



**ΑΛΕΞΑΝΔΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

**Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε.**

**Τίτλος Εργασίας :**

**«ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΣΚΕΛΕΤΟ-  
ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ»**

**Φοιτητής:** Χάρης Σουπιώνης

**A.M.:** 2013/0097

**Επιβλέπων:** Κοϊνάκης Χρυσόστομος

**Ιούνιος 2019**

## *Περίληψη*

---

Η παρούσα εργασία εξετάζει τις τεχνικές κατασκευής και διαχείρισης προκατασκευασμένων δομικών κατασκευών. Ειδικότερα, αναλύονται βασικές έννοιες, όπως είναι η ποιότητα κατασκευής. Εν συνεχεία, παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά της κατασκευής, που εφαρμόζονται τόσο για την παραγωγή μικρών ευκόλως μεταφερόμενων, όσο και για την μόνιμη και μεγάλης κλίμακας κατασκευή. Στη συνέχεια εξετάζεται διεξοδικά η εφαρμογή χρήσης προκατασκευασμένων υλικών και ειδικότερα μεταλλικών πάνελ τύπου *isobox* σε συγκεκριμένα παραδείγματα. Οι χρήσεις του και οι ιδιότητες αναφέρονται εκτενώς, ενώ ακολούθως αναλύονται διεξοδικά τα ισχύοντα πρότυπα κατασκευής.

Σκοπός της εργασίας, είναι να εξετάσει τα πρότυπα και τις προδιαγραφές κατασκευής μέσω της χρήσης προκατασκευασμένων υλικών και το πως αυτές επιδρούν σε ολόκληρη την παραγωγική διαδικασία του, αλλά και το πόσο επηρεάζουν τις κατασκευές, τόσο από πλευράς ασφαλείας, όσο και από οικονομικής πλευράς.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται είναι η βιβλιογραφική αναζήτηση σε διεθνείς βάσεις δεδομένων, όπως είναι το Scopus και το Google Scholar, με ιδιαίτερα έμφαση σε τεχνικά περιοδικά, όπου αναλύουν κυρίως θέματα κατασκευών. Επίσης, αξιοποιήθηκαν συγγράμματα αλλά και υλικό που προέρχεται από την βιβλιοθήκη του τμήματος.

## *Ευχαριστίες*

---

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωσή της καθώς και σε αυτούς που συνέβαλαν συνολικά σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Πρώτα από όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Κοϊνάκη Χρυσόστομο για την ανάθεση και την επίβλεψη της πτυχιακής μου διατριβής, καθώς και για την αψεγάδιαστη συνεργασία και καθοδήγηση που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής και όλους τους διδάσκοντες του τμήματος για τις γνώσεις που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω και την οικογένεια μου για την στήριξη που μου παρείχε και σε αυτό το στάδιο των σπουδών μου.

## Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη .....	2
Ευχαριστίες .....	3
Κατάλογος Πινάκων .....	6
Κατάλογος Σχημάτων .....	7
Δομή & Σκοπός.....	8
1.0 Εισαγωγή .....	9
1.1 Ορισμός.....	9
1.2 Ιστορική Αναδρομή .....	10
1.4 Τύποι Προκατασκευασμένων Οικείων .....	13
1.4.1 Προκάτ κατοικίες.....	13
1.4.2 Αρθρωτές Κατασκευές .....	15
1.5 Σύνηθες πρακτικές κατασκευής.....	18
2.0 Διαδικασία Αρθρωτής Κατασκευής .....	21
2.1 Κατασκευαστική Διαδικασία.....	21
2.1.1 Off Site Κατασκευές .....	21
2.1.2 Προσανατολισμός Κατασκευής.....	23
2.2 Θεώρηση επιλογής «modular» κατασκευής .....	28
2.2.1 Εφαρμογή της modular κατασκευής.....	28
2.2.2 Κατηγορίες δόμησης.....	30
2.2.3 Ζητήματα βιωσιμότητας & αειφορίας .....	33
2.2.4 Ζητήματα χρονικής απόκρισης .....	36
2.2.5 Ζητήματα οικονομικής φύσεως .....	37
2.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά (Isobox) .....	40
2.3.1 Ορισμός μεταλλικών πάνελ τύπου «Isobox».....	40
2.3.2 Χαρακτηριστικά μεταλλικών επιφανειών.....	42
2.3.3 Συνθήκες και υλικά μόνωσης .....	43

2.3.4 Διαδικασίες Συναρμολόγησης .....	45
2.4 Εφαρμογές αρθρωτών κατασκευών για μεγάλες κατασκευές .....	49
2.4.1 Project «Sky City» .....	49
2.4.2 Project J57 «Mini Sky City» .....	52
2.4.3 Ιστορική πορεία της κατασκευής .....	54
3.0 Περίπτωση Μελέτης .....	56
3.1 Έργο The Charlotte Vermont House .....	57
3.2 Στοχοθεσία του έργου .....	61
3.2.1 Ασφαλής στόχος .....	61
3.2.2.Στόχος αειφόρας ανάπτυξης .....	62
3.2.3 Στόχος Λειτουργικότητας .....	63
3.2.4 Στόχος Προσβασιμότητας .....	63
3.2.5 Αισθητικός στόχος .....	64
3.2.6 Στόχος αποτελεσματικότητας .....	65
3.2.7 Παραγωγικός Στόχος .....	65
3.2.8 ;Άλλες σημαντικές πτυχές του έργου .....	65
3.3 Διαδικασία ανοικοδόμησης .....	66
3.3.1 Ενεργειακοί πίνακες κατανάλωσης .....	68
4.0 Συμπεράσματα .....	69
Βιβλιογραφία .....	70

## *Κατάλογος Πινάκων*

---

- Πίνακας 1.1.....σελ.69

## *Κατάλογος Σχημάτων*

---

▪ Σχήμα 1.1.....	σελ.14
▪ Σχήμα 1.2.....	σελ.15
▪ Σχήμα 1.3.....	σελ.16
▪ Σχήμα 1.4.....	σελ.17
▪ Σχήμα 1.5.....	σελ.18
▪ Σχήμα 1.6.....	σελ.18
▪ Σχήμα 1.7.....	σελ.20
▪ Σχήμα 2.1.....	σελ.27
▪ Σχήμα 2.2.....	σελ.27
▪ Σχήμα 2.3.....	σελ.31
▪ Σχήμα 2.4.....	σελ.41
▪ Σχήμα 2.5.....	σελ.42
▪ Σχήμα 2.6.....	σελ.43
▪ Σχήμα 2.7.....	σελ.46
▪ Σχήμα 2.8.....	σελ.48
▪ Σχήμα 2.9.....	σελ.49
▪ Σχήμα 2.10.....	σελ.49
▪ Σχήμα 2.11.....	σελ.52
▪ Σχήμα 2.12.....	σελ.53
▪ Σχήμα 2.13.....	σελ.54
▪ Σχήμα 2.14.....	σελ.56
▪ Σχήμα 3.1.....	σελ.58
▪ Σχήμα 3.2.....	σελ.61
▪ Σχήμα 3.3.....	σελ.64
▪ Σχήμα 3.4.....	σελ.65

## *Δομή & Σκοπός*

---

Κύριος σκοπός της παρακάτω πτυχιακής διατριβής αποτελεί η ενδελεχής βιβλιογραφική έρευνα στο ευρύτερο θέμα της έννοιας των προκατασκευασμένων κτιρίων με ότι συνεπάγεται για τη βιομηχανία αλλά και το παραγόμενο προϊόν.

Τα αρχικά κεφάλαια εστιάζουν στην ανάλυση της έννοιας της χρήσης υλικών προκατασκευασμένων μακριά από το εργοτάξιο δίνοντας βάση στην θεματολογία της χρήσης μεταλλικών δομών και πάνελ τύπου isobox κάτω από συγκεκριμένες ποιοτικές σταθερές καθώς και κανονισμούς. Μέρος του πρώτου κεφαλαίου αποτελεί μια ιστορική αναδρομή και εισαγωγή επάνω στη χρήση των προκατασκευασμένων υλικών και την εξέλιξη τους παράλληλα με τις κατασκευαστικές νόρμες και νέες μελέτες. Επίσης δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην έννοια της προκατασκευασμένης κτιριακής δομής σε ένα γενικό πλαίσιο καθώς και ειδικά για την εφαρμογή των συνηθέστερων πρακτικών κατασκευής.

Στη συνέχεια στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση στην σχέση που έχει η βιομηχανία των δομικών κατασκευών με την χαμηλής αλλά και μεγάλης κλίμακας έργα και τις σύγχρονες πρακτικές της σε συνεχή πάντα συσχετισμό με την συνολική ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος. Θίγονται ζητήματα όπως η αρθρωτή κατασκευή, κανονιστικά πλαίσιο που εφαρμόζονται πάνω στην βιομηχανία, ο ενεργειακός καταναλωτικός ρυθμός κατά την παραγωγή καθώς και η σημασία εφαρμογής συγκεκριμένων κανονισμών οι οποίοι όχι μόνον διασφαλίζουν την ποιότητα αλλά και στην ομαλή, πάντα φιλική προς το περιβάλλον παραγωγή.

Το τρίτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στην μελέτη περίπτωσης ενός ενεργειακά φιλικού και βραβευμένου για αυτού οίκημα στην περιοχή του Charlotte Vermont στο οποίο έγινε επιλογή χρήσης δομικών πάνελ τύπου isobox. Αναλύεται όλη η φιλοσοφία της επιλογής της παραπάνω θεώρησης καθώς και ο τρόπος που κατέστη το παραπάνω δυνατό και εφαρμόσιμο.



## 1.0 Εισαγωγή

---

Από τις απαρχές της ανθρώπινης φύσης, η κατασκευή των κτηρίων και γενικά των οικοδομικών εκπονημάτων εκτελείτε επί τόπου (in situ). Από την πρώτη πρωτόγονη καλύβα μέχρι τις αιγυπτιακές πυραμίδες, τα στάδια, τους ναούς και τα θέατρα της αρχαίας Ελλάδας και Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, όλες τις σύγχρονες πόλεις και τους μεγάλους πολιτισμούς, έχουν “εξυπηρετηθεί” από άνδρες και γυναίκες που υπάρχουν εντός των τοιχωμάτων κατασκευών δομικά στηριγμένα σε μέταλλο, σκυρόδεμα και τούβλο. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας καθώς και την επένδυση όλο και περισσότερων χρημάτων στον κατασκευαστικό τομέα, ο προσφερόμενος πλούτος άρχισε να γεννά την δυνατότητα για όλο και περισσότερη χειρωνακτική εργασία, τα αποτελέσματα: μεγαλύτερες, σημαντικότερες και πιο φημισμένες κατασκευές.

Για τα τελευταία 100 χρόνια, με την ραγδαία εξέλιξη της οικονομίας και την σταθεροποίηση του παγκοσμιοποιημένου χαρακτήρα της, μία εξίσωση ισοζυγίου έχει καθολική εφαρμογή:  $Q$  (ποιότητα)  $\times$   $T$  (χρόνος) =  $S$  (σκοπός)  $\times$   $C$  (κόστος). Δεν έχει σημασία ποια μεταβλητή έχει οριστεί ως πρωταρχική προϋπόθεση για την ποιότητα, το χρόνο, το πεδίο εφαρμογής, ή το κόστος – καθώς οι άλλες μεταβλητές πρέπει να παραμείνουν σε ισορροπία συνεχώς.

### 1.1 Ορισμός

Σε ένα σχετικό πλαίσιο ορισμού, η διαδικασία κατασκευής υπό την φιλοσοφία προκατασκευασμένων κτιρίων είναι συχνά συσχετισμένη με τους όρους "απομακρυσμένη", "συναρμολόγηση", ή απλώς "κατασκευή". "Προκατασκευή" σημαίνει " η κατασκευή των τμημάτων, που σε δεύτερο χρόνο θα αποτελέσουν το επιθυμητό κτίσμα, σε ένα εργοστάσιο - βιομηχανία, έτσι ώστε η διαδικασία της κατασκευής να αποτελείται κυρίως από την συναρμολόγηση και ενοποίηση αυτών. Ο σημασιολογικός όρος της “πρό-“ κατασκευής βασίζεται επάνω στο γεγονός πως η διαδικασία της κατασκευής θεωρούνταν μια πράξη που εκτελείτο κάθε φορά στο επιθυμητό σημείο εξ’ αρχής. Οπότε ο χρονικός προσδιορισμός στην έννοια της προκατασκευής σήμαινε ότι υπήρχε ένα σύνολο εργασιών που συνέβη πριν από την πραγματική κατασκευή του επιθυμητού εκπονήματος.

Συνοπτικά ο όρος «προκατασκευή» αναφέρεται στην υλοποίηση των κατασκευών με τη μέθοδο της συναρμολόγησης στοιχείων επί τόπου στο έργο, τα οποία έχουν προκατασκευαστεί στο εργοστάσιο ή σε άλλο μέρος του εργοταξίου. Τα επιμέρους δομικά στοιχεία σε αυτή την περίπτωση θεωρούνται βιομηχανικά προϊόντα. Η βιομηχανική παραγωγή τους γίνεται σε μόνιμες ή κινητές εγκαταστάσεις με χρήση μηχανικού εξοπλισμού και εφαρμογή βιομηχανικών μεθόδων για την οργάνωση της παραγωγής και τη διάθεση των προϊόντων

Με βάση τον Ευρωκώδικα 2 (MS EN 1992-1-1:2010, 2000) ως προκατασκευασμένο στοιχείο ορίζεται: «αυτό που κατασκευάζεται σε εργοστάσιο ή σε τοποθεσία που είναι διαφορετική από την τελική θέση του στοιχείου στην κατασκευή, η οποία τοποθεσία όμως πρέπει να είναι προστατευμένη από δυσμενείς καιρικές συνθήκες και να παρέχει όλα τα εχέγγυα της ποιοτικής παραγωγής».

Κατά τον ίδιο κώδικα (MS EN 1992-1-1:2010, 2000) ως μεικτό στοιχείο ορίζεται: «αυτό που περιλαμβάνει τόσο επιτόπου χυτό, όσο και προκατασκευασμένο σκυρόδεμα, με ή χωρίς πρόβλεψη οπλισμού συνδέσεως». Έτσι, κατά την προκατασκευή πραγματοποιείται ο σχεδιασμός του τελικού προϊόντος, το οποίο διασπάται σε επιμέρους στοιχεία ή τμήματα, τα οποία συχνά επαναλαμβάνονται ομοιότυπα (διευκολύνοντας έτσι τη βιομηχανική παραγωγή τους).

## 1.2 Ιστορική Αναδρομή

Ιστορικά, τα προκατασκευασμένα σπίτια κατασκευάζονταν με τον ίδιο τρόπο, χτίζονταν σε ένα μέρος και έπανασυναρμολογούταν σε ένα άλλο. Έχουν μακρά ιστορία τόσο στις Ηνωμένες Πολιτείες όσο και στο Ηνωμένο Βασίλειο, καθώς μια από τις πρώτες εκδόσεις ενός προκατασκευασμένου σπιτιού εστάλη από την Αγγλία το 1600 στις Η.Π.Α. (Malti, 2014). Η πραγματική τους κατασκευή ξεκίνησε με την άφιξη των έτοιμων κατασκευαστικών πακέτων που περιείχαν τα μέρη του σπιτιού όπου ο ιδιοκτήτης μπορούσε να χτίσει ο ίδιος ή να προσλάβει ανθρώπους για να το φτιάξει.

Η Αγγλία άρχισε να μεταφέρει προκατασκευασμένα σπίτια στη δεκαετία του 1800 σε περισσότερες από μία χώρες όπως η Αυστραλία, όπου έφτασαν αρκετές εκατοντάδες προκατασκευασμένων σπιτιών. Σε ένα άλλο εξαιρετικό παράδειγμα το 1855 κατά τη διάρκεια του πολέμου της Κριμαίας, ο Isambard Kingdom Brunel ανατέθηκε να σχεδιάσει ένα προκατασκευασμένο αρθρωτό νοσοκομείο. Σε πέντε μήνες σχεδίασε ένα

νοσοκομείο χωρητικότητας 1.000 ασθενών, με καινοτομίες στον τομέα της υγιεινής, του εξαιρισμού και των αποχωρητηρίων (Malti, 2014).

Τα πρώτα μπλοκ προκατασκευασμένων διαμερισμάτων κατασκευάστηκαν στο Λίβερπουλ το 1906, ωστόσο οι γνωστότεροι πρώτοι πωλητές κατοικιών ήταν οι Sears, Roebuck και Co., οι οποίοι πώλησαν περισσότερα από 100.000 σπίτια από το 1908 έως το 1940. Ιδιαίτερης σημασίας παράδειγμα σε αυτή την ιστορική αναδρομή αποτελεί το γεγονός πως τα προκατασκευασμένα σπίτια διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση της έλλειψης στέγης μετά το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο στο Ηνωμένο Βασίλειο. Μεταξύ 1945 και 1951 κατασκευάστηκαν 156.623 προκατασκευασμένα σπίτια.

Στην απέναντι μεριά του Ατλαντικού, στις Ηνωμένες Πολιτείες, πολλοί παράγοντες συνέβαλαν στη δημοτικότητα των “προκάτ” σπιτιών. Εταιρείες όπως η Alladin, οι οποίες έδρευαν στο Μίσιγκαν, επωφελήθηκαν από την τεχνολογική έκρηξη στις αυτοκινητοβιομηχανίες, τη βιομηχανία σιδήρου και χάλυβα. Οι άνθρωποι ήθελαν να χτίσουν σπίτια για τις οικογένειές τους μακριά από την πόλη και τα εργοστάσια και με χαμηλότερο κόστος.

Επιπλέον, όπως και στην αυτοκινητοβιομηχανία, οι προκατασκευασμένες κατοικίες επωφελήθηκαν από την παραγωγή γραμμών συναρμολόγησης. Τα μέρη του σπιτιού, αντί να κατασκευάζονται επί τόπου από ξυλουργούς, θα μπορούσαν να παραχθούν μαζικά σε μεταφορικούς μίαντες και να μεταφερθούν στην περιοχή ζήτησης για πολύ χαμηλότερο κόστος. Οι ειδικευμένοι τεχνικοί δεν θα χρειαζόταν να κατασκευάζουν τοίχους από γυψομάρμαρο εάν η γυψοσανίδα θα μπορούσε να παραχθεί μαζικά σε ένα εργοστάσιο. Οι υδραυλικές και ηλεκτρικές καλωδιώσεις, οι οποίες θα μπορούσαν επίσης να εγκατασταθούν πολύ φτηνότερα σε ένα εργοστάσιο αντί για το εργοτάξιο από μια ποικιλία ειδικευμένων εργαζομένων ενισχύουν το παραπάνω επιχείρημα ευκολίας ταχύτητας και καινοτομίας για την εποχή (Connors, 2007).

Το χαμηλότερο κόστος σήμαινε ότι περισσότεροι Αμερικανοί της μεσαίας τάξης μπορούσαν να χτίσουν σπίτια. Για λιγότερο από 2.500 δολάρια, οι αγοραστές σπιτιού ελάμβαναν ένα πακέτο που περιείχε περίπου 30.000 τεμάχια - συμπεριλαμβανομένων των ξύλων των καρφιών καθώς και του υλικού για τη βαφή - μαζί με ένα βιβλίο για το πώς να κατασκευαστεί το σπίτι. Αυτά τα πακέτα χρησιμοποιήθηκαν επίσης ως εξοχικές κατοικίες.

Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο αυτά τα σπίτια ήταν ιδανικά για τους βετεράνους που επέστρεφαν από τον πόλεμο καθώς ήταν φτηνά και εύκολα να χτιστούν. Στη δεκαετία του 1970, η ομοσπονδιακή κυβέρνηση αποφάσισε να ρυθμίσει αυτές τις κατασκευαζόμενες κατοικίες για λόγους ασφαλείας. Αυτοί οι κανονισμοί παραμένουν μέχρι σήμερα για να προστατεύσουν και να διασφαλίσουν την ασφάλεια των ανθρώπων μέσα στο σπίτι τους (Malti, 2014).

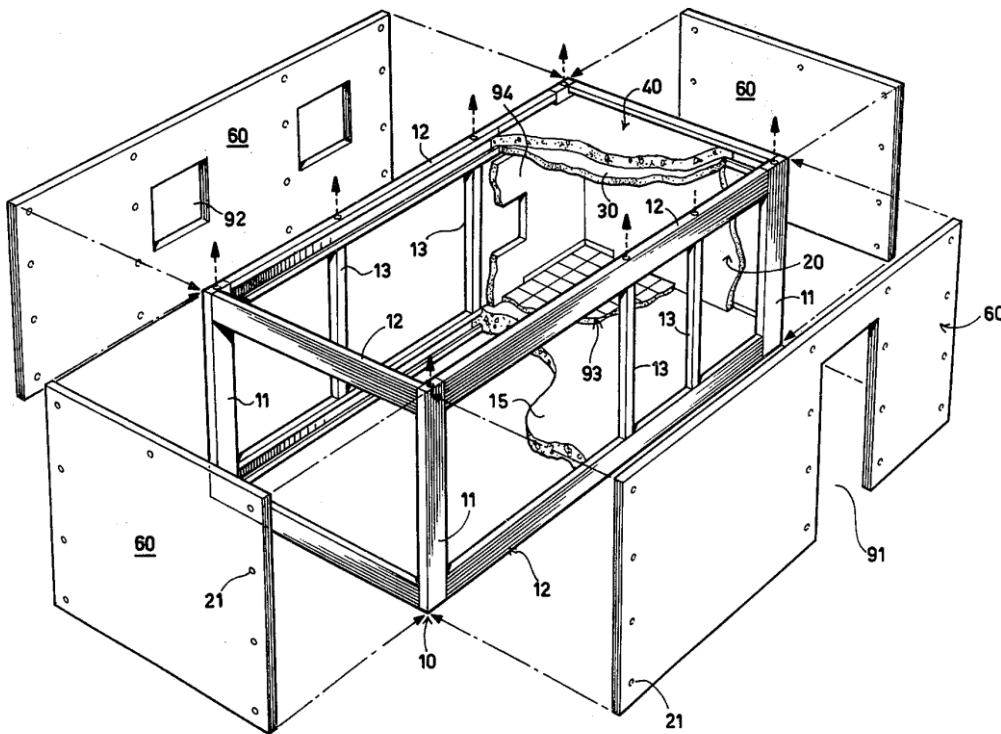
Η αρχιτεκτονική μελέτη αλλά και ο κατασκευαστικός κλάδος στην βιομηχανία των προκατασκευασμένων κτιρίων συνδέεται ιστορικά με την δημιουργία της αναγκαιότητας και την επιθυμία άμεσης και συχνά απομακρυσμένης κατασκευής αυτών. Τα ιστορικά χρονικά της διαδικασίας της προκατασκευής είναι αρκετά καλά δομημένα και εστιάζουν στην εξέλιξη των διαφόρων μεθόδων αλλά και υπό μεθόδων όπως στις τυπολογίες στέγασης και την επεκτασιμότητα της εκτός κατασκευής παραγωγής.

Για να επιτευχθεί η κατασκευή σε απομακρυσμένες τοποθεσίες είναι απαραίτητη η παράδοση των κτιρίων πιο γρήγορα. Η κοινωνία έχει χρησιμοποιήσει προκατασκευές και σε μαζική ποσότητα, ολοκληρώνοντας ουσιαστικά την κατασκευαστική δραστηριότητα που παραδοσιακά συμβαίνει σε μια τοποθεσία συναρμολογώντας ουσιαστικά τα βασικά δομικά χαρακτηριστικά – εξαρτήματα αυτών τα οποία έχουν κατά ένα βαθμό ήδη μορφοποιηθεί κατά την διάρκεια της βιομηχανικής παραγωγής τους.

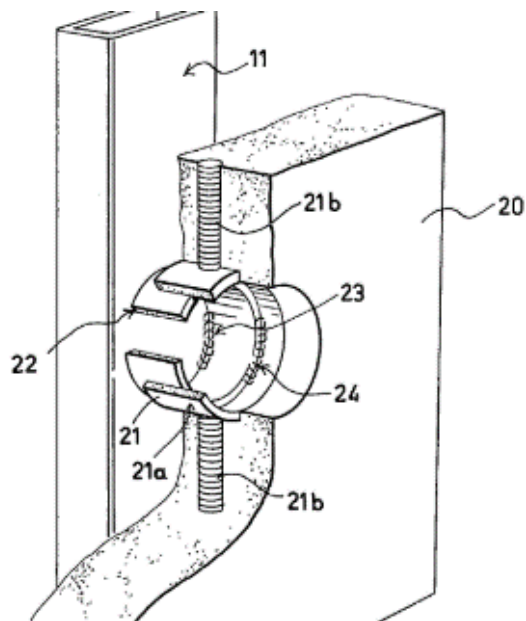
## 1.4 Τύποι Προκατασκευασμένων Οικείων

### 1.4.1 Προκάτ κατοικίες

Προκατασκευασμένα σπίτια (παλαιότερα γνωστά ως κινητά σπίτια) χτισμένα σε μη μετακινούμενα χαλύβδινα πλαίσια, γνωστά ως σασί. Τα σασί χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά των κατοικιών και για τη μόνιμη υποστήριξη. Οι κατασκευαζόμενες κατοικίες είναι κατασκευασμένες σύμφωνα με τα πρότυπα Κατασκευής Οικοδομών και Ασφάλειας (Κώδικας HUD) και μπορούν να τοποθετηθούν σε μόνιμα ιδρύματα, οπότε μπορούν να θεωρηθούν ακίνητα. Συνήθως θεωρούνται εναλλακτική λύση χαμηλού κόστους σε τακτική κατασκευή λόγω της φύσης - τρόπου κατασκευής και συναρμολόγησής τους (Σχμ. 1.1, 1.2 & 1.3)..



Σχήμα 1.1 Γραφική αναπαράσταση της τοποθέτησης σε χαλύβδινο κλωβό των προκατασκευασμένων τμημάτων του κτιρίου (United States Patent 4,443, 1984, p. 2)



Σχήμα 1.2 Γραφική αναπαράσταση της συνδεσμολογίας των προκατασκευασμένων τοίχων με τη χρήση δακτυλίων συνδέσμων. (United States Patent 4,443, 1984, p. 3)

Όπως αναφέρεται στην έκδοση της πατέντας για την κατασκευή με την χρήση προκατασκευασμένων εξαρτημάτων United States Patent 4,443, (1984), μια μέθοδος κατασκευής με τη χρήση προκατασκευασμένων δομικών υλικών περιγράφεται ως η χρήση δομικών μονάδων στις οποίες ένας ανοιχτός τρισδιάστατος χαλύβδινος κλωβός σχετικά ελαφριάς δομής πάντα διαμορφωμένος ανάλογα με την προκαθορισμένη μελέτη του έργου παράγεται εκτός του χώρου του σύμφωνα με την επιθυμητή και συγκεκριμένη διαμόρφωση της οικοδομικής μονάδας κυρίως με τη χρήση προκατασκευασμένων τοίχων από σκυρόδεμα. Τα πάνελ συνδέονται στις πλευρές του χαλύβδινου κλωβού με συγκολλητικούς μεταλλικούς δακτύλιους που είναι ενσωματωμένοι στα ανοίγματα του από προκατασκευασμένα σκυρόδεμα σε μεταλλικά δοκάρια καθώς και από δακτυλίους συγκολλημένους στον κλωβό του χάλυβα, για να σχηματίσουν τα τοιχώματα του και να προσθέσει αντοχή και ακαμψία στο οικοδομική μονάδα · η οικοδομική μονάδα ολοκληρώνεται με πάτωμα και η στέγη προσθέτοντας περαιτέρω δύναμη και ακαμψία σε αυτό. Και η ολοκληρωμένη μονάδα κτιρίου μεταφέρεται έπειτα σε κατάλληλα προετοιμασμένο υπόβαθρο στο εργοτάξιο.

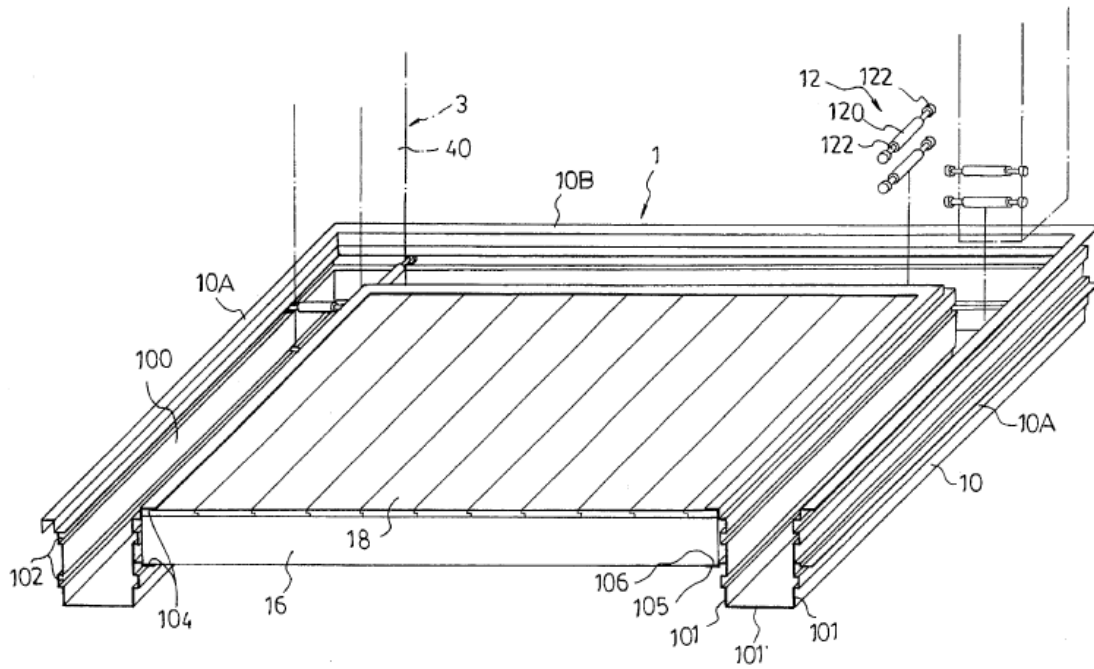


Σχήμα 1.3 Αναπαράσταση τοποθέτησης τμήματος προκατασκευασμένου κτιρίου στο εργοτάξιο (Bunch, 2017).

#### 1.4.2 Αρθρωτές Κατασκευές

Οι αρθρωτές κατασκευές (modular housing), σε συσχέτισμό με την παραπάνω περίπτωση, θεωρείται συγγενικός τύπος - κατηγορία υψηλότερης κατασκευής κατοικιών και συνδέεται ξεκάθαρα με την συνολική τάση των "προκατασκευασμένων κτιρίων". Τα αρθρωτά κτίρια αποτελούνται από μονάδες ή τεμάχια που είναι κατασκευασμένα σε εργοστάσια και ενώνονται στο εργοτάξιο. Χρησιμοποιούνται συχνά, δαπανηρά υλικά και είναι μεγαλύτερα από τα συνήθη προκατασκευασμένα σπίτια. Επιπλέον, η φύση της αρθρωτής κατοικίας προσφέρει πολλές ακόμα επιλογές προσαρμογής, συμπεριλαμβανομένων ακόμα και σχετικά πολύπλοκων αρχιτεκτονικών αναβαθμίσεων.





Σχήμα 1.4 Γραφική αναπαράσταση – σχέδιο πατέντας κατασκευής επιδαπέδιου χώρου στα πλαίσια των αρθρωτών προκατασκευασμένων κτιρίων (US5647177A, 1995).

Στην πραγματικότητα, πολλές πολυτελείς κατοικίες (Σχμ. 1.5 & 1.6) είναι ακριβότερες από ό, τι τα συμβατικά προκατασκευασμένα κτίρια (γνωστά και ως προκατ), αφού οι ιδιοκτήτες προσθέτουν τις επιθυμητές έξτρα λεπτομέρειες και αναβαθμίσεις. Κάθε αρθρωτή κατασκευή πρέπει σε κάθε περίπτωση να συμμορφώνεται με την κατάσταση του τοπικού κανονιστικού πλαισίου, τους τοπικούς αλλά και περιφερειακούς οικοδομικούς κώδικες - οι οποίοι υπερβαίνουν τους περιορισμούς του Κώδικα HUD. Τα σπίτια μεταφέρονται σε επαναχρησιμοποιούμενους μεταφορείς και ταξινομούνται ως ακίνητα μόλις τοποθετηθούν.

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό το οποίο διαφοροποιεί και τα αρθρωτά κτίρια από τα συμβατικά “προκατ” είναι το γεγονός ότι δεν χρησιμοποιούνται πλαίσια χάλυβα παρόμοια με τα σπίτια που κατασκευάζονται με ράβδους ή κλωβούς αλλά κατασκευάζονται με ξύλινα δοκάρια ενισχυμένα με υποστηρίγματα από χάλυβα. Το πλαίσιο, καθώς και το γεγονός ότι οι ενότητες μπορούν να στοιβάζονται και να αναδιοργανώνονται, επιτρέπει την κατασκευή πολλαπλών ορόφων καθώς και υπογείων.





Σχήμα 1.5 Τριώροφες κτιριακές εγκαταστάσεις σε σύγχρονη αρχιτεκτονική σχεδίαση, κατασκευασμένα στα πρότυπα των αρθρωτών κτιρίων (modular) (ABM, 2018).



Σχήμα 1.6 Παράδειγμα σύγχρονης – μοντέρνας αρχιτεκτονικής σχεδίασης τύπου modular (TriumphModular, 2018).

## 1.5 Συνήθες πρακτικές κατασκευής

Οι προκατασκευασμένες κατοικίες κατασκευάζονται από μέσα προς τα έξω. Κατασκευάζονται με την ακόλουθη σειρά σε μερικές ημέρες ή λιγότερο, με επιθεωρήσεις μετά από κάθε βήμα (η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει περισσότερο εάν ο αγοραστής έχει προσαρμόσει το σπίτι) (Connors, 2007):

- Τα δάπεδα συν αρμολογούνται πρώτα. Υπάρχει συνήθως ένα ξύλινο πλαίσιο κάτω από το δάπεδο για τη στερέωση των πάνελ τοίχων.
- Τα πάνελ τοίχου συνδέονται στη συνέχεια με μπουλόνια και καρφιά. Τα πάνελ είναι μονωμένα και τα παράθυρα κόβονται πριν τα πάνελ τοποθετηθούν.
- Μόλις εγκατασταθεί η δομή του σπιτιού, εγκαθίστανται οι υδραυλικές εγκαταστάσεις, η ηλεκτρική καλωδίωση και η γυψοσανίδα (συμπεριλαμβανομένης της οροφής).
- Η οροφή, που κατασκευάζεται συνήθως σε άλλο τμήμα του εργοστασίου, βρίσκεται στην κορυφή των τοίχων. Σε ορισμένες προθήκες, οι εργαζόμενοι συνδέουν την οροφή επί τόπου μετά την κατασκευή του υπόλοιπου σπιτιού.
- Προστίθενται εξωτερικά και εσωτερικά τελειώματα, συμπεριλαμβανομένων πλαισιώσεων και ντουλαπιών. Οι τοίχοι είναι επίσης βαμμένοι.

Μόλις παρασκευασθούν οι μονάδες και τα τμήματα τα οποία θα αποτελέσουν στο εγγύς μέλλον την κατοικία ή το επιθυμητό κτίριο για το οποίο έχει γίνει και η απαραίτητη μελέτη, πρέπει να μεταφερθούν στο τόπο όπου έχει ορισθεί το εργοτάξιο. Οι επικείμενοι κατασκευαστές είναι απαραίτητο να έχουν μεριμνήσει όλους τους πιθανούς παράγοντες οι οποίοι ενδέχεται να επηρεάσουν το επιθυμητό έργο πριν από την τελική παράδοση.

Ένας γενικός κανόνας ο οποίος προκύπτει εμπειρικά έτσι όπως αναφέρεται και στο άρθρο της Connors (2007) αναφέρει πως, κάθε δομικό τμήμα από τα εξαρτήματα πρέπει να έχει πλάτος μικρότερο από 5 μέτρα, μήκος 20 μέτρα και ύψος 4 μέτρα. Επειδή τα ταξίδια μπορεί να είναι απρόβλεπτα, οι αγοραστές είναι συνήθως στο εργοτάξιο με ανεξάρτητους εργολάβους για να επιθεωρήσουν τις μονάδες για πιθανές φθορές κατά τη μεταφορά όπως γρατζουνιές και ρωγμές.

Το κάθε κτίσμα είναι απαραίτητο να έχει προ εγκατεστημένη μια θεμελιακή βάση όπως κάθε σύγχρονο κτίριο. Πριν την έναρξη της κατασκευαστικής διαδικασίας, πρέπει να έχει ολοκληρωθεί η εκσκαφή και η αντίστοιχη θεμελίωση. Τα θεμέλια είναι δυνατόν να έχουν κατασκευαστεί με χυτό σκυρόδεμα, τσιμεντόλιθους ή ακόμα και υπόγεια θεμελιωμένους χώρους.



Σχήμα 1.7 Οπτικό υλικό από πραγματικές συνθήκες εγκατάστασης θεμελιώσεων πριν από την τοποθέτηση των προκατασκευασμένων κτιρίων.

Με το πέρας της θεμελίωσης το κτίριο φτάνει και τοποθετείται με γερανό πάνω στο θεμέλιο. Οι εργαζόμενοι χρησιμοποιούν βαρύ καλώδιο για να μεταφέρουν τις μονάδες, οι οποίες συναντώνται σε σημεία που ονομάζονται τοίχοι συνδέσμων. Οι τοίχοι αυτοί δένουν το σπίτι μαζί και εξασφαλίζουν ότι είναι επίπεδο και σωστά βιδωμένο. Σε αυτό το σημείο, η στέγη τοποθετείται αν δεν έχει εγκατασταθεί εργοστασιακά. Μια στρογγυλή οροφή, επίσης κατασκευασμένη στο εργοστάσιο, ξεδιπλώνεται στο σπίτι. Η όλη παράδοση και τοποθέτηση του σπιτιού μπορεί συνήθως να ολοκληρωθεί σε περίπου μία ημέρα. Μετά από αυτό, μπορούν να εγκατασταθούν καταστρώματα, σκάλες και πρόσθετα εξαρτήματα.

Μεταβλητές όπως η προσαρμογή, η χρηματοδότηση και τα χρονοδιαγράμματα των εργοστασίων μπορούν να συμβάλουν στη διαδικασία, αλλά από την επιλογή του σπιτιού μέχρι την ολοκλήρωση, οι περισσότεροι κατασκευαστές δίνουν ένα χρονικό πλαίσιο λίγων μηνών.



## 2.0 Διαδικασία Αρθρωτής Κατασκευής

---

### 2.1 Κατασκευαστική Διαδικασία

Η εξοικονόμηση χρόνου που αποδίδεται σε προκατασκευασμένες κατασκευές περιτρέφεται γύρω από το γεγονός ότι πραγματοποιείται επί τόπου η θεμελίωση και ανύψωση ενώ η κατασκευή συνολικά μπορεί να γίνει παράλληλα με τις εκτός κατασκευής δομές (πχ. πάνελ), ενώ περιορίζει τις καθυστερήσεις των καιρικών συνθηκών στο χρονοδιάγραμμα κατασκευής

#### 2.1.1 Off Site Κατασκευές

Με βάση την ακαδημαϊκή αναφορά του R.E. Smith (2018), η κατασκευαστική διαδικασία εκτός εργοστασίου (off-site) περιλαμβάνει τη διαδικασία σχεδιασμού, το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη μεταφορά και την συναρμολόγηση στοιχείων κτιρίων για γρήγορη συναρμολόγηση σε μεγαλύτερο βαθμό από ό, τι στην παραδοσιακή αποσπασματική επιτόπια κατασκευή

Η παραπάνω διαδικασία περιλαμβάνει την πολυπληθή σειρά των υλικών, των ζυγών και των συστημάτων, του ψηφιακού λογισμικού, των μεθόδων κατασκευής αλλά και της δημιουργίας των υλικών ενώ παράλληλα προσφέρει στην ταχεία ανάπτυξη των καινοτομιών στην κοινωνική και τεχνολογική ολοκλήρωση.

Τα παράγωγα προϊόντα μιας τέτοιας διαδικασίας περιλαμβάνουν τα κατασκευασμένα, πάνελ καθώς και τα αρθρωτά στοιχεία που χρησιμοποιούνται στην υπηρεσία των δομικών εργασιών.

Μια στρατηγική βελτιστοποίησης της «off-site» διαδικασίας είναι η ενσωμάτωση αυτών των συστημάτων και της αλυσίδας εφοδιασμού μέσω της έρευνας, του σχεδιασμού, των δοκιμών και των πρωτοτύπων. Σε όλο το φάσμα των «off-site» προϊόντων, η αρθρωτή κατασκευή είναι η πιο ολοκληρωμένη παρουσιάζοντας το πιο ολοκληρωμένο εργοστασιακό φινίρισμα. Έως και 95% σε ορισμένες περιπτώσεις, αποστέλλονται και συν αρμολογούνται ως τρισδιάστατες ογκομετρικές μονάδες αποτελώντας υπηρεσίες ή δομικές μονάδες που θα ενωθούν επί τόπου

Η διαδικασία της δομοστοιχειωτής κατασκευής είναι αρκετά διαφορετική από την επιτόπια κατασκευή. Αυτό αφήνει πολλούς ιδιοκτήτες, αρχιτέκτονες και κατασκευαστές σε μια σύγχυση.

Οι παραδοσιακές συμβάσεις και οι πρακτικές κατασκευής στο χώρο οριοθετούν αυστηρά τις ευθύνες των συμβαλλόμενων με μεγάλη συμμετοχή σχετικά με τις συνέπειες της αποτυχίας. Το πλαίσιο αυτό ενισχύει τη συμπεριφορά μείωσης των κινδύνων, με αποτέλεσμα οι ομάδες έργων να μην συμμετέχουν σε συνεργατικές διαδικασίες και να παρουσιάζουν μια διαφημιστική κουλτούρα κατασκευής, πολύ προς το μειονέκτημα όλων των ενδιαφερομένων. Οι ιδιοκτήτες χάνουν χρήματα για έργα, οι αρχιτέκτονες και οι μηχανικοί δεν βλέπουν την ποιότητα της αύξησης του σχεδίου και οι ανάδοχοι φέρουν μεγάλο οικονομικό βάρος και κίνδυνο στη διαδικασία.

Αυτός ο κατακερματισμός έχει ποσοτικοποιηθεί όσον αφορά τα απόβλητα και την παραγωγικότητα. Η κατασκευή στην περίπτωση των αρθρωτών έργων είναι ουσιαστικά ο σχεδιασμός και η συναρμολόγηση των αντικειμένων σταθερά επιτόπου. Επομένως, τα παραδοσιακά κτίρια είναι αγαθά που παράγονται στο χώρο, μοναδικά κάθε φορά, και απασχολούν προσωρινές ομάδες - αυτή η τριάδα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ιδιαιτερότητα της κατασκευής, που θα την διακρίνει από άλλες βιομηχανίες παραγωγής.

Για να γίνει πιο παραγωγική αυτή η διαδικασία, μπορούμε να αφαιρέσουμε τον ιστότοπο, να μην καταστήσουμε το κτίριο μοναδικό και να διατηρήσουμε την εργασία ανέπαφη από το έργο στο έργο. Η απομάκρυνση του χώρου συνολικά είναι σαφώς αδύνατη, αλλά η απομάκρυνση των ιδιαιτεροτήτων του χώρου σε ένα βαθμό έναντι της εργοστασιακής παραγωγής σίγουρα βοηθάει.

Η βιομηχανία παραγωγής δομικών υλικών εκτός εργοταξιακού χώρου έχει αναπτυχθεί κυρίως από έναν επανατοποθετημένο αρθρωτό τομέα κατασκευής σε έναν κλάδο παράδοσης κτιρίων. Αυτό παρουσιάζει δυσκολίες τόσο για τους κατασκευαστές πάνελ και μονάδων όσο και για την παραδοσιακή οικοδομική βιομηχανία που δεν καταλαβαίνει εκτός λειτουργίας, τη διαδικασία παράδοσης και τον τρόπο αποτελεσματικής συμμετοχής στη διαδικασία αυτή.

Λόγω αυτής της ιστορίας ως επανατοποθετημένης μορφοποιημένης βιομηχανίας, αυτοί οι κατασκευαστές είναι συνηθισμένοι να παραδίδουν κτίρια με συμβάσεις "κλειδιά" σε απευθείας διαπραγμάτευση με τους ιδιοκτήτες. Αυτό μπορεί στην πραγματικότητα να

είναι επιθυμητό για τους ιδιοκτήτες σε ορισμένα είδη έργων που χρειάζονται μια αντίστοιχη προσέγγιση. Ωστόσο, σε πιο σύνθετα έργα, η βιομηχανία εκτός του χώρου είναι λιγότερο έμπειρη (Smith, 2018). Οι κατασκευαστές που συμμετέχουν στη διαδικασία σχεδιασμού και παράδοσης κατά τη διάρκεια ενός εκτεταμένου έργου κατασκευής έργων που περιλαμβάνει πολλούς εμπλεκόμενους φορείς του έργου, συμπεριλαμβανομένων των σχεδιαστών, του γενικού εργολάβου και πολλών επαγγελματιών και συμβάσεων, όπως σχεδιασμός / κατασκευή, σχεδιασμός-προσφορά-κατασκευή, αντιμετωπίζουν σχετικά νέα εδάφη.

### 2.1.2 Προσανατολισμός Κατασκευής

Μια ιδεολογική και διαρθρωτική μετατόπιση στην κατασκευαστική βιομηχανία συμβαίνει με την εγκατάλειψη των παραδοσιακών συμβολαίων σχεδιασμού και συμβάσεις προσφορών για την κατασκευή και την ολοκληρωμένη υλοποίηση έργων που βασίζονται στις ανάγκες της σύγχρονης κοινωνίας..

Η κατασκευή εκτός εργοστασίου είναι μια συνώνυμη έννοια με ολοκληρωμένη παράδοση. Οι έρευνες δείχνουν ότι τα έργα που αποφασίζουν να χρησιμοποιήσουν εκτός του χώρου προκατασκευασμένα τμήματα μετά τη φάση ανάπτυξης του σχεδιασμού έχουν επιδείξει αρνητικό αντίκτυπο τόσο στο χρονοδιάγραμμα όσο και στον προϋπολογισμό, λόγω της καθυστερημένης πρόσληψης της δομής.\

Κάποιες από τις βασικές αρχές όπως ορίζονται από τον R.E. Smith (2018) αναλύονται παρακάτω:

1. Προ- Σχεδίαση: Βοηθάει εκτός του χώρου να ανταποκριθεί στους στόχους του κόστους, του χρόνου, του έργου, του χώρου και του προγραμματισμού για το έργο;
2. Σχεδίαση: Έχει σχεδιαστεί το έργο σε συνεργασία με τα ενδιαφερόμενα μέρη για την κατασκευή, τη μεταφορά, τη συναρμολόγηση και την αποσυναρμολόγηση εκτός εργοστασίου;
3. Ανάπτυξη: Σχεδιάστηκε το σχέδιο του έργου ώστε να δομηθεί η εργασία για αυτό που γίνεται στο χώρο και τι είναι.
4. Λεπτομέρεια: Αναπτύσσεται λεπτομερώς σε συνεργασία με την ομάδα σχεδιασμού, τον γενικό εργολάβο, τον κατασκευαστή και τον εγκαταστάτη;

5. Παραγγελία: Μειώνονται οι σχεδιαστικές αλλαγές και οι παραγγελίες τοποθετούνται σε σύντομο χρονικό διάστημα μειώνοντας το κόστος
6. Κατασκευή: Η κατασκευή πραγματοποιείται με πρωτότυπα και μειωμένους χρόνους σε συνεννόηση με την ομάδα του έργου
7. Παράδοση: Οι παραδόσεις του χώρου γίνονται εγκαίρως, φορτώνονται και παραδίδονται για ελαχιστοποίηση του χειρισμού
8. Συναρμολόγηση: και ακολουθείται συνεχώς για να διασφαλιστούν οι παράμετροι ασφαλείας, ποιότητας, χρόνου και κόστους

Με βάση τον R.E. Smith (2018), υπάρχουν ορισμένες διαφορές που πρέπει να εξεταστούν με την παράδοση των υλικών εκτός τόπου σε σχέση με τις παραδοσιακές επιτόπιες επιθεωρήσεις.

1. Τα περισσότερα κράτη απαιτούν μια υπηρεσία τρίτου μέρους ή / και ένα κρατικό πρόγραμμα που ρυθμίζει το σχεδιασμό, την έγκριση και την επιθεώρηση του κτιρίου στο εργοστάσιο κατασκευής και ένα επιτόπιο επιθεωρητή για το εργοτάξιο. Η έκταση ή ο αντίκτυπος αυτών των προγραμμάτων ποικίλλει από κράτος σε κράτος καθώς και το σχετικό κόστος τέτοιων προγραμμάτων.
2. •Οι κανονισμοί μεταφοράς διαχειρίζονται επίσης ανά κράτος. Επομένως, η μετακίνηση – μεταφορά από μια κατάσταση στην οποία ένα δομοστοιχείο κατασκευάζεται σε μια άλλη κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο χώρος τοποθέτησης του θα απαιτήσει διάφορες άδειες κάτι το οποίο μεταφράζεται και σε ειδικά αυτοκίνητα οδήγησης και διάφορα συναφή τέλη. Κάθε έργο πρέπει να διασφαλίσει προσεκτικά ότι αυτός ο παράγοντας της μεταφοράς είναι καλά εξετασμένος. Ένας γενικός κανόνας είναι ότι η μέγιστη απόσταση μεταφοράς από έναν κατασκευαστή σε ένα εργοτάξιο είναι περίπου 500 χερσαία μίλια.
3. .Μπορεί να απαιτηθεί ειδική μηχανική για να διασφαλιστεί ότι τα δομο - στοιχεία είναι επαρκώς δομικά ικανά για το προβλεπόμενο δυναμικό φορτίο που συνδέεται με τη μεταφορά. Συχνά, οι κατασκευαστές ή οι αντιπρόσωποι θα έχουν τους δικούς τους μηχανικούς, εκτός από τον μηχανικό που καταγράφει



σε μόνιμα αρθρωτά έργα που εξυπηρετούν ένα παραδοσιακό σχέδιο και κατασκευάζουν σαν ομάδα κατι που έχει συμφωνηθεί με τον ιδιοκτήτη •

4. Σημεία επιλογής όπου τα πάνελ ή η κάθε δομική ενότητα θα αρθεί από το ρυμουλκούμενο φορτηγό με γερανό και τοποθετημένο επί τόπου πρέπει να σχεδιαστεί και να εφαρμοσθεί ως μέρος της συνολικής δομής του έργου. Οι μονάδες Οι ξύλινες μονάδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέσω ενός μάντα ι περιτυλίγματος. Ο συνηθέστερος γερανός που χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση στοιχείων είναι ένας φορτωμένος σε φορτηγό, υδραυλικός γερανός, γερανοί ερπύστριας και, σε ειδικές περιστάσεις, ένας γερανός τυπού πύργου. Ο προσδιορισμός του ποιος θα καθορίσει τα στοιχεία θα πρέπει να δρομολογείται νωρίς κατά τη διάρκεια των διαπραγματεύσεων με τις συμβάσεις.
5. Η μέθοδος κριτικής διαδρομής είναι η πιο κοινή μέθοδος προγραμματισμού των κατασκευών όπου οι συναλλαγές στοιβάζονται κατά σειρά επί τόπου. Κατά την κατασκευή εκτός του χώρου, ο παράλληλος προγραμματισμός υπερισχύει αυτής της μεθόδου, απαιτώντας έναν επαγγελματικό σχεδιασμό της κατασκευής, τον προγραμματισμό της κατασκευής, το κόστος, την εργασία και την εφοδιαστική αλυσίδα με ριζικά διαφορετικό τρόπο, προς όφελος του συνολικού χρονοδιαγράμματος του έργου.

Τέλος πολύ βασικό ερώτημα αποτελεί το πότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί η επιλογή κατασκευής ενός τεχνικού έργου με την μέθοδο προκατασκευής στο εργοστάσιο;

Με βάση τον R.E. Smith (2018), η πρόθεση εδώ δεν είναι να θεωρηθεί ότι εκτός των εγκαταστάσεων γενικά και οποιοδήποτε σύστημα εκτός του χώρου είναι μια κατάλληλη λύση σε κάθε πρόβλημα κατασκευής. Η παραπάνω μέθοδος έχει εκτελεσθεί καλύτερα σε ορισμένους τύπους κτιρίων, με ορισμένες ομάδες κτιρίων και σε ορισμένες τοποθεσίες.



---

Σχήμα 2.1 Φωτογραφία κατά τη διαδικασία μεταφορά αρθρωτών δομών στον εργοτάξιο.



---

Σχήμα 2.2 Αναπαράσταση διαδικασίας ανύψωσης και τοποθέτησης τρισδιάστατου δομικού μπλοκ σκεπής με χρήση γερανού.

Αυτές οι κατευθυντήριες γραμμές δεν προορίζονται να είναι οριστικές αλλά υποδεικνύουν ότι πρέπει να ληφθούν υπόψη όταν αποφασίζεται να γίνει κατασκευή με τις μεθόδους προκάτ:

1. Είναι δύσκολο να σκεφτεί κανείς σήμερα τύπο κτιρίου που δεν απαιτεί μικρότερο χρονοδιάγραμμα κατασκευής. Κάποια αντίστοιχα προγράμματα που περιορίζονται από το χρονοδιάγραμμα, όπως τα σχολεία και οι κοιτώνες που πρέπει να ανοίξουν για νέα σχολική χρονιά ή να γίνουν δεκτοί, πρεσβείες που πρέπει να κατασκευαστούν γρήγορα για επιχειρήσεις σε μια ξένη χώρα ή μονάδες λιανικής πώλησης που πρέπει να ανοίγουν πόρτες για να κερδίσουν αυξημένη απόδοση εσόδων.
2. Επαναλαμβανόμενα έργα, όπως πανομοιότυπες μονάδες τάξεων, μονάδες κοιτώνων, μονάδες γραφείων, εργαστήρια, εγκαταστάσεις υψηλής τεχνολογίας, δομές επικοινωνίας και λοβούς μπάνιου. Τα έργα που χρησιμοποιούν μοναδικές μορφές, μοναδικές απαιτήσεις βιωσιμότητας ή υψηλότερο βαθμό ελέγχου στο τελικό προϊόν, μπορούν επίσης να επωφεληθούν από την κατασκευή εκτός του εργοταξίου. Το εργοστάσιο παρέχει χώρο για πρωτότυπα, ποιοτικό έλεγχο και δυνατότητα ενσωμάτωσης πολύπλοκων συστημάτων. Ως εκ τούτου, εκτός του χώρου περιορίζεται σε μορφές κουτιού, και μοναδικά έργα μπορεί στην πραγματικότητα να απαιτούν γεωμετρικές μορφές που η κατασκευή εκτός του χώρου δεν μπορεί να παράσχει.
3. Η μέθοδος παράδοσης που επιλέγεται από τον ιδιοκτήτη μπορεί να έχει μεγάλο αντίκτυπο στον προσδιορισμό του εάν επιλογεί η κατασκευή εκτός του εργοστασίου ή όχι. Παρόλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε μορφή σύμβασης, οι συμβάσεις σχεδιασμού-προσφοράς-κατασκευής δεν λαμβάνουν υπόψη τα μέσα και τις μεθόδους από τον εργολάβο κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σχεδιασμού ή κατασκευής

## 2.2 Θεώρηση επιλογής «modular» κατασκευής

Η αμερικανική εμπορική αγορά κατασκευών ανήλθε σε 201 δις. Δολάρια το 2010 και μόνο 2 δισεκατομμύρια δολάρια αντιστοιχούσαν σε δομο - στοιχειωτές κατασκευές (modular) ή αλλιώς εκφρασμένο σε ποσοστιαίες μονάδες σε 1%, αλλά ο κλάδος αυξήθηκε σε 20-25% ετησίως τα τελευταία χρόνια (AMA Research, 2007).

Η διεθνής αγορά για την αρθρωτή κατασκευή είναι μεγαλύτερη από αυτήν που εντοπίζεται εσωτερικά στις ΗΠΑ, αλλά ακόμη και οι καλά αποδεκτές αγορές έχουν μόνο μερίδιο αγοράς σε ποσοστό περίπου 2-3%. (AMA Research, 2007). Το Ηνωμένο Βασίλειο είναι ένα παράδειγμα μιας καλά αποδεκτής αγοράς που είχε περίπου 2% από το 2005.

Ωστόσο, η ευρεία υιοθέτηση αυτής της τεχνολογίας με τα δυνητικά πλεονεκτήματά της στο χρονοδιάγραμμα και στο κόστος θα μπορούσε να είναι μια μερική συνεισφορά στην κατασκευή κατοικιών για πάνω από 2 δισεκατομμύρια ανθρώπους στην Κίνα και την Ινδία τα επόμενα 20-30 χρόνια.

### 2.2.1 Εφαρμογή της modular κατασκευής

Οι πελάτες που εξυπηρετούνται μέσω δομοστοιχειωτών κατασκευών περιλαμβάνουν ομοσπονδιακές, κρατικές, επαρχιακές και τοπικές κυβερνήσεις, σχολικές επιτροπές, εταιρείες, μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς, ιδρύματα λιανικής πώλησης, παρόχους υγειονομικής περίθαλψης.

Άλλες χρήσεις περιλαμβάνουν τις ιατρικές εγκαταστάσεις, τις εγκαταστάσεις του αεροδρομίου, τις στρατιωτικές εγκαταστάσεις, τα εστιατόρια, τις εκκλησίες και τους σταθμούς απομακρυσμένης επικοινωνίας. Οι χρήσεις αυτές αντανakλούν την εξαιρετικά επαναληπτική και συμβατική φύση της δομο - στοιχειωτής κατασκευής που προσφέρεται στην επαναληπτική κατασκευή της γραμμής συναρμολόγησης.

Η φύση των πολυώροφων κτιρίων είναι τέτοια που τα δομικά στοιχεία συγκεντρώνονται γύρω από ένα σύστημα συνολικής κατασκευής. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του επιλεγμένου αρθρωτού συστήματος πρέπει να είναι καλά κατανοημένα από την ομάδα σχεδιασμού σε πρώιμο στάδιο έτσι ώστε ο λεπτομερής σχεδιασμός να συμμορφώνεται με τα όρια του συγκεκριμένου συστήματος.

Η απόφαση χρήσης δομο - στοιχειωτής κατασκευής πρέπει να γίνεται από την αρχή του σχεδιασμού. Ωστόσο, υπάρχουν μερικά παραδείγματα συμβατικών δομημένων έργων, τα οποία αργότερα μετατρέπονται σε αρθρωτή κατασκευή. Τα πλεονεκτήματα των δομο - στοιχειωτών κτιρίων επίσης μειώνονται σημαντικά εάν το κτίριο που πρόκειται να κατασκευαστεί δεν έχει επαναλαμβανόμενα διαστήματα.

Η προκατασκευή ολόκληρων δωματίων βρίσκεται στην καρδιά της δομοστοιχειωτής κατασκευής, επομένως ένα κτίριο με ανοικτές εκτάσεις δεν είναι ο καλύτερος υποψήφιος. Για παράδειγμα, ένα κέλυφος γραφείων σχεδιασμένο με ημιτελείς εσωτερικούς χώρους και προοριζόμενο για πολλούς ενοικιαστές που θα τελείωναν το δικό τους ατομικό χώρο δεν θα ήταν ευχάριστο. Ωστόσο, ένα κτίριο γραφείων μπορεί να είναι βιώσιμο.

Οι προκλήσεις που προκύπτουν από την προσαρμογή αντιμετωπίζονται με πολύ περιορισμένες δυνατότητες αλλαγής των διαρθρωτικών και δομικών στοιχείων των ενότητων και των σχεδίων μονάδων.

Τα πλεονεκτήματα της παραγωγής των εξαρτημάτων και της γραμμής συναρμολόγησης περιορίζονται από την έλλειψη πολλών μεταφορέων στο εργοστάσιο για να κάνουν αλλαγές όπως η εναλλαγή της θέσης ενός υπνοδωματίου και του μπάνιου.

Σε ένα έργο κατασκευής μπορεί να είναι δυνατή η πραγματοποίηση τέτοιων αλλαγών στον τομέα και η τροποποίηση των συνδέσεων ΜΕΠ για την κάλυψη των αναγκών του αγοραστή, αλλά αυτές οι αλλαγές είναι πιο δύσκολες σε ένα εργοστάσιο. Εάν είναι απαραίτητες αυτές οι απαιτήσεις της αγοράς, μπορεί να είναι πιο ενδεδειγμένο να παρασχεθεί ένα κρύο, σκοτεινό κέλυφος με εξωτερικά τελειώματα και να επιτραπεί η επιτόπια κατασκευή για την ολοκλήρωση των τελειωμάτων.

Αυτό το παράδειγμα υπογραμμίζει το γεγονός ότι η δομοστοιχειωτή κατασκευή δεν αποτελεί δυαδική κατάσταση, καθώς πολλά έργα χρησιμοποιούν τόσο επιτόπια όσο και εξωτερική κατασκευή σε έργα. Το ερώτημα αφορά περισσότερο πόση εξωτερική κατασκευή είναι κατάλληλη για ένα συγκεκριμένο έργο.

Η αρθρωτή κατασκευή δεν είναι αναγκαστικά εμπόδιο στη δημιουργικότητα. Οι αρχιτέκτονες του έργου Victoria Hall Wolverhampton παραδέχονται ευπρόσδεκτα ότι οι προκλήσεις της μετατροπής ενός παραδοσιακού κτιρίου σε ένα αρθρωτό κτίριο

προκύπτουν από ζητήματα σχεδιασμού, τα οποία απαιτούν διαρθρωτικές αλλαγές στο σχεδιασμό.

Ωστόσο, καμία από αυτές τις αλλαγές δεν επηρέασε αποφασιστικά τη συνολική αισθητική των κτιρίων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν αρθρωτά δωμάτια ή ζεύγη δωματίων ή μονάδες δωματίου / διαδρόμου για τη δημιουργία ποικιλίας διατάξεων.

Αυτές οι διατάξεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κάνουν τα πιο επιθυμητά μίγματα μονάδων και τελικά οποιοδήποτε συνδυασμό εξωτερικών ανυψώσεων.

### 2.2.2 Κατηγορίες δόμησης

Υπάρχουν δύο βασικές μορφές αρθρωτής κατασκευής που εφαρμόζονται σε εφαρμογές υψηλών ανυψώσεων και επηρεάζουν τις μορφές κτιρίων που μπορούν να σχεδιαστούν:

1. Χαλύβδινες μονάδες με ράβδους χάλυβα στις οποίες μεταφέρονται φορτία μέσω των πλευρικών τοιχωμάτων των δομικών στοιχείων
2. Χαλύβδινες μονάδες που υποστηρίζονται από χάλυβα, στις οποίες τα φορτία μεταφέρονται μέσω δοκών ακμής σε γωνιακούς στύλους.



Σχήμα 2.3 Απεικόνιση υποστήριξης κατασκευής με τη χρήση γωνιακών στύλων.

Στον πρώτο τύπο αρθρωτού συστήματος, η αντίσταση συμπίεσης των τοιχωμάτων, η οποία γενικά αποτελείται από τμήματα από χάλυβα C σε απόσταση 1-2 ιντσών, αποτελεί τον παράγοντα ελέγχου στον σχεδιασμό. Η κατασκευή διπλών στρώσεων των αρθρωτών τοίχων και ο συνδυασμός δαπέδου / οροφής λόγω του γεγονότος πως κάθε μονάδα έχει τους δικούς της τοίχους / δάπεδο / οροφή, ενισχύει την ακουστική μόνωση και την αντοχή στη φωτιά του συστήματος κατασκευής (Lawson, Ogden and Bergin, 2012).

Στον δεύτερο τύπο αρθρωτού συστήματος, η αντίσταση στη συμπίεση των γωνιακών στύλων είναι ο παράγοντας ελέγχου και γι 'αυτό το λόγο οι τομές (SHS) χρησιμοποιούνται συχνά για την υψηλή αντοχή στο λυγισμό τους.

Η αντίσταση στις οριζόντιες δυνάμεις, όπως τα φορτία ανέμου και οι παρεκκλίσεις, γίνονται όλο και πιο σημαντικές με το ύψος του κτιρίου. Οι στρατηγικές που χρησιμοποιούνται για την εξασφάλιση επαρκούς σταθερότητας των αρθρωτών συναρμολογήσεων, σε συνάρτηση με το ύψος του κτιρίου, είναι (Lawson and Richards, 2010):

- Το διάφραγμα των σανίδων ή στηρίγματα μέσα στα τοιχώματα των δομο - στοιχείων - κατάλληλα για κτίρια 4 έως 6 ορόφων
- Ξεχωριστή ενισχυμένη κατασκευή με χαλύβδινα μέλη θερμής έλασης στους ανελκυστήρες και στο χώρο των σκαλοπατιών ή στο τέλος των κεραμιδιών - κατάλληλο για 6 έως 10 ορόφους
- Ανοξείδωτο σκυρόδεμα ή χάλυβας-κατάλληλος για ψηλότερα κτίρια
- Πλευρικά στοιχεία στήριξης ενσωματωμένα στον πυρήνα του κτιρίου για τη φροντίδα του φορτίου στον πυρήνα και τις δομικές στήλες κοντά στην περίμετρο

Οι κτιριακές μονάδες είναι κατάλληλα οχυρωμένες στις γωνίες τους έτσι ώστε να λειτουργούν δομικά μαζί για να μεταφέρουν τα φορτία ανέμου και να παρέχουν εναλλακτικές διαδρομές φορτίου σε περίπτωση σοβαρής βλάβης ενός από τα δομικά στοιχεία. Για τα ψηλότερα κτίρια, τα ζητήματα της αντοχής στη συμπίεση και της συνολικής σταθερότητας απαιτούν μια βαθύτερη κατανόηση συμπεριφορά των τομών του ελαφρού χάλυβα C στους φέροντες τοίχους και της ισχυρής απόδοσης των διακλαδώσεων μεταξύ των μονάδων.

Για τις μονάδες με φέροντες τοίχους, τα πλευρικά τοιχώματα των μονάδων πρέπει να ευθυγραμμίζονται κατακόρυφα μέσα στο κτίριο, αν και μπορούν να δημιουργηθούν ανοίγματα έως και 8 ιντσών στο πλάι, ανάλογα με τη φόρτιση. Για μονάδες με γωνιακούς στύλους, οι τοίχοι είναι μη φέροντες, αλλά οι γωνιακοί στύλοι πρέπει να ευθυγραμμίζονται και να συνδέονται σε όλο το ύψος του κτιρίου. Επιπρόσθετες ενδιάμεσες θέσεις μπορεί να απαιτούνται σε μακριές μονάδες, καθώς οι δοκοί άκρων που εκτείνονται μεταξύ των στύλων δεν είναι υπερβολικά βαθιά.

Η δομική συμπεριφορά ενός συγκροτήματος αρθρωτών δομικών μονάδων μπορεί να χαρακτηριστεί σχετικά πολύπλοκη λόγω της επίδρασης των ανοχών στη διαδικασία εγκατάστασης, των πολλαπλών διασυνδέσεων μεταξύ των μονάδων και του τρόπου με τον οποίο οι δυνάμεις μεταφέρονται στα σταθεροποιητικά στοιχεία, όπως τα κατακόρυφα τοιχώματα ή τα τοιχώματα των πυρήνων.

Η αντοχή σε φυσικούς κινδύνους όπως η περίπτωση της φωτιάς της προκατασκευασμένης κατασκευής απορρέει από τέσσερα σημαντικά αντικείμενα απόδοσης.

- Η σταθερότητα των ελαφρών χαλύβων τοίχων είναι συνάρτηση του φορτίου που εφαρμόζεται στα τοιχώματα και της πυροπροστασίας της εσωτερικής όψης των τοιχωμάτων της μονάδας.
- Η χωρητικότητα φορτίου το πάτωμα της μονάδας επηρεάζεται από τη θερμική θωράκιση της οροφής της υπομονάδας κάτω από αυτήν.
- Η εξάλειψη της εξάπλωσης πυρκαγιάς από τους φραγμούς πυρκαϊάς που τοποθετούνται μεταξύ των μονάδων (για την πρόληψη της εξάπλωσης καπνού ή φωτιάς στην κοιλότητα μεταξύ των μονάδων)
- Ο περιορισμός της μεταφοράς θερμότητας μέσω του διπλού τοιχώματος των φύλλων και της κατασκευής οροφής από το πάτωμα των δομοστοιχείων

Γενικά, η εσωτερική όψη των τοίχων και της οροφής του δομοστοιχείου είναι εφοδιασμένη με δύο στρώματα γυψοσανίδων 0,6 "(τουλάχιστον ένα στρώμα που είναι πυρίμαχο γυψοσανίδα χρησιμοποιώντας βερμικουλίτη και γυάλινες ίνες).

Ο ορυκτός σμαλτός τοποθετείται ανάμεσα στα τμήματα C (απαιτούνται επίσης για ακουστικούς σκοπούς). Το δάπεδο και η οροφή σε συνδυασμό και οι φέροντες τοίχους



ελαφρού χάλυβα μπορούν να επιτύχουν αντοχή σε πυρκαγιά 2 ωρών, ανάλογα με τον τύπο της σανίδας επένδυσης που χρησιμοποιείται στο εξωτερικό των μονάδων. Οι τοίχοι διπλής επίστρωσης και το δάπεδο-οροφή των μονάδων παρέχουν επίσης εξαιρετική αντοχή στον αέρα και τον ήχο πρόσκρουσης, ιδιαίτερα όταν συμπληρώνονται από εξωτερική επένδυση.

### 2.2.3 Ζητήματα βιωσιμότητας & αειφορίας

Οι επιλογές αρχιτεκτονικής, μηχανικής και κατασκευής είναι αποφάσεις που περιλαμβάνουν τον τρόπο σχεδιασμού και κατασκευής ενός έργου. Η επιλογή υλικών, οι τεχνικές κατασκευής, η επιλογή των συστημάτων των κτιρίων, η εγκατάσταση και οι έλεγχοι όπως και οι περισσότερες άλλες αποφάσεις που αφορούν το κέλυφος του κτιρίου, τα μηχανικά, ηλεκτρικά και υδραυλικά συστήματα και το κλιματισμό χώρων βρίσκονται στην κατηγορία αυτή. Το κτιριακό συγκρότημα προσφέρει σημαντικές ευκαιρίες για περιβαλλοντική αποχώρηση, οικονομικές ευκαιρίες, πιστοποίηση LEED και διείσδυση στην αγορά σε αυτόν τον τομέα.

Ο χειρισμός των υλικών, οι βέλτιστες συνθήκες κατασκευής και ο περιβαλλοντικός έλεγχος κατά τη διάρκεια της κατασκευής μπορούν να συμβάλουν στην επίτευξη των πιστώσεων LEED. Είναι εξαιρετικά δύσκολο να προσδιοριστούν συγκεκριμένα κριτήρια LEED ή σημεία που ευνοούν τη δομική κατασκευή, δεδομένου ότι κάθε έργο θα είναι διαφορετικό και η έκταση της αρθρωτής κατασκευής και άλλες αποφάσεις θα αλλάξουν το επίπεδο πιστοποίησης. Ωστόσο, είναι σαφές ότι η επιθυμία της αγοράς για εγκεκριμένα και βιώσιμα κτίρια LEED θα ωφελήσει μόνο την περαιτέρω υιοθέτηση δομοστοιχειωτών κατασκευών (Kobet, 2009).

Η αρθρωτή κατασκευή παρέχει πολλές ευκαιρίες για τη βελτίωση της βιωσιμότητας του έργου κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής και τη διατήρηση ανώτερων λειτουργικών επιδόσεων στο ολοκληρωμένο κτίριο.

1. Τα απόβλητα κατασκευών μειώνονται ουσιαστικά από 10% σε 15% σε παραδοσιακό εργοτάξιο και σε λιγότερο από 5% σε εργοστασιακό περιβάλλον. Εκτιμάται ότι η αρθρωτή κατασκευή μπορεί να επιτύχει το υψηλότερο επίπεδο μείωσης των αποβλήτων σε σχέση τόσο με την παραδοσιακή κατασκευή όσο και με άλλες σύγχρονες τεχνικές κατασκευής, όπως τα πάνελ ή οι προκατασκευασμένοι λοβοί (AMA Research, 2007).

Η πλειοψηφία των αποβλήτων σε παραδοσιακά κατασκευαστικά έργα παράγεται από τη διαδικασία δημιουργίας του σκυροδέματος και τις σχετικές υγρές εργασίες, οι οποίες αποτελούν πάνω από το 80% των οικοδομικών αποβλήτων. Τα απορρίμματα από σκυρόδεμα προέρχονται κυρίως από την άμεση εργασία, τον χάλυβα από την κοπή των ενισχυτικών ράβδων, το πλεόνασμα ή το χυμένο σκυρόδεμα, κ.λπ. Ένας τρόπος μείωσης των αποβλήτων κατασκευών είναι η προκατασκευή ή η δημιουργία επαναλαμβανόμενων μορφών στο εργοστάσιο ([Baldwin, 2009](#)).

2. Με τις αρθρωτές μονάδες από χάλυβα, τα τοιχώματα και τα πλαίσια οροφής κατασκευάζονται συνήθως με τη μέθοδο σύνδεσης καρφιών και γραμμών, όπου τα τμήματα συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια αυτοπροωθούμενων βιδών, συμβατικών βιδών καθώς και πριτσινιών. Κατά συνέπεια, με το πέρας του χρόνου και την επίκτητη ανάγκη προς ακτικατάση τους, θα πρέπει να είναι εύκολα αποσυναρμολογημένα. Οι δοκοί δαπέδου και οροφής έχουν αγωγούς σέρβις με τη μορφή οπών που επιτρέπουν τη διέλευση καλωδίων και σωληνώσεων, τα οποία αφαιρούνται εύκολα. Με τα στοιχεία επικάλυψης πρόσοψης και οροφής, τα πάνελ πρόσοψης και οι πλάκες μόνωσης συνδέονται όλα χρησιμοποιώντας ένα σύστημα στηρίξεων, σιδηροτροχιών και συνδετήρων αυτοεξόλλησης. Καθώς δεν χρησιμοποιείται κονίαμα, η αποσυναρμολόγηση αυτών των εξαρτημάτων πρέπει να είναι απλή. Τα χαλύβδινα εξαρτήματα είναι όλα ιδιαίτερα ανακυκλώσιμα και είναι μεταλλικά υλικά πρόσοψης όπως αλουμίνιο και ψευδάργυρος, καθώς και τούβλα ή πλάκες από ξύλο ([AMA Research, 2007](#)).
3. Τα ακουστικά και μονωτικά οφέλη μιας αρθρωτής (modular) κατασκευής οφείλονται σε μεγάλο βαθμό σε πρόσθετα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή. Πολλοί κατασκευαστές εκτιμούν ότι οπουδήποτε από 10-25% περισσότερα δομικά υλικά χρησιμοποιούνται σε μια σπονδυλωτή κατοικία. Έτσι, ενώ λιγότεροι φυσικοί πόροι "σπαταλούνται" κατά τη διάρκεια της δομοστοιχειωτής κατασκευής, καταναλώνονται περισσότερα για να δημιουργηθούν τα ίδια τετραγωνικά μέγεθρα της βιωμένης περιοχής. Η καθαρή χρήση συνολικών οικοδομικών υλικών σε ένα αρθρωτό έργο είναι όχι μόνον μικρότερη από αυτή που χρησιμοποιείται σε ένα συμβατικό έργο, αλλά

περισσότερα υλικά χρησιμοποιούνται προς όφελος του κτιρίου από ό, τι σπαταλιούνται με αποτέλεσμα να καταλήξουν σε χωματερές.

4. Ο αριθμός των επισκέψεων στον τόπο για τα οχήματα παράδοσης μειώνεται έως και κατά 70%. Ο κύριος όγκος της μεταφορικής δραστηριότητας μεταφέρεται στο εργοστάσιο όπου κάθε παράδοση παρέχει περισσότερο υλικό χύμα από ό, τι συνήθως παραδίδεται σε ένα εργοτάξιο.
5. Η μείωση και η διατάραξη μειώνονται επιτόπου, μειώνοντας περαιτέρω την διάρκεια κατά 30 έως 50% της κατασκευαστικής περιόδου, κάτι το οποίο σημαίνει ότι τα γειτονικά κτίρια δεν επηρεάζονται τόσο πολύ όπως κατά τη διάρκεια μιας παραδοσιακής οικοδομικής διαδικασίας.
6. Η αεροστεγανότητα και η θερμική απόδοση του οικοδομικού ιστού μπορεί να είναι πολύ υψηλότερη από αυτή που συνήθως επιτυγχάνεται επί τόπου, λόγω των αυστηρότερων ανοχών των αρθρώσεων που μπορούν να επιτευχθούν μέσα από ένα εργοστασιακό περιβάλλον που μειώνει την ανάγκη υψηλότερων δαπανών χρησιμότητας.
7. Η αποτελεσματική χρήση των ελαφρών υλικών και η μείωση των αποβλήτων σημαίνει ότι μειώνεται επίσης και η ενσωματωμένη ενέργεια των δομικών υλικών.
8. Η ασφάλεια στο εργοτάξιο και στο εργοστάσιο βελτιώνεται σημαντικά και εκτιμάται ότι τα ανακοινώσιμα ατυχήματα μειώνονται κατά περισσότερο από 80% ανά κατασκευή. Οι μονάδες μπορούν να εγκατασταθούν με προ συναρμολογημένους προστατευτικούς φραγμούς ή σε ορισμένες περιπτώσεις παρέχεται ένα προστατευτικό «κλουβί» ως τμήμα του συστήματος ανύψωσης (Lawson and Richards, 2010)
9. Η πιθανότητες κλοπής μειώνονται επίσης καθώς τα περισσότερα φινιρίσματα και τα ακριβά εξωτερικά στοιχεία είναι ρυθμιζόμενα στο εργοστάσιο και συνδέονται επιτόπου με τη κάθε δομική μονάδα.

#### 2.2.4 Ζητήματα χρονικής απόκρισης

Ένα από τα μεγαλύτερα οφέλη είναι η δυνατότητα να μειωθεί δραματικά ο χρόνος που απαιτείται για την κατασκευή. Οι εργονομικές αποδόσεις επιτρέπουν την ολοκλήρωση των κατασκευαστικών στοιχείων γρήγορα και χωρίς καθυστερήσεις λόγω καιρικών συνθηκών. Το εργοστάσιο έχει όλους τους βασικούς συντελεστές στο χώρο του εργοστασίου για να χειρίζεται πολλαπλές απαιτήσεις κτιρίων και δεν απαιτούνται πάντοτε πολλοί υπεργολάβοι.

Αυτό καθιστά τη αρθρωτή κατασκευή κατάλληλη για ιδιοκτήτες που χρειάζονται γρήγορα κτίρια, ακίνητα με δύσκολες ημερομηνίες για κατοίκηση και περιοχές όπου ο καιρός περιορίζει ή και σταματά την κατασκευή (Morton, 2011).

Επιπρόσθετα, η αρθρωτή κατασκευή επιτρέπει την οριζόντια κατασκευή στο πάτωμα του εργοστασίου και όχι την κάθετη κατασκευή σε κτίρια υψηλών ανυψώσεων στο χώρο, εξοικονομώντας έτσι επιπλέον χρόνο για να μετακινούνται όλοι οι παράγοντες σε όλο το κτίριο.

Παρόλο που η αρθρωτή κατασκευή σαν δομικό έργο επιτρέπει στον κατασκευαστή να χρησιμοποιεί πολλαπλές συναλλαγές και να παρέχει πλήρη και τελειωμένα δομοστοιχεία στην τοποθεσία, τόσο ο κατασκευαστής όσο και οι επιτόπιοι εργοδηγοί συντονίζουν τα προγράμματα και την εγκατάσταση της μονάδας.

Οι καθυστερήσεις και η έλλειψη συντονισμού στο χρονοδιάγραμμα είτε στο εργοτάξιο είτε στο εργοστάσιο θα μπορούσαν να μετριάσουν μεγάλο μέρος του χρόνου και της εξοικονόμησης κόστους. Επιπλέον, η πρόσβαση στους γερανούς και η έγκαιρη άφιξη των δομοστοιχείων για την αποτελεσματική χρήση του γερανού είναι σημαντική για τη διατήρηση του χρονοδιαγράμματος. Ένας αδρανής γερανός ή πάρα πολλά σημεία ανάγκης ανύψωσης επιτόπου θα μπορούσε να αλλάξει τη χρηματοοικονομική δυναμική του έργου.

Συνήθως ο κατασκευαστής των αρθρωτών μονάδων είναι υπεύθυνος για την παράδοση και τη συναρμολόγηση των μονάδων. Οι συνδέσεις μπορεί να αποτελούν ευθύνη του γενικού αναδόχου ή του κατασκευαστή αρθρωτών εξαρτημάτων ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής του έργου.

Είναι σημαντικό να τονισθεί η ευθύνη του κατασκευαστή κατά τη διάρκεια και μετά την εγκατάσταση της μονάδας. Αυτές οι συντεταγμένες του χρονοδιαγράμματος περιπλέκονται περαιτέρω από την αδυναμία του γενικού συμβαλλόμενου να ελέγξει τον κατασκευαστή, αλλά ορισμένα έργα έχουν επιλύσει αυτή τη σύγκρουση απαιτώντας από τον γενικό αντισυμβαλλόμενο να αναθέσει υπεργολαβία στον κατασκευαστή και έτσι να εξαλείψει τυχόν συγκρούσεις συμφερόντων και να διατηρήσει τον πλήρη έλεγχο στο επίπεδο του γενικού εργολάβου .

Επιπρόσθετα, στις συνήθειες κατασκευές κατοικιών είναι σημαντικό να διατηρηθεί μια προβλέψιμη, μέτρια και σταθερή ροή μονάδων παραδόσεων μέσω της διαδικασίας κατασκευής. Οι περισσότερες μεγάλες αγορές που μπορούν να χρηματοδοτήσουν υψηλού ρυθμού κατασκευή μπορούν να απορροφήσουν 25-40 κατοικίες ενοικίασης ανά μήνα, ανά έργο υπό τυπικές συνθήκες αγοράς. Αυτή η παράδοση ισοδυναμεί με την παράδοση πιστοποιητικών κατοχής για 1-2 ορόφους το μήνα.

Είναι σημαντικό να εξετάζεται το κόστος παράδοσης 100 μονάδων ανά μήνα έναντι του κόστους μίσθωσης 100 κενών μονάδων σε διάστημα 2-4 μηνών. Η εξομάλυνση της παράδοσης των μονάδων θα είναι σημαντική για πολλούς κατασκευαστές. Για το σκοπό αυτό, η δομική κατασκευή μπορεί να παραδώσει ολόκληρα κτίρια σε εβδομάδες, σε αντίθεση με τους μήνες, έτσι ώστε οι περισσότεροι προγραμματιστές που χρησιμοποιούν τεχνολογία αρθρωτών συστημάτων να μην καταλαμβάνουν κανένα μέρος του κτιρίου μέχρι να ολοκληρωθεί η κατασκευή.

Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια λίγων εβδομάδων πιθανής μίσθωσης ή κατοχής, αλλά θα μπορούσε να αντισταθμιστεί με λίγους επιπλέον μήνες εξοικονόμησης χρόνου, όταν το έργο ολοκληρώθηκε χωρίς οικοδομική δραστηριότητα και πολύ πιο εύκολη ευκαιρία να ζητηθεί το εισόδημα από ακίνητα.

#### 2.2.5 Ζητήματα οικονομικής φύσεως

Η αρθρωτή κατασκευή απομακρύνει το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής από το εργοτάξιο και ουσιαστικά οι αργές, μη παραγωγικές δραστηριότητες τοποθεσίας αντικαθίστανται από πιο αποτελεσματικές ταχύτερες εργοστασιακές διαδικασίες. Ωστόσο, η υποδομή για εργοστασιακή παραγωγή απαιτεί μεγαλύτερες επενδύσεις σε σταθερές εγκαταστάσεις παραγωγής και επαναληψιμότητα παραγωγής για να επιτευχθεί οικονομία κλίμακας στην παραγωγή.

Ένα οικονομικό μοντέλο για την αρθρωτή κατασκευή πρέπει να λαμβάνει υπόψη τους ακόλουθους παράγοντες:

- Όγκος παραγωγής (οικονομία κλίμακας). (σε σχέση με το συνολικό κόστος κατασκευής)
- Τιμές μεταφοράς και εγκατάστασης
- Βελτιστοποίηση της ταχύτητας εγκατάστασης έναντι περιορισμένων ευκαιριών παραγγελίας
- Μεταφορά στην υποδομή και διαχείριση έργων

Η χρήση των υλικών και η σπατάλη μειώνονται και η παραγωγικότητα αυξάνεται, αντίθετα, το σταθερό κόστος της μονάδας παραγωγής μπορεί να φθάσει το 20% του συνολικού κόστους κατασκευής. Ακόμη και σε ένα εξαιρετικά μεγάλο αρθρωτό έργο, ένα σημαντικό μέρος της πρόσθετης εργασίας γίνεται επί τόπου. Ωστόσο, σε πολλά δομοστοιχειωτά έργα, το ποσοστό των επιτόπιων εργασιών μπορεί να φθάσει το 55%, όπως συνέβαινε στην περίπτωση του Victoria Hall Wolverhampton. Η αρθρωτή κατασκευή εξοικονομεί επίσης την ανάθεση και την αλλαγή του κόστους που μπορεί να είναι όσο το 2% στις παραδοσιακές κατασκευές (Lawson, Ogden and Bergin, 2012).

Τα προηγουμένως επαληθευμένα οικονομικά οφέλη από τη βελτίωση του χρονοδιαγράμματος των κατασκευών αποτελούνται από:

- μειωμένες χρεώσεις επιτοκίου
- μακρύτερα αρχικά εισοδήματα.

Οι οφειλόμενες παροχές που οφείλονται σε μειωμένους τόκους μεταφέρονται από 2 έως 3% σε σχέση με το μικρότερο οικοδόμημα. Το UKreport εκτιμά ότι η συνολική εξοικονόμηση χρημάτων κατά τη χρήση των αρθρωτών κατασκευών ανέρχεται στο 5,5%. Ωστόσο, η επεκτασιμότητα των μονοκατοικιών είναι περιορισμένη και αντίστοιχα οι επικείμενες εξοικονομήσεις (Lawson, Ogden and Bergin, 2012)

Επιπλέον, όλες οι συναλλαγές και οι συμβούλοι στο έργο είναι επίσης πιθανό να υποστηρίξουν τη σπονδυλωτή κατασκευή εάν ο μειωμένος χρόνος του έργου ισοδυναμεί με την ταχύτερη απελευθέρωση των τελών κατά την ολοκλήρωση του έργου.

Αυτό θα οδηγήσει επίσης σε μειωμένο κόστος μεταφοράς για τις γενικές συνθήκες για το συνολικό έργο και μειωμένη πιθανότητα υπέρβασης του κόστους εξαιτίας καθυστερήσεων που οφείλονται στον καιρό. Ίσως πιο σημαντική από οποιαδήποτε ποσοτικοποιήσιμη διαφορά μεταξύ αρθρωτών κατασκευών και παραδοσιακού κόστους κατασκευής είναι η αξία σε ένα επιταχυνόμενο χρονοδιάγραμμα κατασκευής σε σχέση με τις αλλαγές της αγοράς.

Με τον ταχύτερο χρόνο παράδοσης, ο υπεύθυνος εργολάβος του έργου μειώνει τον κίνδυνο μεταβολών της αγοράς και μπορεί να ανταποκριθεί πιο αποτελεσματικά στη ζήτηση της. Αυτό ισχύει περισσότερο σε χαμηλού ύψους κτηρίων και ανεξάρτητες κατασκευές κατοικιών, αλλά η γενική αρχή ισχύει και για τα έργα υψηλής κατακόρυφης ανάπτυξης.

Σε αυτό το σημείο της παρούσας πτυχιακής εργασίας γίνεται μια εκτενής αναφορά και βιβλιογραφική ανασκόπηση της διαδικασίας αλλά και των διεργασιών που διέπουν μια κατασκευή προκατασκευασμένου δομικού κτηρίου με στοιχεία μεταλλικής κατασκευής κατηγορίας «isobox».

Το παραπάνω πρότυπο παραγωγής και κατασκευής σχετίζεται με την τμηματική διαδικασία κατασκευής και συχνά αναφέρεται και ως «modular» (Σχήμα 2.1). Οι ενότητες και τα δομικά τμήματα μέσω των οποίων και προκύπτουν τα προκατασκευασμένα κτήρια κατασκευάζονται σε πλήρη τρισδιάστατα (ογκομετρικά) τμήματα, μονάδες πολλαπλών τμημάτων καθώς και με την χρήση στοιβών. Σε αντίθεση με τα πάνελ ή τα συστατικά επίπεδα της προκατασκευής, σε αρθρωτή κατασκευή τα περισσότερα από τα εσωτερικά και εξωτερικά φινιρίσματα τοποθετούνται στο εργοστάσιο.



Σχήμα 2.4 Φωτογραφία πρότυπης κατασκευής μεταλλικού δομικού κτηρίου με την εφαρμογή μεταλλικών πάνελ τύπου isobox.

Ένα από τα σημαντικά χαρακτηριστικά παρόμοιων κατασκευών τύπου «προκάτ» το οποίο λειτουργεί και ως ειδοποιός διαφορά είναι ότι κατά την παραλαβή τους στο εργοτάξιο έχουν συμπληρωθεί μέχρι και το 80 - 95 τοις εκατό από όταν φεύγουν από το εργοστάσιο (Smith, 2011). Οι μονάδες είναι σχεδιασμένες για εύκολη συναρμολόγηση. Το μέγεθος τους, όπως αναφέρεται και στο παραπάνω κεφάλαιο είναι ένα στοιχείο το οποίο και καθορίζεται βάσει της θέσης της μονάδας στο κτίριο ή στο χώρο, αλλά και βάσει των κατασκευαστικών περιορισμών όπως παραδείγματος χάριν των περιορισμών μεταφοράς.

### 2.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά (Isobox)

#### 2.3.1 Ορισμός μεταλλικών πάνελ τύπου «Isobox».

Η κατηγορία των μεταλλικών πάνελ τύπου isobox, η οποία και χρήζει μεγάλης σημασία στην σύγχρονη κατασκευή χαρακτηρίζεται από κάποια θεμελιώδη χαρακτηριστικά. Σαν υλικό – κατασκευή, πρόκειται για ένα αυτό-υποστηριζόμενο μεταλλικό πλαίσιο,



ελαφρώς διαμορφωμένο και από τις δύο πλευρές, μονωμένο με πολυουρεθάνη. Συναντάται και επιλέγεται να χρησιμοποιείται σε μεγάλο ποσοστό για επενδύσεις τοίχων, κατασκευές εσωτερικών τοίχων διαχωρισμού, ψευδοροφές βιομηχανικών και αστικών κτιρίων ή ακόμα και για εσωτερικές κτηριακές δομές για εργοτάξια συνήθως με σκοπό την επίτευξη ικανού χώρου προς στεγνή αποθήκευση.



**ISOBOX**

---

Σχήμα 2.5 Πλευρική απεικόνιση ενός πάνελ τύπου isobox.

Κάποια από τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά τα οποία και καθιστούν την παραπάνω επιλογή τόσο δημοφιλή πέρα από την άμεση και εύκολη τοποθέτησή τους είναι:

- Μεγάλη θερμική προστασία
- Ισχυρή μηχανική σταθερότητα
- Ταχύτητα εγκατάστασης
- Ταχύτητα μεταφοράς
- Μεγάλο εύρος και χώρος αρχιτεκτονικής σχεδίασης.
- Εύκολη διατήρηση και εφαρμογή καθαριότητας

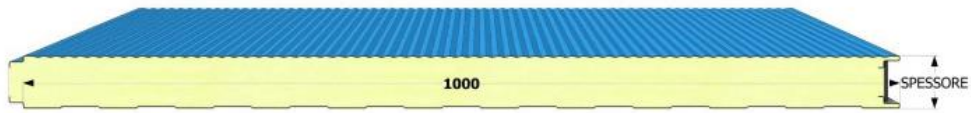
Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά εκ των οποίων προκύπτει και μια ονομαστική κατά κύριο λόγο διαφοροποίηση των μεταλλικών πάνελ αντίστοιχου τύπου και κρίνεται σημαντικό να αναφερθεί, είναι η γεωμετρία της κύριας επιφάνειάς τους.

## TYPES OF PANELS

### ISOBOX



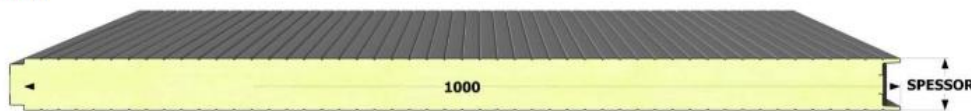
### ISOBOX Plissè



### ISOPIANO



### ISORIGHE



Σχήμα 2.6 Γραφική απεικόνιση των τεσσάρων (4) βασικών τύπων μεταλλικών πάνελ με βάση την γεωμετρική τους ανάπτυξη.

Ουσιαστικά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά στην εξωτερική πλευρά της κύριας επιφάνειας διαχωρίζουν και ονομαστικά τα διάφορα είδη πάνελ (Σχήμα 2.3):

- Isobox: επιφάνεια με μικρό-ραβδωτό ελαφρώς διαμορφωμένο φύλλο
- Isobox Plisse: ελαφρώς διαμορφωμένο φύλλο με εγχοπές σχήματος διαμαντιού.
- Isopiano: μια μεταλλική επιφάνεια επίπεδη, δίχως κατακόρυφες διακυμάνσεις
- Isorighe: μια μεταλλική επιφάνεια με επένδυση από μικρό – ραβδώσεις.

### 2.3.2 Χαρακτηριστικά μεταλλικών επιφανειών

Συνήθως κατασκευαστικά συνδέονται με ζεστά γαλβανισμένο ατσάλι με συνεχή εφαρμογή της διαδικασίας SENDZIMIR (UNI EN 10346, 2015) και βαμμένο με συνεχή διαδικασία επίστρωσης με διαφορετικούς κύκλους βαφής βασισμένους στην τελική χρήση - 3000 ή 5000 σειρών αλουμινίου με προβαμμένο φινίρισμα με τους

κύκλους που αναφέρονται στο προηγούμενο σημείο, με φυσικό ή ανάγλυφο αποτέλεσμα.

Συνήθως αποτελούμενα από ανοξείδωτο χάλυβα τύπου AISI 304, 2B, σύμφωνα με το πρότυπο EN 10088-1. Στην περίπτωση αλουμινένιων επενδύσεων, αυτές πρέπει να εφαρμόζονται κατά προτίμηση και στις δύο πλευρές. Στην πραγματικότητα, εάν χρησιμοποιούνται διαφορετικά υλικά στις δύο πλευρές, το πάνελ μπορεί να παραμορφωθεί και να λυγίσει λόγω των διαφορετικών συντελεστών θερμικής διαστολής των φύλλων. Για την εξειδικευμένη περίπτωση του ανοξείδωτου χάλυβα πρέπει να ληφθεί υπόψη η πιθανή εμφάνιση ελαττωμάτων που επισημαίνονται από τέτοιες ανακλαστικές επιφάνειες.

Τις περισσότερες φορές, αν και πάντα ενδέχεται να εντοπίζονται διαφοροποιήσεις από κατασκευαστή σε κατασκευαστή, όλες οι προβαμμένες μεταλλικές επιφάνειες είναι εφοδιασμένες με προστατευτικό φιλμ πολυαιθυλενίου που εμποδίζει τη βλάβη στο στρώμα βαφής. Αν το υλικό ζητηθεί ειδικά χωρίς προστατευτικό φιλμ, τότε υπάρχει περίπτωση εμφάνισης κρίσιμων ζημιών στο χρώμα. Η προστατευτική μεμβράνη που καλύπτει τα προκατασκευασμένα πάνελ πρέπει να αφαιρεθεί εντελώς κατά τη συναρμολόγηση και, εν πάση περιπτώσει, εντός εξήντα ημερών μετά την προετοιμασία του υλικού. Συνιστάται επίσης να μην εκτίθενται τα φύλλα που καλύπτονται από προστατευτική μεμβράνη στο άμεσο ηλιακό φως.

### 2.3.3 Συνθήκες και υλικά μόνωσης

Τις περισσότερες φορές, αν και στη παρούσα περίπτωση εφαρμόζει μια ποικιλία με βάση τον εκάστοτε κατασκευαστή, το μονωτικό υλικό είναι κατασκευασμένο από άκαμπτο αφρό πολουρεθάνης και φέρει συνήθως τα ακόλουθα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά:

- Αντοχή συμπίεσης  $\geq 0,11$  MPa (σε 10% παραμόρφωση)
- Αντοχή σε εφελκυσμό  $\geq 0,10$  MPa σύμφωνα με το πρότυπο EN 826
- Διατμητική αντοχή  $\geq 0,10$  MPa σύμφωνα με το πρότυπο EN 826
- Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,022$  W / mK
- Τα 95% κλειστά κύτταρα εγγυώνται μια ανυδροσκοπική δομή
- Θερμοκρασία λειτουργίας: ελάχιστη - 40 ° C Μέγιστη + 80 °

Οι διάφοροι τύποι επιφανειών ( Isobox, Isoripano και Isorighe) είναι αυτοφερόμενοι σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται στην οδηγία UNI EN 14509: «... πίνακας ικανός να στηρίζει, λόγω των υλικών και του σχήματος του, το δικό του βάρος και, στην περίπτωση πάνελ που είναι στερεωμένα σε διατεταγμένα δομικά υποστηρίγματα, (χιονιού, ανέμου, πίεσης αέρα) και μεταδίδοντας αυτά τα φορτία στα υποστηρίγματα .

Ανάλογα με τον τύπο των μεταλλικών επιφανειών, το πάχος τους και το πάχος του θερμικού μονωτικού πυρήνα προκύπτουν και οι ανάλογες τιμές αντίστασης αναφέρονται σε συναρμολογημένο πάνελ οριζόντια και υπόκεινται στη δράση ενός κατανεμημένου φορτίου που προσομοιώνει τη δράση της πίεσης του ανέμου.

Τα πάνελ τοίχων γενικά απαιτούν, κατά τη διάρκεια της φάσης σχεδιασμού, μία κατασκευή ικανή να απορροφήσει την εξωτερική τάση φόρτισης η οποία δεν θα υποβάλει τα πάνελ σε υπερβολικές και μόνιμες στρεβλώσεις εις βάρος των βασικών τους χαρακτηριστικών.

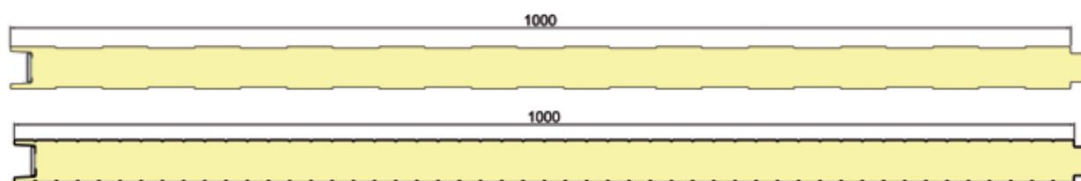
Κατά την επιλογή των τύπων πάνελ και τη φάση του σχεδιασμού, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κάποιες παράμετροι που σχετίζονται με περιβαλλοντικές δράσεις όπως:

- η δράση του ανέμου η οποία εξαρτάται και από την κλιματική περιοχή όπου είναι εγκατεστημένο το κτίριο, οι τιμές κυμαίνονται με βάση την ταχύτητα του ανέμου, με επακόλουθη μεγαλύτερη ή μικρότερη πίεση φορτίου στις εκτεθειμένες επιφάνειες (επηρεάζει τον τύπο και τον αριθμό των στοιχείων στερέωσης των πάνελ).
- Η θερμική καταπόνηση: εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του πάνελ και την έκθεση του στο κτίριο και μπορεί να προκαλέσει σημαντικές παραμορφώσεις του συστήματος.
- Η ατμοσφαιρική διάβρωση: εξαρτάται από το περιβάλλον όπου εγκαθίστανται τα πάνελ (θαλάσσια, αστικά, αγροτικά) και επηρεάζει κυρίως τον βαθμό διάβρωσης στις επιφάνειες του πίνακα. Από την άποψη αυτή, θα πρέπει να επιλέγονται κατάλληλες μεταλλικές ή οργανικές επενδύσεις για την καταπολέμηση αντίστοιχων φαινομένων.

### 2.3.4 Διαδικασίες Συναρμολόγησης

Ο σκοπός των στοιχείων στερέωσης – συναρμολόγησης και ουσιαστικά κατασκευής ενός κτηρίου με τη χρήση μεταλλικών πάνελ, είναι η αποτελεσματική αγκύρωση της πλάκας στην φέρουσα κατασκευή. Ο τύπος της μονάδας στερέωσης εξαρτάται από τον τύπο στήριξης όπως είναι φυσικό. Ο αριθμός και η θέση των στοιχείων στερέωσης πρέπει να εγγυώνται αντοχή στις καταπονήσεις που προκαλούνται από το δυναμικό φορτίο, το οποίο μπορεί επίσης να αγγίζει τα όρια της ολικής αστοχίας.

Σημαντικό είναι να επιλέγονται κατάλληλα επικαλυμμένοι χάλυβες άνθρακα ή ανοξείδωτοι χάλυβες ωστενιτικού τύπου ως κατάλληλα υλικά για τη στερέωση των πάνελ. Επίσης ιδιαίτερη προσοχή και την διάρκεια της τοποθέτησης των μεταλλικών πάνελ πρέπει να δίδεται στη συμβατότητα των υλικών χάλυβα και αλουμινίου, ώστε να αποφευχθεί ο σχηματισμός γαλβανικών ροών.



Σχήμα 2.7 Σχηματική απεικόνιση του εσωτερικού μεταλλικών πάνελ τύπου Isobox και Isorighe

Τα πάνελ συνήθως στερεώνονται σε μεταλλικά φύλλα τοποθετημένα εγκάρσια στο μήκος των πινάκων, τα οποία, με τη σειρά τους, στερεώνονται κατάλληλα στη φέρουσα δομή του κτιρίου όπως απαιτείται από το εκάστοτε σχέδιο/μελέτη για την επίτευξη της απαραίτητης σταθερότητας. Το πλάτος του στηρίγματος πρέπει να είναι τουλάχιστον 50 mm. το εν λόγω πλάτος πρέπει να ελεγχθεί και, αν είναι απαραίτητο, να αυξηθεί με βάση τις απαιτήσεις σχεδιασμού.

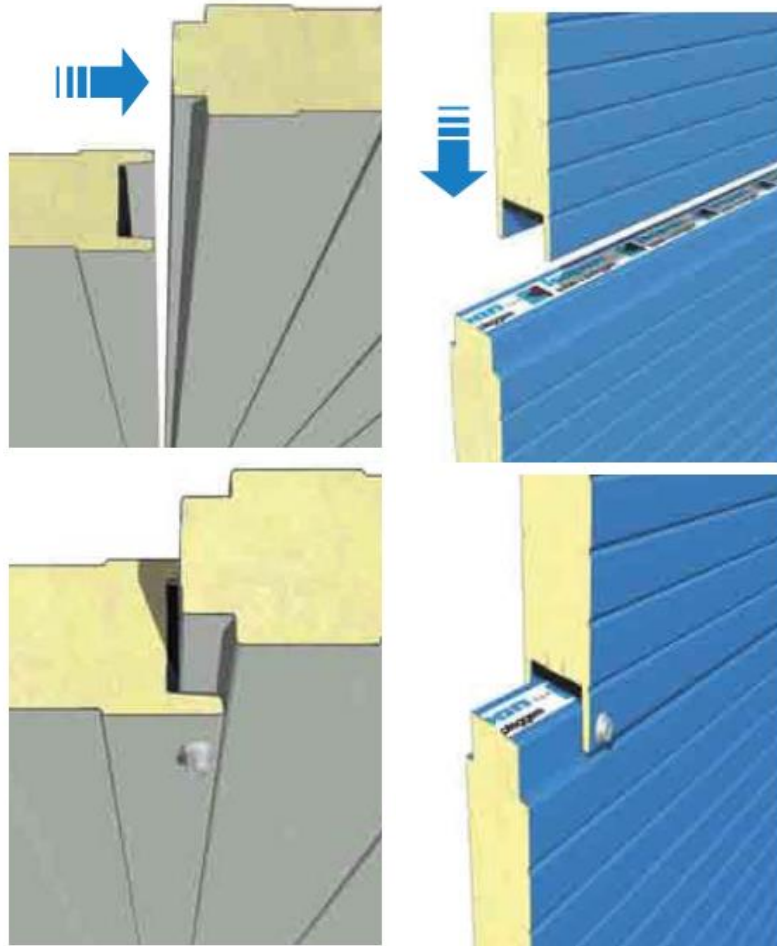
Σε περίπτωση συνδέσεως μεταξύ των δύο φύλλων, το εν λόγω πλάτος πρέπει να είναι τουλάχιστον 120 mm. Τα πάνελ πρέπει να στερεώνονται στη φέρουσα κατασκευή χρησιμοποιώντας τις συσκευές που προσδιορίζονται και έχουν μέγεθος στο σχέδιο.

Ο αριθμός των στοιχείων πρόσδεσης ποικίλει ανάλογα με τις διαφορετικές κλιματικές συνθήκες όπου βρίσκεται το κτίριο. Κανονικά, για κάθε πίνακα πρέπει να χρησιμοποιείται μια μονάδα στερέωσης σε κάθε φύλλο στήριξης. Σε περίπτωση μακρών διαστημάτων και / ή σε ιδιαίτερα άνετες περιοχές, η πυκνότητα των στοιχείων στερέωσης πρέπει να καθοριστεί από τον σχεδιαστή ανάλογα με την περίπτωση, αυξάνοντας κατάλληλα τον αριθμό των στοιχείων στερέωσης και τοποθετώντας τις απαραίτητες βίδες οι οποίες λειτουργούν και ως μηχανισμός ασφάλειας στην επικείμενη συνδεση των αντίστοιχων πάνελ.

Οι προκαταρκτικές λειτουργίες οι οποίες και πρέπει να ακολουθηθούν από τον εκάστοτε εργολάβο περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στάδια:

- Αρχικός έλεγχος και επιβεβαίωση, ότι οι υποστηρίξεις είναι σωστά ευθυγραμμισμένες.
- Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα σημεία επαφής μεταξύ των υποστηριγμάτων και των πλακών υποστήριξης του πίνακα, ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα που συνδέονται με την ηλεκτροχημική διάβρωση, αν συζευχθούν μη συμβατά μέταλλα. Για το σκοπό αυτό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως διαχωριστές ελαστομερές ή διαστελλόμενες ρητινικές λωρίδες.
- Έλεγχος ότι η περιοχή του χώρου έχει κατάλληλη χωρητικότητα αποθήκευσης και χειρισμού για να αποφευχθεί η υλική ζημιά.
- Επιλογή χρήσης των κατάλληλων εργαλείων (οδοντωτό κυκλικό πριόνι, παζλ, ψαλίδια, επιτόπιες εργασίες κοπής. Η χρήση εξοπλισμού που παράγει μεταλλικούς σπινθήρες (π.χ. δίσκοι λείανσης, δίσκος κοπής) δεν συνιστάται απολύτως.
- Χρήση των κατάλληλων συστημάτων χειρισμού, ιδιαίτερα για μακριές ή βαριές επιφάνειες, με σκοπό την αποφυγή των κινδύνων ασφάλειας στο χώρο και για ζημιές στο προϊόν.
- Τέλος η χρήση μονωτικών όπως οι σιλικόνες απαγορεύεται καθώς τείνουν να επιτίθενται στο προβαμμένο γαλβανισμένο φύλλο και να σχηματίζουν αρχική

οξείδωση. Είναι καλύτερο να επιλέγονται προϊόντα σιλικόνης στεγανοποίησης μονής συνιστώσας με ουδέτερη σκλήρυνση που τείνουν να σκληρύνουν λόγω της υγρασίας του αέρα και, χωρίς διαλύτες, ώστε να μην επιτίθενται στη βαφή.



Σχήμα 2.8 Γραφική αναπαράσταση των διαδικασιών σύνδεσης μεταλλικών πάνελ σε πλευρική και κατακόρυφη θέση.

Κατά την διαδικασία της συναρμολόγησης οι λειτουργίες οι οποίες και πρέπει να ακολουθηθούν περιλαμβάνουν τα τελικά στάδια μιας σύνηθης κατασκευαστικής διαδικασίας:

- Αφαίρεση της προστατευτικής μεμβράνης από τα πάνελ.
- Εφαρμογή των πάνελ που ξεκινούν από το κάτω μέρος του τοίχου ή το πλαϊνό άκρο σε περίπτωση κάθετης συναρμολόγησης, φροντίζοντας να εκτελείται σωστές αρμούς και να βεβαιωθείτε ότι είναι αρμαθιές.

- Συστηματικά στερέωση των στοιχείων αφού επιβεβαιωθεί το γεγονός ότι ταιριάζουν σωστά. Η βίδα στερέωσης πρέπει να τοποθετηθεί ορθογωνίως στον πίνακα του πάνελ.
- Αν το ύψος του τοίχου καθορίζει και συνεπάγει την ανάγκη για συναρμολόγηση των πλαισίων κατακόρυφα, η διασταύρωση γίνεται στο πλαίσιο και απαιτεί κατάλληλη χρήση των ανυψωτικών μηχανημάτων.
- Για οριζόντια τοποθέτηση, το τμήμα αυλάκωσης του πάνελ πρέπει πάντα να είναι στραμμένο προς τα κάτω, προκειμένου να αποφευχθεί η στασιμότητα των ομβρίων υδάτων και να προωθηθεί η κανονική απορροφή.
- Εφαρμογή των τελικών στοιχείων (ράβδοι γωνίας, περιμετρικά άκρα, εξαρτήματα).



Σχήμα 2.9 Φωτογραφική απεικόνιση της εναέριας απόθεσης τμήματος προκατασκευασμένου κτηρίου (Smith, 2011)



Σχήμα 2.10 Φωτογραφική απεικόνιση της διαδικασίας διαχείρισης κατά την ανέλκυση και επικείμενη τοποθέτηση του «προκάτ» τμήματος (Smith, 2011).



Μετά το πέρας της προκαταρκτικής συναρμολόγησης και άφιξης των τμημάτων στο εργοτάξιο ακολουθεί η διαδικασία της συνολικής εναπόθεσης με βάση την υφιστάμενη μελέτη κατά περίπτωση. Για το μεγαλύτερο μέρος της συναρμολόγησης, τα στοιχεία θα ανυψωθούν απευθείας από το επιβατηγό ρυμουλκούμενο και θα τοποθετηθούν μετά το πέρας της κατακόρυφης μεταφοράς τους στην τελική τους θέση.

Οι γερανοί ανυψώνουν το κάθε τμήμα το οποίο και τοποθετείτε προσεκτικά στον ορισμένο τόπο του, στον εργοταξιακό στο χώρο. Κατά την παραπάνω διαδικασία, τα στοιχεία καθοδήγησης πληρώματος στη θέση τους διαχειρίζονται από το εργατικό δυναμικό (Σχήμα 2.7) και ολοκληρώνουν τις συνδέσεις.

Στην ιδανική περίπτωση, η επιτόπια εργασία δεν εμποδίζει τη μέγιστη ροή εργασίας του γερανού. Για την επίτευξη αυτού και επειδή τις περισσότερες φορές η ενοικίαση μεγάλων γερανών είναι δαπανηρή (Smith, 2011), και ως εκ τούτου, τα μηχανήματα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται όσο το δυνατόν περισσότερο κατά την προμήθεια.

Σημαντική παράμετρος για την επιτυχή εκπόνηση της τελικής διαδικασίας είναι η επιλογή και αξιολόγηση των καιρικών συνθηκών. Οι άσχημες καιρικές συνθήκες θα αποτρέψουν την επιτυχή ρύθμιση προκατασκευασμένων στοιχείων όταν οι ταχύτητες ανέμου υπερβαίνουν παραδείγματος χάριν τα 10 m/h. Οποιοσδήποτε αρθρώσεις ή ανοίγματα, που παραμένουν εκτεθειμένα στο τέλος της ημέρας, καλύπτονται με μια κουρτίνα για προστασία από ενδεχόμενες βλάβες λόγω βροχής.

## 2.4 Εφαρμογές αρθρωτών κατασκευών για μεγάλες κατασκευές

### 2.4.1 Project «Sky City»

Ένα από τα πρώτα παραδείγματα αντίστοιχης νοοτροπίας και εφαρμογής της παραπάνω κατασκευαστικής τεχνολογίας αποτελεί η μοναδική πρακτική που αναπτύχθηκε στην Κίνα από τον Όμιλο BROAD που ιδρύθηκε το 1988, όπου το συγκρότημα παραγωγής τους βασίζεται στη Τσανγκσά.

Το 2008 ιδρύθηκε η θυγατρική εταιρεία Broad Sustainable Building (BSB) με την παραγωγή (BSB Central Factory) στο Xiangyin, Hunan. Η συγκεκριμένη θυγατρική έχοντας πάντοτε σαν κύριο γνώμονα και παρονομαστή την αρθρωτή κατασκευή

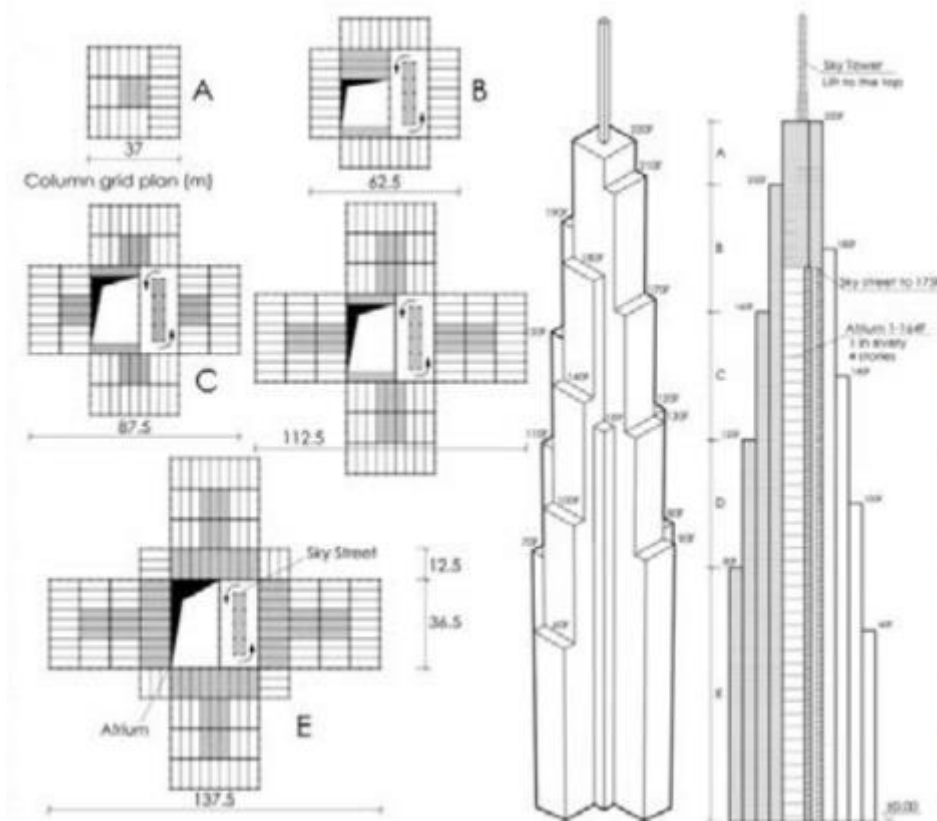
βασίζει κάθε έργο της (project) στην αειφόρο ανάπτυξη και την μακροχρόνια βιωσιμότητα του έργου.

Συνολικά επτά (7) αρχές της αειφόρου ανάπτυξης συνδέονται με τις τεχνολογικές πρακτικές της εταιρείας κατασκευών BSB:

1. Αποτελεί τη μόνη επιχείρηση στον κόσμο όπου το 90% των αρθρωτών εξαρτημάτων του συστήματος είναι «off-site» προκατασκευασμένα στοιχεία με περίπου ποσοστό λιγότερο του 1% για απόβλητα κατά την διάρκεια της παραγωγής τους (Generalova, Generalov and Kuznetsova, 2016).
2. Η ενεργειακή κατανάλωση είναι πέντε (5) φορές υψηλότερη από ό, τι στα παραδοσιακά κτίρια.
3. Το μοναδικό μικροκλίμα μέσα σε κτίρια με ειδικά καθαρισμένο αέρα.
4. Τη σεισμική αντίσταση (αντιστέκεται στο σεισμό μεγέθους 9 ρίχτερ) (Generalova, Generalov and Kuznetsova, 2016).
5. Εξοικονόμηση επιφάνειας γης (εστιάζει στην υψηλή κατασκευή)
6. εξοικονόμηση υλικών (μεταλλικές κατασκευές από ανακυκλωμένο χάλυβα)
7. Συνολική αντοχή.

Η εταιρεία έχει κατασκευάσει πάνω από 30 κτίρια από την ίδρυσή της. Τα παρακάτω κτίρια είναι μεταξύ τους (Generalova, Generalov and Kuznetsova, 2016): ένα ξενοδοχείο 15 ορόφων που χτίστηκε σε 6 ημέρες. ένα 30-ορόφων ξενοδοχείο «T30 Hotel» (2012, 99,9 μ ύψος.) στην Changsha (Κίνα) χτισμένο σε 15 ημέρες.

Μείζονος σημασία και απαραίτητη μνεία πρέπει να γίνει στο γεγονός πως ο όμιλος BROAD είχε ξεκινήσει ένα φιλόδοξο έργο: την κατασκευή ενός κτιρίου με την ονομασία «Sky City» (838m) το οποίο προβλέπονταν να κατασκευασθεί χρησιμοποιώντας το δομοστοιχειωτό αρθρωτό σύστημα. Αυτός ο ουρανοξύστης παρουσιάζονταν ως μια πραγματική «κάθετη πόλη» 202 ορόφων. Το 83% της έκτασης του κτιρίου προβλέπονταν να χρησιμοποιηθεί ως κατοικίες για περίπου 17.000 κατοίκους. Εκτός αυτού, θα παρέχονταν γραφεία, ένα ξενοδοχείο, 5 σχολεία, ένα νοσοκομείο, καταστήματα, εστιατόρια, 17 ελικοδρόμια, 6 γήπεδα μπάσκετ, 10 γήπεδα τένις και άλλα.



Σχήμα 2.11 Αναφορική απεικόνιση των βασικών σχεδίων για το εγχείρημα του «Sky City» (Generalova, Generalov and Kuznetsova, 2016)

Το έργο είχε προγραμματιστεί να εκπονηθεί σε 210 συνολικά ημέρες, εκ των οποίων οι 120 αυτών αφορούσαν το χρονικό διάστημα το οποίο θα χρειαζόταν η εταιρεία για την προ κατασκευή όλων των αρθρωτών στοιχείων και υλικών.

Λόγω κυρίως περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην ευρύτερη περιοχή κατασκευής του έργου το Μάιο του 2016 η κατασκευή του έργου τέθηκε σε περιορισμό και εν τέλει σε πλήρη αδράνεια και αναστολή.

Ο κύριος λόγος ήταν το γεγονός πως η γειτνίαση του οικοδομήματος με τον υδροβιότοπο Daze ο οποίος και τέθηκε υπό πλήρη περιβαλλοντική προστασία.



---

Σχήμα 2.12 Μοντέλο – μακέτα του προβλεπόμενου εκπονήματος Sky City. Εμφανείς παρουσιάζεται, η περιοχή της λίμνης Daze η οποία αποτέλεσε και το βασικό λόγο αδρανοποίησης του έργου.

#### 2.4.2 Project J57 «Mini Sky City

Αν και το προαναφερθέν έργο του «Sky City» δεν ευδοκίμησε και τέθηκε σε πλήρη αναστολή ο ίδιος εταιρικός όμιλος και μέσα από την θυγατρική BSB ασχολήθηκε με ένα ανάλογο οικοδόμημα.

Κατά την διάρκεια των διαπραγματεύσεων ο όμιλος BOARD αποφάσισε να δοκιμάσει την ιδέα άμεσης και γρήγορης κατασκευής υψηλού κτηρίου μέσα από μια μικρογραφία της «Sky City», δηλαδή το «Mini Sky City», με επίσημη ονομασία - «J57 SkyTown» (57 ορόφους, 207,8 μ.).



Σχήμα 2.13 Φωτογραφία κατά την εκπόνηση του ουρανοξύστη Mini Sky City (Caulfield, 2016)

Στις αρχές του 2016, , ένα ιστορικό κτίριο πενήντα επτά (57) ορόφων γνωστό και ως *J57 Mini Sky City*, με 800 διαμερίσματα και χώρους γραφείων για 4.000 εργαζόμενους, άρχισε να λαμβάνει τους ενοίκους του. Το παραπάνω σαν δήλωση δεν θα προξενούσε καμία ανάγκη αναφοράς, πόσο μάλλον επιλογή μελέτης περίπτωσης πέρα από το γεγονός ότι πάνω από το 90% των στοιχείων και δομικών τμημάτων για το κτίριο αυτό, που βρίσκεται στην Changsha, πρωτεύουσα της επαρχίας Χουνάν της Κίνας, κατασκευάστηκαν στο εργοστάσιο παραγωγής Broad Sustainable Building (BSB)

εργοστασιακής έκτασης 230.000 τ.μ. μια επταετούς εμπειρίας κατασκευαστική εταιρεία που συγκέντρωσε τα υλικά και εκπόνησε την κατασκευή του ουρανοξύστη Mini Sky City σε 19 εργάσιμες ημέρες.

#### 2.4.3 Ιστορική πορεία της κατασκευής

Πολλά κατασκευαστικά έργα φέρουν τη φήμη ότι ολοκληρώθηκαν πίσω από το χρονοδιάγραμμα και πάνω από τον προϋπολογισμό τους. Ενώ οι συμβαλλόμενες εταιρείες προσπάθησαν να βελτιώσουν το χρόνο, το κόστος και την ποιότητα του έργου, χρησιμοποιώντας καινοτομίες τεχνολογικής και εμπορικής βιομηχανίας, όπως το Building Information Modeling (BIM) και τα συνεργατικά μοντέλα εμπλοκής προμηθευτών. έχουν αποτύχει σε μεγάλο βαθμό να αντιστρέψουν την τάση της χαμηλής παραγωγικότητας και της αβεβαιότητας των έργων ή να αντιμετωπίσουν την αυξανόμενη πρόκληση των ελλείψεων δεξιοτήτων του κλάδου.

Η εργοστασιακή κατασκευή προσφέρει μια εναλλακτική λύση σε αυτό το σημερινό status-quo κατασκευής, υποσχόμενη μετασχηματιστικές βελτιώσεις στον κύκλο ζωής του περιουσιακού στοιχείου, την ποιότητα, την υγεία και ασφάλεια. Αλλά το πιο σημαντικό είναι ότι η κατασκευή εκτός του χώρου προσφέρει δυνατότητα πρόβλεψης)

Το κτίριο με την ευφάνταστη ονομασία Mini Sky ολοκληρώθηκε στις 17 Φεβρουαρίου του 2015. Οι κατασκευαστές του, η Broad Sustainable Building, μπόρεσαν να εκπονήσουν το Mini Sky City σε τόσο μικρό χρονικό διάστημα, κατασκευάζοντας ουσιαστικά τον ουρανοξύστη μέσω της χρήσης μιας σειράς από προκατασκευασμένα τμήματα χρησιμοποιώντας αρθρωτές μεθόδους.. Οι παραπάνω μονάδες και τα διάφορα τμήματα (2736 τον αριθμό) χρειάστηκαν 4,5 μήνες για να κατασκευαστούν ξεχωριστά. Μετά την επιτυχημένη συγκέντρωση των απαραίτητων μονάδων η κατασκευή και ανύψωση ξεκίνησε με ρυθμό εγκατάστασης τριών ορόφων ημερησίως (TUD, 2015; Aberdeen, 2016). Το κτίριο Mini Sky Sky αποτελεί μέχρι και σήμερα την πρώτη αρθρωτή κατασκευή ύψους περίπου 207 μέτρων. από τον πρώτο όροφο μέχρι το «roof garden» στον 57ο όροφο.





Σχήμα 2.14 Φωτογραφία κατά την εκπόνηση του ουρανοξύστη Mini Sky City

### 3.0 Περίπτωση Μελέτης

Σε αρκετές μελέτες και αναφορές του ΟΗΕ (Habitat's UN) τονίζεται ότι η ταχεία αστικοποίηση συνοδεύεται από ένα επίμονο και σοβαρά επιβαρυντικό πρόβλημα στέγασης. Οι πόλεις αυξάνονται δυσανάλογα με τους ρυθμούς οικονομικής ανάπτυξης, αυξάνοντας έτσι το χάσμα μεταξύ των οικονομικά δυνατών και αυτών που αντιμετωπίζουν διάφορες οικονομικές δυσκολίες. Οι μεγαλοπρεπείς πόλεις με πληθυσμό άνω των 10 εκατομμυρίων είναι τα σύμβολα της εποχής μας, αλλά, δυστυχώς, δεν συσχετίζονται απόλυτα ή ως επί το πλείστο με έννοιες όπως το άνετο περιβάλλον διαβίωσης,

Η ανάπτυξη μαζικώς προσιτής στέγασης είναι σημαντική για πολλές χώρες. Από οικονομική άποψη, μπορεί να δικαιολογηθεί μόνο ως αποτέλεσμα της εφαρμογής σύγχρονων βιομηχανικών μεθόδων κατασκευής που βασίζονται στην τυποποίηση, την ενοποίηση και τον αυτοματισμό. Τα σύγχρονα υλικά και τα συστήματα κατασκευής εισάγονται υπό την προϋπόθεση της εκτεταμένης χρήσης τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας (I.V. Zhdanova, 2014).

Οι αρθρωτές τεχνολογίες χρησιμοποιούνται ευρέως σε χαμηλού ύψους κτίρια διαφόρων λειτουργικών σκοπών όπως γραφεία και κατοικίες, αποθήκες, εγκαταστάσεις υγιεινής και δομές ειδικού σκοπού. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια έχουν εισαχθεί στην εξίσωση της κατασκευής πολυώροφων δομών και κτηρίων.

Η αρθρωτή κατασκευή συνδυάζει διάφορες τεχνολογίες που βασίζονται στις αρχές της ταχείας κατασκευής. Αναγνωρίζεται ως επιτακτική ανάγκη να επικεντρωθεί ο χώρος στην έννοια του «δομο - στοιχειωτό κτίριο». Στη σύγχρονη εποχή, μιλώντας για τα αρθρωτά στοιχεία ενός συστήματος κατασκευής, μπορούν να διακριθούν δύο βασικές κατευθύνσεις στην ανύψωση των αρθρωτών κτιρίων:

- η χρήση ξεχωριστών στοιχείων ενός συστήματος πλαισίου (δοκοί, κολώνες, δάπεδα, πάνελ τοίχων κλπ.) Παράγονται εκτός τόπου και συναρμολογούνται επιτόπου.
- τη χρήση τρισδιάστατων στοιχείων (δομές μπλοκ) συμπεριλαμβανομένων των απαραίτητων εσωτερικών εγκαταστάσεων μηχανικής, εσωτερικών και εξωτερικών τελειωμάτων και ενσωματωμένων επίπλων και εξοπλισμού.



### 3.1 Έργο The Charlotte Vermont House

Όσον αφορά την επιλογή για την μελέτη της εφαρμογής προκατασκευασμένων δομών και υλικών επιλέχθηκε ένα κατασκευαστικό πείραμα το οποίο αποπειράθηκαν να φέρουν εις πέρας οι δύο αρχιτέκτονες David Pill και Hillary Maraham. Το αξιοσημείωτο της υπόθεσης είναι το γεγονός πως το παραπάνω οικιστικό εγχείρημα κατά το πέρας του βραβεύθηκε με τα παρακάτω βραβεία κάτι το οποίο και προσδίδει μια ιδιαίτερη ποιότητα στην επιλογή χρήσης αρθρωτών κατασκευών (WBDG, 2018) :

1. Sustainable Building Industry Council 2009 High Performance Building Award
2. Northeast Sustainable Energy Association Net Zero Energy Award 2009
3. AIA Vermont Design Award 2008
4. Efficiency Vermont Best of the Best Award 2008

Ως αρχιτέκτονες οι συντελεστές του έργου είχαν ένα όραμα: είτε θέλανε να ανακαινίσουν ένα υπάρχον σπίτι για μέγιστη απόδοση είτε να βρουν μια προ-ανεπτυγμένη περιοχή για να ξεκινήσουν μια αυτόνομη κατοικία. Ο χώρος μελέτης, έκτασης 44 στρεμμάτων επιλέχθηκε πέραν από τους περιβαλλοντικούς λόγους όπως την ηλιακή προσπέλαση και το γεωργικό δυναμικό αλλά και προσωπικούς λόγους όπως την υπάρχουσα αρένα ιπποδρομίας.



Σχήμα 3.1 Φωτογραφία οικοδομήματος περίπτωσης μελέτης (WBDG, 2018).

Όπως αναφέρουν και οι ίδιοι. «υπήρχαν πολλοί στόχοι στο μυαλό μας όταν σχεδιάσαμε να εφαρμόσουμε αυτή την ενιαία οικογενειακή κατοικία στο Σαρλότ, Βερμόντ. Ήταν η πρόθεσή μας να δημιουργήσουμε ένα σπίτι που θα συντηρούσε όλες τις ανέσεις ενός συμβατικού σπιτιού με όσο το δυνατόν μικρότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο, να εξαλείψει όλα τα ορυκτά καύσιμα που καίγονται στο χώρο, να διατηρεί υψηλό επίπεδο σχεδίασης και λεπτομέρειας και να χρησιμοποιεί τα πιο συμβατικά μέσα και πιθανές μεθόδους έτσι ώστε να είναι προσιτές και αναπαραγόμενες. Η πρόκληση ήταν να κάνουμε όλα αυτά σε ένα κρύο βόρειο κλίμα.» (WBDG, 2018)

Για την εκπόνηση του παραπάνω στόχου ήταν γνωστό ότι ο μόνος τρόπος για να επιτευχθεί καθαρή μηδενική χρήση ενέργειας ήταν η δημιουργία ενός σπιτιού που διέθετε υπερβολικά χαμηλό προϋπολογισμό ενέργειας χρησιμοποιώντας όλες τις φυσικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που ο χώρος έπρεπε να προσφέρει. Η λύση ήταν η δημιουργία ενός ηλεκτρικού σπιτιού που χρησιμοποιούσε παθητικά την ενέργεια του ήλιου, χρησιμοποιώντας τη γη για μηχανική θέρμανση και ζεστό νερό οικιακής χρήσης και τον άνεμο μέσω μιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω αιολικής ενέργειας μέτρησης 10kW.

Η θέρμανση ενός σπιτιού σε αυτό το κρύο συννεφιασμένο βόρειο κλίμα ήταν η μεγαλύτερη πρόκληση στο σχεδιασμό. Ακόμα κι αν πολλά από αυτά που έγιναν απαιτούσαν μια ποιότητα, σκέψης «έξω από το κουτί», η εννοιολογική λύση ήταν στην πραγματικότητα, «ένα κουτί» -ουσιαστικά ένα ψύκτη τύπου Styrofoam.

Το κουτί μεταβλήθηκε στη συνέχεια για κλίμακα και αισθητική, σωστή εξαέρωση και φωτισμό ημέρας κλπ, αλλά διατηρούσε την απλή μάζα του. Για να επιτευχθεί η μέγιστη ενεργειακή απόδοση, δημιουργήθηκε ένα μοντέλο Energy 10™ για να εξετάσει: παθητική ηλιακή και θερμική μάζα, το σχεδιασμό φακέλου, τα υαλοστάσια, την αεροστεγανότητα, τα μηχανικά συστήματα, το φωτισμό και τις κατάλληλες συσκευές.

Από το μοντέλο Energy 10™ αναπτύχθηκε ένα υπολογιστικό φύλλο με πολλαπλές επιλογές για να ενημερωθούν οι επιλογές για το σχεδιασμό του κτιρίου και των συστημάτων. Ενώ αυτή η διαδικασία μπορεί να περιγραφεί μόνο γραμμικά σε χαρτί, για να συνεργάζονται όλοι οι παράγοντες που περιγράφηκαν παραπάνω, τα σχέδια και οι ανυψώσεις λειτουργούν ταυτόχρονα.

Για να επιτευχθεί η καθαρή ζήτηση χρήσης ενέργειας, απαιτείται πολύ αυστηρό ενεργειακός προϋπολογισμός, ο οποίος κατέστη δυνατός με τη χρησιμοποίηση των φυσικών πόρων του τόπου - του ήλιου της γης και του ανέμου. Χρησιμοποιώντας την παθητική ενέργεια του ήλιου ήταν η πρώτη προσέγγιση καθώς η ηλιακή ενέργεια είναι ελεύθερη όταν προσανατολίζετε σωστά μια οικία.

Το τελικό αποτύπωμα του σπιτιού είναι μακρύ και στενό, περίπου 20 'x 60', προσανατολισμένο ανατολικά δυτικά για μέγιστο ηλιακό κέρδος. Τα αποτυπώματα του πρώτου και του δεύτερου ορόφου στοιβάζονται για αποδοτικότητα και τα εσωτερικά σχέδια είναι ανοικτά για ευελιξία. Το ανοιχτό σχέδιο μεγιστοποιεί τη θερμική μάζα και το φωτισμό ημέρας.

Το σπίτι είναι συμβατικά ξύλινο πλαίσιο από μεταλλικά επενδυμένα πάνελ που φέραν στο εσωτερικό τους την ανάλογη μόνωση. Αν και για να μεγιστοποιηθούν οι τιμές μόνωσης και να ελαχιστοποιηθεί η χρήση των πόρων, τοποθετήθηκαν 2x 6 μπουλόνια 2 ιντσών στο κέντρο των τοιχωμάτων, τα οποία είχαν τοποθετηθεί σε βήματα 2 ιντσών.

Ο αφρός πολουρεθάνης κλειστής κυψέλης (R6,5 ανά ίντσα) γεμίζει εντελώς την κοιλότητα του πλαισίου και μια ίντσα πολυϊσοκυανουρικού (άκαμπτη σανίδα αφρού) τυλίγεται γύρω από το εξωτερικό για να αποκόψει τυχόν πιθανές θερμικές γέφυρες. Το σύνολο του συγκροτήματος τοίχου έχει R-Value 40, αν και το κόστος ήταν πιο ακριβό το όφελος εξισορροπούσε την κατάσταση.

Μία πλάκα πάχους 4 ιντσών και γυαλισμένου σκυροδέματος στο πρώτο επίπεδο ενεργεί ως το τελειωμένο δάπεδο και ως θερμική μάζα απορροφώντας το νότιο ηλιακό φως μέσα από τα τρισδιάστατα παράθυρα από πολυπροπυλένιο με χαμηλή περιεκτικότητα σε αργό, που επιλέχθηκαν σε σχέση με τον προσανατολισμό. τα παράθυρα της νότιας πλευράς έχουν συντελεστή ηλιακής θερμότητας (SHGC) 0,61, οπτική μετάδοση (VT) 0,63 και τιμή U των 0,17.



Σχήμα 3. 2 Φωτογραφία οικοδομήματος περίπτωσης μελέτης (WBDG, 2018)

Τα υπόλοιπα παράθυρα έχουν SHGC 0,37, VT 0,57 και τιμή U της τάξης του 0,15. Για την χρήση και εκμετάλλευση της ενέργειας της γης έγινε επιλογή ενός Econair GSHP τριών τόνων που αντλεί θερμότητα από τη σταθερή θερμοκρασία της γης για να παράγει την παροχή ζεστού νερού για το σύστημα θέρμανσης χαμηλής θερμοκρασίας και τη δεξαμενή ζεστού νερού οικιακής χρήσης. επίσης, για να μεγιστοποιηθεί η ενεργειακή απόδοση με την εκ νέου ανάκτηση της θερμότητας των αποβλήτων πριν την έξοδο από το κτίριο.

Αυτός ήταν ο καλύτερος τρόπος να μεγιστοποιηθεί η ικανότητά του να παράγει περισσότερα από όσα χρειαζόταν οικονομικά και χωρίς να προσπαθεί να ξεπεράσει ένα τεράστιο φορτίο με καθαρή δύναμη.

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στη στεγανοποίηση του εσωτερικού του σπιτιού. Οι γωνίες, τα ανοίγματα των θυρών και των παραθύρων γεμίζουν με αφρό, κολλημένα και στη συνέχεια καλύπτονται με μεταλλικές πλάκες.

Παρόμοια προσοχή σε αυτές τις λεπτομέρειες πραγματοποιήθηκε στο συγκρότημα οροφής 2x10 (R56). Με αυτό το εξαιρετικά αποδοτικό κέλυφος ένας ανεμιστήρας ανάκτησης θερμότητας εγκαταστάθηκε για να εξασφαλίσει τον κατάλληλο αερισμό τους χειμερινούς μήνες. Διαφορετικά, το στενό αποτύπωμα επιτρέπει τον εγκάρσιο εξαερισμό για να κρυώσει το σπίτι όταν είναι απαραίτητο.

Οι σχεδιαστές αναφέρουν πως «όντας σε ένα αγροτικό τοπίο του Βερμόντ σχεδιάσαμε το σπίτι παίρνοντας τα συνθήματα μας και τις ιδέες από το τοπικό αγροτικό πλαίσιο. Η εξωτερική μορφή εκφράζει την απλότητα που συναντάμε σε αχυρώνες και αγροκτήματα, η οποία μας επέτρεψε επίσης να δημιουργήσουμε ένα απλό κέλυφος κτιρίου το οποίο ήταν πιο αποδοτικό για την κατασκευή και τη θέρμανση.» (WBDG, 2018)

Χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό 2-1 / 2 "clapboard έκθεσης στο κύριο σώμα του σπιτιού και το κυματοειδές μέταλλο στη διασταυρωμένη μορφή, συνδυάζει συμβατικές μορφές και υλικά με μοντέρνο στυλ. Το εσωτερικό ήταν σχεδιασμένο για μια καθαρή ελάχιστη αισθητική επιτρέποντας να επικεντρωθεί κανείς στις προσεκτικά τοποθετημένες προβολές στο τοπίο.

### 3.2 Στοχοθεσία του έργου

Όπως αναφέρεται και σε παραπάνω μέρος του παρόντος κεφαλαίου ο βασικός στόχος κατά την εκπόνηση του συγκεκριμένου έργου ήταν, να δημιουργηθεί ένα σπίτι που να διατηρεί όλες τις ανέσεις ενός συμβατικού σπιτιού με όσο το δυνατόν λιγότερη περιβαλλοντική επίπτωση, να εξαλείφει όλη την καύση ορυκτών καυσίμων επί τόπου, να διατηρεί υψηλό επίπεδο σχεδίασης και λεπτομέρειας και να χρησιμοποιεί τα πιο συμβατικά μέσα και μεθόδους, ότι θα ήταν οικονομικά προσιτό και αναπαραγόμενο. Η πρόκληση ήταν να εφαρμοσθούν όλα αυτά σε ένα κρύο βόρειο κλίμα.

#### 3.2.1 Ασφαλής στόχος

Αυτό το σπίτι εγγυάται την κατάσταση της «παθητικής επιβίωσης» του Alex Wilson μέσω της χρήσης, του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού και της παραγωγής ενέργειας. Το 44<sup>ov</sup> εκτάρια αγροτικό τοπίο του Βερμόντ έδωσε την ικανότητά του να

παράγει ενέργεια από τον ήλιο, τη γη και τον άνεμο και τα τρόφιμα από τα βοσκοτόπια και τους κήπους. Η ενεργειακή ασφάλεια επιτεύχθηκε επίσης μέσω ενός αποδοτικού και σφιχτού σχεδιασμού περιφράξεων και της ανεμογεννήτριας 10 KW.

Για την εξασφάλιση της υγιεινής ποιότητας του εσωτερικού αέρα για τους κατοίκους έχει εγκατασταθεί ένας ανεμιστήρας ανάκτησης θερμότητας για να εξασφαλίσει τον κατάλληλο αερισμό τους χειμερινούς μήνες. Διαφορετικά, το στενό αποτύπωμα επιτρέπει τον εγκάρσιο εξαερισμό για να κρυώσει το σπίτι όταν είναι απαραίτητο. Τα φυσικά και μη τοξικά υλικά και τελειώματα καθορίστηκαν επίσης για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα.

### 3.2.2.Στόχος αειφόρας ανάπτυξης

Τα βιώσιμα μέτρα για το έργο αυτό λήφθηκαν από περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική άποψη. Από περιβαλλοντικής απόψεως, ο σχεδιασμός και η κατασκευή του σπιτιού αναβαθμίζουν ελαφρά στη γη και εξαλείφουν όλα τα ορυκτά καύσιμα που καίγονται στην περιοχή.

Τα υλικά και τα τελειώματα επιλέχθηκαν για την ανάλυση του κύκλου ζωής τους όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, την ανθεκτικότητα και την ανακυκλωσιμότητα.

Οι ίδιοι οι ένοικοι αναφέρουν πως, «καλλιεργούμε τη γη, καλλιεργούμε τα δικά μας λαχανικά και συλλέγουμε αυγά για τα κοτόπουλα μας ελαχιστοποιώντας τις απαιτήσεις για προϊόντα που μεταφέρονται.»

Από κοινωνική άποψη, τα μονοπάτια συνδέουν τη κοινότητα με τη φύση και τα προϊόντα που παράγονται από τη γη ανταλλάσσονται με τα μέλη της κοινότητας. Ο σχεδιασμός του σπιτιού είναι λαϊκής φύσης, που σχετίζεται με την ιστορία του τόπου και όμως το σπίτι διατηρεί όλες τις ανέσεις ενός συμβατικού σπιτιού. Από οικονομική άποψη, το κόστος των ανέσεων του σπιτιού θα εξασφαλίσει την αξία μεταπώλησης του σπιτιού και η ενεργειακή ανεξαρτησία θα εξασφαλίσει την οικονομική προσιτότητά του καθώς αυξάνονται οι τιμές της ενέργειας.

### 3.2.3 Στόχος Λειτουργικότητας

Διατηρώντας όλες τις ανέσεις ενός συμβατικού σπιτιού, συμπεριλαμβανομένων των εσωτερικών υδραυλικών εγκαταστάσεων με ζεστό ντους, κουζίνα με όλες τις σύγχρονες συσκευές και άλλα χαρακτηριστικά όπως προγραμματιζόμενο θερμοστάτη, αυτό το σπίτι λειτουργεί σαν να ήταν συμβατικό σπίτι που καταναλώνει 4 φορές περισσότερη ενέργεια.



Σχήμα 3. 3 Φωτογραφία του εσωτερικού του σπιτιού. (WBDG, 2018)

### 3.2.4 Στόχος Προσβασιμότητας

Η ανοικτή διάταξη και ο ευέλικτος σχεδιασμός του σπιτιού θα επιτρέψουν στους κατοίκους να αλλάξουν τη χρήση του χώρου με την πάροδο του χρόνου. Για παράδειγμα, το γραφείο στον δεύτερο όροφο μπορεί να μετατραπεί σε υπνοδωμάτιο ανά πάσα στιγμή (WBDG, 2018).





Σχήμα 3. 4 Φωτογραφία του εσωτερικού του σπιτιού. (WBDG, 2018)

### 3.2.5 Αισθητικός στόχος

Η παραγωγή ενεργειακής απόδοσης σε σπίτι δεν αποτελεί περιορισμό σχεδιασμού. Όντας σε ένα αγροτικό τοπίο του Βερμόντ το σπίτι σχεδιάστηκε παίρνοντας τα ερεθίσματα από το τοπικό αγροτικό πλαίσιο. Η εξωτερική μορφή εκφράζει την απλότητα που συναντάμε σε αχυρώνες και αγροκτήματα, η οποία επέτρεψε επίσης την δημιουργία ενός απλού κτιρίου το οποίο θα ήταν πιο αποδοτικό για την κατασκευή και τη θέρμανση. Χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό 2-1 / 2 " τύπου clapboard στο κύριο σώμα του σπιτιού και το κυματοειδές μέταλλο τύπου isobox στη διασταυρωμένη μορφή, συνδυάζει συμβατικές μορφές και υλικά με μοντέρνο στυλ. Το εσωτερικό ήταν σχεδιασμένο για μια καθαρή ελάχιστη αισθητική επιτρέποντας τους σχεδιαστές να επικεντρωθούν στις προσεκτικά τοποθετημένες προβολές στο τοπίο.



### 3.2.6 Στόχος αποτελεσματικότητας

Τα πιο συνηθισμένα μέσα και μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια του σχεδιασμού και της κατασκευής αυτού του σπιτιού, ώστε να είναι προσιτό και αναπαραγόμενο. Το τελικό κόστος για το συγκεκριμένο σπίτι περιλαμβάνει υψηλής ποιότητας, τοπικά κατασκευασμένα και μοναδικά υλικά και φινιρίσματα. Η τελική λύση ήταν εξαιρετικά αποδοτική για τους πελάτες. Ωστόσο, πιο συμβατικές επιλογές για τα υλικά θα μειώσουν το συνολικό κόστος στην περίπτωση αναπαραγωγής του σε κάποιο άλλο μέρος.

### 3.2.7 Παραγωγικός Στόχος

Για να δημιουργηθεί ένα βιώσιμο αγρόκτημα, η παραγωγική ποιότητα της γης και του σπιτιού ήταν ύψιστης προτεραιότητας. Το γύρω τοπίο χρησιμοποιείται για τους βοσκότοπους και τις γεωργικές δυνατότητές του, συμπεριλαμβανομένου του κήπου, του κοτόπουλου και του οπωρώνα. Το σπίτι περιλαμβάνει επίσης 100% φυσικό φως ημέρας και το υψηλότερο σεβασμό στην ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου.

### 3.2.8 Άλλες σημαντικές πτυχές του έργου

Αυτό το σπίτι έχει φτάσει στη διάκριση Net-Zero μέσω του σχεδιασμού και της κατασκευής ενός εξαιρετικά αποδοτικού κελύφους με χαμηλό προϋπολογισμό ενέργειας που στη συνέχεια συμπληρώνεται με ανεμογεννήτρια 10 KW. Η σύγκριση της χρήσης του με τη μέση κατανάλωση ενέργειας ενός συμβατικού σπιτιού είναι διαφωτιστική. Το σπίτι χρησιμοποίησε 5.999 kWh σε σύγκριση με 33.757 kWh για το μέσο σπίτι στα βορειοανατολικά.

### 3.3 Διαδικασία ανοικοδόμησης

Για να δημιουργηθεί η πιο αποτελεσματική λύση, ήταν πιθανό να ξεκινήσει μια διαφορετική συνεργατική ομάδα στη φάση της εννοιολογικής μελέτης. Μια ολιστική προσέγγιση για την επικοινωνία δημιουργήθηκε για την τελειοποίηση του έργου, λαμβάνοντας υπόψη: τις μεθόδους κατασκευής, την αισθητική του σχεδιασμού, την οικονομική προσιτότητα, την ελαχιστοποίηση των οικοδομικών αποβλήτων, την ενεργειακή απόδοση, τους πόρους του τόπου και τις στρατηγικές μηχανικής σχεδίασης. Υπήρχαν σίγουρα συμβιβασμοί και αναπροσαρμογές, αλλά αυτή ήταν μια ισορροπημένη διαδικασία όπου τα στοιχεία που ελήφθησαν από μια περιοχή κατέληξαν να ωφελούν σε κάτι άλλο. Η ολοκληρωμένη ολιστική προσέγγιση ήταν το κλειδί για την επιτυχία των έργων.

Τα αποτυπώματα του πρώτου και του δεύτερου ορόφου στοιβάζονται για αποδοτικότητα και τα εσωτερικά σχέδια είναι ανοικτά για ευελιξία. Το ανοιχτό σχέδιο μεγιστοποιεί τη θερμική μάζα και το φως της ημέρας. Ένα από τα εμπόδια στην ολοκληρωμένη προσέγγισή ήταν στη συζήτηση για το περίβλημα. Ήταν γνωστό ότι με πλάγια στήριξη θα μπορούσαν να σωθούν τα υλικά και να παραλείψουν την επένδυση από κόντρα πλακέ.

Ο εργολάβος αισθάνθηκε πολύ έντονα ότι ακόμα κι αν μπορεί να είναι οικονομικά ωφέλιμη η εξοικονόμηση υλικού, η εργασία για να διευκρινιστεί σωστά η πρόσδεση θα αυξανόταν σημαντικά και, δεύτερον, θεώρησε ότι το τελικό προϊόν δεν θα αντέβαινε επίσης και τελικά θα οδηγούσε σε μικρή κίνηση στο εσωτερικό. Ο ίδιος παραδέχτηκε ότι χρησιμοποίησε 2 γωνιές για μόνωση και αντίθετα με τη σφραγίδα του μηχανικού συμφώνησε να εξαλείψει τις περιττές κεφαλίδες αντί για περισσότερη μόνωση.

Οι συντελεστές αναφέρουν πως «πιστεύω ότι η επιτυχία αυτού του έργου στηρίχθηκε στις πολλές συνεργίες που προέκυψαν από τον προγραμματισμό καθώς και από την επερχόμενη εμφάνιση τους.»

Μία από τις σημαντικότερες συνεργίες ήταν ο συνδυασμός των πόρων του τόπου με τις ανάγκες της οικίας, δηλαδή τον ήλιο, τον άνεμο και τη γη. Μια άλλη ήταν η επιλογή να χρησιμοποιηθεί η ηλεκτρική ενέργεια ως μοναδική μονάδα ενέργειας, σε συνδυασμό με το GSHP και την ανεμογεννήτρια.

Σίγουρα ήταν πολύ δύσκολο να βρεθεί αυτό το συγκεκριμένο μέρος που να πληρούσε όλα τα κριτήρια σαν τοποθεσία. Ένα σημαντικό μάθημα που προέκυψε ήταν να βρεθεί η πορεία της ελάχιστης αντίστασης χρησιμοποιώντας την κοινή λογική και μειώνοντας τις επιπλοκές πολλών συστημάτων. Επιπλέον, πώς να επιτυγχάνεται κάτι που μοιάζει με συμβιβασμό και η ανάπτυξη επιτυχημένων σχέσεων μεταξύ των δυναμικών που δρουν σε ένα έργο

Χρησιμοποιήθηκαν προηγμένες μέθοδοι πλαισίωσης που μείωσαν την ποσότητα ξυλείας που απαιτείται για την κατασκευή αυτού του σπιτιού. Όλα τα πλεονάζοντα υλικά κατασκευής διαχωρίστηκαν για ανακύκλωση στο εργοτάξιο. Η κατασκευή δημιούργησε λιγότερα απόβλητα στον χώρο υγειονομικής ταφής.

Εγκαταστάθηκαν πολύ απλές συσκευές παρακολούθησης που περιλαμβάνουν χωριστή επίβλεψη των kWh και Btu μετρητών στο σύστημα θέρμανσης, ένα μετρητή kWh στην ανεμογεννήτρια, έναν καταγραφέα ανέμου για την τεκμηρίωση της ταχύτητας του ανέμου και άλλα χαρακτηριστικά και ένα μετρητή που μετρά τη χρήση ζεστού νερού. Όλα μαζί μπορούσαν να δώσουν την δυνατότητα παρακολούθησης κάθε μονάδας κατανάλωσης ενέργειας.

Τα συστήματα που επιλέχθηκαν για το έργο αυτό επικεντρώθηκαν στην επίτευξη ενός εξαιρετικά χαμηλού προϋπολογισμού για την ηλεκτρική ενέργεια για το σπίτι. Για να ξεκινήσει μια παθητική στρατηγική ηλιακού σχεδιασμού εφαρμόστηκε, ένας μακρύς άξονας Ανατολής-Δύσης με μεγάλο εκτεθειμένο παράθυρο στο νότο το οποίο εξασφάλιζε μέγιστο κέρδος θερμότητας από τον ήλιο.

Στη συνέχεια, μια αντλία θερμότητας πηγής εδάφους αξιοποιεί την θερμική αδράνεια του εδάφους για τη θέρμανση του σπιτιού πριν τη στρέψει σε ενεργά συστήματα θέρμανσης. Επιπλέον, τα μέτρα ανάκτησης θερμότητας, όπως το σύστημα GFX, επιλέχθηκαν για να μειώσουν ακόμη περισσότερο τα φορτία θέρμανσης, αυτό το GFX ανασύρει θερμότητα από ζεστό νερό καθώς κυκλοφορεί μέσα στο σπίτι.

Τέλος, η ανεμογεννήτρια Bergey 10 KW επιλέχθηκε ως το κατάλληλο προϊόν για την επίτευξη της απαιτούμενης ποσότητας ενέργειας που απαιτείται από το σπίτι μετά την αξιοποίηση αυτών των ολοκληρωμένων συστημάτων. Ενεργειακά αποδοτικός φωτισμός και συσκευές, καθώς και φυσικά και τοπικά επεξεργασμένα υλικά και τελειώματα χρησιμοποιούνται σε όλο το σπίτι.

### 3.3.1 Ενεργειακοί πίνακες κατανάλωσης

<i>Ετήσια χρήση ενέργειας από καύσιμα</i>	
Ηλεκτρισμός	5999 kWh
Αέριο	N/A
Καύσιμο πετρέλαιο	N/A
Βιομάζα	N/A
Άλλα καύσιμα	N/A
Συνολικά	5999 kWh
<i>Ετήσια ενέργεια με τελική χρήση</i>	
Θέρμανση	1865 kWh
Οικιακό Ζεστό Νερό	862 kWh
Φορτία	3272 kWh
<i>Ετήσια επιτόπου ανανεώσιμη παραγωγή</i>	
Αιολική	6622 kWh
Σύνολο	6623 kWh

---

Πίνακας 3.1 Αναλυτική αναφορά της ενεργειακής κατανάλωσης του οικήματος (WBDG, 2018)

## 4.0 Συμπεράσματα

---

Συνοψίζοντας, πρέπει να σημειωθεί ότι οι τεχνολογίες κατασκευής αρθρωτών κατασκευών χρησιμοποιούνται ευρέως σε όλο τον κόσμο και καταφέρνουν να βρουν όλο και περισσότερες εφαρμογές. Η χρήση των αρθρωτών κατασκευών επεκτείνεται από τα μονώροφα μικρού μεγέθους κτίρια και σε πολυώροφα μεγαλύτερου μεγέθους.

Η φιλική προς το περιβάλλον παραγωγή και ο τελευταίος μηχανολογικός εξοπλισμός και υλικά αναπτύσσονται. Ειδικότερα η χρήση της αρθρωτής κατασκευής επιτρέπει τον εκσυγχρονισμό των αρθρωτών συστημάτων και την εισαγωγή τους σε κατασκευές μεγαλύτερης κλίμακας. Είναι πολύ σημαντικό ότι η χρήση των αρθρωτών μονάδων καθιστά την κατασκευή οικονομικότερη, συμπεριλαμβανομένης της κατασκευής πολυώροφων κτιρίων. Και ο μύθος ότι οι πολυώροφες οικιστικές κατοικίες είναι μόνο για τους πλούσιους ανατρέπεται. Πρόκειται για μια από τις πολλά υποσχόμενες τάσεις στο πλαίσιο του υπερβάλλοντος αστικού περιβάλλοντος.

Η βιομηχανία των αρθρωτών κατασκευών έχει κάνει μεγάλη πρόοδο στη βελτίωση του προϊόντος της και προσφέρει οφέλη που είναι ελκυστικά για τους ιδιοκτήτες. Η βιομηχανία συνεχίζει να εξελίσσεται και πριν από 5 χρόνια δεν θα φανταζόταν ποτέ κανένας τη δυνατότητα προβολής του πεδίου εφαρμογής έργων , όπως του Sky City. Αυτές οι ευκαιρίες και οι πρόσφατες επιτυχίες απαιτούν από όλους τους συντελεστές να εξετάσουν τη δομική τεχνολογία για τα έργα τους.

Τα περισσότερα έργα εφάρμοσαν αυτή την τεχνολογία λόγω περιορισμών του προϋπολογισμού και όχι περιορισμών του προϊόντος. Παρόλο που αυτό απέχει πολύ από την αλήθεια και οι επιλογές σχεδίασης δεν περιορίζονται ουσιαστικά από τα αρθρωτά δομικά προϊόντα, υπάρχει μεγάλη απροθυμία μεταξύ των πελατών και ιδιοκτητών, των αρχιτεκτόνων και των εργολάβων να υιοθετήσουν αυτή την τεχνολογία σε μεγάλης κλίμακας κατασκευή.

Η αύξηση της ζήτησης των αρθρωτών κατασκευών μπορεί να οδηγήσει στην βελτίωση των εγκαταστάσεων και των τεχνικών κατασκευής και να μειώσει το κόστος παραγωγής.

## ***Βιβλιογραφία***

---

ABM (2018) *BLD\_EXT\_OfficeBuilding\_Frame1 | Commercial Buildings*. Available at: [https://www.abm.com/commercial-building-maintenance/commercial-buildings-hvac/bld\\_ext\\_officebuilding\\_frame1/](https://www.abm.com/commercial-building-maintenance/commercial-buildings-hvac/bld_ext_officebuilding_frame1/) (Accessed: 11 December 2018).

AMA Research (2007) ‘Current Practices and Future Potential in Modern Methods of Construction’. Edited by WRAP. Banury, UK.

Baldwin, A. (2009) ‘Designing out waste in high rise residential buildings.’, *Renewable energy*, pp. 2067–2073.

Bunch, J. (2017) *The Rise Of The Prefabricated Building*, *forbes.com*. Available at: <https://www.forbes.com/sites/bisnow/2017/08/02/the-rise-of-the-prefabricated-building/> (Accessed: 10 December 2018).

Connors, T. (2007) *History of Prefab Houses | HowStuffWorks*, *howstuffworks*. Available at: <https://home.howstuffworks.com/prefab-house1.htm> (Accessed: 10 December 2018).

I.V. Zhdanova (2014) ‘About consumer properties of a residential cell’, *Gradostroitelstvo i arhitektura [Vestnik of SSUACE. Town Planning and Architecture]*, (4), pp. 10–18.

Kobet, R. (2009) *Modular Building and the USGBC’s LEED*. Charlottesville: VA:Modular Building Institute.

Lawson, R. M., Ogden, R. G. and Bergin, R. (2012) ‘Application of Modular Construction in High-Rise Buildings’, *Journal of Architectural Engineering*, 18(2), pp. 148–154. doi: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000057.

Lawson, R. M. and Richards, J. (2010) ‘Modular design for high-rise buildings’, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Structures and Buildings*, 163(3), pp. 151–164. doi: 10.1680/stbu.2010.163.3.151.

Malti, E. (2014) *The History of Prefab Houses*, <http://megaprefab.com>. Available at: <http://megaprefab.com/houses/blog/the-history-of-prefab-houses> (Accessed: 10 December 2018).

Morton, J. (2011) 'Going to Pieces Over Modular Construction.', *Buildings*, p. 28–32.

MS EN 1992-1-1:2010 (2000) *EUROCODE 2: DESIGN OF CONCRETE STRUCTURES - PART 1-1: GENERAL RULES AND RULES FOR BUILDINGS*.

Available at: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1992.1.1.2004.pdf> (Accessed: 10 December 2018).

Smith, R. (2011) *Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction*. New York: John Wiley and Sons.

Smith, R. E. (2018) 'Off-Site and Modular Construction Explained', *National Institute of Building Sciences*.

TriumphModular (2018) *Traditional Construction vs. Modular Construction / Triumph*. Available at: <https://triumphmodular.com/permanent-modular/why-permanent-modular/> (Accessed: 11 December 2018).

UNI EN 10346 (2015) 'Continuously hot-dip coated steel flat products for cold forming - Technical delivery conditions'. Available at: [http://store.uni.com/catalogo/index.php/en-10346-2015.html?\\_\\_store=en&josso\\_back\\_to=http%3A%2F%2Fstore.uni.com%2Fjosso-security-check.php&josso\\_cmd=login\\_optional&josso\\_partnerapp\\_host=store.uni.com&\\_\\_from\\_store=it](http://store.uni.com/catalogo/index.php/en-10346-2015.html?__store=en&josso_back_to=http%3A%2F%2Fstore.uni.com%2Fjosso-security-check.php&josso_cmd=login_optional&josso_partnerapp_host=store.uni.com&__from_store=it) (Accessed: 18 February 2019).

United States Patent 4,443, 992 (1984) 'METHOD OF PREFABRICATED CONSTRUCTION, AND BUILDING STRUCTURE CONSTRUCTED IN ACCORDANCE WITH SUCH METHOD', (19). Available at: <https://patentimages.storage.googleapis.com/40/9a/7d/2a1012dbbca7a0/US4443992.pdf>.

US5647177A (1995) 'Modular house'. Available at: <https://patents.google.com/patent/US5647177A/en> (Accessed: 11 December 2018).

WBDG (2018) *Charlotte Vermont House*, *wbdg.com*. Available at: <https://www.wbdg.org/additional-resources/case-studies/charlotte-vermont-house> (Accessed: 22 February 2019).