



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**“ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ**  
**ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ”**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΟΡΦΩΝ**  
**ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ**  
**ΜΕ ΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**



**ΒΛΑΧΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ**  
**ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ**

**Επιβλέπων: κ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΕΣ, Αναπ. Καθηγητής Ε.Μ.Π**

**ΙΟΥΝΙΟΣ 2011**

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε...

Τον κύριο Χάρη Γαντέ, Αναπληρωτή Καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, για την καθοδήγηση και την βοήθεια που μας προσέφερε στη μεταπτυχιακή μας εργασία, καθώς και κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Τον Καθηγητή κ. Γ. Ιωαννίδη και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Ι. Ραυτογιάννη της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή της εργασίας μας.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την πολιτικό μηχανικό Κουλάτσου Κωνσταντίνα για την πολύτιμη βοήθειά της.



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
“ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ  
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ”  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΟΡΦΩΝ  
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ  
ΜΕ ΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Βλάχου Αλεξάνδρα  
Γιαννοπούλου Μαρία

Επιβλέπων: κ. Χάρης Γαντές, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία έγινε με σκοπό τον συγκερασμό της στατικής μελέτης ενός κτιρίου και της αρχιτεκτονικής λειτουργίας του για την επίτευξη της βέλτιστης δυνατής λύσης. Αντικείμενο της μελέτης που έγινε είναι ένα εξαόροφο κτίσμα με μεταλλικό σκελετό που προορίζεται να λειτουργήσει ως ξενοδοχείο στην έντονα σεισμογενή περιοχή της Κεφαλονιάς. Διερευνήθηκαν εναλλακτικές μορφές στατικών συστημάτων σε συνδυασμό με την λειτουργικότητα της κάτοψης των ορόφων του.

Γενικά στοιχεία για τη μόνωση πολυόροφων μεταλλικών κτιρίων, στατικά και αρχιτεκτονικά αναλύονται στο πρώτο κεφάλαιο. Στη συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση του υπό μελέτη κτιρίου στο δεύτερο κεφάλαιο. Εκεί γίνεται εκτενής αναφορά στη γεωμετρία του φορέα και στα χαρακτηριστικά της κάτοψής του. Αναλύονται, επίσης, τα φορτία και οι συνδυασμοί φόρτισης που καταπονούν την κατασκευή.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πρόγραμμα με τη βοήθεια του οποίου γίνεται η προσομοίωση του κτιρίου καθώς και κάποιες βασικές παραδοχές του. Παράλληλα αναπτύσσεται ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η αρχική διαστασιολόγηση των μελών του και η μεταφορά των ασκούμενων φορτίων, μέσω των σύμμικτων πλακών, των τεγίδων, των κύριων δοκών και των υποστυλωμάτων του στο έδαφος.

Από το τέταρτο μέχρι και το έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται επτά διαφορετικά στατικά συστήματα. Μελετήθηκαν φορείς που έχουν χιαστί συνδέσμους δυσκαμψίας και στις δύο διευθύνσεις τους, φορείς με μικτό σύστημα πλαισιακής λειτουργίας στην κύρια διεύθυνση και χιαστί συνδέσμων στη δευτερεύουσα και φορέας με έκκεντρους δικτυωτούς συνδέσμους δυσκαμψίας στη κύρια διεύθυνση και χιαστί συνδέσμους στη δευτερεύουσα. Επιπλέον εξετάστηκε σε ορισμένα μοντέλα η περίπτωση αλλαγής της διεύθυνσης του κύριου άξονα της κατασκευής. Στα κεφάλαια αυτά γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων των διατομών των μελών, των ιδιοπεριόδων και των μετακινήσεων που προκύπτουν από τις αναλύσεις, ενώ ταυτόχρονα διερευνάται η επίπτωσή τους στην αρχιτεκτονική κάτοψη.

Στο έβδομο κεφάλαιο διαστασιολογούνται ενδεικτικά τρεις κόμβοι διαφορετικού τύπου που απαντώνται στις εναλλακτικές στατικές μορφές του υπό μελέτη κτιρίου. Πρόκειται για έναν κόμβο ροής δοκού – υποστυλώματος, έναν τέμνουσας δοκού – υποστυλώματος και έναν κόμβο δοκού – υποστυλώματος – χιαστί συνδέσμου δυσκαμψίας. Συγκρίνονται τα αποτελέσματά τους και το πόσο επηρεάζουν τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.

Στο τελευταίο κεφάλαιο αναλύονται τα συμπεράσματα που διαμορφώθηκαν από την παραπάνω διαδικασία. Τέλος, προτείνονται τρόποι βελτίωσης των δεδομένων της κατασκευής και γίνονται προτάσεις για μελλοντική διερεύνηση.





**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS  
INTER-DEPARTMENTAL POSTGRADUATE COURSES  
"DESIGN AND ANALYSIS OF STRUCTURES"  
DEPARTMENT OF STRUCTURAL ENGINEERING  
LABORATORY OF STEEL STRUCTURES**

**POSTGRADUATE THESIS**

**INVESTIGATION OF ALTERNATIVE FORMS OF METAL  
STRUCTURAL CONSTRUCTIONS IN  
COMPLIANCE WITH ARCHITECTURAL FUNCTIONALITY**

Giannopoulou Maria

Vlahou Alexandra

Supervisor: Dr. Charis Gantes, Associate Professor N.T.U.A.

**ABSTRACT**

This thesis investigates the unification of the structural analysis together with the architectural functionality of a building with the aim of achieving the best possible solution. The object investigated is a six-floor building constructed around a steel frame and designed to function as a hotel located at Kefalonia which is an area of high seismic risk. Alternative forms of structural systems were investigated while trying to maintain compliance with functional architectural planning.

General elements for multi-story building construction, structural and architectural analysis are detailed in the first chapter. The analysis of the building under investigation follows in the second chapter where the structure geometry is extensively described

along with its layout characteristics. The loads and load combinations that stress the construction are analyzed as well.

In the third chapter, the software used to simulate the building is presented, as well as some essential assumptions. Furthermore, the methodology for obtaining the initial dimensions of its parts is presented, as well as the load transfer through the composite floors, the secondary beams, the main beams and the columns in the ground.

Seven different structural systems are presented from chapter four to chapter six. The following constructions were investigated: constructions of frames with concentric diagonal bracings in both directions, constructions of moment resisting frames in the main direction and frames with concentric diagonal bracings in the secondary and, lastly, a construction of frames with eccentric bracings in the main direction and frames with concentric diagonal bracings in the secondary. Moreover, for some models, the possibility of altering the main direction of the building was examined. Furthermore, a comparison of the results of the elements' diameters, natural frequencies and displacements that result from the analysis is performed, while investigating their effect on the architectural planning.

On chapter seven, for the sake of demonstration, dimensions are given to three types of steel connections that are used throughout the alternative structural forms of the building under investigation. The steel connection types examined are a rigid beam – column connection, a beam – column shear resisting connection and a beam – column – diagonal bracing shear resisting connection. The results as well as their effect on the architectural layout are presented.

The last chapter follows with a discussion of the results produced by the simulations along with concluding remarks. Finally, methods for improving the construction parameters are proposed as well as propositions for future research.

# Περιεχόμενα

## Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

1.1	Γενικά.....	1
1.2	Μεταλλικός φορέας.....	1
1.3	Αρχιτεκτονικά στοιχεία.....	3

## Κεφάλαιο 2 – Αντικείμενο μελέτης

2.1	Υπό μελέτη κτίριο.....	5
2.2	Φορτίσεις κατασκευής.....	12
2.2.1	Οριζόντιες και κατακόρυφες φορτίσεις.....	12
2.2.2	Σεισμική φόρτιση $E(x,y)$ .....	14
2.3	Συνδυασμοί φόρτισης.....	18

## Κεφάλαιο 3 – Αρχική διαστασιολόγηση

3.1	Προσομοίωση φορέα.....	19
3.2	Διαστασιολόγηση φορέα.....	23
3.2.1	Σύμμικτες πλάκες.....	23
3.2.2	Δευτερεύουσες δοκοί – τεγίδες.....	24
3.2.3	Κύριες δοκοί.....	26
3.2.4	Υποστυλώματα.....	28
3.2.5	Πλευρική ευστάθεια.....	32

## Κεφάλαιο 4 – Προσομοιώματα με χιαστί συνδέσμους δυσκαμψίας και στις δύο διευθύνσεις

4.1	Γενικά.....	33
-----	-------------	----

4.2	Χιαστί σύνδεσμοι κατά την $x$ και κατά την $y$ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η $y$ ).....	33
4.2.1	Προσομοίωση φορέα.....	34
4.2.2	Πίνακες αποτελεσμάτων αρχικής διαστασιολόγησης.....	36
4.2.3	Ικανοτικός έλεγχος και αποτελέσματα.....	40
4.3	Χιαστί σύνδεσμοι κατά την $x$ και κατά την $y$ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η $y$ ) – επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι στη $y$ διεύθυνση	
4.3.1	Πίνακες αποτελεσμάτων αρχικής διαστασιολόγησης.....	46
4.3.2	Ικανοτικός έλεγχος και αποτελέσματα.....	48
4.4	Χιαστί σύνδεσμοι κατά την $x$ και κατά την $y$ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η $y$ ) – επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι και στις δύο διευθύνσεις.....	50
4.4.1	Πίνακες αποτελεσμάτων αρχικής διαστασιολόγησης.....	51
4.4.2	Ικανοτικός έλεγχος και αποτελέσματα.....	53
4.5	Σύγκριση αποτελεσμάτων.....	55
4.6	Στατικά μοντέλα και λειτουργικότητα.....	57

## **Κεφάλαιο 5 – Προσομοιώματα με πλαισιακή λειτουργία στη μία διεύθυνση**

5.1	Γενικά.....	74
5.2	Πλαίσιο στην (κύρια) $y$ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την $x$ διεύθυνση.....	74
5.2.1	Προσομοίωση φορέα.....	75
5.2.2	Πίνακες αποτελεσμάτων αρχικής διαστασιολόγησης.....	76
5.2.3	Ικανοτικός έλεγχος και αποτελέσματα.....	80
5.3	Συγκριτικά αποτελέσματα.....	84
5.4	Στατικό μοντέλο και λειτουργικότητα.....	86
5.5	Πλαίσιο στην (κύρια) $x$ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την $y$ διεύθυνση.....	91
5.5.1	Πίνακες αποτελεσμάτων αρχικής διαστασιολόγησης.....	92
5.5.2	Ικανοτικός έλεγχος και αποτελέσματα.....	94



5.5.3 Αρχιτεκτονική προσέγγιση.....	97
-------------------------------------	----

## **Κεφάλαιο 6 – Εναλλακτικές προτάσεις προσομοίωσης**

6.1 Χιαστί σύνδεσμοι κατά την $x$ και κατά την $y$ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η $x$ ).....	103
6.1.1 Πίνακες αποτελεσμάτων αρχικής διαστασιολόγησης..	104
6.1.2 Ικανοτικός έλεγχος και αποτελέσματα.....	106
6.1.3 Συγκριτικά αποτελέσματα.....	108
6.1.4 Αρχιτεκτονική προσέγγιση.....	110
6.2 Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα ( $\Lambda$ ) στην (κύρια) $x$ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την $y$ διεύθυνση.....	115
6.2.1 Ικανοτικός έλεγχος και αποτελέσματα.....	118
6.3 Συγκριτικά αποτελέσματα.....	124

## **Κεφάλαιο 7 – Κόμβοι**

7.1 Γενικά.....	131
7.2 Κόμβος ροπής δοκού – υποστυλώματος.....	133
7.3 Κόμβος τέμνουσας δοκού – υποστυλώματος.....	141
7.4 Κόμβος τέμνουσας δοκού – υποστυλώματος – χιαστί συνδέσμου δυσκαμψίας.....	147

## **Κεφάλαιο 8 - Συμπεράσματα**

8.1 Γενικά.....	156
8.2 Συμπεράσματα.....	156
8.3 Προτάσεις για μελλοντική διερεύνηση.....	158

<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>159</b>
--------------------------	------------

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1 Γενικά**

Η κατασκευή ενός δομήματος απαιτεί τη συνεργασία μηχανικών διαφόρων ειδικοτήτων, δεδομένου ότι οι λύσεις πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την αρχιτεκτονική, τη στατική, την ηλεκτρομηχανολογική μελέτη και τη μελέτη πυρασφάλειας του κτιρίου.

Η σύνθεση του σκελετού μιας κατασκευής ξεκινά απ' την αρχιτεκτονική μελέτη. Προσδιορίζονται αρχικά ο στατικός κάναβος τοποθέτησης των υποστυλωμάτων, οι στάθμες των ορόφων, οι εσωτερικές διαμορφώσεις και τα στοιχεία πλήρωσής τους καθώς και τα εσωτερικά και εξωτερικά ανοίγματα. Με δεδομένα αυτά, στη συνέχεια σχεδιάζεται από τον πολιτικό μηχανικό ο φέρων οργανισμός ώστε να δημιουργηθούν διαδρομές για την ασφαλή παραλαβή και μεταφορά των φορτίων στη θεμελίωση. Έτσι, καθορίζονται το σύστημα πλακών και δευτερευουσών δοκών καθώς και το σύστημα εξασφάλισης της πλευρικής ευστάθειας του βασικού πλαισίου.

Πολλές φορές οι απαιτήσεις που θέτουν οι μελετητικές ομάδες έρχονται σε σύγκρουση μεταξύ τους με αποτέλεσμα να πρέπει να έρθουν σε συνεννόηση προκειμένου να βρεθεί μια λύση που θα ικανοποιεί όλες τις παραμέτρους. Μέσα από αυτή τη διπλωματική εργασία επιχειρείται η διερεύνηση εναλλακτικών μορφών μεταλλικών στατικών φορέων σε συνδυασμό με την αρχιτεκτονική λειτουργία, έτσι ώστε να βρεθεί η βέλτιστη δυνατή λύση που να ικανοποιεί όσο το δυνατόν περισσότερο και τις δυο πλευρές.

### **1.2 Μεταλλικός φορέας**

Σήμερα υπάρχουν πολυάριθμα μεταλλικά κτίρια σε όλον τον κόσμο, των οποίων βασικό υλικό είναι ο χάλυβας. Το δομικό αυτό υλικό είναι το πιο κατάλληλο και περισσότερο χρησιμοποιούμενο στην ανέγερση μεταλλικών κτιρίων. Η περιεκτικότητά του σε άνθρακα είναι καθοριστικής σημασίας

καθώς μεταβάλλει σημαντικά τα μηχανικά του χαρακτηριστικά. Από τις ιδιότητες του χάλυβα, καθοριστικές για τη χρήση του υλικού στη δόμηση είναι η μεγάλη αντοχή στα διάφορα είδη καταπονήσεων (θλίψη, εφελκυσμός κτλ.) και το μεγάλο μέτρο ελαστικότητας. Σ' αυτά οφείλονται οι τόσο υψηλές αντοχές του υλικού με ανάπτυξη μικρών παραμορφώσεων.

Οι μεταλλικές κατασκευές είναι σε πολύ μεγάλο βαθμό αποσυναρμολογήσιμες δίνοντας τη δυνατότητα της βέλτιστης εκμετάλλευσης των υλικών τους ακόμη και μετά το πέρας της ζωής ενός συγκεκριμένου τεχνικού έργου. Η προτίμηση του τεχνικού κόσμου στα μεταλλικά κτίρια δεν οφείλεται μόνο στις γνωστές εξαιρετικές ιδιότητες του χάλυβα όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, αλλά και στην μεγάλη αντοχή σε σχέση με το μικρό ίδιο βάρος με αποτέλεσμα τα μεταλλικά κτίρια να είναι πιο οικονομικά σε σχέση με τις αντίστοιχες κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Τα μεταλλικά κτίρια και γενικώς όλες οι μεταλλικές κατασκευές μειώνουν το χρόνο εκτέλεσης και παράδοσης του έργου σε 50-75% σε σχέση με τις συμβατικές κατασκευές.

Από χάλυβα είναι δυνατό να κατασκευαστούν κτίρια οποιουδήποτε μεγέθους, είδους και χρήσης, όπως: βιομηχανικά κτίρια, αίθουσες συγκεντρώσεων (αθλητικών, πολιτιστικών ή άλλων εκδηλώσεων), μεταλλικές κατοικίες και πολυώροφα μεταλλικά δομήματα. Τα ισόγεια διακρίνονται κυρίως σε βιομηχανικά κτίρια, ενώ τα πολυώροφα μεταλλικά κτίρια διακρίνονται κυρίως σε χώρους γραφείων, ξενοδοχεία, χώρους στάθμευσης κτλ. Η βασική αρχή που ισχύει για όλες τις μεταλλικές κατασκευές είναι ενιαία. Όσον αφορά τον σχεδιασμό, οι μεταλλικές κατασκευές οφείλουν να είναι απλές, σαφείς ως προς την στατική τους λειτουργία και εύκολες.

Ένας παράγοντας που λαμβάνει υπόψη του ο συνθέτης ενός μεταλλικού φορέα και επηρεάζει το σχεδιασμό είναι το πρόβλημα της ακαμψίας απέναντι στην ανεμοπίεση και τους σεισμούς ή γενικότερα και σε άλλες οριζόντιες δυνάμεις. Το γεγονός ότι η μεταλλική κατασκευή δεν παρουσιάζει τη συνέχεια ενός χυτού υλικού (π.χ. σκυρόδεμα) και αποτελείται από πολλά συνενούμενα στοιχεία, την κάνει ιδιαίτερα ευαίσθητη στο πρόβλημα της ακαμψίας. Ένας μεταλλικός σκελετός μπορεί να γίνει άκαμπτος με

πακτώσεις των στοιχείων του, με πλαισιωτές κατασκευές, με δικτυώματα και με συμπαγείς δίσκους που είναι συνήθως τοιχώματα από σκυρόδεμα.

Στη φάση σύνθεσης του στατικού συστήματος πρέπει να επιδιώκεται ελαχιστοποίηση των αβεβαιοτήτων της σεισμικής συμπεριφοράς του. Σαν γενική κατεύθυνση η μόρφωση του συστήματος πρέπει να στοχεύει στο μέγιστο εφικτό βαθμό απλότητας και κανονικότητας, αλλά συγχρόνως και υπερστατικότητας του συστήματος ώστε να εξασφαλίζονται εναλλακτικοί δρόμοι στήριξης. Πρέπει τέλος να αποφεύγονται δυσμενείς αλληλεπιδράσεις του φέροντα οργανισμού και του οργανισμού πλήρωσης.

### **1.3 Αρχιτεκτονικά στοιχεία**

Για να επιλέξει μια λύση σ' ένα οικοδομικό πρόβλημα, ο αρχιτέκτονας πρέπει να ιεραρχήσει και να αξιολογήσει τις ανάγκες εκείνων που θα χρησιμοποιήσουν το έργο και να διατυπώσει κριτήρια επιλογής, που διαμορφώνονται με βάση τις συνθήκες του τόπου όπου θα γίνει το έργο (κατασκευαστικό περιβάλλον) και τους περιορισμούς που θέτουν η οικονομικότητα και το θεσμικό περιβάλλον (κανονισμοί).

Η μορφή ενός αντικειμένου, φυσικού ή τεχνητού, μπορεί να θεωρηθεί αποτέλεσμα των διαφόρων παραγόντων που επενεργούν κατά τη διαδικασία της διάπλασής του. Οι παράγοντες που επενεργούν κατά τη διάπλαση της αρχιτεκτονικής μορφής είναι τριών κατηγοριών. Όπως μας λέει και ο Βιτρούβιος, η αρχιτεκτονική οφείλει να ικανοποιεί τη σκοπιμότητα, την αντοχή και την αισθητική. Παράγοντες σκοπιμότητας και μάλιστα πρακτικής σκοπιμότητας είναι όσοι αφορούν τη λειτουργία χρήσεως που προορίζεται να εξυπηρετεί το έργο. Χώροι δηλαδή που δημιουργούν κατάλληλες συνθήκες για την εξυπηρέτηση του χρήστη.

Οι απαιτήσεις αντοχής δεν περιλαμβάνουν μόνο την απαίτηση της «μη κατάρρευσης» στις καταπονήσεις και στις φορτίσεις που υφίσταται η κατασκευή, αλλά, και ανάλογα με τη χρήση και την προβλεπόμενη διάρκεια



ζωής του, την αντοχή των επιμέρους στοιχείων του όπως τοίχοι, κουφώματα, επικαλύψεις κτλ.

Τέλος, παράγοντες αισθητικής ή καλλιτεχνικής εκφράσεως – όπως είναι ορθότερο να ονομαστούν – είναι εκείνοι που αφορούν την αισθητική σκοπιμότητα και μπορούν να καταστήσουν το έργο, έργο τέχνης. Όταν ένα έργο ικανοποιεί μόνο την πρακτική σκοπιμότητα και την αντοχή, το χαρακτηρίζουμε έργο τεχνικό. Για να θεωρηθεί έργο αρχιτεκτονικό πρέπει να έχουν συμβάλει και οι τρεις κατηγορίες παραγόντων.

Σ' ένα καλοσχεδιασμένο κτίριο η εμφάνιση είναι η αντανάκλαση της ισορροπίας μεταξύ των αισθητικών στόχων ή τάσεων και της κατασκευαστικής μεθόδου. Ισορροπία, που απορρέει από την επιδίωξη του βέλτιστου περιβαλλοντικού ελέγχου, της δομικής αντοχής και των λογικών τεχνικών πρόκλησης.

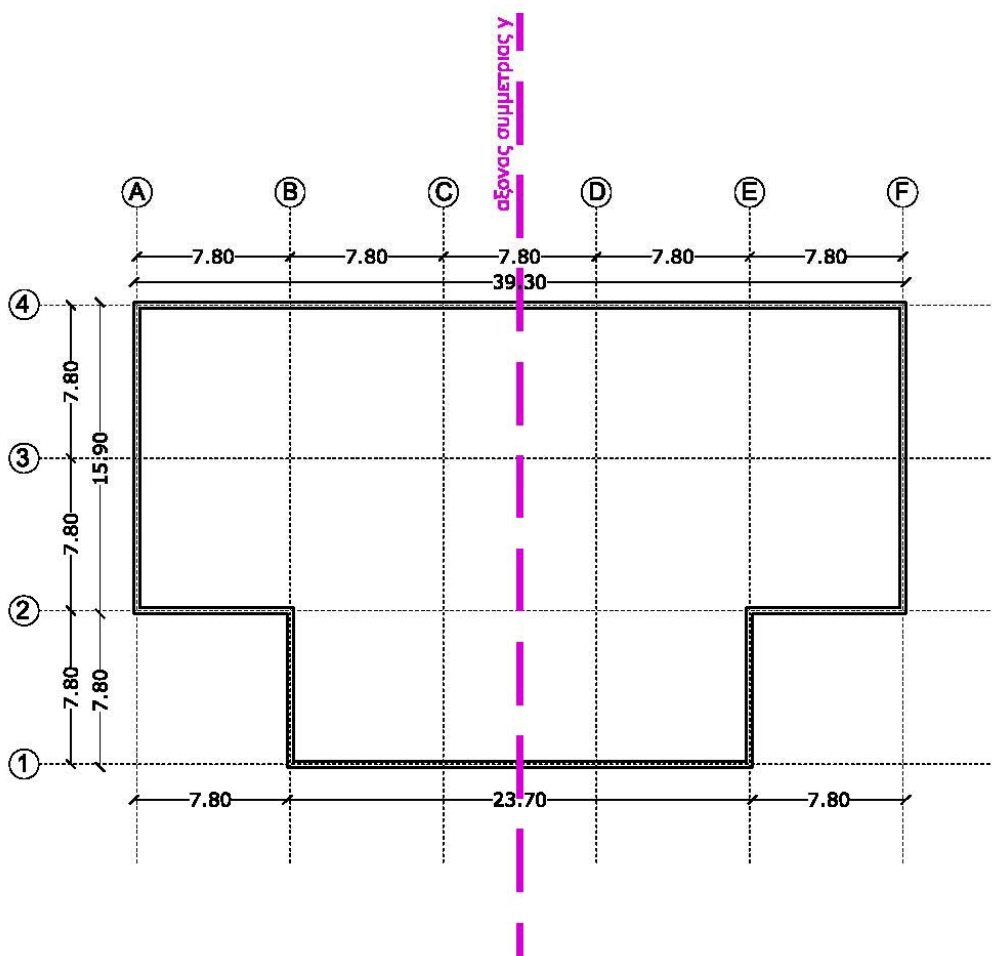
Μολονότι η εμφάνιση είναι μια προσέγγιση της συνολικής ποιότητας, είναι γενικά εκείνη που δίνει την πρώτη εντύπωση του κτιρίου. Παρ' όλα αυτά ένας οικοδομικός σχεδιασμός σίγουρα θα είναι ανεπιτυχής αν εξαρτηθεί μόνο από την αισθητική γοητεία ή από τεχνολογικές συμβάσεις. Ένας μηχανικός με βαθιά γνώση του αντικειμένου, όποιες κι αν είναι οι αισθητικές του κλίσεις επιλύει τις συγκρούσεις μέσα από λεπτομερή κατανόηση και ευμενή θεώρηση όλων των απαιτήσεων αποδοτικότητας. Δεν πρέπει να αγνοήσουμε καμία ή να αρνηθούμε τη σπουδαιότητά της.

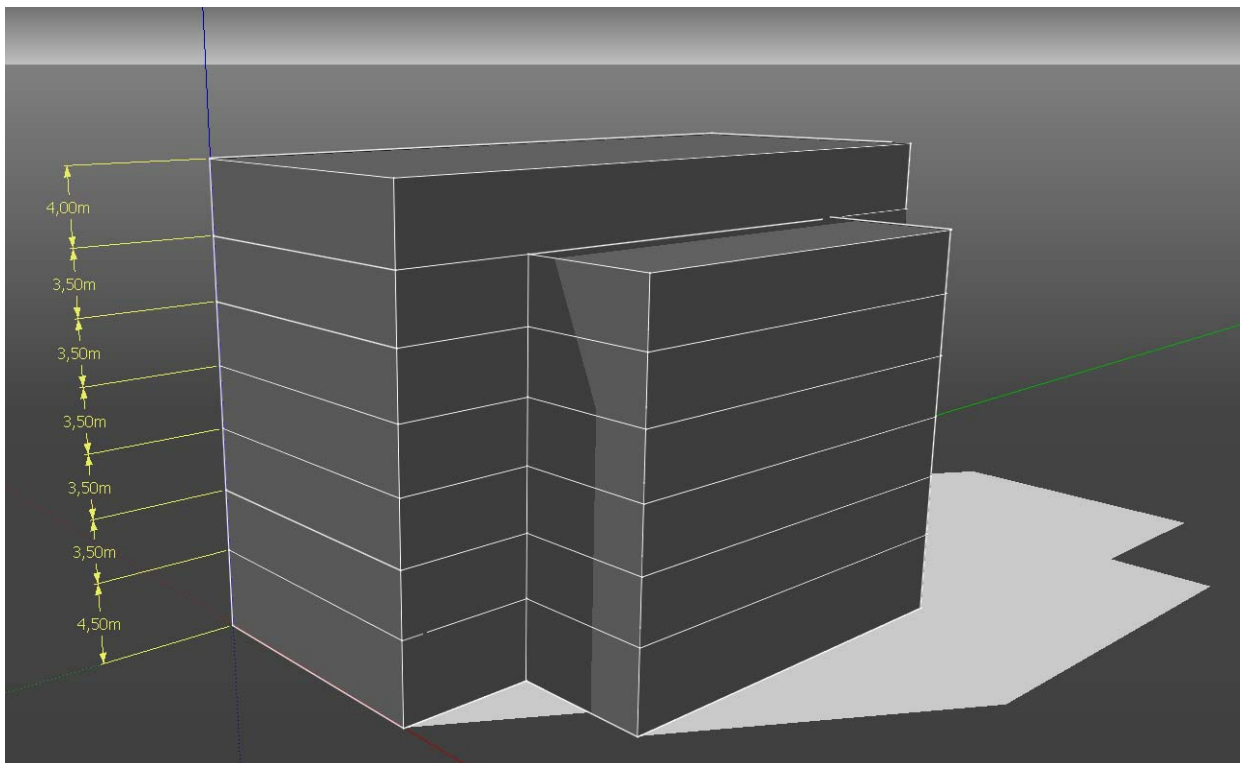
Πάνω σ' αυτή ακριβώς τη λογική στηρίχθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία με αντικείμενο μελέτης ένα πολυόροφο μεταλλικό κτίριο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ

### 2.1 Υπο μελέτη κτίριο

Η κατασκευή που μελετάται είναι ένα εξαόροφο κτίριο με δώμα, με μεταλλικό φεροντα οργανισμό και προορίζεται να λειτουργήσει ως ξενοδοχείο στην περιοχή της Κεφαλλονιάς. Πρόκειται για μία κατασκευή με κάτοψη συμμετρική ως προς τον "γ" άξονα, με γενικές διαστάσεις 39.20(m) x 23.65(m) και στατικό κάρναβο 7.8(m) x 7.8(m). Τα ύψη των ορόφων υπολογίστηκαν λαμβάνοντας υπόψη τα αναμενόμενα μεγέθη των δοκών σε συνδυασμό με τη πιθανή διέλευση ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και την τοποθέτηση ψευδοροφής. Αρχικά ορίστηκαν στα 4(m), όμως για λόγους ευκαμψίας και μεγάλου μήκους λυγισμού επιλέχθηκε ένα μέσο ύψος ορόφου της τάξης των 3.50(m).



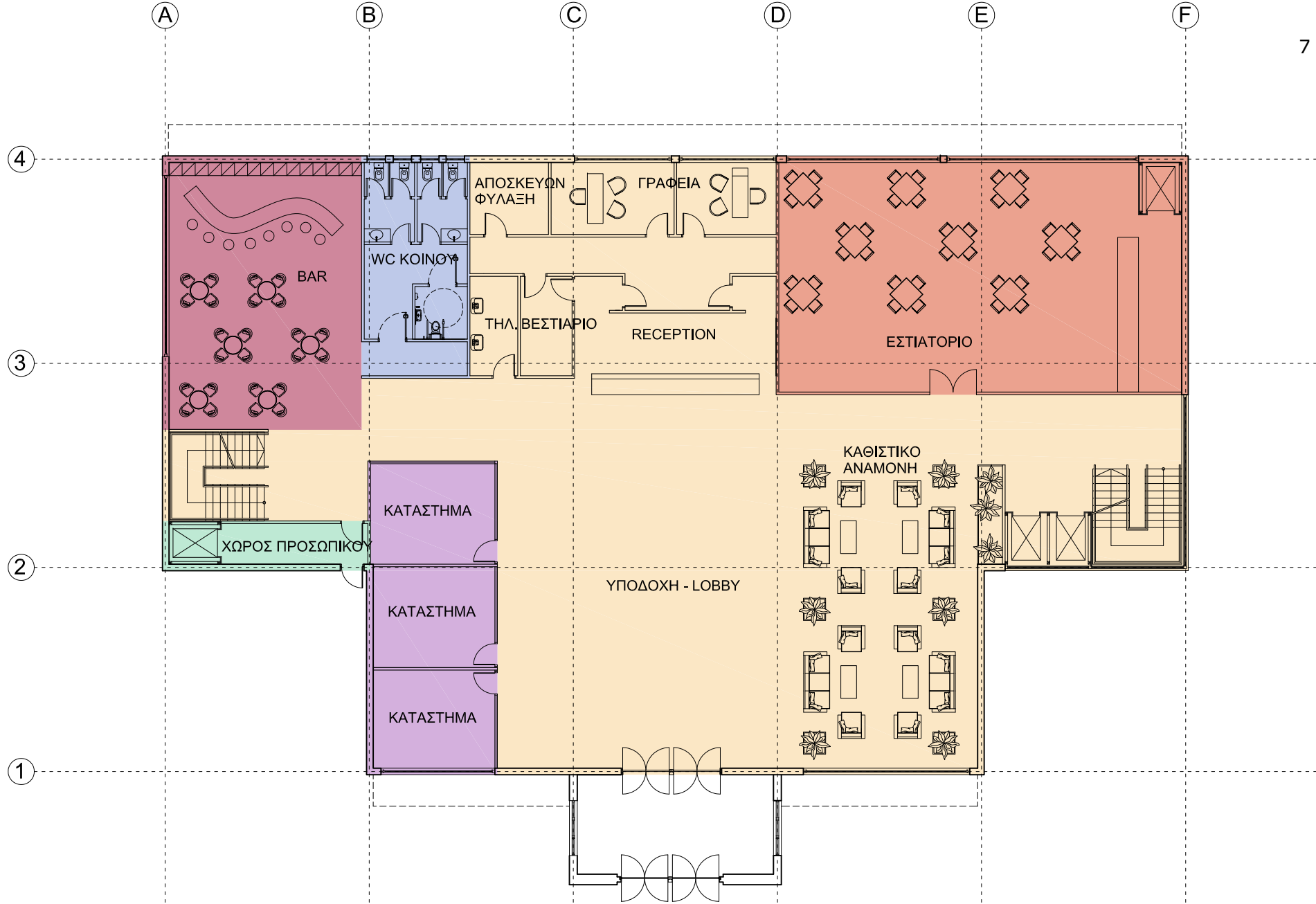


**Σχήμα 2.1: Κάτοψη και ύψη ορόφων**

Η διαμόρφωση των εσωτερικών χώρων του κτιρίου σχεδιάστηκε με βάση τις απαιτήσεις του ισχύοντα για τα ξενοδοχεία κανονισμού. Στο ισόγειο βρίσκονται χώροι υποδοχής (καθιστικό, lobby, reception), χώροι εστίασης (αίθουσα εστιατορίου κυρίων γευμάτων και πρωϊνού) και χώροι αναψυχής και εμπορίου (σαλόνι – μπαρ, καταστήματα). Η κάτοψη του εν λόγω επιπέδου φαίνεται στο παρακάτω σχέδιο (σχήμα 2.2).

Στους επόμενους ορόφους, από τον πρώτο μέχρι και τον πέμπτο, τοποθετήθηκαν τα δωμάτια του ξενοδοχείου με χώρο καθιστικού στο κέντρο του κάθε επιπέδου. Χρησιμοποιήθηκε μια τυποποιημένη κάτοψη δωματίου, από την οποία προκύπτουν όλα τα είδη: δίκλινα, τρίκλινα καθώς και σουίτες (σχήμα 2.3).

Στον έκτο όροφο συνεχίζει μόνο ένα τμήμα της κάτοψης, στο οποίο βρίσκεται ένας χώρος συνεδριάσεων και ένα καφέ – εστιατόριο. Το υπόλοιπο τμήμα χρησιμοποιείται ως εκτόνωση των δύο προηγούμενων χρήσεων (σχήμα 2.4). Το δώμα του κτιρίου θεωρήθηκε ότι είναι μη βατό και ότι φέρει σταθερές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.

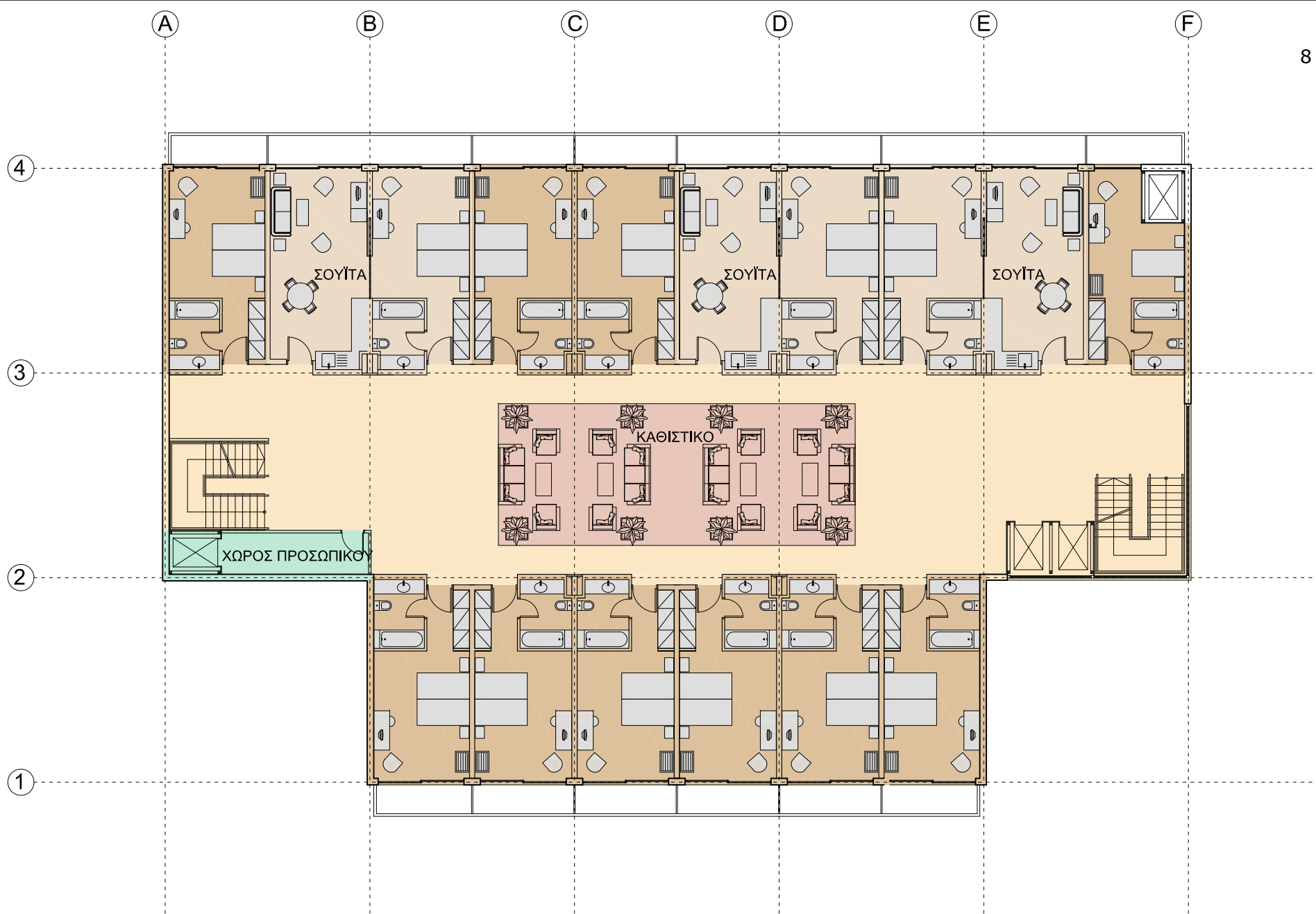


# ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

κλίμακα 1:200

Σχήμα 2.2

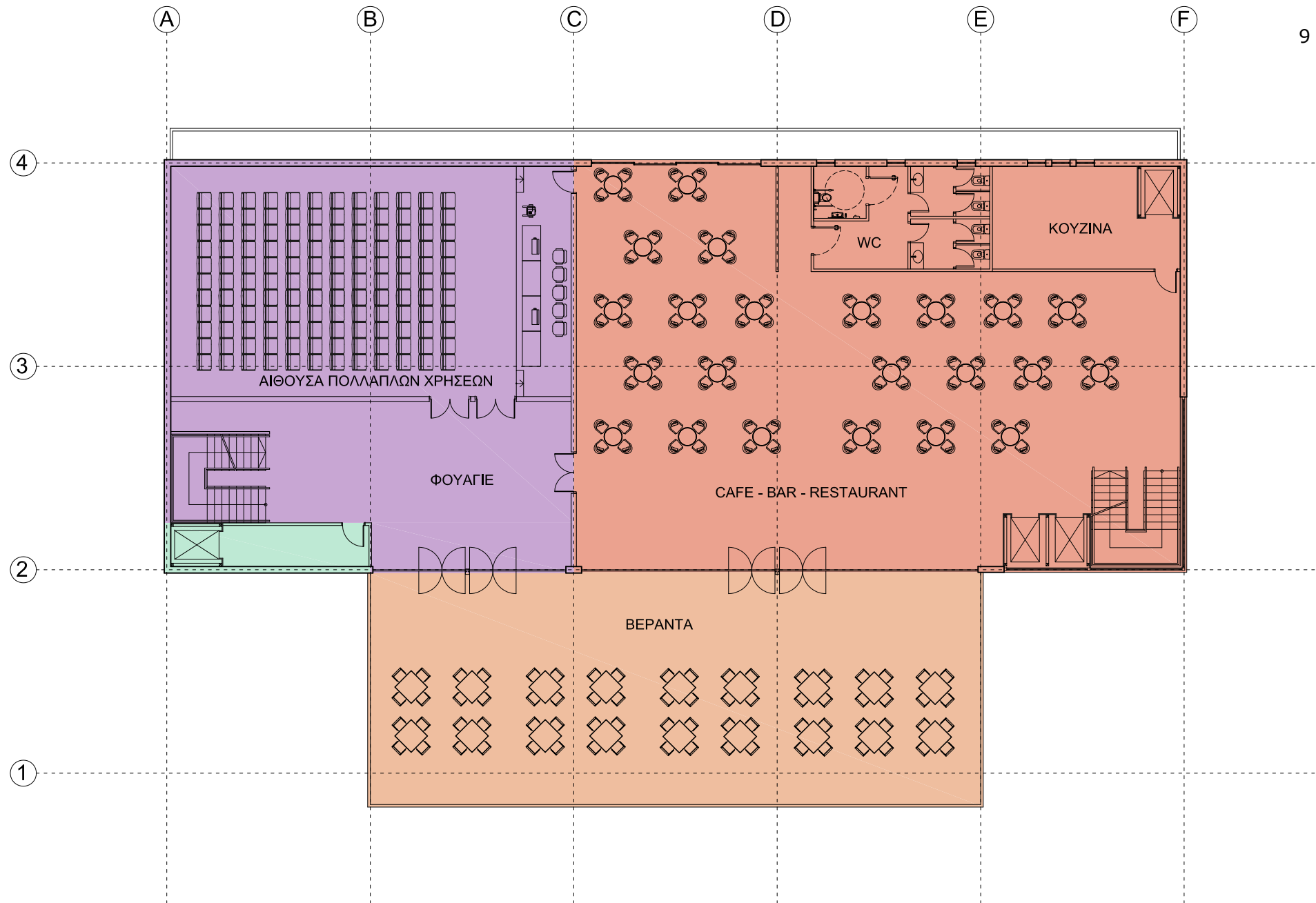




# ΚΑΤΟΨΗ ΤΥΠΙΚΟΥ ΟΡΟΦΟΥ

κλίμακα 1:200

Σχήμα 2.3



# ΚΑΤΟΨΗ 6ου ΟΡΟΦΟΥ

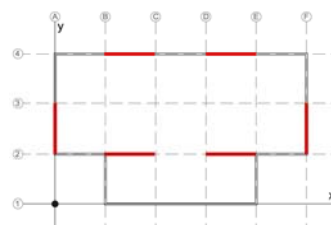
κλίμακα 1:200

Σχήμα 2.4

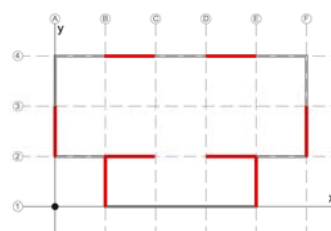
Η ανάληψη των κατακόρυφων φορτίων που εντείνουν την κατασκευή, γίνεται μέσω σύμμικτων πλακών, τεγίδων, κύριων δοκών και υποστυλωμάτων. Συγκεκριμένα τα κατακόρυφα φορτία αναλαμβάνονται αρχικά από τις σύμμικτες πλάκες, μεταβιβάζονται στις διαδοκίδες, από αυτές στις κύριες δοκούς, για να καταλήξουν τελικά στα υποστυλώματα.

Η ανάληψη των οριζόντιων δυνάμεων στην παρούσα εργασία θα αντιμετωπιστεί με την εξέταση πολλών διαφορετικών στατικών συστημάτων, προκειμένου να βρεθεί η βέλτιστη εξ αυτών εναλλακτική λύση που ταυτόχρονα θα ικανοποιεί και τις αρχιτεκτονικές απαιτήσεις. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκαν τα παρακάτω στατικά μοντέλα:

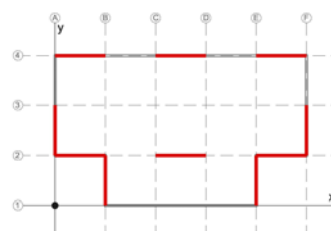
- Χιαστί σύνδεσμοι κατά την  $x$  και κατά την  $y$  διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η  $y$ ).



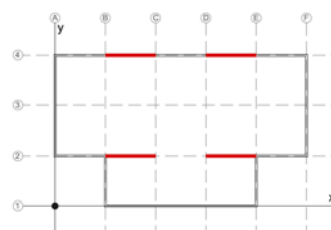
- Χιαστί σύνδεσμοι κατά την  $x$  και κατά την  $y$  διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η  $y$ ) – επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι στη  $y$  διεύθυνση.



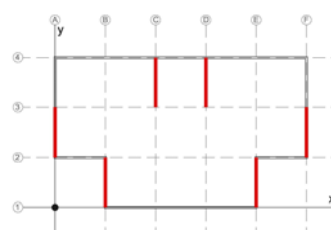
- Χιαστί σύνδεσμοι κατά την  $x$  και κατά την  $y$  διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η  $y$ ) – επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι και στις δύο διευθύνσεις.



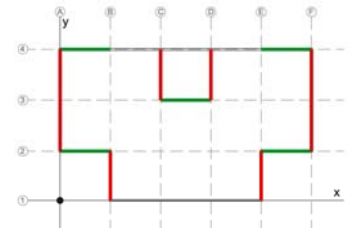
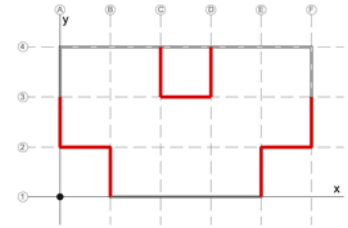
- Πλαίσιο στην (κύρια)  $y$  διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την  $x$  διεύθυνση.



- Πλαίσιο στην (κύρια)  $x$  διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την  $y$  διεύθυνση.



- Χιαστί σύνδεσμοι κατά την  $x$  και κατά την  $y$  διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η  $x$ ).
- Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα ( $\Lambda$ ) στην (κύρια)  $x$  διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την  $y$  διεύθυνση.



## 2.2 Φορτίσεις κατασκευής

### 2.2.1 Οριζόντιες και κατακόρυφες φορτίσεις

Οι φορτίσεις που δέχεται η κατασκευή είναι οι ακόλουθες:

- Μόνιμο φορτίο ( $g$ )
- Φορτίο επικάλυψης & εσωτερικής τοιχοποιίας ( $g'$ )
- Φορτίο περιμετρικής τοιχοποιίας ( $g''$ )
- Κινητό φορτίο ( $q$ )
- Σεισμική δράση ( $E_{x,y}$ )

Δε λαμβάνεται υπ' όψη φορτίο χιονιού, διότι στην περιοχή ανέγερσης του κτιρίου έχει αμελητέα επίδραση. Επιπλέον στην οριζόντια διεύθυνση το κτίριο δέχεται μόνο σεισμική δράση και αμελείται η δράση του ανέμου.

#### **Μόνιμο φορτίο ( $g$ )**

Το μόνιμο φορτίο είναι το ίδιο βάρος της κατασκευής, δηλαδή:

- Το ίδιο βάρος όλων των χαλύβδινων μελών όπως προκύπτει ανάλογα με το είδος της πρότυπης χαλύβδινης διατομής που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε μέλος.
- Το ίδιο βάρος της σύμμικτης πλάκας, δηλαδή του χαλυβδόφυλλου και του σκυροδέματος αντίστοιχα:  $g = 1,75 \text{ (KN/m}^2\text{)}$

#### **Φορτίο επικάλυψης και εσωτερικής τοιχοποιίας ( $g'$ )**

Το φορτίο επικάλυψης λαμβάνεται ίσο προς:

$$g' = 1,7 \text{ (KN/m}^2\text{)}$$

#### **Φορτίο εξωτερικής τοιχοποιίας ( $g''$ )**

Η εξωτερική τοιχοποιία κατασκευάζεται από διπλή γυψοσανίδα εσωτερικά μόνωση και τσιμεντοσανίδα εξωτερικά. Στο φορτίο έχει ληφθεί υπόψη ένα μέσο πλήθος ανοιγμάτων με την γυάλινη επιφάνεια που τους αντιστοιχεί. Τοποθετείται μόνο στις περιμετρικές δοκούς του φορέα:

$$g'' = 5,23 \text{ (KN/m)}$$

## Κινητό φορτίο (q)

Το κινητό φορτίο λαμβάνεται με βάση τον Ευρωκώδικα 1 και ορίζεται ανάλογα με τη χρήση:

Κατηγορία	Συγκεκριμένη Χρήση	Παράδειγμα
A	Χώροι διαμονής	Δωμάτια σε κτήρια κατοικιών και σπύτια. Θάλαμοι και πτέρυγες σε νοσοκομεία. Υπνοδωμάτια σε ξενοδοχεία και ξενώνες, κουζίνες και τουαλέτες.
B	Χώροι γραφείων	
C	Χώροι στους οποίους οι άνθρωποι μπορεί να συναθροισθούν (με εξαίρεση τους χώρους που κατατάσσονται στις κατηγορίες A,B, και D1))	C1: Χώροι με τραπέζια κλπ. Π.χ. σχολικοί χώροι, νηπιαγωγεία, καφενεία, εστιατόρια, αίθουσες φαγητού, αναγνωστήρια, χώροι υποδοχής. C2: Χώροι με σταθερά καθίσματα, Π.χ. χώροι σε εκκλησίες, θέατρα ή κινηματογράφους, αίθουσες συνεδριάσεων, αίθουσες ομιλίας, αίθουσες συγκεντρώσεων, χώροι αναμονής, χώροι αναμονής σε σιδηροδρομικούς σταθμούς.

Κατηγορίες φορτιζόμενων επιφανειών	q <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Επιλεγμένο φορτίο q <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
<b>Κατηγορία A</b>		
Δάπεδα	1,5 έως 2,0	<b>2,0</b>
Σκάλες	2,0 έως 4,0	<b>3,0</b>
Μπαλκόνια	2,5 έως 4,0	<b>3,0</b>
<b>Κατηγορία B</b>	2,0 έως 3,0	
<b>Κατηγορία C</b>		
C1	2,0 έως 3,0	<b>3,0</b>
C2	3,0 έως 4,0	<b>4,0</b>
C3	3,0 έως 5,0	
C4	4,5 έως 5,0	
C5	5,0 έως 7,5	
<b>Κατηγορία D</b>		
D1	4,0 έως 5,0	
D2	4,0 έως 5,0	

### 2.2.2 Σεισμική φόρτιση $E(x,y)$

Ο υπολογισμός της σεισμικής φόρτισης γίνεται με βάση τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ2000).

- Σεισμική επιτάχυνση εδάφους: Το κτίριο που μελετάται, όπως προαναφέρθηκε θα κατασκευαστεί στην περιοχή της Κεφαλλονιάς. Η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας είναι η **III**. Η μέγιστη σεισμική επιτάχυνση του εδάφους δίνεται από τη σχέση:

$$A = \alpha \cdot g$$

Όπου:

$g$ : η επιτάχυνση της βαρύτητας

$\alpha = 0.36$ , για ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III (Πίνακας 2.2)

- Συντελεστής σπουδαιότητας κτιρίου: Τα κτίρια κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες σπουδαιότητας, ανάλογα με τον κίνδυνο που συνεπάγεται για τον άνθρωπο και τις κοινωνικοοικονομικές συνέπειες που μπορεί να έχει ενδεχόμενη καταστροφή τους ή διακοπή της λειτουργίας τους. Για την περίπτωση συνήθων κτηρίων κατοικιών και ξενοδοχείων (όπως είναι και το υπό μελέτη κτήριο), βιομηχανικών κτιρίων, γραφείων κλπ. Η κατηγορία σπουδαιότητας κτιρίου είναι Σ2 στην οποία αντιστοιχεί συντελεστής σπουδαιότητας  $\gamma_1=1$  (Πίνακας 2.3).
- Κατηγορία εδάφους στην περιοχή ανέγερσης της κατασκευής: Θεωρείται έδαφος εντόνως αποσαθρωμένο βραχώδες που κατατάσσεται στην κατηγορία Β (Πίνακας 2.5). Συνεπώς και οι τιμές των χαρακτηριστικών ιδιοπεριόδων  $T_1, T_2$  είναι οι εξής:

$$T_1 = 0.15 \text{ (sec)}$$

$$T_2 = 0.60 \text{ (sec)} \text{ (Πίνακας 2.4)}$$

Και ο συντελεστής θεμελίωσης είναι:  $\theta = 1$ .

- Τιμή ποσοστού κρίσιμης απόσβεσης  $\zeta$ : Πρόκειται για μεταλλική κατασκευή με κοχλιώσεις, επομένως ισχύει  $\zeta = 0.04$  (Πίνακας 2.8). Το ποσοστό απόσβεσης είναι  $\neq 5\%$  και συνεπώς απαιτείται ο υπολογισμός του διορθωτικού συντελεστή απόσβεσης  $\eta$ :

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2+\zeta}} = 1.08 > 0.7$$

- Συντελεστής συμπεριφοράς  $q$ : Ο συντελεστής αυτός εισάγει τη μείωση των σεισμικών επιταχύνσεων της πραγματικής κατασκευής λόγω μετελαστικής συμπεριφοράς, σε σχέση με τις επιταχύνσεις που προκύπτουν υπολογιστικά σε απεριόριστα ελαστικό σύστημα. Έτσι, εκφράζει την ικανότητα ενός δομικού συστήματος να απορροφά και να διαχέει ενέργεια με πλαστική συμπεριφορά χωρίς να μειώνεται δραστικά η αντοχή του. Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται ο δείκτης συμπεριφοράς είναι η διαθέσιμη πλαστημότητα, η υπερστατικότητα, η υστεριτική απόσβεση και άλλοι. Η τιμή του  $q$  ορίζεται γενικά για ολόκληρο το κτίριο. Στην περίπτωση κτιρίων από το ίδιο υλικό σε όλους τους ορόφους και με ορθογωνική διάταξη των κατακόρυφων στοιχείων δυσκαμψίας, η τιμή του  $q$  ορίζεται για κάθε κύρια διεύθυνση ( $x$  ή  $y$ ) του κτιρίου ανάλογα με το αντίστοιχο δομικό σύστημα. Στην προκειμένη περίπτωση το κτίριο που εξετάζεται δομείται από χάλυβα S235, ενώ ταυτόχρονα διερευνώνται διαφορετικά στατικά συστήματα, των οποίων οι συντελεστές συμπεριφοράς παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Δομικό Σύστημα	$q$
Πλαίσια	4.00
Δικτυωτοί Σύνδεσμοι με εκκεντρότητα	4.00
Διαγώνιοι δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα	3.00



- Υπολογισμός Φάσματος Σχεδιασμού: Τα φάσματα σχεδιασμού των οριζόντιων συνιστωσών του σεισμού καθορίζονται από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$0 \leq T < T_1: \quad \Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_1} \left( \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_o}{q} - 1 \right) \right]$$

$$T_1 \leq T \leq T_2: \quad \Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_o}{q}$$

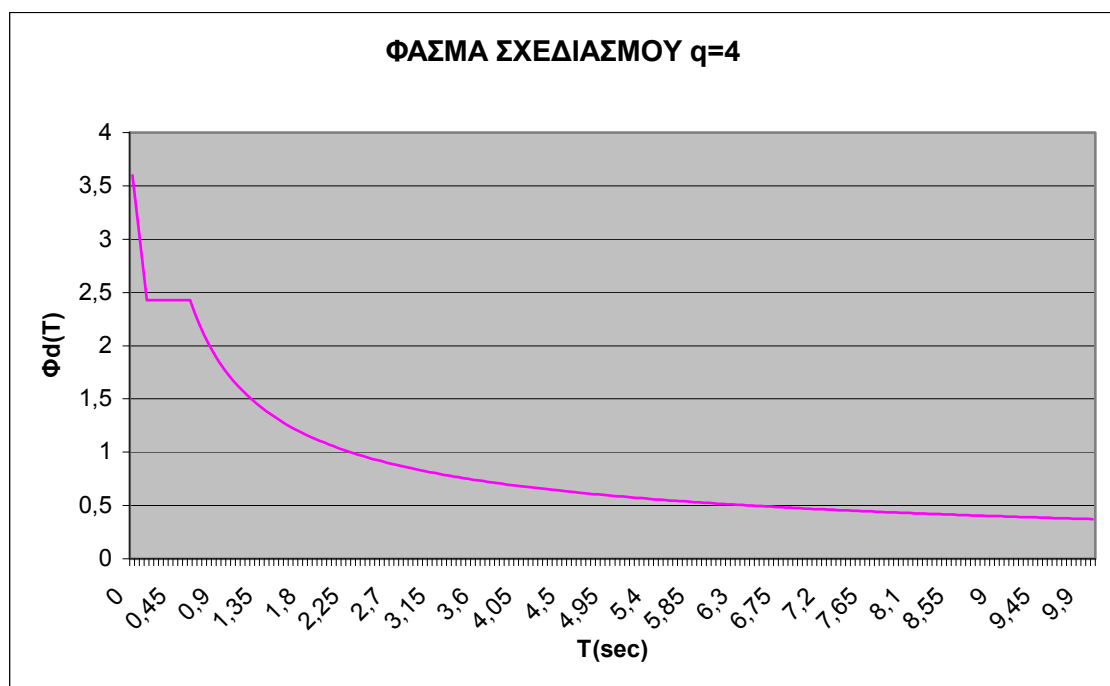
$$T_2 < T: \quad \Phi_d(T) = \gamma_1 \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_o}{q} \cdot \left( \frac{T_2}{T} \right)^{2/3}$$

Πλαισιακή λειτουργία και Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα:

$$0 \leq T < T_1: \quad \Phi_d(T) = 3.6 - 7.8 \cdot T$$

$$T_1 \leq T \leq T_2: \quad \Phi_d(T) = 2.43$$

$$T_2 < T: \quad \Phi_d(T) = 2.43 \cdot \left( \frac{0.6}{T} \right)^{2/3}$$



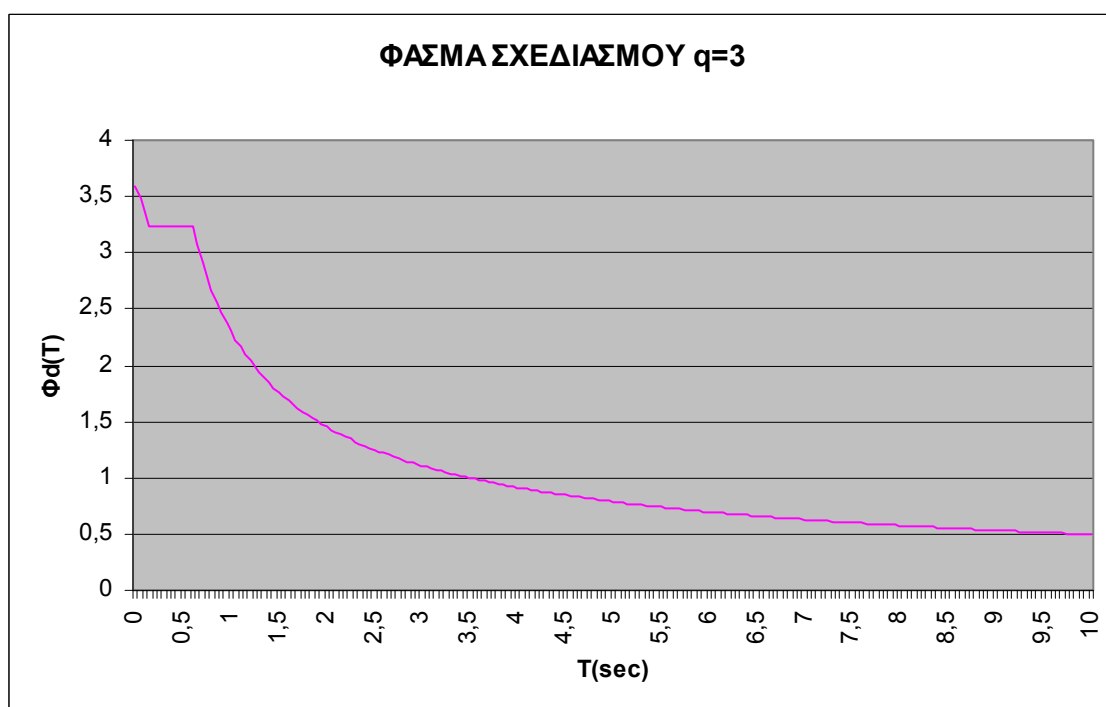
**Σχήμα 2.5: Φάσμα σχεδιασμού για  $q=4$**

Διαγώνιοι δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα:

$$0 \leq T < T_1 : \quad \Phi_d(T) = 3.6 - 2.4 \cdot T$$

$$T_1 \leq T \leq T_2 : \quad \Phi_d(T) = 3.24$$

$$T_2 < T : \quad \Phi_d(T) = 3.24 \cdot \left( \frac{0.6}{T} \right)^{2/3}$$



**Σχήμα 2.6: Φάσμα σχεδιασμού για  $q=3$**

Εφόσον έχει υπολογιστεί η φασματική επιτάχυνση, δίνεται ως δεδομένο στο πρόγραμμα προκειμένου να υπολογιστεί η σεισμική δράση και προς τις δύο διευθύνσεις.

Η κατασκευή προσομοιώθηκε και διαστασιολογήθηκε με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων ETABS.

### 2.3 Συνδυασμοί φόρτισης κατασκευής

Θεωρούνται οι εξής τέσσερις συνδυασμοί φόρτισης για την ανάλυση της κατασκευής:

συνδυασμός δράσεων της οριακής κατάστασης αστοχίας (Ο.Κ.Α.),  
συνδυασμός δράσεων της οριακής κατάστασης λειτουργικότητας (Ο.Κ.Λ.),  
καθώς και δύο σεισμικοί συνδυασμοί οι οποίοι προκύπτουν σύμφωνα με τη δυναμική φασματική μέθοδο.

- **Συνδυασμός φόρτισης στην Ο.Κ.Α.**

$$A = 1.35g + 1.5q$$

- **Συνδυασμός φόρτισης στην Ο.Κ.Λ.**

$$L = g + q$$

- **Σεισμικοί Συνδυασμοί φόρτισης**

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ (παρ. 3.1.2) προβλέπεται η εφαρμογή δύο μεθόδων γραμμικού υπολογισμού της σεισμικής απόκρισης μίας κατασκευής:

α) Δυναμική φασματική μέθοδος.

β) Απλοποιημένη φασματική μέθοδος (Ισοδύναμη στατική μέθοδος).

Για τον υπολογισμό του εν λόγω κτηρίου επιλέχθηκε να εφαρμοστεί η Δυναμική φασματική μέθοδος, διότι οι συνδυασμοί φόρτισης που υπολογίζονται μέσω της εν λόγω μεθόδου είναι δυσμενέστεροι για την κατασκευή. Συγκεκριμένα, οι σεισμικοί συνδυασμοί φόρτισης της κατασκευής είναι οι εξής:

$$S_x = g + 0.3 \cdot q + E_x + 0.3 \cdot E_y$$

$$S_y = g + 0.3 \cdot q + 0.3 \cdot E_x + E_y$$

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΑΡΧΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ**

### **3.1 Προσομοίωση Φορέα**

Το πρόγραμμα που επιλέχθηκε για τη στατική ανάλυση του φορέα είναι το ETABS. Το πρόγραμμα αυτό παρέχει εξαιρετικές δυνατότητες για τη προσομοίωση μεγάλης γκάμας δομημάτων, συμπεριλαμβανόμενων γεφυρών, φραγμάτων, δεξαμενών και κτιρίων. Το γραφικό περιβάλλον που βασίζεται στα Windows, δίνει τη δυνατότητα ταχύτερης παραγωγής προσομοιωμάτων με τη χρήση προτύπων (templates). Η δημιουργία και η τροποποίηση των προσομοιωμάτων, η εκτέλεση της ανάλυσης, η ανάγνωση των αποτελεσμάτων, και η βελτιστοποίηση της διαστασιολόγησης είναι όλα αλληλένδετα στο ίδιο περιβάλλον χρήσης.

Οι τύποι των στοιχείων ποικίλουν από στοιχεία Δοκών / Δικτυωμάτων (Frame/Truss), Κελύφους / Δίσκου (Shell / Plate) σε Μη Γραμμικά στοιχεία σύζευξης (Nonlinear Link Elements). Το στοιχείο δοκού μπορεί να είναι μεταβλητής κατά μήκος διατομής, και υποστηρίζεται μια μεγάλη γκάμα τύπου φορτίσεων συμπεριλαμβανομένης και της προέντασης. Το στοιχείο Κελύφους είναι τρισδιάστατο και συμπεριλαμβάνει εντός επιπέδου στροφική δυσκαμψία, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν στοιχείο 3 ή 4 κόμβων.

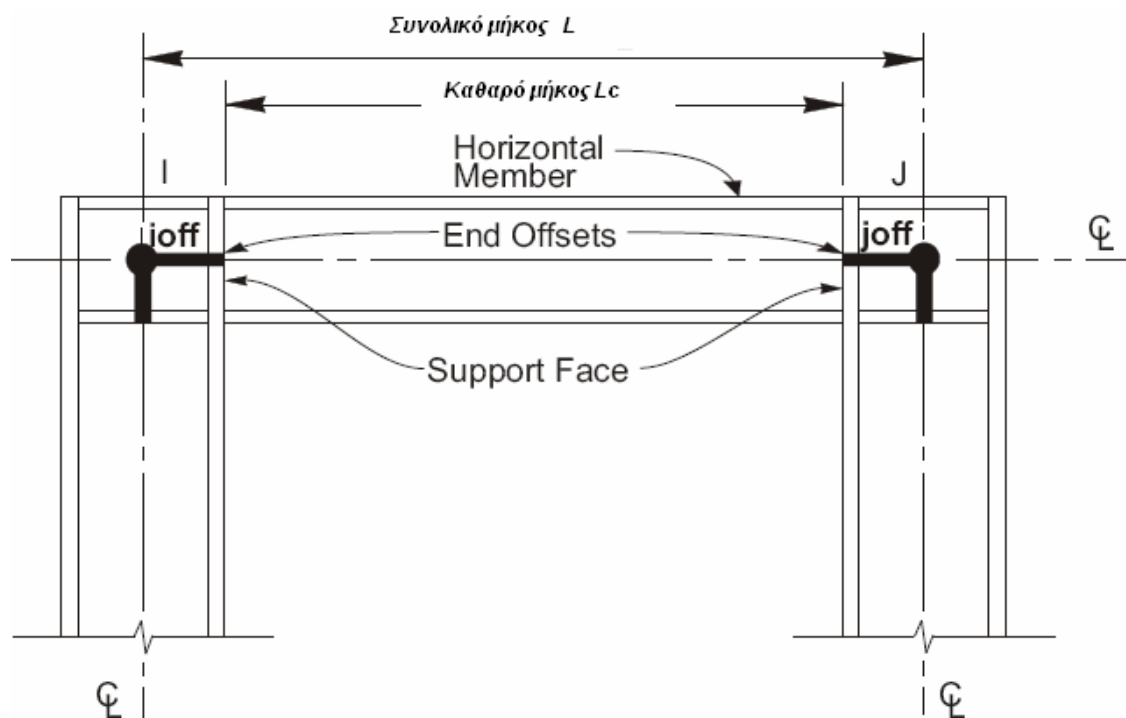
Οι δυνατότητες στατικών φορτίσεων επιτρέπουν την εφαρμογή φορτίων βαρύτητας, πίεσης (ομοιόμορφα κατανεμημένων φορτίων), θερμοκρασιακών φορτίων και φορτίων από προένταση, ενώ επιπλέον μπορούμε να έχουμε επικόμβιες φορτίσεις με προκαθορισμένες δυνάμεις ή μετακινήσεις στους κόμβους. Οι δυναμικές φορτίσεις μπορεί να είναι της μορφής φασματικής απόκρισης πολλαπλής βάσεως ή πολλαπλά χρονικά μεταβαλλόμενων φορτίων και διεγέρσεις βάσης. Το ETABS υποστηρίζει επίσης ανάλυση με ιδιομορφές και ανάλυση Ritz, καθώς και συνδυασμό ιδιομορφών με τις μεθόδους SRSS, CQC ή GMC.

Τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα του προγράμματος συνοψίζονται παρακάτω:

- Γραφικός σχεδιασμός και διόρθωση για γρήγορη και εύκολη μόρφωση φορέα.
- 3D γένεση μοντέλου χρησιμοποιώντας κατόψεις ορόφων και όψεις.
- Γρήγορη γένεση μοντέλου χρησιμοποιώντας την έννοια των όμοιων ορόφων.
- Εύκολη διόρθωση με εντολές μετακίνησης (move), ενοποίησης (merge), κατοπτρισμού (mirror) και αντιγραφής (replicate).
- Ακρίβεια στις διαστάσεις με σχεδιαστικά εργαλεία καθετότητας, έλξης κλπ.
- Επιλογές γρήγορης σχεδίασης αντικειμένων με ένα κλικ.
- Πολλαπλά παράθυρα απεικόνισης του φορέα 3D απεικόνιση zoom, pan.
- Τρισδιάστατη αξονομετρική απεικόνιση, κατόψεις, όψεις, αναπτύγματα όψεων και απεικονίσεις φορέα από των χρήστη.
- Γραφικός σχεδιασμός διατομών τυχούσης διατομής και υλικών (section designer).
- Αποκοπή και επικόλληση γεωμετρίας από και προς λογιστικά φύλλα (spreadsheets).
- Εξαγωγή DXF αρχείων για τη γεωμετρία του μοντέλου.
- Σύνδεση με το πρόγραμμα EC - Praxis 3J, ιδανικό για την ανάλυση και τη διαστασιολόγηση των μεταλλικών συνδέσεων.
- Σύνδεση με το πρόγραμμα STEREOSTATIKA για ευκολία εισαγωγής και διαστασιολόγησης φορέων από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Σύνδεση με το πρόγραμμα eTools για διαστασιολόγηση οπλισμένου σκυροδέματος τοιχοποιίας με EC6, ενισχύσεων με μανδύες Ο/Σ και αυτόματη παραγωγή πλαστικών αρθρώσεων για pushover analysis.
- Σύνδεση με το πρόγραμμα SAP2000 για τρισδιάστατη ανάλυση – διαστασιολόγηση δομικών στοιχείων συμπεριλαμβανομένων γεφυρών, φραγμάτων, δεξαμενών και κτιρίων.
- Σύνδεση με το πρόγραμμα SAFE με δυνατότητες ανάλυσης και διαστασιολόγησης κανονικής και μη κανονικής γεωμετρίας πλακών και πλακών γενικής κοιτόστρωσης.

Η διατομή ενός στοιχείου του φορέα είναι το σύνολο των ιδιοτήτων της γεωμετρίας αυτής καθώς επίσης και των ιδιοτήτων του υλικού απ' το οποίο αποτελείται. Οι διατομές προσδιορίζονται ανεξάρτητα από τα μέλη-στοιχεία του φορέα και στη συνέχεια ορίζονται σε ένα ή σε περισσότερα (μέλη). Οι ιδιότητες των διατομών προσδιορίζονται πάντα σε σχέση με το τοπικό σύστημα αξόνων του στοιχείου της κατασκευής. Ο άξονας (1) που είναι και ο ισχυρός άξονας, βρίσκεται κατά μήκος του άξονα του στοιχείου και περνάει από το σημείο τομής των δύο ουδέτερων αξόνων της διατομής, ενώ οι άξονες (2) και (3) είναι παράλληλοι στους ουδέτερους άξονες αυτής. Συνήθως ο άξονας (2) λαμβάνεται κατά μήκος της μεγαλύτερης διάστασης της διατομής, ενώ ο άξονας (3) θεωρείται ο αδύναμος άξονας και λαμβάνεται κατά μήκος της μικρότερης διάστασης.

Τα μέλη του φορέα παρουσιάζονται σαν γραμμές που ενώνονται σε διάφορα σημεία (joints). Στην πραγματικότητα, όταν δύο στοιχεία της κατασκευής, όπως μια δοκός και ένα υποσύλωμα ενώνονται σε μια άρθρωση, τότε υπάρχει επικάλυψη μεταξύ τους. Σε πολλές κατασκευές οι διαστάσεις των μελών είναι μεγάλες και το μήκος της επικάλυψης αντίστοιχα μπορεί να είναι ένα αρκετά σημαντικό κομμάτι του μήκους ολόκληρου του στοιχείου. Το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα του επακριβούς προσδιορισμού των δύο άκρων (end offsets) κάθε στοιχείου και των διαστάσεων αυτών με την χρήση των παραμέτρων  $ioff$  και  $joff$  που αντιστοιχούν στα άκρα (i) και (j). Έτσι λοιπόν το μέγεθος  $ioff$  είναι το μήκος της επικάλυψης ενός στοιχείου με ένα άλλο στοιχείο στο άκρο (i) και  $joff$  είναι το μήκος της επικάλυψης στο άκρο (j) αντίστοιχα. Τα μεγέθη αυτά υπολογίζονται αυτόματα από το ETABS αφού λαμβάνονται υπόψη οι μέγιστες διαστάσεις των διατομών όλων των στοιχείων που συντρέχουν σε κάθε σημείο τομής των μελών του φορέα. Τέλος, τονίζεται ότι το καθαρό μήκος του στοιχείου προκύπτει εάν από το συνολικό μήκος του αφαιρεθούν τα μήκη  $ioff$  και  $joff$ . (Σχήμα 3.1)



**Σχήμα 3.1: Προσδιορισμός άκρων μελών από το πρόγραμμα ETABS**

Γενικά, οι τρεις μετακινησιακοί και οι τρεις στροφικοί βαθμοί ελευθερίας στο άκρο κάθε μέλους είναι συνεχείς με αυτούς του σημείου τομής με τα άλλα μέλη του φορέα. Παρ' όλα αυτά, είναι δυνατόν να απελευθερωθούν (αποκοπούν) ένας ή περισσότεροι βαθμοί ελευθερίας όταν είναι γνωστό ότι οι αντίστοιχη δύναμη ή ροπή έχει μηδενική τιμή. Αυτό γίνεται πάντα στο τοπικό σύστημα συντεταγμένων και σε καμία περίπτωση δεν επηρεάζεται κάποιο άλλο στοιχείο του φορέα. Οποιοσδήποτε συνδυασμός απελευθερώσεως των βαθμών ελευθερίας του φορέα είναι αποδεκτός, αρκεί το μέλος να παραμένει σταθερό, δηλαδή τα φορτία που ασκούνται σ' αυτό να μεταφέρονται στην υπόλοιπη κατασκευή. Η μάζα κάθε στοιχείου θεωρείται συγκεντρωμένη και μοιράζεται εξίσου στα δύο άκρα του, ενώ το ίδιο βάρος του είναι ένα φορτίο ομοιόμορφο κατά μήκος του.

Οι αναλύσεις που έγιναν στον φορέα είναι οι παρακάτω:

Η ιδιομορφική ανάλυση είναι ένας τύπος ελαστικής ανάλυσης της κατασκευής, καθώς οι ιδιότητες των υλικών θεωρούνται σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια των υπολογισμών και έτσι τα στοιχεία που θεωρούνται για τη μόρφωση του φορέα παρουσιάζουν ελαστική συμπεριφορά. Επιπλέον, μία εκτίμηση της ιδιοπεριόδου του φορέα στη ρηγματωμένη περιοχή, μπορεί να

γίνει μέσω της εφαρμογής μειωτικών συντελεστών στη ροπή αδράνειας των διατομών. Οι συντελεστές αυτοί λαμβάνουν διάφορες τιμές, ανάλογα με τον τύπο του μέλους, τα χαρακτηριστικά της φόρτισης και τη σύνθεση των τμημάτων της κατασκευής. Μπορεί να γίνει επιλογή μεταξύ των ιδιομορφών τύπου Ritz και των ιδιομορφών τύπου Eigen. Στην πρώτη περίπτωση, το πρόγραμμα υπολογίζει τις ιδιομορφές που παράγονται από συγκεκριμένη φόρτιση (προτιμώνται σε περιπτώσεις αναλύσεων φασματικών και χρονοϊστορίας). Στην δεύτερη υπολογίζονται απλά οι χωρίς απόσβεση ιδιοπερίοδοι και οι ιδιοσυχνότητες της κατασκευής

Η ελαστική στατική ανάλυση χρησιμοποιείται για στατικά φορτία τα οποία εφαρμόζονται μόνιμα στην κατασκευή (για παράδειγμα ίδιο βάρος), συνήθως οδηγώντας σε προ-διαρροής ελαστική συμπεριφορά. Εάν το φορτίο που εφαρμόζεται είναι τέτοιο ώστε η κατασκευή να αποκρίνεται ελαφρώς ανελαστικά, το πρόγραμμα διεξάγει επαναληπτικές στατικές επιλύσεις μέχρι να επιτευχθεί σύγκληση.

### **3.2 Διαστασιολόγηση φορέα**

Τα επιμέρους μεταλλικά στοιχεία από τα οποία μορφώνεται ο φέροντας οργανισμός του κτιρίου που εξετάζεται αναλύονται εκτενέστερα στο παρόν κεφάλαιο. Πιο συγκεκριμένα ακολουθεί η διαδικασία αρχικής διαστασιολόγησης των μελών του κτιρίου με βάση τα μέγιστα - δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη που προέκυψαν από τους συνδυασμούς φόρτισης, ενώ ο ικανοτικός έλεγχος ανάλογα με το εκάστοτε στατικό σύστημα παρατίθεται στην συνέχεια στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

#### **3.2.1 Σύμμικτες πλάκες**

Τα φορτία αρχικά παραλαμβάνονται από τις σύμμικτες πλάκες των ορόφων. Πρόκειται για το συνηθέστερο τύπο πλακών σε μεταλλικά κτίρια και αποτελούνται από χαλυβδόφυλλα και έγχυτο σκυρόδεμα. Τα χαλυβδόφυλλα χρησιμεύουν ως μεταλλότυπος και παραλαμβάνουν το ίδιο βάρος του



σκυροδέματος και φορτία σχετικά με τη διάστρωση κατά τη φάση σκυροδέτησης. Στη φάση λειτουργίας, τα χαλυβδόφυλλα συνεργάζονται με το σκληρυμένο σκυρόδεμα και λειτουργούν μαζί ως σύμμικτες πλάκες. Η εφαρμογή των πλακών αυτών σε κτίρια έχει ως αποτέλεσμα τη μεγάλη αύξηση της ταχύτητας ανέγερσης. Ο ρόλος των πλακών είναι από στατική άποψη διπλός. Μεταφέρουν τα κατακόρυφα φορτία, αλλά και τις οριζόντιες δράσεις (κυρίως σεισμικές) μέσω διαφραγματικής λειτουργίας.

### 3.2.2 Δευτερεύουσες δοκοί - τεγίδες

Οι τεγίδες γεφυρώνουν τις αποστάσεις μεταξύ των κύριων φορέων και κυρίως μεταφέρουν σε αυτούς τα φορτία επικάλυψης, όπως το ίδιο βάρος της σύμμικτης πλάκας καθώς και τα υπόλοιπα μόνιμα και ωφέλιμα φορτία. Έτσι αποφεύγεται μεγάλο απαιτούμενο στατικό ύψος πλακών που θα προέκυπτε εξαιτίας του μεγάλου ανοίγματός τους. Οι τεγίδες τοποθετούνται σε αποστάσεις 1.95m μεταξύ τους. Υπάρχει ισοσταθμία μεταξύ κύριων δοκών και τεγίδων και έτσι δημιουργείται ένα ενιαίο επίπεδο, επί του οποίου επικάθεται η πλάκα. Η διατομή τους διατάσσεται με τέτοιο τρόπο ώστε να ενεργοποιείται ο ισχυρός άξονας των δοκών έναντι της κύριας δράσης των κατακόρυφων φορτίων. Οι τεγίδες συνδέονται αρθρωτά με τις κύριες δοκούς και γι αυτό το λόγο τους μεταβιβάζουν μόνο κατακόρυφα φορτία. Οι τεγίδες καταπονούνται σε κάμψη λόγω των κατακόρυφων φορτίων που τους μεταβιβάζει η σύμμικτη πλάκα.

Η κατ'άρχην επιλογή της διατομής γίνεται με βάση την αντοχή σε κάμψη (υποτίθεται ότι η διατομή θα είναι κατηγορίας 1 ή 2, οπότε η αντοχή της σε κάμψη προκύπτει από την ροπή πλήρους διαρροής).

Πρέπει να ικανοποιείται η παρακάτω συνθήκη:

$$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd} \Leftrightarrow M_{Ed} \leq \frac{W_{pl,Rd} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

όπου:

$M_{Ed}$ : η ροπή σχεδιασμού

$M_{pl,Rd}$ : η πλαστική ροπή αντοχής της διατομής

$W_{pl,Rd}$ : η πλαστική ροπή αντίστασης της διατομής

$f_y$ : το όριο διαρροής του χάλυβα (S235)

$$\gamma_{M0} = 1.00$$

Η παραπάνω σχέση επιλύεται ως προς  $W_{pl,Rd}$  και στη συνέχεια επιλέγεται από τους αντίστοιχους πίνακες η ΗΕΑ διατομή που να το ικανοποιεί και να είναι κατηγορίας 1 ή 2. Αυτή θα πρέπει να ικανοποιεί τους παρακάτω ελέγχους:

α) Έλεγχος σε διάτμηση

Σύμφωνα με τον πλαστικό έλεγχο σε διάτμηση θα πρέπει να ισχύει:

$$V_{Ed} \leq V_{pl,Rd} \Leftrightarrow V_{Ed} \leq \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

όπου:

$A_v$ : το εμβαδόν της καθαρής διατομής

$f_y$ : το όριο διαρροής του χάλυβα (S235)

$V_{Ed}$ : η τέμνουσα σχεδιασμού

$V_{pl,Rd}$ : η πλαστική διατμητική αντοχή της διατομής

$$\gamma_{M0} = 1.00$$

β) Έλεγχος απομείωσης της αντοχής της διατομής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας τέμνουσας:

Όταν  $V_{Ed} \leq 0.50 \cdot V_{pl,Rd}$  δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε ροπή κάμψης λόγω παρουσίας διάτμησης.

γ) Πλαστικός έλεγχος σε μονοαξονική κάμψη εφόσον χρειάζεται σύμφωνα με τα παραπάνω.

Η διατομή των τεγίδων επιλέγεται με δοκιμές ώστε να διαθέτουν επαρκή αντοχή έναντι κάμψης και επαρκώς μικρό βέλος προκειμένου να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σε λειτουργικότητα. Το συνολικό βέλος  $\delta_{max}$  αποτελείται από επιμέρους συνιστώσες:

$$\delta_{max} = \delta_1 + \delta_2 - \delta_0$$

όπου:

$\delta_1$ : βέλος λόγω μόνιμων δράσεων

$\delta_2$ : βέλος λόγω μεταβλητών δράσεων

$\delta_0$ : το αρχικό αντιβέλος της δοκού στην αφόρτιστη κατάσταση (αν υπάρχει)

Θα πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

$$\delta_{\max} \leq \delta_{\max, \text{επιτρεπ.}}$$

$$\delta_2 \leq \delta_{2, \text{επιτρεπ.}}$$

όπου, για πατώματα και βατές στέγες:

$$\delta_{\max, \text{επιτρεπόμενο}} = L/250$$

$$\delta_{2, \text{επιτρεπόμενο}} = L/300$$

Η σύμμικτη πλάκα θεωρείται ότι είναι επαρκώς συνδεδεμένη επί των τεγίδων και ότι διαθέτει επαρκή δυσκαμψία, έτσι ώστε να τους παρέχει συνεχή πλευρική στήριξη. Ως αποτέλεσμα αυτού, οι τεγίδες δεν είναι ευαίσθητες σε πλευρικό λυγισμό.

### 3.2.3 Κύριες δοκοί

Οι κύριες δοκοί ανάλογα με το στατικό σύστημα έχουν διαφορετική στατική λειτουργία. Στην περίπτωση του πλαισίου εξασφαλίζουν μαζί με τα υποστυλώματα την πλευρική ευστάθεια του φορέα όταν αυτός καταπονείται από οριζόντιες δυνάμεις, ενώ στην περίπτωση που συνεργάζονται με δικτυωτούς συνδέσμους συμπεριφέρονται ελαστικά και διαστασιολογούνται με δυνάμεις ικανοτικού σχεδιασμού. Οι κύριες δοκοί στηρίζονται στα υποστυλώματα του φορέα και έχουν άνοιγμα 7.8m. Η διατομή τους είναι μορφής I ελατή, διπλής συμμετρίας (HEA ή HEM). Καταπονούνται σε κάμψη λόγω των φορτίων που τους μεταβιβάζουν οι τεγίδες. Η διαστασιολόγησή τους έγινε με τον ίδιο τρόπο όπως και στις δευτερεύουσες δοκούς. Παράλληλα επειδή θεωρούνται μή προστατευμένα πλευρικά μέλη που υπόκεινται σε κάμψη περί τον ισχυρό τους άξονα, έγινε έλεγχος έναντι πλευρικού λυγισμού με βάση τις παρακάτω σχέσεις:

$$M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$$

όπου:

$M_{Ed}$ : η ροπή κάμψης σχεδιασμού περί τον ισχυρό άξονα

$M_{b,Rd}$  : η ροπή αντοχής έναντι πλευρικού λυγισμού

$$\text{με } M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

όπου:

$W_y = W_{pl,y}$  για διατομές κατηγορίας 1 ή 2

$$\gamma_{M1} = 1$$

$\chi_{LT}$  : ο μειωτικός συντελεστής για πλευρικό λυγισμό

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}}, \text{ αλλά } \chi_{LT} \leq 1$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

Ο συντελεστής ατελειών  $\alpha_{LT}$  λαμβάνεται από τους πίνακες 6.3 και 6.4 του EC3.

Πίνακας 6.3: Συνιστώμενες τιμές των συντελεστών ατελειών για καμπύλες στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού

Καμπύλη λυγισμού	a	b	c	d
Συντελεστής ατελειών $\alpha_{LT}$	0,21	0,34	0,49	0,76

Πίνακας 6.4: Σύσταση για την επιλογή καμπύλης στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού για διατομές χρησιμοποιώντας την εξίσωση (6.56)

Διατομή	Όρια	Καμπύλη λυγισμού
Ελατές διατομές I	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
Συγκολλητές διατομές I	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Άλλες διατομές	-	d

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} \text{ η ανηγμένη λυγηρότητα πλευρικού λυγισμού}$$

$M_{cr}$  : η ελαστική κρίσιμη ροπή πλευρικού λυγισμού

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(k \cdot L)^2} \left\{ \left[ \frac{k}{k_w} \right]^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k \cdot L)^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2 \right\}^{0.5} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)$$

όπου:

$z_g = z_j = 0$  γιατί τα εξωτερικά φορτία ασκούνται στο κέντρο βάρους (έτσι προσομοιάζεται στο πρόγραμμα ETABS) της διατομής διπλής συμμετρίας.

$C_1, C_2, C_3$ : συντελεστές εξαρτώμενοι από τις συνθήκες φόρτισης και στρεπτικής στήριξης. Στην περίπτωση άρθρωσης και απλής στρεπτικής στήριξης της δοκού στα υποστυλώματα  $k=1$  και  $C_1=1.132$ , ενώ στην περίπτωση πάκτωσης και απλής στρεπτικής στήριξης  $k=1$  και  $C_1=1.285$ .

$k_w=1$  για άκρα με ελεύθερη στρέβλωση (συντηρητική τιμή)

$E=210000(\text{MPa})$

$$G = \frac{E}{2(\nu+1)} = 8077(\text{kN/cm}^2)$$

$L=7.8(\text{m})$  το μήκος της δοκού μεταξύ σημείων πλευρικά εξασφαλισμένων.

Στην περίπτωση που ισχύει:

$$\overline{\lambda}_{LT} \leq 2 \quad \text{ή} \quad \frac{M_{Ed}}{M_{cr}} \leq 0.04 \quad \text{ο κίνδυνος αστοχίας μέσω πλευρικού λυγισμού}$$

αμελείται και γίνονται μόνο έλεγχοι διατομής.

### 3.2.4 Υποστυλώματα

Τα υποστυλώματα κατασκευάζονται από πλατύπελμες διατομές HEB (ή συγκολλητές) καθώς έχουν εξισορροπημένη αντοχή έναντι λυγισμού στις δύο κύριες διευθύνσεις. Οι διατομές αυτές επιτρέπουν την ανάπτυξη πλαισιακής λειτουργίας μόνο στη μία διεύθυνση, του ισχυρού άξονα. Οι βάσεις των υποστυλωμάτων διαμορφώνονται ανάλογα με τα εντατικά μεγέθη που μεταφέρονται στη θεμελίωση, ενώ η αποκατάσταση της συνέχειας της διατομής τους καθ' ύψος του κτιρίου γίνεται κοχλιωτή, κατά προτίμηση με προεντεταμένους κοχλίες και με ελάσματα κορμού και πελμάτων.

Τα υποστυλώματα υπόκεινται όχι μόνο σε εγκάρσια φορτία (κάμψη), αλλά και σε αξονική θλίψη. Ως αποτέλεσμα αυτού το θλιβόμενο τμήμα της διατομής τους επεκτείνεται και η ένταση των θλιπτικών τάσεων αυξάνεται. Με αυτό τον τρόπο ο κίνδυνος πλευρικού λυγισμού είναι μεγαλύτερος και

για αυτό απαιτείται στρεπτοκαμπτικός έλεγχος. Οι σχέσεις οι οποίες θα πρέπει να ικανοποιούνται για τον έλεγχο αυτό είναι:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

όπου:

$N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : οι τιμές σχεδιασμού της θλιπτικής αξονικής δύναμης και μεγίστων ρομών ως προς τους άξονες y και z κατά μήκος του μέλους.

$\Delta M_{y,Ed}$  &  $\Delta M_{z,Ed} = 0$ : οι ροπές λόγω μετατόπισης του κεντροβαρικού άξονα για διατομές κατηγορίας 4.

$\chi_y$  &  $\chi_z$ : οι μειωτικοί συντελεστές καμπτικού λυγισμού λόγω αξονικής. Ο υπολογισμός τους γίνεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}}, \text{ αλλά } \chi \leq 1$$

$$\Phi = 0.5 \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

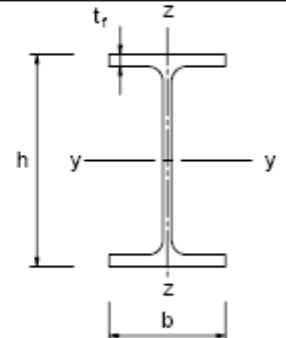
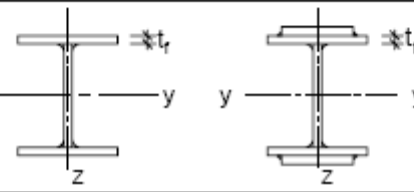

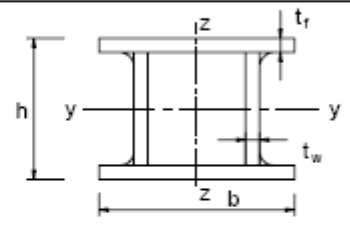
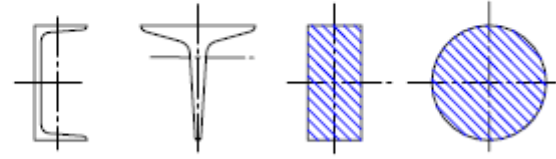

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \text{ με } \lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{L_{cr}}{\sqrt{I/A}} \text{ και } \lambda_1 = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Ο συντελεστής ατελειών "α" λαμβάνεται από τους πίνακες 6.1 και 6.2 του EC3.

Πίνακας 6.1: Συντελεστές ατελειών για καμπύλες λυγισμού

Καμπύλη λυγισμού	a <sub>0</sub>	a	b	c	d
Συντελεστής ατελειών α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Πίνακας 6.2: Επιλογή καμπύλης λυγισμού για δεδομένη διατομή

Διατομή	Όρια	Λυγισμός περί τον άξονα	Καμπύλη λυγισμού	
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
 Ελαττές διατομές	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	a a <sub>0</sub>
		$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y z-z	b c
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b c
		$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y z-z	d d
 Συγκολλητές I-διατομές	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	
	$t_f > 40 \text{ mm}$	y-y z-z	c d	
 Κοίλες Διατομές	Εν θερμώ έλαση	Κάθε	a	
	Ψυχρή έλαση	Κάθε	c	
 Συγκολλητές κιβωτιοειδείς διατομές	Γενικά (εκτός των κατωτέρω)	Κάθε	b	
	Μεγάλα πάχη ραφής: $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	Κάθε	c	
 U-, T- και συνισματικές διατομές		Κάθε	c	
 L-διατομές		Κάθε	b	

Το μήκος λυγισμού  $L_{cr}$  στην περίπτωση πλαισιακής λειτουργίας λαμβάνεται ίσο με 0.65 και στην περίπτωση δικτυωτών συνδέσμων ίσο με 1.00.

$k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}$  &  $k_{zz}$ : οι συντελεστές αλληλεπίδρασης. Υπολογίστηκαν με τη μέθοδο 2 και τους αντίστοιχους πίνακες του EC3.

**Παράρτημα Β [πληροφοριακό] – Μέθοδος 2: Συντελεστές αλληλεπίδρασης  $k_{ij}$  για τη σχέση αλληλεπίδρασης 6.3.3(4)**

**Πίνακας Β.1:** Συντελεστές αλληλεπίδρασης  $k_{ij}$  για μέλη που δεν υπόκεινται σε στρεπτικές παραμορφώσεις

Συντελεστές αλληλεπίδρασης	Τύπος διατομών	Παραδοχές σχεδιασμού	
		ελαστικές ιδιότητες διατομών κατηγορία 3, κατηγορία 4	πλαστικές ιδιότητες διατομών κατηγορία 1, κατηγορία 2
$k_{yy}$	διατομές I διατομές RHS	$C_{my} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
$k_{yz}$	διατομές I διατομές RHS	$k_{zz}$	$0,6 k_{zz}$
$k_{xy}$	διατομές I διατομές RHS	$0,8 k_{yy}$	$0,6 k_{yy}$
$k_{zz}$	διατομές I	$C_{mz} \left( 1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{mz} \left( 1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
	διατομές RHS		$C_{mz} \left( 1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$



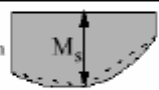
Για διατομές I και H και ορθογωνικές κοίλες διατομές με αξονική θλίψη και μονοαξονική κάμψη  $M_{y,Ed}$  ο συντελεστής  $k_{xy}$  μπορεί να είναι  $k_{xy} = 0$ .

**Πίνακας Β.2:** Συντελεστές αλληλεπίδρασης  $k_{ij}$  για μέλη που υπόκεινται σε στρεπτικές παραμορφώσεις

Συντελεστές αλληλεπίδρασης	Παραδοχές σχεδιασμού	
	ελαστικές ιδιότητες διατομών κατηγορία 3, κατηγορία 4	πλαστικές ιδιότητες διατομών κατηγορία 1, κατηγορία 2
$k_{yy}$	$k_{yy}$ από τον Πίνακα Β.1	$k_{yy}$ από τον Πίνακα Β.1
$k_{yz}$	$k_{yz}$ από τον Πίνακα Β.1	$k_{yz}$ από τον Πίνακα Β.1
$k_{xy}$	$\left[ 1 - \frac{0,05 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$ $\geq \left[ 1 - \frac{0,05}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$	$\left[ 1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$ $\geq \left[ 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$  για $\bar{\lambda}_z < 0,4$ : $k_{xy} = 0,6 + \bar{\lambda}_z \leq 1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}}$
$k_{zz}$	$k_{zz}$ από τον Πίνακα Β.1	$k_{zz}$ από τον Πίνακα Β.1



Πίνακας Β.3: Συντελεστές  $C_m$  ισοδύναμης ομοιόμορφης ροπής στους Πίνακες Β.1 και Β.2

Διάγραμμα ροπής	Περιοχή		$C_{my}$ και $C_{mz}$ και $C_{mLT}$	
			Ομοιόμορφο φορτίο	Συγκεντρωμένο φορτίο
 $\psi M$	$-1 \leq \psi \leq 1$		$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
 $\alpha_s = M_s/M_h$	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$-0,8\alpha_s \geq 0,4$
$-1 \leq \psi < 0$		$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	
 $\alpha_h = M_h/M_s$	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
		$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$	$0,90 - 0,10\alpha_h(1+2\psi)$
Για μέλη με λυγισμό από μετάθεση ο συντελεστής ισοδύναμης ομοιόμορφης ροπής πρέπει να λαμβάνεται $C_{my} = 0,9$ ή $C_{mz} = 0,9$ αντίστοιχα.				
Τα $C_{my}$ , $C_{mz}$ και $C_{mLT}$ πρέπει να λαμβάνονται σύμφωνα με το διάγραμμα ροπών μεταξύ των αντίστοιχων πλευρικά στηριζόμενων σημείων ως εξής:				
συντελεστής ροπής	άξονας κάμψης	σημεία εξασφαλιζόμενα κατά τη διεύθυνση		
$C_{my}$	y-y	z-z		
$C_{mz}$	z-z	y-y		
$C_{mLT}$	y-y	y-y		

### 3.2.5 Πλευρική ευστάθεια

Πέραν των κατακόρυφων φορτίων απαιτείται και η ασφαλής μεταφορά των οριζοντιών δράσεων, που οφείλονται κυρίως στον άνεμο, στον σεισμό και στις κατασκευαστικές ατέλειες. Στα μεταλλικά κτίρια, η πλευρική ευστάθεια του φορέα εξασφαλίζεται, είτε με την κατάλληλη διάταξη κατακορύφων συνδέσμων, είτε με μικτό σύστημα, όπου στη μία διεύθυνση υπάρχουν πλαίσια και στην άλλη κατακόρυφοι σύνδεσμοι. Ακριβώς αυτό σε συνδυασμό με αρχιτεκτονικούς και λειτουργικούς περιορισμούς εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ ΜΕ ΧΙΑΣΤΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ**

### **4.1 Γενικά**

Ο σχεδιασμός ενός κτιρίου αναζητεί το μέγιστο κοινό παρονομαστή μεταξύ των δύο βασικών μελετητικών ομάδων (αρχιτεκτόνων και πολιτικών μηχανικών). Οι δύο αυτές ομάδες θέτουν η κάθε μία από τη δική της οπτική ορισμένες αρχές και περιορισμούς για τη θέση και τη λειτουργία των κατακόρυφων συνδέσμων δυσκαμψίας και της κάτοψης.

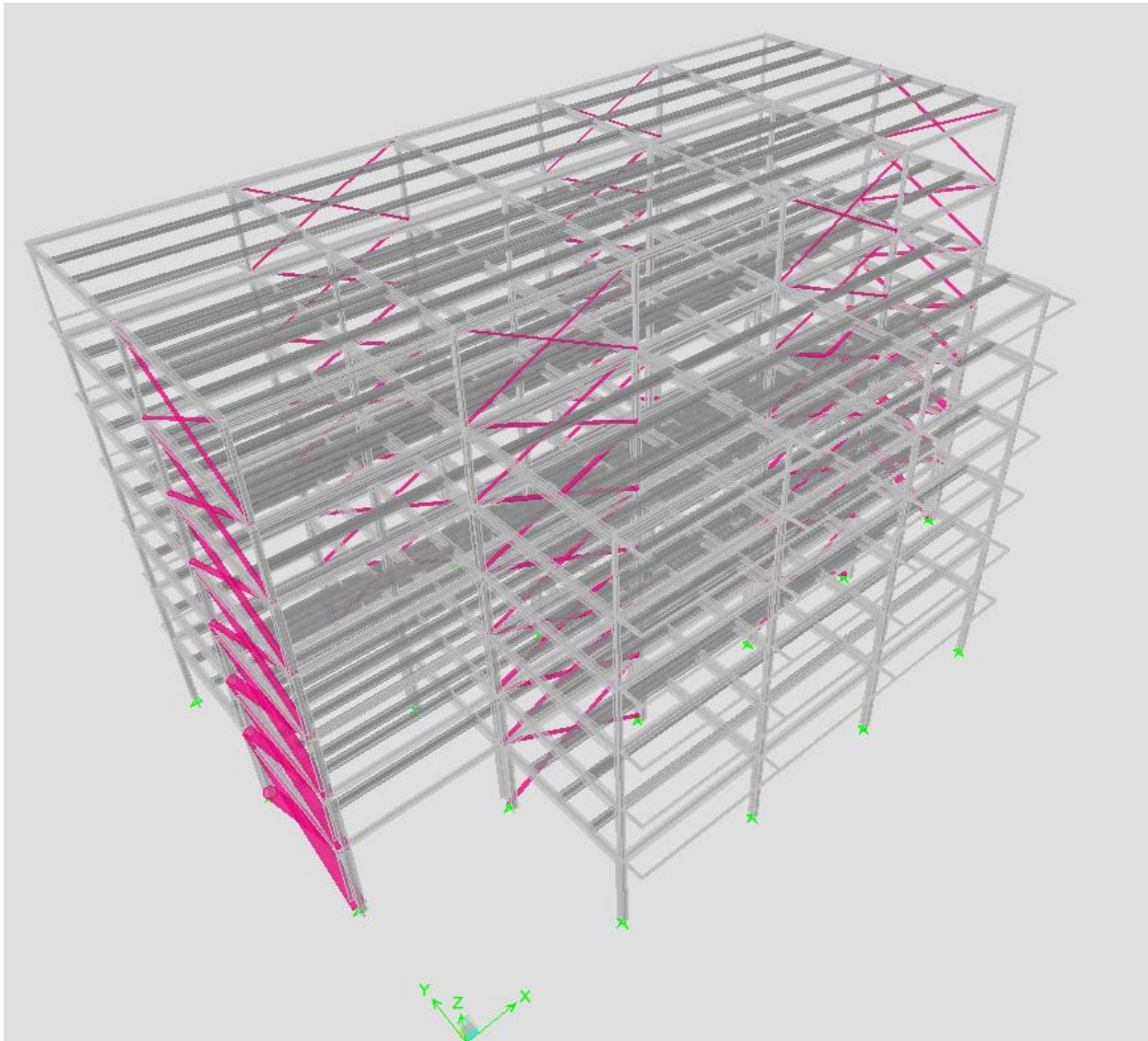
Από στατική άποψη η διάταξη των συνδέσμων θα πρέπει να είναι τέτοια που να επιτρέπει την παραλαβή των οριζόντιων δυνάμεων και στις δύο κύριες διευθύνσεις του κτιρίου. Σε κάθε διεύθυνση πρέπει να υπάρχουν ζεύγη συνδέσμων με παρόμοια δυσκαμψία, στα οποία θα κατανέμεται η οριζόντια δύναμη. Η ιδανική τοποθέτησή τους είναι σε συμμετρική διάταξη κατά μήκος της περιμέτρου του κτιρίου, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη δυστρεψία. Επίσης καλό είναι να μη διακόπτεται η συνέχεια των συνδέσμων καθ' ύψος του κτιρίου, καθώς τότε το κέντρο δυσκαμψίας αλλάζει από όροφο σε όροφο, με συνέπεια την δημιουργία πρόσθετων στρεπτικών καταπονήσεων.

Παρ' όλο που η αρχιτεκτονική κάτοψη έχει ενσωματώσει στο σχεδιασμό ένα στατικό κάρναβο, ο οποίος εξυπηρετεί τη στατική διερεύνηση της κατασκευής, η ύπαρξη των χιαστί συνδέσμων δημιουργεί πολλά θέματα για προβληματισμό. Η θέση τους από αρχιτεκτονική σκοπιά θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μην δημιουργούνται νεκροί χώροι και να μην περιορίζεται η λειτουργία και η αισθητική του ξενοδοχείου. Το ύψος και η θέση τους είναι οι παράγοντες που θα πρέπει να μελετηθούν.

### **4.2 Χιαστί σύνδεσμοι κατά την $x$ και κατά την $y$ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η $y$ ).**

Στο πρώτο στατικό μοντέλο που εξετάστηκε τοποθετήθηκαν χιαστί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα και κατά τις δύο διευθύνσεις. Επιλέχθηκε η διάταξή τους περιμετρικά και συμμετρικά του κτιρίου, ώστε να εξασφαλιστεί

η καλύτερη δυνατή στρεπτική απόδοση. Επιπλέον, στην προκειμένη περίπτωση, οι σύνδεσμοι δεν διακόπτονται καθ' ύψος του φορέα. Οι θέσεις τους φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



**Σχήμα 4.1: Προσομοίωμα φορέα**

#### **4.2.1 Προσομοίωση φορέα**

Για την προσομοίωση του φορέα έγιναν οι εξής παραδοχές:

- Η κατασκευή εδράζεται στο έδαφος μέσω αρθρώσεων (εφόσον υπάρχουν χιαστί σύνδεσμοι και στις δύο διευθύνσεις).
- Το μήκος λυγισμού των συνδέσμων είναι ίσο με  $0,5L$  (όπου  $L$  το μήκος τους), καθώς θεωρείται ότι συνδέονται στο μέσον τους.

- Ορίστηκαν ελευθερώσεις στα άκρα των συνδέσμων, ώστε να παραλαμβάνουν μόνο αξονική δύναμη.
- Το μήκος λυγισμού των υποστυλωμάτων όπως έχει αναφερθεί είναι ίσο με L (όπου L το μήκος τους).
- Οι κύριες δοκοί συνδέονται αρθρωτά με τα υποστυλώματα.
- Το φάσμα σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκε και στις δύο διευθύνσεις φαίνεται στο σχήμα 2.6
- Σε κάθε όροφο ορίστηκε διάφραγμα.
- Η αρχική διαστασιολόγηση των μελών του φορέα έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος και με βάση τη διαδικασία που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Προκειμένου να προκύψει η δυσμενέστερη ένταση των κατακόρυφων συνδέσμων με βάση την οποία εν συνεχεία θα διαστασιολογηθούν, έγινε ανάλυση της κατασκευής για όλους τους συνδυασμούς φόρτισης με το πρόγραμμα ETABS. Θεωρήθηκε ότι κατά την επιβολή του συνδυασμού γίνεται ανακατανομή της έντασης και δουλεύει μόνο το εφελκυσμένο χιαστί καταπονούμενο με τη διπλάσια αξονική.

Τα κατακόρυφα χιαστί που επιλέγονται θα πρέπει αφενός να διαθέτουν επαρκή εφελκυστική αντοχή και αφετέρου να ικανοποιούν το κριτήριο λυγερότητας. Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης επιλέγεται η διατομή των κατακόρυφων συνδέσμων (με δοκιμές), προκειμένου να ικανοποιούνται και οι δύο ανωτέρω απαιτήσεις του σχεδιασμού:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1.0 \Leftrightarrow N_{Ed} \leq \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \Leftrightarrow A \geq \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y}$$

$N_{Ed}$ : η μέγιστη εφελκυστική δύναμη που προκύπτει από τους συνδυασμούς φόρτισης

$N_{pl,Rd}$ : η υπολογιστική οριακή αντοχή σε εφελκυσμό

$$\& \quad \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \leq 1.5$$

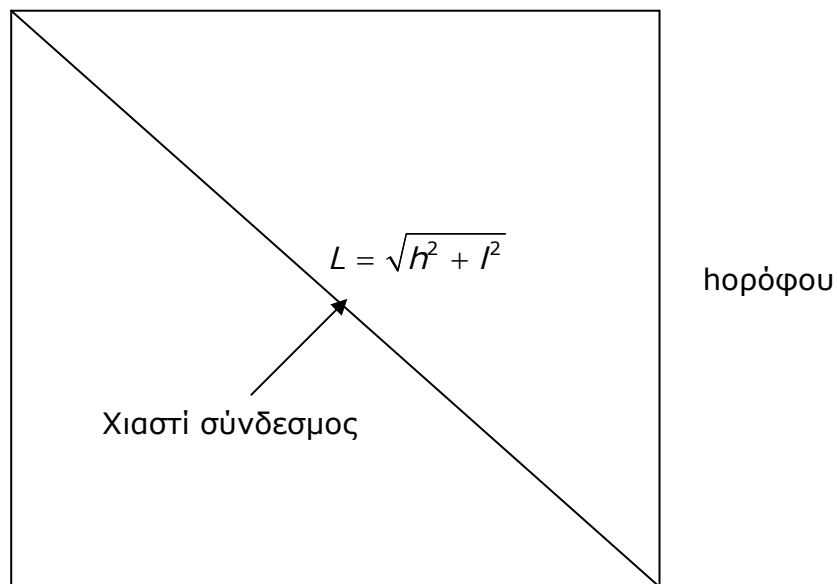
όπου:

$\bar{\lambda}$ : η ανοιγμένη λυγηρότητα της διαγωνίου

$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}}$ : το ιδεατό κρίσιμο φορτίο Euler της διαγωνίου, με  $L_{cr}$  που

υπολογίζεται σε κάθε διεύθυνση όπως περιγράφεται στα ακόλουθα:

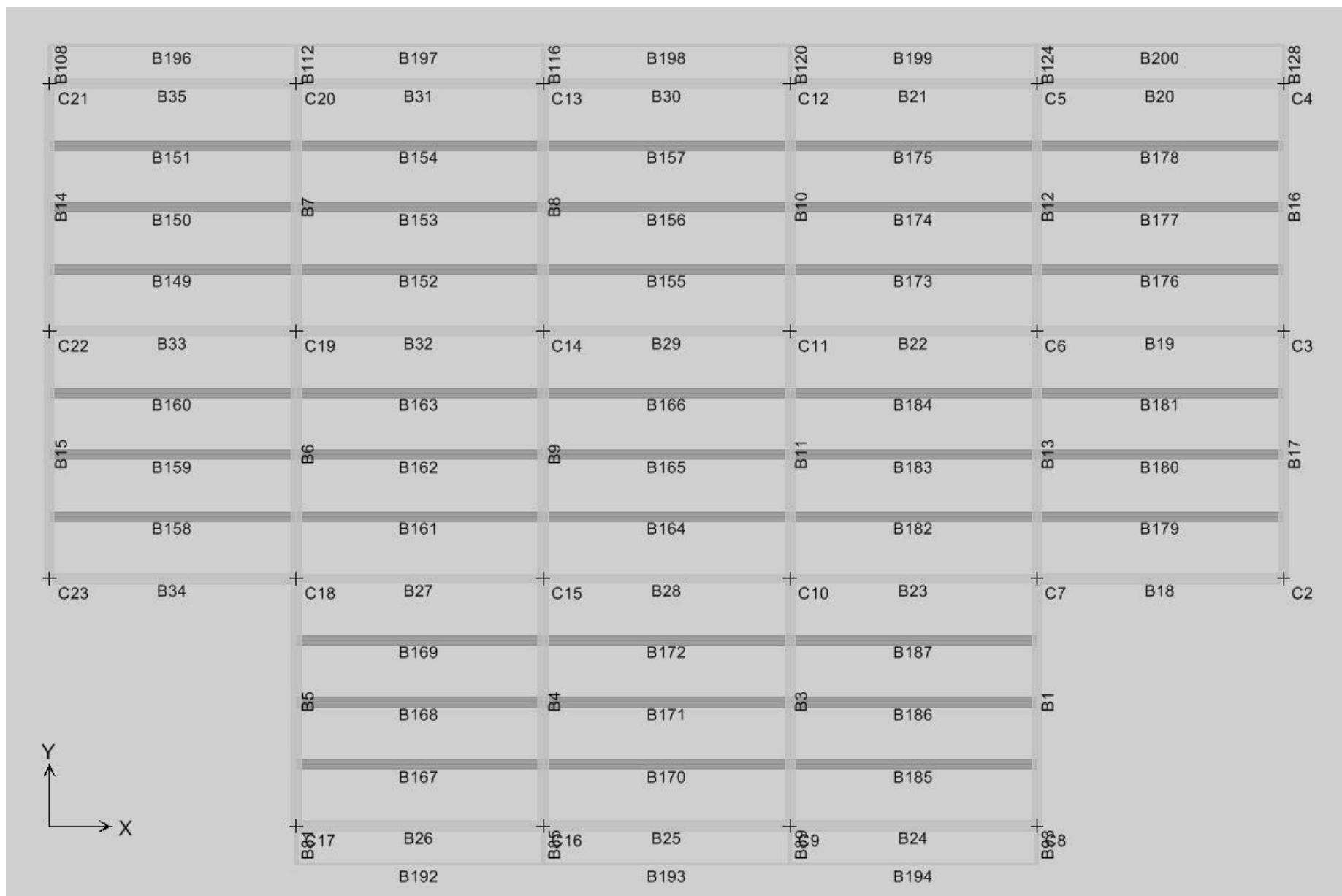
Ιανοίγματος=7.80(m)



Σχήμα 4.2: Μήκος L χιαστί συνδέσμου δυσκαμψίας

#### 4.2.2 Πίνακες αποτελεσμάτων αρχικής διαστασιολόγησης

Ακολουθώς παρατίθενται οι πίνακες των διατομών του φορέα που προέκυψαν από την παραπάνω διαδικασία.



Σχήμα 4.3: Συμβολισμός διατομών



**Πίνακας 4.2: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η γ).**

Υποστυλώματα	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>C2</b>	HEB800C*	HEB700	HEB450	HEB320	HEB260	HEB180	HEB120
<b>C3</b>	HEB800D*	HEB800	HEB500	HEB360	HEB280	HEB200	HEB120
<b>C4</b>	HEB260	HEB240	HEB220	HEB200	HEB160	HEB140	HEB100
<b>C5</b>	HEB600	HEB450	HEB360	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
<b>C6</b>	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB260	HEB200	HEB140
<b>C7</b>	HEB900	HEB600	HEB400	HEB300	HEB240	HEB160	HEB120
<b>C8</b>	HEB280	HEB240	HEB220	HEB200	HEB160	HEB120	-
<b>C9</b>	HEB360	HEB300	HEB260	HEB240	HEB200	HEB140	-
<b>C10</b>	HEB900	HEB600	HEB400	HEB300	HEB240	HEB160	HEB120
<b>C11</b>	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB200	HEB140
<b>C12</b>	HEB600	HEB450	HEB360	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
<b>C13</b>	HEB600	HEB450	HEB360	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
<b>C14</b>	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB200	HEB140
<b>C15</b>	HEB900	HEB600	HEB400	HEB300	HEB240	HEB160	HEB120
<b>C16</b>	HEB360	HEB300	HEB260	HEB240	HEB200	HEB140	-
<b>C17</b>	HEB280	HEB240	HEB220	HEB200	HEB160	HEB120	-
<b>C18</b>	HEB900	HEB600	HEB400	HEB300	HEB240	HEB160	HEB120
<b>C19</b>	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB260	HEB200	HEB140
<b>C20</b>	HEB600	HEB450	HEB360	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
<b>C21</b>	HEB260	HEB240	HEB220	HEB200	HEB160	HEB140	HEB100
<b>C22</b>	HEB800D*	HEB800	HEB500	HEB360	HEB280	HEB200	HEB120
<b>C23</b>	HEB800C*	HEB700	HEB450	HEB320	HEB260	HEB180	HEB120

\* Συγκολλητή διατομή

**Πίνακας 4.3: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η γ).**

Χιαστί - CHS	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>Μπροστά χιαστί στον Χ</b>	219,1x12,5	193,7x12,5	177,8x12,5	168,3x12,5	168,3x12,5	139,7x12,5	101,6x10,0
<b>Πίσω χιαστί στον Χ</b>	168,3x12,5	168,3x12,5	168,3x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5	114,3x10,0	101,6x8,0
<b>Χιαστί στον Υ</b>	244,5x20,0	219,1x20,0	219,1x16,0	219,1x16,0	193,7x12,5	168,3x12,5	139,7x10,0

Η καταλληλότητα μόρφωσης του φορέα μπορεί να ελεγχθεί μέσω των ιδιομορφών ταλάντωσης του κτιρίου. Η ιδιομορφική μάζα θα πρέπει να συγκεντρώνεται στις πρώτες ιδιομορφές, οι οποίες παράλληλα είναι σημαντικό να είναι μεταφορικές.



Πίνακας 4.4: Δρώσεις ιδιομορφικές μάζες							
Ιδιοπερίοδος	SumUX	SumUY	SumUZ	SumRX	SumRY	SumRZ	
T1	0,982848	0,0002	74,4602	0	99,1202	0,0003	0,0028
T2	0,81773	73,7876	74,4605	0	99,1207	98,2288	0,5153
T3	0,602343	74,1822	74,4625	0	99,1241	99,0568	74,4565
T4	0,334373	74,1822	92,4911	0	99,9158	99,0568	74,4566
T5	0,28144	92,0585	92,4911	0	99,9158	99,8968	74,4674
T6	0,204919	92,0755	92,4916	0	99,9158	99,9032	92,5776
T7	0,189101	92,0755	96,5286	0	99,9878	99,9032	92,5844
T8	0,163762	96,4833	96,5286	0	99,9878	99,982	92,6291
T9	0,135478	96,4833	98,302	0	99,9967	99,982	92,6302
T10	0,120488	98,182	98,3021	0	99,9967	99,9925	93,1107
T11	0,115611	98,4514	98,3024	0	99,9967	99,9947	96,7289
T12	0,105212	98,4514	99,0899	0	99,9985	99,9947	96,7289

#### 4.2.3 Ικανοτικός έλεγχος και αποτελέσματα

Τα οριζόντια φορτία απορροφώνται από τις διαγώνιους των συνδέσμων, εκ των οποίων ενεργός είναι μόνο η εφελκυστική. Αυτή μπορεί να αναπτύξει σημαντικές πλαστικές παραμορφώσεις, προ της αστοχίας της και έτσι οι σύνδεσμοι των μορφών αυτών δικαιολογούν μεγαλύτερες τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς ( $q$ ).

Έγινε έλεγχος αντοχής των επιλεγμένων (πίνακας 4.3) διατομών των διαγωνίων συνδέσμων έναντι της μέγιστης αξονικής δύναμης που επιφέρει ο σεισμικός συνδυασμός, σύμφωνα με την συνθήκη:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1.00$$

όπου:

$N_{Ed}$ : η μέγιστη εφελκυστική δύναμη που προκύπτει από τους σεισμικούς συνδυασμούς

$N_{pl,Rd}$ : η υπολογιστική οριακή αντοχή σε εφελκυσμό

Αντιστοίχως με τη σχέση  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \leq 1.5$  γίνεται και ο έλεγχος λυγηρότητας

της διαγωνίου.

Οι διατομές που προέκυψαν είναι αναμενόμενο να ικανοποιούν την σεισμική ένταση εφόσον διαστασιολογήθηκαν με βάση τη μέγιστη αξονική δύναμη που προκύπτει από όλους τους συνδυασμούς φόρτισης.

Τα υποστυλώματα και οι δοκοί που συντρέχουν στους χιαστί συνδέσμους κάθε ορόφου ελέγχονται σε λυγισμό υπό την επίδραση του σεισμικού συνδυασμού, αλλά με τα μεγέθη σεισμικής έντασης πολλαπλασιασμένα επί τον συντελεστή ικανοτικής μεγέθυνσης:

$$\alpha_{cd} = (1.20N_{Pdi} - N_{vdi}) / N_{Edi} \leq q$$

Όπου:

$N_{Pdi}$  : είναι η υπολογιστική αντοχή της εφελκυόμενης διαγωνίου

$N_{vdi}$  : είναι η εφελκυστική δύναμη της εφελκυόμενης διαγωνίου υπό την επίδραση των μη σεισμικών δράσεων του σεισμικού συνδυασμού (κατά κανόνα είναι μηδενική)

$N_{Edi}$  : είναι η εφελκυστική δύναμη της διαγωνίου μόνο υπό τη σεισμική δράση του σεισμικού συνδυασμού.

$q=3$

Η αξονική δύναμη για την οποία γίνεται ο έλεγχος σε λυγισμό των υποστυλωμάτων είναι:

$$N_{Ed} = \alpha_{cd} \cdot N_{Ed,E} + N_{Ed,G}$$

όπου:

$N_{Ed,E}$  : η αξονική οφειλόμενη στη σεισμική δράση

$N_{Ed,G}$  : η αξονική οφειλόμενη σε μη σεισμικές δράσεις

Ενώ για τις δοκούς είναι:

$$N_{Ed} = \alpha_{cd} \cdot N_{Ed,E}$$

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των διατομών που ικανοποιούν τα παραπάνω κριτήρια:



**Πίνακας 4.6: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η γ).**

Υποστυλώματα	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
C2	HEB800D*	HEB800	HEB500	HEB360	HEB280	HEB200	HEB180
C3	HEB800D*	HEB800C*	HEB550	HEB360	HEB280	HEB200	HEB180
C4	HEB260	HEB240	HEB220	HEB200	HEB160	HEB140	HEB100
C5	HEB600	HEB450	HEB340	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160
C6	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB260	HEB200	HEB140
C7	HEB900	HEB600	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB160
C8	HEB280	HEB240	HEB220	HEB200	HEB160	HEB120	-
C9	HEB360	HEB300	HEB260	HEB240	HEB200	HEB140	-
C10	HEB900	HEB600	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB160
C11	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB200	HEB140
C12	HEB600	HEB450	HEB340	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160
C13	HEB600	HEB450	HEB340	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160
C14	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB200	HEB140
C15	HEB900	HEB600	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB160
C16	HEB360	HEB300	HEB260	HEB240	HEB200	HEB140	-
C17	HEB280	HEB240	HEB220	HEB200	HEB160	HEB120	-
C18	HEB900	HEB600	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB160
C19	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB260	HEB200	HEB140
C20	HEB600	HEB450	HEB340	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160
C21	HEB260	HEB240	HEB220	HEB200	HEB160	HEB140	HEB100
C22	HEB800D*	HEB800C*	HEB550	HEB360	HEB280	HEB200	HEB180
C23	HEB800D*	HEB800	HEB500	HEB360	HEB280	HEB200	HEB180

\* Συγκολλητή διατομή

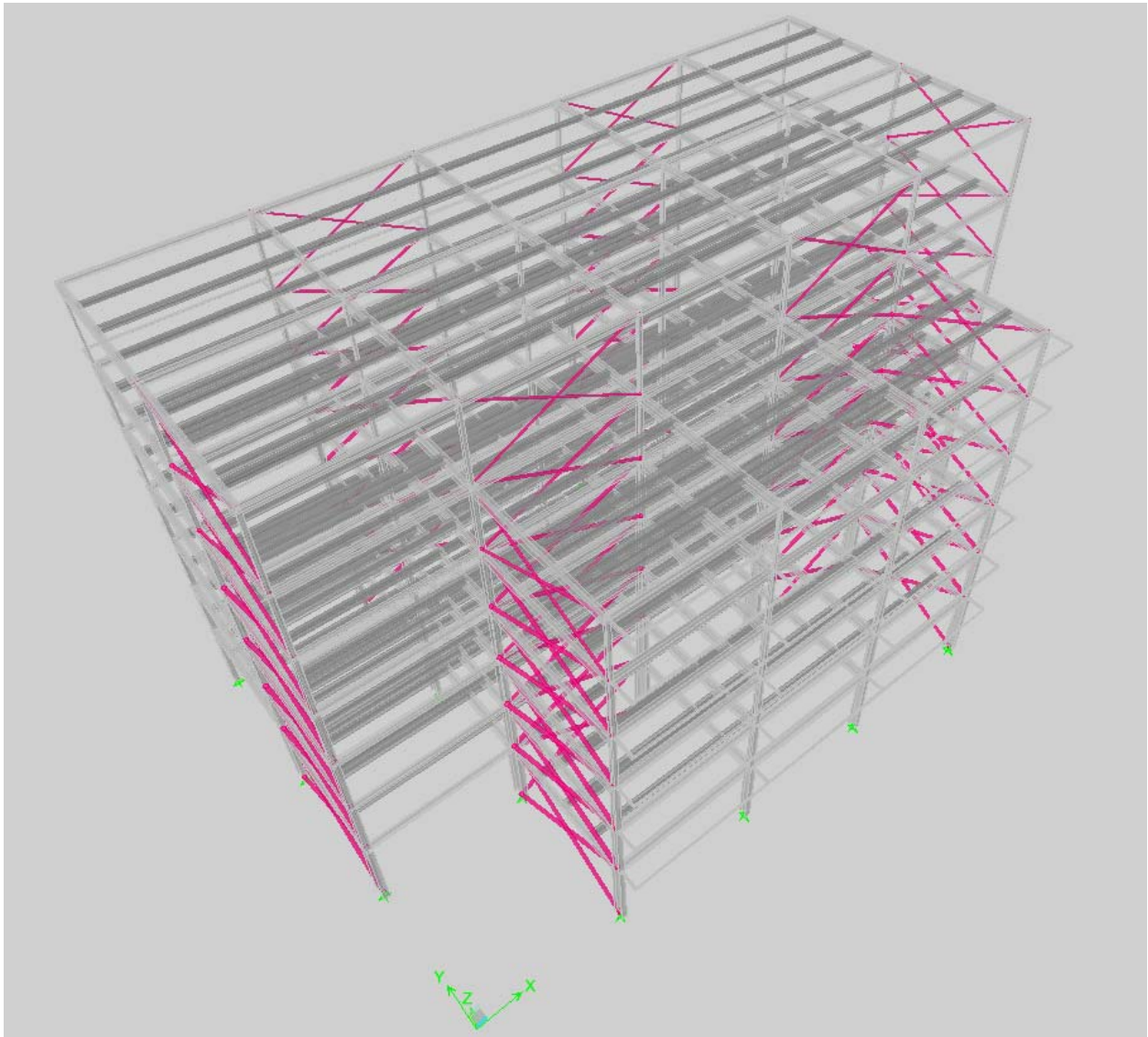
**Πίνακας 4.7: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η γ).**

Χιαστί - CHS	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
Μπροστά χιαστί στον Χ	219,1x20,0	219,1x20,0	219,1x16,0	193,7x16,0	193,7x12,5	139,7x12,5	101,6x10,0
Πίσω χιαστί στον Χ	219,1x20,0	219,1x20,0	219,1x16,0	193,7x16,0	193,7x12,5	139,7x12,5	101,6x8,0
Χιαστί στον Υ	610x12,5	508x12,5	457x12,5	273x20,0	219,1x20,0	168,3x12,5	139,7x10,0

<b>Πίνακας 4.8: Ιδιοπερίοδος</b>	
<b>T1</b>	0,864791
<b>T2</b>	0,763428
<b>T3</b>	0,534002
<b>T4</b>	0,293067
<b>T5</b>	0,252212
<b>T6</b>	0,179629
<b>T7</b>	0,162933
<b>T8</b>	0,146577
<b>T9</b>	0,12512
<b>T10</b>	0,111187
<b>T11</b>	0,100108
<b>T12</b>	0,094689

Προκειμένου να αυξηθεί η ακαμψία του φορέα και να μειωθούν η ιδιοπερίοδος και οι μετακινήσεις επιχειρήθηκε η προσθήκη χιαστί συνδέσμων, αρχικά κατά την κύρια διεύθυνση  $y$  και στη συνέχεια και κατά τις δύο διευθύνσεις. Τα αντίστοιχα αποτελέσματα φαίνονται στη συνέχεια.

**4.3 Χιαστί σύνδεσμοι κατά την  $x$  και κατά την  $y$  διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η  $y$ ) – επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι στη  $y$  διεύθυνση.**



**Σχήμα 4.4: Προσομοίωση φορέα**

### 4.3.1 Πίνακες αποτελεσμάτων αρχικής διαστασιολόγησης

**Πίνακας 4.9: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η γ) - επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι στη γ διεύθυνση**

Δοκοί	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
B1	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	-
B3	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	-
B4	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	-
B5	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	-
B15	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA280
B6	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
B9	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B11	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B13	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
B17	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA280
B14	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280
B7	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B8	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B10	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B12	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B16	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280
B35	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
B31	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
B30	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
B21	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
B20	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
B149	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B32	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B29	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B22	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B19	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B34	HEA240	HEA240	HEA240	HEA240	HEA260	HEA280	HEA200
B27	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
B28	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
B23	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
B18	HEA240	HEA240	HEA240	HEA240	HEA260	HEA280	HEA200
B26	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-
B25	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-
B24	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-

**Πίνακας 4.10: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η γ) - επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι στη γ διεύθυνση**

Υποστυλώματα	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
C2	HEB700	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB160	HEB120
C3	HEB700	HEB500	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
C4	HEB280	HEB260	HEB220	HEB200	HEB160	HEB140	HEB100
C5	HEB550	HEB340	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120

C6	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
C7	HEB900	HEB600	HEB400	HEB300	HEB240	HEB160	HEB120
C8	HEB550	HEB400	HEB300	HEB240	HEB200	HEB140	-
C9	HEB400	HEB300	HEB260	HEB220	HEB180	HEB140	-
C10	HEB900	HEB600	HEB400	HEB300	HEB240	HEB160	HEB120
C11	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
C12	HEB550	HEB340	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
C13	HEB550	HEB340	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
C14	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
C15	HEB900	HEB600	HEB400	HEB300	HEB240	HEB160	HEB120
C16	HEB400	HEB300	HEB260	HEB220	HEB180	HEB140	-
C17	HEB550	HEB400	HEB300	HEB240	HEB200	HEB140	-
C18	HEB900	HEB600	HEB400	HEB300	HEB240	HEB160	HEB120
C19	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
C20	HEB550	HEB340	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
C21	HEB280	HEB260	HEB220	HEB200	HEB160	HEB140	HEB100
C22	HEB700	HEB500	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
C23	HEB700	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB160	HEB120

**Πίνακας 4.11: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η γ) - επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι στη γ διεύθυνση**

Χιαστί - CHS	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
Μπροστά χιαστί στον Χ	219,1x12,5	193,7x16,0	193,7x12,5	177,8x12,5	168,3x12,5	139,7x12,5	114,3x6,3
Πίσω χιαστί στον Χ	168,3x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5	139,7x10,0	114,3x10,0	101,6x8,0
Μπροστά χιαστί στον Υ	193,7x16,0	177,8x12,5	168,3x12,5	168,3x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5	139,7x10,0
Πίσω χιαστί στον Υ	193,7x16,0	177,8x12,5	168,3x12,5	168,3x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5	139,7x10,0

**Πίνακας 4.12: Δρώσεις ιδιομορφικές μάζες**

Ιδιοπερίοδος	SumUX	SumUY	SumUZ	SumRX	SumRY	SumRZ
T1	0,869207	73,4742	0,0715	0	0,095	96,5377
T2	0,845111	73,5552	74,4037	0	99,1405	96,6448
T3	0,646542	75,3585	74,4172	0	99,1599	99,3334
T4	0,299748	92,6863	74,4204	0	99,1601	99,9019
T5	0,291901	92,6897	90,7456	0	99,8255	99,902
T6	0,214853	92,7258	90,7458	0	99,8255	99,902
T7	0,17711	92,7258	95,0295	0	99,9388	99,902
T8	0,173727	96,9901	95,0296	0	99,9388	99,99
T9	0,129283	98,4376	95,0327	0	99,9389	99,9958
T10	0,126686	98,4417	97,7642	0	99,9838	99,9958
T11	0,120954	98,6166	97,7711	0	99,9839	99,9965
T12	0,103646	99,3308	97,7711	0	99,9839	99,9989



### 4.3.2 Ικανοτικός έλεγχος και αποτελέσματα

**Πίνακας 4.13: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η γ) - επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι στη γ διεύθυνση**

Δοκοί	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
B1	HEA400	HEM300	HEA650	HEA500	HEA400	HEA360	-
B3	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	-
B4	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	-
B5	HEA400	HEM300	HEA650	HEA500	HEA400	HEA360	-
B15	HEM300	HEM600	HEA650	HEA500	HEA400	HEA360	HEA300
B6	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
B9	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B11	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B13	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
B17	HEM300	HEM600	HEA650	HEA500	HEA400	HEA360	HEA300
B14	HEA400	HEM300	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280
B7	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B8	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B10	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B12	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B16	HEA400	HEM300	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280
B35	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
B31	HEM300	HEM300	HEA650	HEA500	HEA400	HEA320	HEA240
B30	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
B21	HEM300	HEM300	HEA650	HEA500	HEA400	HEA320	HEA240
B20	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
B149	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B32	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B29	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B22	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B19	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B34	HEA240	HEA240	HEA240	HEA240	HEA260	HEA280	HEA200
B27	HEM300	HEM300	HEA650	HEA500	HEA400	HEA320	HEA240
B28	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
B23	HEM300	HEM300	HEA650	HEA500	HEA400	HEA320	HEA240
B18	HEA240	HEA240	HEA240	HEA240	HEA240	HEA280	HEA200
B26	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-
B25	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-
B24	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-

**Πίνακας 4.14: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η γ) - επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι στη γ διεύθυνση**

Υποστυλώματα	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
C2	HEB700	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB180	HEB180
C3	HEB700	HEB500	HEB360	HEB300	HEB240	HEB200	HEB180
C4	HEB280	HEB260	HEB220	HEB200	HEB160	HEB140	HEB100

C5	HEB600	HEB450	HEB340	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160
C6	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
C7	HEB800C*	HEB600	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB160
C8	HEB550	HEB400	HEB300	HEB240	HEB220	HEB180	-
C9	HEB400	HEB300	HEB260	HEB220	HEB180	HEB140	-
C10	HEB900	HEB600	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB160
C11	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
C12	HEB600	HEB450	HEB340	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160
C13	HEB600	HEB450	HEB340	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160
C14	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
C15	HEB900	HEB600	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB160
C16	HEB400	HEB300	HEB260	HEB220	HEB180	HEB140	-
C17	HEB550	HEB400	HEB300	HEB240	HEB220	HEB180	-
C18	HEB800C*	HEB600	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB160
C19	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
C20	HEB600	HEB450	HEB340	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160
C21	HEB280	HEB260	HEB220	HEB200	HEB160	HEB140	HEB100
C22	HEB700	HEB500	HEB360	HEB300	HEB240	HEB200	HEB180
C23	HEB700	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB180	HEB180

\* Συγκολλητή διατομή

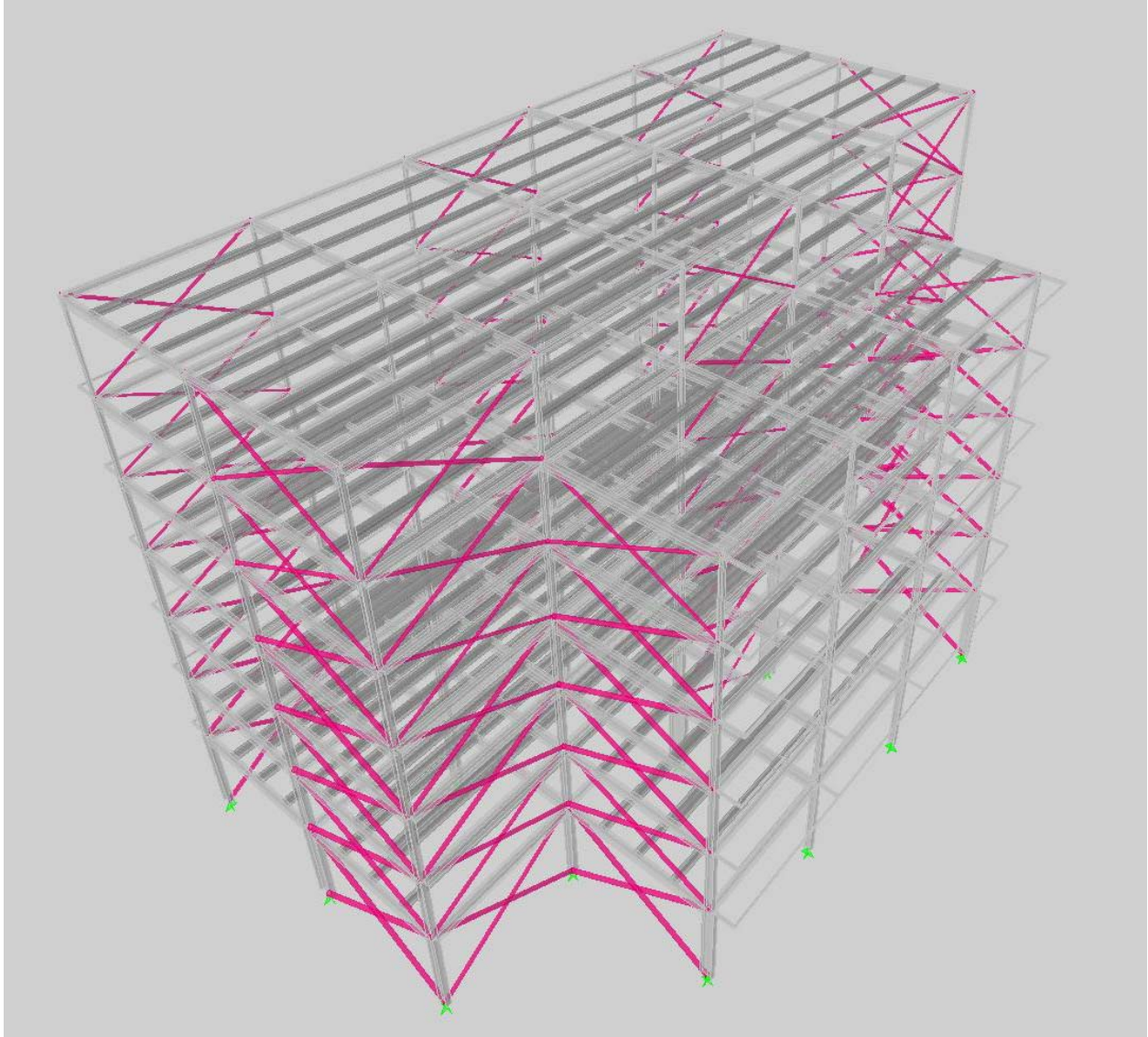
**Πίνακας 4.15: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η γ) - επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι στη γ διεύθυνση**

Χιαστί - CHS	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>Μπροστά χιαστί στον Χ</b>	219,1x20,0	219,1x20,0	219,1x16,0	193,7x16,0	193,7x12,5	139,7x12,5	114,3x10,0
<b>Πίσω χιαστί στον Χ</b>	219,1x20,0	219,1x20,0	219,1x16,0	193,7x16,0	193,7x12,5	139,7x12,5	101,6x8,0
<b>Μπροστά χιαστί στον Υ</b>	219,1x20,0	219,1x20,0	219,1x16,0	193,7x16,0	177,8x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5
<b>Πίσω χιαστί στον Υ</b>	219,1x20,0	219,1x20,0	219,1x16,0	193,7x16,0	177,8x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5

**Πίνακας 4.16: Ιδιοπερίοδος**

T1	0,763358
T2	0,760623
T3	0,572649
T4	0,258828
T5	0,252724
T6	0,18674
T7	0,155466
T8	0,145155
T9	0,112414
T10	0,111985
T11	0,102921
T12	0,088892

#### 4.4 Χιαστί σύνδεσμοι κατά την $x$ και κατά την $y$ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η $y$ ) – επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι και στις δύο διευθύνσεις



Σχήμα 4.5: Προσομοίωμα φορέα

#### 4.4.1 Πίνακες αποτελεσμάτων αρχικής διαστασιολόγησης

**Πίνακας 4.17: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την  $\chi$  και κατά την  $\gamma$  διεύθυνση (κύρια διεύθυνση  $\eta$   $\gamma$ ) – επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι και στις δύο διευθύνσεις**

Δοκοί	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
B1	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	-
B3	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	-
B4	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	-
B5	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	-
B15	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA280
B6	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
B9	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B11	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B13	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
B17	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA280
B14	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280
B7	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B8	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B10	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B12	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B16	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280
B35	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
B31	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
B30	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
B21	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
B20	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
B149	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B32	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B29	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B22	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B19	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B34	HEA240	HEA240	HEA240	HEA240	HEA260	HEA280	HEA200
B27	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
B28	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
B23	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
B18	HEA240	HEA240	HEA240	HEA240	HEA240	HEA280	HEA200
B26	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-
B25	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-
B24	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-

**Πίνακας 4.18: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την  $\chi$  και κατά την  $\gamma$  διεύθυνση (κύρια διεύθυνση  $\eta$   $\gamma$ ) – επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι και στις δύο διευθύνσεις**

Υποστυλώματα	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
C2	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB200	HEB140	HEB120
C3	HEB800	HEB500	HEB360	HEB280	HEB220	HEB180	HEB140
C4	HEB500	HEB340	HEB300	HEB220	HEB180	HEB140	HEB100
C5	HEB500	HEB340	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
C6	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
C7	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140	HEB120

<b>C8</b>	HEB600	HEB400	HEB300	HEB240	HEB200	HEB140	-
<b>C9</b>	HEB360	HEB300	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160	-
<b>C10</b>	HEB600	HEB400	HEB340	HEB280	HEB220	HEB160	HEB120
<b>C11</b>	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
<b>C12</b>	HEB500	HEB400	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
<b>C13</b>	HEB500	HEB400	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
<b>C14</b>	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
<b>C15</b>	HEB600	HEB400	HEB340	HEB280	HEB220	HEB160	HEB120
<b>C16</b>	HEB360	HEB300	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160	-
<b>C17</b>	HEB600	HEB400	HEB300	HEB240	HEB200	HEB140	-
<b>C18</b>	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140	HEB120
<b>C19</b>	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
<b>C20</b>	HEB500	HEB340	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
<b>C21</b>	HEB500	HEB340	HEB300	HEB220	HEB180	HEB140	HEB100
<b>C22</b>	HEB800	HEB500	HEB360	HEB280	HEB220	HEB180	HEB140
<b>C23</b>	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB200	HEB140	HEB120

**Πίνακας 4.19: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η γ) – επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι και στις δύο διευθύνσεις**

Χιαστί - CHS	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>Μπροστά χιαστί στον Χ</b>	168,3x12,5	168,3x12,5	168,3x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5	114,3x10,0
<b>Μπροστά μεσαία χιαστί στον Χ</b>	168,3x12,5	168,3x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5	139,7x10,0	114,3x10,0	101,6x4,0
<b>Πίσω χιαστί στον Χ</b>	168,3x12,5	168,3x12,5	168,3x10,0	139,7x12,5	139,7x12,5	114,3x10,0	101,6x8,0
<b>Μπροστά χιαστί στον Υ</b>	219,1x12,5	193,7x12,5	177,8x12,5	168,3x12,5	168,3x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5
<b>Πίσω χιαστί στον Υ</b>	219,1x12,5	193,7x12,5	177,8x12,5	168,3x12,5	168,3x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5

**Πίνακας 4.20: Δρώσεις ιδιομορφικές μάζες**

Ιδιοπερίοδος	SumUX	SumUY	SumUZ	SumRX	SumRY	SumRZ
<b>T1</b>	0,806461	0,0075	77,008	0	99,6141	0,0105
<b>T2</b>	0,76608	74,4558	77,0186	0	99,6277	97,709
<b>T3</b>	0,56219	76,8698	77,0247	0	99,6368	99,485
<b>T4</b>	0,281971	76,8699	91,9357	0	99,8649	99,4851
<b>T5</b>	0,255138	93,1793	91,9358	0	99,8649	99,8004
<b>T6</b>	0,194541	93,2234	91,9359	0	99,8649	99,8664
<b>T7</b>	0,171518	93,2235	96,2334	0	99,9715	99,8664
<b>T8</b>	0,144821	97,4773	96,2335	0	99,9715	99,9903
<b>T9</b>	0,12444	97,4775	98,2206	0	99,9941	99,9904
<b>T10</b>	0,113309	97,4826	98,223	0	99,9942	99,9905
<b>T11</b>	0,106136	98,8652	98,2232	0	99,9942	99,9929
<b>T12</b>	0,096348	98,8652	99,2146	0	99,9981	99,9929

#### 4.4.2 Ικανοτικός έλεγχος και αποτελέσματα

Πίνακας 4.21: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η γ) – επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι και στις δύο διευθύνσεις							
Δοκοί	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
B1	HEM300	HEM300	HEM300	HEA650	HEA500	HEA360	-
B3	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	-
B4	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	-
B5	HEM300	HEM300	HEM300	HEA650	HEA500	HEA360	-
B15	HEM300	HEM300	HEM300	HEA650	HEA500	HEA360	HEA300
B6	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
B9	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B11	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B13	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
B17	HEM300	HEM300	HEM300	HEA650	HEA500	HEA360	HEA300
B14	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280
B7	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B8	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B10	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B12	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
B16	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280
B35	HEA500	HEA500	HEA400	HEA360	HEA320	HEA300	HEA240
B31	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA400	HEA300	HEA200
B30	HEA500	HEA500	HEA400	HEA360	HEA320	HEA300	HEA240
B21	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA400	HEA300	HEA200
B20	HEA500	HEA500	HEA400	HEA360	HEA320	HEA300	HEA240
B149	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B32	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B29	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B22	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B19	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
B34	HEA500	HEA500	HEA400	HEA360	HEA320	HEA300	HEA240
B27	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
B28	HEA500	HEA500	HEA400	HEA360	HEA300	HEA300	HEA240
B23	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
B18	HEA500	HEA500	HEA400	HEA360	HEA320	HEA300	HEA240
B26	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-
B25	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-
B24	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-

Πίνακας 4.22: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η γ) – επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι και στις δύο διευθύνσεις							
Υποστυλώματα	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
C2	HEB450	HEB360	HEB300	HEB260	HEB260	HEB200	HEB180
C3	HEB800	HEB500	HEB360	HEB300	HEB260	HEB200	HEB180
C4	HEB400	HEB300	HEB280	HEB240	HEB220	HEB180	HEB140



C5	HEB450	HEB340	HEB300	HEB260	HEB220	HEB180	HEB140
C6	HEB650	HEB450	HEB340	HEB280	HEB240	HEB180	HEB140
C7	HEB450	HEB360	HEB340	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160
C8	HEB600	HEB400	HEB300	HEB260	HEB220	HEB180	-
C9	HEB340	HEB300	HEB280	HEB240	HEB180	HEB140	-
C10	HEB900	HEB550	HEB400	HEB320	HEB260	HEB200	HEB160
C11	HEB650	HEB450	HEB340	HEB280	HEB240	HEB180	HEB140
C12	HEB500	HEB400	HEB320	HEB280	HEB240	HEB180	HEB160
C13	HEB500	HEB400	HEB320	HEB280	HEB240	HEB180	HEB160
C14	HEB650	HEB450	HEB340	HEB280	HEB240	HEB180	HEB140
C15	HEB900	HEB550	HEB400	HEB320	HEB260	HEB200	HEB160
C16	HEB340	HEB300	HEB280	HEB240	HEB180	HEB140	-
C17	HEB600	HEB400	HEB300	HEB260	HEB220	HEB180	-
C18	HEB450	HEB360	HEB340	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160
C19	HEB650	HEB450	HEB340	HEB280	HEB240	HEB180	HEB140
C20	HEB450	HEB340	HEB300	HEB260	HEB220	HEB180	HEB140
C21	HEB400	HEB300	HEB280	HEB240	HEB220	HEB180	HEB140
C22	HEB800	HEB500	HEB360	HEB300	HEB260	HEB200	HEB180
C23	HEB450	HEB360	HEB300	HEB260	HEB260	HEB200	HEB180

**Πίνακας 4.22: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η γ) – επιπλέον χιαστί σύνδεσμοι και στις δύο διευθύνσεις**

Χιαστί - CHS	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>Μπροστά χιαστί στον Χ</b>	193,7x16,0	193,7x16,0	193,7x12,5	168,3x12,5	139,7x12,5	139,7x10,0	139,7x10,0
<b>Μπροστά μεσαία χιαστί στον Χ</b>	139,7x16,0	193,7x16,0	193,7x12,5	168,3x12,5	114,3x10,0	139,7x10,0	101,6x8,0
<b>Πίσω χιαστί στον Χ</b>	193,7x16,0	193,7x16,0	193,7x12,5	168,3x12,5	139,7x12,5	114,3x10,0	101,6x8,0
<b>Μπροστά χιαστί στον Υ</b>	244,5x20,0	219,1x20,0	219,1x20,0	219,1x16,0	193,7x16,0	139,7x12,5	139,7x12,5
<b>Πίσω χιαστί στον Υ</b>	244,5x20,0	219,1x20,0	219,1x20,0	219,1x16,0	193,7x16,0	139,7x12,5	139,7x12,5

**Πίνακας 4.23: Ιδιοπερίοδος**

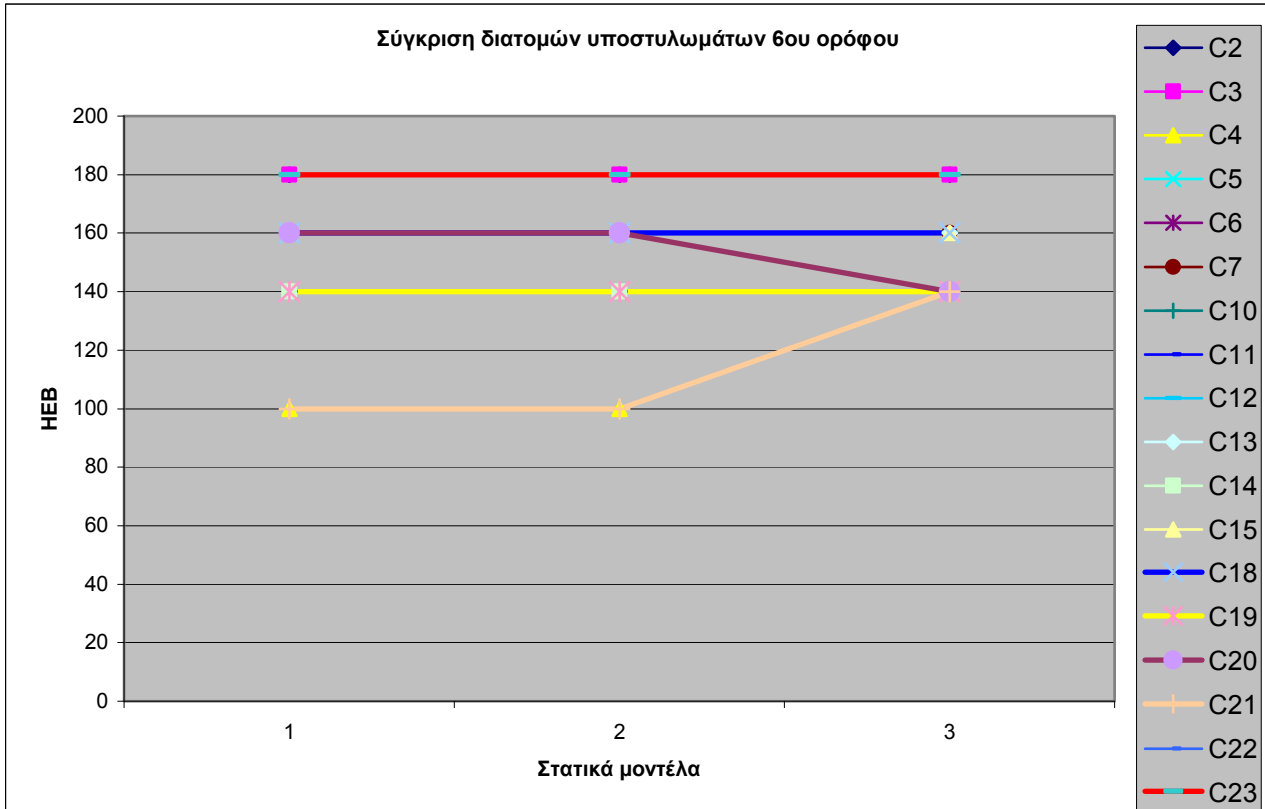
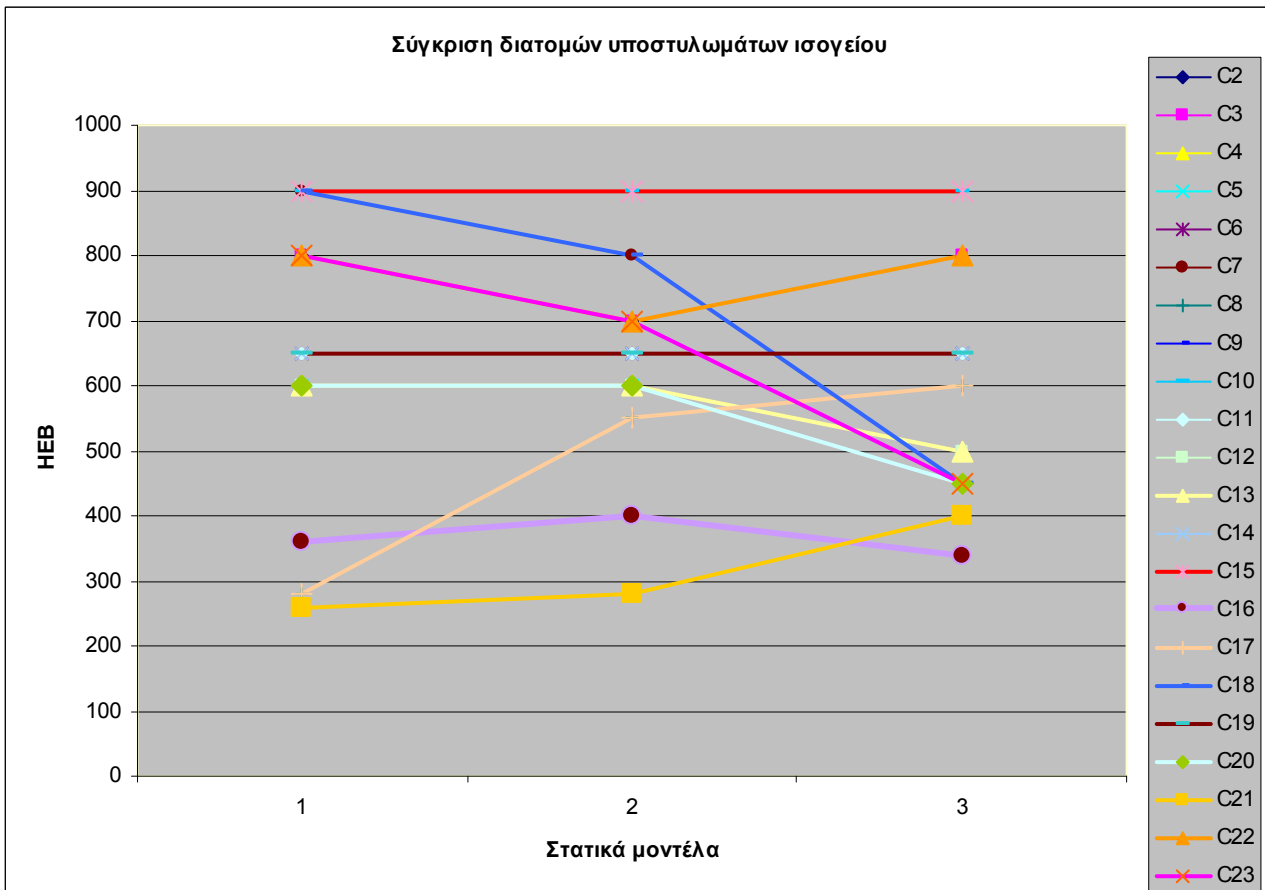
T1	0,712655
T2	0,699955
T3	0,484736
T4	0,24647
T5	0,230501
T6	0,170683
T7	0,148972
T8	0,130236
T9	0,109099
T10	0,098175
T11	0,095756
T12	0,082176

#### 4.5 Σύγκριση αποτελεσμάτων

Παρατηρείται ότι όσο περισσότερο αυξάνεται ο αριθμός των χιαστί συνδέσμων δυσκαμψίας, τόσο αυξάνεται η ακαμψία του κτιρίου, μειώνεται η ιδιοπερίοδος του και οι σχετικές μετακινήσεις των ορόφων του. Ταυτόχρονα διαπιστώνεται η μείωση των διατομών των δοκών, των υποστυλωμάτων και των χιαστί συνδέσμων κυρίως στους κατώτερους ορόφους. Αναμενόμενη είναι η αύξηση των διατομών τόσο των δοκών, όσο και των υποστυλωμάτων που δεν συντρέχουν σε χιαστί συνδέσμους στο πρώτο μοντέλο, αλλά στα επόμενα στατικά συστήματα. Οι παραπάνω παρατηρήσεις φαίνονται και στα δύο επόμενα διαγράμματα, όπου εμφανίζονται συγκριτικά οι διατομές των υποστυλωμάτων και των τριών μοντέλων του ισογείου και του 6<sup>ου</sup> ορόφου.

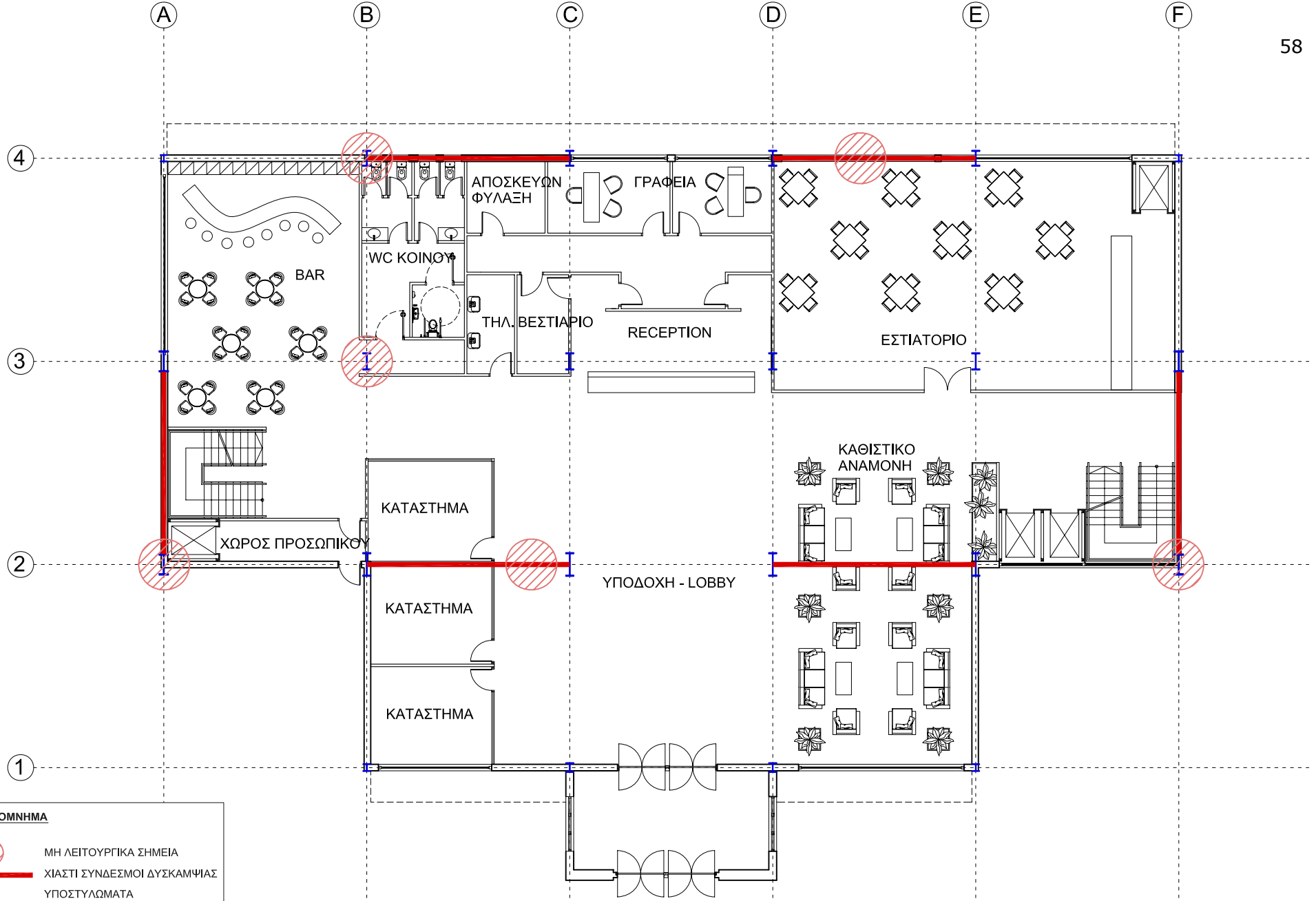
Πίνακας 4.24: Ιδιοπερίοδοι			
Ιδιοπερίοδος	1ο μοντέλο	2ο μοντέλο	3ο μοντέλο
T1	0,864791	0,763358	0,712655
T2	0,763428	0,760623	0,699955
T3	0,534002	0,572649	0,484736
T4	0,293067	0,258828	0,24647
T5	0,252212	0,252724	0,230501
T6	0,179629	0,18674	0,170683
T7	0,162933	0,155466	0,148972
T8	0,146577	0,145155	0,130236
T9	0,12512	0,112414	0,109099
T10	0,111187	0,111985	0,098175
T11	0,100108	0,102921	0,095756
T12	0,094689	0,088892	0,082176





#### **4.6 Στατικά μοντέλα και λειτουργικότητα**

Περνώντας από τη στατική στην αρχιτεκτονική επεξεργασία του κτιρίου προκύπτουν ορισμένα ζητήματα λειτουργίας του χώρου και του τρόπου κατασκευής. Το πρώτο και πλέον σημαντικό θέμα είναι εκείνο της θέσης των χιαστί συνδέσμων σε σχέση με την κάτοψη. Δεσμευτικές για το σχεδιασμό του ξενοδοχείου είναι οι προδιαγραφές του Ε.Ο.Τ. βάσει των οποίων ορίζονται οι διαστάσεις των δωματίων και των κυρίων χώρων, το πλήθος των σουιτών και των τρίκλινων. Πιο συγκεκριμένα οι σουίτες και τα τρίκλινα δεν μπορούν να ξεπερνούν το 25% του συνόλου των δωματίων το καθένα. Με βάση αυτό και την ύπαρξη χιαστί συνδέσμων σε όλους τους ορόφους ορίστηκε μέγιστος αριθμός σουιτών 3 σε κάθε όροφο και επιχειρήθηκε η τοποθέτησή τους στις ίδιες θέσεις καθ' ύψος. Ταυτόχρονα και για λόγους τυποποίησης ο κυρίως χώρος των δίκλινων δωματίων προσαυξήθηκε κατά 20% ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως τρίκλινα. Ο συγκερασμός της στατικής και αρχιτεκτονικής μελέτης για τη περίπτωση του πρώτου μοντέλου οδηγεί στα παρακάτω σχέδια.



**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

- ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ
- ΧΙΑΣΤΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ
- ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

# ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

κλίμακα 1:200

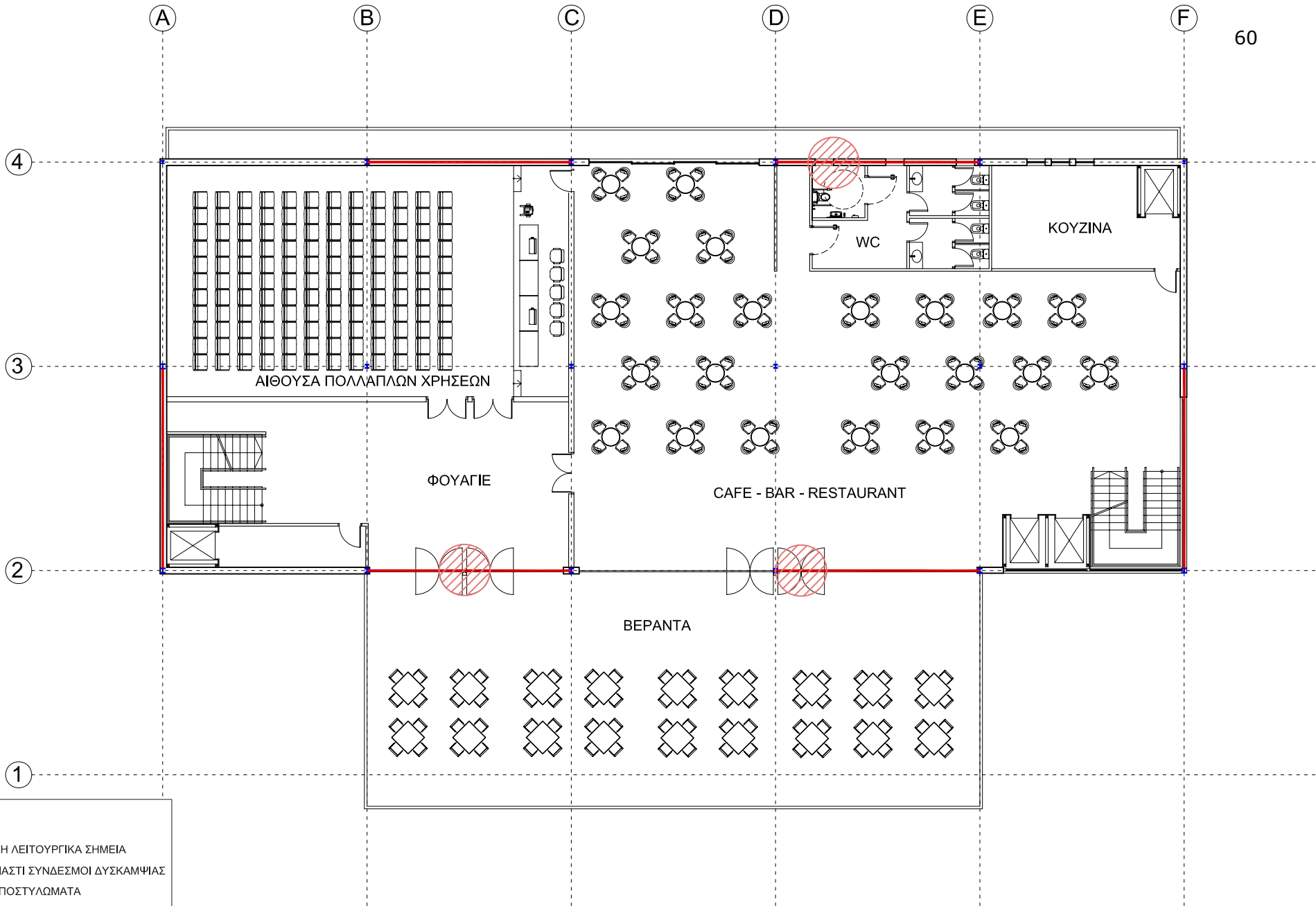
Πρόταση στατικού φορέα 1  
 Χιαστί και στις δύο διευθύνσεις (κύριος άξονας γ)



# ΚΑΤΟΨΗ ΤΥΠΙΚΟΥ ΟΡΟΦΟΥ

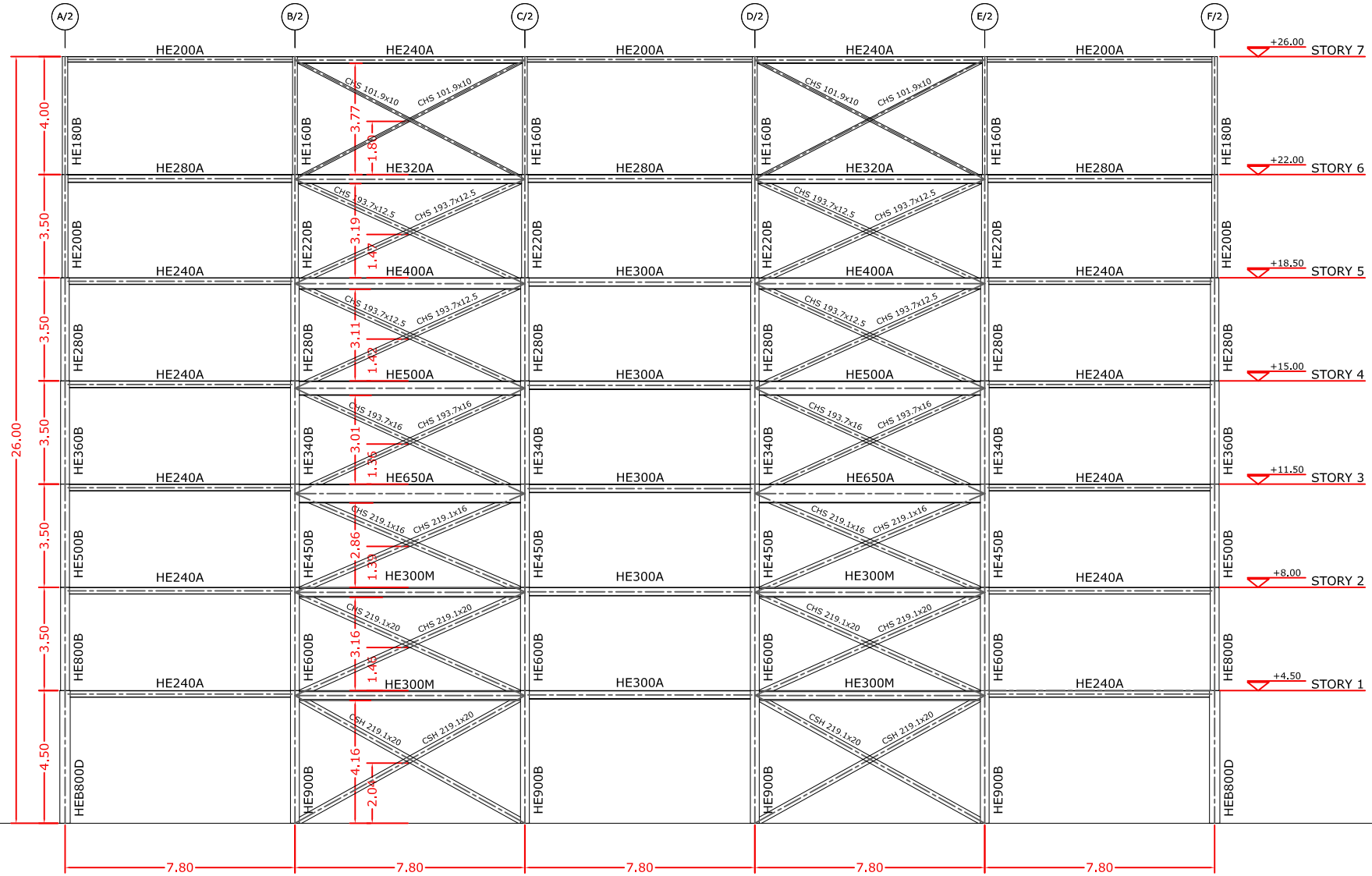
κλίμακα 1:200

Πρόταση στατικού φορέα 1  
 Χιαστί και στις δύο διευθύνσεις (κύριος άξονας γ)



Πρόταση στατικού φορέα 1  
 Χιαστί και στις δύο διευθύνσεις (κύριος άξονας γ)

**ΚΑΤΟΨΗ 6ου ΟΡΟΦΟΥ**  
 κλίμακα 1:200



# ΤΟΜΗ ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ 2

κλίμακα 1:200

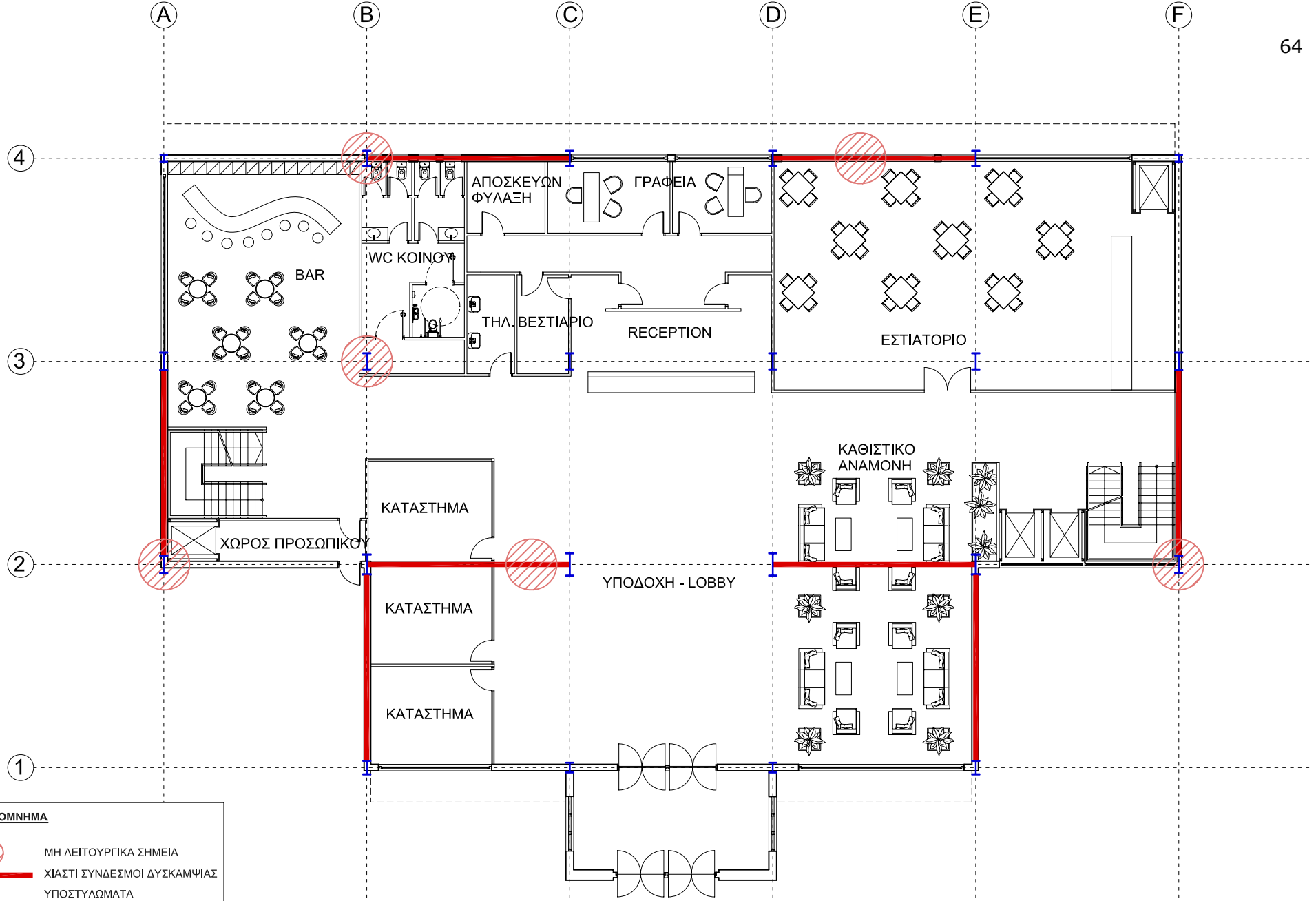
Πρόταση στατικού φορέα 1  
Χιαστί και στις δύο διευθύνσεις (κύριος άξονας y)

Όπως γίνεται φανερό υπάρχουν σημεία του στατικού μοντέλου που δεν είναι συμβατά με τη λειτουργία του χώρου. Καταρχήν το περίγραμμα του κτιρίου θα πρέπει να ενσωματώσει το χώρο που καταλαμβάνουν τα υποστυλώματα. Η αξονική τοποθέτηση τόσο των τοίχων στο αρχιτεκτονικό σχέδιο, όσο και των υποστυλωμάτων δημιουργεί απόκλιση, η οποία θα πρέπει να αντιμετωπιστεί. Συνήθως λόγω περιορισμού των ορίων του οικοπέδου και των διαθέσιμων τετραγωνικών ο στατικός κάρναβος μετακινείται ώστε να συμπέσουν σωστά τα δύο παραπάνω στοιχεία ( τοίχοι – υποστυλώματα) με αποτέλεσμα να χάνεται ελεύθερος χώρος από την κάτοψη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν υπάρχει περιορισμός, οπότε η εξωτερική πλήρωση του κτιρίου θα προσαρμοστεί με τα υποστυλώματα, αλλά και τους χιαστί συνδέσμους.




Παρατηρείται τόσο στο ισόγειο, όσο και στους υπόλοιπους ορόφους η ακύρωση κάποιων ανοιγμάτων εξαιτίας της θέσης των χιαστί συνδέσμων. Σε ορισμένες περιπτώσεις ( παράθυρα ισογείου – θύρες 6<sup>ου</sup> ορόφου ) το πρόβλημα επιλύεται εύκολα είτε με μετακίνησή τους, αν αυτό είναι εφικτό είτε με τοποθέτηση του χιαστί στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας. Το πρόβλημα όμως παραμένει εκεί που χρειάζεται μπαλκονόπορτα στα δωμάτια. Σε αυτή την περίπτωση επιχειρήθηκε να τοποθετηθούν οι σουίτες με τέτοιο τρόπο ώστε να έχουν τουλάχιστον μια θέση για μπαλκονόπορτα. Ο περιορισμός όμως του αριθμού τους ανά όροφο δεν επιτρέπει την πλήρη επίλυση του προβλήματος (σχέδιο τυπικού ορόφου). Το ίδιο ισχύει και για την ύπαρξη των χιαστί στον άξονα 2, αφού δεν είναι εφικτή η είσοδος στα αντίστοιχα δωμάτια (σχέδιο τομής – κάτοψη τυπικού ορόφου). Αν το ύψος του κάθε ορόφου ήταν μεγαλύτερο οι δυνατότητες επίλυσης θα ήταν περισσότερες. Θα πρέπει να τονιστεί ακόμα η σημασία του ύψους των δοκών των ορόφων, που όπως φαίνεται και στις τομές καθορίζουν το τελικό ελεύθερο ύψος των ορόφων. Σε συνδυασμό με την διέλευση πιθανών ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων το ύψος της ψευδοροφής μπορεί να καταστεί απαγορευτικό για τη λειτουργία του ξενοδοχείου.

Τα δύο επόμενα στατικά συστήματα που διερευνήθηκαν οδηγούν, όπως έχει προαναφερθεί, σε μειωμένες διατομές δοκών, υποστυλωμάτων και χιαστί συνδέσμων, γεγονός που είναι επιθυμητό για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Αντιθέτως η τοποθέτηση επιπλέον χιαστί συνδέσμων οδηγεί σε περαιτέρω προβλήματα όμοια με αυτά που αναλύθηκαν παραπάνω.





**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

-  ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ
-  ΧΙΑΣΤΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ
-  ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

# ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

κλίμακα 1:200

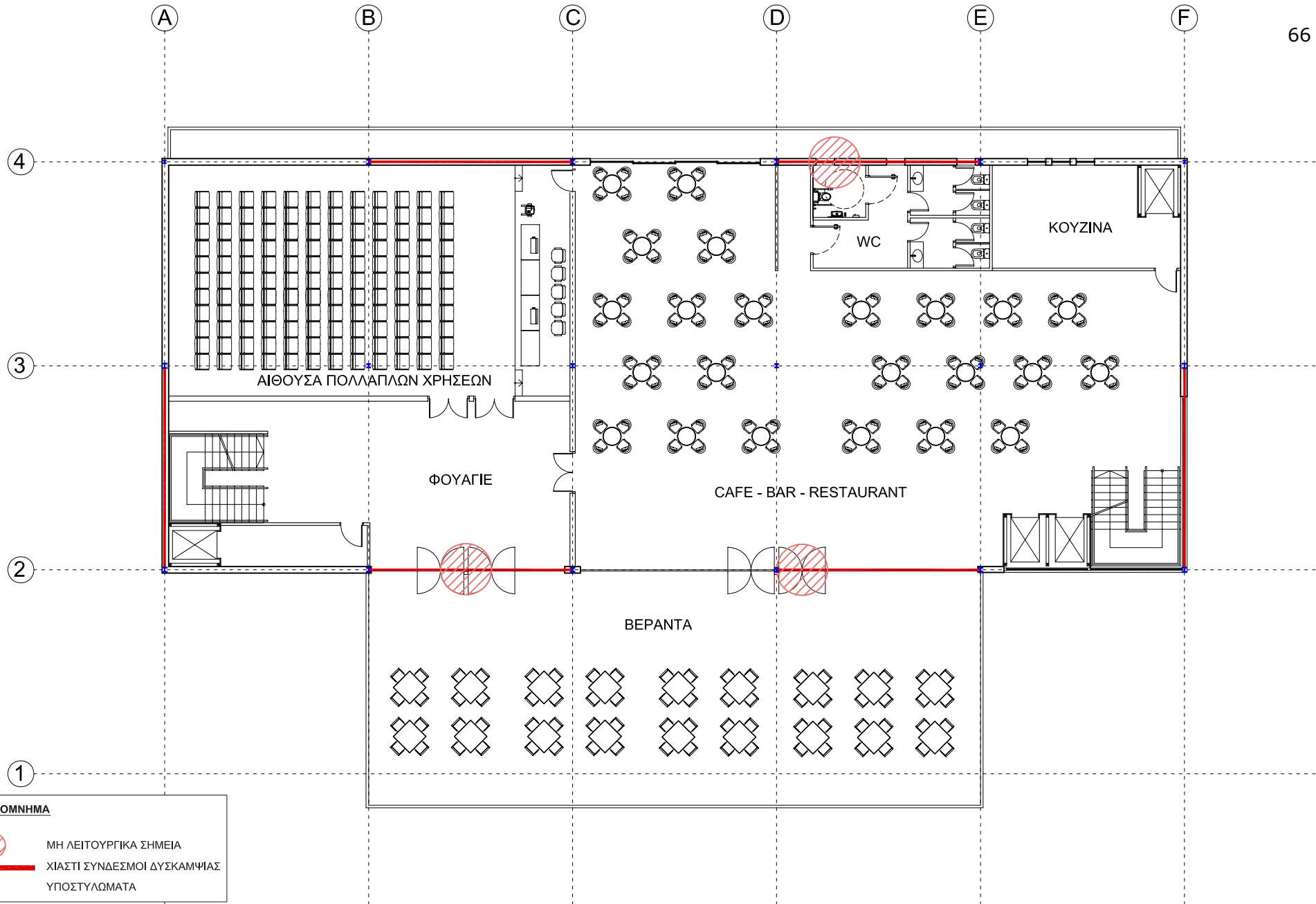
Πρόταση στατικού φορέα 2  
 Χιαστί και στις δύο διευθύνσεις (επιπλέον χιαστί στον κύριο y άξονα)



# ΚΑΤΟΨΗ ΤΥΠΙΚΟΥ ΟΡΟΦΟΥ

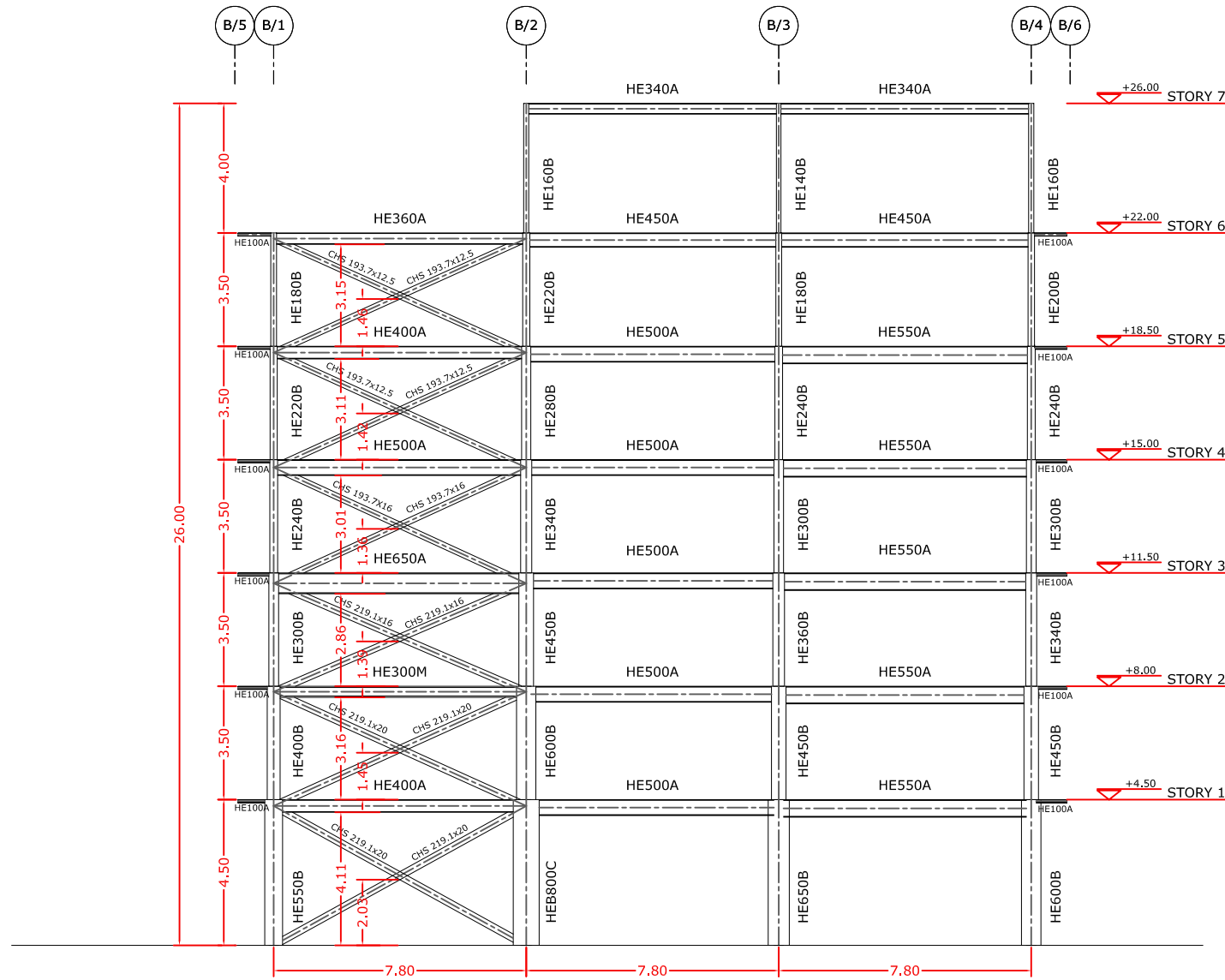
κλίμακα 1:200

Πρόταση στατικού φορέα 2  
 Χιαστί και στις δύο διευθύνσεις (επιπλέον χιαστί στον κύριο γ άξονα)



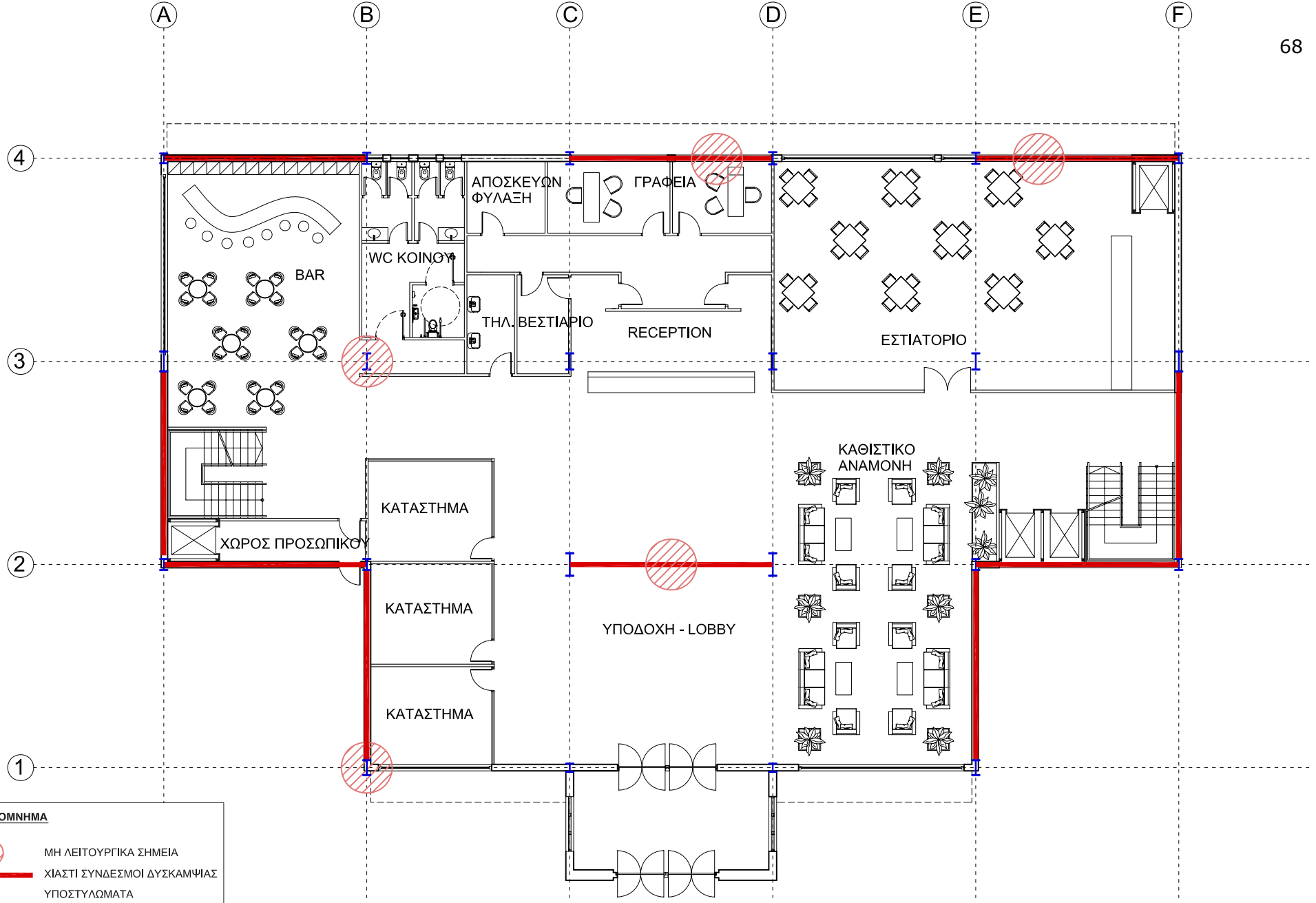
Πρόταση στατικού φορέα 2  
 Χιαστί και στις δύο διευθύνσεις (επιπλέον χιαστί στον κύριο γ άξονα)

**ΚΑΤΟΨΗ 6ου ΟΡΟΦΟΥ**  
 κλίμακα 1:200



Πρόταση στατικού φορέα 2  
Χιαστί και στις δύο διευθύνσεις (επιπλέον χιαστί στον κύριο γ άξονα)

**ΤΟΜΗ ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ Β**  
κλίμακα 1:200



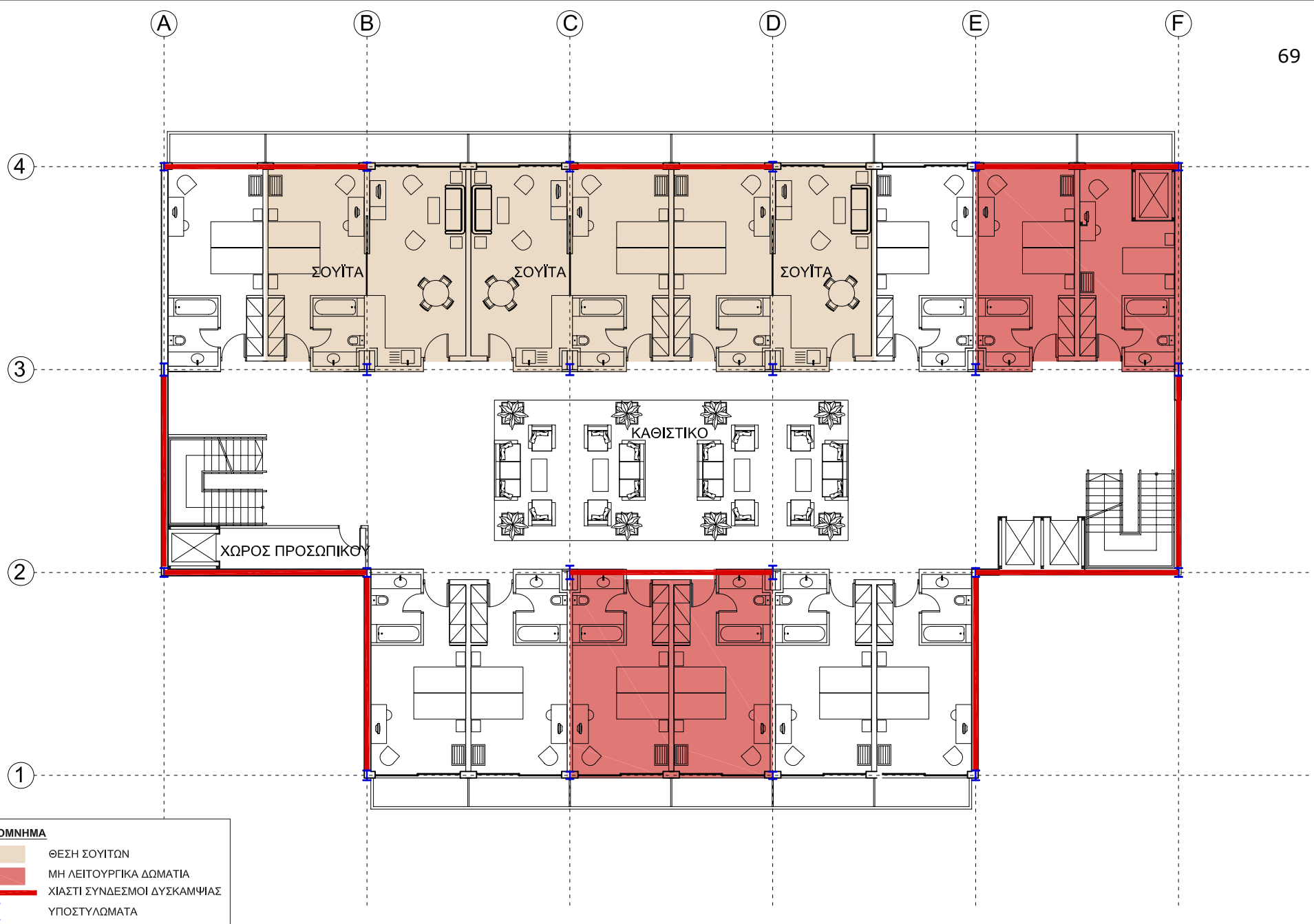
**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

- ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ
- ΧΙΑΣΤΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ
- ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

# ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

κλίμακα 1:200

Πρόταση στατικού φορέα 3  
 Χιαστί και στις δύο διευθύνσεις (επιπλέον χιαστί και στον x και στον y άξονα)

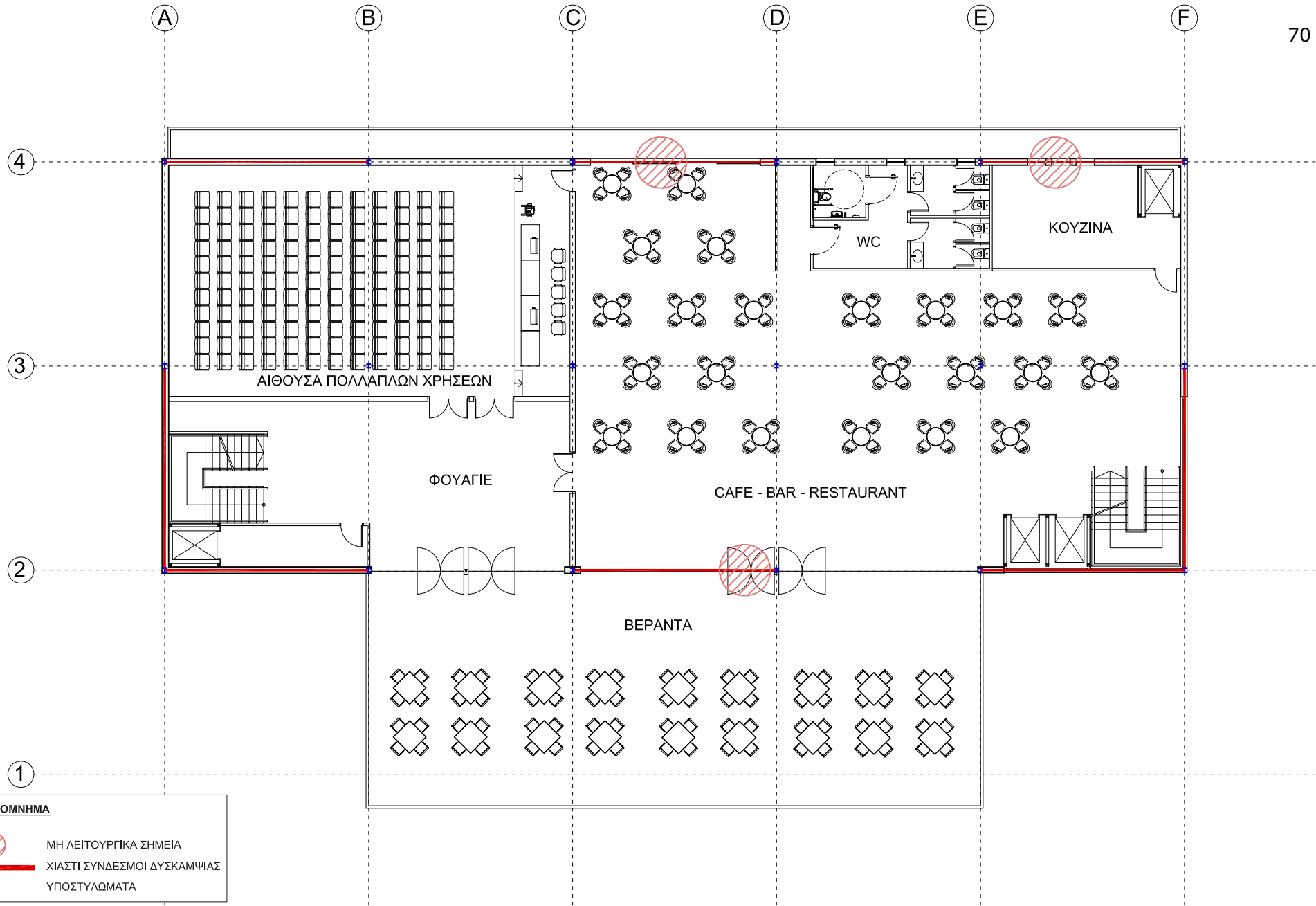


Πρόταση στατικού φορέα 3

Χιαστί και στις δύο διευθύνσεις (επιπλέον χιαστί και στον x και στον y άξονα)

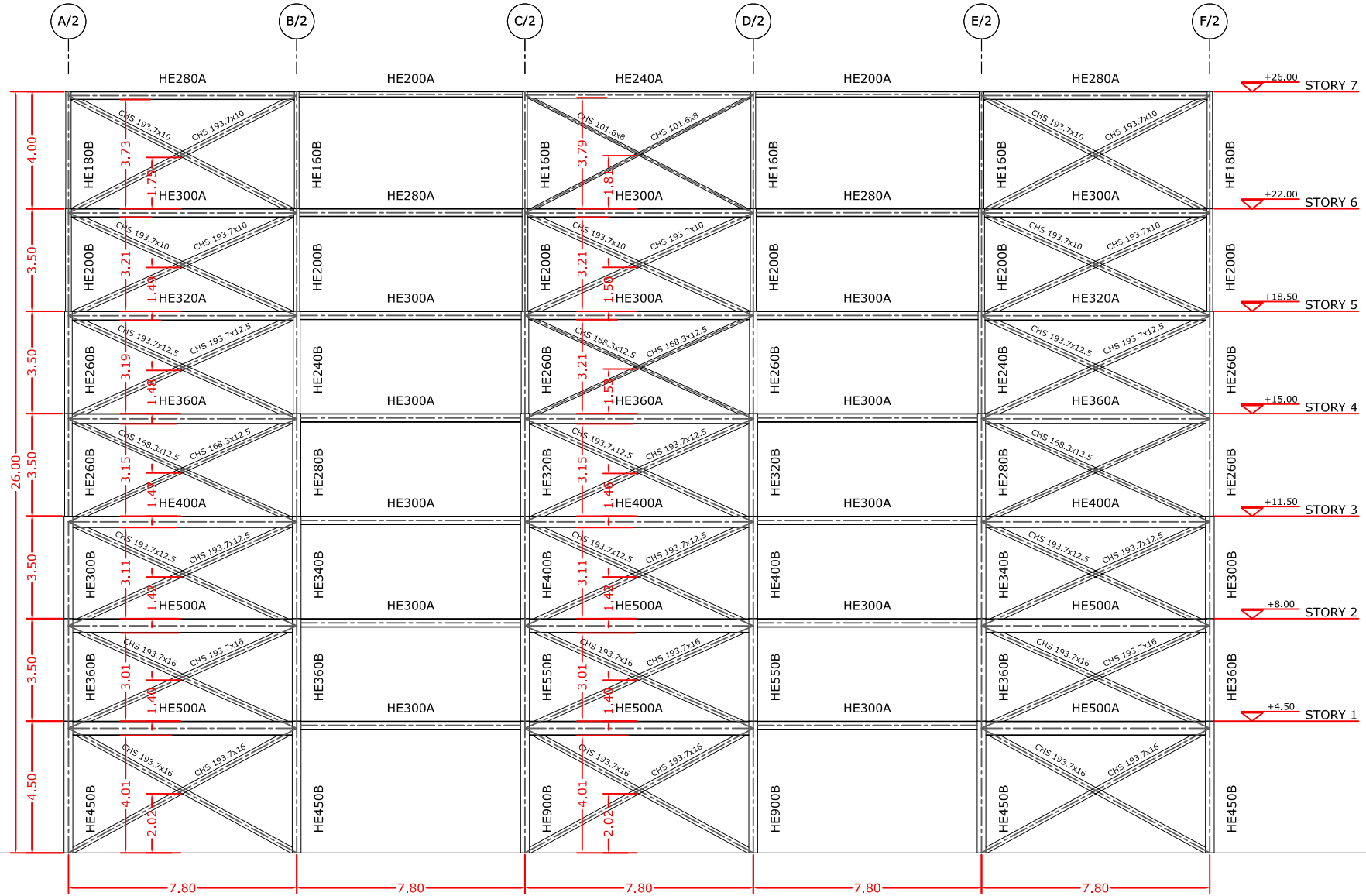
# ΚΑΤΟΨΗ ΤΥΠΙΚΟΥ ΟΡΟΦΟΥ

κλίμακα 1:200



Πρόταση στατικού φορέα 3  
 Χιαστί και στις δύο διευθύνσεις (επιπλέον χιαστί και στον x και στον y άξονα)

**ΚΑΤΟΨΗ 6ου ΟΡΟΦΟΥ**  
 κλίμακα 1:200

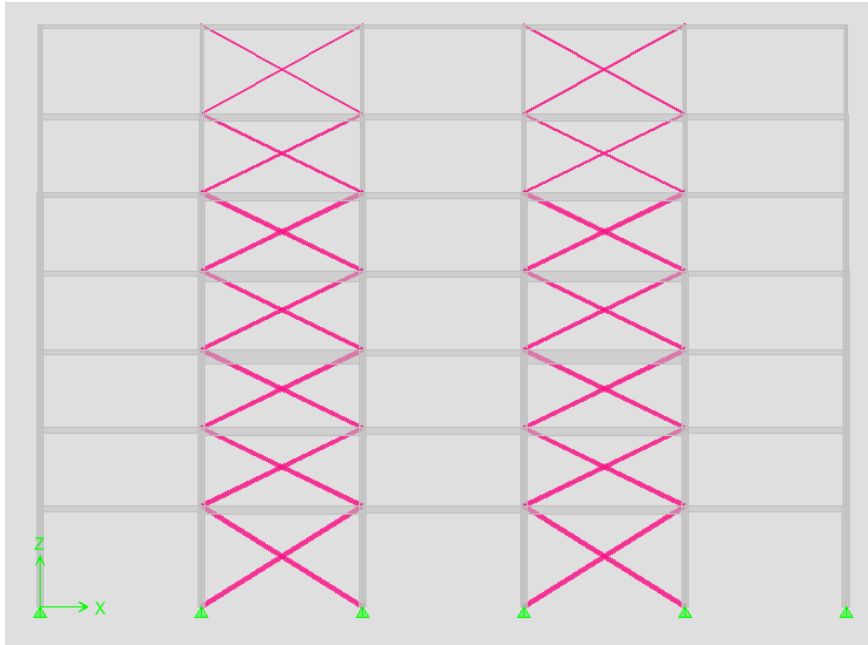


# ΤΟΜΗ ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ 2

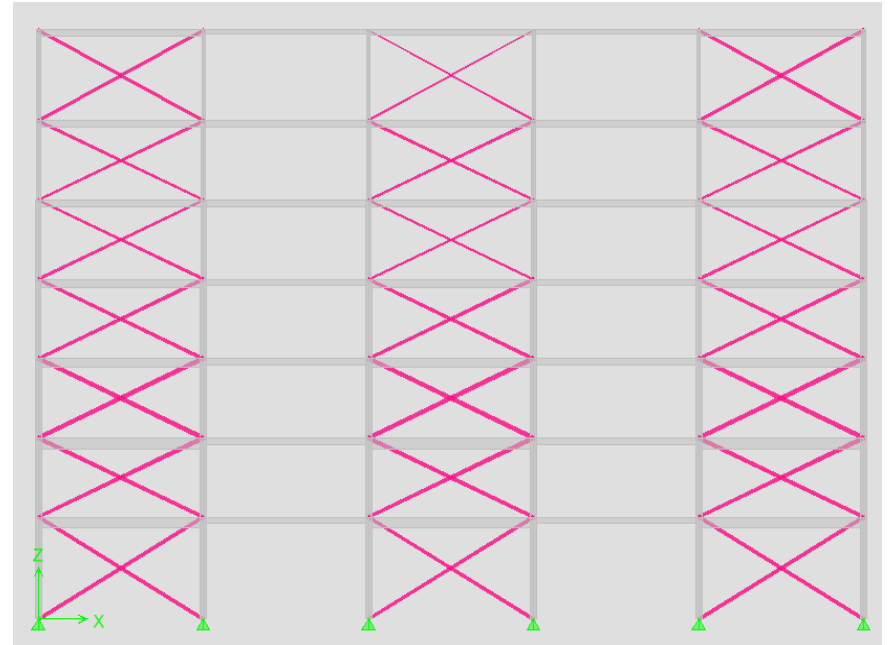
κλίμακα 1:200

Πρόταση στατικού φορέα 3  
 Χιαστί και στις δύο διευθύνσεις (επιπλέον χιαστί και στον x και στον y άξονα)

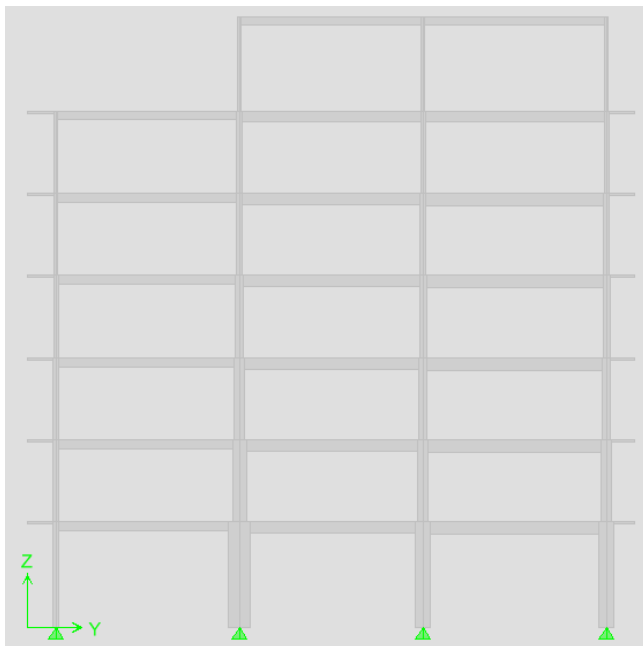




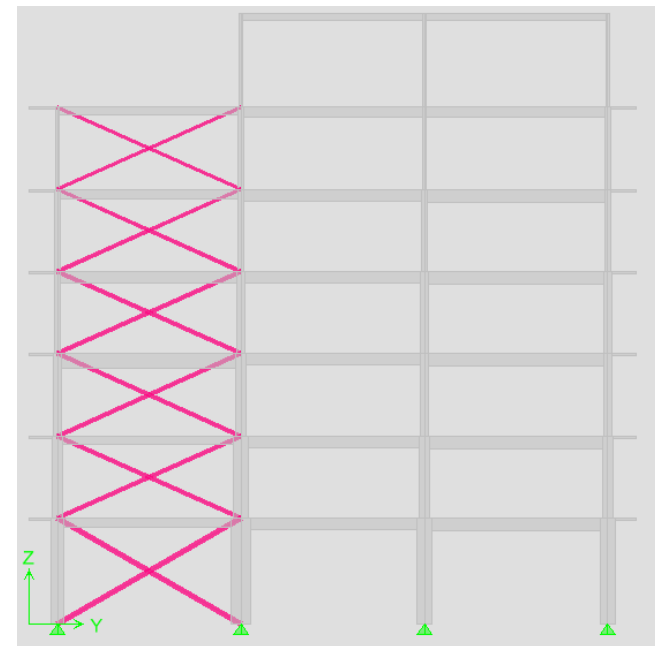
Στατικό μοντέλο 1 τομή στον άξονα 2



Στατικό μοντέλο 3 τομή στον άξονα 2



Στατικό μοντέλο 1 τομή στον άξονα B



Στατικό μοντέλο 2 τομή στον άξονα B

Επιχειρήθηκε αναδιάταξη των δωματίων στην κάτοψη του τυπικού ορόφου προκειμένου να μειωθεί ο αριθμός των δυσμενών διελεύσεων, κυρίως στο τρίτο στατικό μοντέλο. Παρ' όλα αυτά δεν επετεύχθη η πλήρης επίλυση του προβλήματος. Στο τελευταίο στατικό σύστημα (σχέδιο κάτοψης ισογείου) παρουσιάστηκε ένα επιπλέον ζήτημα. Ο κεντρικός χιαστί σύνδεσμος του άξονα 2 έχει πολύ μικρή απόσταση από την κεντρική είσοδο του ξενοδοχείου. Σύμφωνα με τις διατάξεις του κανονισμού θα πρέπει από την είσοδο και για 10 τουλάχιστον μέτρα να μην υπάρχει οποιοδήποτε στατικό ή μη εμπόδιο. Η απόσταση μέχρι το χιαστί σύνδεσμο είναι 7.80(m) όσο και το άνοιγμα του στατικού καννάβου, γεγονός που καθιστά τη λύση αυτή μη αποδεκτή. Έτσι λοιπόν η συγκεκριμένη επίλυση θα πρέπει να απορριφθεί, παρόλο που από στατικής άποψης δίνει την καλύτερη λύση και από τις τρεις (διατομές, ακαμψία, μετακινήσεις).

Γίνεται πλέον αντιληπτό ότι τόσο το στατικό σύστημα, όσο και ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός θα πρέπει να εξεταστούν περαιτέρω. Στο επόμενο κεφάλαιο εξετάζονται περιπτώσεις με πλαισιακή λειτουργία στην κύρια διεύθυνση του φορέα και χιαστί συνδέσμους στη δευτερεύουσα.

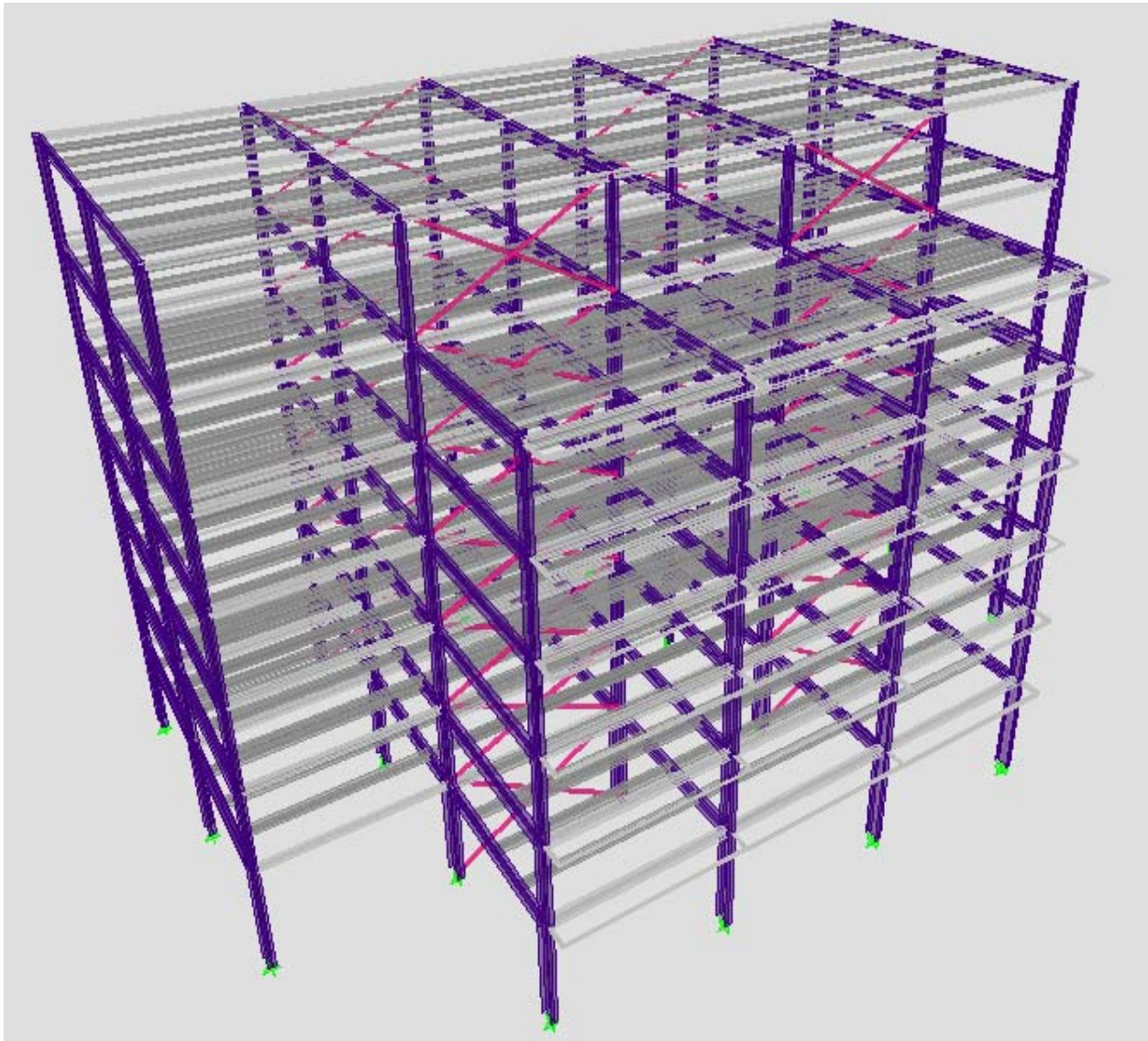
## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ ΜΕ ΠΛΑΙΣΙΑΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΗ ΜΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ**

### **5.1 Γενικά**

Τα πλαίσια λειτουργούν μέσω κάμψης των υποστυλωμάτων και των δοκών. Έτσι κυρίαρχη σημασία έχει η διαμόρφωση των κόμβων δοκών – υποστυλωμάτων, μέσω των οποίων γίνεται η μεταφορά των ροπών από τις δοκούς στα υποστυλώματα, ως κόμβων ροπής. Πιο συχνά βέβαια προτιμώνται οι απλούστερες στην κατασκευή και οικονομικότερες συνδέσεις τέμνουσας (απλές συνδέσεις), με την πλευρική ευστάθεια του φορέα να εξασφαλίζεται με την κατάλληλη διάταξη κατακορύφων συνδέσμων ή τοιχωμάτων. Τα πλαίσια είναι ορθότερο να διατάσσονται στην κύρια διεύθυνση του φορέα, καθώς έτσι αποφεύγεται η δημιουργία μεγαλύτερων και δυσκολότερα εφαρμόσιμων κόμβων κατά τη δευτερεύουσα διεύθυνση. Στην προκειμένη περίπτωση επιλέγεται μικτό σύστημα, όπου στη μία διεύθυνση υπάρχουν πλαίσια και στην άλλη κατακόρυφοι σύνδεσμοι. Η πλαίσιακή λειτουργία συμπίπτει με την κύρια διεύθυνση της κατασκευής και οι διαφορές που προκύπτουν από την επιλογή της κύριας διεύθυνσης εξετάζονται σε αυτό το κεφάλαιο.

### **5.2 Πλαίσιο στην (κύρια) $\gamma$ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την $\chi$ διεύθυνση.**

Στο στατικό μοντέλο που εξετάζεται τοποθετήθηκαν χιαστί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα κατά την  $\chi$  διεύθυνση και πλαίσιο κατά την κύρια  $\gamma$  διεύθυνση. Η τοποθέτηση των συνδέσμων έγινε στους άξονες 2 και 4 όμοια με το πρώτο στατικό σύστημα που μελετήθηκε και που αρχιτεκτονικά πλησιάζει περισσότερο το επιθυμητό (λιγότεροι χιαστί σύνδεσμοι σε εισόδους δωματίων). Η διάταξη του φορέα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



**Σχήμα 5.1 Προσομοίωμα φορέα**

### **5.2.1 Προσομοίωση φορέα**

Για την προσομοίωση του φορέα έγιναν οι εξής παραδοχές:

- Η κατασκευή εδράζεται στο έδαφος μέσω πακτώσεων στην κύρια  $y$  διεύθυνση (πλαισιακή λειτουργία) και μέσω αρθρώσεων στη δευτερεύουσα διεύθυνση  $x$  (εφόσον εκεί υπάρχουν χιαστί σύνδεσμοι).
- Το μήκος λυγισμού των συνδέσμων είναι ίσο με  $0,5L$  (όπου  $L$  το μήκος τους), καθώς θεωρείται ότι συνδέονται στο μέσον τους.
- Ορίστηκαν ελευθερώσεις στα άκρα των συνδέσμων, ώστε να παραλαμβάνουν μόνο αξονική δύναμη.

- Το μήκος λυγισμού των υποστυλωμάτων κατά την κύρια διεύθυνση ορίστηκε ίσο με  $0.65L$ , ενώ κατά τη δευτερεύουσα είναι ίσο με  $L$  όπως έχει ήδη αναφερθεί.
- Οι κύριες δοκοί στην κύρια διεύθυνση (κεφαλοδοκοί) συνδέονται με τα υποστυλώματα με άκαμπτους κόμβους ροπής, ενώ κατά τη δευτερεύουσα διεύθυνση συνδέονται αρθρωτά με τα υποστυλώματα.
- Το φάσμα σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκε στην κύρια  $y$  διεύθυνση φαίνεται στο σχήμα 2.5 και εκείνο της δευτερεύουσας  $X$  διεύθυνσης στο σχήμα 2.6
- Σε κάθε όροφο ορίστηκε διάφραγμα.
- Η αρχική διαστασιολόγηση των μελών του φορέα έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος και με βάση τη διαδικασία που περιγράφηκε στα κεφάλαια 4 και 5.

### **5.2.2 Πίνακες αποτελεσμάτων αρχικής διαστασιολόγησης**

Ακολουθώς παρατίθενται οι πίνακες των διατομών του φορέα που προέκυψαν από τους αντίστοιχους υπολογισμούς.





**Πίνακας 5.2: Πλαίσιο στην (κύρια) y διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ διεύθυνση**

Υποστυλώματα	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>C2</b>	HEB260	HEB240	HEB240	HEB200	HEB200	HEB200	HEB200
<b>C3</b>	HEB650	HEB300	HEB300	HEB280	HEB240	HEB240	HEB180
<b>C4</b>	HEB300	HEB280	HEB260	HEB240	HEB240	HEB240	HEB160
<b>C5</b>	HEB800D*	HEB800	HEB500	HEB400	HEB320	HEB280	HEB220
<b>C6</b>	HEB800	HEB500	HEB500	HEB400	HEB360	HEB280	HEB220
<b>C7</b>	HEB800C*	HEB550	HEB450	HEB400	HEB320	HEB240	HEB220
<b>C8</b>	HEB300	HEB300	HEB260	HEB260	HEB220	HEB220	-
<b>C9</b>	HEB400	HEB400	HEB340	HEB320	HEB280	HEB240	-
<b>C10</b>	HEB800C*	HEB550	HEB450	HEB400	HEB320	HEB240	HEB220
<b>C11</b>	HEB800	HEB500	HEB500	HEB400	HEB360	HEB280	HEB200
<b>C12</b>	HEB800D*	HEB800	HEB500	HEB400	HEB320	HEB280	HEB220
<b>C13</b>	HEB800D*	HEB800	HEB500	HEB400	HEB320	HEB280	HEB220
<b>C14</b>	HEB650	HEB500	HEB500	HEB400	HEB360	HEB280	HEB200
<b>C15</b>	HEB800C*	HEB550	HEB450	HEB400	HEB320	HEB240	HEB220
<b>C16</b>	HEB400	HEB400	HEB340	HEB320	HEB280	HEB240	-
<b>C17</b>	HEB300	HEB300	HEB260	HEB260	HEB220	HEB220	-
<b>C18</b>	HEB800C*	HEB550	HEB450	HEB400	HEB320	HEB240	HEB220
<b>C19</b>	HEB800	HEB500	HEB500	HEB400	HEB360	HEB280	HEB220
<b>C20</b>	HEB000D*	HEB800	HEB500	HEB400	HEB320	HEB280	HEB220
<b>C21</b>	HEB300	HEB280	HEB260	HEB240	HEB240	HEB240	HEB160
<b>C22</b>	HEB650	HEB300	HEB300	HEB280	HEB240	HEB240	HEB180
<b>C23</b>	HEB260	HEB240	HEB240	HEB200	HEB200	HEB200	HEB200

\* Συγκολλητή διατομή

**Πίνακας 5.3: Πλαίσιο στην (κύρια) y διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ διεύθυνση**

Χιαστί - CHS	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>Μπροστά χιαστί στον Χ</b>	193,7x8,0	177,8x10,0	177,8x10,0	168,3x8,0	139,7x8,0	168,3x5,0	168,3x5,0
<b>Πίσω χιαστί στον Χ</b>	193,7x16,0	193,7x12,5	177,8x12,5	168,3x12,5	177,8x8,0	168,3x6,3	168,3x5,0



Πίνακας 5.4: Δρώσεις ιδιομορφικές μάζες							
Ιδιοπερίοδος	SumUX	SumUY	SumUZ	SumRX	SumRY	SumRZ	
T1	1,695362	0,001	74,1241	0	99,1022	0,0011	0,0081
T2	1,239213	13,6271	74,1316	0	99,1139	16,3391	63,4433
T3	0,797285	77,1173	74,1316	0	99,114	99,4607	75,3061
T4	0,690032	77,1177	83,8801	0	99,3724	99,461	75,3063
T5	0,444446	78,369	85,7114	0	99,455	99,4745	84,3338
T6	0,440938	78,9593	89,8602	0	99,6421	99,479	88,3199
T7	0,292373	79,8815	93,3337	0	99,8151	99,5053	88,3638
T8	0,290914	93,2134	93,5717	0	99,8269	99,8857	89,3236
T9	0,253333	93,4678	93,5733	0	99,827	99,8925	94,3148
T10	0,201283	93,4703	96,2152	0	99,9175	99,8925	94,318
T11	0,196015	94,4351	96,2242	0	99,9179	99,8931	94,9263
T12	0,162738	95,4689	96,2244	0	99,9179	99,9545	97,1881

### 5.2.3 Ικανοτικός έλεγχος και αποτελέσματα

Στη δευτερεύουσα διεύθυνση όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο τα οριζόντια φορτία απορροφώνται από τις διαγώνιους των συνδέσμων, που μπορούν να αναπτύξουν σημαντικές πλαστικές παραμορφώσεις. Ο έλεγχος αντοχής των επιλεγμένων (πίνακας 5.3) διατομών των διαγωνίων συνδέσμων έναντι της μέγιστης αξονικής έγινε με τη διαδικασία που αναλύθηκε στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Στους πλαισιωτούς φορείς πρέπει να προβλέπεται επαρκής υπεραντοχή των τμημάτων του φορέα, ποθ προορίζονται να παραμείνουν στην ελαστική περιοχή, ώστε να εξασφαλίζεται ο περιορισμός της διαρροής στις περιοχές των πλαστικών αρθρώσεων. Οι πλαστικές αρθρώσεις δεν πρέπει να συγκεντρώνονται στα άκρα των υποστυλωμάτων του ίδιου ορόφου (αποφυγή σχηματισμού μαλακού ορόφου), αλλά θα πρέπει να δημιουργούνται στα άκρα των δοκών (επαρκής τοπική πλαστιμότητα). Πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η διαρροή θα γίνει με τον προβλεπόμενο πλάστιμο τρόπο (εφελκυσμός του συνόλου της διατομής, διαρροή πελμάτων σε κάμψη, διαρροή του κορμού σε διάτμηση).

Οι δοκοί ελεγχονται έναντι πλευρικού καμπτικού λυγισμού, θεωρώντας ότι στο ένα άκρο έχει αναπτυχθεί καμπτική πλαστική άρθρωση. Για να εξασφαλιστεί η

ελάχιστη απαιτούμενη αντοχή και επαρκής πλαστιμότητα στροφής στις θέσεις των πλαστικών αρθρώσεων πρέπει να ικανοποιούνται οι ακόλουθες συνθήκες:

$$M_s / M_{pd} \leq 1$$

$$N_s / N_{pd} \leq 0.15$$

$$(V_0 + V_M) / V_{pd} \leq 0.50$$

όπου:

$M_s$  : η μέγιστη ροπή από τους σεισμικούς συνδυασμούς.

$N_s$  : η αντίστοιχη αξονική δύναμη.

$M_{pd}$ ,  $N_{pd}$ ,  $V_{pd}$  : οι οριακές υπολογιστικές αντοχές ροπής αξονικής και τέμνουσας της διατομής στη θέση πλαστικής άρθρωσης.

$V_0$  : η τέμνουσα της δοκού θεωρούμενης ως αμφιερείστου στη θέση πλαστικής άρθρωσης.

$V_M = (M_{RA} + M_{RB}) / \ell$  : η τέμνουσα που αντιστοιχεί στην οριακή καμπτική αντοχή των άκρων της δοκού.

Τα υποστυλώματα ελέγχονται σε κάμψη και αξονική δύναμη με βάση τη ροπή ικανοτικού σχεδιασμού:

$$M_{CD,c} = \alpha_{cd} \cdot M_{Ec}$$

όπου ο συντελεστής  $\alpha_{cd}$  (συντελεστής ικανοτικής μεγέθυνσης του κόμβου)

είναι κοινός για το υπερκείμενο και υποκείμενο υποσύλωμα και ισούται με:

$$\alpha_{cd} = \gamma_{Rd} \cdot \Sigma M_{Rd} / |\Sigma M_{Eb}|$$

όπου:

$\Sigma M_{Rd}$  : το άθροισμα τελικών ροπών αντοχής των δοκών του κόμβου του πλαισίου, με την φορά που ενεργοποιούνται από τη σεισμική δράση που προκαλεί τη ροπή  $M_{Ec}$ .

$\Sigma M_{Eb}$  : το άθροισμα των ροπών των ίδιων δοκών, όπως προκύπτουν από την ανάλυση για την ίδια σεισμική δράση που προκαλεί την ροπή  $M_{Ec}$ .

και  $\gamma_{Rd} = 1.40$

Η δυσμενέστερη τέμνουσα του υποστυλώματος από τους σεισμικούς συνδυασμούς πρέπει να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V / V_{pd} \leq 0.50$$

Στη περίπτωση που το υποστυλωμα περιβάλεται και στις τέσσερις πλευρές του από πέλματα συνδεδεμένων δοκών, η τέμνουσα δύναμη του κορμού του θα πρέπει να ικανοποιεί τη σχέση:

$$V / V_{pd} \leq 1.00$$

Ακολουθούν οι πίνακες των αποτελεσμάτων των αναλύσεων.

Πίνακας 5.5: Πλαίσιο στην (κύρια) $\gamma$ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την $\chi$ διεύθυνση							
Δοκοί	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>B1</b>	HEA400	HEA400	HEA360	HEA360	HEA340	HEA320	-
<b>B3</b>	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA400	-
<b>B4</b>	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA400	-
<b>B5</b>	HEA400	HEA400	HEA360	HEA360	HEA340	HEA320	-
<b>B15</b>	HEA340	HEA320	HEA320	HEA320	HEA300	HEA320	HEA240
<b>B6</b>	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA360	HEA400	HEA300
<b>B9</b>	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA400	HEA300
<b>B11</b>	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA400	HEA300
<b>B13</b>	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA400	HEA300
<b>B17</b>	HEA340	HEA320	HEA320	HEA320	HEA300	HEA320	HEA240
<b>B14</b>	HEA400	HEA400	HEA360	HEA360	HEA340	HEA320	HEA240
<b>B7</b>	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA400	HEA400	HEA300
<b>B8</b>	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA400	HEA300
<b>B10</b>	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA400	HEA300
<b>B12</b>	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA400	HEA300
<b>B16</b>	HEA400	HEA400	HEA360	HEA360	HEA340	HEA320	HEA240
<b>B35</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
<b>B31</b>	HEM300	HEA650	HEA500	HEA500	HEA400	HEA300	HEA260
<b>B30</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
<b>B21</b>	HEM300	HEA650	HEA500	HEA500	HEA400	HEA300	HEA260
<b>B20</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
<b>B149</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
<b>B32</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
<b>B29</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA260	HEA240
<b>B22</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
<b>B19</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
<b>B34</b>	HEA240	HEA240	HEA240	HEA240	HEA240	HEA260	HEA200
<b>B27</b>	HEM300	HEA650	HEA500	HEA500	HEA400	HEA300	HEA260

<b>B28</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
<b>B23</b>	HEM300	HEA650	HEA500	HEA500	HEA400	HEA300	HEA260
<b>B18</b>	HEA240	HEA240	HEA240	HEA240	HEA240	HEA260	HEA200
<b>B26</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-
<b>B25</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-
<b>B24</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-

**Πίνακας 5.6: Πλαίσιο στην (κύρια) y διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ διεύθυνση**

Υποστυλώματα	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>C2</b>	HEB600	HEB500	HEB450	HEB450	HEB360	HEB360	HEB340
<b>C3</b>	HEB650	HEB550	HEB450	HEB450	HEB400	HEB360	HEB340
<b>C4</b>	HEB600	HEB550	HEB450	HEB450	HEB400	HEB360	HEB340
<b>C5</b>	HEB800D*	HEB800	HEB550	HEB550	HEB550	HEB450	HEB320
<b>C6</b>	HEB800	HEB550	HEB550	HEB550	HEB550	HEB450	HEB320
<b>C7</b>	HEB800D*	HEB550	HEB550	HEB550	HEB550	HEB450	HEB320
<b>C8</b>	HEB600	HEB550	HEB450	HEB450	HEB400	HEB360	-
<b>C9</b>	HEB600	HEB550	HEB550	HEB550	HEB550	HEB450	-
<b>C10</b>	HEB800D*	HEB550	HEB550	HEB550	HEB550	HEB450	HEB320
<b>C11</b>	HEB650	HEB550	HEB550	HEB550	HEB550	HEB450	HEB320
<b>C12</b>	HEB800D*	HEB800	HEB550	HEB550	HEB550	HEB450	HEB320
<b>C13</b>	HEB800D*	HEB800	HEB550	HEB550	HEB550	HEB500	HEB320
<b>C14</b>	HEB650	HEB550	HEB550	HEB550	HEB550	HEB500	HEB320
<b>C15</b>	HEB800D*	HEB550	HEB550	HEB550	HEB550	HEB500	HEB320
<b>C16</b>	HEB600	HEB550	HEB550	HEB550	HEB550	HEB450	-
<b>C17</b>	HEB600	HEB550	HEB450	HEB450	HEB400	HEB360	-
<b>C18</b>	HEB800D*	HEB550	HEB550	HEB550	HEB550	HEB500	-
<b>C19</b>	HEB800	HEB550	HEB550	HEB550	HEB550	HEB500	HEB320
<b>C20</b>	HEB000D*	HEB800	HEB550	HEB550	HEB550	HEB500	HEB320
<b>C21</b>	HEB600	HEB550	HEB450	HEB450	HEB400	HEB360	HEB340
<b>C22</b>	HEB650	HEB550	HEB450	HEB450	HEB400	HEB360	HEB340
<b>C23</b>	HEB600	HEB500	HEB450	HEB450	HEB360	HEB360	HEB340

\* Συγκολλητή διατομή

**Πίνακας 5.7: Πλαίσιο στην (κύρια) y διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ διεύθυνση**

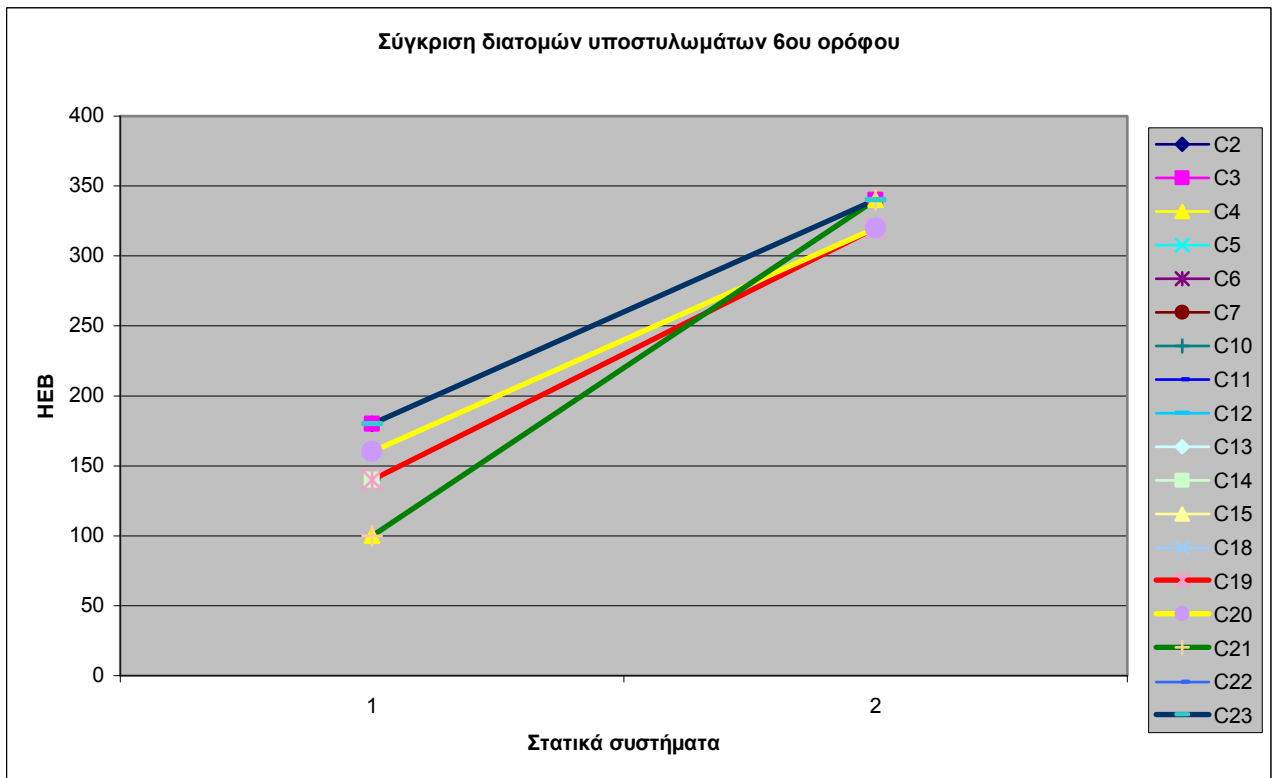
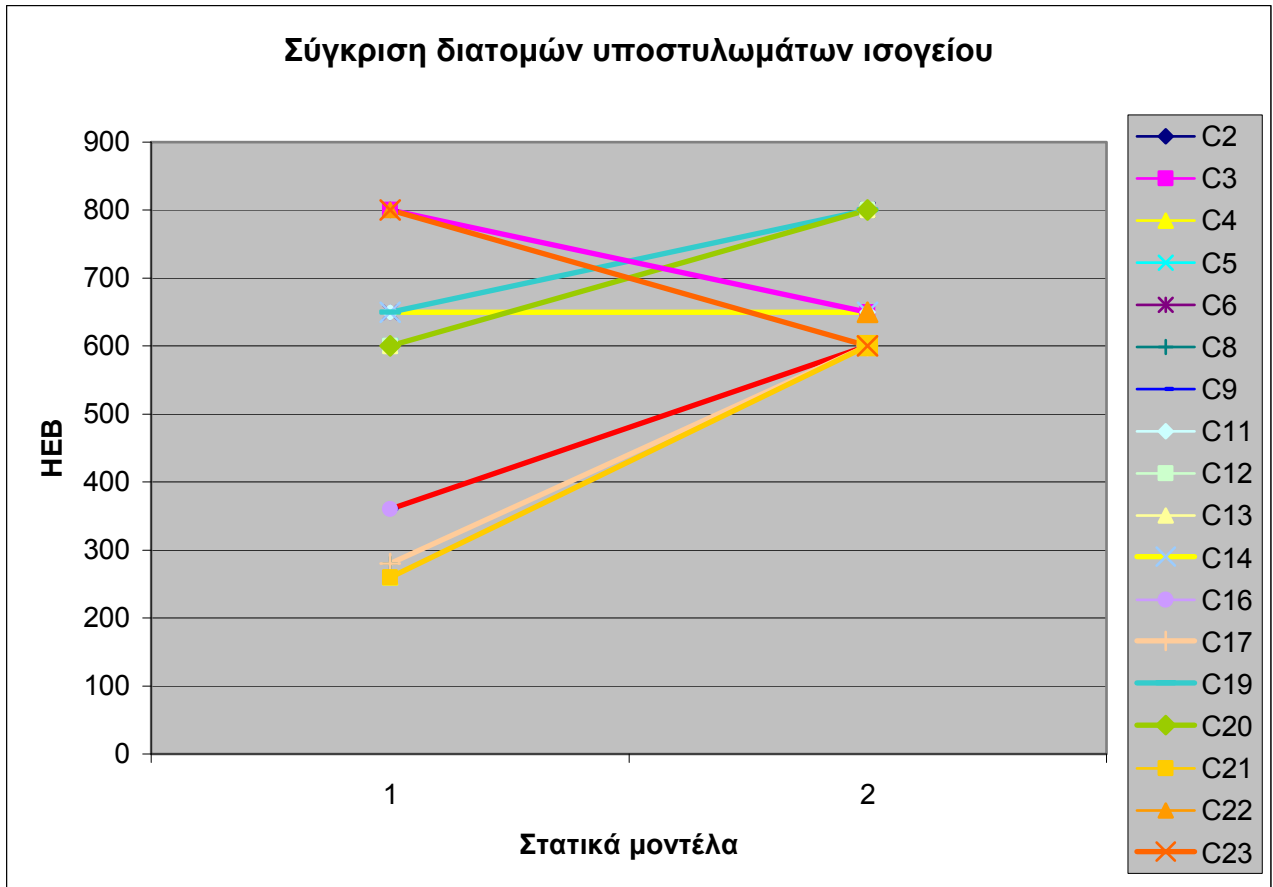
Χιαστί - CHS	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>Μπροστά χιαστί στον Χ</b>	219,1x20,0	219,1x16,0	193,7x16,0	193,7x16,0	177,8x12,5	168,3x8,0	168,3x5,0
<b>Πίσω χιαστί στον Χ</b>	219,1x20,0	219,1x16,0	193,7x16,0	193,7x16,0	177,8x12,5	168,3x8,0	168,3x5,0

Πίνακας 5.8: Ιδιοπερίοδος	
<b>T1</b>	1.377519
<b>T2</b>	0.986902
<b>T3</b>	0.689528
<b>T4</b>	0.487494
<b>T5</b>	0.339723
<b>T6</b>	0.295918
<b>T7</b>	0.240885
<b>T8</b>	0.197433
<b>T9</b>	0.190416
<b>T10</b>	0.148322
<b>T11</b>	0.139561
<b>T12</b>	0.127702

### 5.3 Συγκριτικά αποτελέσματα

Γίνεται εμφανές ότι με την εφαρμογή της πλαισιακής λειτουργίας στη μία διεύθυνση του κτιρίου μειώνεται αρκετά η ακαμψία της κατασκευής ( εφόσον αυξάνεται η ιδιοπερίοδός της) με αποτέλεσμα να αυξάνονται αρκετά και οι σχετικές μετακινήσεις των ορόφων της.

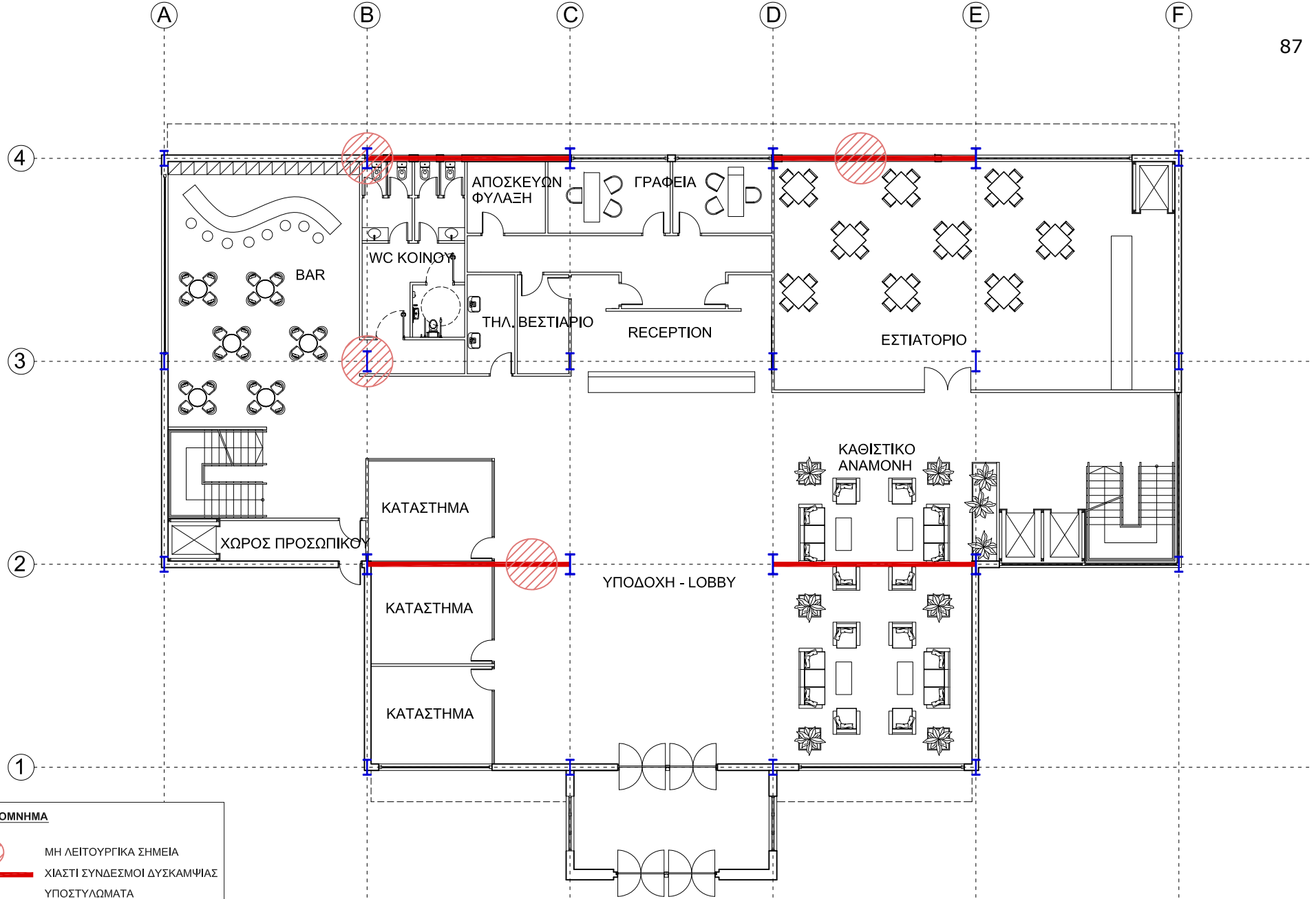
Η μειωμένη σεισμική δύναμη ( $\alpha=4$  κατά τη διεύθυνση των πλαισίων) καθώς και ο ικανοτικός σχεδιασμός των υποστυλωμάτων των πλαισίων σε σχέση με τις αντίστοιχες δοκούς, οδηγούν σε κανονικοποίηση του μεγέθους των διατομών τους. Οι παρατηρήσεις αυτές φαίνονται ευκρινέστερα στο παρακάτω διάγραμμα, όπου συγκρίνονται τα αποτελέσματα των διατομών των υποστυλωμάτων του ισογείου, του πρώτου στατικού συστήματος που μελετήθηκε (χιαστί και στις δύο διευθύνσεις -1) και του παρόντος (2).



#### **5.4 Στατικό μοντέλο και λειτουργικότητα**

Ακολουθώντας την διαδικασία του συνδυασμού της στατικής επίλυσης με την αρχιτεκτονική προέκυψαν τα σχέδια που παρατίθενται παρακάτω.

Παρατηρείται ότι το λειτουργικό πρόβλημα όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο συνεχίζει να υφίσταται. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι το πλαίσιο τοποθετείται στον  $\gamma$  άξονα και όχι στον  $\chi$ , όπου ουσιαστικά εμποδίζεται η ελεύθερη κίνηση στο χώρο. Στη διεύθυνση αυτή εξακολουθούν να βρίσκονται οι χιαστί σύνδεσμοι στις εισόδους των δωματίων. Προτείνεται λοιπόν να γίνει στροφή του κύριου άξονα του φορέα και να οριστεί ως κύριος ο  $\chi$ . Με αυτό τον τρόπο αναμένεται ο χώρος να γίνει πιο λειτουργικός.



# ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

κλίμακα 1:200

Πρόταση στατικού φορέα 4  
 Πλαίσιο στην κύρια y διεύθυνση χιαστί στη δευτερεύουσα χ





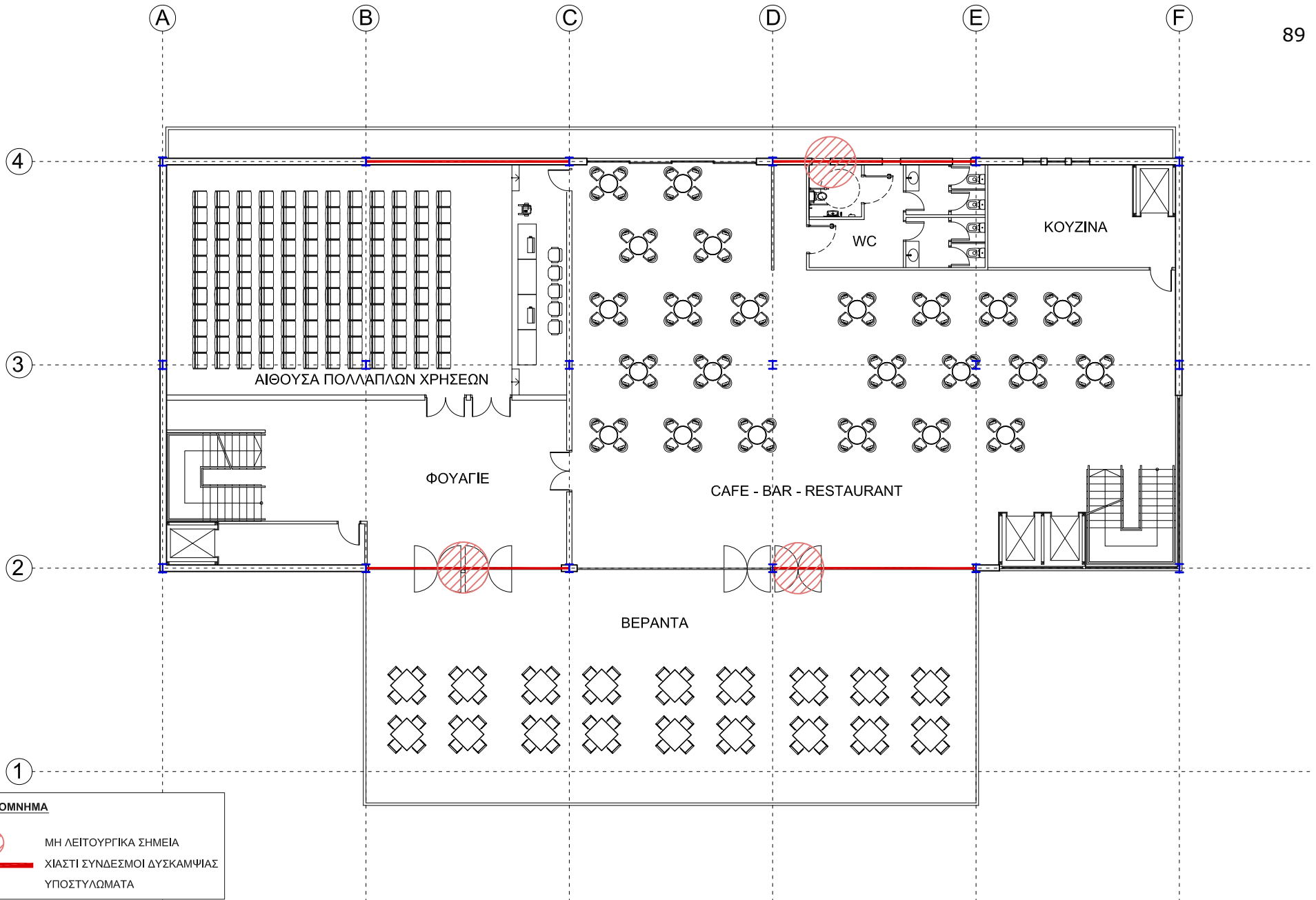
**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

- ΘΕΣΗ ΣΟΥΪΤΩΝ
- ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΔΩΜΑΤΙΑ
- ΧΙΑΣΤΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ
- ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ




# ΚΑΤΟΨΗ ΤΥΠΙΚΟΥ ΟΡΟΦΟΥ

κλίμακα 1:200

Πρόταση στατικού φορέα 4  
 Πλαίσιο στην κύρια y διεύθυνση χιαστί στη δευτερεύουσα χ

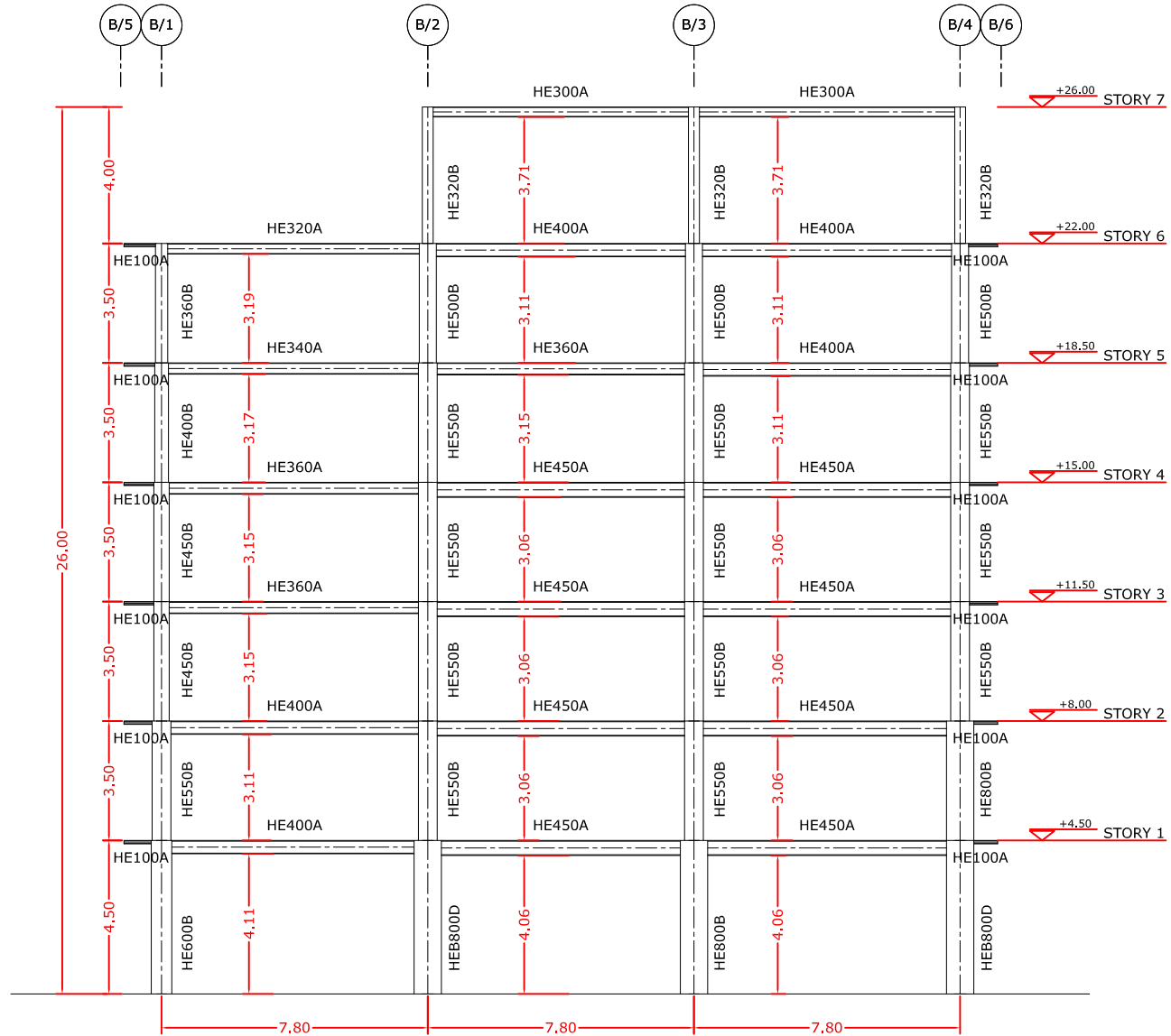


**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

-  ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ
-  ΧΙΑΣΤΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ
-  ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

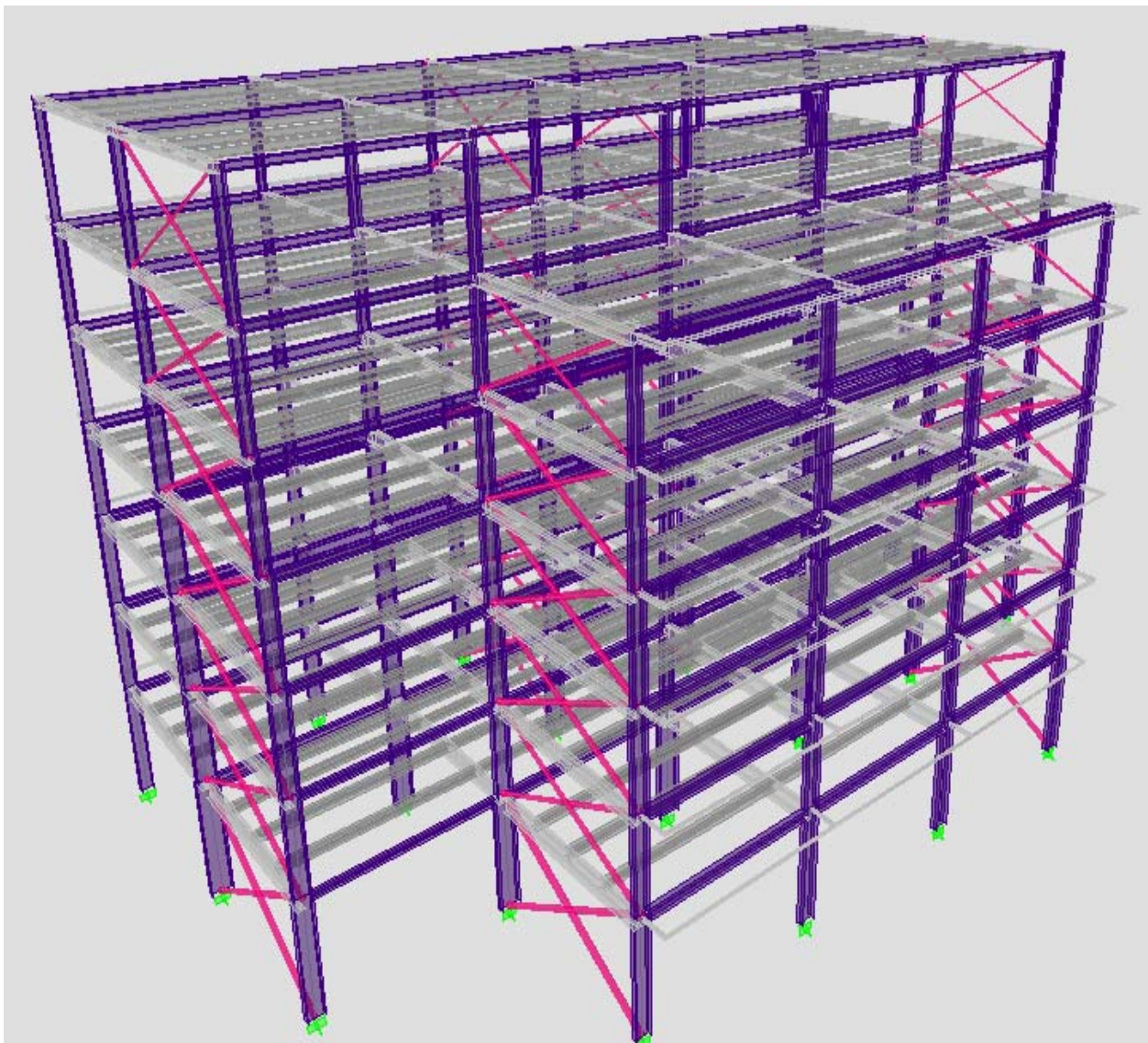
Πρόταση στατικού φορέα 4  
 Πλαίσιο στην κύρια y διεύθυνση χιαστί στη δευτερεύουσα χ

**ΚΑΤΟΨΗ 6ου ΟΡΟΦΟΥ**  
 κλίμακα 1:200



### 5.5 Πλαίσιο στην (κύρια) $x$ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την $y$ διεύθυνση.

Διερευνήθηκε η περίπτωση αλλαγής του κύριου άξονα των υποστυλωμάτων με στροφή του κατά  $90^\circ$  και ταύτισή του με τον  $x$ . Έτσι προέκυψαν τα αποτελέσματα των πινάκων που παρουσιάζονται σε αυτή την παράγραφο, μετά από την ανάλυση του φορέα στο πρόγραμμα ETABS.



Σχήμα 5.3: Προσομοίωμα φορέα

### 5.5.1 Πίνακες αποτελεσμάτων αρχικής διαστασιολόγησης

**Πίνακας 5.9: Πλαίσιο στην (κύρια) χ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την γ διεύθυνση**

Δοκοί	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
B1	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA360	-
B3	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	-
B4	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	-
B5	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA360	-
B15	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA280
B6	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
B9	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	HEA340
B11	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	HEA340
B13	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
B17	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA280
B14	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA360	HEA280
B7	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	HEA340
B8	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	HEA340
B10	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	HEA340
B12	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	HEA340
B16	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA360	HEA280
B35	HEA240	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA180
B31	HEA240	HEA300	HEA320	HEA300	HEA320	HEA280	HEA180
B30	HEA240	HEA300	HEA320	HEA320	HEA320	HEA300	HEA180
B21	HEA240	HEA300	HEA320	HEA300	HEA320	HEA280	HEA180
B20	HEA240	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA180
B149	HEA400	HEB700	HEB650	HEA650	HEA360	HEA280	HEA240
B32	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280	HEA240
B29	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA260	HEA220
B22	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280	HEA240
B19	HEA400	HEB700	HEB650	HEA650	HEA360	HEA280	HEA240
B34	HEA200	HEA240	HEA260	HEA260	HEA260	HEA260	HEA220
B27	HEA240	HEA300	HEA320	HEA300	HEA300	HEA260	HEA200
B28	HEA240	HEA280	HEA280	HEA300	HEA300	HEA260	HEA200
B23	HEA240	HEA300	HEA320	HEA300	HEA300	HEA260	HEA200
B18	HEA200	HEA240	HEA260	HEA260	HEA260	HEA260	HEA220
B26	HEA260	HEA320	HEA340	HEA320	HEA320	HEA280	-
B25	HEA260	HEA280	HEA300	HEA300	HEA320	HEA280	-
B24	HEA260	HEA320	HEA340	HEA320	HEA320	HEA280	-

**Πίνακας 5.10: Πλαίσιο στην (κύρια) χ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την γ διεύθυνση**

Υποστυλώματα	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
C2	HEB550	HEB360	HEB300	HEB260	HEB220	HEB200	HEB200
C3	HEB800D*	HEB700	HEB700	HEB700	HEB360	HEB220	HEB220
C4	HEB320	HEB280	HEB260	HEB240	HEB240	HEB220	HEB180
C5	HEB700	HEB320	HEB320	HEB280	HEB260	HEB260	HEB200
C6	HEB800C*	HEB700	HEB700	HEB600	HEB450	HEB280	HEB260
C7	HEB800C*	HEB450	HEB320	HEB300	HEB280	HEB240	HEB220

<b>C8</b>	HEB600	HEB400	HEB300	HEB280	HEB260	HEB240	-
<b>C9</b>	HEB400	HEB320	HEB300	HEB280	HEB280	HEB280	-
<b>C10</b>	HEB900	HEB450	HEB360	HEB320	HEB300	HEB260	HEB220
<b>C11</b>	HEB800C*	HEB700	HEB500	HEB450	HEB400	HEB280	HEB260
<b>C12</b>	HEB800	HEB450	HEB360	HEB300	HEB300	HEB280	HEB200
<b>C13</b>	HEB800	HEB450	HEB360	HEB300	HEB300	HEB280	HEB200
<b>C14</b>	HEB800C*	HEB700	HEB500	HEB450	HEB400	HEB280	HEB260
<b>C15</b>	HEB900	HEB450	HEB360	HEB320	HEB300	HEB260	HEB220
<b>C16</b>	HEB400	HEB320	HEB300	HEB280	HEB280	HEB280	-
<b>C17</b>	HEB600	HEB400	HEB300	HEB280	HEB260	HEB240	-
<b>C18</b>	HEB800C*	HEB450	HEB320	HEB300	HEB280	HEB240	HEB220
<b>C19</b>	HEB800C*	HEB700	HEB700	HEB600	HEB450	HEB280	HEB260
<b>C20</b>	HEB700	HEB320	HEB320	HEB280	HEB260	HEB260	HEB200
<b>C21</b>	HEB320	HEB280	HEB260	HEB240	HEB240	HEB220	HEB180
<b>C22</b>	HEB800D*	HEB700	HEB700	HEB700	HEB360	HEB220	HEB220
<b>C23</b>	HEB550	HEB360	HEB300	HEB260	HEB220	HEB200	HEB200

\* Συγκολλητή διατομή

**Πίνακας 5.11: Πλαίσιο στην (κύρια) χ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την y διεύθυνση**

Χιαστί - CHS	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>Μπροστά χιαστί στον Υ</b>	168,3x12,5	168,3x10,0	168,3x10,0	139,7x12,5	139,7x8,0	139,7x6,3	114,3x6,3
<b>Εξωτερικά χιαστί στον Υ</b>	168,3x12,5	168,3x10,0	168,3x8,0	139,7x12,5	139,7x10,0	114,3x10,0	101,6x8,0
<b>Μεσαία πίσω χιαστί στον Υ</b>	177,8x12,5	168,3x12,5	168,3x10,0	139,7x12,5	139,7x10,0	139,7x6,3	101,6x10,0

**Πίνακας 5.12: Δρώσεις ιδιομορφικές μάζες**

Ιδιοπερίοδος	SumUX	SumUY	SumUZ	SumRX	SumRY	SumRZ
<b>T1</b>	1,628338	71,7402	0	0	98,4031	0,0006
<b>T2</b>	0,752963	75,7958	4,8066	0	6,2435	98,6473
<b>T3</b>	0,741	76,2345	76,2708	0	99,3155	98,678
<b>T4</b>	0,693353	84,2993	76,4409	0	99,54	99,5214
<b>T5</b>	0,436805	90,0322	76,4409	0	99,54	99,7608
<b>T6</b>	0,283388	93,853	76,4409	0	99,54	99,85
<b>T7</b>	0,261968	93,8532	92,0953	0	99,8672	99,85
<b>T8</b>	0,252818	93,8619	92,2961	0	99,8715	99,8503
<b>T9</b>	0,194323	96,365	92,2961	0	99,8715	99,9139
<b>T10</b>	0,154435	96,365	96,3561	0	99,9761	99,9139
<b>T11</b>	0,149306	96,3678	96,4008	0	99,9773	99,9139
<b>T12</b>	0,1305	98,3373	96,4008	0	99,9773	99,9668



### 5.5.2 Ικανοτικός έλεγχος και αποτελέσματα

Πίνακας 5.13: Πλαίσιο στην (κύρια) χ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την γ διεύθυνση							
Δοκοί	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
B1	HEA600	HEA500	HEA500	HEA450	HEA450	HEA360	-
B3	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	-
B4	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	-
B5	HEA600	HEA500	HEA500	HEA450	HEA450	HEA360	-
B15	HEA600	HEA500	HEA500	HEA400	HEA360	HEA360	HEA280
B6	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
B9	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	HEA340
B11	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	HEA340
B13	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
B17	HEA600	HEA500	HEA500	HEA400	HEA360	HEA360	HEA280
B14	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA360	HEA280
B7	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	HEA340
B8	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	HEA340
B10	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	HEA340
B12	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA600	HEA450	HEA340
B16	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA450	HEA360	HEA280
B35	HEA280	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA180
B31	HEA280	HEA300	HEA320	HEA300	HEA320	HEA280	HEA180
B30	HEA280	HEA300	HEA320	HEA320	HEA320	HEA300	HEA180
B21	HEA280	HEA300	HEA320	HEA300	HEA320	HEA280	HEA180
B20	HEA280	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA180
B149	HEA400	HEB400	HEB400	HEA400	HEA360	HEA280	HEA240
B32	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280	HEA240
B29	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280	HEA220
B22	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280	HEA240
B19	HEA400	HEB400	HEB400	HEA400	HEA360	HEA280	HEA240
B34	HEA240	HEA240	HEA260	HEA260	HEA260	HEA260	HEA220
B27	HEA300	HEA300	HEA320	HEA300	HEA300	HEA260	HEA200
B28	HEA300	HEA300	HEA280	HEA300	HEA300	HEA260	HEA200
B23	HEA300	HEA300	HEA320	HEA300	HEA300	HEA260	HEA200
B18	HEA240	HEA240	HEA260	HEA260	HEA260	HEA260	HEA220
B26	HEA320	HEA320	HEA340	HEA320	HEA320	HEA280	-
B25	HEA320	HEA300	HEA300	HEA300	HEA320	HEA280	-
B24	HEA320	HEA320	HEA340	HEA320	HEA320	HEA280	-

**Πίνακας 5.14: Πλαίσιο στην (κύρια) χ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την y διεύθυνση**

Υποστυλώματα	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>C2</b>	HEB650	HEB600	HEB600	HEB550	HEB450	HEB340	HEB300
<b>C3</b>	HEB800D*	HEB700	HEB700	HEB700	HEB500	HEB360	HEB300
<b>C4</b>	HEB500	HEB500	HEB500	HEB450	HEB400	HEB320	HEB280
<b>C5</b>	HEB700	HEB500	HEB500	HEB450	HEB450	HEB320	HEB280
<b>C6</b>	HEB800C*	HEB700	HEB700	HEB600	HEB500	HEB360	HEB300
<b>C7</b>	HEB800C*	HEB600	HEB600	HEB550	HEB450	HEB340	HEB320
<b>C8</b>	HEB600	HEB550	HEB550	HEB500	HEB450	HEB320	-
<b>C9</b>	HEB600	HEB550	HEB550	HEB500	HEB450	HEB320	-
<b>C10</b>	HEB900	HEB500	HEB500	HEB450	HEB400	HEB320	HEB320
<b>C11</b>	HEB800C*	HEB700	HEB650	HEB550	HEB500	HEB360	HEB300
<b>C12</b>	HEB800C*	HEB550	HEB500	HEB500	HEB450	HEB360	HEB280
<b>C13</b>	HEB800C*	HEB550	HEB500	HEB500	HEB450	HEB360	HEB280
<b>C14</b>	HEB800C*	HEB700	HEB650	HEB550	HEB500	HEB360	HEB300
<b>C15</b>	HEB900	HEB500	HEB500	HEB450	HEB400	HEB320	HEB320
<b>C16</b>	HEB600	HEB550	HEB550	HEB500	HEB450	HEB320	-
<b>C17</b>	HEB600	HEB550	HEB550	HEB500	HEB450	HEB320	-
<b>C18</b>	HEB800C*	HEB600	HEB600	HEB550	HEB450	HEB340	HEB320
<b>C19</b>	HEB800C*	HEB700	HEB700	HEB600	HEB500	HEB340	HEB300
<b>C20</b>	HEB700	HEB500	HEB500	HEB450	HEB450	HEB320	HEB280
<b>C21</b>	HEB500	HEB500	HEB500	HEB450	HEB400	HEB320	HEB280
<b>C22</b>	HEB800D*	HEB700	HEB700	HEB700	HEB500	HEB340	HEB300
<b>C23</b>	HEB650	HEB600	HEB600	HEB550	HEB450	HEB340	HEB300

\* Συγκολλητή διατομή

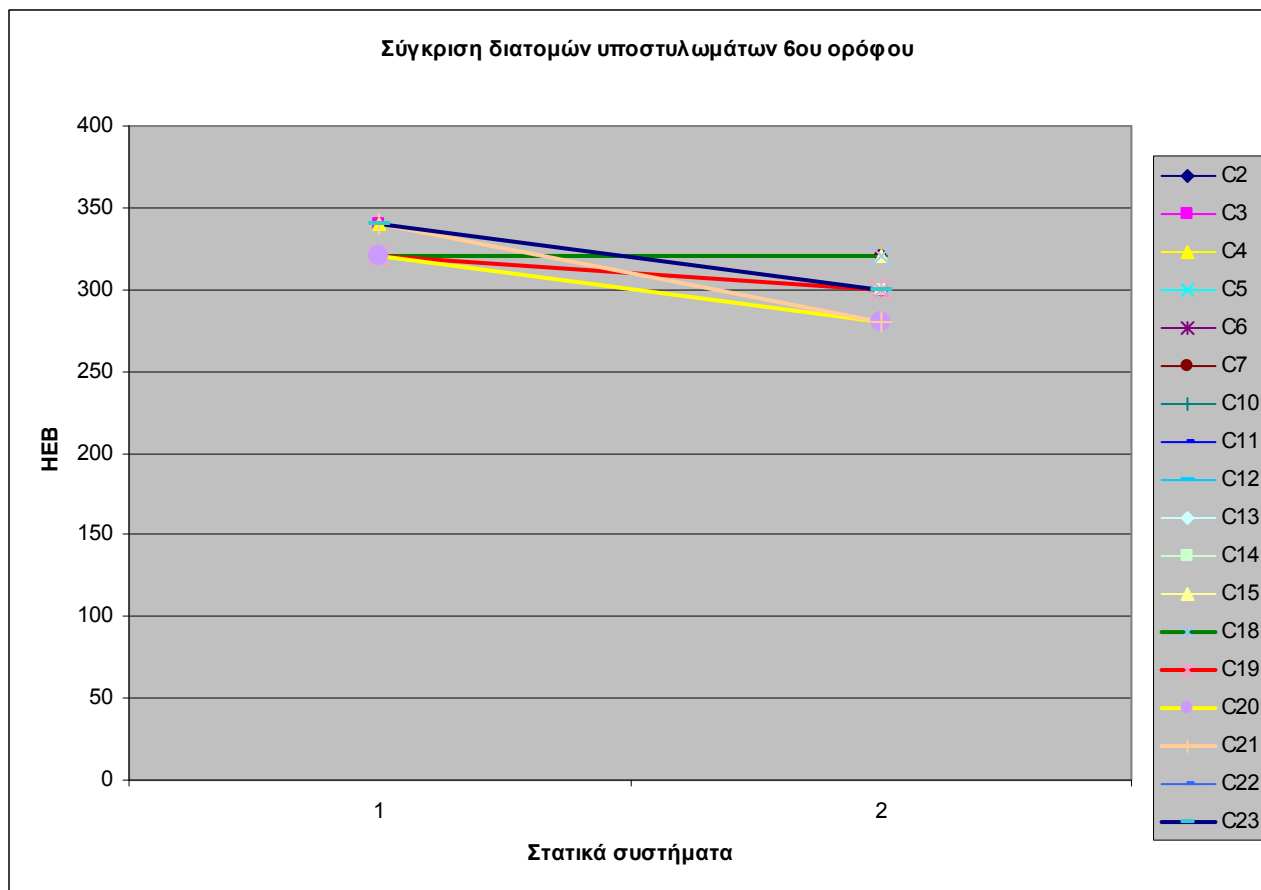
**Πίνακας 5.15: Πλαίσιο στην (κύρια) χ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την y διεύθυνση**

Χιαστί - CHS	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>Μπροστά χιαστί στον Υ</b>	219,1x16,0	193,7x16,0	193,7x16,0	219,1x10,0	177,8x10,0	139,7x10,0	114,3x8,0
<b>Εξωτερικά χιαστί στον Υ</b>	219,1x16,0	193,7x16,0	193,7x16,0	219,1x10,0	177,8x10,0	139,7x10,0	114,3x8,0
<b>Μεσαία πίσω χιαστί στον Υ</b>	219,1x16,0	193,7x16,0	193,7x16,0	219,1x10,0	177,8x10,0	168,3x8,0	114,3x8,0



Πίνακας 5.16: Ιδιοπερίοδος	
T1	1.685724
T2	0.638014
T3	0.625379
T4	0.596531
T5	0.355006
T6	0.219561
T7	0.216744
T8	0.206473
T9	0.144482
T10	0.136575
T11	0.128087
T12	0.10061

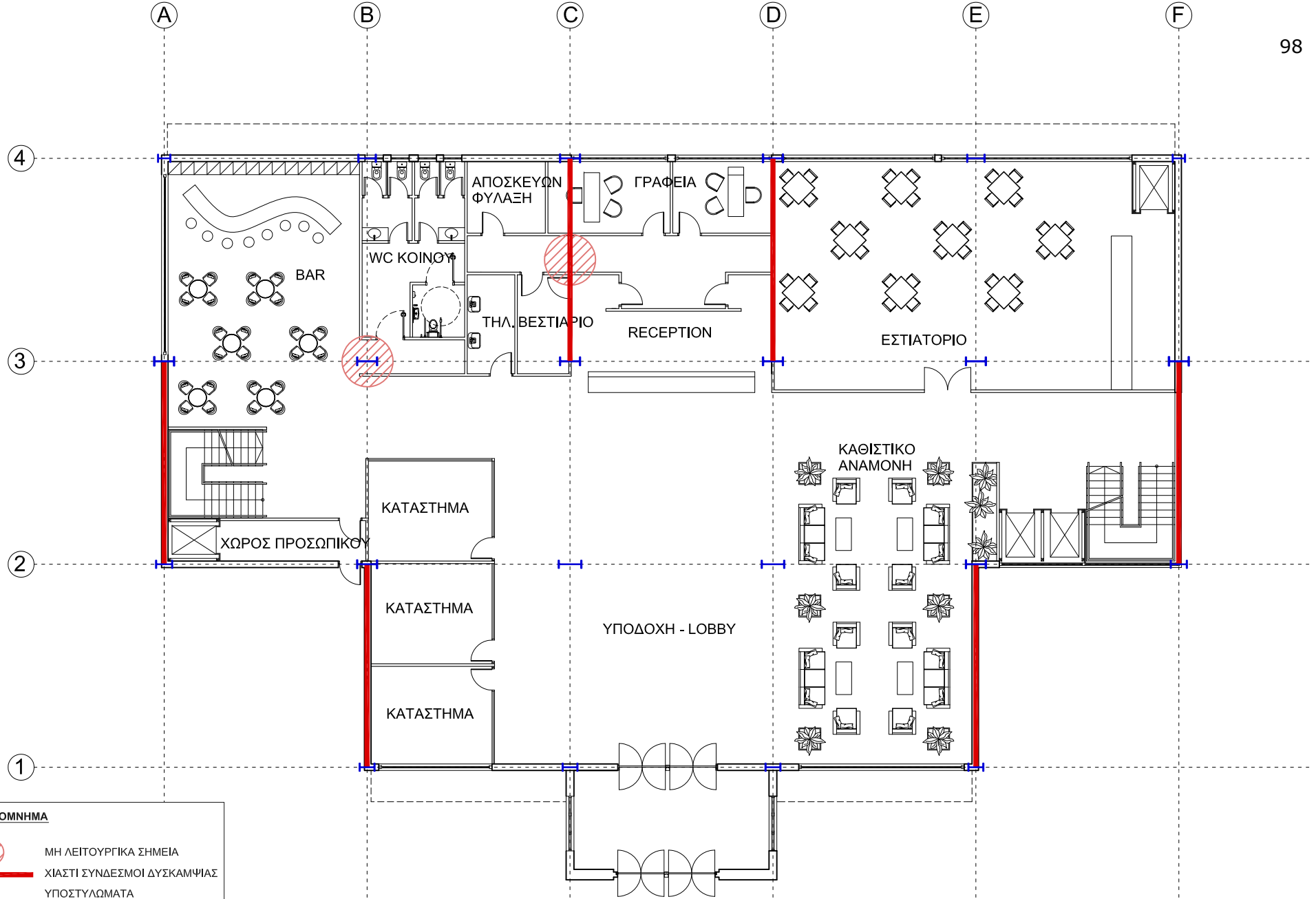




Παρατηρείται ότι στην περίπτωση του στατικού συστήματος με κύριο άξονα τον  $x$ , δηλαδή τον άξονα κατά τον οποίο βρίσκεται η μεγάλη διάσταση του φορέα, υπάρχει μεγαλύτερη διασπορά στις διατομές που χρησιμοποιήθηκαν για τα υποστυλώματα και τάση για αύξηση του μεγέθους τους. Ταυτόχρονα αυξάνεται αισθητά η ιδιοπερίοδος, με αποτέλεσμα το κτίριο να γίνεται ακόμα πιο εύκαμπτο, γεγονός που στατικά δεν είναι επιθυμητό.

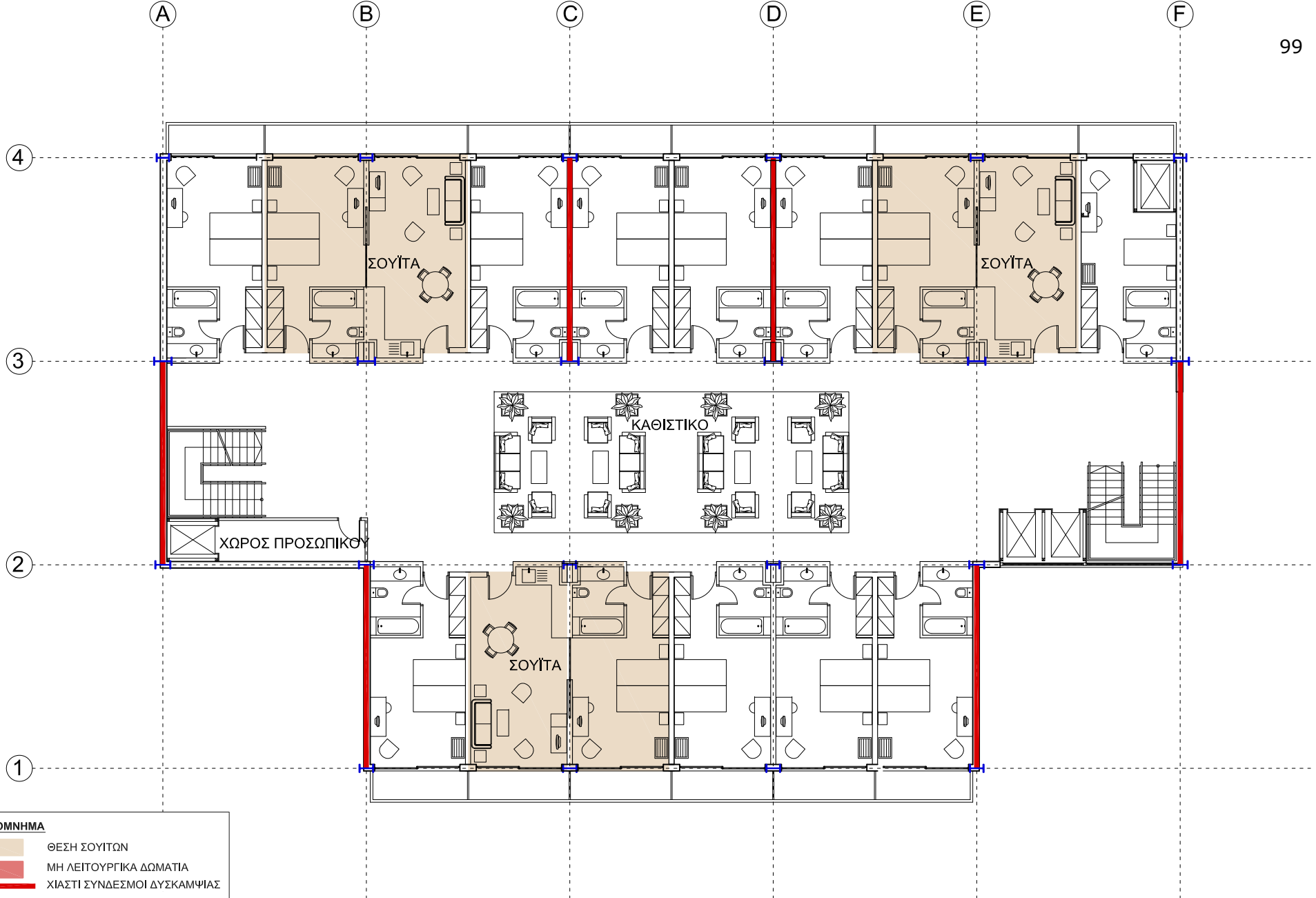
Αντίστοιχα με τα υποστυλώματα, αυξάνονται και οι διατομές των δοκών. Αντιθέτως, οι διατομές των χιαστί συνδέσμων δυσκαμψίας μειώνονται, αφού τοποθετείται μεγαλύτερος αριθμός τους στη δευτερεύουσα διεύθυνση.

### 5.5.3 Αρχιτεκτονική προσέγγιση



Πρόταση στατικού φορέα 5  
 Πλαίσιο στην κύρια χ διεύθυνση χιαστί στη δευτερεύουσα γ

**ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ**  
 κλίμακα 1:200



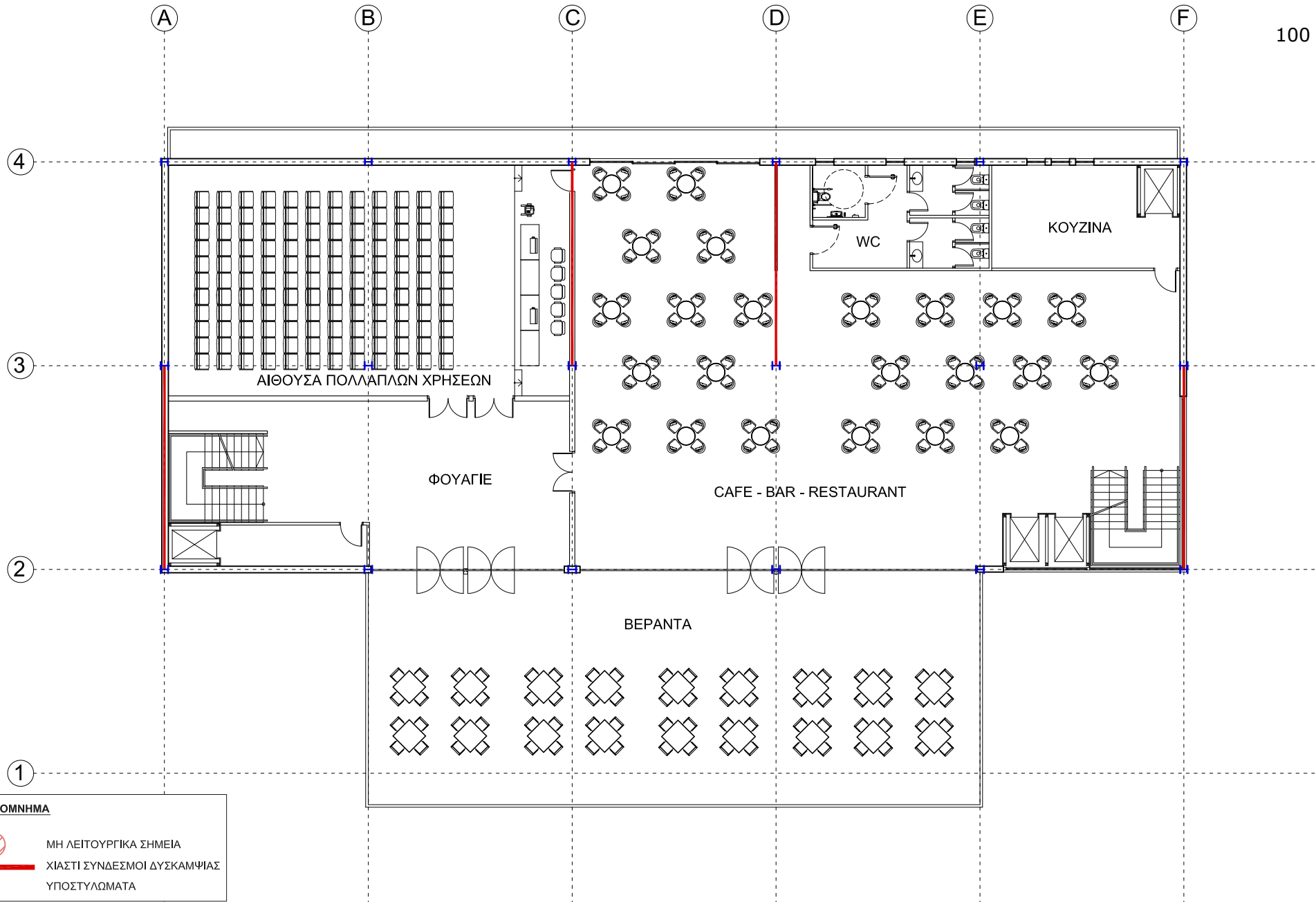
**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

- ΘΕΣΗ ΣΟΥΪΤΩΝ
- ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΔΩΜΑΤΙΑ
- ΧΙΑΣΤΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ
- ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

# ΚΑΤΟΨΗ ΤΥΠΙΚΟΥ ΟΡΟΦΟΥ

κλίμακα 1:200

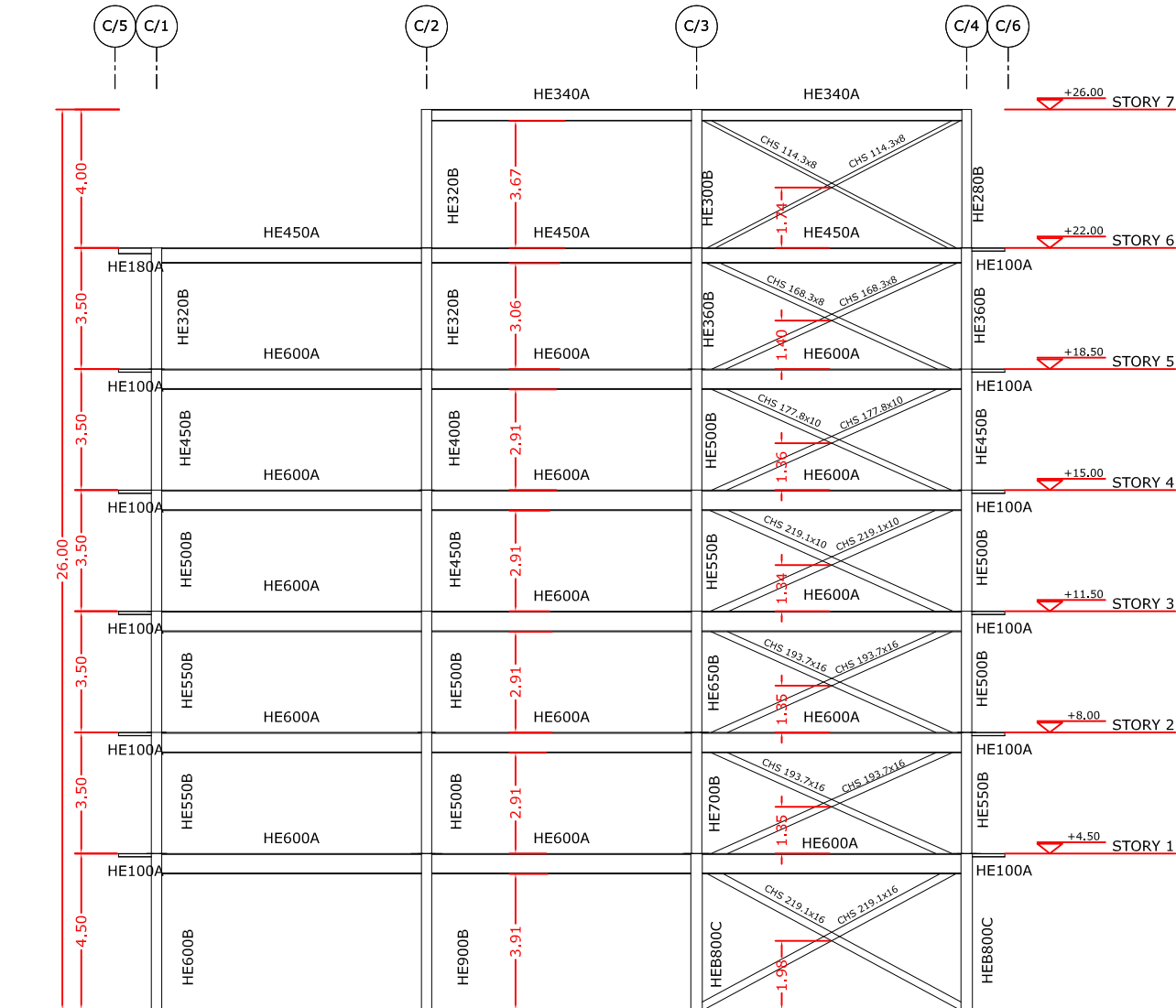
Πρόταση στατικού φορέα 5  
 Πλαίσιο στην κύρια χ διεύθυνση χιαστί στη δευτερεύουσα γ



# ΚΑΤΟΨΗ 6ου ΟΡΟΦΟΥ

κλίμακα 1:200

Πρόταση στατικού φορέα 5  
 Πλαίσιο στην κύρια χ διεύθυνση χιαστί στη δευτερεύουσα γ



# ΤΟΜΗ ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ C

κλίμακα 1:200

Γίνεται αντιληπτό ότι μέσα από την σταδιακή διερεύνηση και εξέλιξη των στατικών μοντέλων, προσεγγίζεται όλο και περισσότερο η αρχιτεκτονική επίλυση. Το γεγονός αυτό φαίνεται και στη μείωση των δυσμενών σημείων της κάτοψης. Πιο συγκεκριμένα στους ορόφους παρατηρείται ελευθερία στη διάταξη των χώρων και των δωματίων, ενώ στο ισόγειο τα σημεία που επισημαίνονται ως μη λειτουργικά μπορούν εύκολα να διορθωθούν με αναδιάταξη του χώρου. Το μόνο θέμα που κρίνεται άξιο σχολιασμού είναι το ύψος των ορόφων που λόγω της πλαισιακής λειτουργίας σε συνδυασμό με την απαίτηση μόρφωσης κόμβων ροπής καθίσταται οριακά αποδεκτό.

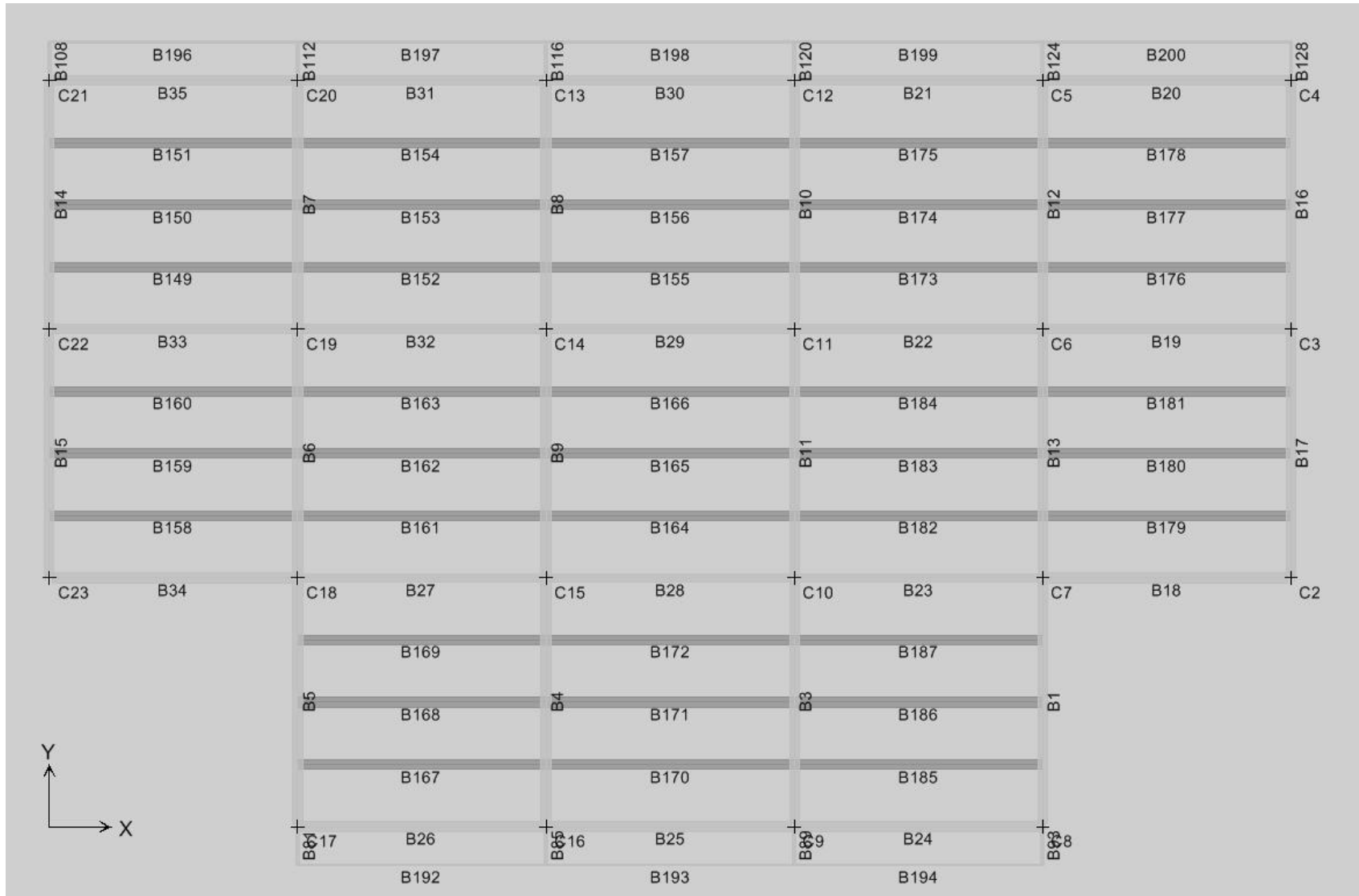
Παρόλα αυτά η παρούσα λύση, όπως έχει ήδη αναφερθεί, δεν μπορεί να γίνει στατικά αποδεκτή. Ο φορέας όπως έχει διαμορφωθεί μπορεί κατοψιακά να μην δημιουργεί αρχιτεκτονικά προβλήματα, όμως η ευκαμψία του σε συνδυασμό με τις μεγάλες μετακινήσεις των ορόφων θα οδηγήσει σε μη εμφανείς αστοχίες της κατασκευής (αρχιτεκτονικά).





### 6.1.1 Πίνακες αποτελεσμάτων αρχικής διαστασιολόγησης

Οι διατομές που προκύπτουν από τις αναλύσεις είναι οι εξής:



Σχήμα 6.2: Συμβολισμός μελών

**Πίνακας 6.1: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η χ)**

Δοκοί	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>B1</b>	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	-
<b>B3</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	-
<b>B4</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	-
<b>B5</b>	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	-
<b>B15</b>	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA280
<b>B6</b>	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
<b>B9</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
<b>B11</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
<b>B13</b>	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
<b>B17</b>	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA360	HEA280
<b>B14</b>	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280
<b>B7</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
<b>B8</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
<b>B10</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
<b>B12</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
<b>B16</b>	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280
<b>B35</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
<b>B31</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
<b>B30</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
<b>B21</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
<b>B20</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
<b>B149</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
<b>B32</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
<b>B29</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
<b>B22</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
<b>B19</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
<b>B34</b>	HEA240	HEA240	HEA240	HEA240	HEA260	HEA280	HEA200
<b>B27</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
<b>B28</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
<b>B23</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
<b>B18</b>	HEA240	HEA240	HEA240	HEA240	HEA240	HEA280	HEA200
<b>B26</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-
<b>B25</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-
<b>B24</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-

**Πίνακας 6.2: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η χ)**

Υποστυλώματα	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>C2</b>	HEB900	HEB600	HEB400	HEB280	HEB220	HEB160	HEB120
<b>C3</b>	HEB800	HEB500	HEB360	HEB280	HEB220	HEB160	HEB120
<b>C4</b>	HEB300	HEB240	HEB220	HEB200	HEB160	HEB140	HEB100
<b>C5</b>	HEB450	HEB320	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
<b>C6</b>	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
<b>C7</b>	HEB650	HEB400	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140	HEB120
<b>C8</b>	HEB600	HEB400	HEB300	HEB240	HEB180	HEB120	-
<b>C9</b>	HEB360	HEB300	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160	-
<b>C10</b>	HEB600	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB180	HEB120
<b>C11</b>	HEB800D*	HEB800C*	HEB550	HEB360	HEB280	HEB200	HEB140
<b>C12</b>	HEB500	HEB360	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120

<b>C13</b>	HEB500	HEB360	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
<b>C14</b>	HEB800D*	HEB800C*	HEB550	HEB360	HEB280	HEB200	HEB140
<b>C15</b>	HEB600	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB180	HEB120
<b>C16</b>	HEB360	HEB300	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160	-
<b>C17</b>	HEB600	HEB400	HEB300	HEB240	HEB180	HEB120	-
<b>C18</b>	HEB650	HEB400	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140	HEB120
<b>C19</b>	HEB650	HEB450	HEB360	HEB300	HEB240	HEB180	HEB140
<b>C20</b>	HEB450	HEB320	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
<b>C21</b>	HEB300	HEB240	HEB220	HEB200	HEB160	HEB140	HEB100
<b>C22</b>	HEB800	HEB500	HEB360	HEB280	HEB220	HEB160	HEB120
<b>C23</b>	HEB900	HEB600	HEB400	HEB280	HEB220	HEB160	HEB120

\* Συγκολλητή διατομή

**Πίνακας 6.3: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η χ)**

Χιαστί - CHS	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
<b>Μπροστά χιαστί στον Χ</b>	219,1x12,5	168,3x12,5	168,3x12,5	168,3x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5	114,3x6,3
<b>Πίσω χιαστί στον Χ</b>	219,1x16,0	219,1x12,5	193,7x16,0	193,7x12,5	177,8x12,5	168,3x12,5	139,7x8,0
<b>Μπροστά χιαστί στον Υ</b>	168,3x12,5	168,3x12,5	168,3x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5	101,6x4,0
<b>Ακραία χιαστί στον Υ</b>	193,7x16,0	177,8x12,5	168,3x12,5	168,3x12,5	168,3x12,5	139,7x10,0	114,3x10,0
<b>Μεσαία πίσω χιαστί στον Υ</b>	168,3x12,5	168,3x12,5	139,7x12,5	139,7x12,5	139,7x6,3	139,7x6,3	114,3x6,3

**Πίνακας 6.4: Δρώσεις ιδιομορφικές μάζες**

Ιδιοπερίοδος	SumUX	SumUY	SumUZ	SumRX	SumRY	SumRZ
<b>T1</b>	0,994738	64,0457	0,0037	0	0,0048	86,3911
<b>T2</b>	0,691859	64,0644	76,3831	0	99,4934	86,4131
<b>T3</b>	0,583046	76,8197	76,4225	0	99,5473	99,479
<b>T4</b>	0,338125	90,6607	76,4229	0	99,5473	99,8591
<b>T5</b>	0,248492	90,6623	92,0455	0	99,8833	99,8591
<b>T6</b>	0,211429	93,6914	92,049	0	99,8834	99,8592
<b>T7</b>	0,189369	95,7448	92,0491	0	99,8834	99,9732
<b>T8</b>	0,15141	95,7451	96,0605	0	99,9766	99,9732
<b>T9</b>	0,13829	97,8754	96,061	0	99,9766	99,9857
<b>T10</b>	0,126612	97,9063	96,061	0	99,9766	99,9902
<b>T11</b>	0,112943	97,9071	98,2419	0	99,9931	99,9902
<b>T12</b>	0,108022	98,864	98,2432	0	99,9931	99,9935

### 6.1.2 Ικανοτικός έλεγχος και αποτελέσματα

**Πίνακας 6.5: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η χ)**

Δοκοί	Ισόγειο	1 <sup>ος</sup> όροφος	2 <sup>ος</sup> όροφος	3 <sup>ος</sup> όροφος	4 <sup>ος</sup> όροφος	5 <sup>ος</sup> όροφος	6 <sup>ος</sup> όροφος
<b>B1</b>	HEA600	HEA500	HEA500	HEA400	HEA400	HEA360	-
<b>B3</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	-
<b>B4</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	-
<b>B5</b>	HEA600	HEA500	HEA500	HEA400	HEA400	HEA360	-
<b>B15</b>	HEA600	HEA550	HEA500	HEA400	HEA360	HEA360	HEA280
<b>B6</b>	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
<b>B9</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
<b>B11</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340

<b>B13</b>	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA500	HEA450	HEA340
<b>B17</b>	HEA600	HEA550	HEA500	HEA400	HEA360	HEA360	HEA280
<b>B14</b>	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280
<b>B7</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
<b>B8</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
<b>B10</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
<b>B12</b>	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA550	HEA450	HEA340
<b>B16</b>	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA400	HEA360	HEA280
<b>B35</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
<b>B31</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
<b>B30</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
<b>B21</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
<b>B20</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA200
<b>B149</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
<b>B32</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
<b>B29</b>	HEA600	HEA500	HEA500	HEA500	HEA400	HEA320	HEA280
<b>B22</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
<b>B19</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA240
<b>B34</b>	HEA600	HEA500	HEA500	HEA500	HEA400	HEA320	HEA260
<b>B27</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
<b>B28</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
<b>B23</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA280	HEA200
<b>B18</b>	HEA600	HEA500	HEA500	HEA500	HEA400	HEA320	HEA260
<b>B26</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-
<b>B25</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-
<b>B24</b>	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	HEA300	-

Πίνακας 6.6: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την χ και κατά την γ διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η χ)

Υποστυλώματα	Ισόγειο	1 <sup>ος</sup> όροφος	2 <sup>ος</sup> όροφος	3 <sup>ος</sup> όροφος	4 <sup>ος</sup> όροφος	5 <sup>ος</sup> όροφος	6 <sup>ος</sup> όροφος
<b>C2</b>	HEB900	HEB600	HEB400	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160
<b>C3</b>	HEB800	HEB500	HEB360	HEB280	HEB240	HEB180	HEB160
<b>C4</b>	HEB300	HEB240	HEB220	HEB180	HEB160	HEB140	HEB100
<b>C5</b>	HEB450	HEB320	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
<b>C6</b>	HEB650	HEB450	HEB340	HEB280	HEB240	HEB180	HEB140
<b>C7</b>	HEB650	HEB400	HEB300	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160
<b>C8</b>	HEB600	HEB400	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160	-
<b>C9</b>	HEB360	HEB300	HEB280	HEB240	HEB180	HEB160	-
<b>C10</b>	HEB600	HEB400	HEB340	HEB280	HEB220	HEB160	HEB120
<b>C11</b>	HEB800D*	HEB800	HEB500	HEB360	HEB300	HEB220	HEB180
<b>C12</b>	HEB600	HEB400	HEB340	HEB240	HEB240	HEB200	HEB160
<b>C13</b>	HEB600	HEB400	HEB340	HEB240	HEB240	HEB200	HEB160
<b>C14</b>	HEB800D*	HEB800	HEB500	HEB360	HEB300	HEB220	HEB180
<b>C15</b>	HEB600	HEB400	HEB340	HEB280	HEB220	HEB160	HEB120
<b>C16</b>	HEB360	HEB300	HEB280	HEB240	HEB180	HEB160	-
<b>C17</b>	HEB600	HEB400	HEB300	HEB240	HEB200	HEB160	-
<b>C18</b>	HEB650	HEB400	HEB300	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160
<b>C19</b>	HEB650	HEB450	HEB340	HEB280	HEB240	HEB180	HEB140
<b>C20</b>	HEB450	HEB320	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160	HEB120
<b>C21</b>	HEB300	HEB240	HEB220	HEB180	HEB160	HEB140	HEB100
<b>C22</b>	HEB800	HEB500	HEB360	HEB280	HEB240	HEB180	HEB160
<b>C23</b>	HEB900	HEB600	HEB400	HEB280	HEB240	HEB200	HEB160

\* Συγκολλητή διατομή

**Πίνακας 6.7: Χιαστί σύνδεσμοι κατά την  $x$  και κατά την  $y$  διεύθυνση (κύρια διεύθυνση η  $x$ )**

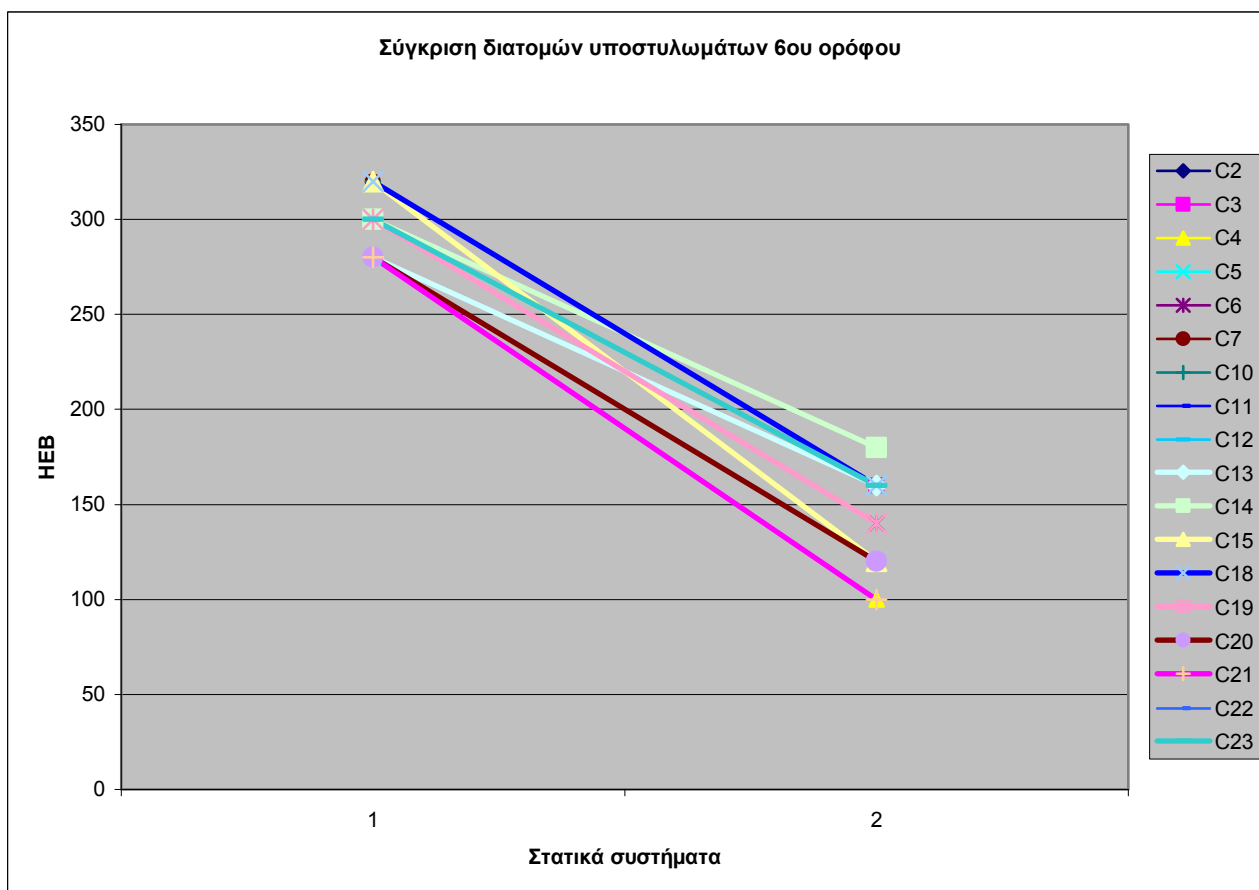
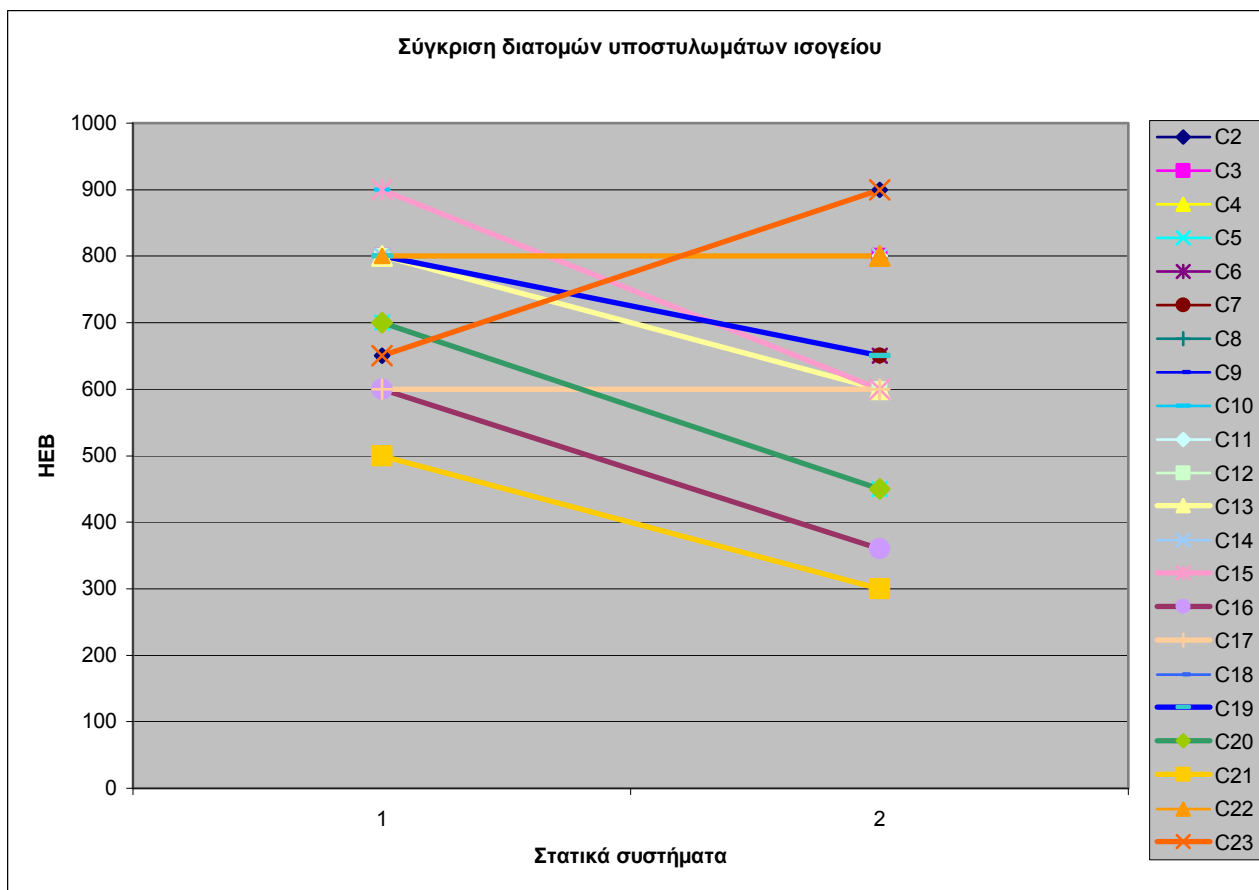
Χιαστί – CHS	Ισόγειο	1 <sup>ος</sup> όροφος	2 <sup>ος</sup> όροφος	3 <sup>ος</sup> όροφος	4 <sup>ος</sup> όροφος	5 <sup>ος</sup> όροφος	6 <sup>ος</sup> όροφος
<b>Μπροστά χιαστί στον X</b>	219,1x16,0	193,7x16,0	193,7x16,0	193,7x16,0	193,7x12,5	139,7x12,5	101,6x10,0
<b>Πίσω χιαστί στον X</b>	219,1x16,0	193,7x16,0	193,7x16,0	193,7x16,0	193,7x12,5	168,3x10,0	139,7x8,0
<b>Μπροστά χιαστί στον Y</b>	219,1x16,0	193,7x16,0	139,7x16,0	193,7x12,5	168,3x12,5	139,7x10,0	101,6x3,6
<b>Ακραία χιαστί στον Y</b>	219,1x16,0	193,7x16,0	193,7x16,0	193,7x12,5	168,3x12,5	139,7x10,0	114,3x10,0
<b>Μεσαία πίσω χιαστί στον Y</b>	219,1x16,0	193,7x16,0	193,7x16,0	193,7x12,5	168,3x12,5	139,7x10,0	114,3x8,0

**Πίνακας 6.8: Ιδιοπερίοδος**

<b>T1</b>	0,958398
<b>T2</b>	0,626811
<b>T3</b>	0,530198
<b>T4</b>	0,318518
<b>T5</b>	0,224319
<b>T6</b>	0,197399
<b>T7</b>	0,174038
<b>T8</b>	0,135858
<b>T9</b>	0,130203
<b>T10</b>	0,116925
<b>T11</b>	0,102931
<b>T12</b>	0,101493

### 6.1.3 Συγκριτικά αποτελέσματα

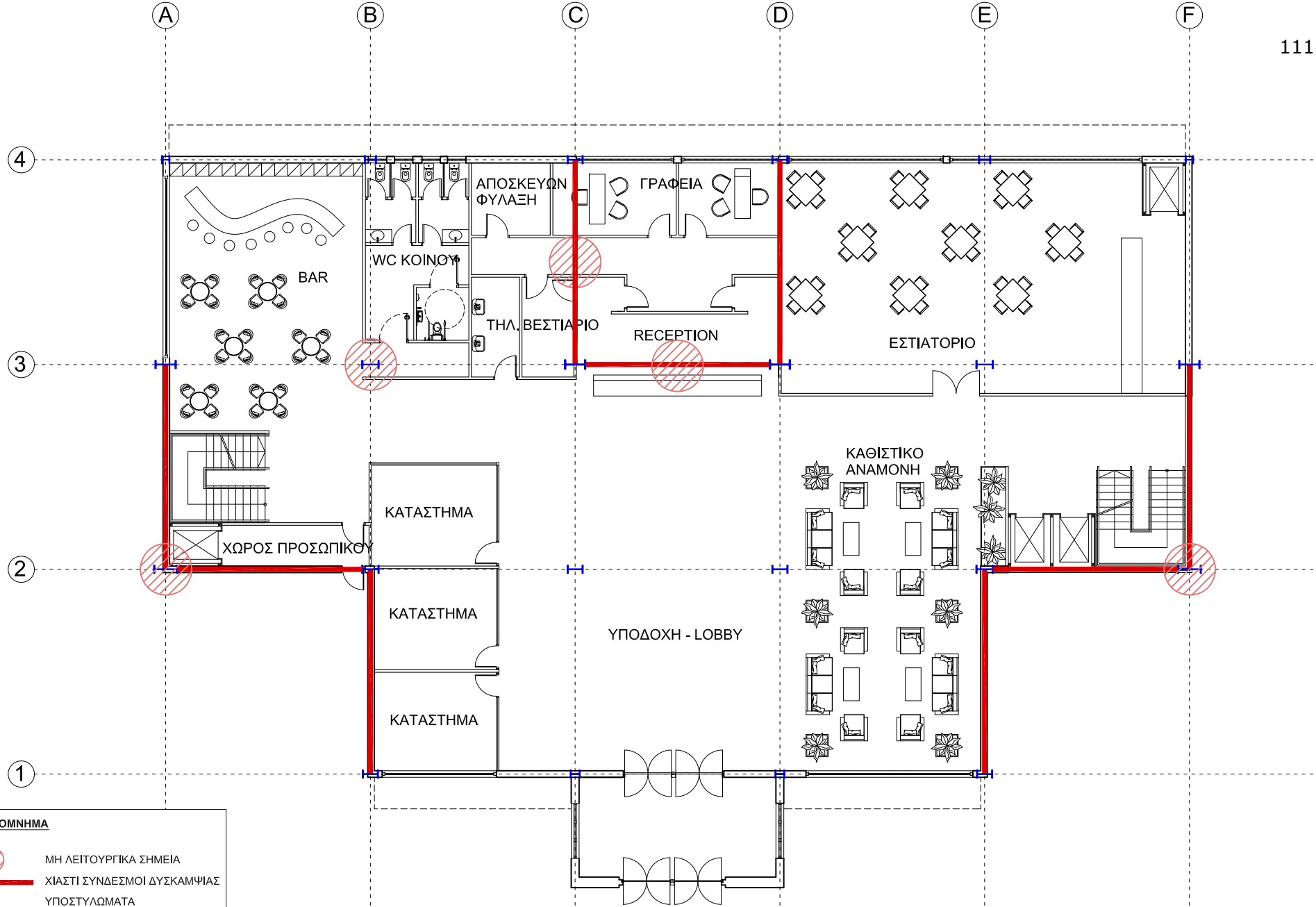
Μετά την ανάλυση του φορέα έγινε σύγκριση των διατομών των υποστυλωμάτων του ισογείου και του έκτου ορόφου, μεταξύ του παρόντος μοντέλου και του αμέσως προηγούμενου (πλαίσιο στον  $x$  άξονα, χιαστί στον  $y$ ) – στατικά μοντέλα όπου ο κύριος άξονας των υποστυλωμάτων βρίσκεται στη  $x$  διεύθυνση. Αναμενόμενη είναι η σημαντική μείωση των διατομών σε ολόκληρο το κτίριο (ανάληψη σεισμικής δύναμης από τα χιαστί).



#### 6.1.4 Αρχιτεκτονική προσέγγιση

Η στατική απόκριση του φορέα που μελετήθηκε σε αυτό το κεφάλαιο είναι αισθητά βελτιωμένη σε σχέση με τους πλαισιακούς (κατά τη μία διεύθυνση) φορείς που εξετάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η ακαμψία της κατασκευής έχει αυξηθεί, ενώ οι σχετικές μετακινήσεις των ορόφων έχουν πολύ καλύτερες τιμές. Παρ' όλα αυτά σε κάποια σημεία συνεχίζουν να μην είναι αποδεκτές. Φυσικά αύξηση του αριθμού των χιαστί συνδέσμων ή των διατομών των μελών του κτιρίου περαιτέρω θα οδηγούσε σε καλύτερα αποτελέσματα όπως αναλύθηκε στα στατικά μοντέλα του 5<sup>ου</sup> κεφαλαίου. Κάτι τέτοιο όμως αρχιτεκτονικά θα δημιουργούσε τα προαναφερθέντα ζητήματα.

Στα σχέδια των κατόψεων που παρουσιάζονται παρακάτω προκύπτει ένα μείζον θέμα στο χώρο που βρίσκεται στο φάτνωμα που σχηματίζουν οι άξονες C,D,3,4 του καννάβου. Οι χιαστί σύνδεσμοι σ' αυτούς τους άξονες δημιουργούν νεκρό χώρο, λόγω του ανεπαρκούς ελεύθερου ύψους που αφήνουν κάτω από τη σύνδεση στο μέσον τους. Για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου μπορεί να γίνει αντικατάσταση των χιαστί με δικτυωτούς συνδέσμους με εκκεντρότητα. Η αλλαγή αυτή ενσωματώνεται στο επόμενο και τελευταίο στατικό σύστημα που αναλύεται στην παρούσα διπλωματική εργασία.

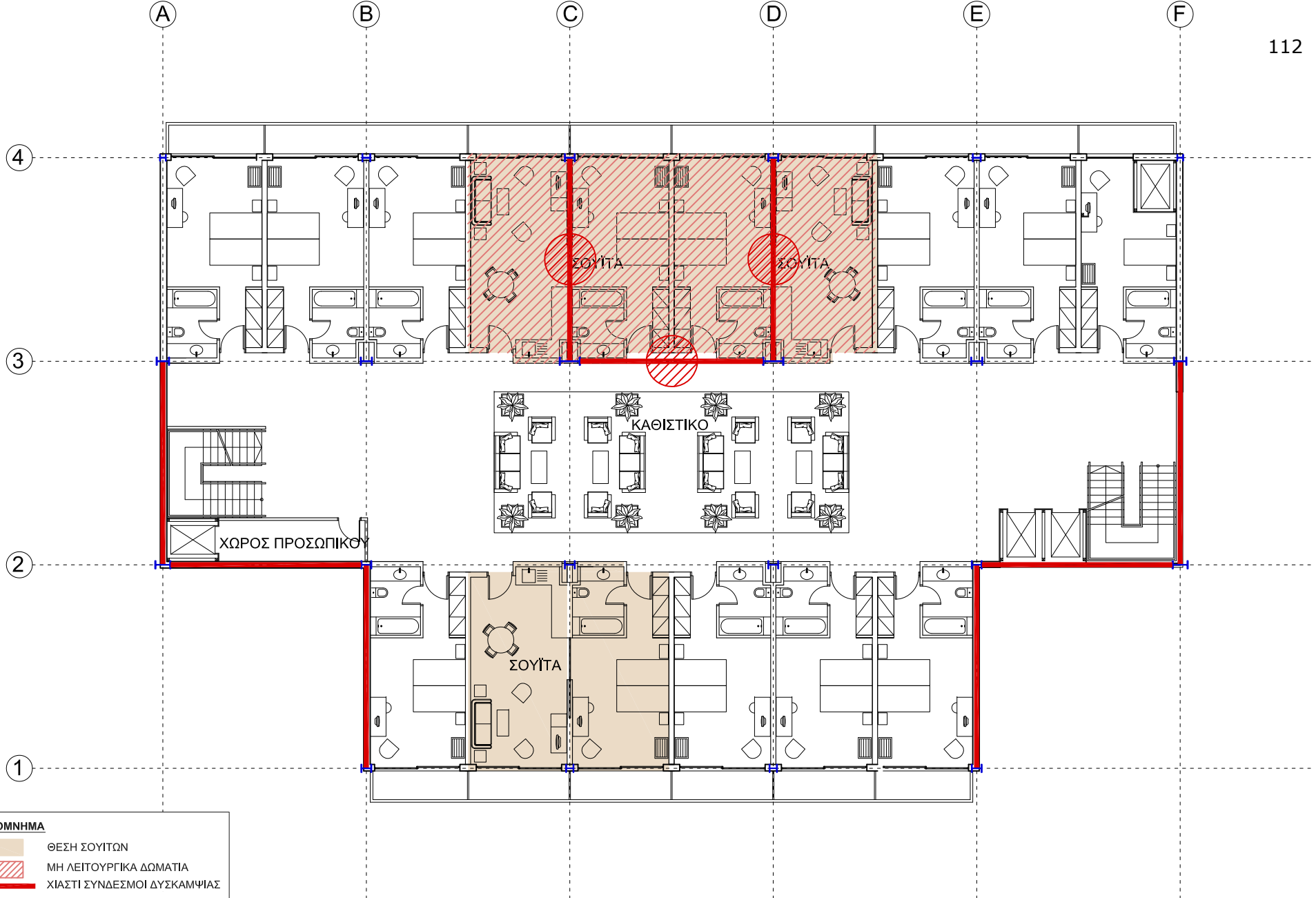


# ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

κλίμακα 1:200

Πρόταση στατικού φορέα 6  
 Χιαστί σύνδεσμοι και στις 2 διευθύνσεις (κύρια χ διεύθυνση)





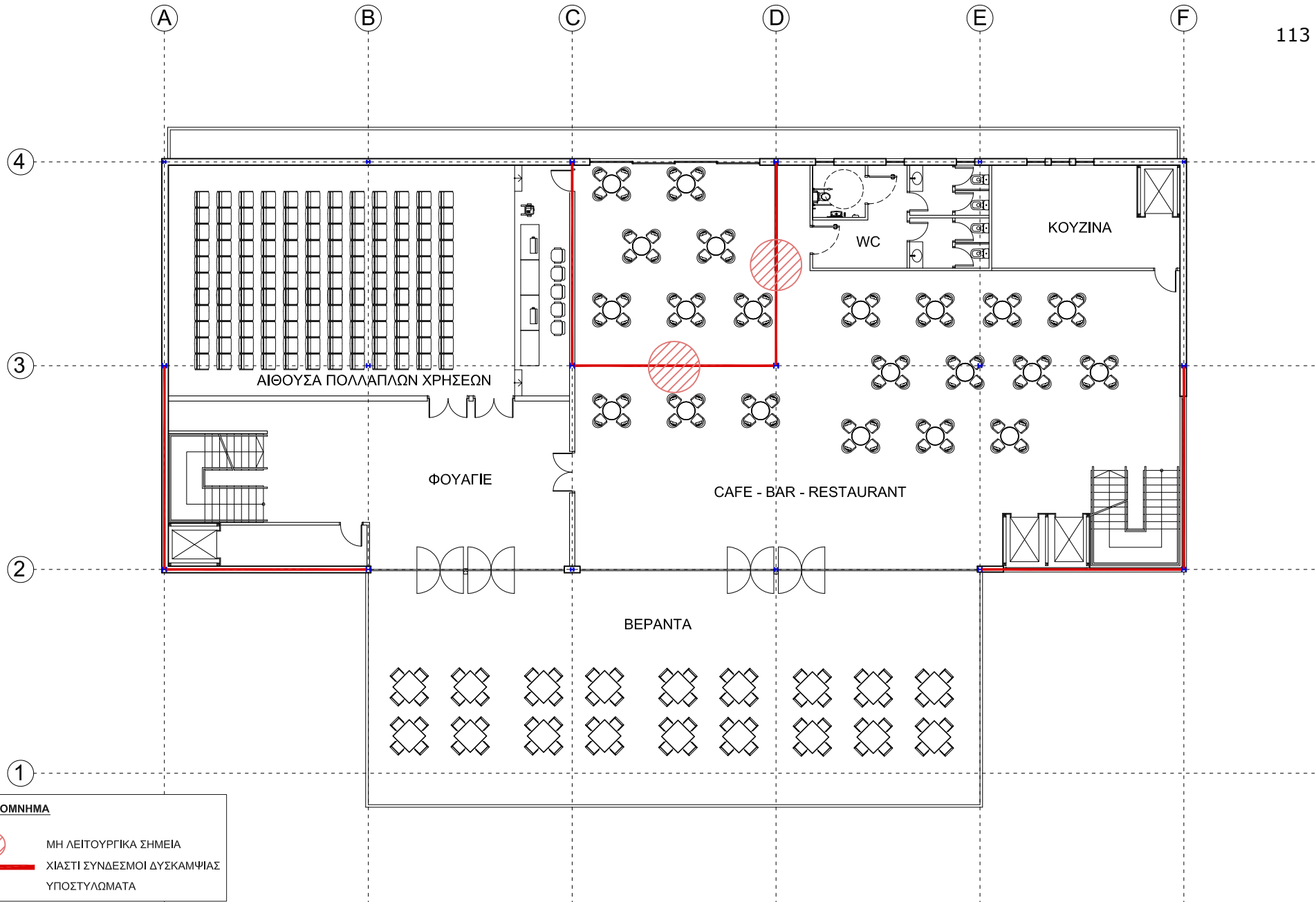
**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

- ΘΕΣΗ ΣΟΥΙΤΩΝ
- ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΔΩΜΑΤΙΑ
- ΧΙΑΣΤΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ
- ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

# ΚΑΤΟΨΗ ΤΥΠΙΚΟΥ ΟΡΟΦΟΥ

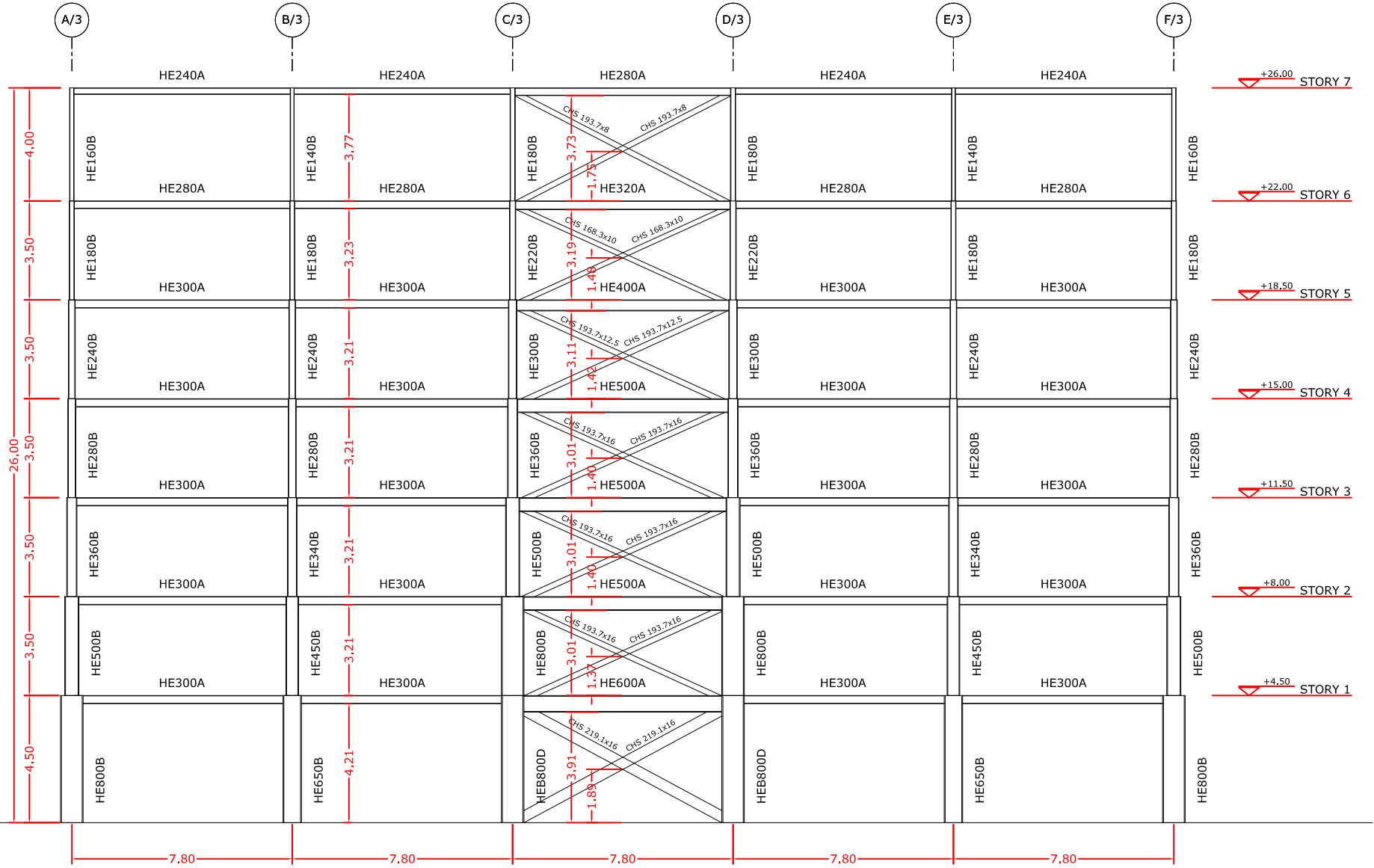
κλίμακα 1:200

Πρόταση στατικού φορέα 6  
 Χιαστί σύνδεσμοι και στις 2 διευθύνσεις (κύρια χ διεύθυνση)



Πρόταση στατικού φορέα 6  
 Χιαστί σύνδεσμοι και στις 2 διευθύνσεις (κύρια χ διεύθυνση)

**ΚΑΤΟΨΗ 6ου ΟΡΟΦΟΥ**  
 κλίμακα 1:200



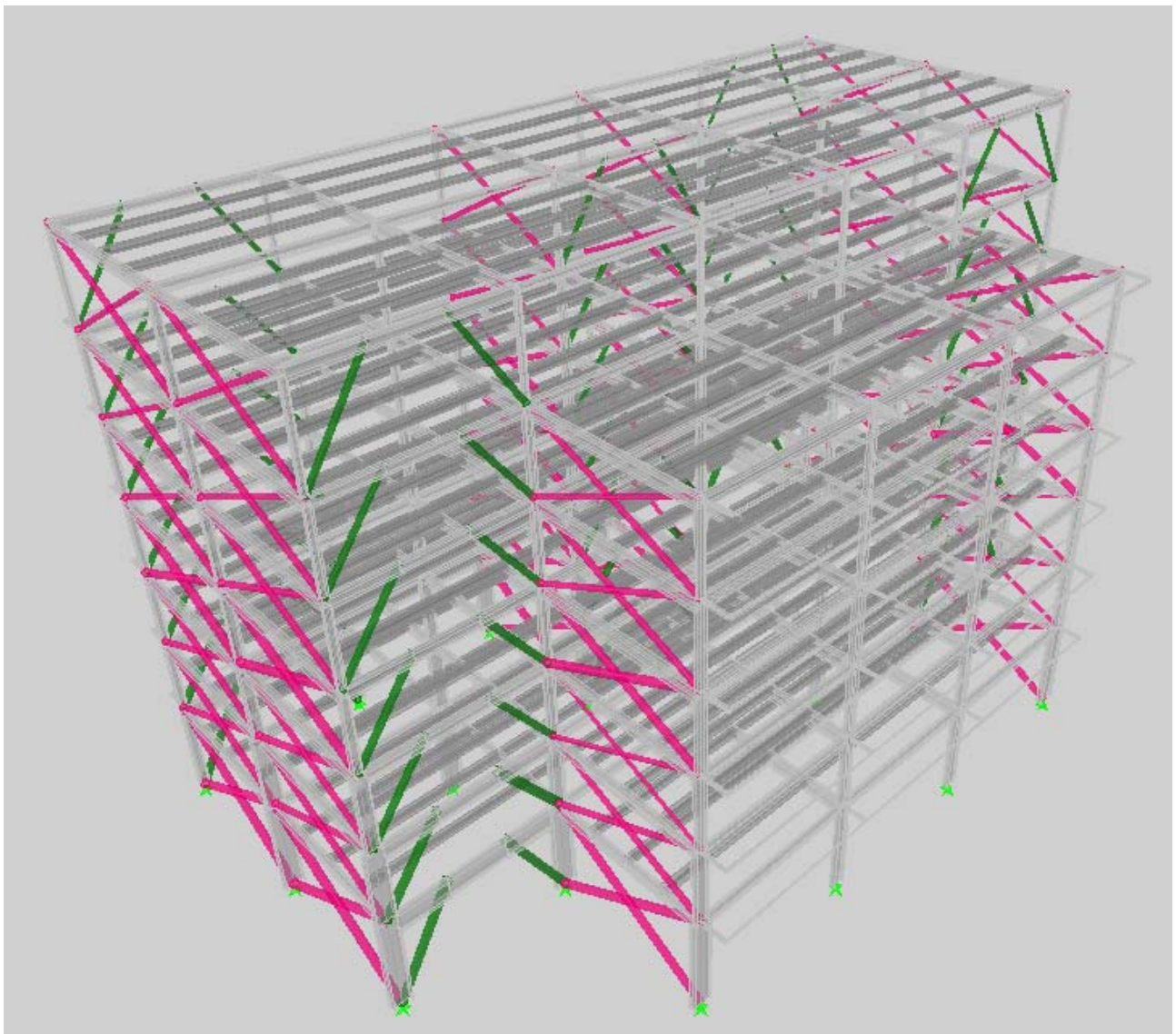
# ΤΟΜΗ ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ 3

κλίμακα 1:200

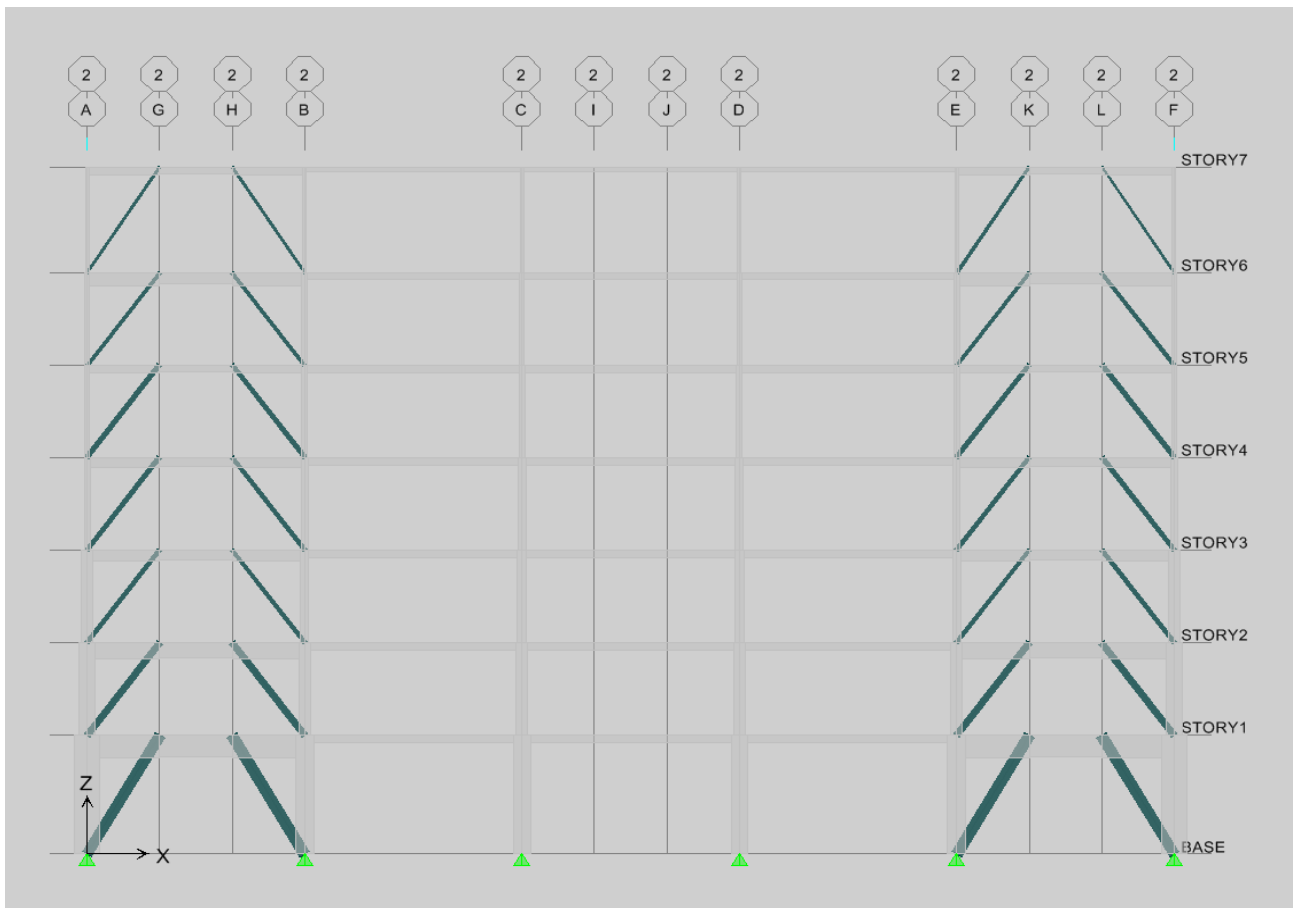
Πρόταση στατικού φορέα 6  
 Χιαστί σύνδεσμοι και στις 2 διευθύνσεις (κύρια χ διεύθυνση)

## 6.2 Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα ( $\Lambda$ ) στην (κύρια) $x$ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την $y$ διεύθυνση.

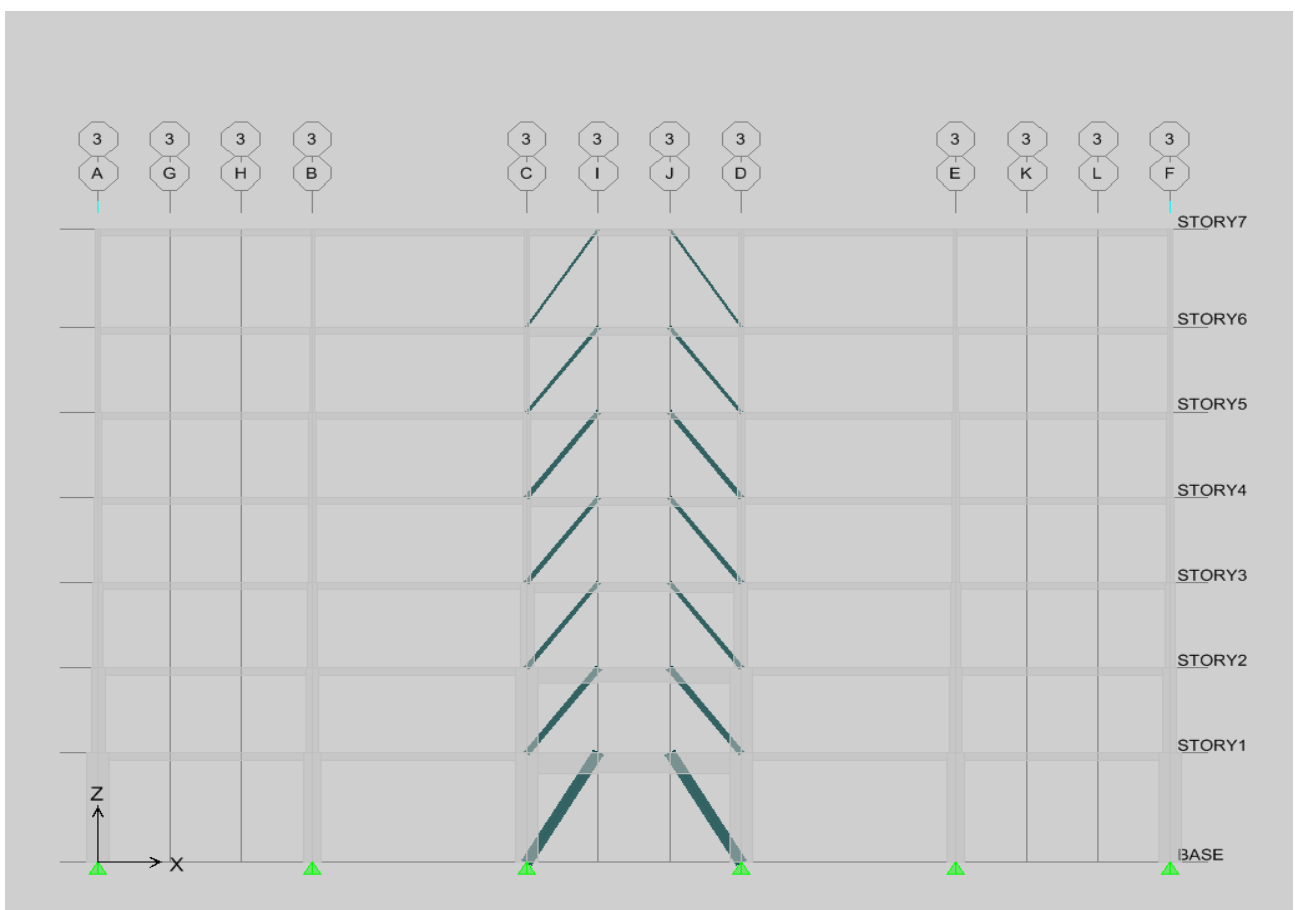
Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους δημιουργήθηκε ένα στατικό μοντέλο στο οποίο έγινε συνδυασμός χιαστί και δικτυωτών συνδέσμων με εκκεντρότητα. Η θέση τους εμφανίζεται στα σχήματα που ακολουθούν.



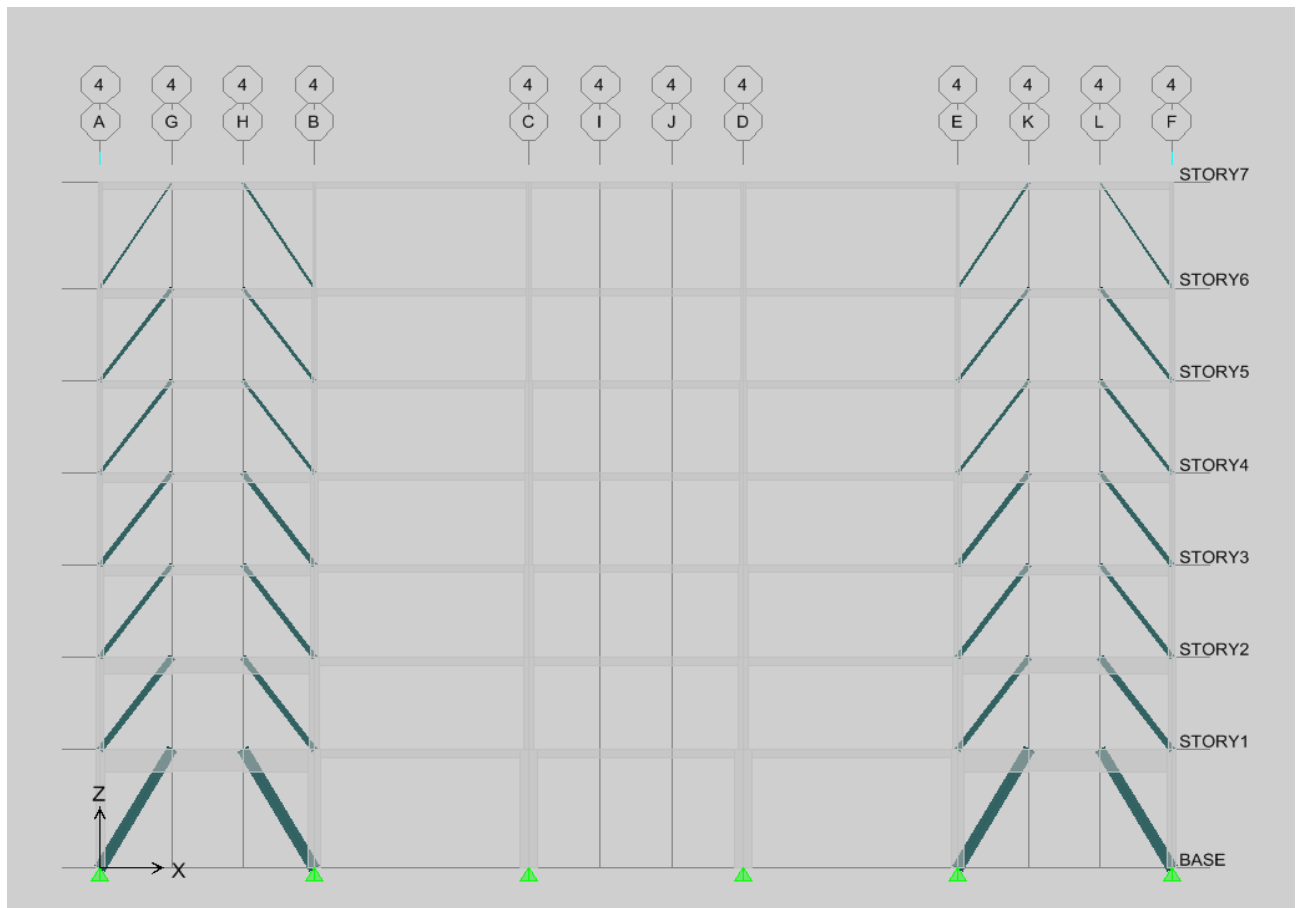
Σχήμα 6.3: Προσομοίωμα φορέα



Σχήμα 6.4: Τομή στον άξονα 2



Σχήμα 6.5: Τομή στον άξονα 3



**Σχήμα 6.6: Τομή στον άξονα 4**

Για την προσομοίωση του φορέα έγιναν οι εξής παραδοχές:

- Η κατασκευή εδράζεται στο έδαφος μέσω αρθρώσεων (εφόσον υπάρχουν σύνδεσμοι δυσκαμψίας και στις δύο διευθύνσεις).
- Το μήκος λυγισμού των χιαστί συνδέσμων είναι ίσο με  $0,5L$  (όπου  $L$  το μήκος τους), καθώς θεωρείται ότι συνδέονται στο μέσον τους, ενώ των δικτυωτών ( $\Lambda$ ) συνδέσμων είναι ίσο με  $L$ .
- Ορίστηκαν ελευθερώσεις στα άκρα των συνδέσμων, ώστε να παραλαμβάνουν μόνο αξονική δύναμη.
- Το μήκος λυγισμού των υποστυλωμάτων όπως έχει αναφερθεί είναι ίσο με  $L$  (όπου  $L$  το μήκος τους).
- Οι κύριες δοκοί συνδέονται αρθρωτά με τα υποστυλώματα.
- Το φάσμα σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκε και στη διεύθυνση των χιαστί ( $q=3$ ) φαίνεται στο σχήμα 2.6 και στη διεύθυνση των  $\Lambda$  συνδέσμων ( $q=4$ ) στο σχήμα 2.5
- Σε κάθε όροφο ορίστηκε διάφραγμα.

### 6.2.1 Ικανοτικός έλεγχος και αποτελέσματα

Οι οριζόντιες δοκοί δικτυωτών συνδέσμων μορφής Λ με εκκεντρότητα πρέπει να υπολογίζονται έτσι ώστε να μπορούν να παραλάβουν τα κατακόρυφα φορτία, χωρίς να ληφθεί υπόψη η ενδιάμεση στήριξη από τις διαγωνίους. Στον τύπο αυτό συνδέσμων η συμμετοχή της θλιβόμενης διαγωνίου είναι απαραίτητη για την ανάληψη των οριζοντίων δυνάμεων.

Το βασικό χαρακτηριστικό αυτών των συνδέσμων είναι ότι η σύνδεση του ενός τουλάχιστον άκρου της κάθε διαγωνίου με το ζυγώμα γίνεται με εκκεντρότητα ως προς τον αντίστοιχο κόμβο. Το τμήμα του ζυγώματος που αποτελεί την έκκεντρη σύζευξη (δοκός σύζευξης) υπόκειται σε μεγάλη διατμητική και καμπτική καταπόνηση από οριζόντια φορτία. Στο τμήμα αυτό είναι συνεπώς ευκολότερο να συγκεντρωθούν οι απαιτήσεις πλαστιμότητας. Ο λόγος του μήκους της δοκού σύζευξης ( $L_c$ ) προς το μήκος  $L_0 = 2 \cdot M_{pc} / V_{pc}$  καθορίζει το μηχανισμό διαρροής της ( $M_{pc}, V_{pc}$  η αντοχή σε κάμψη και διάτμηση της δοκού σύζευξης).

Αν  $L_c / L_0 \leq 0.80$  αναπτύσσεται κυρίως διατμητική διαρροή, ενώ

Αν  $L_c / L_0 \geq 1.30$  η διαρροή είναι κυρίως καμπτική.

Σε όλες τις περιπτώσεις υπάρχει η δυνατότητα μεγάλης πλαστιμότητας.

Τα άλλα στοιχεία (στύλοι, διαγώνιοι και υπόλοιπο τμήμα των ζυγωμάτων) πρέπει να ελέγχονται με ικανοτικό σχεδιασμό, ώστε η διαρροή να περιορίζεται στις δοκούς σύζευξης. Οι αντοχές των δοκών σύζευξης σε αξονική δύναμη, ροπή κάμψεως και τέμνουσα δύναμη δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$N_{pc} = 2b_f t_f f_y + h_w t_w f_y$$

$$M_{pc} = b_f t_f (h_w + t_f) f_y + 0.25 t_w h_w^2 f_y$$

$$V_{pc} = h_w t_w f_y / \sqrt{3}$$

όπου:

$b_f, t_f$ : το πλάτος και το πάχος των πελμάτων αντίστοιχα

$h_w, t_w$ : το ύψος και το πάχος των κορμών

$f_y$ : το όριο διαρροής

Στο συγκεκριμένο φορέα επιλέχθηκε  $L_c$  ίσο με 2.60(m) και επιχειρήθηκε ο μηχανισμός διαρροής της δοκού σύζευξης να είναι καμπτικός σε κάθε περίπτωση. Οι δοκοί σύζευξης με μηχανισμό καμπτικών πλαστικών αρθρώσεων διαστασιολογούνται όπως οι δοκοί των πλαισίων.

Τα υποστυλώματα και οι διαγώνιοι σύνδεσμοι θα πρέπει να ελέγχονται σε κάμψη και λυγισμό με τις σεισμικές δράσεις επαυξημένες με τον ικανοτικό συντελεστή:

$$\alpha_{cd} = 1.20 \cdot \min(V_{pci} / V_{sdi}, M_{pci} / M_{sdi})$$

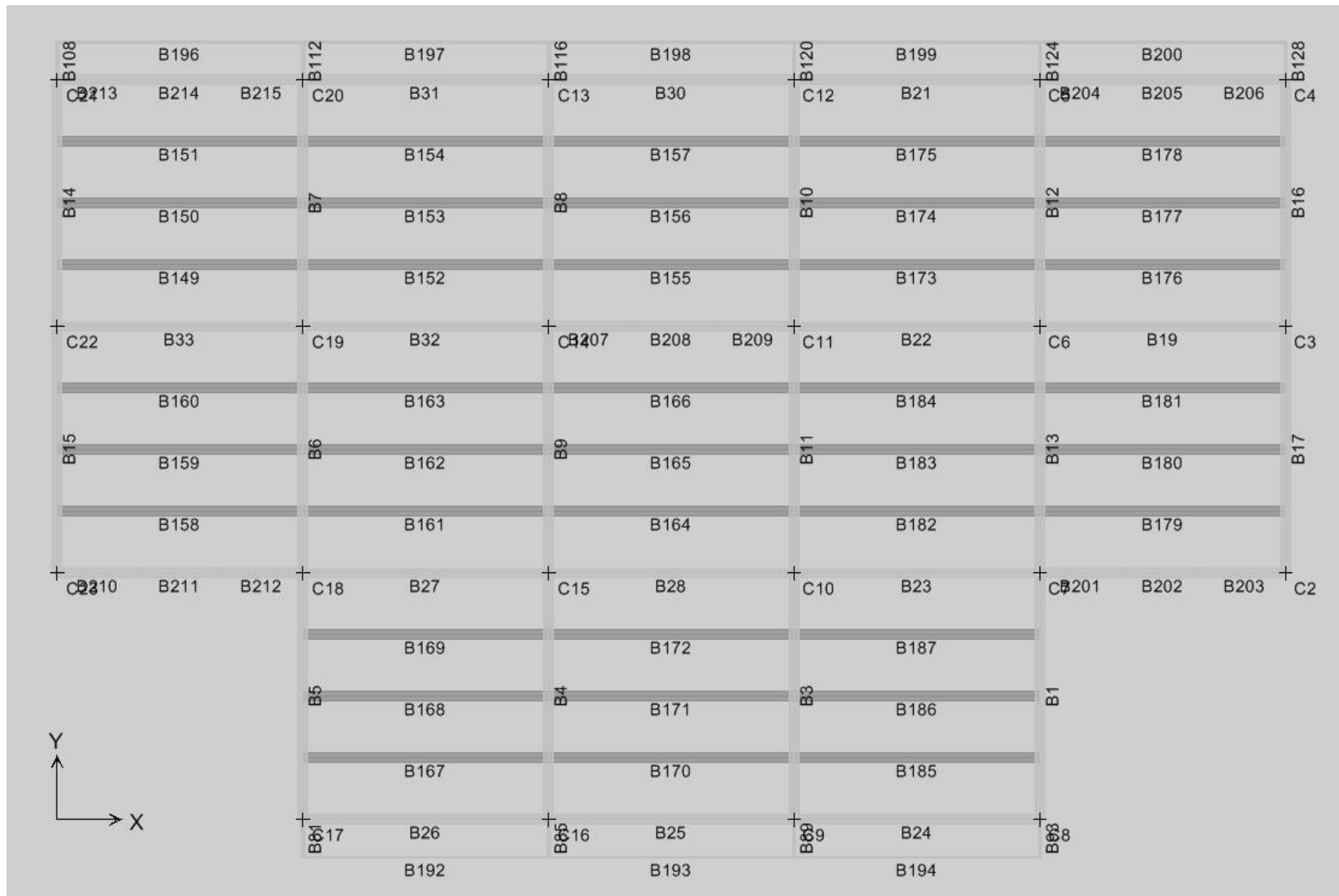
όπου:

$V_{sdi}, M_{sdi}$ : η τέμνουσα και η ροπή αντίστοιχα από το σεισμικό συνδυασμό στη πλαστική άρθρωση (δοκού σύζευξης).

$V_{pci}, M_{pci}$ : οι αντίστοιχες οριακές αντοχές της διατομής της δοκού σύζευξης.



Τα αποτελέσματα των αναλύσεων διαμορφώνονται ως εξής:



Σχήμα 6.7: Συμβολισμός μελών

**Πίνακας 6.9: Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα (Λ) στην (κύρια) χ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την γ διεύθυνση**

Δοκοί	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
B1	HE340M	HE300M	HE300M	HE500A	HE500A	HE450A	-
B3	HE550A	HE550A	HE550A	HE550A	HE550A	HE450A	-
B4	HE550A	HE550A	HE550A	HE550A	HE550A	HE450A	-
B5	HE340M	HE300M	HE300M	HE500A	HE500A	HE450A	-
B6	HE340M	HE320M	HE320M	HE320M	HE300M	HE550A	HE400A
B7	HE340M	HE320M	HE320M	HE320M	HE300M	HE550A	HE400A
B8	HE340M	HE320M	HE320M	HE320M	HE300M	HE550A	HE400A
B9	HE340M	HE320M	HE320M	HE320M	HE300M	HE550A	HE400A
B10	HE340M	HE320M	HE320M	HE320M	HE300M	HE550A	HE400A
B11	HE340M	HE320M	HE320M	HE320M	HE300M	HE550A	HE400A
B12	HE340M	HE320M	HE320M	HE320M	HE300M	HE550A	HE400A
B13	HE340M	HE320M	HE320M	HE320M	HE300M	HE550A	HE400A
B14	HE320M	HE300M	HE600A	HE500A	HE450A	HE450A	HE320A
B15	HE320M	HE300M	HE600A	HE500A	HE450A	HE450A	HE320A
B16	HE320M	HE300M	HE600A	HE500A	HE450A	HE450A	HE320A
B17	HE320M	HE300M	HE600A	HE500A	HE450A	HE450A	HE320A
B19	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE280A	HE240A
B21	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE200A
B22	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE280A	HE240A
B23	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE280A	HE200A
B24	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	-
B25	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	-
B26	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	-
B27	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE280A	HE200A
B28	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE280A	HE200A
B30	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE200A
B31	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE200A
B32	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE280A	HE240A
B149	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE300A	HE220A
B201	HEM800K*	HEM550K*	HE400M	HE360M	HE300M	HE300M	HEA320K*
B202	HE800M	HE550M	HE360M	HE340M	HE280M	HE280M	HE320A
B203	HEM800K*	HEM550K*	HE400M	HE360M	HE300M	HE300M	HEA320K*
B204	HEM800K*	HEM550K*	HE400M	HE360M	HE300M	HE280M	HEA280K*
B205	HE800M	HE550M	HE360M	HE340M	HE280M	HE260M	HE280A
B206	HEM800K*	HEM550K*	HE400M	HE360M	HE300M	HE280M	HEA280K*
B207	HEM800K*	HEM550K*	HE400M	HE360M	HE300M	HE280M	HEA300K*
B208	HE800M	HE550M	HE360M	HE340M	HE280M	HE260M	HE300A
B209	HEM800K*	HEM550K*	HE400M	HE360M	HE300M	HE280M	HEA300K*
B210	HEM800K*	HEM550K*	HE400M	HE360M	HE300M	HE300M	HEA320K*
B211	HE800M	HE550M	HE360M	HE340M	HE280M	HE280M	HE320A
B212	HEM800K*	HEM550K*	HE400M	HE360M	HE300M	HE300M	HEA320K*
B213	HEM800K*	HEM550K*	HE400M	HE360M	HE300M	HE280M	HEA280K*
B214	HE800M	HE550M	HE360M	HE340M	HE280M	HE260M	HE280A
B215	HEM800K*	HEM550K*	HE400M	HE360M	HE300M	HE280M	HEA280K*

\* Συγκολλητή διατομή

**Πίνακας 6.10: Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα (Λ) στην (κύρια) χ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την γ διεύθυνση**

Υποστυλώματα	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
C2	HEB800D*	HEB800	HEB550	HEB280	HEB240	HEB220	HEB180
C3	HEB800C*	HEB650	HEB400	HEB340	HEB300	HEB240	HEB220
C4	HEB340	HEB320	HEB280	HEB260	HEB240	HEB220	HEB180
C5	HEB600	HEB400	HEB340	HEB300	HEB260	HEB240	HEB180
C6	HEB900	HEB600	HEB450	HEB340	HEB300	HEB240	HEB200
C7	HEB900	HEB550	HEB360	HEB300	HEB260	HEB260	HEB180
C8	HEB800	HEB550	HEB360	HEB300	HEB260	HEB220	-
C9	HEB500	HEB360	HEB340	HEB300	HEB240	HEB220	-
C10	HEB800	HEB550	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB180
C11	HEB800D*	HEB800C*	HEB550	HEB360	HEB300	HEB260	HEB200
C12	HEB900	HEB550	HEB450	HEB260	HEB300	HEB260	HEB220
C13	HEB900	HEB550	HEB450	HEB260	HEB300	HEB260	HEB220
C14	HEB800D*	HEB800C*	HEB550	HEB360	HEB300	HEB260	HEB200
C15	HEB800	HEB550	HEB450	HEB340	HEB280	HEB220	HEB180
C16	HEB500	HEB360	HEB340	HEB300	HEB240	HEB220	-
C17	HEB800	HEB550	HEB360	HEB300	HEB260	HEB220	-
C18	HEB900	HEB550	HEB360	HEB300	HEB260	HEB260	HEB180
C19	HEB900	HEB600	HEB450	HEB340	HEB300	HEB240	HEB200
C20	HEB600	HEB400	HEB340	HEB300	HEB260	HEB240	HEB180
C21	HEB340	HEB320	HEB280	HEB260	HEB240	HEB220	HEB180
C22	HEB800C*	HEB650	HEB400	HEB340	HEB300	HEB240	HEB220
C23	HEB800D*	HEB800	HEB550	HEB280	HEB240	HEB220	HEB180

\* Συγκολλητή διατομή

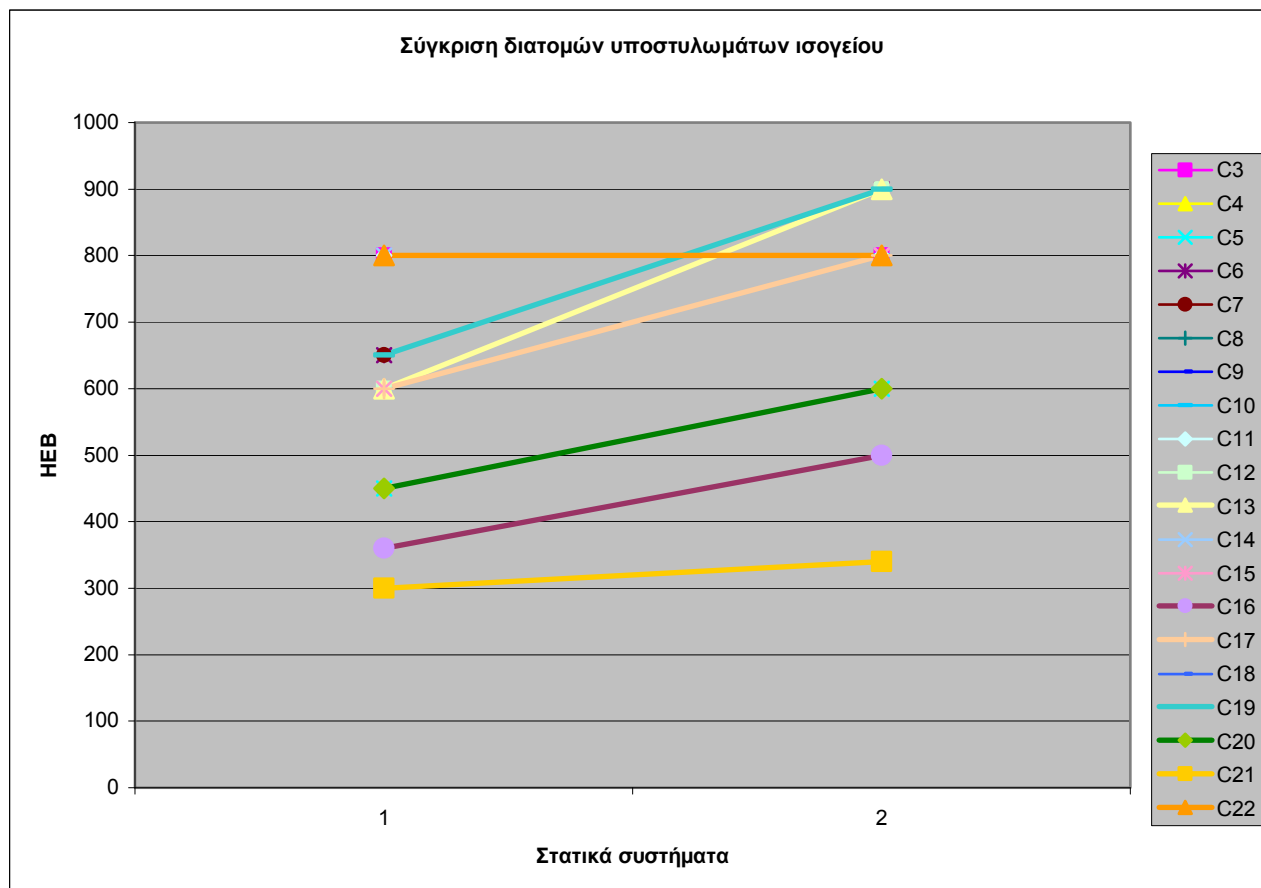
**Πίνακας 6.11: Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα (Λ) στην (κύρια) χ διεύθυνση και χιαστί σύνδεσμοι κατά την γ διεύθυνση**

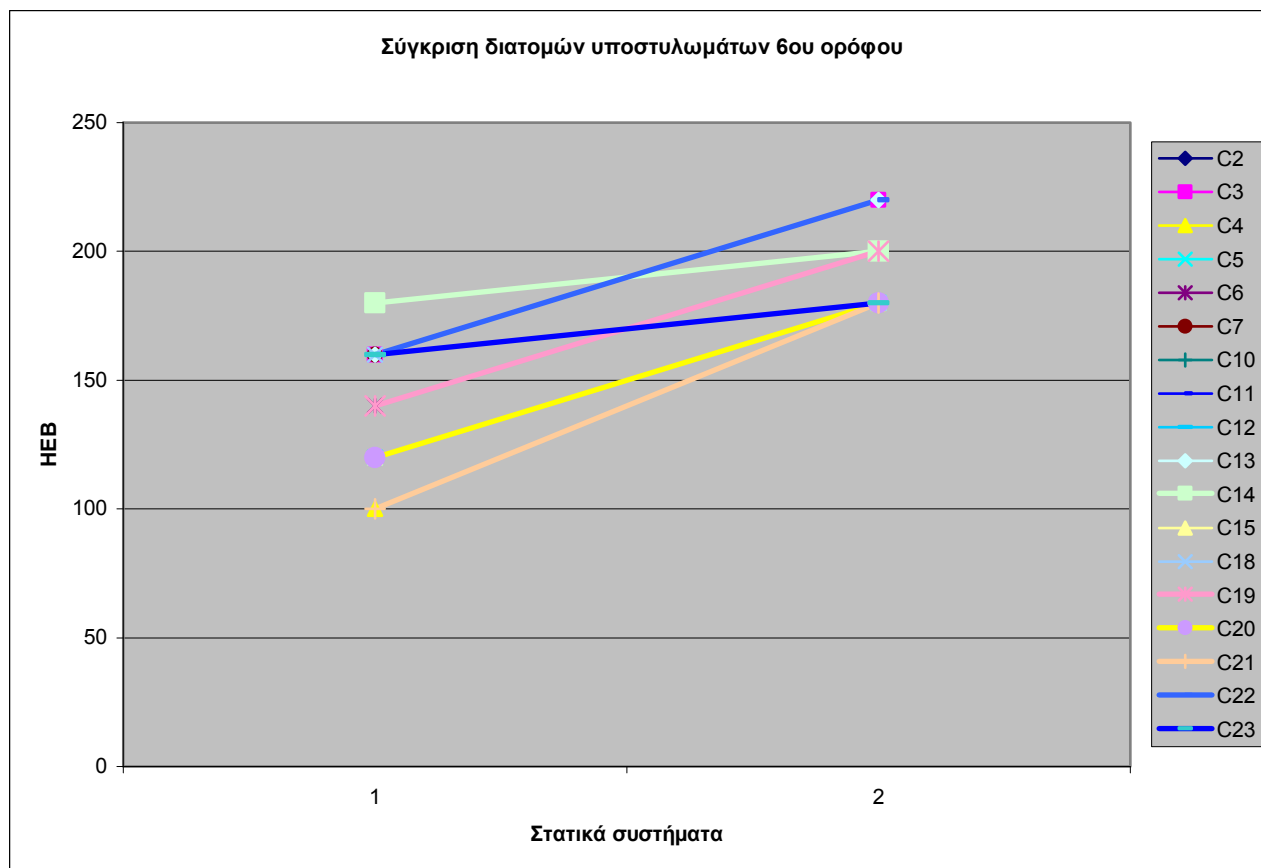
Χιαστί - CHS	Ισόγειο	1ος όροφος	2ος όροφος	3ος όροφος	4ος όροφος	5ος όροφος	6ος όροφος
Μπροστά λάμδα στον Χ	355,6x25,0	355,6x20,0	273,0x25,0	273,0x25,0	273,0x25,0	219,1x25,0	219,1x12,5
Πίσω λάμδα στον Χ	355,6x25,0	355,6x20,0	273,0x25,0	273,0x25,0	219,1x20,0	219,1x20,0	193,7x12,5
Μεσαία λάμδα στον Χ	355,6x25,0	355,6x20,0	273,0x25,0	273,0x25,0	273,0x25,0	219,1x20,0	219,1x12,5
Μπροστά χιαστί στον Υ	355,6x16,0	244,5x25,0	177,8x25,0	323,9x20,0	244,5x25,0	219,1x25,0	219,1x12,5
Ακραία χιαστί στον Υ	355,6x16,0	244,5x25,0	244,5x25,0	323,9x20,0	244,5x25,0	219,1x25,0	219,1x20,0
Μεσαία πίσω χιαστί στον Υ	355,6x16,0	244,5x25,0	244,5x25,0	323,9x20,0	244,5x25,0	219,1x25,0	219,1x20,0

Πίνακας 6.12: Δρώσεις ιδιομορφικές μάζες							
Ιδιοπερίοδος	SumUX	SumUY	SumUZ	SumRX	SumRY	SumRZ	
T1	0,811652	72,515	0	0	0	98,6399	0,0069
T2	0,426159	72,5152	73,2622	0	97,1156	98,6399	0,0394
T3	0,357286	76,7736	73,2913	0	97,1565	98,7542	47,7195
T4	0,325797	87,446	73,2984	0	97,1662	99,4553	63,0674
T5	0,303464	87,4882	74,1871	0	97,9222	99,4592	63,6384
T6	0,297521	88,0332	74,2231	0	97,9613	99,5127	73,4898
T7	0,292873	88,0359	74,8997	0	98,3837	99,513	73,5485
T8	0,269337	88,0669	75,0509	0	98,5404	99,5164	74,4362
T9	0,261884	88,0911	75,1112	0	98,6174	99,5191	75,0835
T10	0,255092	88,0912	75,5458	0	98,7655	99,5191	75,1054
T11	0,254173	88,1137	75,5594	0	98,7775	99,5223	76,7717
T12	0,249137	88,1143	75,9157	0	98,9023	99,5224	76,7771
T13	0,246483	88,1171	76,1167	0	98,9023	99,5226	76,9277
T14	0,242856	88,1218	76,2323	0	98,9024	99,5229	76,976
T15	0,241731	88,1218	76,2434	0	98,9036	99,5229	76,9924
T16	0,240563	88,1532	76,3339	0	98,9483	99,5258	77,1853
T17	0,240129	88,1723	76,4767	0	98,9557	99,5272	77,2735
T18	0,236306	88,1856	76,5889	0	98,956	99,5282	77,3351
T19	0,235065	88,1856	76,6005	0	98,9569	99,5282	77,3519
T20	0,234505	88,2366	76,6377	0	98,9584	99,5323	77,3711
T21	0,233501	88,2927	76,6409	0	99,057	99,5368	77,3909
T22	0,223168	89,0261	76,7137	0	99,0904	99,5918	77,4119
T23	0,222523	92,9322	76,7158	0	99,0906	99,8705	77,7569
T24	0,2199	93,2388	76,7587	0	99,1373	99,8908	78,0434
T25	0,216889	93,2388	77,0011	0	99,2073	99,8909	78,0895
T26	0,215755	93,2555	77,2572	0	99,3136	99,8913	78,9599
T27	0,212704	93,2614	77,2577	0	99,3153	99,8916	79,0197
T28	0,209045	93,2679	77,4405	0	99,3928	99,8917	80,072
T29	0,205373	93,268	77,4454	0	99,4253	99,8917	80,0826
T30	0,197264	93,268	77,742	0	99,4254	99,8917	80,0827
T31	0,196984	93,268	77,7478	0	99,4285	99,8917	80,083
T32	0,195145	93,2698	77,7508	0	99,438	99,8918	80,1344
T33	0,188813	93,2704	77,9131	0	99,4394	99,8918	80,1471
T34	0,188131	93,2724	77,9375	0	99,4451	99,8919	80,1698
T35	0,188024	93,2728	78,0655	0	99,4453	99,8919	80,1715
T36	0,183048	93,273	78,402	0	99,4478	99,8919	80,3724
T37	0,182198	93,273	78,5215	0	99,448	99,8919	80,3775
T38	0,181887	93,2748	78,5308	0	99,4485	99,8921	80,4192
T39	0,177093	93,2749	78,8047	0	99,4511	99,8921	80,6457
T40	0,175804	93,2751	78,9098	0	99,4521	99,8921	80,6962
T41	0,162147	96,8106	78,9098	0	99,4521	99,9766	80,6999
T42	0,130396	96,8106	94,1898	0	99,937	99,9766	80,7025
T43	0,125493	98,3273	94,1899	0	99,937	99,9879	80,7253
T44	0,10722	98,3602	94,1928	0	99,9371	99,9928	94,8247
T45	0,094777	99,2472	94,1928	0	99,9371	99,9997	94,8287
T46	0,079737	99,2472	94,1928	0	99,9371	99,9997	94,8291
T47	0,079075	99,2472	94,1928	0	99,9371	99,9997	94,8295
T48	0,078144	99,2472	94,1928	0	99,9371	99,9997	94,8316
T49	0,070957	99,2472	98,0953	0	99,9935	99,9997	94,8318
T50	0,069499	99,2472	98,0953	0	99,9935	99,9997	94,8329

### 6.3 Συγκριτικά αποτελέσματα

Στην παράγραφο αυτή παρατίθενται συγκριτικά αποτελέσματα των διατομών των υποστυλωμάτων του ισογείου και του 6<sup>ου</sup> ορόφου μεταξύ των δυο διαφορετικών μοντέλων που παρουσιάστηκαν σ' αυτό το κεφάλαιο:

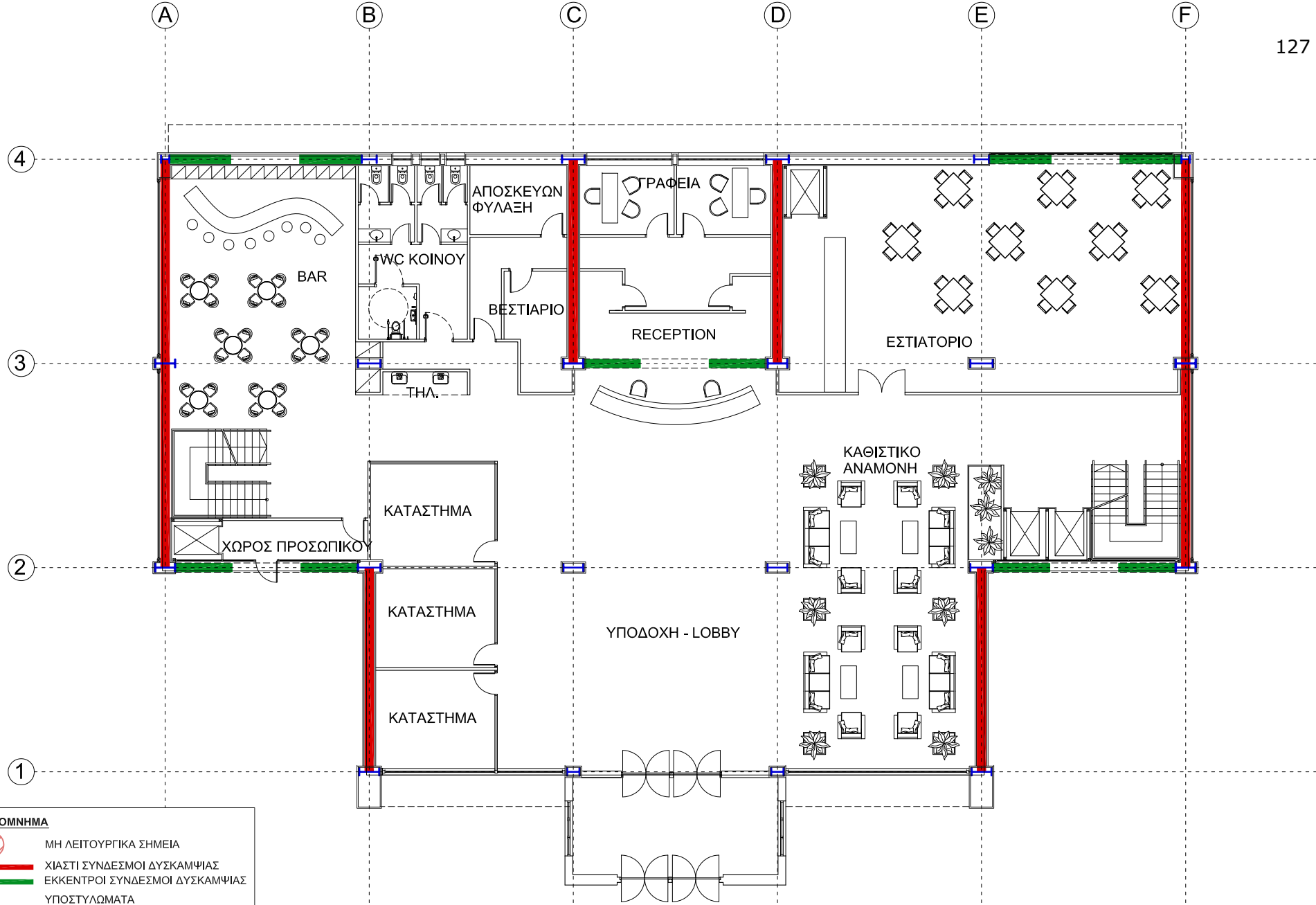








Προκειμένου το στατικό μοντέλο με τους έκκεντρους συνδέσμους δυσκαμψίας να είναι αποδεκτό επιχειρήθηκε η αύξηση των διατομών ομοιόμορφα σε ολόκληρο το φορέα. Μ' αυτό τον τρόπο επιτεύχθηκε ο περιορισμός των σχετικών μετακινήσεων των ορόφων σε επιτρεπτά όρια. Συνεπώς, όλα τα στατικά μεγέθη του φορέα που προκύπτουν είναι ικανοποιητικά. Αρχιτεκτονικά επίσης, η συγκεκριμένη πρόταση προσφέρει ένα πολύ καλό επίπεδο σχεδιασμού. Οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας, όπου υπάρχουν δεν εμποδίζουν με κανένα τρόπο την ελεύθερη κυκλοφορία στο χώρο και προσφέρουν ευελιξία στη διαμόρφωσή του.

Οι οικοδομικές λεπτομέρειες που προκύπτουν κατά το σχεδιασμό της κατασκευής αποτελούν ένα ενδιαφέρον πρόβλημα και μπορούν να επιλυθούν με διάφορους τρόπους. Το πρώτο θέμα προς αντιμετώπιση είναι ο συνδυασμός των τοίχων και των χιαστί συνδέσμων. Οι σύνδεσμοι πρέπει να λειτουργούν ελεύθερα χωρίς να εμποδίζονται από οποιαδήποτε τοιχοποιία. Για το λόγο αυτό στις περιπτώσεις όπου δεν κρίνεται σκόπιμο να είναι εμφανείς περικλείονται από πετάσματα γυψοσανίδας εσωτερικά ή τσιμεντοσανίδας εξωτερικά.

Παράλληλα ο σκελετός των υαλοστασίων θα πρέπει να λειτουργεί ανεξάρτητα από τους χιαστί συνδέσμους. Μπορούν να τοποθετηθούν είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά των χιαστί συνδέσμων. Αυτό εξαρτάται από τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των όψεων και της εσωτερικής διαμόρφωσης του χώρου. Για την κάλυψη διάφορων μορφολογικών στοιχείων που προκύπτουν από τις συνδέσεις των μελών του μεταλλικού φορέα καθώς και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων τοποθετείται στο κατάλληλο ύψος φευδοροφή γυψοσανίδας. Τέλος, στις περιπτώσεις υποστυλωμάτων και συνδέσμων που βρίσκονται μέσα στον κυρίως χώρο του ξενοδοχείου – και επειδή η συγκεκριμένη χρήση επιβάλλει πολυτελή αισθητική – γίνεται επένδυσή τους με διάφορα υλικά όπως το γυαλί, η βαμμένη γυψοσανίδα, η ψηφίδα, ο καθρέφτης και άλλα. Η παρούσα αρχιτεκτονική κάτοψη ανασχεδιάστηκε με σκοπό την καλύτερη εξυπηρέτηση του χώρου μετά την οριστικοποίηση των μεγεθών και των θέσεων των μελών του φορέα.



**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

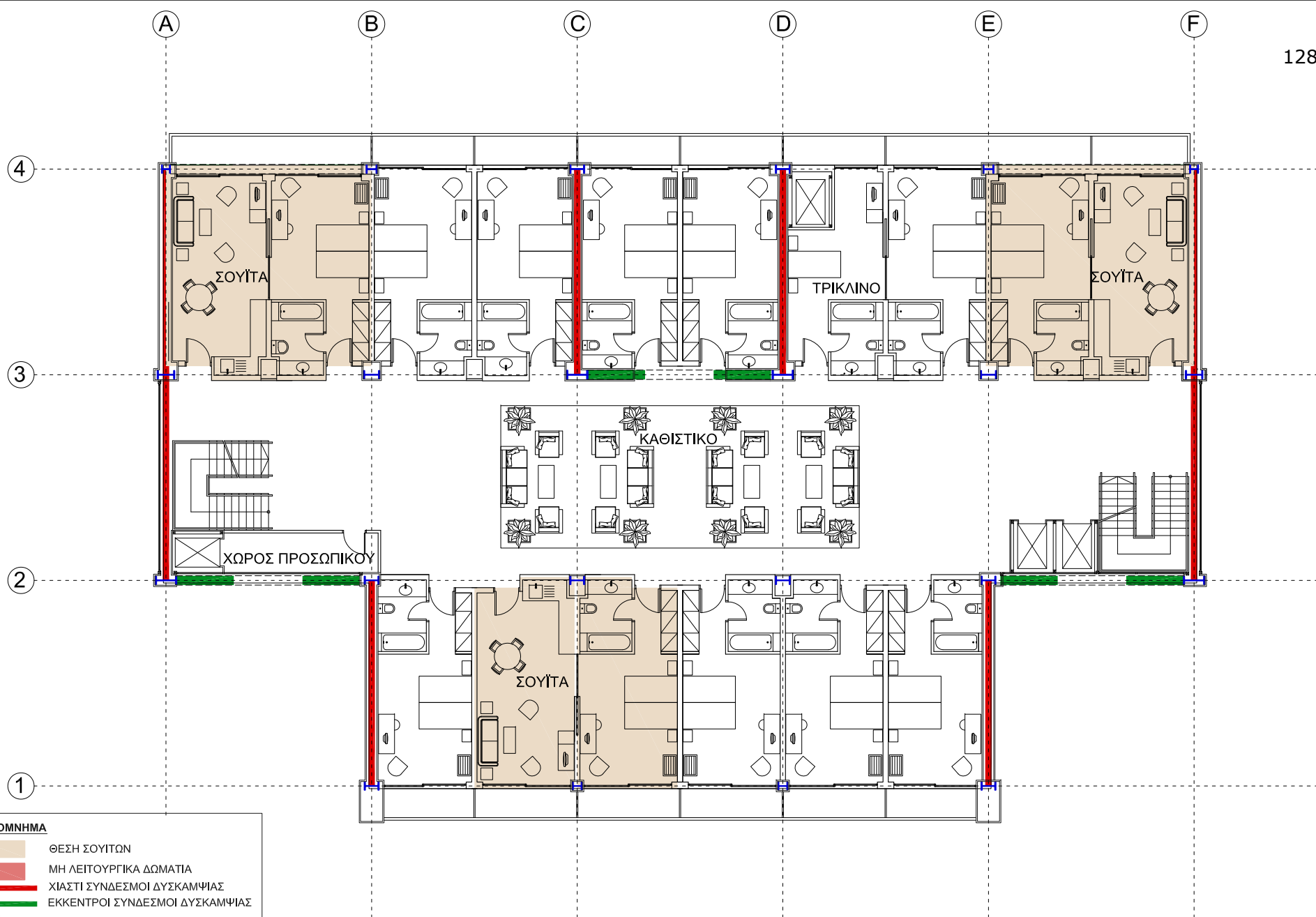
-  ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ
-  ΧΙΑΣΤΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ
-  ΕΚΚΕΝΤΡΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ
-  ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

# ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

κλίμακα 1:200

Πρόταση στατικού φορέα 7  
 Έκκεντροι δικτυωτοί σύνδεσμοι (Λ) στην χ διεύθυνση και χιαστί στην y



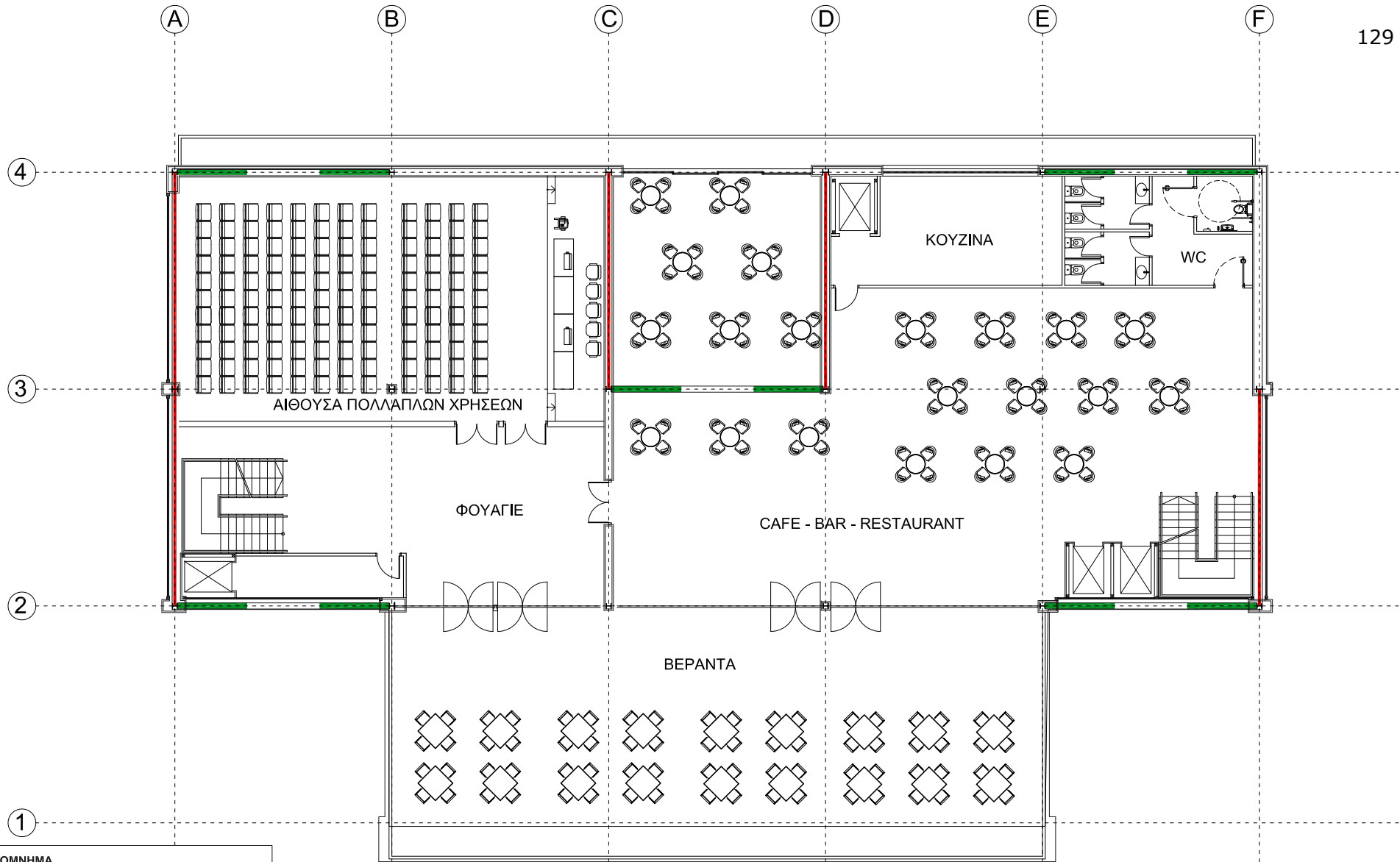


- ΥΠΟΜΝΗΜΑ**
- ΘΕΣΗ ΣΟΥΙΤΩΝ
  - ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΔΩΜΑΤΙΑ
  - ΧΙΑΣΤΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ
  - ΕΚΚΕΝΤΡΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ
  - ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ





# ΚΑΤΟΨΗ ΤΥΠΙΚΟΥ ΟΡΟΦΟΥ

κλίμακα 1:200

Πρόταση στατικού φορέα 7  
 Έκκεντροι δικτυωτοί σύνδεσμοι (Λ) στην χ διεύθυνση και χιαστί στην y

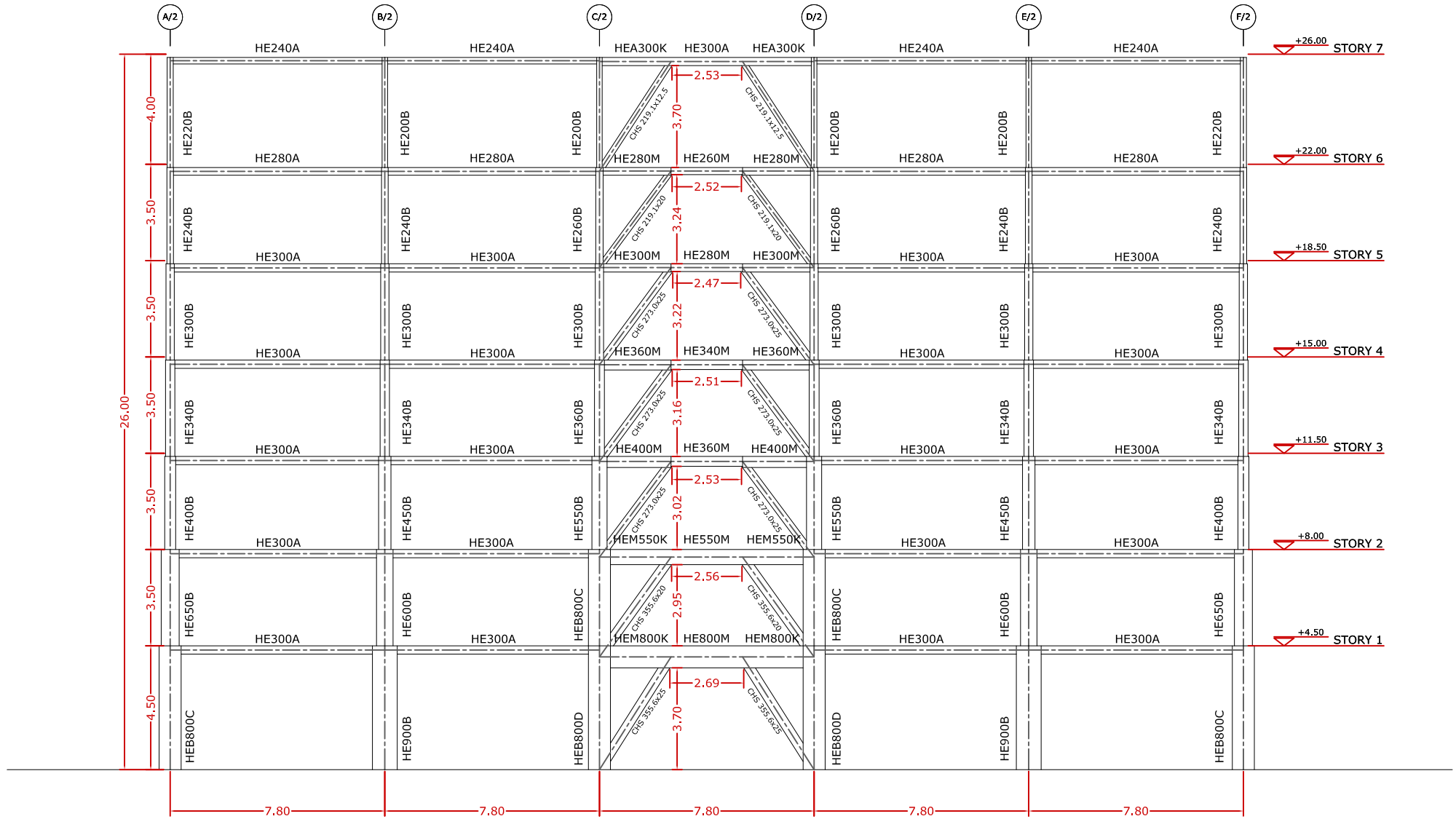


**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

-  ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ
-  ΧΙΑΣΤΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ
-  ΕΚΚΕΝΤΡΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ
-  ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

Πρόταση στατικού φορέα 7  
 Έκκεντροι δικτυωτοί σύνδεσμοι (Λ) στην χ διεύθυνση και χιαστί στην y

**ΚΑΤΟΨΗ 6ου ΟΡΟΦΟΥ**  
 κλίμακα 1:200



# ΤΟΜΗ ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ 2

κλίμακα 1:200

Πρόταση στατικού φορέα 7  
 Έκκεντροι δικτυωτοί σύνδεσμοι (Λ) στην χ διεύθυνση και χιαστί στην y

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΚΟΜΒΟΙ**

### **7.1 Γενικά**

Μια μεταλλική κατασκευή αποτελείται από επιμέρους τμήματα τα οποία μεταφέρονται στο έργο και συνδέονται κατάλληλα μεταξύ τους, ώστε να συνθέσουν το συνολικό φορέα. Τα σημεία σύνδεσης – κόμβοι είναι υπεύθυνα για τη μεταφορά των φορτίων που καταπονούν την κατασκευή μέσω των μελών της στο έδαφος. Οι κόμβοι δοκού – υποστυλώματος θεωρούνται και σχεδιάζονται παραδοσιακά ως αρθρωτοί ή ως άκαμπτοι, παρά το γεγονός ότι και οι πλέον εύκαμπτοι προβάλλουν κάποια αντίσταση σε επιβαλλόμενη ροπή, ενώ και οι πλέον δύσκαμπτοι έχουν κάποιο βαθμό ευκαμψίας.

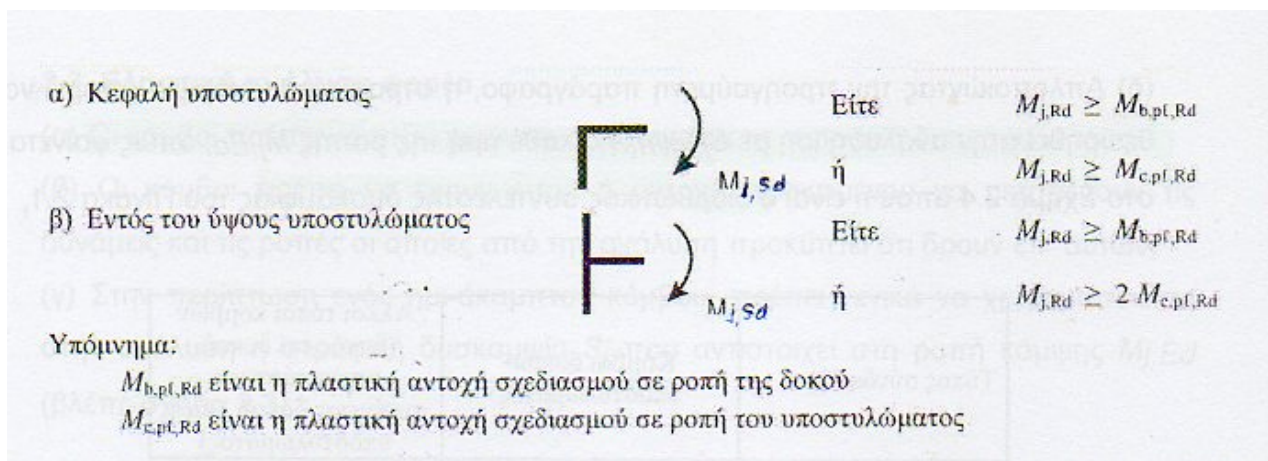
Εξαιτίας της πολυπλοκότητας των υπολογισμών και προκειμένου να εξακριβωθεί η επίδραση της συμπεριφοράς των συνδέσεων στην ανάλυση έχει γίνει διάκριση μεταξύ τριών απλοποιημένων προσομοιώσεων:

- Απλών, όπου η σύνδεση μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν μεταφέρει ροπές κάμψης.
- Συνεχών, όπου η συμπεριφορά της σύνδεσης δεν έχει καμία επίδραση στην ανάλυση.
- Ημισυνεχών, όπου η συμπεριφορά της σύνδεσης είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη στην ανάλυση.

Σ' ένα κόμβο ενδιαφέρει τόσο η αντοχή του (πρέπει να καλύπτει τα δρώντα εντατικά μεγέθη), όσο και η δυσκαμψία του προκειμένου να γίνει ο προσδιορισμός της κατανομής των εντατικών μεγεθών. Ενδιαφέρει επίσης η ικανότητα στροφής του προκειμένου να συγκριθεί με τη γωνία που αντιστοιχεί σε μια θέση πλαστικής άρθρωσης σε περίπτωση πλαστικής ανάλυσης.

Με βάση την αντοχή τους, οι κόμβοι διακρίνονται σε:

- πλήρους αντοχής, όπου η αντοχή του κόμβου δε θα πρέπει να είναι μικρότερη από την αντοχή κανενός από τα συνδεδεμένα μέλη και να πληρεί τα κριτήρια που φαίνονται στο σχήμα 7.1



**Σχήμα 7.1: Κόμβοι πλήρους αντοχής**

-ονομαστικά αρθρωτούς, οι οποίοι θα πρέπει να είναι σε θέση να μεταφέρουν τα εντατικά μεγέθη χωρίς να αναπτύσσουν σημαντικές ροπές και η αντοχή σχεδιασμού τους σε ροπή κάμψης  $M_{j,Rd}$  να μην είναι μεγαλύτερη από 0.25 φορές την αντοχή σχεδιασμού σε ροπή που απαιτείται για ένα κόμβο πλήρους αντοχής και με την προϋπόθεση ότι διαθέτουν επιπλέον επαρκή στρωφική ικανότητα.

-μερικής αντοχής, όπου κατατάσσονται οι κόμβοι που δεν ανήκουν στις δύο παραπάνω κατηγορίες.

Με βάση τη δυσκαμψία τους, οι κόμβοι ταξινομούνται σε:

-άκαμπτους, όπου δεν μεταβάλλεται η αρχική γωνία μεταξύ των συνδεόμενων μελών και προσομοιώνονται με πακτώσεις.

-αρθρωτούς, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα ελεύθερης σχετικής στρωφής μεταξύ των συνδεόμενων μελών και προσομοιώνονται με αρθρώσεις.

-ημιάκαμπτους, στους οποίους η γωνία  $\varphi$  μεταξύ του συνδεόμενου μέλους και του υπόλοιπου κόμβου μεταβάλλεται ανάλογα με την επιβαλλόμενη ροπή στο μέλος. Λειτουργούν ως ελαστικές πακτώσεις και προσομοιώνονται με τη βοήθεια κατάλληλων στρωφικών ελατηρίων.

Ο αντισεισμικός σχεδιασμός των μεταλλικών κατασκευών προϋποθέτει για τις συνδέσεις τα εξής:

-Συνδέσεις σε περιοχές πλαστικών αρθρώσεων πρέπει να έχουν επαρκή υπεραντοχή ώστε να περιορίζουν τη διαρροή στα πλαστικά μέλη. Στους σχετικούς ελέγχους, θα λαμβάνεται η ανώτερη τιμή της τάσεως διαρροής του πιθανού πλαστικού μέλους (δηλαδή του ασθενέστερου).

-Σε κοχλιωτές συνδέσεις καθοριστική πρέπει να είναι η αστοχία σε σύνθλιψη άντυγας των οπών και όχι η αστοχία σε διάτμηση των κοχλιών.

-Ημιάκαμπτες συνδέσεις και συνδέσεις μερικής αντοχής δε χρησιμοποιήθηκαν στη μόρφωση της παρούσας αντισεισμικής κατασκευής.

Οι συνδέσεις ενός φορέα μπορούν να επιφέρουν σημαντικές αλλαγές στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, γι' αυτό και επιλέχθηκε να μελετηθούν τρία διαφορετικά είδη τους που συναντήθηκαν στα στατικά συστήματα τα οποία εξετάστηκαν στην εργασία αυτή. Επιλέχθηκαν για την ανάλυση κόμβοι που βρίσκονται στον δεύτερο όροφο του κτιρίου, καθώς εκεί το ύψος των ορόφων είναι το μικρότερο (3,5 m) και οι διατομές μεγάλες.

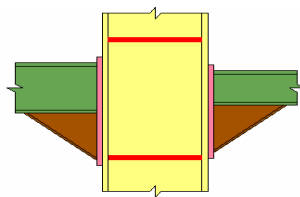
## 7.2 Κόμβος ροπής δοκού – υποστυλώματος

Ο υπολογισμός της αντοχής ενός κόμβου (όπως και της δυσκαμψίας του) είναι σχετικά δυσχερής. Μπορεί να βασίζεται σε επαρκή πειραματικά αποτελέσματα ή να γίνεται με αριθμητικές αναλύσεις βασιζόμενες στα πεπερασμένα στοιχεία ή αναλυτικά προσομοιώματα, τα οποία έχουν βαθμονομηθεί με βάση πειραματικά δεδομένα. Η ανάλυση που ακολουθεί έγινε με το πρόγραμμα EC-PRAXIS-3J βάσει του EC3.

Η δυσμενέστερη εντατική κατάσταση που προκύπτει απ' όλους τους συνδυασμούς φόρτισης στο πλαίσιο C14-B9-C15 είναι η ακόλουθη:

Κόμβος ροπής δοκού - υποστυλώματος										
Story	Beam	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3	Διατομή
STORY2	B9	OKA	0,275	0	-321,41	0	0	0	-449,344	<b>HEA450</b>
STORY2	B9	EY MIN	0,275	0	<b>-232,09</b>	0	-0,007	0	<b>-540,599</b>	
Story	Column	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3	Διατομή
STORY2	C14	OKA	0	-4294,47	-6,42	0	0	0,039	-12,365	<b>HEB550</b>
STORY2	C14	EY MIN	0	-2011,98	-229,37	-0,28	-0,015	-1,827	-487,616	
STORY2	C15	EX MIN	0	-4071,87	-79,81	-1,99	-0,043	-8,694	-165,218	<b>HEB550</b>
STORY2	C15	EY MIN	0	-2557,37	-221,2	-0,82	-0,015	-3,182	-463,093	

## ΣΥΝΔΕΣΗ ΔΟΚΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΜΕΤΩΠΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ



## Α. Γεωμετρικά δεδομένα σύνδεσης

## Γενικά δεδομένα σύνδεσης

<i>Αριστερή σύνδεση</i>	Δεν υπάρχει
<i>Τύπος πλαισίου</i>	Πλευρικά αμετάθετο
<i>Ανω όροφος</i>	Υπάρχει
<i>Ενισχυτικά ελάσματα υποστυλώματος</i>	Ελάσματα άνω και κάτω
<i>Ενισχυτικά ελάσματα δοκού</i>	Στη δεξιά δοκό
<i>Υποστηρίγματα</i>	Στη δεξιά δοκό

## Υποστύλωμα

<i>Τύπος διατομής</i>	HE550B
<i>Μορφή διατομής</i>	Διπλό Ταυ
<i>Ύψος διατομής</i>	550 mm
<i>Πλάτος διατομής</i>	300 mm
<i>Πάχος πέλματος</i>	29.0 mm
<i>Πάχος κορμού</i>	15,0 mm
<i>Ποιότητα χάλυβα</i>	S235
<i>Προεξοχή υποστυλώματος από άνω πέλμα δεξιάς δοκού</i>	0 mm

## Εγκάρσια ενισχυτικά ελάσματα πέλματος υποστυλώματος

<i>Πλάτος</i>	300 mm
<i>Πάχος</i>	20 mm
<i>Απόσταση μεταξύ ελασμάτων</i>	835 mm
<i>Πάχος συγκόλλησης με κορμό υποστυλώματος</i>	6 mm
<i>Ποιότητα χάλυβα</i>	23

## Ενισχυτικά ελάσματα εκατέρωθεν του κορμού υποστυλώματος

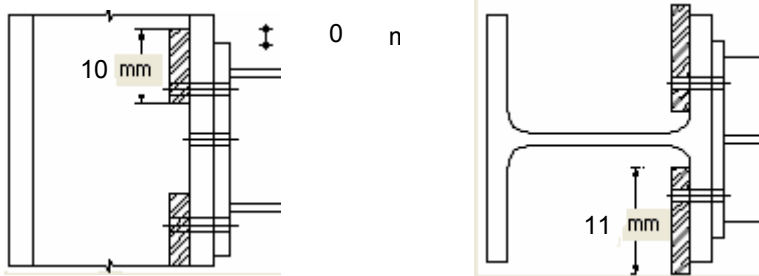
<i>Πλάτος</i>	400 mm
<i>Πάχος</i>	20 mm
<i>Μήκος</i>	1060 mm
<i>Πάχος συγκόλλησης με κορμό υποστυλώματος</i>	4 mm
<i>Προεξοχή άνω της δεξιάς μετωπικής</i>	0 mm
<i>Ποιότητα χάλυβα</i>	S235

## ΣΥΝΔΕΣΗ ΔΟΚΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΜΕΤΩΠΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ

## Ενισχυτικά ελάσματα ενίσχυσης πέλματος υποστυλώματος (backing plates)

Τοποθέτηση ελασμάτων στη δεξιά σύνδεση:

Πλησίον άνω πέλματος δεξιάς δοκού



<b>Πάχος</b>	20 mm
<b>Ποιότητα χάλυβα</b>	S235

## Δεξιά δοκός

<b>Τύπος διατομής</b>	HE450A
<b>Μορφή διατομής</b>	Διπλό Ταυ
<b>Ύψος διατομής</b>	440 mm
<b>Πλάτος διατομής</b>	300 mm
<b>Πάχος πέλματος</b>	21,0 mm
<b>Πάχος κορμού</b>	11,5 mm
<b>Ποιότητα χάλυβα</b>	S235
<b>Κλίση δοκού</b>	0.00 μοίρες
<b>Μήκος δοκού</b>	3.00 m

## Δεξιά μετωπική πλάκα

<b>Ύψος διατομής</b>	1060 mm
<b>Πλάτος διατομής</b>	300 mm
<b>Πάχος</b>	30 mm
<b>Ποιότητα χάλυβα</b>	S235

## Κοχλίες επί δεξιάς μετωπικής πλάκας

<b>Τύπος</b>	M24
<b>Ποιότητα</b>	8.8

## Συγκολλήσεις

<b>Πάχος συγκόλλησης πέλματος δοκού με μετωπική πλάκα</b>	7 mm
<b>Πάχος συγκόλλησης κορμού δοκού με μετωπική πλάκα</b>	6 mm



## ΣΥΝΔΕΣΗ ΔΟΚΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΜΕΤΩΠΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ

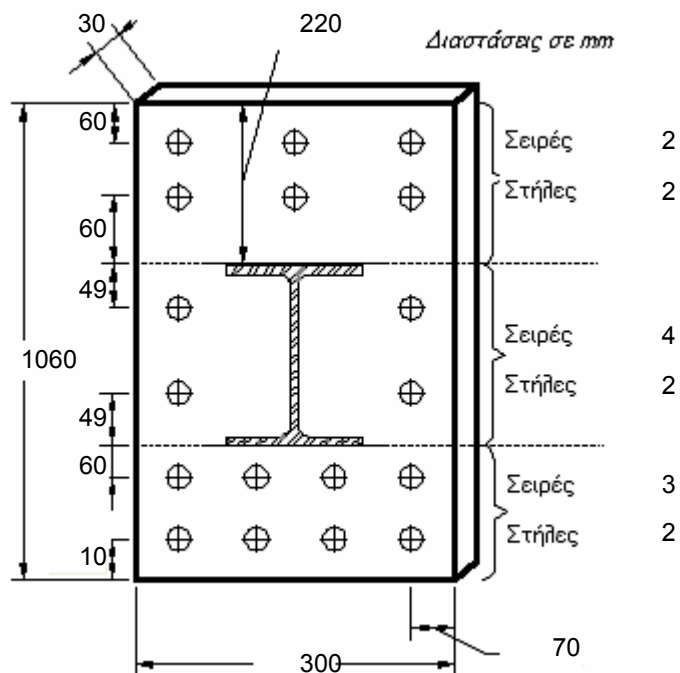
## Ενισχυτικό έλασμα δεξιάς δοκού

Πλάτος	300 mm
Πάχος	20 mm
Ποιότητα χάλυβα	23

## Υποστήριγμα δεξιάς δοκού

Τύπος διατομής	HE450A
Ύψος διατομής	392 mm
Πλάτος διατομής	300 mm
Πάχος πέλματος	21,0 mm
Πάχος κορμού	11,5 mm
Ποιότητα χάλυβα	S235
Πάχος συγκόλλησης με πέλμα υποστυλώματος	8 mm

## Τοποθέτηση κοχλιών επί δεξιάς μετωπικής πλάκας



## ΣΥΝΔΕΣΗ ΔΟΚΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΜΕΤΩΠΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ

## B. Αποτελέσματα υπολογισμού κατά ΕΚ3

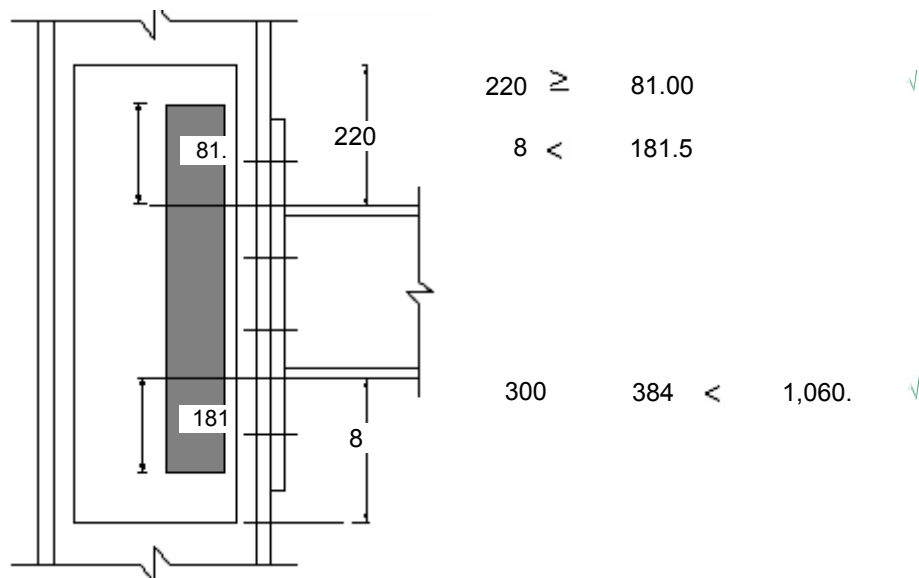
## Εντατικά μεγέθη συνδυασμού 1

Υποστυλώματος	Δεξιάς δοκού
N=0.00 kN	N=0.00 kN
M=0.00 kNm	V=232.10 kN
	M=540.60 kNm

## Αποτελέσματα συνδυασμού 1

## Έλεγχος αποστάσεων ελασμάτων κορμού υποστυλώματος

Στο παρακάτω σχήμα δίνονται τα ενεργά μήκη του κορμού του υποστυλώματος για θλίψη και εφελκυσμό, καθώς και οι αποστάσεις της δοκού / δοκών από τις παρειές του ενισχυτικού ελάσματος.



## Ενεργά μήκη δεξιάς σύνδεσης

Ζώνης πλησίον άνω πέλματος	300	m
Ζώνης πλησίον κάτω πέλματος	384	m

## ΣΥΝΔΕΣΗ ΔΟΚΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΜΕΤΩΠΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ

Δεξιά

<b>Ροπή αντοχής</b>	587.45 kNm	
<b>Λόγος αστοχίας σε κάμψη</b>	0.92	✓
<b>Τέμνουσα αντοχής</b>	1,328.94 kN	
<b>Λόγος αστοχίας σε διάτμηση</b>	0.17	✓
<b>Λόγος αστοχίας μέγιστης τάσης συγκόλλησης με μετωπική πλάκα</b>	0.52	✓
<b>Πραγματοποιούμενη στροφή κόμβου</b>	0,000000	ra
<b>Λόγος αστοχίας σε αλληλεπίδραση εφελκυσμού - διάτμησης κοχλιών</b>	0.64	✓

**Ελάσματα ενίσχυσης πέλματος (backing plates):**

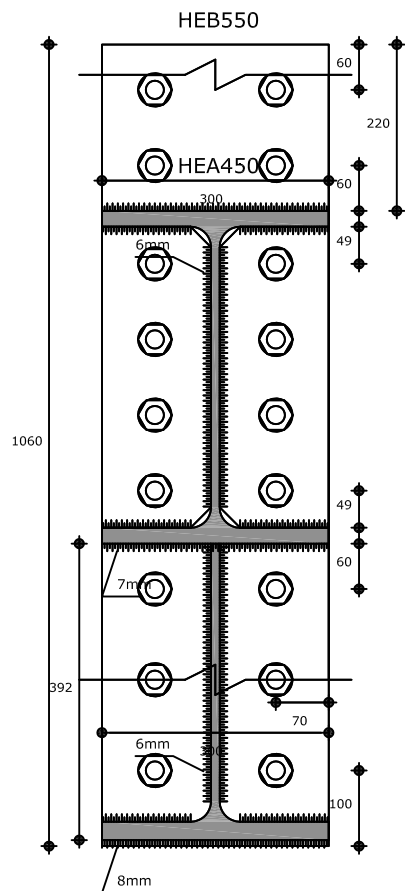
Έλεγχος επάρκειας μήκους, ώστε αυτό να είναι τουλάχιστον ίσο με το ενεργό μήκος του ισοδύναμου βραχέος του της εφελκυσμένης ζώνης:

$$l_1 \geq m_i \quad \checkmark$$

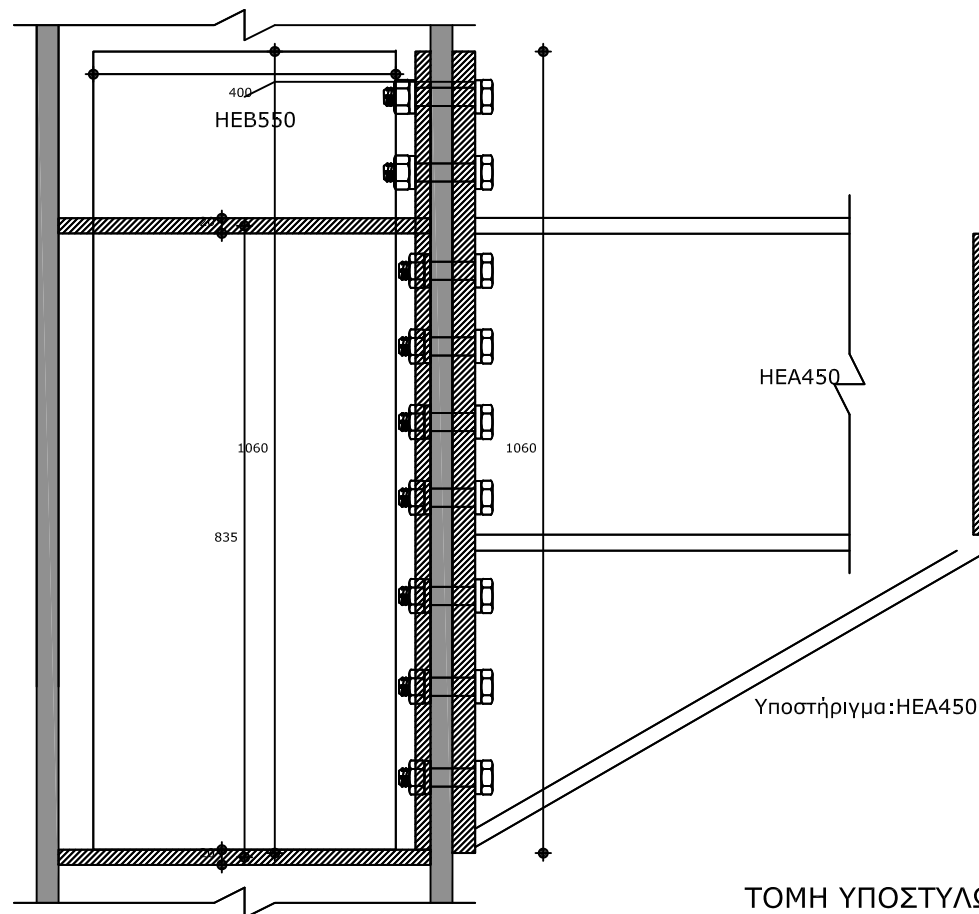
$$\text{Προεξοχή ελάσματος άνω πρώτης σειράς κοχλιών} = 60.0 < 75.00$$

**Κατάταξη  
σύνδεσης:**

<b>Ως προς την αντοχή</b>	Μερικής αντοχής
<b>Ως προς τη δυσκαμψία</b>	Άκαμπτη



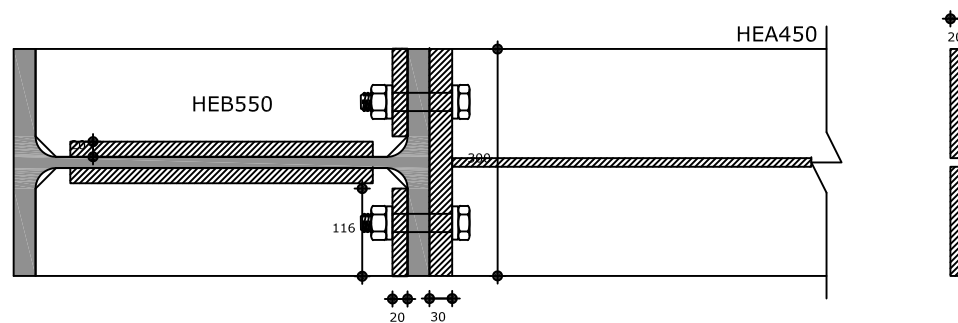
ΤΟΜΗ ΔΟΚΟΥ  
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:10



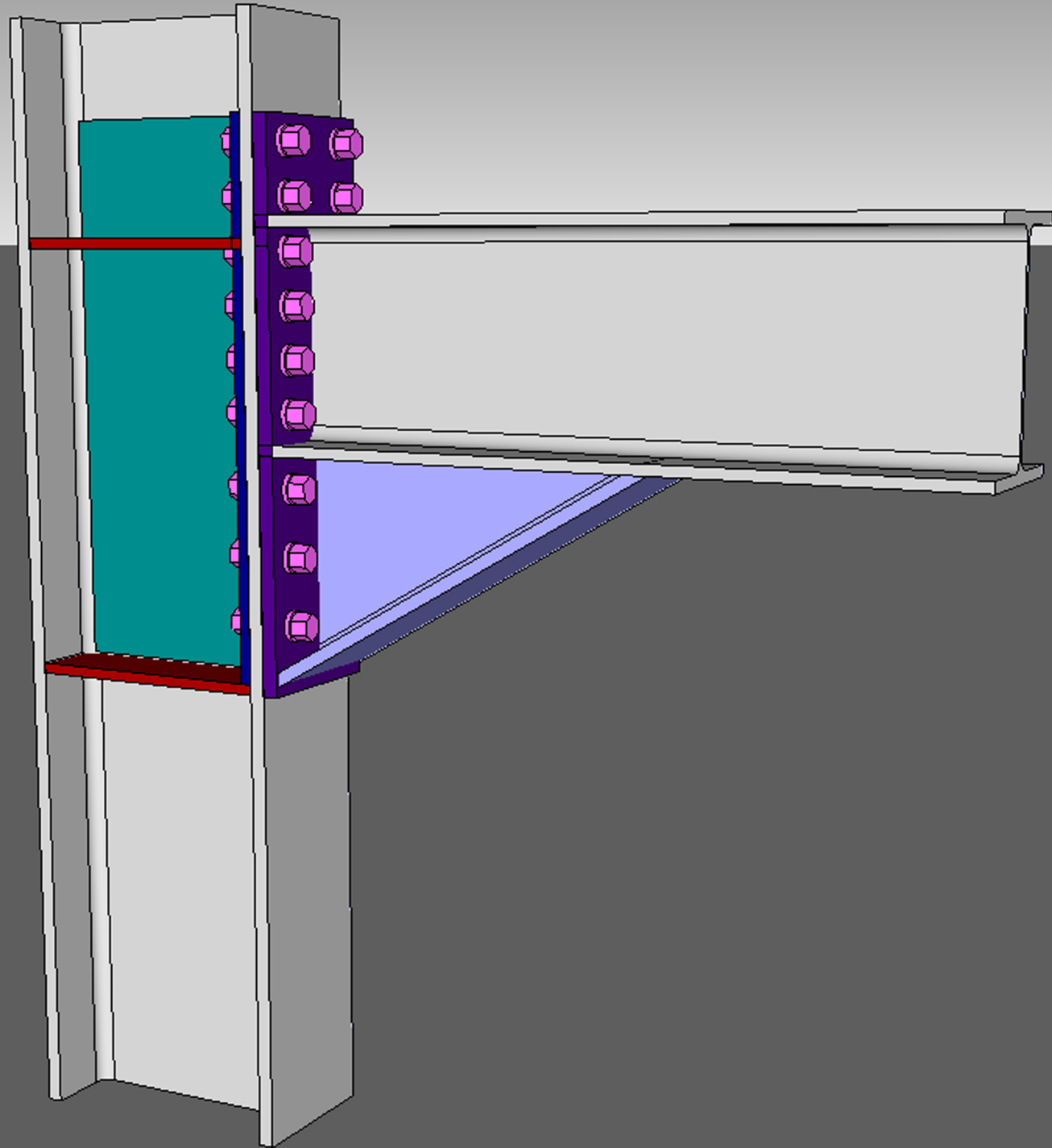
ΤΟΜΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ  
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:10

Κοχλίες: M24/8.8  
 Διατομή Υποστυλώματος: HEB550, S235  
 Διατομή δοκού: HEA450, S235  
 Μετωπική Πλάκα: 1060/300/30, S235  
 Υποστήριγμα Δοκού: HEA450, S235  
 Γωνία υποστηρίγματος δοκού: 30°  
 Ενισχυτικό έλασμα δοκού: 300/20, S235  
 Γωνία δοκού: 0°  
 Ενισχυτικό έλασμα πέλματος υποστυλώματος: 1060/116/20, S235  
 Εγκάρσιο ενισχυτικό έλασμα πέλματος υποστυλώματος: 300/20, S235  
 Ενισχυτική πλάκα κορμού υποστυλώματος: 1060/400/20, S235

Διαστάσεις σε mm



ΚΑΤΟΨΗ  
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:10



### 7.3 Κόμβος τέμνουσας δοκού – υποστυλώματος

Κόμβος τέμνουσας δοκού - υποστυλώματος										
Story	Beam	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3	Διατομή
STORY2	B22	OKA	0,15	0	-98,36	0	0	0	0	HEA300
Story	Column	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3	Διατομή
STORY2	C6	OKA	0	-4117,52	-15,25	0	0	0,04	-26,731	HEB550
STORY2	C6	EY MIN	0	-1963,14	-240,38	-0,3	-0,015	-1,895	-506,011	
STORY2	C11	OKA	0	-4251,78	-6,32	0	0	0,042	-12,129	HEB550
STORY2	C11	EY MIN	0	-2003,35	-229,63	-0,28	-0,015	-1,826	-487,841	

Η σύνδεση τέμνουσας με μετωπική πλάκα δοκού σε κορμό υποστυλώματος διατομής διπλού ταυ υπολογίζεται ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

Βήμα 1<sup>ο</sup> : Προσδιορισμός γεωμετρικών στοιχείων μετωπικής πλάκας και αριθμού κοχλιών.

Θεωρείται ότι η μετωπική πλάκα είναι συμμετρικά τοποθετημένη ως προς τη διατομή της δοκού. Ο προσδιορισμός των διαστάσεων της αρχικά γίνεται με βάση την διατμητική αντοχή της δοκού που είναι ίση με  $V_{C,Rd} = 334,44(kN)$ .

Σύμφωνα με τα παραπάνω λαμβάνεται πάχος μετωπικής πλάκας  $t_p = 15(mm)$ , πλάτος  $b_p = 150(mm)$  και ύψος  $h_p = 200(mm)$ .

Ακόμα, θεωρούνται έστω 6 κοχλίες M16 ποιότητας 8.8 από χάλυβα S235, οπότε:

$$d = d_o + a = 16 + 2 = 18(mm)$$

$d_o$  : διάμετρος οπής

$d$  : διάμετρος κοχλία

$a$  : ανοχή

Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις του παρακάτω πίνακα υπολογίζονται οι σειρές, οι στήλες και οι αποστάσεις των κοχλιών μεταξύ τους :

Πίνακας 3.3: Μέγιστες και ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ κοχλιών και ήλων και από τα άκρα

Αποστάσεις, βλέπε Σχήμα 3.1	Ελάχιστη	Μέγιστη <sup>1) 2) 3)</sup>		
		Κατασκευές από χάλυβες που συμφωνούν με το EN 10025 εκτός εκείνων που συμφωνούν με το EN 10025-5		Κατασκευές από χάλυβες που συμφωνούν με το EN 10025-5
		Χάλυβας εκτεθειμένος σε καιρικές συνθήκες ή άλλα διαβρωτικά περιβάλλοντα	Χάλυβας μη εκτεθειμένος	Χάλυβας χωρίς προστασία
Απόσταση από άκρο $e_1$	$1,2d_0$	$4t + 40 \text{ mm}$		Η μεγαλύτερη από $8t$ ή $125 \text{ mm}$
Απόσταση από άκρο $e_2$	$1,2d_0$	$4t + 40 \text{ mm}$		Η μεγαλύτερη από $8t$ ή $125 \text{ mm}$
Απόσταση $e_3$ σε επιμήκεις οπές	$1,5d_0$ <sup>4)</sup>			
Απόσταση $e_4$ σε επιμήκεις οπές	$1,5d_0$ <sup>4)</sup>			
Βήμα $p_1$	$2,2d_0$	Η μικρότερη από $14t$ ή $200 \text{ mm}$	Η μικρότερη από $14t$ ή $200 \text{ mm}$	Η μικρότερη από $14t_{\min}$ ή $175 \text{ mm}$
Βήμα $p_{1,0}$		Η μικρότερη από $14t$ ή $200 \text{ mm}$		
Βήμα $p_{1,i}$		Η μικρότερη από $28t$ ή $400 \text{ mm}$		
Βήμα $p_2$ <sup>5)</sup>	$2,4d_0$	Η μικρότερη από $14t$ ή $200 \text{ mm}$	Η μικρότερη από $14t$ ή $200 \text{ mm}$	Η μικρότερη από $14t_{\min}$ ή $175 \text{ mm}$

<sup>1)</sup> Η μέγιστη τιμή για τις αποστάσεις μεταξύ κοχλιών και ήλων και τις αποστάσεις από τα άκρα δεν έχει περιορισμό, εκτός από τις ακόλουθες περιπτώσεις:

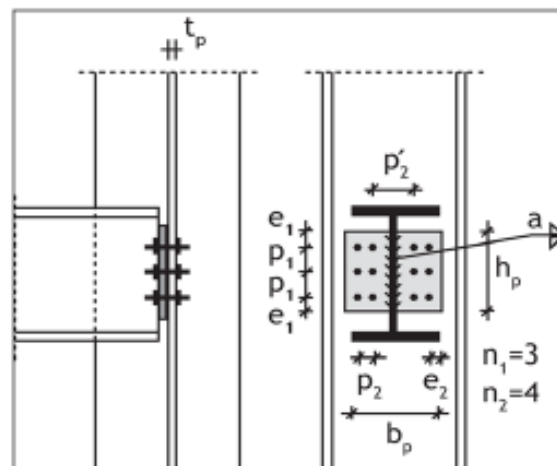
- σε θλιβόμενα μέλη προκειμένου να αποφευχθεί ο τοπικός λυγισμός και η διάβρωση των εκτεθειμένων μελών και
- σε εφελκυστικά μέλη προκειμένου να αποφευχθεί η διάβρωση.

<sup>2)</sup> Η αντοχή σε τοπικό λυγισμό του θλιβόμενου ελάσματος μεταξύ των μέσων σύνδεσης πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με το EN 1993-1-1 χρησιμοποιώντας  $0,6 p_1$  ως μήκος λυγισμού. Ο τοπικός λυγισμός μεταξύ των μέσων σύνδεσης δεν χρειάζεται να ελεγχθεί αν ο λόγος  $p_1/t$  είναι μικρότερος από  $9 \varepsilon$ . Η απόσταση από τα πλευρικά άκρα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα όρια που τίθενται από τις απαιτήσεις τοπικού λυγισμού σε ένα προεξέχον στοιχείο των θλιβόμενων μελών, βλέπε EN 1993-1-1. Η απόσταση από τα άλλα άκρα δεν περιορίζεται από την τελευταία απαίτηση.

<sup>3)</sup>  $t$  είναι το πάχος του λεπτότερου εξωτερικά συνδεδεμένου μέρους.

<sup>4)</sup> Περιορισμοί στις διαστάσεις των επιμήκων οπών δίνονται στην 2.8 Πρότυπα Αναφοράς: Ομάδα 7.

<sup>5)</sup> Σε μέσα σύνδεσης τοποθετημένα σε λοξή διάταξη η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των γραμμών κοχλίωσης που πρέπει να χρησιμοποιείται είναι  $p_2 = 1,2d_0$  με την προϋπόθεση ότι η απόσταση  $L$  μεταξύ δύο οποιονδήποτε μέσων σύνδεσης είναι μεγαλύτερη από  $2,4d_0$  (βλέπε Σχήμα 3.1β).



Τελικά προέκυψαν τα παρακάτω μεγέθη:

$$e_1 = 30(mm)$$

$$\rho_1 = 70(mm)$$

$$e_2 = 30(mm)$$

$$\rho_2 = 0(mm) - \text{μια στήλη κοχλιών ανά πλευρά}$$

$$\rho_2' = 90(mm)$$

Βήμα 2<sup>ο</sup> : Υπολογισμός απαιτούμενου ενεργού πάχους συγκόλλησης.

Υπολογίζεται με βάση τις παρακάτω σχέσεις:

$$a_{\min} = \{0.38 \cdot t_{wb}, f_{yb} = 23.5(kN / cm^2)\} = 3.23(mm)$$

$$a_{\min,2} = \beta_w \cdot \frac{t_{wb}}{2} \cdot \frac{f_{yb}}{f_u} \cdot \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M0}} = 2.77(mm)$$

$$a_{\max} = 0.7 \cdot \min(t_p, t_{wb}) = 5.95(mm)$$

όπου:

$\beta_w$  : ο συντελεστής συσχέτισης των εξωραφών

$a_{\max}, a_{\min}$  : το μέγιστο και το ελάχιστο ενεργό πάχος της συγκόλλησης

$a_{\min,2}$  : το ελάχιστο ενεργό πάχος της συγκόλλησης για καθαρή διάτμηση

$t_{wb}$  : το πάχος του κορμού

$t_p$  : το πάχος της μετωπικής πλάκας

Επιλέγεται  $a = 3$ .

Βήμα 3<sup>ο</sup> : Υπολογισμός διατμητικής αντοχής της σύνδεσης.

1. Αντοχή κοχλιών σε διάτμηση:

$$V_{Rd1} = 0.8 \cdot m \cdot F_{v,Rd} = 370.60(kN)$$

όπου:

$m$  : ο αριθμός των κοχλιών

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} \cdot n$$

$F_{v,Rd}$  : η αντοχή σε διάτμηση του μονότμητου κοχλία ( $n=1$ )



2. Αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας μετωπικής πλάκας:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_{p1}}{\gamma_{M2}} = 96(kN)$$

$$V_{Rd2} = m \cdot F_{b,Rd} = 576(kN)$$

όπου:

$$k_1 = \min \left\{ 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right\} \text{ για πλευρικά ακραίους κοχλίες}$$

$$k_1 = \min \left\{ 1.4 \cdot \frac{\rho_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right\} \text{ για εσωτερικούς κοχλίες}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \alpha_d, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right\}, \text{ όπου:}$$

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0} \text{ για τελευταία σειρά κοχλιών}$$

$$\alpha_d = \frac{\rho_1}{3d_0} - \frac{1}{4} \text{ για εσωτερικούς κοχλίες}$$

$d$ : η διάμετρος του κοχλία

$t_{p1}$ : το πάχος του λεπτότερου από τα δύο συνδεόμενα ελάσματα

3. Αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας του κορμού του υποστυλώματος:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot m_b \cdot \alpha_b \cdot f_{uc} \cdot d \cdot t_{wc}}{\gamma_{M2}} = 86.40(kN)$$

$$V_{Rd3} = m \cdot F_{b,Rd} = 518.40(kN)$$

4. Αντοχή πλήρους διατομής μετωπικής πλάκας σε διάτμηση:

$$V_{Rd4} = 2 \cdot \frac{h_p \cdot t_p}{1.27} \cdot \frac{f_{yp}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 641(kN)$$

Όπου:

$h_p$ : το ύψος της μετωπικής πλάκας

5. Έλεγχος κορμού δοκού σε διάτμηση:

$$A_v = h_p \cdot t_{wb} = 17(cm^2), \text{ το εμβαδό του κορμού που υπόκειται σε διάτμηση.}$$

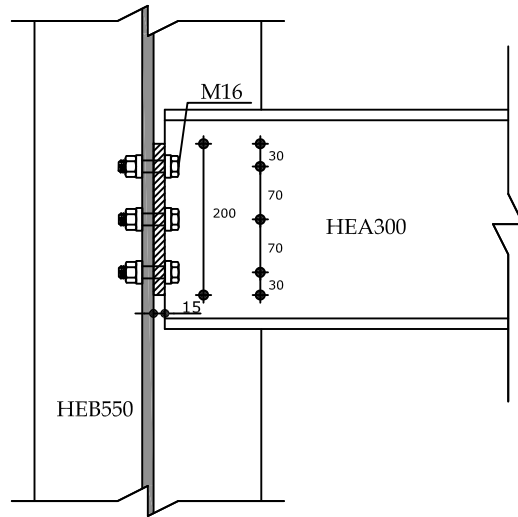
$$V_{Rd5} = A_v \cdot \frac{f_{yb}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 230.65(kN)$$

6. Έλεγχος συγκόλλησης:

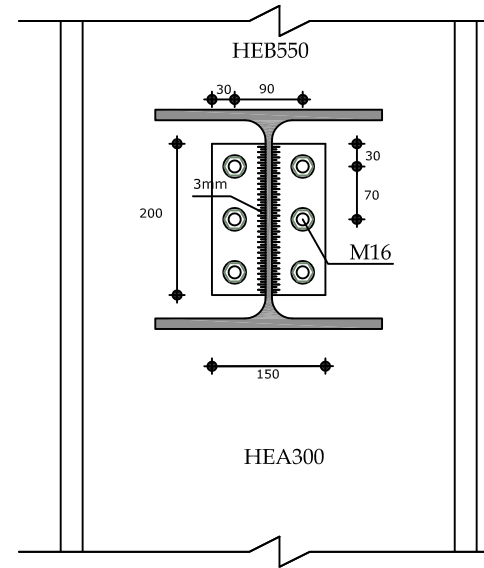
$$V_{Rd6} = 2 \cdot h_p \cdot a \cdot \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 249.42(kN)$$

Πρέπει να ισχύει:  $\min V_{Rdi} = 230.65(kN) > V_{Ed} = 98.36(kN)$

Ο έλεγχος ικανοποιείται, συνεπώς η σύνδεση είναι επαρκής και φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



ΤΟΜΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ



ΤΟΜΗ ΔΟΚΟΥ

Κοχλίες: M16/8.8  
 Διατομή Υποστυλώματος: HEB550,S235  
 Διατομή δοκού: HEA300,S235  
 Μετωπική Πλάκα: 200/150/15,S235  
 Γωνία δοκού: 0°

Διαστάσεις σε mm

ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ ΔΟΚΟΥ - ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ  
 ΚΛΙΜΑΚΑ 1:10

## 7.4 Κόμβος τέμνουσας δοκού – υποστυλώματος – χιαστί συνδέσμου δυσκαμψίας

Κόμβος τέμνουσας δοκού - υποστυλώματος - χιαστί συνδέσμου										
Story	Beam	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3	Διατομή
STORY2	B31	OKA	0,15	0	-105,28	0	0	0	0	HEA650
Story	Brace	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3	Διατομή
STORY2	D10	EX MIN	0	-1227,36	-1,69	-0,4	-0,699	0	0	CHS 219,1X16
STORY2	D11	EX MIN	0	-1236,45	-1,7	-0,22	-0,861	0	0	
Story	Column	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3	Διατομή
STORY2	C13	EX MIN	0	-4687,84	-7,48	-2,8	-0,068	-12,307	-102,16	HEB800
STORY2	C13	EY MIN	0	-2804,97	-156,44	-1,07	-0,024	-4,235	-511,583	
STORY2	C20	EX MIN	0	-4581,54	-44,51	-2,3	-0,068	-11,305	-192,041	HEB800
STORY2	C20	EY MIN	0	-2696,05	-169,64	-0,57	-0,024	-3,233	-543,267	

Η σύνδεση δοκού υποστυλώματος υπολογίζεται με τη διαδικασία που αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 8 κοχλίες M16 και ποιότητας 8.8 σε 4 σειρές και 2 στήλες. Η μετωπική πλάκα που εφαρμόστηκε έχει διαστάσεις:

Πλάτος  $b_p = 200(mm)$ , πάχος  $t_p = 15(mm)$  και ύψος  $h_p = 400(mm)$ .

Οι αποστάσεις των κοχλιών λήφθηκαν ως εξής:

$$e_1 = 50(mm)$$

$$p_1 = 100(mm)$$

$$e_2 = 40(mm)$$

$$p_2 = 0(mm) - \text{μια στήλη κοχλιών ανά πλευρά}$$

$$p_2' = 120(mm)$$

Το απαιτούμενο ενεργό πάχος της συγκόλλησης ορίστηκε  $a = 6(mm)$ ,

η αντοχή των κοχλιών σε διάτμηση είναι:  $V_{Rd1} = 494.13(kN)$ ,

η αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας της μετωπικής πλάκας είναι:  $V_{Rd2} = 1280(kN)$ ,

η αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας του κορμού του υποστυλώματος είναι:

$$V_{Rd3} = 806.40(kN),$$

η αντοχή πλήρους διατομής της μετωπικής πλάκας σε διάτμηση είναι:

$$V_{Rd4} = 1281.99(kN),$$

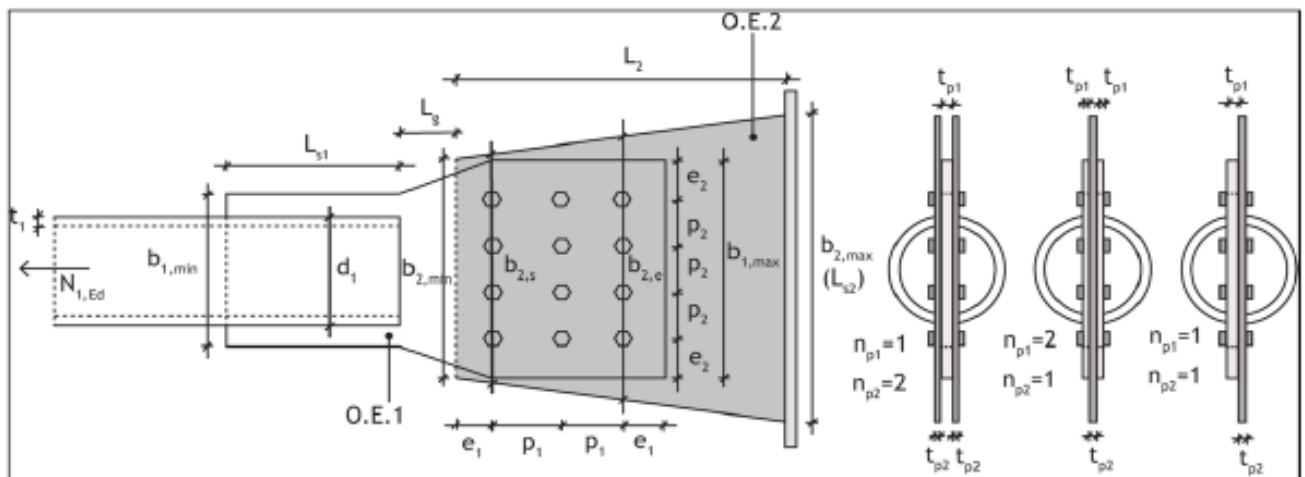
η αντοχή του κορμού σε διάτμηση είναι:  $V_{Rd5} = 732.66(kN)$  και

η αντοχή της συγκόλλησης σε διάτμηση είναι:  $V_{Rd6} = 997.66(kN)$

Ισχύει:  $\min V_{Rdi} = 494.13(kN) > V_{Ed} = 105.28(kN)$

Η σύνδεση του χιαστί συνδέσμου στον κόμβο υπολογίζεται ικανοτικά ακολούθως. Η αξονική δύναμη σχεδιασμού που επενεργεί στον κόμβο δίνεται από την πλαστική ροπή αντοχής της τυπικής κοίλης διατομής CHS 219.1x16.0 μεγεθυμένη με τον ικανοτικό συντελεστή  $\alpha_{cd} = 1.2$ . Η πλαστική αντοχή σε αξονική δύναμη της διαγωνίου είναι  $N_{pl,Rd} = 2399.10(kN)$  και η δύναμη σχεδιασμού που λαμβάνεται τελικά υπόψη είναι  $N_{Ed} = 2878.92(kN)$ .

Για τη σύνδεση επιλέχθηκαν 16 δίτητοι κοχλίες M20, ποιότητας 8.8, 4 κατά τη διεύθυνση του φορτίου και 4 κάθετα στη διεύθυνση αυτή. Η διάμετρος της οπής του κοχλία είναι  $d = d_o + a = 20 + 2 = 22(mm)$ .



Τα ελάσματα συγκολλήθηκαν με 4 εξωραφές και ο συντελεστής συσχέτισης των εξωραφών είναι  $\beta_w = 0.8$ . Η επιλογή των αποστάσεων έγινε με βάση τον πίνακα 3.3 του EC3:

$$e_1 = 30(mm)$$

$$p_1 = 90(mm)$$

$$e_2 = 30(mm)$$

Ο υπολογισμός του ελάχιστου επιτρεπόμενου πάχους ελασμάτων  $t_{p,min}$  γίνεται σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις:

$$b_{min} = d_1 + 1.4 \cdot t_1 = 310(mm)$$

όπου:

$d_1$ : η διάμετρος της κοίλης διατομής του χιαστί συνδέσμου και

$t_1$ : το πάχος της

$$t_{p,min} = \max\left(\frac{\gamma_{M0} \cdot N_{Ed}}{n_{p1} \cdot b_{min} \cdot f_y}, \frac{A}{n_{p1} \cdot b_{min}}\right) = 20(mm)$$

όπου:

$n_{p1} = 2$ , ο αριθμός των ελασμάτων που είναι συγκολλημένα στο CHS μέλος.

Για τον υπολογισμό του ελάχιστου επιτρεπόμενου μέγιστου πλάτους των ελασμάτων που συγκολλούνται στο CHS μέλος πρέπει να ικανοποιούνται η απαίτηση πλαστιμότητας και η απαίτηση των ελάχιστων αποστάσεων

$\rho_2 > \rho_{2,min}$ :

$$b_{max} \geq \frac{b_{min}}{0.90} \cdot \frac{f_y}{f_u} \cdot \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M0}} + n_2 \cdot d_0 = 369.06(mm)$$

$$b_{max} \geq \rho_{2,min} \cdot (n_2 - 1) + 2 \cdot e_2 = 218.4(mm)$$

Επιλέγεται  $b_{max} = 390(mm)$

$$\rho_2 = \frac{b_{max} - 2 \cdot e_2}{n_2 - 1} = 110(mm)$$

$$\rho_{2,max} = \min(14 \cdot t, 200mm) = 200(mm)$$

όπου:

$b_{max}$ : η ελάχιστη μέγιστη τιμή για το πλάτος του ελάσματος

$b_{min}$ : η ελάχιστη τιμή για το πλάτος του ελάσματος

$n_2$ : ο αριθμός των ελασμάτων πάνω στα οποία θα κοχλιωθούν τα δυο ελάσματα που είναι συγκολλημένα στο σύνδεσμο δυσκαμψίας

$t$ : το μικρότερο πάχος των συνδεόμενων ελασμάτων

Ο έλεγχος σε διάτμηση των κοχλιών γίνεται με βάση τη σχέση

$$F_{v,Rd} = k_v \cdot \frac{a_v \cdot f_{ub} \cdot A_v}{\gamma_{M2}} = 241.27(kN)$$

όπου:

$k_v = 2$  για 2 επίπεδα διάτμησης

$a_v = 0.6$  για ποιότητα κοχλιών 8.8

$A_v = 3.1416$ , το εμβαδό διάτμησης του κοχλία

Ισχύει ότι:  $\Sigma F_{v,Rd} = 3860.39(kN) > N_{Ed} = 2878.92(kN)$ , επομένως ο έλεγχος διάτμησης των κοχλιών ικανοποιείται.

Έλεγχος σε σύνθλιψη άντυγας:

$$F_{bRd,i} = \frac{k_{1,i} \cdot \alpha_{b,i} \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$



Για τους κοχλίες της θέσης 1:  $F_{bRd,1} = 251.83(kN)$

Για τους κοχλίες της θέσης 2:  $F_{bRd,2} = 576.00(kN)$

Για τους κοχλίες της θέσης 3:  $F_{bRd,3} = 488.03(kN)$

Για τους κοχλίες της θέσης 4:  $F_{bRd,4} = 261.82(kN)$

Η συνολική αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας είναι:

$$\Sigma F_{bRd} = 6190.71(kN) > N_{Ed} = 2878.92(kN)$$

Έλεγχος πλαστιμότητας κοχλιών:

$$F_{bRd} / F_{vRd} = 0.9194, \text{ ικανοποιείται.}$$

Υπολογισμός συγκόλλησης ελασμάτων (E1):

Πρέπει να ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:

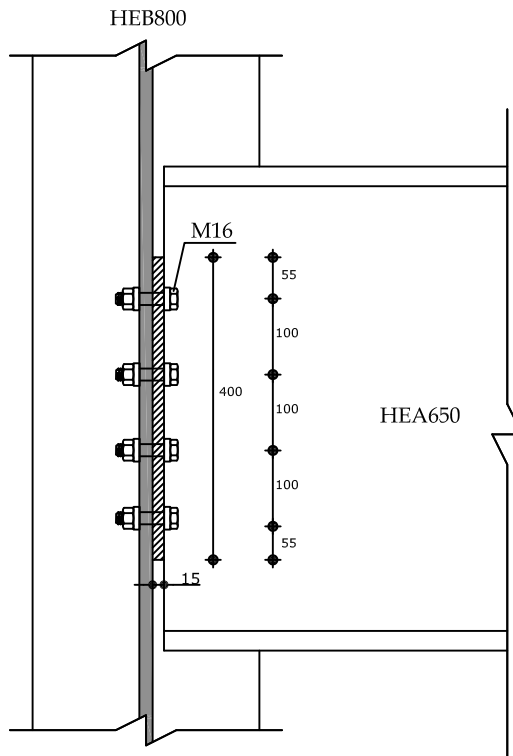
$$L_s \geq \left( \frac{N_{Ed}}{n_s \cdot a} \right) \cdot \left( \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{f_u / \sqrt{3}} \right) = 346.28(mm)$$

$$a_{\max} = 0.70 \cdot \min(t_1, t_p) = 11.2(mm)$$

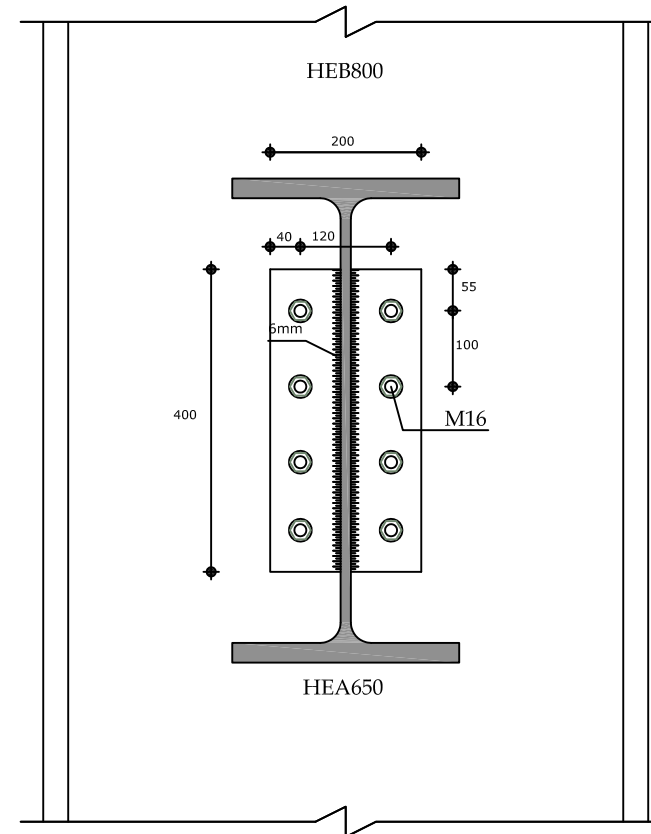
Επιλέγεται πάχος συγκόλλησης  $a = 10(mm)$  και μήκος  $L_s = 350(mm)$ .

Ο έλεγχος των αποστάσεων από τα άκρα των ελασμάτων (E1) γίνεται με βάση τον πίνακα 3.3 του EC3.





ΤΟΜΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ



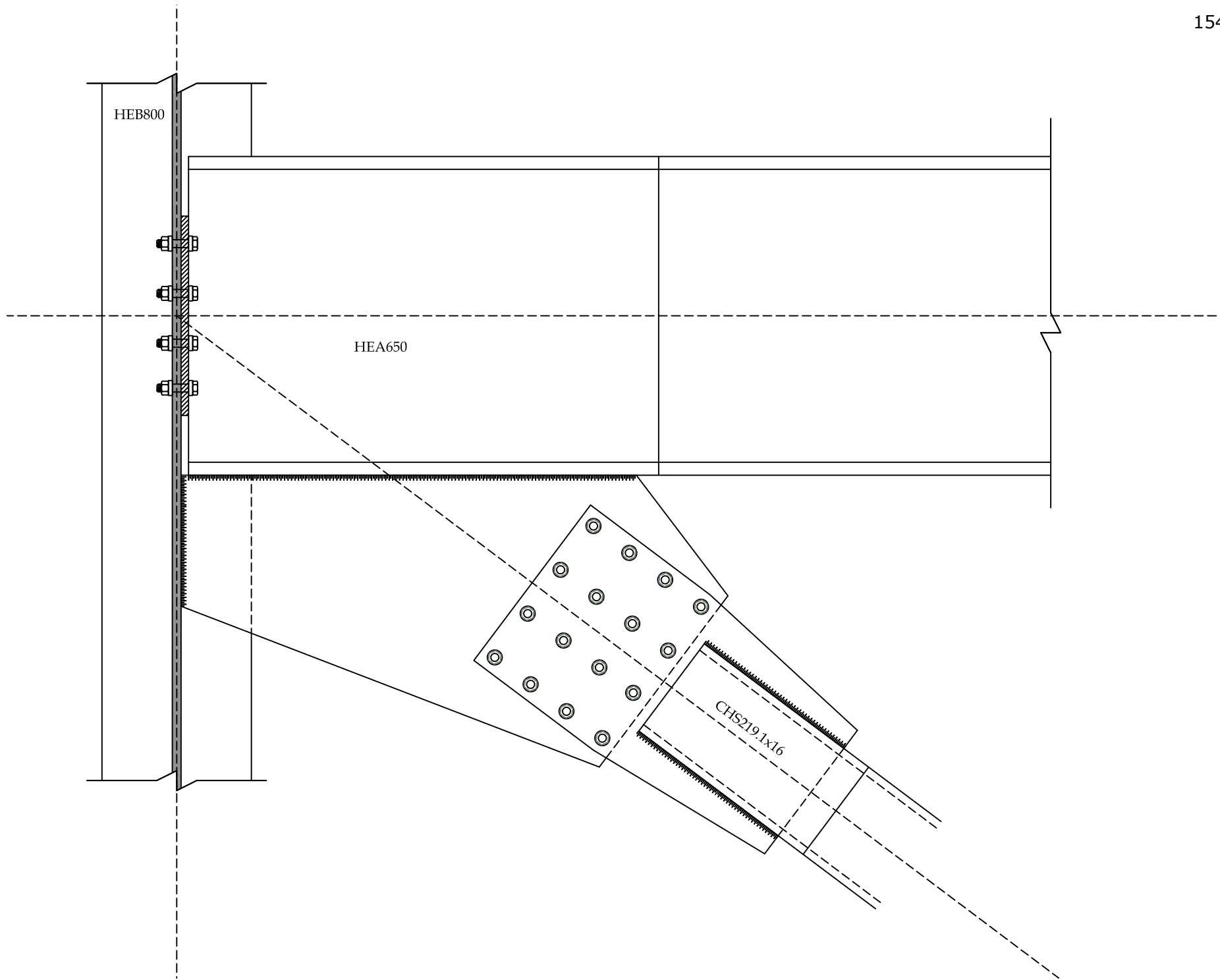
ΤΟΜΗ ΔΟΚΟΥ

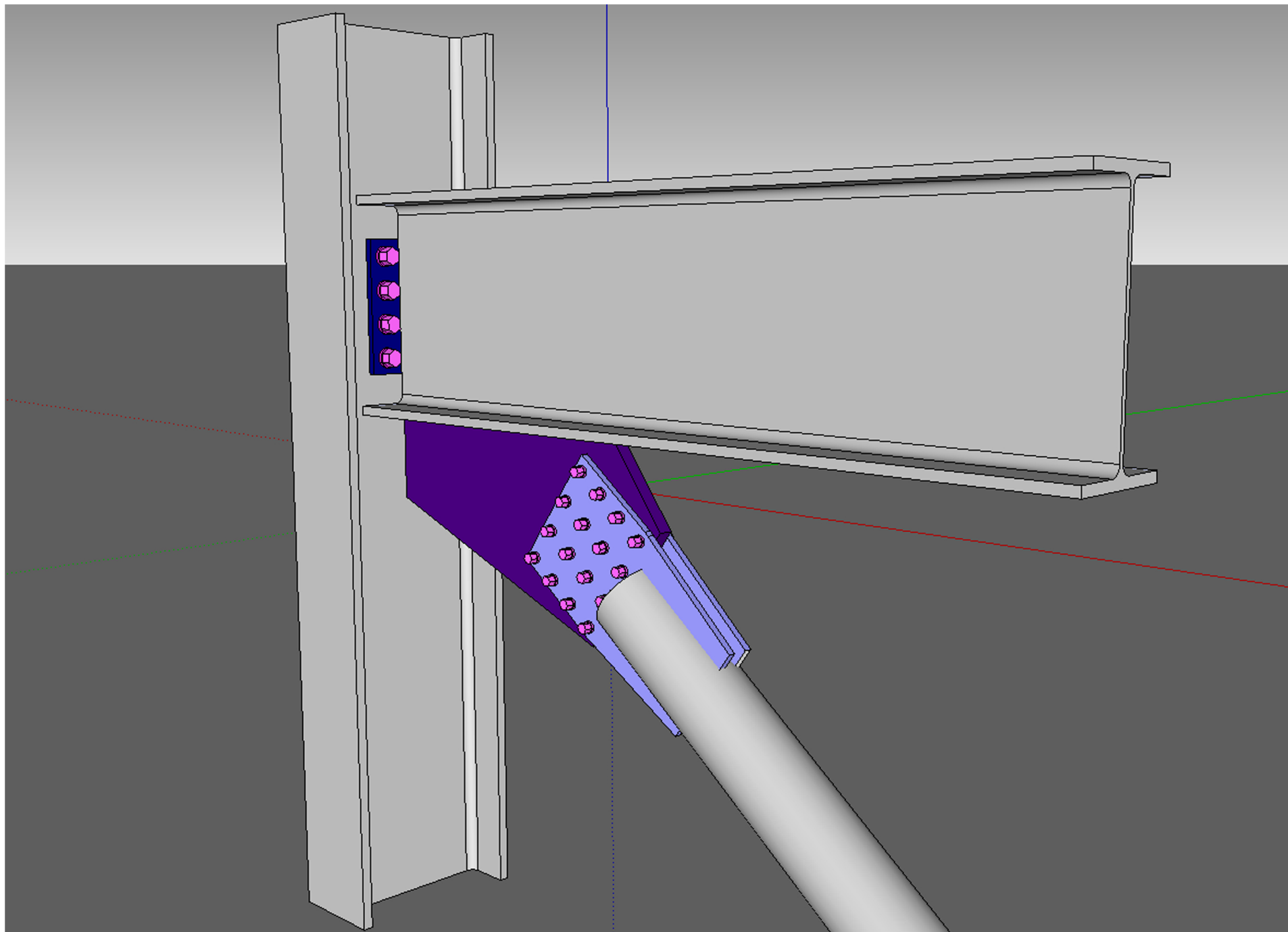
Κοχλίες: M16/8.8  
 Διατομή Υποστυλώματος: HEB800,S235  
 Διατομή δοκού: HEA650,S235  
 Μετωπική Πλάκα: 400/200/15,S235  
 Γωνία δοκού: 0°

Διαστάσεις σε mm

ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ ΔΟΚΟΥ - ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ  
 ΚΛΙΜΑΚΑ 1:10







## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

### **8.1 Γενικά**

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η διερεύνηση της στατικής και της αρχιτεκτονικής λειτουργίας ενός μεταλλικού δομήματος και ο συνδυασμός τους προκειμένου να προκύψει η καλύτερη δυνατή απόδοση. Εξετάστηκαν πολλές διαφορετικές δυνατές λύσεις του θέματος που οδήγησαν σε μία τελική πρόταση, η οποία ικανοποιεί τις παραμέτρους που τέθηκαν. Φυσικά οι δυνατότητες εναλλακτικής επίλυσης του συγκεκριμένου προβλήματος είναι πολλές, γι' αυτό για την επεξεργασία του θέματος επιλέχθηκαν συστήματα που συναντώνται συχνότερα στην κατασκευή.

### **8.2 Συμπεράσματα**

Από τα στατικά μοντέλα που μελετήθηκαν παρατηρήθηκαν τα εξής:

- Η παρουσία χιαστί συνδέσμων συμμετρικά και περιμετρικά του σκελετού του κτιρίου προσδίδει μεγαλύτερη πλευρική ευστάθεια και κατά τις δύο διευθύνσεις καθώς και μεγαλύτερη δυστρεψία. Εν τούτοις αρχιτεκτονικοί ή λειτουργικοί περιορισμοί (παράθυρα και άλλα ανοίγματα) δεν επιτρέπουν μια τέτοια επιλογή στο βαθμό που θα ήταν επιθυμητή.
- Οι χιαστί σύνδεσμοι προσδίδουν ακόμη μεγαλύτερη ακαμψία στην κατασκευή και οδηγούν σε μικρότερες ιδιοπεριόδους και σχετικές μετακινήσεις ορόφων σε σχέση με άλλα στατικά συστήματα (π.χ. πλαίσια).
- Η αύξηση του αριθμού των χιαστί συνδέσμων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ακαμψίας του κτιρίου και την μείωση των διατομών των μελών του (δοκοί, υποστυλώματα, σύνδεσμοι δυσκαμψίας).
- Γενικά τα συστήματα που μελετήθηκαν και είχαν χιαστί συνδέσμους δυσκαμψίας και στις δύο διευθύνσεις με την κύρια διεύθυνσή τους να συμπίπτει με τη μικρή διάσταση του κτιρίου ήταν τα περισσότερο αποδοτικά από καθαρά στατική άποψη.

- Η πλαισιακή λειτουργία στη μία διεύθυνση της κατασκευής αποδείχθηκε στατικά ασθενέστερη από τη λειτουργία των χιαστί συνδέσμων δυσκαμψίας. Παρατηρήθηκε ότι μείωθηκε η ακαμψία του φορέα, αυξήθηκαν οι μετακινήσεις των ορόφων του και η ιδιοπερίοδός του.
- Σημειώνεται ότι λόγω της πλαισιακής λειτουργίας και μετά τον ικανοτικό έλεγχο του δομήματος παρουσιάζεται στους κατώτερους ορόφους του η τάση για μείωση της διασποράς των μεγεθών των διατομών (υπάρχει μεγαλύτερη ομοιομορφία στο μέγεθος των υποστυλωμάτων και των υπόλοιπων μελών του κτιρίου). Τέλος, οι διατομές των μελών αυξάνονται αρκετά στους ανώτερους ορόφους.
- Αρχιτεκτονικά η ύπαρξη πλαισίων είναι σαφώς πιο λειτουργική σε σχέση με τους χιαστί συνδέσμους καθώς επιτρέπει την ελεύθερη ροή της κίνησης σε όλους τους χώρους. Έτσι ο σχεδιασμός της κάτοψης αποκτά μεγαλύτερη ευελιξία.
- Παράλληλα θα πρέπει να τονιστεί ότι οι συνδέσεις ροπής των πλαισίων, όπως παρατηρήθηκε και στο αντίστοιχο κεφάλαιο, απαιτούν μεγαλύτερο στατικό ύψος ορόφου καθώς διαθέτουν υποστηρίγματα και ενισχύσεις που το μειώνουν αρκετά.
- Η τοποθέτηση περισσότερων χιαστί συνδέσμων στη μία διεύθυνση (μικρή διάσταση του φορέα), με ταυτόχρονη αλλαγή της κύριας διεύθυνσης του κτιρίου (η κύρια διεύθυνση ταυτίζεται με τη μεγάλη διάσταση του φορέα) έγινε αρχικά για λόγους λειτουργίας του χώρου. Απελευθερώνονται έτσι οι περισσότεροι χώροι της κάτοψης.
- Το παραπάνω στατικό σύστημα είναι σαφώς βελτιωμένο σε σχέση με αυτά που έχουν πλαισιακή λειτουργία, παρόλα αυτά υστερεί σε απόκριση των τριών πρώτων στατικών μοντέλων.
- Οι έκκεντροι δικτυωτοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας στη μεγάλη διάσταση του φορέα (κύριος άξονας) και τα χιαστί στη μικρή προσδίδουν μεγαλύτερη ευελιξία και δυνατότητες τόσο από στατική όσο και από αρχιτεκτονική άποψη. Προκειμένου να επιλυθεί το θέμα των μετακινήσεων έγινε ομοιόμορφη αύξηση των διατομών των μελών ολόκληρου του φορέα.
- Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι λόγω ικανοτικού σχεδιασμού των συνδέσεων τέμνουσας δοκού – υποστυλώματος – χιαστί συνδέσμου

δυσκαμψίας, δημιουργούνται αρκετά μεγάλοι κόμβοι, οι οποίοι θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.

### **8.3 Προτάσεις για μελλοντική διερεύνηση**

Η επίλυση τέτοιων προβλημάτων χρήζει σαφώς μεγαλύτερης διερεύνησης. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα στατικών επιλύσεων και πολλαπλές δυνατότητες μόρφωσης ενός φορέα. Ενδεχομένως κάποια από αυτές που δεν εξετάστηκε σε αυτή την διπλωματική εργασία να οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα.

Εξέλιξη των συστημάτων που μελετήθηκαν μπορεί να αποτελέσουν προτάσεις όπως η χρήση χωρικών πλαισίων, η τοποθέτηση των πλαισίων περιμετρικά του φορέα, τα σύμμικτα υποστυλώματα, τα μικτά στατικά συστήματα.

Στην περίπτωση των χωρικών πλαισίων η κατασκευή είναι ένα τρισδιάστατο χωρικό πλαίσιο με σταυροειδείς διατομές υποστυλωμάτων, πλαισιακή λειτουργία σε όλες τις συνδέσεις του κτιρίου και συμπεριφορά παρόμοια με αυτήν των κτιρίων από σκυρόδεμα. Υπάρχει αυξημένη υπερστατικότητα και δυνατότητα ανακατανομής της έντασης σε περίπτωση ανελαστικής συμπεριφοράς. Μειονέκτημα βέβαια είναι η ανάγκη διαμόρφωσης κόμβων ροπής και στους δύο κύριους άξονες των υποστυλωμάτων.

Στα περιμετρικά πλαίσια η πλευρική ευστάθεια εξασφαλίζεται από τα πλαίσια που δημιουργούνται μόνο στην περίμετρο του κτιρίου, ενώ στο εσωτερικό παραλαμβάνονται μόνο φορτία βαρύτητας. Στη διάταξη αυτή υπάρχουν συνδέσεις ροπής μεταξύ δοκών και περιμετρικών υποστυλωμάτων και απλές συνδέσεις τέμνουσας στο εσωτερικό της κατασκευής, ενώ στις γωνίες του κτιρίου όπου συναντώνται δύο κάθετα πλαίσια, διαμορφώνονται σταυροειδείς διατομές.

Τέλος στην περίπτωση των σύμμικτων υποστυλωμάτων υπάρχει η δυνατότητα χρήσης διατομών I μερικώς ή πλήρως εγκιβωτισμένων στο σκυρόδεμα και κοίλων διατομών γεμισμένων με σκυρόδεμα.

Συνήθως η βέλτιστη λύση προκύπτει από τον συνδυασμό διαφορετικών συστημάτων σε ένα φορέα αρκεί να τηρούνται οι κανόνες και οι απαιτήσεις που θέτουν οι μελετητές όλων των ειδικοτήτων.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

**[1]** Ι. Βάγιας, Ι. Ερμόπουλος, Γ. Ιωαννίδης, Σχεδιασμός Δομικών Έργων από Χάλυβα με βάση τα τελικά κείμενα των Ευρωκωδίκων, Κλειδάριθμος (2005)

**[2]** Ι. Βάγιας, Σιδηρές Κατασκευές Ανάλυση και Διαστασιολόγηση, Κλειδάριθμος (2003)

**[3]** ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 3, Σχεδιασμός Κατασκευών από Χάλυβα (ENV 1993)

**[4]** EUROCODE 8, Design of Structure for Earthquake Resistance (ENV 1998)

**[5]** ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ 2000 (ΕΑΚ2000)

**[6]** Ν. Καλογεράς, Χ. Κιρποτιν, Γ. Μακρής, Ι. Παπαϊωάννου, Σ. Ραυτόπουλος, Μ. Τζιτζας, Π. Τουλιάτος, Θέματα Οικοδομικής, Συμμετρία (1999)

**[7]** Αλέξανδρος Ι. Ζάννος, Αρχιτεκτονική μορφή και στατική λειτουργία, Έκδοση Ε.Μ.Π.

**[8]** Edward Allen, Wacław Zalewski, Boston Structures Group, Form and Forces, Wiley (2009)

**[9]** Wolfgang Schueller, The Vertical Building Structure, (1990)