

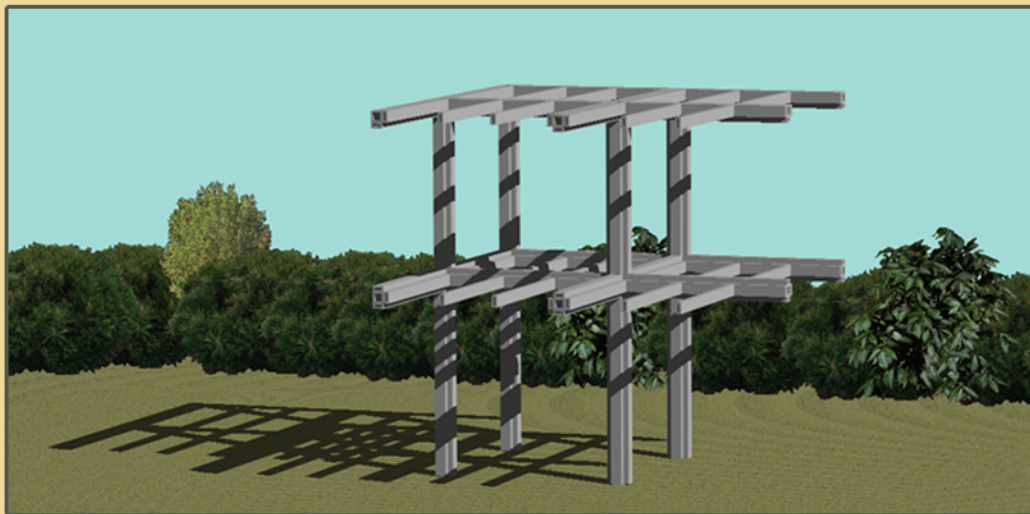


**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ  
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

***Μελέτη Προκατασκευασμένων Συστημάτων  
για Πολυώροφα Μεταλλικά Κτίρια***



**Φοιτήτρια: Μαρία. Κ. Σαββάκη**

**Επιβλέπων: Χάρης Ι. Γαντές, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

**Αθήνα, Ιούλιος 2011**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε υπό την καθοδήγηση του Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Χάρη Γαντέ.

Μέσα απ' αυτήν την εργασία μου δόθηκε η ευκαιρία να ασχοληθώ και να εμπλουτίσω τις γνώσεις μου σε ένα πολύ ενδιαφέρον επιστημονικό τομέα ο οποίος εντάσσεται στις νέες τεχνολογίες κατασκευής μεταλλικών κτιρίων.

Εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες στον καθηγητή μου κ. Χάρη Γαντέ για τη συνεχή παρακολούθηση της εξέλιξης της εργασίας μου, τις χρήσιμες συμβουλές του και την άριστη συνεργασία που είχαμε αυτό το εξάμηνο.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την Πολιτικό Μηχανικό ΕΜΠ Κωνσταντίνα Κουλάτσου, τον υποψήφιο διδάκτορα ΕΜΠ Κωνσταντίνο Καλοχαιρέτη και τον Διδάκτορα Πολιτικό Μηχανικό Θανάση Παπαγεωργίου, για την βοήθεια και την διαθεσιμότητά τους όποτε τους χρειαζόμουν.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, κ. Γ. Ραυτογιάννη και κ. Τ. Αβραάμ για την ενασχόλησή τους με την εργασία μου.

Τέλος θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους Καθηγητές, τους Διδάσκοντες και το Προσωπικό της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ για την συνεργασία που είχα μαζί τους κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

**Μαρία .Κ. Σαββάκη**

### **Acknowledgement**

*This thesis was done under the supervision of Associate Prof. Charis Gantes. Through this thesis I had the opportunity to deepen and enhance my knowledge in a very interesting field of science which referred to new manufacturing technologies for metal buildings.*

*I express my sincere thanks to Associate Professor Charis Gantes for supervising, useful advice and excellent collaboration we have had this semester.*

*I would also like to thank the personnel of the Laboratory of Steel Structures, for their useful advice and help*

**Maria .K. Savvaki**





**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

## **Μελέτη προκατασκευασμένων συστημάτων για πολυώροφα μεταλλικά κτίρια**

**Διπλωματική εργασία της Μαρίας Σαββάκη**

Επιβλέπων: Χάρης Ι. Γαντές, αναπληρωτής καθηγητής Ε.Μ.Π.

### **Περίληψη**

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η σύγκριση δύο εναλλακτικών μεθόδων κατασκευής μεταλλικών κτιρίων: της τυπικής μεθόδου, η οποία είναι και η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη, και μιας μεθόδου κατασκευής με προκατασκευασμένα μεταλλικά στοιχεία. Η σύγκριση των δύο μεθόδων έγινε με την χρήση μοντέλων, τα οποία έγιναν στο πρόγραμμα E-tabs v.9.7.1.

Η πρώτη μέθοδος μπορεί να έχει διάφορες παραλλαγές. Η παραλλαγή που μελετάται εδώ, προβλέπει ότι ο φέροντας οργανισμός του κτιρίου θα αποτελείται από δοκούς και υποστυλώματα καθώς και χιαστί συνδέσμους για την παραλαβή των οριζόντιων φορτίων.

Για την κατασκευή προκατασκευασμένων μεταλλικών κτιρίων, υπάρχουν επίσης διάφορες μέθοδοι. Η μέθοδος που εξετάζεται εδώ προβλέπει την κατασκευή φερόντων πλαισίων στο εργοστάσιο, από κοίλες ορθογωνικές διατομές, τα οποία χρησιμοποιούνται ως τοίχοι και ως δάπεδα. Η ανέγερση του κτιρίου γίνεται τοποθετώντας αρχικά υποστυλώματα και δοκούς, από κοίλες τετραγωνικές διατομές. Κατόπιν, χρησιμοποιώντας τα μέλη αυτά ως οδηγούς, τοποθετούνται τα πλαίσια και συγκολλούνται στα υποστυλώματα και τις δοκούς με ελάσματα.

Η εργασία αυτή αποτελείται από έξι κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία πιο αναλυτική παρουσίαση της εργασίας αυτής. Στο δεύτερο περιγράφεται το αρχικό κτίριο από οπλισμένο σκυρόδεμα, πάνω στο οποίο βασίστηκαν και τα δύο μοντέλα που μελετήθηκαν. Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στα φορτία για τα οποία σχεδιάζονται και τα δύο κτίρια, και στους συνδυασμούς φόρτισης για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας. Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία αυτή, και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη. Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται αντίστοιχα η μέθοδος κατασκευής και τα αποτελέσματα της μελέτης για το προκατασκευασμένο μεταλλικό κτίριο. Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο γίνεται η σύγκριση των δύο μεθόδων.





**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
DIVISION OF STRUCTURAL ENGINEERING  
LABORATORY OF STEEL STRUCTURES**

## **Study of prefabricated systems for multistory steel buildings**

**Diploma thesis of Maria Savvaki**

Supervisor: Charis J. Gantes, associate professor N.T.U.A.

### **Abstract**

Subject of the present diploma thesis is the comparison of two alternative construction methods for steel buildings: the typical method, which is the most broadly used, and a method of construction using prefabricated steel elements. The comparison of the two methods was done by using models, which were made with the program E-tabs v.9.7.1.

The first method can have many different variations. The one studied here, says that the load bearing structure of the building will consist of beams and columns as well as concentric braces in order to carry the horizontal loads.

For the construction of prefabricated steel buildings there are also many methods. The method described here, defines the construction of load bearing frames at the factory, made of hollow rectangular sections, which are used as walls and floors. The construction of the building is done by initially placing beams and columns of hollow rectangular sections. Afterwards, the frames are placed and welded on the beams and columns with steel lamina.

The present thesis consists of six chapters. In the first chapter a more analytical presentation of this paper is made. In the second one, the initial concrete building, on which both the models that were studied are based on, is described. The third chapter describes the loads for which both the buildings are designed, and the load combinations for the ultimate limit state and the serviceability limit state. In the fourth chapter the method used in this paper is described and the results of the analysis are presented. In the fifth chapter the construction method and the analysis results for the prefabricated steel building are presented. Finally, in the sixth chapter is the comparison of the two methods.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	1
Περίληψη.....	3
Abstract.....	5
Πίνακας περιεχομένων.....	7
<b>Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....</b>	<b>9</b>
1.1 Αντικείμενο και δομή διπλωματικής.....	9
<b>Κεφάλαιο 2: Αρχικό κτίριο.....</b>	<b>11</b>
2.1 Περιγραφή.....	11
2.2 Αρχικές κατόψεις.....	11
2.3 Απλοποιημένες κατόψεις.....	11
<b>Κεφάλαιο 3: Φορτίσεις.....</b>	<b>15</b>
3.1 Φορτία.....	15
3.1.1 Μόνιμα και κινητά.....	15
3.1.2 Άνεμος.....	15
3.1.3 Σεισμός.....	19
3.2 Συνδυασμοί φόρτισης.....	20
3.3 Δεδομένα και παραδοχές της ανάλυσης.....	21
<b>Κεφάλαιο 4: Τυπικό μεταλλικό κτίριο.....</b>	<b>23</b>
4.1 Γενικά.....	23
4.2 Αρχικά μοντέλα.....	23
4.2.1 Διαδικασία βελτιστοποίησης.....	23
4.2.2 Λύση 1.....	24
4.2.2.1 Γεωμετρία του φορέα.....	24
4.2.2.2 Αποτελέσματα ανάλυσης.....	65
4.2.3 Λύση 2.....	89
4.2.3.1 Γεωμετρία του φορέα.....	89
4.2.3.2 Αποτελέσματα ανάλυσης.....	92
4.2.4 Λύση 3.....	109
4.2.4.1 Γεωμετρία του φορέα.....	109
4.2.4.2 Αποτελέσματα ανάλυσης.....	112
4.2.5 Σύγκριση των τριών λύσεων.....	127
4.3 Τελικό μοντέλο.....	127
4.3.1 Κατασκευή του μοντέλου.....	127
4.3.2 Περιγραφή του κτιρίου.....	128
4.3.3 Αποτελέσματα ανάλυσης.....	153
4.3.4 Έλεγχος μετακινήσεων.....	174
4.3.4.1 Σεισμός.....	174
4.3.4.2 Άνεμος.....	179
4.3.5 Ικανοτικός σχεδιασμός.....	179
4.3.5.1 Υποστύλωμα.....	179
4.3.5.2 Δοκός.....	182
<b>Κεφάλαιο 5: Προκατασκευασμένα μεταλλικά στοιχεία.....</b>	<b>185</b>
5.1 Περιγραφή της μεθόδου κατασκευής.....	185
5.2 Περιγραφή του κτιρίου.....	187
5.2.1 Τύποι διατομών.....	187
5.2.2 Τοποθέτηση διατομών.....	190
5.3 Μοντέλο προκατασκευασμένου μεταλλικού κτιρίου.....	195
5.3.1 Διατομές.....	195

5.3.2 Τοποθέτηση των διατομών.....	197
5.3.3 Αποτελέσματα της ανάλυσης.....	220
5.3.4 Έλεγχος μετακινήσεων.....	242
5.3.5 Ικανοτικός έλεγχος.....	244
5.3.5.1 Υποσύλωμα.....	244
5.3.5.2 Δοκός.....	247
<b>Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα.....</b>	<b>249</b>
6.1 Σύγκριση των λύσεων.....	249
6.2 Συμπεράσματα.....	249
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>251</b>
<b>Παράρτημα σχεδίων.....</b>	<b>253</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### Εισαγωγή

#### 1.1 Αντικείμενο και δομή διπλωματικής

Η παρούσα εργασία στην ουσία αποτελεί μία στατική μελέτη ενός κτιρίου, το οποίο κατασκευάζεται αρχικά με την συμβατική μέθοδο κατασκευής και κατόπιν με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων μεταλλικών συστημάτων.

Το αρχικό κτίριο είναι μία πολυκατοικία στην Αθήνα, η οποία παρουσιάζεται εκτενέστερα στο κεφάλαιο 2. Στην πραγματικότητα έχει κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα και αποτελείται από τρεις υπόγειους χώρους στάθμευσης, το ισόγειο, έξι ορόφους και δώμα. Η πολυκατοικία αυτή προορίζεται για να στεγάσει γραφεία.

Για τις ανάγκες της εργασίας αυτής, οι κατόψεις του αρχικού κτιρίου απλοποιήθηκαν και αγνοήθηκαν τα υπόγεια γκαράζ. Οι απλοποιήσεις που έγιναν και οι κατόψεις που χρησιμοποιήθηκαν και στα δύο μοντέλα, παρουσιάζονται επίσης στο κεφάλαιο 2.

Στο κεφάλαιο 3 είναι ο υπολογισμός των φορτίων που χρησιμοποιήθηκαν στα μοντέλα. Τα φορτία αυτά είναι τα μόνιμα και κινητά που ορίζει ο Ευρωκώδικας 3 για χώρους γραφείων, το ίδιο βάρος των πλακών σκυροδέματος που τοποθετούνται σε κάθε όροφο, και τα φορτία ανέμου και σεισμού. Τα ίδια βάρη των μεταλλικών μελών λαμβάνονται αυτόματα από το πρόγραμμα, οπότε δεν χρειάστηκε να υπολογιστούν. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται επίσης οι συνδυασμοί φόρτισης που χρησιμοποιήθηκαν για τους ελέγχους σε οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας, καθώς επίσης και ορισμένες παραδοχές και δεδομένα των αναλύσεων που είναι κοινές για όλα τα μοντέλα.

Το κεφάλαιο 4 αφορά την συμβατική μέθοδο κατασκευής. Αρχικά γίνεται μία εισαγωγή γενικά για τα τυπικά μεταλλικά κτίρια. Κατόπιν παρουσιάζονται τρεις λύσεις για το απλοποιημένο κτίριο του κεφαλαίου 2. Οι λύσεις αυτές έχουν παρόμοιες διατάξεις υποστυλωμάτων και χιαστί. Οι δοκοί και οι διαδοκίδες έχουν ίδια διάταξη και στις τρεις. Οι συνδέσεις στα άκρα των δοκών, των διαδοκίδων και των χιαστί είναι αρθρωτές, όπως επίσης και οι συνδέσεις των υποστυλωμάτων με το έδαφος. Πρέπει τέλος να σημειωθεί, ότι στις λύσεις αυτές δεν λήφθηκαν υπ' όψη οι απαιτήσεις του Ευρωκώδικα 8 για τα χιαστί και τα υποστυλώματα, και η σκάλα αγνοήθηκε επίσης.

Η πρώτη λύση έχει διατομές διπλού ταυ στα υποστυλώματα και κοίλες κυκλικές στα χιαστί. Η δεύτερη λύση έχει διατομές διπλού ταυ στα υποστυλώματα και κοίλες τετραγωνικές στα χιαστί. Τέλος, η τρίτη λύση έχει κοίλες τετραγωνικές τόσο στα υποστυλώματα όσο και στα χιαστί. Οι διατομές διπλού ταυ στα υποστυλώματα ανήκουν στην σειρά HEA, ενώ οι διατομές των δοκών και των διαδοκίδων είναι τύπου IPE και στα τρία μοντέλα.

Οι τρεις αυτές λύσεις συγκρίνονται κατόπιν ως προς τον όγκο χάλυβα που χρησιμοποιούν, προκειμένου να διαπιστωθεί η πιο συμφέρουσα. Η λύση που επιλέχθηκε, χρησιμοποιήθηκε ως βάση για το τελικό συμβατικό μοντέλο, το οποίο παρουσιάζεται επίσης στο κεφάλαιο 4.

Το τελικό μοντέλο έχει διατομές διπλού ταυ, HEA και HEM στα υποστυλώματα, IPE στις δοκούς και κοίλες τετραγωνικές στα χιαστί. Η διάταξη των χιαστί συνδέσμων του είναι διαφορετική απ' ότι στα αρχικά μοντέλα, και επίσης έχει πυκνότερες διαδοκίδες σε ορισμένα σημεία. Αντίθετα με προηγουμένως, στο μοντέλο αυτό, τα χιαστί επιλέχθηκαν ώστε να έχουν ακτίνες αδρανείας μέσα στα όρια του Ευρωκώδικα 8. Οι διατομές τους, όπως και των δοκών και των υποστυλωμάτων είναι κατηγορίας 1 ή 2 (για  $q = 3$ ). Σε ότι αφορά τα αποτελέσματα της ανάλυσης, πέρα από τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών και της δρώσας ιδιομορφικής μάζας, γίνεται και έλεγχος μετακινήσεων του κτιρίου για τα φορτία ανέμου και σεισμού.

Κατόπιν, στο κεφάλαιο 5, μελετάται το προκατασκευασμένο κτίριο. Το κτίριο αυτό φτιάχνεται από φέροντα πλαίσια για τους τοίχους και τα πατώματα, τα οποία συγκολλούνται σε ένα σκελετό από κοίλες τετραγωνικές διατομές. Η συγκόλληση των μελών μεταξύ τους γίνεται με ελάσματα. Λόγω των συγκολλήσεων, όλες οι συνδέσεις του κτιρίου είναι συνδέσεις ροπής, εκτός από αυτές των υποστυλωμάτων με το έδαφος.

Η μορφή του προκατασκευασμένου κτιρίου είναι παρόμοια με αυτήν του τελικού συμβατικού μοντέλου, δηλαδή έχουν το ίδιο πυκνές διαδοκίδες, και χιαστί στις ίδιες θέσεις. Οι διατομές του είναι κοίλες τετραγωνικές στα χιαστί, κοίλες ορθογωνικές στις διαδοκίδες και πολυκυψελικές στα υποστυλώματα και τις δοκούς, λόγω της συγκόλλησης των μελών των πλαισίων μεταξύ τους. Πιο λεπτομερής περιγραφή των διατομών αυτών και οι θέσεις στις οποίες βρίσκονται γίνεται στο κεφάλαιο 5. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι για τις πολυκυψελικές διατομές δεν λήφθηκε υπ' όψη πλαστική ροπή αντίστασης. Αυτό έγινε υπέρ της ασφαλείας, επειδή η συμπεριφορά τους στις διάφορες καταπονήσεις δεν έχει μελετηθεί εκτενώς. Οι έλεγχοι που έγιναν για την επάρκεια του κτιρίου (φορτία – μετακινήσεις) είναι ίδιοι με το τελικό συμβατικό κτίριο.

Τέλος, το κεφάλαιο 6 είναι η σύγκριση των δύο αυτών κτιρίων, και τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε η παρούσα εργασία.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Αρχικό κτίριο

#### 2.1 Περιγραφή

Το αρχικό κτίριο, όπως προαναφέρθηκε, είναι κατασκευασμένο από σκυρόδεμα. Αποτελείται από οκτώ ορόφους (συμπεριλαμβανομένου και του ισόγειου) εκ των οποίων ο τελευταίος είναι δώμα, δηλαδή περιλαμβάνει μόνο το κλιμακοστάσιο και τους ανελκυστήρες. Το εμβαδόν των ορόφων μειώνεται σταδιακά, καθώς αυξάνει το ύψος. Επίσης, υπάρχουν και τρία υπόγεια, το εμβαδόν των οποίων είναι μεγαλύτερο απ' αυτό του ισόγειου. Το ισόγειο έχει ύψος 4,15 m, οι όροφοι 3,45 m και το δώμα 2,15 m. Το συνολικό ύψος είναι 27 m.

Το κτίριο προορίζεται για να στεγάσει γραφεία, ενώ τα υπόγεια είναι χώροι στάθμευσης.

Σε ότι αφορά το στατικό του σύστημα, ο φέρων οργανισμός του κτιρίου αποτελείται από δοκούς και υποστυλώματα, ενώ υπάρχουν και αρκετά φέροντα τοιχεία. Οι υπόλοιποι τοίχοι είναι φτιαγμένοι από τούβλα και δεν συμμετέχουν στην ανάληψη φορτίων.

#### 2.2 Αρχικές κατόψεις

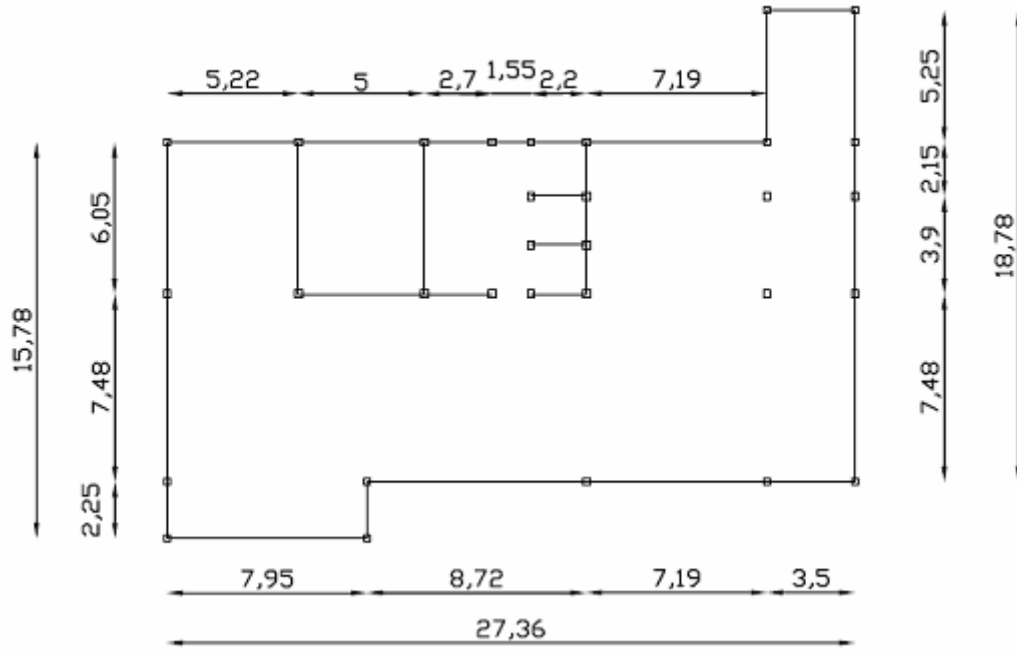
Οι κατόψεις του κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα παρουσιάζονται στο παράρτημα. Να σημειωθεί ότι τα σχήματα αυτά δεν είναι υπό κλίμακα. Παρατίθενται ενδεικτικά ώστε να φανούν οι διαστάσεις του αρχικού κτιρίου, και οι απλοποιήσεις που έγιναν κατόπιν.

#### 2.3 Απλοποιημένες κατόψεις

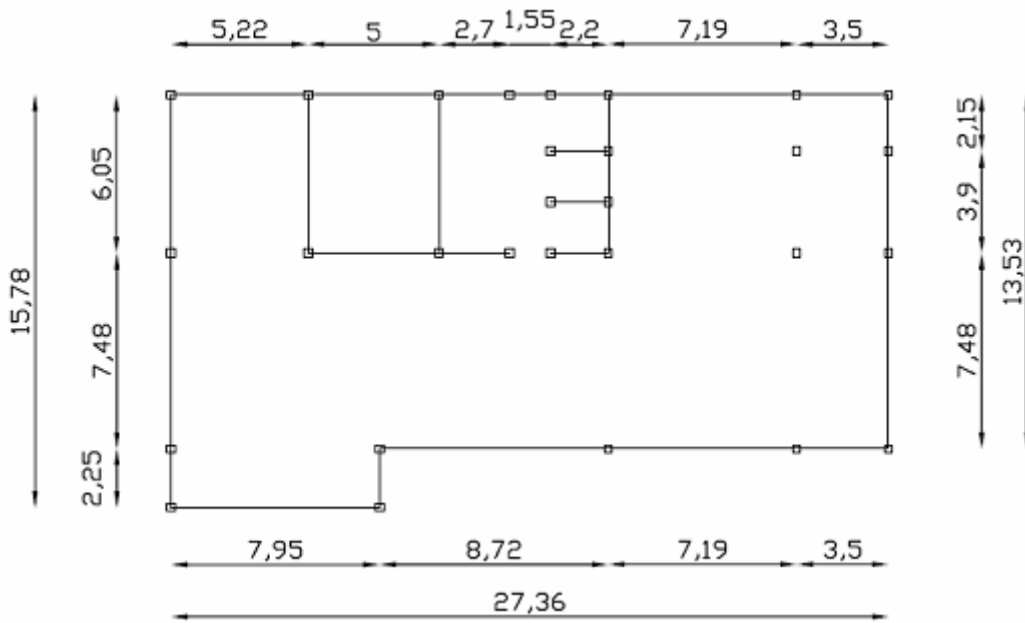
Για τις ανάγκες της εργασίας, η κάτοψη του κτιρίου δεν χρησιμοποιήθηκε αυτούσια, αλλά έγιναν ορισμένες απλοποιητικές παραδοχές.

Κατ' αρχάς, αγνοήθηκαν τα τρία υπόγεια, και θεωρήθηκε ότι το κτίριο ξεκινά από το ισόγειο. Επίσης, ο τοίχος, ο οποίος είναι κεκλιμένος σε κάτοψη, θεωρήθηκε ότι δεν έχει κλίση και είναι κάθετος στους διπλανούς τοίχους. Τέλος, στο αρχικό κτίριο η θέση κάποιων τοίχων άλλαζε από όροφο σε όροφο, δυσκολεύοντας έτσι την δημιουργία του στατικού συστήματος των μεταλλικών κτιρίων. Γι' αυτό όλοι οι τοίχοι των ορόφων θεωρήθηκε ότι βρίσκονται ακριβώς πάνω από τους τοίχους του ισόγειου.

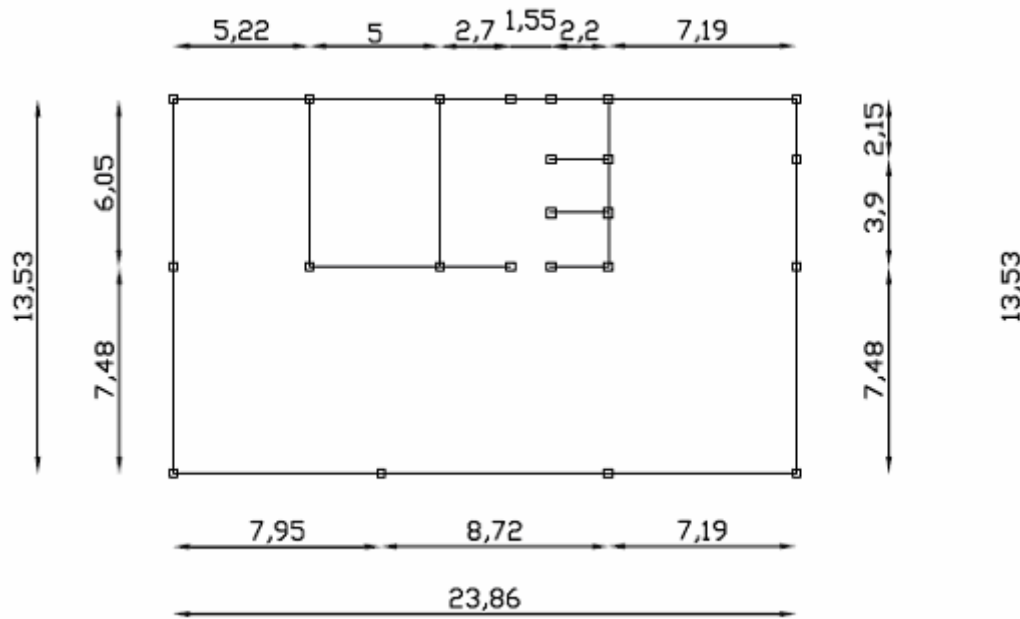
Οι βασικές διαστάσεις της απλοποιημένης κάτοψης, σύμφωνα με τις οποίες φτιάχτηκαν οι φέροντες οργανισμοί και των δύο μεταλλικών κτιρίων, είναι αυτές που απεικονίζονται στα σχήματα παρακάτω (2.1 ως 2.5).



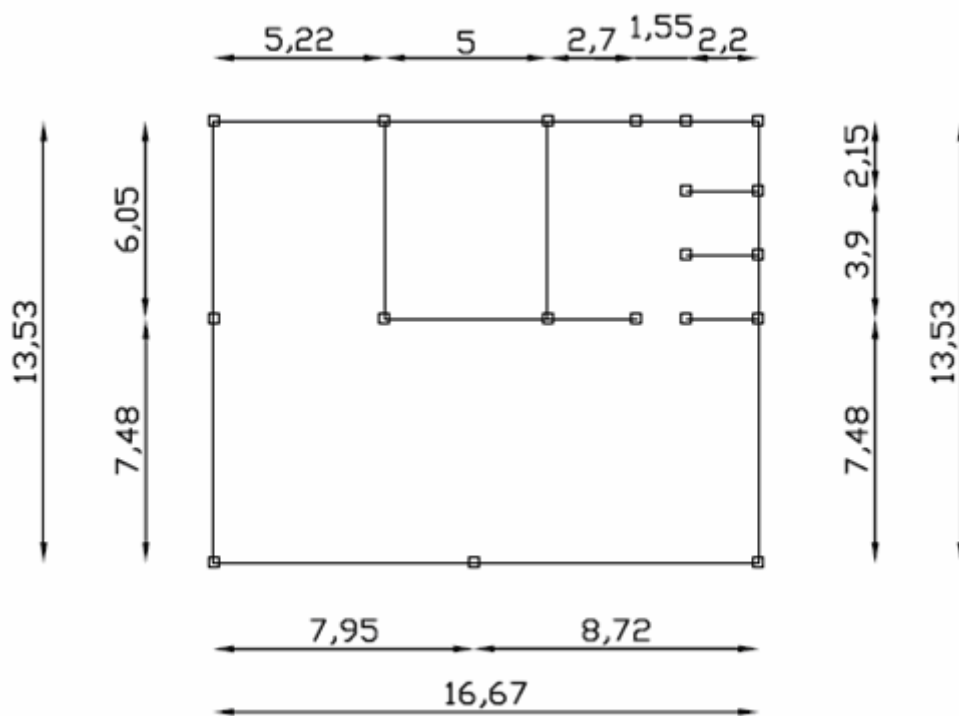
**Σχήμα 2.1:** Απλοποιημένη κάτοψη ισογείου και ορόφων 1 και 2



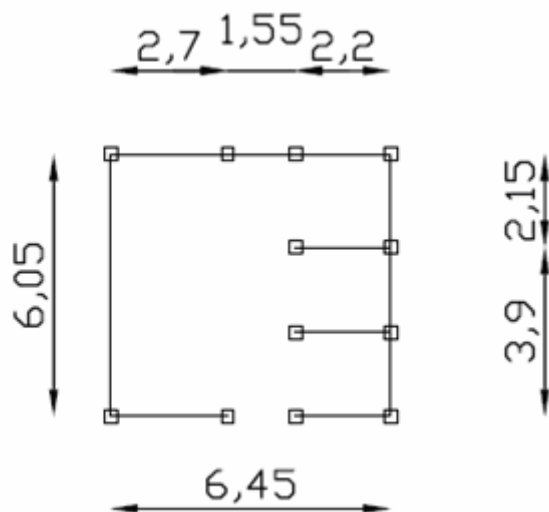
**Σχήμα 2.2:** Απλοποιημένη κάτοψη ορόφου 3



Σχήμα 2.3: Απλοποιημένη κάτοψη ορόφου 4



Σχήμα 2.4: Απλοποιημένη κάτοψη ορόφων 5 και 6



Σχήμα 2.5: Απλοποιημένη κάτοψη δώματος

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Φορτίσεις

#### 3.1 Φορτία

Οι κατακόρυφες φορτίσεις επιβάλλονται ως γραμμικά κατανεμημένα φορτία στις διαδοκίδες του κτιρίου ανάλογα με το πλάτος επιρροής της κάθε μίας. Οι οριζόντιες φορτίσεις (άνεμος) επιβάλλονται στις ακραίες δοκούς κάθε ορόφου, πάλι λαμβάνοντας υπ' όψη το κατακόρυφο πλάτος επιρροής.

##### 3.1.1 Μόνιμα και κινητά

Η κατασκευή, εκτός από το ίδιο βάρος της, έχει μόνιμο φορτίο  $5 \text{ kN/m}^2$  σε όλες τις επιφάνειες (από πλάκα σκυροδέματος πάχους  $20 \text{ cm}$ ) και κινητό φορτίο  $3 \text{ kN/m}^2$  (σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 1 για χώρους γραφείων).

##### 3.1.2 Άνεμος

Για τον υπολογισμό της ανεμοπίεσης θεωρήθηκε θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας του ανέμου  $v_{b,0} = 27 \text{ m/s}$ . Οι συντελεστές  $c_{dir}$  και  $c_{season}$  λήφθηκαν ίσοι με 1, που είναι η συνιστώμενη τιμή σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 1. Έτσι προέκυψε βασική ταχύτητα του ανέμου:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} = 27 \text{ m/s}$$

$$\text{Επίσης } c_{prob} = \left( \frac{1 - K \cdot \ln(-\ln(1-p))}{1 - K \cdot \ln(-\ln(0,98))} \right)^n = 1$$

όπου  $K = 0,2$  και  $n = 0,5$  (προτεινόμενες τιμές).

Άρα η μέση ταχύτητα του ανέμου με πιθανότητα υπέρβασης 2% είναι επίσης  $27 \text{ m/s}$ .

Η μέση ταχύτητα του ανέμου σε ύψος  $z$  πάνω απ' το έδαφος δίνεται απ' τον τύπο:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$$

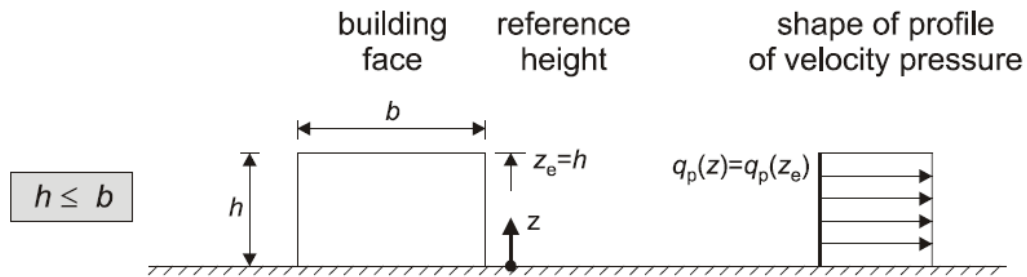
όπου  $c_r(z)$  είναι ο συντελεστής τραχύτητας και  $c_0(z)$  ο συντελεστής τοπογραφικής διαμόρφωσης. Θεωρήθηκε  $c_0(z) = 1$ , που είναι η προτεινόμενη τιμή. Για περιοχή κατηγορίας IV:

$$k_r = 0,19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,23$$

για  $z_{0,II} = 0,05$  και  $z_0 = 1$ .

Κατανομή της πίεσης ταχύτητας αιχμής καθ' ύψος:

Διεύθυνση γ:  $b = 27,36 > h = 27 \text{ m}$  άρα η κατανομή καθ ύψος είναι ομοιόμορφη και  $z_e = 27 \text{ m}$ .



**Σχήμα 3.1:** Απεικόνιση της κατανομής της πίεσης ταχύτητας καθ' ύψος

$z_{\min} = 10 \text{ m}$  και  $z_{\max} = 200 \text{ m}$  άρα για  $z_{\min} \leq z_e \leq z_{\max}$  :

$$c_r(z_e) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) = 0,23 \cdot \ln\left(\frac{27}{1}\right) = 0,75$$

$$v_m(z_e) = 0,75 \cdot 1 \cdot 27 = 20,25 \text{ m/s}$$

Η ένταση του στροβιλισμού σε ύψος  $z$  δίνεται απ' την σχέση:

$$l_v(z_e) = \frac{k_l}{c_0(z_e) \cdot \ln(z_e/z_0)} = \frac{1}{1 \cdot \ln(27/1)} = 0,3$$

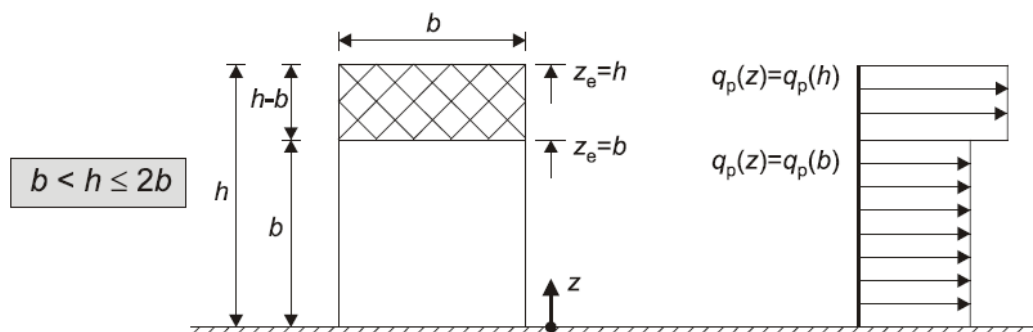
για  $z_{\min} \leq z_e \leq z_{\max}$  και  $k_l = 1$  (συνιστώμενη τιμή)

Πίεση ταχύτητας αιχμής:

$$q_p = [1 + 7 \cdot l_v(z_e)] \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = (1 + 7 \cdot 0,3) \cdot 1/2 \cdot 1,25 \cdot 20,25^2 = 794,5 \text{ kPa}$$

όπου  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$  (συνιστώμενη τιμή)

Διεύθυνση χ:  $b = 13,53 < h = 27 < 2 \cdot b = 27,06$  άρα η πίεση καθ' ύψος χωρίζεται σε δύο περιοχές.



**Σχήμα 3.2:** Απεικόνιση της κατανομής της ταχύτητας πίεσης καθ' ύψος

Για  $z_e = h = 27 \text{ m}$  η πίεση ταχύτητας αιχμής είναι ίδια με πριν.

Για  $z_e = b = 13,53 \text{ m}$ :

$z_{\min} = 10 \text{ m}$  και  $z_{\max} = 200 \text{ m}$  άρα για  $z_{\min} \leq z_e \leq z_{\max}$  :

$$c_r(z_e) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) = 0,23 \cdot \ln\left(\frac{13,53}{1}\right) = 0,6$$

$$v_m(z_e) = 0,6 \cdot 1 \cdot 27 = 16,2 \text{ m/s}$$

Η ένταση του στροβιλισμού σε ύψος  $z$  δίνεται απ' την σχέση:

$$l_v(z_e) = \frac{k_l}{c_0(z_e) \cdot \ln(z_e/z_0)} = \frac{1}{1 \cdot \ln(13,53/1)} = 0,38$$

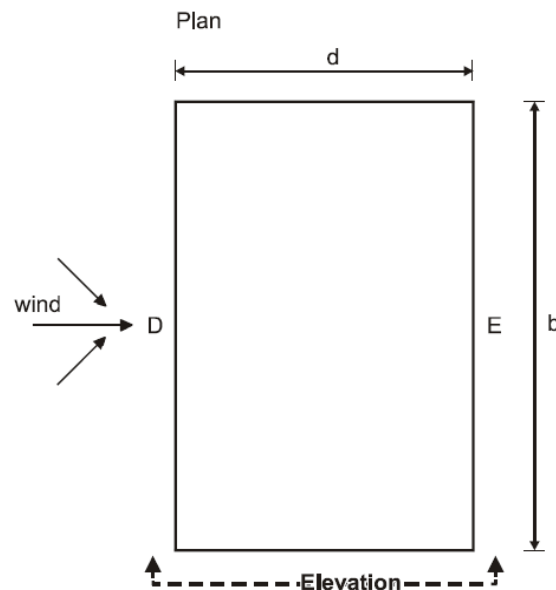
για  $z_{\min} \leq z_e \leq z_{\max}$  και  $k_l = 1$

Πίεση ταχύτητας αιχμής:

$$q_p = [1 + 7 \cdot l_v(z_e)] \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = (1 + 7 \cdot 0,38) \cdot 1/2 \cdot 1,25 \cdot 16,2^2 = 600,33 \text{ kPa}$$

### Πιέσεις:

#### 1) Οριζόντιες



**Σχήμα 3.3:** Κάτοψη ενός ορθογωνικού κτιρίου με την πίεση που δέχεται η κάθε πλευρά.

Θεωρήθηκε απλοποιητικά ότι  $h/d \cong 1$  άρα οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης  $c_{pe}$  είναι οι εξής:

$$A = -1,2$$

$$D = +0,8$$

$$E = -0,5$$

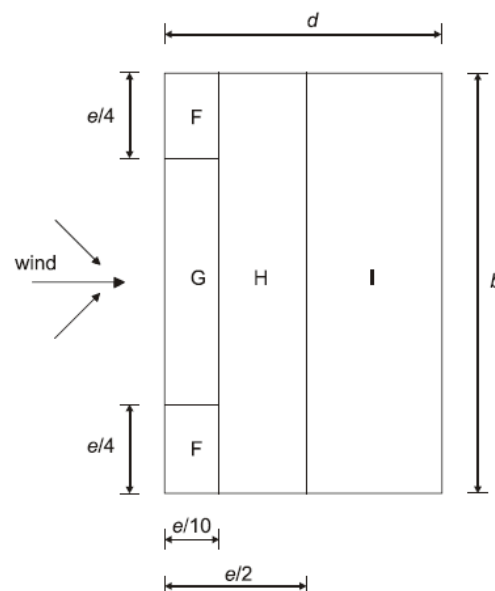
Οι τιμές των συντελεστών αυτών θεωρούνται θετικές όταν έχουν κατεύθυνση προς την επιφάνεια και αρνητικές όταν απομακρύνονται από την επιφάνεια. Υπέρ της ασφαλείας θεωρήθηκε ότι ολόκληρες οι πλαϊνές όψεις του κτιρίου δέχονται ανεμοπίεση A.

Στους συντελεστές εσωτερικής πίεσης λήφθηκαν οι συνιστώμενες τιμές  $c_{pi} = +0,2$  ή  $-0,3$  άρα:

$$\begin{aligned} A &= -1,2 - 0,2 = -1,4 \quad \text{ή} \quad -1,2 + 0,3 = -0,9 \\ D &= +0,8 - 0,2 = 0,6 \quad \text{ή} \quad +0,8 + 0,3 = +1,1 \\ E &= -0,5 - 0,2 = -0,7 \quad \text{ή} \quad -0,5 + 0,3 = -0,2 \end{aligned}$$

Δυσμενέστερη περίπτωση:  $A = -1,4$  ,  $D = +1,1$  ,  $E = -0,7$

## 2) Κατακόρυφες



**Σχήμα 3.4:** Κάτοψη ενός ορθογωνικού κτιρίου με την πίεση που δέχεται η οροφή

Για κτίρια με επίπεδη οροφή και μη στρογγυλεμένες γωνίες, οι συντελεστές  $c_{pe}$  είναι:  $F = -1,8$  ,  $G = -1,2$  ,  $H = -0,7$  ,  $I = +/- 0,2$

Οι συντελεστές  $c_{pi}$  είναι ίδιοι με πριν.

Υπέρ της ασφαλείας θεωρήθηκε ότι η κατακόρυφη πίεση είναι ομοιόμορφη και ίση με την δυσμενέστερη τιμή της. Από το άθροισμα των συντελεστών  $c_{pi}$  και  $c_{pe}$  μεγαλύτερη κατ' απόλυτη τιμή προκύπτει η περίπτωση F με  $c_{pi} = +0,2$ . Όμως επειδή η τιμή αυτή είναι αρνητική (-2) σημαίνει ότι το φορτίο του ανέμου έχει διεύθυνση αντίθετη της βαρύτητας. Επειδή τα μόνιμα και κινητά φορτία στο κτίριο είναι μεγαλύτερα της ανεμοπίεσης, το φορτίο αυτό έχει ευμενή δράση. Γι' αυτό, για τα φορτία του κτιρίου,

λήφθηκε η περίπτωση I για  $c_{pi} = -0,3$  με τιμή  $+0,5$ , επειδή έδινε την μεγαλύτερη θετική τιμή.

### Διεύθυνση x

i)  $z < b$

$$A = -1,4 \cdot 0,60033 = -0,84 \text{ kPa}$$

$$D = 1,1 \cdot 0,60033 = 0,66 \text{ kPa}$$

$$E = -0,7 \cdot 0,60033 = -0,42 \text{ kPa}$$

$$I = 0,5 \cdot 0,60033 = 0,3 \text{ kPa}$$

ii)  $z > b$

$$A = -1,4 \cdot 0,7945 = -1,11 \text{ kPa}$$

$$D = 1,1 \cdot 0,7945 = 0,87 \text{ kPa}$$

$$E = -0,7 \cdot 0,7945 = -0,56 \text{ kPa}$$

$$I = 0,5 \cdot 0,7945 = 0,4 \text{ kPa}$$

### Διεύθυνση y

Όμοια με την διεύθυνση x για  $z > b$ .

### 3.1.3 Σεισμός

Ο έλεγχος σε σεισμικές δράσεις έγινε τόσο με την δυναμική φασματική, όσο και με την ισοδύναμη στατική μέθοδο. Τα σεισμικά φορτία και με τις δύο μεθόδους υπολογίστηκαν από το πρόγραμμα.

Για τον υπολογισμό των φορτίων, λήφθηκε το παρακάτω φάσμα από τον Ευρωκώδικα 8:

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left( \frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] = 0,192 \cdot g \cdot \left( \frac{2}{3} + \frac{10}{9} \cdot T \right), \quad 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} = 0,16 \cdot g, \quad T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C}{T} = \frac{0,08 \cdot g}{T} \geq \beta \cdot a_g, \quad T_C \leq T \leq T_D$$

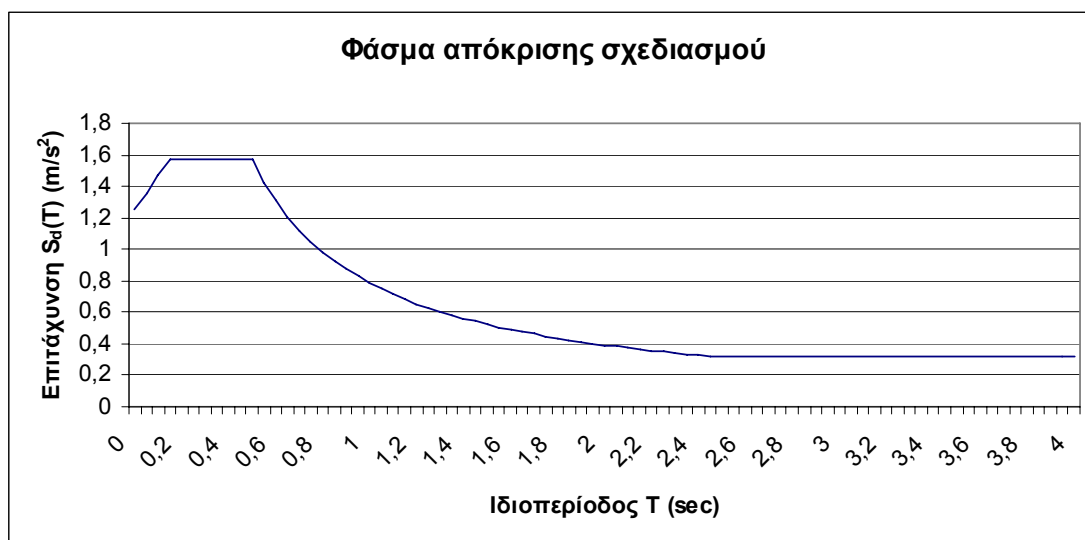
$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} = \frac{0,2 \cdot g}{T^2} \geq \beta \cdot a_g, \quad T_D \leq T \leq 4 \text{ sec}$$

$$T_D \leq T \leq 4 \text{ sec}$$

Τα παραπάνω ισχύουν για έδαφος κατηγορίας B ( $T_B = 0,15 \text{ sec}$ ,  $T_C = 0,5 \text{ sec}$ ,  $T_D = 2,5 \text{ sec}$  και  $S = 1,2$ ). Ο συντελεστής συμπεριφοράς  $q$  είναι ίσος με 3, η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας είναι Z1 ( $a_{gR} = 0,16 \cdot g$ ), ο συντελεστής

σπουδαιότητας κτιρίου  $\gamma_i$  είναι μονάδα και το  $\beta$  είναι 0,2 (συνιστώμενη τιμή).

Ισχύει ότι  $a_g = a_{gR} \cdot \gamma_i = 0,16 \cdot g$



Σχήμα 3.5

Για την δυναμική φασματική μέθοδο, δόθηκε στο πρόγραμμα E-tabs το φάσμα αυτό για διεύθυνση σεισμού κατά x και κατά y. Θεωρήθηκε ότι ο σεισμός έχει μόνο οριζόντιες και όχι κατακόρυφη συνιστώσα.

Για την ισοδύναμη στατική μέθοδο, δόθηκε η τιμή  $S_d(T)/g$  στις παραμέτρους EXSTAT και EYSTAT. Η τιμή  $S_d(T)$  υπολογίζονταν για κάθε μοντέλο από το αντίστοιχο φάσμα, για την πρώτη ιδιοπερίοδο του κτιρίου.

### 3.2 Συνδυασμοί φόρτισης

Οι συνδυασμοί φόρτισης που εξετάστηκαν είναι οι εξής:

G = μόνιμα φορτία

Q = κινητά φορτία

W<sub>x</sub> = άνεμος κατά x

W<sub>y</sub> = άνεμος κατά y

-W<sub>x</sub> = άνεμος κατά -x

-W<sub>y</sub> = άνεμος κατά -y

E<sub>x</sub> = σεισμός κατά x

E<sub>y</sub> = σεισμός κατά y

**Οριακή κατάσταση αστοχίας:**

- 1)  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q$
- 2)  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q + 0,9 \cdot W_x$
- 3)  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q + 0,9 \cdot W_y$
- 4)  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q - 0,9 \cdot W_x$

- 5)  $1,35*G + 1,5*Q - 0,9*W_y$
- 6)  $1,35*G + 1,5*W_x$
- 7)  $1,35*G + 1,5*W_y$
- 8)  $1,35*G - 1,5*W_x$
- 9)  $1,35*G - 1,5*W_y$
- 10)  $1,35*G + 0,9*Q + 1,5*W_x$
- 11)  $1,35*G + 0,9*Q + 1,5*W_y$
- 12)  $1,35*G + 0,9*Q - 1,5*W_x$
- 13)  $1,35*G + 0,9*Q - 1,5*W_y$
- 14)  $G + 0,3*Q + E_x + 0,3*E_y$
- 15)  $G + 0,3*Q + E_x - 0,3*E_y$
- 16)  $G + 0,3*Q - E_x + 0,3*E_y$
- 17)  $G + 0,3*Q - E_x - 0,3*E_y$
- 18)  $G + 0,3*Q + E_y + 0,3*E_x$
- 19)  $G + 0,3*Q + E_y - 0,3*E_x$
- 20)  $G + 0,3*Q - E_y + 0,3*E_x$
- 21)  $G + 0,3*Q - E_y - 0,3*E_x$

Οι τιμές  $E_x$  και  $E_y$  υπολογίστηκαν τόσο με την δυναμική φασματική, όσο και με την ισοδύναμη στατική μέθοδο.

### Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

- 1)  $G + Q$
- 2)  $G + Q + 0,6*W_x$
- 3)  $G + Q + 0,6*W_y$
- 4)  $G + Q - 0,6*W_x$
- 5)  $G + Q - 0,6*W_y$
- 6)  $G + W_x$
- 7)  $G + W_y$
- 8)  $G - W_x$
- 9)  $G - W_y$
- 10)  $G + 0,6*Q + W_x$
- 11)  $G + 0,6*Q + W_y$
- 12)  $G + 0,6*Q - W_x$
- 13)  $G + 0,6*Q - W_y$

### 3.3 Δεδομένα και παραδοχές της ανάλυσης

Για όλες τις αναλύσεις που παρουσιάζονται παρακάτω ισχύουν τα ακόλουθα:

α) Τόσο το συμβατικό όσο και το προκατασκευασμένο κτίριο, λειτουργούν ως δικτύωμα και στις δύο διευθύνσεις. Η πλευρική τους εξασφάλιση γίνεται με κατακόρυφους συνδέσμους δυσκαμψίας τύπου Χ.

β) Στο συμβατικό κτίριο, οι συνδέσεις των δοκών με τα υποστυλώματα, των κυρίων δοκών με τις δευτερεύουσες, των χιαστί και των υποστυλωμάτων με το έδαφος είναι αρθρώσεις. Στο προκατασκευασμένο,

είναι όλες οι συνδέσεις, συνδέσεις ροπής εκτός από αυτές των υποστυλωμάτων με το έδαφος.

γ) Τα μήκη λυγισμού των υποστυλωμάτων είναι ίσα με το μήκος τους, ενώ των χιαστί είναι ίσα με το μισό του μήκους τους. Οι δοκοί και οι διαδοκίδες έχουν μήκος λυγισμού επίσης ίσο με το μήκος τους, όμως είναι εξασφαλισμένες έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού και κάμψης ως προς τον ασθενή άξονα, λόγω της πλάκας σκυροδέματος.

δ) Η πλάκα σκυροδέματος λήφθηκε υπ' όψη μόνο ως φορτίο στις δοκούς και τις διαδοκίδες. Η διαφραγματική της λειτουργία προσομοιώθηκε με άκαμπτο διάφραγμα σε κάθε όροφο.

ε) Το υλικό είναι χάλυβας S235. Στα τελικά μοντέλα τοποθετήθηκε και χάλυβας S275 στους χιαστί συνδέσμους. Όπου έγινε αυτό θα αναφέρεται στην περιγραφή του κτιρίου.

ζ) Η στάθμη πλαστιμότητας είναι μεσαία.

η) Δεν έγινε ικανοτικός σχεδιασμός. Η διαστασιολόγηση έγινε μόνο με τα εντατικά μεγέθη, χωρίς προσαύξηση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Τυπικό μεταλλικό κτίριο

#### 4.1 Γενικά

Ο χάλυβας άρχισε να χρησιμοποιείται στις κατασκευές τον 19<sup>ο</sup> αιώνα στις ΗΠΑ, όμως στην Ελλάδα η χρήση του άρχισε να διαδίδεται μετά το 1990. Σήμερα χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλές χώρες, λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει έναντι του οπλισμένου σκυροδέματος: έχει μεγάλο λόγο αντοχής προς βάρος, προσαρμόζεται εύκολα, είναι φτηνός και βρίσκεται σε αφθονία, είναι εύκολο να κοπεί και να συνδεθεί, και είναι αντισεισμικός και ανθεκτικός στον χρόνο. Ταυτόχρονα όμως, μπορεί να μην είναι εύκολη η χρήση του λόγω του μεγάλου μήκους και βάρους των επί μέρους κομματιών, χάνει την αντοχή του σε υψηλές θερμοκρασίες, σκουριάζει εύκολα αν δεν συντηρείται σωστά και έχει μεγαλύτερα βέλη.

Ένα τυπικό μεταλλικό κτίριο αποτελείται από τα υποστυλώματα, τις κύριες δοκούς και τις διαδοκίδες, τους συνδέσμους δυσκαμψίας και τις πλάκες. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα πολυώροφα μεταλλικά κτίρια, κατασκευάζονται συνήθως σαν σύμμικτα, δηλαδή κάποια από τα μεταλλικά στοιχεία του φέροντα οργανισμού συνεργάζονται με σκυρόδεμα.

Το στατικό σύστημα ενός μεταλλικού κτιρίου λειτουργεί συνήθως είτε ως πλαίσιο είτε ως δικτύωμα, με την βοήθεια συνδέσμων δυσκαμψίας. Οι σύνδεσμοι αυτοί μπορεί να έχουν διάφορες μορφές, όπως Χ, Λ ή V. Υπάρχουν βέβαια και άλλοι τρόποι πλευρικής εξασφάλισης, όπως πχ με τοιχώματα. Ένα κτίριο μπορεί να έχει διαφορετικό τρόπο πλευρικής εξασφάλισης σε κάθε διεύθυνση.

#### 4.2 Αρχικά μοντέλα

##### 4.2.1 Διαδικασία βελτιστοποίησης

Τα πρώτα μοντέλα ήταν δοκιμαστικά. Δεν λήφθηκαν υπ' όψη οι απαιτήσεις του Ευρωκώδικα 8 για τις ακτίνες αδράνειας των χιαστί συνδέσμων και την κατηγορία των διατομών, και η σκάλα παραλείφθηκε.

Επιλέχθηκαν αρχικά διατομές HEA340 για τα υποστυλώματα, IPE330 για τις κύριες δοκούς, IPE180 για τις δευτερεύουσες και UPN300 για τα χιαστί. Όμως οι διατομές αυτές δεν επαρκούσαν και υπάρχει η απαίτηση τα χιαστί να έχουν την ίδια ροπή αδράνειας και στις δύο διευθύνσεις. Έτσι έγιναν δοκιμές με κοίλες τετραγωνικές και κοίλες κυκλικές στα χιαστί, και με μεγαλύτερες διατομές στα υποστυλώματα και τις δοκούς. Επίσης, δοκιμάστηκαν στις δοκούς διατομές HEA και IPE, και τελικά επιλέχθηκαν οι IPE λόγω μικρότερου βάρους.

Τελικά, μετά από δοκιμές, βρέθηκαν τρεις διαφορετικές λύσεις για το κτίριο.

## 4.2.2 Λύση 1

### 4.2.2.1 Γεωμετρία του φορέα

Τύποι διατομών στις δοκούς: IPE550, IPE330, IPE400

Διαδοκίδες: IPE400, IPE330, IPE200

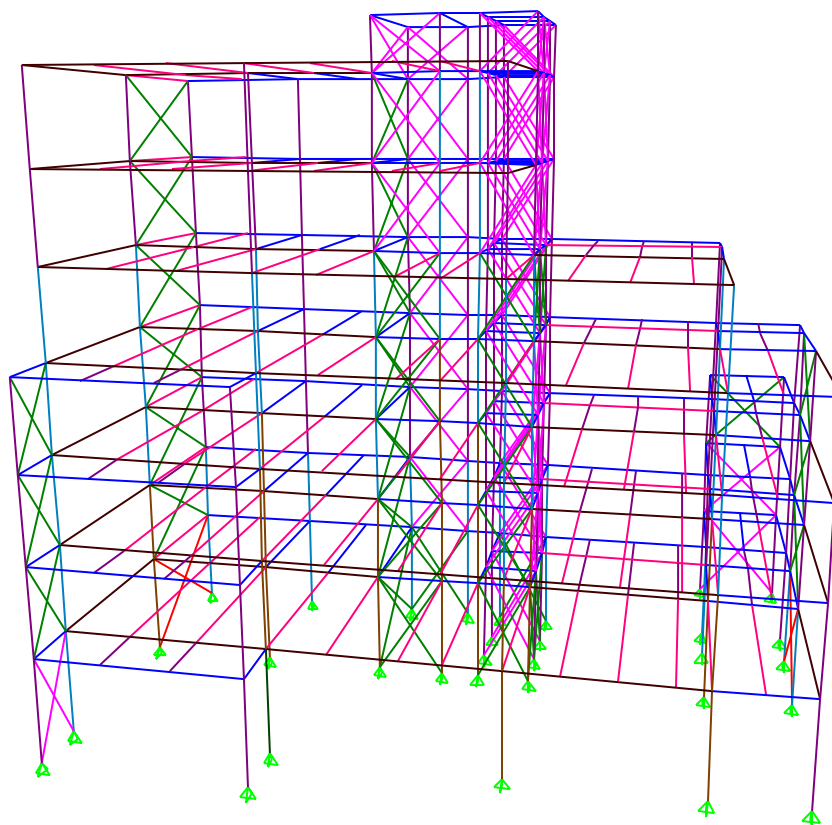
Χιαστί: Κοίλες κυκλικές διατομές με εξωτερική διάμετρο επί πάχος σε mm:  
60,3x4 , 101.6x6.3 , 114.3x8

Υποστυλώματα: HEA700, HEA600, HEA340, HEA240

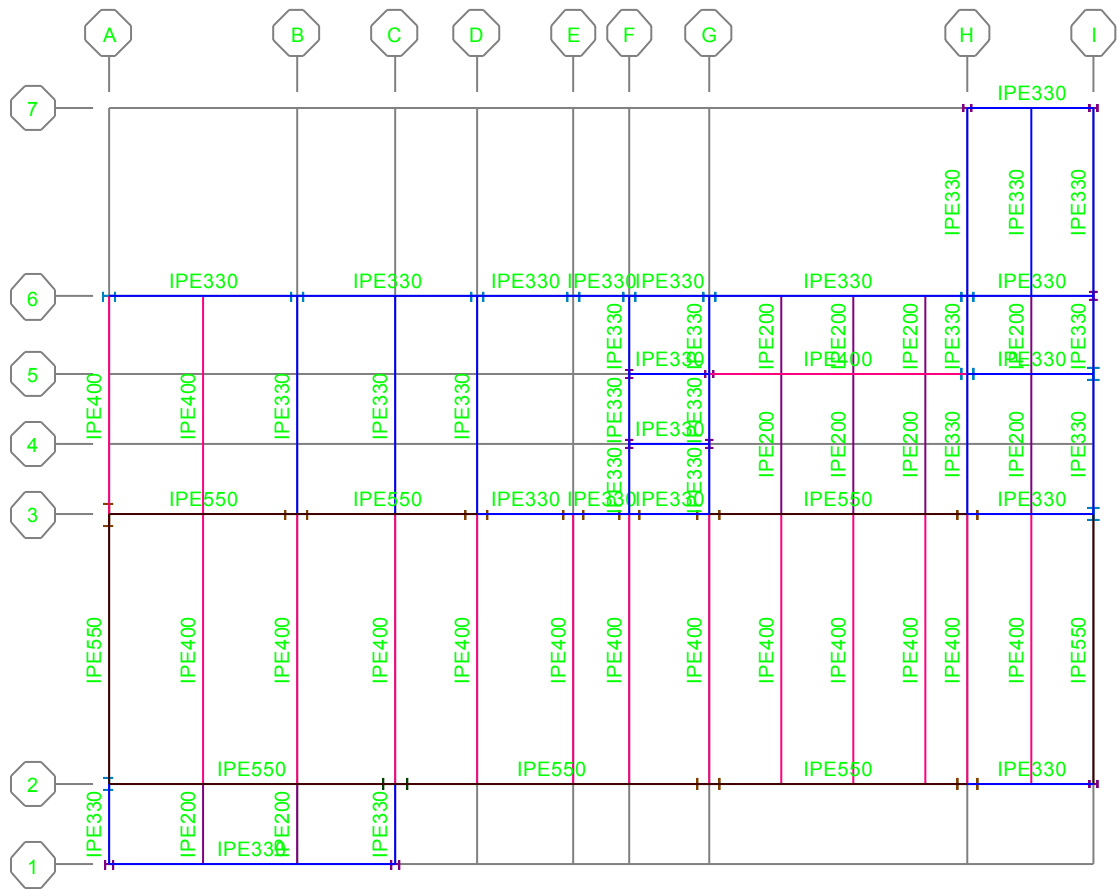
Στα σχήματα που παρουσιάζονται παρακάτω, στις δοκούς και τις διαδοκίδες, απεικονίστηκαν με καφέ χρώμα οι διατομές IPE550, με ροζ οι IPE400, με μπλε οι IPE330 και με μοβ οι IPE200.

Στα υποστυλώματα με πράσινο είναι η HEA700, με καφέ είναι η HEA600, με μπλε η HEA340 και με μοβ η HEA240. Στα χιαστί, το πράσινο είναι η 101.6x6.3, το κόκκινο η 114.3x8 και το ροζ η 60.3x4.

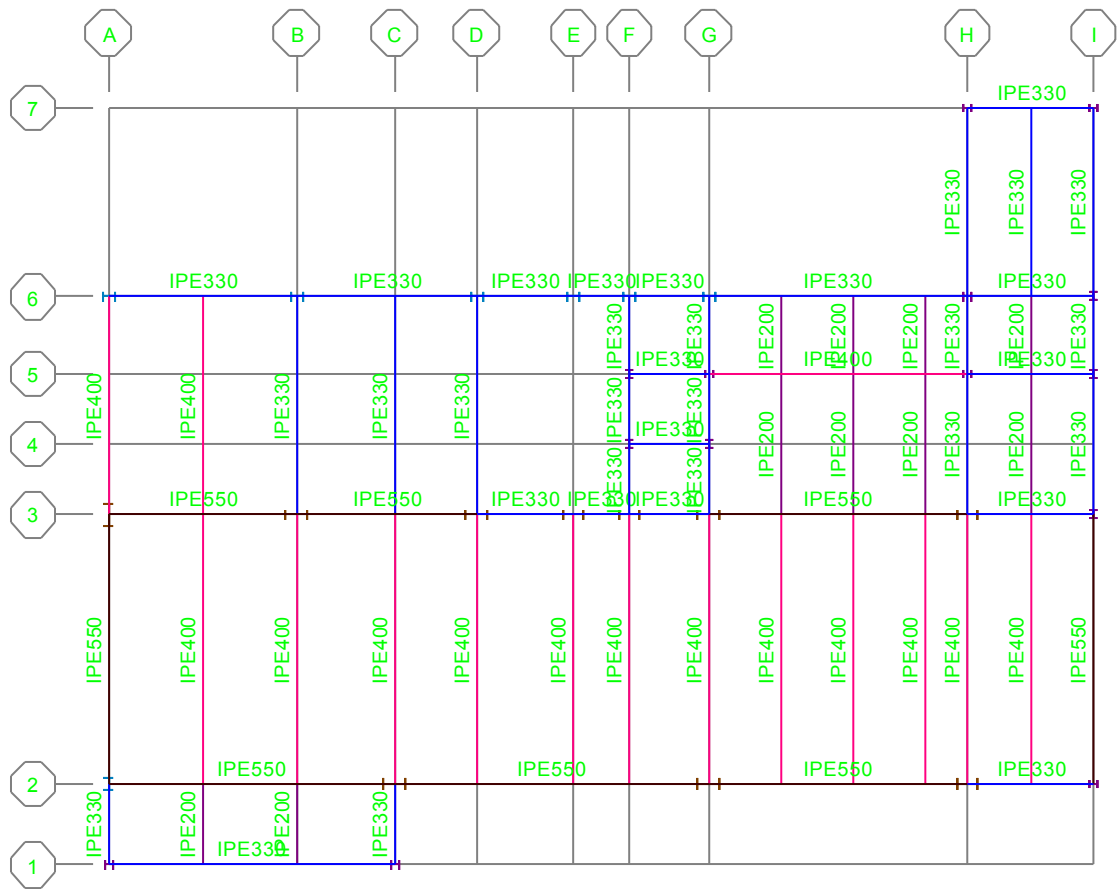
Ακολουθεί αναλυτικότερη παρουσίαση της μορφής του κτιρίου (σχήματα 4.1 ως 4.26)



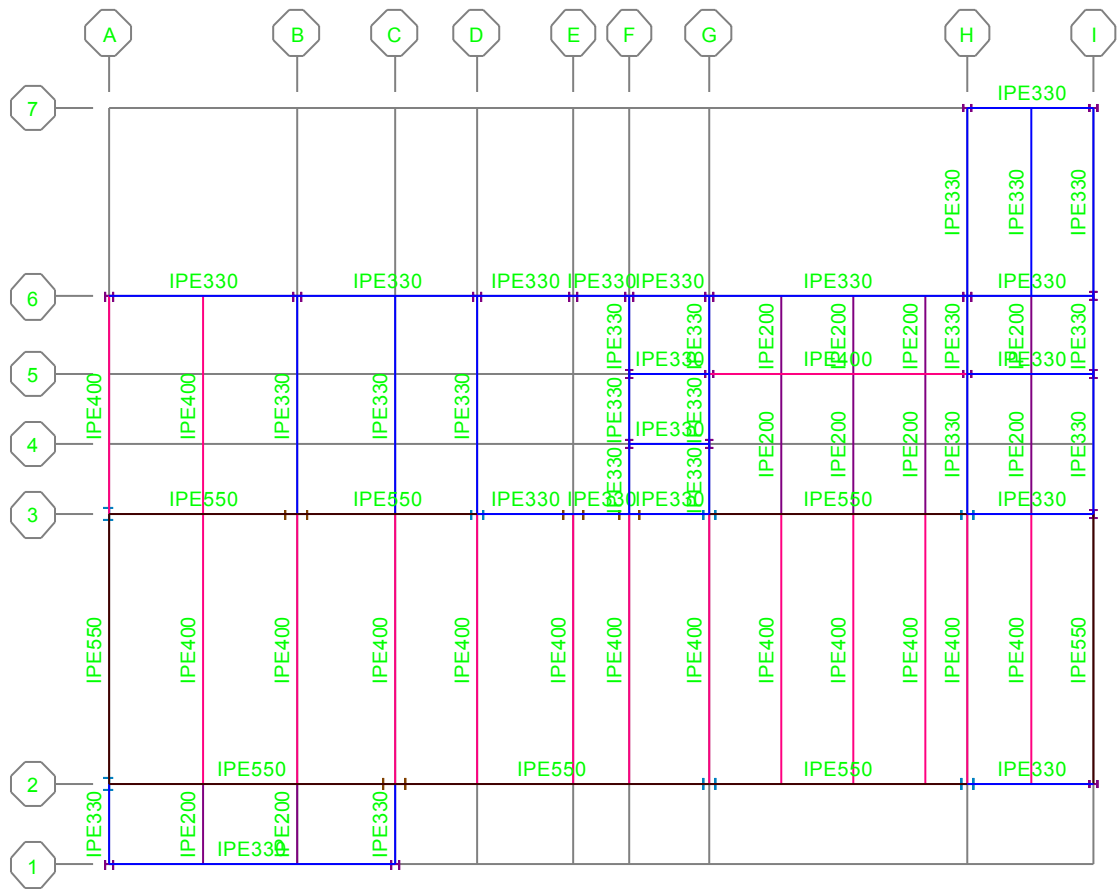
**Σχήμα 4.1:** Τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου



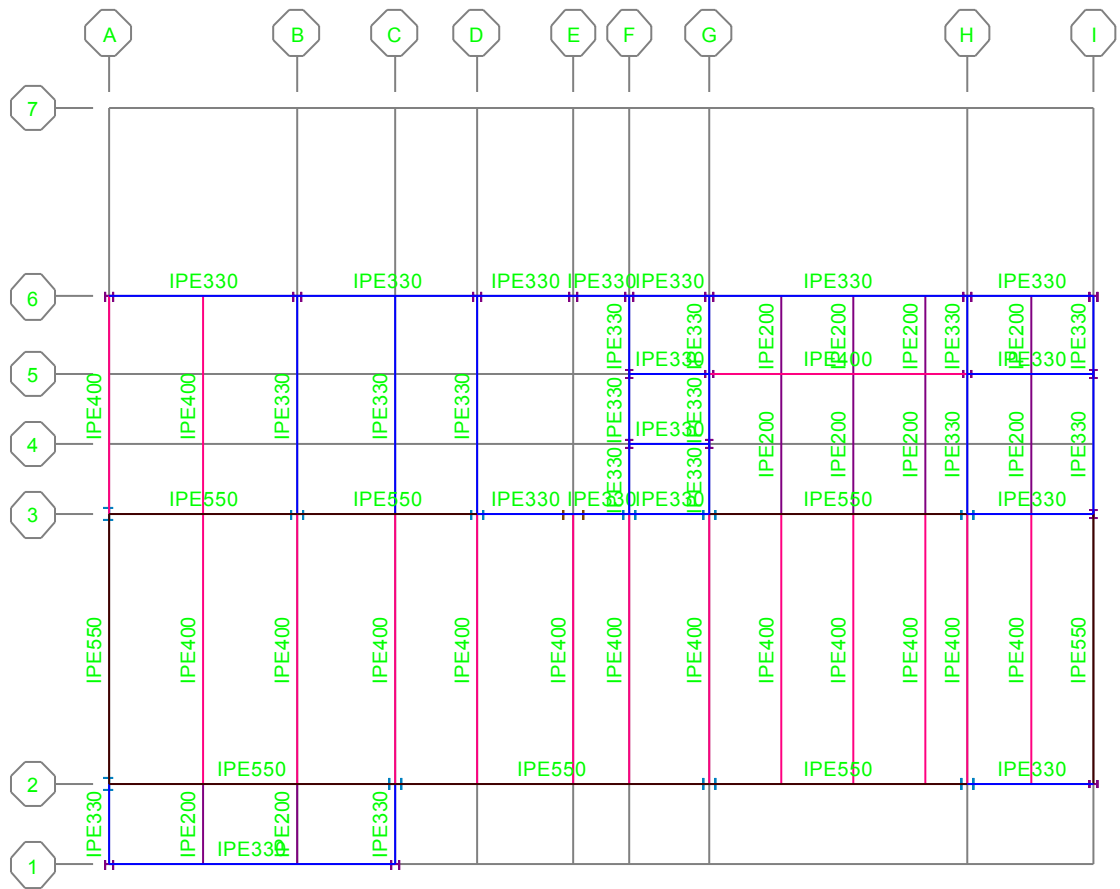
**Σχήμα 4.2:** Κάτοψη επιπέδου 1. Στο σχήμα φαίνεται η αρίθμηση των τομών που παρουσιάζονται παρακάτω.



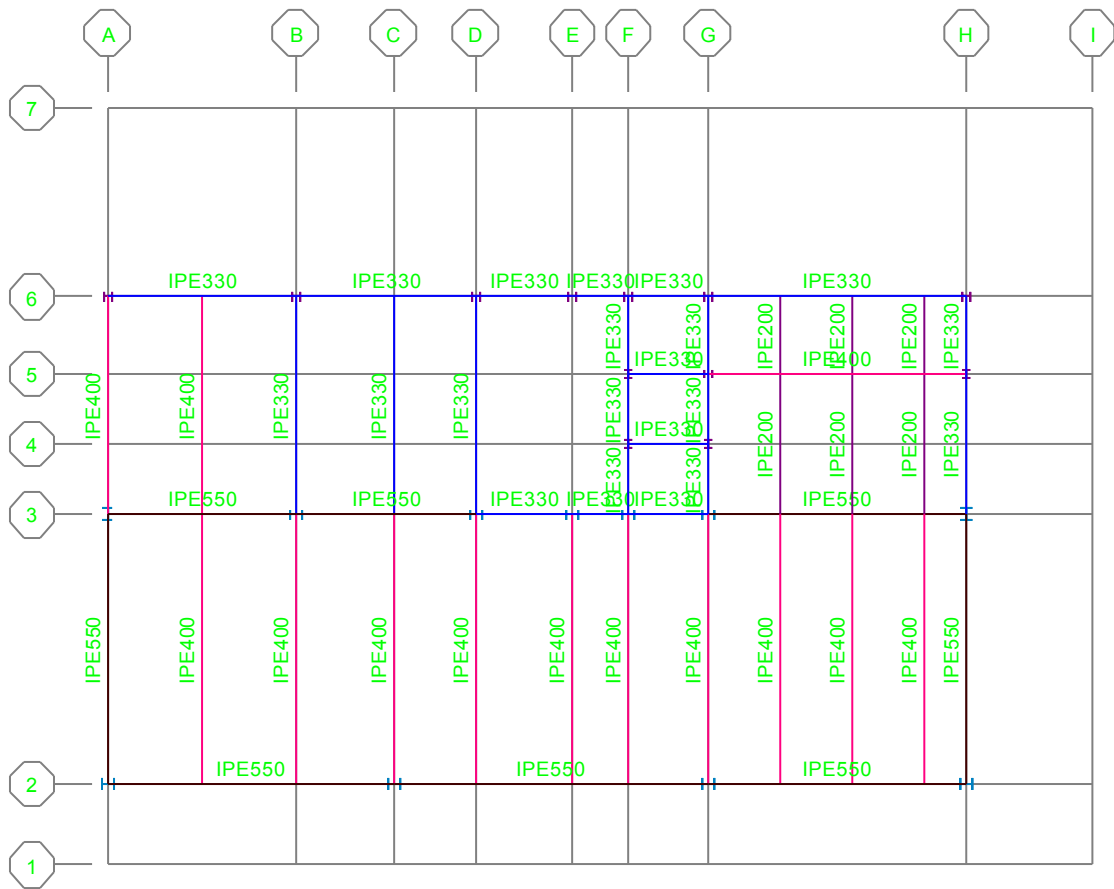
Σχήμα 4.3: Κάτοψη επιπέδου 2.



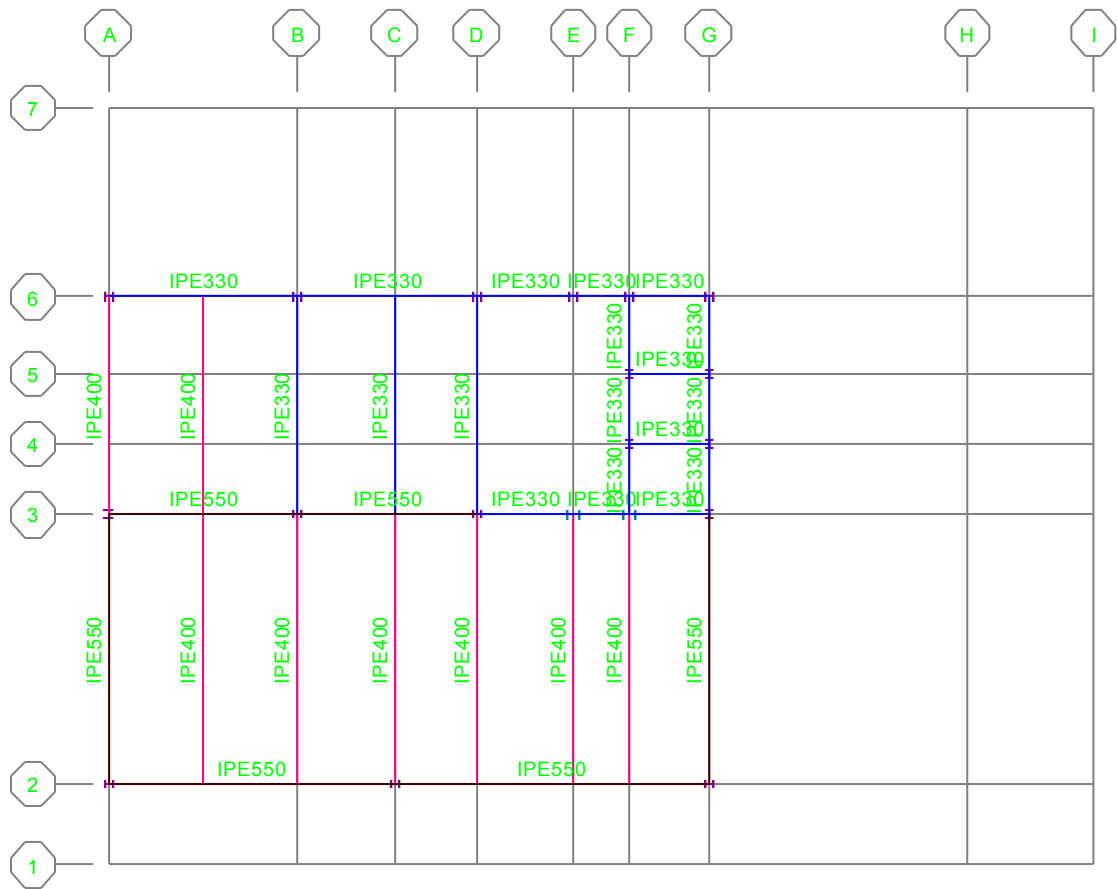
Σχήμα 4.4: Κάτοψη επιπέδου 3



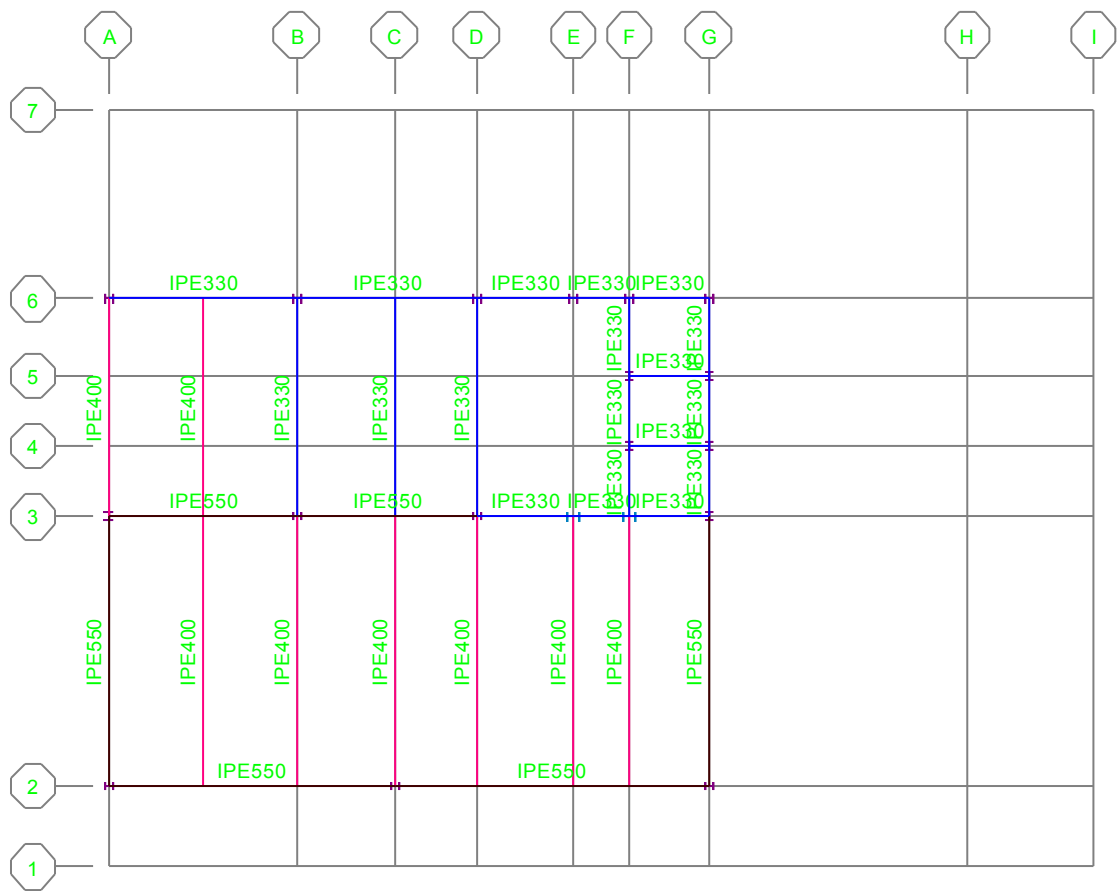
Σχήμα 4.5: Κάτοψη επιπέδου 4



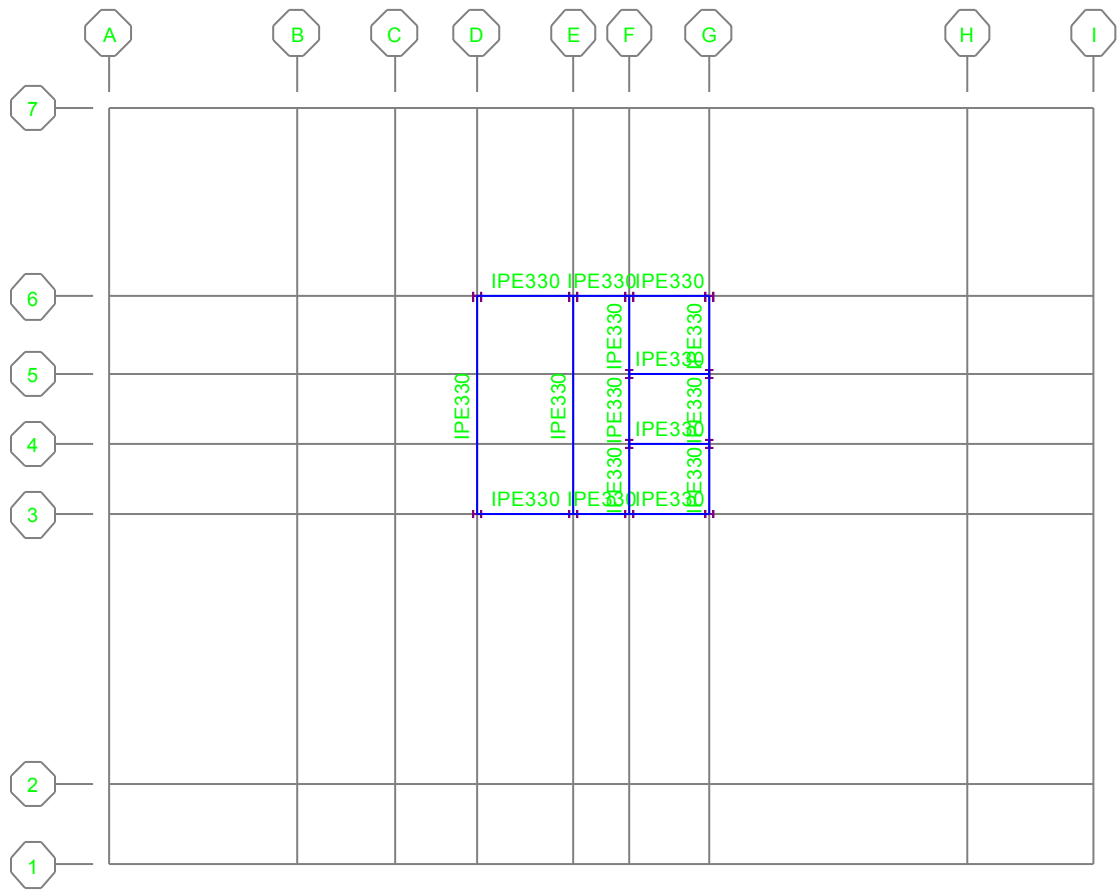
Σχήμα 4.6: Κάτοψη επιπέδου 5.



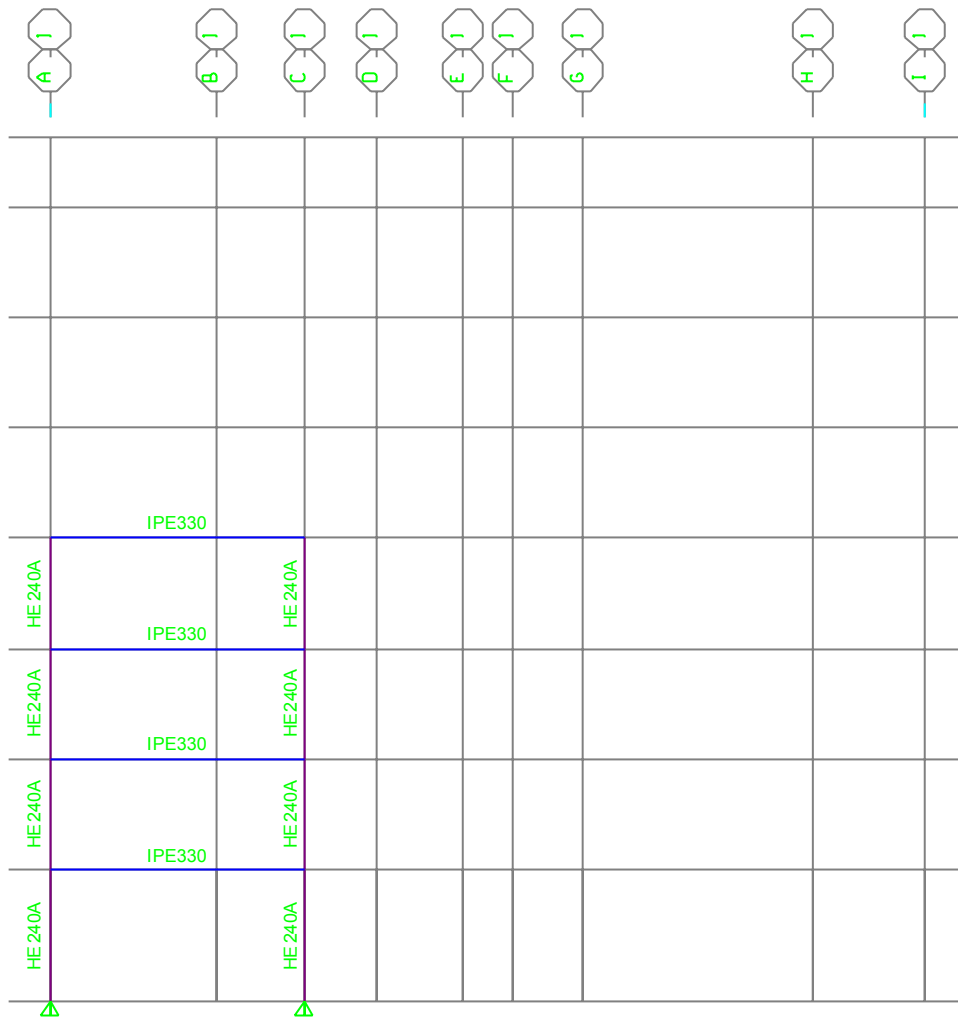
Σχήμα 4.7: Κάτοψη επιπέδου 6



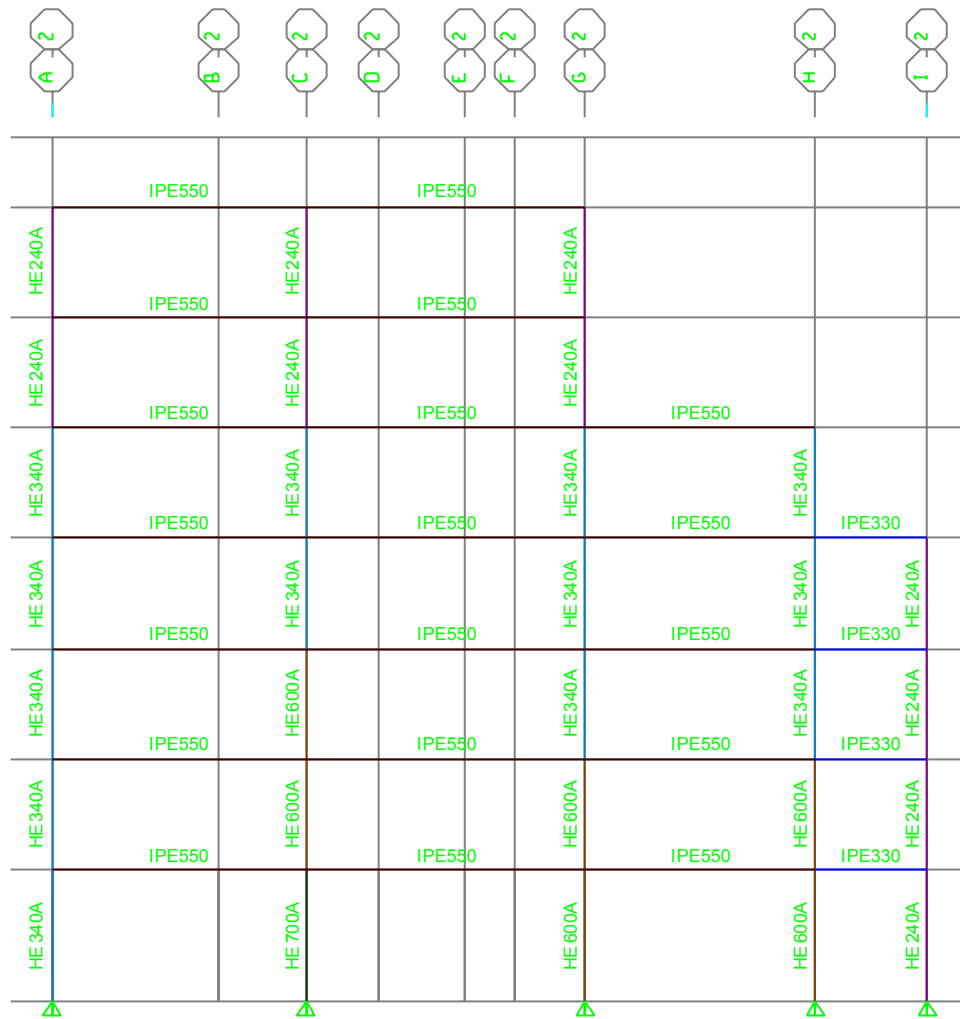
Σχήμα 4.8: Κάτοψη επιπέδου 7



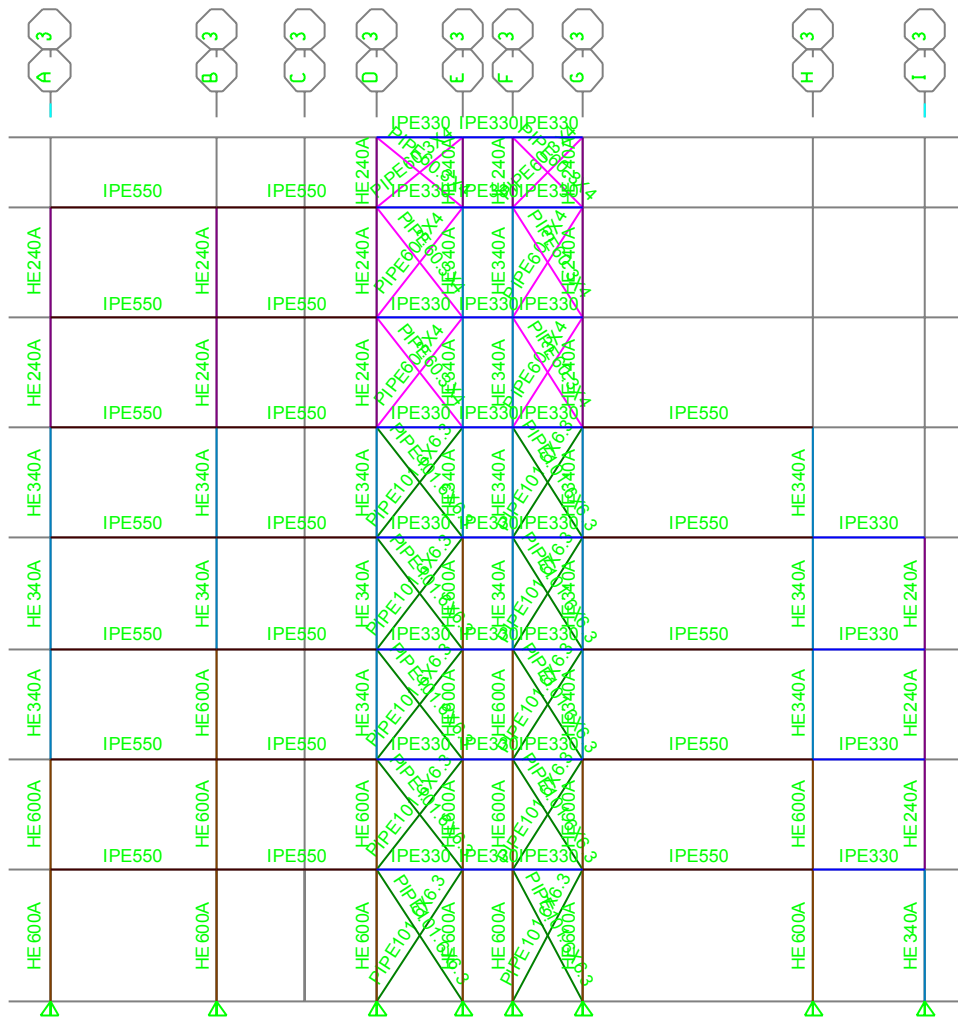
Σχήμα 4.9: Κάτοψη επιπέδου 8



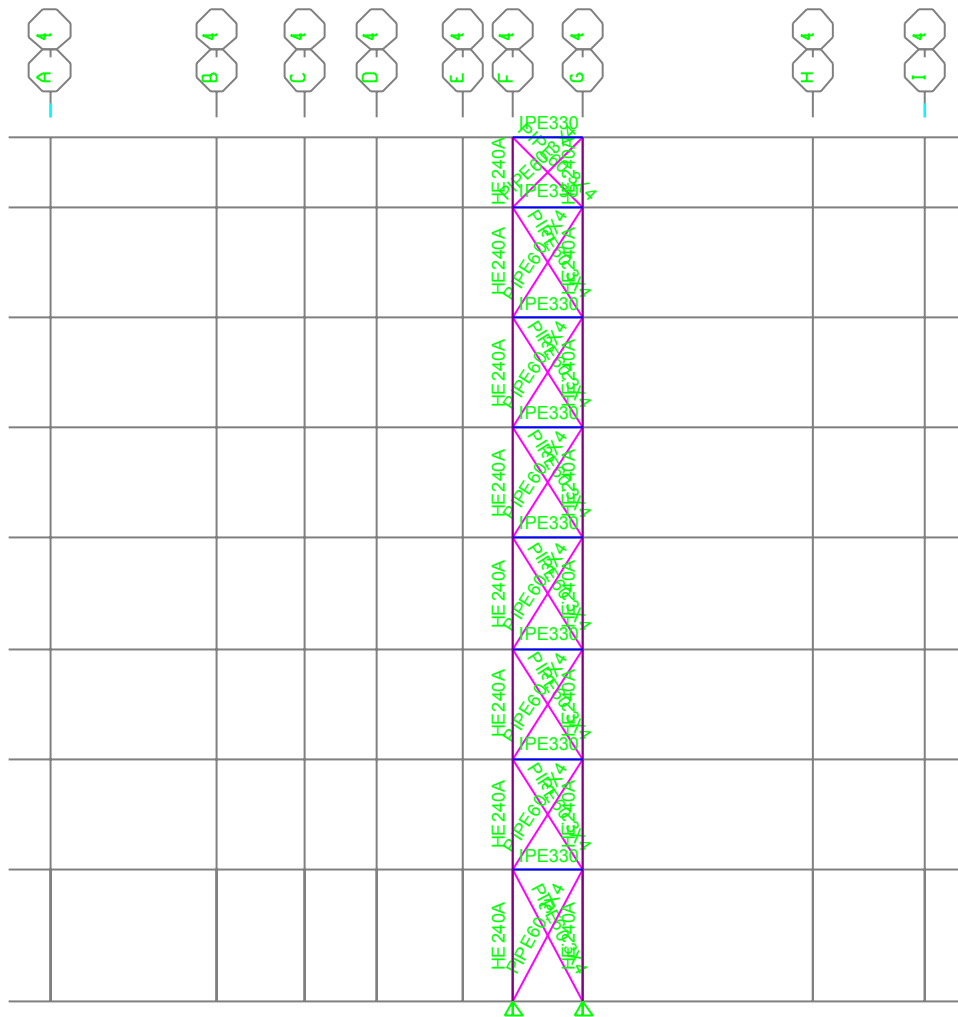
Σχήμα 4.10: Τομή 1



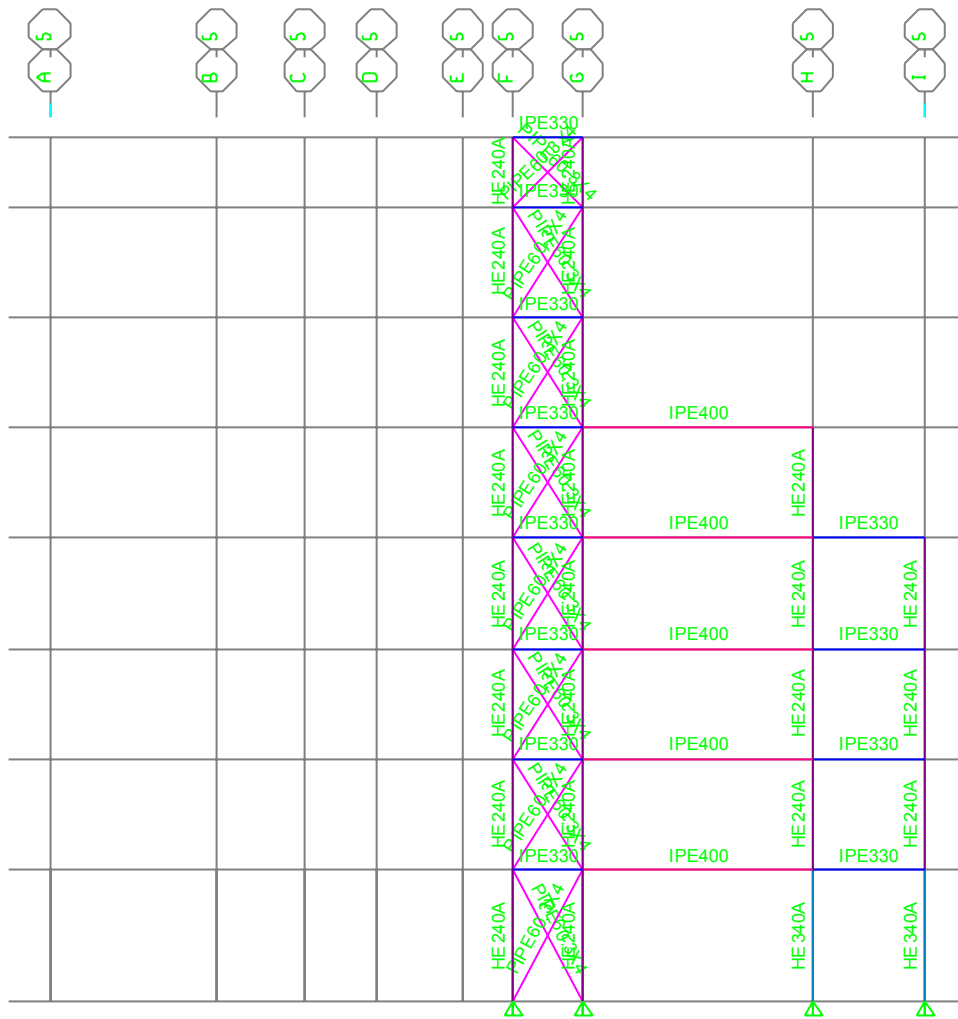
Σχήμα 4.11: Τομή 2



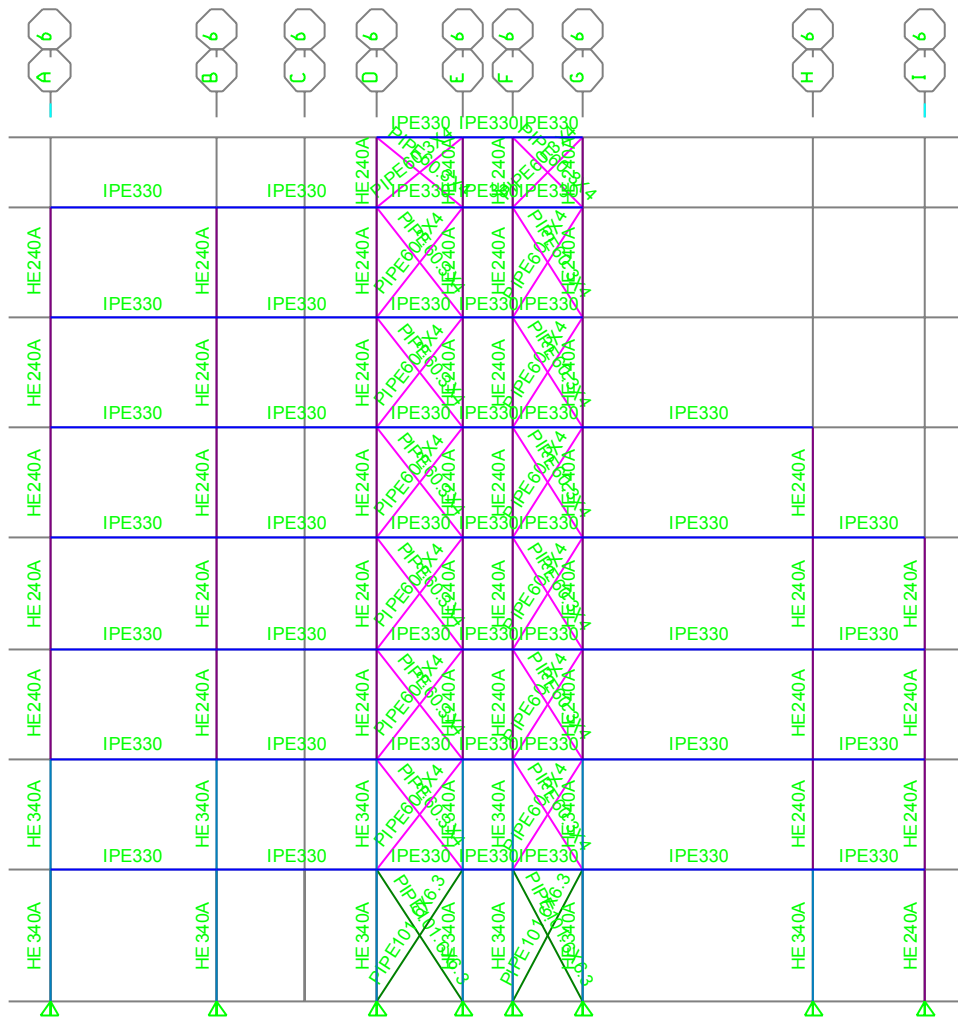
Σχήμα 4.12: Τομή 3



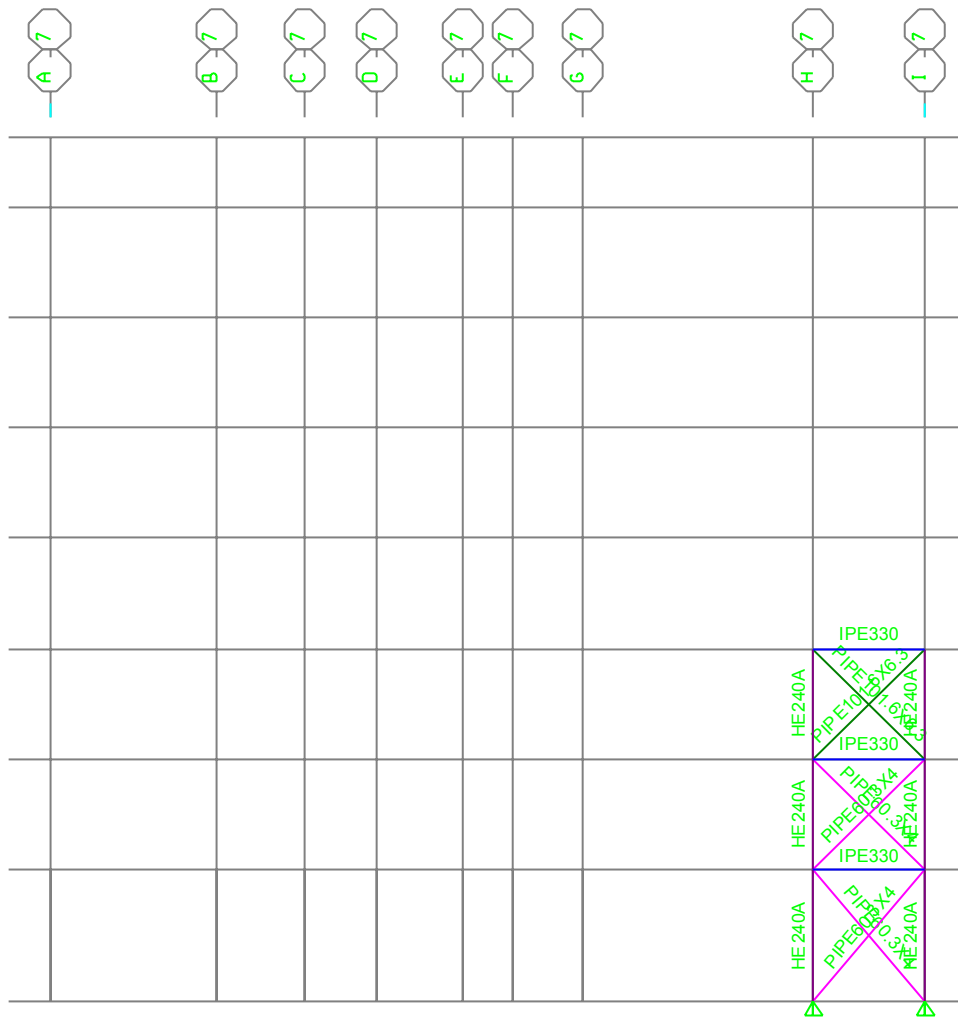
Σχήμα 4.13: Τομή 4



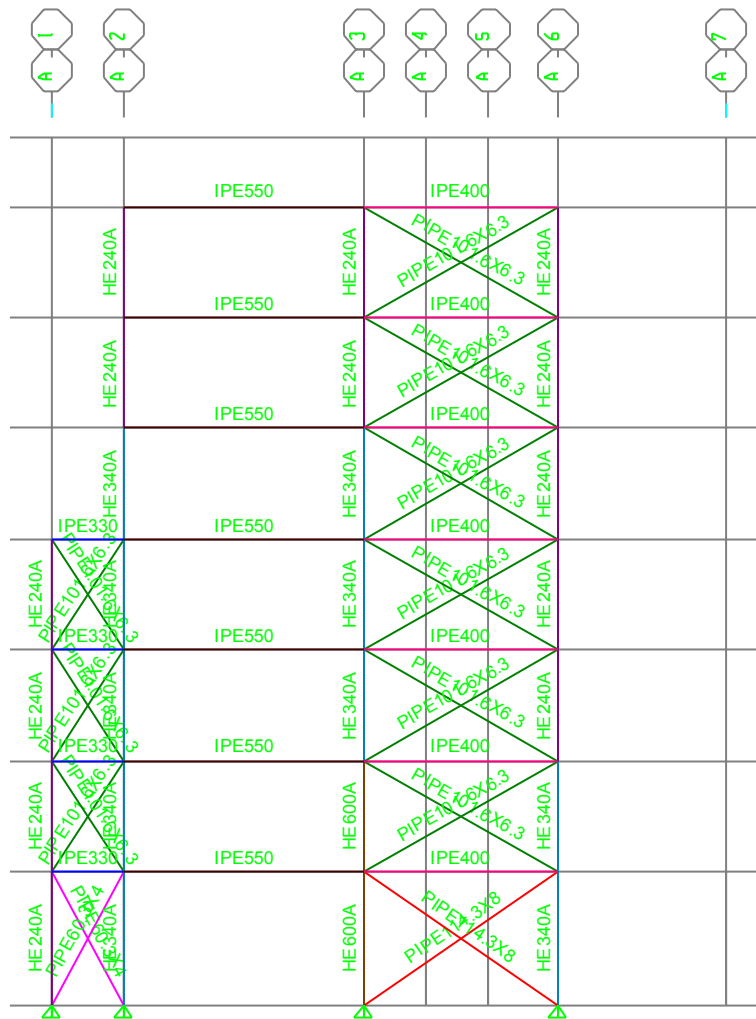
Σχήμα 4.14: Τομή 5



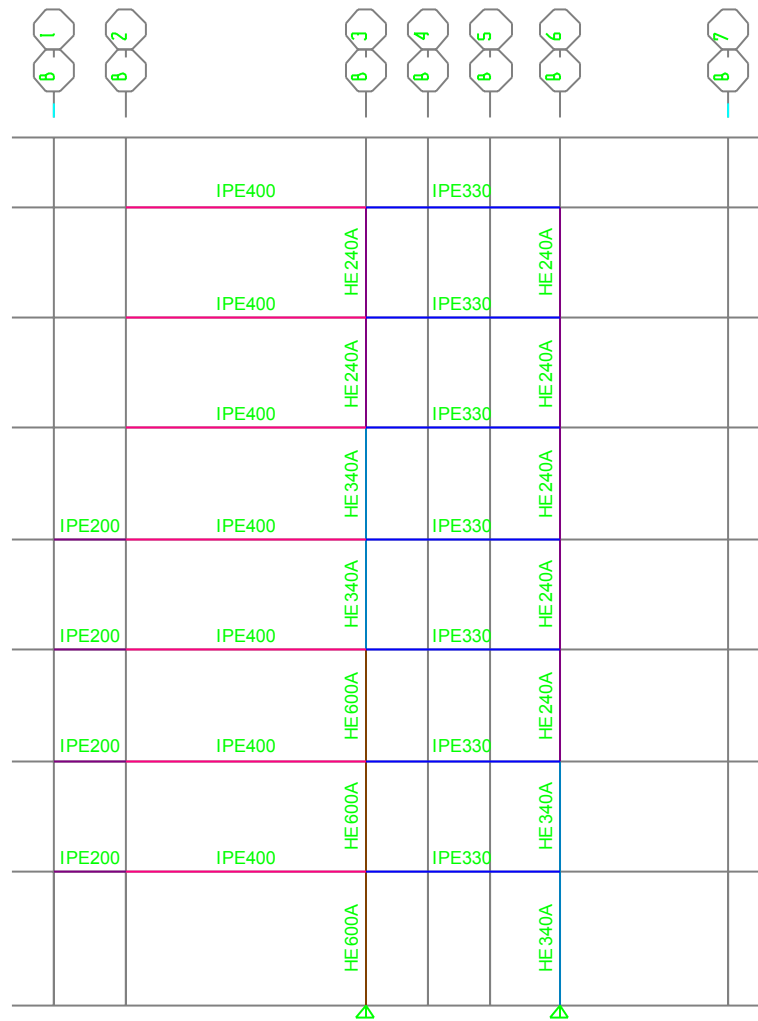
Σχήμα 4.15: Τομή 6



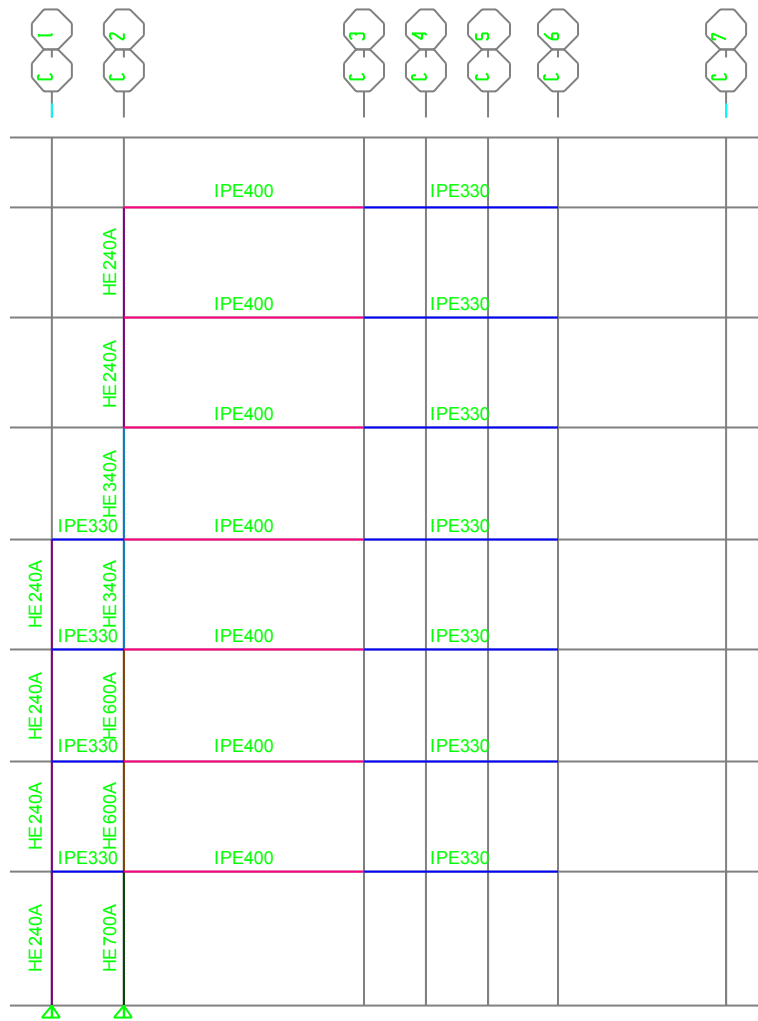
Σχήμα 4.16: Τομή 7



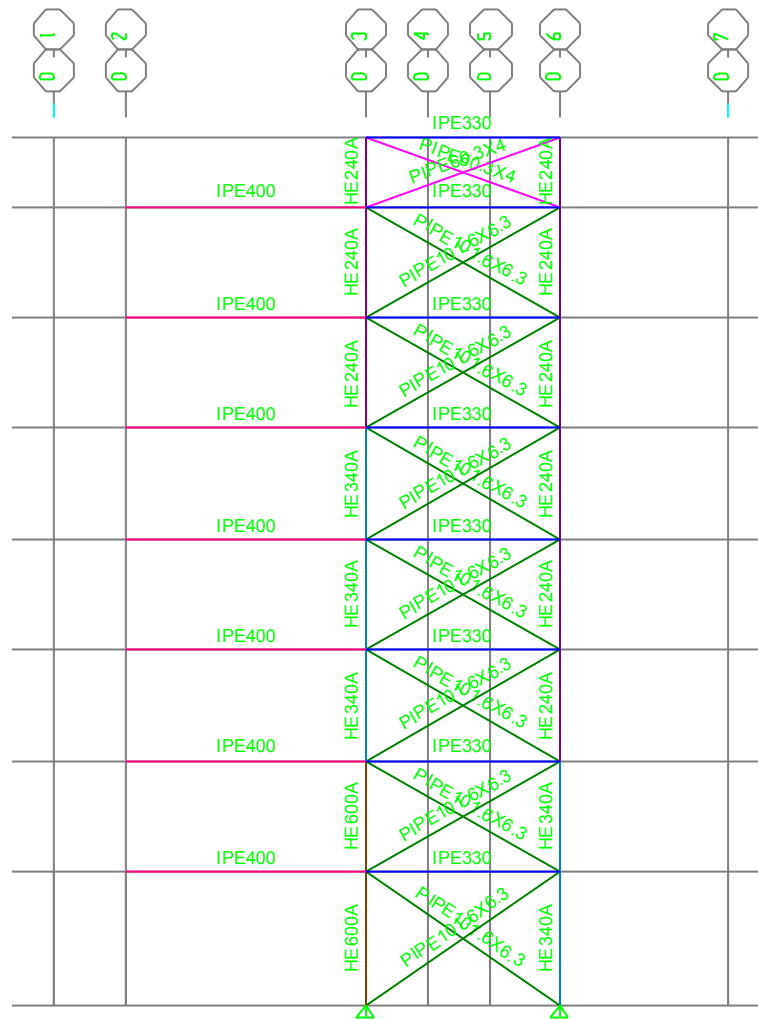
Σχήμα 4.17: Τομή Α



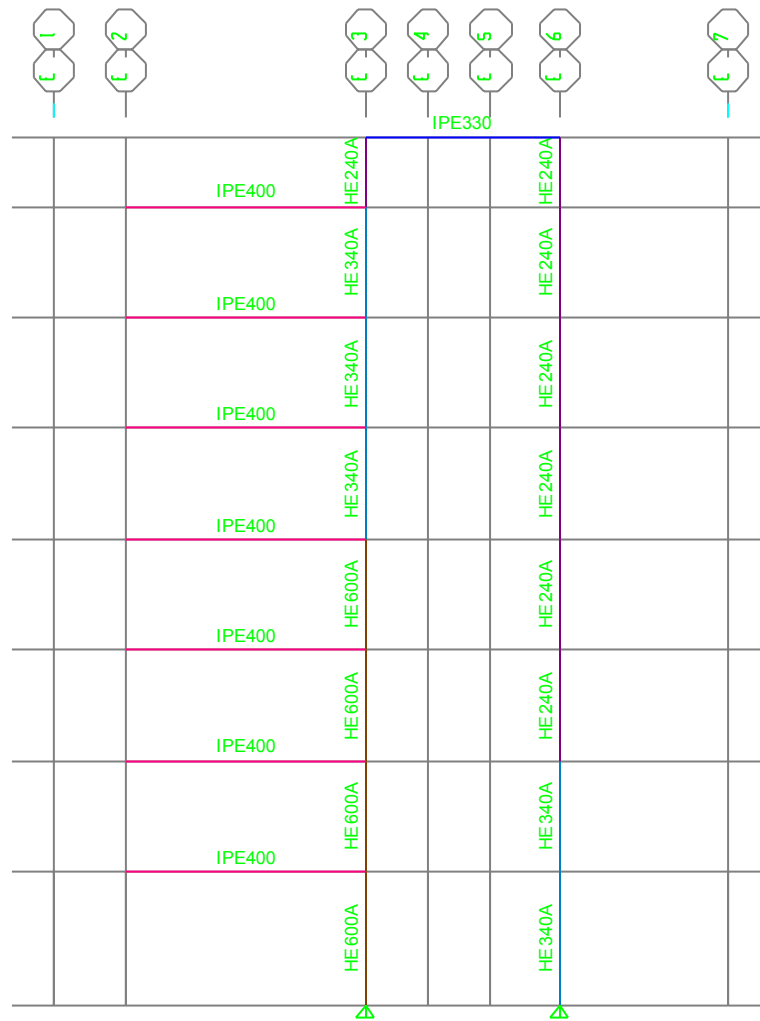
Σχήμα 4.19: Τομή Β



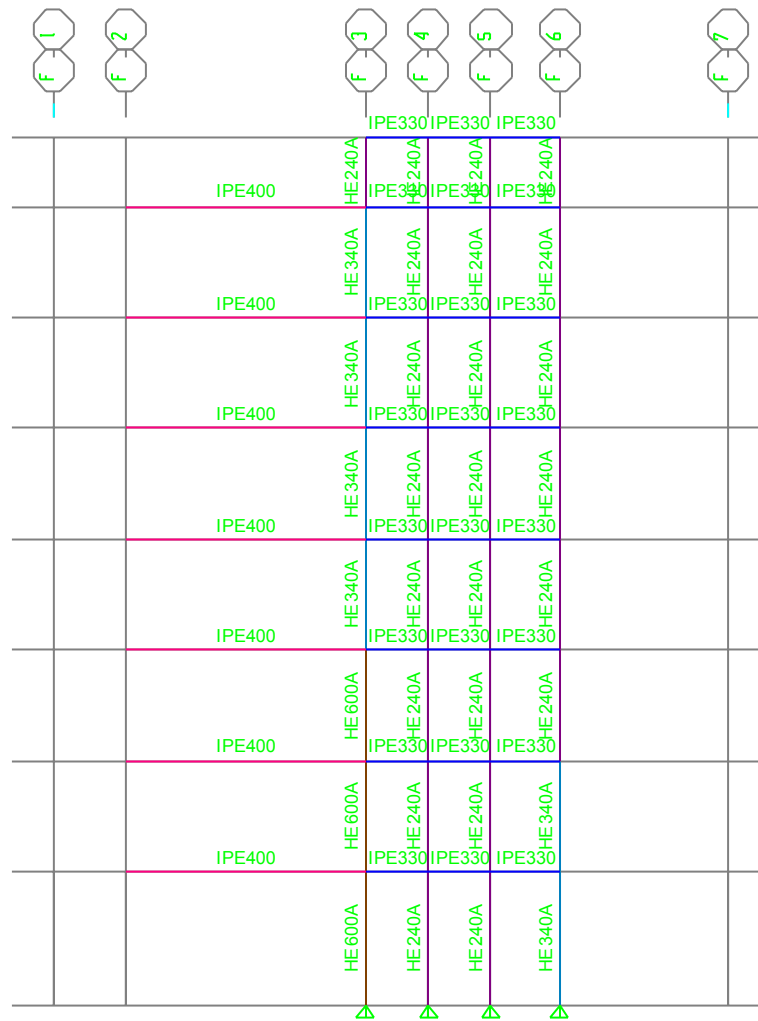
Σχήμα 4.20: Τομή C



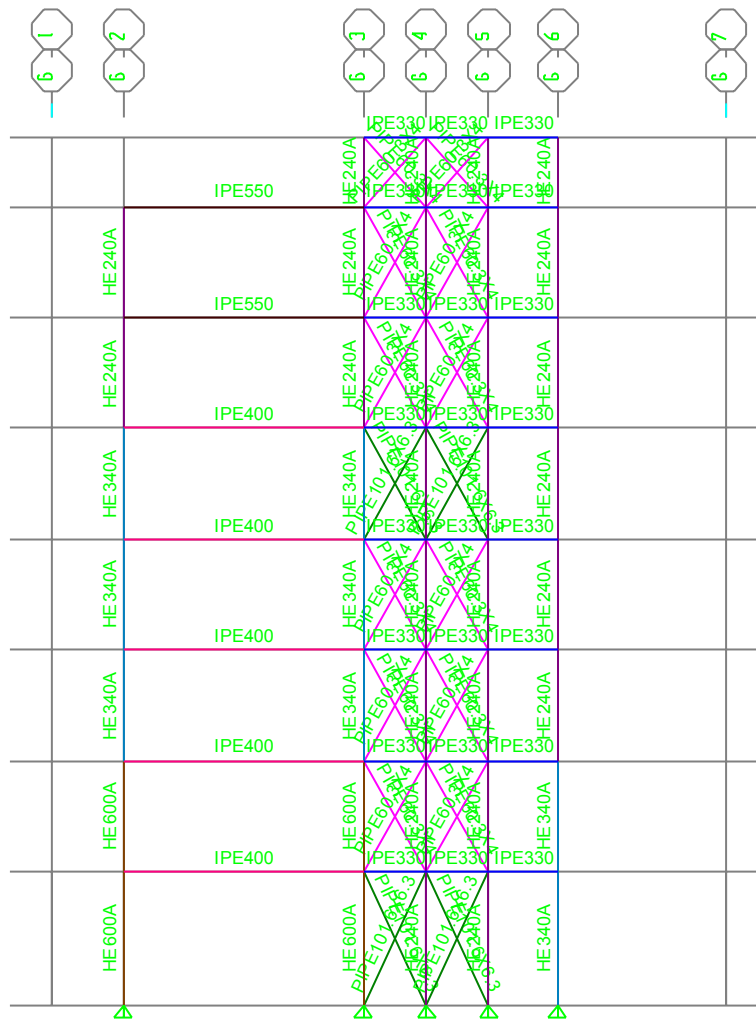
Σχήμα 4.21: Τομή D



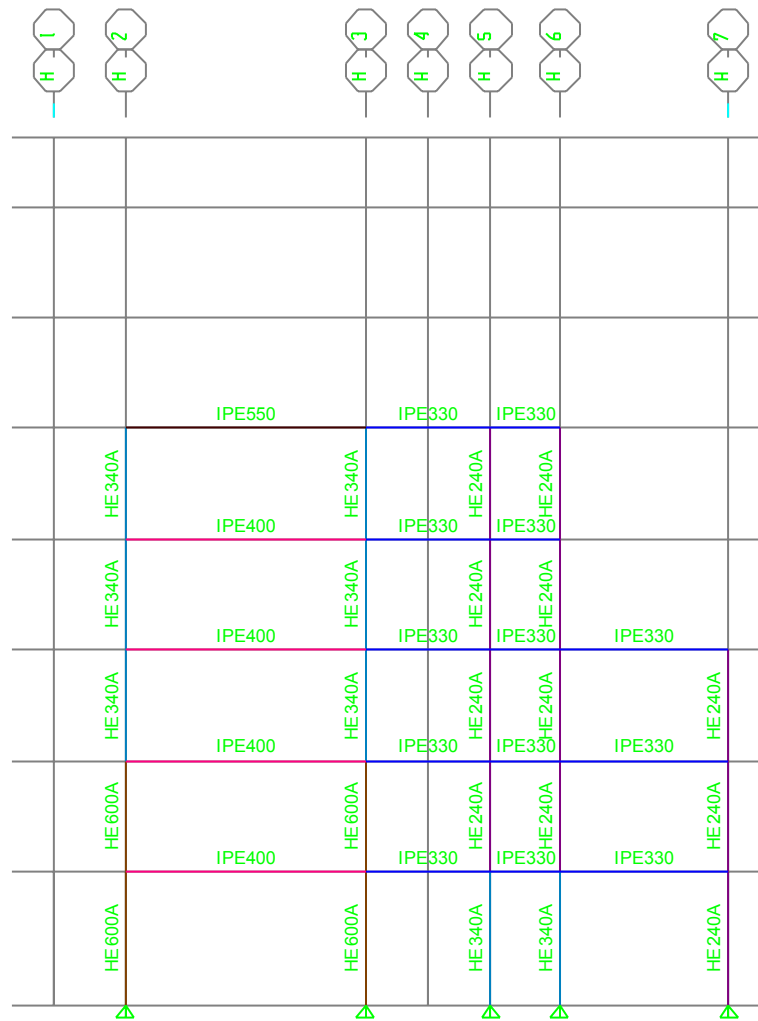
Σχήμα 4.22: Τομή Ε



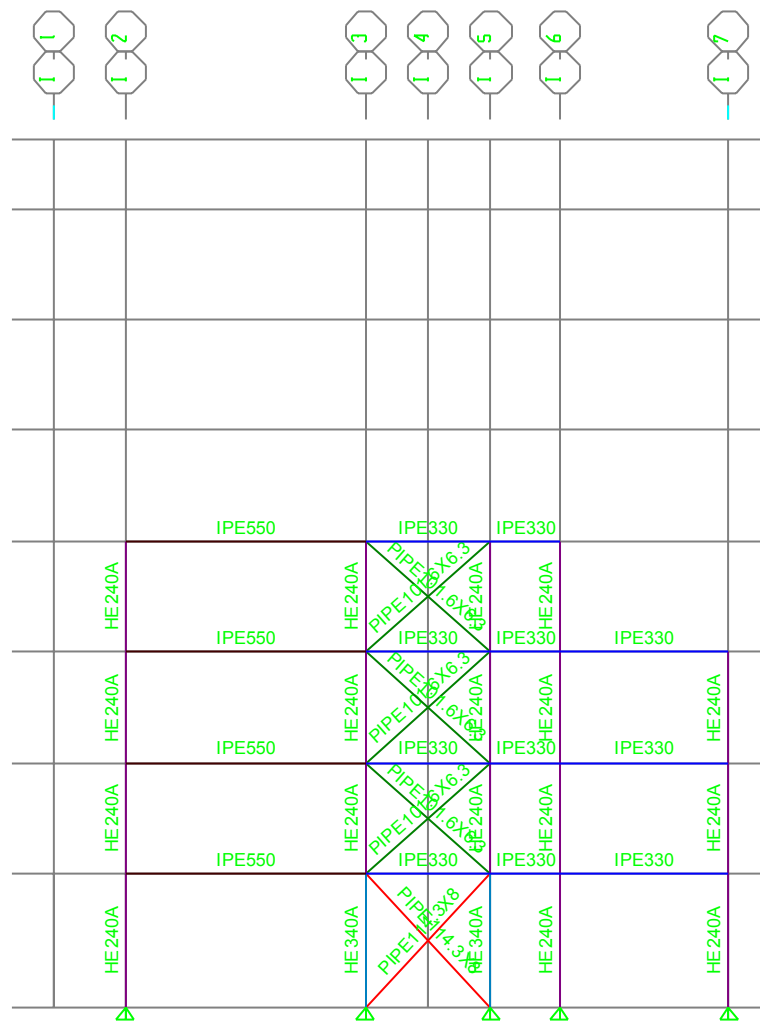
Σχήμα 4.23: Τομή F



Σχήμα 4.24: Τομή G

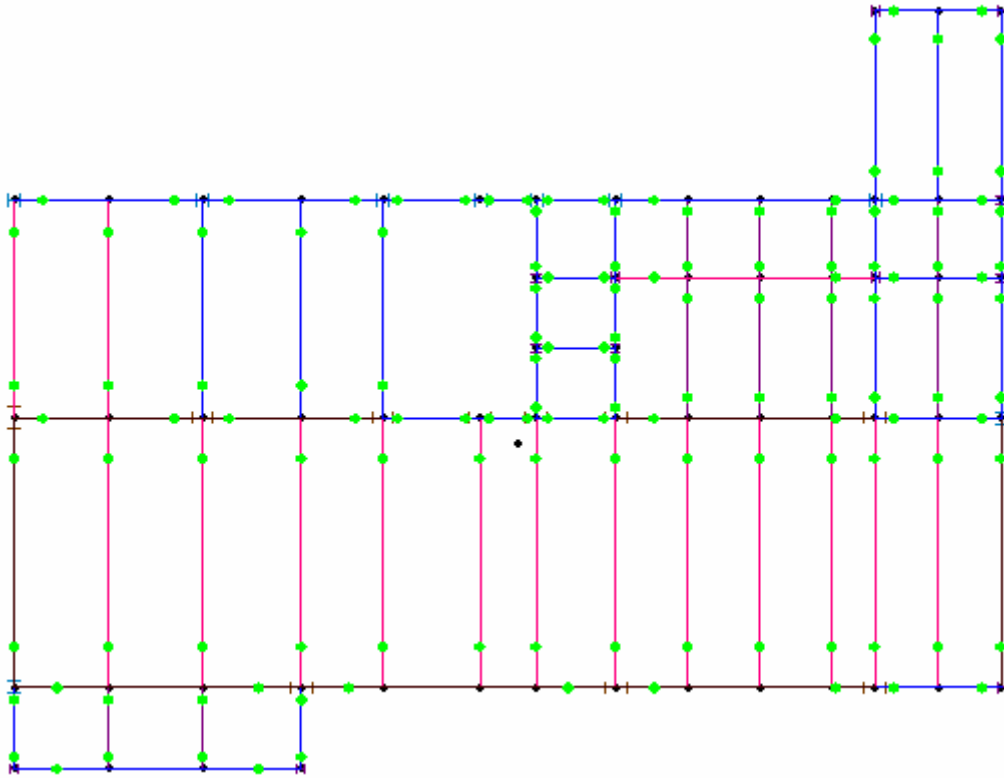


Σχήμα 4.25: Τομή Η

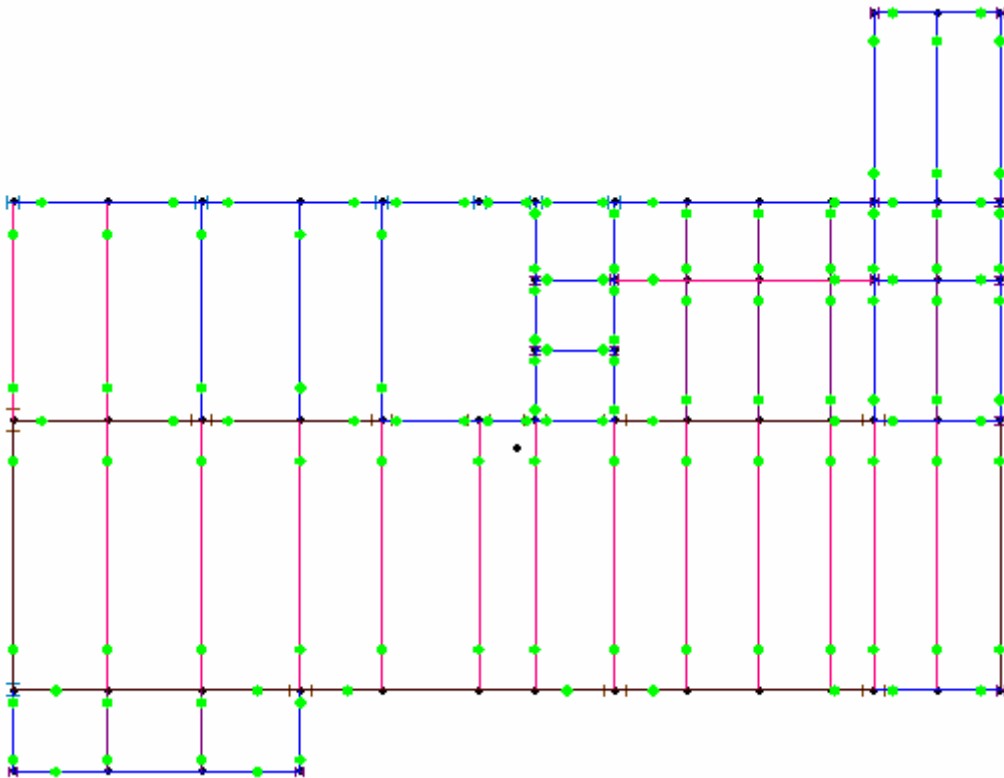


Σχήμα 4.26: Τομή Ι

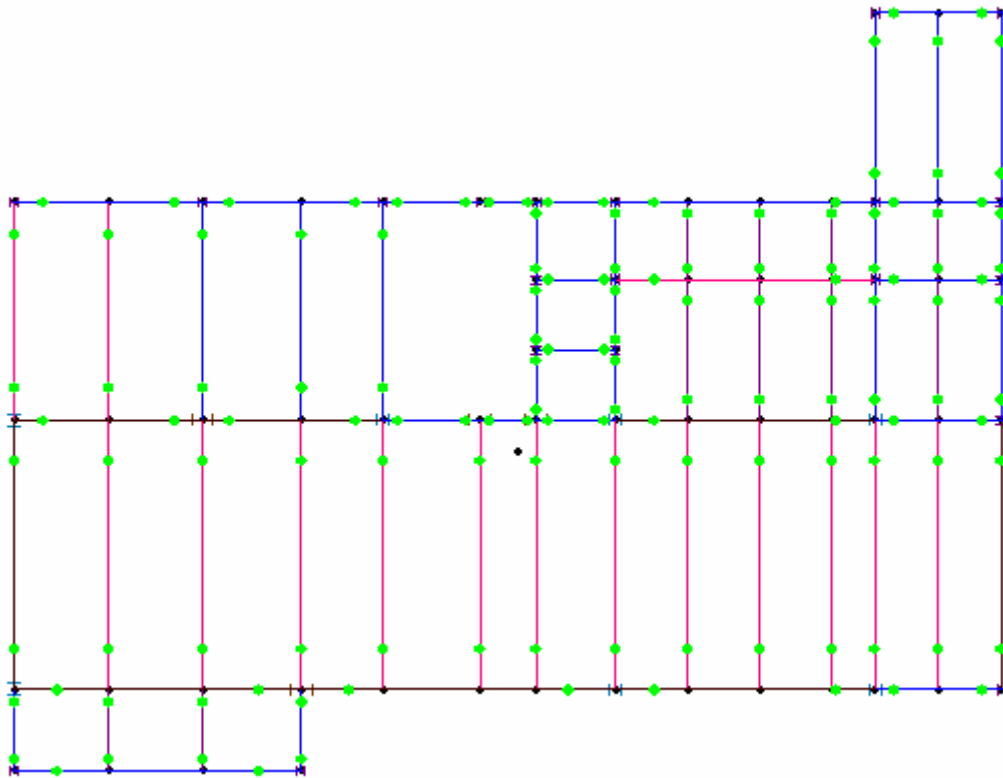
Κατόπιν (σχήματα 4.27 ως 4.50) παρουσιάζεται το κτίριο με τις θέσεις όπου υπάρχουν αρθρώσεις. Οι αρθρώσεις απεικονίζονται ως πράσινες κουκκίδες στα σχήματα. Ακολουθούν οι κατόψεις του κτιρίου με τα σημεία που δεσμεύονται με διαφράγματα (σχήματα 4.51 ως 4.58).



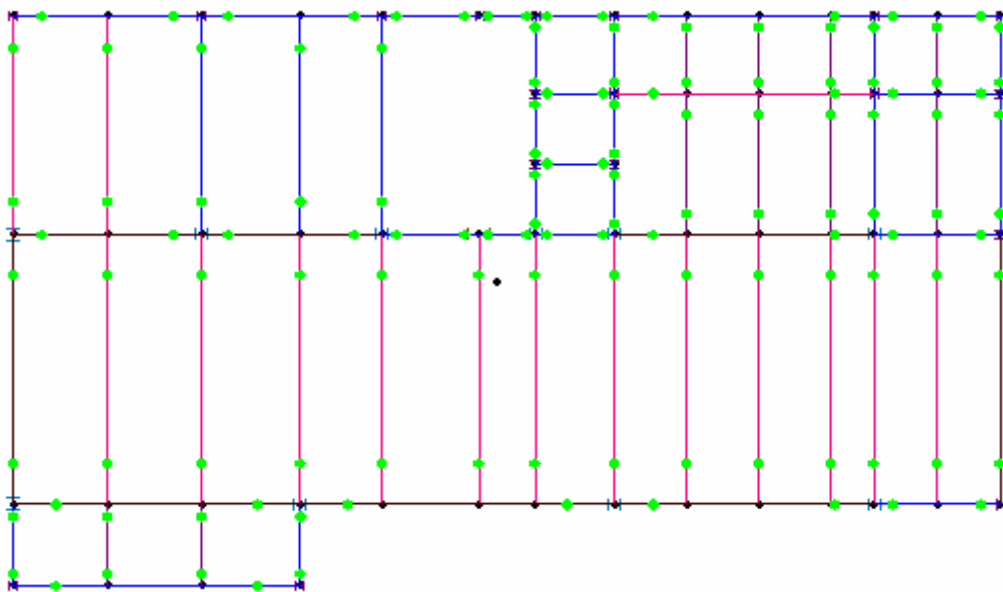
Σχήμα 4.27: Κάτοψη επιπέδου 1



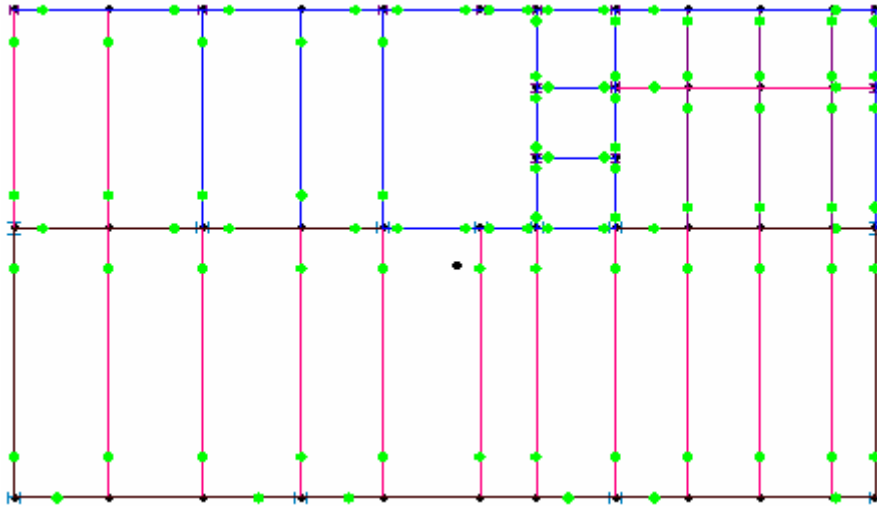
Σχήμα 4.28: Κάτοψη επιπέδου 2



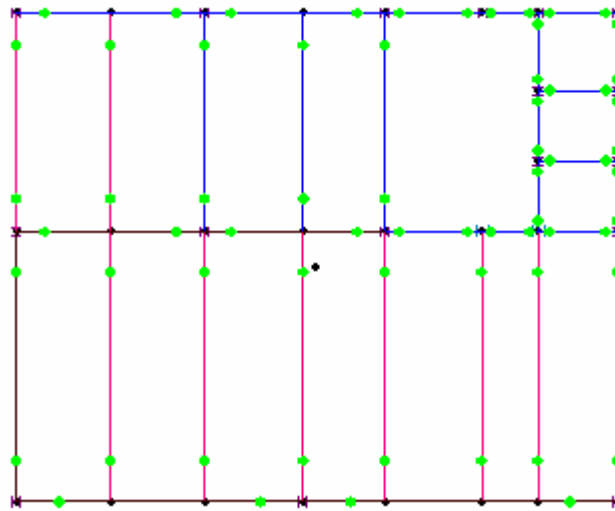
Σχήμα 4.29: Κάτοψη επιπέδου 3



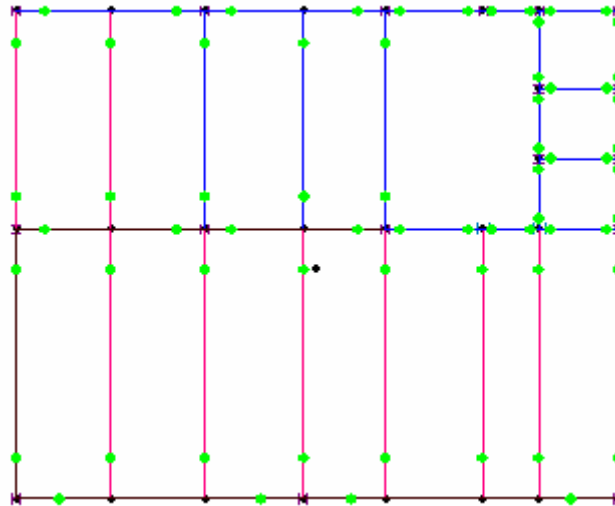
Σχήμα 4.30: Κάτοψη επιπέδου 4



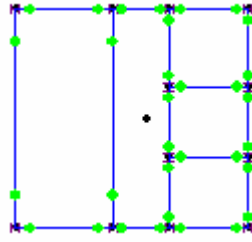
Σχήμα 4.31: Κάτοψη επιπέδου 5



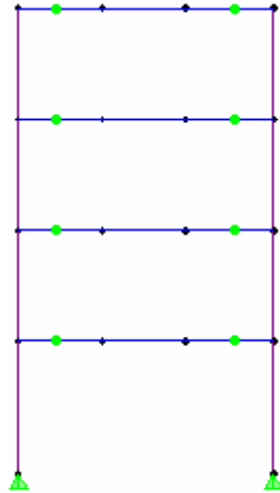
Σχήμα 4.32: Κάτοψη επιπέδου 6



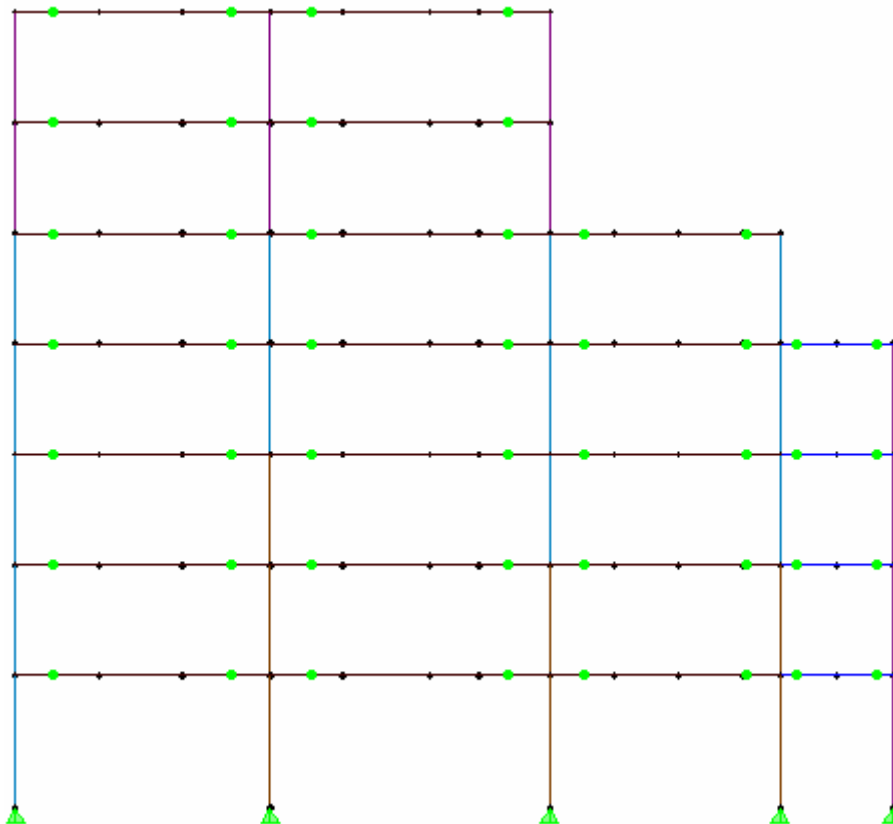
Σχήμα 4.33: Κάτοψη επιπέδου 7



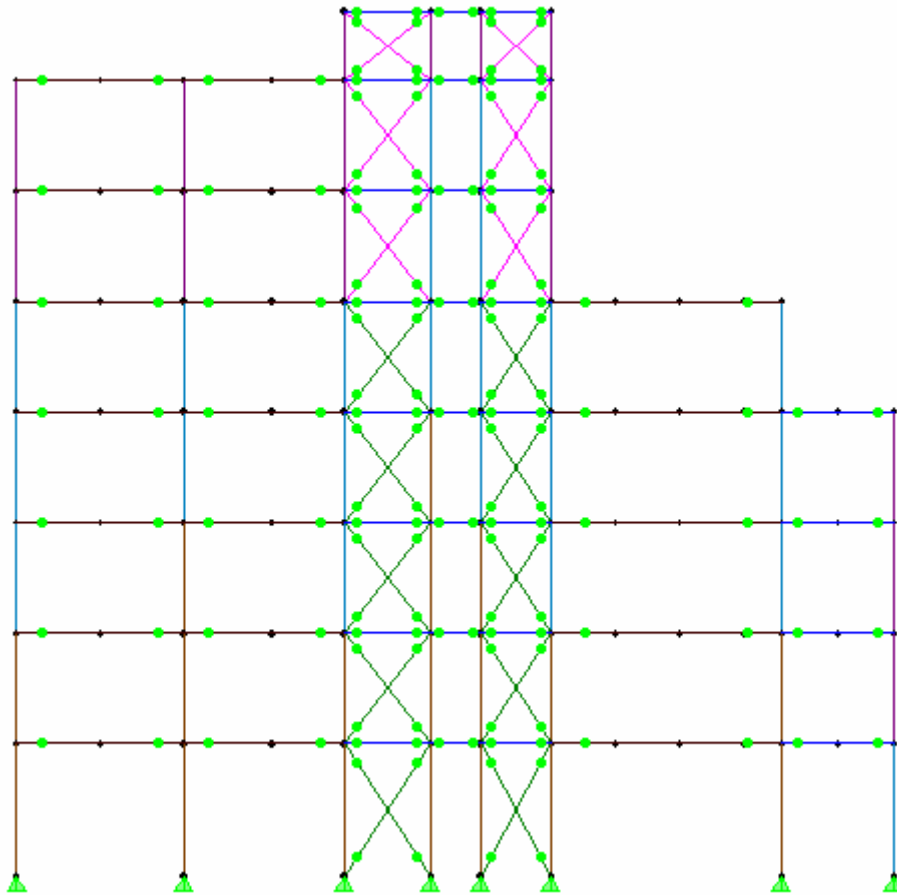
Σχήμα 4.34: Κάτοψη επιπέδου 8



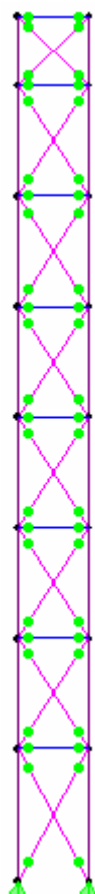
Σχήμα 4.35: Τομή 1



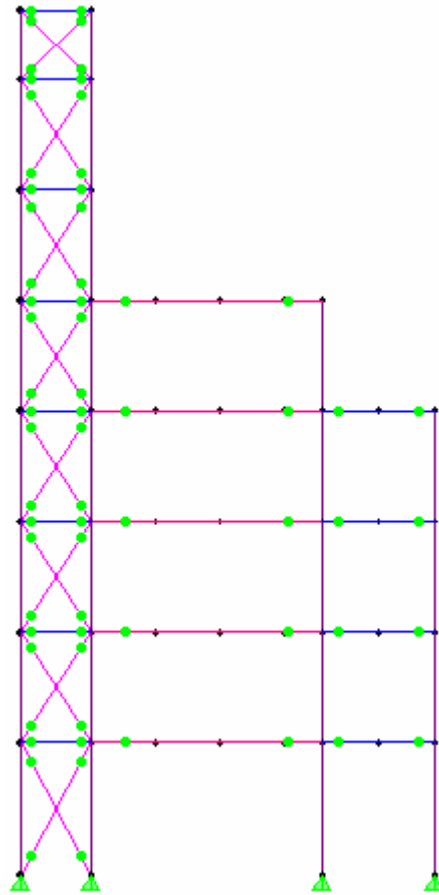
Σχήμα 4.36: Τομή 2



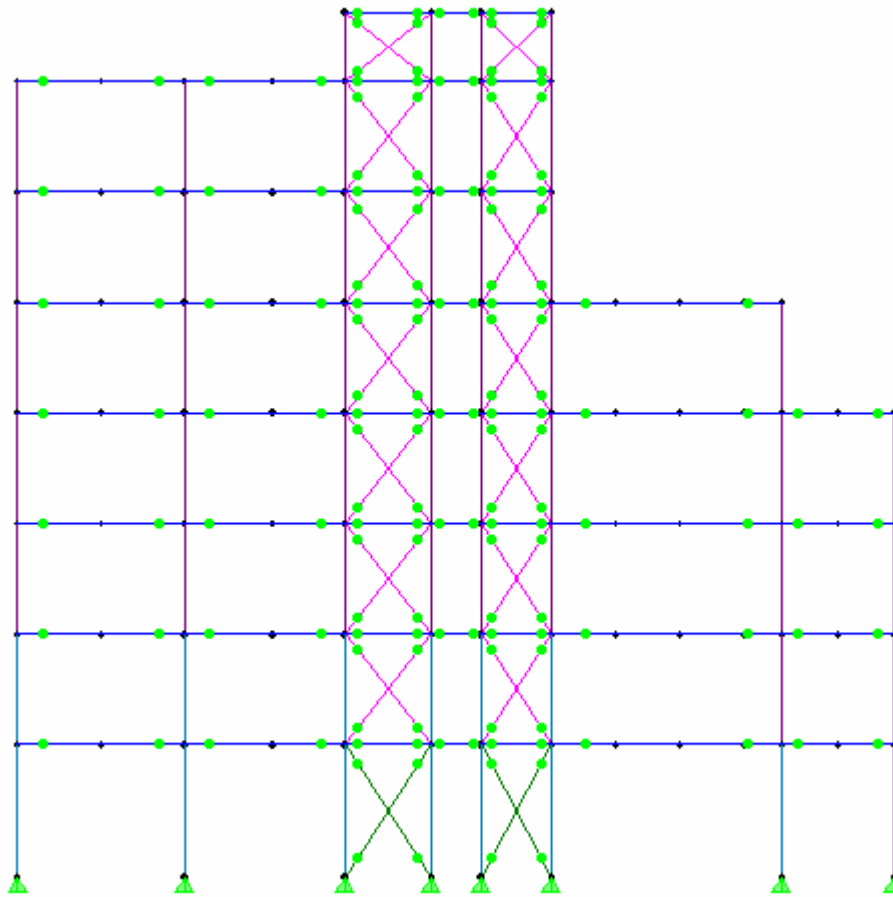
Σχήμα 4.37: Τομή 3



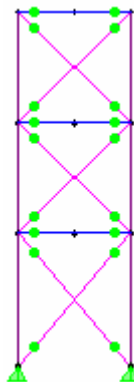
Σχήμα 4.38: Τομή 4



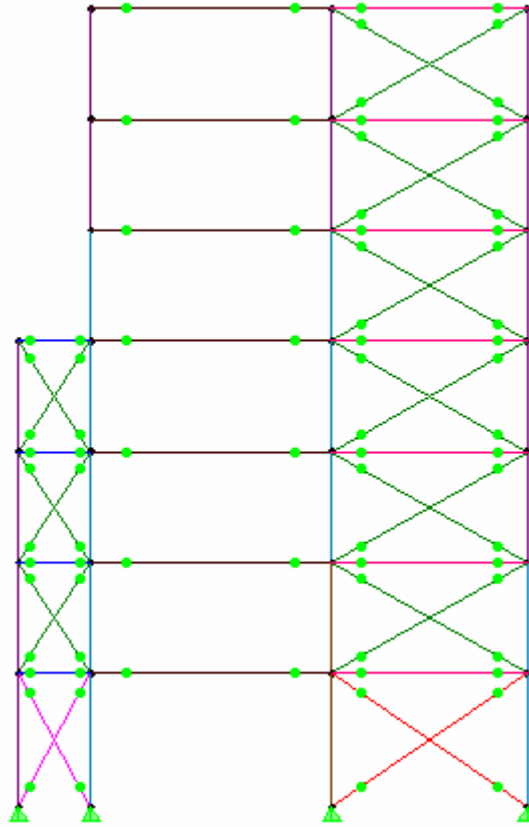
Σχήμα 4.39: Τομή 5



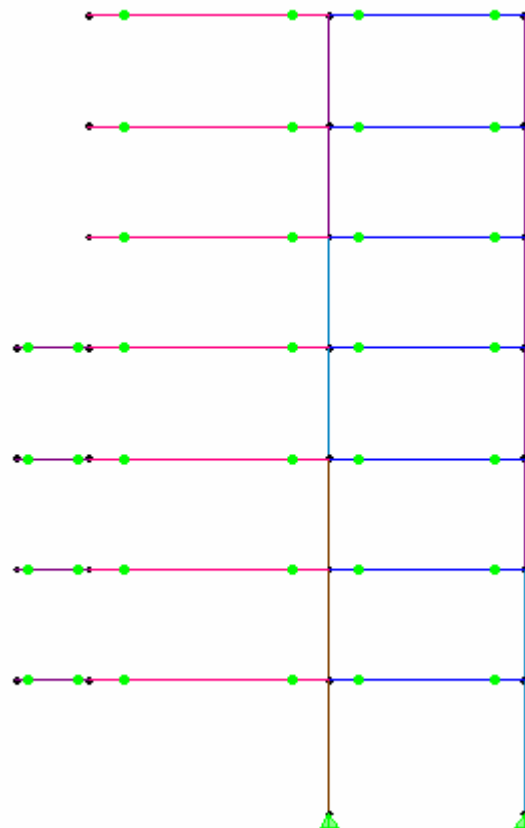
Σχήμα 4.40: Τομή 6



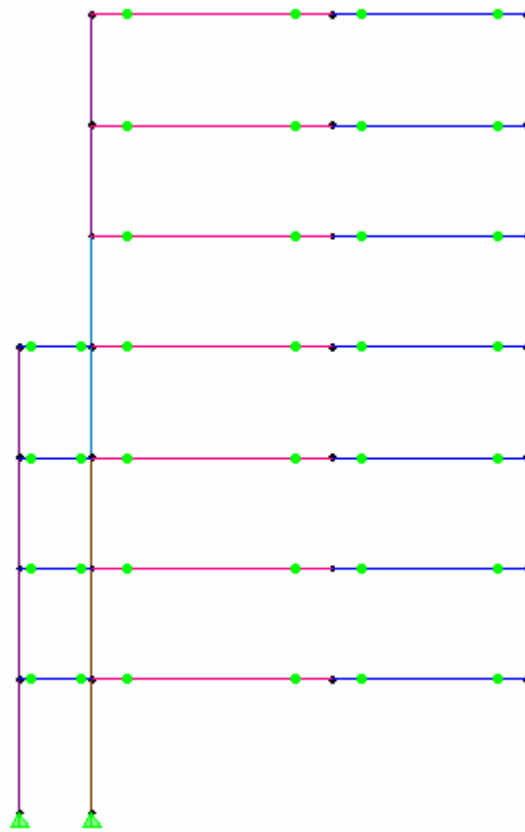
Σχήμα 4.41: Τομή 7



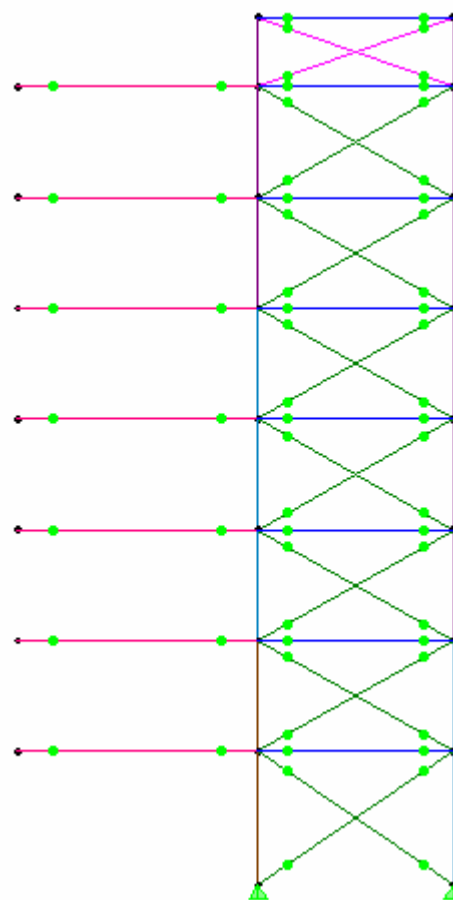
Σχήμα 4.42: Τομή Α



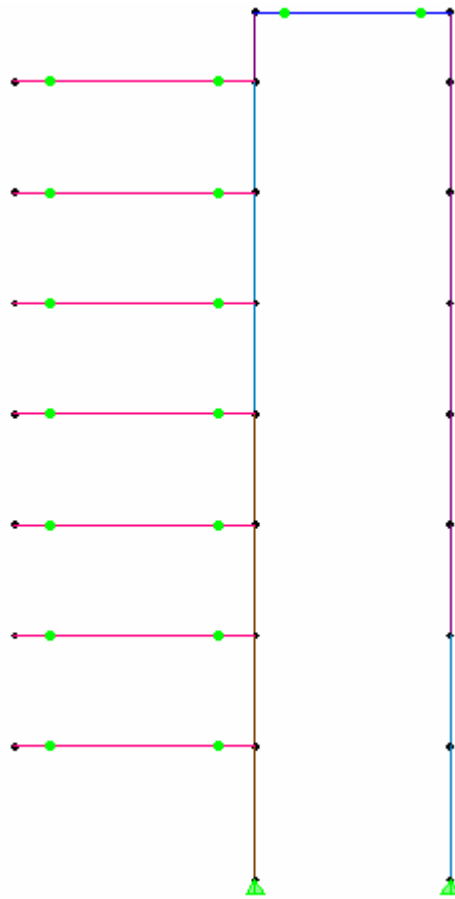
Σχήμα 4.43: Τομή Β



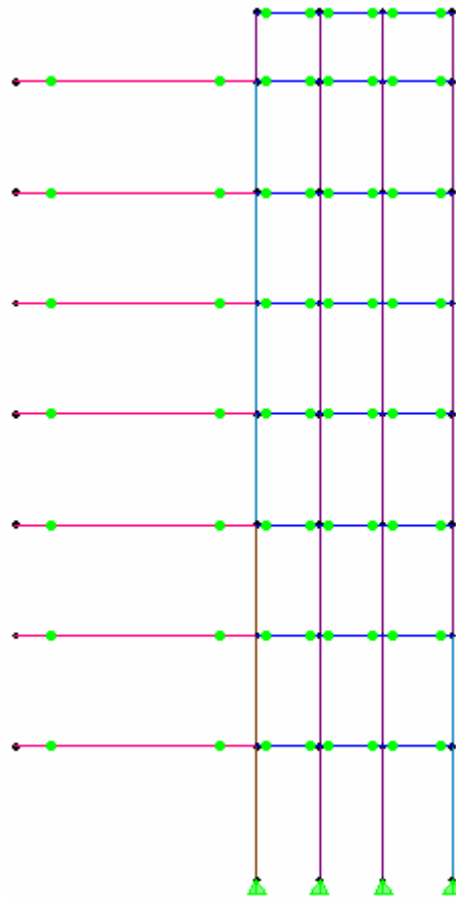
Σχήμα 4.44: Τομή C



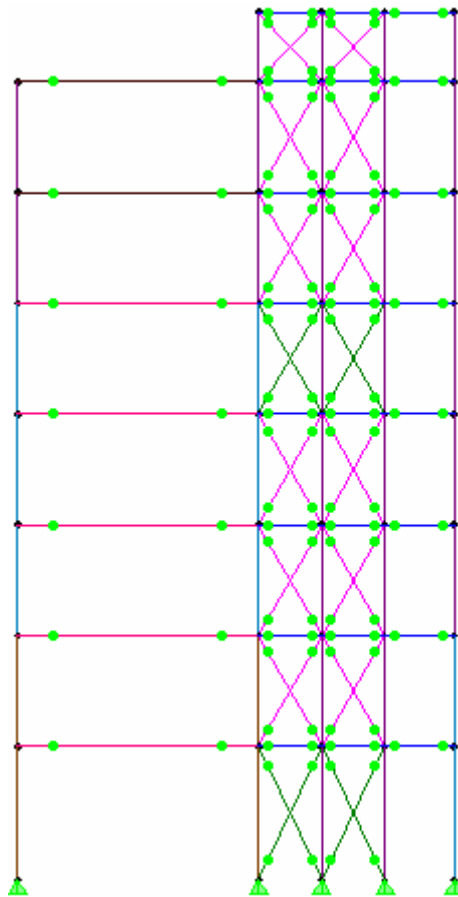
Σχήμα 4.45: Τομή D



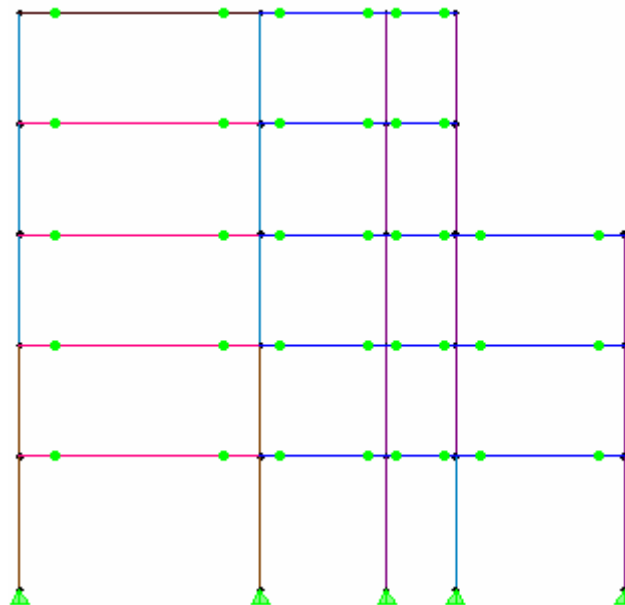
Σχήμα 4.46: Τομή Ε



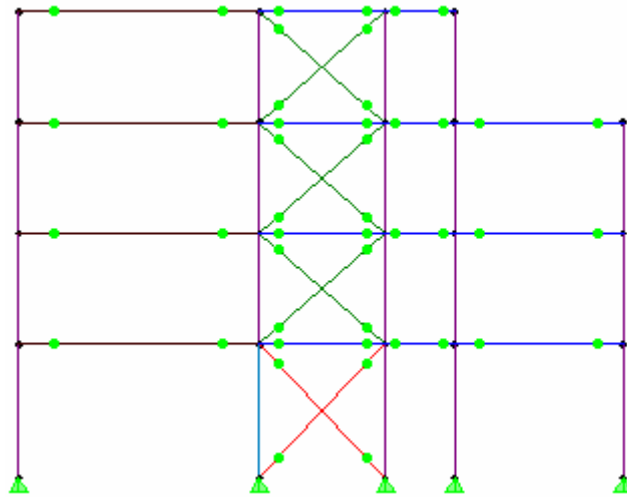
Σχήμα 4.47: Τομή F



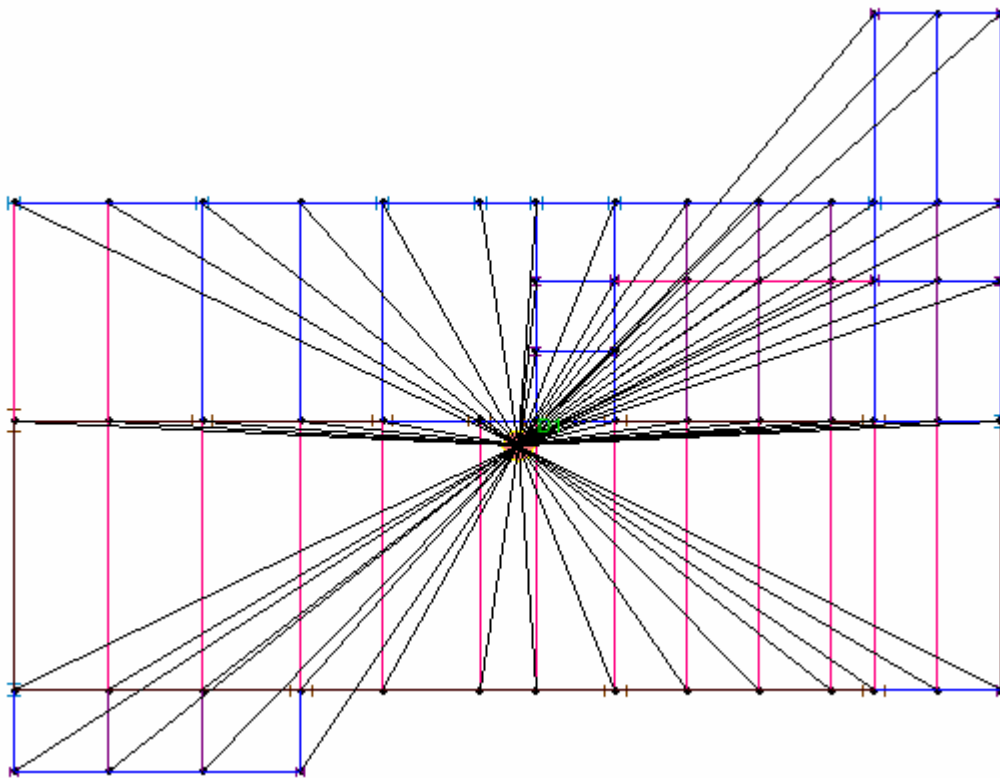
Σχήμα 4.48: Τομή G



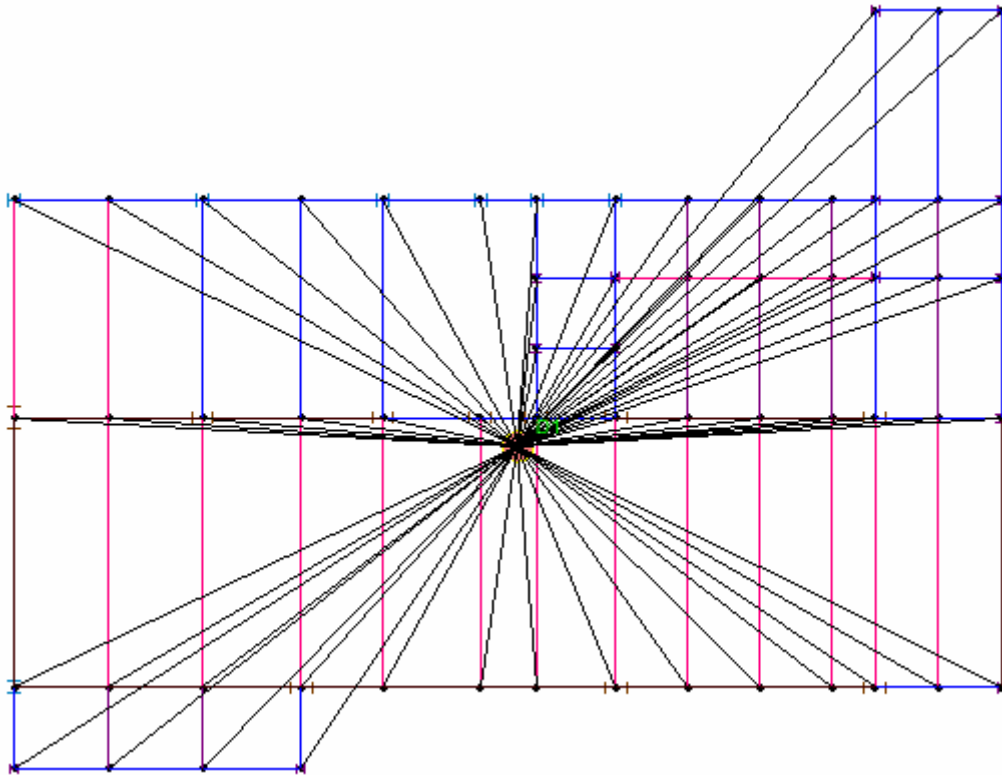
Σχήμα 4.49: Τομή H



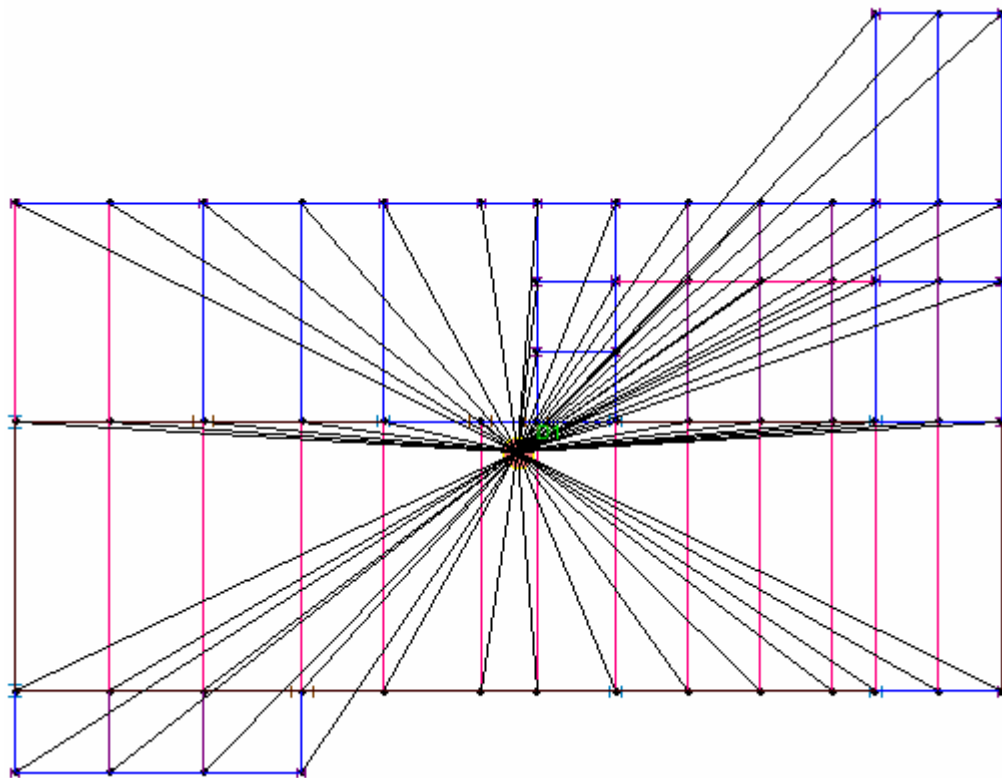
Σχήμα 4.50: Τομή Ι



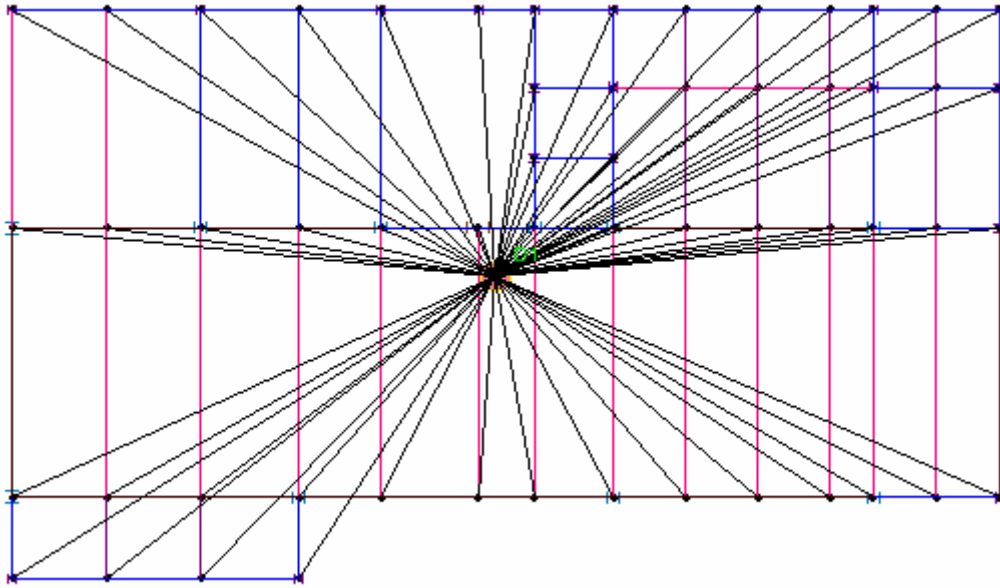
Σχήμα 4.51: Κάτοψη επιπέδου 1 με διάφραγμα



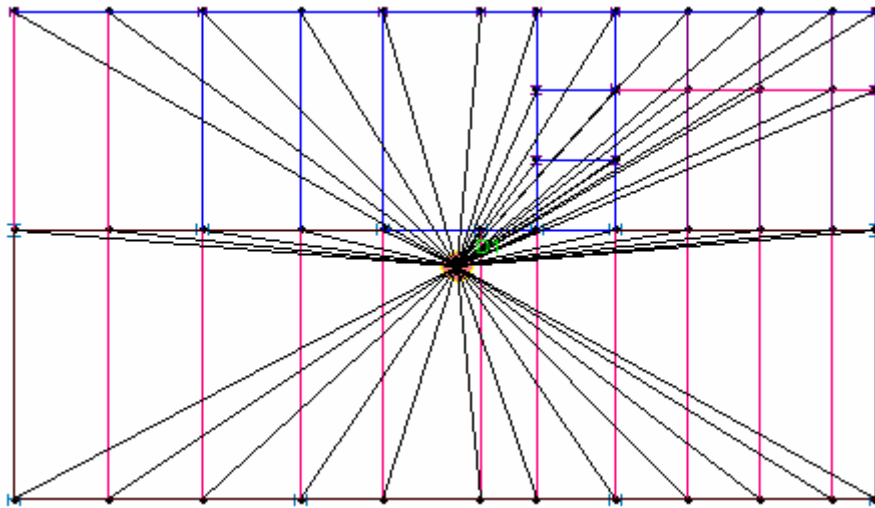
Σχήμα 4.52: Κάτοψη επιπέδου 2 με διάφραγμα



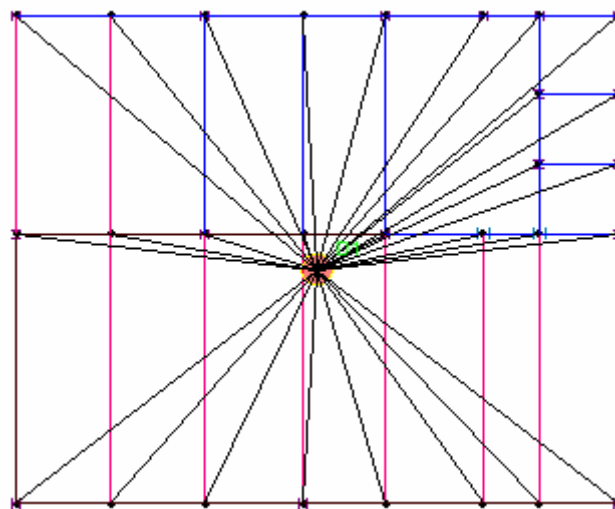
Σχήμα 4.53: Κάτοψη επιπέδου 3 με διάφραγμα



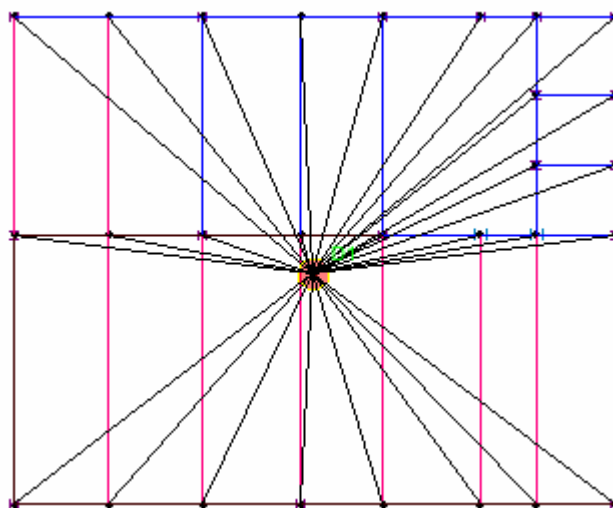
Σχήμα 4.54: Κάτοψη επιπέδου 4 με διάφραγμα



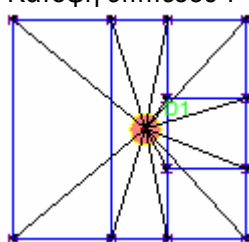
Σχήμα 4.55: Κάτοψη επιπέδου 5 με διάφραγμα



Σχήμα 4.56: Κάτοψη επιπέδου 6 με διάφραγμα



Σχήμα 4.57: Κάτοψη επιπέδου 7 με διάφραγμα



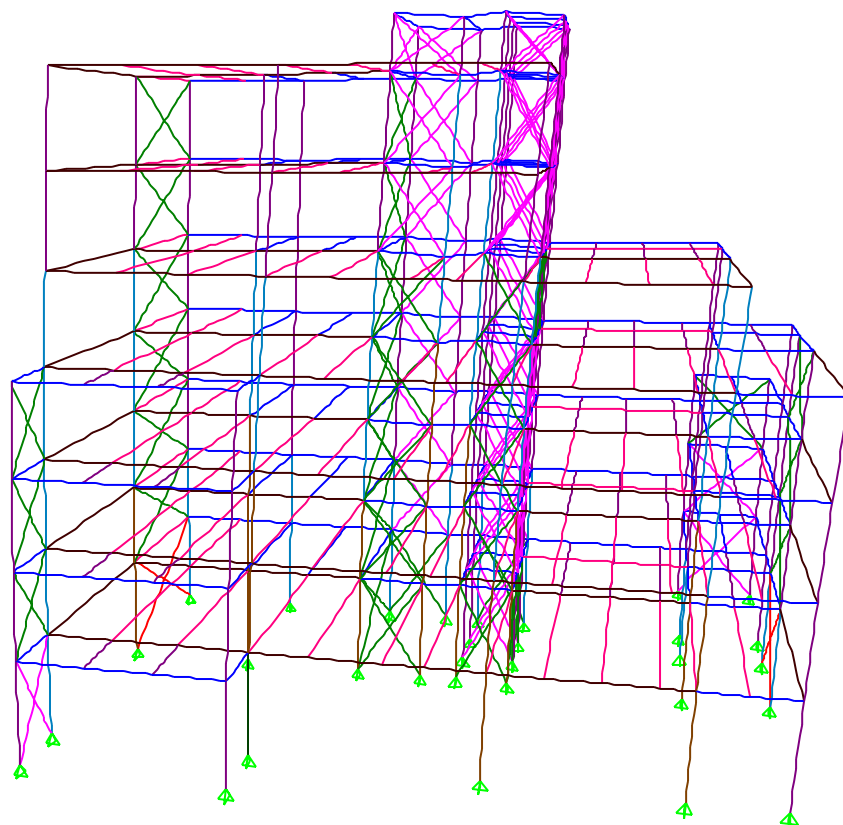
Σχήμα 4.58: Κάτοψη επιπέδου 8 με διάφραγμα

#### 4.2.2.2 Αποτελέσματα ανάλυσης

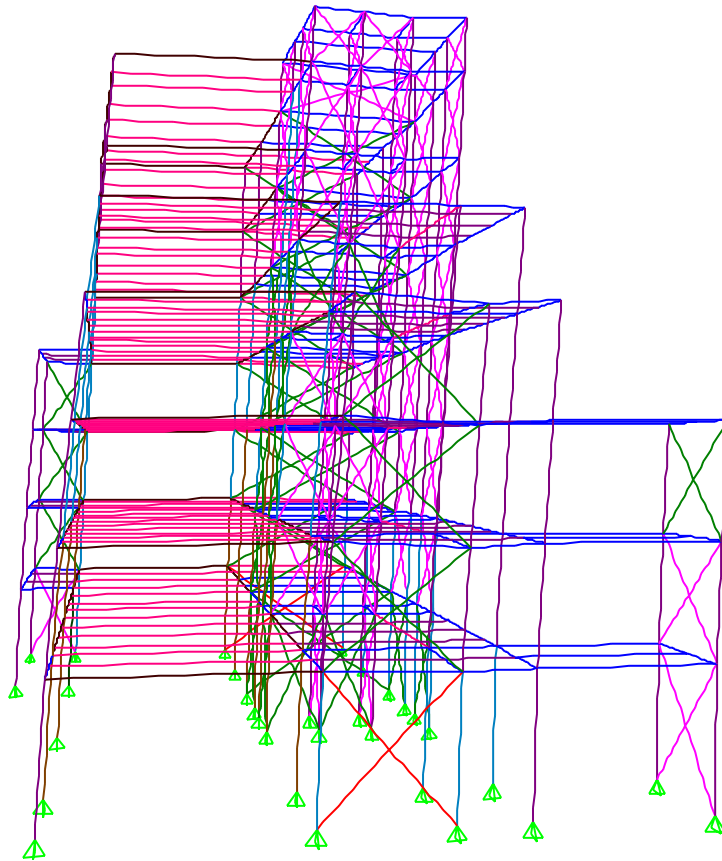
##### Ι) Ιδιομορφές – ιδιοπερίοδοι

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
1	2,142747	66,1583	0,2347	0	66,1583	0,2347	0
2	1,378078	0,5941	72,4711	0	66,7524	72,7058	0
3	1,161961	2,2735	1,9277	0	69,0259	74,6335	0
4	0,722168	16,3447	1,1568	0	85,3706	75,7903	0
5	0,555313	5,903	7,8247	0	91,2736	83,615	0
6	0,420343	0,9951	6,8855	0	92,2688	90,5004	0
7	0,361791	2,7576	1,6085	0	95,0263	92,109	0
8	0,292554	1,7496	3,4515	0	96,7759	95,5605	0
9	0,244769	0,5773	0,7774	0	97,3533	96,3379	0
10	0,222043	0,1362	1,4063	0	97,4895	97,7442	0
11	0,196938	0,8922	0,5404	0	98,3817	98,2846	0
12	0,177481	0,4803	0,0038	0	98,862	98,2883	0

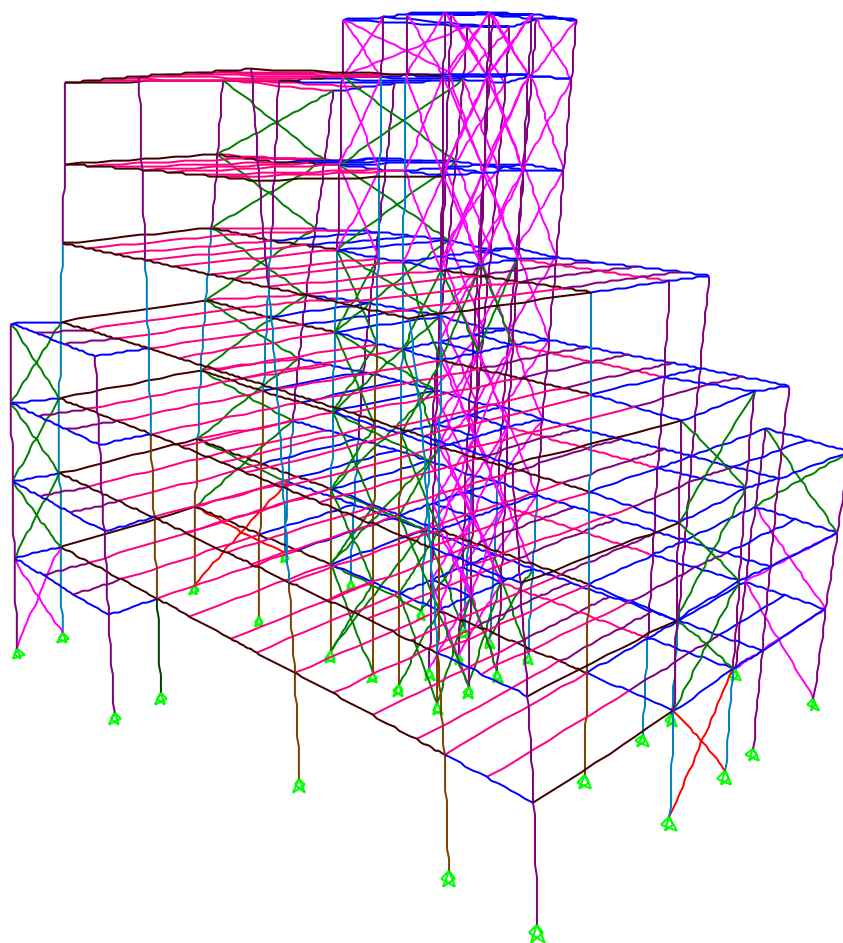
Όπως φαίνεται στον πίνακα, το κτίριο φτάνει στο 90% της δρώσας ιδιομορφικής μάζας στην 5<sup>η</sup> ιδιομορφή στην διεύθυνση x και στην 6<sup>η</sup> στην y. Γι' αυτό παρουσιάζονται παρακάτω οι έξι πρώτες ιδιομορφές (σχήματα 4.27 ως 4.32).



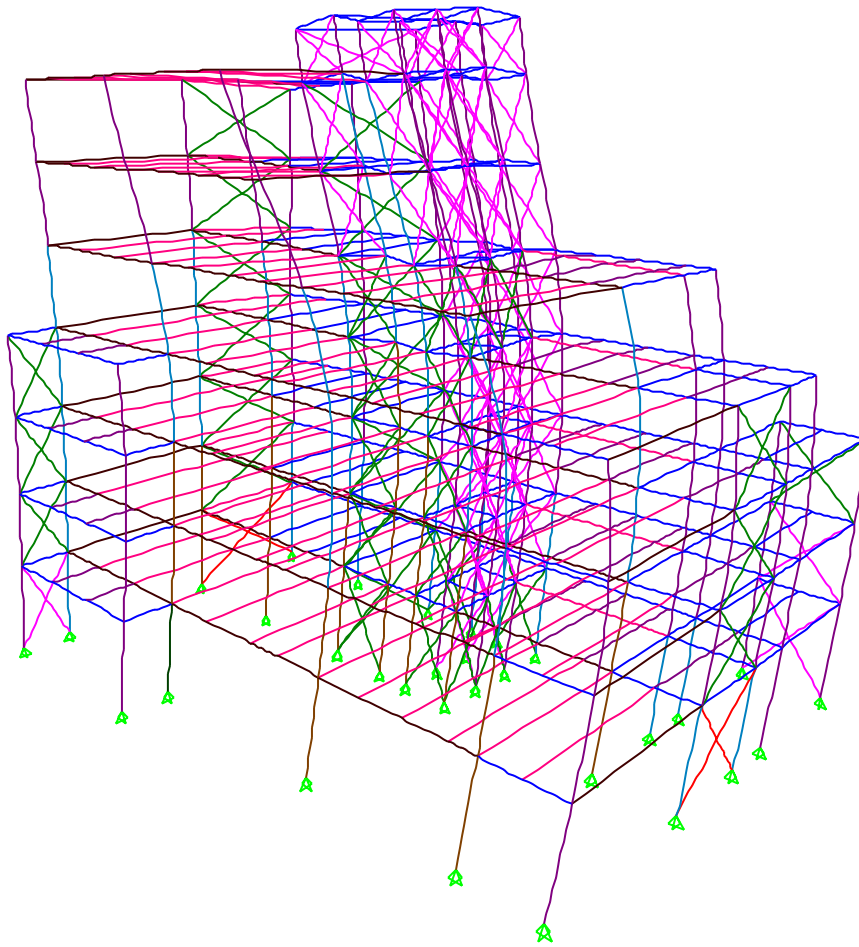
Σχήμα 4.59: Ιδιομορφή 1



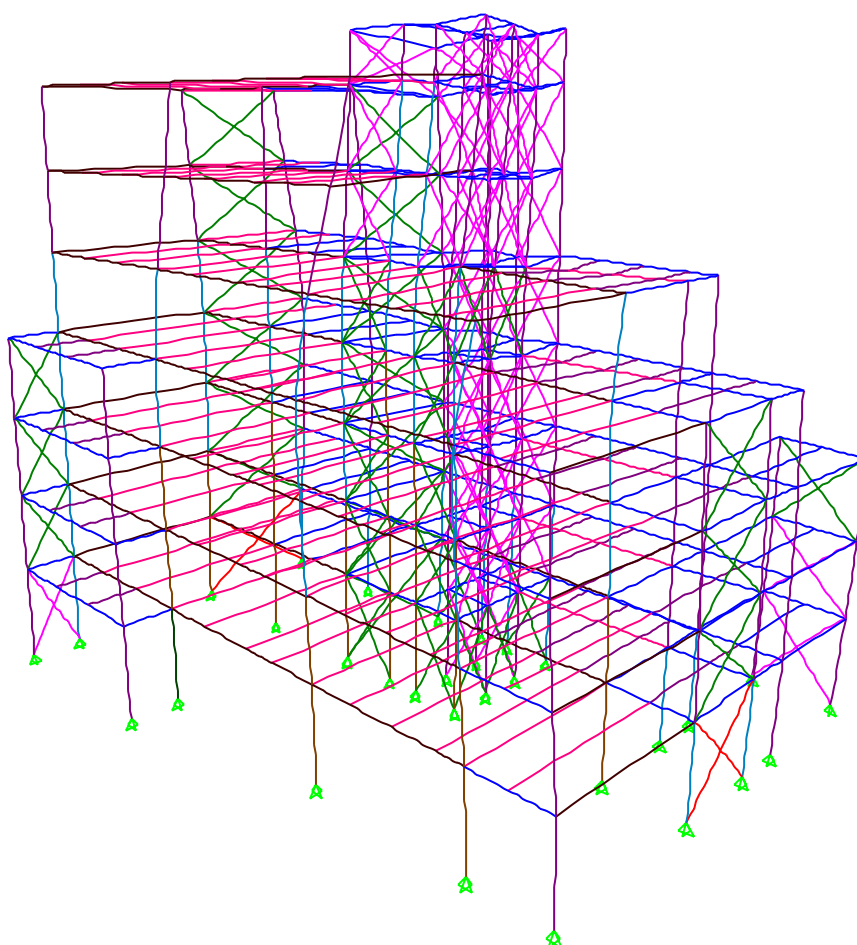
Σχήμα 4.59: Ιδιομορφή 2



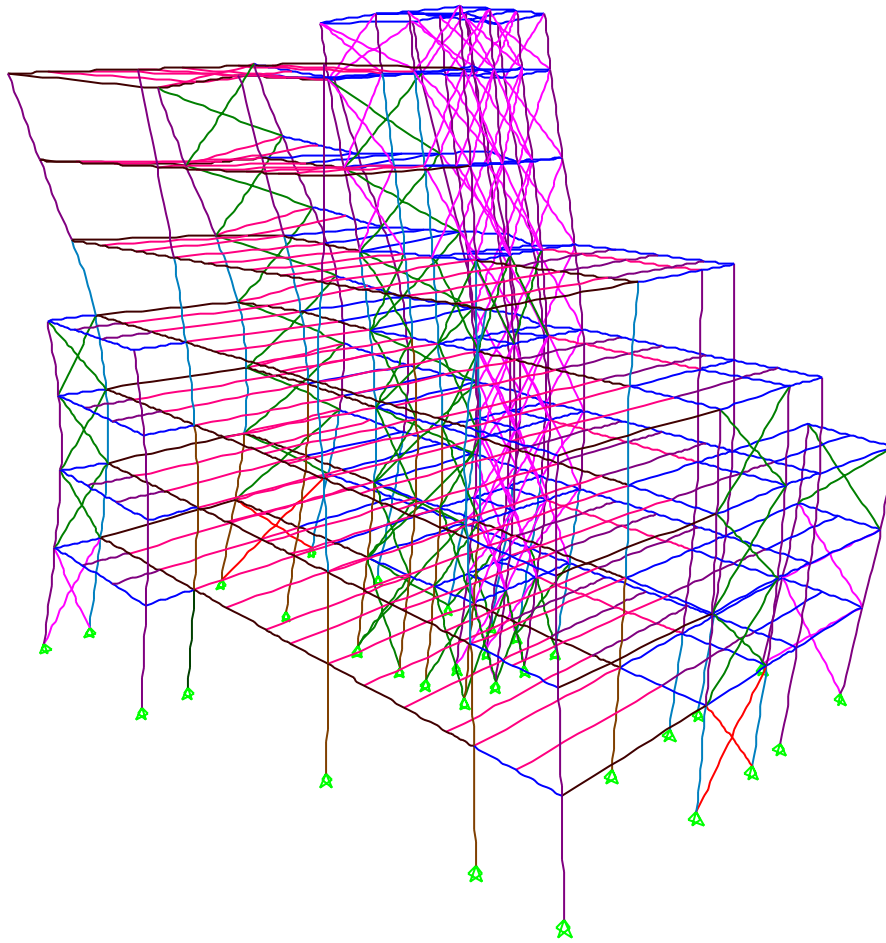
Σχήμα 4.60: Ιδιομορφή 3



**Σχήμα 4.61:** Ιδιομορφή 4



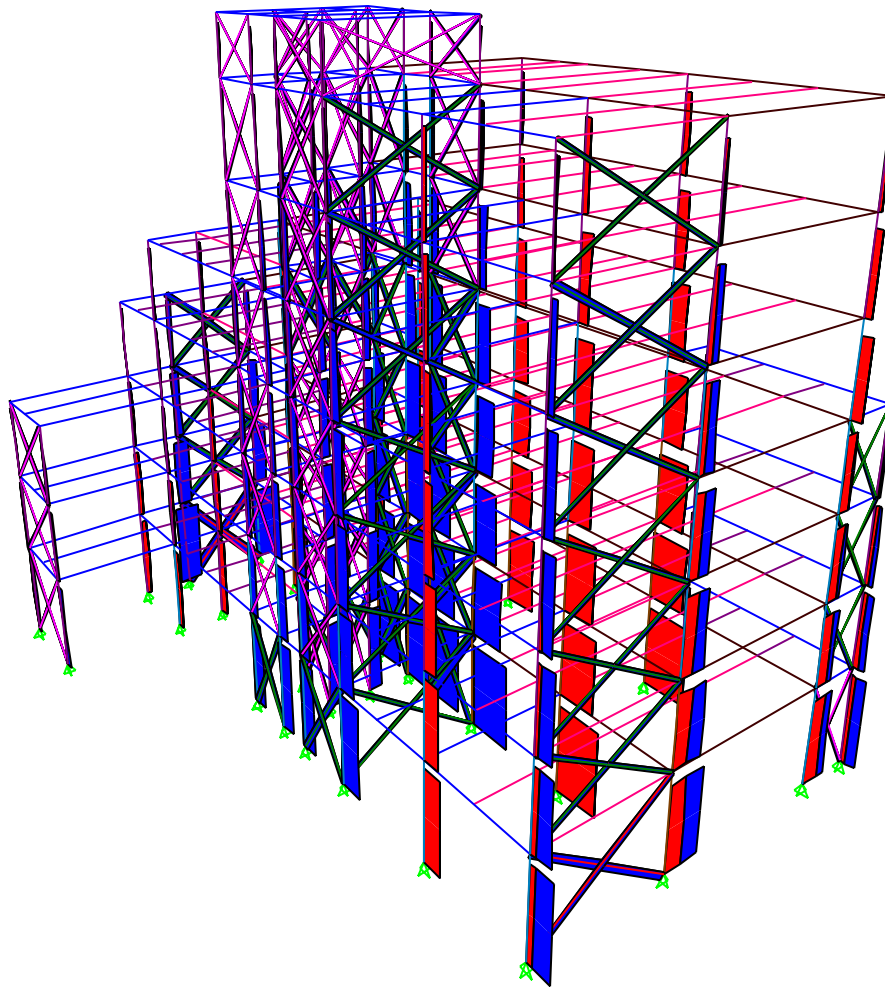
Σχήμα 4.62: Ιδιομορφή 5



Σχήμα 4.63: Ιδιομορφή 6

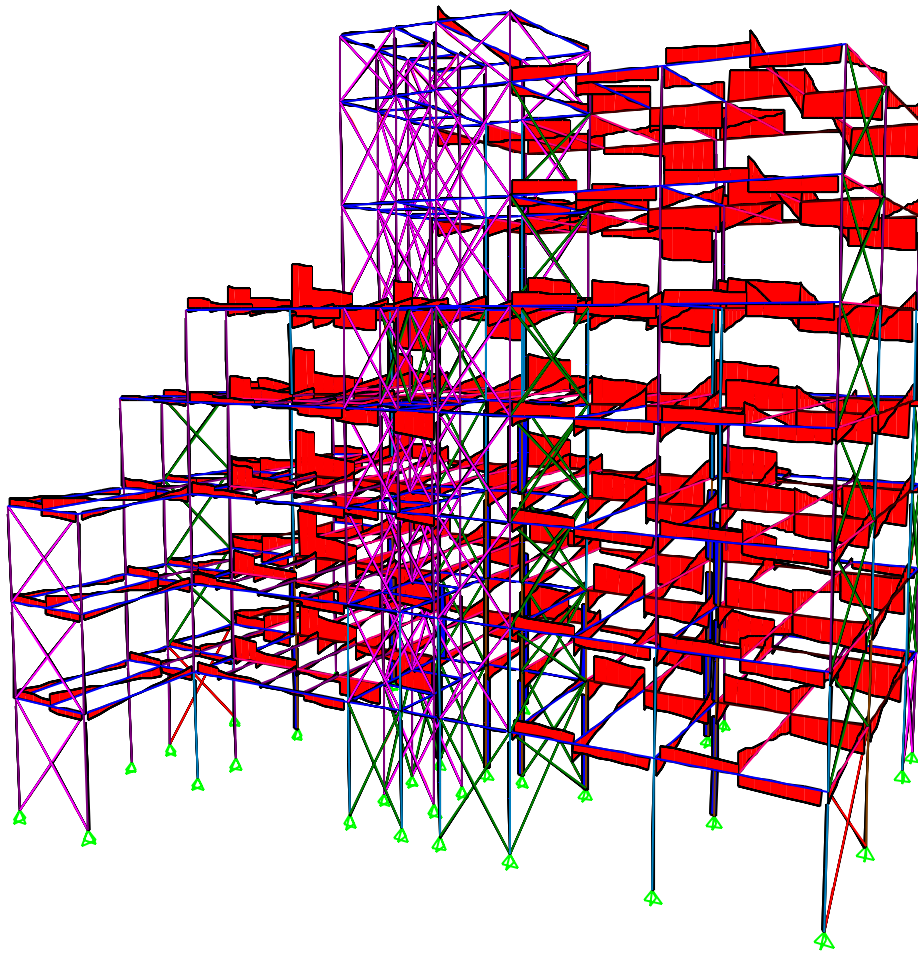
## II) Εντατικά μεγέθη

Παρουσιάζονται ενδεικτικά τα διαγράμματα εντατικών μεγεθών του κτιρίου για τον σεισμικό συνδυασμό  $G+0,3*Q+Ex+0,3*Ey$  (σχήματα 4.64 ως 4.69).



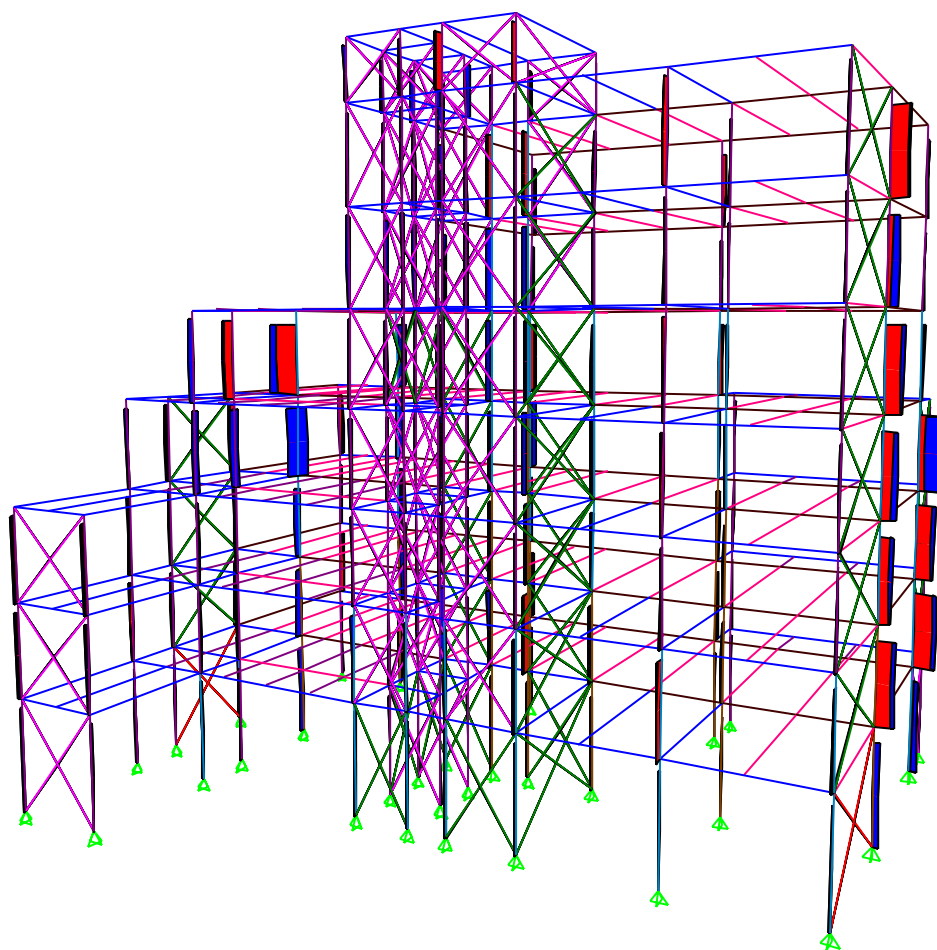
**Σχήμα 4.64:** Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων

Οι μεγαλύτερες τιμές είναι στη βάση των υποστυλωμάτων του κλιμακοστασίου και είναι της τάξης των 2700 kN. Τα χιαστί έχουν μέγιστη τιμή περίπου 400kN ενώ οι δοκοί δεν έχουν αξονική.



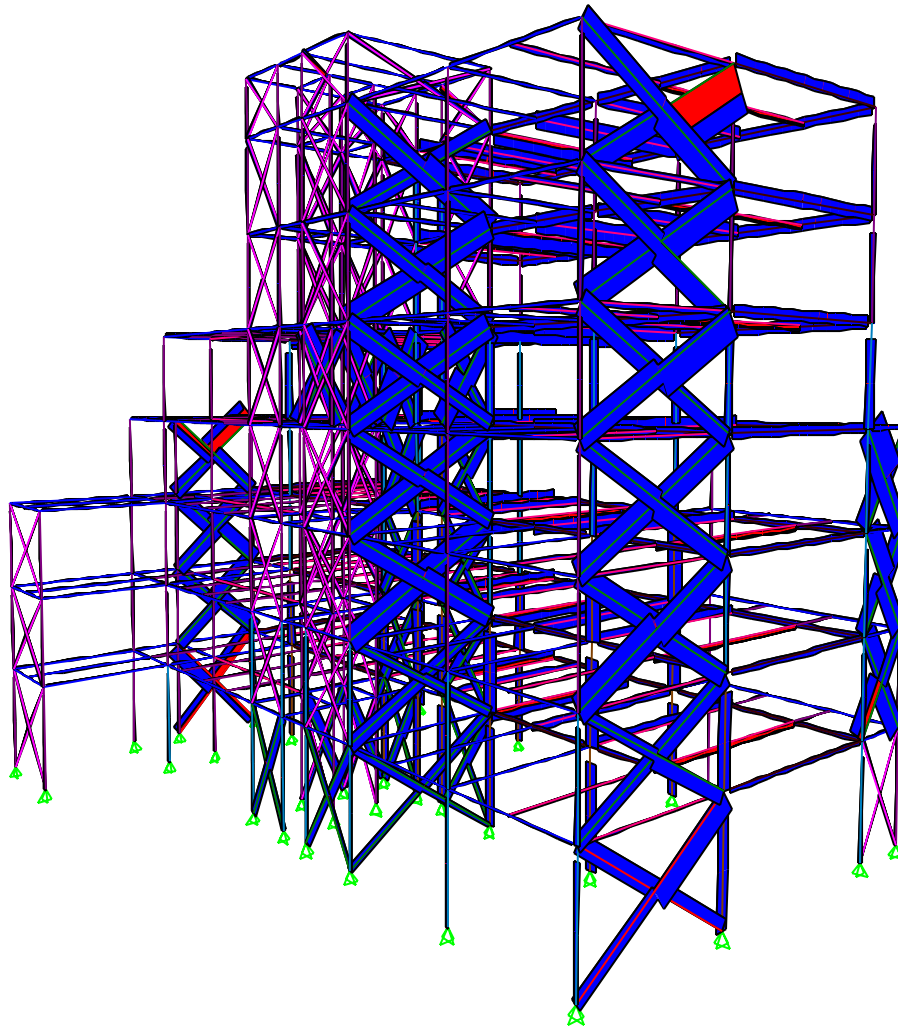
**Σχήμα 4.65:** Τέμνουσα 2-2

Οι μεγαλύτερες τιμές στα υποστυλώματα είναι περίπου 17 kN, στις δοκούς 200kN και στα χιαστί 4 kN.



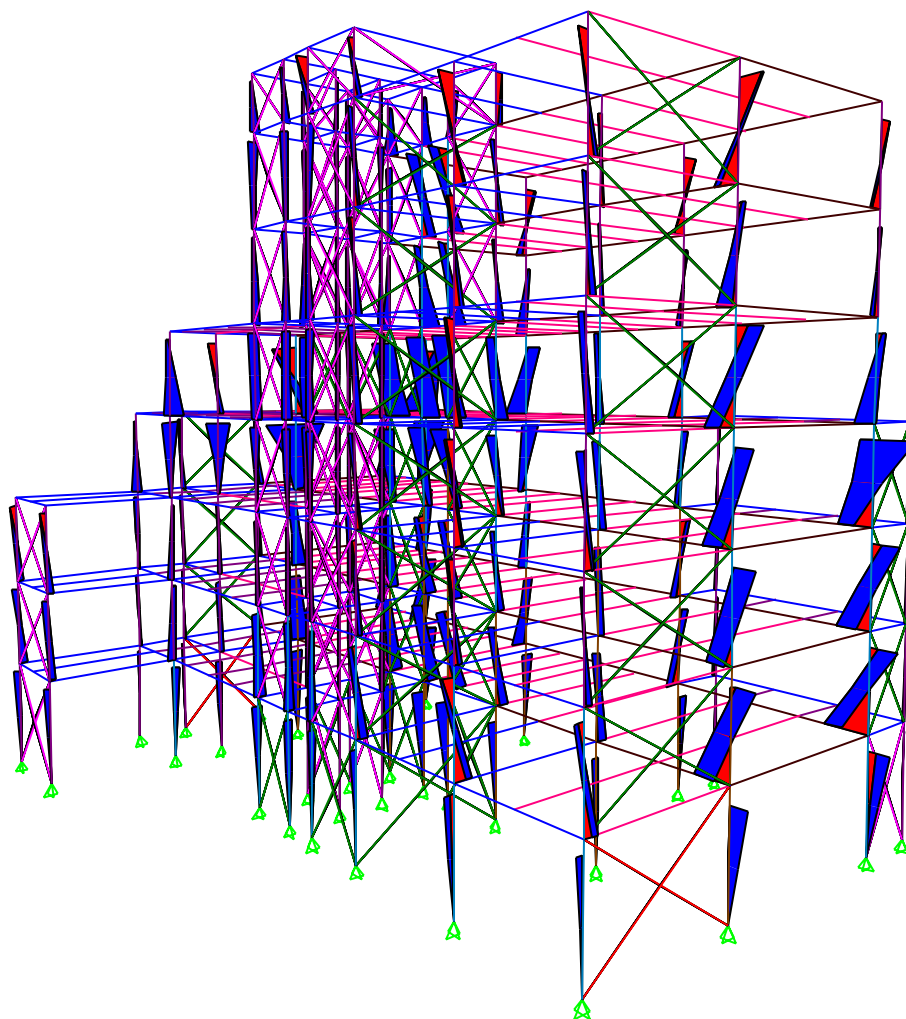
Σχήμα 4.66: Τέμνουσα 3-3

Οι μεγαλύτερες τιμές είναι στα υποστυλώματα περίπου 15kN και στα χιαστί 0,03 kN. Οι δοκοί έχουν τιμή μηδέν.



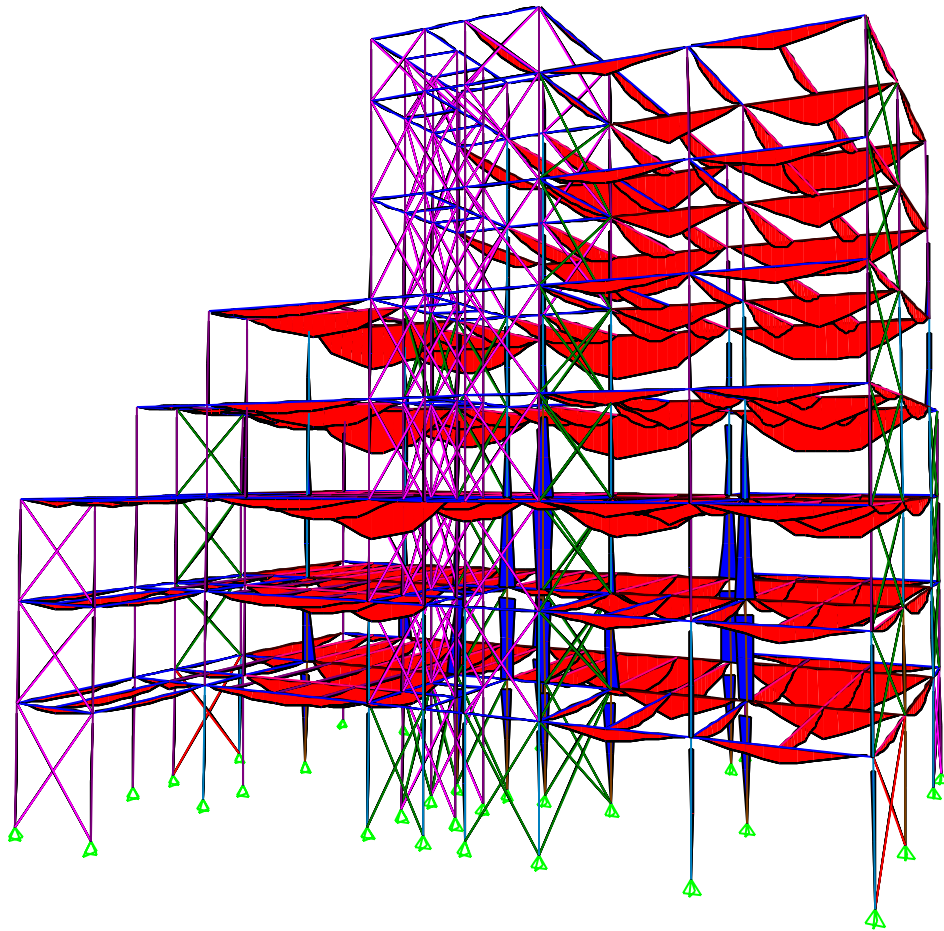
Σχήμα 4.67: Στρέψη

Τα χιαστί έχουν μέγιστη τιμή περίπου 0,14 kNm, τα υποστυλώματα 0,03 kNm και οι δοκοί 0,04 kNm.



Σχήμα 4.68: Ροπή 2-2

Τα υποστυλώματα έχουν μέγιστη τιμή 23 kNm, τα χιαστί 0,1 kNm και οι δοκοί μηδέν.

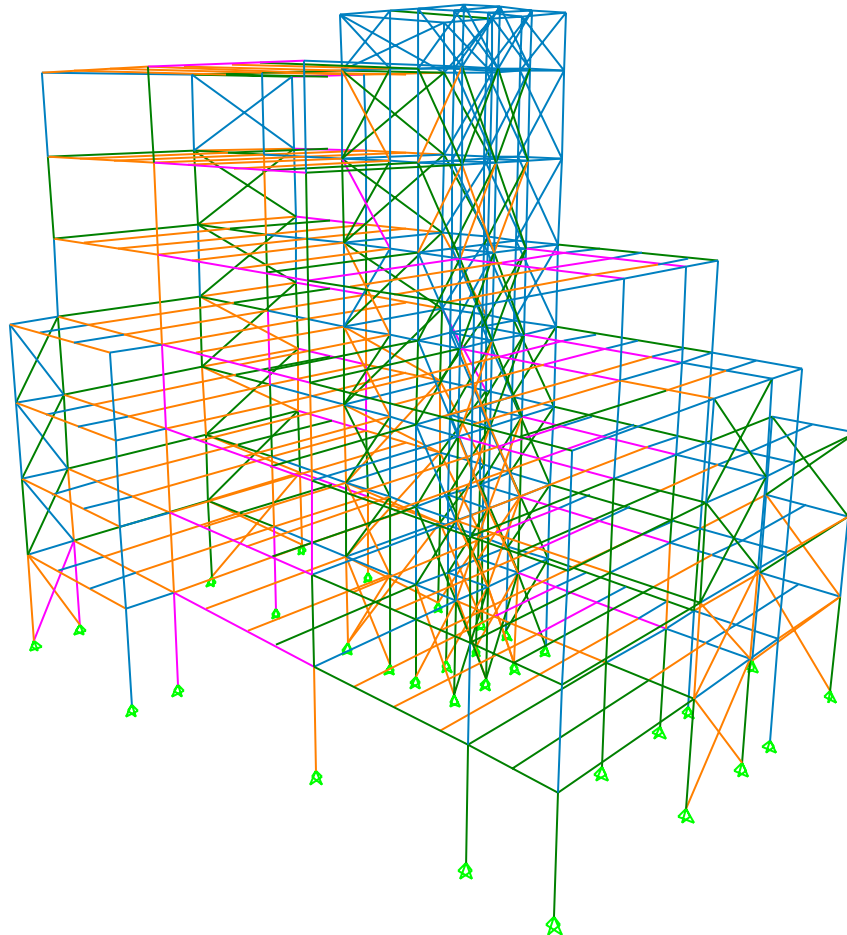


4.69: Ροπή 3-3

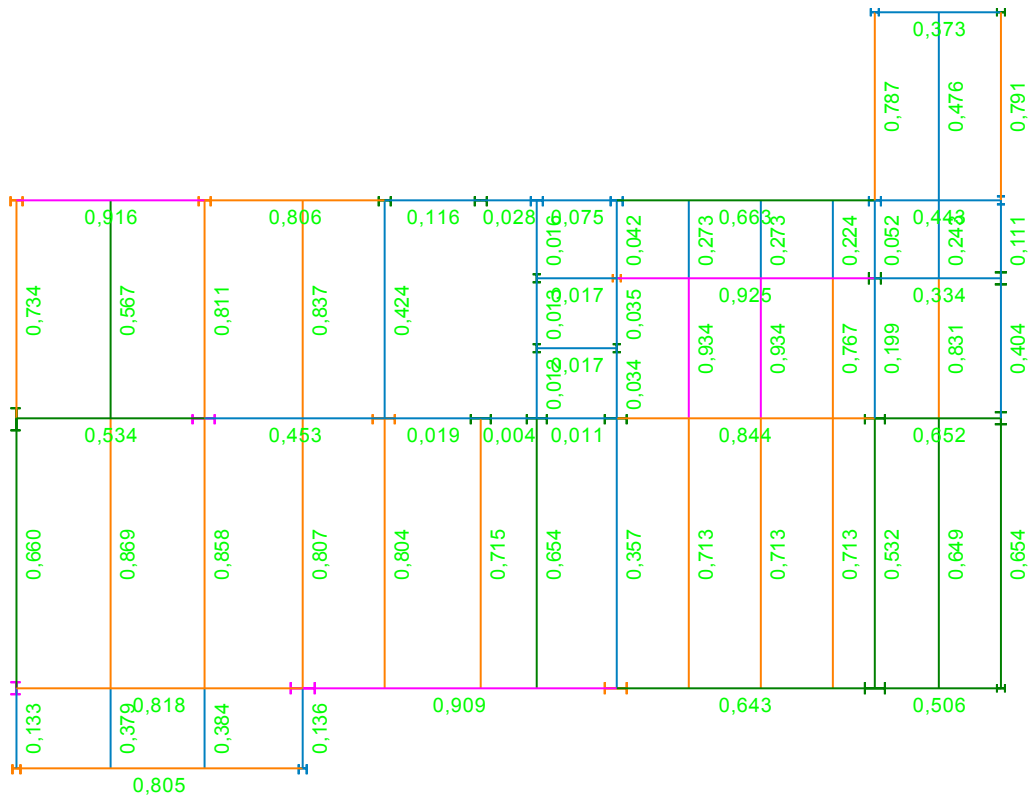
Οι δοκοί έχουν μέγιστη ροπή 370 kNm, τα υποστυλώματα 90 kNm και τα χιαστί 3 kNm.

### III) Λόγοι χρησιμοποίησης διατομών.

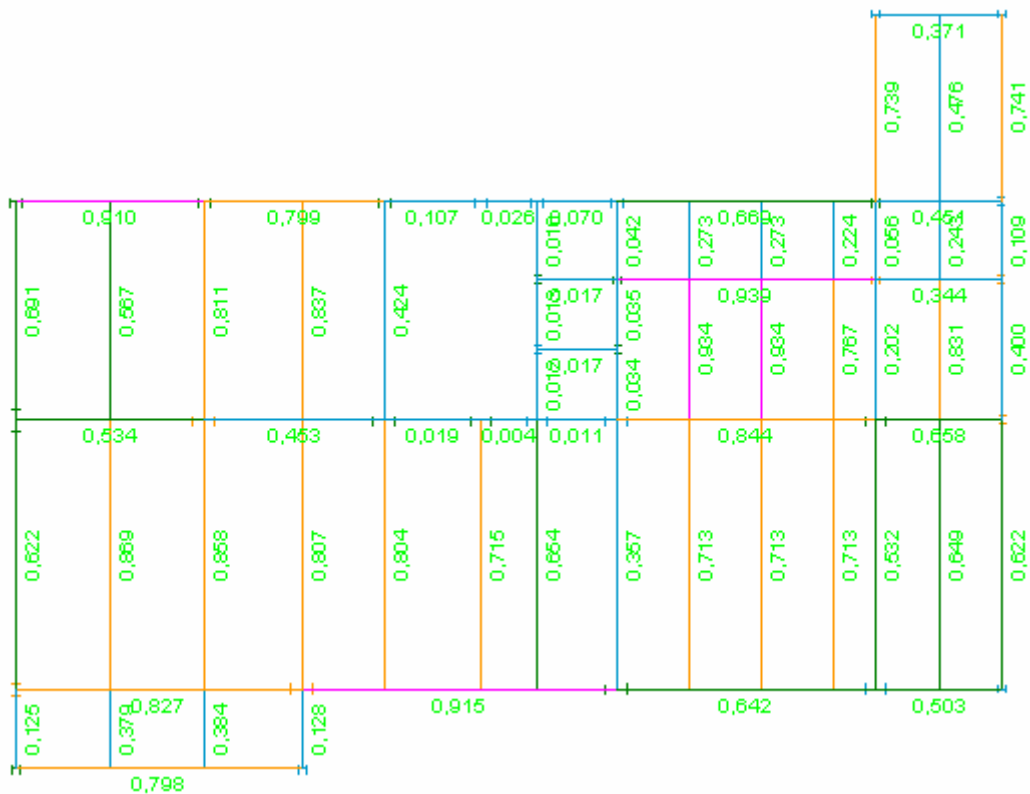
Μετά τον έλεγχο αντοχής των διατομών, προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα (σχήματα 4.70 ως 4.93):



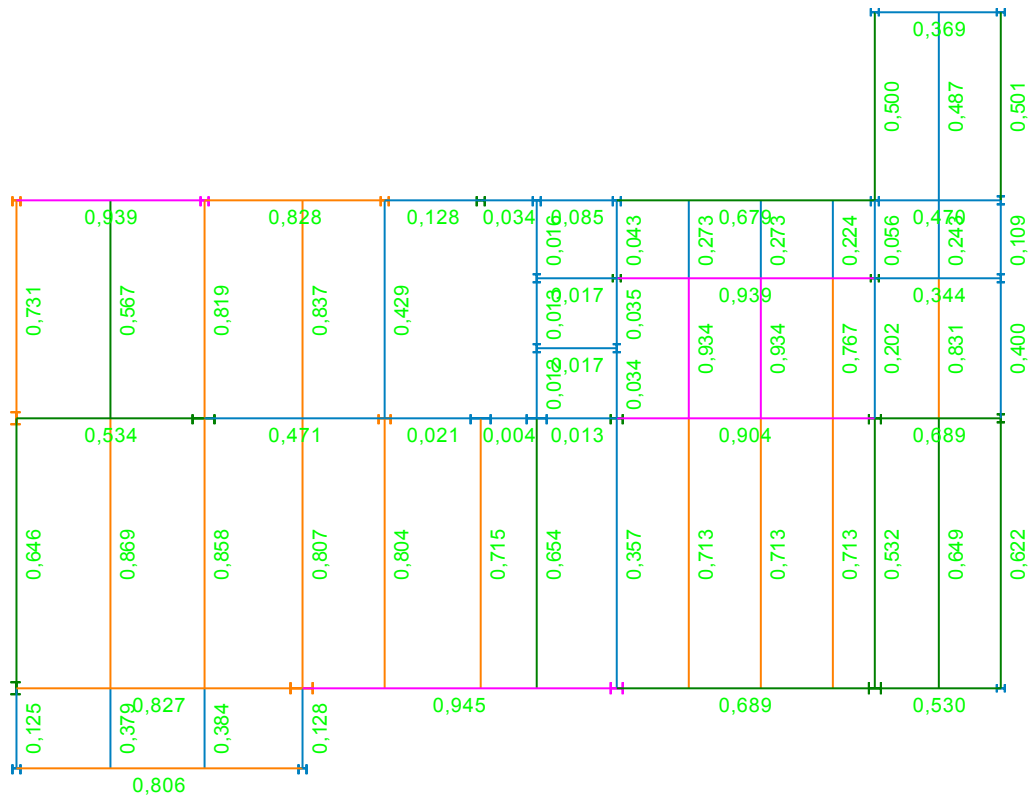
**Σχήμα 4.70:** Τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου με τα αποτελέσματα της ανάλυσης.



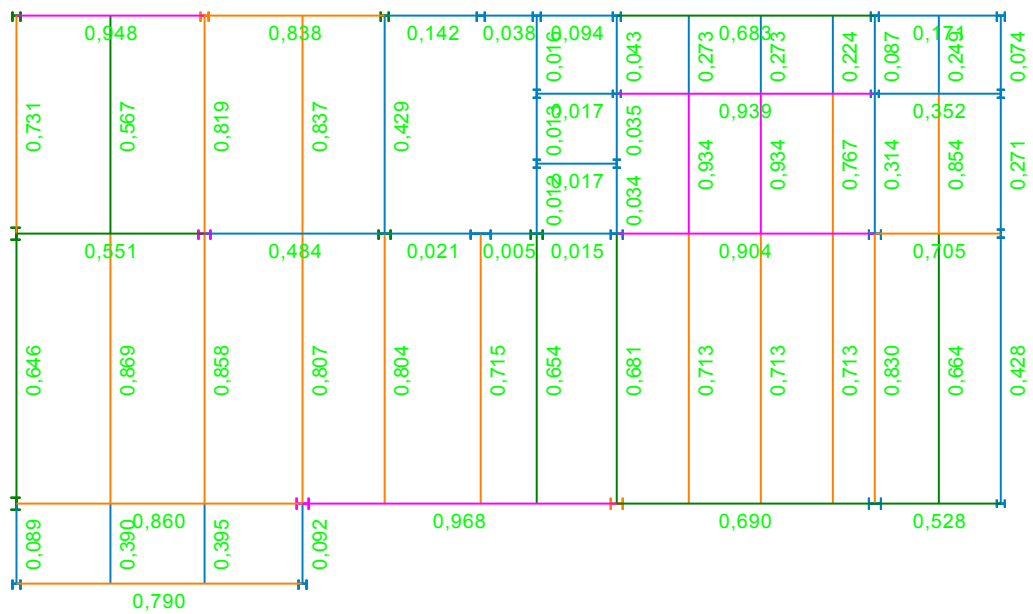
Σχήμα 4.71: Κάτοψη επιπέδου 1 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



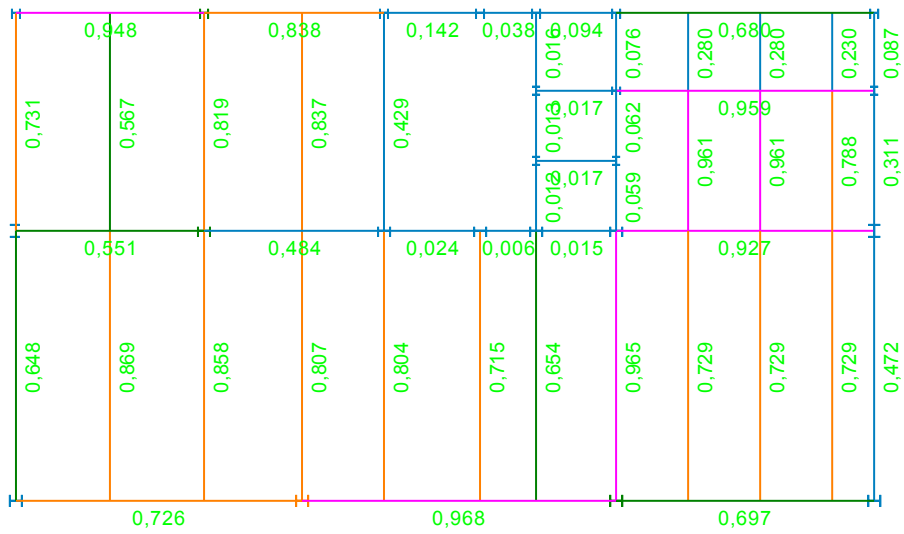
Σχήμα 4.72: Κάτοψη επιπέδου 2 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



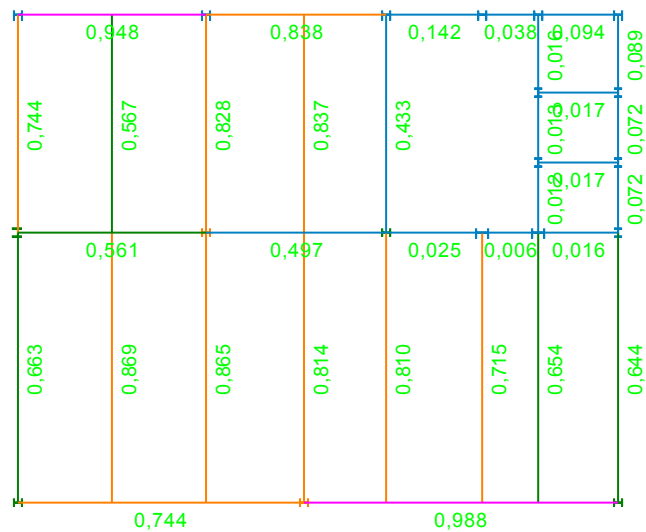
Σχήμα 4.73: Κάτοψη επιπέδου 3 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



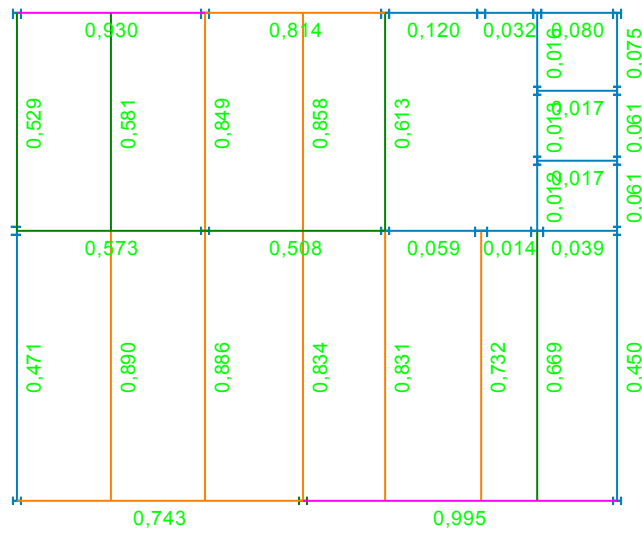
Σχήμα 4.74: Κάτοψη επιπέδου 4 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



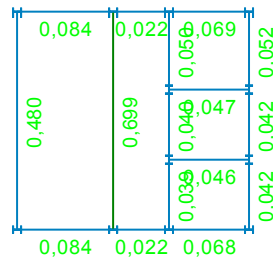
Σχήμα 4.75: Κάτοψη επιπέδου 5 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



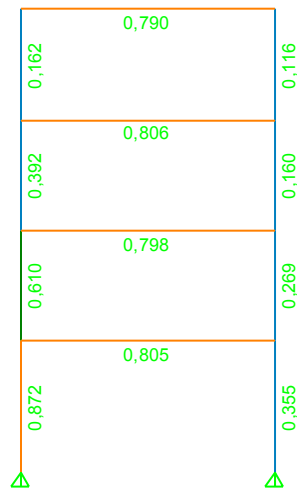
Σχήμα 4.76: Κάτοψη επιπέδου 6 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



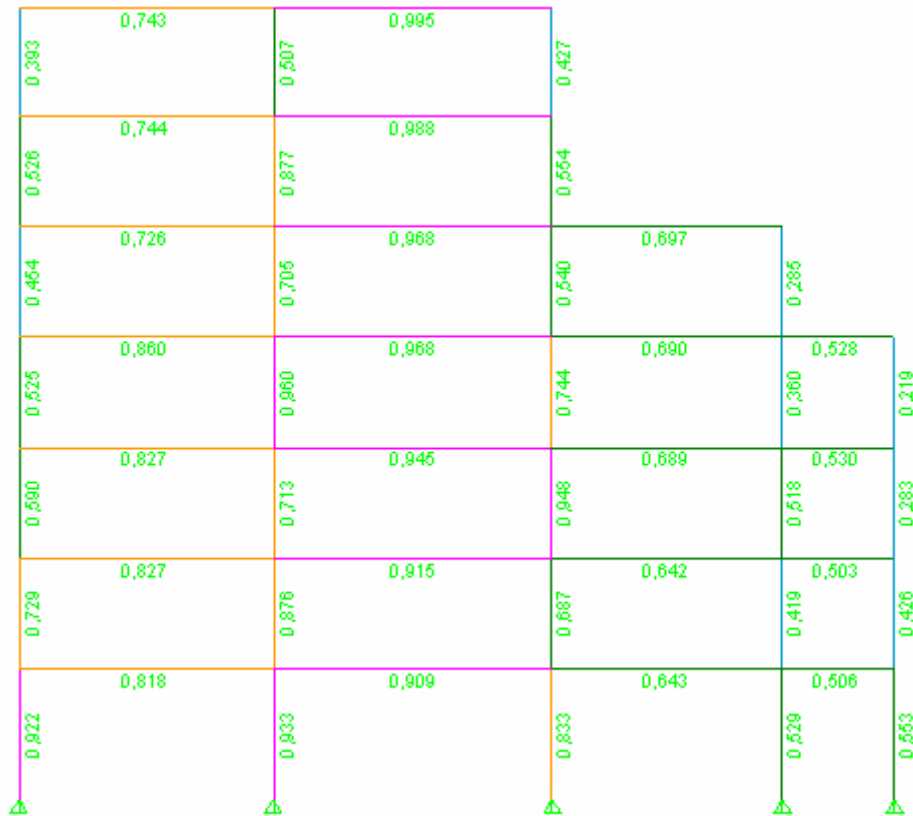
Σχήμα 4.77: Κάτοψη επιπέδου 7 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



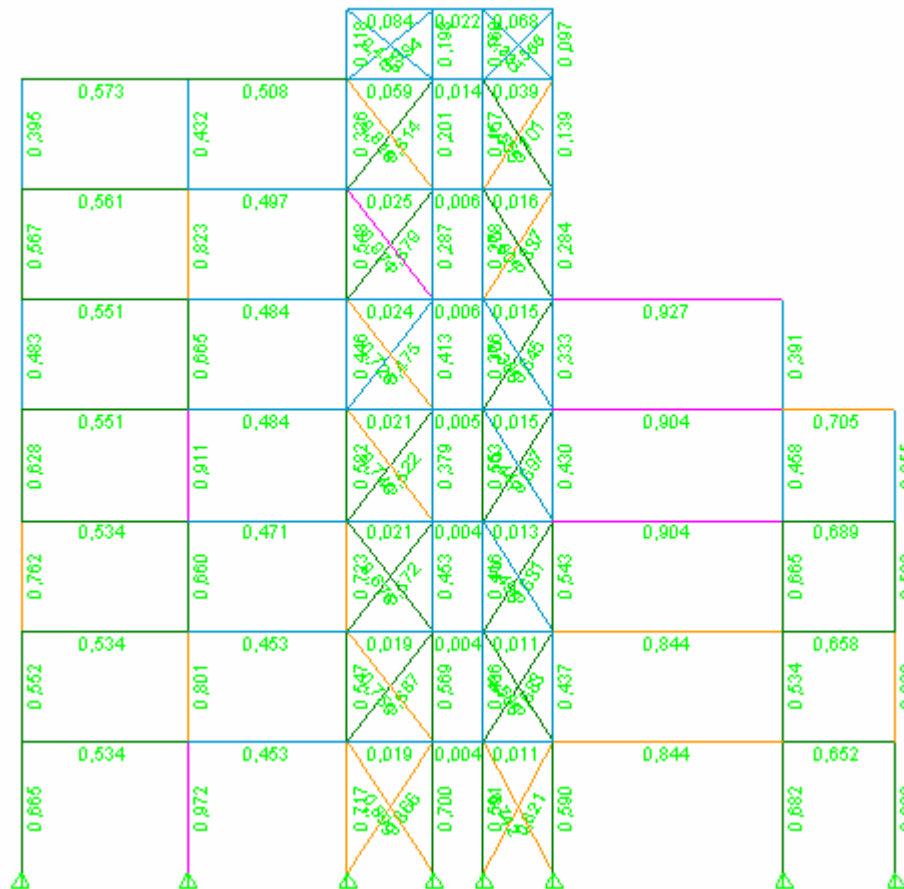
Σχήμα 4.78: Κάτοψη επιπέδου 8 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



Σχήμα 4.79: Τομή 1 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



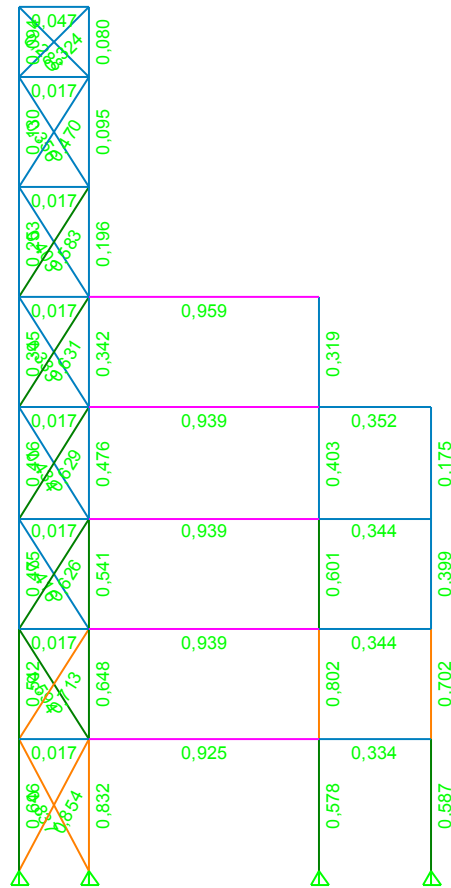
Σχήμα 4.80: Τομή 2 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



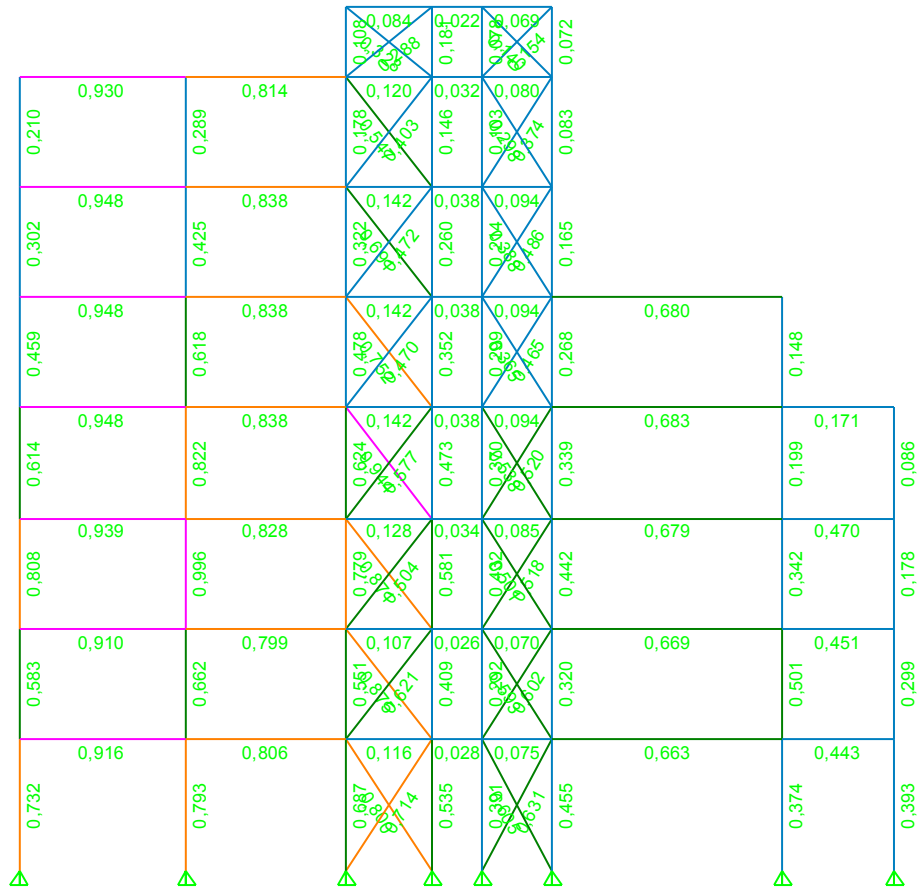
Σχήμα 4.81: Τομή 3 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



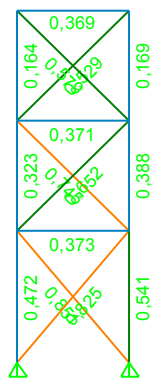
Σχήμα 4.82: Τομή 4 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



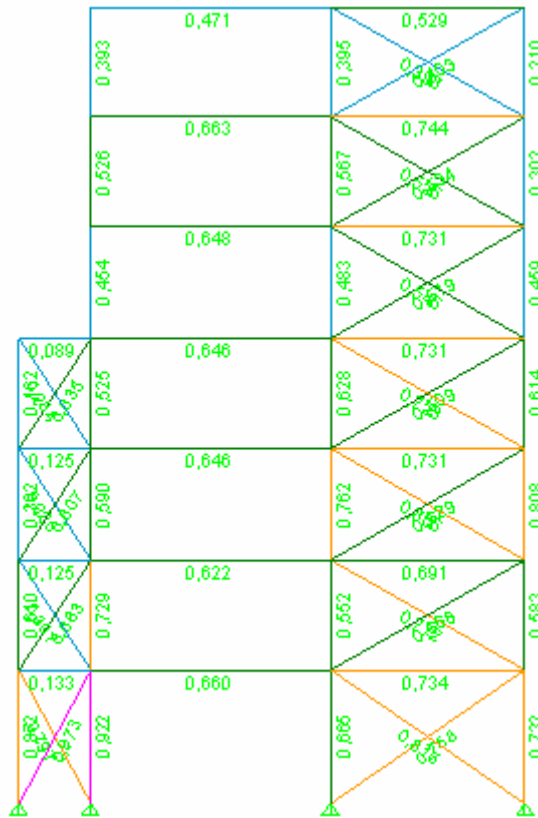
Σχήμα 4.83: Τομή 5 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



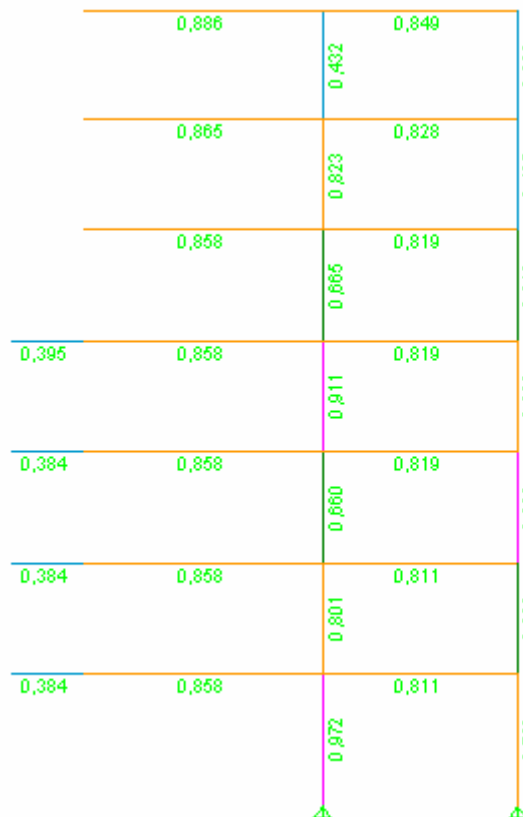
Σχήμα 4.84: Τομή 6 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



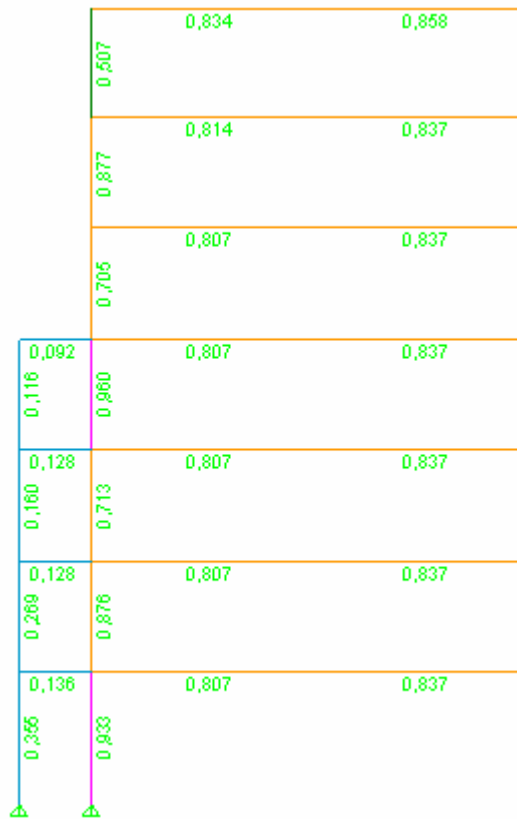
Σχήμα 4.85: Τομή 7 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



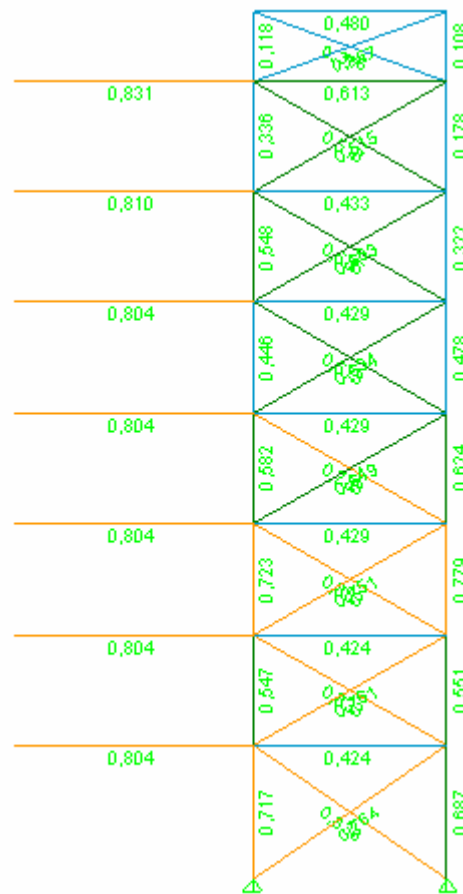
Σχήμα 4.86: Τομή Α με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



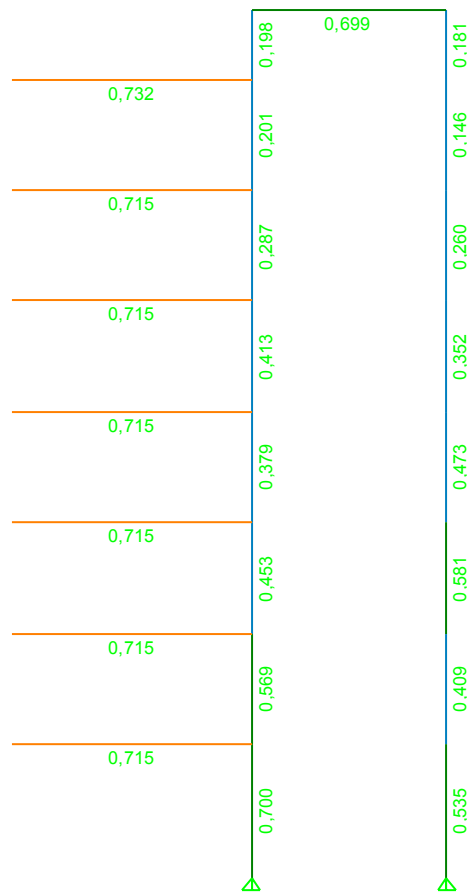
Σχήμα 4.55: Τομή Β με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



Σχήμα 4.87: Τομή C με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



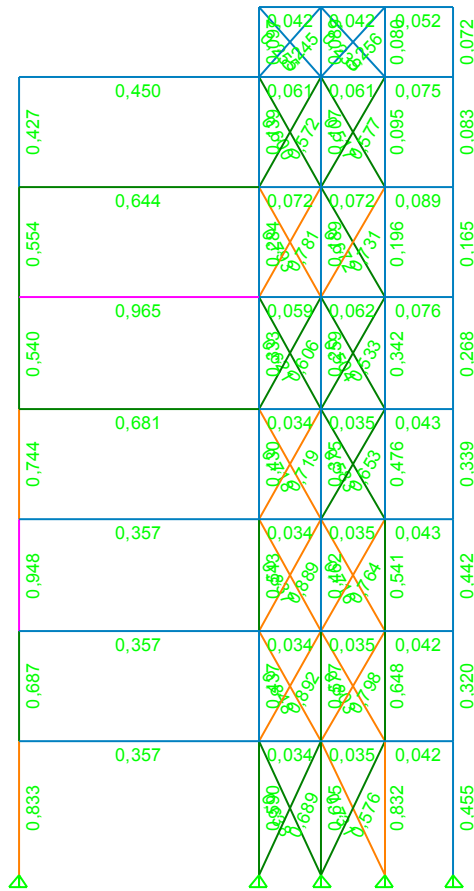
Σχήμα 4.88: Τομή D με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



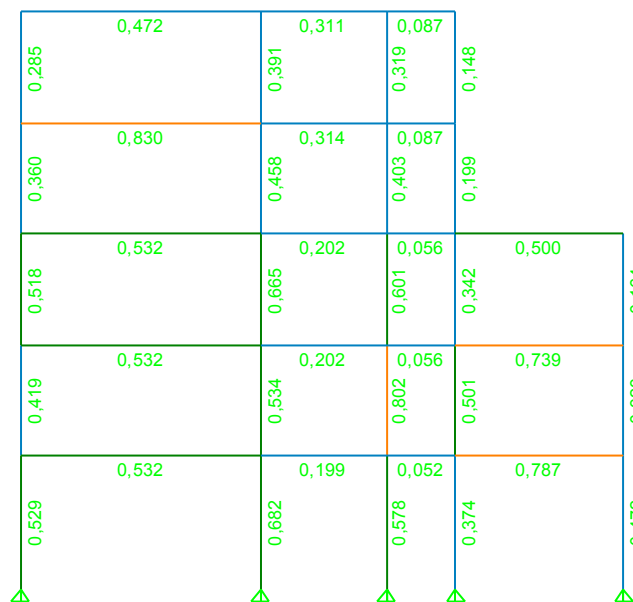
Σχήμα 4.89: Τομή E με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών

	0,169	0,039	0,040	0,050	0,078
0,669	0,012	0,013	0,016		
	0,157	0,118	0,130	0,103	
0,654	0,012	0,013	0,016		
	0,278	0,232	0,253	0,214	
0,654	0,012	0,013	0,016		
	0,376	0,313	0,345	0,299	
0,654	0,012	0,013	0,016		
	0,553	0,375	0,416	0,370	
0,654	0,012	0,013	0,016		
	0,416	0,422	0,475	0,432	
0,654	0,012	0,013	0,016		
	0,486	0,500	0,542	0,292	
0,654	0,012	0,013	0,016		
	0,591	0,641	0,646	0,391	

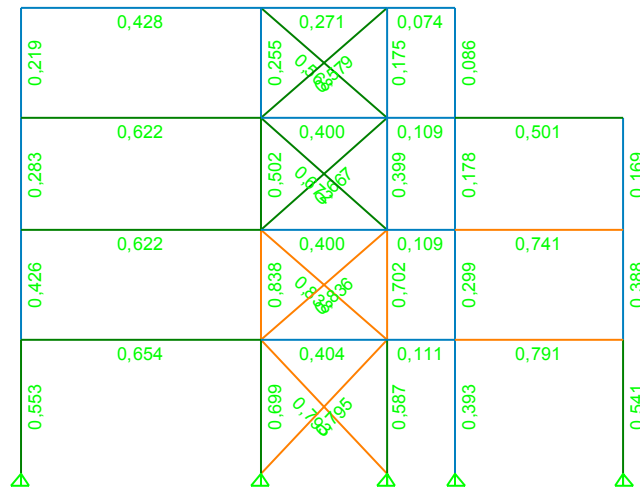
Σχήμα 4.90: Τομή F με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



Σχήμα 4.91: Τομή Γ με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



Σχήμα 4.92: Τομή Η με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



Σχήμα 4.93: Τομή Ι με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών

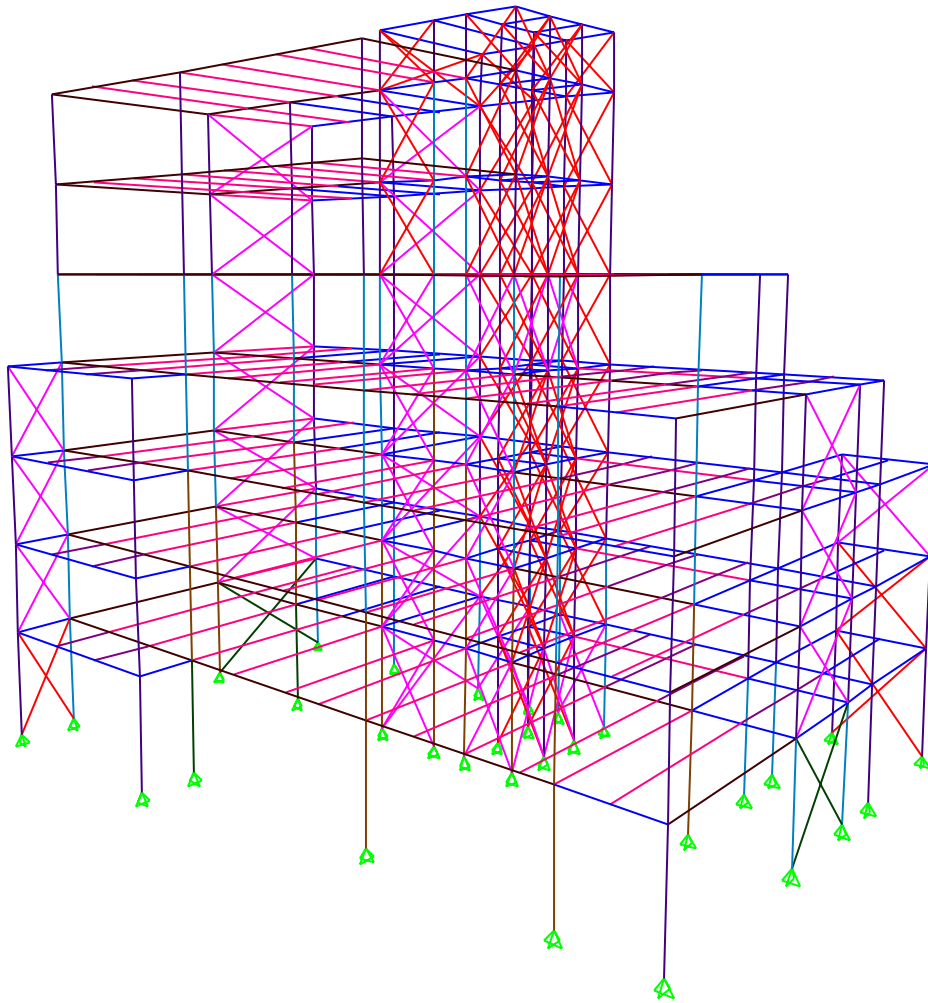
## 4.2.3 Λύση 2

### 4.2.3.1 Γεωμετρία του φορέα

Στην λύση αυτή, η διάταξη και οι διατομές των δοκών, των διαδοκίδων και των χιαστί είναι ίδιες με την λύση 1. Τα χιαστί τώρα έχουν κοίλες τετραγωνικές διατομές, μόνο που στη θέση της κοίλης κυκλικής διατομής 60.3x4 είναι κοίλη τετραγωνική 50x4, στη θέση της 101.6x6.3 είναι η 70x8 και στη θέση της 114.3x8 βρίσκεται η 90x8.

Στο παρακάτω σχήμα (4.94), τα χιαστί με κόκκινο έχουν διατομή 50x4 (διαστάσεις σε mm, η πρώτη είναι το μήκος της πλευράς και η δεύτερη το πάχος), με ροζ είναι η διατομή 70x8 και με πράσινο η διατομή 90x8.

Η τομή 3 (σχήμα 4.95) είναι η μόνη που έχει διαφορετική διάταξη υποστυλωμάτων από την λύση 1.



**Σχήμα 4.94:** Τρισδιάστατη όψη του κτιρίου για την δεύτερη λύση.

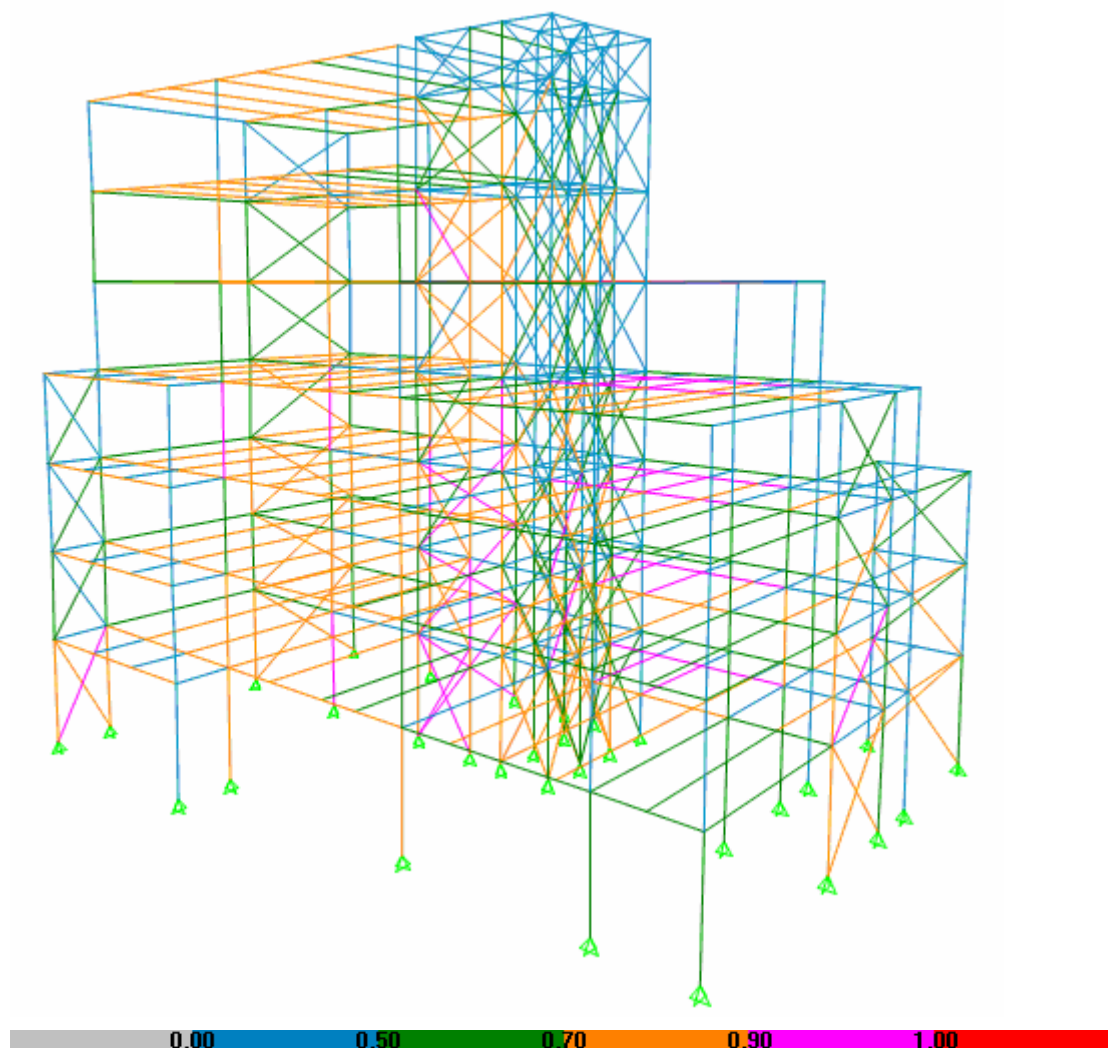


### 4.2.3.2 Αποτελέσματα ανάλυσης

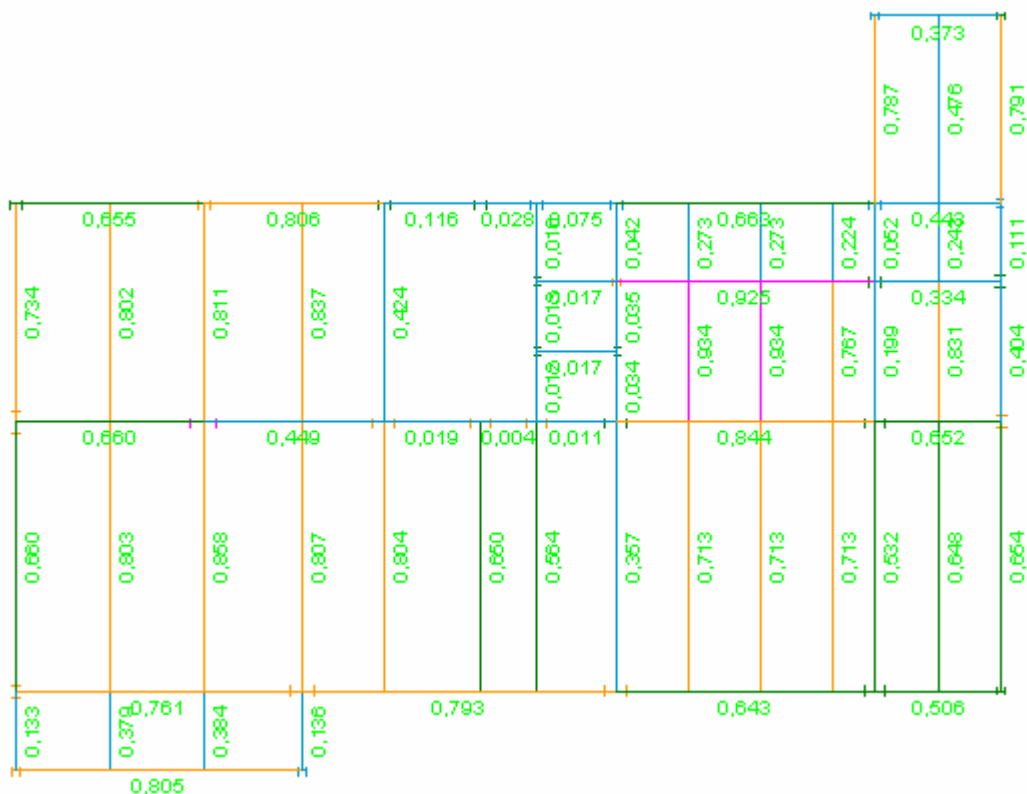
#### I) Ιδιομορφές-ιδιοπερίοδοι

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
1	2,12356	66,0246	0,2079	0	66,0246	0,2079	0
2	1,34856	0,5301	72,9268	0	66,5547	73,1347	0
3	1,151426	2,1673	1,9394	0	68,722	75,0742	0
4	0,710052	16,8414	0,966	0	85,5634	76,0402	0
5	0,543097	5,6344	7,6415	0	91,1978	83,6817	0
6	0,414802	0,9403	7,0906	0	92,138	90,7723	0
7	0,356277	2,87	1,6019	0	95,0081	92,3742	0
8	0,287197	1,7354	3,4111	0	96,7435	95,7853	0
9	0,240592	0,5858	0,6424	0	97,3293	96,4277	0
10	0,21867	0,1468	1,4591	0	97,4761	97,8868	0
11	0,193385	0,886	0,492	0	98,3621	98,3787	0
12	0,174407	0,5199	0,0025	0	98,882	98,3812	0

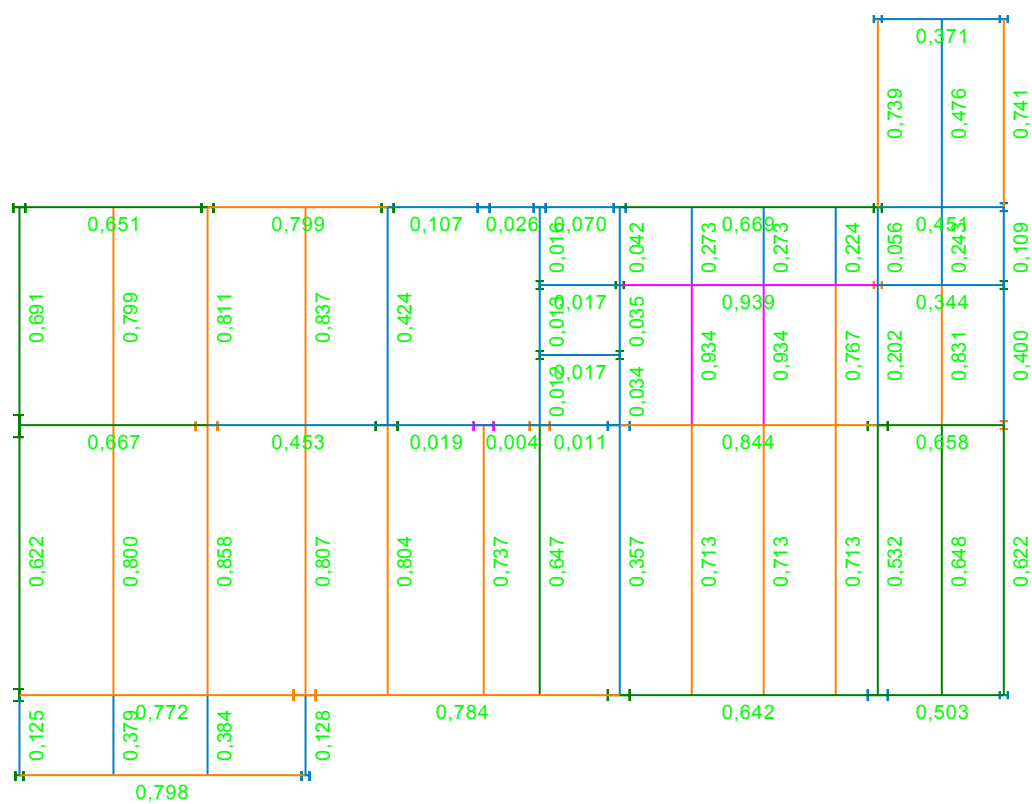
#### II) Λόγοι χρησιμοποίησης διατομών



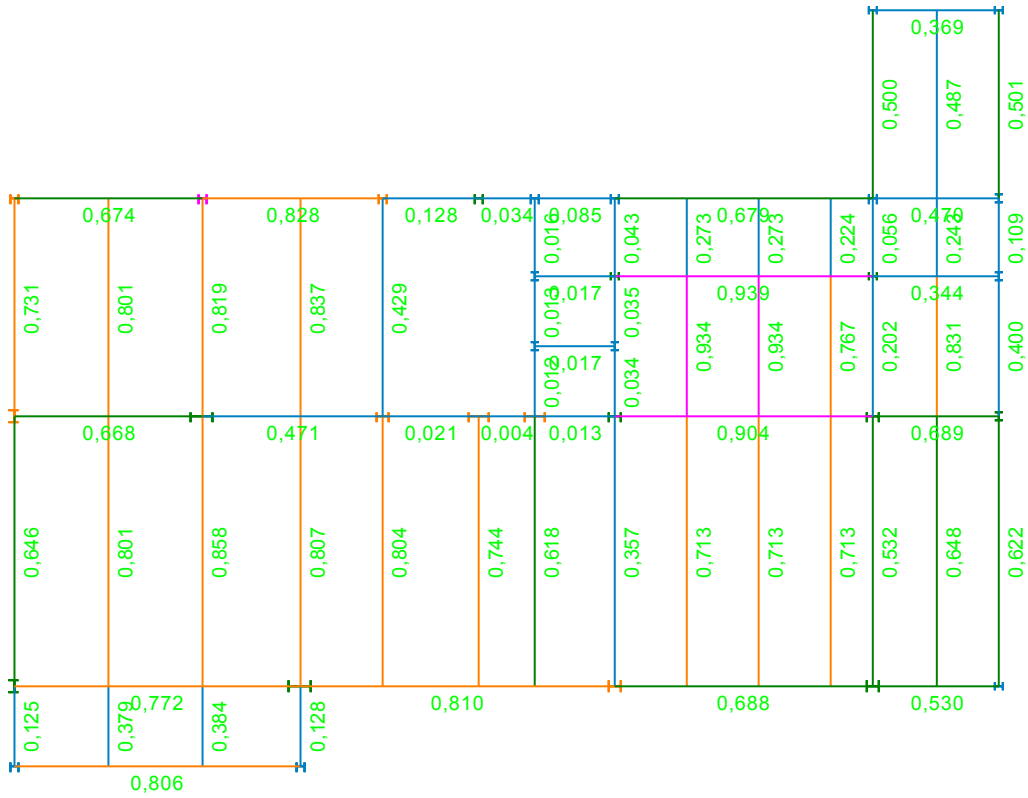
**Σχήμα 4.96:** Τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



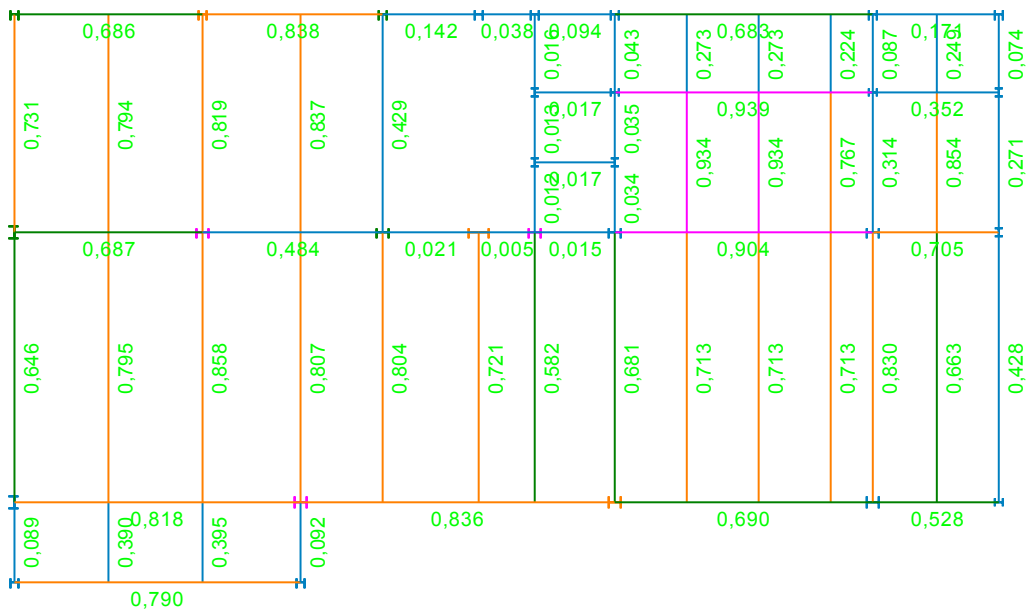
Σχήμα 4.97: Κάτοψη επιπέδου 1 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



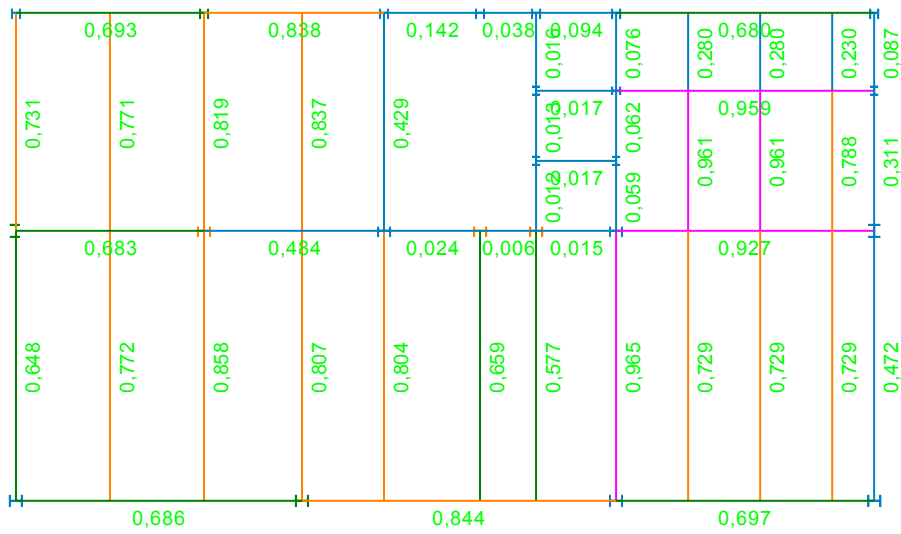
Σχήμα 4.98: Κάτοψη επιπέδου 2 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



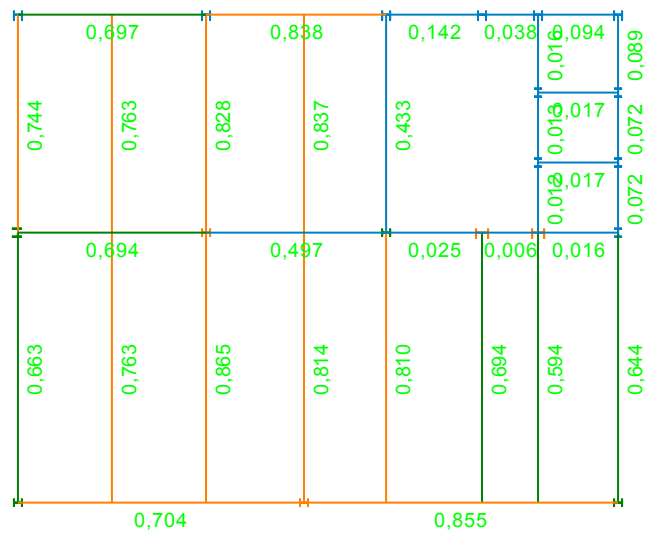
Σχήμα 4.99: Κάτοψη επιπέδου 3 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



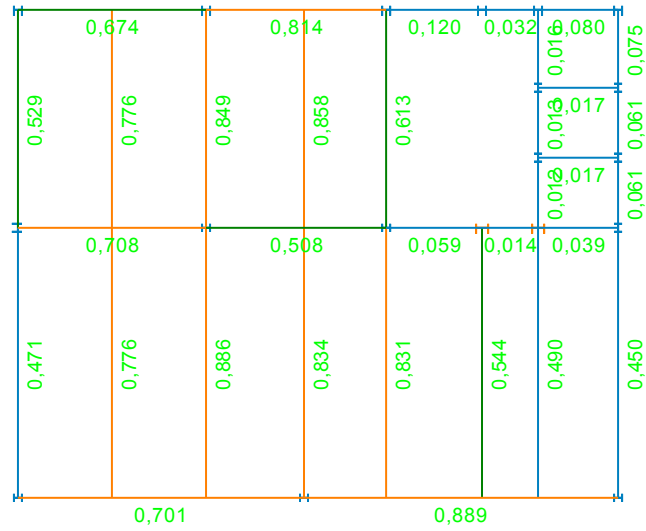
Σχήμα 4.100: Κάτοψη επιπέδου 4 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



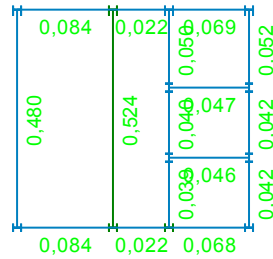
Σχήμα 4.101: Κάτοψη επιπέδου 5 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



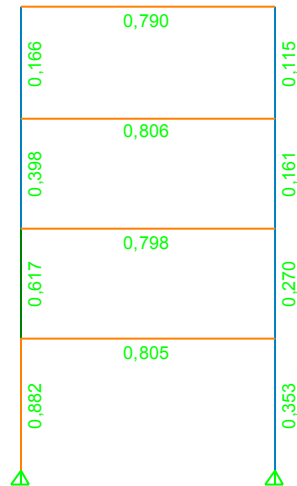
Σχήμα 4.102: Κάτοψη επιπέδου 6 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



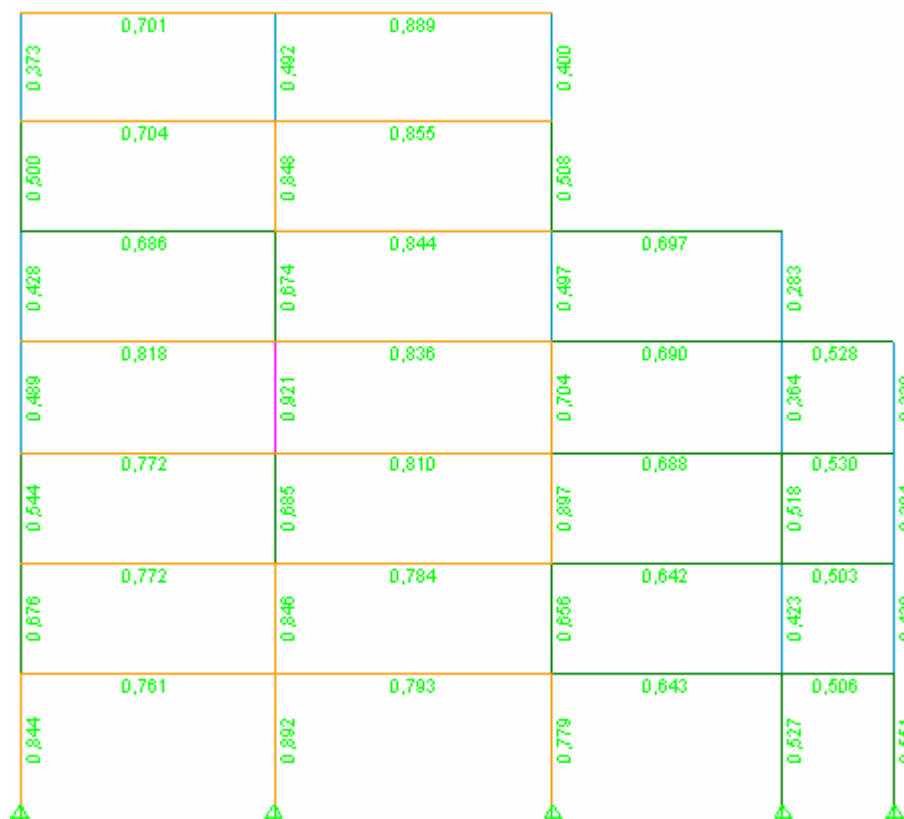
**Σχήμα 4.103:** Κάτοψη επιπέδου 7 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



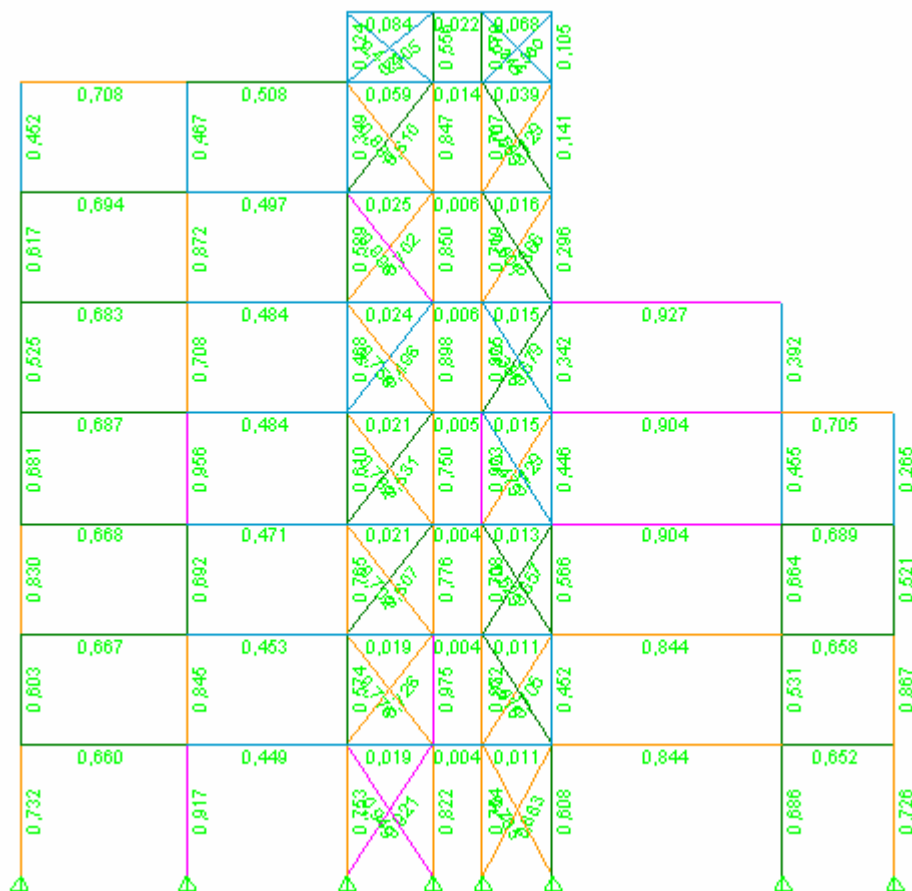
**Σχήμα 4.104:** Κάτοψη επιπέδου 8 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



**Σχήμα 4.105:** Τομή 1 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



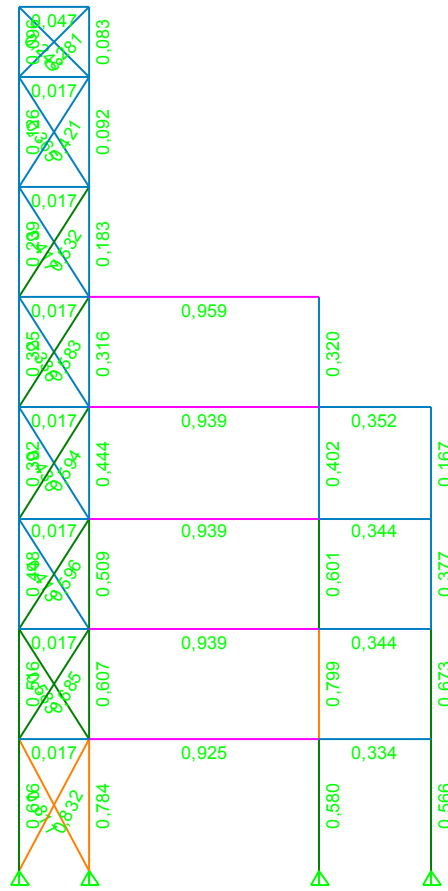
Σχήμα 4.106: Τομή 2 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



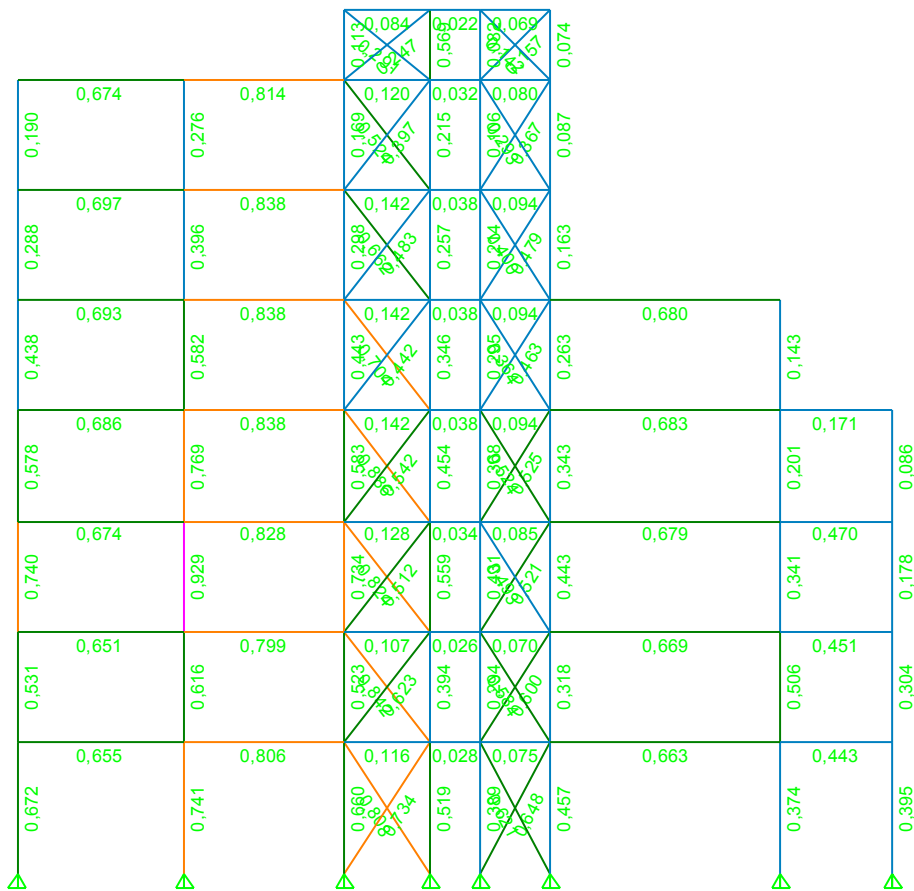
Σχήμα 4.107: Τομή 3 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



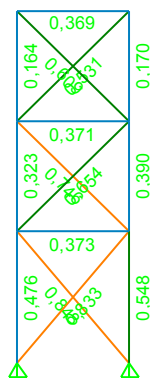
Σχήμα 4.108: Τομή 4 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



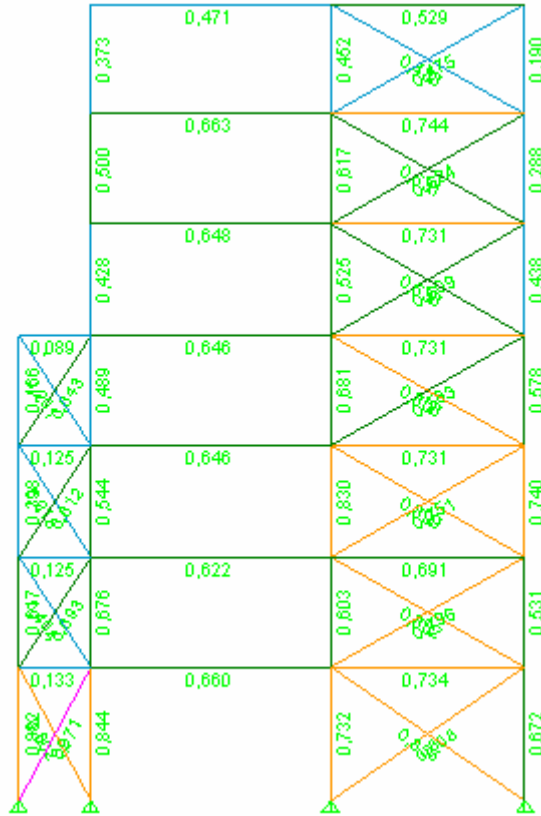
Σχήμα 4.109: Τομή 5 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



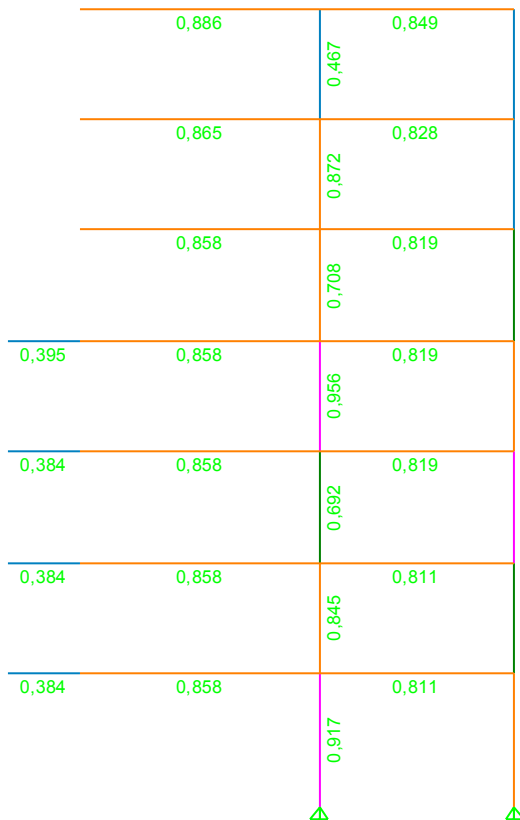
Σχήμα 4.110: Τομή 6 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



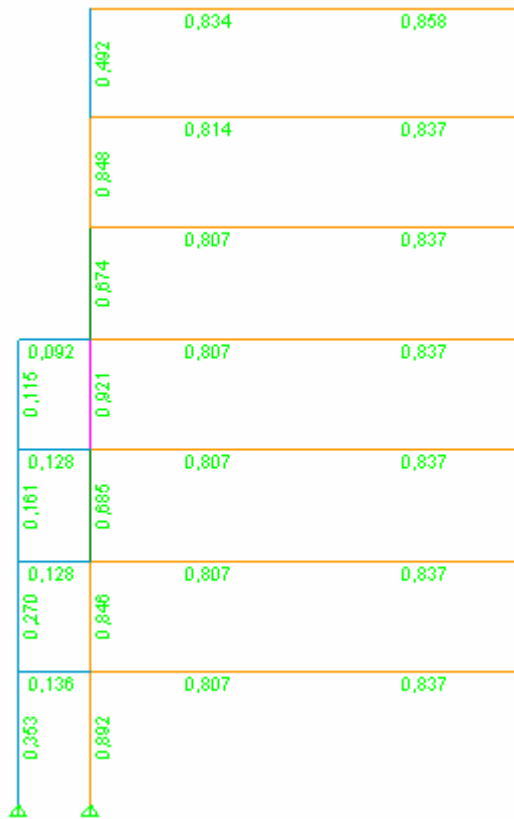
Σχήμα 4.111: Τομή 7 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



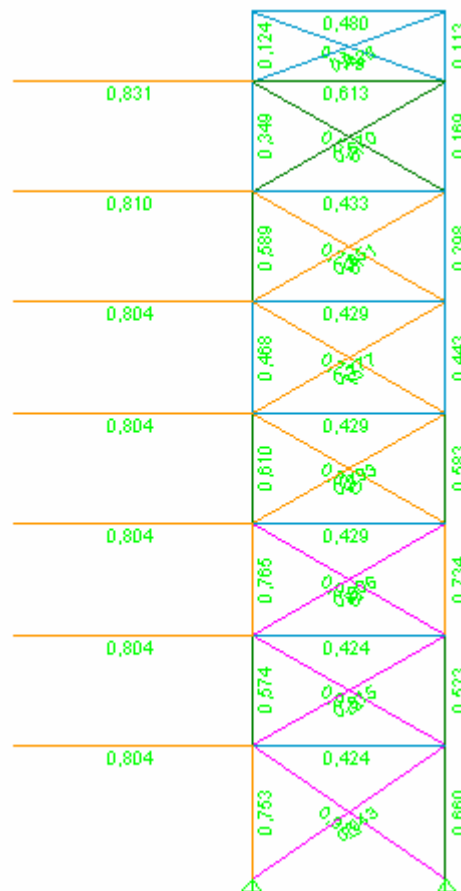
Σχήμα 4.112: Τομή Α με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



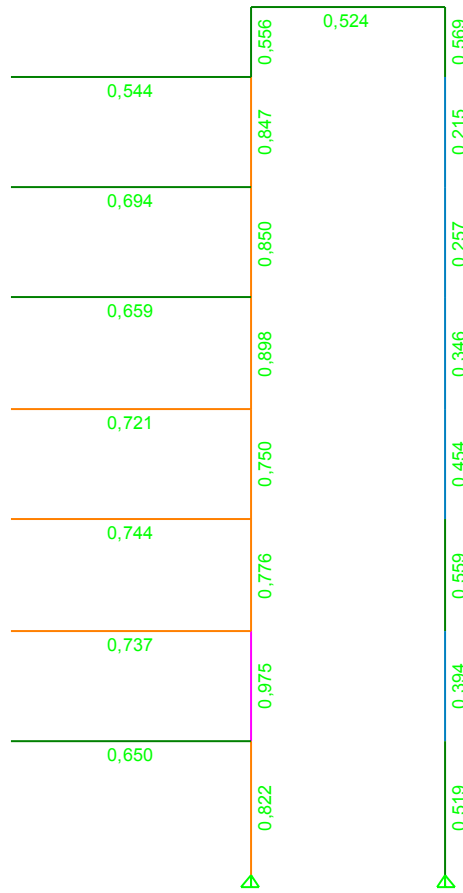
Σχήμα 4.113: Τομή Β με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



Σχήμα 4.114: Τομή C με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



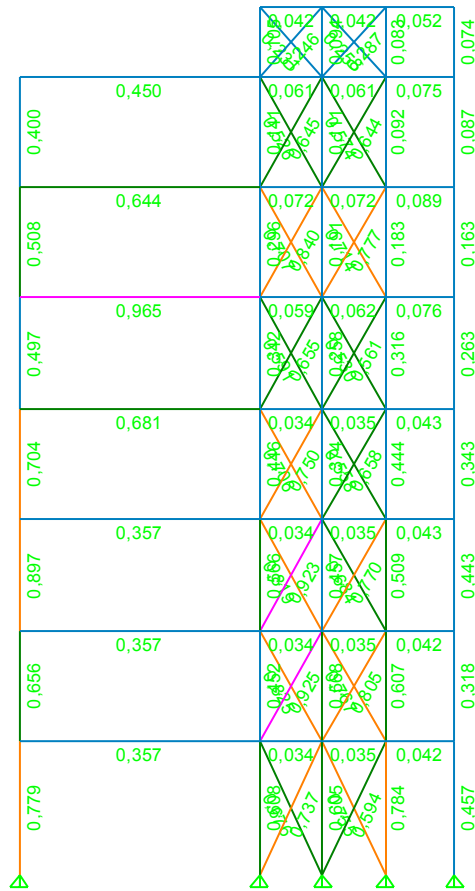
Σχήμα 4.115: Τομή D με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



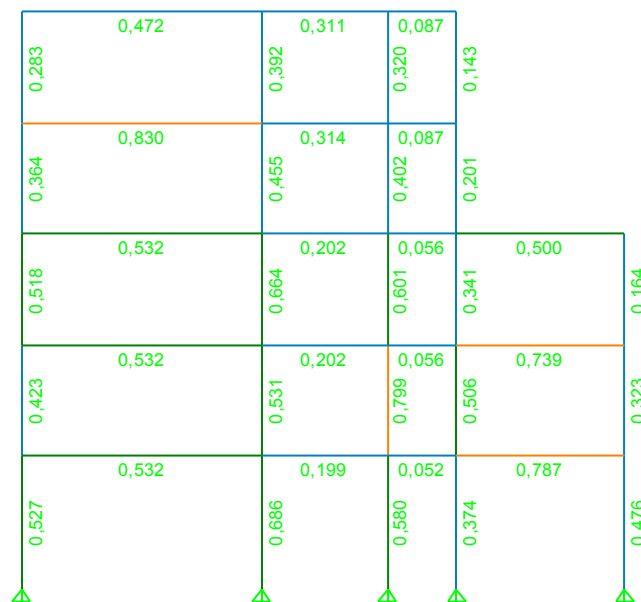
Σχήμα 4.116: Τομή Ε με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών

	0,576	0,039	0,040	0,050	0,082
0,490	0,707	0,012	0,013	0,016	0,106
0,594	0,719	0,012	0,013	0,016	0,214
0,577	0,825	0,012	0,013	0,016	0,295
0,582	0,923	0,012	0,013	0,016	0,368
0,618	0,708	0,012	0,013	0,016	0,431
0,647	0,872	0,012	0,013	0,016	0,294
0,564	0,754	0,012	0,013	0,016	0,389
	0,636				
	0,616				

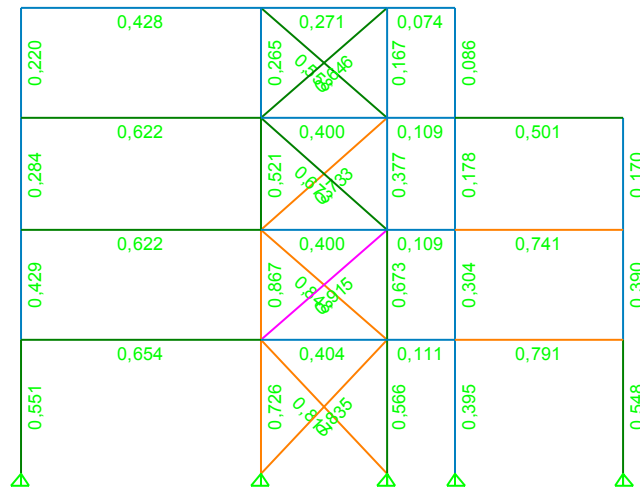
Σχήμα 4.117: Τομή F με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



Σχήμα 4.118: Τομή G με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



Σχήμα 4.119: Τομή H με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



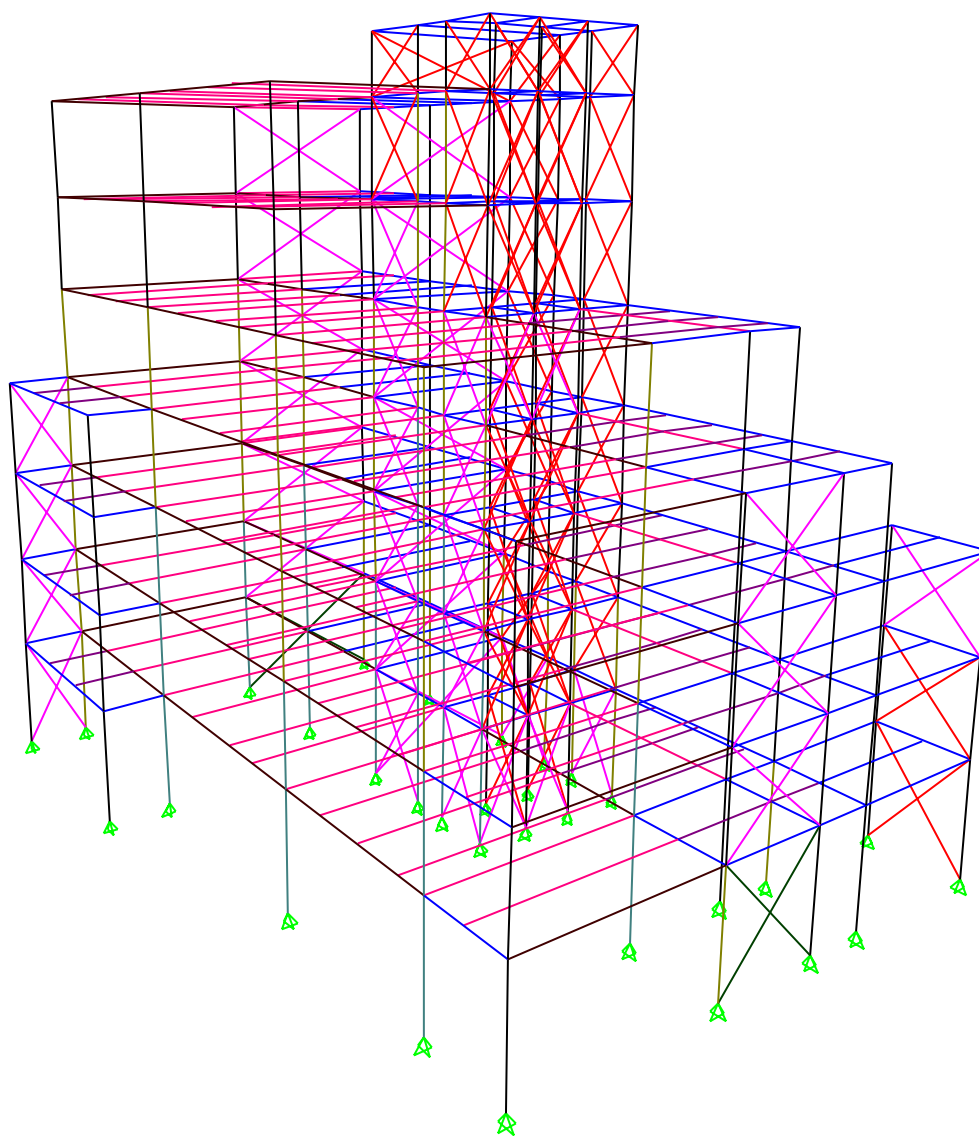
Σχήμα 4.120: Τομή Ι με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών

## 4.2.4 Λύση 3

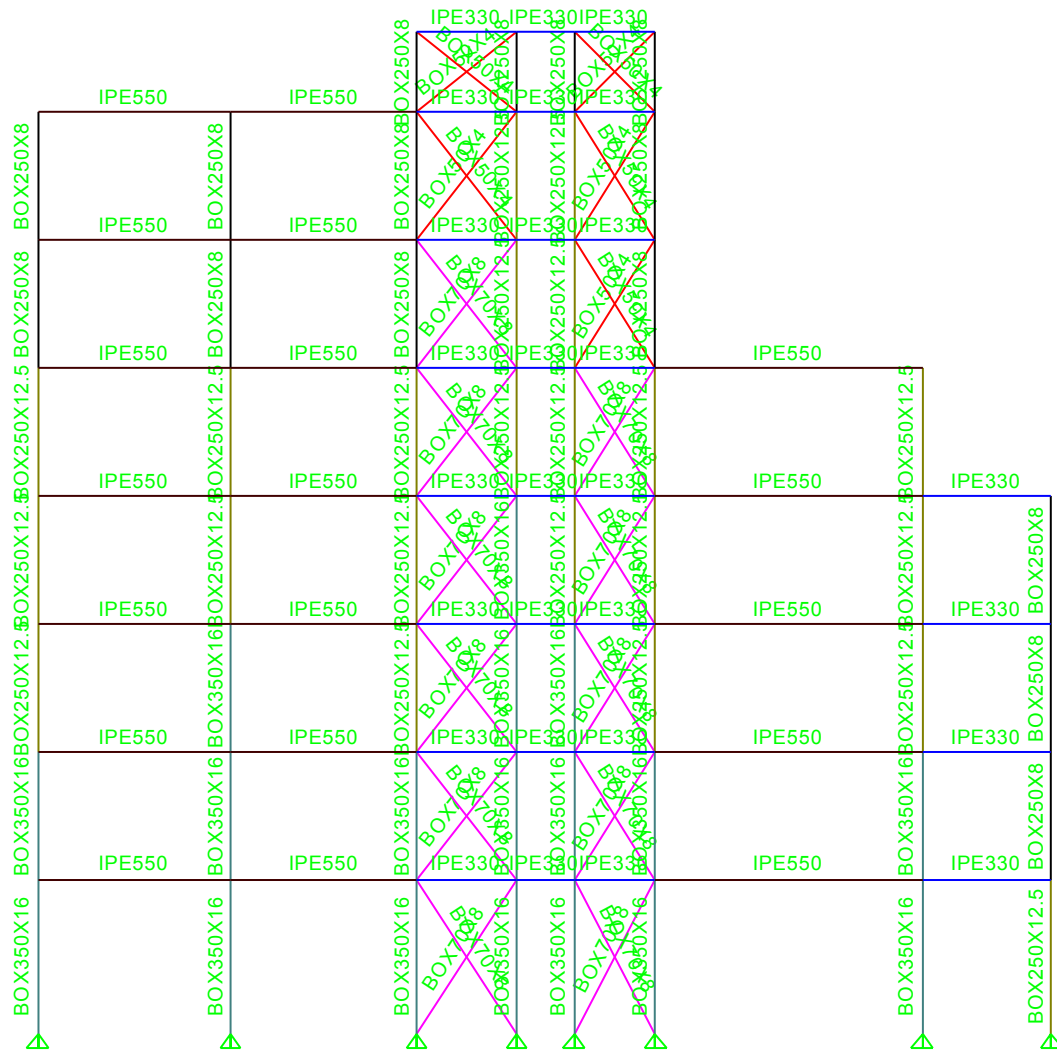
### 4.2.4.1 Γεωμετρία του κτιρίου

Σ' αυτή την περίπτωση, οι δοκοί και οι διαδοκίδες είναι ίδιες με τη λύση 2. Τα χιαστί έχουν επίσης μικρές διαφορές. Αυτό που αλλάζει είναι ότι τα υποστυλώματα έχουν κοίλες τετραγωνικές διατομές. Η διάταξή τους είναι ίδια με πριν, μόνο που τώρα αντί για HEA600 τα υποστυλώματα έχουν κοίλη τετραγωνική 350x16, αντί για HEA340 έχουν 250x12.5 και αντί για HEA240 έχουν 250x8. Δεν χρειάστηκε να τοποθετηθεί πρόσθετη διατομή για την HEA700.

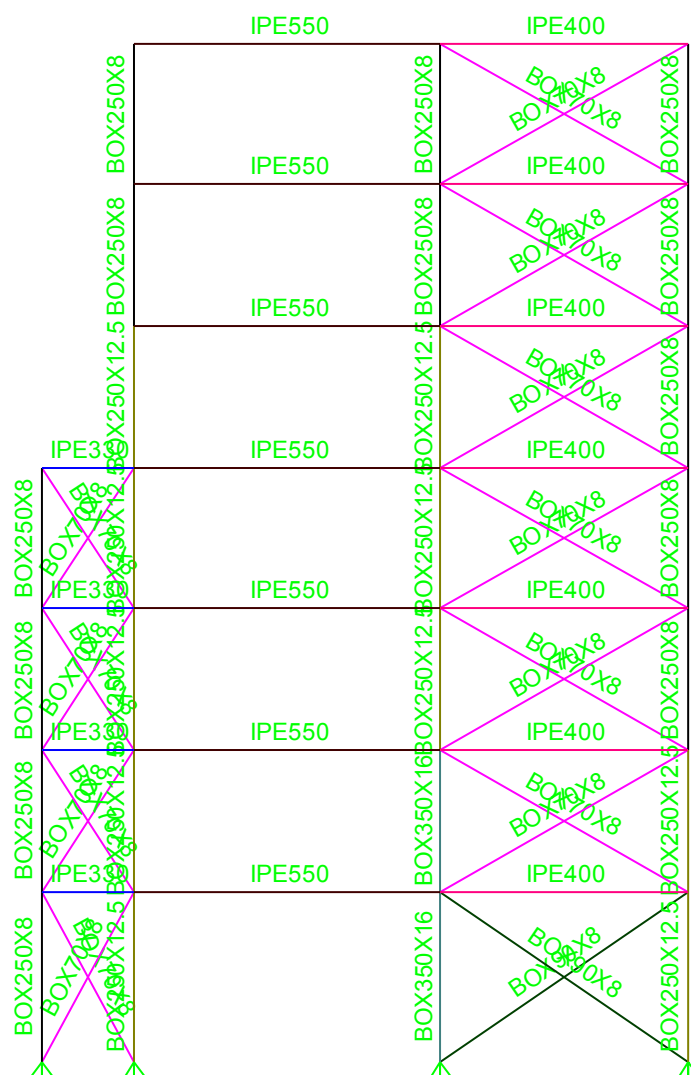
Παρακάτω παρουσιάζονται οι τομές του κτιρίου που τα χιαστί έχουν διαφορετική διάταξη απ' ότι στη λύση 2 (σχήματα 4.122 και 4.123). Η διατομή 350x16 είναι με μπλε χρώμα, η 250x12.5 με λαδί και η 250x8 με μαύρο.



Σχήμα 4.121: Τρισδιάστατη όψη του κτιρίου για την τρίτη λύση.



Σχήμα 4.122: Τομή 3 για την τρίτη λύση.



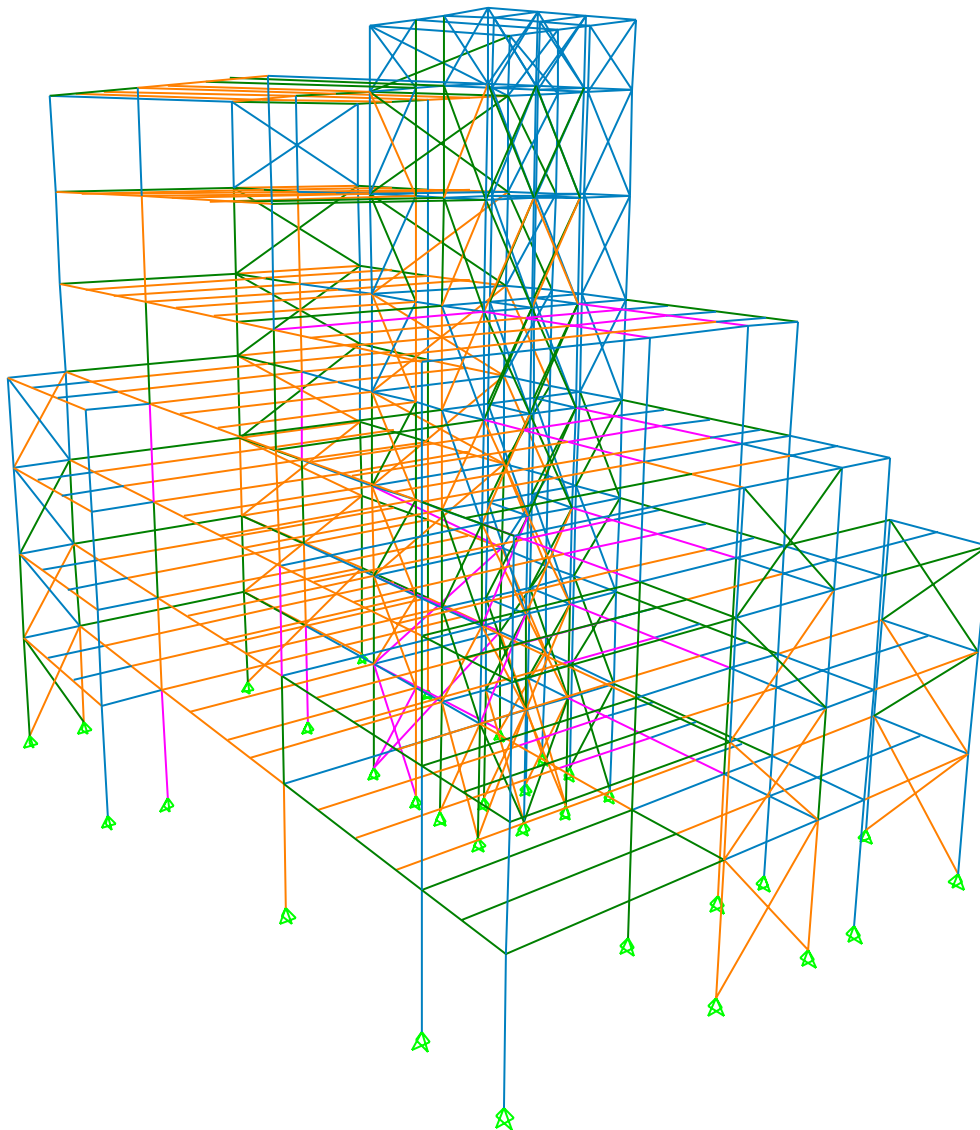
Σχήμα 4.123: Τομή Α για την τρίτη λύση

#### 4.2.4.2: Αποτελέσματα ανάλυσης

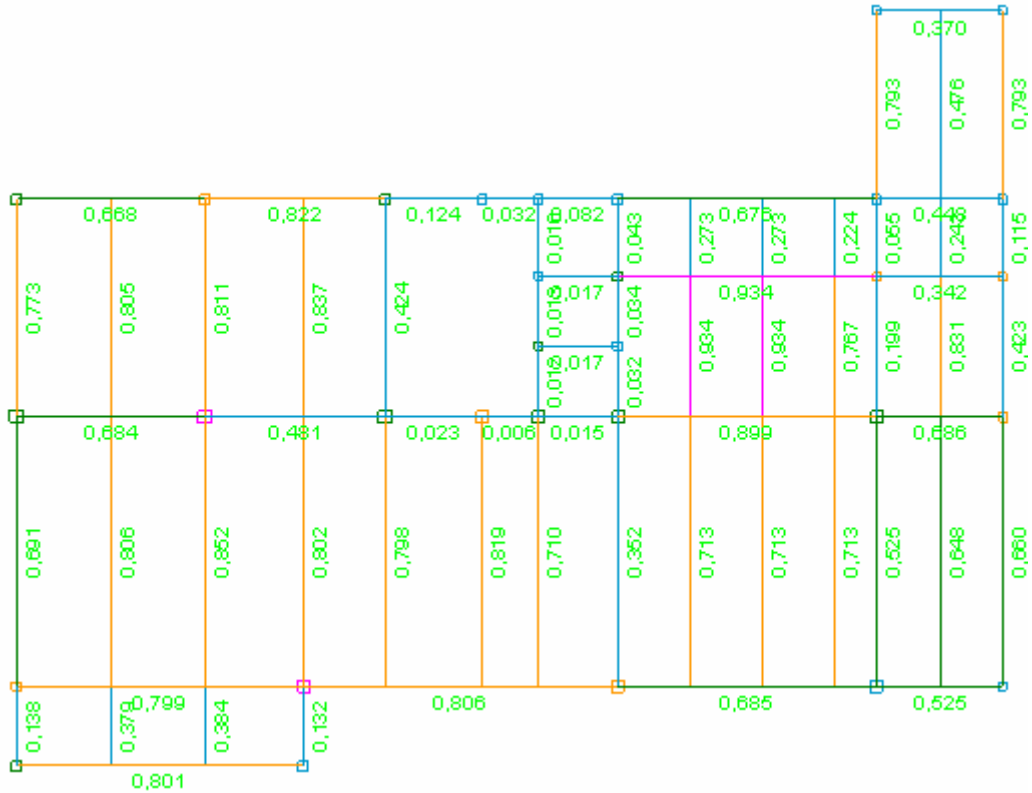
##### Ι) Ιδιομορφές – ιδιοπερίοδοι

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
1	2,160413	65,4675	0,3225	0	65,4675	0,3225	0
2	1,368796	0,826	71,2575	0	66,2935	71,58	0
3	1,167471	2,0344	3,481	0	68,3279	75,061	0
4	0,710512	17,3367	0,9595	0	85,6647	76,0205	0
5	0,541946	6,072	7,0672	0	91,7367	83,0876	0
6	0,409535	0,9082	7,4012	0	92,6448	90,4889	0
7	0,35969	2,9373	1,3176	0	95,5821	91,8065	0
8	0,284982	1,6103	3,4737	0	97,1924	95,2802	0
9	0,24497	0,621	0,5532	0	97,8134	95,8333	0
10	0,214571	0,1337	1,711	0	97,9472	97,5444	0
11	0,194338	1,154	0,4741	0	99,1012	98,0185	0
12	0,177109	0,3116	0,2385	0	99,4128	98,257	0

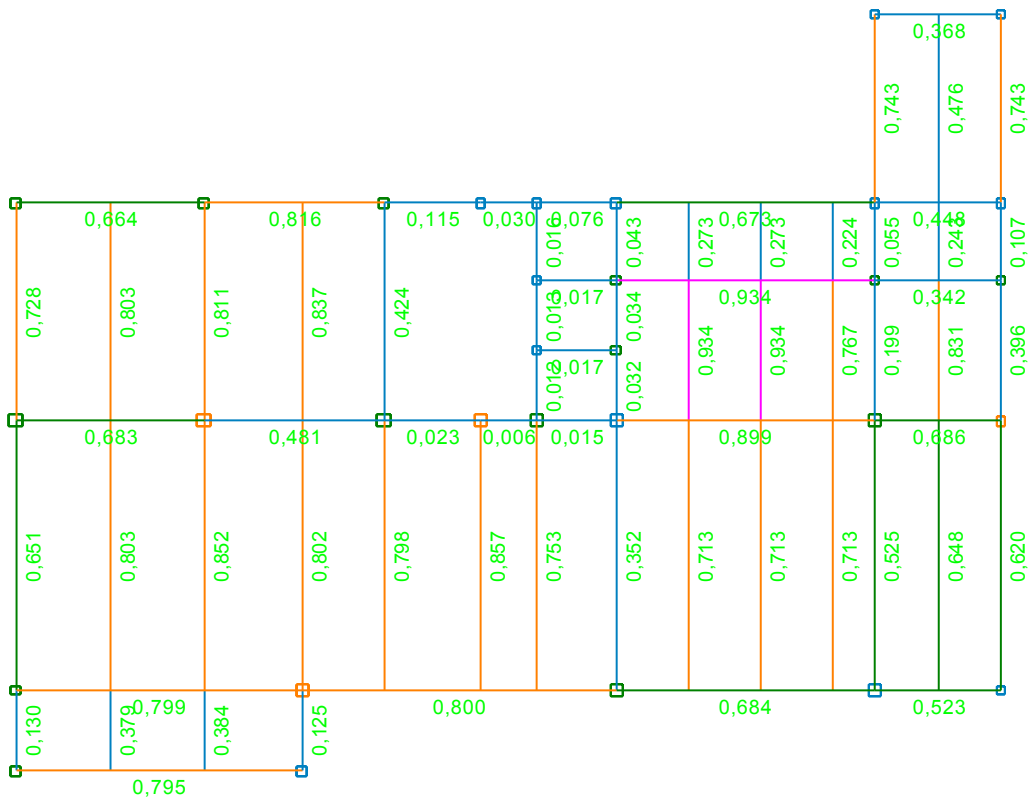
## II) Αποτελέσματα ανάλυσης



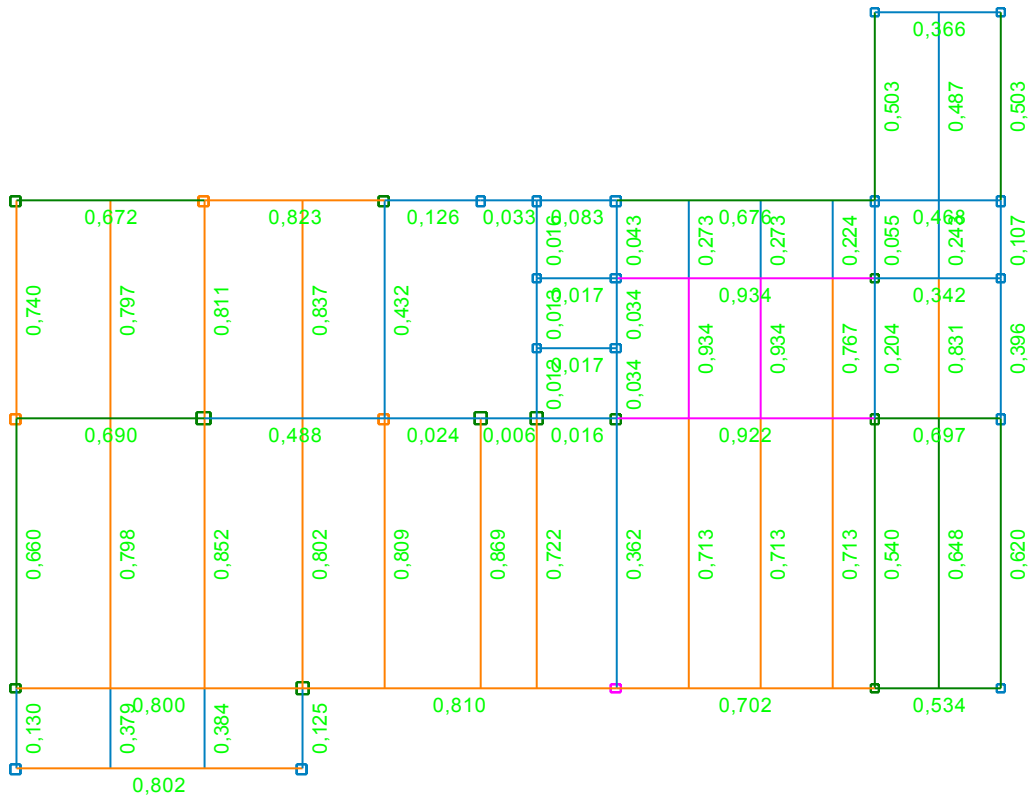
0.00 0.50 0.70 0.90 1.00  
Σχήμα 4.124: Τρισδιάστατη όψη του κτιρίου με τα αποτελέσματα της ανάλυσης για την τρίτη λύση.



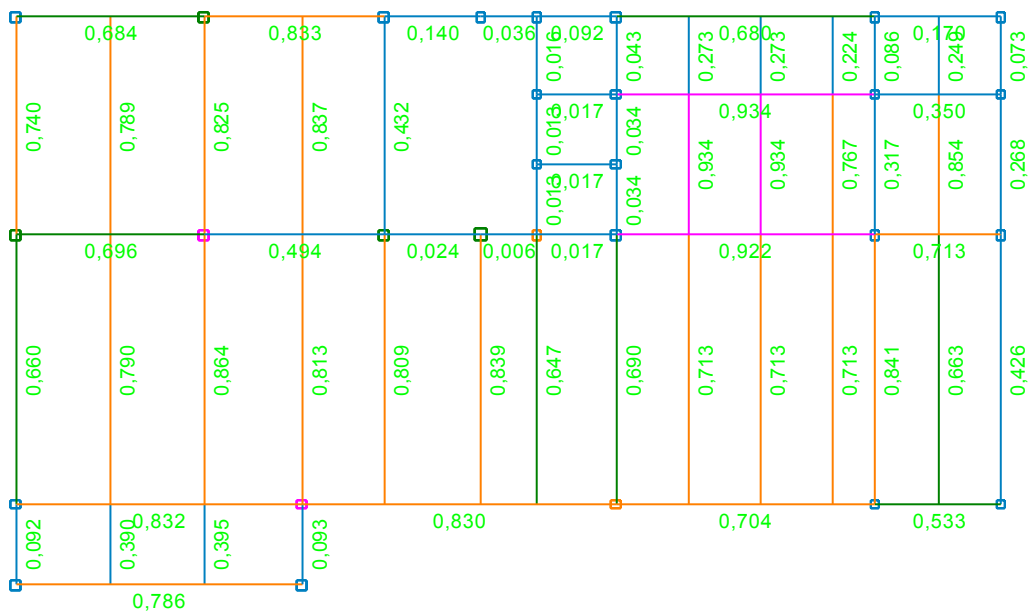
Σχήμα 4.125: Κάτοψη ορόφου 1 με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



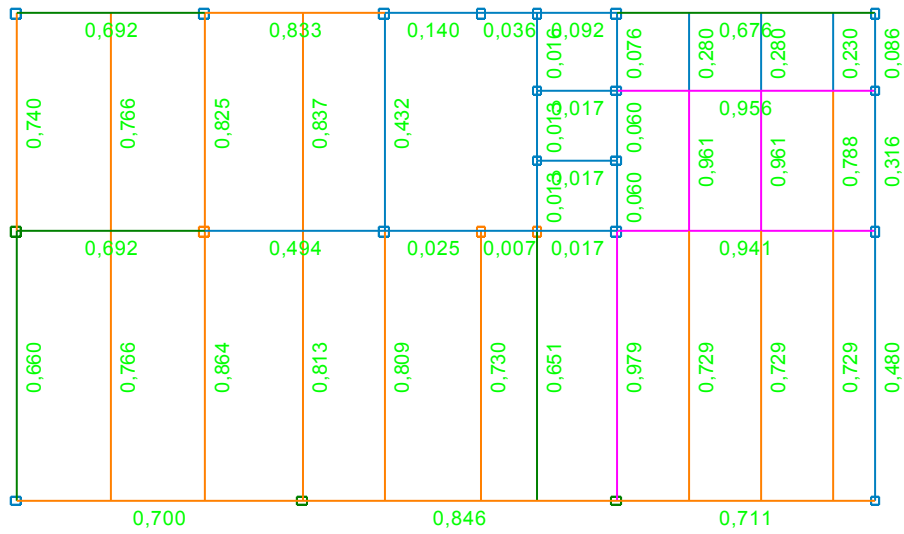
Σχήμα 4.126: Κάτοψη ορόφου 2 με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



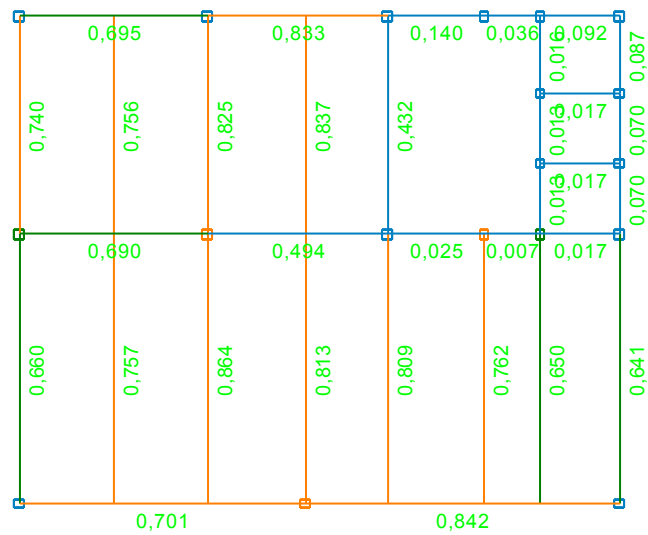
Σχήμα 4.127: Κάτοψη ορόφου 3 με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



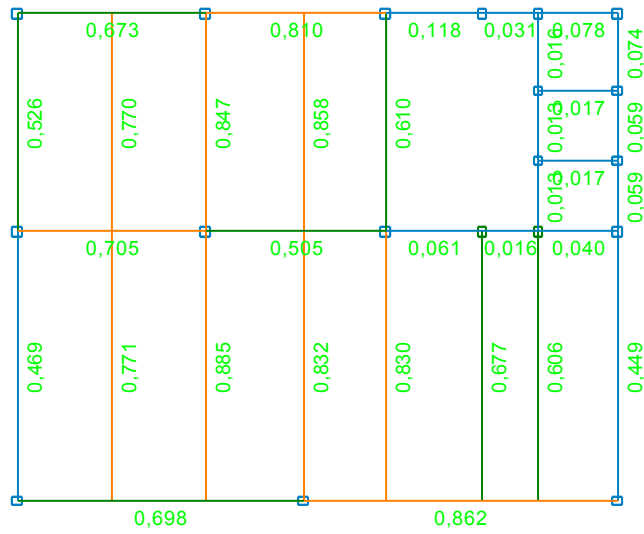
Σχήμα 4.128: Κάτοψη ορόφου 4 με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



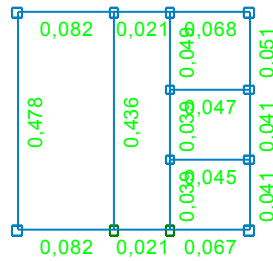
Σχήμα 4.129: Κάτοψη ορόφου 5 με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



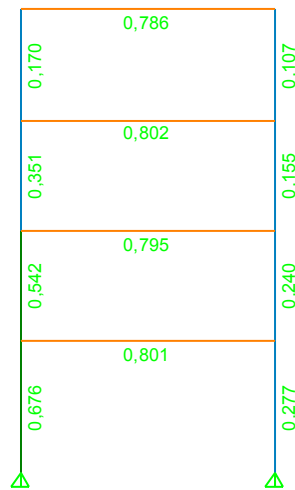
Σχήμα 4.130: Κάτοψη ορόφου 6 με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



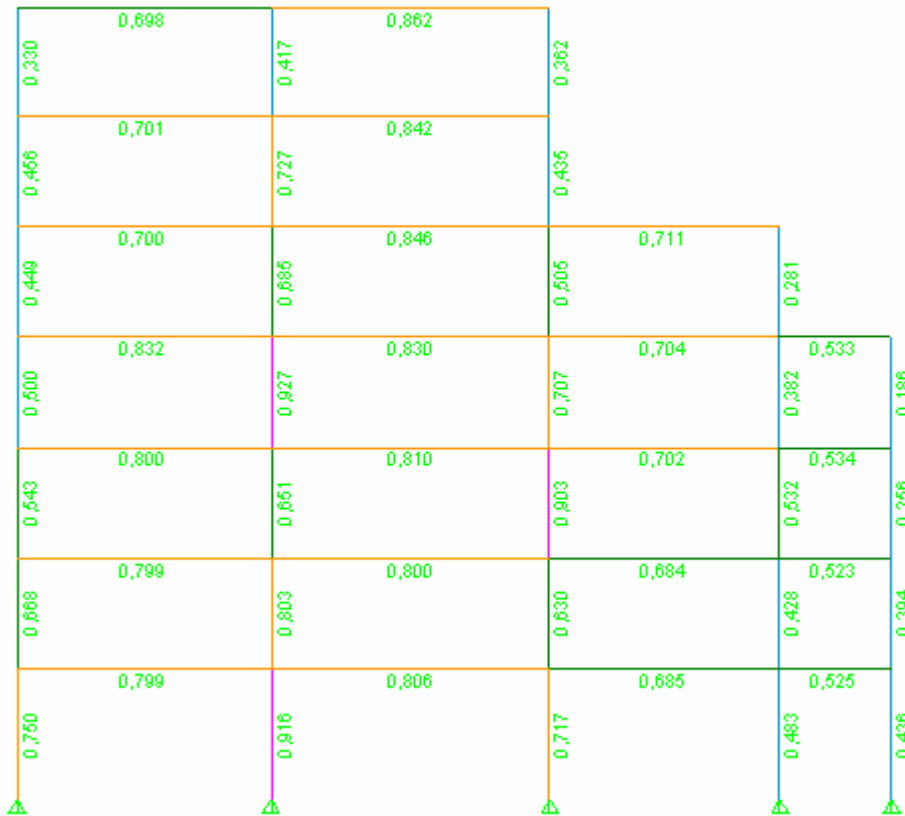
Σχήμα 4.131: Κάτοψη ορόφου 7 με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



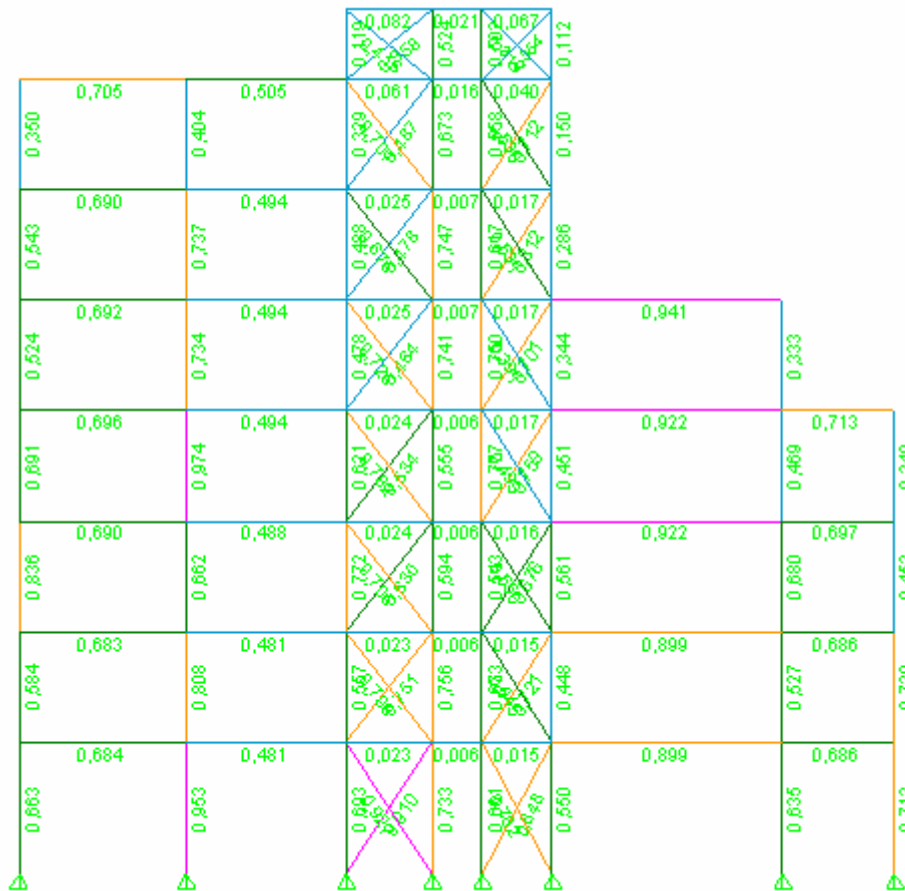
Σχήμα 4.132: Κάτοψη ορόφου 8 με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



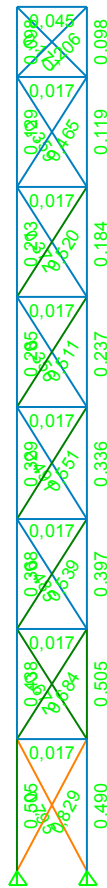
Σχήμα 4.133: Τομή 1 με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



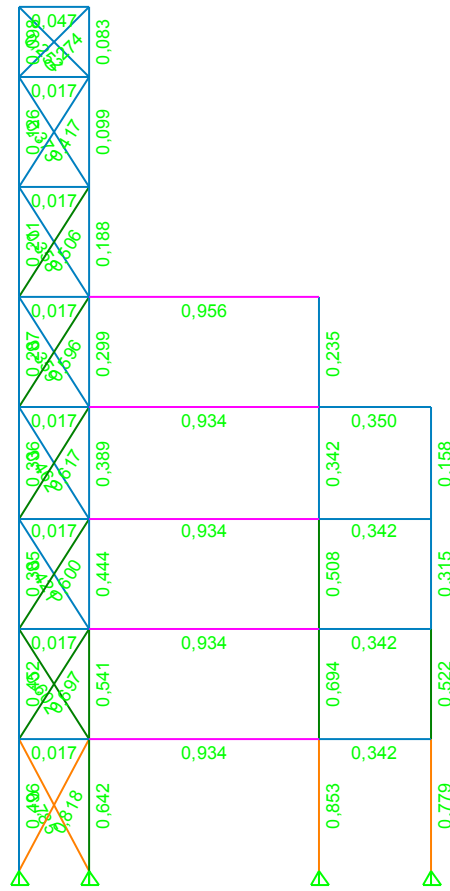
Σχήμα 4.134: Τομή 2 με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



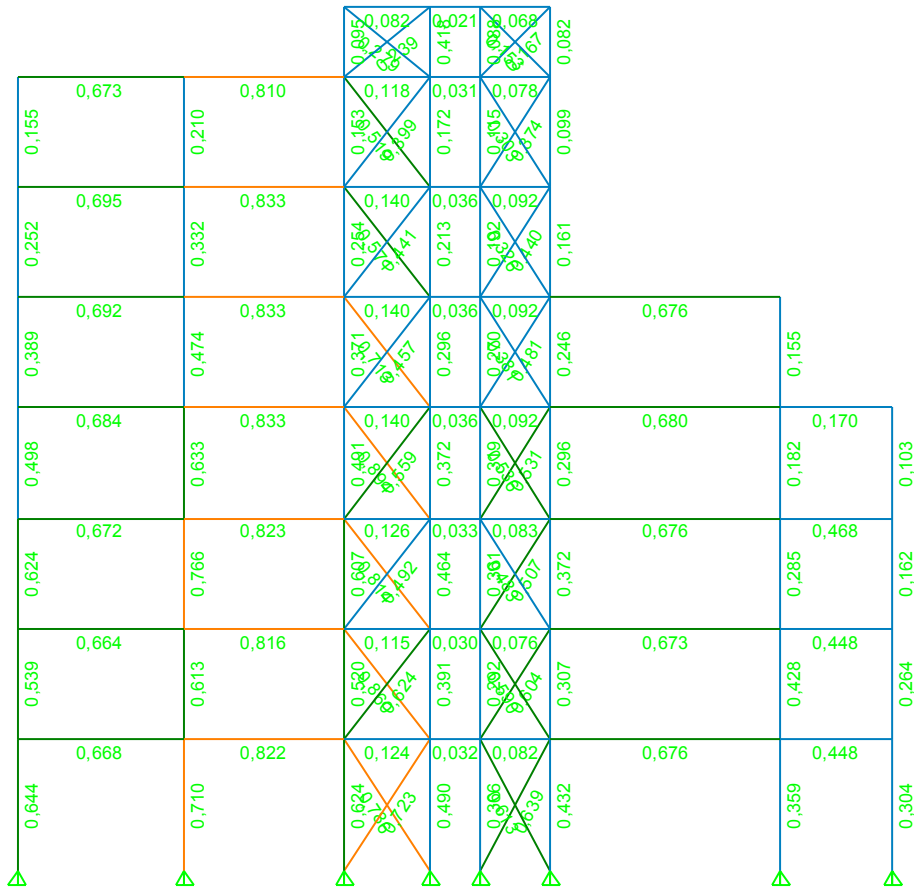
Σχήμα 4.135: Τομή 3 με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



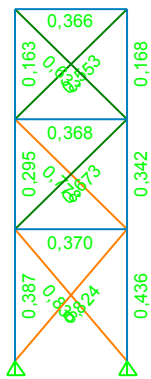
Σχήμα 4.136: Τομή 4 με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



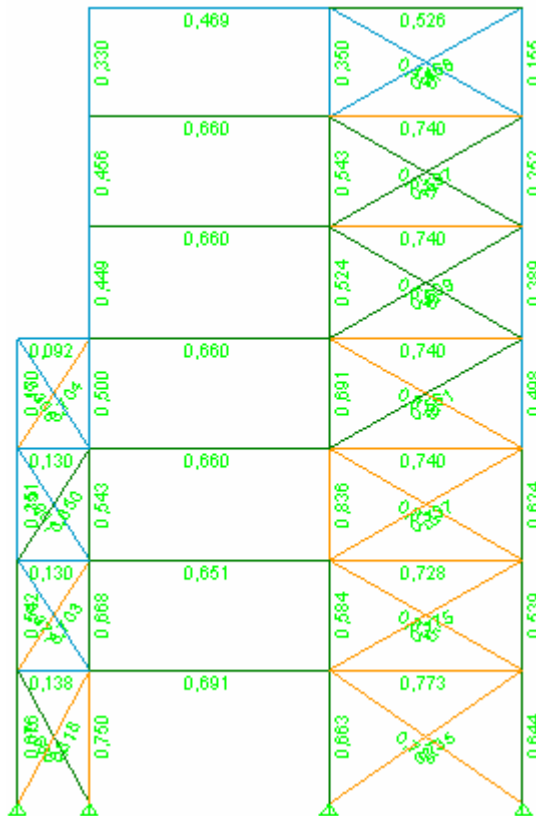
Σχήμα 4.137: Τομή 5 με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



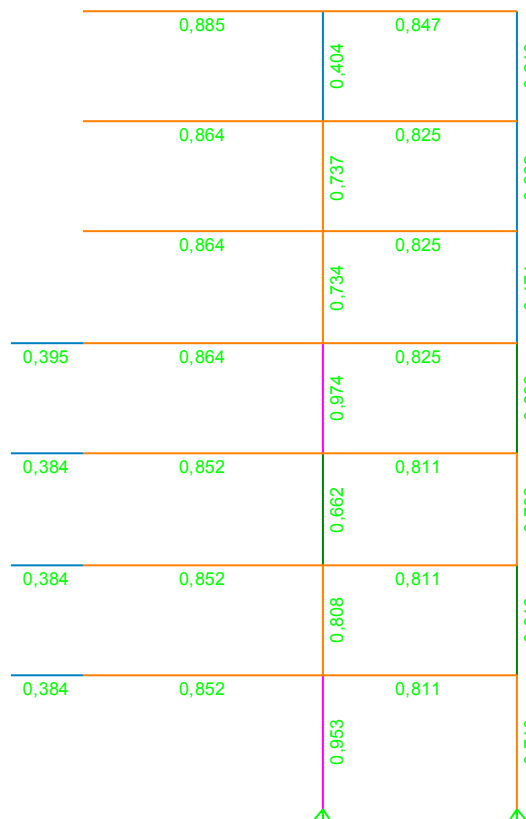
Σχήμα 4.138: Τομή 6 με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



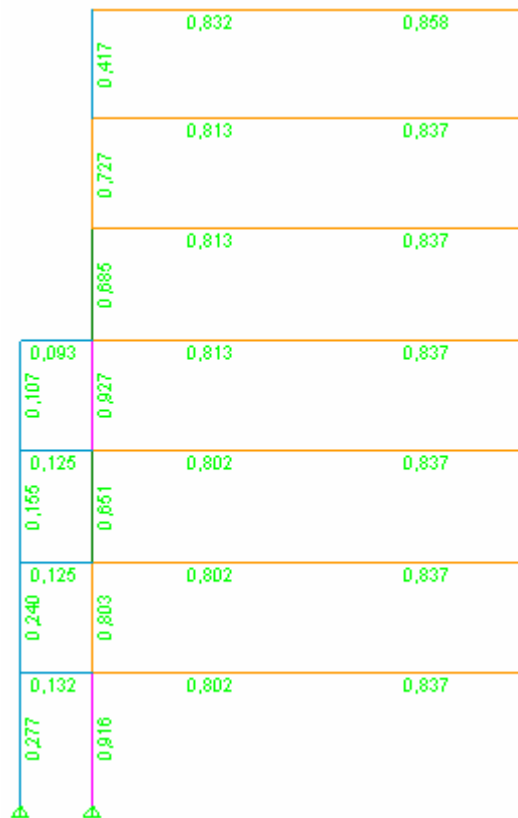
Σχήμα 4.139: Τομή 7 με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



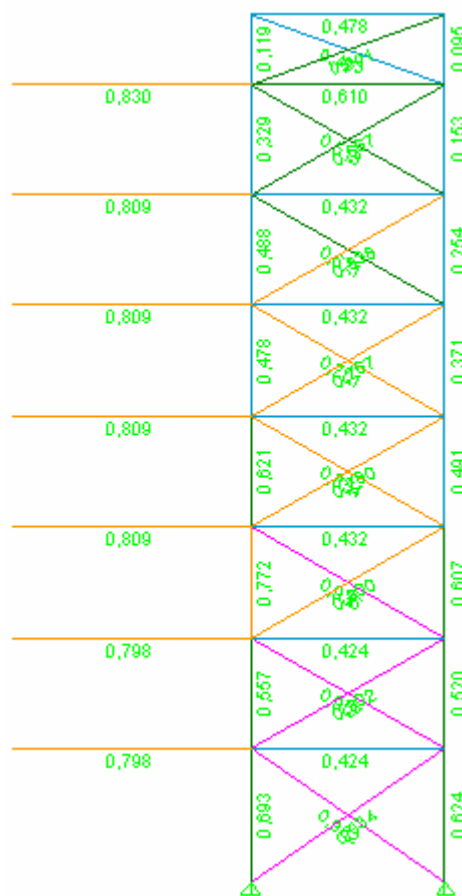
Σχήμα 4.140: Τομή Α με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



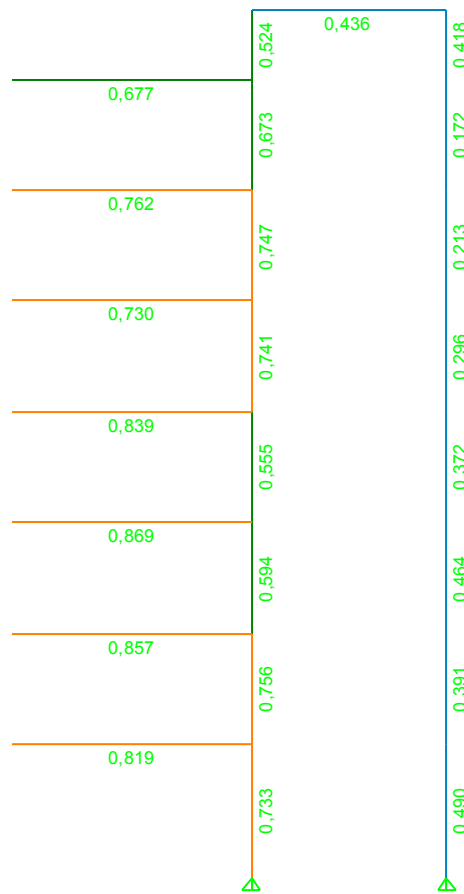
Σχήμα 4.141: Τομή Β με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



Σχήμα 4.142: Τομή C με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



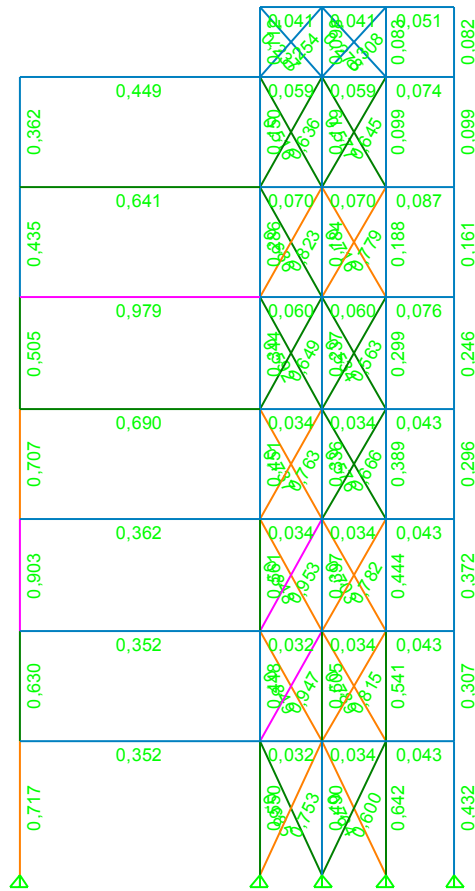
Σχήμα 4.143: Τομή D με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



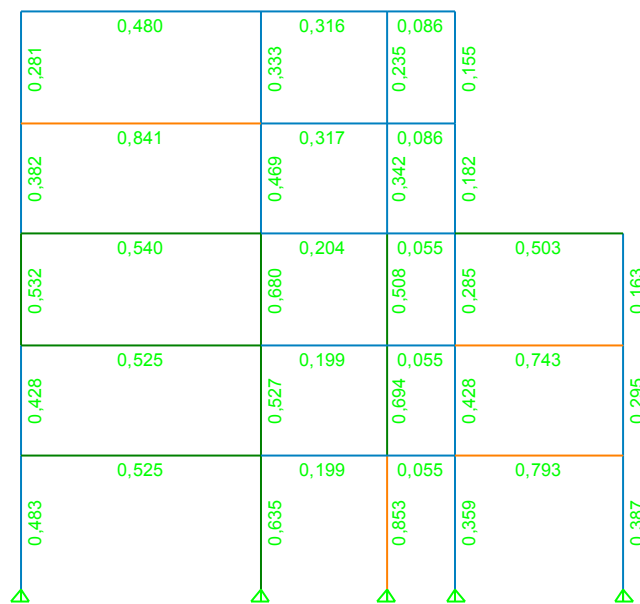
Σχήμα 4.144: Τομή Ε με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών

	0,502	0,039	0,096	0,049	0,088
0,606	0,013	0,013	0,013	0,016	0,115
	0,558	0,129	0,126	0,115	0,115
0,650	0,013	0,013	0,016	0,016	0,192
	0,617	0,213	0,211	0,211	0,192
0,651	0,013	0,013	0,016	0,016	0,270
	0,750	0,285	0,287	0,287	0,270
0,647	0,013	0,013	0,016	0,016	0,319
	0,777	0,329	0,336	0,336	0,319
0,722	0,012	0,013	0,016	0,016	0,361
	0,543	0,368	0,385	0,385	0,361
0,753	0,012	0,013	0,016	0,016	0,292
	0,673	0,438	0,452	0,452	0,292
0,710	0,012	0,013	0,016	0,016	0,366
	0,661	0,505	0,496	0,496	0,366

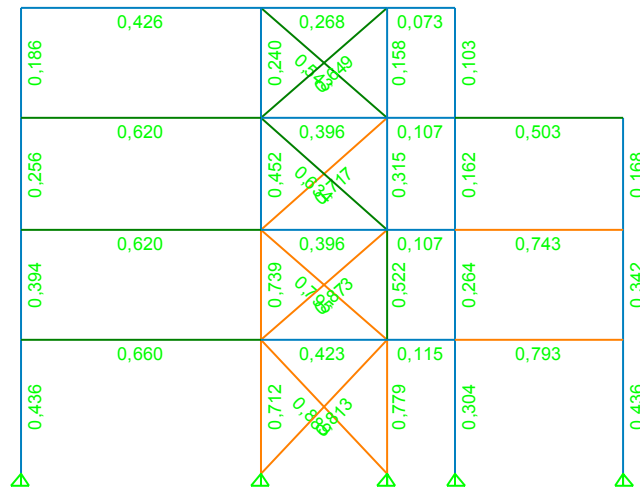
Σχήμα 4.145: Τομή F με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



Σχήμα 4.146: Τομή Γ με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



Σχήμα 4.147: Τομή Η με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών



Σχήμα 4.148: Τομή Ι με τους λόγους χρησιμοποίησης διατομών

#### 4.2.5 Σύγκριση των τριών λύσεων

Όγκος χάλυβα για κάθε λύση:

Λύση 1:  $V = 23,05 \text{ m}^3$

Λύση 2:  $V = 23,12 \text{ m}^3$

Λύση 3:  $V = 22,80 \text{ m}^3$

Οι όγκοι δεν διαφέρουν πολύ μεταξύ τους οπότε οι τρεις λύσεις θεωρούνται ίδιες από πλευρά κόστους. Για την μετέπειτα διερεύνηση επιλέχθηκε η λύση 2, δηλαδή διατομές HEA στα υποστυλώματα και κοίλες τετραγωνικές στα χιαστί.

### 4.3 Τελικό μοντέλο

#### 4.3.1 Κατασκευή του μοντέλου

Στα αρχικά μοντέλα η επιλογή του πλήθους των διατομών και η διάταξή τους έγινε με σκοπό να επιτευχθούν μεγάλοι λόγοι χρησιμοποίησης στις διατομές αλλά επίσης και το μοντέλο να είναι ομοιόμορφο.

Το τελικό μοντέλο αντίθετα φτιάχτηκε με τη λογική οι λόγοι χρησιμοποίησης των διατομών να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτεροι, ώστε να χρησιμοποιείται η μικρότερη δυνατή ποσότητα χάλυβα. Γι' αυτόν τον λόγο χρησιμοποιήθηκαν πολλές διαφορετικές διατομές. Θεωρήθηκε ότι με αυτόν τον τρόπο θα γινόταν καλύτερη σύγκριση μεταξύ των δύο μοντέλων.

Φυσικά κάτι τέτοιο προκαλεί μεγάλη ανομοιομορφία στο κτίριο και δεν θα γινόταν ποτέ στην πραγματικότητα.

Στη λύση αυτή τα υποστυλώματα, οι δοκοί και τα χιαστί έχουν διατομές κατηγορίας 1 ή 2, όπως ορίζει ο Ευρωκώδικας 8 για  $q=3$ . Τα χιαστί επίσης

έχουν ακτίνα αδρανείας σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Ευρωκώδικα 8 και ποιότητα χάλυβα S275. Το τελευταίο έγινε διότι με την αύξηση της ποιότητας του χάλυβα αυξάνεται και η αντοχή των μελών αλλά επιτρέπεται να μπουν και μεγαλύτερες διατομές. Θα μπορούσε να υπάρξει λύση και με χάλυβα S235, όμως θα έπρεπε να μπουν περισσότερα χιαστί, πράγμα που ήταν ανεπιθύμητο. Ήδη αυτά που τοποθετήθηκαν στις τομές 1 και 2 έρχονται σε αντίθεση με τα αρχιτεκτονικά σχέδια, τα οποία ορίζουν ότι στις θέσεις εκείνες υπάρχουν παράθυρα.

Τέλος, επιλέχθηκε να πυκνωθούν οι διαδοκίδες σε ορισμένες θέσεις, επειδή κατόπιν, στο προσομοίωμα του προκατασκευασμένου κτιρίου, χρειαζόνταν πολύ μεγάλες διατομές στις θέσεις αυτές. Επίσης προσομοιώθηκε η σκάλα, που είχε αγνοηθεί στα αρχικά μοντέλα. Μοναδική ανακρίβεια ήταν ότι στις κεκλιμένες πλάκες της σκάλας δεν ήταν δυνατό να τοποθετηθεί διάφραγμα.

### 4.3.2 Περιγραφή του κτιρίου

Οι διατομές που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

Κοίλες τετραγωνικές: 30x3, 40x2.5, 40x4, 40x5, 50x6.3, 60x8, 70x8, 80x8, 90x8

Διπλού ταυ: HEA100, HEA120, HEA140, HEA160, HEA180, HEA200, HEA220, HEA240, HEA320, HEA340, HEA360, HEA400, HEA450, HEA550, HEA600, HEA650, HEM700, IPE100, IPE120, IPE140, IPE160, IPE180, IPE200, IPE220, IPE240, IPE270, IPE300, IPE330, IPE360, IPE400, IPE450, IPE500, IPE550, IPE600, IPE750x147

Λόγω του μεγάλου πλήθους των διατομών δεν ήταν δυνατόν να απεικονιστούν ξεκάθαρα με χρώματα. Οι διατομές που τοποθετήθηκαν αναγράφονται στα παρακάτω σχήματα (4.150-4.174). Σαφής χρωματική διάκριση έγινε μόνο για τα χιαστί, των οποίων οι ονομασίες δεν είναι τόσο εμφανείς:

30x3: μαύρο

40x2.5: πορτοκαλί

40x4: κόκκινο

40x5: μοβ

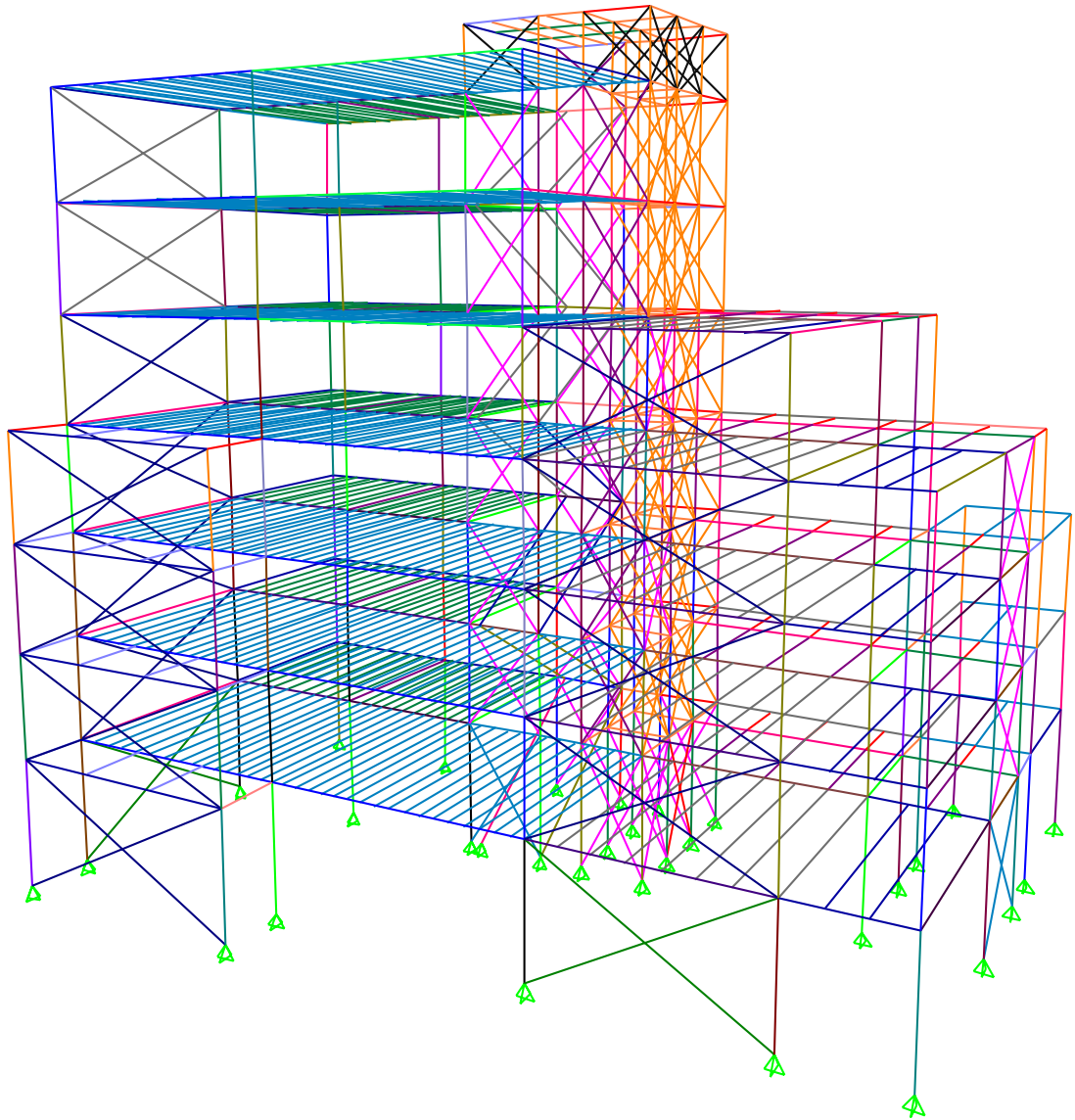
50x6.3: ροζ

60x8: ανοικτό μπλε

70x8: γκρι

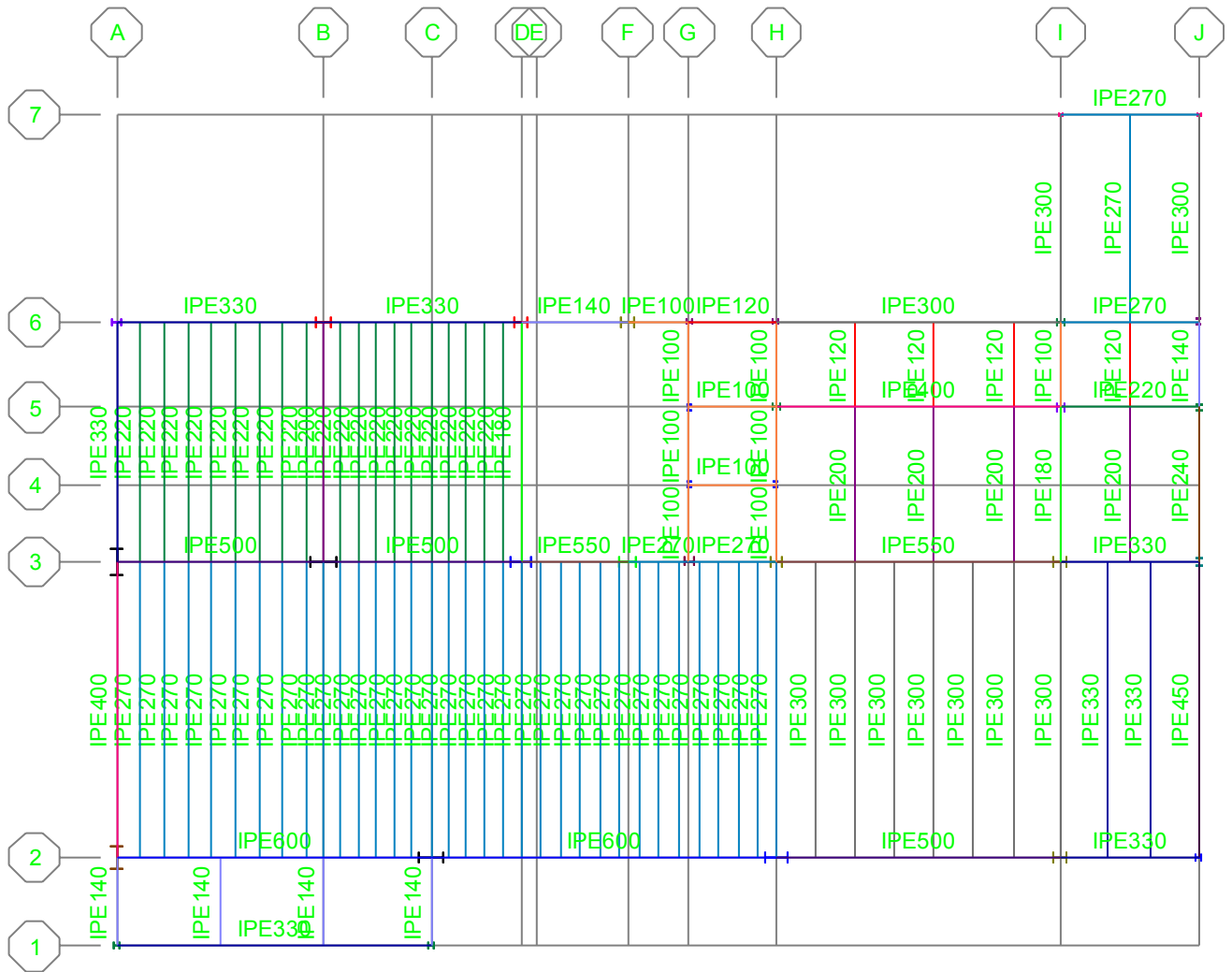
80x8: σκούρο μπλε

90x8: πράσινο

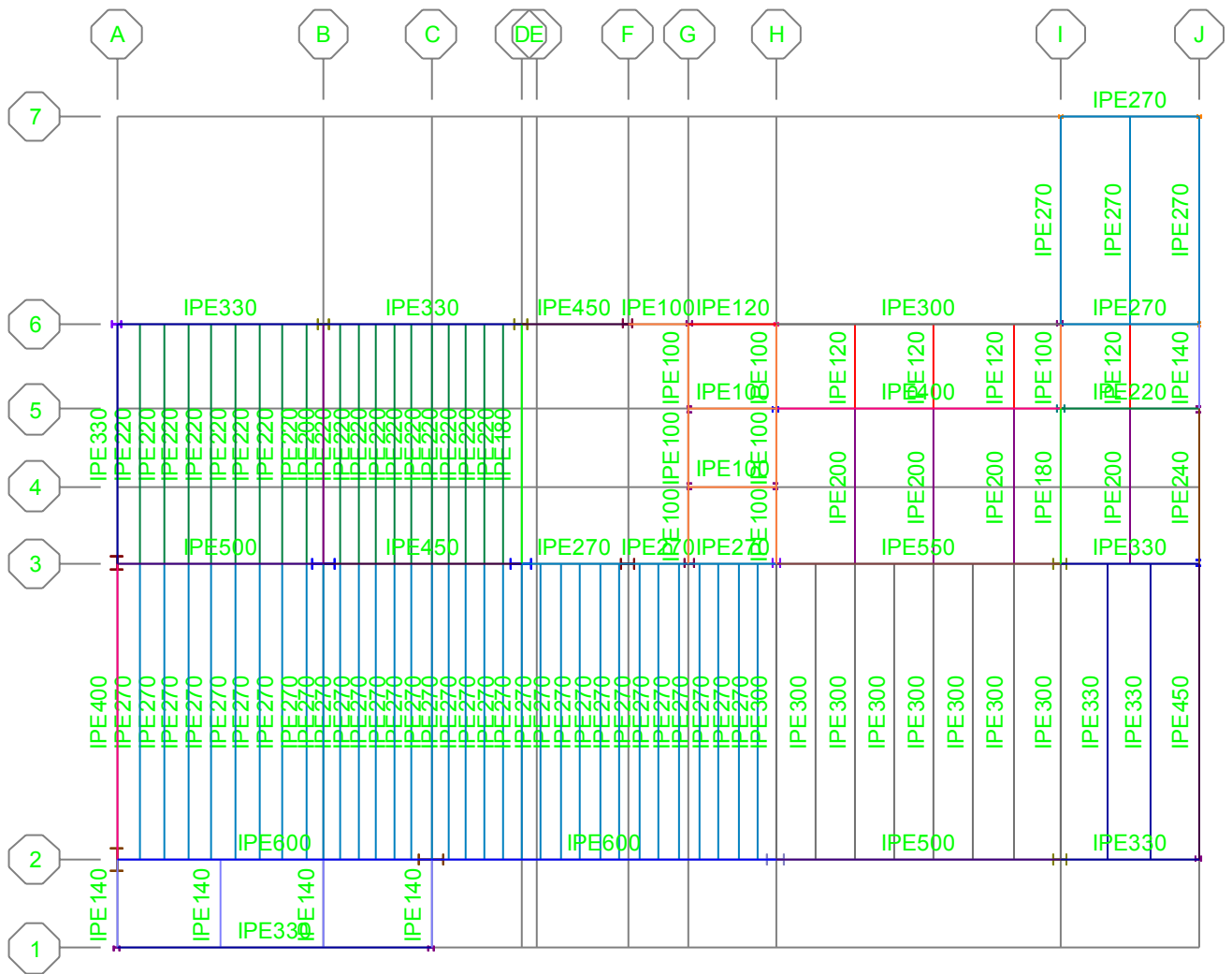


**Σχήμα 4.149:** Τρισδιάστατη όψη κτιρίου

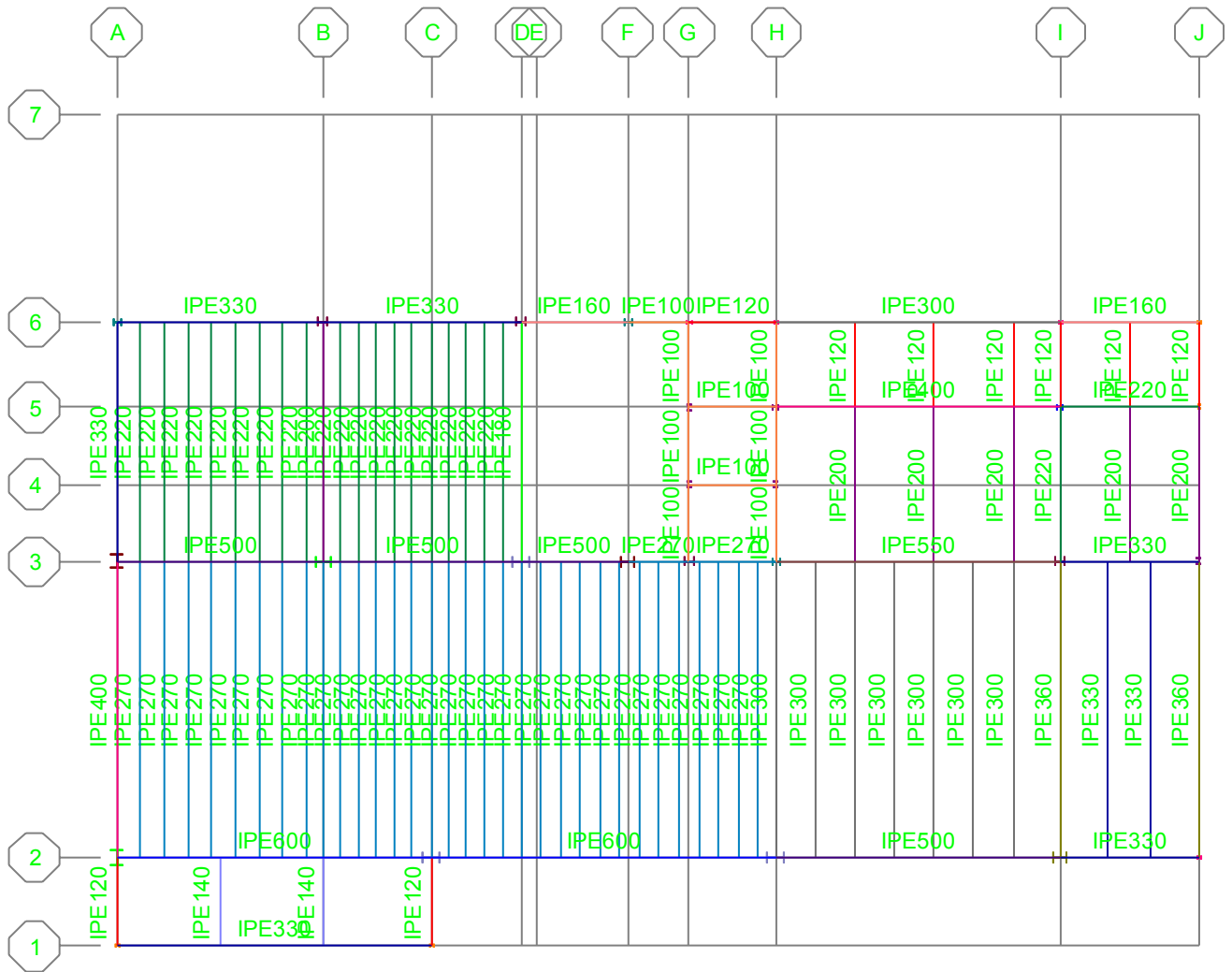




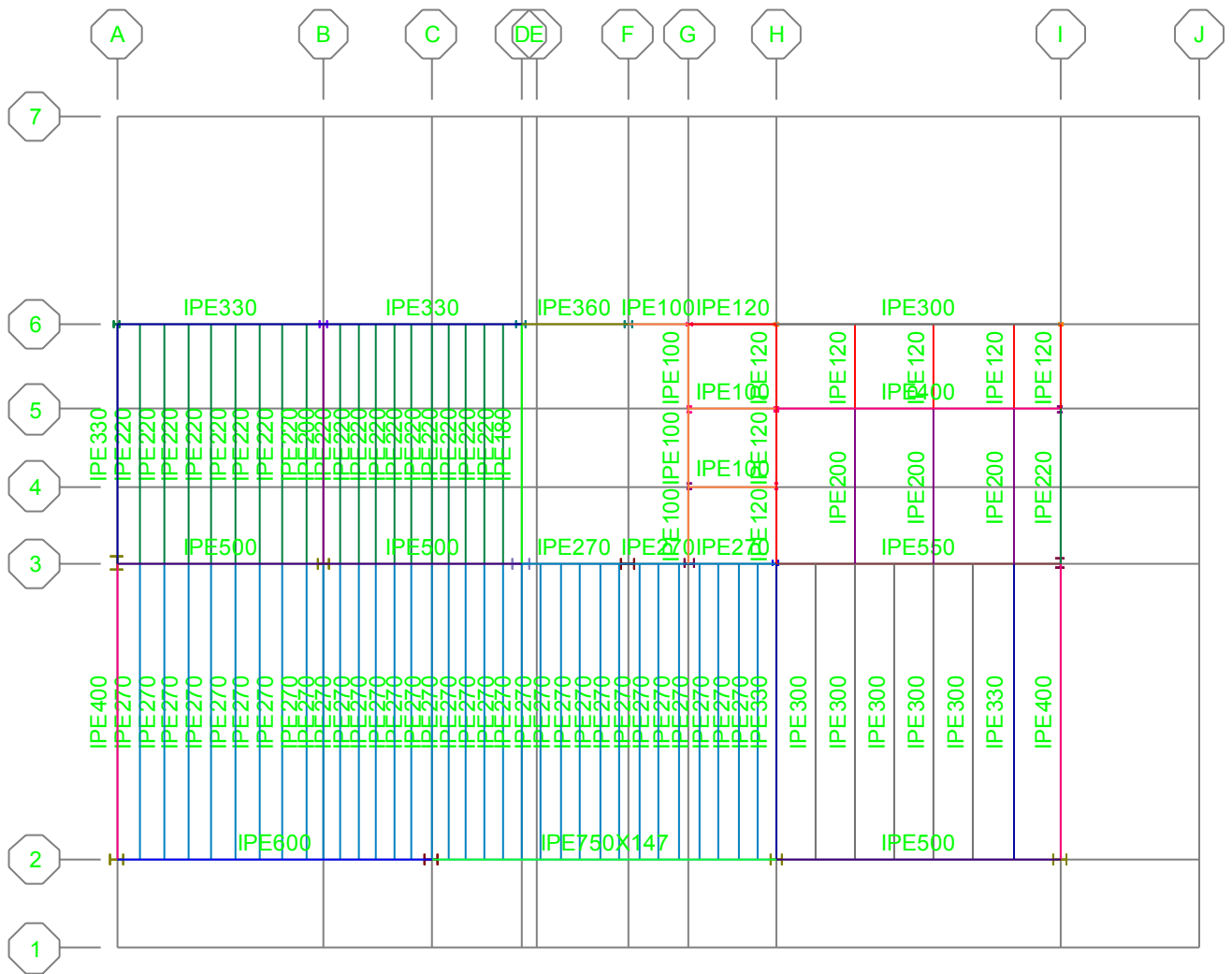
Σχήμα 4.151: Κάτοψη επιπέδου 2



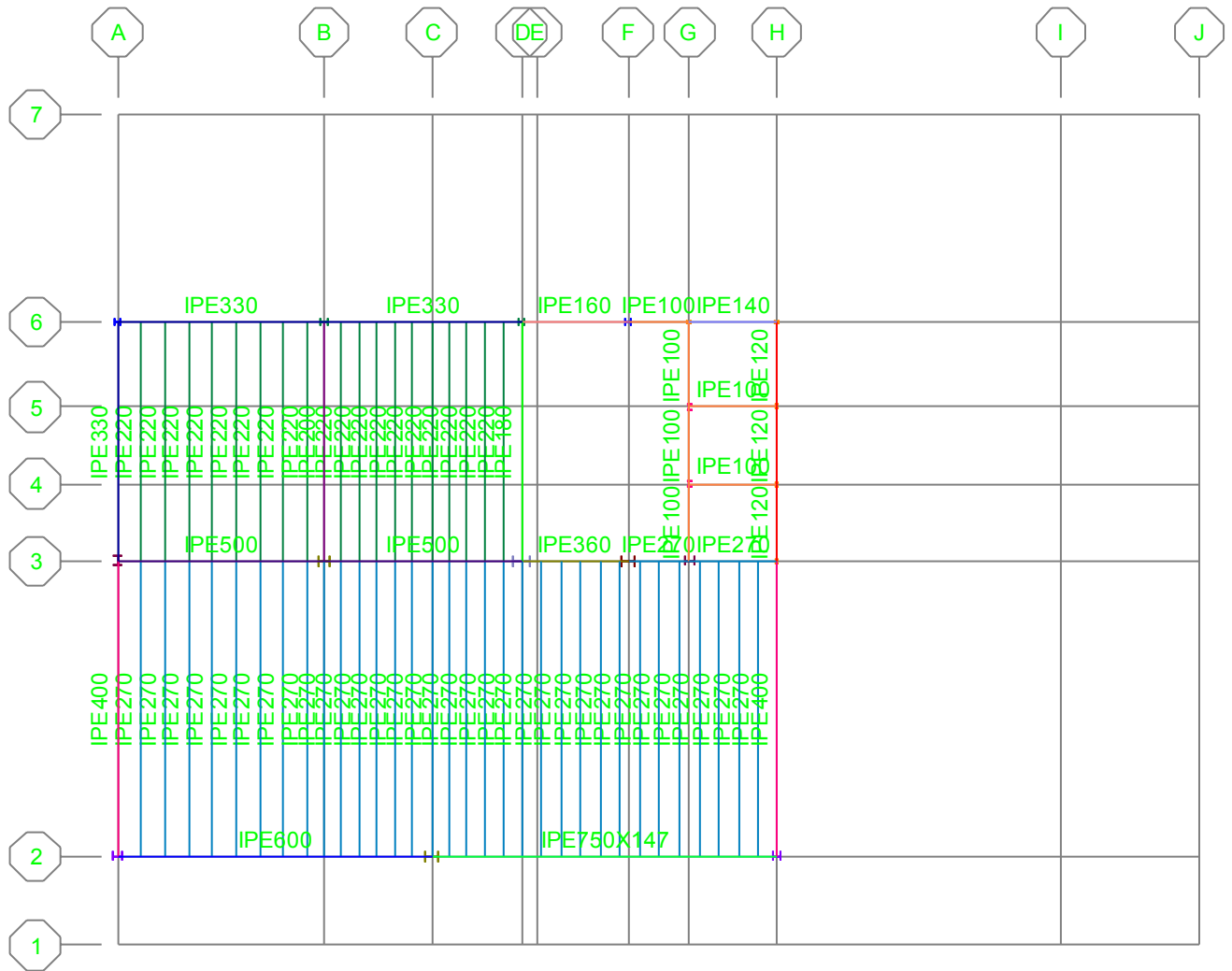
Σχήμα 4.152: Κάτοψη επιπέδου 3



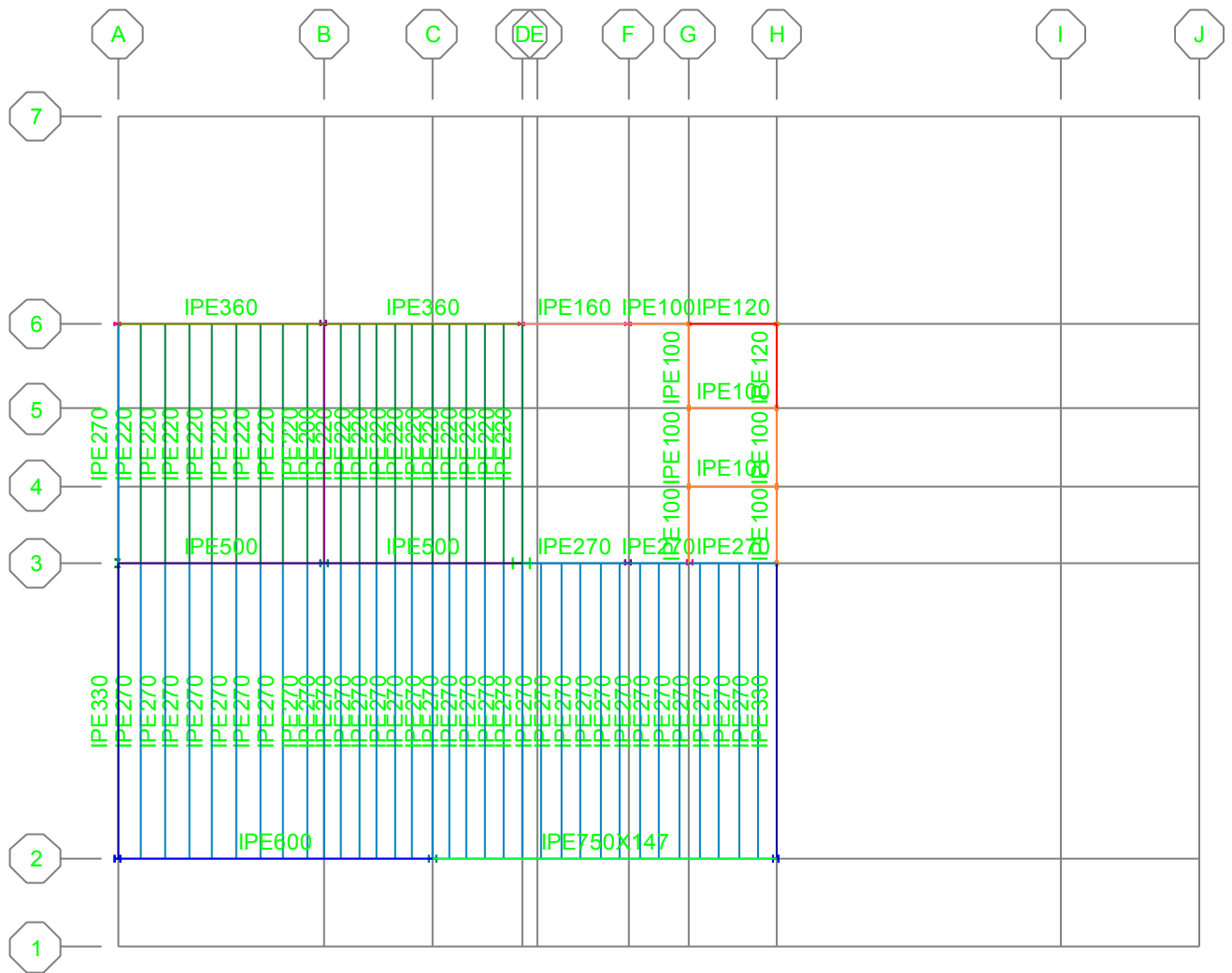
Σχήμα 4.153: Κάτοψη επιπέδου 4



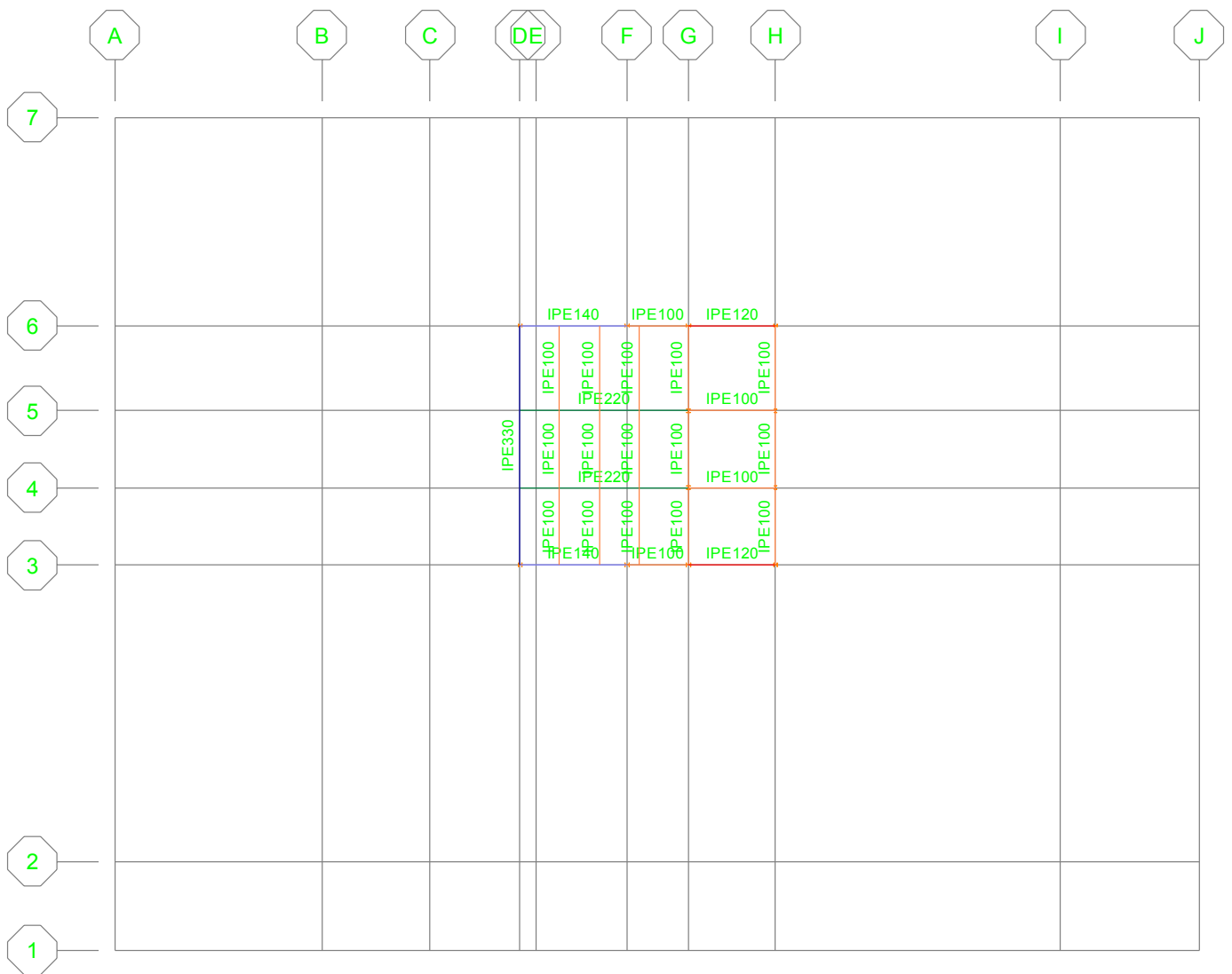
Σχήμα 4.154: Κάτοψη επιπέδου 5



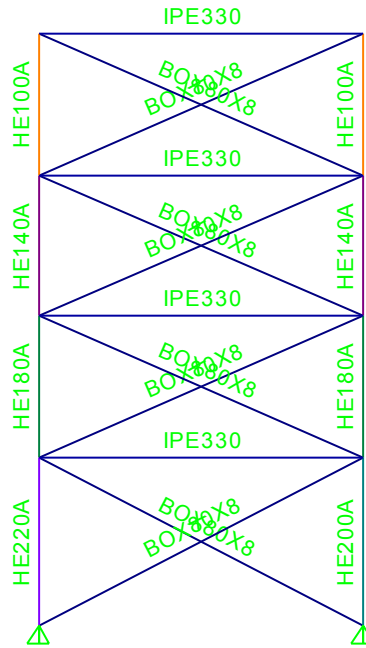
Σχήμα 4.155: Κάτοψη επιπέδου 6



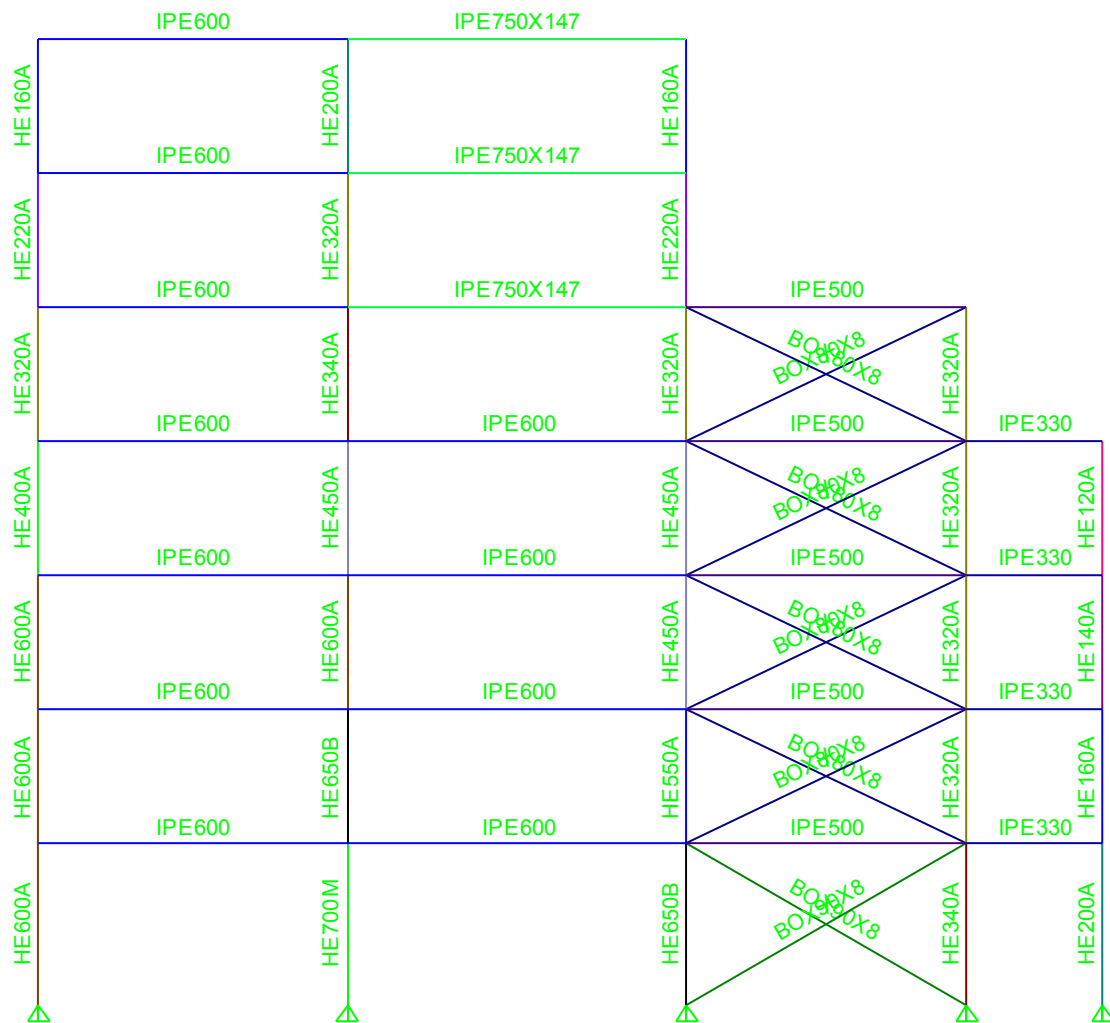
Σχήμα 4.156: Κάτοψη επιπέδου 7



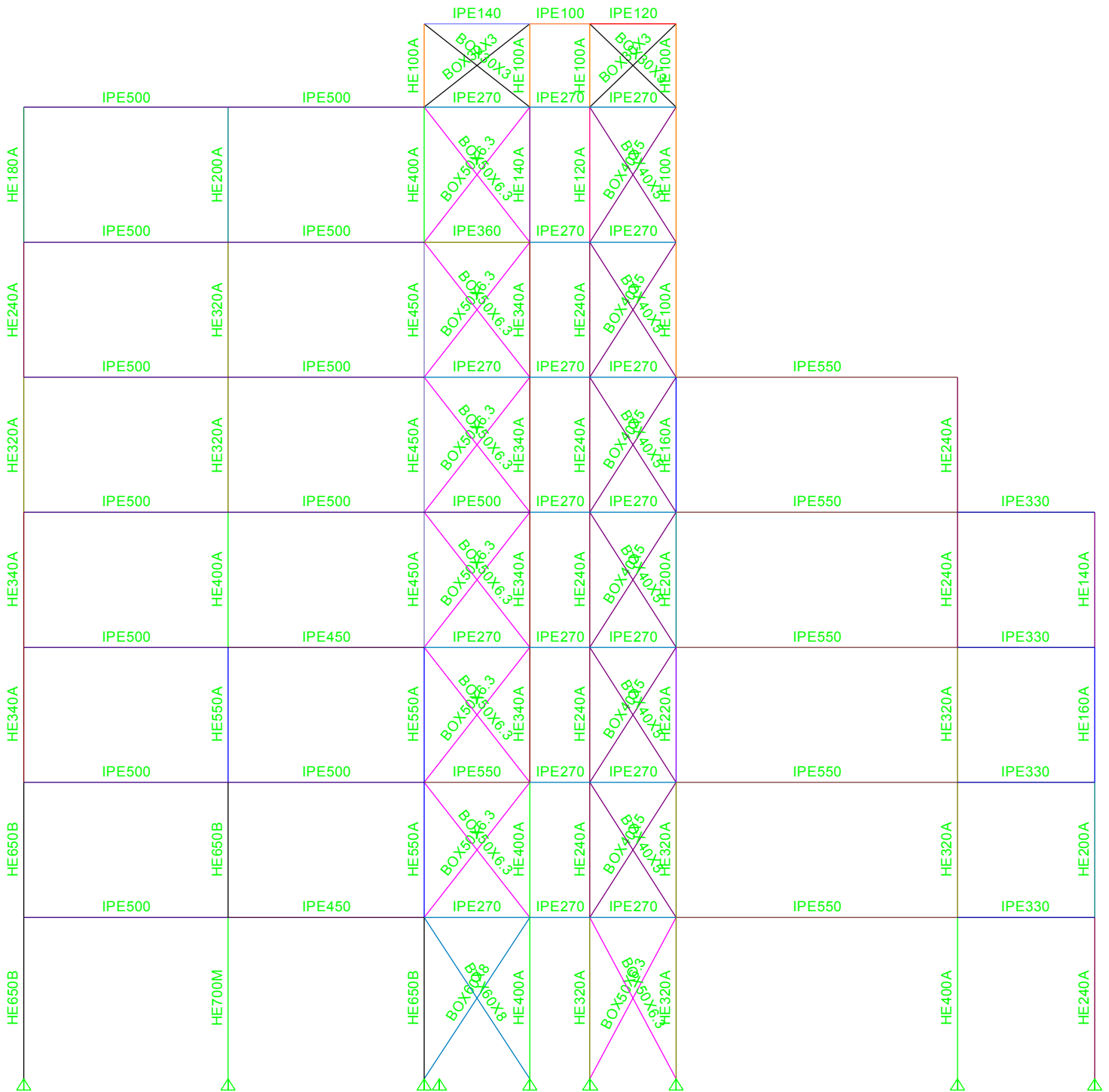
Σχήμα 4.157: Κάτοψη επιπέδου 8



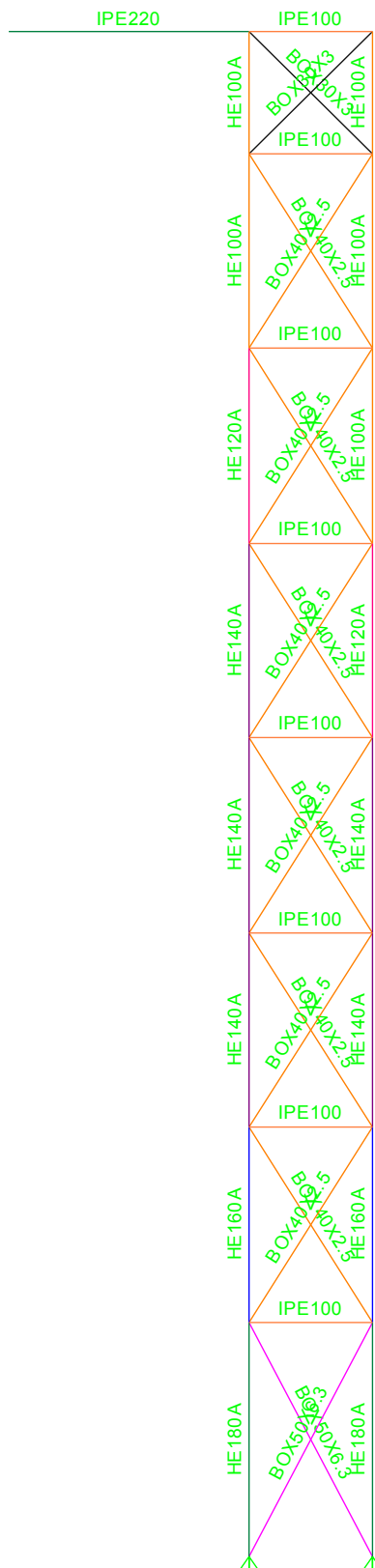
Σχήμα 4.158: Τομή 1



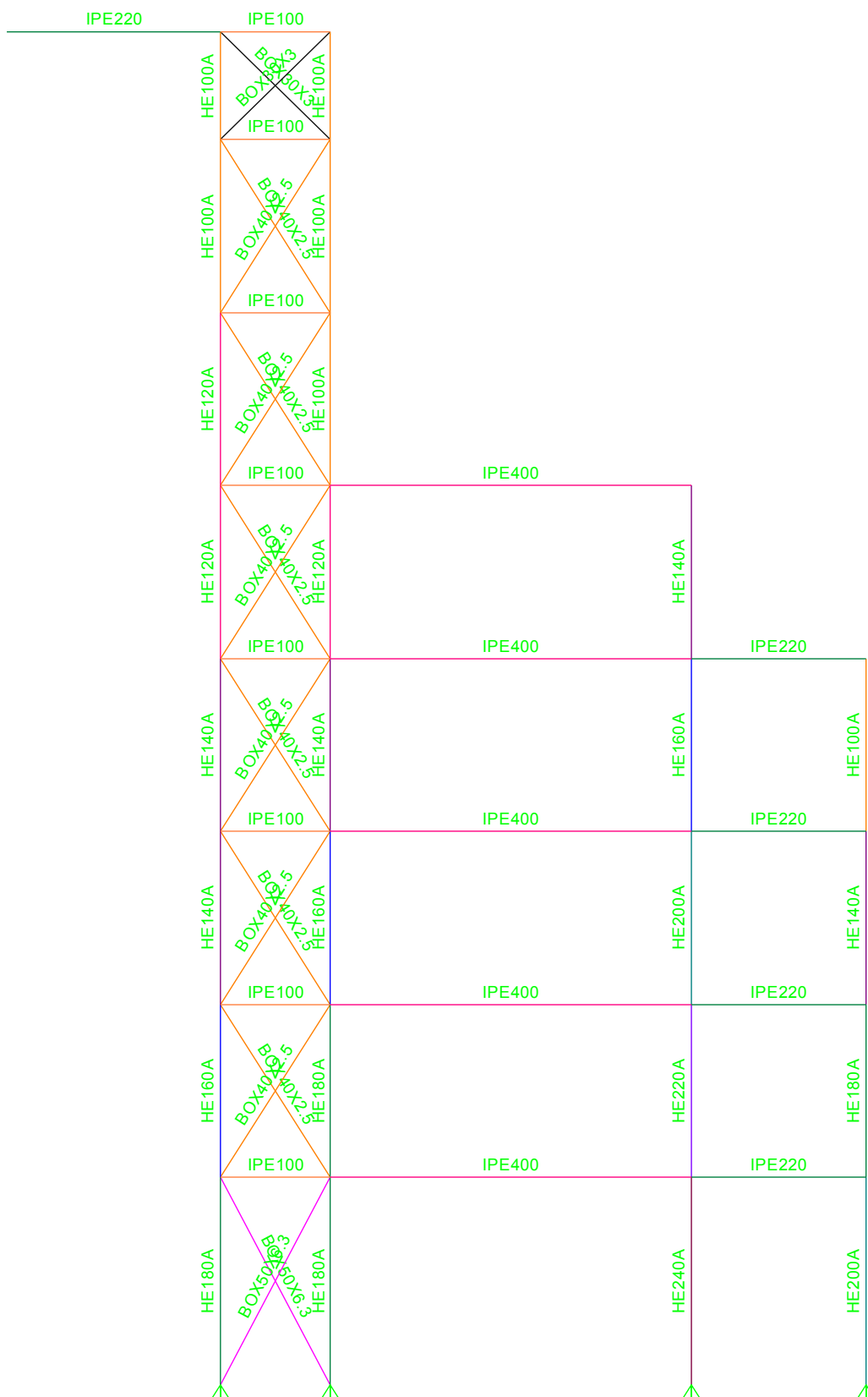
Σχήμα 4.159: Τομή 2



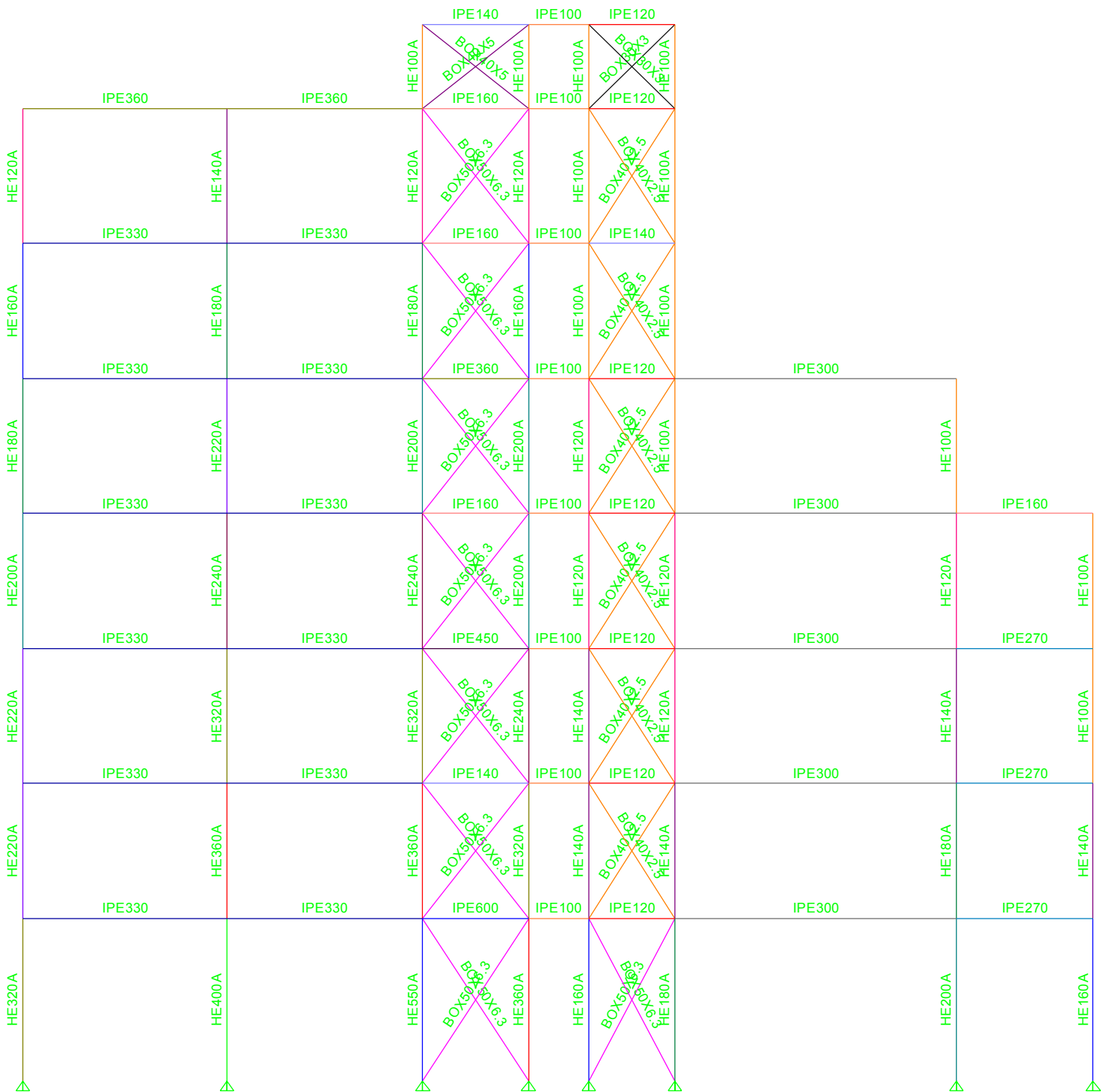
Σχήμα 4.160: Τομή 3



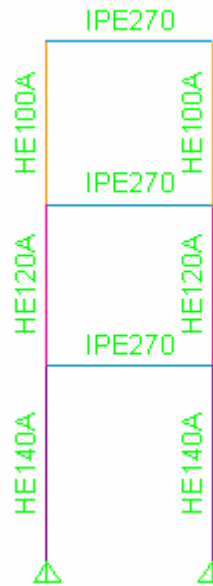
Σχήμα 4.161: Τομή 4



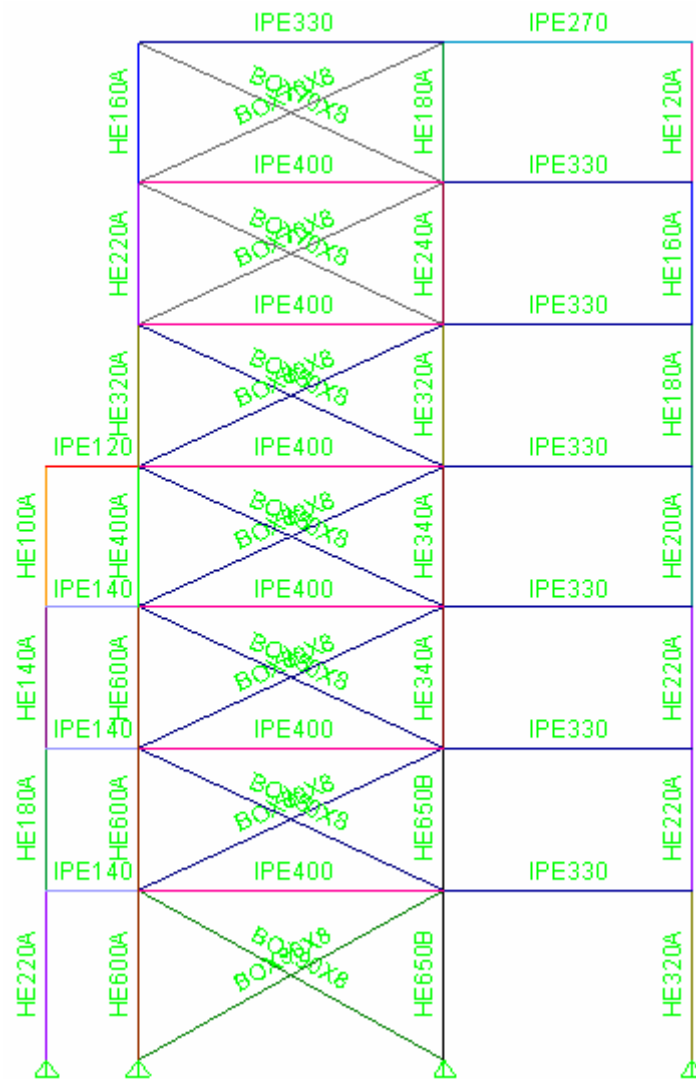
Σχήμα 4.162: Τομή 5



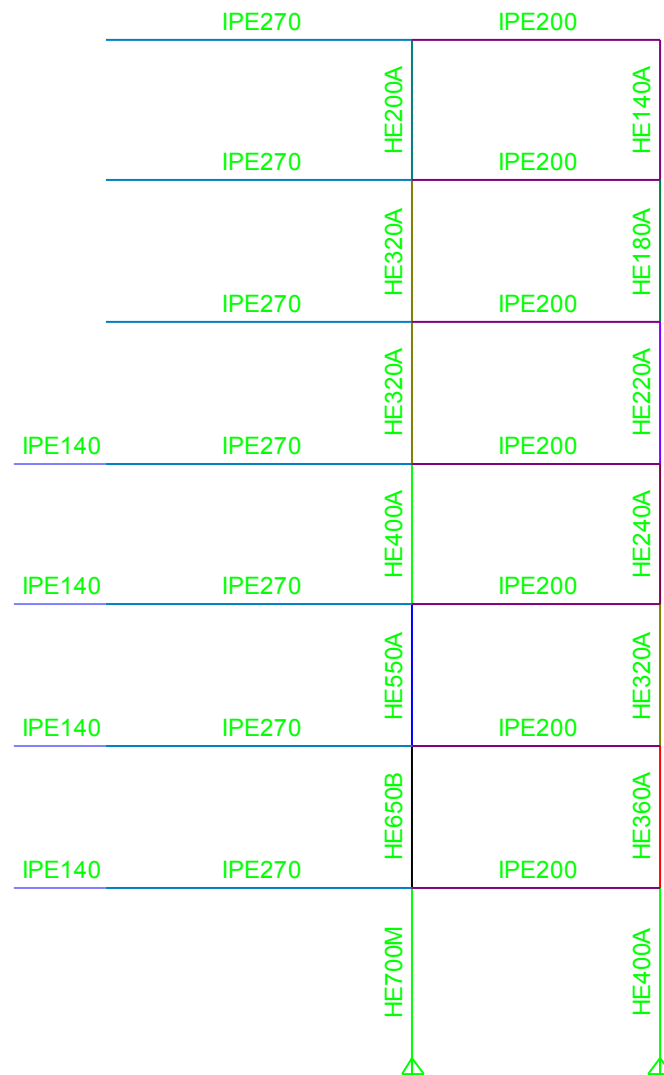
Σχήμα 4.163: Τομή 6



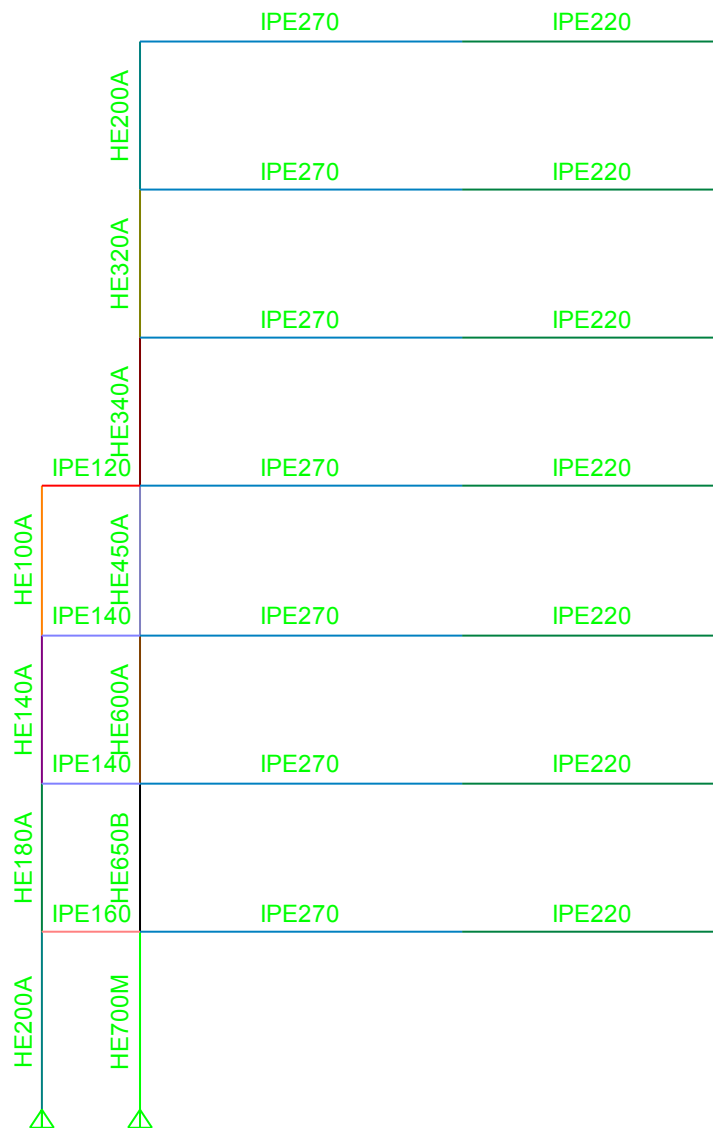
Σχήμα 4.164: Τομή 7



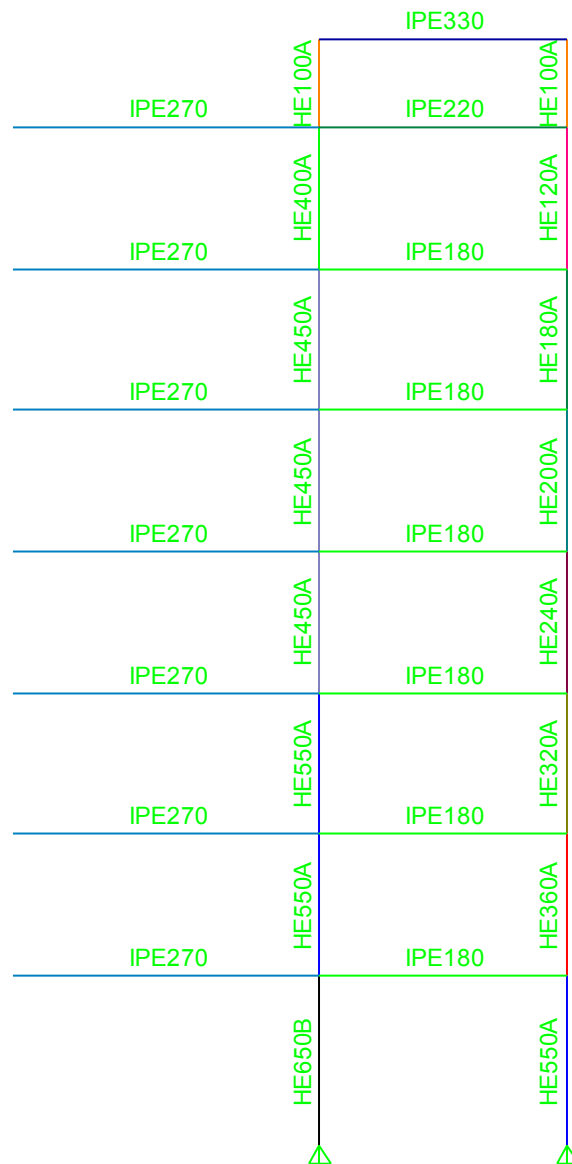
Σχήμα 4.165: Τομή Α



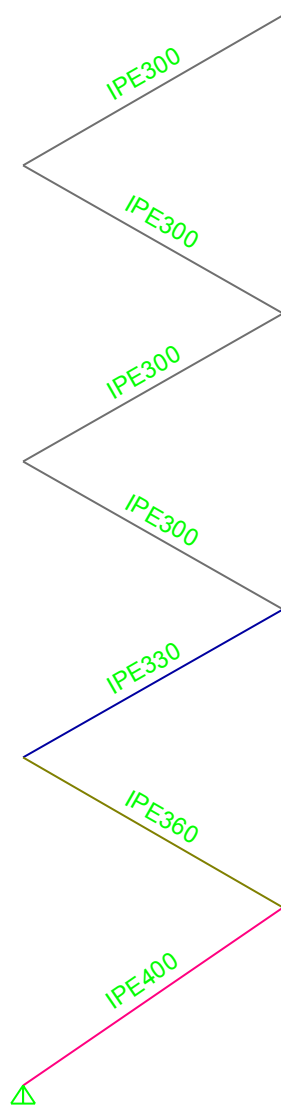
Σχήμα 4.166: Τομή Β



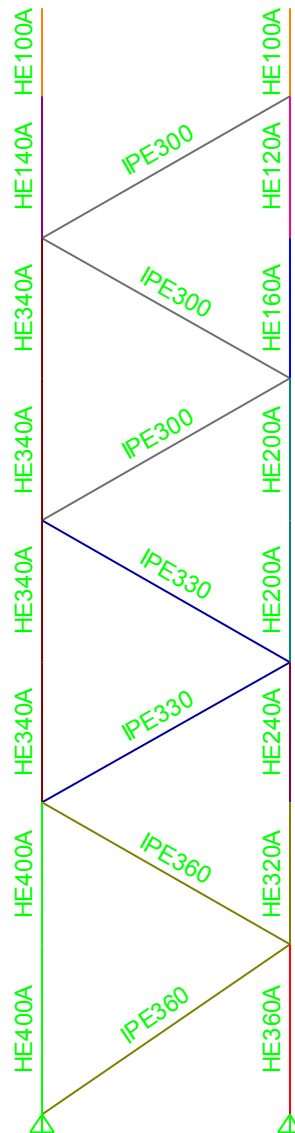
Σχήμα 4.167: Τομή C



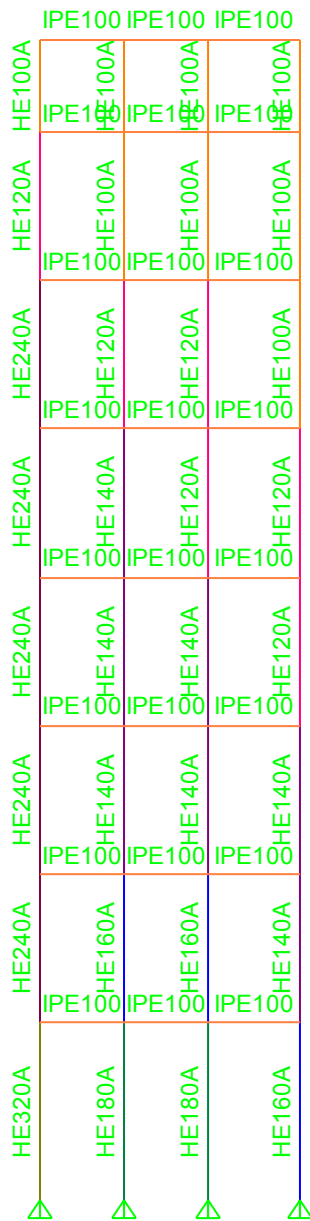
Σχήμα 4.168: Τομή D



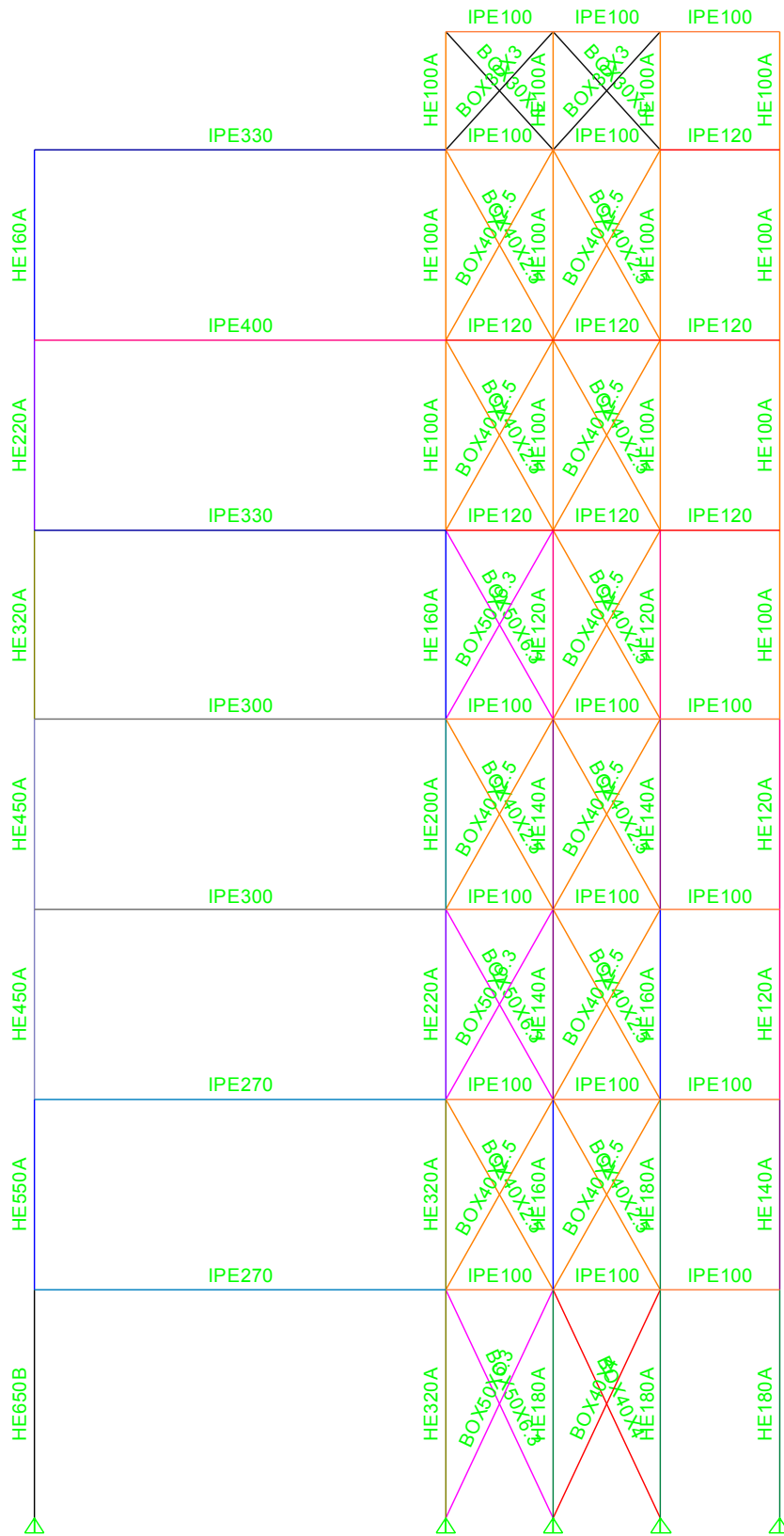
Σχήμα 4.169: Τομή Ε



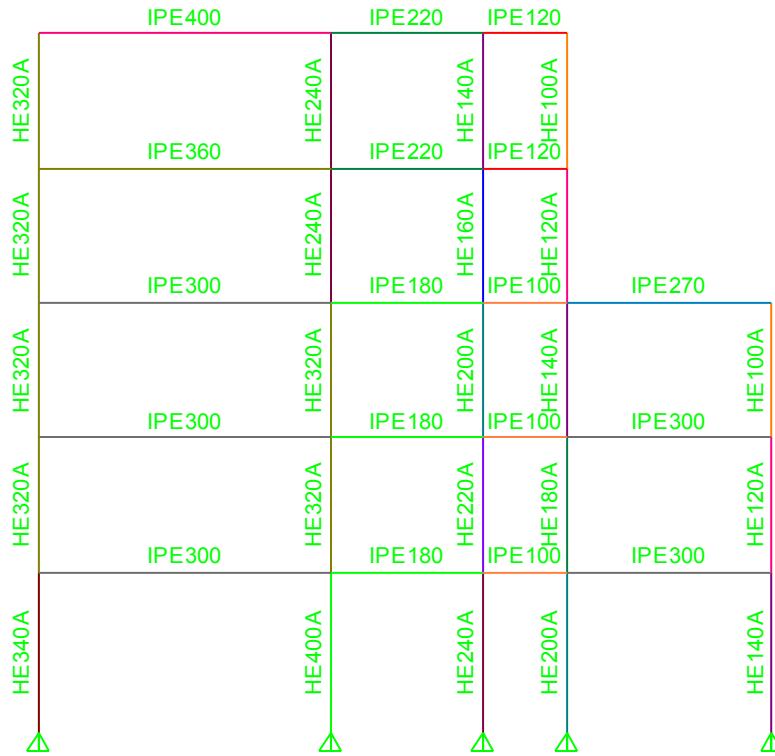
Σχήμα 4.170: Τομή F



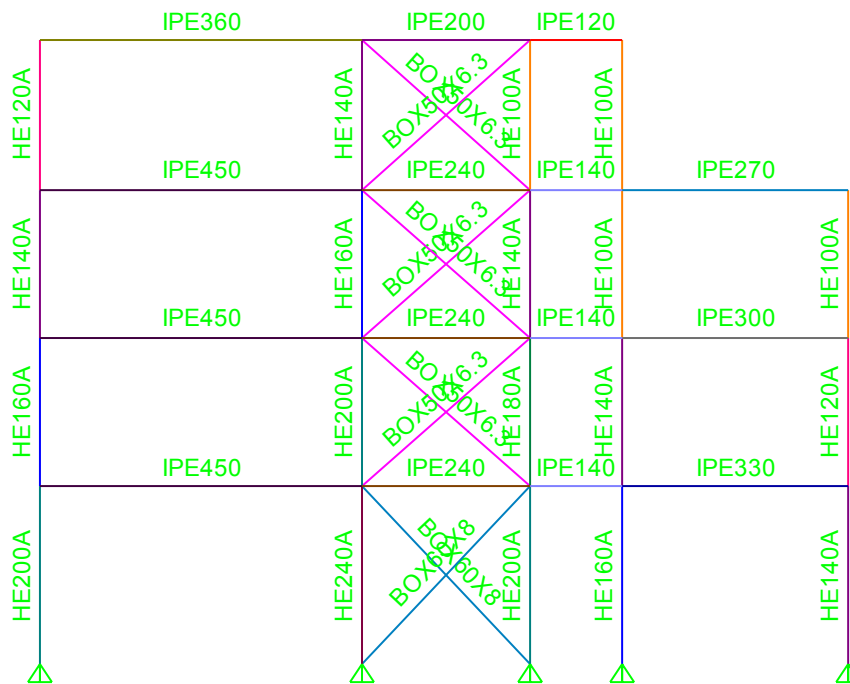
Σχήμα 4.171: Τομή G



Σχήμα 4.172: Τομή Η



Σχήμα 4.173: Τομή Ι



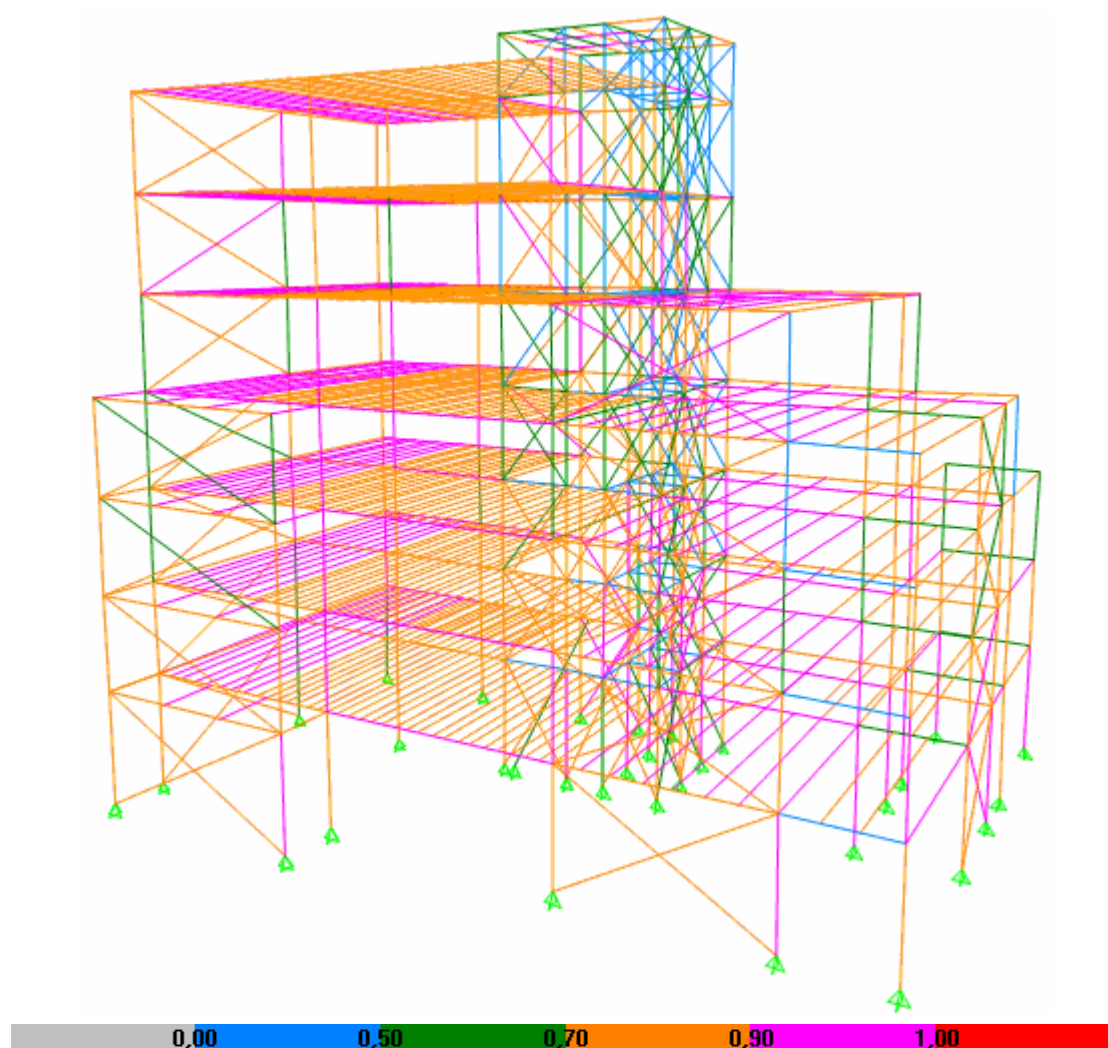
Σχήμα 4.174: Τομή J

### 4.3.3 Αποτελέσματα της ανάλυσης

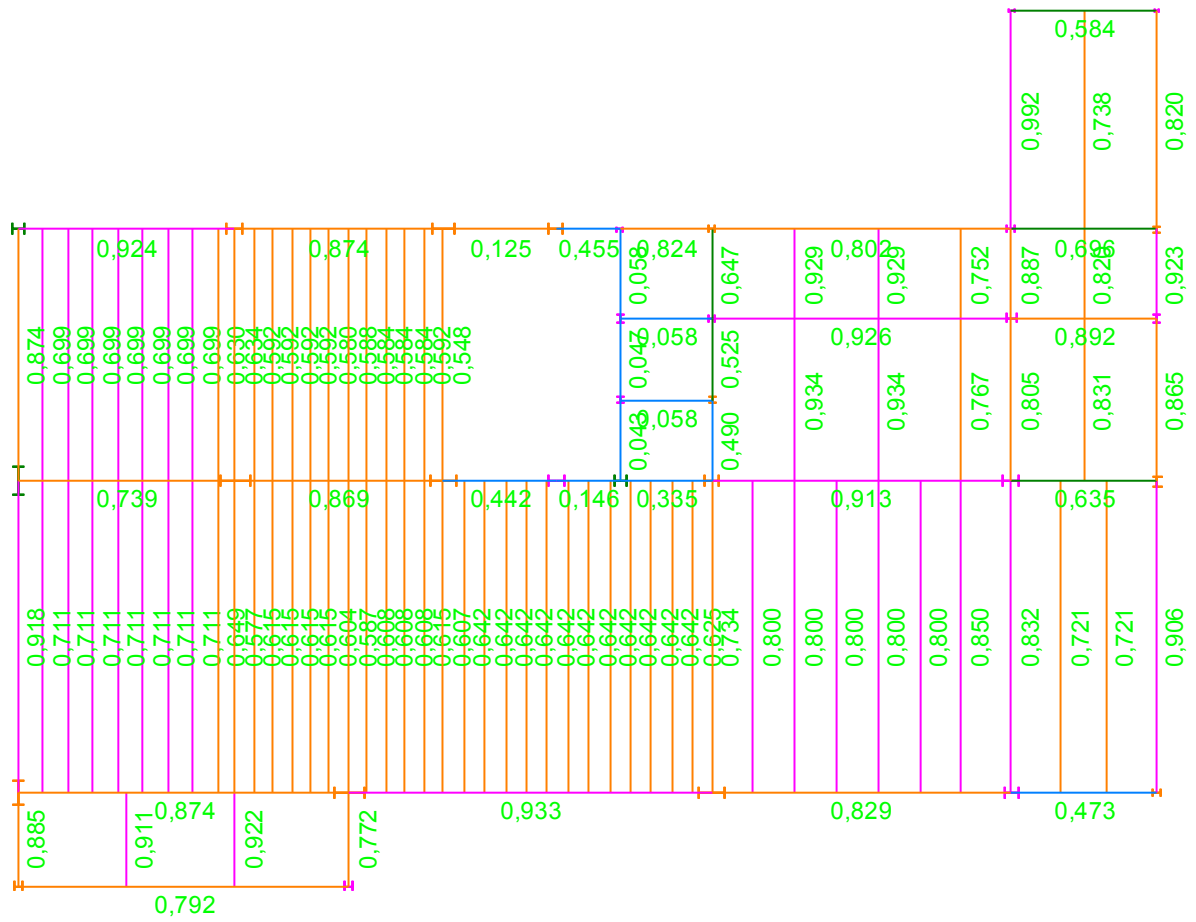
#### I) Ιδιομορφές – ιδιοπερίοδοι

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
1	1,79889	61,2507	0,1524	0	61,2507	0,1524	0
2	1,272935	0,4081	72,1151	0	61,6588	72,2675	0
3	1,127319	3,2474	1,1905	0	64,9062	73,458	0
4	0,665827	24,3336	0,0001	0	89,2398	73,458	0
5	0,51349	0,055	6,4136	0	89,2948	79,8717	0
6	0,428163	0,0348	11,2269	0	89,3297	91,0986	0
7	0,324141	6,4206	0,1009	0	95,7503	91,1995	0
8	0,295333	0,0587	2,9146	0	95,809	94,1141	0
9	0,256931	0,0018	0,1855	0	95,8108	94,2996	0
10	0,230756	1,3557	0,8558	0	97,1665	95,1554	0
11	0,222632	0,6694	2,4179	0	97,836	97,5733	0
12	0,20287	0,0041	0,0638	0	97,8401	97,6371	0

#### II) Λόγοι χρησιμοποίησης των διατομών



Σχήμα 4.175: Τρισδιάστατη όψη του κτιρίου με τα αποτελέσματα της ανάλυσης.



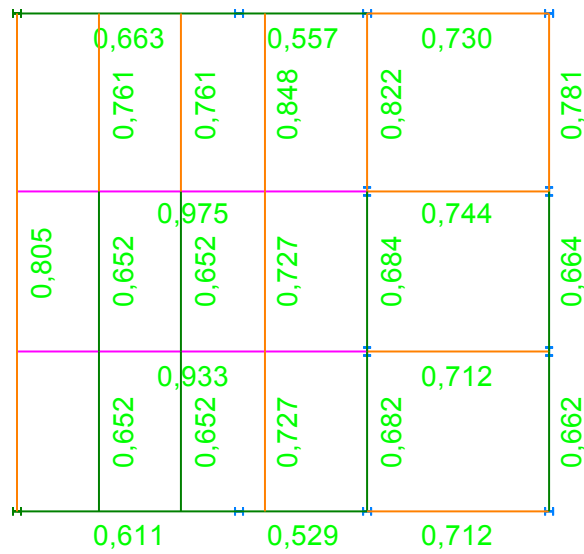
Σχήμα 4.176: Κάτοψη επιπέδου 1 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



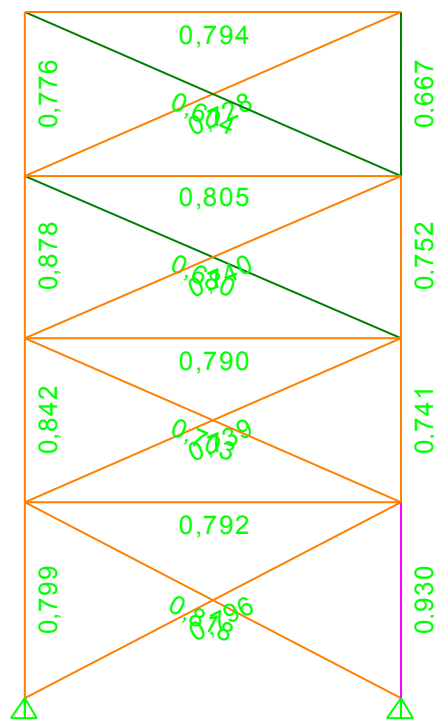




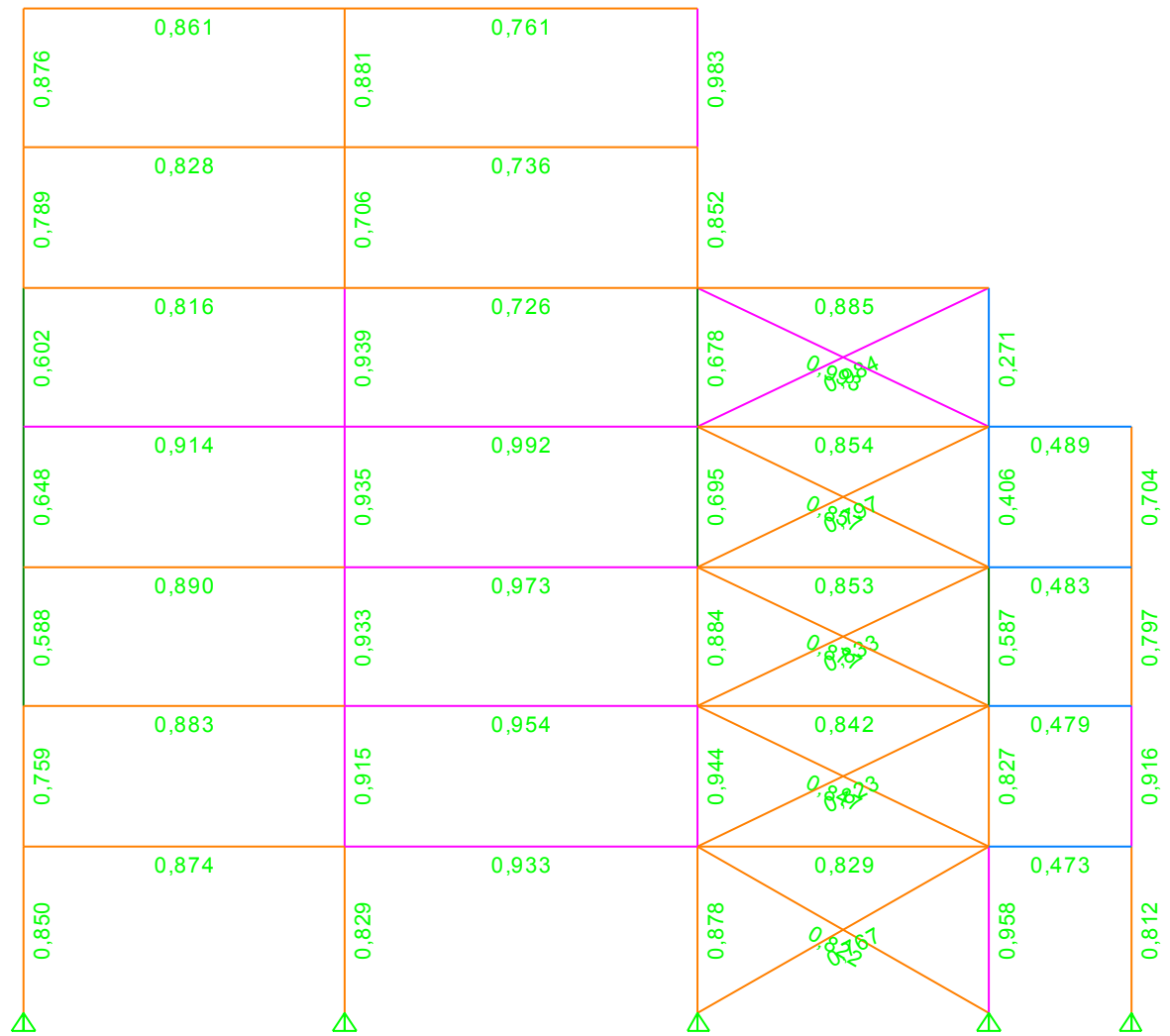




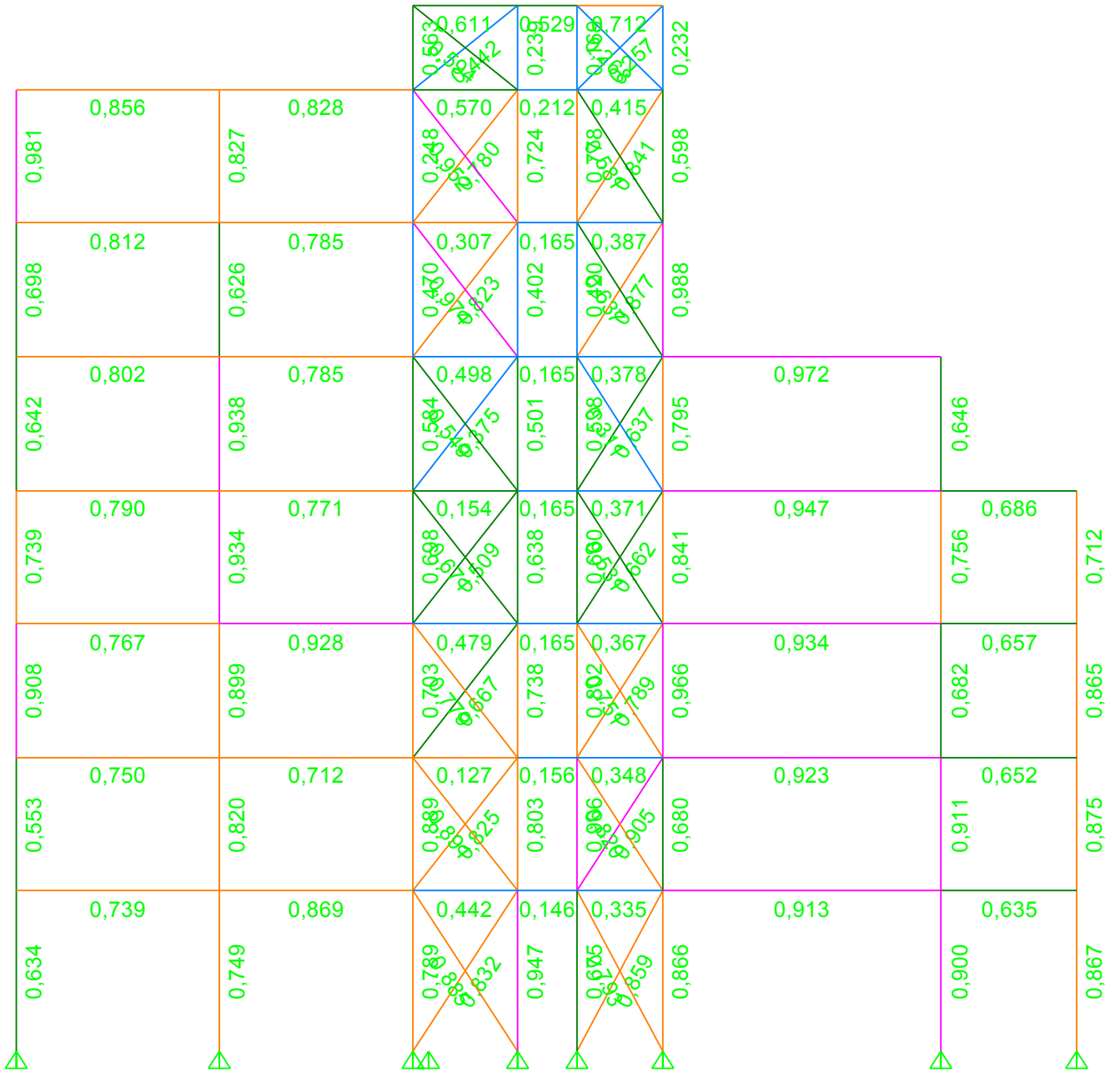
Σχήμα 4.183: Κάτοψη επιπέδου 8 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



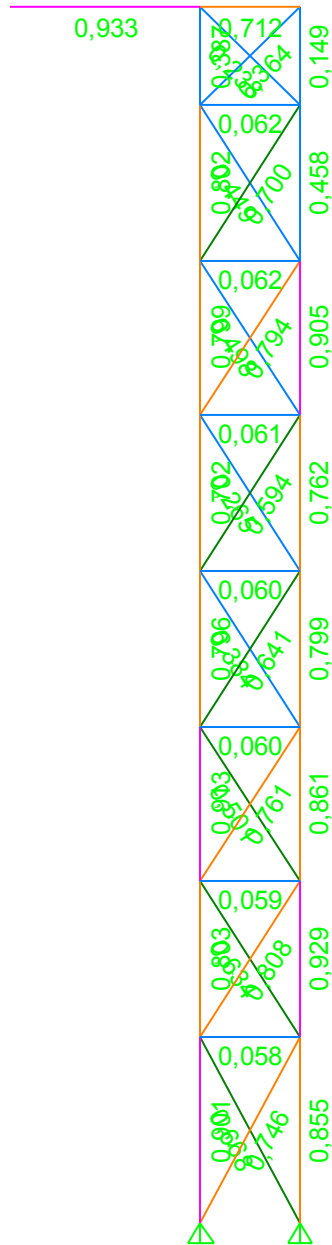
Σχήμα 4.184: Τομή 1 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



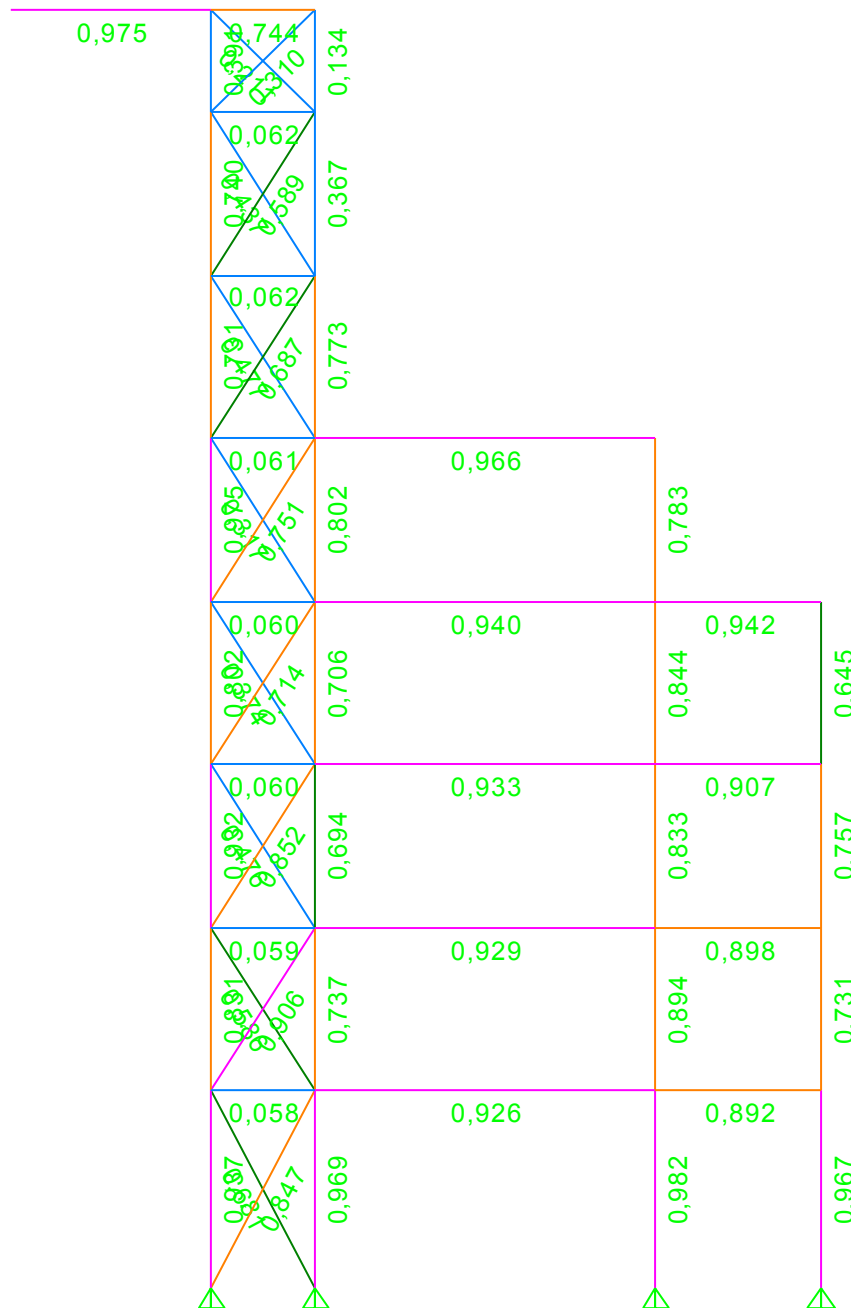
Σχήμα 4.185: Τομή 2 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



Σχήμα 4.186: Τομή 3 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών

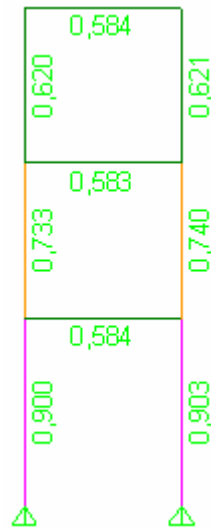


Σχήμα 4.187: Τομή 4 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών

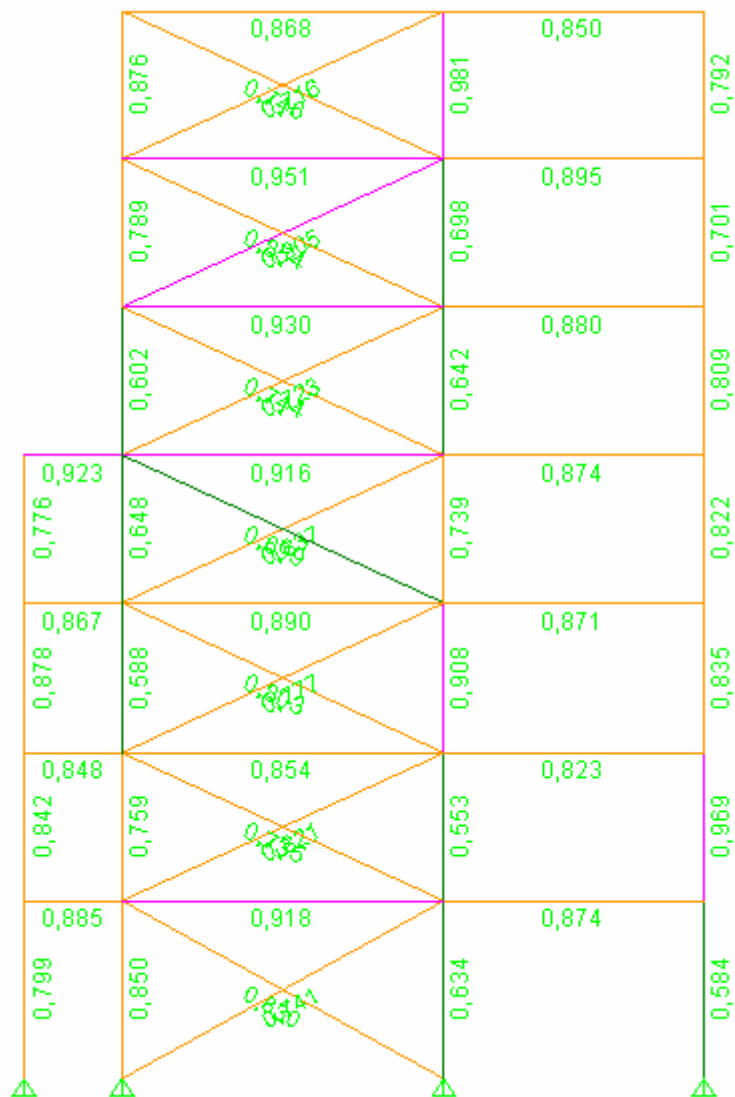


Σχήμα 4.188: Τομή 5 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών

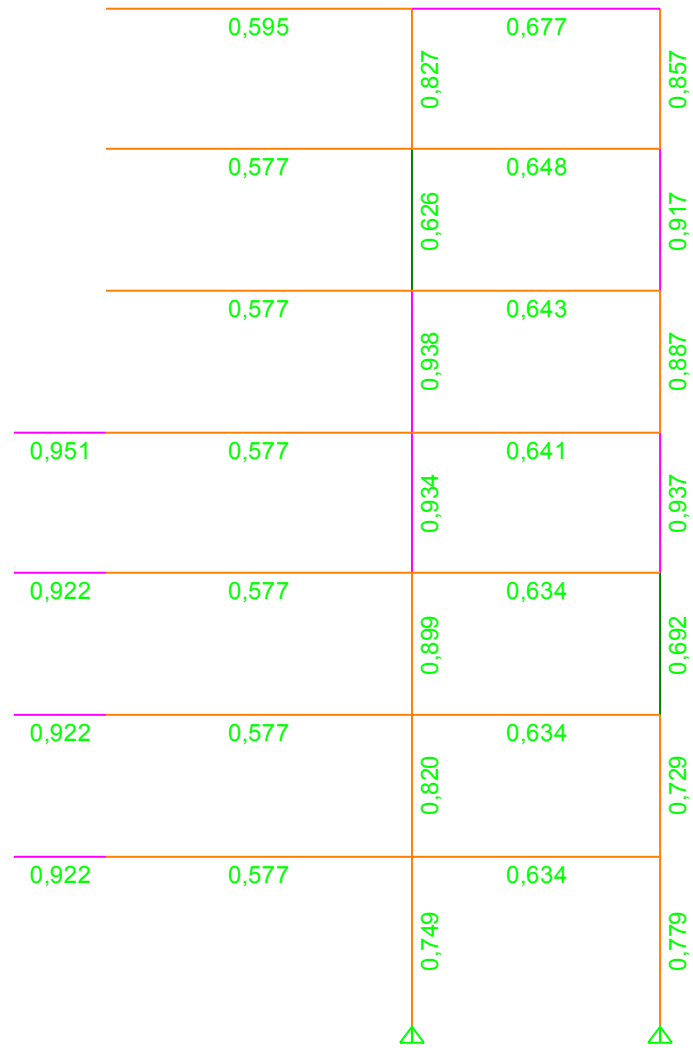




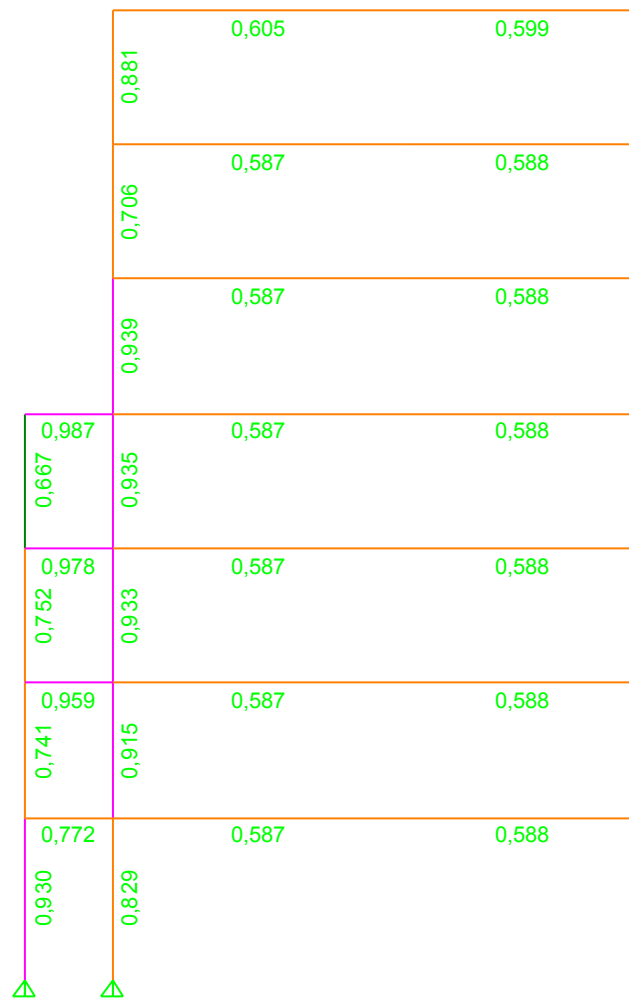
Σχήμα 4.190: Τομή 7 με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



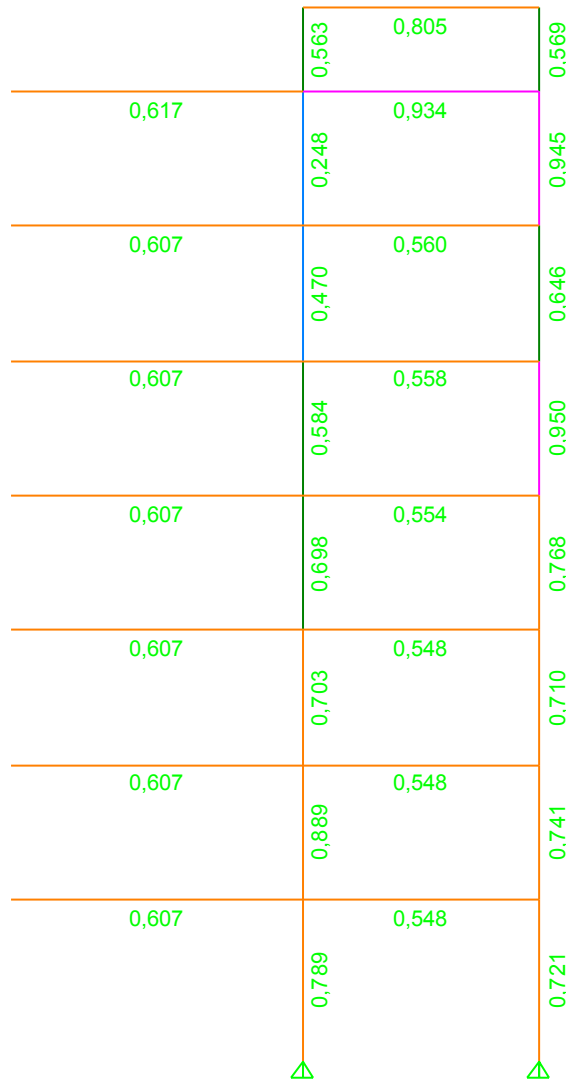
Σχήμα 4.191: Τομή Α με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



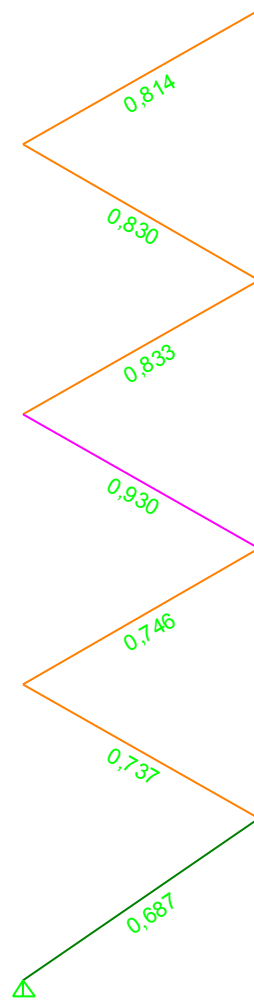
Σχήμα 4.192: Τομή Β με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



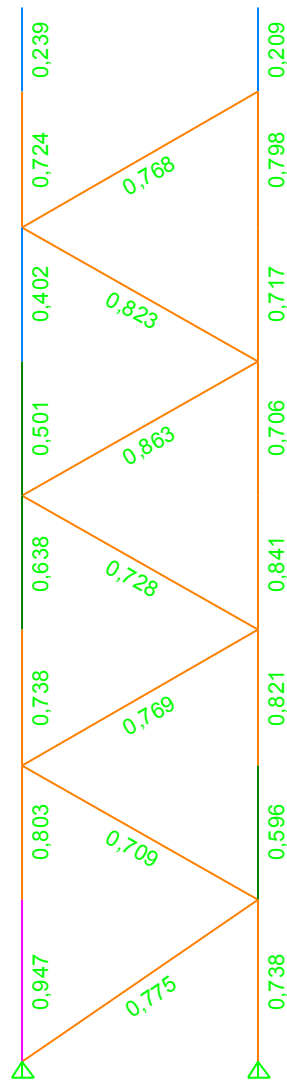
**Σχήμα 4.193:** Τομή C με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



Σχήμα 4.194: Τομή D με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



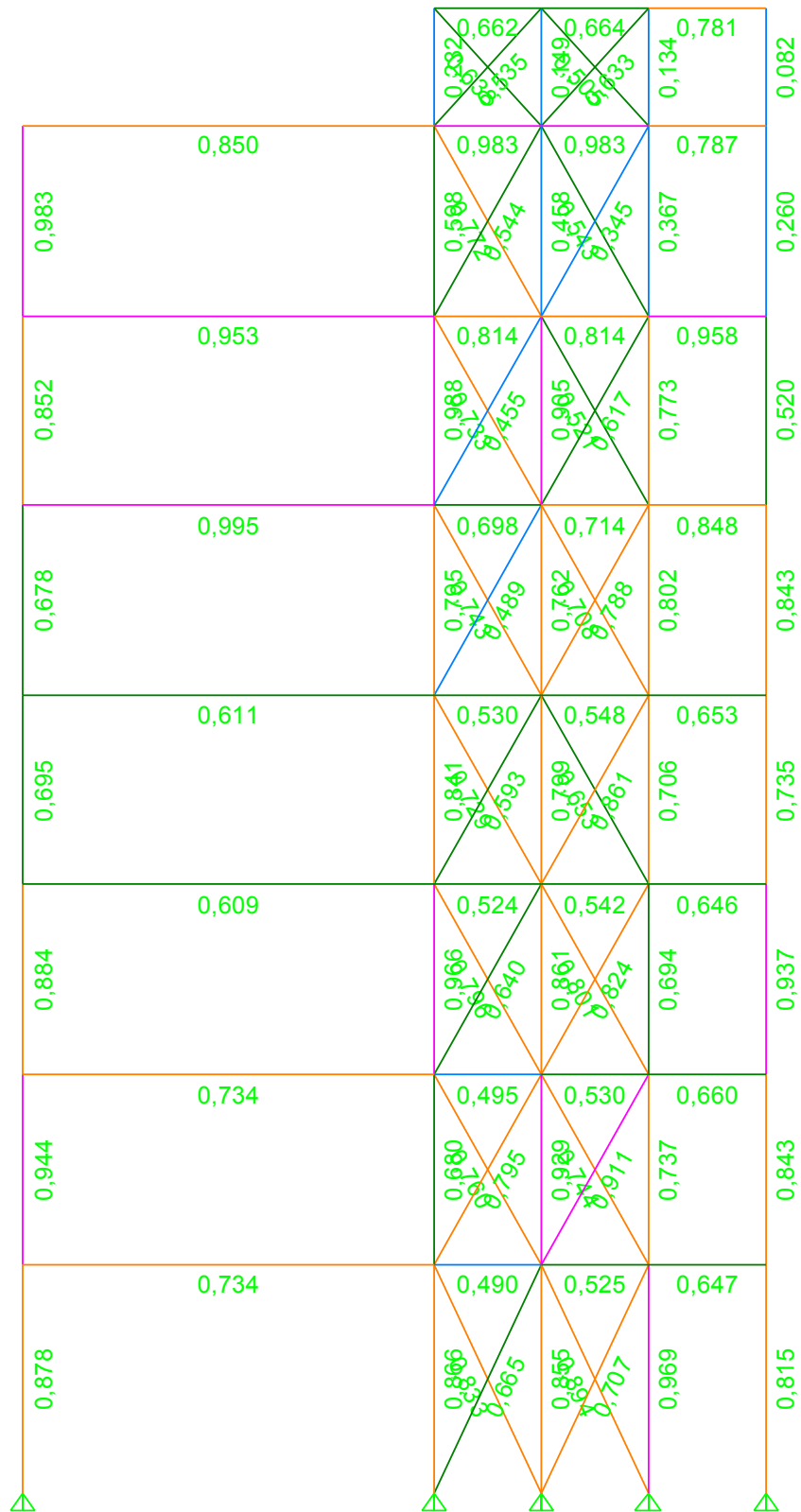
**Σχήμα 4.195:** Τομή Ε με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



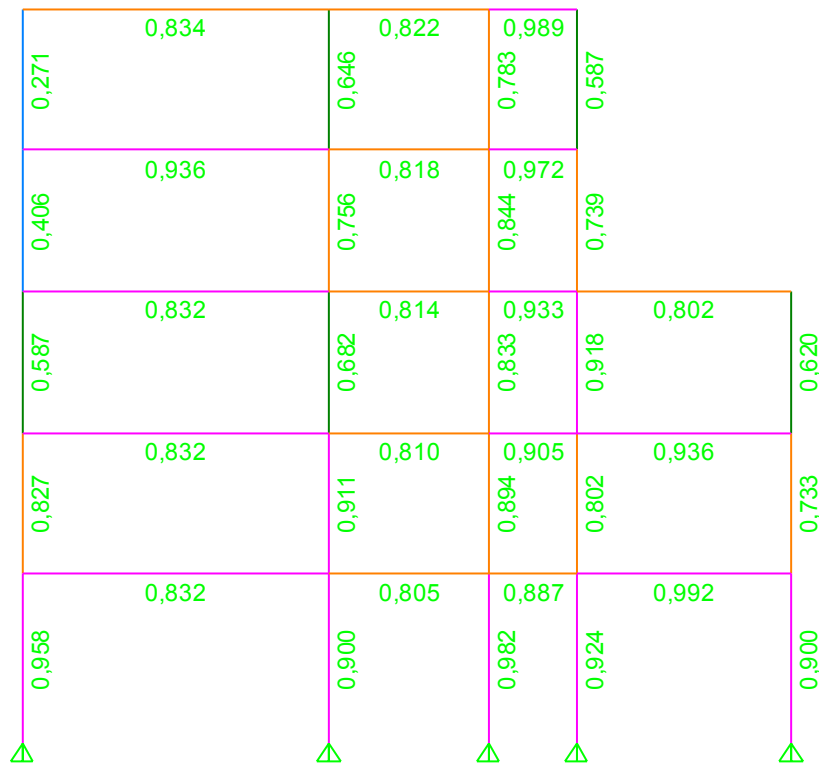
Σχήμα 4.196: Τομή F με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών

0,675	0,043	0,966	0,045	0,802	0,046	0,660	0,046	0,538	0,420	0,046	0,778	0,050	0,169
0,901	0,047	0,803	0,048	0,913	0,049	0,796	0,049	0,702	0,799	0,050	0,802	0,051	0,389
0,937	0,058	0,831	0,057	0,932	0,057	0,802	0,058	0,975	0,731	0,059	0,740	0,060	0,396
0,974		0,823	0,688	0,845	0,722	0,806	0,535	0,177					

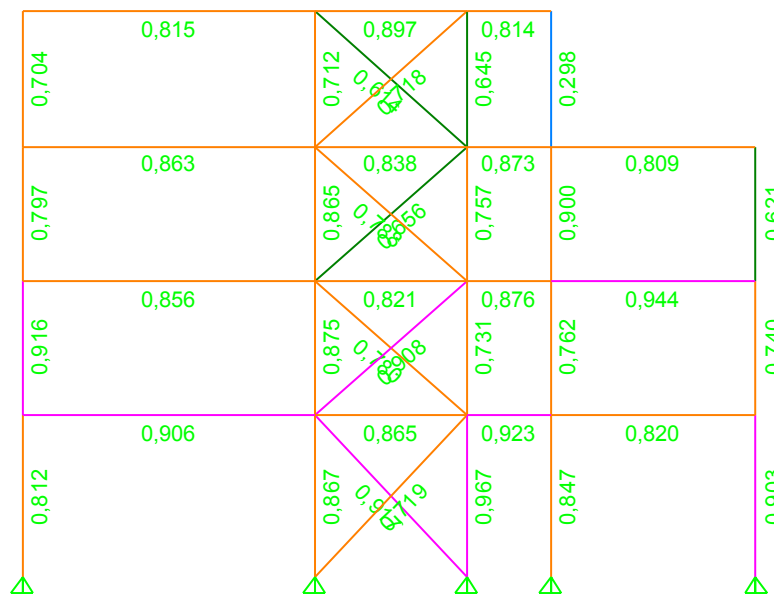
Σχήμα 4.197: Τομή G με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



Σχήμα 4.198: Τομή Η με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



**Σχήμα 4.199:** Τομή Ι με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών



**Σχήμα 4.200:** Τομή J με τους λόγους χρησιμοποίησης των διατομών

### 4.3.4 Έλεγχος μετακινήσεων

#### 4.3.4.1 Σεισμός

Οι σεισμικές δράσεις δεν πρέπει να προκαλούν στο κτίριο μετακινήσεις μεγαλύτερες από κάποιο όριο. Για ένα κτίριο στο οποίο δεν έχουν τοποθετηθεί στοιχεία πληρώσεως, το drift του κάθε ορόφου πρέπει να ικανοποιεί την παρακάτω απαίτηση:

$$dr \leq 0,01 \cdot h/v$$

όπου  $h$  είναι το ύψος του ορόφου και  $v$  ένας συντελεστής, που για κτίρια σπουδαιότητας II είναι 0,5.

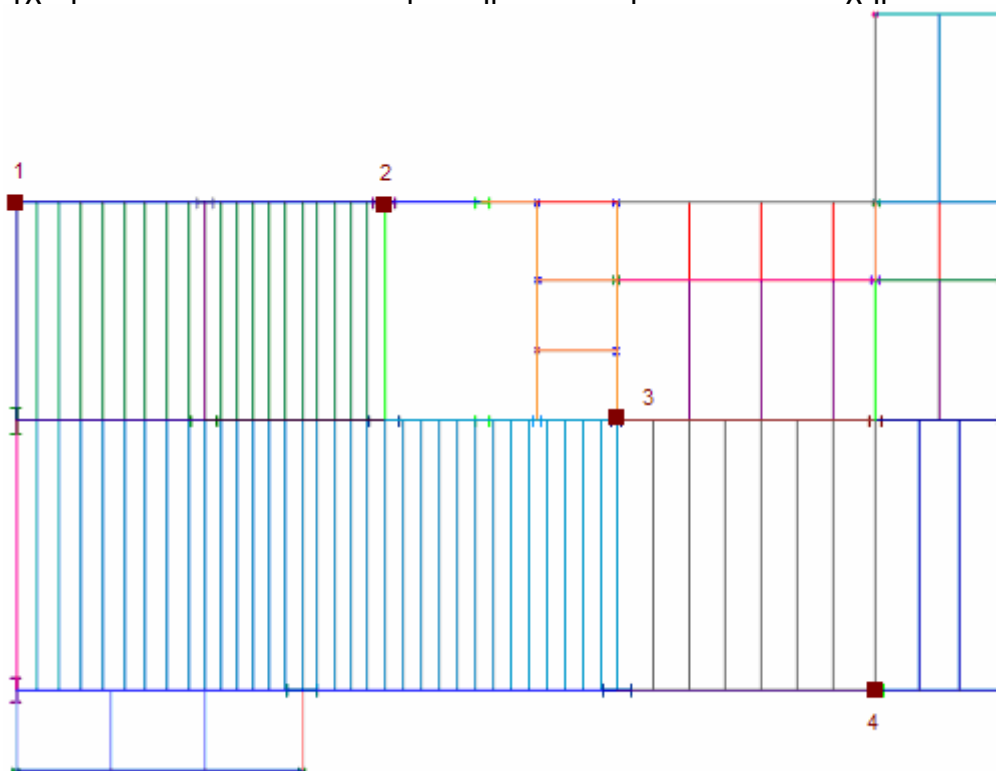
Άρα για το ισόγειο ισχύει  $dr \leq 0,01 \cdot 4,15/0,5 = 0,083$  για τους ορόφους  $dr \leq 0,01 \cdot 3,45/0,5 = 0,069$  και για το δώμα  $dr \leq 0,01 \cdot 2,15/0,5 = 0,043$ .

Το drift των ορόφων ορίζεται από τον Ευρωκώδικα 8 ως η διαφορά των μετακινήσεων δύο διαδοχικών ορόφων, που προκύπτουν από το ελαστικό φάσμα. Αν οι μετακινήσεις έχουν υπολογιστεί με το φάσμα σχεδιασμού, όπως έγινε εδώ, πρέπει να πολλαπλασιαστούν με το  $q$ :

$$d_s = q \cdot d_e$$

Στην εργασία αυτή, τα drift υπολογίστηκαν αυτόματα από το πρόγραμμα.

Ελέγχθηκαν ενδεικτικά τα τέσσερα σημεία που φαίνονται στο σχήμα 4.201.



Σχήμα 4.201

Σεισμός κατά x με την ισοδύναμη στατική μέθοδο:Σημείο 1:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY7	0,079555	0,009455	0,004137	0,000133
STORY6	0,065282	0,009915	0,004146	0,000260
STORY5	0,050980	0,010812	0,003702	0,000729
STORY4	0,038207	0,008298	0,003338	0,000743
STORY3	0,026692	0,005734	0,003024	0,000681
STORY2	0,016258	0,003385	0,002568	0,000529
STORY1	0,007399	0,001559	0,001783	0,000376

Σημείο 2:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,088027	-0,001076	0,003941	0,000027
STORY7	0,079555	-0,001135	0,004137	0,000007
STORY6	0,065282	-0,001160	0,004146	0,000073
STORY5	0,050980	-0,000907	0,003702	0,000132
STORY4	0,038207	-0,000453	0,003338	0,000113
STORY3	0,026692	-0,000062	0,003024	0,000039
STORY2	0,016258	0,000074	0,002568	0,000053
STORY1	0,007399	0,000258	0,001783	0,000062

Σημείο 3:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,081208	-0,008346	0,003685	0,000246
STORY7	0,073286	-0,007818	0,004220	0,000096
STORY6	0,058725	-0,008150	0,004256	0,000044
STORY5	0,044042	-0,008303	0,003193	0,000675
STORY4	0,033027	-0,005975	0,002831	0,000654
STORY3	0,023261	-0,003719	0,002598	0,000494
STORY2	0,014298	-0,002016	0,002223	0,000421
STORY1	0,006629	-0,000563	0,001597	0,000136

Σημείο 4:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY7	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY6	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY5	0,035465	-0,016548	0,002563	0,001280
STORY4	0,026623	-0,012131	0,002204	0,001256
STORY3	0,019019	-0,007796	0,002071	0,001000
STORY2	0,011874	-0,004345	0,001796	0,000831
STORY1	0,005677	-0,001479	0,001368	0,000356

Σεισμός κατά γ με την ισοδύναμη στατική μέθοδο:Σημείο 1:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY7	-0,004153	0,030645	0,000280	0,001100
STORY6	-0,003189	0,026849	0,000248	0,001300
STORY5	-0,002332	0,022365	0,000309	0,001333
STORY4	-0,001267	0,017765	0,000183	0,001416
STORY3	-0,000634	0,012881	0,000149	0,001378
STORY2	-0,000121	0,008126	0,000092	0,001183
STORY1	0,000197	0,004046	0,000047	0,000975

Σημείο 2:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	-0,003928	0,038940	0,000105	0,002138
STORY7	-0,004153	0,034343	0,000280	0,001387
STORY6	-0,003189	0,029559	0,000248	0,001490
STORY5	-0,002332	0,024418	0,000309	0,001617
STORY4	-0,001267	0,018839	0,000183	0,001563
STORY3	-0,000634	0,013448	0,000149	0,001498
STORY2	-0,000121	0,008281	0,000092	0,001263
STORY1	0,000197	0,003923	0,000047	0,000945

Σημείο 3:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	-0,002932	0,040002	0,000450	0,001547
STORY7	-0,001964	0,036677	0,000110	0,001567
STORY6	-0,001584	0,031269	0,000136	0,001610
STORY5	-0,001116	0,025713	0,000141	0,001796
STORY4	-0,000631	0,019517	0,000096	0,001655
STORY3	-0,000299	0,013806	0,000078	0,001573
STORY2	-0,000029	0,008379	0,000044	0,001314
STORY1	0,000124	0,003846	0,000030	0,000927

Σημείο 4:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY7	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY6	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY5	0,000386	0,027157	0,000067	0,001996
STORY4	0,000155	0,020272	0,000011	0,001759
STORY3	0,000116	0,014205	0,000009	0,001657
STORY2	0,000084	0,008488	0,000015	0,001371
STORY1	0,000034	0,003759	0,000008	0,000906

Σεισμός κατά x με την δυναμική φασματική μέθοδο:Σημείο 1:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY7	0,064357	0,016363	0,003954	0,000548
STORY6	0,052170	0,015271	0,003793	0,000639
STORY5	0,040747	0,014197	0,003192	0,001001
STORY4	0,030959	0,010956	0,002729	0,000943
STORY3	0,022256	0,007832	0,002458	0,000877
STORY2	0,014095	0,004882	0,002170	0,000742
STORY1	0,006693	0,002337	0,001613	0,000563

Σημείο 2:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,071701	0,005644	0,003660	0,000726
STORY7	0,064357	0,004857	0,003954	0,000232
STORY6	0,052170	0,004226	0,003793	0,000234
STORY5	0,040747	0,003457	0,003192	0,000275
STORY4	0,030959	0,002558	0,002729	0,000259
STORY3	0,022256	0,001733	0,002458	0,000215
STORY2	0,014095	0,001069	0,002170	0,000179
STORY1	0,006693	0,000548	0,001613	0,000132

Σημείο 3:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,062578	0,014455	0,003365	0,000555
STORY7	0,055752	0,013447	0,004043	0,000516
STORY6	0,043582	0,012567	0,003793	0,000485
STORY5	0,032633	0,011410	0,002567	0,000908
STORY4	0,024960	0,008382	0,002148	0,000833
STORY3	0,018188	0,005595	0,001965	0,000689
STORY2	0,011690	0,003265	0,001763	0,000591
STORY1	0,005676	0,001260	0,001368	0,000304

Σημείο 4:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY7	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY6	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY5	0,023509	0,021886	0,001843	0,001696
STORY4	0,018322	0,016270	0,001480	0,001561
STORY3	0,013737	0,011057	0,001412	0,001327
STORY2	0,009077	0,006558	0,001317	0,001136
STORY1	0,004575	0,002677	0,001102	0,000645

Σεισμός κατά γ με την δυναμική φασματική μέθοδο:Σημείο 1:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY7	0,007249	0,028316	0,000554	0,001433
STORY6	0,005718	0,024475	0,000633	0,001613
STORY5	0,004282	0,020593	0,000729	0,001437
STORY4	0,003306	0,016709	0,000435	0,001366
STORY3	0,003158	0,012590	0,000299	0,001289
STORY2	0,002694	0,008400	0,000351	0,001171
STORY1	0,001608	0,004393	0,000387	0,001059

Σημείο 2:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,007743	0,043681	0,000769	0,003731
STORY7	0,007249	0,037498	0,000554	0,001708
STORY6	0,005718	0,031982	0,000633	0,001777
STORY5	0,004282	0,026253	0,000729	0,001868
STORY4	0,003306	0,020211	0,000435	0,001712
STORY3	0,003158	0,014515	0,000299	0,001619
STORY2	0,002694	0,009047	0,000351	0,001370
STORY1	0,001608	0,004346	0,000387	0,001047

Σημείο 3:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,005564	0,048974	0,000807	0,002415
STORY7	0,005173	0,044498	0,000456	0,002211
STORY6	0,003969	0,037386	0,000408	0,002272
STORY5	0,002844	0,030186	0,000322	0,002288
STORY4	0,002107	0,022848	0,000266	0,001967
STORY3	0,001700	0,016283	0,000186	0,001853
STORY2	0,001406	0,010015	0,000164	0,001562
STORY1	0,000900	0,004656	0,000217	0,001122

Σημείο 4:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY7	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY6	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
STORY5	0,006842	0,034762	0,000611	0,002821
STORY4	0,005144	0,026033	0,000417	0,002271
STORY3	0,003792	0,018587	0,000402	0,002129
STORY2	0,002469	0,011453	0,000368	0,001812
STORY1	0,001222	0,005252	0,000294	0,001266

#### 4.3.4.2 Άνεμος

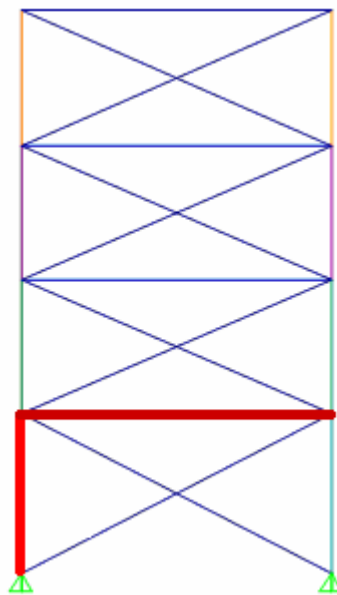
Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3, τα όρια των οριζόντιων και κατακόρυφων μετακινήσεων ενός κτιρίου πρέπει να προσδιοριστούν χωριστά για κάθε έργο και να συμφωνηθούν με τον πελάτη. Εναλλακτικά μπορούν να δίνονται από το εθνικό προσάρτημα.

Το ελληνικό εθνικό προσάρτημα δεν προβλέπει όρια για πολυώροφα κτίρια, εκτός από εκείνα του σεισμού. Έτσι δεν έγινε έλεγχος μετατοπίσεων για τον άνεμο.

#### 4.3.5 Ικανοτικός σχεδιασμός

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2, δεν έγινε ικανοτικός σχεδιασμός στα μοντέλα που παρουσιάστηκαν. Παρ' όλα αυτά, θεωρήθηκε καλό να γίνει ενδεικτικά ικανοτικός έλεγχος για τον δυσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό, σε ένα υποστύλωμα και μία δοκό, ώστε να διαπιστωθούν οι διαφορές με τα παραπάνω αποτελέσματα.

Επιλέχθηκε το αριστερό υποστύλωμα της τομής 1 και η δοκός, που σημειώνονται με κόκκινο στο σχήμα 4.202.

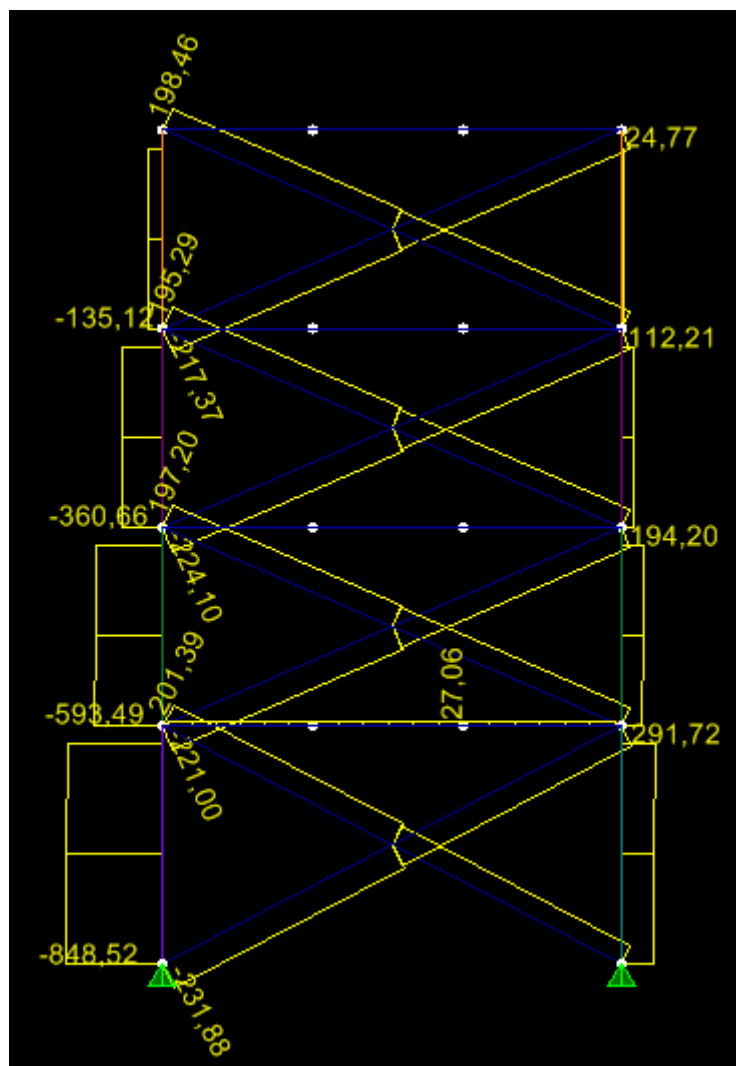


Σχήμα 4.202

##### 4.3.5.1 Υποστύλωμα

Δυσμενέστερος συνδυασμός για το υποστύλωμα είναι ο  $G+0,3Q-E_x-0,3E_y$ . Από τα χιαστί της τομής αυτής, προκύπτει (σχήμα 4.203):

$$\min \Omega = \frac{N_{pl,Rd}}{N_{Ed}} = \frac{2,304 \cdot 10^{-3} \cdot 275000}{231,88} = \frac{633,6}{231,88} = 2,73$$



**Σχήμα 4.203:** Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στην τομή 1 για τον συνδυασμό G+0,3Q-Ex-0,3Ey

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8, πρέπει να ληφθεί η μικρότερη τιμή του  $\Omega$  από όλες τις διαγωνίους. Για να μην χρειαστεί να γίνει έλεγχος σε όλα τα χιαστί, και υπέρ της ασφαλείας, θεωρήθηκε ότι η 2,73 είναι η μικρότερη τιμή.

Επίσης θεωρήθηκε ότι η ονομαστική τάση διαρροής του χάλυβα είναι ίση με την πραγματική, άρα  $\gamma_{ov} = 1$ .

Το υποστύλωμα έχει διατομή HEA220. Δεν δέχεται ροπές, γι' αυτό γίνεται μόνο έλεγχος σε λυγισμό.

Έχει  $N_{EdG} = 322,04$  kN από τον G+0,3Q και  $N_{EdE} = 526,48$  kN από τον -Ex-0,3Ey. Οι δυνάμεις αυτές είναι θλιπτικές.

Άρα:  $N_{Ed} = N_{EdG} + 1,1 \cdot \Omega \cdot \gamma_{ov} \cdot N_{EdE} = 322,04 + 1,1 \cdot 2,73 \cdot 1 \cdot 526,48 = 1903,06$  kN

Το μήκος λυγισμού του υποστυλώματος είναι ίσο με το ύψος του και στις δύο διευθύνσεις, άρα πιο επικίνδυνη για λυγισμό είναι η διεύθυνση z.

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_z} = \frac{4,15}{0,0551} = 75,32$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{75,32}{\pi \cdot \sqrt{\frac{210000}{235}}} = 0,802$$

Για ελατή διατομή διπλού ταυ, με  $h/b=0,21/0,22=0,95 < 1,2$ ,  $t_f = 0,011 < 100\text{mm}$  και λυγισμό ως προς τον z-z, η καμπύλη λυγισμού είναι η c και ο συντελεστής α είναι 0,49.

$$\Phi = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,49 \cdot (0,802 - 0,2) + 0,802^2) = 0,97$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,97 + \sqrt{0,97^2 - 0,802^2}} = 0,66$$

$$N_{Pl,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 0,66 \cdot 6,43 \cdot 10^{-3} \cdot 235000 = 998,7 \text{ kN} < N_{Ed}$$

Επιλέγεται κατόπιν διατομή HEA320.

Με την αλλαγή αυτή, αλλάζουν λίγο τα εντατικά μεγέθη, τα οποία τώρα είναι ως εξής:

$$\Omega = 633,6/234,57 = 2,7$$

$$N_{Ed} = 354,7 + 1,1 \cdot 2,7 \cdot 549 = 1985,23 \text{ kN}$$

Υπολογισμός αντοχής:

$$\lambda_z = \frac{4,15}{0,0751} = 55,26$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{55,26}{\pi \cdot \sqrt{\frac{210000}{235}}} = 0,59$$

Για ελατή διατομή διπλού ταυ, με  $h/b=0,31/0,3=1,03 < 1,2$ ,  $t_f = 0,0155 < 100\text{mm}$  και λυγισμό ως προς τον z-z, η καμπύλη λυγισμού είναι η c και ο συντελεστής α είναι 0,49.

$$\Phi = 0,5 \cdot (1 + 0,49 \cdot (0,59 - 0,2) + 0,59^2) = 0,77$$

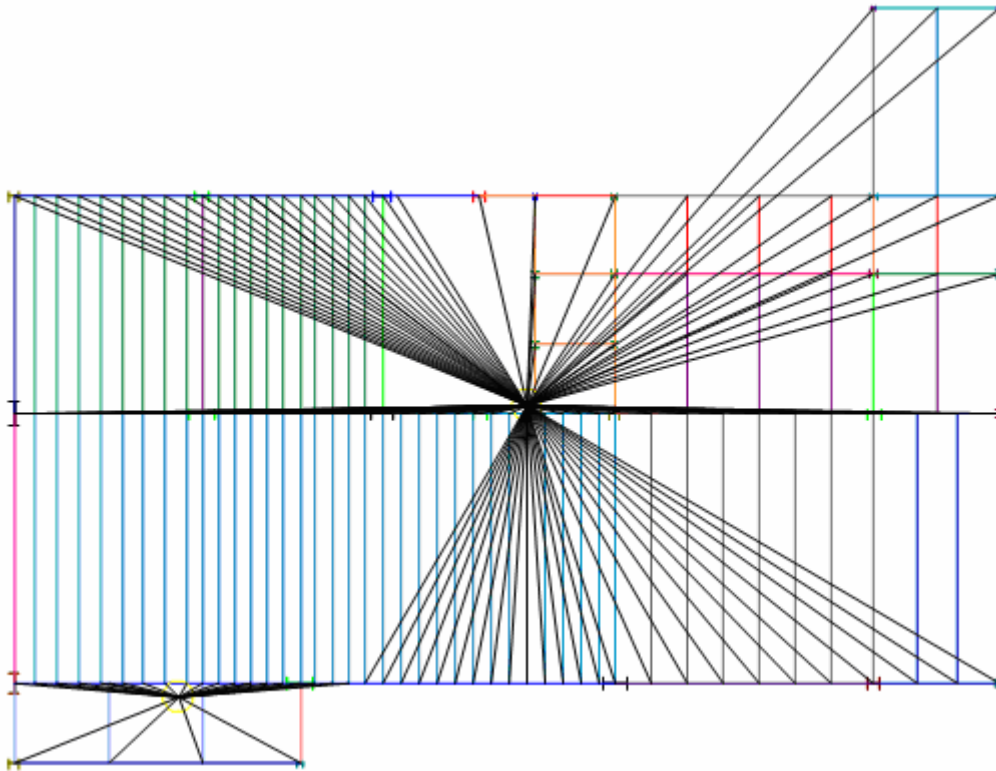
$$\chi = \frac{1}{0,77 + \sqrt{0,77^2 - 0,59^2}} = 0,79$$

$$N_{Pl,Rd} = 0,79 \cdot 0,0124 \cdot 235000 = 2302,06 \text{ kN} > N_{Ed}$$

Άρα η διατομή επαρκεί.

#### 4.3.5.2 Δοκός

Στα μοντέλα που παρουσιάστηκαν οι δοκοί δεν δέχονται αξονικές δυνάμεις λόγω του άκαμπτου διαφράγματος. Για να γίνει ο ικανοτικός έλεγχος, τοποθετήθηκε εύκαμπτο διάφραγμα στα σημεία εκείνα, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.204.



Σχήμα 4.204

Η δοκός έχει διατομή IPE330. Γι' αυτήν δυσμενέστερος σεισμικός συνδυασμός είναι ο  $G+0,3Q+E_x+0,3E_y$ . Ο έλεγχος σε συνδυασμό θλίψης και κάμψης, έγινε με τα μεγέθη:

$$N = 34,495 \text{ kN (εφελκυστική)}$$

$$M_{y-y} = 84,568 \text{ kNm}$$

$$M_{z-z} = 0,054 \text{ kNm}$$

$$V_{z-z} = 39,01 \text{ kN}$$

$$V_{y-y} = 0,06 \text{ kN}$$

Ισχύει ότι:

$$\Omega = 2,7$$

$$N_{Ed} = N_{EdG} + 1,1 \cdot \Omega \cdot \gamma_{ov} \cdot N_{EdE} = 25,11 + 1,1 \cdot 2,7 \cdot 1 \cdot 9,64 = 53,74 \text{ kN}$$

$$V_{Pl,Rdy} = \frac{A_{vy} \cdot f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,475 \cdot 10^{-3} \cdot 235000 / \sqrt{3}}{1} = 335,8 > 2 \cdot 39,01 = 78,02 \text{ kN}$$

$$V_{Pl,Rdz} = \frac{A_{vz} \cdot f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = \frac{3,067 \cdot 10^{-3} \cdot 235000 / \sqrt{3}}{1} = 416,12 > 2 \cdot 0,06 = 0,12 \text{ kN}$$

Άρα δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε κάμψη λόγω τέμνουσας.

$$N_{Pl,Rd} = 6,26 \cdot 10^{-3} \cdot 235000 = 1471,1 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 53,74 \text{ kN} < 0,25 \cdot N_{Pl,Rd} = 367,8 \text{ kN} \text{ και}$$

$$N_{Ed} < h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 0,307 \cdot 0,0075 \cdot 235000 / 1 = 541,09 \text{ kN}$$

Άρα δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε κάμψη λόγω αξονικής.

Συνεπώς:

$$\frac{N_{Ed}}{A \cdot f_y} + \frac{M_{y-y}}{w_{el,y} \cdot f_y} + \frac{M_{z-z}}{w_{el,z} \cdot f_y} = \frac{53,74}{1471,1} + \frac{84,568}{188,94} + \frac{0,054}{36,19} = 0,49 < 1$$



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

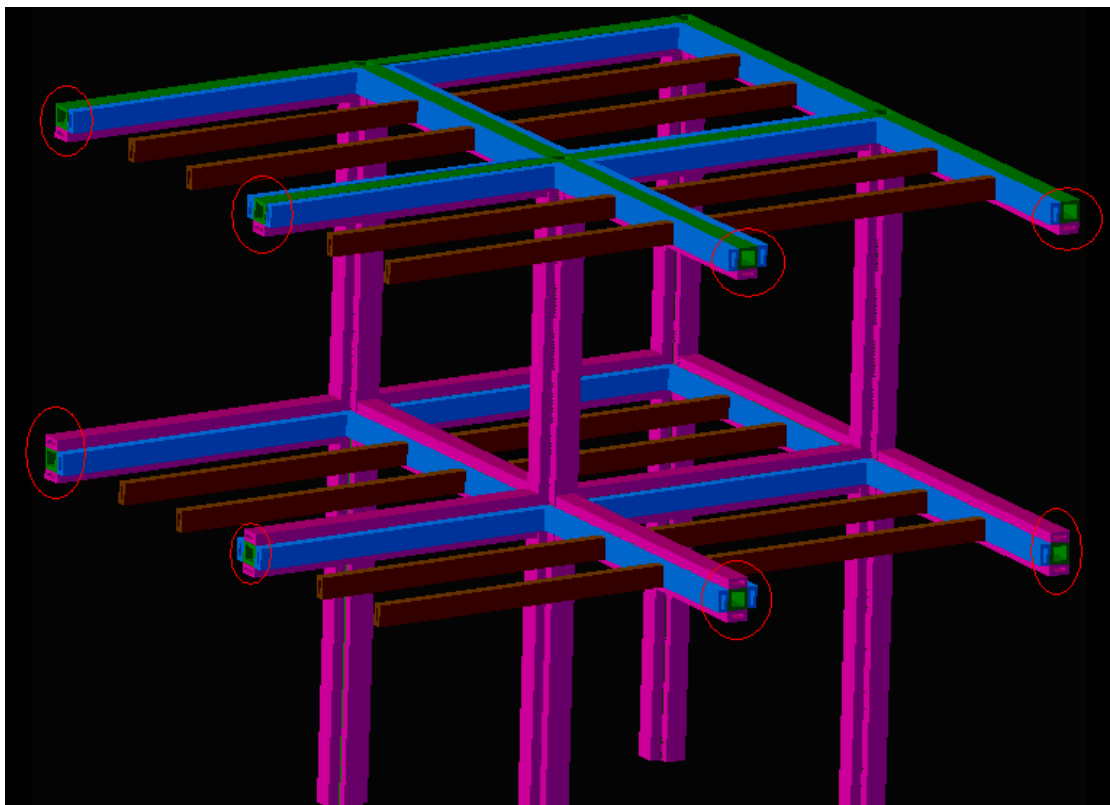
### Προκατασκευασμένα μεταλλικά στοιχεία

#### 5.1 Περιγραφή της μεθόδου κατασκευής

Η μέθοδος που μελετάται εδώ, ορίζει την κατασκευή του κτιρίου από προκατασκευασμένα μεταλλικά πλαίσια. Τα πλαίσια αυτά συγκολλούνται στο εργοτάξιο πάνω σε ένα σκελετό (δοκοί και υποστυλώματα) αποτελούμενο από κοίλες τετραγωνικές διατομές με τη βοήθεια ελασμάτων.

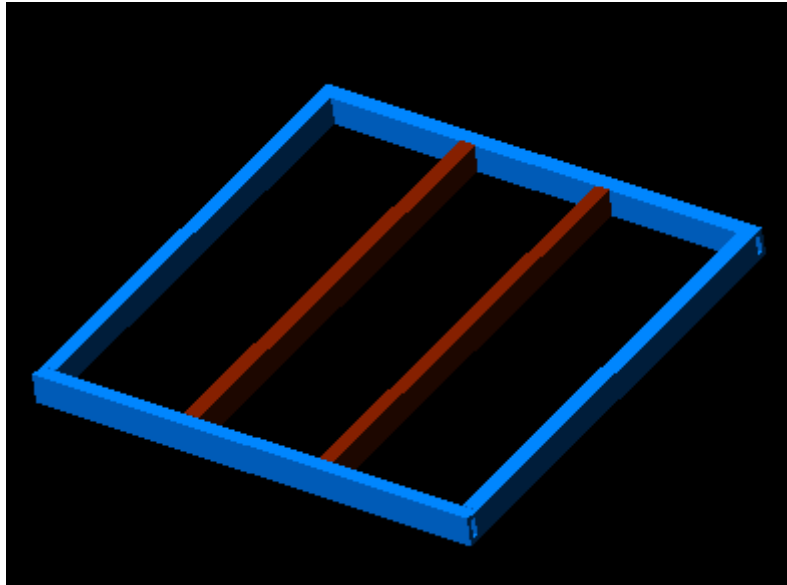
Τα πλαίσια αποτελούνται από περιμετρικές δοκούς με κοίλες ορθογωνικές διατομές. Ενδιάμεσα το πλαίσιο μπορεί να είναι κενό, να έχει διαδοκίδες (πλαίσια δαπέδου) ή να έχει χιαστί συνδέσμους. Τα μέλη αυτά έχουν επίσης είτε κοίλες ορθογωνικές είτε κοίλες τετραγωνικές διατομές. Οι συνδέσεις μεταξύ των μελών είναι συγκολλήσεις. Οι διαστάσεις τους πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να μην δυσχεραίνουν την μεταφορά και ανέγερσή τους. Στην εργασία αυτή θεωρήθηκε ότι οι μέγιστες διαστάσεις που μπορεί να έχει ένα πλαίσιο είναι 4,15 m στην μία διεύθυνση και 15 m στην άλλη.

Όταν οι κοίλες ορθογωνικές διατομές των πλαισίων συγκολλούνται στις κοίλες τετραγωνικές του σκελετού, σχηματίζονται στις δοκούς και τα υποστυλώματα του κτιρίου πολυκυψελικές διατομές. Στο σχήμα 5.1 φαίνεται ένα παράδειγμα τέτοιου κτιρίου, φτιαγμένο στο πρόγραμμα AutoCAD 2006. Χάριν απλότητας όλα τα υποστυλώματα και οι δοκοί σχεδιάστηκαν να έχουν την ίδια διατομή, αν και στην πραγματικότητα αυτό δεν είναι απαραίτητο.

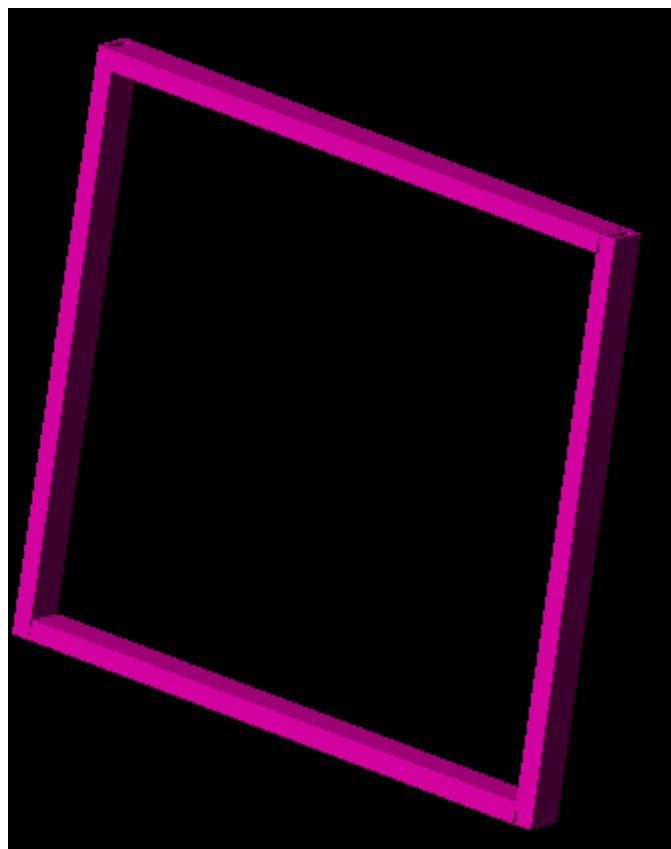


Σχήμα 5.1: Παράδειγμα κτιρίου με προκατασκευασμένα μεταλλικά πλαίσια

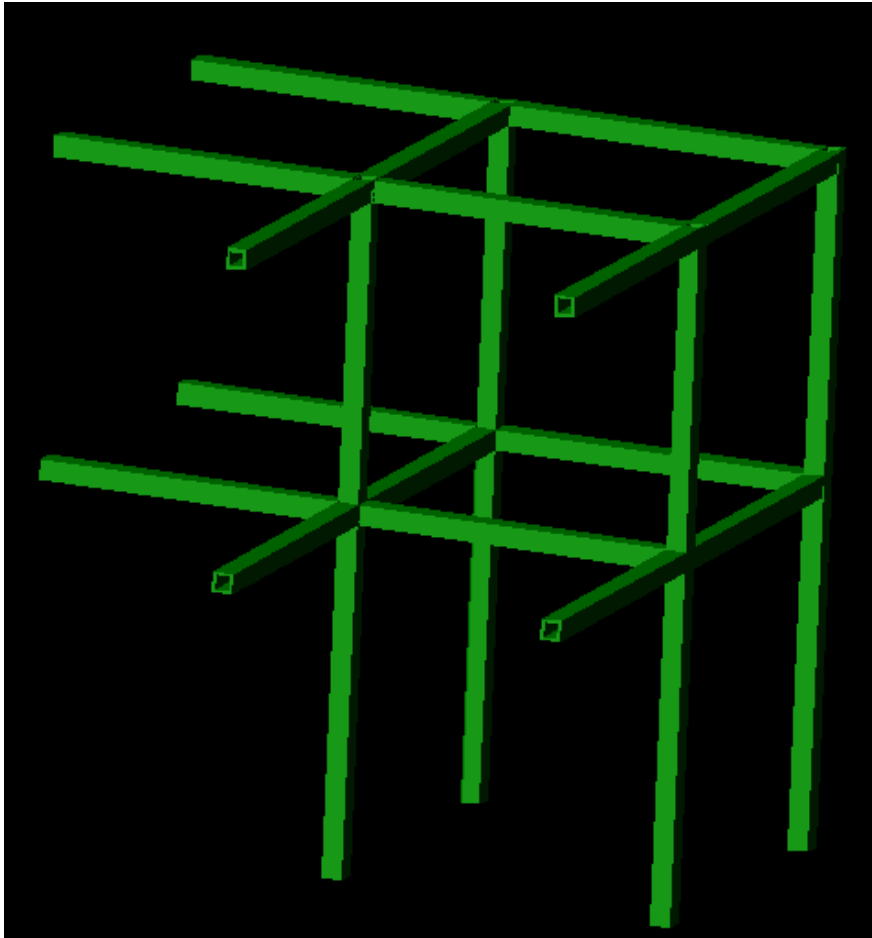
Στο σχήμα 5.1 ο σκελετός του κτιρίου απεικονίζεται με πράσινο χρώμα, τα πλαίσια δαπέδου με μπλε, οι διαδοκίδες τους με καφέ, και τα πλαίσια τοίχου με ροζ. Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται και χωριστά παρακάτω, στα σχήματα 5.2 ως 5.4. Οι πολυκυψελικές διατομές που διακρίνονται στο σχήμα 5.1 έχουν επισημανθεί με κόκκινο χρώμα.



**Σχήμα 5.2:** Πλαίσιο δαπέδου



**Σχήμα 5.3:** Πλαίσιο τοίχου. Μπορεί να έχει και χιαστί σύνδεσμο.



Σχήμα 5.4: Ο σκελετός του κτιρίου

## 5.2 Περιγραφή του κτιρίου

### 5.2.1 Τύποι διατομών

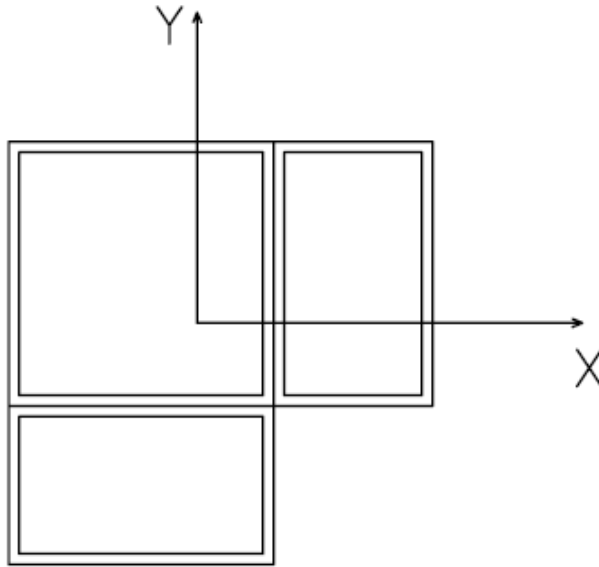
Οι συγκολλητές πολυκυψελικές διατομές των δοκών και των υποστυλωμάτων προσομοιώθηκαν στο πρόγραμμα E-tabs με διατομές τύπου 'general section' οι οποίες είχαν ίδια αδρανειακά χαρακτηριστικά και παρόμοιες διαστάσεις. Οι παράμετροι που υπολογίστηκαν για τον ορισμό των διατομών αυτών είναι οι εξής:

- Εμβαδόν
- Στρεπτική σταθερά  
Υπέρ της ασφαλείας, η στρεπτική σταθερά της συγκολλητής διατομής τέθηκε ίση με το άθροισμα των στρεπτικών σταθερών των επιμέρους διατομών.
- Ροπή αδρανείας περί τους άξονες  $x$  και  $y$ .
- Επιφάνεια διάτμησης κατά  $x$  και  $y$ .
- Ελαστική ροπή αντίστασης κατά  $x$  και  $y$ .
- Πλαστική ροπή αντίστασης κατά  $x$  και  $y$ .

Για λόγους ασφαλείας αποφασίστηκε να γίνει ελαστικός έλεγχος στις συγκολλητές διατομές, οπότε οι πλαστικές ροπές αντίστασης λήφθηκαν ίσες με τις ελαστικές.

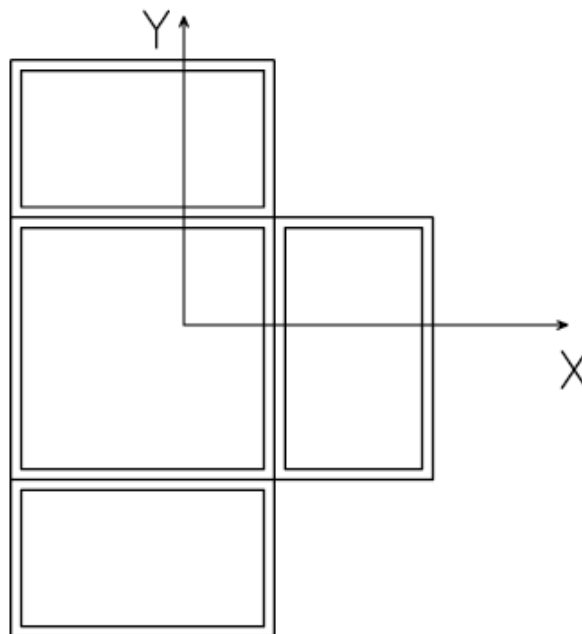
- Ακτίνα αδρανείας κατά  $x$  και  $y$ .
- Μέγιστη διάσταση κατά  $x$  και  $y$ .

Οι διατομές αυτές χωρίστηκαν σε πέντε κατηγορίες, ανάλογα με το πόσες κοίλες διατομές συγκολλούνται μεταξύ τους. Οι πέντε αυτές κατηγορίες περιγράφονται στα σχήματα παρακάτω (5.5 ως 5.9).



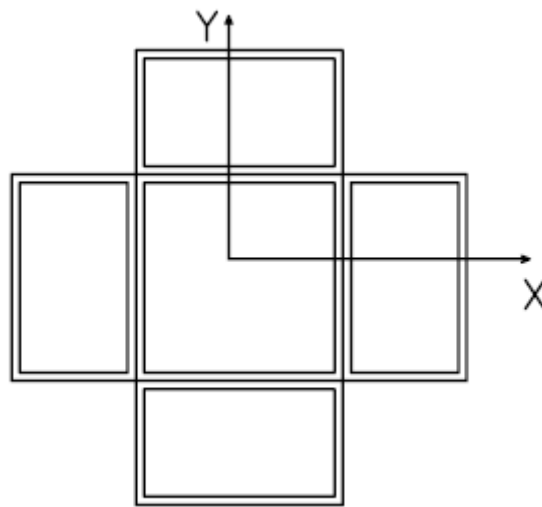
**Σχήμα 5.5:** Τύπος 1.

Αποτελείται από μία κοίλη τετραγωνική και δύο κοίλες ορθογωνικές διατομές.



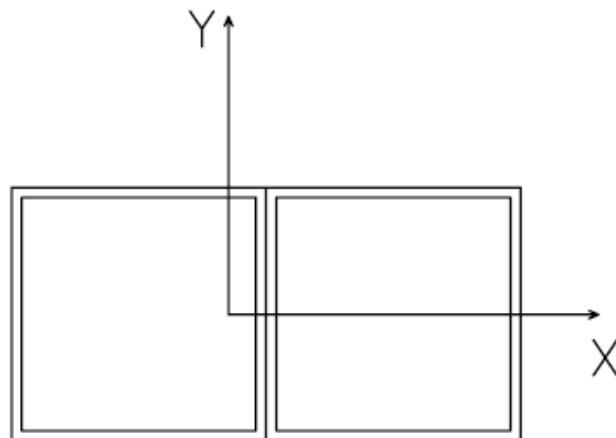
**Σχήμα 5.6:** Τύπος 2.

Αποτελείται από μία κοίλη τετραγωνική και τρεις κοίλες ορθογωνικές διατομές.



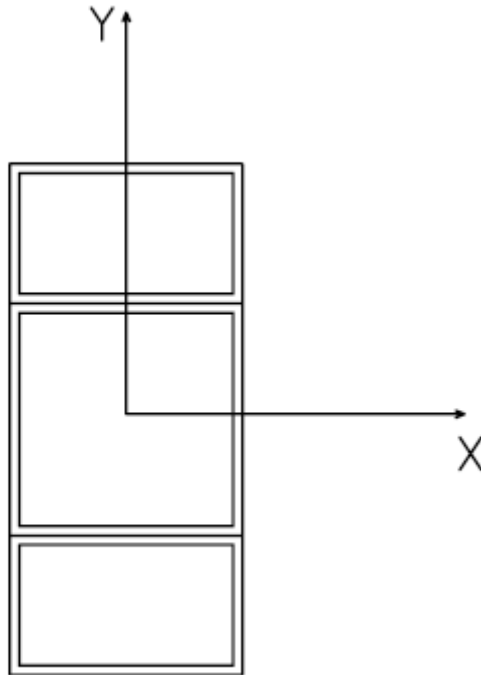
**Σχήμα 5.7:** Τύπος 3.

Αποτελείται από μία κοίλη τετραγωνική και τέσσερις κοίλες ορθογωνικές διατομές.



**Σχήμα 5.8:** Τύπος 4.

Αποτελείται από δύο κοίλες τετραγωνικές διατομές.



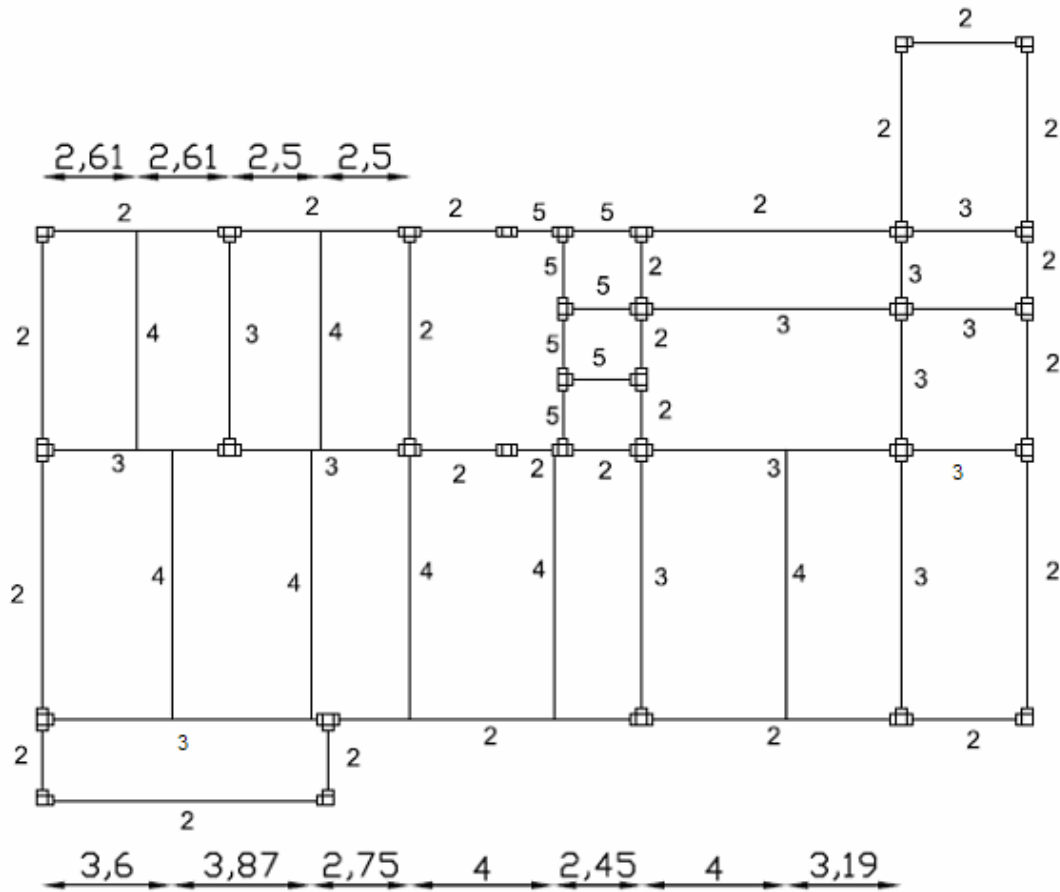
**Σχήμα 5.9:** Τύπος 5.

Αποτελείται από μία κοίλη τετραγωνική και δύο κοίλες ορθογωνικές διατομές.

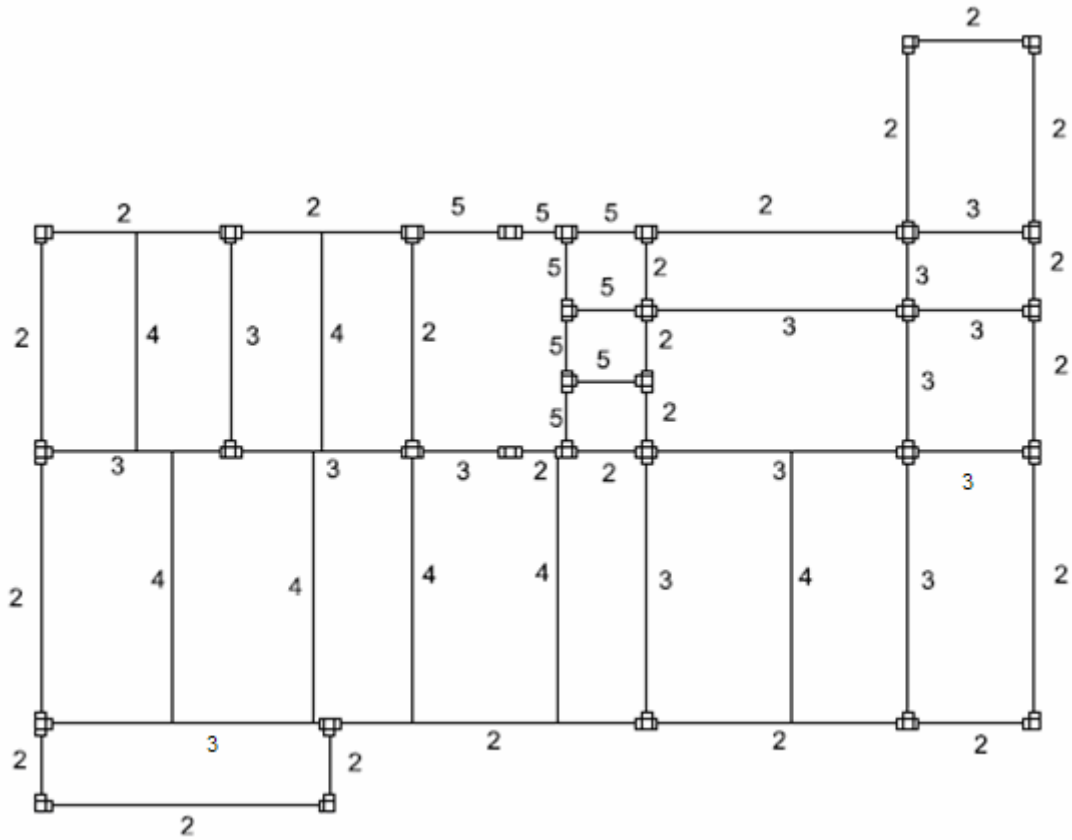
### 5.2.2 Τοποθέτηση διατομών

Ακολουθεί αναλυτικότερη παρουσίαση του κτιρίου και του τύπου διατομής που μπαίνει σε κάθε θέση (σχήματα 5.10 ως 5.17).

Στα υποστυλώματα ο τύπος διατομής δεν αναγράφεται διότι απεικονίζονται σε κάτοψη οπότε είναι εμφανής. Στις δοκούς, ο τύπος διατομής αναγράφεται δίπλα σαν αριθμός. Οι διαστάσεις που δίνονται είναι οι πλευρές των πλαισίων δαπέδων που συγκολλούνται μεταξύ τους χωρίς να υπάρχει ενδιάμεση δοκός (Τύπος 4).

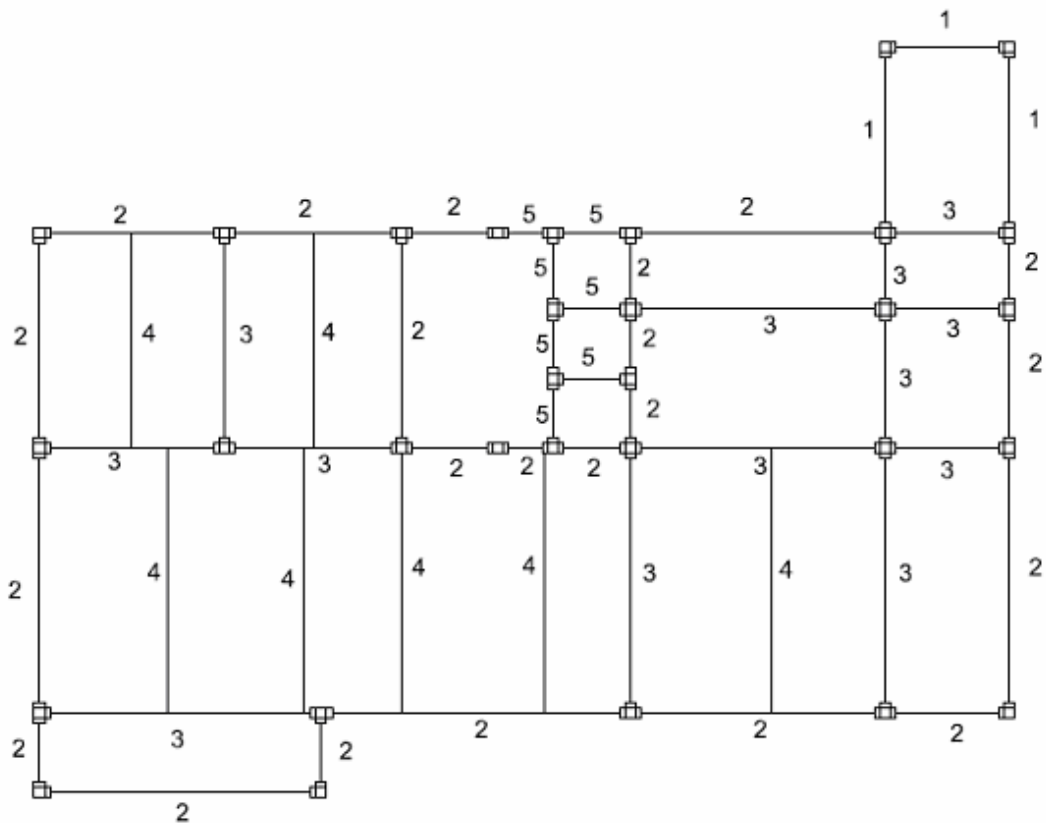


**Σχήμα 5.10:** Κάτοψη επιπέδου 1 με τον τύπο διατομής που μπαίνει σε κάθε θέση.

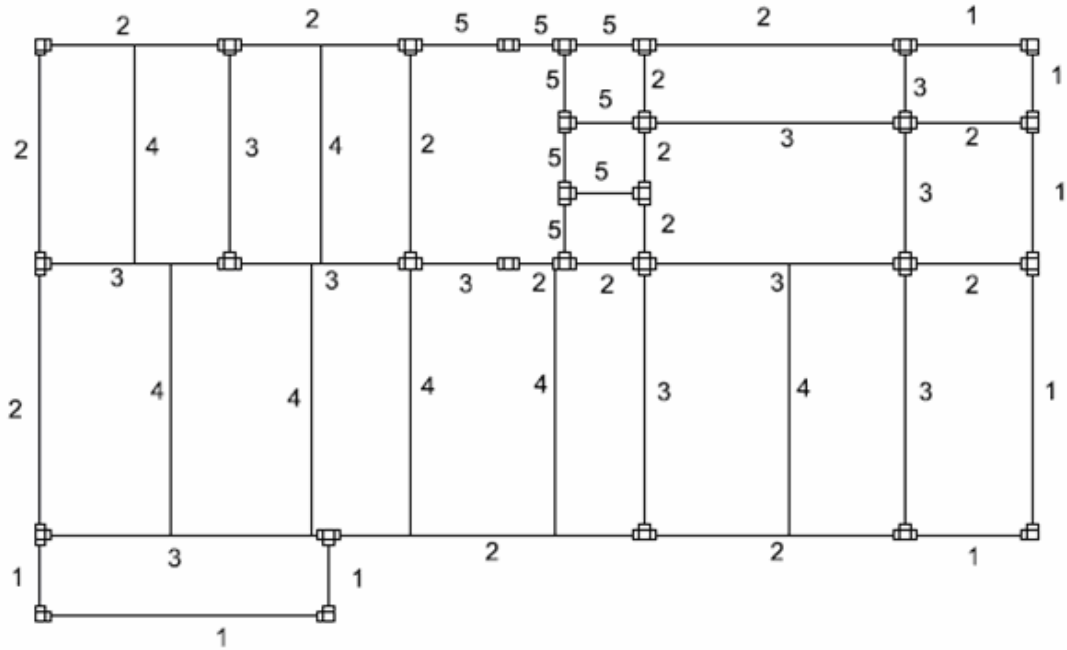


**Σχήμα 5.11:** Κάτοψη επιπέδου 2, όμοια με πριν.

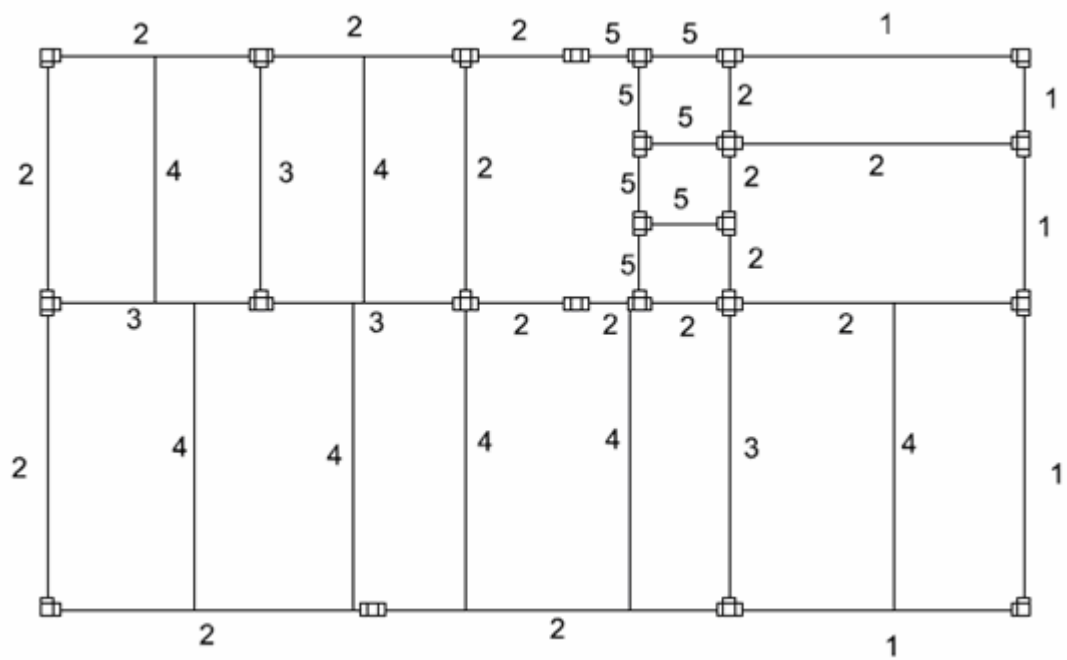
Οι διαστάσεις του επιπέδου 1 είναι ίδιες σε κάθε όροφο, γι' αυτό δεν αναγράφονται ξανά.



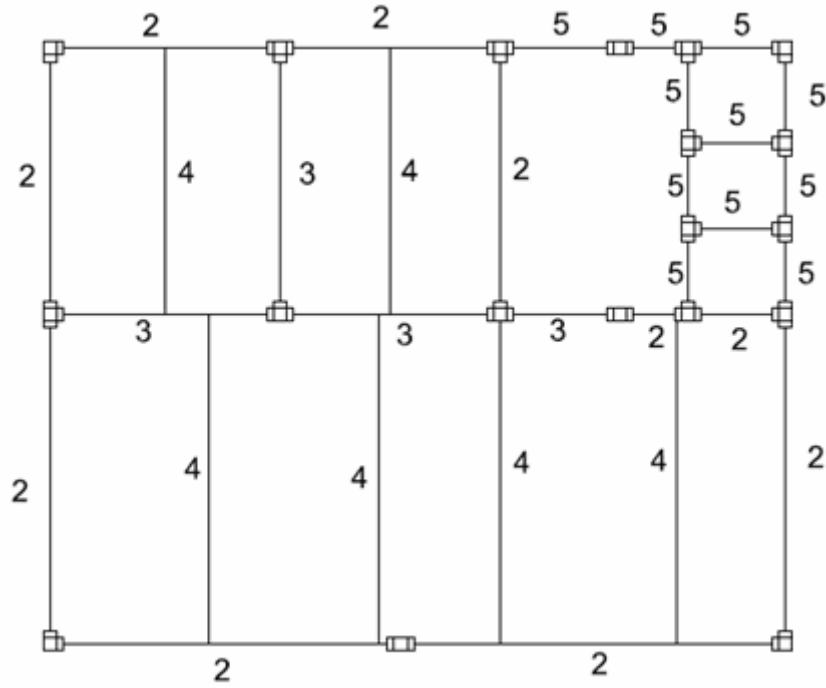
**Σχήμα 5.12:** Κάτοψη επιπέδου 3



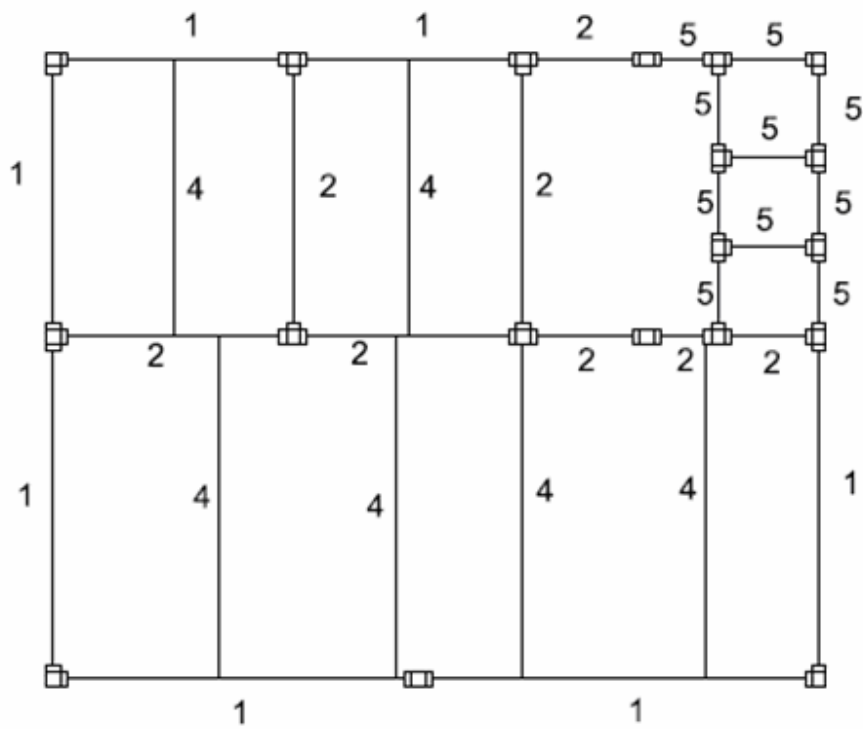
Σχήμα 5.13: Κάτοψη επιπέδου 4



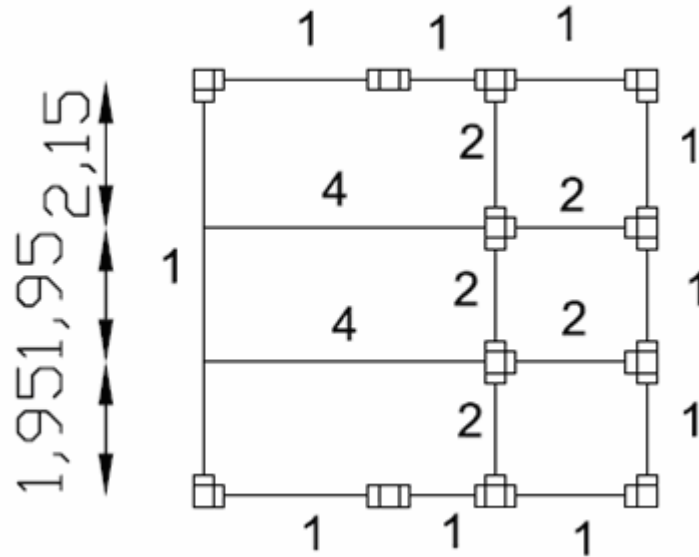
Σχήμα 5.14: Κάτοψη επιπέδου 5



Σχήμα 5.15: Κάτοψη επιπέδου 6



Σχήμα 5.16: Κάτοψη επιπέδου 7



Σχήμα 5.17: Κάτοψη επιπέδου 8

## 5.3 Μοντέλο του προκατασκευασμένου μεταλλικού κτιρίου

### 5.3.1 Διατομές

Στο προσομοίωμα που φτιάχτηκε υιοθετήθηκε η ίδια λογική σχεδιασμού όπως στο τελικό μοντέλο του συμβατικού κτιρίου, δηλαδή η εξεύρεση της κατά το δυνατόν βέλτιστης διατομής για κάθε μέλος.

Οι διατομές που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

#### 1) Πολυκυψελικές

	Κοίλη τετραγωνική	Κοίλες ορθογωνικές	Ονομασία στα σχήματα
<b>Τύπος 1</b>	50x2.5	50x25x2.5	T1/50
	60x2.5	60x40x2.5	T1/60
	80x3	80x40x3	T1/80
	100x3.6	100x50x3	T1/100
	120x4	120x60x3.6	T1/120
	140x5	140x80x4	T1/140
	150x5	150x100x4	T1/150
	160x5	160x80x4	T1/160
	180x5	180x100x4	T1/180
	200x5	200x100x4	T1/200
	250x5	250x150x5	T1/250
	260x6	260x180x6	T1/260
	350x8	350x250x6	T1/350
	400x8	400x200x6	T1/400X6
	400x8	400x200x8	T1/400X8
	400x8	400x200x10	T1/400X10
<b>Τύπος 2</b>	50x2.5	50x25x2.5	T2/50
	60x2.5	60x40x2.5	T2/60

	80x3	80x40x3	T2/80X3
	80x5	80x40x4	T2/80X5
	90x3.6	90x50x3	T2/90
	100x3.6	100x50x3	T2/100
	120x4	120x60x3.6	T2/120X4
	120x6	120x60x6	T2/120X6
	180x5	180x100x4	T2/180
	200x5	200x100x4	T2/200X5
	200x6	200x100x6	T2/200X6
	200x10	200x100x10	T2/200X10
	250x5	250x150x5	T2/250
	260x6	260x180x6	T2/260
	300x6	300x200x5	T2/300
	350x8	350x250x6	T2/350
	400x8	400x200x6	T2/400X6
	400x8	400x200x8	T2/400X8
	400x8	400x200x10	T2/400X8X10
	400x10	400x200x10	T2/400X10X10
	400x12	400x200x12	T2/400x12
	400x12.5	400x200x12.5	T2/400x12.5
<b>Τύπος 2 με ανεστραμμένους άξονες</b>	80x3	80x40x3	T2/80X3R
	200x5	200x100x4	T2/200X5R
	200x10	200x100x10	T2/200X10R
	300x6	300x200x5	T2/300R
	400x10	400x200x10	T2/400R
<b>Τύπος 3</b>	50x2.5	50x25x2.5	T3/50
	60x2.5	60x40x2.5	T3/60
	80x3	80x40x3	T3/80
	90x3.6	90x50x3	T3/90
	120x4	120x60x4	T3/120
	150x5	150x100x4	T3/150
	200x5	200x100x4	T3/200X5
	200x6.3	200x100x6.3	T3/200X6.3
	200x10	200x100x10	T3/200X10
	260x6	260x180x6	T3/260
	350x8	350x250x6	T3/350
<b>Τύπος 4</b>	120x8	-	T4/120
	140x5	-	T4/140
	150x5	-	T4/150
	200x5	-	T4/200
<b>Τύπος 5</b>	50x2.5	50x25x2.5	T5/50
	60x2.5	60x40x2.5	T5/60
	90x3.6	90x50x3	T5/90
	100x3.6	100x50x3	T5/100
	120x6	120x60x6	T5/120
	180x6	180x100x6	T5/180
	200x5	200x100x4	T5/200
	300x6	300x200x5	T5/300X6
	300x16	300x200x16	T5/300X16
	400x8	400x200x6	T5/400X6
	400x8	400x200x8	T5/400X8

II) Κοίλες ορθογωνικές (στις διαδοκίδες και τις δοκούς της σκάλας).

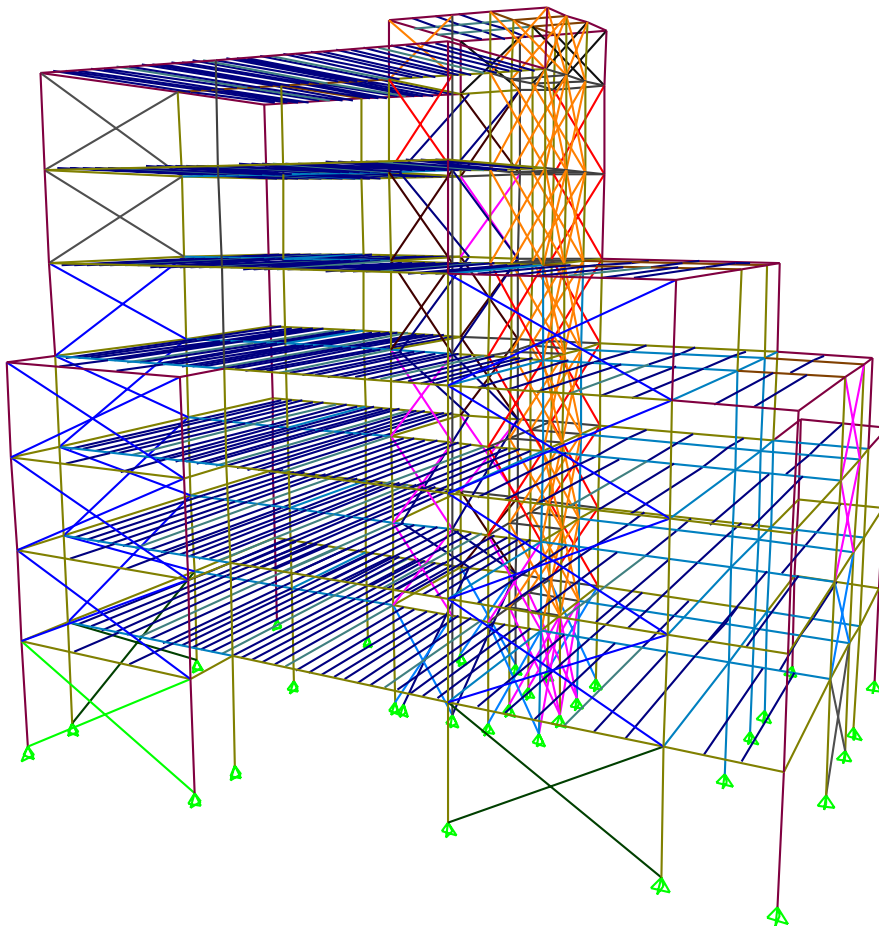
90x50x3, 90x50x5, 120x60x3.6, 120x60x4, 120x60x6, 140x80x4, 160x80x8, 160x80x12.5, 180x100x5, 180x100x6, 180x100x8, 180x100x10, 200x100x5, 200x100x6, 200x100x8, 200x100x10, 200x100x12, 200x120x12.5, 250x150x6.3, 260x180x6, 260x180x8, 300x200x8, 400x200x10, 400x200x12

III) Κοίλες τετραγωνικές (στα χιαστί)

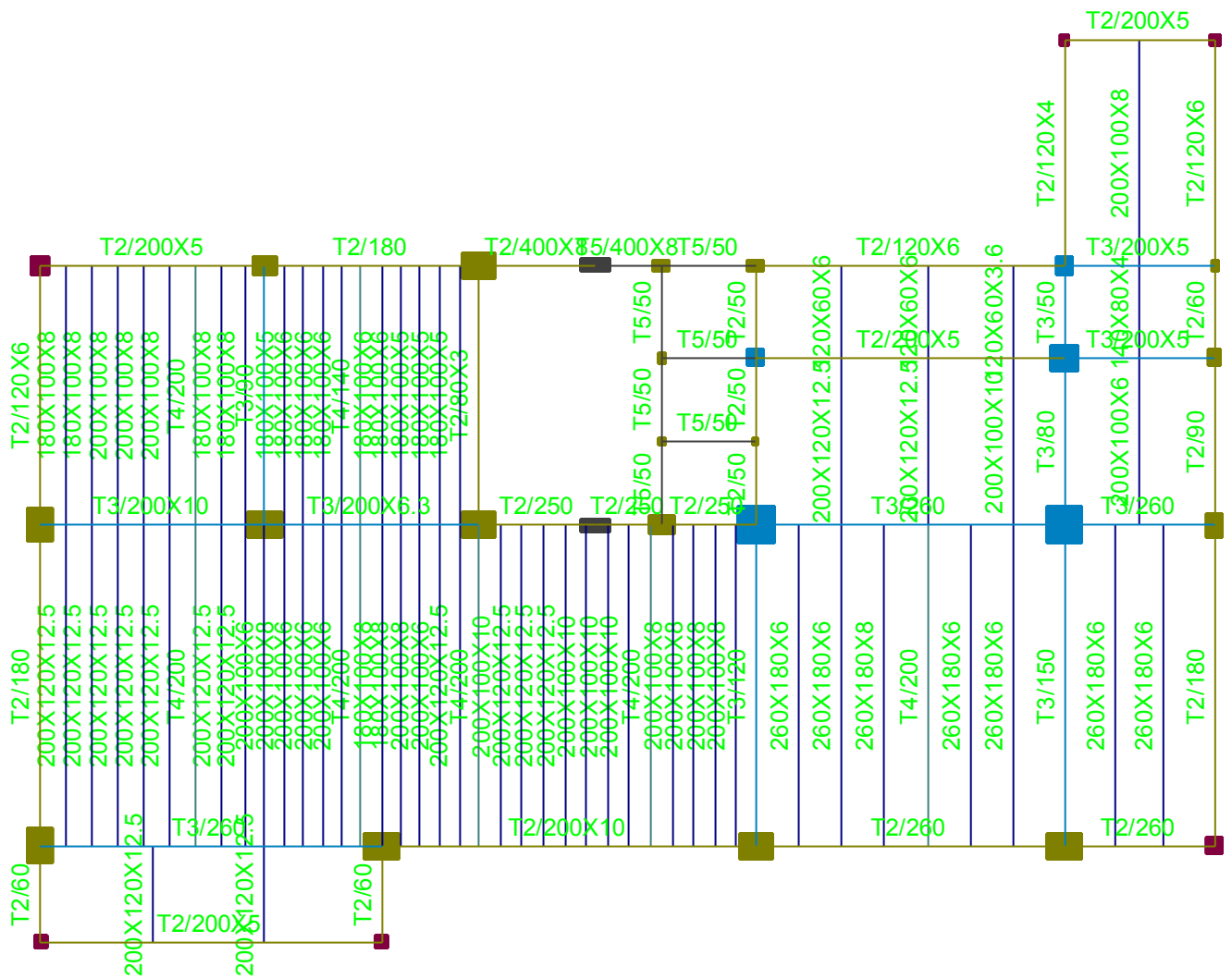
30x3 (μαύρο), 40x2.5 (πορτοκαλί), 40x4 (κόκκινο), 40x5 (μοβ), 50x2.5 (καφέ), 50x6.3 (ροζ), 60x8 (ανοικτό μπλε), 70x8 (γκρι), 80x8 (σκούρο μπλε), 90x8 (σκούρο πράσινο), 100x10 (ανοικτό πράσινο)

Όπως και πριν δεν είναι δυνατόν να γίνει χρωματική διάκριση για όλες τις διατομές, οπότε έγινε μόνο για τα χιαστί.

### 5.3.2 Τοποθέτηση των διατομών



Σχήμα 5.18: Τρισδιάστατη όψη προκατασκευασμένου κτιρίου



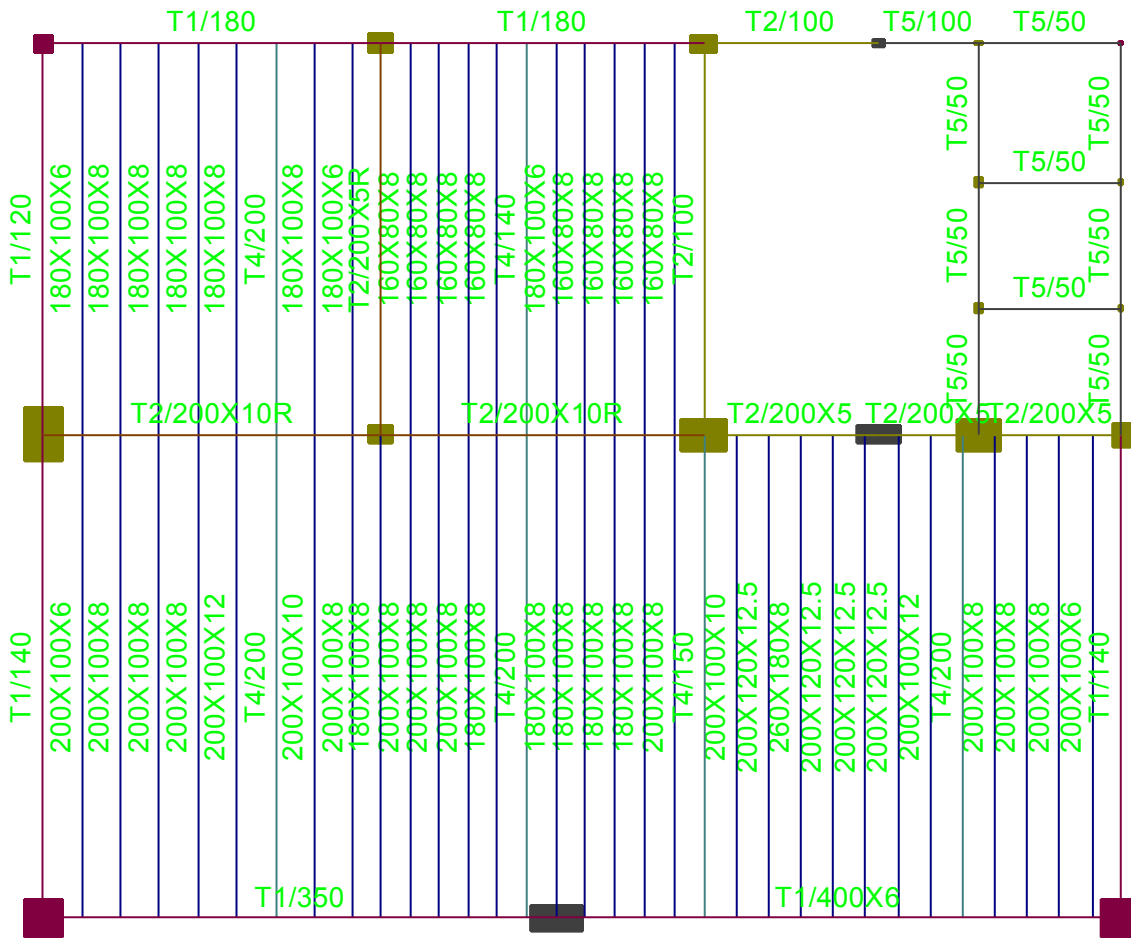
Σχήμα 5.19: Κάτοψη επιπέδου 1 προκατασκευασμένου κτιρίου με τις διατομές κάθε μέλους



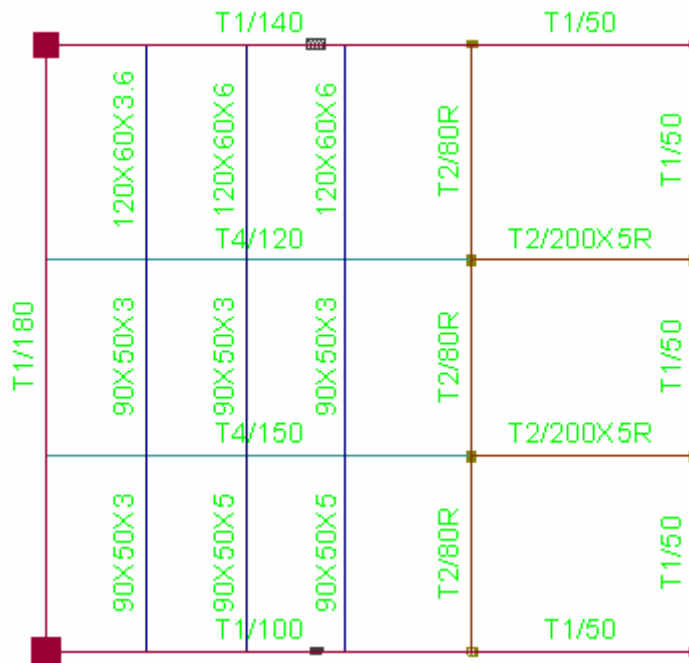




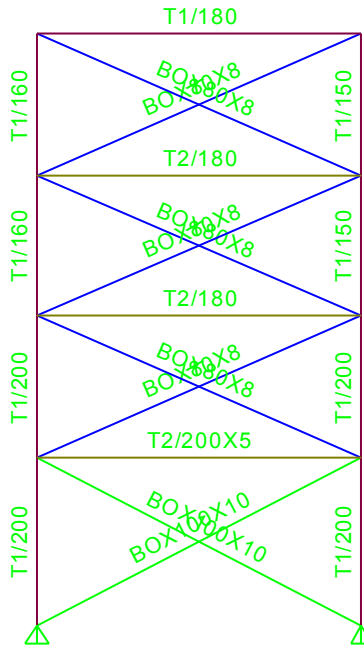




Σχήμα 5.25: Κάτοψη επιπέδου 7 προκατασκευασμένου κτιρίου με τις διατομές κάθε μέλους



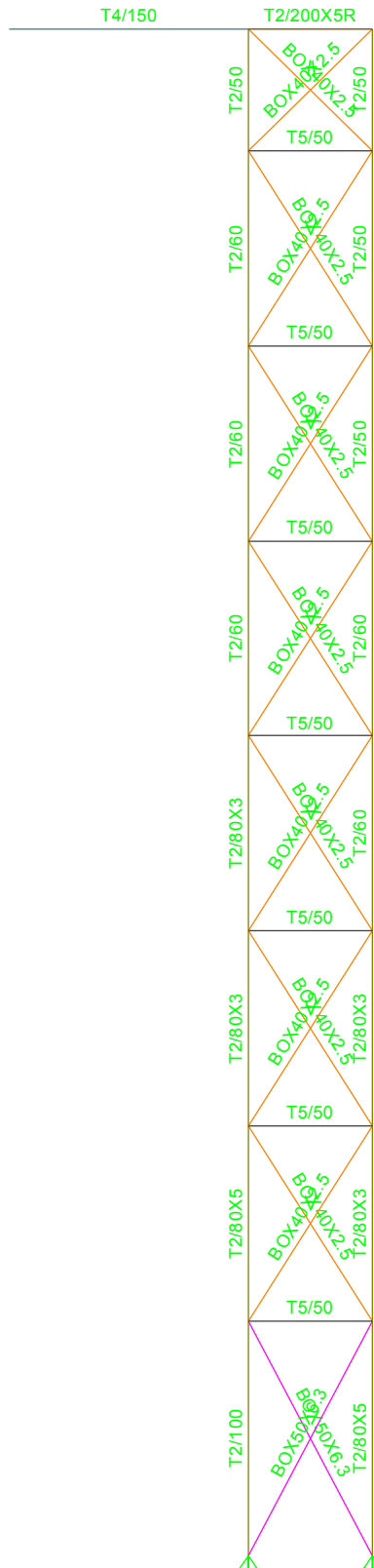
Σχήμα 5.26: Κάτοψη επιπέδου 8 προκατασκευασμένου κτιρίου με τις διατομές κάθε μέλους



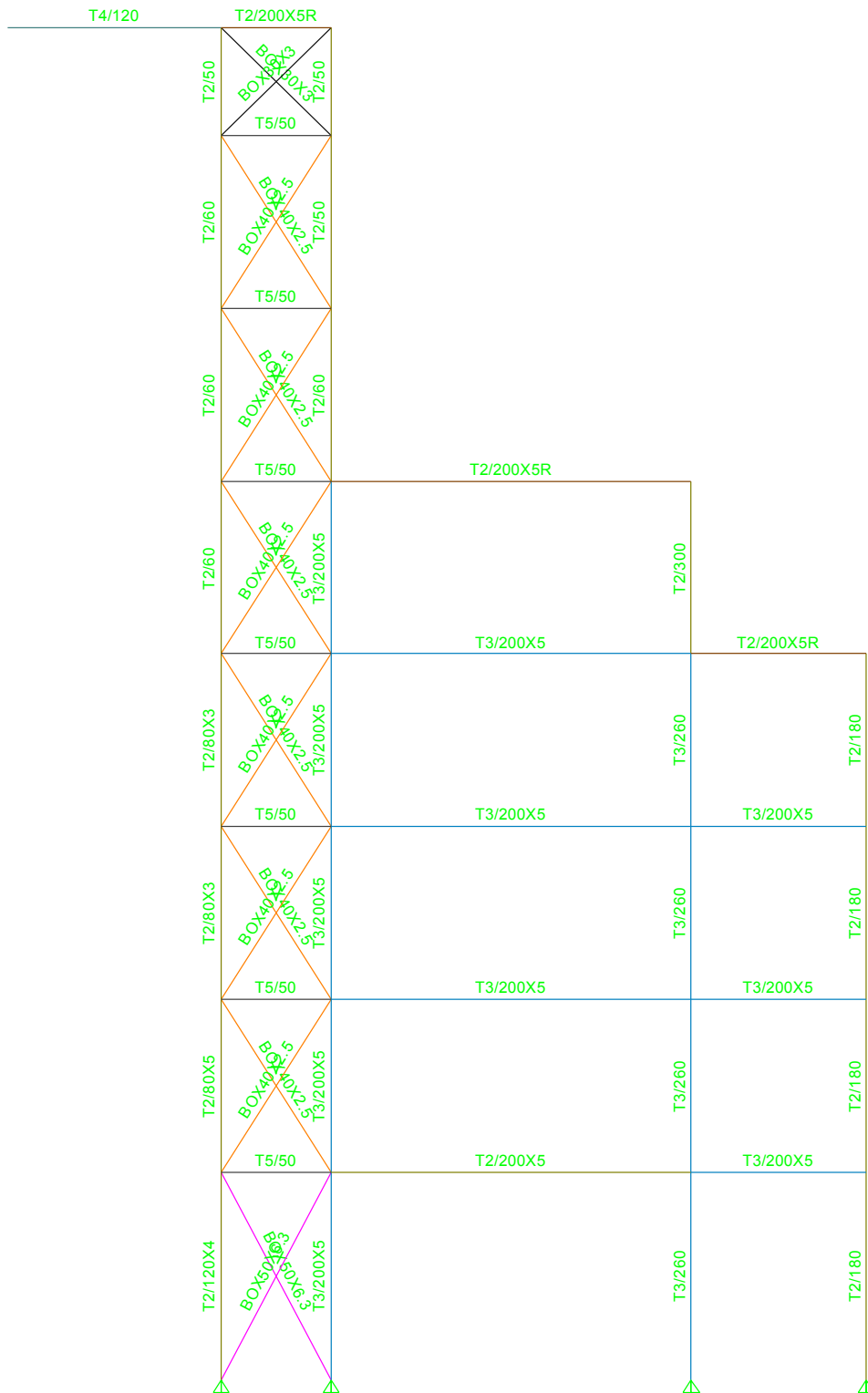
**Σχήμα 5.27:** Τομή 1 με τις διατομές κάθε μέλους



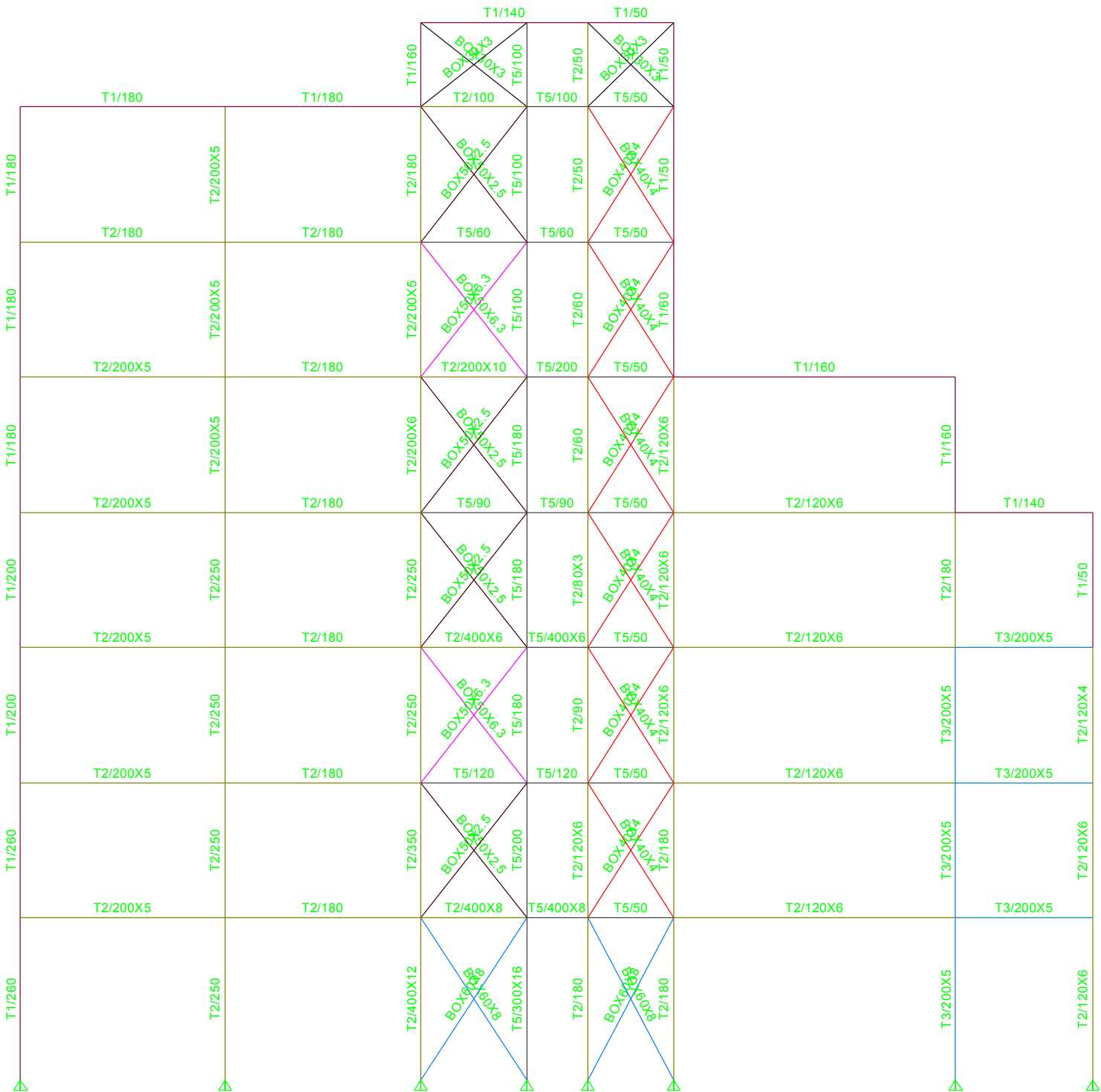




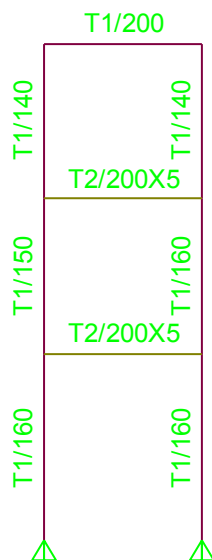
Σχήμα 5.30: Τομή 4 με τις διατομές κάθε μέλους



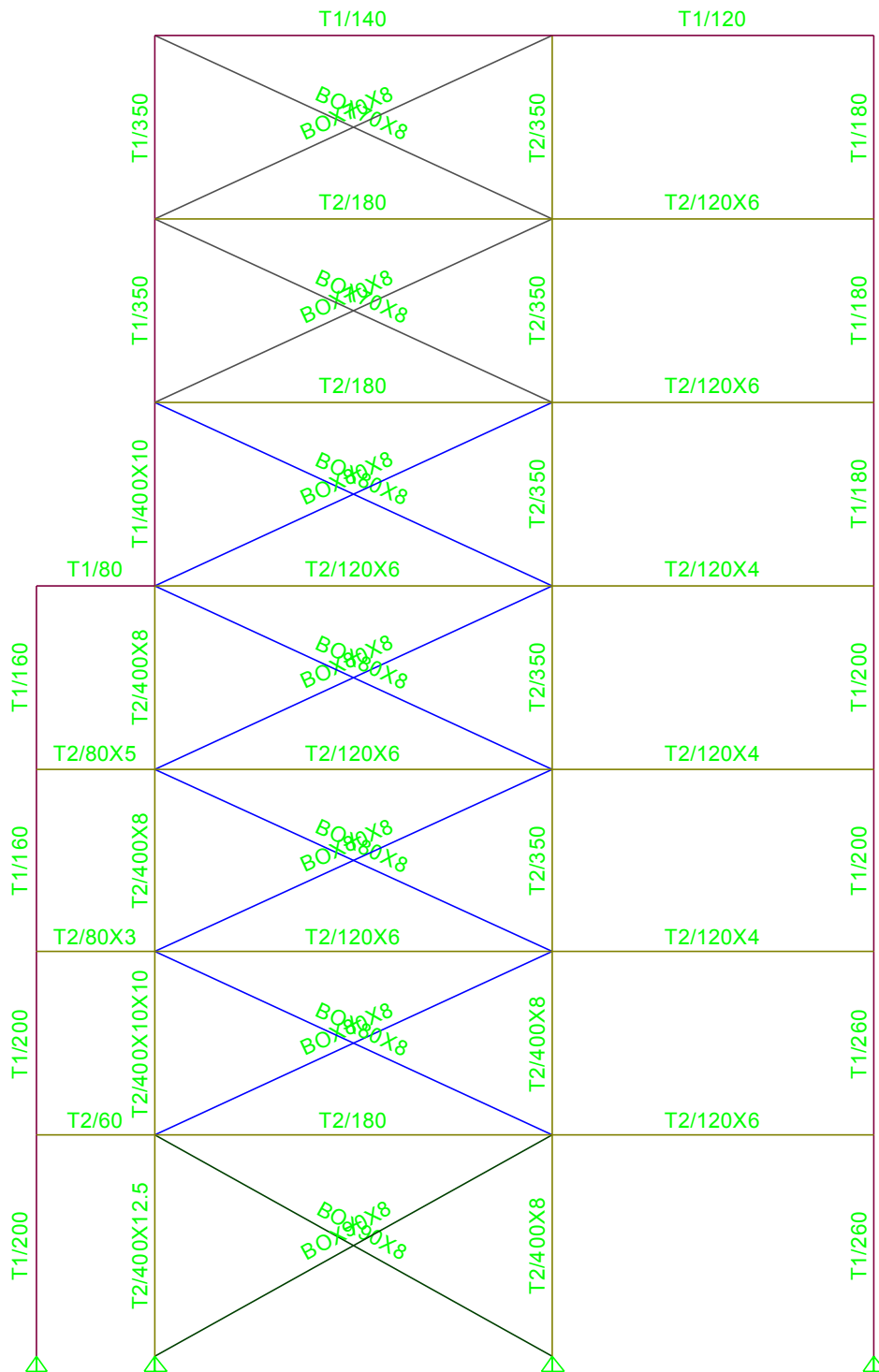
Σχήμα 5.31: Τομή 5 με τις διατομές κάθε μέλους



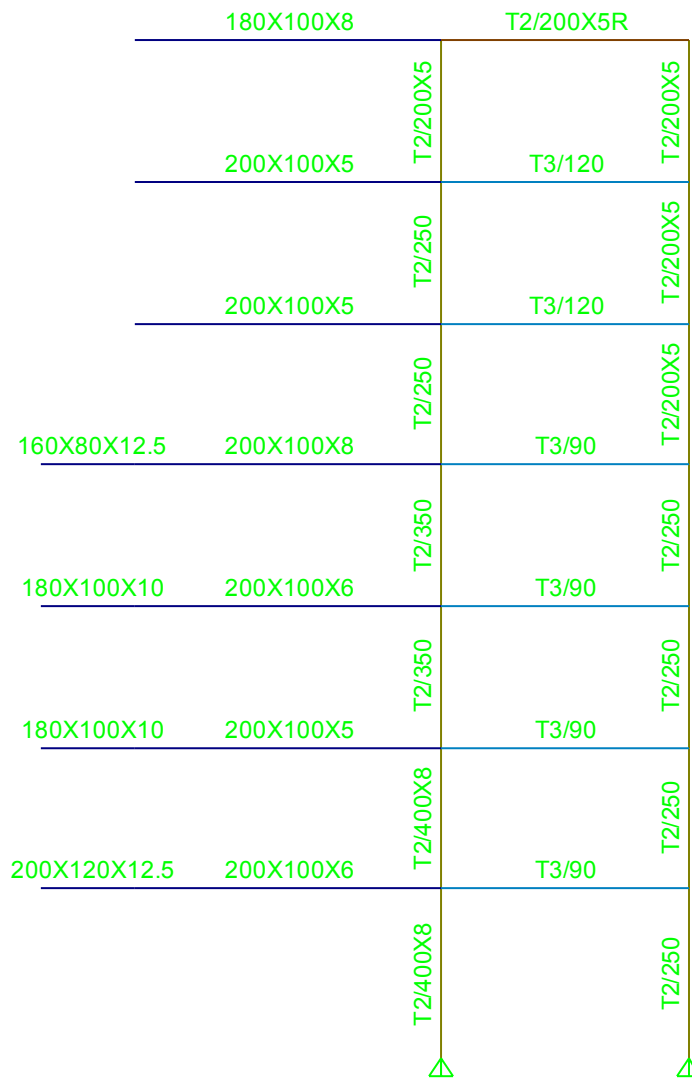
Σχήμα 5.32: Τομή 6 με τις διατομές κάθε μέλους



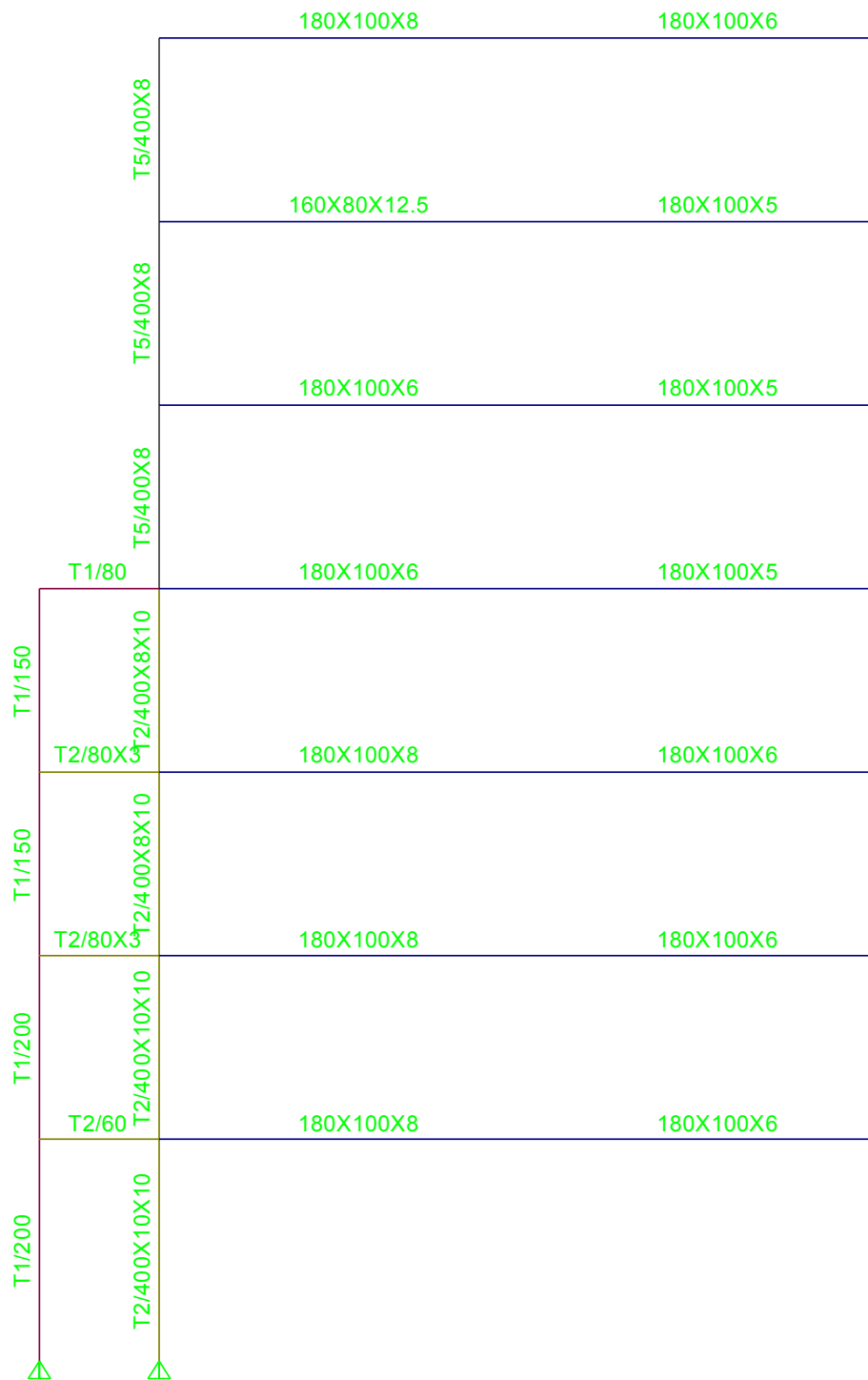
**Σχήμα 5.33:** Τομή 7 με τις διατομές κάθε μέλους



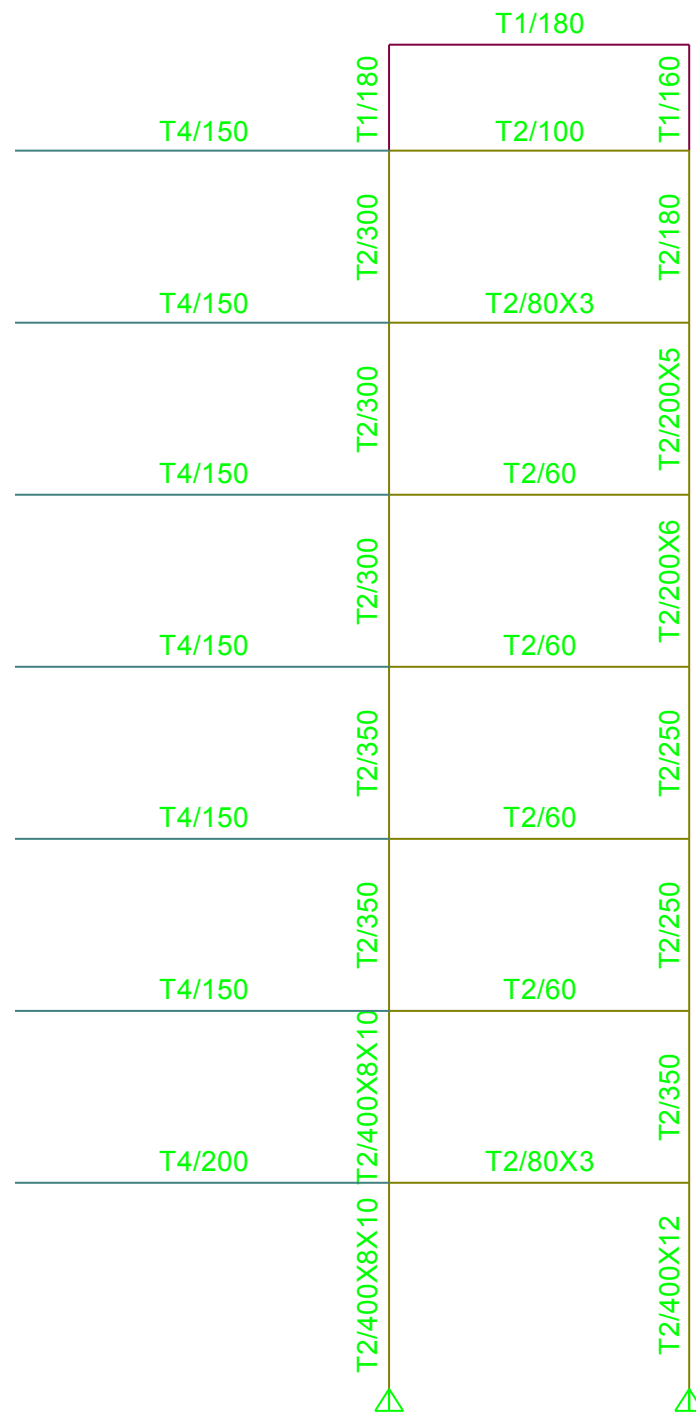
**Σχήμα 5.34:** Τομή Α με τις διατομές κάθε μέλους



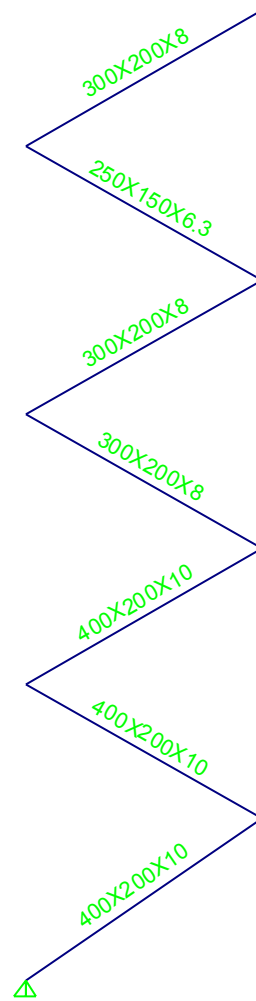
Σχήμα 5.35: Τομή Β με τις διατομές κάθε μέλους



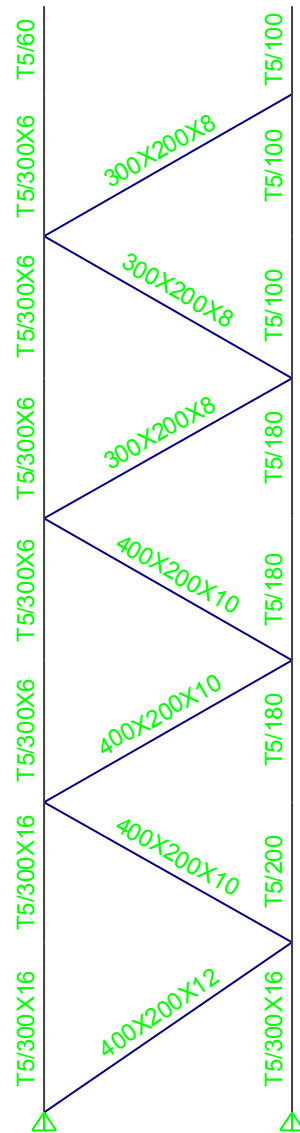
**Σχήμα 5.36:** Τομή C με τις διατομές κάθε μέλους



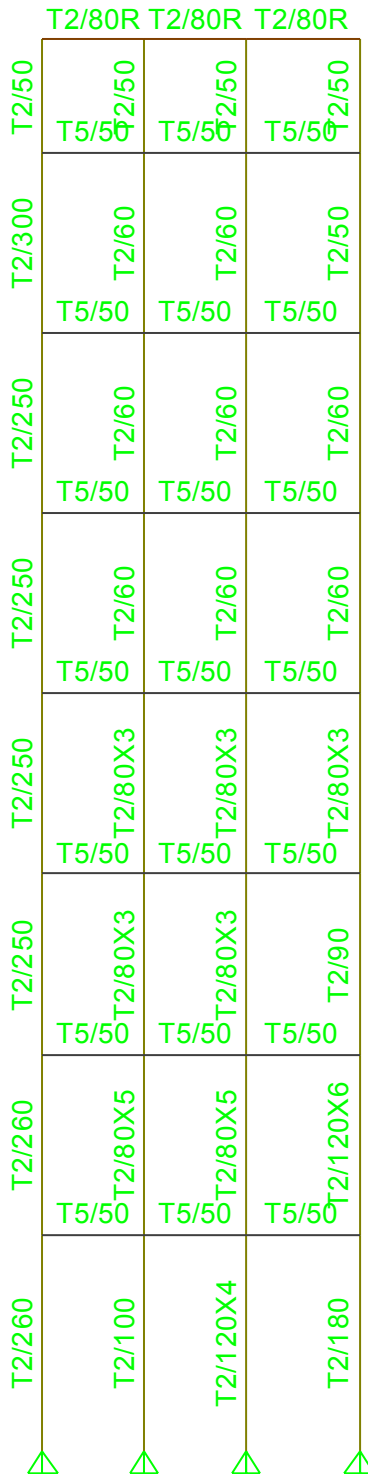
Σχήμα 5.37: Τομή D με τις διατομές κάθε μέλους



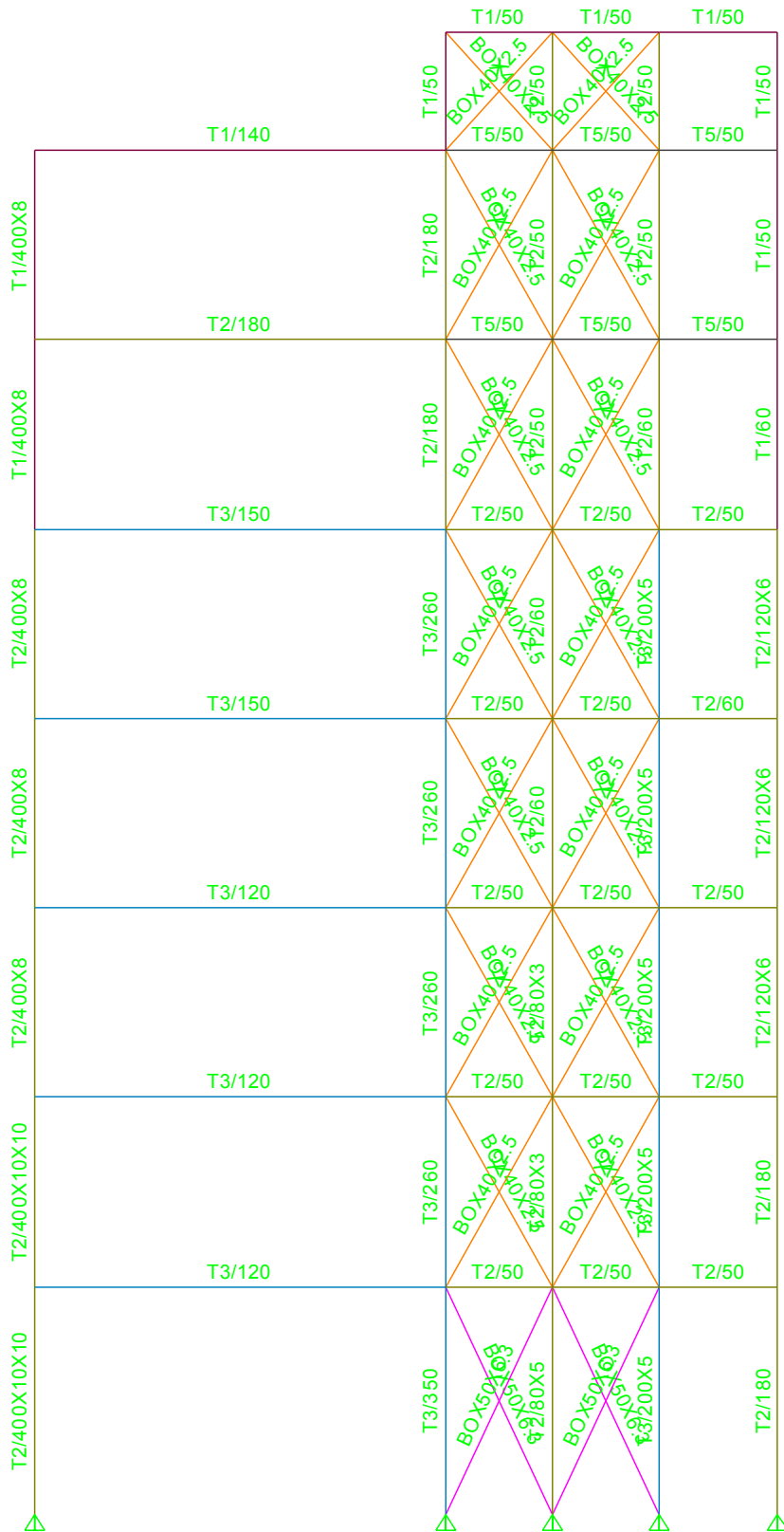
**Σχήμα 5.38:** Τομή E με τις διατομές κάθε μέλους



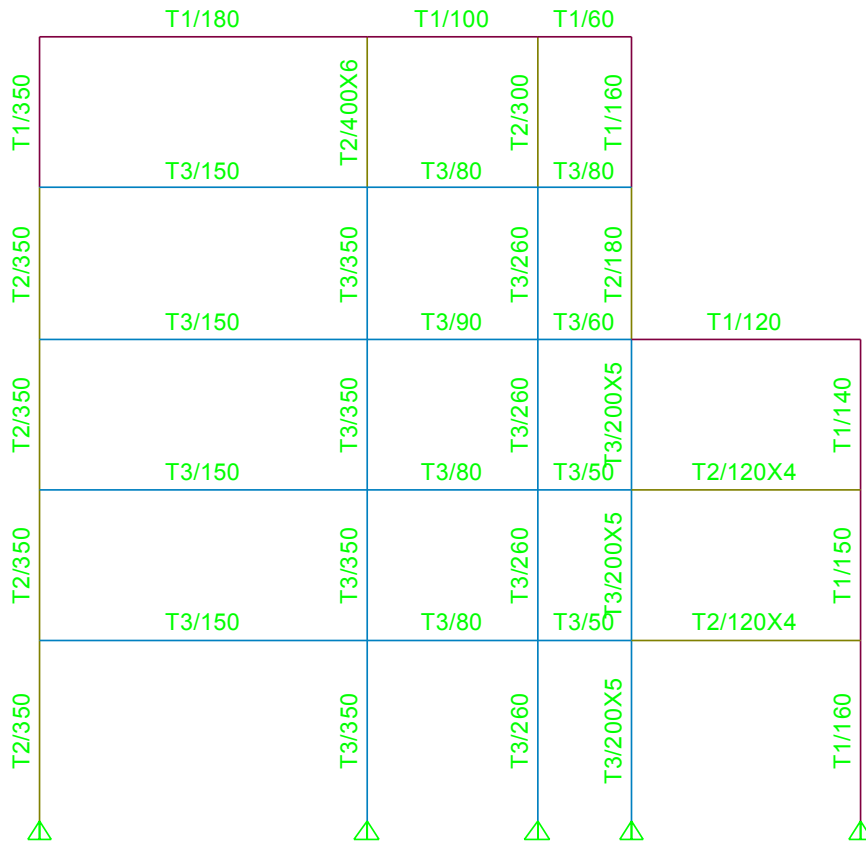
**Σχήμα 5.39:** Τομή F με τις διατομές κάθε μέλους



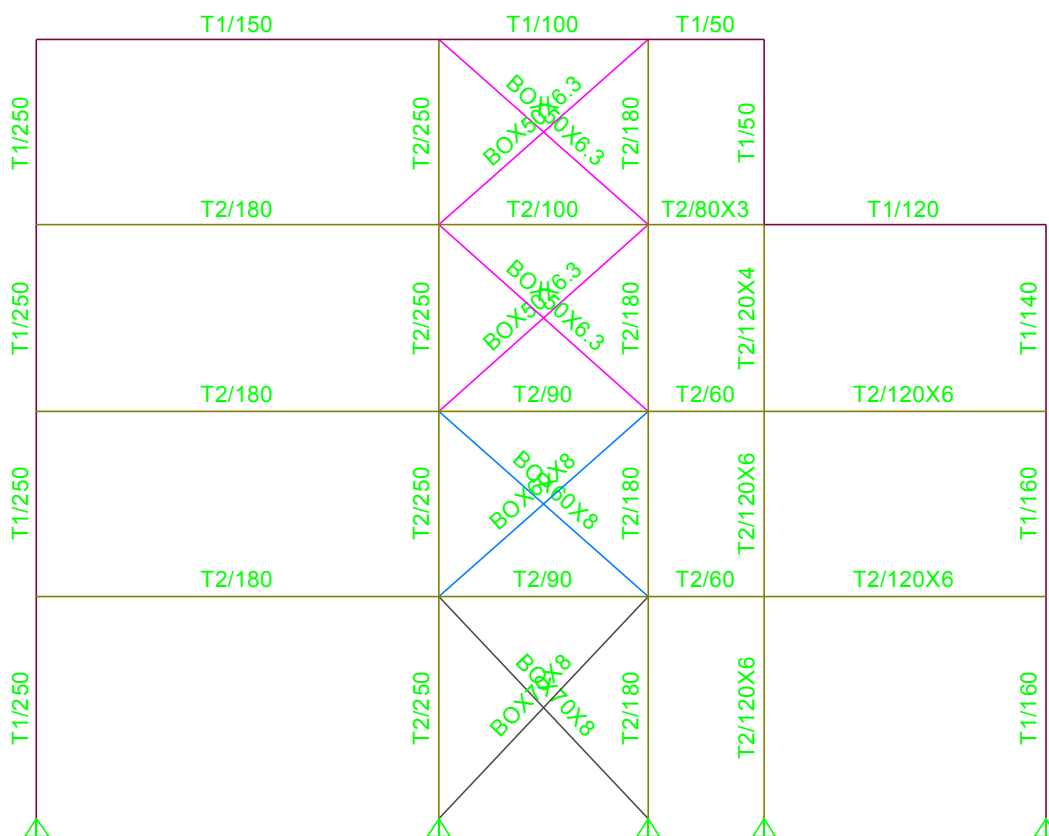
**Σχήμα 5.40:** Τομή G με τις διατομές κάθε μέλους



Σχήμα 5.41: Τομή Η με τις διατομές κάθε μέλους



Σχήμα 5.42: Τομή Ι με τις διατομές κάθε μέλους



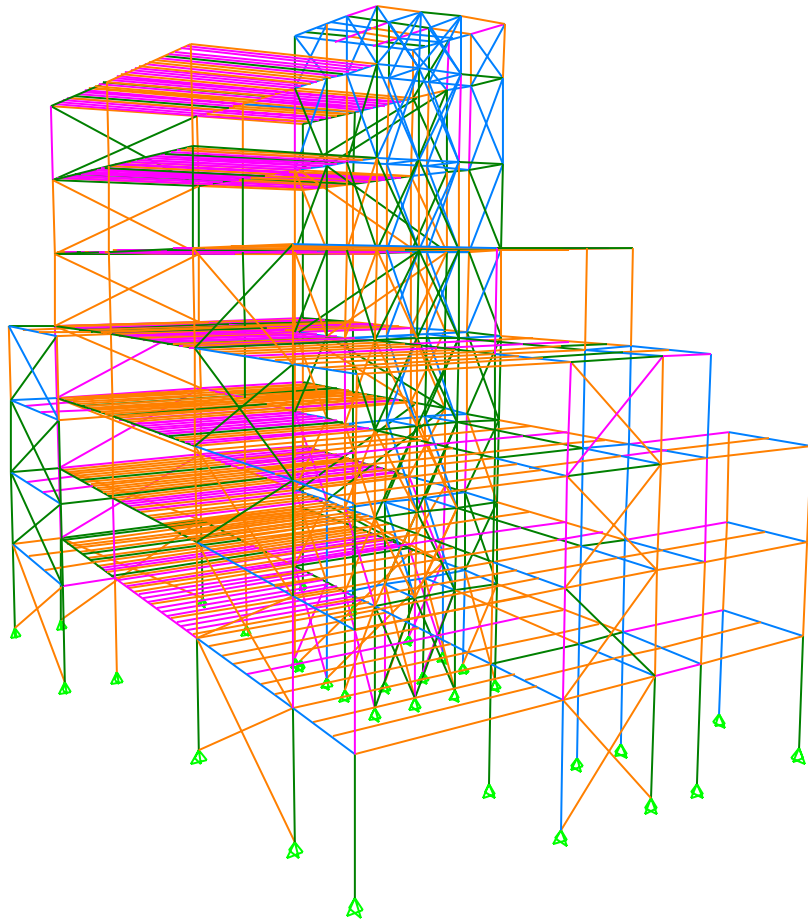
Σχήμα 5.43: Τομή J με τις διατομές κάθε μέλους

### 5.3.3 Αποτελέσματα της ανάλυσης

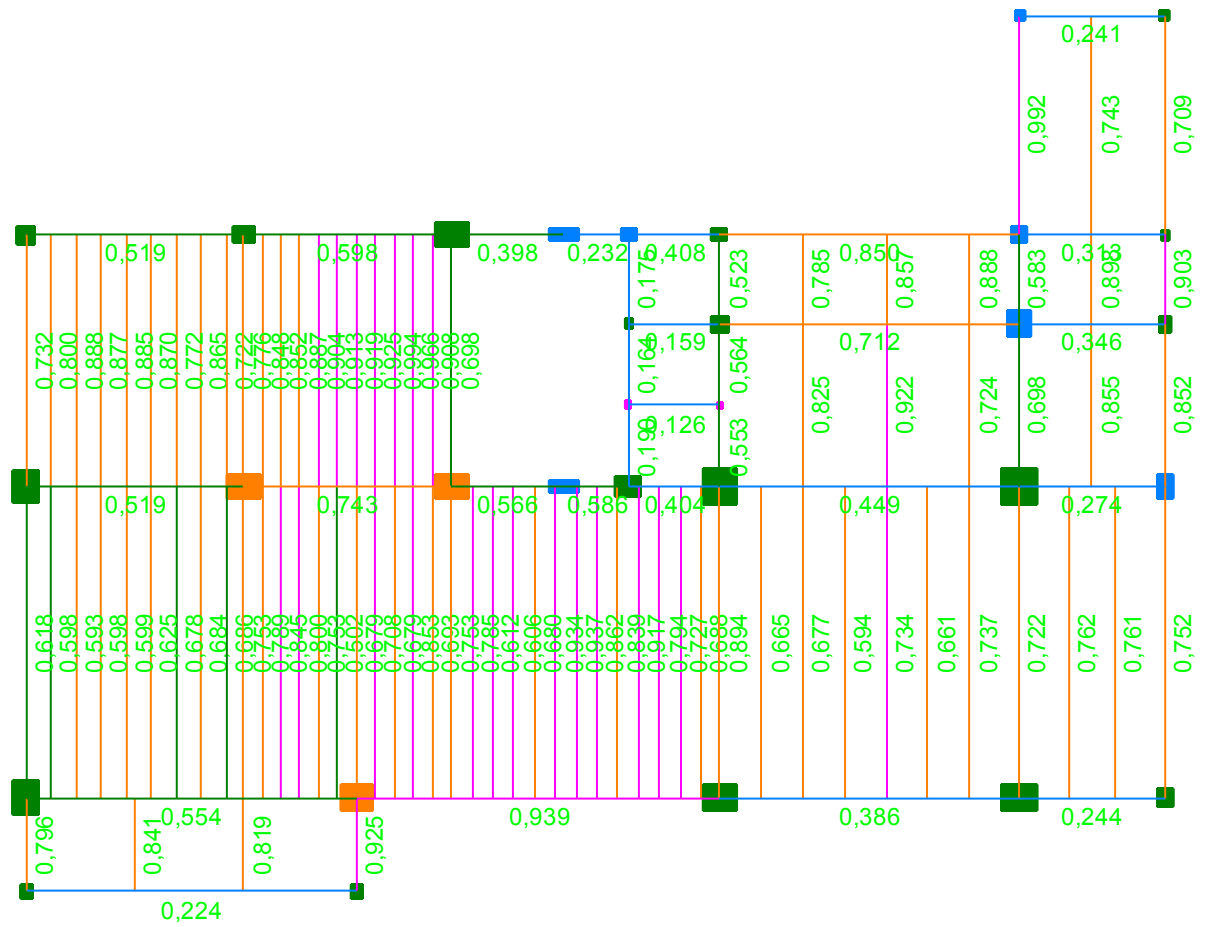
#### 1) Ιδιομορφές – ιδιοπερίοδοι

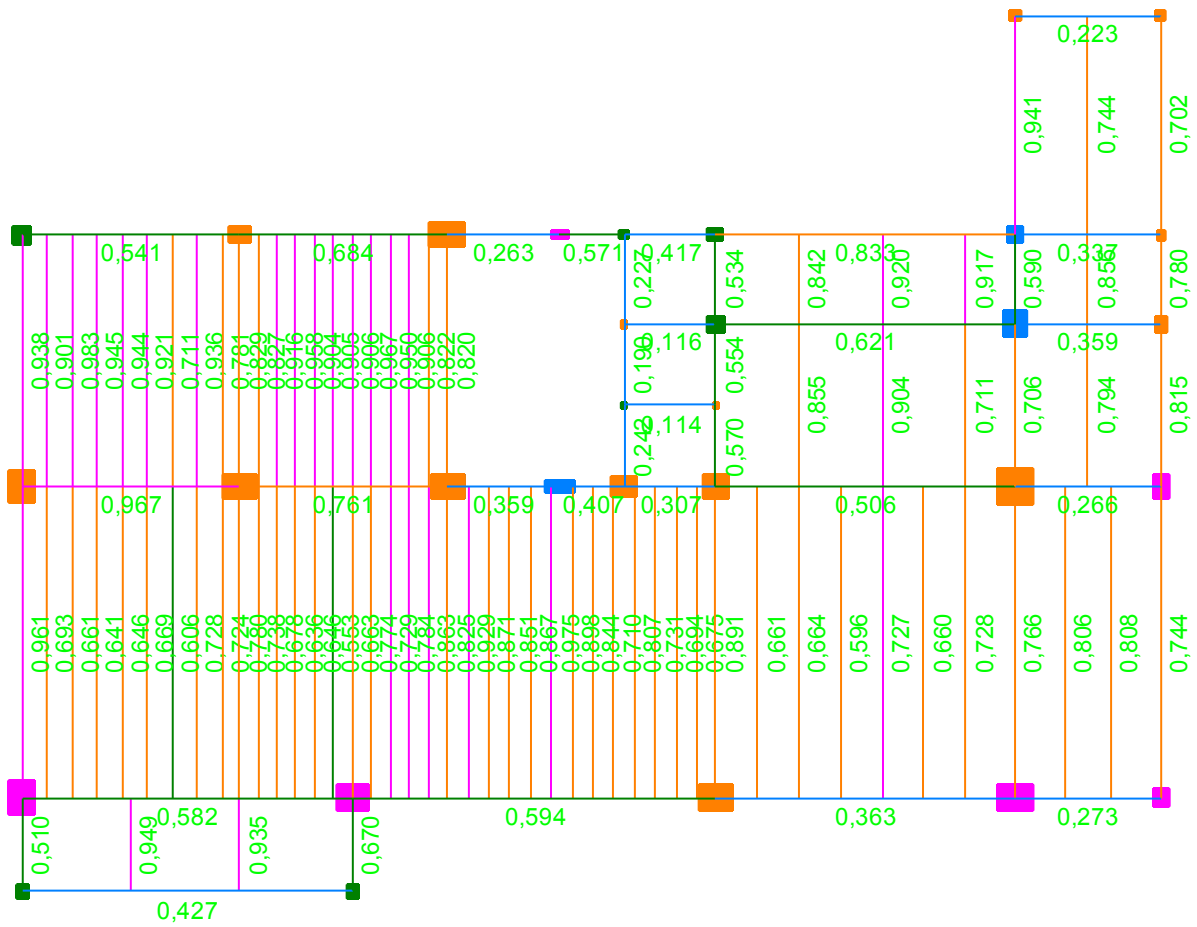
Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
1	1,176689	48,8905	7,7432	0	48,8905	7,7432	0
2	1,071251	11,1129	65,8919	0	60,0034	73,635	0
3	0,949211	19,307	2,6549	0	79,3104	76,29	0
4	0,46748	12,0261	0	0	91,3365	76,29	0
5	0,421878	1,0268	7,7376	0	92,3633	84,0276	0
6	0,389037	0,6933	8,5127	0	93,0566	92,5403	0
7	0,271096	2,461	0,3803	0	95,5176	92,9206	0
8	0,246466	1,7219	1,9439	0	97,2396	94,8645	0
9	0,221033	0,3197	1,6401	0	97,5592	96,5046	0
10	0,187787	0,5587	0,8749	0	98,1179	97,3795	0
11	0,181573	0,4389	0,5725	0	98,5568	97,952	0
12	0,16268	0,5655	0,0793	0	99,1223	98,0314	0

## II) Λόγοι χρησιμοποίησης διατομών

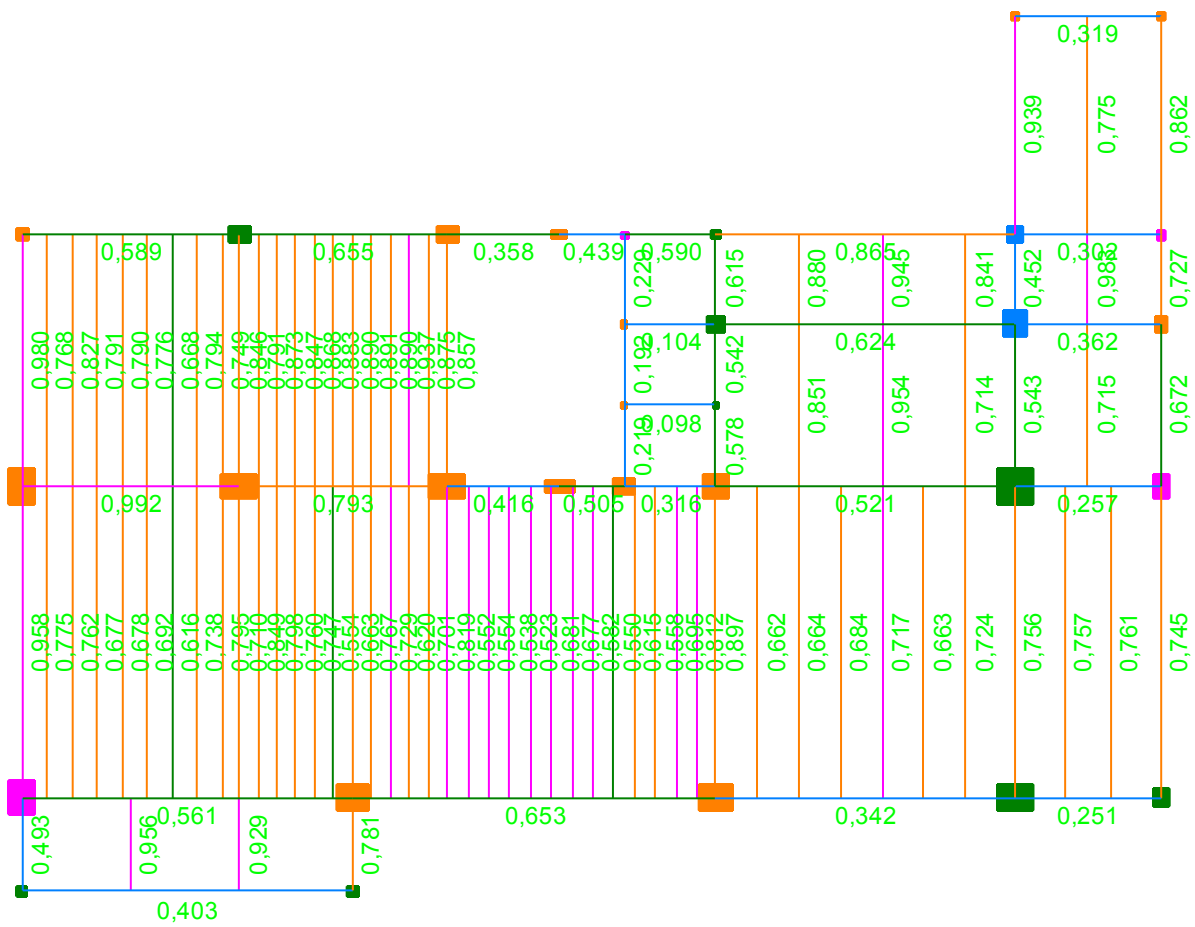


0.00 0.50 0.70 0.90 1.00  
Σχήμα 5.44: Τρισδιάστατη όψη του κτιρίου με τα αποτελέσματα της ανάλυσης

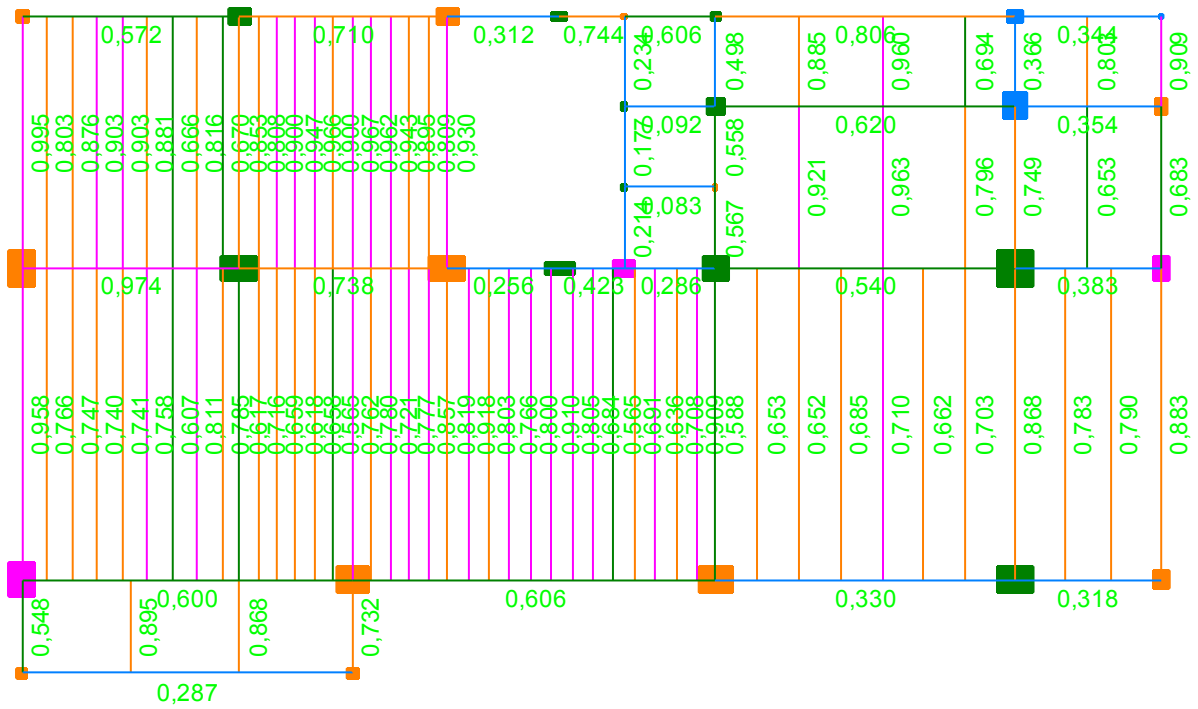




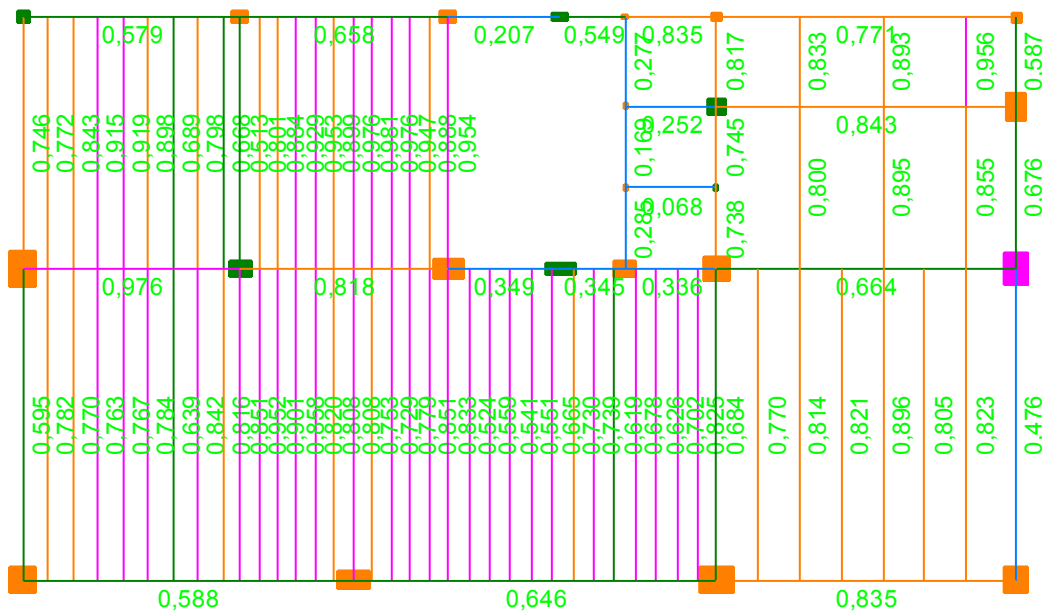
Σχήμα 5.46: Κάτοψη επιπέδου 2 με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



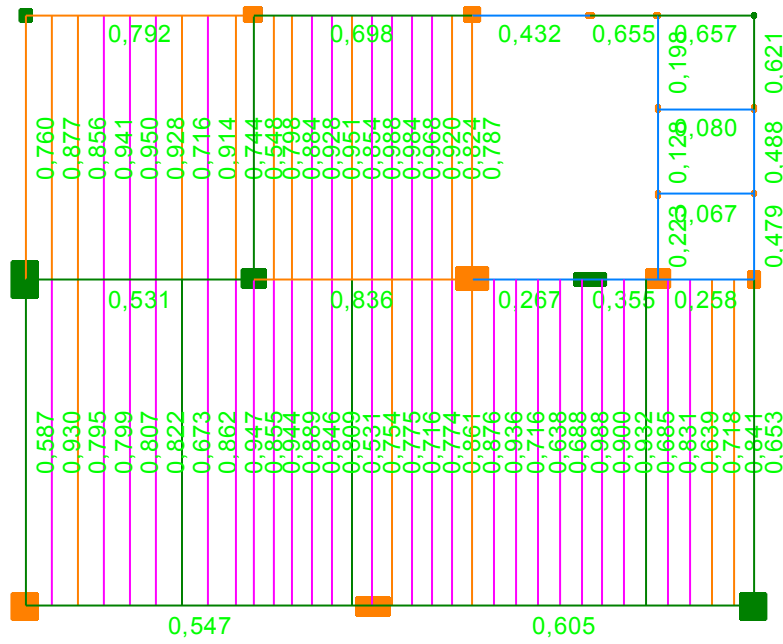
Σχήμα 5.47: Κάτοψη επιπέδου 3 με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



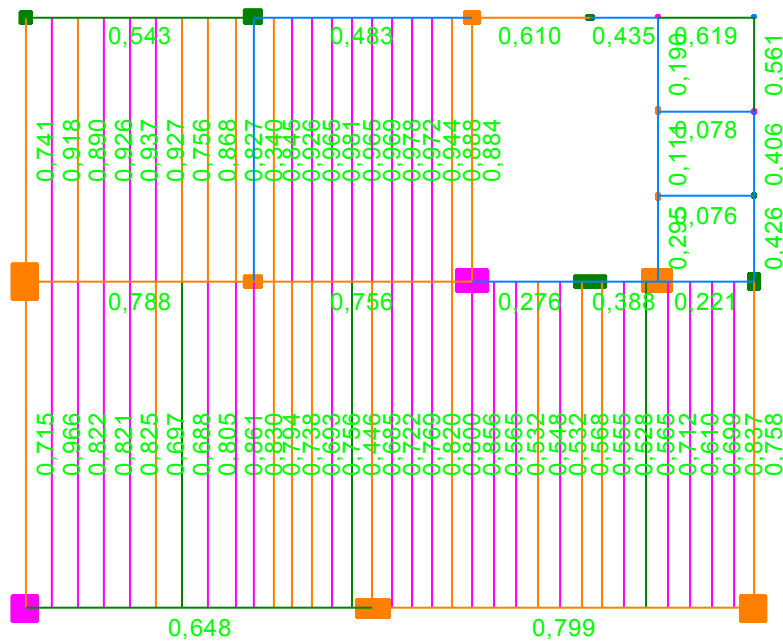
Σχήμα 5.48: Κάτοψη επιπέδου 4 με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



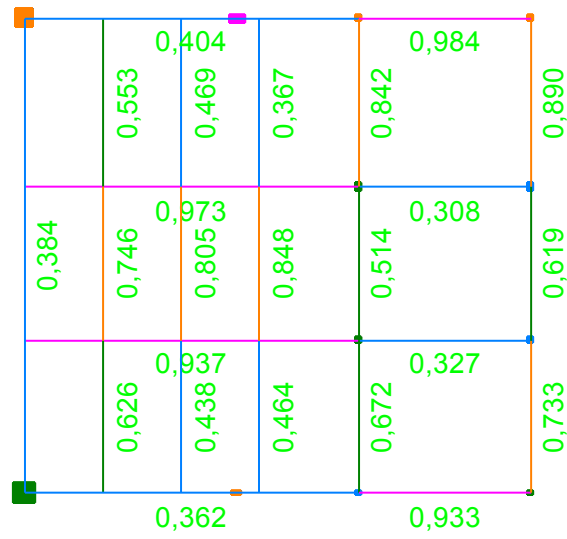
Σχήμα 5.49: Κάτοψη επιπέδου 5 με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



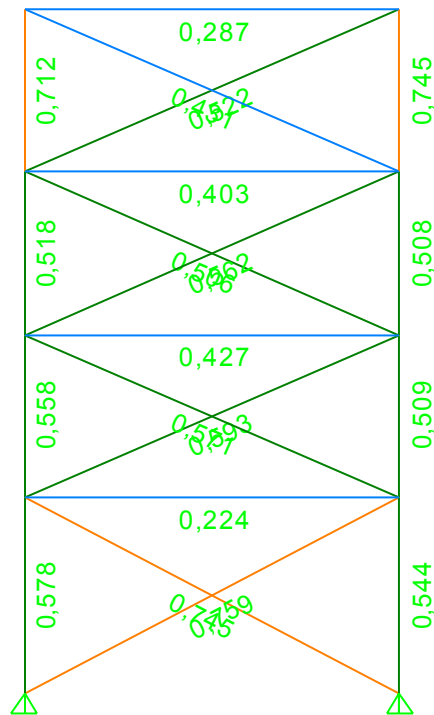
Σχήμα 5.50: Κάτοψη επιπέδου 6 με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



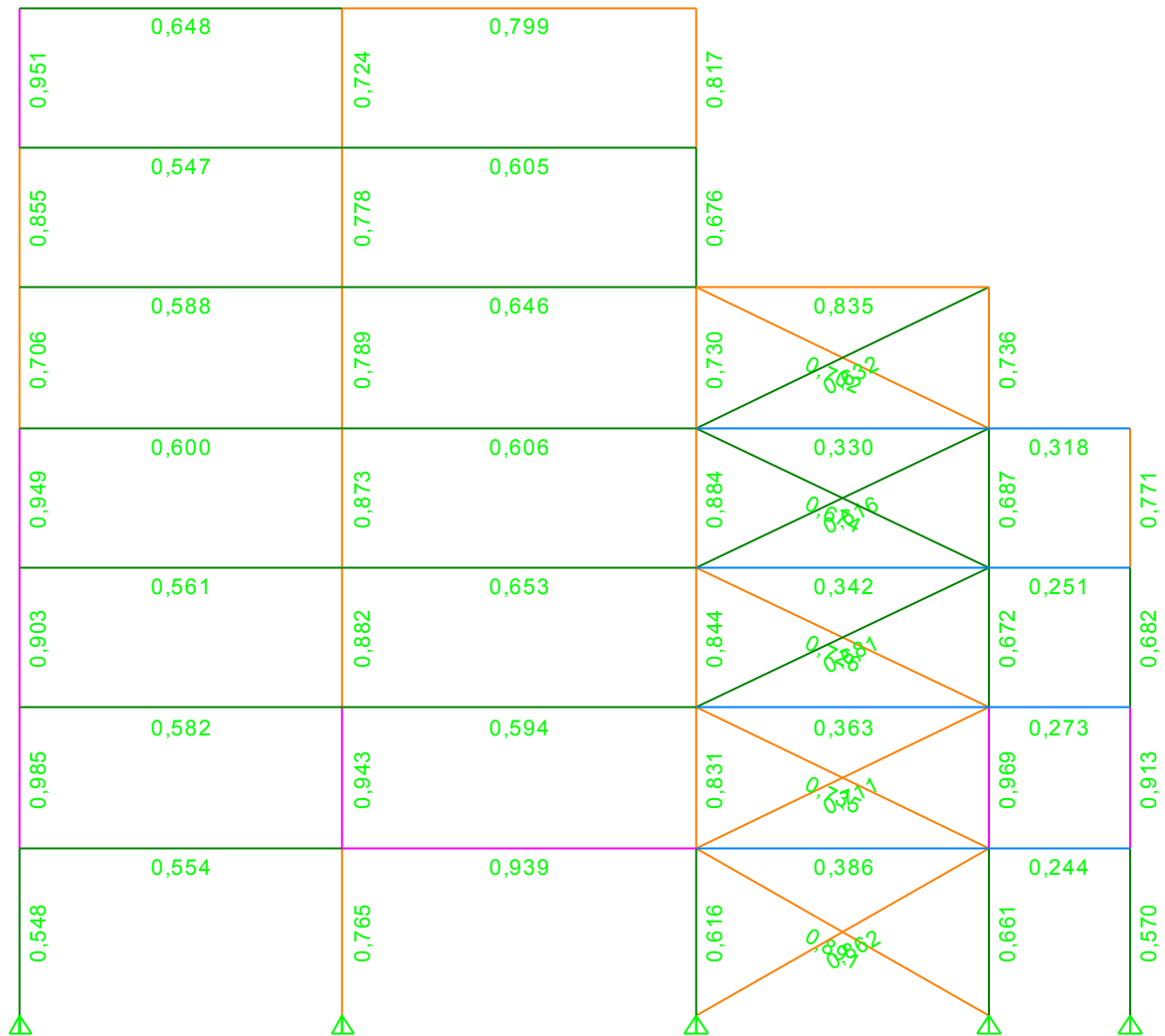
Σχήμα 5.51: Κάτοψη επιπέδου 7 με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



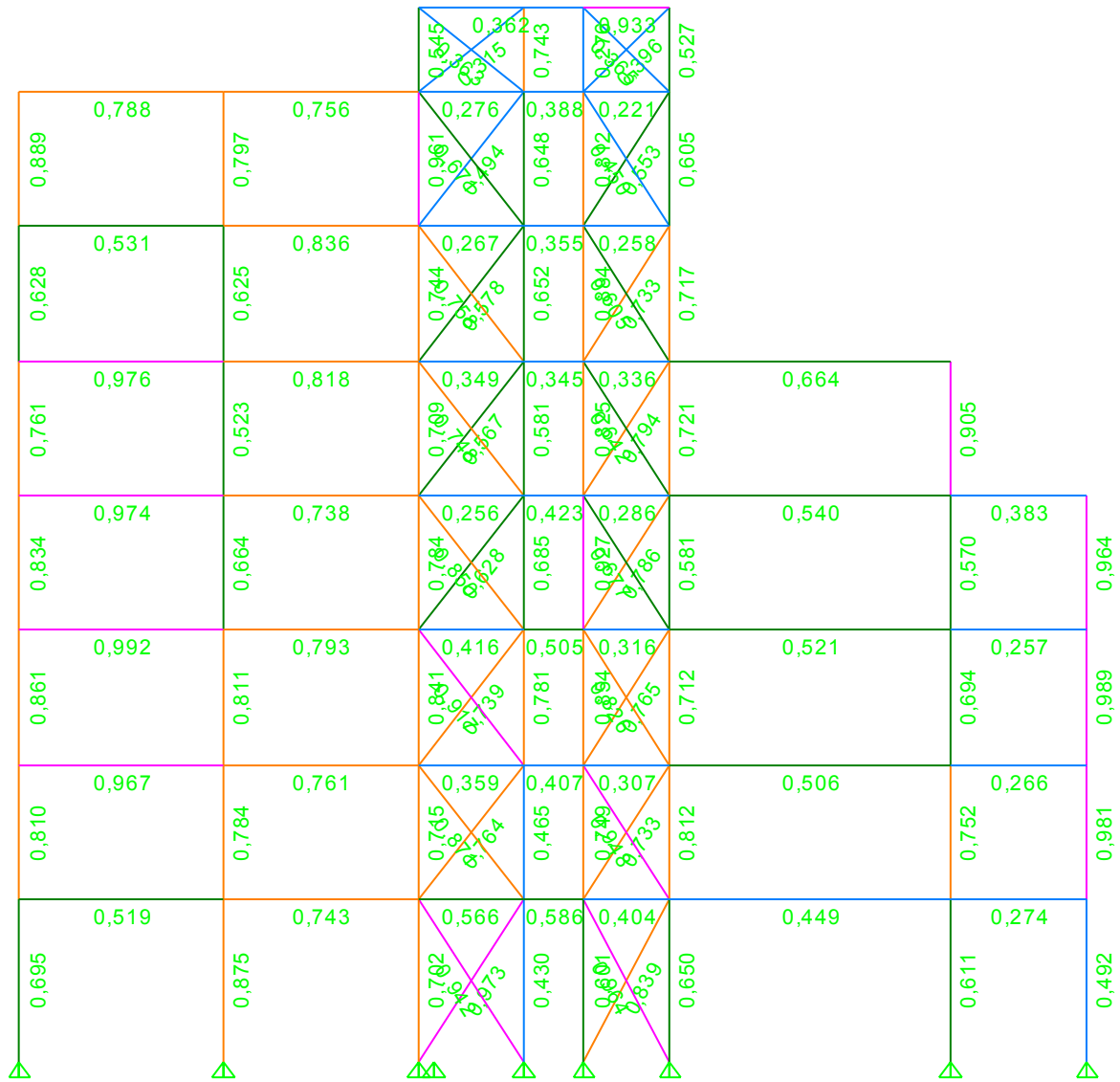
Σχήμα 5.52: Κάτοψη επιπέδου 8 με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



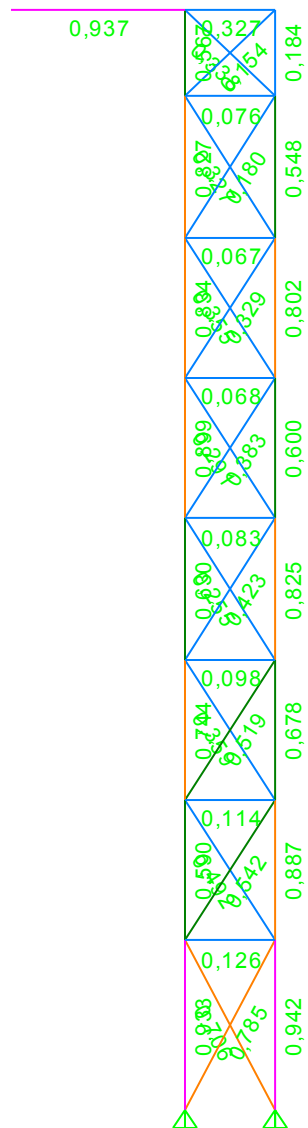
Σχήμα 5.53: Τομή 1 με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



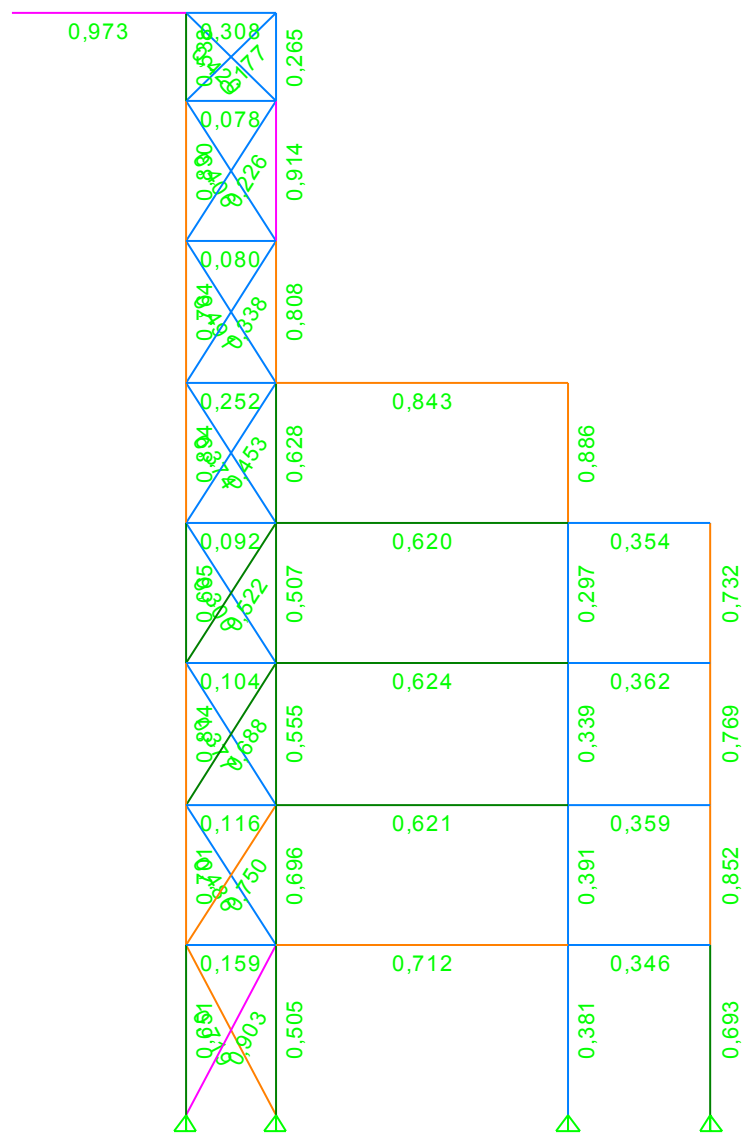
Σχήμα 5.54: Τομή 2 με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



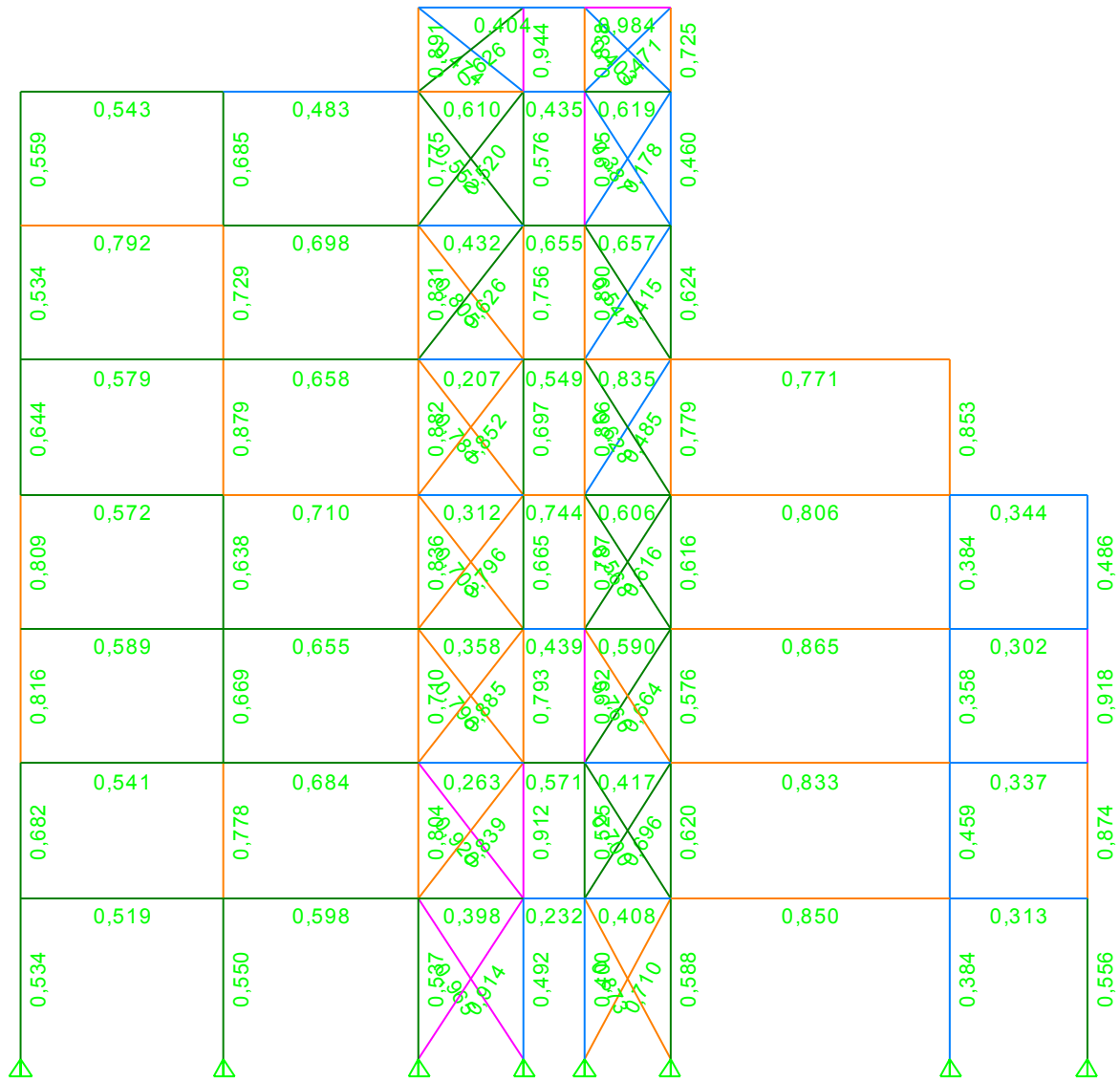
Σχήμα 5.55: Τομή 3 με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



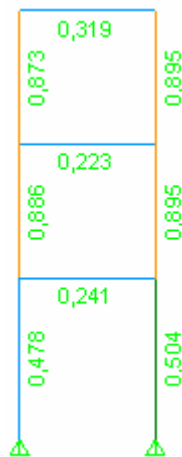
Σχήμα 5.56: Τομή 4 με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



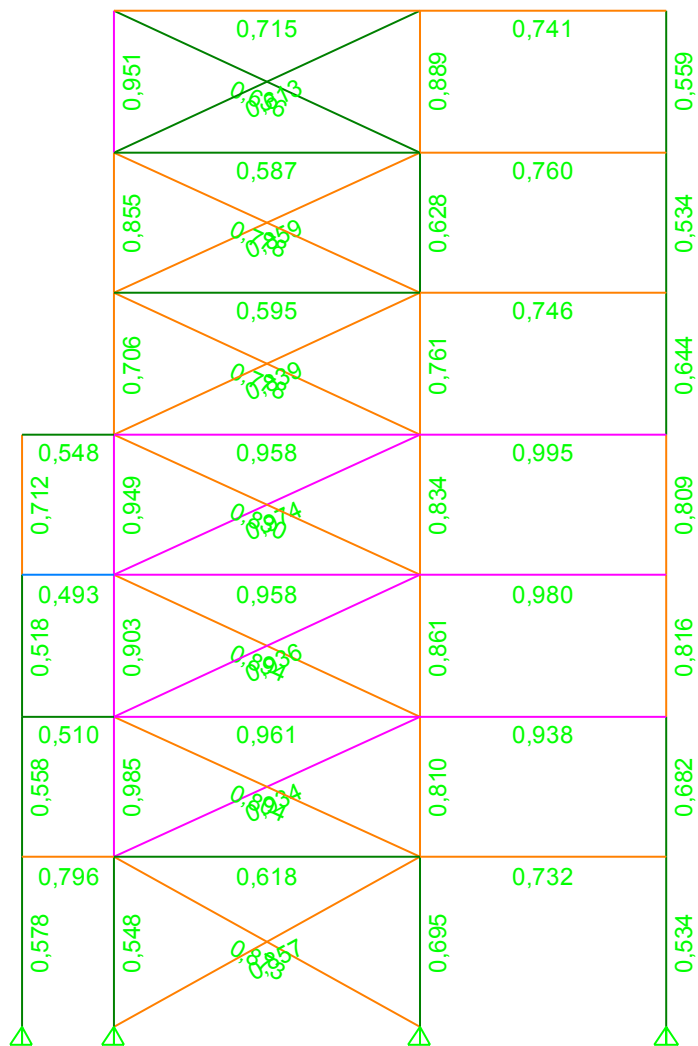
Σχήμα 5.57: Τομή 5 με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



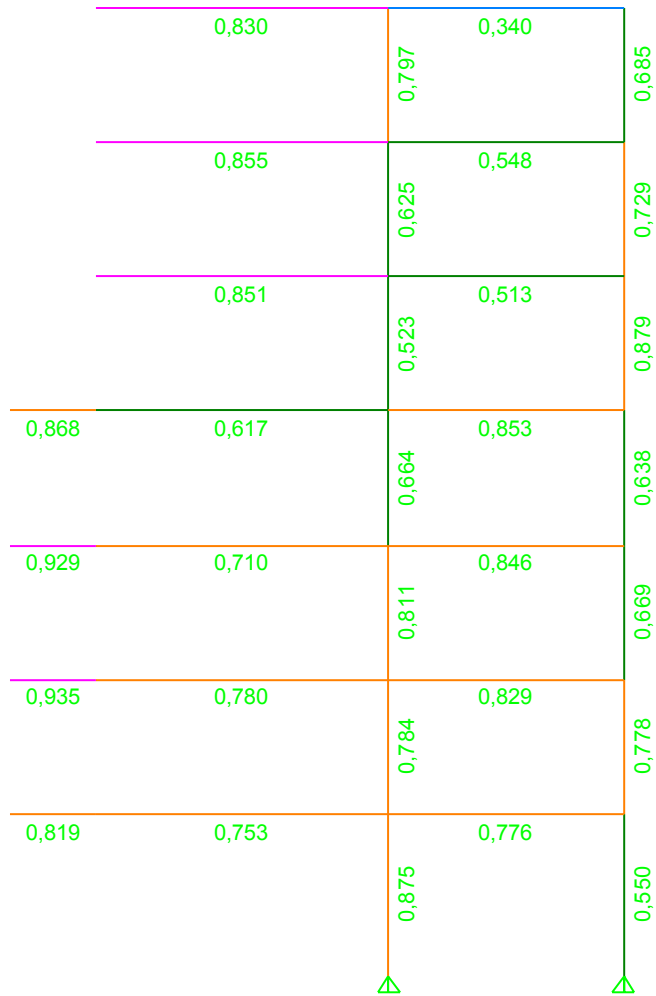
Σχήμα 5.58: Τομή 6 με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



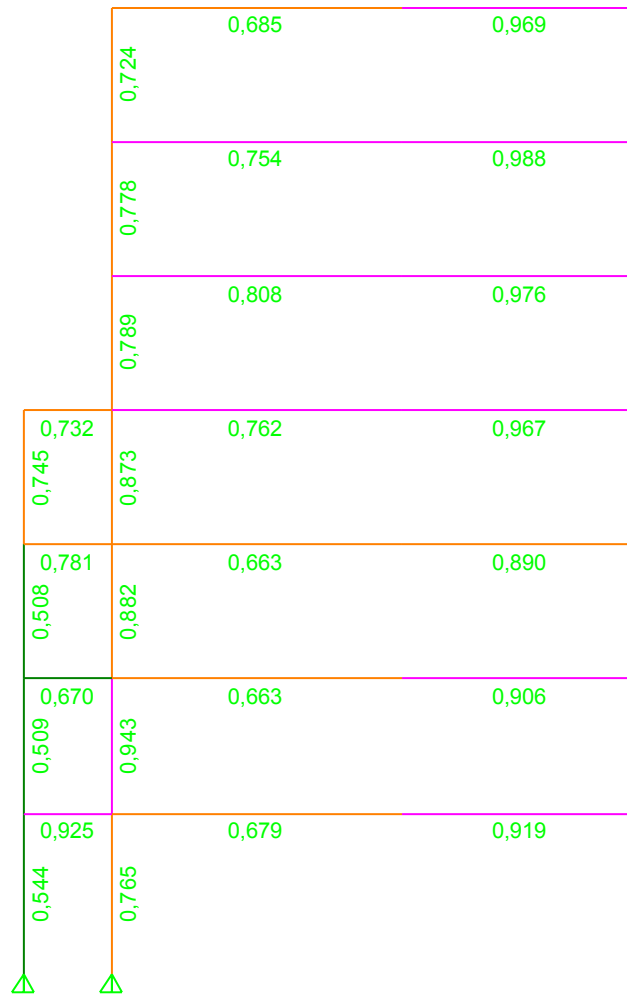
Σχήμα 5.59: Τομή 7 με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



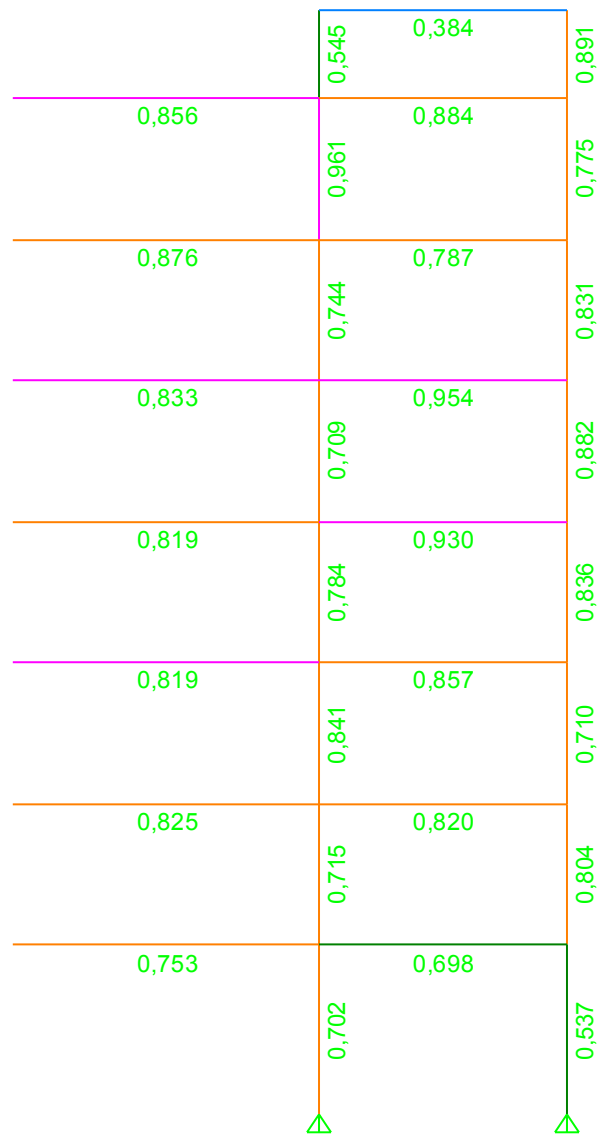
Σχήμα 5.60: Τομή Α με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



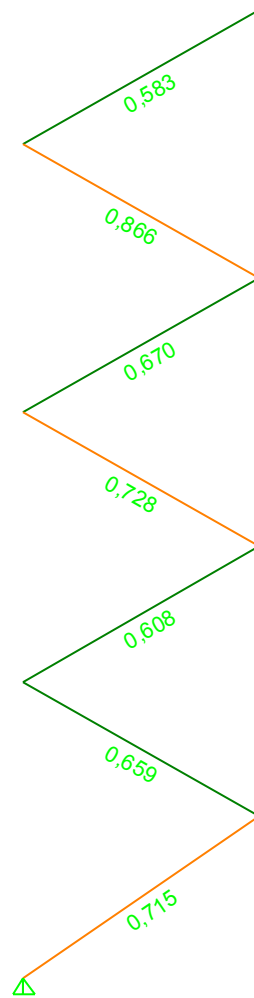
Σχήμα 5.61: Τομή Β με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



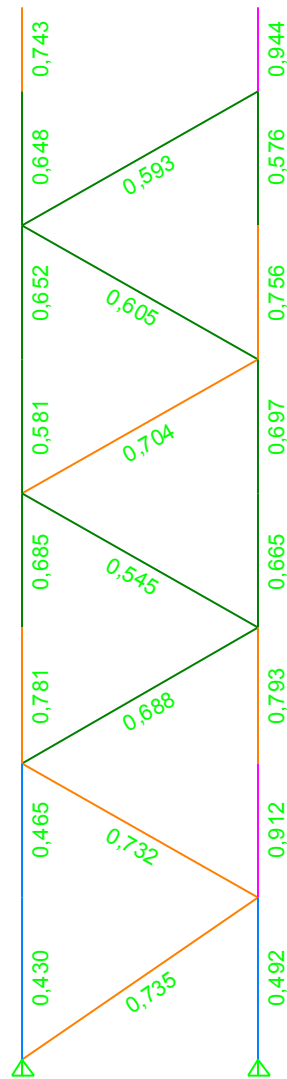
Σχήμα 5.62: Τομή C με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



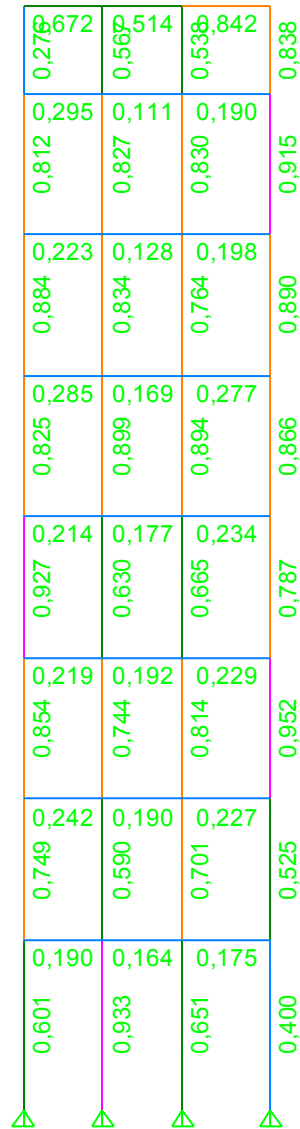
Σχήμα 5.63: Τομή D με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



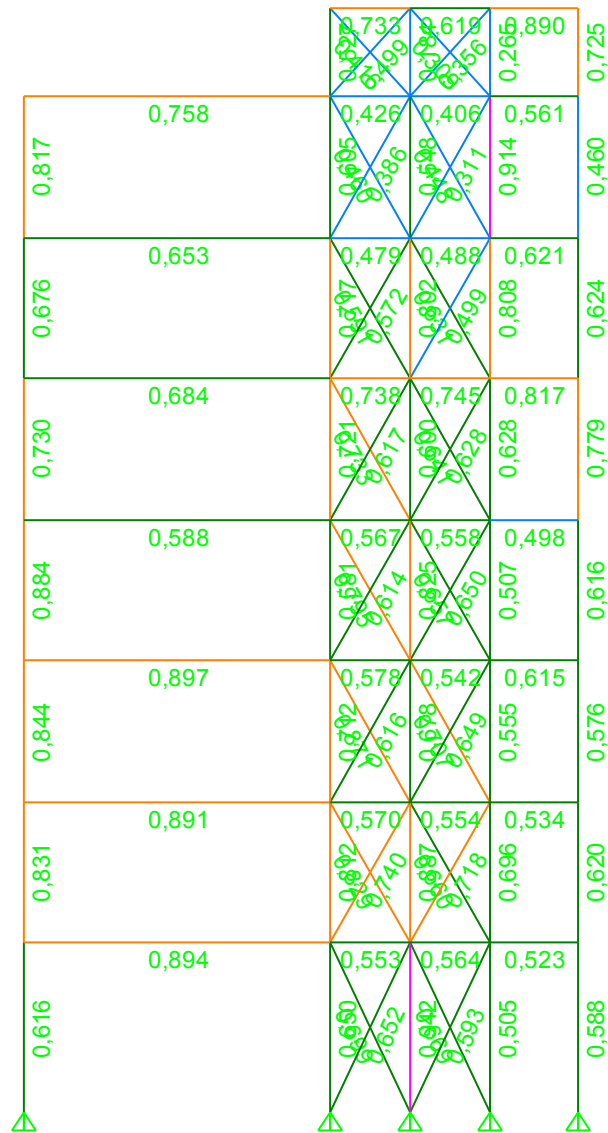
Σχήμα 5.64: Τομή E με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



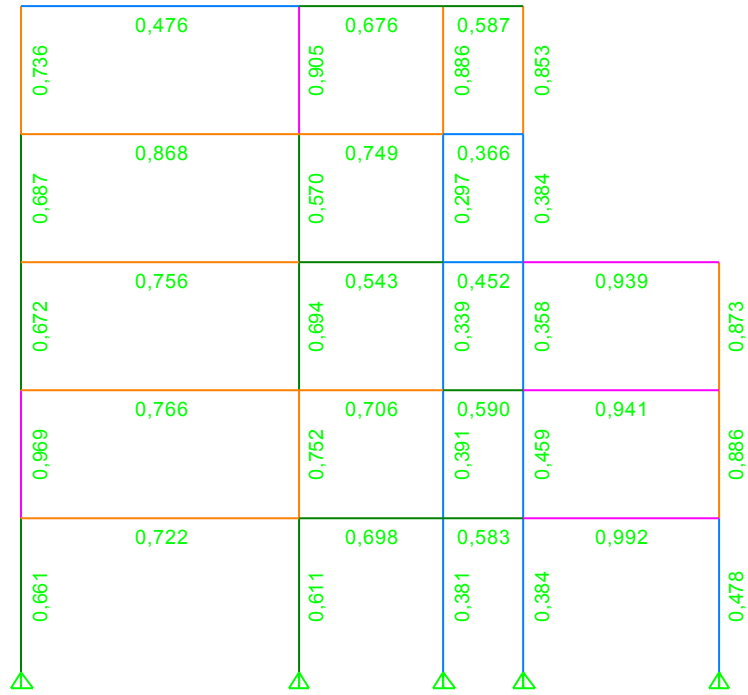
Σχήμα 5.65: Τομή F με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



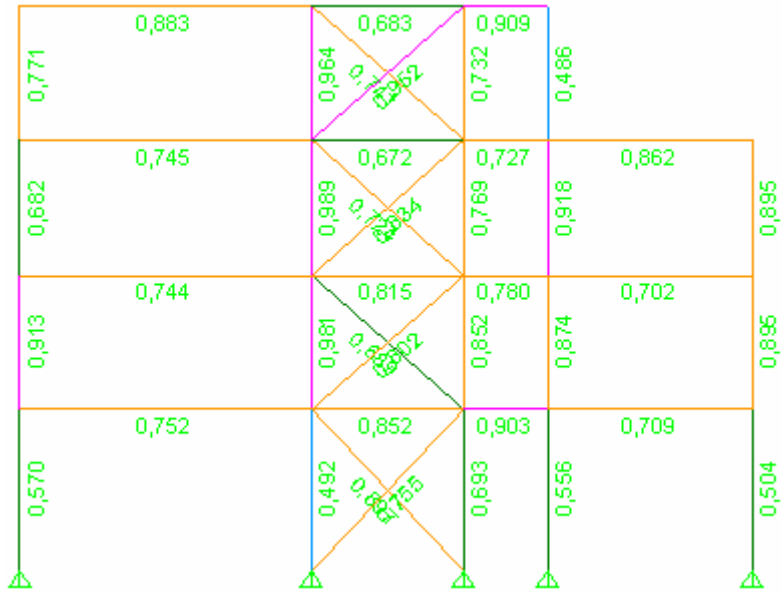
Σχήμα 5.66: Τομή G με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



Σχήμα 5.67: Τομή Η με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



Σχήμα 5.68: Τομή Ι με τα αποτελέσματα της ανάλυσης



Σχήμα 5.69: Τομή J με τα αποτελέσματα της ανάλυσης

### 5.3.4 Έλεγχος μετακινήσεων

Τα όρια μετακινήσεων είναι ίδια με το συμβατικό κτίριο. Παρουσιάζονται παρακάτω τα drift των ορόφων για τα σημεία 2 και 3.

Σεισμός κατά x με την ισοδύναμη στατική μέθοδο:

Σημείο 2:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,048804	0,002598	0,001371	0,000174
STORY7	0,045857	0,002224	0,001431	0,000103
STORY6	0,040919	0,001868	0,001837	0,000115
STORY5	0,034580	0,001470	0,001985	0,000071
STORY4	0,027734	0,001223	0,001944	0,000113
STORY3	0,021026	0,000835	0,001937	0,000093
STORY2	0,014345	0,000515	0,001841	0,000080
STORY1	0,007992	0,000238	0,001926	0,000057

Σημείο 3:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,043555	-0,002998	0,000966	0,000257
STORY7	0,041479	-0,002444	0,001355	0,000022
STORY6	0,036803	-0,002521	0,001775	0,000049
STORY5	0,030678	-0,002691	0,001745	0,000183
STORY4	0,024656	-0,002058	0,001680	0,000170
STORY3	0,018861	-0,001473	0,001705	0,000154
STORY2	0,012980	-0,000940	0,001646	0,000127
STORY1	0,007300	-0,000500	0,001759	0,000120

Σεισμός κατά y με την ισοδύναμη στατική μέθοδο:

Σημείο 2:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,004188	0,042737	0,000413	0,001612
STORY7	0,003301	0,039272	0,000083	0,001310
STORY6	0,003016	0,034754	0,000166	0,001619
STORY5	0,002444	0,029169	0,000085	0,001803
STORY4	0,002151	0,022950	0,000163	0,001796
STORY3	0,001590	0,016752	0,000166	0,001732
STORY2	0,001018	0,010777	0,000149	0,001541
STORY1	0,000503	0,005459	0,000121	0,001315

Σημείο 3:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,002418	0,040850	0,000015	0,001156

STORY7	0,002451	0,038365	0,000143	0,001374
STORY6	0,001956	0,033624	0,000170	0,001624
STORY5	0,001368	0,028023	0,000087	0,001805
STORY4	0,001070	0,021797	0,000090	0,001719
STORY3	0,000761	0,015868	0,000090	0,001651
STORY2	0,000450	0,010172	0,000069	0,001456
STORY1	0,000212	0,005149	0,000051	0,001241

Σεισμός κατά x με την δυναμική φασματική μέθοδο:

Σημείο 2:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,036712	0,016759	0,001288	0,000951
STORY7	0,034321	0,015315	0,001415	0,000547
STORY6	0,030466	0,013515	0,001679	0,000667
STORY5	0,025957	0,011302	0,001673	0,000703
STORY4	0,021121	0,008940	0,001528	0,000711
STORY3	0,016353	0,006533	0,001497	0,000674
STORY2	0,011388	0,004237	0,001466	0,000604
STORY1	0,006375	0,002159	0,001536	0,000520

Σημείο 3:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,026860	0,017029	0,000795	0,000674
STORY7	0,025396	0,015954	0,001156	0,000645
STORY6	0,022221	0,014019	0,001371	0,000750
STORY5	0,018537	0,011758	0,001205	0,000800
STORY4	0,015096	0,009211	0,001066	0,000714
STORY3	0,011792	0,006879	0,001047	0,000698
STORY2	0,008325	0,004537	0,001037	0,000635
STORY1	0,004777	0,002367	0,001151	0,000570

Σεισμός κατά x με την δυναμική φασματική μέθοδο:

Σημείο 2:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY8	0,018900	0,031018	0,000490	0,001660
STORY7	0,018154	0,028235	0,000571	0,001055
STORY6	0,016274	0,024877	0,000686	0,001277
STORY5	0,013967	0,020826	0,000862	0,001374
STORY4	0,011125	0,016374	0,000796	0,001304
STORY3	0,008465	0,012050	0,000784	0,001240
STORY2	0,005803	0,007855	0,000750	0,001112
STORY1	0,003230	0,004035	0,000778	0,000972

Σημείο 3:

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
-------	--------	--------	---------	---------

STORY8	0,014902	0,033140	0,000410	0,001238
STORY7	0,014108	0,030840	0,000485	0,001266
STORY6	0,012669	0,026910	0,000602	0,001462
STORY5	0,010834	0,022447	0,000610	0,001566
STORY4	0,008758	0,017451	0,000597	0,001403
STORY3	0,006715	0,012819	0,000603	0,001325
STORY2	0,004654	0,008339	0,000587	0,001179
STORY1	0,002639	0,004292	0,000636	0,001034

### 5.3.5 Ικανοτικός έλεγχος

Ο ικανοτικός έλεγχος έγινε όπως και στο συμβατικό μοντέλο, για το ίδιο υποστύλωμα και τη δοκό της τομής 1.

#### 5.3.5.1 Υποστύλωμα

Το υποστύλωμα έχει διατομή T1/200.

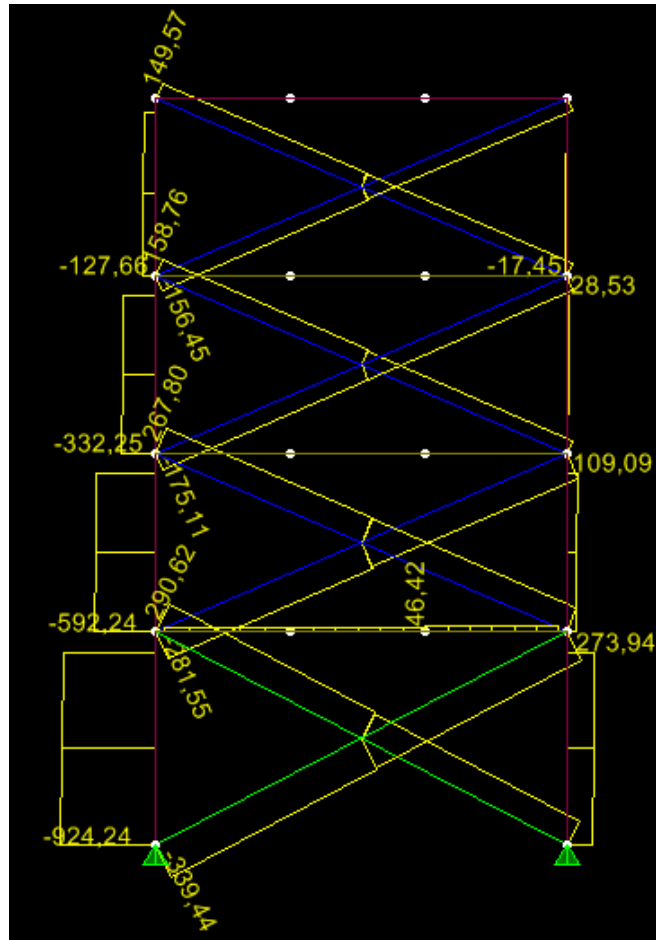
$$N_{Ed} = -924,24 \text{ kN}$$

$$M_{3-3} = 11,653 \text{ kN}$$

$$M_{2-2} = 0,741 \text{ kN}$$

Δυσμενέστερος για το υποστύλωμα είναι ο συνδυασμός  $G+0,3Q-Ex-0,3Ey$ . Από τις δυνάμεις στα χιαστί της τομής 1 για τον συνδυασμό αυτό (σχήμα 5.70), προκύπτει ότι:

$$\Omega = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 275000 / 339,44 = 2,92$$



Σχήμα 5.70: Αξονικές δυνάμεις στην τομή 1 για τον συνδυασμό G+0,3Q-Ex-0,3Ey

$$\text{Άρα } N_{Ed} = N_{EdG} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{EdE} = 351,2 + 1,1 \cdot 2,92 \cdot 573,04 = 2191,8 \text{ kN}$$

Όμως, για την T1/200 ισχύει ότι

$$N_{Pl,Rd} = A \cdot f_y = 8,49 \cdot 10^{-3} \cdot 235000 = 1995,15 \text{ kN} < N_{Ed}$$

Επιλέγεται κατόπιν διατομή T1/250, με  $A = 0,0126 \text{ m}^2$ , και  $i_y = i_z = 0,127 \text{ m}$  και  $W_{el,Rdy} = W_{el,Rdz} = 9,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

$$N_{Ed} = -972,29 \text{ kN (θλιπτική)}$$

$$M_{3-3} = 17,15 \text{ kNm}$$

$$M_{2-2} = -0,488 \text{ kNm}$$

$$V_{2-2} = -5,94 \text{ kN}$$

$$V_{3-3} = 0,12 \text{ kN}$$

$$\text{Όμοια με πριν, } \Omega = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 275000 / 335,51 = 2,95$$

$$N_{Ed} = 377,37 + 1,1 \cdot 2,95 \cdot 594,92 = 2307,89 \text{ kN}$$

$$V_{Pl,Rdy} = V_{Pl,Rdz} = \frac{A_v \cdot f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = \frac{6,05 \cdot 10^{-3} \cdot 235000 / \sqrt{3}}{1} = 820,85 > 2 \cdot V_{Ed,y,z}$$

Άρα δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε κάμψη λόγω τέμνουσας.

Θεωρείται ότι  $\chi_{LT} = 1$  γιατί η διατομή αποτελείται από κοίλες ορθογωνικές διατομές που δεν είναι ευαίσθητες σε στρεπτικές παραμορφώσεις.

Για τους άξονες y και z ισχύει:

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{4,15}{0,127} = 32,68$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{32,68}{\pi \cdot \sqrt{\frac{210000}{235}}} = 0,348$$

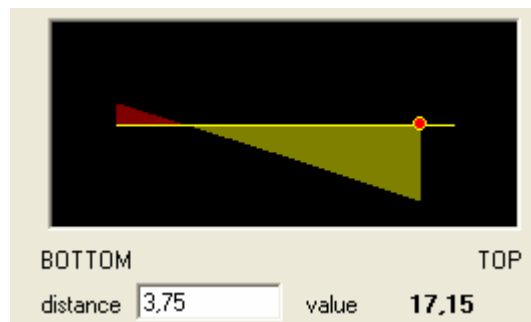
Η καμπύλη λυγισμού προσδιορίστηκε για συγκολλητή κιβωτιοειδή διατομή. Η καμπύλη λυγισμού είναι η b, άρα ο συντελεστής  $\alpha$  είναι 0,34.

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,348 - 0,2) + 0,348^2] = 0,586$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 + \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,586 + \sqrt{0,586^2 + 0,348^2}} = 0,946$$

Υπολογισμός συντελεστών k:

Ροπή  $M_{y-y}$ :

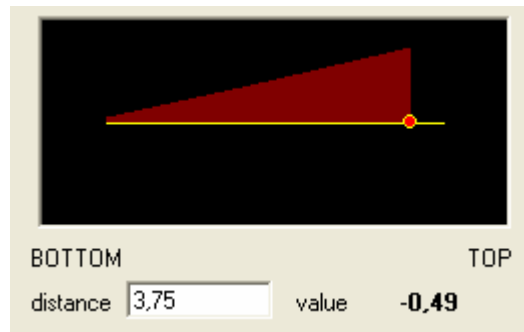


**Σχήμα 5.71:** Διάγραμμα ροπών  $M_{y-y}$  στο υποστύλωμα για τον συνδυασμό  $G+0,3Q-Ex-0,3Ey$

$$M = 17,15 \text{ kNm}$$

$$\psi M = -5,14 \text{ kNm} \Rightarrow \psi = -0,3$$

$$\text{Άρα } c_{My} = 0,6 + 0,4 \cdot (-0,3) = 0,48 > 0,4$$

Ροπή  $M_{z-z}$ :**Σχήμα 5.72:** Διάγραμμα ροπών  $M_{z-z}$  στο υποστύλωμα για τον συνδυασμό G+0,3Q-E<sub>x</sub>-0,3E<sub>y</sub>

$$M = -0,49 \text{ kNm}$$

$$\psi M = -0,03 \text{ kNm} \Rightarrow \psi = 0,06$$

$$\text{Άρα } c_{Mz} = 0,6 + 0,4 \cdot 0,06 = 0,624 > 0,4$$

Το υποστύλωμα δεν είναι ευαίσθητο σε στρεπτικές παραμορφώσεις, άρα:

$$k_{yy} = c_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right) \leq c_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right) \Rightarrow$$

$$k_{yy} = 0,48 \cdot \left(1 + (0,348 - 0,2) \cdot \frac{2307,89}{2801,1}\right) = 0,539 \leq 0,48 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{2307,89}{2801,1}\right) = 0,796$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,539 = 0,3234$$

$$k_{zz} = c_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right) \leq c_{mz} \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right) \Rightarrow$$

$$k_{zz} = 0,624 \cdot \left(1 + (2 \cdot 0,348 - 0,6) \cdot \frac{2307,89}{2801,1}\right) = 0,673 \leq 0,624 \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{2307,89}{2801,1}\right) = 1,343$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,673 = 0,404$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdy}} = \frac{2307,89}{2801,1} + 0,539 \cdot \frac{17,15}{225,365} + 0,404 \cdot \frac{0,488}{225,365} = 0,866 < 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdy}} = \frac{2307,89}{2801,1} + 0,3234 \cdot \frac{17,15}{225,365} + 0,673 \cdot \frac{0,488}{225,365} = 0,85 < 1$$

Άρα η διατομή επαρκεί.

**5.3.5.2 Δοκός**

Η δοκός έχει διατομή T2/200x5, με  $A=0,0108 \text{ m}^2$ ,  $w_{el,y} = 9,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$  και  $w_{el,z} = 7,63 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ .

Δυσμενέστερος είναι ξανά ο συνδυασμός G+0,3Q-E<sub>x</sub>-0,3E<sub>y</sub>.

$$N_{Ed} = 32,43 + 1,1 \cdot 2,95 \cdot 3,75 = 44,6 \text{ kN (εφελκυστική)}$$

$$M_{y-y} = 57,236 \text{ kN}$$

$$M_{z-z} = 0,135 \text{ kN}$$

$$V_{z-z} = 38,16 \text{ kN}$$

$$V_{y-y} = 4,69 \text{ kN}$$

$$V_{Pl,Rdy} = \frac{A_{vy} \cdot f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = \frac{5,49 \cdot 10^{-3} \cdot 235000 / \sqrt{3}}{1} = 744,87 > 2 \cdot V_{Edy} = 9,38 \text{ kN}$$

$$V_{Pl,Rdz} = \frac{A_{vz} \cdot f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,73 \cdot 10^{-3} \cdot 235000 / \sqrt{3}}{1} = 641,75 > 2 \cdot V_{Edz} = 76,32 \text{ kN}$$

Δεν χρειάζεται απομείωση της αντοχής σε κάμψη λόγω τέμνουσας.

$$\frac{N_{Ed}}{A \cdot f_y} + \frac{M_{y-y}}{w_{el,y} \cdot f_y} + \frac{M_{z-z}}{w_{el,z} \cdot f_y} = \frac{44,6}{2538} + \frac{57,236}{227,95} + \frac{0,135}{179,305} = 0,269 < 1$$

Άρα η διατομή επαρκεί.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Συμπεράσματα

#### 6.1 Σύγκριση των λύσεων

Οι δύο λύσεις του κτιρίου που παρουσιάστηκαν εδώ, διαφέρουν αρκετά από πλευράς όγκου χάλυβα. Συγκεκριμένα, στο συμβατικό κτίριο χρειάζονται 26,5 m<sup>3</sup> χάλυβα, ενώ στο προκατασκευασμένο 43,4 m<sup>3</sup>, δηλαδή είναι κατά περίπου 60% βαρύτερο.

Αυτό συμβαίνει διότι στο συμβατικό κτίριο χρησιμοποιούνται διατομές διπλού ταυ. Οι διατομές αυτές έχουν μεγάλη ροπή αδράνειας συγκριτικά με το εμβαδόν τους, οπότε πλεονεκτούν στην καταπόνηση σε ροπή. Οι διατομές του προκατασκευασμένου μοντέλου αντίθετα, καθορίζονται από τον τρόπο που συγκολλούνται τα πλαίσια μεταξύ τους, και το μέγεθος που πρέπει να έχουν αυτά. Κάποιες φορές παρ' όλο που οι διατομές έχουν μεγάλο εμβαδόν, η ροπή αδράνειας τους είναι μικρότερη στον άξονα που καταπονούνται περισσότερο, ή έχουν μεγάλη ροπή αδράνειας και στους δύο άξονες ενώ δεν χρειάζεται.

Όμως, ένα προκατασκευασμένο κτίριο είναι ευκολότερο και γρηγορότερο στην ανέγερσή του απ' ό,τι ένα συμβατικό. Συνεπώς, παρ' όλο που η συμβατική μέθοδος πλεονεκτεί από πλευράς οικονομίας υλικού, η μέθοδος προκατασκευής έχει μικρότερο κόστος ανέγερσης του κτιρίου και είναι καλύτερη για κτίρια που πρέπει να τελειώσουν γρήγορα.

#### 6.2 Συμπεράσματα

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, παρ' όλο που το συμβατικό κτίριο είναι σημαντικά φθηνότερο από πλευράς υλικού, είναι ακριβότερο απ' το προκατασκευασμένο στην ανέγερση του.

Επίσης, στο παράδειγμα που μελετήθηκε εδώ, έγινε ελαστικός έλεγχος στις πολυκυψελικές διατομές, δεν λήφθηκε δηλαδή υπ' όψη η πλαστική ροπή αντίστασης που κανονικά έχουν. Αυτό έγινε υπέρ της ασφαλείας, διότι τέτοιες διατομές δεν συνηθίζονται και δεν έχει μελετηθεί αρκετά η συμπεριφορά τους. Όμως έτσι μειώθηκε η αντοχή των διατομών και συνεπώς αυξήθηκε η απαιτούμενη ποσότητα χάλυβα.

Για τους παραπάνω λόγους, δεν μπορεί να βγει ασφαλές συμπέρασμα από την παρούσα εργασία ως προς το ποια από τις δύο μεθόδους είναι καλύτερη. Προτείνεται λοιπόν να γίνει περαιτέρω μελέτη των πολυκυψελικών διατομών, ώστε να διαπιστωθεί η πραγματική αντοχή τους. Επίσης θα πρέπει να υπολογιστούν το κόστος του εργοταξίου και για τις δύο λύσεις και η ταχύτητα κατασκευής τους, ώστε να μπορεί να γίνει ποσοτική σύγκριση και αυτών των παραμέτρων.

Παρ' όλα αυτά, εκτιμάται ότι και πάλι το κόστος του προκατασκευασμένου κτιρίου θα είναι μεγαλύτερο από αυτό του συμβατικού. Αυτό όμως που έχει

σημασία, είναι η διαφορά των δύο τιμών να μην είναι πολύ μεγάλη (περίπου 5% το μέγιστο) ώστε οι πελάτες να είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν παραπάνω για ένα κτίριο που θα κτιστεί πιο γρήγορα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Σχεδιασμός δομικών έργων από χάλυβα, Ι. Βαγίας, Ι. Ερμόπουλος, Γ. Ιωαννίδης, εκδόσεις Κλειδάριθμος (2005)
- Διερεύνηση προκατασκευασμένων μεταλλικών συστημάτων κ. Χ. Διακόπουλου, Βασιλική Ι. Γκεσούλη, Κωνσταντίνα Γ. Κουλάτσου, Σύμβουλος: Χάρης Ι. Γαντές, Αν. Καθηγητής ΕΜΠ (Ιούνιος 2010)
- Ευρωκώδικας 1, Μέρος 1-1: Γενικές δράσεις – Πυκνότητες, ίδιον βάρος, επιβαλλόμενα φορτία σε κτίρια, (Απρίλιος 2002)
- Ευρωκώδικας 1, Εθνικό Προσάρτημα (2002)
- Eurocode 1: Actions on structures, part 1-4: General actions – Wind actions (2003)
- Ευρωκώδικας 1- Δράσεις επί των κατασκευών, Μέρος 1-4 Δράσεις ανέμου, Εθνικό Προσάρτημα (2003)
- Eurocode 3: Design of steel structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings (June 2004)
- Ευρωκώδικας EN1993 – Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα, Μέρος 1-1: Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια, Εθνικό Προσάρτημα
- Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings (December 2003)
- Εφημερίδα της κυβερνήσεως της Ελληνικής δημοκρατίας, Τεύχος δεύτερο, Αριθμός φύλλου 2692, (31 Δεκεμβρίου 2008)



## Παράρτημα σχεδίων

Σχέδιο 1: Κάτοψη υπογείου 3

Σχέδιο 2: Κάτοψη υπογείου 2

Σχέδιο 3: Κάτοψη υπογείου 1

Σχέδιο 4: Κάτοψη ισογείου

Σχέδιο 5: Κάτοψη ορόφων 1 και 2

Σχέδιο 6: Κάτοψη ορόφου 3

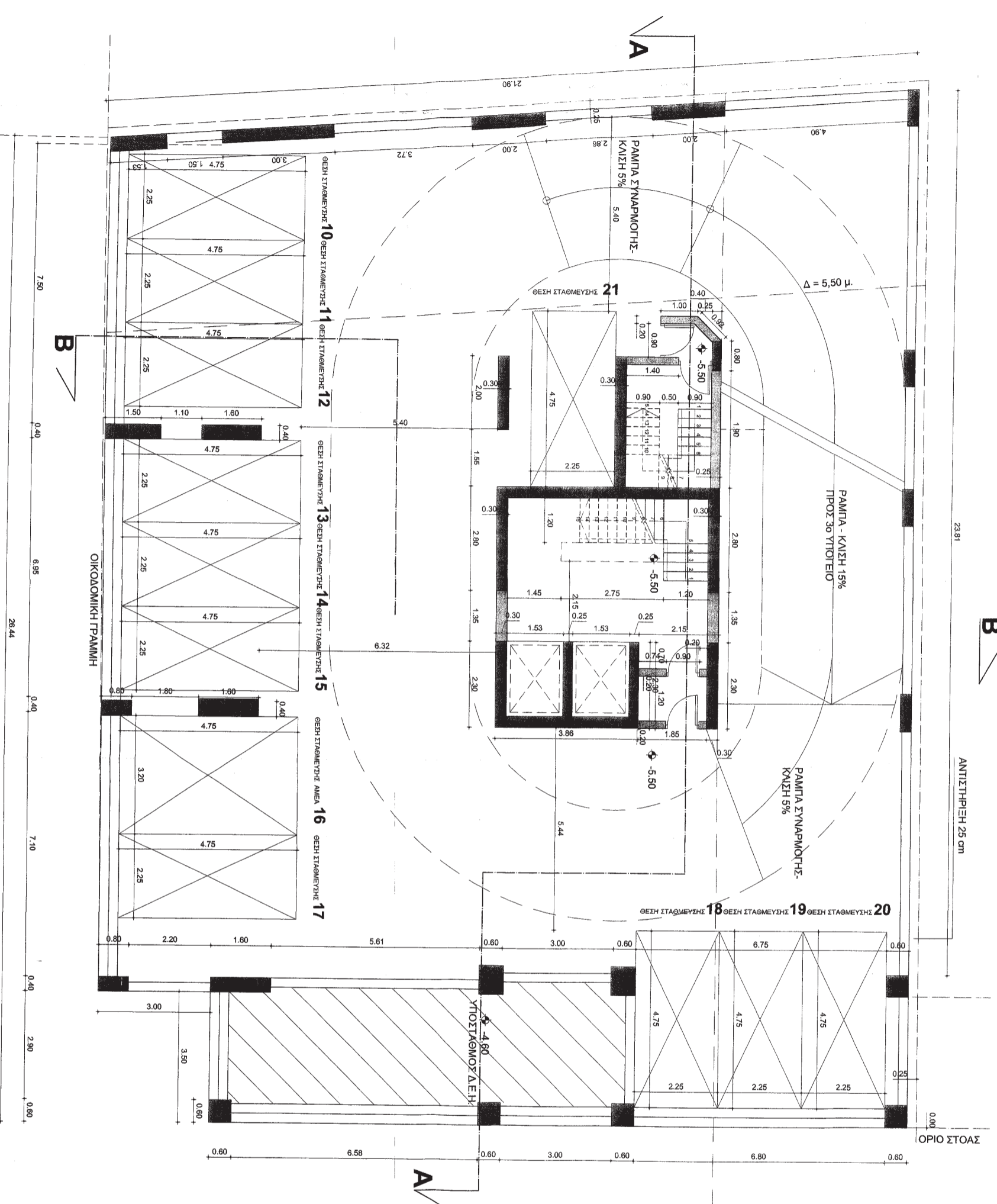
Σχέδιο 7: Κάτοψη ορόφου 4

Σχέδιο 8: Κάτοψη ορόφου 5

Σχέδιο 9: Κάτοψη ορόφου 6

Σχέδιο 10: Κάτοψη δώματος





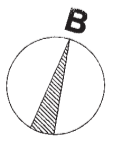
ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ 2

ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ 2  
A-04

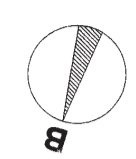
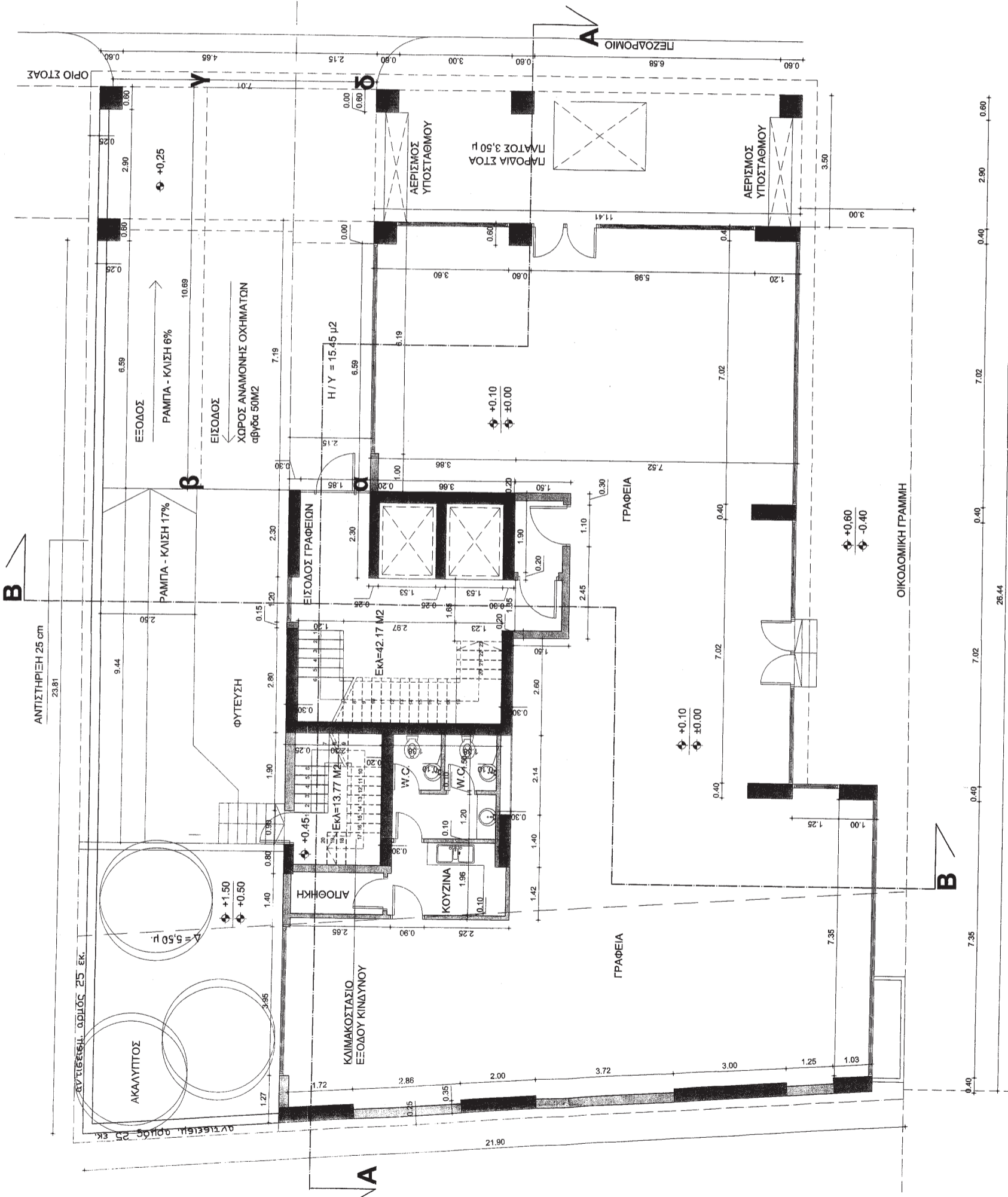
εργοδότης:	εγχείρησις:
"ΑΛΕΦΟΤΗΣ Η ΕΥΣΕΒΕΙΑ"	
εργο :	
ΝΕΟ ΕΠΙΛΟΓΟΦΟ ΚΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΜΕ ΤΡΙΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΓΑΡΑΖΕ ΚΑΙ ΔΑΔΜΑ	
δύναμις :	
ΠΑΠΑΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΥ 117 & ΔΗΜ. ΓΟΥΝΑΜΟΥ - ΑΘΗΝΑ	
υπεργολογία :	
Κ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ Τ. ΚΟΥΜΙΤΖΟΓΛΟΥ Α. ΤΣΩΝΟΣ Ν. ΑΕΟΝΤΑΡΗΣ	αρχιτεκτονικό μηχανικό αρχιτεκτονικό μηχανικό πολιτικός μηχανικός μηχανολόγος μηχανικός
καταγραφή σχεδίου : Αρχιτεκτονική μελέτη	αφ. σχέδιου :
τύπος σχεδίου :	
<b>ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ 2</b>	
κλίμακα :	ημερομηνία :
1 : 50	Νοεμβρίου 2007
υπογραφή :	σφραγίδα :
ΤΙΜΟΘΕΩΝ Ν. ΚΟΥΜΙΤΖΟΓΛΟΥ ΔΙΠΛΩΜΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΒΝΚΟΥ ΜΕΤΕΩΡΕΙΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΜΕΜΟΣ ΕΙΣ ΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΝ ΤΕΧΝΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΜΗΤΡΩΟ ΣΤΑΘ. 9783 ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ Α.Σ.Μ. 031745711 - 8.01 ΣΥΝΑΡΜΟΤΗ	ΧΡΗΣΤΟΣ Γ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΥΧΟΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ Ε.Μ.Π. ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΜΗΤΡΩΟΥ 101765 ΑΦ. ΠΡΩΤΟΤΥΠΗ ΣΦ. ΙΚΑΘΕΙΑ - ΠΑ. 216232779

Δ. Σέφης & σύνθεσής που ενδίδκυνται στην παρούσα κατοψη του δεύτερου υπογείου του κτηρίου της "ΑΛΕΦΟΤΗΣ Η ΕΥΣΕΒΕΙΑ" και χαρακτηρίζονται με τους αριθμούς από 10 έως 21 προορίζονται για διαμετακινήσεις και είναι διαστάσεων 2,25 μ. μήκους και 4,75 μ. πλάτους.

Δ = 5.50 μ.



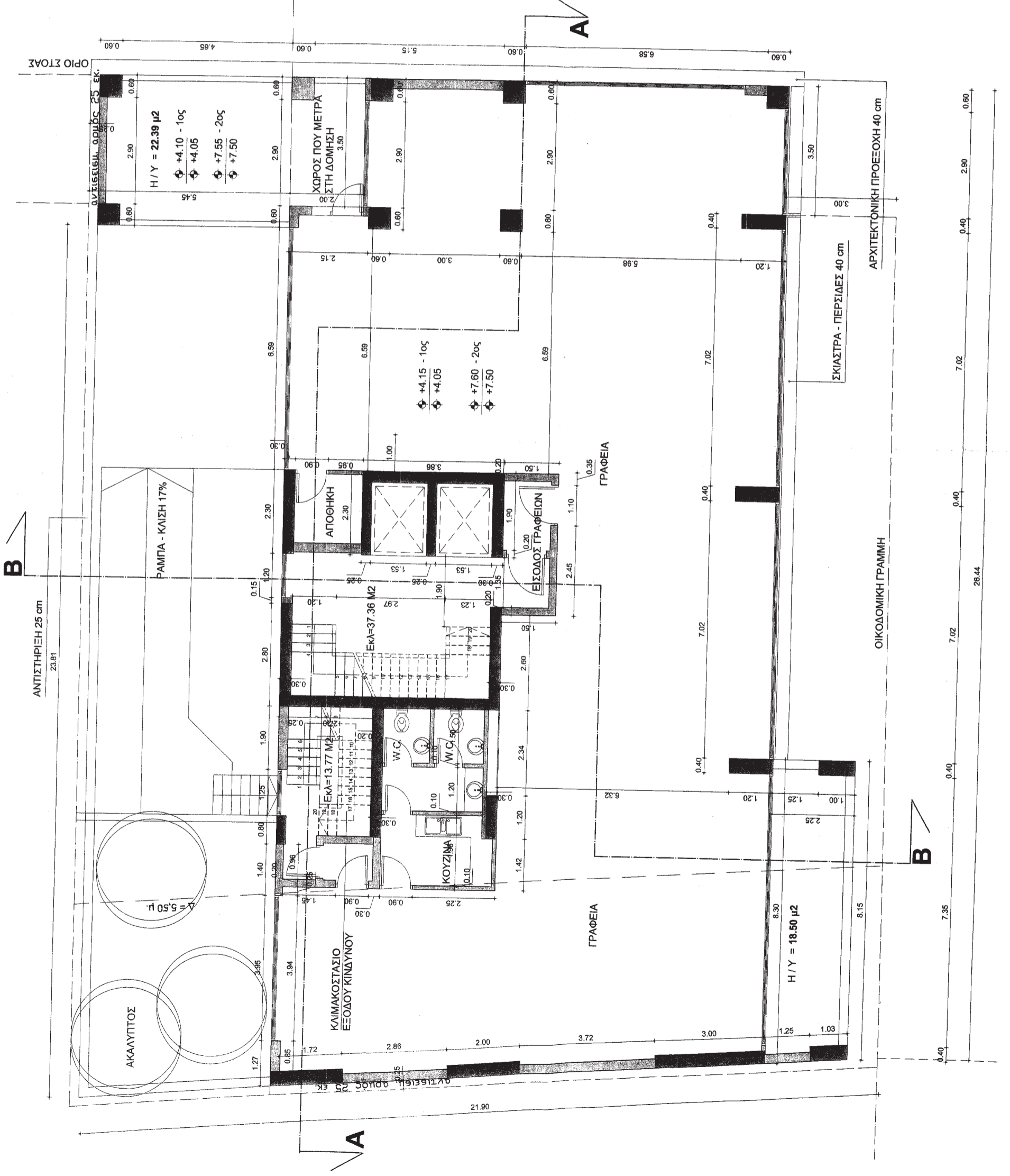




Δ = 5,50 μ.

εργασίες:	<b>"ΑΔΕΛΦΟΤΗΣ Η ΕΥΣΤΕΒΙΑ"</b>		
έργο:	ΝΕΟ ΕΠΙΤΑΧΥΡΩΦΟ ΚΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΜΕ ΤΡΙΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΓΑΡΑΖΕ ΚΑΙ ΔΩΜΑ		
έργο:	ΠΑΠΑΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ 117 & ΔΗΜ. ΓΟΥΛΙΑΜΟΥ - ΑΘΗΝΑ		
μελετητές:	αρχιτέκτων μηχανικός αρχιτέκτων μηχανικός πολιτικός μηχανικός μηχανολόγος μηχανικός <b>Χ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ</b> <b>Τ. ΚΟΥΜΙΤΣΟΓΛΟΥ</b> <b>Α. ΤΣΟΛΟΣ</b> <b>Ν. ΛΕΟΝΤΑΡΗΣ</b>		
κατηγορία σχεδίου:	Αρχιτεκτονική μελέτη		
τίτλος σχεδίου:	<b>ΚΑΤΩΦΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ</b>		
κλίμακα:	1 : 50	παραρτημένο:	Νοέμβριος 2007
υπογραφή:	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>ΤΙΜΟΘΕΩΝ Ν. ΚΟΥΜΙΤΣΟΓΛΟΥ ΔΙΠΛΩΜ. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΔΙΠΛΩΜ. ΜΕΤΕΓΧΕΙΡ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ Τ.Ε.Ε. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ Α.Φ.Μ. 05748771 - Δ.Ο.Υ. ΑΓ.ΑΝΝΑΡΙΟΥ ΑΔΡ. ΠΡΩΤΟΤΥΠΗ</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>ΧΡΗΣΤΟΣ Σ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ</b> ΔΙΠΛΩΜ. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΔΙΠΛΩΜ. ΜΕΤΕΓΧΕΙΡ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ Τ.Ε.Ε. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ Α.Φ.Μ. 05748771 - Δ.Ο.Υ. ΑΓ.ΑΝΝΑΡΙΟΥ ΑΔΡ. ΠΡΩΤΟΤΥΠΗ</p> </div> </div>		

**ΚΑΤΩΦΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ**



Δ = 5,50 μ.

εργοδότης: <b>"ΑΔΕΛΦΟΤΗΣ Η ΕΥΣΕΒΕΙΑ"</b>	εργοδότης:
έργο: <b>ΝΕΟ ΕΠΙΤΑΟΡΟΦΟ ΚΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΜΕ ΤΡΙΑ ΥΠΟΓΕΙΑ GARAGE ΚΑΙ ΔΩΜΑ</b>	εργασίες:
θέση: <b>ΠΑΠΑΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ 117 &amp; ΔΗΜ. ΓΟΥΛΙΑΜΟΥ - ΑΘΗΝΑ</b>	μελετητές: <b>Χ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ</b> <b>Τ. ΚΟΥΙΜΠΖΟΓΛΟΥ</b> <b>Α. ΤΣΙΔΩΣ</b> <b>Ν. ΛΕΟΝΤΑΡΗΣ</b>
κατηγορία σχεδίου : Αρχιτεκτονική μελέτη	αρχιτέκτον μηχανικός αρχιτέκτων μηχανικός πολιτικός μηχανικός μηχανολόγος μηχανικός
τίτλος σχεδίου : <b>ΚΑΤΟΨΗ ΟΡΟΦΩΝ 1-2</b>	αριθμός : <b>A-07</b>
κλίμακα : 1 : 50	ημερομηνία : Νοέμβριος 2007
υπογραφή :	σφραγίδα :

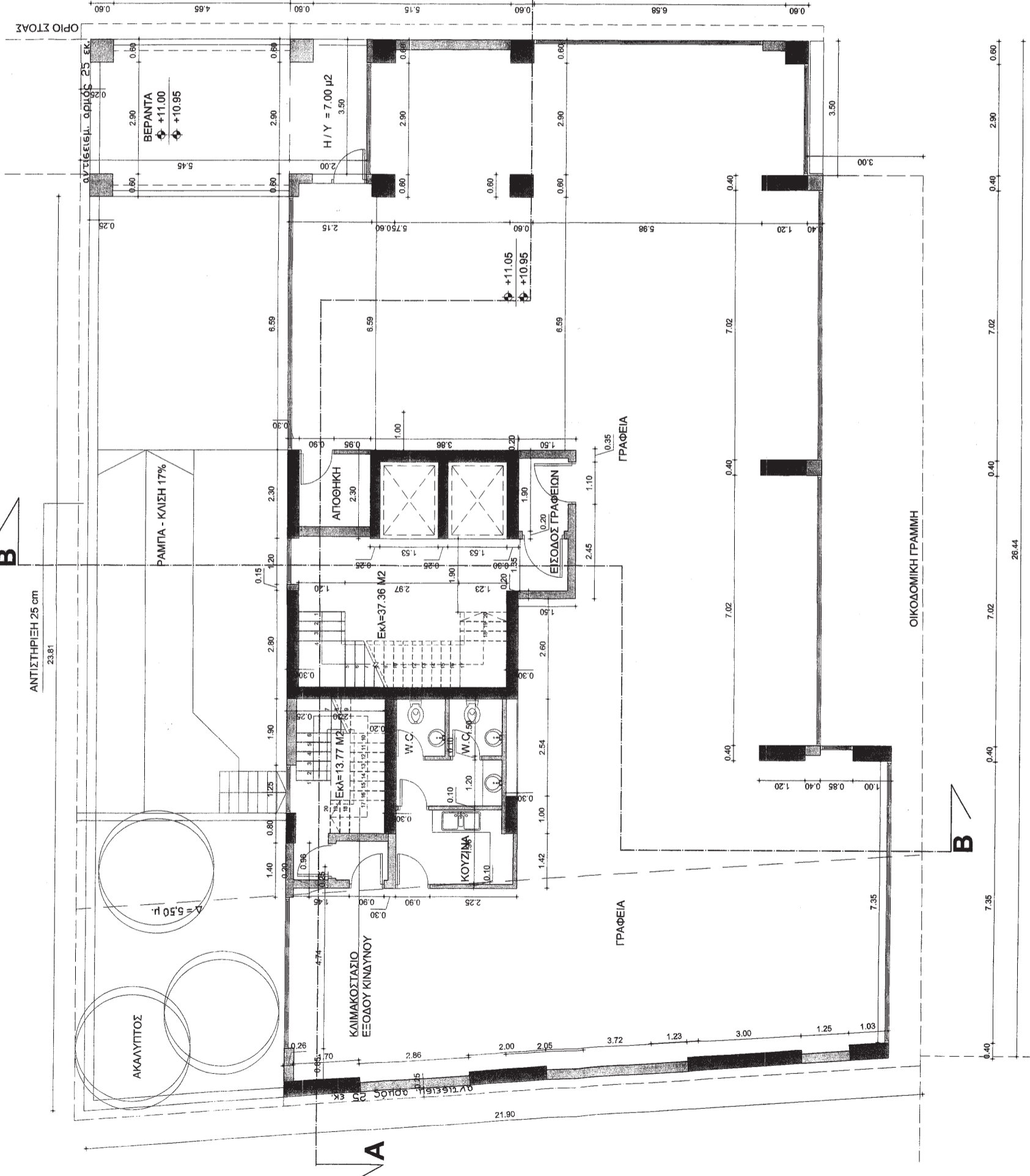
5/12/08

**ΤΙΜΟΛΕΟΝ Η. ΚΟΥΙΜΠΖΟΓΛΟΥ**  
ΔΙΠΛΩΜ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ  
ΕΡΕΥΝΗΤΩΝ ΜΕΤΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ  
ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ 97936  
ΗΜΑΚΑ 157 01 Τηλ: 210-8030168  
Α.Φ.Μ. 1357-2-7711 - 2 Ο.Τ. 3 ΑΛΙΜΑΡΔΙΟΥ  
ΑΘΗΝΑ - ΤΗΛ: 210-626779

**ΚΑΤΟΨΗ ΟΡΟΦΟΥ 1-2**

**B**

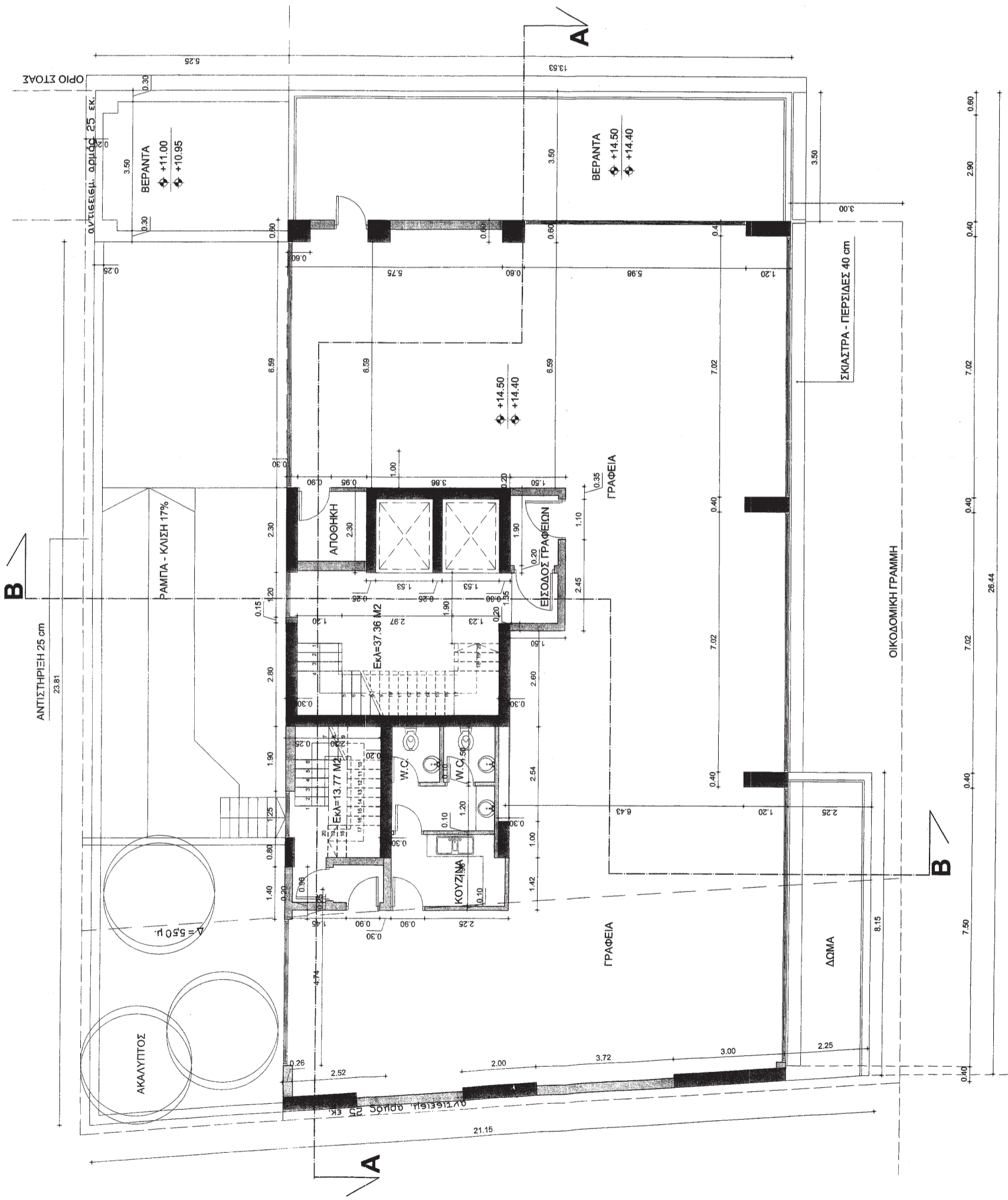
ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗ 25 cm  
23.81



Δ = 5,50 μ.

εργασίες:	<b>"ΑΔΕΛΦΟΤΗΣ Η ΕΥΣΕΒΕΙΑ"</b>		
έργο:	ΝΕΟ ΕΠΙΤΑΟΡΦΟ ΚΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΜΕ ΤΡΙΑ ΥΠΟΓΕΙΑ GARAGE ΚΑΙ ΔΩΜΑ		
θέση:	ΠΑΠΑΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ 117 & ΔΗΜ. ΓΟΥΛΑΜΟΥ - ΑΘΗΝΑ		
μελετητές:	αρχιτεκτονικών μηχανικών αρχιτεκτονικών μηχανικών πολιτικών μηχανικών μηχανολόγων μηχανικών		
κατηγορία σχεδίου:	Αρχιτεκτονική μελέτη		
τίτλος σχεδίου:	<b>ΚΑΤΟΨΗ ΟΡΟΦΟΥ 3</b>		
κλίμακα:	1 : 50	ημερομηνία:	Νοέμβριος 2007
συμπληρωθεί:	σφραγίδα:		

**ΚΑΤΟΨΗ ΟΡΟΦΟΥ 3**



εργασίας:	"ΑΔΕΛΦΟΤΗΣ Η ΕΥΣΕΒΕΙΑ"	εγγραφή:	
έργο:	ΝΕΟ ΕΠΙΤΑΧΥΡΩΘΕΝ ΚΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΜΕ ΤΡΙΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΓΑΡΑΖΕ ΚΑΙ ΔΩΜΑ	μελέτης:	Χ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ Τ. ΚΟΥΜΙΤΣΟΠΟΥΛΟΥ Α. ΤΣΙΔΩΣ Ν. ΛΕΟΝΤΑΡΗΣ
θέση:	ΠΑΠΑΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ 117 & ΔΗΜ. ΓΟΥΛΙΑΜΟΥ - ΑΘΗΝΑ	αρχιτεκτονικών μηχανικός	Χ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ
		αρχιτεκτονικών μηχανικός	Τ. ΚΟΥΜΙΤΣΟΠΟΥΛΟΥ
		πολιτικός μηχανικός	Α. ΤΣΙΔΩΣ
		μηχανολόγος μηχανικός	Ν. ΛΕΟΝΤΑΡΗΣ

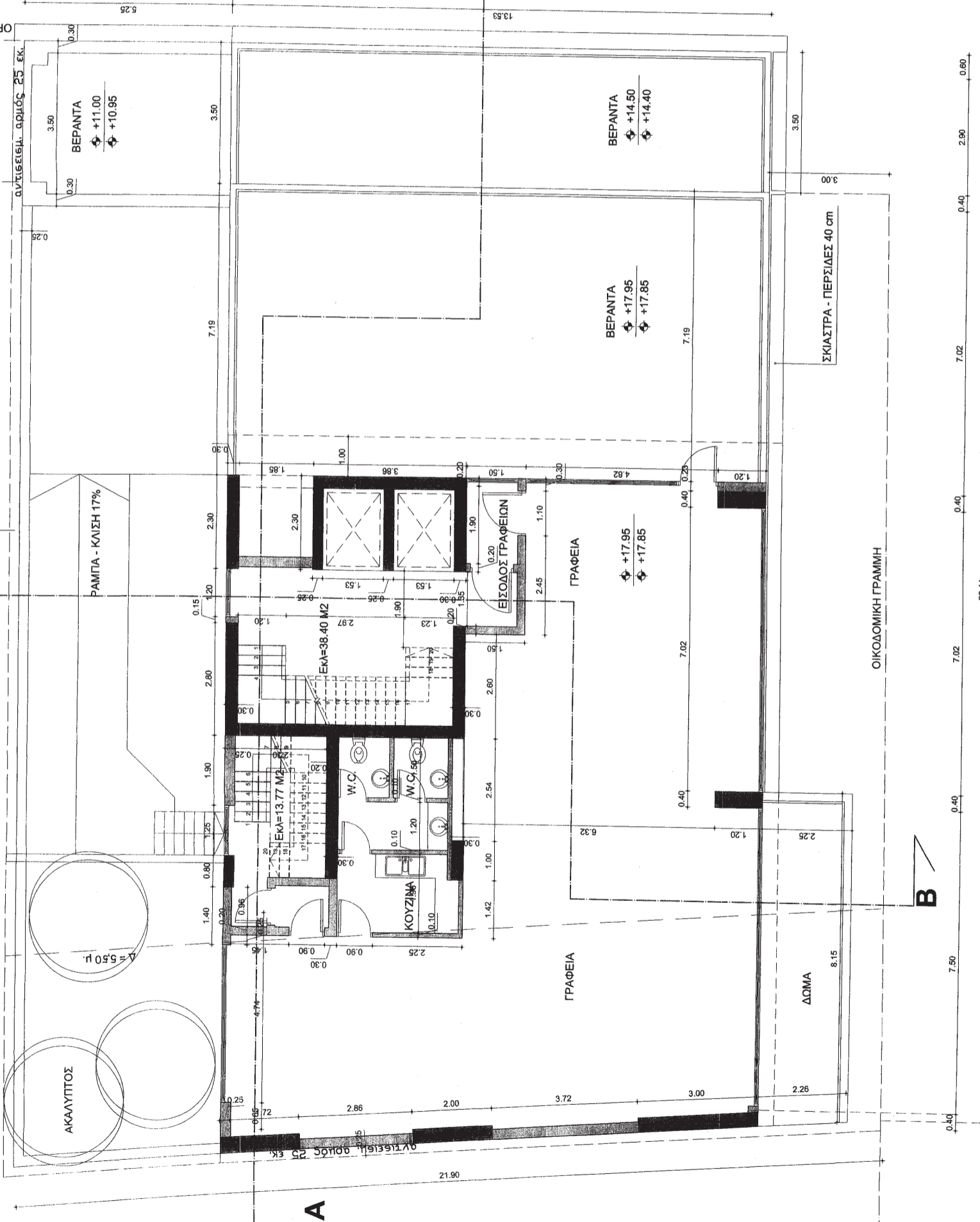
κατηγορία σχεδίου :	Αρχιτεκτονική μελέτη	αρ. σχεδίου :	A-09
τίτλος σχεδίου :	ΚΑΤΩΦΗ ΟΡΟΦΟΥ 4	ημερομηνία :	Μερίμβριος 2007
κλίμακα :	1 : 50	υπογραφή :	

ΤΙΜΟΛΕΩΝ Ν. ΚΟΥΜΙΤΣΟΠΟΥΛΟΥ  
 ΔΙΠΛΩΜ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ  
 ΕΒΝ ΤΟΥ ΜΕΤΡΩΣ ΜΗΤΡΩΟΥ Ε.Μ.Π.  
 ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Τ. ΚΟΥΜΙΤΣΟΠΟΥΛΟΥ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ  
 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Ε.Μ.Π.  
 ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. Α.Α.Α.Α. Τ.Ε.Ε. Α.Α.Α.Α. Τ.Ε.Ε. Α.Α.Α.Α.  
 Ο.Π.Α. 2522/25.11 - 3.0.Τ. ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ ΠΡΑ. 210.63278

ΚΑΤΩΦΗ ΟΡΟΦΟΥ 4

B

ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗ 25 cm  
23.81



ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗ - ΟΡΙΣΤΟΣ 25 εκ.  
0.25  
0.30  
3.50  
ΒΕΡΑΝΤΑ  
+11.00  
+10.95

ΡΑΜΠΑ - ΚΛΙΣΗ 17%

ΑΚΑΛΥΠΤΟΣ

ΚΟΥΖΙΝΑ

ΕΙΣΟΔΟΣ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

ΓΡΑΦΕΙΑ

ΓΡΑΦΕΙΑ

ΒΕΡΑΝΤΑ  
+17.95  
+17.85

ΒΕΡΑΝΤΑ  
+14.50  
+14.40

ΔΩΜΑ

ΣΚΙΑΣΤΡΑ - ΠΕΡΣΙΔΕΣ 40 cm

ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ

A

ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗ - ΟΡΙΣΤΟΣ 25 εκ.  
0.25  
0.30  
3.50  
ΒΕΡΑΝΤΑ  
+11.00  
+10.95

ΡΑΜΠΑ - ΚΛΙΣΗ 17%

ΑΚΑΛΥΠΤΟΣ

ΚΟΥΖΙΝΑ

ΕΙΣΟΔΟΣ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

ΓΡΑΦΕΙΑ

ΓΡΑΦΕΙΑ

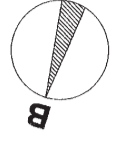
ΒΕΡΑΝΤΑ  
+17.95  
+17.85

ΒΕΡΑΝΤΑ  
+14.50  
+14.40

ΔΩΜΑ

ΣΚΙΑΣΤΡΑ - ΠΕΡΣΙΔΕΣ 40 cm

ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ



Δ = 5,50 μ.

A

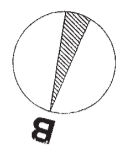
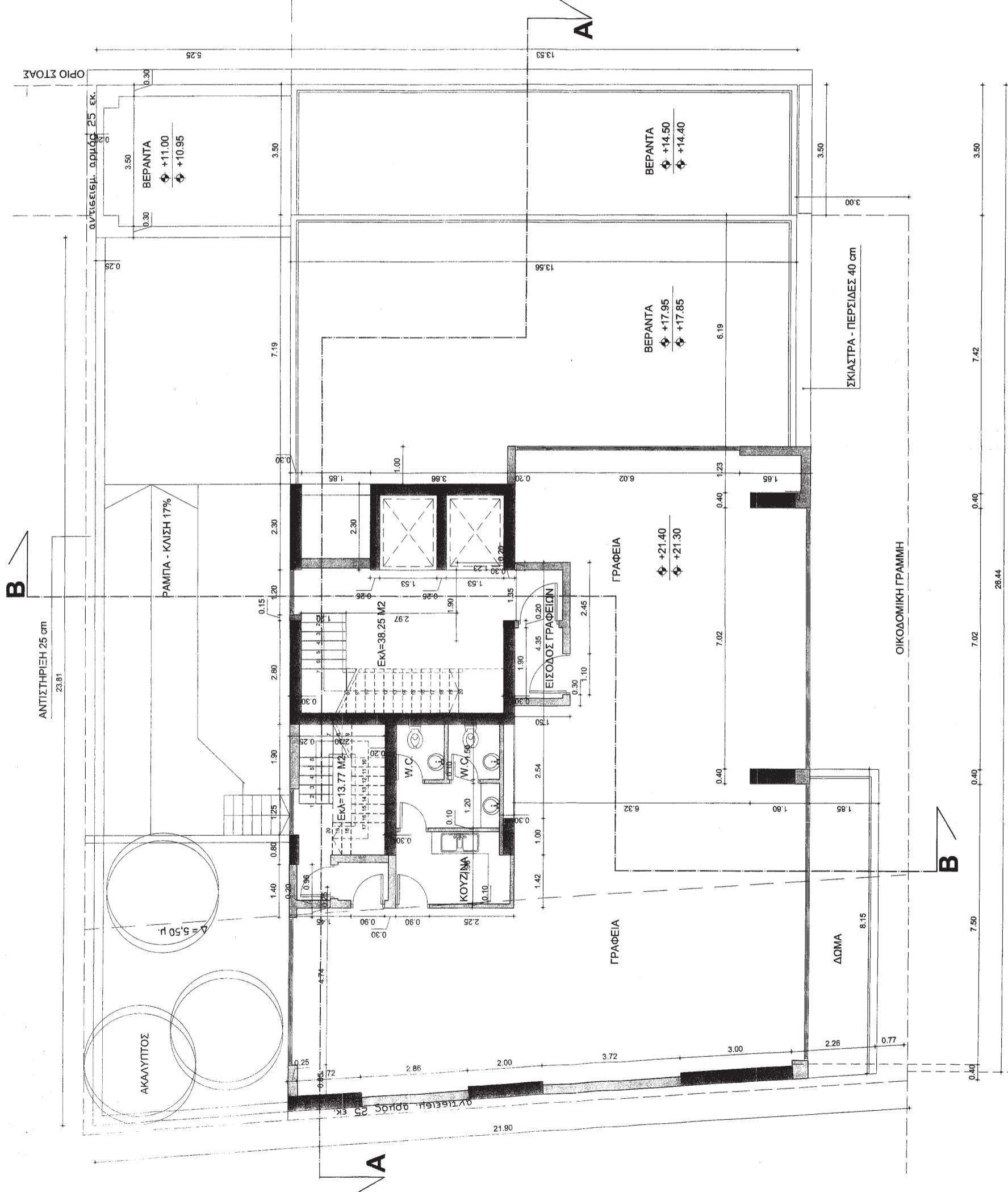
εργοδότης :	"ΑΔΕΛΦΟΤΗΣ Η ΕΥΣΕΒΕΙΑ"	εγκρίσεις :	
αριθμ :	ΝΕΟ ΕΠΙΤΑΓΟΦΟ ΚΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΜΕ ΤΡΙΑ ΥΠΟΓΕΙΑ GARAGE ΚΑΙ ΔΩΜΑ	αρχιτέκτον μηχανικός αρχιτέκτον μηχανικός πολιτικός μηχανικός μηχανολόγος μηχανικός	
θέση :	ΠΑΠΑΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ 117 & ΔΗΜ. ΓΟΥΛΑΜΟΥ - ΑΘΗΝΑ	μηχανικός :	
μηχανικός :	Χ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ Τ. ΚΟΥΙΜΤΖΟΓΛΟΥ Α. ΤΣΟΛΟΣ Ν. ΛΕΟΝΤΑΡΗΣ	κατηγορία σχεδίου : ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	αρ. σχεδίου :
κλίμακα :	1 : 50	ημερομηνία :	Νοέμβριος 2007
υπογραφή :		σφραγίδα :	

## ΚΑΤΩΦΗ ΟΡΟΦΟΥ 5

# A-10

ΤΙΜΟΛΕΩΝ Ν. ΚΟΥΙΜΤΖΟΓΛΟΥ  
ΔΙΠΛΩΜ. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ  
ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΟΛΟΓΙΚΟΥ  
ΜΕΤΕΩΡ. Τ.Ε.Ε. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Σ.Π.Π.  
Α.Μ.Μ. 1577/2007 - 2017  
ΚΑΡ. ΤΡΗΦΥΝΗ 39 - ΚΗΦΙΣΙΑ - ΤΗΛ. 210 628779

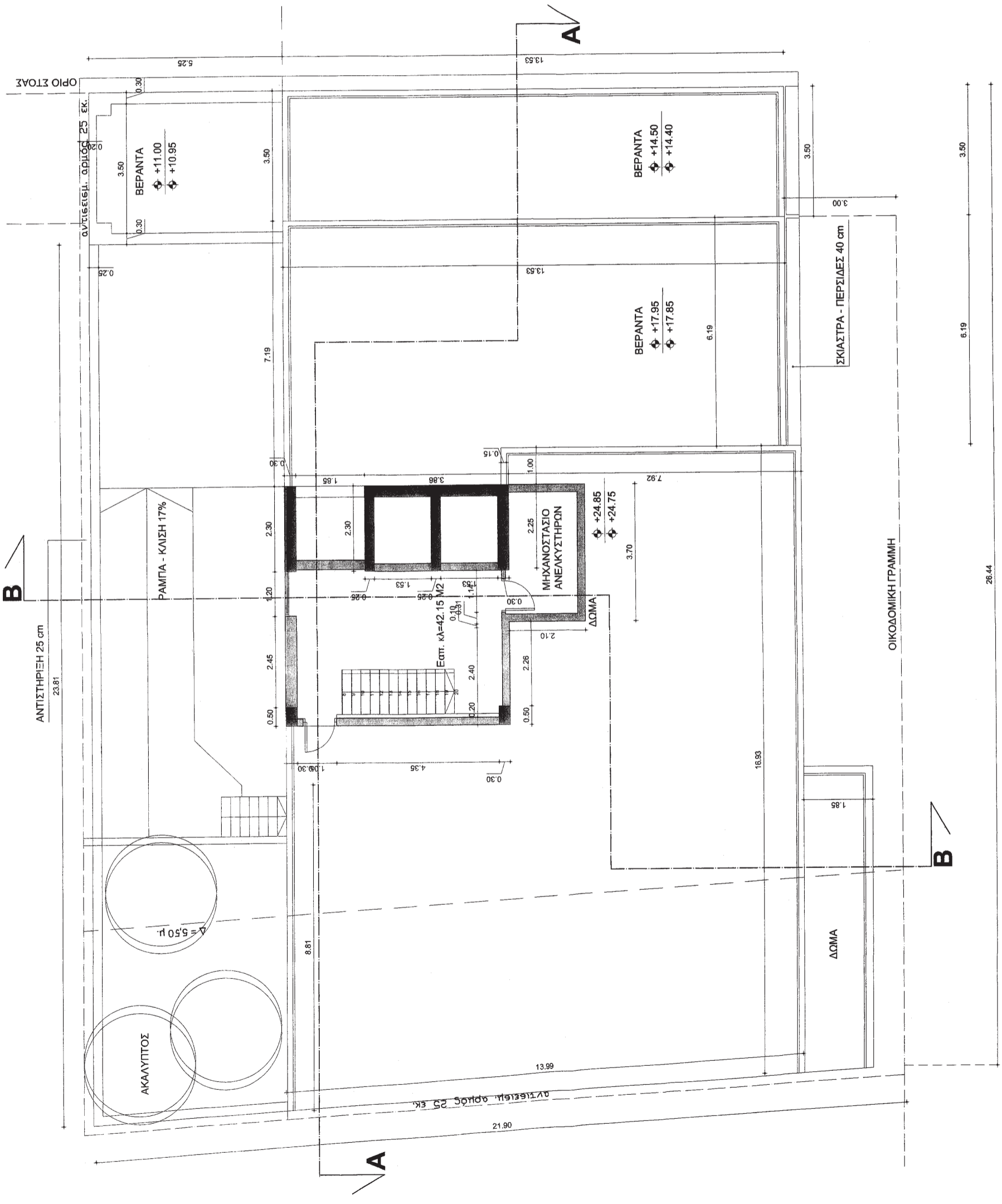
ΚΑΤΩΦΗ ΟΡΟΦΟΥ 5



εργοδότης: <b>"ΑΔΕΛΦΟΤΗΣ Η ΕΥΣΕΒΕΙΑ"</b>	εγκρίσεις:
έργο: <b>ΝΕΟ ΕΠΙΤΑΟΡΟΦΟ ΚΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΜΕ ΤΡΙΑ ΥΠΟΓΕΙΑ GARAGE ΚΑΙ ΔΩΜΑ</b>	 5/12/17
θέση: <b>ΠΑΠΑΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ 117 &amp; ΔΗΜ. ΓΟΥΛΙΑΜΟΥ - ΑΘΗΝΑ</b>	
μελετητές: <b>Χ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ</b> αρχιτέκτων μηχανικός <b>Τ. ΚΟΥΙΜΤΖΟΓΛΟΥ</b> αρχιτέκτων μηχανικός <b>Α. ΤΣΩΛΟΣ</b> τοπικός μηχανικός <b>Ν. ΛΕΟΝΤΑΡΗΣ</b> μηχανολόγος μηχανικός	αρ. σχεδίου: <b>A-11</b>
κατηγορία σχεδίου: <b>Αρχιτεκτονική μελέτη</b>	παραρτημένα: 1 : 50
τίτλος σχεδίου: <b>ΚΑΤΟΨΗ ΟΡΟΦΟΥ 6</b>	ημερομηνία: Νοεμβριος 2007
υπογραφή:	σφραγίδα:

**ΤΙΜΟΛΕΝ Ν. ΚΟΥΙΜΤΖΟΓΛΟΥ**  
 ΔΙΠΛΩΜΑΤΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ  
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ  
 ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
 ΜΑΝΩΛΗ 13 ΑΝΩ ΓΩΝΙΑ ΤΗΛ. 2104403333  
 Α.Ο.Μ. 057453771 - Α.Ο.Υ. ΚΑΛΑΜΑΡΙΟΥ  
**ΧΡΗΣΤΟΣ Ε. ΓΕΩΡΓΙΟΥ**  
 ΔΙΠΛΩΜΑΤΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ  
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ  
 ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
 ΜΑΝΩΛΗ 13 ΑΝΩ ΓΩΝΙΑ ΤΗΛ. 2104403333  
 Α.Ο.Μ. 057453771 - Α.Ο.Υ. ΚΑΛΑΜΑΡΙΟΥ

**ΚΑΤΟΨΗ ΟΡΟΦΟΥ 6**



εργασίες:	"ΑΔΕΛΦΟΤΗΣ Η ΕΥΣΕΒΕΙΑ"	εγγραφές:
έργο:	ΝΕΟ ΕΠΤΑΘΡΟΦΟ ΚΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΜΕ ΤΡΙΑ ΥΠΟΓΕΙΑ GARAGE ΚΑΙ ΔΩΜΑ	
θέση:	ΠΑΠΑΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ 117 & ΔΗΜ. ΓΟΥΛΑΜΟΥ - ΑΘΗΝΑ	
μελέτης:	Χ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ Τ. ΚΟΥΜΙΤΣΟΓΛΟΥ Α. ΤΣΙΔΟΣ Ν. ΛΕΟΝΤΑΡΗΣ	αρχιτεκτονικός μηχανικός αρχιτεκτονικός μηχανικός πολιτικός μηχανικός μηχανολόγος μηχανικός

κατηγορία σχεδίου :	Αρχιτεκτονική μελέτη	αρ. σχεδίου :	A-12
τίτλος σχεδίου :	ΚΑΤΟΨΗ ΔΩΜΑΤΟΣ	ημερομηνία :	Νοέμβριος 2007
κλίμακα :	1 : 50		

υπογραφή :

σφραγίδα :

ΤΙΜΟΛΕΩΝ Ν. ΚΟΥΜΙΤΣΟΓΛΟΥ  
ΔΙΠΛΩΜ. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ  
ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΟΥ-ΙΩΝΤΕΛΕΙΟΥ  
ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ 97938  
ΜΑΝΝΑΟΥ 31, ΣΗΜΑ 15235 ΤΗΛ 210-803318  
FAX 05748771 - Δ.Ο.Υ. ΖΑΧΑΡΕΪΟΥ  
ΣΑΡ. ΤΡΗΦΥΝΗ 31 - ΚΗΦΙΣΙΑ, ΤΗΛ 210 6226779

ΧΡΗΣΤΟΣ Σ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ  
ΔΙΠΛΩΜ. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ  
ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΟΥ-ΙΩΝΤΕΛΕΙΟΥ  
ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ 97938  
ΜΑΝΝΑΟΥ 31, ΣΗΜΑ 15235 ΤΗΛ 210-803318  
FAX 05748771 - Δ.Ο.Υ. ΖΑΧΑΡΕΪΟΥ  
ΣΑΡ. ΤΡΗΦΥΝΗ 31 - ΚΗΦΙΣΙΑ, ΤΗΛ 210 6226779

ΚΑΤΟΨΗ ΔΩΜΑΤΟΣ