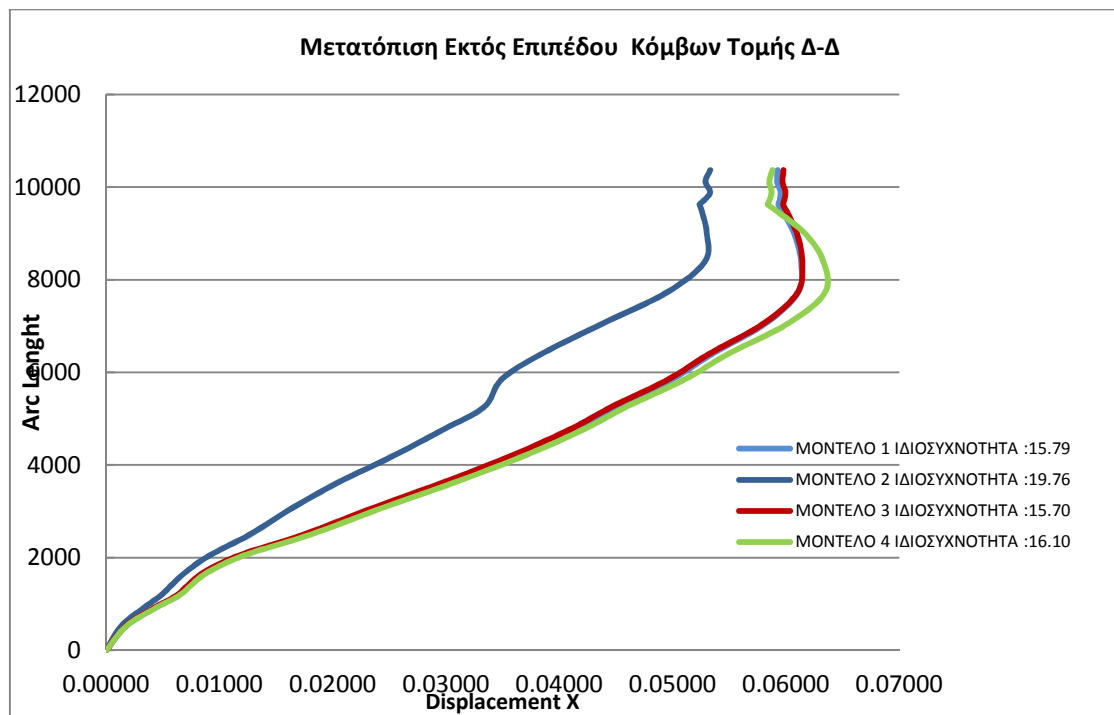


Διάγραμμα 18. Ιδιοσυχνότητα 6, Τομή Γ-Γ, μετατόπιση εκτός επιπέδου

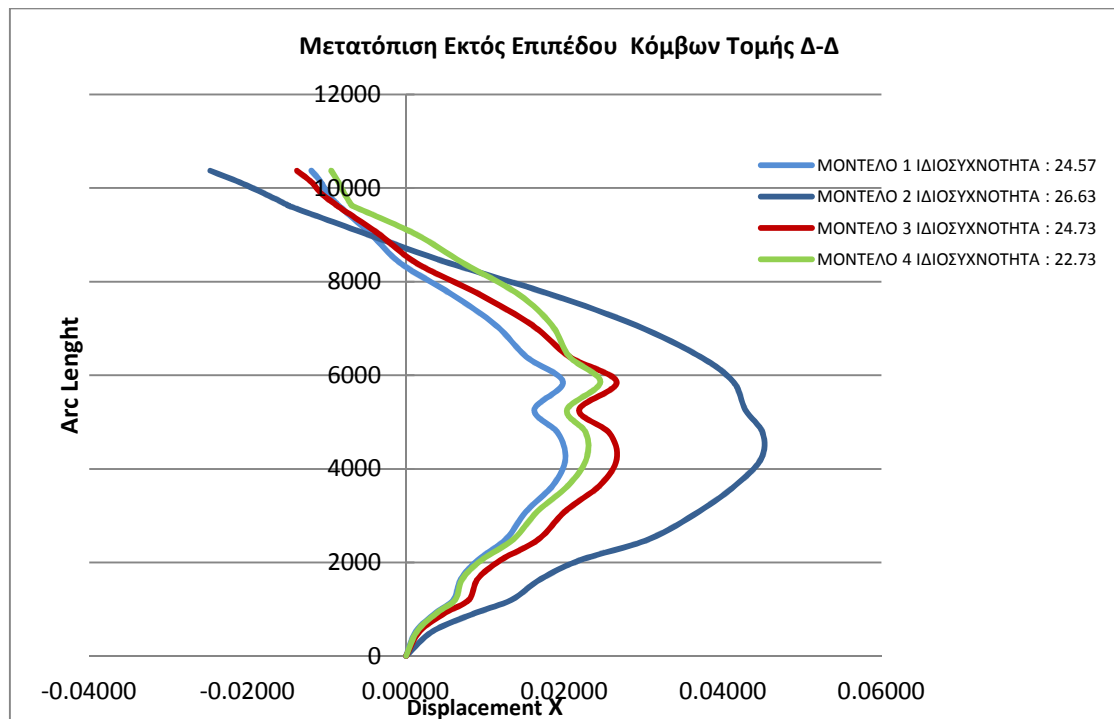
Η τομή Δ-Δ βρίσκεται στην ανατολική όψη ,στο βορειότερο τμήμα του κτηρίου. Στις πρώτες συγκρινόμενες ιδιοσυχνότητες οι μετατοπίσεις εκτός επιπέδου των τεσσάρων μοντέλων είναι αντίστοιχες (Διάγραμμα 19,20). Παρατηρούνται συνολικά μεγαλύτερες μετατοπίσεις για το Μοντέλο 2, ενώ μικρότερες μετατοπίσεις παρατηρούνται συνολικά στο Μοντέλο 4 (Διάγραμμα 21,22,24).



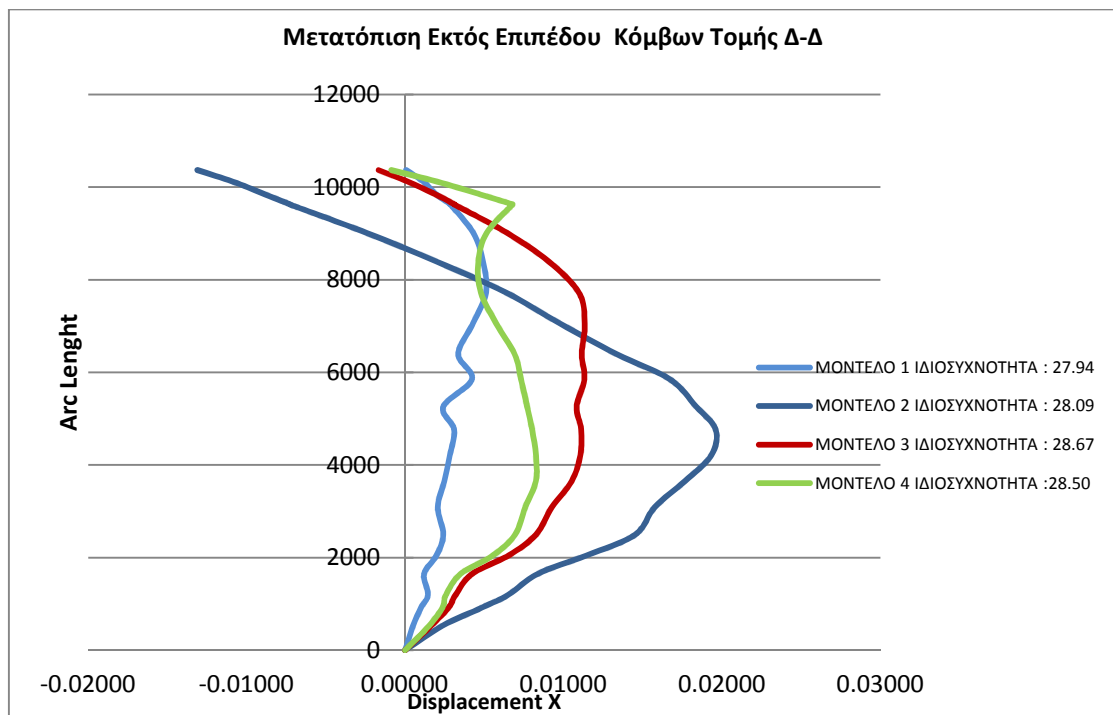
Διάγραμμα 19.Ιδιοσυχνότητα 1, Τομή Δ-Δ, μετατόπιση εκτός επιπέδου



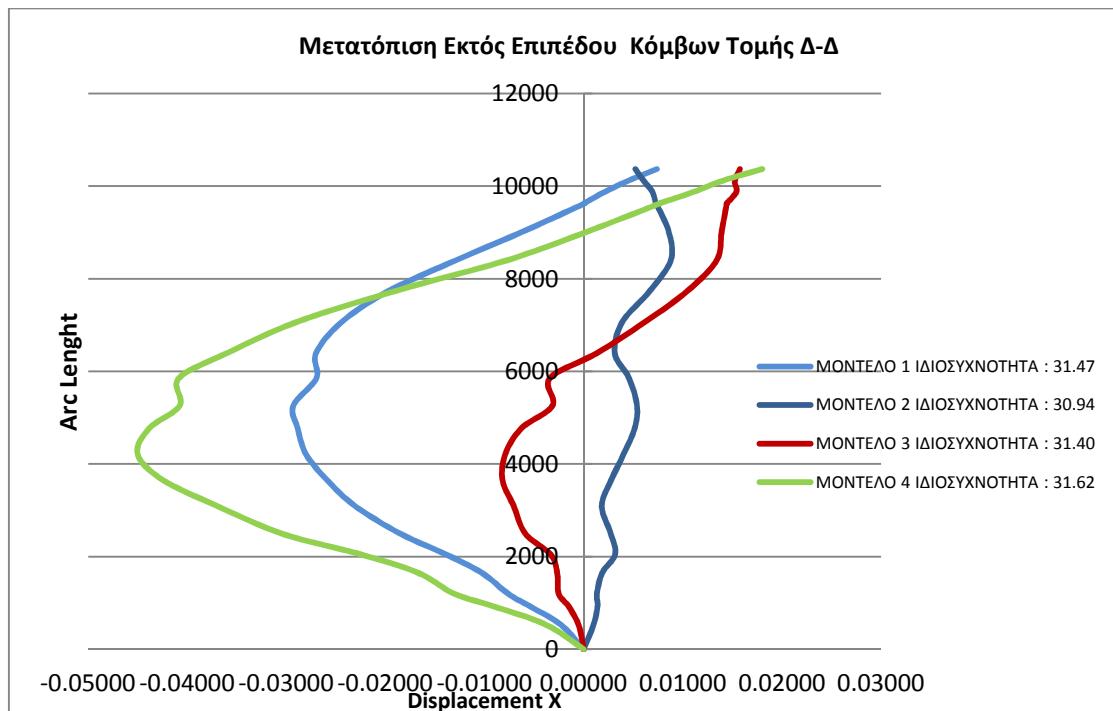
Διάγραμμα 20. Ιδιοσυχνότητα 2, Τομή Δ-Δ, μετατόπιση εκτός επιπέδου



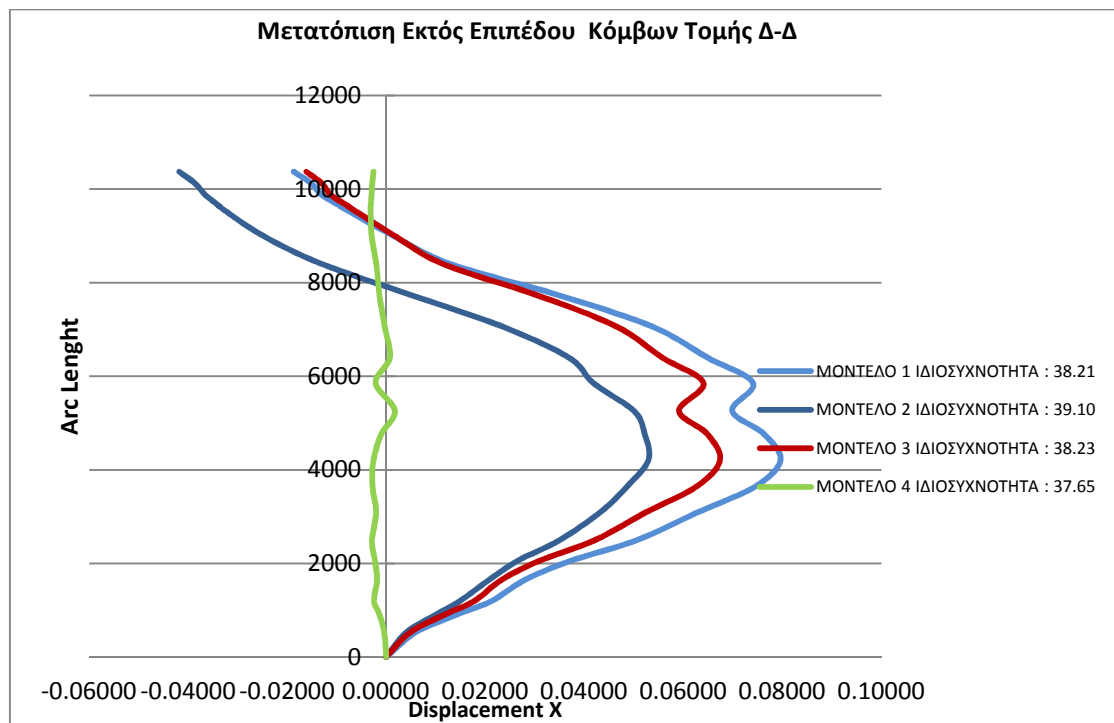
Διάγραμμα 21. Ιδιοσυχνότητα 3, Τομή Δ-Δ, μετατόπιση εκτός επιπέδου



Διάγραμμα 22. Ιδιοσυχνότητα 4, Τομή Δ-Δ, μετατόπιση εκτός επιπέδου



Διάγραμμα 23. Ιδιοσυχνότητα 5, Τομή Δ-Δ, μετατόπιση εκτός επιπέδου



Διάγραμμα 24. Ιδιοσυχνότητα 6, Τομή Δ-Δ, μετατόπιση εκτός επιπέδου

Ιδιοσυχνότητες Διέγερσης Μοντέλων									
Inc	Μοντέλο 1		Μοντέλο 2		Μοντέλο 3		Μοντέλο 4		
	Ιδιοσυχνότητες Hz	Πλήθος Πεπερασμένων στοιχείων	Ιδιοσυχνότητες Hz	Πλήθος Πεπερασμένων στοιχείων	Ιδιοσυχνότητες Hz	Πλήθος Πεπερασμένων στοιχείων	Ιδιοσυχνότητες Hz	Πλήθος Πεπερασμένων στοιχείων	
1	8.8	21432	9.01	44016	7.22	37071	8.72	43407	
2	15.78	21432	19.76	44016	8.79	37071	16.09	43407	
3	24.56	21432	26.63	44016	10.11	37071	22.72	43407	
4	25.51	21432	28.08	44016	15.7	37071	26.3	43407	
5	27.94	21432	30.94	44016	24.72	37071	28.5	43407	
6	28.96	21432	36.16	44016	25.67	37071	29.19	43407	
7	31.46	21432	39.1	44016	28.67	37071	29.37	43407	
8	31.97	21432	42.04	44016	28.86	37071	30.78	43407	
9	33.31	21432	42.86	44016	29.09	37071	31.61	43407	
10	38.21	21432	50.38	44016	30.07	37071	33.21	43407	
11	39.55	21432	52.86	44016	30.19	37071	36.21	43407	
12	40.41	21432	53.37	44016	31.4	37071	37.65	43407	
13	41.51	21432	56.8	44016	32.06	37071	39.52	43407	
14	44.08	21432	58.21	44016	33.26	37071	39.6	43407	
15	45.72	21432	59.26	44016	37.41	37071	39.69	43407	
16	47.95	21432	59.68	44016	38.22	37071	40.01	43407	
17	50.16	21432	61.91	44016	38.75	37071	40.41	43407	
18	51.03	21432	64.04	44016	38.85	37071	40.86	43407	
19	52.12	21432	66.42	44016	39.19	37071	40.88	43407	
20	53.68	21432	69.22	44016	39.25	37071	41.07	43407	

Πίνακας 6. Ιδιοσυχνότητες Διέγερσης Μοντέλων

5. Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική έγινε παρουσίαση της μεθοδολογίας μελέτης της μηχανικής συμπεριφοράς και του τρόπου επίδρασης επεμβάσεων σε παραδοσιακά κτήρια με ιδιαίτερα γεωμετρικά και δομικά χαρακτηριστικά, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τα ιστορικά, αρχιτεκτονικά στοιχεία όσο και τις υπάρχουσες επεμβάσεις. Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόστηκε στη μελέτη ενός παραδοσιακού κτηρίου στην Παλαιά Πόλη Χανίων, με ιδιαίτερη γεωμετρία. Αποτελούμενο από δύο ανισόπεδους όγκους και έχοντας υποστεί μεταγενέστερες επεμβάσεις στήριξης, έδωσε την αφορμή για μελέτη της μεταβολής της δυναμικής συμπεριφοράς παραδοσιακών κτηρίων σε τέσσερις επιλογές επεμβάσεων. Με δεδομένη την τοποθέτηση επιστέγασης από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος επί φέρουσας λιθοδομής καθώς και την αντικατάσταση ξυλόπηκτης τοιχοποιίας με τοιχοποιία από οπτόπλινθους στον όροφό του, μελετήθηκαν διαφορετικοί τρόποι επέμβασης στο παραδοσιακό αυτό κτήριο. Για τη μελέτη της στατικής και δυναμικής συμπεριφοράς του κτηρίου, δημιουργήθηκαν τέσσερα μοντέλα προσομοίωσης με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Το κτήριο, όπως διαπιστώθηκε από τα αποτελέσματα, έχει επιβαρυνθεί από την τοποθέτηση πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος ως επιστέγασης προσθέτοντας αυξημένα θλιπτικά φορτία στο σύνολο της φέρουσας λιθοδομής. Τα κυριότερα προβλήματα εμφανίζονται στην πολύ εύκαμπτη πρόσοψή του (νότια όψη). Διατμητικές τάσεις εμφανίζονται στις ζώνες σύζευξης πεσσών και γύρω από τα ανοίγματα. Με την προσομοίωση του Μοντέλου 2, το οποίο προσθέτει στο υπάρχον (Μοντέλο 1) μεσοπατώματα από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος, ενισχύεται η διαφραγματική λειτουργία του συνόλου του κτηρίου και ενισχύεται και η ευπαθής πρόσοψη. Το ισχυρό αυτό διάφραγμα προκαλεί όμως έντονες μετακινήσεις εκτός επιπέδου στο σύνολο του κτηρίου. Στο Μοντέλο 3, με την τοποθέτηση ξύλινων μεσοπατωμάτων, η συμπεριφορά του κτηρίου εμφανίζεται καλύτερη, με μικρότερες παραμορφώσεις και μετακινήσεις εκτός επιπέδου. Στη περίπτωση αυτή φαίνεται ότι η λιθοδομή από οπτόπλινθους του δεύτερου ορόφου επιβαρύνει την ήδη έντονη παραμόρφωση που παρουσιάζει ο χαμηλότερος όροφος λόγω αυξημένων φορτίων, η οποία είναι φανερή σε όλα τα Μοντέλα που προσομοιώθηκαν αλλά και στην πραγματική υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου. Το Μοντέλο 4, με την επαναφορά της ξυλόπηκτης τοιχοποιίας στο δεύτερο όροφο, εμφανίζεται να ομοιάζει περισσότερο στην αρχική συμπεριφορά του κτηρίου, στην

αρχική του κατασκευή. Παρατηρείται ότι η εύκαμπτη ξυλόπηκτη τοιχοποιία αδυνατεί λειτουργήσει ως στήριγμα της υπερκείμενης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος με αποτέλεσμα η πρόσοψη να εξακολουθεί να επιβαρύνεται.

Ο φέρων οργανισμός του κτηρίου έχει τροποποιηθεί με την τοποθέτηση πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος ως επιστέγαση. Με δεδομένη την παραμονή αυτής της επιστέγασης και τις έντονες μετακινήσεις εκτός επιπέδου που θα προκαλέσει η αποκατάσταση με μεσοπατώματα πλακών οπλισμένου σκυροδέματος, προτείνεται η τοποθέτηση ξύλινων μεσοπατωμάτων με ενισχυμένη διαφραγματική λειτουργία (διπλό πέτσωμα ή περιμετρικό ξύλινο δοκάρι). Για την επαναφορά του σημαντικού μορφολογικού στοιχείου της ξυλόπηκτης τοιχοποιίας(μπαγδατότοιχου) προτείνεται η ενίσχυση του πλαισίου της λιθοδομής που το περιβάλλει ώστε να παρασχεθεί καλύτερη στήριξη στην υπάρχουσα υπερκείμενη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος.

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων δύναται να χρησιμοποιηθούν και να δεχθούν βελτιώσεις που αφορούν κυρίως την περεταίρω διερεύνηση της δομής των ξυλόπηκτων τοιχοποιιών και πώς αυτές μπορούν να επηρεάσουν το δομικό σύστημα μιας παραδοσιακής κατασκευής. Σημαντική είναι η λεπτομερέστερη προσομοίωσή τους, μελέτη των ιδιοτήτων τους καθώς και η προσομοίωση διαφόρων τύπων πλαισίων και πλήρωσής τους (κατακόρυφα ξύλα στο πλαίσιο σε σύγκριση με ενίσχυσή τους με διαγώνια, πλήρωση με κλαδιά και ξύλα ή με χώμα, κεραμικά και άλλα).

Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει η μελέτη των εν επαφή γειτνιαζόντων κτισμάτων και της δικής τους συμπεριφοράς. Κρίσιμο κρίνεται κατά την απόφαση επέμβασης σε ένα κτήριο που βρίσκεται σε συνεχές σύστημα δόμησης όπως στην Παλαιά Πόλη Χανίων το πόσο άκαμπτο αυτό μπορεί να μετατραπεί κατά την στήριξη και αποκατάστασή του και τι επιπτώσεις θα έχει στα γειτονικά κτίσματα.

Βιβλιογραφία

- [1] Νομικός Μιχαήλ Ε. *Αποκατάσταση επανάχρηση ιστορικών κτιρίων και συνόλων*, Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Γιαχούδη, 2004.
- [2] Δημοσθένους Μίλτων, *“Μέθοδοι και υλικά αποκατάστασης και ενίσχυσης διατηρητέων κτηρίων από φέρουσα τοιχοποιία”*, εκδόσεις ΤΕΕ, Φεβρουάριος 2009
- [3] Τζιβελέκα Ιφιγένεια , *Έλεγχος δομικής ακεραιότητας υφιστάμενου κτηρίου από λιθοδομή και αξιολόγηση της πρότασης επανάχρησης*, Διπλωματική διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2014
- [4] Hong Hao and Jay Shen, *Estimation of relative displacement of two adjacent asymmetric structures, earthquake engineering and structural Dynamics*
- [5] Καραντώνη Φ., *Κατασκευές από τοιχοποιία: σχεδιασμός και επισκευές*, Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2004
- [6] Leftheris B.P., Stavroulaki M.E., Sapounaki A.C. and Stavroulakis G.E., *Computational Mechanics for Heritage Structures*, WITpress, Boston, 2006
- [7] Lourenco P. B., *Analysis of Historical Constructions: From thrust-lines to advanced simulations*, Historical Constructions, Guimaraes
- [8] Β. Κουμούσης, Καθηγητής ΕΜΠ, *Σημειώσεις πάνω στην ανάλυση φορέων με πεπερασμένα στοιχεία*, Μάρτιος 1998
- [9] Τσιναράκης Θεόδωρος, *Αποτίμηση φέροντος οργανισμού νοτίου ενετικού νεωρίου Χανίων Benedetto Moro με ιδιομορφική ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων*, Διπλωματική Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2014
- [10] Μαρία Ελ. Σταυρουλάκη, Λέκτορας Πολυτεχνείου Κρήτης, *Σημειώσεις μεταπτυχιακού μαθήματος Υπολογιστικής Μηχανικής, Χρήση Υπολογιστικών Προγραμμάτων για την Ανάλυση Κατασκευών με την Μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων. Πρόγραμμα MARC-MENTAT*, Εργαστήριο εφαρμοσμένης μηχανικής, Γενικό Τμήμα, Πολυτεχνείο Κρήτης
- [11] *“Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια”*, Έκδοση ΟΑΣΠ, Αθήνα, Απρίλιος 2001, (συλλογική εργασία υπό των: Ε. Βιντζηλαίου, Μ. Δημοσθένους, Σ. Δρίτσος, Σ. Θεοδωράκης, Π. Κρεμέζης, Β. Λεκίδης, Χ. Σπανός, Κ. Στυλιανίδης, Μ. Χρονόπουλος).
- [12] Δημοσθένους Μ., Στυλιανίδης Κ., (2000): *“Κριτήρια επιλογής μεθόδων επισκευής και ενίσχυσης μνημείων και παραδοσιακών κτιρίων από τοιχοποιία”*, Πρακτικά 1ου Εθνικού Συνεδρίου για τις Ήπιες Επεμβάσεις και Προστασία Ιστορικών Κατασκευών, Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος, σελ. 451-462.
- [13] Χ.Δ. Θεοδωρίδης, *Συμβατά Υλικά και Μέθοδοι Συντήρησης και Αποκατάστασης Ιστορικών Κτηρίων*, 15ο Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, Αλεξανδρούπολη, 25-27 Οκτωβρίου., 2006

[14] Δημακόπουλος Ε. Ιορδάνης, *Τα σπίτια του Ρέθεμνου, Συμβολή στη μελέτη της αναγεννησιακής αρχιτεκτονικής τη Κρήτης του 16^{ου} και 17^{ου} αιώνα*, Υπουργείο Πολιτισμού και Επιστημών, Γενική Διεύθυνση Αρχαιοτήτων και Αναστηλώσεως, Δημοσιεύματα αρχαιολογικού Δελτίου Αρ.24, Αθήνα 1977

[15] Φιλυππίδης Δημήτρης, *Ελληνική Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική-Κρήτη*, εκδόσεις Μέλισσα, Αθήνα 1985

[16] Διαμαντοπούλου Α.Δ., *Η αρχιτεκτονική διακόσμηση των αρχοντικών των Θεσσαλικών Αμπελακίων*, Αθήνα, 1970

[17] Μουτσόπουλος Νικόλαος, *Μακεδονίτικη αρχιτεκτονική, Θεσσαλονίκη 1971*

[18] Αρακαδάκη Μαρία, *Διαχρονική προσέγγιση στην αρχιτεκτονική του Ελληνικού χώρου-Τυπολογία-Συγκριτική Μορφολογία*, Ανοιχτά ακαδημαϊκά μαθήματα, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

[19] http://fysiki-domisi.blogspot.gr/p/blog-page_11.html

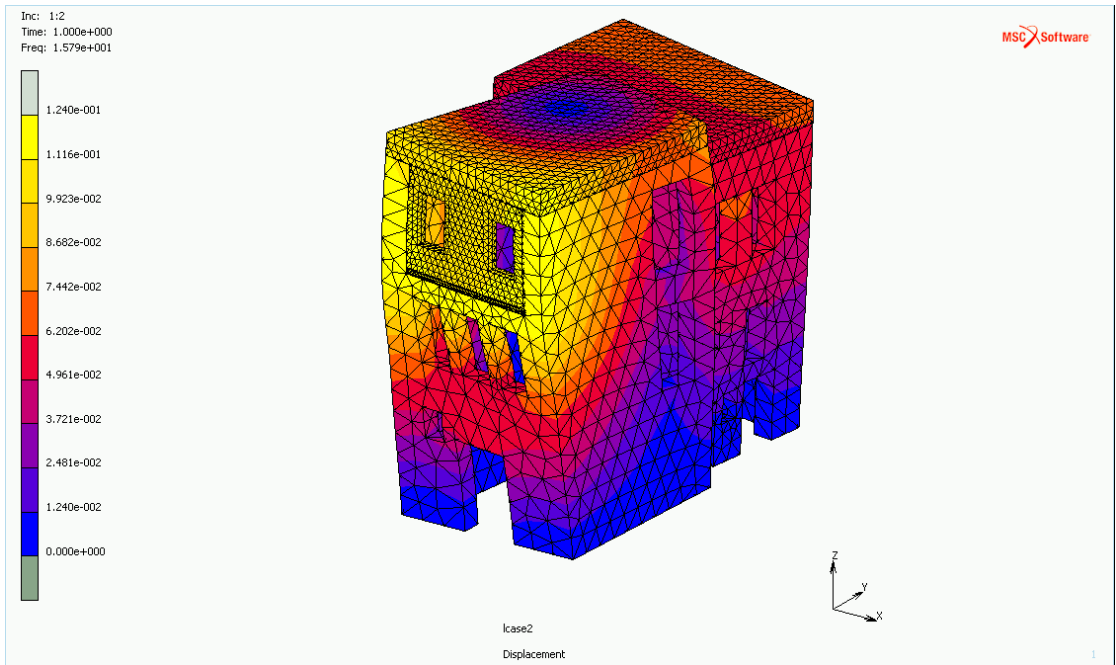
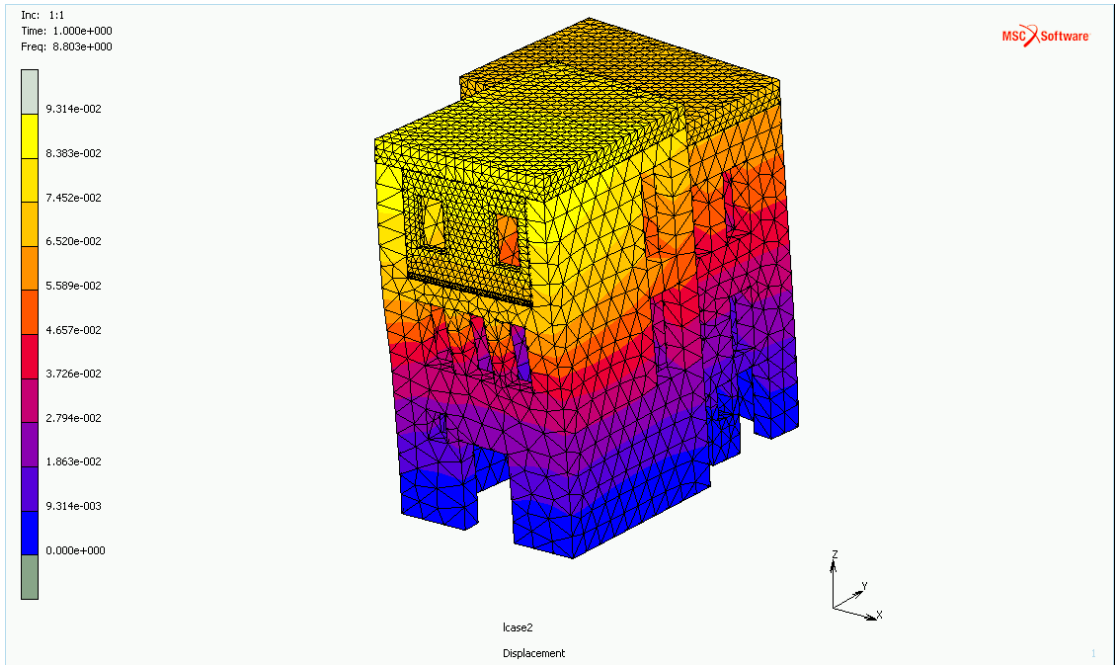
[20] <http://www.arch.ntua.gr/node-resources/745>, Καραδήμας Κώστας, σημειώσεις Διατομεακού μαθήματος 5^{ου} εξαμήνου 2014-15, Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός 5^Α, Ανάλυση παραδοσιακών κτηρίων & Συνόλων-Μορφολογική και Κατασκευαστική ανάλυση, Ε.Μ.Π., Σχολή Αρχιτεκτόνων

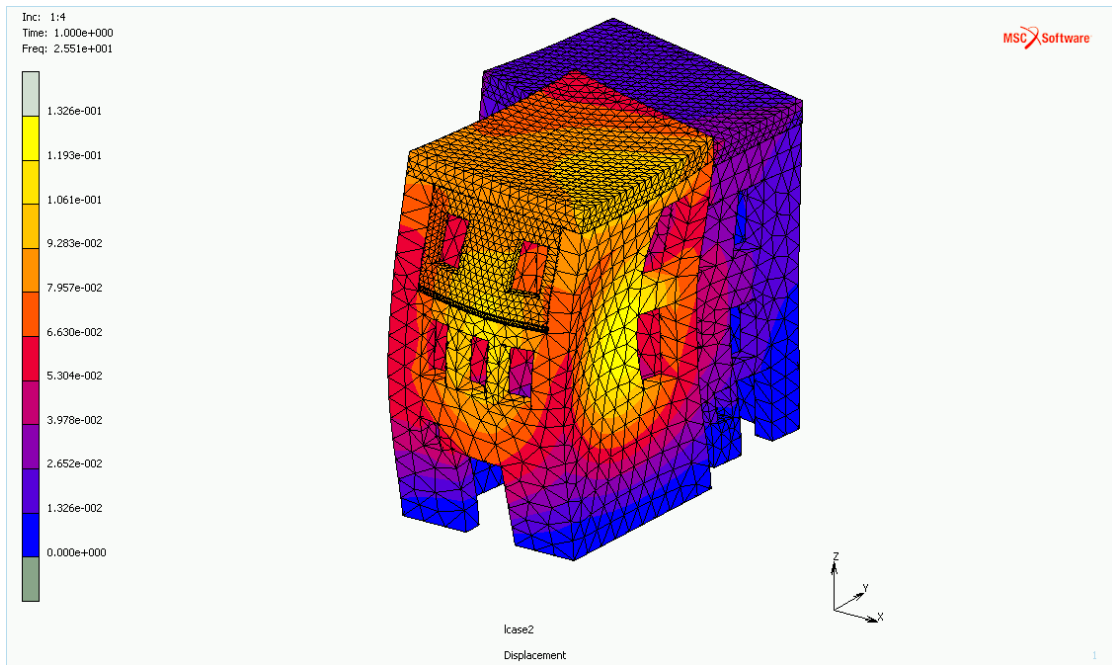
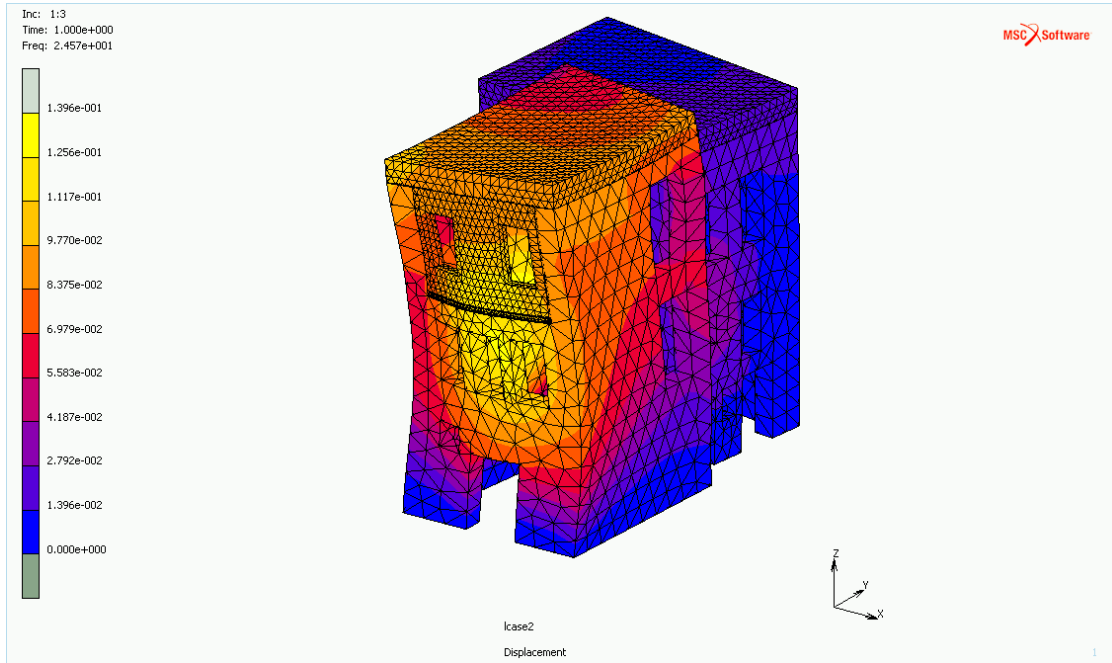
[21] Κάππος Ανδρέας, Κουρής Λεωνίδας-Αλέξανδρος, *Προσομοίωση παραδοσιακών Κατασκευών από ξυλόπηκτη Τοιχοποιία*, 3^ο πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας 5-7 Νοεμβρίου, 2008, Άρθρο 2013

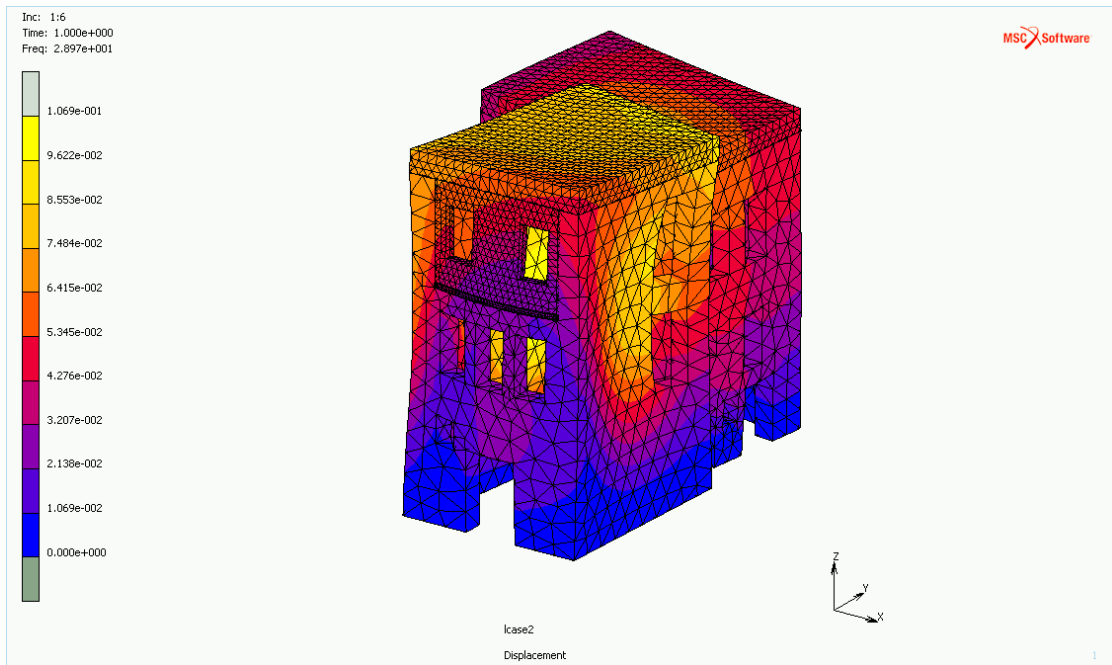
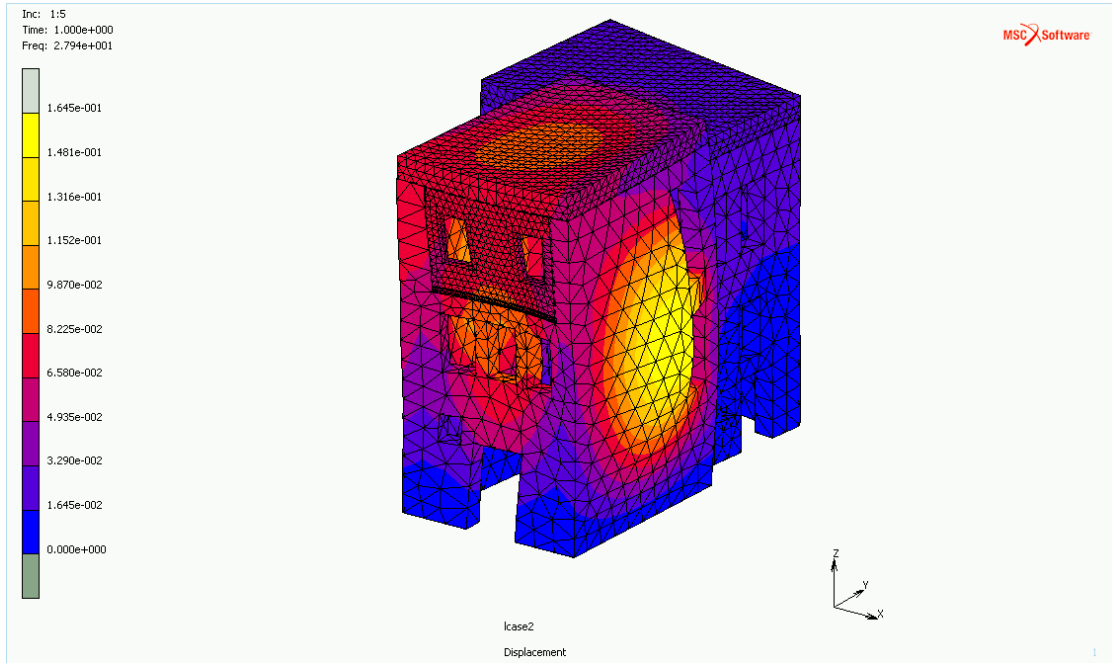
[22] Γκόγκου Ρ., Κολιού Μ., *“Σεισμική αποτίμηση Μνημείων-Μέθοδοι επισκευής και Ενίσχυσης”*, 14^ο Φοιτητικό συνέδριο: Επισκευές κατασκευών, Πάτρα, Φεβρουάριος 2008

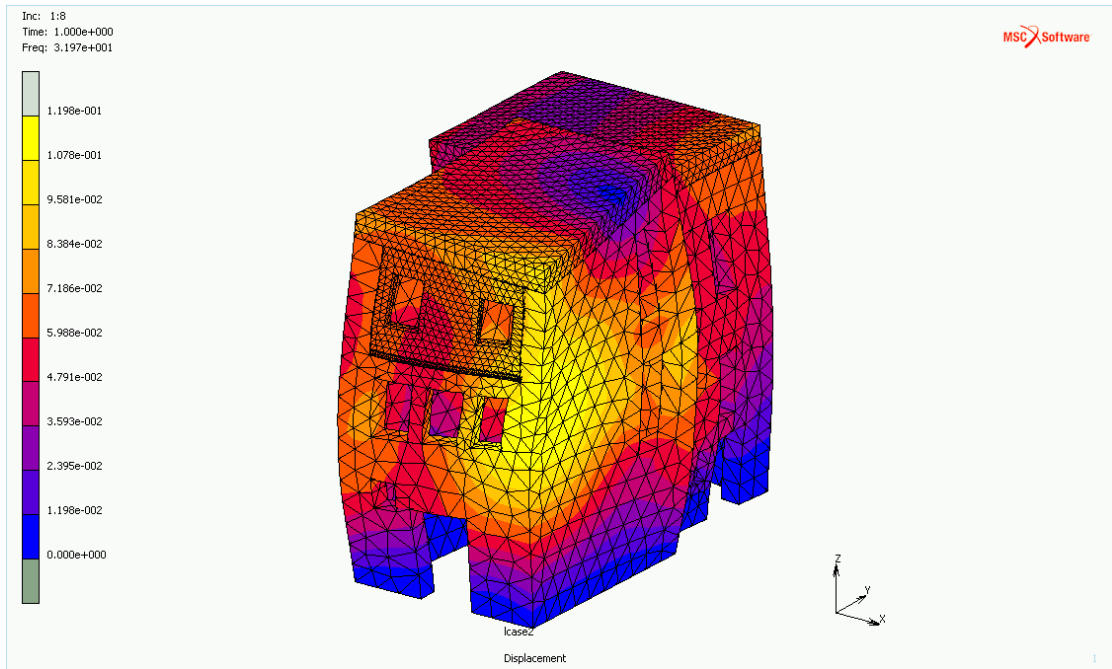
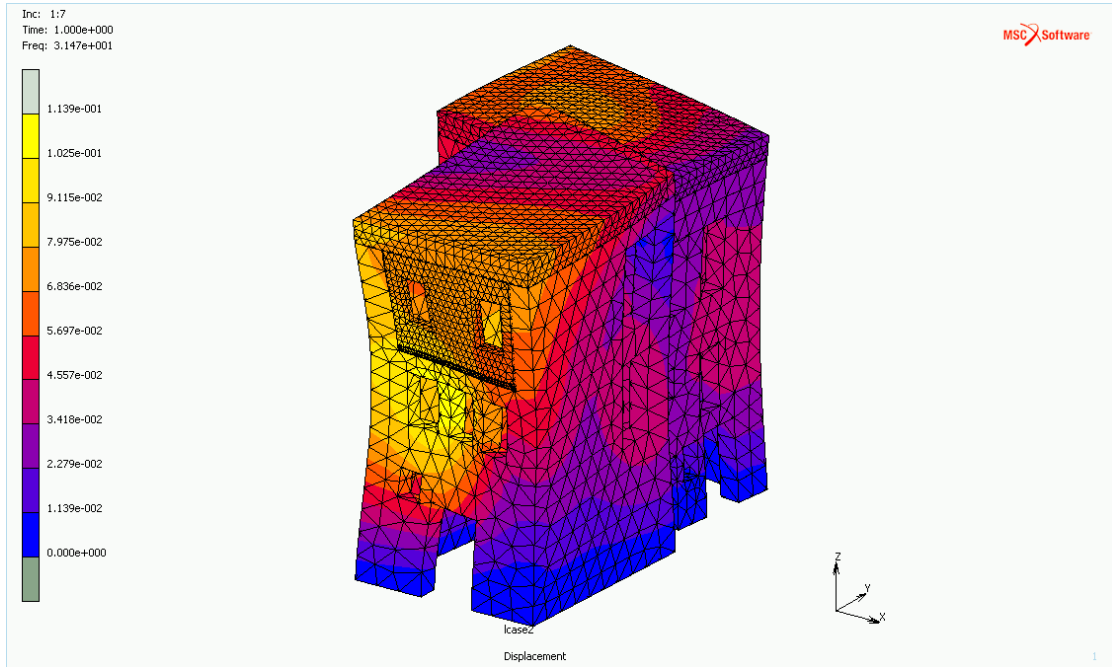
[23] Μαραβελάκη Νόνη, *«Επίδραση περιβάλλοντος σε μνημεία και κτήρια: μηχανισμοί, μέθοδοι αποτίμησης και αποκατάστασης»*, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Χανιά, Ιούνιος 2004

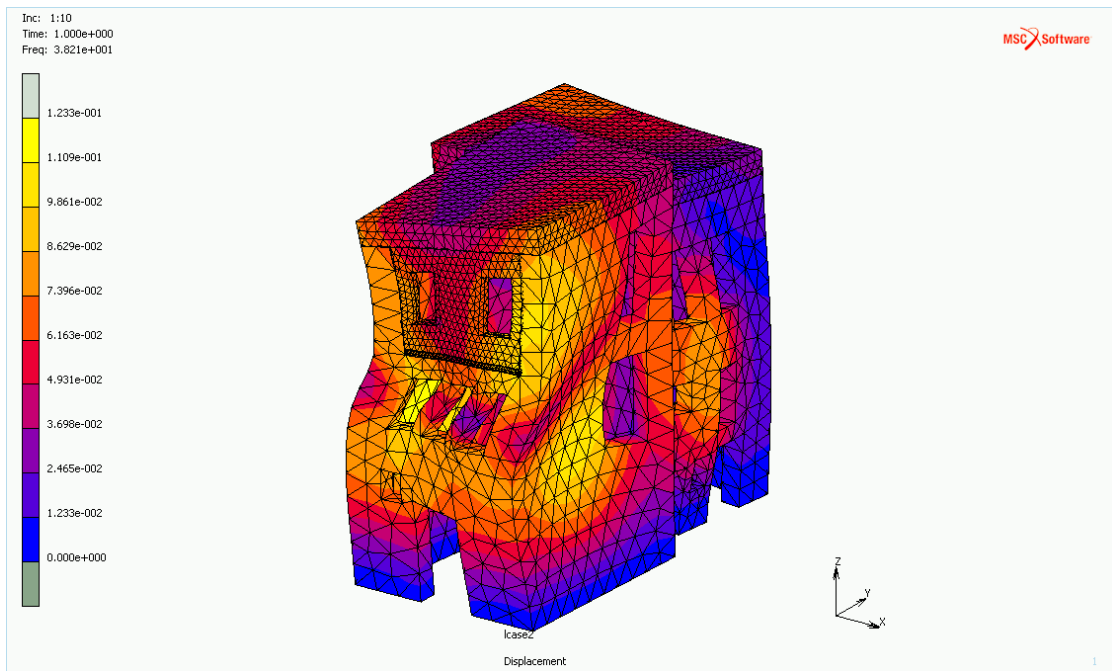
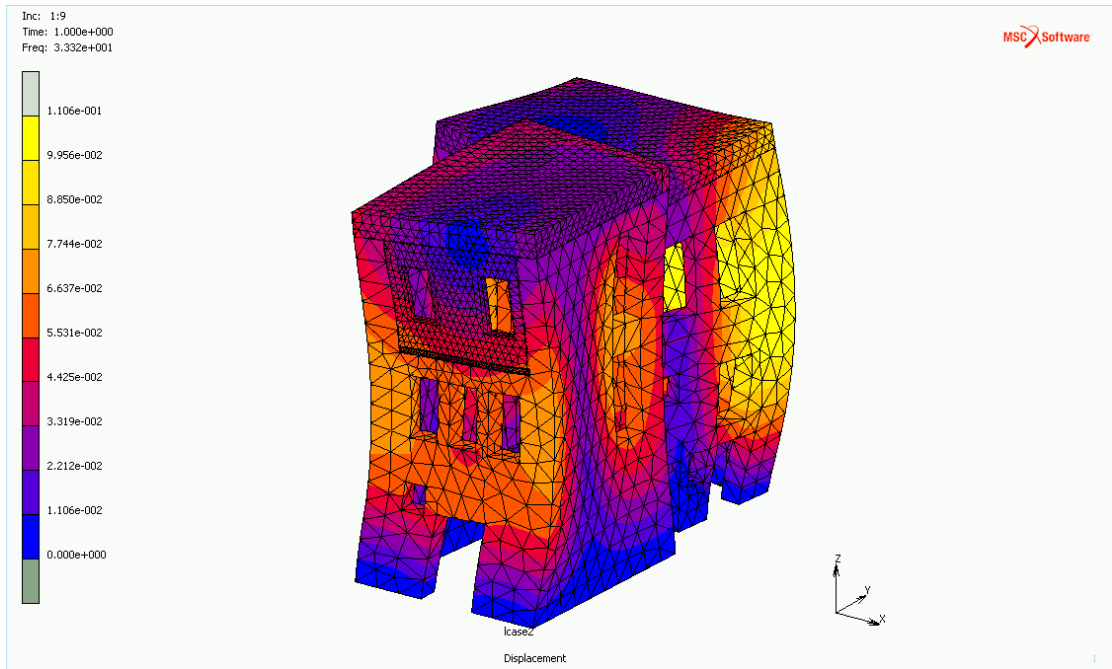
Μοντέλο 1

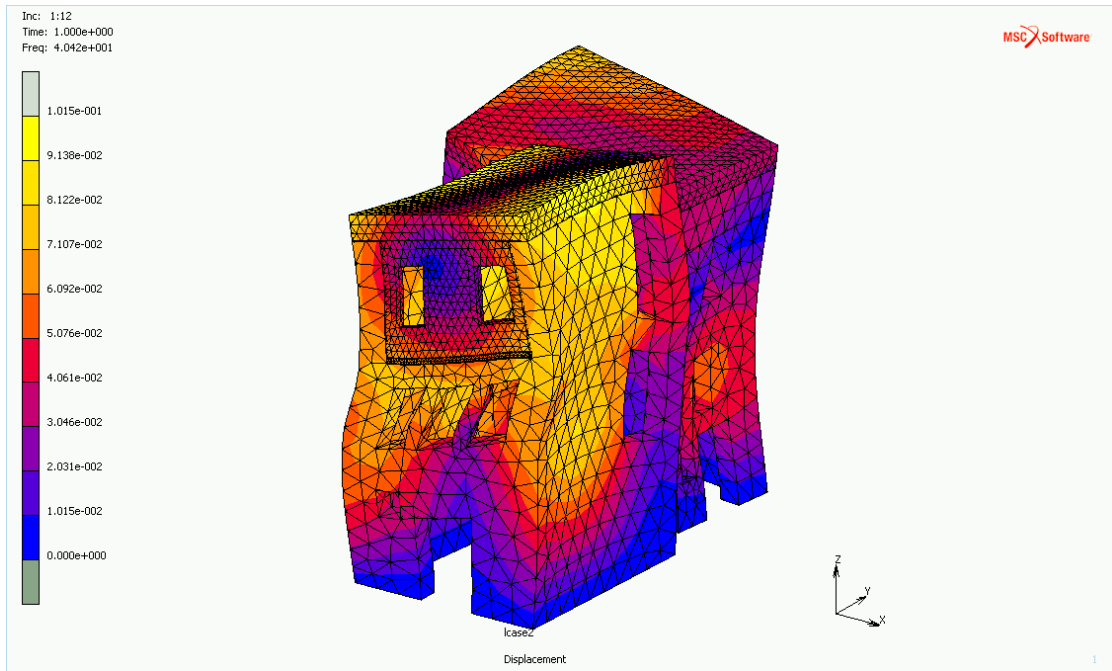
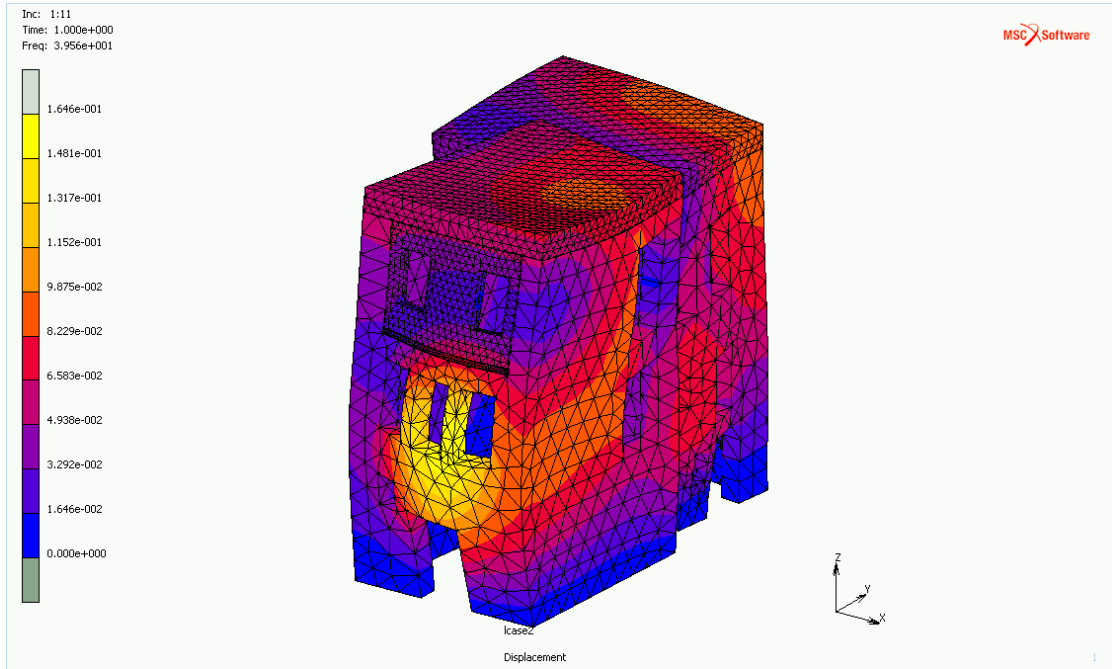


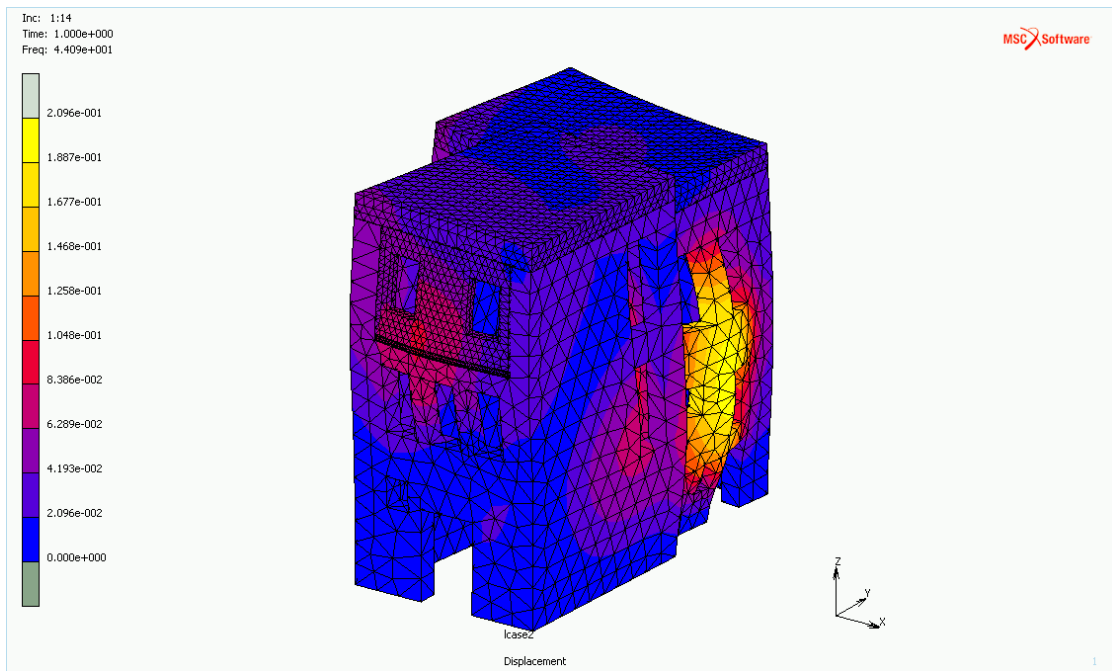
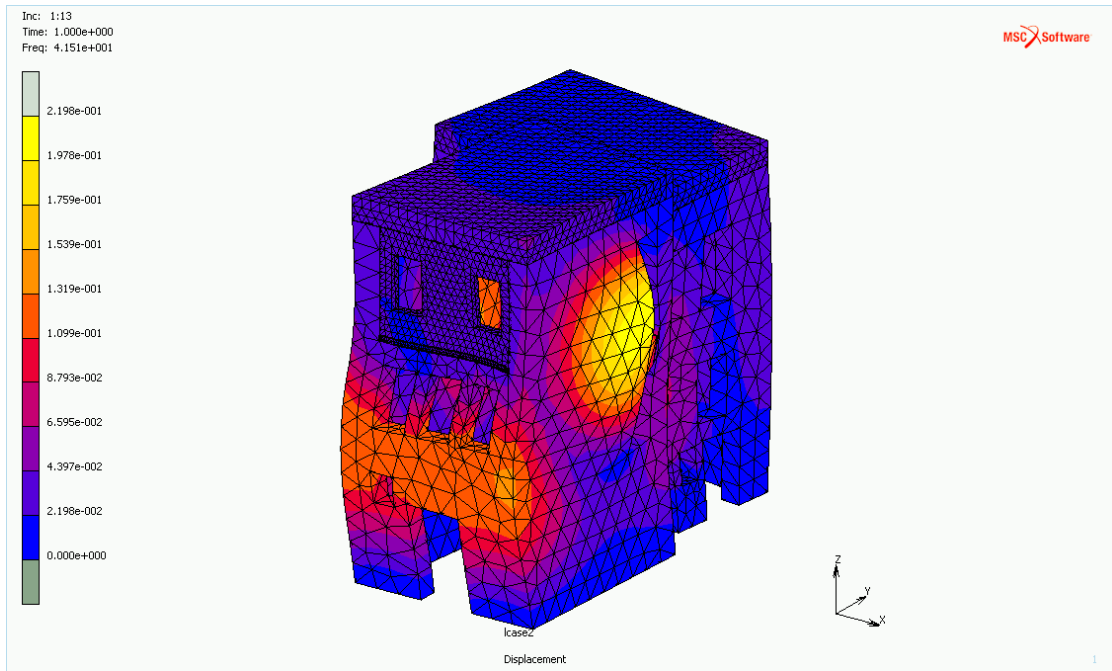


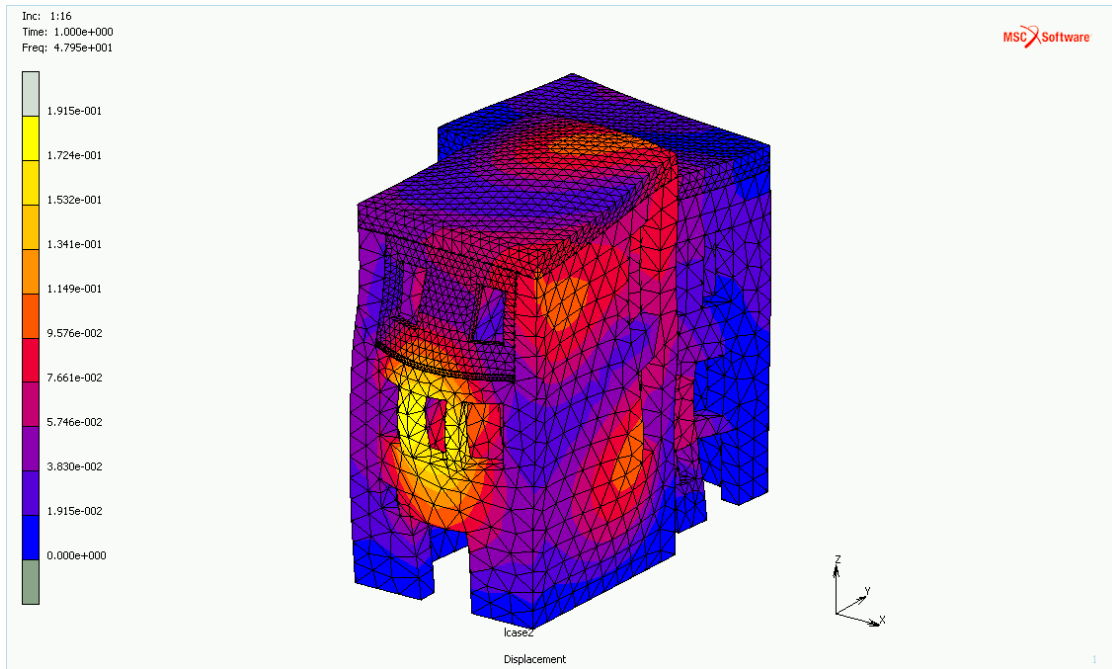
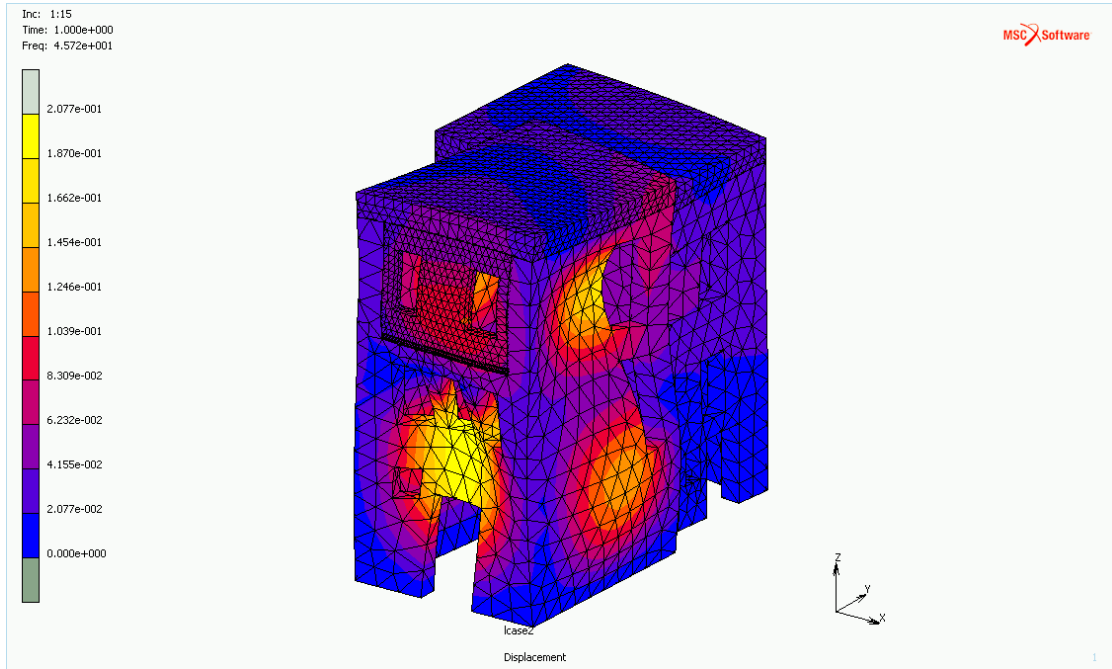


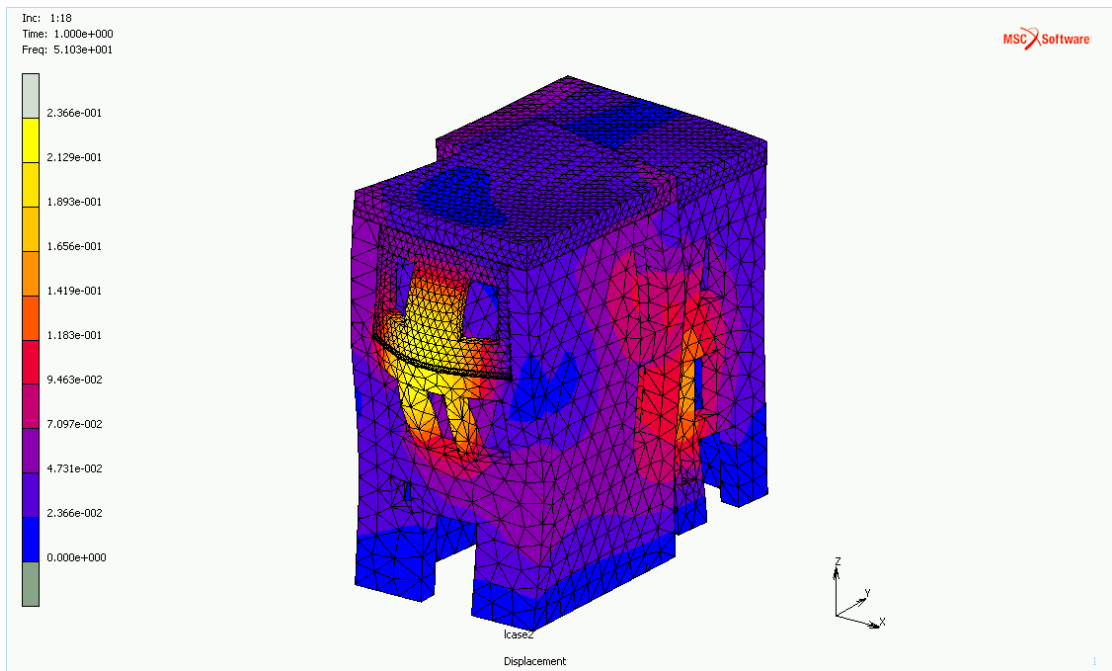
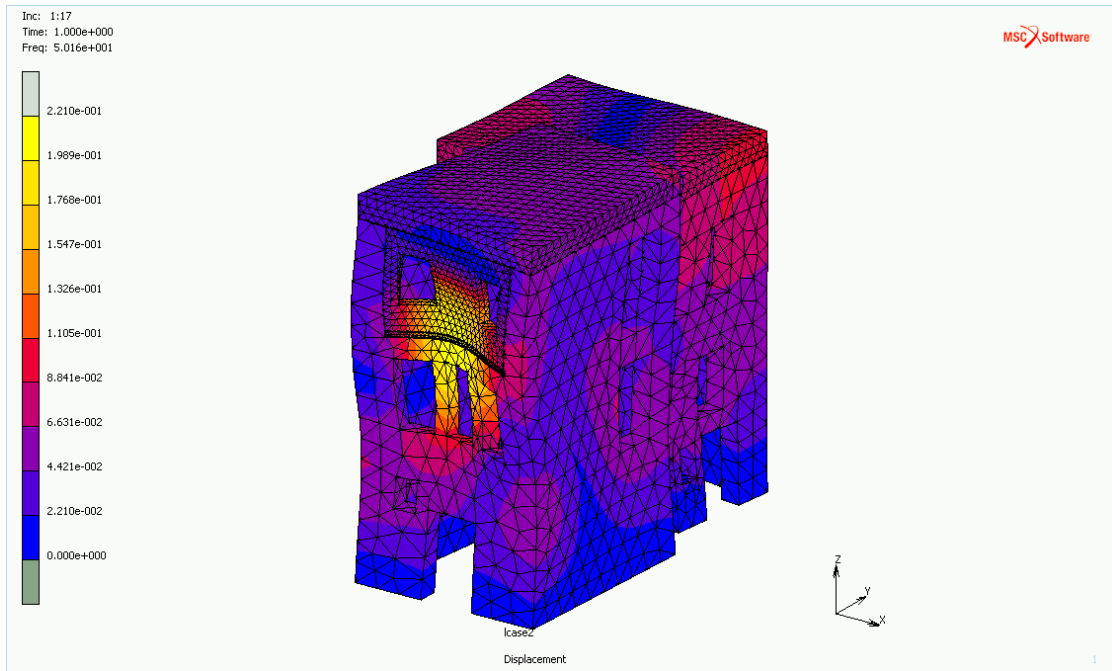


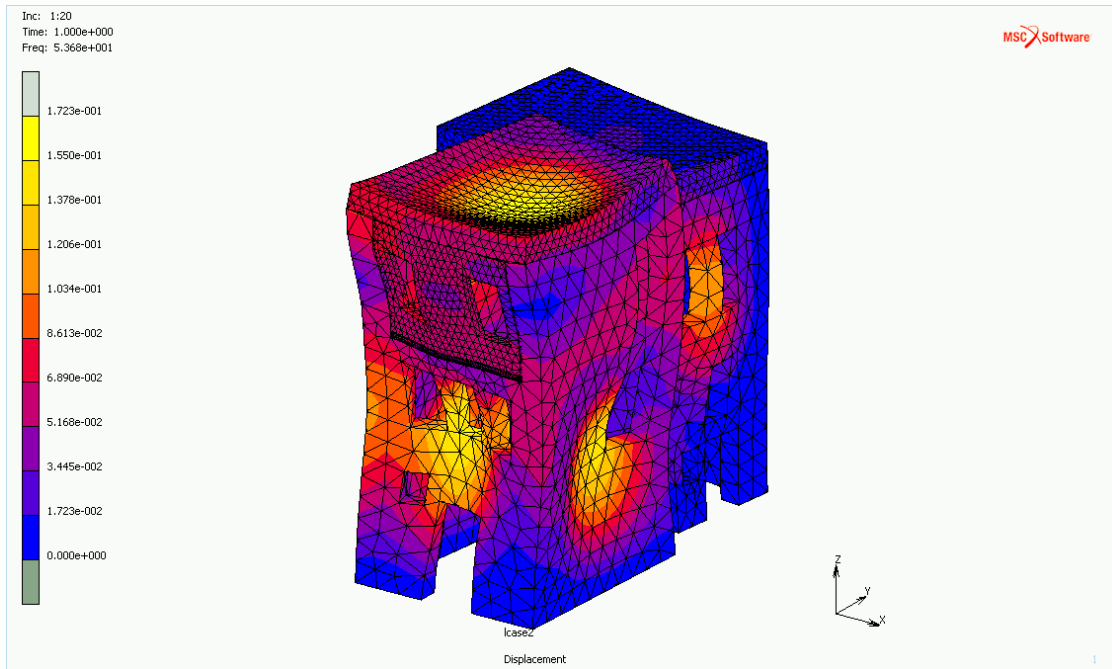
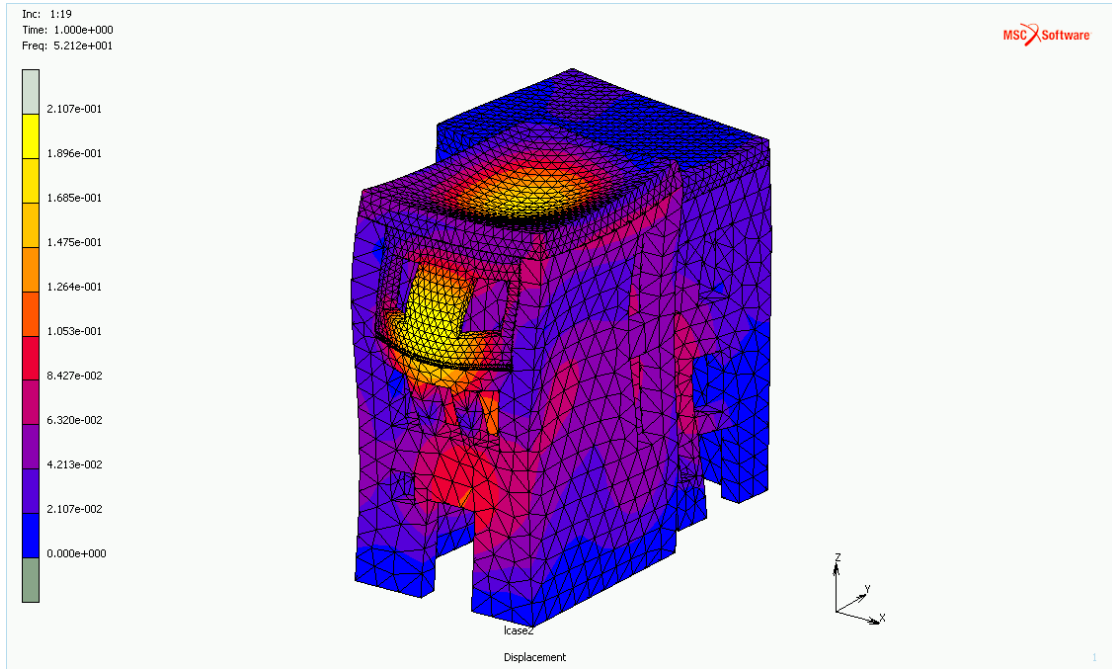




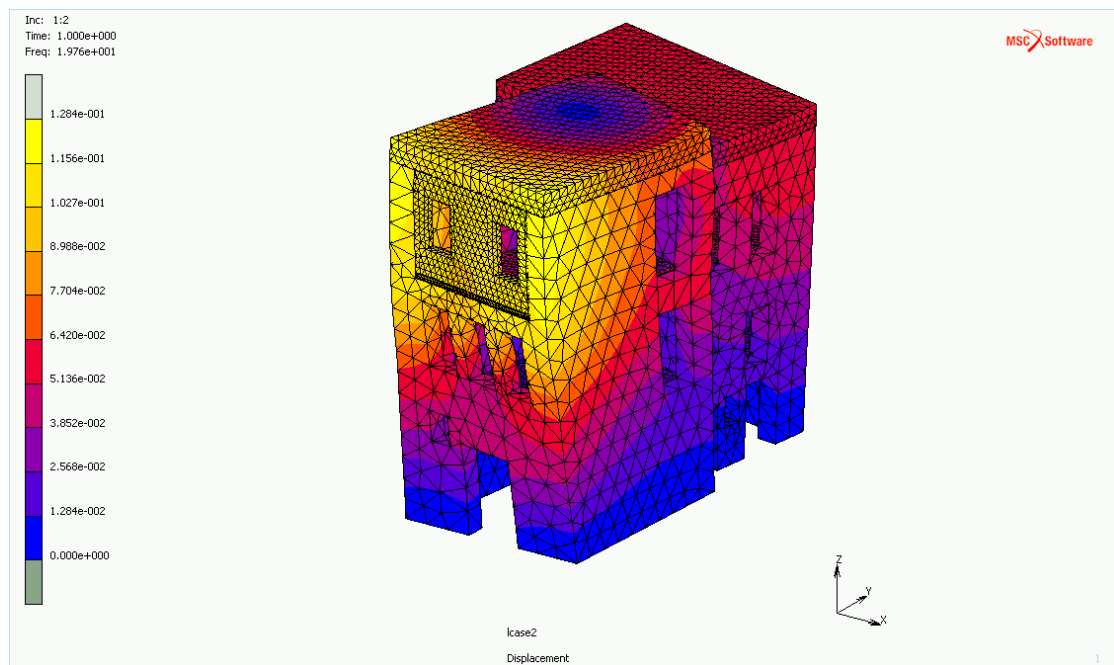
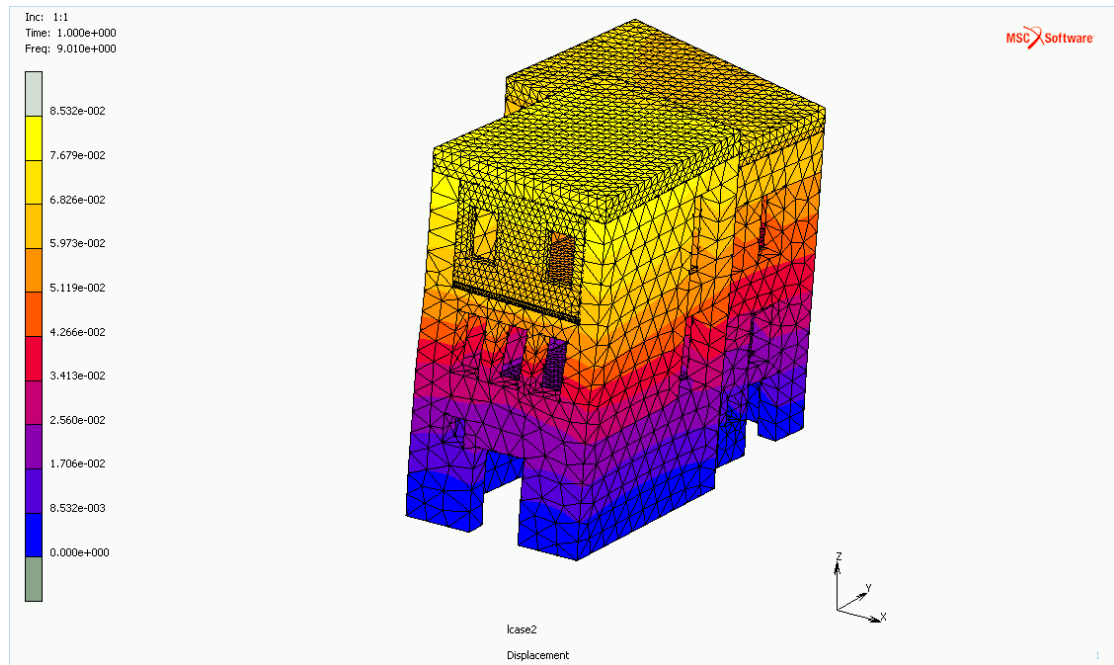


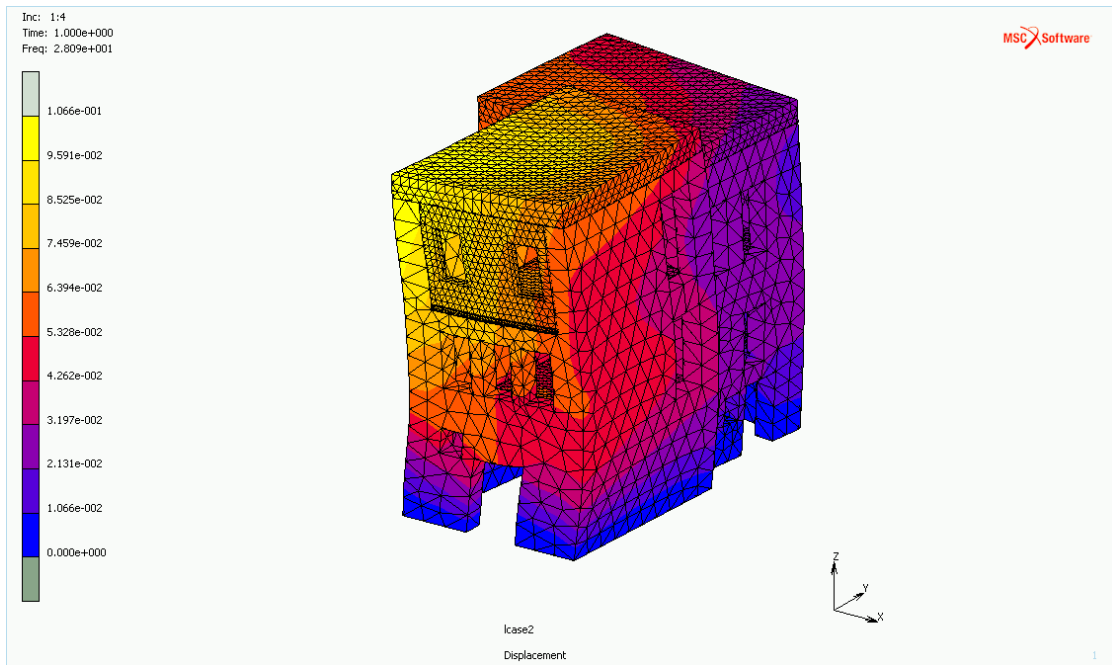
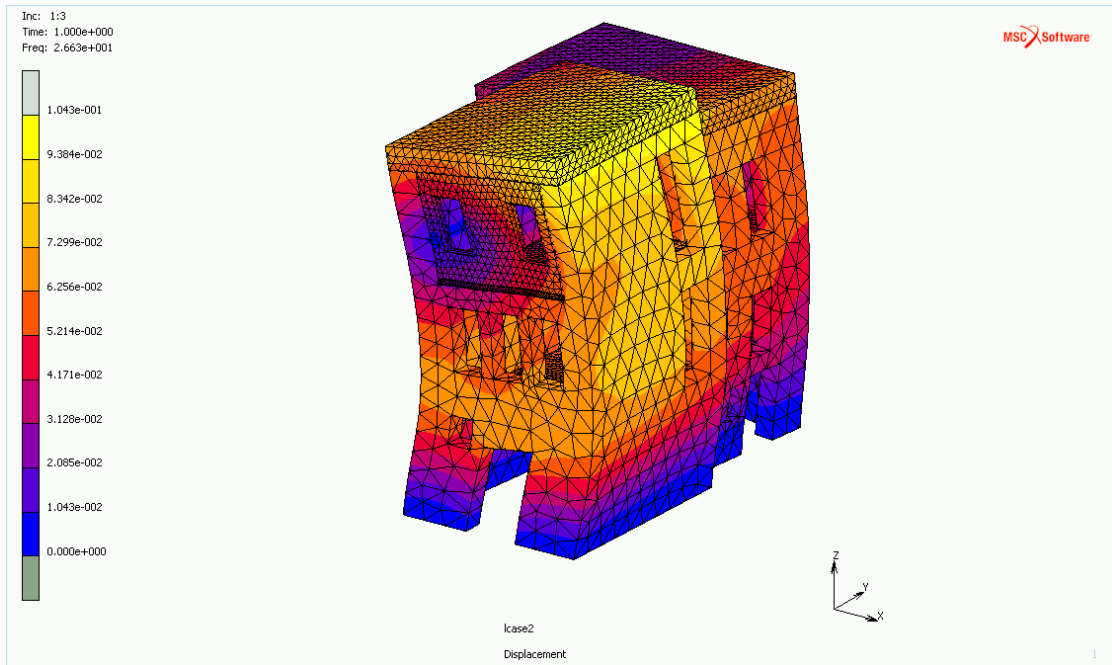


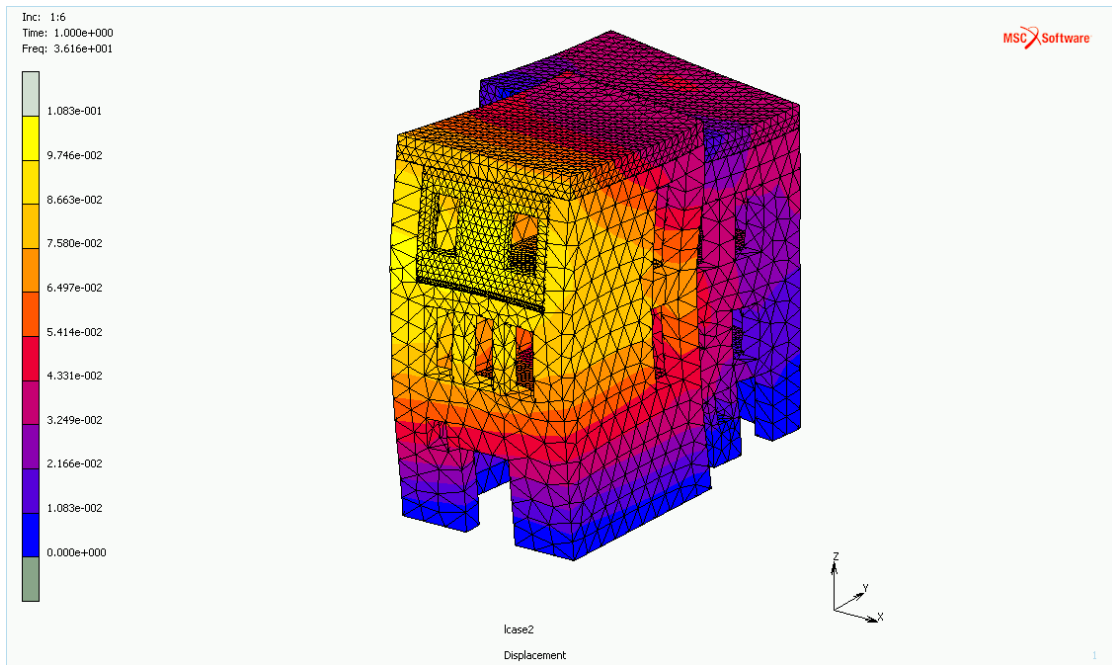
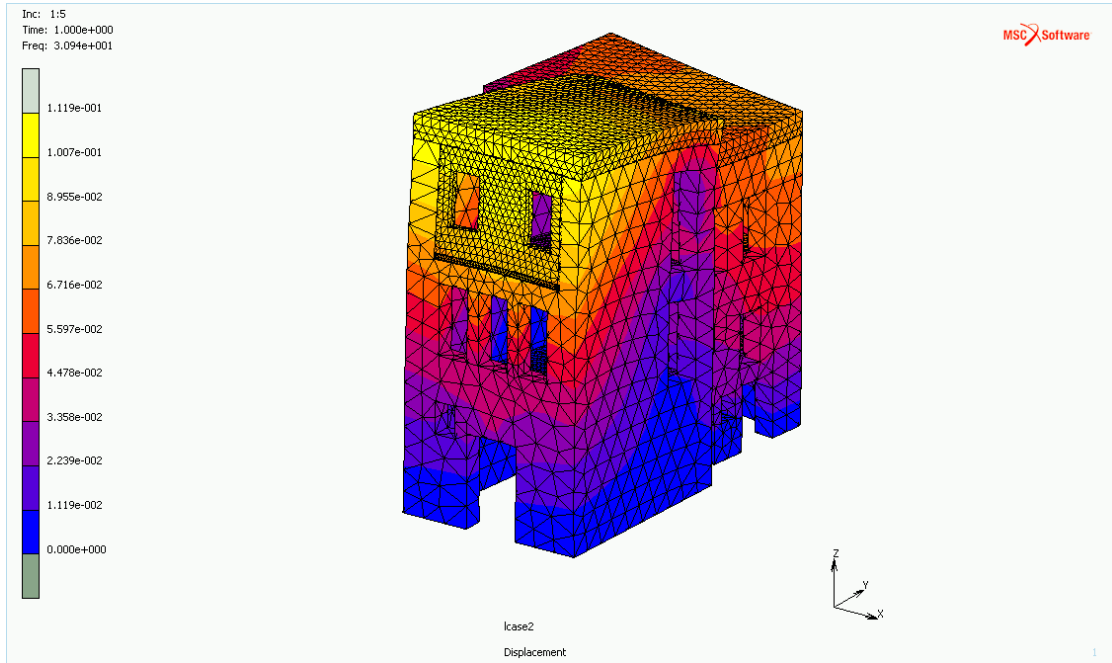


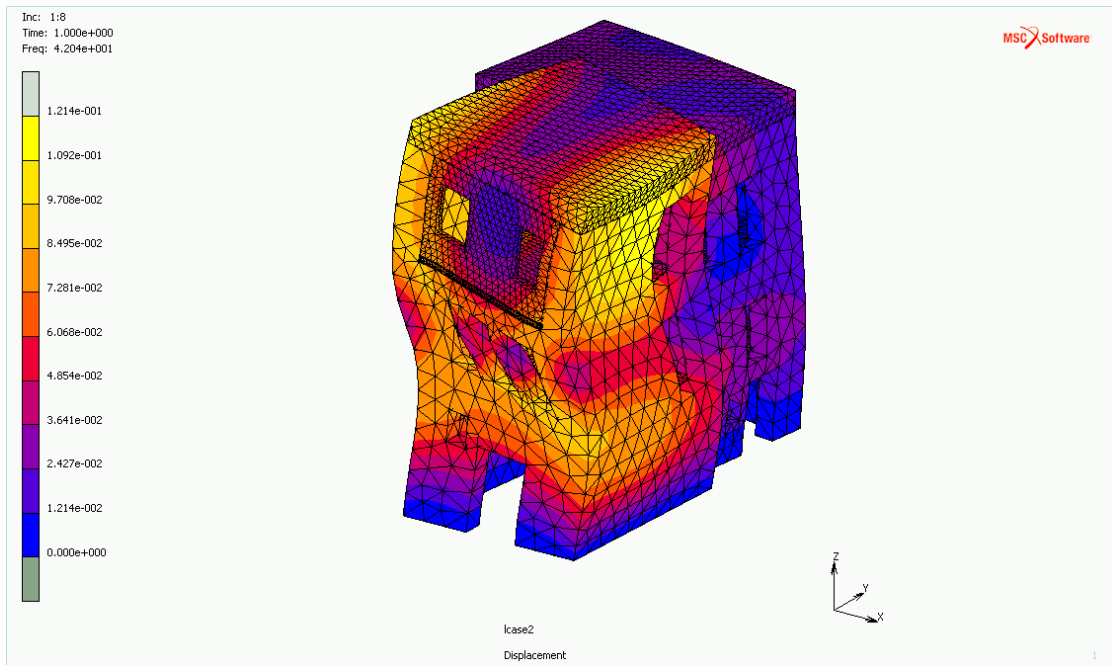
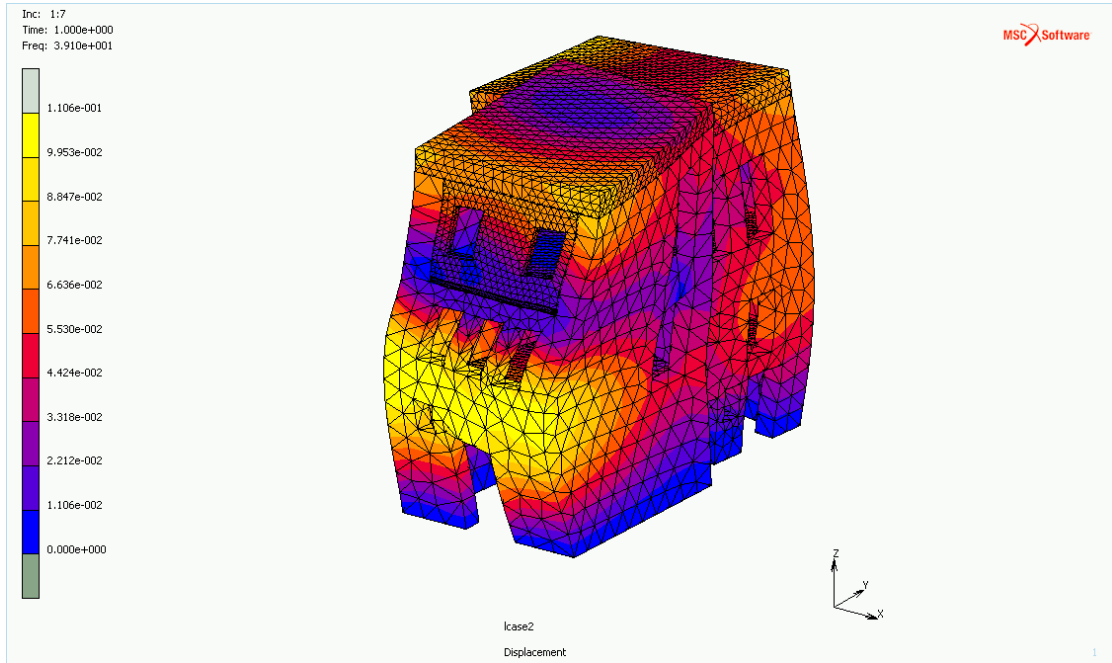


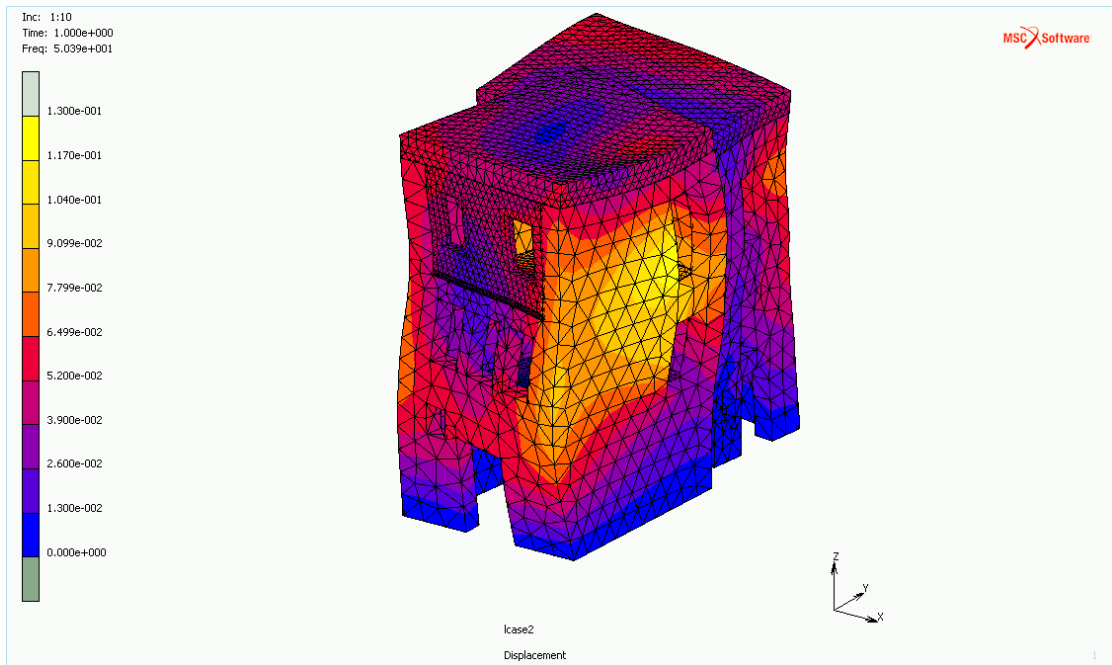
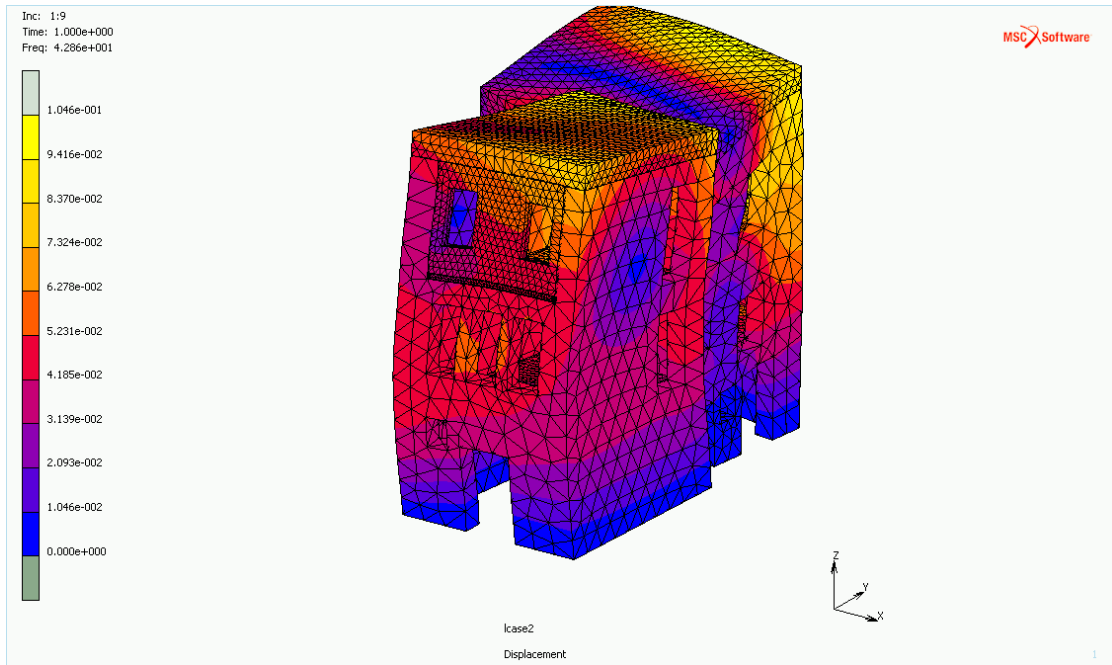
Μοντέλο 2

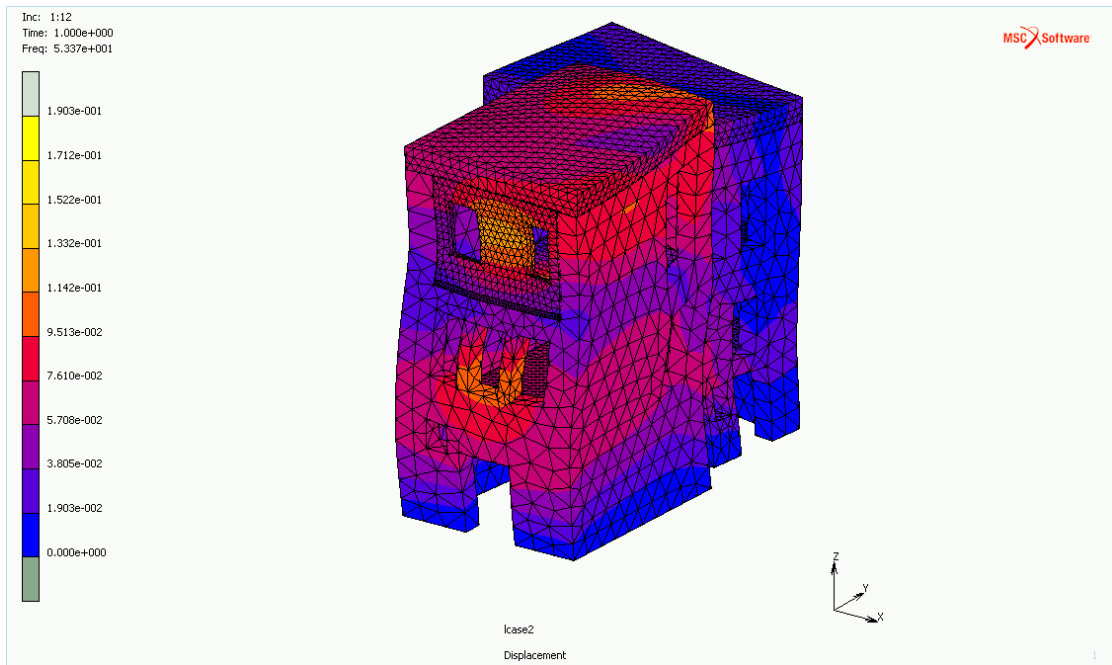
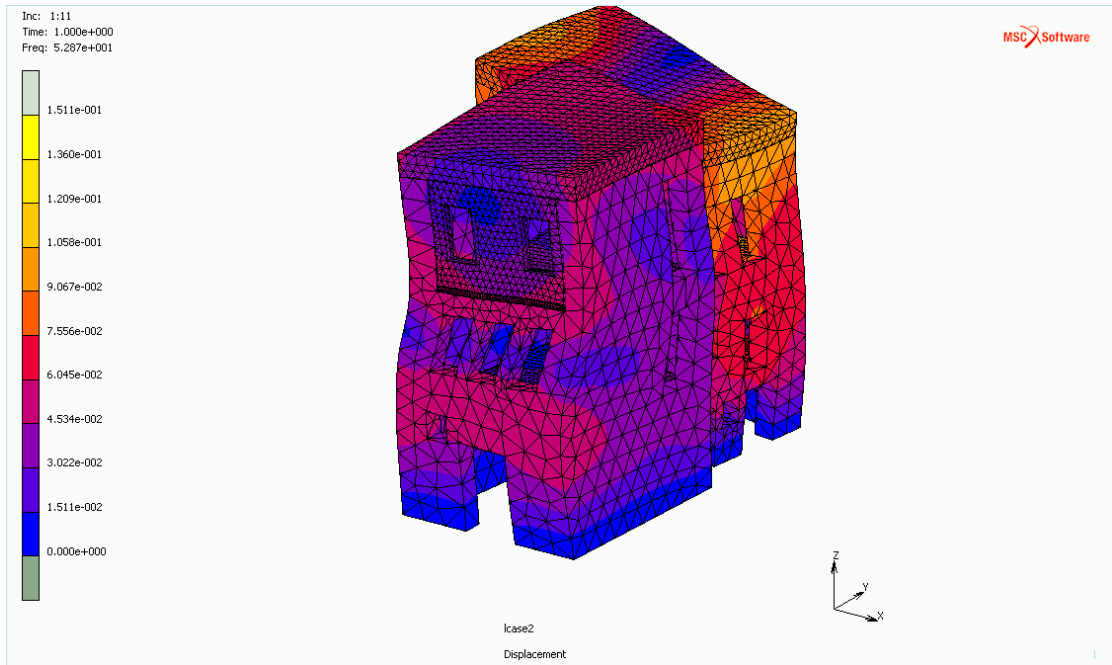


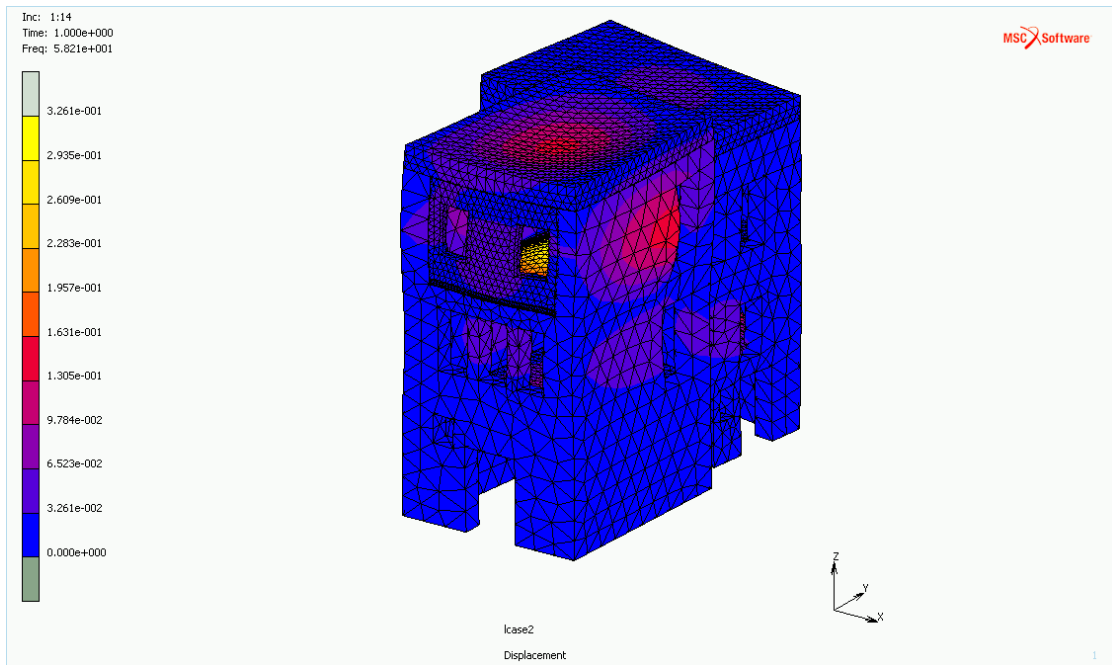
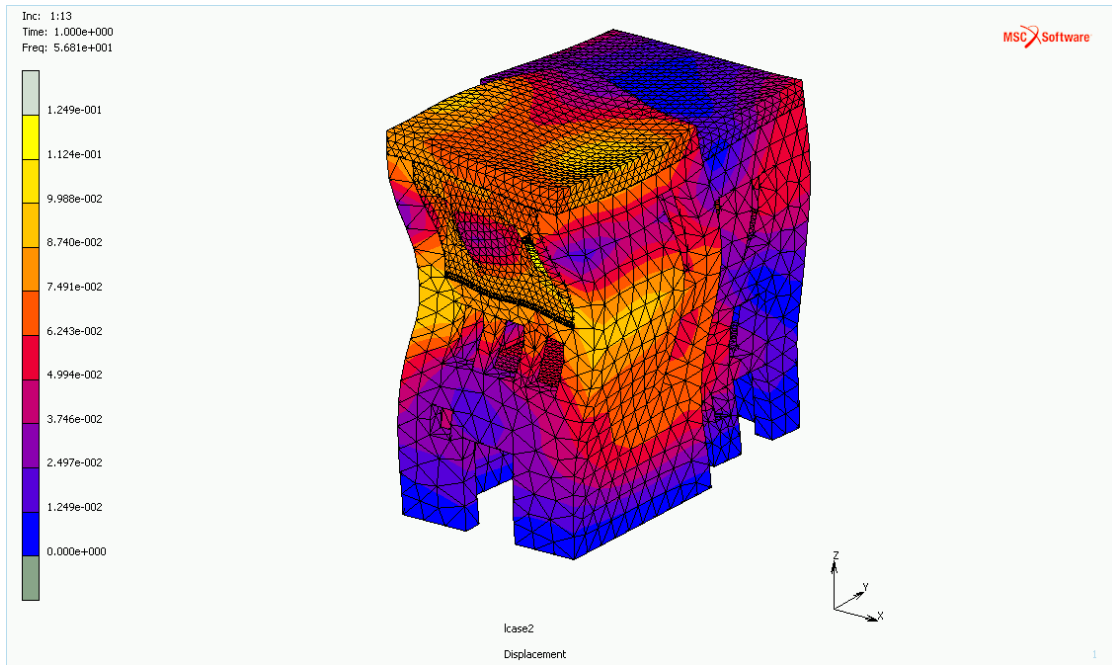


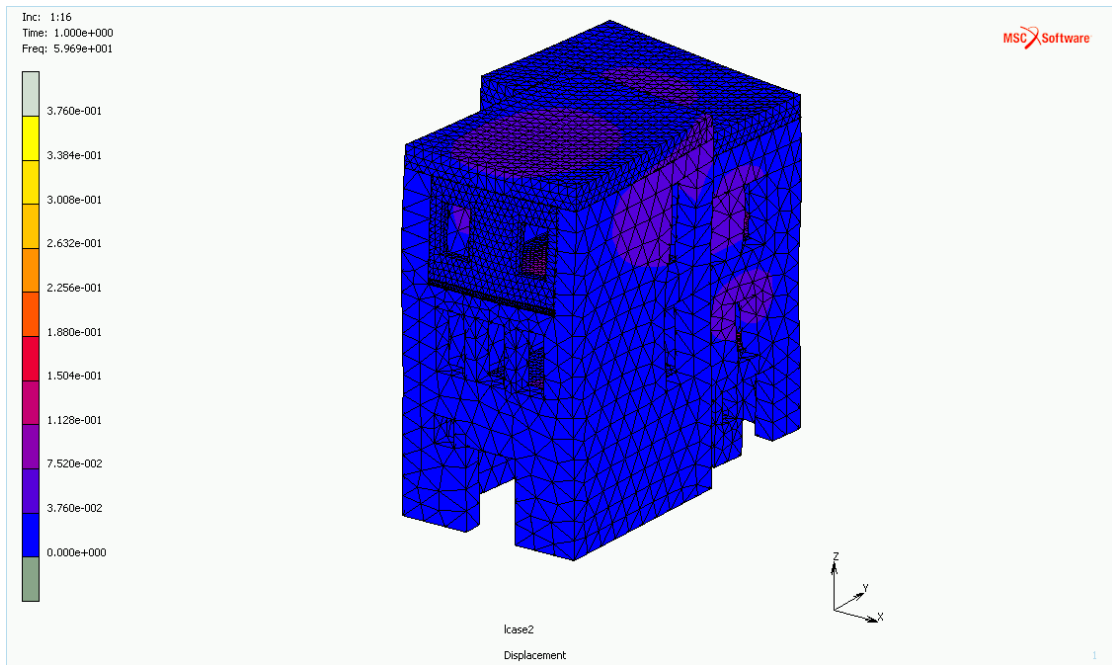
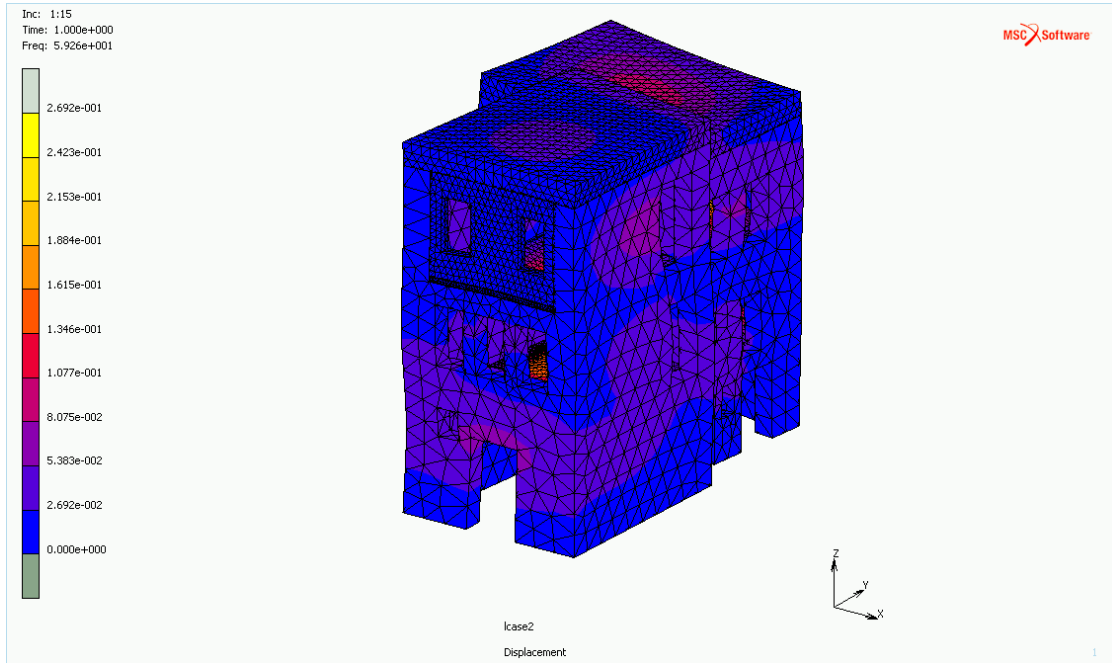


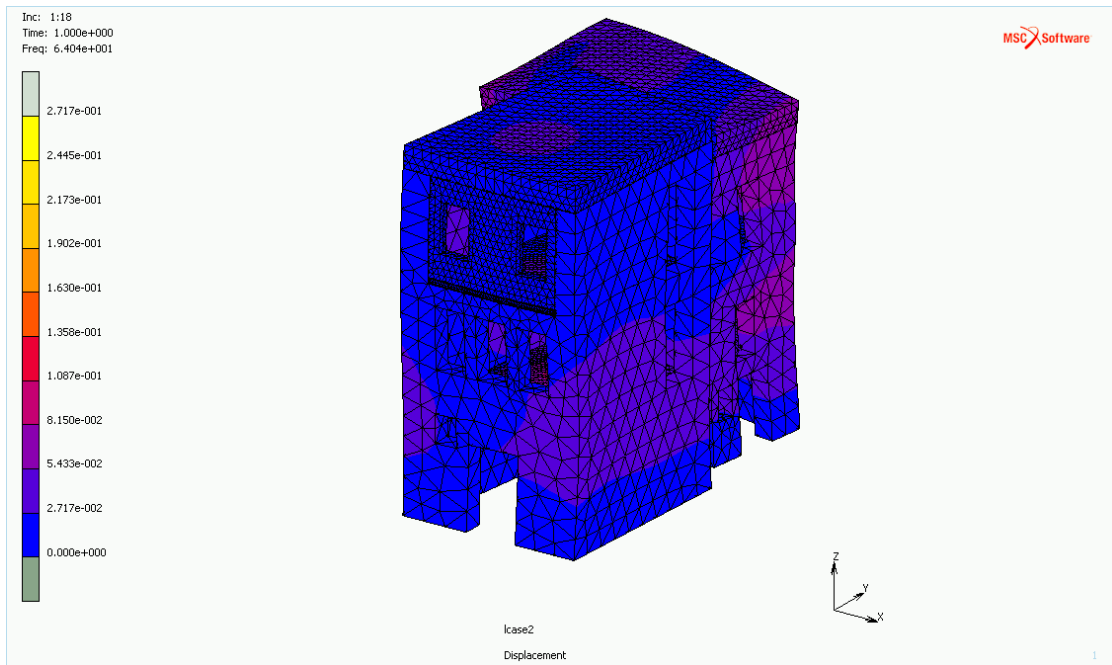
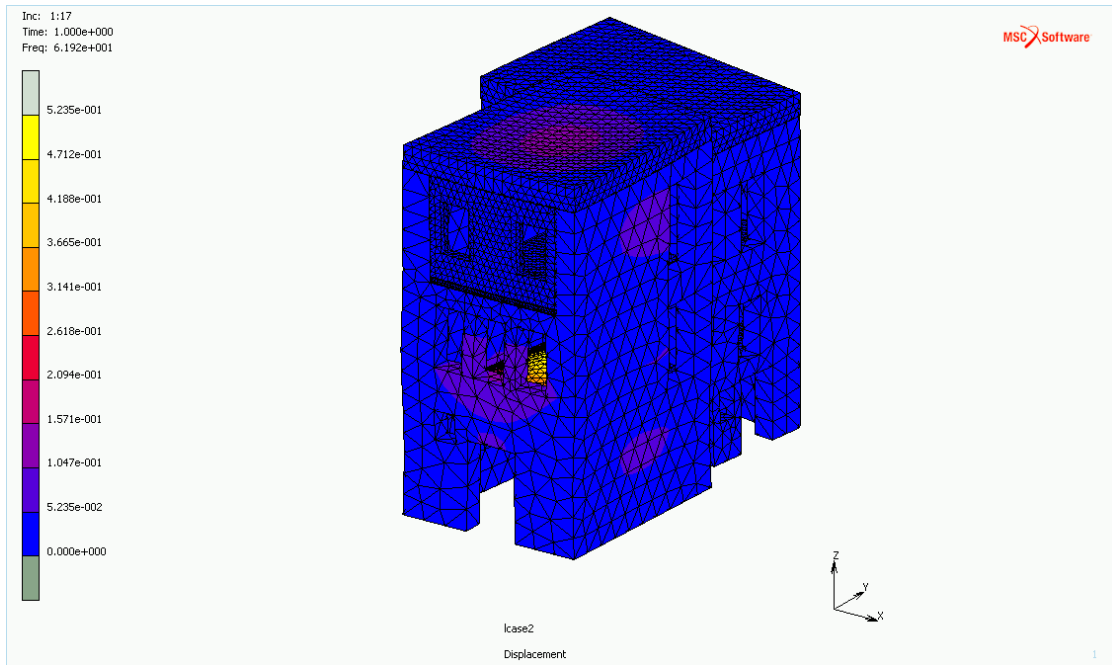


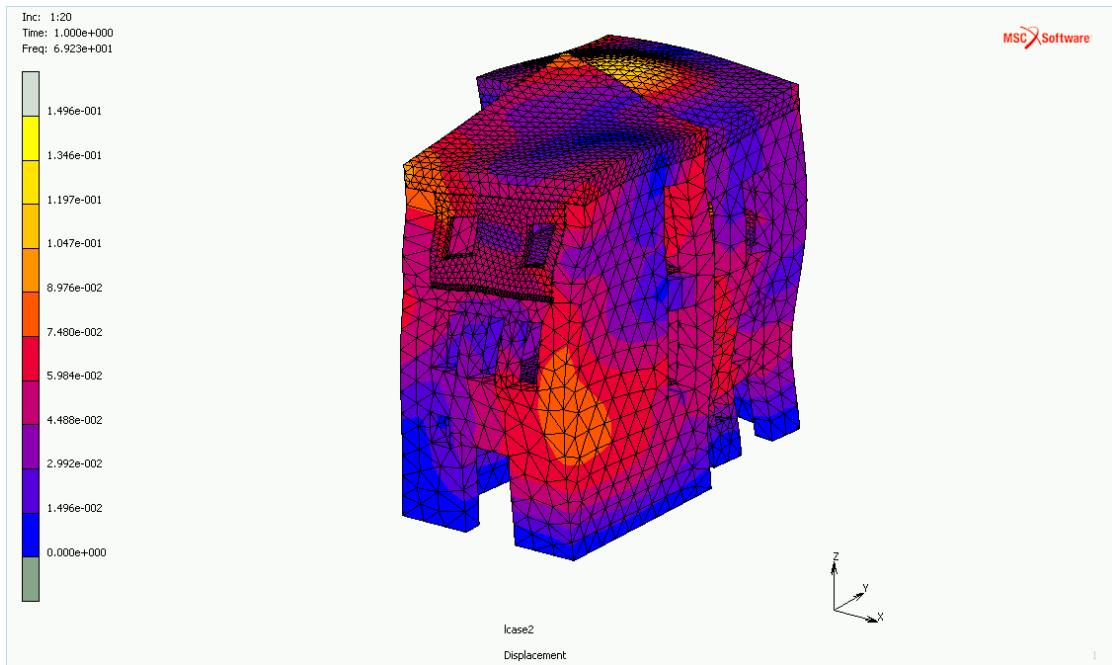
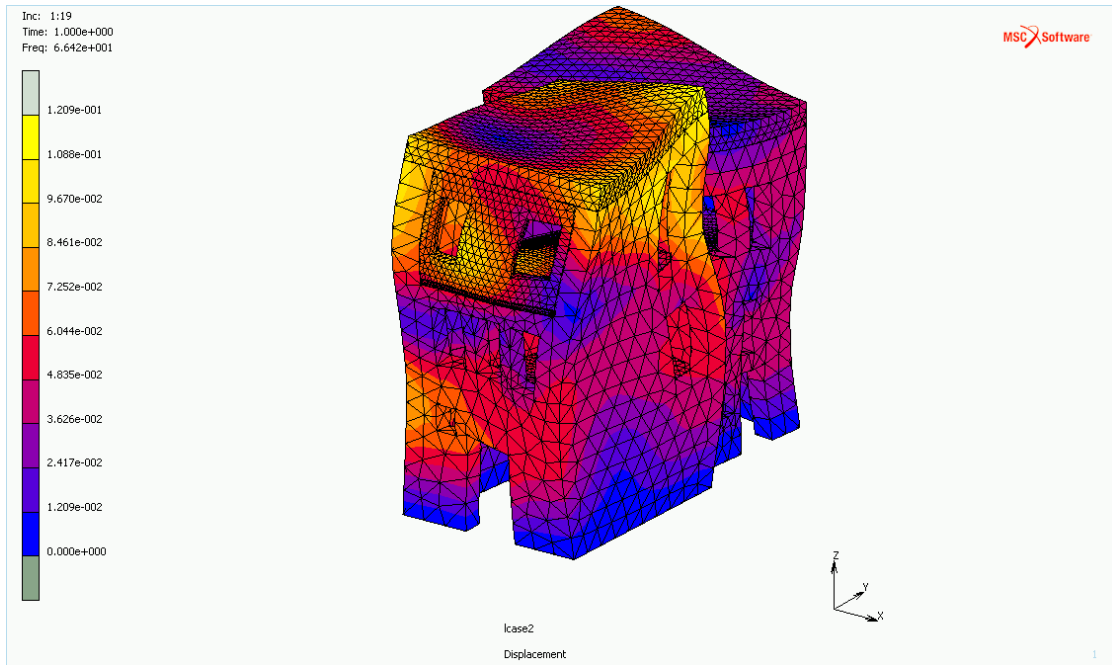




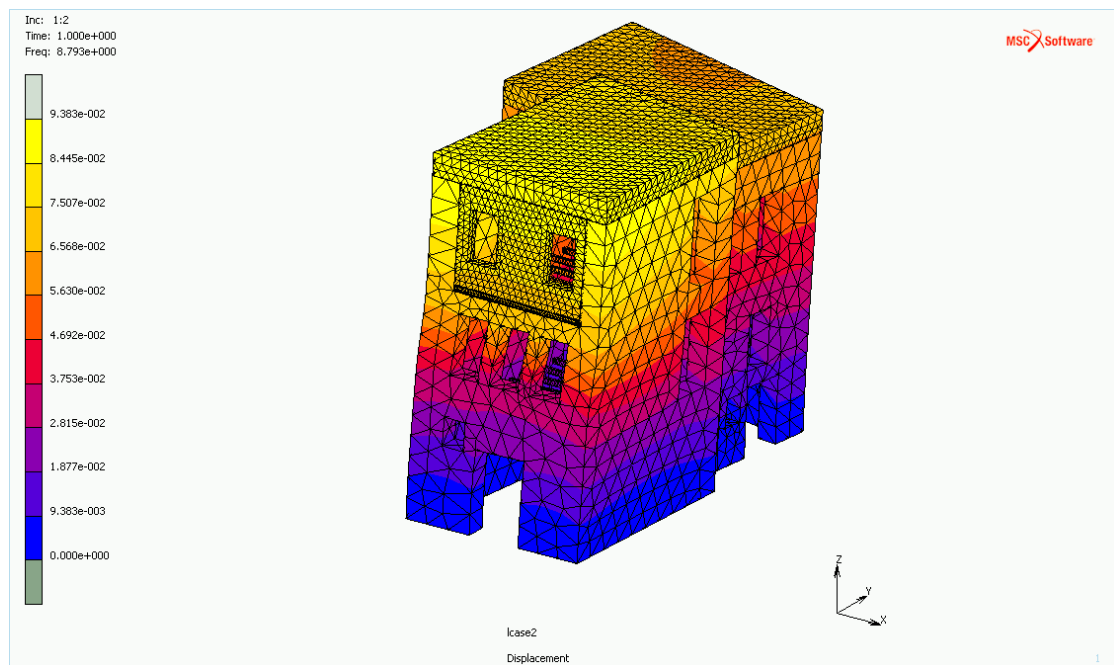
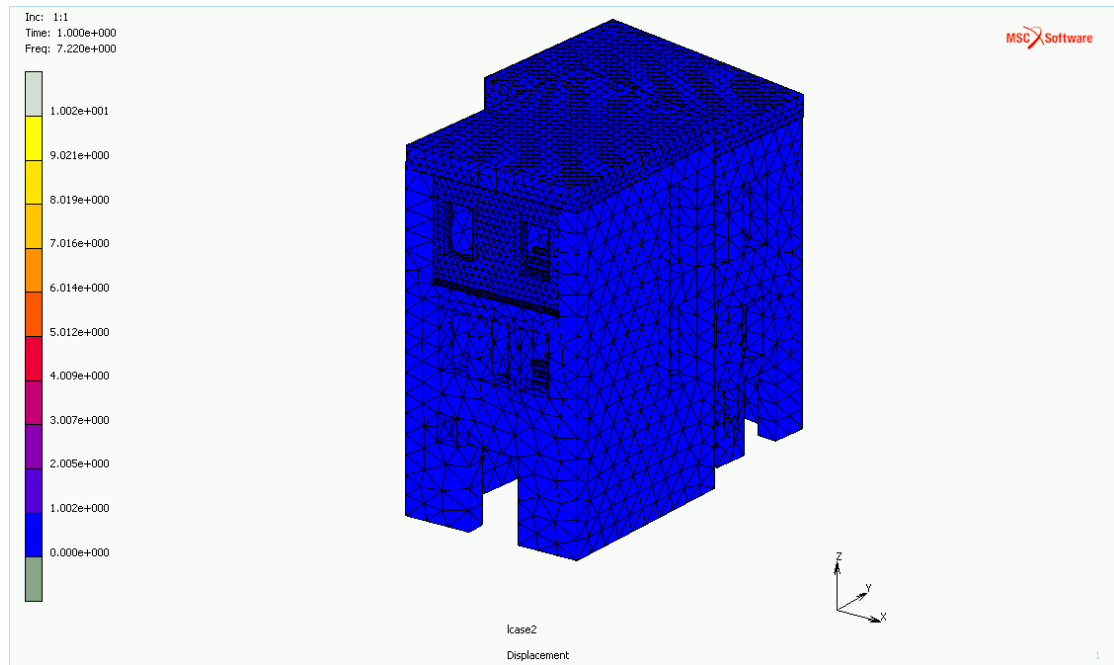


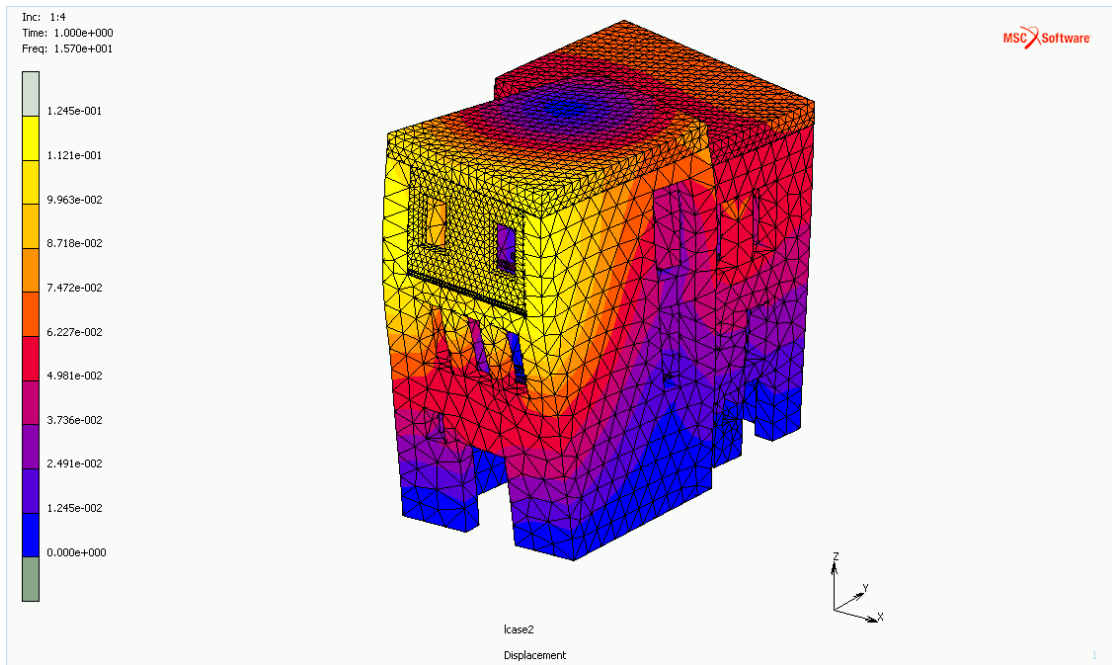
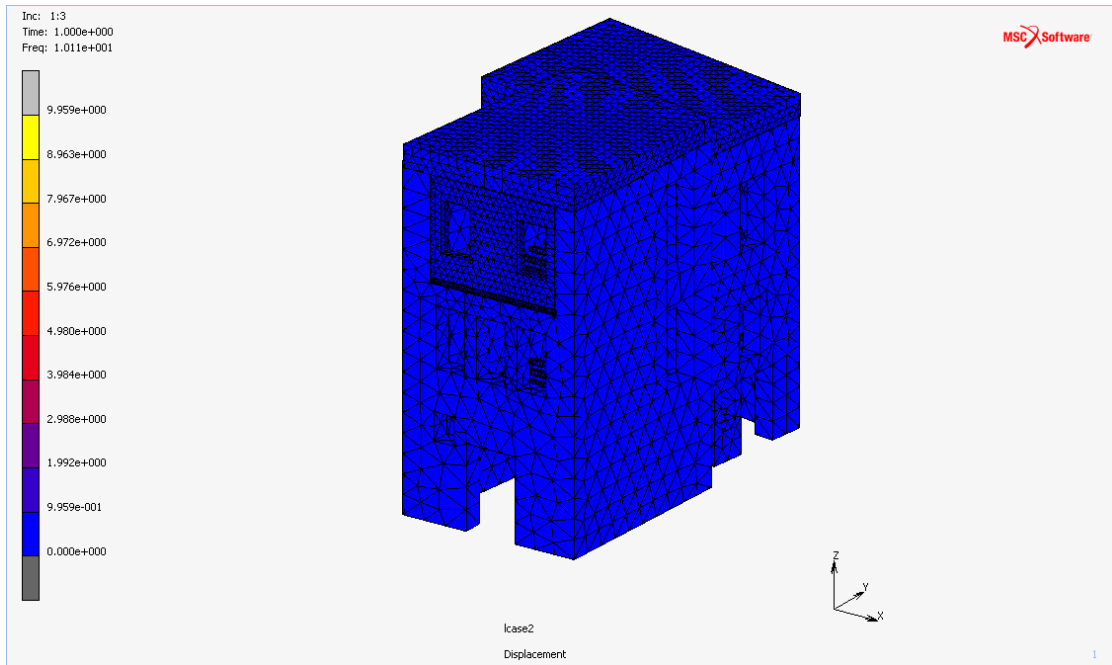


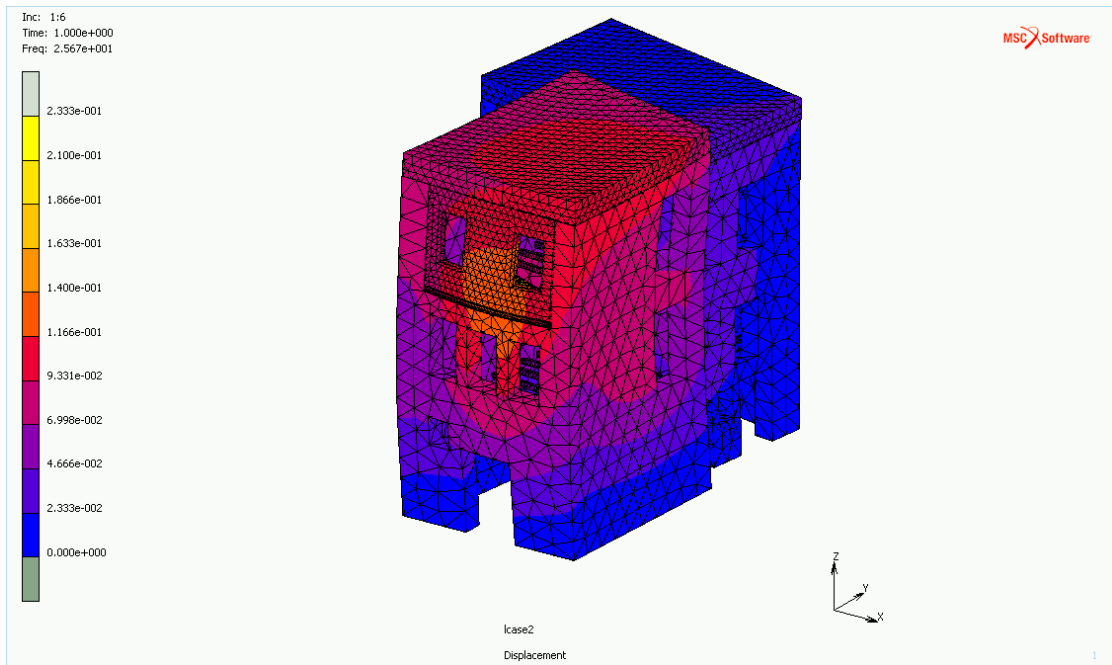
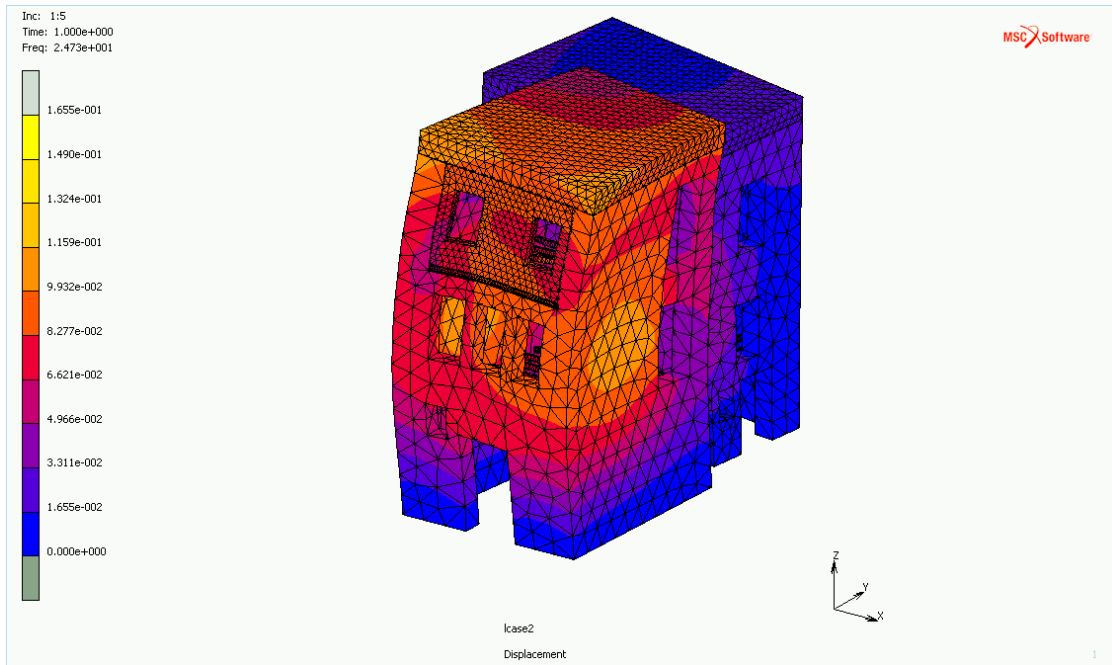


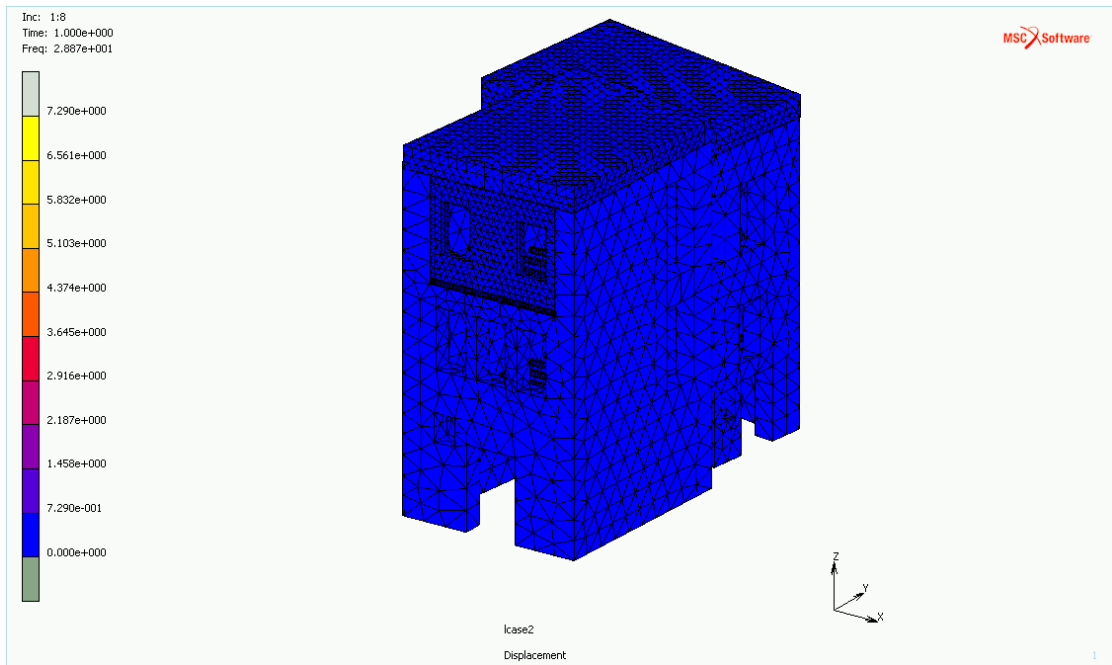
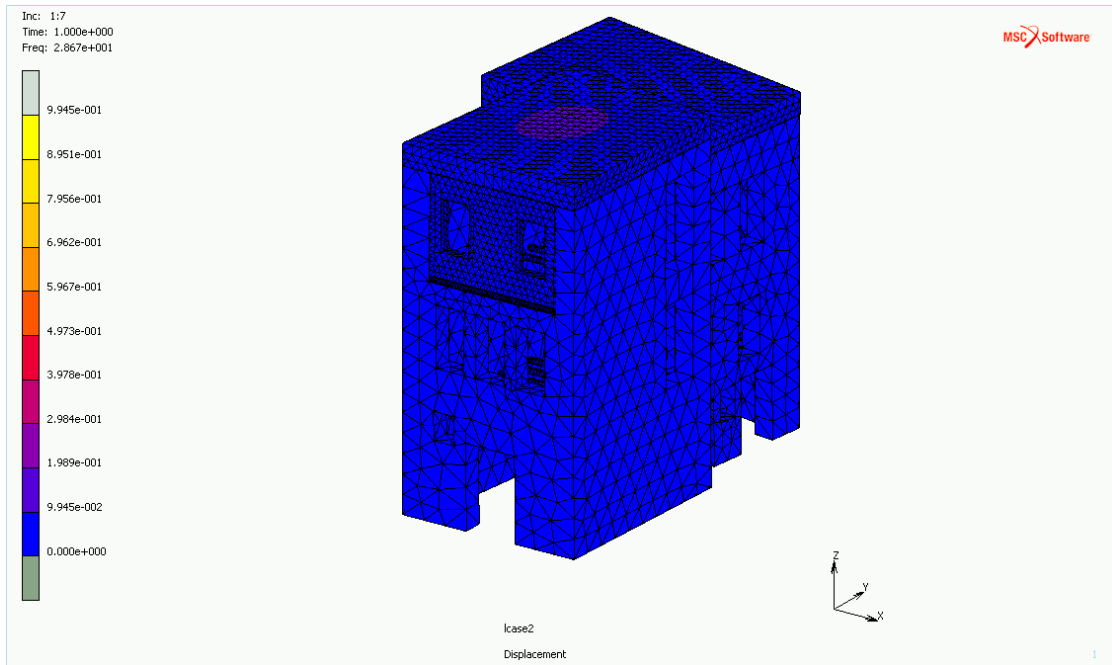


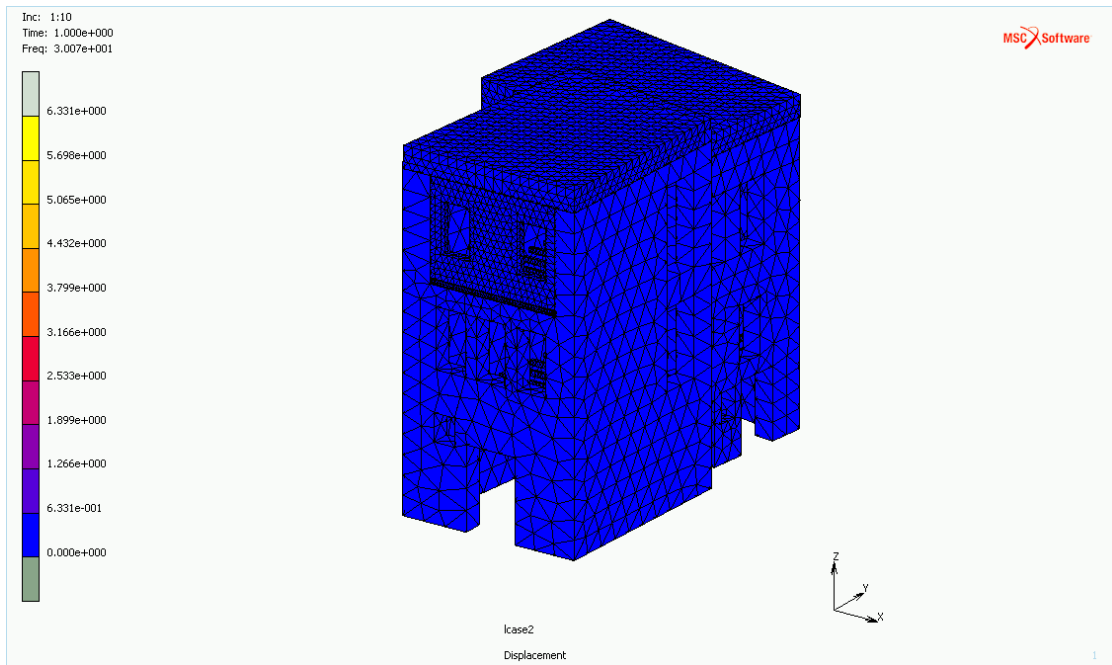
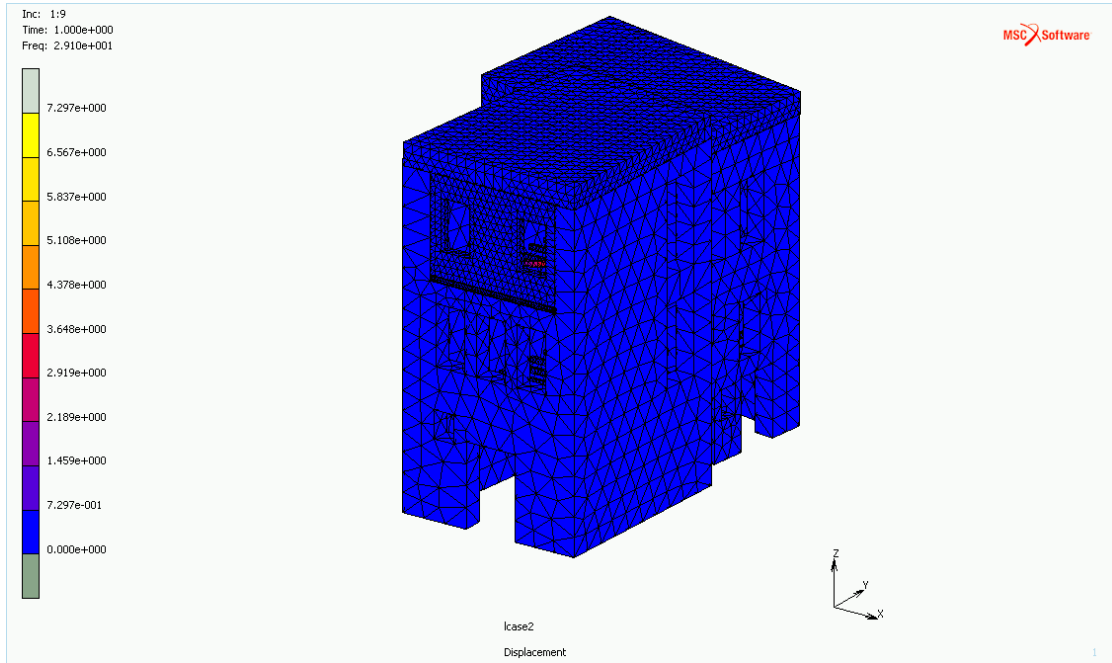
Μοντέλο 3

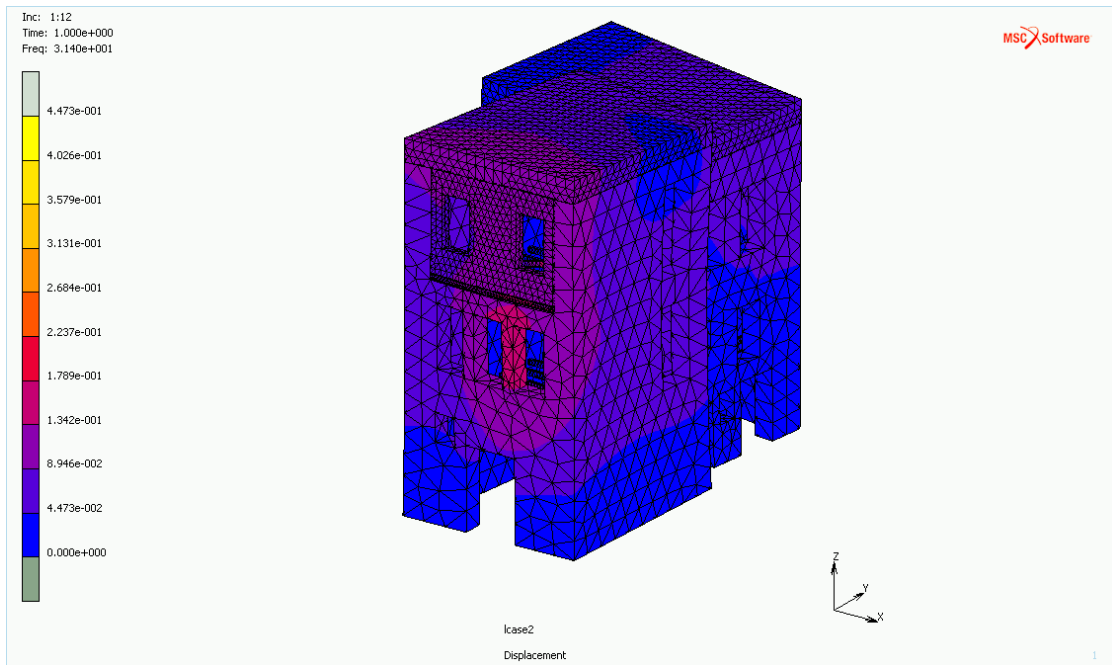
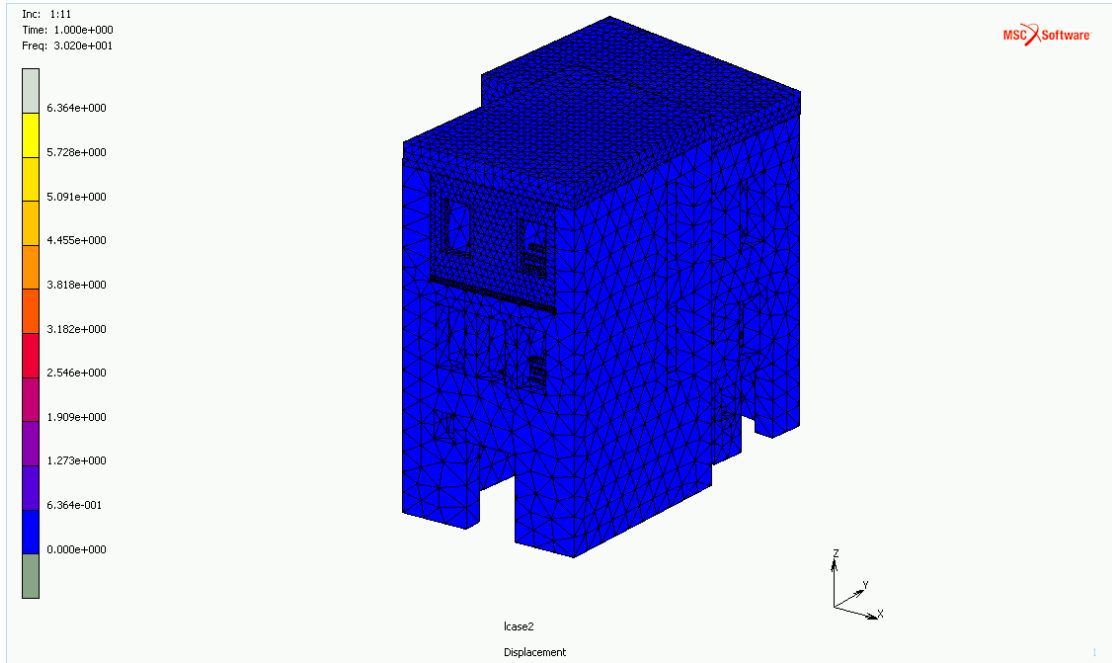


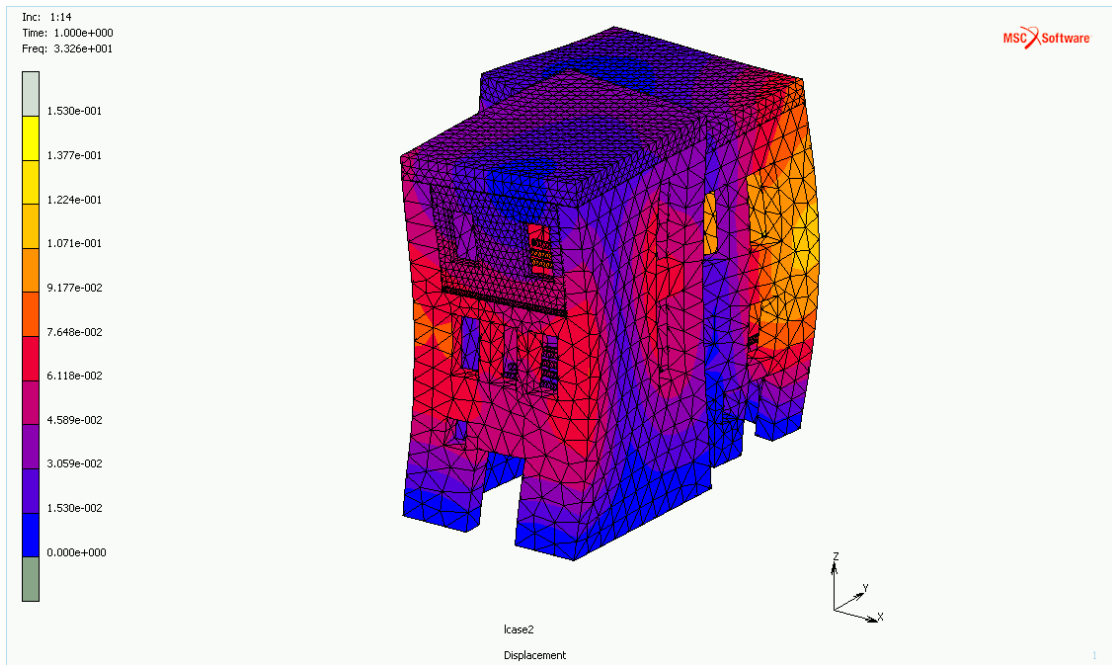
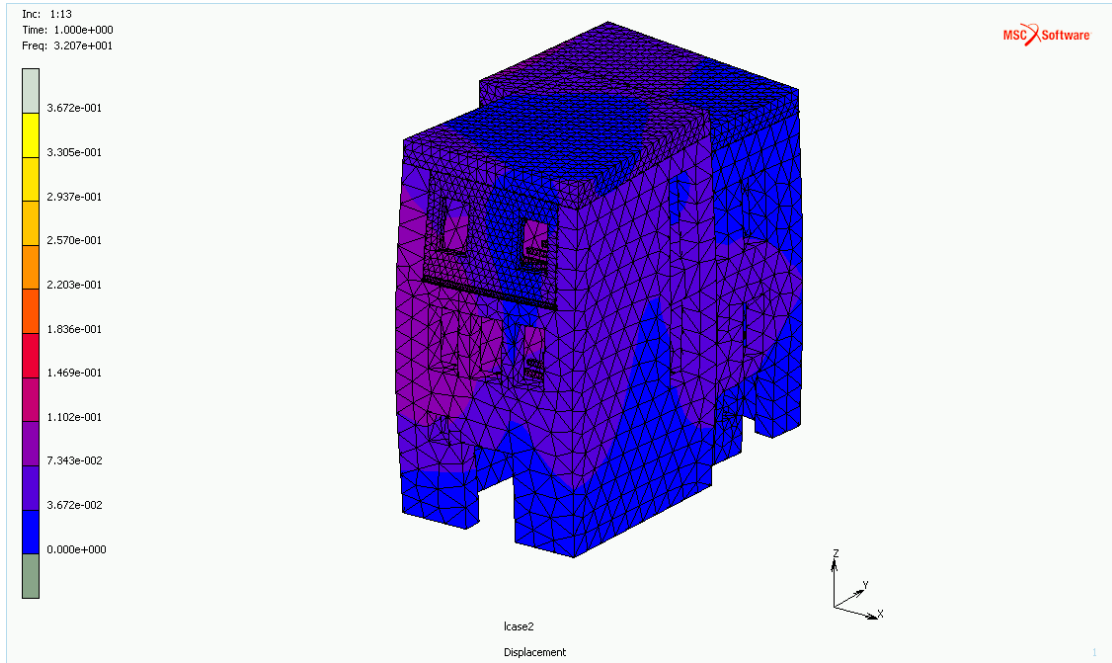


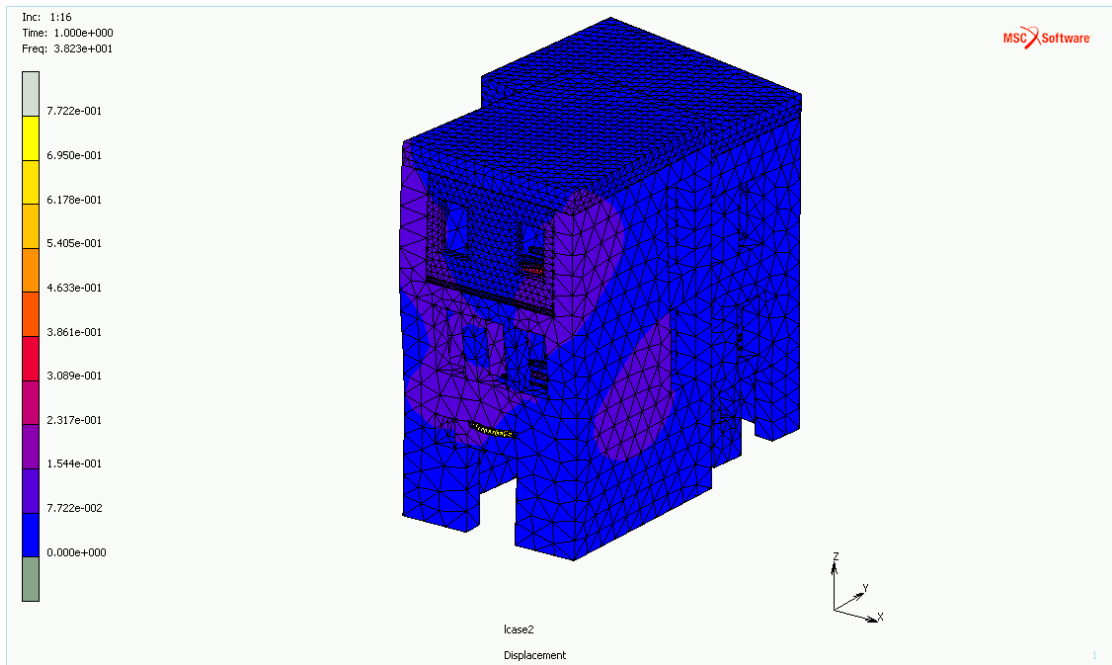
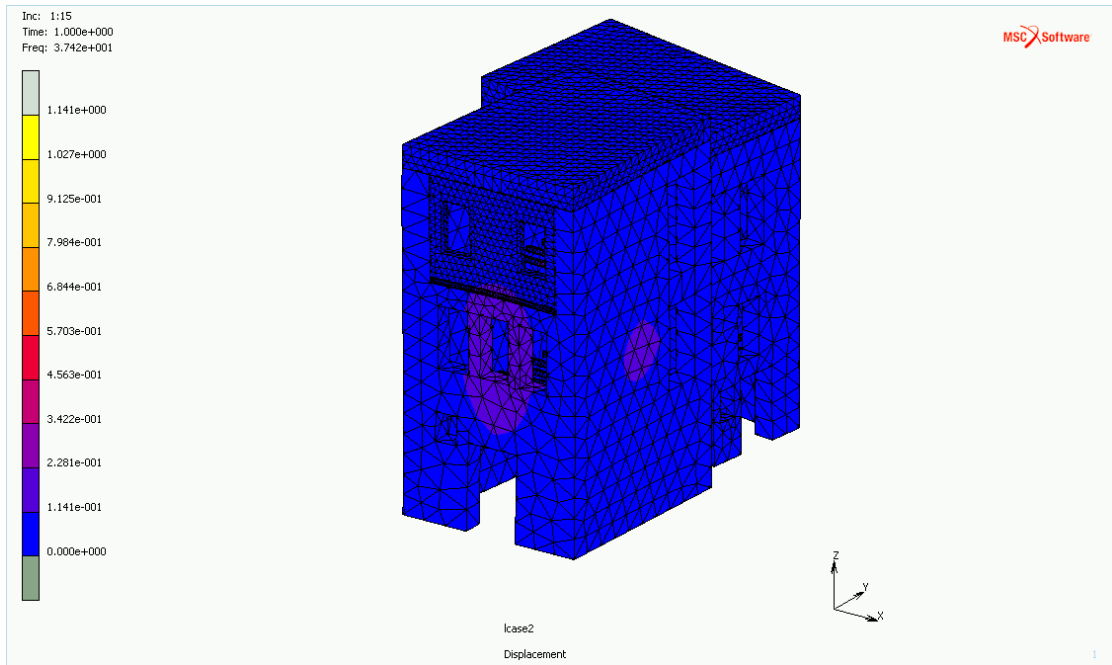


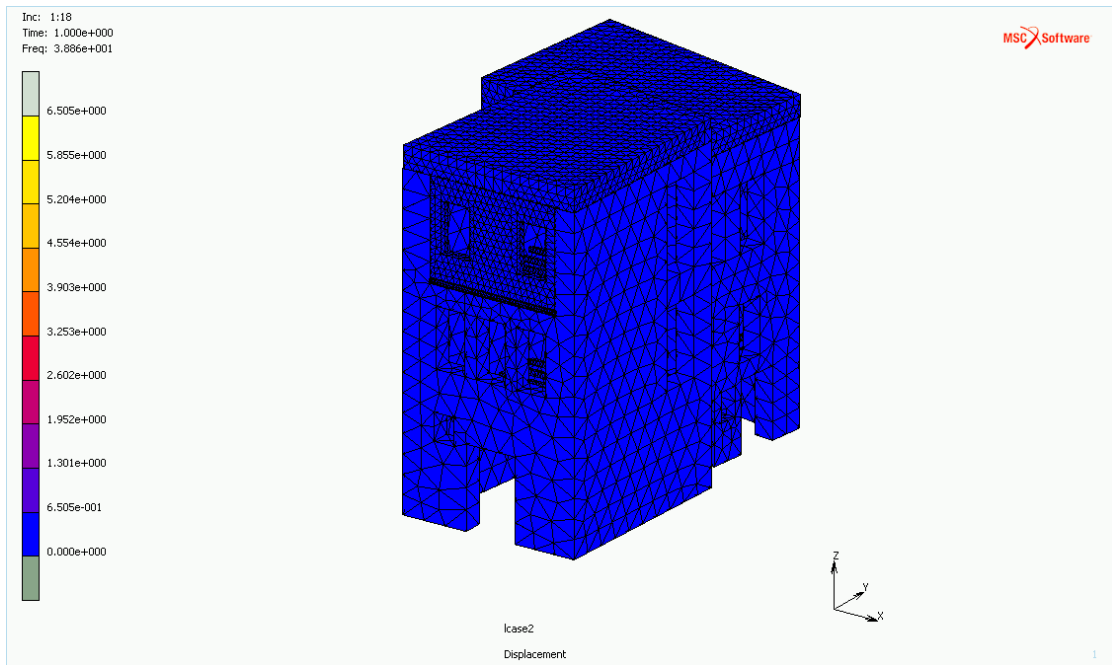
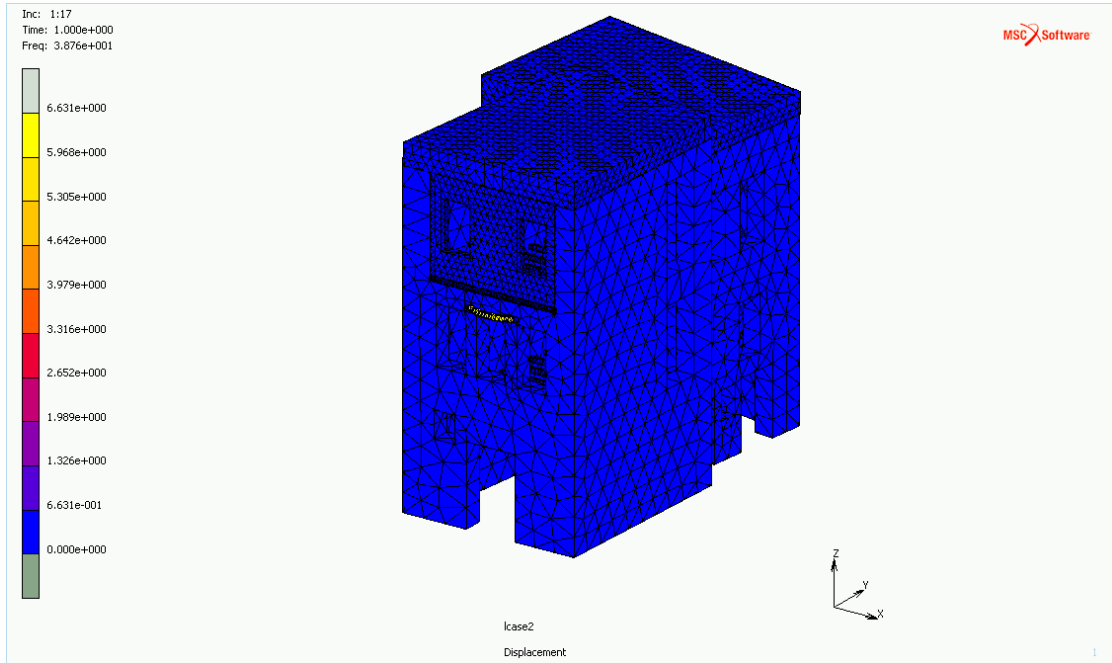


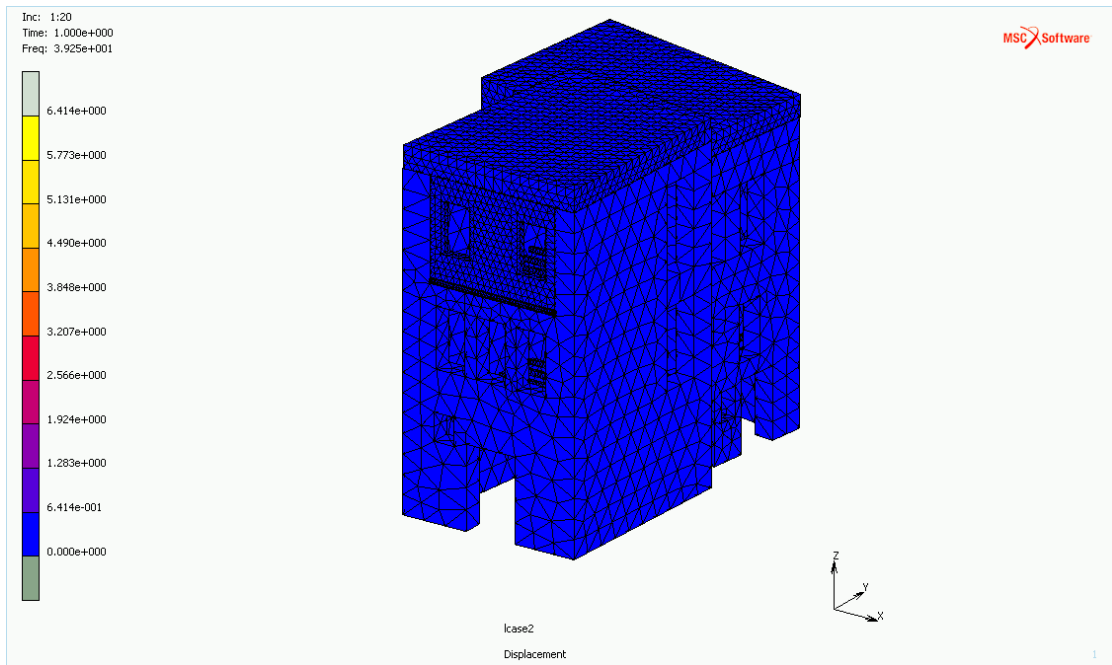
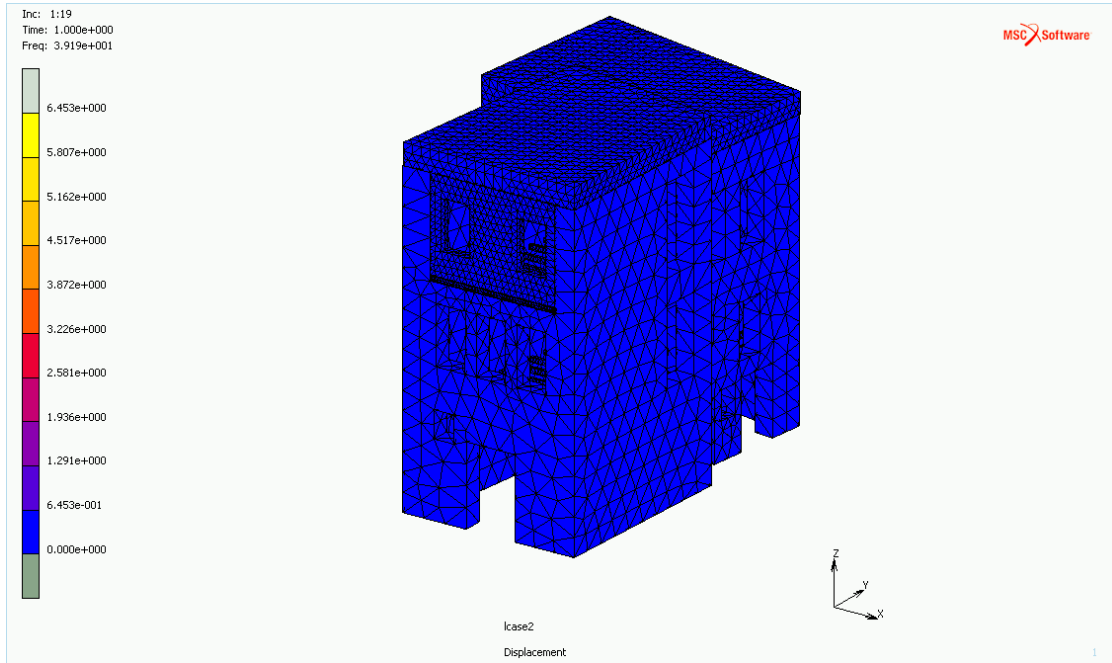




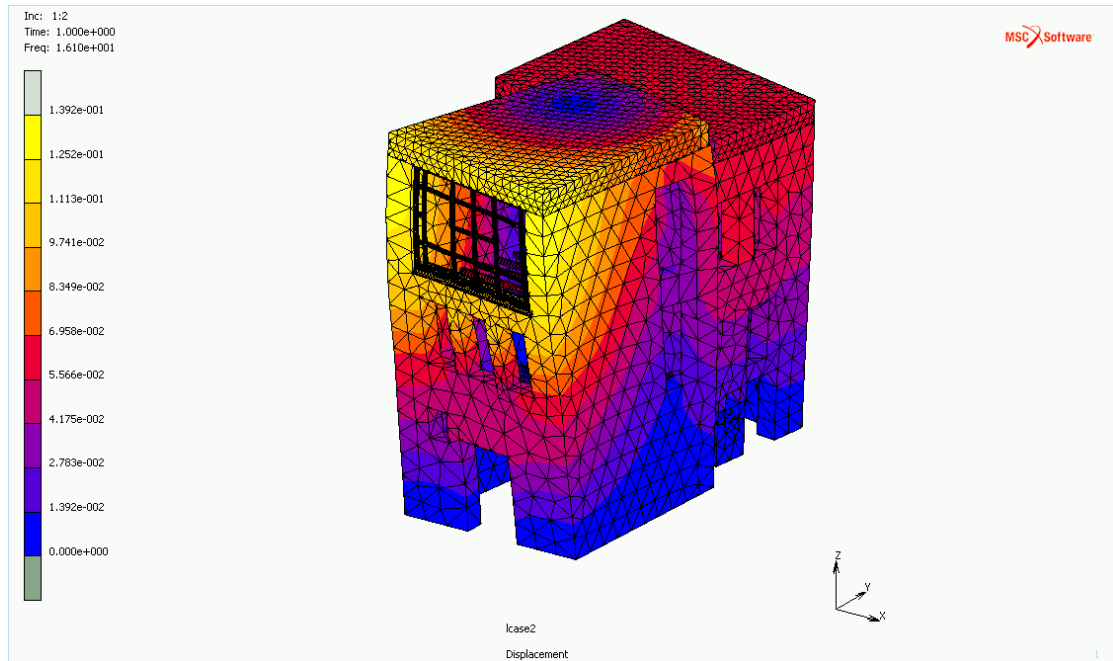
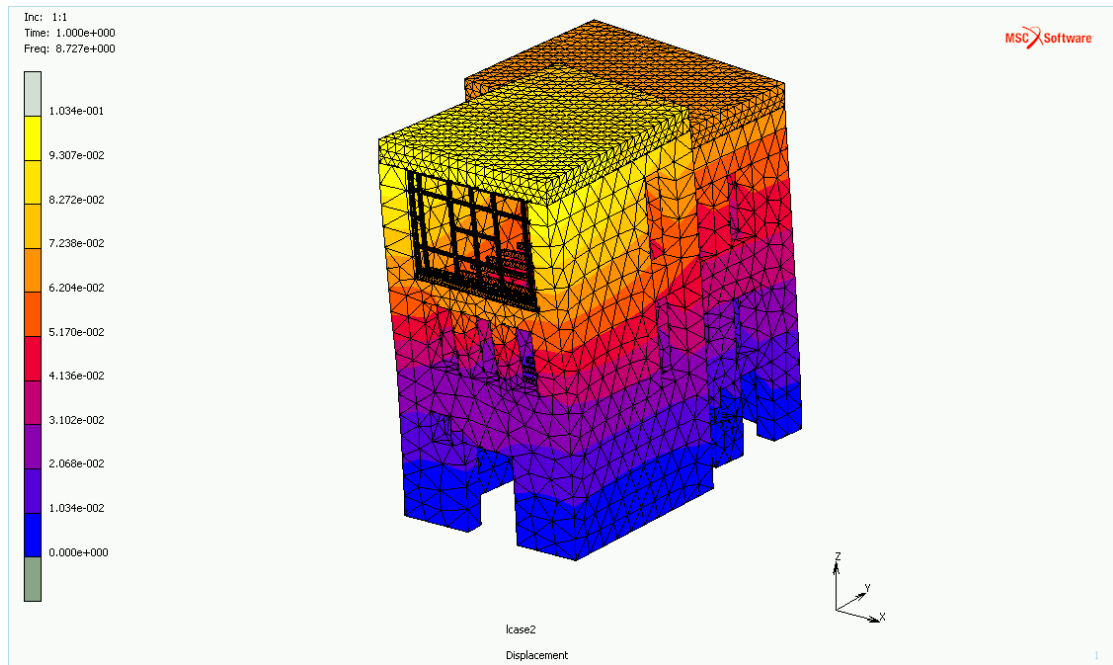


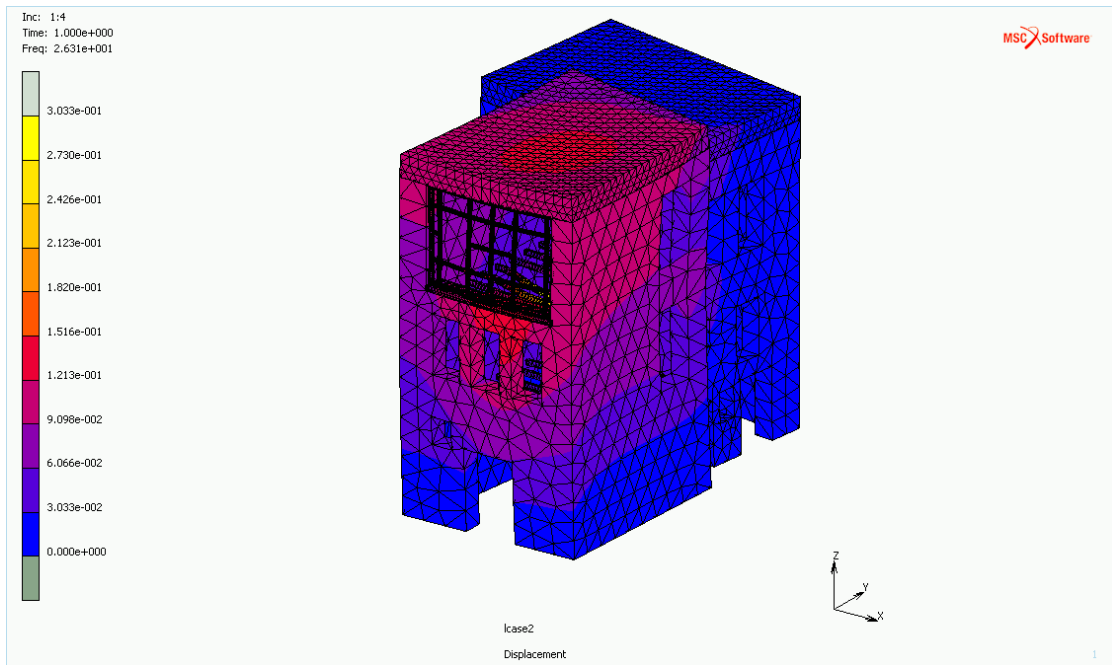
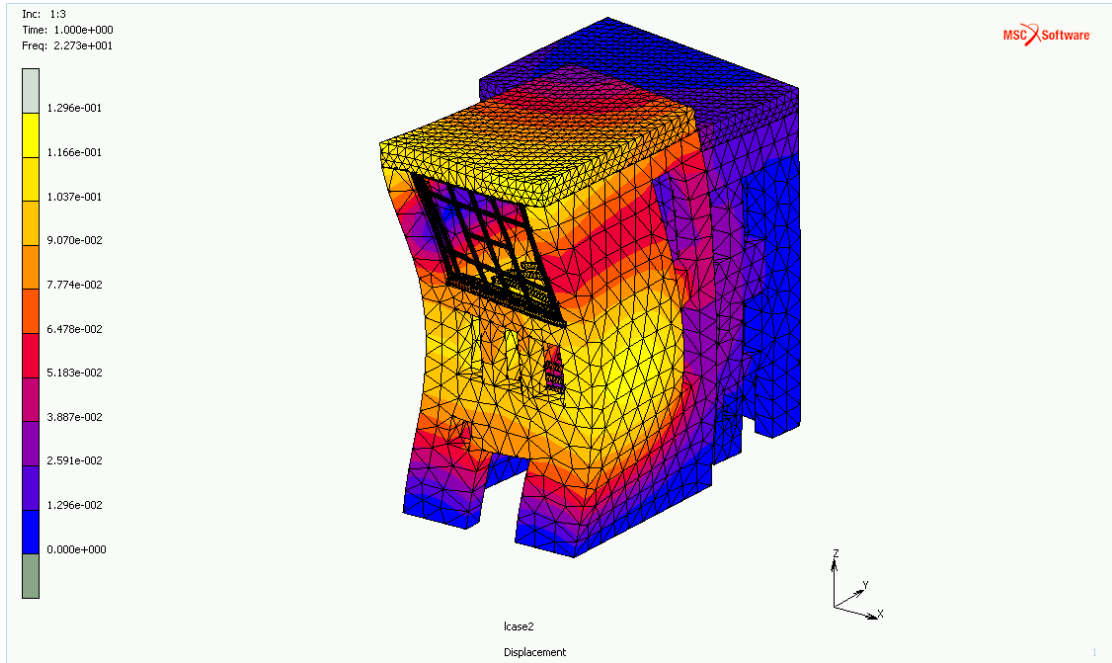


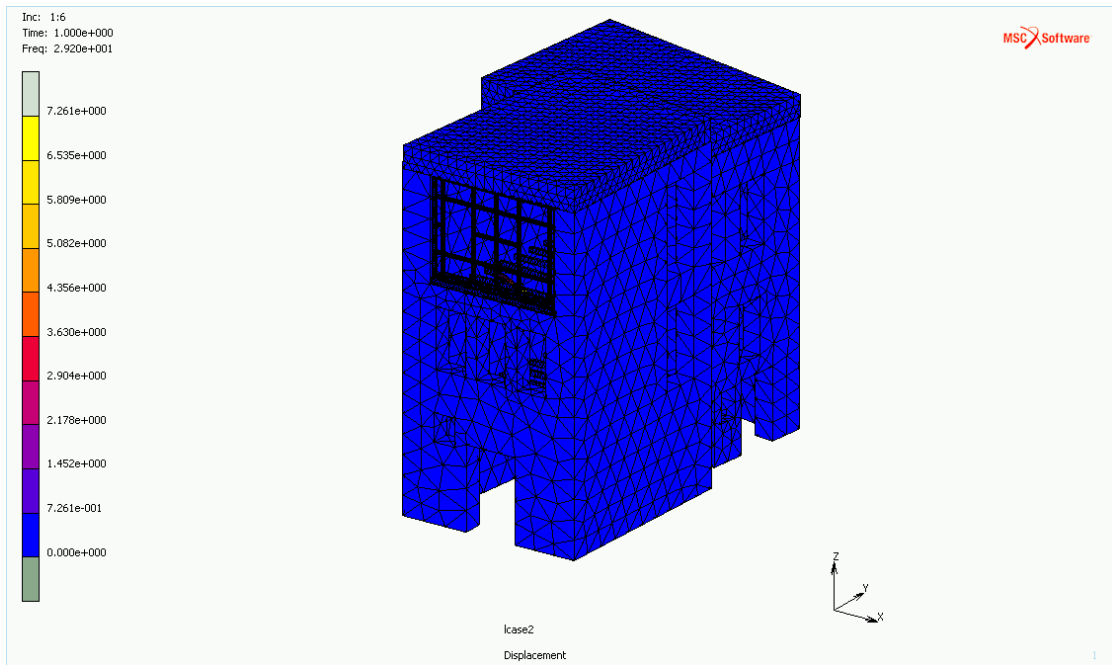
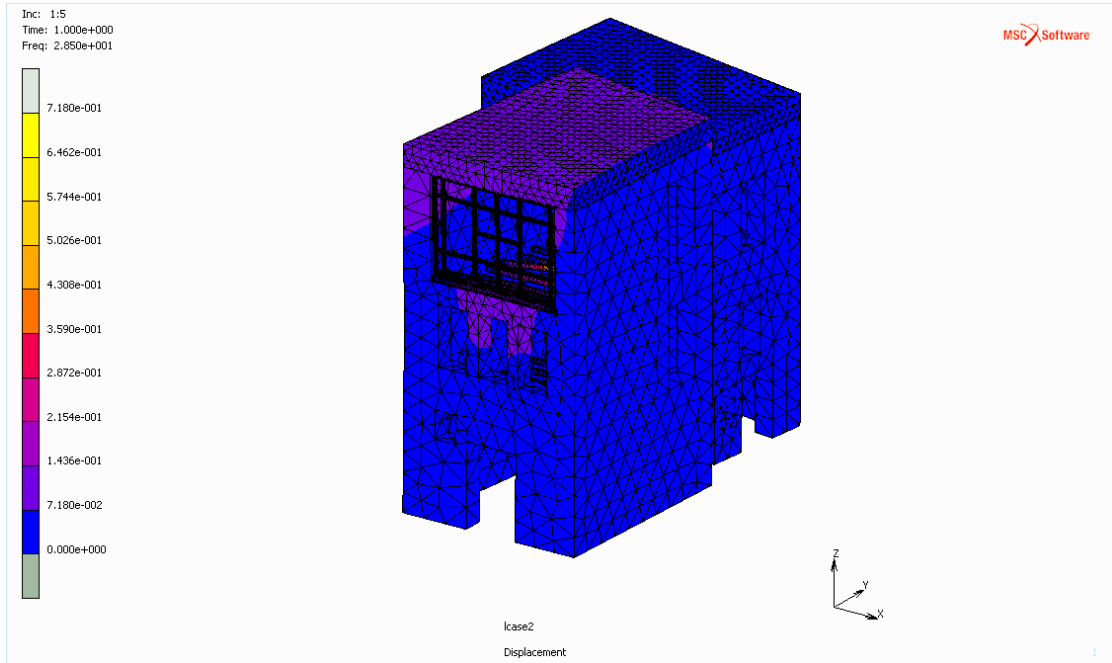


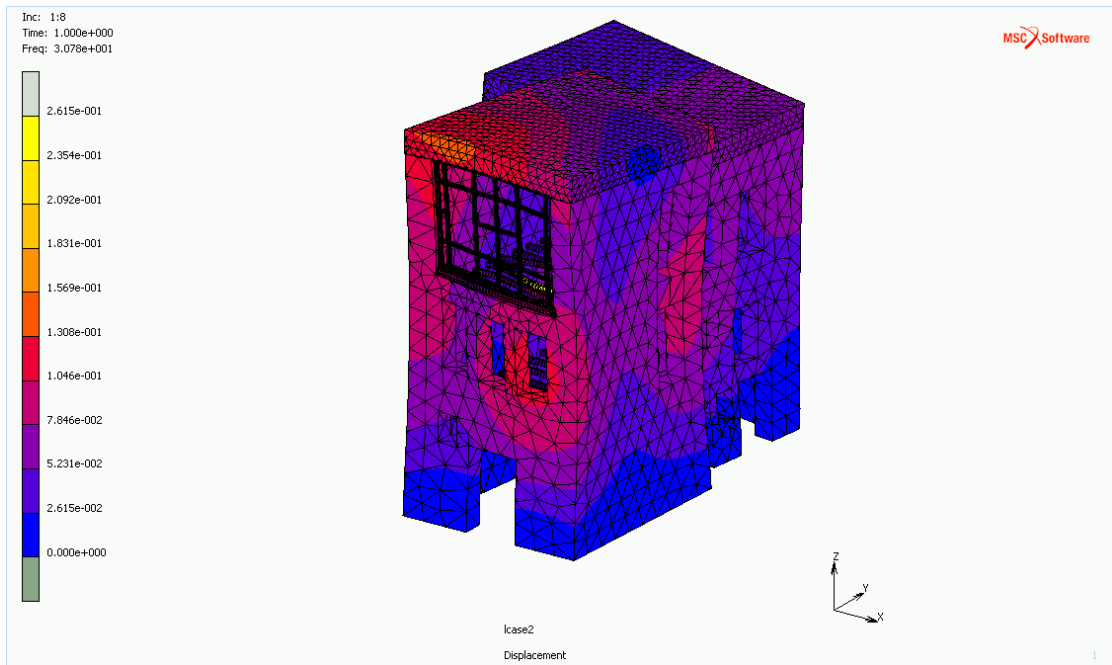
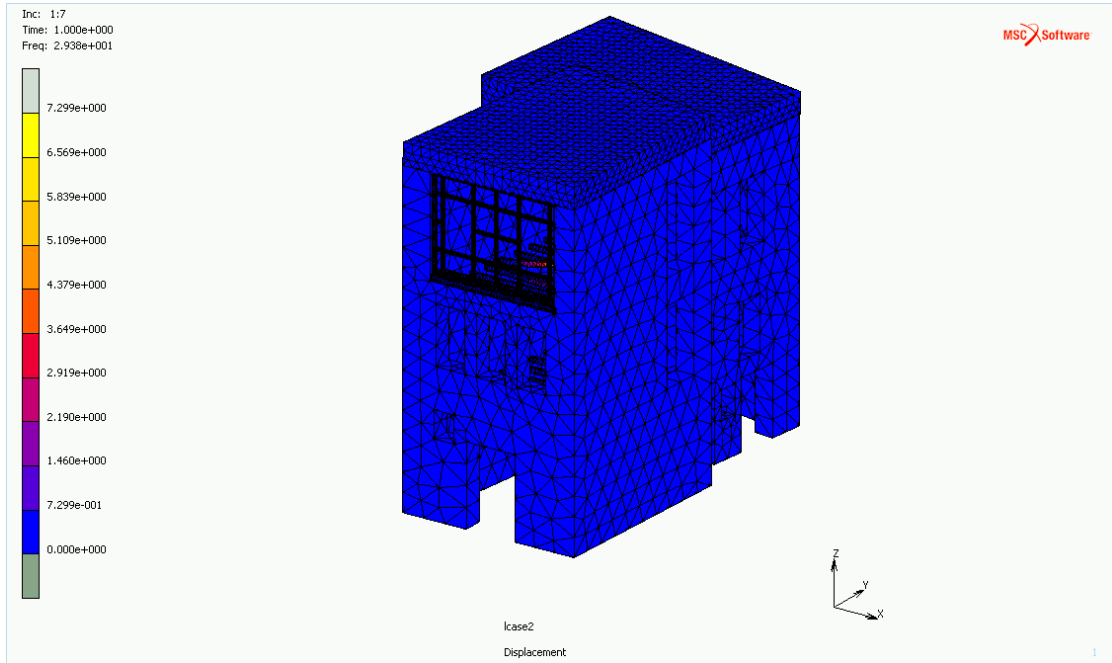


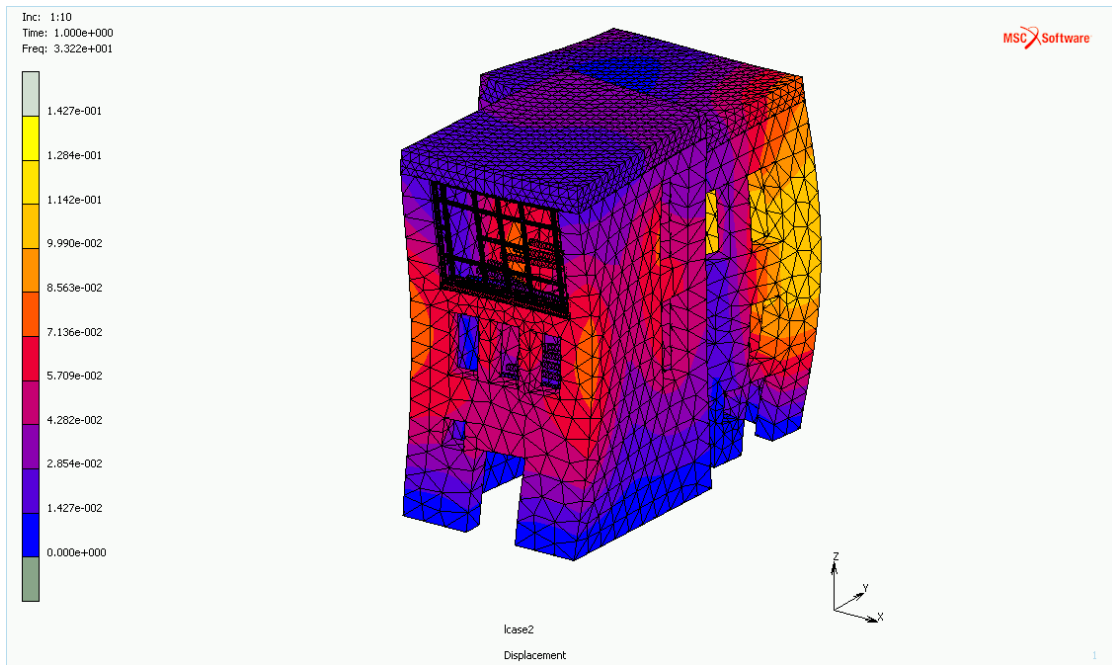
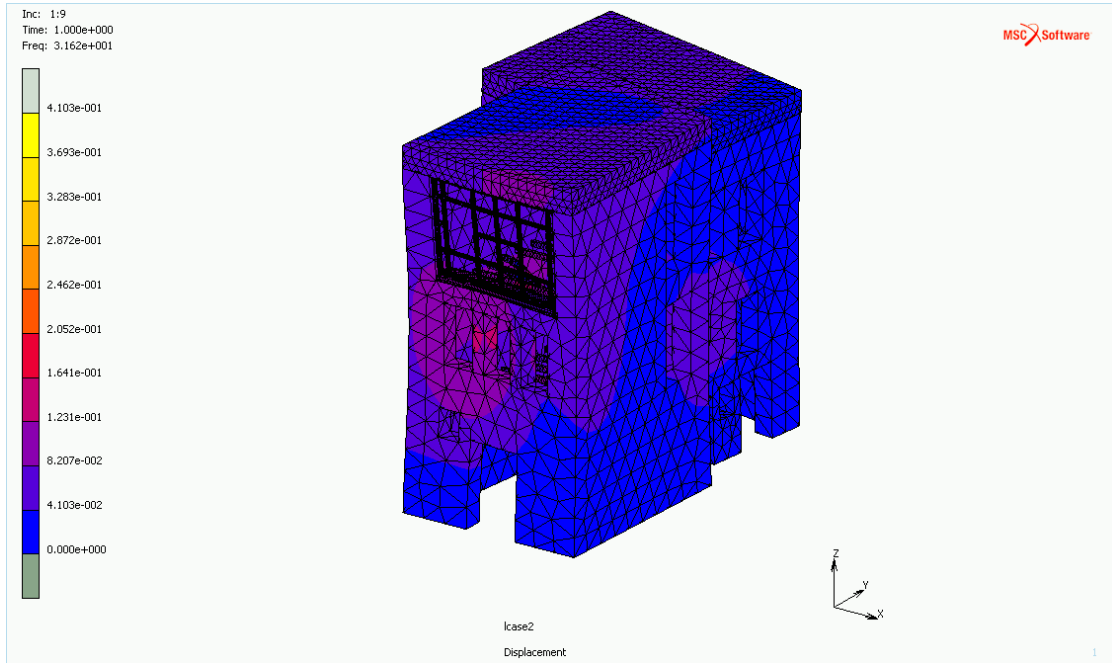
Μοντέλο 4

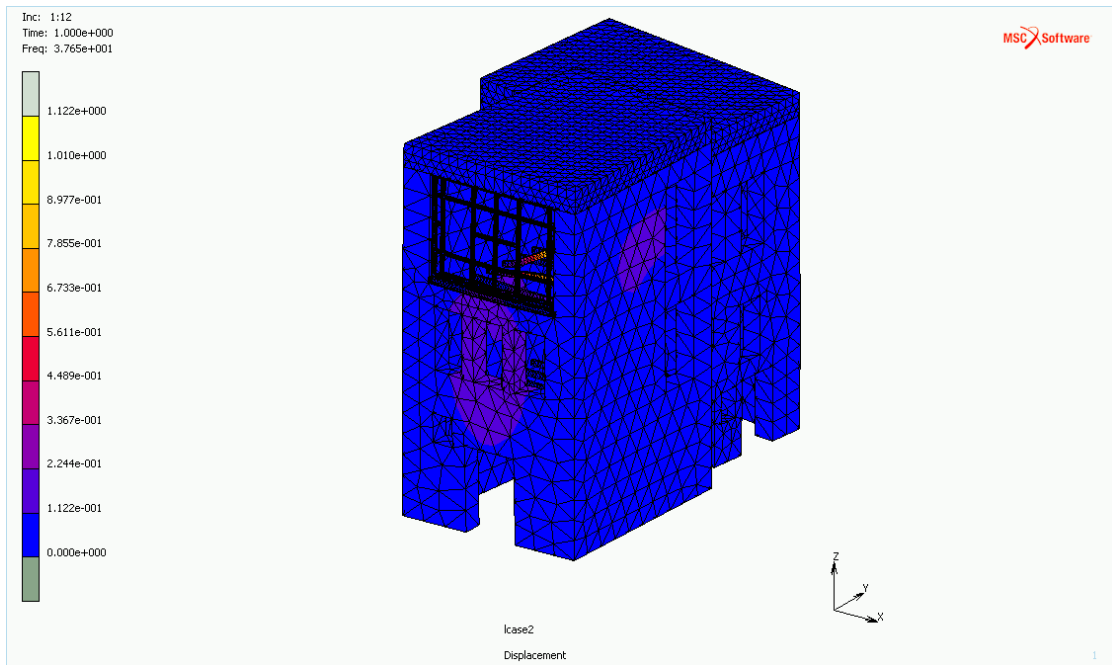
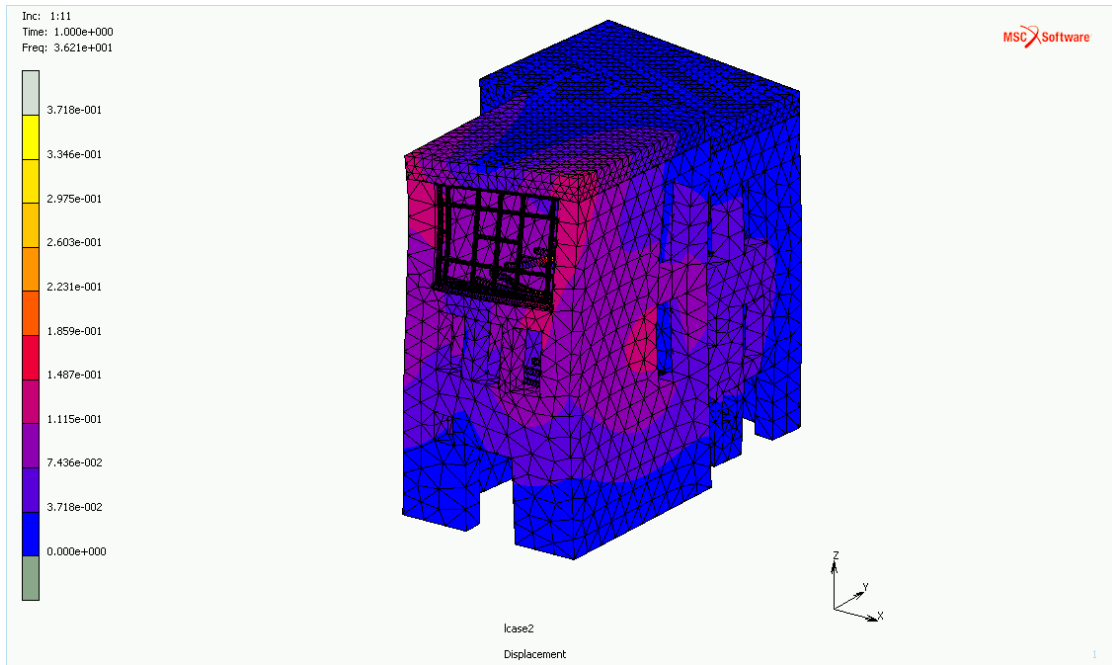


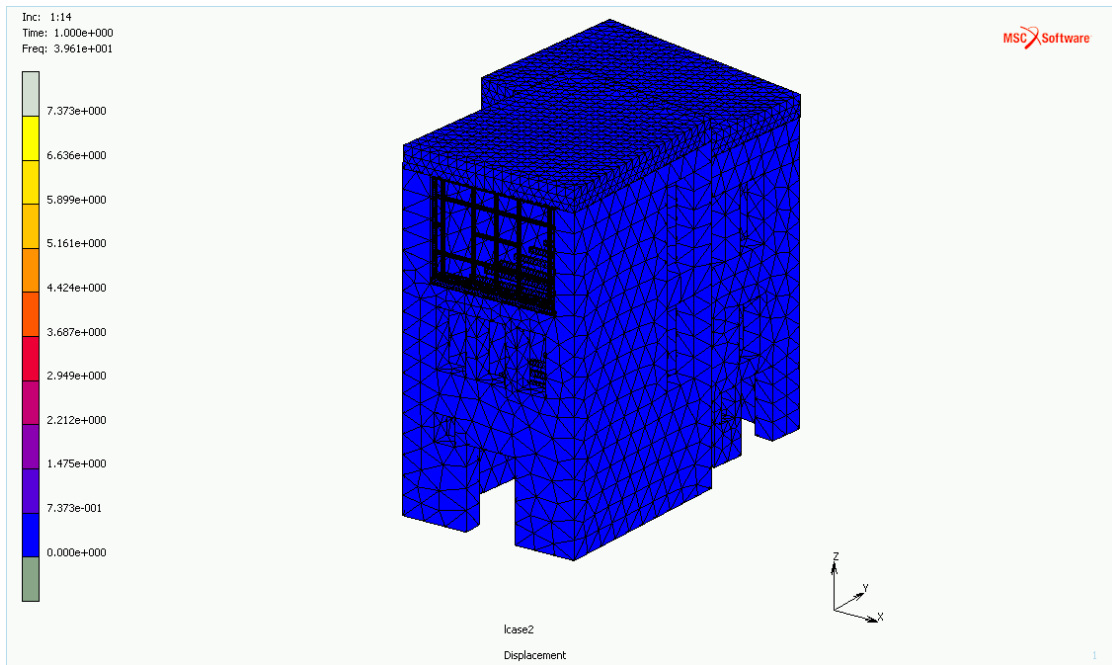
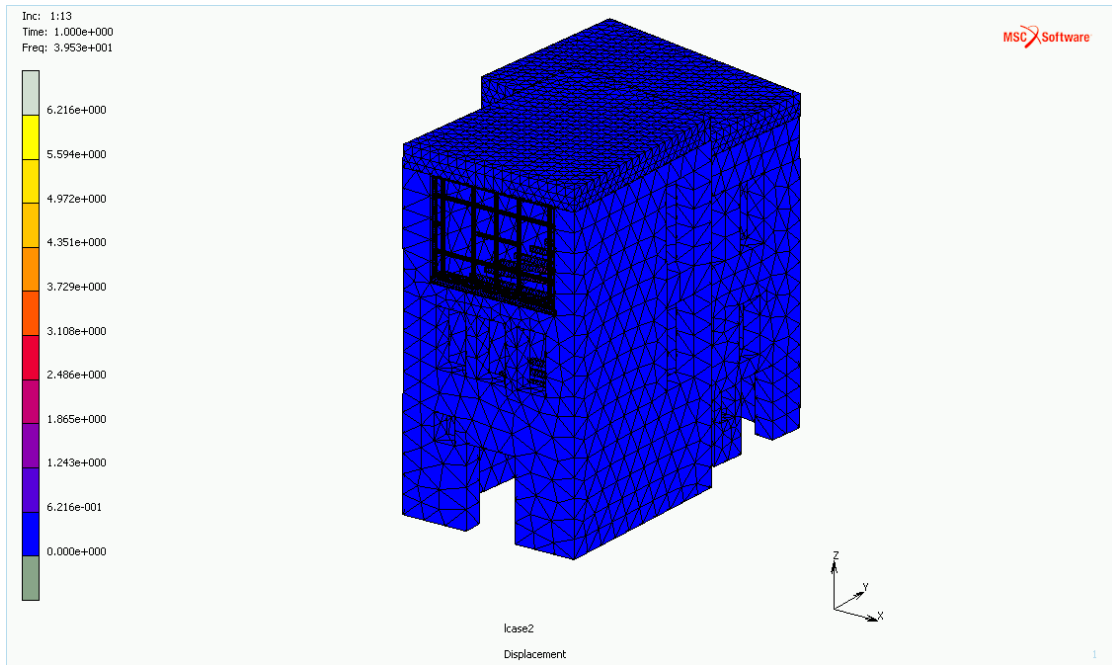


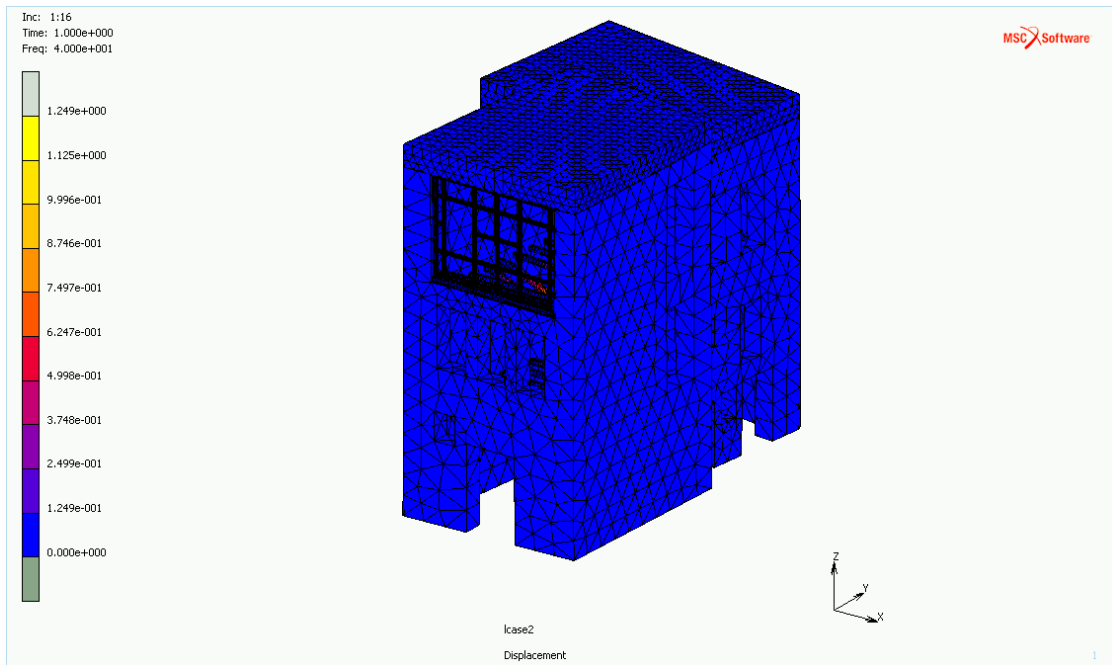
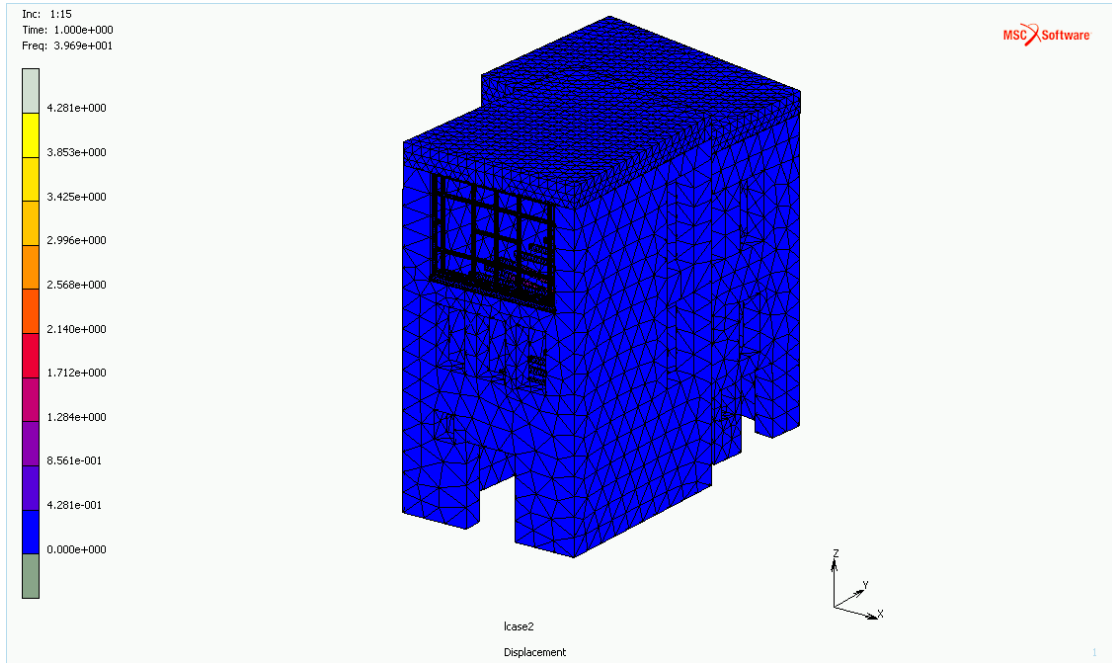


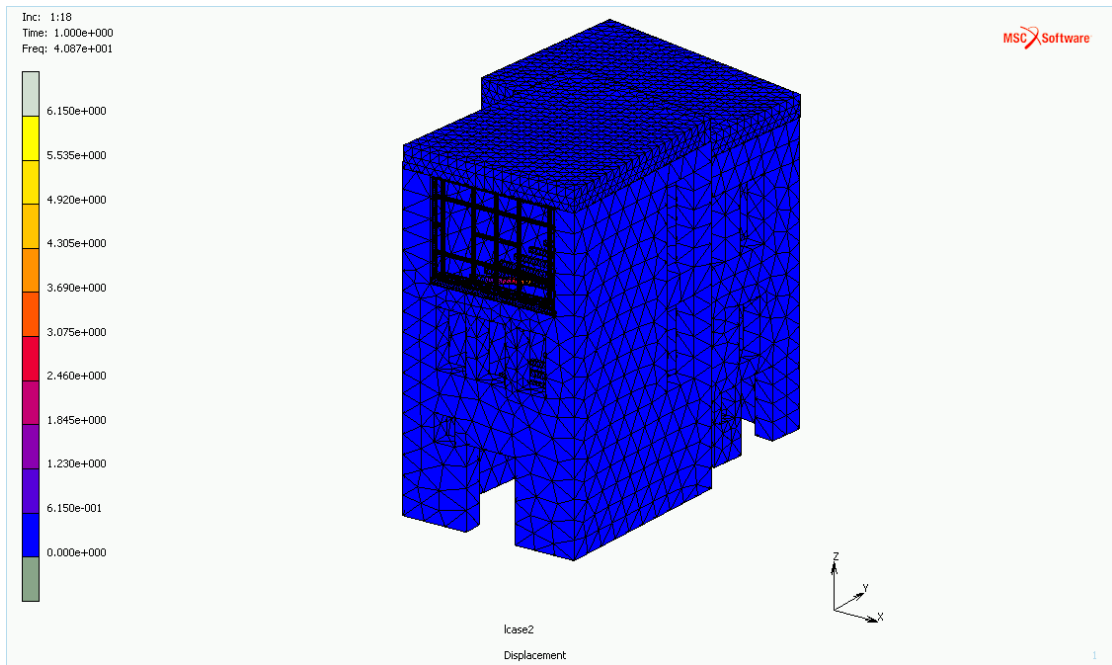
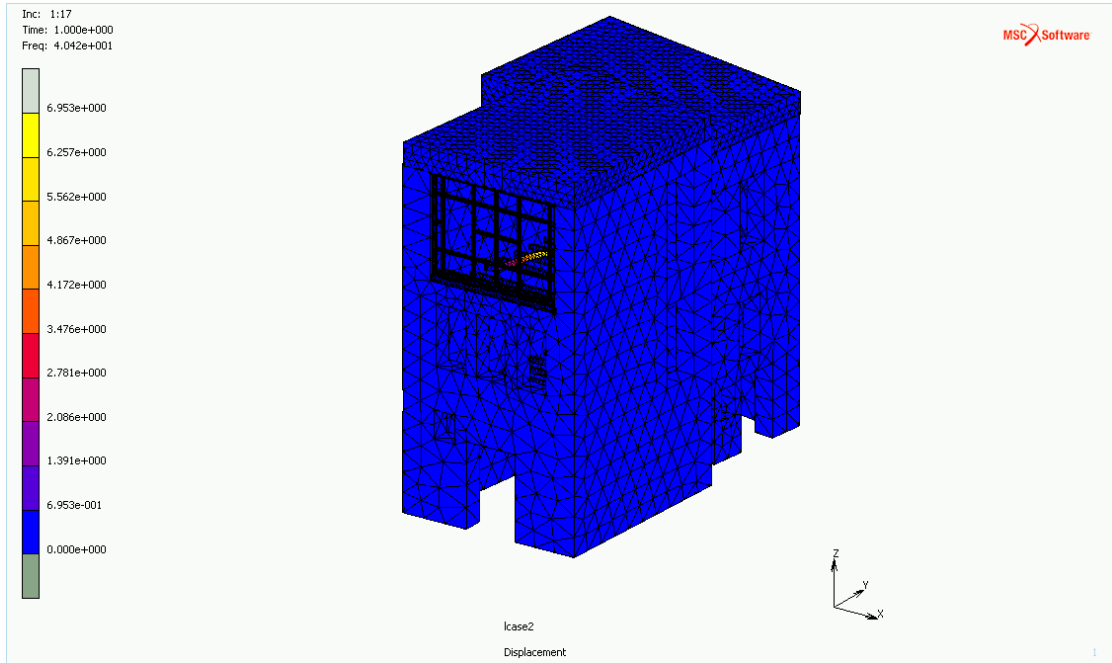


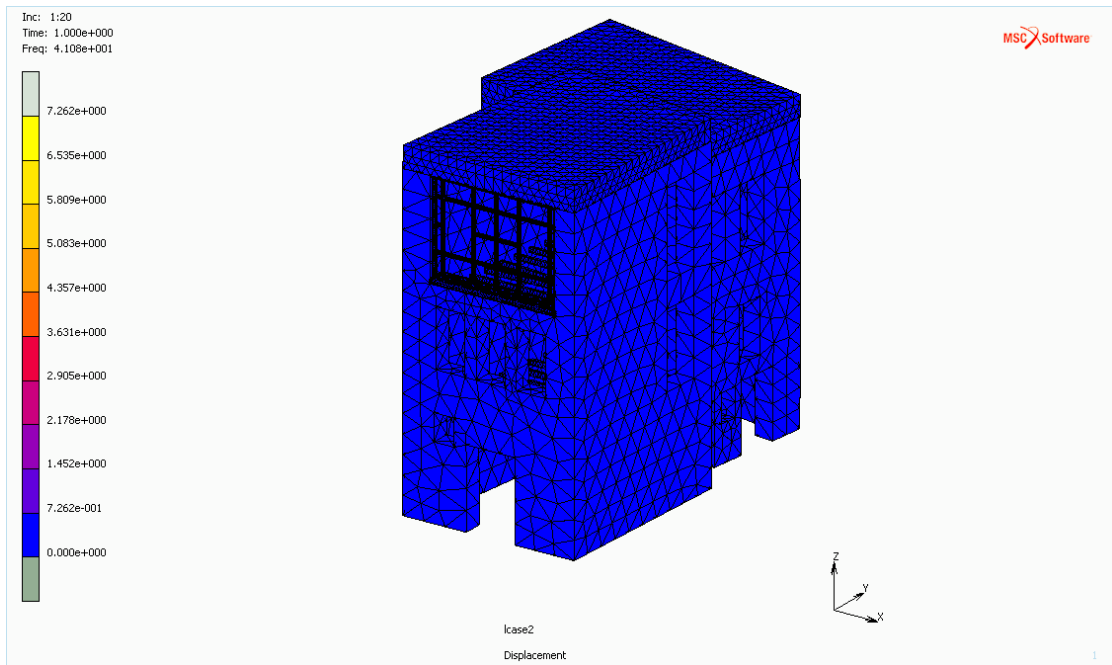
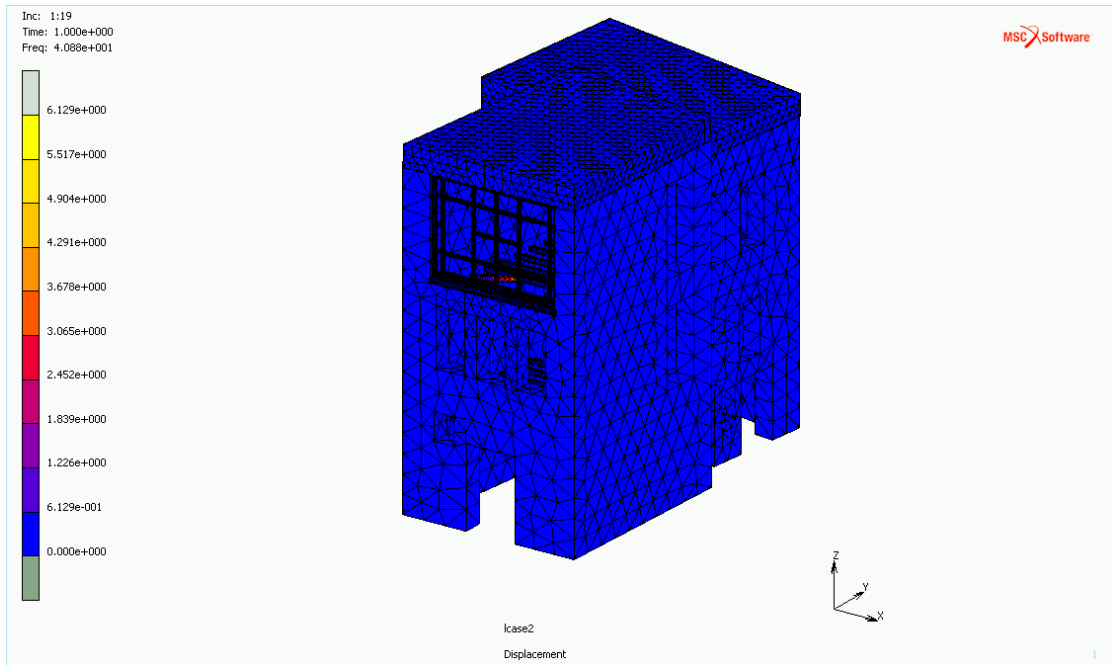


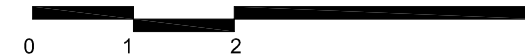
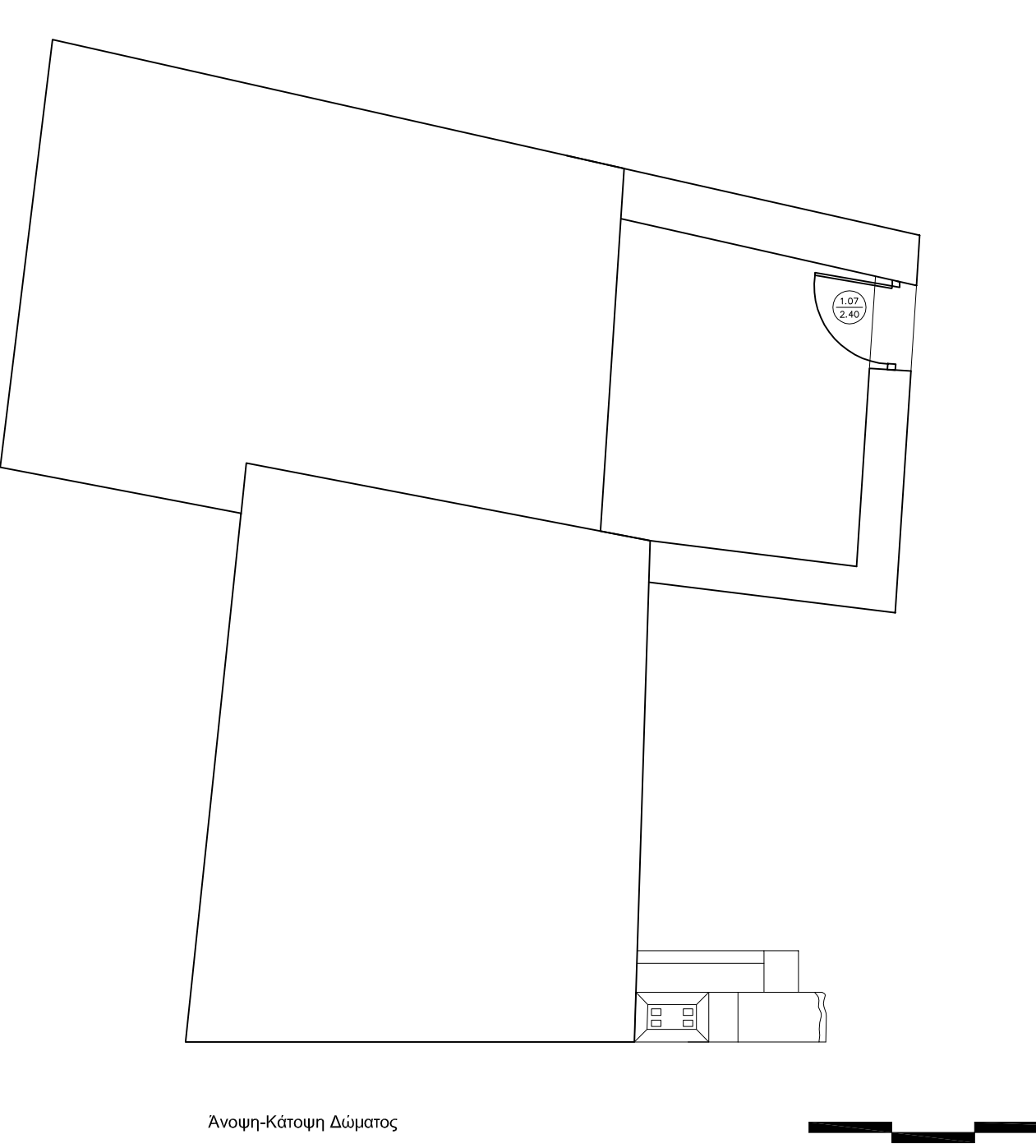
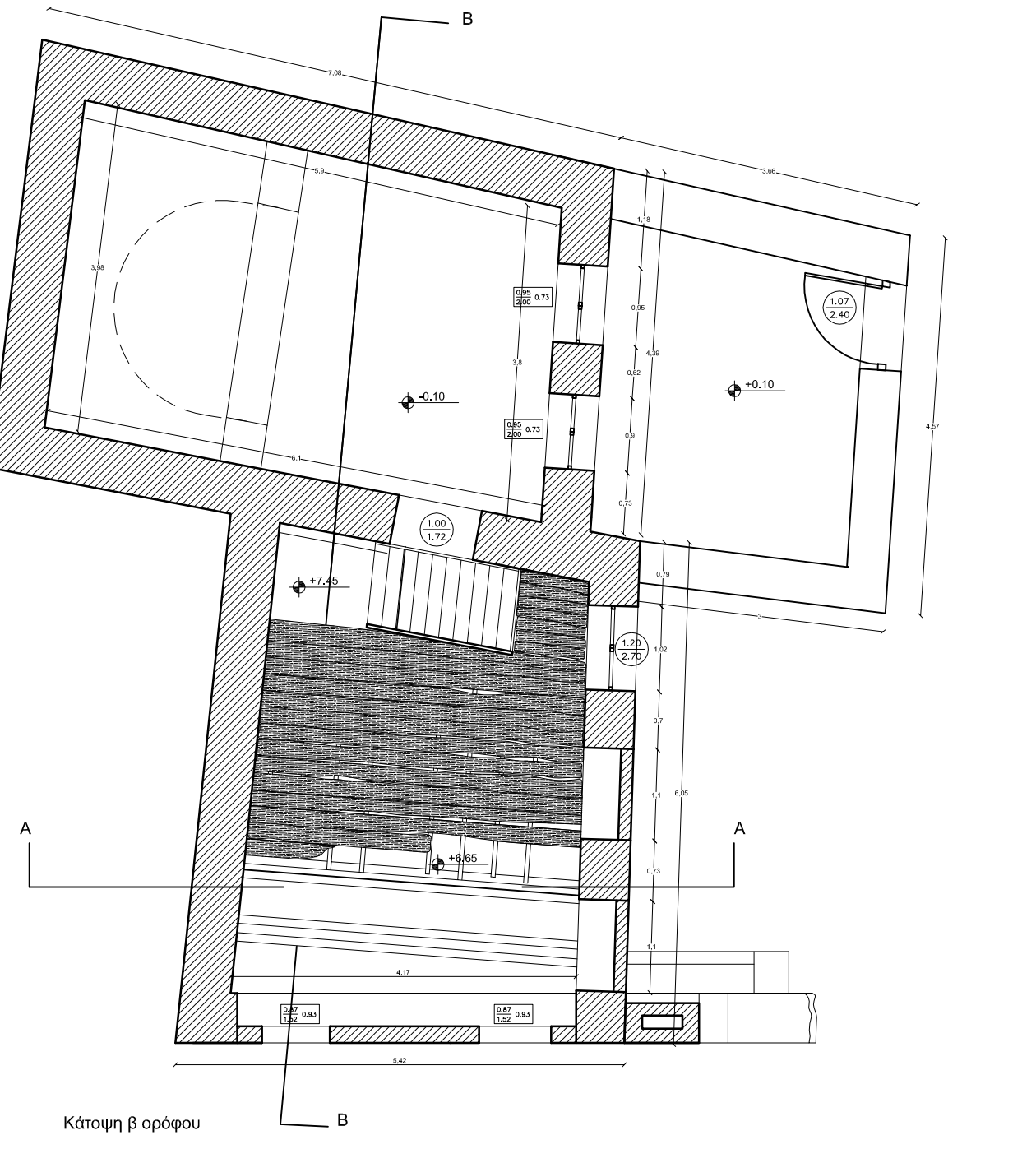
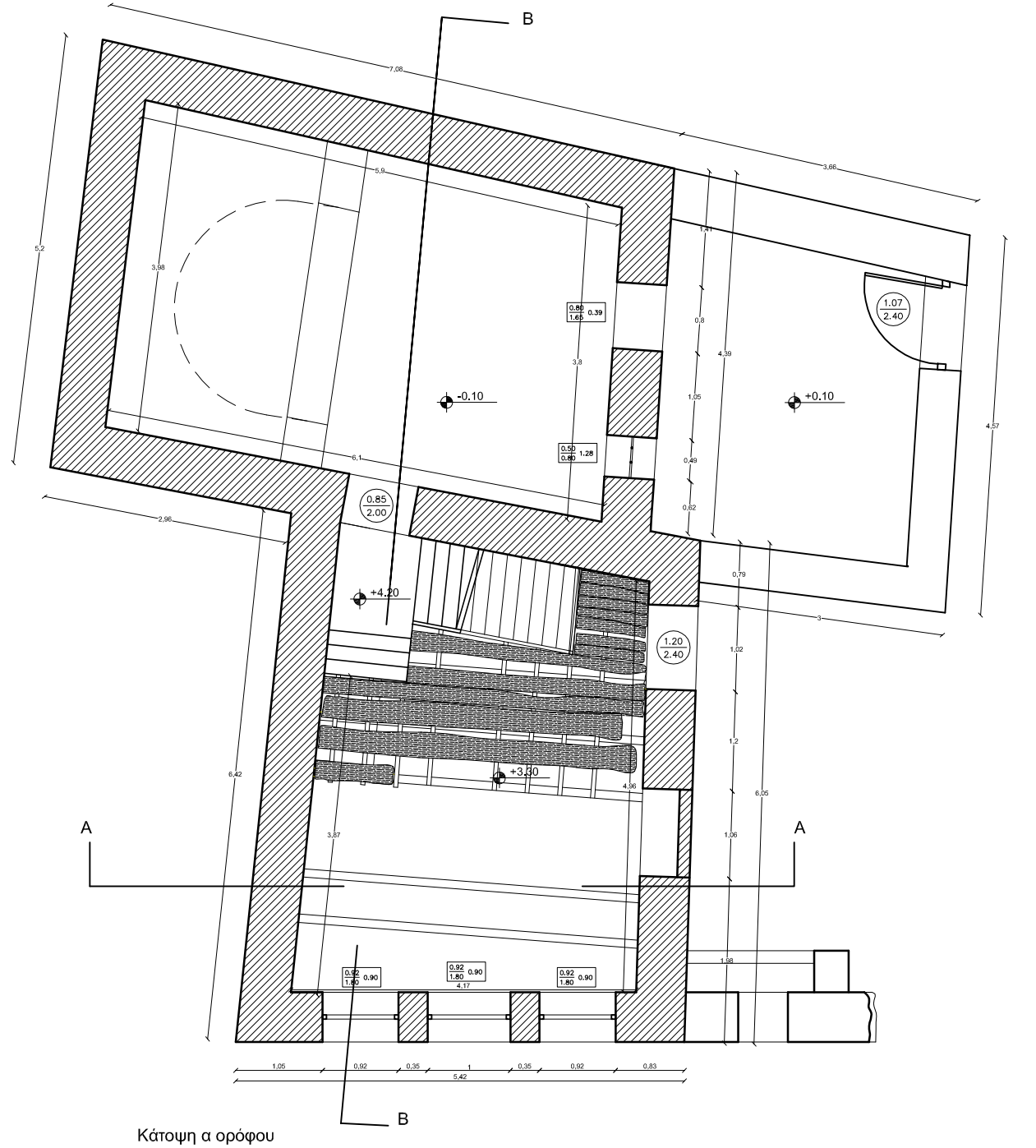
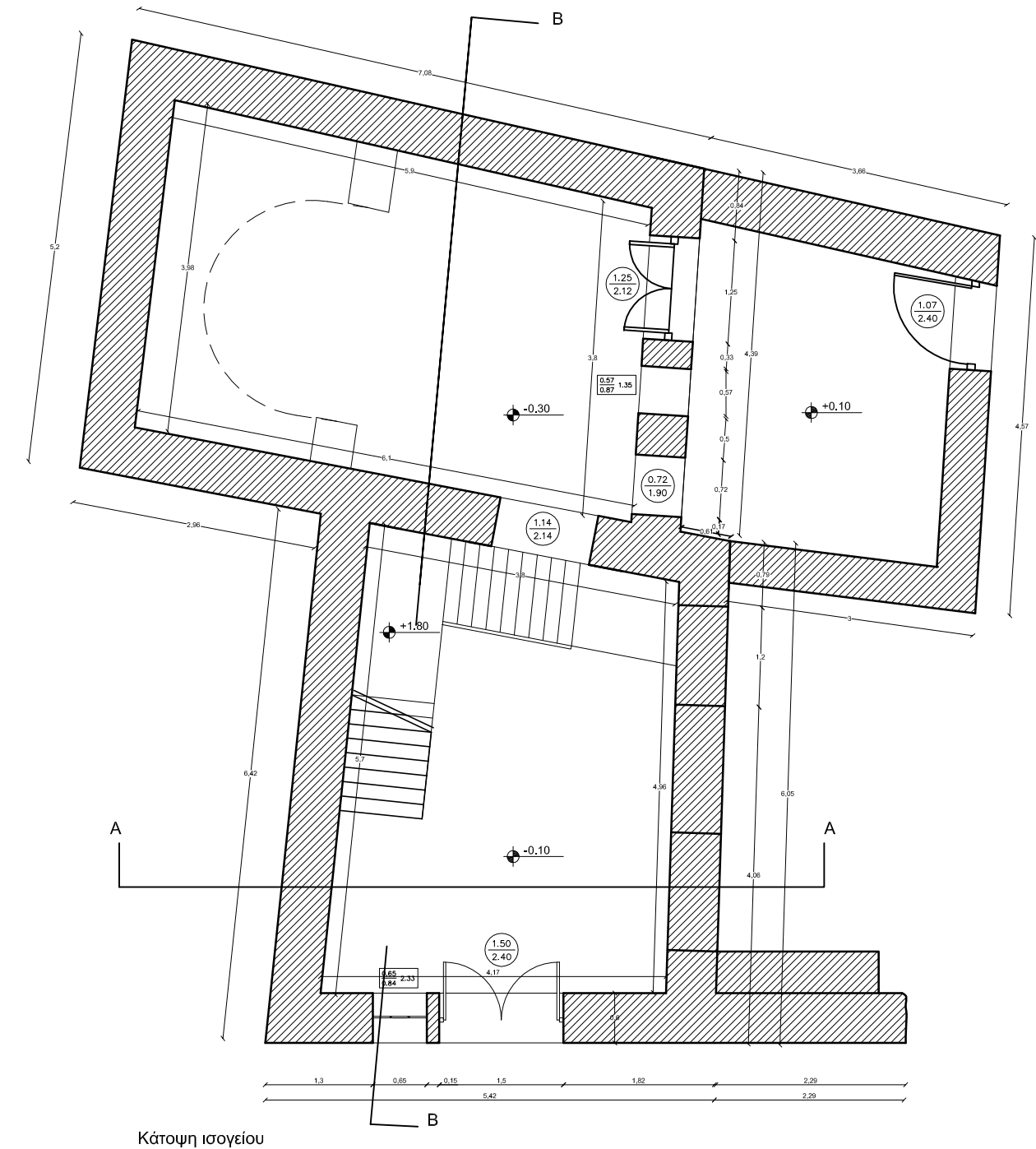




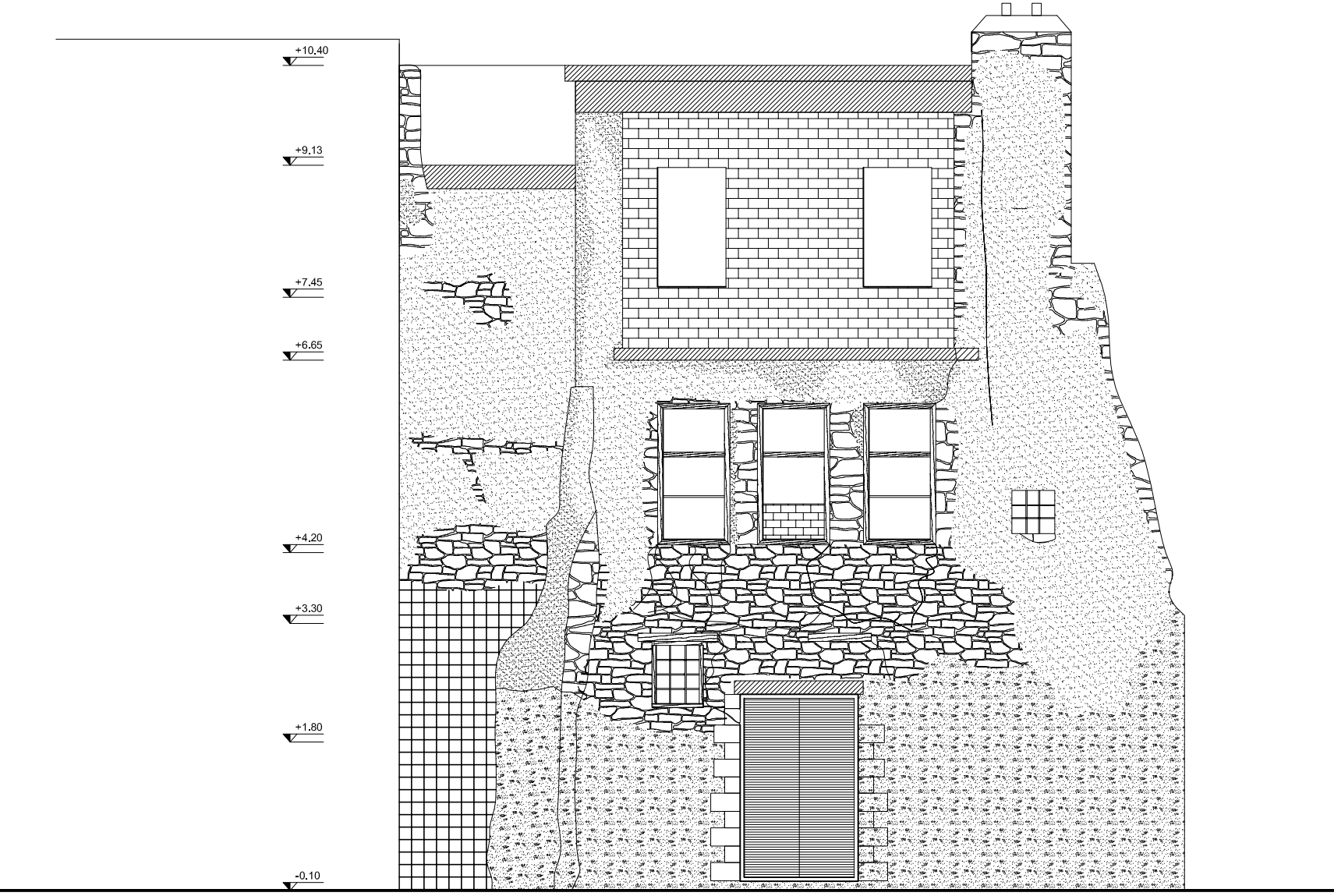




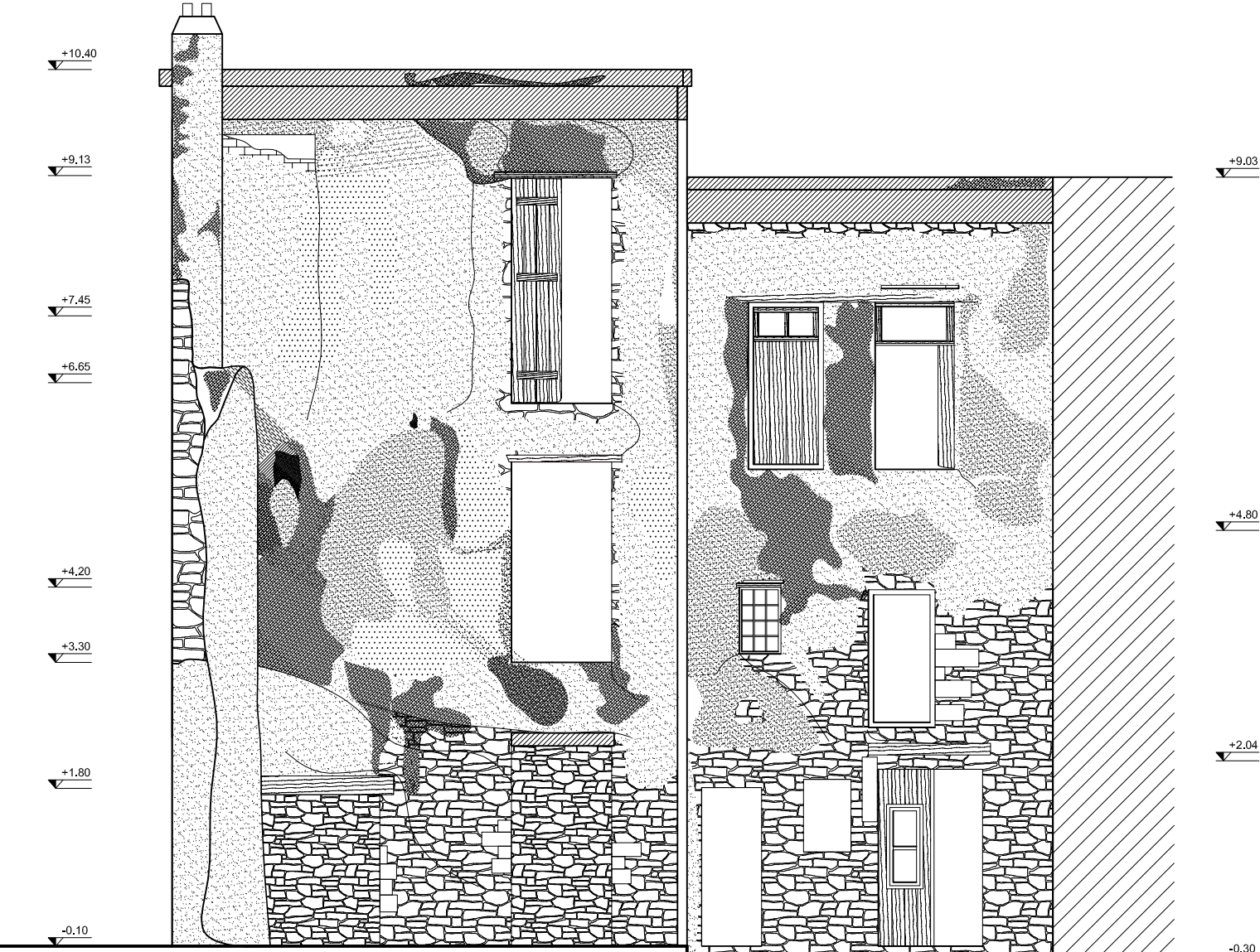




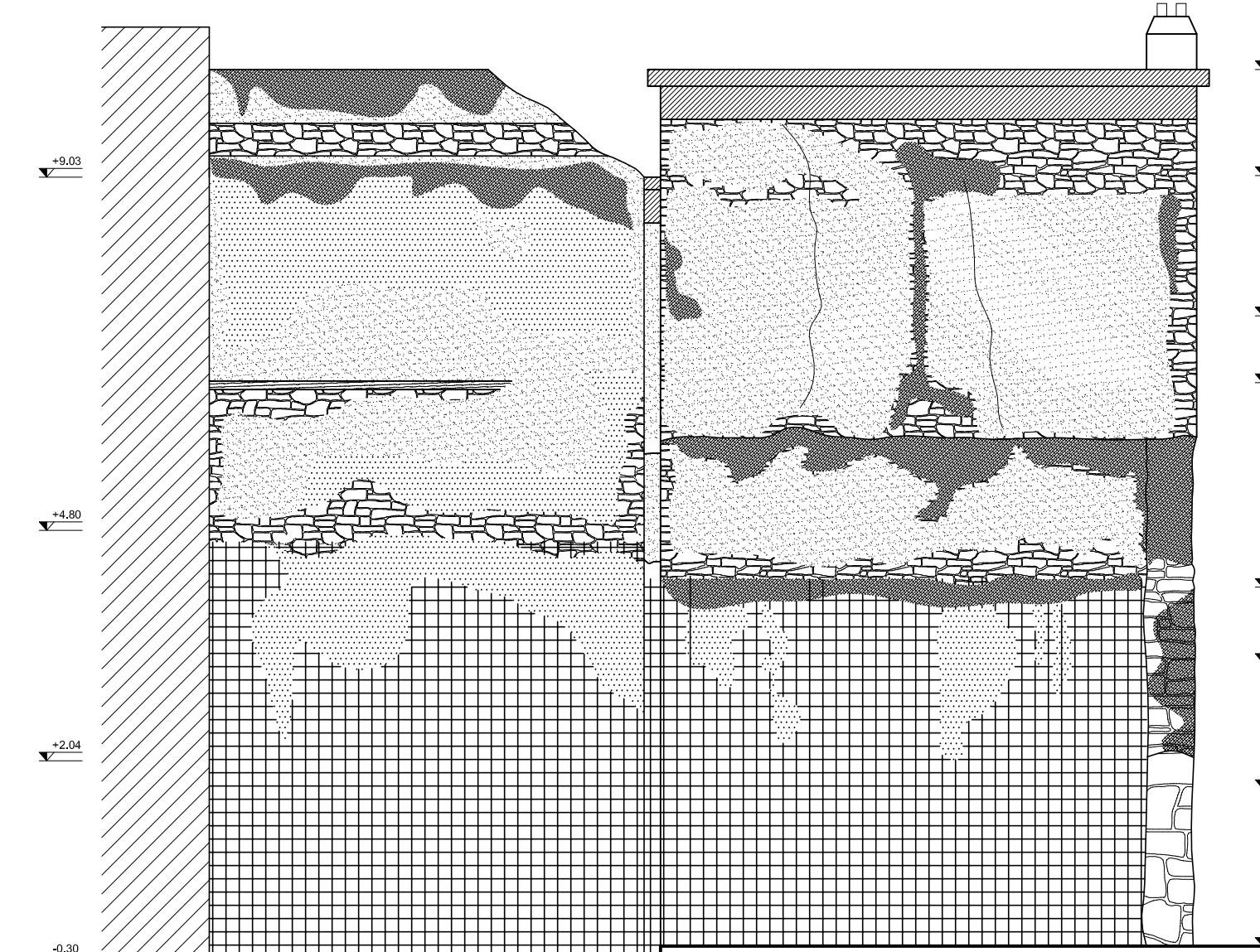
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ-ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ	
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΧΩΡΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΜΕΘΩΔΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΣΕ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΚΤΗΡΙΟ	
ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: κ.ΣΤΑΥΡΟΥΛΑΚΗ ΜΑΡΙΑ-ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
Φοιτήτρια: Γερεουδάκη Ευαγγελία	
Αποτύπωση οικίας Γερασίου Βλάχου 45,Παλαιά πόλη Χανίων	
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ-ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ	
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:75	
1 αριθμός σχεδίου	ΚΑΤΟΦΕΙΣ
2018	



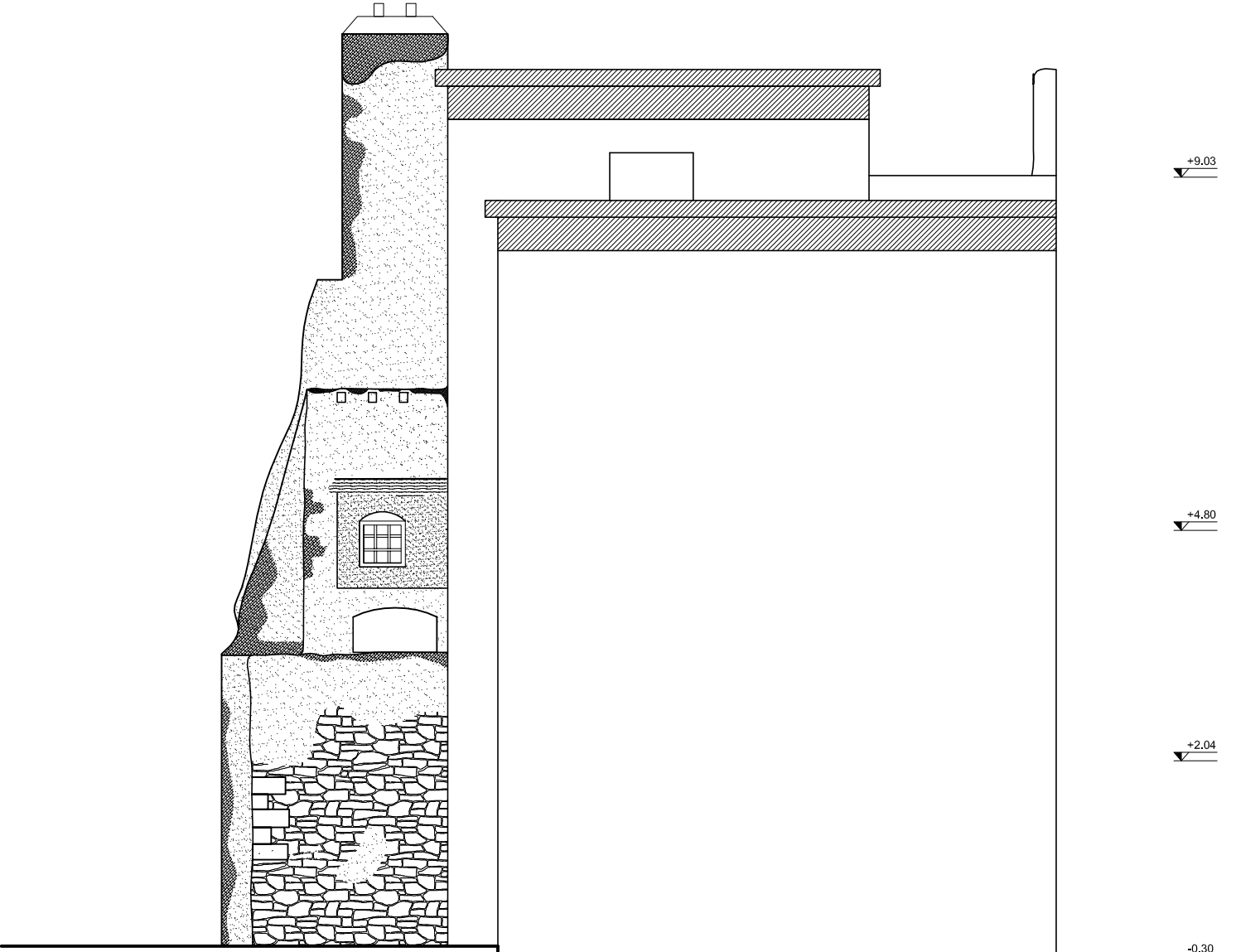
Νότια όψη



Ανατολική όψη



Δυτική όψη



Βόρεια όψη

- ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΥΛΙΚΩΝ
- Επίχρσιμα
 - Επίχρσιμα σε υποκείμενη στρώση
 - Επίχρσιμα με χρωματικές αλλοιώσεις
 - Βιολογική φθορά
 - Οπλισμένο σκυρόδεμα
 - Επίχρσιμα με τσιμέντο
 - Μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος
 - Ξύλινα στοιχεία
 - Σιδερένια εξώθυρα
 - Αργολιθοδομή
 - Οπτοπλινθοδομή



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ-ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ:
ΧΩΡΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ:
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ
ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΣΕ
ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΚΤΗΡΙΟ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: κ.ΣΤΑΥΡΟΥΛΑΚΗ ΜΑΡΙΑ-ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

Φοιτήτρια: Γερεουδάκη Ευαγγελία

Αποτύπωση οικίας Γερασίου Βλάχου 45, Παλαιά πόλη Χανίων

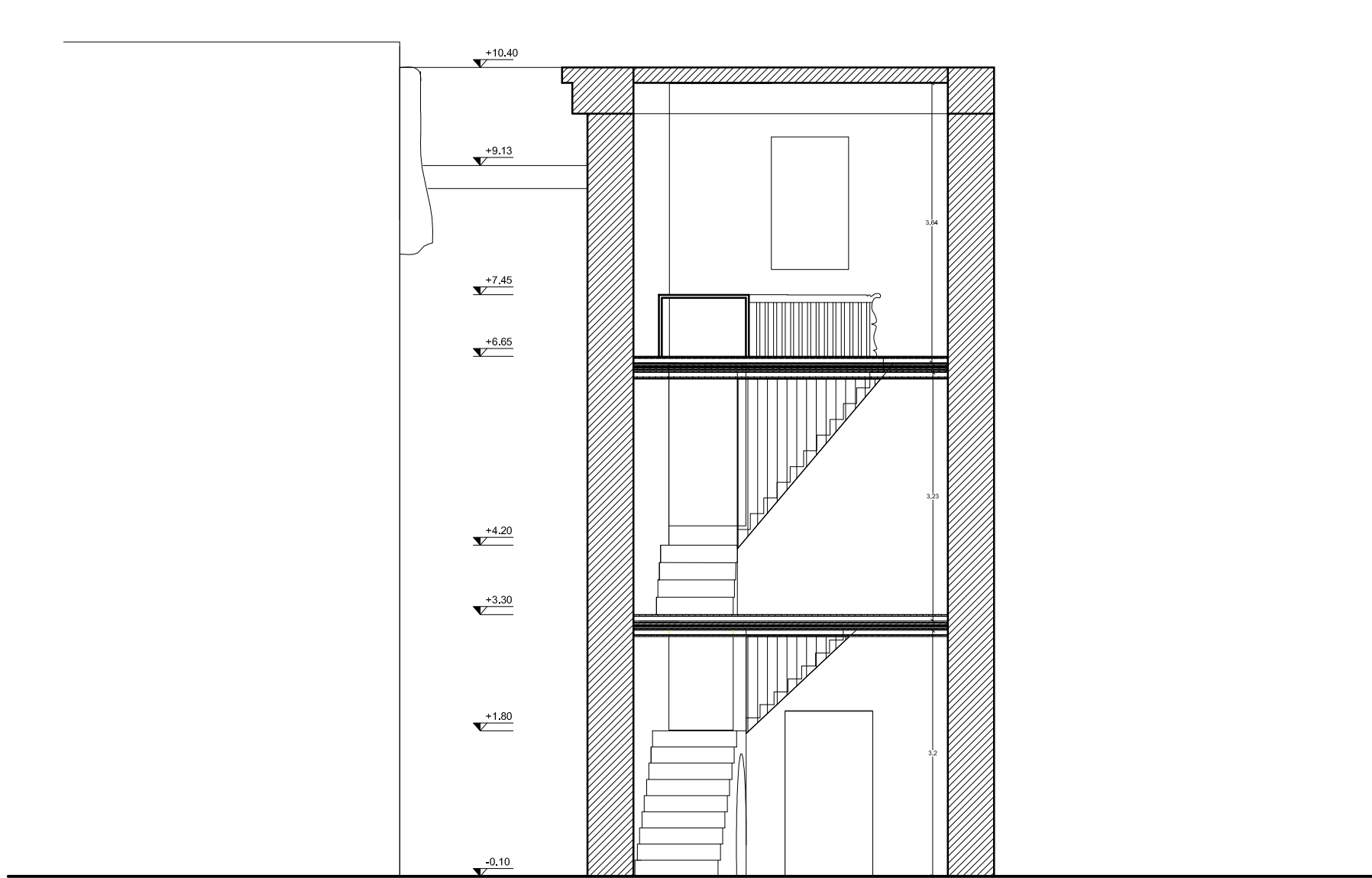
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ -ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:75

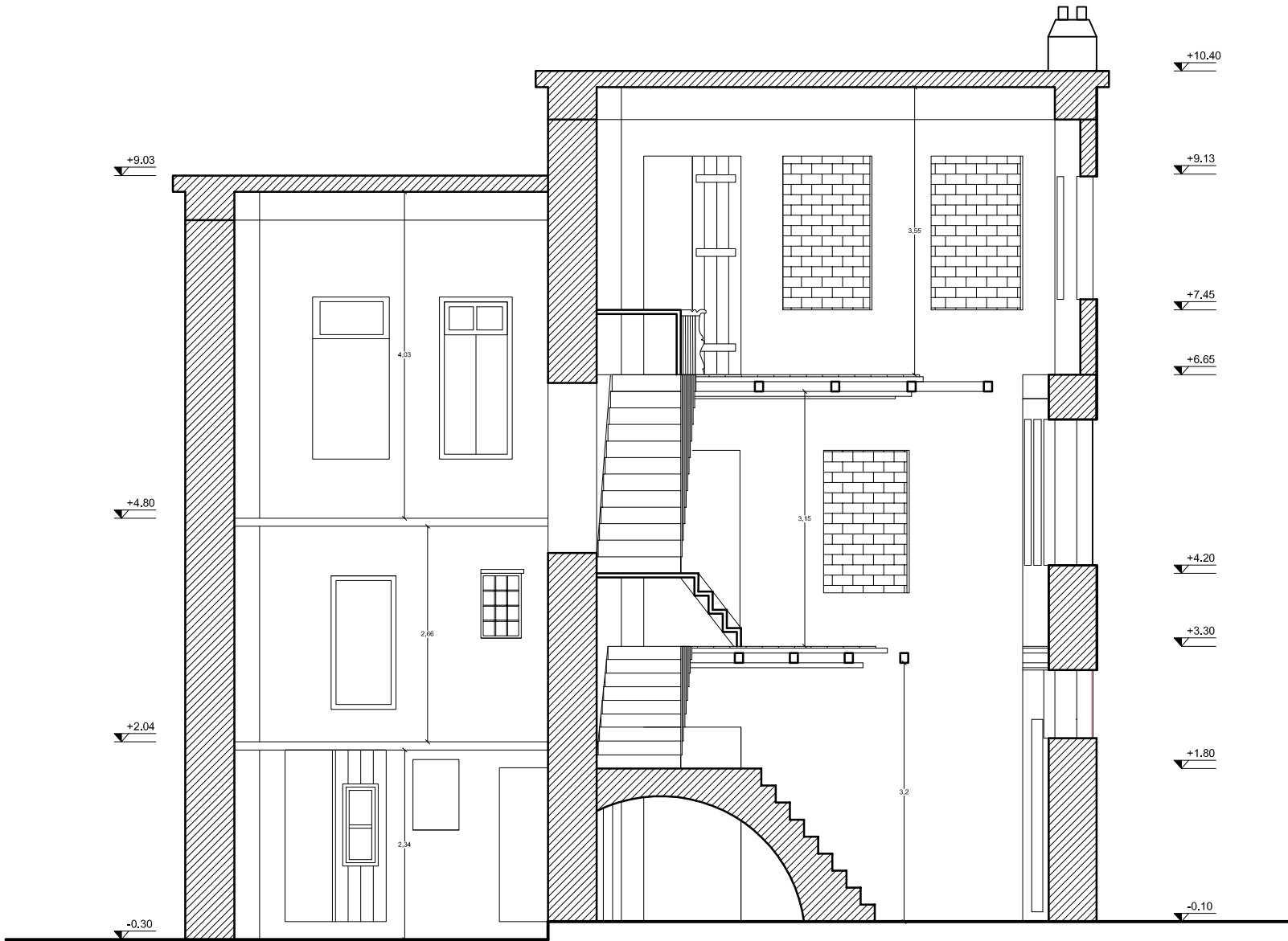
2 ΟΨΕΙΣ

σφίγγας σχέδιου

2018



Τομή A-A



Τομή B-B

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ-ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ:
ΧΩΡΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ:
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ
ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΣΕ
ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΚΤΗΡΙΟ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: κ.ΣΤΑΥΡΟΥΛΑΚΗ ΜΑΡΙΑ-ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

Φοιτήτρια: Γερεουδάκη Ευαγγελία

Αποτύπωση οικίας Γερασίου Βλάχου 45,Παλαιά πόλη Χανίων

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ -ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:75

3
αριθμός σχεδίου

ΤΟΜΕΣ

2018