



Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

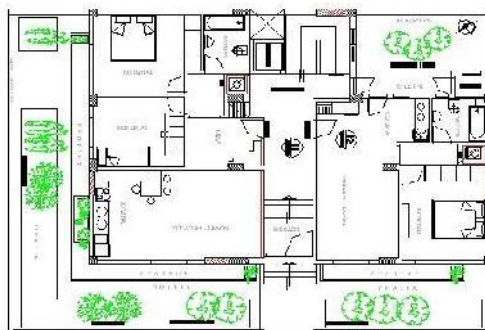
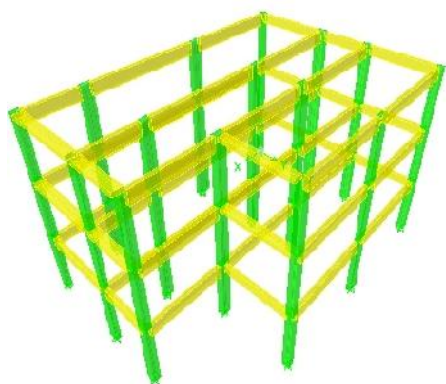
ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

**ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ**

( Α.Μ. 38161 )

**ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**

**ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ Ω.Σ.**



**ΕΙΣΗΓΗΣΗ-ΕΠΙΒΛΕΨΗ: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΡΕΠΑΠΗΣ**

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2013

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ:**

Η εργασία αυτή σηματοδοτεί την ολοκλήρωση των σπουδών μου το τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων στο ΤΕΙ Πειραιά. Πραγματοποιήθηκε με την καταβολή μεγάλης προσωπικής προσπάθειας. Ωστόσο, για την ολοκληρωτική συγκρότηση της εργασίας αυτής, συνεισέφεραν καθοριστικά, ο επιβλέπων καθηγητής, συνάδερφοι, φίλοι και συγγενικά πρόσωπα.

Εδώ θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, τον Κο **Κωνσταντίνο Ρεπαπή** για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε. Οι γνώσεις και η εμπειρία του με καθοδήγησαν στην εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας μου, σε ένα άκρως ενδιαφέρων θέμα και παράλληλα στην δημιουργία ενός «πολυεργαλειου» για μελλοντικό επαγγελματικό οδηγό ανάδειξης και απασχόλησης στο τομέα αναβάθμισης κτιρίων.

Επίσης, οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τον πατέρα μου **Σταματόπουλο Ιωάννη**, Αρχιτέκτων Μηχανικός του Ε.Μ.Π., για την ψυχολογική στήριξη καθώς και για τις χρήσιμες γνώσεις και συμβουλές του, που μου παρείχε όλο αυτό το διάστημα.

Την πτυχιακή εργασία την αφιερώνω στην οικογένεια μου, ως ελάχιστο δείγμα αναγνώρισης των θυσιών τους και της αγάπης τους για εμένα.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

### Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1. Περιγραφή .....	1
1.2. Ιστορικό Κτιρίου .....	2
1.3. Η Εξέλιξη Κανονισμών Κατασκευής Κτιρίων .....	5

### Κεφάλαιο 2: Λειτουργική και Αισθητική Αναβάθμιση

2.1. Εισαγωγή .....	8
2.2. Λειτουργική Αναβάθμιση .....	9
2.3. Αισθητική Αναβάθμιση .....	10

### Κεφάλαιο 3: Ενεργειακή Αναβάθμιση

3.1. Εισαγωγή .....	12
3.2. Θέρμανση .....	14
3.3. Μέθοδοι Ενεργειακής Αναβάθμισης .....	17
3.4. Βελτιωτικά Μέτρα για την Κατανάλωση Ενέργειας στον Οικιακό Τομέα .....	22
3.5. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας .....	25
3.5.1. Γεωθερμική Ενέργεια .....	26
3.5.2. Ηλιακή Ενέργεια .....	27
3.5.3. Φωτοβολταϊκά .....	27
3.5.4. Αιολική Ενέργεια .....	28
3.5.5. Υδροηλεκτρική Ενέργεια .....	29
3.5.6. Βιομάζα .....	29
3.5.7. Συμπεράσματα Α.Π.Ε. ....	30
3.6. Ενεργειακή Αναβάθμιση - ΚΕΝΑΚ – Ενεργειακοί Επιθεωρητές .....	31
3.7. Εφαρμογή Αναβάθμισης .....	32
3.8. Σχεδιασμός για αναβάθμιση ελευθέρων χώρων του κτιρίου .....	37

### Κεφάλαιο 4: Σεισμική Αποτίμηση Υφιστάμενων Κατασκευών

4.1. Εισαγωγή .....	42
---------------------	----

4.2. Σεισμική Αποτίμηση .....	45
4.3. Φάσματα αποκρίσεως .....	46
4.4. Ελαστικές Μέθοδοι.....	47
4.5. Ανελαστικές Μέθοδοι.....	49
4.6. Μη γραμμική στατική ανάλυση υπό αυξανόμενη ένταση (Ανάλυση Pushover) .....	51
4.6.1. Κατανομή των φορτίων .....	54
4.6.2. Στάθμες Επιτελεστικότητας .....	55
4.6.3. Προσδιορισμός της Στοχευόμενης Μετακίνησης .....	51
4.6.4. Η έννοια της Πλαστικής Άρθρωσης .....	54
4.7. Περιγραφή Σκελετού του Υφιστάμενου Κτιρίου .....	55

## **Κεφάλαιο 5: Εφαρμογή**

5.1. Εισαγωγή .....	65
5.2. Περιγραφή του προβλήματος .....	65
5.3. Εφαρμογή .....	66
5.4. Εξαγωγή Αποτελεσμάτων .....	71
5.5. Ενίσχυση .....	74
5.6. Εφαρμογή Ενίσχυσης .....	75

## **Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα**

6.1. Συμπεράσματα Λειτουργικής και Αισθητικής Αναβάθμισης .....	83
6.2. Συμπεράσματα Ενεργειακής Αναβάθμισης .....	83
6.3. Συμπεράσματα Εφαρμογής .....	85

## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

### 1.1. Περιγραφή:

Ο τίτλος της πτυχιακής εργασίας είναι: “ Βέλτιστος σχεδιασμός για την αναβάθμιση ενός υφιστάμενων κτιρίων Ωπλισμένο Σκυρόδεμα (Ω. Σ.)”. Στο πλαίσιο αυτής της πτυχιακής εργασίας λαμβάνεται ως δείγμα ένα τριώροφο κτίριο επί των οδών Λυκούργου και Κρόνου στην Νίκαια. Είναι ένα κτίριο με πέντε κατοικίες το οποίο κατασκευάστηκε με παλιές προδιαγραφές και κανονισμούς. Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκε το 1975 και έχει αριθμό αδείας 6290/1974.

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο την ποσοτικοποίηση μέσω αναλυτικής προσομοίωσης, της ανελαστικής απόκρισης του φέροντα οργανισμού του υφιστάμενου κτιρίου που προαναφέρθηκε. Με άλλα λόγια ο στόχος της εργασίας είναι, στο κτίριο που μελετάτε, να αποτιμηθούν κρίσιμοι παράγοντες συμπεριφοράς όπως η υπεραντοχή του κτιρίου, η μέγιστη διατιθέμενη παραμορφωσιμότητα του κτιρίου στην αστοχία, ο μηχανισμός κατάρρευσης, η απορρόφηση ενέργειας, η αναμενόμενη κατανομή των τοπικών βλαβών, η πλαστιμότητα και ο δείκτης συμπεριφοράς.

Έτσι, με την βοήθεια του προγράμματος ETABS, το υπό μελέτη κτίριο υποβάλλεται σε μη γραμμική στατική ανάλυση υπό αυξανόμενη ένταση και δημιουργείται η καμπύλη αντίστασης. Ελέγχονται τα κριτήρια διαρροής και αστοχίας και καθορίζεται το σημείο αστοχίας, από το οποίο προκύπτει η πλαστιμότητα, η υπεραντοχή και ο δείκτης συμπεριφοράς. Με εφαρμογή προσεγγιστικών μεθόδων (μέθοδος pushover), εκτιμάται η στοχευμένη μετακίνηση από σεισμό και ελέγχεται αν η μετακίνηση αυτή είναι μεγαλύτερη σε τιμή, από την μετακίνηση αστοχίας. Από την σύγκριση αυτή βγαίνει το συμπέρασμα εάν απαιτείται κάποια μορφή ενίσχυσης της κατασκευής. Παράλληλα γίνονται δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις υπό αυξανόμενης έντασης για την δημιουργία δυναμικών καμπύλων συμπεριφοράς, με σκοπό την εκτίμηση τιμών παρεχόμενης πλαστιμότητας και δείκτη συμπεριφοράς και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της στατικής ανελαστικής ανάλυσης.

Επιπλέον, το κτίριο αυτό μελετάται και στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης. Αρχικά, αναπτύσσεται η σημασία του άμεσου περιβάλλοντος σε συνδυασμό με την δόμηση κατοικιών στις μεγαλουπόλεις. Έπειτα αναλύονται με λεπτομέρειες, οι μέθοδοι που μπορούν να υιοθετηθούν στην κατασκευή που μελετάται σε αυτήν την εργασία, προκειμένου να εξασφαλιστεί εξοικονόμηση ενέργειας. Κάνοντας χρήση

μίας ηλεκτρονικής εφαρμογής που διαθέτει η ηλεκτρονική ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ), βγήκαν αποτελέσματα για την ενεργειακή κατηγορία του κτιρίου σύμφωνα με την υπάρχουσα κατάσταση του. Ύστερα, από τις επεμβάσεις που κρίθηκαν ως πιο σωστές και ταυτόχρονα οικονομικές να πραγματοποιηθούν, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ΤΕΕ – ΚΕΝΑΚ για να προσδιοριστεί η νέα ενεργειακή κατηγορία του κτιρίου αυτού.

Η εργασία αυτή ολοκληρώνεται με την αναφορά σε συμπληρωματικές ενέργειες βελτίωσης του κτιρίου σε διάφορους άλλους τομείς. Ειδικότερα, στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται η λειτουργική αναβάθμιση και η αισθητική αναβάθμιση που πραγματοποιείται στο κτίριο αυτό, καθώς επίσης, στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η αναβάθμιση ελευθέρων χώρων. Τέλος, στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο βρίσκονται τα συμπεράσματα για ολόκληρη την μελέτη που πραγματοποιήθηκε.

## **1.2. Ιστορικό Κτιρίου:**

Το κτίριο που βρίσκεται επί των οδών Λυκούργου και Κρόνου στην Νίκαια, θα το χρησιμοποιήσω ως υπόδειγμα για την πτυχιακή εργασία με τίτλο : “Βέλτιστος Σχεδιασμός για την Αναβάθμιση Υφιστάμενων Κτιρίων Ω. Σ.”. Το κτίσμα αυτό είναι σε γωνιακό οικόπεδο με προκήπια (πρασινές) πλάτους 3.00 μέτρων και με κύρια είσοδο από την οδό Κρόνου. Στο ισόγειο υπάρχουν δύο κατοικίες, ο χώρος της κυρίας εισόδου και το πλήρες κλιμακοστάσιο. Στο πρώτο όροφο υπάρχουν δύο κατοικίες και το κλιμακοστάσιο, ενώ ο δεύτερος όροφος έχει μία κατοικία και το κλιμακοστάσιο. Τέλος, στο δώμα βρίσκεται η απόληξη κλιμακοστασίου και το μηχανοστάσιο του ανελκυστήρα (εικόνες 1.1, 1.2, 1.3).

Οι κανονισμοί που ίσχυαν την περίοδο της κατασκευής του ήταν αρκετά περιορισμένοι σε αριθμό. Ήταν μόνο ο Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός του 1955, δηλαδή ο Κανονισμός του οπλισμένου σκυροδέματος (του 1954) και ο Αντισεισμικός Κανονισμός του 1959. Στην σημερινή εποχή, δηλαδή ύστερα από 40 περίπου χρόνια, έχουμε πλέον σε ισχύ, πλήθος νέων κανονισμών και με συνεχή πρόοδο και εξέλιξη αυτών μέχρι σήμερα. Το γεγονός της ραγδαίας εξέλιξης της τεχνολογίας σε συνάρτηση με την αλλαγή και αύξηση των απαιτήσεων μιας μέσης οικογένειας έκανε ακόμα πιο έντονη την ανάγκη εφαρμογής νέων κανονισμών και τεχνολογιών στις κατοικίες. Έτσι από το 1985 παρατηρείται πλέον συνεχή εξέλιξη του Αντισεισμικού Κανονισμού, από το 1979 νέες και συνεχώς εξελισσόμενες διατάξεις

για τις εγκαταστάσεις στα κτίρια και αναρίθμητα νομοθετήματα-οδηγίες στην Ελλάδα και σε όλο τον κόσμο στοχευόμενα στην προστασία του περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Πλέον, κρίνεται απαραίτητο να υπάρξουν οι αναγκαίες πρωτοβουλίες αναβάθμισης των κτιρίων και ειδικά στα μεγάλα αστικά κέντρα, στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό. Στην αναβάθμιση αυτή συμπεριλαμβάνονται πολλοί τομείς ταυτόχρονα αλλά και ο συνδυασμός τους. Αρκεί να αναλογισθούμε ότι από τότε, επικρατούν οι έννοιες «Ηλιακή Αρχιτεκτονική», «Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική», «Πράσινα Σπίτια», «Πράσινη Ταυτότητα», «Υβριδικά Σπίτια», «Κτίρια Ελάχιστης Ενεργειακής Κατανάλωσης», «Ενεργειακοί Επιθεωρητές», «Πρότυπη Οικολογική Κατοικία», «Φυτεμένα Δώματα», «Περιβαλλοντικό Ισοζύγιο», «Τρύπα του Όζοντος» και τόσες άλλες, ως μελλοντικές επιδιώξεις του ανθρώπου. Στόχος λοιπόν, αυτής της εργασίας είναι ο βέλτιστος σχεδιασμός για την αναβάθμιση του συγκεκριμένου κτιρίου. Ακολουθούν φωτογραφίες που δείχνουν την υπάρχουσα κατάσταση του κτιρίου (εικόνες 1.1, 1.2, 1.3).



**Εικόνα 1.1.: Υπάρχουσα κατάσταση του κτιρίου 1**





**Εικόνα 1.2.: Υπάρχουσα κατάσταση του κτιρίου 2**



**Εικόνα 1.3.: Υπάρχουσα κατάσταση του κτιρίου 3**

### 1.3. Η Εξέλιξη των Κανονισμών Κατασκευής Κτιρίων:

Σε αυτό το σημείο αξίζει να γίνει μία λεπτομερή αναφορά στους κανονισμούς που ισχύουν σήμερα, δηλαδή περίπου 40 χρόνια μετά από την κατασκευή και μελέτης της συγκεκριμένης οικοδομής:

- **Γενικοί Οικοδομικοί Κανονισμοί:**
  - Γ.Ο.Κ. του 1929
  - Γ.Ο.Κ. του 1955 Β.Δ. /9-8-1955 (ΦΕΚ 266<sup>Α</sup> / 30-9-1955)
  - Γ.Ο.Κ. του 1973 Ν.Δ. 8/9-6-1973 (ΦΕΚ 124 Α)
  - Γ.Ο.Κ. του 1985 Ν. 1577/18-2-1985 (ΦΕΚ 210 Α) και τροποποιήσεις αυτού  
Ν. 1647/86, Ν.1772/88, Ν. 1892/1990, Ν. 2052/1992.
  - Κτιριολογικός Κανονισμός της 30-1/3-2-1989 (ΦΕΚ 59 Δ) και τροποποίηση (ΦΕΚ Β /30-6-1989)
  - Γ.Ο.Κ. / 2000 Ν. 2831/2000 (13-6-2000)
  - Νέος Οικοδομικός Κανονισμός Ν.Ο.Κ. Ν. 4067/2012 (ΦΕΚ 39 Α /9-4-2012)
  
- **Αντισεισμικοί Κανονισμοί:**
  - Κανονισμός 1959 Β.Δ. 15605 – 19/26-2-1959 (ΦΕΚ 36/26-2-1959)
  - Τροποποίηση και συμπλήρωση με το Π.Δ. 1020/1-11-1981 : «περί αντισεισμικού κανονισμού οικοδομικών έργων»
  - Πρόσθετες Διατάξεις 1984 με ΕΔ2α/01/44/ΦΝ 275/4-4-1984 (Υπουργική Απόφαση) και την ΕΔ 2γ/01/94/ΦΝ275/30-9-1985 (ΦΕΚ 587Β)
  - Έγκριση Νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού με αποφ. Υπ. ΠΕΧΩΔΕ Δ17α/08/32/ΦΝ 275/30-11-1992 (ΦΕΚ Β 613)
  - Τροποποίηση Νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού ΝΕΑΚ 1995 Υ.Α. Δ17α104/46/ΦΝ 275/1995 (534 Β) και συμπλήρωση Υ.Α. Δ17α/01/49/ΦΝ 275/1995 (ΦΕΚ 588/Β/6-7-1995)
  - Έγκριση Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού ΕΑΚ 2000 με αποφ. Υπ. ΠΑΡΩΔΕ Δ17α/141/3/ΦΝ 275/15-12-1999 (ΦΕΚ 2184 / Β / 20-12-1999) και (ΦΕΚ 423 Β/12-4-2001) και τροποποίηση με ΕΑΚ 2003 (ΦΕΚ 781 Β/18-6-2003) & (ΦΕΚ 1153 Β/12-8-2003)
  - Ευρωκώδικας 8 και Κανονισμός Επεμβάσεων σε υφιστάμενες κατασκευές EC8-KAN. ΕΠΕ

- **Κανονισμοί Οπλισμένου Σκυροδέματος:**

- Κανονισμός Φορτίσεων του 1945 (ΦΕΚ 325 Α/31-12-1945) και (ΦΕΚ 171 Α/1946)
- Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος Β.Δ. της 18-2/26-7-1954 (ΦΕΚ 160 Α)
- Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος ΑΠΟΦ. ΕΔ2α/01/22 της 8-3/9-5-1985 (ΦΕΚ266 Β)
- Νέος Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος ΝΕΚΩΣ του 1991 ΑΠ. Δ11ε/0/30123 της 21-10/31-12-1991 (ΦΕΚ 1068 Β) και τροποποίηση αυτού την 13-3-1995
- Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος του 1997 (ΦΕΚ 315/Β/17-4-1997)
- Έγκριση Ελληνικού Κανονισμού για Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Οπλισμένο Σκυρόδεμα ΕΚΩΣ του 2000 (ΦΕΚ 1329 Β/6-11-2000) και (ΦΕΚ 447 Β/5-3-2004)
- Ευρωκώδικας 2 (EC2)

- **Άλλοι Σχετικοί Κανονισμοί:**

- Χώροι Θέσεων Στάθμευσης Αυτοκίνητων Ν. 960 της 21/25-8-1979 (ΦΕΚ 194 Α ) και συμπληρώσεις, τροποποιήσεις αυτού Ν.Δ. 165 της 25-1/26-2-1980 (ΦΕΚ 46 Α), Ν.Δ. 1221 της 5/5-10-1981 (ΦΕΚ 292 Α ), 1339 / 1981, Π.Δ. 92 / 1982 (ΦΕΚ 12 Α/2-2-1982), Π.Δ. της 3/10-8-1987 (ΦΕΚ 749 Δ ), Ν. 1892/90 (ΦΕΚ 10 /Α), Π.Δ. 10-4-1991 (ΦΕΚ 164 Δ/10-4-1991), Ν. 2052 της 3/5-6-1992 (ΦΕΚ 92 Α), Αποφ. Της 15-2/2-3-1993 (ΦΕΚ 167 Δ), Π.Δ. 230 της 1/15-6-1993 (ΦΕΚ 94 Α), Π.Δ. 350 της 10/17-9-1996 (ΦΕΚ 230 Α), Π.Δ. 111 / 2004 (ΦΕΚ 76/Α/5-3-2004)
- Κανονισμός Θερμομόνωσης των Κτιρίων Π.Δ. της 1-6/4-7-1979 (ΦΕΚ 362 Δ)
- Κανονισμός Πυροπροστασίας των Κτιρίων Π.Δ. 71 της 15/17-2-1988 (ΦΕΚ 32/Α/1988)
- Διαδικασίες, απαιτήσεις και κατευθύνσεις για την διεξαγωγή ενεργειακών επιθεωρήσεων Απόφαση Δ6/Β/11038 ΦΕΚ 1526/Β/27-7-1999
- Μέτρα για την μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτιρίων και άλλες διατάξεις νομός 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α/19-5-2008)
- Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων Κ.ΕΝ.Α.Κ. (ΦΕΚ Β 407/9-4-2010) και Π.Δ. 100/30-9-2010 (ΦΕΚ Α 177) για τους Ενεργειακούς Επιθεωρητές

- Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. για υπολογισμό Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων ΦΕΚ 1413 /30-4-2012
- Εγκατάσταση Αερίων Καυσίμων Π.Δ. 420/19 /20-10-1987 (ΦΕΚ 187 Α)

- **Κανονισμοί Ευρωπαϊκοί – Ελληνικοί:**

Πρότυπα ΕΛΟΤ 959 και 971 ταυτίζονταν με ΕΥ 80-69 και ΕΥ 80-85 του 1987 Ευρωπαϊκά πρότυπα EN 10080 με απονομή σήμανσης CE του 2005 και υιοθετήθηκαν στην Ελλάδα το 2006 με το ΕΛΟΤ 1421-1, το ΕΛΟΤ 1421-2 και το ΕΛΟΤ 1421-3 με το ΦΕΚ 649/β/24-5-2006

## Κεφάλαιο 2: Λειτουργική και Αισθητική Αναβάθμιση

### 2.1. Εισαγωγή:

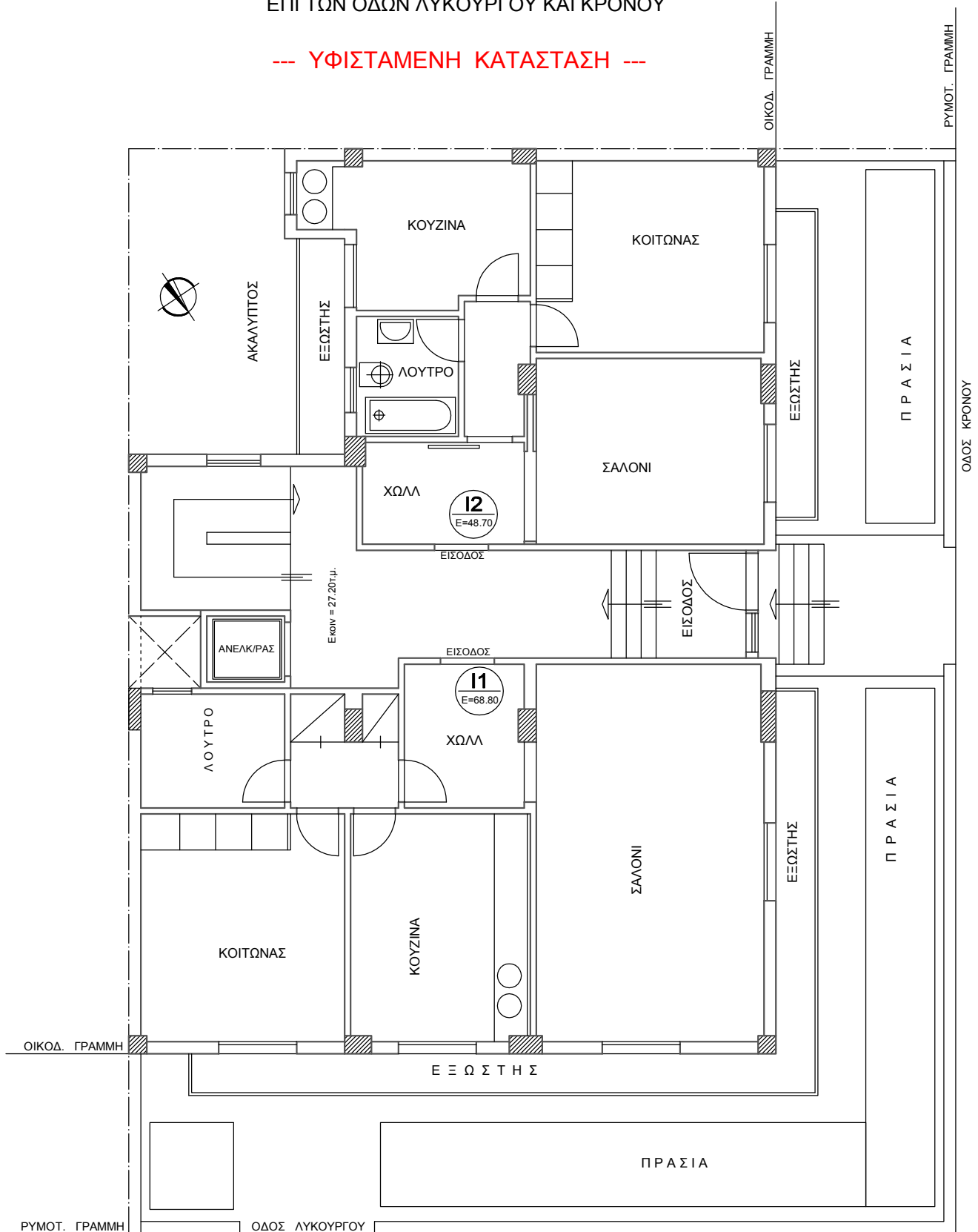
Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στην λειτουργική και αισθητική αναβάθμιση του κτιρίου που μελετάται στο πλαίσιο της εκπόνησης αυτής της εργασίας.

Οι ανάγκες μιας οικογένειας μεταβάλλονται σημαντικά από εποχή σε εποχή στο τομέα της κατοικίας. Ο σχεδιασμός του κτιρίου πραγματοποιήθηκε πριν το 1980, δηλαδή μετά το πέρας περίπου 40 χρόνων από την κατασκευή του, γεγονός που μαρτυρά την αναγκαιότητα της αναβάθμισης του για να φτάσει τις προδιαγραφές ενός σύγχρονου κτιρίου.

Όμως πριν αναφερθούν οι λεπτομέρειες της αναβάθμισης θα πρέπει πρώτα να παρουσιαστεί η υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου (σχέδια 1, 2, 3, 4). Συγκεκριμένα, τα σχέδια που ακολουθούν αποκαλύπτουν την υπάρχουσα κατάσταση, επί της οποίας θα πραγματοποιηθούν οι κατάλληλες επεμβάσεις.

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΗΡΙΟ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΝΙΚΑΙΑΣ  
ΕΠΙ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΝΟΥ

--- ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ---



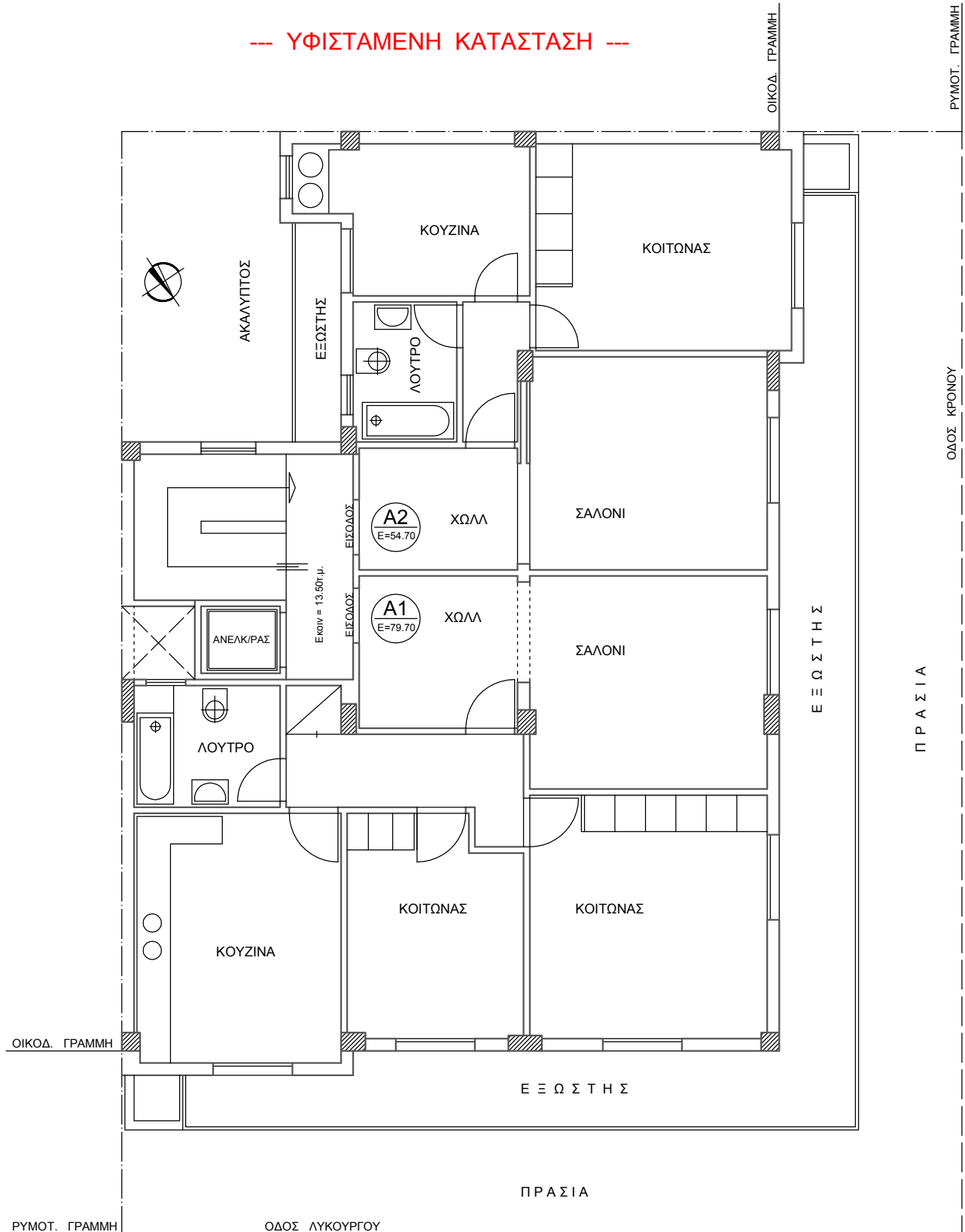
ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ ΚΛ. 1:100



ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ  
ΕΝΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΗΡΙΟ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΝΙΚΑΙΑΣ  
ΕΠΙ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΝΟΥ

--- ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ---

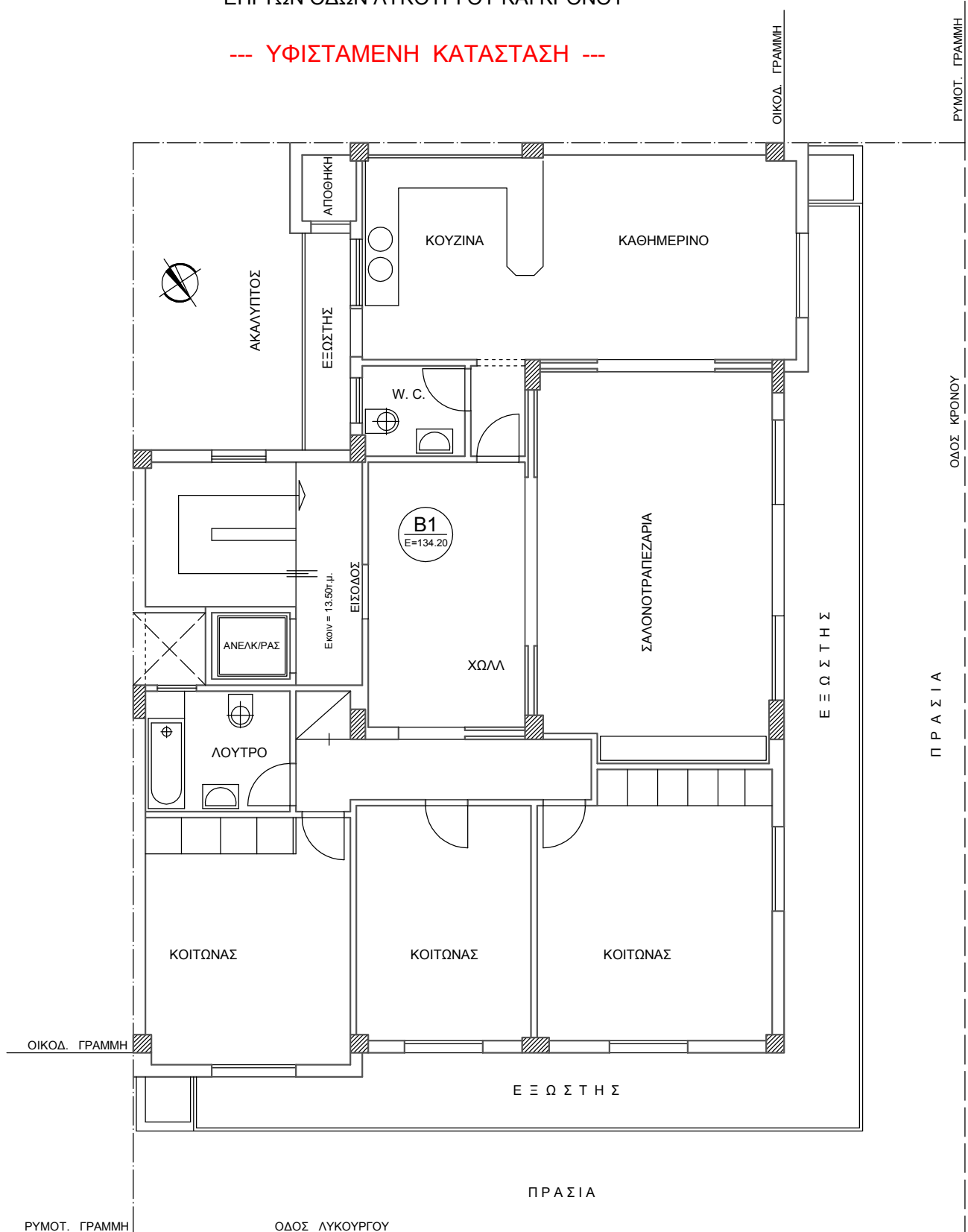


ΚΑΤΟΨΗ Α' ΟΡΟΦΟΥ ΚΛ. 1:100

**ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ  
ΕΝΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΗΡΙΟ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΝΙΚΑΙΑΣ  
ΕΠΙ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΝΟΥ

--- ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ---



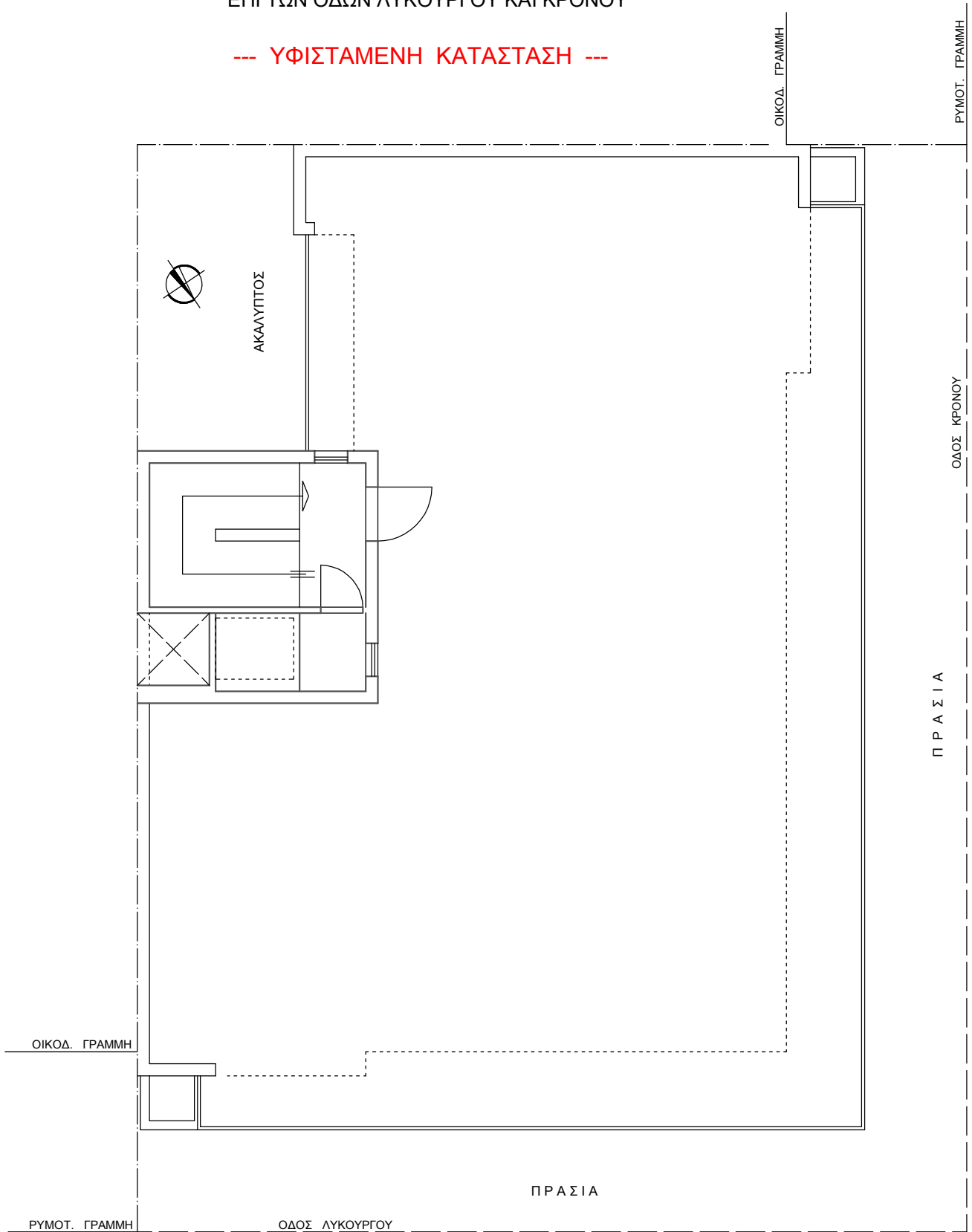
ΚΑΤΟΨΗ Β' ΟΡΟΦΟΥ ΚΛ. 1:100



**ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ  
ΕΝΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΗΡΙΟ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΝΙΚΑΙΑΣ  
ΕΠΙ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΝΟΥ

--- ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ---



ΚΑΤΟΨΗ ΔΩΜΑΤΟΣ ΚΛ. 1:100

## 2.2. Λειτουργική Αναβάθμιση:

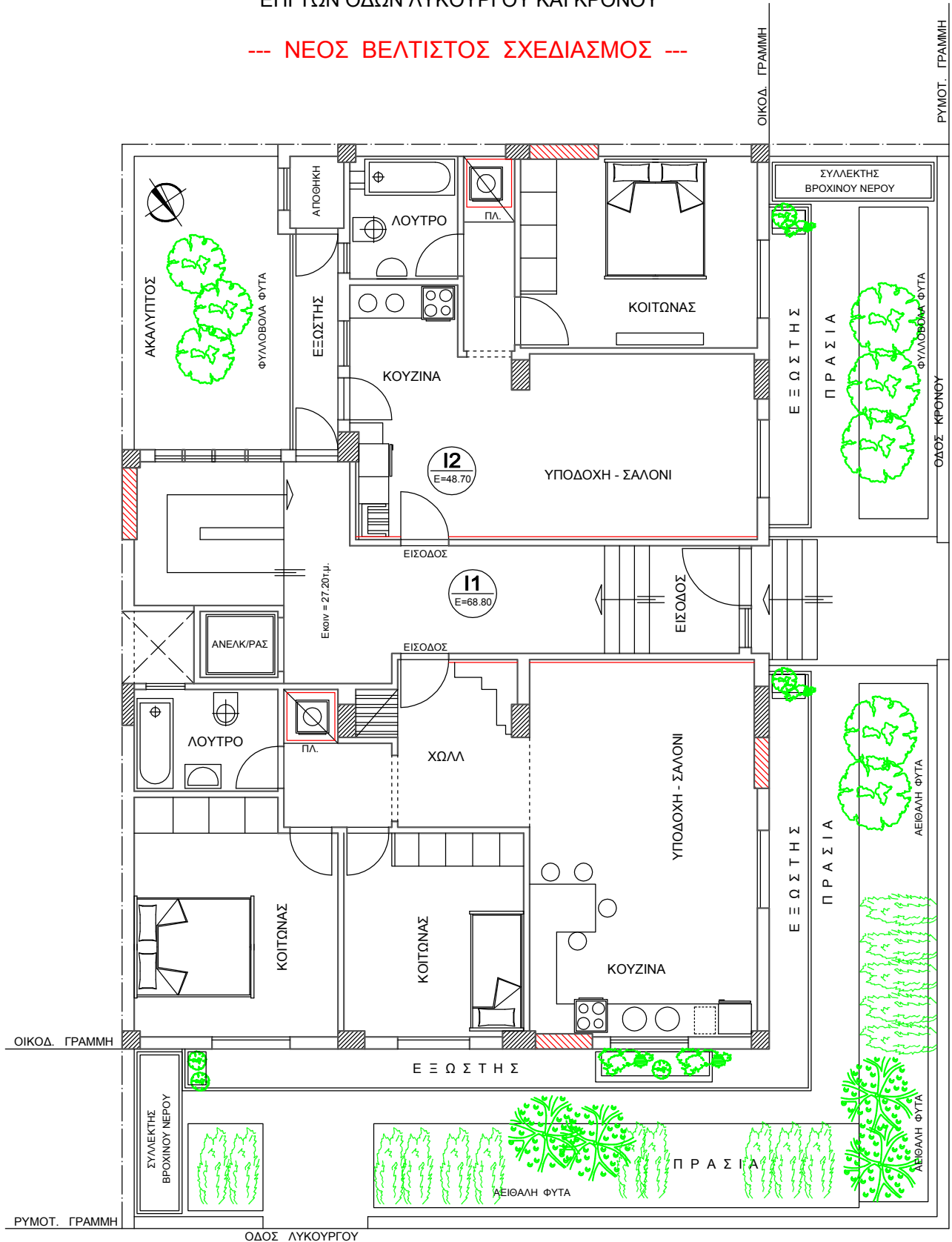
Οι παλιές αντιλήψεις, οι παλιές επιδιώξεις και οι παλιές προδιαγραφές στις κατοικίες και γενικά στα κτίρια οδήγησαν σε χώρους μικρούς, πολλούς διάδρομους, με συνθήκες μη ικανοποιητικές, προκειμένου να γίνει όσο το δυνατόν εκμετάλλευση περισσότερων χώρων. Η κατάσταση αυτή δημιούργησε «ασφυξία» στη λειτουργία των κατοικιών και να νιώθουν οι ένοικοι κυριολεκτικά εγκλωβισμένοι.

Σήμερα καταργούνται διαχωριστικοί τοίχοι και ενοποιούνται χώροι οι όποιοι γίνονται πιο σύνθετοι στην λειτουργία τους, αλλά διατηρώντας πάντα το αίσθημα της άνεσης και της ελευθερίας. Η κουζίνα, το σαλόνι, η τραπεζαρία, το καθιστικό και το χωλ είναι λειτουργίες, όπου ανάλογα με την συνολική επιφάνεια της κατοικίας και ανάλογα με τις απαιτήσεις της οικογενείας μπορούν να συνυπάρχουν στον ίδιο χώρο. Αυτή η ανοιχτή εσωτερική διάρθρωση και επικοινωνία των χώρων μεταξύ τους, σίγουρα επηρεάζει και τις σχέσεις ανάμεσα στα μέλη της οικογένειας και καθιερώνει, πιθανόν, νέους τρόπους συμπεριφοράς και επικοινωνίας μεταξύ τους. Ο διαχωρισμός αυτών των χώρων, πλέον, γίνεται σύμφωνα με τις επιθυμίες της οικογενείας, που θα κάνει χρήση αυτού του ενοποιημένου χώρου. Για κάθε οικογένεια το σπίτι αποτελεί το "βασιλείο" της, όπου μπορεί να εκφραστεί ελεύθερα, να αναπληρώσει τις δυνάμεις του και γενικώς να βιώσει τις προσωπικές του στιγμές. Τίποτα όμως απ' όλα αυτά δεν μπορούμε να κάνουμε αν ζούμε σε ένα σπίτι που μας περιορίζει. Γι' αυτό το λόγο όταν φτιάχνετε ένα σπίτι η αναβαθμίζεται, καλό θα είναι να μελετάται πολύ προσεκτικά ο τρόπο που θα το κατασκευαστεί σε συνδυασμό με τις ανάγκες των μελλοντικών ενοίκων ώστε να μην ζούνε σε ένα χώρο που δεν μπορούν να εκφράσουν τις βαθύτερες ανάγκες τους μέσα σε αυτόν. Εφαρμογή αυτής της λειτουργικής αναβάθμισης για το κτίριο μας φαίνεται στα σχέδια που ακολουθούν με την εξής αρίθμηση 8, 9, 10, 11.

**ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ  
ΕΝΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΗΡΙΟ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΝΙΚΑΙΑΣ  
ΕΠΙ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΝΟΥ

**--- ΝΕΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ---**

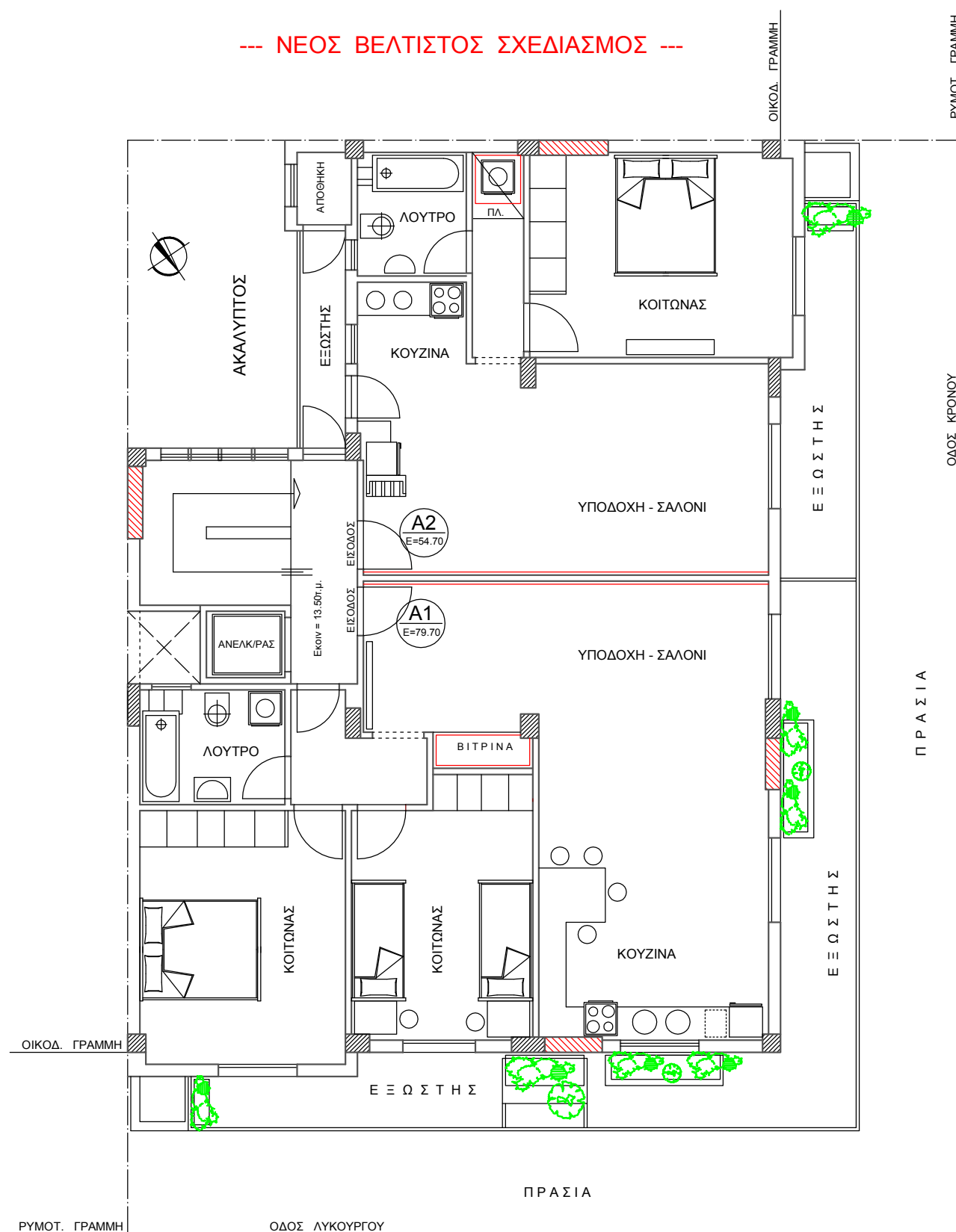


ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ ΚΛ. 1:100

**ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ  
ΕΝΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΗΡΙΟ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΝΙΚΑΙΑΣ  
ΕΠΙ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΝΟΥ

--- ΝΕΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ---

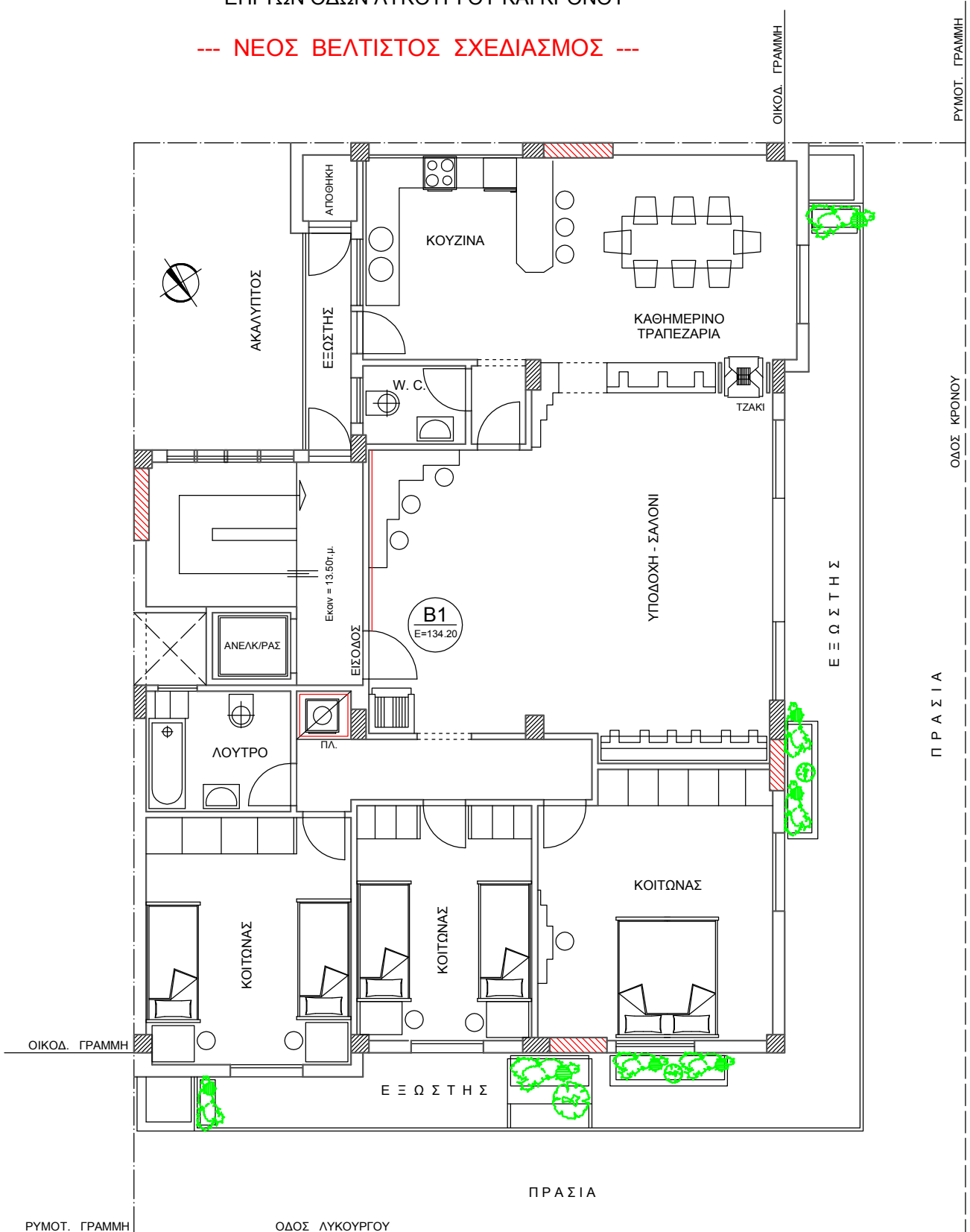


ΚΑΤΟΨΗ Α' ΟΡΟΦΟΥ ΚΛ. 1:100

**ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ  
ΕΝΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΗΡΙΟ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΝΙΚΑΙΑΣ  
ΕΠΙ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΝΟΥ

--- ΝΕΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ---

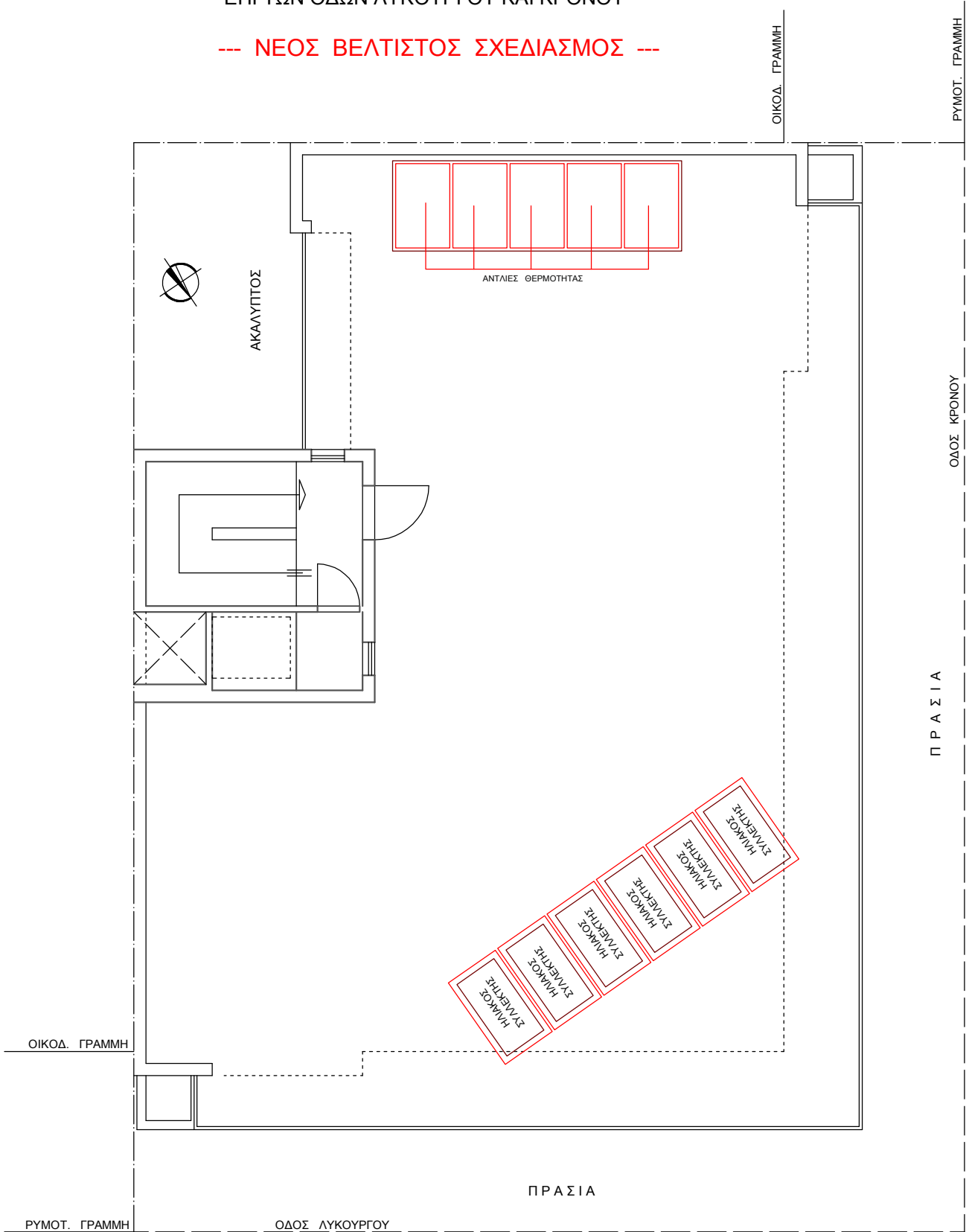


ΚΑΤΟΨΗ Β' ΟΡΟΦΟΥ ΚΛ. 1:100

**ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ  
ΕΝΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΗΡΙΟ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΝΙΚΑΙΑΣ  
ΕΠΙ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΝΟΥ

**--- ΝΕΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ---**



ΚΑΤΟΨΗ ΔΩΜΑΤΟΣ ΚΛ. 1:100

Ειδικότερα, οι αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη περίπτωση για να βελτιωθεί η λειτουργική κατάσταση του κτιρίου είναι οι εξής: καταργήθηκαν οι διαχωριστικοί τοίχοι των χωλλ, οι κουζίνες ενοποιήθηκαν με τους χώρους υποδοχής, διανοίχτηκαν βοηθητικές είσοδοι από το πλατύσκαλο της κλίμακας καθώς επίσης τοποθετήθηκε πλυντήριο ρούχων στην πλέον κατάλληλη θέση. Επιπλέον γίνεται και επένδυση των διαχωριστικών τοίχων μεταξύ των κατοικιών ή και της εισόδου με θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες, γεγονός που θα αναφερθεί και θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο της εργασίας αυτής.

### **2.3. Σχεδιασμός για Αισθητική Αναβάθμιση Κτιρίου:**

Μετά την πραγματοποίηση της λειτουργικής αναβάθμισης του κτιρίου, που μελετάται σε αυτήν την πτυχιακή εργασία, ακολουθεί η αισθητική αναβάθμιση του.

Αρχικά, ξεκινώντας από τα δάπεδα των ενοποιημένων χώρων των κατοικιών (Χωλ, διάδρομοι, υποδοχή, σαλόνι, κουζίνα και βεράντες) θα πρέπει να ενισχυθούν με επίστρωση πρόσθετων πλακιδίων επί των ήδη υπαρχόντων δαπέδων σε ενιαία ανοιχτόχρωμη απόχρωση. Αισθητικά ωραίο θα ήταν να διαφοροποιηθούν ως προς το είδος και το χρώμα να οι χώρους των υπνοδωματίων και των λουτρών, για να φανερώνεται έντονα η διαφορά χρήσης του κάθε χώρου στο σπίτι. Έτσι αποφεύγεται η χρονοβόρα εργασία της αποξήλωση των παλιών δαπέδων, οι άσκοπες δαπάνες καθώς και προβλήματα που ενδέχεται να προκύψουν από αυτήν. Στον χώρο της κουζίνας, όπου η νοικοκυρά δαπανά αρκετές ώρες της ημέρας, η αισθητική των ντουλαπιών αλλά και η γενικότερη διακόσμηση, θα πρέπει να διαμορφωθεί έτσι ώστε να αρμόζει στον ενιαίο πλέον χώρο και στην συνολική επίπλωση του διαμερίσματος.

Όσο αφορά τα ανοίγματα του κτιρίου αυτού, τα κουφώματα που θα αντικατασταθούν για λόγους ενεργειακής αναβάθμισης (αναφορά κεφάλαιο 3 παράγραφος 3.7) θα πρέπει εσωτερικά να διαθέτουν ιδιαίτερο «χαρακτήρα». Για παράδειγμα, οι εσωτερικές πόρτες θα μπορούσαν να είναι ταμπλαδωτές ή με σκοτιες σε γραμμικά και αφηρημένα σχέδια. Οι εξωτερικές πόρτες των κατοικιών καλό θα ήταν να συνδυάζουν τα εξής χαρακτηριστικά: τη δυνατότητα της πυροπροστασίας, την ικανότητα της ηχομόνωσης, της θερμομόνωσης, της ασφάλειας και βεβαίως της αισθητική.

Στον τομέα της επιλογής των χρωμάτων στα διαμερίσματα υπάρχουν κάποιοι γενικοί “κανόνες” που έχουν προκύψει από στατιστικές μελέτες σύμφωνα με την ψυχολογία του ανθρώπου απέναντι στους χρωματισμούς. Έτσι, λοιπόν, για τους

τοίχους κυρίως, οι χρωματισμοί θα πρέπει να ηρεμούν, να ησυχάζουν τους ενοίκους και ταυτόχρονα να έχουν μια ποικιλία που κατά κανόνα να είναι ευεργετική. Ένας συνδυασμός του πρασίνου που ησυχάζει λόγω ταύτισης του με το φυσικό περιβάλλον και του μπλε που καταπραΰνει λόγω σύνδεσης του με τον ουρανό θα μπορούσε εφαρμοστεί στον ενιαίο πολυλειτουργικό χώρο, όπως αυτό αναφέρεται και σε αφιέρωμα του τεχνικού περιοδικού με τίτλο «Κατασκευαστής» (χρώμα και άνεση). Έτσι πετυχαίνεται και η εναρμόνιση και με το πράσινο περιβάλλον των ακάλυπτων χώρων που αναφέρεται με λεπτομέρειες στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας αυτής στην παράγραφο 3.8. Η διαφοροποίηση των χρωμάτων θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μόνο σε ένα από στενούς τοίχους των ανεξάρτητων μεγάλων χώρων σε δυο «τόνους» πιο βαθύ της ίδιας απόχρωσης, ώστε να μη καταλήγει σε απόλυτη μονοτονία, όπως αναφέρεται χαρακτηριστικά σε ένα άλλο αφιέρωμα του ίδιου περιοδικού (χρώμα στην οικοδομή). Επίσης, η διχρωμία αυτή θα ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθεί με κάποιου είδους τεχνοτροπία όπως για παράδειγμα σε μορφή κυματισμών.

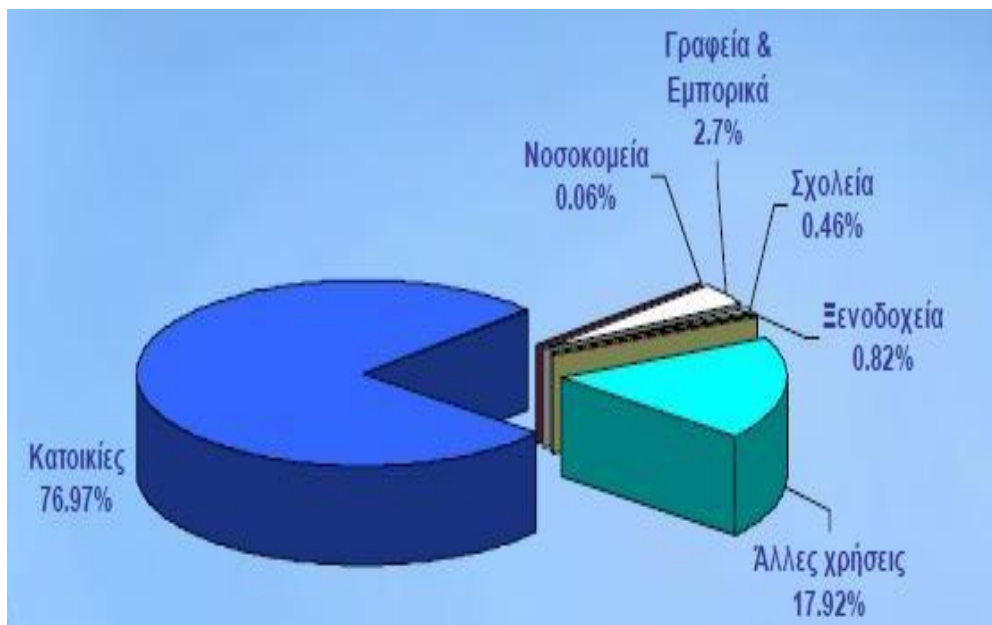
Τέλος, οι σκοτεινοί χώροι, όπως διάδρομοι κ.α., χρήσιμο θα ήταν να φωτιστούν με ζωνηρά χρώματα όπως το κίτρινο, το οποίο αντικατοπτρίζει το φως του ήλιου και έχει την ικανότητα να μεγαλώνει τον χώρο. Επίσης, οι σκοτεινοί χώροι ωραίο θα ήταν να βαφτούν με αγνά χρώματα όπως είναι το άσπρο ή το μπεζ ή ακόμα συνδυασμό αυτών, τα οποία είναι χρώματα που συμβολίζουν την καθαριότητα. Αντίθετα, τα υπονοδωμάτια καλό θα ήταν να χαρακτηρίζονται από άτονα και απαλά χρώματα για να συμβάλουν στην χαλάρωση του ανθρώπου τις ώρες που πρόκειται να κοιμηθεί και να βοηθήσουν στην καταπολέμηση τυχών προβλημάτων αϋπνίας στους ενοίκους. Εάν πρόκειται για παιδικό υπονοδωμάτιο, ένα απαλό ροζ για τα κορίτσια εμπνέει ένα αίσθημα ηρεμίας και χαλάρωσης, ενώ για τα αγόρια το ανοιχτό πράσινο προσφέρει ψυχική και σωματική χαλάρωση καθώς και αισθήματα ασφάλειας.



## Κεφάλαιο 3: Ενεργειακή Αναβάθμιση

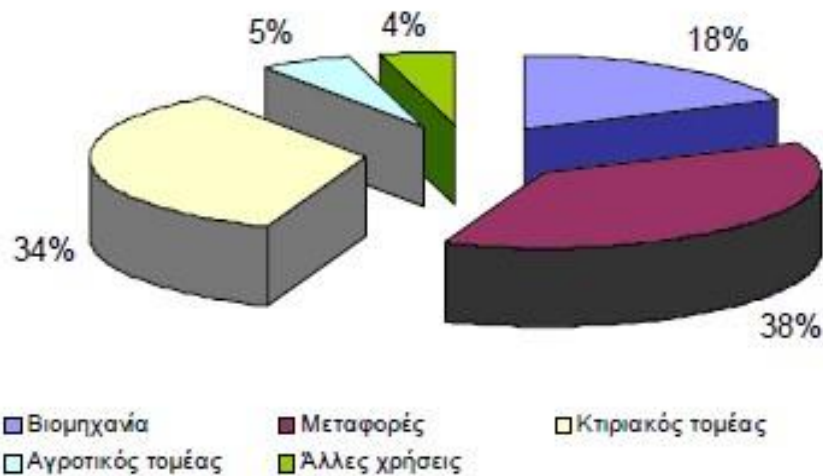
### 3.1. Εισαγωγή:

Στις μέρες μας, το δομημένο περιβάλλον στην Ελλάδα, και ιδιαίτερα στις μεγάλες πόλεις της, χαρακτηρίζεται ως πολυπληθές και αναχρονιστικό. Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΣΥΕ 2006, το μεγαλύτερο ποσοστό των οικοδομών αποτελούν κατοικίες σε ποσοστό περίπου 77%, επομένως οι μεγαλύτερες ενεργειακές δαπάνες προέρχονται από αυτές (εικόνα 3.1). Ειδικότερα αν σκεφτεί κανείς ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών, λόγω της παλαιότητας τους δεν είναι μονωμένα, όπως θα αναλυθεί πιο κάτω.



Εικόνα 3.1.: Στοιχεία ΕΣΥΕ 2006

Επίσης, από μία άλλη σημαντική πηγή, ΥΠΑΝ 2008, μπορούμε να πάρουμε τα εξής δεδομένα: ο τομέας των μεταφορών είναι ο πιο απαιτητικός στην ενεργειακή κατανάλωση και αμέσως μετά ακολουθεί ο κτιριακός τομέας με μικρή διαφορά (εικόνα 3.2).



**Εικόνα 3.2.: Στοιχεία ΥΠΑΝ 2008**

Έτσι λοιπόν, η ανάγκη για μία διαφορετική διαχείριση της ενέργειας είναι έντονη στα κτίρια κατοικιών. Τον Δεκέμβριο του 1997, η Σύνοδος των συμβαλλομένων μερών στη σύμβαση Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Αλλαγές, προχώρησε στον καθορισμό συγκεκριμένων δεσμεύσεων, που έπρεπε να αναληφθούν προκειμένου να προστατευθεί το κλίμα. Σιγά-σιγά ήρθε στην επικαιρότητα το ζήτημα για μία αλλαγή στην τεχνολογία δόμησης καθώς η ποιότητα του περιβάλλοντος πολλών αστικών κέντρων επιδεινώνεται ραγδαία και σε λίγες δεκαετίες θα είναι ανυπόφορη.

Η λεγόμενη οικολογική δόμηση είναι κυρίως το αποτέλεσμα μιας ολοκληρωμένης και πολύπλοκης σύνθεσης, που λαμβάνει υπ' όψιν της ένα μεγάλο σύνολο παραμέτρων: την τοπογραφία των οικοπέδων, το έδαφος, το μικρόκλιμα, τον προσανατολισμό των κτιρίων, την σωστή επιλογή των ανοιγμάτων, την μελέτη του κελύφους, την επιλογή των κατάλληλων υλικών. Ενδιαφέρεται ακόμη για την λειτουργική ενσωμάτωση στο κτίριο, των συστημάτων παραγωγής ενέργειας, ενώ προτείνεται σύγχρονα συστήματα για την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον. Το κτίριο δεν είναι πλέον ένα άθροισμα ετερόκλητων στοιχείων αλλά ένα ολοκληρωμένο κύτταρο για την πόλη και τον άνθρωπο.

Όμως αυτό δεν σημαίνει πως τα περιθώρια επεμβάσεων στα υφιστάμενα κτίρια είναι μικρά. Με σχετικά μεγάλες δαπάνες και φιλικές προς τον χρήστη τεχνολογίες, μπορούμε να μειώσουμε σημαντικά τις απώλειες θερμότητας, να προστατεύουμε τα σπίτια από την υπερθέρμανση τους καλοκαιρινούς μήνες, να χρησιμοποιούμε φιλικά προϊόντα προς το περιβάλλον για τις επισκευές, να βελτιώνουμε τις συνθήκες

φυσικού φωτισμού και να ανεβάζουμε την απόδοση των μηχανικών συστημάτων. Οι δαπάνες που μπορεί αρχικά να φαίνονται ως υπερβολικές, μπορούν να αποσβεσθούν πολύ σύντομα από την μείωση του κόστους λειτουργίας και την δημιουργία καλύτερων όρων διαβίωσης. Έτσι, λοιπόν, στην εργασία αυτή θα αναφερθούμε σε διάφορους τρόπους ενεργειακής αναβάθμισης ενός κτιρίου και στον τρόπο που αυτοί μπορούν να εφαρμοστούν στο κτίριο που μελετάται σε αυτήν την εργασία.

Στην σύγχρονη ελληνική πραγματικότητα, η εξέλιξη των συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας βρίσκεται σε αρχικό στάδιο, καθώς οι μέθοδοι κατασκευής ήταν συνήθως διαφορετικές. Επιπλέον, το πρόβλημα αυτό χειροτέρευε από το γεγονός της έλλειψης κανονιστικού πλαισίου για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Οι ανακοινώσεις προγραμμάτων ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων οδήγησαν στην απότομη ανάπτυξη συστημάτων ενεργειακής βελτίωσης. Η αύξηση του κόστους της ενέργειας, η μείωση των αποθεμάτων καθώς και η υποχρέωση εναρμόνισης με την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, οδήγησε στην εφαρμογή του KENAK. Πλέον, η ενεργειακή επιθεώρηση, τα ενεργειακά πιστοποιητικά και οι ενεργειακές αναβαθμίσεις κτιρίων γίνονται απαραίτητα για κάθε κατασκευή.

### 3.2. Θέρμανση:

Την αυξητική τάση που έχουν οι τιμές του πετρελαίου θέρμανσης προσπαθούν να αποφύγουν τα νοικοκυριά αναζητώντας εναλλακτικές μορφές ενέργειας για να ζεσταθούν τους χειμερινούς μήνες. Υπάρχουν οκτώ πηγές θέρμανσης που μπορούν να επιλέξουν οι καταναλωτές συγκρίνοντας τα πλεονεκτήματα με τα μειονεκτήματα αυτών. Αυτές είναι οι εξής:

- Φυσικό αέριο: Ένα από τα πλεονεκτήματα του φυσικού αερίου, είναι πως η οικογένεια δεν έχει την έγνοια αν άδειασε η δεξαμενή γιατί είναι διαρκής η παροχή του καυσίμου καθώς και εάν ο διανομέας έκλεψε κατά την διάρκεια της παράδοσης. Επίσης, το κόστος εγκατάστασης είναι μικρό και σε πολύ μικρό διάστημα χρήσης, έχει εξαλειφθεί. Η Εταιρία Παροχής Αερίου Αττικής έχει ειδικά χρηματοδοτικά προγράμματα με διευκολύνσεις πληρωμής. Ένα βασικό μειονέκτημα είναι πώς δεν έχουν όλες οι περιοχές δίκτυο. Στο κτίριο που μελετάμε, έχει δίκτυο για την παροχή φυσικού αερίου, επομένως η εγκατάσταση του είναι μία εφαρμογή που μπορεί να επιφέρει σημαντικά οφέλη από οικονομικής και ενεργειακής κυρίως απόψεως.

- Πετρέλαιο θέρμανσης: Το πλέον διαδεδομένο συμβατικό μέσο θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιείται σε μεγάλο ποσοστό στο παράδειγμα του κτιρίου μας. Η λειτουργία του στηρίζεται στην κυκλοφορία ζεστού νερού μέσα σε θερμαντικά σώματα (καλοριφέρ), που μεταδίδουν την θερμότητα στον χώρο. Η ποιότητα της θέρμανσης με πετρέλαιο είναι η αρκετά αποδοτική, ενώ οι καυστήρες έχουν μεγάλη απόδοση σε σχέση με άλλους τρόπους. Για να πετύχουμε καλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, καλό θα ήταν να ληφθούν τα παρακάτω μέτρα: τακτική συντήρηση του καυστήρα, μόνωση των σωληνώσεων διανομής, έλεγχος της θερμοκρασίας του λέβητα, κ.τ.λ. Όμως, επειδή η τιμή του είναι αρκετά υψηλή σε σύγκριση με το εισόδημα της σύγχρονης μέσης οικογένειας και λόγω της ραγδαίας μείωσης κοιτασμάτων πετρελαίου, θα πρέπει να αναζητηθούν και να εφαρμοστούν εναλλακτικές μορφές ενέργειας, τις οποίες θα μελετήσουμε στην συνέχεια.
- Κλιματιστικές συσκευές κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος: Είναι αλήθεια ότι ο τομέας των κλιματιστικών έχει πραγματοποιήσει σημαντικές τεχνολογικές βελτιώσεις όσον αφορά τις επιπτώσεις που έχει επιφέρει στο περιβάλλον και στην υγεία των πολιτών. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει προχωρήσει στην αντικατάσταση των συσκευών που λειτουργούν με βάση την “παλιά γενιά” των ψυκτικών ουσιών, καθώς και στην κλιμακωτή απόσυρση των προϊόντων και των ανταλλακτικών που σχετίζονται με αυτές. Κύριο ζήτημα προς επίλυση είναι η καταλυτική συμβολή τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και κατ’ επέκταση στις κλιματικές αλλαγές. Ισχύει ο κανόνας πως για κάθε κιλοβατώρα που δαπανούμε θερμαινόμαστε με διπλάσια ενέργεια, με τα σύγχρονα κλιματιστικά. Τα κλιματιστικά με inverter πετυχαίνουν ακόμη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας. Στα αρνητικά των κλιματιστικών συγκαταλέγεται η δαπάνη για την αγορά συσκευών και πως η θέρμανση δεν διαρκεί. Έτσι, στο παράδειγμα μας, θα μπορούσε να αποτελέσει μία ικανοποιητική λύση να αντικατασταθούν τα κλιματιστικά με άλλα, νεότερης τεχνολογίας, με εξελιγμένα τεχνικά χαρακτηριστικά. Η κίνηση αυτή για να μην αποβεί αρκετά δαπανηρή καλό θα ήταν να πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο κάποιων επιδοτούμενων προγραμμάτων απόσυρσης που κατά καιρούς πραγματοποιούνται.
- Θερμαντικά σώματα (ηλεκτρικά καλοριφέρ, αερόθερμα): Τα σώματα αυτά είναι αρκετά δαπανηρά, αφού καίνε περισσότερο από τα προηγούμενα που αναφέρθηκαν, προκειμένου να φέρουν έναν χώρο σε ικανοποιητική θερμοκρασία.

Γι' αυτό καλό θα ήταν να μην γίνεται υπερβολική χρήση αυτών γενικώς, αλλά και ειδικώς στο συγκεκριμένο κτίριο.

Στην συνέχεια θα αναφερθούν τρεις νέες μορφές θέρμανσης, που μέχρι τώρα η συντριπτική πλειονότητα των νοικοκυριών δεν τις γνωρίζει και τις οποίες μπορούμε να αξιοποιήσουμε ως έναν βαθμό στο κτίριο που θα πραγματοποιήσουμε ενεργειακή αναβάθμιση. Στο τέλος του κεφαλαίου αυτού πραγματοποιείται ενεργειακή μελέτη για να επιλεγθούν οι καταλληλότερες από αυτές που αναφέρονται παρακάτω:

- **Σόμπες πέλετ:** το κόστος τους είναι αισθητά χαμηλότερο από ότι το πετρέλαιο και το ηλεκτρικό ρεύμα. Βέβαια, χρειάζονται κάποιες εργασίες στο σπίτι καθώς για παράδειγμα θα πρέπει να τοποθετηθεί σωλήνας για την εξαγωγή καυσαερίων, τα οποία είναι πιο περιορισμένα συγκριτικά με την καύση ξύλου. Επίσης, απαιτείται και ένας σχετικός χώρος για την αποθήκευση των πέλετ (εικόνα 3.3). Οι δαπάνες αγοράς κυμαίνονται από 2500 έως 5000 ευρώ και χρειάζεται να προβλεφθεί αποθηκευτικός χώρος αλλά και τακτικός καθαρισμός. Τέλος, κρίνεται απαραίτητο, ανά τακτά χρονικά διαστήματα να εφοδιάζεται η σόμπα.



**Εικόνα 3.3.: PELLET**

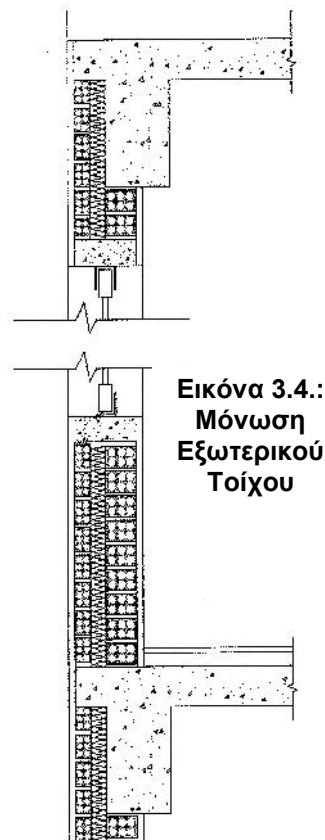
- **Ενεργειακό τζάκι:** έχει καλύτερη αποδοτικότητα από το κλασσικό τζάκι. Συγκεκριμένα, φτάνει στο 75% της απόδοσης του, καταναλώνει λιγότερα ξύλα και θερμαίνει πολύ περισσότερο από το συμβατικό. Εκπέμπει μέσα από ειδικούς αεραγωγούς θερμό αέρα. Εφαρμογή λειτουργίας ενεργειακού τζακιού φαίνεται στο σχέδιο με αριθμό 10 στο κεφάλαιο 2.

- Πάνελ υπέρυθρης ακτινοβολίας: Πρόκειται για καινούργια στην ελληνική αγορά μορφή θέρμανσης. Τα πάνελ μπορούν να τοποθετηθούν στους τοίχους ή τις οροφές και με την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος εκπέμπεται ακτινοβολία στα αντικείμενα και στα σώματα. Αυτή είναι η βασική διαφορά με τις άλλες μορφές θέρμανσης και χρησιμοποιείται ως συμπληρωματικός τρόπος θέρμανσης. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί πως τα πάνελ υπέρυθρης ακτινοβολίας θα πρέπει να είναι τοποθετημένα ώστε να βλέπουν αντικείμενα καθώς αυτά θερμαίνουν, όχι τόσο τον αέρα.

### 3.3. Μέθοδοι Ενεργειακής Αναβάθμισης:

Προκειμένου να επιτευχθεί ενεργειακή αναβάθμιση στον κτιριακό τομέα της χώρας μας, όσον το δυνατόν σε μεγαλύτερο βαθμό, αναπτύχθηκαν διάφορες κατασκευές περισυλλογής και συντήρησης της ενέργειας. Πολλές από αυτές τις κατασκευές μπορούν να αξιοποιηθούν και σε υφιστάμενα κτίρια, κατά συνέπεια και στο κτίριο που μελετάται στο πλαίσιο αυτής της εργασίας. Τέτοιες κατασκευές είναι:

- Εξωτερική θερμομόνωση: είναι ένας μονωτικός/προστατευτικός μανδύας που περιβάλλει τις όψεις του κτιρίου προστατεύοντάς το έτσι από την έκθεση σε ακραίες θερμοκρασιακές συνθήκες και δυσμενείς κλιματολογικούς παράγοντες. Ειδικότερα, Η μόνωση τοποθετείται στους εξωτερικούς τοίχους (εικόνα 3.4) και γενικά στις εξωτερικές πλευρές για να αποφευχθούν οι θερμογέφυρες, καθώς και στην οροφή και στην πυλωτή. Παράλληλα προσδίδει υψηλή αισθητική αξία. Έτσι, με την σωστή θερμομόνωση μειώνεται δραματικά η κατανάλωση ενέργειας αφού στην περίπτωση μας καταναλώνονται λιγότερα καύσιμα, δηλαδή πετρέλαιο ή ηλεκτρικό ρεύμα. Στα υπάρχοντα κτίρια μπορούν να τοποθετηθεί θερμομόνωση στην οροφή, καθώς και να θερμομονωθούν οι τοίχοι είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά. Συνήθως, η εγκατάσταση θερμομόνωσης στους εσωτερικούς τοίχους γίνεται μόνο στα υπάρχοντα κτίρια και αποτελεί μία χρήσιμη εφαρμογή για το κτίριο που εξετάζεται σε αυτήν την εργασία. Όμως, η θέρμανση του κτιρίου γίνεται γρήγορα,





αλλά όταν γίνει διακοπή θέρμανσης ο χώρος δεν συγκρατεί την θέρμανση, συνεπάγοντας απόπτωση της εσωτερικής θερμοκρασίας σε σύντομο χρόνο. Από την άλλη πλευρά, η εξωτερική θερμομόνωση είναι η πιο συνηθισμένη και η πιο αποτελεσματική, η οποία γίνεται είτε με την προσθήκη παθητικών ηλιακών συστημάτων, που το κόστος κυμαίνεται σε λογικά επίπεδα, είτε με διαφανείς θερμομόνωση και διπλούς υαλοπίνακες, οι οποίοι έχουν υψηλό κόστος. Τα πιο συνηθισμένα θερμομονωτικά υλικά είναι τα οργανικά κυψελώδη υλικά όπως η εξηλασμένη και η διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες, η πολυουρεθάνη κ.α.

Στο συγκεκριμένο κτίριο το δώμα δεν χαρακτηρίζεται από κάποια είδους μόνωση. Έτσι, κρίνεται απαραίτητο να πραγματοποιηθεί στεγανοποίηση και η θερμομόνωση της ταράτσας για την καλή λειτουργία του κτιρίου. Με αυτό τον τρόπο πέρα από τα ενεργειακά οφέλη εξασφαλίζεται η αποφυγή παραπλεύρων προβλημάτων που μπορεί να δημιουργήσει η διείσδυση νερού στα υπόλοιπα τμήματα της οικοδομής.

- Αντικατάσταση παλιών κουφωμάτων με νέα πιστοποιημένα, με θερμοδιακόπτη και με διπλούς υαλοπίνακες. Επιλέξιμη, επίσης, είναι και η αλλαγή μόνο του υαλοπίνακα, ένα ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του ανοίγματος ικανοποιεί τις ελάχιστες προδιαγραφές του ΚΕΝΑΚ. Οι υαλοπίνακες λειτουργούν ως παγίδα, επιτρέπουν την είσοδο της ακτινοβολίας στο κτίριο αλλά εμποδίζουν την έξοδο του μεγαλύτερου μέρους της θερμικής ενέργειας από το κτίριο προς το περιβάλλον του. Πλέον, υπάρχουν υαλοπίνακες των οποίων οι ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με την επίδραση κάποιου συγκεκριμένου παράγοντα. Χρήσιμό θα ήταν να αντικατασταθούν τα κουφώματα κλιμακοστασίου και φωταγωγού στην περίπτωση μας που το κτίριο είναι πολυκατοικία.
- Αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων με νέα χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης: α) Λάμπες LED, με τα οποία επιτυγχάνεται μέχρι και 93% εξοικονόμηση ηλεκτρικού ρεύματος, β) Ηλεκτρικοί λαμπτήρες φθορισμού, γ) Έλεγχος φωτισμού με τοπικούς διακόπτες, χρονοδιακόπτες, διαβαθμιστές (dimmers) και αισθητήρες παρουσίας. Στο κτίριο που μελετάμε, ανάλογα την χρήση κάθε χώρου ξεχωριστά, μπορεί να γίνει η καταλληλότερη επιλογή για να επιτευχθεί σωστή ποιότητα φωτισμού με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας.
- Συστήματα σκίασης: αποτελεί παθητικό τρόπο εξοικονόμησης ενέργειας με τον οποίο η θερμοκρασία των δομημένων χώρων μπορεί να μειωθεί από 5 έως 15 βαθμούς κελσίου. Για την επίτευξη του μέγιστου δυνατού αποτελέσματος θα πρέπει

να εφαρμοστούν ταυτόχρονα τα εξής: α)Χρησιμοποίηση ειδικών υφασμάτων SPC (Solar Protective Coating) που θα εφαρμοστούν μπροστά από τα παράθυρα του κτιρίου για την προστασία από βλαβερές ηλιακές ακτίνες UV, β)Χρήση ανοιχτών/φωτεινών χρωμάτων στα υφάσματα της τέντας γιατί απωθούν την θερμική ενέργεια του ήλιου, γ)Χρήση αισθητήρων αέρος και ηλιακής ακτινοβολίας. Κατά μέσο όρο η μείωση της ενεργειακής ζήτησης των κλιματιστικών για ψύξη και θέρμανση μειώνεται περίπου στο 50% και η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος μειώνεται μέχρι και 60. Επιπλέον, μια αποτελεσματική εφαρμογή είναι η εξωτερική τοποθέτηση περσίδων (είτε σταθερά είτε κινητά) κρίνεται πιο αποτελεσματική, αφού τόσο η ανακυκλώμενη, όσο και η απορροφώμενη θερμότητα παραμένουν στον εξωτερικό χώρο. Επιπλέον, στην πρώτη κατηγορία, δηλαδή στα εξωτερικά συστήματα ανήκουν οι γρίλιες, είναι ειδικά σχεδιασμένες έτσι ώστε να επιτρέπεται ο αερισμός και να είναι συγχρόνως υδατοστεγανά.

Λαμβάνοντας υπ' όψη και άλλους παράγοντες, έχουμε την δυνατότητα να επιλέξουμε τα ιδανικά για το κτίριο μας, συστήματα σκιασμού. Είναι μία απαραίτητη εφαρμογή κυρίως για τους καλοκαιρινούς μήνες για να εξασφαλίσουμε στους χώρους του χαμηλότερες θερμοκρασίες.

- Διάφανα φωτοβολταϊκά πάνελ: μπορούν να τοποθετηθούν σε κάθε παράθυρο επηρεάζοντας ελάχιστα την ορατότητα. Ουσιαστικά είναι ηλιακές κυψελίδες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως παράθυρα, ενταγμένα στην αρχιτεκτονική των κτιρίων διατηρώντας σταθερή ενεργειακή απόδοση. Αφήνουν το φως του ήλιου να περνάει από τα παράθυρα και ταυτόχρονα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από αυτό, με μία ηλεκτροχημική διαδικασία. Ακόμα, έχουν την δυνατότητα να παράγουν ενέργεια από το εσωτερικό, τεχνικό φως, με την ίδια διαδικασία. Τέλος, καθώς τα υλικά που συνθέτουν τις φωτοευαίσθητες κυψέλες εναποτίθενται στο γυαλί μέσω εκτυπωτών ψεκασμού, υπάρχει η δυνατότητα να σχηματίζεται μια επιθυμητή εικόνα στα τζάμια, η οποία θα βελτιώνει αισθητικά τον χώρο. Έτσι, γίνεται αντιληπτό πόσο ωφέλιμα είναι τα φωτοβολταϊκά πάνελ, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν και στο δικό μας κτίριο, όχι απαραίτητα σε όλα τα κουφώματα, αλλά σε επιλεγμένα.
- Πράσινες στέγες: Αποτελούν παρεμβάσεις που αναβαθμίζουν το αστικό τοπίο, τον περιορισμό της ρύπανσης αλλά και την κατανάλωση ενέργειας. Η μείωση που μπορεί να επιτευχθεί σχετίζεται με τον αριθμό των ορόφων και το σχήμα του κτιρίου. Ένα χαμηλό κτίριο μεγάλης επιφάνειας μπορεί να έχει πολύ καλύτερα αποτελέσματα. Το κτίριο που μελετάει αυτή η εργασία αποτελείται από τρεις



ορόφους, δηλαδή κατατάσσεται στην μέτρια σε ύψος κατηγορία. Σε οποιαδήποτε όμως περίπτωση τα αποτελέσματα είναι θετικά και η ενεργειακή κατανάλωση μπορεί να μειωθεί έως και 40% στο κτίριο. Επίσης, ένα φυτεμένο δώμα προσφέρει εξαιρετική θερμομόνωση, υγραμόνωση και ηχομόνωση. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες μειώνεται σε σημαντικό βαθμό η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από την στέγη με αποτέλεσμα τη μείωση της διεύθυνσης της θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον προς το εσωτερικό του κτιρίου. Συγκεκριμένα, έχει παρατηρηθεί ότι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ μιας φυτεμένης οροφής από μια οροφή με πλάκες ή με απλή μόνωση μπορεί να φτάσει στους 3° έως 6 ° C. Επιπλέον, οι πράσινες στέγες βελτιώνουν την ποιότητα της ατμόσφαιρας καθώς παράγουν οξυγόνο και φιλτράρουν τη σκόνη. Ταυτόχρονα, αχρησιμοποίητοι και αντιαισθητικοί χώροι μετατρέπονται σε χρήσιμους, λειτουργικούς και όμορφους. Βέβαια θα πρέπει να τονιστεί πως στα κτίρια των αστικών κέντρων εντοπίζονται λίγοι διαθέσιμοι χώροι γι' αυτόν τον σκοπό, στους οποίους τοποθετούνται μόνον αναρριχητικά φυτά με μικρές σχετικά ρίζες που ποτίζονται με προσοχή από τα δίκτυα υδάτων. Αναζητείται η ελάχιστη παρουσία χώματος και νερού προκειμένου να μην επιβαρυνθεί ο φέροντας οργανισμός, σε συνδυασμό με το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα σε πράσινο.

Σε υφιστάμενα κτήρια, τα πιθανά προβλήματα από τα στατικά φορτία είναι λογικό να είναι περισσότερα από ότι σε ένα νεόδμητο κτήριο, το οποίο μπορεί να προβλεφθεί εξ αρχής το επιπλέον βάρος που απαιτείται για μια τέτοια κατασκευή. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, υπάρχει δυνατότητα να φυτευτεί το δώμα ή τουλάχιστον ένα τμήμα του, αφού πρώτα πραγματοποιηθεί στατική μελέτη.

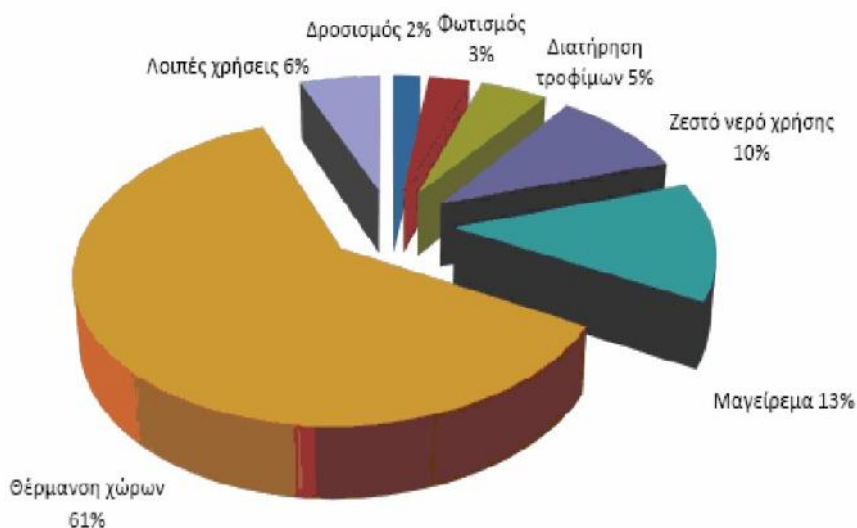
- Χρήση αντλιών θερμότητας: Οι αντλίες θερμότητας –γεωθερμικές ή αεροψυκτικές– μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υπάρχουσες κατοικίες που έχουν ήδη εγκατεστημένους λέβητες αερίου ή πετρελαίου, όπως ισχύει στην δικιά μας περίπτωση, οι αντλίες θερμότητας μπορούν να συνδυαστούν με τον υπάρχον σύστημα θέρμανσης και να καλύψουν με τον καλύτερο τρόπο τις ανάγκες θέρμανσης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Ο λέβητας μπορεί να χρησιμοποιείται ως ενισχυτική πηγή, κατά την διάρκεια ακραίων καιρικών συνθηκών τον χειμώνα. Ειδικότερα, οι αντλίες θερμότητας αυξάνουν βαθμιαία την ισχύ που απαιτείται για να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία. Το χαρακτηριστικό αυτό μειώνει τις μηχανικές καταπονήσεις, αποφεύγει τα ηλεκτρικά φορτία αιχμής και μειώνει την κατανάλωση ενέργειας και τον θόρυβο. Η εξοικονόμηση και στην ψύξη από μια αντλία θερμότητας σε

σύγκριση με τα κοινά κλιματιστικά (A/C) είναι και αυτή της τάξης του 50%. Βασικές προϋποθέσεις για συνδυασμό συστήματος αντλίας θερμότητας με θερμαντικά σώματα είναι οι δυνατότητες του εκάστοτε εξοπλισμού (κατάλληλη αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών σε συνδυασμό υψηλή απόδοση) και οπωσδήποτε η επιστημονική κατάρτιση του μελετητή – εγκαταστάτη. Συμπερασματικά, είναι μία άλλη εφαρμογή που αξίζει να πραγματοποιηθεί στην κτίριο που μελετάμε, γιατί επιφέρει αρκετά οφέλη και σε σύντομο χρονικό διάστημα έχουμε απόσβεση του κόστους εγκατάστασης.

- Επανάχρηση οικιακών υγρών αποβλήτων: η τεχνική αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί στον οικιακό τομέα είτε για το πότισμα είτε για την τουαλέτα. Στα κτίρια υπάρχουν συνήθως δύο αποχετευτικά συστήματα, η αποχέτευση ακαθάρτων που συνδέεται με κεντρικό αποχετευτικό δίκτυο ή το ιδιωτικό σύστημα επεξεργασίας και η αποχέτευση βρόχινων νερών. Μπορεί να εγκατασταθεί ένα τρίτο σύστημα ώστε τα ακάθαρτα να διαχωρίζονται σε αποχωρήματα και απόβλητα και τα τελευταία να χρησιμοποιούνται για πότισμα. Επιπλέον, μπορεί να τοποθετηθεί και ένα δεύτερο σύστημα σωληνώσεων παροχής νερού, το οποίο να προμηθεύει νερό στο καζανάκι της τουαλέτας από την δεξαμενή των αποβλύτων.
- Σύστημα συλλογής βρόχινου νερού: για οικιακή χρήση ή πότισμα χρησιμοποιούνται παραδοσιακά στην χώρα μας στα νησιά και σε περιοχές με έλλειψη νερού. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από μια επιφάνεια συλλογής που συνήθως είναι η σκεπή και τα συστήματα μεταφοράς (σωλήνες και υδρορροές), την διήθηση, την αποθήκευση και την διανομή του νερού. Το συλλεγόμενο νερό είναι κατάλληλο για όλες τις χρήσεις, ανάλογα με την επεξεργασία που θα υποστεί. Όλες οι κατασκευές, ανεξάρτητα από το υλικό κατασκευής τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την συλλογή του βρόχινου νερού, εάν αυτό δεν χρησιμοποιείται ως πόσιμο. Συστήματα συλλογής βρόχινου νερού μπορούν να εγκατασταθούν στους ακάλυπτους χώρου του κτιρίου μας.

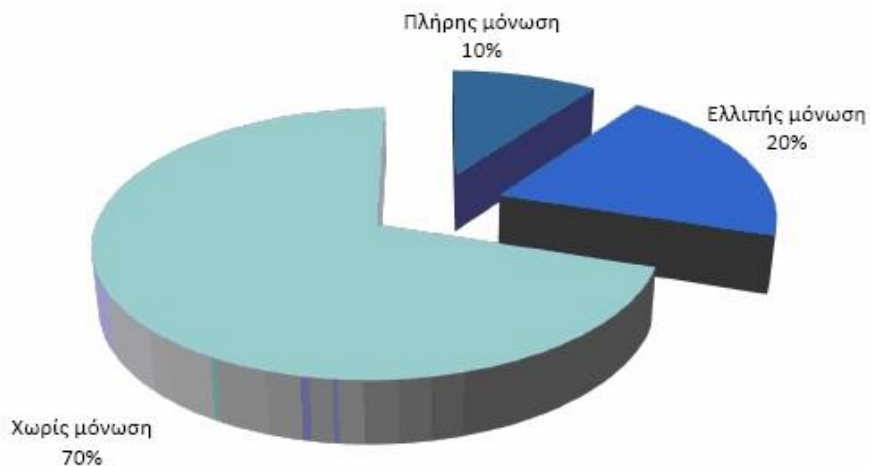
### 3.4. Βελτιωτικά Μέτρα για την Κατανάλωση Ενέργειας στον Οικιακό Τομέα:

Τα κτίρια στην Ελλάδα ευθύνονται περίπου για το 36% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης ενώ κατά την περίοδο 2000–2005, αύξησαν την ενεργειακή τους κατανάλωση κατά περίπου 24%, δηλαδή αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες αυξήσεις στην Ευρώπη. Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας το καταναλώνουν στον τομέα της θέρμανσης (εικόνα 3.5). Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει το καταμερισμό ενέργειας σε ένα νοικοκυριό:



**Εικόνα 3.5: Κατανάλωση Ενέργειας ανά χρήση σε κατοικίες (πηγή ΥΠΑΝ)**

Ένας από τους βασικούς λόγους για τους οποίους τα ελληνικά κτήρια είναι ιδιαίτερος ενεργοβόρα, γεγονός που ισχύει και για το κτήριο που μελετάμε σε αυτήν την εργασία, είναι η παλαιότητά τους και η μη ενσωμάτωση σύγχρονης τεχνολογίας σε αυτά, λόγω έλλειψης σχετικής νομοθεσίας τα τελευταία 40 χρόνια. Ένα βασικό κριτήριο που δείχνει εάν ένα κτίριο είναι “φιλικό” προς το περιβάλλον είναι εάν έχει μόνωση ή όχι (εικόνα 3.6). Στο παρακάτω διάγραμμα αποκαλύπτεται η πραγματικότητα στα κτίρια της χώρας μας:



**Εικόνα 3.6.: Ποσοστό μονωμένων – μη μονωμένων κτιρίων**

Τα περισσότερα από αυτά τα κτίρια, συμπεριλαμβανομένου και του κτιρίου που εξετάζεται στο πλαίσιο της εργασίας αυτής, αντιμετωπίζουν θέματα όπως:

- μερική ή παντελή έλλειψη θερμομόνωσης,
- παλαιάς τεχνολογίας κουφώματα (πλαίσια/ μονοί υαλοπίνακες)
- ελλιπή ηλιοπροστασία των νότιων και δυτικών όψεών τους,
- μη επαρκή αξιοποίηση του υψηλού ηλιακού δυναμικού της χώρας,
- ανεπαρκή συντήρηση των συστημάτων θέρμανσης/κλιματισμού με αποτέλεσμα τη χαμηλή απόδοση.
- μοναδική πηγή θέρμανσης είναι το πετρέλαιο και το ηλεκτρικό ρεύμα

Επίσης, σημαντική παράμετρος, που καθορίζει την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου είναι η συμπεριφορά των ενοίκων. Η ελλιπής ενημέρωση των χρηστών - κατοίκων σε θέματα ορθολογικής χρήσης και διαχείρισης της ενέργειας, οδηγεί συχνά σε σπάταλες συμπεριφορές όπως η εγκατάσταση μεμονωμένων κλιματιστικών συστημάτων χωρίς μελέτη, η χρήση συσκευών χαμηλής απόδοσης, η μη συντήρηση του συστήματος θέρμανσης, κ.α. Έτσι, κρίνεται απαραίτητο να ληφθούν άμεσα μέτρα, ώστε να μην σπαταλάτε άσκοπη ενέργεια και ταυτόχρονα να μην επιβαρύνονται οικονομικά τα νοικοκυριά. Πιο κάτω αναφέρονται τέτοια μέτρα, τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν και στο συγκεκριμένο κτίριο, από τους ενοίκους του και επίσης μπορούν να εφαρμοστούν και σε οποιοδήποτε άλλη κατασκευή.

- Περιοδική συντήρηση λεβήτων/καυστήρων και μέτρηση εσωτερικού βαθμού απόδοσης καύσης από αδειούχους συντηρητές.

- Οι χώροι στους οποίους ζούμε, πρέπει να αερίζονται επαρκώς για λόγους δροσισμού και υγιεινής, με προτίμηση τις νυχτερινές και πρώτες πρωινές ώρες, τους καλοκαιρινούς μήνες που οι θερμοκρασία είναι υψηλή. Επίσης, οι τέντες ή οι περσίδες πρέπει να είναι κατεβασμένες τη θερινή περίοδο, κυρίως, σε νότιο και δυτικό προσανατολισμό.
- Η θέρμανση νερού χρήσης με ηλεκτρικό θερμοσίφωνα είναι καθαρή σπατάλη. Είναι πολύ προτιμότερο να εγκαταστήσουμε στο λεβητοστάσιο ένα μπόιλερ με εναλλάκτη, που να ζεσταίνει από τον λέβητα ή από τον ηλιακό θερμοσίφωνα. Καθώς επίσης μια εναλλακτική πρόταση είναι η εγκατάσταση ηλιακού συλλέκτη.
- Αν επιμείνουμε στον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα πρέπει να διαλέξουμε έναν, κατακόρυφου τύπου, να μειώσουμε την θερμοκρασία στους 50 βαθμούς (αντί για 60), να εγκαταστήσουμε περισσότερους αποκεντρωμένους θερμοσίφωνες, αντί ενός κεντρικού, ώστε να αποφεύγουμε την κατασκευή ενός εκτεταμένου και μη μεμονωμένου δικτύου διανομής νερού.
- Οι κουζίνες φυσικού αερίου ή υγραερίου καταναλώνουν λιγότερο καύσιμο για το ίδιο αποτέλεσμα, αρκεί να χρησιμοποιούνται σωστά.
- Γενικά, θα πρέπει να επιλέγουμε ηλεκτρικές συσκευές με υψηλή ενεργειακή απόδοση (A++, A+, A). Έτσι, και στο κτίριο μας καλό θα ήταν με το πρόγραμμα της ανακύκλωσης να αποσυρθούν σταδιακά οι παλιές ηλεκτρικές συσκευές με καινούργιες, νεότερης τεχνολογίας.
- Επιβάλλεται κάθε 2-3 χρόνια να κάνουμε πλήρη συντήρηση των κλιματιστικών μας, περιλαμβανομένης και της εξωτερικής μονάδας.
- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυράκτωσης στους χώρους του σπιτιού μας, με σύγχρονους λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης, που έχουν 10-15 φορές μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και 80% λιγότερη κατανάλωση από τους αντίστοιχους λαμπτήρες πυρακτώσεως.
- Η χρήση ανεμιστήρων οροφής είναι μία αποτελεσματική λύση που μας επιτρέπει να αισθανόμαστε άνετα το καλοκαίρι μέχρι 30 βαθμούς κελσίου. Είναι ιδιαίτερα οικονομικοί και υγιεινοί. Τέτοιοι ανεμιστήρες μπορούν να εγκατασταθούν στο κτίριο μας, στους πολυσύχναστους χώρους όπως η κουζίνα και το σαλόνι.
- Ο χώρος του καθιστικού, όμως, λόγω της πολύωρης συνήθως ακινησίας σ' αυτόν, έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις, οι οποίες είναι ασύμφορο να καλύπτονται με ανέβασμα του θερμοστάτη και αντίστοιχη θέρμανση όλου του σπιτιού. Στο χώρο αυτό πρέπει να προβλέπεται συμπληρωματική θέρμανση, όπως τζάκι, ηλεκτρικό σώμα ακτινοβολίας ή και πάνελ υπέρυθρης ακτινοβολίας.

- Αντικατάσταση του παλιού καυστήρα πετρελαίου με καυστήρα pellet (βιομάζα ξυλώδους μορφής) ή με αυτόνομο καυστήρα φυσικού αερίου. Πλέον, είναι ένας από τους πιο αποδοτικούς τρόπους θέρμανσης σε συνδυασμό με τον οικονομικό παράγοντα.

### 3.5. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.):

Δεν είναι βέβαια καινούργιο ότι κάποια μέρα τα καύσιμα που μας δίνει η μητέρα γη (κάρβουνο, πετρέλαιο, φυσικά αέρια κ.τ.λ.) θα εξαντληθούν και ήδη έχουν αρχίσει να μειώνονται αισθητά τα αποθέματα. Όλα αυτά οδήγησαν τα περισσότερα κράτη να αναζητήσουν νέες πηγές και πρώτα από όλα την ηλιακή ενέργεια, η οποία είναι αστείρευτη. Περιβάλλει ολόκληρο τον πλανήτη μας και όχι μόνο δεν τον μολύνει, αλλά τον ζωογονεί. Όμως, ο ήλιος δεν προσφέρεται εύκολα προς αξιοποίηση του επειδή η ηλιοφάνεια δεν είναι συνεχής. Διακόπτεται ρυθμικά από τον κύκλο ημέρας-νύχτας και κατά διαστήματα από σύννεφα. Επίσης, παρουσιάζει μεγάλες διαφορές από τόπο σε τόπο. Ωστόσο, χάρις στην σημερινή τεχνολογική πρόοδο είναι δυνατή η χρησιμοποίηση της σε μεγάλη κλίμακα. Πέρα όμως από την ηλιακή ενέργεια υπάρχουν πλήθος άλλων πηγών, όπως η αιολική, η κινηματική, η κυματική κ.α. ενέργεια. Στην προσπάθεια της ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου επιλέγονται διάφορα σύγχρονα συστήματα, τα οποία εκμεταλλεύονται τις Α.Π.Ε. για να δεσμεύσουν και να αξιοποιήσουν την απαραίτητη ενέργεια που χρειάζεται ένα κτίριο για να λειτουργήσει ορθά και οικονομικά. Ακολουθεί μία ενδεικτική εικόνα από τον KENAK που αναφέρεται στις Α.Π.Ε. (εικόνα 3.7):

Α.Π. - 25070/2011 Α.Α. - 7ΧΧ0Ρ-Ν0Β4Α-0.ΙΡ01-0				
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ				
Πηγή ενέργειας		Τελική χρήση		Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)
Ηλεκτρική		Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input checked="" type="checkbox"/>	29.0
		Φωτισμός <input type="checkbox"/>	ZNX <input checked="" type="checkbox"/>	
Ορυκτά καύσιμα	Πετρέλαιο	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	0.0
	Φυσικό αέριο	Θέρμανση <input checked="" type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	71.0
	Άλλο:	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	0.0
ΑΠΕ	Ηλιακή	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	5.27
		Φωτισμός <input type="checkbox"/>	ZNX <input checked="" type="checkbox"/>	
	Βιομάζα	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	0.0
	Γεωθερμία	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	0.0
	Άλλο:	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	0.0
	Φωτισμός <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>		
	Σύνολο			5.27

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση [kWh/m<sup>2</sup>]

Εικόνα 3.7.: Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας ανά Τελική Χρήση



Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθούν οι Α.Π.Ε. η κάθε μια ξεχωριστά με τα χαρακτηριστικά της:

**3.5.1. Γεωθερμική Ενέργεια:** Με τον όρο “γεωθερμική ενέργεια” περιγράφεται η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης. Η ενέργεια αυτή φτάνει στην επιφάνεια της γης και στην συνέχεια ακτινοβολείται στο διάστημα παράλληλα αποθηκεύεται και σε υπόγειους ή επιφανειακούς σχηματισμούς με την μορφή θερμών ατμών, υπόγειων θερμών νερών καθώς και θερμών ξηρών πετρωμάτων. Σημαντικό πλεονέκτημα της γεωθερμίας έναντι λοιπών Α.Π.Ε. είναι η μόνιμη παροχή ενέργειας καθ’ όλο το έτος χωρίς διακυμάνσεις και με μικρό λειτουργικό κόστος καθώς και η δυνατότητα πλήρους ανάκτησης και εκμετάλλευσης της υπάρχουσας υπεδαφικής θερμότητας. Σήμερα εκτός από την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μεγάλης ανάπτυξης παρουσιάζουν και για κάλυψη θερμικών αναγκών κτιριακών εγκαταστάσεων.

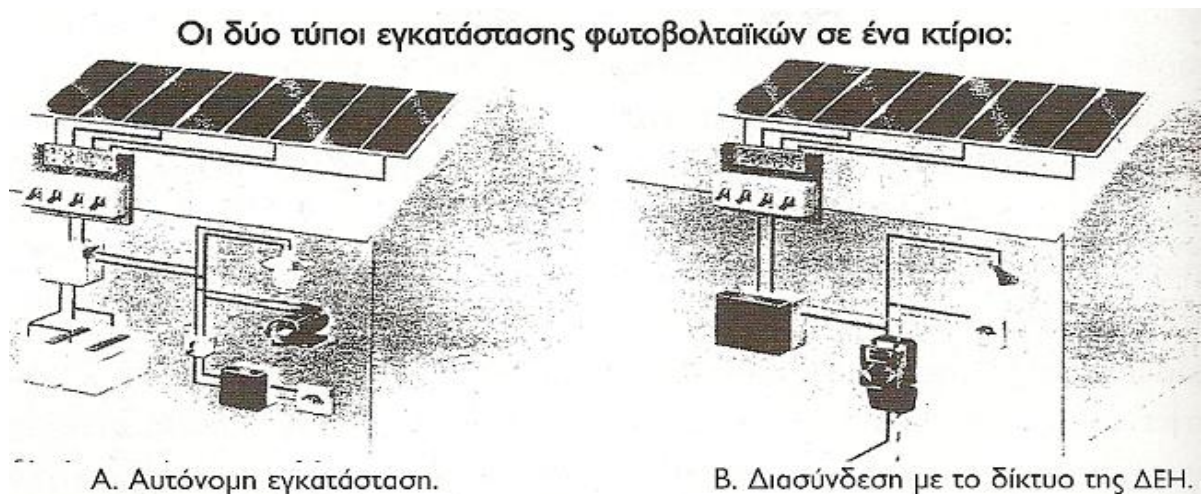
Έτσι, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας παρέχουν αποδοτική θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης, εξοικονομώντας ενέργεια και μειώνοντας τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (μείωση 45-55%). Η διάρκεια ζωής της αντλίας θερμότητας και των εσωτερικών συστημάτων θέρμανσης-ψύξης είναι μεγαλύτερη από εκείνη των αντίστοιχων συμβατικών συστημάτων, ενώ απαιτείται ελάχιστη συντήρηση. Η γεωθερμική αντλία θερμότητας λειτουργεί σε χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, με κόστος λειτουργίας 50% μικρότερο από εκείνο του φυσικού αερίου για θέρμανση και 30-40% λιγότερο από τα άλλα συστήματα για ψύξη. Έχει αθόρυβη λειτουργία και δεν απαιτείται χώρος τοποθέτησης δεξαμενή καυσίμων, καμινάδας και καπνοδόχου. Ένα άλλο σημαντικό προτέρημα είναι η απουσία καύσεων και σπινθήρων με αποτέλεσμα να μην απαιτείται πυροπροστασία καθώς και η απουσία οσμών καυσαερίων. Τέλος, ανάλογα με την χρήση η απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου γίνεται σε 5 με 7 χρόνια.

**3.5.2. Ηλιακή ενέργεια:** παράγεται από τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα. Η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται με την βοήθεια ενός συλλέκτη. Αυτή η θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, υποβοήθηση θέρμανσης, θέρμανση πισίνας ή σε θερμικές διεργασίες. Για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης μπορούμε να

επιλέξουμε ανάμεσα σε δύο τεχνολογίες: α) Θερμοσιφωνικές: Αυτές έχουν ως πλεονεκτήματα το μικρό κόστος και την εύκολη εγκατάσταση. Όμως έχουν και κάποια αξιοσημείωτα μειονεκτήματα. Συγκεκριμένα, υπάρχουν αρκετές απώλειες λόγω του ταμιευτήρα που βρίσκετε σε εξωτερικό χώρο, καθώς και ο ελλιπής συστηματικός έλεγχος (θερμοστατικός, λεγιονέλας κ.α.). β) Εξαναγκασμένης κυκλοφορίας: πραγματοποιείται με επίπεδους συλλέκτες, συλλέκτες κενού, δοχεία αποθήκευσης boiler, buffer ή και συνδυασμός αυτών καθώς και ταμιευτήρας διαστρωμάτωσης.

3.5.3. Φωτοβολταϊκά: Πρόκειται για συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια και που, εδώ και πολλά χρόνια, χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση μη διασυνδεδεμένων στο ηλεκτρικό δίκτυο καταναλώσεων. Στην Ελλάδα, η προοπτική ανάπτυξης και εφαρμογής των Φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι τεράστια, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας. Τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι αρκετά, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνεται η τόνωση της οικονομίας σε τοπικό επίπεδο. Επίσης, εξυπηρετεί μεγάλο πλήθος εξοχικών κατοικιών σε απομακρυσμένες περιοχές, ιδιαιτέρως όταν κορυφώνετε η ζήτηση τους καλοκαιρινούς μήνες. Σημαντικό επίσης είναι το γεγονός πως τα φωτοβολταϊκά διασφαλίζουν μηδενική ρύπανση και δεν προκαλούν ηχορύπανση επειδή η λειτουργία πραγματοποιείται χωρίς θόρυβο. Στην συνέχεια, η εγκατάσταση τους γίνεται συνήθως στις οροφές, εκμεταλλεύοντας έτσι αναξιοποίητο χώρο και αποτρέποντας ταυτόχρονα την χρήση γεωργικής γης. Υπάρχουν διάφοροι τύποι φωτοβολταϊκών, όπως πλαίσια, πολυμερικές μεμβράνες και επιτραπέζιοι (εικόνα 3.8).





**Εικόνα 3.8.: Τύποι Εγκατάστασης Φωτοβολταϊκών**

**3.5.4. Αιολική ενέργεια:** Η εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου από τον άνθρωπο αποτελεί μία πρακτική που βρίσκει τις ρίζες της στην αρχαιότητα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας είναι τα ιστιοφόρα και οι ανεμόμυλοι. Σήμερα, για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούμε τις ανεμογεννήτριες. Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη ή και τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών. Το παραγόμενο από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις ανεμογεννήτριες, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα, όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή. Η αποθήκευση σήμερα γίνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι η πλέον γνωστή και διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται για μικρής κλίμακας παραγωγικές μη διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο μονάδες.

3.5.5. Υδροηλεκτρική ενέργεια: είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής του στροβίλου, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η δέσμευση-αποθήκευση ποσοτήτων ύδατος σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες, για ένα Υδροηλεκτρικό Σταθμό, ισοδυναμεί πρακτικά με αποταμίευση Υδροηλεκτρικής Ενέργειας. Η προγραμματισμένη αποδέσμευση αυτών των ποσοτήτων ύδατος και η εκτόνωσή τους στους υδροστροβίλους οδηγεί στην ελεγχόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με δεδομένη την ύπαρξη κατάλληλων υδάτινων πόρων και τον επαρκή εφοδιασμό τους με τις απαραίτητες βροχοπτώσεις, η υδροηλεκτρική ενέργεια καθίσταται μια σημαντικότερη εναλλακτική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας.

3.5.6. Βιομάζα: Βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία, (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων. Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά περιλαμβάνεται σε αυτήν οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από τον φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο βιομάζα εννοούμε τα φυτικά και δασικά υπολείμματα (καυσόξυλα, κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια), τα ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα), τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας, καθώς επίσης και τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, της αγροτικής βιομηχανίας και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων. Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λπ.) και ακόμα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη, βιοντήζελ κ.λπ.).

Σύμφωνα με έρευνες του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Βιομάζας (AEBIOM), το 92% της ενέργειας που παράγεται από βιομάζα αξιοποιείται για θέρμανση, το 7% για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μόλις το 1% για την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Στην Ευρώπη οι εγκαταστάσεις βιομάζας είναι πολυάριθμες και αποτελούν σημαντικό τομέα των ΑΠΕ, κυρίως στις Βόρειες χώρες. Στην Ελλάδα, επίσης, έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες εφαρμογές, οι περισσότερες προέρχονται από ιδιωτική πρωτοβουλία. Βέβαια στα περισσότερα έργα υπήρξε οικονομική ενίσχυση από διάφορα εθνικά ή ευρωπαϊκά προγράμματα.

3.5.7. Συμπεράσματα Α.Π.Ε.: Παγκόσμια, βρισκόμαστε στα αρχικά στάδια εφαρμογής των διαφόρων συστημάτων Α.Ε.Π. και έχουμε αρκετό δρόμο για να πετύχουμε την τελειοποίησή τους, ώστε το ποσοστό της απόδοσής τους να πλησιάζει την αντίστοιχη του πετρελαίου. Σ' αυτό το σημείο θα καλό θα ήταν να τονιστεί πως δεν θα πρέπει να ξεχνάμε τα έξοδα συντήρησης και αποκατάστασης ζημιών. Κανένα τους δεν είναι ακόμα τέλειο, όλα έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, στην σχετική σύγκριση τους. Βέβαια, αυτό που έχει απασχολήσει περισσότερο είναι ο ρυθμός με τον οποίο παρέχεται η ενέργεια από τις ανανεώσιμες πηγές, ο οποίος δεν είναι ελεγχόμενος, ώστε η ηλεκτρική ενέργεια να παρέχεται όταν το απαιτούν οι ανθρώπινες ανάγκες. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό ότι η ηλεκτρική ενέργεια δύσκολα αποθηκεύεται σε μεγάλες ποσότητες, θα μπορούσε να δημιουργήσει προβλήματα εισόδου στην αγορά των ανανεώσιμων.

Ωστόσο παγκοσμίως, πολλές κυβερνήσεις έχουν την τάση να αξιολογούν καλύτερα τα οφέλη των Α.Π.Ε. καθώς αποδεικνύεται ότι μπορούν να σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με την οικονομική ευημερία, παρόλο που οι απολαβές των οφελών δεν είναι άμεσες αλλά μελλοντικές και μακροχρόνιες. Το μειονέκτημα του κόστους περιορίζεται τις περισσότερες φορές με κάποια μορφή κρατικής επιχορήγησης, όπως για παράδειγμα η πίεση που ασκείται στις ηλεκτρικές εταιρίες να αγοράζουν από Α.Π.Ε. σε μία εγγυημένη τιμή που δεν βασίζεται στην πραγματική τιμή της ενέργειας, αλλά η οποία υπολογίζεται έτσι ώστε η παραγωγική διαδικασία του σταθμού ανανεώσιμης πηγής ενέργειας να είναι κερδοφόρα.

### 3.6. Ενεργειακή Αναβάθμιση - KENAK - Ενεργειακοί Επιθεωρητές:

Με τον KENAK και τους ενεργειακούς επιθεωρητές θεσμοθετείται ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός, οι απαραίτητες επεμβάσεις και ο έλεγχος στον κτιριακό τομέα. Όλα αυτά έχουν σκοπό την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος, με συγκεκριμένες δράσεις:

- Εκπόνηση Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
- Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων
- Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίων (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης)
- Ενεργειακές Επιθεωρήσεις κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού

Η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων αντικαθιστά τη μελέτη θερμομόνωσης σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες μελέτες (καθιερώνεται με βάση το ΦΕΚ 407/9.4.2010) και θα εκπονείται για κάθε κτίριο (άνω των 50 τ.μ.), νέο ή υφιστάμενο που ανακαινίζεται ριζικά και βασίζεται σε μια συγκεκριμένη μεθοδολογία. Αυτή αναφέρεται στην απαίτηση κάλυψης ελάχιστων προδιαγραφών του κτιρίου όσον αφορά στο σχεδιασμό του, το κτιριακό κέλυφος και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις καθώς και στη σύγκρισή του με κτίριο αναφοράς. Ως κτίριο αναφοράς νοείται κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο που πληροί όμως ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά.

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης ισχύει για δέκα χρόνια και αφορά σε όλα τα κτίρια, συνολικής επιφάνειας άνω των 50 τ.μ., νέα ή υφιστάμενα που υπόκεινται σε ριζική ανακαίνιση, τα υφιστάμενα κτίρια επιφάνειας άνω των 50 τ.μ. ή τμήματα αυτών όταν πωλούνται ή εκμισθώνονται, καθώς και σε όλα τα κτίρια του δημόσιου & ευρύτερου δημόσιου τομέα. Η απαίτηση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης στην περίπτωση αγοροπωλησίας και ενοικίασης έχει ήδη τεθεί σε εφαρμογή από τον Ιανουάριο-2011.

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του ενεργειακού επιθεωρητή και συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, ώστε οι καταναλωτές να είναι σε θέση να συγκρίνουν και να αξιολογήσουν την πραγματική τους κατανάλωση και τις τυχόν δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης. Η έκδοση του

πιστοποιητικού είναι υποχρεωτική. Η ενεργειακή επιθεώρηση αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο διάγνωσης της ενεργειακής κατάστασης των υφιστάμενων κτιρίων και των δυνατοτήτων βελτίωσής της, αλλά και της εφαρμογής της νομοθεσίας για την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων

Με την εφαρμογή του ΠΕΑ σταδιακά σε όλα τα κτήρια αναμένεται να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας με την αναβάθμιση των υπάρχουσών κατασκευών και την σωστή κατασκευή των νέων. Μελλοντικά, η ενεργειακή κατάσταση θα ενταχθεί στην αξία του ακινήτου όσον αφορά την πώληση ή την ενοικίαση του.

### **3.7. Εφαρμογή Αναβάθμισης:**

Στην ηλεκτρονική ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ), υπάρχει μία εφαρμογή κατά την οποία, δίνοντας κάποια βασικά χαρακτηριστικά ενός κτιρίου, βγάζει την ενεργειακή κατηγορία του κτιρίου αυτού. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί πως η ενεργειακή κατηγορία του κτιρίου προκύπτει σε ένα γενικότερο πλαίσιο καθώς δεν δίνεται η δυνατότητα να εξεταστεί με κάθε λεπτομέρεια. Η εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον οποιοσδήποτε, χωρίς να έχει απαραίτητα κάποια ειδικευση ως ενεργειακός μηχανικός, αφού είναι αρκετά απλοϊκή στην χρήση της. Έτσι, σε αυτήν την εργασία θα αξιοποιηθεί η εφαρμογή αυτή για να βγει ένα σχετικά καλό συμπέρασμα για την ενεργειακή κατηγορία του κτιρίου επί των οδών Λυκούργου και Κρόνου στην Νίκαια.

Συγκεκριμένα στο κτίριο που μελετάται σε αυτήν την εργασία ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:

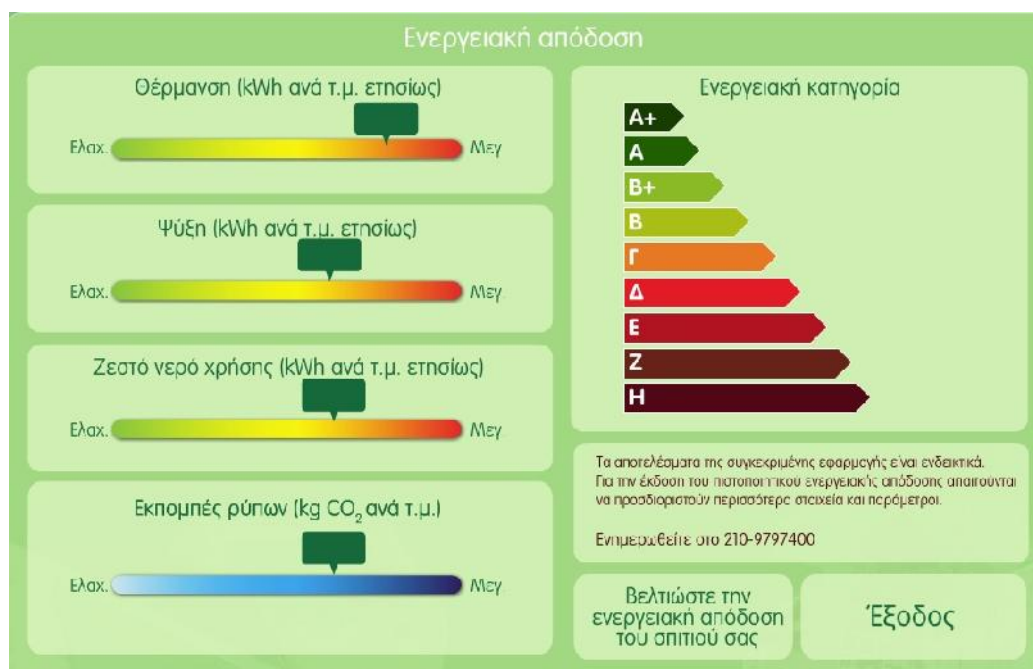
- 1) Νομός: Ανήκει στον νομό Αττικής και επομένως στην κλιματική ζώνη Β
- 2) Κατηγορία Κτιρίου: Ορίστηκε ότι ανήκει στην κατηγορία της πολυκατοικίας
- 3) Όροφος: Σε αυτό το βήμα καθορίζεται ο όροφος της πολυκατοικίας για τον οποίο θα επικεντρωθεί η εφαρμογή αυτή.
- 4) Έτος: Στην συνέχεια επιλέγεται η εντολή ότι το κτίριο ανήκει στις διατάξεις πριν του 1980.
- 5) Τετραγωνικά Μέτρα: Εδώ αφορά τα τετραγωνικά μέτρα του ορόφου εάν ξεπερνάνε ή όχι τα 100 τ. μ.
- 6) Χαρακτηριστικά Κατασκευής: Η εξωτερική τοιχοποιία είναι κατασκευασμένη από τούβλο, χωρίς μόνωση. Το δάπεδο δεν έχει καθόλου μόνωση (για το ισόγειο και τον Β' όροφο), τα ανοίγματα αποτελούνται από αλουμίνια με μονά τζάμια και για

τον Β' όροφο (δηλαδή τον τελευταίο) επιλέγεται η οροφή ότι είναι δώμα (ταράτσα) χωρίς μόνωση.

7) Συστήματα: Η ψύξη παράγεται από τον κλιματισμό, η θέρμανση από ηλεκτρικό θερμικό σώμα και το ζεστό νερό από ηλεκτρικό θερμοσίφωνα.

Αφού δοθούν τα παραπάνω δεδομένα στην εφαρμογή του ΥΠΕΚΑ, βγάζει ως αποτέλεσμα την ενεργειακή απόδοση. Πραγματοποιήθηκε αυτή η διαδικασία για κάθε όροφο ξεχωριστά, παρόλο που τα δεδομένα, εκτός του ορόφου, δεν αλλάζουν. Ακολουθούν οι εικόνες με τα αποτελέσματα για κάθε όροφο (εικόνες 3.9, 3.10, 3.11)

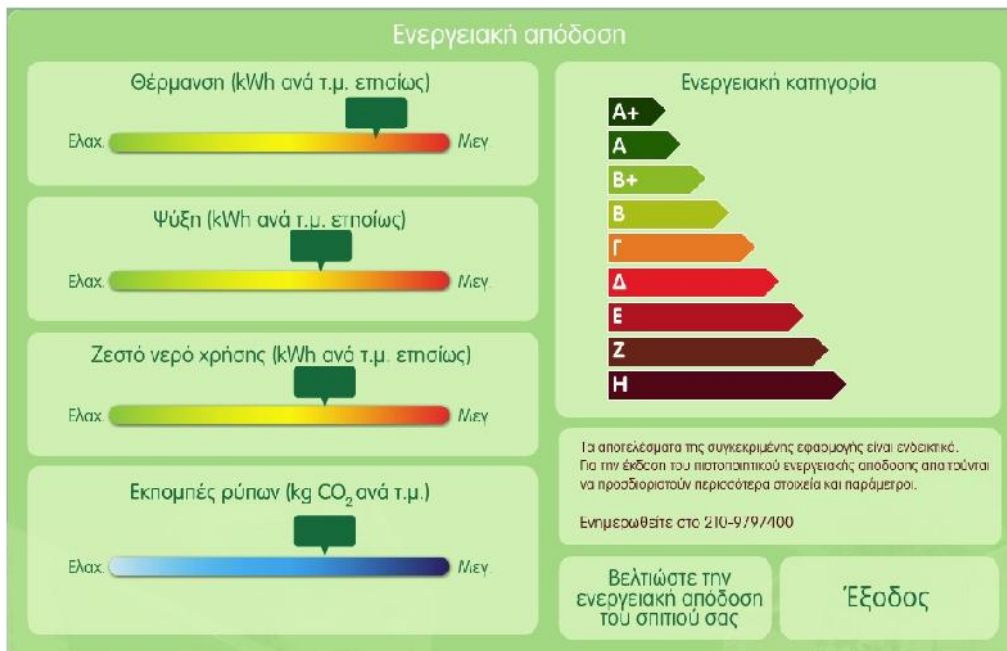
Για το Ισόγειο:



Εικόνα 3.9: Ενεργειακή Απόδοση Ισογείου πριν την Αναβάθμιση

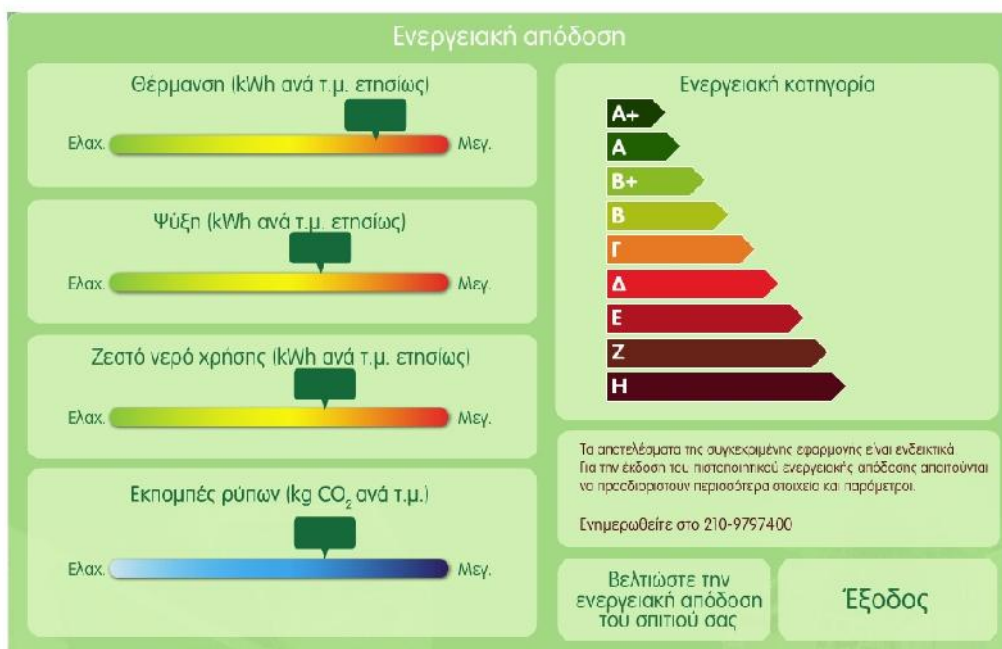


Για τον Α' όροφο:



Εικόνα 3.10: Ενεργειακή Απόδοση Α' Ορόφου πριν την Αναβάθμιση

Για τον Β' όροφο (τελευταίο):



Εικόνα 3.11: Ενεργειακή Απόδοση Β' Ορόφου πριν την Αναβάθμιση

Από τις παραπάνω εικόνες βγαίνει το συμπέρασμα για το κτίριο πως στον τομέα της θέρμανσης θα πρέπει να πραγματοποιηθούν άμεσα επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης. Όλοι οι όροφοι, κατά μέσο όρο, ανήκουν στην κατηγορία Γ στον τομέα της θέρμανσης και της ψύξη και θέρμανση νερού.

Πραγματοποιώντας κάποιες βασικές ενέργειες αναβάθμισης στο κτίριο, δίνονται εκ νέου τα στοιχεία και εφαρμόζουμε πλέον το λογισμικό TEE - KENAK με σκοπό να εξαγει νέα αποτελέσματα μεγαλύτερης ακρίβειας. Συγκεκριμένα, στους εξωτερικούς τοίχους επιλέγεται κατασκευή τούβλου με ενισχυμένη μόνωση πάχους 7 εκ. όπως επίσης και τα δάπεδα μονώθηκαν και το δώμα με 8 εκ. μόνωση. Τα ανοίγματα αντικαταστάθηκαν με κουφώματα αλουμινίου ενεργειακού τύπου με διπλό τζάμι. Στον τομέα της ψύξης τα συστήματα κλιματισμού αντικαταστάθηκαν με κλιματιστικά inverter καθώς και με ανεμιστήρες οροφής. Όσο αφορά την θέρμανση αντικαταστάθηκαν τα ηλεκτρικά θερμικά σώματα με λέβητα – καυστήρα φυσικού αερίου, καθώς όπως έχει προαναφερθεί η περιοχή διαθέτει σύστημα διανομής φυσικού αερίου. Σημαντική εφαρμογή εξοικονόμησης ενέργειας είναι και η μόνωση των σωληνώσεων της θέρμανσης, προκειμένου να εκμηδενιστούν οι απώλειες. Τέλος, εγκαταστάθηκαν ηλιακοί θερμοσίφωνες για την παροχή ζεστού νερού αξιοποιώντας τον ήλιο, μειώνοντας ταυτόχρονα την χρήση ηλεκτρικού ρεύματος από τους ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες. Ακολουθούν οι εικόνες με τα αποτελέσματα για ολόκληρο το κτίριο αυτήν την φορά (εικόνες 3.12, 3.13):

ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	
	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	
$EP \leq 0,33 \cdot R_R$ <b>A+</b>	
$0,33 \cdot R_R < EP \leq 0,5 \cdot R_R$ <b>A</b>	
$0,5 \cdot R_R < EP \leq 0,75 \cdot R_R$ <b>B+</b>	
$0,75 \cdot R_R < EP \leq 1,0 \cdot R_R$ <b>B</b>	<b>B</b>
$1,0 \cdot R_R < EP \leq 1,41 \cdot R_R$ <b>Γ</b>	
$1,41 \cdot R_R < EP \leq 1,82 \cdot R_R$ <b>Δ</b>	
$1,82 \cdot R_R < EP \leq 2,27 \cdot R_R$ <b>Ε</b>	
$2,27 \cdot R_R < EP \leq 2,73 \cdot R_R$ <b>Ζ</b>	
$2,73 \cdot R_R < EP$ <b>Η</b>	
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ	

Εικόνα 3.12: Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίου μετά την Αναβάθμιση



ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ					
Πηγή ενέργειας		Τελική χρήση			Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)
Ηλεκτρική		Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input checked="" type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	72.69
Ορυκτά καύσιμα	Πετρέλαιο	Θέρμανση <input checked="" type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input checked="" type="checkbox"/>	27.31
	Φυσικό αέριο	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0.0
	Άλλο:	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0.0
ΑΠΕ	Ηλιακή	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input checked="" type="checkbox"/>	32.76
	Βιομάζα	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0.0
	Γεωθερμία	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0.0
	Άλλο:	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0.0
	Σύνολο				32.76
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση [kWh/m <sup>2</sup> ]					
Θέρμανση: 153.0			Ψύξη: 43.0		
Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX) : 9.1			Φωτισμός : 0.0		
ΑΠΕ & ΣΗΘ : (-) 0.0					

**Εικόνα 3.13: Ενεργειακή Απόδοση Α' Ορόφου μετά την Αναβάθμιση**

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα από τις παραπάνω εικόνες πριν και μετά την ενεργειακή αναβάθμιση για κάθε όροφο ξεχωριστά, βγαίνει το συμπέρασμα ότι η ενεργειακή κατηγορία του κτιρίου βελτιώθηκε. Συγκεκριμένα, ανήκει στην κατηγορία Β. Βέβαια πλήθος ακόμα επεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης μπορούν να εφαρμοστούν στο κτίριο αυτό, οι οποίες σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ είναι υποχρεωτικές για ένα νέο κτίριο ή ένα πλήρως ανακαινισμένο.

Αρχικά, κρίνεται απαραίτητο να βελτιωθούν οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και οι ηλεκτρικές συσκευές. Συγκεκριμένα θα αντικατασταθούν οι παλιές λάμπες με σύγχρονους λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης και αντίστοιχα θα αντικατασταθούν οι παλιές ηλεκτρικές συσκευές με νέες, υψηλή ενεργειακή απόδοση (A++, A+, A). Στην συνέχεια, μια άλλη ενέργεια που θα πραγματοποιηθεί είναι η τοποθέτηση κινητών συστημάτων σκίασης (τέντες) για να απομακρύνουν τον ήλιο το καλοκαίρι και αντίστροφα να επιτρέπουν την είσοδο των ηλιακών ακτινών τους χειμερινούς μήνες. Επίσης, θα γίνει εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ στο δώμα ή και στους τοίχους του κτιρίου, και ο αριθμός τους θα είναι ανάλογος με τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου, λαμβάνοντας υπ' όψη και τις ήδη εφαρμοσμένες ενεργειακές αναβαθμίσεις.

Σημαντικό είναι η πραγματοποίηση μερικής φύτευσης του δώματος ή τουλάχιστον σε ένα τμήμα του αφού μερικό χώρο θα καταλαμβάνουν οι εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών, αφού πρώτα πραγματοποιηθεί στατική μελέτη. Έπειτα, στα κουφώματα κατά την αντικατάστασή τους που έγινε στην εκτέλεση της εφαρμογής προηγουμένως, θα μπορούσαν να εφαρμοστούν κάποιες τεχνικές βελτίωσης. Ειδικότερα, καλό θα ήταν να τοποθετηθούν ειδικοί διπλοί υαλοπίνακες με αντανakλαστικές ιδιότητες, όπου το ένα τζάμι να έχει διαφορετική διατομή από το άλλο για το ίδιο κούφωμα. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζεται ταυτόχρονα και ηχομόνωση και θερμομόνωση. Τέλος, εφαρμόζοντας και τις τεχνικές που αναφέρονται στην παράγραφο 3.4 ολοκληρώνεται η προσπάθεια της ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου που βρίσκεται επί των οδών Λυκούργου και Κρόνου στην Νίκαια.

Όλες αυτές οι εφαρμογές θα καταγραφούν στο πιστοποιητικό ενεργειακού επιθεωρητή και στην “ταυτότητα του κτιρίου”, τα οποία είναι πλέον υποχρεωτικά να εφαρμοστούν για κάθε κτίριο σαν στοιχεία ποιότητας και βαθμολόγησης του. Ένα λοιπόν, εφαρμοστούν και αυτές οι επεμβάσεις η ενεργειακή απόδοση θα βελτιωθεί ακόμα πιο πολύ.

### **3.8. Σχεδιασμός για αναβάθμιση ελευθέρων χώρων του κτιρίου:**

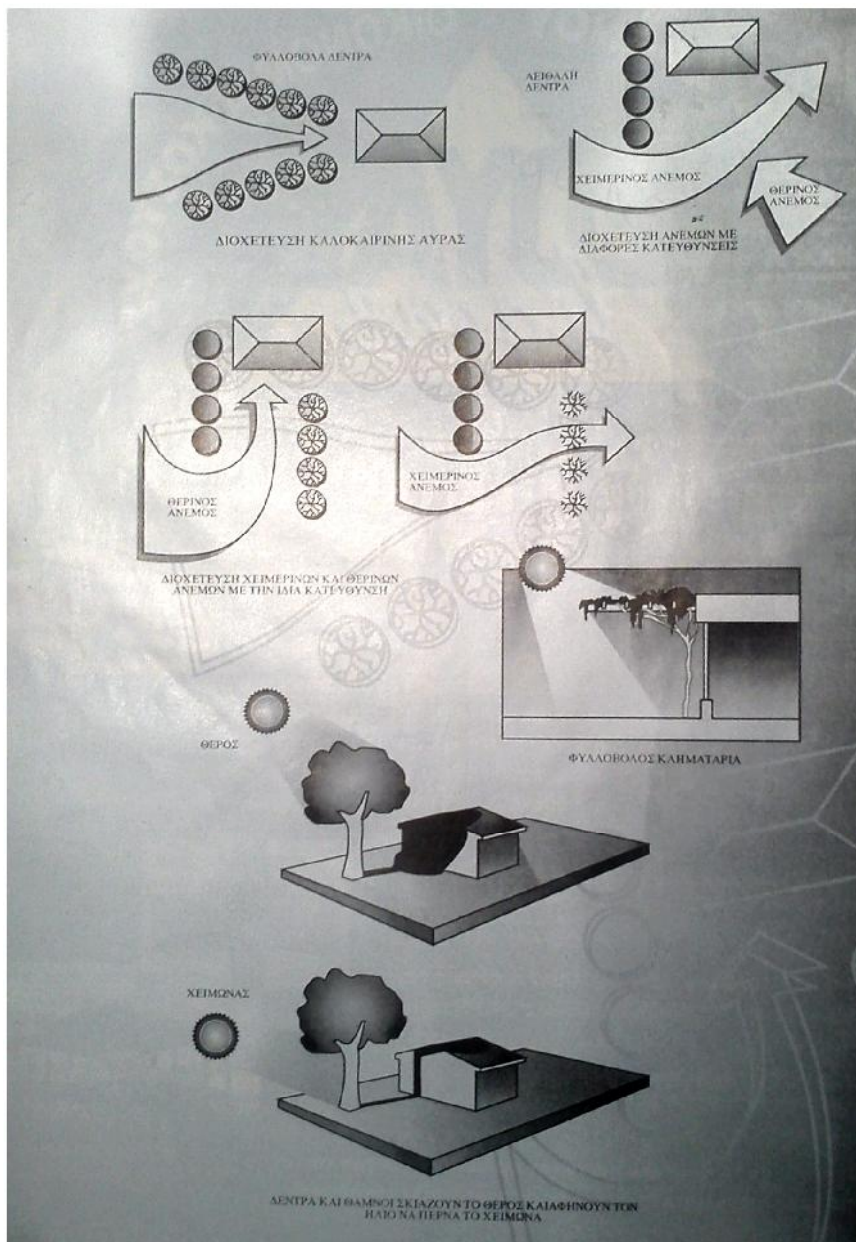
Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια σημαντική προσπάθεια ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου που βρίσκεται επί των οδών Λυκούργου και Κρόνου στην Νίκαια. Γι' αυτό, θα πρέπει να πραγματοποιηθούν και κάποιες ενέργειες αναβάθμισης στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου αυτού.

Ειδικότερα, εφαρμόζοντας τον βιοκλιματικό σχεδιασμό στο κτίριο αυτό, δημιουργούμε επεμβάσεις στον άμεσα περιβάλλοντα χώρο, δηλαδή στην αυλή, στα προκήπια και γενικά σε όλους τους ελευθέρους χώρους του. Αυτές οι επεμβάσεις στοχεύουν στο να ελαχιστοποιήσουν τις δυσμενείς επιπτώσεις του κλίματος, τόσο το καλοκαίρι όσο και τον χειμώνα σ' αυτό. Δημιουργούμε συνθήκες άνεσης των ενοίκων καθώς και την δυνατότητα εξοικονόμησης χρημάτων στον τομέα της θέρμανσης-ψύξης. Έτσι, οδηγούμαστε στο τελικό αποτέλεσμα της ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων.

Η 21η Δεκεμβρίου θεωρείται η μέρα του χειμώνα με τη μικρότερη διάρκεια ως προς την εμφάνιση ηλιακού φωτός, συνεπώς, εάν αυτή την ημέρα εξασφαλίζεται ο ηλιασμός του κτιρίου, τότε σίγουρα εξασφαλίζεται και τον υπόλοιπο χειμώνα, και

μάλιστα αυξημένος σε διάρκεια και ένταση. Η αξιοποίηση της ευεργετικής επίδρασης του ήλιου από τα νότια ανοίγματα είναι απαραίτητη τον χειμώνα. Αντίστοιχα το καλοκαίρι η ηλιοπροστασία των κτιρίων μειώνει την επιβάρυνση τους από πρόσθετη θερμότητα που οφείλεται στην έντονη ηλιακή ακτινοβολία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Η προστασία του κτιρίου μπορεί να επιτευχθεί με βλάστηση και δένδρα φυλλοβόλα.

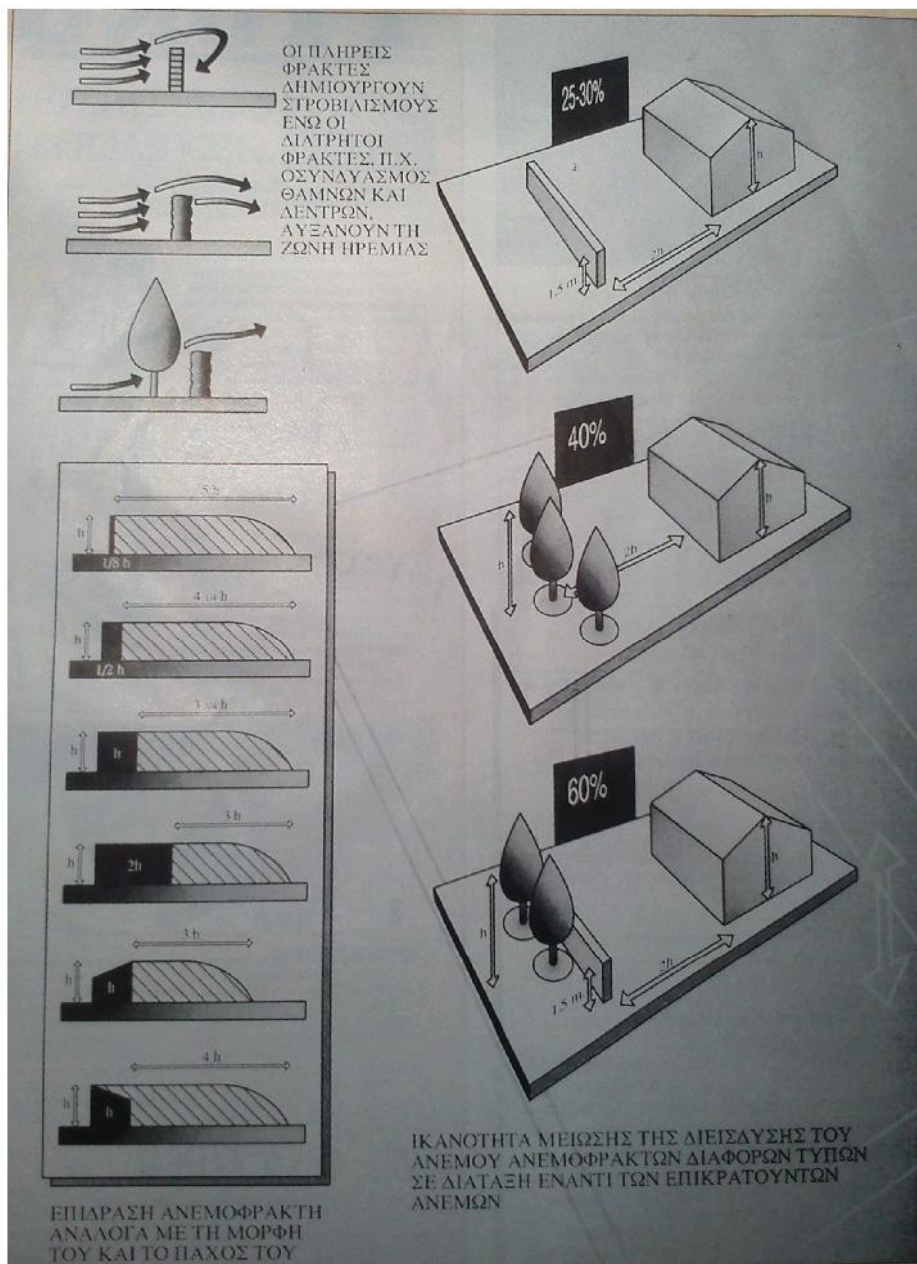
Έτσι στο παράδειγμα μας προκειμένου να έχουμε εκμετάλλευση φυσικών πηγών για θέρμανση και δροσισμό, δημιουργούμε φυτεύσεις υψηλού πρασίνου με φυλλοβόλα δένδρα και φυλλοβόλες κληματαριές σε πέργκολες, στους ακάλυπτους χώρους με νότιο προσανατολισμό. Αντίστοιχα δημιουργούμε φυτεύσεις υψηλού πρασίνου με αειθαλή δένδρα στους ακάλυπτους χώρους και σε πέργκολες με κλιματαριές με βόρειο προσανατολισμό (εικόνα 3.14). Επειδή το κτίριο μας έχει μέτριο ύψος (τριώροφη πολυκατοικία) μπορεί να επιτευχθεί μια αρκετά καλή προστασία με την αξιοποίηση της βλάστησης και των δένδρων που αναφέραμε. Επιπλέον, με την βλάστηση επιτυγχάνεται η προστασία του κτιρίου μας από τους ισχυρούς βόρειους ανέμους (ως ανεμοφράκτες) από βόρειο προσανατολισμό. Ειδικότερα, οι ανοιχτοί φραγμοί όπως π.χ. τα δέντρα και οι θάμνοι, παρέχουν μέγιστη μείωση της ταχύτητας του ανέμου κατά περίπου 50% σε απόσταση ίση προς το πενταπλάσιο του ύψους τους (εικόνα 3.15). Επίσης οι φυτεύσεις χαμηλού πρασίνου, που αποτελούνται από χλόη, δένδρα και θάμνους επιτρέπουν την διέλευση ενός μέρους του αέρα, πράγμα που περιορίζει τους στροβιλισμούς στο ελάχιστο και δημιουργεί μία ευρύτερη ζώνη ηρεμίας.



Εικόνα 3.14: Φυτέψεις για κάθε Εποχή (ΤΕΕ, Τεύχος 2025)

Όλα αυτά σε συνδυασμό με την τοποθέτηση φυτικών φρακτών στις περιτοιχίσεις και περιφράξεις βοηθούν ώστε να μην χρησιμοποιούμε οποιαδήποτε άλλα υλικά τα οποία θα αντανακλούσαν την θερμότητα προς το κτίριο.





Εικόνα 3.15: Κίνηση του Αέρα (ΤΕΕ, Τεύχος 2025)

Οι επεμβάσεις στους ακάλυπτους χώρους θα ολοκληρωθούν με εγκατάσταση συλλεκτών βρόχινου νερού. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνουμε να μην διαταραχθεί η περιβαλλοντική ισορροπία από την αυξημένη χρήση νερού που απαιτούν οι εγκαταστάσεις πρασίνου. Το συλλεγόμενο νερό είναι κατάλληλο για όλες τις χρήσεις, ανάλογα με την επεξεργασία που θα υποστεί. Όλες οι κατασκευές, ανεξάρτητα από το υλικό κατασκευής τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την συλλογή του βρόχινου νερού, εάν αυτό δεν χρησιμοποιείται ως πόσιμο. Πανευρωπαϊκά πλέον,

αλλά και παγκόσμια έχει καθοριστεί να λαμβάνονται μέτρα για το ελλειματικό υδάτινο ισοζύγιο. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί ότι έχουμε και σχετικές απαιτήσεις - κίνητρα του Ν.Ο.Κ. 2012 και για εγκαταστάσεις πρασίνου αλλά και για εγκαταστάσεις συλλογής βρόχινου νερού (άρθρο 17: “Κατασκευές και φυτέψεις στους ακάλυπτους χώρους και περιφράξεις”, παράγραφο 8). Εφαρμογή αυτής της περιβαλλοντικής αναβάθμισης για το κτίριο μας φαίνεται στα σχέδια των κατόψεων στο Κεφάλαιο 2, σχέδιο 8 (Κάτοψη Ισογείου).

Επίσης, υπάρχουν και οδηγίες σε αφιέρωμα στο περιοδικό του ΤΕΕ ως εφαρμογή της ηλιακής αρχιτεκτονικής όπως αναφέρθηκε στην αναβάθμιση των ελευθέρων χώρων.

## Κεφάλαιο 4: Σεισμική Αποτίμηση Υφιστάμενων Κατασκευών

### 4.1. Εισαγωγή:

Είναι γνωστό πως οι επιπτώσεις των ισχυρών σεισμών του παρελθόντος οδήγησαν στην αύξηση του ενδιαφέροντος για την έρευνα στο πεδίο των αντισεισμικών κατασκευών. Η Ελλάδα είναι από τις πλέον σεισμογενείς χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τις τελευταίες δεκαετίες έχει θρηνήσει εκατοντάδες θύματα από σεισμούς, ενώ οι οικονομικές ζημιές είναι ανυπολόγιστες. Ειδικότερα, οι σεισμοί που στιγμάτισαν στο παρελθόν, σε μεγάλο βαθμό την χώρα μας είναι οι εξής: στην Θεσσαλονίκη το 1978, στην Αθήνα το 1981, στην Καλαμάτα το 1986, στην Κόνιτσα 1996 και ο πλέον καταστροφικός για την Αττική, στην Πάρνηθα για το 1999. Σε διεθνές επίπεδο οι σεισμοί με τις μεγαλύτερες επιπτώσεις στα κτίρια είναι στον Αγ. Φραγκίσκο το 1989, στο Κόμπε της Ιαπωνίας 1995 και στην Τουρκία το 1999.

Το μεγάλο πρόβλημα στην χώρα μας είναι οι οικοδομές οι οποίες έχουν μελετηθεί και κατασκευαστεί πριν το 1985, δηλαδή πριν την ισχύ του νέου Αντισεισμικού Κανονισμού. Σ' αυτό συνέβαλε η απουσία ισχυρών σεισμικών γεγονότων, όπως αυτά που ακολούθησαν τις επόμενες δεκαετίες, που δεν έδωσε την δυνατότητα αποκάλυψης των εγγενών αδυναμιών των ισχυουσών κανονιστικών διατάξεων και των πρακτικών σχεδιασμού δόμησης εκείνης της περιόδου. Στην κατηγορία αυτή το πρόβλημα είναι πολύ πιο έντονο στις πολυκατοικίες οπλισμένου σκυροδέματος με ανοιχτά ισόγεια τύπου "pilotis" καθώς εντοπίζονται αρκετές καταρρεύσεις και εκτεταμένες βλάβες στους πρόσφατους σεισμούς.

Τα τελευταία χρόνια, η δυνατότητα καταγραφής μια σεισμικής κίνησης με τη μορφή επιταχυνσιογραφημάτων και η περαιτέρω επεξεργασία των χαρακτηριστικών τους με κατάλληλα μαθηματικά προσομοιώματα, οδήγησε στη ρεαλιστικότερη θεώρηση του σεισμού ως μία μεταβαλλόμενη μετακίνηση η οποία εισάγεται στην κατασκευή, παρά μία σταθερή οριζόντια πλευρική δύναμη ανάλογη του βάρους του κτιρίου. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την εξέλιξη των σύγχρονων υπολογιστικών συστημάτων που διευκολύνουν σημαντικά την ανάλυση ενός φορέα, συνετέλεσε στην ανάπτυξη της αντίληψης που επικρατεί ακόμα και σήμερα για την ανάλυση κατασκευών για σεισμικές φορτίσεις, όπου η σεισμική απειλή αποτυπώνεται σε καθορισμένα φάσματα ψευδοεπιταχύνσεων, από τα οποία υπολογίζεται η αντίστοιχη ένταση στο φορέα μέσω ιδιομορφικών αναλύσεων. Στην ανάπτυξη των σύγχρονων αντιλήψεων για τις αντισεισμικές κατασκευές οδήγησαν και οι σημαντικές εξελίξεις στην τεχνολογία των δομικών υλικών. Η βιομηχανοποίηση της παραγωγής π.χ. των ράβδων οπλισμού σκυροδέματος σε συνδυασμό με την προτυποποίηση που

επιτυγχάνεται πλέον με τη βοήθεια της συσσωρευμένης γνώσης των Κανονισμών που αναπτύχθηκαν για τα δομικά υλικά, εν προκειμένω για το χάλυβα και το σκυρόδεμα, οδήγησε στην ανάπτυξη υλικών με σημαντικά βελτιωμένες ιδιότητες χωρίς αντίστοιχα μεγάλη αύξηση του κόστους. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την εξέλιξη υπολογιστικών προσομοιωμάτων που επιτρέπουν την ακριβέστερη προσέγγιση της συμπεριφοράς των δομικών μελών, άρα και την ακριβέστερη διαστασιολόγηση τους οδηγεί στο συμπέρασμα πως τα σύγχρονα κτίρια είναι ασφαλέστερα από τα παλαιότερα, καθώς ο σχεδιασμός και η κατασκευή τους γίνονται λαμβάνοντας υπόψη αυξημένες απαιτήσεις όσον αφορά τη σεισμική απειλή, αλλά και την απόδοση των υλικών που χρησιμοποιούνται.

Τα σύντομα σχόλια που προηγήθηκαν δημιουργούν άμεσα μία σημαντική διαπίστωση. Είναι προφανές πως τα υφιστάμενα κτίρια, όπως και το κτίριο που μελετάται σε αυτήν την εργασία, δεν ακολουθούν τη σύγχρονη αντίληψη για την ανάλυση και το σχεδιασμό κατασκευών όπως αυτή εκφράζεται στους ισχύοντες Κανονισμούς και επομένως δεν μπορούν με τα σημερινά δεδομένα να χαρακτηρισθούν ως ασφαλή, καθώς είναι αδύνατον να πληρούν το σύνολο των απαιτήσεων που τίθενται για τα νέα κτίρια. Η άποψη αυτή ενισχύεται αν ληφθούν υπόψη και άλλες παράμετροι οι οποίες δεν σχολιάστηκαν παραπάνω όπως π.χ. η άγνωστη παλαιότερα πλαστιμότητα, η οποία επιτρέπει την «κατανάλωση» μέρους της ενέργειας που εισάγεται στο κτίριο μέσω ανελαστικών παραμορφώσεων των μελών κ.α. Συνεπώς είναι σκόπιμο να εξετασθεί εάν τα μη-επαρκή κτίρια σύμφωνα με τα σύγχρονα δεδομένα είναι δυνατόν είτε να αναβαθμιστούν, ώστε να πληρούν τις ισχύουσες προϋποθέσεις των Κανονισμών, είτε να αντικατασταθούν από νέες κατασκευές. Αν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι με βάση τις κατασκευαστικές αντιλήψεις που επικρατούσαν, ως ανεπαρκή θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν το σύνολο σχεδόν των κτιρίων που έχουν κατασκευασθεί προ του 1985, που αντιστοιχεί στο 80% περίπου το δομημένου περιβάλλοντος στη χώρα μας, είναι εμφανές ότι η λύση της αντικατάστασής τους είναι ανέφικτη τόσο λειτουργικά όσο και οικονομικά. Συνεπώς, προέκυψε η ανάγκη της «αναβάθμισης» του υφιστάμενου κτιριακού πλούτου, ώστε να εξαλειφθεί η διαπιστωμένη μειωμένη ασφάλεια έναντι σεισμού, την οποία παρέχουν οι υφιστάμενες κατασκευές λόγω της περιορισμένης γνώσης και των αντιλήψεων που επικρατούσαν κατά την περίοδο κατασκευής τους.

Σήμερα ένα σημαντικό τμήμα τις έρευνας στο πεδίο των αντισεισμικών κατασκευών αφορά τις ενισχύσεις και επισκευές υφιστάμενων κατασκευών. Η ενίσχυση μιας κατασκευής αφορά την αναβάθμιση της ικανότητάς της σε επίπεδο τέτοιο, ώστε να ανταποκρίνεται σε αυξημένες απαιτήσεις, οι οποίες καθορίζονται σύμφωνα με την προβλεπόμενη χρήση του κτιρίου. Η επισκευή αφορά την αποκατάσταση βλαβών,



σεισμικών ή όχι, σε ένα κτίριο και συνήθως, ιδιαίτερα στην περίπτωση παλαιών κατασκευών, συνοδεύεται και από ενίσχυση της φέρουσας ικανότητάς του. Το πρόβλημα της ενίσχυσης ή επισκευής μιας κατασκευής μπορεί να χωριστεί σε τρία εξίσου σημαντικά τμήματα. Το πρώτο μέρος, προκειμένου μια επέμβαση να είναι αποτελεσματική, είναι η καλή γνώση της αναμενόμενης συμπεριφοράς του υφιστάμενου οικοδομήματος “ως έχει” σε κάποιο ισχυρό μελλοντικό σεισμό. Το δεύτερο είναι το υπολογιστικό, το οποίο περιλαμβάνει την σεισμική αποτίμηση του υφιστάμενου οικοδομήματος, δηλαδή την εκτίμηση της ικανότητάς του ως έχει, χωρίς καμία επέμβαση, και τον ανασχεδιασμό του φορέα που περιλαμβάνει τον υπολογισμό των επεμβάσεων στα μέλη του, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις που τέθηκαν. Το τελευταίο μέρος είναι το τεχνικό που αφορά την επιλογή και εφαρμογή της βέλτιστης μεθόδου επέμβασης που αντισταθμίζει τις αδυναμίες που διαπιστώθηκαν κατά την αποτίμηση.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν, γίνεται αντιληπτό ότι το πρόβλημα της ενίσχυσης ή επισκευής μιας υφιστάμενης κατασκευής είναι δυσκολότερο από το σχεδιασμό ενός νέου κτιρίου. Ακόμα και στην τεχνική του διάσταση, η εφαρμογή νέων υλικών και η ανάγκη σύνδεσής τους με τα υφιστάμενα στοιχεία της κατασκευής, η προσθήκη νέων μελών και η προσπάθεια ένταξή τους σε ένα κοινό σύνολο με τον αρχικό φορέα δημιουργούν δυσκολίες πρωτόγνωρες ακόμα και για έναν έμπειρο δομικό μηχανικό, δυσκολίες οι οποίες προφανώς απουσιάζουν από τις νέες κατασκευές, όπου τα υλικά και η διαδικασία εφαρμογής τους είναι γνωστά και έχουν προδιαγραφεί λεπτομερώς κατά το στάδιο της μελέτης που προηγήθηκε. Παρόλα αυτά, η σημαντικότερη δυσκολία του προβλήματος της ενίσχυσης ενός υφιστάμενου κτιρίου εντοπίζεται στο αναλυτικό τμήμα, δηλαδή στην αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό, όπου απαιτείται αφενός η λεπτομερής προσομοίωση των υφιστάμενων χαρακτηριστικών των μελών του δομήματος ώστε να προκύψουν με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια οι αδυναμίες της κατασκευής, αφετέρου απαιτείται να εκτιμηθεί ρεαλιστικά η επίδραση των πρόσθετων στοιχείων και υλικών και η συνεργασία τους με τα αρχικά, ώστε να διαστασιολογηθεί με ακρίβεια η απαιτούμενη επέμβαση.

Ο σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας διαδικασίας προσδιορισμού της βέλτιστης στρατηγικής επέμβασης σε ένα υφιστάμενο κτίριο, με βάση τα αποτελέσματα της αρχικής αποτίμησής του με χρήση της ανελαστικής στατικής ανάλυσης και του προσεγγιστικού προσδιορισμού εναλλακτικών λύσεων ενίσχυσης. Μέσω αυτής της προτεινόμενης μεθόδου διευκολύνεται η διαδικασία ενίσχυσης – ανασχεδιασμού, μέσω της υιοθέτησης μιας λειτουργικής και αποδοτικής λύσης χωρίς να πραγματοποιούνται επαναλαμβανόμενες αναλύσεις διαφόρων σεναρίων ενίσχυσης του φορέα, αλλά με κατάλληλη αξιοποίηση των

χαρακτηριστικών της καμπύλης τέμνουσας βάσης – μετατόπισης που προκύπτει από την αρχική μη γραμμική ανάλυση. Δεδομένου ότι η καμπύλη ικανότητας του αρχικού φορέα αποτελεί τη σημαντικότερη πληροφορία που απαιτείται για την εφαρμογή της μεθόδου που αναπτύσσεται, ένας έμμεσος στόχος της παρούσης εργασίας είναι η αξιολόγηση των προσομοιωμάτων συμπεριφοράς στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος που συμπεριλαμβάνονται στον ΚΑΝ.ΕΠΕ. και αφορούν τις ανελαστικές αναλύσεις, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τις αναλύσεις των κτιρίων που παρουσιάζονται στη συνέχεια. Ζητούμενο είναι να διαπιστωθεί πόσο επηρεάζονται τα προσδιοριζόμενα μεγέθη αλλά και η ικανότητα του κτιρίου που προκύπτει, από παραδοχές που λαμβάνονται.

#### **4.2. Σεισμική Αποτίμηση:**

Η σεισμική αποτίμηση ενός υφιστάμενου οικοδομήματος είναι μια αναλυτική διαδικασία, κατά την οποία ζητούμενο είναι να προσδιοριστεί ποσοτικά η σεισμική ικανότητα της κατασκευής και να διαπιστωθεί μέσω καθορισμένων κριτηρίων εάν μπορεί να θεωρηθεί επαρκής, διαφορετικά να προσδιορισθεί ο βαθμός ανεπάρκειάς της. Πρόκειται λοιπόν, για μία αρχική ανάλυση του υπό μελέτη κτιρίου, στην οποία λαμβάνονται υπόψη τα χαρακτηριστικά των μελών του όπως προκύπτουν από την μελέτη κατασκευής, εάν αυτή διατίθεται, ή αποκλειστικά από την επιτόπου διερεύνηση του.

Η σεισμική αποτίμηση αποτελεί το πρώτο βήμα της ολοκληρωμένης διαδικασίας μελέτης ενός υφιστάμενου κτιρίου με σκοπό την αντισεισμική ενίσχυσή του. Συγχρόνως πρόκειται πιθανόν για το πλέον σημαντικό βήμα, καθώς όπως γίνεται αντιληπτό επιλογή της οποιασδήποτε επέμβασης βασίζεται και καθοδηγείται από τα αποτελέσματα της αποτίμησης. Συνεπώς, είναι ιδιαίτερα κρίσιμη η ακριβής προσέγγιση και ποσοτικοποίηση τόσο της ικανότητας του φορέα και των μελών του, όσο και των απαιτήσεων που διαμορφώνονται ανάλογα με τη σεισμική απειλή και την αναμενόμενη χρήση της κατασκευής.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν, γίνεται αντιληπτό ότι οι συνήθεις διαδικασίες ανάλυσης που χρησιμοποιούνται για τη μελέτη νέων κτιρίων πιθανόν να μην επαρκούν για την περίπτωση του πολυπλοκότερου προβλήματος της σεισμικής αποτίμησης. Στους Κανονισμούς που αφορούν τα νέα κτίρια, η εφαρμογή των προτεινόμενων αναλυτικών διαδικασιών συνοδεύεται από διατάξεις για τη μορφολογία του φορέα (κανονικότητα καθ' ύψος ή σε κάτοψη) και την κατασκευαστική διαμόρφωση του οπλισμού των μελών, βάσει των οποίων καθορίζονται σημαντικές παράμετροι των αναλυτικών διαδικασιών, όπως π.χ. ο

δείκτης συμπεριφοράς  $q$  που «μειώνει» το φάσμα απαίτησης του Κανονισμού. Προφανώς στα νέα κτίρια ο μελετητής έχει την δυνατότητα να προδιαγράψει τα χαρακτηριστικά του φορέα, ώστε να καθορίσει τον επιθυμητό τρόπο συμμόρφωσης με τις κανονιστικές απαιτήσεις, να επιλέξει δηλαδή τις παραμέτρους που εισάγονται στην αναλυτική διαδικασία και σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του κτιρίου. Στις υφιστάμενες κατασκευές δεν υπάρχει δυνατότητα επιλογής, ενώ η κατασκευαστική διαμόρφωση του δομικού συστήματος και των επιμέρους μελών σπανίως συμφωνεί ακόμα και με τις ελάχιστες απαιτήσεις των σύγχρονων Κανονισμών.

Θα μπορούσε, λοιπόν, να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι για την αποτίμηση υπαρχόντων κτιρίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι κλασικές μέθοδοι ανάλυσης των ισχυόντων Κανονισμών για νέα κτίρια. Οι προτεινόμενες μέθοδοι διακρίνονται στις ελαστικές, οι οποίες είναι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται και για την ανάλυση νέων κτιρίων, με κατάλληλες τροποποιήσεις ώστε να ληφθούν υπ' όψη οι ιδιαιτερότητες των υφιστάμενων κατασκευών, και στις ανελαστικές, οι οποίες αν και είναι πιο απαιτητικές όσον αφορά τους υπολογισμούς, οδηγούν σε ακριβέστερα αποτελέσματα μέσω της λεπτομερούς προσομοίωσης της συμπεριφοράς των δομικών μελών και της ορθολογικότερης αντιμετώπισης της σεισμικής απειλής. Γι' αυτό το λόγο το κτίριο που μελετάται σε αυτήν την εργασία θα χρησιμοποιηθούν ανελαστικές μέθοδοι σεισμικής αποτίμησης.

### 4.3. Φάσματα αποκρίσεως:

Μία προσέγγιση στο πρόβλημα του προσδιορισμού της απόκρισης μιας κατασκευής που υφίσταται σεισμική διέγερση είναι η χρήση των φασματικών αποκρίσεων. Για μία συγκεκριμένη σεισμική διέγερση, χωρίς να υπολογιστεί η συνολική απόκριση μίας κατασκευής και με δεδομένα μόνο την φυσική περίοδο και το ποσοστό απόσβεσης της κατασκευής, μπορεί να προσδιοριστεί η μέγιστη επιτάχυνση, η μέγιστη ταχύτητα και η μέγιστη μετατόπισή της.

Ας θεωρήσουμε μία σειρά άπειρων απλών μονοβάθμιων ταλαντωτών πάνω σε ένα επίπεδο που υφίσταται κάποια συγκεκριμένη σεισμική διέγερση  $x_g$ . Κάθε ένας από τους ταλαντωτές αποτελείται από μάζα  $M_i$ , ένα αβαρές στέλεχος με κοινό μέτρο ελαστικότητας  $E$ , και ροπή αδρανείας  $I$ . Το ύψος  $L_i$ , κάθε ταλαντωτή είναι ελάχιστα μεγαλύτερο από το ύψος του προηγούμενου, έτσι ώστε η δυσκαμψία του  $K_i = 3EI/L_i^3$  να είναι λίγο μικρότερη και αντίστοιχα η φυσική περίοδος ταλάντωσης του  $T_i$ , να είναι λίγο μεγαλύτερη.

Φάσμα αποκρίσεως μετατοπίσεων μίας σεισμικής διέγερσης, είναι η περιβάλλουσα των μέγιστων μετατοπίσεων των αποκρίσεων όλων των δυνατών μονοβάθμιων σχηματισμών, για την συγκεκριμένη σεισμική διέγερση.

Φάσματα αποκρίσεως υπολογίζονται για διάφορες τιμές απόσβεσης  $\zeta$ . Αντίστοιχα με τα φάσματα αποκρίσεων μετατοπίσεων ορίζονται φάσματα αποκρίσεων ταχυτήτων και φάσματα αποκρίσεων επιταχύνσεων. Η απόκριση του μονοβάθμιου ταλαντωτή σε μία σεισμική διέγερση, δίδεται από την λύση της εξίσωσης κίνησης. Με απλή παραγωγή ως προς το χρόνο της σχέσης αυτής, λαμβάνεται η ταχύτητα του συστήματος. Άρα, τελικά, για μία συγκεκριμένη σεισμική διέγερση ορίζονται κατ' αρχάς τα φάσματα μετατοπίσεων, ταχυτήτων και επιταχύνσεων της απόκρισης όλων των μονοβάθμιων ταλαντωτών στην υπόψη διέγερση.

Ο καθορισμός των σεισμικών κινήσεων σχεδιασμού του εδάφους στις δύο μεθόδους αναλύσεως των κατασκευών που προβλέπονται από τον ΕΑΚ -2000, γίνεται με την χρήση φασμάτων επιταχύνσεων σχεδιασμού. Οι σεισμικές κινήσεις που λαμβάνονται υπ' όψη στο σχεδιασμό αποτελούνται από δύο οριζόντιες συνιστώσες και μία κατακόρυφη. Οι κινήσεις θεωρούνται στατικά ανεξάρτητες και εξετάζονται ξεχωριστά.

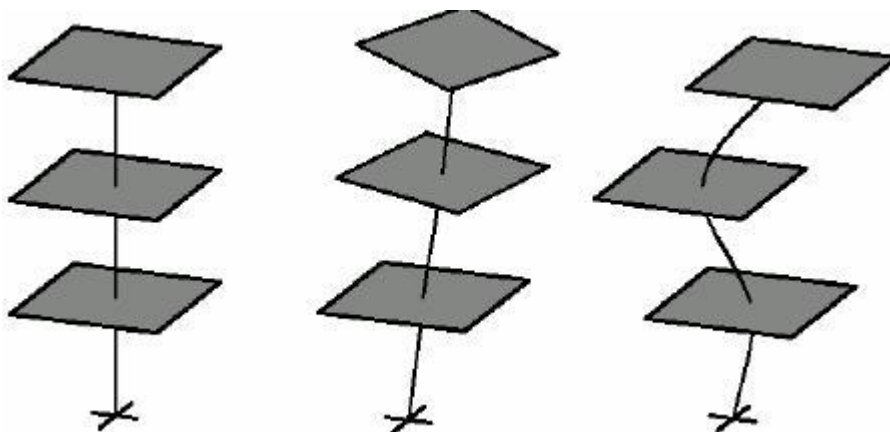
#### **4.4. Ελαστικές Μέθοδοι:**

Οι ελαστικές μέθοδοι ανάλυσης περιλαμβάνουν την ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση και την ελαστική δυναμική ανάλυση. Η ελαστική στατική ανάλυση είναι η γνωστή από τον ΕΑΚ ισοδύναμη στατική μέθοδος, με αυστηρότερες προϋποθέσεις εφαρμογής αλλά και διαφορές στη διαδικασία. Οι προϋποθέσεις εφαρμογής σχετίζονται με την μορφολογική κανονικότητα της κατασκευής και την ομοιόμορφη κατανομή μάζας και δυσκαμψίας σε αυτήν και εκφράζονται μέσα από ποσοτικά κριτήρια που μπορούν να αναζητηθούν στο κείμενο του Κανονισμού (ΚΑΝ.ΕΠΕ., 2006). Η σημαντικότερη παρατήρηση όμως αφορά την ύπαρξη κριτηρίου που σχετίζεται με την τιμή του δείκτη ανεπάρκειας, δηλαδή του λόγου ένταση προς αντοχή. Στις ελαστικές αναλύσεις, διαιρούνται οι τιμές του φάσματος ψευδοεπιταχύνσεων που εκφράζει τη σεισμική απειλή, με την τιμή του  $q$  π.χ. με 3,5 (που είναι για τα νέα κτίρια) και στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή αυτή μέσω υπολογιστικών διατάξεων. Στις υφιστάμενες κατασκευές όμως, η τιμή του  $q$  είναι άγνωστη, όπως συμβαίνει και στην συγκεκριμένη περίπτωση, συνεπώς πρέπει να

γίνει εκτίμηση αυτής με βάση τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και με τη χρήση σχετικών πινάκων ή από το τεύχος υπολογισμού..

Συνεπώς, για περιπτώσεις κτιρίων με αρχικά εκτιμώμενο μεγάλο βαθμό ανεπάρκειας, ο οποίος εκφράζεται από τις προσδιοριζόμενες τιμές των δεικτών ανεπάρκειας των μελών, του ΚΑΝ.ΕΠΕ. απαιτεί τη χρήση κάποιας ανελαστικής μεθόδου, γεγονός που αποδίδεται στην ακριβέστερη εκτίμηση της ικανότητας του υπό μελέτη κτιρίου που επιτυγχάνεται με τις διαδικασίες αυτές. Πλέον από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω σχετικά με τους περιορισμούς στη χρήση των ελαστικών μεθόδων για την αποτίμηση υφιστάμενων κατασκευών, το σημαντικότερο ζήτημα που εισάγεται αφορά το δείκτη συμπεριφοράς  $q$ , του οποίου η τιμή είναι στην περίπτωση ενός υπάρχοντος κτιρίου άγνωστη. Ο δείκτης συμπεριφοράς  $q$  εκφράζει την ικανότητα της κατασκευής να καταναλώνει ενέργεια μέσω της ανελαστικής παραμόρφωσης των μελών της.

Όσον αφορά τα κατασκευαστικά στοιχεία, τα συνήθη πολυώροφα κτίρια αποτελούνται από τα υποστυλώματα πάνω στα οποία στηρίζονται οι πλάκες. Οι πλάκες συνήθως έχουν ορθογωνικό σχήμα ενώ το πάχος τους είναι πολύ μικρό συγκριτικά με τις άλλες δύο διαστάσεις τους. Αυτά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους δίνουν τη δυνατότητα να παραμορφώνονται πολύ εύκολα όταν φορτίζονται κάθετα στο επίπεδό τους ενώ είναι αδύνατον να παραμορφωθούν όταν φορτίζονται από δυνάμεις που διέρχονται από το επίπεδό τους (εικόνα 4.1). Έτσι, θεωρείται ότι η πλάκα μετακινείται σαν ένα στερεό σώμα κατά την οριζόντια διεύθυνση ενώ μπορεί να κάμπτεται κάθετα στο επίπεδό της. Αυτή η συμπεριφορά της πλάκας ονομάζεται διαφραγματική λειτουργία και ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα μόνο όταν ικανοποιούνται οι αντίστοιχες απαιτήσεις του ΕΑΚ 2000.

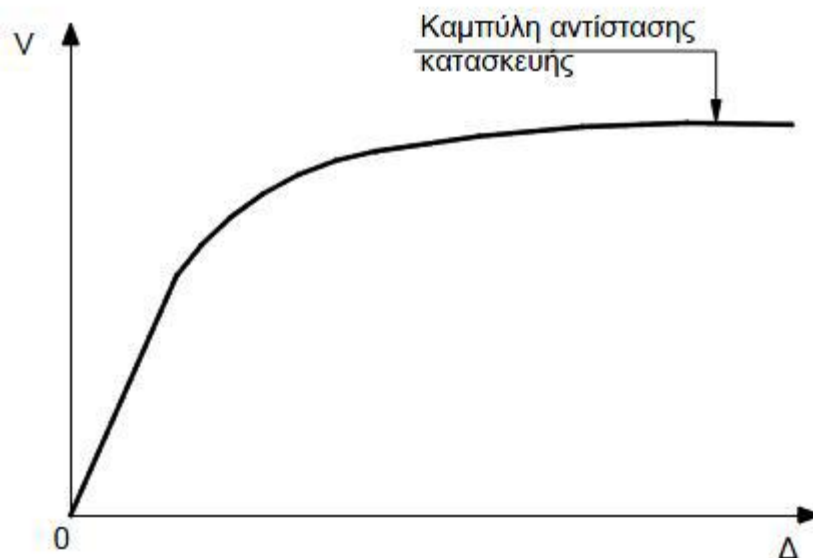


Εικόνα 4.1: Οι πλάκες μετακινούνται σαν στερεά σώματα

Από τη σύντομη παρουσίαση των ελαστικών μεθόδων που συμπεριλαμβάνονται στα σχέδια κανονισμών που αφορούν την αποτίμηση και ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών προκύπτει πως, αν και οι μέθοδοι αυτές είναι δυνατόν να εφαρμοστούν για την αποτίμηση υπάρχοντων κτιρίων, οι προσεγγίσεις που γίνονται κυρίως σχετικά με τα μεγέθη που εκφράζουν την πλαστιμότητα της κατασκευής εισάγουν αβεβαιότητες, οι οποίες αποφεύγονται με τη χρήση των πολυπλοκότερων ανελαστικών μεθόδων.

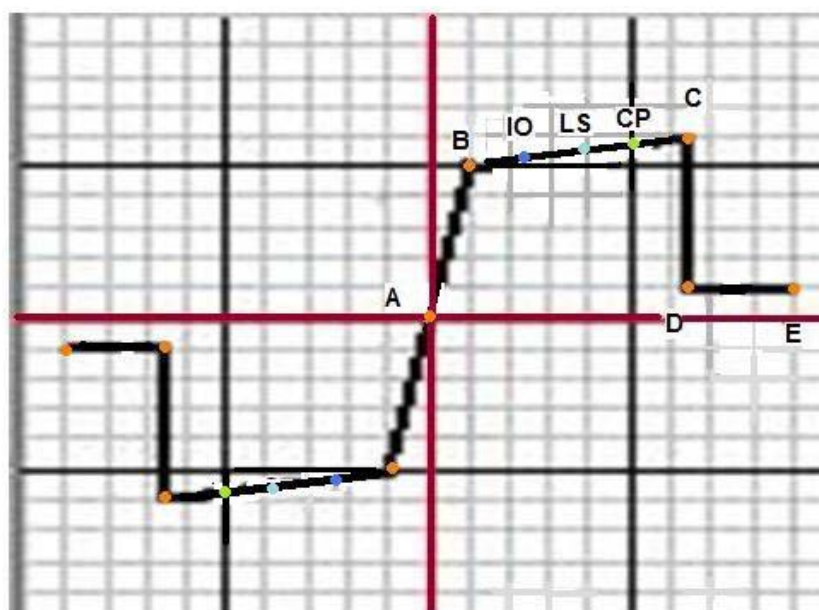
#### **4.5. Ανελαστικές Μέθοδοι:**

Στον ΚΑΝ.ΕΠΕ., όπως και στο FEMA 356, οι ανελαστικές μέθοδοι που προτείνονται για την ανάλυση της κατασκευής πριν και μετά την επέμβαση είναι η στατική ανελαστική ανάλυση (pushover analysis) και η δυναμική ανελαστική ανάλυση (ανάλυση χρονοϊστορίας). Η στατική ανελαστική ανάλυση, γνωστή και ως ανάλυση pushover, αν και δεν είναι μια νέα μέθοδος, δεν έχει συμπεριληφθεί ξανά σε ελληνικό κανονισμό, με αποτέλεσμα να είναι σχετικά άγνωστη στην πλειοψηφία των μελετητών μηχανικών, που θα κληθούν να την εφαρμόσουν. Παρόλα αυτά γνωρίζει τα τελευταία χρόνια ευρεία εφαρμογή στην αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό υφιστάμενων κτιρίων, γεγονός που αποδίδεται στο συνδυασμό της ακριβέστερης προσέγγισης της συμπεριφοράς των μελών μέσω των προσομοιωμάτων που έχουν αναπτυχθεί για τις ανελαστικές αναλύσεις, με την απλότητα της έκφρασης της σεισμικής έντασης με μία οριζόντια φόρτιση με κατανομή ανάλογη με τις αδρανειακές δυνάμεις, η οποία αυξάνεται σταδιακά και μέχρι την κρίσιμη μετακίνηση του οικοδομήματος, η οποία καθορίζεται από την στοχευόμενη στάθμη επιπλεστικότητας. Το βασικότερο εργαλείο της μεθόδου αυτής είναι καμπύλης αντοχής της κατασκευής η οποία είναι γνωστή ως «καμπύλη pushover». Παρόλο που τα διάφορα προγράμματα που υπάρχουν κάνουν την ανελαστική ανάλυση με διαφορετικό τρόπο το καθένα, όλα έχουν ένα κοινό παρονομαστή και οδηγούν στη δημιουργία της καμπύλης αυτής, που η μορφή της απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 4.2):



Εικόνα 4.2: Καμπύλη Αντίστασης

Στην στατική ανελαστική ανάλυση υπό αυξανόμενης έντασης φορτία (pushover ανάλυση), τα μέλη του φορέα δεν συμπεριφέρονται ελαστικά αλλά υπακούουν σε συγκεκριμένα μοντέλα πλαστικής παραμόρφωσης. Ο μελετητής μπορεί να επιλέξει συγκεκριμένα σημεία στον φορέα, τις πλαστικές αρθρώσεις (“hinges”), πέραν των οποίων η διατομή μπαίνει στην πλαστική περιοχή. Τα μοντέλα πλαστικής παραμόρφωσης περιγράφονται μέσα από διαγράμματα συμπεριφοράς υλικών όπως φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 4.3: Διάγραμμα συμπεριφοράς Υλικών



Ο κάθετος άξονας είναι η δύναμη (αξονική, διατμητική ή ροπή) και ο οριζόντιος η παραμόρφωση (μετατόπιση ή στροφή). Η AB είναι η περιοχή ελαστικής συμπεριφοράς. Το B είναι το σημείο διαρροής. Ακολουθεί η πλαστική περιοχή BC, όπου C το σημείο μέγιστης αντοχής. Έπειτα η αντοχή μειώνεται (σημείο D) μέχρι το σημείο μέγιστης παραμόρφωσης, χωρίς την ικανότητα παραλαβής φορτίων, σημείο E. Στο ίδιο διάγραμμα φαίνονται και οι στάθμες επιτελεστικότητας,

Η στατική ανελαστική ανάλυση χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τα προσομοιώματα του ΚΑΝ.ΕΠΕ. για την διεξαγωγή των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί πως τόσο στον ΚΑΝ.ΕΠΕ., όσο και στο FEMA 356, ο μοναδικός περιορισμός που τίθεται για την εφαρμογή της μεθόδου αφορά την επιρροή των ανώτερων ιδιόμορφων στη συμπεριφορά της κατασκευής, η οποία δεν πρέπει να είναι σημαντική. Αυτό γιατί η κατανομή του οριζόντιου φορτίου καθ' ύψος συνήθως γίνεται με βάση το σχήμα της κύριας ιδιομορφής, οπότε το ποσοστό συμμετοχής της πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερο. Αν πάλι η επιρροή των ανώτερων ιδιόμορφων είναι σημαντική, η στατική ανελαστική ανάλυση μπορεί πάλι να εφαρμόζεται παράλληλα με μια ελαστική δυναμική, ώστε να επιβεβαιωθούν τα αποτελέσματα. Σε κάθε περίπτωση η ανελαστική στατική ανάλυση οδηγεί σε σημαντικά ακριβέστερη εκτίμηση της ικανότητας της κατασκευής σε σχέση με τις ελαστικές μεθόδους, αρκεί βέβαια η εφαρμογή των πολύπλοκων προσομοιωμάτων και η ερμηνεία του όγκου των αποτελεσμάτων να γίνεται προσεκτικά, ώστε να μην οδηγούν σε λανθασμένα συμπεράσματα.

Συνεκτιμώντας όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα προκύπτει πως οι ελαστικές μέθοδοι ανάλυσης, αν και είναι απλούστερες στην εφαρμογή τους, όταν χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση υφιστάμενων κατασκευών, είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε λιγότερο ακριβή αποτελέσματα σε σχέση με τις ανελαστικές μεθόδους. Αντιθέτως, η ανελαστική στατική ανάλυση συνδυάζει την ακρίβεια των γραμμικών και μη μεθόδων με μια σχετικά πιο απλή διαδικασία από την ανάλυση χρονοϊστορίας, γεγονός που δικαιολογεί τη χρήση της για την αποτίμηση υφιστάμενων κατασκευών.

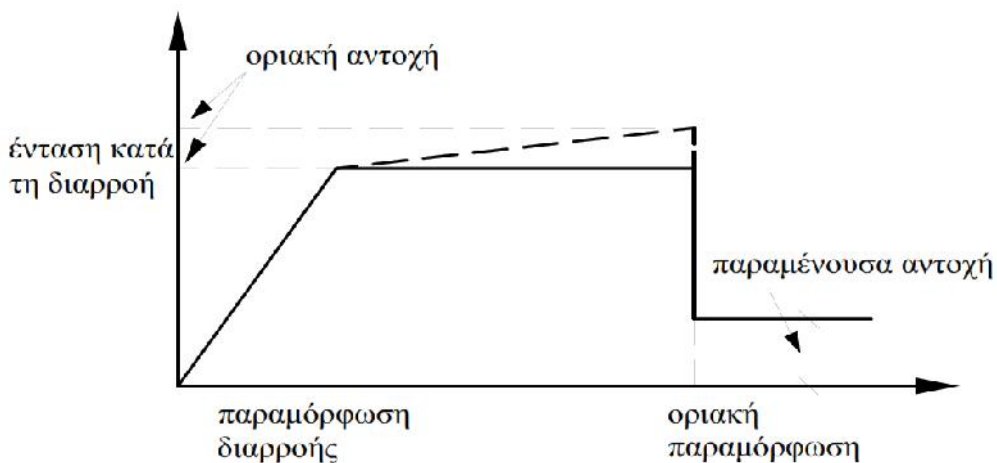
#### **4.6. Μη γραμμική στατική ανάλυση υπό αυξανόμενη ένταση (Ανάλυση Pushover):**

Κύριος στόχος της ανελαστικής στατικής ανάλυσης είναι η εκτίμηση του μεγέθους των ανελαστικών παραμορφώσεων που θα αναπτυχθούν στα δομικά στοιχεία όταν



το κτίριο υπόκειται στη σεισμική δράση για την οποία γίνεται η αποτίμηση ή ο ανασχεδιασμός και η σύγκρισή τους με τις επιτρεπόμενες τιμές που προσδιορίζονται με βάση τη στοχευόμενη στάθμη επιτελεστικότητας και τις ικανότητες των μελών που προκύπτουν από τα προσομοιώματα για τη συμπεριφορά τους.

Στη στατική ανελαστική ανάλυση το προσομοίωμα του κτιρίου συνεκτιμά με άμεσο τρόπο τα μη-γραμμικά χαρακτηριστικά του νόμου έντασης - παραμόρφωσης των δομικών στοιχείων. Σε κάθε περιοχή που αναμένεται να εμφανισθεί ανελαστική συμπεριφορά λαμβάνεται υπόψη η σχέση έντασης - παραμόρφωσης μέσω πλήρων καμπυλών μονότονης φόρτισης μέχρι την αστοχία, οι οποίες περιλαμβάνουν τη φάση εξασθένησης της αντίστασης του στοιχείου, καθώς και την παραμένουσα αντίστασή του. Οι καμπύλες αυτές έχουν τη μορφή του σχήματος που ακολουθεί:



**Εικόνα 4.4: Διάγραμμα pushover**

Σημειώνεται ότι σε αντίθεση με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. όπου δεν λαμβάνεται υπόψη η κράτυνση, στο FEMA 356 και στον ATC-40 ο μεταελαστικός κλάδος έχει μη μηδενική κλίση, δηλαδή λαμβάνεται υπόψη πιθανή περαιτέρω αύξηση της αντοχής του μέλους μετά τη θεωρητική διαρροή του. Γίνεται αντιληπτό ότι η επιλογή του εντατικού μεγέθους και της αντίστοιχης παραμόρφωσης και ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών τιμών τους, δηλαδή των τιμών στη θεωρητική διαρροή και την αστοχία των κρίσιμων περιοχών των δομικών μελών, επηρεάζουν σημαντικά το αποτέλεσμα της ανάλυσης. Η παρατήρηση αυτή ενισχύεται, εάν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι στα κριτήρια επιτελεστικότητας για τα μέλη, όταν για τον έλεγχο τους χρησιμοποιούνται παραμορφώσεις, οι κρίσιμες τιμές παραμόρφωσης προσδιορίζονται με βάση τις χαρακτηριστικές τιμές διαρροής του ανωτέρω διαγράμματος. Τα διάφορα προσομοιώματα που προτείνονται από τα σχέδια

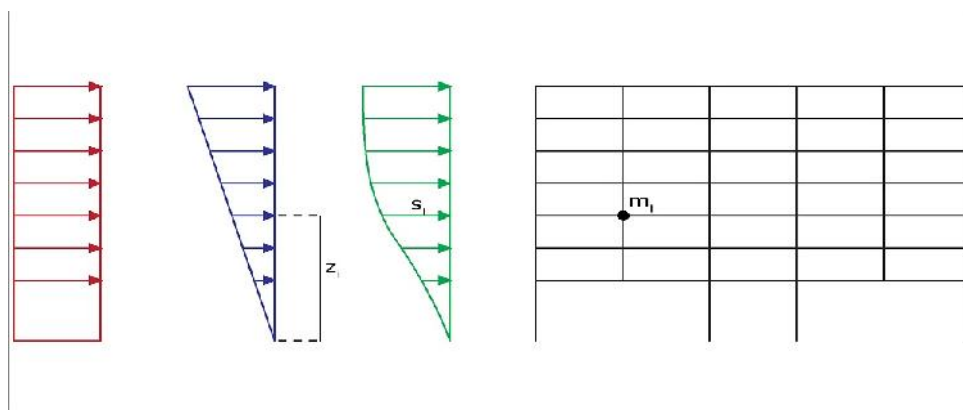
κανονισμών για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς των μελών παρέχουν διαδικασίες υπολογισμού των απαιτούμενων τιμών των παραμορφώσεων, είτε μέσω κλειστών σχέσεων (KAN.ΕΠΕ.) είτε μέσω πινάκων (FEMA 356, ATC-40).

Το προσομοίωμα του κτιρίου υποβάλλεται σε οριζόντια φορτία κατανεμημένα κατά τρόπο ανάλογο προς τις αδρανειακές δυνάμεις του σεισμού, τα οποία αυξάνονται μονότονα μέχρι το βήμα όπου κάποιο δομικό στοιχείο εξαντλεί τη φέρουσα ικανότητά του. Τα οριζόντια στατικά φορτία εφαρμόζονται στη στάθμη κάθε διαφράγματος και απαιτείται η εφαρμογή δύο τουλάχιστον διαφορετικών καθ' ύψος κατανομών, ώστε να λαμβάνεται υπόψη η μεταβολή του τρόπου κατανομής των φορτίων λόγω ανελαστικοποίησης ορισμένων περιοχών του φορέα, αλλά και λόγω της επιρροής των ανώτερων ιδιομορφών. Πρακτικά, όπως έχει ήδη αναφερθεί, για να θεωρηθούν επαρκή τα αποτελέσματα της ανελαστικής στατικής ανάλυσης απαιτείται η κατασκευή να αποκρίνεται κυρίως κατά την πρώτη ιδιομορφή της σε κάθε διεύθυνση. Στην περίπτωση αυτή η εφαρμογή της κατανομής σύμφωνα με το σχήμα της ιδιομορφής αυτής οδηγεί σε ακριβή αποτελέσματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων για την ικανότητα του φορέα.

Από την ανάλυση του προσομοιώματος προκύπτει η καμπύλη αντίστασης του κτιρίου, η οποία χαράσσεται σε όρους τέμνουσας βάσης  $V_b$  – μετακίνησης  $\delta$  χαρακτηριστικού του σημείου (κόμβος ελέγχου), το οποίο λαμβάνεται στο κέντρο μάζας της οροφής του κτιρίου. Η καμπύλη αυτή αποτελεί τη βάση για όλους τους απαιτούμενους ελέγχους ικανοποίησης των κριτηρίων επιτελεστικότητας. Η σχέση τέμνουσας βάσης – μετατόπισης κόμβου ελέγχου αντικαθίσταται από μια εξιδανικευμένη διγραμμική καμπύλη από την οποία προσδιορίζεται η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία  $K$  και η αντίστοιχη δύναμη διαρροής  $V_{yel}$  του κτιρίου. Με βάση την ισοδύναμη ελαστική δυσκαμψία υπολογίζεται η αντίστοιχη ελαστική ιδιοπερίοδος της κατασκευής, η οποία χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της τιμής της ψευδοεπιτάχυνσης. Τα εντατικά μεγέθη και οι παραμορφώσεις που υπολογίζονται από την ανάλυση κατά τη στιγμή που η μετακίνηση του κόμβου ελέγχου ισούται με  $\delta_t$  ελέγχονται σύμφωνα με τα κριτήρια επιτελεστικότητας, ώστε να διαπιστωθεί η επάρκεια ή μη του φορέα, με βάση της απαιτήσεις που τέθηκαν αρχικά. Συνεπώς ο προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης  $\delta$  επηρεάζει σημαντικά το αποτέλεσμα της διαδικασίας αποτίμησης. Στο ΚΑΝ.ΕΠΕ. προτείνεται μια διαδικασία υπολογισμού του  $\delta_t$  μέσω μιας εξίσωσης και των χαρακτηριστικών της διγραμμικής καμπύλης αντίστασης.

#### 4.6.1. Κατανομή των φορτίων:

Η κατανομή αδρανειακών δυνάμεων που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια του σεισμού καθορίζονται προσεγγιστικά από την κατανομή των οριζοντίων δυνάμεων. Η σωστή επιλογή της κατανομής αυτής αποτελεί προϋπόθεση για μια αξιόπιστη αποτίμηση σεισμικής συμπεριφοράς μιας κατασκευής. Για το λόγο αυτό έχουν προταθεί διάφοροι τύποι φορτίσεων τους οποίους μπορούμε να κατατάξουμε σε δύο κατηγορίες, σε εκείνη όπου η κατανομή των φορτίων είναι σταθερή και σε εκείνη όπου η κατανομή των φορτίων μεταβάλλεται κατά την ανάλυση. Στην κατηγορία όπου είναι σταθερή η κατανομή φορτίων, διακρίνονται οι εξής τύποι φόρτισης:



Εικόνα 4.5: Κατανομές Φορτίσεων

Ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης, όπου γίνεται θεώρηση σταθερής κατανομής φορτίων καθ' ύψος του κτιρίου, χωρίς να λαμβάνεται υπ' όψιν η πιθανή αλλαγή του ύψους από όροφο σε όροφο.

Τριγωνική κατανομή φόρτισης, όπου γίνεται η θεώρηση γραμμικού προφίλ επιταχύνσεων καθ' ύψος του κτιρίου. Η τριγωνική φόρτιση προτείνεται από τους Κανονισμούς κατά την εφαρμογή της ισοδύναμης στατικής ανάλυσης.

Γενικευμένη τριγωνική κατανομή, όπου αποτελεί την ανάστροφη τριγωνική κατανομή. Λαμβάνει υπ' όψιν την ανομοιόμορφη μεταβολή των επιταχύνσεων καθ' ύψος, προσεγγίζοντας έτσι καλύτερα το σχήμα ταλάντωσης του κτιρίου.

Κατανομή με βάση τις ιδιομορφές, κατά την οποία εφαρμόζεται μια στατική ανελαστική ανάλυση ξεχωριστά, για κατανομές φορτίων που αντιστοιχούν σε επαλληλία επαρκούς αριθμού ιδιομορφών. Στο τέλος γίνεται συνδυασμός των αποτελεσμάτων και λαμβάνεται μια τελική καμπύλη αντίστασης.

Στη δεύτερη κατηγορία, όπου η κατανομή των φορτίων μεταβάλλεται κατά την ανάλυση, όσο το κτίριο υποβάλλεται σε όλο και μεγαλύτερες μετακινήσεις,

διακρίνουμε την προσαρμοζόμενη κατανομή. Η κατανομή αυτή ανανεώνεται σε κάθε βήμα της ανάλυσης, ώστε να λάβει υπ' όψιν τη σταδιακή μείωση της δυσκαμψίας, όταν το κτίριο κατά την ανακυκλιζόμενη σεισμική φόρτιση δεν ταλαντώνεται με σαφή τρόπο. Μετά από κάθε αλλαγή του μητρώου δυσκαμψίας του φορέα, μπορούν να εκτιμηθούν οι αλλαγές στα χαρακτηριστικά των ιδιομορφών, με βάση τα αποτελέσματα της τελευταίας ιδιομορφικής ανάλυσης.

Από την εφαρμογή της σταθερής κατανομής οριζοντίων φορτίων προκύπτουν κάποια σημαντικά προβλήματα. Το πιο σημαντικό είναι ότι δεν μπορεί να λάβει υπ' όψιν της με ακρίβεια την κατανομή των αδρανειακών δυνάμεων, όταν ορισμένα στοιχεία της κατασκευής περάσουν στην ανελαστική περιοχή. Ενδέχεται να αποκαλυφθούν μόνο τοπικοί μηχανισμοί που θα μπορούσαν να εμφανισθούν σε ένα σεισμό, ενώ αδυναμίες εξαιτίας της μεταβολής των δυναμικών χαρακτηριστικών του οικοδομήματος μπορεί να μην αποκαλυφθούν. Η προσαρμοσμένη κατανομή φορτίων, αποτελεί πιο ακριβή μέθοδο καθώς μπορεί να κάνει σαφέστερη περιγραφή του διαγράμματος δύναμης – μετακίνησης μιας κατασκευής. Ωστόσο οι ερευνητές δεν έχουν καταλήξει σε μία συγκεκριμένη μέθοδο κατανομής φορτίων.

Η μη γραμμική στατική ανάλυση, για να δώσει ακριβή αποτελέσματα και ταυτόχρονα να παραμείνει απλή στην εφαρμογή της, απαιτείται αρκετή μελέτη για τον προσδιορισμό της κατάλληλης κατανομής φορτίων. Μια μόνο κατανομή, δεν μπορεί να εντοπίσει τις μεταβολές στις τοπικές απαιτήσεις που αναμένονται στο σεισμό σχεδιασμού. Για το λόγο αυτό συνίσταται η χρήση τουλάχιστον δύο διαφορετικών κατανομών οριζόντιας δράσης ώστε να εντοπιστούν οι αναμενόμενες σεισμικές απαιτήσεις. Συνήθως χρησιμοποιούνται η ομοιόμορφη και η τριγωνική κατανομή, ως δύο ακραίες περιπτώσεις.

Η μη γραμμική στατική ανάλυση υπό αυξανόμενη ένταση, προσεγγίζει την πραγματικότητα και βοηθά στη στρατηγική της αποκατάστασης/ενίσχυσης. Βασικό της πλεονέκτημα είναι ότι μπορούν να αξιολογηθούν όλες οι κατασκευές βάσει των χαρακτηριστικών που διαθέτουν, δηλαδή της δυσκαμψίας, της πλαστιμότητας και αντοχής των επιμέρους μελών. Μειονέκτημα μπορεί να θεωρηθεί η αύξηση των υπολογισμών και το ότι απαιτείται πρόσθετη εμπειρία για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης.

#### **4.6.2. Στάθμες Επιτελεστικότητας:**

Μέχρι πρόσφατα, οι ειδικοί πίστευαν ότι μια κατασκευή διέθετε επαρκή ασφάλεια έναντι υπερβολικών βλαβών, αν είχε σχεδιαστεί έτσι ώστε να ικανοποιείται η

απαίτηση της μη κατάρρευσης. Μετά από πρόσφατους σεισμούς όμως, διαπιστώθηκε ότι η αντίληψη αυτή δεν ήταν σωστή καθώς οι βλάβες σε φέροντα και μη φέροντα στοιχεία των κατασκευών επέφερε τεράστιο οικονομικό κόστος. Για το λόγο αυτό, αναγνωρίστηκε από τους μελετητές η ανάγκη να βασίζονται και σε άλλες στάθμες συμπεριφοράς, πέραν της αποφυγής κατάρρευσης.

Οι επιθυμητές συμπεριφορές ενός φορέα, αφορούν τη διατήρηση της λειτουργικότητας, τον περιορισμό των βλαβών και την αποφυγή απώλειας ανθρώπινων ζωών. Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. [2010] έχει θεσπίσει τρεις "στάθμες επιτελεστικότητας" υπό δεδομένους αντίστοιχους σεισμούς σχεδιασμού. Για το φέροντα οργανισμό μιας κατασκευής οι στάθμες ορίζονται ως εξής:

- Άμεση χρήση: Είναι μια κατάσταση κατά την οποία το κτίριο είναι ασφαλές προς χρήση μετά το σεισμό. Αναμένεται ότι καμία λειτουργία δεν διακόπτεται κατά τη διάρκεια ή μετά τον αντίστοιχο σεισμό, εκτός από σπάνιες ενδεχόμενες δευτερεύουσες λειτουργίες. Είναι πιθανό να παρουσιασθούν τριχοειδείς καμπτικές ρωγμές στο φέροντα οργανισμό. Ωστόσο, το κτίριο διατηρεί τη δυσκαμψία και αντοχή που είχε, αλλά χρειάζεται ορισμένες επισκευές που δεν είναι απαραίτητο να γίνουν πριν τη λειτουργία.
- Προστασία ζωής: Είναι μια κατάσταση κατά την οποία από τον σεισμό σχεδιασμού αναμένεται να προκληθούν επισκευάσιμες βλάβες στον φέροντα οργανισμό του κτιρίου, χωρίς θάνατο ή τραυματισμό ατόμων εξαιτίας των βλαβών αυτών, και χωρίς να συμβούν ουσιώδεις βλάβες στην οικοσκευή ή τα αποθηκευόμενα στο κτίριο υλικά.
- Οιονεί κατάρρευση: Είναι μια κατάσταση κατά την οποία από το σεισμό σχεδιασμού αναμένεται να παρουσιασθούν εκτεταμένες και σοβαρές (μη-επισκευάσιμες κατά πλειονότητα) βλάβες στο φέροντα οργανισμό του κτιρίου, ο οποίος όμως έχει ακόμα την ικανότητα να φέρει τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία (κατά, και για ένα διάστημα μετά, τον σεισμό), χωρίς πάντως να διαθέτει άλλο ουσιαστικό περιθώριο ασφαλείας έναντι ολικής ή μερικής κατάρρευσης.

Για την αποτίμηση και την ενίσχυση μιας κατασκευής, σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ, πρέπει να γίνονται ένας ή περισσότεροι συνδυασμοί στάθμης επιτελεστικότητας και αντίστοιχης σεισμικής δράσης, με δεδομένη πιθανότητα υπέρβασης κατά τη συμβατική διάρκεια ζωής του κτιρίου.

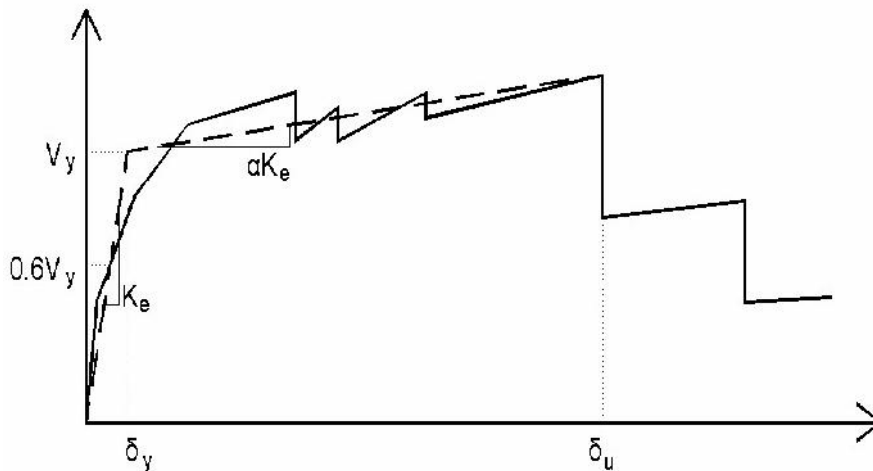
#### 4.6.3. Προσδιορισμός της Στοχευόμενης Μετακίνησης:

Η διαδικασία σχεδιασμού ή σεισμικής αποτίμησης μιας κατασκευής με βάση την επιλεγμένη στάθμη επιτελεστικότητας, βασίζεται σε δύο βασικά στοιχεία, την «απαίτηση» προς το οικοδόμημα, και τη διατιθέμενη «ικανότητα» από το οικοδόμημα. Η απαίτηση αποτελεί μια εκτίμηση της αναμενόμενης εδαφικής μετακίνησης, ενώ η διατιθέμενη ικανότητα αποτελεί μια εκτίμηση της ικανότητας την οποία διαθέτει η κατασκευή να αντιστέκεται στη σεισμική απαίτηση. Για να είναι συμβατή η συμπεριφορά του οικοδομήματος με το στόχο σχεδιασμού, θα πρέπει η ικανότητα του, να υπερβαίνει την αντίστοιχη απαίτηση.

Η διατιθέμενη ικανότητα εκτιμάται μέσω της λεγόμενης καμπύλης αντίστασης του οικοδομήματος - καμπύλη pushover (εικόνα 4.4), που προκύπτει από τη μη γραμμική στατική ανάλυση. Αντίστοιχα η απαίτηση λαμβάνεται υπόψη με τη μορφή του φάσματος απαίτησης. Για δοθείσα κατασκευή και εδαφική κίνηση, η στοχευόμενη μετακίνηση είναι μια εκτίμηση της μέγιστης αναμενόμενης απόκρισης της κατασκευής κατά τη διάρκεια της εδαφικής κίνησης και προκύπτει από την τομή της καμπύλης αντίστασης και του μειωμένου ελαστικού φάσματος. Μετά τη χάραξη της καμπύλης αντίστασης και τον υπολογισμό της στοχευόμενης μετακίνησης, πραγματοποιούνται οι έλεγχοι επιτελεστικότητας.

Στα πρώτα σχέδια κανονισμών που αναπτύχθηκαν κυρίως στις ΗΠΑ για την αποτίμηση και ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών προτάθηκαν δύο διαφορετικές διαδικασίες για τον προσδιορισμό της τιμής της στοχευόμενης μετακίνησης  $\delta$ . Η πρώτη μέθοδος αναπτύχθηκε στα πλαίσια του ATC-40 και είναι γνωστή ως μέθοδος των φασμάτων ικανότητας (capacity spectrum method) επιτελεστικότητας που εκφράζει τις απαιτήσεις. Ως εναλλακτική διαδικασία ο ATC-40 προτείνει την μέθοδο των συντελεστών (coefficient method), σύμφωνα με την οποία η στοχευόμενη μετακίνηση προκύπτει από την μετακίνηση ενός ισοδύναμου ελαστικά αποκρινόμενου μονοβάθμιου συστήματος, πολλαπλασιασμένη με κατάλληλους συντελεστές που εκφράζουν τη σχέση του απλοποιημένου αυτού προσομοιώματος με το πολυβάθμιο κτίριο. Η διαδικασία αυτή προτάθηκε από το FEMA 356 και σταδιακά επικράτησε, ενώ υιοθετείται και από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. Η επικράτηση της μεθόδου των συντελεστών αποδίδεται στην ευκολία εφαρμογής της, αλλά και στα προβλήματα αλγοριθμικής αστάθειας που παρατηρήθηκαν στη μέθοδο των φασμάτων ικανότητας, η οποία σε ορισμένες περιπτώσεις οδηγούσε σε λανθασμένες λύσεις.

Αναλυτικά, σύμφωνα με τη μέθοδο των συντελεστών, αρχικά χαράσσεται η εξιδανικευμένη καμπύλη αντίστασης, η οποία προκύπτει από τη διγραμμικοποίηση της σχέσης τέμνουσας βάσης – μετακίνησης που προσδιορίζεται από την ανελαστική στατική ανάλυση του κτιρίου. Οι δύο ευθείες που συνθέτουν τη διγραμμική καμπύλη προσδιορίζονται γραφικά με οδηγό την κατά προσέγγιση ισότητα των εμβαδών των χωρίων που προκύπτουν πάνω και κάτω από τις τομές της πραγματικής και της εξιδανικευμένης καμπύλης (εικόνα 4.6).



Εικόνα 4.6: Διγραμμική Καμπύλη

#### 4.7. Η έννοια της Πλαστικής Άρθρωσης.

Η συμπεριφορά μιας κατασκευής που αποκρίνεται ελαστικά σε μία εξωτερική δράση περιγράφεται με ακρίβεια από την ελαστική θεωρία. Συνεπώς είναι δυνατή η κατασκευή λεπτομερών μαθηματικών προσομοιωμάτων, βάσει των οποίων προβλέπεται η συμπεριφορά κατασκευών, με την προϋπόθεση βέβαια ότι θα παραμείνουν ελαστικές. Είναι γνωστό ότι οι νέες κατασκευές δεν αναμένεται να συμπεριφερθούν ελαστικά, ιδιαίτερα για σεισμικές φορτίσεις αντίστοιχες με τον ισχυρό σεισμό βάσει του οποίου γίνεται ο σχεδιασμός τους. Αντίθετα, προϋπόθεση του σχεδιασμού είναι η ανάπτυξη σημαντικών ανελαστικών παραμορφώσεων στα μέλη, οι οποίες συμβάλουν στην «κατανάλωση» της ενέργειας που εισάγεται στην κατασκευή μέσω της σεισμικής διέγερσης. Αντίστοιχα είναι σκόπιμο και στην αποτίμηση υφιστάμενων κτιρίων πριν ή μετά την επέμβαση να λαμβάνεται υπόψη η δυνατότητα του υπό μελέτη κτιρίου να «καταναλώνει» ενέργεια μέσω των



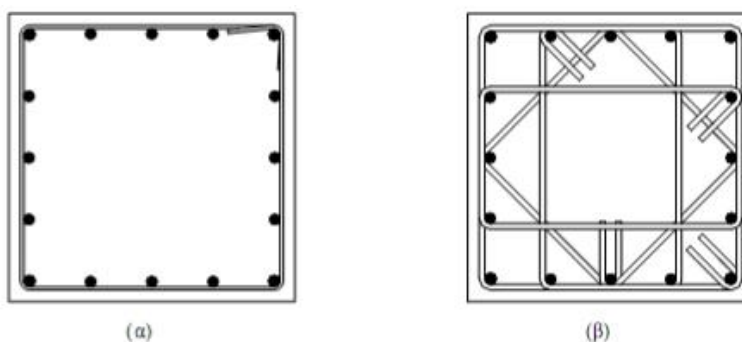
ανελαστικών παραμορφώσεων των μελών, ώστε να προκύψουν ακριβή συμπεράσματα για την ικανότητά του. Είναι γνωστό ότι όσον αφορά τις ελαστικές μεθόδους, η ανελαστική συμπεριφορά των μελών της κατασκευής λαμβάνεται υπόψη έμμεσα μέσω της υιοθέτησης του δείκτη συμπεριφοράς  $q$ . Στις ανελαστικές αναλύσεις απαιτείται η άμεση προσομοίωση της συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων σε όλο το φάσμα της απόκρισής τους.

Κατά την επιβολή μιας αυξανόμενης έντασης σε μία κατασκευή, τα μέλη της σταδιακά διαρρέουν και αναπτύσσουν ανελαστικές παραμορφώσεις. Η εμφάνιση των διαρροών συνδέεται με την αντοχή των μελών και την σχέση της με την αντίστοιχη ένταση σε διάφορες θέσεις κατά μήκος του μέλους. Δεδομένου ότι η κατανομή των εντατικών μεγεθών κατά μήκος των δοκών και υποστυλωμάτων ενός κτιρίου που καταπονείται από τα κατακόρυφα φορτία του και τη δράση του σεισμού είναι γνωστή, είναι δυνατόν να εντοπιστούν οι θέσεις όπου αναμένεται να αναπτυχθούν ανελαστικές παραμορφώσεις. Οι θέσεις αυτές εντοπίζονται στα άκρα (παρειές) των δοκών και στην κορυφή και βάση των υποστυλωμάτων. Μάλιστα, αρχικά ένα μέλος μπορεί να θεωρηθεί ότι διαρρέει στην ακραία διατομή του, όταν η μέγιστη τιμή της έντασης στο εν λόγω σημείο ξεπεράσει την αντίστοιχη αντοχή. Στη συνέχεια, περαιτέρω αύξηση της έντασης οδηγεί σε υπέρβαση της αντοχής σε μεγαλύτερο τμήμα της ακραίας περιοχής του μέλους, όπου επεκτείνεται η ανάπτυξη των ανελαστικών παραμορφώσεων. Η λογική που παρουσιάστηκε αποτυπώνεται και στο σχεδιασμό νέων κατασκευών με την ύπαρξη κρίσιμων περιοχών σε δοκούς και υποστυλώματα, οι οποίες εκτείνονται σε συγκεκριμένες αποστάσεις από τα άκρα (παρειές) των μελών και για τις οποίες λαμβάνονται αυξημένα μέτρα, ώστε να αντιμετωπιστούν οι αντίστοιχα αυξημένες απαιτήσεις παραμόρφωσης τους σε ακραίες περιπτώσεις σεισμικής έντασης (πύκνωση συνδετήρων). Συνεπώς, ένα μέλος μιας συνήθους κατασκευής που υποβάλλεται σε σεισμική φόρτιση αναμένεται να αναπτύξει ανελαστικές παραμορφώσεις σε περιοχές πεπερασμένου μήκους κοντά στα άκρα του. Πέραν των περιοχών αυτών η συμπεριφορά του μέλους εξακολουθεί να είναι ελαστική, οπότε περιγράφεται από τις αρχές της αντίστοιχης θεωρίας. Οι πεπερασμένου μήκους περιοχές στα άκρα ενός μέλους στα οποία αναπτύσσονται ανελαστικές παραμορφώσεις καλούνται πλαστικές αρθρώσεις.

Στη λογική των πλαστικών αρθρώσεων βασίζεται η ανάπτυξη των προσομοιωμάτων συμπεριφοράς μελών τα οποία έχουν συμπεριληφθεί στα Κανονιστικά Σχέδια για την αποτίμηση και τις επεμβάσεις σε υφιστάμενα κτίρια. Δεδομένου ότι θεωρητικά οι ανελαστικές παραμορφώσεις συγκεντρώνονται σε μικρού μήκους περιοχές στα άκρα των δομικών στοιχείων, για τις ανάγκες της ανάλυσης απαιτείται ο εντοπισμός αυτών των περιοχών στο μαθηματικό



προσομοίωμα του κτιρίου και η περιγραφή της συμπεριφοράς τους. Πρακτικά, η πλάσιμη συμπεριφορά ενός μέλους (χαρακτηριστικό πάνω στο οποίο στηρίζονται όλοι οι σύγχρονοι αντισεισμικοί κανονισμοί), εξασφαλίζεται μέσω της αύξησης της πλαστιμότητας των υλικών που συνδέουν την διατομή του, και συγκεκριμένα του σκυροδέματος, που είναι από την φύση του ψαθυρό. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω κατάλληλων κατασκευαστικών λεπτομερειών όπλισης, και συγκεκριμένα μέσω του εγκάρσιου οπλισμού (συνδετήρες) των διατομών (εικόνα 4.7).



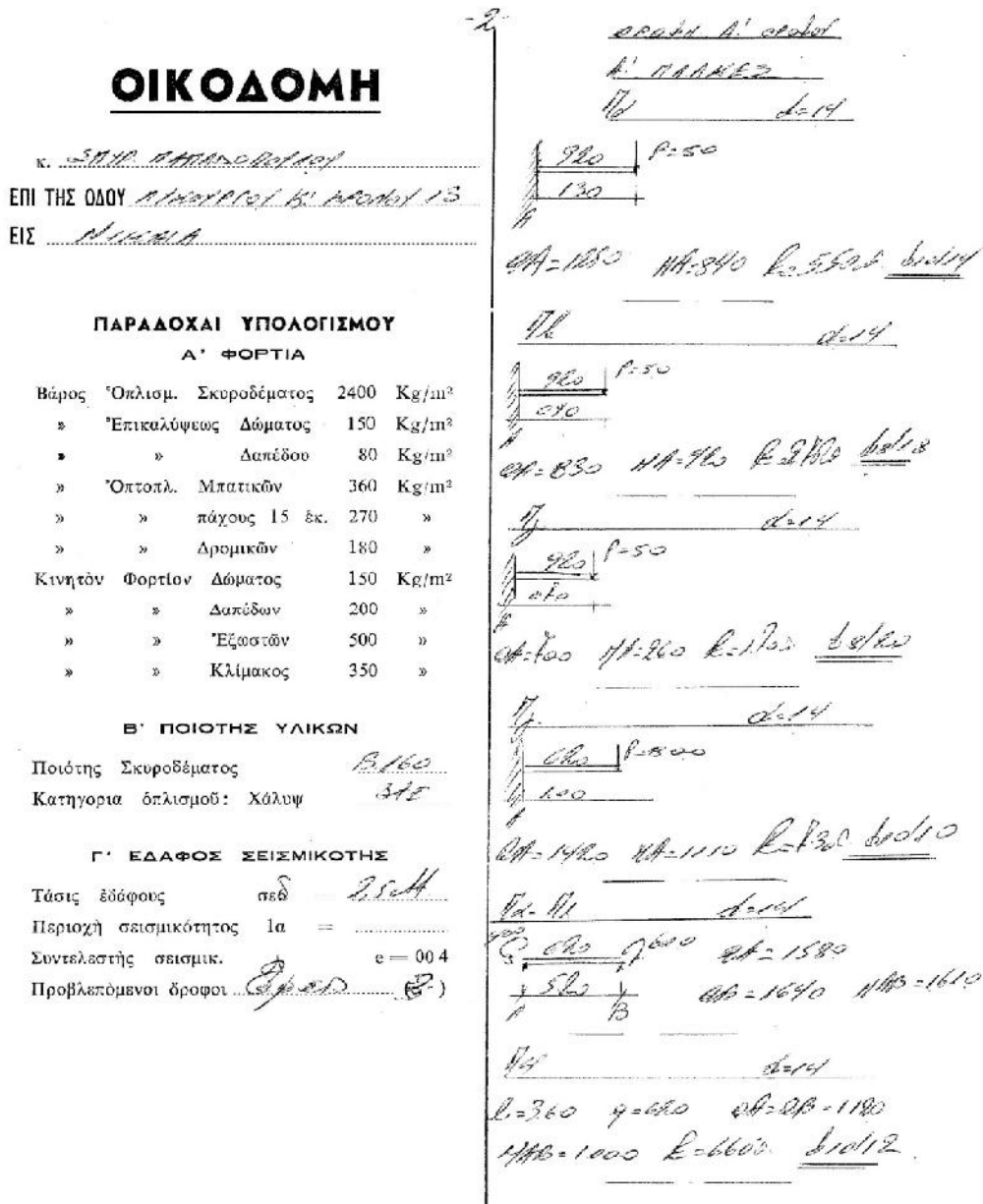
**Εικόνα 4.7: Συνδετήρες πριν και μετά 1980**

Η (α) περίπτωση αναφέρεται στον σχεδιασμό πριν το 1980 και η (β) περίπτωση αναφέρεται στο σύγχρονο αντισεισμικό σχεδιασμό.

## 2.9. Περιγραφή του Σκελετού του Υφιστάμενου Κτιρίου:

Το μοντέλο του σκελετού του κτιρίου της συγκεκριμένης εργασίας (κατασκευής 1975) ήταν τέτοιο όπου οι πλάκες, οι δοκοί, τα υποστυλώματα και τα πέδιλα υπολογίζονταν στις στατικές μελέτες, σε σχέση με τα φορτία, το καθένα ξεχωριστά. Η σεισμική καταπόνηση της κατασκευής στο σκελετό, υπολογιζόταν με έναν απλό συντελεστή στις φορτίσεις των στοιχείων του σκελετού. Ο αντισεισμικός κανονισμός που εφαρμόστηκε στην μελέτη αυτού του οικοδομήματος ήταν του 1959, ο οποίος καθόριζε την τιμή του συντελεστής σεισμικής επιβάρυνσης ανάλογα με την περιοχή δόμησης. Η μόνη πρόσθετη αντισεισμική πρόβλεψη που πραγματοποιούνταν εκείνη την περίοδο στα κτίρια, ήταν η κατασκευή κάποιων συνδετήριων δοκών ή και περιμετρικών τοιχίων. Η αντισεισμική επιβάρυνση ουσιαστικά υπολογιζόταν μόνο επί των υποστυλωμάτων με την Μέθοδο Cross (εικόνες 4.9, 4.10), το καθένα ξεχωριστά ανά όροφο. Στο τεύχος του στατικού υπολογισμού της εγκεκριμένης

μελέτης της αδείας οικοδομής του κτιρίου αυτού, φαίνονται τα φορτία, οι ποιότητες των υλικών και η σεισμικότητα της περιοχής (εικόνα 4.8).



Εικόνα 4.8: Στοιχεία Οικοδομής

Στην σημερινή εποχή, δηλαδή ύστερα από 40 περίπου χρόνια κατασκευής του κτιρίου, είχαμε συνεχή εξέλιξη του αντισεισμικού κανονισμού με συνεχείς βελτιώσεις και του κανονισμού οπλισμένου σκυροδέματος. Το μοντέλο του σκελετού ελέγχεται σαν σύνολο στο χώρο και προφανώς με συνολική επιβάρυνση του σεισμού σε αυτό, δηλαδή δοκοί, υποστυλώματα, πέδιλα και συνδετήριοι δοκοί, ελέγχονται σαν ενιαίο

σύνολο. Πλέον, υπάρχουν πληθώρα προγράμματα που μπορούν να αξιοποιηθούν για μελέτη σκελετού κτιρίου, αρκετά εύκολα στον χειρισμό τους, τα οποία συνεχώς εξελίσσονται με την ταυτόχρονη τροποποίηση των αντισεισμικών κανονισμών.

Για την ποιότητα των υλικών υπάρχουν κατηγορίες σκυροδέματος αυξημένης αντοχής και πλέον κατάλληλων τεχνικών χαρακτηριστικών συγκριτικά με το παρελθόν. Όμοια ισχύει και για τον οπλισμό, όπου ο χάλυβας που χρησιμοποιείται παρουσιάζει μεγάλη εφελκιστική αντοχή και βέλτιστα τεχνικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τους χάλυβες που χρησιμοποιούσαν στο παρελθόν. Μέχρι το 1969, οι κατηγορίες χαλύβων που επιτρέπονταν να παραχθούν και να χρησιμοποιηθούν με βάση αυτές τις κανονιστικές διατάξεις ήταν οι StI, StII, StIIIα, StIIIβ, StIVα και StIVβ. Ο οπλισμός του κτιρίου που μελετάται στο πλαίσιο της εργασίας αυτής ανήκει στην κατηγορία StI.

Σε αυτό το σημείο θα γίνει προσπάθεια με την μέθοδο της μη γραμμικής στατικής ανάλυσης υπό αυξανόμενη ένταση (Ανάλυση Pushover) να μελετηθεί η σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου στο σύνολο του. Στην συνέχεια, αφού βγούν τα απαραίτητα αποτελέσματα από το πρόγραμμα ETABS θα επιλεγεί ο καταλληλότερος τρόπο ενίσχυσης του σκελετού.

Ακολουθούν δύο εικόνες που δείχνουν τον αντισεισμικό έλεγχο, του συγκεκριμένου κτιρίου, που είχε πραγματοποιηθεί πριν το 1985.

ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΟΣΙΤΩΝ Α' οροφής

α/α	ΦΟΡΤΙΑ ΔΟΚΩΝ	R	ΥΠΕΡ-ΚΕΙΜ.	ΟΛΙΚΟΝ	ΔΙΑΤΟΜΑΙ		Dx	ψ	Dψ	x	xP	ψP	xDP	ψDX
					αχ	αψ								
K1	3,9+4,8+0,8	9,6		37,0	35	35	185	0	185	0				
K2	6,5+5,2+0,8	12,5		48,0	55	20	412	0	054	5,5				
K3	2,9+1,7+2,2+0,8	7,6		29,0	35	35	185	0	185	9,6				
K4	3,9+2,4+6,1+0,8	13,7		52,0	25	40	372	3,6	198	0				
K5	9,2+2,2+0,8	12,2		65,0	50	25	386	3,6	076	5,4				
K6	6,0+2,2+6,8+0,8	15,8		52,0	45	25	280	3,6	087	9,8				
K7	3,9+1,4+2,4+0,8	8,5		32,0	35	35	185	3,6	185	14,7				
K8	5,3+4,5+6,2+0,8	16,7		70,0	25	55	106	6,7	512	0				
K9	7,8+8,0+0,8	16,6		63,0	40	30	236	6,6	133	5,7				
K10	8,0+4,0+3,6+0,8	16,7		63,0	50	25	336	6,6	076	11,1				
K11	5,1+4,1+0,8	10,0		38,0	25	35	067	6,6	132	14,7				
K12	3,5+6,4+0,8	10,7		44,0	35	35	185	10,5	185	0				
K13	10,9+4,0+0,8	22,8		37,0	65	25	245	10,5	125	5,3				
K14	6,8+3,8+2,4+0,8	14,8		56,0	65	20	680	10,5	064	11,0				
K15	4,0+4,3+0,8	9,1		35,0	35	35	185	10,5	185	14,7				
K16														
K17				276,0			4298		9423		5223	4102	12998	28488
K18														
K19														
K20														
K21														
K22														
K23														
K24														
Σ														

- 1 ΣP = 226,0 t
- 2 W = 34,04 t
- 3 Xκ = 6,33 h      ψκ = 5,23%
- 4 Xo = 5,79 h      ψο = 6,43%
- 5 Έκκεντρότητα εκ = 0,56 h < 1/8 h      εψ = 0,60 h < 1/8 h

Εικόνα 4.9: Μέθοδος Cross



ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΣΕΩΝ - ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

H <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	ε	μ-μ'	φ	σ <sub>β</sub>	F <sub>c</sub>	ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΑ				ΠΡΟΣΘΕΤΑ		
							H	M <sub>α</sub>	M <sub>ολ</sub>	F <sub>c</sub>	διαβ F <sub>c</sub>	X-X	Ψ-Ψ
130 236	354	026	515	211	64	4620	800	1200	1000	185	100	1618	
237 069	434	016	46	163	71	4618	1000	1800	1850	170	0.50	1614	
238 236	354	034	515	358	61	4620	600	900	1500	240	1.20	1610	1612
54 253	380	018	40	176	84	4616	1000	1500	1850	170	3.40	φρωτ.	
22 182	408	012	41	146	76	4618							
192 111	286	011	455	138	72	4618	1200	1800	1500	200	5	1616	
30 236	354	030	515	233	63	4420	1000	700	1500	200	3.10	φρωτ.	1614
24 255	983	022	46	172	84	4620	1400	2000	1850	330	0.60		1618
166 180	255	010	405	134	70	4618							
272 182	408	012	41	146	74	4618							
47 180	255	019	46	176	64	4616	800	1100	1000	170	ε		1616
20 236	354	024	515	200	66	4620	800	1200	1000	270	5.10	φρωτ.	1610
56 160	894	015	50	153	82	4616	1300	2000	2250	310	ε	1620	
179 092	719	027	485	163	70	4614	1700	1600	1500	250	ε		1618
20 236	354	028	515	222	64	4620	700	1050	850	160	0.80		1610

Η επιρροή της στρωφής αμελητέα

Εικόνα 4.10: Μέθοδος Cross

## **Κεφάλαιο 5: Εφαρμογή**

### **5.1. Εισαγωγή:**

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν αναλυτικά οι διάφορες μέθοδοι σεισμικής αποτίμησης, οι απλές στατικές μέθοδοι εκτίμησης της αναμενόμενης σεισμικής μετακίνησης, καθώς και οι μη γραμμικές στατικές και δυναμικές μέθοδοι ανάλυσης. Στην συνέχεια αναλύθηκαν διάφορα “εργαλεία” που θα χρησιμοποιηθούν για την σεισμική αποτίμηση της συμπεριφοράς του κτιρίου, που με την βοήθεια τους θα συνάγουμε τα απαραίτητα αποτελέσματα για το κτίριο που μελετάμε.

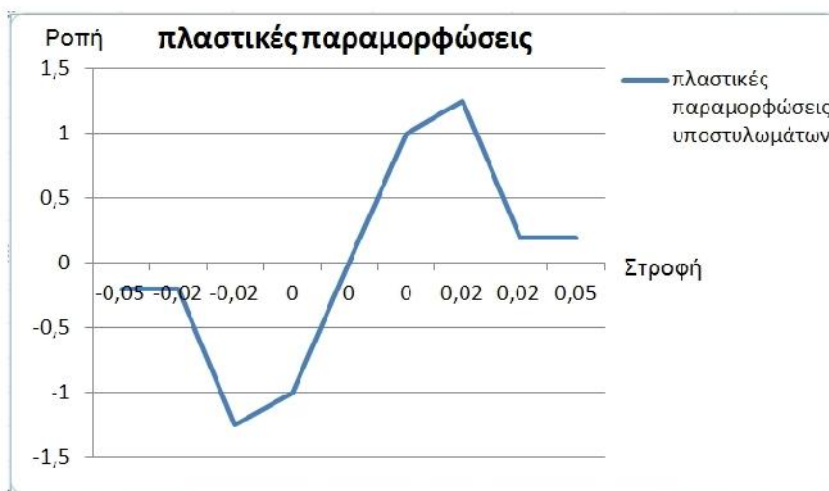
### **5.2. Περιγραφή του προβλήματος:**

Το κτίριο που έχει επιλεγεί προς μελέτη και για να αναβαθμιστεί στην εργασία αυτή ανήκει στην κατηγορία των οικοδομημάτων που κατασκευάστηκαν πριν από τον νέο ισχύοντα Αντισεισμικό Κανονισμό του 1985. Δηλαδή “υπακούει” στους παλιούς Κανονισμούς, κατά τους οποίους ο συντελεστής σεισμικότητας είχε χαμηλή τιμή, τα προσομοιώματα που χρησιμοποιούνταν για την ανάλυση ήταν αρκετά απλοποιημένα καθώς και οι διατάξεις σχετικά με τον ικανοτικό σχεδιασμό και την όπλιση κρίσιμων περιοχών ήταν αρκετά αρχέγονες. Η ποιότητα των υλικών, οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες που εφαρμόστηκαν όπως η χρήση καμπτόμενων ράβδων οπλισμού στις δοκούς, η ανεπαρκής αγκύρωση του οπλισμού των δοκών, η χρήση συνδετήρων μικρής διαμέτρου αραιά τοποθετημένων καθώς και η σεισμική ιστορία ενός υφιστάμενου κτιρίου αποτελούν σημαντικές πηγές αβεβαιότητας κατά την αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς του.

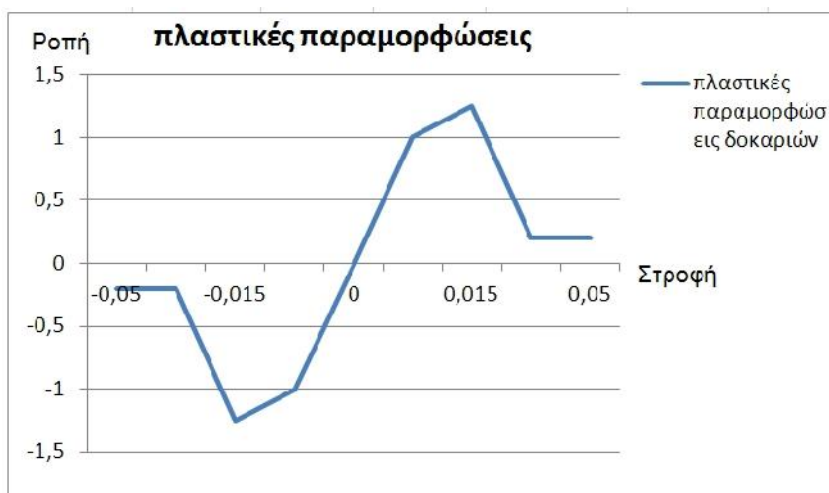
Τα κτίρια είναι ως συνήθως τοιχοπληρωμένα, δηλαδή οι τοίχοι πληρώσεως δεν λαμβάνονται υπ’ όψη κατά τον αντισεισμικό σχεδιασμό του συστήματος. Η ανάλυση γυμνών πλαισίων συχνά οδηγεί σε αποτελέσματα τα οποία δεν συμφωνούν με τις παρατηρούμενες βλάβες των κτιρίων. Αντίθετα, η ανάλυση τοιχοπληρωμένων πλαισίων μπορεί να προσεγγίσει καλύτερα την σεισμική συμπεριφορά των κτιρίων. Γενικά, η παρουσία των τοιχοποιιών πληρώσεως, ιδιαίτερα όταν αυτοί είναι καλής ποιότητας έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει σημαντικά την σεισμική συμπεριφορά των κτιρίων και μπορεί να συμβάλλει ουσιαδώς στην δυσκαμψία και στην έναντι οριζόντια δράσεως φέρουσα ικανότητα του οικοδομήματος.

### 5.3. Εφαρμογή:

Αρχικά, διαθέτοντας τα απαραίτητα σχέδια κατόψεων όλων των ορόφων (σχέδια 5, 6, 7) και το τεύχος υπολογισμού του κτιρίου για το οποίο θα εξεταστεί η σεισμική συμπεριφορά του, ξεκινά η σχεδίαση της κατασκευής στο πρόγραμμα ETABS. Συγκεκριμένα, περάστηκε κάθε δομικό στοιχείο ξεχωριστά δίνοντας τις διαστάσεις, τα χαρακτηριστικά των υλικών και τον υπάρχων οπλισμό σε στρώσεις, δίνοντας και τις αποστάσεις της κάθε στρώσης. Η εισαγωγή των δεδομένων έγινε απ' ευθείας στο πρόγραμμα, χωρίς την χρήση κάποιου βοηθητικού προγράμματος. Τα υποστυλώματα συμβολίζονται με το αρχικό γράμμα Κ, οι δοκοί με το γράμμα D και οι πλάκες με την αγγλική λέξη slab και στην συνέχεια ακολουθεί η αρίθμηση ανάλογα με τον όροφο και την θέση του κάθε στοιχείου. Έπειτα, προσδιορίστηκαν οι πλαστικές παραμορφώσεις για τα δοκάρια και για τα υποστυλώματα με τα εξής διαγράμματα:



Εικόνα 5.1: πλαστικές παραμορφώσεις υποστυλωμάτων

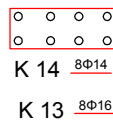
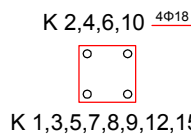
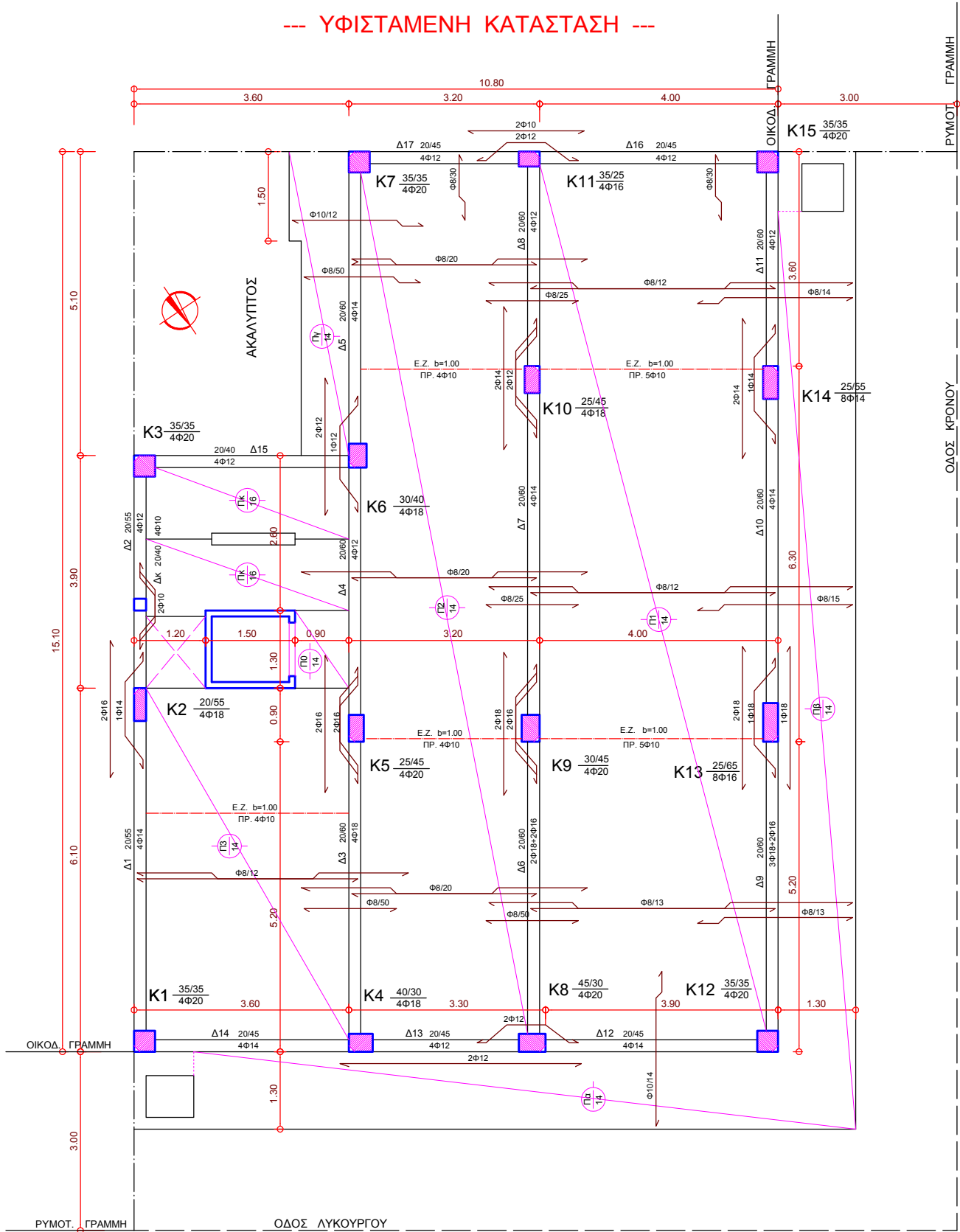


Εικόνα 5.2: πλαστικές παραμορφώσεις δοκών



**ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**  
**ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ**  
**ΕΝΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ**

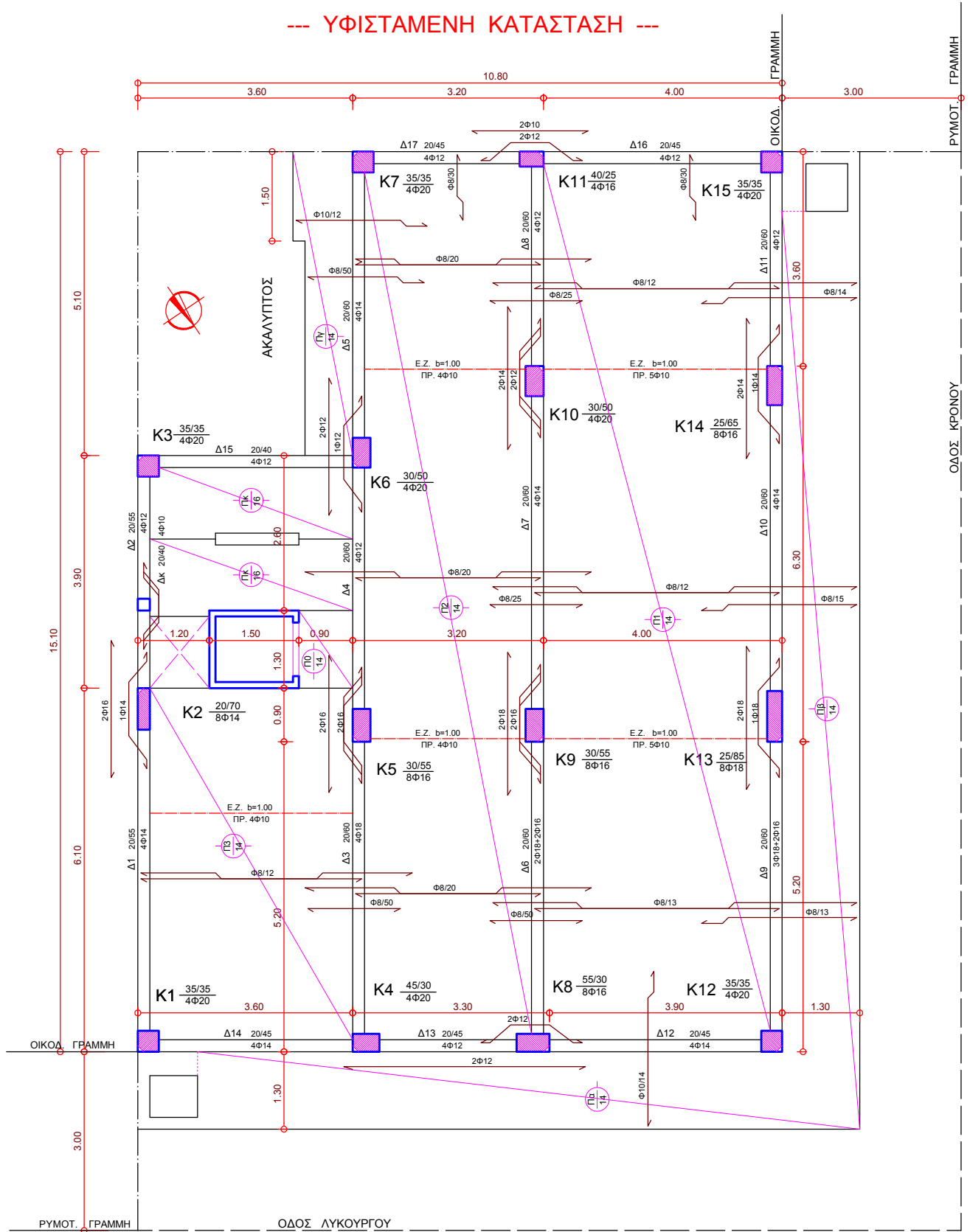
**ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΗΡΙΟ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΝΙΚΑΙΑΣ**  
**ΕΠΙ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΝΟΥ**  
**--- ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ---**



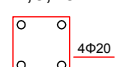
ΞΥΛΟΤΥΠΟΣ ΟΡΟΦΗΣ Α' & Β' ΟΡΟΦΟΥ

**ΒΕΛΤΙΩΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**  
**ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ**  
**ΕΝΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ**

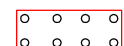
**ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΗΡΙΟ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΝΙΚΑΙΑΣ**  
**ΕΠΙ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΝΟΥ**  
**--- ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ---**



K 4,6,10

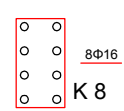


K 1,3,7,12,15

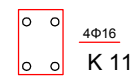


K 2 8Φ14  
 K 5,9,14 8Φ16

K 13 8Φ18



K 8

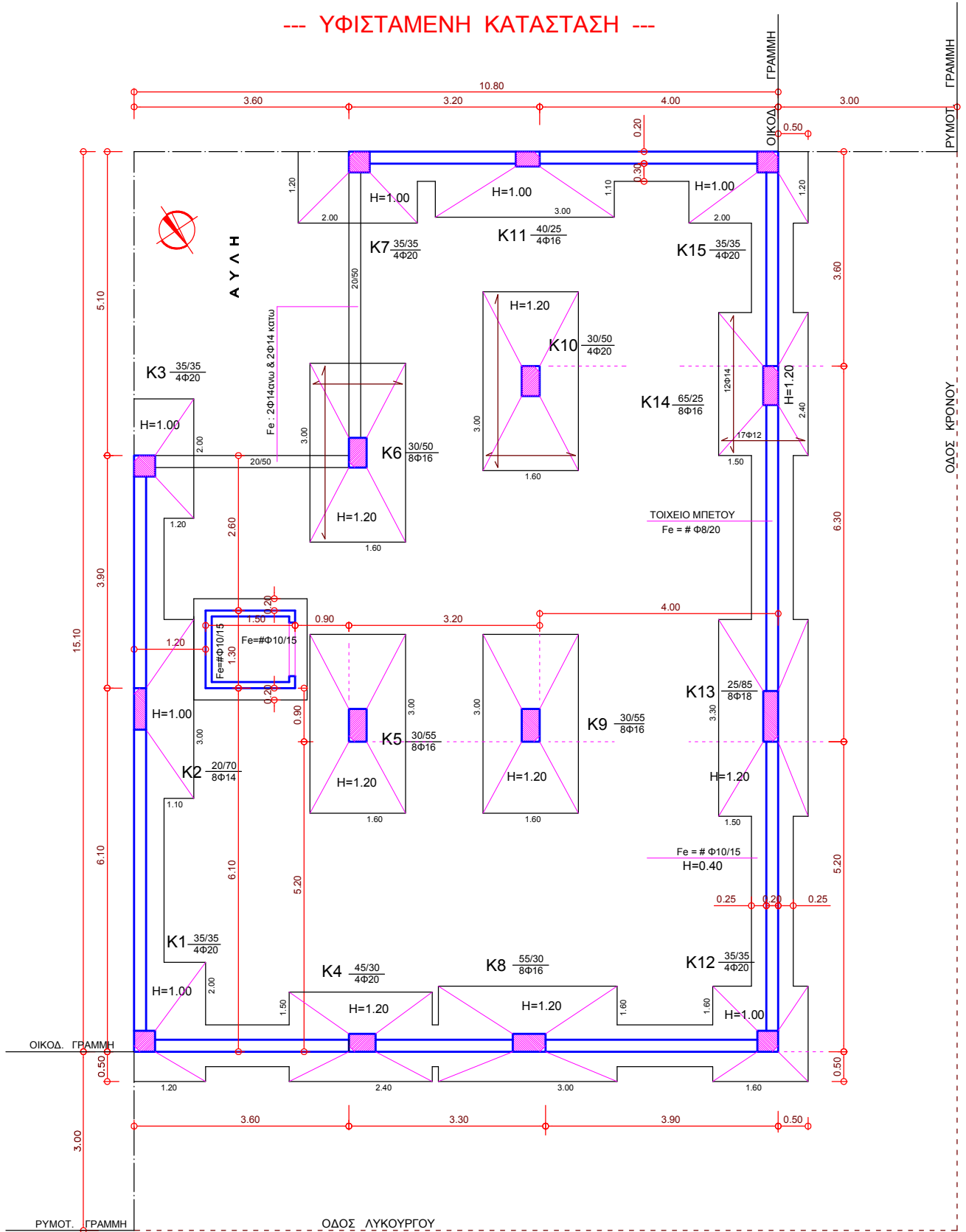


K 11

ΞΥΛΟΥΤΥΠΟΣ ΟΡΟΦΗΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

**ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**  
**ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ**  
**ΕΝΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ**

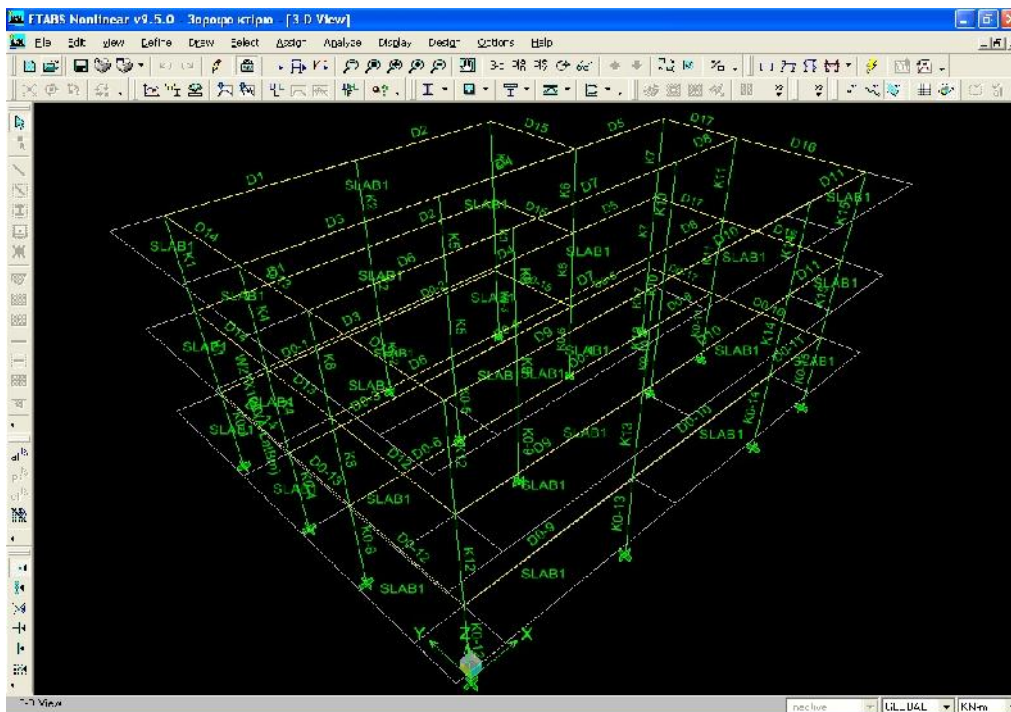
**ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΗΡΙΟ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΝΙΚΑΙΑΣ**  
**ΕΠΙ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΝΟΥ**  
**--- ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ---**



ΞΥΛΟΥΤΥΠΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

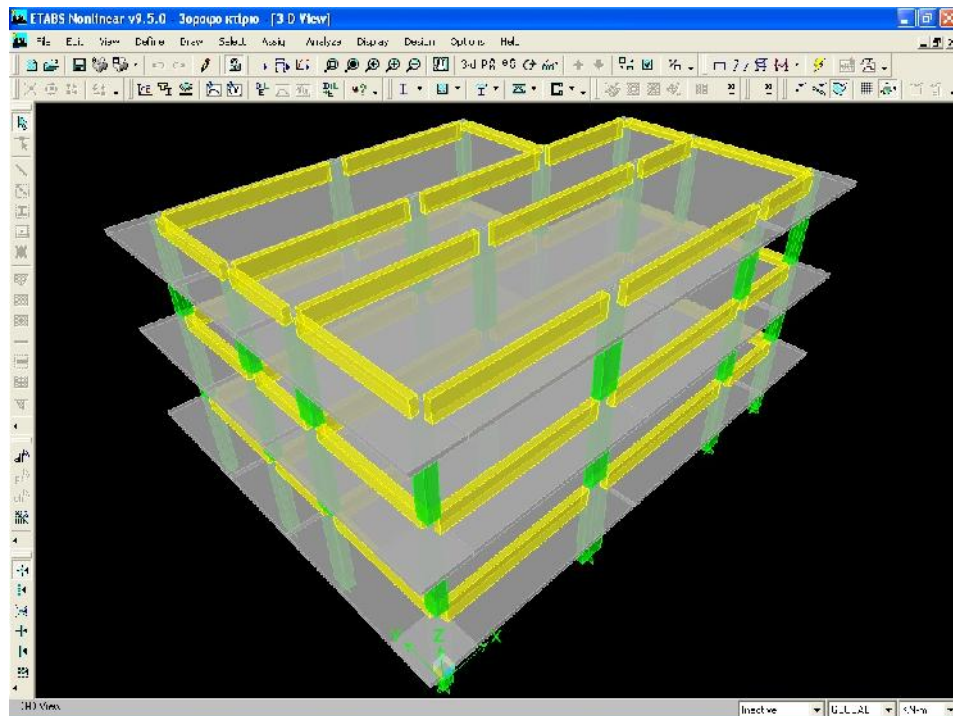
ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ

Έτσι ολοκληρώθηκε η εισαγωγή των στοιχείων του κτιρίου μου καθώς επίσης και η συνολική σχεδίαση του κτιρίου που μελετάται σε αυτήν την εργασία (εικόνα 5.3).

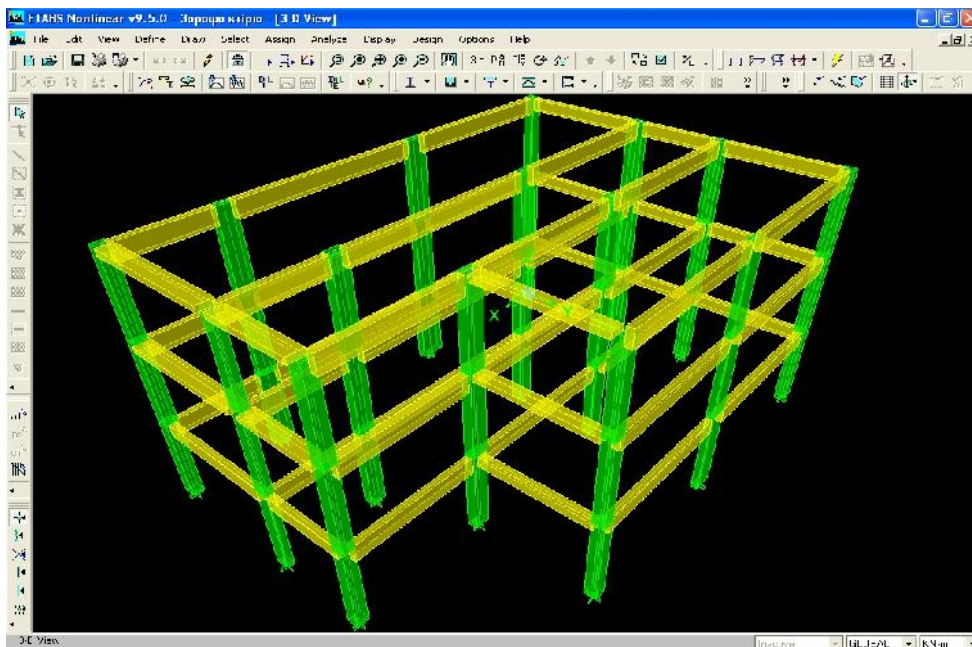


Εικόνα 5.3: Σχεδιαστική απεικόνιση κτιρίου

Στην συνέχεια προσδιορίστηκε η ποιότητα των υλικών, για τον χάλυβα St\_1 και το σκυρόδεμα B160, με τις αντίστοιχες μηχανικές ιδιότητες που αντιστοιχεί στο καθένα ξεχωριστά. Τα στοιχεία αυτά βρίσκονται στην πολεοδομία της Νίκαιας, καθώς επίσης και τα σχέδια, το τεύχος υπολογισμού άλλα και η άδεια οικοδομής του κτιρίου αυτού. Κάνοντας έναν τελικό έλεγχο για την ορθότητα των στοιχείων που δόθηκαν στο πρόγραμμα, εφαρμόστηκε η μέθοδος pushover για το συγκεκριμένο κτίριο. Στο πλαίσιο της εργασίας αυτής πραγματοποιήθηκαν στατικές ανελαστικές αναλύσεις για γυμνό φορέα, χωρίς την επίδραση των τοιχοπληρώσεων (εικόνες 5.4, 5.5).



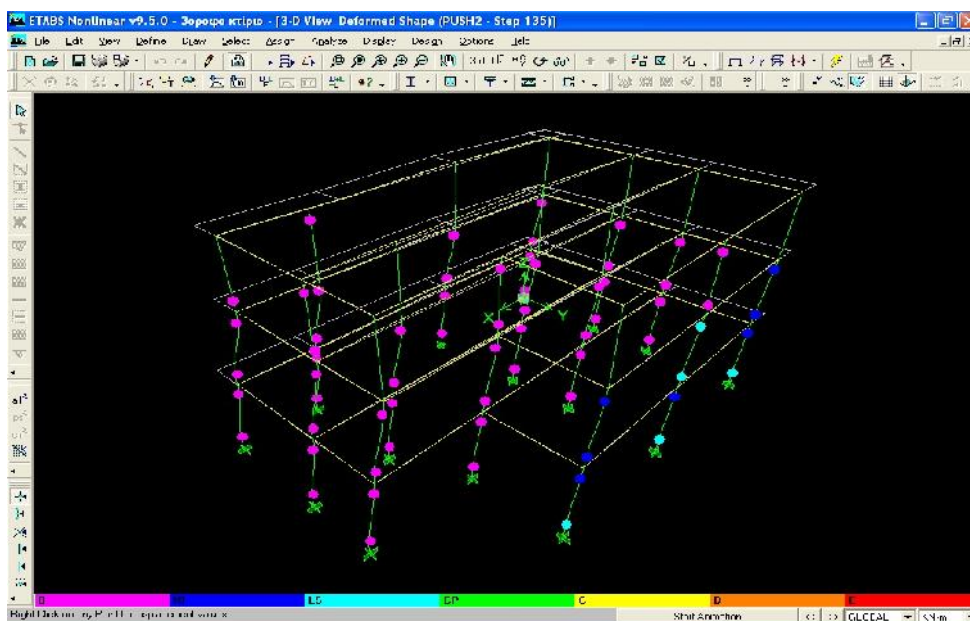
Εικόνα 5.4: Τρισδιάστατη απεικόνιση κτιρίου



Εικόνα 5.5: Τρισδιάστατη απεικόνιση σκελετού του κτιρίου

Το αποτέλεσμα ήταν να αναπαραστήσει βήμα προς βήμα την συμπεριφορά του κτιρίου σε έναν επερχόμενο σεισμό. Αυτά τα αποτελέσματα βγαίνουν σε μορφή διαγραμμάτων (εικόνα 5.11), πινάκων αλλά και από τα φάσματα.

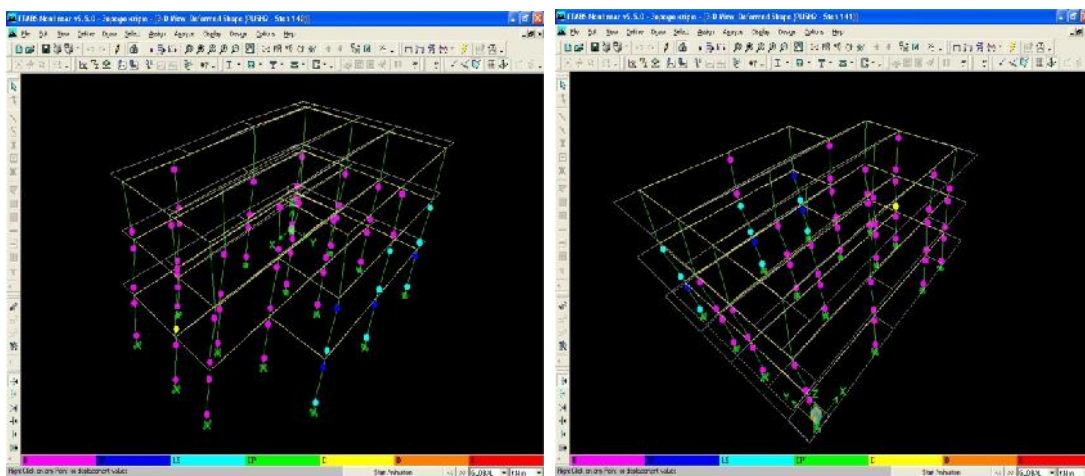
Ταυτόχρονα, παρουσιάζονται τα δομικά στοιχεία που βλάπτονται και σε ποιο βαθμό το καθένα ξεχωριστά, σε κάθε στάδιο της καταπόνησης. Η εικόνα που ακολουθεί απεικονίζει το κτίριο, το οποίο υποβάλλεται σε σεισμική καταπόνηση και βρίσκεται σε στάδιο λίγο πριν την αστοχία (εικόνα 5.6).



**Εικόνα 5.6: Καταπόνηση πριν την αστοχία**

Όταν το πρόγραμμα φτάσει στο σημείο αστοχίας φαίνεται ποιο στοιχείο του θα εξαντλήσει την αντοχή του, πρώτο από ολόκληρο τον σκελετό του κτιρίου που μελετάμε και θεωρήθηκε ως αστοχία η στιγμή που θα αστοχήσει το πρώτο υποστύλωμα. Στο πρόγραμμα αυτό το στοιχείο που αστοχεί πρώτα απεικονίζεται με κίτρινο χρώμα και στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι το K11, το οποίο φαίνεται στις παρακάτω εικόνες, από δύο διαφορετικές διευθύνσεις (εικόνες 5.7).

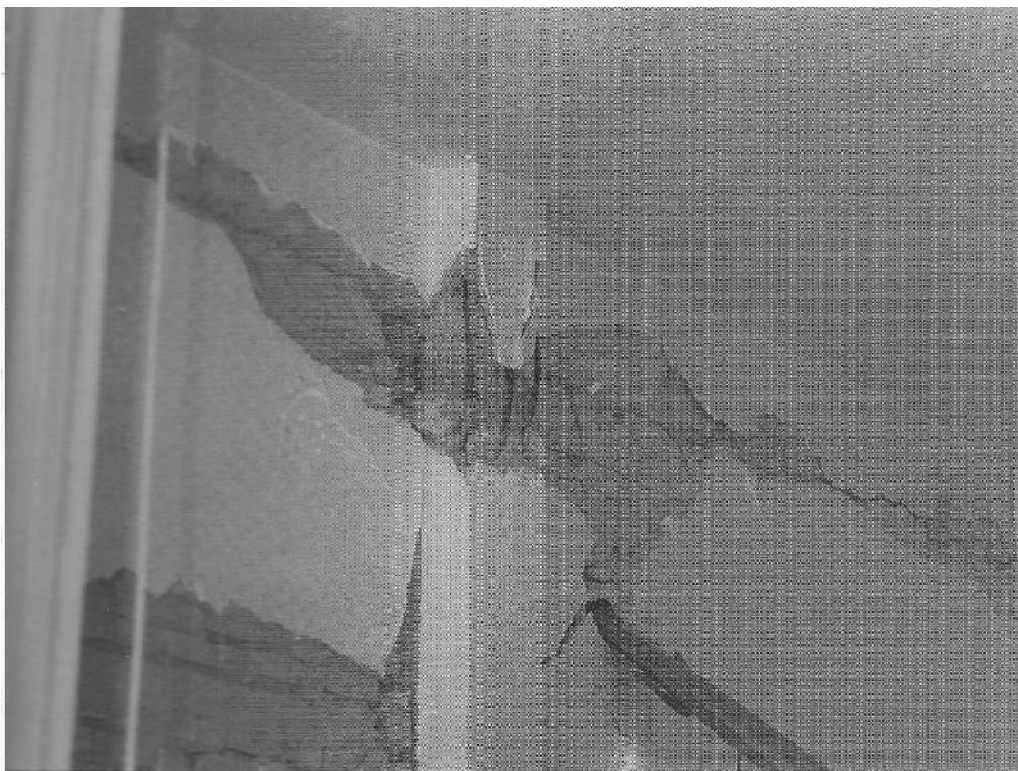




**Εικόνα 5.7: Αστοχία**

Έτσι προκύπτει το συμπέρασμα ότι το υφιστάμενο αυτό κτίριο που έχει σχεδιαστεί με βάση παλιούς κανονισμούς, αστοχεί σε έναν σεισμό έντασης ίσης με εκείνης του σεισμού σχεδιασμού. Το γεγονός αυτό μπορεί να προκαλέσει κατάρρευση της κατασκευής, γι αυτό είναι απαραίτητη η ενίσχυση της. Ακολουθεί μια φωτογραφική αναπαράσταση θραύσης ενός υποστυλώματος λίγο πιο κάτω από τον κόμβο, όταν αυτό εξαντλεί τη φέρουσα ικανότητά του (εικόνα 5.8). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί πως η εικόνα αυτή ανήκει σε άλλο κτίριο και όχι στο κτίριο του συγκεκριμένου παραδείγματος. Χρησιμοποιείται ως βοηθητική εικόνα, για να γίνει αντιληπτή η πραγματική κατάσταση αστοχίας.



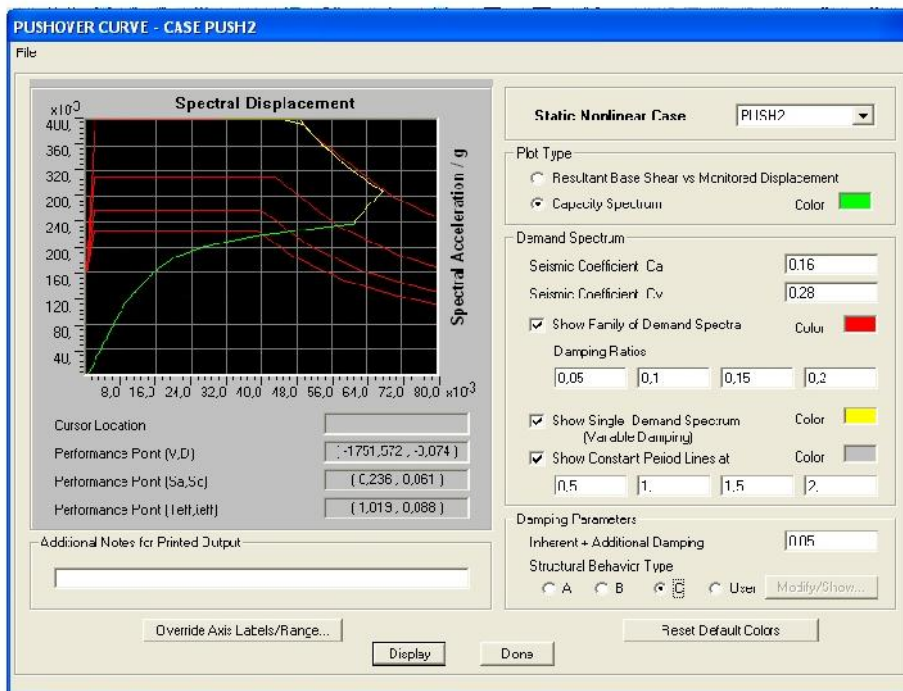


**Εικόνα 5.8: Αστοχία υποστυλώματος**

#### **5.4. Εξαγωγή αποτελεσμάτων:**

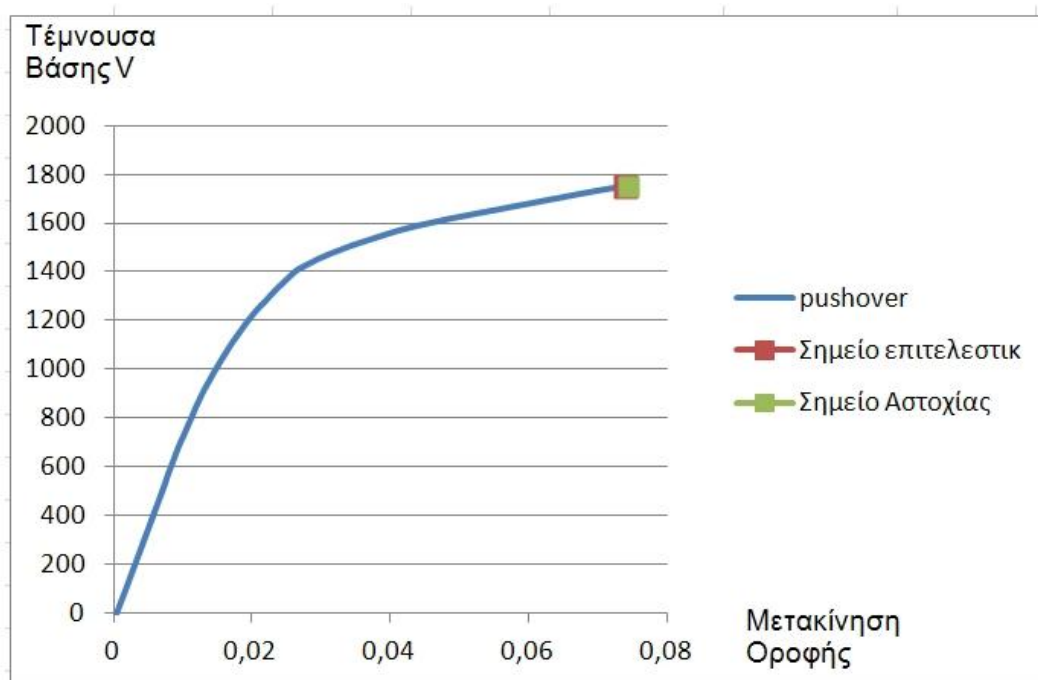
Μετά την εφαρμογή της μεθόδου pushover, μελετάται η καταπόνηση του κτιρίου, βήμα προς βήμα και εντοπίζεται η ακριβής στιγμή της αστοχίας του πρώτου δομικού στοιχείου (εικόνες). Στην περίπτωση αυτή είναι το υποστύλωμα K11, του πρώτου ορόφου αστοχεί πρώτα. Στην συνέχεια, από την καμπύλη pushover βρίσκεται η τιμή της δύναμης και η αντίστοιχη μετακίνηση, όπου η κατασκευή αστοχεί. Γενικά, το επιθυμητό αποτέλεσμα σε μία κατασκευή είναι να αστοχήσει πρώτα κάποιο δοκάρι και όχι υποστύλωμα, γεγονός που δεν συμβαίνει στο κτίριο αυτό.

Η εφαρμογή αυτή συνεχίζεται με τον προσδιορισμό του σημείου επιτελεστικότητας. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται η μέθοδος Διαγράμματος Ικανότητας του ACT – 40, η οποία αναφέρεται σε διεθνής Οδηγίες και Κανονισμούς και είναι ευρέως διαδεδομένη. Δίνοντας στο πρόγραμμα το φάσμα του Ε.Α.Κ. εξάγεται ως αποτέλεσμα η θέση του σημείου επιτελεστικότητας (εικόνα 5.9).



**Εικόνα 5.9: Σημείο Επιτελεστικότητας**

Με αυτό τον τρόπο γνωρίζοντας την στοχευμένη μετακίνηση του κτιρίου, μπορεί να συγκριθεί με την μετακίνηση αστοχίας. Εάν, η στοχευμένη μετακίνηση είναι μεγαλύτερη από την μετακίνηση αστοχίας, τότε το κτίριο απαιτεί ενίσχυση. Στην αυτήν την περίπτωση η μετακίνηση αστοχίας είναι ίση με την στοχευμένη μετακίνηση, όπως φαίνεται και από το διάγραμμα που ακολουθεί (εικόνα 5.10).



Εικόνα 5.10: Διάγραμμα pushover πριν την ενίσχυση

**Μετακίνηση Αστοχίας = 0,074 μέτρα = Στοχευμένη Μετακίνηση = 0,074 μέτρα**

Δηλαδή, οριακά το κτίριο επαρκεί. Προκειμένου όμως να αυξηθεί η ασφάλεια του λόγω παλαιότητας, θα πραγματοποιηθούν ενέργειες αντισεισμικής ενίσχυσης καθώς και η εφαρμογή του pushover, ώστε να ελεγχθούν τα αποτελέσματα της ενίσχυσης αυτής.

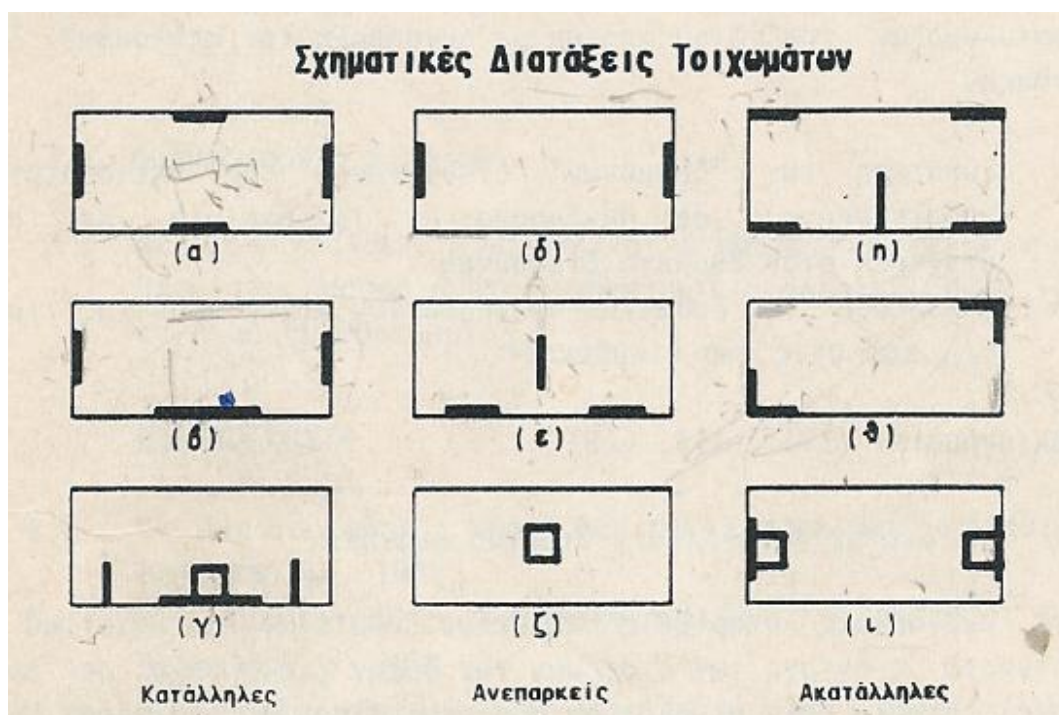
## 5.5. Ενίσχυση:

Η ενίσχυση μιας κατασκευής μπορεί να γίνει είτε με προσθήκη νέων στοιχείων ανάληψης της σεισμικής έντασης με στόχο την ανακούφιση των υφιστάμενων δομικών μελών του φέροντα οργανισμού, είτε απλά μέσω ενίσχυσης των τελευταίων. Ιδανική λύση για την συγκεκριμένη περίπτωση θεωρείται η προσθήκη τοιχίων ωπλισμένου σκυροδέματος. Μία τέτοια λύση είναι απλή στην εφαρμογή της αφού δεν απαιτεί επέμβαση ή τροποποίηση στο υφιστάμενο κτίριο και δεν διαταράσσεται η λειτουργία του.

Γενικά, η τεχνική της ενίσχυσης αυτής βασίζεται στην βελτίωση της συμπεριφοράς της κατασκευής τοποθετώντας περιμετρικά τοιχία Ω. Σ. σε υφιστάμενα υποστυλώματα και σε σύνδεση με αυτά. Η προσθήκη τοιχίων γίνεται προς την επιδιωκόμενη διεύθυνση αύξησης της αντίστασης της κατασκευής, ενώ η σύνδεση με το πλαίσιο μπορεί να είναι είτε κεντρική είτε έκκεντρη. Για να επιτευχθεί μονολιθική σύνδεση των νέων τοιχίων Ω.Σ. με το υποστύλωμα, θα πρέπει τα δύο πλευρικά τοιχία να συνδέονται και μεταξύ τους μέσω πλευρικής ενίσχυσης και αύξησης του πάχους. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι η μέθοδος αυτή δεν ενδείκνυται σε φανώματα όπου η απόσταση μεταξύ των υποστυλωμάτων είναι μικρή. Η σύσταση αυτή ισχύει για την αποφυγή αστοχίας λόγω τέμνουσας των δοκών, καθώς τα πρόσθετα περύγια μειώνουν αισθητά το καθαρό άνοιγμά τους. Πρέπει να δοθεί επίσης προσοχή στη σύνδεση υποστυλώματος και τοιχίων ώστε να αποφευχθεί παραμόρφωση εκτός του επιπέδου τους. Ειδικότερα για την περίπτωση όπου τα τοιχία Ω.Σ. τοποθετούνται έκκεντρα στο υποστύλωμα απαιτείται να είναι αντίστοιχα έκκεντρα και η δοκός. Ταυτόχρονα, λόγω της απαίτησης για σύνδεση των τοιχίων μεταξύ τους έχουμε αύξηση του πάχους του υπάρχοντος υποστυλώματος πάνω από πέντε εκατοστά. Σημαντικό ρόλο στην επιτυχία της μεθόδου παίζει η επίτευξη πλήρους σύνδεσης μεταξύ τοιχίων και υποστυλώματος με χρήση βλήτρων και εκτράχυνση της επιφάνειας.

## 5.6. Εφαρμογή Ενίσχυσης:

Σύμφωνα με τον Νέο Αντισεισμικό κανονισμό, τα κτίρια που έχουν μέχρι και τρεις ορόφους, το μήκος των τοιχίων θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,5 μέτρα. Επίσης σύμφωνα με παράρτημα του Αντισεισμικού Κανονισμού, το οποίο βρίσκεται στο τεύχος 1757 της Έκδοσης του ΤΕΕ, η θέση των τοιχίων θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τις περιπτώσεις (α), (β) ή (γ) της εικόνας 5.11 τόσο από σεισμική, όσο και από γενικότερη, στατική άποψη. Οι διατάξεις (δ), (ε), και (ζ) είναι ανεπαρκείς από σεισμική άποψη και επομένως ακατάλληλες. Οι διατάξεις (η), (θ), (ι), παρέχουν σημαντική δυστρεψία και είναι σεισμικά επαρκής, αλλά σε περίπτωση επιμήκων κτιρίων απαιτείται έλεγχος της έντασης καταναγκασμού, λόγω έμμεσων δράσεων:



Εικόνα 5.11: Σχηματική Διάταξη Τοιχωμάτων (Ε.Α.Κ. 1999)

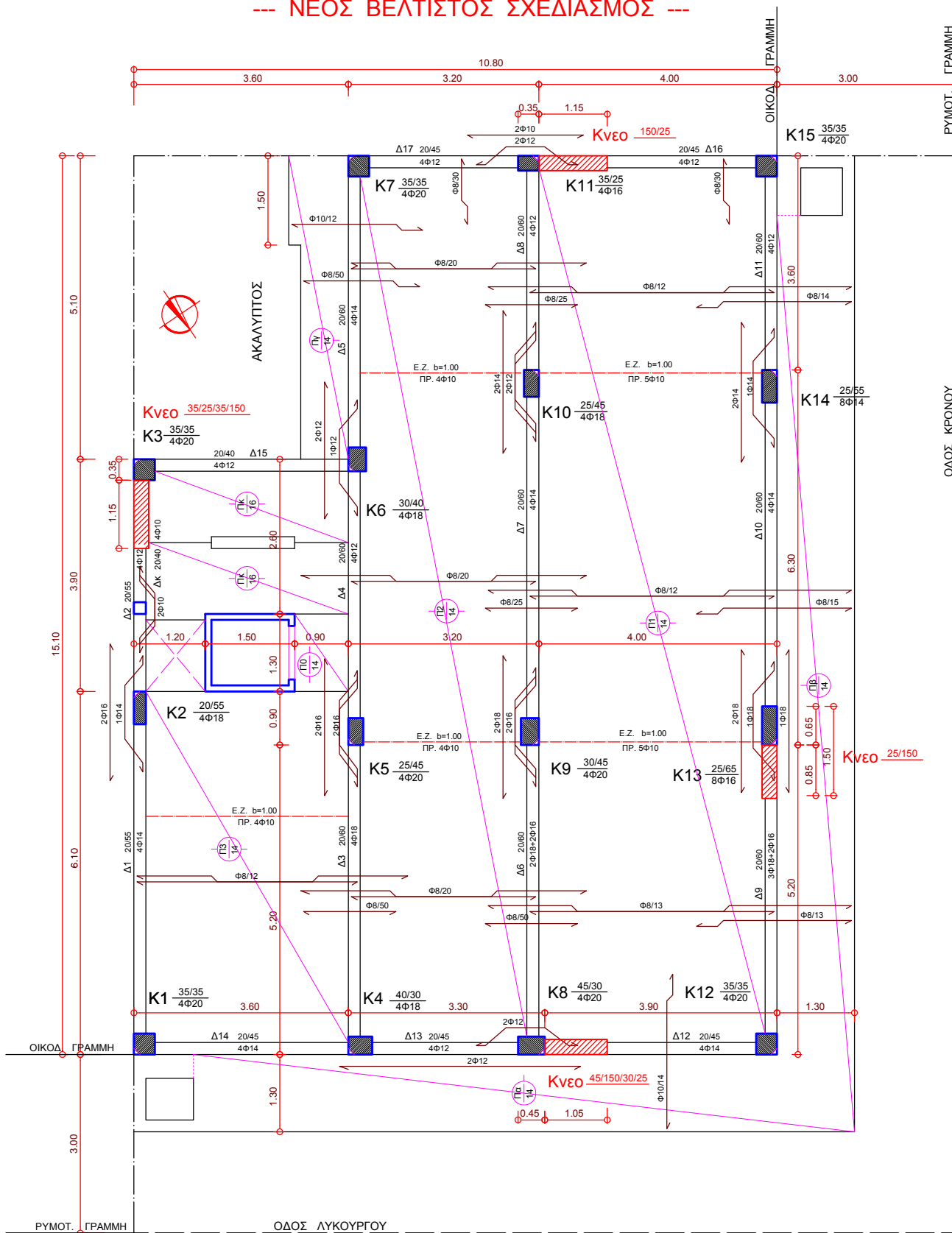
Ειδικότερα, επιλέχθηκε να γίνει ενίσχυση υποστυλωμάτων με τοιχία Ω.Σ. σε συνέχεια από τα υποστυλώματα μήκους 1,5 m και πάχους 0,25 m. Συγκεκριμένα προστέθηκαν τέσσερα τοιχώματα σε κάθε όροφο με συμμετρική διάταξη (ως προς το κέντρο βάρους του κτιρίου), όπως φαίνεται στα σχέδια των ξυλοτύπων που ακολουθούν για κάθε όροφο ξεχωριστά (σχέδια 12, 13, 14).



**ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**  
**ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ**  
**ΕΝΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ**

**ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΗΡΙΟ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΝΙΚΑΙΑΣ**  
**ΕΠΙ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΝΟΥ**

**--- ΝΕΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ---**

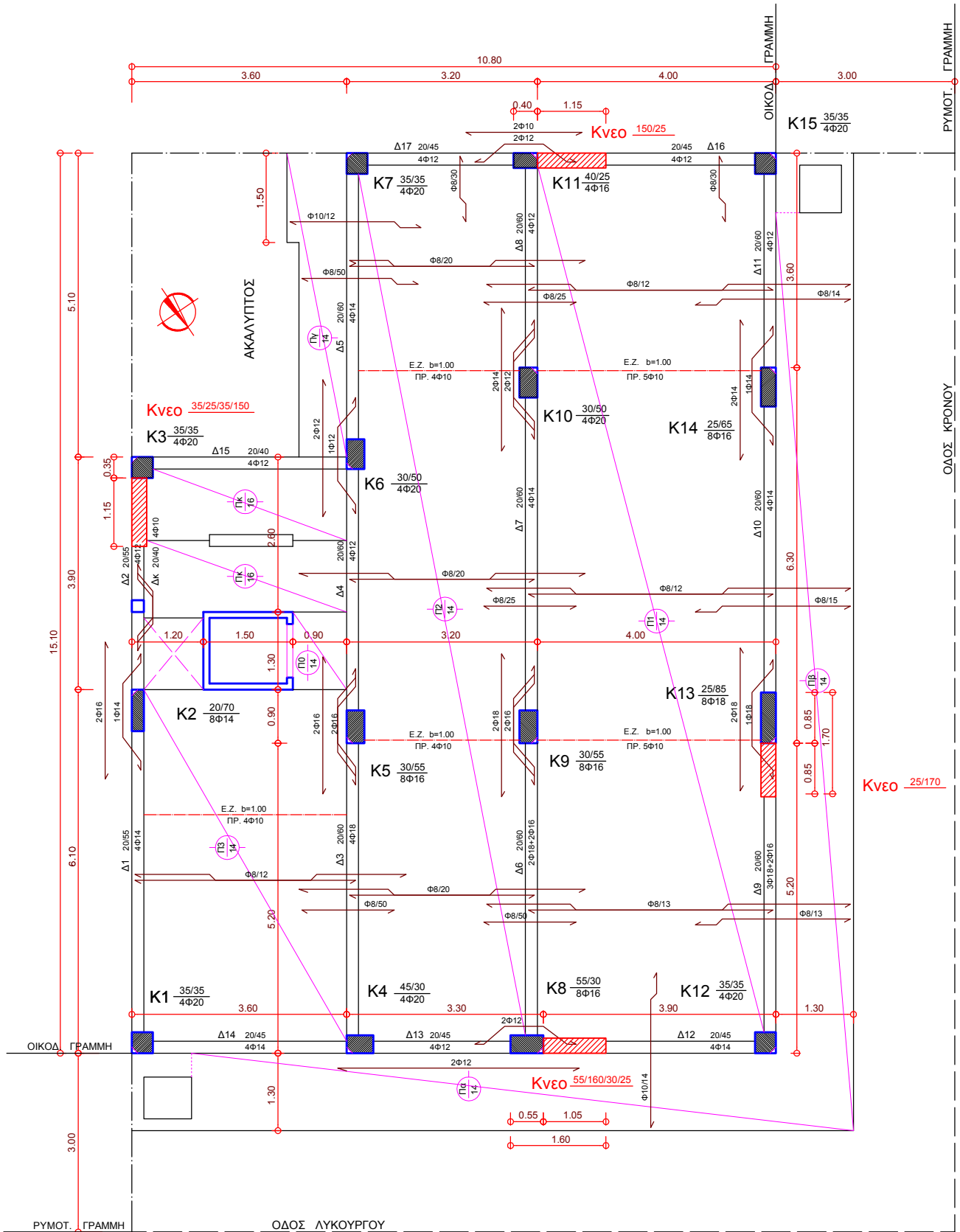


ΞΥΛΟΤΥΠΟΣ ΟΡΟΦΗΣ Α' & Β' ΟΡΟΦΟΥ

**ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**  
**ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ**  
**ΕΝΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ**

**ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΗΡΙΟ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΝΙΚΑΙΑΣ**  
**ΕΠΙ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΝΟΥ**

**--- ΝΕΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ---**



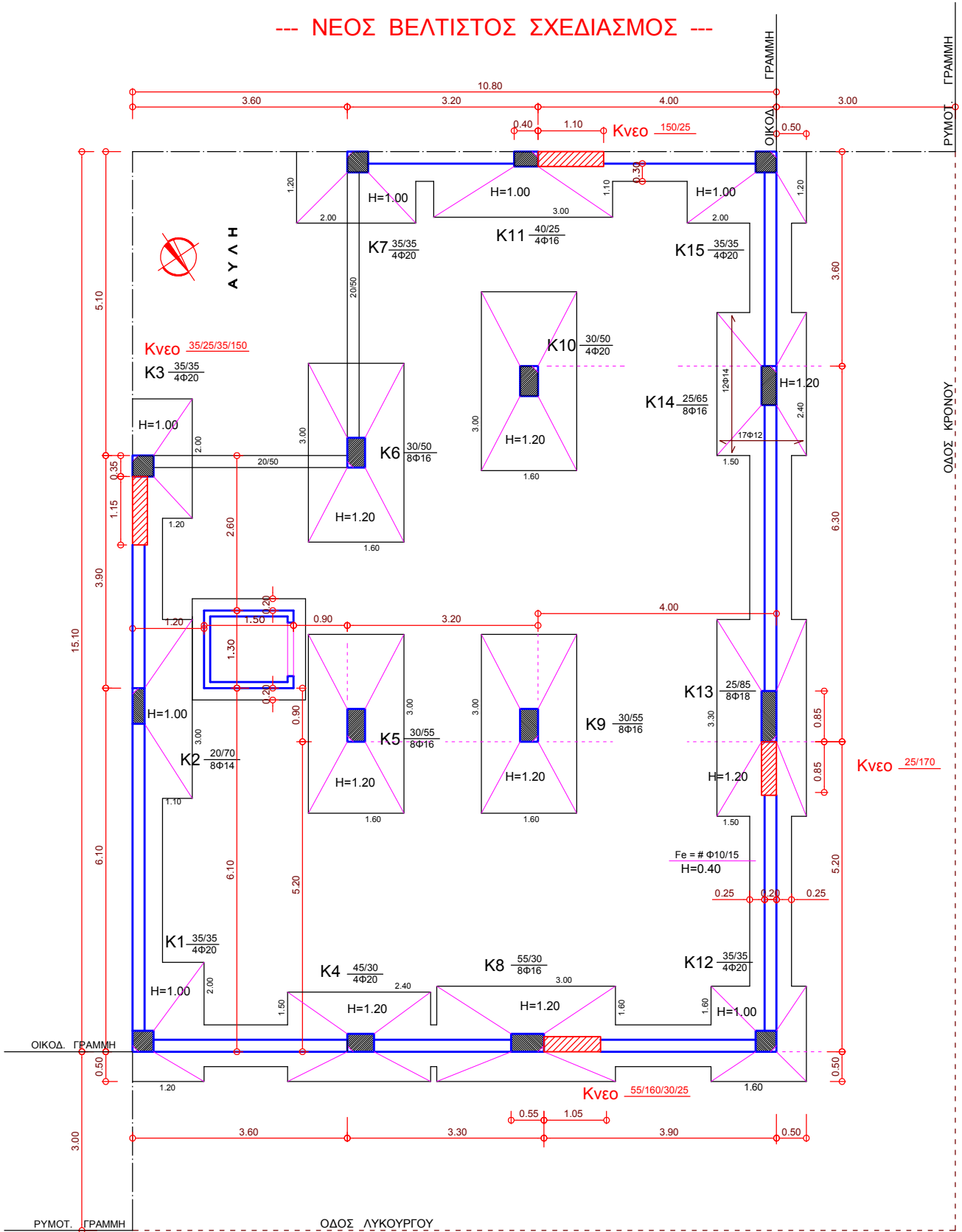
ΞΥΛΟΥΤΥΠΟΣ ΟΡΟΦΗΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ



**ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**  
**ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ**  
**ΕΝΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ**

ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΗΡΙΟ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΝΙΚΑΙΑΣ  
 ΕΠΙ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΛΥΚΟΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΚΡΟΝΟΥ

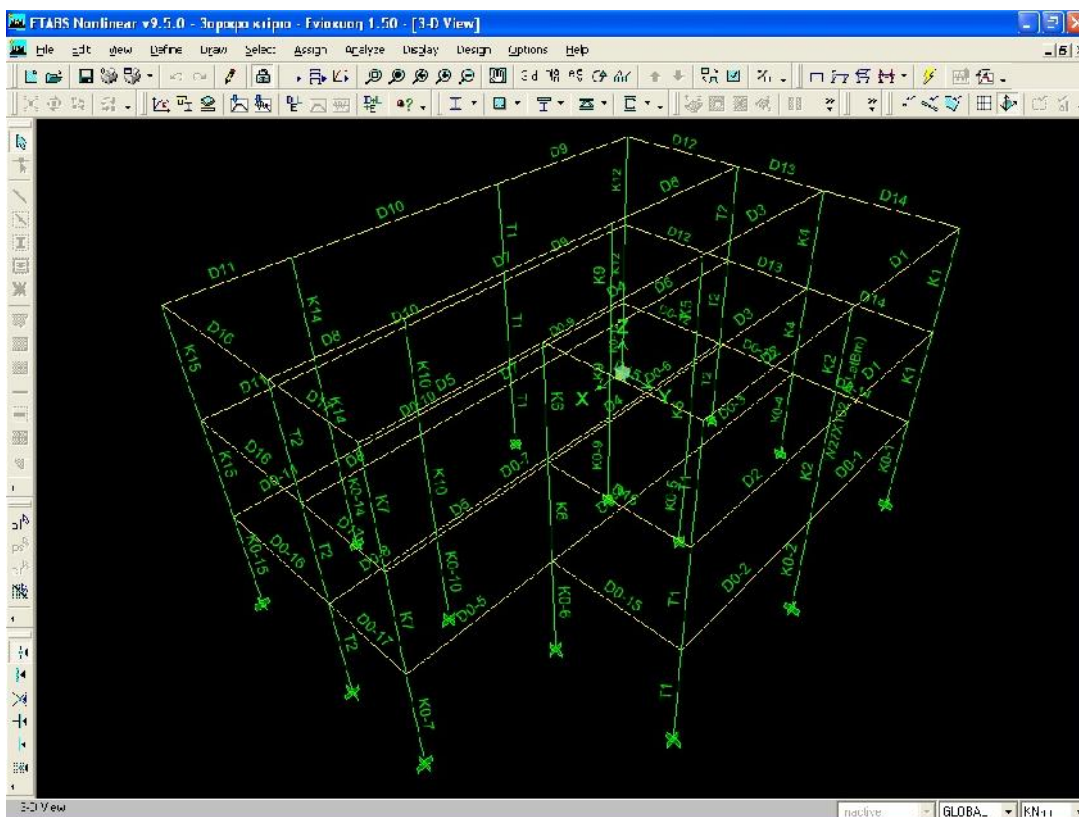
--- ΝΕΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ---



ΞΥΛΟΥΤΥΠΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

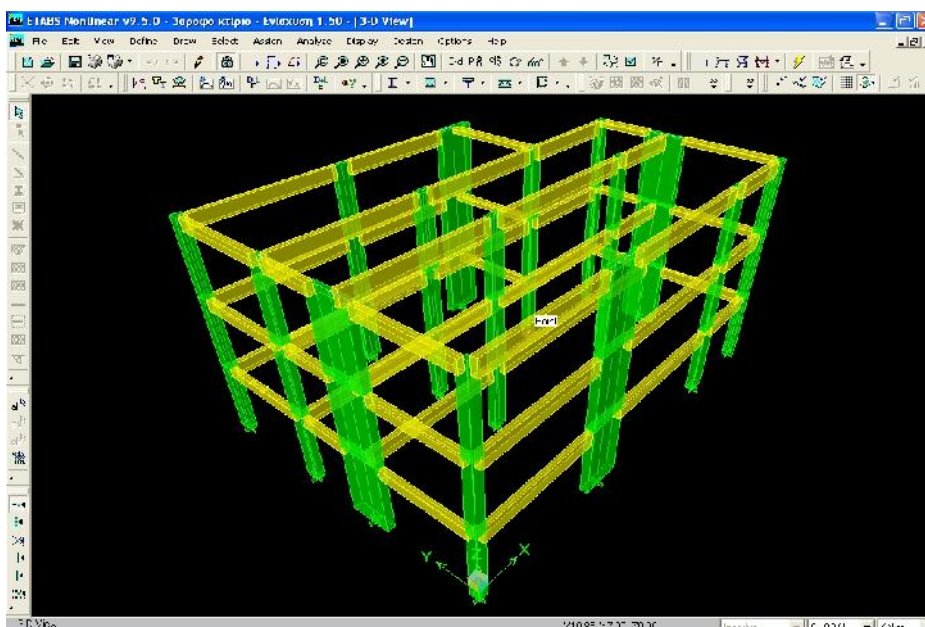
ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ

Τα τοιχεία αυτά περάστηκαν και στο πρόγραμμα (εικόνα 5.12) με σκοπό να ξαναεφαρμοστεί η μέθοδος pushover και να βγούν τα νέα αποτελέσματα.

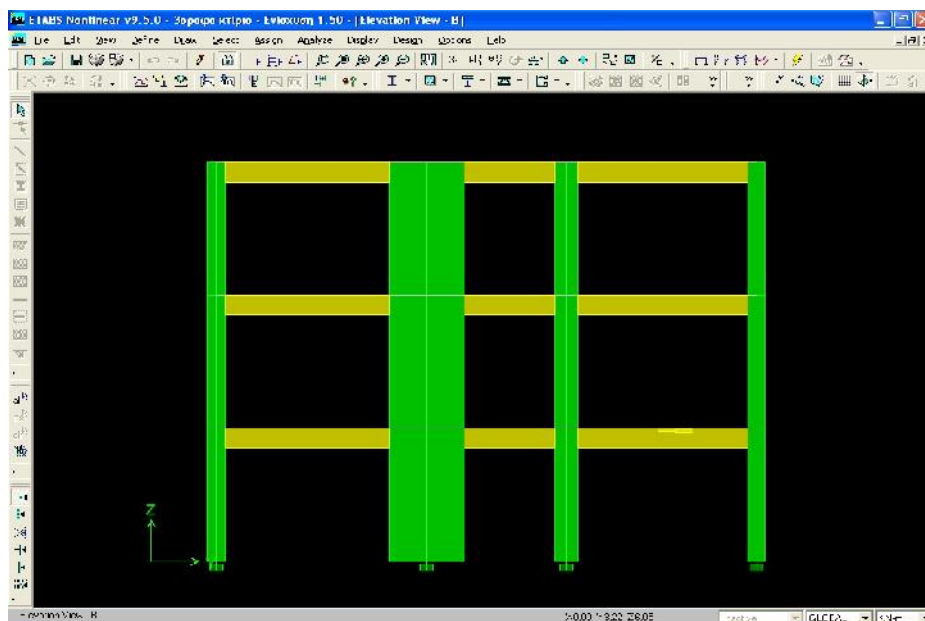


Εικόνα 5.12: Κτίριο Ενισχυμένο με Τοιχεία

Με καλύτερη ευκρίνεια, τα τοιχεία που προστέθηκαν φαίνονται στις παρακάτω εικόνες, οι οποίες δίνουν ογκομετρική απεικόνιση (εικόνες 5.13, 5.14). Η πρώτη δείχνει το κτίριο σε τρισδιάστατη μορφή και η δεύτερη παρουσιάζει μία όψη του κτιρίου.



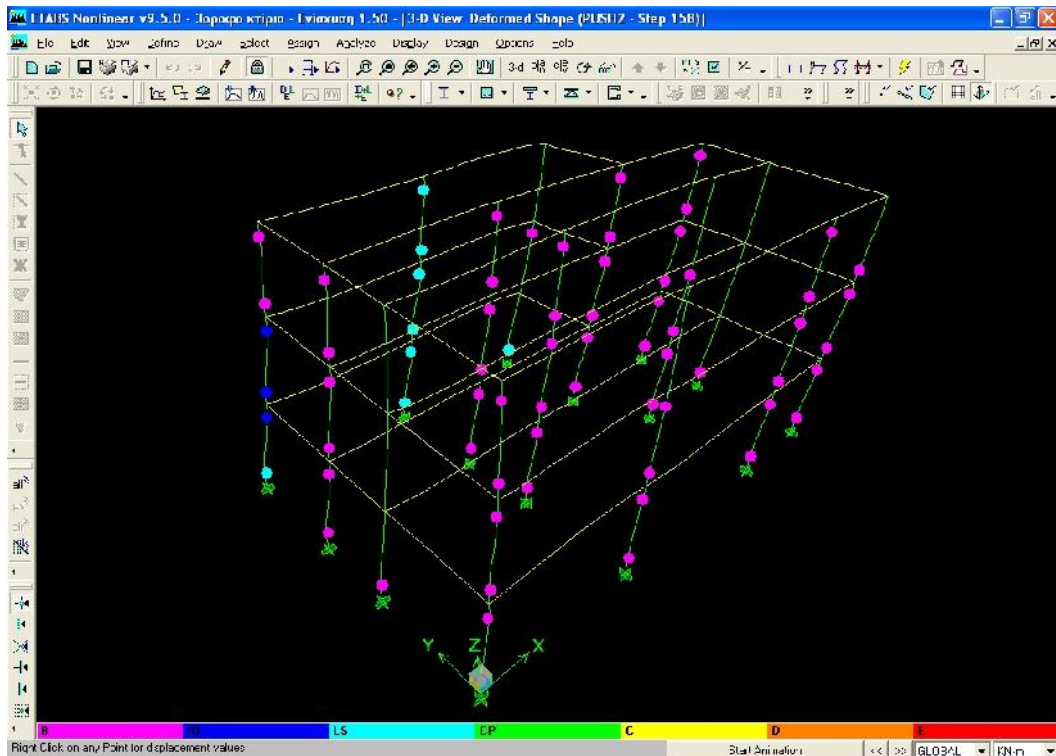
**Εικόνα 5.13: Τρισδιάστατη Απεικόνιση μετά την Ενίσχυση**



**Εικόνα 5.14: Όψη Ενισχυμένου Κτιρίου**

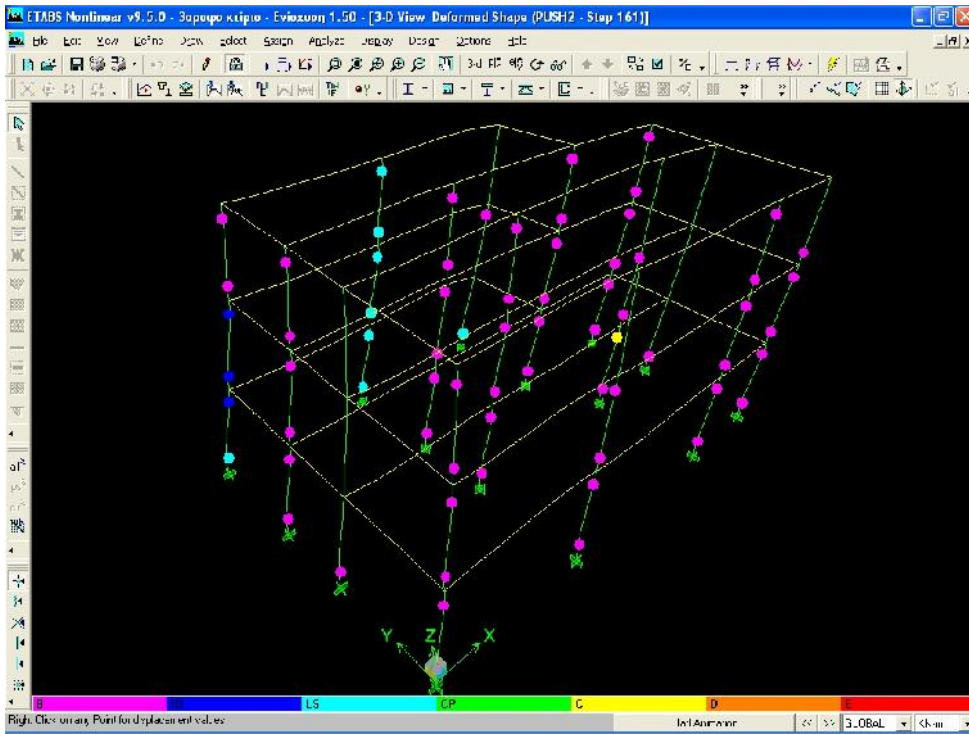
Η ποιότητα του νέου σκυροδέματος είναι C20. Τα υποστυλώματα που θα ενισχυθούν είναι τα K0-3, K0-8, K0-11, K0-13 στο ισόγειο και τα K3, K8, K11, K13 στον Α' και Β' όροφο. Η πιο κατάλληλη διαδικασία ενίσχυσης στηρίζεται στην εφαρμογή κατασκευαστικών διατάξεων και κανονισμών επισκευής Ωπλισμένου Σκυροδέματος, σύμφωνα με την σημερινή τεχνογνωσία.

Μετά το στάδιο της ενίσχυσης του κτιρίου, δόθηκε η εντολή pushover, ώστε να βρεθεί η νέα συμπεριφορά του κτιρίου σε έναν επερχόμενο σεισμό βήμα προς βήμα. Σε αυτό το σημείο θα φανεί και πιο δομικό στοιχείο θα αστοχήσει πρώτα, βρίσκοντας ταυτόχρονα και την αντίστοιχη παραμόρφωση του κτιρίου εκείνη την στιγμή. Η εικόνα που ακολουθεί απεικονίζει το κτίριο, το οποίο υποβάλλεται σε σεισμική καταπόνηση και βρίσκεται σε στάδιο λίγο πριν την αστοχία (εικόνα 5.15.).

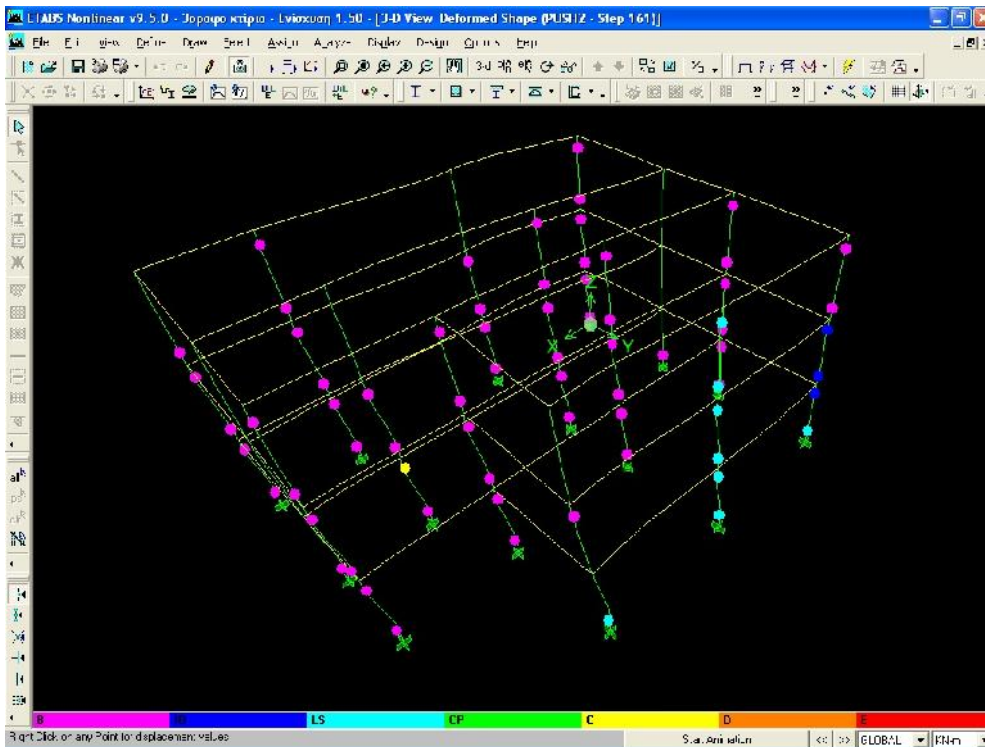


**Εικόνα 5.15.: Πριν την Αστοχία το Ενισχυμένο Κτίριο**

Όταν φτάσει στο σημείο αστοχίας φαίνεται ποιο στοιχείο του θα αστοχήσει πρώτο από ολόκληρο τον σκελετό του κτιρίου που μελετάται. Στο πρόγραμμα αυτό, το στοιχείο που αστοχεί πρώτα απεικονίζεται με κίτρινο χρώμα και στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι το K0-10, το οποίο παρουσιάζεται στις ακόλουθες εικόνες από δύο διαφορετικές οπτικές γωνίες (εικόνες 5.16, 5.17).



Εικόνα 5.16: Αστοχία στο Ενισχυμένο Κτίριο



Εικόνα 5.17: Αστοχία στο Ενισχυμένο Κτίριο



Από το διάγραμμα pushover και από το πρόγραμμα βάζοντας ως δεδομένα το ελαστικό φάσμα του Ε.Α.Κ. (τροποποιώντας τους συντελεστές  $C_a$  και  $C_v$ ) προσδιορίζονται τα νέα σημεία αστοχίας και επιτελεστικότητας. Συγκεκριμένα ισχύει:

**Σημείο Αστοχίας = 0,0844 m > Σημείο Επιτελεστικότητας = 0,065 m.**

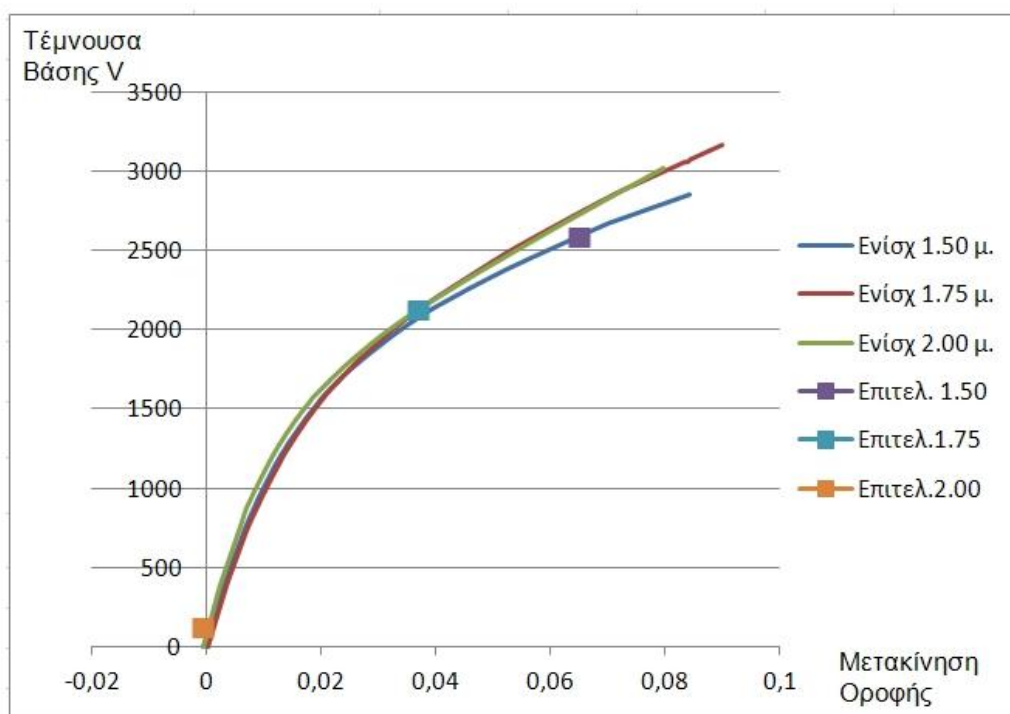
Έτσι, βγαίνει το συμπέρασμα ότι βγήκε ένα αρκετά ικανοποιητικό αποτέλεσμα, ενισχύοντας το κτίριο με τοιχία σε συμμετρικές θέσεις με μήκος 1,5 m.

Στην συνέχεια έγιναν μερικές ακόμα δοκιμές ενίσχυσης με τοιχία, μήκους 1,75 και 2,00 m στις ίδιες θέσεις με πριν. Αυτές οι δοκιμές είχαν σκοπό να παρατηρηθεί το μέγεθος της αύξησης την αντισεισμικής αντοχής του κτιρίου σε συνάρτηση με την μικρή αύξηση των τοιχίων του (αύξηση 0,25 m, κάθε φορά). Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα των δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν παρουσιάζονται στο παρακάτω εικόνα:

<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΜΕ ΤΟΙΧΙΑ</b>			
<b>ΜΗΚΟΣ ΤΟΙΧΙΩΝ</b>	<b>1.50 μ.</b>	<b>1.75μ.</b>	<b>2.00μ.</b>
<b>ΣΗΜΕΙΟ ΑΣΤΟΧΙΑΣ</b>	<b>0,0844</b>	<b>0,0899</b>	<b>0,0796</b>
<b>ΣΗΜΕΙΟ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ</b>	<b>0,065</b>	<b>0,037</b>	<b>0.00052</b>

**Εικόνα 5.18: Αποτελέσματα Μετακινήσεων Ενίσχυσης Τοιχίων**

Παρατηρείται, λοιπόν, πως με μικρή αύξηση του μήκους του τοιχίου ενίσχυσης της τάξεως των 0,25 m κάθε φορά, η αντισεισμική αντοχή του κτιρίου αυξάνεται σημαντικά. Η αύξηση αυτή εντοπίζεται πιο έντονα κυρίως στην μεταβολή από 1,75 m σε 2,00 m όπου η μετακίνηση στο σημείο επιτελεστικότητας από 0,037 m μειώνεται σε 0,000519 m. Στην συνέχεια, ακολουθούν σε κοινό διάγραμμα οι καμπύλες αντίστασης και για τις τρεις αυτές περιπτώσεις μαζί (εικόνα 5.19). Οι γραφικές παραστάσεις σχεδόν ταυτίζονται, ειδικότερα για το μήκος 1,75 και 2,00 m, αλλά όπως προαναφέρθηκε, τα σημεία επιτελεστικότητας διαφέρουν σημαντικά για την κάθε περίπτωση.



Εικόνα 5.19: Συγκεντρωτικό Διάγραμμα

Αξίζει να τονιστεί πως επιλέχθηκαν τοιχώματα 1.50 m επειδή το κτίριο οριακά επαρκούσε πριν την ενίσχυση και ο λόγος που προστέθηκαν τοιχώματα είναι για να αυξηθεί η ασφάλεια του. Έτσι, λαμβάνοντας υπ' όψη και τον οικονομικό παράγοντα τα τοιχεία μήκους 1.50 m αποτελούν την ιδανική λύση για αυτήν την κατασκευή, ώστε να μην γίνουν περισσότερα κατασκευαστικά έξοδα, με δεδομένο ότι δεν απαιτείται σημαντική ενίσχυση.



## **Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα**

### **6.1. Συμπεράσματα Αισθητικής και Λειτουργικής Αναβάθμισης:**

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι ο βέλτιστος σχεδιασμός για την αναβάθμιση ενός κτιρίου από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα και επιλέχθηκε ως δείγμα ένα κτίριο, το οποίο έχει κατασκευαστεί πριν το 1985 δηλαδή τότε που ίσχυαν παρωχημένοι, για τα σημερινά δεδομένα, κανονισμοί. Με το πέρασμα των χρόνων, στην σημερινή εποχή οι απαιτήσεις και οι αντιλήψεις μιας οικογένειας έχουν μεταβληθεί άρδην. Επίσης η αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας στο θέμα της οικοδομής, είναι αισθητή συγκριτικά με την αντίστοιχη τεχνολογία που ίσχυε πριν 40 περίπου χρόνια. Είναι προφανές πως το συγκεκριμένο κτίριο δεν μπορεί να καλύψει πλήρως τις ανάγκες μιας μέσης σύγχρονης οικογένειας και επομένως η λειτουργικότητα των χώρων πρέπει να εκσυγχρονιστεί. Στο κεφάλαιο 2 αναφέρονται διάφορες ενέργειες λειτουργικής αναβάθμισης με σκοπό, να βελτιωθεί ο χώρος σύμφωνα με τις σημερινές ανάγκες. Ειδικότερα, εφαρμόστηκαν οι εξής “κανόνες”: ενοποίηση χώρων, απλοποίηση των κινήσεων και λειτουργική διαχείριση της συνολικής επιφάνειας της κατοικίας.

Επίσης, γίνεται λεπτομερής αναφορά και στην αισθητική αναβάθμιση του κτιρίου, προκειμένου οι ένοικοι να αισθάνονται άνετα στο χώρο διαμονής τους. Οι τομείς στους οποίους προτείνονται ενέργειες βελτίωσης της αισθητικής του κτιρίου είναι οι εξής: στα υλικά τελειώματος, στα χρώματα, στο είδος του φωτισμού, στις διακριτικές διακοσμήσεις καθώς και στην επικράτηση πρασίνου στους ελεύθερους χώρους. Το σημαντικότερο για κάθε οικογένεια είναι να αγαπάει την κατοικία που μένει και να την αισθάνεται ως το “βασιλείο” της, καθώς εκεί αφιερώνει συνήθως το μεγαλύτερο μέρος της καθημερινότητας της. Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί πως οι προτεινόμενες αναβαθμίσεις του Κεφαλαίου 2, αποσκοπούν και στην ψυχική ικανοποίηση των ενοίκων.

### **6.2. Συμπεράσματα Ενεργειακής Αναβάθμισης:**

Στην Ελλάδα τα επόμενα χρόνια αναμένονται συχνότερα ακραία καιρικά φαινόμενα. Οι επιπτώσεις λόγω της μεταβολής του κλίματος υπολογίζεται ότι θα είναι μεγαλύτερες στο νότιο τμήμα της χώρας. Αντίστοιχο θα είναι το κόστος από την υπερθέρμανση του πλανήτη και στην υπόλοιπη Ευρώπη. Σε παγκόσμια κλίμακα, αν οι υπάρχουσες τάσεις εκπομπής των επικίνδυνων αερίων του θερμοκηπίου

συνεχιστούν, τότε όπως προκύπτει από μελέτες, τον επόμενο αιώνα θα προκληθεί αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Επίσης εάν ληφθεί υπόψη ότι η υπέρογκη κατανάλωση ενέργειας που πραγματοποιείται από τον κτιριακό τομέα δυσχεραίνει την ήδη επιβαρυσμένη κατάσταση, τότε θα γίνει έντονα αντιληπτή η ανάγκη για μείωση της ενεργειακής δαπάνης. Γι' αυτό πλέον απαιτείται η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων που έχουν κατασκευαστεί με παλιές προδιαγραφές.

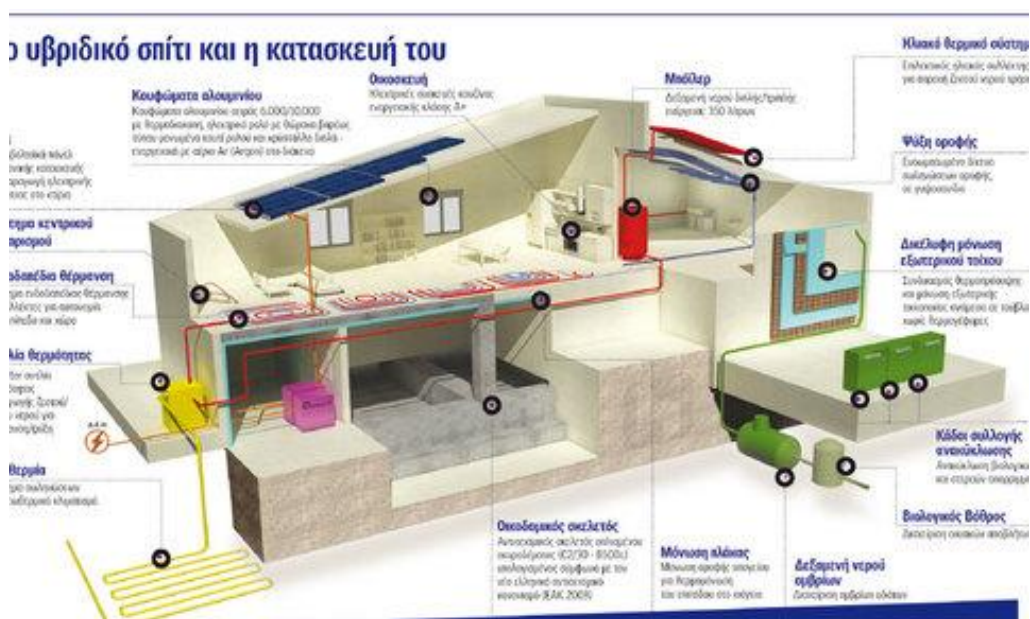
Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας πραγματοποιήθηκε μία μελέτη σε ένα συγκεκριμένο κτίριο με σκοπό την βελτίωση της ενεργειακής του κατηγορίας, πραγματοποιώντας τις κατάλληλες εφαρμογές και κατασκευές. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε μια εφαρμογή από τον ιστότοπο του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ), από την οποία βγήκε μια πρώτη εκτίμηση πως το συγκεκριμένο κτίριο κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία Γ. Ύστερα από την εφαρμογή κατάλληλων επεμβάσεων στο κτίριο, πραγματοποιήθηκε νέα μελέτη σύμφωνα με το λογισμικό TEE - KENAK και το κτίριο μπορεί πλέον να χαρακτηριστεί ως ενεργειακής κλάσης Β. Τέλος, αναφέρονται και κάποιες συμπληρωματικές ενέργειες αναβάθμισης που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και επομένως να βελτιωθεί ακόμα περισσότερο η ενεργειακή του απόδοση.

Όσο αφορά τα κτίρια που κτίζονται σήμερα, "υπακούουν" στον KENAK, οπότε αναγκαστικά θα χαρακτηρίζονται ως φιλικά προς το περιβάλλον με ελάχιστες ενεργειακές δαπάνες. Στο άμεσο μέλλον θα έχουμε εφαρμογές επέμβασης παρόμοιες με αυτές των υβριδικών σπιτιών, τα οποία παράγουν τουλάχιστον το 70% της ενέργειας που απαιτείται για την λειτουργία τους. Είναι πάντα συνδεδεμένο με το δίκτυο της ΔΕΗ, για λόγους ασφαλείας αλλά στην πράξη, εκμεταλλεύομενο όλες τις δυνατές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ειδικά την ηλιακή, παράγει σε μεγάλο βαθμό την ενέργεια που χρειάζεται και κατατάσσεται στην κατηγορία των κτιρίων με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση (εικόνα 6.1).

Μπορεί η οικονομική κρίση να βάζει φρένο στην παρούσα φάση, σε μία μαζική ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού συνόλου των μεγαλουπόλεων, ωστόσο, θεωρείται σίγουρο ότι στο μέλλον η νέα γενιά κατασκευαστών θα στηρίζεται στην αξιοποίηση των φυσικών πόρων. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί ότι τώρα πια η νομοθεσία της Ελλάδας περιλαμβάνει, καλύπτει και υποστηρίζει τέτοιες βασικές κατασκευαστικές ενέργειες αναβάθμισης, αφού επιδοτεί σε μεγάλο ποσοστό τη δημιουργία τους, με διάφορα οικονομικά προγράμματα.

Κατά την πραγματοποίηση της 12ης Διακοινοβουλευτικής Συνέλευσης η Άννυ Ποδηματά, ευρωβουλευτής και αντιπρόεδρος του Ευρωπαϊκού Φόρουμ για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και την Ενεργειακή Αποδοτικότητα, (European Forum for Renewable Energy Sources - EUFORES), ανέφερε χαρακτηριστικά: «Η Ελλάδα,

και μπορεί και οφείλει να αποτελέσει παράδειγμα προς μίμηση στον τομέα της ανάπτυξης των ΑΠΕ και της ενεργειακής αποδοτικότητας. Μπορεί και οφείλει να ξεφύγει από προκαταλήψεις και κωλυσιεργίες που την κρατούν δέσμια και να προχωρήσει έγκαιρα στις αναγκαίες μεταρρυθμίσεις που μπορούν να δώσουν έναυσμα στις εγχώριες και ξένες επενδύσεις σ' αυτούς τους τομείς, που έχουν σημαντικό πολλαπλασιαστικό όφελος», τονίζοντας ωστόσο ότι «αυτό το στοίχημα δεν είναι μόνο ένα ελληνικό, αλλά ένα ευρωπαϊκό στοίχημα».



Εικόνα 6.1: Υβριδικό Σπίτι (Εφημερίδα ΕΘΝΟΣ, 2012)

### 6.3. Συμπεράσματα Εφαρμογής:

Στην παρούσα εργασία μελετάται η σεισμική συμπεριφορά ενός τριώροφου κτιρίου επί των οδών Λυκούργου και Κρόνου στην Νίκαια. Η αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς αυτού του υφιστάμενου κτιρίου έδειξε ότι η αντισεισμική του ικανότητα μειονεκτεί σε σχέση με την συμπεριφορά των κτιρίων που είναι μελετημένα με τους σύγχρονους κανονισμούς. Για καλύτερη και ακριβέστερη αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς απαιτείται η χρήση λογισμικού, το οποίο θα επιτρέπει την ακριβέστερη προσομοίωση των στοιχείων της κατασκευής. Έτσι, με την βοήθεια του προγράμματος ETABS, το κτίριο υπό μελέτη υποβάλλεται σε μη γραμμική στατική ανάλυση υπό αυξανόμενη ένταση (μέθοδος pushover) και κατασκευάζεται η καμπύλη

αντίστασης. Το υφιστάμενο κτίριο επειδή δεν είναι μελετημένο με τη λογική των σύγχρονων Κανονισμών, παρουσιάζει συγκέντρωση των πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα. Λαμβάνοντας υπ' όψη αυτό το γεγονός σε συνδυασμό με την εξαγωγή των αριθμητικών αποτελεσμάτων του προγράμματος βγαίνει το συμπέρασμα πως η κατασκευή απαιτεί κάποια μορφή ενίσχυσης προκειμένου να "θωρακιστεί" ο Φέρων Οργανισμός του κτιρίου.

Επιλέχθηκε να γίνει ενίσχυση με περιμετρικά τοιχία, σε συνέχεια των υποστυλωμάτων, μήκους 1,50 μέτρων. Αυτή η μέθοδος προσδίδει στα πλαίσια ικανοποιητική αντοχή και δυσκαμψία καθώς τα αποτελέσματα είναι αρκετά ικανοποιητικά. Οι πλαστικές αρθρώσεις αρχίζουν από τις δοκούς και συνδέονται με τα τοιχεία, γεγονός που οφείλεται στην πολύ μεγάλη δυσκαμψία του νέου υποστυλώματος σε σχέση με τις υπάρχουσες δοκούς. Το μήκος του κάθε τοιχίου επιλέχθηκε να είναι 1,50 μέτρο από τον Αντισεισμικό Κανονισμό (για κτίρια κάτω από 3 ορόφους), ώστε αφενός να προσφέρει ικανοποιητική ενίσχυση στο πλαίσιο, αφετέρου δε να μην μεταβληθεί σημαντικά ο νόμος (M-θ) της δοκού λόγω μείωσης του μήκους της.

Γενικά, συνιστάται ιδιαίτερη προσοχή στην αποτίμηση της αντοχής, την ανάλυση και την ενίσχυση (όπου χρειάζεται) των υφιστάμενων μελών, αφού συνήθως αυτά είναι τα καθοριστικά για την αστοχία της κατασκευής. Για τον ίδιο λόγο, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη μέριμνα στην επιλογή του είδους και του μεγέθους της ενίσχυσης των πλαισίων. Παράλειψη αυτών των δύο είναι βέβαιο πως θα οδηγήσει σε αντοικονομικές και μη λειτουργικές λύσεις. Γι' αυτό τον λόγο, εάν το τοιχίο ήταν 2.00 μέτρα, να μην είχε εξασφαλιστεί μεγάλη ακαμψία στο κτίριο, αλλά θα ήταν ασύμφορο οικονομικά σαν κατασκευή.

Αν και οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν για ένα μόνο κτίριο, το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι τα υφιστάμενα κτίρια πριν το 1985, παρουσιάζουν σημαντικό πρόβλημα σε σεισμικές δράσεις. Η ενίσχυση με τοιχία σε περιμετρική και αντιδιαμετρική διάταξη βελτιώνει σημαντικά τη σεισμική συμπεριφορά, και κατά συνέπεια μειώνεται η πιθανότητα κατάρρευσης σε κάποιο σεισμό.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, Αθήνα 1993, “Σχόλια και Αιτιολογική Έκθεση Νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού”, Τεύχος 1757, σελ.103 – 117
- Κωνσταντίνος Ρεπαπής (2007), “ Αποτίμηση της Σεισμικής Συμπεριφοράς Υφιστάμενων Κτιρίων από Ω.Σ. ”, Διδακτορική Διατριβή, Ε.Μ.Π.
- Δήμητρα Μουστακάτου (2009), “Αποτίμηση Σεισμικής Απόκρισης Κτιρίου με Κατανεμημένη και Συγκεντρωμένη Πλαστικότητα”, Διδακτορική Διατριβή, Ε.Μ.Π.
- Ενημερωτικό Δελτίο, ΤΕΕ (2002), “Τεχνικές Εξοικονόμησης Ενέργειας στον Κτιριακό Τομέα”, Τεύχος 2196, σελ. 49-64.
- Ενημερωτικό Δελτίο, ΤΕΕ (2009), “Τι προβλέπει η εξοικονόμηση κατ’ οίκον”, Τεύχος 2555, σελ. 20-24.
- Ενημερωτικό Δελτίο, ΤΕΕ (1998), “Παθητική ηλιακή αρχιτεκτονική”, Τεύχος 2025, σελ. 70-77.
- Ενημερωτικό Δελτίο, ΤΕΕ (2001), “ Θέρμανση, Κλιματισμός, Εξοικονόμηση Ενέργειας, Έξυπνα Σπίτια”, Τεύχος 2172, σελ. 51-84.
- Ενημερωτικό Δελτίο, ΤΕΕ (2005), “Εθνικό Πρόγραμμα Αντισεισμικής Ενίσχυσης Υφιστάμενων Κατασκευών”, Τεύχος 2346, σελ. 43-52.
- ΥΠΕΚΑ (2001), “Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια”, Τεύχος 2169, σελ. 33-40.
- Ενημερωτικό Δελτίο, ΤΕΕ (2009), “Θερμική άνεση”, Τεύχος 2523, σελ.58-59.
- Ενημερωτικό Δελτίο, ΤΕΕ (2002), Αφιέρωμα: “Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική”, Τεύχος 2196, σελ. 49-62.
- Ενημερωτικό Δελτίο, ΤΕΕ (2000), Αφιέρωμα: “Θέρμανση – Κλιματισμός, Οι νέες αντιλήψεις και τεχνικές για την εξοικονόμηση ενέργειας στον οικιστικό τομέα”, Τεύχος 2125, σελ. 44-101.
- Ενημερωτικό Δελτίο, ΤΕΕ (1999), “Αποτίμηση της συμπεριφοράς παλιών και νέων κτιρίων”, Τεύχος 2081, σελ. 100-105.
- Ενημερωτικό Δελτίο, ΤΕΕ (1998), “Παθητική Ηλιακή Αρχιτεκτονική”, Τεύχος 2025, σελ. 70-77.
- Δημ. Ξηναδέκα, “Ο Φωτισμός στο Σπίτι”, Ο ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ & ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ”, σελ. 44-46.
- Ελένη Κατσιόγρα (1992), “Χρώμα – Η Βιομηχανία, Η Αρχιτεκτονική, Η Αισθητική”, Ο ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ & ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ”, σελ. 32-44.
- Στ. Βασιλείου (1994), “Το χρώμα ως βασικό στοιχείο εξωτερικής δομής και εσωτερικής διαμορφώσεως των χώρων”, Ο ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ & ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ”, σελ. 92-98.
- Χρήστος Γ. Καραγιάννης (2008), Σχεδιασμός Κατασκευών από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα Έναντι Σεισμού, Εκδόσεις “σοφία”, Θεσσαλονίκη.
- Γρηγ. Φούντας, ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ, Εκδόσεις: FoundasBooks, Αθήνα.

- Αθηνά Γαγλία (2012), “Κατανάλωση Ενέργειας και Δυναμικό Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Ελληνικά Κτίρια”, [http://www.ashrae.gr/Hellenic\\_Chapter-TEE\\_Energy\\_in\\_Buildings\\_2012-A\\_Gaglia.pdf](http://www.ashrae.gr/Hellenic_Chapter-TEE_Energy_in_Buildings_2012-A_Gaglia.pdf), [πρόσβαση 28/10/2012].
- Δημήτρης Αθανασίου (2011), “Νομοθετικές Εξελίξεις για τον ΚΕΝΑΚ και τους Ενεργειακούς Επιθεωρητές”, <http://www.ashrae.gr/Athanasiou1.pdf>, [πρόσβαση 28/10/2012]
- Κων/νος Καραγιάννης (2011), “Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Κτίρια μέσω Συστημάτων Ενεργειακής Διαχείρισης BEMS”, [http://www.ashrae.gr/BEMS\\_ASHRAE\\_13-12-11.pdf](http://www.ashrae.gr/BEMS_ASHRAE_13-12-11.pdf), [πρόσβαση 3/11/2012].
- Αθανάσιος Παλιογιάννης (2008), “Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Συστήματα Κλιματισμού”, [http://www.ashrae.gr/Paliogiannis\\_2008.pdf](http://www.ashrae.gr/Paliogiannis_2008.pdf), [πρόσβαση 3/11/2012].
- ΕΔΕΜ (2012), “PELLET Βιομάζα (ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΑ)”, <http://www.edemnet.gr/el/technical-issues/17-energy/361-pellet-.html>, [πρόσβαση 7/11/2012].
- ΥΠΕΚΑ (2012), “Γνωρίζεται την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου σας;”, [http://exoikonomisi.ypeka.gr/Portals/1/exikonomisi\\_app/exoikonomisi.htm](http://exoikonomisi.ypeka.gr/Portals/1/exikonomisi_app/exoikonomisi.htm), [πρόσβαση 23/11/2012].
- Άρης Παπαδόπουλος (2012), “Έως και 90% μεγαλύτερη οικονομία υπόσχεται η ενεργειακή αναβάθμιση”, <http://www.imerisia.gr/article.asp?catid=26515&subid=2&pubid=112964563>, [πρόσβαση 20/12/2012]
- Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.) (1999), Αντισεισμικού Κανονισμού (Ε.Α.Κ.), Αθήνα, σελ. 42-111.
- Μηνάς Διακάκης (2010), “ Η Μελέτη Ενεργειακής Αποδόσεως Κτηρίων Μέσω Εφαρμογών Φωτοβολταϊκών και Εξωτερικής Θερμομονόσεως”, ASHRAE, Αθήνα.
- Στέλλα Τσουκάτου (2012), “Ενεργειακή Επιθεώρηση Τα Νέα Δεδομένα Στις Κατασκευές”, ΤΕΙ Πειραιά, Αθήνα.