



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Πανεπιστήμιο Πειραιά

Τμήμα Χημικών Μηχανικών

Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗΝ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ / ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΣΕ ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

**Διπλωματική εργασία του:
Παρασκευόπουλου Σπυρίδωνος**

Εξεταστική Επιτροπή:

Φραγκίσκος Μπατζιάς, Ομοτ. Καθηγητής (Επιβλέπων)

Δημήτρης Σιδηράς, Αναπλ. Καθηγητής

Χριστίνα Σιοντόρου, Επικ. Καθηγήτρια (Συνεπιβλέπουσα)

Αθήνα 2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους παρακάτω για την πολύτιμη συνεισφορά και στήριξη τους στην υλοποίηση της εργασίας:

Τον Καθηγητή μου Κ.Φραγκίσκο Μπατζιά για την υπομονή και στήριξη που μου έδωσε κατά την πραγματοποίηση αυτής της εργασίας εντός και εκτός Ελλάδος.

Τον φίλο μου Μιχάλη Κουφάκη και την τεχνική εταιρία 2KC Constructions για την φιλοξενία και την τεχνική βοήθεια.

Την Ιωάννα Πολίτη για την βοήθεια της στην δακτυλογράφηση .

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΑ :	
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	6
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	7
2.1 ΑΠΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΤΗΡΙΩΝ.....	7
2.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ.....	8
2.3 ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	16
2.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ – ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	30
2.5 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ – ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ.....	30
2.6 ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΕΡΧΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ – ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ.....	31
2.7 ΑΓΟΡΑΣΤΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ.....	32
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.....	34
4. ΑΝΑΛΥΣΗ	
4.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ DMR ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.....	46
4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ DDR ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.....	55
4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ DRR ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.....	76
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	101
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	103
ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	105

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	108
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	110
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	111
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	112

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.0 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συνεχόμενη αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού στον πλανήτη αναμένεται να αυξήσει την ζήτηση φυσικών πότων στο κοντινό μέλλον, σε βαθμό που ίσως να μην μπορεί να καλυφθεί από την υπάρχουσα προσφορά. Ήδη σήμερα η ζήτηση φυσικών πόρων που προέρχεται από τον υφιστάμενο συνολικό πληθυσμό παγκοσμίως, έχει φτάσει σε ένα κρίσιμο σημείο στις περισσότερες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, την Ιαπωνία και γενικότερα τις ανεπτυγμένες χώρες.

Η επεξεργασία και κατανάλωση των φυσικών πόρων, που οδηγεί στην απόρριψη τελικά στους χώρους απόρριψης απορριμμάτων (προβλεπόμενους και μη) έχει εξελιχθεί σε ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα για τις τοπικές κοινωνίες, τους δήμους, την ευρύτερη τοπική αυτοδιοίκηση και τελικά τα κράτη, αν αναλογιστούμε τις διαστάσεις και το μέγεθος που έχει λάβει πλέον το συγκεκριμένο ζήτημα. Γνωρίζοντας ότι ένας από τους τρόπους, ο οποίος εξελίχθηκε παράλληλα με το πρόβλημα της συλλογής και διάθεσης στερεών απορριμμάτων, είναι η ανάκτηση των υλικών που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, οι κυβερνήσεις και οι δήμοι προσπαθούν να ενισχύσουν την μείωση των απορριμμάτων εφαρμόζοντας πολιτικές, νομοθεσίες και οδηγίες οι οποίες ενθαρρύνουν την ανακύκλωση και ανάκτηση υλικών τα οποία θα είχαν οδηγηθεί σε απόρριψη. Η επανάχρηση των υλικών θα μειώσει την παραγωγή απορριμμάτων ενώ ταυτόχρονα αυξάνει την απόδοση της χρήσης των φυσικών πόρων, επιστρέφοντας τους στον κύκλο ζωής τους και ταυτόχρονα διευρύνοντας τον.

Η ανακύκλωση και επανάχρηση οικοδομικών υλικών μπορεί επίσης να συνδράμει δραματικά στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των φυσικών πόρων, μέσω της μείωσης χρήσης των οικοδομικών υλικών, παραγόμενων απευθείας από αυτούς. Συνέπεια αυτού είναι και η μείωση της έκτασης και του όγκου απαιτούμενων φυσικών χώρων προς εξαγωγή φυσικών πόρων αλλά και προς εναπόθεση των τελικών απορριμμάτων. Με αυτό τον τρόπο δεν εξοικονομείται μόνο χρόνος και χρήμα αλλά η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος ενισχύεται σημαντικά. Προκειμένου να διατηρηθεί το κύριο μέρος της εσωτερικής ενέργειας των ήδη χρησιμοποιούμενων οικοδομικών υλικών πρέπει να δοθεί ειδική μέριμνα στην αποσυναρμολόγηση τους ώστε να μην μειωθεί η ποιότητα τους ή να παραμείνει ελκυστική η χρήση τους. Από κοινωνικής-οικονομικής πλευράς οι τοπικές επιχειρήσεις μπορούν να ωφεληθούν ιδιαίτερα από την επανάχρηση οικοδομικών υλικών ταυτόχρονα πουλώντας τα και προσφέροντας νέες θέσεις εργασίας.

Τόσο οι φυσικοί πόροι όσο και οι φυσικοί χώροι απαραίτητοι για την εναπόθεση των απορριμμάτων είναι πεπερασμένοι. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας παρουσιάζεται η ανάγκη αλλά και ο τρόπος της επανάχρησης οικοδομικών

υλικών με την ταυτόχρονη συγκράτηση ή και μείωση του κόστους κατασκευής με τρόπο που να διαφυλάσσεται το περιβάλλον κατά τον πιο αποδοτικό τρόπο.

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η συστηματική αντιμετώπιση της ανακύκλωσης και επανάχρησης έργων πολιτικού μηχανικού, πρωτίστως κτηριακών και γενικότερα έργων τα οποία προορίζονται για κατεδάφιση, απομάκρυνση ή και αποσυναρμολόγηση. Έπειτα από εκτενή ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με αυτό το ζήτημα και σε συνδυασμό με προσωπική εμπειρία στον τομέα της μείωσης απορριμμάτων, προερχόμενα κατά τη κατασκευή έργων πολιτικού μηχανικού, προτείνεται αλγόριθμος ο οποίος ενσωματώνει τις κύριες και πιο σημαντικές παραμέτρους, έτσι ώστε να μεγιστοποιείται ο βαθμός επανάχρησης και ανάκτησης όλων των οικοδομικών υλικών τα οποία θα προορίζονταν προς απόρριψη μετά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής του προς διερεύνηση έργου.

Η δομή του αλγόριθμου αλλά και τα κριτήρια τα οποία ενσωματώνει κατά την εφαρμογή του, εξασφαλίζει παράλληλα με όλα τα οφέλη της ανακύκλωσης, ανάκτησης και επανάχρησης την ελκυστικότητα των προϊόντων ή του εγχειρήματος σε οικονομικό επίπεδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με την ανακύκλωση των οικοδομικών υλικών, τη συστηματική αποσυναρμολόγηση των κτηρίων έως και την πλήρη επανάχρησή τους. Το πρώτο μέρος του κεφαλαίου εστιάζει στην αποσυναρμολόγηση των κτηρίων σε σχέση με τη κατεδάφιση, την αποκατασκευή και τα κριτήρια για την βέλτιστη εφαρμογή τους. Το δεύτερο μέρος του κεφαλαίου γίνεται εκτενής αναφορά για τις αρχές σχεδιασμού πριν την κατασκευή του κτηρίου έτσι ώστε να μεγιστοποιείται ο βαθμός ανακύκλωσης και ανάκτησης υλικών του μετά το πέρας του κύκλου ζωής του κτηρίου. Παράλληλα θα πρέπει να εξασφαλίζεται υψηλή λειτουργικότητα κατά την εφαρμογή αυτής της διαδικασίας αλλά και η μέγιστη δυνατή ποιότητα των παραγόμενων οικοδομικών υλικών προς επανάχρηση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι αποδείχθηκε πολύ δύσκολο να βρεθούν δημοσιεύσεις, ερευνητικό υλικό ή σχετικά προϊόντα και η εφαρμογή τους σε νέα έργα. Σε γενικό επίπεδο οι απαραίτητες αρχές σχεδιασμού που θα εξασφάλιζαν τον βέλτιστο βαθμό ανακύκλωσης και ανάκτησης, δεν εφαρμόζονται κατά τη φάση σχεδιασμού νέων κτηρίων ακόμα και σήμερα καθώς φαίνεται να κυριαρχεί η απαίτηση για μείωση της ενδεικτικής κατανάλωσης κατά τη διάρκεια ζωής ενός κτηρίου, χωρίς να δίνεται η αντίστοιχη βαρύτητα στα περιβαλλοντικά προβλήματα που ανακύπτουν μετά το τέλος της. Η προσέγγιση αυτή παραμένει αντικείμενο έρευνας με μάλλον ελάχιστα παραδείγματα τα οποία ενσωματώνουν αυτές τις αρχές.

2.1 ΑΠΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΤΗΡΙΩΝ

Η αποκατασκευή κτηρίων θα μπορούσε να οριστεί ως η προσεκτική διάλυση ενός κτηρίου με τρόπο τέτοιο ώστε να καταστεί ικανή η ανάκτηση οικοδομικών υλικών και στοιχείων προωθώντας την ανακύκλωση και την επανάχρηση. Η ιδέα αυτή προέκυψε ως εναλλακτική της κατεδάφισης λόγω της μεγάλης αύξησης κατεδαφιστέων κτηρίων η οποία έχει ήδη αναγείρει περιβαλλοντικές ανησυχίες. Η αύξηση αυτή επηρεάζει και απειλεί άμεσα το περιβάλλον διότι δημιουργείται ένας όγκος απορριμμάτων ο οποίος δε μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.

Σύμφωνα με το Guy (2001) η αποκατασκευή είναι ένας τρόπος αποσύνθεσης των κτηρίων για την βιώσιμη ανάκτηση οικοδομικών υλικών ικανών να επαναχρησιμοποιηθούν και να ανακυκλωθούν. Παρότι μπορεί να αποκαλεστεί και ως διάσωση, δεν είναι μια προσεκτική διαλογή ή αφαίρεση των υλικών με υψηλή αξία μόνο, αφήνοντας τα υπόλοιπα προς απόρριψη. Πρόκειται για μια ολοκληρωμένη ολιστική στρατηγική αποσύνθεσης και αποσυναρμολόγησης. Στόχος παραμένει πάντοτε η μεγιστοποίηση της προοπτικής επανάχρησης οικοδομικών στοιχείων και υλικών και η ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση των υπολοίπων υλικών προς απόρριψη στις χωματερές (εγκεκριμένες ή μη). Οι Chini και Acquaye (2001)

ισχυρίστηκαν ότι η αύξηση του κόστους απόρριψης, ανάγκασε τη βιομηχανία κατασκευής να στρέψει τη προσοχή της στην αποκατασκευή κτηρίων με σκοπό τη διάθεση επαναχρησιμοποιούμενων υλικών και στοιχείων προερχόμενα από τα κτήρια αυτά. Τυπικά η αποκατασκευή περιλαμβάνει πολύ περισσότερες εργατοώρες και απαιτεί προσεκτική χρήση εξοπλισμού βαρέως τύπου. Συνεπώς απαιτεί πολύ περισσότερο χρόνο από τη κατεδάφιση. Γενικότερα η επιλογή μεταξύ αποκατασκευής και αποκατάστασης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η αναμενόμενη ποσότητα και ποιότητα των υλικών που μπορούν να διασωθούν, οι συνθήκες της αγοράς για την διάθεση των υλικών αυτών, η παρουσία επικίνδυνων συστατικών στα υλικά αυτά και οι συνέπειες που πιθανόν να έχουν κατά την επεξεργασία τους για την παραγωγή νέων προϊόντων. Τέλος, ο διαθέσιμος χρόνος για την απομάκρυνση του κτηρίου.

2.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ

Στόχος της αποκατασκευής είναι η αύξηση της αποδοτικότητας των φυσικών πόρων, του σχετικού κόστους και η ταυτόχρονη μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον η οποία μπορεί να υιοθετηθεί κατά την τελική απομάκρυνση ενός κτηρίου. Επίσης η ανάκτηση υλικών και στοιχείων για επανάχρηση, επανεπεξεργασία και ανακύκλωση. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο στόχος οι εργασίες αποκατασκευής οφείλουν να εξεταστούν προσεχτικά. Η αποκατασκευή, επανάχρηση ή ανακύκλωση οικοδομικών υλικών ξεκινά πριν τις εργασίες στο κτήριο, ξεκινώντας με μια εκτίμηση/αναφορά σε σχέση με την κατασκευή. Οι μηχανικοί και οι ιδιοκτήτες εξετάζουν μαζί την κατασκευή ώστε να εντοπίσουν τα υλικά και τα στοιχεία τα οποία θα επαναχρησιμοποιηθούν ή ανακυκλωθούν και καθορίζουν ποιος είναι ο πιο αποδοτικός τρόπος να διαχειριστούν όλα αυτά τα υλικά τα οποία αποκλείονται από την επανάχρηση με σκοπό την ελαχιστοποίηση των υλικών προς απόρριψη. Η οικονομική βιωσιμότητα της διαχείρισης αυτών των απορριμμάτων οφείλει να αναλυθεί περαιτέρω ώστε να καθοριστεί ακριβώς πόσα και ποια από αυτά τα υλικά μπορούν να συμπεριληφθούν στο σχεδιασμό. Έπειτα μονάδες ανακύκλωσης και χώροι εναπόθεσης πρέπει να εντοπιστούν. Πολλές μεγάλες πόλεις έχουν δημοσιεύσει οδηγίες ώστε να κατευθύνουν τους εργολάβους σωστά.

Κατά την έναρξη της αποκατασκευής ο κύριος εργολάβος και οι εργολάβοι αρχικά διαχωρίζουν όλα τα υλικά που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν απευθείας όπως πόρτες, ξυλουργικές εργασίες και σιδηροκατασκευές. Αξίζει να αναφερθεί ότι πολλά από αυτά τα υλικά έχουν ιδιαίτερη αξία καθώς αποτελούν προϊόντα υψηλής τεχνικής και ικανότητας ή και έχουν κατασκευαστεί με τρόπους οι οποίοι δεν είναι διαθέσιμοι πλέον σήμερα όπως παλιές μεταλλικές πόρτες ή χειροποίητα μπουαζερί από ξύλο. Στη συνέχεια ακολουθεί ο on-site διαχωρισμός των αμιγώς οικοδομικών υλικών όπως για παράδειγμα τούβλα, τσιμέντο, οπλισμός σκυροδέματος από χάλυβα σε μεγάλες ποσότητες. Συνήθως διαχωρίζονται σε ξεχωριστούς κάδους, καθαρά από

προσμίξεις ή άλλα υλικά οι οποίοι με τη σειρά τους μεταφέρονται στις αντίστοιχες μονάδες που έχουν καθοριστεί στην προηγούμενη παράγραφο.

Κατά το σχεδιασμό της διαδικασίας αποκατασκευής αξίζει να εξεταστεί η αρχή του **Repeat, Rethink, Renew**. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια ιεραρχία περιβαλλοντικών ωφελειών και παράλληλα σαν ένα σύστημα μεθόδων επανάχρησης (Willims and Guy , 2003). Σύμφωνα με την παραπάνω αρχή το πρώτο βήμα που οφείλει να πραγματοποιηθεί πριν την αποκατασκευή είναι η επόμενη χρήση τους μετά την αποσυναρμολόγηση. Σύμφωνα με αυτές τις τρεις στρατηγικές το **Repeat** περιλαμβάνει την ελάχιστη δαπάνη επιπρόσθετης ενέργειας δίνοντας ένα δεύτερο κύκλο ζωής στο οικοδομικό υλικό. Για παράδειγμα όταν το πλαίσιο μιας πόρτας χρησιμοποιείται απευθείας για την ίδια χρήση δεν απαιτείται επιπρόσθετη δαπάνη ενέργειας για την επανάχρηση του και πιθανώς ούτε επιπρόσθετο χρώμα ή οποιαδήποτε άλλη διεργασία. Από την προοπτική της βιωσιμότητας, αυτή είναι η πιο αποδοτική εφαρμογή για επιλογές επανάχρησης. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου του **Rethink** η ανάλυση των ιδιοτήτων υλικού και η τροποποίησή του για τη χρήση τους στο νέο τους σκοπό υπερσχύει της αρχικής λειτουργίας του υλικού. Όσο περισσότερο η αρχική λειτουργία του μπορεί να αγνοηθεί τόσο ευκολότερα μπορεί να ενσωματωθεί σε καινούριες επιλογές. Αυτό κατά πάσα πιθανότητα απαιτεί τη τροποποίηση του υλικού και απαιτεί τη χρήση περισσότερων πόρων. Η προσέγγιση του **Renew** αναδεικνύει ότι η επανάχρηση δεν είναι ένας τρόπος σχεδιασμού ο οποίος υποβαθμίζει την αξία των υλικών στις νέες συνθήκες, αλλά αντίθετα την αναβαθμίζει και ανανεώνει.

Η σύγχρονη πρακτική αποκατασκευής στα υφιστάμενα κτήρια έχει δείξει ότι υπάρχουν πολλά τεχνικά εμπόδια στην επιτυχημένη ανάκτηση οικοδομικών υλικών και στοιχείων. Τα εμπόδια αυτά προκύπτουν κυρίως από τις συνήθειες πρακτικές κατασκευής όπου αντιμετωπίζουν τη συναρμολόγηση των υλικών και των επιμέρους στοιχείων με ακανόνιστο τρόπο, με ένα τελικό σκοπό μόνο, τον τελικό στόχο της παράδοσης του κτηρίου. Μια τέτοια περιορισμένη οπτική του κτηριακού περιβάλλοντος περιορίζει τις δυνατές επιλογές αξιοποίησης των υλικών μετά τον κύκλο ζωής τους, όταν το κτήριο εξαντλεί τον προσδοκώμενο χρόνο χρήσης του. Μέσα από μια πιο σφαιρική οπτική του κτηριακού περιβάλλοντος και των υλικών μέσα σε αυτό, αναγνωρίζεται η ανάγκη να ληφθεί υπόψη κατά τον σχεδιασμό τόσο η φάση κατασκευής όσο και η φάση αποκατασκευής. Παρότι η σημερινή βιομηχανοποιημένη μέθοδος παραγωγής οικοδομικών υλικών, δίνει μικρή σημασία σε θέματα επανάχρησης και ανακύκλωσης υπάρχουν αρκετά ιστορικά παραδείγματα κτηρίων που έχουν επιτυχώς αποκατασκευαστεί για επανάχρηση καθώς είχαν σχεδιαστεί ειδικά για αυτό το λόγο. Η ανάλυση αυτών των παραδειγμάτων αναδεικνύει κοινές στρατηγικές και πρακτικές για τον σχεδιασμό για αποκατασκευή, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν χρήσιμες πληροφορίες στους μελετητές οι οποίοι προσδοκούν να αυξήσουν τα ποσοστά ανάκτησης των μελλοντικών υλικών. Παρόμοιες πληροφορίες επίσης πηγάζουν από το συγγενές πεδίο του βιομηχανικού σχεδιασμού. Αξίζει να αναφερθεί ότι πολλές μεγάλες

εταιρείες όπως η Zerox, η Kodak, η HP και η BMW ήδη σχεδιάζουν κατά αυτό τον τρόπο τα προϊόντα τους.

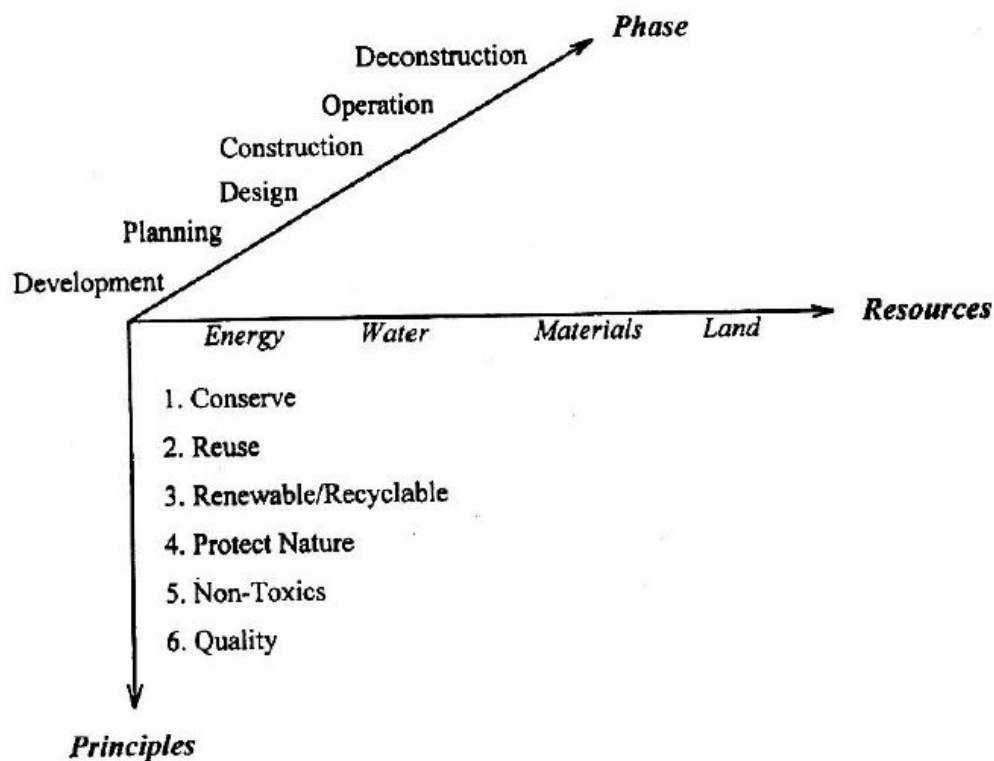
Υπάρχουν τρεις βασικές προσεγγίσεις με σημαντική επίπτωση στη διαδικασία λήψης απόφασης κατά το σχεδιασμό ενός κτηρίου για μελλοντική αποκατασκευή. Αυτές είναι :

α) το ολιστικό μοντέλο του περιβαλλοντικά βιώσιμου τρόπου κατασκευής:

Σχεδιάζοντας μια μελλοντική επανάχρηση έχουμε προφανή περιβαλλοντικά οφέλη μπορούν όμως και να υπάρχουν πιθανά περιβαλλοντικά κόστη και αν και αυτά είναι, ασφαλώς, πολύ μικρότερης τάξης μεγέθους οφείλουν να αναγνωριστούν και να ληφθούν υπόψη. Για την ορθή διαχείριση αυτής της διαδικασίας απαιτείται ένα μοντέλο το οποίο αναδεικνύει τη θέση και το ρόλο του σχεδιασμού για επανασυναρμολόγηση στην ευρύτερη εικόνα της περιβαλλοντικά βιώσιμης κατασκευής.

Η έννοια της εκτίμησης κύκλου ζωής είναι ευρέως αναγνωριζόμενη ως ένας τρόπος κατανόησης, εκτίμησης και σχεδιασμού μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ενεργειών μας. Η εκτίμηση κύκλου ζωής ενός συστήματος ή ενός προϊόντος αναγνωρίζει όλα τα inputs και outputs ευεργετικά ή μη, κατά τη διάρκεια ζωής του υπό εξέταση συστήματος ή προϊόντος. Συνηθίζεται να παρουσιάζεται αυτή η ανάλυση ως ένα δισδιάστατο γράφημα το οποίο παρουσιάζει τα περιβαλλοντικά οφέλη κατά τη διάρκεια της ζωής του σε σχέση με το στάδιο που βρίσκεται αυτό το υλικό ή το σύστημα στον κύκλο ζωής του. Με αυτό τον τρόπο όλες οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να εντοπισθούν και να αναλυθούν. Ο τρόπος αυτός παράλληλα όμως δεν προσφέρει στρατηγικές για την αντιμετώπιση των ανεπιθύμητων επιπτώσεων.

Μια προτεινόμενη λύση με ιδιαίτερο ενδιαφέρον προτείνεται από τον Charles Kibert (1994, University of Florida) στο οποίο παρουσιάζονται σε τρεις άξονες οι περιβαλλοντικοί πόροι, τα στάδια κύκλου ζωής και οι αρχές βιωσιμότητας. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να παρασταθεί γραφικά ένας μεγάλος αριθμός θεμάτων που αφορούν τη βιομηχανία κατασκευής περιβαλλοντικά φιλικών υλικών και συστημάτων και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Το μοντέλο αυτό μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη διαχείριση του τρόπου λήψης αποφάσεων σε ένα κατασκευαστικό έργο. Σε κάθε σημείο τομής κατά τους τρεις άξονες προκύπτει ένα φάσμα αποφάσεων που πρέπει να ληφθεί και περαιτέρω επιπτώσεις στους αντίστοιχους άξονες πρέπει να ληφθούν υπόψη.



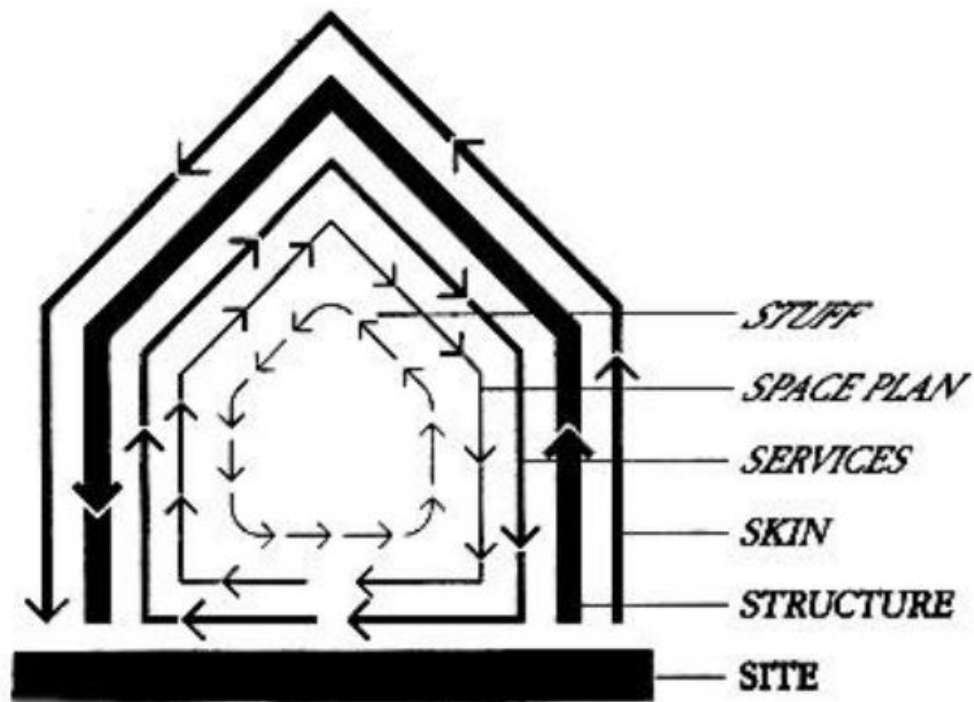
Σχήμα 1. Οι τρεις άξονες των περιβαλλοντικών πόρων, των σταδίων κύκλου ζωής και των αρχών βιωσιμότητας.

β) η αντίληψη του κτηρίου σαν μια διαστρωμάτωση επιπέδου με διαφορετικούς χρόνους ζωής:

Αναφερόμενοι στην έννοια ενός κτηρίου επικρατεί η τάση να το αντιλαμβανόμαστε ως μια ενιαία μονάδα. Τα κτήρια σχεδιάζονται, κατασκευάζονται και μεταβιβάζονται ως ολοκληρωμένες οντότητες. Παρόλα αυτά η έννοια αυτή του κτηρίου είναι λανθασμένη ως ένα σημείο. Τα περισσότερα κτήρια ζουν για πολλά χρόνια σε μια συγκεκριμένη μορφή ή μια άλλη η οποία αλλάζει κατά τη διάρκεια ζωής του κτηρίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σε μια διαφορετική σειρά κτηρίων κατά την πάροδο του χρόνου τα οποία μπορεί να μοιράζονται μεταξύ τους ή όχι συγκεκριμένα φυσικά στοιχεία του κτηρίου. Κατά κύριο λόγο ο στατικός φορέας του κτηρίου συνήθως διατηρείται καθώς οι εσωτερικοί χώροι αποτελούνται από στοιχεία τα οποία απομακρύνονται ή και αντικαθίστανται ή από μηχανολογικά και ηλεκτρολογικά δίκτυα τα οποία αναβαθμίζονται. Από την ανάλυση της αρχιτεκτονικής καθομιλουμένης κυρίως από το γνωστό συγγραφέα John Habraken (1998) συνήθως αναγνωρίζονται δύο επίπεδα στο κτήριο. Πρωτίστως ο στατικός φορέας ο οποίος έχει μεγάλη διάρκεια ζωής και δευτερευόντως τα στοιχεία που απαρτίζουν τους εσωτερικούς χώρους, όπως οι διαχωριστικοί τοίχοι οι οποίοι μπορούν να απομακρυνθούν, να αντικατασταθούν ή να μετακινηθούν κατά την

πάροδο του χρόνου ανάλογα με τις χωρικές ανάγκες. Σε αυτά τα κτήρια έχει υλοποιηθεί ιδιαίτερη τεχνολογική εξέλιξη η οποία επιτρέπει τέτοιου είδους αλλαγές μέσω του σχεδιασμού για αποσυναρμολόγηση με μικρό χρόνο ζωής.

Η αναγνώριση των διαφορετικών χρόνων ζωής των επιμέρους περιοχών ενός κτηρίου ήταν ένα δημοφιλές θέμα για τους αρχιτέκτονες το 1960 όπου ομάδες όπως οι Archigram στη Μεγάλη Βρετανία, οι Metabolists στην Ιαπωνία πειραματιζόνταν με τέτοια κτηριακά συστήματα όπου η αποσυναρμολόγηση δεν ήταν μόνο δυνατή αλλά τονίζονταν στον αισθητικό χαρακτήρα αυτών των έργων. Έχει ενδιαφέρον ότι αυτοί οι αρχιτέκτονες συχνά πρότειναν συγκεκριμένες διάρκειες ζωής για διαφορετικά μέρη κτηρίων τα οποία εξαρτιόνταν από το προσδόκιμο χρόνο ζωής των κτηρίων αυτών. Μια παρόμοια αλλά πολύ πιο εκτεταμένη ανάλυση των διαφορετικών χρόνων ζωής των επιμέρους μελών των κτηρίων (layers), είναι η αξιοσημείωτη δουλειά του Stewart Brand. Ο Brand διαμελίζει τα κτήρια σε : structure, skin, services, space plan, stuff και site.



Σχήμα 2. Διαστρωμάτωση επιπέδων διαφορετικών χρόνων ζωής ενός κτηρίου.

Site : ορίζεται ως ο γεωγραφικός χώρος δηλαδή το έδαφος στο οποίο το κτήριο εδράζεται. Το site είναι αιώνιο.

Structure : είναι τα θεμέλια και τα φέροντα στοιχεία του κτηρίου τα οποία το κάνουν να στέκεται. Ο χρόνος ζωής του αναμένεται να διαρκέσει από 30 έως 300 χρόνια.

Skin : απαρτίζεται από την εξωτερική τοιχοποιία, τα παράθυρα, το σύστημα στέγασης και όλα τα συστήματα τα οποία διαχωρίζουν τον εσωτερικό χώρο από το φυσικό περιβάλλον. Ο χρόνος ζωής του αναμένεται να διαρκέσει έως 20 χρόνια, λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας και αλλαγής μόδας.

Services : ηλεκτρικά, υδραυλικά, μηχανολογικά δίκτυα κ.τ.λ. Ο χρόνος ζωής του αναμένεται να διαρκέσει από 7 έως 15 χρόνια.

Space plan : τα εσωτερικά διαχωριστικά συστήματα και τοίχοι όπου αλλάζουν κάθε 3 χρόνια στα κτήρια τριτογενούς τομέα και κάθε 30 στα οικιστικά.

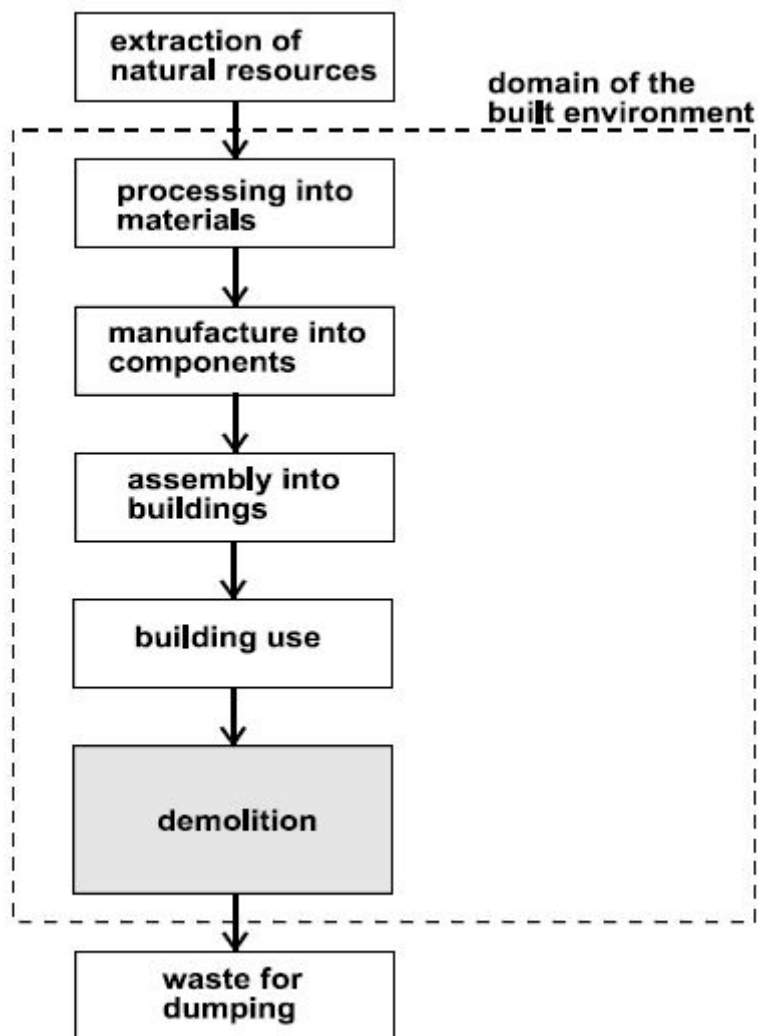
Stuff : η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τα έπιπλα και όλα τα άλλα μη προσκολλημένα στοιχεία στο χώρο. Ο Brand τονίζει ότι τα έπιπλα δεν ονομάζονται τυχαία mobilia στα ιταλικά.

Ο Brand προχωρά σε εκτεταμένες εξηγήσεις του σχεδιασμού και κατασκευής κτηρίων με layers. Υπάρχει σημαντική συσχέτιση στους χρόνους ζωής των διαφορετικών layers όσον αφορά την επίδρασή τους στο σχεδιασμό για αποσυναρμολόγηση. Η αποσυναρμολόγηση θα παρουσιαστεί πρωτίστως στις διεπιφάνειες αυτών των layers. Κατά συνέπεια τα σημεία αυτά επαφής – τομής οφείλουν να σχεδιαστούν με τρόπο που η αποσυναρμολόγηση σε αυτές τις περιοχές να είναι εφικτή και να διευκολύνεται. Αυτή η σχεδιαστική παράμετρος επιτρέπει στα κτήρια να εξελίσσονται και να αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια του χρόνου με τρόπο υπεύθυνο και φιλικό προς το περιβάλλον και την κοινωνία.

γ) η ιεραρχία ανακύκλωσης που αναγνωρίζει διαφορετικά οφέλη από διαφορετικές επιλογές επανάχρησης και ανακύκλωσης:

Ο συνήθης τρόπος που λειτουργούμε στη σύγχρονη βιομηχανοποιημένη κοινωνία και δυστυχώς κυριαρχεί ακόμα στο χώρο της κατασκευής είναι αυτός της μοναδικής χρήσης και απόρριψης. Τα υλικά εξάγονται απευθείας από το φυσικό περιβάλλον, επεξεργάζονται, χρησιμοποιούνται μια φορά και συνήθως απορρίπτονται πίσω στο φυσικό περιβάλλον από το οποίο προέρχονται υποβαθμισμένα. Κατ'επέκταση αυτό το οποίο αποκαλείται « κύκλος ζωής », στην πραγματικότητα μόνο κύκλος δεν είναι αλλά μια ευθεία η οποία ξεκινά με την εξαγωγή των υλικών και τελειώνει με την αποβολή ανεπιθύμητων απορριμμάτων.

Ένα τέτοιο μοντέλο σχετικά με την πορεία των υλικών μέσα από το περιβάλλον κατασκευής, παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα, στο οποίο διακρίνονται τα παρακάτω στάδια του κύκλου ζωής του: εξαγωγή (extraction), κατεργασία (processing), επεξεργασία (manufacture), συναρμολόγηση (assembly), χρήση (use), κατεδάφιση (demolition), απόρριψη (disposal).



Σχήμα 3. Στάδια κύκλου ζωής ενός οικοδομικού υλικού χωρίς ανακύκλωση ή επανάχρηση.

Το παραπάνω μοντέλο όπως έχει ήδη γίνει κατανοητό δεν αποτελεί την μοναδική επιλογή και δεν είναι καθόλου δύσκολο να αναμορφωθούν τα επιμέρους στάδια σε πραγματικούς κύκλους ζωής για τα υλικά, στους οποίους τα ανεπιθύμητα υλικά και στοιχεία ή ακόμα και ολόκληρο το κτήριο μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί ή να ανακυκλωθεί.

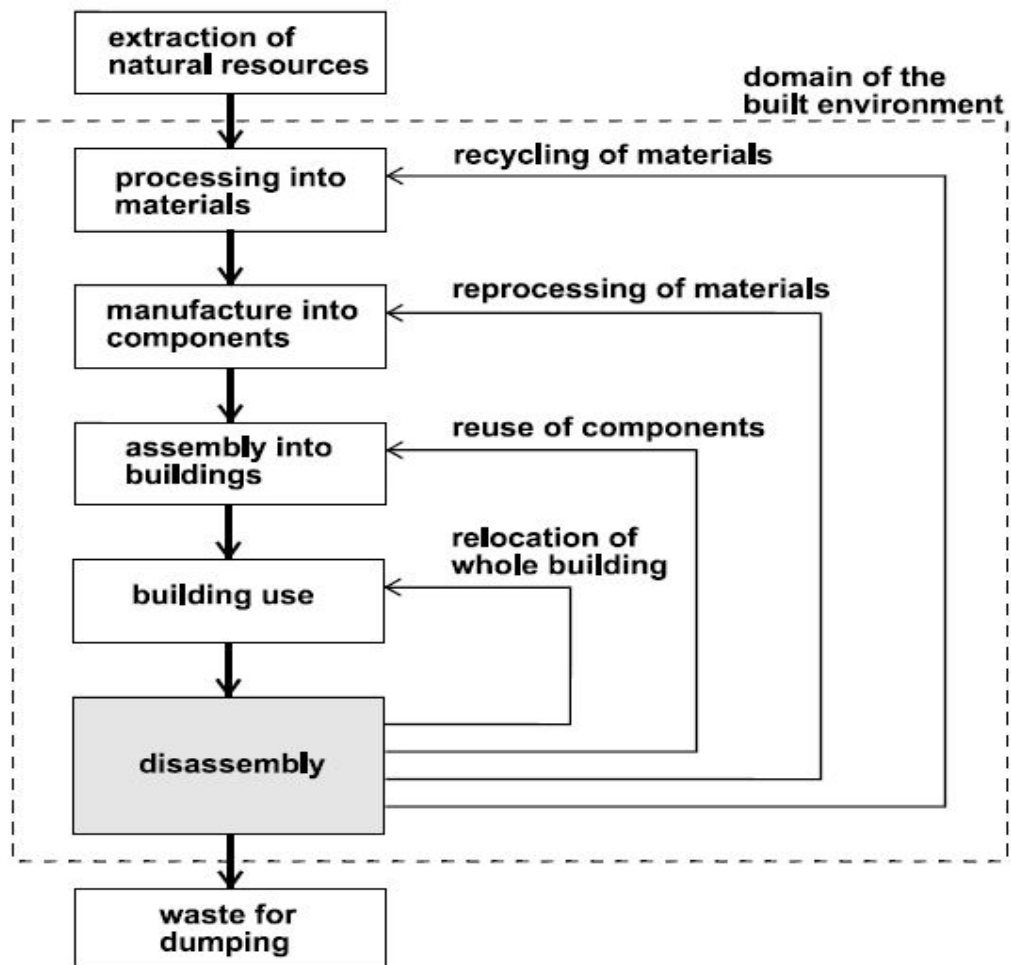
Όπως απεικονίζεται και στο παρακάτω σχήμα ένα φάσμα σεναρίων ανακύκλωσης μπορεί να εντοπιστεί (recycling scenarios) με αντίστοιχα αποτελέσματα. Λαμβάνοντας υπόψη τα τεχνικά αποτελέσματα της διαδικασίας

αποκατασκευής, τέσσερα διαφορετικής κλίμακας σενάρια μπορούν να αναγνωριστούν:

- Η επανάχρηση ολοκλήρου του κτηρίου
- Η παραγωγή ενός νέου κτιρίου
- Η παραγωγή νέων στοιχείων
- Η παραγωγή νέων υλικών

Τα σενάρια αυτά συσχετίζονται άμεσα με τέσσερις πιθανές στρατηγικές ανακύκλωσης – επανάχρησης (end of life scenarios).

- Επανάχρηση του κτιρίου ή μετακίνηση του.
- Επανάχρηση στοιχείων του ή μετακίνηση τους σε ένα νέο κτίριο
- Επανάχρηση υλικών για την κατασκευή νέων στοιχείων-προϊόντων
- Ανακύκλωση υλικών προς παραγωγή νέων υλικών



Σχήμα 4. Απεικόνιση των τεσσάρων πιο πιθανών στρατηγικών ανακύκλωσης και επανάχρησης εφαρμοσμένα στο κύκλο ζωής ενός οικοδομικού υλικού.

Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός ότι κάποια από αυτά τα πιθανά σενάρια είναι πιο επιθυμητά από κάποια άλλα. Η επανάχρηση ενός κτηριακού στοιχείου έχει το πλεονέκτημα ότι απαιτεί λιγότερη ενέργεια ή πόρους σε σχέση με την ανακύκλωση ενός υλικού, δεδομένου ότι χρήση επιπρόσθετης ενέργειας ή πόρων συσχετίζεται άμεσα με πρόσθετες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως η χρήση καυσίμων. Οποιαδήποτε στρατηγική εξοικονομεί ενέργεια και πόρους είναι ελκυστικότερη και έχει επιπρόσθετα πλεονεκτήματα. Έτσι για το σχεδιασμό αποκατασκευής ενός κτηρίου, το όφελος για το περιβάλλον μεγαλώνει σε πλήρη αντιστοιχία με το επιλεγόμενο σενάριο κύκλου ζωής για το οποίο προδιαγράφεται.

2.3 ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

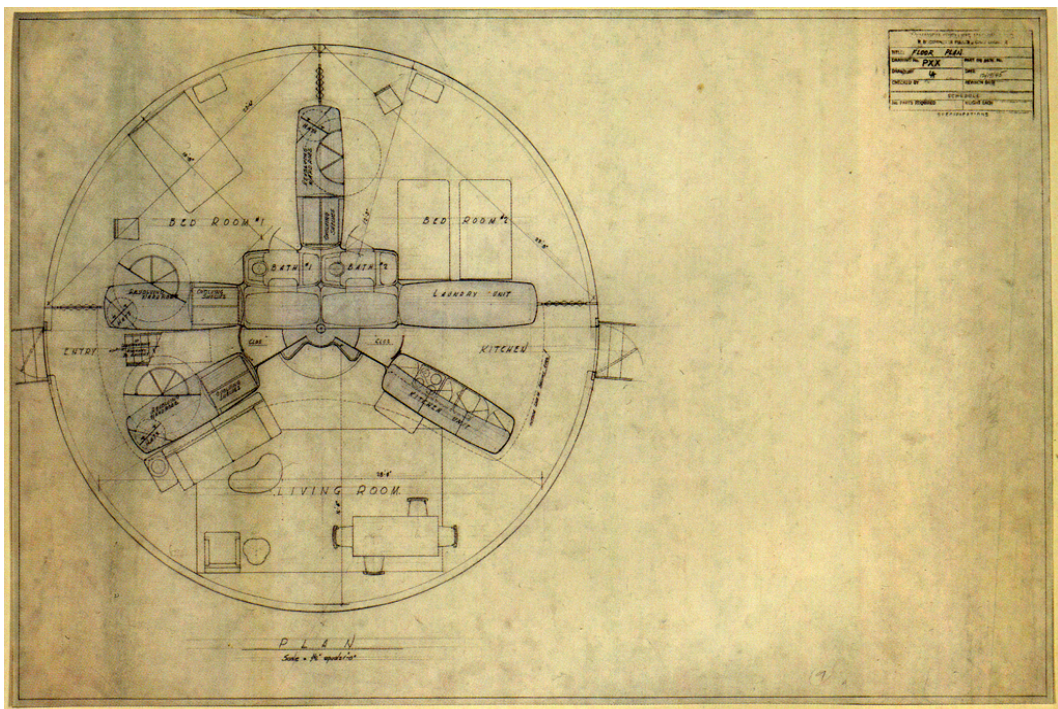
Καθώς ο σχεδιασμός για την αποσυναρμολόγηση/αποκατασκευή των κτηρίων δεν είναι κοινή πρακτική, αξίζει να εξετάσουμε προσεκτικά έναν αριθμό αντιπροσωπευτικών κτηρίων τα οποία έχουν σχεδιαστεί για αποσυναρμολόγηση. Η ανασκόπηση αυτών των κτηρίων αποκαλύπτει τις παρακάτω κοινές αρχές σχεδιασμού οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οδηγός στη φάση σχεδιασμού ανάλογων έργων :

1.Χρήση υλικών από ανακύκλωση και χρήση υλικών που μπορούν να ανακυκλωθούν.

Η χρήση τέτοιων υλικών θα ενθαρρύνει τη βιομηχανία όσο και τις κυβερνήσεις να επενδύσουν νέες τεχνολογίες ανακύκλωσης και να ενισχύσουν τη στήριξη μελλοντικών αγορών για ανακύκλωση. Η χρήση ανακυκλωμένων και ανακυκλούμενων υλικών αυξάνει σημαντικά τη περιβαλλοντική αξία στο τέλος ζωής του κτηρίου επιτρέποντας την εφαρμογή όλων των στρατηγικών ανακύκλωσης που έχουν ήδη προαναφερθεί. Ένα τέτοιο παράδειγμα στο οποίο όλα τα επίπεδα/στρατηγικές ανακύκλωσης/ανάκτησης μπορούν να εφαρμοστούν είναι η δουλειά του Buckminster Fuller. Το Dymaxion House/Project (1962) του ίδιου εθεωρείτο ότι εξασφάλιζε τη μέγιστη απόδοση κάθε λίρας η οποία είχε πληρωθεί για τα υλικά κατασκευής. Στο έργο αυτό το τελικό προϊόν –κατοικία διατίθετο μόνο για ενοικίαση υπό την προϋπόθεση ότι όλα τα υλικά τα οποία έπρεπε να αντικατασταθούν λόγω συντήρησης ή επισκευής θα επιστρέφονταν στον κατασκευαστή του έργου για ανακύκλωση. Τελικά ο χρόνος-κύκλος ζωής αυτού του έργου θα ανανεώνονταν συνεχώς, εξασφαλίζοντας ότι όλα τα υλικά θα ανακυκλώνονταν πλήρως.



Εικόνα 1. Το Dymaxion House/Project του Buckminster Fuller (1962).



Εικόνα 2. Το Dymaxion House/Project του Buckminster Fuller (1962)/ Κάτοψη.

2.Ελαχιστοποίηση της χρήσης διαφορετικών υλικών.

Με αυτό τον τρόπο θα απλοποιηθεί ιδιαίτερα η διαδικασία διαχωρισμού κατά τη διάρκεια της αποσυναρμολόγησης και θα μειωθεί το κόστος μεταφοράς σε διαφορετικές τοποθεσίες μονάδων ανακύκλωσης εφόσον οι ποσότητες σε κάθε υλικό θα μεγιστοποιηθούν. Σε αυτή την αρχή βέβαια υπάρχει και η άλλη πλευρά όπου η εκτεταμένη απλοποίηση θα μπορούσε να αυξήσει σημαντικά τις απαιτήσεις της ποιότητας των υλικών ή και να οδηγήσει σε επανασχεδιασμό. Συνεπώς η εφαρμογή με βέλτιστο τρόπο αυτής της αρχής σε σχέση με τις προδιαγραφές και προϋπολογισμό ενός έργου κρίνεται απαραίτητη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αύξηση των τιμών των ξύλινων σπιτιών στην Αυστραλία του 20ού αιώνα η οποία πιθανώς να οφείλεται στην υπεραπλούστευση του τρόπου σχεδιασμού τους λόγω της υψηλής τιμής ξυλείας.

3.Αποφυγή τοξικών και επικίνδυνων υλικών.

Είναι απαραίτητη η μείωση του ενδεχομένου παρουσίας ανεπιθύμητων υλικών κατά τη διάρκεια διαχωρισμού για ανακύκλωση το οποίο θα αυξήσει τον κίνδυνο της ασφάλειας χρήσης τους ακόμα και σε θέματα υγείας και τελικά θα αποθαρρύνει τις διαδικασίες αποσυναρμολόγησης. Επίσης, η ύπαρξη τέτοιων υλικών όπου είναι αδύνατο να διαχωριστούν ή να απομακρυνθούν από τα υπόλοιπα υλικά θα μπορούσε να οδηγήσει σε σημαντική υποβάθμιση της τελικής ποιότητας των υλικών έως και την απαγόρευση της παραγωγής ή χρήσης τους.

4.Αποφυγή σύνθετων υλικών και χρήσης αδιαχώριστων υποσυναρμολογήσεων από το ίδιο υλικό.

Με αυτό τον τρόπο μπορεί να αποφευχθεί η «μόλυνση» ενός υλικού από πολύ μικρές ποσότητες ενός άλλου υλικού το οποίο δε μπορεί εύκολα να διαχωριστεί. Πολλά σύνθετα προϊόντα αποτελούνται από ένα μείγμα διαφορετικών υλικών τα οποία είναι αδύνατο να ανακυκλωθούν μαζί. Αυτό έχει ως συνέπεια την ανάγκη υψηλών απαιτήσεων αποκόλλησης – αποσυναρμολόγησης έτσι ώστε να ανακτηθούν τα υλικά αμιγώς προς ανακύκλωση. Το γεγονός αυτό αυξάνει σημαντικά το κόστος της διαδικασίας αυτής, με αποτέλεσμα η ανακύκλωση να μην είναι συμφέρουσα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα προκατασκευασμένα laminated panels όπου ο διαχωρισμός των υλικών είναι πολλές φορές αδύνατος. Συνεπώς τα υλικά τα οποία απαρτίζουν τα συστήματα αυτά είναι αδύνατο να ανακτηθούν και κατ'επέκταση να ανακυκλωθούν.

5.Αποφυγή εφαρμογής και ελαχιστοποίηση χρήσης φινιρισμάτων στις τελικές επιφάνειες.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι βαφές οι οποίες συνήθως προσκολλούνται ισχυρά στην επιφάνεια βάσης τους και καθιστούν το διαχωρισμό

και την ανακύκλωση δύσκολη έως και τελείως αδύνατη. Εναλλακτικά προτείνεται η εφαρμογή ξεχωριστών φινιρισμάτων με μηχανική στήριξη. Αρκετές φορές η εφαρμογή φινιρισμάτων σε υγρή μορφή (coating) είναι αναπόφευκτη όταν για παράδειγμα απαιτείται η αύξηση της πυραντοχής μιας επιφάνειας με ακανόνιστο σχήμα. Σε κάθε περίπτωση η ελαχιστοποίηση της χρήσης τους δρα προς όφελος του βαθμού ανακυκλωσιμότητας ενός κτηρίου.

6.Καθορισμός ενιαίου standard και συστήματος αναγνωρισιμότητας των υλικών.

Πολλά υλικά όπως πλαστικά δεν είναι εύκολα αναγνωρίσιμα και η ύπαρξη μιας μη μετακινούμενης και άφθαρτης σήμανσης, θα διευκόλυνε ιδιαίτερα την διαδικασία διαχωρισμού των υλικών στο μέλλον και την περαιτέρω αξιολόγηση για την επανάχρηση ή ανακύκλωσή τους. Μια τέτοια κωδικοποιημένη σήμανση θα μπορούσε να περιέχει πληροφορίες σχετικά με τον τύπο του υλικού, τον χρόνο και τον τόπο παραγωγής του, τη μηχανική αντοχή του, την τοξικότητά του κ.τ.λ. Επίσης, στη φάση παράδοσης κατά το πέρας κατασκευής ενός έργου θα ήταν ιδιαίτερα σημαντική μαζί με τα « as build» σχέδια, καταγεγραμμένο μητρώο με την πλήρη ενημέρωση για όλα τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τη κατασκευή του έργου και τις ιδιότητες του (MSDS - Material Safety Data Sheets).

7.Ελαχιστοποίηση του αριθμού διαφορετικών τύπων στοιχείων.

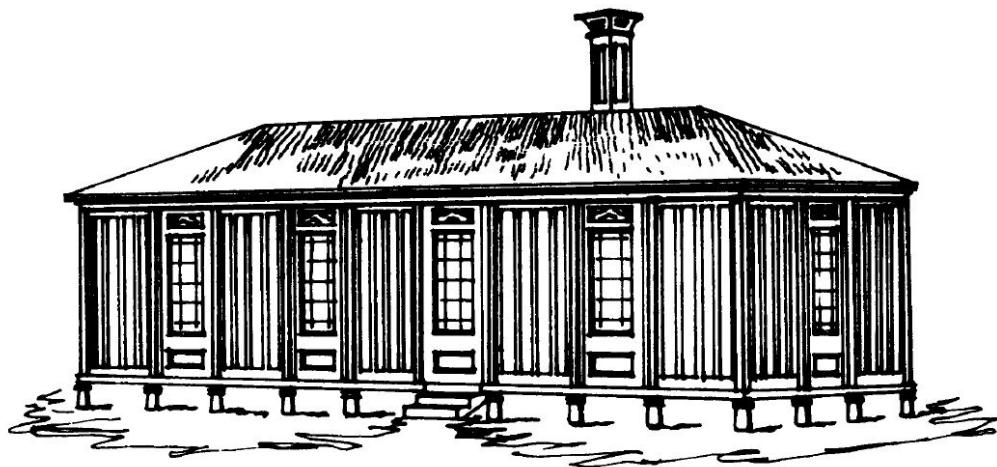
Αυτή η αρχή σχεδιασμού μπορεί να απλοποιήσει τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης, διαχωρισμού καθώς επίσης να ελαχιστοποιήσει τον αριθμό των απαιτούμενων διεργασιών- διαδικασιών για τις εργασίες αυτές. Ταυτόχρονα οι προοπτικές ανακύκλωσης και επανάχρησης γίνονται πιο ελκυστικές καθώς συσσωρεύονται μεγαλύτερες ποσότητες υλικών σε μικρότερο αριθμό τύπων.

Η εξαπλούστευση των συστημάτων δόμησης με τρόπο που να ενισχύεται η φορητότητα τους έχει πρωτοεφαρμοστεί σε κτήρια από το 18^ο αιώνα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Manning Portable Cottage το οποίο αποτελεί ένα επιτυχημένο παράδειγμα τυποποίησης στοιχείων κατασκευής με σκοπό τη μετακίνηση και επανάχρηση του κτηρίου. Ο σχεδιασμός αυτός υλοποιήθηκε από τους Γερμανούς στις αποικίες τους εκείνη τη περίοδο.

Σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Crystal Palace(1851) το οποίο είχε τη δυνατότητα να μεταφέρεται σε διαφορετικές θέσεις και διαφορετικούς προορισμούς. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή του επέτρεπε την πλήρη αποσυναρμολόγηση και μετέπειτα συναρμολόγησή του καθώς απαρτιζόταν πλήρως από λίγους τύπους τυποποιημένων στοιχείων. Αξίζει να αναφερθεί ότι υπήρχαν μόνο τρεις τύποι υποστυλωμάτων. Η εκτεταμένη χρήση επαναλαμβανόμενων κτηριακών στοιχείων επιτρέπει τη μείωση του χρόνου εκπαίδευσης του προσωπικού για τη συναρμολόγηση και τη μείωση του χρόνου κατασκευής.



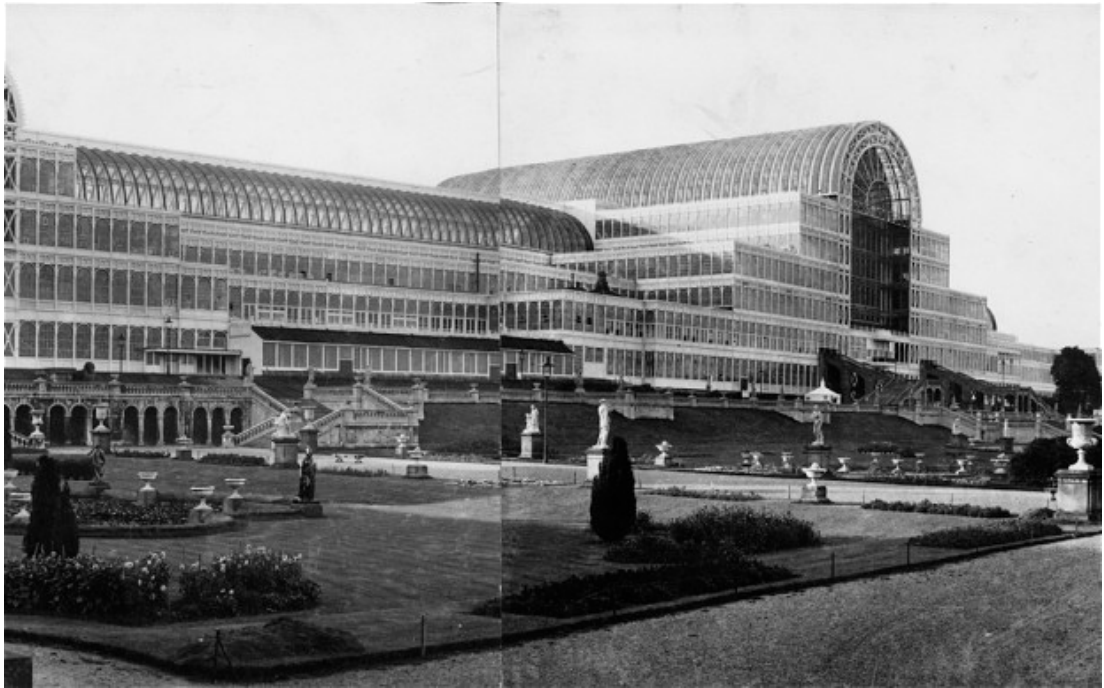
Εικόνα 3. Το Manning Portable Cottage.



Σχήμα 5. Αξονομετρικό σχέδιο του Manning Portable Cottage.

8.Χρήση μηχανικών συνδέσεων και ελαχιστοποίηση χημικών συνδέσεων.

Με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται ο διαχωρισμός των κτηριακών στοιχείων και των υλικών χωρίς καταστροφικές μεθόδους, αποφεύγεται η μίξη υλικών και μειώνονται δραματικά οι ζημιές κατά το διαχωρισμό τους.



Εικόνα 4. Το Crystal Palace εξωτερικά (1851).



Εικόνα 5. Το Crystal Palace εσωτερικά (1851).

9.Χρήση κτηριακών συστημάτων ανοιχτού τύπου όπου κομμάτια του κτηρίου είναι λιγότερο περιορισμένα προς αλλαγή αντικατάσταση και εφαρμόσιμα σε περισσότερες από μια χρήσεις.

Ο σχεδιασμός με αυτό τον τρόπο επιτρέπει αλλαγές στο εσωτερικό του κτηρίου μέσω μετακινήσεων στοιχείων χωρίς σημαντικές τροποποιήσεις. Η προκατασκευή κτηρίων υπήρξε ένα από τα κυρίαρχα ζητούμενα της βιομηχανίας κατασκευής από τις αρχές του 17^{ου} αιώνα. Μπορεί να υποστηριχθεί ότι ακόμα και ένα κοινό τούβλο το οποίο είναι φτιαγμένο με τυποποιημένο τρόπο ανήκει σε αυτή τη κατηγορία εφόσον μπορεί να αποσυναρμολογηθεί εύκολα και χρησιμοποιηθεί σε άλλα σημεία του ίδιου κτηρίου. Βεβαία στη κατηγορία αυτή ανήκουν πιο σύνθετα τυποποιημένα στοιχεία όπως φέροντα δικτυώματα και εσωτερικά διαχωριστικά σύγχρονου τύπου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Βρετανικό «CLASP» σύστημα δόμησης το οποίο αναπτύχθηκε το 1957 για εκπαιδευτικούς σκοπούς.



Εικόνα 6. Το Βρετανικό «CLASP» σύστημα δόμησης (1957).



Εικόνα 7. Το Βρετανικό «CLASP» σύστημα δόμησης (1957).

10.Χρήση τεχνολογιών κατασκευής συμβατούς με εφαρμογή κοινών πρακτικών και χρήση κοινού εξοπλισμού.

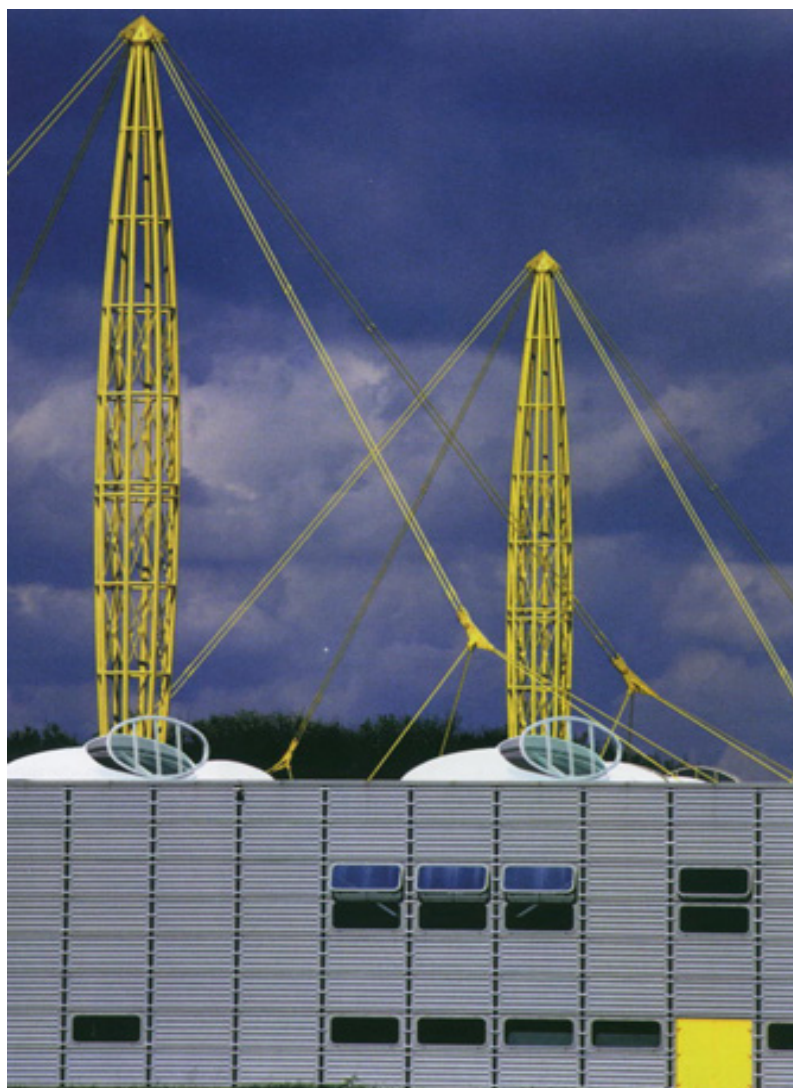
Τεχνολογίες προηγμένου και ειδικού τύπου κάνουν τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης ιδιαίτερα δύσκολη και λιγότερο ελκυστική επιλογή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το IGUS FACTORY των Nicholas Grimshaw and Partners όπου για την αποσυναρμολόγηση των συνδέσεων του, δεν απαιτούνται καθόλου εργαλεία και μπορεί να πραγματοποιηθεί με γυμνά χέρια, καθώς υποστηρίζουν οι σχεδιαστές του.

11.Διαχωρισμός του στατικού φορέα από το εξωτερικό κέλυφος, την εσωτερική τοιχοποιία και τα δίκτυα.

Η εφαρμογή αυτής της αρχής επιτρέπει την παράλληλη αποσυναρμολόγηση αυτών των στοιχείων και οδηγεί στην ελαχιστοποίηση του χρόνου αποσυναρμολόγησης.



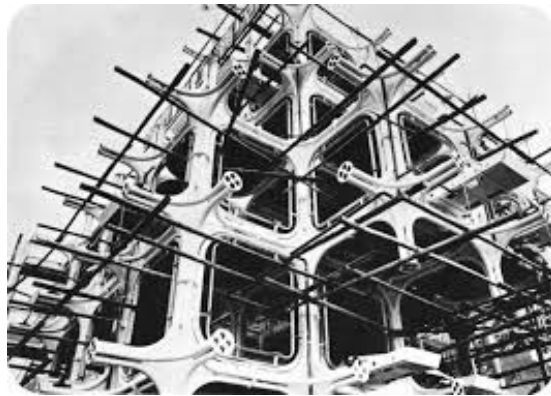
Εικόνα 8. IGUS FACTORY των Nicholas Grimshaw and Partners.



Εικόνα 9. IGUS FACTORY των Nicholas Grimshaw and Partners.

12. Πρόβλεψη πρόσβασης σε όλους τους χώρους και τα στοιχεία του κτηρίου.

Η εξασφάλιση αυτής της πρόσβασης εξασφαλίζει ευκολία στην αποσυναρμολόγηση και επιτρέπει την εξέλιξη των εργασιών για το εσωτερικό των κτηρίων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η δουλειά του Kurokawa για την Expo 1970, «Takara Beautillion» όπως παρουσιάζεται στη φωτογραφία πιο κάτω όλες οι συνδέσεις είναι εκτεθειμένες και προσβάσιμες δεδομένου ότι ήδη η κατασκευή λειτουργεί σαν σκαλωσιά.



Εικόνα 10. «Takara Beautillion» του Kurokawa (Expo 1970).



Εικόνα 11. «Takara Beautillion» του Kurokawa (Expo 1970).

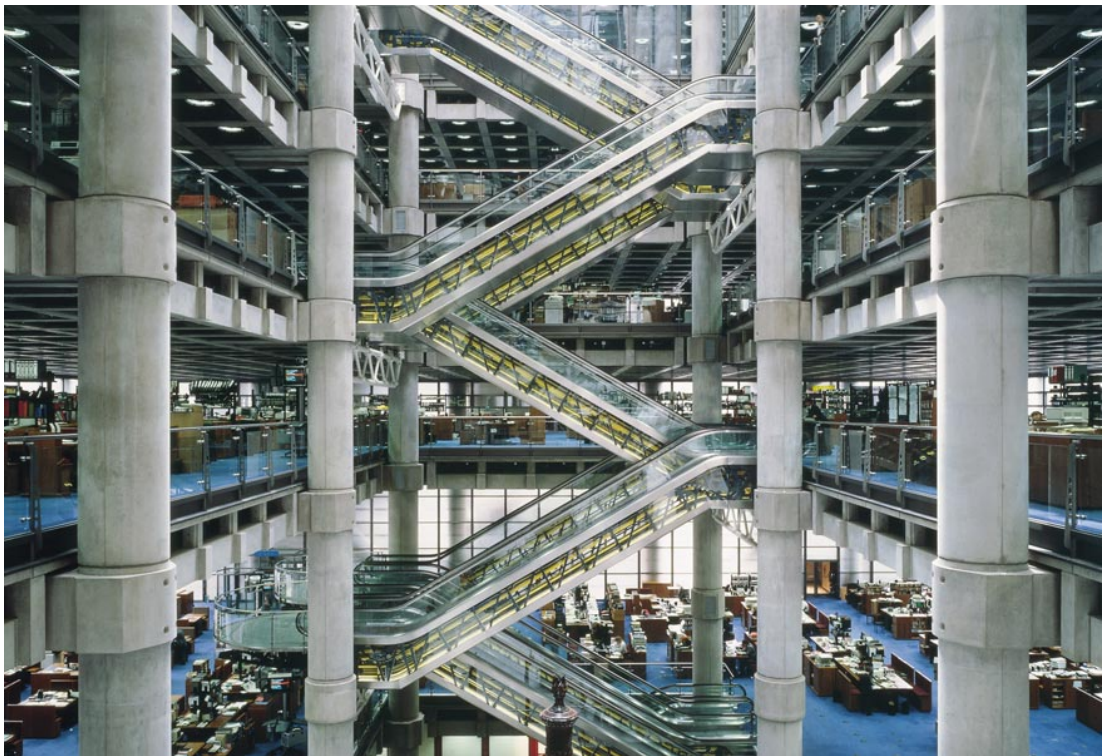
13. Χρήση στοιχείων και υλικών εύκολα στη μεταφορά και την τοποθέτηση.

Η εφαρμογή αυτής της αρχής διευκολύνει ιδιαίτερα τις διαδικασίες επανάχρησης και ανάκτησης υλικών, κάνει ελκυστική την ιδέα της επανάχρησης και μειώνει σημαντικά την ενέργεια που απαιτείται για τη μεταφορά ενός κτηρίου. Το Dymaxion House και το Wichita House του Buckminster Fuller αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα κατοικιών που έχουν κατασκευαστεί εξ'ολοκλήρου

από εργοστασιακά παραγόμενα στοιχεία και δίνουν τη δυνατότητα στον χρήστη να τα κατασκευάσει ή αποκατασκευάσει εντός 6 ημερών από ένα μόνο άτομο.

14.Εφαρμογή ρεαλιστικών κατασκευαστικών ανοχών που διευκολύνουν τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης.

Η αρχή αυτή εφαρμόστηκε επιτυχώς στο Lloyd's Building από τους Richard Rogers Partnership και ολοκληρώθηκε το 1986. Αποτελεί ένα καλό παράδειγμα ενός μεγάλου σύνθετου κτηρίου το οποίο ενσωματώνει ένα μεγάλο αριθμό μεγάλων κατασκευασμένων στοιχείων. Ο καθορισμός των κατάλληλων ανοχών για αυτό το κτήριο ήταν ένα σύνθετο και σημαντικό ζήτημα όπου υψηλής ποιότητας επιφάνειες απαιτούνταν. Αξίζει να αναφερθεί ότι σχετικά μεγάλα τμήματα του κτηρίου, όπως οι τουαλέτες εμφανίζονταν επαναλαμβανόμενα και μπορούσαν να μετακινηθούν και να απομακρυνθούν πλήρως για μελλοντική αντικατάσταση ή καθολική συντήρηση.



Εικόνα 12. Το Lloyd's Building από τους Richard Rogers Partnership (1986).



Εικόνα 13. Το Lloyd's Building από τους Richard Rogers Partnership (1986).

15.Ελαχιστοποίηση της χρήσης συνδετήρων και συνδέσμων.

Έτσι διευκολύνεται η γρήγορη και εύκολη αποσυναρμολόγηση έτσι ώστε οι διαδικασίες αποσυναρμολόγησης να παραμένουν εύκολες να κατανοηθούν.

16.Σχεδιασμός των συνδέσμων και των ενώσεων ώστε να αντέξουν σε επαναλαμβανόμενη χρήση.

Η ελαχιστοποίηση των ζημιών και των παραμορφώσεων των στοιχείων του κτηρίου και των υλικών κατά την επαναλαμβανόμενη αποσυναρμολόγηση-συναρμολόγηση διευρύνει το χρόνο ζωής της κατασκευής και συγκρατεί τα υλικά περισσότερο χρόνο από την τελική τους απομάκρυνση ή απόρριψη. Το IBM Travelling Exhibition Building του Renzo Piano είναι ένα πολύ επιτυχημένο παράδειγμα που εφαρμόζει την αρχή αυτή.



Εικόνα 14. Το IBM Travelling Exhibition Building του Renzo Piano.



Εικόνα 15. Το IBM Travelling Exhibition Building του Renzo Piano.



Εικόνα 16. Το IBM Travelling Exhibition Building του Renzo Piano.

17.Σχεδιασμός ώστε να επιτρέπεται η παράλληλη αποσυναρμολόγηση.

Με αυτό τον τρόπο ελαχιστοποιείται ο χρόνος αποκατασκευής και εξασφαλίζεται καλύτερη ποιότητα στα στοιχεία και υλικά που αποτελείται το κτήριο διότι έτσι ελαχιστοποιούνται οι πιθανές ζημιές που μπορεί να γίνουν κατά τη διάρκεια της αποσυναρμολόγησης.

18.Χρήση προκατασκευασμένων στοιχείων και συστηματικός τρόπος παραγωγής τους.

Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η ποσότητα των απαιτούμενων εργασιών στο πεδίο κατασκευής και διευκολύνεται η διασφάλιση και ο έλεγχος ποιότητας του τελικού προϊόντος όπως και της επανάχρησής του.

19.Χρήση ελαφρών υλικών και στοιχείων.

Έτσι διευκολύνεται η διαδικασία αποσυναρμολόγησης ενώ απαιτείται μικρότερη κατανάλωση ενέργειας κάνοντας την ιδέα των κατασκευών ακόμη πιο ελκυστική.

Είναι προφανές από τη παραπάνω λίστα αρχών σχεδιασμού ότι θα υπάρξουν περιπτώσεις που η ταυτόχρονη εφαρμογή τους θα είναι αδύνατη και ασυμβίβαστη. Οι αρχές αυτές προσφέρουν καθοδήγηση σχεδιασμού για μελλοντική αποσυναρμολόγηση-αποκατασκευή, όμως όπως έχει ήδη σημειωθεί υπάρχουν

ευρύτερα θέματα τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη στις διαδικασίες λήψης απόφασης ώστε να απαντηθούν κρίσιμα ερωτήματα όπως τι, πότε, που και γιατί στη φάση σχεδιασμού.

Κάθε ολοκληρωμένη στρατηγική σχεδιασμού ενός ανεξάρτητου κτηρίου για μελλοντική αποσυναρμολόγηση πρέπει να εφαρμόζεται και να υλοποιείται εντός του υφιστάμενου πλαισίου-γραμμής της βιομηχανίας κατασκευής και της ταχείας αναπτυσσόμενης βιομηχανίας επανάχρησης υλικών. Ο τελικός σχεδιασμός παραμένει πάντοτε μια πρόκληση της βέλτιστης εφαρμογής των αρχών αυτών με σκοπό, τη μεγιστοποίηση του περιβαλλοντικού οφέλους και την ελαχιστοποίηση του κόστους υλοποίησης.

2.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ-ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Ένα από τα κυριότερα πλεονεκτήματα της αποκατασκευής είναι ότι τα υλικά παρακάμπτονται από τη τελική τους πορεία προς την απόρριψη στην επανάχρηση ή ανακύκλωση με αποτέλεσμα οι φυσικοί πόροι να διατηρούνται περισσότερο. Άλλα οφέλη που επίσης πηγάζουν είναι κοινωνικά οφέλη λόγω των επιπρόσθετων θέσεων εργασίας που πραγματοποιούνται για να στηρίξουν τη βιομηχανία αποκατασκευής – ανακύκλωσης, οικονομικά οφέλη λόγω της μείωσης των τιμών των οικοδομικών υλικών και των κερδών των οποίων πηγάζουν τα διασωσμένα υλικά. Επίσης οι επιτυχημένες στρατηγικές υλοποίησης της αποκατασκευής μειώνουν σημαντικά τη χρήση γης και κατ'επέκταση την υποβάθμιση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, την αποδάσωση και επίσης την έκκληση αερίων θερμοκηπίου. Τα οφέλη σε σύγκριση με την κατεδάφιση μπορούν να διαφέρουν μεταξύ διαφορετικών περιπτώσεων. Πάντοτε όμως η μέχρι τώρα εμπειρία έχει δείξει ότι μπορούν να παραχθούν νέες θέσεις εργασίας για ανειδίκευτο εργατικό προσωπικό. Τέλος, μέσω συστηματικής παρακολούθησης και καταγραφής, δίνει σημαντική πληροφόρηση στους σχεδιαστές και αρχιτέκτονες ώστε να υλοποιήσουν κατασκευές μεγαλύτερου κύκλου ζωής και ελαχιστοποιώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το κόστος κατασκευής.

2.5 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ-ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ

Η διαδικασία αποκατασκευής μπορεί να συναντήσει εμπόδια ακόμα και αφού έχει πραγματοποιηθεί όλος ο συντονισμός εκ των προτέρων. Αυτά είναι συγκεκριμένα ζητήματα που ανακύπτουν ανά έργο, με μερικά από αυτά παραμένουν εκτός ελέγχου μειώνοντας το βαθμό ανάκτησης. Μερικά από αυτά είναι η προβληματική χρηματοδότηση των έργων, η ύπαρξη επικίνδυνων υλικών στην κατασκευή η οποία ύπαρξη δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων, εργασία χαμηλής ποιότητας από ανειδίκευτο προσωπικό, περιορισμένος χώρος στο έργο, η απουσία μονάδων ανακύκλωσης οικοδομικών υλικών σε μεγάλο εύρος ή η παρουσία τους σε μεγάλες αποστάσεις από το έργο. Επίσης ακόμα και οι καιρικές συνθήκες μπορούν να μειώσουν τη παραγωγικότητα και να καταστρέψουν υλικά εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες.

2.6 ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΕΡΧΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ

Κατά την οικονομική αξιολόγηση ενός τέτοιου έργου οι ακόλουθοι παράγοντες πρέπει να εξεταστούν αναλυτικά :

- Κόστος διαφορετικών επιλογών κατεδάφισης (ελεγχόμενη, επιλεκτική αποκατασκευή ή προσεκτική επιλογή υλικών)
- Κόστος μεταφοράς απορριμμάτων/υλικών
- Αμοιβές/έξοδα για απόρριψη υλικών ή εναπόθεσή τους σε κέντρα ανακύκλωσης
- Εφαρμόσιμοι περιβαλλοντικοί φόροι
- Έσοδα από κρατική επιδότηση
- Έσοδα και οικονομικό όφελος από την επανάχρηση υλικών και στοιχείων (αξία διάσωσης)

Όλα αυτά τα κόστη εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως η παρουσία τοπικών εξειδικευμένων εταιρειών σε θέματα ελεγχόμενης κατεδάφισης ή επιλεκτικής κατεδάφισης, όπως επίσης και το επίπεδο εξοπλισμού τους και η εμπειρία τους σε αυτό τον χώρο (συστήματα laser, ειδικά συστήματα διαμαντοκοπής, τεχνικές κατεδάφισης με νερό υπό υψηλή πίεση κ.τ.λ.).

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται από τη πλευρά του εργολάβου (contractor) τα οικονομικά οφέλη εναλλακτικά από μια κατασκευή με ελεγχόμενο τρόπο σε σύγκριση με μια κατεδάφιση.

Υπολογισμός καθαρού εργολαβικού οφέλους			
Αποκατασκευή		Κατεδάφιση	
Έσοδα	Έξοδα	Έσοδα	Έξοδα
Αξία συμβολαίου (έργου)	Δαπάνη οργάνωσης έργου	Αξία συμβολαίου (έργου)	Δαπάνη οργάνωσης έργου
Αξία διασωθέντων υλικών	Δαπάνη αποκατασκευής		Δαπάνη κατεδάφισης
Ύψος κρατικής επιδότησης	Δαπάνη επεξεργασίας υλικών		Δαπάνη μεταφοράς υλικών
	Δαπάνη μεταφοράς υλικών		Δαπάνη απόρριψης υλικών
	Δαπάνη απόρριψης μη διασωθέντων υλικών		

Πίνακας 1. Οικονομικό ισοζύγιο στις εναλλακτικές περιπτώσεις της αποκατασκευής ή κατεδάφισης.

Κάνοντας τη παραδοχή ότι ο εργολάβος θα διατηρήσει το κέρδος του σταθερό και στις δυο περιπτώσεις, τα επιμέρους έσοδα και έξοδα της αξίας διάσωσης μεταφοράς, απόρριψης, αποκατασκευής και απαιτούμενης επεξεργασίας προς παραγωγή οικοδομικών υλικών, τα οποία θα παραχθούν από τη διαδικασία αποκατασκευής, επηρεάζουν απευθείας και σε μεγάλο βαθμό την αξία συμβολαίου που καλείται να πληρώσει ο ιδιοκτήτης του έργου για τις δύο περιπτώσεις, της

καθολικής κατεδάφισης ή συστηματικής αποκατασκευής-αποσυναρμολόγησης μερικής ή ολικής. Είναι επίσης φανερό ότι η εφαρμογή περιβαλλοντικής πολιτικής του κράτους μέσω επιδοτήσεων, επηρεάζει άμεσα την αγορά αυτή καθώς είναι κρίσιμη για την ελκυστικότητα κάθε επιλογής.

2.7 ΑΓΟΡΑΣΤΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί μια επιλογή υλικών τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη κατασκευή προϊόντων ή την κατασκευή κτηρίων το κύριο ζήτημα είναι να οριστούν με ακρίβεια οι ιδιότητες και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους όπως η μηχανική αντοχή, η αντίσταση στη διάβρωση, η ανθεκτικότητα κ.τ.λ. Το επίπεδο των επιδόσεων του σε αυτά τα πεδία σε σχέση με τη τιμή του υλικού, θα συγκριθεί με τις αντίστοιχες τιμές και την τιμή του νέου πρωτογενούς υλικού. Η τελική επιλογή γίνεται ακόμη πιο σύνθετη καθώς οι απαιτήσεις σε επίπεδο ασφάλειας, ανθεκτικότητας, πυραντοχής και χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας στα νέα κτήρια αυξάνεται συνεχώς.

Η αγοραστική ζήτηση είναι το μεγαλύτερο κίνητρο για τα έργα αποσυναρμολόγησης-αποκατασκευής στο κτηριακό χώρο διότι έτσι δημιουργεί ευκαιρίες για τη συμμετοχή των εργολάβων και γενικότερα του ιδιωτικού τομέα. Η αγοραστική ζήτηση επίσης μπορεί να αυξήσει την αξία των διασωθέντων υλικών έτσι ώστε να καταστήσει επικερδές το αντίστοιχο έργο. Η θέση των έργων επηρεάζει πολύ σημαντικά το κόστος των υλικών διότι όσο πιο απομακρυσμένα είναι τα εργοτάξια κατασκευής από τα σημεία διάθεσης οικοδομικών υλικών τόσο περισσότερο αυξάνεται το κόστος μεταφοράς και κατ'επέκταση η αγοραστική ζήτηση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα έργα αποσυναρμολόγησης από το κτηριακό τομέα να παρουσιάζουν ένα πολύ σοβαρό πλεονέκτημα σε σχέση με τα υπόλοιπα. Το γεγονός αυτό δεν επηρεάζει αρνητικά την αγορά σε γενικό επίπεδο δεδομένου ότι τα αστικά κέντρα ασφυκτιούν από κτηριακές κατασκευές όπου εκεί καταγράφεται το μεγαλύτερο ποσοστό τους.

Υπάρχουν δυο τύποι αγορών που φαίνεται να επικρατούν μέχρι στιγμής σε αυτό το χώρο. Η πρώτη αφορά υλικά μικρού όγκου και ποσότητας υψηλής αξίας, σπάνια υλικά και αρχιτεκτονικά στοιχεία- αντίκες τα οποία μπορούν να επιφέρουν πολλά έσοδα ανά μονάδα προϊόντος. Σε αυτό το χώρο επικρατεί η επανάχρηση παρά η ανακύκλωση και χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι μεταλλικές πόρτες υψηλής λεπτομέρειας, μασίφ τούβλα παλιάς ηλικίας, κεραμίδια από παλιά σπίτια ή πλάκες στέγασης και καλοδιατηρημένη ξυλεία μεγάλης ηλικίας που έχει διασωθεί. Η αγορά αυτή ανθίζει με τη ζήτηση να υπερισχύει της προσφοράς κρατώντας τις τιμές σε υψηλά επίπεδα. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου εξειδικευμένος εξοπλισμός μεγάλης ηλικίας «αντίκες» προπωλείται πριν την απομάκρυνσή του.

Ο δεύτερος τύπος αγοράς αφορά υλικά τα οποία διατίθενται σε μεγάλες ποσότητες και όγκους όπως τα αδρανή τα οποία προέρχονται από τη θραύση του σκυροδέματος. Το συγκεκριμένο προϊόν κυριαρχεί κατά κράτος σε αυτή την αγορά και παρότι πρακτικές ανάκτησης των αδρανών προερχόμενων από κατεδάφιση εφαρμόζονται με το καλύτερο δυνατό τρόπο παρουσιάζονται εμπόδια τα οποία αποθαρρύνουν τη χρήση ανακυκλούμενων αδρανών όπως :

- Έλλειψη εμπιστοσύνης από πελάτες και εργολάβους.
- Έλλειψη γνώσης και αβεβαιότητα για τα περιβαλλοντικά οφέλη.
- Έλλειψη διεθνών προτύπων και τεχνικών χαρακτηριστικών των ανακυκλωμένων αδρανών στην αγορά τα οποία μπορούν να ληφθούν υπόψη με ασφάλεια στη παραγωγή σκυροδέματος στη παραγωγή υψηλών απαιτήσεων.
- Χαμηλή ποιότητα του τελικού προϊόντος λόγω της ελλιπούς εκπαίδευση, γνώσης και ενδιαφέροντος από τους ιδιοκτήτες των μονάδων ανακύκλωσης.
- Έλλειψη συνεχούς διάθεσης και διασφάλισης ποιότητας που μπορεί να ανταποκριθεί και να καλύψει τη συνεχόμενη ζήτηση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ευρωπαϊκή οδηγία «EU Directive No 2008/98/CE» ενθαρρύνει την επανάχρηση και ανακύκλωση οικοδομικών υλικών. Αναμένεται μέχρι το 2020 όλες οι νέες κατασκευές να χρησιμοποιούν τουλάχιστον 5% ανακυκλωμένα υλικά. Στη κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα αδρανή προερχόμενα από ανακύκλωση.

Δεδομένων των συνθηκών της αγοράς σήμερα και των δυνατοτήτων της, η κοινοτική ή κρατική επιδότηση στο πλαίσιο οδηγιών όπως και η παραπάνω, κρίνεται απαραίτητη προκειμένου να υποστηριχθεί η συγκεκριμένη αγορά και να αναπτυχθεί ισχυρά πολλαπλασιάζοντας τα παραγόμενα περιβαλλοντικά οφέλη και παράλληλα ενισχύοντας την ενημέρωση των μηχανικών, των εργολάβων, των σχεδιαστών και γενικότερα του κοινού για αυτό το ζήτημα, κάνοντας την αγορά αυτή πιο ελκυστική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται ο προτεινόμενος αλγόριθμος ο οποίος αποτελεί τον αντικείμενο-στόχο της παρούσας εργασίας ο οποίος είναι εφαρμόσιμος σε όλα τα κτηριακά έργα και σε όλα τα έργα πολιτικού μηχανικού ανεξάρτητα από το μέγεθος, τη θέση τους, την ηλικία τους και γενικότερα ιδιαίτερη προσπάθεια έχει δοθεί ώστε να είναι εφαρμόσιμος χωρίς εξαιρέσεις.

Κάτω από την εφαρμογή του κάθε κτήριο κατατάσσεται σε μια από τις τρεις παρακάτω κατηγορίες :

- **DMR** (Demolition with Materials Recovery)
- **DDR** (Dismantling Demolition Reuse)
- **DRR** (Dismantling for Restoration Relocation)

1.DMR

Στη κατηγορία αυτή εντάσσονται τα κτηριακά έργα που θα κατεδαφιστούν και θα υπάρξει πλήρη ή μερική ανάκτηση υλικών από τα προϊόντα κατεδάφισης. Οι τεχνικές ανάκτησης αναφέρονται στην ανακύκλωση και μόνο στη κατηγορία αυτή (Recycle).

2.DDR

Στη κατηγορία αυτή εντάσσονται τα κτηριακά έργα στα οποία θα εφαρμοστεί αποσυναρμολόγηση και αποκατασκευή σε καθολικό επίπεδο ή όχι. Οι τεχνικές ανάκτησης των στοιχείων και υλικών σε αυτή τη κατηγορία, αναφέρονται και στις δυο στρατηγικές επανάκτησης και ανακύκλωσης (Recycle and Reuse).

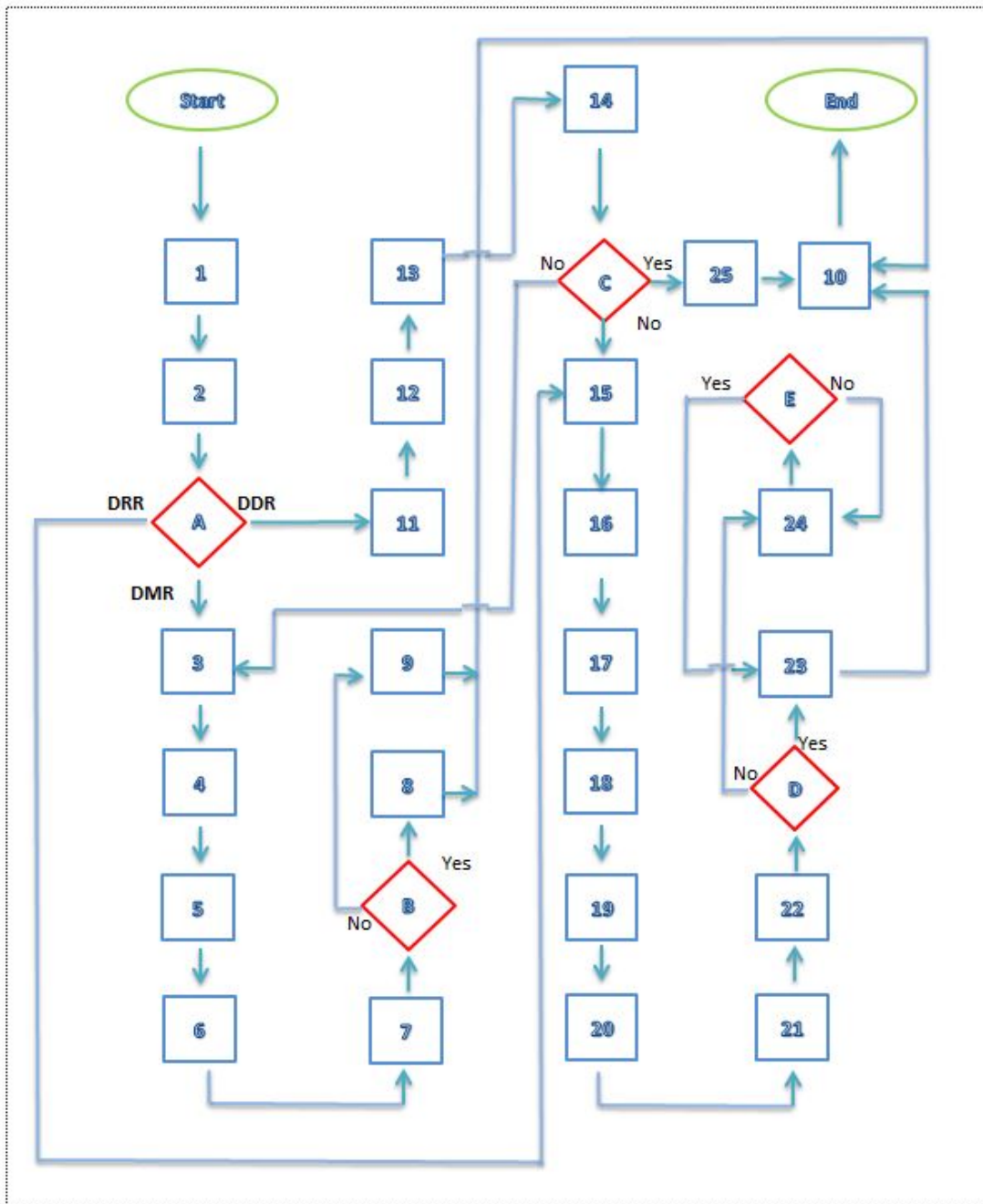
3.DRR

Στη κατηγορία αυτή εντάσσονται τα κτηριακά έργα τα οποία προβλέπεται να επαναχρησιμοποιηθούν και να μετακινηθούν καθολικά (Total Reuse).

Οι παράμετροι αξιολόγησης λήψης απόφασης, εφαρμογής και εξέλιξης των στρατηγικών αυτών σε κάθε ένα από τα τρία σενάρια παρουσιάζονται στα στάδια του αλγορίθμου αριθμημένα από 1 έως 24 με τη σειρά που προτείνεται να ακολουθηθούν ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη εφαρμογή όλων των πιθανών στρατηγικών ανακύκλωσης και επανάχρησης.

Είναι πολύ σημαντικό να τονιστεί ότι ο τρόπος με τον οποίο δημιουργήθηκε ο αλγόριθμος εξυπηρετεί πρωτίστως τη βελτιστοποίηση του οικονομικού κόστους ή και κέρδους αυτών των στρατηγικών με τη βελτιστοποίηση του περιβαλλοντικού οφέλους να ακολουθεί

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ο αλγόριθμος :



Σχήμα 6. Η γραφική απεικόνιση του αλγορίθμου ανακύκλωσης, ανάκτησης και επανάχρησης έργων πολιτικού μηχανικού.

Σε συνέχεια του παραπάνω σχήματος ακολουθεί η περιγραφή των σταδίων/παραμέτρων του αλγορίθμου από το 1 έως το 24:

1.Γενική περιγραφή έργου

Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται πλήρη καταγραφή όλων των στοιχείων που αφορούν το έργο και είναι απαραίτητα για την εφαρμογή και την υλοποίηση των στρατηγικών ανάκτησης στοιχείων ή υλικών όπως για παράδειγμα η θέση του, η παλαιότητα, οι διαθέσιμοι χώροι για την εγκατάσταση του εργοταξίου και όλα τα απαραίτητα στοιχεία που προσδιορίζουν και περιγράφουν επαρκώς το έργο.

2.Κατηγοριοποίηση σε DMR, DDR, DRR

Σε αυτό το στάδιο εκτιμάται αρχικά σε ποιες από τις τρεις κατηγορίες θα ενταχθεί η στρατηγική ανάκτησης υλικών και στοιχείων από το έργο. Η αρχική εκτίμηση για την κατηγοριοποίηση DMR ή DDR πραγματοποιείται πρωτίστως βασιζόμενη σε γενικά στοιχεία τα οποία έχουν συγκεντρωθεί στο προηγούμενο στάδιο περιγραφής του έργου λαμβάνοντας υπόψη κυρίως την ηλικία του κτηρίου, τη τεχνολογία κατασκευής του και εμπειρικά τα στοιχεία και υλικά του κτηρίου που αναμένεται να ανακτηθούν από αυτό. Η τρίτη επιλογή DRR είναι εφαρμόσιμη σε περιπτώσεις όπου η καθολική μετακίνηση του κτηρίου και επανακατασκευή/συναρμολόγηση του απαιτείται. Η απαίτηση αυτή είναι συνήθως καθορισμένη εξαρχής οπότε η ένταξη αυτών των περιπτώσεων στην κατηγορία αυτή είναι μονόδρομος. Για τις προηγούμενες δυο περιπτώσεις (DMR,DDR) υπάρχει το ενδεχόμενο όπου οφείλουν να εξεταστούν και οι δύο δεδομένου ότι τα αποτελέσματα του αλγορίθμου και από τις δυο περιπτώσεις μπορούν να αποτελέσουν βάση για τη περαιτέρω λήψη απόφασης της τελικής στρατηγικής ανάκτησης.

ΚΟΜΒΟΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ Α

Κατά το προηγούμενο στάδιο (2) έχει αποφασιστεί η κατηγοριοποίηση της στρατηγικής ανάκτησης και ο συγκεκριμένος κόμβος κατευθύνει τον αλγόριθμο στην αντίστοιχη αλληλουχία των σταδίων του ανάλογα με την κατηγορία της στρατηγικής που θα υιοθετηθεί.

3.Κατάταξη υλικών

Το στάδιο αυτό ακολουθεί την επιλογή των έργων που ακολουθούν τη κατηγορία DMR. Πραγματοποιείται προσεκτική καταγραφή όλων των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένα το κτήριο όπως επίσης και οι ποσότητές τους. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να εξαχθούν από τα σχέδια του κτηρίου που έχουν πραγματοποιηθεί στη φάση σχεδιασμού του ή και από αυτοψίες οι οποίες κρίνονται πάντα απαραίτητες. Στη περίπτωση που τα σχέδια αυτά δεν είναι διαθέσιμα, συνήθως λόγω παλαιότητας, είναι πολύ πιθανό το ενδεχόμενο να απαιτηθεί η επανέκδοση σχεδίων «as build» . Η διαδικασία αυτή μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί μέσω προγραμμάτων BIM (Building Information Modelling) τα οποία παρέχουν τη δυνατότητα επιμετρήσεων υψηλής ακρίβειας όπως επίσης και

λειτουργίες πρόβλεψης του αναμενόμενου αριθμού δρομολογίων για την απομάκρυνση των υλικών μετά τη κατεδάφιση ανά τύπο υλικών και συνολικά.

4. Life Cycle υλικών

Δεδομένου ότι γνωρίζουμε όλα τα υλικά που απαρτίζεται το κτήριο λεπτομερώς συσχετίζουμε το χρόνο κύκλου ζωής του καθενός από αυτά με τις αναμενόμενες ποσότητες μετά την ανάκτησή τους, η οποία θα πραγματοποιηθεί μετά την κατεδάφιση. Η εξαγωγή αποτελεσμάτων από αυτό το στάδιο έχει ιδιαίτερη σημασία και αξία για την περαιτέρω επεξεργασία/κατεργασία ή ακόμα και επανάχρηση των υλικών αυτών, καθώς πραγματοποιείται η συσχέτιση της ηλικίας τους (την οποία γνωρίζουμε από την ηλικία του έργου) με το θεωρητικό χρόνο κύκλου ζωής τους. Η συσχέτιση αυτή είναι απαραίτητη για τον ορθό οικονομικό σχεδιασμό της εκμετάλλευσής του ο οποίος θα πραγματοποιηθεί στα επόμενα στάδια του αλγορίθμου .

5, 13. Εκτίμηση επιδότησης

Στο στάδιο αυτό διερευνάται η δυνατότητα κατοχύρωσης επιδότησης σε κρατικό ή ακόμα και σε ευρύτερο επίπεδο. Χρησιμοποιώντας τη πληροφόρηση που έχει προέλθει από τα στάδια 3 και 4 για την DMR περίπτωση ή 11 και 12 για την DDR, αλλά και παράλληλα σε συνεργασία με ειδικούς σχετικά με αυτά τα ζητήματα διευκρινίζεται η ύπαρξη επιδοτούμενων προγραμμάτων εφαρμόσιμα στο συγκεκριμένο έργο, τα αναμενόμενα έσοδα αλλά οφείλει να εκτιμηθεί επίσης το ποσοστό επιτυχίας κατά τη διεκδίκησή τους. Αξίζει να αναφερθεί ότι η ύπαρξη τέτοιων προγραμμάτων και το εύρος εφαρμογής τους, αντικατοπτρίζει σε σημαντικό βαθμό τα κίνητρα και την ενθάρρυνση η οποία προέρχεται από το κράτος και την πολιτεία για τέτοιου είδους έργα των οποίων τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι αποδεδειγμένα και αδιαμφισβήτητα.

6. Τελικός προϋπολογισμός έργου.

Συνεκτιμώντας τις πληροφορίες από τα προηγούμενα στάδια, ο κύριος του έργου ή ο εργολάβος είναι σε θέση να πραγματοποιήσει λεπτομερείς προμετρήσεις , και κατ'επέκταση να υπολογίσει τη συνολική δαπάνη του έργου και το τελικό κόστος των παραγόμενων υλικών. Υπάρχουν παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν σημαντικά τα κόστη αυτά και διαφέρουν πολύ κατά περίπτωση. Αναφέρονται κάποιοι από αυτούς ενδεικτικά :

- Κόστος ενέργειας (καυσίμων και ηλεκτρικής)
- Κόστος μεταφοράς ανά δρομολόγιο (τονοχιλιόμετρο).
- Η ύπαρξη μονάδων ανακύκλωσης για όλα τα διαχωρισμένα υλικά σε προσιτή θέση.

- Η εκπαίδευση και τεχνογνωσία των τοπικών συνεργείων σε θέματα διαχωρισμού και ανάκτησης υλικών.
- Ειδικές συνθήκες κατά περίπτωση όπως για παράδειγμα η γειτνίαση με όμορα κτήρια η οποία ίσως οδηγήσει στην ανάγκη επιπρόσθετων έργων αντιστήριξης.
- Η προσβασιμότητα στο έργο.
- Η ύπαρξη του ελάχιστου απαιτούμενου χώρου για τον on site διαχωρισμό των υλικών.
- Το κόστος των εργαστηριακών δοκιμών σύμφωνα με τον ελάχιστο αριθμό δειγμάτων κατά τα διεθνή πρότυπα, για τον ασφαλή προσδιορισμό των τεχνικών χαρακτηριστικών τους. Η παράμετρος αυτή συνυπολογίζεται σε έργα μεγάλης κλίμακας όπου παραγωγή των τελικών ανακυκλωμένων προϊόντων γίνεται εκτός της διαδικασίας ανακύκλωσης από αδειοδοτημένες μονάδες, αυτόνομα, όπως η παραγωγή αδρανών από αυτόνομες μονάδες στο εργοτάξιο.

Όλα τα παραπάνω οφείλουν να ληφθούν υπόψη προσεκτικά ώστε να προκύψουν προϋπολογισμοί με μικρές αποκλίσεις για τον ασφαλή σχεδιασμό της επένδυσης.

7, 14.Εκτίμηση αγοράς

Όπως ήδη αναφέρθηκε στη βιβλιογραφική ανασκόπηση η εκτίμηση της αγοραστικής ζήτησης είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για την αξιολόγηση της επένδυσης. Στο στάδια αυτό διερευνώνται οι τιμές των πρωτογενών υλικών, με ίδια ή παρόμοια τεχνικά χαρακτηριστικά, τα οποία είναι διαθέσιμα στην αγορά. Ακολουθεί η σύγκριση του κόστους παραγωγής των ανακυκλούμενων υλικών από το έργο σε σχέση με τα αντίστοιχα πρωτογενή και καθορίζεται τελικά, το διαθέσιμο περιθώριο κέρδους. Κατ'επέκταση κρίνεται και η ελκυστικότητα της επένδυσης η οποία οδηγεί στον κόμβο απόφασης Β για την DMR περίπτωση ή στον κόμβο απόφασης C DDR. Το στάδιο αυτό του αλγορίθμου είναι εφαρμόσιμο για έργα μεγάλης κλίμακας μόνο όπου παραγωγή των τελικών ανακυκλωμένων προϊόντων γίνεται εκτός της διαδικασίας ανακύκλωσης από αδειοδοτημένες μονάδες, αυτόνομα, όπως η παραγωγή αδρανών από αυτόνομες μονάδες στο εργοτάξιο.

ΚΟΜΒΟΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ Β

Ο κόμβος Β ανήκει στον κλάδο της στρατηγικής DMR. Κατά το στάδιο (7) έχει κριθεί η ελκυστικότητα της στρατηγικής ανάκτησης υλικών και ο αλγόριθμος κατευθύνεται σε στα στάδια 8 ή 9 αναλόγως. Ο κόμβος λειτουργεί ως μια δικλείδα που διασφαλίζει την βελτιστοποίηση του περιβαλλοντικού και οικονομικού οφέλους του υπό εξέταση έργου.

ΚΟΜΒΟΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ C

Ο κόμβος B ανήκει στον κλάδο της στρατηγικής DDR. Κατά το προηγούμενο στάδιο (14) έχει κριθεί η ελκυστικότητα της στρατηγικής της ολικής ή μερικής επανάκτησης και ανακύκλωσης υλικών. Σε αυτή την βάση στον κόμβο C ενδέχεται η στρατηγική επανάκτησης να αλλάξει από DDR σε DMR στέλνοντας τον αλγόριθμο στο στάδιο 3 ή από DDR σε DRR στέλνοντας τον αλγόριθμο στο στάδιο 15. Η στρατηγική DDR βρίσκεται μεταξύ των DMR και DRR συγκλίνοντας σε μια από τις δυο, ανάλογα με τον βαθμό επανάκτησης ή επανάκτησης που έχει ήδη υπολογιστεί στο στάδιο 11. Ο κόμβος λειτουργεί ως μια δικλείδα που διασφαλίζει την βελτιστοποίηση του περιβαλλοντικού και οικονομικού οφέλους κάθε έργου υπό εξέταση. Στην περίπτωση βέβαια όπου η διαδικασία εκτίμησης της αγοράς (στάδιο 14) το υποδειξεί, η στρατηγική DDR συνεχίζει και ολοκληρώνεται μετά το στάδιο 10.

8. Σχεδιασμός εκτέλεσης του έργου με ανάκτηση υλικών μέσω διαχωρισμού και ξεχωριστής αποθήκευσης

Το στάδιο αυτό του αλγόριθμου υποδέχεται μόνο τις περιπτώσεις όπου ο διαχωρισμός των υλικών έχει προβλεφθεί ως ελκυστικός οικονομικά. Ο χρονικός προγραμματισμός του έργου καθορίζεται σε αυτό το στάδιο με στόχο την ασφαλή εκτέλεση των εργασιών, την ελαχιστοποίηση του κόστους, τον καθορισμό της αλληλουχίας των εργασιών και την οργάνωση του εργοταξίου.

Δεδομένου ότι στην συντριπτική πλειοψηφία των κτιρίων, δεν έχει ληφθεί υπόψη στην φάση σχεδιασμού η μελλοντική αποκατασκευή – αποσυναρμολόγηση, μπορεί να παρατηρηθεί ότι οι περισσότερες από τις απαιτούμενες εργασίες δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν παράλληλα. Ο σχεδιασμός που πραγματοποιείται σε αυτό στο στάδιο για όλα τα κτήρια που ανήκουν στην ίδια κατηγορία, σε συνδυασμό με την συνεχή επικαιροποίηση του μέχρι το τέλος του και την καταγραφή όλων των εμποδίων που συναντώνται, μπορεί να αποτελέσει χρήσιμη πηγή πληροφόρησης για την εξέλιξη του σχεδιασμού για ανακατασκευή, δεδομένου ότι αναδεικνύονται πολλές δυσκολίες που μπορούν να αποφευχθούν συστηματικά στο μέλλον σε όμοιες περιπτώσεις.

9. Σχεδιασμός εκτέλεσης του έργου χωρίς ανάκτηση υλικών μέσω διαχωρισμού και ξεχωριστής αποθήκευσης.

Το στάδιο αυτό του αλγόριθμου υποδέχεται μόνο τις περιπτώσεις όπου ο διαχωρισμός των υλικών έχει προβλεφθεί ως μη ελκυστικός οικονομικά. Ουσιαστικά το σύνολο των υλικών του κτιρίου οδηγείται προς απόρριψη και στην περίπτωση αυτή επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση του κόστους κατεδάφισης και μόνο.

11. Διαχωρισμός - ταυτοποίηση υλικών για επανάχρηση και ανακύκλωση αντίστοιχα.

Το στάδιο αυτό ακολουθεί την επιλογή των έργων που ακολουθούν τη κατηγορία DDR. Πραγματοποιείται προσεκτική καταγραφή όλων των υλικών που πρόκειται να ανακυκλωθούν και των στοιχείων που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, από τα οποία είναι κατασκευασμένα το κτήριο όπως επίσης οι ποσότητές τους και τελικώς το ποσοστό του βαθμού επανάχρησης των υλικών. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να εξαχθούν από τα σχέδια του κτηρίου που έχουν πραγματοποιηθεί στη φάση σχεδιασμού του ή και από αυτοψίες οι οποίες πάντοτε είναι απαραίτητες. Στη περίπτωση που τα σχέδια αυτά δεν είναι διαθέσιμα, συνήθως λόγω παλαιότητας, είναι πολύ πιθανό το ενδεχόμενο να απαιτηθεί η επανέκδοση σχεδίων «as build» . Η διαδικασία αυτή μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί μέσω προγραμμάτων BIM (Building Information Modelling) τα οποία παρέχουν τη δυνατότητα επιμετρήσεων υψηλής ακρίβειας όπως επίσης και λειτουργίες πρόβλεψης του αναμενόμενου αριθμού δρομολογίων για την απομάκρυνση των υλικών μετά τη αποκατασκευή, ανά τύπο υλικών και στοιχείων συνολικά.

12. Ανάλυση κόστους διάσωσης - αποθήκευσης.

Στο στάδιο αυτό επαναλαμβάνονται όλες οι ενέργειες του σταδίου 6 του κλάδου DMR, όμως εδώ οφείλει να προστεθεί και η εκτίμηση του κόστους και επεξεργασίας και αποθήκευσης των στοιχείων που θα επαναχρησιμοποιηθούν με ολική, μερική ή και καθόλου επιπρόσθετη επεξεργασία.

15. Σχεδίαση με διάσωση – πλήρης επανάχρηση του κτιρίου.

Το στάδιο αυτό του αλγόριθμου υποδέχεται απευθείας τις περιπτώσεις όπου η πλήρης επανάχρηση του κτηρίου στο σύνολο του ταυτόχρονα με την μετακίνηση του κρίνεται τελικώς ελκυστικότερη στρατηγική DDR. Ο σχεδιασμός του έργου και των σημαντικών ζητημάτων που πρέπει να επιλυθούν, σε γενικό επίπεδο καθορίζεται σε αυτό το στάδιο με στόχο την ασφαλή εκτέλεση των εργασιών, τον προϋπολογισμό του κόστους, τον καθορισμό όλων των απαιτήσεων που σχετίζονται με το έργο όπως η χρηματοδότηση και ο χρόνος παράδοσης . Τυπικές περιπτώσεις στην κατηγορία αυτή αποτελούν κτήρια μικρού μεγέθους τα οποία έχουν σχεδιαστεί για αυτό τον λόγο, προκατασκευασμένα κτίρια όμως δεν υπάρχει περιορισμός για τα υπόλοιπα κτήρια τα οποία έχουν κατασκευαστεί in situ. Βέβαια ο σχεδιασμός των in situ κατασκευασμένων κτηρίων, ο τρόπος και τεχνολογία κατασκευής τους (πχ. Οπλισμένο σκυρόδεμα) δεν διευκολύνει την μετακίνηση και επανάχρηση τους. Οι μεταλλικές κατασκευές παρουσιάζουν ένα ισχυρό πλεονέκτημα σε αυτή την κατηγορία λόγω της φύσεως του στατικού τους φορέα και της διάταξης των συνδέσμων τους. Στην πράξη τα έργα που εμπίπτουν σε αυτή τη κατηγορία απαιτούν ιδιαίτερα υψηλούς οικονομικούς προϋπολογισμούς για την υλοποίησή τους, για αυτό και ανάλογα παραδείγματα είναι ιδιαίτερα δύσκολο να βρεθούν.

Ιστορικά στην κατηγορία αυτή εντάσσονται κυρίως ειδικά έργα, ιστορικού χαρακτήρα και ενδιαφέροντος, όπου οι χρηματοδοτήσεις τους υποστηρίζονται από κρατικά κονδύλια ή διεθνής οργανώσεις πολιτιστικού χαρακτήρα. Ένα τέτοιο παράδειγμα περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο, όπου παράλληλα με τον χρονικό σχεδιασμό επιβεβαιώνεται και η εφαρμοσιμότητα του προτεινόμενου αλγορίθμου.

Ο σχεδιασμός που πραγματοποιείται σε αυτό στο στάδιο, σε συνδυασμό με τον λεπτομερή σχεδιασμό που ακολουθεί στο στάδιο 23 για όλα τα κτήρια που ανήκουν στην ίδια γενική κατηγορία, σε συνδυασμό με την συνεχή επικαιροποίηση του μέχρι το τέλος του και την καταγραφή όλων των εμποδίων που συναντώνται, μπορεί να αποτελέσει χρήσιμη πηγή πληροφόρησης για την βελτίωση της οργάνωσης για ανακατασκευή ή ακόμα και την εξέλιξη του ίδιου του αλγορίθμου, δεδομένου ότι αναδεικνύονται πολλές δυσκολίες που δεν είχαν προβλεφθεί, αλλά θα μπορέσουν να αποφευχθούν συστηματικά στο μέλλον σε όμοιες περιπτώσεις.

16. Επιλογή υποψηφίων τόπων επανεγκατάστασης.

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται έρευνα για τον καθορισμό και την καταγραφή όλων των υποψηφίων χώρων επανεγκατάστασης, που έχουν τουλάχιστον το μέγεθος και την κατάλληλη σε γενικές γραμμές τοποθεσία για να μεταφερθεί το υπό εξέταση κτήριο. Σε αυτή την φάση πρέπει επίσης να καθοριστούν και οι χώροι που θα χρησιμοποιηθούν προσωρινά, κατά την διάρκεια κατασκευής του έργου για τη εγκατάσταση του εργοταξίου και την προσωρινή αποθήκευση των στοιχείων του κτηρίου.

17. Σύνθεση των στοιχείων διανύσματος των κριτηρίων επιλογής του τελικού τύπου επανεγκατάστασης.

Στο στάδιο αυτό πρέπει να καθοριστούν όλα τα κριτήρια τα οποία θα αποτελέσουν την βάση της διαδικασίας λήψης απόφασης της τελικής τοποθεσίας. Όλες οι παράμετροι επιρροής των εμπλεκόμενων μερών του έργου, όπως ο κύριος του έργου, ο εργολάβος, οι μελετητές, οι παράμετροι από αρμόδιες αρχές που εμπλέκονται σε όλες τις απαραίτητες εγκρίσεις, οικονομικοί παράμετροι ,περιβαλλοντικοί κτλ. Ακολουθεί η δημιουργία του μητρώου προτίμησης για την περεταίρω εξαγωγή ποσοτικών αποτελεσμάτων, απαραίτητα για την βαθμολόγηση της κάθε λύσης.

Αναφέρονται χαρακτηριστικά κάποιες παράμετροι οι οποίες είναι εφαρμόσιμες στις περισσότερες περιπτώσεις:

- Η προσομοίωση με τον αρχικό χώρο
- Το κόστος μεταφοράς
- Η προσβασιμότητα
- Η δυνατότητα Τουριστικής Αξιοποίησης

- Η διατηρησιμότητα της πολιτιστικής κληρονομιάς
- Η αρχαιολογική διάσταση και επιρροή
- Η επιστημονική διάσταση και επιρροή
- Η γεωτεχνική καταλληλότητα
- Η περιβαλλοντική καταλληλότητα

18.Οργανισμός διαχείρισης έργων με κατανομή αρμοδιοτήτων.

Στις περιπτώσεις όπου η εφαρμόζεται η στρατηγική DRR και το μέγεθος εγχειρήματος είναι ιδιαίτερα μεγάλο σε οικονομικό, τεχνικό αλλά και πολιτιστικό επίπεδο η ίδρυση οργανισμού για την ορθή, αποτελεσματική και βέλτιστη διαχείριση τέτοιων έργων επιβάλλεται. Η δομή ενός τέτοιου οργανισμού συμπεριλαμβάνει περισσότερα από δύο εμπλεκόμενα μέρη τις περισσότερες φορές. Όλες οι εμπλεκόμενες αρχές, υπηρεσίες αλλά και κάθε άλλο εμπλεκόμενο μέλος του ιδιωτικού ή δημόσιου φορέα πρέπει να εκπροσωπούνται επαρκώς στον οργανισμό αυτό, οι ρόλοι οφείλουν να είναι διακριτοί σε επίπεδο εταιρείας αλλά και προσώπων (job descriptions) έτσι ώστε ο οργανισμός αυτός να είναι ικανός να ανταπεξέλθει σε νομικό, οικονομικό και τεχνικό επίπεδο στις απαιτήσεις του έργου. Η εμπειρία των μελών αυτού του οργανισμού στον τομέα αυτό και γενικότερα σε έργα υψηλών απαιτήσεων είναι ζήτημα υψηλής σημασίας και βαρύτητας καθώς οι ανοχές για περιθώρια λάθους στην εκτέλεση τέτοιων έργων είναι πρακτικά ανύπαρκτες. Το τελικό μέγεθος ενός τέτοιου οργανισμού σε όρους ανθρώπινου δυναμικού αλλά και τεχνικής υποδομής σε συνδυασμό με το χρονοδιάγραμμα του έργου επηρεάζει σημαντικά την τελική δαπάνη για την εκτέλεση του έργου και για αυτό είναι κρίσιμο να σχεδιαστεί και να ληφθεί υπόψη στη φάση προϋπολογισμού του έργου.

Σε έργα μικρότερης κλίμακας όπως προκατασκευασμένα κτήρια ή μεταλλικές κατασκευές η ύπαρξη ενός τέτοιου οργανισμού δε κρίνεται απαραίτητη.

19. Πρόσληψη ειδικών (experts).

Στο στάδιο αυτό και εφόσον έχουν καθοριστεί όλοι οι κρίσιμοι παράμετροι από το προηγούμενα στάδια, πραγματοποιείται η πρόσληψη ειδικών με συμβουλευτικές αρμοδιότητες οι οποίοι καλούνται να εντοπίσουν τυχόν κενά (gap analysis) στην εξέλιξη της διαδικασίας και να υποστηρίξουν όλες τις διαδικασίες λήψης απόφασης αλλά επίσης και να πραγματοποιήσουν εργασίες ειδικού χαρακτήρα όπως εργαστηριακές δοκιμές, εξειδικευμένες μελέτες ή και ειδικές εργασίες συντήρησης . Στον συγκεκριμένο χώρο ο οποίος έχει πολύ λίγα παραδείγματα να παρουσιάσει οι experts προέρχονται από διαφορετικούς χώρους και οφείλουν να συνεργαστούν συστηματικά, σε επίπεδο ομάδας για την υποστήριξη του έργου έως και την περάτωσή του.

20. Βαθμολόγηση βαρών διανυσμάτων και μήτρας προτίμησης.

Μετά την ίδρυση του οργανισμού που περιγράφηκε στο στάδιο 19 και την πρόσληψη ειδικών(experts) στο στάδιο 18 η βαθμολόγηση των βαρών των διανυσμάτων του μητρώου προτίμησης η σύνθεση του οποίου έχει υλοποιηθεί στο στάδιο 17 μπορεί πλέον να πραγματοποιηθεί . Είναι μια ιδιαίτερα σύνθετη διαδικασία υψηλής σημασίας καθώς η ποσοτικοποίηση των βαρών αντικατοπτρίζει τη συμβολή όλων των εμπλεκομένων μερών στον οργανισμό και επηρεάζει αντίστοιχα και ανάλογα τις ποσοτικές παραμέτρους της διαδικασίας λήψης απόφασης και όλα τα επόμενα στάδια.

21. Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων.

Η επεξεργασία και επίλυση του ολοκληρωμένου μητρώου για κάθε τοποθεσία που έχει καταρτηθεί στο προηγούμενο στάδιο αποτελεί το μεθοδολογικό εργαλείο όπου όλοι οι υποψήφιοι τόποι επανεγκατάστασης κατατάσσονται με βάση την ελκυστικότητά τους, και με τον τρόπο αυτό καθορίζεται ο περισσότερο και λιγότερο ελκυστικός τόπος επανεγκατάστασης. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός πίνακας τεσσάρων θέσεων μετεγκατάστασης (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4) συμπληρωμένος έπειτα από την υλοποίηση των σταδίων 20 και 21:

f _i					Συντελεστής Βαρίτητας (w _i)	Θ1 (ai1)	Θ2 (ai2)	Θ3 (ai3)	Θ4 (ai4)	Θ1 (wi*ai1)	Θ2 (wi*ai2)	Θ3 (wi*ai3)	Θ4 (wi*ai4)
f1	Προσομοίωση με τον αρχικό χώρο				0,17	1,5	2,2	2,8	3,6	0,25	0,37	0,47	0,60
f2	Κόστος μεταφοράς				0,11	4,1	3,2	2,9	2,1	0,68	0,53	0,48	0,35
f3	Προσβασιμότητα				0,11	3,8	2,9	2,6	2,2	0,63	0,48	0,43	0,37
f4	Τουριστική αξιοποίηση				0,17	3,9	2,7	2,4	2,3	0,65	0,45	0,40	0,38
f5	Διατηρησιμότητα της πολιτιστικής κληρονομιάς				0,11	4,3	3,4	3	3,3	0,72	0,57	0,50	0,55
f6	Αρχαιολογική καταλληλότητα				0,17	3,9	2,7	2,4	2,3	0,65	0,45	0,40	0,38
f7	Επιστημονική επιρροή				0,03	4,1	3,2	2,9	2,1	0,68	0,53	0,48	0,35
f8	Περιβαλλοντική καταλληλότητα				0,08	3,8	2,9	2,6	2,2	0,63	0,48	0,43	0,37
f9	Γεωτεχνική καταλληλότητα				0,06	4,1	3,2	2,9	2,1	0,68	0,53	0,48	0,35
				Άθροισμα	1	Τελική βαθμολογία Θέσης:				5,58	4,40	4,08	3,70

Πίνακας 2. Ενδεικτικό παράδειγμα μήτρας προτίμησης νέας τοποθεσίας .

22. Ανάλυση ευαισθησίας / ευρωστίας της προτεινόμενης λύσης.

Σε αυτό το στάδιο, για κάθε έναν υποψήφιοις τόπους επανεγκατάστασης πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας (sensitivity analysis) για κάθε μια από τις παραμέτρους οι οποίες συμμετέχουν στο μητρώο προτίμησης. Η ανάλυση αυτή

είναι ιδιαίτερα σημαντική κυρίως για τις παραμέτρους οι οποίες αναμένεται να παραμείνουν ευμετάβλητες για όλο το χρονικό ορίζοντα του έργου. Αυτός είναι και ο λόγος που αυτού του είδους η ανάλυση οφείλει να ξεκινήσει από τις παραμέτρους αυτές καθώς τα αποτελέσματά της μπορεί να αλλάξουν τη κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα θα μπορούσε να θεωρηθεί η αύξηση της τιμής της ενέργειας (καύσιμα) καθώς θα είχε άμεση επίδραση στο κόστος μεταφοράς και μετακίνησης ενός απομακρυσμένου τόπου επανεγκατάστασης κάνοντας το τελικά λιγότερο ελκυστικό στην κατάταξή του (στάδιο 21). Η ανάλυση αυτή θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί και για δύο ή περισσότερους παραμέτρους ταυτόχρονα όπως για παράδειγμα ενέργεια και τουριστική επισκεψιμότητα, επηρεάζοντας αναλόγως. Σε αυτό το στάδιο μπορεί να εκτιμηθεί με αρκετά καλό επίπεδο βεβαιότητας οι επιπτώσεις που θα είχε μια περίοδος πολιτικής αστάθειας, οικονομικής κρίσης ή ραγδαίας ανάπτυξης επηρεάζοντας τα αντίστοιχα τις τελικές βαθμολογίες κάθε υποψήφιας λύσης.

ΚΟΜΒΟΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ D

Ο κόμβος D οδηγεί σε δυο πιθανά ενδεχόμενα. Στο ενδεχόμενο yes ο επικρατέστερος τύπος επανεγκατάστασης διατηρεί την ελκυστικότητά του μετά την ολοκλήρωση της ανάλυσης της ευαισθησίας (στάδιο 22) και ο αλγόριθμος προχωρά στο επόμενο στάδιο που είναι η φάση σχεδιασμού (στάδιο 23). Στο ενδεχόμενο no η ανάλυση ευαισθησίας έχει οδηγήσει σε ανακατάταξη των εναλλακτικών λύσεων και η σύγκριση με την αμέσως επόμενη ελκυστικότερη λύση είναι απαραίτητη (στάδιο 24).

24. Σύγκριση με τη επόμενη λύση.

Στο στάδιο αυτό υλοποιείται η σύγκριση με την επόμενη ελκυστικότερη λύση (τύπου επανεγκατάστασης) όπου η ανάλυση ευαισθησίας αποτελεί μέρος αυτής της σύγκρισης. Πιθανώς να χρειαστεί η σύγκριση με τη τρίτη ελκυστικότερη λύση ανάλογα με τα αποτελέσματα των αναλύσεων ευαισθησίας και των τελικών βαθμολογιών. Η διαδικασία αυτή υπολογίζει με ακρίβεια την ποσοτική διάσταση της λήψης απόφασης του τελικού τύπου επανεγκατάστασης.

ΚΟΜΒΟΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ E

Ο κόμβος E οδηγεί σε δυο πιθανά ενδεχόμενα : το στάδιο 23 δηλαδή το σχεδιασμό της επικρατέστερης μετά τη σύγκριση λύση ή το στάδιο 24 όπου η σύγκριση οφείλει να επαναληφθεί μαζί με τις απαραίτητες αναλύσεις ευαισθησίας μέχρι την τελική επιλογή υποψηφίου τύπου επανεγκατάστασης.

23,25. Σχεδιασμός υλοποίησης έργου

Η σχεδίαση πρέπει να υλοποιηθεί σε τεχνικό επίπεδο (design) αλλά και σε χρονικό επίπεδο (planning) καθώς είναι αλληλένδετα. Σε αυτή τη φάση όλες οι λεπτομέρειες πρέπει να διευκρινιστούν και να καθοριστούν όλες οι απαιτήσεις σε νομικό (αδειοδοτήσεις), οικονομικό (χρηματοδότηση) και τεχνικό επίπεδο (εξοπλισμός, προσωρινοί χώροι εγκατάστασης). Ο σχεδιασμός οφείλει να έχει ολοκληρωμένο χαρακτήρα και να συμπεριλαμβάνει όλα όσα χρειάζονται για τη συνεχή υποστήριξη και υλοποίηση του έργου.

10. Case Based Reasoning Report

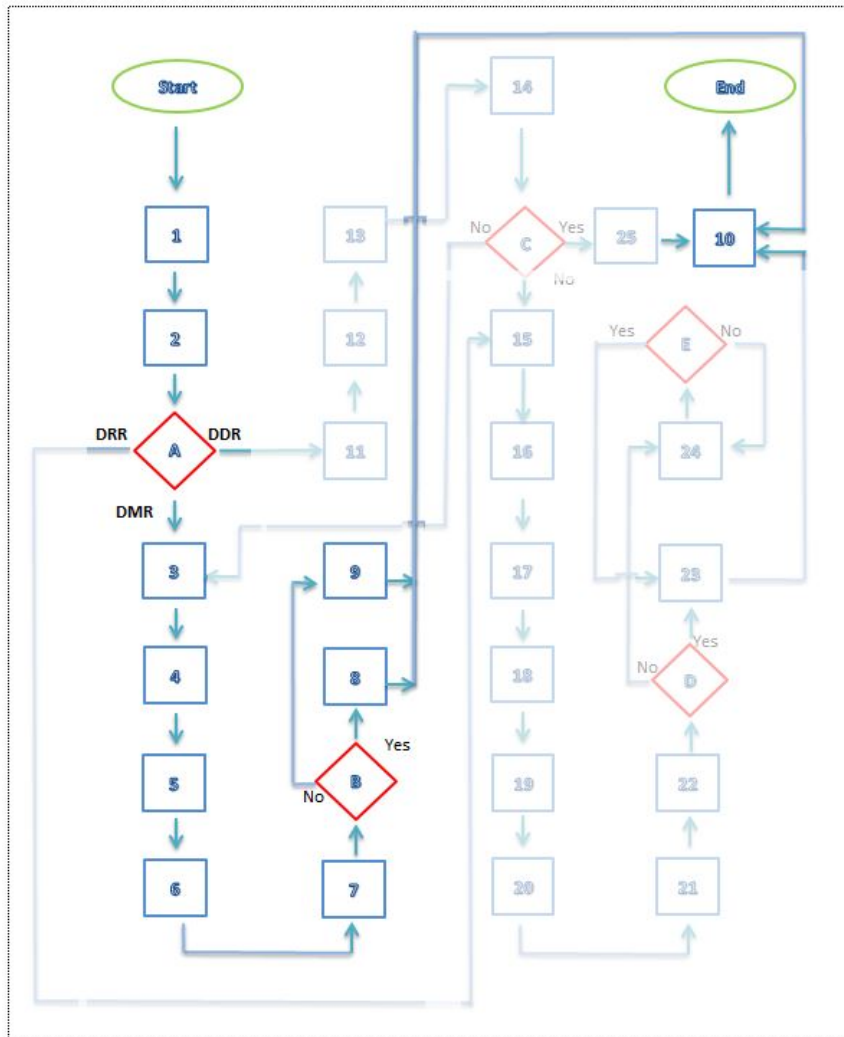
Το στάδιο 10 είναι το τελευταίο στάδιο του αλγορίθμου και οδηγεί στο τέλος του αφήνοντας μόνο την υλοποίηση του έργου σε χρονικό επίπεδο ανεκπλήρωτη. Είναι το τελικό στάδιο κάθε στρατηγικής (DMR, DDR, DRR) όπου η ολοκλήρωση του αλγορίθμου οφείλει να διατυπωθεί αναλυτικά σε επίπεδο αναφοράς και να παρουσιάσει με λεπτομέρεια και επάρκεια την υλοποίηση της συγκεκριμένης στρατηγικής κατοχυρώνοντας ότι η στρατηγική που ακολουθήθηκε ήταν η βέλτιστη για το συγκεκριμένο έργο ή όχι. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου ο χρήστης του αλγορίθμου μπορεί να τον κατευθύνει μέσω των κόμβων του στη στρατηγική που εκείνος επιθυμεί εφαρμόζοντας για το υπό εξέταση έργο και τις τρεις. Η αναφορά η οποία διατυπώνεται για κάθε μια από αυτές μπορεί να αποτελέσει τη βάση για τη μεταξύ τους σύγκριση αναδεικνύοντας έτσι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της καθεμίας ξεχωριστά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ DMR ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται σε γενικό επίπεδο η ανάλυση της εφαρμογής της στρατηγικής DMR σε ένα υποθετικό κτήριο κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα και τουβλοδομή. Εξετάζεται αυτή η τυπική περίπτωση, ως αντιπροσωπευτική του κυρίαρχου τρόπου δόμησης στην Ελλάδα, ο οποίος αντιστοιχεί σε ποσοστό μεγαλύτερο του 95% του υφιστάμενου κτηριακού αποθέματος. Επίσης η εμπειρία και επαφή σε επαγγελματικό επίπεδο, με τον συγκεκριμένο τρόπο κατασκευής έχει αποτελέσει την κύρια πηγή δεδομένων πληροφόρησης και εκτίμησης των διαφόρων παραδοχών.

Στο παρακάτω σχήμα επισημαίνεται η “διαδρομή” της στρατηγικής DMR στο σύνολο του αλγορίθμου:



Σχήμα 7. Η γραφική απεικόνιση της “διαδρομής” της στρατηγικής DMR στο σύνολο του αλγορίθμου.

Στάδιο 1/ Γενική περιγραφή έργου:

Το εξεταζόμενο έργο είναι μια τυπική πολυκατοικία κάτοψης 10X10 μέτρων που αποτελείται από το ισόγειο και 3 ορόφους. Η κατασκευή του κτιρίου τοποθετείται χρονικά στο 1980. Ο στατικός φορέας και τα θεμέλια έχουν κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα και η τοιχοποιία είναι τουβλοδομή εσωτερικά και εξωτερικά. Τα τελικά επιχρίσματα είναι σοβάς, τα δάπεδα αποτελούνται από πλακάκια ενώ τα εξωτερικά κουφώματα είναι μεταλλικά από αλουμίνιο με μονούς υαλοπίνακες. Όλα τα εσωτερικά ντουλάπια, ντουλάπες και πόρτες είναι από ξύλο. Όλες οι ηλεκτρομηχανολογικές οδεύσεις βρίσκονται μέσα στην τουβλοδομή καλυμμένες πλήρως με επίχρισμα σοβά. Δεν υπάρχει επιπρόσθετο σύστημα οροφής πάνω από την τελική πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος.

Γίνεται η παραδοχή ότι το κτίριο βρίσκεται εντός αστικού κέντρου, στη περιοχή του Παλαιού Φαλήρου στη Αθήνα, χωρίς ακάλυπτο χώρο στο οικόπεδο του αλλά με επαρκή πρόσβαση προς αυτό.

Στάδιο 2/ Κατηγοριοποίηση σε DMR, DDR, DRR :

Η φύση της κατασκευής του κτιρίου και η ηλικία του υποδεικνύουν άμεσα την εφαρμογή της στρατηγικής DMR. Αξίζει να συνυπολογιστούν και να αναφερθούν επιγραμματικά τα παρακάτω:

- 1) **Ηλικία:** Το κτίριο έχει ηλικία σαράντα πέντε ετών με τις παραδοχές σχεδιασμού προσδόκιμου ζωής να είναι πενήντα χρόνια.
- 2) **Στατικός φορέας:** Αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα και χάλυβα. Το σκυρόδεμα μετά τα πενήντα χρόνια ξεκινά να εισέρχεται σε μια περιοχή φθίνουσας πτώσης της αντοχής του με αργό ρυθμό. Αυτό κάνει το ενδεχόμενο της συνολικής επανάχρησης του λιγότερο ασφαλές και ελκυστικό, δεδομένου ότι οι συντελεστές ασφαλείας του σκυροδέματος θα πρέπει να μειωθούν σε ενδεχόμενο νέο σχεδιασμό επανάχρησης του στατικού φορέα. Ο χάλυβας επίσης είναι αδύνατο να διαχωριστεί από το σκυρόδεμα με τρόπο που να μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Υπάρχει η τεχνολογία της υδροβολής υπό πολύ υψηλή πίεση (στα 500bar το σκυρόδεμα αποσυντίθενται) με ταυτόχρονο διαχωρισμό χάλυβα και αδρανών αλλά αυτή η επιλογή και πάλι καθιστά αδύνατη την επανάχρηση του χάλυβα αλλά και του στατικού φορέα. Ο χάλυβας που προέρχεται από αυτή την μέθοδο αν και καθαρός μπορεί μόνο να ανακυκλωθεί, καθώς όλα τα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος σχεδιάζονται με τρόπο που ο χάλυβας κατά την λειτουργία της διατομής στην μόνιμη φόρτιση της, βρίσκεται στην αρχή της πλαστικής περιοχής της παραμόρφωσης του. Επίσης η τεχνολογία αυτή δεν είναι διαδεδομένη και διαθέσιμη στην Ελλάδα και αναμένεται να είναι ιδιαίτερα ακριβή καθώς έχει περιορισμένη εξάπλωση διεθνώς. Το οπλισμένο

σκυρόδεμα ως στατικός φορέας είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθεί τμηματικά ή να μετακινηθεί στο σύνολο του με λογικό κόστος και συνήθη τεχνικά μέσα.

- 3) Τοιχοποιία: Είναι πρακτικά αδύνατο να ανακατασκευαστεί και διαχωριστεί στα αρχικά της συνθετικά στοιχεία: τούβλα και τσιμεντοκονίαμα. Μοναδική επιλογή αποτελεί η διάλυση της.



Εικόνα 17. Διαχωρισμός αδρανών από το χάλυβα με υδροβολή σε σπλισμένο σκυρόδεμα.

- 4) Ηλεκτρομηχανολογικά δίκτυα: Όλα τα δίκτυα βρίσκονται εγκλωβισμένα μεταξύ τοιχοποιίας και επιχρισμάτων. Ο διαχωρισμός τους από αυτά με συνήθη τεχνικά μέσα με τρόπο που να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν είναι αδύνατος αφενός και αφετέρου δεν αξίζει να εξετασθεί η επανάχρησή τους λόγω της ηλικίας τους καθώς εσωτερικά αναμένεται να μην είναι καθαρά αλλά μάλλον διαβρωμένα από την συνεχή χρήση. Αφού διαχωρισθούν κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο θα οδηγηθούν για ανακύκλωση ως μεταλλικά στοιχεία.

Όλα τα παραπάνω εκπροσωπούν αθροιστικά ποσοστό μεγαλύτερο του 90% της συνολικής μάζας του κτιρίου συνεπώς είναι προφανές ότι η στρατηγική DMR είναι η κατάλληλη για αυτή την περίπτωση.

Στάδιο 3/ Κατάταξη υλικών:

Τα υλικά τα οποία κυριαρχούν σε μια τέτοια κατασκευή παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα μαζί με τις εκτιμώμενες ποσότητες τους. Οι ποσότητες αυτές, δεδομένου ότι η συγκεκριμένη ανάλυση αφορά ένα υποθετικό κτήριο και δεν υπάρχουν σχέδια, προκύπτουν από την ανάλυση των παρακάτω παραδοχών και βάση εμπειρίας. Έχει υιοθετηθεί μια απλουστευμένη προσέγγιση των υλικών που

λαμβάνονται υπόψη στην εφαρμογή της στρατηγικής η οποία όμως παραμένει ορθή δεδομένου ότι η μάζα των παρακάτω υλικών αντιπροσωπεύει ποσότητα μεγαλύτερη του 95% της συνολικής μάζας του κτιρίου.

Βασικές παραδοχές εκτίμησης ποσοτήτων:

- 1) Κάτοψη κτηρίου 10mX10m.
- 2) Πάχος πλακών ΟΣ 20cm.
- 3) Ύψος τυπικού ορόφου 3m
- 4) Διάσταση υποστυλωμάτων 0,5mX0,5m
- 5) Διάταξη υποστυλωμάτων 1 υποστύλωμα ανα 3,3m και στις δύο διευθύνσεις.
- 6) Περιεκτικότητα χάλυβα στο ΟΣ 110Kg/m³
- 7) Βάρος τοιχοποιίας 250kg/m².
- 8) Ειδικό βάρος σκυροδέματος 2300kg/m³

Έπειτα από τους σχετικούς υπολογισμούς, που σε μια πραγματική περίπτωση θα είχαν προέλθει από επιμετρήσεις As Build σχεδίων, προκύπτει ο πίνακας με τις παρακάτω ποσότητες για κάθε υλικό από τα προϊόντα των αποξυλώσεων:

Πίνακας Ποσοτήτων Υλικών Αποξύλωσης			
Υλικά	Ποσότητες	Μονάδες	Ειδικό Βάρος
Σκυρόδεμα	180	m ³	3200kg/m ³
Χάλυβας	19800	kg	7850Kg/m ³
Μπάζα τοιχοποιίας	135000	kg	250Kg/m ²
Μπάζα Δαπέδων (Πλακάκια και τσιμεντοκονία)	40	m ³	210Kg/m ²
Αλουμίνιο	1000	kg	2600Kg/m ³
Γυαλί	2000	kg	2500kg/m ³
Ξύλο	2000	kg	900kg/m ³

Πίνακας 3. Ποσότητες Υλικών Αποξήλωσης (DMR).

Στάδιο 4/Life Cycle υλικών

Στο στάδιο αυτό εξετάζεται η κύκλος ζωής για κάθε υλικό ξεχωριστά με στόχο να επιβεβαιωθεί η ικανότητα του να ανακυκλωθεί αποτελεσματικά. Σε διαφορετική περίπτωση οδηγείται προς απόρριψη:

Α) Σκυρόδεμα: Ως σύνθετο υλικό αποτελούμενο από τσιμεντοκονίαμα και αδρανή βρίσκεται χρονολογικά προς το τέλος του κύκλου ζωής του όπως ήδη προαναφέρθηκε. Η διαδικασία ανακύκλωσης του όμως μπορεί να δώσει αδρανή των οποίων ο κύκλος ζωής είναι πρακτικά αέναος. Συνεπώς η ανακύκλωση του είναι

εφικτή αν και τα παραγόμενα αδρανή έχουν υποβαθμισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τα πρωτογενή λόγω της προσκόλλσεως τσιμεντοκονιάματος στην επιφάνειά τους.

Β) Χάλυβας: Ομογενές υλικό το οποίο στην αρχική μορφή του, κλείνει τον κύκλο ζωής του μαζί με το σκυρόδεμα που το περιβάλλει καθώς έχει υποστεί πλαστικές παραμορφώσεις. Παρόλα αυτά η ανακύκλωση του δεν το οδηγεί σε υποβάθμιση καθώς μπορεί να παραχθεί ξανά χάλυβας υψηλών τεχνικών χαρακτηριστικών.

Γ) Μπάζα τοιχοποιίας και μπάζα Δαπέδων (Πλακάκια και τσιμεντοκονία): Ο διαχωρισμός των υλικών που απαρτίζουν την τοιχοποιία είναι πρακτικά αδύνατος. Τα υλικά που προκύπτουν από την κατεδάφισή της αποτελούνται από ένα μίγμα τούβλων, σοβά, τσιμέντου, άμμου, πλακιδίων σωληνώσεων και καλωδίων των οποίων ο διαχωρισμός είναι πρακτικά πάρα πολύ δύσκολος και ασύμφορος. Οδηγούνται προς απόρριψη καθώς η ανακύκλωση τους μπορεί να παράξει κανένα προϊόν ελκυστικό προς χρήση.

Δ) Αλουμίνιο: Η χρήση του στο συγκεκριμένο έργο είναι περιορισμένη στα κουφώματα των ανοιγμάτων. Η ανακύκλωση του δεν το οδηγεί σε υποβάθμιση καθώς μπορεί να παραχθεί ξανά αλουμίνιο υψηλών τεχνικών χαρακτηριστικών.

Ε) Γυαλί: Το γυαλί που χρησιμοποιείται στα οικοδομικά έργα μετά από 40 χρόνια, έχει χάσει την ελαστικότητά του και επίσης έχει πιο ψαθυρή συμπεριφορά λόγω της μακροχρόνιας έκθεσης του στην ηλιακή ακτινοβολία. Η επανάχρηση του κρίνεται ακατάλληλη συνεπώς, όμως μπορεί να ανακυκλωθεί μέσω εκταταμένης θράυσης παράγοντας τελικά υαλοβάμβακα ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μορφές ίνων ως υλικό ενίσχυσης για υαλοσανίδες και ινολπισμένα κονιάματα προσδίδοντας ισχυρή ενίσχυση στα τεχνικά χαρακτηριστικά τους κτλ. Η ανακύκλωσή του το οδηγεί σε υποβάθμιση σε σχέση με το πρωτογενές υλικό.

ΣΤ) Ξύλο: Το ξύλο είναι πλήρως ανακυλώσιμο υλικό. Η ικανότητά του να επαναχρησιμοποιηθεί απευθείας εξαρτάται συνήθως από την καλή συντήρηση και την αισθητική του. Το αρχιτεκτονικό ύφος του 1980 δεν έχει κάποια χαρακτηριστική ταυτότητα και το σύννηθες είναι τα ξύλινα στοιχεία της κατασκευής (πόρτες, ντουλάπια κτλ) να οδηγηθούν προς ανακύκλωση. Η ανακύκλωση του ξύλου οδηγεί σε σαφώς υποβαθμισμένα προϊόντα από πλευράς τεχνικών χαρακτηριστικών.

Στάδιο 5/ Εκτίμηση επιδότησης

Μετά από επικοινωνία με γραφεία υποστήριξης προγραμμάτων ανάπτυξης και έρευνας στο διαδίκτυο, δεν βρέθηκαν προγράμματα επιδότησης για έργα αυτού του τύπου. Το γεγονός αυτό αντικατοπτρίζει την ύπαρξη οικονομικών κινήτρων για την ενίσχυση και ανάπτυξη περιβαλλοντικής πολιτικής στην Ελλάδα.

Στάδιο 6/ Τελικός προϋπολογισμός έργου

Για τον προϋπολογισμό του κόστους του έργου εξετάζονται τα παρακάτω κόστη:

A) Κόστος αδειοδότησης: Η τιμή της έκδοσης αδειας κατεδάφισης υπολογίζεται περίπου στα 1000 ευρώ με βάση την ισχύουσα νομοθεσία. Επίσης υπολογίζεται ένα κόστος 500 ευρώ για την άδεια κατάληψης κοινόχρηστων χώρων από τον δήμο για την τοποθέτηση των κάδων απορριμμάτων.

B) Κόστος ενέργειας: Η κατεδάφιση πραγματοποιείται σταδιακά από τον υψηλότερο όροφο προς το ισόγειο με ηλεκτρικά κομπρεσέρ. Η παροχή εργοταξιακού ρεύματος για την λειτουργία τους είναι εφικτή, και υπολογίζεται περίπου στα 500 ευρώ.

Γ) Κόστος μεταφοράς υλικών κατεδάφισης: Ανεξάρτητα από το είδος των υλικών προς απόρριψη το κόστος των κάδων μεταφοράς οικοδομικών υλικών διαμορφώνεται στα 120 ευρώ ανα κάδο 8m³, δηλαδή 15€/m³. Η τιμή αυτή περιλαμβάνει την ενοικίαση του κάδου και την μεταφορά του σε εγκεκριμένο ΧΥΤΑ ή πιστοποιημένη μονάδα ανακύκλωσης και παραμένει η ίδια και για τις δυο περιπτώσεις. Η τιμή υπολογίστηκε από τον μέσο όρο των προσφορών των εταιριών διαχείρισης απορριμμάτων που παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β του τεύχους της εργασίας.

Εξαιτίας της άτακτης απόρριψης των υλικών στους κάδους, για τον τελικό υπολογισμό του κόστους μεταφοράς, το ειδικό βάρος των υλικών προς απόρριψη υπολογίζεται μειωμένο κατά 40%. Συνολικά το σύνολο των απαιτούμενων κάδων υπολογίζεται στον παρακάτω πίνακα:

Υπολογισμός κάδων μεταφοράς				
Υλικά	Ποσότητες (kgf)	Μέσο Ειδικό Βάρος Αποξηλωμένων Υλικών (Kgr/m3)	Όγκοι Αποξηλωμένων Υλικών (m3)	Απαιτούμενοι κάδοι
Σκυρόδεμα	414000	1920	216	27
Χάλυβας	19800	4710	4	1
Μπάζα τοιχοποιίας	135000	1020	132	17
Μπάζα Δαπέδων (Πλακάκια και τσιμεντοκονία)	80000	1200	67	8
Αλουμίνιο	1000	1560	1	1
Γυαλί	2000	1500	1	1
Ξύλο	2000	540	4	1
Σύνολα:	653800		425	55

Πίνακας 4. Υπολογισμός όγκου μεταφοράς υλικών (DMR)

Σύμφωνα με τους παραπάνω υπολογισμούς το κόστος μεταφοράς διαμορφώνεται στα 55X120= 6600 ευρώ.

Δ) Κόστος ημερομισθίων και επίβλεψης: Σε συνεργασία με το τεχνικό γραφείο 2K Constructions Πουσουλίδου 37 Ηλιούπολη και σε συνδυασμό με την εμπειρία σε παρόμοια έργα το κόστος ημερομισθίων για τη εκτέλεση του συγκεκριμένου έργου προυπολογίζεται στα 15.000 ευρώ περίπου.

Ε) Κόστος εγκατάστασης και απομάκρυνσης εργοταξίου: εδώ προυπολογίζεται το κόστος της περιφραξης, των κριωμάτων, των χωνιών μεταφοράς στους κάδους και διαφόρων μικρων εξόδων που πιθανως να προκύψουν. Υπολογίζεται στα 3000 ευρώ περίπου.

ΣΤ) Κόστος αποθήκευσης: Στο συγκεκριμένο έργο δεν υπάρχει ανάγκη αποθήκευσης καθώς όλα τα προϊόντα αποξήλωσης οδηγούνται απευθείας στους κάδους μεταφοράς μέσω των χωνιών μεταφοράς.

Με βάση τα παραπάνω ακολουθεί η εκτίμηση του κόστους κατεδάφισης:

Προυπολογισμός έργου:	
Κόστος αδειοδότησης	1500
Κόστος ενέργειας	500
Κόστος ημερομισθίων και επίβλεψης	15000
Κόστος εγκατάστασης και απομάκρυνσης εργοταξίου	3000
Κόστος αποθήκευσης	0
Σύνολο:	20000

Πίνακας 5. Προυπολογισμός κατεδάφισης.

Όπως υπολογίζεται το ύψος της δαπάνης για την ελεγχόμενη κατεδάφιση του κτιρίου χωρίς την απομάκρυνση των οικοδομικών υλικών διαμορφώνεται σε 20.000 ευρώ. Η δαπάνη αυτή αντιστοιχεί σε κόστος κατεδάφισης 50€/m², όταν το μέσο κόστος ανέγερσης αυτού του τύπου κατασκευής διαμορφώνεται στα 1300€/m². Συνεπώς το κόστος κατεδάφισης διαμορφώνεται στο 3,84% του κόστους ανέγερσης.

Στάδιο 7/ Εκτίμηση αγοράς

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η διερεύνηση των συνθηκών της αγοράς που επηρεάζουν την εφαρμογή της στρατηγικής για το συγκεκριμένο έργο. Σε τηλεφωνική επικοινωνία με τις αδειοδοτημένες εταιρίες διαχείρισης οικοδομικών απορριμμάτων που αναφέρονται στο παράρτημα 2 διαπιστώθηκαν τα εξής:

Α) Η ανακύκλωση στην Αττική είναι δυνατή μόνο για το σκυρόδεμα, τον χάλυβα, το αλουμίνιο, το γυαλί και το ξύλο.

Β) Για τον χάλυβα προκύπτει έσοδο περίπου 0,2 ευρώ ανα κιλό και για το αλουμίνιο 0,6 ευρώ ανα κιλό από την ανακύκλωσή τους. Οι τιμές αυτές είναι συνδεδεμένες με τις διεθνείς τιμές των πρωτογενών υλικών και μεταβάλλονται αντιστοίχως.

Γ) Για το σκυρόδεμα, το γυαλί και το ξύλο δεν προκύπτουν έσοδα από την ανακύκλωση τους.

Δ) Όλα τα υπόλοιπα οικοδομικά υλικά (σκυρόδεμα, μπάζα τοιχοποιίας και δαπέδων) οδηγούνται προς απόριψη σε αδειοδοτημένους ΧΥΤΑ.

Ε) Το κόστος μεταφοράς των οικοδομικών υλικών είναι το ίδιο ανεξάρτητα εαν κατευθύνονται προς απόριψη ή ανακύκλωση.

Σε σχέση με το συγκεκριμένο έργο η εφαρμογή της ανακύκλωσης υλικών επιβαρύνει τον προϋπολογισμό του μόνο, με τα επιπρόσθετα ημερομίσθια για τον διαχωρισμό των υλικών, καθώς η τμηματική και προσεκτική κατεδάφιση είναι η μοναδική επιλογή σε μια πυκνοκατοικημένη περιοχή. Το οικονομικό ισοζύγιο του έργου στις περιπτώσεις της πλήρους απόρριψης των υλικών σε σύγκριση με την μερική ανακύκλωση διαμορφώνεται ως εξής:

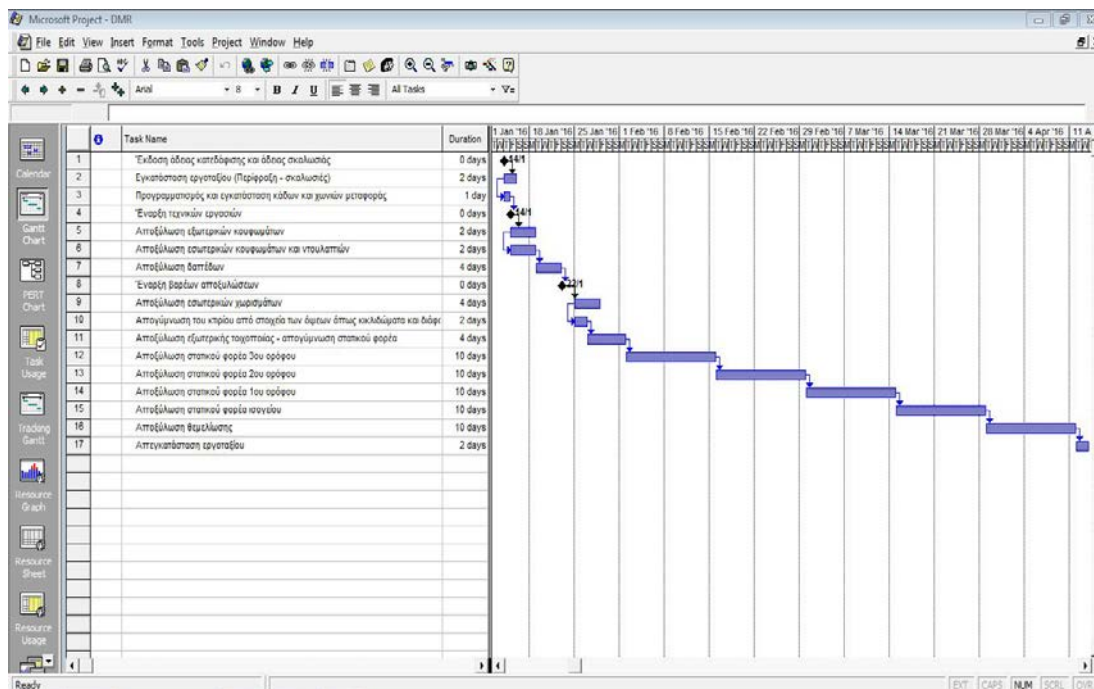
Απόριψη		Ανακύκλωση	
Έξοδα κατεδάφισης και μεταφοράς	26600	Έξοδα κατεδάφισης και μεταφοράς	26600
		Έξοδα κόστους διαχωρισμού	2000
		Έσοδα απο Χάλυβα	3960
		Έσοδα από Αλουμίνιο	600
Σύνολα εξόδων:	26600	Σύνολα εξόδων:	24040

Πίνακας 6. Σύγκριση προϋπολογισμών απόριψης και ανακύκλωσης.

Η ανακύκλωση προκύπτει πιο εκλυστική οικονομικά κατα 10% έναντι της απόριψης και επίσης εξασφαλίζει τα αντίστοιχα περιβαλλοντικά οφέλη. Συνεπώς ο αλγόριθμος κατευθύνεται στο στάδιο 8 για τον απαραίτητο σχεδιασμό μέσω του κόμβου Β. Συνεπώς η συνολική δαπάνη εφαρμογής της στρατηγικής DMR μαζί με το κόστος μεταφοράς και διαχείρισης των αποξυλωμένων οικοδομικών υλικών διαμορφώνεται στα 24.040€ και αντιστοιχεί σε κόστος 60,1€/m², όταν το μέσο κόστος ανέγερσης αυτού του τύπου κατασκευής διαμορφώνεται στα 1300€/m². Συνεπώς το κόστος κατεδάφισης διαμορφώνεται στο 4,62% του κόστους ανέγερσης

Στάδιο 8/ Σχεδιασμός εκτέλεσης του έργου με ανάκτηση υλικών μέσω διαχωρισμού και ξεχωριστής αποθήκευσης

Για την δημιουργία του χρονικού σχεδιασμού χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Microsoft Project. Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται μια προεπισκόπηση του σχεδιασμού. Στο Παράστημα Α επισυνάπτεται ο σχεδιασμός σε εκτύπωση Α3.



Σχήμα 8 . Χρονικός σχεδιασμός της υλοποίησης της κατεδάφισης σε διάγραμμα Gant με χρήση του Microsoft Project.

Η ελεγχόμενη κατεδάφιση του συγκεκριμένου έργου δεν χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα. Όπως φαίνεται και στον χρονικό σχεδιασμό απαρτίζεται από λίγα στάδια. Η γενική ιδέα είναι ότι οι αποξυλώσεις ξεκινούν παράλληλα σε όλα τα επίπεδα για όλα τα εσωτερικά στοιχεία και τα προϊόντα αποξύλωσης οδηγούνται μέσω των «χωνιών» στο ισόγειο για διαλογή.

Εκεί υπάρχει τουλάχιστον ένας κάδος για κάθε κατηγορία υλικού και κάθε φορά που γεμίζει αντικαθίσταται από ένα άδειο. Η αντικατάσταση του κάδου γίνεται από την εταιρία διαχείρισης απορριμάτων εφόσον ειδοποιηθεί μια μέρα πριν και το κόστος είναι ενσωματωμένο στην τιμή ενοικίασης.

Αφού απογυμνωθεί ο στατικός φορέας ξεκινά η σταδιακή θράυση του με κομπρεσέρ από το κέντρο των πλακών προς τα δοκάρια και μετά από τα δοκάρια προς τις κολώνες μέχρι να αποξυλωθεί πλήρως ο όροφος. Οι εργασίες ξεκινούν από τον 3^ο όροφο ,συνεχίζουν στον 2^ο και τελευταίο κατεδαφίζεται το ισόγειο. Τέλος αποξυλώνονται τα θεμέλια.

Στάδιο 10/ Case Based Reasoning Report

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η σύνταξη της αναφοράς η οποία περιβαμβάνει το αποτέλεσμα και τα κρίσιμα σημεία όλων όσων περιγράφηκαν στα προηγούμενα στάδια εφαρμογής στις στρατηγικές. Με την εφαρμογή του αλγόριθμου, υπολογίζεται το ποσοστό της μάζας του κτιρίου που ανακυκλώνεται στο 67,1% της συνολικής με το κόστος εφαρμογής της στρατηγικής να διαμορφώνεται στα 60,1€m² που αντιστοιχεί στο 4,62% του κόστους ανέγερσης.

4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ DDR ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται σε γενικό επίπεδο η ανάλυση της εφαρμογής της στρατηγικής DDR στην υποθετική αποκατασκευή ενός πραγματικού κτηρίου, κατασκευασμένο από μεταλλικό στατικό φορέα βαρέως τύπου και τοιχοποιία ξηράς δόμησης. Αυτός ο τρόπος κατασκευής είναι ευρέως διαδεδομένος διεθνώς και υλοποιείται σε αρκετά μικρότερη έκταση στην Ελλάδα. Εξετάζεται αυτή η τυπική περίπτωση, ως αντιπροσωπευτική των κτιρίων και κατοικιών με μεταλλικό στατικό φορέα.

Η εφαρμογή της στρατηγικής DDR στο συγκεκριμένο παράδειγμα επιλέγεται και για δύο ακόμη λόγους: της προσωπικής εμπειρίας κατασκευής κτιρίων με τον τρόπο αυτό και της έρευνας - τυποποίησης του συγκεκριμένου τρόπου κατασκευής σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, γεγονός που επιβεβαιώνει τις πολύ καλές προοπτικές ευρείας εφαρμογής του.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε το 2008 από την KNAUF AG, η οποία είναι η μεγαλύτερη εταιρία προϊόντων ξηράς δόμησης διεθνώς, σε συνεργασία με το τμήμα πολιτικών μηχανικών του Ε.Μ.Π., το LEED's University, την Ευρωπαϊκή Ένωση και πολλές άλλες αναγνωρισμένες διεθνώς εταιρίες που δραστηριοποιούνται στον χώρο της κατασκευής. Η Ευρωπαϊκή Ένωση συγχρηματοδότησε την έρευνα αυτή στα πλαίσια το προγράμματος I.S.S.B. με 6 απο τα 15 εκατομμύρια ευρώ της συνολικής δαπάνης της έρευνας (Intergraded Steel Structure Building).



Εικόνα 18. Φάση κατασκευής τοιχοποιίας του πειραματικού κτιρίου στην σεισμική τάπεζα του Ε.Μ.Π. στα πλαίσια της έρευνας I.S.S.B.



Εικόνα19. Το ολοκληρωμένο πειραματικό κτίριο στην σεισμική τράπεζα του Ε.Μ.Π. στα πλαίσια της έρευνας I.S.S.B.



Εικόνα20. Το πλήρες κτήριο στην Αμφιλοχία στα πλαίσια της έρευνας I.S.S.B. σε φάση κατασκευής.



Εικόνα 21. Το πλήρες κτήριο στην Αμφιλοχία στα πλαίσια της έρευνας I.S.S.B ολοκληρωμένο.

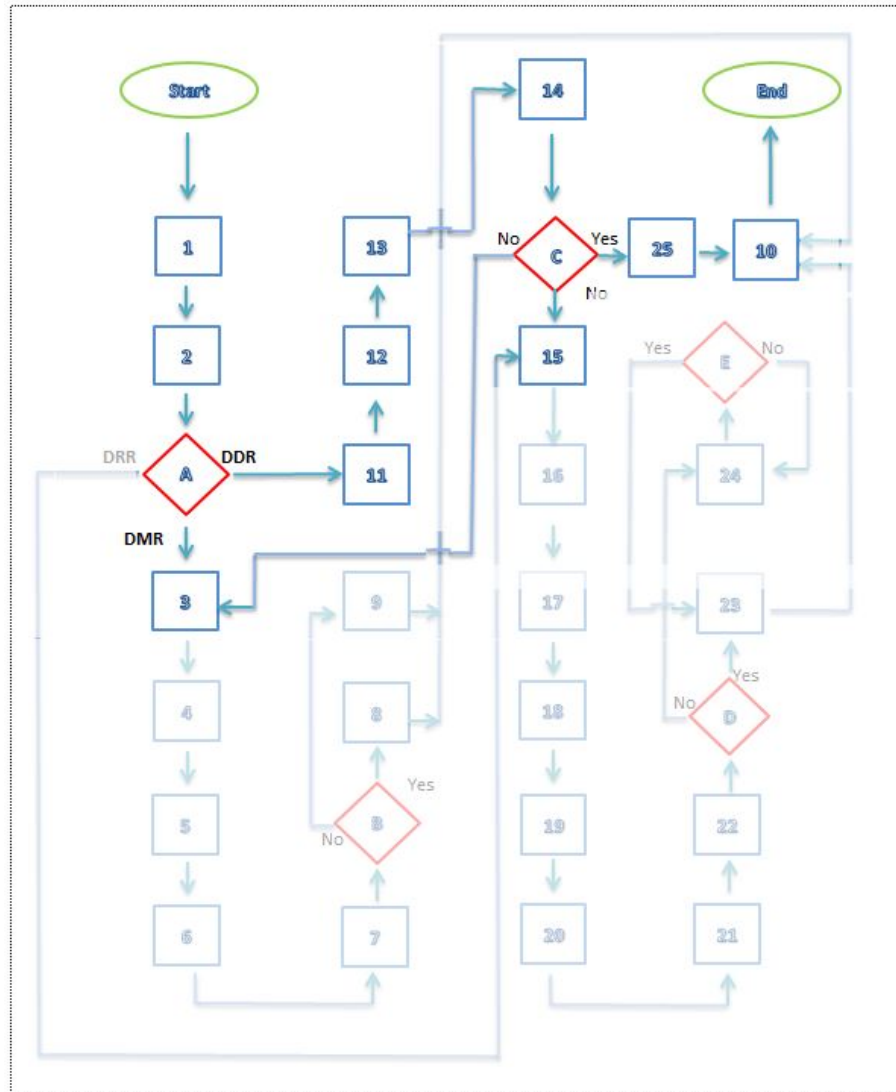
Ο στόχος της έρευνας ήταν η ανάπτυξη ενός τρόπου κατασκευής με την μέγιστη σεισμική θωράκιση. Αξίζει να αναφερθεί ότι στις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στην σεισμική τράπεζα του ΕΜΠ σε διώροφο κτίριο πραγματικής κλίμακας, το κτίριο ανταποκρίθηκε σε σεισμική επιτάχυνση 1.08g επιτυχώς, χωρίς καμία ορατή βλάβη. Οι δοκιμές σταμάτησαν σε αυτό το στάδιο καθώς η δυνατότητα της σεισμικής τράπεζας να επιβάλει μεγαλύτερες σεισμικές επιταχύνσεις εξαντλήθηκε. Η τιμή αυτή (1.08g) αντιστοιχεί σε σεισμό 9 βαθμών της κλίμακας Ριχτερ περίπου.

Παράλληλα κατασκευάστηκε πρότυπο πλήρες διώροφο κτήριο στα πλαίσια του ίδιου προγράμματος, στο οποίο εκτελέστηκαν δοκιμές και μετρήσεις ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμησης. Η κατασκευή του πραγματοποιήθηκε στην Αμφιλοχία στον εργοστασιακό χώρο του εργοταξίου της KNAUF.

Η περιβαλλοντική προσέγγιση και διερεύνηση ενός κτιρίου με αυτό τον τρόπο κατασκευής, δεν αποτέλεσε αντικείμενο αυτού του ερευνητικού προγράμματος. Κατά την φάση κατασκευής διαφόρων κτιρίων σε συνέπεια με τα πρότυπα του προγράμματος, πολλές από τις αρχές σχεδιασμού για βέλτιστη ανακυκλωσιμότητα, που αναφέρονται στην παράγραφο 2.3, διαπιστώθηκε ότι εφαρμόζονται και αυτό καθιστά τα κτίρια αυτού του τύπου πολύ καλά παραδείγματα προς ανάλυση με χρήση της στρατηγικής DDR.

Το παράδειγμα ανάλυσης της υποθετικής αποκατασκευής εφαρμόζεται σε διώροφο μεταλλικό κτίριο που κατασκευάστηκε στην περιοχή Σπαρτιά της Κεφαλονιάς. Οι φωτογραφίες που ακολουθούν παρουσιάζουν τα στάδια εξέλιξης της κατασκευής του κτιρίου. Η αντίστροφη ανασκόπηση και ανάλυση της εξέλιξης των εργασιών κάνει δυνατή την εφαρμογή του αλγορίθμου στην υποθετική περίπτωση της αποκατασκευής, καθώς είναι πολύ δύσκολο να εντοπιστούν

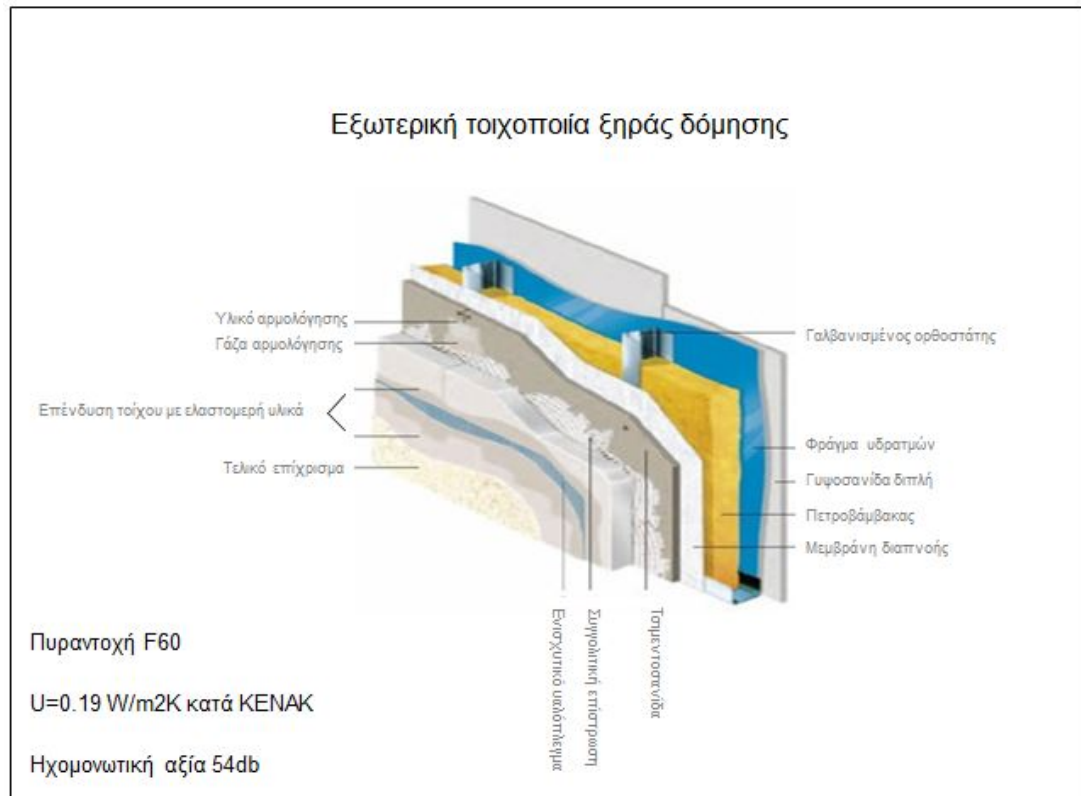
παραδείγματα αποκατασκευής κτιρίων κατασκευασμένα με μια τόσο πρόσφατη τεχνολογία. Στο επόμενο σχήμα επισημαίνεται η “διαδρομή” της στρατηγικής DMR στο σύνολο του αλγορίθμου:



Σχήμα 9. Η γραφική απεικόνιση της “διαδρομής” της στρατηγικής DRR στο σύνολο του αλγορίθμου.

Στάδιο 1/ Γενική περιγραφή έργου

Το κτήριο είναι κατασκευασμένο το 2006 στην περιοχή Σπαρτιά της Κεφαλονιάς. Η συνολική επιφάνεια του είναι 184m² και αποτελείται από δύο ορόφους, το ισόγειο και τον πρώτο. Ο στατικός φορέας της ανωδομής είναι μεταλλικός απο διατομές βαρέως τύπου HEB 280. Η θεμελίωση αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα και η στάθμη εφαρμογής της βρίσκεται 0,5m χαμηλότερα από την στάθμη εδάφους. Η τοιχοποιία έχει διαμορφωθεί με σύστημα ξηράς δόμησης KNAUF (Drywall) το οποίο περιγράφεται στο επόμενο σχήμα:



Σχήμα 10. Απεικόνιση συστήματος τοιχοποιίας ξηράς δόμησης.

Το σύστημα αποτελείται από σκελετό χαλυβδοελάσματος ψυχρής έλασης πάχους 0.8mm στον οποίο εφαρμόζεται διπλή γυψοσανίδα προς την εσωτερική πλευρά της κατοικίας, πετροβάμβακας ανάμεσα στους ορθοστάτες και τσιμεντοσανίδα προς την εξωτερική πλευρά. Πάνω από την τσιμεντοσανίδα εφαρμόζεται σύστημα διογκωμένης πολυεστερίνης EPS80 με ελαστομερή υλικά ενισχυμένα με υαλόπλεγμα, τα οποία διαμορφώνουν το αισθητικό αποτέλεσμα της τοιχοποιίας εξωτερικά. Τόσο ο στατικός φορέας όσο και το σύστημα τοιχοποιίας βρίσκονται σε πλήρη συνέπεια με τις προδιαγραφές του δοκιμαστικού κτρίου στα πλαίσια του προγράμματος ISSB όπως προαναφέρθηκε. Οι ηλεκτρομηχανολογικές οδύσεις έχουν εγκατασταθεί εσωτερικά της τοιχοποιίας δίπλα από τον πετροβάμβακα και πάνω από τις εσωτερικές ψευδοροφές. Τα δάπεδα αποτελούνται από πλακάκια εφαρμοσμένα σε τσιμεντοκονία μέσου πάχους 7cm και τα παράθυρα από αλουμίνιο με διπλούς υαλοπίνακες. Οι εσωτερικές πόρτες είναι ξύλινες όπως επίσης και οι ντουλάπες, τα ντουλάπια και οι πάγκοι της κουζίνας. Η οροφή αποτελείται από κεραμύδια εφαρμοσμένα σε ξύλινο σκελετό.

Η πρόσβαση προς το οικόπεδο είναι επαρκής για οικοδομικά οχήματα μεγάλου μεγέθους καθώς επίσης υπάρχει μεγάλος ακάλυπτος χώρος περιμετρικά της κατοικίας.

Στην επόμενη φωτογραφία παρουσιάζεται το κτήριο στην ολοκληρωμένη μορφή του όπως αυτό παραδόθηκε στους ιδιοκτήτες του το 2006:



Εικόνα 22. Κατοικία με μεταλλικό στατικό φορέα και τοιχοποιία στην Κεφαλλονιά

Στάδιο 2/ Κατηγοριοποίηση σε DMR, DDR, DRR

Η φύση της κατασκευής του κτηρίου υποδεικνύει την εφαρμογή της στρατηγικής DDR. Αξίζει να συνυπολογιστούν και να αναφερθούν επιγραμματικά τα παρακάτω:

1) Όπως διαπιστώθηκε κατά την φάση κατασκευής του κτηρίου υπάρχει σε μεγάλο ποσοστό έως και πλήρη συνέπεια με τις παρακάτω αρχές σχεδιασμού οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 2.3:

α)«Χρήση υλικών από ανακύκλωση και χρήση υλικών που μπορούν να ανακυκλωθούν»: η αρχή βρίσκει εφαρμογή περισσότερο από τα υλικά κατασκευής τα οποία εμφανίζονται αναλυτικά στον πίνακα 8.

β)«Χρήση μηχανικών συνδέσεων και ελαχιστοποίηση χημικών συνδέσεων»: Η αρχή βρίσκει εφαρμογή σε όλες τις εσωτερικές συνδέσεις του μεταλλικού στατικού φορέα καθώς και σε όλες τις εσωτερικές συνδέσεις του συστήματος τοιχοποιίας ξηράς δόμησης, οι οποίες πραγματοποιούνται με βίδες κατάλληλου τύπου αντίστοιχα.

γ)«Χρήση τεχνολογιών κατασκευής συμβατές με εφαρμογή κοινών πρακτικών και χρήση κοινού εξοπλισμού»: Οι τεχνολογίες της ξηράς δόμησης καθώς και των μεταλλικών κατασκευών είναι ήδη ευρέως διαδεδομένες. Τα περισσότερα οικοδομικά συνεργεία στην Ελλάδα είναι σε θέση να προσφέρουν υπηρεσίες υψηλής ποιότητας σε έργα αυτού του τύπου. Η καινοτομία του εγχειρήματος βρίσκεται στον συνδυασμό αυτών των δύο τεχνολογιών.

δ)«*Διαχωρισμός του στατικού φορέα από το εξωτερικό κέλυφος, την εσωτερική τοιχοποιία και τα δίκτυα*»: Ο μεταλλικός στατικός φορέας βρίσκεται σε μηχανική μόνο σύνδεση με τον σκελετό της ξηράς δόμησης χωρίς να έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό κέλυφος τσιμεντοσανίδας και σε πολύ περιορισμένη επαφή με τα ηλεκτρομηχανολογικά δίκτυα τα οποία κινούνται ανεξάρτητα και ελεύθερα μέσα στο σύστημα ξηράς δόμησης.

στ)«*Χρήση στοιχείων και υλικών εύκολα στη μεταφορά και την τοποθέτηση*»: η αρχή αυτή βρίσκει εφαρμογή σε όλα τα επιμερους στοιχεία του συστήματος ξηράς δόμησης (γυψοσανίδες, τσιμεντοσανίδες, ορθοστάτες κτλ.) καθώς και στον μεταλλικό στατικό φορέα, οποίος μπορεί να μεταφερθεί εξ'ολοκλήρου με ένα τετραξονικό φορτηγό και να «στηθεί» με ένα γερανό μόνο.

ζ)«*Εφαρμογή ρεαλιστικών κατασκευαστικών ανοχών που διευκολύνουν τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης*»: η αρχή αυτή βρίσκει κυρίως εφαρμογή στην διάταξη των συνδέσμων του μεταλλικού στατικού φορέα.



Εικόνα 23. Λεπτομέρεια κόμβου του μεταλλικού στατικού φορέα.

η)«*Σχεδιασμός των συνδέσμων και των ενώσεων ώστε να αντέξουν σε επαναλαμβανόμενη χρήση*»: η αρχή αυτή βρίσκει εφαρμογή στον μεταλλικό στατικό φορέα καθώς οι κοχλιοτές συνδέσεις των μελών του επιτρέπουν το λύσιμο και την επανασύνδεση των κόμβων του πολλές φορές με ασφάλεια.

θ)«*Σχεδιασμός ώστε να επιτρέπεται η παράλληλη αποσυναρμολόγηση*»: η αρχή αυτή βρίσκει εφαρμογή σε αυτό τον τύπο κτηρίου και η εφαρμογή της απεικονίζεται στο διαγράμμα Gant που παρουσιάζεται στο στάδιο 25.

ι)«Χρήση προκατασκευασμένων στοιχείων και συστηματικός τρόπος παραγωγής τους»: η αρχή αυτή εφαρμόζεται πλήρως σε όλα τα στοιχεία του συστήματος ξηράς δόμησης (γυψοσανίδες, τσιμεντοσανίδες, ορθοστάτες κτλ.)

κ)«Χρήση ελαφρών υλικών και στοιχείων»: η αρχή αυτή εφαρμόζεται πλήρως σε όλα τα στοιχεία του συστήματος ξηράς δόμησης αλλά και στον μεταλλικό στατικό φορέα. Η υλοποίηση ενός στατικού φορέα με την ίδια φέρουσα ικανότητα φορτίσεων από οπλισμένο σκυρόδεμα, θα απαιτούσε πολλαπλάσια μάζα υλικών έως και 8 φορές μεγαλύτερη.

2) Ο μεταλλικός στατικός φορέας αποτελεί το κυρίαρχο στοιχείο της κατασκευής καθώς η μάζα του είναι 24n και αντιστοιχεί σε ποσοστό ίσο με 35% της μάζας ανωδομής του κτηρίου. Η θέση του πίσω από την τοιχοποιία εξασφαλίζει την προστασία του από τις καιρικές συνθήκες και μεγιστοποιεί τον κύκλο ζωής του. Ο κοχλιωτός σχεδιασμός των συνδέσεων του επιτρέπει την αποσυναρμολόγησή του στα επιμέρους αρχικά στοιχεία του. Επίσης το γεγονός ότι η σύνδεσή του με την θεμελίωση, την τοιχοποιία και την στέγη γίνεται με μηχανικό τρόπο (βιδωτά), αναδुकνεύει την καταλληλότητα της στρατηγικής DRR για το συγκεκριμένο έργο, καθώς μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί στο σύνολό του.

3) Η τοιχοποιία αν και μπορεί να αποσυναρμολογηθεί εύκολα σχετικά δεδομένου ότι τα επιμέρους στοιχεία της συνδέονται μηχανικά (βιδωτά), οι γυψοσανίδες δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν καθώς κατά την αποσύνδεσή τους φθείρονται έντονα και καταστρέφονται συνήθως. Το σύστημα τσιμεντοσανίδας και εξωτερικής θερμομόνωσης είναι συγκολλημένο και ο διαχωρισμός του είναι πρακτικά αδύνατος. Όλα τα προϊόντα της αποσυναρμολόγησης της τοιχοποιίας οδηγούνται προς ανακύκλωση και αυτό κάνει την εφαρμογή της στρατηγικής ολικής επανάχρησης του κτιρίου (DRR) αδύνατη. Ακριβώς το ίδιο ισχύει και για την καταλληλότερη προς εφαρμογή.

Στάδιο 11/ Διαχωρισμός - ταυτοποίηση υλικών για επανάχρηση και ανακύκλωση αντίστοιχα

Τα υλικά τα οποία κυριαρχούν σε μια τέτοια κατασκευή παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα μαζί με τις ποσότητες τους. Οι ποσότητες αυτές, προκύπτουν από την ανάλυση των As Build σχεδίων του έργου σε συνδυασμό με τις επιμετρήσεις και τα δελτία αποστολής των οικοδομικών υλικών κατά την παράδοσή τους στο έργο. Έχει υιοθετηθεί μια απλουστευμένη προσέγγιση των υλικών που λαμβάνονται υπόψη στην εφαρμογή της στρατηγικής η οποία όμως παραμένει ορθή δεδομένου ότι η μάζα των παρακάτω υλικών αντιπροσωπεύει ποσότητα μεγαλύτερη του 95% της συνολικής μάζας του κτιρίου.

Έπειτα από τους σχετικούς υπολογισμούς, προκύπτει ο πίνακας με τις παρακάτω ποσότητες για κάθε υλικό από τα προϊόντα των αποξυλώσεων:

Πίνακας Ποσοτήτων Υλικών		
Υλικά	Ποσότητες (kgr)	Μέσο Ειδικό Βάρος (kgr/m³)
Σκυρόδεμα	108100	2300
Χάλυβας (Οπλισμός θεμελίων)	5170	7850
Χάλυβας (Διατομές τύπου Η)	23400	7850
Χαλυβδοέλασμα KNAUF	2240	7850
Αλουμίνιο	2150	2600
Γυαλί	1500	2500
Ξύλο(Ξύλινα στοιχεία οροφής)	6300	900
Ξύλο (Πόρτες και ντουλάπια)	1000	900
Πετροβάμβακας	2000	80
Κεραμμίδια	8000	2200
Τσιμεντοσανίδα	4900	1300
Γυψοσανίδα	7600	680
Μπάζα δαπέδων	3680	2000

Πίνακας 7. Ποσότητες Υλικών Αποξήλωσης (DDR).

Η δυνατότητα της αποκατασκευής- αποσυναρμολόγησης με τρόπο που τα υλικά να μπορούν να διαχωριστούν για επανάχρηση σε συνδυασμό με τον κύκλο ζωής τους, αποτελούν τα κριτήρια με βάση τα οποία κατηγοριοποιούνται τα υλικά προς ανακύκλωση, επανάχρηση ή απόρριψη. Αρχικά επιλέγεται η περιβαλλοντικά πιο φιλική επιλογή. Ο διαχωρισμός σε αυτό το στάδιο βασίζεται σε τεχνικά και περιβαλλοντικά κριτήρια και μόνο.

Πίνακας Διαχείρισης Προϊόντων Αποξήλωσης			
Υλικά	Απόρριψη	Ανακύκλωση	Επανάχρηση
Σκυρόδεμα		X	
Χάλυβας (Οπλισμός θεμελίων)		X	
Χάλυβας (Διατομές τύπου Η)			X
Χαλυβδοέλασμα KNAUF		X	
Αλουμίνιο		X	
Γυαλί		X	
Ξύλινα στοιχεία οροφής		X	
Ξύλο (Πόρτες και ντουλάπια)		X	
Πετροβάμβακας		X	
Κεραμμίδια		X	X
Τσιμεντοσανίδα	X		
Γυψοσανίδα		X	
Δίκτυα Η/Μ		X	
Μπάζα δαπέδων	X		

Πίνακας 8. Πίνακας περιβαλλοντικής διαχείρισης ανά υλικό (DDR)

Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι τα κουφώματα αλουμινίου, οι υαλοπίνακες και τα υαλοστάσια των κουφωμάτων, οι εσωτερικές ξύλινες πόρτες, τα ντουλάπια και οι ντουλάπες κατηγοριοποιούνται προς ανακύκλωση και όχι προς επανάχρηση, διότι είναι στοιχεία με αισθητικό χαρακτήρα που αναμένεται να μην παραμείνει ελκυστικός μετά τον κύκλο ζωής του κτηρίου. Επίσης είναι στοιχεία τα οποία έχουν διαστάσεις κατά παραγγελία για το συγκεκριμένο κτήριο και η συμβατότητά τους σε κάποιο άλλο είναι δύσκολο να επιτευχθεί αλλά και να προβλεφθεί σε φάση σχεδιασμού ενός νέου κτηρίου. Η επανάχρηση τέτοιων στοιχείων περιορίζεται σε στοιχεία με κλασσικό ύφος και για το συγκεκριμένο έργο αυτά είναι μόνο τα κεραμίδια.

Στάδιο 12/ Ανάλυση κόστους διάσωσης - αποθήκευσης

Για τον προϋπολογισμό του κόστους του έργου εξετάζονται τα παρακάτω κόστη:

A) Κόστος αδειοδότησης: Η τιμή της έκδοσης αδειας κατεδάφισης υπολογίζεται περίπου στα 1000 ευρώ με βάση την ισχύουσα νομοθεσία.

B) Κόστος ενέργειας: Οι απαιτήσεις κατανάλωσης ενέργειας για την αποκατασκευή αυτού του κτηρίου είναι πολύ χαμηλότερες από ένα αντίστοιχο με στατικό φορέα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Κομπρεσέρ απαιτούνται μόνο για τις αποξηλώσεις των δαπέδων και των θεμελίων. Όλες οι υπόλοιπες εργασίες μπορούν να πραγματοποιηθούν με ηλεκτρικά εργαλεία χειρός χαμηλής ισχύος, όπως τροχοί ή βιδολόγοι. Η μόνη «βαριά» εργασία είναι η αποσυναρμολόγηση του στατικού φορέα με την υποστήριξη κινητού γερανού, όπου το κόστος του καυσίμου περιλαμβάνεται στην ενοικίαση του. Η παροχή εργοστασιακού ρεύματος για την λειτουργία τους είναι εφικτή, και υπολογίζεται περίπου στα 500 ευρώ.

Γ) Κόστος μεταφοράς υλικών κατεδάφισης: Ο υπολογισμός του κόστους μεταφοράς δεν θα πραγματοποιηθεί σε αυτό το στάδιο στην συγκεκριμένη DDR ανάλυση αλλά στο Στάδιο 14 (Εκτίμηση αγοράς). Η τροποποίηση αυτή οφείλεται στην τοποθεσία του κτηρίου. Στην Κεφαλονιά οι επιλογές διαχείρισης απορριμμάτων είναι ιδιαίτερα περιορισμένες και για την επίτευξη της οικονομικής βελτιστοποίησης του αλγορίθμου το κόστος μεταφοράς θα εξεταστεί μαζί με το κόστος διαχείρισης ανά υλικό, καθώς κάθε υλικό ενδέχεται να καταλήξει διαφορετικό προορισμό. Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται μόνο η καταμέτρηση των κάδων προς μεταφορά ή των απαραίτητων δρομολογίων. Εξαιτίας της άτακτης απόρριψης των υλικών στους κάδους, για τον τελικό υπολογισμό του κόστους μεταφοράς, το ειδικό βάρος των υλικών προς απόρριψη υπολογίζεται μειωμένο κατά 40%. Συνολικά το σύνολο των απαιτούμενων κάδων υπολογίζεται στον επόμενο πίνακα:

Υπολογισμός κάδων μεταφοράς				
Υλικά	Ποσότητες (kg)	Μέσο Ειδικό Βάρος Αποξηλωμένων Υλικών (Kgr/m3)	Όγκοι Αποξηλωμένων Υλικών (m3)	Απαιτούμενοι κάδοι
Σκυρόδεμα	108100	1380	79	10
Χάλυβας (Οπλισμός θεμελίων)	5170	4710	2	2
Χάλυβας (Διατομές τύπου Η)	Μεταφορά με φορτηγό			
Χαλυβδοέλασμα KNAUF	2240	4710	2	2
Αλουμίνιο	2150	1560	2	1
Γυαλί	1500	1500	1	1
Ξύλινα στοιχεία οροφής	6300	540	12	2
Πόρτες και ντουλάπια	1000	540	2	1
Πετροβάμβακας	2000	48	42	6
Κεραμίδια	Μεταφορά με φορτηγό			
Τσιμεντοσανίδα	4900	780	7	2
Γυψοσανίδα	7600	408	19	4
Δίκτυα Η/Μ				2
Μπάζα δαπέδων	3680	1200	4	1

Πίνακας 9. Υπολογισμός όγκου μεταφοράς υλικών (DDR)

Δ) Κόστος ημερομισθίων και επίβλεψης: Σε συνεργασία με το τεχνικό γραφείο 2K Constructions Πουσουλίδου 37 Ηλιούπολη και με την εμπειρία κατασκευής του συγκεκριμένου έργου, η εκτέλεση της αποκατασκευής του προϋπολογίζεται στα 8.000 ευρώ περίπου.

Ε) Κόστος εγκατάστασης και απομάκρυνσης εργοταξίου: εδώ προϋπολογίζεται το κόστος των κριωμάτων, των χωνιών μεταφοράς στους κάδους και διαφόρων μικρών εξόδων που πιθανώς να προκύψουν. Υπολογίζεται στα 2500 ευρώ περίπου.

ΣΤ) Κόστος αποθήκευσης: Στο συγκεκριμένο έργο δεν υπάρχει ανάγκη αποθήκευσης για τα περισσότερα υλικά καθώς όλα τα προϊόντα αποξήλωσης οδηγούνται απευθείας στους κάδους μεταφοράς μέσω των χωνιών μεταφοράς. Ο στατικός φορέας από χάλυβα μπορεί σε περίπτωση που χρειαστεί να αποθηκευτεί στο οικόπεδο μέχρι να μεταφερθεί στον τελικό προορισμό του χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις προστασίας από τις καιρικές συνθήκες.

Ζ) Κόστος μίσθωσης γερανού: Η μίσθωση κινητού γερανού κρίνεται απαραίτητη για την αποσυναρμολόγηση του στατικού φορέα. Η διάρκεια μίσθωσης είναι ακριβώς ίση με αυτή που χρειάστηκε για την συναρμολόγηση του στατικού φορέα, δηλαδή τρεις ημέρες. Η συνολική δαπάνη ανέρχεται στα 1500 ευρώ.

Με βάση τα παραπάνω ακολουθεί η εκτίμηση του κόστους αποκατασκευής:

Προϋπολογισμός έργου:	
Κόστος αδειοδότησης	1000
Κόστος ενέργειας	500
Κόστος ημερομισθίων και επίβλεψης	11000
Κόστος εγκατάστασης και απομάκρυνσης εργοταξίου	3000
Κόστος αποθήκευσης	0
Κόστος μίσθωσης γερανού	1500
Σύνολο:	17000

Πίνακας 10. Προϋπολογισμός αποκατασκευής.

Όπως υπολογίζεται το ύψος της δαπάνης για την ελεγχόμενη κατεδάφιση του κτιρίου χωρίς την απομάκρυνση των οικοδομικών υλικών διαμορφώνεται σε 17.000 ευρώ. Η δαπάνη αυτή αντιστοιχεί σε κόστος αποκατασκευής 92€/m², όταν το μέσο κόστος ανέγερσης αυτού του τύπου κατασκευής διαμορφώνεται στα 1100€/m², όπως αυτό επιμετρήθηκε στην ολοκλήρωση του κτηρίου. Συνεπώς το κόστος αποκατασκευής διαμορφώνεται στο 8,3% του κόστους κατασκευής.

Στάδιο 13/ Εκτίμηση επιδότησης

Μετά από επικοινωνία με γραφεία υποστήριξης προγραμμάτων ανάπτυξης και έρευνας στο διαδίκτυο, δεν βρέθηκαν προγράμματα επιδότησης για έργα αυτού του τύπου. Το γεγονός αυτό αντικατοπτρίζει την ύπαρξη οικονομικών κινήτρων για την ενίσχυση και ανάπτυξη περιβαλλοντικής πολιτικής στην Ελλάδα.

Στάδιο 14/ Εκτίμηση αγοράς

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η διερεύνηση των συνθηκών της αγοράς που επηρεάζουν την εφαρμογή της στρατηγικής για το συγκεκριμένο έργο. Στην Κεφαλοντία δεν υπάρχει καμία μονάδα ανακύκλωσης οικοδομικών υλικών. Οι μόνες διαθέσιμες επιλογές είναι:

A) Η απόριψη των οικοδομικών υλικών σε τοπικές αδειοδοτημένες εταιρίες διαχείρισης απορριμάτων.

B) Η αποστολή τους στην Αττική για ανακύκλωση, όπου αυτή είναι διαθέσιμη.

Γ) Η επανάχρηση μέσω πώλησης στην Αττική, ως δευτερευομένη υλικά στις αντίστοιχες μονάδες επεξεργασίας.

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει αγορά ανακυκλωμένων οικοδομικών υλικών. Η μοναδική δυνατή μεταπώληση θα μπορούσε να είναι αυτή του χαλύβδινου στατικού φορέα για πλήρη ή μερική επανάχρηση μέσω τροποποίησης των υφιστάμενων

στοιχείων και συνδέσμων του.

Κατόπιν έρευνας στο διαδίκτυο γίνονται οι παρακάτω παραδοχές με σκοπό να ενσωματωθούν με τον πιο ρεαλιστικό τρόπο οι συνθήκες της αγοράς που συσχετίζονται με τον αλγόριθμο. Για την εφαρμογή της στρατηγικής λαμβάνονται οι παρακάτω διαπιστώσεις - παραδοχές:

1) Ο χάλυβας που προέρχεται από τον στατικό φορέα πωλείται προς το 50% της τιμής του πρωτογενούς χάλυβα, δηλαδή προς 0,4€/Kgr.

2) Για την ανακύκλωση του χάλυβα προκύπτει έσοδο περίπου 0,2 ευρώ ανα κιλό και για το αλουμίνιο 0,6 ευρώ ανα κιλό. Οι τιμές αυτές είναι συνδεδεμένες με τις διεθνείς τιμές των πρωτογενών υλικών και μεταβάλλονται αντιστοίχως.

3) Η Αττική είναι η πιο κοντινή τοποθεσία με μονάδες ανακύκλωσης οικοδομικών υλικών.

4) Η ανακύκλωση στην Αττική είναι δυνατή μόνο για το σκυρόδεμα, τον χάλυβα, το αλουμίνιο, το γυαλί, την γυψοσανίδα και το ξύλο.

5) Για την ανακύκλωση της γυψοσανίδας, του γυαλιού, του ξύλου και του πετροβάμβακα δεν προκύπτουν έσοδα.

6) Το κόστος του κάθε κάδου χωρητικότητας 8m³ για την μεταφορά και απόρριψη οικοδομικών υλικών στην Κεφαλλονιά ανέρχεται στα 120€.

7) Το κόστος μεταφοράς οικοδομικών υλικών από Κεφαλλονιά προς Αττική είναι 600€ για κάθε φορτηγό χωρητικότητας 10tn και 450€ για φορτηγό μικρότερης χωρητικότητας 3tn.

Πίνακας Εκτίμησης Αγοράς και εξόδων μεταφοράς										
Υλικά	(Kgr)	Kgr/ m ³	Απόρριψη		Ανακύκλωση		Επανάχρηση		Βέλτιστη επιλογή	
			M(€)	Δ (€)	M(€)	Δ (€)	M(€)	Π(€)	Βέλτιστη επιλογή (€)	
Σκυρόδεμα	108100	1380	1200	0	6600	0			1200	Απόρριψη
Χάλυβας (Οπλισμός θεμελίων)	5170	4710	240	0	600	-1034			-434	Ανακύκλωση
Χάλυβας (Διατομές τύπου Η)	23800	5000	600	0	1500	-4760	1500	-9520	-8020	Επανάχρηση
Χαλυβδοέλασμα KNAUF	2240	4710	240	0	900	-448			240	Απόρριψη
Αλουμίνιο	2150	1560	120	0	450	-1290			-840	Ανακύκλωση
Γυαλί	1500	1500	120	0	600	0			120	Απόρριψη
Ξύλο (στοιχεία οροφής)	6300	540	240	0	1200	0			240	Απόρριψη
Ξύλο (Πόρτες και ντουλάπια)	1000	540	120	0	600	0			120	Απόρριψη
Πετροβάμβακας	2000	48	300	0	1200	0			300	Απόρριψη
Κεραμμύδια	8000	1400	240	0			0	-1000	-1000	Επανάχρηση
Τσιμεντοσανίδα	4900	780	240	0					240	Απόρριψη
Γυψοσανίδα	7600	408	480	0	600	0			480	Απόρριψη
Δίκτυα Η/Μ	800	1500	240	0					240	Απόρριψη
Μπάζα δαπέδων	3680	1200	120	0					120	Απόρριψη
Σύνολο:									-6994	

Πίνακας 11. Εκτίμησης Αγοράς και εξόδων μεταφοράς από Κεφαλλονιά – Αττική.

8) Το κόστος μεταφοράς του μεταλλικού στατικού φορέα από Κεφαλλονιά προς Αττική με τετραξονικό φορτηγό είναι 1500€.

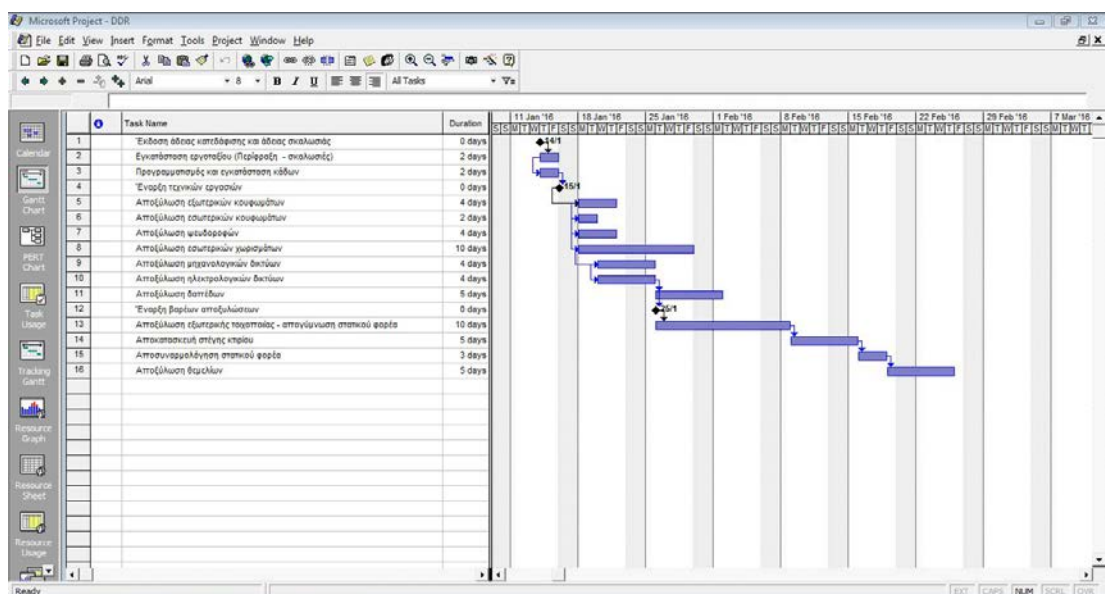
Στον πίνακα εκτίμησης αγοράς εξετάζεται το οικονομικό κόστος για κάθε σενάριο εφικτής διαχείρισης ανα υλικό, με τις αρνητικές τιμές να συμβολίζουν έσοδα. Με Μ συμβολίζεται η δαπάνη μεταφοράς, με Δ η δαπάνη διαχείρισης και με Π τα έσοδα από την πώληση προς επανάχρηση. Ο υπολογισμός των εξόδων μεταφοράς για το σενάριο απόριψης πραγματοποιείται με τελικό προορισμό των υλικών την Κεφαλλονιά, ενώ για τα σενάρια της ανακύκλωσης και επανάχρησης με προορισμό την Αττική καθώς αυτού του είδους η διαχείριση μόνο εκεί είναι διαθέσιμη.

Η βελτιστοποίηση της μετάφορας και διαχείρισης οδηγεί σε έδοσα τα οποία υπολογίζονταν στα 6994€ διαμορφώνουν το κόστος εφαρμογής της στρατηγικής DDR σε 54,4€/m² το οποίο αντιστοιχεί στο 4,9% του κόστους ανέγερσης.

Όπως διαπιστώνεται η επιλογή της DDR στρατηγικής είναι ορθή καθώς για την επίτευξη της βελτιστοποίησης του κόστους ο συνδυασμός ανακύκλωσης και επανάχρησης των υλικών κρίνεται απαραίτητος. Συνεπώς ο αλγόριθμος κατευθύνεται μέσω του κόμβου C στο στάδιο 25 για την συνέχεια και ολοκλήρωση της εφαρμογής του αλγόριθμου.

Στάδιο 25/Σχεδιασμός υλοποίησης έργου

Για την δημιουργία του χρονικού σχεδιασμού χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Microsoft Project. Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται μια προεπισκόπηση του σχεδιασμού. Στο Παράστημα Α επισυνάπτεται ο σχεδιασμός σε εκτύπωση Α3.



Σχήμα 11 . Χρονικός σχεδιασμός της υλοποίησης της αποκατασκευής σε διάγραμμα Gant με χρήση του Microsoft Project.

Η αποκατασκευή του κτηρίου μπορεί να προσομοιωθεί επιτυχώς από σχετικά χρονικά στάδια (events) με τις περισσότερες από τις εργασίες να μπορούν να εξελίσσονται παράλληλα. Οι φωτογραφίες που ακολουθούν προέρχονται από την κατασκευή του κτηρίου και παρουσιάζονται από το τέλος της προς τη αρχή προκειμένου να συμπληρώσουν την συνοπτική περιγραφή της υποθετικής αποκατασκευής που ακολουθεί:



Εικόνα 24. Η κατοικία σε στάδιο χρωματισμών χωρίς τα εξωτερικά κουφώματα.

Σε αρχικό στάδιο αφού έχουν διεκπεραιωθεί έκδοση οικοδομικής άδειας κατεδάφισης και έχει εγκατασταθεί το εργοτάξιο, πραγματοποιείται η έναρξη των τεχνικών εργασιών με την αποσυναρμολόγηση των εξωτερικών και των εσωτερικών κουφωμάτων. Παράλληλα πραγματοποιούνται οι εργασίες αποσυναρμολόγησης των ψευδοροφών και των εσωτερικών χωρισμάτων. Οι σύνδεση της γυψοσανίδας γίνεται με βίδες ανα 30 cm στην μία διεύθυνση και ανα 60 cm στην άλλη. Με μια γρήγορη απόξυση της τελικής χρωματισμένης επιφάνειας με ένα τριβείο χειρός κατά μήκος αυτών των διεθύνσεων οι θέσεις των βιδών αποκαλύπτονται και η αποσυναρμολόγηση ξεκινά άμεσα με το ξεβίδωμα κάθε σύνδεσης. Οι εργασία αυτή πραγματοποιείται στην ψευδοροφή και στις δύο πλευρές των εσωτερικών χωρισμάτων παράλληλα. Αφού ολοκληρωθεί η απομάκρυνση των γυψοσανίδων τα ο πετροβάμβακας και τα ηλεκτρομηχανολογικά δίκτυα μπορούν να αποσυναρμολογηθούν και να απομακρυνθούν.

Παράλληλα με την απομάκρυνση των ηλεκτρομηχανολογικών δικτύων ξεκινά η αποξήλωση των δαπέδων τα οποία έχουν εφαρμοστεί σε τσιμεντοκονία μικρού πάχους.



Εικόνες 26α,26β. Η κατοικία σε στάδιο κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας με τον σκελετό χαύβδοελάσματος καθώς τοποθετούνται οι τσιμεντοσανίδες πάνω σε αυτόν.(Εσωτερική άποψη



Εικόνα 25. Η κατοικία σε στάδιο κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας με τον σκελετό χαύβδοελάσματος καθώς τοποθετούνται οι τσιμεντοσανίδες πάνω σε αυτόν.(Εξωτερική άποψη)

Οι εργασίες αποκατασκευής της τοιχοποιίας από την εξωτερική πλευρά απαιτούν σκαλωσιές για να πραγματοποιηθούν. Η αποκατασκευή της όμως θα πρέπει να ξεκινήσει από την εσωτερική πλευρά, καθώς οι βίδες που συνδέουν την τσιμεντοσανίδα με τον εξωτερικό σκελετό είναι μόνο από μέσα ορατές.

Στην εξωτερική πλευρά, επάνω από την τσιμεντοσανίδα έχει εγκατασταθεί κολλητά η εξωτερική θερμομόνωση. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που η εξωτερική τσιμεντοσανίδα δεν μπορεί να ανακυκλωθεί καθώς ο διαχωρισμός της είναι πρακτικά αδύνατος με κοινές πρακτικές.

Αφού απογυμνωθεί ο σκελετός της ξηράς δόμησης ξεκινά η αποσυναρμολόγηση του και μετά την ολοκλήρωση του μένει μόνο μεταλλικός στατικός φορέας με την κεραμοσκεπή. Οι εργασίες συνεχίζονται με την αποσυναρμολόγηση της κεραμοσκεπής όπου τα κεραμίδια μπορούν να διασωθούν πλήρως προς επανάχρηση ενώ το ξύλο οδηγείται προς ανακύκλωση.

Ακολουθεί η αποσυναρμολόγηση του μεταλλικού στατικού φορέα από τα ψηλότερα προς τα χαμηλότερα μέλη. Για την υλοποίηση αυτής της εργασίας ένα συνεργείο μόλις τεσσάρων ατόμων α ένα γερανό αρκεί για ολοκληρωθεί σε μόλις 3 ημέρες και να φορτωθεί σε ένα τετρααξονικό φορτηγό.

Τέλος μένει η θεμελίωση από οπλισμένο σκυρόδεμα η οποία διαλύεται με χρήση κομπρεσέρ και τα υλικά αποξήλωσης διαχωρίζονται σε χάλυβα και σκυρόδεμα. Με την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας ολοκληρώνεται και η αποκατασκευή του κτηρίου.



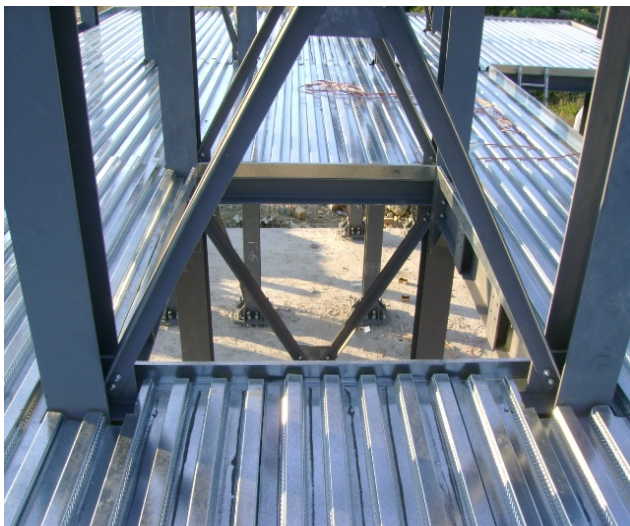
Εικόνα 27. Η κατοικία σε στάδιο κατασκευής του σκελετού της εξωτερικής τοιχοποιίας.



Εικόνα 28. Λεπτομέρεια σύνδεσης της κεραμοσκεπής με τον στατικό φορέα.



Εικόνα 29. Ο μεταλλικός στατικός φορέας ολοκληρωμένος.



Εικόνα 30. Λεπτομέρειες από τον στατικό φορέα..



Εικόνα 31α,31β. Ο μεταλλικός στατικός φορέας σε φάση συναρμολόγησης.



Εικόνα 32. Η θεμελίωση του κτηρίου.

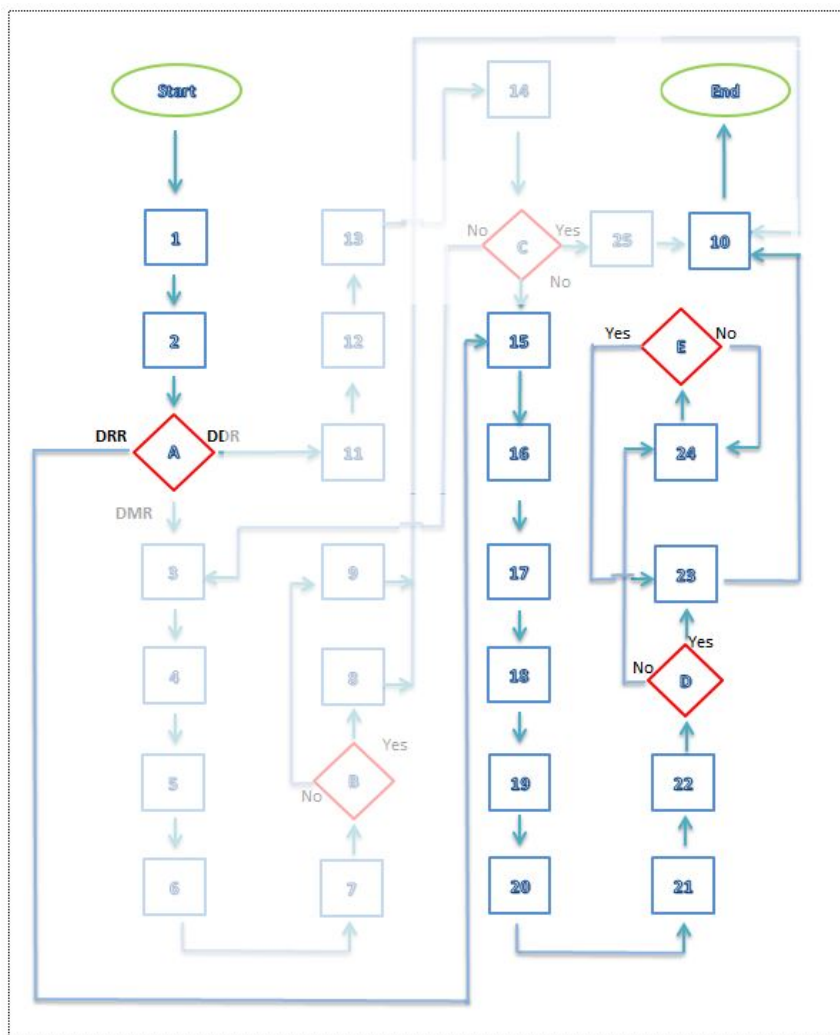
Στάδιο 10/ Case Based Reasoning Report

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η σύνταξη της αναφοράς η οποία περιβαμβάνει το αποτέλεσμα και τα κρίσιμα σημεία όλων όσων περιγράφηκαν στα προηγούμενα στάδια εφαρμογής στην στρατηγική με στόχο να κατοχυρώσει και να πείσει τον ενδιαφερόμενο για τα οφέλη της εφαρμογής της. Με την εφαρμογή του αλγορίθμου, υπολογίζεται το ποσοστό της μάζας της ανωδομής που επαναχρησιμοποιείται στο 45,9% και αυτής που ανακυκλώνεται στο 21,2% με το κόστος εφαρμογής της στρατηγικής να διαμορφώνεται στα 54,4€m² που αντιστοιχεί στο 4,9% του κόστους ανέγερσης.

4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ DRR ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται σε γενικό επίπεδο η ανάλυση της εφαρμογής της στρατηγικής DRR σε ένα πραγματικό έργο μεγάλης κλίμακας: Την διάσωση του ναού Abu Simbel στην Αίγυπτο το 1967. Αν και δεν είναι πρόσφατο παράδειγμα αποτελεί ένα άκρως εντυπωσιακό εγχείρημα το οποίο ολοκληρώθηκε επιτυχώς και στο προβλεπόμενο χρονοδιάγραμμα. Στην ανάλυση που ακολουθεί επισημαίνεται κυρίως η εφαρμοσιμότητα και συμβατότητα του αλγορίθμου για την ανάλυση της υλοποίησης αυτού του έργου, δεδομένου ότι η αλληλουχία των εργασιών όπως αυτές πραγματοποιήθηκαν, δεν αποσαφηνίζεται πλήρως στην διαθέσιμη βιβλιογραφία. Το συγκεκριμένο έργο δεν θα αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας γενικής κατηγορίας έργων όπως αναλύθηκε στις προηγούμενες δύο στρατηγικές (DMR και DDR), καθώς είναι πολύ ιδιαίτερο αλλά θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι αξίζει να αναλυθεί ως την πλέον απαιτητική –ίσως– περίπτωση επανάχρησης έργου, κατασκευής πολιτικού μηχανικού.

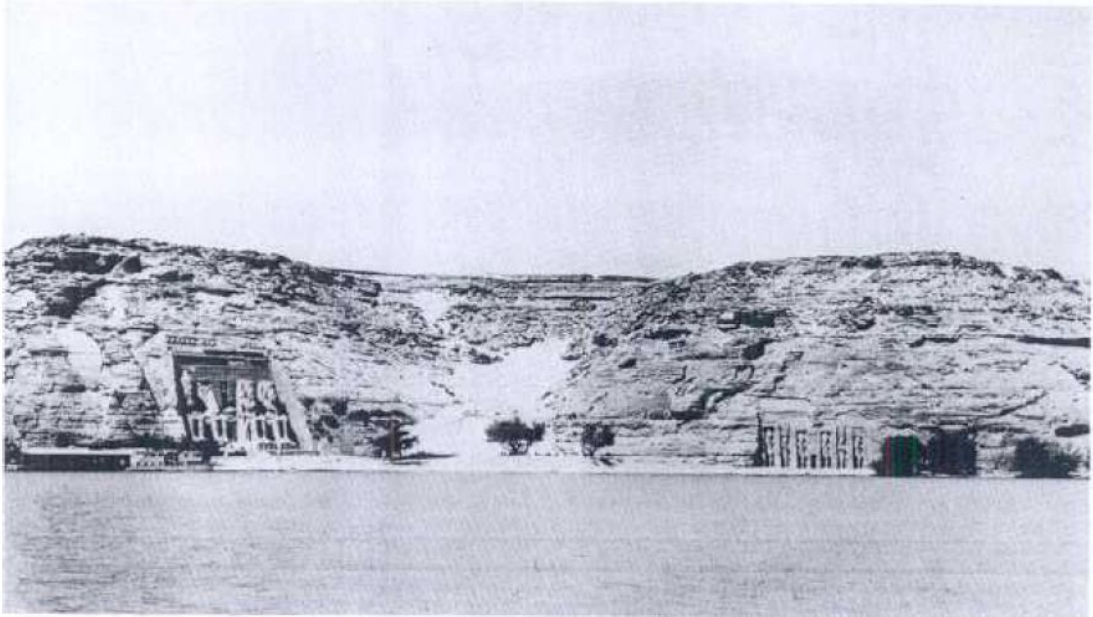
Στο παρακάτω σχήμα επισημαίνεται η “διαδρομή” της στρατηγικής DRR στο σύνολο του αλγορίθμου:



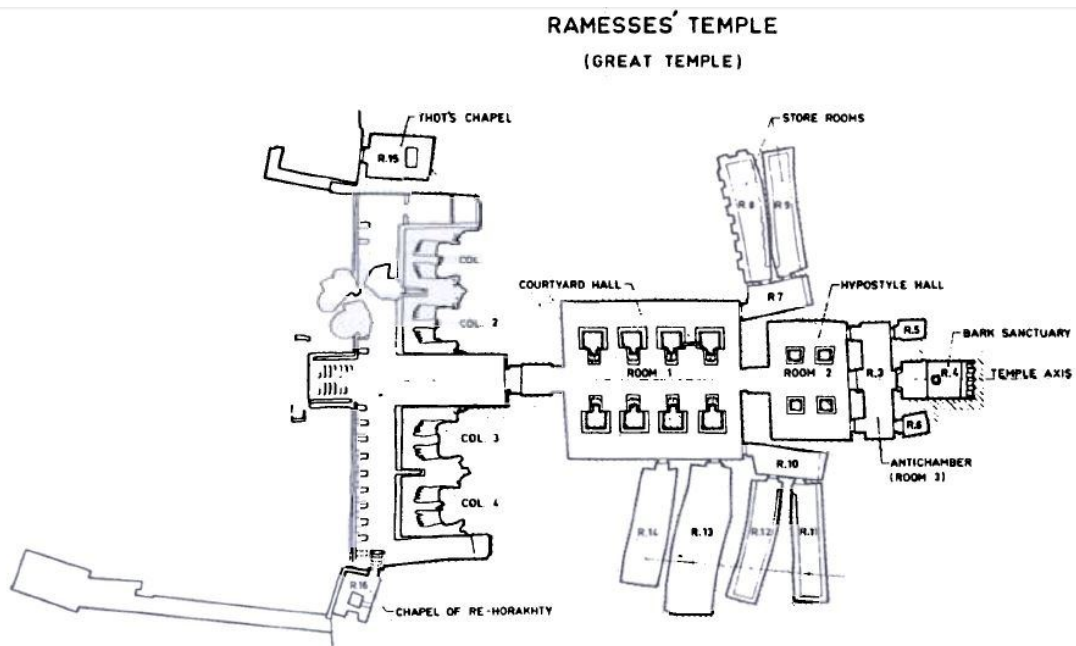
Σχήμα 12. Η γραφική απεικόνιση της “διαδρομής” της στρατηγικής DRR στο σύνολο του αλγορίθμου.

Στάδιο 1/ Γενική περιγραφή έργου

Οι ναοί του Abu Simbel κατασκευάστηκαν από τον Φαραώ Ραμσή ΙΙ τον 12^ο π.Χ. αιώνα. Βρίσκεται κοντά στην λίμνη Nasser στην Αίγυπτο, 280 χιλιόμετρα νότια των καταρρακτών Aswan. Αποτελούνται από δύο ναούς, τον «μεγάλο» και τον «μικρό» ναό οι οποίοι βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους.



Εικόνα 33. Οι ναοί Abu Simbel στην αρχική τους τοποθεσία.



Εικόνα 19. Η κάτοψη του μεγάλου ναού.

Οι προσόψεις έχουν δημιουργηθεί απευθείας πάνω στην βραχώδη άμμο των λόφων που φιλοξενούν τους ναούς και αποτελούν εξαιρετικό παράδειγμα γλυπτικής σε μεγάλη κλίμακα αλλά και αρχιτεκτονικής της εποχής ταυτόχρονα.



Εικόνα 34. Η όψη του μεγάλου ναού.

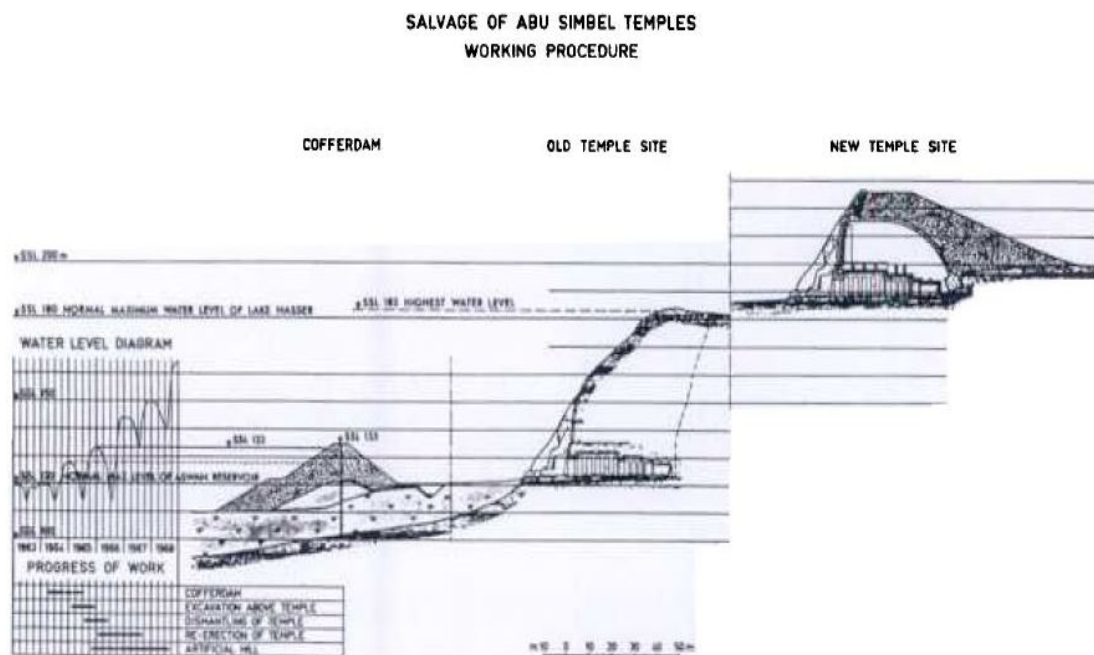


Εικόνα 35. Εσωτερική άποψη του μεγάλου ναού

Στην πρόσοψη του μεγάλου ναού κυριαρχούν τέσσερα κολοσσιαία αγάλματα του βασιλιά Ραμσή ΙΙ ύψους 20 μέτρων το καθένα. Στο εσωτερικό όλοι οι τοίχοι και τα αγάλματα έχουν διαμορφωθεί απευθείας πάνω στη βραχώδη άμμο. Η κύρια αίθουσα του ναού όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα έχει μήκος 18 μέτρα, πλάτος 16 μέτρα και ύψος 8 μέτρα. Το πλέον απομακρυσμένο δωμάτιο από την είσοδο του ναού, βρίσκεται 60 μέτρα μέσα στον λόφο και είναι η αίθουσα ταφής του βασιλιά. Ο μικρός ναός είναι αφιερωμένος στην βασίλισσα Νεφερτίτη και αποτελείται από πέντε δωμάτια διαμορφωμένα εσωτερικά του βραχώδους λόφου. Στην πρόσοψη του κυριαρχούν τέσσερα συνολικά αγάλματα, δύο του βασιλιά και δυο της βασίλισσας.

Στάδιο 2/ Κατηγοριοποίηση

Το 1960 ξεκίνησε η κατασκευή του φράγματος Sadd El Aali στον ποταμό Νείλο επτά χιλιόμετρα νότια του Aswan προκειμένου να δημιουργήσει ένα τεράστιο ταμιευτήρα νερού (την σημερινή λίμνη Nasser) για την εξυπηρέτηση των αναγκών άρδευσης της ευρύτερης περιοχής. Η στάθμη του νερού είχε υπολογιστεί ότι θα ανυψωνόταν έως και 60 μέτρα. Στην περίπτωση που η ανύψωση της στάθμης του νερού πλημμύριζε τους ναούς, αυτοί θα καταστρέφονταν ολοκληρωτικά δεδομένου ότι είχαν διαμορφωθεί σε βραχώδη άμμο, ένα υλικό που η επαφή του με νερό θα το οδηγούσε πολύ σύντομα σε καθολική αποσύνθεση σε άμμο μηδενικής συνοχής. Τέσσερα χρόνια αργότερα, το 1964 αυτή η απειλή από την δημιουργία του φράγματος ήταν γεγονός και οι ναοί έπρεπε να διασωθούν όσο ο χρόνος το επέτρεπε.

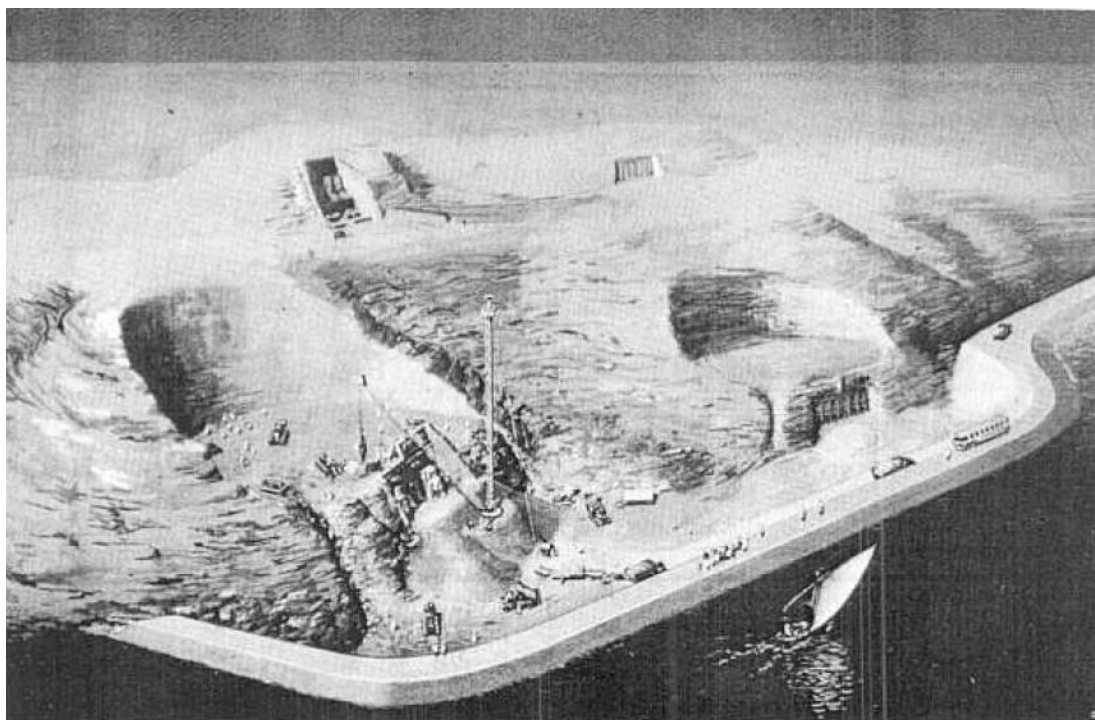


Σχήμα 13 . Σχηματική απεικόνιση της ανύψωσης της στάθμης του Νείλου λόγω του φράγματος.

Οι ναοί Abu Simbel έχουν χαρακτηριστεί ως μνημείο παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς από την UNESCO. Η διάσωσή τους αποτέλεσε ένα από τα ζητήματα υψηλής προτεραιότητας για το Υπουργείο Πολιτισμού της Αιγύπτου και για την UNESCO Paris. Η μετεγκατάσταση των ναών ήταν η μοναδική λύση. Πρόκειται προφανώς για μια εφαρμογή της στρατηγικής DRR.

Στάδιο 15/ Σχεδίαση με διάσωση – πλήρης επανάχρηση του κτιρίου

Το εγχείρημα της διάσωσης των ναών ήταν μοναδικό. Η μεγαλειώδης κλίμακα του, το έκανε συναρπαστικό και μια πρόκληση μηχανικής χωρίς προηγούμενο για την εποχή. Μεγάλος αριθμός ιδεών και προτάσεων για την υλοποίηση της διάσωσης κατατέθηκε στην Αιγυπτιακή κυβέρνηση και την UNESCO. Τελικά αποφασίστηκε να αναλάβει η VBB το έργο ως Consulting Engineers και Architects. Η πρόταση της VBB αποτυπώνεται περιληπτικά στις παρακάτω εικόνες 22 και 23 τις οποίες κατέθεσε πριν την εκτέλεση του έργου στην Αιγυπτιακή κυβέρνηση και την UNESCO:



Εικόνα 36. Σχηματική απεικόνιση της πρότασης της VBB για την μεταφορά των ναών.

Η βασική ιδέα ήταν ο ελεγχόμενος και προσεκτικός κατακερματισμός των όψεων του ναού και των τοιχωμάτων του σε κομμάτια ικανά να μεταφερθούν στην νέα τοποθεσία με ασφάλεια και να επανασυναρμολογηθούν. Τμήμα του φυσικού βράχου γύρω από τον ναό θα έπρεπε επίσης να μεταφερθεί με τον ίδιο τρόπο. Ένας μεγάλος αριθμός ζητημάτων έπρεπε να επιλυθεί ώστε να πραγματοποιηθεί η επιχείρηση διάσωσης, τα κυριότερα από τα οποία σύμφωνα με την διαθέσιμη βιβλιογραφία είναι τα ακόλουθα:

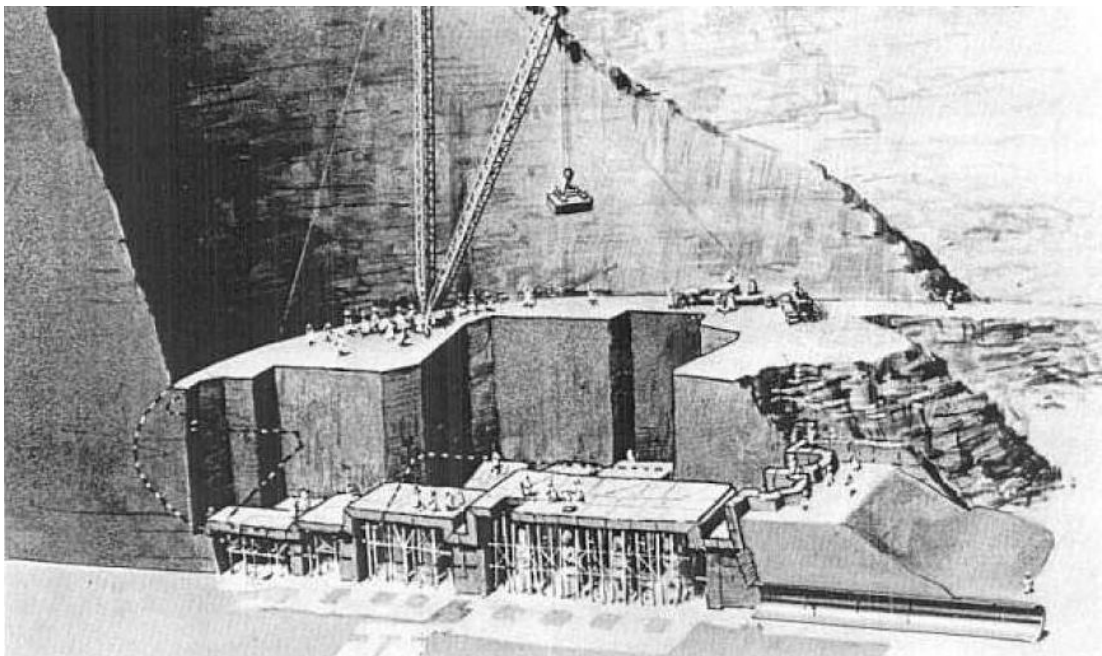
Ζήτημα 1: Η οργάνωση και χρηματοδότηση του μοναδικού αυτού εγχειρήματος. Αυτό το πρόβλημα έπρεπε να λυθεί από την Αιγυπτιακή κυβέρνηση με την υποστήριξη της UNESCO Paris.

Ζήτημα 2: Η προστασία των ναών από την άνοδο των νερών του Νείλου. Η ταχύτητα ανόδου της στάθμης του Νείλου πάνω από αυτή της αρχικής θέσης των ναών αναμενόταν να ξεπεράσει αυτή της προόδου των εργασιών αποκατασκευής. Επίσης έπρεπε να ληφθεί υπόψη και η αναπόφευκτη αύξηση της στάθμης του υδάτινου υπογείου ορίζοντα. Οι ναοί έπρεπε να παραμείνουν πλήρως προστατευμένοι από αυτές τις δύο ταυτόχρονες απειλές κατά την διάρκεια των εργασιών. Το εγχείρημα ήταν μια μάχη ενάντια στον χρόνο.

Ζήτημα 3: Η αποκατασκευή και επαναδόμηση των ναών από τα επιμέρους στοιχεία τους σε στατικό επίπεδο και η αρμολόγηση όλων των ενώσεων κατά την επανακατασκευή σε αισθητικό, ήταν δύο κρίσιμες απαιτήσεις που ουσιαστικά οδηγούσαν σε πολλά επιμέρους προβλήματα που έπρεπε να επιλυθούν.

Ζήτημα 4: Η αρχική αποτύπωση των ναών και η τελική χωροθέτηση τους στην νέα τοποθεσία έτσι ώστε να μείνει αναλλοίωτη η αρχιτεκτονική τους, όπως και επίσης όλες οι τεχνικές δυσκολίες που επέβαλαν οι τεχνολογικοί περιορισμοί της εποχής.

Ζήτημα 5: Ο σχεδιασμός και κατασκευή ενός νέου στατικού φορέα που θα καθιστούσε ικανή την επαναδόμηση των ναών και του περιβάλλοντος χώρου με ασφάλεια.



Εικόνα 37. Σχηματική απεικόνιση της πρότασης της VBB για την αποκατασκευή των ναών.

Όλα τα παραπάνω κύρια ζητήματα αποτέλεσαν την βάση σχεδιασμού του έργου και το input σχεδιαστικών απαιτήσεων όσων αναλύονται στο στάδιο 25 του αλγορίθμου το οποίο ακολουθεί παρακάτω.

Στάδιο 16/ Επιλογή υποψηφίων τόπων επανεγκατάστασης

Στην διαθέσιμη βιβλιογραφία δεν υπάρχουν καταγεγραμμένες εναλλακτικές προτάσεις σχετικά με τις επιλογές που εξετάστηκαν για την επιλογή του νέου τόπου επανεγκατάστασης αλλά κάποιες αναφορές μόνο στις απαιτήσεις που έπρεπε να καλύπτει. Γενικά θα μπορούσε να υποτεθεί με ασφάλεια ότι αυτό το ζήτημα επιλύθηκε άμεσα κατά την εκτέλεση αυτού του έργου, δεδομένου ότι η ο χώρος στην έρημο δεν είναι περιορισμένος, δεν υπάρχουν γειτνιάσεις με όμορες ιδιοκτησίες και η γη δεν έχει υψηλή αξία. Η νέα θέση των ναών βρισκόταν σε 65 μέτρα μεγαλύτερο υψόμετρο και 208 μέτρα Βοριοδυτικά της αρχικής, ήταν συνεπώς πολύ κοντά της. Αναφορά στις κυριότερες από τις προϋποθέσεις που έπρεπε να καληφθούν γίνεται στα επόμενο στάδιο (17).

Στάδιο 17 / Σύνθεση στοιχείων διανύσματος

Στην διαθέσιμη βιβλιογραφία δεν υπάρχει καμία αναφορά για την ποσοτική διάσταση της διαδικασίας λήψης απόφασης της τελικής θέσης μετεγκατάστασης. Η αναφορά στις παρακάτω παραμέτρους αποτελεί ένα παράδειγμα της εφαρμογής του αλγορίθμου σε αυτό το έργο όπως επίσης και το μήτρα υπολογισμού που ακολουθεί. Οι κυριότερες παράμετροι ως διανύσματα στο τελικό μητρώο θα μπορούσαν να είναι οι παρακάτω:

Χρόνος μετεγκατάστασης: Ο διαθέσιμος συνολικός χρόνος για την αποκατασκευή και επαναδόμηση των ναών ήταν πολύ περιορισμένος λόγω της γρήγορης ανόδου της στάθμης των νερών του Νείλου. Η νέα θέση δεν θα μπορούσε να βρίσκεται σε απομακρισμένο σημείο έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος μεταφοράς των τμημάτων των ναών με ασφαλή τρόπο.

Τεχνική καταλληλότητα: Η νέα θέση θα έπρεπε να εξασφαλίζει τον χώρο, την δυνατότητα εγκατάστασης των εργοταξίων αποκατασκευής, επανακατασκευής, προσωρινής αποθήκευσης και συντήρησης των τμημάτων του ναου.

Προστασία από φυσικές καταστροφές: Η απειλή της υπεχειλήσης του Νείλου στην νέα του στάθμη ακόμα και λόγω φυσικών αιτιών, έπρεπε να εξαληφθεί στην νέα θέση μετεγκατάστασης. Η νέα τοποθεσία θα έπρεπε να βρίσκεται σε αρκετά μεγαλύτερο υψόμετρο από την προηγούμενη.

Αρχαιολογική καταλληλότητα: Πρέπει να εξετασθεί ότι η νέα τοποθεσία δεν αποτελεί χώρο αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, γεγονός που θα μπορούσε να καθυστερήσει την εκτέλεση του έργου αλλά και στην συγκεκριμένη περίπτωση η καταλληλότητα της νέας θέσης για την ικανότητα φιλοξενείας ενός μεγαλειώδους αρχαιολογικού μνημείου από αρχαιολογική οπτική.

Προσομοίωση με τον αρχικό χώρο: Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στην βιβλιογραφία για την βαρκτητητα που δόθηκε από την αρχιτεκτονική ομάδα της VBB σε αυτή την παράμετρο. Η νέα τοποθεσία θα έπρεπε να μην έχει σημαντικά διαφορετικό ανάγλυφο από την αρχική και επίσης να αναδουκνεί εξίσου την μεγαλοπρέπεια των ναών όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται.

Νομική διάσταση: Η συμμόρφωση με την Αιγυπτιακή αλλά και την διεθνή νομοθεσία όλων των παραμέτρων που σχετίζονται με τη νέα θέση είναι απαραίτητη. Βέβαια το γεγονός ότι το ίδιο το κράτος είναι ο εργοδότης αυτής της επιχείρησης και όχι τρίτο μέρος αποτελεί ισχυρό πλεονέκτημα όσο αφορά την ταχύτητα διεκπεραίωσης των νομικών θεμάτων του έργου.

Γεωτεχνική καταλληλότητα: Η νέα θέση πρέπει να είναι κατάλληλη απο γεωτεχνικής και γεωλογικής πλευράς. Οι ναοί πρόκειται να φορτίσουν με ιδιαίτερα υψηλές τάσεις το υπέδαφος σε μεγάλο βάθος και έκταση. Πρέπει να εξεταστεί οτι είναι ικανό να παραλάβει με ασφάλεια αυτές τις φορτίσεις και για μεγάλο βάθος χρόνου. Μεγάλος αριθμός δειγμάτων υπεδάφους υποβλήθηκε σε εργαστηριακές δοκιμές για τον καθορισμό όλων των γεωτεχνικών και γεωλογικών παραμέτρων (μηχανική αντοχή, υπόγειος ορίζοντας κτλ) που ήταν απαραίτητες για τον προσδιορισμό του εδαφικού – γεωλογικού προφίλ και της φέρουσας ικανότητας του εδάφους στην νέα θέση.

Περιβαλλοντική καταλληλότητα: Η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση δεν ήταν ανεπτυγμένη την δεκαετία του 60 όπου εκτελέστηκε το έργο και καμια αναφορά σχετική δεν έχει βρεθεί στην βιβλιογραφία. Σε κάθε περίπτωση η νέα θέση και η διαδικασία μεταφοράς των ναων σε αυτή πρέπει να προκαλεί τις ελάχιστες δυνατές επιπτώσεις και διαταράξεις στο περιβάλλον.

Κόστος μεταφοράς: Το κόστος αποτελεί μια από τις κυριότερες παραμέτρους. Πάντοτε η ελαχιστοποίηση του είναι κυρίαρχο ζήτημα, ειδικά σε έργα αυτής της κλίμακας. Η νέα θέση πρέπει να εξασφαλίζει την ομαλότερη και συντομότερη δυνατή μετάβαση απο την αρχική θέση. Στην βιβλιογραφία δεν γίνεται ειδική αναφορά για το κόστος μετακίνησης ξεχωριστά αλλά για την συνολική δαπάνη του έργου η οποία ήταν ιδιαίτερα μεγάλη για την εποχή.

Ο αρχικός προϋπολογισμός του έργου ήταν 36 εκατομμύρια δολάρια (Αμερικής) ποσό απο το οποίο 40% περίπου έπρεπε να καταβληθεί σε τοπικό συνάλλαγμα. Στην αρχική συμφωνία τα 20,5 εκατομμύρια απο τα 36 θα κατέβαλε η UNESCO, ενώ για την καταβολή του υπόλοιπου προϋπολογισμού υπεύθυνη ήταν η κυβέρνηση της Αιγύπτου. Συνολικά 50 κράτη συνείσφεραν οικονομικά στο έργο της διάσωσης με τον μεγαλύτερο χρηματοδότη, μετά την Αιγυπτιακή κυβέρνηση, τις Η.Π.Α. με οικονομική συνεισφορά 12 εκατομμυρίων δολλαρίων. Η τελική δαπάνη του έργου έφτασε τα 40 εκατομμύρια δολάρια ξεπερνώντας τον αρχικό προϋπολογισμό κατα 10% περίπου.

Προσβασιμότητα: Η εύκολη πρόσβαση στην νέα θέση είναι επίσης σημαντική παράμετρος. Είναι αδύνατη η μετεγκατάσταση σε μια θέση χωρίς πρόσβαση. Η

δυνατότητα πρόσβασης πρέπει να εξεταστεί τόσο κατά την διάρκεια των εργασιών, ώστε να εξεσφαλίζει τη ικανότητα μεταφοράς και απομάκρυνσης του τεχνικού εξοπλισμού του εργοταξίου, όσο και κατά την μόνιμη λειτουργία του έργου στην νέα θέση. Στην συγκεκριμένη περίπτωση των ναών δεν φαίνεται να υπήρχε τέτοιο ζήτημα περιορισμού πρόσβασης, ούτε και αναφέρεται κάτι σχετικό στην βιβλιογραφία δεδομένου ότι το ανάγλυφο της ερήμου είναι ιδιαίτερα φιλικό προς διαμόρφωση, για να επιδράσει ως εμπόδιο στις εργασίες μεταφοράς.

Τουριστική αξιοποίηση: Η τουριστική αξιοποίηση των ναών στην νέα θέση οφείλει να εξασφαλίζεται κατά το ελάχιστο όσο και στην αρχική. Αυτό συσχετίζεται με πολλές παραμέτρους όπως οι συγκοινωνίες, οι διαθέσιμες ξενοδοχειακές υποδομές ή και προοπτικές ανάπτυξης αυτών στην νέα θέση. Οι οικονομικές προοπτικές της τουριστικής αξιοποίησης καθιστούν όλο και πιο ελκυστική την εκτέλεση ενός τέτοιου έργου.

Συνδυάζοντας όλες τις κυριότερες παραμέτρους που αναφέρθηκαν μπορεί να σχηματιστεί το τελικό μητρώο αξιολόγησης υποψηφίων θέσεων, το οποίο για τρεις νέες υποψήφιες θέσεις (υποθετικά) θα μπορούσε να είναι το παρακάτω:

fi		Συντελεστής Βαριότητας (wi)	Θέση 1 (ai1)	Θέση 2 (ai2)	Θέση 3 (ai3)	Θέση 1 (wi*ai1)	Θέση 2 (wi*ai2)	Θέση 3 (wi*ai3)
f1	Χρόνος μετεγκατάστασης							
f2	Τεχνική καταλληλότητα							
f3	Προστασία από φυσικές καταστροφές							
f4	Αρχαιολογική καταλληλότητα							
f5	Προσωμοίωση με τον αρχικό χώρο							
f6	Νομική διάσταση							
f7	Γεωτεχνική καταλληλότητα							
f8	Περιβαλλοντική καταλληλότητα							
f9	Κόστος μεταφοράς							
f10	Προσβασιμότητα							
f11	Τουριστική αξιοποίηση							
	Άθροισμα		Τελική βαθμολογία Θέσης:					

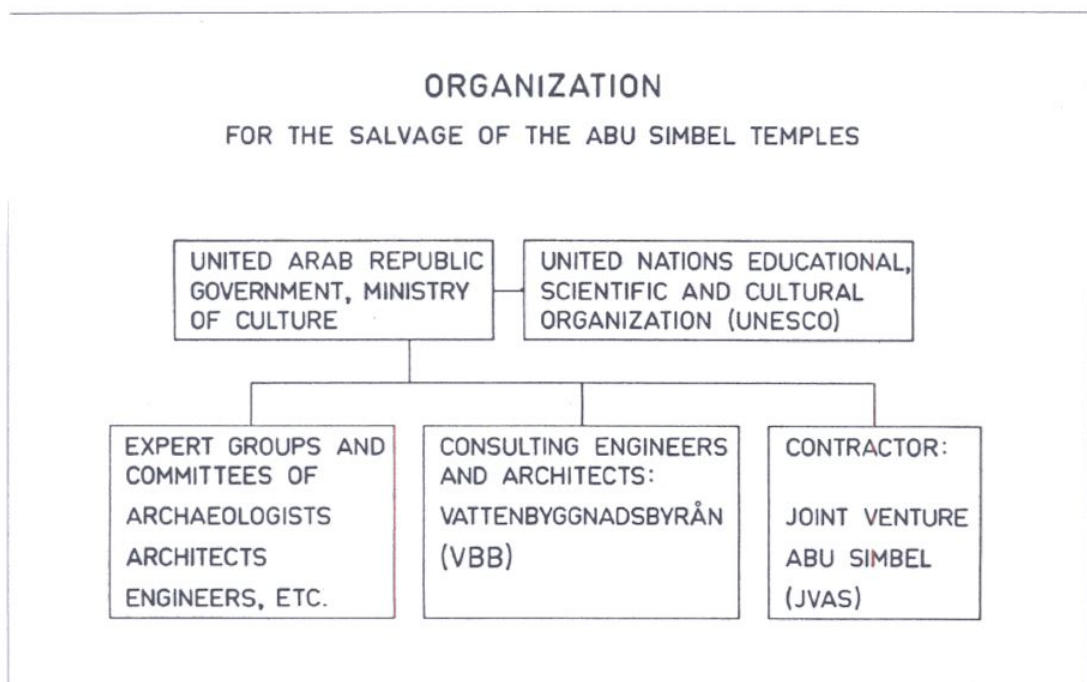
Πίνακας 12. Η μήτρας αξιολόγησης των υποψηφίων νέων θέσεων .

Στάδιο 18 / Οργανισμός διαχείρισης έργου με κατανομή αρμοδιοτήτων.

Η ασφαλής εκτέλεση αυτού του έργου με συνέπεια προς τον προϋπολογισμό και τα χρονοδιαγράμματα απαιτεί την ίδρυση του ανάλογου σε μέγεθος αλλά και επίπεδο, οργανισμού διαχείρισης. Ο οργανισμός που συστάθηκε για την διάσωση των ναών απαρτίζεται από τα παρακάτω μέλη:

- 1) Την Αιγυπτιακή κυβέρνηση, η οποία εκπροσωπείται στον οργανισμό από το Υπουργείο Πολιτισμού της και ήταν η επικεφαλής του.
- 2) Την UNESCO Paris.
- 3) Την Messrs. Vattenbyggnadsbyran Stockholm (VBB) στη οποία αντέθηκαν οι αρμοδιότητες των Consulting Engineers και Architects για όλο το έργο.
- 4) Η Abu Simbel Joint Venture, ως μια κοινοπραξία διεθνούς επιπέδου εργολάβων για την εκτέλεση του έργου, με συμμετοχές κατασκευαστικών εταιριών απο όλο τον κόσμο.
- 5) Ομάδες ειδικών (experts) από διαφορετικούς επιστημονικούς τομείς.

Στο παρακάτω σχήμα περιγράφεται σχηματικά ο οργανισμός:



Σχήμα 14 . Σχηματική παρουσίαση του οργανισμού διάσωσης των ναών.

Στάδιο 19 / Πρόσληψη ειδικών (experts).

Η πρόσληψη ειδικών χρονικά δεν καθορίζεται στην διαθέσιμη βιβλιογραφία και παρουσιάζονται ως μέρος του οργανισμού. Αφέρεται χαρακτηριστικά ότι η εξέλιξη του έργου αποδείχθηκε ένα εξαιρετικό παράδειγμα συνεργασίας ανθρώπων διαφορετικών ειδικοτήτων και επαγγελμάτων απο πολλά διαφορετικά έθνη ταυτόχρονα. Κυρίως αρχιτέκτονες, μηχανικοί και αρχαιολόγοι. Οι μηχανικοί έπρεπε να καταλάβουν τους αρχαιολόγους και να κατανοήσουν την σημασία αυτού του ευαίσθητου εγχειρήματος με σεβασμό και ευλάβια στην τόσο σημαντική και ιστορική πολιτιστική κληρονομιά, η οποία ήταν εξαιρετικά πολύτιμη για να χαθεί. Απο την πλευρά τους οι αρχαιολόγοι έπρεπε να κατανοήσουν ότι η τεχνολογία, ειδικά εκείνης της εποχής, έχει τους φυσικούς περιορισμούς της και οτι η

αποκατασκευή και επανακατασκευή ενός μνημείου δεν μπορεί ποτε να πραγματοποιηθεί με τρόπο που το αποτέλεσμα να είναι απόλυτα τέλειο. Ο στόχος όλων των ειδικών παρόλα αυτά ήταν κοινός και ένας για όλους: να συντονίσουν τις προσπάθειες τους ώστε να προσεγγίσουν κατα το εφικτό την τελειότητα.

Στάδια 20,21,22,24 / Βαθμολόγηση βαρών διανυσμάτων και μήτρας προτίμησης/ Κατάταξη εναλλακτικών λύσεων/ Ανάλυση ευαισθησίας-ευρωστίας της προτεινόμενης λύσης/ Σύγκριση με τη επόμενη λύση.

Για την ανάλυση της εφαρμογής των των σταδίων 20,21,22,24 στο έργο δεν υπάρχουν στοιχεία η αναφορές στην διαθέσιμη βιβλιογραφία, καθώς η νέα θέση επανεγκατάστασης των ναών παρουσιάζεται απευθείας ως ήδη επιλεγμένη. Ως εκτούτου η ανάλυση δεν μπορεί να εφαρμοσθεί. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ένα υποθετικό σενάριο βαθμολόγησης βαρών των διανυσμάτων καθώς και αξιολόγησης μέσω τελικής βαθμολογίας τριων υποθετικών θέσεων:

fi		Συντελεστής Βαρύτητας (wi)	Θέση 1 (ai1)	Θέση 2 (ai2)	Θέση 3 (ai3)	Θέση 1 (wi*ai1)	Θέση 2 (wi*ai2)	Θέση 3 (wi*ai3)
f1	Χρόνος μετεγκατάστασης	0.14	7	8	9	0.95	1.09	1.23
f2	Τεχνική καταλληλότητα	0.09	8	8	8	1.09	1.09	1.09
f3	Προστασία από φυσικές καταστροφές	0.09	6	8	9	0.82	1.09	1.23
f4	Αρχαιολογική καταλληλότητα	0.14	9	9	7	1.23	1.23	0.95
f5	Προσωμοίωση με τον αρχικό χώρο	0.09	7	5	9	0.95	0.68	1.23
f6	Νομική διάσταση	0.09	10	10	10	1.36	1.36	1.36
f7	Γεωτεχνική καταλληλότητα	0.09	9	9	8	1.23	1.23	1.09
f8	Περιβαλλοντική καταλληλότητα	0.05	10	10	10	1.36	1.36	1.36
f9	Κόστος μεταφοράς	0.14	5	8	9	0.68	1.09	1.23
f10	Προσβασιμότητα	0.05	4	7	10	0.55	0.95	1.36
f11	Τουριστική αξιοποίηση	0.05	9	9	9	1.23	1.23	1.23
	Άθροισμα	1.00	Τελική βαθμολογία θέσης:			11.45	12.41	13.36

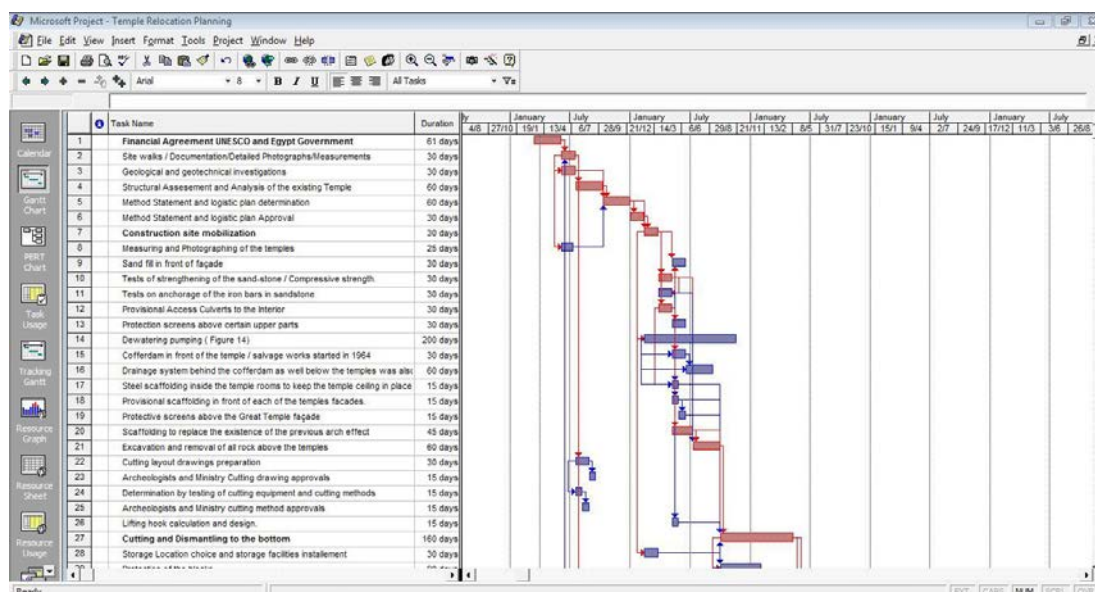
Πίνακας 13. Η μήτρας αξιολόγησης των υποψηφίων νέων θέσεων με τις τελικές βαθμολογίες .

Οι τιμές αξιολόγησης των διανυσμάτων ανα θέση είναι τυχαίες ενώ μέσω των τιμών των βαρών οι παράμετροι του χρόνου μετεγκατάστασης, της αρχαιολογικής καταλληλότητας και του κόστους μεταφοράς παρουσιάζονται ως αυτοί με την μεγαλύτερη επιρροή στην τελική βαθμολογία κάθε θέσης. Η θέση Θ3 φαίνεται να είναι η πιο ελυστική με συνολική βαθμολογία 13.36.

Στάδιο 23 / Σχεδιασμός υλοποίησης έργου.

Στο στάδιο αυτό με δεδομένη πλέον την νέα θέση μετεγκατάστασης των ναών μπορεί να εκτελεστεί ο σχεδιασμός του έργου σε λεπτομερές επίπεδο τόσο χρονικά όσο και τεχνικά. Στην διαθέσιμη βιβλιογραφία δεν υπάρχουν λεπτομερείς πληροφορίες για κανένα από τα δύο, αλλά η εξιστόρηση της εξέλιξης του έργου παρέχει αρκετή πληροφόρηση για την αντίστροφη ανάλυση των γεγονότων και την δημιουργία ενός πιθανού σεναρίου χρονικού σχεδιασμού (Planning). Η παρουσίαση του χρονικού σχεδιασμού σε αυτό το κεφάλαιο έχει ως σκοπό να προβληθεί ως παράδειγμα σχετικά με την μορφή που θα έχει αυτή η παράμετρος του σταδίου 23 σε κάποια άλλη εφαρμογή της στρατηγικής DRR και πιθανώς να υπάρχουν διαφορές από τον πραγματικό. Στον πραγματικό σχεδιασμό αναμένεται να συμπεριλαμβάνονται περισσότερα events και πιο ακριβείς χρόνοι.

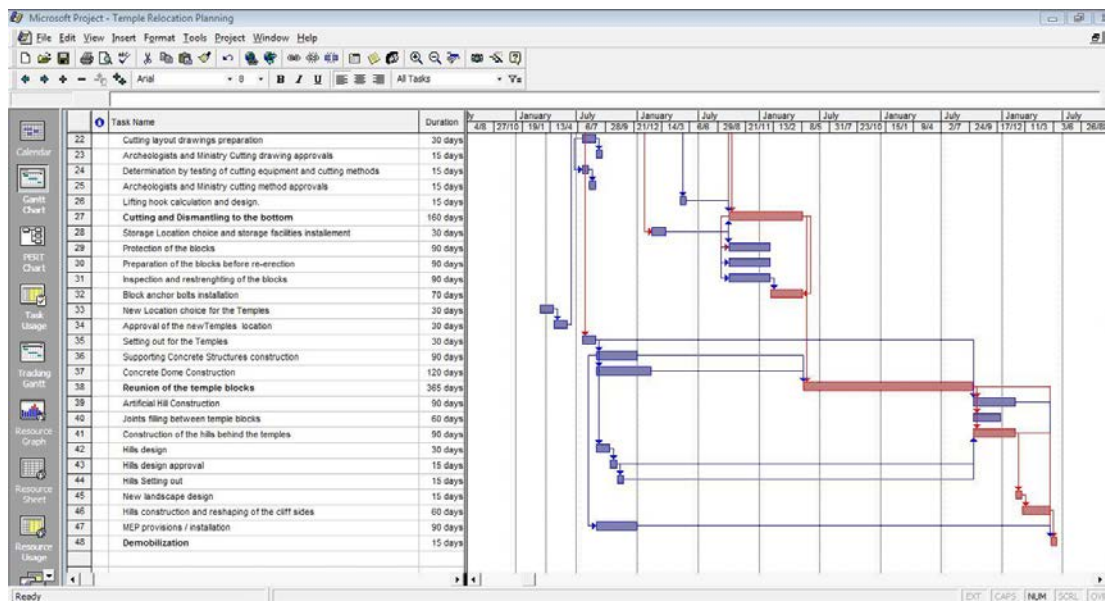
Για την δημιουργία του χρονικού σχεδιασμού χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Microsoft Project, ενώ για κάποια από τα γεγονότα (events) δεν υπάρχουν αναφορές αλλά προστέθηκαν ως αναγκαία με βάση τον τρόπο οργάνωσης των κατασκευαστικών έργων που εφαρμόζεται στην Μέση Ανατολή. Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζεται μια προεπισκόπηση του αρχικού σχεδιασμού. Στο Παράστημα Α επισυνάπτεται ο σχεδιασμός σε εκτύπωση A3.



Σχήμα 15α . Χρονικός σχεδιασμός της υλοποίησης της μετεγκατάστασης των ναών Abu Simbel σε διάγραμμα Gant με χρήση του Microsoft Project.

Οι χρόνοι που αντιστοιχούν σε κάθε γεγονός είναι υποθετικοί και έχουν επιλεγεί έτσι ώστε η συνολική διάρκεια του έργου να αντιστοιχεί στην πραγματική. Η κρίσιμη διαδρομή του χρονοδιαγράμματος (critical path) έχει κόκκινο χρώμα ώστε να τονίζει τα events με την μεγαλύτερη χρονική βαρύτητα.

Για την καλύτερη κατανόηση του χρονοδιαγράμματος αλλά και της εκτέλεσης του έργου ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή της εξέλιξης των εργασιών



Σχήμα 15β . Χρονικός σχεδιασμός της υλοποίησης της μετεγκατάστασης των ναών Abu Simbel σε διάγραμμα Gant με χρήση του Microsoft Project.

καθώς έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και αναδεικνύουν την δυσκολία του εγχειρήματος:

Η βασική ιδέα όπως προαναφέρθηκε ήταν ο τεμαχισμός των όψεων και των τοίχων των ναών σε μικρά τμήματα, ικανά να μεταφερθούν με ασφάλεια στην νέα θέση αφενός και ταυτόχρονα με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να επανασυναρμολογηθούν με επιτυχία. Οι ναοί ήταν διαμορφωμένοι εντός των λόφων και το τμήμα τους που πλαισίωνε τις όψεις, θα έπρεπε να μεταφερθεί σε συνδυασμό με τις όψεις έτσι ώστε να μην αλλοιωθεί η αρχιτεκτονική των ναών. Συνέπεια αυτού ήταν η ανάγκη επανασχηματισμού των λόφων οι οποίοι φιλοξενούσαν αρχικά τους ναούς έτσι ώστε ακόμα και αν δεν ήταν εφικτό να κατασκευαστούν τα ακριβή αντίγραφα των λόφων, θα έπρεπε η τελική εικόνα τους να διατηρεί τη μνήμη της εικόνας τους στην αρχική τους θέση.

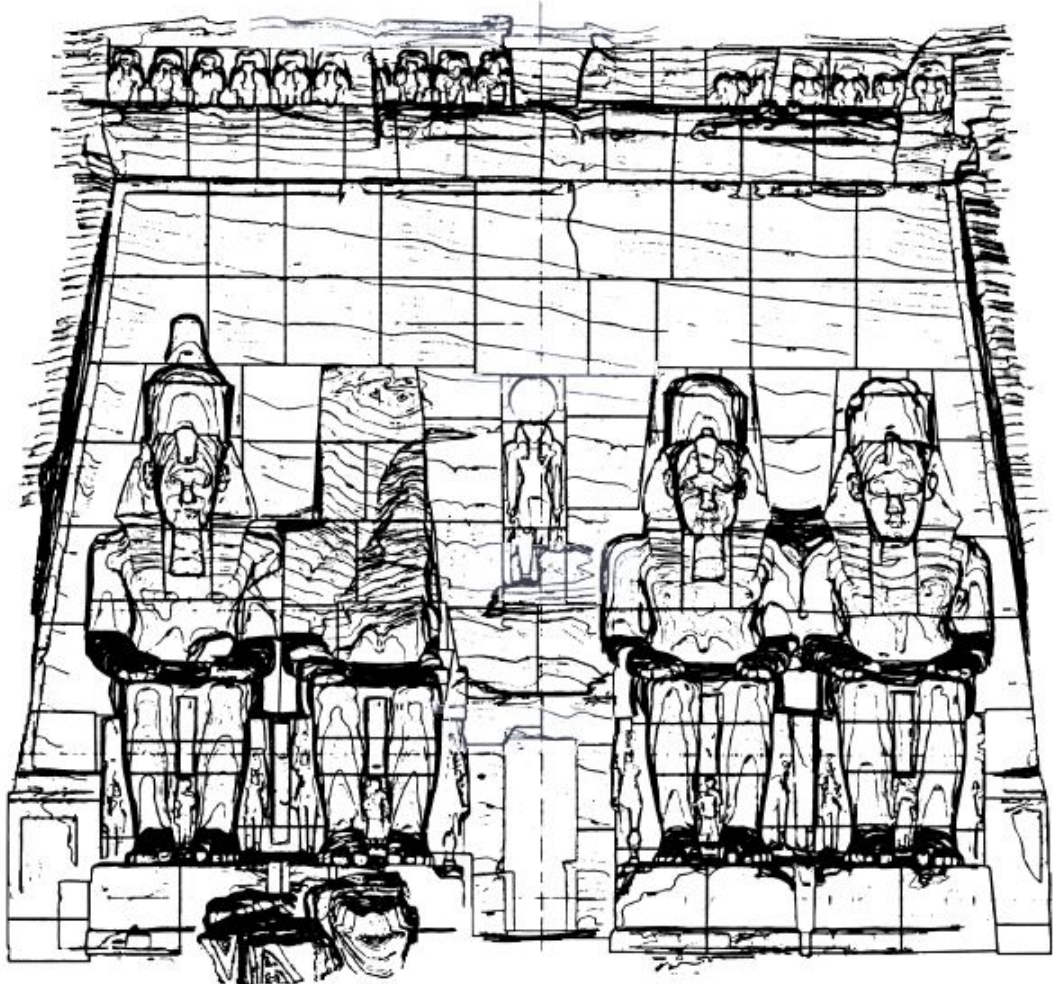
- Προκαταρκτική έρευνα για το έργο.

Είναι ουσιώδης η εκτέλεση συγκεκριμένων ελέγχων, εργαστηριακών δοκιμών και τεχνικών υπολογισμών πριν την έναρξη ενός τέτοιου έργου όπως επίσης η επιβεβαίωση και ο εμπλουτισμός όλων των παραδοχών σχεδιασμού. Η μη επαλήθευση τους θα οδηγούσε άμεσα σε πλήρη επανασχεδιασμό και ανεπιθύμητες καθυστερήσεις.

Σε αρχικό στάδιο οι ναοί επιμετρήθηκαν και αποτυπώθηκαν σχεδιαστικά και φωτογραφήθηκαν από την Αιγυπτιακή αρχαιολογική υπηρεσία. Οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιήθηκαν ως την βάση εξαγωγής κατασκευαστικών σχεδίων για την επιχείρηση διάσωσης.

Το 1959 το French National Geographic Institute δημιούργησε ένα

φωτογραμμεικό χάρτη της περιοχής των ναών για τον σχεδιασμό του εργοταξίου. Επίσης δημιούργησε φωτογραμμεικά σχέδια των όψεων των ναών για την προετοιμασία των σχεδίων κοπής των όψεων.



Σχήμα 16. Σχέδιο κοπής της όψης του μεγάλου ναού.

Από τον πολύ μεγάλο αριθμό τεχνικών δοκιμών και αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν γίνεται αναφορά για τις παρακάτω:

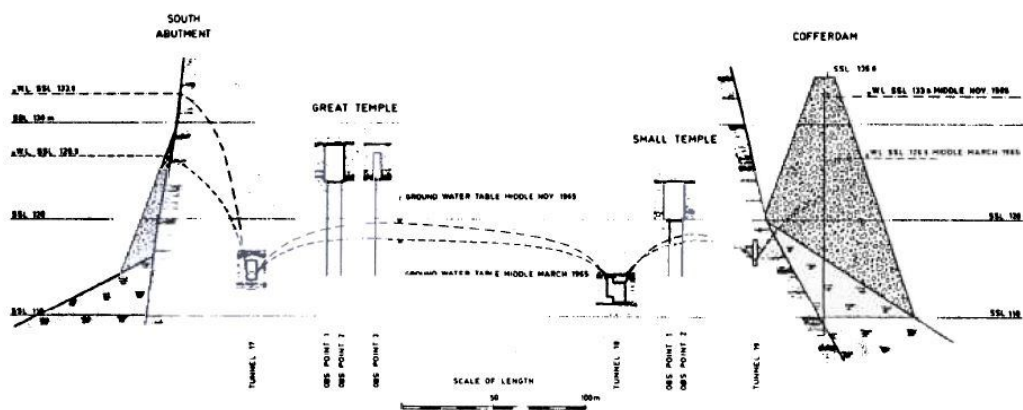
- 1) Γεωλογικές δοκιμές για τον προσδιορισμό του εδαφικού προφίλ στην αρχική και νέα θέση των ναών.
- 2) Γεωτεχνικές δοκιμές για τον υπολογισμό των εδαφικών τάσεων στην παλιά και νέα θέση των ναών.
- 3) Δοκιμές μηχανικής αντοχής σε βραχύδες υλικό όμοιο σε σύσταση και ηλικία με αυτό που είχαν διαμορφωθεί οι ναοί για τον προσδιορισμό της επιτρεπόμενης μεταβολής των τάσεων που ήταν ικανά να παραλάβουν τα δομικά στοιχεία των ναών.
- 4) Εντοπισμός των εσωτερικών ασυνεχειών και ρηγματώσεων στα δομικά στοιχεία των ναών και της περιβάλλουσας μάζας των λόφων.

- 5) Στατική επίλυση και ανάλυση των ναών.
- 6) Παραμετρική ανάλυση της εντατικής κατάστασης του υπεδάφους του ναού στην αρχική θέση, σε συνδυασμό με την μεταβολής της στάθμης του υπόγειου ορίζοντα λόγω της ταυτόχρονης αποστράγγισης του ,ώστε να παραμείνει ο ναός προστατευμένος από την σταδιακή ανύψωση του Νείλου, και των εργασιών αποκατασκευής με την αναμενόμενη εδαφική αποφόρτιση.
- 7) Δοκιμές εκσκαφής στον βράχο.
- 8) Δοκιμές κοπής του βράχου ώστε να εξασφαλιστεί ο ελεγχόμενος τεμαχισμός των ναών.
- 9) Δοκιμές ενδυνάμωσης της βραχώδους άμμου, όπου αυτό πιθανώς να χρειαζόταν.
- 10) Δοκιμές αγκύρωσης στοιχείων χάλυβα σε τεμάχια βράχου για την εγκατάσταση αγκυρίων που θα απαιτούσε η μεταφορά τους αλλά και η επανεγκατάσταση τους στην νέα θέση ως στοιχεία σύνδεσης με τον νέο στατικό φορέα.

- *Εργασίες προετοιμασίας για το έργο.*

Οι εργασίες προετοιμασίας του έργου ξεκίνησαν το 1964 την ίδια χρονιά που η ροή του Νείλου διεκόπη από το φράγμα Sadd El Aali. Η στάθμη των νερών του αναμενόταν να ανέβει 8 μέτρα την ίδια χρονιά και 5 μέτρα μέχρι το τέλος της επόμενης.

Ήταν απολύτως απαραίτητο να προστατευθεί ο ναός από τα νερά του Νείλου και αυτό θα πραγματοποιούνταν με την κατασκευή χωμάτινου φράγματος περιμετρικά των όψεων των ναών. Η πρόταση της VBB για το μέγεθος και την θέση του φράγματος παρουσιάζεται στην Εικόνα 22. Παράλληλα για λόγους ασφαλείας κατασκευάστηκε σύστημα αποστράγγισης πίσω από το χωμάτινο φράγμα σε συνδυασμό με την κατασκευή συστήματος συνεχόμενης άντλησης των υπογείων νερών κάτω από τους ναούς με σκοπό την συγκράτηση του υπόγειου ορίζοντα μακριά τους.

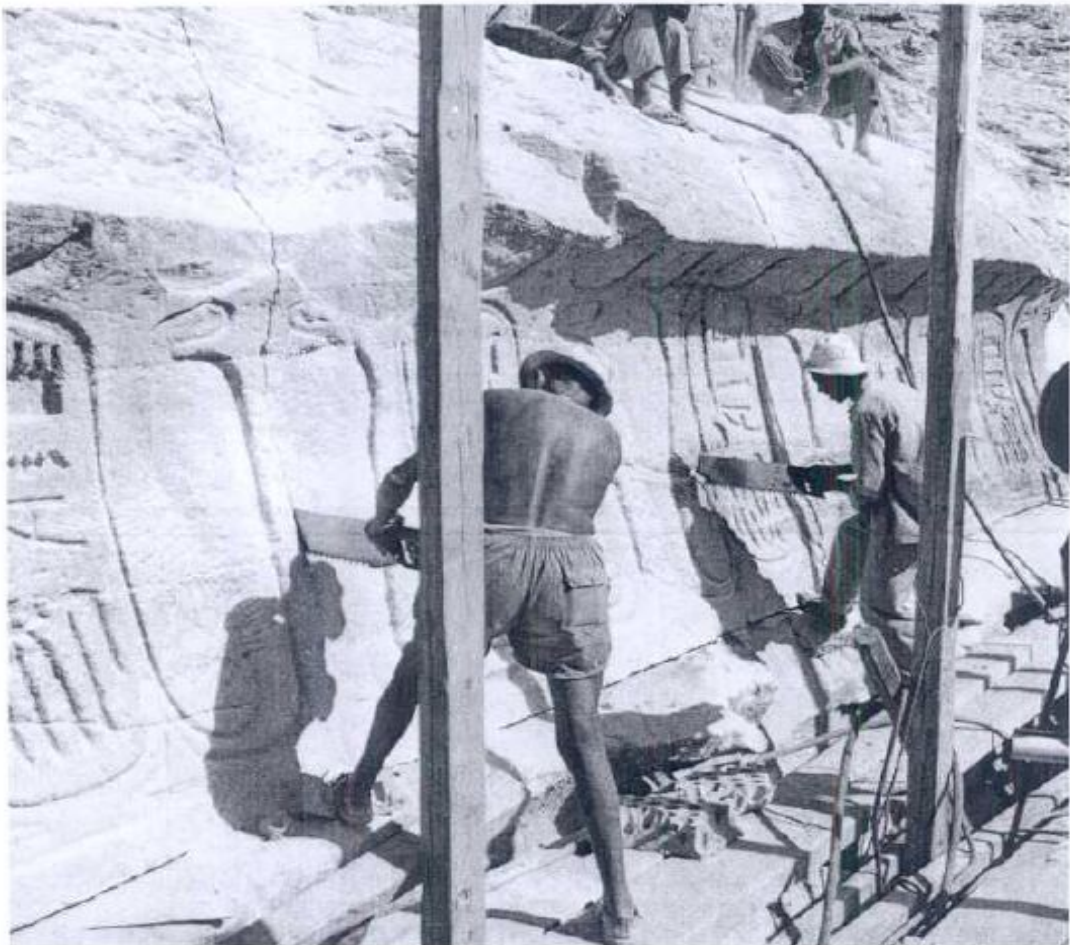


Σχήμα 17. Σχέδιο αποστράγγισης υπόγειου ορίζοντα των ναών.

Εκτός του φράγματος οι παρακάτω εργασίες προετοιμασίας πραγματοποιήθηκαν σε παράλληλο χρόνο:

- 1) Εγκατάσταση μεταλλικής σκαλωσιάς βαρέως τύπου για την συγκράτηση της οροφής του ναού μέχρι την στιγμή της αποκατασκευής της. Ο κύριος σκοπός της ήταν η παραλαβή των φορτίων της οροφής του ναού λόγω της κατάργησης της λειτουργίας «τόξου» του εδαφικού όγκου των λόφων πάνω από τους ναούς κατά την εκσκαφή και απομάκρυνση του.
- 2) Πρόβλεψη πρανούς άμμου μπροστά από τις προσόψεις των ναών. Το πρανές είχε δύο κύριους σκοπούς: την προστασία των προσόψεων κατά τις εργασίες εκσκαφής των λόφων ανάντι και την διαμόρφωση πλατφόρμας για την σταδιακή αποκατασκευή των όψεων.
- 3) Κατασκευή μεταλλικού οχετού διάμεσο του αμμώδους πρανούς για την είσοδο στους ναούς και την πραγματοποίηση παράλληλων εργασιών.
- 4) Εκσκαφή και απομάκρυνση της εδαφικής μάζας πάνω από τους ναούς.

- *Η αποκατασκευή των ναών*



Εικόνα 38. Εργασίες τεμαχισμού – αποκατασκευής της εσωτερικής τοιχοποιίας των ναών.

Καθώς οι ναοί δεν ήταν διαμορφωμένοι από πεπερασμένα σε διαστάσεις επιμέρους δομικά στοιχεία αλλά διαμορφωμένοι απευθείας μέσα στην βραχώδη μάζα των λόφων, ο τεμαχισμός της βραχώδους μάζας ήταν η μοναδική οδός προς την αποκατασκευή τους. Όσο αφορά το βάθος κοπής των επιμέρους στοιχείων του βράχου λόγω πρακτικών περιορισμών περιορίστηκε στα 80cm για τα εσωτερικά στοιχεία των ναών, ενώ για τα τμήματα των όψεων διαμορφώθηκε από 60 έως τα 120cm λόγω της ανομοιομορφίας τους. Σε σχέση με τις θέσεις των τομών στις όψεις έπρεπε να διαμορφωθούν με τέτοιο τρόπο ώστε, ταυτόχρονα, να είναι δυνατή η πλήρης επανασύνδεση τους σχηματίζοντας ακριβώς την αρχική εικόνα και επίσης να ελαχιστοποιείται η αισθητική διατάραξη στο τελικό αποτέλεσμα. Για παράδειγμα κάθε τομή στα πρόσωπα των αγαλμάτων απαγορευόταν. Το πάχος των τομών έπρεπε να είναι κατά το τεχνικά δυνατό ελάχιστο (8mm) και γι αυτό πραγματοποιήθηκε με πριόνια χειρός, μετά από σειρά επιτυχών δοκιμών και ανάλογης εκπαίδευσης των συνεργείων. Για την τομή των άνω τμημάτων των ναών, χρησιμοποιήθηκαν μηχανικά αλυσοπριόνια με το πάχος των τομών να φτάνει τα 15 με 20mm, το οποίο όμως δεν ήταν ορατό σε μεγάλο ύψος με γυμνό μάτι. Επίσης το βάρος τους για λόγους αντοχής και συνοχής, περιοριζόταν στους 20tn για τα εσωτερικά τμήματα και τους 30tn για τα τμήματα των όψεων. Μεγάλος αριθμός σχεδίων κοπής για κάθε στοιχείο των ναών με ιδιαίτερη λεπτομέρεια, κατατέθηκε προς έγκριση στην αρχαιολογική υπηρεσία, χωρίς τη έγκριση της οποίας η υλοποίηση των τομών ήταν αδύνατη.

Εξαιτίας της υψηλής ψαθυρότητας της βραχώδους άμμου, όπως και της ευαισθησίας των αγαλμάτων αλλά και της ευαισθησίας των ζωγραφισμένων ανάγλυφων από το εσωτερικό των ναών, οι ακόλουθες τρεις συνθήκες έπρεπε να τηρούνται πάντοτε κατά την μεταφορά τους:

α) Η ανάρτηση των τμημάτων έπρεπε να πραγματοποιείται από τον άξονα που περνά από το κέντρο βάρους τους, ώστε να μεταφέρονται κατακόρυφα χωρίς να δημιουργούνται επιπρόσθετες φορτίσεις λόγω εκκεντροτήτων.

β) Κάθε τμήμα έπρεπε να μεταφέρεται με τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι διαταράξεις των εσωτερικών τάσεων του, δηλαδή αργά και προσεκτικά.

γ) Η επαφή των τμημάτων με τον εξοπλισμό ανύψωσης απαγορευόταν.

δ) Η αγκύρωση των αγκίστρων μεταφοράς δεν έπρεπε να δημιουργούν τάσεις μεγαλύτερες των 4Nt/mm².

Ο κύκλος ανύψωσης και μεταφοράς των τμημάτων περιγράφεται συνοπτικά στα ακόλουθα βήματα:

α) Ανύψωση από την αρχική του θέση με γερανό σε όχημα μεταφοράς βαρέως τύπου.

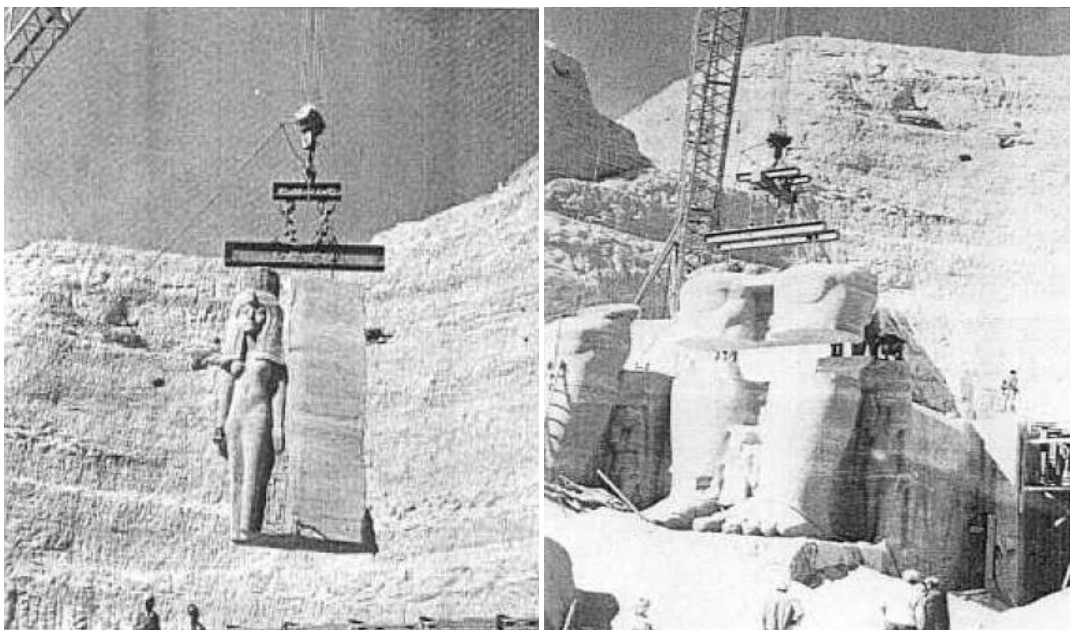
β) Μεταφορά στον χώρο προσωρινής αποθήκευσης.

γ) Εκφόρτωση με γερανό από το όχημα στην θέση αποθήκευσης.

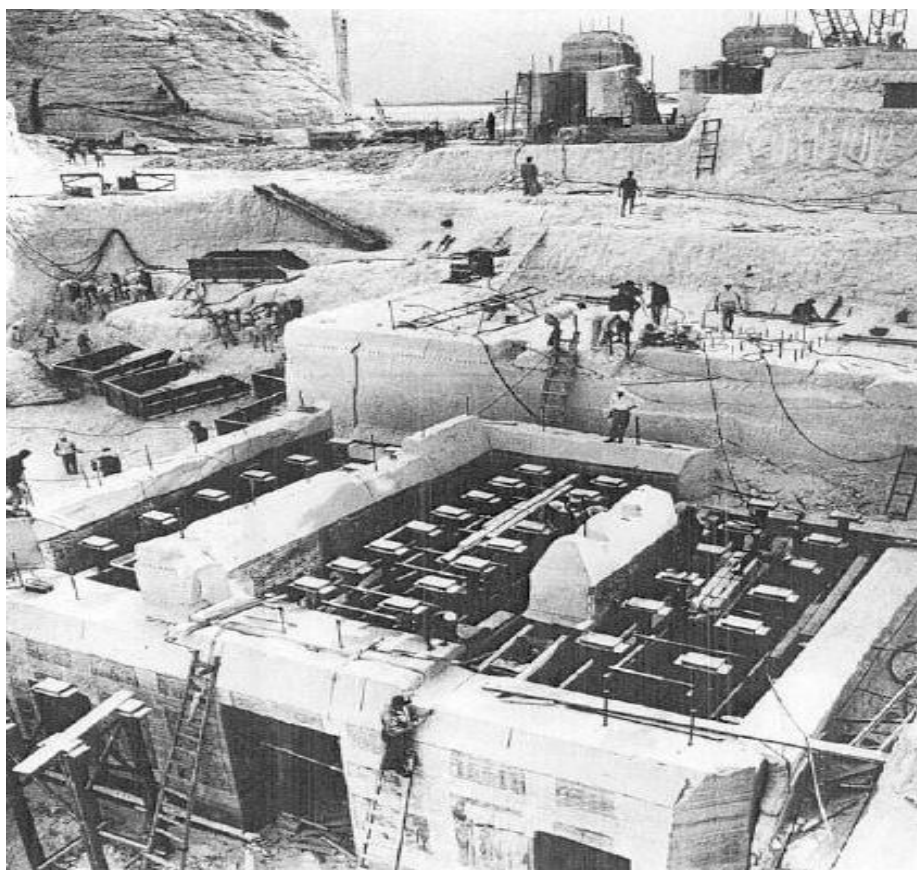
δ) Μεταφόρτωση μετά από τις εργασίες ενίσχυσης και συντήρησης σε όχημα βαρέως τύπου με γερανό.

ε) Μεταφορά στην νέα θέση του ναού.

στ) Ανύψωση με γερανό απευθείας από το όχημα μεταφοράς και τοποθέτηση στην τελική θέση του.



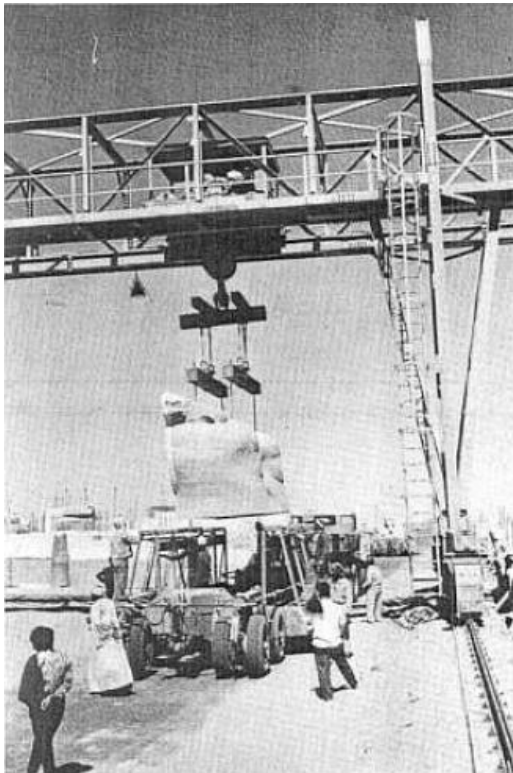
Εικόνα 39. Μεταφορά τμημάτων των όψεων των ναών



Εικόνα 40. Ο μικρός ναός σε φάση αποκατασκευής.

- *Η αποθήκευση των τμημάτων του ναού.*

Η αποκατασκευή των ναών σε μικρότερα τμήματα ξεκίνησε από τα ψηλότερα στοιχεία των ναών , τις οροφές και τις προσόψεις και ολοκληρώθηκε με τα τμήματα των χαμηλότερων περιοχών έως και την στάθμη των δαπέδων. Η επανακατασκευή ακολούθησε την ακριβώς αντίστροφη διαδικασία. Με εξαίρεση τα τμήματα της βάσης, τα οποία ήταν τα μόνα που ήταν δυνατό να μεταφερθούν αμέσως στην νέα θέση των ναών, όλα τα υπόλοιπα τμήματα έπρεπε να αποθηκευτούν προσωρινά, ανάλογα με τη καθ' ύψος θέση τους και την αλληλουχία μεταφοράς τους. Η αποθήκευση και προστασία των μνημείων ήταν ένα ιδιαίτερα απαιτητικό ζήτημα καθώς ο όγκος τους ήταν μεγάλος. Τελικά αποδείχτηκε ότι οι καιρικές συνθήκες της περιοχής ήταν ευνοϊκότερες από ότι αναμενόταν καθώς μόνο μια έντονη βροχόπτωση εμφανίστηκε καθ'όλη την διάρκεια του έργου. Οι ζωγραφισμένες επιφάνειες των ναών ως τα πλέον ευαίσθητα μέρη, έπρεπε να παραμείνουν προστατευμένες από τη ηλιακή ακτινοβολία και τον αμμώδη άνεμο. Εξαιτίας των υψηλών απαιτήσεων πυροπροστασίας κατά την αποθήκευση τα συνήθη μέτρα προστασίας δεν μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Η κάλυψη των τεμαχίων έγινε με επιφάνειες από ασβέστη και τσιμέντο.



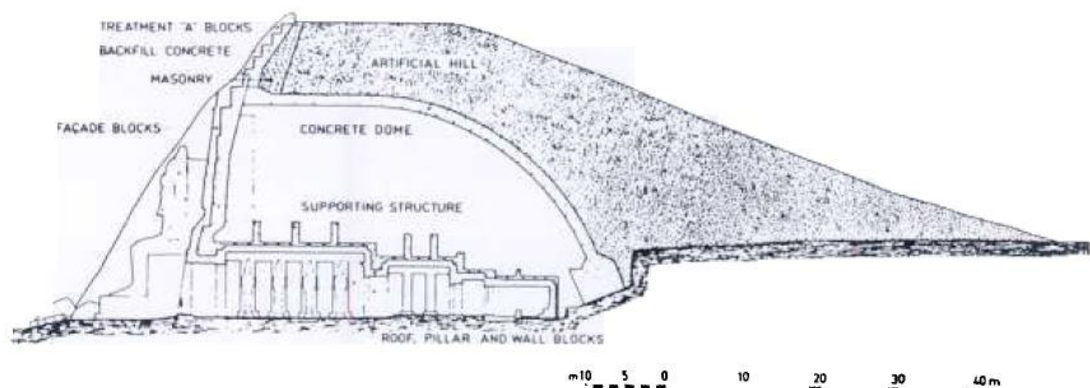
Εικόνα 41. Εργασίες αποθήκευσης και συντήρησης των τμημάτων του ναού.

Οι περίοδος της αποθήκευσης ήταν ιδανική για την πραγματοποίηση εργασιών συντήρησης, προετοιμασίας και ενίσχυσης όπου χρειαζόταν. Παρότι οι

εργασίες ενίσχυσης των τμημάτων είχαν πραγματοποιηθεί ήδη πριν την ανύψωσή τους, κάθε τμήμα ξεχωριστά επιθεωρούνταν και όπου χρειαζόταν ενισχυόταν περαιτέρω ή και επισκευαζόταν. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι κατά την χρονική διάρκεια της αποθήκευσης εγκαταστάθηκαν σε όλα σχεδόν τα τεμάχια τα αγκύρια από χάλυβα που θα λειτουργούσαν ως σύνδεσμοι, σε μόνιμη λειτουργία, των τεμαχίων με τον νέο στατικό φορέα στην νέα θέση.

- Η επανακατασκευή των ναών και των λόφων .

Κατά την έναρξη των εργασιών της επανακατασκευής των ναών στην νέα τους θέση, ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στην διατήρηση της σχετικής μεταξύ τους απόστασης και του προσανατολισμού τους ώστε να παραμείνουν ακριβώς όπως ήταν στην αρχική τους θέση. Η επανασύνδεση των τεμαχίων των ναών θα έπρεπε να σχηματίσει την αρχική τους εικόνα, χωρίς καμία απολύτως διαφορά. Παρόλα αυτά ο βραχώδης όγκος πίσω από τους ναούς δεν θα μπορούσε να μεταφερθεί ή αντικατασταθεί με νέο. Ο σχεδιασμός προέβλεπε κατασκευή νέου στατικού φορέα από οπλισμένο σκυρόδεμα για την παραλαβή των φορτίων των τεμαχίων αλλά και την υποστήριξη των νέων λόφων πάνω από αυτούς. Η γενική ιδέα σχεδιασμού παρουσιάζεται στα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 18. Η βασική ιδέα σχεδιασμού της επανακατασκευής του μεγάλου ναού-Τομή

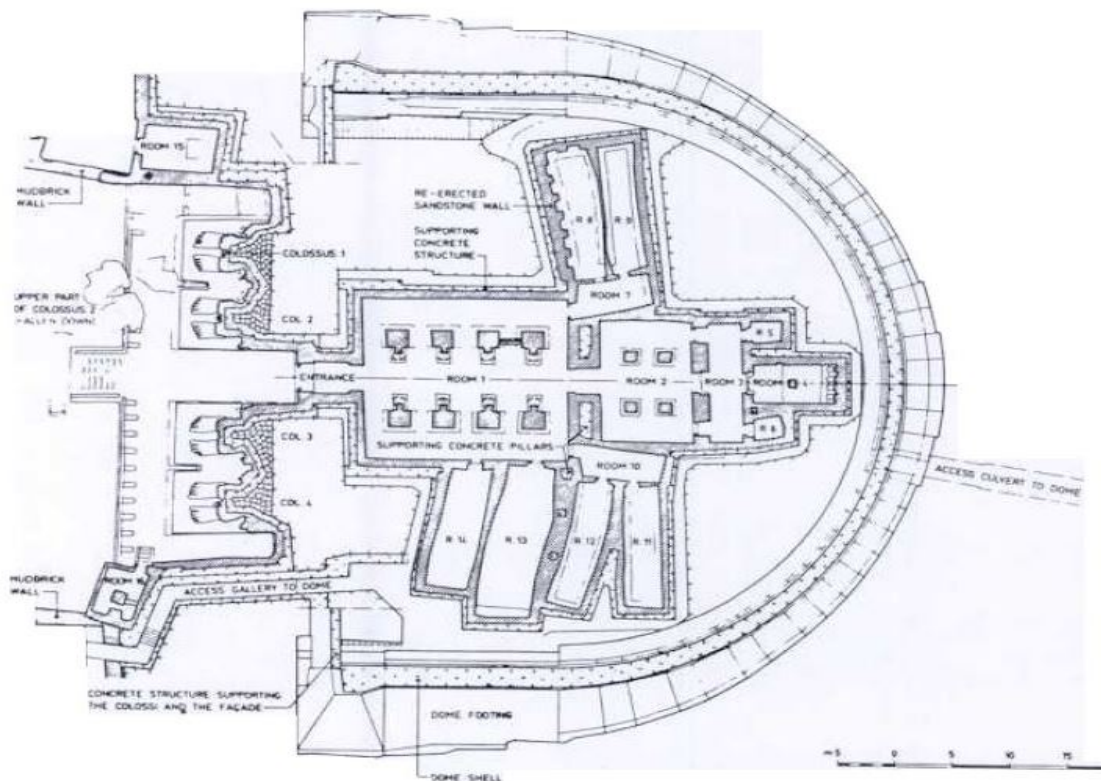
Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα τα τέσσερα κύρια στοιχεία των επανακατασκευασμένων ναών ήταν τα παρακάτω:

- 1) Τα αρχικά στοιχεία των αρχικών ναών επανασυνδεδεμένα.
- 2) Οι υποστηρικτικές κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- 3) Ο θόλος από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- 4) Ο τεχνητός λόφος .

Τα τμήματα των ναών στις νέες τους θέσεις δέχονταν τροποποιημένες φορτίσεις σε σχέση με τις αρχικές (αγκυρώσεις, θερμοκρασιακές μεταβολές) και η εντατική τους κατάσταση ήταν πλέον διαφορετική. Για την ελαχιστοποίηση των

εσωτερικών τάσεων τους η ακόλουθες αρχές σύνδεσης των τεμαχίων εφαρμόστηκαν:

- 1) Η στήριξη των τμημάτων των όψεων και των εσωτερικών τοίχων έγινε έτσι ώστε τα τμήματα να φέρουν το ιδιοβάρος τους και παράλληλα να είναι συνδεδεμένα πλευρικά με τα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα, χωρίς να δέχονται καμία φόρτιση από αυτά .
- 2) Οι εσωτερικοί τοίχοι των ναών και οι κολώνες τους θα έφεραν το ιδιοβάρος τους, αλλά η σύνδεση τους με την οροφή θα περιόριζε μόνο τις οριζόντιες μετακινήσεις τους, χωρίς να μεταφέρει κατακόρυφα φορτία από την οροφή.
- 3) Οι οροφές των ναών προβλεπόταν να αναρτηθούν απευθείας από στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος , πάνω από αυτές με αγκυρώσεις στοιχείων χάλυβα.
- 4) Τα δοκάρια και οι οροφές από οπλισμένο σκυρόδεμα συνδέονταν απευθείας στους πλευρικούς τοίχους οπλισμένου σκυροδέματος, έτσι ώστε να αυξάνεται η ακαμψία του νέου στατικού φορέα ακόμη περισσότερο.
- 5) Η φόρτιση των οροφών του νέου στατικού φορέα στο πλήρες φορτίο τους αναμενόταν να προκαλέσει την υποχώρηση τους έως και 2 mm. Εξαιτίας αυτού, για την αποφυγή ανεξέλεγκτων φορτίσεων στα κατακόρυφα στοιχεία του ναού, διατηρήθηκε μικρό κενό μεταξύ των οροφών και αυτών.



Σχήμα 19. Η βασική ιδέα σχεδιασμού της επανακατασκευής του μεγάλου ναού-Κάτοψη



Εικόνα 42. Εργασίες επανακατασκευής της όψης του μεγάλου ναού.



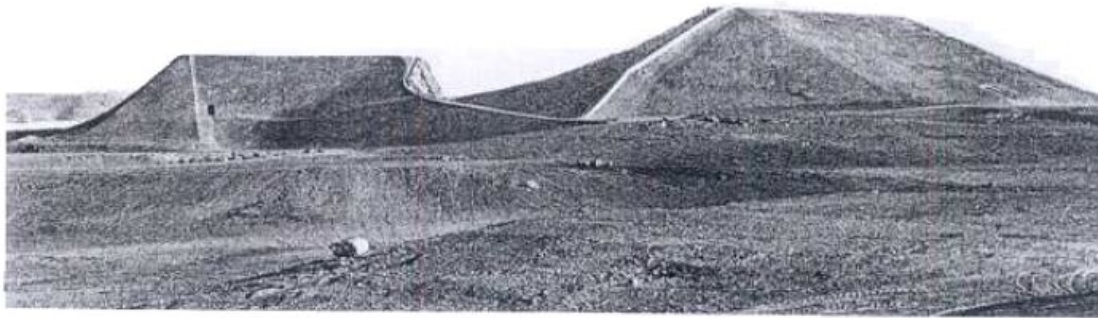
Εικόνα 43. Εργασίες κατασκευής του θόλου του μεγάλου ναού.



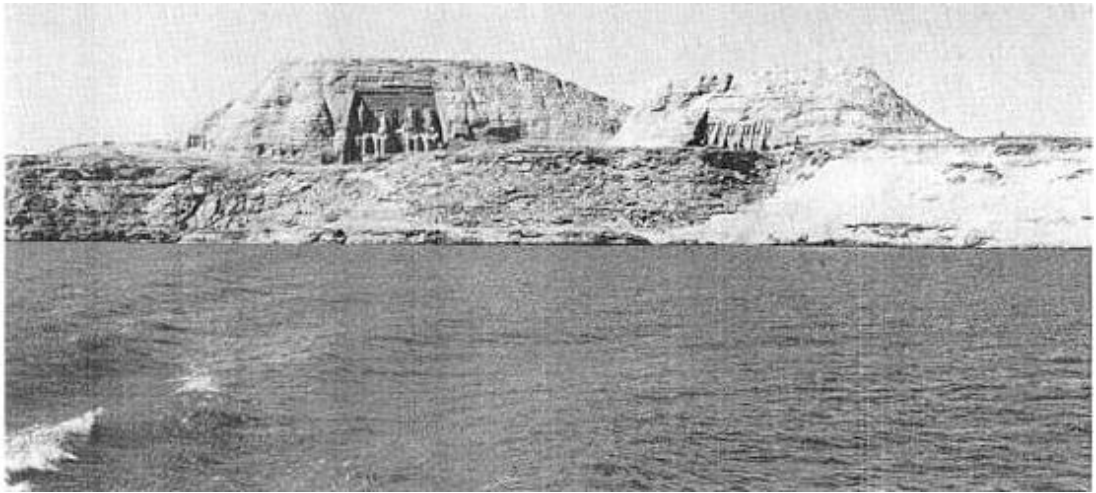
Εικόνα 44. Εργασίες επανακατασκευής του μεγάλου ναού.

Η αρμολόγηση όλων των αρμών που προέκυψαν από την επανασύνδεση των τεμαχίων υλοποιήθηκε από την Αρχαιολογική υπηρεσία του Κέραιου αποκλειστικά. Το υλικό αρμολόγησης αποτελούνταν από μείγμα άσβεστου, λευκού τσιμέντου και κατακερματισμένης βραχώδους άμμου σε κατάλληλες αναλογίες.

Τέλος ο επανασχηματισμός των λόφων πάνω από τον θόλο οπλισμένου σκυροδέματος αποτελούσε το τελικό στάδιο του έργου. Η αρχική προσέγγιση σχετικά με αυτό το θέμα ήταν να ανακατασκευαστούν ακριβώς όπως και στην αρχική θέση των ναών χωρίς καμία διαφορά. Η ιδέα αυτή εγκαταλείφθηκε όμως σύντομα για τεχνικούς λόγους, όπως αναφέρεται χαρακτηριστικά στην βιβλιογραφία. Σε αυτή την βάση οι αρχιτέκτονες της VBB αποφάσισαν να αποφύγουν μια φτωχή απομίμηση των αρχικών λόφων και να επανασχεδιάσουν τους λόφους με τρόπο που το τελικό αποτέλεσμα να εναρμονίζεται αισθητικά με το φυσικό περιβάλλον και ταυτόχρονα να αναδεικνύει την μεγαλοπρέπεια των ναών.



Εικόνα 45. Οι επανασχεδιασμένοι λόφοι των ναών στην νέα τους θέση.



Εικόνα 46. Οι ναοί Abu Simbel στην νέα τους θέση.



Εικόνα 47. Ο μεγάλος ναός Abu Simbel στην νέα του θέση.

Στάδιο 10/ Case Based Reasoning Report

Στο τελικό του στάδιο ο αλγόριθμος ολοκληρώνεται με την σύνταξη αναφοράς η οποία ενσωματώνει και ταυτόχρονα κατοχυρώνει τα συμπεράσματα που έχουν εξαχθεί από την υλοποίηση όλων των προηγούμενων σταδίων καθώς επίσης έναν οικονομικό προϋπολογισμό του έργου. Αναλυτικά οικονομικά στοιχεία προϋπολογισμών δεν βρέθηκαν στην διαθέσιμη βιβλιογραφία. Η VBB προκειμένου να πείσει την Αιγυπτιακή κυβέρνηση και το Υπουργείο Αρχαιοτήτων κατέθεσε πλήρη αναφορά – πρόταση μέρος της οποίας ήταν και οι Εικόνες 22 και 23. Θα μπορούσε λοιπόν η αναφορά αυτή να θεωρηθεί ως το τελικό στάδιο της στρατηγικής και να αποτελέσει ένα ακόμα τεκμήριο συμβατότητας με τον αλγόριθμο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αποκατασκευή ως έργο, δεν έχει καθιερωθεί ως τρόπος προσέγγισης μετά το πέρας του κύκλου ζωής ενός κτηρίου, καθώς σχεδόν πάντα αυτό σηματοδοτείται με ανεξέλεγκτη κατεδάφιση και απόρριψη των υλικών αποξύλωσης.

Η εφαρμογή του αλγόριθμου σε στις παραπάνω τρεις περιπτώσεις αποτελεί μια πολύ καλή ένδειξη για την δυνατότητα του να εφαρμοστεί στις περισσότερες περιπτώσεις κτηριακών έργων πολιτικού μηχανικού, συνδιάζοντας την βελτιστοποίηση του οικονομικού κόστους με τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Όπως διαπιστώνεται στα παραδείγματα κατα την εφαρμογή του, αλλά και μετά από την σχετική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της εργασίας, η αγορά των ανακύκλωσης και επανάχρησης στον χώρο της κατασκευής έργων πολιτικού μηχανικού είναι πολύ μικρή και η παρουσία της περιορίζεται στην διαχείριση των απορριμάτων με ιδιαίτερα περιορισμένες επιλογές στον Ελληνικό χώρο.

Η σχετική νομοθεσία που με την ανακύκλωση σε έργα πολιτικού μηχανικού ψηφίστηκε φέτος, θέτοντας με ορίζοντα το 2020, ως ελάχιστο απαιτούμενο το 70% της μάζας των οικοδομικών απορριμάτων που πρέπει να ανακυκλώνονται, σε συνέπεια με την ευρωπαϊκή νομοθεσία. Το ποσοστό αυτό με βάση τις σημερινές διαθέσιμες τεχνολογίες αποκατασκευής δεν μπορεί να επιτευχθεί όπως φάνηκε και στις εφαρμογές DMR και DDR με κύριο εμπόδιο την έλλειψη μονάδων ανακύκλωσης σκυροδέματος στην Ελληνική αγορά καθώς η θέση του στην ελληνική αγορά κατασκευής παραμένει κυρίαρχη.

Είναι σημαντικό να αναπτυχθεί η αντίληψη της σημασίας της αποκατασκευής ως στρατηγικής και όχι ως σενάριο τέλους, και να αναπτυχθεί μια ισοδύναμη αντίληψη με αυτή της κατασκευής σε όλα τα επίπεδα. Επιγραμματικά αναφέρονται τα παρακάτω:

- Η αποκατασκευή πρέπει να σχεδιάζεται μαζί με την κατασκευή έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η δυνατότητα της ελαχιστοποίησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων τόσο σε επίπεδο μεθοδολογίας αλλά και σε επιλογή υλικών που προέρχονται από ανακύκλωση αλλά και μπορούν να ανακυκλωθούν.
- Η τυποποίηση των ανακυκλωμένων υλικών και η ανάπτυξη διεθνών standards διασφάλισης και ελέγχου ποιότητας που επιτρέπουν την συστηματική χρήση των υλικών, στην δυνατότητα απεθείας χρήσης τους αλλά και ανάμειξης τους με τα πρωτογενή υλικά.

- Η ανάπτυξη της σχετικής νομοθεσίας και επιδοτήσεων που θα επιβάλει την χρήση ανακυκλούμενων υλικών σε νέα έργα ώστε να κατευθύνει την αγορά αλλά και την έρευνα σε αυτή την κατεύθυνση.
- Η διδασκαλία της αποκατασκευής σε επίπεδο σχεδιασμού, χρονικού προγραμματισμού αλλά και εκτέλεσης στις σχολές αρχιτεκτονικής και πολιτικών μηχανικών.

Η εφαρμογή της στρατηγικής στα παραδείγματα ανέδειξε την αποκατασκευή του μεταλλικού κτιρίου ως πιο οικονομική και περιβαλλοντικά πιο ωφέλιμη σε σχέση με την αποκατασκευή του τυπικού κτηρίου απο οπλισμένο σκυρόδεμα και τουβλοδομή. Η διαπίστωση αυτή αποτελεί επιβεβαίωση της ορθής λειτουργίας του αλγορίθμου καθώς αναδεικνύεται το πλεονέκτημα του σχεδιασμού που ευνοεί την αποκατασκευή σε επίπεδο υλικών αλλά και εφαρμογής. Συγκεκριμένα το αδιάστατο κόστος αποκατασκευής στο παράδειγμα DMR διαμορφώνεται στο 4,62% του κόστους κατασκευής ενώ στο παράδειγμα DDR 4,69%. Αν και οριακά μεγαλύτερο το δεύτερο παραμένει πιο ελκυστικό καθώς το πραγματικό κόστος των μεταλλικών κατασκευών είναι σημαντικά πιο μικρό για έργα με ίδια αρχιτεκτονικά standards.

Βέβαια δύο παραδείγματα αποτελούν πολύ μικρό δείγμα για εξαγωγή συμπερασμάτων, παραμένουν όμως μια ορθή ένδειξη για την κατεύθυνση που πρέπει να ακολουθήσουν οι σχεδιαστές κτηρίων και η αγορά γενικότερα. Η εφαρμογή του αλγορίθμου σε περισσότερα παραδείγματα μπορεί να οδηγήσει σε στατιστικά ασφαλή συμπεράσματα και να αποτελέσει σημαντική πηγή πληροφόρισης και χρήσιμο εργαλείο παραμετρικής ανάλυση για την μεγιστοποίηση των οικονομικών και περιβαλλοντικών οφελειών ταυτόχρονα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Best practice measures assessment for construction and demolition waste management in building constructions.
Paola Villoria Saeza, Mercedes del Rvo Merinoa. Alicia San-Antonio Gonzaleza Cisar Porras-Amores
(27 March 2013)
2. Design of Buildings and Components for Deconstruction/ Chapter 7
Dr. Philip Crowther Queensland University of Technology Australia
3. Building deconstruction and material recovery in Iran: An analysis of major determinants.
Mohammad Djavad Saghafia, Zahra Alsadat Hosseini Teshnizia
4. Assessment of different construction and demolition waste management approaches.
Manal S. Abdelhamid
(19 January 2014)
5. Incorporating ergonomic factors in disassembly sequence planning
M.M. Youssif, R.A. Alkadeem, M.A. El Dardiry
Production Engineering Department, Faculty of Engineering, Alexandria University, Alexandria, Egypt
(16 January 20911)
6. Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production.
R.V. Silva, J. de Brito, R.K. Dhir
(22 April 2014)
7. Determining optimal disassembly and recovery strategies.
Ruud H. Teunter
Department of Management Science, Lancaster University Management School, Lancaster, UK.
(10 arch 2005)
8. A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning
Jack C.P. Cheng, Lauren Y.H. Ma
Department of Civil and Environmental Engineering, The Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong
(13 March 2013)
9. Closed Cycle Construction: An integrated process for the separation and reuse of C&D waste
Evert Mulder, Tako P.R. de Jong, Lourens Feenstra

TNO Science and Industry, Department of Separation Technology, The Netherlands Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences.

(29 May 2007)

10. Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait

Nabil Kartam, Nayef Al-Mutairi, Ibrahim Al-Ghusain, Jasem Al-Humoud

Department of Civil Engineering, Kuwait University

(8 June 2004)

11. U.S. Building – Demolition Waste : Quantities and Potential for Resource Recovery

Thomas A. Davidson

12. The Salvage of Abu Simbel Temples

Lennart BERG

VBB Vattenbyggnadsbyran, Stockholm.

13. Σχεδιασμός Συστημάτων Προστασίας Περιβάλλοντος 2006-2007

Φ.Μπατζιάς

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Το Dymaxion House/Project του Buckminster Fuller (1962).....	17
Εικόνα 2. Το Dymaxion House/Project του Buckminster Fuller (1962)/ Κάτοψη...	17
Εικόνα 3. Το Manning Portable Cottage.....	20
Εικόνα 4. Το Crystal Palace εξωτερικά (1851).....	21
Εικόνα 5. Το Crystal Palace εσωτερικά (1851).....	21
Εικόνα 6. Το Βρετανικό «CLASP» σύστημα δόμησης (1957).....	22
Εικόνα 7. Το Βρετανικό «CLASP» σύστημα δόμησης (1957).....	23
Εικόνα 8. IGUS FACTORY των Nicholas Grimshaw and Partners.....	24
Εικόνα 9. IGUS FACTORY των Nicholas Grimshaw and Partners.....	24
Εικόνα 10. «Takara Beautillion» του Kurokawa (Expo 1970).....	25
Εικόνα 11. «Takara Beautillion» του Kurokawa (Expo 1970).....	25
Εικόνα 12. Το Lloyd’s Building από τους Richard Rogers Partnership (1986).....	26
Εικόνα 13. Το Lloyd’s Building από τους Richard Rogers Partnership (1986).....	27
Εικόνα 14. Το IBM Travelling Exhibition Building του Renzo Piano.....	28
Εικόνα 15. Το IBM Travelling Exhibition Building του Renzo Piano.....	28
Εικόνα 16. Το IBM Travelling Exhibition Building του Renzo Piano.....	29
Εικόνα 17. Διαχωρισμός αδρανών από το χάλυβα με υδροβολή σε οπλισμένο σκυρόδεμα.....	48
Εικόνα 18. Φάση κατασκευής τοιχοποιίας του πειραματικού κτιρίου στην σεισμική τράπεζα του Ε.Μ.Π. στα πλαίσια της έρευνας I.S.S.B.	55
Εικόνα 19. Το ολοκληρωμένο πειραματικό κτιρίο στην σεισμική τράπεζα του Ε.Μ.Π. στα πλαίσια της έρευνας I.S.S.B.....	56
Εικόνα 20. Το πλήρες κτήριο στην Αμφιλοχία στα πλαίσια της έρευνας I.S.S.B. σε φάση κατασκευής.	56
Εικόνα 21. Το πλήρες κτήριο στην Αμφιλοχία στα πλαίσια της έρευνας I.S.S.B ολοκληρωμένο.....	57
Εικόνα 22. Κατοικία με μεταλλικό στατικό φορέα και τοιχοποιία στην Κεφαλλονιά.....	60

Εικόνα 23. Λεπτομέρεια κόμβου του μεταλλικού στατικού φορέα.....	61
Εικόνα 24. Η κατοικία σε στάδιο χρωματισμών χωρίς τα εξωτερικά κουώματα.....	69
Εικόνα 25. Η κατοικία σε στάδιο κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας με τον σκελετό χαύβδοελάσματος καθώς τοποθετούνται οι τσιμεντοσανίδες πάνω σε αυτόν.(Εξωτερική άποψη).....	71
Εικόνες 26α,26β. Η κατοικία σε στάδιο κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας με τον σκελετό χαύβδοελάσματος καθώς τοποθετούνται οι τσιμεντοσανίδες πάνω σε αυτόν.(Εσωτερική άποψη).....	70
Εικόνα 27. Η κατοικία σε στάδιο κατασκευής του σκελετού της εξωτερικής τοιχοποιίας.....	72
Εικόνα 28. Λεπτομέρεια σύνδεσης της κεραμοσκεπής με τον στατικό φορέα.....	72
Εικόνα 29. Ο μεταλλικός στατικός φορέας ολοκληρωμένος.....	73
Εικόνα 30. Λεπτομέρειες από τον στατικό φορέα.....	73
Εικόνα 31α,31β. Ο μεταλλικός στατικός φορέας σε φάση συναρμολόγησης.....	74
Εικόνα 32. Η θεμελίωση του κτηρίου.....	75
Εικόνα 33. Οι ναοί Abu Simbel στην αρχική τους τοποθεσία.....	77
Εικόνα 34. Η όψη του μεγάλου ναού.....	78
Εικόνα 35. Εσωτερική άποψη του μεγάλου ναού.....	78
Εικόνα 36. Σχηματική απεικόνιση της πρότασης της VBB για την μεταφορά των ναών.....	80
Εικόνα 37. Σχηματική απεικόνιση της πρότασης της VBB για την αποκατασκευή των ναών.....	81
Εικόνα 38. Εργασίες τεμαχισμού – αποκατασκευής της εσωτερικής τοιχοποιίας των ναών.....	92
Εικόνα 39. Μεταφορά τμημάτων των όψεων των ναών.....	93
Εικόνα 40. Ο μικρός ναός σε φάση αποκατασκευής.....	93
Εικόνα 41. Εργασίες αποθήκευσης και συντήρησης των τμημάτων του ναού.....	94
Εικόνα 42. Εργασίες επανακατασκευής της όψης του μεγάλου ναού.....	97
Εικόνα 43. Εργασίες κατασκευής του θόλου του μεγάλου ναού.....	97

Εικόνα 44. Εργασίες επανακατασκευής του μεγάλου ναού.....	98
Εικόνα 45. Οι επανασχεδιασμένοι λόφοι των ναών στην νέα τους θέση.....	99
Εικόνα 46. Οι ναοί Abu Simbel στην νέα τους θέση.....	99
Εικόνα 47. Ο μεγάλος ναός Abu Simbel στην νέα του θέση.....	99

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Οι τρεις άξονες των περιβαλλοντικών πόρων, των σταδίων κύκλου ζωής και των αρχών βιωσιμότητας.....	11
Σχήμα 2. Διαστρωμάτωση επιπέδων διαφορετικών χρόνων ζωής ενός κτηρίου.....	12
Σχήμα 3. Στάδια κύκλου ζωής ενός οικοδομικού υλικού χωρίς ανακύκλωση ή επανάχρηση.....	14
Σχήμα 4. Απεικόνιση των τεσσάρων πιο πιθανών στρατηγικών ανακύκλωσης και επανάχρησης εφαρμοσμένα στο κύκλο ζωής ενός οικοδομικού υλικού.....	15
Σχήμα 5. Αξονομετρικό σχέδιο του Manning Portable Cottage.....	20
Σχήμα 6. Η γραφική απεικόνιση του αλγόριθμου ανακύκλωσης, ανάκτησης και επανάχρησης έργων πολιτικού μηχανικού.....	35
Σχήμα 7. Η γραφική απεικόνιση της “διαδρομής” της στρατηγικής DMR στο σύνολο του αλγορίθμου.....	46
Σχήμα 8 . Χρονικός σχεδιασμός της υλοποίησης της κατεδάφισης σε διάγραμμα Gant με χρήση του Microsoft Project.....	54
Σχήμα 9. Η γραφική απεικόνιση της “διαδρομής” της στρατηγικής DDR στο σύνολο του αλγορίθμου.....	58
Σχήμα 10. Απεικόνιση συστήματος τοιχοποιίας ξηράς δόμησης.....	59
Σχήμα 11 . Χρονικός σχεδιασμός της υλοποίησης της αποκατασκευής σε διάγραμμα Gant με χρήση του Microsoft Project.....	68
Σχήμα 12. Η γραφική απεικόνιση της “διαδρομής” της στρατηγικής DRR στο σύνολο του αλγορίθμου.....	76
Σχήμα 13 . Σχηματική απεικόνιση της ανύψωσης της στάθμης του Νείλου λόγω του φράγματος.....	79
Σχήμα 14 . Σχηματική παρουσίαση του οργανισμού διάσωσης των ναών.....	14
Σχήμα 15α . Χρονικός σχεδιασμός της υλοποίησης της μετεγκατάστασης των ναών Abu Simbel σε διάγραμμα Gant με χρήση του Microsoft Project.....	87
Σχήμα 15β . Χρονικός σχεδιασμός της υλοποίησης της μετεγκατάστασης των ναών Abu Simbel σε διάγραμμα Gant με χρήση του Microsoft Project.....	88
Σχήμα 16. Σχέδιο κοπής της όψης του μεγάλου ναού.....	89
Σχήμα 17. Σχέδιο αποστράγγισης υπόγειου ορίζοντα των ναών.....	90

Σχήμα 18. Η βασική ιδέα σχεδιασμού της επανακατασκευής του μεγάλου ναού- Τομή.....	95
Σχήμα 19. Η βασική ιδέα σχεδιασμού της επανακατασκευής του μεγάλου ναού- Κάτοψη.....	96

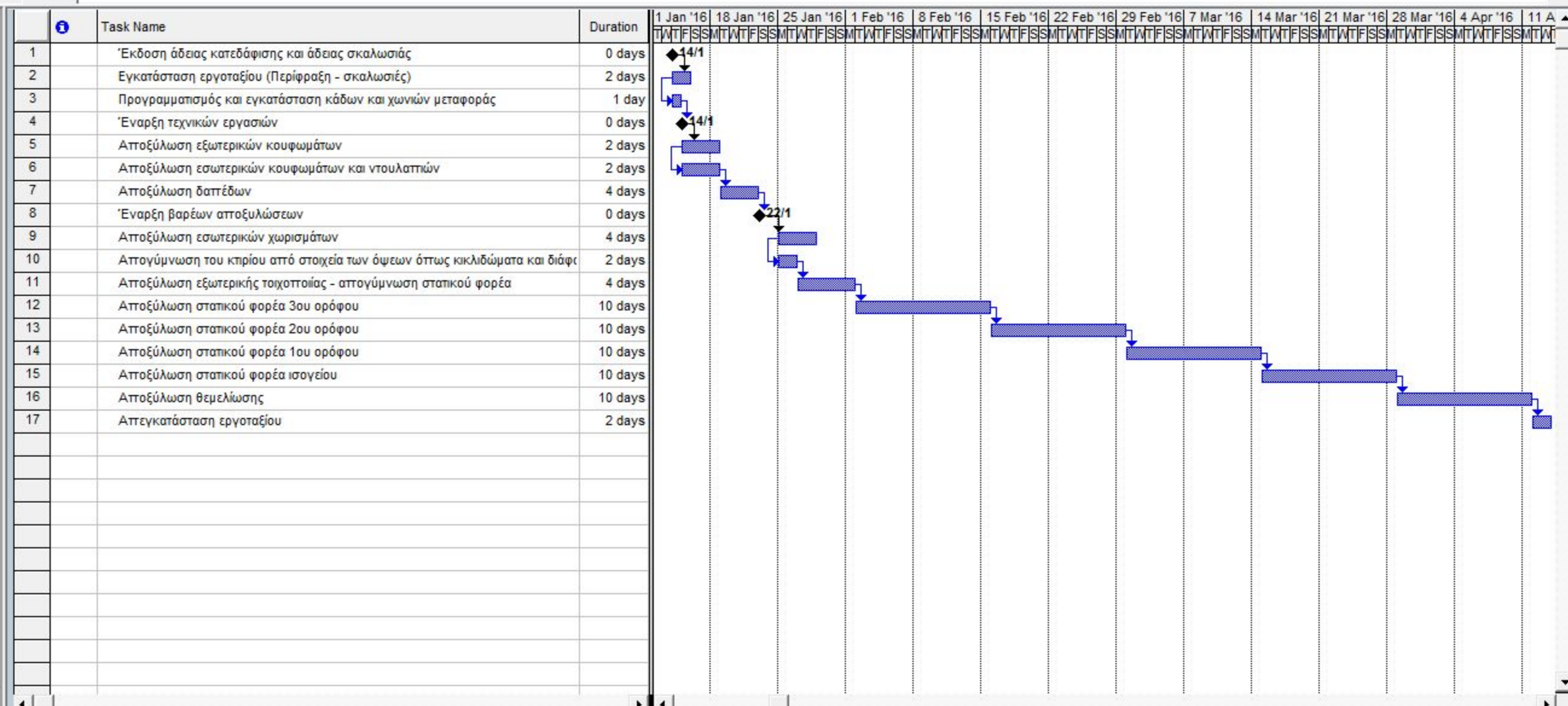
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Οικονομικό ισοζύγιο στις εναλλακτικές περιπτώσεις της αποκατασκευής ή κατεδάφισης.....	33
Πίνακας 2. Ενδεικτικό παράδειγμα μήτρας προτίμησης νέας τοποθεσίας	43
Πίνακας 3. Η μήτρας αξιολόγησης των υποψηφίων νέων θέσεων.....	49
Πίνακας 4. Υπολογισμός όγκου μεταφοράς υλικών (DMR).....	51
Πίνακας 5. Προϋπολογισμός κατεδάφισης.....	52
Πίνακας 6. Σύγκριση προϋπολογισμών απόριψης και ανακύκλωσης.....	53
Πίνακας 7. Ποσότητες Υλικών Αποξήλωσης (DDR).....	63
Πίνακας 8. Πίνακας περιβαλλοντικής διαχείρισης ανά υλικό (DDR).....	63
Πίνακας 9. Υπολογισμός όγκου μεταφοράς υλικών (DDR).....	65
Πίνακας 10. Προϋπολογισμός αποκατασκευής.....	66
Πίνακας 11. Εκτίμησης Αγοράς και εξόδων μεταφοράς από Κεφαλονιά – Αττική.....	67
Πίνακας 12. Η μήτρας αξιολόγησης των υποψηφίων νέων θέσεων	84
Πίνακας 13. Η μήτρας αξιολόγησης των υποψηφίων νέων θέσεων με τις τελικές βαθμολογίες	86

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Standard toolbar with icons for file operations, editing, and project management. Below the icons, the text "Arial" and "8" are visible, along with bold, italic, and underline formatting options. A dropdown menu shows "All Tasks".

- Calendar
- Gantt Chart
- PERT Chart
- Task Usage
- Tracking Gantt
- Resource Graph
- Resource Sheet
- Resource Usage



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Λίστα Αδειοδοτημένων εταιριών διαχείρισης οικοδομικών απορριμάτων στον Νομό Αττικής:

Όνομασία	Διεύθυνση	Τηλέφωνο	e-info
Αττική			
Ανακυκλωτική ΑΕ	Διστόμου 71,Κολωνός	2105157656, 6974769611	www.anakiklotiki.gr info@anakiklotiki.gr
ΚΑΣΝΕΣΤΗΣ ΔΕΔΕΣ	Θηβών 12, Καματερό, 134 51	2102315242, 6986638388	dedekasnestis@yahoo.gr
ΣΚΙΑΔΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ	Ανταίου 42, Γαλάτσι, 111 46	2102220112	info@cityservice.gr
ΕΡΜΙΔΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ	Αθηνάς 33, Περιστέρι, 121 37	2105028120, 6977880099	
Ζάγαρης	Αγ.Ιωάννου 31, Ροδόπολη, 145 74	6944204107, 6947893139	www.zagaris.gr
ΓΚΡΙ - ΤΣΑΜΗΣ ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ Ο.Ε	Αγ.Στέφανος Αττικής, 145 02	2310544650, 2310518355	www.gri.gr info@gri.gr
Νείλος Τεχνική Εμπορική ΕΠΕ	Παναγίτσας 19, ΒΙ.ΠΕ. Μαρκοπούλου, 190 03	2299022131, 2299023343, 2299041215, 2299041216	www.neilos.gr
Λάζης	Δυοβουνιώτου 5, 136 79, Αχαρναί	2102445643, 6936837303	info@lazis.gr
Λιάκατας Group Of Companies	Κνίδου 14, 104 40, Αθήνα	2108834035, 2108833456, 2108836142	liakatas@recycling2day.com