

ΣΧΕΔΙΑΖΟΝΤΑΣ ΓΙΑ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ - ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ**Δήμητρα Τζουρμακλιώτου**

Επίκουρος Καθηγήτρια

Δ. Π. Θ., Τμ. Πολ. Μηχ., Εργ. Μετ. Κατ.

Ξάνθη, Ελλάδα

e-mail: dimitratz@gmail.com**Άγγελος Αλέξανδρος Γαλούσης**

Υποψήφιος Διδάκτορας

Δ. Π. Θ., Τμ. Πολ. Μηχ., Εργ. Μετ. Κατ.

Ξάνθη, Ελλάδα

e-mail : aagalousis@yahoo.com**Αλέξανδρος Γλίας**

Προπτυχιακός Φοιτητής

Δ. Π. Θ., Τμ. Πολ. Μηχ.

Ξάνθη, Ελλάδα

e-mail : alexglias@hotmail.com**1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η αλληλεξάρτηση των οικοδομικών στοιχείων είναι η κύρια αιτία για την κατεδάφιση και τη δαπανηρή ανακαίνιση των κτηρίων. Ο σχεδιασμός των περισσότερων οικοδομικών έργων επικεντρώνεται στον τρόπο ανέγερσης τους, ώστε να καταστούν ταχύτερα και ευκολότερα στην κατασκευή. Μόλις το κτήριο ολοκληρωθεί, αρχίζει ο κύκλος ζωής του μέσω των διαφορετικών φάσεων που μπαίνουν σε λειτουργία, καθώς απαιτούν συντήρηση, αναδιαρρυθμίσεις, τροποποιήσεις και τελικά αποσυναρμολόγηση. Οι πτυχές αυτές συνήθως δεν λαμβάνονται υπόψη ως κριτήρια κατά το στάδιο σχεδιασμού των κτιρίων. Αντίθετα, όλα τα δομικά στοιχεία σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μειώνουν το κόστος και το χρόνο κατασκευής, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το τι θα συμβεί μετά την ολοκλήρωση. Ωστόσο στη βιώσιμη ανάπτυξη, υπάρχει ανάγκη αυτή η βραχυπρόθεσμη προσέγγιση να επεκταθεί, ώστε να καλύπτει ολόκληρο το κύκλο ζωής της κατασκευής. Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να περιγράψει τις αρχές σχεδιασμού που διευκολύνουν την αποσυναρμολόγηση έτσι ώστε να αυξηθεί η απόδοση των ανακτηθέντων υλικών που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να ανακυκλωθούν.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κτίρια καταναλώνουν ένα μεγάλο μέρος των παγκόσμιων πόρων. Οι στατιστικές μιλούν από μόνες τους: η συνολική παραγωγή των στερεών αποβλήτων των κατασκευών και των υλικών κατεδάφισης (ΣΑΚΚ) στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) είναι περίπου 180 εκατομμύρια τόνοι ανά έτος (Πίνακας 1). 480 κιλά ανά άτομο κάθε χρόνο. Των οποίων το 28% (50,4 εκατ. τόνοι) επαναχρησιμοποιείται ή ανακυκλώνεται και το υπόλοιπο 72% (129,6 εκατ. τόνοι) αποτεφρώνονται ή καταλήγουν στους χώρους υγειονομικής ταφής. Τα ποσοστά επαναχρησιμοποίησης / ανακύκλωσης κυμαίνονται από 5% μέχρι 95% στα κράτη μέλη της ΕΕ. Το ερώτημα που τίθεται είναι με ποιο τρόπο μπορούν να βελτιωθεί η διαδικασία της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης, τόσο ποσοτικά ως ποιοτικά. Στις περισσότερες χώρες της ΕΕ το πρόβλημα των ΣΑΚΚ εμφανίζεται τη στιγμή που το οικοδομικό έργο πρέπει να κατεδαφιστεί. Αντικαθιστώντας το υπάρχον σύστημα με μια ενιαία διαχειριστική αλυσίδα, η διαδικασία της επαναχρησιμοποίησης μπορεί να βελτιωθεί τόσο ποσοτικά. Αναγνωρίζονται τρεις διαφορετικοί τρόποι για την επαναχρησιμοποίηση:

- i. Επαναχρησιμοποίηση ολόκληρης της κατασκευής
- ii. Επαναχρησιμοποίηση των στοιχείων της κατασκευής
- iii. Ανακύκλωση των υλικών της κατασκευής

Μέλος Κράτος	ΣΑΚΚ εκ. τόνοι	Επαναχρησιμοποίηση ή Ανακύκλωση (%)
Γερμανία	59	17
Αγγλία	30	45
Γαλλία	24	50
Ιταλία	20	9
Ισπανία	13	<5
Ολλανδία	11	90
Βέλγιο	7	87
Αυστρία	5	41
Πορτογαλία	3	<5
Δανία	3	81
Ελλάδα	2	<5
Σουηδία	2	21
Φινλανδία	1	45
Ιρλανδία	1	<5
Λουξεμβούργο	0	
Ε.Ε 15	180	28

Πιν. 1: Επαναχρησιμοποίηση στην ΕΕ

Η επαναχρησιμοποίηση είναι η πιο επιθυμητή επιλογή επειδή είναι αποτελεσματικότερη στη μείωση της ζήτησης τόσο των πρώτων υλών όσο και των στερεών αποβλήτων. Με την επαναχρησιμοποίηση εννοούμε την επαναχρησιμοποίηση ενός στοιχείου που είχε ξαναχρησιμοποιηθεί στο παρελθόν (τούβλο, κομμάτι ξυλείας, στοιχείο χάλυβα) με ελάχιστη επεξεργασία. Οι εκτιμήσεις των υλικών που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν δεν θα πρέπει να αρχίζουν όταν φθάνει ένα κτίριο στο τέλος της ζωής του, αλλά θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το στάδιο του σχεδιασμού και της μελέτης ενός οικοδομικού έργου. Ο σχεδιασμός για επαναχρησιμοποίηση ξεκινά με την επιλογή των υλικών που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να ανακυκλωθούν και με το σχεδιασμό του πλήρους

κύκλου ζωής του κτιρίου κατά νου. Σχεδιασμός για το σύνολο του κύκλου ζωής μιας κατασκευής σημαίνει αφενός σχεδιασμός για ανθεκτικότητα και προσαρμοστικότητα και αφετέρου σχεδιασμός για μια κατασκευή που θα μπορεί να θεωρηθεί ως πηγή επαναχρησιμοποιούμενων υλικών για νέες κατασκευές, όταν αυτή θα φθάσει στο τέλος της ωφέλιμης ζωής της.

Η εφαρμογή του Σχεδιασμού για Αποσυναρμολόγηση (ΣγΑ) αποτελεί πρόκληση, καθώς πολλά οικοδομικά υλικά δεν είναι επαναχρησιμοποιήσιμα. Συχνά, τα υλικά είναι συνδεδεμένα με τρόπους που τα καθιστούν δύσκολα να διαχωριστούν και να επαναχρησιμοποιηθούν, ακόμα και αν θεωρητικά είναι επαναχρησιμοποιήσιμα. Η μεγάλη διάρκεια ζωής των κτιρίων καθιστά δύσκολη την πρόβλεψη των υλικών που έχουν αξία διάσωσης και των μελλοντικά διαθέσιμων τεχνολογιών για την εξαγωγή αυτών των υλικών με το πέρας της ζωής της κατασκευής. Εάν οι στρατηγικές του ΣγΑ οδηγούν αφενός σε ανθεκτικότερα, πιο ευπροσάρμοστα, και πιο εύκολα ανακαινίσιμα κτίρια, και αφετέρου σε κτίρια με περισσότερα επαναχρησιμοποιούμενα υλικά κατά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής τους, τότε τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι προφανή και θα πρέπει να εφαρμόζονται ακόμα κι αν απαιτηθεί μια μικρή αύξηση στην αρχική κατανάλωση.

3. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Τα κτίρια αποτελούνται από πολύπλοκους συνδυασμούς υλικών και εξαρτημάτων, τα οποία έχουν πολύ διαφορετικές διάρκειες ζωής μεταξύ τους, διαφορετικές μεθόδους συναρμολόγησης, και μια σειρά από διαφορετικές οικονομικές αξίες, εφόσον ανακτώνται. Για τους λόγους αυτούς, είναι σημαντικό να καθιερωθούν προτεραιότητες για το πού θα πρέπει να εστιάζονται οι προσπάθειες του σχεδιασμού για αποσυναρμολόγηση. Αυτό είναι πιο σύνθετο από όσο εμφανίζεται καταρχάς, με μια σειρά διάφορων παραγόντων που περιλαμβάνουν τα εξής:

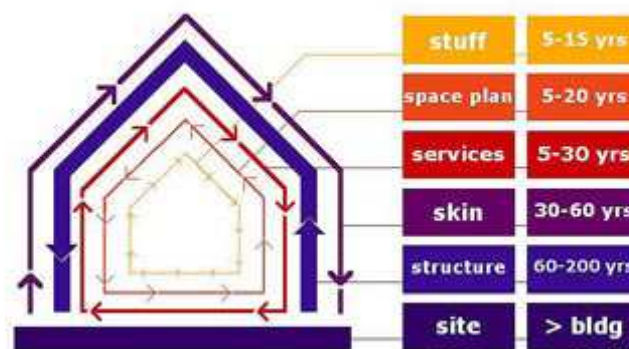
- Κτίρια που σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες λειτουργικές ανάγκες των χρηστών
- Να διασφαλίζεται ότι τα κτίρια έχουν σχεδιαστεί σε επίπεδα, ανάλογα με την προσδοκώμενη διάρκεια ζωής.
- Να διασφαλίζεται ότι όλα τα στοιχεία μπορούν να προσεγγιστούν εύκολα και να αφαιρεθούν για την επισκευή ή την αντικατάστασή τους.
- Να υιοθετηθούν συνδέσεις που επιτρέπουν σε όλα τα στοιχεία να αφαιρούνται και να αντικαθίστανται εύκολα και ακίνδυνα. Ο σχεδιασμός των συνδέσμων θα πρέπει να καθιστά τα στοιχεία ανεξάρτητα και ανταλλάξιμα.
- Να χρησιμοποιούνται μόνο ανθεκτικά στοιχεία που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Προτείνεται να χρησιμοποιούνται μονομερή στοιχεία και να αποφεύγεται η χρήση συγκολλητικών ουσιών, ρητινών και βαφών, τα οποία αποτρέπουν την δυνατότητα της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης.
- Να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη διαφορική αποσάθρωση και φθορά των επιφανειών και, να δίνεται η δυνατότητα σε αυτές οι περιοχές να συντηρούνται ή να αντικαθίστανται, χωριστά από τις άλλες.
- Προσεκτικός προγραμματισμός των διελεύσεων των παροχών και των εγκαταστάσεων έτσι ώστε να μπορούν εύκολα να προσδιοριστούν, να προσεγγιστούν και να αναβαθμιστούν ή να συντηρηθούν ανάλογα με τις ανάγκες, και χωρίς να είναι απαραίτητη η αποσύνθεση αυτών των περιοχών.

4. ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ

Σχεδιάζοντας κτίρια που είναι προσαρμόσιμα στις διαρκώς μεταβαλλόμενες ανάγκες των χρηστών, καταφέρνει κανείς να παρατείνει την διάρκεια του κύκλου ζωής τους, και έτσι ελαχιστοποιείται η ενέργεια και οι πόροι που απαιτούνται. Η σημερινή πρακτική για τα περισσότερα κτήρια είναι βασισμένη σε έναν κύκλο ζωής 60 ετών, διάρκεια που φαντάζει πολύ μικρή όταν σκέφτεται κανείς πως τα κτήρια από προηγούμενες γενεές έχουν χρησιμοποιηθεί και εξυπηρετήσει 200 έτη ή περισσότερο. Μια σημαντική παράμετρος είναι η διαρρύθμιση. Δεδομένου ότι οι απαιτήσεις των χρηστών μεταβάλλονται, η διαρρύθμιση του κτιρίου πρέπει να καθιστά αφενός εφικτή και αφετέρου οικονομικά αποδοτική την προσαρμογή στις νέες απαιτήσεις, κατά τέτοιο τρόπο ώστε η κύκλος ζωή του να επιμηκύνεται σημαντικά. Για να μπορέσει μια τέτοια διαρρύθμιση να λειτουργήσει, πρέπει να γίνει προσεκτικός σχεδιασμός του κτιρίου. Οι ζώνες παρόμοιας λειτουργίας θα πρέπει να ομαδοποιούνται, και η δομή να διατηρείται απλή, ώστε να παρεμβάλλονται όσο το δυνατόν λιγότερο στις εσωτερικές διαρρυθμίσεις. Ο χρυσός κανόνας είναι, πρόβλεψη της αλλαγής και σχεδιασμός των κτιρίων με τέτοιο τρόπο ώστε οποιαδήποτε αλλαγή να μπορεί να επιτευχθεί εύκολα.

5. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ - ΔΙΑΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ

Διαφορετικά μέρη ενός κτηρίου εκτελούν διαφορετικές λειτουργίες και έχουν διαφορετικές διάρκειες ζωής (Σχήμα 1). Ένα μεγάλο μέρος των στερεών αποβλήτων που προκύπτουν από την κατασκευή προέρχεται όχι από την κατεδάφιση του συνόλου του κτηρίου, αλλά από διαδικασίες όπως: ανακαίνιση, αναβάθμιση, διαρθρωτικές αλλαγές που αντανακλούν τις οργανωτικές αλλαγές των χρηστών, φθορά λόγω χρήσης και διάβρωση των στοιχείων που φθάνουν στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Αυτές οι διαδικασίες παράγουν πολλά και περιττά στερεά απόβλητα είτε επειδή τα στοιχεία δεν ήταν φθαρμένα πραγματικά, είτε ανεπιθύμητα, είτε επειδή τα κτήρια σχεδιάζονται έτσι ώστε όχι μόνο το ίδιο το στοιχείο, αλλά διάφορα παρακείμενα και συνδεδεμένα στοιχεία να πρέπει να αφαιρεθούν .



Σχ. 1: – Ένα εννοιολογικό πλαίσιο για τη διαίρεση των τμημάτων του κτιρίου σε επίπεδα με διαφορετική διάρκεια κύκλου ζωής - Διαστρωμάτωση

- Η **Τοποθεσία** (Site) είναι η γεωγραφική θέση, το έδαφος στο οποίο το κτίριο δομείται. Η τοποθεσία είναι αιώνια.

- Το **Φέροντα Οργανισμό** (Structure) αποτελούν τα θεμέλια και τα στοιχεία του κτιρίου που φέρουν τα φορτία. Είναι εκείνα τα μέρη που κάνουν ένα κτίριο να στέκεται. Ο σκελετός αναμένεται να έχει διάρκεια ζωής από 60 έως 200 έτη.
- Το **Περίβλημα** (Skin) του κτιρίου είναι η εξωτερική επένδυση και οροφή που αποκλείει (ή ελέγχει) τα στοιχεία της φύσης από το εσωτερικό. Αναμενόμενη διάρκεια είκοσι έτη λόγω της βαριάς συντήρησης, της μεταβαλλόμενης τεχνολογίας και της μόδας
- Οι **Εγκαταστάσεις** (Services), έχουν αναμενόμενη διάρκεια ζωής από πέντε έως τριάντα έτη.
- Η **Εσωτερική Διαρρύθμιση** (Space Plan), θα αλλάζει κάθε πέντε χρόνια σε ένα εμπορικό κτήριο και μέχρι κάθε είκοσι έτη σε ένα κτήριο γραφείων.
- Ο **Εξοπλισμός** (Stuff), θα αλλάζει κάθε πέντε με δεκαπέντε χρόνια

Κάθε επίπεδο εκτελεί μια διαφορετική λειτουργία, και μπορεί να αναμένεται να διαρκέσει ένα ορισμένο χρονικό διάστημα πριν από την αντικατάστασή του. Τα επίπεδα με τους γρηγορότερους κύκλους αντικατάστασης βρίσκονται πλησιέστερα στην επιφάνεια, είναι πιο εύκολα προσβάσιμα, και μπορούν να αφαιρεθούν από πιο μόνιμα στοιχεία, χωρίς αδικαιολόγητη βλάβη ή ζημία.

6. ΠΡΟΣΒΑΣΗ

Η έλλειψη επαρκούς πρόσβασης είναι ένας από τους μεγαλύτερους ανασταλτικούς παράγοντες της επιτυχημένης αποσυναρμολόγησης. Η πρόσβαση στα στοιχεία για την επισκευή ή και την αφαίρεση τους μπορεί να εξεταστεί με τρεις τρόπους.

6.1 Διαδοχική πρόσβαση

Η διαδοχική πρόσβαση συζητήθηκε στο παραπάνω κεφάλαιο για την διαστρωμάτωση. Η πρόσβαση είναι στρατηγικά κακώς επινοημένη εάν ένα μονιμότερο στοιχείο είναι μπροστά από αυτό που απαιτεί συντήρηση ή αντικατάσταση σε συντομότερο χρόνο.

6.2 Φυσική πρόσβαση

Φυσική πρόσβαση σημαίνει να μπορεί κανείς να φθάσει ένα στοιχείο και να το αφαιρέσει στο σύνολό του και εντελώς ακίνδυνα. Γενικά, όσο μεγαλύτερο το κατασκευαστικό στοιχείο, τόσο περισσότερος χώρος απαιτείται για την αποσυναρμολόγησή του και την απομάκρυνσή του. Τόσο τα μεγάλα στοιχεία που είναι πάρα πολύ βαριά για να ανυψωθούν από τους εργαζομένους, όσο και τα στοιχεία στα οποία η πρόσβαση με γερανό είναι αδύνατη, είναι ένα παράδειγμα των προβλημάτων φυσικής πρόσβασης που πρέπει να αποφεύγονται.

6.3 Πρόσβαση σε συνδέσεις

Εάν η σύνδεση ενός στοιχείου είναι στην πίσω όψη του και μη προσβάσιμη, τότε πολύ περισσότερη εργασία θα χρειαστεί ώστε να αφαιρεθεί το συγκεκριμένο στοιχείο. Συχνά, δεν υπάρχει αρκετός χώρος να ωφέλιμος χώρους για τους εργάτες να ελιχθούν με τα κατάλληλα εργαλεία, προκειμένου να αποσυνδέσουν τα στοιχεία και να τα αφαιρέσουν. Ορισμένα στοιχεία απαιτούν ειδικά εργαλεία για να αποσυναρμολογηθούν, τα οποία πρέπει να είναι πλησίον και με σήμανση, καθώς και να υπάρχουν εφεδρικά για κάθε ενδεχόμενο. Ο σχεδιασμός και η λεπτομερής αναφορά για αποσυναρμολόγηση πρέπει να ελέγχεται από άποψη των προσβάσεων εξασφαλίζοντας ότι ολόκληρα δομικά στοιχεία

μπορούν να αφαιρεθούν με επιτυχία από το κτίριο μέσω των οδών πρόσβασης, ειδικά όπου οι προσδοκώμενες διάρκειες του κύκλου ζωής είναι πιο σύντομες.

7. ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

Ο σχεδιασμός των συνδέσεων είναι, αναμφισβήτητα, το πιο σημαντικό στοιχείο που υπεισέρχεται στο σχεδιασμό για αποσυναρμολόγηση. Το είδος της σύνδεσης που θα χρησιμοποιηθεί μεταξύ των δομικών στοιχείων θα κρίνει αν μπορεί ή δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί επιτυχώς αποσυναρμολόγηση, Πίνακας 2.

Οι συνδέσεις ανήκουν σε τρεις κατηγορίες όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο αλληλοσυνδέονται με τα στοιχεία:

- άμεσοι σύνδεσμοι
- έμμεσοι σύνδεσμοι
- σταθεροί (In-filled) σύνδεσμοι (κόλλες, συγκολλήσεις)

Οι άμεσοι σύνδεσμοι συνήθως αλληλοσυνδέονται ή επικαλύπτονται με τα στοιχεία, και μπορεί να κάνουν δύσκολη την αποσυναρμολόγηση, λόγω της διαδικασίας συναρμολόγησης τους. Οι έμμεσοι σύνδεσμοι είναι συνήθως ευκολότερο να αποσυναρμολογηθούν, επειδή είναι εναλλάξιμοι και ανεξάρτητοι από τα στοιχεία και οι σταθεροί σύνδεσμοι μπορεί να είναι σχεδόν αδύνατο να αποσυναρμολογηθούν.

Οι συνδέσεις πρέπει πάντα να σχεδιάζονται έτσι ώστε να επιτρέπουν στα στοιχεία να είναι και ανεξάρτητα και εναλλάξιμα. Εξίσου, η γεωμετρία των ακρών των στοιχείων σε σχέση με το σχεδιασμό της σύνδεσης θα υπαγορεύσει εάν τα στοιχεία μπορούν ή όχι να αποσυναρμολογηθούν. Παράλληλα, οι καλύτερες ενώσεις είναι εκείνες που είναι οι ίδιες ανθεκτικές, και βοηθούν να συντηρήσουν τη δομική ακεραιότητα και το τελείωμα των κατασκευαστικών στοιχείων που συνενώνονται, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αποσυναρμολόγησης.

Οι ενώσεις τριβής είναι οι λιγότερο επιβαρυντικές μορφές συνδέσεων και άκρως επιθυμητές για δομικά στοιχεία που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Τα δύο βασικά κριτήρια για το σχεδιασμό των συνδέσεων που μπορούν να αποσυναρμολογηθούν, διατηρώντας την ακεραιότητα όλων των στοιχείων, είναι:

1. Να αποφεύγεται η αλληλοδιείσδυση των συνδέσμων με τα στοιχεία
2. Να προτιμώνται τεχνικές ξηρών ενώσεων, αντί των χημικών ενώσεων

8. ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ

Ο φέρων οργανισμός ενός κτηρίου μελετάται για να φέρει τα κινητά και μόνιμα φορτία, όπως επίσης και πλευρικές δυνάμεις, όπως ο άνεμος. Είναι το πλέον μόνιμο χαρακτηριστικό του κάθε κτηρίου και θα πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει το μεγαλύτερο δυνατό αριθμό των πιθανών σεναρίων διαρρύθμισης. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να υπάρχει ένα ικανοποιητικό ελεύθερο ύψος ανάμεσα στο πάτωμα και την οροφή έτσι ώστε να επιτρέπεται το ευρύτερο δυνατό φάσμα

των προσδοκώμενων χρήσεων. Τα υπερυψωμένα δάπεδα και οι ψευδοροφές μπορούν να ρυθμίσουν την υψομετρική διαφορά αυτή, ανάλογα με τις απαιτήσεις των χρηστών.

Τύποι Συνδέσεων	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Με μπουλόνια	- εύκολα αφαιρούμενη	- εκ νέου περιορισμένη χρήση και των τρυπών και των μπουλονιών - κόστος
Με βύσματα	- δυνατή - μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί αρκετές φορές	- μπορεί να σφηνώσουν, δυσκολεύοντας την αφαίρεση τους - κόστος
Με καρφιά	- ταχύτητα κατασκευής	- δυσκολία αφαίρεσης - κατά την αφαίρεση συνήθως καταστρέφεται μέρος του στοιχείου
Τριβής	- διατηρεί συνοχή στα κατασκευαστικά στοιχεία κατά την αφαίρεση τους	- σχετικά μη αναπτυγμένη μέθοδος - κακά αποτελέσματα ενώσεων - αδύναμα αποτελέσματα
Με κονίαμα	- μπορεί να πραγματοποιηθεί με ποικιλία αντοχών	- κυρίως μη επαναχρησιμοποιήσιμο, εκτός πηλού - συνήθως υψηλών αντοχών μίγμα, που καθιστά δύσκολη την απόσπαση των στρώσεων
Με ρητίνες	- δυνατές και αποδοτικές - χρήση σε 'ειδικές' ενώσεις	- σχεδόν ανέφικτη η απόσπαση των στρώσεων - η ρητίνη δεν μπορεί εύκολα να ανακυκλωθεί ή να επαναχρησιμοποιηθεί
Με κόλλες	- ποικιλία αντοχών ανάλογη των διαφόρων περιπτώσεων	- η κόλλα δεν μπορεί εύκολα να ανακυκλωθεί ή να επαναχρησιμοποιηθεί, πολλές συνήθως είναι ανέφικτο να αποσπασθούν
Με πιρτσίνια	- ταχύτητα κατασκευής	- δύσκολα να αφαιρεθούν δίχως να καταστραφεί μέρος του στοιχείου

Πιν. 2: Αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων σύνδεσης για αποσυναρμολόγηση

Ο αριθμός των εσωτερικών τοίχων ή των υποστυλωμάτων, τα οποία μπορούν να διακυβεύσουν τη δυνατότητα του κτιρίου να χρησιμοποιηθεί για διάφορες λειτουργίες στο μέλλον, θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Στο Πίνακα 3 αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τριών στατικών φορέων όσον αφορά τα ζητήματα αποσυναρμολόγησης.

Ευμεγέθη δομικά στοιχεία χρειάζονται σύνθετο εξοπλισμό αποσυναρμολόγησης στο εργοτάξιο, αλλά προσφέρουν το πλεονέκτημα της μεγιστοποίησης των δυνατοτήτων για επαναχρησιμοποίηση, ειδικά όταν είναι τυποποιημένα. Στα κτήρια γραφείων είναι προτιμότερο να υπάρχει ένας αριθμός μικρότερων τυποποιημένων δομικών στοιχείων που να εκτελούν τον ίδιο σκοπό και να επιτρέπουν την εύκολη αποσυναρμολόγηση.

9. ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ

Το εξωτερικό περίβλημα οποιουδήποτε κτηρίου έχει διάφορες λειτουργίες να εκπληρώσει, οι περισσότερες περιλαμβάνουν την προστασία από τα στοιχεία της φύσης, αν και η αισθητική παίζει σημαντικό ρόλο. Στρατηγικά, αξίζει να εξακριβωθεί η διαφορική αποσάθρωση που είναι πιθανόν να παρατηρηθεί στις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου. Παραδείγματος χάριν, οι γωνίες είναι συχνά ιδιαίτερα ευαίσθητες, καθώς επίσης και τα χαμηλότερα τμήματα της επένδυσης, όπου η σταγόνες που ανακρούονται μπορεί να οδηγήσουν στον αποχρωματισμό και την αποσύνθεση των οργανικών υλικών της επένδυσης. Εάν είναι δυνατόν, αυτές οι περιοχές πρέπει να γίνουν χωριστά αποσπώμενες για συχνότερη συντήρηση, επισκευή ή αντικατάσταση. Το στρώμα αυτό εύκολης διάβρωσης πρέπει να είναι αποσπώμενο χωρίς να προκαλεί ζημιά και διατάραξη στο στρώμα μόνωσης και τη δομή, αν και αυτό δεν είναι πάντα εφικτό, ανάλογα με το γενικό τύπο κατασκευής που επιλέγεται.

Στατικός Φορέας	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Φέρουσα Τοιχοποιία	<ul style="list-style-type: none"> - ξεχωριστά στοιχεία διαχωρίζονται σε επιμέρους μικρά, εύκολα και επαναχρησιμοποιήσιμα μέρη - η στερεή μάζα, εφόσον μονολιθική, εύκολα ανακυκλώσιμη - η επαναχρησιμοποίηση δεν υπαγορεύει μελέτη 	<ul style="list-style-type: none"> - τα κομμάτια χρειάζονται μαλακό συνδετικό υλικό για επαναχρησιμοποίηση, που μειώνει την αντοχή - πιθανώς να ενσωματώνει οπλισμό, που καθιστά δύσκολη την αποσυναρμολόγηση - απαιτεί μηχανικά μέσα για τον διαχωρισμό - μπορεί να έχουν διασταυρώσεις που διακυβεύουν τα μακροπρόθεσμα μοτίβα διαρρύθμισης
Πλαισιωτή Κατασκευή	<ul style="list-style-type: none"> - δομικά αποδοτικό και επιτρέπει πληθώρα μοτίβων διαρρύθμισης - εύκολα αποσυναρμολογούμενο σε επαναχρησιμοποιήσιμα στοιχεία, εφόσον υπάρχουν οι απαραίτητες λεπτομέρειες (όχι επί-τόπου σκυροδέτηση) - μπορεί να κατασκευαστεί ξεχωριστά από την επένδυση και τη μόνωση - μπορεί να είναι βιομηχανικά κατασκευασμένο (όχι επί-τόπου σκυροδέτηση) 	<ul style="list-style-type: none"> - δύσκολα αποσυναρμολογούμενο, εκτός και εάν το πλαίσιο είναι λεπτομερώς σχεδιασμένο με κατάλληλες συνδέσεις - σκαλίσματα, τρύπες και δεσίματα με ρητίνες μπορούν να μειώσουν τις πιθανότητες επαναχρησιμοποίησης - εξαρτημένου του τύπου και μεγέθους μπορεί χειρωνακτικά ή μηχανικά να αποσυναρμολογηθεί.
Προκατασκευασμένα Στοιχεία	<ul style="list-style-type: none"> - δομικά αποδοτικό - βιομηχανικά κατασκευασμένο – δίνει ακρίβεια - όλα τα στοιχεία μπορούν να είναι έτσι κατασκευασμένα που να μειώνουν τη φύρα 	<ul style="list-style-type: none"> - απαιτείται μηχανική αποσυναρμολόγηση - τα υλικά είναι καλά δεμένα μεταξύ τους και δύσκολα διαχωρίζονται - η ανάγκη για διασταυρώσεις τοιχιών μειώνει τις εσωτερικές επιλογές

Πιν. 3: Αξιολόγηση των εναλλακτικών στατικών συστημάτων για αποσυναρμολόγηση

Αυτή η ικανότητα «αντικατάστασης» επίσης έχει πλεονεκτήματα όταν επιθυμείται να αναβαθμιστούν οι εξωτερικές εμφανίσεις για αισθητικούς λόγους και μόνο. Η χρησιμοποίηση ενός στοιχείου που συνδυάζει τη μόνωση με την επένδυση βοηθάει την επιτάχυνση της κατασκευής αλλά όχι τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης καθώς τα στοιχεία αυτά δε μπορούν εύκολα να επαναχρησιμοποιηθούν και να ανακυκλωθούν. Στην περίπτωση αυτή τα ποσοστά απώλειας αυξάνονται όταν η αποτυχία ενός στοιχείου οδηγεί στην περιττή απώλεια κάποιου άλλου. Το μέγεθος των στοιχείων επένδυσης πρέπει να διατηρείται αρκετά μικρό για την εύκολη χειρωνακτική αντικατάσταση καθώς επίσης, και την αποσυναρμολόγηση. Η φθορά λόγω χρήσης στα μεγάλα στοιχεία μπορεί να δημιουργήσει υπερβολική απώλεια, αφού ολόκληρο το στοιχείο πρέπει να αντικατασταθεί παρά να επιδιορθωθεί. Τα εσωτερικά τελειώματα του κτιρίου μπορούν να εξεταστούν με παρόμοιο τρόπο. Η διαφορική φθορά λόγω χρήσης μπορεί να προβλεφθεί με τον καλό σχεδιασμό, και η προσεκτική λεπτομερής απόδοση θα επιτρέψει στις κατεστραμμένες ή ανεπιθύμητες επιφάνειες να απομακρυνθούν χωρίς διατάραξη σε κάποιο άλλο σημείο. Η μεταβαλλόμενη, με γρήγορους ρυθμούς, αισθητική των τελειωμάτων σημαίνει ότι οι συναρμολογήσεις με μετακινούμενα τελειώματα είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές, επειδή μπορούν να εκσυγχρονιστούν εύκολα κατά τη διάρκεια μιας ανακαίνισης.

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμβατικά κτήρια από χάλυβα δεν σχεδιάζονται για αλλαγή. Κάθε απαιτούμενος μετασχηματισμός του κτηρίου λόγω των μεταβαλλόμενων αναγκών του χρήστη οδηγεί σε κατεδάφιση μερών του κτηρίου ή μερικές φορές ακόμη και στη συνολική κατεδάφιση του. Προκειμένου να αυξηθεί αυτή η ικανότητα μετασχηματισμού, η κατασκευή πρέπει να εστιάσει στην περαιτέρω συστηματοποίηση του σχεδιασμού για αποσυναρμολόγηση και ανάπτυξη καινοτόμων μεθόδων κατασκευής που θα παρέχουν ευέλικτες κατασκευές των οποίων τα μέρη θα μπορούσαν να αντικατασταθούν εύκολα, να επαναχρησιμοποιηθούν ή και να ανακυκλωθούν. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό πρέπει να αλλάξουμε την αντίληψή μας για το σχεδιασμό των κατασκευών μας. Αυτό σημαίνει ότι ένα νέο πρωτόκολλο σχεδιασμού πρέπει να καθιερωθεί για να καλύψει ολόκληρο το κύκλο ζωής της κατασκευής, από την σύλληψη, την παραγωγή των υλικών, τη συναρμολόγηση, και τελικά, την αποσυναρμολόγηση του και την επαναχρησιμοποίηση ή την ανακύκλωση του.

11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Guy, G. B. and Shell, S., Design for Deconstruction and Materials Reuse, *CIB Publication 272*, University of Florida, Gainesville, Florida, 2002.
- [2] Hurley, J.W. et al., Design for Deconstruction – Tools and Practices, *CIB Publication 272*, BRE United Kingdom, 2002.
- [3] Kibert, C. J., *Deconstruction as an essential component of sustainable construction*, *CIB Proceedings World Building Congress, April 2001, Wellington, New Zealand*, on CD-ROM, paper NOV 54, pp. 1-11, 2001.
- [5] Seeman, A. et al., Cost-effective Deconstruction by a Combination of Dismantling, Sorting and Recycling Processes, *CIB Publication 272, University of Karlsruhe, Germany, 2002*.
- [6] Webster, M., The Use of Salvaged Structural Materials in New Construction, *The Austin Papers, Brattleboro, VT: BuildingGreen, Inc., 2002*

DESIGN FOR DECONSTRUCTION IN STEEL STRUCTURES**Dimitra Tzourmakliotou**

Assistant Professor

DUTH, Dept. of Civil Eng. Lab. Steel Struct.

Xanthi, Greece

e-mail: dimitratz@gmail.com**Angelos Alexandros Galousis**

PhD. Student

DUTH, Dept. of Civil Eng. Lab. Steel Struct.

Xanthi, Greece

e-mail : aagalousis@yahoo.com**Alexandros Glias**

Undergraduate Student

DUTH, Dept. of Civil Eng.

Xanthi, Greece

e-mail : aglias@gmail.com**1. SUMMARY**

Dependence between building components is very often the reason for demolition and costly renovation of buildings. Most projects are focused on the assembly view, in order to make them faster and easier. Once the building is there, it starts its life through different phases in use, which require maintenance, modifications, and disassembly. These aspects are usually not taken as design criteria of buildings. Rather, all building components are being put together in a manner that will reduce construction costs and time without taking into account what happens after they are built. With the move toward more sustainable development, there is a need for this short-term approach to be expanded to encompass the entire service life of the structure. During the design phase (one of the first phases), the greatest potential exists to influence the building's properties in all life cycle phases. This means that a design protocol should be established to cover the whole life of the building, from initiative to production, assembly, and finally, disassembly of the finished assembly and reuse. The aim of this paper is to describe the deconstruction detailing principles that facilitate deconstruction and increase the yield of salvaged material to be reuse or recycled.