

**ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ****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**Αναστάσιος Κόκκος**

Προπτυχιακός Φοιτητής

Δ. Π. Θ., Τμ. Πολ. Μηχ.

Ξάνθη, Ελλάδα

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

Τα κτίρια αντιπροσωπεύουν μεγάλες και μακράς διάρκειας επενδύσεις από την άποψη της οικονομίας καθώς επίσης και άλλων πόρων. Περνάμε ένα μεγάλο μέρος της ζωής μας στα κτίρια και το εσωτερικό περιβάλλον έχει επιπτώσεις στην ευημερία και την υγεία μας. Η βελτιωμένη ποιότητα ζωής και η αποτελεσματικότητα στη διαχείριση των δαπανών των κτιρίων είναι, ως εκ τούτου, κοινού ενδιαφέροντος για τους ιδιοκτήτες, τους χρήστες, καθώς και την κοινωνία και, κατά συνέπεια, διαδραματίζει βασικό ρόλο στην βιώσιμη ανάπτυξη. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή για το σύνολο του κύκλου ζωής των κτιρίων είναι το κλειδί για τις βιώσιμες κατασκευές. Μπορεί αρχικά να έχει μεγαλύτερο κόστος, όμως με τη σωστή διαχείριση μπορεί να αποφέρει μεγάλα κέρδη. Το στάδιο του σχεδιασμού έχει σοβαρές συνέπειες καθώς οι αποφάσεις που θα ληφθούν έχουν θεμελιώδεις επιδράσεις σε όλες τις υπόλοιπες πτυχές του κύκλου ζωής του κτιρίου και ιδιαίτερα στη χρήση του και τελικά στην κατεδάφιση και απόρριψή του. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει και να υποδείξει τρόπους για το βιώσιμο

σχεδιασμό του φέροντα οργανισμού ενός κτιρίου προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη διάρκεια ζωής του συνόλου του κτιρίου με την εφαρμογή των αρχών του ολοκληρωμένου κύκλου ζωής του σχεδιασμού.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λειτουργική επίδοση των κτιρίων έχει αποφασιστικό αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής των κατοίκων της. Το κόστος κατασκευής ενός κτιρίου αποτελεί αφενός μια σημαντική δαπάνη για την ιδιωτική οικονομία και αφετέρου από δημόσια προοπτική, τα κτίρια διαδραματίζουν βασικό κοινωνικό και περιβαλλοντικό ρόλο στην αιεφόρο ανάπτυξη. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές και ενίοτε αντιφατικές, απαιτήσεις για ένα κτίριο, όπως η λειτουργικότητα, η οικονομία, η αισθητική, το εσωτερικό κλίμα και η διατήρηση της ενέργειας.

Συχνά η διαδικασία σχεδιασμού και προμήθειας των κτιρίων στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των δαπανών παραγωγής σε σχέση με ένα σύνολο ελάχιστων προδιαγραφών. Αυτό δεν προάγει τη βέλτιστη απόδοση του κύκλου ζωής. Εάν άντ' αυτού, ο σχεδιασμός και η προμήθεια βασίζονται σε ολιστική αξιολόγηση ολόκληρου του κύκλου ζωής του κτιρίου, οι λειτουργικές επιδόσεις, και ως εκ τούτου, η συνολική ποιότητα και η σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας του κτιρίου θα μπορούσε να ενισχυθεί. Η συνολική επίδοση ενός κτιρίου δεν είναι απλώς το άθροισμα των επιδόσεων των στοιχείων και συστημάτων, αλλά εξαρτάται επίσης από την αλληλεπίδρασή τους. Ως εκ τούτου, το κτίριο θα πρέπει να σχεδιαστεί ως ένα σύνολο για να επιτύχει τη βέλτιστη απόδοση.

Η σημαντική επιρροή του κατασκευαστικού περιβάλλοντος και των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων στην κοινωνία μας αποτελούν κίνητρο για τη βελτίωση και, όπου κρίνεται αναγκαίο, επανεξέταση της διαδικασίας σχεδιασμού, για την αύξηση τόσο της οικονομικής και περιβαλλοντικής απόδοσης του κτιρίου, όσο και της λειτουργικής επίδοσης του. Ο φέρον οργανισμός ενός κτιρίου και η αλληλεπίδραση του με το εξωτερικό κέλυφος και τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα είναι θεμελιώδους σπουδαιότητας για την βελτιστοποίηση της απόδοσης του κατά τη διάρκεια ζωής του.

3. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Ποιότητα κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής σημαίνει την ικανότητα των κατασκευών να ικανοποιούν τις πολλαπλές απαιτήσεις των χρηστών, των ιδιοκτητών και της κοινωνίας, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 με έναν βελτιστοποιημένο τρόπο καθ' όλη τη διάρκεια του σχεδιασμού ή την περίοδο προγραμματισμού (συνήθως 50 έως 100 χρόνια). Οι γενικές απαιτήσεις πρέπει να μεταφραστούν και να μεταφερθούν στις συγκεκριμένες απαιτήσεις που είναι σχετικές για το εν λόγω αντικείμενο. Μερικές φορές οι συγκεκριμένες απαιτήσεις εξετάζουν τις διαφορετικές γενικές απαιτήσεις συγχρόνως. Παραδείγματος χάριν η λειτουργικότητα στη χρήση, στον τομέα των ανθρωπίνων απαιτήσεων, απαντά σε ορισμένες επιδόσεις όσον αφορά το οικονομικό και περιβαλλοντικό τομέα, Πίνακας 1. Οι γενικές απαιτήσεις πρέπει να μεταφραστούν και να μεταφερθούν στις συγκεκριμένες απαιτήσεις που είναι σχετικές για το εν λόγω αντικείμενο. Παραδείγματος χάριν η λειτουργικότητα στη χρήση, στον τομέα των ανθρωπίνων απαιτήσεων, απαντά σε ορισμένες επιδόσεις όσον αφορά το οικονομικό και περιβαλλοντικό τομέα, Πίνακας 1. Οι μέθοδοι που απαιτούνται για το σχεδιασμό ενός

κτιρίου σύμφωνα με τις προαναφερόμενες απαιτήσεις, είναι τα παραδοσιακά εργαλεία σχεδιασμού συμπληρωμένα με ορισμένες μεθόδους εκτίμησης του κύκλου ζωής και της βελτιστοποίησης όπως αναλύεται παρακάτω. Το Σχήμα 1 παρουσιάζει μια επισκόπηση απαιτήσεων και μεθόδων. Ο όρος ‘επίδοση’ που χρησιμοποιείται σε αυτό το άρθρο υπολήπτεται της ποιότητας οποιασδήποτε συγκεκριμένης πτυχής, όπως είναι οι περιβαλλοντικές ή λειτουργικές επιδόσεις.

| | |
|--|---|
| <p>1. Ανθρώπινες απαιτήσεις</p> <ul style="list-style-type: none"> -- λειτουργικότητα κατά τη χρήση -- ασφάλεια -- υγεία -- άνεση | <p>2. Οικονομικές απαιτήσεις</p> <ul style="list-style-type: none"> -- οικονομία επενδύσεων -- οικονομία κατασκευών -- οικονομία εφόρου ζωής συμπεριλαμβανομένων της λειτουργίας & κατάληξης του κύκλου ζωής |
| <p>3. Πολιτισμικές απαιτήσεις</p> <ul style="list-style-type: none"> -- κατασκευαστικές παραδόσεις -- τρόπος ζωής -- επιχειρηματική κουλτούρα -- αισθητική -- αρχιτεκτονικά στυλ και τάσεις -- image | <p>4. Περιβαλλοντικές απαιτήσεις</p> <ul style="list-style-type: none"> -- οικονομία πρώτων υλών -- οικονομία ενέργειας -- οικονομία περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων -- οικονομία αποβλήτων -- βιοποικιλότητα και γαιοποικιλότητα |

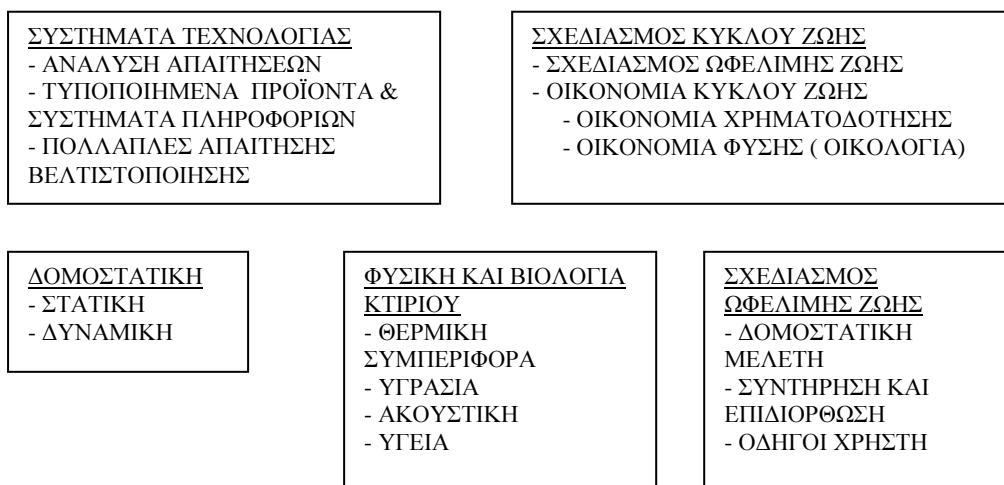
Πιν. 1: - Γενικές απαιτήσεις κατασκευών

Για την πρακτική εφαρμογή του ενοποιημένου σχεδιασμού του κύκλου ζωής των κατασκευών (ΕΣΚΖ), οι τομείς των γενικών απαιτήσεων, που συζητήθηκαν παραπάνω, πρέπει να μεταφερθούν σε ειδικά κριτήρια σχεδιασμού, για το κάθε συγκεκριμένο έργο. Οι ιδιότητες που συγκεντρώνονται, ή η επίδοση, της τελικής κατασκευής θα πρέπει να ανταποκρίνονται στα κριτήρια σχεδιασμού που έχουν τεθεί σε αυτή.

1. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ



2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Σχ. 1: - Απαιτήσεις και μέθοδοι ενοποιημένου σχεδιασμού κατασκευών.

4. ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Ένα κτίριο πρέπει να ανταποκρίνεται σε έναν αριθμό διαφορετικών απαιτήσεων. Οι ιδιότητες που σχετίζονται με την ασφάλεια ή την υγεία, πρέπει να είναι σύμφωνες με τις απαιτήσεις των κανονισμών. Υπάρχουν επίσης πτυχές που αντιμετωπίζονται στις εθνικές κανονιστικές ή πληροφοριακές οδηγίες όπως η πρόσβαση στα κτήρια από τα άτομα με ειδικές ανάγκες, η χρηστικότητα, η περιβαλλοντική απόδοση ή το περιβάλλον εργασίας. Άλλες σημαντικές λειτουργικές ιδιότητες, όπως για παράδειγμα η άνεση, η ευελιξία η κοινωνικές πτυχές, είναι προαιρετικές για τον πελάτη. Οι ρυθμιστικές απαιτήσεις είναι επίσης προαιρετικές υπό την έννοια ότι, η καλύτερη ποιότητα από το ελάχιστο κατώτατο όριο μπορεί να διαταχτεί από τον πελάτη. Οι ιδιότητες συσχετίζονται λίγο πολύ με τον σχεδιασμό του φέροντα οργανισμού, στον οποίο επικεντρώνεται το παρόν άρθρο.

Για να διασφαλιστεί το άμεσο δημόσιο ενδιαφέρον για τα κατασκευές και συνεπώς, τα κτίρια, η οδηγία για τα οικοδομικά προϊόντα της ΕΕ (ΕΕ, 1988) θέτει έξι ουσιαστικές απαιτήσεις:

1. Μηχανική αντοχή και ευστάθεια.
2. Ασφάλεια σε περίπτωση πυρκαγιάς.
3. Υγιεινή, υγεία και το εσωτερικό περιβάλλον.
4. Ασφάλεια χρήσης.
5. Προστασία κατά του θορύβου.
6. Εξοικονόμηση ενέργειας και συγκράτηση θερμότητας.

Η ανθεκτικότητα (7) ως απαίτηση αυτομάτως ακολουθεί καθώς αναφέρεται ότι οι απαιτήσεις, πρέπει να: «υπόκεινται σε κανονικές συνθήκες συντήρησης, να πληρούνται επί μια οικονομικώς αποδεκτή διάρκεια ζωής».

Επιπλέον τα ακόλουθα πρόσθετα χαρακτηριστικά κρίνονται ως θεμελιώδους σπουδαιότητας:

Ευρωστία (8). Η ευρωστία δείχνει την ικανότητα του κτηρίου να ανθίσταται σε άλλα περισσότερο ή λιγότερο αναμενόμενα γεγονότα ή συνθήκες. Η ευρωστία είναι σχετική όσον αφορά την κατασκευή και τη λειτουργία του κτηρίου. Συνδέεται με τα μηχανικά χαρακτηριστικά και την ανθεκτικότητα των επιμέρους δομικών στοιχείων και υλικών. Η ευρωστία είναι, επίσης ζήτημα ενοποιημένου σχεδιασμού, άμεσα εξαρτώμενη από την αλληλεπίδραση μεταξύ των συστατικών και των συστημάτων. Τέλος, οι τεχνικές λεπτομέρειες ή η γενική ιδέα είναι ζωτικής σημασίας.

Εφόρου Ζωής Λειτουργικότητα (9). Η ιδιότητα αυτή ορίζει τον τρόπο με τον οποίο η κτιριακή δομή και λειτουργία των συστημάτων μπορούν να προσαρμοστούν ή να προσαρμόζονται στις ανάγκες του χρήστη τόσο στο παρόν όσο και στο μέλλον.

Αρχιτεκτονική (10). Η αρχιτεκτονική καλύπτει τον τομέα των σημαντικών παραγόντων που καθορίζει πώς ένα κτήριο συλλαμβάνεται από το χρήστη, από άποψη χρηστικότητας και λειτουργικότητας. Έτσι, η αρχιτεκτονική επιδρά έντονα στον τρόπο με τον οποίο ένα κτίριο μπορεί να διατηρηθεί στο χρόνο. Ο χαρακτήρας, η εικόνα, οι εγγυήσεις, ο περιορισμός, ο συσχετισμός με την περιβαλλοντική και την τοπική κληρονομιά αποτελούν παραδείγματα των πολλών θεμάτων που εμπλέκονται. Κάποια από αυτά μπορούν να εξεταστούν ποσοτικά και μερικά μόνο ποιοτικά.

Οι δαπάνες του κύκλου ζωής (11) και οι περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις (12) είναι μάλλον προφανή χαρακτηριστικά που εξαρτώνται από το προοριζόμενο λειτουργικό επίπεδο απόδοσης, και τη δυνατότητα του κτιρίου να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις, κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Ο αντίκτυπος στη φύση θεωρείται σε αυτό το άρθρο, ως περιβαλλοντικό κόστος. Κατά το σχεδιασμό, οι δαπάνες μπορούν να θεωρηθούν είτε ως συνέπεια που πρέπει να ελαχιστοποιηθεί, είτε να αναγνωρισθεί και να αντιμετωπισθεί όπως κάθε άλλο λειτουργικό κριτήριο σχεδιασμού.

Στο Σχήμα 2, αναφέρονται οι ιδιότητες, και υποδεικνύεται η αλληλεπίδρασή τους. Το σχήμα αυτό δείχνει την πολυπλοκότητα της αλληλεπίδρασης και, συνεπώς, τη σημασία μιας σφαιρικής προσέγγισης για το σχεδιασμό.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|---------------------------------|----------------|-----------------|-----------|-----------------|---------------|----------|-----------------------|---------------|----------------------|------------------------------|--|--|
| Μηχανική αντοχή / ευστάθεια | | | | | | | | | | | | | | |
| Ασφάλεια σε περίπτωση πυρκαγιάς | + | | | | | | | | | | | | | |
| Υγιεινή, υγεία (εσωτερικό περιβάλλον) | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| Ασφάλεια χρήσης | + | + | 0 | | | | | | | | | | | |
| Ακουστική | + | + | + | 0 | | | | | | | | | | |
| Χρήση Ενέργειας | + | + | + | 0 | + | | | | | | | | | |
| Ανθεκτικότητα | + | + | + | + | 0 | + | | | | | | | | |
| Ευρωστία | + | + | + | + | + | + | + | | | | | | | |
| Εφόρου ζωής Λειτουργικότητα | + | + | + | 0 | - | + | + | + | | | | | | |
| Αρχιτεκτονική | 0 | - | 0 | - | - | + | + | 0 | + | | | | | |
| Δαπάνες κόστους ζωής | + | - | + | 0 | + | + | + | + | + | + | | | | |
| Περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις | + | + | - | 0 | - | + | + | + | + | + | - | + | | |
| -: Βελτίωση του ενός => Εξασθένηση του άλλου | | | | | | | | | | | | | | |
| 0: Κανένας σημαντικός συσχετισμός | | | | | | | | | | | | | | |
| +: Βελτίωση του ενός => Βελτίωση του άλλου | | | | | | | | | | | | | | |
| +-: Ισχύει με οποιονδήποτε τρόπο | | | | | | | | | | | | | | |
| | Μηχανική αντοχή | Ασφάλεια σε περίπτωση πυρκαγιάς | Υγιεινή, υγεία | Ασφάλεια χρήσης | Ακουστική | Χρήση Ενέργειας | Ανθεκτικότητα | Ευρωστία | Ευχρηστία εφόρου ζωής | Αρχιτεκτονική | Δαπάνες κόστους ζωής | Περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις | | |

Σχ. 2: - Ενδεικτική μήτρα των θεμελιωδών ιδιοτήτων και της αλληλεπίδρασής τους

Όπως υποδεικνύεται στο Σχήμα 2, οι απαιτήσεις μπορούν να είναι αντιφατικές, ή να συμπίπτουν από τεχνική άποψη ή ενδιαφερομένων. Παραδείγματος χάριν, η υψηλής αποδοτικότητα ενέργειας είναι δημόσιου περιβαλλοντικού και ενεργειακής παροχής ενδιαφέροντος, αλλά είναι επίσης πολύτιμη για τον χρήστη δεδομένου ότι μειώνει τις λειτουργικές δαπάνες. Μείωση των θερμοκρασιών και μείωση του εξαερισμού είναι ένας τρόπος για την επίτευξη ενεργειακής αποδοτικότητας. Ωστόσο, στη συνέχεια, εμφανίζεται μια σύγκρουση με το εσωτερικό περιβάλλον. Οι βασικές προϋποθέσεις για να εξεταστούν αυτοί οι συσχετισμοί είναι η κατανόηση και η αναγνώριση της προοπτικής κύκλων ζωής, η αλληλεπίδραση μεταξύ των χαρακτηριστικών και πώς συνδέονται με το σχεδιασμό του κτηρίου και τα συστήματα υπηρεσιών. Ο ΕΣΚΖ ρίχνει φως σε αυτές τις σχέσεις.

5. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

Η σκιαγράφιση και ο σχεδιασμός είναι οι πρώτες ενέργειες στη διάρκεια ζωής ενός κτηρίου. Η ΕΣΚΖ ενισχύει τον παραδοσιακό σχεδιασμό με εργαλεία για να καθορίσει και να οργανώσει τις ανάγκες του πελάτη, να προβλέψει την απόδοση του κύκλου ζωής των εναλλακτικών τεχνικών λύσεων, και για να ταξινομήσει την καταλληλότητά τους όσον αφορά τις συγκεκριμένες απαιτήσεις. Η ΕΣΚΖ είναι ένας συστηματικός τρόπος για τον πελάτη να διευκρινίσει τις συνολικές συνέπειες κατά τη διάρκεια ζωής, για έναν περιορισμένο αριθμό εναλλακτικών λύσεων. Ωστόσο, ο πελάτης καθορίζει αυθαίρετα τη σχετική έμφαση που δίδεται σε κάθε απαίτηση, όπως η σημασία του κόστους σε σχέση με την περιβαλλοντική επιβάρυνση ή λειτουργικές επιδόσεις.

Ο Ενοποιημένος Σχεδιασμός του Κύκλου Ζωής είναι ένας συνδυασμός δύο διαφορετικών αρχών:

- Ενοποίηση, η οποία υπονοεί ότι οι διαφορετικές ιδιότητες θα πρέπει να εξετάζονται με μια ολιστική προοπτική. Για παράδειγμα ο σχεδιασμός των συστημάτων εξαερισμού και θέρμανσης πρέπει να γίνει σε συνεργασία με το στατικό σχεδιασμό.
- Κύκλος ζωής, που σημαίνει ότι η μελέτη θα πρέπει να λάβει υπόψη το κόστος και τη περιβαλλοντική επιβάρυνση από την παραγωγή, τη χρήση και τελική διάθεση. Βλέπε Σχήμα 3. Ο κύκλος ζωής μπορεί να οριστεί με διάφορους τρόπους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4. Εξετάζοντας το Σχήμα 3 είναι εμφανές ότι κάποιες πτυχές ως ένα ορισμένο βαθμό είναι περιττές, όπως η χρήση ενέργειας σε σχέση με το κόστος κύκλου ζωής και την περιβαλλοντική επιβάρυνση.

| | | <= Μελέτη Κύκλου Ζωής => | | |
|-------------|----|--------------------------|--|----------------|
| | | Διάθεση παραγωγής | Χρήση | Τελική Απόθεση |
| Μελέτη | > | | Μηχανική αντοχή και ευστάθεια Ασφάλεια σε περίπτωση πυρκαγιάς Εσωτερικό περιβάλλον Ασφάλεια χρήσης Ακουστική | |
| | = | | Χρήση Ενέργειας | |
| Ενοποιημένη | < | | Ανθεκτικότητα Ευρωστία και κίνδυνοι Εφόρου ζωής Λειτουργικότητα Αρχιτεκτονική | |
| | <= | | Δαπάνες κύκλου ζωής Περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις | |

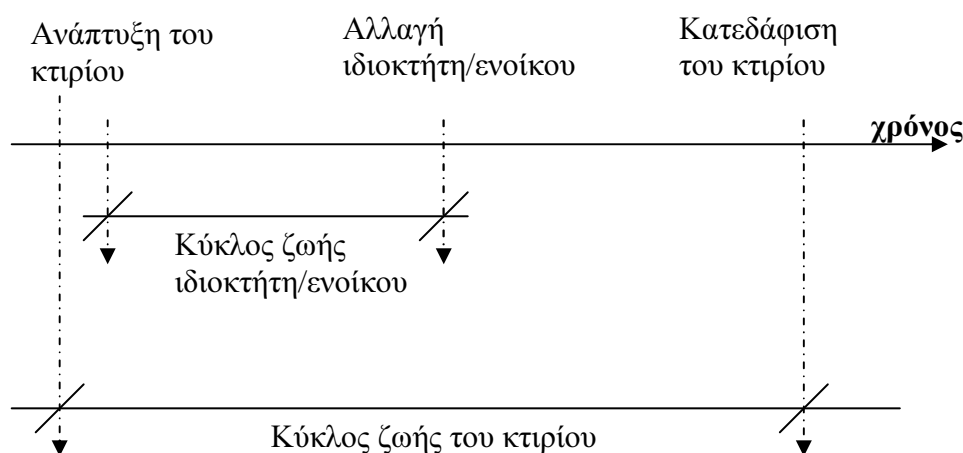
Σχ. 3: - Ενοποιημένη προσέγγιση σχεδιασμού κύκλων ζωής. Η πρωταρχική τους σχέση σε συγκεκριμένες φάσεις του κύκλου ζωής [γκρίζες μπάρες]

6. Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

Οι ακόλουθες φάσεις μπορούν να εμφανιστούν στη μεθοδολογία ΕΣΚΚ:

1. Επενδυτικός σχεδιασμός
2. Ανάλυση των αναγκών του πελάτη και των χρηστών
3. Λειτουργικές προδιαγραφές του κτιρίου
4. Τεχνικές προδιαγραφές επιδόσεων του κτιρίου
5. Δημιουργία και περιγραφή εναλλακτικών στατικών λύσεων
6. Τυποποιημένος σχεδιασμός κύκλου ζωής και βελτιστοποίηση των υπηρεσιών της κάθε εναλλακτικής
7. Πολλαπλή ταξινόμηση και επιλογή κριτηρίων μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων και των υλικών
8. Λεπτομερής σχεδιασμός της επιλεγμένης λύσης

Η επιτυχία και η αποτελεσματικότητα της κάθε φάσης, και συνεπώς η όλη διαδικασία, εξαρτάται από την ποιότητα της εργασίας κατά το προηγούμενο στάδιο, αλλά και στην ικανότητά να μεταφέρει πληροφορίες μεταξύ των φάσεων, τόσο προς τα εμπρός όσο και προς τα πίσω.



Σχ. 4 – Διαφορετικοί τύποι κύκλων ζωής

Σε γενικές γραμμές, η κατασκευή είναι γραμμική διαδικασία, που ξεκινά από το σημείο όπου ο πελάτης αντιλαμβάνεται ότι χρειάζεται ένα κτήριο, και τελειώνει όταν ο πελάτης εισέλθει στο κτήριο. Στη συνέχεια, ξεκινά η διαδικασία διαχείρισης της εγκατάστασης. Αντίθετα με την κατασκευή, αυτή είναι μια συνεχής διαδικασία, συνήθως χωρίς προκαθορισμένο τέλος. Οι μεταβαλλόμενες ανάγκες της αγοράς, καθώς και η γήρανση του αποθέματος από καιρό σε καιρό, δημιουργεί την ανάγκη για παραγωγή νέων κτιρίων. Η εμπειρία από τη λειτουργία άλλων κτιρίων και προηγούμενων κατασκευών μπορούν και πρέπει να αξιοποιηθούν στο σχεδιασμό ενός νέου κτιρίου. Αυτό είναι κρίσιμης σημασίας για τη συνεχή βελτίωση της προαναφερόμενης διαδικασίας.

6.1 Επενδυτικός σχεδιασμός

Σε αυτό το πρώτο στάδιο της διαδικασίας σχεδιασμού ορίζεται το οικονομικό και τεχνικό πλαίσιο της κατασκευής. Εμβαδά, είδη χώρων, διάρκεια ζωής και στόχοι από άποψη οικονομίας, περιβάλλοντος, αρχιτεκτονικής ευελιξίας εξετάζονται και αποφασίζονται, καθοδηγούμενα από μια έρευνα αγοράς. Σε αυτό το αρχικό στάδιο σχεδιασμού, η οικονομία του κύκλου ζωής και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης των επιλεγμένων εναλλακτικών λύσεων πρέπει να αξιολογηθούν με έναν απλουστευμένο τρόπο. Η εστίαση πρέπει να τεθεί στα κρίσιμα στοιχεία, και στα στοιχεία που επηρεάζονται από τις επιλογές σχεδιασμού. Μια ερευνητική ερώτηση είναι να καθοριστούν οι σημαντικότερες πτυχές

όσον αφορά τις δαπάνες κύκλου ζωής και τα περιβαλλοντικά φορτία Επιπλέον, οι πτυχές που εύλογα εξαρτώνται από το σχεδιασμό του κτηρίου πρέπει να απομονωθούν.

6.2 Ανάλυση των αναγκών του πελάτη και των χρηστών

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικών απαιτήσεων και αναγκών που πρέπει να αντιμετωπιστεί. Ορισμένες από αυτές τις απαιτήσεις αλληλεπιδρούν. Μπορεί να είναι υποστηρικτικές, αλλά και αντιφατικές. Τα κτήρια αποτελούν μια μεγάλη επένδυση οικονομικών και φυσικών πόρων. Προορίζονται συνήθως να διαρκέσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα, έτσι η χρονική προοπτική πρέπει επίσης να εξεταστεί, η οποία υπονοεί ότι αλλαγές στις απαιτήσεις είναι πιθανό να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια του κύκλου της ζωής. Ένα προκαθορισμένο σύνολο κριτηρίων σχεδιασμού που συνδέονται με τα σχετικά λειτουργικά και ποιοτικά επίπεδα και τις μεθόδους σχεδιασμού, που συμφωνούν στην ισχύουσα πρακτική διευκολύνει αυτό το βήμα. Τα απορρέοντα από την ανάλυση αναγκών του πελάτη είναι ένας εκλεπτυσμένος και πιο λεπτομερής σχεδιασμός του συστήματος των στόχων, συμπεριλαμβανομένων επίσης λεπτομερών κτιριολογικών απαιτήσεων. Επιπλέον, η σχετική σημασία του κάθε στόχου πρέπει να προσδιορίζεται, προκειμένου να διευκρινιστούν οι προτεραιότητες.

6.3 Λειτουργικές προδιαγραφές του κτιρίου

Η φάση αυτή είναι η σύνθεση και ο μετασχηματισμός των αναγκών του πελάτη από την πρώιμη πρακτική φάση στις λειτουργικές προδιαγραφές για το συγκεκριμένο κτήριο. Ο όρος λειτουργικός υπονοεί σχετικές με την απόδοση απαιτήσεις. Το απορρέον από αυτό το στάδιο είναι ένας κατάλογος σχετικών λειτουργικών απαιτήσεων με την ιδιαίτερη σημασία τους να υποδεικνύεται.

6.4 Τεχνικές προδιαγραφές επιδόσεων του κτιρίου

Εδώ καθορίζονται τα τεχνικά κριτήρια επιδόσεων που σχετίζονται με τις λειτουργικές προδιαγραφές. Όπου είναι δυνατό, τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα θα πρέπει να διευκρινιστούν ποσοτικά, ή μέσω των κατηγοριών ή των τιμών κατώτατων ορίων όπως η ζήτηση ενέργειας, η πυρασφάλεια ή οι ακουστικές κατηγορίες. Πτυχές, όπως η προσαρμοστικότητα, η ευελιξία και κοινωνικοί παράγοντες, συχνά πρέπει να αντιμετωπίζονται με ποιοτικούς όρους.

6.5 Δημιουργία και περιγραφή εναλλακτικών στατικών λύσεων

Οι εναλλακτικές λύσεις που περιγράφονται στην επενδυτική ανάλυση πρέπει να διαμορφωθούν περαιτέρω με τους περιορισμούς και τις απαιτήσεις που δηλώνονται στις τεχνικές απαιτήσεις, που καθορίζονται στο προηγούμενο στάδιο. Το κτήριο συστηματοποιείται σε μια σειρά από διαφορετικές λειτουργικές ενότητες, που είναι συνήθως τα θεμέλια, το δομικό πλαίσιο, οι εξωτερικές επενδύσεις, καθώς και τα συστήματα θέρμανσης και εξαερισμού. Ανάλογα με το είδος του κτιρίου, και τη σημασία κάθε στοιχείου, περαιτέρω κατάτμηση θα μπορούσε να εφαρμόζεται όπως καλύμματα δαπέδου, εσωτερικοί διαχωριστικοί τοίχοι κ.λπ. Η τυποποίηση είναι η βάση για τον σχεδιασμό του κύκλου ζωής και τις εκτιμήσεις δαπανών. Το αποτέλεσμα αυτής της φάσης είναι σύνολα καθορισμένων με σαφήνεια ενότητων, που διαμορφώνουν τα εναλλακτικά σχέδια του κτηρίου.

6.6 Πολλαπλή ταξινόμηση και επιλογή κριτηρίων μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων

Σε αυτήν την φάση τα σχέδια συγκρίνονται και η καταλληλότερη εναλλακτική λύση κατασκευής επιλέγεται, βασισμένη σε κάποιο ισοζύγιο οφέλους και κόστους. Τα κριτήρια απόφασης θα μπορούσαν να είναι για παράδειγμα:

- i. Η καλύτερη σε όλες τις απαιτήσεις.
- ii. Οι καλύτερα σταθμισμένες ιδιότητες με ένα λογικό επίπεδο δαπανών.
- iii. Η καλύτερη στις προτιμητέες απαιτήσεις, εκπληρώνοντας αποδεκτά επίπεδα σε όλες τις άλλες απαιτήσεις.
- iv. Η καλύτερη μέσα από αξιολογούμενα κριτήρια αναλογίας κέρδους / κόστους.

Άλλες στρατηγικές διεύθυνσης θα μπορούσαν να είναι:

- v. Χαμηλότερο κόστος κύκλου ζωής, εκπληρώνοντας αποδεκτά επίπεδα σε όλες τις απαιτήσεις.
- vi. Χαμηλότερη περιβαλλοντική επιβάρυνση κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής, εκπληρώνοντας αποδεκτά επίπεδα σε όλες τις απαιτήσεις.
- vii. Χαμηλότερο κόστος επένδυσης, εκπληρώνοντας αποδεκτά επίπεδα σε όλες τις απαιτήσεις.

6.7 Λεπτομερής σχεδιασμός της επιλεγμένης λύσης

Τα παραδοσιακά εργαλεία εφαρμόζονται για κάθε αρχή σχεδιασμού. Ωστόσο, οι τεχνικές προδιαγραφές της διαδικασίας ΕΣΚΖ ενδέχεται να έχουν τονίσει ορισμένες πτυχές που χρειάζονται αυξημένη προσοχή σε σύγκριση με την τρέχουσα πρακτική, όπως οι απαιτήσεις ανθεκτικότητας, της ευελιξίας για μελλοντικές αλλαγές, ή εσωτερικές συνθήκες κλιματισμού.

6.8 Ανατροφοδότηση

Προκειμένου να επιτυγχάνεται συνεχής βελτίωση των κτιρίων, ανατροφοδότηση των εμπειριών από την παραγωγή και λειτουργία θα πρέπει να δίνεται στην μελετητική ομάδα. Αυτό θεωρείται ότι είναι θεμελιώδους σημασίας και συνεπώς πρέπει να έχει οριστεί ένα συγκεκριμένο μέρος στη διαδικασία ΕΣΚΖ.

7. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΕΣΚΖ ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στην παράγραφο 6 συζητήθηκαν οι φάσεις του ΕΣΚΖ. Οι φάσεις από 1 έως 5 καλύπτουν το κρίσιμο αντικείμενο να αναλυθούν οι ανάγκες του πελάτη και να μεταφερθούν σε μια προδιαγραφή. Αυτές οι φάσεις καθορίζουν τα σχετικά κριτήρια λειτουργικού σχεδιασμού. Αυτός ο τύπος ανάλυσης γίνεται επίσης με παραδοσιακή μελέτη, εντούτοις, λιγότερο ή περισσότερο συστηματικά. Μόλις τα πρώτα σχέδια καταρτίζονται, το βασικό όργανο της διαδικασίας ΕΣΚΖ, καθώς επίσης και οποιαδήποτε αποτελεσματική διαδικασία σχεδιασμού, θα πρέπει να κινητοποιηθούν. Αυτό είναι ένα κύριο τρισδιάστατο γεωμετρικό πρότυπο του κτηρίου. Παλιότερα, το πλήρες μοντέλο υπήρχε μόνο στο κεφάλι του μελετητή, ενώ στη σύγχρονη μελέτη, αποθηκεύεται σε έναν υπολογιστή. Το μοντέλο πρέπει να επεκταθεί με τη χρονική διάσταση, όσον αφορά τόσο την αξιολόγηση του κύκλου ζωής όσο και το σχεδιασμό παραγωγής. Αυτό το πρότυπο θα πρέπει να ακολουθήσει το έργο, με αυξημένο βαθμό λεπτομέρειας, από τα πρώτα στάδια σχεδιασμού πιο πέρα από τον λεπτομερή σχεδιασμό, την παραγωγή, τη διαχείριση της εγκατάστασης και την ανακαίνισή μέχρι την κατεδάφιση, την ανακύκλωση και την τελική διάθεση. Πέραν της γεωμετρίας, και των ποσοτήτων, απαιτείται το σύνολο των στοιχείων που αφορά τα υλικά και τα δομικά στοιχεία, για να διευκολυνθούν τα διάφορα είδη υπολογισμών. Κατά προτίμηση όλοι οι ειδικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν το ίδιο γεωμετρικό πρότυπο εφαρμόζοντας τα συγκεκριμένα στοιχεία που απαιτούνται και που αντιστοιχούν στο δικό τους τομέα.

Το βήμα νούμερο 6, αξιολόγηση κύκλων ζωής, απαιτεί τη γεωμετρία του κτιρίου, των ποσοτήτων και του προσδιορισμού των συστατικών, και των υλικών που επιλέγονται. Τα στοιχεία κύκλου ζωής για τα υλικά και τα συστατικά που απαιτούνται είναι δαπάνες, απαιτήσεις συντήρησης και διαστήματα συμπεριλαμβανομένων των δαπανών και του προσδόκιμου ζωής των. Εάν πραγματοποιείται μια πλήρης περιβαλλοντική αξιολόγηση με τις μεθόδους της εκτίμησης του κύκλου ζωής, τα στοιχεία πρέπει να συμπληρωθούν με την περιβαλλοντική επιβάρυνση συμπεριλαμβανομένης της κατανάλωσης ενέργειας για την παραγωγή, τις μεταφορές, το εργοτάξιο, τη λειτουργία συμπεριλαμβανομένης της συντήρησης και το τέλος του κύκλου ζωής.

Το βήμα 7, ιεράρχηση των εναλλακτικών λύσεων, είναι μια αυθύπαρκτη δραστηριότητα που μπορεί να αναληφθεί από την εφαρμογή της ανάλυσης αποφάσεων πολλαπλών μεταβλητών ή με απλούστερα κριτήρια κατάταξης που αναφέρονται παραπάνω στην παράγραφο 6.6. Το βήμα 8 καθαρίζει την επιλεγμένη δομή μέσα στο τρισδιάστατο πρότυπο στο επίπεδο λεπτομέρειας, και προσθέτει άλλες πληροφορίες που απαιτούνται για την παραγωγή.

8. ΕΜΠΟΔΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΜΚΚ

Υπάρχουν μερικές επαναλαμβανόμενες περιστάσεις που εμποδίζουν την προσέγγιση κύκλων ζωής και έτσι την εφαρμογή του ΕΣΚΖ όπως:

- i. Η αποσπασματική οργάνωση του κατασκευαστικού τομέα δεν ευνοεί τους μακροπρόθεσμους στόχους των έργων. Η σημαντική πτυχή της ανατροφοδότησης εμποδίζεται επίσης από αυτή την αποσπασματική οργάνωση.
- ii. Ο μελετητής ή/και ο παραγωγός μπορούν να στερηθούν κατανόησης ή γνώσης για τη φάση χρηστών.
- iii. Οι ειδικοί μελετητές της δομής, της θέρμανσης, του εξαερισμού, της ακουστικής και άλλων τομέων, βελτιστοποιούν το δικό τους συγκεκριμένο κομμάτι αντί να συνεργάζονται για μια αποτελεσματικότερη γενική λύση.

Η κατάτμηση της διαδικασίας κατασκευής μπορεί να οδηγήσει σε βελτιστοποίηση παραγωγής του κτιρίου, ή ακόμη χειρότερα, των επιμέρους στοιχείων ή συστημάτων. Κατόπιν τούτων, ο ΕΣΚΖ είναι περιττός. Η πολυπλοκότητα που απαντάται κατά το σχεδιασμό των κτιρίων, ζητεί από πολλούς διαφορετικούς τομείς τεχνογνωσία, ήδη από τα αρχικά στάδια ενός έργου, να λάβουν την απαραίτητη ολιστική προοπτική. Αναγνωρίζεται το γεγονός ότι το κόστος σχεδιασμού θα αυξηθεί εάν όλοι οι εμπειρογνώμονες θα δεσμεύονταν από τις αρχικές φάσεις, αλλά η δυνητική βελτίωση του τελικού προϊόντος είναι ενδιαφέρουσα. Ο ΕΣΚΖ, εν γένει, και ειδικότερα όταν αυτός εισάγεται για πρώτη φορά, απαιτεί αυξημένη προσπάθεια στον σχεδιασμό και τον προγραμματισμό εργασιών. Αυτό αντιπροσωπεύει μια συμπληρωματική επένδυση στο σχεδιασμό, που αποτελεί ένα εμπόδιο που μπορεί να ξεπεραστεί μόνο αν ο πελάτης θεωρεί ότι η δυνητική βελτίωση της ποιότητας ζωής και της αποδοτικότητας του κόστους, αξίζει τον κόπο.

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αναγνωρίζεται ότι ο εξορθολογισμός της διαδικασίας κατασκευής ενός έργου υπονοεί βελτίωση και τυποποίηση των διαδικασιών, των τεχνικών λύσεων και των συστημάτων. Μια σημαντική αρχή σχεδιασμού αποτελεί η τυποποίηση, με την οποία τα συστατικά και

τα συστήματα είναι ταξινομημένα και βελτιστοποιημένα σύμφωνα με τον στόχο της υπηρεσίας που μπορούν να προσφέρουν καθ' όλη τη διάρκεια ζωής των. Η αυξανόμενη έμφαση στην ανάπτυξη εύρωστων, υψηλής ποιότητας τυποποιημένων λύσεων είναι σημαντική, και ο ΕΣΚΖ είναι μια πρακτική μέθοδος για αυτό. Η μέθοδος ΕΣΚΖ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας ανάλογα με το συγκεκριμένο στάδιο στη διαδικασία σχεδιασμού και του τύπου εφαρμογής. Ο ΕΣΚΖ αποτελείται από έναν συνδυασμό παραδοσιακών εργαλείων μελέτης, εργαλείων για την αξιολόγηση του κύκλου ζωής, και μεθόδων για την πολλαπλών κριτηρίων λήψεως αποφάσεων. Τα εργαλεία αυτά συμπληρώνονται με στοιχεία σχετικά, και με τα κριτήρια σχεδιασμού. Ο ΕΣΚΖ μπορεί να συμβάλλει στην επίλυση των δίλημμάτων που σχετίζονται με τη σημερινή κατακερματισμένη διαδικασία κατασκευής, συχνά συνεργαζόμενη με τις χρονικές προοπτικές που δεν συμφωνούν με τη διάρκεια ζωής του προϊόντος.

10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Adalberth, K. Energy use During the Life Cycle of Buildings: a Method, *Building and Environment*, vol. 32, no. 4, 1997, pp. 317-320.
- [2] Kibert, C. J. Establishing Principles and a Model for Sustainable Construction, *Sustainable Construction - Proceedings of the First International Conference of CIB TG 16*, November 6-9, 1994, p. 7.
- [3] Kriwet, A., Zussman, E. and Seliger, G. Systematic Integration of Design-for-Recycling into Product Design, *International Journal of Production Economics*, vol. 38.1995, p. 19.
- [4] Royal Australian Institute of Architects, Environmental Design Guide – GEN 1:3-5, RAI, Canberra.
- [5] Sarja, A. (2004) *Generalised lifetime limit state design of structures* Proceedings: 2nd International Conference on Lifetime-Oriented Design Concept - ICLODC 2004. Ruhr Universität, Bochum, Germany, p 51
- [6] Sarja, A. (2002) *Integrated Life Cycle Design of Structures*. Spon Press. London and New York.

THE INTEGRATED LIFE CYCLE DESIGN 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**Anastasios Kokkos**

Undergraduate Student

DUTH, Dept. of Civil Eng.

Xanthi, Greece

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

Life cycle appraisal with regard to both economy and environment appear to be less accepted in the building sector than in, for instance, the manufacturing industry, but also compared to civil engineering. There are several more or less valid excuses for this. However, the potential benefit for the client as well as for society, referring to the large social and environmental impact of the build environment, is large enough to motivate the introduction of life cycle appraisal. Buildings represent large and long-lasting investments in terms of economy as well as other resources. We spend a large part of our lives in buildings and the indoor environment affects our well-being and health. Improved lifetime quality and cost effectiveness of buildings are therefore of common interest for owners, users as well as the society and, consequently, plays a key role in sustainable development. The aim of this work is to explore and indicate ways of designing a building frame in order to achieve the optimal overall lifetime performance of the whole building by applying the principles of integrated life cycle design.