

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Δομοστατικής
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Ανάπτυξη Σπονδυλωτού Συστήματος
Κατασκευής με βάση Προκατασκευασμένες
Δομικές Μονάδες

EMK ΔΕ 2016 27

Αλεξάνδρα Μαγγίνα
Αθήνα, Ιούλιος 2016

Επιβλέπων: Ιωάννης Βάγιας, Καθηγητής ΕΜΠ

Copyright © Αλεξάνδρα Μαγγίνα, Αθήνα 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών, διανομή, αναπαραγωγή, μετάφραση ή μετάδοση της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό, υπό οποιαδήποτε μορφή και με οποιοδήποτε μέσο επικοινωνίας, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, χωρίς την προηγούμενη έγγραφη άδεια της συγγραφέως. Επιτρέπεται η αναπαραγωγή, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς την συγγραφέα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων της συγγραφέως (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright © Alexandra Mangina, Athens 2016

All Rights Reserved

Neither the whole nor any part of this diploma thesis may be copied, stored in a retrieval system, distributed, reproduced, translated, or transmitted for commercial purposes, in any form or by any means now or hereafter known, electronic or mechanical, without the written permission from the author. Reproducing, storing and distributing this thesis for non-profitable, educational or research purposes is allowed, without prejudice to reference to its source and to inclusion of the present text. Any queries in relation to the use of the present thesis for commercial purposes must be addressed to its author.

Approval of this diploma thesis by the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens (NTUA) does not constitute in any way an acceptance of the views of the author contained herein by the said academic organisation (L. 5343/1932, art. 202).

στους γονείς μου Ανδρέα και Καίτη

Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας σηματοδοτεί το πέρας των προπτυχιακών μου σπουδών στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Σε αυτή την προσπάθεια καθοριστική υπήρξε η συμβολή, η καθοδήγηση και η στήριξη ορισμένων ανθρώπων που βρέθηκαν δίπλα μου.

Πρωτίστως θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Ιωάννη Βάγια, καθηγητή του τομέα Δομοστατικής του Ε.Μ.Π., που μου έδωσε τη δυνατότητα να διεκπεραιώσω την παρούσα διπλωματική εργασία υπό την επίβλεψή του δείχνοντας εμπιστοσύνη στο πρόσωπό μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Ανδρέα Σπηλιόπουλο, για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε καθόλη τη διάρκεια της εργασίας. Το προσωπικό του ενδιαφέρον για την ανάπτυξη ενός εναλλακτικού συστήματος δόμησης ήταν το έναυσμα για την εκπόνηση μιας τέτοιας ενδιαφέρουσας και πλήρως εφαρμόσιμης εργασίας. Η υποδειγματική αφοσίωση και πίστη του στο θέμα αυτής της διπλωματικής εργασίας σε συνδυασμό με τις άμεσες διορθώσεις και τις πολύτιμες συμβουλές του συνέβαλαν σε καθοριστικό βαθμό. Ήταν πάντα διαθέσιμος, πρόθυμος και με όρεξη για επίλυση των προβλημάτων κατά την διάρκεια της διπλωματικής. Τέλος του οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ όχι μόνο για την καθοδήγηση αλλά και για την έμπρακτη βοήθειά του.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Ιωάννη Ραυτογιάννη, Αναπληρωτή Καθηγητή του τομέα Δομοστατικής του Ε.Μ.Π και τον κ. Παύλο Θανόπουλο, Λέκτορα του τομέα Δομοστατικής του Ε.Μ.Π. για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή της διπλωματικής μου εργασίας.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω τον κ. Παναγιώτη Βασιλάτο, Επίκουρο Καθηγητή της σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Ε.Μ.Π. για την βοήθεια και τις εξαιρετικά χρήσιμες συμβουλές τους κατά το αρχικό στάδιο σχεδιασμού καθώς και για τα σχέδια που μου παρείχε.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τον Κάρρα Δημήτρη για την στήριξη και την πίστη του σε μένα καθώς και τις φίλες μου Πέππα Κατερίνα, Μπέρκη Ιωάννα και Χαλαστάνη Βανέσα όχι μόνο για την έμπρακτη βοήθεια τους αλλά και για την συμπαράσταση και υποστήριξη καθ'όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΔΕ 2016 27

Ανάπτυξη σπονδυλωτού συστήματος κατασκευής με βάση προκατασκευασμένες δομικές μονάδες

Αλεξάνδρα Μαγγίνα

Επιβλέπων: Ιωάννης Βάγιας, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Καθηγητής ΕΜΠ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την ανάπτυξη ενός εναλλακτικού συστήματος δόμησης αποτελούμενο από δομικές μονάδες κατασκευασμένες εξ' ολοκλήρου σε εργοστασιακές συνθήκες. Το σύστημα είναι σπονδυλωτό, δηλαδή τα βασικά δομικά του στοιχεία είναι αυτοτελή και μπορούν να αναπτυχθούν στον χώρο ώστε να συνθέσουν πολύμορφες κατασκευές.

Ο σχεδιασμός του συστήματος, ως προς τη γεωμετρία των βασικών μονάδων, είχε ως κύριες παραμέτρους τους αρχιτεκτονικούς και κτιριολογικούς κανόνες. Σημαντικό ρόλο έπαιξαν και οι περιορισμοί που έχουν να κάνουν με τη διασφάλιση της εύκολης μεταφοράς από το εργοστάσιο στο εργοτάξιο, χωρίς αυτή να περιορίζεται από τις διαστάσεις των οδών ή να απαιτούνται ειδικές συνθήκες.

Μετά την επιλογή των βασικών διαστάσεων των δομικών μονάδων έγινε η μόρφωση και η διαστασιολόγηση του φέροντα οργανισμού, με βάση τις διατάξεις των Ευρωκωδίκων. Ο φέρον οργανισμός σχεδιάστηκε έτσι ώστε να επηρεάζει στο ελάχιστο ή και καθόλου το πλήθος εφαρμογών και αρχιτεκτονικών λύσεων που μπορούν να προκύψουν από το δομικό σύστημα. Για το λόγο αυτό διερευνήθηκε ένα εύρος τύπων και διαστάσεων διατομών, προκειμένου να προκύψουν οι καταλληλότερες για τα υποστυλώματα και τις δοκούς της βασικής μονάδας. Ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια κατά την διερεύνηση αυτή, ήταν η κατά το δυνατόν απλοποίηση και ομαδοποίηση των συνδέσεων, τόσο μεταξύ των μελών του φορέα όσο και μεταξύ των δομικών μονάδων.

Με δεδομένη πλέον τη γεωμετρία και τις διατομές των φερόντων στοιχείων της βασικής μονάδας και με γνώμονα τη συμβατότητα με όλες τις διαστάσεις των βασικών μονάδων του υπό ανάπτυξη συστήματος δόμησης, μελετήθηκαν και σχεδιάστηκαν οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Πιο αναλυτικά επιλύθηκαν οι λεπτομέρειες που αφορούν τα στοιχεία πλήρωσης, τα δάπεδα, τις ψευδοροφές, το δώμα καθώς και τον απαιτούμενο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό.

Τέλος σχεδιάστηκαν παραδείγματα εφαρμογής του υπό ανάπτυξη δομικού συστήματος τα οποία αποτελούν ολοκληρωμένες αρχιτεκτονικές λύσεις, διαφόρων διαστάσεων, μορφών και χρήσεων, κτηριακών έργων.

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

DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 2016 27

Ανάπτυξη σπονδυλωτού συστήματος κατασκευής με βάση προκατασκευασμένες δομικές μονάδες

Alexandra Mangina

Supervisor: Ioannis Vayas Dr. Civil Engineering, Professor NTUA

ABSTRACT

In the present diploma thesis, the development of an alternative construction system, using modular units fitted out in factory, is investigated. The system is modular, which means that its basic components are self-contained and can be combined in order to form multiform structures.

The main parameters which determined the design process of the modular units, were set by taking into account architectural and building restrictions and rules. Moreover, the restrictions concerning the ease of transportation of the unit from the factory to the construction site were equally important in order for special notices to be prevented.

After deciding the basic dimensions of modules, the structural frame has been designed according to the provisions of the Eurocodes. The structural frame has been designed in order to maximize the potential applications and architectural solutions that can be produced from the construction system. For the aforementioned reasons, a range of cross sections has been investigated in terms of cross section type and dimensions, in order to determine which one is the most suitable for the beams and the columns of the module. One of the most important criteria, was the simplification and classification of the connections of the structural elements of the same module and the connections between modules.

Given the module's geometry and main structural frame's cross sections, detailed design for the floors, roofs, walls and electrical infrastructure has been carried out, keeping in mind that all proposed solutions should be compatible with each other. Concluding, several examples of architectural applications of the proposed systems are being presented, for different purposes and uses.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	Εισαγωγή στην Μέθοδο Κατασκευής.....	17
1.1	Περιγραφή της Μεθόδου Κατασκευής	17
1.2	Εφαρμογές της Μεθόδου.....	17
1.3	Τύποι Βασικών Μονάδων	18
1.4	Τύποι Θεμελίωσης	20
1.5	Πλεονεκτήματα της Μεθόδου	22
2.	Βασικές Αρχές Σχεδιασμού	23
2.1	Εισαγωγή.....	23
2.2	Μεγιστοποίηση βαθμού προκατασκευής	23
2.3	Δυνατότητα μεταφοράς.....	24
2.4	Μεταβλητότητα.....	25
2.5	Λειτουργικότητα της κατασκευής.....	26
2.6	Αρχιτεκτονική ευελιξία.....	31
4.	Περιγραφή δομικών μονάδων.....	33
4.1	Αρχιτεκτονική προσέγγιση.....	33
4.1.1	Διαμόρφωση Κλίμακας – Τύπος I.....	36
4.1.2	Διαμόρφωση Κλίμακας – Τύπος II.....	37
4.1.3	Διαμόρφωση Κλίμακας – Τύπος III	38
4.1.4	Διαμόρφωση Χώρου Γραφείου	39
4.1.5	Διαμόρφωση Δωματίων Εστίας Τύπος I & II.....	40
4.1.6	Διαμόρφωση Κοινόχρηστου Χώρου Τύπος I & II	41
4.1.7	Σύνθεση Ολοκληρωμένη Αρχιτεκτονικής Λύσης	42
4.2	Στατική Λειτουργία Συστήματος	43
5.	Δράσεις επί της Κατασκευής - Συνδυασμοί Δράσεων	45
5.1	Εισαγωγή.....	45
5.2	Μόνιμες δράσεις.....	46
5.3	Μεταβλητές δράσεις	46
5.3.1	Κινητά φορτία ορόφων	46
5.3.2	Δράσεις ανέμου	48
5.3.3	Φορτία Χιονιού.....	62
5.3.4	Σεισμικές Δράσεις	63
5.4	Ειδικές Δράσεις.....	65

5.5	Συνδιασμοί Δράσεων	67
5.5.1	Εισαγωγή	67
5.5.2	Συνδυασμοί δράσεων.....	67
5.	Πορεία επιλογής διατομών – στατικό προσομοίωμα.....	71
5.1	Εισαγωγή.....	71
5.2	Μόρφωση φέροντος οργανισμού	71
5.3	Παραμετρική διερεύνηση τύπου διατομών.....	72
5.4	Επιλογή αντιπροσωπευτικής διάταξης.....	80
5.5	Έλεγχος και διαστασιολόγηση.....	83
5.5.1	Θεωρητικά στοιχεία ελέγχων διατομών και μελών.....	83
5.5.2	Τοποθέτηση δύο δομικών μονάδων σε κατακόρυφη διάταξη.....	86
5.5.3	Τοποθέτηση τεσσάρων δομικών μονάδων σε κατακόρυφη διάταξη.....	91
5.5.4	Τοποθέτηση δύο δομικών μονάδων σε κατακόρυφη διάταξη με χρήση ειδικού τεμαχίου	93
5.5.5	Διαστασιολόγηση δευτερευόντων μελών δομικής μονάδας	95
6.	Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες.....	99
6.1	Εισαγωγή.....	99
6.2	Δάπεδα.....	99
6.2.1	Προτεινόμενες λύσεις για το υλικό της τελικής επιφάνειας ανά χώρο και χρήση.	100
6.3	Ψευδοροφές.....	102
6.4	Συστήματα Πλήρωσης	104
6.4.1	Σύστημα με ορθοστάτες - γυψοσανίδες.....	104
6.4.2	Απλή επένδυση με πάνελ πολυουρεθάνης ή χαλυβδόφυλλα.....	105
6.4.3	Σύνθετα πάνελα αλουμινίου Honeycomb.....	107
6.5	Διαμόρφωση Δώματος	109
6.5.1	Γενικά	109
6.5.2	Ανεστραμμένη Μόνωση.....	109
7.	Γενικά Συμπεράσματα	111
7.1	Περίληψη Μεθόδου.....	111
7.2	Πλεονεκτήματα Μεθόδου	112
7.3	Βιωσιμότητα Μεθόδου.....	113
7.3.1	Κοινωνική Σκοπιά	113
7.3.2	Περιβάλλον.....	113
7.3.3	Οικονομία	114

7.4	Μειονεκτήματα Κατασκευαστικής Μεθόδου – Συστήματος.....	114
7.5	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	115
8.	Βιβλιογραφία	117

1. Εισαγωγή στην Μέθοδο Κατασκευής

1.1 Περιγραφή της Μεθόδου Κατασκευής

Η μέθοδος κατασκευής με χρήση ενός σπονδυλωτού συστήματος αποτελείται από προκατασκευασμένες δομικές μονάδες, συνιστά μια σύγχρονη πρακτική που αναπτύσσεται ταχέως σε παγκόσμια κλίμακα. Ιστορικά, η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιούνταν κατά βάση σε προσωρινές κατασκευές, ωστόσο τα τελευταία χρόνια η χρήση της έχει διευρυνθεί σε περισσότερους τύπους κατασκευών. Η μέθοδος χρησιμοποιεί τρισδιάστατες ή ογκομετρικές μονάδες, οι οποίες κατασκευάζονται εξ' ολοκλήρου σε εργοστασιακές συνθήκες, μεταφέρονται και συναρμολογούνται στο σημείο του έργου για να δημιουργήσουν ολοκληρωμένες κατασκευές.

Αυτή η νέα μέθοδος με προκατασκευασμένους σπονδύλους, προσφέρει πολλά οφέλη από άποψη κατασκευασιμότητας αλλά και βιώσιμότητας στο προς υλοποίηση έργο. Προκειμένου η εν λόγω μέθοδος να αποφέρει σημαντικά οφέλη, είναι ανάγκη να επενδυθούν σημαντικά κεφάλαια στην οργάνωση των μονάδων και της διαδικασίας παραγωγής των σπονδύλων, επιτυγχάνοντας έτσι μεγέθη οικονομίας κλίμακος και άρα σημαντικά οικονομικά κέρδη για μεγάλα και σύνθετα έργα.

Κύρια χαρακτηριστικά αυτών των κατασκευών αποτελούν τόσο το γεγονός ότι συνίστανται από μονάδες παρόμοιου μεγέθους κατάλληλες για μεταφορά, όσο και το γεγονός ότι είναι ευμετάβλητες. Η μεταβλητότητα αυτή της κατασκευής, είτε στο σύνολό της είτε σε επιμέρους τμήματά της, αναφέρεται στην δυνατότητά της να αλλάξει μορφή και χαρακτηριστικά ενώ είναι ανεπτυγμένη.

1.2 Εφαρμογές της Μεθόδου

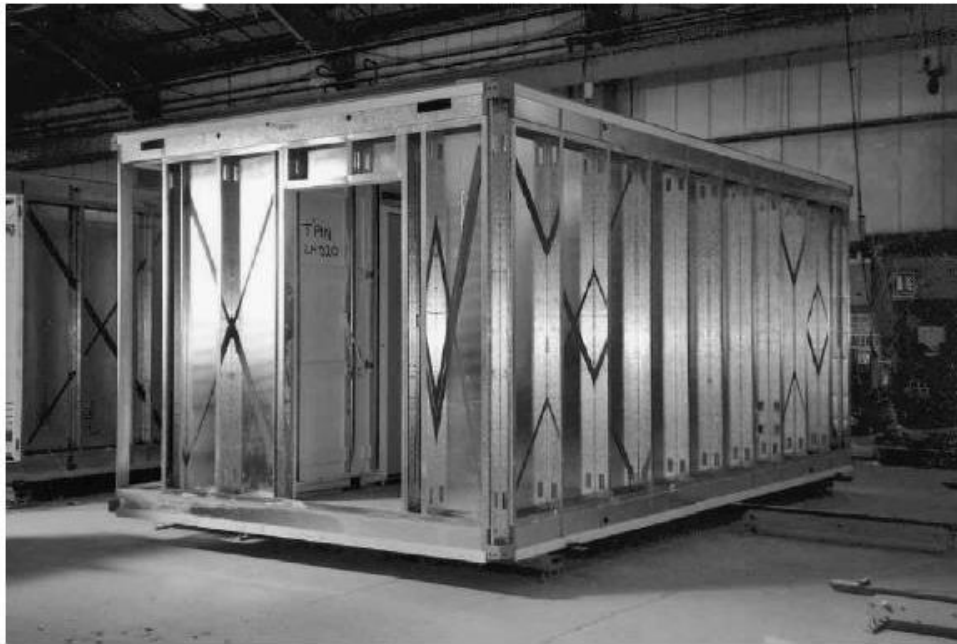
Η φύση του σπονδυλωτού συστήματος κατασκευής ευνοεί την γρήγορη και οικονομική ανέγερση, πλεονεκτήματα που σε συγκεκριμένους τύπους και χρήσεις είναι καθοριστικά για την επιλογή αυτού του συστήματος δόμησης. Οι κυριότεροι τύποι, όπου αυτό το σύστημα βρίσκει εφαρμογή, μπορούν να συνοψιστούν στους εξής:

- Προσωρινά καταλύματα
- Χώροι πολιτιστικών δραστηριοτήτων
- Οικιστικά κτίρια
- Επαγγελματικά κτίρια
- Φοιτητικές κατοικίες
- Χώροι εστίασης

1.3 Τύποι Βασικών Μονάδων

Οι βασικές μονάδες του σπονδυλωτού συστήματος, μπορούν να κατασκευαστούν με διάφορους τρόπους, ανάλογα με την φύση του έργου, τους αρχιτεκτονικούς περιορισμούς αλλά και την επιθυμητή κατανομή των φορτίων στην κατασκευή. Συνεπώς, οι εξής τύποι διακρίνονται:

- Μονάδες εδραζόμενες συνεχώς στις τέσσερις πλευρές, μέσω προκατασκευασμένων πάνελ με διατομές ψυχρής έλασης (Σχήμα 1.1).
- Μονάδες εδραζόμενες στις γωνίες, με υποστυλώματα κοίλης ορθογωνικής διατομής ή με κατά περίπτωση ενδιάμεσα υποστυλώματα (Σχήμα 1.2).
- Υβριδικές μονάδες, με τον συνδυασμό των δύο παραπάνω τύπων, ανάλογα με τις αρχιτεκτονικές και στατικές απαιτήσεις (Σχήμα 1.3).



Σχήμα 1.1: Τυπικό παράδειγμα μονάδας εδραζόμενης συνεχώς στις τέσσερις πλευρές που χρησιμοποιείται κυρίως σε μονώροφες ή βιομηχανικές κατασκευές

Παρατηρείται ότι στις μονάδες εδραζόμενες συνεχώς στις τέσσερις πλευρές, τα πάνελ της τοιχοποιίας, όπου χρειάζεται, έχουν τα κατάλληλα ανοίγματα (πόρτες, παράθυρα) τα οποία λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό και την στατική μελέτη. Η λύση με τα ακραία υποστυλώματα προσδίδει μεγαλύτερη αρχιτεκτονική ευελιξία. Η μη ύπαρξη ενδιάμεσων μελών οδηγεί σε αύξηση της διατομής των υποστυλωμάτων. Επίσης το πλαίσιο που απαρτίζει την βασική μονάδα είναι μεταθετό και στις δύο διευθύνσεις, πράγμα που συνήθως οδηγεί σε αυξημένες μετακινήσεις για τα οριζόντια φορτία (άνεμος, σεισμός) με αποτέλεσμα να περιορίζεται η δυνατότητα της καθ' ύψος επέκτασης. Εναλλακτικά, και με σκοπό την

μείωση των απαιτούμενων διατομών, μπορεί στο σχεδιασμό να προβλέπονται ενδιάμεσα υποστυλώματα καθώς και κατακόρυφοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας.

Οι υβριδικές μονάδες καθώς έχουν μεγαλύτερη ικανότητα παραλαβής οριζόντιων αλλά και κατακόρυφων φορτίων προτιμούνται στο σχεδιασμό για κατασκευές με αυξημένες απαιτήσεις φορτίων χρήσης.



Σχήμα 1.2: Βασική μονάδα με ακραία υποστυλώματα κοίλης ορθογωνικής διατομής θερμής έλασης και σύστημα δοκών - διαδοκίδων.



Σχήμα 1.3: Υβριδική μονάδα, με φέρουσα τοιχοποιία από πάνελ λεπτότοιχων διατομών ψυχρής έλασης καθώς και ακραία υποστυλώματα.

1.4 Τύποι Θεμελίωσης

Μια πληθώρα τύπων θεμελίωσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδιασμό με την μέθοδο κατασκευής που επιλέχθηκε. Η επιλογή της κατάλληλης θεμελίωσης, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους, τα φορτία τα οποία πρέπει να αναλάβει, καθώς και από την δυνατότητα ή μη για εκτενείς χωματουργικές εργασίες.

- Θεμελίωση με προκατασκευασμένα μπλοκ: Κατά την μέθοδο αυτή, απαιτείται αρχικά η κατασκευή μιας βάσης σκυροδέματος (ελαφρώς οπλισμένη κοιτόστρωση), ενώ στην συνέχεια προκατασκευασμένα κυβικά ή ορθογωνικά μπλοκ τοποθετούνται στην επιφάνεια της επί των οποίων εδράζονται οι μονάδες (Σχήμα 1.4). Δεν χρειάζεται ιδιαίτερη διερεύνηση του υποκείμενου εδάφους ενώ χρησιμοποιείται συνήθως για προσωρινές κατασκευές, με περιορισμένη διάρκεια ζωής (π.χ. προσωρινά καταλύματα).



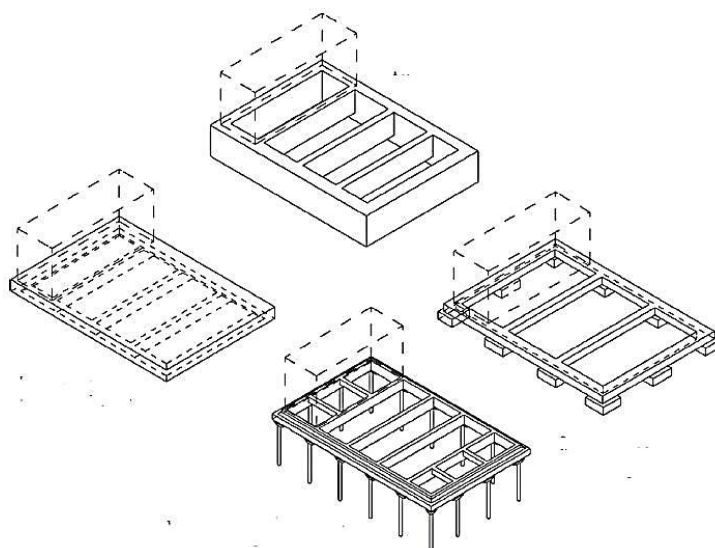
Σχήμα 1.4: Τυπικό έργο με πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, στην οποία έχουν τοποθετηθεί τα προκατασκευασμένα μπλοκ σε καθορισμένες θέσεις και αποστάσεις.

- Θεμελίωση με ελικοειδής ή βιδωτούς πασσάλους (screw piles): Πρόκειται για ένα σύστημα μεταλλικών πασσάλων, με συγκολλημένες ελικοειδής πλάκες προκειμένου να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη συνοχή με το έδαφος. Η διάταξη αυτή τους επιτρέπει να μεταφέρουν θλιπτικά αλλά και εφελκυστικά φορτία. Το μέγεθος, η διάταξη και το πλήθος των συγκολλημένων πλακών εξαρτάται από τα φορτία της υπερκείμενης κατασκευής, τις γεωτεχνικές συνθήκες, τις συνθήκες του περιβάλλοντος (πχ διαβρωτικό) και την διάρκεια ζωής της κατασκευής. Πρόκειται για μια ταχεία μέθοδο σε σχέση με τις παραδοσιακές με μικρό κόστος. Επίσης είναι δυνατή η αφαίρεση και η επαναχρησιμοποίησή τους (Σχήμα 1.5).



Σχήμα 1.5: Ολοκληρωμένη θεμελίωση πριν την τοποθέτηση της ανωδομής από βασικές μονάδες. Οι ελικοειδής πάσσαλοι έχουν τοποθετηθεί προηγουμένως σύμφωνα με την στατική μελέτη, ενώ συνδέονται μεταξύ τους με μεταλλικές διατομές θερμής και ψυχρής έλασης.

- Θεμελίωση με δοκούς οπλισμένου σκυροδέματος: Αυτή η μέθοδος, προτιμάται από την βιομηχανία για μόνιμες κατασκευές, καθώς προϋποθέτει μικρή προεργασία πριν την κατασκευή της. Αρχικά, γίνεται εκσκαφή τάφρων ελάχιστου βάθους 30 εκατοστών στις οποίες τοποθετείται διαμήκης και εγκάρσιος οπλισμός. Στην συνέχεια γίνεται έγχυση σκυροδέματος αφού, η τάφρος λειτουργεί ως παραμένον ξυλότυπος για την θεμελίωση. Συνολικά οι δοκοί δεν πρέπει να υπερβαίνουν την μέση εδαφική γραμμή προκειμένου να καθιστούν αρκετά εύκολη την τοποθέτηση των βασικών μονάδων (Σχήμα 1.6).



Σχήμα 1.6: Τυπικές διατάξεις θεμελίωσης κατάλληλες για σπονδυλωτά συστήματα με προκατασκευασμένες μονάδες. Ο τρόπος τοποθέτησης των μονάδων φαίνεται ενδεικτικά σε κάθε διάταξη.

1.5 Πλεονεκτήματα της Μεθόδου

Οι κύριες παράμετροι κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων και σχεδιασμού μιας κατασκευής είναι το κόστος, ο χρόνος και η ποιότητα του έργου. Αυτές οι παράμετροι μπορούν να ποσοτικοποιηθούν σε οικονομικούς όρους. Στις σύγχρονες κατασκευές πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις σε όρους βιωσιμότητας και κατασκευασιμότητας. Επίσης οι σύγχρονες ανάγκες απαιτούν υψηλές αποδόσεις της ίδιας της κατασκευής (μόνωση, ασφάλεια, άνεση) με μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου σε όρους κόστους κατασκευής, ποιότητας και χρόνου μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Μειωμένοι χρόνοι κατασκευής, οι οποίοι οδηγούν σε αύξηση της απόδοσης της επένδυσης.
- Επίτευξη οικονομίας κλίμακος κατά την παραγωγή, ειδικά σε μεγάλα έργα όπου η επαναληψιμότητα εξοικονομεί πολλά κεφάλαια.
- Καλύτερη ποιότητα, η οποία επιτυγχάνεται μέσω της βιομηχανοποιημένης παραγωγικής διαδικασίας.
- Μειωμένες απαιτήσεις των επί τόπου εργασιών.
- Δυνατότητα μεταβολής της κατασκευής και επαναχρησιμοποίηση των βασικών μονάδων
- Καλύτερη ακουστική και θερμική μόνωση.
- Αυξημένη ασφάλεια στο εργοτάξιο και το εργοστάσιο.
- Μειωμένη διατάραξη του περιβάλλοντος χώρου.
- Δυνατότητα αποδόμησης του έργου και επαναχρησιμοποίηση των σπονδύλων σε άλλο.

2. Βασικές Αρχές Σχεδιασμού

2.1 Εισαγωγή

Η ανάπτυξη ενός σπονδυλωτού συστήματος κατασκευής αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία καθώς πρέπει να ληφθούν υπόψιν διάφορες παράμετροι που αφορούν τόσο το επιθυμητό μέγεθος και τη λειτουργικότητα των κατασκευών όσο και την βέλτιστη χρήση των δομικών μονάδων. Ένα βελτιστοποιημένο σύστημα κατασκευής πρέπει να επιτρέπει την ευελιξία στον τελικό σχεδιασμό αλλά ταυτόχρονα να διατηρεί και τις αρχές της εργοστασιακής παραγωγής σε όρους τυποποίησης των στοιχείων και των κατασκευαστικών λεπτομερειών. Οι βασικές αρχές καθώς και οι περιορισμοί που λήφθηκαν υπόψιν και οδήγησαν στην μόρφωση των βασικών δομικών μονάδων αναλύονται στο παρόν κεφάλαιο.

2.2 Μεγιστοποίηση βαθμού προκατασκευής

Βασικός στόχος στην ανάπτυξη του σπονδυλωτού συστήματος κατασκευής αποτελεί η μεγιστοποίηση του βαθμού προκατασκευής. Οι δομικές μονάδες κατασκευάζονται εξ'ολοκλήρου σε εργοστασιακές συνθήκες. Αποτέλεσμα αυτού είναι το παραγόμενο προϊόν να μην αποτελείται απλώς από τον φέροντα οργανισμό (Σχήμα 2.1) αλλά να έχει ήδη λάβει την τελική του μορφή, η οποία θα αποτελεί ολόκληρη ή τμήμα της τελικής κατασκευής (Σχήμα 2.2) .



Σχήμα 2.1: Διαμόρφωση του φέροντος οργανισμού δομικής μονάδας σε εργοστασιακές συνθήκες



Σχήμα 2.2: Διαμόρφωση κτιρίου εξολοκλήρου στο εργοστάσιο

Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μια σειρά από οφέλη τα οποία δεν εμφανίζονται στις κλασικές μεθόδους δόμησης. Αρχικά, διασφαλίζεται η ποιότητα των δομικών μονάδων αφού έχουν παραχθεί σε ελεγχόμενο περιβάλλον. Επιπλέον, μειώνονται δραστικά οι χρόνοι κατασκευής κάτι που οδηγεί σε άμεση απόδοση της επένδυσης. Ένα ακόμη σημαντικό όφελος αποτελεί το γεγονός ότι ελαχιστοποιούνται οι εργασίες που απαιτείται να γίνουν στο εργοτάξιο και έτσι όχι μόνο αποφεύγονται τυχόν λάθη που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε καθυστερήσεις αλλά επιτυγχάνεται καλύτερες και πιο ασφαλείς συνθήκες εργασίας. Τέλος, προκαλείται λιγότερη ενόχληση στον περιβάλλοντα χώρο .

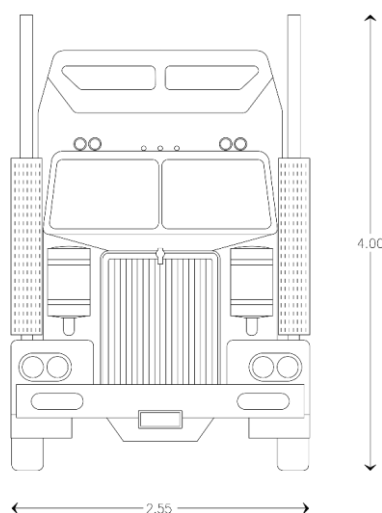
2.3 Δυνατότητα μεταφοράς

Ένας από τους πιο καθοριστικούς παράγοντες που συντέλεσαν στην διαμόρφωση των διαστάσεων των δομικών μονάδων ήταν η δυνατότητα μεταφοράς τους από τον χώρο παραγωγής στον χώρο της τελικής κατασκευής. Στόχος ήταν οι διαστάσεις των δομικών μονάδων να είναι τέτοιες ώστε να μην υπερβαίνουν ή να υπερβαίνουν όσο το δυνατόν λιγότερο τα επιτρεπτά όρια και κατ'επέκταση να μην απαιτείται ειδική μεταφορά με ότι συνεπάγεται αυτό στο κόστος (Σχήμα 2.4). Η υπέρβαση των ορίων θα καθιστούσε απαραίτητη την ύπαρξη ειδικής άδειας για κάθε διαδρομή που εκτελείται από την κατά τόπο αρμόδια τεχνική υπηρεσία, στην οποία θα έπρεπε να αναφέρονται οι δρόμοι διελεύσεως, χρόνος εκτελέσεως της διαδρομής καθώς και το ανώτερο όριο ταχύτητας.



Σχήμα 2.3: Ειδική μεταφορά ολόκληρης κατασκευής

Σύμφωνα με τις διατάξεις το μέγιστο ύψος οποιουδήποτε οχήματος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 4.00 m, το μέγιστο πλάτος τα 2.55 m (Σχήμα 2.4) και το μήκος των αρθρωτών οχημάτων τα 16.50 m. Οι τυπικές τιμές όσον αφορά την στάθμη δαπέδου καρότσας για οχήματα μεταφοράς ογκωδών φορτίων είναι από 650/800 mm έως 1000mm. Όσον αφορά τον περιορισμό του ύψους, ήταν απαραίτητο οι δομικές μονάδες να είναι σε αρμονία με τα όρια καθώς ακόμα και μια μικρή υπέρβαση αυτών θα καθιστούσε τη μεταφορά τους ειδική μεταφορά. Οι περιορισμοί στο πλάτος ωστόσο δεν είναι τόσο δεσμευτικοί καθώς όπως ορίζεται από τις διατάξεις υπάρχει κάποια δυνατότητα υπέρβασης τους. Συγκεκριμένα, το φορτίο ενός οχήματος επιτρέπεται να προεξέχει έως και 0,40 m κατά πλάτος από το εξωτερικό άκρο του εμπρός φανού ή του πίσω ερυθρού φανού. Αν υπάρχει υπέρβαση αυτού το ορίου είναι απαραίτητη η σήμανση με σταθερά προσαρμοσμένη πινακίδα διαστάσεων τουλάχιστον 0,5 x 0,5 m λευκού χρώματος με διαγώνιες ερυθρές λωρίδες. Επομένως οι διαστάσεις των δομικών μονάδων διαμορφώθηκαν έτσι ώστε ακόμα κι αν υπάρχει υπέρβαση του πλάτους των 2.55 m , η μεταφορά τους να μην μεταπίπτει στην κατηγορία της ειδικής μεταφοράς.



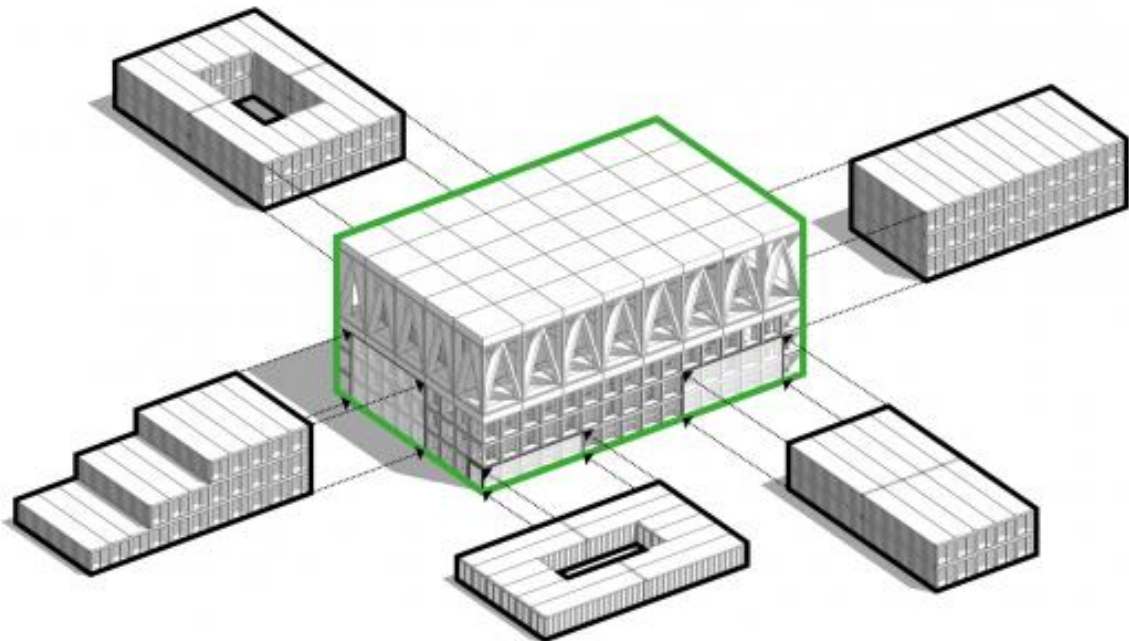
Σχήμα 2.4: Τυπικές διαστάσεις οχήματος μεταφοράς ογκωδών φορτίων

2.4 Μεταβλητότητα

Μία ακόμη σημαντική παράμετρος που επηρέασε το σχεδιασμό ήταν η δυνατότητα προσαρμογής της κατασκευής. Οι κατασκευές που μπορούν να προκύψουν από το σπονδυλωτό σύστημα κατασκευής ανήκουν στην ευρύτερη οικογένεια της ευέλικτης αρχιτεκτονικής και είναι κατα κύριο λόγο μεταβαλλόμενες. Μεταβαλλόμενη ονομάζεται μια κατασκευή η οποία μπορεί να αλλάξει τη μορφή και τα χαρακτηριστικά της ενώ είναι ανεπτυγμένη. Οι μεταβολές αυτές μπορεί να αφορούν επί μέρους τμήματα ή ολόκληρη την κατασκευή και είναι εμφανείς σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια ζωής της.

Οι κατασκευές αυτές, επομένως, είναι εναρμονισμένες με τις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη ανά πάσα στιγμή αφού μπορούν να αλλάξουν μορφή και μέγεθος ανάλογα με τις ανάγκες (Σχήμα 2.5). Αυτό αποτελεί βασικό κοινωνικό όφελος του συγκεκριμένου συστήματος

κατασκευής αφού δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να προσαρμόζει την κατασκευή σύμφωνα με τις επιθυμίες του και όχι να προσαρμόζεται ο ίδιος στην υπάρχουσα κατασκευή.



Σχήμα 2.5: Δυνατότητα προσθήκης τμημάτων σε υπάρχουσα κατασκευή

Οι δομικές μονάδες ως εκ τούτου μελετήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι κατα δυνατόν αυτόνομες και να συνδιάζονται ώστε να σχηματίζουν μεγαλύτερες κατασκευές. Με αυτό τον τρόπο, υπάρχει δυνατότητα να αφαιρεθούν ή να προστεθούν σε υπάρχουσες κατασκευές χωρίς να επηρεάζεται η κατασκευή στο σύνολό της.

2.5 Λειτουργικότητα της κατασκευής

Ίσως η πιο ουσιαστική συνιστώσα στην ανάπτυξη του συστήματος κατασκευής που εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική είναι η λειτουργικότητα των χώρων ώστε να είναι σε συμφωνία με τις κανονιστικές διατάξεις αλλά και να εξασφαλίζουν στον χρήστη άνεση.

Αρχικά, ήταν απαραίτητο να ληφθούν κάποιες αποφάσεις όσον αφορά τις χρήσεις των κατασκευών που μπορούν να προκύψουν και στη συνέχεια να διαμορφωθούν έτσι οι δομικές μονάδες ώστε να μπορούν ανταποκριθούν σε αυτές τις χρήσεις. Παραδείγματα κατασκευών (όπως αυτές ορίζονται από τον Κτιριοδομικό Κανονισμό ανάλογα με τη χρήση τους) που μπορούν να διαμορφωθούν χρησιμοποιώντας το σύστημα σπονδυλωτής κατασκευής είναι:

- *Κατοικίες*

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όσα κτίρια ή τμήματα κτιρίων χρησιμοποιούνται για να παρέχουν στους ενοίκους τους χώρους κατάλληλους τουλάχιστον για ύπνο και σωματική υγιεινή και καθαριότητα, όπου οι ένοικοι τους διαμένουν μόνιμα ή εποχιακά.

- *Προσωρινή διαμονή*
Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όσα κτίρια ή τμήματα κτιρίων χρησιμοποιούνται για να παρέχουν στους ενοίκους τους κατάλληλους χώρους για ύπνο και σωματική υγιεινή και καθαριότητα, εφόσον δεν περιλαμβάνονται στις κατηγορίες κατοικίας, υγείας και κοινωνικής πρόνοιας και σωφρονισμού.
Στην κατηγορία αυτή ανήκουν μεταξύ άλλων ξενοδοχεία και ξενώνες.
- *Γραφεία*
Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όσα κτίρια ή τμήματα κτιρίων χρησιμοποιούνται για πνευματικές ή διοικητικές δραστηριότητες, δημόσιες ή ιδιωτικές ή για επιχειρηματικές δραστηριότητες, εφόσον δεν περιλαμβάνονται στην κατηγορία εμπορίου.

Με βάση αυτές τις χρήσεις, προέκυψαν ορισμένοι περιορισμοί οι οποίοι συντέλεσαν καθοριστικά στην τελική διαμόρφωση των διαστάσεων των δομικών μονάδων. Οι πιο σημαντικοί από αυτούς σύμφωνα τόσο με τον Κτιριοδομικό Κανονισμό όσο και με τον Κανονισμό Πυροπροστασίας αναφέρονται παρακάτω.

Πληθυσμός

Ο πληθυσμός, ανάλογα με τη χρήση του χώρου, του κτιρίου ή του δομικού έργου, υπολογίζεται σύμφωνα με τα ακόλουθα:

- *Χρήση κατοικίας:* Ένα άτομο ανά 18 τμ μικτού εμβαδού.
- *Χρήση προσωρινής διαμονής:* Ένα άτομο ανά 18 τμ μικτού εμβαδού.
- *Χρήση γραφείων:* Ένα ανά 9 τμ μικτού εμβαδού.

Ελεύθερο ύψος

Τα επιτρεπόμενα ελάχιστα ελεύθερα ύψη των χώρων των κτιρίων ορίζονται ως εξής:

- *Χώροι κύριας χρήσης:*
Είναι όσοι χώροι προορίζονται για την εξυπηρέτηση της βασικής χρήσης του κτιρίου, όπως είναι σε κτίρια κατοικίας τα υπνοδωμάτια, οι χώροι διημέρευσης, οι κουζίνες, τα γραφεία. Οι χώροι κύριας χρήσης έχουν ελεύθερο ύψος τουλάχιστον 2,65μ.
- *Χώροι βοηθητικής χρήσης:*
Είναι χώροι που δεν προορίζονται για την εξυπηρέτηση της βασικής χρήσης του κτιρίου και την παραμονή των χρηστών του σε αυτούς, όπως είναι χώροι κυκλοφορίας, διάδρομοι, προθάλαμοι, κλιμακοστάσια, χώροι υγιεινής, μηχανοστάσια, αποθήκες, χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων, κτίρια παραμονής ζώων. Οι χώροι βοηθητικής χρήσης έχουν ελεύθερο ύψος τουλάχιστον 2,20 μ.

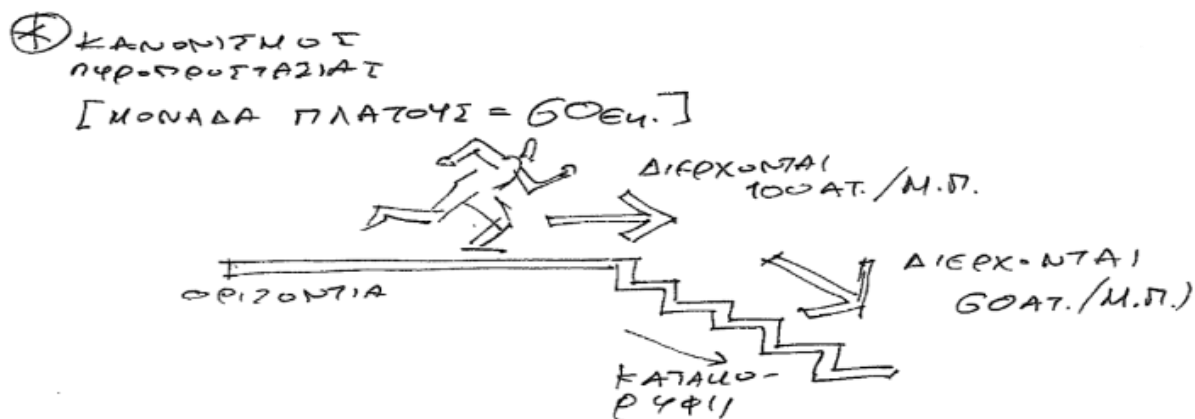
Κλίμακες

Οι κλίμακες των κτιρίων και δομικών έργων πρέπει να κατασκευάζονται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η άνετη κυκλοφορία ατόμων και η μεταφορά αντικειμένων σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, καθώς και η ασφαλής διαφυγή των ατόμων σε περίπτωση κινδύνου.

Για την κυκλοφορία ατόμων και μεταφορά αντικειμένων μεταξύ διαδοχικών ορόφων σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, απαιτείται σε κάθε κτίριο μία τουλάχιστον κλίμακα ελεύθερου πλάτους τουλάχιστον 1,20 μ. Κατ'εξαιρέση το ελεύθερο πλάτος της αρκεί να είναι 0,90 μ σε κτίρια με χρήση κατοικίας με τρεις ή λιγότερους ορόφους. Το ελεύθερο πλάτος της αρκεί να είναι 0,60 μ. όταν είναι εσωτερική κλίμακα μιας ενιαίας κατοικίας.

Οδεύσεις διαφυγής

Οδευση διαφυγής λέγεται μια συνεχής και χωρίς εμπόδια πορεία που επιτρέπει τη διαφυγή από οποιοδήποτε σημείο ενός κτιρίου, προς έναν ασφαλή, υπαίθριο συνήθως χώρο, σε περίπτωση πυρκαγιάς.



Σχήμα 2.6: Οδευση διαφυγής σε κτίρια γραφείων (Π. Βασιλάτος, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ)

Ως πλάτος της οδευσης διαφυγής ορίζεται το ελεύθερο πλάτος στο στενότερο σημείο και μέχρι ύψους 2,00 μ. Η μονάδα πλάτους της οδευσης διαφυγής ορίζεται σε 0,60 μ. Το απαιτούμενο πλάτος της οδευσης διαφυγής προσδιορίζεται σε συνάρτηση με τον αριθμό των ενοίκων, ανάλογα με την ειδική χρήση του κτιρίου. Ο Κανονισμός Πυροπροστασίας ορίζει σύμφωνα με τη χρήση των κτιρίων τα εξής:

- *Κτίρια κατοικιών:*
Η παροχή διαφυγής ανά μονάδα πλάτους καθορίζεται σε 100 άτομα για οριζόντιες οδεύσεις (διάδρομοι-πόρτες) και σε 75 άτομα για κατακόρυφες οδεύσεις (σκάλες-ράμπες). Το ελάχιστο πλάτος οδευσεων διαφυγής γι'αυτή την κατηγορία κτιρίων ορίζεται σε 0,80 μ.

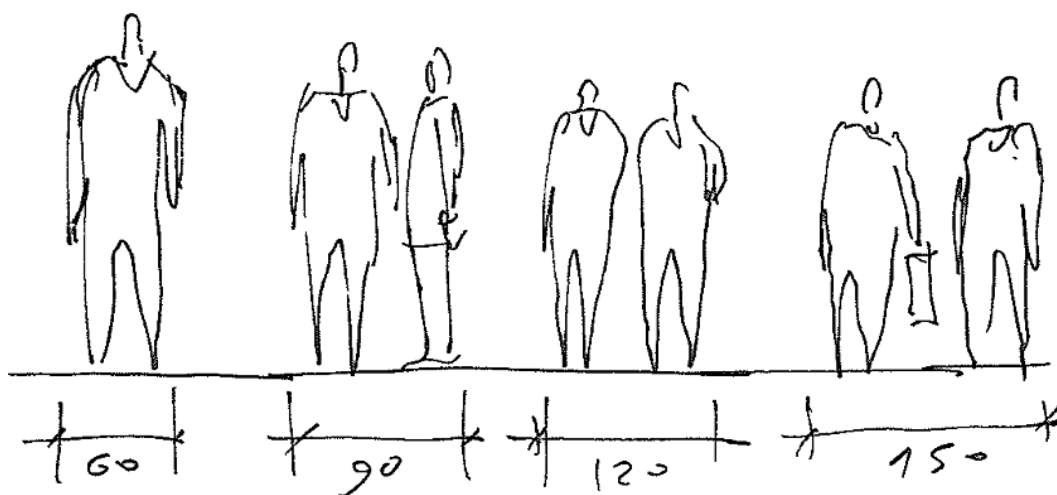
- *Ξενοδοχεία:*

Η παροχή διαφυγής ανά μονάδα πλάτους καθορίζεται σε 100 άτομα για οριζόντιες οδεύσεις (διάδρομοι-πόρτες) και σε 75 άτομα για κατακόρυφες οδεύσεις (σκάλες-ράμπες). Το ελάχιστο επιτρεπόμενο πλάτος των οδεύσεων διαφυγής ορίζεται σε 0,90μ.

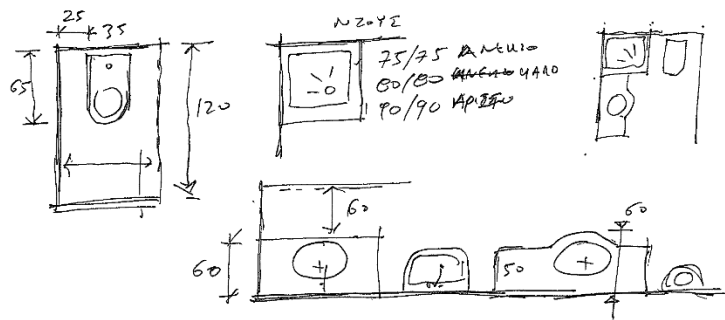
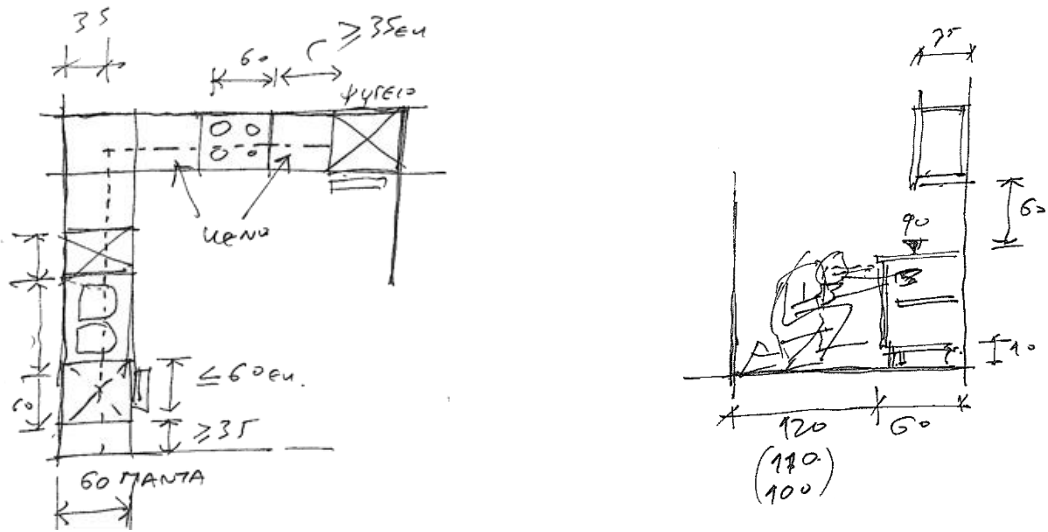
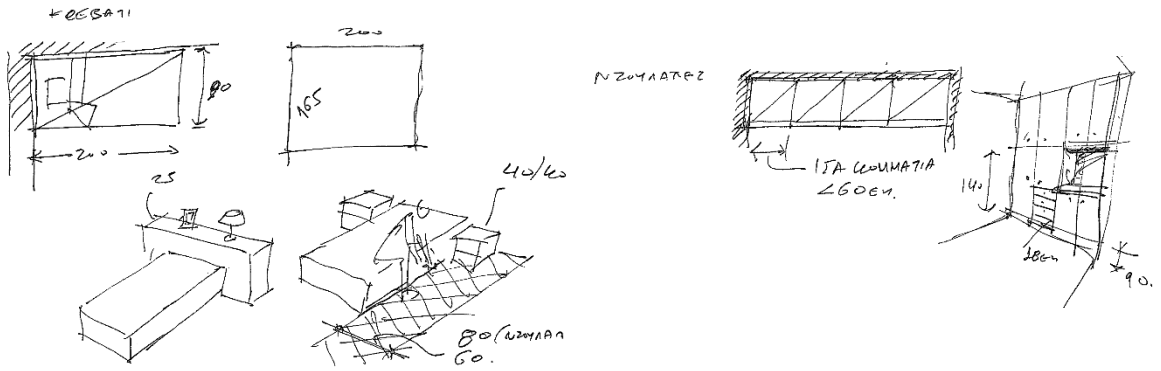
- *Κτίρια Γραφείων:*

Η παροχή διαφυγής ανά μονάδα πλάτους καθορίζεται σε 100 άτομα για οριζόντιες οδεύσεις (διάδρομοι-πόρτες) και σε 60 άτομα για κατακόρυφες οδεύσεις (σκάλες-ράμπες). Το ελάχιστο πλάτος οδεύσεων διαφυγής είναι 0,90 μ και καθορίζεται από τον πληθυσμό του κτιρίου.

Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, στόχος του σχεδιασμού των δομικών μονάδων δεν ήταν μόνο να είναι σύμφωνες με τις διατάξεις του Κτιριοδομικού Κανονισμού και του Κανονισμού Πυροστασίας αλλά και να παρέχουν στον χρήστη και άνεση. Επομένως ήταν απαραίτητο οι διαστάσεις τους να διαμορφωθούν με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες του χρήστη τόσο στους χώρους κύριας όσο και βοηθητικής χρήσης. Ενδεικτικά φαίνονται στα παρακάτω σχήματα οι διαστάσεις και οι διατάξεις ορισμένων από τους χώρους χρήσης των κτιρίων ώστε να υπάρχει μια αρμονική σχέση μεταξύ του χρήστη και της κατασκευής.



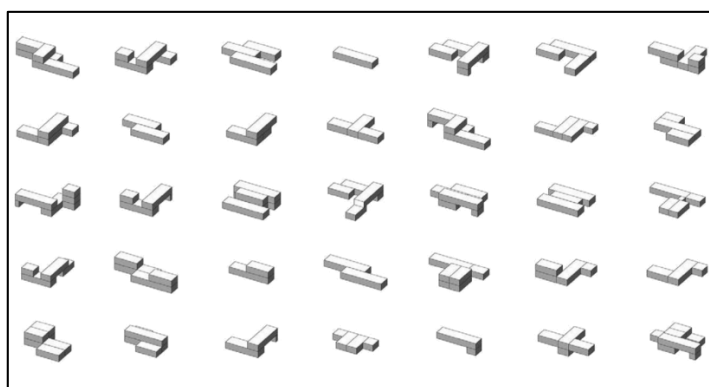
Σχήμα 2.7: Πλάτος διαδρόμου (Π. Βασιλάτος, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ)



Σχήμα 2.8: Διαστάσεις χώρων κύριας χρήσης (Π. Βασιλάτος, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ)

2.6 Αρχιτεκτονική ευελιξία

Η ιδέα του σπονδυλωτού συστήματος κατασκευής με βάση προκατασκευασμένες δομικές μονάδες βασίζεται ιδιαίτερα στην έννοια του κυβισμού. Ο κυβισμός σαν κίνημα χαρακτηρίζεται από τις πολύ ξεκάθαρες γεωμετρικές γραμμές. Όσον αφορά την Αρχιτεκτονική, τα κυβιστικά κτίσματα έχουν απόλυτες και ξεκάθαρες γραμμές, μεγάλους όγκους και γεωμετρικά σχήματα. Το τετράγωνο, ο κύβος καθώς και οι παραλλαγές τους συνθέτουν κτίσματα με αυστηρές γραμμές, τα οποία σχηματίζουν πιο πολύπλοκα, τρισδιάστατα αλλά πάντα απόλυτα γεωμετρικά σχήματα (Σχήμα 2.9).



Σχήμα 2.9: Κυβιστικά κτίσματα

Οι βασικές δομικές μονάδες που θα μπορούσαν να μορφωθούν, και οι οποίες στη συνέχεια θα συνδιάζονταν κατάλληλα για να δημιουργήσουν μεγαλύτερες κατασκευές, θα μπορούσαν να έχουν διάφορες παραλλαγές και να διαφέρουν σημαντικά τόσο ως προς το πλάτος όσο και ως προς το μήκος. Κάτι τέτοιο ωστόσο θα ερχόταν σε σύγκρουση με τις αρχές του βιομηχανικού σχεδιασμού και της τυποποίησης τους. Εξ' αιτίας αυτού οι δομικές μονάδες μορφώθηκαν έτσι ώστε να έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά χωρίς όμως να περιορίζουν την ευελιξία των κατασκευών που μπορούν να προκύψουν από αυτές. Έτσι οι ίδιες βασικές μονάδες, συνδυαζόμενες με διαφορετικό τρόπο, μπορούν να συνθέσουν κατασκευές με διαφορετικό μέγεθος και μορφή ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες και τις επιθυμίες των χρηστών τους (Σχήμα 2.10)



Σχήμα 2.10: Σύνθεση διαφορετικών στην μορφή και το μέγεθος κτισμάτων από παρόμοια γεωμετρικά σχήματα

4. Περιγραφή δομικών μονάδων

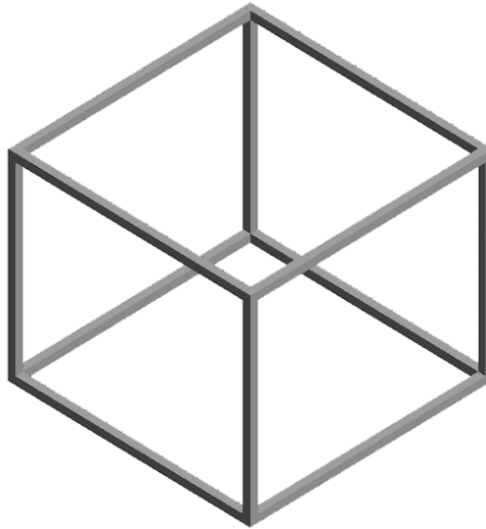
4.1 Αρχιτεκτονική προσέγγιση

Οι βασικές αρχές ανάπτυξης που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, έδωσαν τις κατευθυντήριες γραμμές και έθεσαν ορισμένους περιορισμούς όσον αφορά την διαμόρφωση των διαστάσεων των βασικών μονάδων. Βασικό χαρακτηριστικό της σπονδυλωτής δόμησης αποτελεί το γεγονός ότι είναι απαραίτητη η λήψη καίριων αποφάσεων κατά τα πρωταρχικά στάδια του σχεδιασμού.

Η πρώτη απόφαση που ήταν απαραίτητο να ληφθεί ήταν ο βαθμός προκατασκευής των δομικών μονάδων. Στην περίπτωση όπου οι δομικές μονάδες κατασκευάζονται εξ'ολοκλήρου σε εργοστασιακές συνθήκες έχοντας ήδη λάβει την τελική τους μορφή ανάλογα με τις απαιτήσεις του εκάστοτε χρήστη, θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα μεταφοράς τους με όσο το δυνατόν οικονομικότερο τρόπο. Αυτό έθεσε δύο βασικούς περιορισμούς ως προς το πλάτος και το ύψος των μονάδων. Ταυτόχρονα όμως, οι δύο αυτές διαστάσεις θα έπρεπε να είναι κατάλληλες ώστε να μπορούν να συνθέσουν λειτουργικούς χώρους που θα παρέχουν άνεση στο χρήστη. Τα δύο αυτά κριτήρια ήταν σημαντικό να ικανοποιούνται στον βέλτιστο βαθμό. Η δυνατότητα οικονομικής μεταφοράς αλλά και αρχιτεκτονικής ευελιξίας δεν επηρέασαν ιδιαίτερα το μήκος που μπορούν να διαθέτουν οι δομικές μονάδες, καθώς δεν υπάρχουν αυστηροί περιορισμοί.

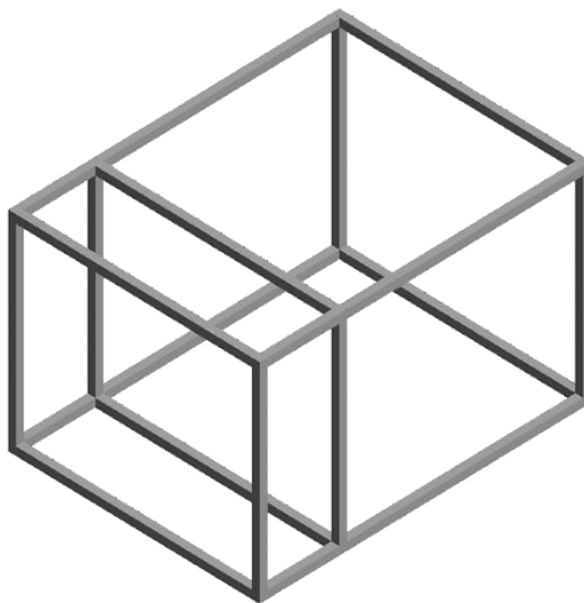
Η δεύτερη κρίσιμη απόφαση κατά το αρχικό στάδιο του σχεδιασμού, ήταν το πλήθος των βασικών δομικών μονάδων που θα μπορούσαν να μορφωθούν. Αν και δεν υπάρχει κανένας σαφής περιορισμός, η σημαντικότητα της τυποποίησης και οι αρχές της μαζικής παραγωγής οδήγησαν στη δημιουργία μιας βασικής μονάδας, η οποία με κάποιες παραλλαγές θα ήταν ικανή να συνθέσει μια πληθώρα κατασκευών. Οι παραλλαγές αυτές δεν αφορούν το ύψος και το πλάτος των δομικών μονάδων, παρά μόνο το μήκος τους. Το μεικτό ύψος τους επιλέχθηκε να είναι 3 m, διασφαλίζοντας έτσι ότι το ελεύθερο ύψος θα παραμείνει μεγαλύτερο από 2,65 m όπως ορίζεται από τον Κτιριοδομικό Κανονισμό για τους χώρους κύριας χρήσης των κατασκευών.

Η διάσταση των 3.80 m θεωρήθηκε ικανοποιητική ως προς την λειτουργικότητα των χώρων που μπορεί να συνθέσει καθώς λήφθηκε υπ'όψιν και η πιθανή μείωση του ελεύθερου πλάτους εξ'αιτίας των τοιχοπληρώσεων, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει δυνατότητα μεταφοράς της δομικής μονάδας χωρίς να είναι απαραίτητη ειδική άδεια. Όσον αφορά το μήκος, επιλέχθηκε να διαμορφωθεί στα 3.80 m καθώς μια δομική μονάδα τετραγωνικής κάτοψης προσφέρει ευελιξία ως προς την σύνδεση δομικών μονάδων όταν οι διαμήκεις διευθύνσεις αυτών διαφέρουν κατά 90°. Με αυτό τον τρόπο μορφώθηκε η βασική μονάδα, φαίνεται στο Σχήμα 3.1.

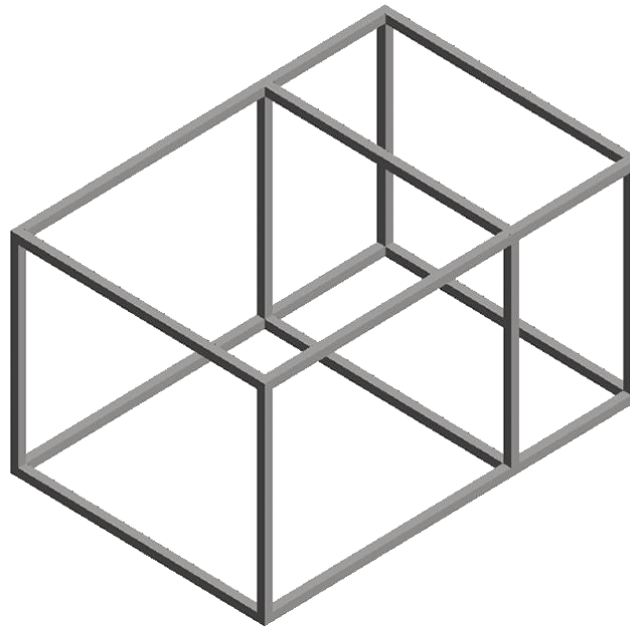


Σχήμα 3.1: Η βασική μονάδα. Έχει κάτοψη τετραγώνου πλάτους 3.80m και ύψος 3.00m.

Επίσης, προκειμένου να καταστεί δυνατή η μόρφωση οποιασδήποτε κατασκευής και διάταξης, θεωρήθηκε σκόπιμη η μελέτη προσθήκης στην βασική μονάδα. Λαμβάνοντας και πάλι υπόψη κτιριολογικούς, αρχιτεκτονικούς και κανονισμούς πυρασφάλειας αποφασίστηκε η δημιουργία προσθηκών σε δύο διαστάσεις. Η πρώτη προσθήκη θα έχει μήκος 1.20 m ενώ η δεύτερη θα έχει μήκος 1.80 m και μπορεί να λειτουργεί είτε σαν επέκταση του χώρου της βασικής μονάδας είτε ως εξωτερικός/εσωτερικός διάδρομος, στην συνολική κατασκευή ώστε να επιτρέπεται η διέυλση κατά την εγκάρσια διεύθυνση. Οι δύο αυτές προεκτάσεις αποφασίστηκε να έχουν διαφορετικό μήκος προκειμένου να μπορούν να διαμορφωθούν διάδρομοι οι οποίοι θα έχουν κατάλληλο πλάτος ώστε να ικανοποιούν τον Κανονισμό Πυροπροστασίας για κτήρια διαφορετικών χρήσεων. Οι βασικές δομικές μονάδες όπως αυτές μορφώθηκαν με βάση τα παραπάνω φαίνονται στα Σχήματα 3.2 και 3.3 αντίστοιχα.

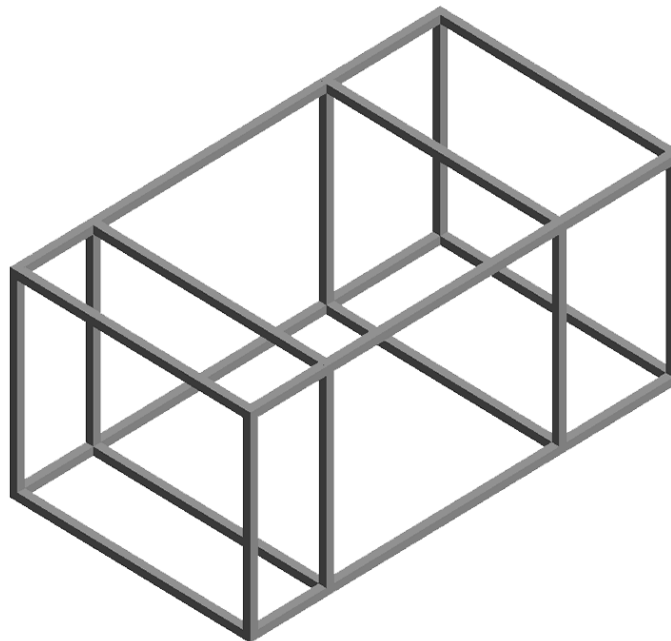


Σχήμα3.2: Βασική μονάδα, με προσθήκη τμήματος 1.20x3.80x3.00. Τελικές διαστάσεις 3.80x5.00x3.00.



Σχήμα3.3: Βασική μονάδα, με προσθήκη τμήματος 1.80x3.80x3.00. Τελικές διαστάσεις 3.80x5.60x3.00.

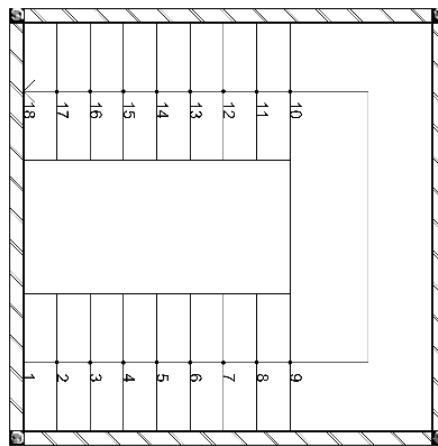
Με την ίδια λογική, προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη αρχιτεκτονική και σχεδιαστική ευελιξία κατά την χρήση της παρούσας κατασκευαστικής μεθόδου, αποφασίστηκε ο συνδυασμός των δύο προαναφερθέντων προσθηκών εκατέρωθεν της βασικής μονάδας προκειμένου να δημιουργηθεί μία αυτόνομη μονάδα όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.4. Δηλαδή, οι διαστάσεις της είναι τέτοιες έτσι ώστε να μπορεί να στεγάσει χώρο γραφείου, χώρο εργοταξιακού γραφείου, χώρο δωματίου ξενοδοχείου ή εστίας φοιτητών. Για τα παραπάνω μελετήθηκαν οι κατάλληλες διαστάσεις σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία για τους ελάχιστους χώρους.



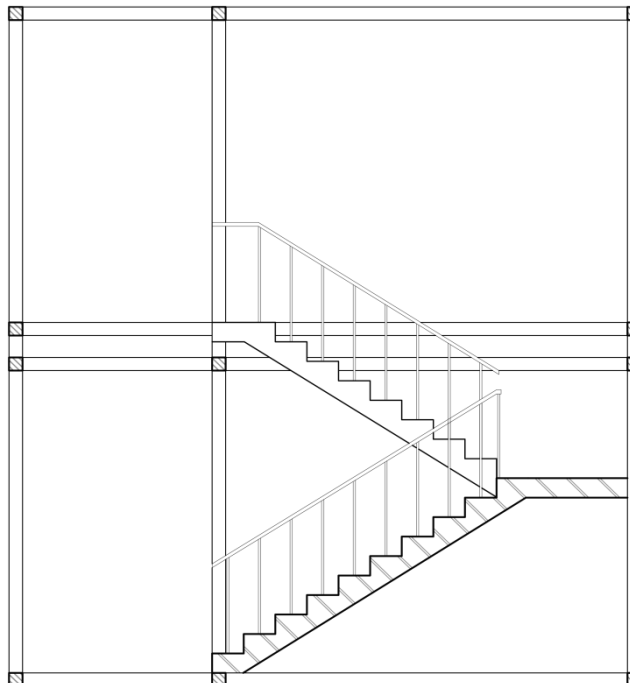
Σχήμα 3.4: Βασική μονάδα, με προσθήκη δύο τμήματων εκατέρωθεν 1.20x3.80x3.00 και 1.80x3.80x3.00.
Τελικές διαστάσεις 3.80x6.80x3.00

Προκειμένου να γίνουν αντιληπτές οι χρήσεις και των δομικών σύμφωνα με τις οποίες διαμορφώθηκαν οι διαστάσεις τους παρατίθενται κάποιες ενδεικτικές διατάξεις. Μια από τις βασικότερες διατάξεις αποτελούν οι κλίμακες δεδομένου ότι οι δομικές μονάδες πρέπει να επιτρέπουν την καθ' ύψος επέκταση της κατασκευής, οι οποίες διαφοροποιούνται ως προς το πλάτος ανάλογα με τις απαιτήσεις του Κτιριοδομικού Κανονισμού και του Κανονισμού Πυροπροστασίας.

4.1.1 Διαμόρφωση Κλίμακας – Τύπος I



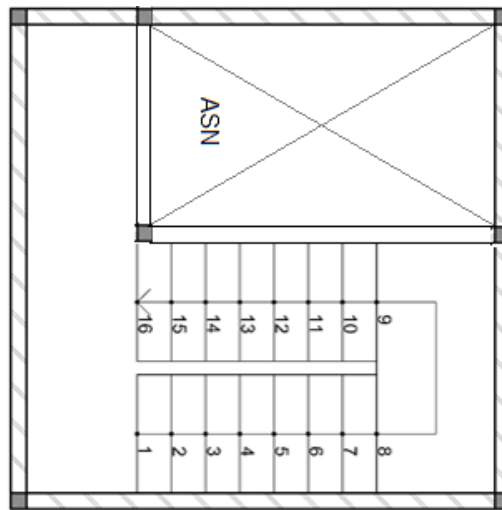
(α)



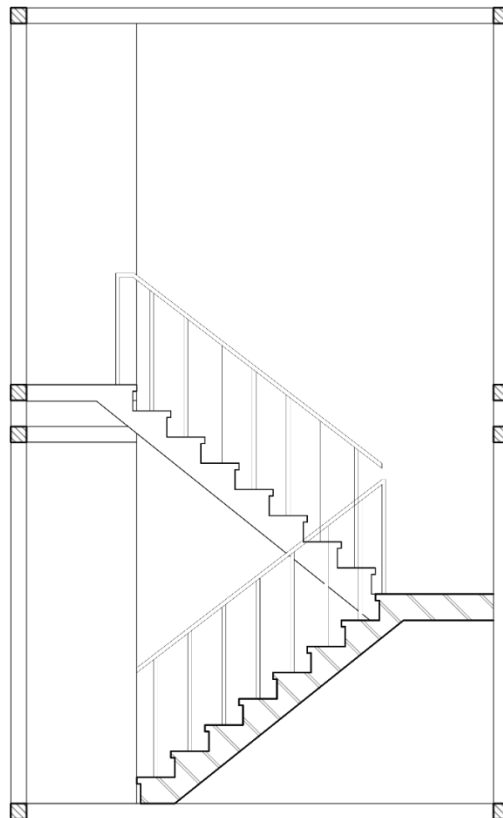
(β)

Σχήμα 3.7: Διαμόρφωση κλίμακος με πλατύσκαλο ύψους 3.20, εντός της μικρότερης δυνατής βασικής μονάδας. Στο σχήμα (α) φαίνεται η κάτοψη, ενώ στο (β) μία χαρακτηριστική τομή. Στο αριστερό τμήμα του σχεδίου (β) φαίνεται μία πιθανή επέκταση της μονάδας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διάδρομος.

4.1.2 Διαμόρφωση Κλίμακας – Τύπος II



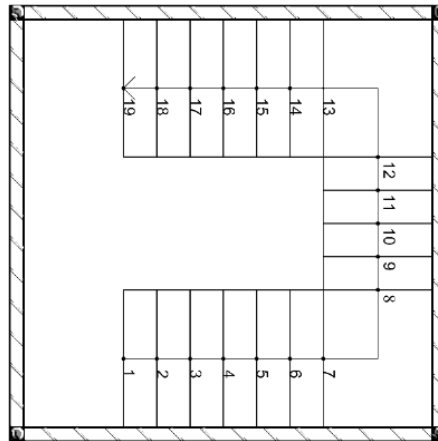
(α)



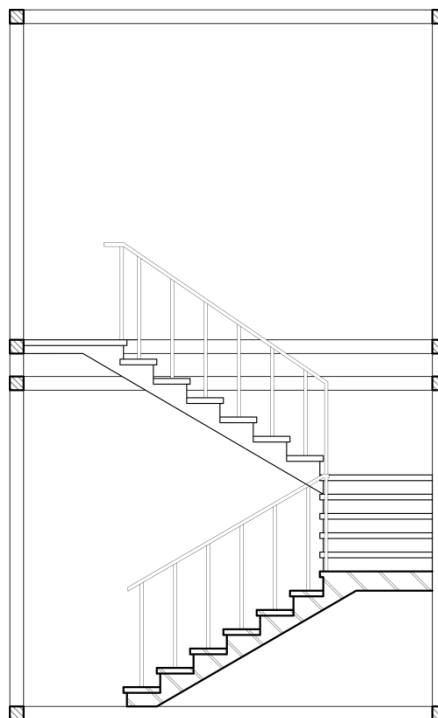
(β)

Σχήμα 3.8: Διαμόρφωση κλίμακος με πλατύσκαλο ύψους 3.20μ, εντός της μικρότερης δυνατής βασικής μονάδας. Στο σχήμα (α) φαίνεται η κάτοψη, ενώ στο (β) μία χαρακτηριστική τομή. Η συγκεκριμένη λύση, διαφέρει με αυτή του Σχήματος 3.2 λόγω του ότι το γύρισμα της σκάλας και άρα το συνολικό πλάτος είναι μικρότερο, αφήνοντας ελεύθερο πλάτος και ύψος μέσα στην βασική μονάδα για άλλες εγκαταστάσεις.

4.1.3 Διαμόρφωση Κλίμακας – Τύπος III



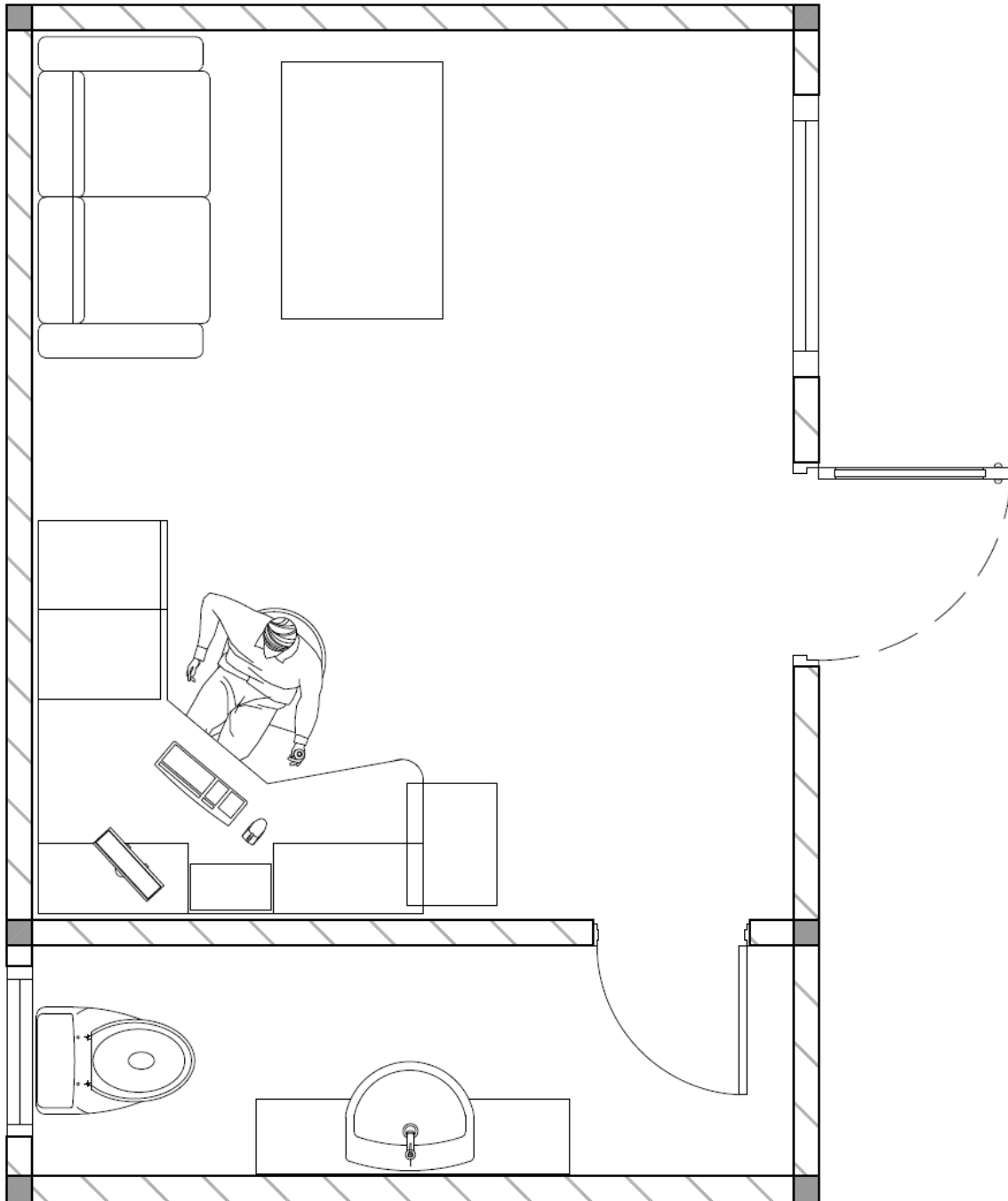
(α)



(β)

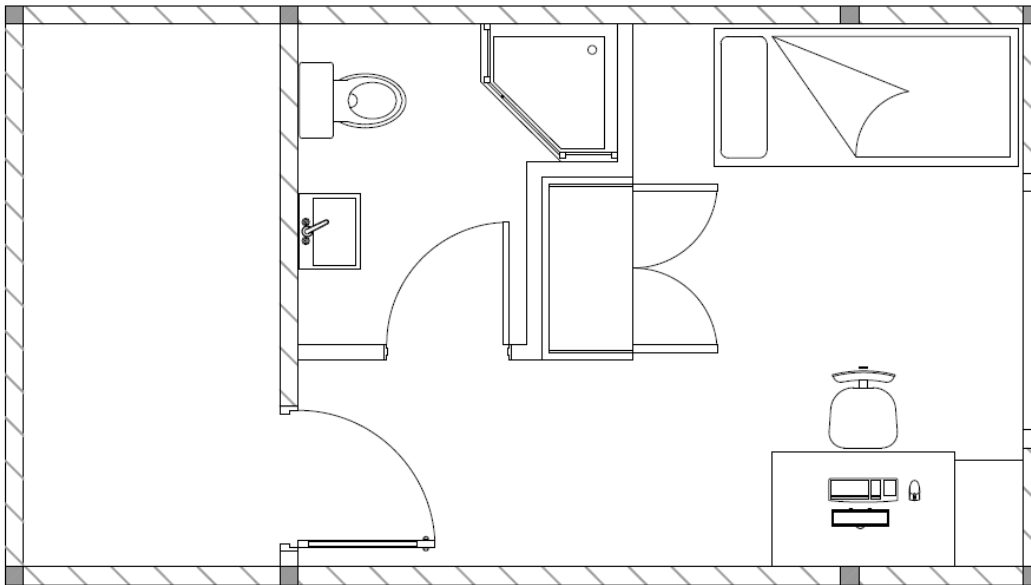
Σχήμα 3.9: Διαμόρφωση κλίμακος με γύρισμα, ύψους 3.20 με ενδιάμεσα σκαλιά, εντός της μικρότερης δυνατής βασικής μονάδας. Στο σχήμα (α) φαίνεται η κάτοψη, ενώ στο (β) μία χαρακτηριστική τομή. Η συγκεκριμένη λύση, διαφέρει με αυτές των Σχήματος 3.2 και 3.3 λόγω του ότι το γύρισμα της σκάλας αποτελείται από σκαλιά, ενώ ταυτόχρονα καταλαμβάνει όλο το πλάτος της βασικής μονάδας. Έτσι η βασική μονάδα αξιοποιείται αποκλειστικά ως κλίμακα.

4.1.4 Διαμόρφωση Χώρου Γραφείου

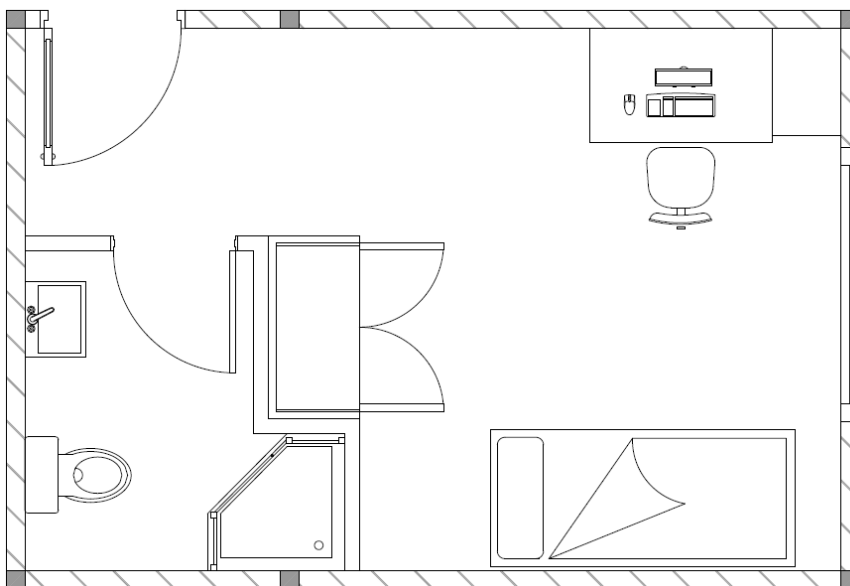


Σχήμα 3.10: Διαμόρφωση χώρου γραφείου, για εφαρμογές σε εργοτάξια ή για συνθήκες με προσωρινές εγκαταστάσεις. Για το γραφείο έχει προβλεφθεί χώρος μπάνιου, καθώς και μικρός χώροςκαθιστικού. Για την διαμόρφωση αυτή, αξιοποιήθηκε η βασική μονάδα με την μικρή επέκταση στο μήκος της (η οποία και αποτελεί τον χώρο του μπάνιου).

4.1.5 Διαμόρφωση Δωματίων Εστίας Τύπος I & II



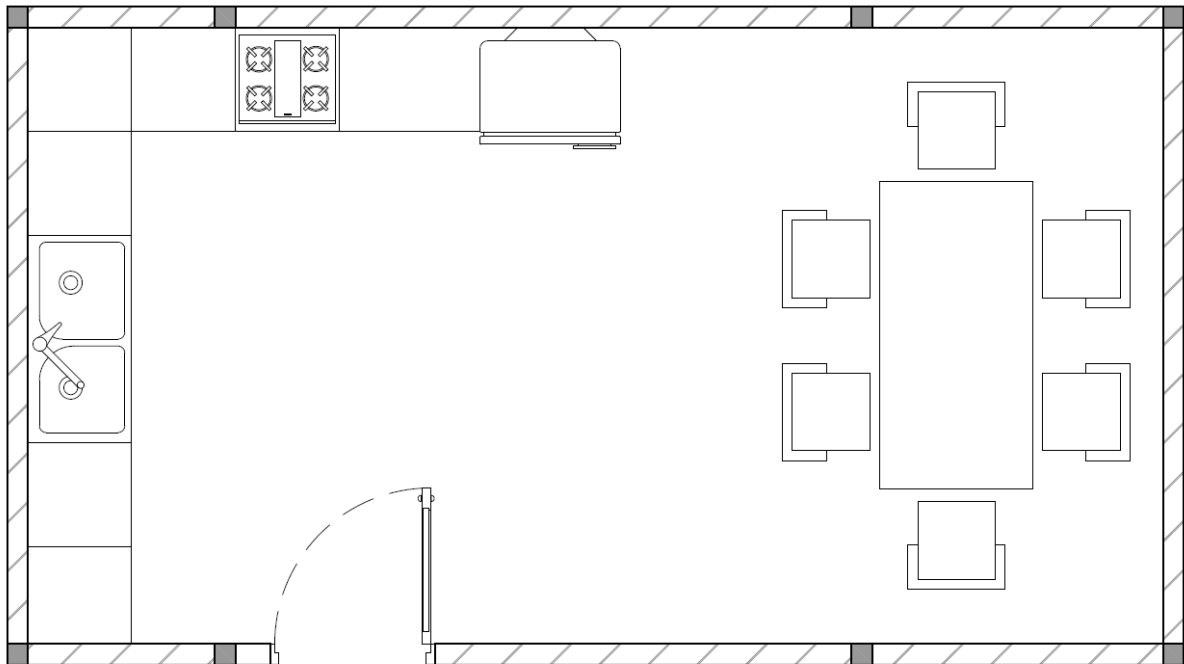
(α)



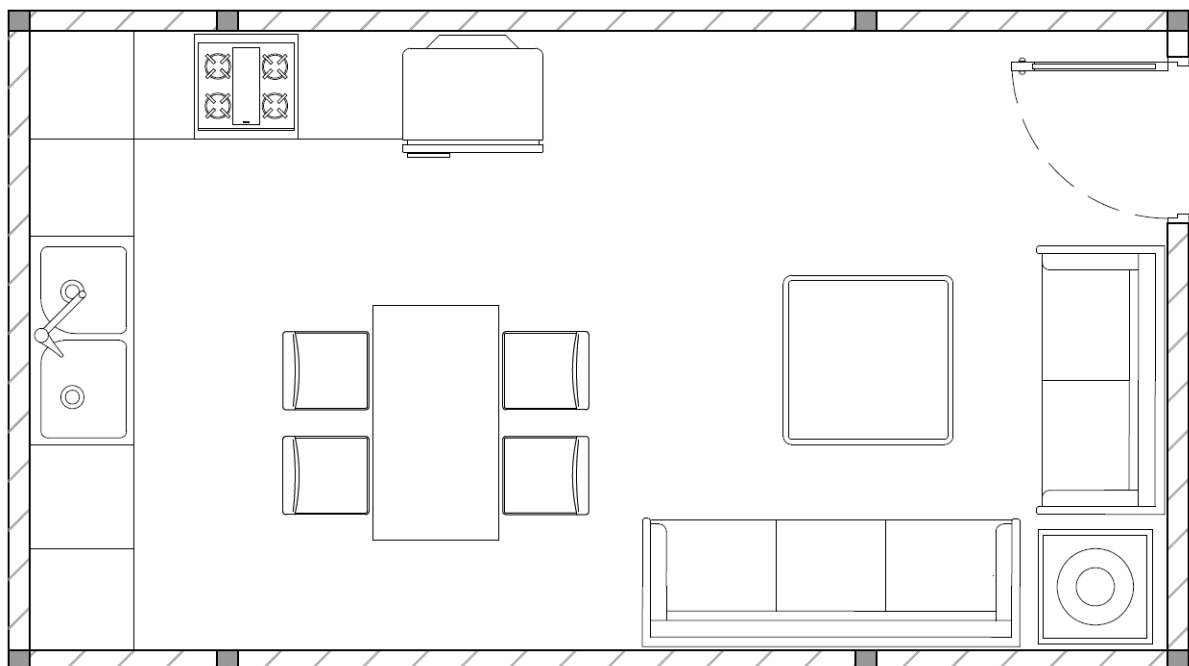
(β)

Σχήμα 3.11: Διαμόρφωση δωματίων, χρησιμοποιώντας την μεγαλύτερη δομική μονάδα (α) και την αμέσως μικρότερη (β). Τα δωμάτια, περιλαμβάνουν χώρο γραφείου, κρεβάτι καθώς και δικό τους μπάνιο. Η διάταξη είναι εμπνευσμένη από δωμάτια φοιτητικών εστιών στην Ευρώπη, όπου η ύπαρξη των προαναφερθέντων θεωρείται απαραίτητη. Στο σχήμα (α), χρησιμοποιήθηκε η μεγαλύτερη δομική μονάδα προκειμένου να δημιουργηθεί χώρος για την διέλευση διαδρόμου, ο οποίος θα συνδέει το δωμάτιο με το υπόλοιπο συγκρότημα.

4.1.6 Διαμόρφωση Κοινόχρηστου Χώρου Τύπος I & II



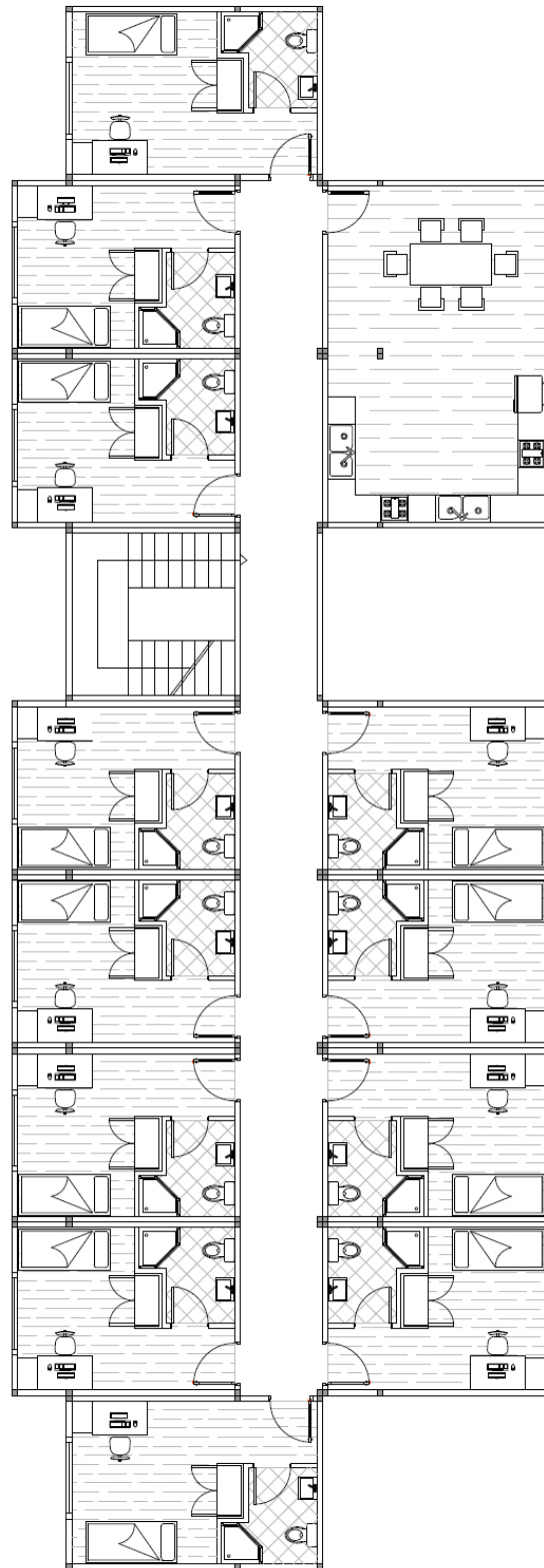
(α)



(β)

Σχήμα 3.12: Στα σχήματα (α) και (β) φαίνονται δύο αρχιτεκτονικές διατάξεις, για την ίδια βασική μονάδα για χώρους ανάπαυσης και κουζίνας (π.χ. σε κτίριο φοιτητικών εστιών). Εδώ χρησιμοποιήθηκε η μεγαλύτερη δομική μονάδα διαστάσεων 6.80x3.80x3.00

4.1.7 Σύνθεση Ολοκληρωμένη Αρχιτεκτονικής Λύσης

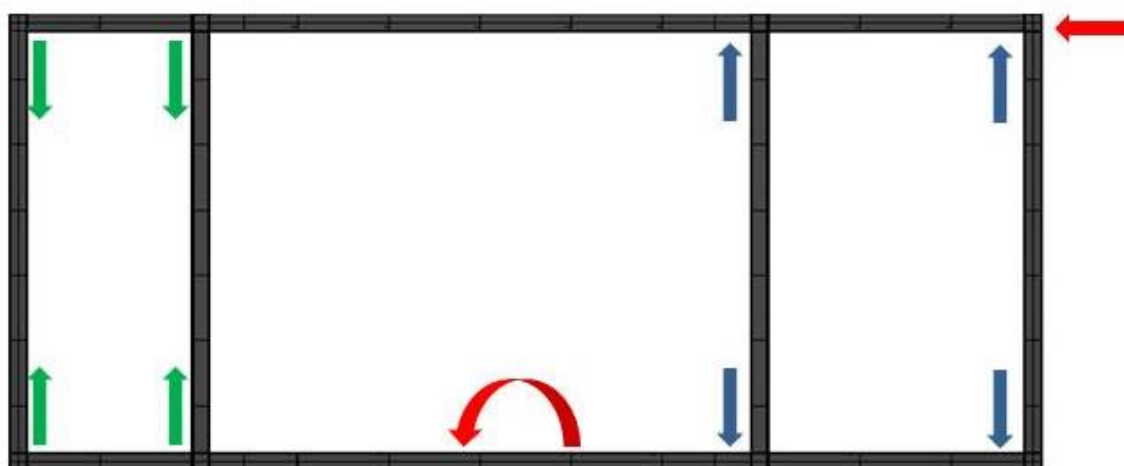


Σχήμα 3.13: Σύνθεση όλων των προηγούμενων διατάξεων και σχημάτων για την δημιουργία χώρου ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φοιτητική εστία. Επίσης έχουν χρησιμοποιηθεί οι βασικές μονάδες για την διαμόρφωση σκάλας μεταξύ των ορόφων. Επίσης, φαίνεται η χρησιμότητα της επέκτασης των βασικών μονάδων στην διαμόρφωση διαδρόμων διέλευσης. Οι υπόλοιπες μονάδες διαμορφώνονται χωρίς την επέκταση και απλά συνδέονται πάνω στον διάδρομο.

4.2 Στατική Λειτουργία Συστήματος

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1, οι δομικές μονάδες διακρίνονται σε διάφορους τύπους ανάλογα με την στατική τους λειτουργία. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας δεν υιοθετήθηκε κάποιος από τους ευρέως χρησιμοποιούμενους τύπους δομικών μονάδων.

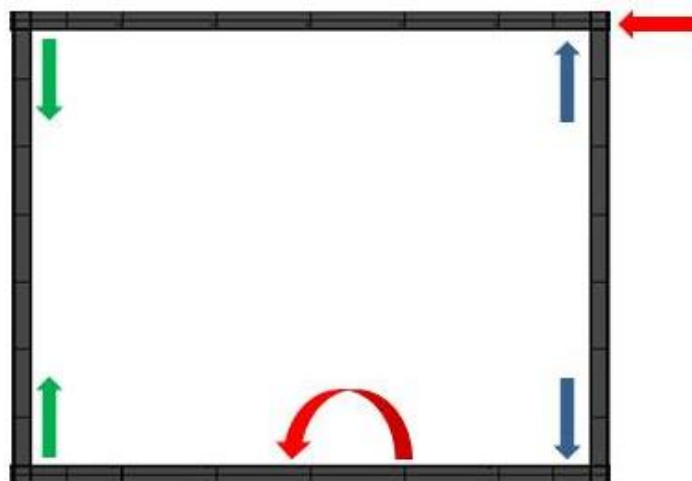
Για λόγους αρχιτεκτονικής ευελιξίας, και δεδομένου ότι οι προς υλοποίηση κατασκευές εξυπηρετούν διάφορες χρήσεις, απορρίφθηκε ο σχεδιασμός δομικών μονάδων συνεχώς εδραζόμενων και στις τέσσερις πλευρές, καθώς και ο σχεδιασμός υβριδικών μονάδων. Επίσης ο σχεδιασμός δομικών μονάδων μόνο με ακραία υποστυλώματα, παρόλο που επιτρέπει αρχιτεκτονική ευελιξία, αποδεικνύεται αντικοινωνικός καθώς απαιτεί μεγάλες διατομές. Ο λόγος είναι ότι σε αυτήν την περίπτωση οι δοκοί της βασικής μονάδας έχουν ένα μόνο άνοιγμα, το οποίο συνήθως είναι και αρκετά μεγάλο, οδηγώντας έτσι σε μεγάλα εντατικά μεγέθη αλλά και βέλη, γεγονός το οποίο αυξάνει δραματικά τις διαστάσεις των απαιτούμενων διατομών.



Σχήμα 3.5: Στατική λειτουργία της βασικής μονάδας κατά την μία κύρια διεύθυνση, για οριζόντια φόρτιση. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα υποστυλώματα τα οποία βρίσκονται σε εφελκυσμό ενώ με πράσινο εκείνα σε θλιψη. Τα κόκκινα βέλη αντιπροσωπεύουν την διεύθυνση της εξωτερικής φόρτισης

Επίσης, σε περίπτωση που επιθυμείται η καθ' ύψος επέκταση των κατασκευών, θα προέκυπταν πολύ μεγάλα κατακόρυφα φορτία, μεγαλώνοντας τις διαστάσεις των διατομών των υποστυλωμάτων ισογείου. Συνεπώς, θεωρήθηκε σκόπιμο να μελετηθούν λύσεις και με ενδιάμεσα υποστυλώματα, προκειμένου να υπάρξει ανακούφιση τόσο των δοκών όσο και των ακραίων υποστυλωμάτων, ενώ ταυτόχρονα θα υπάρχει ικανοποιητική αρχιτεκτονική ευελιξία.

Οι προαναφερθέντες λόγοι οδήγησαν στην μόρφωση δομικών μονάδων όπου όχι μόνο η τοιχοπήρωση δεν θα είναι φέρουσα (αν υπάρχει) αλλά και για λόγους υπέρ της ασφαλείας, η δυσκαμψία που προσδίδει στην κατασκευή (ως μια ισοδύναμη διαγώνια ράβδος) δεν λαμβάνεται υπ' όψιν, δίνοντας έτσι ευελιξία στον χρήστη να διαμορφώσει τα ανοίγματα όπως επιθυμεί. Το τελικό σύστημα αποτελείται από διαδοκίδες, δοκούς και υποστυλώματα τα οποία συνδεδεμένα κατάλληλα, διαμορφώνουν πλαίσια κατά τις δύο κύριες διευθύνσεις. Οι δοκοί και οι διαδοκίδες, αναμένονται να κατανέμουν κυρίως τα κατακόρυφα φορτία κάθε ορόφου της κατασκευής, ενώ επίσης παραλαμβάνουν και τα οριζόντια φορτία (σεισμική διέγερση, άνεμος), με την μορφή αξονικών δυνάμεων.



Σχήμα 3.6: Στατική λειτουργία της βασικής μονάδας κατά την μία κύρια διεύθυνση, για οριζόντια φόρτιση. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα υποστυλώματα τα οποία βρίσκονται σε εφελκυσμό ενώ με πράσινο εκείνα σε θλιψη. Τα κόκκινα βέλη αντιπροσωπεύουν την διεύθυνση της εξωτερικής φόρτισης

Τα υποστυλώματα του συστήματος, σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να παραλαμβάνουν δύο κύριους τύπους φόρτισης. Η πρώτη είναι η παραλαβή των κατακόρυφων φορτίων της υπερκείμενης κατασκευής και όχι απλά μόνο μιας βασικής μονάδας – ορόφου όπως συμβαίνει με τις δοκούς και τις διαδοκίδες. Η δεύτερη είναι η παραλαβή των οριζόντιων φορτίων με την μορφή τεμνουσών δυνάμεων και των ροπών που αυτά δημιουργούν με την μορφή αξονικών δυνάμεων. Πιο συγκεκριμένα οι ροπές λόγω των οριζόντιων φορτίων θα παραλαμβάνονται από ένα ή περισσότερα ζεύγη αξονικών δυνάμεων, οι οποίες θα θλίβουν τα μισά υποστυλώματα ενώ θα εφελκύνουν τα υπόλοιπα. Η στατική αυτή λειτουργία είναι απαραίτητη από την στιγμή που δεν υπάρχουν διαγώνια μέλη ή τοιχοπληρώσεις οι οποίες μπορούν να συνεισφέρουν ευεργετικά στην ανάληψη τέτοιων φορτίων.

5. Δράσεις επί της Κατασκευής - Συνδυασμοί Δράσεων

5.1 Εισαγωγή

Οι δράσεις επί των κατασκευών, προκειμένου να προσδιορισθούν τα αποτελέσματά τους (εντατικά και παραμορφωσιακά), ορίζονται από κανονιστικές διατάξεις, στις οποίες περιγράφεται τόσο η ποσοτική όσο και η ποιοτική τους διάσταση. Ανάλογα με τη χρήση, τη θέση αλλά και τη μορφή του έργου προσδιορίζονται οι δράσεις (φορτία) βάση των οποίων θα γίνει η ανάλυση του φορέα, με σκοπό τον προσδιορισμό των δυσμενέστερων εντατικών μεγεθών των μελών του.

Οι τυπικές δράσεις καθορίζονται από τον Ευρωκώδικα 1 ο οποίος παρέχει για κάθε χώρα ιδιαίτερες πληροφορίες (π.χ. για τον άνεμο, το χιόνι κλπ) βάσει των επιμέρους συνθηκών. Γίνεται διαχωρισμός των δράσεων βάσει τις διακυμάνσεις τους στον χρόνο στις εξής κατηγορίες:

1. Μόνιμες δράσεις (G), ίδιο βάρος φορέα, σταθερός εξοπλισμός, επιστρώσεις, έμμεσες δράσεις από συστολή ξήρανσης και διαφορικές καθιζήσεις.
2. Μεταβλητές δράσεις(Q), επιβαλλόμενα φορτία στα πατώματα, πιέσεις ανέμου, φορτία χιονιού και φορτία από γερανογέφυρες.
3. Σεισμικές Δράσεις (E) ??
4. Τυχηματικές δράσεις (A), εκρήξεις, πρόσκρουση οχήματος, πυρκαγιά.

Επιπρόσθετα οι δράσεις μπορούν να κατηγοριοποιηθούν βάση:

1. Την προέλευση τους (άμεσες και έμμεσες)
2. Την χωρική τους μεταβολή (σταθερές ή ελεύθερες)
3. Την φύση του και/ή την απόκριση της κατασκευής (στατικές ή δυναμικές)

Στην παρούσα εργασία όσον αφορά τις τυπικές δράσεις χρησιμοποιήθηκαν οι Ευρωπαϊκοί Κανονισμοί, σύμφωνα με το πρότυπο EN 1991. Ωστόσο λόγω της φύσης του συστήματος κατασκευής που μελετάται ήταν απαραίτητο να ληφθούν υπ'όψιν και ειδικές δράσεις που καταπονούν τις δομικές μονάδες. Οι δράσεις που ασκούνται στο υπό μελέτη σύστημα κατά την ανάλυση του φορέα είναι οι εξής:

1. Μόνιμες Δράσεις
 - Ίδιο βάρος φέροντος οργανισμού
 - Πρόσθετο φορτίο επικάλυψης δαπέδων
 - Πρόσθετο φορτίο επικάλυψης στέγης
2. Μεταβλητές Δράσεις
 - Κινητό φορτίο ορόφων

- Άνεμος
- Χίονι
- Σεισμικές δράσεις

3. Ειδικές Δράσεις

- Καταπόνηση κατά την μεταφορά
- Φάση κατασκευής (ανέγερση)

5.2 Μόνιμες δράσεις

Μόνιμες χαρακτηρίζονται οι δράσεις, οι οποίες αναμένεται να επενεργήσουν κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης περιόδου αναφοράς και για την οποία η διαφοροποίηση του μεγέθους τους στο χρόνο είναι αμελητέα. Αυτά είναι τα ίδια βάρη των φερόντων στοιχείων, επιστρώσεις και μονώσεις δαπέδων, τοίχοι πληρώσεως, ψευδοροφές, επικαλύψεις και επενδύσεις, υδραυλικά και ηλεκτρικά δίκτυα, κλιματιστικά συστήματα. Περιπτώσεις όπου προβλέπονται μελλοντικές τροποποιήσεις στις μόνιμες δράσεις θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη στην μελέτη.

Οι μόνιμες δράσεις που ασκούνται στην κατασκευή είναι:

- Ίδια βάρη φερόντων στοιχείων, τα οποία υπολογίστηκαν από το διάγραμμα ανάλυσης (SOFiSTiK), για χάλυβα με ίδιο βάρος 78.5 KN/m^3 .
- Πρόσθετο φορτίο επικάλυψης δαπέδων $1,00 \text{ kN/m}^2$
- Πρόσθετο φορτίο ψευδοροφών $0,50 \text{ kN/m}^2$
- Πρόσθετο φορτίο δώματος $1,50 \text{ kN/m}^2$

5.3 Μεταβλητές δράσεις

5.3.1 Κινητά φορτία ορόφων

Περιλαμβάνουν τα κατακόρυφα φορτία που προκύπτουν από την χρήση του κτιρίου και προέρχονται από την παρουσία ανθρώπων, επίπλων, κινητού εξοπλισμού, αποθηκευμένα αγαθά, οχήματα κλπ. Λόγω της φύσεως των φορτίων αυτών δεν είναι επακριβές το βάρος και η θέση τους γι' αυτό προσδιορίζονται στατιστικά. Οι τιμές τους δίνονται από τους κανονισμούς.

Οι μεταβλητές δράσεις πρέπει να τοποθετούνται κατά τον πλέον δυσμενή τρόπο στον φορέα και να προσδιορίζεται η δυσμενέστερη επιρροή τους. Επειδή όμως η πιθανότητα ταυτόχρονης φόρτισης όλου του φορέα με μεταβλητές δράσεις είναι μικρή, προβλέπονται κάποιοι συντελεστές απομείωσης. Ανάλογα με την χρήση των κτιρίων γίνεται μία κατηγοριοποίηση βάσει του **Πίνακα 1.2** καθώς τα επιβαλλόμενα φορτία ανά κατηγορία χρήσης φαίνονται στον **Πίνακα 1.3**

Κατηγορία	Συγκεκριμένη Χρήση	Παράδειγμα
A	Χώροι διαμονής	Δωμάτια σε κτίρια κατοικιών και σπίτια. Θάλαμοι και πτέρυγες σε νοσοκομεία. Υπνοδωμάτια σε ξενοδοχεία και ξενώνες, κουζίνες και τουαλέτες.
B	Χώροι γραφείων	
C	Χώροι στους οποίους οι άνθρωποι μπορεί να συναθροισθούν (με εξαίρεση τους χώρους που κατατάσσονται στις κατηγορίες A,B, και D1))	<p>C1: Χώροι με τραπέζια κλπ. Π.χ. σχολικοί χώροι, νηπιαγωγεία, καφενεία, εστιατόρια, αίθουσες φαγητού, αναγνώστῆρια, χώροι υποδοχής.</p> <p>C2: Χώροι με σταθερά καθίσματα, Π.χ. χώροι σε εκκλησίες, θέατρα ή κινηματογράφους, αίθουσες συνεδριάσεων, αίθουσες ομιλίας, αίθουσες συγκεντρώσεων, χώροι αναμονής, χώροι αναμονής σε σιδηροδρομικούς σταθμούς.</p> <p>C3: Χώροι χωρίς εμπόδια στη διακίνηση του κοινού, π.χ. χώροι σε μουσεία, εκθεσιακοί χώροι, κλπ. και χώροι πρόσβασης σε δημόσια και διοικητικά κτίρια, ξενοδοχεία και νοσοκομεία. Προαύλια σιδηροδρομικών σταθμών.</p> <p>C4: Χώροι για πιθανές σωματικές δραστηριότητες, π.χ. αίθουσες χορού, αίθουσες γυμναστικής και θεατρικές σκηνές</p> <p>C5: Χώροι επιρρεπείς σε μεγάλα πλήθη, π.χ. για δημόσιες εκδηλώσεις όπως αίθουσες συναυλιών, κλειστά γήπεδα, εξέδρες γηπέδων, εξώστες και χώροι πρόσβασης, πλατφόρμες σιδηροδρόμων.</p>
D	Χώροι με εμπορικά καταστήματα	<p>D1: Χώροι σε καταστήματα λιανικής πώλησης, γενικά.</p> <p>D2: Χώροι σε πολυκαταστήματα</p>

Πίνακας 4.1 Κατηγορίες Χρήσης

Κατηγορίες φορτιζόμενων επιφανειών	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Κατηγορία Α και Κατηγορία Β		
- Δάπεδα	2	2
- Σκάλες	3,5	2
- Μπαλκόνια	5	3
Κατηγορία C		
- C1	3	3
- C2	5	4
- C3	5	4
- C4	5	4
- C5	7,5	4,5
Κατηγορία D		
- D1	5	4
- D2	5	4

Πίνακας 4.2: Επιβαλλόμενα φορτία σε δάπεδα, εξώστες και σκάλες κτιρίων, σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα του EN1991

Στην παρούσα εργασία οι δομικές μονάδες μελετήθηκαν για επιβαλλόμενα φορτία Κατηγορίας Β.

5.3.2 Δράσεις ανέμου

Οι δράσεις λόγω ανέμου κατατάσσονται στις μεταβλητές καθορισμένες δράσεις και σε πολλές μεταλλικές κατασκευές, όπως και στην παρούσα εργασία, αποτελούν τη βασική φόρτιση σχεδιασμού. Το μέγεθος των δράσεων αυτών μεταβάλλεται ανάλογα με την τοποθεσία, το ύψος της κατασκευής, το είδος του περιβάλλοντος χώρου κλπ. Σύμφωνα με τις διατάξεις του EN1991-1-1 ως δράση του ανέμου επί των κατασκευών θεωρείται η πίεση που αναπτύσσεται από την ανάσχεση της ροής του ανέμου. Από τις αναπτυσσόμενες πιέσεις προκύπτουν δυνάμεις κάθετες στην προσβαλλόμενη επιφάνεια. Η δράση του ανέμου σε μια κατασκευή προσδιορίζεται από την πίεση αιχμής και από τους κατάλληλους αεροδυναμικούς συντελεστές.

Η πίεση αιχμής q_p προσδιορίζεται από:

- Τη θεμελιώδη βασική ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$, που δίνεται από το Εθνικό Προσάρτημα
- Τη διεύθυνση του θεωρούμενου ανέμου (επικρατούντες άνεμοι), συντελεστής διεύθυνσης c_{dir}
- Την εποχή του έτους (εποχικοί άνεμοι), εποχικός συντελεστής, c_{season}
- Την τοπογραφία της ευρύτερης περιοχής, συντελεστής αναγλύφου $c_o(z)$
- Την τραχύτητα του περιβάλλοντος εδάφους, συντελεστής τραχύτητας $c_r(z)$
- Το ύψος, z , του σημείου από το έδαφος

- Την πυκνότητα του αέρα και την ένταση των στροβιλισμών

Ανάλογα με τον τύπο της κατασκευής οι αεροδυναμικοί συντελεστές διακρίνονται:

- Σε συντελεστές εξωτερικής πίεσης, c_{pe} , οι οποίοι ανάλογα με την προσβαλλόμενη επιφάνεια διακρίνονται περαιτέρω
- Σε καθολικούς συντελεστές εξωτερικής πίεσης, $c_{pe,10}$,
- Σε τοπικούς συντελεστές εξωτερικής πίεσης, $c_{pe,l}$
- Σε συντελεστές εσωτερικής πίεσης, c_{pi} ,
- Σε συντελεστές τελικής πίεσης, $c_{p,net}$,
- Σε συντελεστές τριβής, c_{fr} ,
- Σε συντελεστές δυνάμεως c_f .

Θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου $v_{b,0}$

Ως θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου, ορίζεται η μέση ταχύτητα ανέμου διάρκειας 10 λεπτών, με ετήσια πιθανότητα υπέρβασης 0.02, ανεξάρτητα από την διεύθυνση του ανέμου, σε ύψος 10 μέτρων πάνω από επίπεδη ανοιχτή περιοχή εδάφους.

Συγκεκριμένα, όσον αφορά τη θεμελιώδη βασική ταχύτητα ανέμου, δεδομένου ότι το σύστημα κατασκευής που μελετάται στην παρούσα εργασία δεν προβλέπεται να κατασκευαστεί σε κάποια συγκεκριμένη περιοχή, επιλέχθηκε η δυσμενέστερη τιμή όπως αυτή ορίζεται από το Εθνικό Προσάρτημα (για τα νησιά και παράλια μέχρι 10 km από την ακτή) $v_{b,0}=33$ m/s.

Βασική ταχύτητα ανέμου v_b



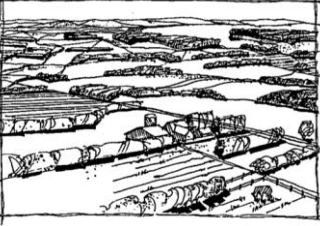
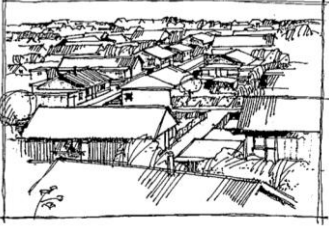
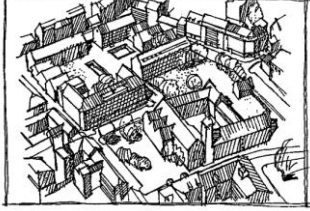
Ως βασική ταχύτητα ανέμου ορίζεται η θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου, τροποποιημένη προκειμένου να λαμβάνει υπόψη την διεύθυνση του θεωρούμενου ανέμου και την εποχή. Ο συντελεστής διεύθυνσης c_{dir} καθώς και ο εποχικός συντελεστής c_{season} λήφθηκαν ίσοι με την μονάδα. Επομένως, η βασική ταχύτητα ανέμου προκύπτει από τη σχέση:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$$

Τραχύτητα του εδάφους

Η τραχύτητα του εδάφους εξαρτάται κυρίως από το ύψος και την πυκνότητα των εμποδίων (κτίρια και δένδρα) γύρω από την εξεταζόμενη περιοχή. Επηρεάζει την κατανομή (profile) της ταχύτητας του ανέμου καθ' ύψος. Προβλεπονται 5 κατηγορίες εδάφους (0, I, II, III και IV) σύμφωνα με τον Πίνακα 4.3.

Όπως και στην περίπτωση της θεμελιώδους βασικής ταχύτητας, έτσι και στην περίπτωση της τραχύτητας του εδάφους επιλέχθηκε η κατασκευή να καταταχθεί στην δυσμενέστερη κατηγορία εδάφους, δηλαδή στην κατηγορία εδάφους 0.

 <p>Κατηγορία εδάφους 0: Θάλασσα, παράκτια περιοχή εκτεθειμένη σε ανοικτή θάλασσα</p>	 <p>Κατηγορία εδάφους I: Λίμνες ή περιοχή με αμελητέα βλάστηση και χωρίς εμπόδια</p>
 <p>Κατηγορία εδάφους II: Περιοχή με χαμηλή βλάστηση όπως γρασίδι και μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, κτήρια) με απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων</p>	 <p>Κατηγορία εδάφους III: Περιοχή με κανονική κάλυψη από βλάστηση ή από κτήρια ή από μεμονωμένα εμπόδια με μέγιστη απόσταση το πολύ 20 φορές το ύψος των εμποδίων (όπως χωριά, προάστια, μόνιμα δάση)</p>
 <p>Κατηγορία εδάφους IV: Περιοχή στην οποία τουλάχιστον το 15% της επιφάνειας καλύπτεται με κτήρια των οποίων το μέσο ύψος ξεπερνά τα 15 m</p>	

Πίνακα 4.3: Απεικονίσεις της ανώτερης τραχύτητας κάθε κατηγορίας εδάφους και αντίστοιχοι ορισμοί.

Μέση ταχύτητα ανέμου

Το μέγεθος αυτό υπολογίζεται προκειμένου να ληφθεί υπ'όψιν η επίδραση της τραχύτητας του εδάφους (συντελεστής τραχύτητας $c_r(z)$) και η τοπογραφία (συντελεστής αναγλύφου $c_o(z)$). Η μέση ταχύτητα δίνεται από τη σχέση:

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

Η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου καθύψους, για της διάφορες τραχύτητες του εδάφους, δίνεται από τον συντελεστή τραχύτητας, ο οποίος δίνεται από την σχέση:

$$c_r(z_e) = k_r * \ln(z/z_0)$$

Όπου ο συντελεστής εδάφους k_r δίνεται από την σχέση:

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,11}} \right)^{0,07}$$

Οι παράμετροι z_0 και z_{min} δίνονται από τον πίνακα 4.4 συναρτήσει της τραχύτητας του εδάφους.

Κατηγορία εδάφους	z_0 m	z_{min} m
0 Θάλασσα ή παράκτια περιοχή εκτεθειμένη σε ανοικτή θάλασσα	0,003	1
I Λίμνες ή επίπεδες και οριζόντιες περιοχές με αμελητέα βλάστηση και χωρίς εμπόδια	0,01	1
II Περιοχή με χαμηλή βλάστηση όπως γρασιδί και μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, κτίρια) με απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων	0,05	2
III Περιοχή με κανονική κάλυψη βλάστησης ή με κτίρια ή με μεμονωμένα εμπόδια με μέγιστη απόσταση το πολύ 20 φορές το ύψος των εμποδίων (όπως χωριά, προάστια, μόνιμα δάση)	0,3	5
IV Περιοχή όπου τουλάχιστον το 15% της επιφάνειας καλύπτεται με κτίρια των οποίων το μέσο ύψος ξεπερνά τα 15m.	1,0	10
Οι κατηγορίες εδάφους εικονογραφούνται στο Παράρτημα Α.1.		

Πίνακας 4.4: Κατηγορίες εδάφους και παράμετροι εδάφους

Ο συντελεστής αναγλύφου λήφθηκε ίσος με την μονάδα.

Ταχύτητα αιχμής – Πίεση αιχμής

Η πίεση ταχύτητας αιχμής σε ύψος z , η οποία περιλαμβάνει μέσης και μικρής διάρκειας διακυμάνσεις ταχύτητας, δίνεται από τη σχέση:

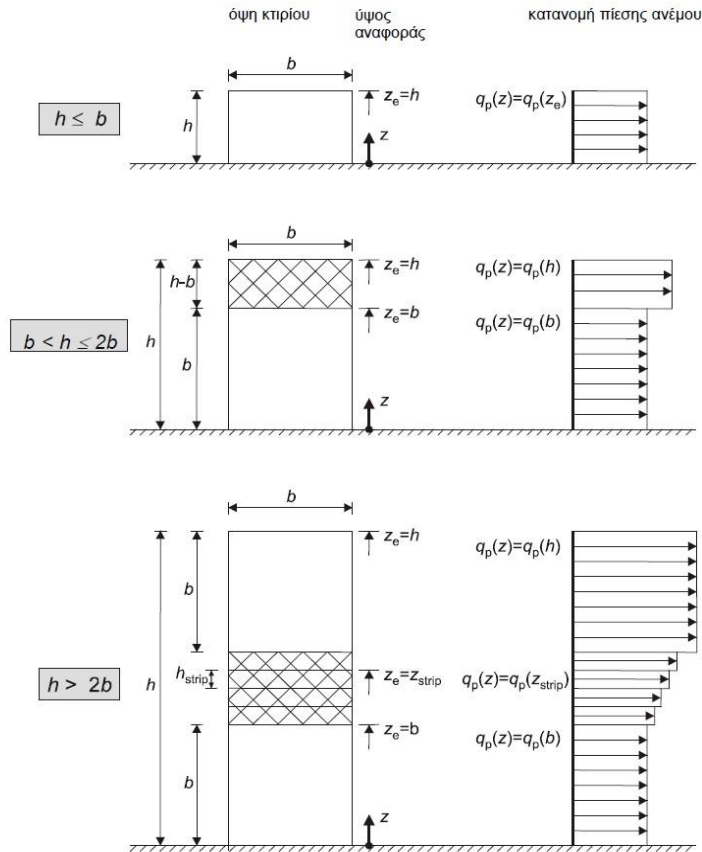
$$q_p(z_e) = \frac{[1 + 7 * I_v(z_e)] * \rho * v_m^2(z_e)}{2}$$

Όπου η πυκνότητα του αέρα λαμβάνεται ίση με $1,25 \text{ kg/m}^3$ και η ένταση του στροβιλισμού σε ύψος z δίνεται από την σχέση:

$$I_v(z_e) = \frac{k_I}{c_0(z_e) * \ln(z_e/z_0)}$$

Ύψος αναφοράς

Η πίεση μεταβάλλεται συνεχώς συναρτήσει του ύψους z . Στους υπολογισμούς η πίεση λαμβάνεται σταθερή κατά τμήματα της προσβαλλόμενης επιφάνειας. Για κάθε τμήμα ορίζεται ένα ύψος αναφοράς για το οποίο υπολογίζεται η αντίστοιχη πίεση και η οποία θεωρείται σταθερή για το εξεταζόμενο τμήμα. Το ύψος αναφοράς συναρτήσει του ύψους h και του πλάτους b φαίνονται στο σχήμα 1:



Σχήμα 4.1: Ύψος αναφοράς συναρτήσει των h και b .

Συντελεστές πίεσης

Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} δίνουν την επίδραση του ανέμου στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων και εξαρτώνται από το μέγεθος της φορτιζόμενης επιφάνειας A , η οποία είναι η επιφάνεια της κατασκευής που δημιουργεί τη δράση του ανέμου στο υπολογιζόμενο τμήμα. Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης για τους κατακόρυφους τοίχους δίνονται στον Πίνακα 3 για φορτιζόμενες επιφάνειες A μικρότερες από 1 m^2 και μεγαλύτερες από 10 m^2 .

Προτεινόμενες τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης για κατακόρυφους τοίχους κτιρίων ορθογωνικής κάτοψης

Ζώνη	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Πίνακας 4.5: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} κατακόρυφων τοίχων

Για τις ενδιάμεσες επιφάνειες, όπως φαίνεται στο σχήμα 4, προβλέπεται λογαριθμική παρεμβολή σύμφωνα με τη σχέση:

Οι συντελεστές εσωτερικής πίεσης c_{pi} δίνουν την επίδραση του ανέμου στις εσωτερικές επιφάνειες των κτιρίων. Επειδή στην παρούσα διπλωματική οι κατασκευές που μελετήθηκαν δεν έχουν δεσπόζουσα πλευρά και δεν είναι εύκολος ο ακριβής προσδιορισμός του ποσοστού ανοιγμάτων μ , ως συντελεστές εσωτερικής πίεσης λήφθηκαν και οι δύο περιπτώσεις φορτίσεως $c_{pi} = +0,20$ και $c_{pi} = -0,30$, οι οποίοι συνδιάστηκαν με τις εξωτερικές πιέσεις.

Εξωτερικές πιέσεις και εσωτερικές πιέσεις

Η πίεση του ανέμου η οποία δρα κάθετα στις εξωτερικές επιφάνειες μιας κατασκευής προκύπτει από τη σχέση:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

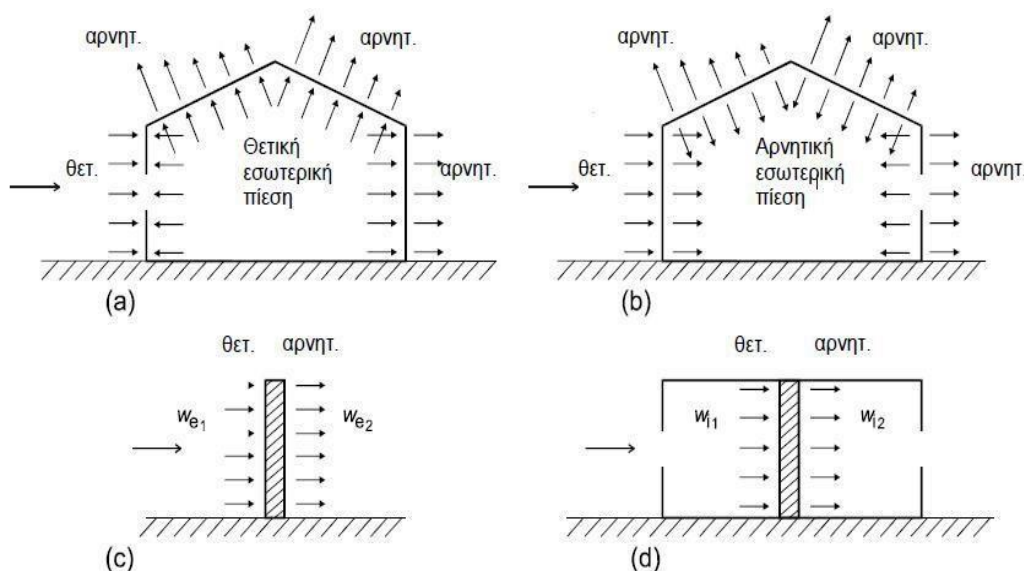
Η πίεση του ανέμου η οποία δρα στις εσωτερικές επιφάνειες μιας κατασκευής προκύπτει από τη σχέση:

$$w_i = q_p(z_e) \cdot c_{pi}$$

Τελικές πιέσεις

Οι τελικές πιέσεις στους κατακόρυφους τοίχους προκύπτουν από επαλληλία των εξωτερικών και εσωτερικών πιέσεων (όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα) και δίνονται από τη σχέση:

$$w = w_e - w_i$$



Σχήμα 4.4

Ο υπολογισμός φορτίων ανέμου, επηρεάζεται τόσο από την κάτοψη όσο και από το ύψος της κατασκευής. Παρατηρείται πως δυσμενέστερη εντατική κατάσταση για τα φορτία του ανέμου, προκύπτει όταν δύο δομικές μονάδες συνδέονται σε κατακόρυφη διάταξη. Στην συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά ο υπολογισμός των φορτίων καθώς και τα τυπικά προφίλ των φορτίων ανέμου. Τα φορτία ανέμου για όλες τις διατάξεις δομικών μονάδων που μελετήθηκαν, υπολογίστηκαν κατ' αντιστοιχία.

Δράσεις ανέμου επί του δώροφου

Κατακόρυφοι τοίχοι

Άνεμος κάθετος προς τον κορφιά $\theta = 0^\circ$

$$b = 6,80 \text{ m}$$

$$d = 3,80 \text{ m}$$

$$h = 6,20 \text{ m}$$

Για τους κατακόρυφους τοίχους ισχύει $h < b$ επομένως σύμφωνα με την παράγραφο 7.2.2 του Ευρωκώδικα EN 1991-1-4 διακρίνουμε ένα ύψος αναφοράς $z_e = 6,20 \text{ m}$.

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη ανέμου παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα

Θεμελιώδης ανέμου	ταχύτητα $v_{b,0}$	33	m/s
Βασική ταχύτητα ανέμου	v_b	33	m/s
Συντελεστής τραχύτητας	$c_r(6,20)$	1,191	
Μέση ταχύτητα ανέμου	v_m	39,31	m/s
Ένταση στροβιλισμού	$I_v(6,20)$	0,131	
Πίεση ταχύτητα αιχμής	$q_p(6,20)$	1,851	kN/m ²

Πίνακας 4.6

Εξωτερικές πιέσεις

$$e = \min(b; 2h) = \min(6,80; 12,40) = 6,80 \text{ m} > d = 3,80 \text{ m}$$

$$h/d = 6,20/3,80 = 1,63$$

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_A = 8,43 \text{ m}^2$$

$$A_B = 15,14 \text{ m}^2$$

$$A_D = A_E = 42,16 \text{ m}^2$$

Με γραμμική και λογαριθμική παρεμβολή από τον πίνακα 7.1 του Ευρωκώδικα EN 1991-1-4 για τους συντελεστές εξωτερικής πίεσης υπολογίζονται οι εξωτερικές πιέσεις για κάθε το ύψος αναφοράς. Οι τιμές τους παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Ζώνες	A	B	D	E
c_{pe}	-1,21	-0,80	0,80	-0,53
w_e $z_e=6,20$	-2,25	-1,48	1,48	-0,98

Πίνακας 4.7

Εσωτερικές πιέσεις

Λήφθηκαν και οι δύο περιπτώσεις εσωτερικής πίεσης $c_{pi}=+0,20$ και $c_{pi}=-0,30$. Οι εσωτερικές πιέσεις στους κατακόρυφους τοίχους προέκυψαν:

$$w_i(6,20) = 1,851 \text{ kN/m}^2 * (+0,20) = +0,37 \text{ kN/m}^2$$

$$w_i(6,20) = 1,851 \text{ kN/m}^2 * (-0,30) = -0,56 \text{ kN/m}^2$$

Συνολικές πιέσεις

Οι συνολικές πιέσεις, όπως αυτές προέκυψαν από επαλληλία των εξωτερικών και εσωτερικών πιέσεων, παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Ζώνες		A	B	D	E
$c_{pi} = +0,20$	w	-2,60	-1,85	1,10	-1,35
$c_{pi} = -0,30$	w	-1,70	-0,92	2,00	-0,42

Πίνακας 4.8

Άνεμος κάθετος προς τον κορφιά $\theta = 90^\circ$

$$b = 3,80 \text{ m}$$

$$d = 6,80 \text{ m}$$

$$h = 6,20 \text{ m}$$

Για τους κατακόρυφους τοίχους ισχύει $b < h < 2b$ επομένως σύμφωνα με την παράγραφο 7.2.2 του Ευρωκώδικα EN 1991-1-4 διακρίνουμε δύο ύψη αναφοράς $z_e = 3,80 \text{ m}$ $z_e = 6,20 \text{ m}$

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη ανέμου παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα

Εξωτερικές e =	Θεμελιώδης ταχύτητα ανέμου	$v_{b,0}$	33	m/s	πίεσεις min(b;2h) =
	Βασική ταχύτητα ανέμου	v_b	33	m/s	
	Συντελεστής τραχύτητας	$c_r(3,80)$	1,115		
		$c_r(6,20)$	1,191		
	Μέση ταχύτητα ανέμου	v_m	36,79	m/s	
		v_m	39,31	m/s	
	Ένταση στροβιλισμού	$I_v(3,80)$	0,140		
$I_v(6,20)$		0,131			
Πίεση ταχύτητας αιχμής	$q_p(3,80)$	1,674	kN/m ²		
	$q_p(6,20)$	1,851	kN/m ²		

$$\min(3,80;12,40) = 3,80 \text{ m} < d = 6,80 \text{ m}$$

$$h/d = 6,20/6,80 = 0,91$$

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_A = 4,71 \text{ m}^2$$

$$A_B = 18,85 \text{ m}^2$$

$$A_C = 18,6 \text{ m}^2$$

$$A_D = A_E = 23,56 \text{ m}^2$$

Με γραμμική και λογαριθμική παρεμβολή από τον πίνακα 7.1 του Ευρωκώδικα EN 1991-1-4 για τους συντελεστές εξωτερικής πίεσης υπολογίζονται οι εξωτερικές πιέσεις για κάθε το ύψος αναφοράς. Οι τιμές τους παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Ζώνες		A	B	C	D	E
c_{pe}		-1,27	-0,80	-0,50	0,80	-0,48
w_e	$z_e=3,80$	-2,12	-1,34	-0,84	1,34	-0,80
	$z_e=6,20$	-2,34	-1,48	-0,93	1,48	-0,89

Πίνακας 4.9

Εσωτερικές πιέσεις

Λήφθηκαν και οι δύο περιπτώσεις εσωτερικής πίεσης $c_{pi}=+0,20$ και $c_{pi}=-0,30$. Οι εσωτερικές πιέσεις στους κατακόρυφους τοίχους προέκυψαν:

$$w_i(3,80) = 1,674 \text{ kN/m}^2 * (+0,20) = +0,33 \text{ kN/m}^2$$

$$w_i(6,20) = 1,851 \text{ kN/m}^2 * (+0,20) = +0,37 \text{ kN/m}^2$$

$$w_i(3,80) = 1,674 \text{ kN/m}^2 * (-0,30) = -0,50 \text{ kN/m}^2$$

$$w_i(6,20) = 1,851 \text{ kN/m}^2 * (-0,30) = -0,56 \text{ kN/m}^2$$

Συνολικές πιέσεις

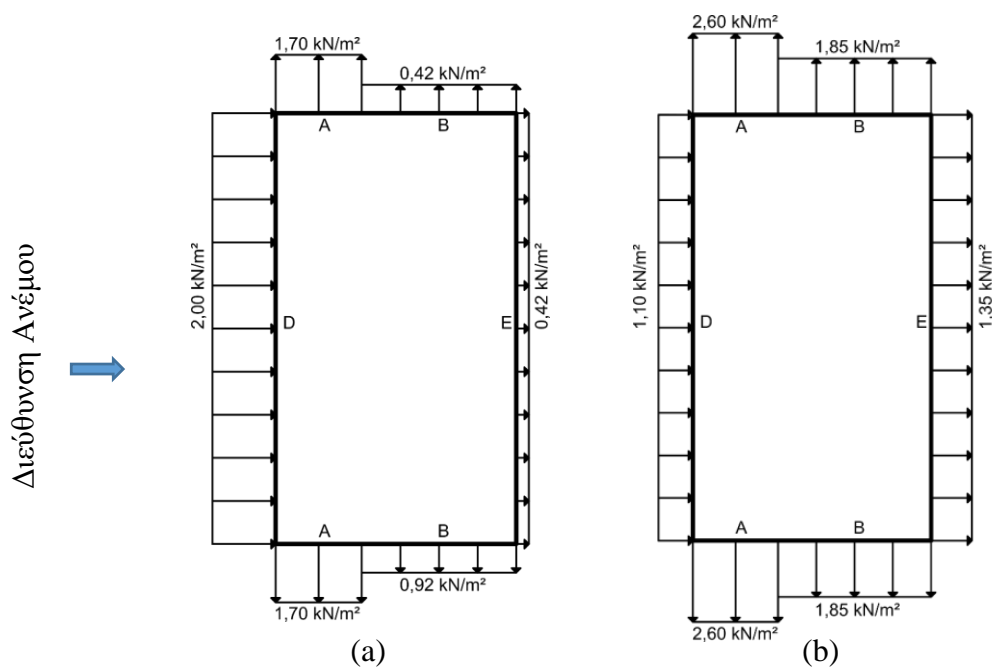
Οι συνολικές πιέσεις, όπως αυτές προέκυψαν από επαλληλία των εξωτερικών και εσωτερικών πιέσεων, παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Ζώνες		A	B	C	D	E	
$c_{pi} = +0,20$	W	$z_e=3,80$	-2,45	-1,67	-1,17	1,01	-1,14
		$z_e=6,20$	-2,71	-1,85	-1,30	1,11	-1,26
$c_{pi} = -0,30$	W	$z_e=3,80$	-1,62	-0,84	-0,33	1,84	-0,30
		$z_e=6,20$	-1,79	-0,93	-0,37	2,04	-0,33

Πίνακας 4.10:

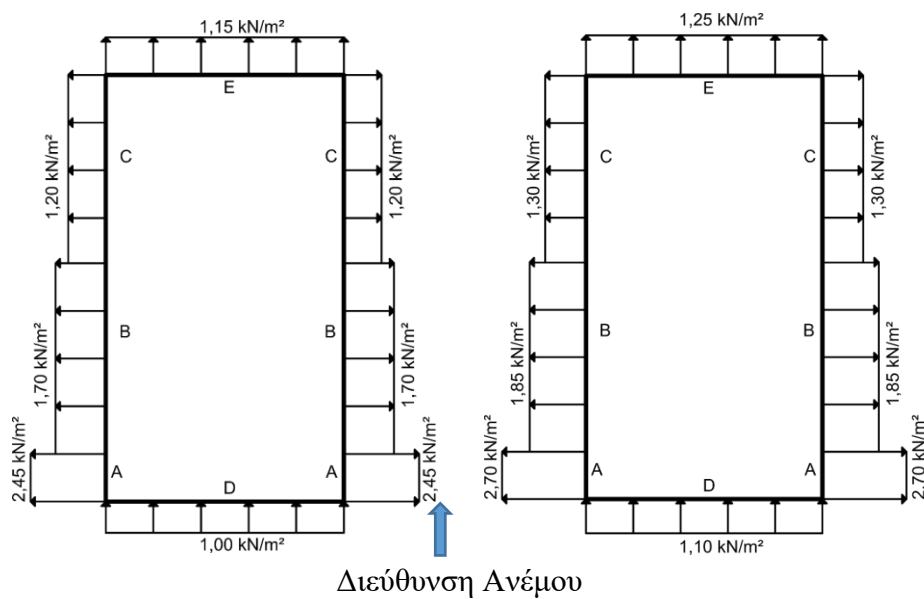
Τα συνολικά φορτία των τοίχων φαίνονται στα παρακάτω σχήματα:

Άνεμος κάθετος προς τον κορφιά $\theta=0^\circ$



Σχήμα 4.5: Συντελεστής εσωτερικής πίεσης (α) $c_{pi} = +0,20$ (β) $c_{pi} = -0,30$ και ύψος αναφοράς 6,20 μέτρα.

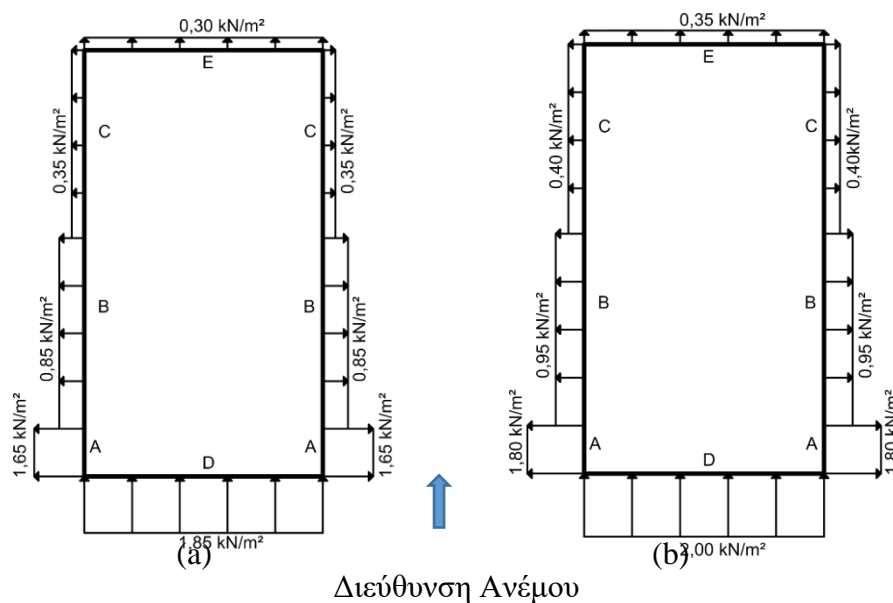
Άνεμος παράλληλος στον κορφιά $\theta=90^\circ$



(a)

(b)

Σχήμα 4.6: Συντελεστής εσωτερικής πίεσης (a) $c_{pi} = +0,20$ (b) $c_{pi} = +0,20$ και ύψος αναφοράς $z_e = 3,80$ m και $z_e = 6,20$ m



(a)

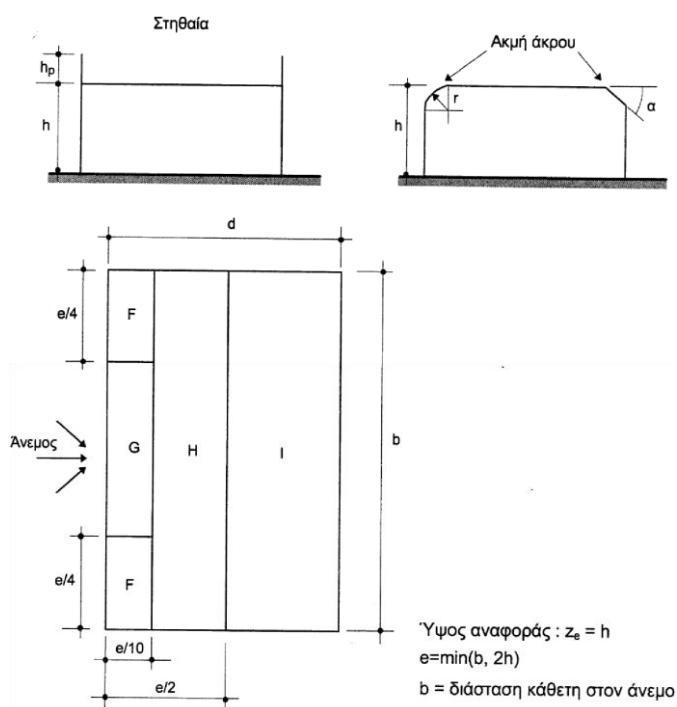
(b)

Σχήμα 4.7: Συντελεστής εσωτερικής πίεσης (a) $c_{pi} = -0,30$ (b) $c_{pi} = -0,30$ και ύψος αναφοράς $z_e = 3,80$ m και $z_e = 6,20$ m

Στέγη

Η οροφή των δομικών μονάδων είναι οριζόντια και επομένως ο υπολογισμός των φορτίων έγινε σύμφωνα με την παράγραφο 7.2.3 του Ευρωκώδικα EN 1991-1-4. Στα παρακάτω σχήματα φαίνεται τόσο ο υπολογισμός των επιφανειών όσο και οι προτεινόμενες τιμές των συντελεστών εξωτερικής πίεσης.

Κατ'αντιστοιχία με την περίπτωση των συντελεστών εξωτερικής πίεσης για τους κατακόρυφους τοίχους, για επιφάνειες με εμβαδόν $1\text{m}^2 < A < 10\text{m}^2$ προβλέπεται λογαριθμική παρεμβολή.



Πιν. 6.2 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για οριζόντιες οροφές

		Ζώνη							
		F		G		H		I	
		$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
αιχμηρά άκρα		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	±0,2	
με	$h_p/h=0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	±0,2	
	$h_p/h=0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	±0,2	
καμπύλα άκρα	$r/h=0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4	±0,2		
	$r/h=0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3	±0,2		
	$r/h=0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3	±0,2		
κεκλιμένα άκρα	$\alpha=30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3	±0,2		
	$\alpha=45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4	±0,2		
	$\alpha=60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5	±0,2		

Σχήμα 4.8

Για τη στέγη και $\theta=0^\circ$

$$b = 6,80 \text{ m}$$

$$d = 3,80 \text{ m}$$

$$h = 6,20 \text{ m}$$

Το ύψος αναφοράς είναι $h=6,20 \text{ m}$ και η πίεση ταχύτητας αιχμής είναι $1,85 \text{ kN/m}^2$.

Εξωτερικές πιέσεις

$$e = \min(b; 2h) = \min(6,80; 12,40) = 6,80 \text{ m} > d = 3,80 \text{ m}$$

$$h/d = 6,20/3,80 = 1,63$$

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_F = 1,15 \text{ m}^2$$

$$A_G = 2,31 \text{ m}^2$$

$$A_H = 18,5 \text{ m}^2$$

$$A_I = 2,72 \text{ m}^2$$

Με λογαριθμική παρεμβολή από τον πίνακα 7.2 του Ευρωκώδικα EN 1991-1-4 για τους συντελεστές εξωτερικής πίεσης

Ζώνες	F	G	H	I
C_{pe}	-2,45	-1,7	-0,70	$\pm 0,20$
<u>Εσωτερικές</u> W_e $z_e=6,20$	-4,54	-3,16	-1,29	$\pm 0,37$

πιέσεις

Λήφθηκαν και οι δύο περιπτώσεις εσωτερικής πίεσης $c_{pi}=+0,20$ και $c_{pi}=-0,30$. Οι εσωτερικές πιέσεις στους κατακόρυφους τοίχους προέκυψαν:

$$w_i(6,20) = 1,851 \text{ kN/m}^2 * (+0,20) = +0,37 \text{ kN/m}^2$$

$$w_i(6,20) = 1,851 \text{ kN/m}^2 * (-0,30) = -0,56 \text{ kN/m}^2$$

Συνολικές πιέσεις

Οι συνολικές πιέσεις, όπως αυτές προέκυψαν από επαλληλία των εξωτερικών και εσωτερικών πιέσεων, παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Ζώνες		F	G	H	I
$C_{pi} = +0,20$	w	-4,90	-3,53	-1,66	0 -0,74
$C_{pi} = -0,30$	w	-4,00	-2,60	-0,74	+0,18 +0,92

Για τη στέγη και $\theta=90^\circ$

$$b = 3,80 \text{ m}$$

$$d = 6,80 \text{ m}$$

$$h = 6,20 \text{ m}$$

Το ύψος αναφοράς είναι $h=6,20 \text{ m}$ και η πίεση ταχύτητας αιχμής είναι $1,85 \text{ kN/m}^2$.

Εξωτερικές πιέσεις

$$e = \min(b; 2h) = \min(3,80; 12,40) = 3,80 \text{ m} < d = 6,80 \text{ m}$$

$$h/d = 6,20/6,80 = 0,91$$

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_F = 0,36 \text{ m}^2$$

$$A_G = 0,72 \text{ m}^2$$

$$A_H = 5,77 \text{ m}^2$$

$$A_I = 18,62 \text{ m}^2$$

Με λογαριθμική παρεμβολή από τον πίνακα 7.2 του Ευρωκώδικα EN 1991-1-4 για τους συντελεστές εξωτερικής πίεσης

Ζώνες	F	G	H	I
C_{pe}	-2,50	-2,00	-0,82	$\pm 0,20$
W_e $z_e=6,20$	-4,62	-3,70	-1,51	$\pm 0,37$

Εσωτερικές

πιέσεις

Λήφθηκαν και οι δύο περιπτώσεις εσωτερικής πίεσης $c_{pi}=+0,20$ και $c_{pi}=-0,30$. Οι εσωτερικές πιέσεις στους κατακόρυφους τοίχους προέκυψαν:

$$w_i(6,20) = 1,851 \text{ kN/m}^2 * (+0,20) = +0,37 \text{ kN/m}^2$$

$$w_i(6,20) = 1,851 \text{ kN/m}^2 * (-0,30) = -0,56 \text{ kN/m}^2$$

Συνολικές πιέσεις

Οι συνολικές πιέσεις, όπως αυτές προέκυψαν από επαλληλία των εξωτερικών και εσωτερικών πιέσεων, παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Ζώνες	F	G	H	I
$C_{pi} = +0,20$				0
w	-4,99	-4,07	-1,688	-0,74
$C_{pi} = -0,30$				+0,18
w	-4,07	-3,14	-0,96	+0,92

5.3.3 Φορτία Χιονιού

Χαρακτηριστική τιμή φορτίου του χιονιού επί της στέγης είναι το γινόμενο της χαρακτηριστικής τιμής φορτίου χιονιού επί του εδάφους με τους κατάλληλους συντελεστές (συντελεστής σχήματος, στέγης, συντελεστής έκθεσης και θερμικός συντελεστής). Από τους τρεις συντελεστές ο καθοριστικός είναι ο συντελεστής σχήματος στέγης. Συνεπώς το φορτίο χιονιού εκτιμάται για καταστάσεις διαρκείας ή παροδικές ως εξής:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

Όπου:

μ_i : συντελεστής μορφής φορτίου χιονιού

s_k : χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους, όπως προκύπτει (Παράρτημα C, EN 1991-1-3) από τη σχέση :

$$s_k = s_{k,0} \cdot \left(1 + \left(\frac{A}{917} \right)^2 \right)$$

C_e : συντελεστής έκθεσης, ο οποίος για κανονικές συνθήκες λαμβάνεται ίσος με τη μονάδα

C_t : θερμικός συντελεστής, ο οποίος είναι συνήθως ίσος με τη μονάδα για κανονικές συνθήκες μόνωσης της στέγης

Το χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού $s_{k,0}$ στο έδαφος, εξαρτάται από την γεωγραφική θέση και το υψόμετρο της περιοχής. Από το παράρτημα Γ του Ευρωκωδικα και σύμφωνα με το Εθνικό Ελληνικό Προσάρτημα, για τοποθεσίες με υψόμετρο χαμηλότερο από 1500m, ορίζονται 3 ζώνες χιονιού στον ελλαδικό χώρο. Με βάση την έρευνα αυτή, κάθε ζώνη έχει σταθερή τιμή του χαρακτηριστικού φορτίου χιονιού στο έδαφος στην στάθμη της θάλασσας.

Ζώνη Α: Νομοί Αρκαδίας, Ηλείας, Μεσσηνίας και όλα τα νησιά πλην Σποράδων.

Ζώνη Γ: Νομοί Μαγνησίας, Φθιώτιδας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Λάρισας, Σποράδες

Ζώνη Β: Υπόλοιπη Χώρα

Οι τιμές του $s_{k,0}$ είναι 0.4, 0.8, 1,7 για τις τρεις ζώνες αντίστοιχα Α, Β, Γ.

Στην παρούσα εργασία, και δεδομένου ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη τοποθεσία στην οποία θα πραγματοποιηθεί η κατασκευή, επιλέχθηκε ως περιοχή τοποθέτησης η ζώνη Β και το υψόμετρο 400 m. Έτσι το φορτίο χιονιού προκύπτει:

$$s_k = 0.8 \cdot \left(1 + \left(\frac{400}{917} \right)^2 \right) = 0.95 \text{ kN/m}^2$$

Ο συντελεστής μ_i για μονοκλινή στέγη και $\alpha < 30^\circ$ προκύπτει 0.8. Επομένως το φορτίο χιονιού στη στέγη προκύπτει:

$$s = 0.76 \text{ kN/m}^2$$

5.3.4 Σεισμικές Δράσεις

Σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα, σε όλες τις σεισμικές ζώνες στην Ελλάδα εφαρμόζεται οριζόντιο φάσμα ελαστικής απόκρισης Τύπου Ι. Ωστόσο, για να αποφευχθεί η εκτέλεση πλήρως ανελαστικής ανάλυσης στην μελέτη, η ικανότητα του φορέα για απόδοση ενέργειας, κυρίως μέσω της πλάστιμης συμπεριφοράς των στοιχείων του ή/και άλλων μηχανισμών, λαμβάνεται υπόψη με εκτέλεση ελαστικής ανάλυσης βασισμένης σε φάσμα απόκρισης μειωμένο σε σχέση με το ελαστικό, που ονομάζεται "φάσμα σχεδιασμού". Η μείωση αυτή

επιτυγχάνεται με την εισαγωγή του συντελεστή συμπεριφοράς q . Παρακάτω, παρατίθεται αναλυτικά ο υπολογισμός των βασικών συνιστωσών του φάσματος σχεδιασμού, όπως ορίζονται από τον Ευρωκώδικα 8.

Υπολογισμός εδαφικής επιτάχυνσης a_{gR}

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN1998, η Ελλάδα υποδιαιρείται από τις εθνικές αρχές σε τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας, σε κάθε μια από τις οποίες αντιστοιχεί μία τιμή εδαφικής επιτάχυνσης a_{gR} . Για λόγους υπέρ της ασφαλείας λήφθηκε υπόψη η Ζώνη 3, με αντίστοιχη εδαφική επιτάχυνση: $a_{gR}=0.36m/s^2$.

Υπολογισμός χαρακτηριστικών περιόδων και συντελεστή εδάφους

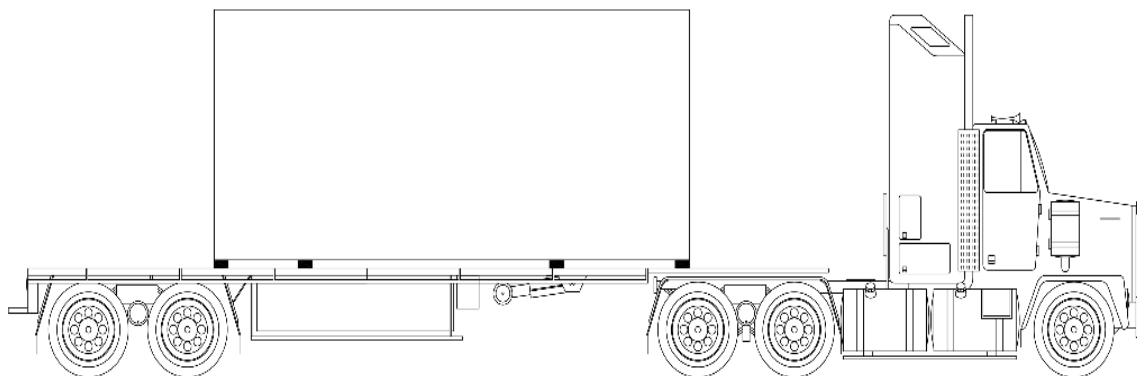
Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θεωρήθηκε κατηγορία εδάφους B, που αντιστοιχεί σε αποθέσεις πολύ πυκνής άμμου, χαλίκων, ή πολύ σκληρής αργίλου, πάχους τουλάχιστον αρκετών δεκάδων μέτρων, που χαρακτηρίζονται από βαθμιαία βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων με το βάθος. Πρόκειται για σύνηθες έδαφος με σχετικά καλή μηχανική συμπεριφορά.. Για αυτή την κατηγορία εδάφους, προκύπτουν οι χαρακτηριστικές περίοδοι και ο συντελεστής εδάφους: $T_B = 0.15sec$, $T_C = 0.50sec$, $T_D = 2.50sec$, $S=1.20$

Υπολογισμός συντελεστή συμπεριφοράς q

Σε αντίστοιχο πίνακα του pr EN1998-1:2003, ορίζονται οι ανώτατες τιμές συντελεστή συμπεριφοράς q κανονικών σε όψη συστημάτων από χάλυβα, ανάλογα με το στατικό σύστημα και την κατηγορία πλαστιμότητας. Παρόλα αυτά, επειδή για το εν λόγω σύστημα δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων η κάτοψη αλλά και η όψη, θεωρήθηκε συντελεστής συμπεριφοράς $q = 1.5$.

5.4 Ειδικές Δράσεις

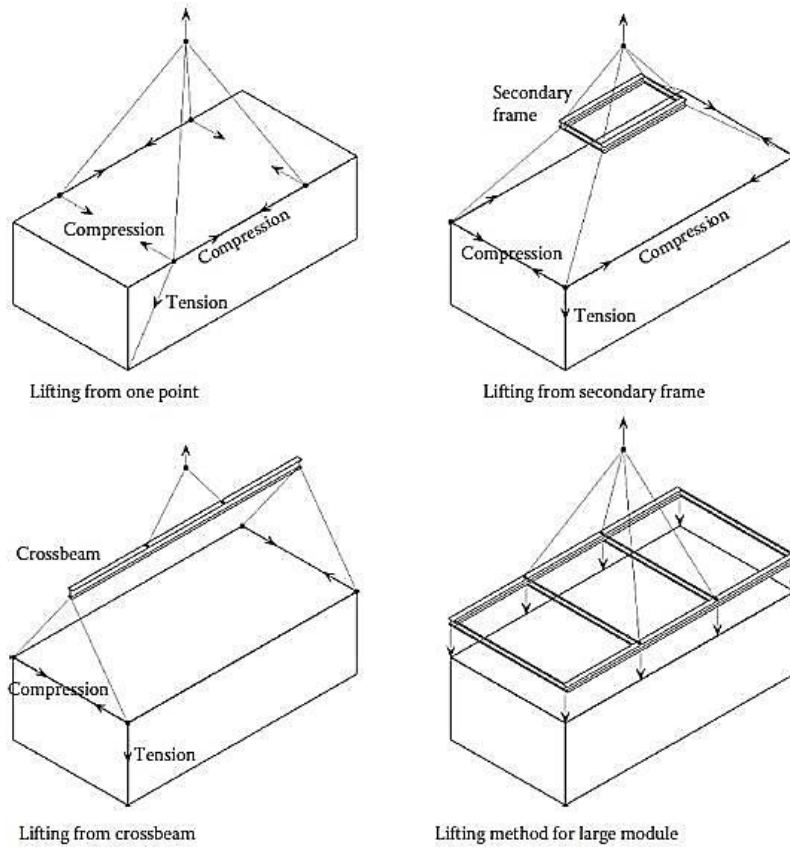
Το σύστημα κατασκευής που μελετάται στην παρούσα εργασία προβλέπει την κατασκευή των δομικών μονάδων σε εργοστασιακό χώρο και στην συνέχεια την μεταφορά του στον χώρο εγκατάστασης. Εξ' αιτίας αυτού, ήταν απαραίτητο ληφθούν υπ' όψιν οι ειδικές δράσεις που καταπονούν τις δομικές μονάδες τόσο κατά τη μεταφορά τους και όσο και κατά την φάση κατασκευής (ανέγερση).



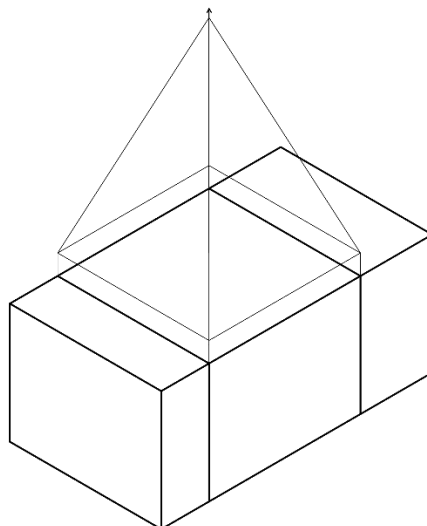
Σχήμα 4.9: Ενδεικτικό σχέδιο μεταφοράς της τυπικής μονάδας με φορτηγό. Η τυπική μονάδα στηρίζεται σε οκτώ συνολικά βάσεις, οι οποίες τοποθετούνται ακριβώς κάτω από κάθε υποστύλωμα προκειμένου να εξασφαλιστεί η σωστή κατανομή του φορτίου.

Η μεταφορά των μονάδων συνήθως δεν χρειάζεται ιδιαίτερη μελέτη. Αρχικά, τα οχήματα με τα οποία μεταφέρονται δεν αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες ώστε να δημιουργήσουν ανεπιθύμητες εντάσεις στα μέλη των δομικών μονάδων. Επιπλέον, οι μονάδες είτε εδράζονται εξολοκλήρου πάνω στο φορτηγό είτε γίνεται ειδική μέριμνα ώστε να εδράζονται με κατάλληλες διατάξεις στις θέσεις όπου θα εδράζονται κατά τη διάρκεια ζωής τους ώστε να μην αλλάζει η στατική λειτουργία των μελών τους.

Η ανύψωση των δομικών προκατασκευασμένων μονάδων πρέπει λοιπόν να γίνει χρησιμοποιώντας την κατάλληλη διάταξη. Κάθε διάταξη προσδίδει διαφορετική ευστάθεια κατά την επιχείρηση ανύψωσης, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να δημιουργήσει ένταση σε μέλη της δομικής μονάδας (π.χ. θλίψη ή εφελκυσμό), για τα οποία δεν έχει μελετηθεί το συγκεκριμένο μέλος. Οι πιθανές διατάξεις, διαφέρουν ως προς τον αριθμό σημείων πρόσδεσης των ιμάντων, την θέση αυτών, την χρήση βοηθητικών διατάξεων (π.χ. δοκός/οί) καθώς και την κλίση των ιμάντων ανάληψης η οποία επηρεάζει άμεσα την εντατική κατάσταση των μελών κατά την διάρκεια μιας τέτοιας επιχείρησης.



Σχήμα 4.10: Τυπικές διατάξεις ανύψωσης βασικών μονάδων με διαφορές στους μάντες, την κλιση τους και τον αριθμό τους.



Σχήμα 4.11: Ενδεικτική διάταξη ανέγερσης της τυπικής μονάδες με μάντες ή καλώδια άλλου τύπου. Η τυπική μονάδα ανασηκώνεται απο τις θέσεις όπου υπάρχουν υποστυλώματα προκειμένου να διασφαλιστεί η επιθυμητή στατική λειτουργία.

5.5 Συνδιασμοί Δράσεων

5.5.1 Εισαγωγή

Οριακές καταστάσεις είναι οι καταστάσεις πέρα των οποίων ο φορέας ή τμήμα αυτού δεν ικανοποιεί πλέον τα κριτήρια σχεδιασμού του. Διακρίνονται στις παρακάτω δύο κατηγορίες :

- Οριακές καταστάσεις αστοχίας (Ultimate Limit States – ULS, πλαστικές αντοχές, απώλεια ευστάθειας, θραύση, κόπωση, ανατροπή κ.ά.), που συνδέονται με κατάρρευση ή με ισοδύναμες μορφές αστοχίας του φορέα ή τμήματος του. Οι οριακές καταστάσεις αστοχίας, σχετίζονται με την ασφάλεια των ανθρώπων, την ασφάλεια του φορέα και την προστασία των περιεχομένων, αφορούν δε τις παρακάτω καταστάσεις. Απώλεια ισορροπίας του φορέα ή οποιουδήποτε μέρους του. Αστοχία λόγω μεγάλων παραμορφώσεων (στροφών ή μετακινήσεων) με μετατροπή του φορέα σε μηχανισμό.
- Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (Serviceability Limit States-SLS, μετατοπίσεις, ταλαντώσεις, ρηγματώσεις κτλ) που συνδέονται με συνθήκες πέραν των οποίων δεν παρατηρούνται πλέον οι καθορισμένες απαιτήσεις για το φορέα ή για μέλος αυτού. Οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας αφορούν τις λειτουργικές απαιτήσεις του φορέα ή των επιμέρους δομικών μελών του υπο συνθήκες συνήθους χρήσης, προκειμένου να διασφαλιστεί η άνεση των χρηστών, η αίσθηση ασφάλειας αλλά και η εξωτερική εμφάνιση της κατασκευής (ρωγμές, παραμορφώσεις).

Οι καταστάσεις αυτές (ULS και SLS) προσεγγίζονται με προσαύξηση των φορτίων λειτουργίας του φορέα μέσω των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας. Τα προκύπτοντα φορτία ονομάζονται φορτία ή δράσεις σχεδιασμού και χρησιμοποιούνται υπό μορφή συνδυασμών για το σχεδιασμό του φορέα. Ο σχεδιασμός θα πρέπει να βασίζεται στη χρήση κατάλληλων, για τη συγκεκριμένη οριακή κατάσταση, προσομοιωμάτων του φορέα και της φόρτισης και πρέπει να ελέγχεται ότι δεν υπάρχει υπέρβαση σε καμία οριακή κατάσταση. Οι καταστάσεις σχεδιασμού του φορέα για τις οποίες γίνεται έλεγχος σε σχέση με τις προαναφερθείσες οριακές καταστάσεις είναι καταστάσεις σχεδιασμού με διάρκεια, οι οποίες αναφέρονται σε συνθήκες κανονικής χρήσης.

5.5.2 Συνδυασμοί δράσεων

Ανάλογα με το είδος, τη μορφή και τη θέση της κατασκευής, προσδιορίστηκαν οι διάφορες χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων που επενεργούν επ' αυτής, όπως παρουσιάστηκαν στο παραπάνω κεφάλαιο. Οι δράσεις αυτές πολλαπλασιασμένες με κατάλληλους συντελεστές(επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ), συνδυάζονται μεταξύ τους κατάλληλα (συντελεστές συνδυασμού ψ) για καθεμία από τις δύο οριακές καταστάσεις και στη συνέχεια εφαρμόζονται επί του φορέα. Είναι προφανές ότι οι δράσεις που υπεισέρχονται στους συνδυασμούς, επενεργούν και εκδηλώνονται ταυτόχρονα.

- Οριακή κατάσταση αστοχίας για καταστάσεις διαρκείας ή παροδικές δράσεις.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Οριακή κατάσταση αστοχίας για καταστάσεις σεισμικής διέγερσης.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{ed,k,1} + \sum_{j \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

όπου "+" σημαίνει "επαλληλία με":

$G_{k,j}$ χαρακτηριστική τιμή των μόνιμων δράσεων

$Q_{k,1}$ χαρακτηριστική τιμή επικρατέστερης μεταβλητής δράσης

$Q_{k,i}$ χαρακτηριστική τιμή λοιπών μεταβλητών δράσεων i

P χαρακτηριστική τιμή προέντασης

A_{ed} τιμή σχεδιασμού της σεισμικής δράσης

$\gamma_{G,j}$ επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για τη μόνιμη δράση j

$\gamma_{Q,i}$ επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για τη μεταβλητή δράση i

γ_P επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για την προένταση

$\psi_{0,i}$ συντελεστές συνδυασμού των μεταβλητών δράσεων (σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 1990)

Οι τιμές του γ που προτείνονται για τους ελέγχους είναι οι ακόλουθες:

$\gamma_{G,j} = 1.35$ όπου είναι δυσμενής και 1.00 όπου είναι ευνοϊκή

$\gamma_{Q,1} = 1.50$ όπου είναι δυσμενής και 0 όπου είναι ευνοϊκή

$\gamma_{Q,i} = 1.50$ όπου είναι δυσμενής και 0 όπου είναι ευνοϊκή

Ο βασικός έλεγχος μιας οριακής κατάστασης αστοχίας ή υπερβολικής παραμόρφωση μιας διατομής, ενός στοιχείου ή μιας σύνδεσης πραγματοποιείται με την ανίσωση :

$$E_d \leq R_d$$

όπου

E_d : η τιμή του σχεδιασμού του αποτελέσματος των δράσεων, π.χ. Εντατικό μέγεθος (N, M, V) ή ένα διάνυσμα που εκφράζει διάφορα εντατικά μεγέθη

R_d : η τιμή σχεδιασμού της αντίστοιχης αντοχής

- Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (χαρακτηριστικός συνδιασμός):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{j \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Όπου θα ελέγχεται ότι:

$$E_d \leq C_d$$

C_d: η οριακή τιμή σχεδιασμού του συναφούς κριτηρίου λειτουργικότητας

E_d: η τιμή του σχεδιασμού των αποτελεσμάτων των δράσεων, οι οποίες καθορίζονται στα πλαίσια του κριτηρίου λειτουργικότητας και η οποία προσδιορίζεται βάσει του σχετικού συνδυασμού.

Οι τιμές των συντελεστών ψ_i σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 1 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Συντελεστές συνδυασμού δράσεων ψ_i κατά τον EC1			
Δράση	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Μεταβλητά φορτία σε κτίρια ⁽¹⁾			
Κατηγορία A: κατοικίες	[0,7]	[0,5]	[0,3]
Κατηγορία B: γραφεία	[0,7]	[0,5]	[0,3]
Κατηγορία C: επιφάνειες συνάθροισης (σχολεία, εστιατόρια, εκκλησίες, θέατρα, κινηματογράφοι κ.λπ.)	[0,7]	[0,7]	[0,6]
Κατηγορία D: καταστήματα			
Κατηγορία E: αποθηκευτικοί χώροι	[0,7]	[0,7]	[0,6]
	[1,0]	[0,9]	[0,8]
Φορτία κυκλοφορίας οχημάτων σε κτίρια			
Κατηγορία F: βάρος οχημάτων ≤ 30kN	[0,7]	[0,7]	[0,6]
Κατηγορία G: 30kN ≤ βάρος οχημάτων ≤ 160kN	[0,7]	[0,5]	[0,3]
Κατηγορία H: στέγες	[0]	[0]	[0]
Φορτία χιονιού σε κτίρια	[0,6] ⁽²⁾	[0,2] ⁽²⁾	[0] ⁽²⁾
Φορτία ανέμου σε κτίρια	[0,6] ⁽²⁾	[0,5] ⁽²⁾	[0] ⁽²⁾
Θερμοκρασία σε κτίρια (εκτός φωτιάς) ⁽³⁾	[0,6] ⁽²⁾	[0,5] ⁽²⁾	[0] ⁽²⁾
(1) Για συνδυασμούς επιβεβλημένων φορτίων σε πολυώροφα κτίρια βλ. EC1:Μέρος 2-1 (2) Ενδέχεται να απαιτούνται τροποποιήσεις για διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές (3) Βλ. EC1:Μέρος 2-5			

Πίνακας 4.11

Οι συνδιασμοί δράσεων που λήφθηκαν υπ' όψιν στην μελέτη των δομικών μονάδων προέκυψαν συνδιάζοντας τις μόνιμες δράσεις με τις επιβαλλόμενες μεταβλητές δράσεις χρησιμοποιώντας τις προτεινόμενες τιμές των συντελεστών ψ σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 1.

Όπως προτείνει ο Ευρωκώδικας, ξεχωριστοί συνδιασμοί φόρτισης πρέπει να θεωρηθούν για κάθε κινητό φορτίο, θεωρώντας το εναλλάξ κύριο ή δευτερεύον. Ενώ τα φορτία χιονιού και τα συνήθη κινητά φορτία τα οποία ορίζουν οι κανονισμοί δεν παρουσιάζουν καμία ιδιαιτερότητα, τα φορτία του ανέμου απαιτούν την δημιουργία περισσότερων συνδιασμών.

Συγκεκριμένα, για την ανάλυση της κατασκευής σε φορτία ανέμου, είναι αναγκαίο να θεωρηθεί άνεμος στις δύο κύριες διευθύνσεις. Παράλληλα για κάθε διεύθυνση, θεωρούνται δύο συντελεστές εσωτερικής πίεσης. Επομένως, υπάρχουν τέσσερις δράσεις ανέμου, ανάλογα με την διεύθυνση και τους συντελεστές εσωτερικής πίεσης, οι οποίες συνδιάζονται με τα λοιπά κινητά είτε ως κύριες είτε ως δευτερεύουσες δράσεις. Κατ' αυτό τον τρόπο προκύπτουν 12 συνδιασμοί για κάθε μία από τις οριακές καταστάσεις.

Επιπλέον, προκειμένου να υπολογιστεί η εντατική κατάσταση στην οροφή των δομικών μονάδων εξ' αιτίας των δράσεων του ανέμου, διαμορφώθηκαν τέσσερις επιπλέον συνδιασμοί φόρτισης για κάθε μία από τις οριακές καταστάσεις αστοχίας, όπου το φορτίο του χιονιού θεωρείται ότι δρα ευμενώς και επομένως παραλείπεται, ενώ το πρόσθετο μόνιμο φορτίο της οροφής, το οποίο επίσης δρα ευμενώς, λαμβάνεται με συντελεστή ίσο με τη μονάδα.

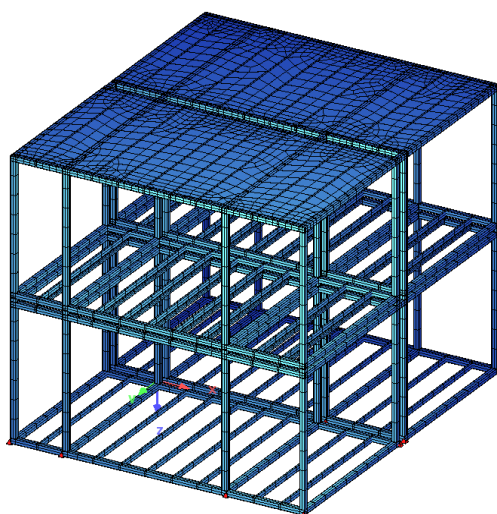
5. Πορεία επιλογής διατομών – στατικό προσομοίωμα

5.1 Εισαγωγή

Κατά την διαδικασία μόρφωσης των δομικών μονάδων και την επιλογή κατάλληλου τύπου διατομών, αρχικά ήταν απαραίτητο να διερευνηθεί ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί κάθε μέλος τους. Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί αναλυτικά η πορεία που ακολουθήθηκε προκειμένου να επιλεγθούν οι κατά το δυνατόν βέλτιστες διατομές.

5.2 Μόρφωση φέροντος οργανισμού

Ο φέρων οργανισμός των δομικών μονάδων αποτελείται από τα υποστυλώματα, τις κύριες δοκούς και τις διαδοκίδες. Κάθε δομική μονάδα θεωρείται αυτόνομη και αποτελείται από τα ίδια μέλη ανεξάρτητα από τον τρόπο που θα συνδιαστούν ώστε να προκύψει η τελική κατασκευή (Σχήμα 5.1). Η παραλαβή των κατακόρυφων φορτίων των δαπέδων και της οροφής γίνεται από τις διαδοκίδες, ενώ στη συνέχεια αυτά μεταβιβάζονται στις κύριες δοκούς και τελικά στα υποστυλώματα. Δεδομένου ότι το σπονδυλωτό σύστημα κατασκευής θα πρέπει να προσφέρει μια σχετική ευελιξία στον σχεδιασμό της τελικής κατασκευής, προτιμήθηκε οι δομικές μονάδες να μελετηθούν χωρίς κατακόρυφους συνδέσμους δυσκαμψίας. Επομένως, η παραλαβή των οριζοντίων δυνάμεων γίνεται μέσω πλαισιακής λειτουργίας και στις δύο διευθύνσεις. Όσον αφορά την δυνατότητα σύνδεσης δομικών μονάδων σε κατακόρυφη διάταξη, θεωρήθηκε ότι τα κατακόρυφα φορτία από τις υπερκείμενες δομικές μονάδες μεταβιβάζονται από τα υποστυλώματα αυτών απ' ευθείας στα υποστυλώματα των υποκείμενων δομικών μονάδων. Επομένως οι κύριες δοκοί επιβαρύνονται μόνο από τα κατακόρυφα φορτία της δομικής μονάδας στην οποία ανήκουν.

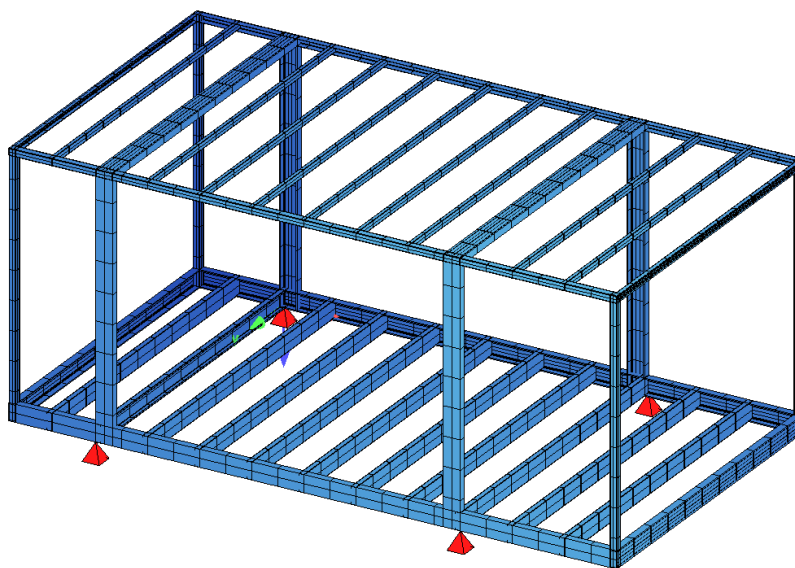


Σχήμα 5.1: Διάταξη τεσσάρων δομικών μονάδων αποτελούμενων από τα ίδια μέλη

5.3 Παραμετρική διευρένηση τύπου διατομών

Κατά την πορεία επιλογής του κατάλληλου τύπου διατομών για κάθε μέλος της δομικής μονάδας εξετάστηκε αρχικά η επιλογή ανοιχτού τύπου διατομών “U” PN για τις κύριες δοκούς και τα μεσαία υποστυλώματα, ενώ για τα ακραία υποστυλώματα επιλέχθηκαν κοίλες τετραγωνικές διατομές SHS. Όσον αφορά τις διαδοκίδες μελετήθηκε η χρήση διατομών C ψυχρής διαμόρφωσης (Σχήμα 5.2).

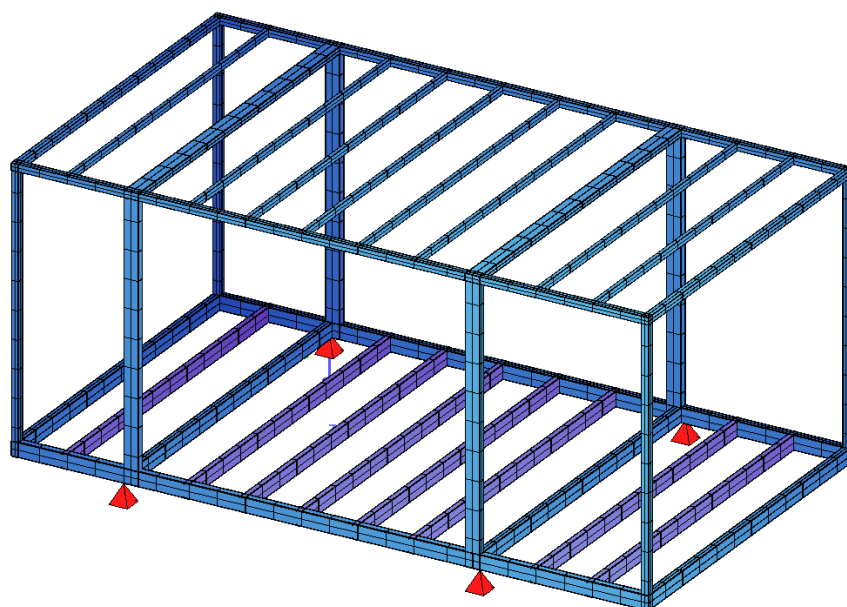
Οι συγκεκριμένες διατομές επιλέχθηκαν με κριτήριο τόσο το μικρό σχετικά βάρος τους όσο και το γεγονός ότι επιτρέπουν την εύκολη διαμόρφωση συνδέσεων. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα οι κύριες δοκοί της οροφής, δεδομένου ότι θα παραλαμβάνουν μόνο τα πρόσθετα μόνιμα φορτία της οροφής και τα φορτία του χιονιού, επιλέχθηκαν με κριτήριο να επαρκούν μόνο έναντι αυτών των φορτίων. Αν και οι συγκεκριμένοι τύποι διατομής προσφέρουν πλεονεκτήματα ως προς την συνδεσιμότητά τους, το γεγονός ότι είναι στρεπτικά ευαίσθητες, μειώνει την φέρουσα ικανότητα του συνόλου με αποτέλεσμα τον περιορισμό των αρχιτεκτονικών λύσεων ιδιαίτερα ως προς το ύψος του συνολικού φορέα. Αναλυτικά οι διατομές που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.



Σχήμα 5.2: Πρώτο μοντέλο βασικής μονάδας με κεντρικά υποστυλώματα - δοκούς διατομής U και ακραία υποστυλώματα κοίλης κυκλικής διατομής θερμής έλασης.

Μέλη Φέροντος Οργανισμού	Διατομές
Εσωτερικά Υποστυλώματα	UPN 200
Ακραία Υποστυλώματα	SHS 80
Κύριες δοκοί δαπέδου	UPN 200
Διαμήκειες και εγκάρσιες δοκοί οροφής	SHS 80
Εγκάρσιες εσωτερικές δοκοί οροφής	UPN 200
Διαδοκίδες δαπέδου	C 200/60/20
Διαδοκίδες οροφής	C 80/40/20

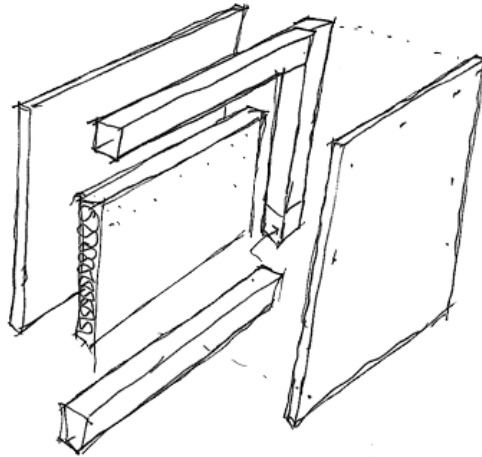
Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, η μόρφωση των δομικών μονάδων έγινε έχοντας θεωρήσει ότι η κατασκευή τους θα γίνεται εξ'ολοκλήρου σε εργοστασιακές συνθήκες και στη συνέχεια αυτές θα μεταφέρονται στο εργοτάξιο. Αυτό δίνει την δυνατότητα, η σύνδεση μεταξύ των μελών της δομικής μονάδας να διαμορφώνεται ως συγκολλητή και επομένως θα μπορούσε να επιτραπεί η χρήση κοίλων διατομών. Λαμβανομένων υπ'όψιν των παραπάνω εξετάστηκε η περίπτωση τα κύρια μέλη του φέροντος οργανισμού να είναι κοίλες διατομές, ενώ οι διαδοκίδες να είναι διατομές τύπου C ψυχρής διαμόρφωσης. Οι διατομές που χρησιμοποιήθηκαν για τα εσωτερικά υποστυλώματα και τις κύριες δοκούς του δαπέδου ήταν κοίλες ορθογωνικές διατομές RHS 160x80 ενώ για τα ακραία υποστυλώματα χρησιμοποιήθηκαν κοίλες τετραγωνικές διατομές SHS 80 (Σχήμα 5.3). Αναλυτικά οι διατομές που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.



Σχήμα 5.3: Δεύτερη βασική μονάδα με κοίλα ορθογωνικά κεντρικά και ακραία υποστυλώματα καθώς και δοκούς, ενώ οι διαδοκίδες είναι διατομής C.

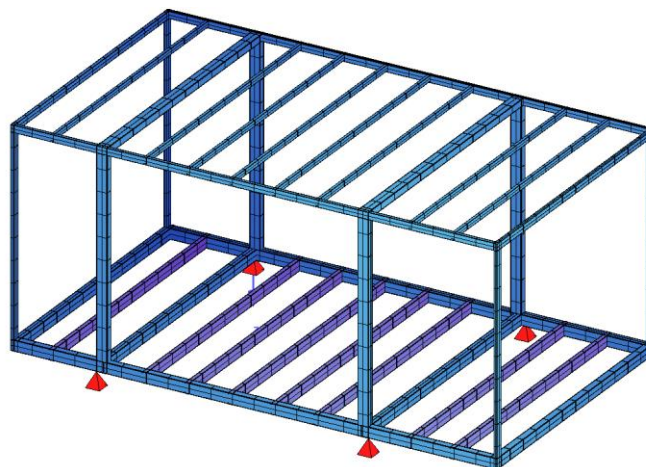
Μέλη Φέροντος Οργανισμού	Διατομές
Εσωτερικά Υποστυλώματα	RHS 160x80
Ακραία Υποστυλώματα	SHS 80
Κύριες δοκοί δαπέδου	RHS 160x80
Διαμήκειες και εγκάρσιες δοκοί οροφής	SHS 80
Εγκάρσιες εσωτερικές δοκοί οροφής	RHS 160x80
Διαδοκίδες δαπέδου	C 160/60/20
Διαδοκίδες οροφής	C 80/40/20

Οι συγκεκριμένες διατομές επιλέχθηκαν και τοποθετήθηκαν με αυτό τον τρόπο ώστε αφενός να μην μειωθεί ιδιαίτερα το ελεύθερο πλάτος της δομικής μονάδας και αφετέρου η πλήρωση των εξωτερικών τοίχων να μπορεί να εδράζεται επί της δοκού (Σχήμα 5.4). Ωστόσο και το σύστημα πλήρωσης που θα χρησιμοποιούνταν για τους εξωτερικούς τοίχους θα έπρεπε να έχει τα κατάλληλα χαρακτηριστικά ώστε να είναι ικανό να παραλάβει και τα φορτία των ανεμοπιέσεων και στη συνέχεια να τα μεταβιβάσει στα κύρια δομικά στοιχεία του φέροντος οργανισμού. Παρατηρήθηκε ότι το πλάτος των δοκών δεν ήταν κατάλληλο ώστε να επιτρέψει την τοποθέτηση επί αυτού.



Σχήμα 5.4: Τυπική διάταξη τοιχοπλήρωσεως, εδραζόμενη μεταξύ των κύριων δοκαριών αλλά και των κεντρικών υποστυλωμάτων. Οι ορθοστάτες της τοιχοπλήρωσης, πρέπει να μπορούν να εδραστούν στην υποκείμενη δοκό.

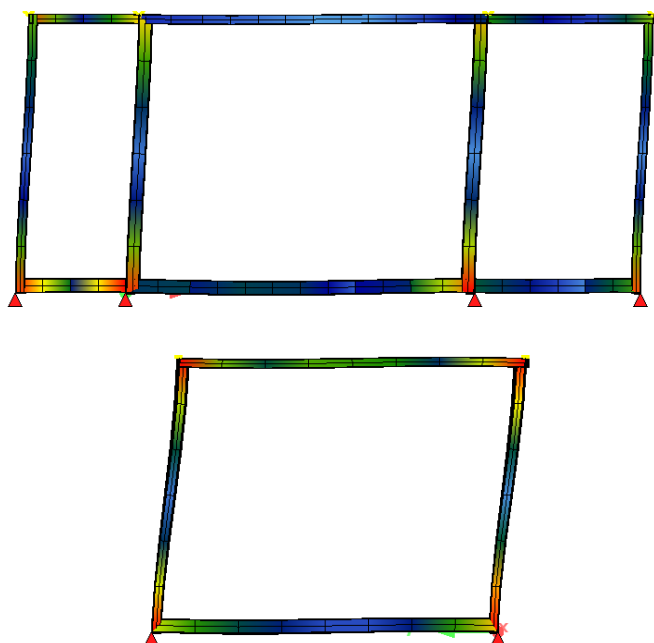
Συνεπώς, για τις κύριες δοκούς έπρεπε να επιλεγθούν διατομές με πλάτος τουλάχιστον 10 cm, ώστε να υπάρχει ο απαραίτητος χώρος για τοποθέτηση των ορθοστατών της τοιχοπλήρωσης. Επιλέχθηκαν και πάλι κοίλες ορθογωνικές διατομές RHS 150x100 και αντίστοιχα διαμορφώθηκαν και οι υπόλοιπες διατομές των δομικών μονάδων (Σχήμα 5.5). Αναλυτικά οι διατομές που επιλέχθηκαν για κάθε μέλος φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.



Σχήμα 5.5: Βασική μονάδα με κοίλα ορθογωνικά κεντρικά υποστυλώματα – δοκούς και ακραία υποστυλώματα ίδιου τύπου διατομής με μικρότερες διαστάσεις.

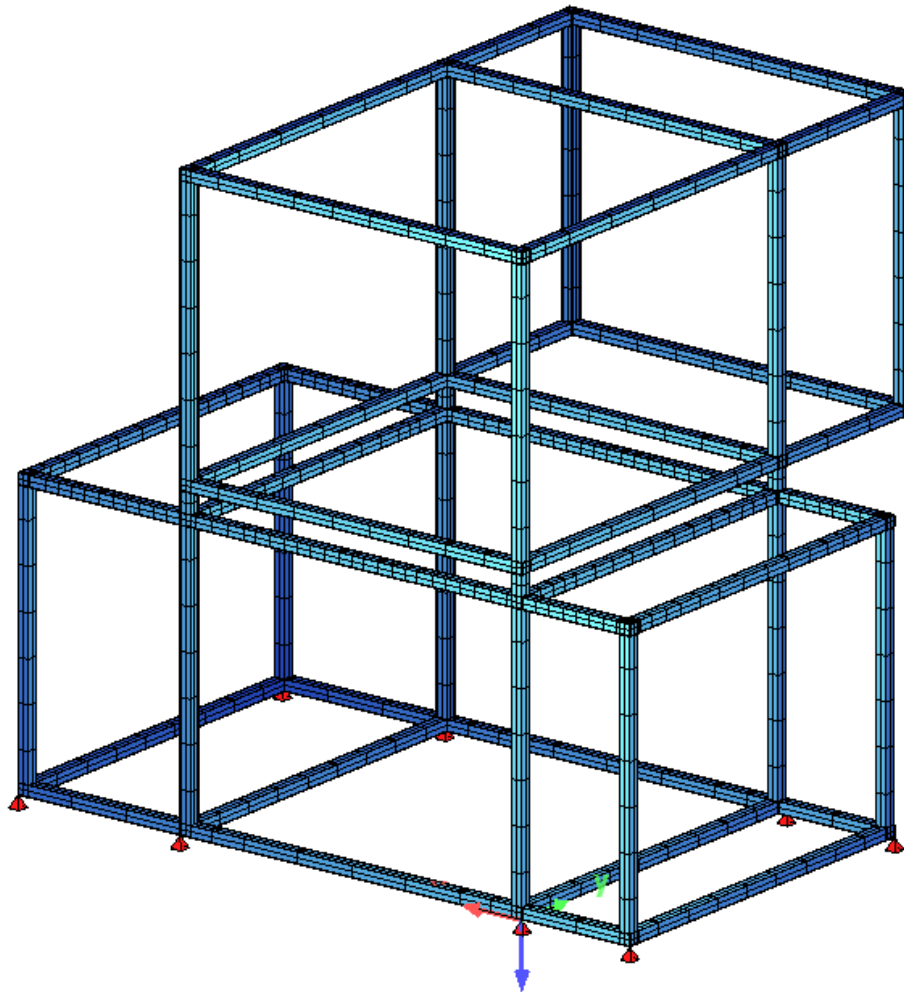
Μέλη Φέροντος Οργανισμού	Διατομές
Εσωτερικά Υποστυλώματα	RHS 150x100
Ακραία Υποστυλώματα	RHS 100x50
Κύριες δοκοί δαπέδου	RHS 150x100
Διαμήκειες και εγκάρσιες δοκοί οροφής	RHS 100x50
Εγκάρσιες εσωτερικές δοκοί οροφής	RHS 100x50
Διαδοκίδες δαπέδου	C 140/60/20
Διαδοκίδες οροφής	C 100/60/20

Έχοντας πλέον καταλήξει στις παραπάνω διαστάσεις για τα μέλη της βασικής μονάδας, ήταν απαραίτητο να ελεγχθεί η καταλληλότητα των διατομών όχι μόνο ως προς το κατασκευαστικό κομμάτι αλλά και ως προς την φέρουσα ικανότητα την οποία προσδίδουν στον φορέα. Όπως παρατηρήθηκε από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, δυσμενέστερη εντατική κατάσταση για την δομική μονάδα προέκυπτε για φορτία ανέμου κατά τη διεύθυνση Υ (Σχήμα 5.6) εξαιτίας των οριζόντιων φορτίων που προέρχονται από τις ανεμοπιέσεις. Οι διατομές των υποστυλωμάτων όμως ήταν έτσι προσανατολισμένες ώστε να ενεργοποιείται ο ασθενής τους άξονας κατά την διεύθυνση αυτή, πράγμα το οποίο οδήγησε σε μεγάλες μετακινήσεις αλλά και καταπόνηση κατά την εγκάρσια διεύθυνση. Η τοποθέτηση των διατομών με αυτόν τον προσανατολισμό, έγινε όχι μόνο για κατασκευαστικούς αλλά και για να μην μειωθεί περαιτέρω το ελεύθερο πλάτος της δομικής μονάδας. Για το λόγο αυτό, και προκειμένου να επαρκούν τα υποστυλώματα τόσο σε επίπεδο διατομής όσο και σε επίπεδο μέλους θα έπρεπε να αυξηθεί σημαντικά το πάχος τους, με αποτέλεσμα να μην γίνεται καλή εκμετάλλευση της διατομής



Σχήμα 5.6 Παραμορφωμένη κατάσταση για οριζόντια φορτία εντός επιπέδου των πλαισίων

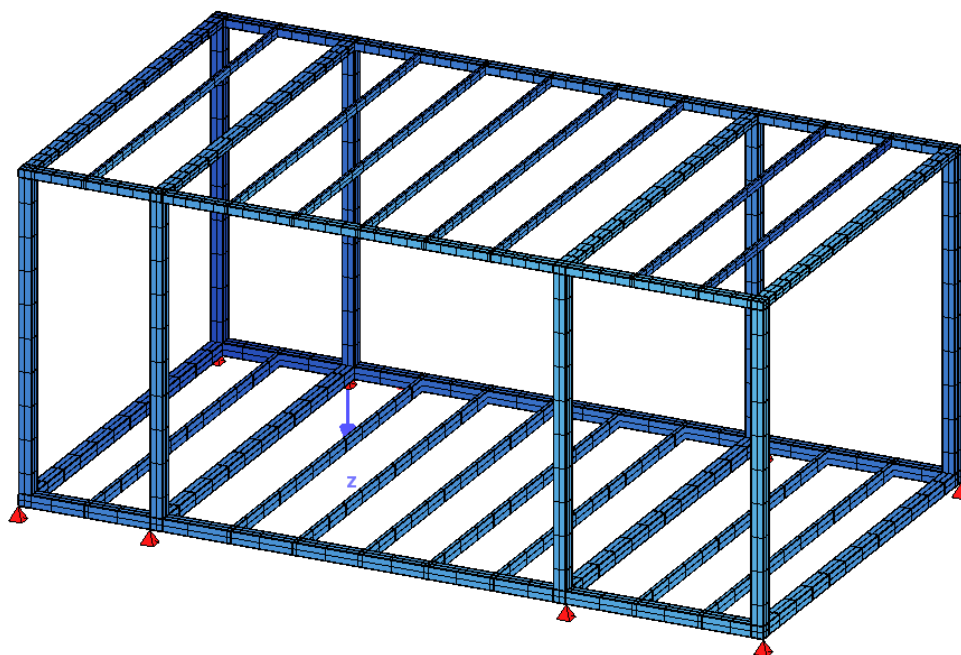
Επιπλέον η χρήση κοίλων ορθογωνικών διατομών RHS 150x100 θα έκανε πιο δυσχερή την σύνδεση δομικών μονάδων όταν οι διαμήκεις διευθύνσεις τους τοποθετούνται κάθετα μεταξύ τους (Σχήμα 5.7), καθώς οι διατομές δεν θα είχαν την ίδια διάσταση και πιθανόν να χρειαζόνταν κάποιο ειδικό κομβόελασμα ή έγχυτο κόμβο ο οποίος θα επέτρεπε τελικά την σύνδεση.



Σχήμα 5.7: Τυπική διάταξη δύο βασικών μονάδων στην κατακόρυφη διεύθυνση, με προσανατολισμό όπου διαφέρει 90 μοίρες.

Κρίθηκε επομένως προτιμότερο να επιλεγθούν κοίλες τετραγωνικές διατομές. Με αυτόν τον τρόπο η βασική μονάδα απέκτησε ευελιξία ως προς τον τρόπο σύνδεσης της με άλλες, ενώ ταυτόχρονα κατέστη δυνατή η διάταξη δομικών μονάδων σε σχηματισμούς πέραν ενός τυπικού κάναβου. Οι διατομές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν διατομές CHS 120 (Σχήμα 5.8). Οι συγκεκριμένες διατομές έχουν μεγαλύτερη δυσκαμψία σε σχέση με αυτή των διατομών RHS 150x100 (ως προς τον ασθενή άξονα) και το εμβαδόν της διατομής τους είναι ελαφρώς μικρότερο για τα αντίστοιχα πάχη, ενώ το ελεύθερο πλάτος των δομικών μονάδων, αν και μειώνεται, επιτρέπει τον σχεδιασμό λειτουργικών χώρων.

Επιπροσθέτως, οι διαδοκίδες τύπου C ψυχρής διαμόρφωσης τόσο στο δάπεδο όσο και στην οροφή αντικαταστάθηκαν από κοίλες ορθογωνικές διατομές. Αυτό έγινε καθώς οι διατομές C, είναι ευαίσθητες σε φαινόμενα πλευρικού αλλά και τοπικού λυγισμού όταν δεν έχουν την κατάλληλη πλευρική εξασφάλιση, πράγμα το οποίο θεωρήθηκε πως έπρεπε να αποφευχθεί. Η λύση των κοίλων ορθογωνικών διατομών εξετάστηκε εξ' αιτίας της καλύτερης συμπεριφοράς των διατομών αυτών σε επίπεδο διατομής και μέλους, ενώ ταυτόχρονα η αύξηση του βάρους της δομικής μονάδας λόγω της τοποθέτησης τους έναντι των αντίστοιχων C ήταν μικρή.



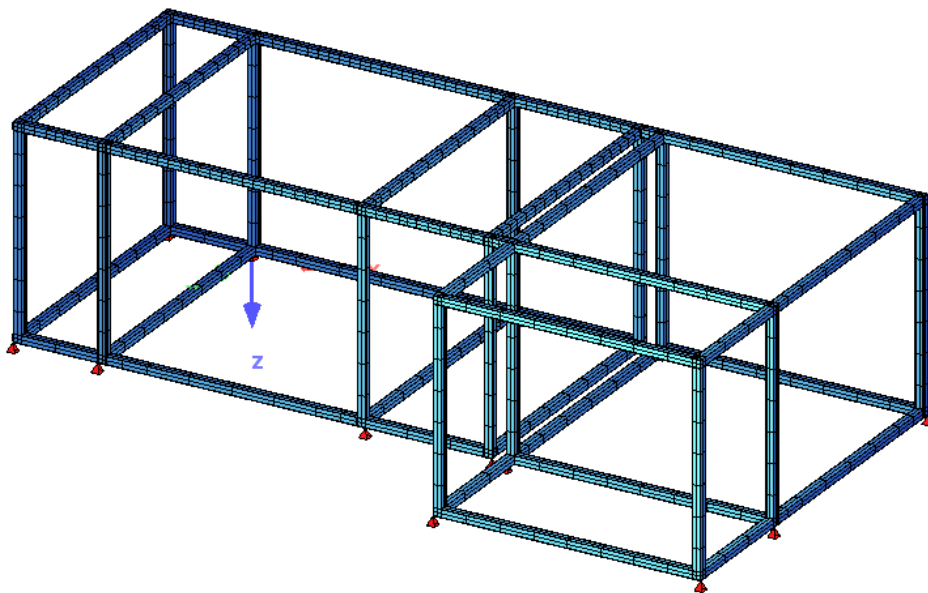
Σχήμα 5.8: Μόρφωση βασικής μονάδας με κοίλες ορθογωνικές διατομές ίδιων διαστάσεων για τα κεντρικά ακραία υποστυλώματα αλλά και τις δοκούς δαπέδου. Ευκολότερη σύνδεση μονάδων είναι δυνατή πλέον σε κατακόρυφη διάταξη.

Όπως τονίστηκε και προηγουμένως, οι κύριες δοκοί της οροφής της δομικής μονάδας ήταν μικρότερες σε σχέση με αυτές του δαπέδου αφού δεν υπάρχει ανάγκη ανάληψης άλλων κατακόρυφων φορτίων πέρα από το πρόσθετο μόνιμο και το χιόνι.

Μέλη Φέροντος Οργανισμού	Διατομές
Εσωτερικά Υποστυλώματα	SHS 120
Ακραία Υποστυλώματα	SHS 120
Κύριες δοκοί δαπέδου	SHS 120
Κύριες δοκοί οροφής	RHS 120x80
Διαδοκίδες δαπέδου	RHS 120x40
Διαδοκίδες οροφής	RHS 80x40

Ένας επιπλέον λόγος για αυτή την επιλογή ήταν το να μην μειωθεί ιδιαίτερα το ελεύθερο ύψος της δομικής μονάδας. Με βάση αυτό το σκεπτικό, μορφώθηκε η δομική μονάδα, οι διατομές της οποίας αναφέρονται αναλυτικά στον παραπάνω πίνακα.

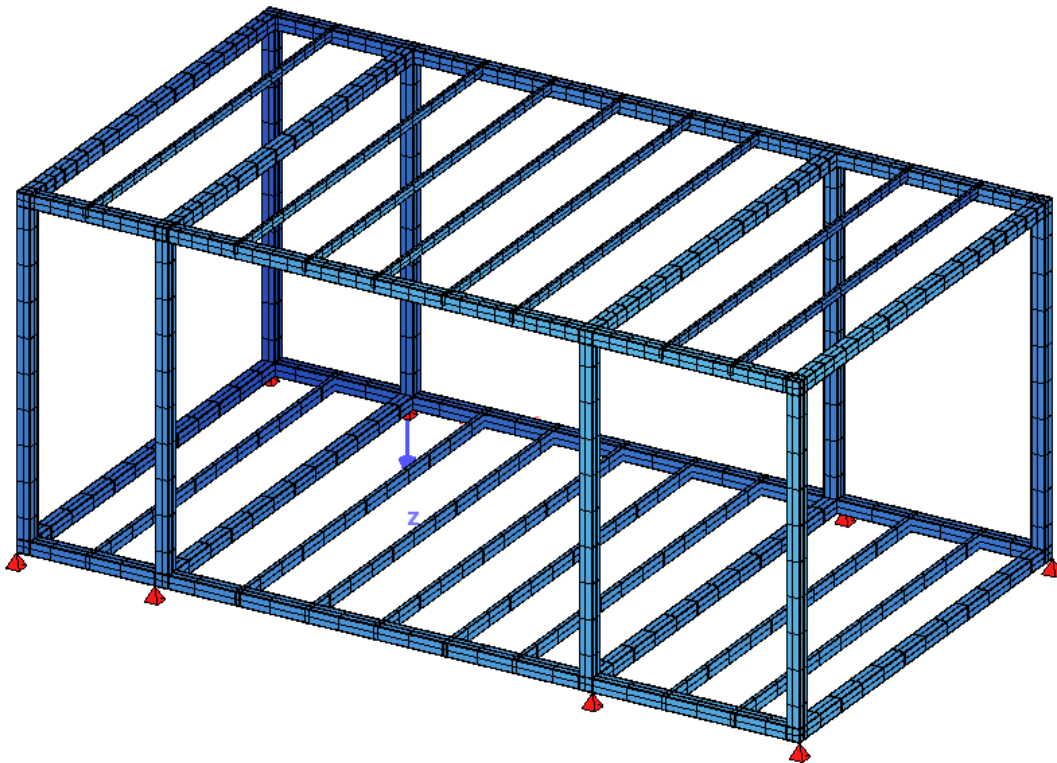
Με βάση τα όσα έχουν αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, η ανάπτυξη ενός σπονδυλωτού συστήματος κατασκευής είναι μια πολύπλοκη διαδικασία καθώς θα πρέπει να ικανοποιούνται πολλές αλληλοσυγκρουόμενες προϋποθέσεις. Αυτό επέβαλε την μόρφωση βασικών μονάδων οι οποίες θα είναι όσο πιο οικονομικές γίνεται ενώ ταυτόχρονα θα προσφέρουν την δυνατότητα να παραχθούν διαφορετικές ως προς την μορφή και το μέγεθος κατασκευές. Επομένως, κρίθηκε σκόπιμο για λόγους ευελιξίας να χρησιμοποιηθούν οι ίδιοι τύποι διατομών τόσο για τις κύριες δοκούς του δαπέδου όσο και της οροφής. Αυτή διαφοροποίηση στη δομική μονάδα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του συνολικού της βάρους κατά ανά μονάδα εμβαδού από τα 76.6 kg/m^2 στα 80 kg/m^2 . Αν και μια τέτοια λύση δεν είναι η βέλτιστη από αυστηρά οικονομική άποψη, καθώς στα πλαίσια μαζικής παραγωγής ακόμα και μικρή σχετικά αύξηση επηρεάζει σημαντικά το συνολικό κόστος, μπορεί να προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα, όπως η μείωση του κατασκευαστικού χρόνου και του χρόνου μελέτης, ενώ επίσης διευκολύνει την τυποποίηση της διαδικασίας παραγωγής. Επίσης η διαμόρφωση και η μελέτη των συνδέσεων γίνεται μια πιο εύκολη και τυποποιημένη διαδικασία (Σχήμα 5.9).



Σχήμα 5.9: Δυνατότητα σύνδεσης δομικών μονάδων με διαφορετικό προσανατολισμό

Επομένως οι δομικές μονάδες, στην τελική τους μορφή, μορφώθηκαν με τις διατομές που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Μέλη Φέροντος Οργανισμού	Διατομές
Εσωτερικά Υποστυλώματα	SHS 120x6.3
Ακραία Υποστυλώματα	SHS 120x5
Κύριες δοκοί δαπέδου	SHS 120x5
Κύριες δοκοί οροφής	SHS 120x5
Διαδοκίδες δαπέδου	RHS 120x40x3
Διαδοκίδες οροφής	RHS 80x40x3

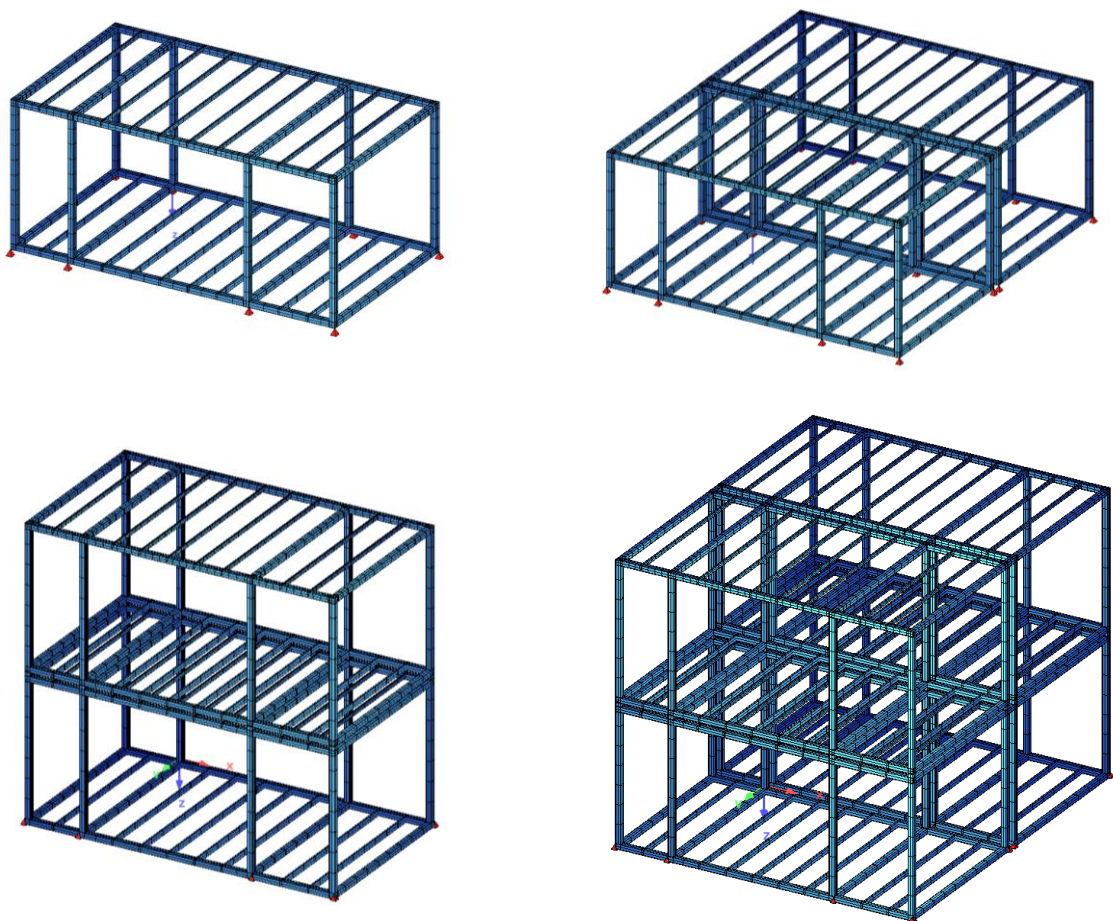


Σχήμα 5.10: Τελική μορφή βασικής μονάδας με κοίλες ορθογωνικές διατομές ίδιων διαστάσεων για τα κεντρικά ακραία υποστυλώματα αλλά και τις δοκούς. Ευκολότερη σύνδεση μονάδων είναι δυνατή πλέον.

5.4 Επιλογή αντιπροσωπευτικής διάταξης

Έχοντας πλέον διαμορφώσει την δομική μονάδα ως προς τους τύπους των διατομών που θα χρησιμοποιηθούν, ήταν απαραίτητο να ληφθούν κάποιες αποφάσεις ως προς το μέγεθος των κατασκευών που μπορούν να προκύψουν με βάση τις προκατασκευασμένες μονάδες. Ο λόγος ήταν ώστε το σύστημα να προσφέρει μεν ευελιξία στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό αλλά ταυτόχρονα η κατασκευή του να είναι όσο το δυνατόν πιο οικονομική. Συνεπώς, επιλέχθηκε το σύστημα σπονδυλωτής κατασκευής να επιτρέπει αρχικά την διαμόρφωση οποιασδήποτε διάωροφης κατασκευής ως αρχικό κριτήριο. Η ανέγερση κατασκευών με περισσότερους ορόφους, θα μπορούσε να υλοποιηθεί οικονομικά με χρήση ειδικών λύσεων για περιορισμό τάσεων ή οριζόντιων μετακινήσεων σε κάποιες πιθανές διατάξεις των βασικών μονάδων.

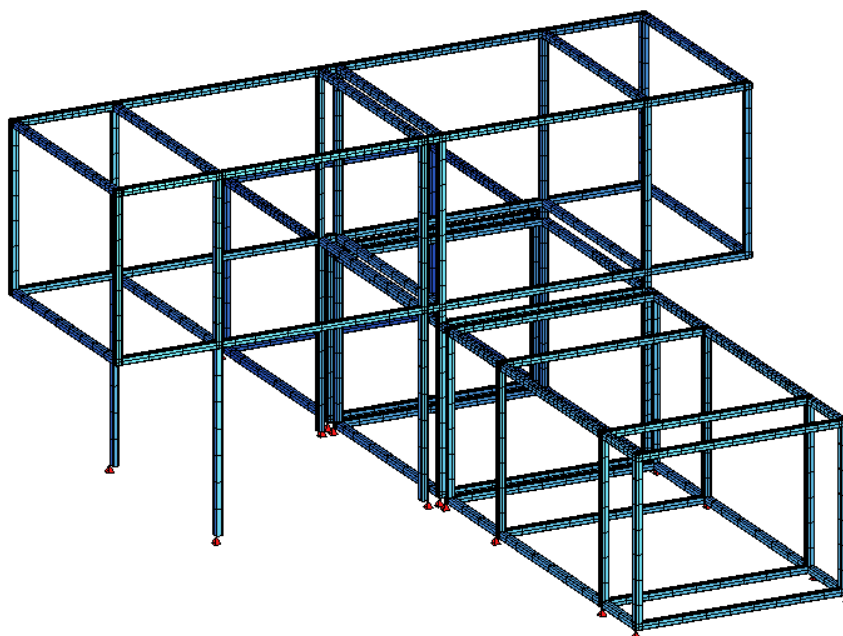
Παρακάτω φαίνονται τα μοντέλα ανάλυσης τα οποία λήφθηκαν υπόψη προκειμένου να ελεγχθεί η επάρκεια των διατομών (Σχήμα 5.11).



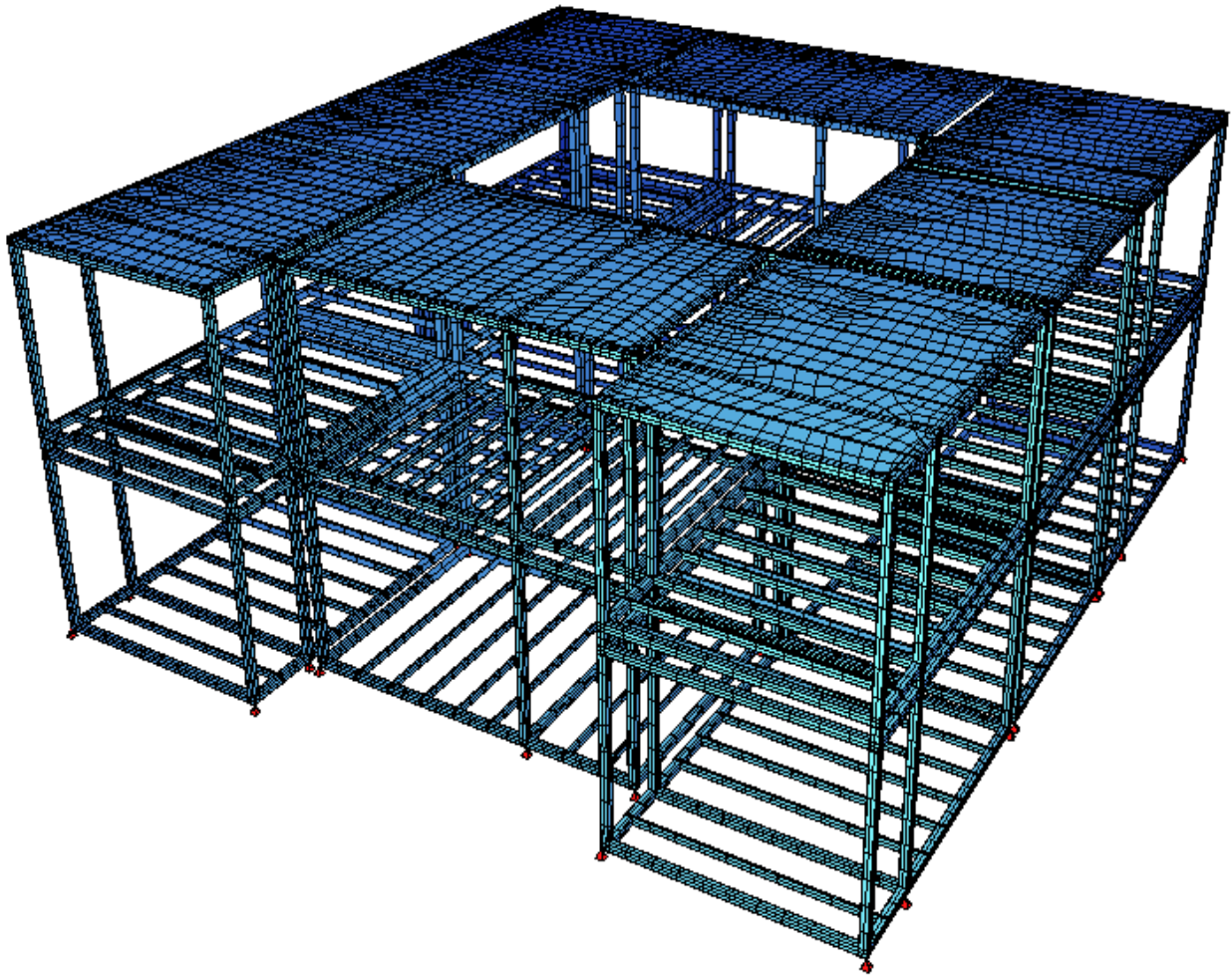
Σχήμα 5.11: Απλές διατάξεις μοντέλων ανάλυσης

Αρχικά, ελέγχθηκαν οι απλές διατάξεις που φαίνονται στα παραπάνω σχήματα. Η πλέον δυσμενής περίπτωση μεταξύ αυτών, με βάση την οποία πραγματοποιήθηκε η διαστασιολόγηση των μελών, διαπιστώθηκε ότι προέκυπτε από την τοποθέτηση δύο δομικών μονάδων σε κατακόρυφη διάταξη. Το μοντέλο αυτό ήταν δυσμενές καθώς, έχει αυξημένο ύψος σε σχέση με το μονόροφο, γεγονός το οποίο οδηγεί σε αυξημένες ροπές λόγω του ανέμου. Η ροπή του ανέμου αυξάνεται λόγω δύο παραγόντων: η αύξηση της παράπλευρης επιφάνειας στην οποία ασκείται ο άνεμος (άρα και αύξηση της δύναμης) και η αύξηση του μοχλοβραχίονα της πίεσης του ανέμου ως προς την στάθμη έδρασης (εδώ το έδαφος). Επίσης, η περίπτωση με μόνο δύο μονάδες σε κατακόρυφη διάταξη είναι δυσμενής καθώς δεν υπάρχουν άλλες μονάδες κατα την οριζόντια διεύθυνση οι οποίες να προσδίδουν επιπλέον δυσκαμψία κατα την παραλαβή των οριζόντιων φορτίων. Είναι χαρακτηριστικό δε, πως για κάποιες κατηγορίες εδάφους, όπως θα αναλυθεί και αργότερα, κρίσιμες φαίνεται να είναι οι οριζόντιες μετακινήσεις της κατασκευής και όχι οι ελαστικές τάσεις απο τον συνδιασμό ροπής, τέμνουσας και αξονικής για τα υποστυλώματα.

Στη συνέχεια, μέσα από αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν σε πιο σύνθετες διατάξεις δομικών μονάδων (με περισσότερες δομικές μονάδες και ακανόνιστη διάταξη τόσο σε οριζόντια όσο και σε κατακόρυφη διεύθυνση) (Σχήμα 5.12), ελέγχθηκε η επάρκεια των δομικών τους μελών σε οριακή κατάσταση αστοχίας και λειτουργικότητας. Πράγματι οι διατάξεις αυτές επαρκούν, καθώς η διάταξη τους και κατά την οριζόντια διεύθυνση φαίνεται να έχει ανακουφιστική δράση τόσο για τις τάσεις όσο και για τις μετακινήσεις των ορόφων.

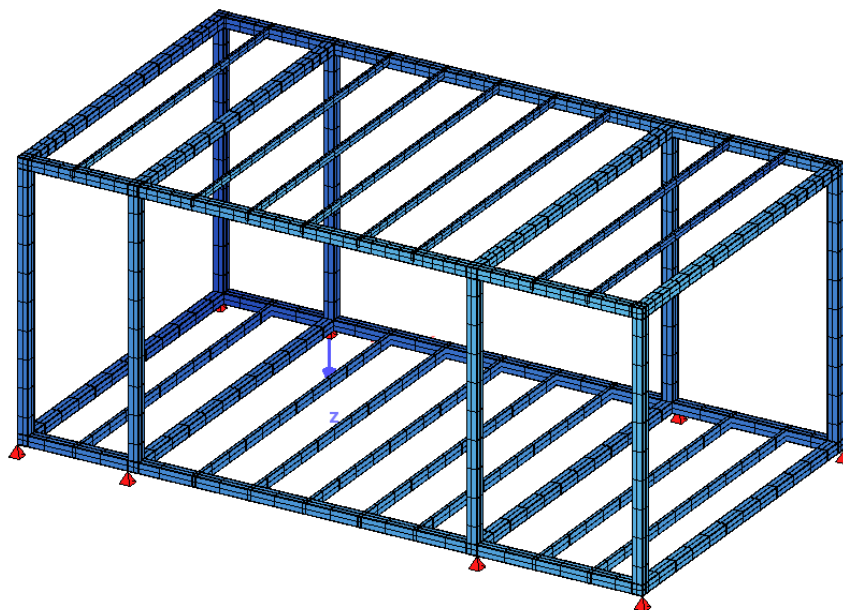


Σχήμα 5.12: Χαλύβδινος σκελετός κατοικίας, κατασκευασμένος με τρεις βασικές μονάδες. Στην παραπάνω διάταξη φαίνεται η ευελιξία στις αρχιτεκτονικές λύσεις που προσφέρει το σύστημα



Σχήμα 5.13: Χαλύβδινος σκελετός με δεκατέσσερις βασικές μονάδες, τοποθετημένες και συνδεδεμένες σε κατακόρυφη αλλά και οριζόντια διάταξη. Η συγκεκριμένη κατασκευή, έχει εμπνευστεί από πραγματικό κτίριο του μηχανοκίνητου αθλητισμού. Σκοπός του συγκεκριμένου κτιρίου είναι η συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση στα μέρη στα οποία λαμβάνουν μέρος οι αγώνες.

5.5 Έλεγχος και διαστασιολόγηση



Η διαστασιολόγηση των δομικών στοιχείων της βασικής μονάδας έγινε με βάση τις κανονιστικές διατάξεις του Ευρωκώδικα 3 με τη βοήθεια του προγράμματος Steel Members. Οι διατομές αυτές επιλέχθηκαν με επαναληπτικές διαδικασίες ανάλυσης και διαστασιολόγησης ώστε αφενός να επαρκούν έναντι των δεδομένων ελέγχων αλλά και να πληρούν τις κατασκευαστικές απαιτήσεις.

5.5.1 Θεωρητικά στοιχεία ελέγχων διατομών και μελών

Ποιότητα Δομικού Χάλυβα

Η ποιότητα κατά EN10025 που θεωρήθηκε για την κατασκευή είναι S355 και συγκεκριμένα οι χαρακτηριστικές τιμές του ορίου διαρροής f_y και της εφελκυστικής αντοχής f_u ανάλογα με το ονομαστικό πάχος του στοιχείου φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πρότυπο και ποιότητα χάλυβα	Ονομαστικό πάχος του στοιχείου t [mm]			
	$t \leq 40$ mm		40 mm $< t \leq 80$ mm	
	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
EN 10025-2	(Κοινοί χάλυβες – χονδρόκοκκοι)			
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470

Κατάταξη διατομών

Η κατάταξη των διατομών, προκειμένου να διαπιστωθεί η έκταση στην οποία η αντοχή και η στρφοική τους ικανότητα περιορίζονται από φαινόμενα τοπικού λυγισμού, πραγματοποιήθηκε με χρήση του παρακάτω πίνακα.

Εσωτερικά θλιβόμενα τμήματα						
					Άξονας κάμψης	
					Άξονας Κάμψης	
Κατηγορία	Τμήμα που υπόκειται σε κάμψη	Τμήμα που υπόκειται σε θλίψη	Τμήμα που υπόκειται σε κάμψη και θλίψη			
Κατανομή τάσεων στα τμήματα (θλίψη θετική)						
1	$c/t \leq 72 \cdot \epsilon$	$c/t \leq 33 \cdot \epsilon$	όταν $a > 0,5$: $c/t \leq \frac{396 \cdot \epsilon}{13 \cdot a - 1}$ όταν $a \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36 \cdot \epsilon}{a}$			
2	$c/t \leq 83 \cdot \epsilon$	$c/t \leq 38 \cdot \epsilon$	όταν $a > 0,5$: $c/t \leq \frac{456 \cdot \epsilon}{13 \cdot a - 1}$ όταν $a \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{41,5 \cdot \epsilon}{a}$			
Κατανομή τάσεων στα τμήματα (θλίψη θετική)						
3	$c/t \leq 124 \cdot \epsilon$	$c/t \leq 42 \cdot \epsilon$	$\psi > -1$: $c/t \leq \frac{42 \cdot \epsilon}{0,67 + 0,33 \cdot \psi}$ $\psi \leq -1^{\circ}$: $c/t \leq 62 \cdot \epsilon \cdot (1 - \psi) \cdot \sqrt{(-\psi)}$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

*) $\psi \leq -1$ εφαρμόζεται όπου η θλιπτική τάση $\sigma < f_y$ είτε η εφελκυστική παραμόρφωση $\epsilon_y > f_y/E$

Πίνακας κατάξης εσωτερικών ελασμάτων σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3

Για τις διατομές SHS - 120x120x5 (δοκοί, ακραία υποστρώματα):

$$c = 105 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

$$c/t = 21 \leq 33 \cdot \epsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,73$$

Για τις διατομές SHS - 120x120x6.3 (μεσαία υποστυλώματα):

$$c = 101.1 \text{ mm}$$

$$t = 6.3 \text{ mm}$$

$$c/t = 16.05 \leq 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 0.81 = 26.73$$

Για τις διατομές SHS - 120x40x3 (διαδοκίδες δαπέδου):

$$c = 110.4 \text{ mm}$$

$$t = 3 \text{ mm}$$

$$c/t = 36.8 \leq 72 \cdot \varepsilon = 72 \cdot 0.81 = 58.32$$

Για τις διατομές SHS - 80x40x3 (διαδοκίδες οροφής):

$$c = 71 \text{ mm}$$

$$t = 3 \text{ mm}$$

$$c/t = 23.67 \leq 72 \cdot \varepsilon = 72 \cdot 0.81 = 58.32$$

Επομένως όλες οι διατομές των δομικών μονάδων κατατάσσονται στην κατηγορία 1.

Για τα όλα τα μέλη των δομικών μονάδων πραγματοποιήθηκαν όλοι οι απαιτούμενοι έλεγχοι σε οριακή κατάσταση αστοχίας τόσο σε επίπεδο διατομής όσο και σε επίπεδο μέλους. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι για αξονική θλίψη/εφελκυσμό, διάτμηση και κάμψη καθώς και αλληλεπίδραση των παραπάνω. Όσον αφορά τους ελέγχους σε επίπεδο μέλους, οι διατομές που χρησιμοποιήθηκαν είναι κοίλες τετραγωνικές και ορθογωνικές επομένως η καμπύλη λυγισμού που χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο έναντι καμπτικού λυγισμού ήταν η καμπύλη a και επιπλέον λόγω της μεγάλης δυστρεψίας που διαθέτουν ο κίνδυνος αστοχίας λόγω στρεπτικού λυγισμού δεν υφίσταται.

Όσον αφορά την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας πραγματοποιήθηκαν όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι προκειμένου να εξακριβωθεί το αν αυτοί πληρούνται. Για τα μέλη των οποίων οι διατομές επιλέχθηκαν με κριτήριο την επάρκειά τους έναντι της οριακής κατάστασης αστοχίας, εξετάστηκαν ειδικές λύσεις προκειμένου τόσο τα κατακόρυφα βέλη όσο και οι οριζόντιες μετακινήσεις να βρίσκονται εντός των επιτρεπόμενων ορίων.

5.5.2 Τοποθέτηση δύο δομικών μονάδων σε κατακόρυφη διάταξη

5.5.2.1 Τραχύτητα εδάφους κατηγορίας 0

Οι έλεγχοι που παρουσιάζονται στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν για την δυσμενέστερη διάταξη όπως αυτή περιγράφηκε παραπάνω και για την δυσμενέστερη περίπτωση όσον αφορά τα φορτία ανέμου δηλαδή για τραχύτητα εδάφους κατηγορίας 0.

Οριακή Κατάσταση αστοχίας

Υποστυλώματα Κεντρικά

Τα υποστυλώματα λειτουργούν πλαισιακά και κατά τις δύο διευθύνσεις. Η διατομή είναι κοίλη τετραγωνική SHS 120x6.3 επομένως η δυσκαμψία της είναι ίδια και για τις δύο διευθύνσεις. Το ισοδύναμο μήκος λυγισμού προκύπτει για μεταθετά πλαίσια θεωρώντας ζυγώματα διατομής SHS 120x5

$$n_1 = \frac{K_c + K_1}{K_c + K_1 + K_{11} + K_{12}}$$

$$n_2 = \frac{K_c + K_2}{K_c + K_2 + K_{21} + K_{22}}$$

$$K_c = I_c / L_c = 603 \text{ cm}^4 / 300 \text{ cm} = 2,01$$

$$K_1 = K_c$$

$$K_{11} = \alpha \times I_{11} / L_{12} = 1.5 \times 498 \text{ cm}^4 / 380 \text{ cm} = 1.965$$

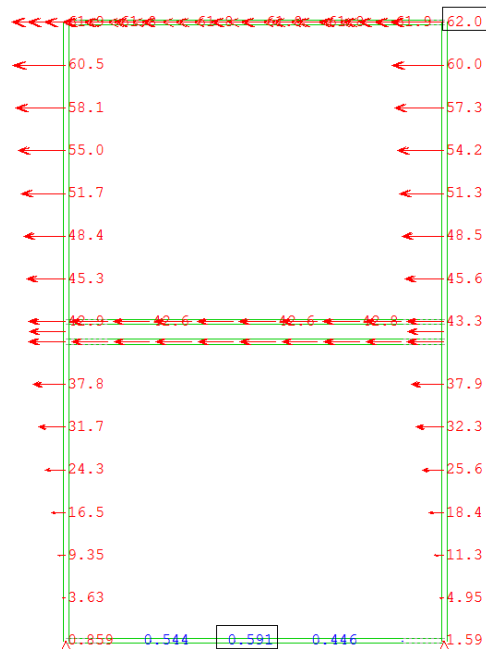
Τελικά προκύπτει $n_1 = 0.506$ και $n_2 = 0$ (πακτωμένο στη βάση) και με βάση το διάγραμμα που φαίνεται παρακάτω, ο συντελεστής ισοδύναμου μήκους L_{cr}/L είναι 1.24 και επομένως το μήκος λυγισμού είναι

$$L_{cr} = 1.24 \times 3 = 3.72 \text{ m}$$

Κατ'αντιστοιχία υπολογίζεται το μήκος λυγισμού για την διεύθυνση X, το οποίο εν τέλει προκύπτει $L_{cr} = 3.21 \text{ m}$. Ενδεικτικά παρουσιάζεται ο κρίσιμος έλεγχος για την διατομή με την μέγιστη ροπή.

Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

Ωστόσο παρατηρήθηκε ότι ενώ οι έλεγχοι έναντι της οριακής κατάστασης αστοχίας ικανοποιούνται υπήρχε υπέρβαση των ορίων των οριζοντίων μετακινήσεων στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (Σχήμα 5.14).



Σχήμα 5.14: Οριζόντιες μετακινήσεις στην διεύθυνση Y για φορτία ανέμου όπως αυτά προκύπτουν για τραχύτητα εδάφους κατηγορίας 0

$$\max \delta_y = 62.0 \text{ mm} > \delta_{\text{επιτρεπόμενο}} = L/150 = 41.33 \text{ mm}$$

Δεδομένου ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη περιοχή στην οποία θα πραγματοποιηθεί η κατασκευή με βάση το εξεταζόμενο σύστημα δόμησης, ήταν απαραίτητο να πραγματοποιηθεί μια διερεύνηση προκειμένου να εξακριβωθεί αν και κατά πόσο υπάρχει υπέρβαση των ορίων των οριζοντίων μετακινήσεων σε λιγότερο δυσμενείς περιοχές όσον αφορά τα φορτία των ανεμοπιέσεων.

5.5.2.2 Τραχύτητα εδάφους κατηγορίας II

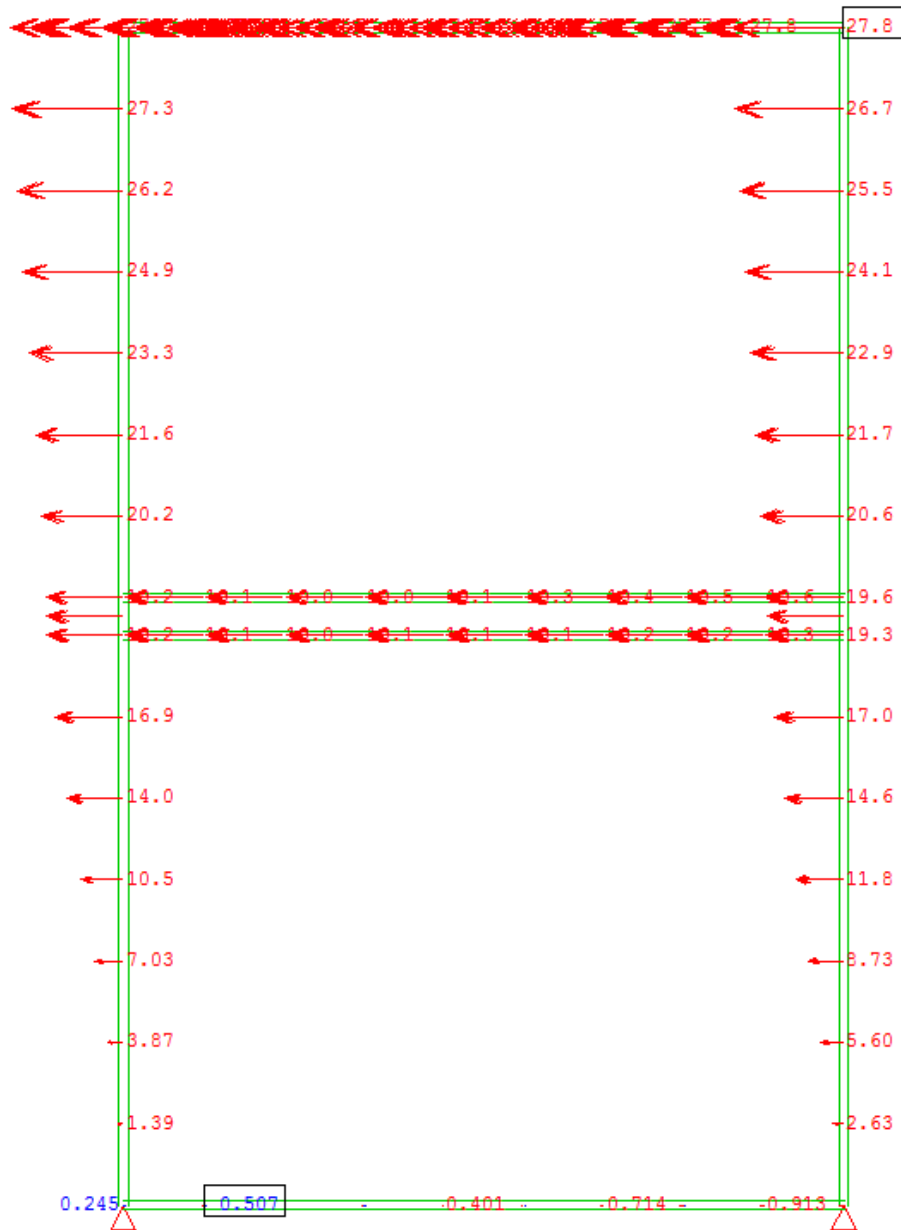
Στην περίπτωση στην οποία η περιοχή όπου θα κατασκευαστεί η εν λόγω διάταξη μπορεί να καταταχθεί σε κατηγορία εδάφους II προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα για τις δύο οριακές καταστάσεις.

Οριακή κατάσταση αστοχίας

Ο υπολογισμός των μηκών λυγισμού των υποστυλωμάτων για τον έλεγχο σε οριακή κατάσταση αστοχίας πραγματοποιήθηκε αναλυτικά παραπάνω. Σύμφωνα με αυτά επαναλήφθηκαν οι έλεγχοι προκειμένου να εξακριβωθεί αν οι διατομές που επιλέχθηκαν επαρκούν έναντι των δεδομένων ελέγχων.

Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

Στην συγκεκριμένη περίπτωση φόρτισης όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.15 οι οριζόντιες μετακινήσεις μειώνονται σημαντικά και μάλιστα είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων.



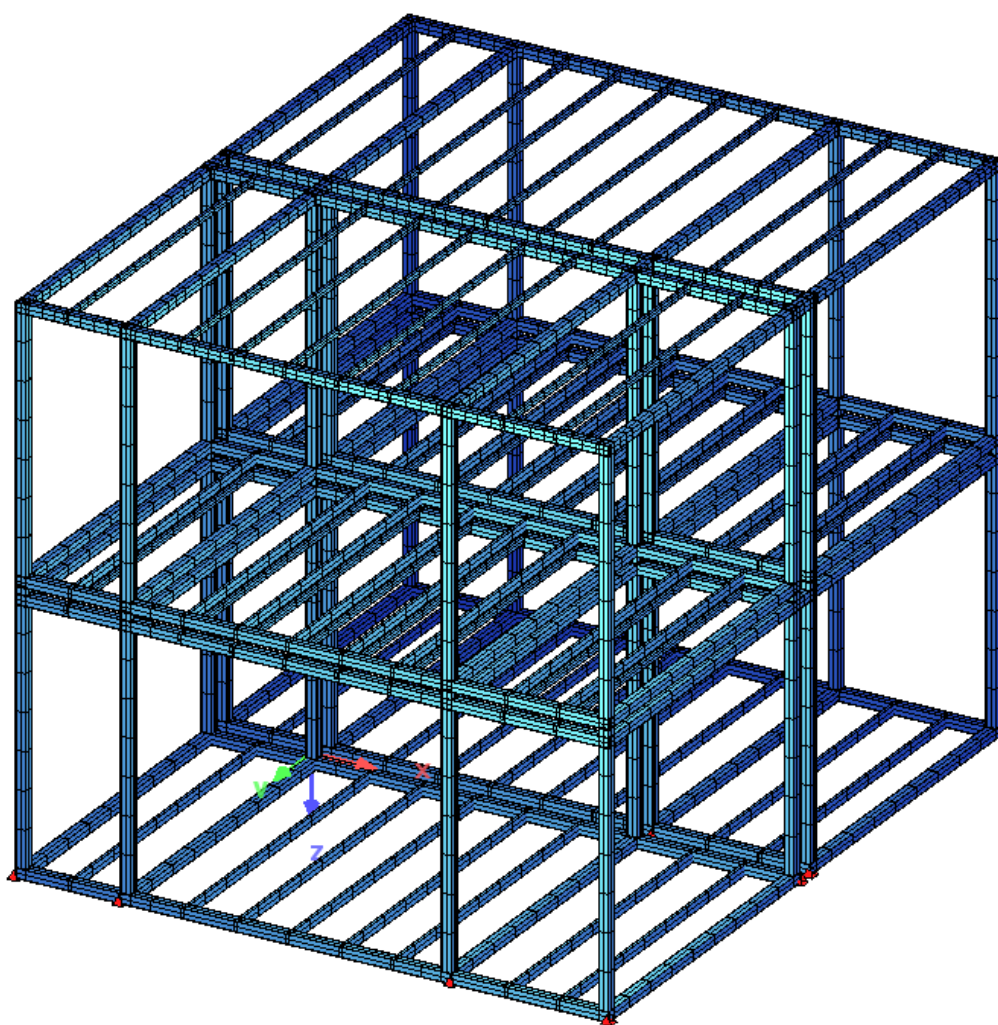
Σχήμα 5.15: Οριζόντιες μετακινήσεις στην διεύθυνση Y για φορτία ανέμου όπως αυτά προκύπτουν για τραχύτητα εδάφους κατηγορίας II

$$\max \delta_y = 27.8 \text{ mm} < \delta_{\text{επιτρεπόμενο}} = L/150 = 41.33 \text{ mm}$$

5.5.3 Τοποθέτηση τεσσάρων δομικών μονάδων σε κατακόρυφη διάταξη

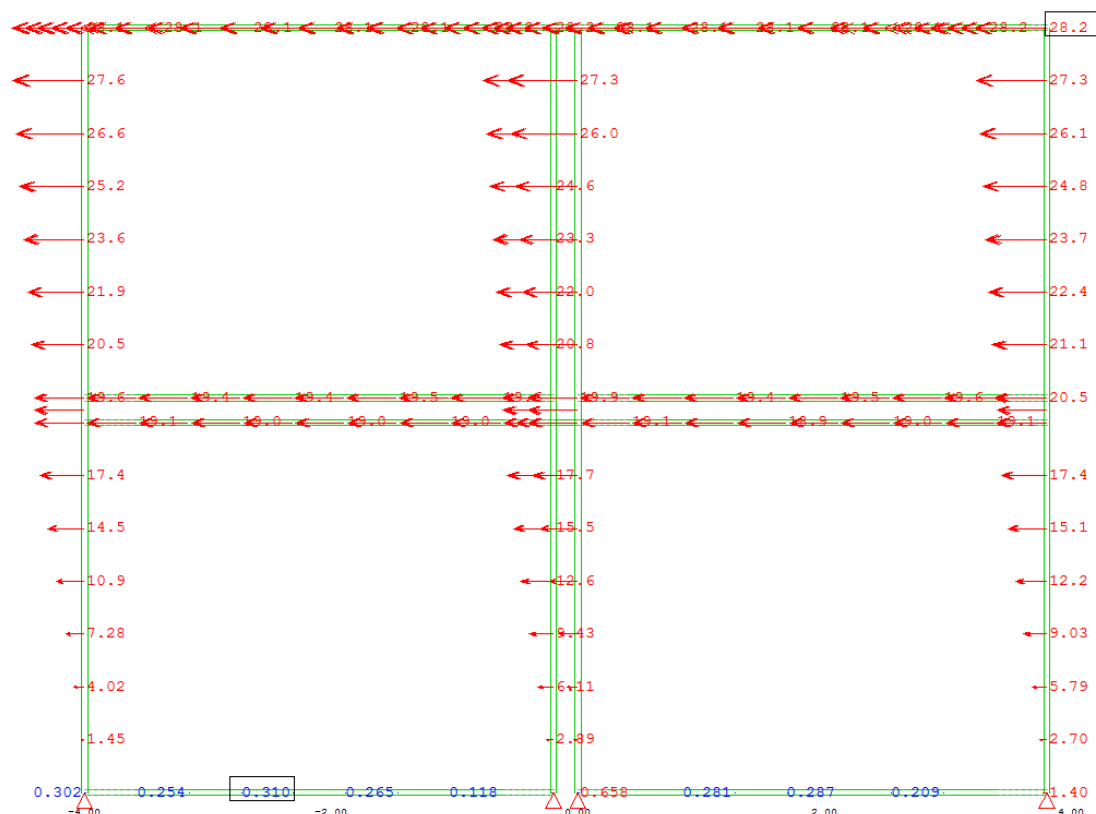
Ένας ακόμη καθοριστικός παράγοντας για τους ελέγχους που πρέπει να πραγματοποιηθούν είναι η γεωμετρία και το πλήθος των δομικών μονάδων που θα συνθέσουν μια κατασκευή. Δεδομένου ότι τα δύο αυτά στοιχεία δεν είναι προκαθορισμένα, ήταν απαραίτητο να εξεταστεί αν υπάρχει ικανοποίηση των ορίων των οριζοντίων μετακινήσεων σε διαφορετικές διατάξεις ακόμη και στην περίπτωση όπου τα φορτία των ανεμοπιέσεων προκύπτουν για την δυσμενέστερη κατηγορία εδάφους.

Στην περίπτωση όπου τέσσερις δομικές μονάδες διατάσσονται όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.15 προκύπτουν οι οριζόντιες μετακινήσεις που φαίνονται στο Σχήμα 5.16



Σχήμα 5.15: Διάταξη τεσσάρων δομικών μονάδων για την διερεύνηση ικανοποίησης ορίων των οριζοντίων μετακινήσεων

Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας



Σχήμα 5.16: Οριζόντιες μετακινήσεις στην διεύθυνση Y για φορτία ανέμου όπως αυτά προκύπτουν για τραχύτητα εδάφους κατηγορίας 0

$$\max \delta_y = 28.2 \text{ mm} < \delta_{\text{επιτρεπόμενο}} = L/150 = 41.33 \text{ mm}$$

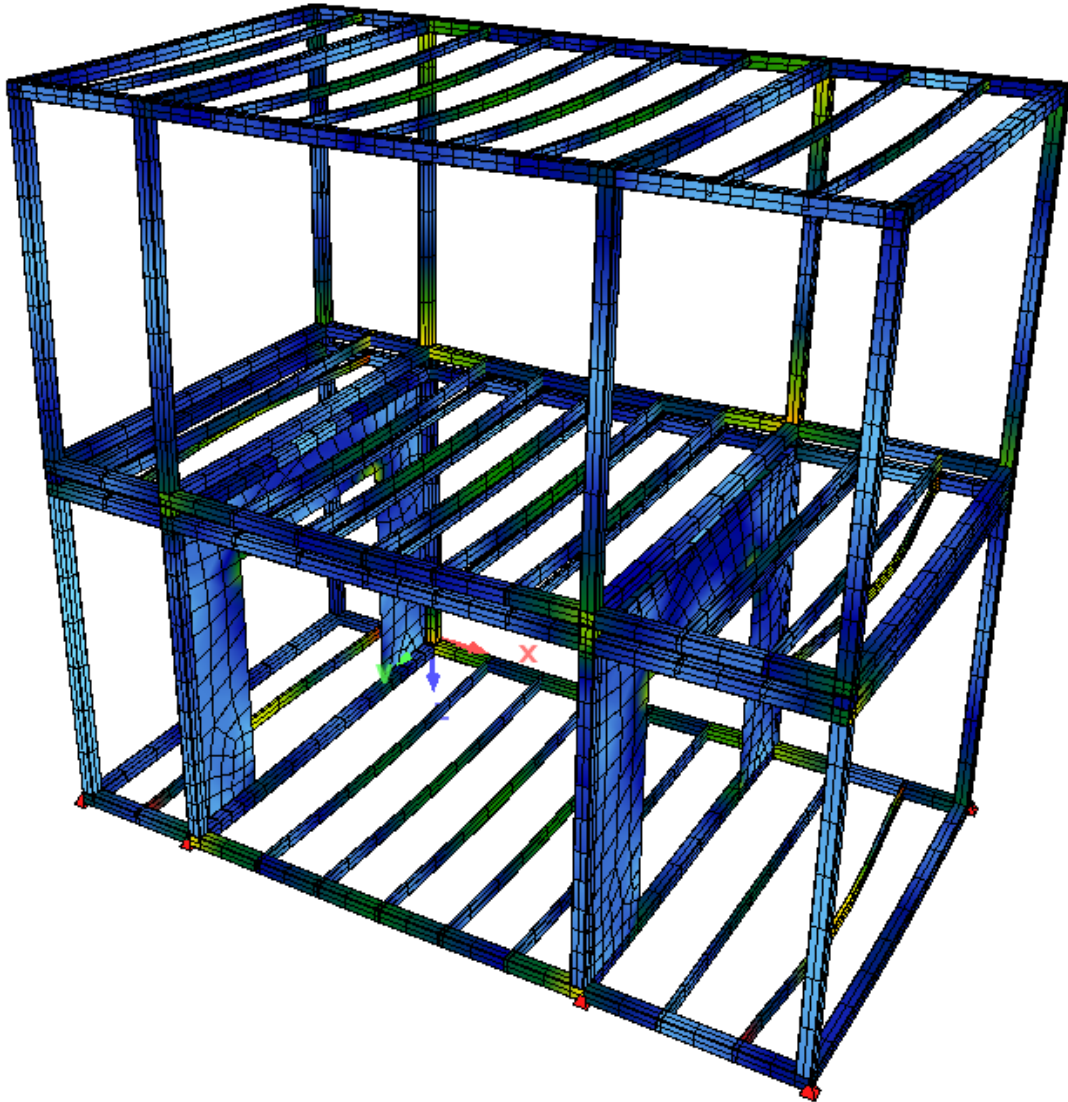
Παρατηρείται ότι για την συγκεκριμένη διάταξη και για την δυσμενέστερη φόρτιση λόγω ανέμου τόσο οι έλεγχοι στην οριακή κατάσταση αστοχίας όσο και στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας ικανοποιούνται.

5.5.4 Τοποθέτηση δύο δομικών μονάδων σε κατακόρυφη διάταξη με χρήση ειδικού τεμαχίου

Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν διαπιστώθηκε ότι οι έλεγχοι έναντι της οριακής κατάστασης αστοχίας ικανοποιούνται σε όλες τις περιπτώσεις ανεμοπιέσεων, ενώ οι οριζόντιες μετακινήσεις όσον αφορά την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας δεν πληρούνται μόνο στην περίπτωση όπου το έδαφος καταταχθεί σε κατηγορία 0. Στην περίπτωση όπου τα μέλη του φορέα διαστασιολογούνταν προκειμένου να ικανοποιούνται οι συγκεκριμένοι έλεγχοι, η προτεινόμενη λύση δεν θα ήταν οικονομικά η βέλτιστη.

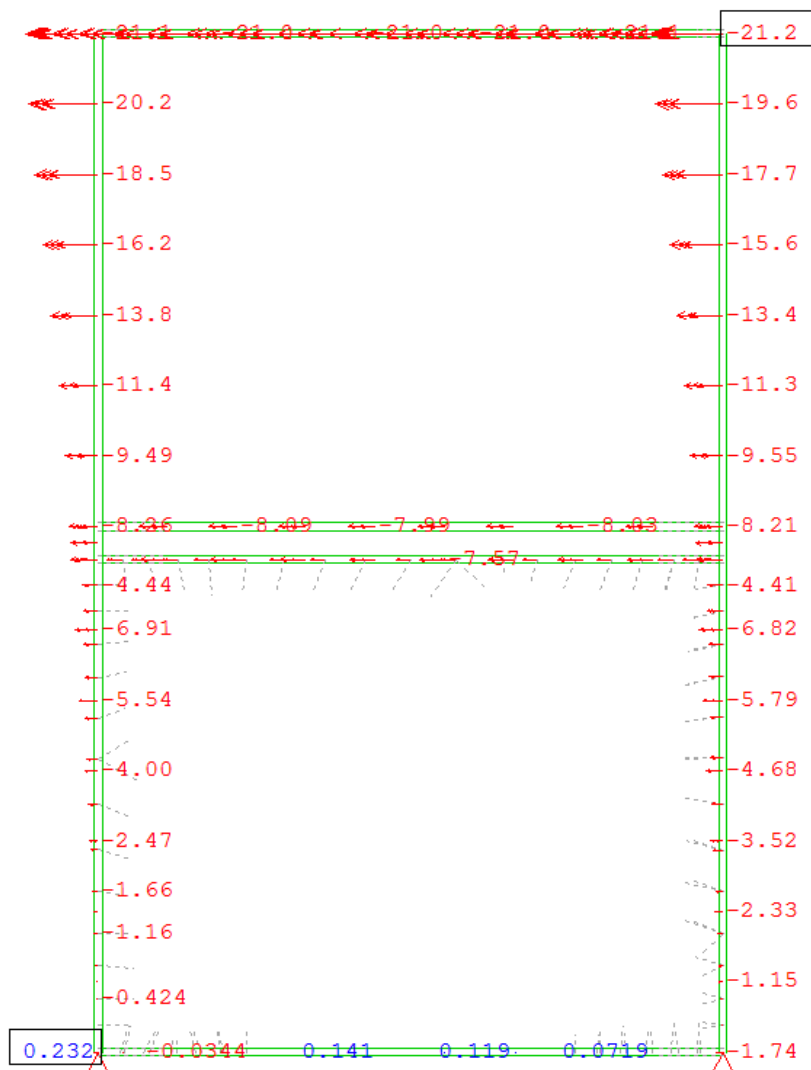
Κρίθηκε επομένως αναγκαίο να εξεταστεί η χρήση ενός ειδικού τεμαχίου με σκοπό των περιορισμό των μετακινήσεων για αυτή την περίπτωση ανεμοπίεσης. Το ειδικό αυτό τεμάχιο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.17, είναι ένα φύλλο χάλυβα το οποίο μπορεί να τοποθετηθεί

εντός των εγκάρσιων τοίχων ενώ έχει γίνει πρόβλεψη να υπάρχει άνοιγμα ώστε να μην εμποδίζεται η διέλευση εντός της δομικής μονάδας.



Σχήμα 5.17: Χρήση ειδικού τεμαχίου με σκοπό των περιορισμό των οριζοντίων μετακινήσεων

Με τον τρόπο αυτό περιορίζονται οι οριζόντιες μετακινήσεις όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.18 επομένως και στην δυσμενέστερη περίπτωση ανεμοπίεσης ικανοποιούνται όλοι οι έλεγχοι τόσο σε οριακή κατάσταση αστοχίας όσο και σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας.



Σχήμα 5.18: Οριζόντιες μετακινήσεις στην διεύθυνση Y για φορτία ανέμου όπως αυτά προκύπτουν για τραχύτητα εδάφους κατηγορίας 0

$$\max \delta_y = 21.2 \text{ mm} < \delta_{\text{επιτρεπόμενο}} = L/150 = 41.33 \text{ mm}$$

5.5.5 Διαστασιολόγηση δευτερευόντων μελών δομικής μονάδας

Διαδοκίδες δαπέδου

Οι διαδοκίδες που τοποθετήθηκαν στο δάπεδο επιλέχθηκαν με κριτήριο τον περιορισμό των βελών στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας. Οι οριακές τιμές των κατακόρυφων μετακινήσεων καθορίζονται στο Εθνικό προσάρτημα του EN1993-1-1 όπου ορίζονται τα ακόλουθα:

Φορέας	δ_{\max}	δ_2
Πατώματα και βατές στέγες	L/250	L/300

όπου δ_{\max} : κατακόρυφες μετακινήσεις από μόνιμα και κινητά φορτία

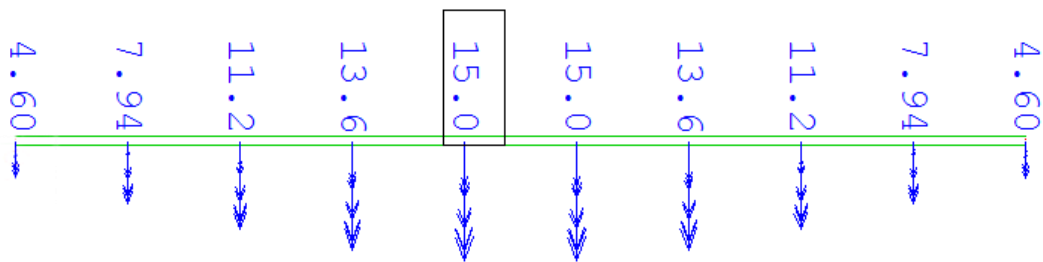
δ_2 : κατακόρυφες μετακινήσεις από κινητά φορτία

Οι διαδοκίδες του δαπέδου έχουν διατομή RHS 120x40x3 και μήκος 3.80 m επομένως τα όρια για τις μετακινήσεις είναι:

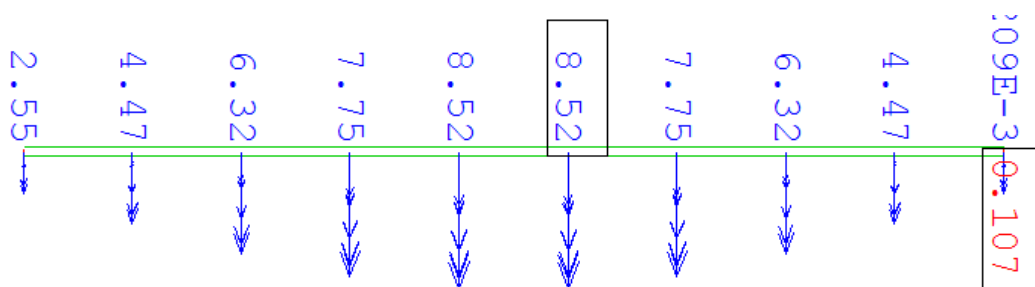
$$\delta_{\max} = 3800 \text{ mm}/250 = 15.2 \text{ mm}$$

$$\delta_2 = 3800 \text{ mm}/300 = 12.67 \text{ mm}$$

Στα Σχήματα 5.19 και 5.20 φαίνονται οι κατακόρυφες μετακινήσεις για την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας, ενώ παρουσιάζεται και ο έλεγχος στην οριακή κατάσταση αστοχίας.



Σχήμα 5.19: Μέγιστη κατακόρυφη μετακίνηση για μόνιμα και κινητά φορτία



Σχήμα 5.20: Μέγιστη κατακόρυφη μετακίνηση για κινητά φορτία

6. Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες

6.1 Εισαγωγή

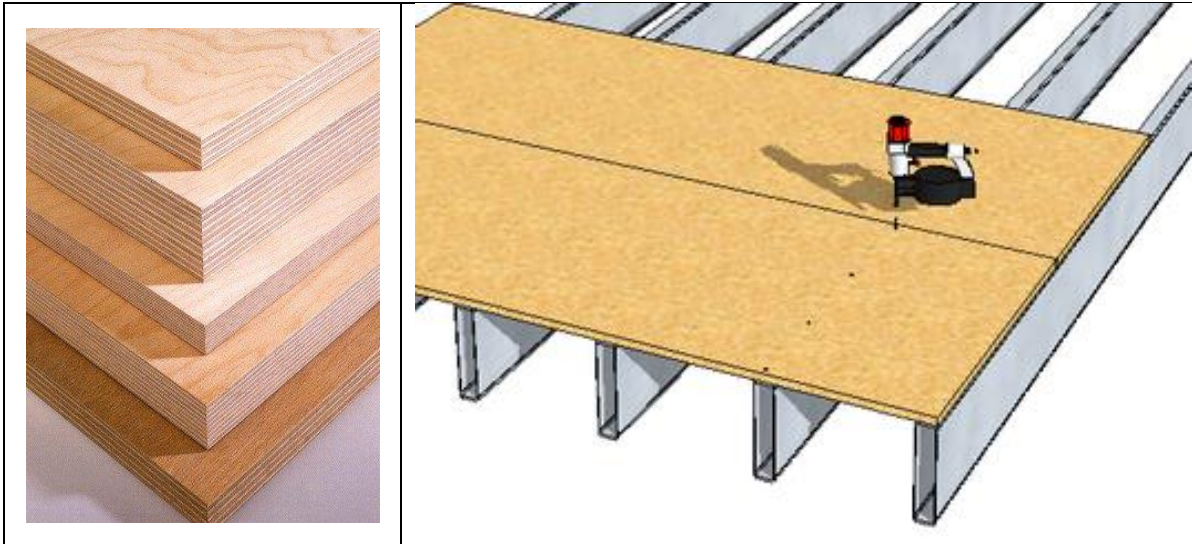
Στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι η επίτευξη μιας πλήρους λύσης, από αρχιτεκτονική, στατική, και κατασκευαστική άποψη. Οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της κατασκευής το οποίο επηρεάζει άμεσα τον χρόνο κατασκευής, την ποιότητα και την οικονομία του συνολικού έργου.

Για τους παραπάνω λόγους, διερευνήθηκαν και προτείνονται κατασκευαστικές λύσεις και λεπτομέρειες οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν στις βασικές δομικές μονάδες. Αυτές οι προτάσεις αφορούν:

- Δάπεδα - Οροφές
- Συστήματα πλήρωσης - Επενδύσεις
- Διαμόρφωση Δώματος
- Ηλεκτρομηχανολογικό Εξοπλισμό

6.2 Δάπεδα

Το δάπεδο των τυπικών μονάδων έχει μελετηθεί, λαμβάνοντας υπ'όψιν την ύπαρξη διαδοκίδων στην εγκάρσια διεύθυνση. Ανάλογα με την τελική χρήση της κατασκευής, έχουν διερευνηθεί διαφορετικές επιλογές υλικών με τις αντίστοιχες κατασκευαστικές λεπτομέρειες που αυτές απαιτούν. Όλες οι λύσεις έχουν επιλεγεί προκειμένου να διασφαλίζεται η ποιότητα των δαπέδων, τόσο όσο αφορά την λειτουργικότητα όσο και το τελικό αισθητικό αποτέλεσμα ενώ ταυτόχρονα έγινε προσπάθεια στο να περιοριστεί (στο μέγιστο δυνατό βαθμό) το ίδιο βάρος. Βάσει των παραπάνω επιλέχθηκε η βασική δομή του δαπέδου να αποτελείται από πλάκες συνθετική μοριοσανίδας (κόντρα πλακέ) η οποίες θα συνδέονται απ'ευθείας στις μεταλλικές διαδοκίδες των δαπέδων μέσω αυτοδιάτρητων βιδών (Σχήμα 6.1). Το πλήθος των σημείων στήριξης θα είναι τέτοιο ώστε να εξασφαλίζετε η σταθερότητα του δαπέδου στις φάσεις λειτουργίας και μεταφοράς. Η επιφάνεια που δημιουργείται με αυτό τον τρόπο μπορεί να είναι η τελική ή να αποτελεί το υπόστρωμα τοποθέτησης του υλικού επίστρωσης. Ιδιαίτερως για τους υγρούς χώρους (wc, κουζίνες κλπ.), και με σκοπό την απαιτούμενη σε βάθος χρόνου αντοχή έναντι της υγρασίας, τα φύλλα ξύλου προβλέπονται από να είναι άνθυγρα (κόντρα πλακέ θαλάσσης, MDF κλπ.), να έχουν επίστρωση από στεγανωτική μεμβράνη ή ακόμα και να αντικαθίστανται από γαλβανισμένα φύλλα λαμαρίνας με επικάλυψη τσιμεντοκονίας, σε εξαιρετικές περιπτώσεις.



Σχήμα 6.1: Τοποθέτηση κόντρα πλακέ απευθείας πάνω στις διαδοκίδες του πατώματος, με χρήση καρφωτικού μηχανήματος και αυτοδιάτρητων βίδων

6.2.1 Προτεινόμενες λύσεις για το υλικό της τελικής επιφάνειας ανά χώρο και χρήση.

Η παραπάνω γενική λύση που αφορά το σύνολο του προς ανάπτυξη συστήματος προκατασκευής μπορεί να συνδυαστεί με διαφορετικά υλικά τα οποία τα αποτελούν την τελική επιφάνεια του δαπέδου. Η επιλογή των υλικών εξαρτάται από την αισθητική άποψη του κυρίου του έργου σε συνδυασμό με τη χρήση του χώρου και του κτηρίου. Στις παραγράφους που ακολουθούν δίνονται οι προτεινόμενες λύσεις κατά περίπτωση.

6.2.1.1 Χώροι κύριας χρήσης κατοικιών / γραφείων

Ως τελικό υπόστρωμα προτείνεται δάπεδο συγκολλητής ξυλείας η οποία μπορεί να είναι της επιλογής του ιδιοκτήτη. Η τοποθέτηση γίνεται απ'ευθείας επί του ξύλινου υποστρώματος με φύλλα πλακών μέσω συγκόλλησης. Το πάχος των σανίδων δεν χρειάζεται να είναι μεγαλύτερο από 12mm (Σχήμα 6.2).

Εναλλακτικά, ως πιο οικονομική λύση, η τελική επιφάνεια μπορεί να ένα σύστημα πλωτού δαπέδου (τύπου laminate) το οποίο δεν απαιτεί συγκόλληση, είναι εύκολα αντικαταστάσιμο (σε περίπτωση ανακαίνισης ή φθοράς ιδιέταιρα σε επαγγελματικούς χώρους). Η τοποθέτηση τέτοιων δαπέδων (Σχήμα 6.3), όπως αναφέρθηκε, γίνεται χωρίς να κολληθούν ή να καρφωθούν στο δάπεδο. Απλά ενώνονται τα πάνελ μεταξύ τους με το ειδικό σύστημα κουμπώματος τους. Επειδή το ξύλο είναι φυσικό υλικό επηρεαζόμενο από την υγρασία, πρέπει να προβλέπονται αρμοί διαστολής 8-12mm, περιμετρικά στους τοίχους, γύρω από κάθε σταθερό σημείο όπως σωλήνες και σε κάσες από πόρτες.



Σχήμα 6.2: Τυπική δομή συγκολλητού ξύλινου δαπέδου επί φύλλων κόντρα πλακέ.



Σχήμα 6.3: Τυπική δομή ξύλινου πάνελ δαπέδου τύπου laminate.

Οι χαλαρές σανίδες θα πρέπει να βιδώνονται γερά στη θέση τους. Για τη βελτίωση της ηχητικής μόνωσης, συνίσταται η χρήση ενός μονωτικού υποστρώματος, το οποίο έχει προδιαγραφές ειδικά για δάπεδα laminate με σύστημα κουμπώματος Clic χωρίς κόλλα. Στην περίπτωση αυτή, δεν θα πρέπει να εγκαθίσταται ως φράγμα υγρασίας, το φύλλο από φιλμ πολυαιθυλενίου (PE). Θα πρέπει να μην εμποδίζεται ο επαρκής

6.2.1.2 Υγροί χώροι κύριας χρήσης κατοικιών / γραφείων

Ως τελικό υπόστρωμα προτείνεται δάπεδο από κεραμικά πλακίδια ή συνθετικά πλακίδια. Η τοποθέτηση γίνεται απ'ευθείας επί του ξύλινου υποστρώματος με φύλλα πλακών μέσω συγκόλλησης. Με σκοπό την προστασία του υποστρώματος από την υγρασία προβλέπεται η τοποθέτηση στεγανωτικής μεμβράνης επί του ξύλινου υποστρώματος η οποία θα "γυρίζει" σε ύψος 10εκ. στους περιμετρικούς τοίχους πίσω από την άθυγρη γυψοσανίδα αυτών.

Σε ιδιαίτερες περιπτώσεις (πχ. χρήση του κτηρίου ως αναψυκτήριο) προβλέπεται η αντικατάσταση του υποστρώματος κόντρα πλακέ από γαλβανισμένα φύλλα λαμαρίνας πάχους 1.25mm τα οποία συγκολλούνται απ'ευθείας στις διαδοκίδες. Ως υπόστρωμα των πλακιδίων κατασκευάζεται δάπεδο από τσιμεντοκονία μικρού πάχους (έως 7εκ.) με πρόσμικτο στεγανωτικό μάζης.

6.2.1.3 Επαγγελματικοί – βιομηχανικοί χώροι.

Ως τελικό υπόστρωμα μπορεί να διατηρηθεί το υπόστρωμα το οποίο μπορεί να βαφεί. Εναλλακτικά μπορεί να διαστρωθεί μοκέτα ή πλαστικό δάπεδο με την απαιτούμενη σκληρότητα ανάλογα με τη χρήση.

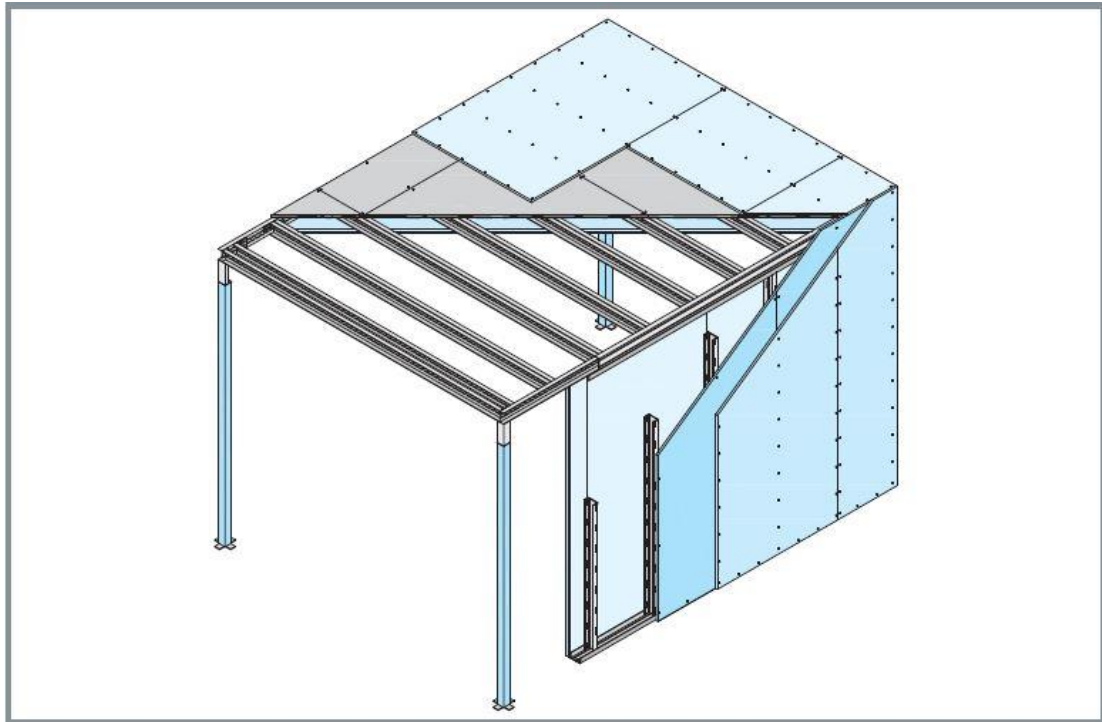
6.3 Ψευδοροφές

Η χρήση εσωτερικής οροφής σε ένα χώρο επιτρέπει τον έλεγχο καθώς και τη ρύθμιση του ύψους ενός χώρου, προσφέρει τη δυνατότητα της εύκολης τοποθέτησης και επικάλυψης εγκαταστάσεων (σωληνώσεις, κλιματισμός, μόνωση, θέρμανση, φωτισμός κτλ) καθώς επίσης κάνει δυνατή την πραγματοποίηση ειδικών κατασκευών όπως κεκλιμένες, θολωτές ή στρογγυλές. Οι εσωτερικές οροφές γυψοσανίδας αναρτώνται είτε με σκελετό από την κύρια οροφή του κτιρίου μέσω αναρτήσεων, είτε με έδραση σε περιμετρικούς τοίχους.

Στην παρούσα μελέτη, οι γυψοσανίδες θα αναρτώνται απευθείας πάνω στις διαδοκίδες οροφής, των δομικών μονάδων. Έτσι, δεν είναι απαραίτητη η χρήση, δευτερευόντων οδηγών, ούτε πρόσθετων αναρτήσεων. Αυτό είναι εφικτό, καθώς οι διαδοκίδες οροφής τοποθετούνται ανά διαστήματα 60 εκατοστών. Αν οι αποστάσεις αυτές ήταν μεγαλύτερες, θα απαιτούνταν πρόσθετοι οδηγοί τοποθετημένοι εγκάρσια στις διαδοκίδες.

Γενικά, οι ψευδοροφές γυψοσανίδας προσφέρουν :

- Δυνατότητα αρχιτεκτονικών συνθέσεων
- Ελευθερία επιλογής της στάθμης στερέωσης παρέχοντας χώρο για μόνωση και την ενσωμάτωση εγκαταστάσεων.
- Δυνατότητα ρύθμισης του καθαρού ύψους των εσωτερικών χώρων και μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης.
- Επίτευξη καλύτερης ηχομόνωσης μεταξύ των ορόφων του κτιρίου.



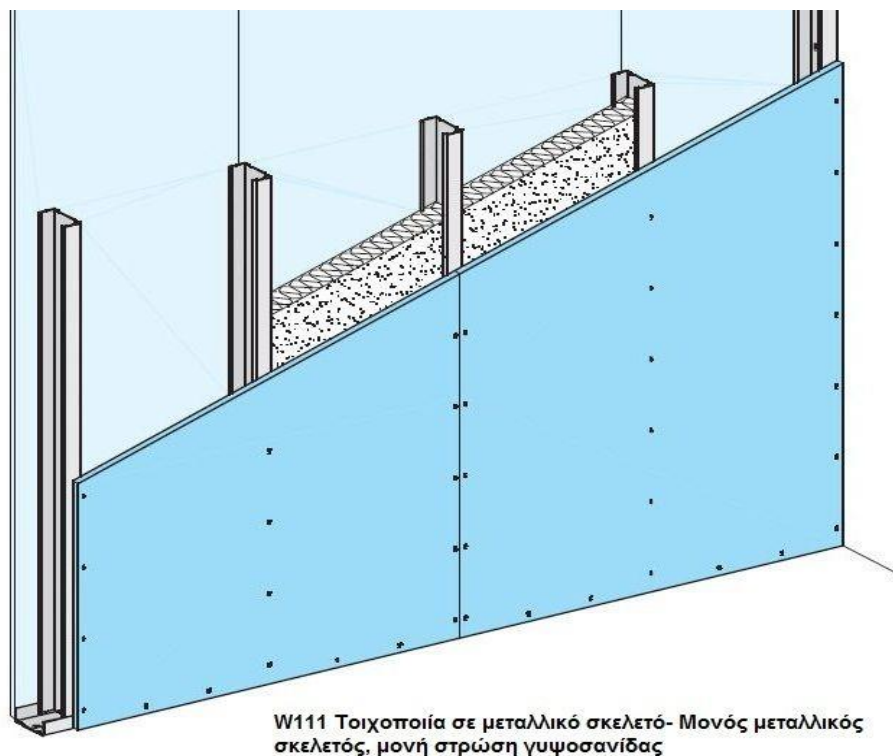
Σχήμα 6.3: Διαμόρφωση εσωτερικής οροφής με τοποθέτηση γυψοσανίδας απ'ευθείας πάνω στις διαδοκίδες

6.4 Συστήματα Πλήρωσης

6.4.1 Σύστημα με ορθοστάτες - γυψοσανίδες

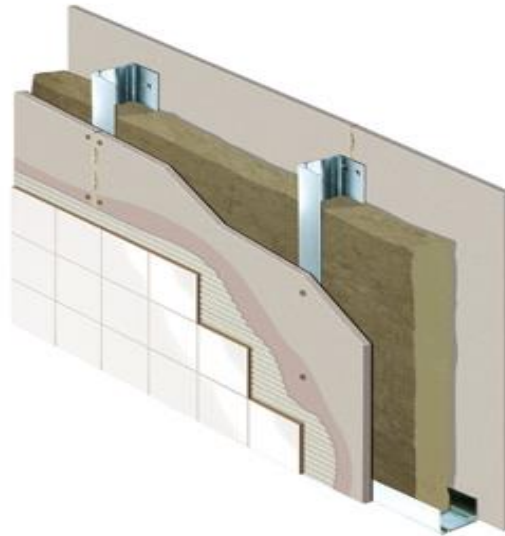
Οι μη φέρουσες εσωτερικές τοιχοποιίες μπορούν να διαμορφωθούν με μεταλλικό σκελετό κατά DIN 4103-1, αμφίπλευρη επικάλυψη με μία έως τρεις στρώσεις γυψοσανίδας. Εφαρμόζονται σε περιπτώσεις εσωτερικής διαμερισματοποίησης με ταυτόχρονη ικανοποίηση απαιτήσεων πυροπροστασίας, ηχομόνωσης, εγκιβωτισμού Η/Μ εγκαταστάσεων, υψηλών μηχανικών αντοχών, αλλά και όταν απαιτείται η κατασκευή τοιχοποιίας ως μεσοτοιχία διαμερισμάτων και λοιπών χώρων κύριας ή βοηθητικής χρήσης.

Ο μεταλλικός σκελετός αποτελείται συνήθως από στρωτήρες και ορθοστάτες. Οι ορθοστάτες τοποθετούνται σε αξονικές αποστάσεις των 40 ή 60 εκατοστών μεταξύ τους. Τα μεταλλικά προφίλ παράγονται από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 6/10mm, κατηγορίας γαλβανίσματος Z240, σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο EN14195:2005/A6:2006.



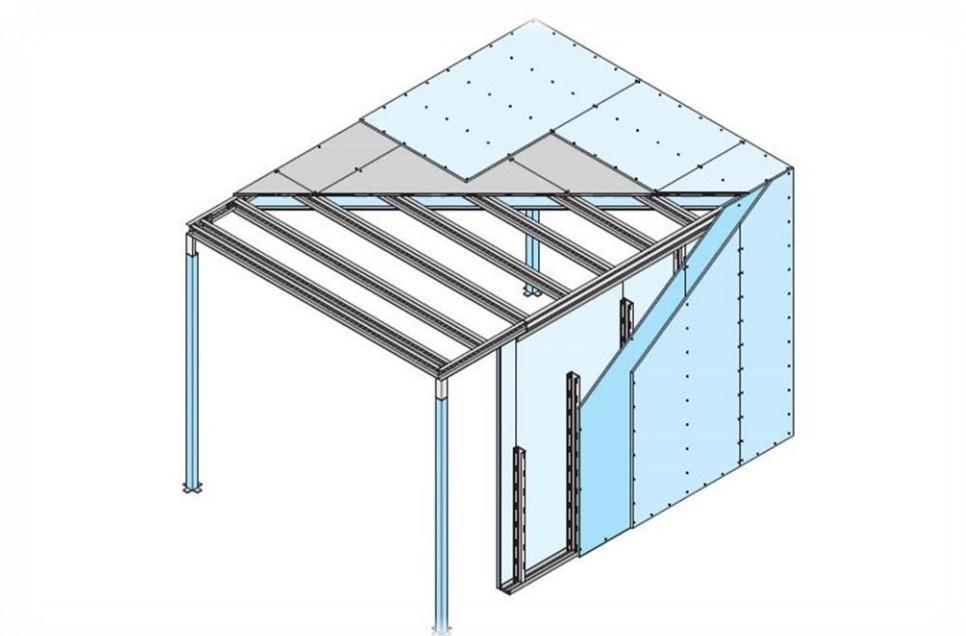
Σχήμα6.4: Τυπική διάταξη ξηράς δόμησης η οποία αποτελείται από ορθοστάτες, πετροβαμβάκα, γυψοσανίδες εσωτερικά καθώς και τσιμεντοσανίδες εξωτερικά.

Κάνοντας χρήση του ίδιου συστήματος, αλλά με την εφαρμογή τσιμεντοσανίδας στην μια πλευρά του τοίχου, μπορεί να κατασκευαστεί εξωτερική τυχοποιία. Το πάχος της τοιχοποιίας μεταβάλλεται ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζεται η κατασκευή. Ειδικές απαιτήσεις σε πυροπροστασία, ηχομόνωση, υγραμόνωση και θερμομόνωση αυξάνουν το συνολικό πάχος καθώς περισσότερες στρώσεις υλικών πρέπει να προστεθούν στο διάστημα μεταξύ γυψοσανίδας και τσιμεντοσανίδας.



Σχήμα 6.5: Εξωτερική τοιχοποιία, με τσιμεντοσανίδα, κονίαμα και τελικό επίχρησμα.

Σε πρώτη φάση, στην βασική μονάδα πρέπει να τοποθετηθούν οι κατακόρυφοι οδηγόι (ορθοστάτες) οι οποίοι είναι το βασικό στοιχείο της τοιχοπλήρωσης. Στην συνέχεια ο όγκος μεταξύ των ορθοστατών πληρώνεται με θερμομονωτικό υλικό (π.χ. πετροβάμβακας) ενώ ύστερα βιδώνεται πάνω τους η τσιμεντοσανίδα / γυψοσανίδα για τις πλευρές εκτός και εντός αντίστοιχα.



Σχήμα 6.6: Τοποθέτηση ορθοστατών κατα μήκος των πλευρών της βασικής μονάδας, μεταξύ των υποστυλωμάτων

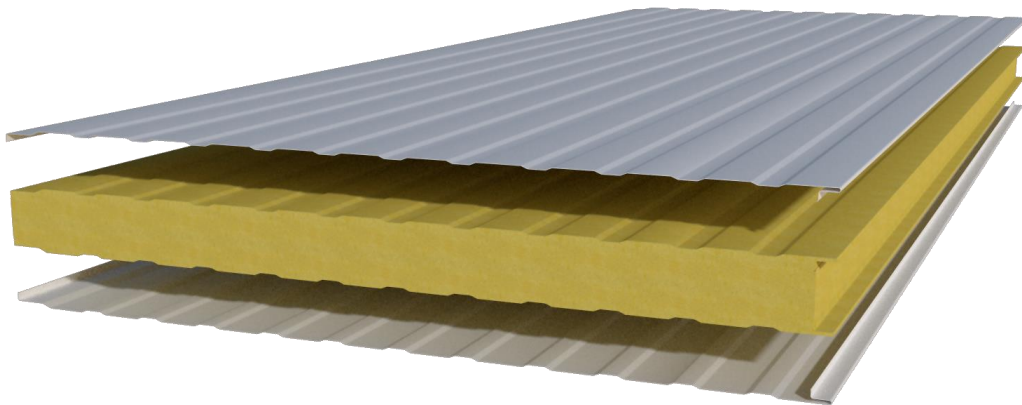
6.4.2 Απλή επένδυση με πάνελ πολουρεθάνης ή χαλυβδόφυλλα

Εναλλακτικά, αν η κατασκευή δεν έχει υψηλές απαιτήσεις σε θερμομόνωση, ηχομόνωση, αισθητική ή πυροπροστασία, είναι δυνατόν η παραπλευρη επιφάνεια της βασικής μονάδας, να επενδυθεί με χαλυβδόφυλλα ή προκατασκευασμένα πάνελ. Με αυτόν τον τρόπο, το μόνο που επιτυγχάνεται είναι η σφράγιση του χώρου, χωρίς κάποια ιδιαίτερη μόνωση και χωρίς την χρησιμοποίηση επιπλέον υλικών. Τέτοιες κατασκευές μπορεί να είναι είτε αποθηκευτικοί χώροι, είτε προσωρινά καταλύματα είτε προσωρινά περίπτερα εκθέσεων.

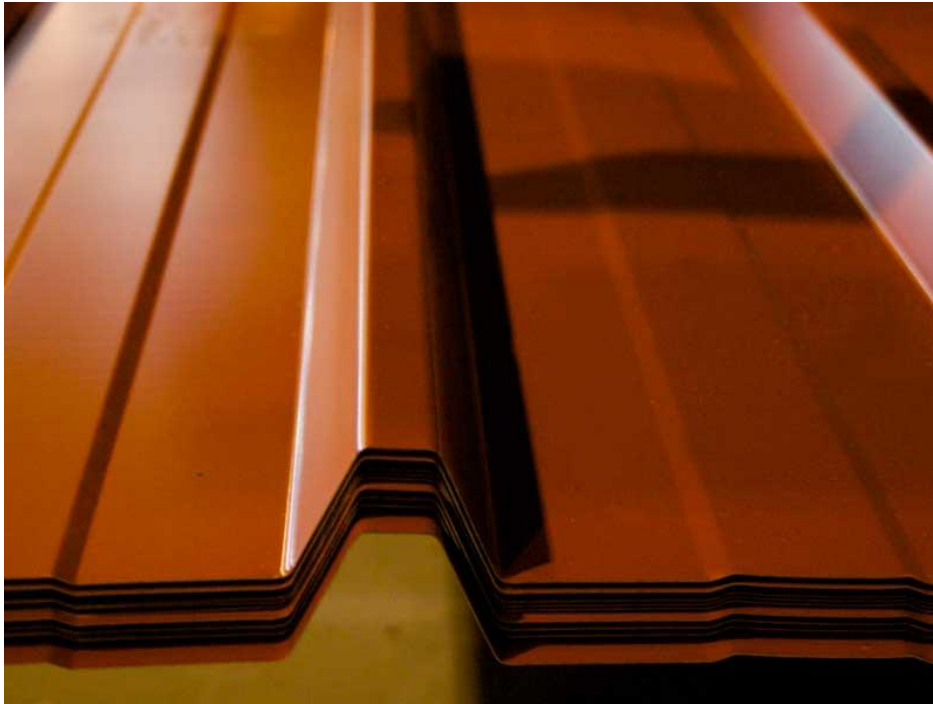
Τα πάνελ πολουρεθάνης αποτελούνται από δύο διαμορφωμένα, γαλβανισμένα και προβαμμένα μεταλλικά ελάσματα με τον πυρήνα να κατασκευάζεται από σκληρό αφρό διογκωμένης πολουρεθάνης, έτσι ώστε να επιτυγχάνονται οι θερμομονωτικές τους ικανότητες. Ανάλογα με τη χρήση τους παράγονται σε διάφορες μορφές. Για την συγκεκριμένη χρήση, τα πάνελ πολουρεθάνης πλαγιοκάλυψης χρησιμοποιούνται για την επένδυση των εξωτερικών όψεων των κτιρίων, καθώς και για την κατασκευή εσωτερικών διαχωριστικών τοιγίων και ψευδοροφών

Για την επικάλυψη (οροφή - πλαγιοκάλυψη) μιας μεταλλικής κατασκευής χρησιμοποιούνται χαλύβδινα φύλλα επικάλυψης με συνηθέστερες τις τραπεζοειδείς και τις αυλακωτές μορφές. Η επιλογή του κατάλληλου προφίλ βασίζεται στο συνδυασμό δύο κυρίως παραγόντων:

- των μηχανικών χαρακτηριστικών του χαλυβδόφυλλου, τα οποία καθορίζουν την αντοχή του στις διάφορες φορτίσεις
- της γεωμετρικής μορφής του, η οποία προσδίδει τα επιθυμητά αισθητικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά (πχ. απορροή όμβριων υδάτων).



Σχήμα 6.7: Τυπικό προφίλ πάνελ πολουρεθάνης με ειδικές εγχοπές για την ευκολότερη σύνδεση με την κατασκευή.

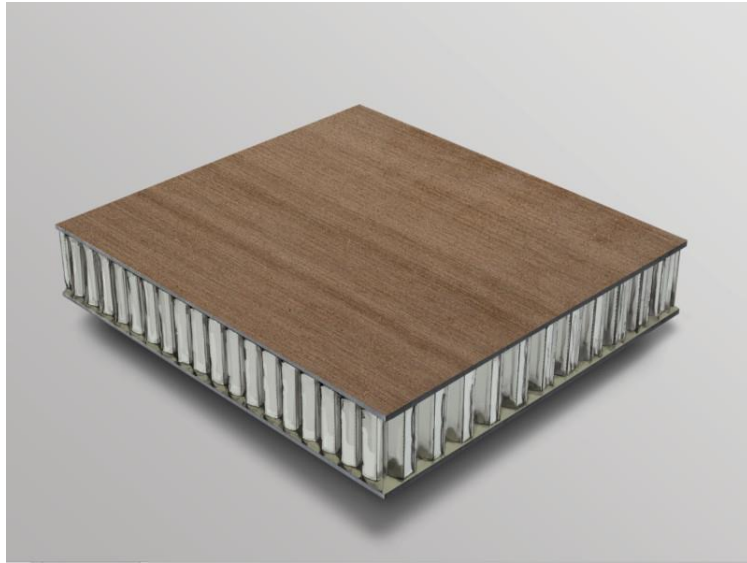


Σχήμα 6.8: Τυπικό προφίλ χαλυβδόφυλλου για πλαγιοκάλυψη

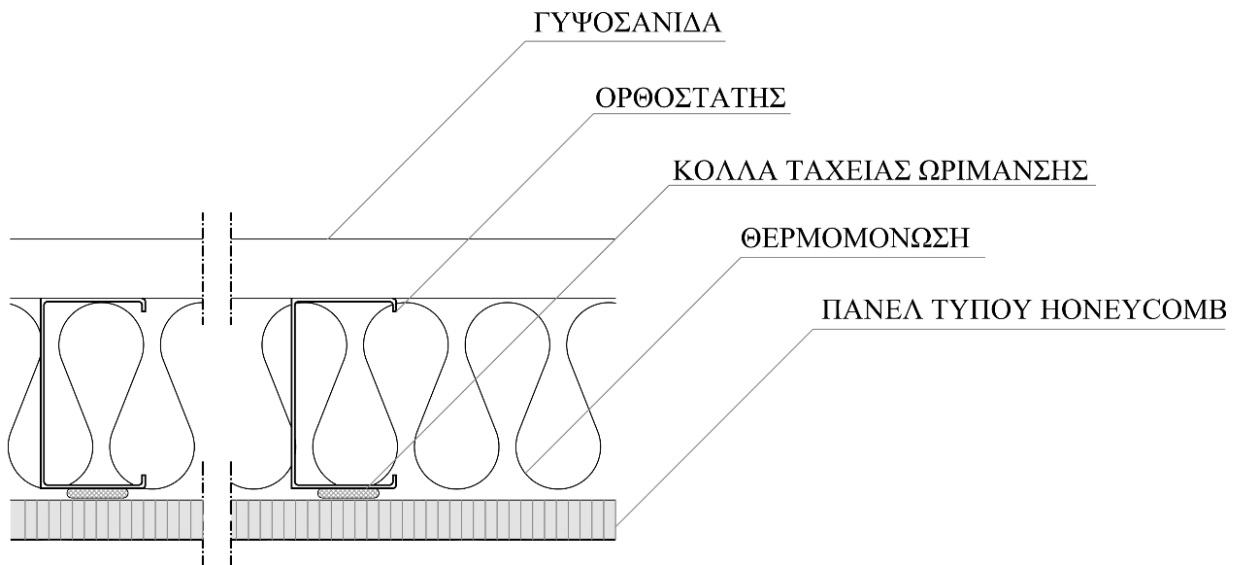
6.4.3 Σύνθετα πανέλα αλουμινίου Honeycomb.

Το πανέλα επενδύσεων αλουμινίου τύπου Honeycomb είναι σύνθετα πανέλα που αποτελούνται από δύο στρώσεις υλικών. Η εξωτερική επιφάνεια επικάλυψης / επένδυσης / φινιρίσματος αποτελείται από υλικά όπως μπετόν, μάρμαρο, ασβεστόλιθο, γρανίτη, πέτρα, ξύλο ενώ το εσωτερικό υπόστρωμα από κυψελωτό αλουμίνιο.

Τα συγκεκριμένα πανέλα είναι ανθεκτικά σε κρουστικά φορτία (πέτρες, χαλάζι κ.λ.π), σε καμπτικά φορτία και φορτία εφελκυσμού λόγω ανεμοπίεσης & υφαρπαγής. Εξ' αιτίας του πυρήνα τους από κυψέλες αέρα προσφέρουν υψηλή ηχομόνωση και θερμομονώση ενώ ταυτόχρονα δεν προσθέτουν μεγάλο βάρος στην κατασκευή. Τέλος είναι πυράντοχα και αδιάβροχα και αντέχουν σε όλες τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος.



Σχήμα 6.9: Πανέλο τύπου Honeycomb, με ειδική διαμόρφωση της εξωτερικής επιφανείας για καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα.



Σχήμα 6.10: Κάτοψη τοποθέτησης του συστήματος τύπου Honeycomb. Τα πανέλα, βιδώνονται απευθείας πάνω στους ορθοστάτες.

6.5 Διαμόρφωση Δώματος

6.5.1 Γενικά

Μία σημαντική κατασκευαστική λεπτομέρεια στις κτηριακές κατασκευές, και ιδιαίτερα σε αυτές που δεν έχουν δάπεδα από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος, αποτελεί η επιλογή του συστήματος υγραμόνωσης και θερμομόνωσης του δώματος.

6.5.2 Ανεστραμμένη Μόνωση

Σε δώματα που δεν έχουν συχνή χρήση και μεγάλες απαιτήσεις βατότητας καθώς και για λόγους οικονομίας, προτιμάτε η ανεστραμμένη μόνωση.

Στην ανεστραμμένη μόνωση η στεγανοποίηση προηγείται της θερμομόνωσης. Το μονωτικό υλικό τοποθετείται πάνω από τη στεγανοποίηση και στη συνέχεια προστατεύεται με κροκάλες, χαλίκι, για την προστασία του από τις καιρικές συνθήκες και τον αέρα. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η χρήση μπετό για κλήσεις, όπως απαιτείται στη συμβατική μόνωση, που θα προσέδιδε μεγάλο βάρος στις δομικές μονάδες.

Με την ανεστραμμένη μόνωση όμως τα όμβρια νερά περνάνε κάτω από τις πλάκες ή κροκάλες, και κάτω από το μονωτικό υλικό για να καταλήξουν στις υδρορροές. Κατά τους χειμερινούς μήνες τα όμβρια νερά που κυκλοφορούν κάτω από τη μόνωση ψύχουν το δώμα χάνοντας ένα ποσοστό θερμομόνωσης έως και 30%.

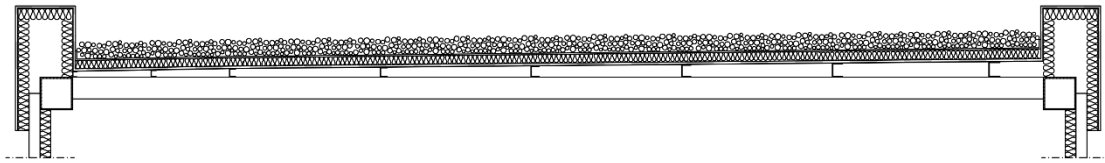
Η ανεστραμμένη μόνωση απαιτεί καλό δώμα με τουλάχιστον τις ελάχιστες κλήσεις για την σωστή ροή των υδάτων στις υδρορροές και την αποφυγή στερνιάσματος νερών που θα δημιουργήσουν προβλήματα στη στεγανοποίηση στο μέλλον.

Επίσης λόγω της κίνησης των όμβριων νερών μέσα στη μόνωση απαιτείται η απομάκρυνση και καθάρισμα των υλικών επικάλυψης και ο έλεγχος της στεγανοποίησης κάθε 4-5 χρόνια για καλύτερα αποτελέσματα.

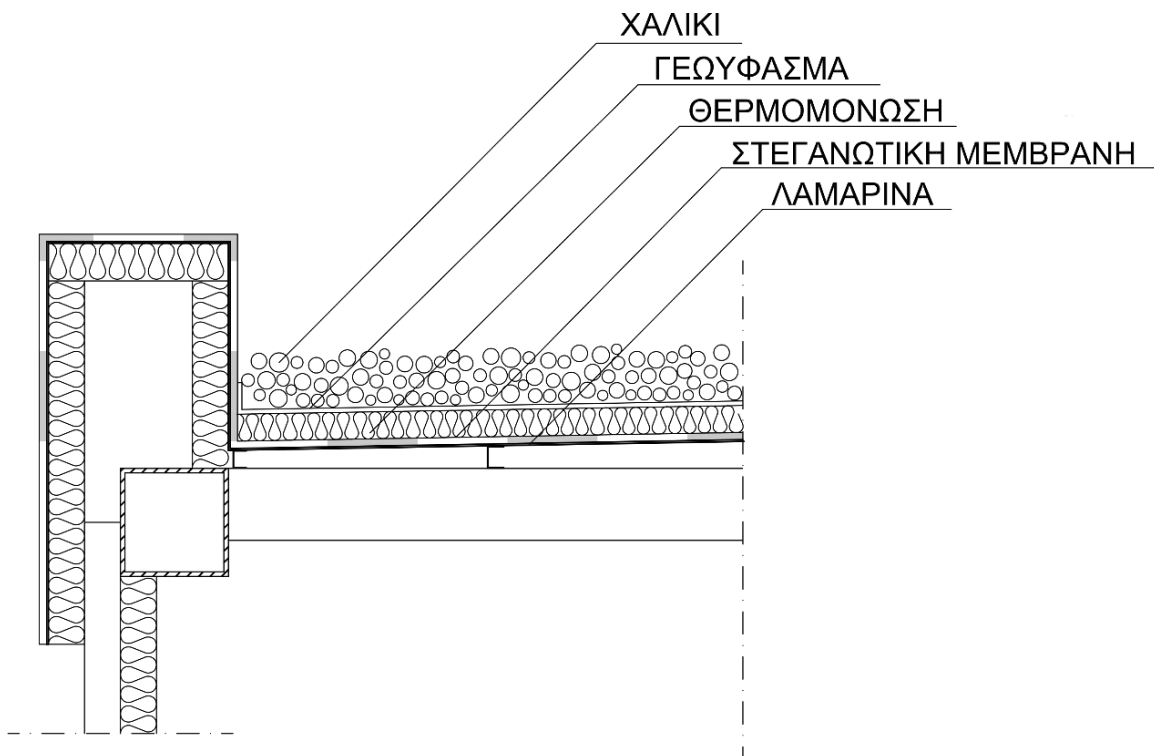
Γενικά οι εργασίες που περιλαμβάνει μια ανεστραμμένη μόνωση είναι:

- Καλός καθαρισμός της επιφάνειας (απομάκρυνση μπαζών, ύψωμα σωληνώσεων, κόψιμο σίδερων, αποξήλωση ηλιακών και ντεπόζιτων κ.α.)
- Δημιουργία ρήσεων.
- Στεγανοποίηση της επιφάνειας.
- Τοποθέτηση θερμομονωτικού υλικού μέσου βάση KENAK.

- Τοποθέτηση γευφάσματος για διαχωρισμό και προστασία του θερμομονωτικού υλικού.
- Τοποθέτηση κροκάλων ή χαλικιών .



Σχήμα 6.11: Διαμόρφωση δώματος με κλίση 1,5% για κίνηση των όμβριων υδάτων



Σχήμα 6.12: Κατασκευαστική λεπτομέρεια δώματος, με τοποθέτηση ειδικού τεμαχίου για την διαμόρφωση ρύσεων.

7. Γενικά Συμπεράσματα

7.1 Περίληψη Μεθόδου

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρήθηκε η ανάπτυξη ενός εναλλακτικού συστήματος δόμησης αποτελούμενο από προκατασκευασμένες δομικές μονάδες παραγόμενες εξολοκλήρου σε εργοστασιακές συνθήκες. Το σύστημα είναι σπονδυλωτό, δηλαδή τα βασικά δομικά του στοιχεία είναι αυτοτελή και μπορούν να αναπτυχθούν στον χώρο ώστε να συνθέσουν πολύμορφες κατασκευές.

Η διαδικασία ανάλυσης και σχεδιασμού του συγκεκριμένου συστήματος, ξεκίνησε λαμβάνοντας υπόψη κυρίως αρχιτεκτονικούς και κτιριολογικούς περιορισμούς, προκειμένου να προσδιοριστούν οι διαστάσεις των βασικών μονάδων. Κατά την επιλογή των διαστάσεων της βασικής μονάδας, υπήρξαν επιπλέον περιορισμοί (μέγιστο ύψος και πλάτος σύμφωνα με τον Κ.Ο.Κ.) έτσι ώστε να διασφαλιστεί η εύκολη μεταφορά της από το εργοστάσιο στο εργοτάξιο.

Μετά την επιλογή των βασικών διαστάσεων των δομικών μονάδων, ήταν απαραίτητο να καθοριστεί το στατικό σύστημα το οποίο θα παραλαμβάνει τα οριζόντια και κατακόρυφα φορτία σύμφωνα με τις υποδείξεις του Ευρωκώδικα, ενώ ταυτόχρονα προσδίδει αρχιτεκτονική ευελιξία στην υλοποίηση της λύσης. Ο φέρων οργανισμός σχεδιάστηκε έτσι ώστε να επηρεάζει στο ελάχιστο ή και καθόλου το πλήθος εφαρμογών και αρχιτεκτονικών λύσεων που μπορούν να προκύψουν από το δομικό σύστημα. Παράλληλα διερευνήθηκε ένα εύρος τύπων και διαστάσεων διατομών, προκειμένου να προκύψουν οι καταλληλότερες για τα υποστυλώματα και τις δοκούς της βασικής μονάδας. Ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια κατά την διερεύνηση αυτή, ήταν η κατά το δυνατόν απλοποίηση και ομαδοποίηση των συνδέσεων, τόσο μεταξύ των μελών του φορέα όσο και μεταξύ των δομικών μονάδων. Επίσης κατά την επιλογή των τελικών διατομών για τις βασικές μονάδες, διερευνήθηκε το ενδεχόμενο πιο σύνθετων διατάξεων τόσο στην κατακόρυφη όσο και στην οριζόντια διεύθυνση, προκειμένου να ελεγχθεί η επάρκεια τους για μεγαλύτερα έργα τα οποία συνεπάγονται και μεγαλύτερα φορτία.

Η διαδικασία τόσο της επιλογής του κατάλληλου στατικού συστήματος, των διατομών αλλά και των διαστάσεων των βασικών μονάδων ήταν επαναληπτική, καθώς αρκετές φορές η ικανοποίηση του ενός κριτηρίου δρούσε εις βάρος ενός άλλου. Για παράδειγμα, η αύξηση των διατομών τόσο των υποστυλωμάτων όσο και των δοκών, ενώ βοηθά πολύ στον περιορισμό βελών και μετακινήσεων, καταλαμβάνει χώρο. Έτσι, το καθαρό πλάτος και ύψος της βασικής μονάδας μειώνονται, κάνοντας πλέον την χρήση της ασύμφορη.

Με δεδομένη πλέον τη γεωμετρία και τις διατομές των φερόντων στοιχείων της βασικής μονάδας και με γνώμονα τη συμβατότητα με όλες τις διαστάσεις των βασικών μονάδων του υπό ανάπτυξη συστήματος δόμησης, μελετήθηκαν και σχεδιάστηκαν οι κατασκευαστικές

λεπτομέρειες. Πιο αναλυτικά επιλύθηκαν οι λεπτομέρειες που αφορούν τα στοιχεία πλήρωσης, τα δάπεδα, τις ψευδοροφές, το δώμα καθώς και τον απαιτούμενο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Όλα τα παραπάνω, μελετήθηκαν για κάθε βασική μονάδα αυτόνομα, προκειμένου να δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να αλλάζει την μορφή της κατασκευής κατά το δοκούν, χωρίς αυτό να συνεπάγεται επίπονες εργασίες για την επανασύνδεση και επανασχεδίαση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού για το κτίριο.

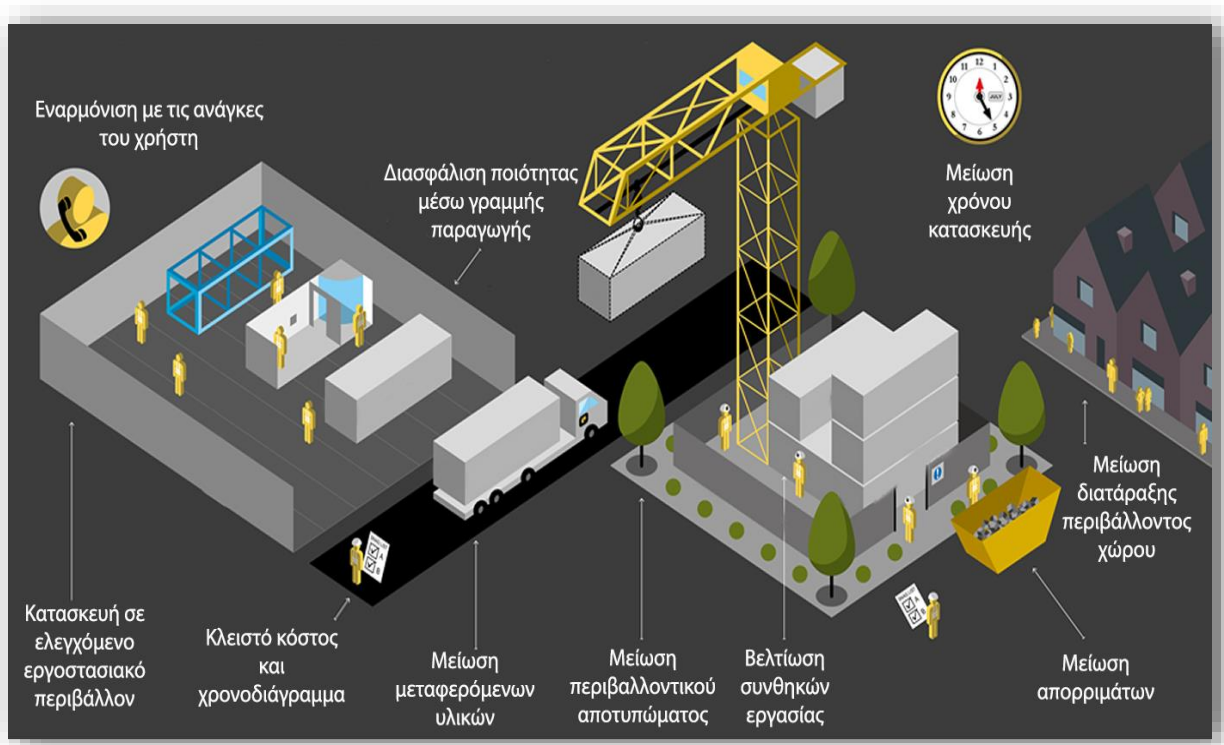
Τέλος, σχεδιάστηκαν παραδείγματα εφαρμογής του υπό ανάπτυξη δομικού συστήματος τα οποία αποτελούν ολοκληρωμένες αρχιτεκτονικές λύσεις, διαφόρων διαστάσεων, μορφών και χρήσεων, κτηριακών έργων.

7.2 Πλεονεκτήματα Μεθόδου

Οι κύριες παράμετροι κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων και σχεδιασμού μιας κατασκευής είναι το κόστος, ο χρόνος και η ποιότητα του έργου. Αυτές οι παράμετροι μπορούν να ποσοτικοποιηθούν σε οικονομικούς όρους. Στις σύγχρονες κατασκευές πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις σε όρους βιωσιμότητας και κατασκευασιμότητας. Επίσης οι σύγχρονες ανάγκες απαιτούν υψηλές αποδόσεις της ίδιας της κατασκευής (μόνωση, ασφάλεια, άνεση) με μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου σε όρους κόστους κατασκευής, ποιότητας και χρόνου μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Μειωμένοι χρόνοι κατασκευής, οι οποίοι οδηγούν σε αύξηση της απόδοσης της επένδυσης.
- Επίτευξη οικονομίας κλίμακας κατά την παραγωγή, ειδικά σε μεγάλα έργα όπου η επαναληψιμότητα εξοικονομεί πολλά κεφάλαια.
- Αυξημένη ποιότητα, η οποία επιτυγχάνεται μέσω της βιομηχανοποιημένης παραγωγικής διαδικασίας.
- Δυνατότητα μεταβολής της κατασκευής και επαναχρησιμοποίηση των βασικών μονάδων
- Καλύτερη ακουστική και θερμική μόνωση.
- Αυξημένη ασφάλεια στο εργοτάξιο λόγω των μειωμένων εργασιών που απαιτούνται, αφού οι όποιες εργασίες είναι πλήρως τυποποιημένες.
- Μειωμένη διατάραξη του περιβάλλοντος χώρου.
- Κλειστό κόστος κατασκευής έργου. Σε αντίθεση με τις συμβατικές μεθόδους (ιδίως με σκυρόδεμα) υπάρχει μηδενική ή πολύ μικρή απόκλιση στο τελικό κόστος κατασκευής.

- Κλειστό χρονοδιάγραμμα. Το χρονοδιάγραμμα κατασκευής και εργασιών είναι σαφώς ορισμένο, με πολύ μικρές αποκλίσεις οι οποίες συνήθως αφορούν μόνο εξωτερικούς παράγοντες (καιρικές συνθήκες, καθυστέρηση παραλαβής φορτίου)



Σχήμα 7.1: Σχηματική απεικόνιση κύκλου ζωής κατασκευής με την παρουσιαζόμενη μέθοδο. Αναγράφονται τα πλεονεκτήματα από την φάση της κατασκευής στο εργοστάσιο μέχρι την τελική τοποθέτηση και χρήση στον χώρο όπου βρίσκεται το έργο.

7.3 Βιωσιμότητα Μεθόδου

Επίσης μια πολύ σημαντική διάσταση των σύγχρονων κατασκευών είναι η βιωσιμότητα (sustainability) τους. Πρακτικά αυτός ο όρος, περιλαμβάνει τον κοινωνικό, περιβαλλοντικό και οικονομικό αντίκτυπο που έχει μια κατασκευή στον κόσμο. Η μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος μιας κατασκευής άμεσα ή έμμεσα είναι μια κύρια παράμετρος η οποία συνεισφέρει σημαντικά στην βιωσιμότητα της.

7.3.1 Κοινωνική Σκοπιά

- Λιγότερες εργασίες στο εργοτάξιο, μείωση πιθανότητας ατυχημάτων.
- Μικρότερη διατάραξη του περιβάλλοντος χώρου του εργοταξίου.

7.3.2 Περιβάλλον

- Λιγότερη ρύπανση του περιβάλλοντος.

- Αξιοποίηση μεγαλύτερου ποσοστού των υλικών, καθώς όλες οι ποσότητες μπορούν να ορισθούν από την φάση σχεδιασμού.
- Εφαρμογή ανακυκλώσιμων υλικών σε αντίθεση με τις συμβατικές μεθόδους
- Αυξημένη ενεργειακή απόδοση κτιρίου, μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

7.3.3 Οικονομία

- Ταχύτερη ανέγερση, σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους
- Αυξημένη παραγωγικότητα στο εργοτάξιο.
- Μικρότερες απαιτήσεις για βαρύ εξοπλισμό στο εργοτάξιο
- Η αυξημένη ενεργειακή απόδοση, συμβάλλει στην εξοικονόμηση κεφαλαίων κατά την διάρκεια ζωής της κατασκευής
- Μειωμένα κόστη συντήρησης.
- Η αξία του συστήματος και των βασικών μονάδων παραμένει σχεδόν σταθερή στον χρόνο, μιας και είναι ανθεκτικά στην φθορά. Κάνοντας τα ιδανικά για επαναχρησιμοποίηση.

7.4 Μειονεκτήματα Κατασκευαστικής Μεθόδου – Συστήματος

Όπως κάθε άλλη κατασκευαστική μέθοδος ή πρακτική, έτσι και το παρόν σύστημα έχει κάποια βασικά μειονεκτήματα, τα οποία ο χρήστης ή μελετητής πρέπει να λάβει υπόψη. Αρχικά, ένα από τα πιο σημαντικά μειονεκτήματα του συστήματος, είναι το μεγάλο αρχικό κεφάλαιο το οποίο απαιτείται προκειμένου κάποιος να μπορέσει να αποκτήσει ένα ολοκληρωμένο χώρο παραγωγής, συναρμολόγησης, στέγασης και μεταφοράς των δομικών μονάδων. Σε αντίθεση με τα υπάρχοντα συμβατικά συστήματα, το συγκεκριμένο σύστημα απαιτεί μια σταθερή υλικοτεχνική υποδομή η οποία θα συνάδει με τις σύγχρονες απαιτήσεις ποιότητας και ασφάλειας, στην οποία ο εκάστοτε ενδιαφερόμενος πρέπει να επενδύσει εξαρχής.

Ένα δεύτερο μειονέκτημα της μεθόδου, είναι ότι κατά την φάση σχεδιασμού και διαστασιολόγησης των βασικών μονάδων και κατ' επέκταση του συστήματος στο σύνολο του, η λήψη αποφάσεων είναι καθοριστική για την συνέχεια. Δηλαδή, η επιλογή διατομών, διάταξης, στατικού συστήματος και διαστάσεων, δεν είναι μια διαδικασία η οποία μπορεί να αλλάζει συνεχώς, καθώς η παραγωγική διαδικασία είναι πολύ ευαίσθητη σε τέτοιες μεταβολές. Επίσης αν κάτι τέτοιο συμβεί, χάνεται κάθε έννοια τυποποίησης ποιότητας,

εργασιών και ασφάλειας, καθώς υπαισέρχονται νέα δεδομένα με τα οποία ο κατασκευαστής ή το τεχνικό προσωπικό δεν έχουν καμία εξοικίωση.

Τέλος, με την υπάρχουσα διάταξη και σχεδιασμό των δομικών μονάδων, είναι αδύνατη η δημιουργία χώρων με μεγάλα και ενιαία ανοίγματα, όπως θέατρα, κινηματογράφους, συνεδριακούς χώρους κ.ά. Επίσης, υπάρχουν περιορισμοί ως προς την καθ' ύψος επέκταση των βασικών μονάδων για πολύ ψηλά κτίρια. Εκεί, προτείνεται η αυτόνομη εκ νέου μελέτη των δομικών μονάδων, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν αυξημένες διατομές στα μέλη ή να χρησιμοποιηθούν σύνδεσμοι δυσκαμψίας κατά την οριζόντια αλλά και κατακόρυφη διεύθυνση. Όπως προαναφέρθηκε όμως, το παρόν σύστημα σχεδιάστηκε και μελετήθηκε για συνήθεις κατασκευές και κτίρια και συνεπώς τα παραπάνω δεν εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της.

7.5 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Όπως προαναφέρθηκε, το υπό διερεύνηση κατασκευαστικό σύστημα είναι πολλά υποσχόμενο. Έχοντας πλέον λάβει υπόψη αρχιτεκτονικούς, κτιριολογικούς, στατικούς και κατασκευαστικούς περιορισμούς, οι βασικές μονάδες που έχουν διαμορφωθεί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών σε συνήθεις κατασκευές. Προφανώς στόχος είναι οι εφαρμογές αυτές να αυξηθούν πολύ περισσότερο και το σύστημα να έχει πρωταγωνιστικό ρόλο στην δόμηση του μέλλοντος, δημιουργώντας ένα βιώσιμο αστικό περιβάλλον. Προκειμένου να γίνει αυτό είναι απαραίτητο, η κοινωνία και οι μηχανικοί να είναι σίγουροι για την αποτελεσματικότητα της μεθόδου καθώς και για την αξιοπιστία της.

Αναμφισβήτητα, υπάρχουν ακόμα αρκετά θέματα τα οποία χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση, προκειμένου το σύστημα να μπορεί να είναι άμεσα εφαρμόσιμο και πιστοποιημένο σε θέματα ποιότητας, ασφάλειας και ενεργειακής απόδοσης. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο στόχος τα παρακάτω θέματα πρέπει να διερευνηθούν, επαληθευτούν και να σχεδιαστούν με ακόμη μεγαλύτερη λεπτομέρεια:

- Ανάλυση συμπεριφοράς κόμβων δοκών – υποστυλωμάτων.
- Σχεδιασμός συνδέσεων μεταξύ δύο βασικών μονάδων σε οριζόντια αλλά και κατακόρυφη διάταξη.
- Ανάλυση συμπεριφοράς των συνδέσεων μεταξύ δύο βασικών μονάδων και διερεύνηση της επιρροής της κόπωσης.
- Βελτιστοποίηση των ειδικών λύσεων και των μελών τα οποία τοποθετούνται σε αυτές
- Παραμετρική διερεύνηση της μέγιστου ύψους κατασκευής, το οποίο μπορεί να επιτευχθεί με αποκλειστική χρήση του παρουσιαζόμενου συστήματος.

- Μελέτη της εφαρμογής κατά περίπτωση κατακόρυφων συνδέσμων δυσκαμψίας και ποια η επιρροή τους τόσο στην αρχιτεκτονική ευελιξία όσο και στην στατική συμπεριφορά μιας κατασκευής
- Διενέργεια οικονομικής μελέτης για την ακριβή κοστολόγηση της μεθόδου, την περίοδο αποπληρωμής της επένδυσης και την αξία της σε συνάρτηση με τον χρόνο χρήσης.
- Κατάρτηση ακριβούς χρονοδιαγράμματος κατασκευής, συμπεριλαμβανομένων των εργοστασιακών εργασιών, την μεταφορά των βασικών μονάδων προς το εργοτάξιο, τον χρόνο ανέγερσης καθώς και τον χρόνο των τελικών εργασιών στο εργοτάξιο.

8. Βιβλιογραφία

1. Ευρωκώδικας παράρτημα 1 και παράρτημα 3
2. Τρέζος Κ., Μαλακάτας Ν., (2011). EN1990: Βάσεις Σχεδιασμού των Φερούσων Κατασκευών, EN1991: Δράσεις επί των Κατασκευών
3. Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, Ίδρυμα Ευγενίδου, (2000). Θεωρητική Εκπαίδευση Οδηγών Φορτηγών
4. Βάγιας Ι, (2004). Σιδηρές κατασκευές από λεπτοτοιχες διατομές ψυχρής διαμόρφωσης. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
5. Βάγιας Ι, Ερμόπουλος Ι, Ιωαννίδης Γ, (2005). Σχεδιασμός Δομικών Έργων από Χάλυβα. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
6. Allen, E. and Iano, J. (2004). Fundamentals of building construction. Hoboken, N.J.: J. Wiley & Sons.
7. Ching, F. and Adams, C. (2001). Building construction illustrated. New York: Wiley.
8. Dubina, D. and Rondal, J. (n.d.). Light gauge metal structures.
9. Echavarria M, P. (2004). Portable architecture and unpredictable surroundings. Barcelona: Structure.
10. European recommendations for the design of light gauge steel members. (1987). Brussels, Belgium: ECCS General Secretariat.
11. Henkel, F., Holl, D. and Schalk, M. (2008). Seismic Design and Drywalling. Iphofen: Knauf Gips KG.
12. Koones, S. (2005). Modular mansions. Salt Lake City: Gibbs Smith.
13. Kronenberg, A. (1998). Portable architecture. Chichester: Wiley.
14. Lawson, R., Ogden, R. and Goodier, C. (n.d.). Design in modular construction.
15. Littlefield, D. (2008). Metric handbook. London: Architectural.
16. Smith, R. (2010). Prefab architecture. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons.
17. Vayas, I., Dowling, P., Harding, J. and Bjorhovde, R. (1997). Special issue on structural steel research in Greece. Oxford: Elsevier.
18. Yu, W. and LaBoube, R. (2010). Cold-formed steel design. Hoboken, N.J.: Wiley.