



Πολυτεχνείο
Κρήτης

Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: «Χώρος, σχεδιασμός και δομημένο περιβάλλον»

Κατεύθυνση: «Ολοκληρωμένη προστασία ιστορικού δομημένου περιβάλλοντος με προηγμένες τεχνολογίες και υλικά»

Διερεύνηση του τρόπου αποκατάστασης παραδοσιακού κτιρίου από φέρουσα τοιχοποιία με παράλληλο στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής του συμπεριφοράς

Φωτίου Αφροδίτη

Επιβλέπουσα: Επικ. Καθ. Μαρία Σταυρουλάκη



**ΣΤΟΧΟΣ - ΒΑΣΙΚΕΣ
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**



- Μεθοδολογία για την αποκατάσταση και ενεργειακή αναβάθμιση παραδοσιακών κτιρίων
- Προσθήκη εσωτερικού μεταλλικού φορέα – διερεύνηση της συνεργασίας υφιστάμενης κατασκευής και προσθήκης
- Εφαρμογή εσωτερικής θερμομόνωσης – διερεύνηση της υγροθερμικής συμπεριφοράς
- Κριτήρια διαμόρφωσης των επεμβάσεων η προστασία και ανάδειξη του υφιστάμενου, η ενεργειακή εξοικονόμηση και η άνεση του χρήστη



Τετραώροφο κτίριο με ενιαίο όγκο και ύψος – αρχικά καλυμμένο με δώμα, βρίσκεται στο δυτικό τμήμα της παλιάς πόλης Χανίων, συνοικία Τοπ Χανά – οδός Αγγέλου.



Θέση κτιρίου στην Παλιά Πόλη Χανίων

2^{ος} βαθμός μνημειακής προστασίας – προστατευόμενο τμήμα: ολόκληρη η όψη – Δυνατότητα επέμβασης στο υπόλοιπο κτίριο με ειδικό αρχιτεκτονικό και πολεοδομικό έλεγχο



Γωνιακό κτίριο στο οικοδομικό τετράγωνο



ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το κλίμα της περιοχής είναι μεσογειακό με θερμό και ξηρό καλοκαίρι και βροχερό και ήπιο χειμώνα

Επίδραση Κρητικού Πελάγους – βόρειοι άνεμοι ισχυροί κατά το χειμώνα και ασθενείς το καλοκαίρι και το φθινόπωρο

Μέση μηνιαία σχετική υγρασία από 55% τους καλοκαιρινούς μήνες έως 72% τους χειμερινούς

Ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία 9.2°C, μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία 30.3°C



ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Πολιτικές και πρακτικές για συντήρηση, ανάδειξη και προστασία ιστορικών κτιρίων και συνόλων

- **Πολιτιστική διεθνοποίηση** αποτέλεσμα του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου (1918) και της ίδρυσης της Κοινωνίας των Εθνών (1920)
- Χάρτης της Βενετίας (1964) – αποσαφηνίζει την έννοια του **ιστορικού μνημείου**
- Παλαιά Πόλη Χανίων χαρακτηρίζεται «**ιστορικό διατηρητέο μνημείο**» (1965) - προσπάθειες για τη διατήρηση και ανάδειξή της
- Συστάσεις της UNESCO για την προστασία των μνημείων που κινδυνεύουν από δημόσια ή ιδιωτικά έργα (1968) – εισάγει την πολύ ευρύτερη έννοια του **πολιτιστικού αγαθού**
- Σύμβαση για την Προστασία της Παγκόσμιας Πολιτιστικής και Φυσικής Κληρονομιάς της UNESCO (1972) – εισάγει τον όρο **Πολιτιστική και Φυσική Κληρονομιά**
- Διακήρυξη του Άμστερνταμ (1975) - προωθεί τη διατήρηση της **ευρωπαϊκής αρχιτεκτονικής κληρονομιάς** η οποία περιλαμβάνει **μεμονωμένα κτίρια** και το άμεσο περιβάλλον τους, ολόκληρες πόλεις ιστορικού ή πολιτιστικού ενδιαφέροντος
- Χάρτης της Burra (1979) – ορίζει ως αντικείμενο προστασίας τους **τόπους με πολιτιστική σημασία** για τις περασμένες, τις σημερινές και τις μελλοντικές γενιές
- Διεθνή Χάρτα για την Προστασία των Ιστορικών Πόλεων του ICOMOS (Χάρτα της Ουάσινγκτον για τις Ιστορικές Πόλεις) (1987) – συμπληρώνει και διευρύνει την **προστασία οικιστικών συνόλων**

Πολιτικές και πρακτικές για συντήρηση, ανάδειξη και προστασία ιστορικών κτιρίων και συνόλων

- Υπόμνημα της Βιέννης (2005) – έχει ως στόχο τη συζήτηση ορισμένων περιορισμών που τίθενται από την παραδοσιακή προσέγγιση, ορίζοντας τις **ιστορικές πόλεις** ως ένα **ολοκληρωμένο σύστημα**, που χαρακτηρίζεται από ιστορικές, γεωμορφολογικές και κοινωνικές σχέσεις με το περιβάλλον του. Προσέγγιση του ‘Ιστορικού Αστικού Τοπίου’ αποτελεί ένα εργαλείο προβολής των ιδεών αστικής πολιτιστικής διατήρησης στον εικοστό πρώτο αιώνα
- Χάρτα για τους Τόπους Πολιτιστικής Κληρονομιάς (2007) - ορίζει τις βασικές αρχές της **Μεθερμάνευσης και Παρουσίασης**, ως βασικά στοιχεία της προσπάθειας διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς και ως μέσο για την **ενίσχυση της δημόσιας εκτίμησης και κατανόησης** των τόπων πολιτιστικής κληρονομιάς
- Αρχές της Valletta για την Προστασία και τη Διαχείριση Ιστορικών Πόλεων και Αστικών Περιοχών (2010) - πρόταση αρχών και στρατηγικών εφαρμόσιμων σε κάθε παρέμβαση σε ιστορικές πόλεις και αστικές περιοχές. **Οι παρεμβάσεις πρέπει να σέβονται τις υλικές και άυλες αξίες της πολιτιστικής κληρονομιάς**, όπως επίσης και την **ποιότητα ζωής** των κατοίκων

Ευρωπαϊκή νομοθεσία για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα

- Οδηγία 2002/91/ΕΚ «για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων»
- Οδηγία 2006/32/ΕΚ «Ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες»
- Οδηγία 2010/31/ΕΚ για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων αποτελεί τροποποίηση της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ προκειμένου να ενισχυθούν οι απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης και να διευκρινιστούν/ απλουστευτούν ορισμένες διατάξεις
- Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων 2016 – πρόταση αναθεώρησης της 2010/31/ΕΚ που περιλαμβάνει: ενσωμάτωση μακροπρόθεσμων στρατηγικών, ενθάρρυνση χρήσης έξυπνων τεχνολογιών, εξορθολογισμό των διατάξεων σε τομείς που δεν έχουν παραδοθεί τα αναμενόμενα αποτελέσματα

Εθνική νομοθεσία για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα

- Κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων (ΦΕΚ 362Δ/1979) η χώρα χωρίζεται σε τρεις κλιματικές ζώνες δεν γίνεται καμία διάκριση όσον αφορά τη χρήση του κτιρίου
- Νόμος 3661/2008 (ΦΕΚ Α' 89/19-05-2008) «Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτιρίων και άλλες διατάξεις» στοχεύει στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε νέα και υφιστάμενα κτίρια και αποτέλεσε το πρώτο βήμα εναρμόνισης της Ελλάδας με την Ευρωπαϊκή Κοινοτική Οδηγία 2002/91/ΕΚ. Τα κτίρια κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τη χρήση και καθορίζονται αντίστοιχα οι ελάχιστες προδιαγραφές για την ενεργειακή τους απόδοση.
- Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) (ΦΕΚ 407/9-4-2010) θέτει ένα πλαίσιο αρχών, όρων και βελτιώσεων με σκοπό την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.
- Νόμος 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42/19-02-2013) για την «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» έχει ως στόχο την εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ.
- Νέος Οικοδομικός Κανονισμός (ΝΟΚ) 4067/2012 (ΦΕΚ Α' 79/9-04-2012) προσαρμόζεται στα δεδομένα της κλιματικής αλλαγής και στην ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος



ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ



Συνοικία Τοπ-Χανά ή Τοπανά: Βρίσκεται στο δυτικό τμήμα της Παλιάς Πόλης, πήρε την ονομασία της από την Ενετική Πυριτιδαποθήκη, στο παρελθόν αποτελούσε τόπο εγκατάστασης των πλουσίων χριστιανών, ενώ εκεί ήταν εγκατεστημένα και τα Προξενία των ξένων Χωρών

Αρχιτεκτονική ενετοκρατίας και νεοκλασική ελληνική αρχιτεκτονική 18^{ου}-19^{ου} αιώνα – βομβόπληκτον

1977: Κατοικήσιμο σε κακή κατάσταση – λίθινα γείσα πάνω από τα παράθυρα – σώζεται απόληξη καμινάδας στο δώμα

1985: Ερειπωμένο, χωρίς επιστέγαση ή ενδιάμεσα πατώματα

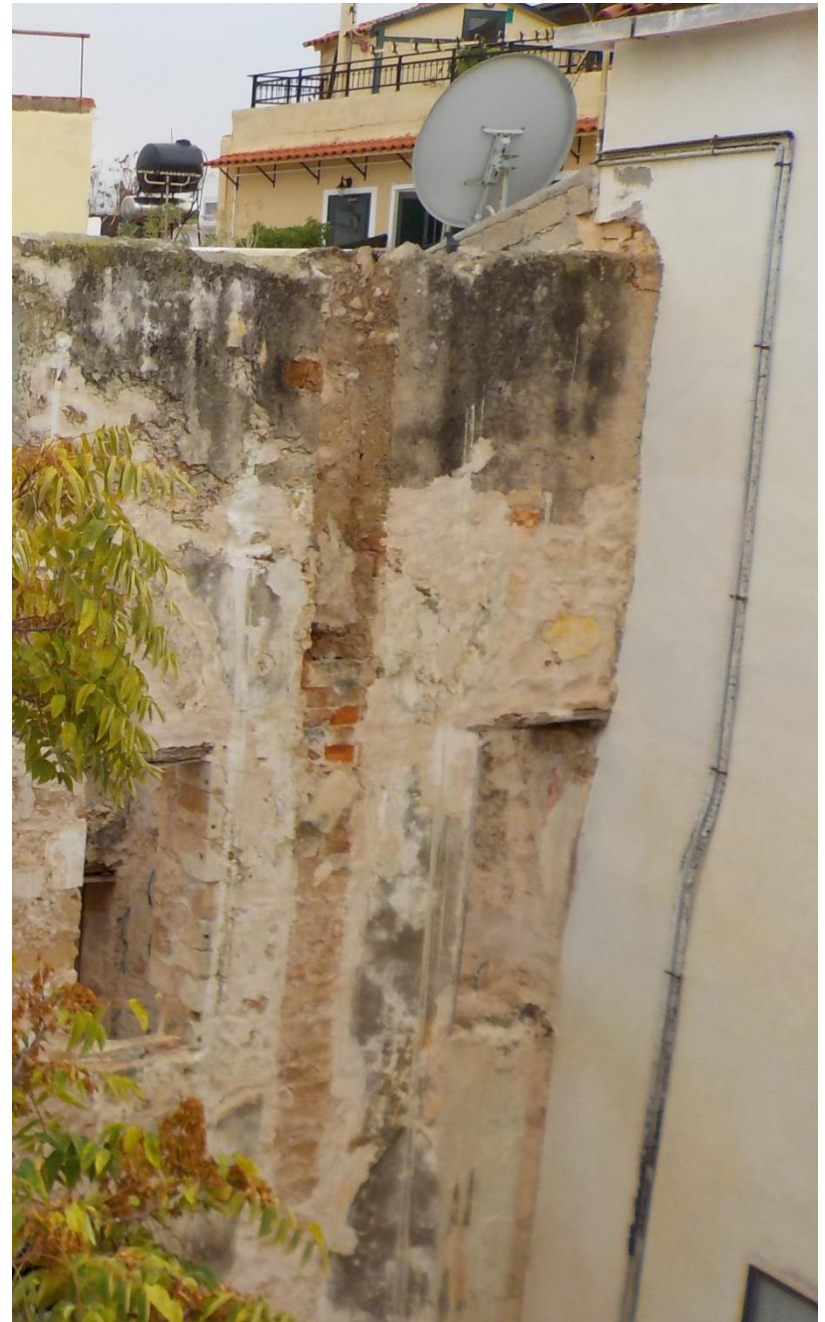
Η κύρια όψη του κτιρίου έχει νότιο προσανατολισμό, η δυτική όψη συνορεύει με το ξενοδοχείο Palazzo, ενώ στη βόρεια όψη υπάρχει εσωτερική αυλή 25τμ και μεσοτοιχία με χαμηλότερο μονώροφο κτίσμα.



ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΦΘΟΡΩΝ

A) Χρωματικές αλλοιώσεις

-Μαύρη κρούστα λόγω βιολογικών επιδράσεων κυρίως στη βόρεια όψη του κτιρίου και σε περιοχές με περιορισμένο ηλιασμό



B) Απώλεια Υλικού

-**Εξάνθηση.** Απώλεια κονιάματος στην ανατολική όψη στο 1μ. από το έδαφος λόγω ανοδικής υγρασίας και κρυστάλλωσης των αλάτων στο εσωτερικό των πόρων που ασκούν εσωτερικές τάσεις και οδηγούν στη ρηγμάτωση και την απώλεια υλικού.

Έλλειψη συνοχής παρουσιάζεται και στο σημείο έδρασης της τοιχοποιίας, όπου σε μικρή έκταση παρατηρείται και απώλεια υλικού με εμφάνιση οπών.



B) Απώλεια Υλικού

-Κυψέλωση και Στρογγυλοποίηση.
φθορά λόγω ταχείας εξάτμισης του νερού (συνθήκες ηλιοφάνειας και δράσης ανέμων) σε σημεία με μεγάλες συγκεντρώσεις ευδιάλυτων αλάτων - αποτέλεσμα απώλεια υλικού.

Απόσπαση μικρών κόκκων σε αυτά τα σημεία, με αποτέλεσμα την στρογγυλοποίηση επιφανειών.



B) Απώλεια Υλικού

- Ρωγμές από μηχανική καταπόνηση
- Τσαπετάρισμα για καλύτερη πρόσφυση του επιχρίσματος.



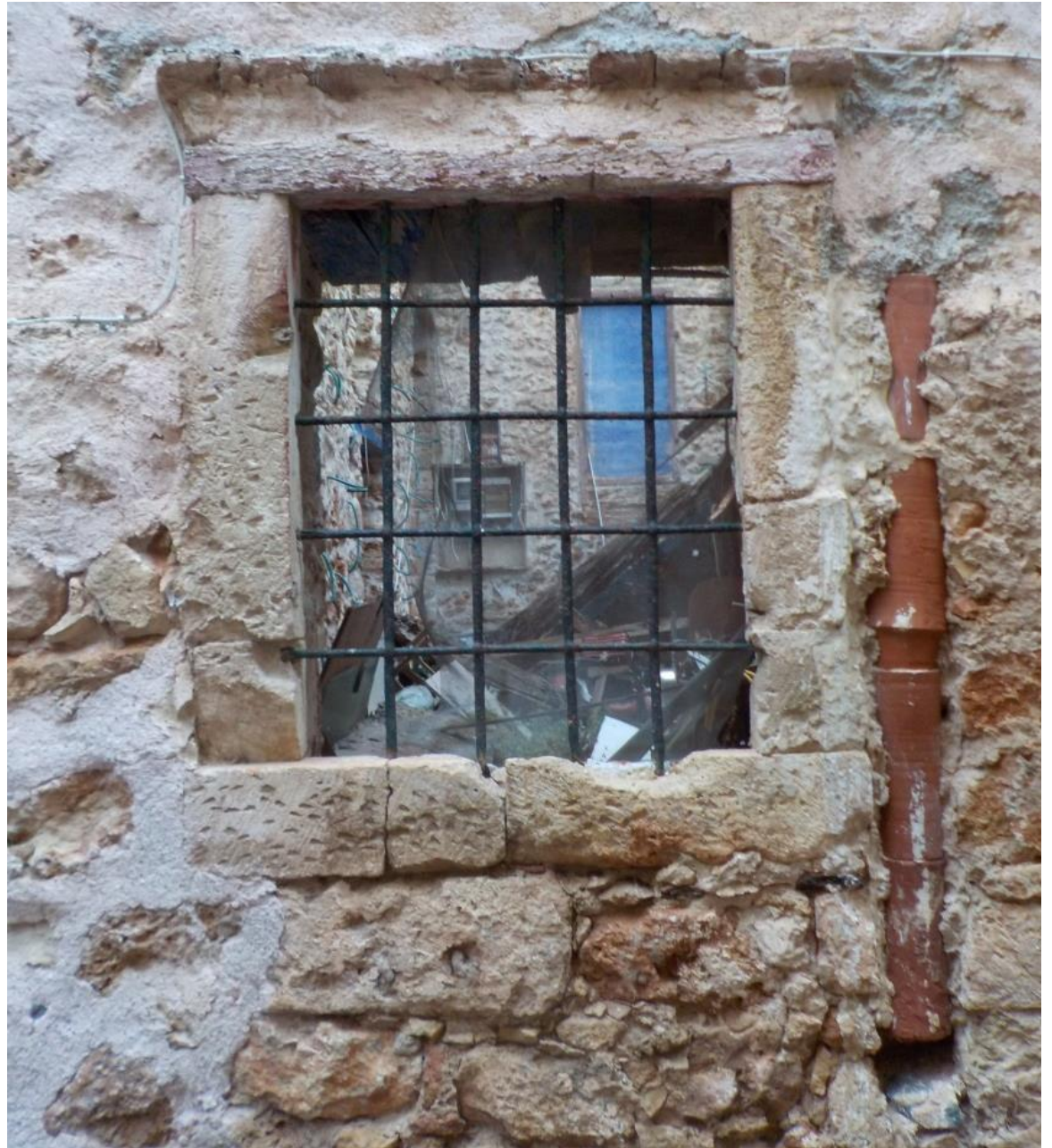
B) Απώλεια Υλικού

-Κατάρρευση τμήματος της βορινής όψης.



B) Απώλεια Υλικού

-Φθορές στα λίθινα γείσα
πάνω από τα παράθυρα και
στην εμφανή πήλινη
υδρορροή





ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

A) Ενέματα - 2003

B) Τοπική επισκευή
δοκαριού πάνω από το
παράθυρο με
οπλισμένο σκυρόδεμα



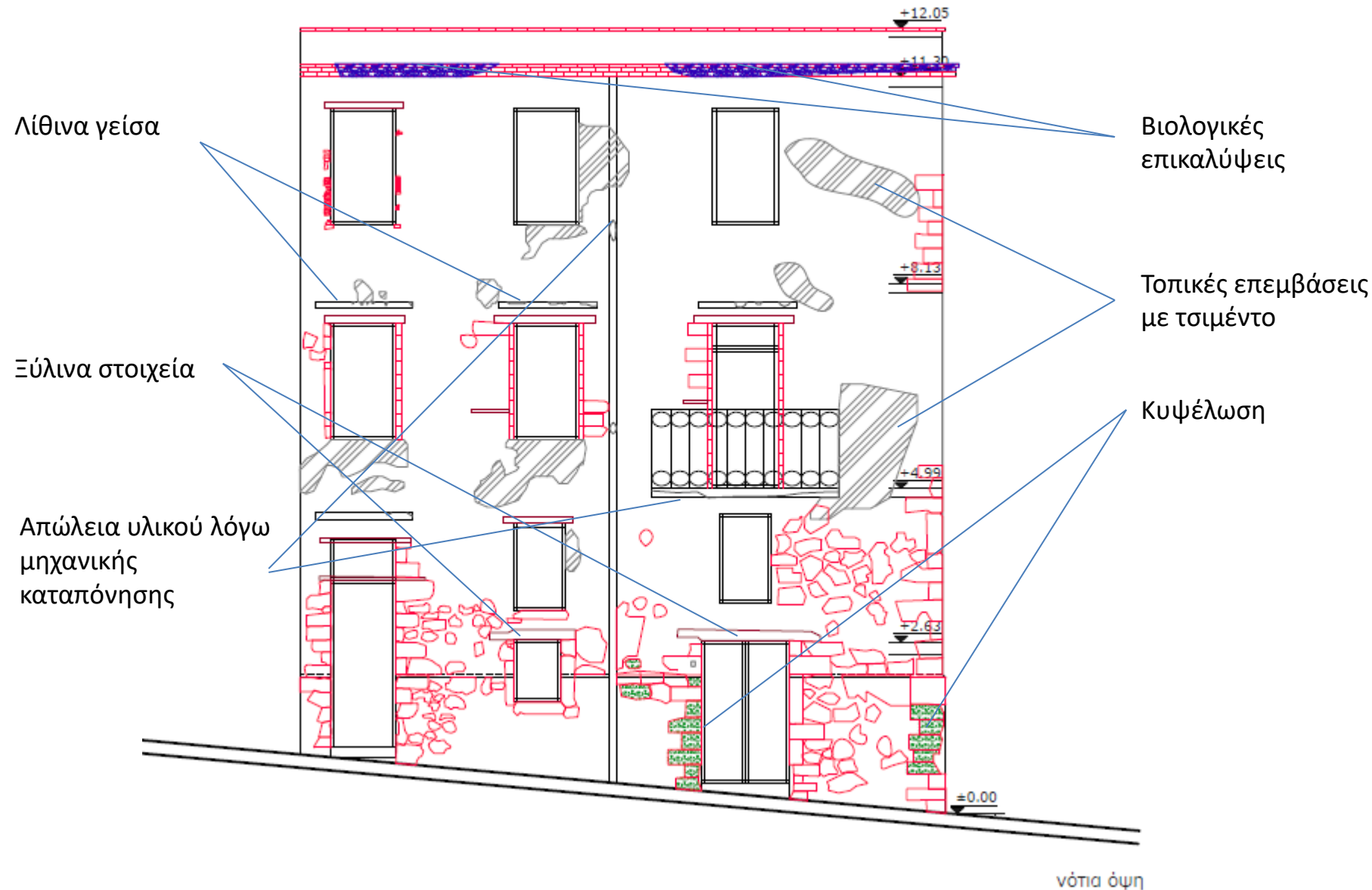
Γ) Τοπική επίσκεψη με
τσιμεντοκονίαμα



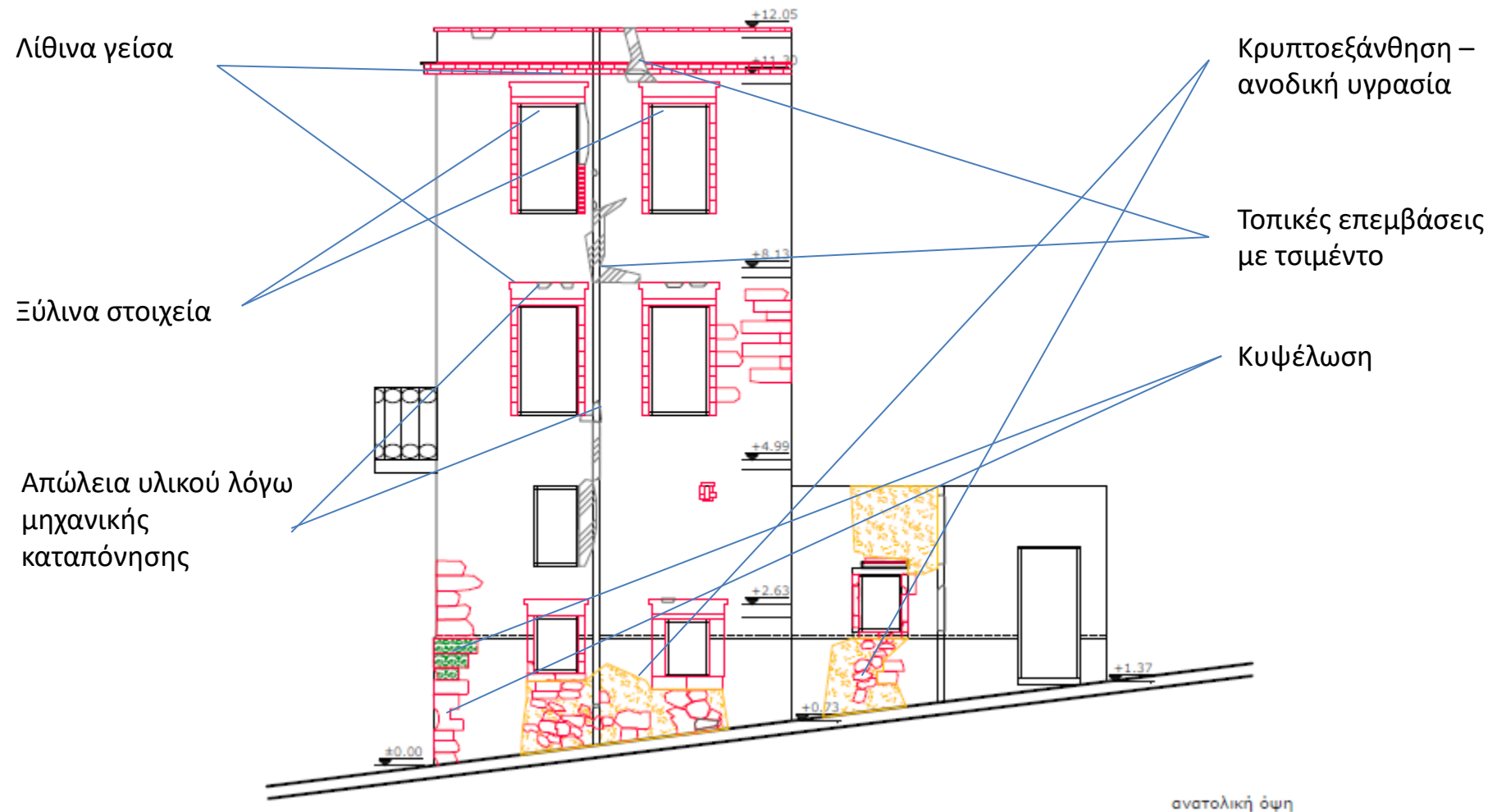
Δ) Αρμολόγημα



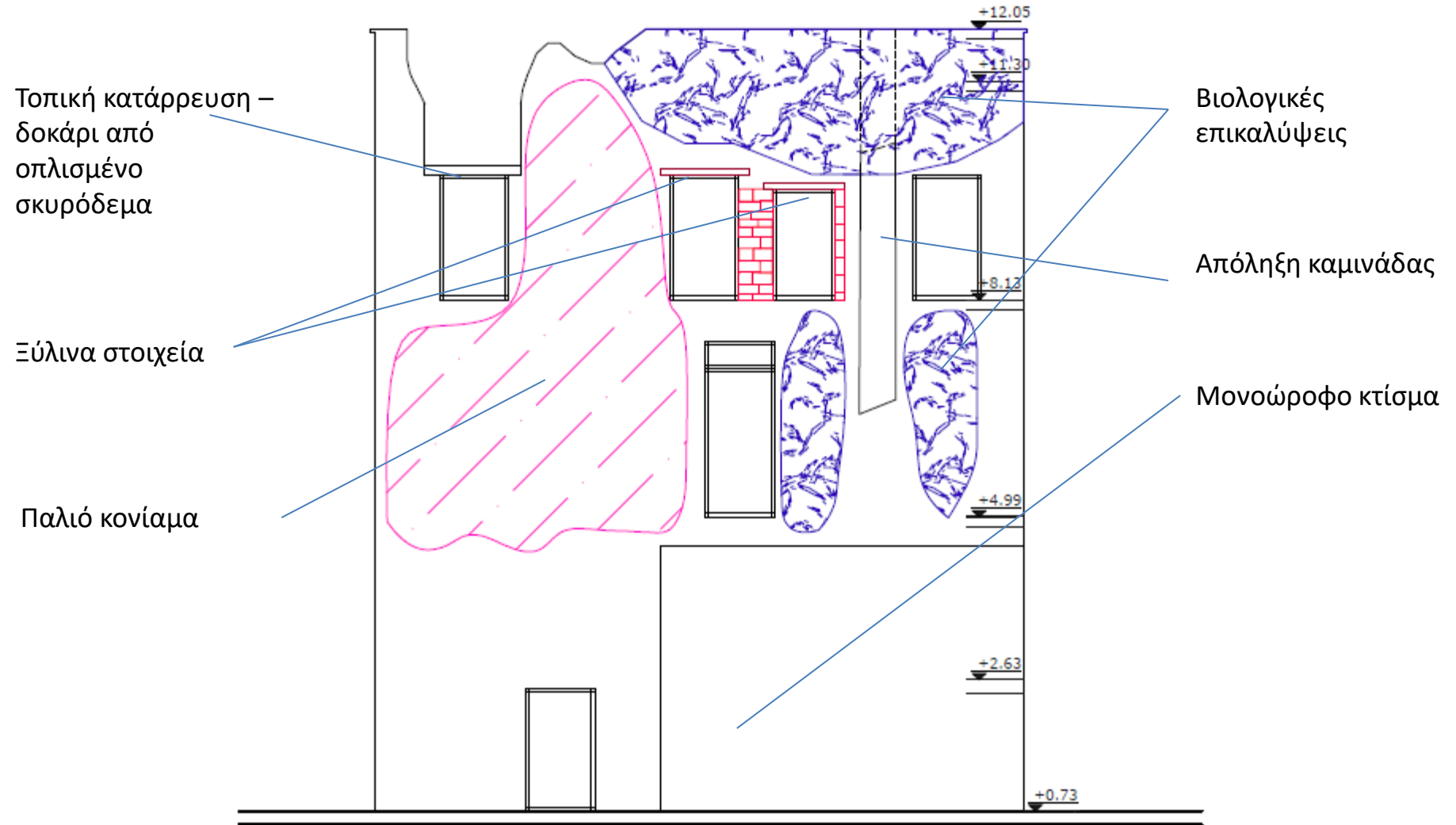
Παθολογία – Νότια όψη



Παθολογία – Ανατολική όψη



Παθολογία – Βόρεια όψη



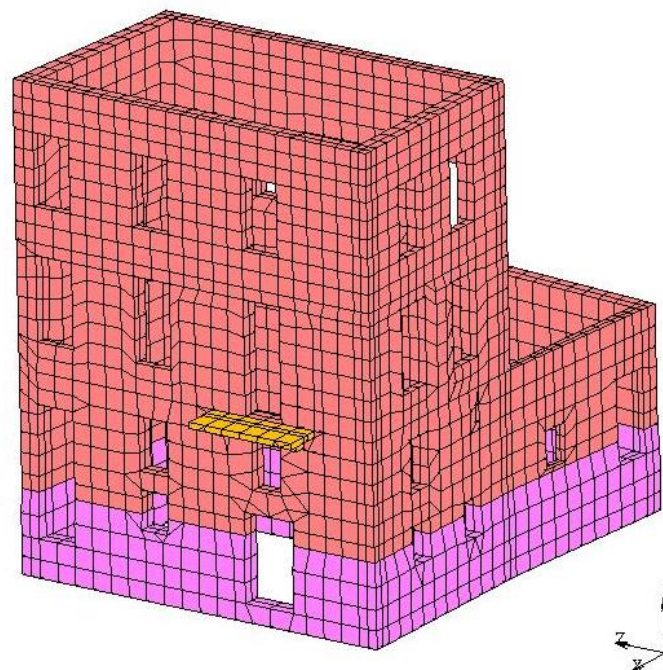
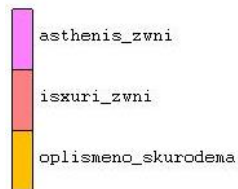
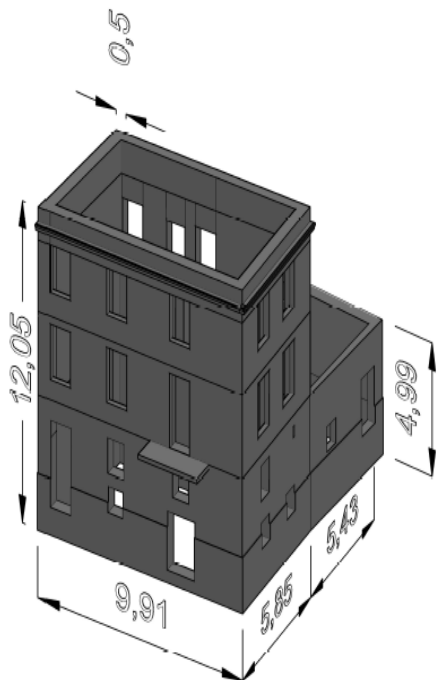
βόρεια όψη



**ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ
ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ**



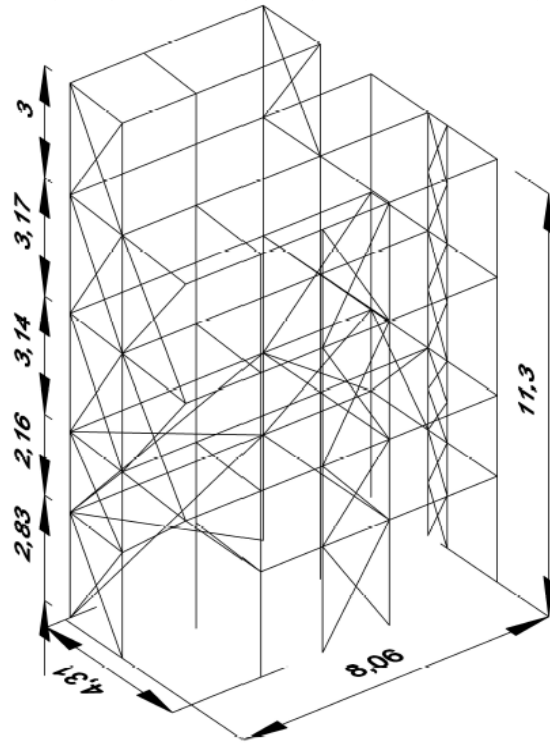
Εισαγωγή γεωμετρίας – Διακριτοποίηση - Διαχωρισμός σε ζώνες



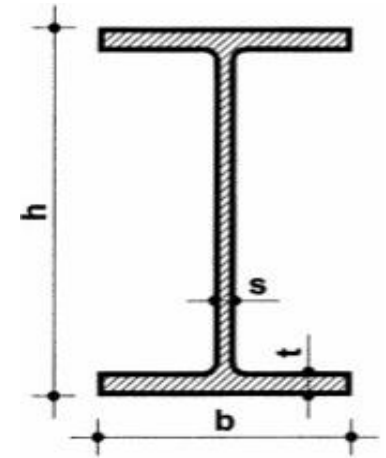
Μηχανικά χαρακτηριστικά – Βιβλιογραφική έρευνα

| | Μέτρο Ελαστικότητας GPa | Πυκνότητα kg/m ³ | Λόγος Poisson ν |
|------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Ασθενής ζώνη | 6.15 | 1700 | 0.15 |
| Ισχυρή ζώνη | 8.825 | 1944 | 0.15 |
| Οπλισμένο σκυρόδεμα | 7.6 | 2200 | 0.2 |

Εισαγωγή γεωμετρίας – Διακριτοποίηση – Απόδοση γεωμετρικών ιδιοτήτων



| Γεωμετρικές ιδιότητες IPE 200 | | | |
|-------------------------------------|------|--------|------|
| Εμβαδόν διατομής (cm ²) | | 28.5 | |
| I _{xx} (cm ⁴) | | 1940 | |
| I _{yy} (cm ⁴) | | 142 | |
| h (cm) | 20 | b (cm) | 10 |
| t (cm) | 0.85 | s (cm) | 0.56 |

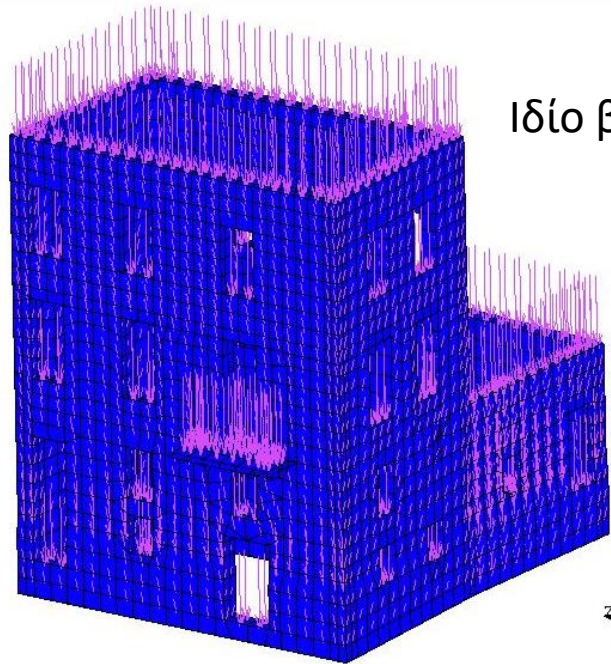


Χρησιμοποιήθηκαν 192 γραμμικά στοιχεία (Element 52) - ευθύγραμμη δοκός Euler – Bernoulli με γραμμική ελαστική συμπεριφορά υλικού, που επιτρέπει ωστόσο και μη γραμμική ελαστική ή μη ελαστική συμπεριφορά.

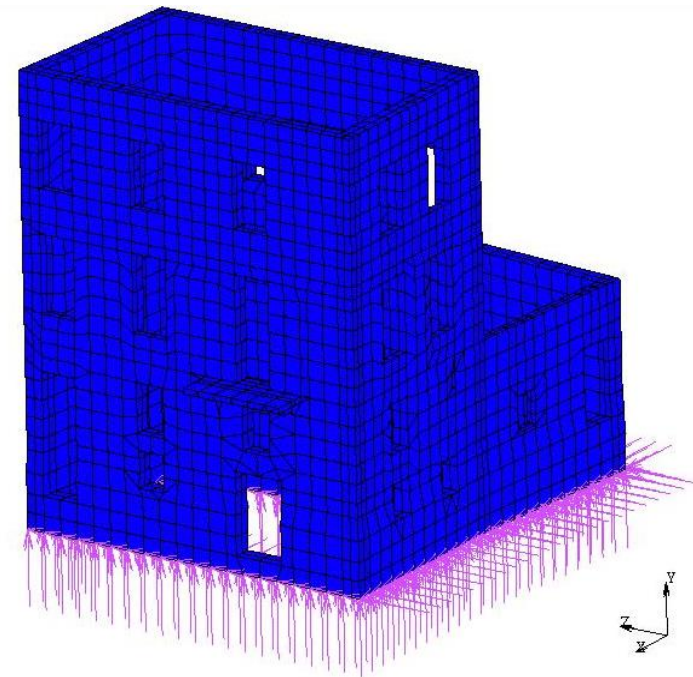
Μηχανικά χαρακτηριστικά

| | Μέτρο Ελαστικότητας GPa | Πυκνότητα kg/m ³ | Λόγος Poisson ν |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| Δομικός χάλυβας | 210 | 7850 | 0.3 |

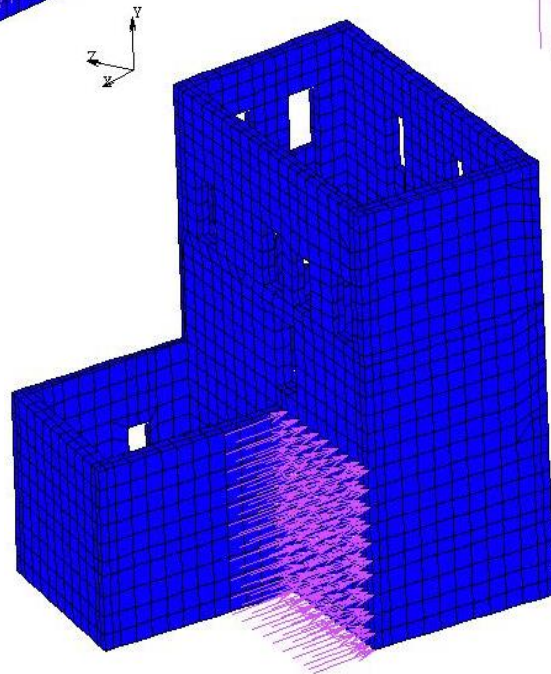
Συνοριακές συνθήκες



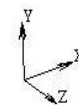
Ιδίο βάρος



Έδραση

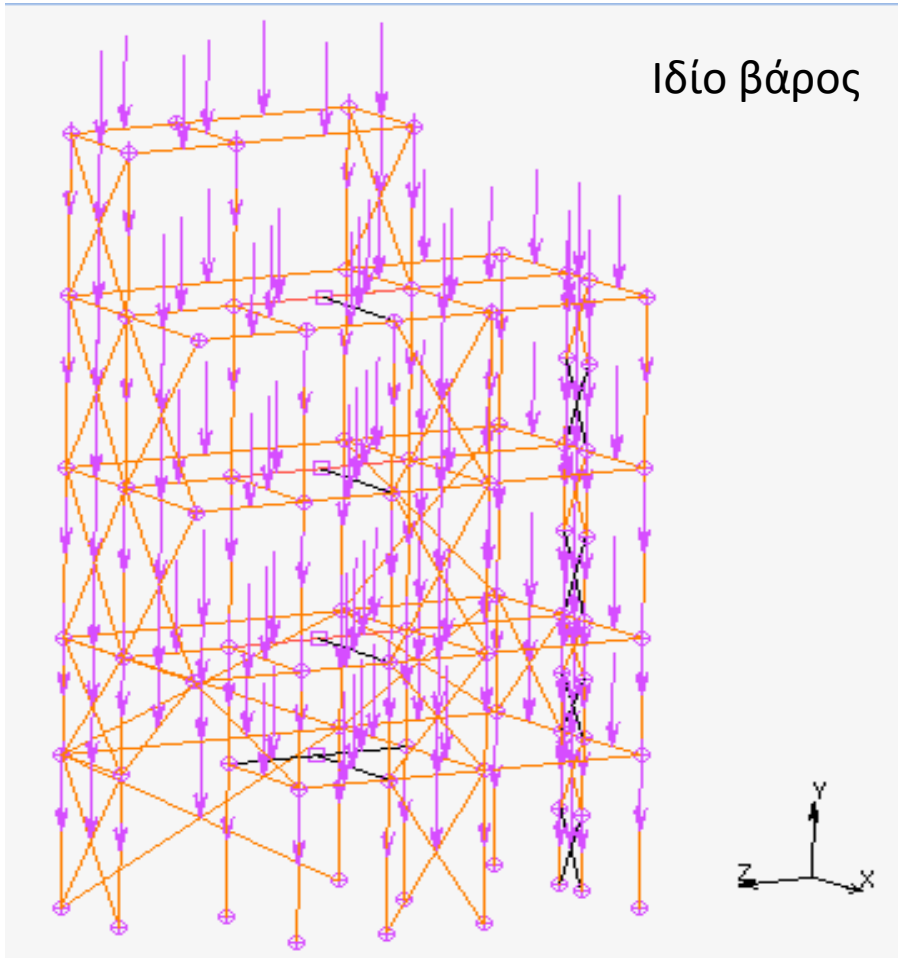


Στήριξη σε
γειτονικά κτίρια

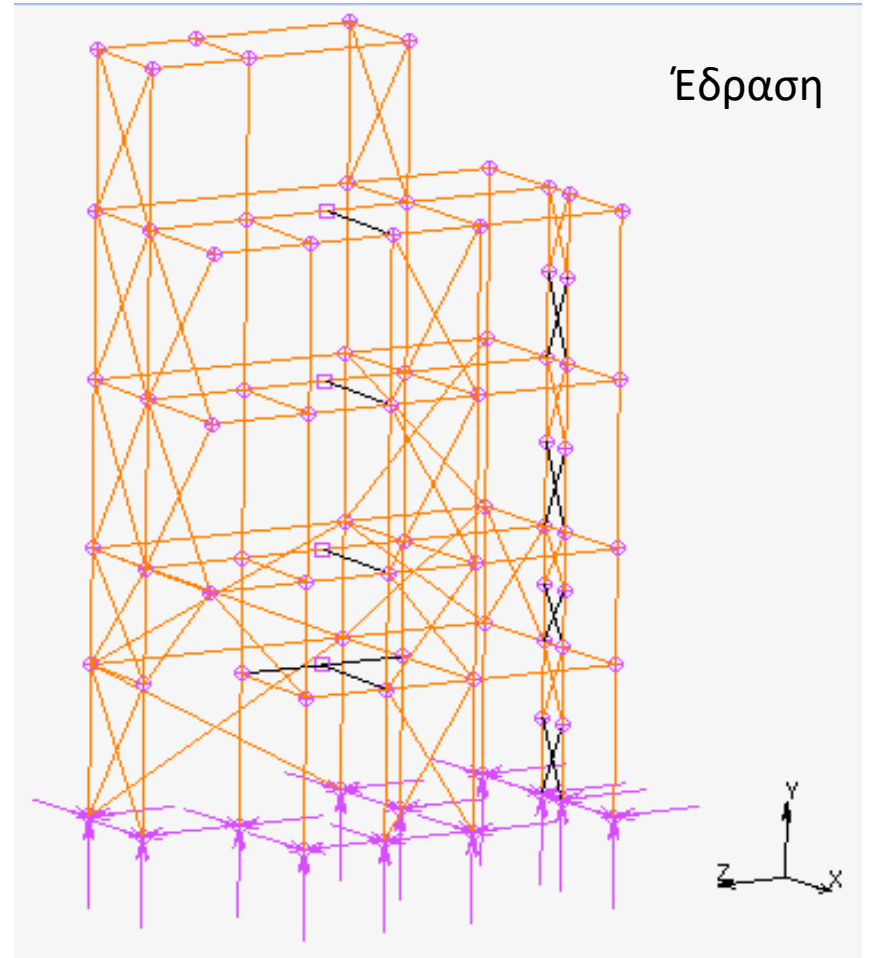


Συνοριακές συνθήκες

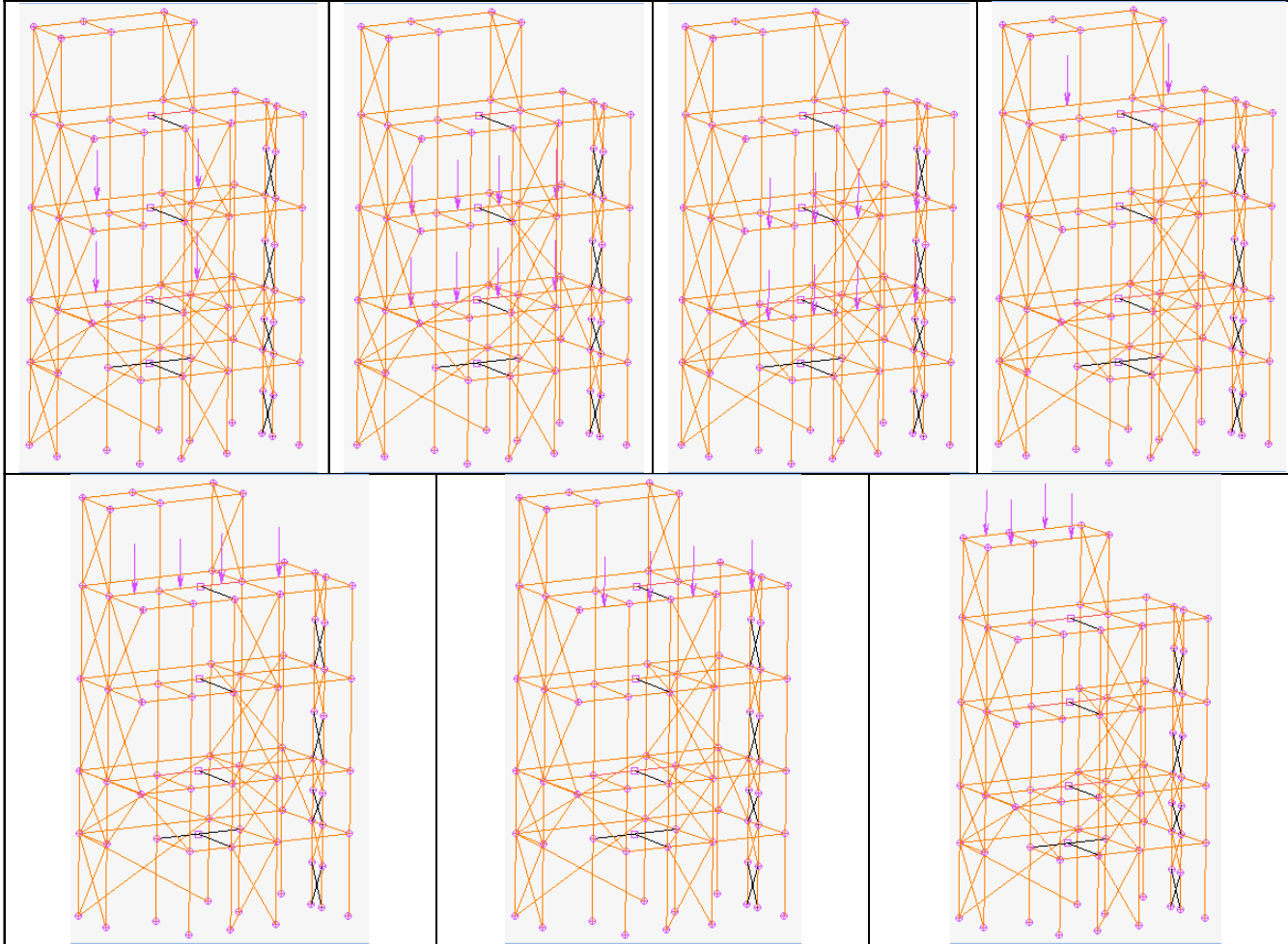
Ιδίο βάρος



Έδραση



Επιβολή μόνιμου και ωφέλιμου φορτίου



$$1.35 \times G + 1.5 \times Q$$

Όπου,

$G_{\pi} = 3 \text{ kN/m}^2$, πάτωμα

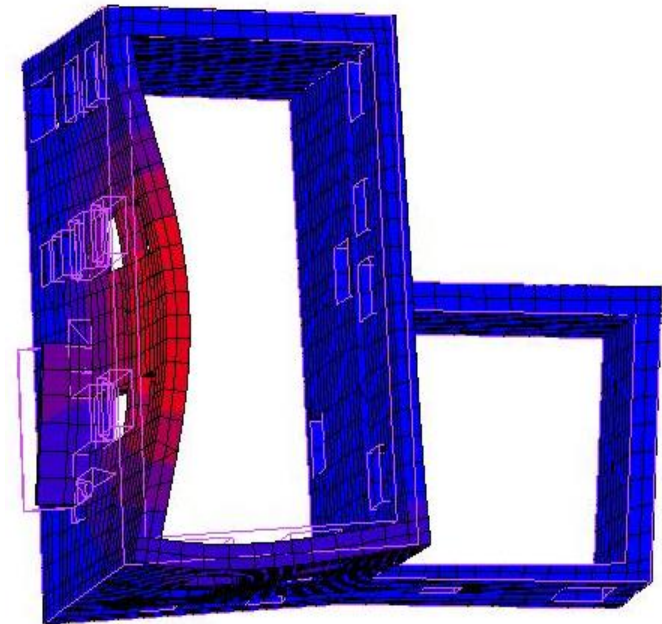
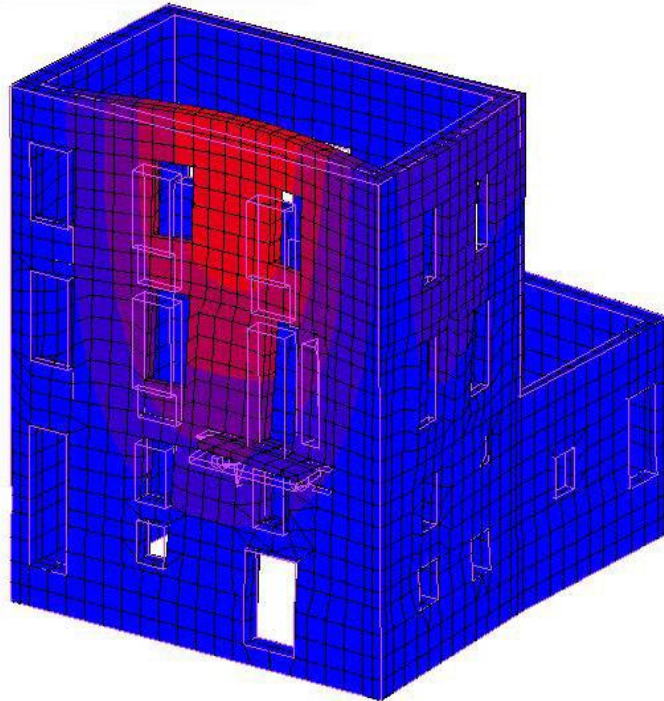
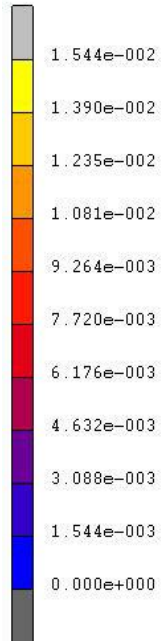
$G_o = 6 \text{ kN/m}^2$, οροφή

$Q = 3 \text{ kN/m}^2$, ωφέλιμο

Ιδιομορφική ανάλυση - Κέλυφος

Εύρεση των 10 πρώτων ιδιομορφών που διεγείρουν την κατασκευή 8.7-28.55Hz

Inc: 1:1
Time: 1.000e+000
Freq: 8.711e+000



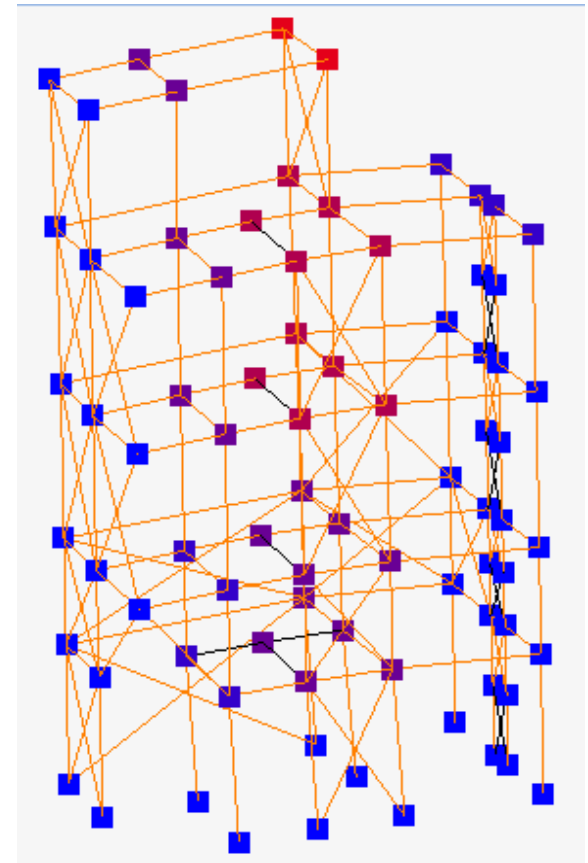
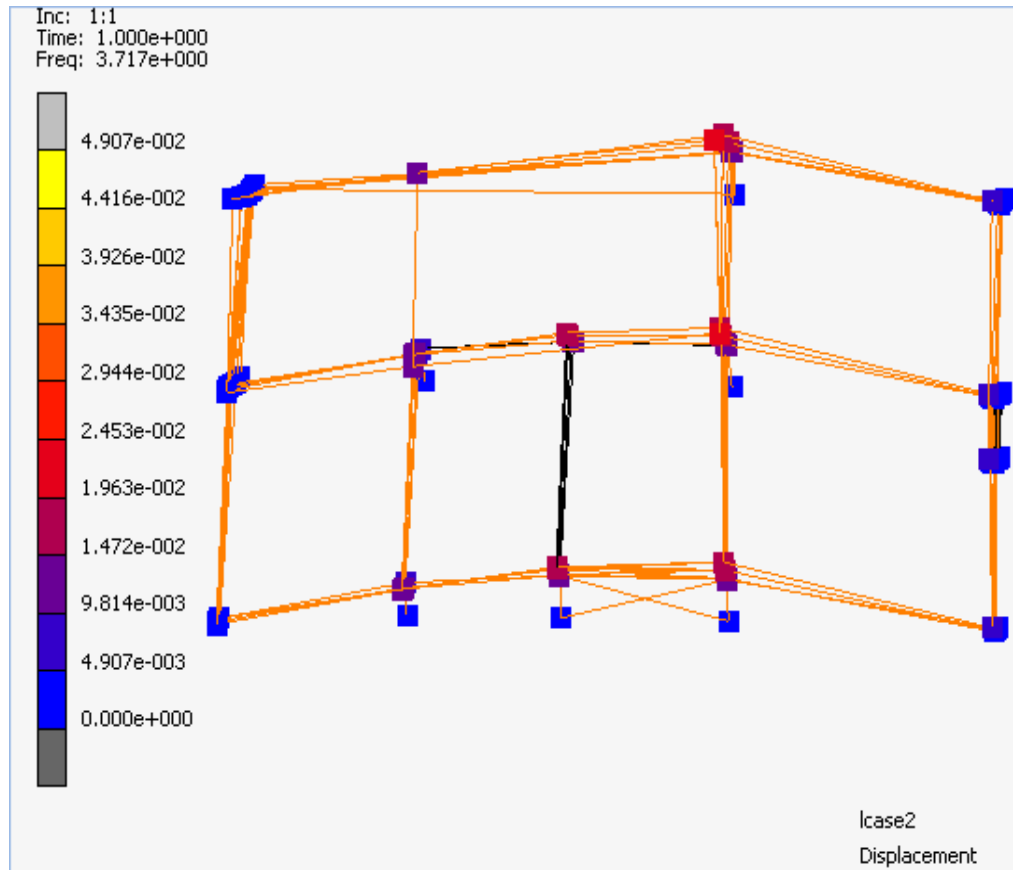
lcase2
Displacement

Ιδιομορφική ανάλυση - Κέλυφος

| ΚΕΛΥΦΟΣ | | | | | | | |
|---------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Ιδιοσυχνότητες (Hz) | Displacement X (cm) | Displacement Y (cm) | Displacement Z (cm) | Modal mass X | Modal mass Y | Modal mass Z |
| 1η | 8.711 | -0.761 | 0.128 | -0.185 | -0.405 | 0.024 | -0.111 |
| 2η | 11.410 | 1.059 | 0.057 | -0.281 | 0.380 | 0.024 | -0.118 |
| 3η | 14.980 | 0.885 | -0.076 | 0.249 | 0.476 | -0.023 | 0.137 |
| 4η | 16.020 | -0.632 | 0.092 | 0.114 | -0.341 | 0.062 | 0.053 |
| 5η | 21.930 | 0.817 | 0.144 | 0.376 | 0.345 | 0.081 | 0.192 |
| 6η | 22.150 | -0.569 | 0.122 | -0.585 | 0.329 | 0.066 | -0.250 |
| 7η | 25.280 | 0.711 | 0.091 | -0.781 | -0.460 | 0.028 | -0.251 |
| 8η | 26.730 | -0.625 | -0.091 | 0.236 | 0.431 | -0.026 | -0.907 |
| 9η | 27.110 | -1.001 | 0.127 | 0.16 | -0.418 | -0.081 | -0.200 |
| 10η | 28.550 | 0.224 | -0.132 | -0.061 | -0.469 | -0.099 | -0.718 |

Ιδιομορφική ανάλυση – Μεταλλικός σκελετός

Εύρεση των 20 πρώτων ιδιομορφών που διεγείρουν τον μεταλλικό σκελετό 3.7-22.44Hz

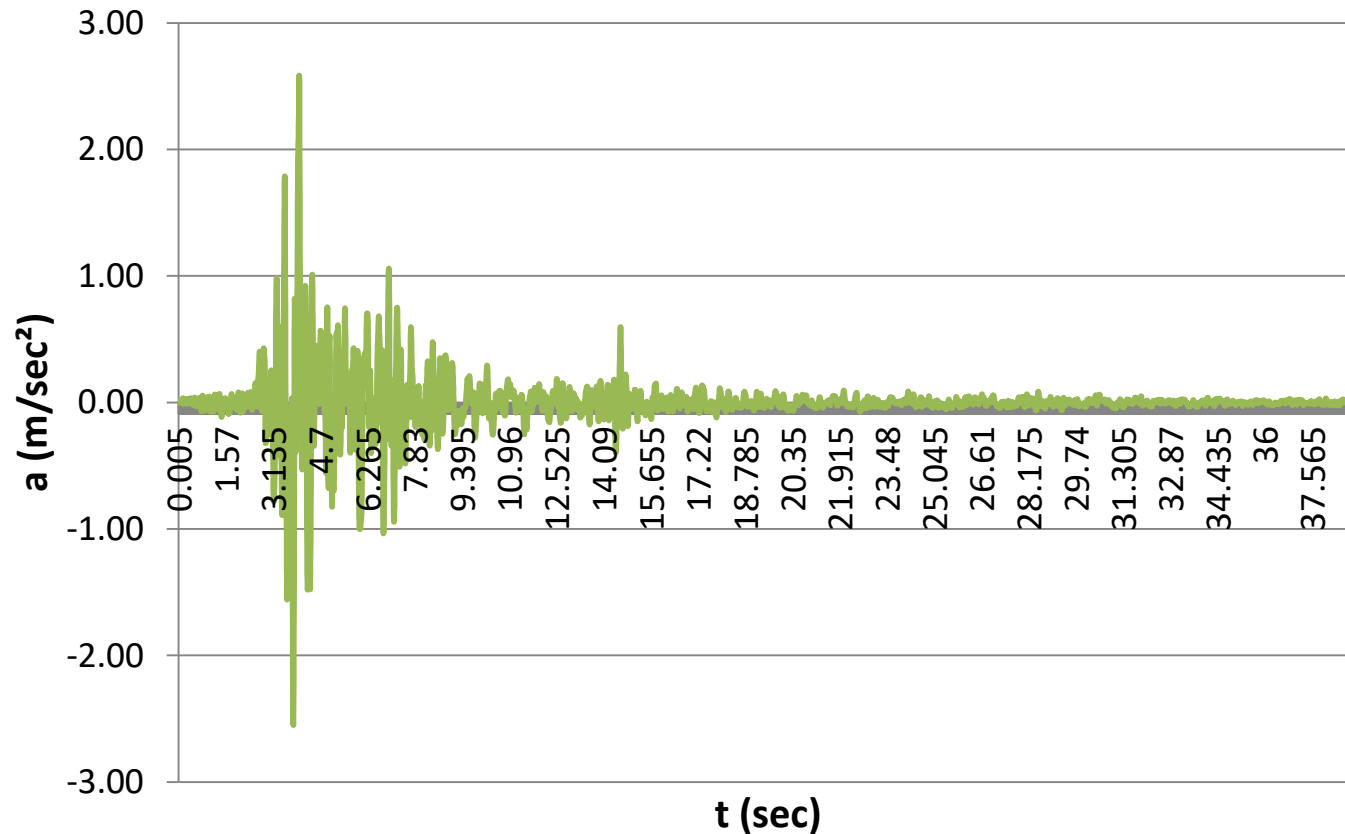


ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΦΟΡΕΑΣ

| | Ιδιοσυχνότητες (Hz) | Displacement X (cm) | Displacement Y (cm) | Displacement Z (cm) | Modal mass X | Modal mass Y | Modal mass Z |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| 1η | 3.717 | -1.975 | 0.087 | 0.225 | -3.927 | 0.087 | -0.272 |
| 2η | 5.283 | -1.948 | -0.077 | 0.38 | -5.232 | -0.074 | 0.585 |
| 3η | 5.995 | 0.470 | -0.128 | 2.158 | 0.733 | -0.166 | 4.327 |
| 4η | 8.588 | -2.808 | 0.35 | 0.988 | 3.865 | 0.343 | 1.266 |
| 5η | 8.625 | 2.790 | 0.188 | -0.225 | 4.722 | -0.19 | 0.293 |
| 6η | 9.741 | -3.588 | -0.339 | 0.581 | 4.231 | -0.333 | 0.866 |
| 7η | 9.861 | -1.387 | 0.091 | 2.773 | -1.233 | -0.115 | 3.209 |
| 8η | 10.600 | 3.185 | -0.314 | 0.761 | 2.795 | -0.31 | 0.753 |
| 9η | 11.910 | -3.023 | -0.2 | 0.558 | -3.315 | -0.203 | -0.698 |
| 10η | 12.840 | -2.791 | -0.096 | 0.334 | -6.425 | -0.949 | 0.307 |
| 11η | 13.320 | -1.675 | 0.214 | 1.987 | -1.56 | 0.342 | 2.854 |
| 12η | 13.450 | -4.720 | -0.417 | -1.729 | -4.035 | -0.447 | 1.746 |
| 13η | 13.890 | 3.592 | -0.123 | 0.667 | 3.625 | 0.096 | 0.843 |
| 14η | 15.710 | -3.186 | -0.283 | -1.738 | -2.883 | -0.28 | -2.462 |
| 15η | 16.250 | 2.219 | 0.201 | 0.922 | 4.853 | 0.185 | -0.893 |
| 16η | 16.960 | 3.075 | -0.052 | -0.435 | 4.751 | -0.045 | -0.751 |
| 17η | 19.200 | -0.754 | 0.156 | 3.355 | -0.694 | 0.314 | -4.085 |
| 18η | 20.840 | -3.832 | 0.141 | -0.43 | -6.019 | -0.13 | -0.676 |
| 19η | 22.120 | 3.107 | -0.158 | -2.139 | 5.341 | -0.239 | 2.403 |
| 20η | 22.440 | -1.958 | -0.395 | -3.168 | -3.395 | -0.339 | 4.204 |

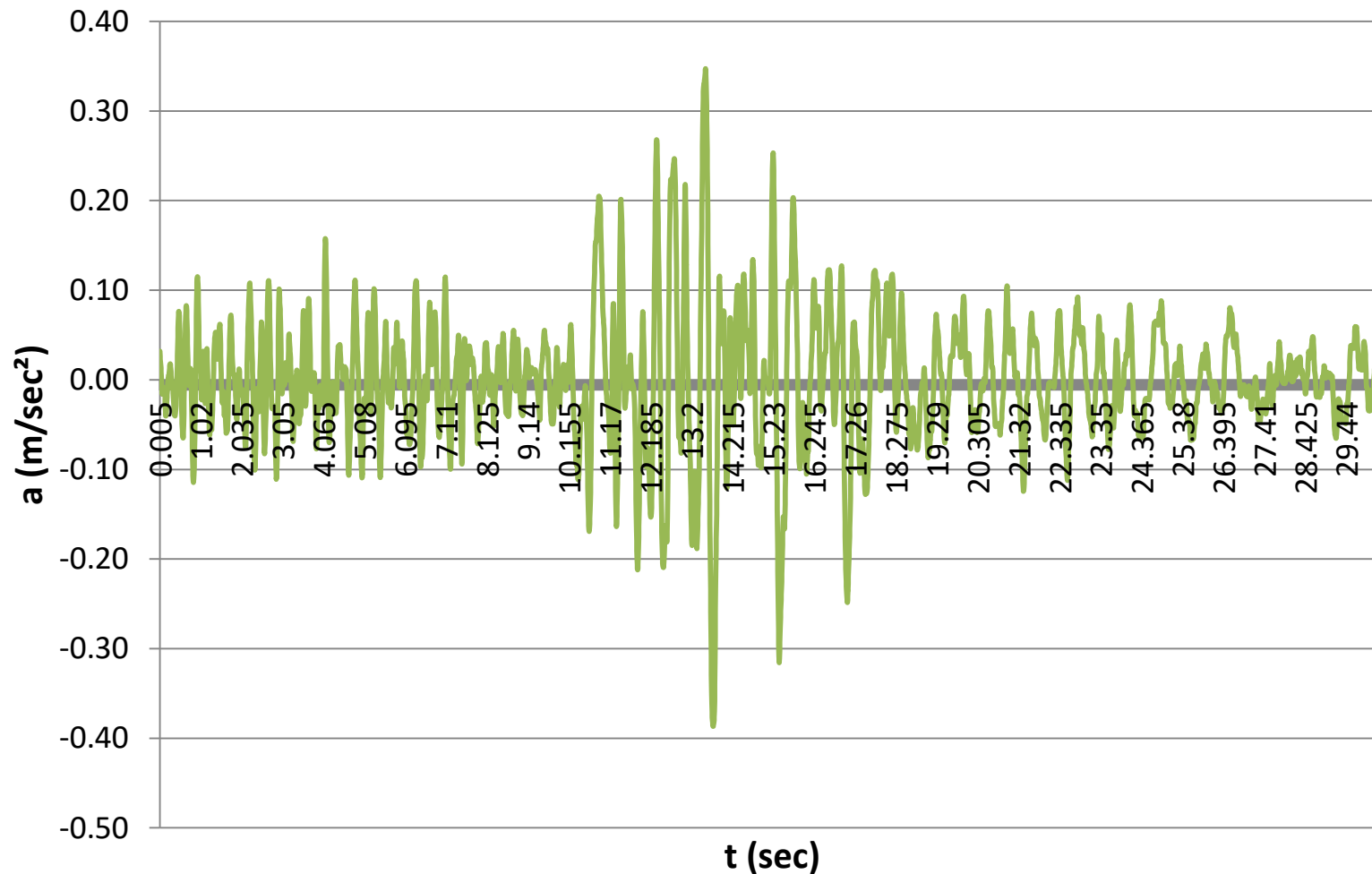
Δυναμική απόκριση

3 χρονοϊστορίες επιταχύνσεων – με διαφορετικά δυναμικά χαρακτηριστικά - που αποτελούν καταγραφές πραγματικών σεισμικών γεγονότων



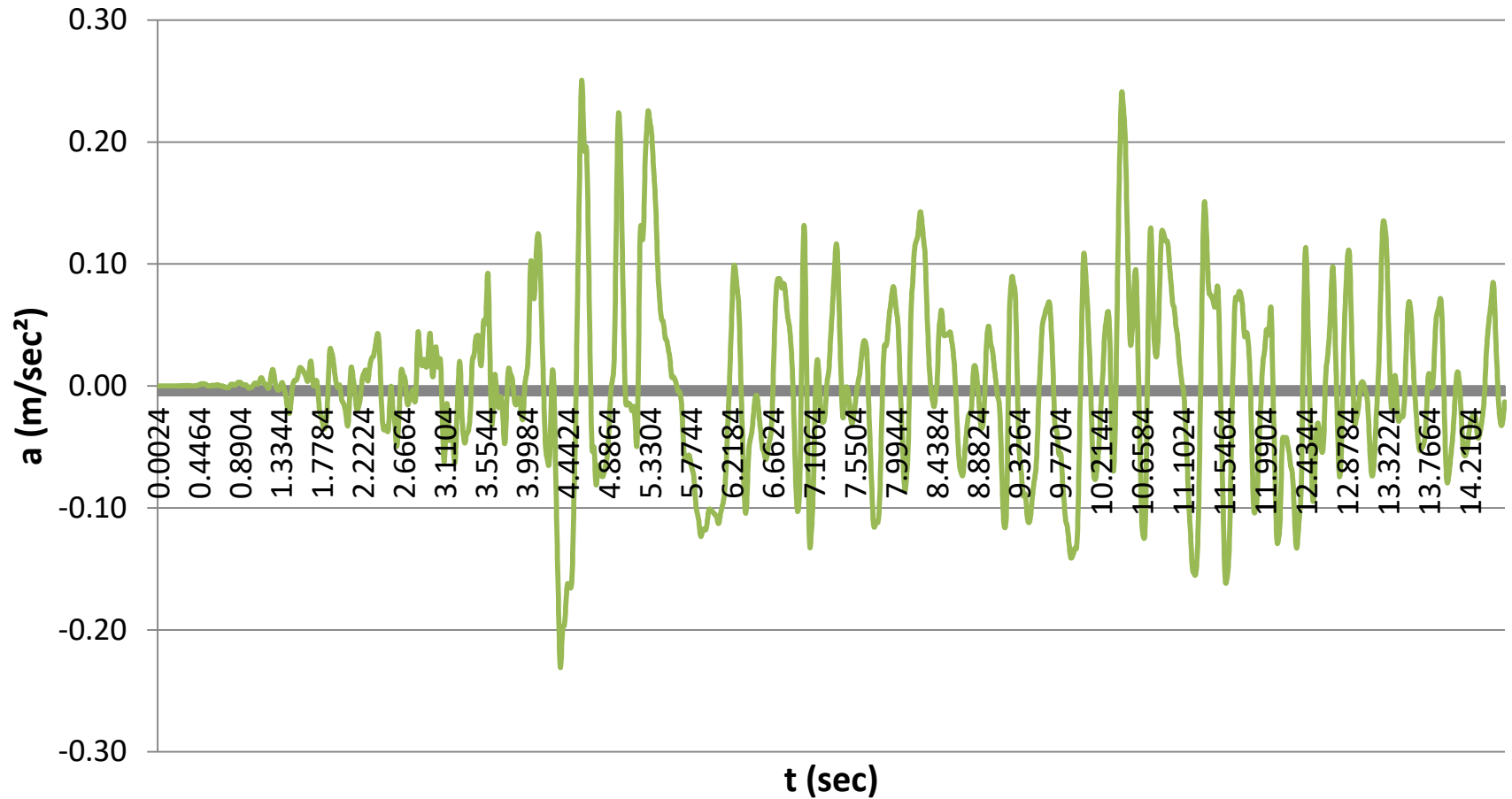
Αθήνα 1999 – 5.9 Ρίχτερ

Δυναμική απόκριση



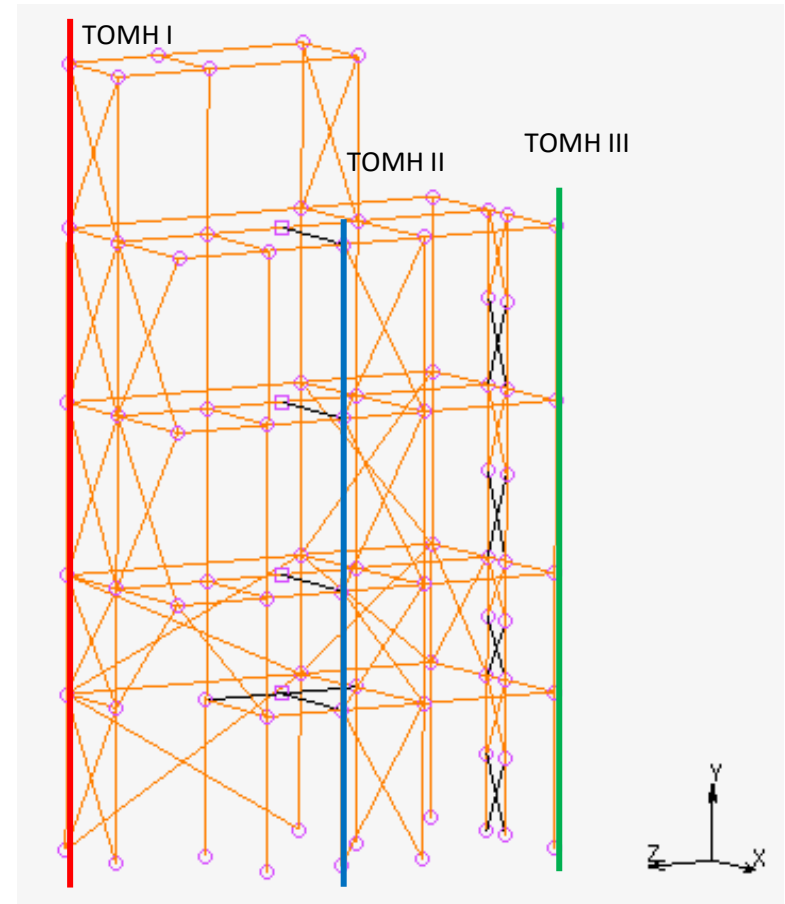
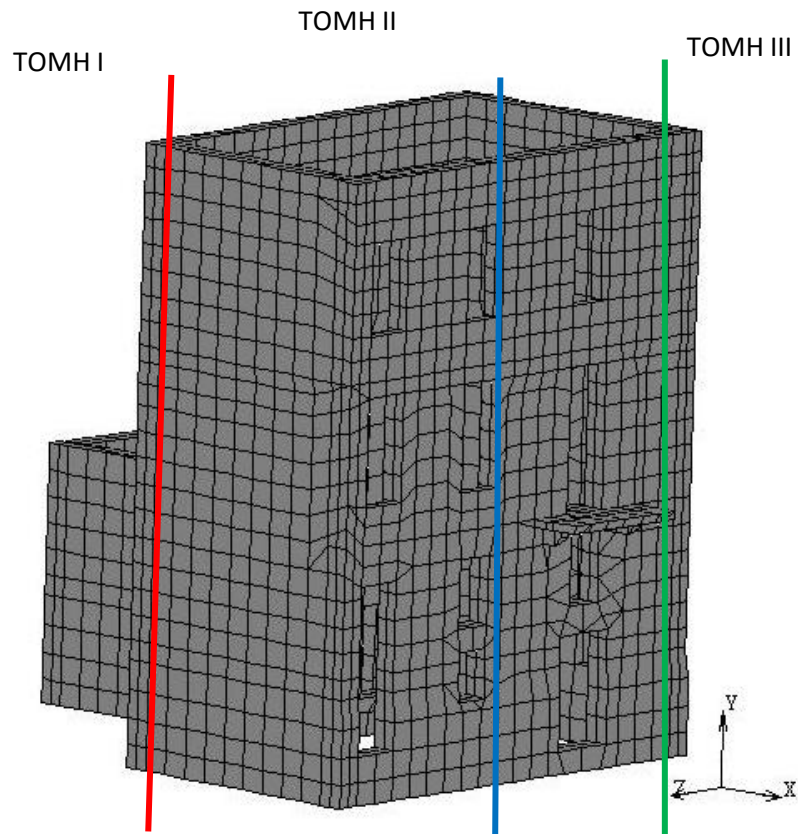
Χανιά 1994 - 6.1 Ρίχτερ

Δυναμική απόκριση

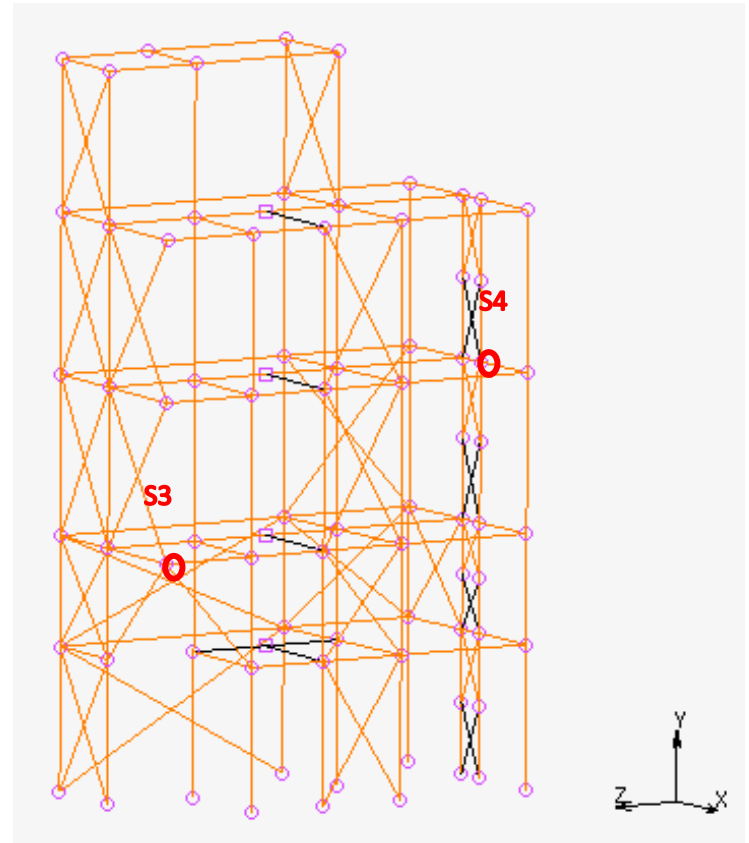
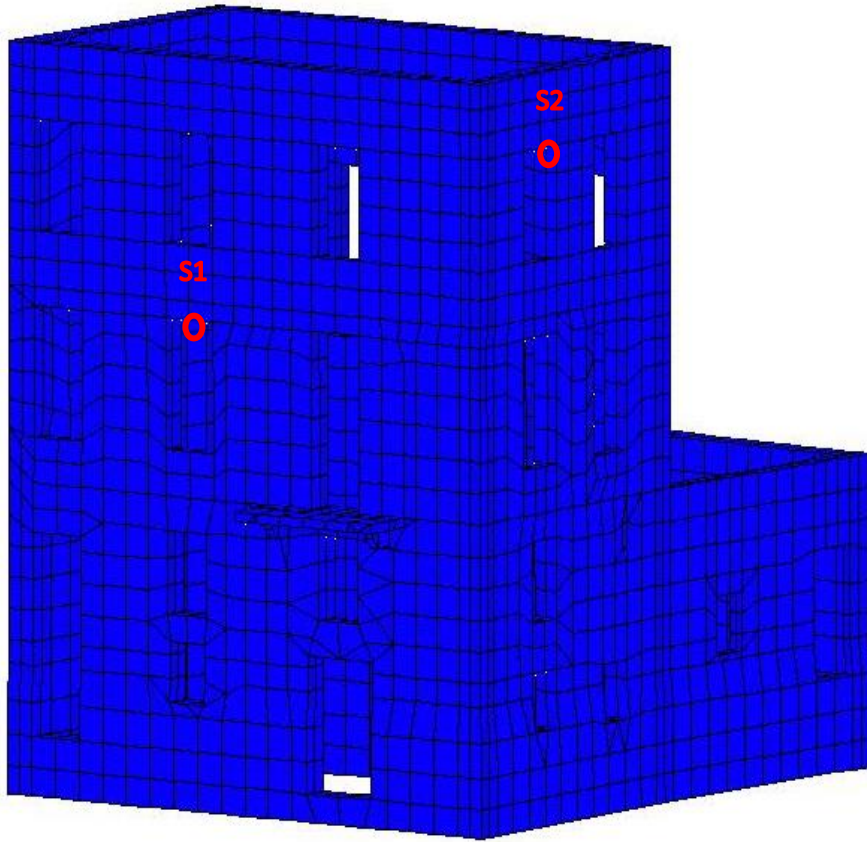


Ιρπίνια (Ιταλία) 1980 - 6.9 Ρίχτερ

Τομές παρακολούθησης



Σημεία παρακολούθησης

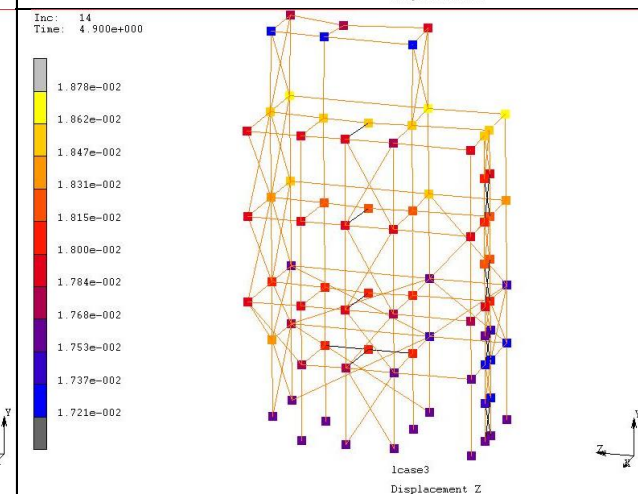
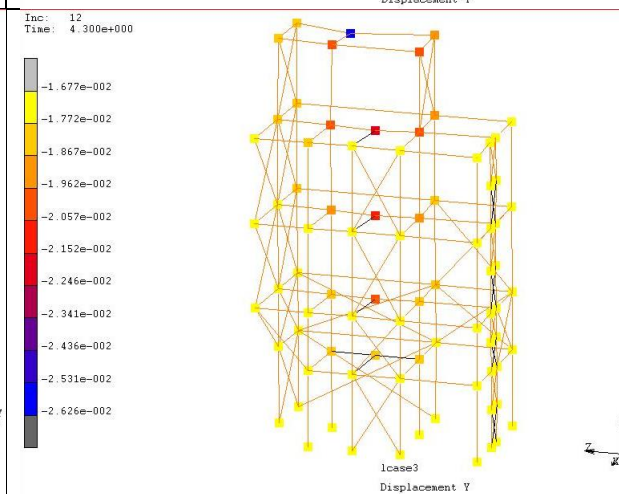
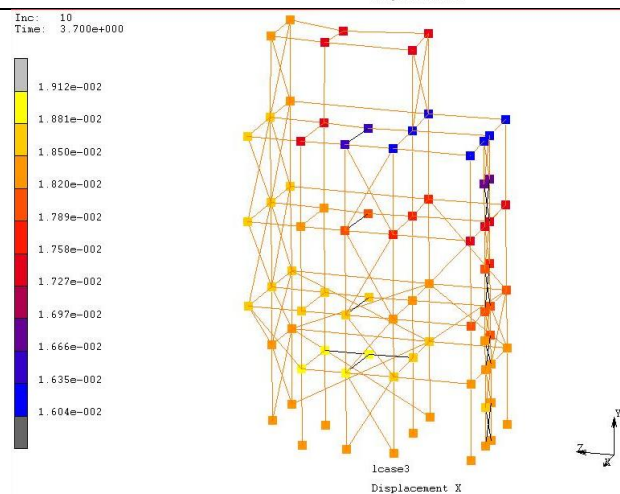
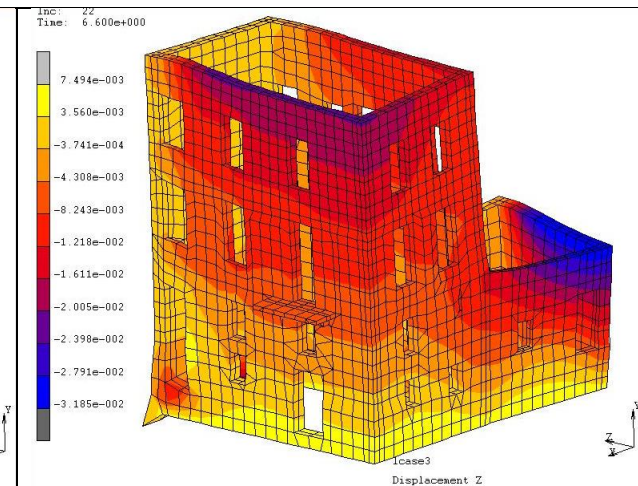
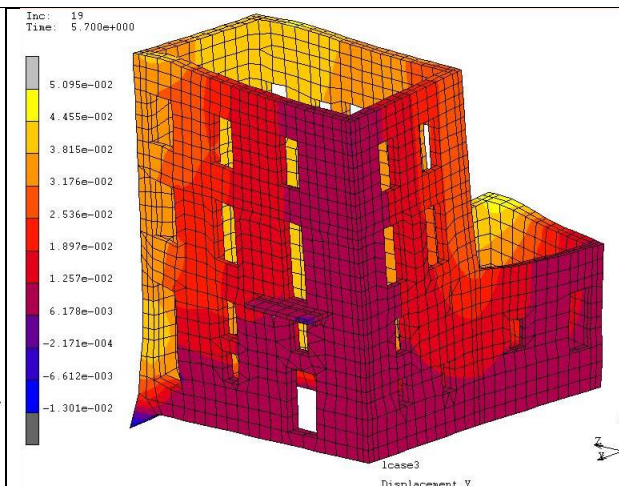
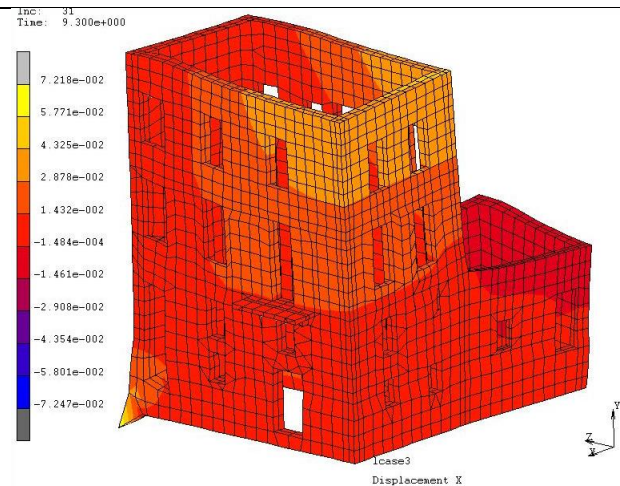




ΑΣΥΝΔΕΤΟΙ ΦΟΡΕΙΣ

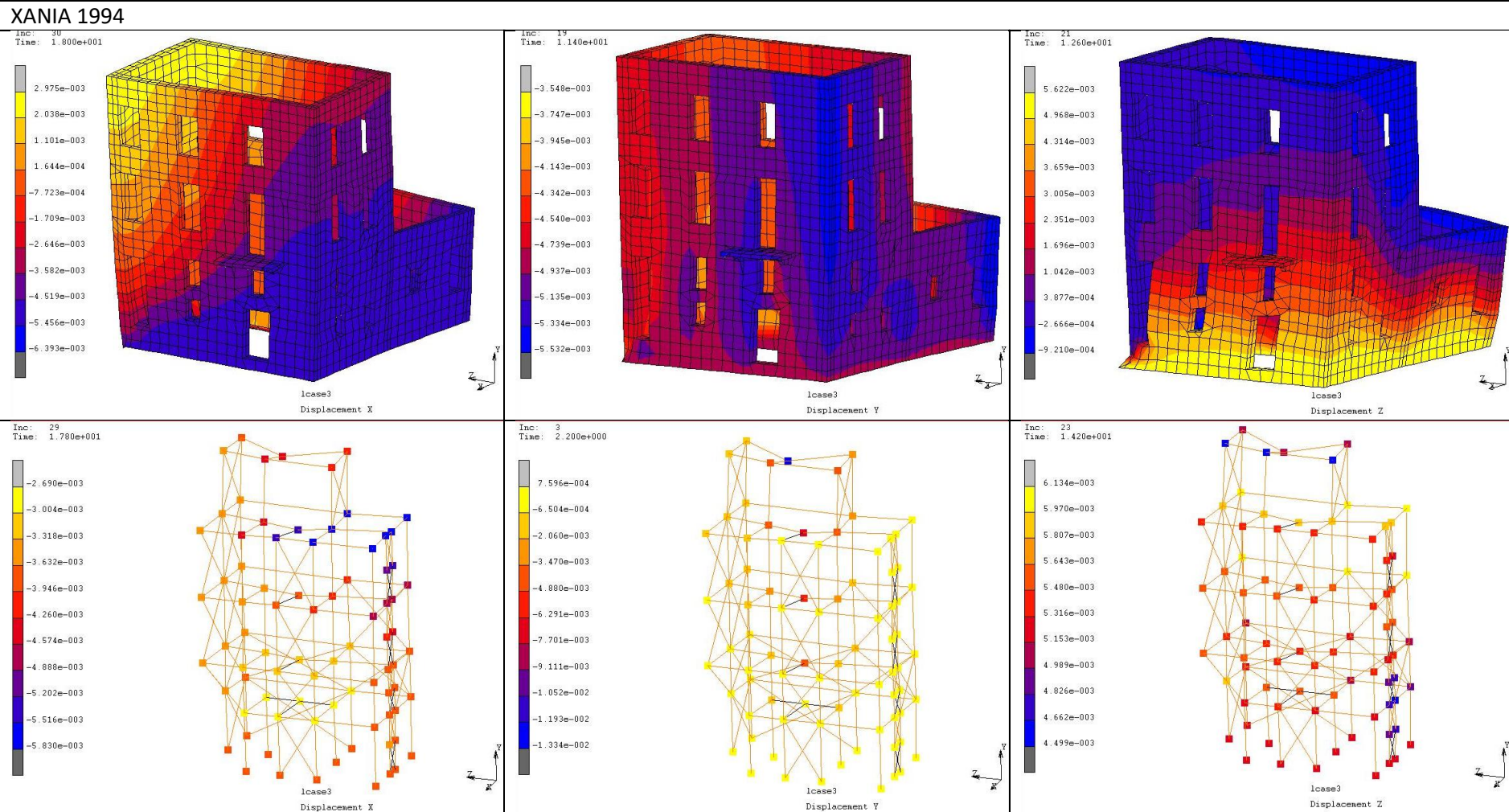
Μετατοπίσεις στους τρεις κύριους άξονες – ασύνδετοι φορείς

ΑΘΗΝΑ 1999



Μεγαλύτερη διέγερση του μεταλλικού σκελετού – σε σχέση με τα άλλα δύο σενάρια

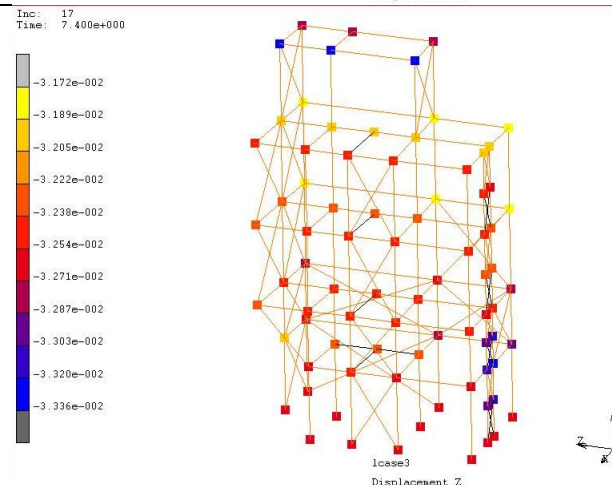
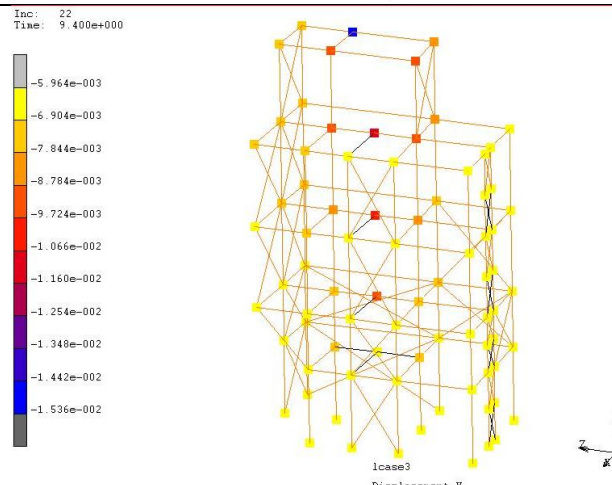
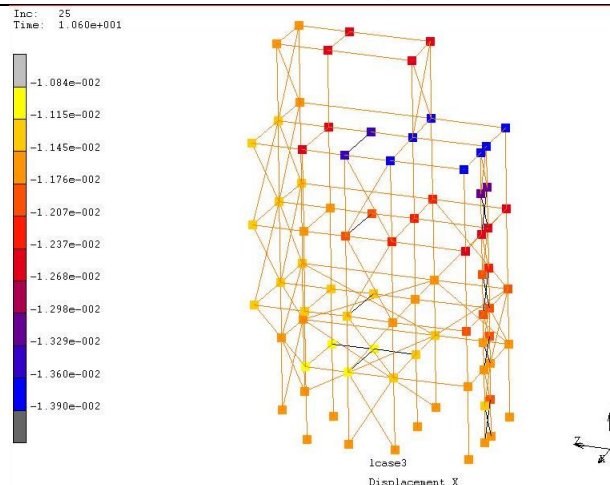
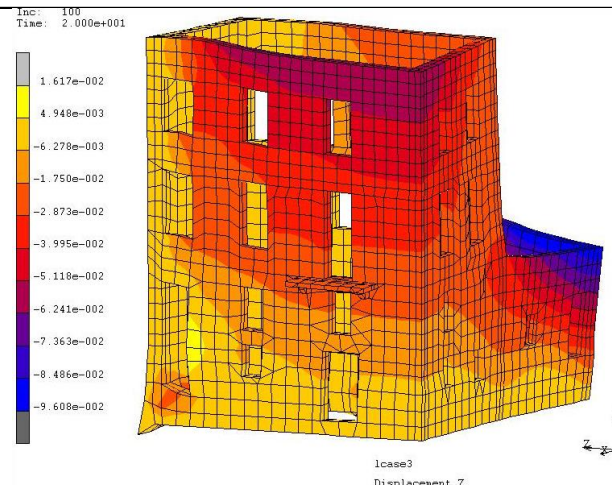
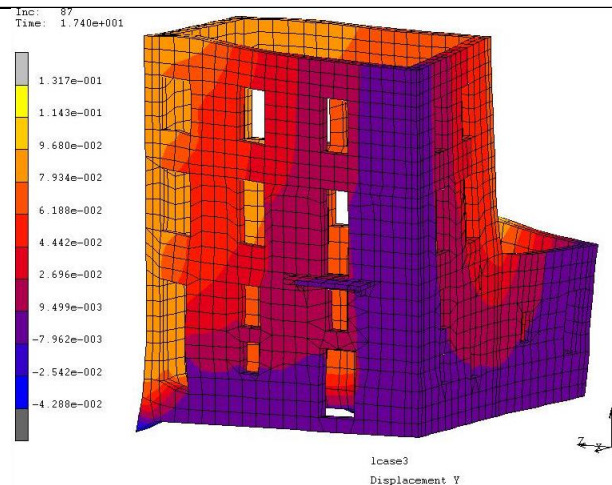
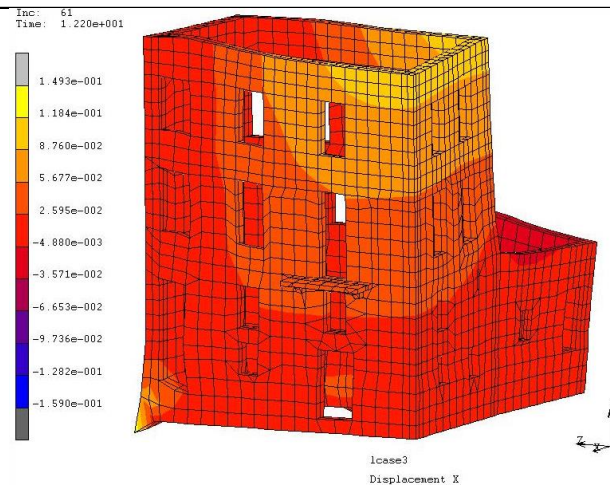
Μετατοπίσεις στους τρεις κύριους άξονες – ασύνδετοι φορείς



Μικρές μετατοπίσεις τόσο για κέλυφος όσο και για μεταλλικό σκελετό

Μετατοπίσεις στους τρεις κύριους άξονες – ασύνδετοι φορείς

ΙΡΠΙΝΙΑ 1980



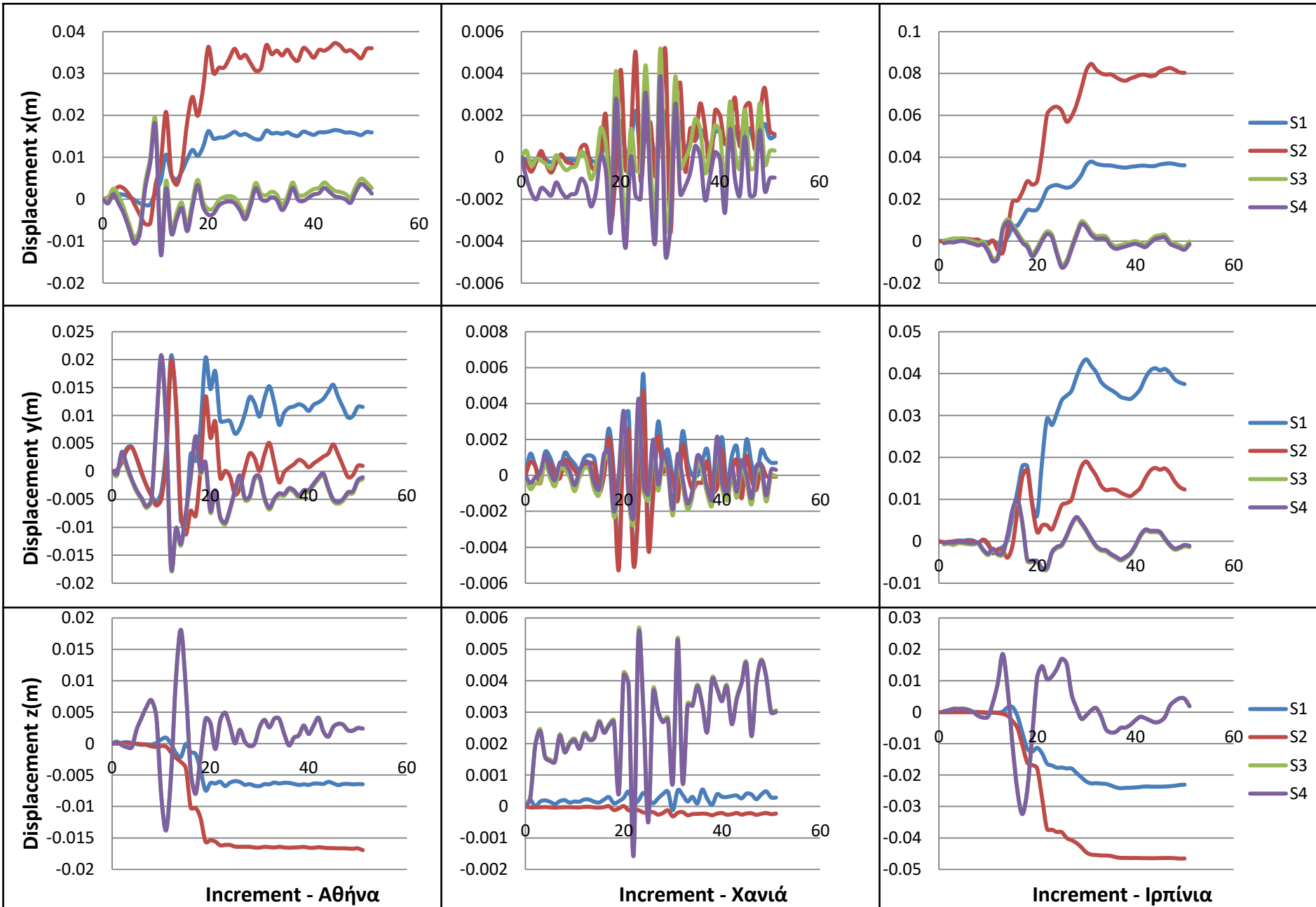
Μεγαλύτερη διέγερση του κελύφους αλλά και του μεταλλικού σκελετού

Μετατοπίσεις στους τρεις κύριους άξονες

| | | X (cm) | Y (cm) | Z (cm) |
|---------|---------------------|--------|--------|--------|
| Αθήνα | Κέλυφος | 5.771 | 4.455 | 2.791 |
| | Μεταλλικός σκελετός | 1.912 | 2.626 | 1.878 |
| Χανιά | Κέλυφος | 0.639 | 0.914 | 0.562 |
| | Μεταλλικός σκελετός | 0.583 | 1.334 | 0.613 |
| Ιρπίνια | Κέλυφος | 9.823 | 8.219 | 6.727 |
| | Μεταλλικός σκελετός | 1.396 | 0.904 | 3.25 |

Επιλέγεται η σεισμική διέγερση της Ιρπίνια για τη συνέχεια των υπολογισμών, επειδή παρουσιάζει τις μεγαλύτερες μετατοπίσεις

Χρονοϊστορίες μετατοπίσεων των κόμβων S1, S2, S3, S4

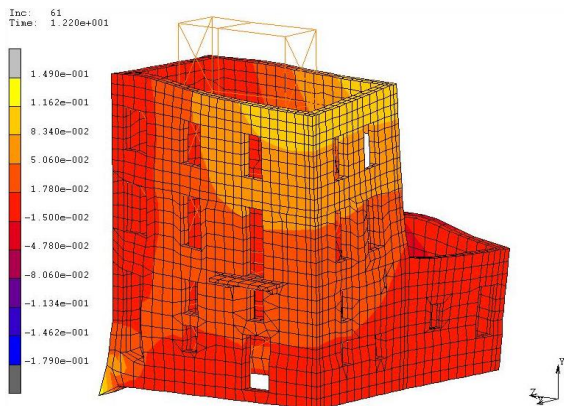


ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΙ ΦΟΡΕΙΣ



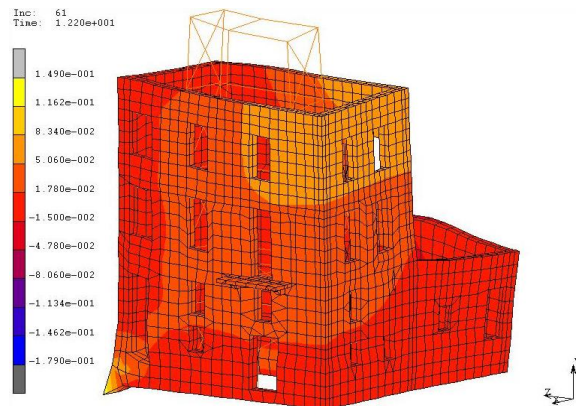
Μετατοπίσεις στους τρεις κύριους άξονες – Ιρπίνια

ΧΩΡΙΣ ΣΥΝΔΕΣΗ



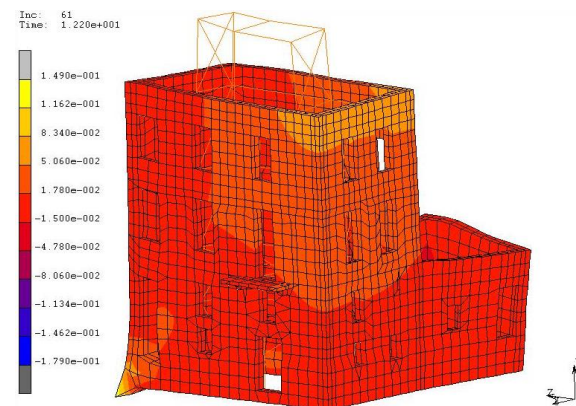
Displacement x

ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΤΗΝ ΟΡΟΦΗ

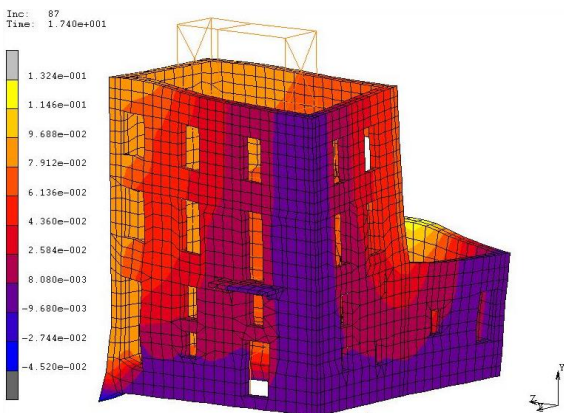


Displacement x

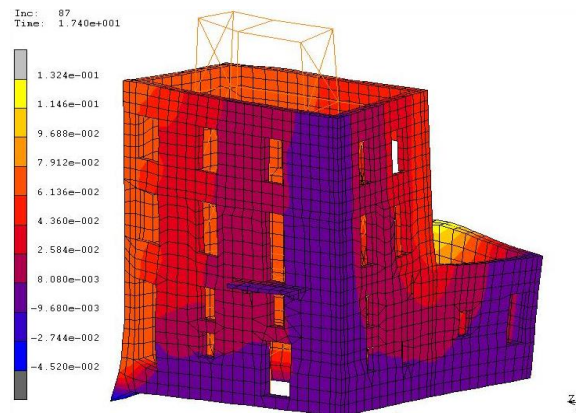
ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΕ ΚΑΘΕ ΟΡΟΦΟ



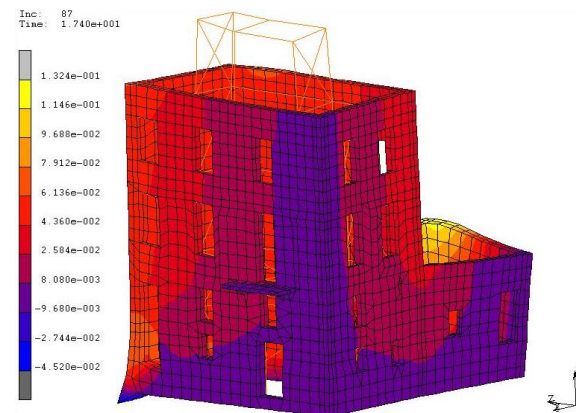
Displacement x



Displacement y



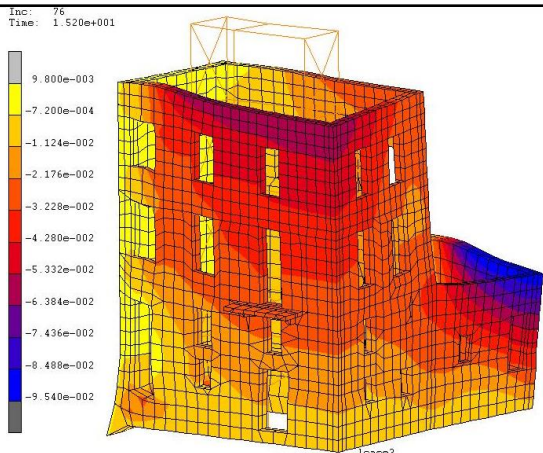
Displacement y



Displacement y

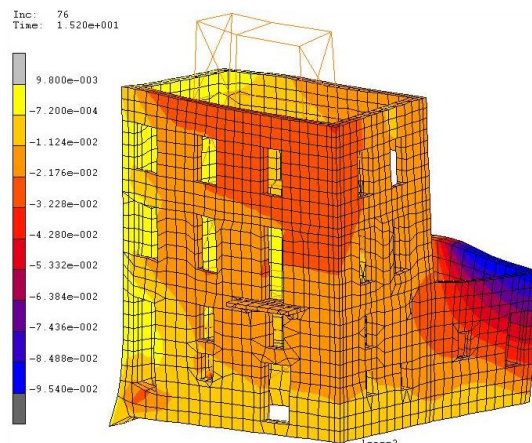
Μετατοπίσεις στους τρεις κύριους άξονες - Ιρπίνια

ΧΩΡΙΣ ΣΥΝΔΕΣΗ



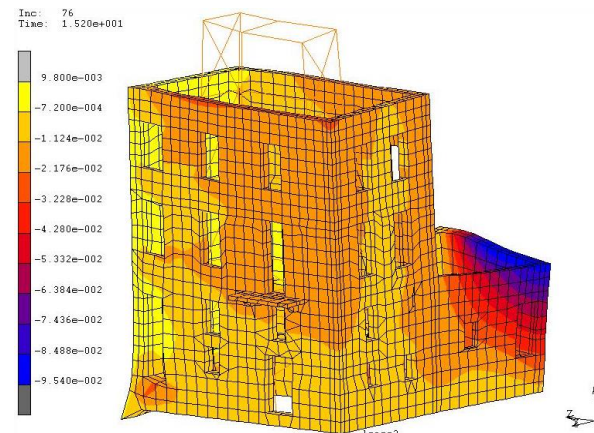
Displacement z

ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΤΗΝ ΟΡΟΦΗ



Displacement z

ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΕ ΚΑΘΕ ΟΡΟΦΟ



Displacement z

Οι μετατοπίσεις για το κέλυφος μειώνονται ενώ για τον μεταλλικό σκελετό αυξάνονται – ο μεταλλικός σκελετός συγκρατεί το κέλυφος

Μετατοπίσεις στους τρεις κύριους άξονες - Ιρπίνια

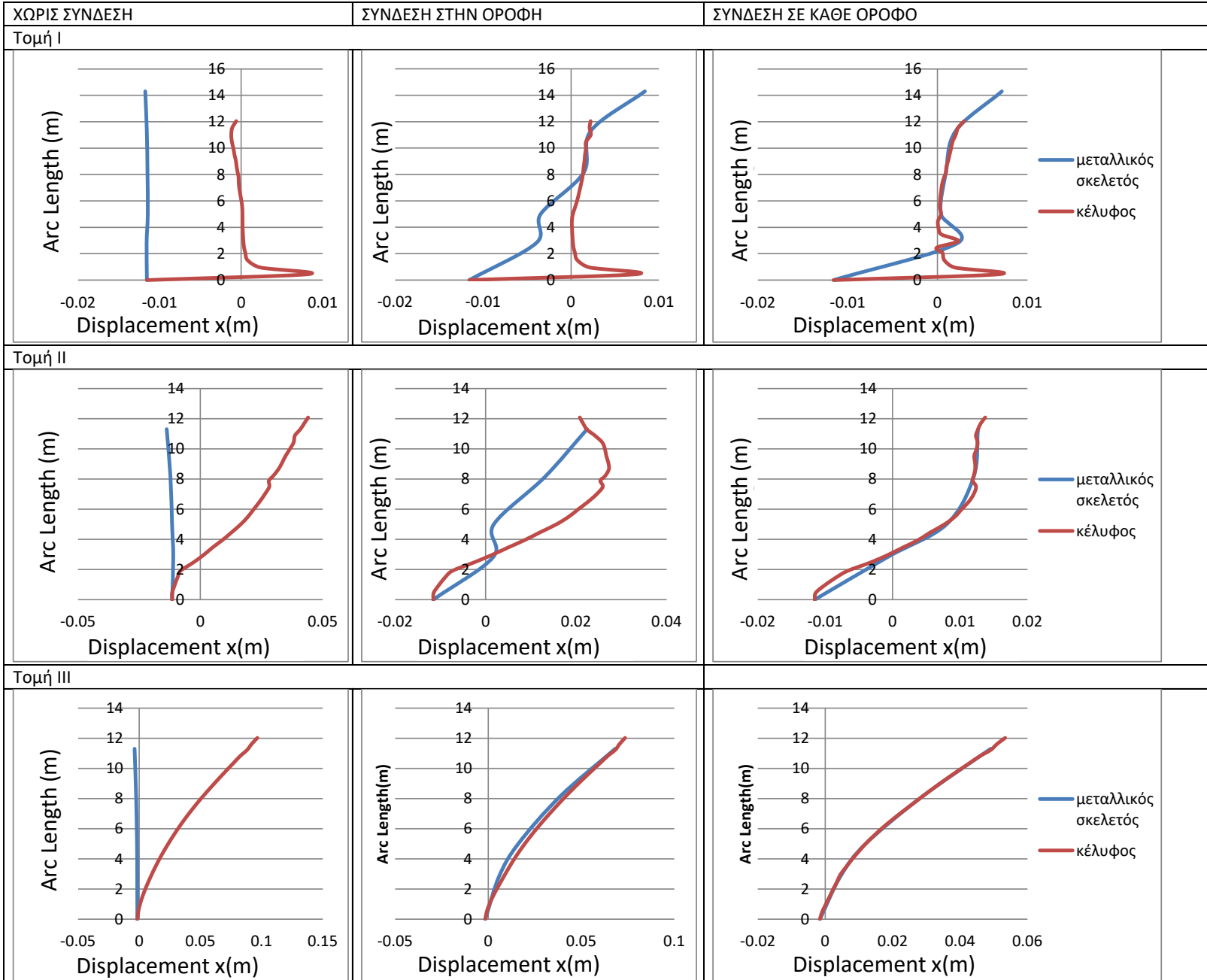
| | | X (cm) | Y (cm) | Z (cm) |
|-----------------------------|------------------------|--------|--------|--------|
| Χωρίς σύνδεση | Κέλυφος | 9.823 | 8.219 | 6.727 |
| | Μεταλλικός σκελετός | 1.396 | 0.904 | 3.25 |
| Σύνδεση στην οροφή | Κέλυφος | 7.894 | 6.681 | 3.611 |
| | Μεταλλικός σκελετός | 7.478 | 6.556 | 3.028 |
| Σύνδεση σε κάθε όροφο | Κέλυφος | 5.94 | 5.798 | 2.593 |
| | Μεταλλικός σκελετός | 5.596 | 5.887 | 2.095 |



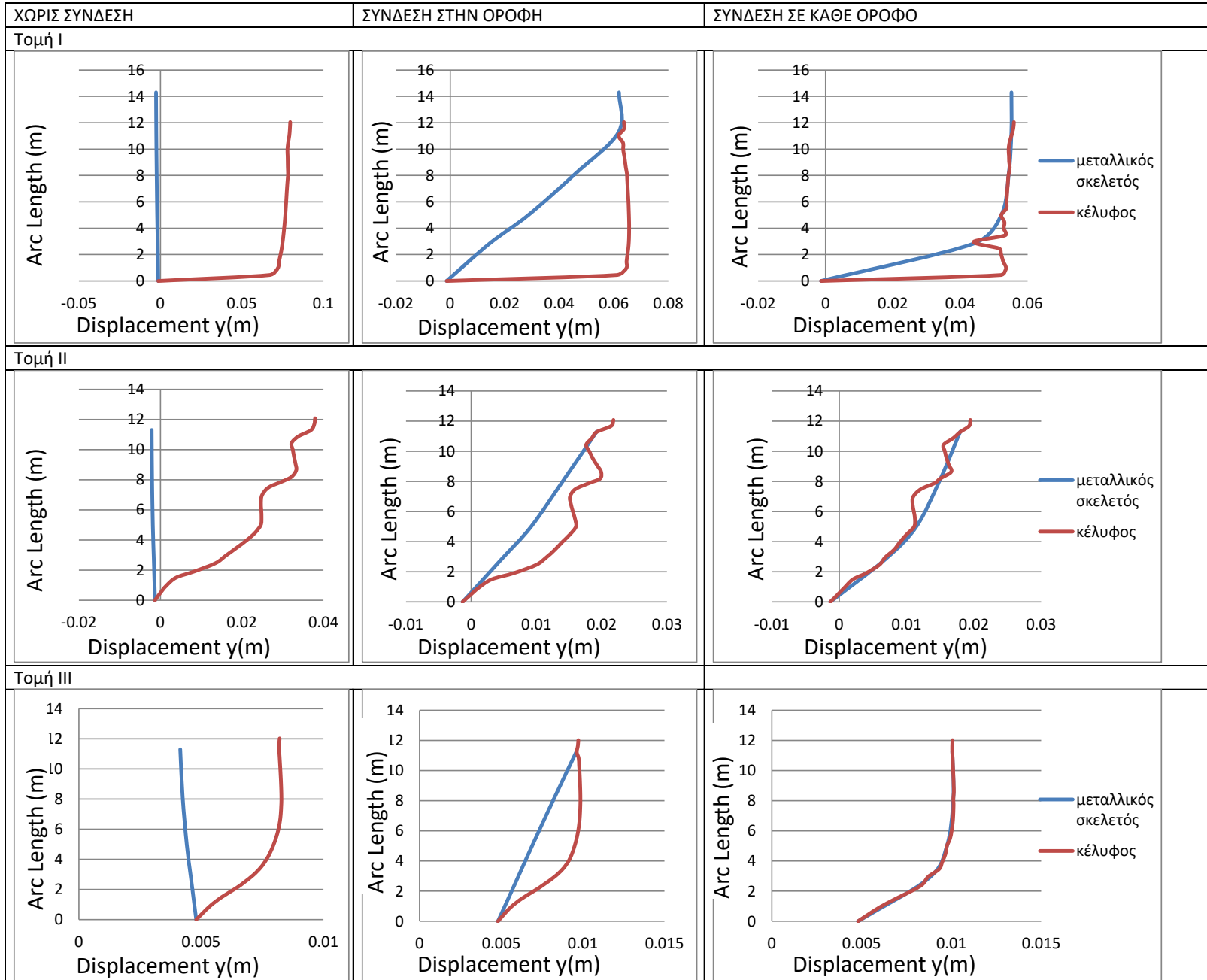
Μείωση των μετατοπίσεων για το κέλυφος

Αύξηση των μετατοπίσεων για τον μεταλλικό σκελετό

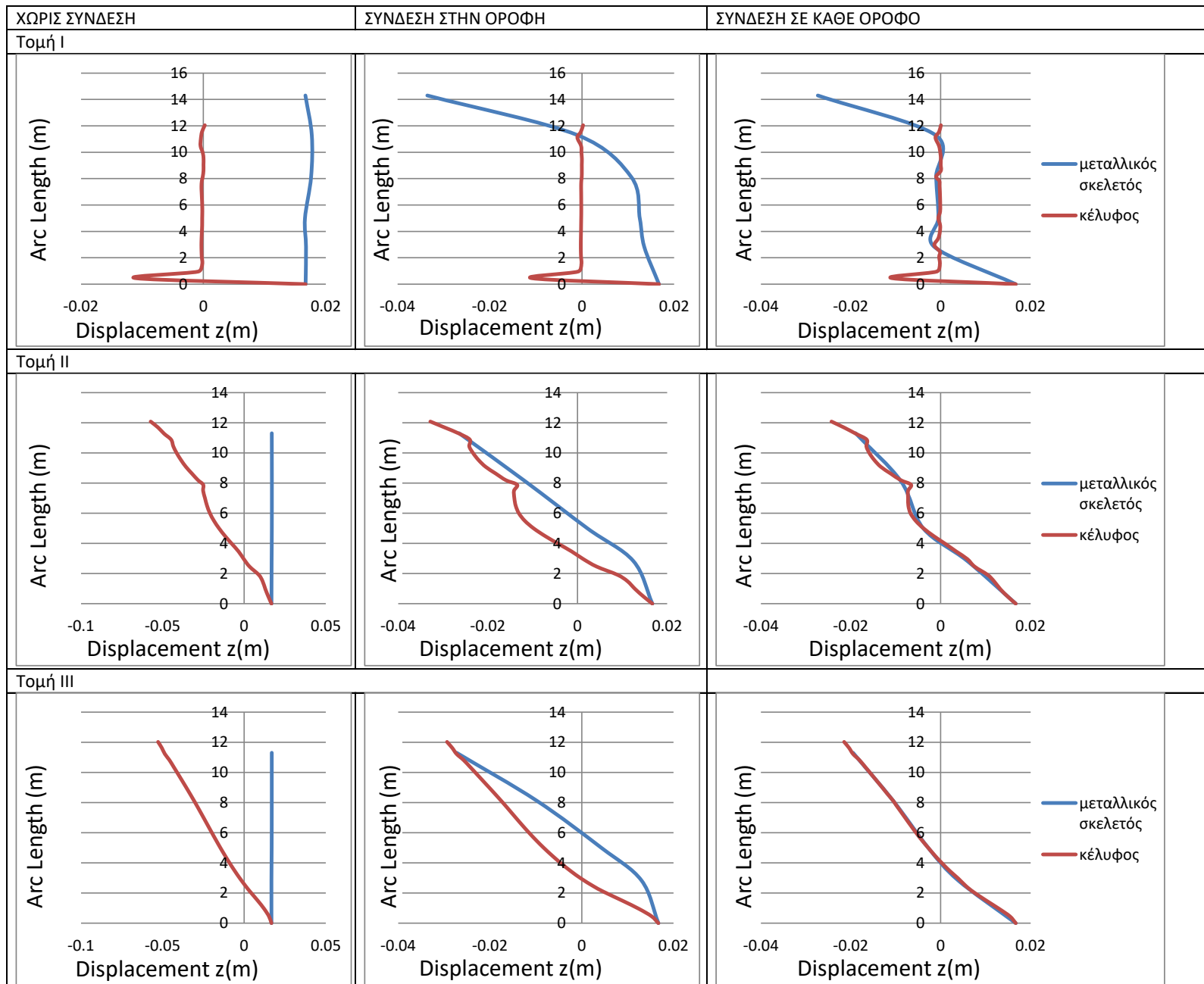
Διαγράμματα μετατοπίσεων κατά τους τρεις κύριους άξονες - Ιρπίνια



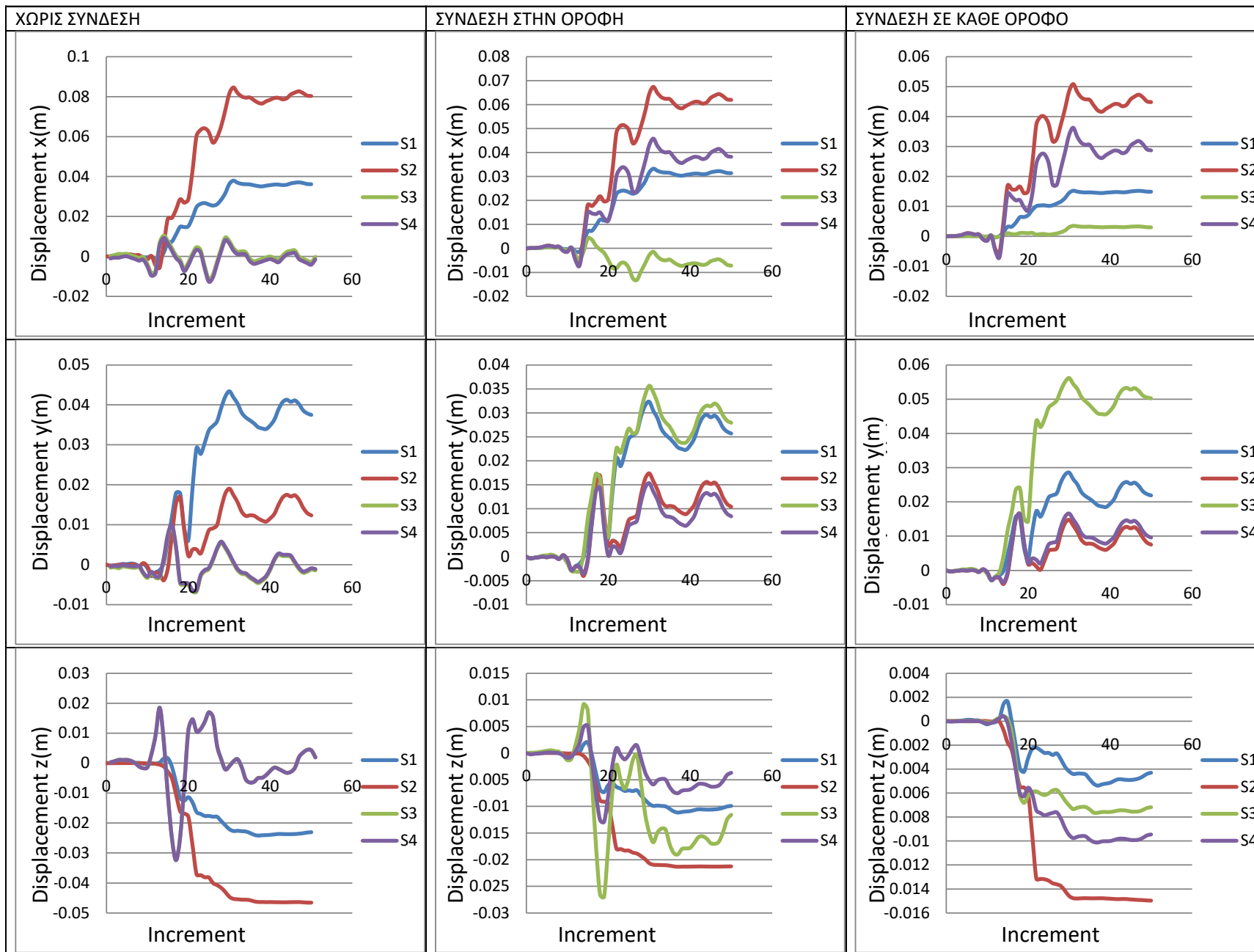
Διαγράμματα μετατοπίσεων κατά τους τρεις κύριους άξονες - Ιρπίνια



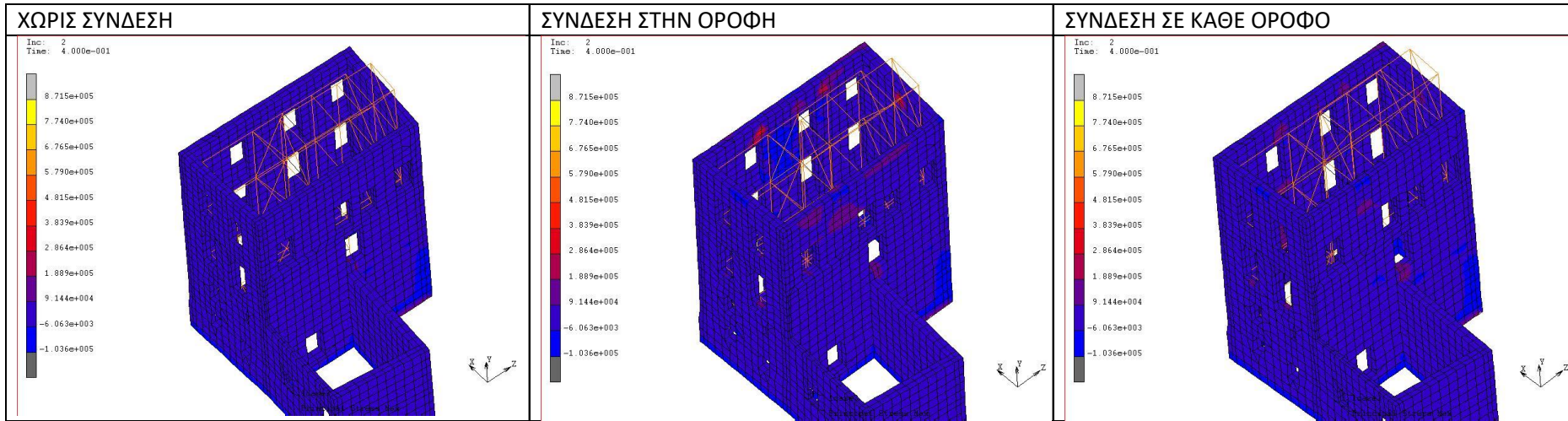
Διαγράμματα μετατοπίσεων κατά τους τρεις κύριους άξονες - Ιρπίνια



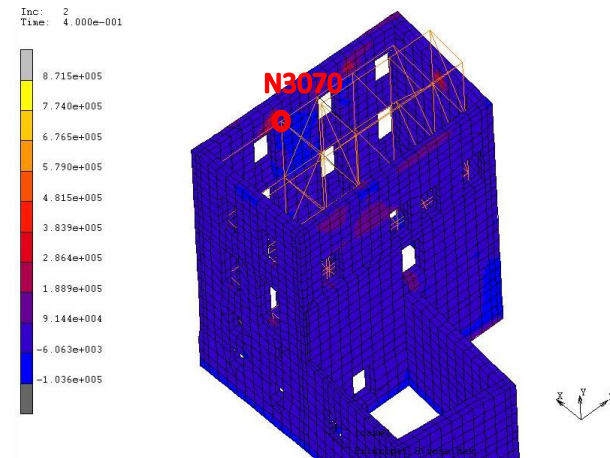
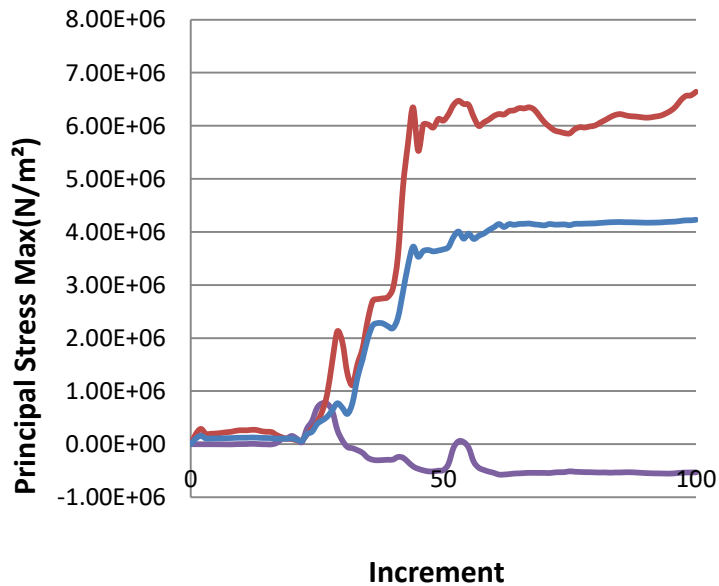
Χρονοϊστορίες μετατοπίσεων των κόμβων S1, S2, S3, S4 - Ιρπίνια



Μέγιστες κύριες τάσεις - Ιρπίνια



Χρονοϊστορία μέγιστων κύριων τάσεων του κόμβου σύνδεσης N3070



Παρατηρήσεις

- Σύνδεση των δύο φορέων → αύξηση των μετατοπίσεων για τον μεταλλικό σκελετό και μείωση τους για το κέλυφος
- Μείωση των μετατοπίσεων για το κέλυφος → 2-3cm για σύνδεση μόνο στην οροφή και 3-4cm για σύνδεση σε κάθε όροφο
- Αύξηση των μετατοπίσεων για τον μεταλλικό σκελετό 0-6cm για σύνδεση μόνο στην οροφή και 1-4cm για σύνδεση σε κάθε όροφο
- Ο μεταλλικός σκελετός – ελαφριά κατασκευή - κατά τη σύνδεση του με την τοιχοποιία ακολουθεί την ίδια μορφή παραμόρφωσης, μειώνοντας τις εκτός επιπέδου μετατοπίσεις της τοιχοποιίας (πλεονέκτημα σε σύγκριση με ο/σ)
- Η σύνδεση των δύο φορέων με τοπικούς συνδέσμους δημιουργεί αυξημένες τάσεις και θέτει σε κίνδυνο την τοιχοποιία – πλαισιακή σύνδεση για ομοιόμορφη κατανομή τάσεων
- Η σύνδεση μόνο στην οροφή προκαλεί μεγάλη αύξηση των μέγιστων μετατοπίσεων του μεταλλικού σκελετού για τον οριζόντιο άξονα X και τον κατακόρυφο άξονα, με σύνδεση σε κάθε όροφο το φαινόμενο μετριάζεται και οι συνολικές μετατοπίσεις μειώνονται αλλά παραμένουν ισομοιρασμένες μεταξύ κελύφους και μεταλλικού σκελετού

Παρατηρήσεις – μέγιστες μετατοπίσεις στους τρεις κύριους άξονες

| | | X (cm) | Y (cm) | Z (cm) |
|-----------------------|---------------------|--------|--------|--------|
| Αθήνα | Κέλυφος | 5.771 | 4.455 | 2.791 |
| | Μεταλλικός σκελετός | 1.912 | 2.626 | 1.878 |
| Χανιά | Κέλυφος | 0.639 | 0.914 | 0.562 |
| | Μεταλλικός σκελετός | 0.583 | 1.334 | 0.613 |
| Ιρπίνια χωρίς σύνδεση | Κέλυφος | 9.823 | 8.219 | 6.727 |
| | Μεταλλικός σκελετός | 1.396 | 0.904 | 3.25 |
| Σύνδεση στην οροφή | Κέλυφος | 7.894 | 6.681 | 3.611 |
| | Μεταλλικός σκελετός | 7.478 | 6.556 | 3.028 |
| Σύνδεση σε κάθε όροφο | Κέλυφος | 5.94 | 5.798 | 2.593 |
| | Μεταλλικός σκελετός | 5.596 | 5.887 | 2.095 |

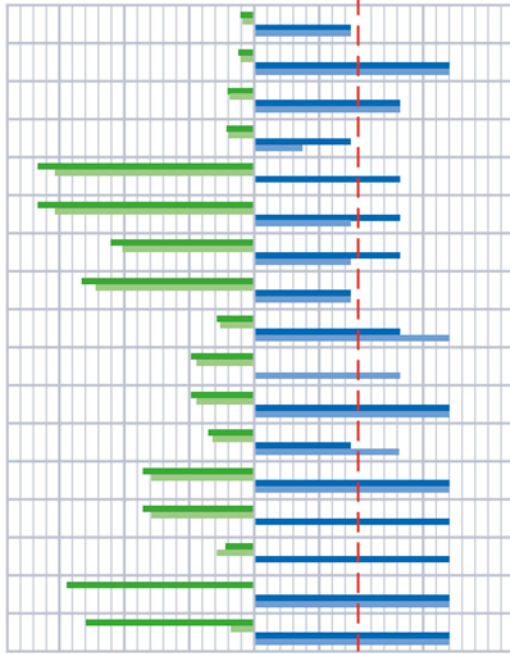
Σεισμική διέγερση Ιρπίνια (Ιταλία)



**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ
ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΥ
ΚΤΙΡΙΟΥ**

Ποσοστό εξοικονόμησης Προστασία πολιτιστικής κληρονομιάς

30% 20% 10% 0% - ~ +



- Μόνωση πλάκας δαπέδου
- Μόνωση οροφής
- Μόνωση μεταξύ των δοκών
- Μόνωση πάνω από τις δοκούς της στέγης
- Εξωτερική μόνωση με σύνθετο σύστημα
- Εξωτερική μόνωση με πανέλα
- Θερμομονωτικό επίχρισμα
- Εσωτερική μόνωση
- Βελτίωση αεροστεγανότητας
- Αντικατάσταση κουφωμάτων
- Εφαρμογή 2ου κουφώματος
- Μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας
- Αύξηση απόδοσης των μηχανικών συστημάτων
- Ηλιοθερμικά συστήματα
- Φωτοβολταϊκά
- Τηλεθερμία από μονάδα ΣΗΘ
- Γεωθερμία

■ Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας

■ Δομικά υλικά

■ Κόστος τελικής ενεργειακής κατανάλωσης

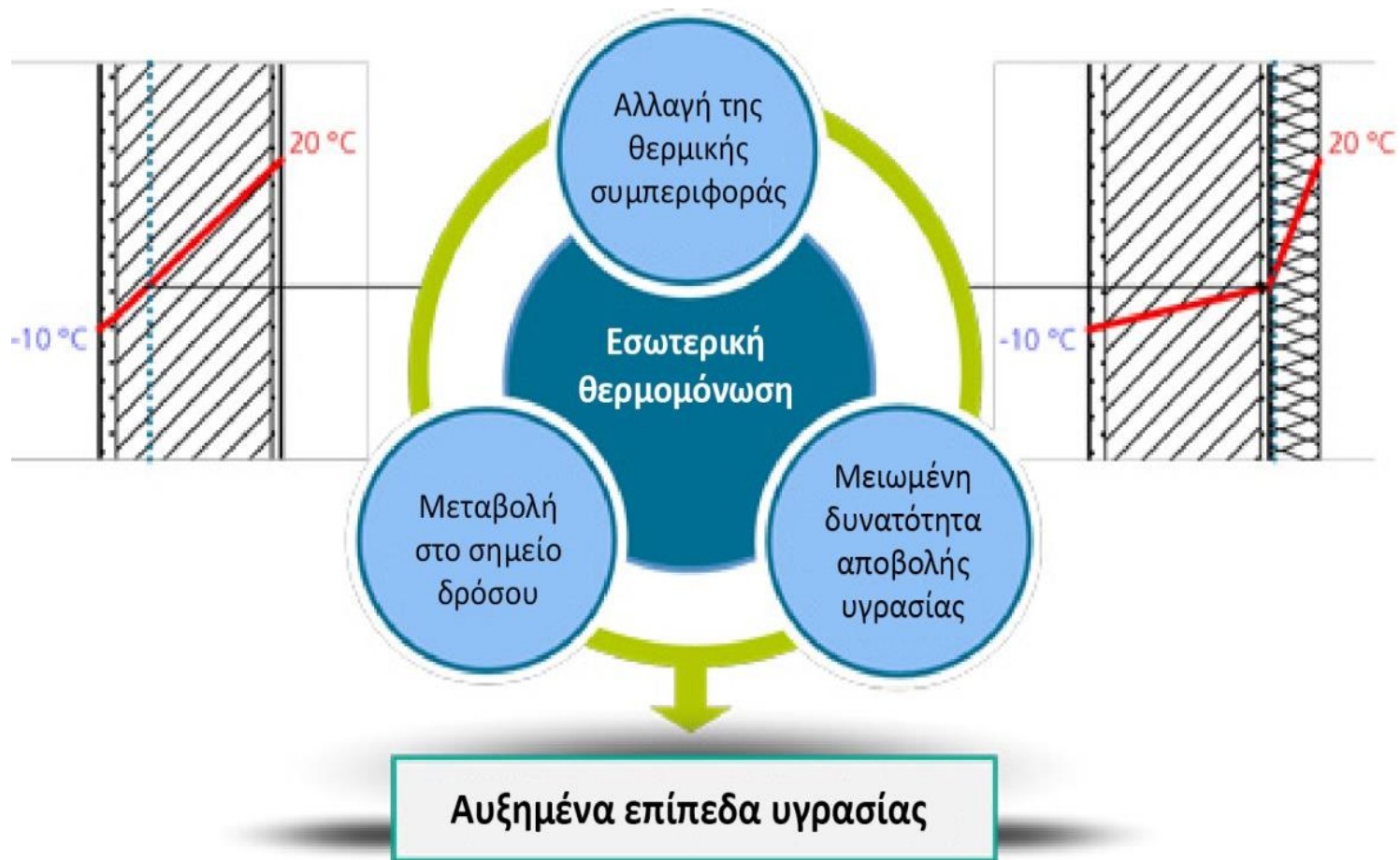
■ Εμφάνιση

Ενεργειακή αναβάθμιση

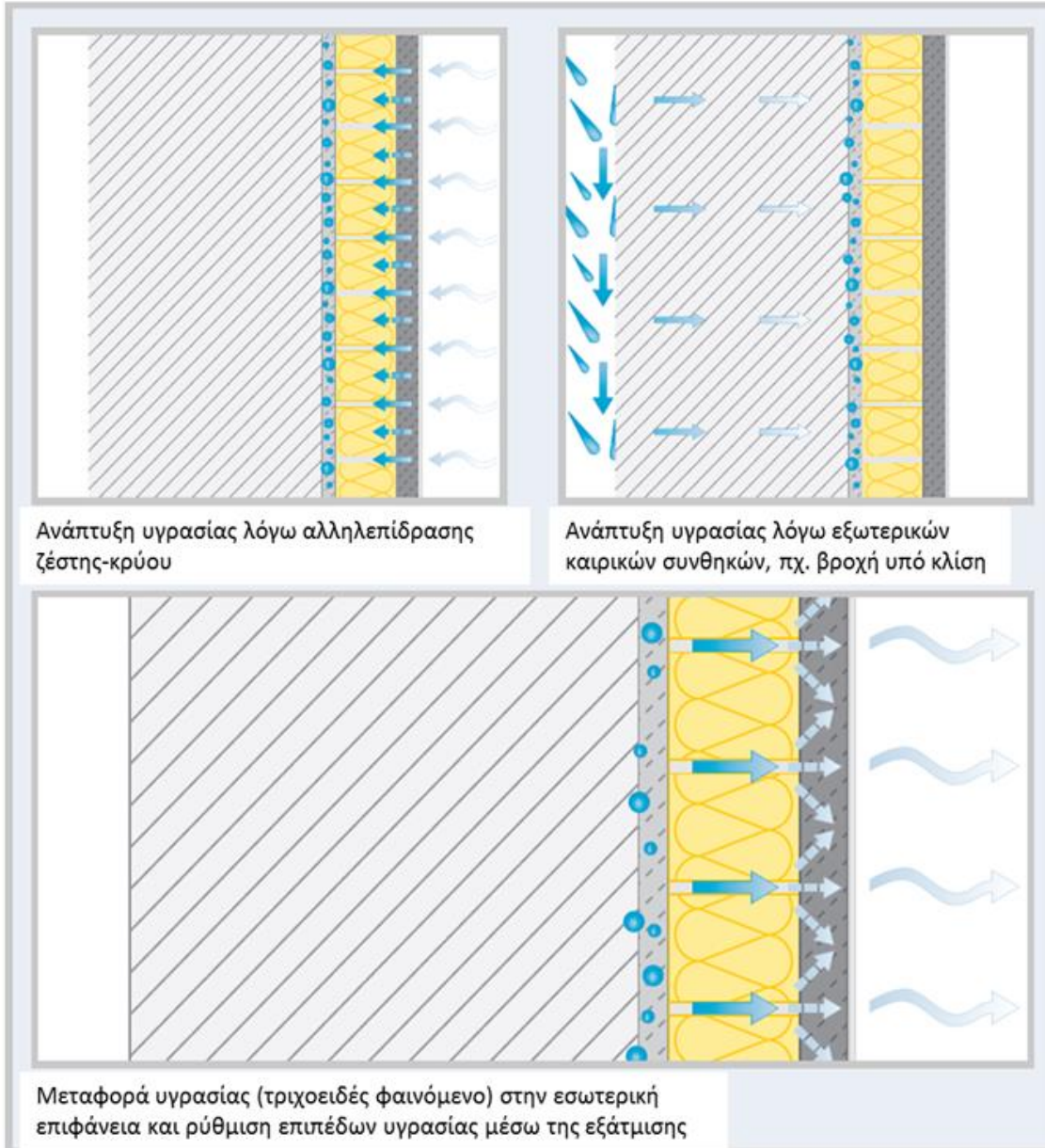
- Συντήρηση και επανάχρηση των ιστορικών κτιρίων → διαφύλαξη
- Ενεργειακή αναβάθμιση → προστασία των δομικών τους μελών, συνθήκες άνεσης για τους χρήστες και μείωση λειτουργικών εξόδων του κτιρίου
- Τα ιστορικά κτίρια είναι κατασκευασμένα από υψηλής ποιότητας ανθεκτική πρώτη ύλη

Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας και συμβατότητα με τις αρχές προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς

Επίδραση της εσωτερικής θερμομόνωσης στην συγκέντρωση υγρασίας στην τοιχοποιία



Συστήματα εσωτερικής θερμομόνωσης



- Συστήματα μη διαπερατά σε υδρατμούς με τοποθέτηση φράγματος υδρατμών
- Συστήματα επιβράδυνσης της διάχυσης των υδρατμών
- Συστήματα υδρατμοπερατά με ενεργή τριχοειδή δομή για ευρύτερη διάχυση υδρατμών

ΥΓΡΟΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ



Λογισμικό WUFI Pro

- πρότυπο πρόγραμμα αξιολόγησης των συνθηκών υγρασίας σε κτιριακά κελύφη
- εκτελεί μονοδιάστατους υδροθερμικούς υπολογισμούς σε διατομές δομικών μελών
- λαμβάνει υπόψη την υφιστάμενη υγρασία, τη βροχή υπό γωνία, την ηλιακή ακτινοβολία, την ακτινοβολία μεγάλου μήκους, τριχοειδή φαινόμενα μεταφοράς υγρασίας και φαινόμενα συμπύκνωσης υδρατμών τους θερινούς μήνες
- καθορίζει την υδροθερμική συμπεριφορά των δομικών μελών υπό πραγματικές κλιματολογικές συνθήκες
- προσφέρει διεξοδική υδροθερμική ανάλυση σημαντική για περιπτώσεις παραδοσιακών/ διατηρητέων κτιρίων και
- συντάσσεται με το διεθνές πρότυπο EN 15026

Σενάρια εσωτερικής θερμομόνωσης

| A/A | Επιλογή υλικών από έξω προς τα μέσα | Πάχος [m] | Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [W/mK] | Πυκνότητα [kg/m ³] | Πορώδες [m ³ /m ³] | Θερμοχωρητικότητα [J/kgK] | Συνολικό πάχος [m] | Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/m ² K] |
|-----------|---|-----------|--|--------------------------------|---|---------------------------|--------------------|---|
| Σενάριο 1 | Ορυκτός σοβάς | 0.01 | 0.8 | 1900 | 0.24 | 850 | 0.603 | 0.401 |
| | Τοιχοποιία | 0.5 | 1.7 | 1980 | 0.23 | 850 | | |
| | Ορυκτοβάμβακας | 0.08 | 0.04 | 60 | 0.95 | 850 | | |
| | Φράγμα υδρατμών | 0.001 | 2.3 | 130 | 0.001 | 2300 | | |
| | Άνθυγη γυψοσανίδα | 0.0125 | 0.32 | 1153 | 0.52 | 1200 | | |
| Σενάριο 2 | Ορυκτός σοβάς | 0.01 | 0.8 | 1900 | 0.24 | 850 | 0.655 | 0.516 |
| | Τοιχοποιία | 0.5 | 1.7 | 1980 | 0.23 | 850 | | |
| | Συνδεδειγμένο κονίαμα (διάχυση υδρατμών, ενεργή τριχοειδή δομή, υδραυλικές ιδιότητες) | 0.005 | 0.87 | 1330 | 0.5 | 850 | | |
| | Πλάκα πυριτικού ασβεστίου | 0.1 | 0.0623 | 270 | 0.9 | 1162 | | |
| | Ασβεστοκονίαμα | 0.04 | 0.7 | 1600 | 0.3 | 850 | | |
| Σενάριο 3 | Ορυκτός σοβάς | 0.01 | 0.8 | 1900 | 0.24 | 850 | 0.577 | 0.484 |
| | Τοιχοποιία | 0.5 | 1.7 | 1980 | 0.23 | 850 | | |
| | Remmers iQ-Fix (συνδεδειγμένο κονίαμα, διάχυση υδρατμών, ενεργή τριχοειδή δομή, χωρίς ορυκτές ίνες) | 0.007 | 0.497 | 1313 | 0.5 | 863 | | |
| | Remmers iQ-Therm (σύστημα μόνωσης πολυουρεθάνης με ενεργή τριχοειδή δομή πυριτικού ασβεστίου) | 0.05 | 0.031 | 44.5 | 0.98 | 1400 | | |
| | Remmers iQ-Top (σοβάς υψηλής απορρόφησης και απόδοσης υγρασίας, διάχυση υδρατμών, ενεργή τριχοειδή δομή, θερμομόνωση) | 0.01 | 0.106 | 465.5 | 0.81 | 1173 | | |
| Σενάριο 4 | Ορυκτός σοβάς | 0.01 | 0.8 | 1900 | 0.24 | 850 | 0.613 | 0.386 |
| | Τοιχοποιία | 0.5 | 1.7 | 1980 | 0.23 | 850 | | |
| | Pavaflex (εύκαμπτη στρώση από ίνες ξύλου) | 0.03 | 0.039 | 53 | 0.96 | 2100 | | |
| | Pavatex Pavadentro (πλάκα από ίνες ξύλου) | 0.06 | 0.043 | 166 | 0.96 | 2100 | | |
| | Fermacell Gypsum – Fibreboard (γυψοσανίδα) | 0.0125 | 0.32 | 1153 | 0.52 | 1200 | | |

Εισαγωγή δεδομένων

1. Δομικό στοιχείο

- Δομή/ θέσεις παρακολούθησης
- Προσανατολισμός
- Συντελεστές αλληλεπίδρασης των εξωτερικών επιφανειών με το περιβάλλον
- Αρχικές συνθήκες

2. Έλεγχος

- Περίοδος υπολογισμών (10 έτη)
- Ρυθμίσεις υπολογισμών

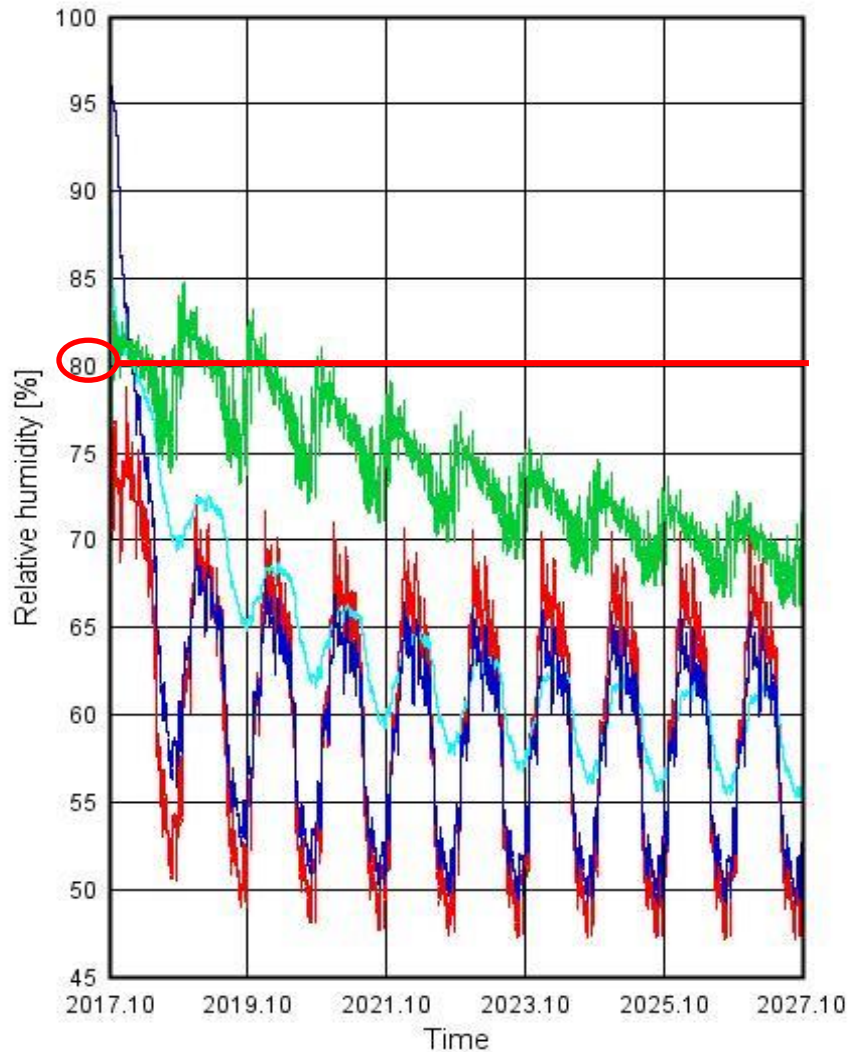
3. Κλιματολογικές συνθήκες

- Εξωτερικό περιβάλλον
- Εσωτερικό περιβάλλον (μέσα φορτία υγρασίας – θερμοκρασία 20-22°C)



Αποτελέσματα – διεπιφάνεια τοιχοποιίας - θερμομόνωσης

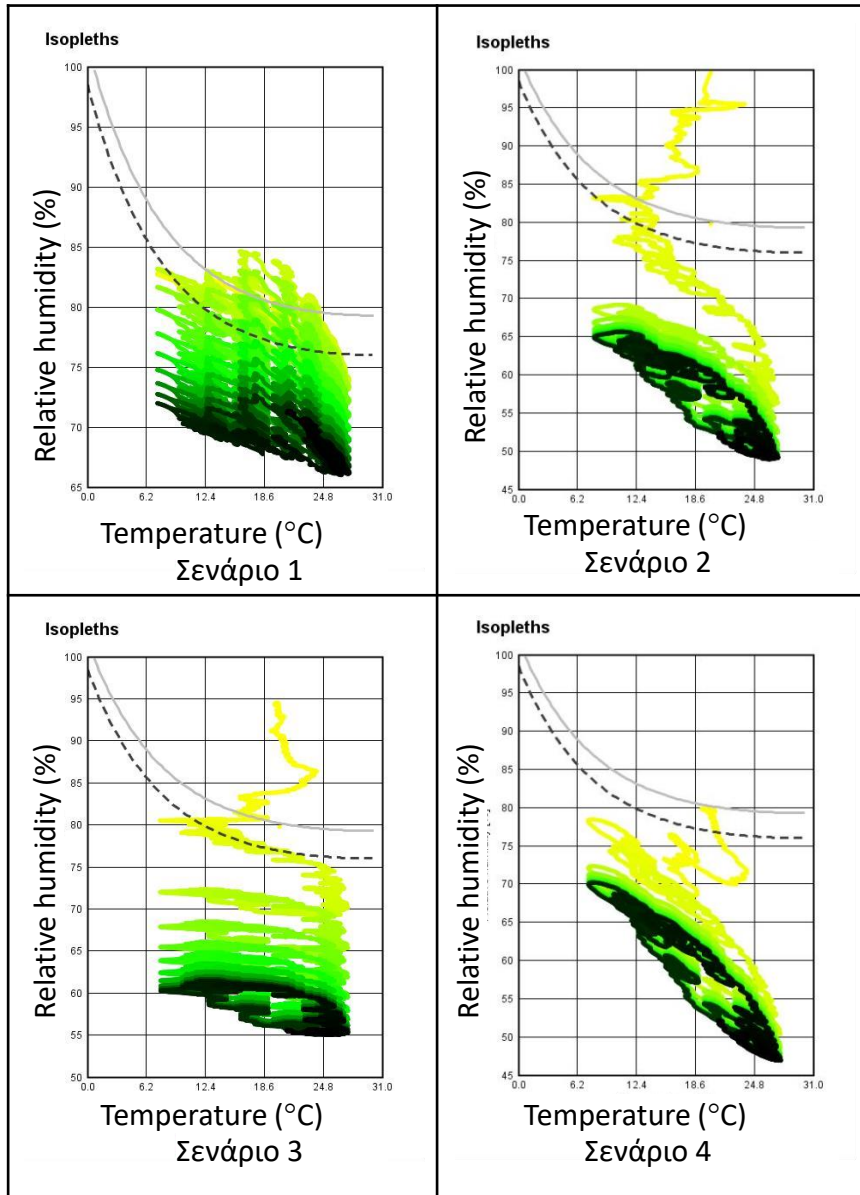
Relative Humidity



Σχετική υγρασία

- Υψηλότερη τιμή RH=66-72% για το σενάριο 1 (ορυκτοβάμβακας)
- Χαμηλότερη τιμή RH=47-70% για το σενάριο 4 (ίνες ξύλου)
- Σενάριο 3 (iQ-Therm) μικρότερες ετήσιες διακυμάνσεις – μικρότερη επιβάρυνση υλικών RH=55-62%
- Μη αποδεκτά ποσοστά σχετικής υγρασίας (>80%) - Σενάριο 1 για τα τρία πρώτα χρόνια μετά την επέμβαση

Αποτελέσματα – διεπιφάνεια τοιχοποιίας - θερμομόνωσης



Διαγράμματα 'isopleths' κίνδυνος εμφάνισης μούχλας

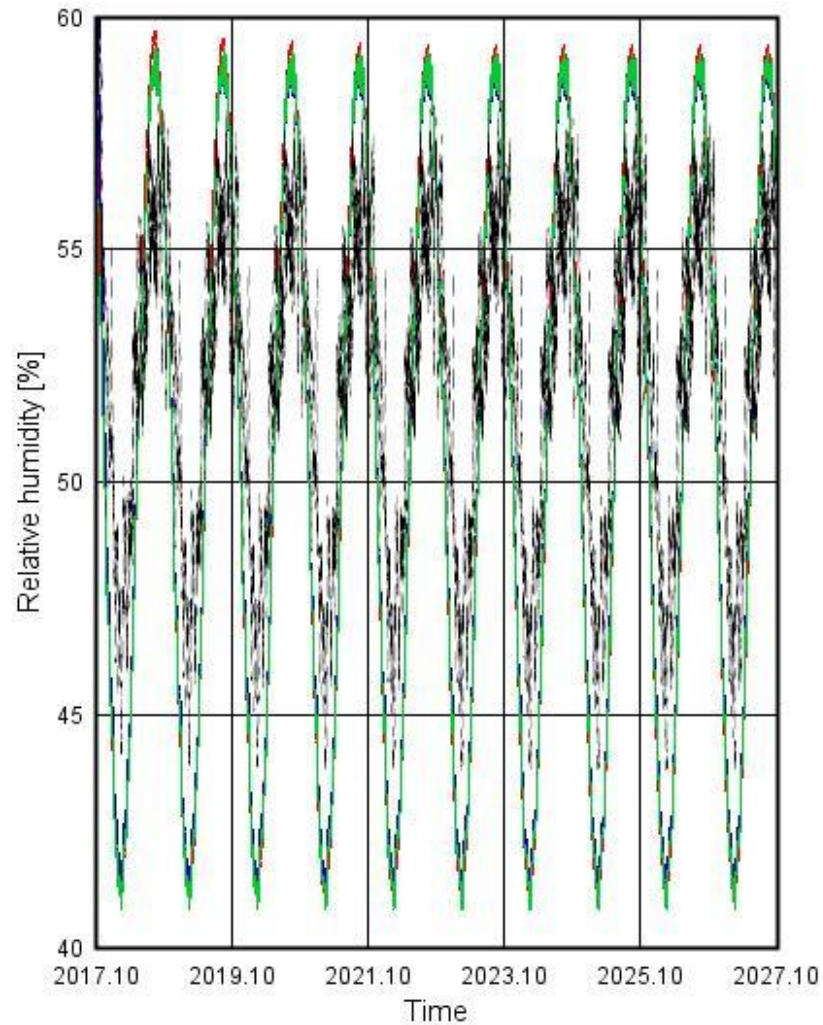
- Ζεύγη τιμών θερμοκρασίας σχετικής υγρασίας για όλη την περίοδο προσομοίωσης
- Πάνω δεξιά κρίσιμη περιοχή για ανάπτυξη μούχλας

Συμπεράσματα

- η περιεχόμενη υγρασία στα δομικά υλικά κατά την κατασκευή μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο εμφάνισης μούχλας
- Σενάρια 2 και 3 – τα ζεύγη τιμών ξεκινούν από σχετική υγρασία 100% και 95% αντίστοιχα

Αποτελέσματα – εσωτερική παρειά της τοιχοποιίας

Relative Humidity

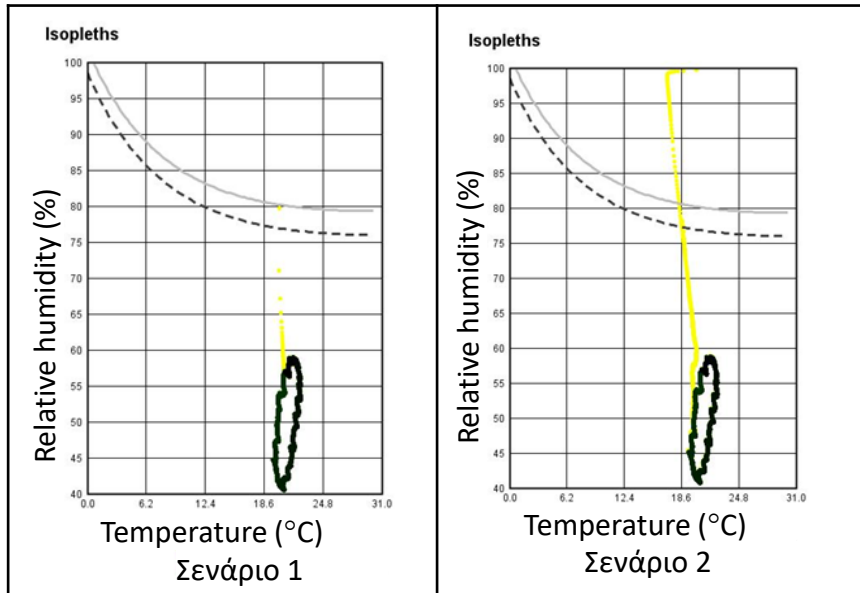


— Σενάριο 0 — Σενάριο 1 — Σενάριο 2 — Σενάριο 3
— Σενάριο 4

Σχετική υγρασία

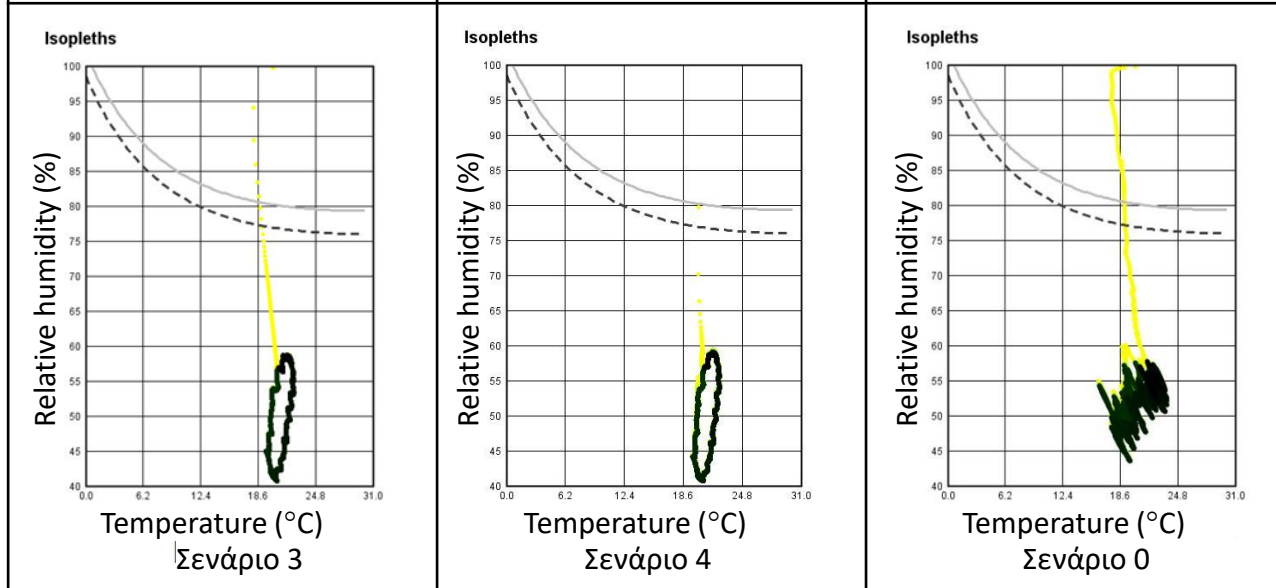
- RH=40-60% για όλα τα σενάρια
- Σενάριο 0 (απουσία θερμομόνωσης)
RH=44-57%

Αποτελέσματα – εσωτερική παρειά της τοιχοποιίας



Διαγράμματα 'isopleths' κίνδυνος εμφάνισης μούχλας

- Τα σενάρια 0, 2 και 3 (απουσία θερμομόνωσης, πλάκα πυριτικού ασβεστίου και iQ-therm) παρουσιάζουν ζεύγη σχετικής υγρασίας στην κρίσιμη περιοχή του διαγράμματος



Δείκτης 'Mould Index'

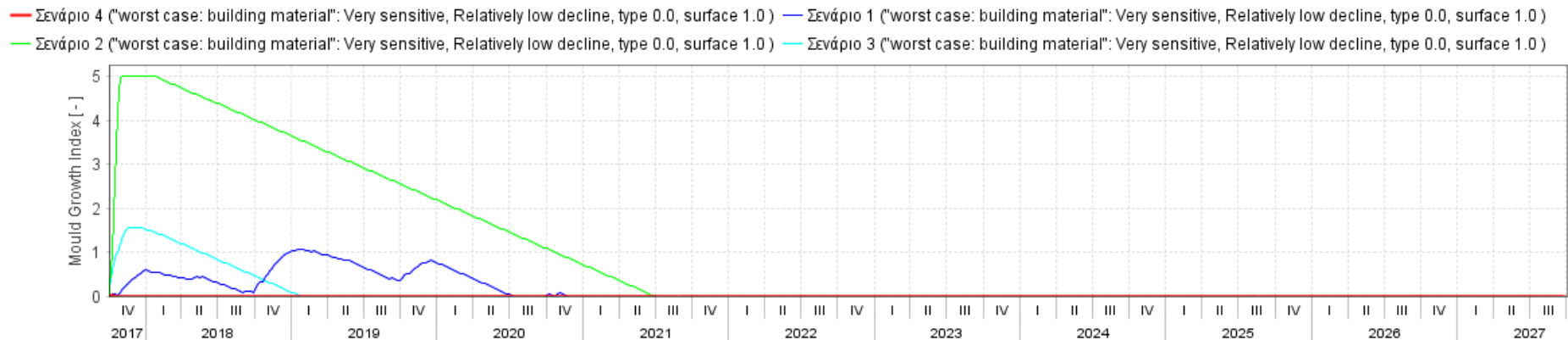
| Mould Index | Περιγραφή του ρυθμού ανάπτυξης |
|-------------|---|
| 0 | Καθόλου ανάπτυξη |
| 1 | Μικρές ποσότητες μούχλας στην επιφάνεια (μικροσκόπιο), αρχικά στάδια τοπικής ανάπτυξης |
| 2 | Ανάπτυξη τοπικά αρκετών αποικιών στην επιφάνεια (μικροσκόπιο) |
| 3 | Οπτικά ευρήματα μούχλας στην επιφάνεια, <10% κάλυψη, ή, <50% κάλυψη ορατή με το μικροσκόπιο |
| 4 | Ευρήματα ορατά με γυμνό οφθαλμό, 10-50% κάλυψη, ή >50% κάλυψη ορατή με το μικροσκόπιο |
| 5 | Αρκετή ανάπτυξη μούχλας στην επιφάνεια, >50% κάλυψη ορατή με γυμνό οφθαλμό |
| 6 | Πυκνή ανάπτυξη μούχλας, κάλυψη σχεδόν 100% |

Δείκτης βασισμένος σε οπτικά ευρήματα ανάπτυξης μούχλας, με χρήση μικροσκοπίου ή γυμνού οφθαλμού, που κατατάσσονται σε μία κλίμακα από 0-6. Ο δείκτης ανάπτυξης μούχλας δεν πρέπει να παίρνει τιμές >1.

Αποτελέσματα – διεπιφάνεια τοιχοποιίας - θερμομόνωσης

Δείκτης 'Mould Index'

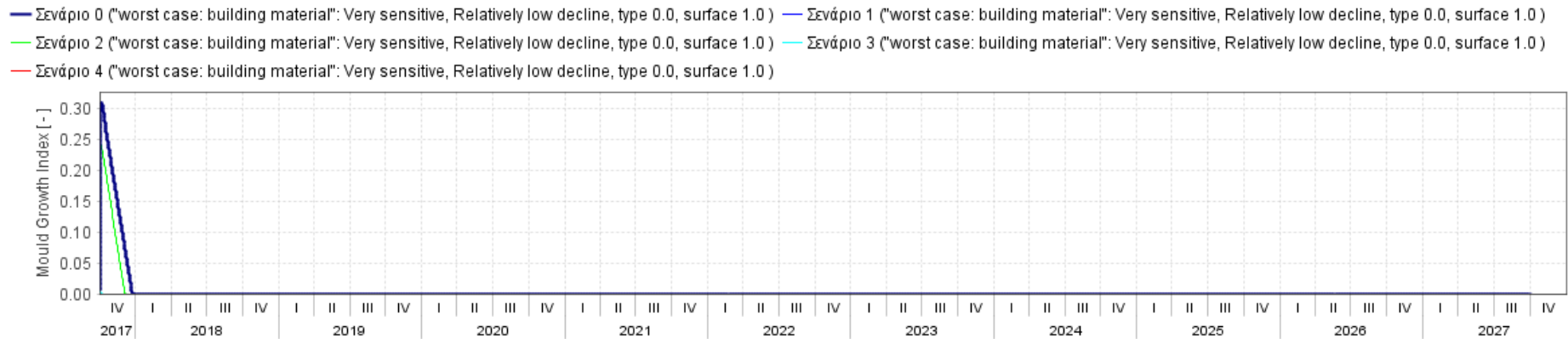
- Σενάριο 2 (πλάκα πυριτικού ασβεστίου) κίνδυνος ανάπτυξης μούχλας κατά τα πρώτα τέσσερα χρόνια
- Σενάριο 3 (iQ-Therm) τους 6 πρώτους μήνες μετά την εφαρμογή



Αποτελέσματα – εσωτερική παρειά της τοιχοποιίας

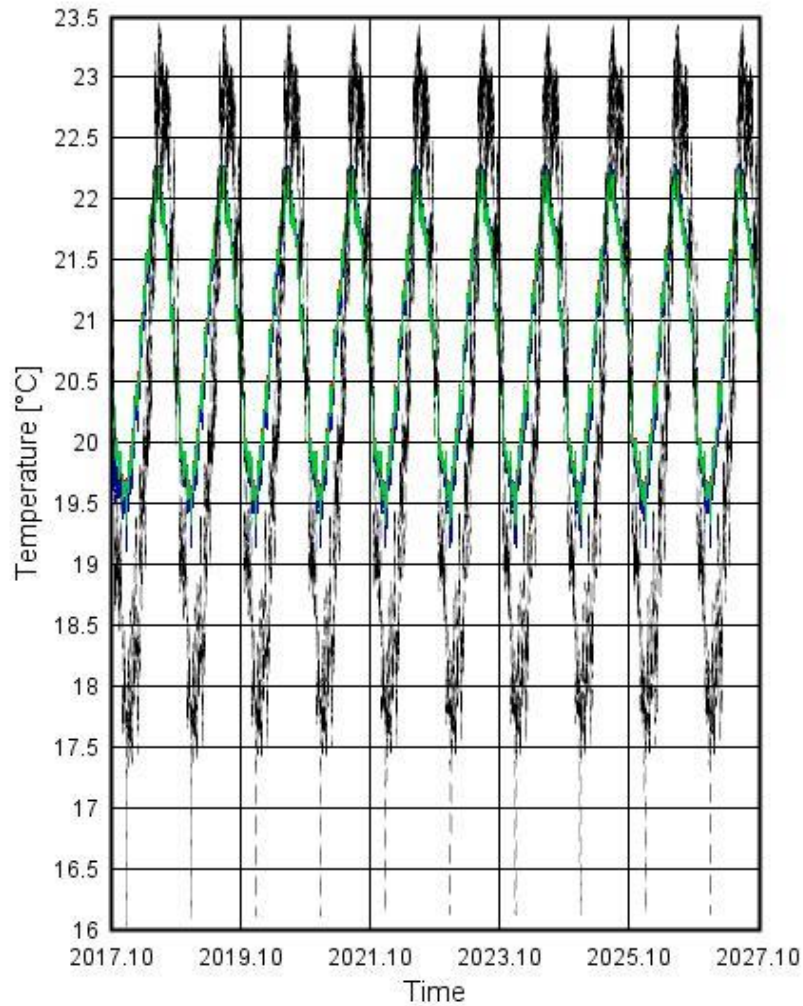
Δείκτης ‘Mould Index’

- Δεν υπάρχει κίνδυνος ανάπτυξης μούχλας – δείκτης <1 για όλα τα σενάρια



Αποτελέσματα – Επιφανειακή θερμοκρασία εσωτερικής επιφάνειας

Temperature



- Για τα 4 σενάρια θερμοκρασία 19.3-22.3°C
- Σενάριο 0 θερμοκρασία 16-23.5°C

— Σενάριο 0 — Σενάριο 1 — Σενάριο 2 — Σενάριο 3
— Σενάριο 4

Αποτελέσματα – Θερμική συμπεριφορά της τοιχοποιίας

Συντελεστής θερμοπερατότητας

- Χαμηλότερη τιμή σενάριο 4 (ίνες ξύλου)
- Υψηλότερη τιμή Σενάριο 0 (απουσία μόνωσης) – μη αποδεκτη τιμή
- Μεγαλύτερη ετήσια διακύμανση σενάριο 2 (πλάκα πυριτικού ασβεστίου)

| Συν.Θερμοπερατότητας (W/m ² K) | Σενάριο 1 | Σενάριο 2 | Σενάριο 3 | Σενάριο 4 | Σενάριο 0 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| U value | 0.401 | 0.516 | 0.484 | 0.386 | 1.996 |
| min | 0.348 | 0.433 | 0.404 | 0.330 | 1.756 |
| max | 0.412 | 0.753 | 0.482 | 0.397 | 2.033 |

Παρατηρήσεις

- Μικρότερο πάχος μόνωσης σενάριο 3 (iQ-Therm) → 6.7cm
- Χαμηλότερος συντελεστής θερμοπερατότητας σενάριο 4 (ίνες ξύλου) → 0.386W/m²K
- Σενάρια 2 (πλάκα πυριτικού ασβεστίου) και 3 (iQ-therm) παρουσιάζουν αυξημένο κίνδυνο ανάπτυξης μούχλας κατά τα πρώτα 4 έτη και κατά τους πρώτους 6 μήνες αντίστοιχα

Διεπιφάνεια τοιχοποιίας – Θερμομόνωσης

- Σενάριο 1 (ορυκτοβάμβακας) - Υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία και σχετική υγρασία, κρίσιμη συμπεριφορά για εμφάνιση μούχλας
- Σενάριο 4 (ίνες ξύλου) - Χαμηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία και σχετική υγρασία
- Σενάρια 2 (πλάκα πυριτικού ασβεστίου) και 3 (iQ-Therm) σχετική υγρασία που ξεκινάει από 100% και 95% αντίστοιχα.

Εσωτερική παρειά της τοιχοποιίας

- Σενάριο 3 (iQ-Therm) – Υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία
- Σενάρια 1 (ορυκτοβάμβακας) και 4 (ίνες ξύλου) – Χαμηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία
- Αύξηση επιφανειακής θερμοκρασίας 3.3°C κατά τους χειμερινούς μήνες, μείωση 1.2°C κατά τους καλοκαιρινούς μήνες

Παρατηρήσεις – συνοπτικός πίνακας υγραυερμικής ανάλυσης

| | πάχος συστήματος θερμομόνωσης (m) | Uvalue (W/m ² K) | WC&RH τοιχοποιία - θερμομόνωση | WC εσωτερική επιφάνεια | Mould index |
|--|--|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|----------------|
| Σενάριο 1 (ορυκτοβάμβακας) | 0.093 | 0.401 | ● | ● | |
| Σενάριο 2 (πλάκα πυριτικού ασβεστίου) | 0.145 | 0.516 | | | ● |
| Σενάριο 3 (iQ- Therm) | 0.067 | 0.484 | | ● | ● |
| Σενάριο 4 (πλάκα από ίνες ξύλου) | 0.103 | 0.386 | ● | ● | |

Συμπεράσματα

- Η αποκατάσταση – συντήρηση και ενεργειακή ανάβαθμιση ενός κτιρίου αποτελεί αντικείμενο διεπιστημονικής μελέτης (στατική – δυναμική ανάλυση, τεχνολογία υλικών, εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα)
- Κρίνεται σκόπιμη η παράλληλη αντιμετώπιση ζητημάτων που αφορούν την αποκατάσταση - συντήρηση και επανάχρηση ενός κτιρίου και την ενεργειακή του αναβάθμιση από τα πρώτα στάδια του σχεδιασμού του έργου
- Η σύνδεση των δύο φορέων με τοπικούς συνδέσμους δημιουργεί αυξημένες τάσεις τοπικά στην τοιχοποιία και θέτει σε κίνδυνο την ακεραιότητα της, μια σύνδεση μέσω πλαισίου θα έδινε μια πιο ομοιόμορφη κατανομή αλλά θα αύξανε την επιφάνεια συναρμογής των δύο φορέων και την εμφάνιση θερμογεφυρών
- Στην περίπτωση ασύνδετων φορέων η αυτονομία του μεταλλικού σκελετού προσφέρει το πλεονέκτημα ευκολότερης εφαρμογής της εσωτερικής θερμομόνωσης με δημιουργία λιγότερων κατασκευαστικών θερμογεφυρών άρα και λιγότερων τρωτών σημείων στην κατασκευή αλλά αυξάνει την απόσταση ασφαλείας μεταξύ των φορέων
- Στην αρχική του μορφή ο κάθε όροφος καταλάμβανε ωφέλιμη επιφάνεια 41.28m^2 , ενώ για την πρόταση προσθήκης μεταλλικού σκελετού σε απόσταση 22cm από το υφιστάμενο κέλυφος η ωφέλιμη επιφάνεια μειώνεται στα 35.6m^2

Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

- Προσδιορισμός των μηχανικών και δυναμικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας για να γίνει η πλήρης ταυτοποίηση του μοντέλου
- Προσομοίωση της συνοριακής συνθήκης της μεσοτοιχίας με το γειτονικό κτίριο ως ελαστικής στήριξης που εξαρτάται από τη δυσκαμψία του γειτονικού κτιρίου και όχι ως ακλόνητο όριο
- Σύνδεση του κελύφους και του μεταλλικού σκελετού μέσω πλαισίου για ομοιόμορφη κατανομή των τάσεων
- Πειραματικός έλεγχος της υγροθερμικής συμπεριφοράς φέρουσας τοιχοποιίας μετά από την επιβολή των προτεινόμενων συστημάτων εσωτερικής θερμομόνωσης και σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά που προέκυψαν από το λογισμικό προσομοίωσης.
- Ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου και υπολογισμός των ενεργειακών του αναγκών μετά την εφαρμογή παθητικών και ενεργητικών μέτρων εξοικονόμησης
- Μελέτη για ενσωμάτωση συστημάτων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές με κριτήρια οικονομικοτεχνικά και αισθητικά
- Τεχνοοικονομική μελέτη για την εύρεση της βέλτιστης κατασκευαστικής λύσης για σύνδεση των δύο φορέων, μείωση των θερμικών απωλειών, αύξηση ωφέλιμης επιφάνειας



Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας!