



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών  
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Εκτίμηση της διακινδύνευσης υφιστάμενης  
πολυκατοικίας ΟΣ, με έμφαση στις χρηματικές  
απώλειες



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεώργιος Μ. Ζώσης

Επιβλέπων: Δημήτριος Βαμβάτσικος

Αθήνα, Φεβρουάριος 2022

ΕΜΚ ΜΕ 2022/4

Ζώσης Γ.Μ. (2022).  
Εκτίμηση της διακινδύνευσης υφιστάμενης πολυκατοικίας ΟΣ, με έμφαση στις χρηματικές  
απώλειες  
Μεταπτυχιακή Εργασία ΕΜΚ ΜΕ 2022/4  
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Zosis G.M. (2022).  
Seismic assessment of multistorey concrete residential building built, with emphasis in  
financial loss  
MSc Thesis ΕΜΚ ΜΕ 2022/4  
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

# Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη .....	4
Abstract .....	5
Ευχαριστίες .....	6
1 Εισαγωγή .....	7
1.1 Γενικά .....	7
1.2 Περιγραφή του κτιρίου .....	7
1.2.1 Γεωμετρικά στοιχεία του κτιρίου που μελετάται .....	7
1.2.2 Περιγραφή φέροντος οργανισμού .....	7
1.2.3 Φορτία σχεδιασμού .....	8
2 Σεισμική αποτίμηση κτιρίου .....	9
2.1 Γενικά .....	9
2.2 Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος .....	9
2.3 Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος .....	10
2.3.1 Προσδιορισμός σεισμικής απαίτησης (Πεδίο Δ) .....	10
2.3.2 Προσδιορισμός σεισμικής αντίστασης (Πεδίο Ε) .....	11
2.3.3 Δείκτης Προτεραιότητας Ελέγχου (Πεδίο ΣΤ) .....	14
2.4 Τριτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος .....	14
2.4.1 Γενικά .....	14
2.4.2 Μοντέλο Προσομοίωσης χωρίς Τοιχοποιία .....	15
2.4.3 Μοντέλο προσομοίωσης με τοιχοποιία .....	20
2.4.4 Συμπεράσματα .....	25
3 Εκτίμηση σεισμικής τρωτότητας και υπολογισμός χρηματικών απωλειών .....	26
3.1 Εκτίμηση τρωτότητας .....	26
3.2 Οικονομοτεχνική αποτίμηση .....	28
4 Συμπεράσματα .....	32
5 Βιβλιογραφία .....	33
Παράρτημα Α. Σχέδια – Ξυλότυποι – Πίνακες Οπλισμών .....	34
Παράρτημα Β. Δελτία Προσεισμικών Ελέγχων .....	40

## **Εκτίμηση της διακινδύνευσης υφιστάμενης πολυκατοικίας ΟΣ, με έμφαση στις χρηματικές απώλειες**

Ζώσης Γ.Μ. (Επιβλέπων: Βαμβάτσικος Δ.)

### **Περίληψη**

Στην παρούσα εργασία γίνεται εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων για την αποτίμηση σεισμικής επάρκειας κτιρίου με φέροντα οργανισμό κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα το 1983. Με βάση την αποτίμηση αυτή, έγινε εκτίμηση της διακινδύνευσης με έμφαση στις χρηματικές απώλειες.

Για την αποτίμηση της σεισμικής επάρκειας του κτιρίου, χρησιμοποιούνται τρεις διαφορετικές μέθοδοι διαφορετικής ακρίβειας. Αρχικά, χρησιμοποιείται ο Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος, για μια γρήγορη εκτίμηση του κατά πόσον απαιτείται περαιτέρω έλεγχος. Εν συνεχεία, χρησιμοποιείται ο Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος (μέθοδος Δρίτσου Σ.) για να προσδιοριστεί η προτεραιότητα ελέγχου του κτιρίου. Τέλος, χρησιμοποιείται ο Τριτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος κατά ΚΑΝΕΠΕ, για μεγαλύτερη ακρίβεια στην αποτίμηση της σεισμικής επάρκειας του κτιρίου.

Ο Τριτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος γίνεται σε δύο διαφορετικά μοντέλα προσομοίωσης της κατασκευής με τη χρήση του λογισμικού SeisMobuild. Το ένα μοντέλο έχει μόνο το φέροντα οργανισμό του κτιρίου. Το δεύτερο έχει το φέροντα οργανισμό, καθώς και στοιχεία της εξωτερικής και εσωτερικής τοιχοποιίας. Μετά την εκτέλεση των απαιτούμενων ανελαστικών στατικών αναλύσεων, διαπιστώνεται ότι τα αποτελέσματα των αναλύσεων στο μοντέλο με την τοιχοποιία είναι δυσμενέστερα από αυτά του μη έχοντος τοιχοποιία μοντέλου. Επίσης, οι κρίσιμες αστοχίες στο φέροντα οργανισμό του κτιρίου εμφανίζονται πρώτα στις περιπτώσεις των αναλύσεων που η κύρια διεύθυνση της σεισμικής φόρτισης είναι κατά τη διεύθυνση Χ. Με βάση αυτά, οι αναλύσεις που υπόκεινται σε περαιτέρω επεξεργασία στα επόμενα βήματα αυτής της εργασίας είναι από το μοντέλο με τοιχοποιία με κύρια διεύθυνση φόρτισης την Χ.

Τα αποτελέσματα των παραπάνω μεθόδων χρησιμοποιούνται με τη βοήθεια του λογισμικού SPO2FRAG, για την εξαγωγή των κατάλληλων καμπυλών τρωτότητας. Με το λογισμικό αυτό, γίνεται δυναμική επεξεργασία των αποτελεσμάτων των επιλεγμένων ανελαστικών στατικών αναλύσεων.

Οι καμπύλες τρωτότητας που προκύπτουν από τα παραπάνω χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των χρηματικών απωλειών με τη χρήση του λογισμικού PACT, σύμφωνα με τη μεθοδολογία FEMA P-58. Καθώς το λογισμικό αυτό χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στις ΗΠΑ, γίνεται προσαρμογή των δεδομένων κόστους επισκευής και τρωτότητας για την εσωτερική και εξωτερική τοιχοποιία του υπό μελέτη κτιρίου, καθώς επίσης και του κόστους για τις εργασίες επισκευής των δομικών στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος.

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF STEEL STRUCTURES

MSc THESIS  
EMK ME 2022/4

**Seismic assessment of multistorey concrete residential building built,  
with emphasis in financial loss**

Zosis G.M. (supervised by Vamvatsikos D.)

**Abstract**

In this thesis different methods are used in order to assess the seismic behavior of a concrete residential building built between 1983-1985. Based on this assessment, the seismic risk is assessed, emphasizing on financial loss, mainly for insurance purposes.

In order to assess the building for the seismic hazard, three different methodologies of different accuracy are used. Initially, the Rapid Visual Inspection methodology is used in order to estimate the need for further checking. Afterwards, the proposed rapid seismic assessment method by Dritsos S. is used in order to estimate the check priority of the building. The KANEPE methodology is the last and the most accurate of the seismic assessment methodologies used.

For the KANEPE methodology, two different models are used with the aid of Seismobuild software. In the first model, only the structural concrete frame is simulated. In the second model, apart from the concrete frame, the masonry infills are simulated, too. After executing the required inelastic static analyses, it is determined that the results of the second model are worse than the ones of the first. Moreover, the critical failures at the structure appear first in the case of the analyses that the main seismic loading is concentrated at the X axis. Based on these, the analyses that are further processed at the next steps of this thesis are of the model with the masonry infills with the main seismic direction at the X axis.

The results of the methodologies mentioned above are used in order to determine, with the aid of the SPO2FRAG software, the appropriate fragility curves. With the aid of SPO2FRAG, the selected results mentioned above are dynamically processed, to produce more accurate data for the next step.

The fragility curves from SPO2FRAG are used for the evaluation of the financial loss using the PACT software, according to FEMA P-58 methodology. Because of the fact that PACT software is mainly used for buildings in the USA, the data for repair costs and fragility are adjusted, for the case of the interior and exterior (façade) masonry. The data for the repair costs of the concrete structural units are adjusted to suit the greek construction as well.

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βαμβάτσικο, καθώς με την καθοδήγηση και βοήθειά του έγινε δυνατή η ολοκλήρωση της συγκεκριμένης εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υποστήριξή τους κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

# 1 Εισαγωγή

## 1.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει παρουσίαση του κτιρίου το οποίο μελετάται, τόσο αναφορικά με τον τρόπο και τα υλικά κατασκευής, όσο και αναφορικά με τα φορτία σχεδιασμού και άλλα χαρακτηριστικά της μελέτης.

## 1.2 Περιγραφή του κτιρίου

Το κτίριο το οποίο μελετάται είναι μια πολυκατοικία στην περιοχή του Ναυπλίου. Πρόκειται για κατασκευή από φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα και δρομική τοιχοποιία ως υλικό πλήρωσης. Το κτίριο μελετήθηκε το 1983 και η κατασκευή του ολοκληρώθηκε το 1985.

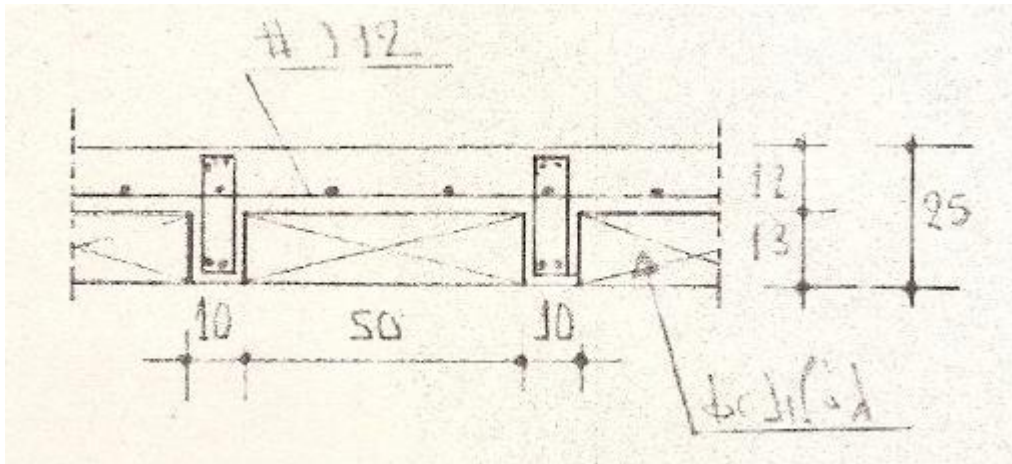
Το κτίριο βρίσκεται επί οικοπέδου 467τ.μ.. Αποτελείται από ημιυπόγειο, υπερυψωμένο ισόγειο (ύψος δαπέδου +1,50μ. από τελική στάθμη εδάφους), επιπλέον δύο ορόφους και δάμα (βλ. τομή, Σχ. Α.1). Για τις ανάγκες της σεισμικής αποτίμησης, θεωρήθηκε ότι πρόκειται περί τετραώροφου κτιρίου, με το ισόγειο του θεωρούμενου κτιρίου να είναι το ημιυπόγειο, ο πρώτος όροφος του θεωρούμενου κτιρίου να είναι το υπερυψωμένο ισόγειο της υφιστάμενης κατασκευής κ.ο.κ.. Για αποφυγή σύγχυσης, από το σημείο αυτό και πέρα όπου αναφέρεται «ισόγειο» στο κείμενο, θεωρείται το ημιυπόγειο της κατασκευής, όπου αναφέρεται «Α όροφος» θεωρείται το υπερυψωμένο ισόγειο της κατασκευής, όπου αναφέρεται «Β όροφος» θεωρείται ο Α όροφος της κατασκευής και όπου αναφέρεται «Γ όροφος» θεωρείται ο Β όροφος της κατασκευής.

### 1.2.1 Γεωμετρικά στοιχεία του κτιρίου που μελετάται

Το κτίριο έχει εμβαδό κάτοψης κλειστών χώρων 185τ.μ. για κάθε όροφο. Το ισόγειο έχει ύψος 2,60μ. και οι υπόλοιποι όροφοι 3,20μ.. Το συνολικό ύψος του κτιρίου (μη περιλαμβανομένης της απόληξης του κλιμακοστασίου) είναι 12,20μ.. Το σχήμα του είναι σχεδόν ορθογωνικό, με μήκος της μίας πλευράς 22,80μ. και της άλλης 8,30μ. (βλ. κάτοψη, Σχ. Α.2). Η κυκλοφορία μεταξύ των ορόφων γίνεται μέσω του κλιμακοστασίου.

### 1.2.2 Περιγραφή φέροντος οργανισμού

Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Έχει μελετηθεί σύμφωνα με τον Κανονισμό Οπλισμένου Σκυροδέματος 1954[9] και τον Αντισεισμικό Κανονισμό 1959[1]. Το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας B225 και ο χάλυβας Stahl III. Οι πλάκες είναι τύπου Zoelner με χρήση φελιζόλ και πάχος 25cm, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.1. Για την απόληξη του κλιμακοστασίου, η πλάκα της οροφής του είναι συμπαγής πάχους 12cm. Για τις ανάγκες της μελέτης δε λαμβάνεται υπόψιν η απόληξη κλιμακοστασίου στους υπολογισμούς. Ο κάθε όροφος έχει 19 υποστυλώματα και ένα μικρό τοίχιο, τα οποία θεμελιώνονται σε άκαμπτα θεμέλια, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με πεδιλοδοκούς. Οι διαστάσεις υποστυλωμάτων και δοκών καθώς και ο οπλισμός τους αναφέρονται στους πίνακες Α.1 και Α.2 αντίστοιχα του Παραρτήματος Α. Σημειώνεται ότι τα υποστυλώματα έχουν εγκάρσιο οπλισμό Φ8/20 (δίτημητοι συνδετήρες) και οι δοκοί Φ6/20 (δίτημητοι συνδετήρες).



Σχήμα 1.1: Τομή πλάκας Zoelner

### 1.2.3 Φορτία σχεδιασμού

Τα φορτία σχεδιασμού έχουν υπολογιστεί σύμφωνα με τον κανονισμό φορτίσεων 1946[1]. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κτίριο έχει μελετηθεί στατικά με πρόβλεψη για μελλοντικό όροφο, ο οποίος όμως δεν έχει κατασκευαστεί.

Τα φορτία μελέτης είναι τα ακόλουθα:

Μόνιμα φορτία:  $500\text{kg/m}^2$

Κινητά φορτία:  $200\text{kg/m}^2$

Επιτρεπόμενες τάσεις σκυροδέματος/χάλυβα:  $80\text{kg/cm}^2 / 2400\text{kg/cm}^2$

Επιτρεπόμενη τάση εδάφους:  $1,50\text{kg/cm}^2$

Συντελεστής σεισμικής επιβαρύνσεως εδάφους: 0,04



## 2 Σεισμική αποτίμηση κτιρίου

### 2.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει εφαρμογή των μεθόδων για τη σεισμική αποτίμηση του κτιρίου.

### 2.2 Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος

Ο Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος ή Ταχύς Οπτικός Έλεγχος του ΟΑΣΠ[10] είναι μια μεθοδολογία για την πρώτη αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας ενός κτιρίου, με βάση στοιχεία που συλλέγονται και καταγράφονται σε ειδικά δελτία ελέγχου (Δελτία Δομικής Τρωτότητας). Τα στοιχεία που συλλέγονται και καταγράφονται στα Δελτία Ελέγχου έχουν καθοριστεί προκειμένου να παρέχουν τιμές σε ένα πρώτο «δείκτη σεισμικής ικανότητας» εκάστου κτιρίου. Το συμπληρωμένο δελτίο τρωτότητας παρατίθεται στο Παράρτημα Β.

Για τη συμπλήρωση του Δελτίου, υπολογίστηκε το εμβαδόν κάτοψης (185τ.μ.) και το συνολικό εμβαδόν (740τ.μ.). Η σπουδαιότητα του κτιρίου είναι Σ2 (κατά ΕΑΚ[3]). Το κτίριο βρίσκεται στο Ναύπλιο, το οποίο ανήκει στη Ζώνη Ι (κατά ΕΑΚ[3] όπως τροποποιήθηκε το 2003). Η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας του κτιρίου κατά το χρόνο μελέτης του κτιρίου είναι η Ι, και η κατηγορία εδάφους κατά ΕΑΚ[3], είναι η Β. Για τον προσδιορισμό της κατηγορίας λήφθηκαν υπόψιν τα στοιχεία της μελέτης του κτιρίου. Το κτίριο κατατάσσεται στην κατηγορία ΟΣα, καθώς πρόκειται για κτίριο με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα μελετημένο προ του 1985. Ως στοιχεία για τη γενική τρωτότητα του κτιρίου εντοπίστηκαν μόνο η ύπαρξη κάποιων κοντών υποστυλωμάτων στο ισόγειο. Η αυθαίρετη αλλαγή χρήσης των αποθηκών του ισογείου σε διαμερίσματα θεωρείται ότι δρα ευνοϊκά, καθώς η αύξηση των κατακόρυφων φορτίων από την αλλαγή χρήσης δεν επηρεάζουν τη συμπεριφορά του κτιρίου, ενώ η προσθήκη περισσότερων τοιχοποιιών για το διαχωρισμό των διαμερισμάτων δρα ευνοϊκά ως προς τη σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου. Με βάση τα παραπάνω, προέκυψε ο ακόλουθος Πίνακας 2.1 για τον προσδιορισμό της Γενικής Δομικής Βαθμολογίας του κτιρίου.

Δεν βρέθηκαν στοιχεία πρόσθετης τρωτότητας ή ενδεχόμενη τρωτότητα έναντι άλλων αιτίων, ως εκ τούτου η τελική βαθμολόγηση του κτιρίου είναι 6,8, η οποία κατατάσσει την προτεραιότητα σε περαιτέρω έλεγχο του κτιρίου σε χαμηλή.

ΠΕΔΙΟ ΔΕΔΟΤ Α	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΟΠΛ
		ΟΣα
12	Βασ. βαθ/για, αναλ. ΔΤ	6,0
10	Ζώνη σεισ. επικ. I	-0,5
10	Ζώνη σεισ. επικ. II ή III	-1,5
11	Εδαφος κατηγ. Α	-0,1
11	Εδαφος κατηγ. Β	-0,3
11	Εδαφος κατηγ. Γ ή Δ	-0,6
11,13	Εδαφ. κατ. Γ ή Δ (>5ορόφων)	-0,8
11	Εδαφος κατηγ. Χ	-0,8
25	Χωρίς αντ. καν/μό	-0,5
26	Προηγ. σεισ. επιβ/σεις, προβλήματα	-1,0
27	Κακή κατάσταση	-0,5
28	Κρούση με γειτον. κτίρια	-0,5
29-35	PILOTIS η/και κοντά υποστυλώματα	-1,5
30	Κανονική διαταξη τοιχ/σης σε κάτοψη	0,5
31	Μεγάλο ύψος	-1,0
32	Μη κανονικ/τα σε τομή	-1,0
33	Μη κανονικ/τα σε κάτοψη	-1,0
34	Στρέψη(έντονη)	-0,5
5,7	Ένταση λειτουργίας(0,2ή0,5)	0,2
9	Αρ. χρηστών <=9	-0,2
9	Αρ. χρηστών 10-99	-0,4
9	Αρ. χρηστών >=100	-0,6
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΔΟΜΙΚΗ ΒΑΘ/ΓΙΑ(αβ)</b>		<b>6.8</b>

## 2.3 Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος

Ο δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος είναι λεπτομερέστερος του πρωτοβαθμίου ελέγχου (ταχέως οπτικού), αλλά ταχύτερος από τον τρίτοβάθμιο έλεγχο, ο οποίος απαιτεί πλήρη μελέτη αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας του κτιρίου σύμφωνα με τις αρχές και μεθόδους της σεισμικής μηχανικής και των τελευταίων εξελίξεων. Ουσιαστικά, πρόκειται περί εκ νέου ιεραρχική βαθμονόμηση των κτιρίων με περισσότερη λεπτομέρεια σε σχέση με τον πρωτοβάθμιο. Η μεθοδολογία δευτεροβάθμιου ελέγχου που εφαρμόζεται στην παρούσα εργασία είναι η προτεινόμενη από τον ΟΑΣΠ (μέθοδος Δρίτσου Σ.)[2]. Το συμπληρωμένο δελτίο δευτεροβάθμιου προσεισμικού ελέγχου παρατίθεται στο Παράρτημα Β.

Για τη συμπλήρωση του δελτίου χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία της μελέτης του κτιρίου καθώς και κάποια στοιχεία τα οποία είχαν υπολογιστεί στην περίπτωση του Πρωτοβάθμιου Προσεισμικού Ελέγχου (βλ. κεφ.2.2)(Πεδία Α-Γ του δελτίου).

Στα σεισμολογικά και γεωτεχνικά στοιχεία της περιοχής (Πεδίο Γ, ερώτημα 3), διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει κάποιος πιθανός κίνδυνος τοπικής μεγέθυνσης της σεισμικής δράσης, καθώς το έδαφος στην περιοχή του κτιρίου είναι επίπεδο.

### 2.3.1 Προσδιορισμός σεισμικής απαίτησης (Πεδίο Δ)

Η σεισμική απαίτηση προσδιορίστηκε χρησιμοποιώντας τη εξίσωση 2.1:

$$V_{req} = MxS_d(T) \quad (2.1)$$

όπου  $M = 551,4 \text{tn} = 551400 \text{kg}$ .

Για τον υπολογισμό του  $S_d$ , απαιτείται ο υπολογισμός της ιδιοπεριόδου. Αυτή υπολογίστηκε με βάση τον Ευρωκώδικα 8:

$$T = 0,05xH^{3/4} \quad (2.2)$$

Για  $H=12,20\text{m}$ , προκύπτει  $T=0,33\text{sec}$ . Επίσης, απαιτείται ο προσδιορισμός του δείκτη συμπεριφοράς  $q^1 = 1,4x1,7 = 2,4$  (Θεωρείται ότι έχουμε ευμενή παρουσία τοιχοπληρώσεων στο σύνολο του κτιρίου, χωρίς ουσιώδεις βλάβες σε πρωτεύοντα στοιχεία, και στάθμη επιτελεστικότητας  $\Gamma$ ).

Έτσι, το  $S_d$  υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση (2.3):

$$S_d(T) = a_g x S x \left( \frac{2,5}{q} \right) = 0,16x9,81x1,00x \frac{2,5}{2,4} = 1,64 \text{m/s}^2 \quad (2.3)$$

Έτσι, προκύπτει ότι  $V_{req} = 904,3 \text{kN}$ .

### 2.3.2 Προσδιορισμός σεισμικής αντίστασης (Πεδίο E)

Για τον προσδιορισμό της σεισμικής αντίστασης, προσδιορίστηκαν τα κριτήρια 1 - 13 ως ακολούθως:

Κριτήριο 1: Δεν υπάρχουν βλάβες Στατικής Ανεπάρκειας, άρα  $B1 = 5$ .

Κριτήριο 2: Περιορισμένη διάβρωση (Περιορισμένες ρηγματώσεις παράλληλες με τον κύριο σπλισμό), άρα  $B2 = 4$ .

Κριτήριο 3: Από τον ακόλουθο πίνακα 2.2 υπολογίστηκαν το μέσο ανηγμένο αξονικό φορτίο και το ανηγμένο αξονικό φορτίο κάθε υποστυλώματος.

Οι αξονικές τιμές υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του προγράμματος Seismobuild<sup>2</sup>.

Το μέσο ανηγμένο αξονικό φορτίο είναι 0,34, άρα  $B3\alpha = 3$ .

Το μέγιστο ανηγμένο αξονικό φορτίο είναι 0,56, άρα  $B3\beta = 2$ .

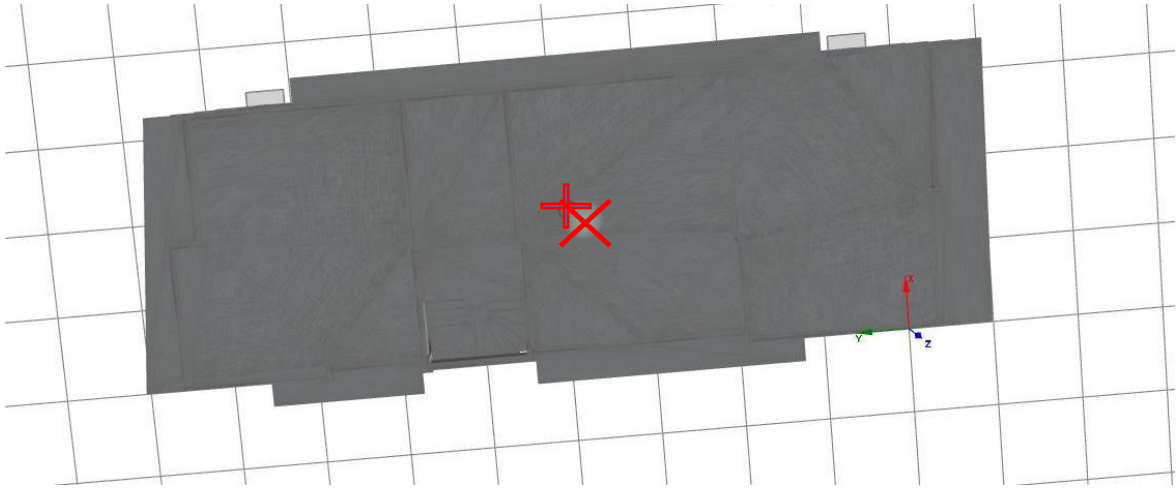
Επιλέγεται το ελάχιστο των δύο κριτηρίων, άρα  $B3 = 2$ .

Κριτήριο 4: Το κτίριο έχει λόγο  $L_{max}/L_{min} = 2,65$ . Άρα θεωρείται κανονικής κάτοψης,  $B4 = 5$ .

Κριτήριο 5: Στο Σχήμα 2.1 φαίνεται η θέση του κέντρου μάζας και του κέντρου δυσκαμψίας του κτιρίου<sup>2</sup>. Επομένως,  $B5 = 5$ . Σημειώνεται ότι η κατανομή των τοιχοπληρώσεων σε κάτοψη θεωρείται ότι είναι συμμετρική, οπότε αγνοείται η συνεισφορά τους στον υπολογισμό των οριζόντιων δυσκαμψιών.

<sup>1</sup> Συνδυαστικά πίνακες 4.1 και Σ4.4 ΚΑΝΕΠΕ 2017[8].

<sup>2</sup> Η παρούσα εργασία περιλαμβάνει ούτως ή άλλως τη χρήση του προγράμματος Seismobuild, για τον Τριτοβάθμιο Προσεισμικό Έλεγχο. Ως εκ τούτου, κάποια δεδομένα ελήφθησαν από εκεί. Υπό άλλες συνθήκες, το φορτίο των υποστυλωμάτων θα μπορούσε να υπολογιστεί με πιο απλές μεθόδους (π.χ. ζώνες επιρροής). Ομοίως, τα κέντρα μάζας και δυσκαμψίας θα μπορούσαν να υπολογιστούν με τη χρήση της περιγραφόμενης μεθοδολογίας του ΟΑΣΠ[2].



Σχήμα 2.1: Θέση του κέντρου μάζας(X) και του κέντρου δυσκαμψίας(+) του υπό μελέτη κτιρίου.

Κριτήριο 6: Το κτίριο δεν έχει διαφοροποιήσεις ως προς το εμβαδό καθ' ύψος, οπότε  $B6=5$ .

Κριτήριο 7: Δεν παρουσιάζονται σοβαρές μεταβολές στην τοιχοποιία μεταξύ των ορόφων. Οπότε,  $B7 = 4$ .

Κριτήριο 8: Το κτίριο δεν παρουσιάζει διαφοροποιήσεις καθ' ύψος όσον αφορά τη μάζα. Άρα,  $B8 = 5$ .

Κριτήριο 9: Δεν παρουσιάζονται φύσει και θέσει κοντά υποστυλώματα, με εξαίρεση το ισόγειο. Στο ισόγειο παρατηρούνται κάποια «θέσει» κοντά υποστυλώματα λόγω της ύπαρξης τοιχοποιίας μέχρι περίπου το μέσον του ύψους τους. Ως εκ τούτου, προκύπτει ο ακόλουθος Πίνακας 2.2. Άρα,  $B9 = 3,65$ .

Πίνακας 2.2: Υπολογισμός βαθμού λόγω κοντών υποστυλωμάτων.

Υποστώλιωμα	Ελεύθερο ύψος l	Διάσταση υποστυλώματος h	l/h	Βαθμός β <sub>i</sub>	Συντελεστής βαρύτητας σ.β.
K1	1,00	0,40	2,5	2	4
K2	1,00	0,25	4	3	3
K3	1,00	0,40	2,5	2	4
K4	1,00	0,40	2,5	2	4
K5				5	1
K6				5	1
K7				5	1
K8				5	1
K9				5	1
K10				5	1
K11				5	1
K12				5	1
K13				5	1
K14				5	1
K15				5	1
K16				5	1
K17				5	1
K18				5	1
K19				5	1
T1				5	1
Τελικός βαθμός					3,65

Κριτήριο 10: Δεν υπάρχουν κατακόρυφες ασυνέχειες σύμφωνα με τα κριτήρια KA1-KA5. Για το κριτήριο KA6 ισχύει ότι  $0,05bx,y < ex,y < 0,15 bx,y$ . Επομένως,  $B10 = 4$ .

Κριτήριο 11: Το κτίριο παρουσιάζει πολύ καλή πλαισιακή λειτουργία όπως αυτή περιγράφεται από τα σημεία Α, Β και Γ της μεθοδολογίας. Θεωρείται  $B_{11} = 5$ .

Κριτήριο 12: Δεν υπάρχουν άλλα κτίρια σε επαφή με το παρόν. Άρα,  $B_{12} = 5$ .

Κριτήριο 13: Το κτίριο βρίσκεται σε αρκετά καλή κατάσταση. Άρα,  $B_{13} = 4$ .

Χρησιμοποιώντας τη βαθμολογία κάθε ενός από τα παραπάνω κριτήρια, καταρτίστηκε ο Πίνακας 2.3.

Πίνακας 2.3: Υπολογισμός συντελεστών  $\beta_x$  και  $\beta_y$ .

	$\beta_x$	$\beta_y$	Συντελεστές Βαρύτητας
Κριτήριο 1 - Βλάβες Στατικής Ανεπάρκειας	5	5	0,10
Κριτήριο 2 - Οξειδωση οπλισμών	4	4	0,10
Κριτήριο 3 - Μέγεθος ανηγμένου Αξονικού φορτίου	2	2	0,05
Κριτήριο 4 - Κανονικότητα σε κάτοψη	5	5	0,05
Κριτήριο 5 - Κατανομή Δυσκαμψίας σε Κάτοψη - Στρέψη	5	5	0,10
Κριτήριο 6 - Κανονικότητα σε Τομή/Οψη	5	5	0,05
Κριτήριο 7 - Κατανομή Δυσκαμψίας καθ' ύψος - Μαλακός Όροφος	4	4	0,15
Κριτήριο 8 - Κατανομή μάζας καθ' ύψος	5	5	0,05
Κριτήριο 9 - Κοντά Υποστυλώματα	3,65	3,65	0,15
Κριτήριο 10 - Κατακόρυφες Ασυνέχειες	5	5	0,05
Κριτήριο 11 - Διαδρομή και μεταφορά δυνάμεων	5	5	0,05
Κριτήριο 12 - Γειτονικά Κτίρια	5	5	0,05
Κριτήριο 13 - Κακοτεχνίες, Τραυματισμοί	4	4	0,05
<b><math>\beta</math></b>	<b>0,87</b>	<b>0,87</b>	

Επομένως,  $\beta_x = \beta_y = 0,87$ .

Στη συνέχεια υπολογίστηκε η μέγιστη τέμνουσα ανά υποστύλωμα και τοιχίο, οπότε και προέκυψε ο Πίνακας 2.4.

Με βάση το κριτήριο 9, έχουμε  $B_9 = 3,65 > 3$ , άρα θεωρείται ότι δεν έχουμε επιρροή από κοντά υποστυλώματα. Ο συντελεστής τοιχωματοποίησης είναι 0,08, άρα θεωρείται ότι δεν έχουμε παρουσία τοιχωμάτων. Επομένως, θεωρείται ότι έχουμε πλαισιακό φορέα χωρίς κοντά υποστυλώματα και χωρίς τοιχώματα, και άρα συντελεστής  $\alpha = 0,85$ . Έτσι, προκύπτει ότι  $V_{R0,x} = 0,85 \times 1088,2\text{kN} = 925\text{kN}$  και  $V_{R0,y} = 0,85 \times 1411,8\text{kN} = 1200\text{kN}$ . Επομένως, η σεισμική αντίσταση ανά κατεύθυνση είναι:  $V_{R_x} = 925\text{kN} \times 0,87 = 804\text{kN}$  και  $V_{R_y} = 1200\text{kN} \times 0,87 = 1044\text{kN}$ .

Πίνακας 2.4: Μέγιστη τέμνουσα κατακόρυφων στοιχείων ισογείου ανά κατεύθυνση, υπολογισμός συνολικής τέμνουσας και υπολογισμός συντελεστή τοιχωματοποίησης.

Υποστώλωμα	$V_{Ri,X}$ (kN)	$V_{Ri,Y}$ (kN)	Συντελεστής για υπολογισμό $V_{R0}$
K1	76	79	0.7
K2	63	223	0.7
K3	75	65	0.7
K4	87	71	0.7
K5	85	76	0.9
K6	70	45	0.9
K7	53	78	0.9
K8	35	80	0.9
K9	57	56	0.9
K10	83	84	0.9
K11	66	67	0.9
K12	55	83	0.9
K13	82	63	0.9
K14	64	73	0.9
K15	54	79	0.9
K16	91	53	0.9
K17	35	81	0.9
K18	70	71	0.9
K19	45	76	0.9
T1	30	163	0.9
$V_{R0}$	1088.2	1411.8	
$a_T$		0.12	

### 2.3.3 Δείκτης Προτεραιότητας Ελέγχου (Πεδίο ΣΤ)

Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα του πεδίου E (κεφ. 2.3.2), υπολογίζουμε τους δείκτες προτεραιότητας ανά κατεύθυνση. Έχουμε  $\lambda_x = 1,05$  και  $\lambda_y = 0,95$ . Από αυτά επιλέγεται το μέγιστο και πολλαπλασιάζεται με 100. Συνεπώς, ο δείκτης προτεραιότητας ελέγχου είναι 105.

## 2.4 Τριτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος

### 2.4.1 Γενικά

Ο τριτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος είναι ο πιο ενδεδειγμένος από τους τρεις τύπους ελέγχου που εξετάζονται στην παρούσα εργασία. Ακολουθείται η μεθοδολογία του ΚΑΝΕΠΕ[8], και συγκεκριμένα η ανελαστική στατική ανάλυση (pushover analysis) του κτιρίου. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται είναι το Seismobuild 2022 της Seismosoft. Εξετάστηκαν δύο μοντέλα: το ένα χωρίς τοιχοποιία και το δεύτερο με την περιμετρική τοιχοποιία και κάποιες εσωτερικές. Οι τοιχοποιίες που επιλέχθηκαν να προσομοιωθούν είναι δρομικού τύπου τοιχοποιίες, με δύο στρώσεις. Οι τοιχοποιίες αυτές είναι οι περιμετρικές (εξωτερικές), καθώς και οι διαχωριστικές των διαμερισμάτων και του κλιμακοστασίου.

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών είναι τα ακόλουθα:

Αντοχή σκυροδέματος:  $f_{cm} = 7850\text{kPa}$

Αντοχή χάλυβα:  $f_s = 235000\text{kPa}$

Επίσης, οι φορτίσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των δράσεων, είναι οι ακόλουθες:

Ίδιο βάρος πλακών: 3,60 – 5,00 kN/m<sup>2</sup>

Ίδιο βάρος σκαλιών: 5,76 kN/m<sup>2</sup>

Ίδιο βάρος εξωστών: 3,60 kN/m<sup>2</sup>

Ίδιο βάρος επικαλύψεων πλακών: 0 – 1,50 kN/m<sup>2</sup>

Ίδιο βάρος επικαλύψεων σκαλιών και εξωστών: 1,50 kN/m<sup>2</sup>

Κινητά φορτία πλακών: 2,00 kN/m<sup>2</sup>

Κινητά φορτία σκαλιών: 2,00 kN/m<sup>2</sup>

Κινητά φορτία εξωστών: 5,00 kN/m<sup>2</sup>

Οι συντελεστές ασφαλείας που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

1 για μόνιμα φορτία και 0,30 για κινητά.

Η επιτάχυνση του εδάφους είναι 0,16g. Κατηγορία εδάφους B και κατηγορία σπουδαιότητας II. Η στάθμη αξιοπιστίας των δεδομένων θεωρείται ικανοποιητική. Ο συντελεστής απόσβεσης θεωρείται 5%.

Τα μοντέλα εξετάζονται σε δύο στάθμες επιτελεστικότητας: B2 (Σημαντικές Βλάβες) και Γ1(Οιονεί Κατάρρευση).

Για την περίπτωση B2 (Σημαντικές Βλάβες): περίοδος επαναφοράς 72 έτη, τιμή αναφοράς του όρου  $S_d(T) = 0,60$ , επιτάχυνση αναφοράς 0,096g,  $C_0=1,35$ ,  $C_1 = 1$ ,  $C_2 = 1,10$ ,  $C_3 = 1$ .

Για την περίπτωση Γ1 (Οιονεί Κατάρρευση): περίοδος επαναφοράς 475 έτη, τιμή αναφοράς του όρου  $S_d(T) = 1$ , επιτάχυνση αναφοράς 0,16g,  $C_0=1,35$ ,  $C_1 = 1$ ,  $C_2 = 1,20$ ,  $C_3 = 1$ .

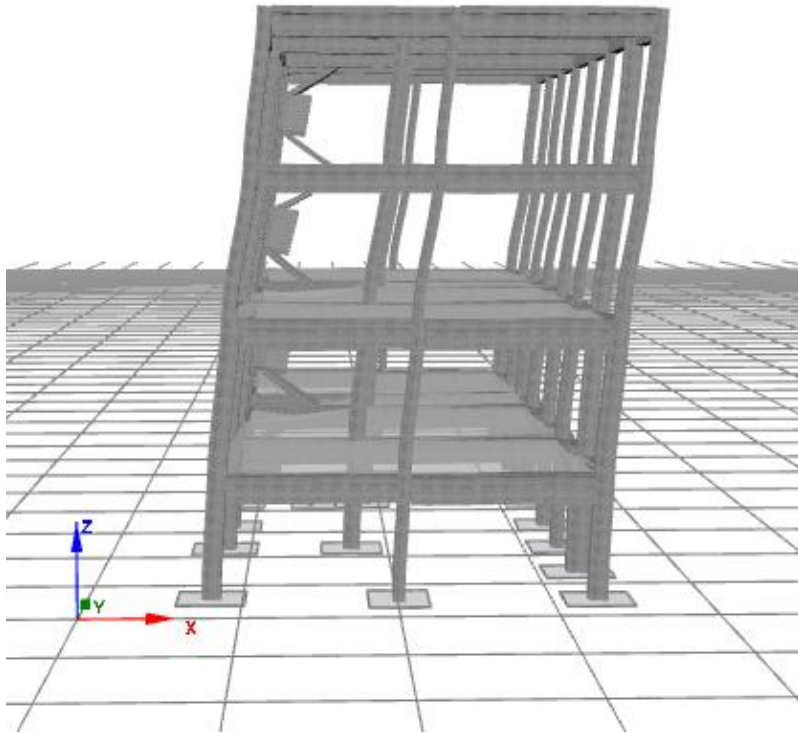
Και στις δύο περιπτώσεις μοντέλων, για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας, εκτελέστηκαν 64 διαφορετικοί συνδυασμοί σεισμικών φορτίσεων. Οι έλεγχοι είναι οι εξής: ο έλεγχος στροφής χορδής και ο έλεγχος τεμνουσών δυνάμεων. Σημειώνεται ότι στις επιλεγμένες αναλύσεις pushover και για τα δύο μοντέλα δεν έχουν παρουσιαστεί οι μετατοπίσεις κατά τη διεύθυνση Y, καθώς είναι ιδιαίτερα χαμηλές (μία τάξη μεγέθους μικρότερες από αυτές κατά X).

#### 2.4.2 Μοντέλο Προσομοίωσης χωρίς Τοιχοποιία

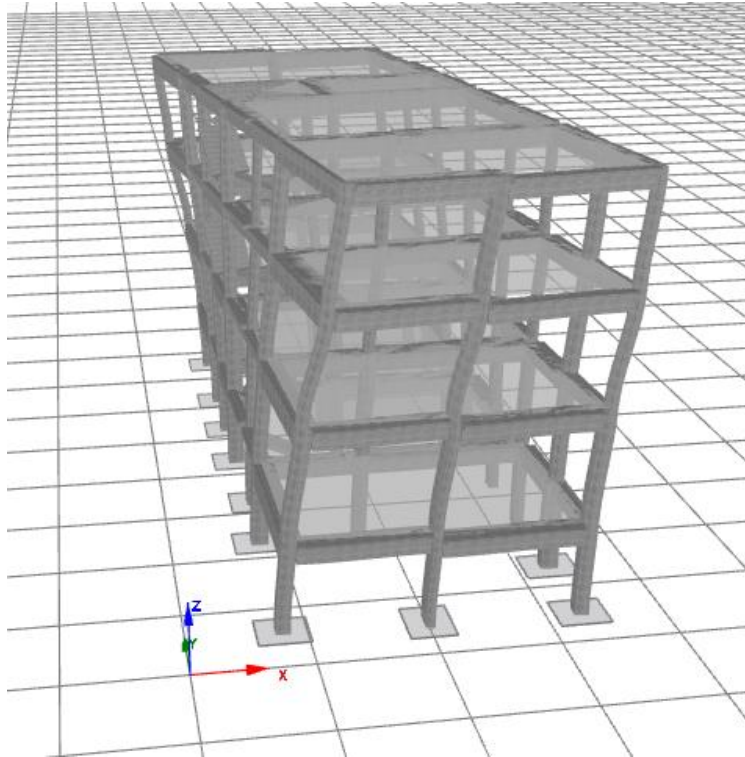
Της ανελαστικής στατικής ανάλυσης προηγείται η ιδιομορφική ανάλυση της κατασκευής, έτσι ώστε να προσδιοριστούν οι δεσπόζουσες ιδιομορφές. Στο Σχήμα 2.2, Σχήμα 2.3 και Σχήμα 2.4 φαίνεται ο παραμορφωμένος φορέας για τις 3 πρώτες ιδιομορφές αντίστοιχα. Ο Πίνακας 2.5 περιέχει τις δρώσες μάζες για τις τρεις πρώτες ιδιομορφές. Προκύπτει ότι η κυρίαρχη ιδιομορφή κατά X είναι η πρώτη και κατά Y η τρίτη.

Πίνακας 2.5: Δρώσα ιδιομορφική μάζα ανά ιδιομορφή.

Ιδιομορφή	Περίοδος	$U_x$	$U_y$	$U_z$	$R_x$	$R_y$	$R_z$
1	0,698	71%	0.27%	0%	0.03%	20%	0.0%
2	0,637	1%	10%	0%	1%	0%	61%
3	0,532	0%	61%	0%	6%	0%	11%

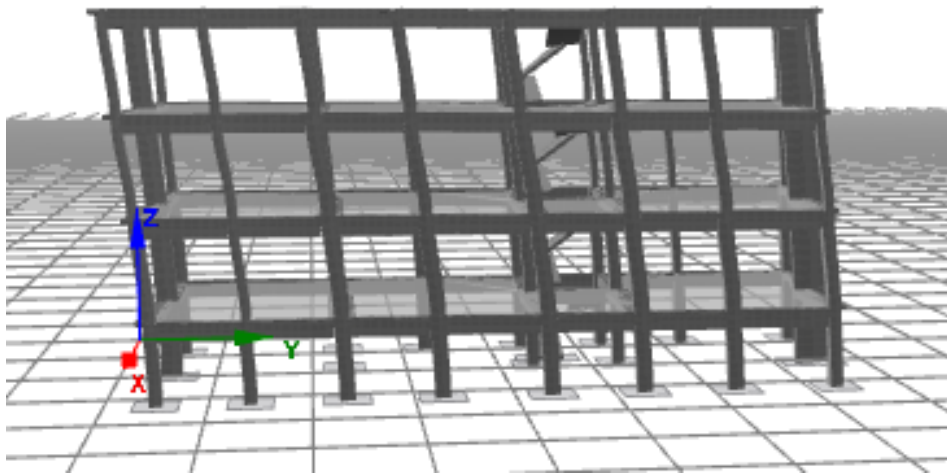


Σχήμα 2.2: 1<sup>η</sup> Ιδιομορφή  $T_1 = 0,698\text{sec}$ .



Σχήμα 2.3: 2<sup>η</sup> Ιδιομορφή  $T_2 = 0,637\text{sec}$ .





Σχήμα 2.4: 3<sup>η</sup> Ιδιομορφή  $T_3 = 0,532\text{sec}$ .

Εν συνεχεία, έγινε η ανελαστική στατική ανάλυση. Σημειώνεται ότι για  $a_g=0,16g$  δεν παρουσιάστηκε αστοχία σε τέμνουσα σε κάποιο από τα υποστυλώματα του μοντέλου. Ως εκ τούτου, αυξήθηκε η εδαφική επιτάχυνση σε  $0,20g^3$ , οπότε και έχουμε αστοχία σε τέμνουσα του υποστυλώματος K6 του ισογείου.

Στο Σχήμα 2.5 και Σχήμα 2.6 απεικονίζεται ο φορέας για έλεγχο Στροφής Χορδής και Τέμνουσας αντίστοιχα στη στάθμη επιτελεστικότητας B2. Στο Σχήμα 2.7 και Σχήμα 2.8 απεικονίζεται ο φορέας για έλεγχο Στροφής Χορδής και Τέμνουσας αντίστοιχα στη στάθμη επιτελεστικότητας Γ1. Σημειώνεται ότι δε λαμβάνονται υπόψιν αστοχίες σε τέμνουσα στις δοκούς, καθώς το λογισμικό που χρησιμοποιείται δε λαμβάνει υπόψιν τη συμβολή των λοξών οπλισμών που αναλαμβάνουν μεγάλο μέρος της. Οι αστοχίες που παρουσιάζονται στα προαναφερθέντα σχήματα αφορούν την «περιβάλλουσα» αστοχιών από το σύνολο των ανελαστικών στατικών αναλύσεων.

---

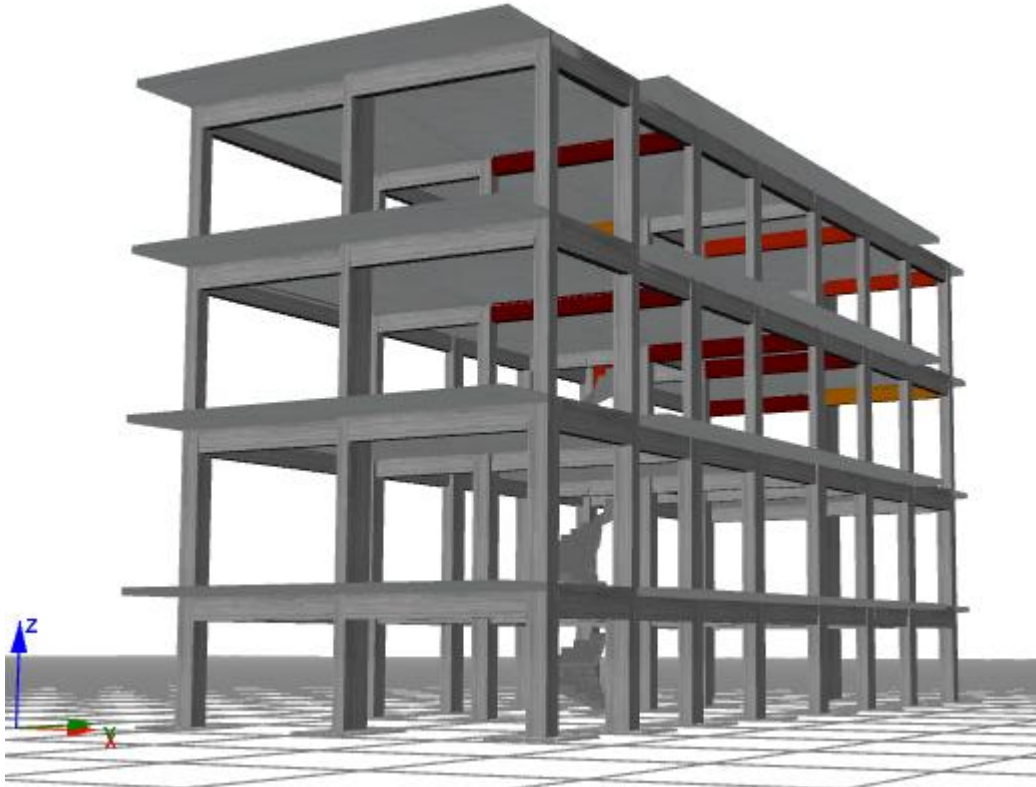
<sup>3</sup> Κατά την ανελαστική στατική ανάλυση, ο έλεγχος ικανοποίησης των κριτηρίων επιτελεστικότητας γίνεται για τη μετακίνηση του κόμβου ελέγχου (στοχευμένη μετακίνηση). Ο προσδιορισμός της στοχευμένης μετακίνησης γίνεται με βάση τη σεισμική φόρτιση. Ως εκ τούτου, αύξηση της σεισμικής φόρτισης ( $a_g$ ) οδηγεί σε αύξηση της στοχευμένης μετακίνησης.



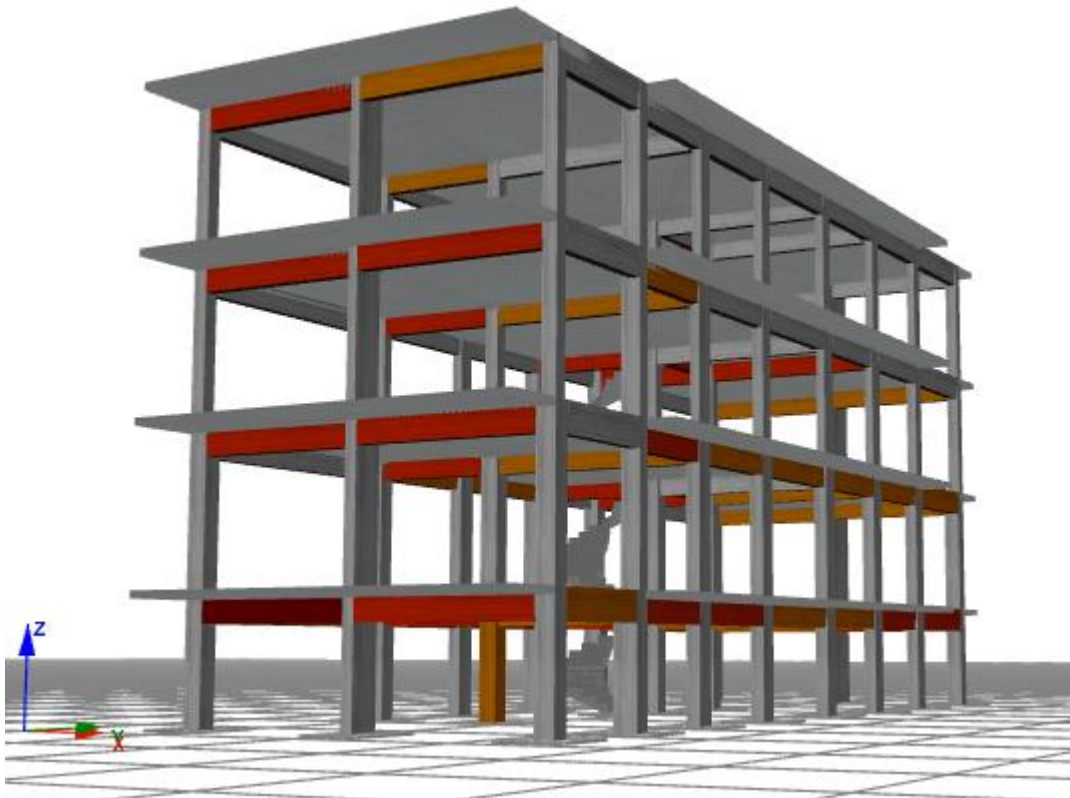
Σχήμα 2.5: Απεικόνιση φορέα για έλεγχο Στροφής Χορδής – Β2



Σχήμα 2.6: Απεικόνιση φορέα για έλεγχο σε Τέμνουσα – Β2

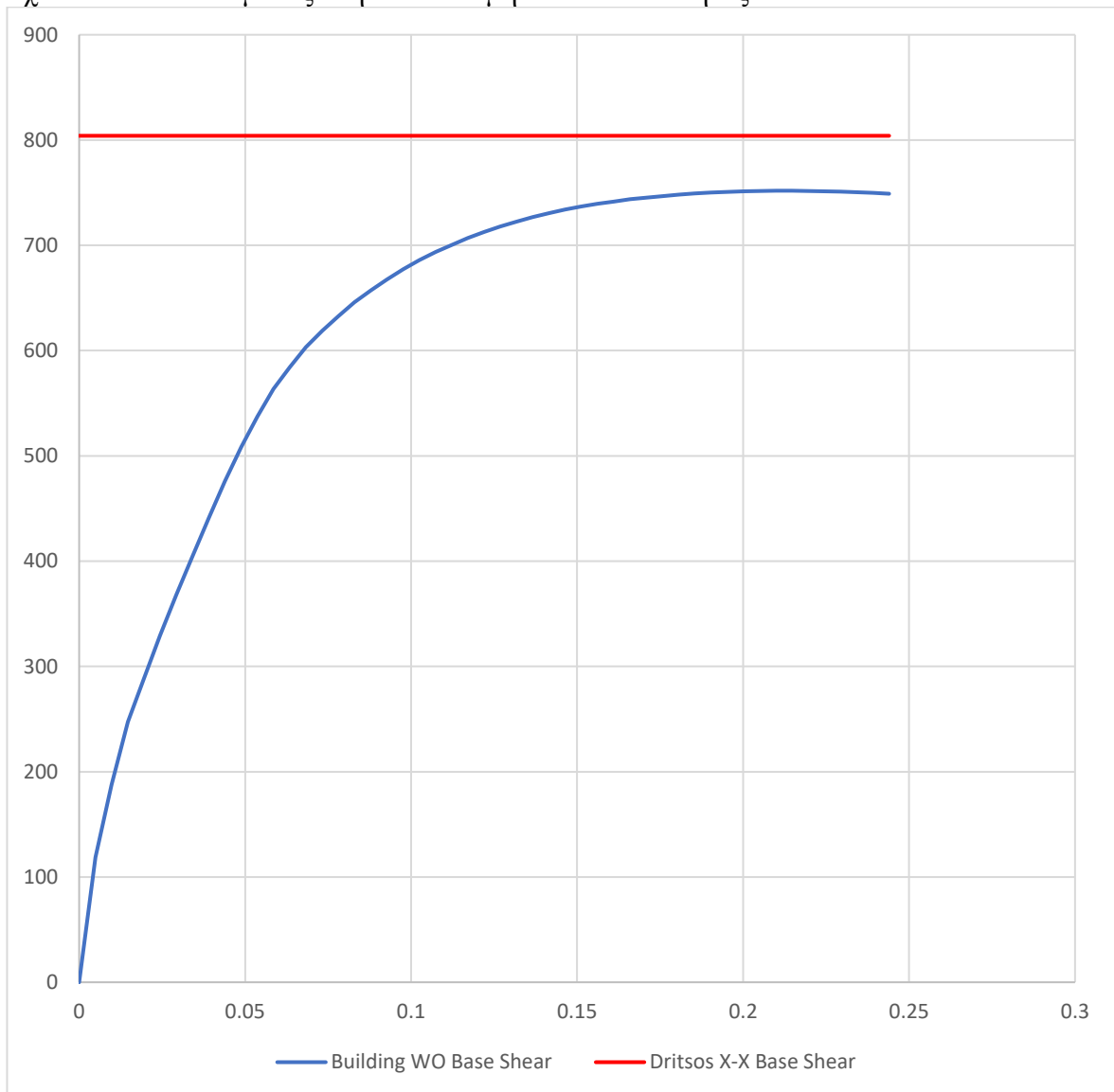


Σχήμα 2.7: Απεικόνιση φορέα για έλεγχο Στροφής Χορδής – Γ1



Σχήμα 2.8: Απεικόνιση φορέα για έλεγχο Τέμνουσας – Γ1

Τα αποτελέσματα του δευτεροβάθμιου και του τριτοβάθμιου ελέγχου χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της καμπύλης ικανότητας της κατασκευής (βλ. Σχήμα 2.9). Από τον τριτοβάθμιο έλεγχο, χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα της pushover για την οποία είχαμε αστοχία του υποστυλώματος στην Γ1 στάθμη επιτελεστικότητας.



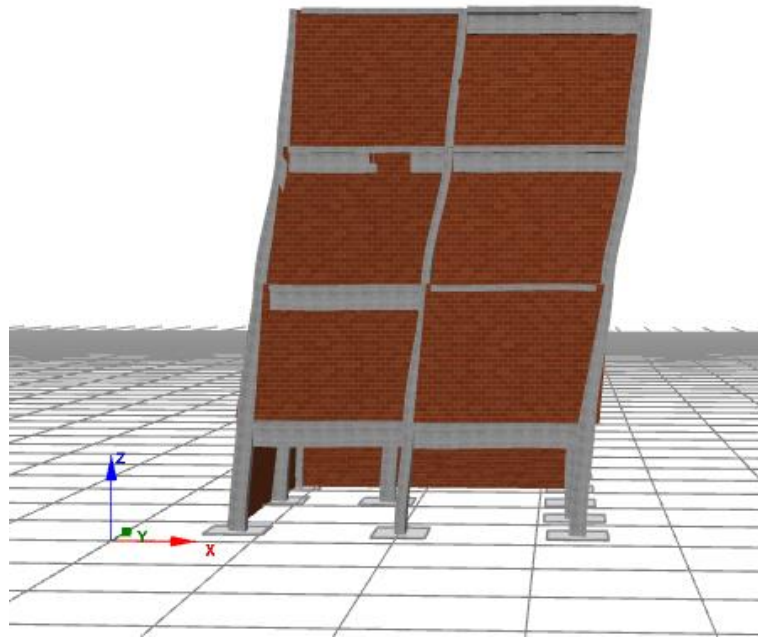
Σχήμα 2.9: Καμπύλη ικανότητας χωρίς τοιχοποιία κατά τη διεύθυνση X

### 2.4.3 Μοντέλο προσομοίωσης με τοιχοποιία

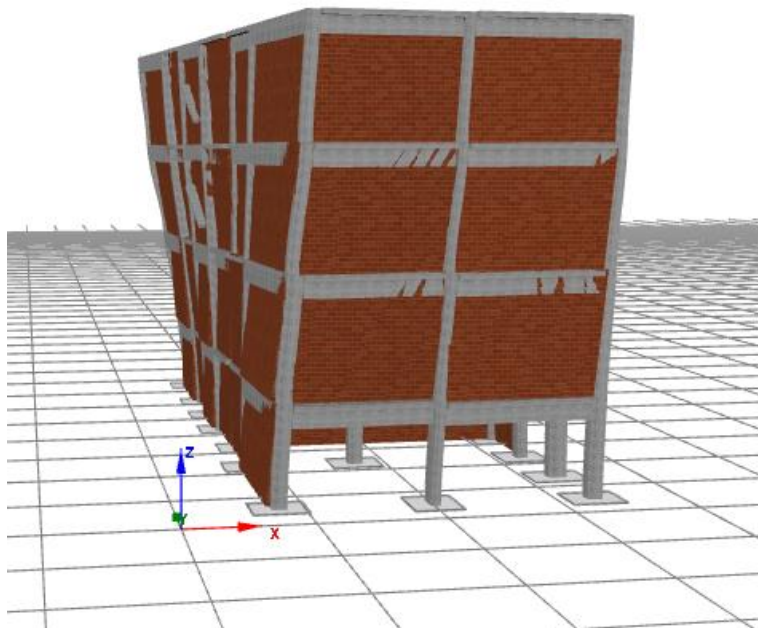
Ομοίως με το κεφάλαιο 2.4.2, ακολουθούνται τα ίδια βήματα για το μοντέλο προσομοίωσης του κτιρίου λαμβάνοντας υπόψιν στους υπολογισμούς την ύπαρξη τοιχοποιίας. Στο Σχήμα 2.10, Σχήμα 2.11, Σχήμα 2.12, φαίνεται ο παραμορφωμένος φορέας για τις 3 πρώτες ιδιομορφές αντίστοιχα. Ο Πίνακας 2.6 περιέχει τις δράσεις μάζες για τις τρεις πρώτες ιδιομορφές. Προκύπτει ότι η κυρίαρχη ιδιομορφή κατά X είναι η πρώτη και κατά Y η τρίτη.

Πίνακας 2.6: Δρώσα ιδιομορφική μάζα ανά ιδιομορφή

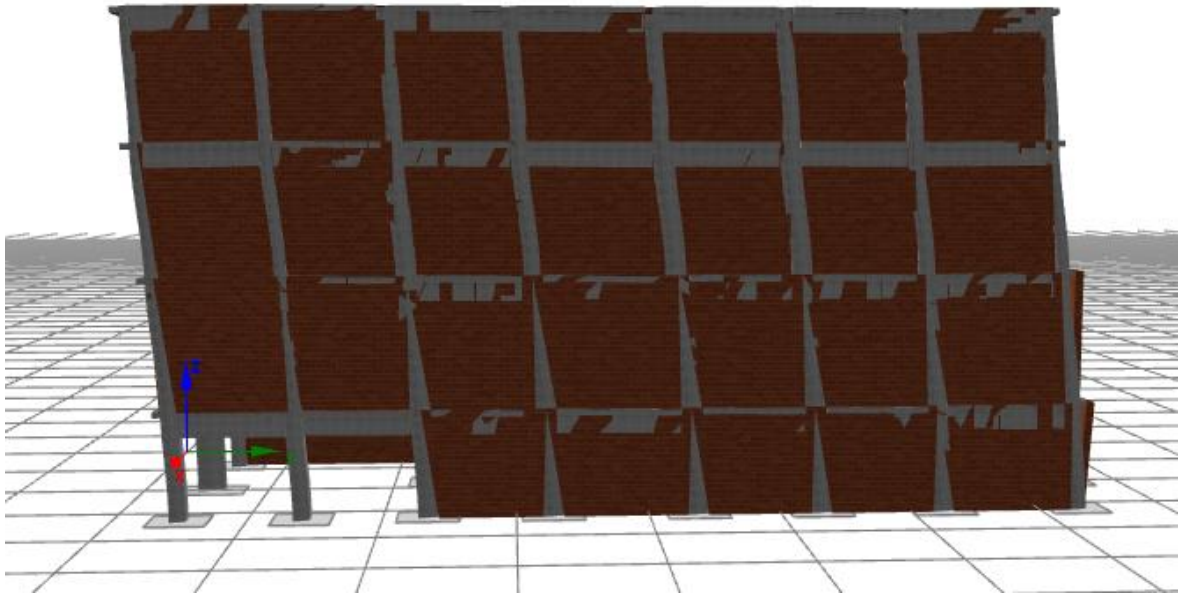
Ιδιομορφή	Περίοδος	$U_x$	$U_y$	$U_z$	$R_x$	$R_y$	$R_z$
1	0,698	60%	0,02%	0%	0%	14%	14%
2	0,637	14%	0,88%	0%	0%	2%	60%
3	0,532	0,07%	75%	0%	6%	0%	1%



Σχήμα 2.10: 1<sup>η</sup> ιδιομορφή:  $T_1=0,667s$



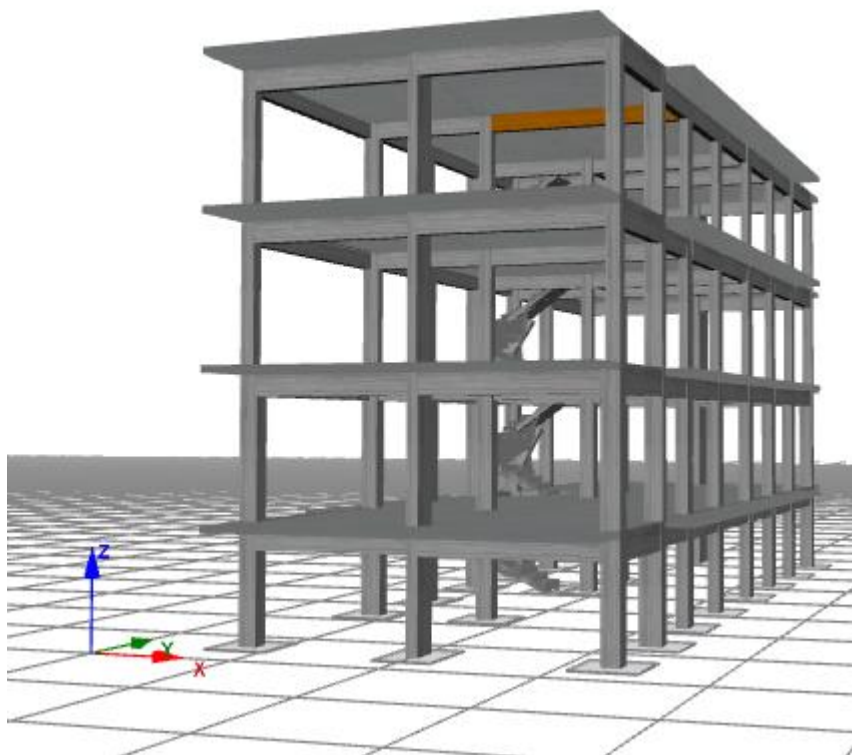
Σχήμα 2.11: 2<sup>η</sup> ιδιομορφή:  $T_2=0,582s$



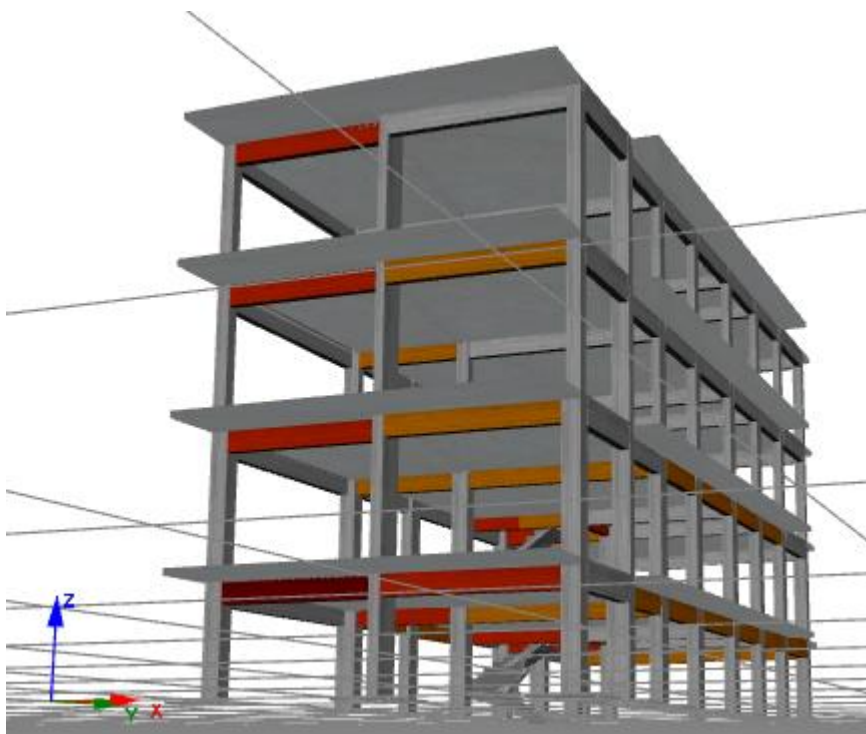
Σχήμα 2.12: 3<sup>η</sup> ιδιομορφή:  $T_3=0,462s$

Εν συνεχεία, έγινε η ανελαστική στατική ανάλυση, οπότε και έχουμε αστοχία σε τέμνουσα του υποστυλώματος K11 του ισογείου για  $\alpha_g = 0,16g$ .

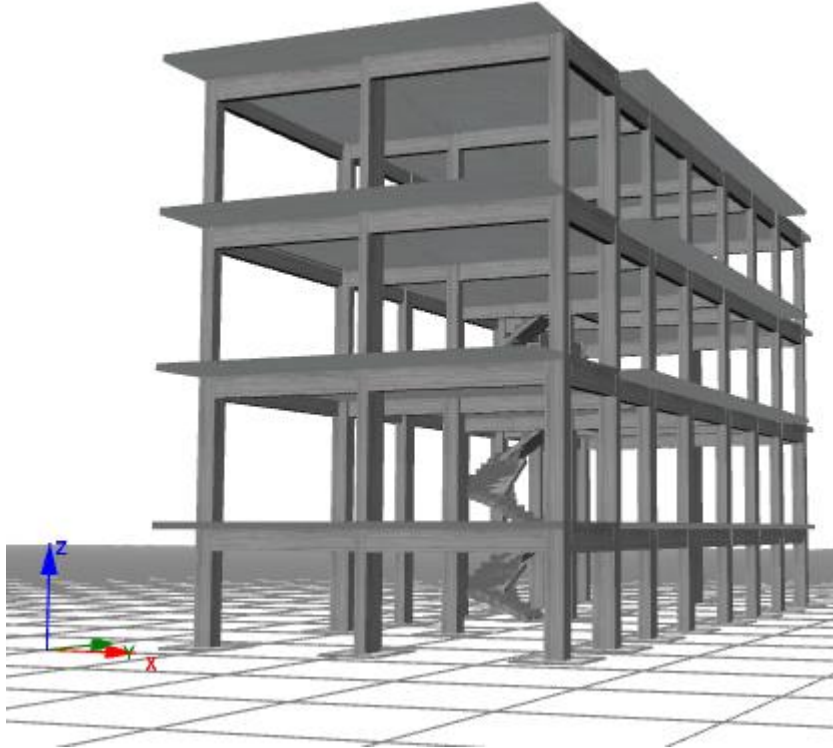
Στο Σχήμα 2.13 και Σχήμα 2.14 απεικονίζεται ο φορέας για έλεγχο Στροφής Χορδής και Τέμνουσας αντίστοιχα στη στάθμη επιτελεστικότητας B2. Στο Σχήμα 2.15 και Σχήμα 2.16 απεικονίζεται ο φορέας για έλεγχο Στροφής Χορδής και Τέμνουσας αντίστοιχα στη στάθμη επιτελεστικότητας Γ1. Σημειώνεται ότι δε λαμβάνονται υπόψιν αστοχίες σε τέμνουσα στις δοκούς, καθώς το λογισμικό που χρησιμοποιείται δε λαμβάνει υπόψιν τη συμβολή των λοξών οπλισμών που αναλαμβάνουν μεγάλο μέρος της. Ομοίως με το κεφ. 2.4.2, παρουσιάζονται οι «περιβάλλουσες» αστοχιών για το σύνολο των ανελαστικών στατικών αναλύσεων σε διαφορετικές διευθύνσεις.



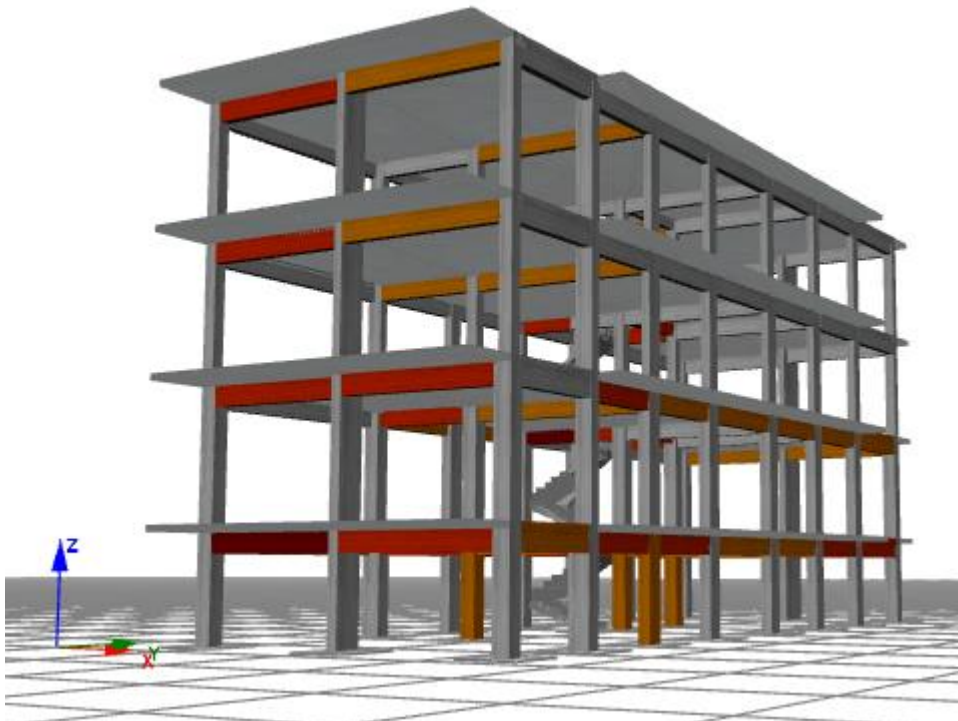
Σχήμα 2.13: Απεικόνιση φορέα για έλεγχο στρωφής χορδής – B2



Σχήμα 2.14: Απεικόνιση φορέα για έλεγχο τέμνουσας – B2



Σχήμα 2.15: Απεικόνιση φορέα για έλεγχο στρωφής χορδής – Γ1

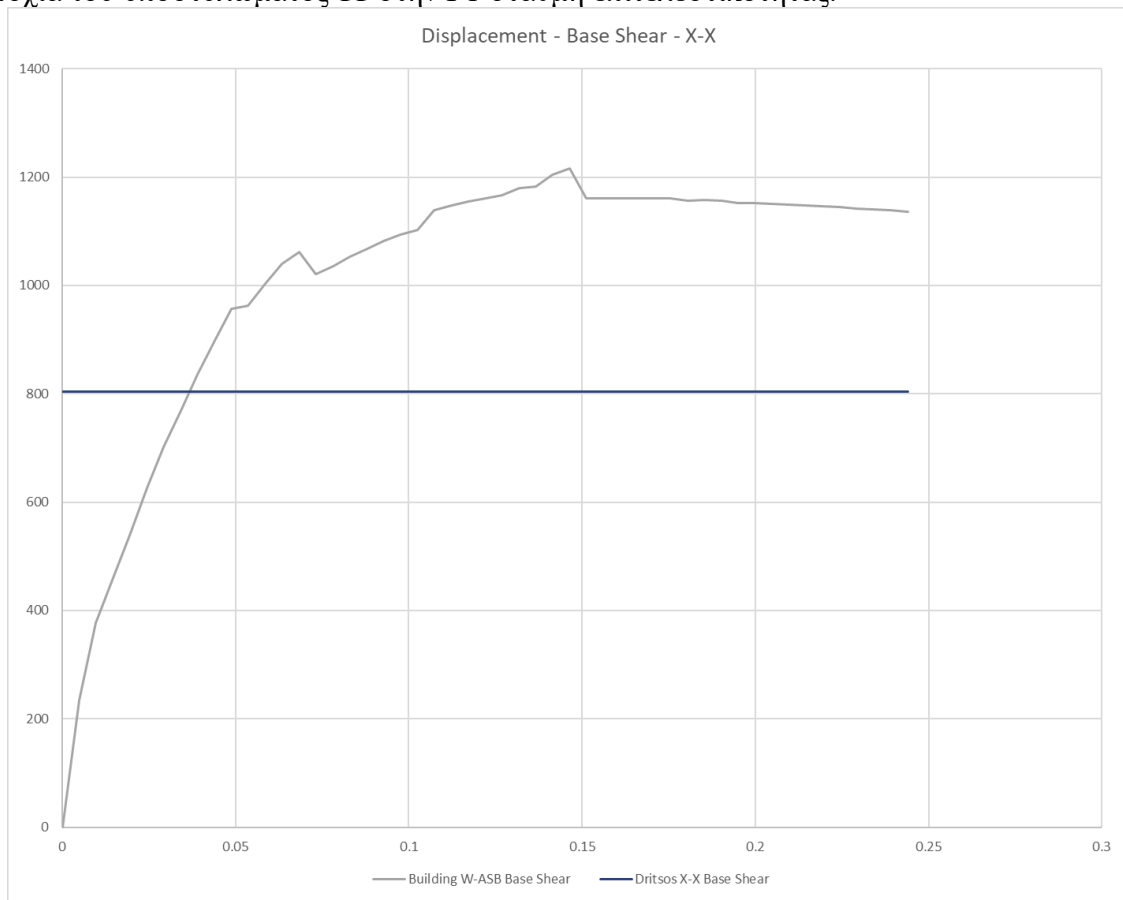


Σχήμα 2.16: Απεικόνιση φορέα για έλεγχο τέμνουσας – Γ1

Τα αποτελέσματα του δευτεροβάθμιου και του τριτοβάθμιου ελέγχου χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της καμπύλης ικανότητας της κατασκευής (βλ. Σχήμα 2.17). Από τον



τριτοβάθμιο έλεγχο, χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα της pushover για την οποία είχαμε αστοχία του υποστυλώματος 11 στην Γ1 στάθμη επιτελεστικότητας.



Σχήμα 2.17: Καμπύλη ικανότητας με τοιχοποιία για τη διεύθυνση X

#### 2.4.4 Συμπεράσματα

Παρατηρείται ότι έχουμε μια σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μοντέλων: ενώ στην περίπτωση του μοντέλου χωρίς τοιχοποιία το κτίριο παρουσιάζει την πρώτη αστοχία σε τέμνουσα υποστυλώματος για  $\alpha_g = 0,20g$ , στην περίπτωση του μοντέλου με τοιχοποιία αυτός ο τύπος αστοχίας συναντάται για  $\alpha_g = 0,16g$ . Εκτιμάται ότι αυτό συμβαίνει καθώς η μη ομοιόμορφη κατανομή της τοιχοποιίας στο ισόγειο του κτιρίου οδηγεί σε διαφορετική κατανομή των δράσεων λόγω σεισμού στα υποστυλώματα του ισογείου. Η επιρροή της ανομοιόμορφης κατανομής αυτής είναι μεγαλύτερη από την τυχόν ευεργετική δράση της τοιχοποιίας στη φέρουσα ικανότητα του υπό μελέτη κτιρίου. Παρόλα αυτά, έχοντας υπόψιν ότι το σεισμικό φορτίο σχεδιασμού είναι  $0,16g$ , η συμπεριφορά του κτιρίου κρίνεται ικανοποιητική, παρά το ότι έχει μελετηθεί με παλαιότερο αντισεισμικό κανονισμό. Αυτό οφείλεται στο ότι στη μελέτη του κτιρίου έχει γίνει πρόβλεψη για προσθήκη ενός επιπλέον ορόφου, ο οποίος δεν έχει κατασκευαστεί έως σήμερα, και δεν ελήφθη υπόψιν στις αναλύσεις pushover.

Δεδομένου ότι το μοντέλο προσομοίωσης με τοιχοποιία είναι δυσμενέστερο ως προς τα αποτελέσματα και ακριβέστερο ως προς την μοντελοποίηση του κτιρίου σε σύγκριση με το μοντέλο προσομοίωσης χωρίς τοιχοποιία, τα αποτελέσματα αυτού χρησιμοποιούνται στα επόμενα κεφάλαια για τον προσδιορισμό της τρωτότητας του κτιρίου και τον υπολογισμό των χρηματικών απωλειών λόγω της πιθανής σεισμικής δραστηριότητας.

### 3 Εκτίμηση σεισμικής τρωτότητας και υπολογισμός χρηματικών απωλειών

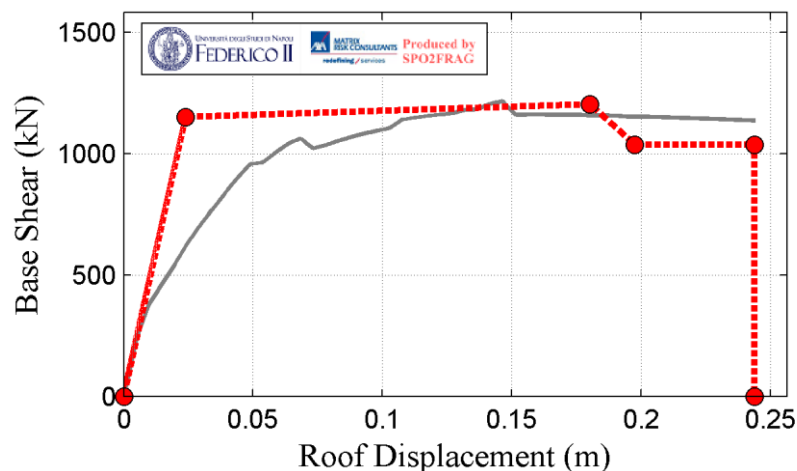
#### 3.1 Εκτίμηση τρωτότητας

Για να είναι εφικτή η εκτίμηση των χρηματικών απωλειών, είναι απαραίτητη η δημιουργία κατάλληλων καμπυλών τρωτότητας. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα από τις ανελαστικές στατικές αναλύσεις του προηγούμενου κεφαλαίου, αφού γίνει επεξεργασία τους με το λογισμικό SPO2FRAG[12][14]. Όπως αναλύθηκε παραπάνω, θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα της ανελαστικής στατικής ανάλυσης (pushover) για την οποία είχαμε αστοχία στο υποστύλωμα 11 για το προσομοίωμα με τοιχοποιία.

Με τη βοήθεια του λογισμικού SPO2FRAG, τα αποτελέσματα της ανελαστικής στατικής ανάλυσης αναλύονται δυναμικά. Με αυτόν τον τρόπο λαμβάνονται υπόψη τα δυναμικά χαρακτηριστικά της κατασκευής, πράγμα το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για το υπό μελέτη κτίριο με ανομοιόμορφη κατανομή της τοιχοποιίας.

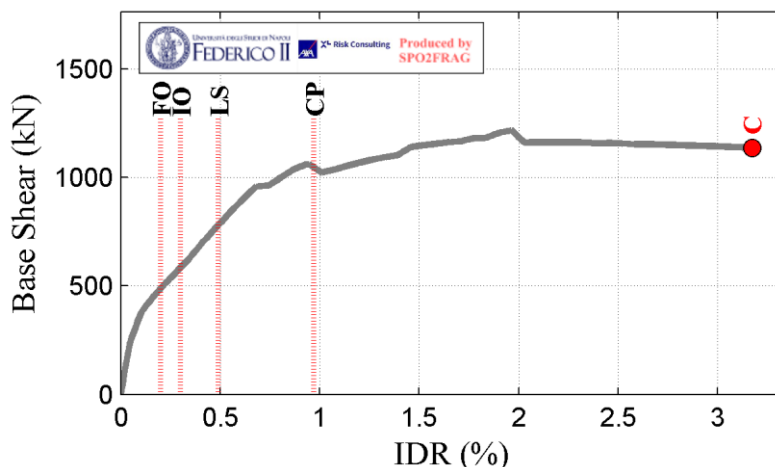
Τα αποτελέσματα της ανάλυσης φαίνονται στο Σχήμα 3.1, Σχήμα 3.2, Σχήμα 3.3 και Σχήμα 3.4.

Στο Σχήμα 3.1 φαίνεται η τετραγραμμική καμπύλη που χρησιμοποιείται για να προσομοιώσει τη μη-γραμμική συμπεριφορά του κτιρίου.



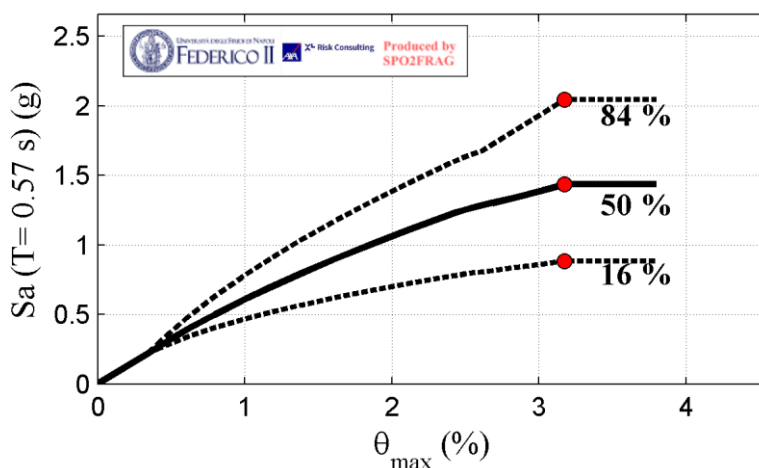
Σχήμα 3.1: Τετραγραμμικοποιημένη καμπύλη ικανότητας κτιρίου κατά τη διεύθυνση X

Στο Σχήμα 3.2 φαίνονται τα σχετικές στροφές ορόφων (interstorey drifts) για τις διαφορετικές στάθμες επιτελεστικότητας στις διαδοχικές φορτίσεις του φορέα κατά την ανελαστική στατική ανάλυση.



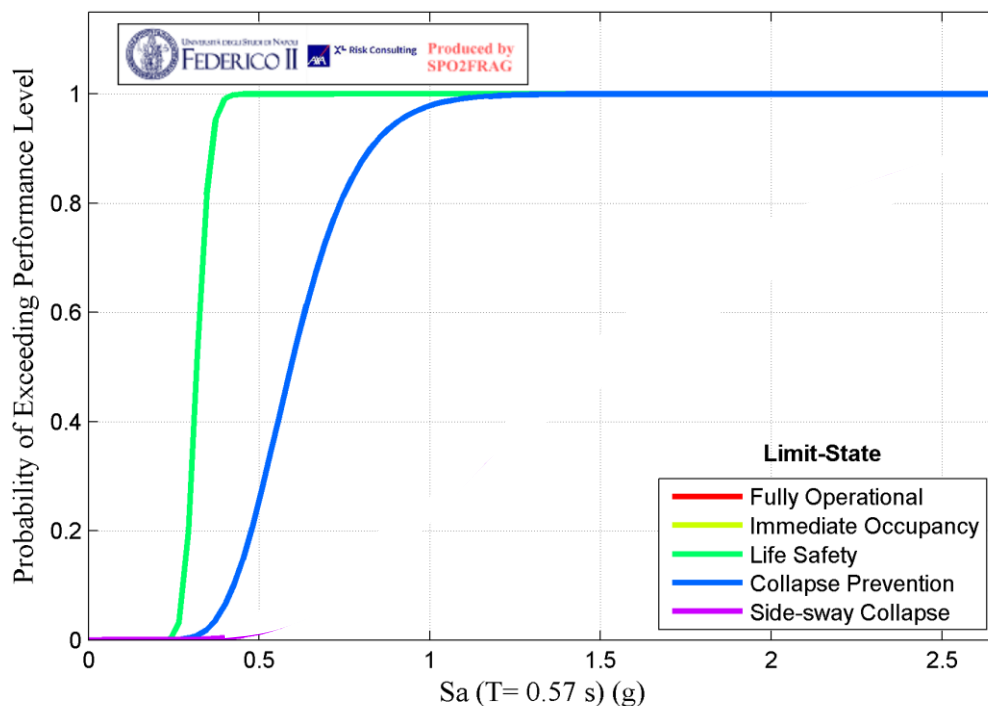
Σχήμα 3.2: Σχετικές στροφές ορόφων στις στάθμες επιτελεστικότητας

Στο Σχήμα 3.3 παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες καμπύλες της διαμέσου και των τιμών του διαστήματος 16% και 84% των τιμών της σχέσης της μέγιστης ανηγμένης σχετικής στροφής ορόφου και της αντίστοιχης φασματικής επιτάχυνσης.



Σχήμα 3.3: Ποσοστιαίες καμπύλες των ανηγμένων παραμορφώσεων ορόφων

Με βάση τις στάθμες επιτελεστικότητας του ΚΑΝΕΠΕ, υπολογίζεται το  $\theta_{LS}$  για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β και το  $\theta_{CP}$  για τη στάθμη επιτελεστικότητας Γ. Έχουμε ότι  $\theta_{LS} = 0,49\%$  και  $\theta_{CP} = 0,97\%$ . Για τις τιμές αυτές  $S_a = 0,318g$  και  $0,593g$  αντίστοιχα. Με βάση αυτά και θεωρώντας διασπορά 25% παράγονται οι καμπύλες τρωτότητας για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας, οι οποίες φαίνονται στο Σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.4: Καμπύλες τρωτότητας για Σ.Ε. 1ης διατημητικής αστοχίας υποστρώματος κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.

### 3.2 Οικονομοτεχνική αποτίμηση

Για την εκτίμηση του χρηματοοικονομικού κόστους των βλαβών, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό PACT (Performance Assessment Calculation Tool), το οποίο αναπτύχθηκε στα πλαίσια της μεθοδολογίας FEMA P-58[14].

Αρχικά, εισάγονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κατασκευής δλδ. ο αριθμός των ορόφων, το ύψος τους όπως και το εμβαδόν. Επίσης εισάγεται, το κόστος αντικατάστασης της κατασκευής που εκτιμάται ίσο με  $1100\$/m^2$  το οποίο πολλαπλασιασμένο με τη συνολική επιφάνεια των ορόφων δίνει την τιμή  $814000\%$ , αλλά και το κόστος επισκευής που είναι ίσο με το 40% του συνολικού κόστους αντικατάστασης δηλαδή,  $325600\%$ . Γενικά, το κόστος υπολογίστηκε σε τιμές 2021. Στη συνέχεια, εισάγονται οι ποσότητες των δομικών και μη δομικών στοιχείων της κατασκευής, όπως φαίνονται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Ποσότητες δομικών και μη δομικών στοιχείων ανά κατεύθυνση

Κατηγορία	Περιγραφή Στοιχείου	Ποσότητα κατά Χ ανά όροφο	Ποσότητα κατά Υ ανά όροφο
<b>B1041.101i</b>	Υποστυλώματα 30/50, 40/40, 30/30,40/25, 20/50, Δοκός από τη μία πλευρά	15ea	4ea
<b>B1041.102i</b>	Υποστυλώματα 25/70, 20/70, 25/120, 20/120, Δοκός από τη μία πλευρά	0	0
<b>B1041.101j</b>	Υποστυλώματα 30/50, 40/40, 30/30,40/25, 20/50, Δοκοί και από τις δύο πλευρές	2ea	8ea
<b>B1041.102j</b>	Υποστυλώματα 25/70, 20/70, 25/120, 20/120, δοκοί και από τις δύο πλευρές	2ea	0
<b>B1051.001a</b>	Εσωτερική τοιχοποιία	1075 ft <sup>2</sup> Ισόγειο 1400 ft <sup>2</sup> Λοιποί όροφοι	540 ft <sup>2</sup> Ισόγειο 725 ft <sup>2</sup> Λοιποί όροφοι
<b>B1051.001b</b>	Εξωτερική τοιχοποιία	560 ft <sup>2</sup> Ισόγειο 870 ft <sup>2</sup> Λοιποί όροφοι	870 ft <sup>2</sup> Ισόγειο 1185 ft <sup>2</sup> Λοιποί όροφοι
<b>D2021.011a</b>	Σωληνώσεις κρύου/ζεστού πόσιμου νερού	150ft	
<b>D5012.021a</b>	Ηλεκτρολογικό κύκλωμα Χαμηλής τάσης	0.13	
<b>D5012.031a</b>	Ηλεκτρικοί Πίνακες	0.13	

Από τις «βιβλιοθήκες» του προγράμματος έγινε η ένταξη των κόμβων των ορόφων, της τοιχοποιίας, των σωληνώσεων ζεστού και κρύου νερού και των ηλεκτρικών καλωδιώσεων. Για τους κόμβους των ορόφων θεωρείται ότι έχουμε κόμβους σχεδιασμένους χωρίς κάποιο αντισεισμικό κανονισμό, καλά σπλισμένους με ασθeneίς σε αντοχή δοκούς.

Για τον υπολογισμό του κόστους επισκευών για την περίπτωση του κάθε κόμβου έχουν γίνει οι εξής παραδοχές. Για την περίπτωση κόμβου με μία δοκό ανά κατεύθυνση, λήφθηκε το ήμισυ του κόστους της τιμής της δοκού. Για την περίπτωση κόμβου με δύο δοκούς λήφθηκε το σύνολο του κόστους. Ως τιμές κόστους για την επισκευή υποστυλωμάτων, δοκών και τοιχοποιίας λήφθηκαν οι τιμές από τη διπλωματική της Ζήση Ε.[6]. Σημειώνεται ότι δεν λήφθηκαν υπόψιν τυχόν επιπλέον κόστη λόγω απαιτούμενης προσωρινής διαμονής των ενοίκων σε άλλο χώρο λόγω εκτεταμένων ζημιών ή λόγω οχλήσεων κατά τη διάρκεια των εργασιών. Ο Πίνακας 3.2 παρουσιάζει τις τιμές σε \$ (δολάρια ΗΠΑ) που χρησιμοποιήθηκαν. Για την περίπτωση των Η/Μ εγκαταστάσεων και ύδρευσης, χρησιμοποιήθηκαν οι προκαθορισμένες τιμές του προγράμματος. Επίσης, για την περίπτωση της τρωτότητας των εσωτερικών και εξωτερικών τοιχοποιιών, καθότι δεν υπάρχουν αντίστοιχες στη «βιβλιοθήκη» του λογισμικού, χρησιμοποιούνται οι τιμές όπως παρουσιάζονται στη μεταπτυχιακή εργασία Κατσώνη Θ. (2020)[7].

Πίνακας 3.2: Πίνακας χρησιμοποιούμενων τιμών ανά κατηγορία στοιχείου και κατάσταση αστοχίας

	<b>B1041.101i</b>		<b>B1041.101i</b>	
Κατάσταση Αστοχίας	Av. Repair Cost for Lower Quantity	Av. Repair Cost for Upper Quantity	Av. Repair Cost for Lower Quantity	Av. Repair Cost for Upper Quantity
DS1	842.50	673.99	1193.54	954.82
DS2	921.34	737.08	1299.18	1039.35
DS3	1234.90	987.92	1837.30	1469.84
	<b>B1041.102i</b>		<b>B1041.102i</b>	
Κατάσταση Αστοχίας	Av. Repair Cost for Lower Quantity	Av. Repair Cost for Upper Quantity	Av. Repair Cost for Lower Quantity	Av. Repair Cost for Upper Quantity
DS1	982.92	786.32	1333.97	1067.15
DS2	1076.60	861.31	1454.44	1163.58
DS3	1415.62	1132.49	2018.01	1614.40
	<b>B1051.001a</b>		<b>B1051.001b</b>	
Κατάσταση Αστοχίας	Av. Repair Cost for Lower Quantity	Av. Repair Cost for Upper Quantity	Av. Repair Cost for Lower Quantity	Av. Repair Cost for Upper Quantity
DS1	902.19	628.06	1083.44	752.73
DS2	1526.82	1063.35	1692.22	1189.50
DS3	1658.00	1161.87	2119.28	1479.02

Στη συνέχεια ορίζονται οι μηχανισμοί κατάρρευσης, οι επιταχύνσεις για τις οποίες συμβαίνουν και οι διασπορές τους. Για το συγκεκριμένο κτίριο θα γίνουν πάλι οι τρεις θεωρήσεις, οι αστοχίες αυτές είναι ψαθυρές συνεπώς έχουμε ένα μηχανισμό κατάρρευσης και ως επιτάχυνση και διασπορές λαμβάνονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το λογισμικό SPO2FRAG.

Ακολούθησε ο υπολογισμός των στροφών κάθε ορόφου για συγκεκριμένα επίπεδα σεισμικής έντασης και πιο συγκεκριμένα, για τις φασματικές επιταχύνσεις που αντιστοιχούν σε πιθανότητες υπέρβασης 50%, 37,5%, 10% και 2% στα 50 χρόνια. Για να προσδιοριστούν οι τιμές αυτές, χρησιμοποιήθηκαν Καμπύλες Σεισμικής Επικινδυνότητας για το Ναύπλιο Αργολίδας, από τα δεδομένα βάσης των European Facilities for Earthquake Hazard and Risk (EFEHR)[13], προσαρμοσμένες στην ιδιοπερίοδο του κτιρίου και τις εδαφικές συνθήκες του υπό μελέτη κτιρίου. Με βάση τα παραπάνω δημιουργείται ο ακόλουθος Πίνακας 3.3 για τα δεδομένα τα οποία εισήχθησαν στο λογισμικό.

Πίνακας 3.3: Φασματική επιτάχυνση ( $S_a$ ) και μέση ετήσια συχνότητα υπέρβασης (MAFE) ανά πιθανότητα υπέρβασης

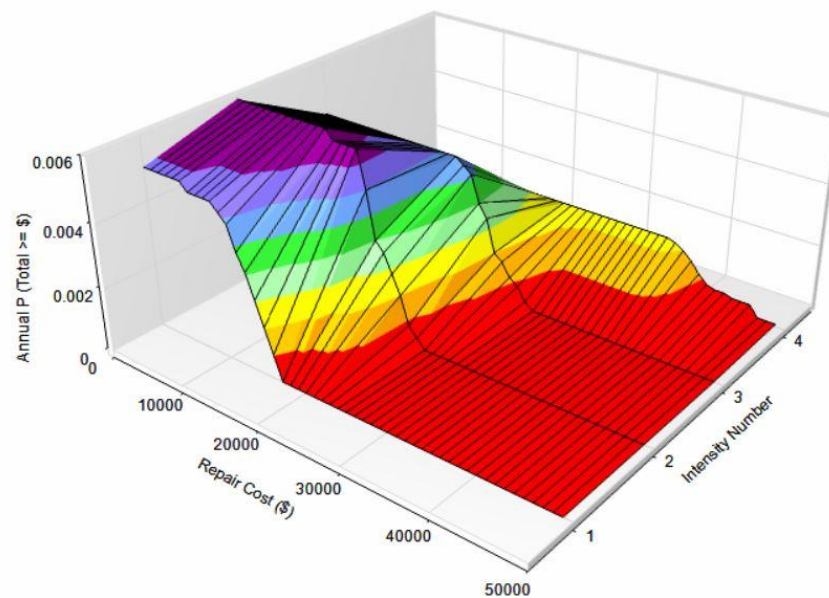
Σενάρια	Φασματική Επιτάχυνση	Μέση Ετήσια Συχνότητα Υπέρβασης
1 - 50%/50χρ.	0.16g	0.01386
2 - 35.7%/50χρ.	0.20g	0.00883
3 - 10%/50χρ.	0.49g	0.00211
4 - 2%/50χρ.	0.79g	0.0004

Το κόστος για την επισκευή ζημιών (πιθανότητα 25%) λόγω σεισμού της συνολικής αξίας της κατασκευής ανά φασματική επιτάχυνση παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.4: Κόστος επισκευών λόγω σεισμικής φόρτισης ανά επίπεδο υπέρβασης

Σενάρια	Φασματική Επιτάχυνση	Κόστος επισκευών
1 - 50%/50χρ.	0.16g	15100
2 - 35.7%/50χρ.	0.20g	20500
3 - 10%/50χρ.	0.49g	24200
4 - 2%/50χρ.	0.79g	44000

Στο Σχήμα 3.5 φαίνεται το γράφημα κόστους επισκευής σε σχέση με το χρόνο. Τα διαφορετικά χρώματα αντιστοιχούν στο κόστος κάθε στοιχείου της κατασκευής.



Σχήμα 3.5: Κόστος επισκευών λόγω σεισμού σε συνάρτηση με την πιθανότητα υπέρβασης στα 50 έτη

## 4 Συμπεράσματα

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα μεταξύ του δευτεροβάθμιου ελέγχου (μέθοδο Δρίτσου) και του τριτοβάθμιου (μέθοδος pushover κατά ΚΑΝΕΠΕ για το μοντέλο με τοιχοποιία), η μέθοδος Δρίτσου είναι πιο συντηρητική. Κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο, καθώς πρόκειται για προσεγγιστική μέθοδο. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι η απόκλιση μεταξύ των δύο μεθόδων είναι δεν είναι τέτοιου μεγέθους που να θέτει ζητήματα αξιοπιστίας των μεθόδων.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα μεταξύ των τριτοβάθμιων ελέγχων με τη μέθοδο pushover, παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ των αποτελεσμάτων. Από το μοντέλο χωρίς τοιχοποιία προέκυψαν αποτελέσματα λιγότερο συντηρητικά σε σχέση με το μοντέλο με τοιχοποιία. Δεδομένου ότι το δεύτερο μοντέλο είναι πιο αντιπροσωπευτικό της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου, τα αποτελέσματα του μοντέλου χωρίς τοιχοποιία αγνοήθηκαν. Θεωρείται ότι η διαφορετική κατανομή της τοιχοποιίας στο ισόγειο έχει σημαντική επιρροή στη διαφορετική συμπεριφορά.

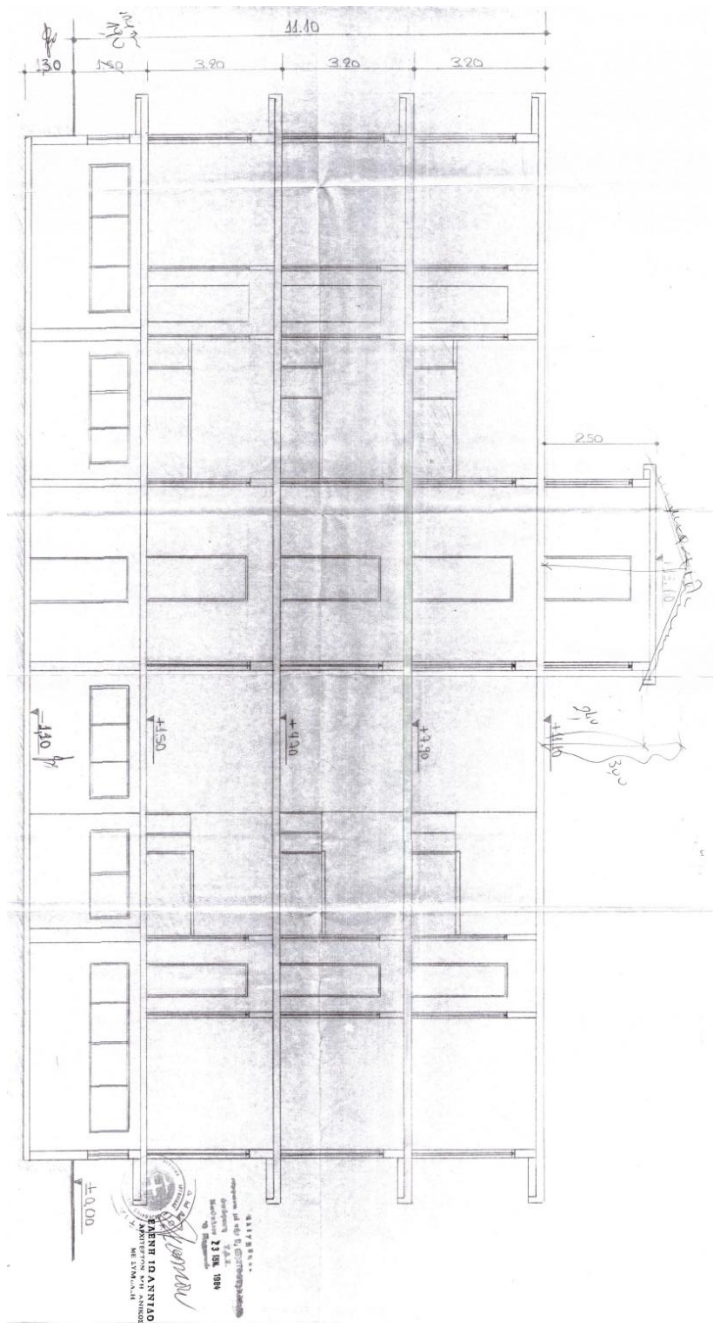
Ως προς την οικονομική αποτίμηση των ζημιών στα διάφορα σενάρια, στα δεδομένα από την pushover του μοντέλου με τοιχοποιία έγινε περαιτέρω επεξεργασία με το λογισμικό SPO2FRAG, οπότε έγινε δυναμική ανάλυση της κατασκευής. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής αναλύθηκαν περαιτέρω με το λογισμικό PACT για να προκύψουν τα εκτιμώμενα κόστη επισκευής του κτιρίου σε διάφορα σενάρια σεισμικής φόρτισης. Παρατηρούμε ότι, δεδομένου του έτους μελέτης (1983) και του Αντισεισμικού Κανονισμού βάσει του οποίου μελετήθηκε το κτίριο (Αντισεισμικός Κανονισμός 1954), το κόστος των ζημιών ακόμη και στην περίπτωση σεισμού με πιθανότητα εμφάνισης 2% στα 50 έτη είναι πολύ μικρό σε σχέση με το αναμενόμενο (44000\$). Κάτι τέτοιο θεωρείται ότι οφείλεται στο ότι στη μελέτη του κτιρίου υπάρχει πρόβλεψη για μελλοντική προσθήκη ορόφου καθ' ύψος, η οποία δεν έχει πραγματοποιηθεί.



## 5 Βιβλιογραφία

1. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1959) «Αντισεισμικός Κανονισμός», ΦΕΚ 36/Α/26-02-1959.
2. Δρίτσος Σ. (2018), «Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα», Ο.Α.Σ.Π., Αθήνα
3. Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ).
4. EN 1992-1-1 (2004), Ευρωκώδικας 2, «Σχεδιασμός Κατασκευών από Σκυρόδεμα».
5. EN 1998-1 (2004), Ευρωκώδικας 8, «Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κατασκευών».
6. Ζήση Ε., Αποτίμηση σεισμικής επάρκειας και οικονομοτεχνική διερεύνηση επισκευών διώροφου κτιρίου οπλισμένου σκυροδέματος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2021.
7. Κατσώνης Θ., Αξιολόγηση δευτεροβάθμιων μεθόδων αποτίμησης σεισμικής επάρκειας 4-όροφου υφιστάμενου κτιρίου κατασκευής 1987 για χρήση κατοικίας, από οπλισμένο σκυρόδεμα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2020.
8. Ο.Α.Σ.Π (2017), «Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)», ΦΕΚ 2984/Β/30-08-2017, 2η Αναθεώρηση.
9. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1954), «Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος», ΦΕΚ 160/Α/26-07-1954.
10. Ο.Α.Σ.Π (2013), «Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος», ΦΕΚ 405/Β/05-09-2013
11. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1946), «Κανονισμός Φορτίσεων», ΦΕΚ 171/Α/16-05-1946.
12. Baltzopoulos G., Baraschino R., Iervolino I., Vamvatsikos D. (2017) “SPO2FRAG software for seismic fragility assessment based on static pushover” Bulletin of Earthquake Engineering 15, 4399-4425.
13. <http://hazard.efehr.org/en/hazard-data-access/hazard-curves/>
14. <https://femap58.atcouncil.org/>
15. Iervolino I., Vamvatsikos D., Baltzopoulos G. and Baraschino R. (2020) SPO2FRAG v 1.22 Software for PUSHOVER-BASED derivation of seismic FRAGILITY curves, Università degli studi di Napoli Federico I. January 2020, Napoli.

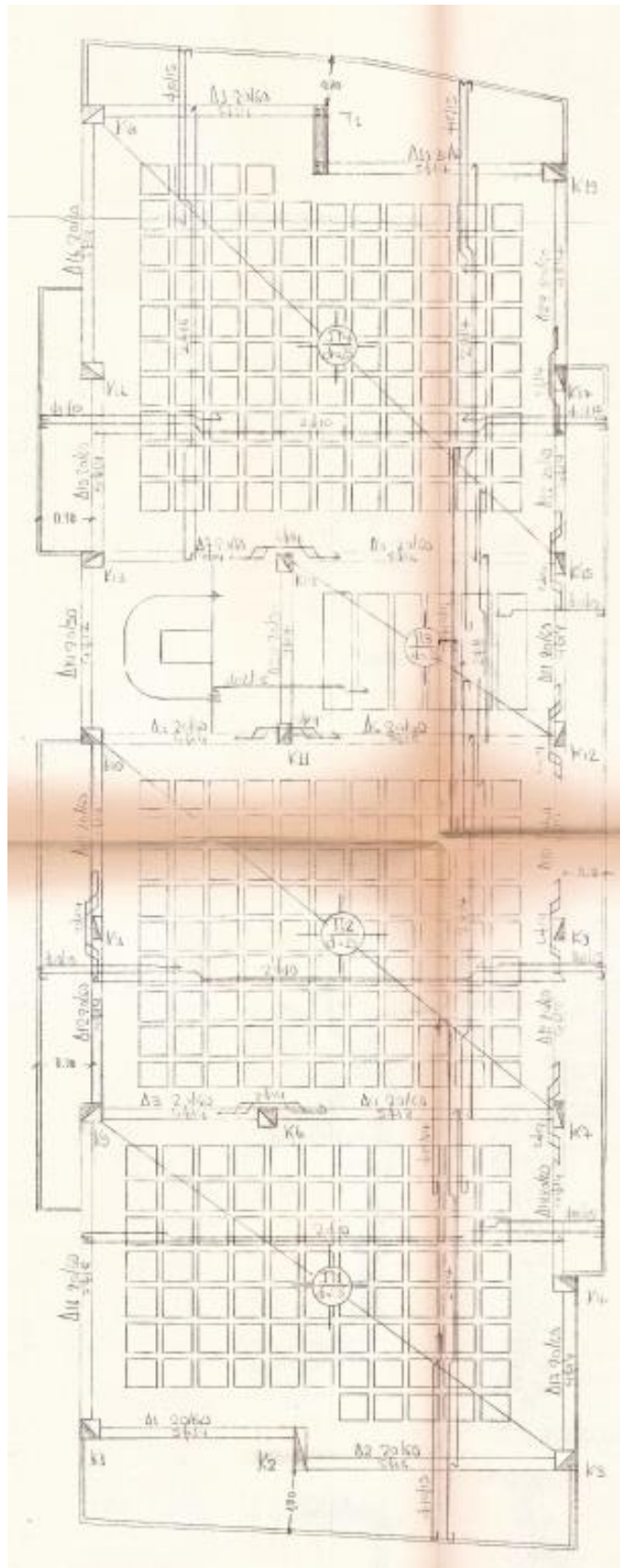
## **Παράρτημα Α. Σχέδια – Ξυλότυποι – Πίνακες Οπλισμών**



Σχήμα Α.1: Τομή Β-Β υπό μελέτη κτιρίου



Σχήμα Α.2: Κάτοψη τυπικού ορόφου υπό μελέτη κτιρίου



Σχήμα Α.3 Ξυλότυπος τυπικού ορόφου υπό μελέτη κτιρίου

Πίνακας Α.1: Διαστάσεις και διαμήκης σπλισμός υποστυλωμάτων κατά όροφο

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	ΘΕΣΗ		ΙΣΟΓΕΙΟ		Α ΟΡΟΦΟΣ		Β ΟΡΟΦΟΣ		Γ ΟΡΟΦΟΣ	
	Χ	Υ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΣΙΔΕΡΑ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΣΙΔΕΡΑ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΣΙΔΕΡΑ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΣΙΔΕΡΑ
K1	0.00	0.50	40/40	6Φ20	40/40	4Φ20	30/30	4Φ20	30/30	4Φ20
K2	3.50	0.00	25/70	6Φ18	25/70	6Φ18	20/70	6Φ18	20/70	6Φ14
K3	8.00	0.00	40/40	6Φ20	40/40	4Φ20	30/30	4Φ20	30/30	4Φ20
K4	8.00	3.00	50/40	6Φ18	40/30	6Φ18	40/25	6Φ14	40/25	6Φ14
K5	0.00	6.00	50/40	6Φ18	40/40	4Φ20	40/25	6Φ14	40/25	6Φ16
K6	3.00	6.00	40/40	6Φ18	40/40	4Φ20	30/30	6Φ16	30/30	6Φ14
K7	8.00	6.00	30/50	6Φ18	30/50	6Φ18	20/50	6Φ14	20/40	6Φ14
K8	0.00	9.00	30/50	6Φ18	30/50	6Φ18	40/25	6Φ14	20/40	6Φ14
K9	8.00	9.00	30/50	6Φ18	30/50	6Φ18	40/25	6Φ14	20/40	6Φ14
K10	0.00	12.50	50/40	6Φ18	40/40	4Φ20	40/25	6Φ14	40/25	6Φ14
K11	3.40	12.50	40/40	6Φ18	40/40	4Φ20	30/30	6Φ16	30/30	6Φ16
K12	8.00	12.50	30/50	6Φ18	30/50	6Φ18	20/50	6Φ14	20/40	6Φ14
K13	0.00	15.50	50/40	6Φ18	40/40	4Φ20	40/25	6Φ14	40/25	6Φ14
K14	3.40	15.50	40/40	6Φ18	40/40	4Φ20	30/30	6Φ16	30/30	6Φ16
K15	8.00	15.50	30/50	6Φ18	30/50	6Φ18	20/50	6Φ14	20/40	6Φ14
K16	0.00	18.50	50/40	6Φ18	40/30	6Φ18	40/25	6Φ14	40/25	6Φ14
K17	8.00	18.50	30/50	6Φ18	30/50	6Φ18	40/25	6Φ14	20/40	6Φ14
K18	0.00	22.50	40/40	6Φ20	40/40	4Φ20	30/30	4Φ20	30/30	4Φ20
K19	8.00	22.00	40/40	6Φ20	40/40	4Φ20	30/30	4Φ20	30/30	4Φ20
T1	4.00	22.50	25/120	8Φ14	20/120	8Φ12	20/120	8Φ12	20/120	8Φ12

Πίνακας Α.2: Πίνακας διαμήκους σπλισμού δοκών (τυπικός όροφος)

Δοκός	Διατομή	Αρχή	Μέση	Τέλος
Δ1	20/60	5Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 5Φ14κ	5Φ14α + 2Φ10κ
Δ2	20/60	5Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 5Φ14κ	5Φ14α + 2Φ10κ
Δ3	20/60	4Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 4Φ14κ	7Φ14α + 2Φ10κ
Δ4	20/60	5Φ18α + 3Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 5Φ18κ	5Φ18α + 2Φ10κ
Δ5	20/60	4Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 4Φ14κ	7Φ14α + 2Φ10κ
Δ6	20/60	5Φ16α + 3Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 5Φ16κ	5Φ16α + 2Φ10κ
Δ7	20/60	4Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 4Φ14κ	7Φ14α + 2Φ10κ
Δ8	20/60	5Φ16α + 3Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 5Φ18κ	5Φ16α + 2Φ10κ
Δ9	20/60	5Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 5Φ14κ	5Φ14α + 2Φ10κ
Δ10	20/60	5Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 5Φ14κ	5Φ14α + 2Φ10κ
Δ11	20/60	5Φ16α + 2Φ10κ	2Φ10α + 5Φ16κ	5Φ16α + 2Φ10κ
Δ12	20/60	4Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 4Φ14κ	6Φ14α + 2Φ10κ
Δ13	20/60	6Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 4Φ14κ	4Φ14α + 2Φ10κ
Δ14	20/50	4Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 4Φ14κ	4Φ14α + 2Φ10κ
Δ15	20/60	4Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 4Φ14κ	4Φ14α + 2Φ10κ
Δ16	20/60	5Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 5Φ14κ	5Φ14α + 2Φ10κ
Δ17	20/60	4Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 4Φ14κ	4Φ14α + 2Φ10κ
Δ18	20/60	4Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 4Φ14κ	6Φ14α + 2Φ10κ
Δ19	20/60	6Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 4Φ14κ	6Φ14α + 2Φ10κ
Δ20	20/60	6Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 4Φ14κ	6Φ14α + 2Φ10κ
Δ21	20/60	6Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 4Φ14κ	6Φ14α + 2Φ10κ
Δ22	20/60	6Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 4Φ14κ	6Φ14α + 2Φ10κ
Δ23	20/60	6Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 4Φ14κ	6Φ14α + 2Φ10κ
Δ24	20/50	6Φ14α + 2Φ10κ	2Φ10α + 4Φ14κ	4Φ14α + 2Φ10κ

# Παράρτημα Β. Δελτία Προσεισμικών Ελέγχων

## ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΟΥ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ (5<sup>η</sup> Έκδοση, 2020)

<b>ΕΝΟΤΗΤΑ Α: ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>			
1. ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ:	ΑΡΓΟΝΙΔΑΣ		
2. ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ:	ΝΑΥΠΛΙΟΥ		
3. ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ:	Α.Γ. ΑΔΡΙΑΝΩΝ 42	T.K:	21100
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	φ: 37,5203609 λ: 22,81148		
4. ΟΝΟΜΑ ΚΤΙΡΙΟΥ:	-	Τηλ:	-
5. ΧΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ:	ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ		
6. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΤΗ:	ΙΔΙΟΤΗΣ		
7. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΔΙΟΚΤΗΤΗ:	ΙΔΙΟΤΗΣ		
8. ΑΡΜΟΔΙΟΣ ΦΟΡΕΑΣ:	ΙΔΙΟΤΗΣ		
9. ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΠΟΥ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ:	-		
10. ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΟΣΩΠΩΝ ΠΟΥ ΣΥΝΑΘΡΟΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ:	ΜΕΧΡΙ 10 <input type="checkbox"/>	10 - 100 <input checked="" type="checkbox"/>	> 100 <input type="checkbox"/>

<b>ΕΝΟΤΗΤΑ Β: ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>			
11. ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ:	4	ΥΠΟΓΕΙΩΝ:	-
12. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΑΤΟΨΗΣ:	185 τ.μ.		
13. ΟΛΙΚΗ ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ:	740 τ.μ.		
14. ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:	1983		
15. ΕΤΟΣ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ:	-		
16. ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ Η ΜΕΛΕΤΗ:	ΝΑΙ <input checked="" type="checkbox"/>	ΟΧΙ <input type="checkbox"/>	
17. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ Η ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ:	ΝΑΙ <input checked="" type="checkbox"/>	ΟΧΙ <input type="checkbox"/>	
18. ΕΧΕΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΕΙ ΔΙΑΤΗΡΗΤΕΟ:	ΝΑΙ <input type="checkbox"/>	ΟΧΙ <input checked="" type="checkbox"/>	
19. ΕΧΕΙ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΤΕΙ / ΕΝΙΣΧΥΘΕΙ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ:	ΝΑΙ <input type="checkbox"/>	ΟΧΙ <input checked="" type="checkbox"/>	
20. ΑΝ ΝΑΙ ΓΙΑ ΠΟΙΑ ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΠΟΤΕ:			
21. ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΤΑ Ε.Α.Κ-2000	Σ1	Σ2 <input checked="" type="checkbox"/>	Σ3 Σ4
22. ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ:			

23. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΛΕΓΚΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ:		
1. ΟΝΟΜΑ: Γεωργιος Ζουκας	2. ΟΝΟΜΑ:	
ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ: Πολιτικός Μηχανικός	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ:	
ΤΗΛ: 6948190346	ΤΗΛ:	
24. ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ: 16/10/2021		



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  
Σάουθ 32 15451, Ν. Ψιττάκι Τηλ. 210 6728000, 210 6725233 Fax 210 6779561, e-Mail info@oasp.gr

Σχήμα Β.1: Δελτίο Πρωτοβάθμιου Προσεισμικού Ελέγχου – Σελίδα 1



**ΕΝΟΤΗΤΑ Γ : ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

25. Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας κατά Ε.Α.Κ.-2000 (σύμφωνα με τροπ. 2003)

I  II  III 

26. Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας κατά το χρόνο μελέτης του Κτιρίου

Πριν το 1995

I  II  III 

Μεταξύ

1995 και 2003 I  II  III  IV 

Μετά το 2004

I  II  III 

27. Κατηγορία Εδάφους κατά Ε.Α.Κ. - 2000

Α  Β  Γ  Δ  Χ 

Άγνωστη κατηγορία εδάφους

**ΕΝΟΤΗΤΑ Δ : ΔΟΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

28. Δομικός τύπος του κτιρίου

(Σύμφωνα με το συνημμένο πίνακα 1)

ΟΣα  ΟΣβ  ΟΣγ ΠΟΣ1  ΠΟΣ2 ΑΤ  ΔΤ  ΟΤ  ΕΤ ΧΛ1α  ΧΛ1β  ΧΛ2α  ΧΛ2β **ΕΝΟΤΗΤΑ Ε : ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΩΤΟΤΗΤΑΣ**

(Σημειώστε με Χ τις θετικές απαντήσεις στα παρακάτω ερωτήματα)

29. Χωρίς αντισεισμικό κανονισμό
30. Έχει αυξηθεί η σπουδαιότητα λόγω αλλαγής της χρήσης
31. Προηγούμενες σεισμικές επιβαρύνσεις
32. Κακή κατάσταση λόγω ελλειπών συντήρησης/κακοτεχνιών/καθιζήσεων
33. Κίνδυνος κρούσης με γειτονικά κτίρια
34. Μαλακός όροφος
35. Μη κανονική διάταξη τοιχοπλήρωσης σε κάτοψη
36. Μεγάλο ύψος
37. Μη κανονικότητα καθ' ύψος
38. Οριζόντια μη κανονικότητα
39. Ενδεχόμενο υιρένης
40. Κοντά υποστυλώματα

**Σημείωση:** Για τυχόν πρόσθετες πληροφορίες παρακαλούμε απευθύνεστε στον ΟΑΣΠ / Τμήμα Αντισεισμικής Τεχνολογίας ( e-mail: "info@oasp.gr").Όλες οι οδηγίες, οι πίνακες και τα Δελτία Ελέγχου που περιλαμβάνονται ή αναφέρονται στο τεύχος αυτό, βρίσκονται επίσης στην ιστοσελίδα του ΟΑΣΠ στη διεύθυνση "<http://www.oasp.gr>". Στη σελίδα αυτή θα δημοσιεύονται πληροφορίες ή διευκρινίσεις που αφορούν τον Προσεισμικό Έλεγχο.ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  
Βάνθου 32 15451, Ν. Ψυχικό Τηλ. 210 6728000, 210 6725233 Fax 210 6779561, e-Mail info@oasp.gr

**ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  
ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΥ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ  
ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ [1η Έκδοση 2018]**

<b>A. ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>	
1. ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ:	ΑΡΓΟΛΙΔΑΕ
2. ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ:	ΜΑΥΡΗΛΙΟΥ
3. ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ:	ΑΓ. ΑΔΡΙΑΝΟΥ 42
	ΤΚ: 21100 ΤΗΛ: -
4. ΟΝΟΜΑ ΚΤΙΡΙΟΥ:	-
5. ΧΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ:	ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ
6. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΔΙΟΚΤΗΤΗ:	ΙΔΙΟΤΕΣ
7. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΤΗ:	ΙΔΙΟΤΕΣ

<b>B. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>			
1. ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ:	4	ΥΠΟΓΕΙΩΝ :	-
2. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΑΤΟΨΗΣ:	185τμ.		
3. ΟΛΙΚΗ ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ:	740τμ.		
4. ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:	1987		
5. ΕΤΟΣ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ:	-		
6. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΠΡΟΣΘΗΚΗ:	-		
7. ΕΧΕΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΕΙ ΔΙΑΤΗΡΗΤΕΟ ;	ΝΑΙ <input type="checkbox"/>	ΟΧΙ <input checked="" type="checkbox"/>	
8. ΕΧΕΙ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΘΕΙ/ΕΝΙΣΧΥΘΕΙ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ;	ΝΑΙ <input type="checkbox"/>	ΟΧΙ <input checked="" type="checkbox"/>	
9. ΑΝ ΝΑΙ ΓΙΑ ΠΟΙΑ ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΠΟΤΕ :	-		
10. ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ :	-		

<b>Γ. ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ</b>	
1. ΖΩΝΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ (κατά ΕΚ-8):	Z1 <input checked="" type="checkbox"/> Z2 <input type="checkbox"/> Z3 <input type="checkbox"/>
2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ (κατά ΕΚ-8):	A <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/>
3. ΠΙΘΑΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΤΟΠΙΚΗΣ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ :	ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input checked="" type="checkbox"/>


  

<b>Δ. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΑΙΤΗΣΗΣ <math>V_{req}</math> (<math>V_{req,x}</math>, <math>V_{req,y}</math>)</b>	
1. $V_{req} = M \times S_d(T)$ κατά ΕΚ-8	
2. Συντελεστής συμπεριφοράς, ανάλογα με τη στάθμη επιτελεστικότητας	αx=2,4      αy=2,4
3.	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <math>V_{req,x} = 904,3 \text{ kN}</math> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <math>V_{req,y} = 904 \text{ kN}</math> </div> </div>

Σχήμα Β.3: Δελτίο Δευτεροβάθμιου Προσεισμικού Ελέγχου – Σελίδα 1

Ε. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ $V_R (V_{R,x} - V_{R,y}) \quad V_R = \beta V_{RD}$		
1. ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ	$\beta_{1x} = 5$	$\beta_{1y} = 5$
2. ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΟΠΛΙΣΜΩΝ	$\beta_{2x} = 4$	$\beta_{2y} = 4$
3. ΜΕΓΕΘΟΣ ΑΝΗΓΜΕΝΟΥ ΑΞΟΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	$\beta_{3x} = 2$	$\beta_{3y} = 2$
4. ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ ΕΚ ΚΑΤΟΨΗ	$\beta_{4x} = 5$	$\beta_{4y} = 5$
5. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΣΕ ΚΑΤΟΨΗ - ΣΤΡΕΨΗ	$\beta_{5x} = 5$	$\beta_{5y} = 5$
6. ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΤΟΜΗ / ΟΨΗ	$\beta_{6x} = 5$	$\beta_{6y} = 5$
7. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΚΑΘ' ΥΨΟΣ - ΜΑΛΑΚΟΣ ΟΡΟΦΟΣ	$\beta_{7x} = 4$	$\beta_{7y} = 4$
8. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΑΖΑΣ ΚΑΘ' ΥΨΟΣ	$\beta_{8x} = 5$	$\beta_{8y} = 5$
9. ΚΟΝΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ	$\beta_{9x} = 3,65$	$\beta_{9y} = 3,65$
10. ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ	$\beta_{10x} = 5$	$\beta_{10y} = 5$
11. ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ	$\beta_{11x} = 5$	$\beta_{11y} = 5$
12. ΓΕΙΤΟΝΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ	$\beta_{12x} = 5$	$\beta_{12y} = 5$
13. ΚΑΚΟΤΕΧΝΙΕΣ, ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΙ	$\beta_{13x} = 4$	$\beta_{13y} = 4$
14. $\beta = \sum \frac{\sigma_i \beta_i}{5}$	$\beta_x = 0,87$	$\beta_y = 0,87$
15.	$V_{RD,x} = 925 \text{ kN}$	$V_{RD,y} = 1200 \text{ kN}$
16.	$V_{Rx} = \beta_x V_{RD,x} = 804 \text{ kN}$	$V_{Ry} = \beta_y V_{RD,y} = 1044 \text{ kN}$

ΣΤ. ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ $\lambda$		
$\lambda_x = 1,05$	$\lambda_y = 0,91$	$\lambda = 1,05$
ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ λτελ.		$\lambda_{\text{τελ}} = \gamma_1 * \lambda = 1,05$

Ζ. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΛΕΓΚΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ	
1. ΟΝ/ΜΟ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΖΡΕΛΙΣ	2. ΟΝ/ΜΟ:
ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ: ΓΟΝΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ:
ΤΗΛΕΦΩΝΟ: 6948190346	ΤΗΛΕΦΩΝΟ:
ΥΠΟΓΡΑΦΗ 	ΥΠΟΓΡΑΦΗ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ: 16/10/2021	

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:
---------------

Σχήμα Β.4: Δελτίο Δευτεροβάθμιου Προσεισμικού Ελέγχου - Σελίδα 2