



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ**  
**ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ**  
**ΚΑΝ.ΕΠΕ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ

**ΕΥΘΥΜΑΚΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ Α.Μ. 7077**  
**ΜΑΖΑΡΑΚΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ Α.Μ. 7102**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

**ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΜΠΙΣΚΙΝΗΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2020**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Πρωτίστως αποδίδουμε τις ευχαριστίες μας στον επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας αυτής, κ. Διονύσιο Μπισκίνη, ο οποίος με την πολύτιμη καθοδήγησή του συνέβαλε θετικά στην εκπόνησή της. Ακόμη θέλουμε να ευχαριστήσουμε την εταιρεία LH Λογισμική για την παραχώρηση του λογισμικού FESPA-R, έκδοση 7.6.0.24 και των βοηθητικών εργαλείων που χρησιμοποιήσαμε για τις ανάγκες της εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας υφιστάμενης κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα, με την εφαρμογή Ανελαστικής Στατικής Ανάλυσης (Pushover), συναρτήσει των διατάξεων του Ευρωκώδικα 8 και του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ). Πρόκειται για κατασκευή που διαθέτει ισόγειο και ένα όροφο. Για την παρούσα μελέτη αποτίμησης ήταν διαθέσιμα τα σχέδια της αρχικής στατικής μελέτης η οποία τοποθετείται το 1983 και υλοποιήθηκε με βάση τον αντισεισμικό κανονισμό του '59.

Πραγματοποιείται αναλυτική περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου όπου παρουσιάζονται τα γεωμετρικά στοιχεία της κατασκευής. Εν συνεχεία γίνεται παράθεση των βασικών αρχών αποτίμησης σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ).

Ακολουθεί αναλυτική αναφορά σε μεθόδους ανάλυσης ελαστικές και ανελαστικές καθώς και συγκεκριμένα τη μέθοδο Pushover η οποία χρησιμοποιήθηκε για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου όπως ορίζεται στον ΚΑΝ.ΕΠΕ. Η διεξαγωγή των αποτελεσμάτων της ανάλυσης έγινε με τη χρήση του λογισμικού FESPA, έκδοση 7.6.0.24. Αναλυτικά παρουσιάζεται η προσομοίωση της ανελαστικής συμπεριφοράς των κρίσιμων διατομών των φερόντων δομικών στοιχείων μαζί με τα αντίστοιχα διαγράμματα.

Η αποτίμηση του υφισταμένου κτιρίου πραγματοποιείται για στάθμη επιτελεστικότητας Γ1 <<Οιονεί Κατάρρευση>>, για σεισμική δράση με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη και Β2 <<Προστασία Ζωής>>, για σεισμική δράση με πιθανότητα υπέρβασης 50% στα 50 έτη.

Δεδομένων των αποτελεσμάτων που προκύπτουν κατά την αποτίμηση της κατασκευής λαμβάνουμε τα συμπεράσματα από τη μέθοδο ανάλυσης και αποτελέσματα για τη σεισμική συμπεριφορά του εν λόγω κτιρίου στη δράση του σεισμού.

## **Περιεχόμενα**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1 Υφιστάμενες κατασκευές στην Ελλάδα πριν το 1980 .....	7
1.2 Εισαγωγή για πρώτη φορά του αντισεισμικού κανονισμού.....	7
1.3 Υφιστάμενες κατασκευές μετά το 1984.....	8
1.4 Υφιστάμενες κατασκευές μετά το 1995.....	8
1.5 Συμπεράσματα .....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	10
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	10
2.1 Γενική περιγραφή.....	10
2.2 Πληροφορίες υλικών υφιστάμενης κατασκευής.....	12
2.3 Γεωμετρικά δεδομένα υφιστάμενης κατασκευής.....	13
2.3.1 Τοιχώματα-Υποστυλώματα.....	13
2.3.2 Δοκοί.....	15
2.3.3 Πλάκες.....	17
2.4 Φορτία.....	18
2.5 Κανονισμοί ανάλυσης.....	19
2.6 Έδαφος θεμελίωσης .....	19
2.7 Διαφραγματική λειτουργία πλακών .....	20
2.8 Σεισμός.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	22
ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ. ....	22
3.1 Εισαγωγή στον ΚΑΝ.ΕΠΕ.....	22
3.2 Σκοπός αποτίμησης υφιστάμενης κατασκευής .....	22
3.3 Αρχές αποτίμησης.....	23
3.4 Στόχοι αποτίμησης .....	24
3.5 Στάθμες επιτελεστικότητας.....	25
3.6 Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων.....	26
3.7 Έλεγχοι και ανίσωση ασφαλείας.....	30
3.8 Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας.....	32
3.9 Μηχανική συμπεριφορά δομικών στοιχείων .....	35
3.10 Συμπεριφορά οπλισμένου σκυροδέματος .....	39
3.11 Παραμορφώσεις αστοχίας οπλισμένου σκυροδέματος.....	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....	42
ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ .....	42
4.1 Ελαστική δυναμική ανάλυση .....	42
4.2 Ελαστική στατική ανάλυση.....	43
4.3 Ανελαστική δυναμική ανάλυση .....	44
4.4 Ανελαστική στατική ανάλυση (Pushover) .....	45
4.4.1 Σκοπός και πλεονεκτήματα .....	45
4.4.2 Εφαρμογή της ανελαστικής στατικής ανάλυσης (pushover) σε νέα και παλαιά κτίρια .....	46
4.4.3 Φορτία και μέλη κατασκευής .....	47
4.4.4 Κατανομή σεισμικών φορτίων .....	47
4.4.5 Κύρια και δευτερεύοντα στοιχεία .....	49
4.4.6 Εξιδανικευμένη καμπύλη αντίστασης .....	50
4.4.7 Στοχευόμενη μετακίνηση .....	51
4.4.8 Τελικός έλεγχος επάρκειας.....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .....	58
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ .....	58
5.1 Εισαγωγή.....	58
5.2 Περιληπτική αναφορά των βημάτων για την εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα.....	58
5.3 Ο φορέας της υπό μελέτη κατασκευής.....	59
5.4 Δεδομένα στο κτίριο. ....	62
5.5 Διερεύνηση και τεκμηρίωση των στοιχείων φέροντος οργανισμού. ....	62
5.6 Στόχοι της αποτίμησης.....	63
5.7 Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων – ΣΑΔ.....	63
5.8 Εισαγωγή φορέα στο Fespa – Επίλυση & όπλιση.....	64
5.8.1 Διαστασιολόγηση κτιρίου με τους κανονισμούς της μελέτης.....	64
5.8.2 Καθορισμός Παραμέτρων Οπλισμού .....	64
5.8.3 Απεικόνιση και εποπτεία υφιστάμενων οπλισμών .....	66
5.9 Διαχείριση και τροποποίηση οπλισμών δοκών και υποστυλωμάτων .....	67
5.9.1 Δοκοί.....	67
5.9.3 Υποστυλώματα .....	68
5.9.4 Πλάκες .....	70

5.10 Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας κτιρίου σύμφωνα με ΚΑΝ.ΕΠΕ και EC8-3.	71
5.10.1 Εισαγωγή	71
5.10.2 Καθορισμός σεισμικού συντελεστή.	72
5.10.3 Καθορισμός παραμέτρων χαρακτηρισμού μελών	72
5.10.4 Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (ΣΑΔ).	73
5.10.5 Αντοχές υφιστάμενων υλικών	73
5.10.6 Παράμετροι Pushover	74
5.10.7 Τυχηματική εκκεντρότητα και εγκάρσια φόρτιση 30%.	74
5.11 Στάθμη επιτελεστικότητας	75
5.12 Καθορισμός κόμβου ελέγχου	78
5.13 Παρουσίαση και αξιολόγηση αποτελεσμάτων	78
5.13.1 Λόγοι επάρκειας μελών (απαίτηση/ ικανότητα).	78
5.13.2 Έλεγχοι θεμελίωσης	84
5.13.3 Αποτίμηση φέρουσας ικανότητας υπό στατικά φορτία	86
5.13.4 Διαγράμματα απαίτησης-ικανότητας (ADRS)	90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	104
ΣΥΝΟΨΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	104
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	107

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Υφιστάμενες κατασκευές στην Ελλάδα πριν το 1980

Στον Ελλαδικό χώρο παρατηρούμε ότι η ανοικοδόμηση σε μεγάλο ποσοστό τοποθετείται πριν το 1980. Οι κατασκευές εκείνης της εποχής ακολουθούσαν τις τότε αρχές για τον αντισεισμικό σχεδιασμό και σε αρκετές περιπτώσεις ήταν εξ' ολοκλήρου εμπειρικές χωρίς να λαμβάνονται υπόψη στατικοί και αντισεισμικοί υπολογισμοί και χωρίς την έκδοση οικοδομικής άδειας. Επομένως αναμένουμε να μην πληρούνται οι σύγχρονες προδιαγραφές των κανονισμών έναντι σεισμού (ΕΑΚ2000, EC8). Έπειτα δημιουργήθηκε η ανάγκη σύνταξης οδηγιών και κανονισμών με σκοπό την εκτίμηση και εν συνεχεία ενίσχυση της μειωμένης απομένουσας αντοχής των υφισταμένων κατασκευών διαμέσου επεμβάσεων στο φέροντα οργανισμό. Έτσι με βάση μια δεδομένη στάθμη επιτελεστικότητας γίνεται η υιοθέτηση του σχεδιασμού και της αποτίμησης. Πιο συγκεκριμένα, τα κριτήρια αποτίμησης της φέρουσας ικανότητας υφιστάμενων δομημάτων καθορίζονται από τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ). Επίσης καθορίζονται οι ελάχιστες υποχρεωτικές απαιτήσεις της φέρουσας ικανότητας ανασχεδιασμένων δομημάτων ή μελών τους, οι τρόποι που θα εφαρμοστεί η επέμβαση και η συσχέτιση τους με άλλους κανονισμούς (υλικά, φορτίσεις, κ.λπ.).

### 1.2 Εισαγωγή για πρώτη φορά του αντισεισμικού κανονισμού.

Ο αντισεισμικός κανονισμός εισάγεται για πρώτη φορά στην Ελλάδα το 1959. Τα προηγούμενα χρόνια οι αντισεισμική σχεδίαση των κατασκευών είχε εμπειρικό χαρακτήρα. Πρωταρχική απαίτηση του κανονισμού αποτέλεσε ο υπολογισμός και η διαστασιολόγηση των οριζοντίων δυνάμεων ανάλογες της μάζας της κατασκευής συνακόλουθα με τον καθορισμό του μεγέθους των δυνάμεων με βάση τη σεισμική ζώνη που ανήκει το εκάστοτε έδαφος και την κατηγορία του. Η ομάδα αυτών των εμπειρικά κατασκευασμένων δομημάτων έναντι του σεισμού και ειδικά η περίπτωση των πολύροφων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα διέθεταν μειωμένη αντοχή στο σεισμό. Η διαστασιολόγηση μέχρι τότε πραγματοποιούνταν σύμφωνα με τον Κανονισμό του 1954, ο οποίος αποτελούσε μετάφραση του Γερμανικού Κανονισμού του 1936 χωρίς να περιλαμβάνονται διατάξεις κατασκευαστικής διαμόρφωσης και όπλισης μελών που αποσκοπούν στην τοπική πλαστιμότητα. Η εξήγηση είναι ότι ο εν λόγω Κανονισμός προσανατολιζόταν αποκλειστικά σε κατασκευές που δέχονται

οριζόντια φορτία. Το αποτέλεσμα ήταν οι κατασκευές που ήταν σχεδιασμένες με αυτόν τον Κανονισμό να έχουν μειωμένη ικανότητα παραλαβής οριζόντιων φορτίσεων στις δυο διευθύνσεις. Με βάση τον αντισεισμικός κανονισμός του 1959, η σεισμική τέμνουσα ορόφου κατανέμεται στα κατακόρυφα μέλη του ανάλογα με τις ελαστικές δυσκαμψίες του, με τη θεώρηση ότι τα μέλη αυτά είναι πακτωμένα στις στάθμες των ορόφων. Η έλλειψη των μαθηματικών μοντέλων προσομοίωσης που να λαμβάνουν υπόψη τη δυσδιάστατη και τρισδιάστατη πλαισιακή λειτουργία έδωσε σαν αποτέλεσμα τη μειωμένη θωράκιση των κατασκευών. Τα κτίρια που κατασκευάστηκαν σύμφωνα με τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959 έχουν τοπική πλαστιμότητα ισοδύναμη με δείκτη συμπεριφοράς 1.5~2 .

### **1.3 Υφιστάμενες κατασκευές μετά το 1984.**

Το 1984 πραγματοποιήθηκε αναθεώρηση του αντισεισμικού κανονισμού και η αντισεισμική προστασία αναβαθμίστηκε. Εισάγονται έννοιες όπως ο ικανοτικός σχεδιασμός υποστυλωμάτων σε κάμψη, η κατασκευαστική διαμόρφωση και οι λεπτομέρειες όπλισης μελών που σχετίζεται με την τοπική πλαστιμότητα, έλεγχος για βλάβες στην πλήρωση της κατασκευής και υπολογισμός επιρροών δεύτερης τάξης. Παρατηρούμε λοιπόν ότι τα κτίρια που κατασκευάστηκαν μετά το 1984 εμφανίζουν αυξημένη επάρκεια και διαθέτουν τοπική πλαστιμότητα ισοδύναμη με δείκτη συμπεριφοράς 2~2.5 .

### **1.4 Υφιστάμενες κατασκευές μετά το 1995.**

Ο αντισεισμικός κανονισμός και ο κανονισμός σκυροδέματος αναθεωρούνται το 1995. Έκτοτε έγινε μια ακόμα αναθεώρηση το 2000 που ισχύουν οι κανονισμοί ως έχουν μέχρι και σήμερα. Περιλαμβάνονται ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος (ΕΚΩΣ) και ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ).

### **1.5 Συμπεράσματα**

Η περιήγησή μας στην εξέλιξη των αντισεισμικών κανονισμών μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στον Ελλαδικό χώρο το μεγαλύτερο ποσοστό των κτισμάτων είχε ολοκληρωθεί πριν το 1980. Οι κατασκευές αυτές αποτελούν τον βασικό σεισμικό κίνδυνο σχετιζόμενο με την ανθρώπινη ζωή. Οι ισχυρισμοί μας επιβεβαιώνονται αν λάβουμε υπόψη μερικές περιπτώσεις καταστροφικών σεισμών που έπληξαν περιοχές της χώρας μας μετά το 1980. Εύλογο παράδειγμα αποτελεί ο σεισμός στο Αίγιο το 1995, ο οποίος ήταν ισχυρός και έπληξε την πόλη όπου υπήρχαν κτιρίων από,



επιβεβαίωσε το τρεις διαφορετικές γενιές. Παρατηρήθηκε ότι όσες κατασκευές χρονολογούνταν μετά το 1984 είχαν καλύτερη συμπεριφορά έναντι του σεισμού, παρότι ήταν πολυώροφες οικοδομές και με πιλοτή σε μεγάλο ποσοστό. Αναδείχθηκαν περισσότερο ανθεκτικές από όσες είχαν κατασκευαστεί μεταξύ 1959 και 1984 αλλά φυσικά είχαν καλύτερη μοίρα από τις κατασκευές πριν το 1959. Στις σύγχρονες αντιλήψεις και απαιτήσεις αντισεισμικού σχεδιασμού πραγματοποιήθηκε μια ουσιαστική παρουσία διατάξεων για πρώτη φορά στην Ευρώπη την δεκαετία του '80. Επομένως οι παλαιότερες κατασκευές αποτελούν σεισμική απειλή στη χώρα. Στην εποχή μας η Αντισεισμική Τεχνολογία στην Ελλάδα δίνει έμφαση στις σημερινές και μελλοντικές νέες κατασκευές.

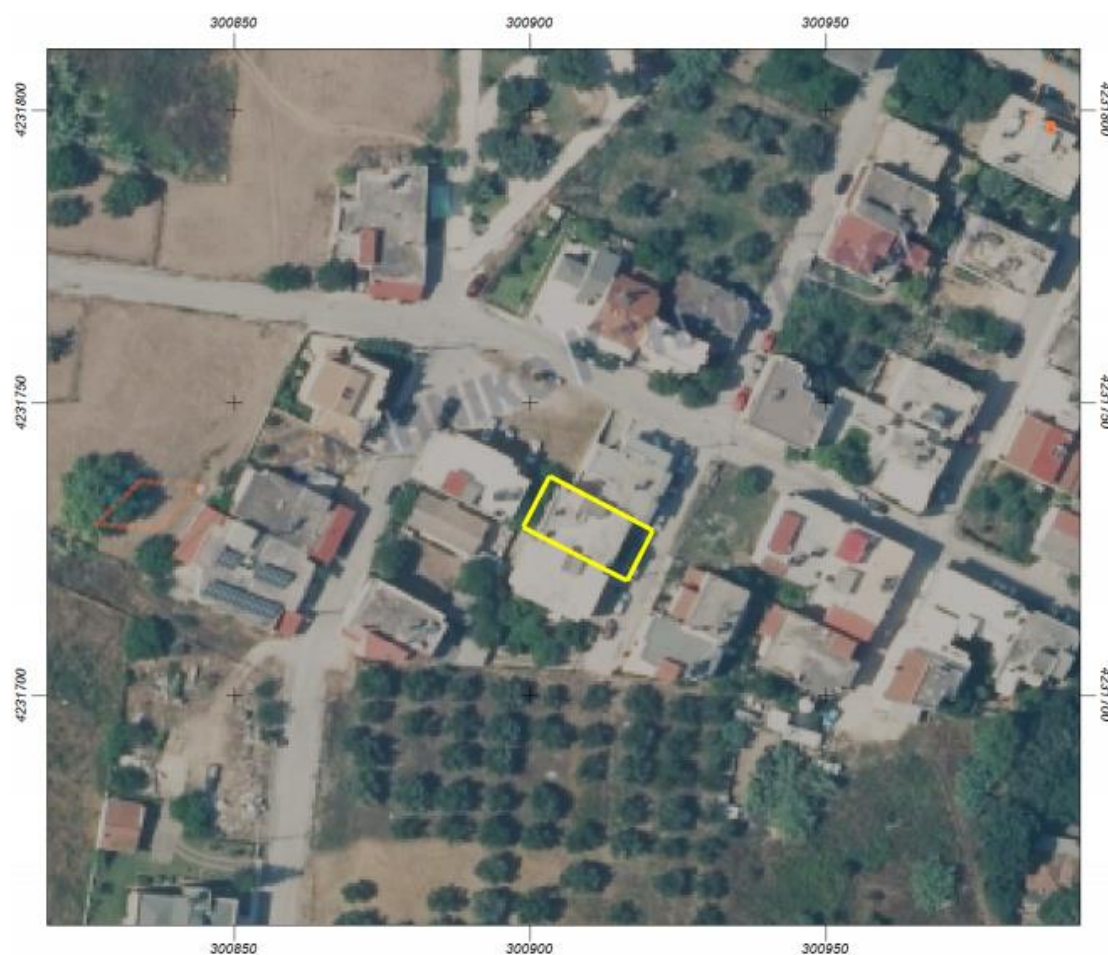
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

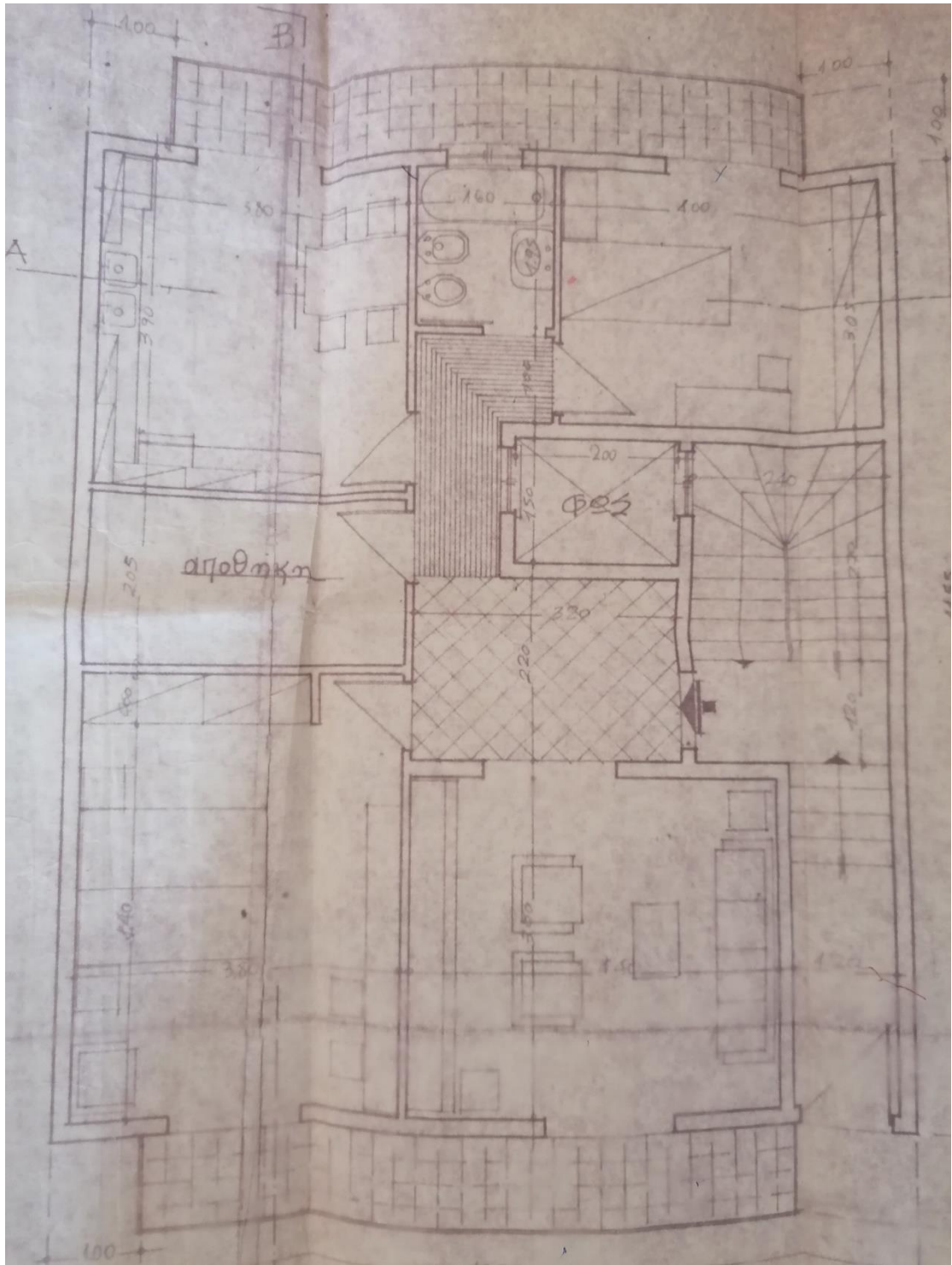
#### 2.1 Γενική περιγραφή

Το υπό μελέτη κτίριο της παρούσας εργασίας αποτελεί υφιστάμενη κατασκευή, εντάσσεται στο πολεοδομικό συγκρότημα του Δήμου Πατρέων. Βρίσκεται στη συνοικία Κρύα Ιτεών εντός σχεδίου πόλεως. Αποτελείται από έναν ισόγειο όροφο και έναν όροφο ανωδομής. Η στατική μελέτη του κτιρίου τοποθετείται στο 1983 και έχει πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τον Κανονισμού Οπλισμένου Σκυροδέματος του 1954 και του Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων του 1959.

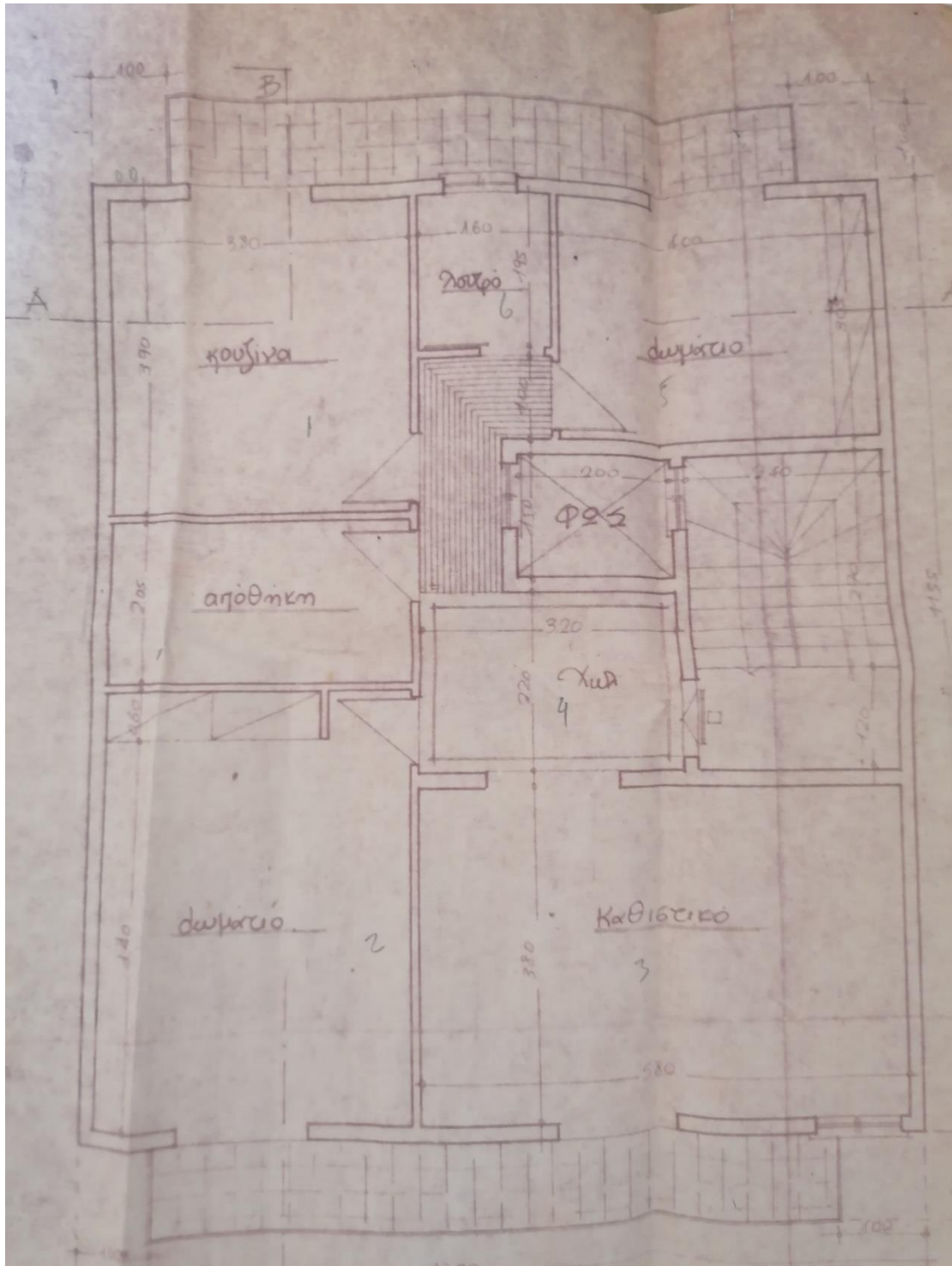
Ο φέρον οργανισμός του είναι κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα, διαμορφωμένος με πλαίσια δοκών-υποστυλωμάτων. Διαθέτει τυπικά τοιχώματα εκείνης της περιόδου. Η κάτοψη εγγράφεται σε ορθογώνιο σχήμα διαστάσεων 10x11,55 μέτρα.



Εικόνα 2.1 Θέση του κτιρίου επί του ακινήτου (Ελληνικό Κτηματολόγιο Α.Ε.)



Εικόνα 2.2 Κάτοψη ισογείου



Εικόνα 1.3 Κάτοψη 1<sup>ου</sup> ορόφου

## 2.2 Πληροφορίες υλικών υφιστάμενης κατασκευής

Λαμβάνοντας πληροφορίες από τη μελέτη της κατασκευής τα υλικά που αποτελούν τον φέροντα οργανισμό του εν λόγω κτιρίου είναι σκυρόδεμα ποιότητας B160, το οποίο σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα εκτιμάται κατηγορίας C12/15 και χάλυβας ποιότητας StI, ποιότητας S220. Τα συγκεκριμένα υλικά αποτελούσαν έναν συνήθη συνδυασμό για τα κτιριακά έργα εκείνης της εποχής.

Σκυρόδεμα	B160
Μέτρο ελαστικότητας	26 GPa
Μέση θλιπτική αντοχή	12 MPa
Χάλυβας Διαμήκους Οπλισμού	StI
Μέτρο ελαστικότητας	200 GPa
Μέση τάση διαρροής	220 MPa
Χάλυβας Συνδετήρων	StI
Μέτρο ελαστικότητας	200 GPa
Μέση τάση διαρροής	220 MPa

### 2.3 Γεωμετρικά δεδομένα υφιστάμενης κατασκευής

Με γνώμονα τα σχέδια του ξυλότυπου και τη μελέτη της κατασκευής, κατόπιν επίσκεψης στο εν λόγω κτίριο διαπιστώθηκε ότι τα γεωμετρικά δεδομένα είναι αντιπροσωπευτικά της πραγματικής κατάστασης του κτιρίου και μπορούν να θεωρηθούν «as built».

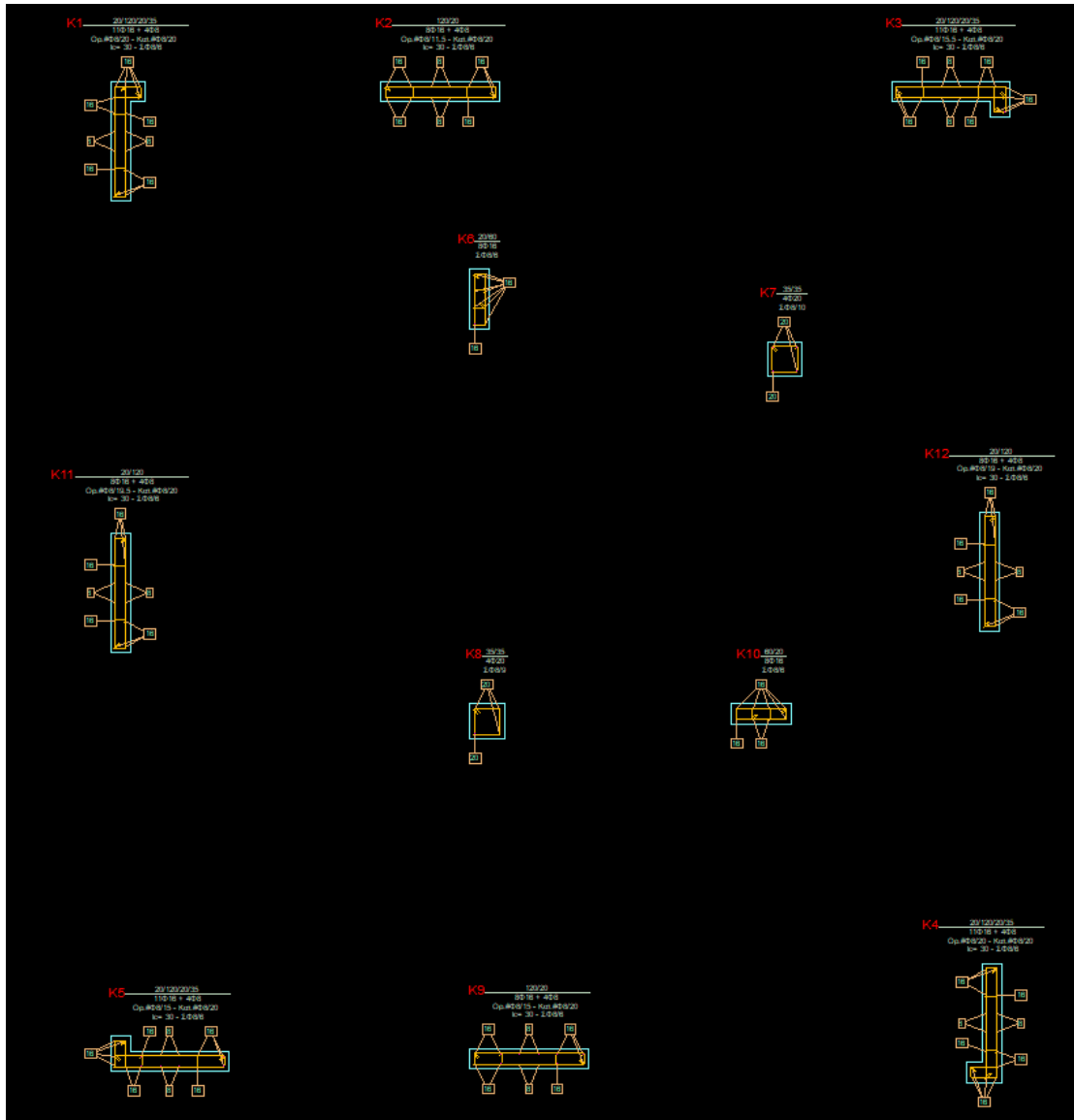
#### 2.3.1 Τοιχώματα-Υποστυλώματα

Ο φορέας απαρτίζεται από τυπικές στάθμες με μεικτό φέρον σύστημα πλαισίων – τοιχωμάτων. Πιο συγκεκριμένα κάθε στάθμη αποτελείται από 4 υποστυλώματα (2 διαστάσεων 35×35 και 2 διαστάσεων 60×20) και 8 τοιχεία (4 γωνιακά διαστάσεων 35×20×120 και 4 διαστάσεων 120×20). Η διάταξη των τοιχείων είναι τέτοια, ώστε να εξασφαλίζει την λιγότερη δυνατή στρέψη και τη συμμετρία του φορέα. Αναλυτικές πληροφορίες για τις διαστάσεις και τον οπλισμό των φερόντων στοιχείων παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες 2.1, 2.2.

A/A	Διαστάσεις (cm)				Διαμήκεις οπλισμοί
	b	d	b1	d1	
K1	35	120	20	20	11Φ16 +

					4Φ8
K2	120	20			8Φ16 + 4Φ8
K3	120	35	20	20	11Φ16 + 4Φ8
K4	35	120	20	20	11Φ16 + 4Φ8
K5	120	35	20	20	11Φ16 + 4Φ8
K6	20	60			8Φ16
K7	35	35			4Φ20
K8	35	35			4Φ20
K9	120	20			8Φ16 + 4Φ8
K10	60	20			8Φ16
K11	20	120			8Φ16 + 4Φ8
K12	20	120			8Φ16 + 4Φ8

**Πίνακας 2.1 Διατομές και οπλισμός τοιχομάτων, υποστυλομάτων τυπικού ορόφου**



Εικόνα 2.4 Λεπτομέρειες υποστρωμάτων ισογείου

### 2.3.2 Δοκοί

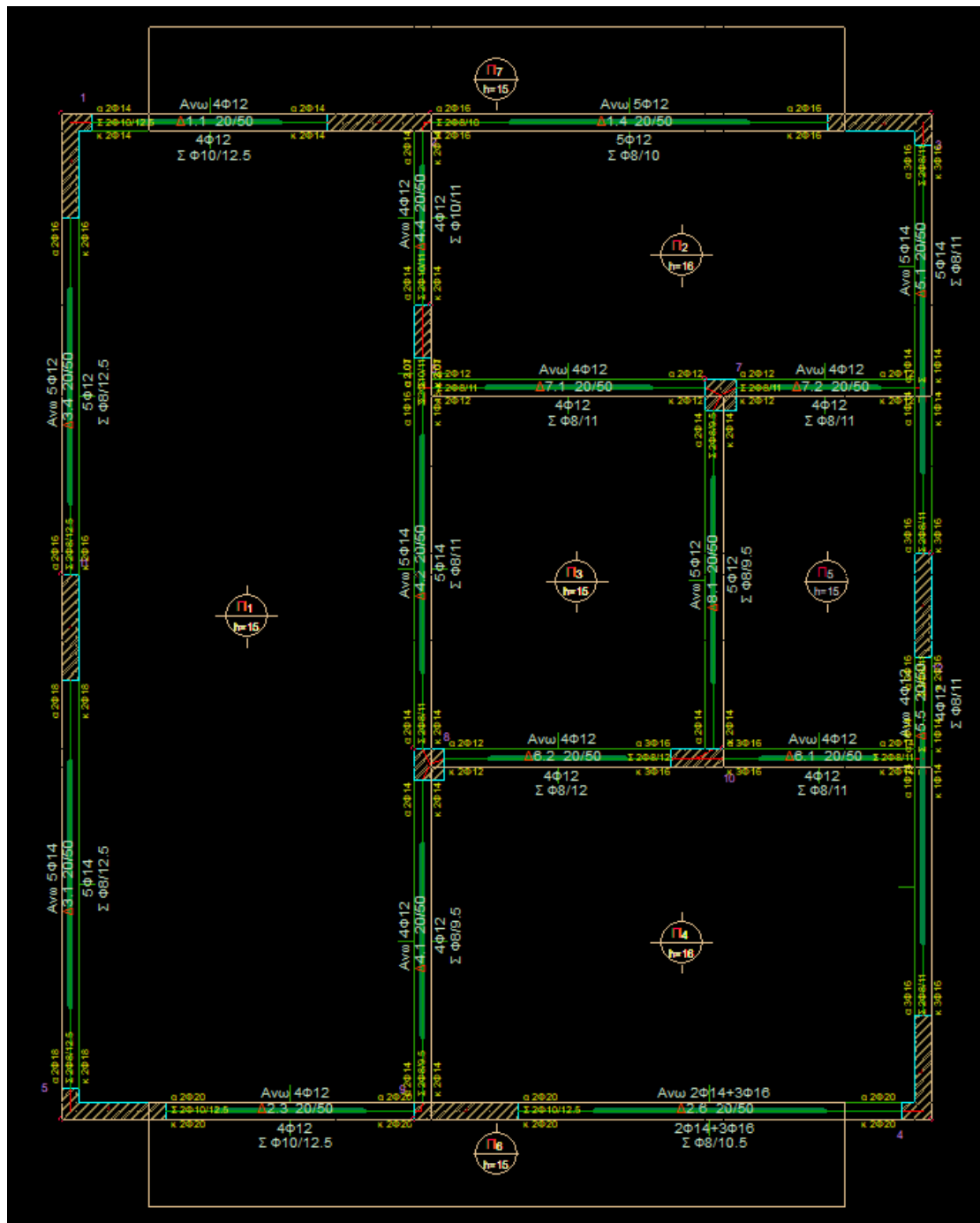
Το κτίριο αποτελείται από δοκούς ίδιων διαστάσεων 20/50 (b/h). Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά ο οπλισμός τους. (η αριθμησή τους είναι με βάση το πρόγραμμα)

Α/Α	ΑΡΧΗ		ΑΝΟΙΓΜΑ		ΤΕΛΟΣ	
	ΑΝΩ	ΚΑΤΩ	ΑΝΩ	ΚΑΤΩ	ΑΝΩ	ΚΑΤΩ
Δ1.1	2Φ14	2Φ14	4Φ12	4Φ12	2Φ14	2Φ14

Δ1.4	2Φ16	2Φ16	5Φ12	5Φ12	2Φ16	2Φ16
Δ2.3	2Φ20	2Φ20	4Φ12	4Φ12	2Φ20	2Φ20
Δ2.6	2Φ20	2Φ20	2Φ14+3Φ 16	2Φ14+3Φ 16	2Φ20	2Φ20
Δ3.1	2Φ18	2Φ18	5Φ14	5Φ14	2Φ18	2Φ18
Δ3.4	2Φ16	2Φ16	5Φ12	5Φ12	2Φ16	2Φ16
Δ4.1	2Φ14	2Φ14	4Φ12	4Φ12	2Φ14	2Φ14
Δ4.2	2Φ14	2Φ14	5Φ14	5Φ14	2Φ16	2Φ16
Δ4.3	2Φ16	2Φ16	5Φ14	5Φ14	2Φ14	2Φ14
Δ4.4	2Φ14	2Φ14	4Φ12	4Φ12	2Φ14	2Φ14
Δ5.1	2Φ14	2Φ14	5Φ14	5Φ14	3Φ16	3Φ16
Δ5.2	3Φ16	3Φ16	5Φ14	5Φ14	2Φ14	2Φ14
Δ5.5	2Φ14	2Φ14	4Φ12	4Φ12	2Φ16	2Φ16
Δ5.6	3Φ16	3Φ16	4Φ12	4Φ12	2Φ14	2Φ14
Δ6.1	3Φ16	3Φ16	4Φ12	4Φ12	2Φ14	2Φ14
Δ6.2	2Φ12	2Φ12	4Φ12	4Φ12	3Φ16	3Φ16
Δ7.1	2Φ12	2Φ12	4Φ12	4Φ12	2Φ12	2Φ12
Δ7.2	2Φ12	2Φ12	4Φ12	4Φ12	2Φ12	2Φ12
Δ8.1	2Φ14	2Φ14	5Φ12	5Φ12	2Φ14	2Φ14

**Πίνακας 2.2 Διατομές και οπλισμός δοκών τυπικού ορόφου**

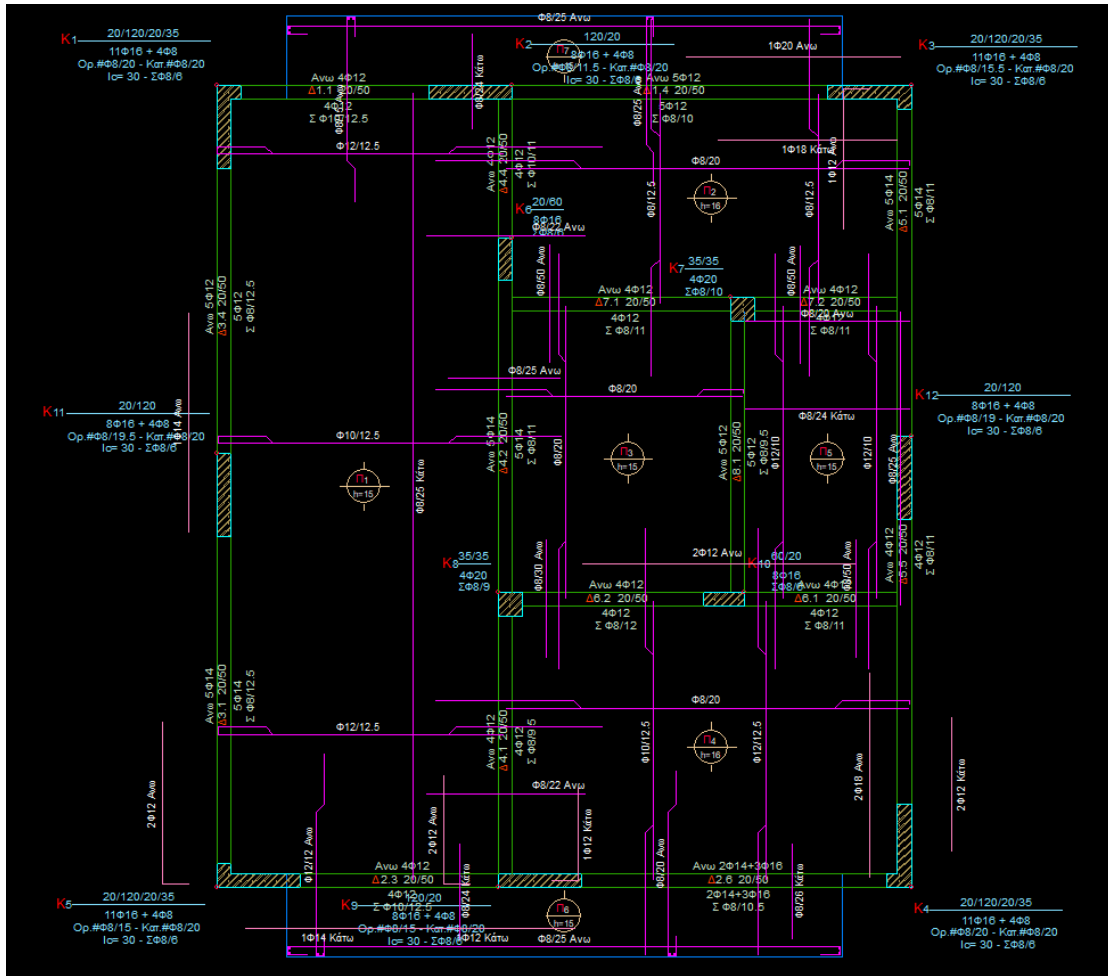




Εικόνα 2.5 Οπλισμός δοκών ισογείου

### 2.3.3 Πλάκες

Το πάχος των πλακών δεν είναι ενιαίο. Για τις πλάκες Π2 και Π4 το πάχος είναι ίσο με 16 cm ενώ για τις υπόλοιπες είναι 15 cm. Παρακάτω φαίνονται τα σίδερα των πλακών στον γενικό ξυλότυπο του ισογείου.



Εικόνα 2.6 Ξυλότυπος ισογείου

## 2.4 Φορτία

Τα φορτία της υφιστάμενης κατασκευής προέκυψαν από το φύλλο υπολογισμών της στατικής μελέτης το κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα:

### Μόνιμα φορτία

Ίδιο Βάρος σκυροδέματος 2400 kg/m<sup>3</sup>

Επικάλυση δαπέδων: 80 kg/m<sup>2</sup>

Επικάλυση δωμάτων: 150 kg/m<sup>2</sup>

Επικάλυση κλιμάκων: 120 kg/m<sup>2</sup>

### Κινητά φορτία

Δαπέδων: 200 kg/m<sup>2</sup>

Δώμα: 150 kg/m<sup>2</sup>

Πρόβολος/Εξώστης: 500 kg/m<sup>2</sup>

Κλιμάκων: 500kg/m<sup>2</sup>

## **2.5 Κανονισμοί ανάλυσης**

Αρχικά θα χρησιμοποιηθούν οι κανονισμοί σύμφωνα με τους οποίους έχει πραγματοποιηθεί η κατασκευή του κτιρίου, δηλαδή ο Κανονισμός Σκυροδέματος 1954 και ο Αντισεισμικός Κανονισμός 1959, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η εισαγωγή του υφιστάμενου οπλισμού. Εν συνεχεία, για της ανάγκες της αποτίμησης θα γίνει εισαγωγή του Ευρωκώδικα 2 «Κανονισμός Σκυροδέματος» και του Ευρωκώδικα 8 «Αντισεισμικός Κανονισμός». Η επιλογή των Ευρωκωδίκων ως κανονισμών γίνεται για να χρησιμοποιηθεί το φάσμα τους, όπως καθορίζει ο Κανονισμός Επεμβάσεων (2<sup>η</sup> Αναθεώρηση, ΦΕΚ 2984B/30-08-2017), αλλά και όλες οι διατάξεις του Ευρωκώδικα στις οποίες παραπέμπει αυτός ο κανονισμός. Ακόμη σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. θα γίνει και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

## **2.6 Έδαφος θεμελίωσης**

Η φύση της σύνδεσης μιας κατασκευής με το έδαφος καθορίζεται κυρίως από τη μορφή της θεμελίωσης. Οι δύσκαμπτες θεμελιώσεις (περιμετρικά τοιχεία, πεδילוδοκοί) θεωρείται γενικά ότι εξασφαλίζουν συνθήκες πάκτωσης. Ωστόσο τέτοιου είδους θεμελιώσεις συναντώνται σπάνια σε παλαιότερες κατασκευές, ιδιαίτερα σε σχετικά μικρά κτίρια όπως το υπό μελέτη. Ωστόσο, για λόγους απλοποίησης της προσομοίωσης η στήριξη στο έδαφος θεωρήθηκε πάκτωση. Για το εν λόγω κτίριο επιλέχθηκε η κατηγορία εδάφους Β. Επιπλέον από αυτή την κατηγορία λαμβάνουμε το συντελεστή θεμελίωσης που είναι  $\theta=1,00$ .

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με τη προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70μ. Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70μ.
B	Εντόνως αποσαθρωμένα βραχώδη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη. Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Στρώσεις σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μεγαλύτερου των 70μ.
Γ	Στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Ιλοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος μεγαλύτερο των 5μ.
Δ	Έδαφος με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλασιμότητας ( $I_p > 50$ ) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10μ.
X	Χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοιλιώδη εδάφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείσει τέτοιο κίνδυνο, ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων) Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα. (Βλπ. και παρ. 5.1[3]). Απότομες κλιτές καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων. Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλοαργιλικά εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπεκνώσεως ή απώλειας αντοχής. Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Οργανικά εδάφη. Εδάφη κατηγορίας Γ με επικινδύνως μεγάλη κλίση.

Πίνακας 2.3 Κατηγορίες εδάφους (πίνακας 2.5 ΕΑΚ2000)

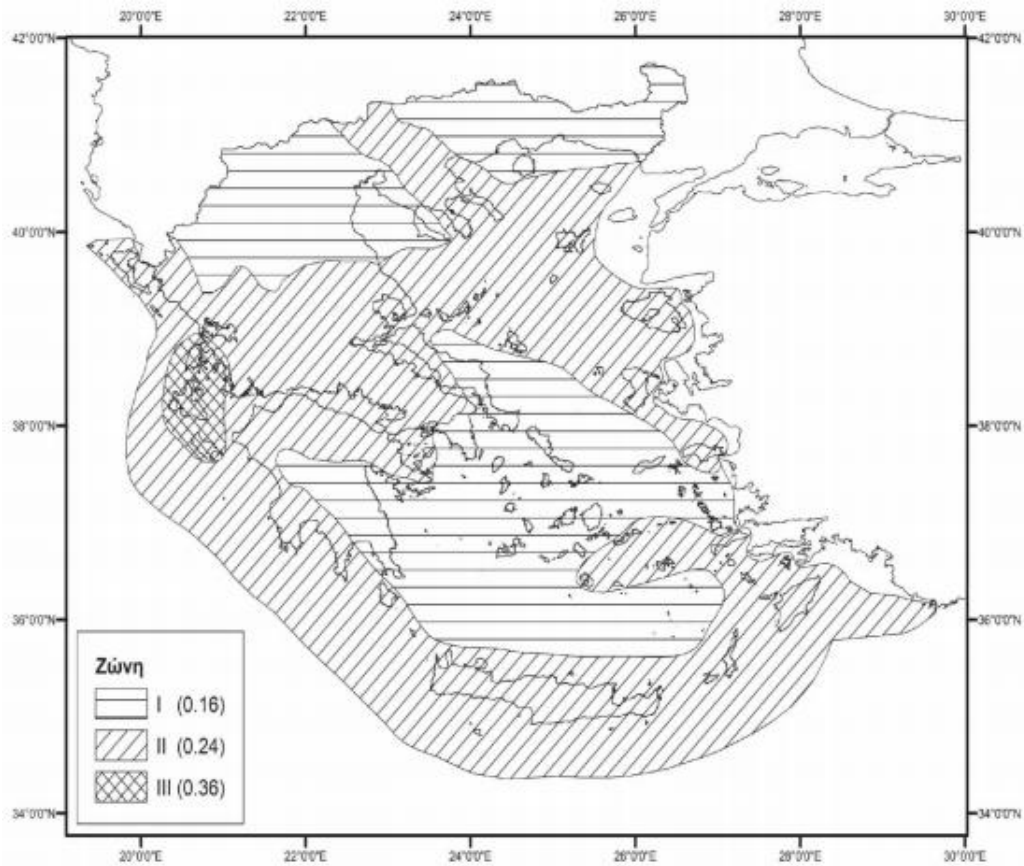
## 2.7 Διαφραγματική λειτουργία πλακών

Για να εξασφαλίζεται η διαφραγματική λειτουργία των πλακών θα πρέπει όλα τα σημεία της ίδιας στάθμης να μετατοπίζονται το ίδιο. Θεωρητικώς, τα διαφράγματα παραμένουν απαραμόρφωτα στο επίπεδό τους, λόγω της μεγάλης δυσκαμψίας τους. Αυτό συμβαίνει όταν σε κάθε στάθμη ενός κτιρίου κατασκευάζονται πλάκες επαρκούς πάχους και χωρίς μεγάλα κενά. Η απαίτηση αυτή ικανοποιείται στο υπό μελέτη κτίριο.

## 2.8 Σεισμός

Η Ελλάδα θεωρείται μία έντονα σεισμογενής περιοχή. Ένα μεγάλο ποσοστό των κατασκευών (περί το 70%) δεν διαθέτουν την ασφάλεια έναντι του σεισμού που απαιτούν οι σημερινοί κανονισμοί. Το γεγονός αυτό χαρακτηρίζεται μεγάλο πρόβλημα. Η χώρα υποδιαιρείται σε τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας I, II και III, τα όρια των οποίων φαίνονται στον Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδας, ο οποίος αναθεωρήθηκε και οι τροποποιήσεις του αναγράφονται στο ΦΕΚ

1154/B' 12.8.2003. Σύμφωνα λοιπόν με αυτόν τον χάρτη η κατασκευή βρίσκεται στη Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας II, με μέγιστη εδαφική επιτάχυνση  $agR=0,24g$ .



Εικόνα 2.7 Ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδας (ΦΕΚ 1154B/12.8.2003)

Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας	I	II	III
$\alpha$	0.16	0.24	0.36

Πίνακας 1.4 Πίνακας σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους (ΦΕΚ 1154B/12.8.2003)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ.**

#### **3.1 Εισαγωγή στον ΚΑΝ.ΕΠΕ.**

Σκοπός του ΚΑΝ.ΕΠΕ. είναι, μέσα από θεσμοθετημένα κριτήρια, να γίνει η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας των υφιστάμενων δομημάτων, όπως επίσης να πραγματοποιηθεί επισύναψη των κανόνων εφαρμογής για τον αντισεισμικό ανασχεδιασμό τους αλλά και οι ενδεχόμενες επεμβάσεις, επισκευές ή ενισχύσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν στα δομικά στοιχεία τους.

Σαν Κανονισμός οφείλει να λειτουργεί με βάση κάποιες ορισμένες αρχές, σύμφωνα με τις οποίες ικανοποιούνται οι θεμελιώδεις συνθήκες επάρκειας ενός δομήματος.

Οι υποχρεωτικές διατάξεις που πρέπει να εφαρμοστούν καθορίζουν:

- Τα κριτήρια με τα οποία αποτιμάται η φέρουσα ικανότητα μιας υφιστάμενης κατασκευής.
- Τις ελάχιστες υποχρεωτικές απαιτήσεις φέρουσας ικανότητας για τα ανασχεδιασμένα δομήματα ή μέλη.
- Τους τρόπους που μπορεί να γίνει η επέμβαση.
- Τη συσχέτιση του παρόντος Κανονισμού με τους υπόλοιπους (υλικών, φορτίσεων κλπ.).

#### **3.2 Σκοπός αποτίμησης υφιστάμενης κατασκευής**

Σκοπός της αποτίμησης υφισταμένου δομήματος είναι η εκτίμηση της διαθέσιμης φέρουσας ικανότητάς του και ο έλεγχος ικανοποίησης των ελαχίστων υποχρεωτικών απαιτήσεων που επιβάλλονται από τους ισχύοντες Κανονισμούς. Η διαδικασία της αποτίμησης εξαρτάται από την ύπαρξη ή όχι βλαβών στο προς αποτίμηση κτίριο. Όταν δεν υπάρχουν βλάβες, το αποτέλεσμα της αποτίμησης θα είναι η ανάγκη για ενίσχυση ή όχι του δομήματος. Όταν, όμως, υπάρχουν ήδη βλάβες αποτιμάται το δόμημα ως έχει δηλαδή συνυπολογίζοντας και τις βλάβες. Ενώ διαφορετικά, σύμφωνα με την απόφαση του μηχανικού ότι χρειάζονται επεμβάσεις, αποτιμάται το δόμημα στην αρχική του κατάσταση, δηλαδή πριν τις βλάβες και με την παραδοχή ότι απλώς θα αποκατασταθούν.

Η διαδικασία της αποτίμησης υφισταμένου δομήματος είναι η ακόλουθη:

- Συλλογή στοιχείων και έρευνα του ιστορικού του δομήματος
- Ανάλυση
- Έλεγχος οριακών καταστάσεων

### 3.3 Αρχές αποτίμησης

Όταν ο υφιστάμενος φέρων οργανισμός προβλέπεται να συμμετάσχει στη διαμόρφωση του ανασχεδιαζόμενου φορέα για την ανάληψη μόνο των κατακόρυφων φορτίων τότε η αποτίμηση γίνεται με απλές μεθόδους. Όταν όμως ο υφιστάμενος φέρων οργανισμός προβλέπεται να συμμετάσχει στη διαμόρφωση του ανασχεδιαζόμενου φορέα για την ανάληψη και των κατακόρυφων και των σεισμικών φορτίων τότε η αποτίμηση περιλαμβάνει τις εξής αρχές:

- Η αποτίμηση γίνεται με αναλυτικές μεθόδους
- Τα προσομοιώματα που θα χρησιμοποιηθούν αντιπροσωπεύουν το σύνολο του δομήματος ή επιμέρους στοιχεία
- Η ακρίβεια των εφαρμοζόμενων μεθόδων πρέπει να είναι ανάλογη με την ακρίβεια των δεδομένων
- Η χρήση εμπειρικών-αναλυτικών ή αμιγώς εμπειρικών μεθόδων επιτρέπεται μόνον στις περιπτώσεις που καλύπτονται από σχετικές ειδικές διατάξεις εκδιδόμενες από τη Δημόσια Αρχή
- Στην περίπτωση που υπάρχουν ήδη βλάβες η εφαρμοζόμενη μέθοδος πρέπει να προσεγγίσει, όχι και τόσο λεπτομερώς, τη μορφή και τη θέση των βλαβών αυτών
- Για την ανάλυση, τον έλεγχο των οριακών καταστάσεων, την επαλήθευση του επιλεγέντος δείκτη συμπεριφοράς, τον έλεγχο των επιβαλλομένων μετακινήσεων και τους τοπικούς δείκτες, έχουν κατά αναλογία εφαρμογή οι διατάξεις των Παραγράφων 2.4.3 έως 2.4.5 του ΚΑΝ.ΕΠΕ.
- Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να είναι χρήσιμη ή αναγκαία μια ταχεία εκτίμηση της απώλειας της φέρουσας ικανότητας ενός δομήματος που έχει υποστεί βλάβες

### 3.4 Στόχοι αποτίμησης

Οι στόχοι της αποτίμησης ή του ανασχεδιασμού περιλαμβάνουν συνδυασμούς μιας στάθμης επιτελεστικότητας και μιας σεισμικής δράσης, με δεδομένη ανεκτή πιθανότητα υπέρβασης κατά την τεχνική διάρκεια ζωής του κτιρίου. Επιπλέον οι στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού δεν είναι απαραίτητα ίδιοι. Οι στόχοι ανασχεδιασμού πιθανότατα είναι υψηλότεροι από τους στόχους αποτίμησης. Στον ΚΑΝ.ΕΠΕ. προβλέπονται στόχοι επανελέγχου μόνο για τον φέροντα οργανισμό και τις τοιχοπληρώσεις.

Ο στόχος της αποτίμησης ή του ανασχεδιασμού με πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης 50%, έχει σαν αποτελέσματα, πιο συχνές, πιο εκτεταμένες και πιο έντονες βλάβες, σε αντίθεση με έναν αντίστοιχο στόχο πιθανότητας υπέρβασης σεισμικής δράσης 10%. Η πιθανότητα υπέρβασης 50% σε 50 έτη αντιστοιχεί σε μέση περίοδο επαναφοράς περίπου 70 ετών, ενώ η πιθανότητα υπέρβασης 10% σε 50 έτη αντιστοιχεί σε μέση περίοδο επαναφοράς περίπου 475 ετών. Όλα αυτά σχετίζονται με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας 2.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού		
	«Περιορισμένες βλάβες»	«Σημαντικές βλάβες»	«Οιονεί Κατάρρευση»
10%	A1	B1	Γ1
50%	A2	B2	Γ2

Πίνακας 3.5 Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού

Οι ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού υφισταμένων δομημάτων, ορίζονται ανάλογα με την κατηγορία σπουδαιότητάς του, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας παράρτημα 2.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

Κατηγορία Σπουδαιότητας	Στόχοι
I	Γ2
II	Γ1
III	B1
IV	B1 και A2 (Ικανοποίηση και των δύο στόχων)

Πίνακας 3.6 Ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού



Σε κάθε περίπτωση να θεωρηθεί ότι ισχύει  $A1 > A2$ ,  $B1 > B2$ ,  $\Gamma1 > \Gamma2$ ,  $A1 > B1 > \Gamma1$  και  $A2 > B2 > \Gamma2$

Οι παραπάνω κατηγορίες σπουδαιότητας ορίζονται ως εξής (πίνακας παράρτημα 2.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

<b>Κατηγορία Σπουδαιότητας</b>	<b>Κτίρια</b>
I	<b>Κτίρια μικρής σπουδαιότητας ως προς την ασφάλεια του κοινού, όπως:</b> αγροτικά οικήματα και αγροτικές αποθήκες, υπόστεγα, στάβλοι, βουστάσια, χοιροστάσια, ορνιθοτροφεία, κλπ.
II	<b>Συνήθη κτίρια, όπως:</b> κατοικίες και γραφεία, βιομηχανικά - βιοτεχνικά κτίρια, ξενοδοχεία (τα οποία δεν περιλαμβάνουν χώρους συνεδρίων), ξενώνες, οικοτροφεία, χώροι εκθέσεων, χώροι εστίασης και ψυχαγωγίας (ζαχαροπλαστεία, καφενεία, μπόουλινγκ, μπιλιάρδο, ηλεκτρονικών παιχνιδιών, εστιατόρια, μπαρ, κλπ), τράπεζες, ιατρεία, αγορές, υπεραγορές, εμπορικά κέντρα, καταστήματα, φαρμακεία, κουρεία, κομμωτήρια, ινστιτούτα γυμναστικής, βιβλιοθήκες, εργοστάσια, συνεργεία συντήρησης και επισκευής αυτοκινήτων, βαφεία, ξυλουργεία, εργαστήρια ερευνών, παρασκευαστήρια τροφίμων, καθαριστήρια, κέντρα μηχανογράφησης, αποθήκες, κτίρια στάθμευσης αυτοκινήτων, πρατήρια υγρών καυσίμων, ανεμογεννήτριες, γραφεία δημοσίων υπηρεσιών και τοπικής αυτοδιοίκησης που δεν εμπίπτουν στην κατηγορία IV, κλπ.
III	<b>Κτίρια τα οποία στεγάζουν εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης οικονομικής σημασίας, καθώς και κτίρια δημόσιων συναθροίσεων και γενικώς κτίρια στα οποία ευρίσκονται πολλοί άνθρωποι κατά μεγάλο μέρος του 24ώρου, όπως:</b> αίθουσες αεροδρομίων, χώροι συνεδρίων, κτίρια που στεγάζουν υπολογιστικά κέντρα, ειδικές βιομηχανίες, εκπαιδευτικά κτίρια, αίθουσες διδασκαλίας, φροντιστήρια, νηπιαγωγεία, χώροι συναυλιών, αίθουσες δικαστηρίων, ναοί, χώροι αθλητικών συγκεντρώσεων, θέατρα, κινηματογράφοι, κέντρα διασκέδασης, αίθουσες αναμονής επιβατών, ψυχιατρεία, ιδρύματα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ιδρύματα χρονίως πασχόντων, οίκοι ευγηρίας, βρεφοκομεία, βρεφικοί σταθμοί, παιδικοί σταθμοί, παιδότοποι, αναμορφωτήρια, φυλακές, εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού και αποβλήτων, κλπ.
IV	<b>Κτίρια των οποίων η λειτουργία, τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και μετά τους σεισμούς, είναι ζωτικής σημασίας, όπως:</b> κτίρια τηλεπικοινωνίας, παραγωγής ενέργειας, νοσοκομεία, κλινικές, αγροτικά ιατρεία, υγειονομικοί σταθμοί, κέντρα υγείας, διυλιστήρια, σταθμοί παραγωγής ενέργειας, πυροσβεστικοί και αστυνομικοί σταθμοί, κτίρια δημοσίων επιτελικών υπηρεσιών για την αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών από σεισμό.  Κτίρια που στεγάζουν έργα μοναδικής καλλιτεχνικής αξίας, όπως: μουσεία, αποθήκες μουσείων, κλπ.

Πίνακας 3.7 Ορισμοί κατηγορίας σπουδαιότητας

### 3.5 Στάθμες επιτελεστικότητας

Οι στάθμες επιτελεστικότητας ορίζονται ανάλογα με τη σοβαρότητα της βλάβης σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. ως εξής:

- «Περιορισμένες βλάβες» (Α): Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί μόνο ελαφριές βλάβες, με τα δομικά στοιχεία να μην έχουν διαρρεύσει σε σημαντικό βαθμό και να διατηρούν την αντοχή και δυσκαμψία τους. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι αμελητέες. Καμιά λειτουργία του κτιρίου δεν διακόπτεται κατά τη διάρκεια και μετά τον σεισμό, εκτός από

δευτερεύουσας σημασίας λειτουργίες. Στο φέροντα οργανισμό είναι πιθανό να εμφανιστούν τριχοειδής καμπτικές ρωγμές χωρίς εμφανείς μόνιμες μετακινήσεις υποστυλωμάτων ή τοιχωμάτων. Επιπλέον ο κίνδυνος σοβαρού τραυματισμού ατόμων είναι αμελητέος.

- **«Σημαντικές βλάβες» (B):** Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί σημαντικές και εκτεταμένες αλλά επισκευάσιμες βλάβες, ενώ τα δομικά στοιχεία διαθέτουν εναπομένουσα αντοχή και δυσκαμψία και είναι σε θέση να παραλάβουν τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι μετρίου μεγέθους. Ο φέρων οργανισμός μπορεί να αντέξει μετασεισμικούς μέτριας έντασης. Σε αυτή τη στάθμη επιτελεστικότητας είναι πιθανό να εμφανιστούν καμπτικές και διατμητικές ρωγμές, περιορισμένες απολεπίσεις σκυροδέματος, τοπικοί λυγισμοί δια μήκων ράβδων οπλισμού και άνοιγμα ορισμένων συνδετήρων σε λίγα υποστυλώματα ή τοιχώματα. Σε περίπτωση σεισμού είναι απαραίτητη η επισκευή των βλαβών για τη χρήση του κτιρίου.
- **«Οιονεί κατάρρευση» (Γ):** Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί εκτεταμένες και σοβαρές ή βαριές (μη επισκευάσιμες κατά πλειονότητα) βλάβες. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι μεγάλες. Ο φέρων οργανισμός έχει ακόμη την ικανότητα να φέρει τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία, χωρίς πάντως να διαθέτει άλλο ουσιαστικό περιθώριο ασφαλείας έναντι ολικής ή μερικής κατάρρευσης, ακόμη και για μετασεισμικούς μέτριας έντασης. Στον φέροντα οργανισμό είναι πιθανό να εμφανιστούν εκτεταμένες θραύσεις και αποδιοργάνωση πυρήνα σκυροδέματος, τοπικές θραύσεις οπλισμών και άνοιγμα συνδετήρων. Επιπλέον ο κίνδυνος σοβαρού τραυματισμού ατόμων είναι μεγάλος.

### 3.6 Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων

Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. η στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (Σ.Α.Δ.) που αφορούν δράσεις ή αντιστάσεις, εκφράζει την επάρκεια των συλλεγόμενων πληροφοριών για το υφιστάμενο κτίριο που λαμβάνονται υπόψη κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό.

Διακρίνονται τρεις Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων:

- «Υψηλή»

- «Ικανοποιητική»
- «Ανεκτή»

Όσον αφορά τα δευτερεύοντα φέροντα στοιχεία μπορούν να ληφθούν υπόψη ακόμα και αν τα δεδομένα δεν είναι επαρκή. Σε αυτή τη περίπτωση εφαρμόζονται τα ισχύοντα για «ανεκτή» Σ.Α.Δ.

Ανάλογα με τη Σ.Α.Δ. που θα οριστεί επιλέγονται οι κατάλληλοι συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_f$  για ορισμένες δράσεις με αβέβαιες τιμές, σε συνδυασμό με τους κατάλληλους  $\gamma_{sd}$ , όπως επίσης επιλέγονται οι κατάλληλοι συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_m$  για τα δεδομένα των υφιστάμενων υλικών, σε συνδυασμό με τους κατάλληλους  $\gamma_{Rd}$ .

Για το σκυρόδεμα:

Κύριος σκοπός της διερεύνησης του σκυροδέματος είναι ο προσδιορισμός της θλιπτικής αντοχής για όλες τις περιοχές του φέροντος οργανισμού. Αυτό θα πραγματοποιηθεί με συνδυασμό έμμεσων μεθόδων και πυρηνοληψίας για να υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου σε περισσότερες θέσεις με μεγαλύτερη αξιοπιστία. Για μικρά κτίρια (έως δύο όροφοι), το απολύτως ελάχιστο απαιτούμενο πλήθος πυρήνων είναι  $n = 3$ , από ομοειδή δομικά στοιχεία. Για μεγαλύτερα κτίρια, απαιτούνται τουλάχιστον 3 πυρήνες ανά δύο ορόφους, οπωσδήποτε όμως 3 πυρήνες στον κρίσιμο όροφο.

α) Για να θεωρηθεί «υψηλή» η Σ.Α.Δ. για την αντοχή του σκυροδέματος, πρέπει οι θέσεις εφαρμογής των έμμεσων μεθόδων να καλύπτουν σε κάθε όροφο επαρκές ποσοστό για κάθε είδος δομικού στοιχείου και ειδικότερα:

- Το 45% των κατακόρυφων στοιχείων
- Το 25% των οριζοντίων στοιχείων (δοκοί ή πλάκες)

β) Για να θεωρηθεί «ικανοποιητική» η Σ.Α.Δ. για την αντοχή του σκυροδέματος, πρέπει οι θέσεις εφαρμογής των έμμεσων μεθόδων να καλύπτουν ένα μικρότερο αλλά επαρκές ποσοστό για κάθε είδος δομικού στοιχείου και ειδικότερα:

- Το 30% των κατακόρυφων στοιχείων
- Το 15% των οριζοντίων στοιχείων (δοκοί ή πλάκες)

Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση (τυπική απόκλιση  $S \leq 0,20 X$ ), τότε η Σ.Α.Δ. μπορεί να θεωρηθεί «υψηλή».

γ) Για να θεωρηθεί «ανεκτή» η Σ.Α.Δ. για την αντοχή του σκυροδέματος, πρέπει οι θέσεις εφαρμογής των εμμέσων μεθόδων να καλύπτουν ακόμα ένα μικρότερο αλλά ποσοστό για κάθε είδος δομικού στοιχείου και ειδικότερα:

- Το 15% των κατακόρυφων στοιχείων
- Το 7,5% των οριζοντίων στοιχείων (δοκοί ή πλάκες)

Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση (τυπική απόκλιση  $S \leq 0,20 X$ ), τότε η Σ.Α.Δ. μπορεί να θεωρηθεί «ικανοποιητική».

Σε ειδικές περιπτώσεις κτιρίων για τα οποία διατίθενται υπεύθυνες και αξιόπιστες πληροφορίες για τον τρόπο κατασκευής τους, δηλαδή διατίθεται φάκελος μελέτης που έχει εφαρμοστεί στην πράξη, αποδείξεις περί συνεχούς επίβλεψης και αποτελέσματα δοκιμών σκυροδέματος κατά τη διάρκεια της κατασκευής, οι δοκιμές για την επαλήθευση των διατιθέμενων πληροφοριών μπορούν να περιορίζονται στην ελάχιστη πυρηνοληψία από ομοειδή δομικά στοιχεία κάθε ορόφου. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η επαρκής σύγκλιση των αποτελεσμάτων, δηλαδή η απόκλιση αντοχής κάθε πυρήνα να είναι μικρότερη από το 15% της μέσης τιμής. Στις περιπτώσεις αυτές η Σ.Α.Δ. θεωρείται «ικανοποιητική». Υπάρχει όμως πιθανότητα, αν εκτελεστούν οι δοκιμές της παραγράφου (β), η Σ.Α.Δ. να θεωρείται «υψηλή». Εάν η σύγκλιση των αποτελεσμάτων της πυρηνοληψίας δεν είναι ικανοποιητική, τότε επιβάλλεται η εφαρμογή των πιο πάνω παραγράφων (α), (β), (γ).

Για το χάλυβα:

Ο προσδιορισμός της κατηγορίας του χάλυβα οπλισμού υφισταμένου κτιρίου αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό. Η κατάταξη του χάλυβα μπορεί να γίνει με οπτική αναγνώριση (επιφάνεια λεία ή με νευρώσεις, τυχόν αναγνώσιμες σημάνσεις στην επιφάνεια των ράβδων) και σε συνδυασμό με την εποχή κατασκευής του κτιρίου. Στην περίπτωση αυτή η Σ.Α.Δ. για την αντοχή του χάλυβα θεωρείται «ικανοποιητική». Τα μηχανικά χαρακτηριστικά του χάλυβα που θα χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της συμπεριφοράς των δομικών

στοιχείων, επιτρέπεται να λαμβάνονται από τα προβλεπόμενα στους αντίστοιχους κανονισμούς για την κατηγορία χάλυβα. Στην περίπτωση που υπάρχουν αμφιβολίες για την αξιοπιστία της κατάταξης του χάλυβα με οπτική αναγνώριση, θα πρέπει να προβούν σε δοκιμή τουλάχιστον τρία δείγματα από δομικά στοιχεία του κρίσιμου ορόφου και ίδιας περίπου γεωμετρίας. Αν από τα δείγματα αυτά παρθούν αποτελέσματα διαφορετικής κατηγορίας χάλυβα, τότε ο έλεγχος θα πρέπει να συνεχιστεί για να προσδιοριστούν τα δομικά στοιχεία στα οποία έχει εφαρμοστεί κάθε κατηγορία. Μόνο τότε η Σ.Α.Δ. για την αντοχή του χάλυβα θα θεωρείται «υψηλή».

Η Σ.Α.Δ. δεν είναι απαραίτητα ενιαία για ολόκληρο το κτίριο αλλά προσδιορίζονται επιμέρους Σ.Α.Δ. για τις διάφορες επιμέρους κατηγορίες πληροφοριών. Για την επιλογή των μεθόδων ανάλυσης θα χρησιμοποιείται η δυσμενέστερη από τις επιμέρους Σ.Α.Δ.

Για τα γεωμετρικά δεδομένα του δομήματος, η Σ.Α.Δ. εξαρτάται από την προέλευση του δεδομένου και διαφοροποιείται κατά περίπτωση σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας 3.2 ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

ΣΧΕΔΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ		ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΟΥ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ									
				ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ Ή ΑΝΩΔΟΜΗΣ			ΠΑΧΗ, ΒΑΡΗ κ.λπ. ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ κ.λπ.			ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΗΣ			
				Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή	Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή	Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή	
✓		1	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει αποδεδειγμένα εφαρμοστεί, χωρίς τροποποιήσεις	(1)			✓			✓			✓
✓		2	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει εφαρμοστεί με λίγες τροποποιήσεις	(2)			✓			✓		✓	
✓		3	Δεδομένο που προέρχεται από αναφορά (π.χ. υπόμνημα σε σχέδιο της αρχικής μελέτης)	(3)	✓			✓			✓		
	✓	4	Δεδομένο που έχει διαπιστωθεί ή/και μετρηθεί ή/και αποτυπωθεί αξιόπιστα	(4)		✓			✓			✓	
	✓	5	Δεδομένο που έχει προσδιοριστεί με έμμεσον αλλά επαρκώς αξιόπιστον τρόπο	(5)	✓	✓		✓	✓		✓	✓	
	✓	6	Δεδομένο που έχει ευλόγως θεωρηθεί κατά την κρίση Μηχανικού	(6)	✓	✓		✓	✓		✓	✓	

Πίνακας 3.7 Στάθμη αξιοπιστίας γεωμετρικών δεδομένων

Σε περίπτωση αντικειμενικής αδυναμίας εκτέλεσης του προγράμματος ελέγχων και διερευνήσεων για τα χαρακτηριστικά των υλικών, και αν δεν διαπιστωθούν προβλήματα κακοτεχνιών, φθορών, βλαβών κλπ., επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της αντοχής των υλικών, αξιόπιστα αποτελέσματα παλαιότερων ποιοτικών ελέγχων. Αν και αυτά δεν διατίθενται, κατ' εξαίρεση, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν “ερήμην” αντιπροσωπευτικές τιμές αντοχής υλικών (σύμφωνα με το Παράρτημα 3.1 του ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

α) για το σκυρόδεμα

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	«Ονομαστική» Μέση τιμή $f_{cm}$ (MPa)	«Χαρακτηριστική» Μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση $f_{ck}$ (MPa)
...<1954	10	6
1954<...<1985	12	8
1985<...<1995	16	12
1995<...	20	16

Πίνακας 3.8 . «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Θλιπτικής Αντοχής Σκυροδέματος

β) για το χάλυβα

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

Πίνακας 3.9 «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Λιαιροφής Χάλυβα Οπλισμού

### 3.7 Έλεγχοι και ανίσωση ασφαλείας

Ο έλεγχος ασφαλείας, εκτελούμενος σε κατάλληλο κατά περίπτωση μέλος ή τμήμα ή στο σύνολο του δομήματος, οφείλει να αποδείξει ότι το επιβαλλόμενο κρίσιμο εντατικό ή παραμορφωσιακό μέγεθος είναι αξιόπιστα μικρότερο από την αντίστοιχη διαθέσιμη ικανότητα. Η ανίσωση ασφαλείας που εφαρμόζεται κατά την αποτίμηση

και τον ανασχεδιασμό υφιστάμενων δομημάτων, έχει την ίδια γενική μορφή που προβλέπεται στους Ευρωκώδικες:

$S_d < R_d$ , με  $S_d = \gamma_{sd} \cdot S$  ( $S_k \cdot \gamma_f$ ) και  $R_d = (1/\gamma_{Rd}) \cdot R$  ( $R_k/\gamma_m$ ), όπου:

- $S_d$ : Οι τιμές σχεδιασμού (και επανελέγχου) των εντατικών ή παραμορφωσιακών μεγεθών που προκαλούνται από τις δράσεις.
- $R_d$ : Οι τιμές σχεδιασμού (και επανελέγχου) των διαθέσιμων αντίστοιχων αντιστάσεων (εντατικών ή παραμορφωσιακών μεγεθών).
- $S_k$ : Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των βασικών και τυχηματικών δράσεων, για τις οποίες υπάρχει ορισμένη πιθανότητα υπερβάσεως σε 50 έτη.
- $R_k$ : Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των ιδιοτήτων των υλικών που διαμορφώνουν τις αντιστάσεις και έχουν ορισμένη πιθανότητα υποσκελίσεως.
- $\gamma_{sd}$ : Ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας με τον οποίο λαμβάνονται υπόψη οι αυξημένες αβεβαιότητες των προσομοιωμάτων, μέσω του οποίου εκτιμώνται οι συνέπειες των δράσεων.
- $\gamma_{Rd}$ : Ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας με τον οποίο λαμβάνονται υπόψη οι αυξημένες αβεβαιότητες των προσομοιωμάτων, μέσω του οποίου εκτιμώνται οι συνέπειες των κάθε είδους αντιστάσεων.
- $\gamma_f$ : Ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για τις δράσεις των υλικών με τον οποίο λαμβάνονται υπόψη οι ενδεχόμενες δυσμενείς αποκλίσεις των αντίστοιχων μεταβλητών από τις αντιπροσωπευτικές τιμές.
- $\gamma_m$ : Ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για τις ιδιότητες των υλικών με τον οποίο λαμβάνονται υπόψη οι ενδεχόμενες δυσμενείς αποκλίσεις των αντίστοιχων μεταβλητών από τις αντιπροσωπευτικές τιμές.

Όταν η ανάλυση γίνεται με γραμμικές μεθόδους, ο έλεγχος και η ανίσωση ασφαλείας εφαρμόζονται σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, με όσα ειδικότερα αναφέρονται στον παρόντα Κανονισμό, ενώ γενικά οι έλεγχοι γίνονται σε όρους εντατικών μεγεθών.

Αντίστοιχα όταν η ανάλυση γίνεται με μη-γραμμικές μεθόδους, γίνεται σύγκριση της μέγιστης διαθέσιμης και στοχευόμενης απόκρισης της «κορυφής» του δομήματος σε όρους δυνάμεων και μετακινήσεων, με τις απαιτήσεις του φάσματος δυνάμεων / μετακινήσεων που αντιστοιχεί στην σεισμική δράση επανελέγχου. Οι αντιπροσωπευτικές τιμές και οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας ιδιοτήτων υλικών

ή αξιοπιστίας προσομοιωμάτων, επιλέγονται σύμφωνα με την προέλευση του ελεγχόμενου κρίσιμου μεγέθους και τον τύπο της αστοχίας. Η κατηγορία μεθόδων ελέγχου επιλέγεται με βάση τον αναμενόμενο τύπο αστοχίας, δηλαδή αν η συμπεριφορά είναι οιονεί-πλάστιμη, οι έλεγχοι γίνονται σε όρους παραμορφώσεων, ενώ αν η συμπεριφορά είναι οιονεί-ψαθυρή, οι έλεγχοι γίνονται σε όρους δυνάμεων. Γενικά οι μη-γραμμικές μέθοδοι ανάλυσης, εφαρμόζονται για στάθμες επιτελεστικότητας Β ή Γ.

### 3.8 Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας

Για τα προσομοιώματα ανάλυσης και συμπεριφοράς, όπως και για τους ελέγχους, χρησιμοποιούνται κατάλληλοι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_{sd}$  και  $\gamma_{Rd}$ . Έτσι λαμβάνονται υπόψη οι αυξημένες αβεβαιότητες που τα συνοδεύουν. Όταν οι σεισμικές δράσεις σε ποσοστό τουλάχιστον 75% αναλαμβάνονται κυρίως από νέους, ικανούς και επαρκείς φορείς, ισχύει ότι ο συντελεστής ασφαλείας  $\gamma_{sd}$  γίνεται ίσος με τη μονάδα. Αντίθετα, όταν αναλαμβάνονται και από το υφιστάμενο δόμημα χωρίς να γίνουν διερευνήσεις και έλεγχοι, οι τιμές  $\gamma_{sd}$  εξαρτώνται από τη σοβαρότητα και την έκταση των βλαβών ή / και των επεμβάσεων. Όταν δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τιμές  $\gamma_{sd}$  του πίνακα που ακολουθεί (πίνακας Σ 4.2ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

Έντονες και εκτεταμένες βλάβες ή / και επεμβάσεις	Ελαφρές και τοπικές βλάβες ή / και επεμβάσεις	Χωρίς βλάβες και χωρίς επεμβάσεις
$\gamma_{sd} = 1,20$	$\gamma_{sd} = 1,10$	$\gamma_{sd} = 1,00$

Πίνακας 3.10 Τιμές του συντελεστή  $\gamma_{sd}$

Για τις μόνιμες δράσεις, οι τιμές του συντελεστή ασφαλείας  $\gamma_g$ , ανάλογα με τη στάθμη αξιοπιστίας των γεωμετρικών δεδομένων, λαμβάνεται ως εξής:

- Για τους βασικούς συνδυασμούς και για δυσμενείς επιρροές της δράσεως:
  - Υψηλή ΣΑΔ  $\gamma_g = 1,20$
  - Ικανοποιητική ΣΑΔ  $\gamma_g = 1,35$
  - Ανεκτή ΣΑΔ  $\gamma_g = 1,50$
- Για τις υπόλοιπες περιπτώσεις συνδυασμών και επιρροών της δράσεως:
  - Υψηλή ΣΑΔ  $\gamma_g = 1,00$
  - Ικανοποιητική ΣΑΔ  $\gamma_g = 1,10$
  - Ανεκτή ΣΑΔ  $\gamma_g = 1,20$



Για τα νέα στοιχεία ή τις νέες κατασκευές οι τιμές του  $\gamma_g$  είναι γενικώς καθιερωμένες.

Από την άλλη, για τις μεταβλητές δράσεις, οι τιμές των συντελεστών  $\gamma_f$  και  $\psi_i$  είναι καθιερωμένες από τους Κανονισμούς.

Για τα υφιστάμενα υλικά όταν η αντιπροσωπευτική τιμή είναι ίση με τη μέση μείον μία τυπική απόκλιση, οι τιμές του συντελεστή  $\gamma_m$  θα λαμβάνονται, και εδώ, σύμφωνα με τη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων ως εξής:

- Υψηλή ΣΑΔ  $\gamma_c= 1,15$  και  $\gamma_s= 1,05$
- Ικανοποιητική ΣΑΔ  $\gamma_c= 1,30$  και  $\gamma_s= 1,15$
- Ανεκτή ΣΑΔ  $\gamma_c= 1,45$  και  $\gamma_s= 1,25$

Όταν οι υφιστάμενες τοιχοπληρώσεις λαμβάνονται υπόψη στην αποτίμηση ή στον ανασχεδιασμό, τότε οι τιμές  $\gamma_m$  θα διαμορφώνονται ως εξής:

- Υψηλή ΣΑΔ  $\gamma_m=1,30$
- Ικανοποιητική ΣΑΔ  $\gamma_m=1,50$
- Ανεκτή ΣΑΔ  $\gamma_m=1,70$

Όλα τα παραπάνω για τους συντελεστές ασφαλείας των υφιστάμενων υλικών είναι συγκεντρωμένα στον παρακάτω πίνακα (πίνακας Π 4.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ).

	ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ <sup>1</sup>					
	ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ <sup>2</sup>			ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ <sup>3</sup>		
	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ <sup>6</sup>	ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΑ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ		ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ	ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΑ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ	
		Ναι	Όχι		Ναι	Όχι
Αντιπροσωπευτικές τιμές <sup>5</sup>	$\bar{X} - s$	$X_k$	$X_k$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$
Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας $\gamma'_m$ <sup>4</sup>	Αναλόγως ΣΑΔ $\gamma'_c = 1,30 \pm 0,15$ $\gamma'_s = 1,15 \pm 0,10$	Αναλόγως διατομής ή / και προσπελασιμότητας $\gamma_m \cdot (1,05 \text{ ή } 1,20)$	Αυξημένοι	Αναλόγως ΣΑΔ $\gamma'_m = 1,10 \pm 0,10$	Αναλόγως διατομής ή / και προσπελασιμότητας $\gamma'_m = 1,15 \text{ ή } 1,25$	$\gamma'_m = 1,15 \text{ ή } 1,25$

Πίνακας 3.11 Τιμές των ιδιοτήτων των υλικών και αντίστοιχοι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma'_m$

Για τα προστιθέμενα υλικά όταν η αντιπροσωπευτική τιμή είναι ίση με την χαρακτηριστική ισχύουν τα εξής:

- Για τα νέα υλικά που καλύπτονται από τους ισχύοντες κανονισμούς για σκυρόδεμα και χάλυβα χρησιμοποιούνται συντελεστές  $\gamma'_m$  μεγαλύτεροι των καθιερωμένων, για να καλυφθούν πρόσθετες αβεβαιότητες, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας Σ 4.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ.) .

Διατομή προστιθέμενων υλικών ή / και προσπελασιμότητα της θέσης όπου γίνεται η επέμβαση	
Κανονικές (συνήθειες)	Μειωμένες
1,05	1,20

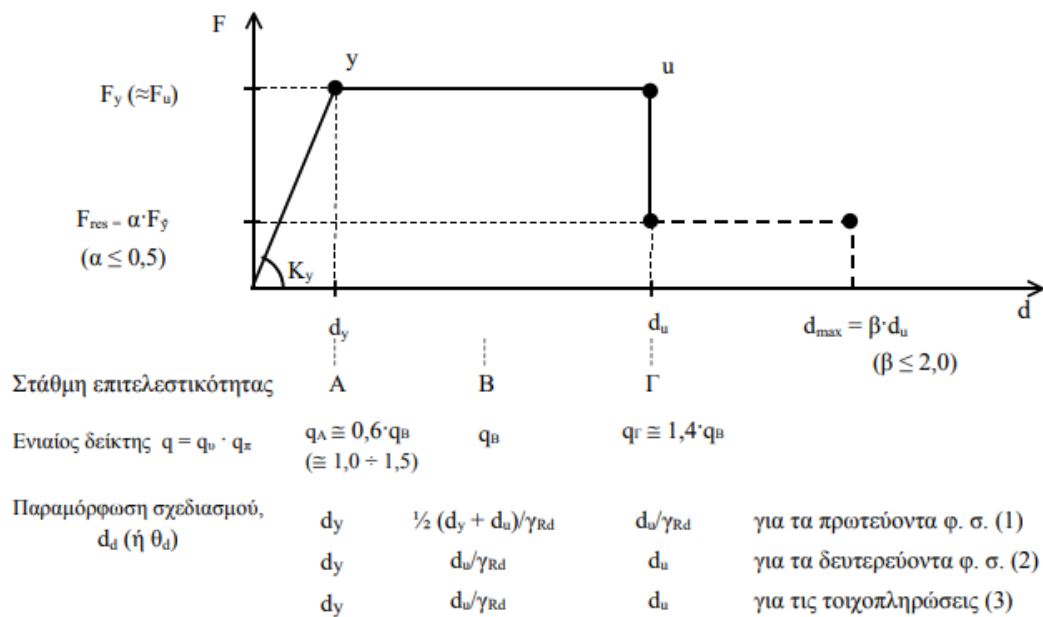
Πίνακας 3.12 Τιμές του λόγου  $\gamma'_m/\gamma_m$  για προστιθέμενα «συμβατικά» υλικά

- Για τα νέα υλικά που δεν καλύπτονται από τους ισχύοντες κανονισμούς οι τιμές των συντελεστών θα λαμβάνονται εμπειρικά σύμφωνα με την κρίση του μηχανικού.

Για τις μέσες τιμές των ιδιοτήτων των υλικών, που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των αντιστάσεων, οι τιμές των συντελεστών  $\gamma_m$  είναι περίπου ίσες με τη μονάδα.

- Για τα υφιστάμενα υλικά:
  - Υψηλή ΣΑΔ  $\gamma_m=1,00$
  - Ικανοποιητική ΣΑΔ  $\gamma_m=1,10$
  - Ανεκτή ΣΑΔ  $\gamma_m=1,20$
- Για τα προστιθέμενα υλικά:
  - για κανονική (συνήθη) διατομή και προσπελασιμότητα  $\gamma_m=1,15$
  - για μειωμένη διατομή ή προσπελασιμότητα  $\gamma_m=1,25$

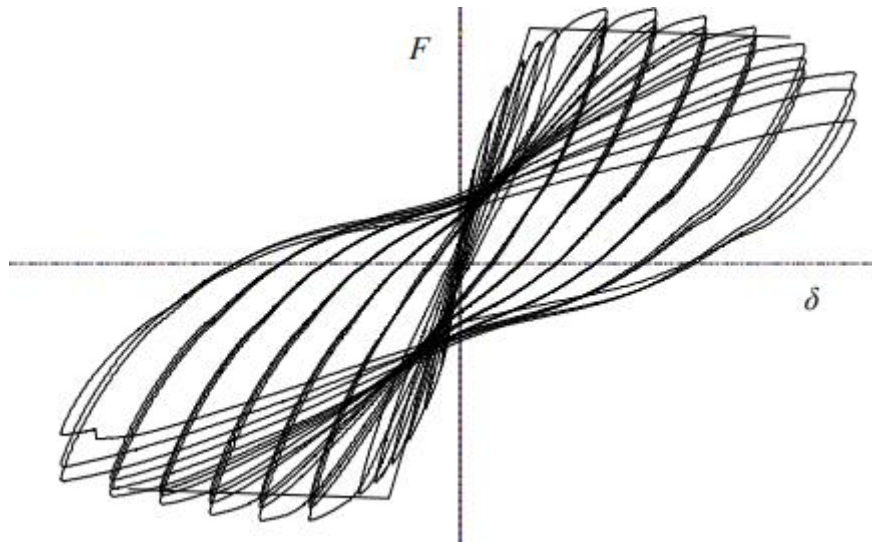
Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. οι έλεγχοι ασφαλείας παρουσιάζονται εποπτικά στο παρακάτω σκελετικό διάγραμμα συμπεριφοράς ανάλογα με τη στάθμη επιτελεστικότητας και του ελέγχου σε όρους δυνάμεων (μέσω του  $q$  ή των  $m$ ) ή παραμορφώσεων (μέσω της παραμόρφωσης σχεδιασμού,  $d_d=\theta_d$ ).



Εικόνα 3.8 Σκελετικό διάγραμμα συμπεριφοράς (διάγραμμα παραρτήματος 4.4 ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

### 3.9 Μηχανική συμπεριφορά δομικών στοιχείων

Η μηχανική συμπεριφορά ενός δομικού στοιχείου μιας κρίσιμης περιοχής ή ενός κόμβου περιγράφεται μέσα από το διάγραμμα εντατικού μεγέθους «F» συναρτήσει της παραμόρφωσης ή της σχετικής μετακίνησης «δ». Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. το διάγραμμα αυτό περιγράφει την περιβάλλουσα των αποκρίσεων κάτω από ανακυκλιζόμενη παραμόρφωση. Το τελικό στάδιο αστοχίας είναι η απώλεια της φέρουσας ικανότητας ή αντίστασης έναντι κατακόρυφων φορτίων, όπου σε αυτή την περίπτωση οι παραμορφώσεις είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές που προκαλούν απώλεια έναντι των σεισμικών δράσεων. Συνήθως λαμβάνονται υπόψη τρεις κύκλοι φόρτισης – αποφόρτισης – επαναφόρτισης για κάθε επιβαλλόμενη παραμόρφωση, που φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.

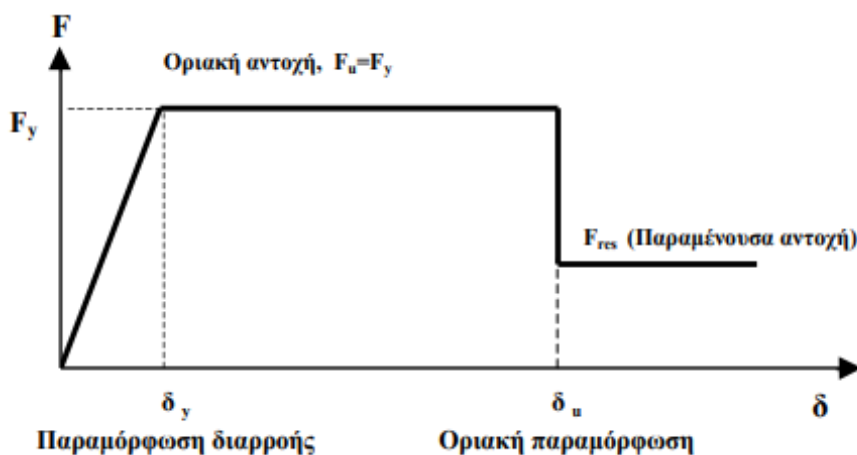


**Εικόνα 3.9 Διάγραμμα μηχανικής συμπεριφοράς δομικού στοιχείου υπό ανακυκλιζόμενη παραμόρφωση (KAN.ΕΠΕ.)**

Κατά την ανελαστική συμπεριφορά, όταν η αστοχία επέρχεται λόγω κάμψης, τότε τα πιο κατάλληλα μεγέθη  $F$  και  $\delta$  είναι η ροπή κάμψης  $M$  και η καμπυλότητα  $1/r$  ή αλλιώς η γωνία στροφής  $\theta$ . Όταν όμως η αστοχία επέρχεται λόγω διάτμησης, κατάλληλα μεγέθη είναι η τέμνουσα δύναμη  $V$  και η γωνιακή παραμόρφωση  $\gamma$ .

Τα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος συνδυάζονται με τις διατμητικές και με τις στροφές των ακραίων διατομών λόγω εξόλκευσης των οπλισμών στην αγκύρωση πέραν του άκρου του στοιχείου. Γι' αυτό η πιο αξιόπιστη επιλογή  $F$  και  $\delta$  είναι η ροπή  $M$  και η γωνία στροφής χορδής  $\theta$ , αφού η γωνία στροφής χορδής περιλαμβάνει το σύνολο των καμπτικών και διατμητικών παραμορφώσεων, καθώς και τη στροφή των άκρων λόγω εξόλκευσης οπλισμών.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μία προσεγγιστική καμπύλη  $F$ - $\delta$  που αποτελείται από τέσσερα γραμμικά τμήματα και θεωρείται επαρκής για τις ανάγκες του σχεδιασμού.



Εικόνα 3.10 Πολυγραμμικό διάγραμμα της καμπύλης F-δ (KAN.EΠΕ.)

Για τα τμήματα-κλάδους της καμπύλης ισχύουν:

- Οιονεί ελαστικός κλάδος και διαρροή

Το πρώτο ευθύγραμμο τμήμα εκτείνεται από την αρχή των αξόνων μέχρι το σημείο διαρροής. Ο κλάδος αυτός θεωρείται ευθύγραμμος διότι αγνοείται η ρηγματώση, που πιθανότατα υπάρχει λόγω παλαιότερων σεισμικών ή μη φορτίσεων. Όμως αυτό δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για τις ανάγκες του σχεδιασμού, αν δηλαδή το συγκεκριμένο τμήμα θεωρείται ευθύγραμμο ή τεθλασμένο.

Η αντίσταση διαρροής  $F_y$  μπορεί να ληφθεί ίση με την οριακή αντίσταση για τον κρίσιμο τρόπο αστοχίας.

Σε ένα μέλος που αστοχεί σε κάμψη με ροπή στο άκρο ίση με  $M_u$  θα έχουμε:

- $F_y = M_u$ , εάν οι  $F$  εκφράζονται σε όρους ροπών,
- $F_y = V_{Mu}$ , εάν οι  $F$  εκφράζονται σε όρους τεμνουσών, (όπου  $V_{Mu}$  η τέμνουσα τη στιγμή της καμπτικής αστοχίας).

Σε ένα μέλος που αστοχεί από τέμνουσα, δηλαδή  $V_u < V_{Mu}$  θα έχουμε:

- $F_y = M_{Vu}$ , εάν οι  $F$  εκφράζονται σε όρους ροπών, (όπου  $M_{Vu}$  η ροπή τη στιγμή της διατμητικής αστοχίας),
- $F_y = V_u$ , εάν οι  $F$  εκφράζονται σε όρους τεμνουσών.

Ισχύει:  $V_{Mu} = M_u / (\alpha_s \cdot h)$ , όπου  $\alpha_s = M / (V \cdot h)$  ο «λόγος διάτμησης» της υπόψη περιοχής κατά την εξεταζόμενη εντατική κατάσταση.

Η ενεργός δυσκαμψία Κορίζεται ως το πηλίκο του εντατικού μεγέθους και της παραμόρφωσης διαρροής:  $K = F_y / \delta_y$ .

Για τον υπολογισμό των  $F_y$  και  $\delta_y$ , άρα και της ενεργού δυσκαμψίας  $K$ , πρέπει να έχει ληφθεί γνώση του οπλισμού του εξεταζόμενου στοιχείου. Επιπλέον η δυσκαμψία  $K$  εκτιμάται από τις μέσες τιμές ιδιοτήτων των υλικών.

Εάν δεν είναι γνωστός ο οπλισμός μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι προσεγγιστικές σχέσεις που διατυπώνει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. στην παράγραφο 7.1.2.2, σύμφωνα με τις οποίες η δυσκαμψία προσδιορίζεται συναρτήσει της ροπής αδράνειας της αρηγμάτωτης διατομής  $I_c$ , του μέτρου ελαστικότητας του σκυροδέματος  $E_c$ , της αξονικής δύναμης λόγω κατακόρυφων δράσεων  $N$ , της επιφάνειας διατομής  $A_c$  και του λόγου διάτμησης  $\alpha_s$ . Από τις σχέσεις αυτές καταλήγουμε σε τιμές ενεργού δυσκαμψίας όχι μεγαλύτερες από το 25% της δυσκαμψίας του αρηγμάτωτου στοιχείου.

Βασική σχέση για τον προσδιορισμό της ενεργού δυσκαμψίας, σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. είναι:  $K = M_y L_c / 3\theta_y$ , όπου  $M_y$  η ροπή διαρροής,  $L_c$  το μήκος διάτμησης και  $\theta_y$  η γωνία στροφής χορδής στη διαρροή του στοιχείου. Από αυτή τη σχέση η δυσκαμψία λαμβάνεται ως ο μέσος όρος των τιμών που υπολογίζονται στις δύο ακραίες διατομές του στοιχείου και σε περίπτωση μη συμμετρικής διατομής λαμβάνεται ο μέσος όρος των τιμών για αρνητική και για θετική φορά κάμψης.

- Μετελαστικός κλάδος

Το τμήμα αυτό εκφράζει την πλάστιμη συμπεριφορά του στοιχείου και καταλήγει στην παραμόρφωση αστοχίας  $\delta_u$ . Για να ληφθεί υπόψη η τυχόν αναμενόμενη έντονη εξασθένηση της απόκρισης με την ανακύκλιση της παραμόρφωσης, ή φαινόμενα 2ας τάξεως, ο μετελαστικός κλάδος θα πρέπει να έχει αρνητική κλίση, πράγμα το οποίο δημιουργεί προβλήματα στην ανελαστική ανάλυση. Γι' αυτό λοιπόν προτείνεται μια κατάλληλη μείωση της τιμής της αντίστασης  $F_y$  έτσι ώστε ο κλάδος να μετατραπεί σε οριζόντιος, για να συμπεριλαμβάνεται και η εξασθένηση απόκρισης για μεγαλύτερες παραμορφώσεις.

- Κλάδος παραμόρφωσης αστοχίας

Η πτώση του τμήματος αυτού, δηλαδή της αντίστασης  $F$ , εκφράζει την αστοχία του στοιχείου έναντι πλευρικών δράσεων. Αστοχία θεωρείται η μείωση της αντίστασης κατά το 20% της μέγιστης τιμής της, χωρίς βέβαια να συνοδεύεται απαραίτητα και από τη μείωση της αντίστασης έναντι των φορτίων βαρύτητας. Για την παραμόρφωση αστοχίας  $\delta_u$ , λαμβάνεται η τιμή που αντιστοιχεί σε αυτή τη μειωμένη τιμή της αντίστασης.

- Απομένουσα αντίσταση

Ο κλάδος αυτός λαμβάνεται γραμμικός με σταθερή την τιμή της απομένουσας αντίστασης  $F_{res}$  μέχρι την παραμόρφωση που προκαλεί απώλεια της αντίστασης έναντι των φορτίων βαρύτητας. Εδώ μειώνεται σημαντικά η απόκριση του στοιχείου λόγω σεισμικών δράσεων υπό αυξανόμενη παραμόρφωση που συνήθως δεν μηδενίζεται. Από την άλλη, λόγω μεγάλων αβεβαιοτήτων, δεν είναι εύκολος ο υπολογισμός της απομένουσας αντίστασης  $F_{res}$  και κατά συνέπεια της τελικής παραμόρφωσης. Όμως για την προσομοίωση της απόκρισης μίας κατασκευής με ανελαστικές μεθόδους για πλάστιμα στοιχεία και κυρίως για στάθμη επιτελεστικότητας  $\Gamma$ , η απομένουσα αντοχή μπορεί να ληφθεί ίση με το 25% της οριακής αντοχής των στοιχείων.

### 3.10 Συμπεριφορά οπλισμένου σκυροδέματος

Η συμπεριφορά ενός στοιχείου οπλισμένου σκυροδέματος χαρακτηρίζεται ψαθυρή και πλάστιμη.

Ψαθυρή συμπεριφορά έχουν τα στοιχεία που διαρρέουν σε διάτμηση πριν από τη διαρροή σε κάμψη και ισχύει:  $V_u < V_{Mu} = M_u / (\alpha_s \cdot h)$ .

Ενώ πλάστιμη έχουν εκείνα που διαρρέουν σε κάμψη πριν από τη διαρροή σε διάτμηση και ισχύει:  $V_u > V_{Mu} = M_u / (\alpha_s \cdot h)$ .

Εξαιρούνται τα στοιχεία με χαμηλό λόγο διάτμησης (π.χ. μικρότερος του 2), των οποίων η συμπεριφορά τους μπορεί να ληφθεί ως ψαθυρή, χωρίς τον υπολογισμό και τον έλεγχο του δείκτη πλαστιμότητας.

Όπου:  $V_u$ : η αντοχή σε τέμνουσα

$V_{Mu}$ : η τέμνουσα της καμπτικής αστοχίας

$M_u$ : η ροπή της διατμητικής αστοχίας

$\alpha_s$ : ο λόγος διάτμησης

$h$ : το ύψος της διατομής

Για στοιχεία με πλάστιμη συμπεριφορά είναι απαραίτητο να ελέγχονται σε όρους δυνάμεων με το ενδεχόμενο της μετελαστικής αστοχίας σε διάτμηση λόγω εξασθένησης της διατμητικής αντοχής κατά την ανακύκλιση των παραμορφώσεων.

### 3.11 Παραμορφώσεις αστοχίας οπλισμένου σκυροδέματος

- Παραμόρφωση αστοχίας σε κάμψη

Η καμπυλότητα αστοχίας διατομής προσδιορίζεται μέσω του διαγράμματος ροπών-καμπυλοτήτων της διατομής μέχρι το σημείο της αστοχίας, θεωρώντας ότι η διατομή μπορεί να αστοχήσει λόγω θραύσης του εφελκόμενου οπλισμού ή λόγω αστοχίας του σκυροδέματος σε θλίψη, πριν ή μετά την αποφλοιώση του απερίσφιγκτου τμήματος της διατομής.

Όταν η αστοχία οφείλεται στη θραύση του εφελκόμενου οπλισμού, η καμπυλότητα αστοχίας είναι:  $(1/r)_{su} = \epsilon_{su} / [(1 - \xi_{su})d]$

Ενώ όταν οφείλεται στην αστοχία του θλιβόμενου σκυροδέματος, η καμπυλότητα αστοχίας είναι:  $(1/r)_{cu} = \epsilon_{cu} / \xi_{cu}d$

Όπου:  $\epsilon_{su}$ : η επιμήκυνση αστοχίας του εφελκόμενου οπλισμού

$\xi_{su}$ : το ύψος της θλιβόμενης ζώνης κατά την αστοχία του χάλυβα

$d$ : το στατικό ύψος

$\epsilon_{cu}$ : η παραμόρφωση αστοχίας της ακραίας θλιβόμενης ίνας του σκυροδέματος

$\xi_{cu}$ : το ύψος της θλιβόμενης ζώνης κατά την αστοχία του σκυροδέματος

- Παραμόρφωση αστοχίας υπό τέμνουσα

Όταν το στοιχείο αστοχίσει λόγω τέμνουσας πριν τη διαρροή σε κάμψη, δηλαδή όταν ισχύει η συνθήκη  $V_R < V_{My}$ , τότε μπορεί να ληφθεί πλαστική γωνία στροφής στο άκρο του μετά την εξάντληση της διατμητικής αντοχής σε ποσοστό 40% της αντίστοιχης γωνίας στροφής χορδής στη καμπτική διαρροή. Στις μετελαστικές ανακυκλήσεις, η μείωση της αντίστασης  $V_R$  σε τέμνουσα μπορεί να προκαλέσει αστοχία λόγω αυτής, ακόμα και όταν αρχικά ήταν  $V_R > V_{My}$ . Γι' αυτό γίνεται εκτίμηση της μείωσης της



$V_{RSE}$  συνάρτηση με τον απαιτούμενο για το σχεδιασμό δείκτη πλαστιμότητας επιβαλλόμενων μετακινήσεων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση είναι:

- Ελαστική δυναμική ανάλυση με καθολικό δείκτη συμπεριφοράς ( $q$ ) ή τοπικό δείκτη ( $m$ ).
- Ελαστική στατική ανάλυση με καθολικό δείκτη συμπεριφοράς ( $q$ ) ή τοπικό δείκτη ( $m$ ).
- Ανελαστική δυναμική ανάλυση (ανάλυση χρονοϊστορίας)
- Ανελαστική στατική ανάλυση (pushover analysis)

#### 4.1 Ελαστική δυναμική ανάλυση

Για στάθμη επιτελεστικότητας  $A$ , η ελαστική δυναμική ανάλυση μπορεί να εφαρμόζεται χωρίς προϋποθέσεις. Αντίθετα για τις στάθμες επιτελεστικότητας  $B$  και  $\Gamma$ , η εφαρμογή της μεθόδου επιτρέπεται όταν πληρούνται τα εξής:

- Το κτίριο είναι μορφολογικά κανονικό σύμφωνα με τον EC8 και σε περίπτωση που δεν είναι, πρέπει για όλα τα κύρια στοιχεία να ισχύει  $\lambda \leq 2,5$ , όπου  $\lambda$  ο λόγος ανεπάρκειας.
- Στην περίπτωση που δεν ικανοποιείται το παραπάνω, αλλά με την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν σοβαρές βλάβες, η εφαρμογή της μεθόδου επιτρέπεται μόνο για αποτίμηση, με προσαυξημένο το συντελεστή ασφαλείας  $\gamma_{sd}$  κατά 1,5.

Η προσομοίωση και η ανάλυση της ελαστικής δυναμικής ανάλυσης γίνεται είτε με τη μέθοδο φασματικής απόκρισης είτε με τη μέθοδο χρονοϊστορίας.

Για τον προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών και των παραμορφώσεων ισχύουν:

- Όταν η ανάλυση γίνεται με την μέθοδο του καθολικού δείκτη συμπεριφοράς ( $q$ ), είτε με τη μέθοδο φασματικής απόκρισης, είτε με τη μέθοδο χρονοϊστορίας, οι παραμορφώσεις θα πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή ( $q$ ). Έτσι συμπεριλαμβάνεται και η επιρροή της ανελαστικής συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων της κατασκευής.
- Όταν η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο των επιμέρους τοπικών δεικτών πλαστιμότητας ( $m$ ), είτε με τη μέθοδο φασματικής απόκρισης, είτε με τη

μέθοδο χρονοϊστορίας, τα εντατικά μεγέθη και οι παραμορφώσεις θα αυξάνονται κατάλληλα για να συμπεριληφθεί, και εδώ, η επιρροή της ανελαστικής συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων.

- Σε κάθε μέθοδο τα εντατικά μεγέθη και οι παραμορφώσεις θα προσαυξάνονται για να ληφθεί υπόψη η επιρροή της στρέψης.

#### 4.2 Ελαστική στατική ανάλυση

Για στάθμη επιτελεστικότητας A, η ελαστική στατική ανάλυση μπορεί να εφαρμόζεται χωρίς προϋποθέσεις. Αντίθετα για τις στάθμες επιτελεστικότητας B και Γ, η εφαρμογή της μεθόδου επιτρέπεται όταν πληρούνται τα εξής:

- Το κτίριο είναι μορφολογικά κανονικό σύμφωνα με τον EC8 και σε περίπτωση που δεν είναι, πρέπει για όλα τα κύρια στοιχεία να ισχύει  $\lambda \leq 2,5$ , όπου  $\lambda$  ο λόγος ανεπάρκειας.
- Η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτιρίου  $T_0$  είναι μικρότερη από  $4T_c$  ή από 2 sec.
- Ο λόγος της οριζόντιας διάστασης σε έναν όροφο προς την αντίστοιχη διάσταση σε έναν γειτονικό δεν είναι μεγαλύτερος από 1,5, με εξαίρεση τον τελευταίο όροφο και το προσάρτημα.
- Το κτίριο δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα ασύμμετρη κατανομή της δυσκαμψίας και της μάζας σε κάτοψη και σε καθ' ύψος τομή σε κάθε όροφο.
- Το κτίριο διαθέτει σύστημα παραλαβής σεισμικών δράσεων σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις.
- Στην περίπτωση που δεν ικανοποιούνται οι παραπάνω συνθήκες, αλλά με την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν σοβαρές βλάβες, η εφαρμογή της μεθόδου επιτρέπεται μόνο για αποτίμηση, με προσαυξημένο το συντελεστή ασφαλείας  $\gamma_{sd}$  κατά 1,5.

Για τον προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών και των παραμορφώσεων ισχύουν:

- Όταν η ανάλυση γίνεται με την μέθοδο του καθολικού δείκτη συμπεριφοράς (q), ο οποίος εκτιμάται σύμφωνα με τη στάθμη επιτελεστικότητας για την αποτίμηση ή τον ανασχεδιασμό, η τέμνουσα βάσεως σε μία διεύθυνση του κτιρίου υπολογίζεται σύμφωνα με τον EC8. Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου συνιστάται σε φορείς που δεν παρουσιάζουν σημαντική ανισοκατανομή των απαιτούμενων πλαστικών παραμορφώσεων. Αυτό συμβαίνει διότι τα

αποτελέσματα της μεθόδου αυτής είναι παρόμοια ή συντηρητικότερα από τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη μέθοδο των τοπικών δεικτών (m), που αναφέρεται στην ακριβώς παρακάτω.

- Όταν η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο των επιμέρους τοπικών δεικτών πλαστιμότητας (m), οι οποίοι εκτιμώνται σύμφωνα με τη στάθμη επιτελεστικότητας και τη διαθέσιμη πλαστιμότητα των επιμέρους τοπικών στοιχείων, η τέμνουσα βάσεως θα προσδιορίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να προσεγγίζονται με ακρίβεια οι μετατοπίσεις. Εναλλακτικά όταν δεν υπάρχουν ακριβείς προσεγγίσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω σχέση:

$$V = C_1 C_m S_e W$$

Όπου:

V: τέμνουσα βάσης

C<sub>1</sub>: συντελεστής που λαμβάνεται ίσος με 1

C<sub>m</sub>: συντελεστής δρώσας μάζας που λαμβάνεται ίσος με 0,85

S<sub>e</sub>: φασματική επιτάχυνση που αντιστοιχεί στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο T

W: βάρος της συνολικής ταλαντούμενης μάζας της κατασκευής

Η μέθοδος αυτή συνιστάται σε φορείς που παρουσιάζουν σημαντική ανισοκατανομή των απαιτούμενων πλαστικών παραμορφώσεων.

#### 4.3 Ανελαστική δυναμική ανάλυση

Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου θεωρείται η εμπειρία και οι γνώσεις του Μηχανικού, όπως επίσης και η εξασφάλιση της «Ικανοποιητικής» ΣΑΔ.

Για τον προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών και των παραμορφώσεων, όπως και στην ελαστική δυναμική ανάλυση, ισχύουν:

- Όταν η ανάλυση γίνεται με την μέθοδο του καθολικού δείκτη συμπεριφοράς (q), είτε με τη μέθοδο φασματικής απόκρισης, είτε με τη μέθοδο χρονοϊστορίας, οι παραμορφώσεις θα πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή (q). Έτσι συμπεριλαμβάνεται και η επιρροή της ανελαστικής συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων της κατασκευής.
- Όταν η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο των επιμέρους τοπικών δεικτών πλαστιμότητας (m), είτε με τη μέθοδο φασματικής απόκρισης, είτε με τη

μέθοδο χρονοϊστορίας, τα εντατικά μεγέθη και οι παραμορφώσεις θα αυξάνονται κατάλληλα για να συμπεριληφθεί, και εδώ, η επιρροή της ανελαστικής συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων.

- Σε κάθε μέθοδο τα εντατικά μεγέθη και οι παραμορφώσεις θα προσαυξάνονται για να ληφθεί υπόψη η επιρροή της στρέψης.

#### **4.4 Ανελαστική στατική ανάλυση (Pushover)**

##### **4.4.1 Σκοπός και πλεονεκτήματα**

Σκοπός της ανελαστικής στατικής ανάλυσης είναι:

- Η δημιουργία της καμπύλης αντίστασης του κτιρίου, που είναι το θεμέλιο για όλους τους απαιτούμενους ελέγχους ικανοποίησης των κριτηρίων επιτελεσματικότητας, και εκφράζει τη μη-γραμμική σχέση μεταξύ του επιβαλλόμενου οριζόντιου φορτίου και της μετατόπισης κορυφής.
- Την επάρκεια της υπεραντοχής στο κτίριο, λόγος  $a_u/a_1$ .
- Την παρακολούθηση της συμπεριφοράς των μελών της κατασκευής κατά σειρά και τα σημεία εμφάνισης των πλαστικών αρθρώσεων. Έτσι γίνεται η αποτύπωση της κατανομής των ζημιών στην κατασκευή και γίνεται κατανοητός ο μηχανισμός απορρόφησης ενέργειας και ο έλεγχος σχεδιαστικών απαιτήσεων.

Η μη γραμμική ανάλυση πλεονεκτεί έναντι της ελαστικής, καθώς παρουσιάζει τα παρακάτω:

- Έχει μεγαλύτερης ακρίβειας αποτελέσματα διότι λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τη δυσκαμψία των μελών αλλά και την αντοχή τους. Ακόμη μπορεί να γίνει ο έλεγχος της δυνατότητας παραμόρφωσης, όπως διαμορφώνεται.
- Είναι δυνατή η εποπτεία κατανομής των βλαβών στο φορέα.
- Απαλλάσσονται τα ικανοτικά προσομοιώματα.
- Μπορεί να γίνει ο έλεγχος της επάρκειας του φορέα για πολλές στάθμες επιτελεσματικότητας ταυτόχρονα.
- Πληροφορεί σχετικά με την μορφή της δομικής ανεπάρκειας και συνεισφέρει στο σχεδιασμό της ενίσχυσης είτε με αύξηση της αντοχής, είτε με αύξηση της πλαστιμότητας, είτε με συνδυασμό και των δύο.

Για την αποτίμηση ή τον ανασχεδιασμό των υφιστάμενων κτιρίων η ανελαστική ανάλυση χαράσσει την καμπύλη αντίστασης, σύμφωνα με την οποία προσδιορίζεται το σημείο επιτελεστικότητας για δεδομένη σεισμική διέγερση και με βάση αυτό γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι σε όρους παραμορφώσεων ή δυνάμεων. Είναι δεδομένο ότι έχει ληφθεί γνώση της γεωμετρίας του φορέα, των υφιστάμενων υλικών και των κατασκευαστικών λεπτομερειών που κυμαίνεται από πλήρης μέχρι περιορισμένη.

Ένα υφιστάμενο κτίριο παρουσιάζει διαφορετικούς στόχους αποτίμησης για τις διάφορες στάθμες επιτελεστικότητας, ανάλογα με την κατηγορία σπουδαιότητας του.

#### **4.4.2 Εφαρμογή της ανελαστικής στατικής ανάλυσης (pushover) σε νέα και παλαιά κτίρια**

Η ανάλυση Pushover είναι απαραίτητη τόσο στα νέα όσο και στα παλαιά κτίρια και η διαφοροποίησή της εξαρτάται από το σκοπό που επιδιώκεται να επιτευχθεί με την ανάλυση αυτή. Πιο συγκεκριμένα:

- Στα νέα κτίρια, με την ανάλυση Pushover, επιδιώκεται η χάραξη της καμπύλης αντίστασης της κατασκευής και μέσω αυτής ο προσδιορισμός του λόγου  $\alpha_u / \alpha_1$ , ο οποίος χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του συντελεστή συμπεριφοράς της κατασκευής. Παρόλα αυτά οι απαιτούμενοι έλεγχοι της κατασκευής γίνονται σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ελαστικής ανάλυσης. Θεωρείται ότι υπάρχει πλήρης γνώση της γεωμετρίας του φορέα, της θεωρητικής ποιότητας των χρησιμοποιούμενων υλικών και των διάφορων κατασκευαστικών λεπτομερειών.
- Στις παλαιές κατασκευές που αποτιμώνται ή ανασχεδιάζονται, με την ανάλυση Pushover, επιδιώκεται η χάραξη της καμπύλης αντίστασης της κατασκευής και σύμφωνα με αυτή ο προσδιορισμός του σημείου επιτελεστικότητας για δεδομένη σεισμική διέγερση. Με βάση το σημείο επιτελεστικότητας γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι σε όρους παραμορφώσεων ή δυνάμεων. Θεωρείται ότι υπάρχει πλήρης έως περιορισμένη γνώση της γεωμετρίας του φορέα, της πραγματικής ποιότητας των χρησιμοποιούμενων υλικών και των διάφορων κατασκευαστικών λεπτομερειών.

#### 4.4.3 Φορτία και μέλη κατασκευής

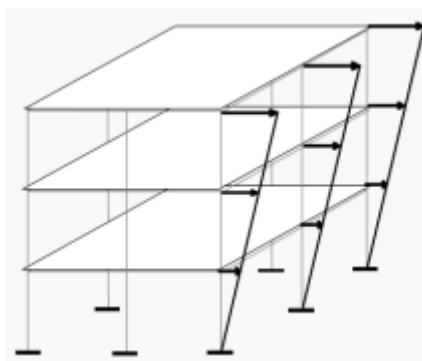
Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες βασικές απαιτήσεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. για τη θέση των φορτίων στην κατασκευή και τη συμπεριφορά των μελών της.

- Τα κατακόρυφα φορτία των στοιχείων θα συμπεριλαμβάνονται στο προσομοίωμα, σε συνδυασμό με τα οριζόντια φορτία, σύμφωνα με τον EC8.
- Τα πλευρικά στατικά φορτία τοποθετούνται στη στάθμη κάθε διαφράγματος, σύμφωνα με την κατανομή των αδρανειακών σεισμικών δυνάμεων.
- Με την εφαρμογή τους σε δύο αντίθετες διευθύνσεις, θα ληφθούν δύο αποτελέσματα για κάθε κρίσιμη διατομή, από τα οποία θα χρησιμοποιηθεί το δυσμενέστερο.
- Στο προσομοίωμα θα συμπεριλαμβάνονται και τα κύρια και τα δευτερεύοντα στοιχεία, όπως επίσης και οι τοιχοπληρώσεις εφόσον λαμβάνεται υπόψη η φάση εξασθένησης της αντίστασης του στοιχείου. Διαφορετικά τα δευτερεύοντα στοιχεία θα αποκλύονται από την ανάλυση.

#### 4.4.4 Κατανομή σεισμικών φορτίων

Η σεισμική ένταση κατανέμεται με οριζόντια φορτία, σύμφωνα με την κατανομή των αδρανειακών δυνάμεων, αυξανόμενη σταδιακά μέχρι το επίπεδο της κρίσιμης μετακίνησης του δομήματος, που ταυτίζεται με την οροφή του κτιρίου.

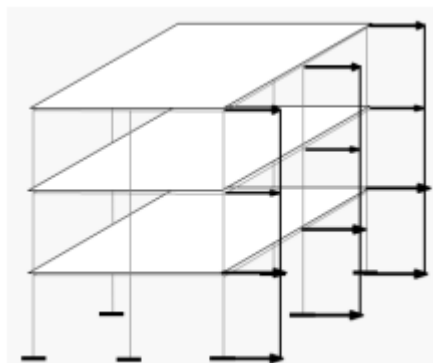
- Οριζόντια κατανομή φορτίων  
Σύμφωνα με τις διατάξεις του EC8 και του ΚΑΝ.ΕΠΕ., η εφαρμογή τους γίνεται στη στάθμη του διαφράγματος (πλάκα ορόφου), και στις δύο διευθύνσεις για θετικό και αρνητικό πρόσημο. Στην κάθε περίπτωση που προκύπτει εφαρμόζονται τουλάχιστον δύο καθ' ύψος κατανομές των οριζόντιων φορτίων, για να λαμβάνεται υπόψη η μεταβολή του τρόπου κατανομής των φορτίων λόγω της μετελαστικής συμπεριφοράς ορισμένων περιοχών του φορέα και της επιρροής των ανώτερων ιδιομορφών.
- Καθ' ύψος κατανομή φορτίων
  - Τριγωνική κατανομή  
Η επιλογή της πρώτης κατανομής οριζόντιων φορτίων είναι ανάλογη με τις πλευρικές δυνάμεις που είναι συμβατές με την κατανομή των οριζόντιων δυνάμεων που προκύπτουν από την ελαστική ανάλυση.



Εικόνα 4.11 Τριγωνική κατανομή φόρτισης καθ' ύψος. (βλέπε ΛΗΛογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

- Ομοιόμορφη κατανομή

Η επιλογή της δεύτερης κατανομής οριζόντιων φορτίων στηρίζεται σε οριζόντιες δυνάμεις, ανάλογες της μάζας και ανεξαρτήτως στάθμης

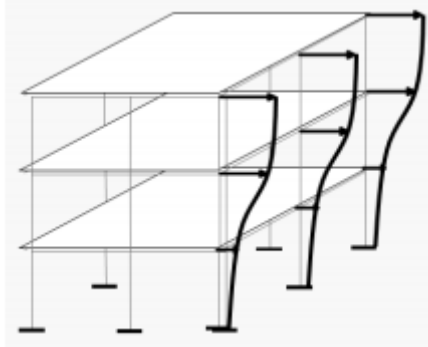


Εικόνα 4.12 Ορθογωνική κατανομή φόρτισης καθ' ύψος. (βλέπε ΛΗΛογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

- Ιδιομορφική κατανομή

Η επιλογή της τρίτης κατανομής οριζόντιων φορτίων βασίζεται στην ιδιομορφή της κατασκευής που αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ποσοστό της ιδιομορφικής μάζας που προέκυψε από την ελαστική ιδιομορφική ανάλυση.





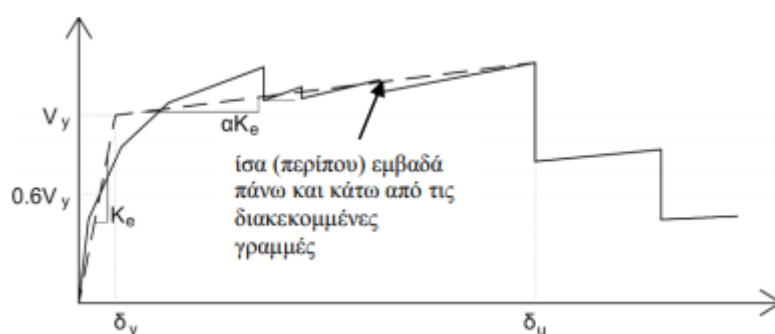
Εικόνα 4.13 Ιδιομορφική κατανομή φόρτισης καθ' ύψος. (βλέπε ΛΗΛογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

#### 4.4.5 Κύρια και δευτερεύοντα στοιχεία

Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. οι επιμέρους φορείς του φέροντος οργανισμού μιας κατασκευής και τα μεμονωμένα δομικά στοιχεία διακρίνονται σε κύρια και δευτερεύοντα. Η διάκριση αυτή γίνεται με βάση τη συνεισφορά τους στην παραλαβή των σεισμικών φορτίων. Κύρια (ή πρωτεύοντα) μέλη χαρακτηρίζονται όλα τα κατακόρυφα και οριζόντια στοιχεία που συμβάλλουν στην αντοχή και την ευστάθεια του δομήματος υπό σεισμικά φορτία, ενώ δευτερεύοντα χαρακτηρίζονται τα υπόλοιπα, αυτά δηλαδή που δεν συμβάλλουν ιδιαίτερα στην αντοχή και στην ευστάθεια της κατασκευής. Όσον αφορά τα δευτερεύοντα στοιχεία η δυσκαμψία και η αντοχή τους υπό σεισμικές δράσεις αγνοείται, ενώ διατηρούν την ικανότητα παραλαβής των κατακόρυφων φορτίων βαρύτητας. Γενικά ο διαχωρισμός των μελών σε κύρια και δευτερεύοντα επηρεάζει τους συντελεστές ασφαλείας των υλικών για έλεγχο σε όρους δυνάμεων. Πιο συγκεκριμένα στα δευτερεύοντα η αντοχή υπολογίζεται κατά περίπτωση από τις μέσες ή χαρακτηριστικές τιμές χωρίς διαίρεση με τους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_s$  και  $\gamma_c$ . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στα δευτερεύοντα μέλη να προκύπτει μεγαλύτερη τιμή των αντιστάσεων (τέμνουσα), απ' ό,τι στα κύρια. Για τον έλεγχο σε όρους παραμορφώσεων η διάκριση σε κύρια και δευτερεύοντα μέλη αφορά μόνο τις στάθμες επιτελεστικότητας Προστασία Ζωής (SD) και Αποφυγή Κατάρρευσης (NC). Σε αυτές τις δύο στάθμες τα δευτερεύοντα στοιχεία επιτρέπεται να υποστούν μεγαλύτερες μετακινήσεις και βλάβες από τα κύρια, διότι ισχύουν διαφορετικά κριτήρια επιτελεστικότητας. Για τη στάθμη Περιορισμένες Βλάβες (DL), τα κριτήρια επιτελεστικότητας για κύρια και δευτερεύοντα στοιχεία ταυτίζονται.

#### 4.4.6 Εξιδανικευμένη καμπύλη αντίστασης

Η μη γραμμική σχέση της τέμνουσας βάσεως συναρτήσει της μετακίνησης του κόμβου ελέγχου, αντικαθίσταται από μια εξιδανικευμένη καμπύλη για τον προσδιορισμό της ισοδύναμης πλευρικής δυσκαμψίας  $K_e$  και της αντίστοιχης δύναμης διαρροής  $V_y$  του κτιρίου. Η μορφή αυτής συνιστάται να είναι διγραμμική, με  $K_e$  την κλίση του πρώτου κλάδου και  $\alpha K_e$  την κλίση του δεύτερου κλάδου. Οι δύο αυτές 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 4.14 Εξιδανίκευση μιας καμπύλης αντίστασης της κατασκευής με διγραμμική καμπύλη (σχήμα Σ5.2 ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

Η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία  $K_e$  λαμβάνεται από την επιβατική δυσκαμψία που αντιστοιχεί σε δύναμη ίση προς το 60% της δύναμης διαρροής  $V_y$  που ορίζεται από την τιμή των ευθειών που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Η ανηγμένη κλίση  $\alpha$  του δεύτερου τμήματος υπολογίζεται από την ευθεία που διέρχεται από το σημείο της πραγματικής μη γραμμικής καμπύλης αντίστασης που αντιστοιχεί στη μετακίνηση αστοχίας  $\delta_u$ . Εν συνεχεία παρατηρείται ότι η αντοχή του φορέα μειώνεται σημαντικά. Η τιμή που προκύπτει για την κλίση  $\alpha$  πρέπει να είναι θετική ή οριακά ίση με το μηδέν, αλλά να μην ξεπερνά το 0,10, για να είναι συμβατή με τις υπόλοιπες παραδοχές της μεθόδου εκτίμησης της  $\delta_t$ , όπως ο συντελεστής  $C_1$ . Το μειωμένο ποσοστό της τιμής της αντοχής συνιστάται στο 15%, εφόσον σε αυτή τη στάθμη δεν έχει αστοχήσει κάποιο κύριο κατακόρυφο στοιχείο. Συμπερασματικά, αν δεν απαιτείται εκτίμηση της διαθέσιμης πλαστιμότητας της κατασκευής, η κλίση  $K_e$  λαμβάνεται ως η επιβατική τιμή για στάθμη αντοχής ίση προς το 60% της μέγιστης αντίστασης  $V_{max}$  και η δύναμη διαρροής  $V_y$ , για τον προσδιορισμό του δείκτη  $R$ , ως το 80% της  $V_{max}$ .

#### 4.4.7 Στοχευόμενη μετακίνηση

- Μέθοδος ΚΑΝ.ΕΠΕ. (μέθοδος των συντελεστών)

Η στοχευόμενη μετακίνηση  $\delta_t$  προσδιορίζεται λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η μετατόπιση ενός ανελαστικά αποκρινόμενου κτιρίου και εφόσον δεν χρησιμοποιείται πιο ακριβή προσέγγιση υπολογίζεται με βάση την παρακάτω σχέση:

$$E(4.4.7.1): \delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 (T_e^2 / 4\pi^2) S_e(T)$$

όπου:  $T_e = T \sqrt{\frac{K_0}{K_e}}$ , η ισοδύναμη θεμελιώδης ιδιοπερίοδος, με  $T$ : η ελαστική κυριαρχούσα ιδιοπερίοδος στη θεωρούμενη διεύθυνση που υπολογίζεται με βάση μια ελαστική δυναμική ανάλυση,  $K_0$ : η αντίστοιχη ελαστική πλευρική δυσκαμψία,  $K_e$ : η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία.

$C_0$ : Ο συντελεστής που συνδέει την πραγματική μετακίνηση κορυφής  $\delta_t$  με τη φασματική μετακίνηση  $S_d$  του ισοδύναμου ελαστικού φορέα. Οι τιμές του μπορούν να λαμβάνονται ίσες με 1.0, 1.2, 1.3, 1.4 και 1.5 για αριθμό ορόφων 1, 2, 3, 5 και  $\geq 10$  αντίστοιχα.

$C_1$ : Ο συντελεστής που συνδέει τη μετακίνηση ανελαστικού συστήματος με αυτή του αντίστοιχου ελαστικού και υπολογίζεται από τα παρακάτω:

$$\text{Για } T_e \geq T_c, C_1 = 1$$

$$\text{Για } T_e < T_c, C_1 = [1 + (R-1)T_c/T_e]/R$$

με  $T_c$ : η τιμή στην οποία αρχίζει ο κατιών κλάδος του φάσματος απόκρισης,  $R$ : ο λόγος της ελαστικής απαίτησης προς τη δύναμη διαρροής του φορέα.

$C_2$ : Ο συντελεστής που λαμβάνει υπόψη τη μορφή των βρόχων υστέρησης της ανελαστικής συμπεριφοράς. Οι τιμές του λαμβάνονται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας Σ5.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

Στάθμη επιτελεστικότητας	$T_e \leq 0.1s$		$T_e \geq T_c$	
	φορέας τύπου 1	φορέας τύπου 2	φορέας τύπου 1	φορέας τύπου 2
«Περιορισμένες βλάβες»	1.0	1.0	1.0	1.0
«Σημαντικές βλάβες»	1.3	1.0	1.1	1.0
«Οιονεί κατάρρευση»	1.5	1.0	1.2	1.0

Πίνακας 4.13 Τιμές του συντελεστή  $C_2$

Παρατηρείται διαφοροποίηση ανάμεσα στις στάθμες διότι η υστερητική απόσβεση είναι σημαντικότερη σε μεγαλύτερα επίπεδα μεταλαστικής συμπεριφοράς του φορέα.

$C_3$ : Ο συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την αύξηση των μετακινήσεων λόγω φαινομένων 2ας τάξεως και παίρνει τιμές σύμφωνα με τη σχέση:

$$C_3 = 1 + 5(\theta - 1)/T_e$$

με  $\theta$ : ο δείκτης σχετικής μεταθετότητας, που είναι ίσος με τη μέγιστη τιμή από τις προκύπτουσες για τον κάθε όροφο της κατασκευής.

Μετά την εύρεση της στοχευόμενης μετακίνησης ελέγχεται, αν τα δομικά στοιχεία της κατασκευής ικανοποιούν τις απαιτήσεις για αντοχή και παραμόρφωση, για την επιλεγείσα στάθμη επιτελεστικότητας. Στην περίπτωση που όλα τα στοιχεία επαρκούν, τότε ο φορέας κρίνεται επαρκής.

- Μέθοδος EC8 (Μέθοδος N2)

Η μετατροπή της απόκρισης του πολυβάθμιου συστήματος στην αντίστοιχη του ισοδύναμου μονοβάθμιου θεωρείται απαραίτητη για τη σύγκριση της καμπύλης ικανότητας της κατασκευής με τη σεισμική απαίτηση που ορίζεται από το φάσμα σχεδιασμού. Τα φορτία κατανέμονται στο επίπεδο του κέντρου βάρους των ορόφων βάσει της κατανομής των αδρανειακών του χαρακτηριστικών σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$E(4.4.7.2): F_i = V \frac{m_i \varphi_i}{\sum_{j=0}^N m_j \varphi_j}$$

Όπου:

- Τα  $i, j$  οι στάθμες της κατασκευής
- Το  $V$  είναι η τέμνουσα βάσης
- Το  $\varphi_i$  είναι οι ιδιομορφικές μετατοπίσεις του διαφράγματος  $i$
- Το  $m_i$  είναι οι αντίστοιχες μάζες

Οι συντελεστές  $\varphi_i$  υποδεικνύουν την κατανομή των μετακινήσεων στους ορόφους. Οι τιμές των ιδιομορφικών μετατοπίσεων κοινωνικοποιούνται ως προς την μετακίνηση οροφής για να γίνει η τιμή του  $\varphi$  στην οροφή ίση με τη μονάδα. Χρησιμοποιώντας την παραπάνω εξίσωση η μετατροπή του πολυβάθμιου συστήματος σε ισοδύναμο μονοβάθμιο γίνεται σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$E(4.4.7.3): Q = \Gamma Q^*$$

Όπου:

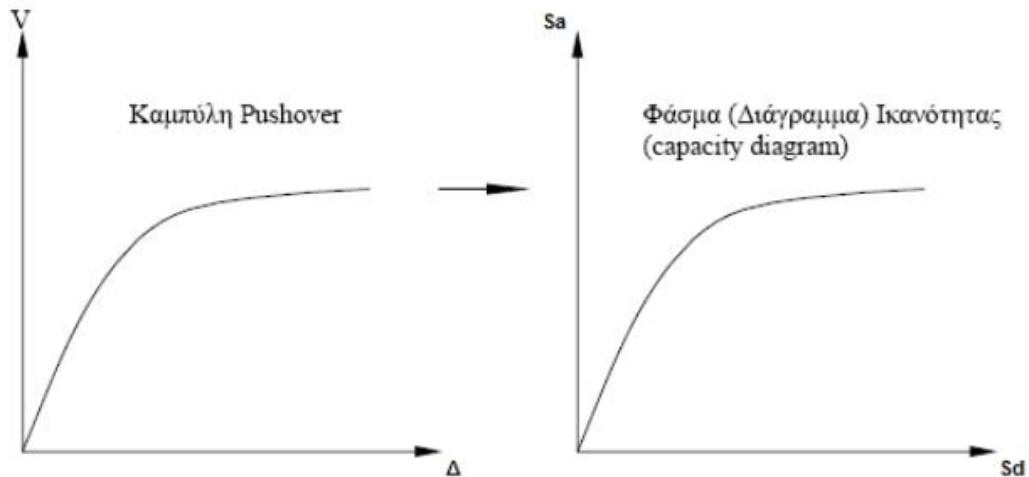
- $Q^*$  οποιοδήποτε μέγεθος στο ισοδύναμο μονοβάθμιο σύστημα
- $Q$  το αντίστοιχο μέγεθος στο πολυβάθμιο σύστημα
- $\Gamma$  ο συντελεστής συμμετοχής που δίνεται από την ακόλουθη σχέση (EC8-1):

$$E(4.4.7.4): \Gamma = \frac{\sum m_i \varphi_i}{\sum m_i \varphi_i^2}$$

Όπου ο αριθμητής  $\sum m_i \varphi_i$  ισούται με τη μάζα του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος  $m^*$ .

Οι δυνάμεις και οι μετακινήσεις ακολουθούν τον ίδιο μετασχηματισμό της σχέσης (4.4.7.3), επομένως η δυσκαμψία του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος θα ισούται με τη δυσκαμψία του αντίστοιχου πολυβάθμιου. Δε συμβαίνει όμως το ίδιο με τις ιδιοπεριόδους των δύο συστημάτων.

Για να είναι δυνατή η αντιπαράβολή της ικανότητας της κατασκευής με τη σεισμική απαίτηση ώστε να είναι εφικτός ο σχεδιασμός τους στο ίδιο διάγραμμα, η καμπύλη Pushover του μονοβάθμιου συστήματος μετατρέπεται σε φάσμα ικανότητας (ADRS). Η μετατροπή γίνεται με βάση τις παρακάτω σχέσεις:



Εικόνα 4.15 Μετατροπή της καμπύλης αντίστασης του πολυβάθμιου συστήματος σε φάσμα ικανότητας του μονοβάθμιου ισοδύναμου συστήματος. (βλέπε ΛΗΛογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

$$E(4.4.7.5): S_a = \frac{V}{a \cdot m_{tot}}$$

$$E(4.4.7.6): S_d = \frac{\Delta}{\Gamma \cdot \varphi_{top}}$$

Όπου:

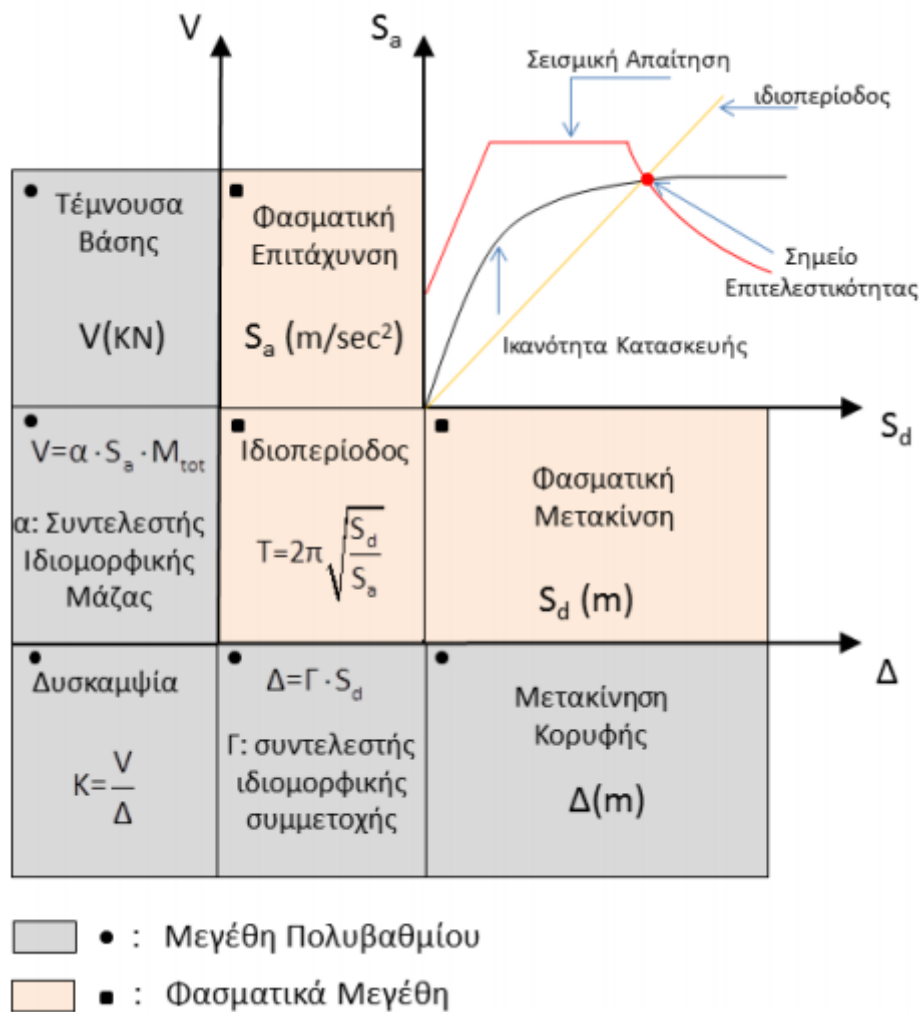
- $V$  η τέμνουσα βάσης του πολυβάθμιου συστήματος.
- $m_{tot}$  η συνολική μάζα του πολυβάθμιου συστήματος.
- $a$  το ποσοστό της συνολικής μάζας που συμμετέχει στη δυναμική απόκριση της κατασκευής για την αναμενόμενη ιδιομορφή της παραμόρφωσης, που δίνεται από την ακόλουθη σχέση, όπου φαίνεται πως ο αριθμητής αντιπροσωπεύει τη μάζα του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος.

$$\alpha = \frac{\Gamma \sum m_i \varphi_i}{m_{tot}} = \Gamma \frac{m^*}{m_{tot}}$$

- $\Delta$  η μετακίνηση οροφής πολυβάθμιου συστήματος.

- $\varphi_{top}$  η κανονικοποιημένη ιδιομορφική μετακίνηση κορυφής (συνήθως ισούται με τη μονάδα).
- Γ ο συντελεστής συμμετοχής.

Στο παρακάτω σχήμα συνοψίζεται η διαδικασία μετατροπής της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου σε φάσμα ικανότητας.



Εικόνα 4.16 Μετατροπή μεγεθών από το πολυβάθμιο σύστημα για τη δημιουργία του διαγράμματος ADRS. (βλέπε ΛΗΛογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

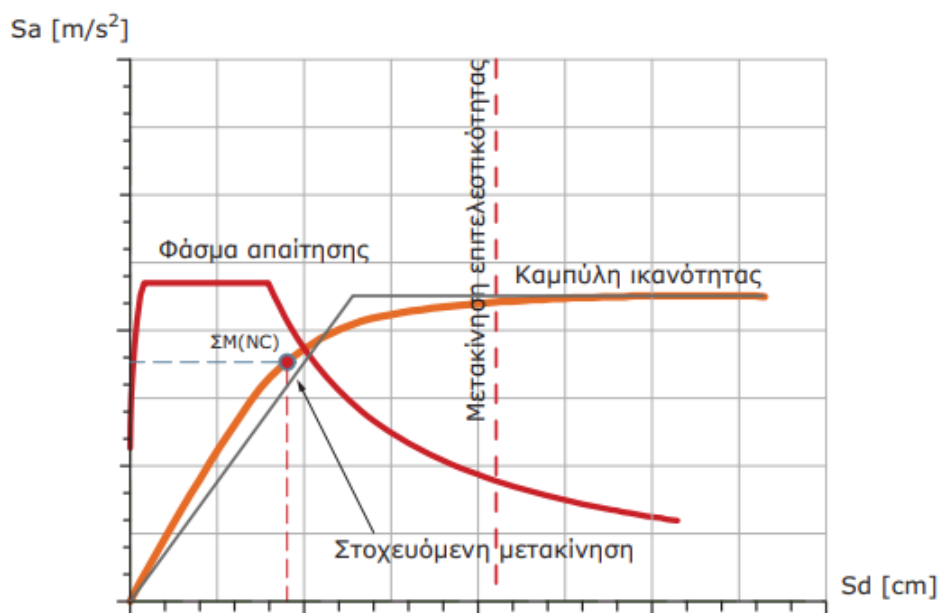
Από το διάγραμμα, λοιπόν, ADRS που προκύπτει, σημειώνεται η τιμή της στοχευόμενης μετακίνησης για τη δεδομένη στάθμη επιτελεστικότητας.

#### 4.4.8 Τελικός έλεγχος επάρκειας

- Καθολικός έλεγχος κατασκευής

Ο έλεγχος γίνεται με βάση τις μετακινήσεις και πιο συγκεκριμένα αν η ικανότητα μετακίνησης της κατασκευής για τη συγκεκριμένη στάθμη επιτελεστικότητας είναι

μεγαλύτερη από τη στοχευόμενη. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τον έλεγχο της θέσης της στοχευόμενης μετατόπισης, δηλαδή αν βρίσκεται αριστερά της διακεκομμένης γραμμής που συμβολίζει τη μετακίνηση για την αστοχία του πρώτου μέλους της κατασκευής, γεγονός που θα σήμαινε την επάρκειά της. Στο παρακάτω διάγραμμα η απαίτηση αυτή ικανοποιείται.



Εικόνα 4.17 Διάγραμμα τελικού ελέγχου επάρκειας κατασκευής. (βλέπε ΛΗΛογισμική (203): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

- Έλεγχος σε επίπεδο μέλους

Αφού γίνει εύρεση της στοχευόμενης μετακίνησης της κατασκευής, υπολογίζονται ξεχωριστά για κάθε μέλος οι γωνίες στροφής-χορδής που αντιστοιχούν στο βήμα επίλυσης όπου παρατηρείται η μετακίνηση αυτή. Ο λόγος της ευρισκόμενης αυτής τιμής προς την αντίστοιχη τιμή που ορίζει το κριτήριο επιτελεστικότητας, εκφράζει το συντελεστή επάρκειας της κάθε στάθμης επιτελεστικότητας. Αυτά ισχύουν για τον έλεγχο επάρκειας σε κάμψη. Από την άλλη ο λόγος της τέμνουσας του μέλους που αντιστοιχεί στη στοχευόμενη μετακίνηση προς την διατμητική αντοχή του μέλους, εκφράζει το λόγο επάρκειας σε διάτμηση και αφορά μόνο τη στάθμη επιτελεστικότητας Αποφυγή Κατάρρευσης (NC).

$$\lambda = \frac{\theta}{\theta_{lim}}$$

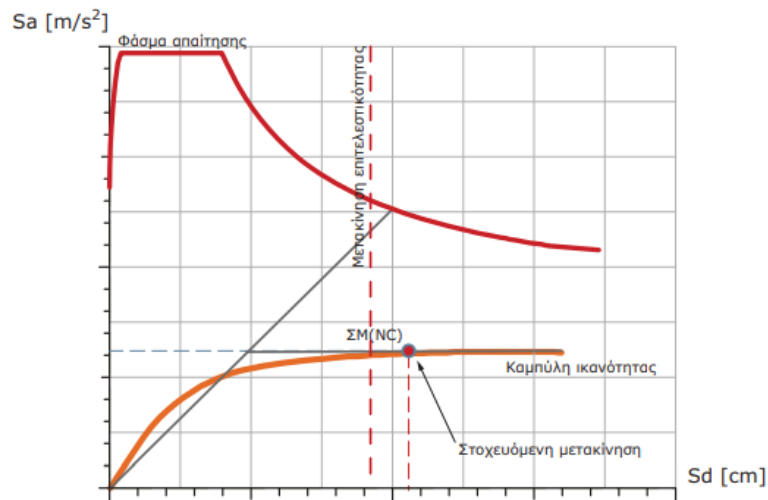


$$\lambda = \frac{V}{V_R}$$

Όταν κάποιοι έλεγχοι επάρκειας υπερβούν τη μονάδα, τότε η κατασκευή δεν πληροί τον καθολικό έλεγχο επάρκειας. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται επανασχεδιασμός του φορέα σε περίπτωση νέου δομήματος ή ενίσχυση σε περίπτωση υπάρχοντος. Στόχος είναι η εκπλήρωση όλων των στόχων επιτελεσματικότητας και επιτυγχάνεται με τα εξής:

- Αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας της κατασκευής μέσω αύξησης των διαστάσεων των διατομών και του οπλισμού.
- Αύξηση της διατιθέμενης πλαστιμότητας της κατασκευής μέσω της καλύτερης περίσφιξης των διατομών.

Στο παρακάτω διάγραμμα οι απαιτήσεις δεν ικανοποιούνται.



Εικόνα 4.18 Διάγραμμα μη ικανοποίησης του ελέγχου επάρκειας. (βλέπε ΛΗΛογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

#### 5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η παρουσίαση της διαδικασίας αποτίμησης της φέρουσας ικανότητας και ο έλεγχος της υφιστάμενης κατασκευής. Πραγματοποιείται χρήση του προγράμματος FESPA, έκδοση 7.6.0.24, καθώς έχει ενσωματωμένους τους σύγχρονους κανονισμούς, κανονισμό σκυροδέματος EC2 και αντισεισμικό κανονισμό EC8, και σε συνδυασμό φυσικά με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ, 2<sup>η</sup> αναθεώρηση 2017.

#### 5.2 Περιληπτική αναφορά των βημάτων για την εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα.

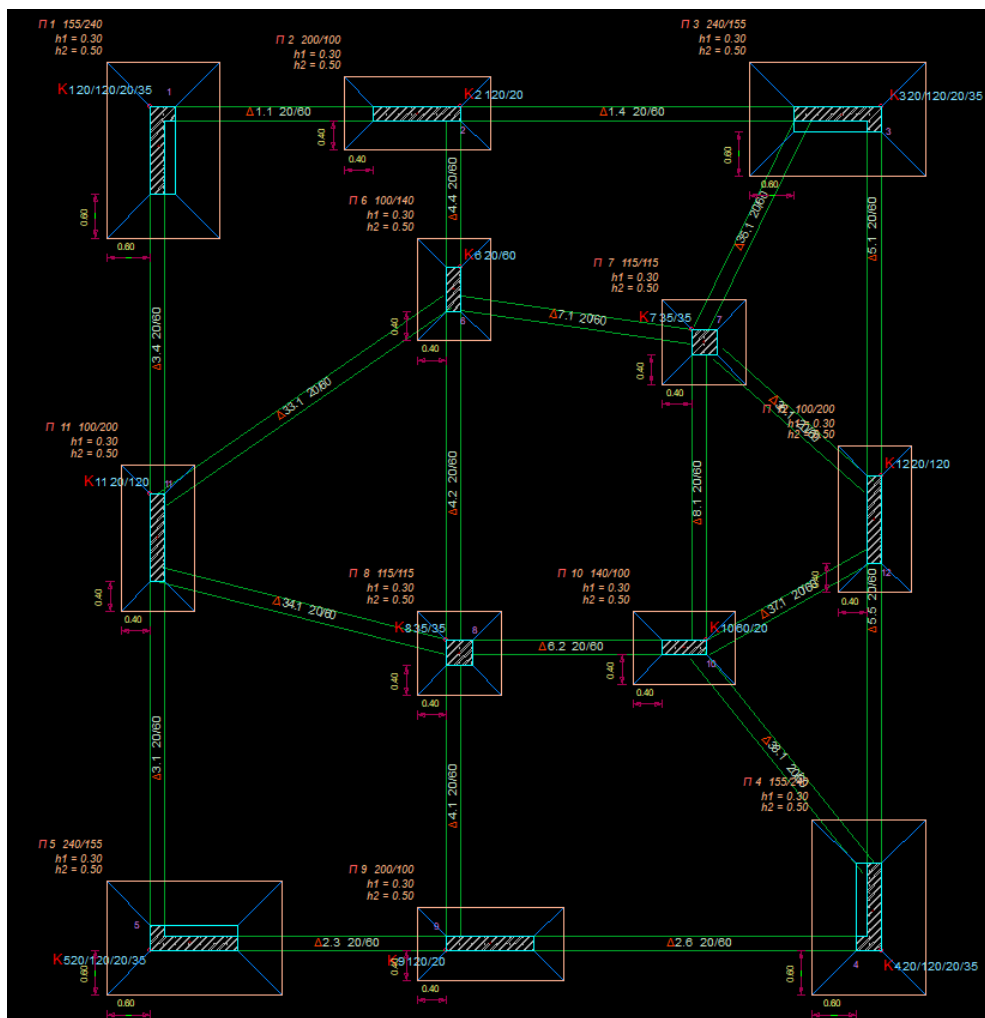
1. Εισάγουμε στο Fespa το προσομοίωμα της κατασκευής. Γίνεται παρουσίαση της γεωμετρικής απεικόνισης σε όλα τα μέλη του κτιρίου.
2. Πραγματοποιείται επίλυση και όπλιση του προσομοιώματος σύμφωνα με τον ισχύοντα κανονισμό κατά τον χρόνο κατασκευής. Με δεδομένα αυτά, λαμβάνουμε τους οπλισμούς που θα χρησιμοποιήσουμε ως βάση εργασίας για να επιταχύνουμε την εισαγωγή των υφιστάμενων οπλισμών στο μοντέλο.
3. Διεξάγονται όλες οι διορθώσεις των οπλισμών που είχαμε λάβει από το προηγούμενο βήμα με σκοπό αυτοί να είναι σύμφωνοι με τους υφιστάμενους οπλισμούς της κατασκευής.
4. Ορίζουμε τα μέλη ως υφιστάμενα.
5. Ορίζουμε ποια από τα μέλη αυτά είναι πρωτεύοντα ή δευτερεύοντα στην κατασκευή.
6. Εισάγουμε τη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (ΣΑΔ) και τις μέσες τιμές αντοχών του σκυροδέματος και του χάλυβα.
7. Καθορίζουμε τη στάθμη επιτελεστικότητας και την αντίστοιχη σεισμική απαίτηση σύμφωνα με τις οποίες θα γίνει ο έλεγχος.
8. Προχωράμε σε επίλυση. Πραγματοποιείται η κατασκευή της καμπύλης ικανότητας, του φάσματος απαίτησης, ο προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης και ο

υπολογισμός των συντελεστών επάρκειας του κάθε μέλους συναρτήσει της εξεταζόμενης στάθμης επιτελεστικότητας.

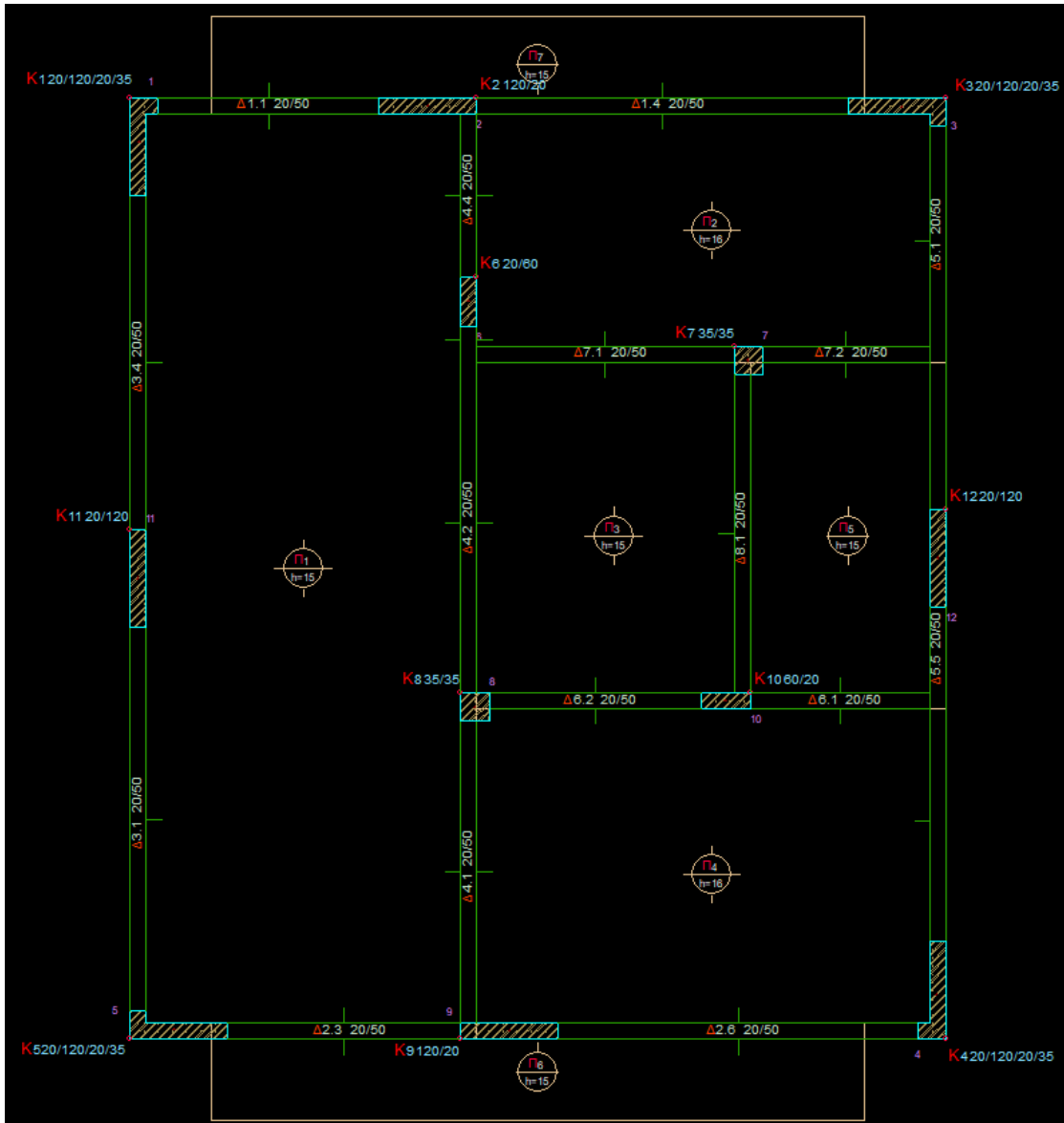
9. Στο τέλος λαμβάνουμε τα αποτελέσματα και πραγματοποιείται η αξιολόγηση για το κτίριο συνολικά και έπειτα για το κάθε μέλος.

### 5.3 Ο φορέας της υπό μελέτη κατασκευής

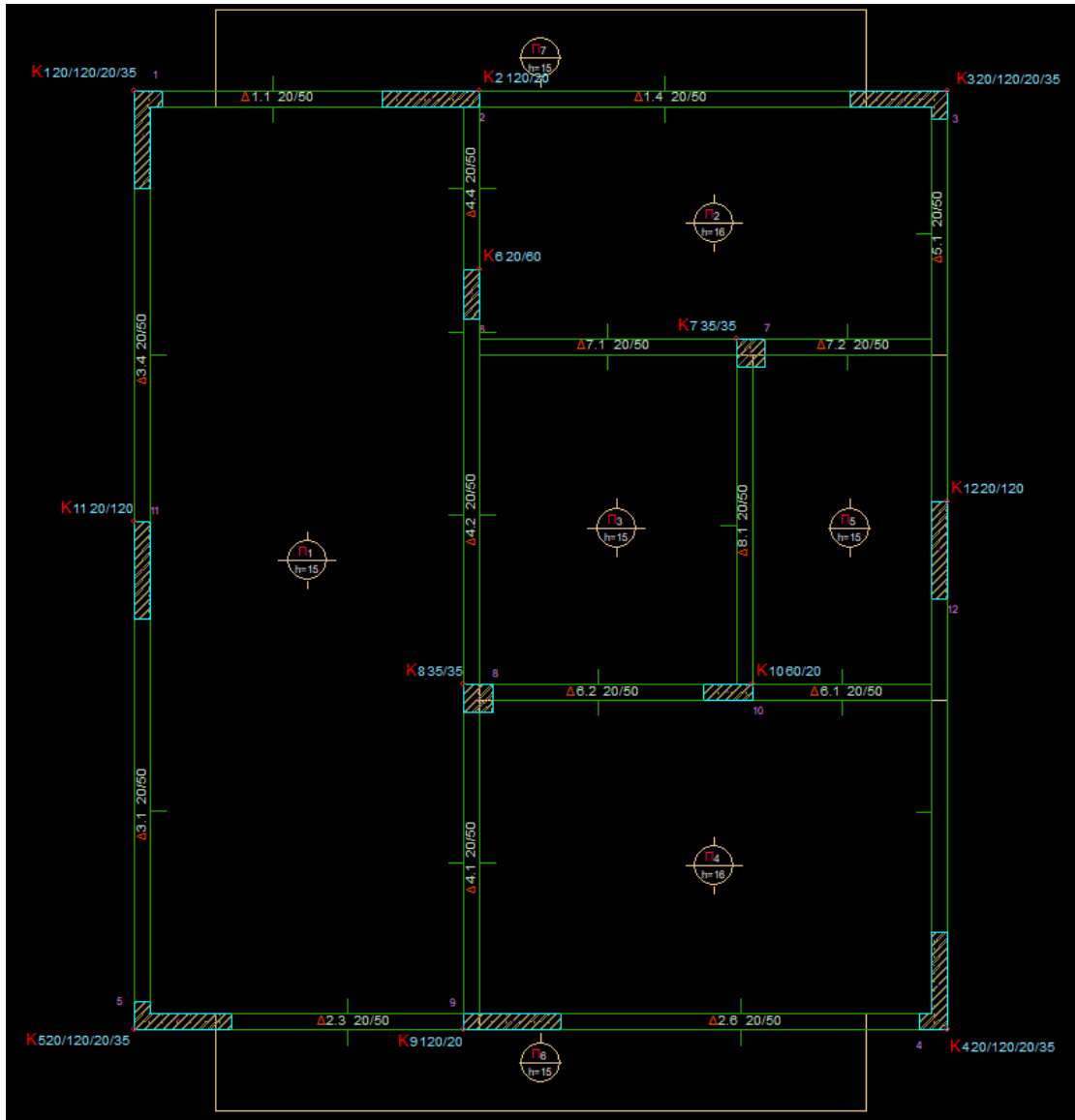
Ο φορέας της υπό μελέτης κατασκευής αποτελείται από ισόγειο, ένα όροφο ανωδομής και θεμελίωση. Όπως έχει προαναφερθεί και στο κεφάλαιο 2, το κτίριο βρίσκεται σε περιοχή εντός σεισμικής ζώνης τύπου ΙΙ. Στη θεμελίωση έχουν χρησιμοποιηθεί πέδιλα με συνδετήριες δοκούς ενώ όλες οι υπόλοιπες δοκοί στην ανωδομή έχουν θεωρηθεί ως κύριες.



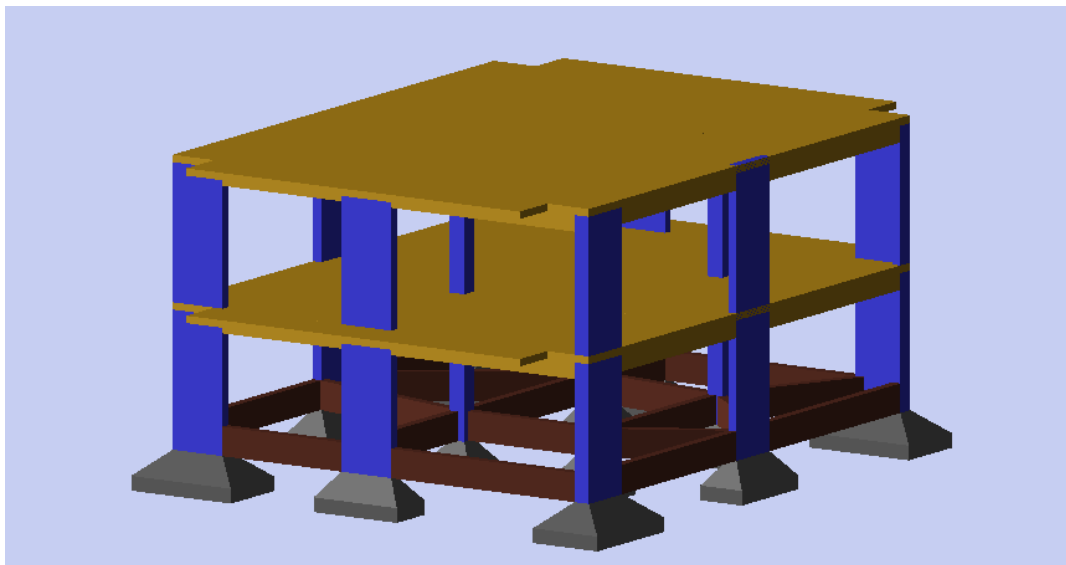
Εικόνα 5.19 Στάθμη Θεμελίωσης



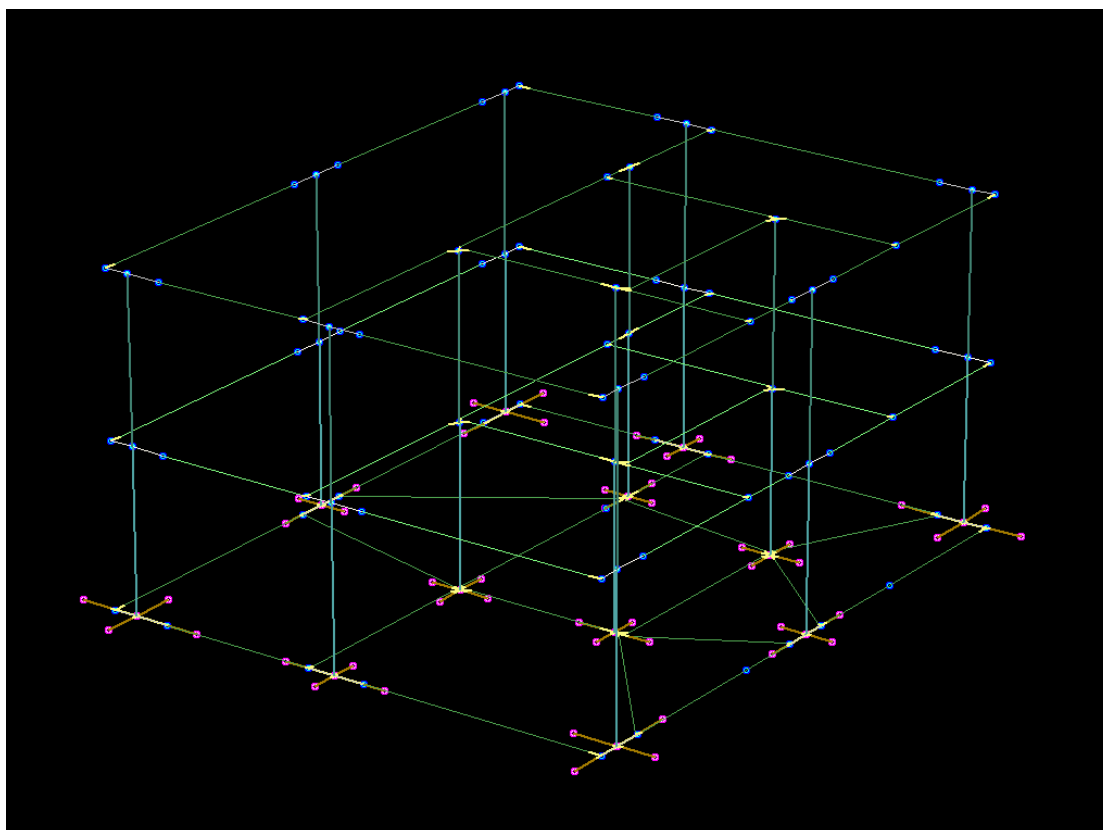
Εικόνα 5.20 Κάτοψη ισογείου



Εικόνα 5.21 Κάτοψη 1<sup>ου</sup> ορόφου



Εικόνα 5.22 Τρισδιάστατη απεικόνιση κτιρίου



Εικόνα 5.23 Τρισδιάστατη απεικόνιση (3DV)

#### 5.4 Δεδομένα στο κτίριο.

Κανονισμός σκυροδέματος: 1954, Αντισεισμικός κανονισμός: 1959

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II,  $ag=0.24$ , έδαφος B, Σπουδαιότητα Σ2 με  $\gamma=1$ , συντελεστής θεμελίωσης  $\theta=1$

Ποιότητα σκυροδέματος C12/15 (B160)

Ποιότητα χάλυβα S220 (StI), Ποιότητα χάλυβα συνδετήρων S220 (StI)

Επιτρεπόμενη τάση εδάφους: 250 KN/m<sup>2</sup>

Ύψος ορόφου 3m

#### 5.5 Διερεύνηση και τεκμηρίωση των στοιχείων φέροντος οργανισμού.

Στο υπό μελέτη κτίριο διεξήχθη επιτόπιος έλεγχος κατά τον οποίο δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές αποκλίσεις στην εφαρμογή των σχεδίων. Όσο αφορά τα θεμέλια οι διαστάσεις και η διάταξη της θεμελίωσης ελήφθησαν σύμφωνα με τα σχέδια καθώς ήταν αδύνατος ο επιτόπιος έλεγχος σε αυτά. Να σημειωθεί επίσης ότι

δεν εντοπίστηκαν θέσεις βλαβών τέτοιες που να υποδεικνύουν στατική ή δομική ανεπάρκεια καθώς ούτε βλάβες που θα μπορούσαν να αποδοθούν σε παλαιότερα σεισμικά επεισόδια.

### 5.6 Στόχοι της αποτίμησης

Η αποτίμηση του υφισταμένου κτιρίου πραγματοποιείται για στάθμη επιτελεστικότητας Γ1 <<Οιονεί Κατάρρευση>>, για σεισμική δράση με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη και Β2 <<Προστασία Ζωής>>, για σεισμική δράση με πιθανότητα υπέρβασης 50% στα 50 έτη.

Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού		
	«Περιορισμένες βλάβες»	«Σημαντικές βλάβες»	«Οιονεί Κατάρρευση»
10%	A1	B1	Γ1
50%	A2	B2	Γ2

Πίνακας 5.14 ΚΑΝ.ΕΠΕ, Στόχοι αποτίμησης

### 5.7 Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων – ΣΑΔ

Δεδομένα	Προέλευση δεδομένων	Στάθμη Αξιοπιστίας
Γεωμετρικά στοιχεία θεμελίωσης	Σχέδια αρχικής μελέτης επιβεβαιωμένα.	Ικανοποιητική
Γεωμετρικά στοιχεία ανωδομής	Σχέδια αρχικής μελέτης επιβεβαιωμένα.	Ικανοποιητική
Υφιστάμενο σκυρόδεμα	Παραδοχές αρχικής μελέτης επιβεβαιωμένες με οπτική αναγνώριση	Ικανοποιητική

Υφιστάμενος χάλυβας	Παραδοχές αρχικής μελέτης επιβεβαιωμένες με οπτική αναγνώριση	Ικανοποιητική
Οπλισμοί (πλήθος, διάταξη, λεπτομέρειες)	Σχέδια αρχικής μελέτης επιβεβαιωμένα.	Ικανοποιητική

Πίνακας 5.15 Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων

Με βάση τη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (υψηλή, ικανοποιητική, ανεκτή) λαμβάνεται υπόψη η αυξημένη αβεβαιότητα στις αριθμητικές τιμές των δεδομένων στην υφιστάμενη κατασκευή. Για τις ανάγκες της εργασίας, αν και έχουν γίνει κάποιες παραδοχές για την προέλευση των δεδομένων, η στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων λήφθηκε «Ικανοποιητική».

## 5.8 Εισαγωγή φορέα στο Fespa – Επίλυση & όπλιση

### 5.8.1 Διαστασιολόγηση κτιρίου με τους κανονισμούς της μελέτης

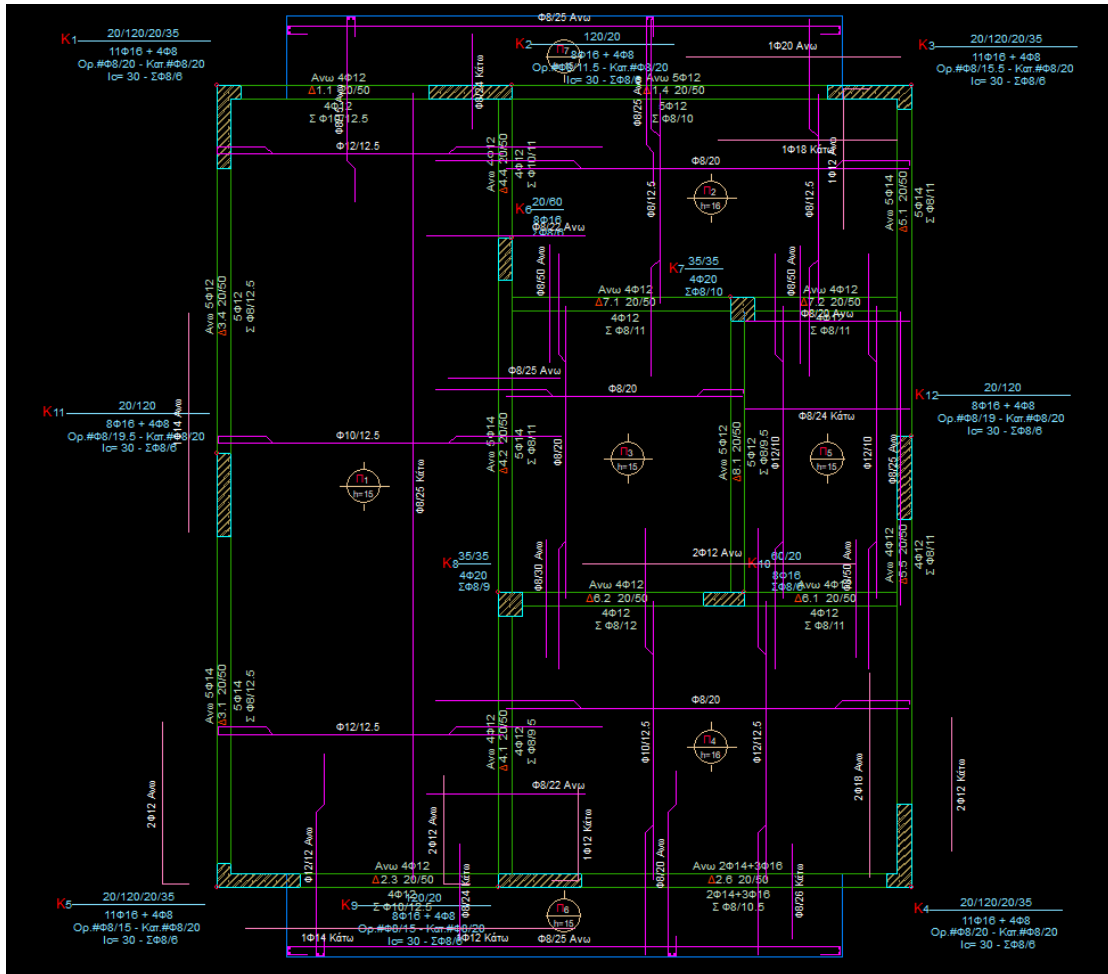
Στα παραπάνω βήματα πραγματοποιήθηκε η δημιουργία της προσομοίωσης του κτιρίου στο Fespa. Το επόμενο βήμα αποτελεί η όπλιση των μελών συναρτήσει των κανονισμών της μελέτης (κανονισμός σκυροδέματος 1954 και αντισεισμικός κανονισμός 1959). Η όπλιση του κτιρίου που θα δημιουργήσουμε θα αποτελέσει εργαλείο παρακάτω, ώστε με ελάχιστες τροποποιήσεις να εισάγουμε τους πραγματικούς υφιστάμενους οπλισμούς σύμφωνα με τους οποίους θα γίνει η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής.

### 5.8.2 Καθορισμός Παραμέτρων Οπλισμού

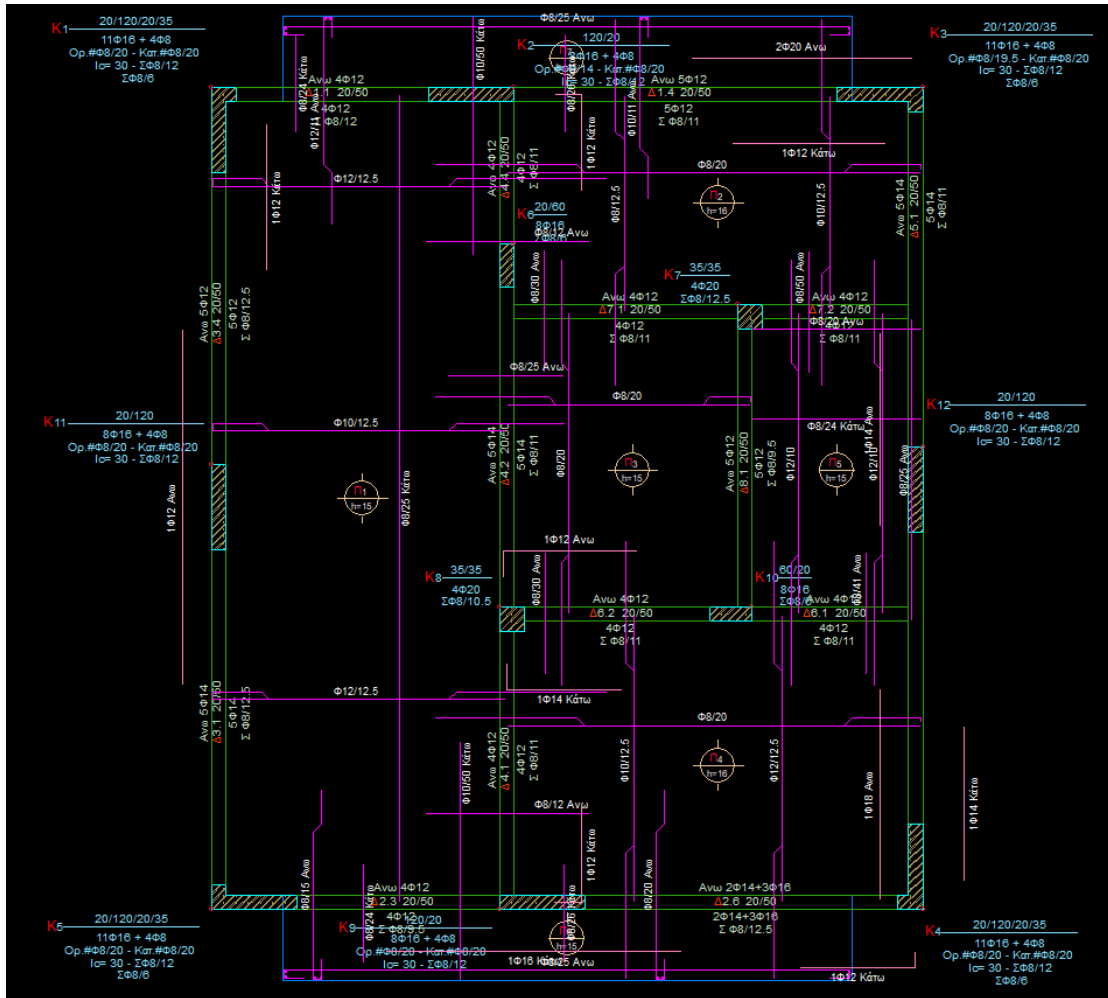
- Κτίριο> Γενικά> Γενική περιγραφή εργασίας= Νέα κατασκευή
- Κτίριο> Γενικά> Στόχος μελέτης= Διαστασιολόγηση
- Κτίριο> Γενικά> Κανονισμός σκυροδέματος= 1954
- Κτίριο> Γενικά> Αντισεισμικός κανονισμός= 1959



- Κτίριο> Σκυρόδεμα> Ποιότητα σκυροδέματος= B160 (C12/15)
- Κτίριο> Οπλισμός> Ποιότητα χάλυβα= StI (S220)
- Κτίριο> Φάσμα> Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας= II
- Κτίριο> Φάσμα> Σπουδαιότητα κτιρίου= Σ2 (συνήθη κτίρια)
- Κτίριο> Φάσμα> Κατηγορία εδάφους= B



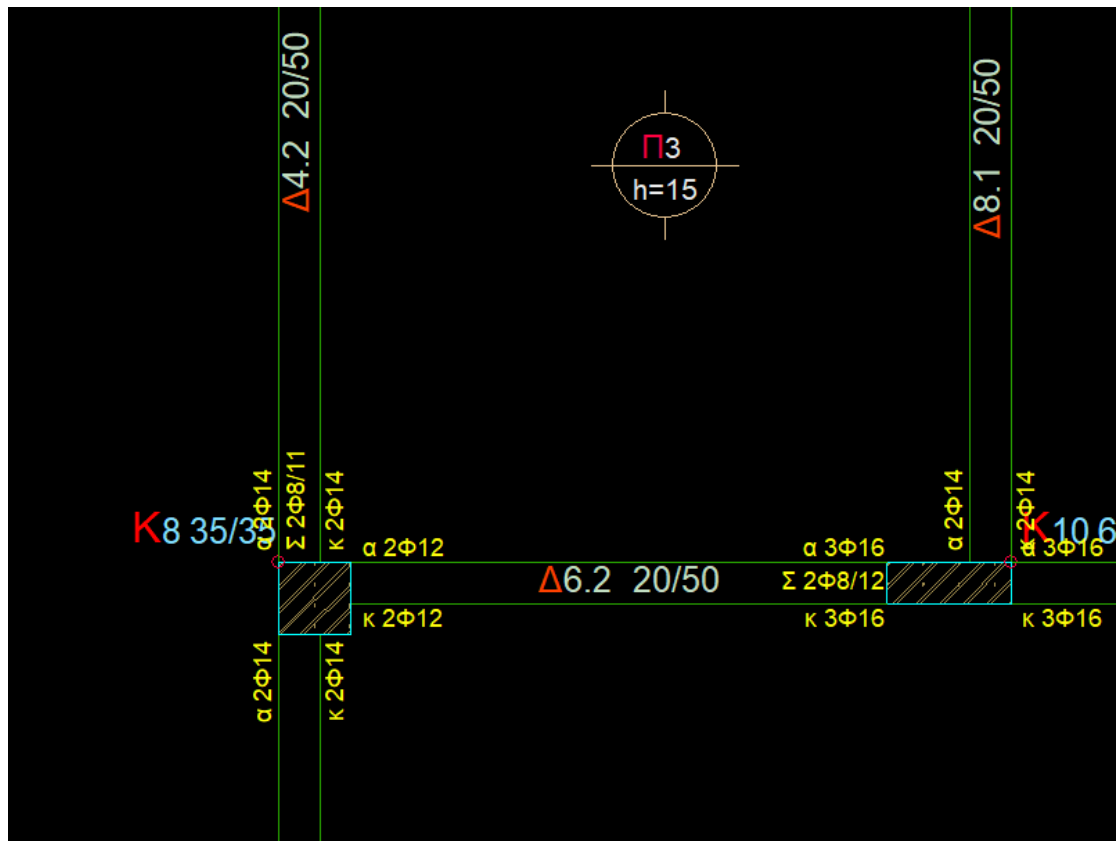
Εικόνα 5.24 Ξυλότυπος ισογείου



Εικόνα 5.25 Ξυλότυπος 1<sup>ου</sup> ορόφου

### 5.8.3 Απεικόνιση και εποπτεία υφιστάμενων οπλισμών

Ο υφιστάμενος οπλισμός στα άκρα δοκών εμφανίζεται με τη χρήση του εικονιδίου «Λεπτομέρειες» της εργαλειοθήκης «Σχεδιαστικά» ή με την επιλογή «Διαφανή/ Λεπτομέρειες οπλισμών/ Οπλισμός διατομής άκρου δοκού». Ο οπλισμός στα άκρα κάθε μέλους παρουσιάζεται είτε με την μορφή ράβδων, είτε με την μορφή As (βλ. παράμετρο «Κτίριο> Σκυρόδεμα> Περιγραφή οπλισμού άκρου»).



Εικόνα 5.26 Λεπτομέρειες οπλισμών στα άκρα δοκών ισογείου

## 5.9 Διαχείριση και τροποποίηση οπλισμών δοκών και υποστυλωμάτων

### 5.9.1 Δοκοί

Χρησιμοποιούμε την εντολή «Πάρε παραμέτρους άκρου» της οντότητας «Δοκός», επιλέγουμε μία δοκό και το αντίστοιχο άκρο της και πηγαίνουμε στην καρτέλα των παραμέτρων «Ράβδοι άκρου» όπου είναι εμφανής ο συνολικός οπλισμός, διαμήκης και εγκάρσιος, για το εν λόγω άκρο. Αλλαγές στους υπάρχοντες οπλισμούς κάνουμε με την εντολή «Δώσε παραμέτρους άκρου» της οντότητας «Δοκός».

Η πλαστική άρθρωση κατασκευάζεται στο άκρο δοκού. Η εντολή «Πάρε παραμέτρους άκρου» στην καρτέλα «Στατικά άκρου» χρησιμοποιείται για να ορίσουμε αν κρίνεται απαραίτητο τη δημιουργία πλαστικής άρθρωσης ή όχι στο άκρο της δοκού.

Κατά παρόμοιο τρόπο, οι εντολές «Πάρε/Δώσε παραμέτρους ανοίγματος» της οντότητας «Δοκός» καθιστούν ορατούς και επεξεργάσιμους τους οπλισμούς του ανοίγματος των δοκών στην καρτέλα «Ράβδοι ανοίγματος» των παραμέτρων.

Δοκός

Στατικά | Στατικά άκρου | Δεσμική | Φορτία | Σκυρόδεμα | Οπλισμός | Έδαφος | Υλικά - Αποτίμηση | **Ράβδοι άκρου** | Ράβδοι

Όπλιση διατομής ? Από διαστασιοδότηση

**Λισαύκης οπλισμός**

✓	Άνω οπλισμός $n \cdot \Phi$ [mm]	?	2Φ12
✓	Διατομή άνω οπλισμού $A_{s\_t}$ [cm <sup>2</sup> ]	?	2.26
✓	Διατομή άνω οπλισμού εκτός συνδετήρα [cm <sup>2</sup> /m]	?	2.51
✓	Κάτω οπλισμός $n \cdot \Phi$ [mm]	?	2Φ12
✓	Διατομή κάτω οπλισμού $A_{s\_b}$ [cm <sup>2</sup> ]	?	2.26

**Διάμετροι ράβδων για υπολογισμό  $\theta_y$**

✓	db άνω οπλισμού τέλους [mm]	?	0
✓	db κάτω οπλισμού τέλους [mm]	?	0

**Οπλισμός διάτμησης**

✓	Οπλισμός διάτμησης (συνδετήρες) $\tau_m \cdot \Phi / s$ [mm/cm]	?	2Φ8/12
✓	Διατομή συνδετήρων $A_{sw}/s$ [cm <sup>2</sup> /m]	?	8.38
✓	Λοξός οπλισμός διάτμησης $n \cdot \Phi$ [mm]	?	
✓	Διατομή λοξού οπλισμού $A_{s\_d}$ [cm <sup>2</sup> ]	?	0.00

Εικόνα 5.27 Οπλισμός άκρου δοκού 6.2 ισογείου

Δοκός

Δεσμική | Φορτία | Σκυρόδεμα | Οπλισμός | Έδαφος | Υλικά - Αποτίμηση | Ράβδοι άκρου | **Ράβδοι ανοίγματος** | Δεσμικός χάλυ

Όπλιση διατομής ? Από διαστασιοδότηση

**Λισαύκης οπλισμός**

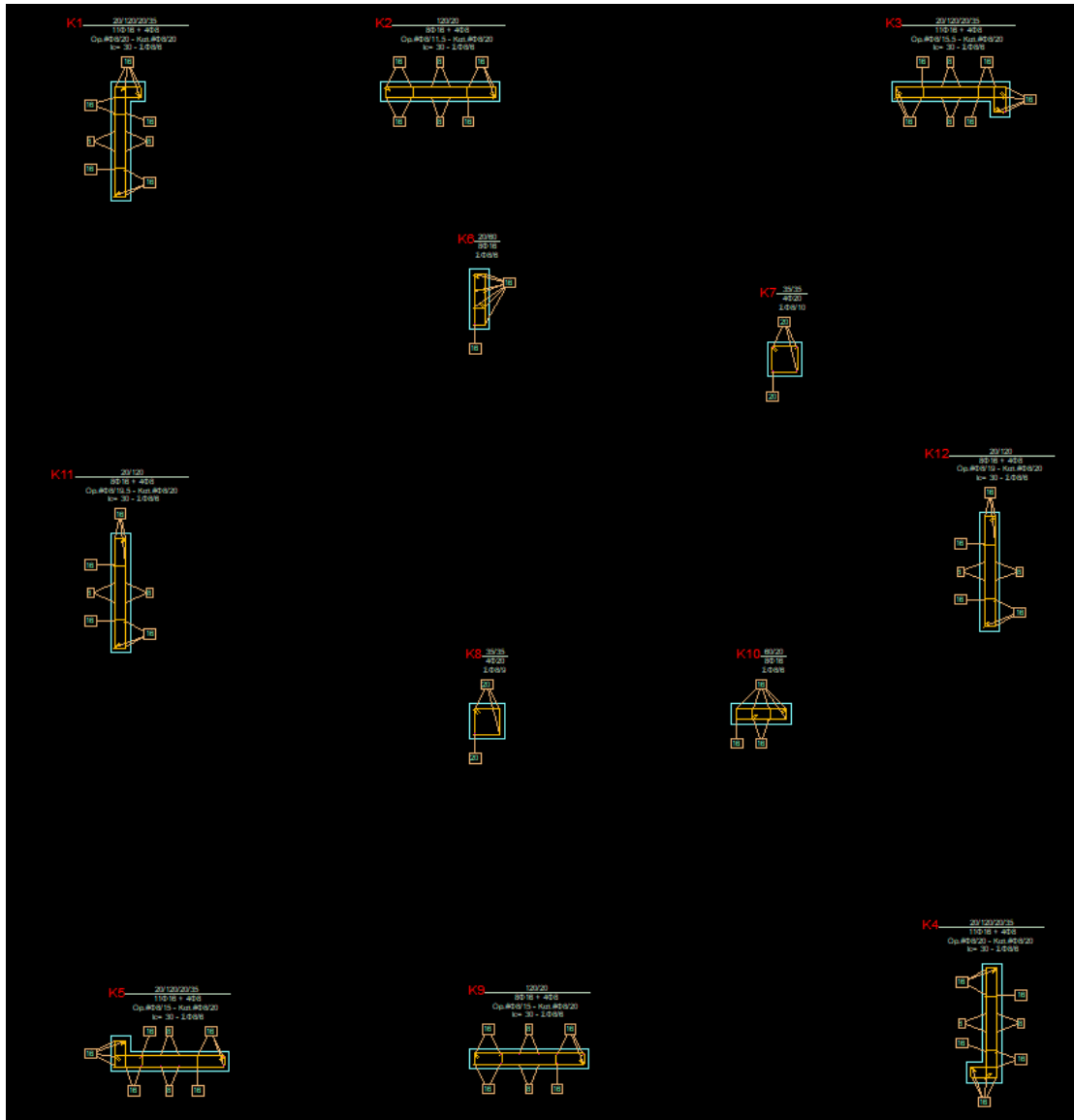
✓	Άνω οπλισμός ανοίγματος $n \cdot \Phi$ [mm]	?	4Φ12
✓	Διατομή άνω οπλισμού ανοίγματος $A_{s\_ts}$ [cm <sup>2</sup> ]	?	4.52
✓	Κάτω οπλισμός ανοίγματος $n \cdot \Phi$ [mm]	?	4Φ12
✓	Διατομή κάτω οπλισμού ανοίγματος $A_{s\_bs}$ [cm <sup>2</sup> ]	?	4.52

Εικόνα 5.28 Οπλισμός ανοίγματος δοκού 6.2 ισογείου

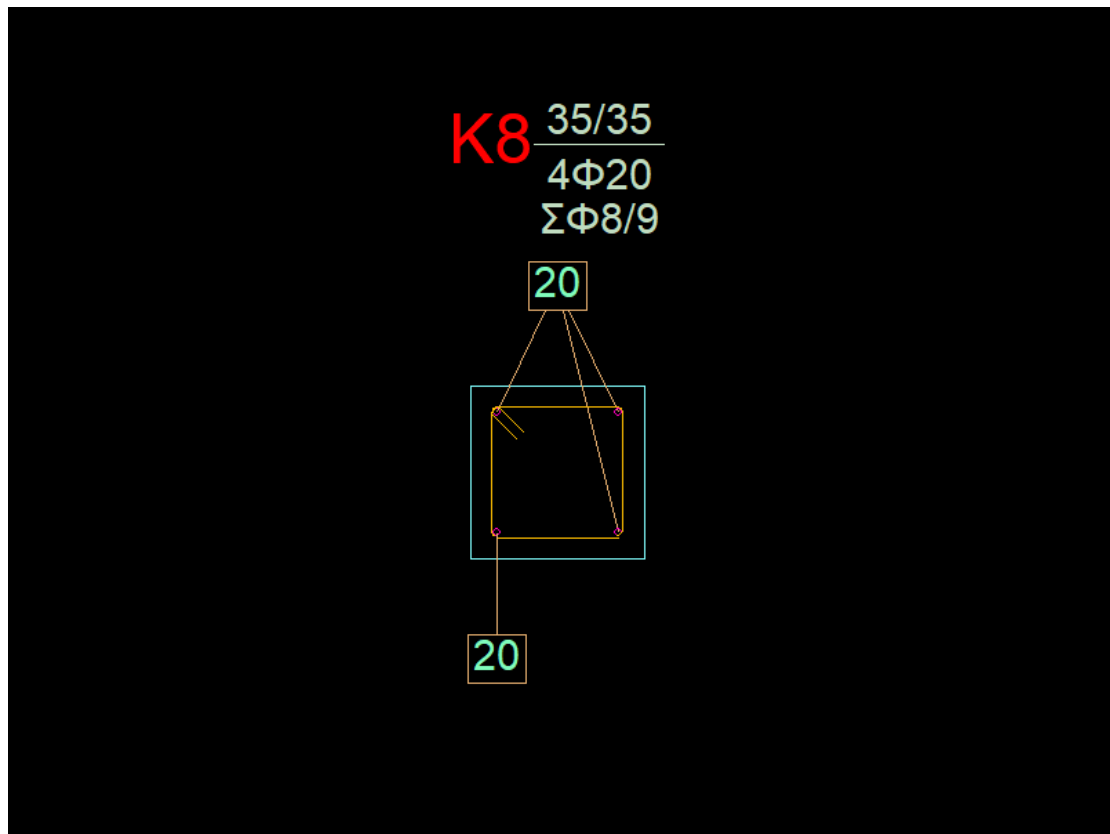
### 5.9.3 Υποστυλώματα

Η διατομή υποστυλώματος δημιουργείται με την χρήση των εντολών «Διατομή» Παραγωγή διατομής από υποστύλωμα», του οποίου οι οπλισμοί θα τροποποιηθούν εν συνεχεία.

Η τροποποίηση του διαμήκους οπλισμού (διάμετρος και θέση) επιτυγχάνεται με την επιλογή «Ράβδοι οπλισμού», με χρήση της εντολής «Πάρε/Δώσε παραμέτρους». Κατά παρόμοιο τρόπο τροποποιούνται οι συνδετήρες της διατομής του υποστυλώματος με την χρήση των εντολών «Υποστύλωμα» Συνδετήρες» και «Πάρε/Δώσε παραμέτρους».



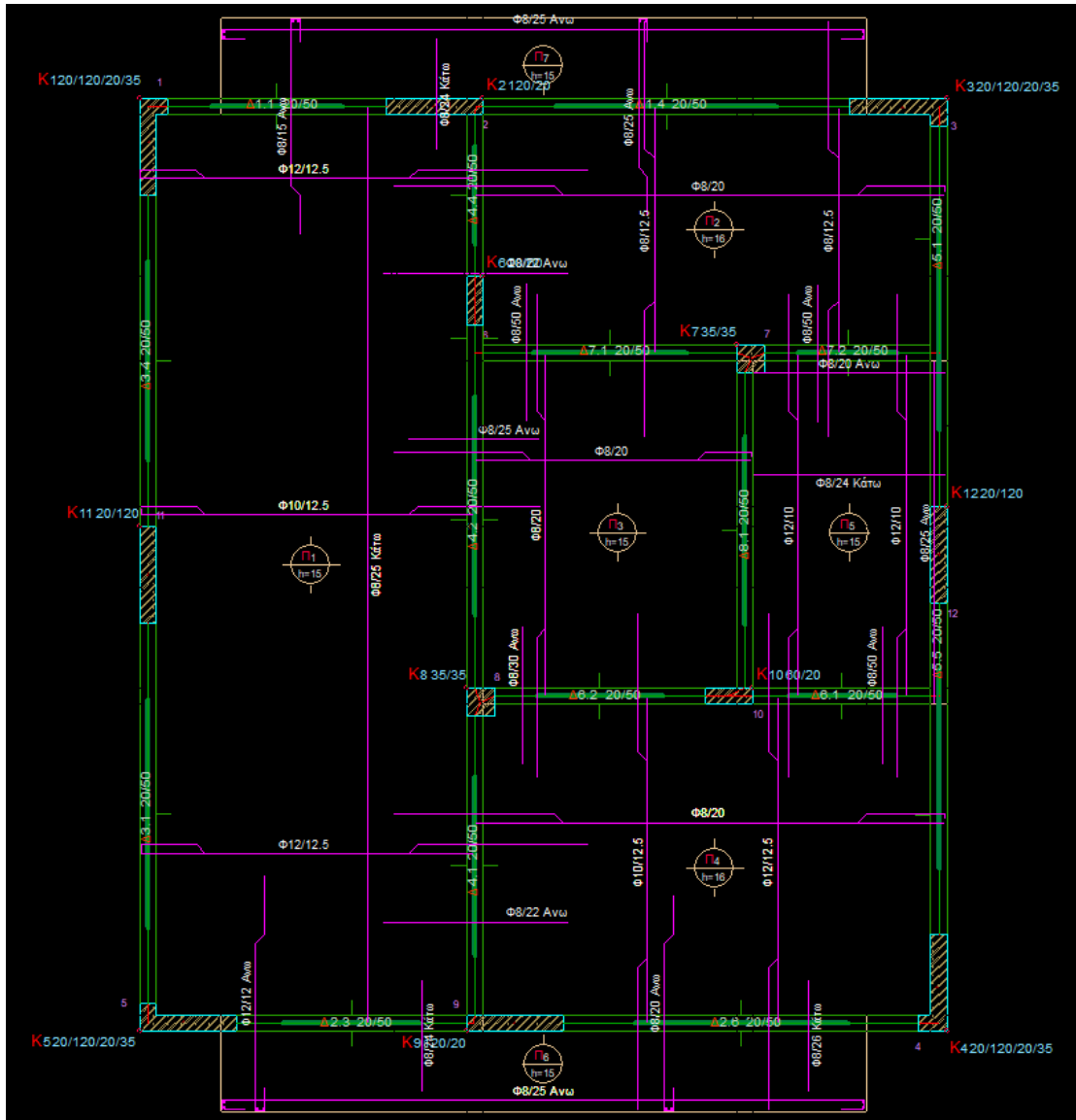
Εικόνα 5.29 Λεπτομέρειες οπλισμών υποστυλωμάτων ισογείου



Εικόνα 5.30 Λεπτομέρεια όπλισης υποστυλώματος K8 ισογείου

#### 5.9.4 Πλάκες

Η τροποποίηση των οπλισμών των πλακών γίνεται από το εικονίδιο στη γραμμή εντολών <Σίδηρο πλάκας> και στη συνέχεια με τις επιμέρους εντολές <Πάρε/Δώσε παραμέτρους> και <Κίνηση Σίδηρου>. Έτσι με τις διάφορες αυτές τροποποιήσεις θα φέρουμε τα σίδηρα της πλάκας στην ίδια μορφή με αυτά της στατικής μελέτης.



Εικόνα 5.31 Σίδερα πλακών ισογείου

## 5.10 Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας κτιρίου σύμφωνα με ΚΑΝ.ΕΠΕ και EC8-3.

### 5.10.1 Εισαγωγή

Διαθέτουμε πλέον τους υφιστάμενους οπλισμούς τους οποίους λάβαμε και τροποποιήσαμε όπου ήταν απαραίτητο, σύμφωνα με τους κανονισμούς 1954-1959. Με αυτά τα δεδομένα προχωράμε στην αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου τα αποτελέσματα της οποίας θα αξιολογηθούν σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. Από τους Ευρωκώδικες επιλέγουμε το φάσμα των κανονισμών το οποίο καθορίζει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ.

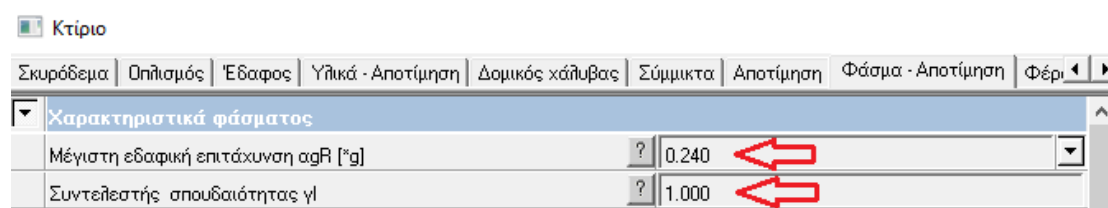
– Κτίριο> Γενικά> Κανονισμοί> Κανονισμός σκυροδέματος= EC2

– Κτίριο> Γενικά> Κανονισμοί> Αντισεισμικός κανονισμός= EC8

Οι τιμές των παραμέτρων στην καρτέλα «Κτίριο» Φάσμα» δεν ενημερώνονται αυτόματα (π.χ. Σεισμική Ζώνη) μετά την αλλαγή κανονισμών σε EC που έγινε στο προηγούμενο βήμα. Για αυτό πρέπει να εισαχθούν εκ νέου δίνοντας έμφαση στην αντιστοιχία σεισμικών ζωνών με τους ελληνικούς κανονισμούς.

### 5.10.2 Καθορισμός σεισμικού συντελεστή.

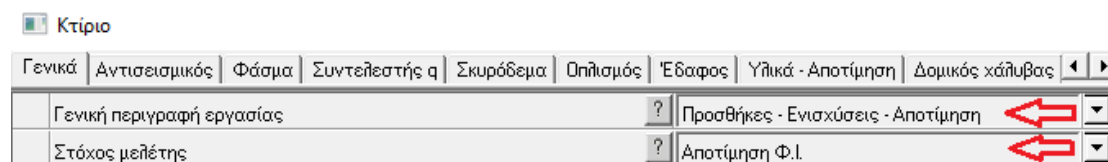
Ο σεισμικός συντελεστής καθορίζεται σύμφωνα με τη σεισμική ζώνη που ανήκει η κατασκευή και στη προκειμένη περίπτωση είναι η σεισμική ζώνη ΙΙ με μέγιστη εδαφική επιτάχυνση  $a_{gR}$  ίση με 0,24. Επίσης ο συντελεστής σπουδαιότητας  $\gamma_I$  είναι ίσος με τη μονάδα.



Εικόνα 5.32 Χαρακτηριστικά φάσματος

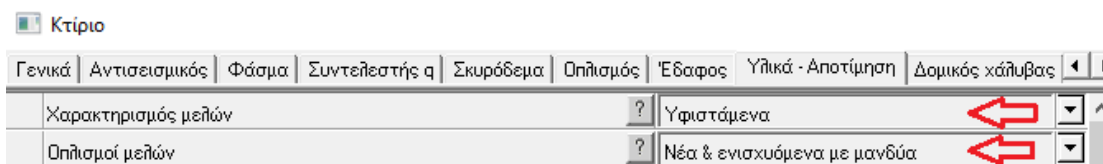
### 5.10.3 Καθορισμός παραμέτρων χαρακτηρισμού μελών

Είναι απαραίτητο να οριστούν εκ νέου παράμετροι για τη γενική περιγραφή της εργασίας και για το στόχο μελέτης, αφού τώρα βρισκόμαστε στο κομμάτι της αποτίμησης. Κάτι ανάλογο θα γίνει για το χαρακτηρισμό και για τον οπλισμό των μελών, όπου στο Χαρακτηρισμό μελών τοποθετείται η προεπιλογή <Υφιστάμενα> ενώ στον Οπλισμό μελών <Νέα και ενισχυόμενα με μανδύα>. Έτσι εξασφαλίζεται ότι σε περίπτωση διαστασιολόγησης θα οπλίζονται τα μέλη που έχουν οριστεί ως <Νέα> και ως <Ενισχυόμενα με μανδύα>, ενώ για τα <Υφιστάμενα> δεν θα γίνει εκ νέου όπλιση. Κατά τον τρόπο αυτό κατευθύνουμε το πρόγραμμα σε συγκεκριμένο τρόπο ενίσχυσης, δηλαδή πρόταση ενίσχυσης της όπλισης, χρήση μανδύα σκυροδέματος κατόπιν της διαδικασίας της αποτίμησης.



Εικόνα 5.33 Χαρακτηρισμός είδους και σκοπός μελέτης



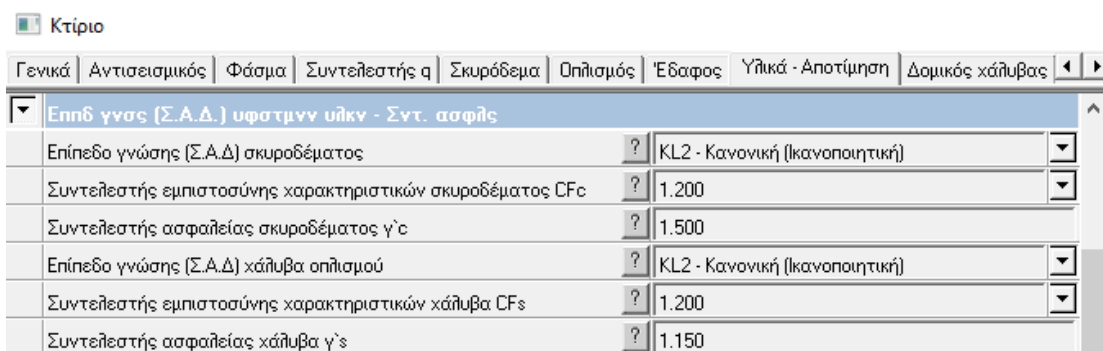


Εικόνα 5.34 Χαρακτηρισμός μελών

#### 5.10.4 Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (ΣΑΔ)

Το πρόγραμμα διαθέτει τρεις δυνατές επιλογές για τον καθορισμό της στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων για τα υφιστάμενα υλικά οι οποίες είναι KL1 για Περιορισμένη γνώση (Ανεκτή ΣΑΔ), KL2 για Κανονική γνώση (Ικανοποιητική ΣΑΔ), KL3 για Πλήρης γνώση (Υψηλή ΣΑΔ).

Το επίπεδο γνώσης ΣΑΔ συνδέεται άρρηκτα με τις τιμές των συντελεστών εμπιστοσύνης (CF) και τους αντίστοιχους συντελεστές ασφαλείας των υλικών  $\gamma_c$  και  $\gamma_s$ .



Εικόνα 5.35 Επίπεδο γνώσης ΣΑΔ

#### 5.10.5 Αντοχές υφιστάμενων υλικών

Καθώς για τις αντοχές των υφιστάμενων υλικών δεν υπήρχε η δυνατότητα του εργαστηριακού ελέγχου λάβαμε υπόψη κάποιες θεωρητικές μέσες τιμές αντοχών σύμφωνα με τον EC2-1-1 πίν. 3.1:  $f_{cm} = f_{ck} + 8$  MPa για σκυρόδεμα κατηγορίας C12/15 και για το χάλυβα κατηγορίας StIσυναρτήσσει του πίνακα 3.2 του κεφαλαίου 3, «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Διαρροής Χάλυβα Οπλισμού (παράρτημα 3.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ). Αναφορικά με τα παραπάνω, η μέση τιμή αντοχής του σκυροδέματος λήφθηκε ίση με 16 MPa και του χάλυβα 280 MPa.

### 5.10.6 Παράμετροι Pushover

Δίνεται η δυνατότητα τροποποίησης των αντίστοιχων παραμέτρων με την εντολή «Κτίριο>Pushover»

– «Κτίριο>Pushover> Α' κατανομή φόρτισης= Ομοιόμορφη»

Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ επιλέγουμε την ορθογωνική κατανομή φόρτισης καθ' ύψος και καθορίζουμε ακόμα είτε την τριγωνική είτε την ιδιομορφική ως δεύτερη.

– «Κτίριο>Pushover> Β' κατανομή φόρτισης= Ιδιομορφική»

– «Κτίριο>Pushover> Συντελεστής συνδυασμού εγκάρσιας φόρτισης [%]= 30»

– «Κτίριο>Pushover>Τυχηματική εκκεντρότητα= Μόνο στην εγκάρσια διεύθυνση»

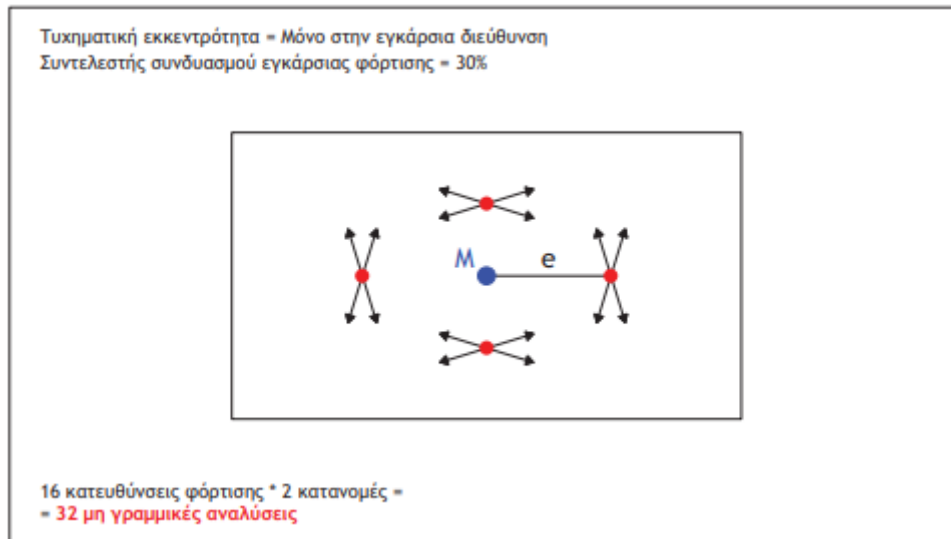
– «Κτίριο>Pushover>Φαινόμενα 2ας τάξης P-Δ= Ναι»

Φάσμα	Συντελεστής q	Σκυρόδεμα	Οπλισμός	Έδαφος	Υλικά - Αποτίμηση	Δομικός χάλυβας	Σύμμικτα	Αποτίμηση
Τυχηματική εκκεντρότητα	?					Μόνο στην εγκάρσια διεύθυνση		
Φαινόμενα 2ας τάξης (P-Δ)	?					Ναι		
Πλήθος Αξονικών (Αλληλεπίδραση N-My-Mz)	?					5		
Γωνία στροφής χορδής θu για ορθογωνικές διατομές	?					Εμπειρικό μοντέλο (EC8-3 (A.1))		
γel για VR [ΚΑΝΕΠΕ ΠΑΡ. 7Γ, ή EC8 A3.3.1]	?					1.000		
Επιρροή περίσφιγξης στα διαγράμματα αντοχής	?					Ναι		
Γωνία στροφής χορδής θSD (θθ) βάσει	?					EC8		
<b>Pushover</b>								
A' Κατανομή φόρτισης	?					Ομοιόμορφη		
B' Κατανομή φόρτισης	?					Ιδιομορφική		
Συντελεστής συνδυασμού εγκάρσιας φόρτισης [%]	?					30.0		

Εικόνα 5.36 Παράμετροι Pushover

### 5.10.7 Τυχηματική εκκεντρότητα και εγκάρσια φόρτιση 30%.

Το πλήθος των ανελαστικών αναλύσεων εξαρτάται από τις επιλογές για την εγκάρσια συνιστώσα της φόρτισης και την τυχηματική εκκεντρότητα.



Εικόνα 5.37 Υπόδειγμα τυχηματικής εκκεντρότητας

### 5.11 Στάθμη επιτελεστικότητας

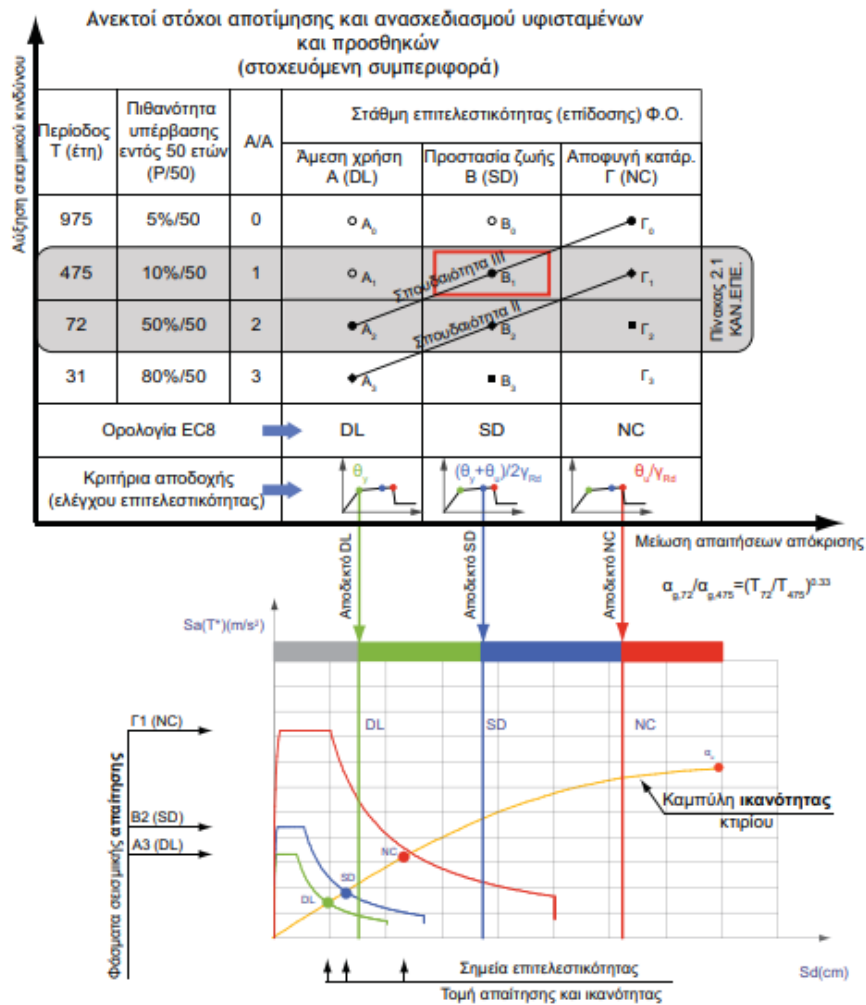
Μεταβαίνουμε στην καρτέλα «Κτίριο> Φάσμα- Pushover» για να επιλέξουμε τους στόχους της αποτίμησης: Σύμφωνα με τον Πίνακα 3.4 του κεφαλαίου 3 (πίνακας παράρτημα 2.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ) που περιλαμβάνει τους ανεκτούς στόχους αποτίμησης υφιστάμενων, και επειδή η σπουδαιότητα του κτιρίου είναι Σ2 (συνήθης) επιλέγουμε:

- 1.Στάθμη επιτελεστικότητας «Αποφυγή κατάρρευσης» (NC ή Γ) με πιθανότητα υπέρβασης 10%.
- 2.Στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής» (SD ή Β) με πιθανότητα υπέρβασης 50%.

Καθώς εισάγονται οι τιμές για την επιτελεστικότητα και την πιθανότητα υπέρβασης, το Fespa υπολογίζει για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση  $a_g$ . Εάν αντί για την πιθανότητα υπέρβασης είναι γνωστή η περίοδος επαναφοράς του σεισμικού γεγονότος με το οποίο πρέπει να γίνει ο έλεγχος, ορίζουμε την παράμετρο «Κτίριο> Φάσμα-Pushover> Υπολογισμός φάσματος απαίτησης σύμφωνα με την περίοδο επαναφοράς TR» οπότε οι πιθανότητες υπέρβασης γίνονται ανενεργές και ενεργοποιούνται οι περίοδοι επαναφοράς για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας.

<b>SD - Σημαντικές βλάβες</b>		
Στάθμη επιτελεστικότητας SD	?	1η υπέρβαση ορίου σε υποστ/μα ή κύρια δοκού*
SD - Περίοδος επαναφοράς T_SDR [Έτη]	?	72.1
SD - Πιθανότητα υπέρβασης P_SDR [%]	?	50.00
Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση (γ <sup>l</sup> agR)_SD	?	0.128
<b>NC - Οικονομική κατάρρευση</b>		
Στάθμη επιτελεστικότητας NC	?	1η αστοχία υποστ/τος ή κύριας δοκού*
NC - Περίοδος επαναφοράς T_NCR [Έτη]	?	474.6
NC - Πιθανότητα υπέρβασης P_NCR [%]	?	10.00
Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση (γ <sup>l</sup> agR)_NC	?	0.240

Εικόνα 5.38 Παράμετροι για τις στάθμες SD (B2) και NC (Γ1)



Σημείωση 1

● B<sub>1</sub>: Βασικός στόχος σχεδιασμού EC8, EAK

Σημείωση 2

Στόχος αποτίμησης υφιστάμενων και προσθηκών

Σπουδαιότητα	Συνιστώμενος	Προαιρετικός
I	Γ <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>
II	Γ <sub>1</sub> , B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>
III και άνω	A <sub>2</sub> , B <sub>1</sub>	Γ <sub>0</sub>

Πίνακας 5.16 Ανεκτοί στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού υφιστάμενων και προσηκόντων. (βλέπε ΛΗΛογισμική (2012): «Αποτίμηση στατικής επάρκειας υφιστάμενης κατασκευής σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2012», Αθήνα.)

Για τη στάθμη επιτελεστικότητας προστασία ζωής για (B2) δηλαδή με πιθανότητα 50% υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου των 50 ετών έχουμε τις εξής παραμέτρους φάσματος:

- Συμβατικός χρόνος ζωής (TL): 50 έτη
- Πιθανότητα υπέρβασης (PRL): 50%
- Περίοδος επαναφοράς (TLR): 72 έτη

Χαρακτηριστικά φάσματος:

- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση: 0,24g
- Συντελεστής σπουδαιότητας:  $\gamma_I=1$

Παράμετροι για τη στάθμη επιτελεστικότητας προστασία ζωής για (B2):

- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση ( $\gamma_I \cdot a_{gR}$ ): 0,24g
- Πιθανότητα υπέρβασης (PRL): 50%
- Θεωρείται κρίσιμη η πρώτη υπέρβαση ορίου σε υποστύλωμα ή κύρια δοκό

Για τη στάθμη επιτελεστικότητας αποφυγή κατάρρευσης για (Γ1) δηλαδή με πιθανότητα 10% υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου των 50 ετών έχουμε τις εξής παραμέτρους φάσματος:

- Συμβατικός χρόνος ζωής (TL): 50 έτη
- Πιθανότητα υπέρβασης (PRL): 10%
- Περίοδος επαναφοράς (TLR): 475 έτη

Χαρακτηριστικά φάσματος:

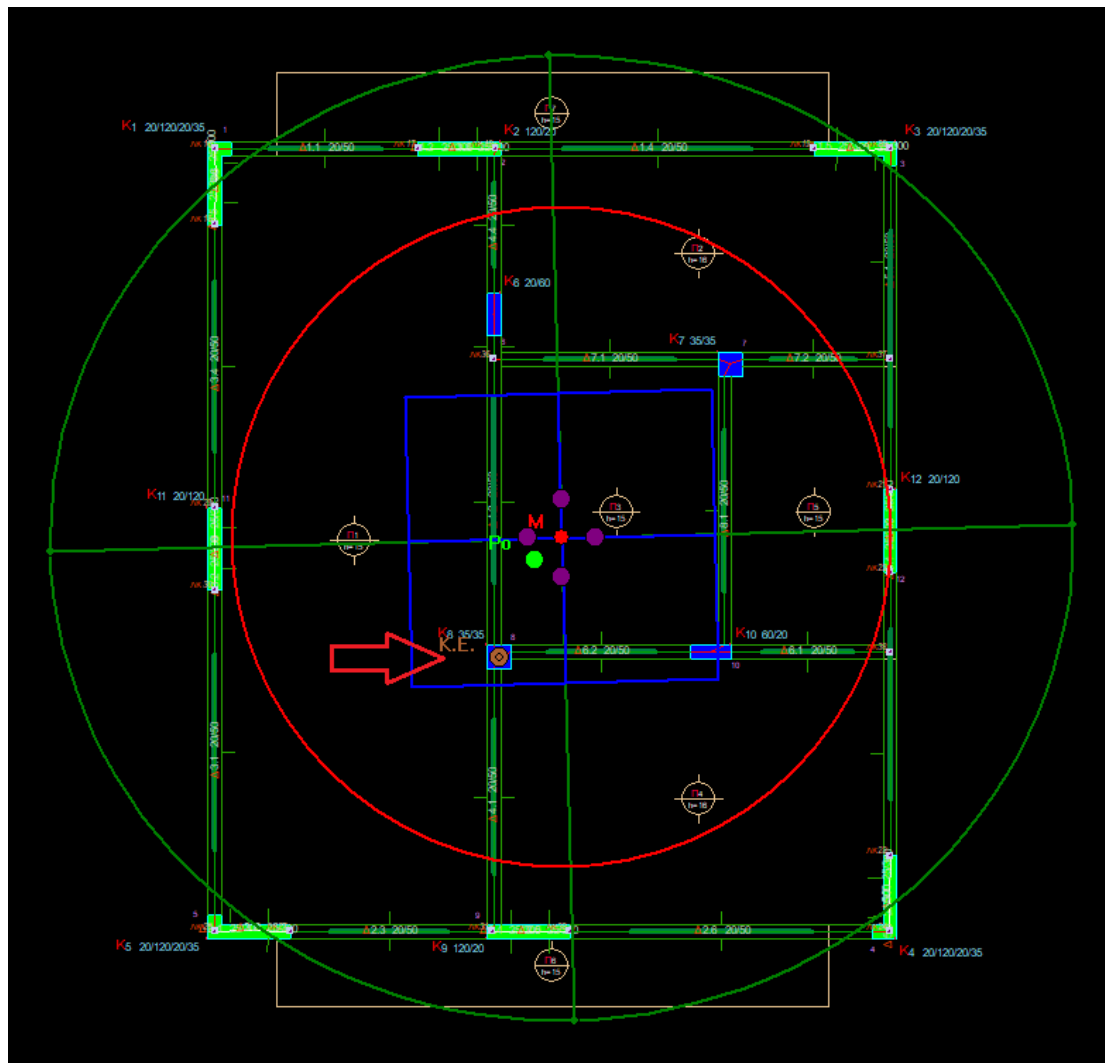
- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση: 0,24g
- Συντελεστής σπουδαιότητας:  $\gamma_I=1$

Παράμετροι για τη στάθμη επιτελεστικότητας αποφυγή κατάρρευσης για (Γ1):

- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση ( $\gamma_I \cdot a_{gR}$ ): 0,24g
- Πιθανότητα υπέρβασης (PRL): 10%
- Θεωρείται κρίσιμη η πρώτη αστοχία υποστυλώματος ή κύριας δοκού

## 5.12 Καθορισμός κόμβου ελέγχου

Πριν από το στάδιο της επίλυσης πρέπει να γίνει καθορισμός του κόμβου ελέγχου της κατασκευής, που λαμβάνεται αυτόματα από το πρόγραμμα και εκφράζει τον πιο κοντινό κόμβο στο κέντρο μάζας της ανώτερης στάθμης.



Εικόνα 5.39 Κόμβος ελέγχου (1<sup>ος</sup> όροφος)

## 5.13 Παρουσίαση και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

### 5.13.1 Λόγοι επάρκειας μελών (απαίτηση/ ικανότητα)

Παρακάτω παρουσιάζονται οι λόγοι επάρκειας των δοκών και των υποστυλωμάτων, καθώς και οι μέγιστοι λόγοι σε έλεγχο στροφής και έλεγχο διάτμησης και για τις δύο στάθμες επιτελεσματικότητας. Ο έλεγχος επάρκειας έναντι διάτμησης γίνεται για τη μέγιστη στάθμη επιτελεσματικότητας (κατά τον EC8-3), που εδώ είναι η στάθμη NC.

Μέλος	Κ/Α	ΑΔΙ	ΑΔΙ	ΑΣΔ	ΑΣΔ	ΑΜΚ	ΑΜΚ	Α ΒΡΥ	Α ΒΡΥ
		Αγοής	Τέλους	Αγοής	Τέλους	Αγοής	Τέλους	Αγοής	Τέλους
Δ1.1(-1)	Κύριο	-	-	0,04	0,19	0,06	0,20	0,34	0,28
Δ1.4(-1)	Κύριο	-	-	0,16	0,15	0,19	0,13	0,29	0,32
Δ2.3(-1)	Κύριο	-	-	0,17	0,21	0,16	0,23	0,43	0,33
Δ2.6(-1)	Κύριο	-	-	0,15	0,04	0,19	0,05	0,21	0,26
Δ3.1(-1)	Κύριο	-	-	0,03	0,12	0,05	0,13	0,20	0,19
Δ3.4(-1)	Κύριο	-	-	0,16	0,15	0,16	0,14	0,26	0,26
Δ4.1(-1)	Κύριο	-	-	0,03	0,03	0,04	0,04	0,14	0,16
Δ4.2(-1)	Κύριο	-	-	0,03	-	0,05	-	0,20	-
Δ4.3(-1)	Κύριο	-	-	0,06	0,01	-	0,02	-	0,18
Δ4.4(-1)	Κύριο	-	-	0,07	0,04	0,08	0,06	0,19	0,17
Δ5.1(-1)	Κύριο	-	-	0,07	-	0,07	0,18	0,18	-
Δ5.2(-1)	Κύριο	-	-	0,12	0,11	0,12	0,10	0,18	0,21
Δ5.3(-1)	Κύριο	-	-	-	-	-	-	-	-
Δ5.6(-1)	Κύριο	-	-	-	-	-	-	-	-
Δ6.2(-1)	Κύριο	-	-	0,07	0,05	0,09	0,13	0,29	0,26
Δ7.1(-1)	Κύριο	-	-	0,04	0,02	0,05	0,06	0,21	0,17
Δ8.1(-1)	Κύριο	-	-	0,03	0,02	0,05	0,02	0,11	0,52
Δ8.1(-1)	Κύριο	-	-	0,03	0,06	0,04	0,07	0,12	0,12
Δ33.1(-1)	Κύριο	-	-	0,06	0,05	0,06	0,06	0,12	0,69
Δ34.1(-1)	Κύριο	-	-	0,05	0,05	0,06	0,06	0,12	0,58
Δ35.1(-1)	Κύριο	-	-	0,09	0,05	0,07	0,04	0,10	0,67
Δ36.1(-1)	Κύριο	-	-	0,09	0,08	0,08	0,06	0,13	0,65
Δ37.1(-1)	Κύριο	-	-	0,07	0,08	0,08	0,08	0,12	0,78
Δ38.1(-1)	Κύριο	-	-	0,04	0,07	0,05	0,07	0,12	0,63
<b>Δ1.1(0)</b>	<b>Κύριο</b>	-	-	<b>0,74</b>	<b>0,60</b>	<b>1,13 i</b>	<b>0,92</b>	<b>0,47</b>	<b>0,43</b>
<b>Δ1.1(0)</b>	<b>Κύριο</b>	-	-	<b>0,62</b>	<b>0,69</b>	<b>0,98</b>	<b>1,09 i</b>	<b>0,68</b>	<b>0,73</b>
Δ2.3(0)	Κύριο	-	-	0,68	0,51	0,69	0,86	0,55	0,56
Δ2.6(0)	Κύριο	-	-	0,44	0,34	0,69	0,66	0,55	0,55
Δ3.1(0)	Κύριο	-	-	0,37	0,41	0,65	0,62	0,36	0,35
Δ3.4(0)	Κύριο	-	-	0,53	0,53	0,77	0,76	0,35	0,34
Δ4.1(0)	Κύριο	-	-	0,23	0,26	0,48	0,48	0,39	0,40
Δ4.2(0)	Κύριο	-	-	0,24	-	0,41	-	0,36	-
Δ4.3(0)	Κύριο	-	-	0,46	0,50	0,80	0,86	0,47	0,58
Δ4.4(0)	Κύριο	-	-	0,41	0,24	0,70	0,66	0,37	0,39
Δ5.1(0)	Κύριο	-	-	-	0,51	-	0,81	-	-
Δ5.2(0)	Κύριο	-	-	-	-	-	-	-	-
Δ5.6(0)	Κύριο	-	-	0,68	0,59	0,95	-	0,58	0,46
Δ6.1(0)	Κύριο	-	-	0,07	0,25	0,11	0,84	-	0,39
Δ6.2(0)	Κύριο	-	-	0,34	0,46	0,60	0,41	0,40	0,42
Δ7.1(0)	Κύριο	-	-	0,24	0,45	0,49	0,79	0,41	0,52
Δ7.2(0)	Κύριο	-	-	0,41	0,10	0,71	0,18	0,28	0,34
Δ8.1(0)	Κύριο	-	-	0,26	0,09	0,44	0,21	0,37	0,28
Δ8.1(0)	Κύριο	-	-	0,32	0,45	0,63	0,67	0,21	0,17
<b>Δ1.1(1)</b>	<b>Κύριο</b>	-	-	<b>0,47</b>	<b>0,55</b>	<b>0,91</b>	<b>1,05 i</b>	<b>0,73</b>	<b>0,81</b>
Δ2.3(1)	Κύριο	-	-	0,54	0,40	0,94	0,77	0,56	0,60
Δ2.6(1)	Κύριο	-	-	0,34	0,11	0,63	0,22	0,56	0,50
Δ3.1(1)	Κύριο	-	-	0,16	0,35	0,34	0,57	0,32	0,34
Δ3.4(1)	Κύριο	-	-	0,47	0,48	0,72	0,73	0,36	0,35
Δ4.1(1)	Κύριο	-	-	0,12	0,16	0,21	0,19	0,32	0,41
Δ4.2(1)	Κύριο	-	-	0,15	-	0,15	-	0,34	-
Δ4.3(1)	Κύριο	-	-	-	0,30	-	0,43	-	0,46
Δ4.4(1)	Κύριο	-	-	0,32	0,10	0,44	0,20	0,48	0,36
Δ5.1(1)	Κύριο	-	-	0,15	0,35	0,35	0,68	0,29	0,36
Δ5.2(1)	Κύριο	-	-	-	0,35	-	0,68	-	0,38
Δ5.3(1)	Κύριο	-	-	0,58	-	0,88	-	0,56	-
Δ5.6(1)	Κύριο	-	-	-	0,52	-	0,83	-	0,41
Δ6.1(1)	Κύριο	-	-	0,04	0,15	0,07	0,23	0,28	0,34
Δ6.2(1)	Κύριο	-	-	0,18	0,18	0,34	0,46	0,36	0,36
Δ7.1(1)	Κύριο	-	-	0,07	0,18	0,26	0,24	0,25	0,31
Δ7.2(1)	Κύριο	-	-	0,21	0,09	0,31	0,17	0,31	0,20
Δ8.1(1)	Κύριο	-	-	0,16	0,02	0,22	0,05	0,15	0,14

Πίνακας 5.17 Λόγοι επάρκειας δοκών

**Μέγιστα Λόγων Επίδρασης Δοκών - Έλεγχος Δικτυμησης**

Στάθμη Επιθεωρησιμότητας	Μέλος [1]	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επίδρασης [1]
DL	-	-	-
SD	Δ37.1(-1)	Κύριο	0,62
NC	Δ1.4(1)	Κύριο	0,81

**Μέγιστα Λόγων Επίδρασης Δοκών - Έλεγχος Στροφοφής**

Στάθμη Επιθεωρησιμότητας	Μέλος [1]	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επίδρασης [1]
DL	-	-	-
SD	Δ1.1(0)	Κύριο	0,74
NC	Δ1.1(0)	Κύριο	1,13



**Πίνακας 2.18 Μέγιστοι λόγοι επάρκειας δοκών σε έλεγχο διάτμησης και στρώσης.**

Παρατηρούμε ότι οι δοκοί Δ1.1 και Δ1.4 του ισογείου και Δ1.4 του πρώτου ορόφου δεν εκπληρώνουν τους απαραίτητους στόχους σχεδιασμού. Πιο συγκεκριμένα, στη δοκό Δ1.1 του ισογείου είναι φανερό ότι ο συντελεστής  $\lambda$  για στάθμη επιτελεσματικότητας NC είναι μεγαλύτερος της μονάδας. Το ίδιο συμβαίνει και με τις υπόλοιπες δύο δοκούς. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί είτε με τον ορισμό τους ως δευτερεύοντα μέλη αφού σε αυτά επιτρέπεται να υποστούν μεγαλύτερες μετακινήσεις και βλάβες και φυσικά απαλλάσσονται από τον έλεγχο για τις στάθμες επιτελεσματικότητας SD και NC, είτε με ενίσχυση του μέλους.

Μέλος	Κ/Δ	ΑΔΙ Αρχής	ΑΔΙ Τέλους	ΑΣΔ Αρχής	ΑΣΔ Τέλους	ΑΜΣ Αρχής	ΑΜΣ Τέλους	Δ VBY	Δ VBYz
K1(0)	Κύριο	-	-	0,55	0,16	0,91	0,16	-	0,72
K1(1)	Κύριο	-	-	0,12	0,39	0,13	0,34	-	0,18
K2(0)	Κύριο	-	-	0,27	0,13	0,48	0,15	-	0,70
K2(1)	Κύριο	-	-	0,15	0,21	0,18	0,28	-	0,30
K3(0)	Κύριο	-	-	0,42	0,18	0,75	0,15	-	0,74
K3(1)	Κύριο	-	-	0,19	0,55	0,22	0,85	-	0,36
<b>K4(0)</b>	<b>Κύριο</b>	-	-	<b>0,58</b>	<b>0,25</b>	<b>1,06 f</b>	<b>0,22</b>	-	<b>0,78</b>
K4(1)	Κύριο	-	-	0,18	0,56	0,24	0,82	-	0,22
K5(0)	Κύριο	-	-	0,36	0,11	0,59	0,13	-	0,72
K5(1)	Κύριο	-	-	0,16	0,48	0,20	0,51	-	0,25
K6(0)	Κύριο	-	-	0,19	0,06	0,27	0,07	0,05	0,20
K6(1)	Κύριο	-	-	0,07	0,17	0,07	0,21	0,05	0,17
K7(0)	Κύριο	-	-	0,13	0,05	0,20	0,06	0,14	0,19
K7(1)	Κύριο	-	-	0,08	0,13	0,10	0,23	0,18	0,21
K8(0)	Κύριο	-	-	0,13	0,06	0,18	0,08	0,13	0,19
K8(1)	Κύριο	-	-	0,09	0,12	0,12	0,21	0,16	0,19
K9(0)	Κύριο	-	-	0,33	0,11	0,57	0,15	-	0,75
K9(1)	Κύριο	-	-	0,22	0,31	0,23	0,49	-	0,40
K10(0)	Κύριο	-	-	0,16	0,09	0,24	0,12	0,08	0,20
K10(1)	Κύριο	-	-	0,12	0,17	0,17	0,27	0,09	0,21
K11(0)	Κύριο	-	-	0,41	0,11	0,65	0,10	-	0,57
K11(1)	Κύριο	-	-	0,07	0,16	0,07	0,16	-	0,27
K12(0)	Κύριο	-	-	0,38	0,10	0,70	0,10	-	0,59
K12(1)	Κύριο	-	-	0,07	0,18	0,08	0,18	-	0,31

Πίνακας 5.19 Λόγοι επάρκειας υποστυλομάτων

Μέγιστα λόγων επάρκειας υποστυλωμάτων - Έλεγχος στρωφής:			
Στόχος Επιλεξιμότητας	Μέλος [1]	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας [1]
DL SD NC	- K40 K40	- Κύριο Κύριο	- 0,58 1,06
Μέγιστα λόγων επάρκειας υποστυλωμάτων - Έλεγχος διάτμησης:			
Στόχος Επιλεξιμότητας	Μέλος [1]	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας [1]
DL SD NC	- K40 K40	- Κύριο Κύριο	- 0,44 0,78

Πίνακας 5.20 Μέγιστοι λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων σε έλεγχο διάτμησης και στρωφής

Παρατηρούμε ότι το υποστύλωμα K4 του ισογείου δεν πληροί τους στόχους σχεδιασμού αφού ο λόγος επάρκειας του λ είναι μεγαλύτερος της μονάδας για τη

στάθμη επιτελεστικότηταςNC. Οι προτάσεις αντιμετώπισης θα είναι οι ίδιες με αυτές των δοκών, δηλαδή και εδώ ενδεχομένως απαιτείται ενίσχυση του μέλους.

### 5.13.2 Έλεγχοι θεμελίωσης

Κατά τον έλεγχο της θεμελίωσης, των εκκεντροτήτων και των τάσεων των πεδίων, σημειώνεται υπερβολική εκκεντρότητα, δηλαδή ικανοποιείται η ανίσωση  $\kappa > 1/9$ , όπου  $\kappa = (e_L/L)^2 + (e_B/B)^2$ , στα γωνιακά πέδιλα Π1, Π3, Π4, Π5.

Στοιχείο	ei/li	eb/lb	κ	ξ	?	σmax		1,2*3*σση	σση	3*σση	
[V]	[V]	[V]	[V]	[V]		[KPa]		[KPa]	[KPa]	[KPa]	
<b>Πεδ. 1(-1)</b>	-	-	-	-	Ανοσήκωμα	570,9	<	900,0	198,4	<	750,0
Πεδ. 2(-1)	0,329	0,015	0,108	0,344	κ<1/5	694,2	<	900,0	295,3	<	750,0
<b>Πεδ. 3(-1)</b>	-	-	-	-	Ανοσήκωμα	570,4	<	900,0	212,9	<	750,0
<b>Πεδ. 4(-1)</b>	-	-	-	-	Ανοσήκωμα	510,1	<	900,0	199,5	<	750,0
<b>Πεδ. 5(-1)</b>	-	-	-	-	Ανοσήκωμα	531,0	<	900,0	216,3	<	750,0
Πεδ. 6(-1)	0,050	0,021	0,003	0,072	ξ<1/6	432,9	<	900,0	264,8	<	750,0
Πεδ. 7(-1)	0,050	0,034	0,004	0,084	ξ<1/6	333,6	<	900,0	254,3	<	750,0
Πεδ. 8(-1)	0,024	0,017	0,001	0,040	ξ<1/6	451,6	<	900,0	360,6	<	750,0
Πεδ. 9(-1)	0,314	0,016	0,099	0,330	κ<1/5	754,1	<	900,0	342,8	<	750,0
Πεδ. 10(-1)	0,097	0,001	0,009	0,099	ξ<1/6	384,8	<	900,0	251,2	<	750,0
Πεδ. 11(-1)	0,359	0,014	0,129	0,373	κ>1/9?	624,2	<	900,0	243,0	<	750,0
Πεδ. 12(-1)	0,352	0,028	0,125	0,381	κ>1/9?	587,0	<	900,0	232,7	<	750,0

Πίνακας 5.21 Πίνακας ελέγχων εκκεντροτήτων και τάσεων πέδιλων

Αυτό ουσιαστικά ισοδυναμεί με ανασήκωμα των στοιχείων αυτών της θεμελίωσης. Η υπερβολική εκκεντρότητα πρέπει να αποτρέπεται ιδιαίτερα σε μεμονωμένα πέδιλα. Σε εσχάρες θεμελίωσης αποτελούμενες από πεδιλοδοκούς ή πέδιλα και συνδετήριες δοκούς υφίσταται, εν γένει, δυνατότητα ανακατανομής της έντασης και συνεπώς ανασήκωμα σε μικρό τμήμα της θεμελίωσης θα μπορούσε να μη θεωρηθεί κρίσιμο.

### **5.13.3 Αποτίμηση φέρουσας ικανότητας υπό στατικά φορτία**

Ο έλεγχος σε κάμψη υπό στατικά φορτία κατέδειξε ανεπάρκεια της δοκού Δ4.3 του ισογείου. Το ίδιο συμβαίνει και με τις δοκούς Δ7.1 και Δ7.2 του ίδιου ορόφου.

Φέρουσα [L]	Καμβός [L]	MEd [kN]	MEd [kNm]	δ [L]	δlim [L]	MEd=δ*MEd [kNm]	MEd [kNm]	λ [L]
1.35G+1.05Q	6	0,78	-48,20	-	-	-48,20	-26,44	1,82
1.35G+1.05Qd	6	-0,87	-47,96	-	-	-47,96	-26,78	1,79
1.35G+1.05Q8	6	3,81	-37,26	-	-	-37,26	-25,77	1,45
1.35G+1.05Qc	6	0,98	-50,63	-	-	-50,63	-26,33	1,92
1.35G+1.05QD	6	3,59	-44,45	-	-	-44,45	-25,88	1,72
1.35G+1.05QE	6	-0,98	-38,53	-	-	-38,53	-26,78	1,44
1.15G+1.50Q	6	-0,13	-47,44	-	-	-47,44	-26,67	1,78
1.15G+1.50Qd	6	-2,49	-47,10	-	-	-47,10	-27,12	1,74
1.15G+1.50Q8	6	4,19	-31,81	-	-	-31,81	-25,77	1,23
1.15G+1.50Qc	6	0,15	-50,91	-	-	-50,91	-26,67	1,91
1.15G+1.50QD	6	3,87	-42,08	-	-	-42,08	-25,77	1,63
1.15G+1.50QE	6	-2,65	-33,62	-	-	-33,62	-27,12	1,24

Πίνακας 5.22 Αποτίμηση φέρουσας ικανότητας σε κάμψη της δοκού Δ4.3

Φέρουσα [L]	Κόμβος [L]	ΜΕΔ [κN]	ΜΕΔ [κNm]	δ [L]	θ <sub>lim</sub> [L]	Μ <sub>Ed</sub> =δ*Μ <sub>Ed</sub> [κNm]	Μ <sub>Rd</sub> [κNm]	λ [L]	
1.35G+1.05Q	36	3,18	8,57	-	-	8,57	21,80	0,39	
1.35G+1.05Q	0	3,18	15,45	-	-	15,45	42,76	0,36	
<b>1.35G+1.05Q</b>			<b>-31,10</b>			<b>-31,10</b>	<b>-19,31</b>		<b>f</b>
1.35G+1.05Q <sub>A</sub>	36	3,23	6,36	-	-	6,36	21,80	0,29	
1.35G+1.05Q <sub>A</sub>	0	3,23	11,28	-	-	11,28	42,76	0,26	
<b>1.35G+1.05Q<sub>A</sub></b>			<b>-26,63</b>			<b>-26,63</b>	<b>-19,31</b>		<b>f</b>
1.35G+1.05Q <sub>B</sub>	36	2,39	8,83	-	-	8,83	21,93	0,40	
1.35G+1.05Q <sub>B</sub>	0	2,39	16,64	-	-	16,64	42,76	0,39	
<b>1.35G+1.05Q<sub>B</sub></b>			<b>-28,06</b>			<b>-28,06</b>	<b>-19,50</b>		<b>f</b>
1.35G+1.05Q <sub>C</sub>	36	3,11	8,35	-	-	8,35	21,80	0,38	
1.35G+1.05Q <sub>C</sub>	0	3,11	15,98	-	-	15,98	42,76	0,37	
<b>1.35G+1.05Q<sub>C</sub></b>			<b>-29,06</b>			<b>-29,06</b>	<b>-19,31</b>		<b>f</b>
1.35G+1.05Q <sub>D</sub>	36	2,47	6,85	-	-	6,85	21,93	0,31	
1.35G+1.05Q <sub>D</sub>	0	2,47	10,26	-	-	10,26	42,76	0,24	
<b>1.35G+1.05Q<sub>D</sub></b>			<b>-32,90</b>			<b>-32,90</b>	<b>-19,50</b>		<b>f</b>
1.35G+1.05Q <sub>E</sub>	36	3,34	8,56	-	-	8,56	21,80	0,39	
1.35G+1.05Q <sub>E</sub>	0	3,34	17,73	-	-	17,73	42,76	0,41	
<b>1.35G+1.05Q<sub>E</sub></b>			<b>-24,23</b>			<b>-24,23</b>	<b>-19,31</b>		<b>f</b>
1.15G+1.50Q	36	3,12	8,40	-	-	8,40	21,80	0,39	
1.15G+1.50Q	0	3,12	14,95	-	-	14,95	42,76	0,35	
<b>1.15G+1.50Q</b>			<b>-30,78</b>			<b>-30,78</b>	<b>-19,31</b>		<b>f</b>
1.15G+1.50Q <sub>A</sub>	36	3,20	5,25	-	-	5,25	21,80	0,24	
1.15G+1.50Q <sub>A</sub>	0	3,20	9,07	-	-	9,07	42,76	0,21	
<b>1.15G+1.50Q<sub>A</sub></b>			<b>-24,39</b>			<b>-24,39</b>	<b>-19,31</b>		<b>f</b>
1.15G+1.50Q <sub>B</sub>	36	2,00	8,78	-	-	8,78	21,93	0,40	
1.15G+1.50Q <sub>B</sub>	0	2,00	16,65	-	-	16,65	42,96	0,39	
<b>1.15G+1.50Q<sub>B</sub></b>			<b>-26,44</b>			<b>-26,44</b>	<b>-19,59</b>		<b>f</b>
1.15G+1.50Q <sub>C</sub>	36	3,03	8,09	-	-	8,09	21,80	0,37	
1.15G+1.50Q <sub>C</sub>	0	3,03	15,71	-	-	15,71	42,76	0,37	
<b>1.15G+1.50Q<sub>C</sub></b>			<b>-27,87</b>			<b>-27,87</b>	<b>-19,50</b>		<b>f</b>
1.15G+1.50Q <sub>D</sub>	36	2,10	5,95	-	-	5,95	21,93	0,27	
1.15G+1.50Q <sub>D</sub>	0	2,10	7,62	-	-	7,62	42,96	0,18	
<b>1.15G+1.50Q<sub>D</sub></b>			<b>-33,36</b>			<b>-33,36</b>	<b>-19,50</b>		<b>f</b>
1.15G+1.50Q <sub>E</sub>	36	3,36	8,40	-	-	8,40	21,80	0,39	
1.15G+1.50Q <sub>E</sub>	0	3,36	18,22	-	-	18,22	42,76	0,43	
<b>1.15G+1.50Q<sub>E</sub></b>			<b>-20,97</b>			<b>-20,97</b>	<b>-19,31</b>		<b>f</b>

Πίνακας 5.23 Αποτίμηση φέρουσας ικανότητας σε κάμψη της δοκού Δ7.1



Φόρτιση [L]	Κόμβος [L]	MEI [km]	MEI [km]	δ [L]	Δίπλο [L]	MEI=δ+MEI [km]	MEI [km]	λ [L]	I
<b>1.35G+1.05Q</b>	7	6,26	14,37	-	-	-19,75	-18,73	1,05	I
1.35G+1.05Q	0	6,26	14,37	-	-	14,37	41,07	0,35	
1.35G+1.05Q	37	6,26	8,10	-	-	8,10	21,03	0,39	
1.35G+1.05Q	7	5,47	-17,39	-	-	-17,39	-18,83	0,92	
1.35G+1.05Q	0	5,47	15,42	-	-	15,42	41,07	0,38	
1.35G+1.05Q	37	5,47	8,50	-	-	8,50	21,14	0,40	
1.35G+1.05Q	7	5,18	-18,58	-	-	-18,58	-18,93	0,98	
1.35G+1.05Q	0	5,18	7,50	-	-	7,50	41,24	0,18	
1.35G+1.05Q	37	5,18	4,63	-	-	4,63	21,25	0,22	
<b>1.35G+1.05Q</b>	7	6,19	-19,21	-	-	-19,21	-18,73	1,03	I
1.35G+1.05Q	0	6,19	14,61	-	-	14,61	41,07	0,36	
1.35G+1.05Q	37	6,19	8,19	-	-	8,19	21,03	0,39	
<b>1.35G+1.05Q</b>	7	5,18	-23,43	-	-	-23,43	-18,93	1,24	I
1.35G+1.05Q	0	5,18	12,94	-	-	12,94	41,24	0,31	
1.35G+1.05Q	37	5,18	7,78	-	-	7,78	21,25	0,37	
1.35G+1.05Q	7	5,71	-13,74	-	-	-13,74	-18,83	0,73	
1.35G+1.05Q	0	5,71	9,21	-	-	9,21	41,07	0,22	
1.35G+1.05Q	37	5,71	5,19	-	-	5,19	21,14	0,25	
<b>1.15G+1.50Q</b>	7	6,40	-18,82	-	-	-18,82	-18,73	1,00	I
1.15G+1.50Q	0	6,40	15,74	-	-	15,74	41,07	0,38	
1.15G+1.50Q	37	6,40	8,66	-	-	8,66	21,03	0,41	
1.15G+1.50Q	7	5,28	-15,46	-	-	-15,46	-18,93	0,82	
1.15G+1.50Q	0	5,28	17,25	-	-	17,25	41,24	0,42	
1.15G+1.50Q	37	5,28	9,23	-	-	9,23	21,14	0,44	
1.15G+1.50Q	7	4,85	-17,15	-	-	-17,15	-19,12	0,14	
1.15G+1.50Q	0	4,85	5,89	-	-	5,89	41,24	0,14	
1.15G+1.50Q	37	4,85	3,70	-	-	3,70	21,25	0,17	
1.15G+1.50Q	7	6,30	-18,06	-	-	-18,06	-18,73	0,96	
1.15G+1.50Q	0	6,30	16,08	-	-	16,08	41,07	0,39	
1.15G+1.50Q	37	6,30	8,79	-	-	8,79	21,03	0,42	
<b>1.15G+1.50Q</b>	7	4,85	-24,08	-	-	-24,08	-19,12	1,26	I
1.15G+1.50Q	0	4,85	13,68	-	-	13,68	41,24	0,33	
1.15G+1.50Q	37	4,85	8,20	-	-	8,20	21,25	0,39	
1.15G+1.50Q	7	5,61	-10,24	-	-	-10,24	-18,83	0,54	
1.15G+1.50Q	0	5,61	8,37	-	-	8,37	41,07	0,20	
1.15G+1.50Q	37	5,61	4,50	-	-	4,50	21,14	0,21	

Πίνακας 5.24 Αποτίμηση φέρουσας ικανότητας σε κάμψη της δοκού Δ7.2

Σε αυτές τις περιπτώσεις ενδεχομένως πρέπει να γίνει εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος.

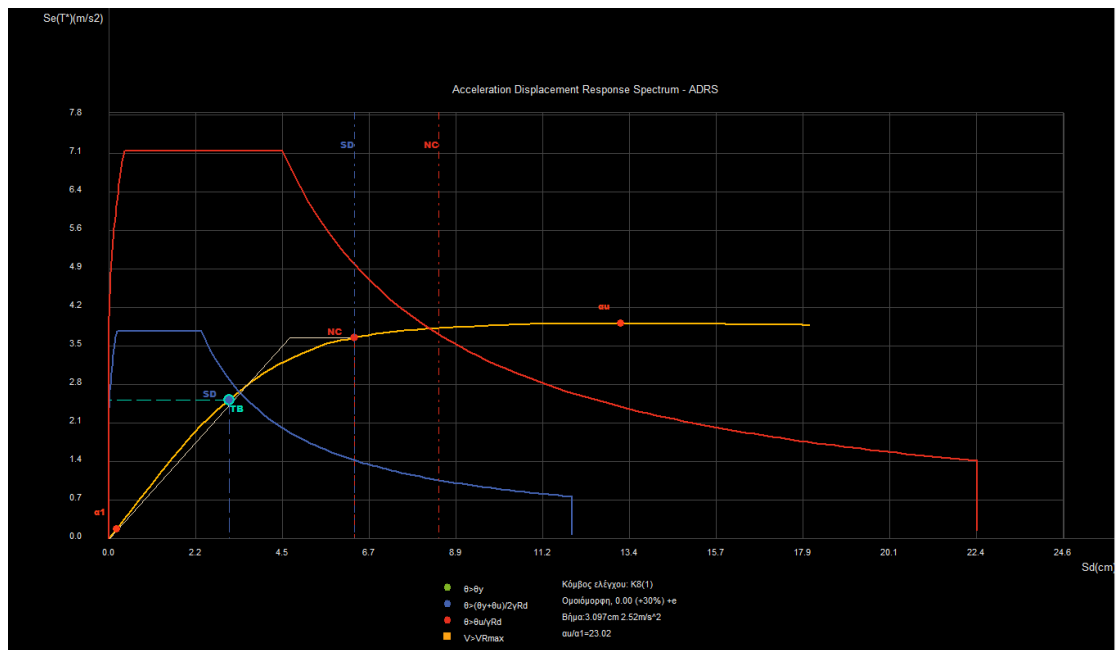
#### **5.13.4 Διαγράμματα απαίτησης-ικανότητας (ADRS)**

Ακολουθούν τα διαγράμματα Φασματικής επιτάχυνσης (Sa) – Φασματικής μετακίνησης (Sd) (ADRS), για όλες τις κύριες διευθύνσεις του κτιρίου και για τις δύο καθ' ύψος κατανομές φόρτισης, την ομοιόμορφη και την ιδιομορφική.

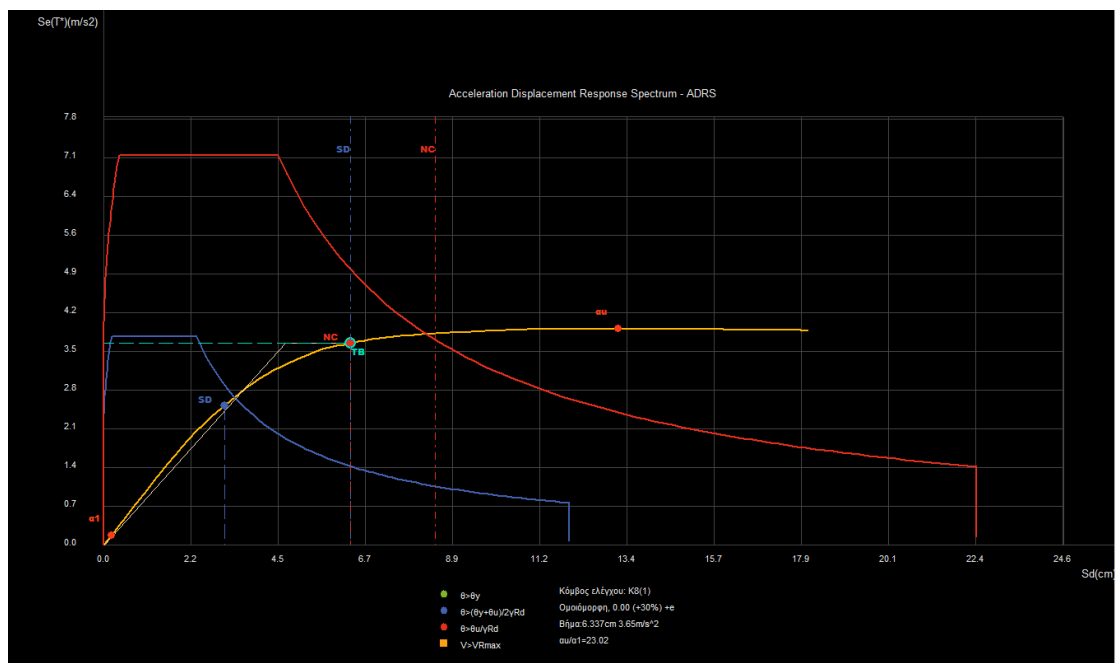
Στα διαγράμματα ADRS, το σημείο SD (μπλε κουκίδα) είναι η στοχευόμενη μετακίνηση για τη στάθμη επιτελεστικότητας προστασία ζωής (SD), ενώ η διακεκομμένη κάθετη μπλε γραμμή εκφράζει την εξάντληση ικανότητας για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD, δηλαδή την εμφάνιση της πρώτης πλαστικής άρθρωσης για την οποία ισχύει  $\theta > (\theta_y + \theta_u) / 2\gamma_{Rd}$ . Άρα στην περίπτωση που η στοχευόμενη μετακίνηση (μπλε κουκίδα) βρίσκεται δεξιά της διακεκομμένης κάθετης μπλε γραμμής, τότε το κτίριο δεν επαρκεί για τη δεδομένη στάθμη επιτελεστικότητας (SD).

Αντίστοιχα, το σημείο NC (κόκκινη κουκίδα) είναι η στοχευόμενη μετακίνηση για τη στάθμη επιτελεστικότητας αποφυγή κατάρρευσης (NC), ενώ η διακεκομμένη κάθετη κόκκινη γραμμή εκφράζει την εξάντληση ικανότητας για τη στάθμη επιτελεστικότητας NC, δηλαδή την εμφάνιση της πρώτης πλαστικής άρθρωσης για την οποία ισχύει  $\theta > \theta_u / \gamma_{Rd}$ . Επομένως στην περίπτωση που η στοχευόμενη μετακίνηση (κόκκινη κουκίδα) βρίσκεται δεξιά της διακεκομμένης κάθετης κόκκινης γραμμής, τότε το κτίριο δεν επαρκεί για τη δεδομένη στάθμη επιτελεστικότητας (NC).

## Διαγράμματα ADRS για τη διεύθυνση +X – Ομοιόμορφη κατανομή

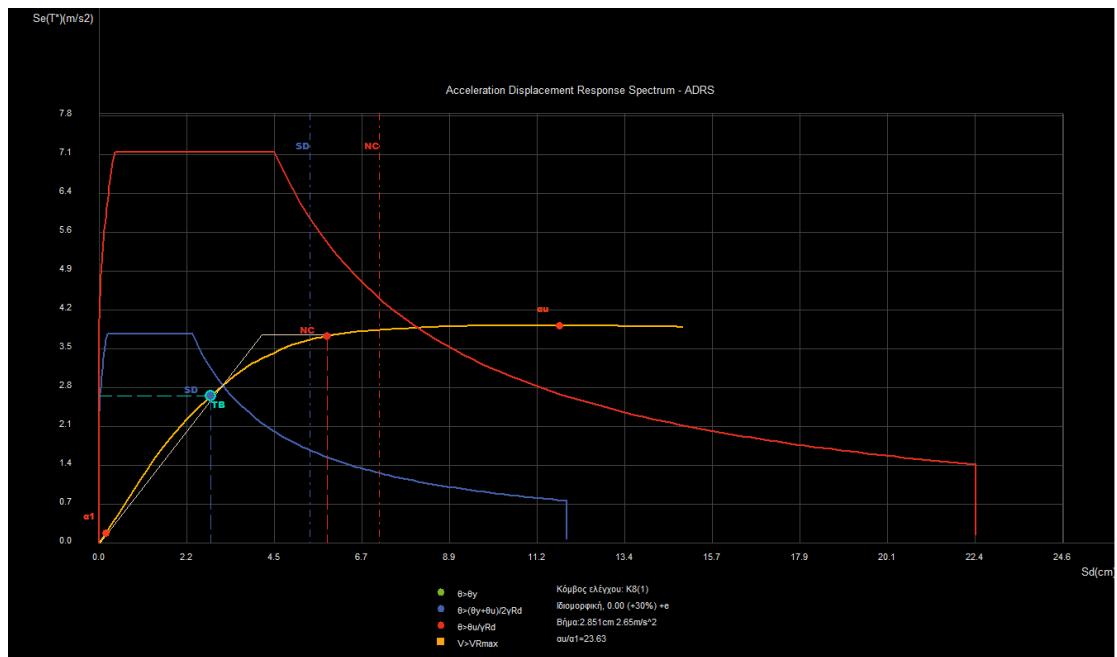


Εικόνα 5.40 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας SD (B2)

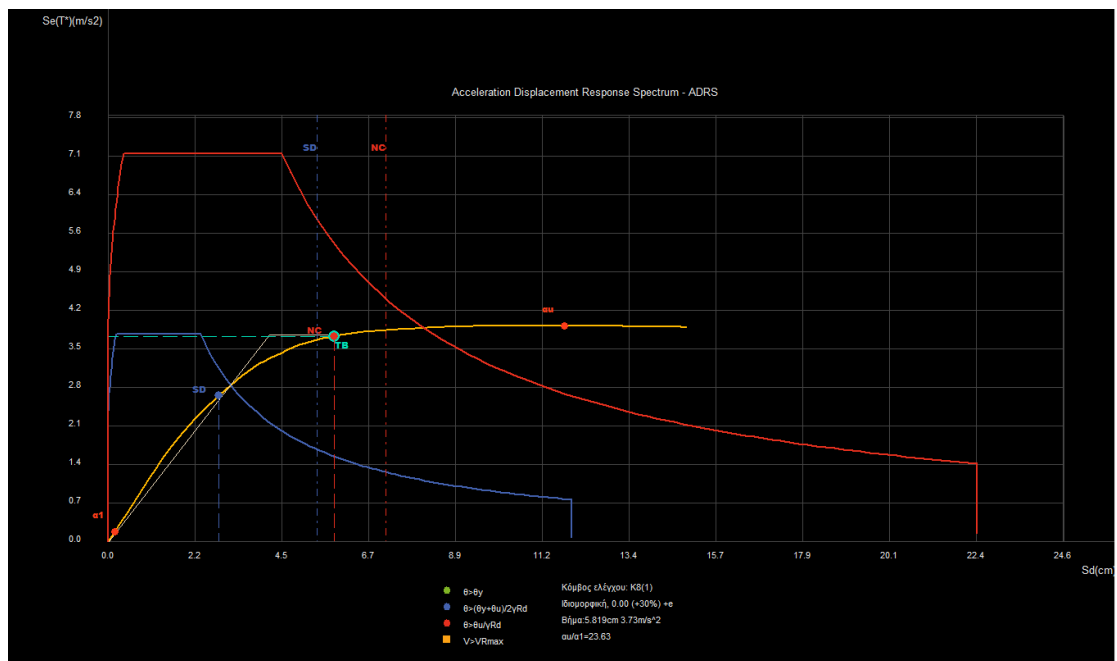


Εικόνα 5.41 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας NC (Γ1)

## Διαγράμματα ADRS για τη διεύθυνση +X – Ιδιομορφική κατανομή

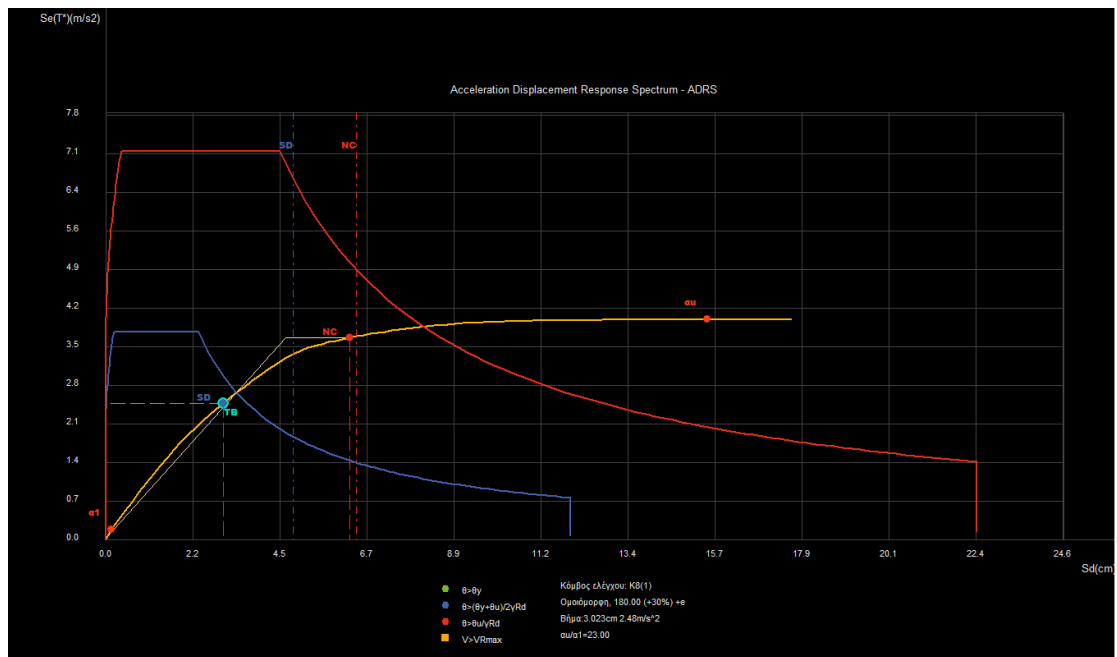


Εικόνα 5.42 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας SD (B2)

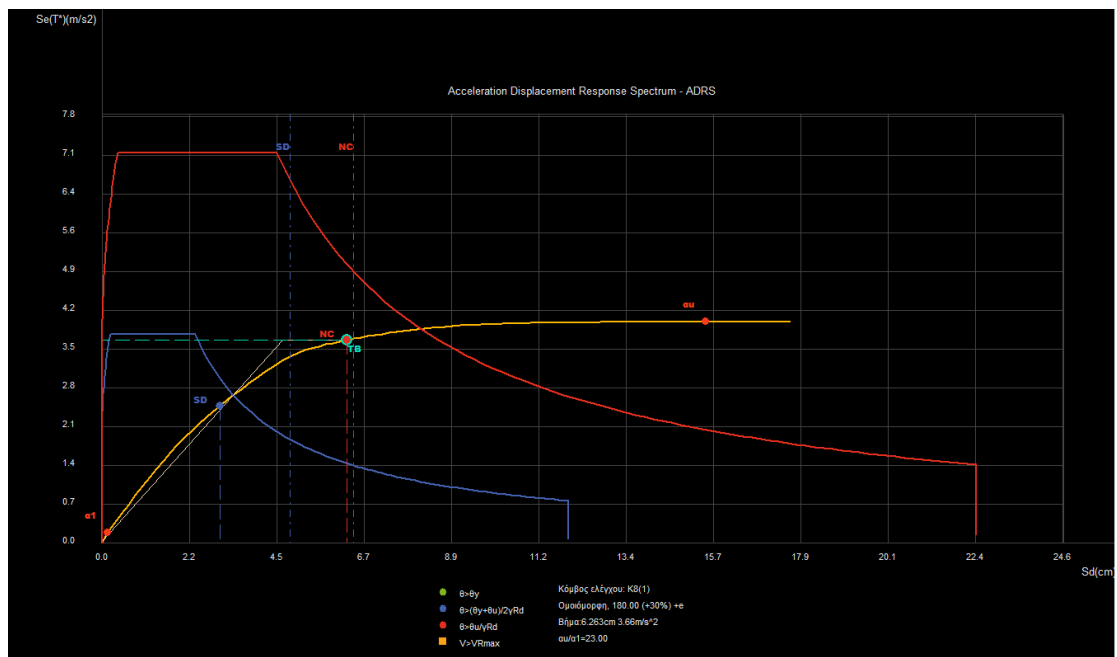


Εικόνα 5.43 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας NC (Γ1)

## Διαγράμματα ADRS για τη διεύθυνση -X – Ομοιόμορφη κατανομή

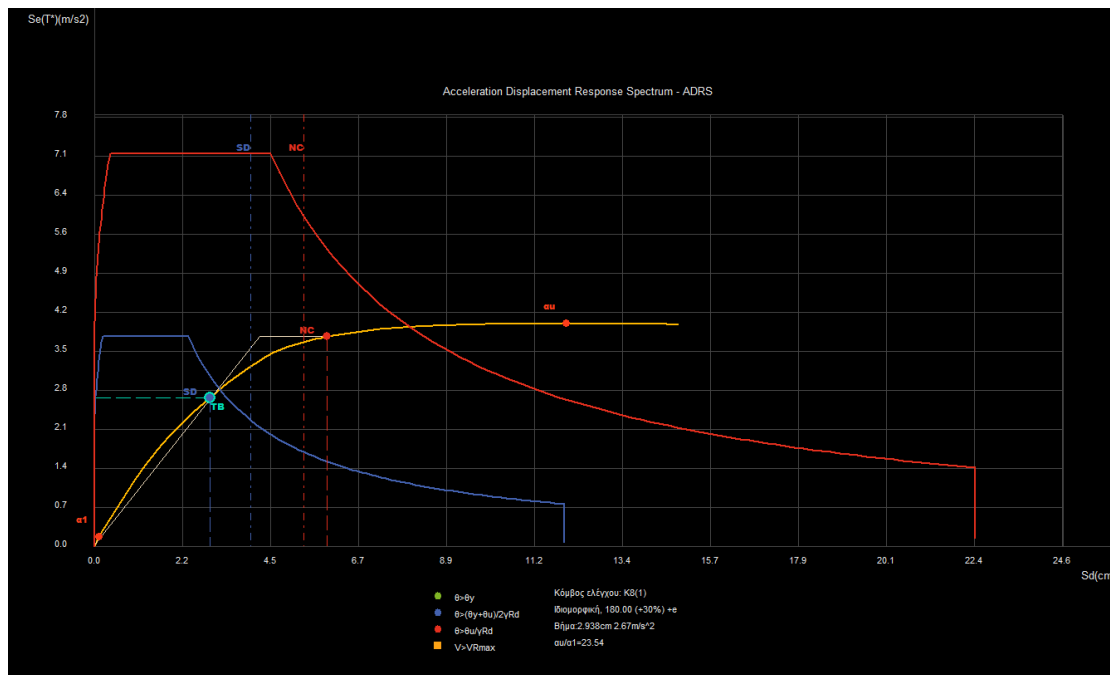


Εικόνα 5.44 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας SD (B2)

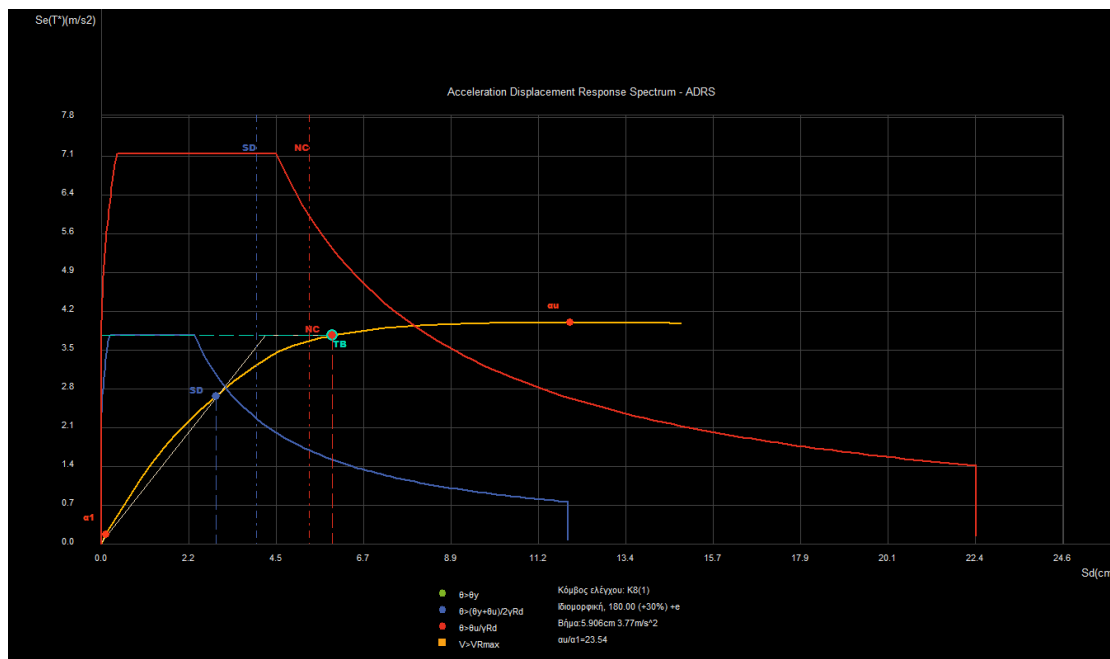


Εικόνα 5.45 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας NC (Γ1)

## Διαγράμματα ADRS για τη διεύθυνση -X – Ιδιομορφική κατανομή

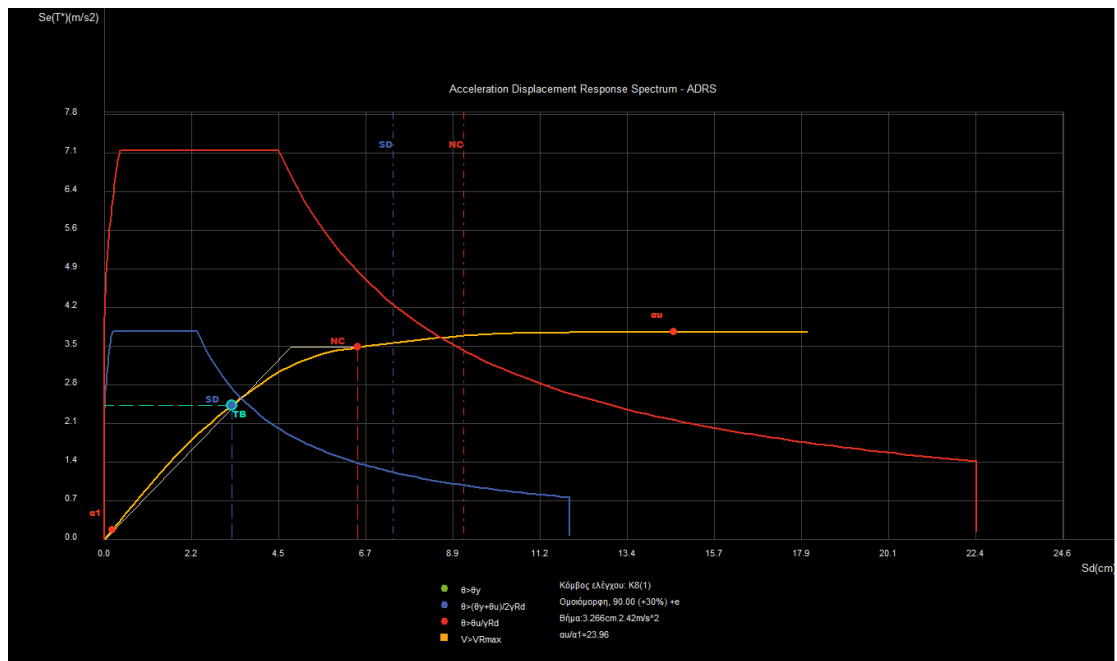


Εικόνα 5.46 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητα SD (B2)

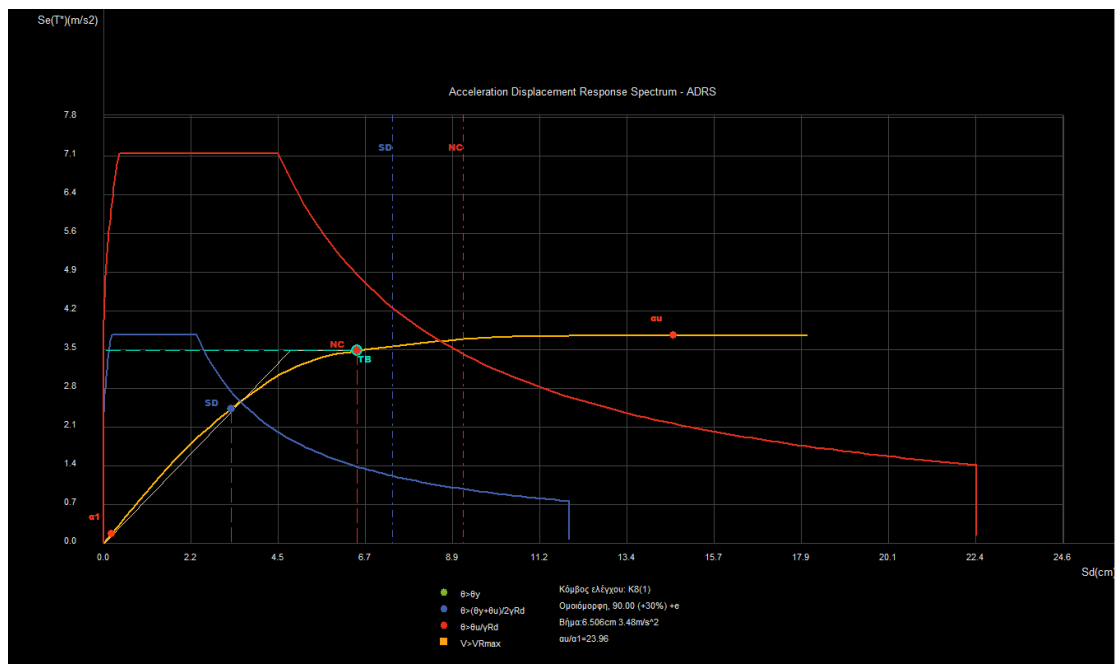


Εικόνα 5.47 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητα NC (Γ1)

## Διαγράμματα ADRS για τη διεύθυνση +Z – Ομοιόμορφη κατανομή

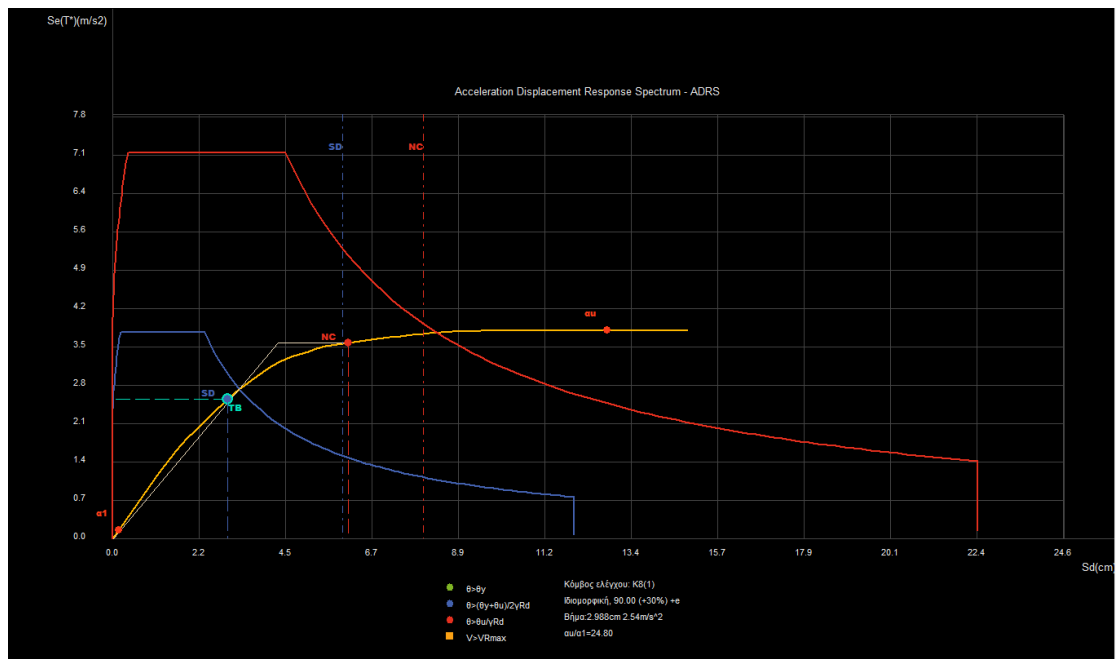


Εικόνα 5.48 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας SD (B2)

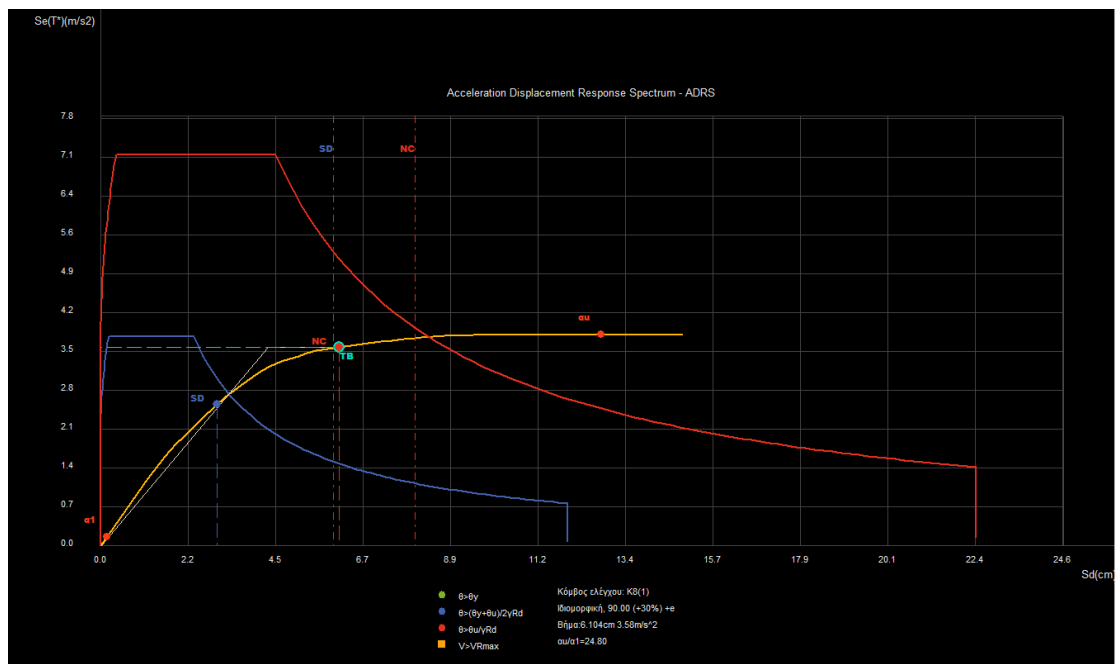


Εικόνα 5.49 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας NC (Γ1)

## Διαγράμματα ADRS για τη διεύθυνση +Z – Ιδιομορφική κατανομή



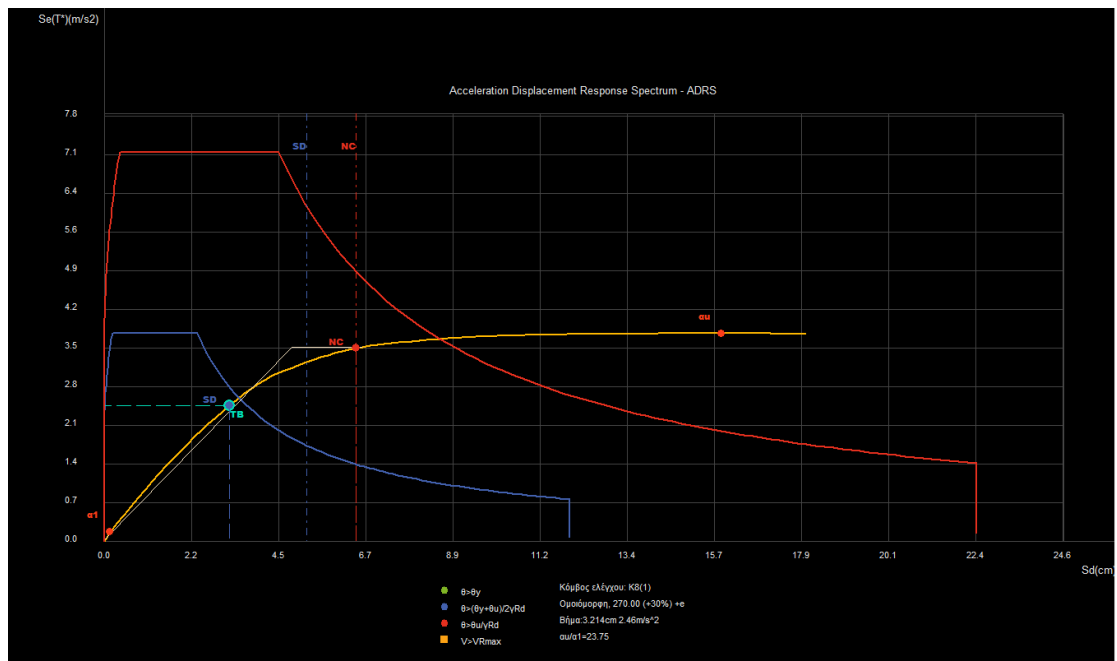
Εικόνα 5.50 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας SD (B2)



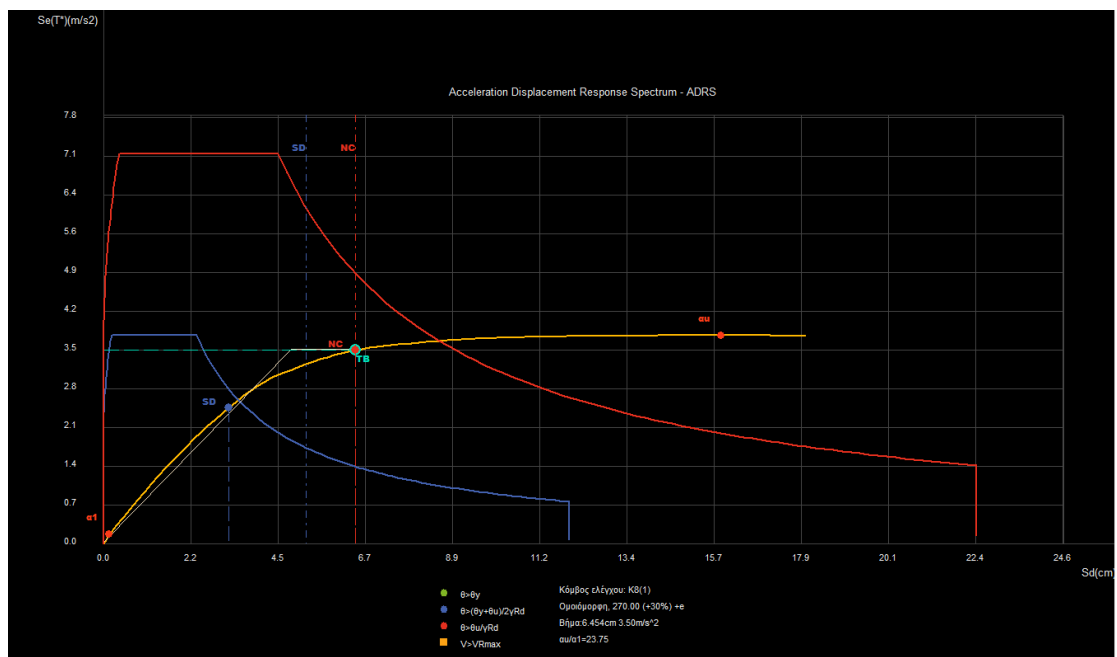
Εικόνα 5.51 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας NC (Γ1)



## Διαγράμματα ADRS για τη διεύθυνση -Z – Ομοιόμορφη κατανομή

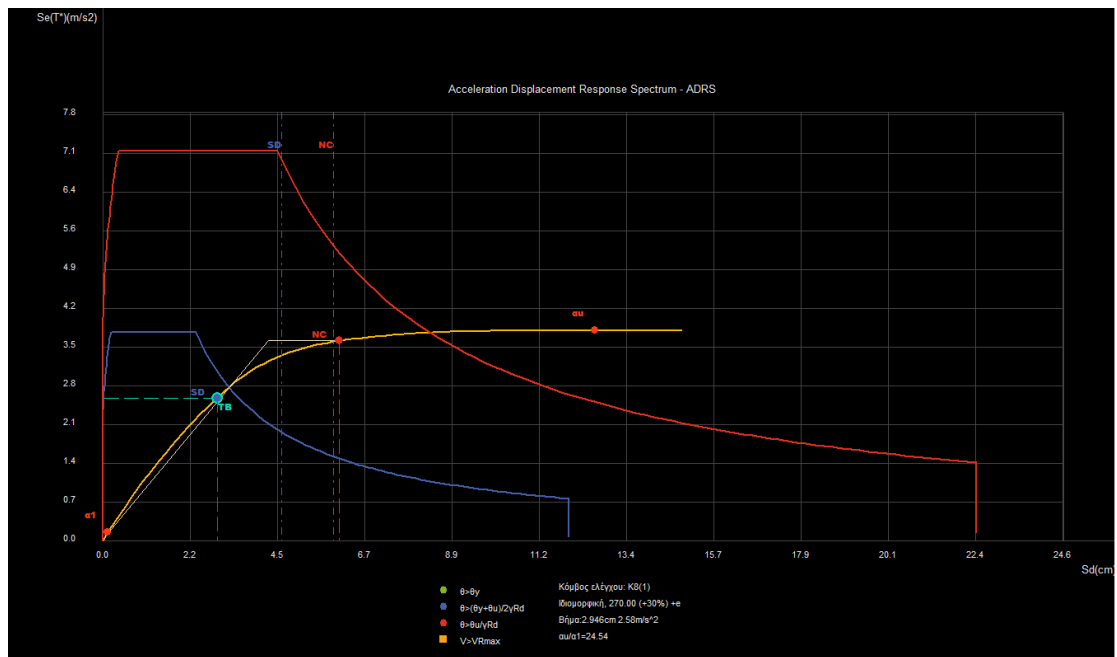


Εικόνα 5.52 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας SD (B2)

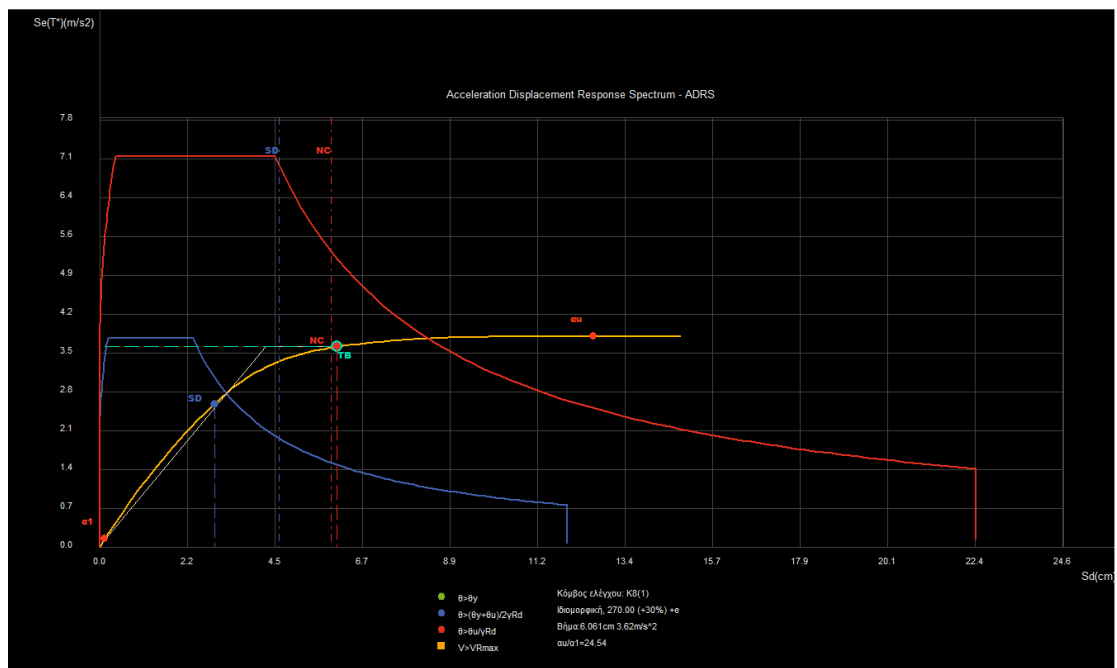


Εικόνα 5.53 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας NC (Γ1)

## Διαγράμματα ADRS για τη διεύθυνση -Z – Ιδιομορφική κατανομή



Εικόνα 5.54 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας SD (B2)



Εικόνα 5.55 Διάγραμμα ADRS επί της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας NC (Γ1)

Επίσης ακολουθούν συγκεντρωμένες οι αριθμητικές τιμές των μετακινήσεων για κάθε διεύθυνση και κατανομή, σύμφωνα με τα πιο πάνω διαγράμματα απαίτησης-ικανότητας ADRS.

- **Μετακινήσεις για τη διεύθυνση +X – Ομοιόμορφη κατανομή**

Στοχευόμενη μετακίνηση B2 (cm)	3,097
Οριακή μετακίνηση B2 (cm)	6,337
Στοχευόμενη μετακίνηση Γ1 (cm)	6,337
Οριακή μετακίνηση Γ1 (cm)	8,497

- **Μετακινήσεις για τη διεύθυνση +X – Ιδιομορφική κατανομή**

Στοχευόμενη μετακίνηση B2 (cm)	2,851
Οριακή μετακίνηση B2 (cm)	5,374
Στοχευόμενη μετακίνηση Γ1 (cm)	5,819
Οριακή μετακίνηση Γ1 (cm)	7,155

- **Μετακινήσεις για τη διεύθυνση -X – Ομοιόμορφη κατανομή**

Στοχευόμενη μετακίνηση B2 (cm)	3,023
Οριακή μετακίνηση B2 (cm)	4,823

Στοχευόμενη μετακίνηση Γ1 (cm)	6,263
Οριακή μετακίνηση Γ1 (cm)	6,443

- **Μετακινήσεις για τη διεύθυνση -X – Ιδιομορφική κατανομή**

Στοχευόμενη μετακίνηση B2 (cm)	2,938
Οριακή μετακίνηση B2 (cm)	3,977
Στοχευόμενη μετακίνηση Γ1 (cm)	5,906
Οριακή μετακίνηση Γ1 (cm)	5,312

- **Μετακινήσεις για τη διεύθυνση +Z – Ομοιόμορφη κατανομή**

Στοχευόμενη μετακίνηση B2 (cm)	3,266
Οριακή μετακίνηση B2 (cm)	7,406
Στοχευόμενη μετακίνηση Γ1 (cm)	6,506
Οριακή μετακίνηση Γ1 (cm)	9,206

- **Μετακινήσεις για τη διεύθυνση +Z – Ιδιομορφική κατανομή**

Στοχευόμενη μετακίνηση B2 (cm)	2,988
Οριακή μετακίνηση B2 (cm)	5,955
Στοχευόμενη μετακίνηση Γ1 (cm)	6,104
Οριακή μετακίνηση Γ1 (cm)	8,032

- **Μετακινήσεις για τη διεύθυνση -Z – Ομοιόμορφη κατανομή**

Στοχευόμενη μετακίνηση B2 (cm)	3,214
Οριακή μετακίνηση B2 (cm)	5,194
Στοχευόμενη μετακίνηση Γ1 (cm)	6,454
Οριακή μετακίνηση Γ1 (cm)	6,454

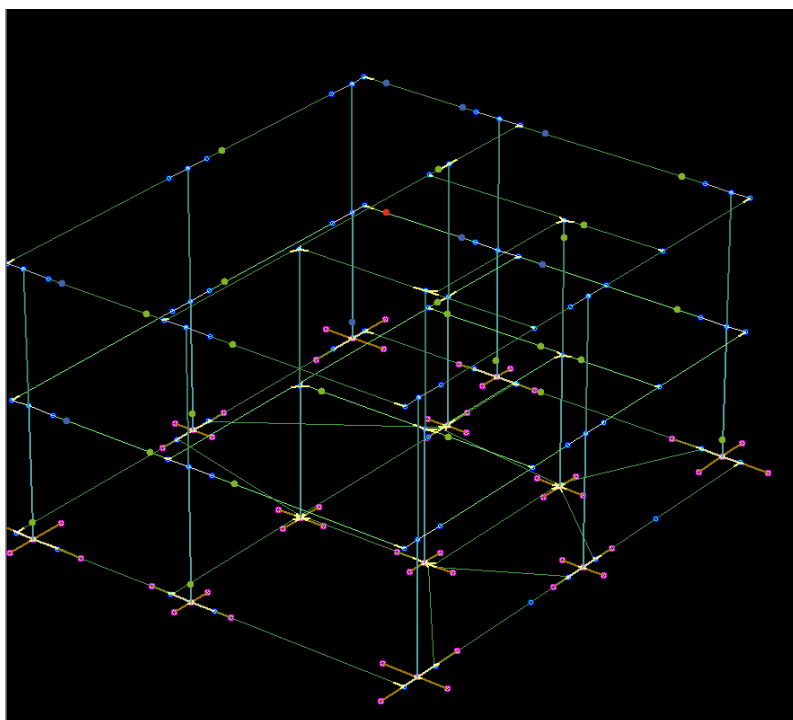
- **Μετακινήσεις για τη διεύθυνση -Z – Ιδιομορφική κατανομή**

Στοχευόμενη μετακίνηση B2 (cm)	2,946
Οριακή μετακίνηση B2 (cm)	4,578
Στοχευόμενη μετακίνηση Γ1 (cm)	6,061

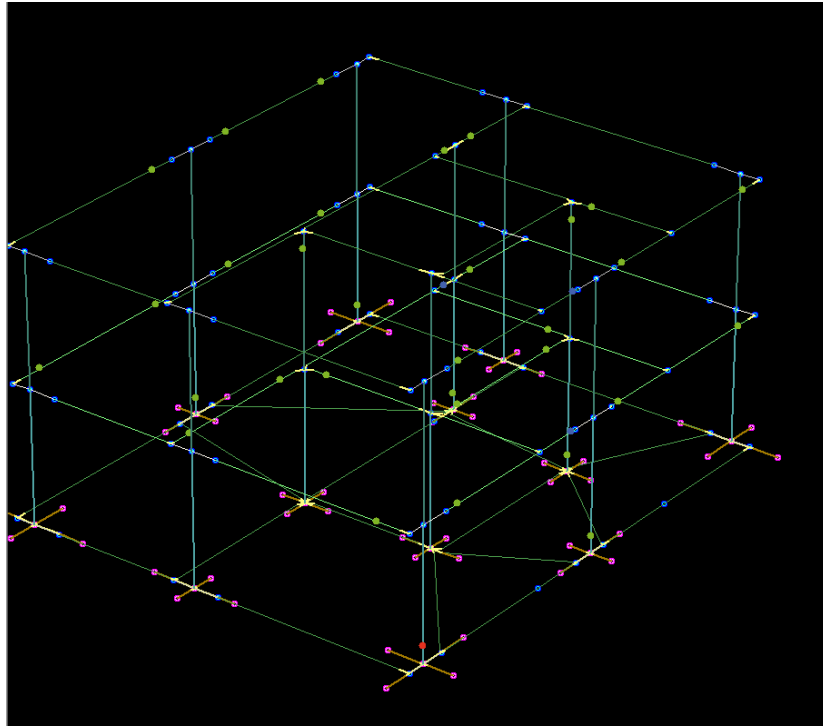
Οριακή μετακίνηση $\Gamma 1$ (cm)	5,913
-----------------------------------	-------

Στα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι για την ιδιομορφική κατανομή και για τις κατευθύνσεις  $-X$  και  $-Z$  η κόκκινη κουκίδα (στοχευόμενη μετακίνηση) είναι δεξιά της κόκκινης γραμμής (οριακή μετακίνηση). Ακόμη για την κατεύθυνση  $-Z$  ομοιόμορφης κατανομής η στοχευόμενη και η οριακή μετακίνηση συμπίπτουν. Βέβαια ο φορέας δεν απέχει και πάρα πολύ στο να ικανοποιούνται τα κριτήρια της στάθμης επιτελεσματικότητας  $\Gamma 1$ , μιας και η διαφορά της στοχευόμενης μετακίνησης με την οριακή δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Πιο συγκεκριμένα η διαφορά για τη διεύθυνση  $-X$  είναι 0,594 cm ενώ για την διεύθυνση  $-Z$  είναι 0,148 cm.

Είναι αλήθεια ότι για κτίριο μελετημένο με τον αντισεισμικό του 1959 δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες αδυναμίες στην σεισμική του συμπεριφορά. Βασικός λόγος ότι είναι χαμηλό και ότι για την εποχή του έχει αρκετά τοιχεία. Αυτό όμως δεν μας εμποδίζει να συμπεράνουμε ότι ο φορέας παρουσιάζει βλάβες επιπέδου  $\Gamma 1$  και βάσει κανονισμών χρειάζεται ενίσχυση. Στην υφιστάμενη κατασκευή υπάρχει πρόβλεψη για επιπλέον όροφο για το λόγο αυτό υπάρχουν αναμονές στην ταρατάσα. Προσωρινά στην συγκεκριμένη περιοχή ο συντελεστής δόμησης δεν μας επιτρέπει τη δημιουργία παραπάνω ορόφου κάτι το οποίο δεν αποκλείεται από τη μελέτη της κατασκευής.



Εικόνα 5.56 Πλαστικές αρθρώσεις κατά την ιδιομορφική κατανομή διεύθυνσης  $-X$  στάθμης NC



**Εικόνα 5.57** Πλαστικές αρθρώσεις κατά την ιδιομορφική κατανομή της διεύθυνσης  $-Z$  στάθμης NC

Στις παραπάνω εικόνες φαίνονται (με πράσινες κουκίδες) οι πλαστικές αρθρώσεις κατά τις μετακινήσεις  $-X$  και  $-Z$ , κατανομής ιδιομορφικής και στάθμης επιτελεστικότητας NC, στις δοκούς και στα υποστυλώματα.

Από την άλλη ο φορέας φαίνεται ότι έχει την απαραίτητη αντίσταση για να πληροί τα κριτήρια της στάθμης επιτελεστικότητας B2, καθώς όλες οι μπλε κουκίδες (στοχευόμενες μετακινήσεις) είναι αριστερά των μπλε γραμμών (οριακές μετακινήσεις).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΣΥΝΟΨΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. (2<sup>η</sup> αναθεώρηση 2017). Η αποτίμηση αφορούσε ένα κτίριο αποτελούμενο από ισόγειο και ένα όροφο. Μετά τη διεξαγωγή των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε ανεπάρκεια του φορέα για τη στάθμη επιτελεστικότητας NC (Αποφυγή Κατάρρευσης) με στόχο Γ1.

Αρχικά έγινε συλλογή των πληροφοριών του φορέα όπως τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του, τα υφιστάμενα υλικά, η χρονολογία κατασκευής κλπ, όπου κατόπιν συνεννόησης με τους ιδιοκτήτες, μας έγινε παραχώρηση των ανωτέρω στοιχείων. Εν συνεχεία πραγματοποιήθηκε εισαγωγή της γεωμετρίας και των οπλισμών της κατασκευής στο λογισμικό Fespa έκδοση 7.6.0.24. Για τον προσδιορισμό των επιπέδων βλαβών, δηλαδή των σταθμών επιτελεστικότητας, επιλέχθηκαν συνδυαστικά η B2 και η Γ1, οι συνιστάμενοι ανεκτοί στόχοι, όπως προβλέπεται για ένα κτίριο κατηγορίας σπουδαιότητας II. Η ανάλυση με την οποία πραγματοποιήθηκε η αποτίμηση είναι η ανελαστική στατική ανάλυση (pushover). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που λάβαμε από το λογισμικό οδηγηθήκαμε στο συμπέρασμα πως η κατασκευή παρουσιάζει κάποιες ανεπάρκειες. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα απαίτησης-ικανότητας των 32 αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν για τις στάθμες επιτελεστικότητας SD (Προστασία Ζωής) (B2) και NC (Αποφυγή Κατάρρευσης) (Γ1).

#### Στάθμη επιτελεστικότητας SD

<b>1. Στοιχειώμενη μετακίνηση dt</b>			
<b>X:</b>	+3.6cm -3.6cm	$0^{\circ}\text{-}30\%\text{-}270^{\circ}\text{+eZ, Ισομορφική}$ $180^{\circ}\text{+}30\%\text{-}90^{\circ}\text{-eZ, Ισομορφική}$	<b>Z:</b> +3.8cm -3.8cm
			$90^{\circ}\text{-}30\%\text{-}180^{\circ}\text{+eX, Ισομορφική}$ $270^{\circ}\text{+}30\%\text{-}0^{\circ}\text{-eX, Ισομορφική}$
<b>2. Στοιχειώμενη πλαστικότητα (για ανασχεδιασμό)</b>			
Περίοδος μονοβάθμιας συστήματος	$T^*(s)$	=	0.63
Συντελεστής συμπεριφοράς πλαστικότητας	$q_y (=q_{y1})$	=	1.15
Παράγοντας στοιχειώμενης πλαστικότητας	$\max \mu_y$	=	1.15
			180°+30%·90° -eZ, Ισομορφική
<b>3. Διαθέσιμος συντελεστής συμπεριφοράς q (για αποτίμηση)</b>			
Πλαστικότητα $q_y (=q_{y1})$ και υπεραντοχής $q_u (=q_{u1})$	$q_{y1}$	=	1.18
Διαθέσιμος συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	$\min q$	=	11.68
			$q_u \cdot q_s = 9.90$ 180°+30%·90° +eZ, Ομομόρφη
<b>4. Επιρροή ανελαστικής συμπεριφοράς, [ΚΑΝΕΠΕ, §5.7.4.2]</b>			
Λόγος ανελαστικών μετατοπίσεων	$\max C_d$	=	$\mu_d / q_u$
	= 1.10 / 1.10	=	1.00
			270°-30%·180° -eX, Ισομορφική
<b>5. Ικανότητα επιτάχυνσης για <math>\lambda_{\max} = 1</math></b>			
	$\max a_y (SD)$	=	0.167
			180°+30%·90° +eZ, Ισομορφική
<b>6. Στόχοι αποτίμησης, [ΚΑΝΕΠΕ, §2.2.1]</b>			
Περίοδος επαναφοράς SD	$\max a_y / a_{gR} = (\max T_R / T_{1R})^{1/k}$ $\max T_R (SD) = (0.167/0.240)^{20} \cdot 475$	$\therefore \max T_R = (\max a_y / a_{gR})^k \cdot T_{1R}$	161 έτη > 72 (ok)
Πιθανότητα υπέρβασης SD σε 50 έτη	$P = 1 - e^{-\lambda \cdot \max T_R}$ $P(SD) = 1 - e^{-50/161}$		26.73% < 50% (ok)
Στόχος που κανονοποιεί:	<b>B2 : P(SD) &lt; 50%</b>		[ΚΑΝΕΠΕ Πίν. 2.1]

**Πίνακας 6.25 Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD (Προστασία Ζωής).**



1. Στοχευόμενη μετακίνηση $d_t$			
X:	+7.2cm -7.4cm	$0^\circ-30^\circ-270^\circ +eZ$ , Ισομορφική $180^\circ+30^\circ-90^\circ -eZ$ , Ισομορφική	Z: +7.5cm -7.5cm
			$90^\circ-30^\circ-180^\circ +eX$ , Ισομορφική $270^\circ+30^\circ-0^\circ -eX$ , Ισομορφική
2. Στοχευόμενη πλαστιμότητα (για ανασχεδιασμό)			
Περίοδος μονοβάθμιου συστήματος	$T^*(s)$	=	0.69
Συντελεστής συμπεριφοράς πλαστιμότητας	$q_u (=q_m)$	=	1.47
Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας	$\max \mu_d$	=	1.47
			$90^\circ-30^\circ-180^\circ +eX$ , Ισομορφική
3. Διαθέσιμο συντελεστή συμπεριφοράς q (για αποτίμηση)			
Πλαστιμότητας $q_u (=q_m)$ και υπεραντοχής $q_s (=q_s)$	$q_u$	=	1.32
Διαθέσιμο συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς	$\min q$	=	$q_u \cdot q_s = 13.06$
			$180^\circ+30^\circ-90^\circ +eZ$ , Ισομορφική
4. Επικρατούσα ανελαστική συμπεριφορά, [ΚΑΝΕΠΕ, §5.7.4.2]			
Λόγος ανελαστικών μετατοπίσεων	$\max C_1$	=	$\mu_d / q_u = 1.00$
	$= 1.37 / 1.37$		$270^\circ-30^\circ-180^\circ -eX$ , Ισομορφική
5. Ικανότητα επιτάχυνσης για $\lambda_{\max} = 1$			
	$\max a_g (NC)$	=	0.217
	$\max a_g (VR)$	>	0.556
			$180^\circ+30^\circ-90^\circ +eZ$ , Ισομορφική $90^\circ+30^\circ-0^\circ +eX$ , Ισομορφική
6. Στόχοι αποτίμησης, [ΚΑΝΕΠΕ, §2.2.1]			
Περίοδος επαναφοράς NC	$\max T_R (NC) = (0.217/0.240)^{2.5} \cdot 475$	=	349 έτη
Περίοδος επαναφοράς VR	$\max T_R (VR) > (0.556/0.240)^{2.5} \cdot 475$	=	5915 έτη
			< 475 ! > 475 (ok)
Πιθανότητα υπέρβασης NC σε 50 έτη	$P(NC) = 1 - e^{-50/349}$	=	13.33%
Πιθανότητα υπέρβασης VR σε 50 έτη	$P(VR) < 1 - e^{-50/5915}$	=	0.84%
			> 10% ! < 10% (ok)
Στόχος που κανοποιείται:	$\Gamma_2 : P(NC), P(VR) < 50\%$		[ΚΑΝΕΠΕ Πιν. 2.1]

Πίνακας 6.26 Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για τη στάθμη επιτελεστικότητας NC (Αποφυγή Κατάρρευσης)

Οι πίνακες περιλαμβάνουν:

- Τις στοχευόμενες μετακινήσεις  $d_t$  και για τις τέσσερις διευθύνσεις σε επίπεδο κάτοψης της κατασκευής.
- Τη στοχευόμενη πλαστιμότητα  $\max \mu_d$ , για την περίπτωση του ανασχεδιασμού, που προκύπτει από την περίοδο του μονοβάθμιου συστήματος  $T^*(s)$  και το συντελεστή συμπεριφοράς της πλαστιμότητας  $q_u$ .
- Το διαθέσιμο συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς  $\min q$  που προκύπτει βάσει της πλαστιμότητας  $q_u$  και της υπεραντοχής  $q_s$ .
- Τον λόγο των ελαστικών μετατοπίσεων  $\max C_1$ .
- Τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση  $\max a_g$  που αντέχει η κατασκευή.
- Την περίοδο επαναφοράς του σεισμού  $\max T_R$  καθώς και την πιθανότητα υπέρβασης του φαινομένου.

Παρατηρούμε λοιπόν για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD (Προστασία Ζωής) ο στόχος B2 έχει πιθανότητα υπέρβασης σε 50 έτη  $26,73\% < 50\%$  και περίοδο επαναφοράς 171 έτη  $> 72$  έτη που σημαίνει ότι ικανοποιείται. Αυτό φαίνεται και από τα διαγράμματα απαίτησης ικανότητας (ADRS), που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 5, Εικόνες 5.40, 5.42, 5.44, 5.46, 5.48, 5.50, 5.52, 5.54, όπου η στοχευόμενη μετακίνηση είναι μικρότερη από την οριακή.

Από την άλλη για τη στάθμη επιτελεστικότητας NC (Αποφυγή Κατάρρευσης) ικανοποιείται μόνο ο στόχος  $\Gamma_2$  που για την κατασκευή αυτή δεν είναι αρκετό. Ο

στόχος Γ1 έχει πιθανότητα υπέρβασης σε 50 έτη  $13,33\% > 10\%$  και περίοδο επαναφοράς 349 έτη  $< 475$  έτη που προφανώς δεν ικανοποιούνται. Παρότι οι διαφορές τους είναι σχετικά μικρές δεν θεωρούνται ασήμαντες και σύμφωνα με τους κανονισμούς ο φορέας χρειάζεται κάποιο είδος ενίσχυσης, αν όχι συνολικά, τουλάχιστον στα μέλη που εμφάνισαν αστοχίες.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δρίτσος Στέφανος (2005): «Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών», Γ' Έκδοση Αναθεωρημένη, Πάτρα.
- ΟΑΣΠ (2017): «Κανονισμός Επεμβάσεων – ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017», 2<sup>η</sup> Αναθεωρημένη Έκδοση, Αθήνα.
- LH Λογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα.
- LH Λογισμική (2012): «Αποτίμηση στατικής επάρκειας υφιστάμενης κατασκευής σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2012», Αθήνα.
- LH Λογισμική (2018): «Ευρωκώδικες ΚΑΝ.ΕΠΕ. το επίσημο εγχειρίδιο αναφοράς», Αθήνα.
- Κοσμόπουλος Αντώνης (2005): «Αποτίμηση σεισμικής συμπεριφοράς και ενίσχυση μη-κανονικών σε κάτοψη κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος», Διδακτορική διατριβή, Πάτρα.
- ΟΑΣΠ (2001): «Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000». Αθήνα
- ΦΕΚ 1154 Β' 12.08.2003: «Τροποποίηση διατάξεων του “Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού ΕΑΚ-2000” λόγω αναθεώρησης του Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας»