



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

## ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

### ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

#### **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

Σχεδιασμός μεθοδολογίας επιστημονικής υποστήριξης στη λήψη αποφάσεων για την προστασία ιστορικών κτιρίων και μνημείων με κριτήρια αειφορίας των υλικών

**Υποψήφιος:** Αθανασιάδης Βασίλειος

#### **Επιτροπή επίβλεψης:**

**Α. Μοροπούλου, Καθηγήτρια Ε.Μ.Π., Σχολή Χημικών Μηχανικών**

**Α. Καραντώνης, Λέκτορας Ε.Μ.Π., Σχολή Χημικών Μηχανικών**

**Α. Μπακόλας, Λέκτορας Ε.Μ.Π., Σχολή Χημικών Μηχανικών**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της έρευνας του Τομέα ΙΙΙ: Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών, της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Σκοπός της εργασίας είναι ο σχεδιασμός μεθοδολογίας επιστημονικής υποστήριξης στη λήψη αποφάσεων για την προστασία ιστορικών κτιρίων και μνημείων με κριτήρια αειφορίας των υλικών.

Πρώτα από όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια ΕΜΠ κα Α. Μοροπούλου, για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο σημαντικό και ενδιαφέρον θέμα.

Επίσης, θα ήθελα να πω ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στην Υποψήφια Διδάκτορα Α. Κιούση για την καθοδήγηση, τη βοήθεια, τις παρατηρήσεις, τις υποδείξεις και πάνω απ' όλα για όλο αυτό το χρόνο που διέθεσε για τη διεκπεραίωση της εργασίας.

Τέλος, θερμές ευχαριστίες οφείλονται στον Διδάκτορα κο Κ. Λαμπρόπουλο, για τις πολύτιμες συμβουλές και υποδείξεις που μου προσέφερε κατά την εκπόνηση της εργασίας.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται λόγος για την σπουδαιότητα της διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς, μέσω της προστασίας και της συντήρησης των μνημείων και των ιστορικών κτιρίων. Στο πλαίσιο της μεθοδολογίας συντήρησης ενός μνημείου, η οποία περιλαμβάνει τη διαγνωστική μελέτη, τη μελέτη των υλικών και των επεμβάσεων συντήρησης, αναδεικνύεται η σημασία της υιοθέτησης μιας ολοκληρωμένης στρατηγικής, που θα θέτει ως κύριο στόχο την αειφορία σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής των υλικών.

Οι αρχές της αειφορίας των υλικών και η αειφόρος ανάπτυξη των κτιρίων αποτελούν τους κύριους άξονες της εργασίας, καθώς βάσει αυτών επιλέγονται οι παράμετροι που θα αποτελέσουν Δείκτες αναγκαιότητας επέμβασης με απώτερο σκοπό την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος λήψης αποφάσεων. Οι Δείκτες αναγκαιότητας προκύπτουν από τη διερεύνηση των επιλεχθέντων κριτηρίων αειφορίας, τον διαχωρισμό τους σε ποσοτικά και ποιοτικά με την τοποθέτηση ορίων όπου καθιστόταν δυνατό, καθώς και την ταξινόμηση τους ανάλογα με τη βαρύτητα που θα έχουν στο σύστημα.

Οι Δείκτες αναγκαιότητας που αναπτύξαμε με βάση την αειφορία, που παρουσιάστηκαν ως μέρος της μεθοδολογίας λήψης απόφασης, μπορούν να αποτελούν μελλοντικά μια ισχυρή βάση αλληλένδετων δεδομένων από την οποία θα προκύπτει η τελική απόφαση για τη διασφάλιση της αειφορίας στις επεμβάσεις προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς.

## **SUMMARY**

In this thesis emphasis is made for the importance in preserving the cultural heritage by means of protecting and maintenance of the monuments and historic buildings. Through the methodology of the conservation study which consists the diagnosis study together with the study of the materials and the conservation interference, it is more than evident the importance of adopting a complete policy that will set as main goal the sustainability of the materials' life cycle at all stages.

The principles of the sustainability of the materials and buildings' evolution represent the main points of this thesis, as they will be the selection criteria for the parameters that will consist the "indices of necessity" for intervention, main goal being the development of a complete system of decision making.

The necessity indices derive from the investigation of the selected sustainability criteria, their separation in quantitative and qualitative by implementing limits wherever feasible as well as their classification depending on the importance that will represent in the system.

The necessity indices which we described in terms of sustainability and as part of the methodology in obtaining a decision could constitute in the future a strong data base of related data from which the final decision will be deriving for the safeguard of the sustainability in the interventions of preserving the cultural heritage.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΓΕΝΙΚΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ

<b>I. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΝΗΜΕΙΩΝ.....</b>	<b>7</b>
I.1. ΜΝΗΜΕΙΑ-ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ.....	7
I.2. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΝΗΜΕΙΩΝ.....	8
I.3. ΑΡΧΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΜΝΗΜΕΙΩΝ-ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ-ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑ.....	9
I.3.1. ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΒΕΝΕΤΙΑΣ.....	11
I.3.2. ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ.....	12
I.4. ΦΘΟΡΑ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ-ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΦΘΟΡΑΣ.....	15
I.5. ΚΥΡΙΟΙ ΤΥΠΟΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ.....	16
I.6.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΝΟΣ ΜΝΗΜΕΙΟΥ.....	20
I.6.1. ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΦΘΟΡΑΣ-ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ.....	21
I.6.2. ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	25
I.6.3. ΣΤΑΔΙΑ ΜΙΑΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ.....	26
I.7 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΑ.....	27
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	29

## ΕΙΔΙΚΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ

<b>II. ΑΕΙΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ.....</b>	<b>32</b>
II.1. ΑΕΙΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΜΝΗΜΕΙΑ.....	32
II.2. Ο ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΥΛΙΚΩΝ.....	36
II.2.1. ΣΤΑΔΙΑ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	39
II.3. ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	45
II.4. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΓΙΑ ΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΣΤΑ ΜΝΗΜΕΙΑ.....	47
II.4.1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΣΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΜΝΗΜΕΙΑ.....	48
II.4.2 ΚΡΙΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ – ΠΡΟΤΑΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....	55
II.5. ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ.....	57
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	60

## **ΕΦΑΡΜΟΓΗ**

### **III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΔΕΙΦΟΡΙΑΣ.....63**

#### **III.1 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ-ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΔΕΙΦΟΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ.....63**

#### **III.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΔΕΙΦΟΡΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ.....72**

#### **III.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΣΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ.....80**

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....81**

### **IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....84**

### **V. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....86**

# **I. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΝΗΜΕΙΩΝ**

## **I.1 ΜΝΗΜΕΙΑ-ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ**

Σύμφωνα με την σύμβαση για την προστασία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς της Ευρώπης, Σύμβαση της Γρανάδας (1985), τα μνημεία είναι κάθε κατασκευή ιδιαίτερα σημαντική λόγω του ιστορικού, αρχαιολογικού, καλλιτεχνικού, επιστημονικού, κοινωνικού ή τεχνικού τους ενδιαφέροντος, συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων ή διακοσμητικών στοιχείων που αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα τους. Επίσης τα αρχιτεκτονικά σύνολα είναι ομοιογενή σύνολα αστικών ή αγροτικών κατασκευών σημαντικά λόγω του ιστορικού, αρχαιολογικού, καλλιτεχνικού, επιστημονικού, κοινωνικού ή τεχνικού τους ενδιαφέροντος, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους ώστε να σχηματίζουν ενότητες που να μπορούν να οριοθετηθούν τοπογραφικά. Η έννοια ενός ιστορικού μνημείου δεν καλύπτει μόνο το μεμονωμένο αρχιτεκτονικό έργο, αλλά και την αστική ή αγροτική τοποθεσία που μαρτυρεί ένα ιδιαίτερο πολιτισμό, μια ενδεικτική εξέλιξη ή ένα ιστορικό γεγονός. Αυτό ισχύει όχι μόνο για τις μεγάλες δημιουργίες, αλλά και για τα ταπεινά έργα, που με τον καιρό απέκτησαν σημασία. (Χάρτης της Βενετίας, αρθρ. 1). Γενικότερα σαν μνημείο μπορεί να χαρακτηριστεί κάθε αντικείμενο, έργο, οικοδόμημα ή δομημένο σύνολο που δημιουργήθηκε έχοντας έναν ιδιαίτερο χαρακτήρα που το διαφοροποιεί και το αναδεικνύει ανάμεσα σε άλλα καθιστώντας το τεκμήριο ιστορίας.

Αν εξετάσουμε ετυμολογικά τη λέξη μνημείο προέρχεται από τη ρίζα της λέξης μνήμη και ερμηνεύεται σαν «ενθύμημα» δηλαδή κάθε τι που μας θυμίζει την ύπαρξη προγενέστερης δραστηριότητας. Με τον όρο Μνημείο, νοείται κάθε απομεινάρι πολιτισμού, φορέας ιστορικών, τεχνικών και άλλων πολύτιμων πληροφοριών τόσο της αντίστοιχης ιστορικής περιόδου, όσο και των φαινομένων που συνέβησαν στο διάστημα που μεσολάβησε από την κατασκευή και χρήση μέχρι τη σύγχρονη παρατήρηση και μελέτη. Ένα μνημείο μπορεί να έχει τις διαστάσεις ενός μεγάλου ή μικρού κτηρίου, μπορεί όμως και να είναι υπερβολικά μικρών διαστάσεων (όπως π.χ. ένας σφραγιδόλιθος) ή να εκτείνεται σε πάρα πολλά στρέμματα της επιφάνειας του εδάφους (όπως ο πολεοδομικός ιστός μιας αρχαίας πόλης, όπως ορίζεται από τους αντίστοιχους αρχαίους τοίχους της). [1,2,3]

## 1.2 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Είναι σήμερα γενικά αποδεκτό ότι, η διατήρηση της εθνικής ταυτότητας της χώρας μας, μπορεί να γίνει μόνο με την προβολή της πολιτιστικής μας κληρονομιάς και κατά συνέπεια την προβολή των ζωντανών μαρτύρων της ιστορίας και του πολιτισμού μας, που είναι τα μνημεία μας. Πέρα όμως απ' αυτό, οι σύγχρονες αντιλήψεις για τις αναπτυξιακές στρατηγικές θεωρούν ως ολοκληρωμένη οικονομική ανάπτυξη την παράλληλη πορεία της βελτίωσης των υποδομών και της προβολής των έργων πολιτισμού. Έτσι καταλήγει να είναι εθνική υποχρέωση για τη χώρα μας η καλλιέργεια ενός πνεύματος πολιτιστικής ανάτασης, το οποίο μπορεί να αναπτυχθεί με την συντήρηση, την αναστήλωση, την τεκμηρίωση και την προβολή του μνημειακού μας πλούτου.

Με τον όρο προστασία ή αλλιώς αποκατάσταση μνημείων εννοούμε το σύνολο των τεχνικοεπιστημονικών εργασιών, οι οποίες μας εγγυώνται την προσωρινή συνέχεια ενός έργου τέχνης. Είναι δηλαδή η αξιοποίηση της ιστορικότητας και της αισθητικής, με τελικό σκοπό την προστασία τόσο του έργου τέχνης όσο και της ιστορικής μαρτυρίας (Χάρτης της Βενετίας, αρθρ. 3). Επίσης αποκατάσταση μνημείου ονομάζουμε οποιαδήποτε επέμβαση γίνεται σε αυτό, με στόχο την επαναφορά του στην αρχική του κατάσταση και εφόσον κριθεί σκόπιμο και στην αρχική του χρήση. Η αποκατάσταση πρέπει να γίνεται, αφού προηγηθεί εμπεριστατωμένη μελέτη του μνημείου, με βάση τις αρχές της συντήρησης και με την ελάχιστη δυνατή θυσία της ιστορικής και αισθητικής του σημασίας.

Τα μνημεία, όπως και τα οικοδομικά σύνολα που παρουσιάζουν ιστορικό και καλλιτεχνικό ενδιαφέρον, τα ιστορικά κέντρα και οι ιστορικοί οικισμοί είναι έργα μοναδικά και ανεπανάληπτα. Παράλληλα έχουν πολύ μεγάλη κοινωνική, οικονομική και πολιτιστική σημασία, καθώς έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν έσοδα και να συμβάλλουν στην ανάπτυξη της χώρας. Η αλλοίωση τους οφείλεται στη λανθασμένη οικοδομική πολιτική και στην έλλειψη σωστής πολιτιστικής και περιφερειακής ανάπτυξης. Οι βιομηχανίες και οι υπόλοιπες εγκαταστάσεις, οι οποίες δεσπόζουν στη σύγχρονη κοινωνία, αλλοιώνουν και προκαλούν φθορές στο φυσικό περιβάλλον και στα μνημεία. Συνεπώς, γίνεται λόγος για πολεοδομική αποκατάσταση ή ολοκληρωμένη προστασία όχι μόνο των ιστορικών μνημείων και έργων τέχνης, αλλά και των αξιών του φυσικού μας πλούτου. [4,5]



### **I.3 ΑΡΧΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΜΝΗΜΕΙΩΝ-ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ-ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑ**

Σήμερα επιβάλλεται, πριν επιχειρηθεί οποιαδήποτε επέμβαση σε ένα μνημείο, να ακολουθείται ρητά η πορεία εργασίας που υποδεικνύεται από τις αρχές του Χάρτη της Βενετίας και που στόχο έχει να αποτρέψει ή να ελαχιστοποιήσει τις πιθανότητες μιας άστοχης και ίσως – μακροπρόθεσμα – βλαπτικής εφαρμογής.

Τα κριτήρια και οι αρχές επεμβάσεων που θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν για την επιλογή των κατάλληλων τεχνικών συμβάλλουν καθοριστικά στην αποτελεσματικότητα του τελικού σχήματος επέμβασης. Τα κριτήρια αυτά είναι τα εξής:

- Σεβασμός στο πρωτότυπο
- Αντιστρεψιμότητα προτεινόμενων επεμβάσεων
- Συμβατότητα των προτεινόμενων υλικών με τα υλικά που χρησιμοποιούνται
- Οικονομικό κόστος επέμβασης και συντήρησης
- Χρόνος αποπεράτωσης
- Κοινωνικό κόστος των ατόμων του κοινωνικού συνόλου [11]

Είναι απαραίτητο να αναφέρουμε ότι υπάρχουν σύγχρονες αντιλήψεις για την προστασία των μνημείων και έχουν διατυπωθεί προτάσεις σε διεθνή συνέδρια, οι οποίες αποσκοπούν στη συνολική προστασία της πολιτισμικής μας κληρονομιάς. Για το λόγο αυτό όλοι οι επιστήμονες και οι φορείς, οι οποίοι συνεργάζονται για το σκοπό αυτό, θα πρέπει να σεβαστούν τις προτάσεις και τα κείμενα που περιλαμβάνονται στις Διεθνείς συμβάσεις για την αποφυγή σφαλμάτων στις μελέτες αποκατάστασης μνημείων και συνόλων.

Οι σημαντικότεροι οργανισμοί, οι οποίοι με τις προτάσεις και τις εισηγήσεις τους συντελούν στην προστασία των μνημείων και των ιστορικών συνόλων σε ολόκληρο τον κόσμο είναι οι ακόλουθοι:

- Η U.N.E.S.C.O. εκπαιδευτικός, επιστημονικός και πολιτιστικός οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών που ιδρύθηκε το 1946. Σύμφωνα με την

U.N.E.S.C.O. η κληρονομιά μας, δηλαδή τα πολιτιστικά και φυσικά μας αγαθά, απειλούνται, όχι μόνο από τις φυσικές καταστροφές και τη φθορά του χρόνου, αλλά γιατί είναι εκτεθειμένα στη διαδεδομένη σήμερα φυσικοχημική μόλυνση, στην επέκταση των αστικών και τουριστικών αναπτυξιακών προγραμμάτων και στις κερδοσκοπικές επιχειρήσεις που καταστρέφουν το περιβάλλον στο βωμό του κέρδους. Για το λόγο αυτό θέσπισε συμβάσεις για την προστασία της παγκόσμιας πολιτιστικής και φυσικής κληρονομιάς. Η U.N.E.S.C.O. συνεργάζεται ευρέως και με άλλους Διεθνείς Οργανισμούς που έχουν παρόμοιους σκοπούς, όπως το I.C.C.R.O.M. (Διεθνές Κέντρο Συντήρησης και Αποκατάστασης της Πολιτιστικής Κληρονομιάς) και το I.C.O.M. (Διεθνές Συμβούλιο Μουσείων).

- Το συμβούλιο της Ευρώπης που ιδρύθηκε το 1949 από 10 κράτη. Σήμερα το συμβούλιο αποτελείται από 21 κράτη και λειτουργεί με την επιτροπή των υπουργών και με την Κοινοβουλευτική συνέλευση από βουλευτές των Κρατών-Μελών. Με τη δραστηριότητα που έχει αναπτύξει σε συνέδρια και διαφόρων ειδών εκδηλώσεις για τα θέματα αρχιτεκτονικής κληρονομιάς, συντάχθηκαν πολλά κείμενα, όπως η Διακήρυξη του Amsterdam και η Σύμβαση για την Προστασία της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς της Ευρώπης.
- Το I.C.O.M.O.S. Διεθνές Συμβούλιο μνημείων και τόπων που συστάθηκε το 1965, καθώς ήταν αναγκαίο να δημιουργηθεί μια νέα οργάνωση, με αποτελεσματική συμβολή όχι μόνο στην αποκατάσταση των μνημείων που υπέστησαν ζημιές κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, αλλά και στη διατήρηση γενικότερα της πολιτισμικής κληρονομιάς. Το I.C.O.M.O.S. είναι η διεθνής συνεργασία των διαφόρων ειδικών επιστημόνων, ώστε να υπάρξει κοινή στρατηγική και γενική αποδοχή ορισμένων αρχών για την προστασία των μνημείων και γενικότερα της κληρονομιάς μας. Διοικείται από διοικητικό συμβούλιο, έχει διεθνές Κέντρο Τεκμηρίωσης, καθώς και εθνικά τμήματα. Συνεργάζεται ευρέως με την U.N.E.S.C.O. με την οποία αναλαμβάνουν την διεξαγωγή διεθνών εκστρατειών για την προστασία αγαθών που έχουν μεγάλη οικουμενική αξία και θεωρούνται μοναδικά και αναντικατάστατα. [4]

### 1.3.1 ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΒΕΝΕΤΙΑΣ

Το πρώτο κείμενο που διατυπώθηκε από τα 13 που εγκρίθηκαν στη δεύτερη Διεθνή Σύνοδο των Αρχιτεκτόνων και των Τεχνικών των Ιστορικών Μνημείων στη Βενετία υπό την αιγίδα της U.N.E.S.C.O. το 1964, είναι ο Διεθνής Χάρτης για τη συντήρηση και αποκατάσταση μνημείων και τοποθεσιών. Ο Διεθνής Χάρτης αποτελεί το θεμέλιο και τη βασική πηγή αναφοράς της σύγχρονης θεώρησης για οποιαδήποτε επέμβαση, αποκατάσταση και αναστήλωση μνημείου. Για να πραγματοποιηθεί εμβάθυνση και εξάπλωση του Χάρτη της Βενετίας προτάθηκε η δημιουργία μιας Διεθνούς επιτροπής. Έτσι από το 1981-1984 δημιουργήθηκε αυτή η Διεθνής επιτροπή, καθώς και μια Διεθνής επιτροπή για τη μελέτη των ιστορικών κέντρων. Οι αρχές του Χάρτη της Βενετίας είναι οι ακόλουθες:

- Η συντήρηση και αποκατάσταση των μνημείων αποσκοπούν να τα διασώσουν τόσο σαν έργα όσο και σαν ιστορικές μαρτυρίες
- Η συντήρηση και η μόνιμη φροντίδα των μνημείων ευνοείται πάντοτε από την καταλληλότητα τους να χρησιμοποιηθούν για κάποιο ωφέλιμο σκοπό στην κοινωνία
- Η συντήρηση ενός μνημείου συνεπάγεται στην άμεση διατήρηση του περιβάλλοντος του
- Το μνημείο είναι αναπόσπαστο από την ιστορική στιγμή που αντιπροσωπεύει το χώρο, όπου είναι τοποθετημένο. Για το λόγο αυτό η μετακίνηση του όλου ή τμήματος του μνημείου μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο εφόσον υπάρχει ανάγκη διάσωσης του
- Τα γλυπτικά, ζωγραφικά ή διακοσμητικά στοιχεία είναι αναπόσπαστα δεμένα με το μνημείο και δεν μπορούν να διαχωριστούν παρά μόνο αν αποτελούν τη μοναδική διέξοδο για τη διάσωση του
- Η διαδικασία της αποκατάστασης είναι μια επέμβαση υψηλής εξειδίκευσης. Όταν οι παραδοσιακές τεχνικές αποδειχτούν ανεπαρκείς, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν όλες οι σύγχρονες τεχνικές συντήρησης και κατασκευής για τη στερέωση του

- Τα στοιχεία που πρέπει να αντικαταστήσουν τμήματα του μνημείου που έχουν καταστραφεί, πρέπει να ενσωματώνονται αρμονικά στο σύνολο και να διακρίνονται από τα αυθεντικά μέρη. Οι προσθήκες δεν μπορούν να γίνουν ανεκτές παρά μόνο αν σέβονται όλα τα ενδιαφέροντα μέρη του κτιρίου. [4,6,7]

### **1.3.2 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ**

Οι αρχές που διέπουν την πολεοδομική συντήρηση σήμερα, διατυπώθηκαν το 1975 στην διακήρυξη του Άμστερνταμ. Η διακήρυξη αυτή έγινε αποδεκτή από την Επιτροπή Υπουργών της Ευρώπης το 1975 και περιλάμβανε επτά άρθρα, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:

- Γενικές θεωρητικές αρχές για τα διατηρητέα αρχιτεκτονικά πολιτιστικά αγαθά.
- Η διατήρηση της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς είναι ένας από τους πιο σημαντικούς στόχους του χωροταξικού και πολεοδομικού σχεδιασμού.
- Η ολοκληρωμένη διατήρηση προϋποθέτει, την ευθύνη των φορέων της τοπικής αυτοδιοίκησης και την συμμετοχή των πολιτών.
- Μία πολιτική ολοκληρωμένης διατηρήσεως μπορεί να πετύχει μόνον όταν ληφθούν υπόψη οι κοινωνικοί παράγοντες.
- Η ολοκληρωμένη διατήρηση απαιτεί την αναπροσαρμογή νομοθετικών και διοικητικών μέτρων.
- Η ολοκληρωμένη διατήρηση απαιτεί κατάλληλα μέσα χρηματοδότησεως. Θα πρέπει να επινοηθούν νέες οικονομικές μέθοδοι πιο αποτελεσματικές.
- Η ολοκληρωμένη διατήρηση απαιτεί την προώθηση των μεθόδων τεχνικής και ειδικευσης για την αναστήλωση και την αποκατάσταση. [4,5,6]

Κάποιοι σημαντικοί Χάρτες και Συμβάσεις που έχουν υιοθετηθεί με σκοπό την συντήρηση των μνημείων και κατ'επέκταση τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς αναφέρονται παρακάτω:

- Χάρτης των Αθηνών (ICOM, 1931)
- Σύμβαση για την Προστασία των Πολιτιστικών Αγαθών σε Περίπτωση Ένοπλης Σύρραξης (UNESCO, Χάγη, 1954)
- Ευρωπαϊκή Μορφωτική Σύμβαση (Συμβούλιο της Ευρώπης, Παρίσι, 1954)
- Ευρωπαϊκή Σύμβαση για την Προστασία της Αρχαιολογικής Κληρονομιάς (Συμβούλιο της Ευρώπης, Λονδίνο, 1969)
- Σύμβαση για την Προστασία της Παγκόσμιας Πολιτιστικής και Φυσικής Κληρονομιάς (UNESCO, 1972).
- Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (ΟΗΕ, 1982)
- Ευρωπαϊκή Σύμβαση για τις Παραβάσεις που Αφορούν Πολιτιστικά Αγαθά (Συμβούλιο της Ευρώπης, Δελφοί, 1985)
- Σύμβαση για την Προστασία της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς της Ευρώπης (Συμβούλιο της Ευρώπης, Γρανάδα, 1985)
- Κώδικας Επαγγελματικής Δεοντολογίας (Διεθνές Συμβούλιο Μουσείων, ICOM, Μπουένος Άιρες, 1986)
- Χάρτης για την προστασία των ιστορικών πόλεων (ICOMOS, Ουάσινγκτον, 1987)
- Χάρτης για την Προστασία και Διαχείριση της Αρχαιολογικής Κληρονομιάς (ICOMOS, Λωζάνη, 1990)
- Ευρωπαϊκή Σύμβαση για την Προστασία της Αρχαιολογικής Κληρονομιάς (αναθεωρημένη, Συμβούλιο της Ευρώπης, Βαλέτα, 1992)
- Χάρτης για τη Προστασία και Διαχείριση της Υποθαλάσσιας Πολιτιστικής Κληρονομιάς (ICOMOS, Σόφια, 1996). [4,6]

Στην Ελλάδα έχουν ισχύ νόμου η Ευρωπαϊκή Σύμβαση για την προστασία της Αρχαιολογικής Κληρονομιάς και η Ευρωπαϊκή Μορφωτική Σύμβαση, που αναφέρονται στην κοινή πνευματική κληρονομιά της Ευρώπης και την ενθάρυνση ανάπτυξης της μελέτης των γλωσσών, της ιστορίας και του πολιτισμού. Επιπλέον είναι σε ισχύ ο Αρχαιολογικός Νόμος 3028/2002, ο οποίος αφορά την προστασία των

αρχαιοτήτων και εν γένει της πολιτιστικής κληρονομιάς. Σύμφωνα με το νόμο αυτό η προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς της χώρας συνίσταται κυρίως:

- Στον εντοπισμό, την έρευνα, την καταγραφή, την τεκμηρίωση και τη μελέτη των στοιχείων της
- Στη διατήρηση και στην αποτροπή της καταστροφής, της αλλοίωσης και γενικά κάθε άμεσης ή έμμεσης βλάβης της
- Στην αποτροπή της παράνομης ανασκαφής, της κλοπής και της παράνομης εξαγωγής
- Στη συντήρηση και την κατά περίπτωση αναγκαία αποκατάστασή της
- Στη διευκόλυνση της πρόσβασης και της επικοινωνίας του κοινού με αυτήν
- Στην ανάδειξη και την ένταξή της στη σύγχρονη κοινωνική ζωή
- Στην παιδεία, την αισθητική αγωγή και την ευαισθητοποίηση των πολιτών για την πολιτιστική κληρονομιά.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η προστασία των μνημείων καθώς και των αρχαιολογικών χώρων και ιστορικών συνόλων περιλαμβάνεται στους στόχους οποιουδήποτε επιπέδου χωροταξικού, αναπτυξιακού, περιβαλλοντικού και πολεοδομικού σχεδιασμού ή σχεδίων ισοδύναμου αποτελέσματος ή υποκατάστατων τους. [8]

#### 1.4 ΦΘΟΡΑ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ-ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΦΘΟΡΑΣ

Ως φθορά μπορεί να ονομαστεί η απομείωση στο χρόνο των ιδιοτήτων (φυσικών, χημικών, μηχανικών κ.α.) και των χαρακτηριστικών (ορυκτολογικών, υφής κ.α.), της συνοχής, των διαστάσεων και της αισθητικής των υλικών. Η μεταβολή αυτή είναι το αποτέλεσμα φυσικών, χημικών, μηχανικών και βιολογικών διεργασιών.

Η φθορά των υλικών είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ τους και με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες στους οποίους είναι εκτεθειμένα. Οι παράγοντες αυτοί δρουν είτε διαρκώς είτε περιοδικά, με αυξομειούμενη ένταση και καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του υλικού, ειδικά στην περίπτωση των μνημείων των οποίων το περιβάλλον δεν μπορεί ποτέ να ελεγχθεί πλήρως. Η αλληλεπίδραση εντοπίζεται στη διεπιφάνεια υλικού-υλικού ή υλικού-περιβάλλοντος αλλά καθώς τα δομικά υλικά που εξετάζονται εδώ είναι πορώδη και συνεπώς διαπερατά από υγρά και αέρια, η φθορά λαμβάνει χώρα όχι μόνο επιφανειακά αλλά και εντός του πορώδους συστήματος τους.

Οι παράγοντες που συντελούν στη φθορά των δομικών υλικών-λίθων των ιστορικών κτιρίων και των μνημείων είναι οι ακόλουθοι:

- Η μεταβολή της θερμοκρασίας, που προκαλεί την χαλάρωση της σύνδεσης των υλικών και τη δημιουργία ρηγματώσεων
- Το νερό, το οποίο ελέγχει την ενυδάτωση, μεταφορά, κρυστάλλωση και ανακρυστάλλωση των αλάτων, που μπορεί να προκαλέσουν τη δημιουργία στεγανών στρωμάτων στην επιφάνεια με δυσμενή αποτελέσματα
- Η συνεχής έκθεση των δομικών λίθων στον άνεμο, η οποία φθείρει τις επιφάνειες τους.
- Η δράση του διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) και του διοξειδίου του πυριτίου ( $\text{SO}_2$ ) της ατμόσφαιρας προκαλούν χημικές φθορές των δομικών λίθων
- Οι βλάβες που προέρχονται είτε από σεισμούς είτε από καθιζήσεις του εδάφους μπορεί να είναι καταστρεπτικές για την ευστάθεια του ιστορικού κτιρίου

Επιπλέον, τα φαινόμενα φθοράς συνιστούν βασικές, συνεχείς διεργασίες, σε αντιδιαστολή με άλλες δράσεις, όπως ακραία καιρικά φαινόμενα ή φυσικές καταστροφές, οι οποίες έχουν άμεσες συνέπειες. Η φθορά, λοιπόν, εξελίσσεται διαρκώς με συνέπειες έμμεσες που όμως μπορούν να αποβούν δραματικές. Αν η επέμβαση δεν είναι έγκαιρη η επιφανειακή φθορά που η παρούσα εργασία εξετάζει επιταχύνεται και μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική υποβάθμιση των μηχανικών αντοχών και τελικά σε δομοστατικά προβλήματα για την κατασκευή. [7,9]

## **1.5 ΚΥΡΙΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ**

Οι αιτίες φθοράς των ιστορικών κτιρίων και των μνημείων είναι ποικίλες και πολλές φορές μπορούμε να πούμε και αλληλοεξαρτώμενες. Οι παραπάνω αιτίες έχουν ως αποτέλεσμα την διάλυση της συνδετικής ύλης, γεγονός που προκαλεί αύξηση του πορώδους και κατά συνέπεια μείωση της μηχανικής αντοχής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τον μετασχηματισμό τεμαχιδίων του υλικού σε νέες υδατοδιαλυτές χημικές ενώσεις, τη δημιουργία εξανθημάτων ή την καταστροφή του ιστού της λιθοδομής από βλαβερά συστατικά.

Οι σημαντικότερες αιτίες, οι οποίες επιφέρουν την αλλοίωση ή καταστροφή ενός ιστορικού κτιρίου είναι οι ακόλουθες:

- Η πτώση της μηχανικής αντοχής του κονιάματος λόγω γήρανσης του υλικού
- Η ενανθράκωση προκαλεί αύξηση στο πορώδες του υλικού με αποτέλεσμα την αύξηση του ερπυσμού
- Το περιεχόμενο ποσοστό υγρασίας, καθώς οι περισσότεροι μηχανισμοί φθοράς για να πραγματοποιηθούν χρειάζονται νερό
- Ο συνδυασμός μικρού πορώδους, υγρασίας και παρουσίας αλάτων
- Η συνεχής ροή του νερού
- Οι ακραίες μεταβολές των τιμών της θερμοκρασίας
- Οι βιολογικές επιδράσεις που προέρχονται από τη δράση των φυτών προκαλούν φθορές στα κονιάματα. [9]



Οι κύριοι τύποι φθοράς των δομικών υλικών των επιφανειών των μνημείων παρουσιάζονται παρακάτω: [9,10,11,12]

### **Διάβρωση προερχόμενη από τα διαλυτά άλατα**

Πρόκειται για το φαινόμενο της διάβρωσης των δομικών υλικών λόγω της μεταφοράς διαλυμάτων αλάτων και στη συνέχεια, με επικείμενη εξάτμιση, εναπόθεσης κρυστάλλων στο εσωτερικό των πόρων. Αξίζει να σημειωθεί ότι η κρυστάλλωση των αλάτων όπως και οι άλλοι τύποι φθοράς λαμβάνουν χώρα μέσα στους πόρους του υλικού. Οι κύριες πηγές αλάτων σε τοιχοποιίες είναι η τριχοειδής αναρρίχηση, τα γειτονικά υλικά όπως το τσιμέντο αλλά συχνά το ίδιο το συνδετικό κονίαμα. Αν η εξάτμιση λάβει χώρα εσωτερικά του υλικού ο τύπος αυτός της φθοράς εμφανίζεται με την μορφή κυψέλωσης δηλαδή αποκόλληση τμήματος του διερρηγμένου υλικού.

### **Αλλοίωση με σχηματισμό κρουστών**

Πρόκειται για το φαινόμενο της επιφανειακής αλλοίωσης των υλικών και του σχηματισμού κρουστών με διαφορετική σύσταση, δηλαδή διαφορετικές φυσικές και μηχανικές ιδιότητες, σε σχέση με το υπόστρωμα. Ο τύπος της κρούστας και η έκταση της διάβρωσης που αυτή συνεπάγεται εξαρτάται τόσο από ενδογενείς παράγοντες, δηλαδή τα διακριτά χαρακτηριστικά του λίθου (π.χ. χημική σύσταση, πορώδες, γεωμετρία επιφάνειας), όσο και από εξωγενείς παράγοντες στους οποίους εκτίθεται το υλικό, δηλαδή τα χαρακτηριστικά του κλίματος και της ατμόσφαιρας (π.χ. συγκεντρώσεις ρυπαντών, τύπος και χρόνος διαβροχής, θερμοκρασία, σχετική υγρασία, pH βροχής).

Οι βασικοί τύποι στους οποίους διακρίνονται οι κρούστες που προσβάλλουν τα δομικά υλικά των επιφανειών των μνημείων είναι:

- Γυψοποίηση: Αναφέρεται στον σχηματισμό γύψου με προσβολή του ανθρακικού ασβεστίου των λίθων από θειικό οξύ . Συνδέεται κυρίως με την διαβρωτική δράση των ρύπων  $SO_x$  , που μετατρέπουν το ανθρακικό ασβέστιο των λίθων σε γύψο. Η συνεχής αποφλοίωση της φθαρμένης επιφάνειας αποκαλύπτει συνεχώς νέα επιφάνεια, που με τη σειρά της εκτίθεται στη γυψοποίηση και αποφλοίωση, με αποτέλεσμα την εξέλιξη του φαινομένου σε βάθος.
- Όξινη ανθρακική κρούστα: Στην περίπτωση αυτή έχουμε μετατροπή του ανθρακικού ασβεστίου σε όξινο ανθρακικό και με εξάτμιση του νερού σε ανακρυσταλλωμένο ανθρακικό ασβέστιο. Το στρώμα αυτό δεν έχει καλή συνοχή με το υποκείμενο ανθρακικό ασβέστιο και οδηγεί σε χαλάρωση της κρούστας που σε συνεργασία με τη βιολογική δραστηριότητα, τη χαλάρωση των αρμών και την ανάπτυξη φυτών, μπορεί να προκαλέσει καταρρεύσεις σε τοιχοποιίες.
- Αποπλυμένες επιφάνειες –Λευκές Κρούστες: Οφείλονται σε διαδοχική διάλυση του ασβεστίτη από την όξινη βροχή, όπου λόγω περιβαλλοντικών συνθηκών σχηματίζεται ανακρυσταλλωμένος ασβεστίτης με αποτέλεσμα την αποσύνθεση και αποκόλληση του δομικού λίθου.
- Τσιμεντιτικές κρούστες: Μια άλλη κατηγορία κρουστών που έχει παρατηρηθεί σε μνημεία που βρίσκονται σε βιομηχανικό περιβάλλον είναι οι τσιμεντιτικές ή αλκαλοπυριτικές. Οι κρούστες αυτές συνιστούν ένα στρώμα ένυδρων ενώσεων αργιλοπυριτικού ασβεστίου προερχόμενο από την επικάθηση και ακόλουθη ενυδάτωση αιωρούμενων σωματιδίων εργοστασιακής προέλευσης, όπως είναι η ιπτάμενη τέφρα ή η πυριτική παιπάλη. [9,11,12]

### **Φθορά προερχόμενη από προηγούμενες ασύμβατες επεμβάσεις:**

Η εφαρμογή ακατάλληλων υλικών στα πλαίσια προηγούμενων επεμβάσεων έχει σαν αποτέλεσμα την επιβάρυνση των δομικών υλικών και επιτάχυνση της φθοράς τους η οποία εκδηλώνεται στη διεπιφάνεια των δυο υλικών και επεκτείνεται προς το πιο ευπαθές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ακατάλληλων επεμβάσεων αποτελούν τα τσιμεντιτικά κονιάματα αποκατάστασης. [10,12]

### **Φθορά από παγετό:**

Το φαινόμενο συνίσταται στη ρήξη της συνοχής του υλικού όταν η περιεχόμενη υγρασία μετατραπεί σε πάγο, με συνεπαγόμενη διόγκωση. Ο μηχανισμός είναι όμοιος με την περίπτωση της κρυστάλλωσης διαλυτών αλάτων, φθορά δηλαδή έχουμε όταν η πίεση κρυστάλλωσης υπερβεί την μηχανική αντοχή του υλικού. Ο παγετός οδηγεί στην αποσάθρωση κονιαμάτων, ρηγματώσεις και αποκολλήσεις τμημάτων λίθων. [10,12]

### **Βιολογική φθορά:**

Στα μνημεία συναντάμε ένα πλήθος μικροοργανισμών και ανώτερων φυτών που επιφέρουν φυσικοχημική διάβρωση και μηχανική καταπόνηση στα δομικά υλικά με ποικίλους τρόπους. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που σχετίζονται με τη βιολογική φθορά είναι η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, οι άνεμοι, η ηλιοφάνεια, το pH του εδάφους και τα συστατικά του, καθώς και η ρύπανση της περιοχής. [10,12]

### **Χημική φθορά:**

Ένα τυπικό φαινόμενο φθοράς που παρατηρείται όταν συνυπάρχουν υδραυλικές ενώσεις με γύψο είναι ο σχηματισμός μεγαλομοριακών ενώσεων, οι οποίες δημιουργούν μεγάλες εσωτερικές τάσεις και οδηγούν σε ρηγμάτωση του υλικού. Η χημική φθορά μπορεί να σχετίζεται και με άλλες διεργασίες, όπως είναι η διάλυση

ασβεστιτικών συστατικών από όξινα διαλύματα ή η διαλυτοποίηση  $\text{SiO}_2$  σε διαλύματα  $\text{NaCl}$ . Ένα τυπικό παράδειγμα χημικής φθοράς εξάλλου είναι η ζαχαροειδής διάβρωση του μαρμάρου που οφείλεται στην όξινη προσβολή των περατωτικών ορίων των κόκκων και οδηγεί στην αποσάθρωση και αποκόλλησή τους. [10,12]

## **I.6 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΝΟΣ ΜΝΗΜΕΙΟΥ**

Η φθορά, λοιπόν, εξελίσσεται διαρκώς με συνέπειες έμμεσες, που όμως μπορούν να αποβούν δραματικές. Αν η επέμβαση δεν είναι έγκαιρη, η επιφανειακή φθορά επιταχύνεται και μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική υποβάθμιση των μηχανικών αντοχών και τελικά σε δομοστατικά προβλήματα για την κατασκευή. Συνεπώς, κρίνεται αναγκαία η λήψη κάποιων μέτρων που θα αποτρέψουν την ανάπτυξη της φθοράς και κατ' επέκταση θα συμβάλλουν στην ορθή συντήρηση της κατασκευής ή του μνημείου.

Τα στάδια που πρέπει να περιλαμβάνονται σε μια επιχείρηση συντήρησης και αποκατάστασης ενός μνημείου παρουσιάζονται παρακάτω: [13]

1. Διαγνωστική μελέτη, η οποία περιλαμβάνει την μελέτη των ιδιοτήτων των αυθεντικών υλικών και των μηχανισμών φθοράς τους. Το στάδιο της διάγνωσης, συνεπώς, απαιτεί μια ολιστική θεώρηση της κατάστασης των υλικών και παράλληλα τον συσχετισμό όλων των παραγόντων για τον επακριβή προσδιορισμό της παθολογίας τους. Επομένως η διάγνωση είναι αναγκαία προτού προβούμε σε οποιαδήποτε επέμβαση.
2. Μελέτη υλικών και επεμβάσεων συντήρησης:
  - Η γενικότερη δεοντολογία των επεμβάσεων συντήρησης ( Χάρτης Βενετίας, καθώς και η αναθεώρηση του σύμφωνα με νεότερες απόψεις)
  - Η συμβατότητα των δομικών υλικών μεταξύ τους και ως προς τα υλικά επέμβασης

- Η αντιστρεψιμότητα των προτεινόμενων επεμβάσεων.

### 3. Επεμβάσεις συντήρησης:

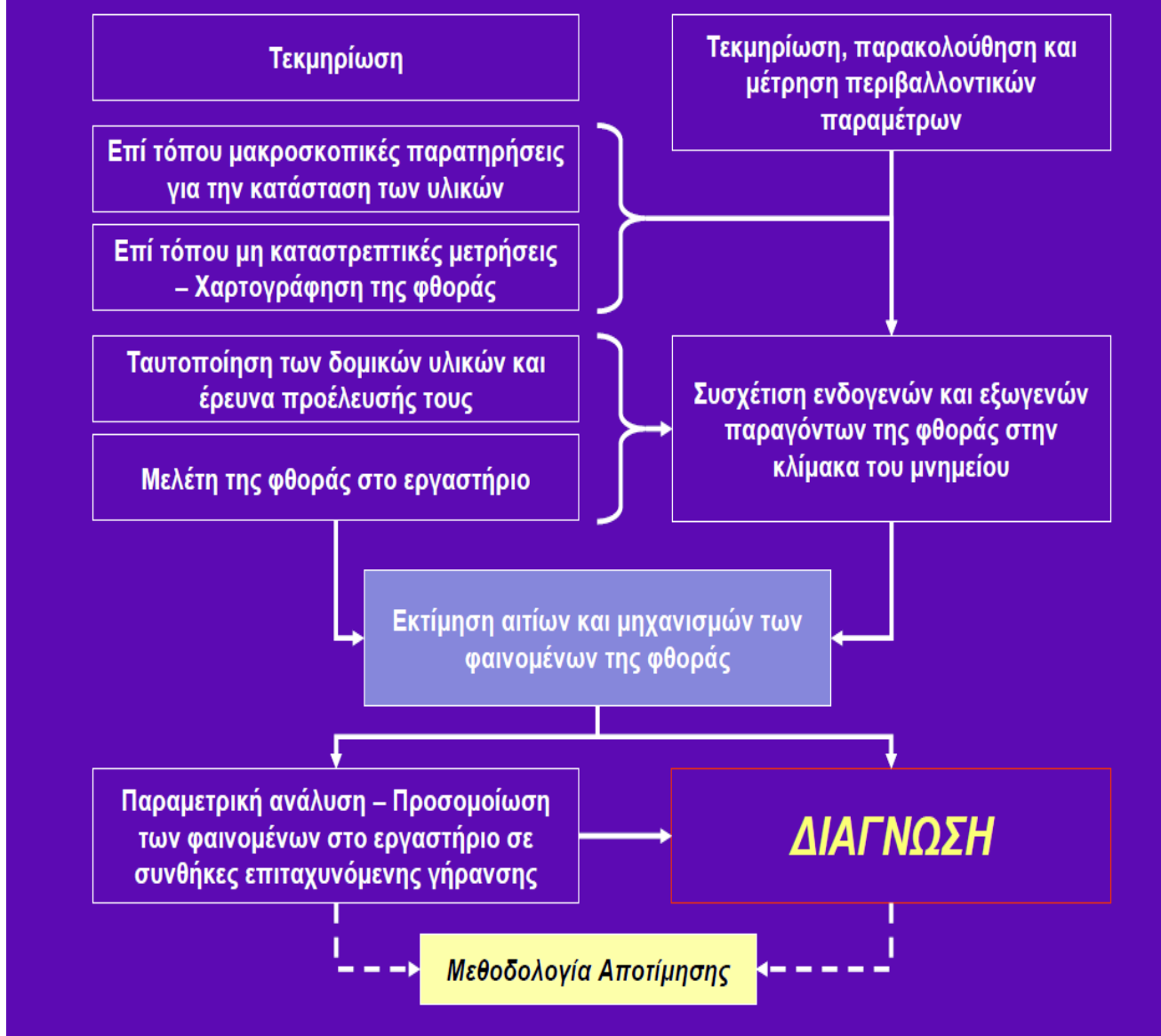
- Καθαρισμός (μηχανική, φυσική ή χημική απομάκρυνση των επιφανειακών επικαθίσεων)
- Προσπερέωση ( σε περιπτώσεις προχωρημένης διάβρωσης)
- Στερέωση (αποκατάσταση της συνοχής της διαβρωμένης πέτρας)
- Επιφανειακή προστασία ( απομόνωση και προστασία του λίθου από τη διαβρωτική δράση ατμοσφαιρικών παραγόντων)
- Εφαρμογή κονιαμάτων αποκατάστασης (συμβατών με τα ιστορικά δομικά υλικά της τοιχοποιίας)
- Αντιμετώπιση ανερχόμενης υγρασίας
- Συνεχής παρακολούθηση και έλεγχος

### 4. Αποτίμηση επεμβάσεων

#### **I.6.1 ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΦΘΟΡΑΣ-ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ**

Η διάγνωση της φθοράς των υλικών θα πρέπει να ακολουθεί ολοκληρωμένη μεθοδολογία: [17]

# ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ [Μοροπούλου, 2000]



Σχήμα 1: Μεθοδολογία διαγνωστικής μελέτης

Το πρώτο βήμα, στο οποίο στηρίζεται η μελέτη, και η διάγνωση και με βάση το οποίο μπορεί να γίνει προγραμματισμός και εκτέλεση έργων προστασίας, συντήρησης, αναστήλωσης ή οποιασδήποτε άλλης επέμβασης σε ένα Μνημείο είναι κατά γενική παραδοχή η λεπτομερής και με ακρίβεια καταγραφή της επικρατούσας κατάστασης, ή αλλιώς η αποτύπωσή του.

Οι μέθοδοι διάγνωσης φθοράς που εφαρμόζονται είναι οι ακόλουθες:

- Μη καταστρεπτικές μέθοδοι ελέγχου  
(ψηφιακή επεξεργασία εικόνας, μικροσκοπία οπτικών ινών, θερμογραφία υπερύθρου, υπερηχοσκόπηση, χρωματομετρία, γεωραντάρ)
- Ενόργανες τεχνικές-εργαστηριακές μέθοδοι ελέγχου

#### A) Φυσικές μέθοδοι ανάλυσης

(Πορομετρία υδραργύρου, καθορισμός συντελεστή υδατοαπορρόφησης μέσω τριχοειδών πόρων, προσδιορισμός υγρασίας μιας τοιχοποιίας με τη βαρυμετρική μέθοδο, προσδιορισμός κοκκομετρίας)

#### B) Χημικές μέθοδοι ανάλυσης

(Φασματοσκοπία υπερύθρου με μετασχηματισμό Fourier, θερμοβαρυμετρική και διαφορική θερμική ανάλυση, ατομική φασματοσκοπία απορρόφησης)

#### Γ) Ορυκτολογικές – πετρογραφικές μέθοδοι ανάλυσης

(Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης και μικροανάλυση ακτίνων X, περίθλαση ακτίνων X). [14]

### **Μη καταστρεπτικές μέθοδοι ελέγχου**

Ένα από τα σύγχρονα τεχνολογικά εργαλεία που συμβάλλουν στην αειφορία των κατασκευών είναι και ο μη καταστρεπτικός έλεγχος. Η χρήση του μη καταστρεπτικού ελέγχου αποτελεί μοναδικό και απαραίτητο εργαλείο για τη χαρτογράφηση των υλικών και της φθοράς, τον έλεγχο ποιότητας των υλικών, τον έλεγχο συμβατότητας των υλικών και επεμβάσεων συντήρησης. Πρόσφατες αναβαθμίσεις στον εξοπλισμό του μη καταστρεπτικού ελέγχου, αλλά και στο συνοδευτικά λογισμικά του, έχουν αυξήσει την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του και την αποδοχή τους από τη βιομηχανία.

Η χρήση του μη καταστρεπτικού ελέγχου απαιτεί τη γνώση, την εμπειρία και την κρίση του μελετητή. Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν ένας μεγάλος αριθμός εφαρμογών μη καταστρεπτικών τεχνικών σε γέφυρες, σε αεροδρόμια, σε κτίρια, κ.α.

Ο ρόλος των μη καταστρεπτικών τεχνικών είναι η ανίχνευση διαφορών ειδών ασυνεχειών στα υλικά, σχετικά με το σχήμα, τη θέση και με τον προσανατολισμό τους καθώς και η παροχή πληροφοριών για τη στρωματογραφία υλικών, τοιχοποιιών και επικαλυμμένων επιφανειών. Το επόμενο βήμα μετά την εφαρμογή τους είναι η λήψη αποφάσεων σχετικές με το αν οι ασυνέχειες αυτές επιδρούν στην συνολική αποδοτικότητα των δομών ή όχι. Η λήψη των αποφάσεων γίνεται βάσει:

- προτύπων, ειδικότερα αυτών που περιέχουν κριτήρια για την αποδοχή ή μη των ελαττωμάτων. Τα συχνότερα που χρησιμοποιούνται είναι αυτά των API, ASME, ASTM και AWS.
- τη χρήση αναλυτικών τεχνικών στο εργαστήριο, τόσο όσον αφορά στις φυσικοχημικές των υλικών όσο και τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών [18]

#### **Καταστρεπτικές-ενόργανες μέθοδοι ελέγχου**

Σε αντίθεση με τις μη καταστρεπτικές μεθόδους, οι ενόργανες μέθοδοι απαιτούν την πραγματοποίηση διαδικασίας δειγματοληψίας. Παρέχουν πληροφορίες σχετικές με την ταυτοποίηση ενώσεων, οι οποίες υπάρχουν στο εξεταζόμενο υλικό, με τα χαρακτηριστικά μικροδομής του υλικού καθώς και με τη συμπεριφορά και την αντίδραση του υλικού στις διάφορες διαδικασίες καταπόνησης τις οποίες υφίσταται. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα των μεθόδων αυτών είναι ότι απαιτούνται μικρά δείγματα ελάχιστης μάζας για εξέταση.

Οι μη καταστρεπτικές τεχνικές σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους ελέγχου των υλικών και των κατασκευών παρουσιάζουν μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως:

- Δυνατότητα εξέτασης επί τόπου
- Διατήρηση της ακεραιότητας της εξεταζόμενης δομής
- Γρήγορη αποκάλυψη των αποτελεσμάτων χάρη στο υψηλό τεχνολογικό επίπεδο των οργάνων που χρησιμοποιούνται
- Παροχή τόσο ποιοτικών αλλά και ποσοτικών αποτελεσμάτων
- Εύκολη ανάγνωση των γραφημάτων με τη χρήση ειδικών λογισμικών [14.18]



## 1.6.2 ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Είναι γεγονός ότι συνήθως παρουσιάζονται κρίσιμα προβλήματα στην επιλογή των υλικών και των επεμβάσεων συντήρησης. Έτσι παρατηρείται εμπειρισμός και όχι επιστημονική προσέγγιση, κυρίως λόγω:

- Έλλειψης διαγνωστικής μελέτης
- Έλλειψης μελέτης των υλικών και των επεμβάσεων συντήρησης
- Άκριτης χρήσης ασύμβατων υλικών
- Αποσπασματικών επεμβάσεων συντήρησης χωρίς στρατηγικό σχεδιασμό
- Προβλημάτων που γίνονται εντονότερα από την ποικιλομορφία των παραδοσιακών υλικών.

Για το λόγο αυτό επιβάλλεται πριν επιχειρηθεί οποιαδήποτε επέμβαση σε ένα μνημείο ή ιστορικό κτίριο, να ακολουθείται ρητά η διεργασία που υποδεικνύεται από τις αρχές του Χάρτη της Βενετίας και που έχει ως στόχο να αποτρέψει ή να ελαχιστοποιήσει τις πιθανότητες μιας άστοχης και ίσως μακροπρόθεσμα βλαπτικής εφαρμογής. Η επιλογή ενός ορθολογικού σχήματος επέμβασης σε ένα ιστορικό κτίριο ή μνημείο περιλαμβάνει μια σειρά από εργασίες και συνεκτίμηση πολλών παραμέτρων. Οι σημαντικότερες απαιτήσεις για την επιλογή της βέλτιστης επέμβασης είναι οι εξής:

- Σαφή γνώση των υλικών και της μορφολογίας του φέροντα οργανισμού του κτιρίου
- Αποτύπωση της παθολογίας και περιγραφή του τύπου και της έκτασης των βλαβών
- Προσδιορισμός και τεκμηρίωση των αιτιών πρόκλησης της υφιστάμενης παθολογίας και των βλαβών του κτιρίου
- Εκτίμηση της υφιστάμενης αντοχής του φέροντα οργανισμού με επιτόπου και εργαστηριακές δοκιμές
- Σαφή γνώση των διαφορών τεχνικών επισκευής και ενίσχυσης. **[13]**

### 1.6.3 ΣΤΑΔΙΑ ΜΙΑΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ

Με τον όρο επιχείρηση εννοούμε το σύνολο των ενεργειών, οι οποίες αν συνδυαστούν με κατάλληλο τρόπο μπορούν να συντελέσουν στη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η επιχείρηση επέμβασης μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε στο ίδιο το μνημείο/κτίριο είτε στα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του. Τα στάδια κάθε επιχείρησης παρουσιάζονται παρακάτω.

#### A. ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΙ ΤΑ ΥΛΙΚΑ

- Η προστερέωση, που πραγματοποιείται μόνο σε περιπτώσεις προχωρημένης διάβρωσης
- Ο καθαρισμός, ο οποίος συμβάλλει στην μηχανική, φυσική ή χημική απομάκρυνση των επιφανειακών επικαθήσεων, που αλλοιώνουν την επιφάνεια της κατασκευής
- Η στερέωση, η οποία αποσκοπεί στην αποκατάσταση της συνοχής μεταξύ των κόκκων των κρυστάλλων του λίθου, στη βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του λίθου και στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας του έναντι των παραγόντων φθοράς του
- Η επιφανειακή προστασία και η απομόνωση του λίθου από τη διαβρωτική δράση των ατμοσφαιρικών παραγόντων
- Ο σχεδιασμός και η αποτίμηση συμβατών και επιτελεστικών κονιαμάτων αποκατάστασης ιστορικών μνημείων με κριτήρια τις ορυκτολογικές φυσικομηχανικές τους ιδιότητες
- Η αντιμετώπιση της ανερχόμενης υγρασίας είτε με τη χρήση της θερμογραφίας του υπερύθρου είτε με τη χρήση υγρομέτρου με ειδικούς ακροδέκτες
- Η ολοκλήρωση της επιχείρησης, η οποία είναι απαραίτητο να ακολουθείται από συνεχή παρακολούθηση και έλεγχο για την αποτελεσματικότητα των διαφόρων επεμβάσεων που πραγματοποιήθηκαν
- Η αποκατάσταση του φορέα της κατασκευής με χρήση δομοστατικών επεμβάσεων
- Η αναστήλωση του μνημείου με αρχιτεκτονικές επεμβάσεις. [13]

## **B. ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Η συντήρηση είναι ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα διαχείρισης του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό πέρα από την επιχείρηση επέμβασης στο μνημείο, με τα όποια μέτρα συνεπάγεται, να πραγματοποιηθεί και μια επιχείρηση επέμβασης στο περιβάλλοντα χώρο του μνημείου, για την αποφυγή των διαφόρων κινδύνων και περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Αυτό μπορεί να συμβεί ως εξής:

- Με την υιοθέτηση μέτρων περιβαλλοντικής προστασίας των μνημείων (έλεγχος των μικροκλιματικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων)
- Με τη σωστή διαχείριση του περιβάλλοντος για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών κινδύνων (χωροταξικές, πολεοδομικές ρυθμίσεις). [13]

## **1.7. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΑ**

Τα τελευταία χρόνια, η αλματώδης ανάπτυξη και εξέλιξη της βιομηχανίας και της οικονομίας, σχετίζεται με την εμφάνιση, ανάπτυξη και εξέλιξη μεγάλων περιβαλλοντικών προβλημάτων, τα οποία μπορούν να θέσουν τη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος σε μεγάλο κίνδυνο. Τα σπουδαιότερα περιβαλλοντικά προβλήματα προκύπτουν από την υπέρμετρη κατανάλωση των φυσικών πόρων και την περιβαλλοντική ρύπανση. Οι κίνδυνοι αυτοί συνδέονται με τις καθημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου, όπως τις μεταφορές, τη θέρμανση, τον κλιματισμό, τη βιομηχανία, τη γεωργική δραστηριότητα, τον τουρισμό, οι οποίες προκαλούν διάφορα είδη αποβλήτων. Τα απόβλητα διακρίνονται σε υγρά, στερεά και αέρια. Οι φυσικοί αποδέκτες τους είναι η ατμόσφαιρα, το νερό και το έδαφος.

Συνεπώς, αξίζει να σημειωθεί ότι μερικά από τα σπουδαιότερα περιβαλλοντικά προβλήματα είναι τα ακόλουθα:

- Το ενεργειακό πρόβλημα, που επήλθε κυρίως από την αλόγιστη ενεργειακή κατανάλωση και ως εκ τούτου την εξάντληση των μη ανανεώσιμων

ενεργειακών πόρων, όπως το πετρέλαιο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή αύξηση των τιμών ενέργειας.

- Η ατμοσφαιρική ρύπανση με τις συνεπακόλουθες επιπτώσεις της, όπως η όξινη βροχή, η τρύπα του όζοντος, το φαινομένου του θερμοκηπίου και εν τέλει, η κλιματική αλλαγή και τα ακραία καιρικά φαινόμενα.
- Η διαρκής μείωση των υδάτινων πόρων, καθώς και η πτώση της ποιότητας του πόσιμου νερού.
- Τα απορρίμματα και τα απόβλητα (αστικά και βιομηχανικά).
- Ο θόρυβος, ο οποίος διακρίνεται σε οδικό/κυκλοφοριακό, βιομηχανικό, θόρυβο εγκαταστάσεων, σιδηροδρομικό και αεροπορικό.

Η εμφάνιση των παραπάνω περιβαλλοντικών προβλημάτων, που θέτουν σε κίνδυνο τη βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων του πλανήτη, επιβάλλει την υιοθέτηση ενός άλλου τρόπου ζωής και ανάπτυξης, με βασικό δομικό στοιχείο την 'αειφορία'. Η Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, όρισε ως αειφόρο ανάπτυξη αυτή που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος, χωρίς να μειώνει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών ανθρώπων να ικανοποιήσουν τις δικές τους. Συμπληρωματικός του παραπάνω ορισμού είναι αυτός των IUCN (Διεθνής Ένωση για την Προστασία της Φύσης), UNEP (Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών) και WWF (Παγκόσμιο Ταμείο για τη Φύση), σύμφωνα με τον οποίο η ανάπτυξη είναι αειφόρος όταν βελτιώνει την ποιότητα ζωής στο πλαίσιο των ορίων που θέτει η φέρουσα ικανότητα των οικοσυστημάτων που υποστηρίζουν τη ζωή.

Τέλος, θεωρείται αναγκαία η προστασία του περιβάλλοντος από μεγάλες αλλαγές στη σύσταση της ατμόσφαιρας με ανάλογες συνεπαγόμενες αλλαγές του παγκοσμίου κλίματος, οι οποίες θα χειρότερευαν ακόμη περισσότερο την κατάσταση του πλανήτη μας και συνεπώς και την ποιότητα ζωής των επόμενων γενιών. [15,16]

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΓΕΝΙΚΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ**

1. Κ. Τοκμακίδης, Αποτυπώσεις μνημείων Για το 7<sup>ο</sup> Εξάμηνο, Θεσσαλονίκη 2004, Διαδουκτιακός τόπος εύρεσης βιβλιογραφικής πηγής: [http://e-topo.web.auth.gr/TOMEIS\\_INDEX/TOMEASA/tokmakidis/GIVE/APOTYP\\_MNHMEIA\\_S.pdf](http://e-topo.web.auth.gr/TOMEIS_INDEX/TOMEASA/tokmakidis/GIVE/APOTYP_MNHMEIA_S.pdf)
2. Δ.Βουδούρη, Α.Στρατή, “Η Προστασία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς σε Διεθνές και Ευρωπαϊκό Επίπεδο, Κείμενα”, Εκδόσεις Α.Ν.Σάκκουλα 1999.
3. Robert Pickard, “Policy and Law in Heritage Conservation”, Conservation of the European Built Heritage Series, Span Press, Council of Europe.
4. Δ. Ορφανουδάκης , Μελέτη αποκατάστασης μνημείων και συνόλων, Γ’ Έκδοση.
5. Δρ. Φ. Μαλλούχου – Tufano, Β. Λαμπρινουδάκης, διδακτικές σημειώσεις Μεταπτυχιακού Σεμιναρίου «Ιστορία και Θεωρία Αποκαταστάσεως των Μνημείων», Πανεπιστήμιο Αθηνών, Φιλοσοφική Σχολή, Τμήμα Ιστορίας και Αρχαιολογίας, Τομέας Αρχαιολογίας και Ιστορίας της Τέχνης, Αθήνα, 1999-2000
6. Α. Χατζοπούλου, Ιστορική Εξέλιξη της Νομοθεσίας για την Προστασία της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς», 1997.
7. Χ.Θ.Μπούρα, Σημειώσεις μαθήματος: Αποκαταστάσεως των μνημείων Ι (κεφάλαια XI έως XVIII), Ανώτατη Σχολή Αρχιτεκτόνων Σπουδαστήριο ιστορίας της αρχιτεκτονικής, Αθήνα 1982.
8. Νόμος 3028/2002, Τίτλος: Για την προστασία των αρχαιοτήτων και εν γένει της πολιτιστικής κληρονομιάς.

9. Α. Μοροπούλου, Σημειώσεις του μαθήματος «Φαινόμενα και Μηχανισμοί της φθοράς» του Δ.Π.Μ.Σ. «Προστασία μνημείων», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
10. Θ.Σκουλικίδης, Π.Βασιλείου, Διάβρωση και Προστασία Υλικών, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 2000.
11. Α. Δημητρακόπουλος, «Προτυποποίηση της μεθοδολογίας διάγνωσης για τον χαρακτηρισμό των υλικών και της φθοράς τους», Μεταπτυχιακή Εργασία, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ «Προστασία Μνημείων», Κατεύθυνση «Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης», (Επιβλέπουσα: Καθ. Α. Μοροπούλου), Νοέμβριος 2005.
12. Γ. Χελά, «Ανάπτυξη και χρήση δεικτών αναγκαιότητας για τη διαγνωστική μελέτη μνημείων και κτιρίων», Μεταπτυχιακή Εργασία, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ «Προστασία Μνημείων», Κατεύθυνση «Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης», (Επιβλέπουσα: Καθ. Α. Μοροπούλου), Δεκέμβριος 2006.
13. Α. Μοροπούλου, Σημειώσεις του μαθήματος «Συμβατά υλικά και επεμβάσεις συντήρησης σε ιστορικά κτίρια/μνημεία: Προδιαγραφές-Αποτίμηση» του Δ.Π.Μ.Σ. «Προστασία μνημείων», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
14. Α. Μοροπούλου Σημειώσεις του μαθήματος «Μη καταστρεπτικές και ενόργανες μέθοδοι διάγνωσης της φθοράς και ελέγχου υλικών και επεμβάσεων συντήρησης» του Δ.Π.Μ.Σ. «Προστασία μνημείων», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
15. Γ.Οργανόπουλος Γιάννης Οργανόπουλος, Δάσκαλος, ΜΔΕ στις Επιστήμες της Αγωγής Υπεύθυνος Π.Ε. Α/θμιας Εκπαίδευσης Ν. Πιερίας, Αειφορία-Αειφόρος ανάπτυξη: Αναγκαιότητα-Ορισμοί, Διαδουκτικακός τόπος εύρεσης βιβλιογραφικής πηγής:  
[http://users.sch.gr/organopoulos/genika/aeiforia\\_aeiforos\\_anaptyxi\\_organop\\_.pdf](http://users.sch.gr/organopoulos/genika/aeiforia_aeiforos_anaptyxi_organop_.pdf)

16. [http://el.wikipedia.org/wiki/Αειφόρος\\_ανάπτυξη](http://el.wikipedia.org/wiki/Αειφόρος_ανάπτυξη).
17. Δρ. Μ. Καρόγλου, Δρ. Τ. Τογκαλίδου, Επιστημονικές Ημερίδες για την Προστασία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς, Προβλήματα Φθοράς και Παθολογίας Μνημείων: Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης και Αποκατάστασης, Έλεγχος ποιότητας των υλικών, Κριτήρια-Μεθοδολογία-Πρότυπα.
18. Α. Μοροπούλου, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου Χ-Μ ΕΜΠ, Αθήνα 2010.
19. Μοροπούλου Α., Υφαντής Δ., Σιμιτζής Ι, Ζουμπουλάκης Λ. «υλικά», σημειώσεις για τους φοιτητές του 7<sup>ου</sup> εξαμήνου χημικών μηχανικών, σχολή Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. τομέας 3: Επιστήμη και τεχνολογία υλικών,2006.
20. "Ταυτότητα της Ευρωπαϊκής Πολιτιστικής Κληρονομιάς" – EU CHIC “European Cultural Heritage Identity Card”, Χρηματοδότηση: European Commission, ResearchDG, Πρόγραμμα: FP7 ENVIRONMENT, Αρ. Συμβολαίου: 226995, 2009-2012.

## **II. ΑΕΙΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ**

### **II.1. ΑΕΙΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΜΝΗΜΕΙΑ**

Οι μέρες, που ο άνθρωπος έχτιζε για το σήμερα αδιαφορώντας για το αύριο είναι λιγότερο συνήθεις χάρη στις προσπάθειες που έχουν γίνει σε όλη την Ευρώπη για την παροχή εργαλείων, τεχνολογίας, μεθοδολογίας, δεικτών και πολιτικών σε ανθρώπους και φορείς που είναι στην καλύτερη θέση για να τα χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά, όπως οι οικοδόμοι και οι πολεοδομικές αρχές. Αειφόρος κατασκευή σημαίνει πολλά περισσότερα από το κτίσιμο νέων κατοικιών, γραφείων και εργοστασίων. Σημαίνει και χρήση αειφόρων υλικών, ασφαλών πρακτικών κατασκευής και νέων τεχνολογιών λαμβάνοντας υπόψη, για παράδειγμα, τους διάφορους κινδύνους και τις ζημιές που προκαλούνται από τις κλιματικές αλλαγές και την αστική ρύπανση. Επιπροσθέτως, σημαίνει την ενθάρρυνση οικοδόμων και υπευθύνων ανάπτυξης να χρησιμοποιούν αειφόρες μεθόδους κατασκευής και υλικά που μειώνουν το θόρυβο, την αναστάτωση και τα απόβλητα στους αστικούς χώρους. [1,2,3,12]

Η σύγχρονη αστικοποίηση και η αστική ανάπτυξη έχουν εστιάσει στη μεγιστοποίηση του χώρου και της χρησιμότητας του εις βάρος της πολιτιστικής κληρονομιάς. Όπως προαναφέρθηκε, η ευρωπαϊκή ήπειρος διαθέτει μια εξαιρετικά πλούσια πολιτιστική κληρονομιά. Η διαφύλαξη και αξιοποίηση της κληρονομιάς αυτής αποτελεί τεράστια ευθύνη για τις χώρες της Ευρώπης. Η πολιτιστική κληρονομιά συμπεριλαμβάνει τόσο την υλική κληρονομιά όπως τα μνημεία, τα κτίρια ή τα αρχαιολογικά ευρήματα, όσο και την άυλη κληρονομιά όπως η γλώσσα, η λογοτεχνία, η μουσική, η τέχνη, οι παραδόσεις, τα τραγούδια ή οι χοροί. Η πολιτισμική ταυτότητα μιας χώρας πηγάζει από την πολιτιστική της κληρονομιά, ενδυναμώνει τις κοινότητες και τις πόλεις και παράλληλα μπορεί να αυξήσει τον σεβασμό μεταξύ των διαφόρων ευρωπαϊκών λαών. Παρά τον όγκο των πόρων που διατίθενται στον τομέα αυτό, ένα σημαντικό τμήμα της πολιτιστικής κληρονομιάς της Ευρώπης σήμερα καταστρέφεται ή διατρέχει σοβαρό κίνδυνο. Το σοβαρότερο πρόβλημα, το οποίο καλείται να αντιμετωπιστεί, είναι ότι η απώλεια στοιχείων της πολιτιστικής κληρονομιάς είναι μη αναστρέψιμη. Η προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς από τις καταστροφές που προκαλεί ο χρόνος δεν γίνεται απλώς για τους



τουρίστες και τους θαυμαστές της τέχνης και του πολιτισμού, αποτελεί επίσης και υπενθύμιση του παρελθόντος και πολύτιμο περιουσιακό στοιχείο για το μέλλον.

Συνεπώς, είναι κατανοητό ότι θα πρέπει να εξεταστεί μια σειρά ερευνητικών έργων, με σκοπό την εξάλειψη των αρνητικών παραγόντων και των καταστροφών που αναφέρθηκαν παραπάνω. Η έρευνα αυτή θα πρέπει να εστιάζεται περισσότερο στην αιφόρο ένταξη της πολιτιστικής κληρονομιάς στον καθημερινό βίο. Κρίνεται, δηλαδή, άμεση η ανάγκη ενίσχυσης της ευαισθητοποίησης και της εκπαίδευσης ως προς την αιφορία και ως προς τις επιπτώσεις που θα έχει η διατήρηση του μη αιφόρου μοντέλου. Είναι γεγονός πως πολύ συχνά ο άνθρωπος καταφεύγει σε επιλογές βασιζόμενος σε ανεπαρκείς πληροφορίες, χωρίς να κατανοεί το πραγματικό κόστος των πράξεών του. Εάν έχει τη δυνατότητα να συμμετέχει στην αντιμετώπιση των διαφόρων ζητημάτων και εάν έχουν σαφή εικόνα των επιπτώσεων της εκάστοτε επιλογής, τότε θα μπορεί να κάνει επιλογές καθοριστικές για την καθημερινή του ζωή. [1,2,3,13,14]

Έτσι γίνεται αντιληπτό ότι η ανάπτυξη μιας πράσινης στρατηγικής για τις κατασκευές αποτελεί επιτακτική αναγκαιότητα. Η στρατηγική αυτή θα πρέπει να θέτει ως στόχο την αιφορία και την ανάπτυξη και του περιβάλλοντος με την θέσπιση και υλοποίηση της αιφόρου κατασκευής. Στο πλαίσιο μιας τέτοιας στρατηγικής είναι απαραίτητη η υιοθέτηση κάποιων μέτρων:

- Μείωση των καταναλισκόμενων υδατικών και ενεργειακών πόρων με επανάχρηση των απορριμάτων και μείωση του CO<sub>2</sub> αντίστοιχα
- Μείωση των αρνητικών επιπτώσεων των υλικών και της κατασκευής στο περιβάλλον, οδηγώντας σε βιώσιμα υλικά και κατασκευές, διατήρηση του περιβάλλοντος και βελτίωση της ποιότητας ζωής
- Μείωση των αρνητικών επιπτώσεων του περιβάλλοντος στην κατασκευή με διασφάλιση της ποιότητας της κατασκευής, μείωση των πρώτων υλών, μέγιστο χρόνο ζωής και ελάχιστοποίηση του κόστους των υλικών
- Αειφόρος διαχείριση όλων των κτιρίων και των μνημείων σε όλο τον κύκλο της ζωής τους. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με εισαγωγή υψηλής μετρητικής τεχνολογίας παρακολούθησης και ελέγχου υλικών, έργων, παραγωγικών διαδικασιών σε πραγματικό χρόνο και σε πραγματική κλίμακα, με παράλληλο σχεδιασμό και ανάπτυξη βάσεων δεδομένων, συστημάτων ποιότητας,

έμπειρων συστημάτων για την αποτίμηση των δεδομένων, καθώς και την ανάδειξη δεικτών αναγκαιότητας επέμβασης και κατωφλίων προειδοποίησης και συναγερμού

- Εισαγωγή καινοτομιών για την ενίσχυση της αειφορίας μέσω της αύξησης του χρόνου ζωής της κατασκευής ή του μνημείου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με προσεκτική και αποκλειστική χρήση βιώσιμων υλικών, κατασκευαστικών τεχνικών και τεχνολογιών. [1,2,9,14]

Στην προσπάθεια τήρησης των παραπάνω μέτρων στον ευρωπαϊκό χώρο καθοριστικό ρόλο παίζει η Ευρωπαϊκή Πλατφόρμα Έρευνας και Τεχνολογίας, η οποία έχει ως βασικό σκοπό να καθοριστεί κοινή στρατηγική για την έρευνα στον τομέα των κατασκευών σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Επιπλέον, κύριος στόχος της είναι η κινητοποίηση όλων των ενδιαφερόμενων φορέων, προσβλέποντας σε ένα κοινό όραμα, μια κοινή προσέγγιση για την έρευνα και τεχνολογία στον τομέα των κατασκευών. Οι τομείς στους οποίους εστιάζεται η Ευρωπαϊκή πλατφόρμα είναι:

- Υπόγειες κατασκευές
- Πόλεις και κτίρια
- Ποιότητα ζωής
- Υλικά
- Δίκτυα (σιδηροδρομικά, οδικά)
- Πολιτιστική κληρονομιά
- Διαδικασίες και Τεχνολογίες Επικοινωνίας και Πληροφορικής

Στο πλαίσιο Εθνικών Πλατφόρμων συγκροτήθηκε η Ελληνική Πλατφόρμα Έρευνας & Τεχνολογίας για την Κατασκευή (ΕΠΕΤΚ). Η ΕΠΕΤΚ αποτελεί συνδεδετικό κρίκο μεταξύ ευρωπαϊκής στρατηγικής και εθνικού κατασκευαστικού κλάδου για την έρευνα στις κατασκευές και οι βασικές αρχές της είναι οι ακόλουθες:

- Προώθηση της αειφορίας στην κατασκευή: Συμβολή στη διαμόρφωση και στην εφαρμογή της στρατηγικής και των πολιτικών ανάπτυξης όλων των δραστηριοτήτων, που αφορούν στην αειφόρο κατασκευή



πολύμορφης και κοινής πολιτιστικής τους κληρονομιάς και να νιώσουν ότι η κληρονομιά αυτή τους ανήκει.

Με τον όρο αειφόρος δόμηση εννοείται η δόμηση που ενσωματώνει τις αρχές του οικολογικού σχεδιασμού, στοχεύοντας στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μιας κατασκευής καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής της. Ανάμεσα στους κύριους στόχους της αειφόρου ανάπτυξης ενός δομημένου χώρου είναι η εναρμόνιση και η προσαρμογή της διαδικασίας σχεδιασμού των έργων, της παραγωγής και της χρήσης των δομικών υλικών και προϊόντων κατασκευής κτιριακών έργων, σε απαιτήσεις όπως η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η αύξηση του χρόνου ζωής των υλικών και των κατασκευών στις συνθήκες του φυσικού περιβάλλοντος, καθώς και η βελτίωση της ποιότητας ζωής και εργασίας των πολιτών. [7,9]

## Π.2. Ο ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΥΛΙΚΩΝ

Τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κάποιου στοιχείου, σε όλους τους τύπους των εφαρμογών έχουν συγκεκριμένη διάρκεια ζωής. Η διατήρηση, η αύξηση ή μείωση αυτής της διάρκειας ζωής εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, ο σημαντικότερος εκ των οποίων είναι το περιβάλλον. Η κατάλληλη επιλογή των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν σε μια κατασκευή αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα για την ασφαλή υλοποίηση του αρχικού σχεδιασμού και την οικονομική βιωσιμότητα της κατασκευής. Τα υλικά αυτά επιλέγονται με βάση ολοκληρωμένου σχεδιασμού κύκλου ζωής.

Για την κατανόηση και τη σωστή ερμηνεία της έννοιας της διάρκειας και του κύκλου ζωής ενός υλικού χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι ορισμοί: [9,10]

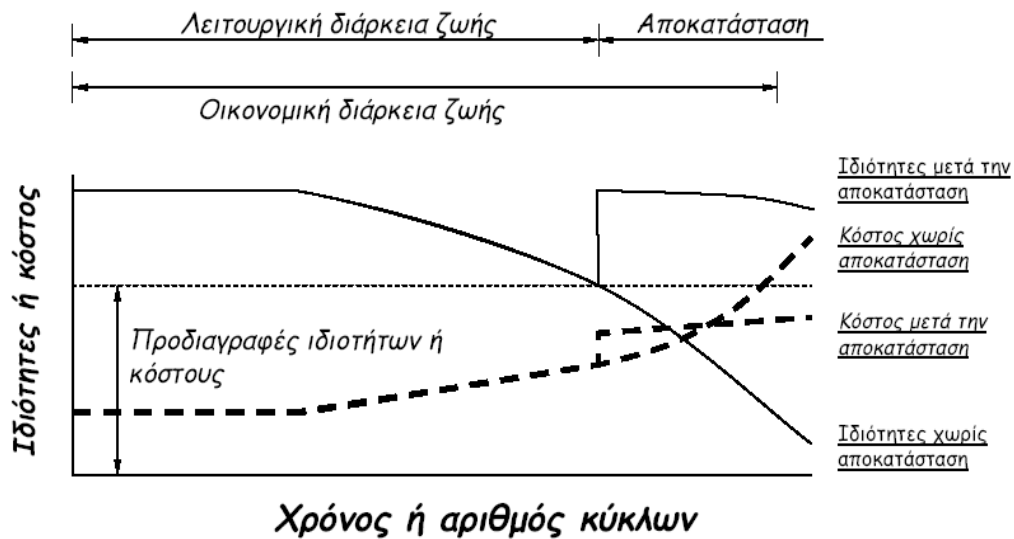
Λειτουργική διάρκεια ζωής ενός υλικού: Ορίζεται ως το χρονικό διάστημα, που παρέρχεται μέχρι την απώλεια μάζας, ή μείωση κάποιας ιδιότητας (μηχανική, φυσική, χημική) του υλικού σε τέτοιο βαθμό που καθιστά τη χρήση του μη ικανοποιητική για τη συγκεκριμένη εφαρμογή.

Ασφαλής διάρκεια ζωής ενός υλικού: Ορίζεται ως το χρονικό διάστημα πέρα από το οποίο η πιθανότητα να αστοχήσει ή να κριθεί ακατάλληλο το υλικό υπερβαίνει κάποια προκαθορισμένη τιμή.

Οικονομική διάρκεια ζωής ενός υλικού: Ορίζεται το χρονικό διάστημα πέραν του οποίου είναι οικονομικά ασύμφορη η διατήρηση του υλικού. Αυτό συμβαίνει όταν το συνολικό κόστος συντήρησης, αποκατάστασης, αποτίμησης και αντικατάστασης του υπάρχοντος υλικού είναι μεγαλύτερο από το ολικό κόστος ζωής ενός νέου υλικού, ίδιας ή διαφορετικής σύστασης.

Κόστος ζωής ενός υλικού. Συμπεριλαμβάνει το κόστος κατασκευής, το κόστος εγκατάστασης, το κόστος προστασίας, το κόστος συντήρησης, το κόστος αποκατάστασης, το κόστος αντικατάστασης και την εναπομένουσα αξία.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1) παρουσιάζεται η μεταβολή των ιδιοτήτων του υλικού σαν συνάρτηση του χρόνου ή αριθμού κύκλων λειτουργίας. Η καμπύλη Π (οριζόντια συνεχής γραμμή) περιγράφει τις ιδιότητες του υλικού όταν δεν γίνει κάποια προσπάθεια αποκατάστασης. Όπως προαναφέρθηκε, η λειτουργική διάρκεια ζωής ορίζεται ως το χρονικό διάστημα μέχρι τη μείωση των ιδιοτήτων του υλικού κάτω από τις προβλεπόμενες προδιαγραφές για συγκεκριμένη εφαρμογή (διακεκομμένη οριζόντια γραμμή). Επιπλέον, ως οικονομική διάρκεια ζωής ορίζεται αντίστοιχα το χρονικό διάστημα πέραν του οποίου το ολικό κόστος του υλικού (καμπύλη Κ1) αυξηθεί πέρα από ορισμένη τιμή (οριζόντια διακεκομμένη γραμμή). Η νέα οικονομική διάρκεια ζωής σε περίπτωση που γίνει κάποια προσπάθεια αποκατάστασης των ιδιοτήτων του υλικού (καμπύλη Ι2, μικρή συνεχής γραμμή), ορίζεται από την καμπύλη Κ2 (μικρή διακεκομμένη γραμμή). [5,6]



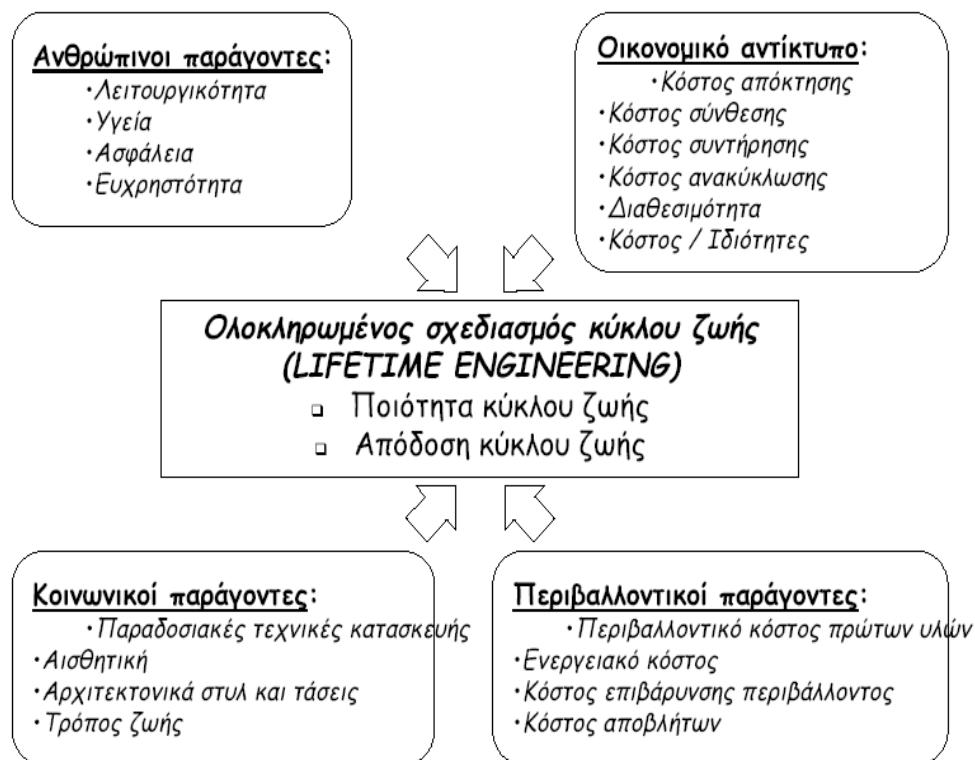
Σχήμα 3: Κύκλος ζωής υλικών

Η λειτουργική διάρκεια ζωής ενός υλικού, συχνά δεν ταυτίζεται με την οικονομική διάρκεια ζωής του καθώς είναι δυνατό κάποιο υλικό να χρησιμοποιηθεί πέρα από την λειτουργική διάρκεια ζωής του, αν είναι οικονομικά ασύμφορη η αντικατάστασή του με κάποιο καινούργιο, παρόλο που οι ιδιότητές του έχουν μειωθεί αισθητά. Πολλές φορές είναι πιθανό να συμβεί και το αντίστροφο, σε περίπτωση που το κόστος συντήρησης του υπάρχοντος υλικού αυξάνεται δραματικά σε σχέση με την παλαιότητά του.

Ο χαρακτηρισμός των υλικών είναι αναγκαία λειτουργία στα πλαίσια της αποτίμησης των υλικών σε όλα τα στάδια εφαρμογής τους (σχεδιασμός, εγκατάσταση, συντήρηση, αποκατάσταση, αντικατάσταση υλικών). Απαιτείται όταν χρειάζεται να καταγραφούν οι ιδιότητες των υλικών και να μελετηθεί η αλληλεπίδρασή τους.

Στη φάση του σχεδιασμού (Σχήμα 2) είναι απαραίτητη η γνώση των ιδιοτήτων των πιθανών υλικών ώστε να επιλεγεί το καταλληλότερο για την συγκεκριμένη εφαρμογή. Ο χαρακτηρισμός των ιδιοτήτων των υλικών συνεχίζεται σε όλες τις φάσεις της διάρκειας ζωής τους (φάσεις αποκατάστασης, αξιοποίησης, αντικατάστασης). Ιδιαίτερα η φάση της αποκατάστασης απαιτεί βαθιά γνώση των ιδιοτήτων, της μακροδομής και μικροδομής του υλικού και του τρόπου με τον οποίο οι ιδιότητές του μπορούν να μεταβληθούν με εξωτερική παρέμβαση. Μετά την επιλογή του υλικού είναι αναγκαία η εφαρμογή ποιοτικού ελέγχου για να διαπιστωθεί αν το υλικό πληρεί

τις προϋποθέσεις που έχουν τεθεί. Ακολουθεί η φάση εγκατάστασης, όπου συχνά είναι αναγκαίο να έχει προηγηθεί μια μελέτη συμβατότητας των υλικών. [5,6]



Σχήμα 4: Ολοκληρωμένος σχεδιασμός κύκλου ζωής

## Π.2.1 ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Η κατασκευή αποτελεί σήμερα τον μεγαλύτερο βιομηχανικό κλάδο στο χώρο της Ευρώπης. Τόσο η Ευρωπαϊκή όσο και η Ελληνική Πλατφόρμας Έρευνας και Τεχνολογίας εκφράζουν με σαφήνεια τους στόχους της ευρωπαϊκής στρατηγικής προς έναν αειφόρο σχεδιασμό και μία περιβαλλοντική διαχείριση του κατασκευαστικού κλάδου. Η σχέση περιβάλλοντος-σκυροδέματος είναι θεμελιώδης για την επίτευξη της αειφορίας στην κατασκευή, αφού το σκυρόδεμα είναι ένα από τα κυρίαρχα δομικά υλικά που δύνανται να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στον κατασκευαστικό τομέα. Για το λόγο αυτό η αναφορά στα στάδια του κύκλου ζωής των υλικών, που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της κατασκευής, κρίνεται επιβεβλημένη. Τα στάδια, λοιπόν, αυτά είναι τα εξής: [7,8]

- Στάδιο πριν την κατασκευή (Παραγωγή): εξόριξη, σύνθεση, συσκευασία, μεταφορά
- Κατασκευαστικό στάδιο (Χρήση): κατασκευή, εγκατάσταση, διατήρηση
- Στάδιο μετα-κτηριακής χρήσης (Διάθεση)

Αξίζει να σημειωθεί ότι μεταξύ του σταδίου της μετα-κτηριακής χρήσης και του κατασκευαστικού σταδίου μπορεί να γίνει επαναχρησιμοποίηση των υλικών. Επιπροσθέτως, τα απορρίματα που παράγονται από το στάδιο της μετα-κτηριακής χρήσης μπορούν να ανακυκλωθούν και οδηγηθούν και πάλι στο στάδιο πριν την κατασκευή.

Στο στάδιο πριν την κατασκευή θα πρέπει να λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα:

- Ελαχιστοποίηση των απορρίματων
- Μείωση της ρύπανσης προς το περιβάλλον
- Χρησιμοποίηση ανακυκλούμενων φυσικών υλικών
- Μικρότερη περιεχόμενη ενέργεια

Στο κατασκευαστικό στάδιο θα πρέπει τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν να πληρούν τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Να είναι ενεργειακά αποδοτικά
- Να μην είναι τοξικά
- Να έχουν μεγάλο χρόνο ζωής
- Να είναι φυσικά
- Να προέρχονται από ανανεώσιμους πόρους

Τέλος, στο στάδιο της μετα-κτηριακής χρήσης τα υλικά θα πρέπει:

- Να είναι βιοδιασπώμενα
- Να έχουν τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης
- Να έχουν ανακυκλώσιμο περιεχόμενο



Ορισμένα φυσικά ή αλλιώς πράσινα υλικά, τα οποία κρίνονται κατάλληλα για κατασκευές είναι τα εξής:

- Λίθοι (ασβεστόλιθοι , σχιστόλιθοι, τραβερτίνη, μάρμαρο, γρανίτης): Τα υλικά αυτά χαρακτηρίζονται από μεγάλη ανθεκτικότητα
- Κεραμικά: Τα κεραμικά και οι πορσελάνες είναι χημικά αδρανή. Υπάρχουν, επίσης, χημικά εμφυαλωμένα με ανακλούμενο γυαλί
- Φελλός: Είναι υλικό ηχομονωτικό, μονωτικό και ανθεκτικό στα αρμολογήματα στο πάτωμα
- Σκληρή ξυλεία(βελανιδιά, κερασια, πεύκο, σφεντάμι): Τα υλικά αυτά με την κατάλληλη προστασία μπορούν να χαρακτηριστούν από μεγάλη ανθεκτικότητα
- Μπαμπού: Εξίσου πολύ ανθεκτικό υλικό. [7,8]

Η ανάλυση του κύκλου ζωής (AKZ) είναι το πλέον αναγνωρισμένο εργαλείο εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με τα δομικά υλικά, την παραγωγή και τη χρήση τους. Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους τους τομείς της οικονομίας και της παραγωγής. Οι γενικοί στόχοι της περιγράφονται στην σειρά προτύπων ISO 14040, τα οποία έχουν εφαρμογές στην αναγνώριση βελτιωμένων δυνατοτήτων, τη λήψη αποφάσεων, την επιλογή δεικτών για περιβαλλοντική αποδοτικότητα και τις απαιτήσεις της αγοράς. Η AKZ παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην επιλογή των υλικών βάσει των ιδιοτήτων τους και της επίπτωσής τους στο περιβάλλον. Επίσης στον κατασκευαστικό κλάδο μπορεί να εφαρμοστεί σε δύο επίπεδα:

- σε μία προσέγγιση από κάτω προς τα πάνω, η οποία θα επικεντρώνεται στην επιλογή των δομικών υλικών
- σε μία προσέγγιση από πάνω προς τα κάτω, η οποία θα θεωρεί το κτίριο ως το αρχικό σημείο εκκίνησης της ανάλυσης.

Σε ότι αφορά στα δομικά υλικά, η μέθοδος AKZ ξεκινά με συλλογή στοιχείων, που αφορούν στην εξόρυξη των υλών, και καταλήγει στην τελική ρίψη των υλικών στο περιβάλλον. Η μεθοδολογία της AKZ αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια:

- Καθορισμός στόχων, προσδιορισμός και περιγραφή του προϊόντος, της διαδικασίας ή της δραστηριότητας
- Κατάλογος απογραφής, καθορισμός και ποσοτικοποίηση των ροών της ενέργειας, του νερού και των χρησιμοποιούμενων υλικών καθώς και των εκπομπών τους στο περιβάλλον
- Αποτίμηση των επιπτώσεων τόσο στον άνθρωπο όσο και στο περιβάλλον
- Ερμηνεία και αποτίμηση των αποτελεσμάτων των παραπάνω σταδίων. [8]

Συνοψίζοντας, οι βασικές αρχές ενός αειφόρου οικοδομικού σχεδιασμού και κατ' επέκταση της αειφορίας είναι οι ακόλουθες:

- Η εξοικονόμηση ενέργειας και κατ' επέκταση μεγιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων
- Η αποφυγή των διάφορων περιβαλλοντικών επιπτώσεων, με στόχο τη βιώσιμη διατήρησή τους, με τον εντοπισμό των εξωγενών παραγόντων που δρουν στην κατασκευή καθώς και των αντίστοιχων ενδογενών
- Η συντήρηση και ανακύκλωση των πόρων
- Η ποιότητα της εσωτερικής ατμόσφαιρας
- Η υιοθέτηση μιας μακροπρόθεσμης και βιώσιμης αναπτυξιακής πολιτικής.
- Η συμβατότητα των υλικών και των επεμβάσεων συντήρησης
- Κοινωνικά θέματα
- Οικονομικά θέματα [11]

Η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους:

- Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή, η αιολική και η γεωθερμική
- Ελαχιστοποίηση των ηλεκτρικών φορτίων από το φωτισμό και τις διάφορες ηλεκτρικές συσκευές με χρήση λαμπτήρων χαμηλότερης ισχύος καθώς και τοποθέτηση ροοστατών στους διακόπτες
- Κλείσιμο των λαμπτήρων όταν δεν χρειάζονται και γενικά μη άσκοπη σπατάλη του ρεύματος

- Μεγαλύτερος φυσικός φωτισμός με διατήρηση καθαρών παραθύρων, διαφανείς κουρτίνες, επιλογή ανοιχτών χρωμάτων στους τοίχους και προσθήκη καθρέφτη στο χώρο
- Εγκατάσταση ‘έξυπνων’ παραθύρων, όπως για παράδειγμα τα θερμοχρωμικά, τα οποία στο φυσικό φως του ηλίου γίνονται λευκά και αντανακλούν το φως, μειώνοντας το καλοκαίρι την κατανάλωση ενέργειας των air-condition. [7,11]

Η αποφυγή των διαφόρων άμεσων και έμμεσων περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί με τους ακόλουθους τρόπους:

- Προστασία του φυσικού χώρου και της βλάστησης κατά την κατασκευή
- Χρήση ολοκληρωμένης διαχείρισης των απορριμάτων
- Χρήση τοπικής βλάστησης για τη διαμόρφωση του εξωτερικού χώρου
- Ελαχιστοποίηση της μόλυνσης του υδροφόρου ορίζοντα
- Χρήση υλικών με μειωμένη περιεχόμενη ενέργεια, φιλικών προς το περιβάλλον, τα οποία συναντώνται στην περιοχή του έργου
- Μείωση της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή των υλικών
- Αποφυγή τοξικών υλικών και συστημάτων
- Προστασία του φυσικού τοπίου [11]

Για να συντηρηθούν και ανακυκλωθούν οι πόροι θα πρέπει να υιοθετηθούν οι ακόλουθες αρχές:

- Επανάχρηση πολλών υλικών, όπως μετάλλων εξοπλισμού και επίπλωσης
- Χρήση ανακυκλούμενων υλικών ή υίκών ή υλικών με ανακυκλώσιμο περιεχόμενο
- Ελαχιστοποίηση των απορριμάτων κατά την κατασκευή και των ερειπίων κατά τις κατεδαφίσεις μέσω της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης των υλικών
- Χρήση του νερού της βροχής κατά την διεργασία της άρδευσης
- Χρήση των υπαρχόντων κτιρίων πριν την ανέγερση καινούργιων
- Συντήρηση και εξικονόμηση όλων των φυσικών πόρων(νερού, ενέργειας, υλικών) [11]

Η ποιότητα της εσωτερικής ατμόσφαιρας μπορεί να εξασφαλιστεί με:

- Χρήση μη τοξικών υλικών, που μπορούν να προκαλέσουν πονοκεφάλους, ερεθισμό των ματιών, αίσθημα κούρασης και πολλά άλλα προβλήματα
- Αποφυγή δημιουργίας των κατάλληλων συνθηκών για την ανάπτυξη διαφόρων μικροοργανισμών
- Εγκατάσταση κλιματιστικών παροχής φρέσκου αέρα
- Ιδιαίτερη προσοχή στο χημικό περιεχόμενο, καθώς και στην πτητικότητα των διαφόρων καθαριστικών του σπιτιού
- Εξασφάλιση επαρκής ηχομόνωσης
- Ελεύθερη και εύκολη πρόσβαση στο ηλιακό φως [11]

Κάποια κοινωνικά θέματα, που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν είναι τα εξής:

- Σεβασμός στην ιστορία και τον πολιτισμό της εκάστοτε τοπικής κοινωνίας
- Εύκολη πρόσβαση με τα μέσα μαζικής μεταφοράς, με τα ποδήλατα ή ακόμη και με τα πόδια. Κάτι τέτοιο συμβαίνει κυρίως σε μεγάλες πόλεις της Ασίας, όπως το Πεκίνο και η Κίνα. [11]

Τα αντίστοιχα οικονομικά θέματα είναι:

- Η μείωση του κόστους λειτουργίας
- Η μείωση των απορριμάτων
- Η αύξηση της παραγωγικότητας
- Οι εκσυγχρονιστικές ρυθμιστικές εγκρίσεις
- Η αγορά προϊόντων υπό ανάπτυξη [11]

### II.3. ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η αειφορία προϋποθέτει συμβατότητα υλικών και επεμβάσεων συντήρησης. Γενικά, κατά την διάρκεια της αποκατάστασης των μνημείων προκύπτει η ανάγκη είτε να επαναληφθούν οι παλιές κατασκευαστικές μέθοδοι είτε να συμπληρωθεί το υφιστάμενο παραδοσιακό υλικό. Τα παραδοσιακά υλικά, την εποχή που χρησιμοποιήθηκαν, ήταν κοινά και βρίσκονταν με σχετική ευκολία γιατί προέρχονταν από τις κοντινές προς το μνημείο περιοχές ή λατομεία. Σήμερα όπου η παραγωγή των παραπάνω υλικών έχει σταματήσει, η σύγχρονη τεχνολογία δεν έχει ενεργοποιηθεί για να καλύψει το παραπάνω κενό της αγοράς.

Συνεπώς υπάρχει ανάγκη του ακριβή προσδιορισμού του όρου συμβατότητα σε ότι αφορά τα ιστορικά κτίρια. Είναι απλά αποδεκτό ότι συμβατότητα δεν σημαίνει απαραίτητα υλικά με τα ίδια χημικά συστατικά αλλά με παρόμοιες φυσικές και μηχανικές ιδιότητες. Μέχρι τώρα ο προσδιορισμός της συμβατότητας των υλικών στηριζόταν σε πειραματικά αποτελέσματα σε συνθήκες εργαστηρίου οι οποίες διαφέρουν σημαντικά από τις πραγματικές. Τα υλικά εξετάζονται με την χρήση μεθόδων που χρησιμοποιούνται για δοκιμές σκυροδέματος και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τα αυθεντικά υλικά. Γίνεται, λοιπόν, σαφές ότι η επίτευξη της συμβατότητας μεταξύ των υλικών και των επεμβάσεων συντήρησης είναι καθοριστική για την εξασφάλιση της αειφορίας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται παραδοσιακά υλικά που προτείνονται να χρησιμοποιούνται για τις αποκαταστάσεις των μνημείων και ιστορικών κτιρίων.

#### A. Πηλός:

Γενικά θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι όλοι οι πηλοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην δόμηση αρκεί να μην περιέχουν οργανικές προσμίξεις. Ο πηλός αυτός πρέπει να έχει σχετικά υψηλή αντοχή σε θλίψη και κάμψη, χαμηλό ποσοστό συστολή ξήρανσης κατά την διάρκεια της διαδικασίας ξήρανσης και σχετικά ικανοποιητική ταχύτητα σκλήρυνσης. Η κοκκομετρική διαβάθμιση και το μέγεθος

των τεμαχιδίων του πηλού επηρεάζει άμεσα τις φυσικομηχανικές ιδιότητες και την υδραυλικότητα των κονιαμάτων.

Στην περίπτωση των επιχρισμάτων με βάση τον πηλό πρέπει να έχουν σχετικά υψηλή ταχύτητα σκλήρυνσης, ικανοποιητική υδατοστεγανότητα, χαμηλό ποσοστό μικρορηγματώσεων κατά την διάρκεια της σκλήρυνσης και ιδιαίτερη καλή συνάφεια με το υπόστρωμα.

#### B. Άσβεστος και ασβεστοκονιάματα:

Τα ασβεστοκονιάματα εμφανίζονται σε μεγάλο ποσοστό σε ιστορικά κτίρια. Παρουσιάζουν μικρό ποσοστό κατακράτησης νερού είτε σε ελεύθερη μορφή είτε στην δομή τους και μεγάλο ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα. Ο λόγος της περιεκτικότητας σε διοξειδίου του άνθρακα και δομικά δεσμευμένου νερού είναι συνήθως πάνω από 10.

#### Γ. Ποζολανικά πρόσθετα:

Η προσθήκη ποζολανικό υλικού, όπως θηραϊκή ή σκυδραϊκή γη και γενικά υλικά ηφαιστειογενής προέλευσης, στα κονιάματα αποκατάστασης βελτιώνει τις ιδιότητές τους και επηρεάζεται η τελική θλιπτική αντοχή λόγω της υδραυλικότητας των ποζολανών. Η αύξηση της περιεχόμενης ποζολάνης αυξάνει αναλογικά την τελική θλιπτική και εφελκυστική αντοχή του υλικού. Επιπλέον αυξάνεται και η αντίσταση στην αποσάθρωση του κονιάματος.

Στην κατηγορία των ποζολανικών πρόσθετων ανήκουν και οι φυσικοί ζεόλιθοι. Είναι ορυκτά που προέρχονται από υδροθερμικές μεταβολές σε ηφαιστειακά πετρώματα. Διακρίνονται για την σταθερότητά τους και την αδιαλυτότητά τους. Η χρήση των φυσικών ζεόλιθων στα ιστορικά κονιάματα προσδίδει αυξημένες ποζολανικές ιδιότητες και ανθεκτικότητα.

#### Δ. Καολίνης – Μετακαολίνης:

Ο καολίνης είναι άργιλος ο οποίος έχει σχηματιστεί από υδροθερμικές κυρίως μεταβολές σε αστριούχα πετρώματα (γρανίτες, τραχείτες κ.α) και περιέχει, λόγω του

σχηματισμού του, τις λιγότερες προσμίξεις από όλους τους αργίλους. Η ανάμιξη του καολίνης με άσβεστο και νερό δημιουργεί νέα σύνθετα ένυδρα άλατα.

Ο μετακαολίνης προέρχεται από θερμική επεξεργασία καολίνης και παρουσιάζει έντονες ποζολανικές ιδιότητες ενώ με ανάμιξη σε κονιάματα δίνει μεγάλες φυσικομηχανικές αντοχές, μεγάλη ανθεκτικότητα και επιτρέπει την σκλήρυνση του κονιάματος εντός του νερού.

Σε ότι αφορά τα υλικά επισκευής θα πρέπει να σημειωθεί ότι το τσιμέντο και τα κονιάματα, που έχουν σαν βάση πολυμερή οργανικά υλικά δεν δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε διαλυτά άλατα και της μικρής συμβατότητας αυτών των υλικών με τα αρχικά συστατικά του ιστορικού κτιρίου. Παράλληλα, τα νέα υλικά αποκατάστασης, τα οποία έχουν επιλεγεί χωρίς προηγούμενη μελέτη συμπεριφέρονται επίσης ακατάλληλα όταν εφαρμόζονται σε ιστορικά κτίρια λόγω των διαφορετικών φυσικών χαρακτηριστικών και του διαφορετικού τρόπου παραγωγής των πρώτων υλών τους, τον τρόπο ανάμιξης τους και το μέγεθος των κόκκων των κονιαμάτων τους. Επομένως, είναι απαραίτητη η χρήση υλικών ή μίγματα υλικών τα οποία να είναι συμβατά με τα αρχικά υλικά του κτιρίου αποκατάστασης. [16,17]

#### **Π.4. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΓΙΑ ΤΗ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΣΤΑ ΜΝΗΜΕΙΑ**

Η λήψη αποφάσεων σχετικά με τις επεμβάσεις συντήρησης, πρέπει να βασίζεται σε συγκεκριμένες προδιαγραφές και καθορισμένη μεθοδολογία, για να εξασφαλιστεί η αειφορία της κατασκευής. Η ανάπτυξη ενός συστήματος επιστημονικής υποστήριξης στη λήψη αποφάσεων για τη διασφάλιση της αειφορίας της πολιτιστικής κληρονομιάς πρέπει να αφορά:

- Τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τα καταλληλότερα υλικά και επεμβάσεις συντήρησης
- Την πρόβλεψη του χρόνου ζωής τους
- Την αποτίμηση της κοινωνικο-πολιτικής επίπτωσης των επεμβάσεων
- Την εκτίμηση της αειφορίας

Η προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς και ειδικότερα η προστασία, συντήρηση και αποκατάσταση των μνημείων είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό διεπιστημονικό πεδίο. Ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός και εκτέλεση επεμβάσεων συντήρησης περιλαμβάνει διάφορα στάδια. Στο παρελθόν, οι αποφάσεις σχετικά με τις επεμβάσεις συντήρησης και την προστασία των μνημείων βασίζονταν σημαντικά σε προηγούμενη εμπειρία και στη διαθέσιμη τεχνογνωσία, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις δεν είχε προηγηθεί ολοκληρωμένη διαγνωστική μελέτη. Η προσέγγιση αυτή, όμως τις περισσότερες φορές είχε περιορισμένη αποτελεσματικότητα. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας, ιδιαίτερα στο πεδίο των μη-καταστρεπτικών μεθόδων χαρακτηρισμού υλικών και φθοράς αυτών, καθώς και στο πεδίο της πρόσβασης στη πληροφορία, είχε ως αποτέλεσμα την δυνατότητα οργάνωσης και αποτελεσματικότερης διαχείρισης της υπάρχουσας εμπειρίας και των δεδομένων, επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο συστηματοποιημένη υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων σε επεμβάσεις συντήρησης σε μνημεία και κτίρια.

Κάθε σύστημα λήψης αποφάσεων προϋποθέτει έλεγχο ποιότητας σε όλες του τις διαδικασίες. Η ύπαρξη προτύπων διασφάλισης ποιότητας αποτελεί το πλαίσιο ελέγχου κάθε συστήματος λήψης αποφάσεων. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται η υιοθέτηση ολοκληρωμένης επιστημονικής μεθοδολογίας, μέσω της εξασφάλισης υψηλής και σταθερής ποιότητας και επιτελεσματικότητας, στοιχεία απαραίτητα για κάθε έργο που αφορά την πολιτιστική κληρονομιά. Επιπλέον, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η συσχέτιση μεταξύ των εξεταζόμενων παραμέτρων, όσο αυτό είναι εφικτό, για μεγαλύτερη πληρότητα του συστήματος.

#### **Π.4.1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΣΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΜΝΗΜΕΙΑ**

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετά συστήματα λήψης απόφασης όπως το Investimmo, το Prodomea Project, το Masonry Damage Diagnostic System (MDDS), το Monuments Integrated Management System (MIMS), το Spatial Decision Support System (SDSS) και το Building Envelope Life Cycle Asset Management (BELCAM).

[11]



### **Σύστημα διάγνωσης φθορών και βλαβών (MDDS):**

Το σύστημα MDDS (Masonry Damage Diagnostic System), αποτελεί ένα έμπειρο σύστημα διάγνωσης των βλαβών και της φθοράς μνημειακών κτιριακών κατασκευών. Περιέχει γνώσεις από διάφορες διεθνής ερευνητικές εργασίες, ενώ ανάλογα με το πρόβλημα που καλείται να αντιμετωπίσει, το ίδιο το σύστημα καθοδηγεί το χρήστη στη δημιουργία σχεδίου συντήρησης και προστασίας.

Το MDDS αναλύει τη φθορά μέσω της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στα υλικά που έχουν υποστεί τη φθορά (π.χ. τούβλα, κεραμικά, κονιάματα) και στους περιβαλλοντικούς παράγοντες (π.χ. άλατα, παγετός). Σε κάθε περίπτωση το MDDS μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες του χρήστη, καθώς και να του παρέχει διεργασίες για την αναβάθμιση και την ανανέωση του γνωστικού του αντικειμένου.

Το σύστημα διαχωρίζεται σε δύο βασικούς τομείς. Τους τύπους φθοράς και τους μηχανισμούς φθοράς. Για κάθε ένα από αυτούς υποδεικνύονται οι πιθανοί μηχανισμοί φθοράς. Ο χρήστης καθοδηγείται στο να επιλέξει τη διαδικασία ή τη σειρά διαδικασιών που προκάλεσαν τη φθορά που εντοπίστηκε, ελέγχοντας την ύπαρξη συγκεκριμένων περιβαλλοντικών παραγόντων που σχετίζονται με την εμφάνιση της φθοράς.

Η δομή του MDDS έχει ως εξής:

- Αρχικά πραγματοποιείται η οπτικοποίηση του εκάστοτε τύπου φθοράς στην επιφάνεια του μνημείου
- Στη συνέχεια ο χρήστης καθοδηγείται να καθορίσει τις συνθήκες κάτω από τις οποίες εμφανίστηκε η συγκεκριμένη φθορά
- Το σύστημα βρίσκει μια πιθανή αιτία για την εμφάνιση της φθοράς
- Τέλος, τα επιστημονικά δεδομένα και τα αρχεία από εργαστηριακές μετρήσεις που υπάρχουν, επιβεβαιώνουν ή απορρίπτουν την υπόθεση που έγινε από το σύστημα.

Η διαφορά που έχει το MDDS από μια βάση δεδομένων είναι ότι καθοδηγεί το χρήστη βήμα προς βήμα στην τελική διάγνωση. Η γνώση είναι δομημένη σε πλαίσια αποφάσεων. Τα πλαίσια αυτά είναι οργανωμένα με έναν ιεραρχικό τρόπο, από το γενικό στο πιο ειδικό. Κάθε πλαίσιο απόφασης περιλαμβάνει συνθήκες, που αποτελούν και αποφάσεις απαραίτητες παραμέτρους που χρειάζονται για την λήψη μιας απόφασης, καθώς και αποφάσεις. [22]

### **Ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης μνημείων (MIMS):**

Το ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης μνημείων MIMS (Monuments Integrated Management System) περιλαμβάνει τεχνολογίες και ειδικά προϊόντα, για διάγνωση, προστασία, συντήρηση, αναστήλωση και αναβάθμιση της Ευρωπαϊκής πολιτιστικής κληρονομιάς. Η προσπάθεια αυτή θέτει τους παρακάτω βασικούς στόχους:

- Ανάπτυξη τεχνολογιών και μεθόδων (π.χ. λήψη αποφάσεων, σχεδιασμός πλάνου προστασίας, οικονομοτεχνική μελέτη), για την υποστήριξη της διαχείρισης, της συντήρησης και της επαναχρησιμοποίησης των μνημείων.
- Αναβάθμιση όλων των βάσεων δεδομένων που έχουν αναπτυχθεί στα πλαίσια αυτής της προσπάθειας και δημιουργία μιας νέας που θα περιλαμβάνει όλες τις πηγές προέλευσης των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν σε μνημεία και ιστορικά κτίρια.
- Ανάδειξη νέων τεχνολογιών και εργαλείων για την επαναχρησιμοποίηση των μνημείων και την ένταξή τους στο πολεοδομικό και χωροταξικό σχεδιασμό μιας περιοχής.
- Δημιουργία ενός ενιαίου δικτύου ανταλλαγής δεδομένων και πληροφοριών.

Βασικό μέλημα είναι η προσπάθεια αυτή να εναρμονίζεται και να συμφωνεί με τις διακηρύξεις και τις αποφάσεις των σημαντικών οργανισμών προστασίας της Ευρωπαϊκής αρχιτεκτονικής κληρονομιάς. [19]

## **Το υπολογιστικό σύστημα λήψης αποφάσεων Prodomea project**

Η έννοια της συμβατότητας είναι μία από τις σημαντικότερες σε θέματα που αφορούν την προστασία και την συντήρηση των μνημείων. Παρόλο που δεν είναι εύκολο να δώσει κανείς ένα γενικό ορισμό της "συμβατότητας", θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε ως συμβατό υλικό αυτό που χαρακτηρίζεται από παρόμοιες ιδιότητες (φυσικοχημικές, μηχανικές, οπτικές) από το αυθεντικό υλικό που καλείται να αντικαταστήσει, σε τέτοιο βαθμό ώστε σχεδόν να μπορούν να χαρακτηριστούν ως ταυτόσημα.

Το Prodomea Project είναι ένα υπολογιστικό σύστημα λήψης αποφάσεων, με το οποίο γίνεται μια προσπάθεια προτυποποίησης της ασυμβατότητας που εμφανίζουν επεμβάσεις κάθε μορφής. Αποτελεί μια προσπάθεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης που στοχεύει στην ανάπτυξη τεχνολογιών υψηλής συμβατότητας για την συντήρηση και προστασία των αρχαιολογικών μνημείων που βρίσκονται στο χώρο της Μεσογείου. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με τον υπολογισμό ενός δείκτη ασυμβατότητας που χαρακτηρίζει την επέμβαση σε κάθε περίπτωση, ώστε να είναι εφικτή η σύγκρισή τους και η επιλογή της καλύτερης εξ αυτών, αυτής δηλαδή που θα παρουσιάζει τον μικρότερο βαθμό ασυμβατότητας.

Η μεθοδολογία προσδιορισμού του δείκτη ασυμβατότητας βασίζεται σε κάποιες παραδοχές, οι σημαντικότερες εκ των οποίων είναι οι παρακάτω:

- Αρχικά απαιτείται χαρακτηρισμός και αξιολόγηση των υλικών και των περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως γίνεται και στη διαγνωστική μελέτη
- Οι βασικές συνιστώσες υποδιαίρονται σε απλούστερες και πιο εύχρηστες συνιστώσες
- Κατόπιν, κατά το τελευταίο στάδιο διαχωρισμού, οι συνιστώσες αναλύονται σε ποσοτικοποιημένες παραμέτρους, με σκοπό την αξιολόγηση της επίδρασής τους ως παράγοντες ασυμβατότητας
- Ο αριθμός των παραμέτρων δεν είναι εξ αρχής γνωστός, και η εύρεσή του θεωρείται ως βασικός στόχος της όλης διαδικασίας
- Για κάθε παράμετρο θέτονται όρια και περιοχές, βάσει κοινής λογικής, επιστημονικών κριτηρίων και προηγούμενων εμπειριών

- Σε κάθε παράμετρο προσδίδεται ένας συντελεστής βαρύτητας, ώστε να βαθμολογηθεί η ειδική τους συμβολή στο πλαίσιο της ασυμβατότητας.

Οι βασικές συνιστώσες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στα πλαίσια μιας γενικής θεώρησης του μνημείου είναι:

- Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των υλικών: Αφορά τα χαρακτηριστικά των υλικών που καθορίζουν τη συμπεριφορά του στις διάφορες δράσεις του περιβάλλοντος.
- Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες: Περιλαμβάνει τους παράγοντες εκείνους που αλληλεπιδρούν με το υλικό, και που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την τελική του απόδοση.
- Θέματα χειρισμού: Περιλαμβάνει όλους τους παράγοντες που καθορίζουν την τελική ποιότητα της εργασίας συντήρησης.
- Η αειφορεία: Αφορά τους κοινωνικούς παράγοντες που επηρεάζουν έμμεσα κάθε προσπάθεια προστασίας.

Συνοψίζοντας, λοιπόν, η κεντρική ιδέα του Prodomea είναι ότι η χρησιμοποίηση της έννοιας της συμβατότητας είναι το καταλληλότερο μέσο με το οποίο μπορεί κανείς να οδηγηθεί σε επεμβάσεις προστασίας, περιορίζοντας ταυτόχρονα τους κινδύνους για το μνημείο στο ελάχιστο. [21]

### **Το λογισμικό Investimmo:**

Το Investimmo είναι λογισμικό που αποτελεί εργαλείο λήψης αποφάσεων ([www.investimmo.cstb.fr/english/presentation.asp](http://www.investimmo.cstb.fr/english/presentation.asp)). Πρόκειται για ένα πρόγραμμα, ιδιαίτερα πολύπλοκο, που αναφέρεται σε διάφορες περιπτώσεις κτιριακών κατασκευών, σε ποικίλες αναλύσεις και σε πολυσύνθετα κριτήρια λήψης αποφάσεων. Το όλο σύστημα οργανώνεται σε πέντε βασικές διαδικασίες λήψης αποφάσεων (OBS, DIAG, SCEN, EVAL, PLAN). Αυτές οι βασικές διαδικασίες περιλαμβάνουν άλλες υποδιαδικασίες που ονομάζονται μέθοδοι. Η λεπτομέρεια της χρησιμοποιούμενης πληροφορίας που απαιτείται και η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου, εξαρτάται κάθε φορά από την απόφαση που πρέπει να παρθεί.

Οι βασικές διαδικασίες λήψης απόφασης, που περιλαμβάνει το λογισμικό αυτό είναι οι εξής:

Observatory (OBS): Είναι μια διαδικασία η οποία βασίζεται στην διαθέσιμη πληροφορία που υπάρχει στο σύστημα. Στη συνέχεια καθοδηγεί τον χρήστη να οπτικοποιήσει και να αναλύσει κάθε πληροφορία που αφορά το κτίριο. Η διαδικασία αυτή παρέχει τεχνικές πληροφορίες και πληροφορίες κόστους.

Diagnosis (DIAG): Είναι μια διαδικασία, που αφορά το ίδιο το κτίριο και εξαρτάται από δύο παράγοντες. Το μέγεθος του φυσικού αντικειμένου, και τον αριθμό των όψεων προς αποτίμηση (Σχήμα 30). Η χρήση του γίνεται για τους παρακάτω λόγους:

- Περισσότερη πληροφορία και καλύτερη διαχείριση του κτιριακού συγκροτήματος.
- Καλύτερη κατανόηση των οικονομικών και φυσικών παραμέτρων ενός συγκεκριμένου αντικειμένου, προκειμένου να πάρει την απόφαση για το αν θα πρέπει να επέμβει ή όχι σε αυτό.
- Δημιουργία γνωσιολογικής βάσης για το αν θα πρέπει να παρθεί μια απόφαση.

Scenarios (SCEN): Με βάση τη διαδικασία DIAG προτείνονται σενάρια επέμβασης. Τα πολυσύνθετα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη στη DIAG, θα βοηθήσουν στην καλύτερη και πιο ολοκληρωμένη απόφαση του σεναρίου επέμβασης.

Evaluation (EVAL): Με τη χρήση του EVAL ο χρήστης μπορεί να κρίνει τα σενάρια που προτείνονται στο SCEN, και να επιλέξει το καταλληλότερο πλάνο επέμβασης στο κτίριο.

Planning (PLAN): Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιεί τα αποτελέσματα των διαδικασιών EVAL και DIAG και βοηθάει το χρήστη να αποφασίσει για τις μελλοντικές επεμβάσεις σε ένα κτιριακό συγκρότημα, και να επιλέξει τις προτεραιότητες ανάμεσα σε δύο κτίρια. [18]

## **Σύστημα διαχείρισης πληροφορίας για την συντήρηση συστημάτων στέγασης BELCAM:**

Το σύστημα αυτό, γνωστό και ως εργασία BELCAM (Building Envelope Life Cycle Asset Management) έχει ως στόχο να βοηθήσει τους ιδιοκτήτες και διαχειριστές κτιρίων να προβλέψουν το χρόνο ζωής που απομένει σε καίρια τμήματα της κατασκευής και να βελτιώσει τις δυνατότητες συντήρησης τους. Επικεντρώνεται κυρίως σε περιπτώσεις επίπεδων ή μικρής καμπύλης συστημάτων στέγασης. Κάθε σύστημα στέγασης αποτελείται από πολλές ξεχωριστές οντότητες με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και καθορισμένο τρόπο συσχέτισης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον τομέα της συντήρησης και σε όλα τα οικονομοτεχνικά μέτρα που χρειάζεται να παρθούν προς αυτή την κατεύθυνση.

Η διαδικασία που υποστηρίζεται από το σύστημα BELCAM αποτελείται από πέντε βασικά βήματα:

- Αναγνώριση του συστήματος στέγασης και των τμημάτων του
- Διατύπωση των απαιτήσεων που θα πρέπει να πληρούνται
- Καθορισμός των μεθόδων εκτίμησης της κατάστασης
- Σχεδιασμός πλάνου συντήρησης
- Έλεγχος των εργασιών συντήρησης

Το βασικότερο κριτήριο για να ληφθεί μια απόφαση συντήρησης από το σύστημα, είναι το κόστος κύκλου ζωής. Παράλληλα, μερικές ακόμη μεταβλητές εξετάζονται και αποτελούν κριτήρια για την λήψη μιας απόφασης. Αυτές είναι η απόδοση του συστήματος στέγασης, η πρόγνωση του χρόνου ζωής και το κόστος συντήρησης.

## **Χωρικό σύστημα λήψης αποφάσεων SDSS:**

Τα χωρικά συστήματα λήψης αποφάσεων έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν στο χρήστη ένα περιβάλλον λήψης απόφασης, το οποίο θα χρησιμοποιεί κάποιες από τις δυνατότητες των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, με σκοπό τη δυνατότητα υποστήριξης αποφάσεων κόστους ασφάλισης. Το σύστημα αυτό βασίζεται σε βάση δεδομένων με πληροφορίες σχετικές με το ιστορικό μιας περιοχής σε θέματα

φυσικών καταστροφών, τη συχνότητα εμφάνισής τους και την καταγραφή των ζημιών. Βασιζόμενο στα παραπάνω δεδομένα αποφασίζει το κόστος ασφάλισης μιας κατοικίας που βρίσκεται σε συγκεκριμένη περιοχή.

Ένα χωρικό σύστημα λήψης απόφασης παρέχει επιπρόσθετες ικανότητες και λειτουργίες, όπως:

- Παρέχει μηχανισμούς για την εισαγωγή του χωρικού αρχείου
- Περιλαμβάνει αναλυτικές τεχνικές και στατιστικές που είναι μοναδικές τόσο στη χωρική όσο και στη γεωγραφική ανάλυση
- Παρέχει τα αποτελέσματα του με ποικίλους τρόπους, όπως για παράδειγμα χάρτες
- Επιτρέπει την αναπαρουσίαση των σύνθετων χωρικών σχέσεων και κατασκευών, που είναι κοινές στα χωρικά αρχεία

Σε γενικές γραμμές θα λέγαμε ότι το SDSS αποτελείται από τρεις φάσεις: προσομοίωση των φυσικών καταστροφών, ασαφή αποτίμηση του κινδύνου και ένα ερωτηματολόγιο για τις απαιτήσεις και το κόστος ασφάλισης. [20]

#### **Π.4.2 ΚΡΙΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ – ΠΡΟΤΑΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ**

Παρά την όποια αποδοτικότητα του κάθε ενός από τα συστήματα που αναφέρθηκαν, εντοπίζεται μια βασική τους αδυναμία. Κανένα από αυτά δεν αφορά την ολοκληρωμένη προστασία των μνημείων, τη διάγνωση της κατάστασης στην οποία βρίσκονται και την αναγκαιότητα πραγματοποίησης επεμβάσεων συντήρησης σε αυτά.

Συνεπώς, κρίνεται αναγκαία η ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας, στην οποία θα βασίζεται ένα ολοκληρωμένο σύστημα λήψης απόφασης για επεμβάσεις σε μνημεία και η οποία θα πρέπει οπωσδήποτε να περιλαμβάνει όλα τα στάδια της μιας τυπικής Διαγνωστικής Μελέτης: [24,26]



Σχήμα 5: Μεθοδολογία Διαγνωστικής μελέτης

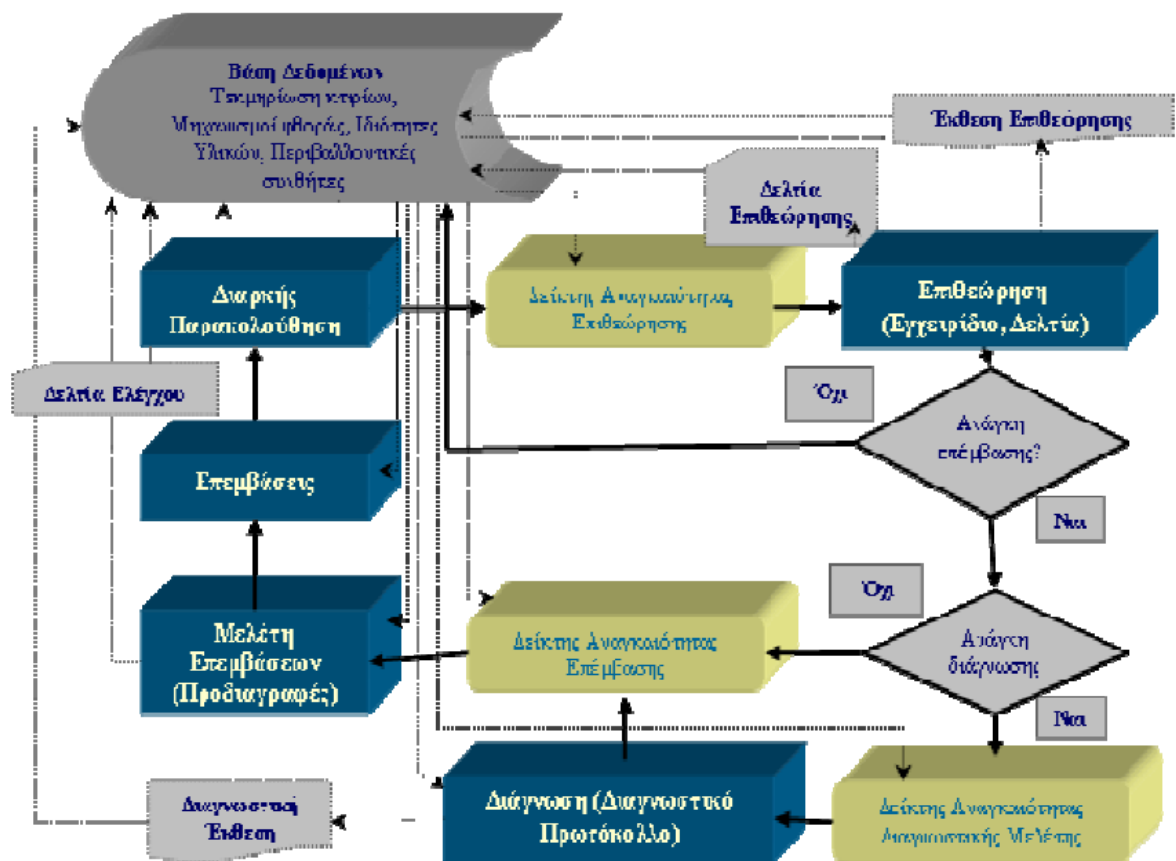
Η παραπάνω μεθοδολογία περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

- Ιστορική τεκμηρίωση
- Χαρακτηρισμός ιστορικών υλικών και κατασκευών
- Διάγνωση φθοράς
- Αξιολόγηση προηγούμενων επεμβάσεων συντήρησης
- Αποτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Έλεγχος ποιότητας των υφιστάμενων υλικών αποκατάστασης
- Πιλοτική εφαρμογή των επεμβάσεων συντήρησης
- Αξιολόγηση των επεμβάσεων αυτών σε εργαστηριακή κλίμακα και επί τόπου
- Αξιολόγηση του συστήματος με βάση τα παραπάνω δεδομένα
- Παρουσίαση των αποτελεσμάτων στους τελικούς χρήστες
- Εκπαίδευση και επιμόρφωση του προσωπικού



## II.5. ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ

Παράλληλα με τις ανάγκες της διαρκούς παρακολούθησης, της επιθεώρησης, της διάγνωσης, της μελέτης επεμβάσεων και των εργασιών επεμβάσεων, είναι επίσης αναγκαία η ύπαρξη και η χρήση εργαλείων για την κατάταξη των κτιρίων ως προς τις προτεραιότητες σε επιθεώρηση, σε διάγνωση και επέμβαση. Τα εργαλεία αυτά της λήψης αποφάσεων με σκοπό την βέλτιστη διάθεση των πόρων και του ανθρώπινου δυναμικού, ονομάζονται δείκτες αναγκαιότητας, και χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες: τους δείκτες αναγκαιότητας επιθεώρησης, τους δείκτες αναγκαιότητας διάγνωσης και τους δείκτες αναγκαιότητας επέμβασης. Οι δείκτες αυτοί εντάσσονται στο βασικό διάγραμμα της ολοκληρωμένης μεθοδολογίας συντήρησης και προστασίας του μνημείου.



Σχήμα 6: Βασικό διάγραμμα της ολοκληρωμένης μεθοδολογίας συντήρησης και προστασίας του μνημείου

Ο δείκτης αναγκαιότητας επιθεώρησης θα βαθμολογήσει κάθε κτίριο βάσει των ίδιων κριτηρίων, και θα κατατάξει τα κτίρια, δίνοντας ένα εργαλείο για την λήψη απόφασης για τις προτεραιότητες των εργασιών. Οι διαχειριστές θα μπορούν να διαλέγουν συντελεστές βαρύτητας για κάθε ένα από τα κριτήρια απόδοσης, έτσι ώστε με αυτόν τον τρόπο να περιλαμβάνουν στον μηχανισμό λήψης αποφάσεων τις προτεραιότητες και τις ιδιαιτερότητες που έχουν χαράξει ως διαχειριστική αρχή. Άλλωστε η τακτική επιθεώρηση των κτιρίων αποτελεί συχνό φαινόμενο για την αποτίμηση της κατάστασης τους. Για τη διαμόρφωση του δείκτη αναγκαιότητας επιθεώρησης απαραίτητες πληροφορίες είναι:

- Ιστορική, καλλιτεχνική αξία του κτιρίου
- Εκθέσεις και ερωτηματολόγια των διαχειριστών των κτιρίων, των ενοίκων, των επισκεπτών σχετικά με την κατάσταση του κτιρίου και την απόδοση με βάση κάποιους δείκτες.
- Έτος κατασκευής, υλικά κατασκευής, απαιτήσεις σε απόδοση, αλλαγή στην χρήση
- Μοντέλα πρόγνωσης της φθοράς, όπως οι συναρτήσεις δόσης-απόκρισης
- Έκθεση σε περιβαλλοντικά και ρυπαντικά φορτία
- Προηγούμενες επιθεωρήσεις, διαγνωστικές μελέτες, επεμβάσεων, και έργα επεμβάσεων.

Ο δείκτης αναγκαιότητας διάγνωσης θα βαθμολογήσει κάθε κτίριο βάσει των ίδιων κριτηρίων, και θα κατατάξει τα κτίρια, δίνοντας ένα εργαλείο για την λήψη απόφασης για τις προτεραιότητες των εργασιών. Οι διαχειριστές θα μπορούν να διαλέγουν συντελεστές βαρύτητας για κάθε ένα από τα κριτήρια απόδοσης, έτσι ώστε με αυτόν τον τρόπο να περιλαμβάνουν στον μηχανισμό λήψης αποφάσεων τις προτεραιότητες και τις ιδιαιτερότητες που έχουν χαράξει ως διαχειριστική αρχή. Για να διαμορφωθεί ο δείκτης αναγκαιότητας διάγνωσης απαραίτητες πληροφορίες είναι:

- Έκθεση επιθεώρησης
- Δελτία ελέγχου
- Προηγούμενες διαγνωστικές εκθέσεις, σε περίπτωση που υπάρχουν
- Προηγούμενες μελέτες επεμβάσεων και αρχεία εργασιών επεμβάσεων.

Τέλος, όπως φαίνεται και στο βασικό διάγραμμα της ολοκληρωμένης μεθοδολογίας συντήρησης και προστασίας του μνημείου ο δείκτης αναγκαιότητας επέμβασης εντοπίζεται μεταξύ των σταδίων της διαγνωστικής μελέτης και της μελέτης των υλικών και επεμβάσεων συντήρησης. Αποτελεί ένα εργαλείο για την λήψη αποφάσεων για την αναγκαιότητα επέμβασης, τη φύση και την έκταση των απαιτούμενων επεμβάσεων και για τη θέσπιση προτεραιοτήτων ως προς αυτές. Για να διαμορφωθεί ο Δείκτης αναγκαιότητας επέμβασης απαραίτητες πληροφορίες είναι:

- Ιστορική και καλλιτεχνική αξία των κτιρίων
- Εκθέσεις και ερωτηματολόγια των διαχειριστών των κτιρίων, των ενοίκων, των επισκεπτών σχετικά με την κατάσταση του κτιρίου και την απόδοση με βάση κάποιους δείκτες
- Συναρτήσεις φορτίου / απόκρισης (dose-response functions)
- Έκθεση σε περιβαλλοντικούς παράγοντες
- Δελτία Επιθεώρησης και Διαγνωστική Έκθεση
- Περιορισμοί στον προϋπολογισμό
- Χρηστικές απαιτήσεις
- Ανάγκη για αλλαγή χρήσης.

Συνεπώς, ο δείκτης αναγκαιότητας επέμβασης θα βαθμολογήσει κάθε κτίριο βάσει των ίδιων κριτηρίων, και θα κατατάξει τα κτίρια, δίνοντας ένα εργαλείο για την λήψη απόφασης για τις προτεραιότητες των εργασιών. Οι διαχειριστές θα μπορούν να διαλέγουν συντελεστές βαρύτητας για κάθε ένα από τα κριτήρια απόδοσης, έτσι ώστε με αυτόν τον τρόπο να περιλαμβάνουν στον μηχανισμό λήψης αποφάσεων τις προτεραιότητες και τις ιδιαιτερότητες που έχουν χαράξει ως διαχειριστική αρχή. **[6,24, 25]**

Θα επιχειρήσουμε, λοιπόν, με τη σειρά μας να σχεδιάσουμε μια μεθοδολογία λήψης απόφασης, η οποία θα βασίζεται στην αειφορία και θα μπορέσει στο μέλλον να ενταχθεί σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα λήψης απόφασης για τα μνημεία και τα ιστορικά κτίρια.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΔΙΚΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ**

1. Moropoulou, A., Koroneos, C., Karoglou, M., Theodosiou, G., Moussiopoulos, N., “Integrated Product policy and Materials”, 1<sup>st</sup> Materials Science Forum on Future Sustainable Technologies, Materials in Sustainable Technologies”, Ausburg, Germany (2002)
2. Moropoulou, A., Aggelakopoulou E., Bakolas, A., “Sustainable traditional building materials and techniques”, 1<sup>st</sup> Materials Science Forum on Future Sustainable Technologies, Materials in Sustainable Technologies”, Ausburg, Germany (2002)
3. Moropoulou, A., Karoglou, M., Kyvelou, S., “Current state in Greece of European Policy considering sustainable development of built environment”, 1<sup>st</sup> Workshop on “Lifetime Engineering of Buildings and Civil Infrastructures”, Oslo, Norway (2002)
4. Α. Μοροπούλου, Μ. Φουντή, Το έργο και η εμπειρία της Ελληνικής Πλατφόρμας Έρευνας και Τεχνολογίας για την κατασκευή, Λευκωσία 25/06/2011
5. Α. Μοροπούλου, Ολοκληρωμένη μεθοδολογία διάγνωσης, ανάλυσης και χαρτογράφησης των δομικών υλικών και της φθοράς στα κτίρια,
6. Θ. Περιστέρης, «Ανάπτυξη και συγκρότηση έμπειρου συστήματος λήψης αποφάσεων για τη διαγνωστική μελέτη μνημείων και κτιρίων», Μεταπτυχιακή Εργασία, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ «Προστασία Μνημείων», Κατεύθυνση «Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης», (Επιβλέπουσα: Καθ. Α. Μοροπούλου), Δεκέμβριος 2006.
7. Α. Μοροπούλου, Σημειώσεις του μαθήματος Δομικά Υλικά, 9<sup>ο</sup> Εξάμηνο, «Πράσινα Υλικά», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών

8. Α. Μοροπούλου, Σύγχρονες τάσεις στην κατεύθυνση της αειφόρου κατασκευής. Η σχέση περιβάλλοντος-σκυροδέματος, 16<sup>ο</sup> Συνέδριο Σκυροδέματος, 21-23/10/2009, Πάφος, Κύπρος.
9. Α. Μοροπούλου, Μ. Καρόγλου, Δ. Μπίκας, Αειφόρος Κατασκευή (Ανάπτυξη και Διατήρηση του Δομημένου Περιβάλλοντος), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Τομέας Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών.
10. Α. Μοροπούλου, Ημερίδα ΚΑΠΕ, ΕΠΕΤΚ-ΗCTP, Δομικά Υλικά- Προτεραιότητες-Έλεγχος Ποιότητας, Αθήνα 3/10/2007
11. Αντωνία Μοροπούλου, Δρ. Μ. Καρόγλου, Αειφόρος κατασκευή-Ο ρόλος των υλικών, Ο έλεγχος ποιότητας υλικών, κατασκευών, πρότυπα, δοκιμές, του Δ.Π.Μ.Σ. «Προστασία μνημείων», Αθήνα.
12. [http://ec.europa.eu/research/leaflets/urban\\_research/article\\_3085\\_el.html](http://ec.europa.eu/research/leaflets/urban_research/article_3085_el.html)
13. <http://www.raise-eu.org/docs/RAISE%20Declaration%20Summary%20EL.pdf>
14. [http://www.hctp.tee.gr/ethniki\\_stratigiki.html](http://www.hctp.tee.gr/ethniki_stratigiki.html)
15. Α. Μοροπούλου, Θ. Περιστέρης, Κ. Λαμπρόπουλος, Α. Αθανασιάδου, Ανάπτυξη και συγκρότηση έμπειρου συστήματος λήψης αποφάσεων για τη διαγνωστική μελέτη μνημείων και κτιρίων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών.
16. Χ.Δ. Θεοδορίδης, Συμβατά υλικά και μέθοδοι συντήρησης και αποκατάστασης ιστορικών κτιρίων, 15ο Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, Αλεξανδρούπολη, 25-27 Οκτωβρίου., 2006. [http://library.tee.gr/digital/m2173/m2173\\_theodoridis.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2173/m2173_theodoridis.pdf)

17. Α. Μοροπούλου, Σημειώσεις του μαθήματος «Συμβατά υλικά και επεμβάσεις συντήρησης σε ιστορικά κτίρια/μνημεία: Προδιαγραφές-Αποτίμηση» του Δ.Π.Μ.Σ. «Προστασία μνημείων», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
18. [www.investimmo.cstb.fr/english/presentation.asp](http://www.investimmo.cstb.fr/english/presentation.asp)
19. [www.hmg.polimi.it/Activities/Projects/mims.htm](http://www.hmg.polimi.it/Activities/Projects/mims.htm)
20. [http://gisknowledge.net/topic/problem\\_solving\\_and\\_decision\\_making/densham\\_bb1\\_ch26.pdf](http://gisknowledge.net/topic/problem_solving_and_decision_making/densham_bb1_ch26.pdf)
21. [www.prodomea.com](http://www.prodomea.com)
22. Rob P.J. Van Hees, Silvia Naldini, ‘An expert system for diagnosis and advice in building conservation’ του Δ.Π.Μ.Σ. Συστήματα Λήψης Αποφάσεων, Σημειώσεις.
23. .A. Hassanain, T.M. Froese, INFORMATION ANALYSIS FOR ROOFING SYSTEMS MAINTENANCE MANAGEMENT INTEGRATED SYSTEM M, 1999
24. Δρ. Μ. Καρόγλου, Δρ. Τ. Τογκαλίδου, Επιστημονικές Ημερίδες για την Προστασία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς, Προβλήματα Φθοράς και Παθολογίας Μνημείων: Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης και Αποκατάστασης, Έλεγχος ποιότητας των υλικών, Κριτήρια-Μεθοδολογία-Πρότυπα
25. Γ. Χελά Γεωργία, «Ανάπτυξη και χρήση δεικτών αναγκαιότητας για τη διαγνωστική μελέτη μνημείων και κτιρίων», Μεταπτυχιακή Εργασία, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ «Προστασία Μνημείων», Κατεύθυνση «Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης», (Επιβλέπουσα: Καθ. Α. Μοροπούλου), Δεκέμβριος 2006.

### **III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ**

#### **III.1. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ**

Όπως προαναφέρθηκε, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο σχεδιασμός μιας μεθοδολογίας, η οποία θα καταστήσει εφικτή την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος λήψης απόφασης για την προστασία των μνημείων και των ιστορικών κτιρίων. Το σύστημα αυτό, λιοπόν, θα αποσκοπεί στην καλύτερη αξιοποίηση της πληροφορίας και τη βέλτιστη εκμετάλλευση του διαθέσιμου χρόνου, πόρων και δυναμικού και κατά συνέπεια την πλέον αποτελεσματική διαχείριση και αντιμετώπιση των προβλημάτων, που αποτελούν τροχοπέδη στην επίτευξη της αειφορίας, απειλώντας με αυτό τον τρόπο τη μνημειακή κληρονομιά. Κάτι τέτοιο μπορεί να γίνει με την τήρηση των αρχών της αειφόρου ανάπτυξης και διατήρησης, που αναφέρθηκαν παραπάνω. Τα κριτήρια αυτά αφορούν τόσο τα ίδια κτίρια όσο και τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή τους.

##### A. Οι παράμετροι της αειφορίας των υλικών είναι οι ακόλουθοι:

- Η προέλευση των υλικών από άφθονες ή και ανανεώσιμες πηγές
- Η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά την παραγωγή των δομικών υλικών και κατά την απόρριψη τους
- Η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των υλικών
- Η αντοχή στο χρόνο
- Το μικρό οικονομικό κόστος και κόστος συντήρησης των υλικών
- Η συμβατότητα των υλικών και των επεμβάσεων συντήρησης
- Η εύκολη και σωστή αξιοποίηση των υλικών

B. Αντίστοιχα οι παράμετροι αειφορίας των κτιρίων είναι:

- Η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων του περιβάλλοντος στην κατασκευή με διασφάλιση της ποιότητας της κατασκευής, μείωση των πρώτων υλών, μέγιστο χρόνο ζωής και ελάχιστοποίηση του κόστους των υλικών.
- Η εισαγωγή καινοτομίας και έρευνας για την ενίσχυση της βιώσιμης ανάπτυξης και την προστασία του δομημένου περιβάλλοντος και των ιστορικών κτιρίων
- Η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της κατασκευής στο περιβάλλον, οδηγώντας σε βιώσιμα υλικά και κατασκευές, διατήρηση του περιβάλλοντος και βελτίωση της ποιότητας ζωής
- Η υιοθέτηση μιας μακροπρόθεσμης και βιώσιμης αναπτυξιακής πολιτικής
- Η αειφόρος διαχείριση όλων των κτιρίων και των μνημείων σε όλο τον κύκλο της ζωής τους
- Η εξοικονόμηση ενέργειας και κατ' επέκταση μεγιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων
- Η διατήρηση της πολιτιστικής αξίας και ταυτότητας του περιβάλλοντος χώρου

Στην προσπάθεια να σχεδιάσουμε ένα σύστημα λήψης απόφασης, το οποίο θα περιλαμβάνει όλα τα κριτήρια της αειφορίας, είναι απαραίτητο να προβούμε σε διερεύνηση των αρχών που διέπουν την αειφόρο ανάπτυξη.

Ξεκινώντας, λοιπόν, με τη διερεύνηση των κριτηρίων της αειφορίας, είναι αναγκαίο να επισημάνουμε πως τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή και συντήρηση των κτιρίων **θα πρέπει να προέρχονται από άφθονες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**, καθώς η προέλευση τους αυτή τα καθιστά μη τοξικά, επομένως και μη επιβλαβή υλικά. Αυτό σημαίνει ότι δεν παράγουν επιβλαβείς αέριους ρύπους, όπως για παράδειγμα παράγουν τα πλαστικά. Επιπλέον, δεν απαιτούνται υψηλά ποσά ενέργειας για την παραγωγή τους. Κάποια παράδειγματα τέτοιων υλικών-προϊόντων που δεν περιέχουν ανεπιθύμητες ουσίες είναι τα εξής:



- Εναλλακτικά προϊόντα για την ελάττωση της καταστροφής του όζοντος
- Εναλλακτικά προϊόντα που περιέχουν PVC, δηλαδή διοξίνες μετά από καύση
- Εναλλακτικά προϊόντα σε συνηθισμένα συντηρητικά του ξύλου
- Εναλλακτικά προϊόντα σε άλλα, τα οποία θεωρούνται επικίνδυνα (ηλιακοί συλλέκτες χωρίς χρώμιο. [2])

Επιπροσθέτως, **η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά την παραγωγή των δομικών υλικών και κατά την απόρριψη τους** αποτελεί καθοριστικό παράγοντα της αειφορίας, καθώς η μείωση των απορριμάτων οδηγεί σε μείωση της συνεχώς αυξανόμενης ρύπανσης του φυσικού περιβάλλοντος και συνεπώς στη διατήρηση της αειφορίας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της παραγωγής υλικών-προϊόντων, τα οποία μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη λειτουργία των διαφόρων κατασκευών, όπως:

- Οικοδομικά στοιχεία, τα οποία μειώνουν τα θερμά και τα ψυχρά φορτία, όπως π.χ. τα υψηλής ποιότητας παράθυρα
- Εξοπλισμός, ο οποίος με τη σειρά του συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας
- Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τα φωτοβολταϊκά συστήματα, τα οποία δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό ρεύμα
- Εγκαταστάσεις, οι οποίες συμβάλλουν στη σωστή διαχείριση του νερού (αποθήκευση βρόχινου νερού)
- Προϊόντα που αντέχουν στο χρόνο και έχουν χαμηλό κόστος συντήρησης
- Προϊόντα, που εμποδίζουν τη μόλυνση και μειώνουν τα απόβλητα. [2]

Επιπλέον, η επιλογή των δομικών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν σε μια κατασκευή ή σε επεμβάσεις συντήρησης ενός κτιρίου είναι καθοριστική, γιατί επηρεάζει την **ενεργειακή συμπεριφορά** του, καθώς και τα υλικά, εμπεριέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας. Τα κατασκευαστικά υλικά σε όλο τον κύκλο ζωής τους από την εξόρυξη, παραγωγή, διακίνηση, προμήθεια, κατασκευή, χρήση και αποδόμηση τους έχουν σημαντικές ενεργειακές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η ενέργεια που εμπεριέχει ένα υλικό περιλαμβάνει την ποσότητα ενέργειας που

καταναλώθηκε κατά τη διαδικασία παραγωγής, κατασκευής, χρήσης και διάθεσης του μετά τη χρήσιμη διάρκεια ζωής του. Στα πλαίσια της αειφορίας και **της μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης των υλικών** σημαντική είναι η επιλογή τοπικών υλικών, ώστε να μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται κατά τη μεταφορά τους. Ακόμη, εξίσου σημαντική θα ήταν και η επιλογή υλικών που απαιτούν μικρά ποσά ενέργειας για την εξόρυξη και επεξεργασία τους, όπως και υλικών με μεγάλη θερμική μάζα, γιατί τα υλικά αυτά όταν θερμαίνονται αποθηκεύουν θερμότητα και τη μεταφέρουν με αργό ρυθμό στο περιβάλλον. [1,3]

Ένας ακόμη πολύ σημαντικός παράγοντας, που πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν είναι **το μικρό οικονομικό κόστος παραγωγής και το κόστος συντήρησης των υλικών**, που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή. Είναι κατανοητό ότι στη σύγχρονη πραγματικότητα, όπου η οικονομική κρίση έχει επηρεασεί την πλειονότητα των χωρών, η εξοικονόμηση πόρων αποτελεί προτεραιότητα σε όλους τους τομείς της ζωής. Αυτό το εγχείρημα μπορεί να διασφαλιστεί και στον τομέα των κατασκευών με:

- Τη χρήση τοπικών υλικών, οπότε μείωση των εξόδων μεταφοράς
- Τη χρήση υλικών, που για την παραγωγή τους απαιτούνται μικρά ποσά ενέργειας και κατ'επέκταση λιγότεροι οικονομικοί πόροι. [3]

Επιτακτική παρουσιάζεται και η ανάγκη τα υλικά που χρησιμοποιούνται τόσο στις νέες κατασκευές αλλά και στις διάφορες επεμβάσεις συντήρησης **να αντέχουν στο χρόνο**. Τα υλικά σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους δέχονται πολλές καταπονήσεις, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε παραμόρφωση ή και θραύση. Η παραμόρφωση μπορεί να είναι είτε ελαστική, όπου η τάση είναι ανάλογη της παραμόρφωσης, είτε πλαστική, δηλαδή μόνιμη παραμόρφωση που παραμένει και μετά την απομάκρυνση του αιτίου που τη δημιούργησε. Για το λόγο αυτό, πρέπει τα υλικά να έχουν αυξημένη σκληρότητα, δηλαδή αντίσταση σε οποιαδήποτε τοπική πλαστική παραμόρφωση υποστούν. Στην πράξη, οι περισσότερες κατασκευές δεν υφίστανται την επίδραση ενός χρονικά σταθερού φορτίου. Τις περισσότερες φορές ο τύπος και η τιμή του φορτίου μεταβάλλονται με το χρόνο. Έτσι, πολλά από τα υλικά υπόκεινται σε χρονικά μεταβαλλόμενα φορτία ή τάσεις. Αυτές οι τάσεις, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, καταπονούν το υλικό σε εφελκυσμό και σε θλίψη. Το

φαινόμενο αυτό ονομάζεται κόπωση και είναι επιτακτικό να ανιμετωπιστεί, για να μην οδηγηθεί το υλικό σε θραύση και να αντέξει στην πάροδο του χρόνου. [4,5,6]

Επιπλέον, ειδικότερα σε ό,τι αφορά στα ιστορικά κτίρια και τα μνημεία, η αειφορία προϋποθέτει **συμβατότητα υλικών και επεμβάσεων συντήρησης και αποκατάστασης**. Η συμβατότητα αυτή προϋποθέτει την έρευνα της ιστορίας του μνημείου και της ταυτοποίησης των παραδοσιακών υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί σε όλες τις φάσεις της πορείας του στο χρόνο. Εφαρμόζοντας υλικά συμβατά με τα ιστορικά αλλά και επεμβάσεις που δεν αλλοιώνουν το χαρακτήρα του ιστορικού κτιρίου ή του μνημείου, εξασφαλίζεται η αειφορία τόσο της κατασκευής του, όσο και της ιστορίας και της συνολικής αξίας που αντανακλά. Τα κριτήρια επιλογής συμβατών υλικών και επεμβάσεων είναι τα ακόλουθα:

- Η αύξηση της αντοχής και της ανθεκτικότητας των υλικών στο χρόνο
- Ικανοποιητικό βάθος διείσδυσης
- Μεταβολή της κατανομής του πορώδους ώστε να μειώνεται η επιδεκτικότητα σε φθορά από κρυστάλλωση αλάτων και να διασφαλίζεται η συμβατότητα με ισότροπη μεταφορά υγρών/ατμού(αναπνοή) στην τοιχοποιία
- Αποφυγή χρωματικής αλλοίωσης της επιφάνειας
- Φυσικο-χημική και μηχανική συμβατότητα υγιούς και στερεωμένου λίθου (απουσία παραπροϊόντων, διαλυτών αλάτων, ανάλογο συντελεστή θερμικήςδιαστολής κ.α.)
- Μεγάλη διάρκεια ζωής. [7]

Επίσης, μια ακόμα σημαντική παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψιν είναι η **εύκολη και σωστή αξιοποίηση των υλικών** και ιδιαίτερα των απορριμάτων. Στην Ελλάδα κάθε χρόνο παράγονται 5,5 εκατομμύρια τόνοι οικιακών απορριμμάτων ή σε όγκο 17,5 εκατ. κυβικά μέτρα. Περίπου 5.000 χώροι είναι επίσημα καταγεγραμμένοι ως σκουπιδότοποι, από τους οποίους το 1/3 λειτουργεί με κάποια έγκριση, ενώ τα 2/3 είναι χώροι ανεξέλεγκτης απόρριψης. Νόμιμοι και παράνομοι χώροι δεν εκπληρούν τις περιβαλλοντικές προϋποθέσεις λειτουργίας τους, με αποτέλεσμα να προκύπτουν σοβαρά προβλήματα για το περιβάλλον και για την υγεία. Τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει έντονη δράση για την προστασία του περιβάλλοντος, τη διατήρηση της ισορροπίας του και την αειφόρο ανάπτυξη. Για

αρκετούς πολίτες το περιβάλλον έχει μεγαλύτερη σημασία από τη συνεχή ανάπτυξη της οικονομίας σε βάρος του. Η μόνη διέξοδος στο παραπάνω πρόβλημα είναι η ανακύκλωση. Η ανακύκλωση συμβάλλει στην αποφυγή εξάντλησης των πρώτων υλών, στην ελάττωση των οικολογικών προβλημάτων από την εξόρυξη και χρήση τους, στον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας, στη μείωση της ρύπανσης γενικά, στην ελάττωση του όγκου των απορριμμάτων. Τα ποσοστά υλικών που εξοικονομούνται μέσω της διαδικασίας ανακύκλωσης μπορούν να ανέλθουν από 30% έως και 95%. [8,9]

Μία άλλη άκρως σημαντική αρχή του αειφόρου σχεδιασμού και της αειφόρου διατήρησης στα κτίρια και τα μνημεία είναι αυτή που αφορά την **εισαγωγή καινοτομίας και έρευνας για την ενίσχυση της βιώσιμης ανάπτυξης και την προστασία του δομημένου περιβάλλοντος και των ιστορικών κτιρίων**. Σήμερα στη χώρα μας η μείωση της ανάπτυξης του κατασκευαστικού κλάδου, επιδρά σημαντικά σε όλο το φάσμα της εθνικής οικονομίας, δεδομένων των ισχυρών διασυνδέσεων του με βασικούς βιομηχανικούς και λοιπούς κλάδους της οικονομίας και της σημαντικής αναπτυξιακής του διάστασης. Αποφασιστικό ρόλο στην αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος παίζει η έρευνα και τεχνολογία στην ανάπτυξη. Η προώθηση της έρευνας και τεχνολογίας μπορεί να συμβάλλει στην παραγωγή προστιθέμενης αξίας και στον εκσυγχρονισμό της ανάπτυξης ώστε να ανταποκριθεί στις ανάγκες της κοινωνίας. Επιπλέον, συντελεί στη βελτίωση της επιχειρηματικότητας και στην επαναδραστηριοποίηση του κλάδου σε υπάρχουσες και νέες αγορές. [10]

Συνεχίζοντας με την ανάλυση των αρχών της αειφορίας, αξίζει να σημειωθεί ότι κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η συνεχής και χωρίς προγραμματισμό χρήση ηλεκτρικών συσκευών (π.χ. θέρμανση ή ψύξη) δημιουργεί σημαντικά προβλήματα φορτίου αιχμής στο ηλεκτρικό δίκτυο, που οδηγεί σε εκπομπές τοξικών ουσιών (κυρίως αυξήση εκπομπών CO<sub>2</sub>) και διογκώνει το οικονομικό κόστος λειτουργίας των κτιρίων.

Η διαρκώς αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας, αλλά και η επιδείνωση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχουν αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία και η επίλυση του έχει γίνει επιτακτική ανάγκη σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι προσπάθειες συγκλίνουν στον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας κυρίως από συμβατικά καύσιμα με άμεση συνέπεια την μείωση των ρύπων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα. Στα πλαίσια της αειφορίας και της **εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια** γίνεται στροφή σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στον βιοκλιματικό σχεδιασμό, ο οποίος με τις παρεμβάσεις του στον σχεδιασμό των κτιρίων και στα υλικά κατασκευής ικανοποιεί τις ανάγκες των κτιρίων για θέρμανση και φωτισμό, τα εναρμονίζει με το φυσικό περιβάλλον και εξασφαλίζει την εξοικονόμηση ενέργειας. **[3,11]**

Το πρώτο μέτρο στη χώρα μας για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια ήταν ο κανονισμός θερμομόνωσης των κτιρίων που εγκρίθηκε το 1979. Ο κανονισμός αυτός εφαρμόζεται υποχρεωτικά μέχρι και σήμερα χωρίς καμία τροποποίηση. Ο κανονισμός αυτός επιβάλλει ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων συμπεριλαμβανομένων και των κουφωμάτων (παραθύρων, θύρων), να μην υπερβαίνει ανά όροφο την τιμή  $1,60 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ . Όσο μικρότερος είναι ο επιτυγχανόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για το κτίριο, τόσο μεγαλύτερη είναι η εξοικονόμηση ενέργειας. **[12]**. Πέραν όμως του παραπάνω νόμου υπάρχει και ο νόμος 3661 - 'Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων' ΦΕΚ 89/19 Μαΐου 2008. Με το νόμο αυτό εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων». Για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, διενεργείται από τους ενεργειακούς επιθεωρητές επιθεώρηση στις εγκαταστάσεις κλιματισμού κτιρίων, με ωφέλιμη ονομαστική ισχύ ανώτερη των 12 kW, τουλάχιστον κάθε πέντε έτη. Οι επιθεωρητές συντάσσουν έκθεση, στην οποία αξιολογούνται η αποτελεσματικότητα και οι διαστάσεις της εγκατάστασης κλιματισμού σε σχέση με τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου και διατυπώνονται κατάλληλες δηγίες και συστάσεις για βελτίωση ή αντικατάσταση της εγκατάστασης του κλιματισμού. **[12,13]**

Λαμβάνοντας κατά νου όλα τα παραπάνω κρίνεται επιτακτική η **υιοθέτηση μιας μακροπρόθεσμης και βιώσιμης αναπτυξιακής πολιτικής**, η οποία θα έχει ως βασικό της σκοπό την **αειφόρο διαχείριση όλων των κτιρίων και των μνημείων σε**

**όλο τον κύκλο της ζωής τους.** Καθοριστικό βήμα για την επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου αποτελεί η άμεση η ανάγκη ενίσχυσης της ευαισθητοποίησης και της εκπαίδευσης ως προς την αειφορία και ως προς τις επιπτώσεις που θα έχει η διατήρηση του μη αειφόρου μοντέλου. Όπως προαναφέρθηκε στις μέρες μας πολύ συχνά ο άνθρωπος καταφεύγει σε επιλογές βασιζόμενος σε ανεπαρκείς πληροφορίες, χωρίς να κατανοεί το πραγματικό κόστος των πράξεών του. Εάν έχει τη δυνατότητα να συμμετέχει στην αντιμετώπιση των διαφόρων ζητημάτων και εάν έχουν σαφή εικόνα των επιπτώσεων της εκάστοτε επιλογής, τότε θα μπορεί να κάνει επιλογές καθοριστικές για την καθημερινή του ζωή. **[14,15]**

Σήμερα, δεν είναι δυνατόν να επιδιώκεται η βελτίωση του περιβάλλοντος μέσω τεχνικών επεμβάσεων ή μέτρων που θα αφορούν στο μεμονωμένο κτίριο και χωρίς την παρέμβαση στο ευρύτερο σύνολο. Πέρα από αυτό, απαιτείται γνώση των παραμέτρων που καθορίζουν τις σχέσεις δομημένου-ελεύθερου χώρου, τις επιπτώσεις από τη λειτουργία της πόλης, τις δραστηριότητες που αναπτύσσονται σε αυτή, δηλαδή από την ίδια τη δομή του χώρου και τη χρήση που γίνεται από τους χρήστες. Επίσης, είναι αναγκαίο να αναλύσουμε το κτίριο σε σχέση με το πολεοδομικό σύνολο, διερευνώντας τις συνέπειες των αλληλεξαρτήσεων και επιδράσεων, τις ευνοϊκές ή δυσμενείς επιδράσεις του περιβάλλοντος χώρου, των χρήσεων και των λειτουργιών, ώστε να διατυπωθούν αρχές και προτάσεις που μπορούν να συνεισφέρουν στην επίτευξη των βασικών στόχων, από τους οποίους θα πρέπει να διέπεται **η διαχείριση όλων των κτιρίων:**

- της βελτίωσης του περιβάλλοντος
- της εξοικονόμησης ενέργειας
- της ορθολογικής χρήσης και διαχείρισης των φυσικών πόρων
- της εξασφάλισης ανεκτών συνθηκών διαβίωσης, τόσο μέσα στο ίδιο το κτίριο όσο και στο ευρύτερο αστικό περιβάλλον, ενισχύοντας τις παραμέτρους που συμβάλλουν σε μια θετική αλληλεξάρτηση του κτιρίου με το οικιστικό σύνολο, τον αστικό χώρο, το κλίμα, το βασικό περιβάλλον.

Η υιοθέτηση της αειφορίας στη διαχείριση παρέχει τις βασικές κοινωνικές και οικονομικές υπηρεσίες σε όλους τους κατοίκους μιας πόλης, χωρίς να θίγει τη βιωσιμότητα των φυσικών συστημάτων στα οποία βασίζεται η παροχή των

υπηρεσιών αυτών, αποτελεί έναν γενικό στόχο που ικανοποιεί το αίτημα του αιεφόρου σχεδιασμού. Με την εφαρμογή των καλύτερων δυνατών επιλογών στην χωροθέτηση, το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία, τη συντήρηση και την κατεδάφιση ενός κτιρίου, δηλαδή σε όλο τον κύκλο ζωής ενός κτιρίου, μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην ελάττωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκαλούνται από τον κατασκευαστικό τομέα, τόσο τοπικά όσο και σε παγκόσμια κλίμακα. [16]

Συνοψίζοντας με την ανάλυση των παραμέτρων αιεφορίας, δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι το περιβάλλον αποτελεί πηγή ζωής για τον άνθρωπο. Απαραίτητη προϋπόθεση για την προστασία και την αιεφορία του είναι **η σχέση που θα πρέπει να αναπτυχθεί ανάμεσα σε αυτό και την κατασκευή**. Από τη μια πλευρά, οι επιπτώσεις της κατασκευής στο φυσικό περιβάλλον αφορούν σε γενικές γραμμές την παραγωγή στερών απορριμμάτων, την εκπομπή αερίων θερμοκηπίου, τη ρύπανση του αέρα σε τοπικό επίπεδο, τα υγρά απόβλητα, τον αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο, κλπ. Όμως, τα κτίρια θεωρούνται και στα πλαίσια του αστικού περιβάλλοντος, το οποίο παρουσιάζει συνεχή τάση αύξησης. Η πρόβλεψη της κατασκευής των απαραίτητων υποδομών (όπως η διαχείριση των απορριμμάτων), αλλά και η διατήρηση της πολιτιστικής αξίας και ταυτότητας του περιβάλλοντος χώρου στο οποίο βρίσκεται το μνημείο ή το ιστορικό κτίριο, εγγυώνται ως ένα βαθμό την ποιότητα ζωής στις πόλεις και εξασφαλίζουν την ένα βιώσιμο αστικό περιβάλλον για τις επόμενες γενιές. Για να μπορέσει να παραμείνει αναλοιώτη η πολιτιστική αξία και ταυτότητα του περιβάλλοντος χώρου του μνημείου, θα πρέπει η κάθε επιχείρηση συντήρησης ή αποκατάστασης του μνημείου να παραγματοποιείται συνοδευόμενη από περίσσεια σεβασμού και αγάπης προς τη φύση. Από την άλλη και το περιβάλλον διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο κτίριο, καθώς μπορεί να διασφαλίσει την ποιότητα του, να μειώσει τον αριθμό των πρώτων υλών που θα χρησιμοποιηθούν, να εξασφαλίσει το μέγιστο χρόνο ζωής του και να ελάχιστοποιήσει το κόστος των υλικών. Συνεπώς, η σχέση περιβάλλοντος – κτιρίου ή μνημείου αποτελεί καθοριστικό παράγοντα αιεφορίας. [17]

### **III.2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ**

Στην ενότητα αυτή επιχειρείται η επιλογή και ανάδειξη των κριτηρίων εκείνων που προτείνονται για την ανάπτυξη δεικτών αναγκαιότητας επέμβασης και να συμπεριληφθούν σε μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία λήψης αποφάσεων για ιστορικά κτίρια και που καλύπτουν τις βασικές αρχές της αειφορίας. Στην επιλογή αυτή έχει ληφθεί υπόψιν τόσο η ρεαλιστικότητα εφαρμογής των στόχων της αειφορίας που υπαγορεύονται από τα κριτήρια αυτά, όσο και η ύπαρξη διαθέσιμων δεδομένων για τα κτίρια που μας ενδιαφέρουν (ιστορικά κτίρια και μνημεία).

Τα κριτήρια που επιλέγονται είναι:

1. Η προέλευση των υλικών από άφθονες ή και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
2. Η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά την παραγωγή των δομικών υλικών και κατά την απόρριψη τους
3. Η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των υλικών
4. Το μικρό οικονομικό κόστος και κόστος συντήρησης των υλικών
5. Η αντοχή στο χρόνο
6. Η εύκολη και σωστή αξιοποίηση των υλικών
7. Η συμβατότητα των υλικών και των επεμβάσεων συντήρησης
8. Η εισαγωγή καινοτομίας και έρευνας για την ενίσχυση της βιώσιμης ανάπτυξης και την προστασία του δομημένου περιβάλλοντος και των ιστορικών κτιρίων
9. Η εξοικονόμηση ενέργειας και κατ' επέκταση μεγιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων
10. Η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της κατασκευής στο περιβάλλον, οδηγώντας σε βιώσιμα υλικά και κατασκευές, διατήρηση του περιβάλλοντος και βελτίωση της ποιότητας ζωής.



Τα κριτήρια που επιλέχθηκαν λαμβάνουν ποιοτικά ή ποσοτικά χαρακτηριστικά, τα οποία θα υπολογιστούν προκειμένου να γίνει μια εκτίμηση της βαρύτητας τους και του βαθμού συμμετοχής τους στην τελική μεθοδολογία λήψης απόφασης.

Σε ό,τι αφορά στο κριτήριο της μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά την παραγωγή και απόρριψη των δομικών υλικών είναι ποσοτικό, το σχέδιο Προεδρικού Διατάγματος (Π.Δ.) «Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ)» που δημοσιεύτηκε στις 14.07.04 προβλέπει αρχής γενομένης από την 1/1/2006, τη συλλογή αρχικά και εν συνεχεία την ανακύκλωση τουλάχιστον του 50% των αποβλήτων από κατασκευές, εκσκαφές και κατεδαφίσεις. Τελικός στόχος είναι, μέχρι την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2015, να αξιοποιείται τουλάχιστον το 80% των οικοδομικών αποβλήτων, από το οποίο να ανακυκλώνεται τουλάχιστον το 50%. [18] Για το κριτήριο, που υπαγορεύει τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των υλικών, στη βιβλιογραφία βρέθηκε ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις για την κατασκευή μιας κατοικίας, για την ακρίβεια, για την παραγωγή των απαιτούμενων υλικών κατασκευής της κατοικίας, σύμφωνα με βιβλιογραφικές πηγές από τη Νέα Ζηλανδία (Buchanan and Honey, 1994), ανέρχονται σε 1.100 kWh/m<sup>2</sup>. Με δεδομένη την ετήσια οικοδομική δραστηριότητα των κατοικιών σε Ελλάδα και Κύπρο, μπορεί να εκτιμηθεί η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για την κατασκευή κατοικιών, με βάση τα ενεργειακά μεγέθη των υλικών κατασκευής: [19]

Χώρα	Κατανάλωση ενέργειας (εκατομμύρια kWh/m <sup>2</sup> )
Ελλάδα	22.550
Κύπρος	3.080

**Πίνακας 1:** Εκτίμηση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για την κατασκευή οικιστικών κτηρίων (με βάση τα υλικά κατασκευής)

Οι ενεργειακές απαιτήσεις για την κατασκευή ενός βιομηχανικού κτηρίου, σύμφωνα με βιβλιογραφικές πηγές, ανέρχονται σε 890 kWh/m<sup>2</sup>. Με δεδομένη την ετήσια οικοδομική δραστηριότητα των βιομηχανικών κτηρίων σε Ελλάδα και Κύπρο, μπορεί να εκτιμηθεί η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για την κατασκευή τους

Χώρα	Κατανάλωση ενέργειας (εκατομμύρια kWh/m <sup>2</sup> )
Ελλάδα	508.190
Κύπρος	77.430

**Πίνακας 2:** Εκτίμηση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για την κατασκευή βιομηχανικών κτιρίων

Όσον αφορά το κριτήριο της εισαγωγής καινοτομίας και έρευνας για την ενίσχυση της βιώσιμης ανάπτυξης και την προστασία του δομημένου περιβάλλοντος και των ιστορικών κτιρίων μπορούμε να το χαρακτηρίσουμε κι αυτό ποσοτικό. Μετά από έρευνα βρέθηκε ότι από το σύνολο των 85.000 μελών του ΤΕΕ, περισσότεροι από 8.500 μηχανικοί ασχολούνται με την Έρευνα στα Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα και στα διάφορα ερευνητικά κέντρα της χώρας. Γενικά από τα 57.108 άτομα του ερευνητικού δυναμικού της χώρας, οι 29.599 είναι ερευνητές. [10]

Το κριτήριο της μείωσης των αρνητικών επιπτώσεων της κατασκευής στο περιβάλλον και σύμφωνα με βιβλιογραφικές πηγές βρέθηκε ότι τα αδρανή απόβλητα ή αλλιώς οικοδομικά απορρίμματα (συμπεριλαμβανομένων των κατεδαφίσεων και των εκσκαφών γαιών θεμελίωσης διαφόρων έργων) ανέρχονται στην Ε.Ε. σε 300 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Στόχος, λοιπόν, αποτελεί η μη υπέρβαση του ορίου αυτού και η σταδιακή μείωση τους. [20]

Επιπροσθέτως, η εξοικονόμηση ενέργειας και κατ' επέκταση μεγιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων αποτελεί και αυτό με τη σειρά του ποσοτικό κριτήριο, καθώς όπως βρέθηκε μετά από έρυνα το δυναμικό για την επίτευξη του είναι:

- 21-42% για θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων
- 4-28% για θερμομόνωση δαπέδου κτιρίου
- 7-18% για μείωση της διείσδυσης του αέρα
- 4-15% για διπλά τζάμια
- 1-7% για θερμομόνωση κορυφής [3]

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται συνοπτικά τα όρια των ποσοτικών παραμέτρων της αειφορίας, που διερευνήθηκαν στην προηγούμενη ενότητα.

<b>ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ</b>	<b>ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΙΜΩΝ</b>
Η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά την παραγωγή των δομικών υλικών και κατά την απόρριψη τους	Στόχος θα πρέπει να αξιοποιείται τουλάχιστον το 80% των οικοδομικών αποβλήτων, από το οποίο να ανακυκλώνεται τουλάχιστον το 50%.
Η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των υλικών	Οι ενεργειακές απαιτήσεις για την παραγωγή των απαιτούμενων υλικών κατασκευής της κατοικίας δεν πρέπει να υπερβαίνουν τις 1.100 kWh/m <sup>2</sup> και οι αντίστοιχες για την κατασκευή ενός βιομηχανικού κτηρίου τις 890 kWh/m <sup>2</sup>
Η εισαγωγή καινοτομίας και έρευνας για την ενίσχυση της βιώσιμης ανάπτυξης και την προστασία του δομημένου περιβάλλοντος και των ιστορικών κτιρίων	από το σύνολο των 85.000 μελών του ΤΕΕ, περισσότεροι από 8.500 μηχανικοί ασχολούνται με την Έρευνα στα Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα και στα διάφορα Ερευνητικά Κέντρα της χώρας. Από τα 57108 άτομα του ερευνητικού δυναμικού της χώρας, οι 29599 είναι ερευνητές.

Η εξοικονόμηση ενέργειας και κατ' επέκταση μεγιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων	21-42% για θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων 4-28% για θερμομόνωση δαπέδου κτιρίου 7-18% για μείωση της διείσδυσης του αέρα 4-15% για διπλά τζάμια 1-7% για θερμομόνωση κορυφής [3]
Η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της κατασκευής στο περιβάλλον, οδηγώντας σε βιώσιμα υλικά και κατασκευές, διατήρηση του περιβάλλοντος και βελτίωση της ποιότητας ζωής	Τα αδρανή απόβλητα ή αλλιώς οικοδομικά απορρίμματα (συμπεριλαμβανομένων των κατεδαφίσεων και των εκσκαφών γαιών θεμελίωσης διαφόρων έργων) ανέρχονται στην Ε.Ε. σε 300 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Στόχος, λοιπόν, αποτελεί η μη υπέρβαση του ορίου αυτού και η σταδιακή μείωση τους. [21]

### Πίνακας 3: Κλίμακα τιμών ποσοτικών παραμέτρων αειφορίας

Στο σημείο αυτό, αξίζει να υπενθυμίσουμε το γεγονός ότι ιδανική περίπτωση θα αποτελούσε η ποσοτικοποίηση όλων των παραμέτρων του συστήματος που θα αναπτύξουμε. Κάτι τέτοιο, όμως είναι ανέφικτο, ελλείψει του απαιτούμενου βιβλιογραφικού υλικού και έτσι κάποια κριτήρια μπορούν να περιγραφούν μόνο ποιοτικά.

Πιο συγκεκριμένα, στο κριτήριο της αντοχής των υλικών στο χρόνο, δεν μπορεί να αποδοθεί με κάποιο νούμερο, καθώς ο χρόνος ζωής των διαφόρων υλικών που χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή και συντήρηση ιστορικού κτιρίου ή μνημείου αντίστοιχα δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί εκ των προτέρων. Αυτό συμβαίνει γιατί όπως είπαμε και στα προηγούμενα κεφάλαια υπάρχουν πολλοί παράγοντες φθοράς των υλικών. Συνεπώς, τα όρια της αντοχής των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν καλούνται να είναι υψηλά. Όσον αφορά το μικρό οικονομικό κόστος και το κόστος συντήρησης των υλικών και αυτά με τη σειρά τους δεν γίνεται να ποσοτικοποιηθούν. Αυτό συμβαίνει γιατί δεν έχουν αποτυπωθεί συγκεκριμένα όρια τιμών για το κόστος του εκάστοτε υλικού. Έστι, τα ποιοτικά όρια της

συγκεκριμένης παραμέτρου πρέπει να είναι χαμηλά. Επιπροσθέτως, η εύκολη και σωστή αξιοποίηση των υλικών, δεν αποτελεί μετρήσιμο μέγεθος. Ποιοτικά, λοιπόν, είναι κατανοητό ότι όσο πιο εύκολη είναι η αξιοποίηση των υλικών, τόσο περισσότερος χρόνος και χρήματα θα αξιοποιηθούν και επομένως τόσο πιο αειφόρος θα είναι ο σχεδιασμός. Ακολούθως, το κριτήριο της προέλευσης των υλικών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν μπορεί να περιλαμβάνει αριθμητικά όρια, καθώς εξ ορισμού είναι ένας μη ποσοτικός όρος. Τέλος, στη συμβατότητα των υλικών με τις επεμβάσεις συντήρησης δεν βρέθηκε κάποια κλίμακα τιμών στη βιβλιογραφία, αλλά αφού προυποθέτει την αειφορία, η μεγαλύτερη δυνατή συμβατότητα προσφέρει περισσότερες πιθανότητες επίτευξης του στόχου υλοποίησης του αειφόρου σχεδιασμού.

Όπως είναι λογικό, τα διάφορα κριτήρια που προτείνονται στην παρούσα εργασία ως δείκτες αναγκαιότητας έχουν διαφορετική βαρύτητα ως προς την τελική απόφαση επέμβασης και για το λόγο αυτό θα επιδιώξουμε να αναδείξουμε έναν συντελεστή βαρύτητας για τον καθένα από το ένα (1) ως το δέκα (10). Θα πρέπει να τονιστεί ότι ελλείψει απόλυτων δεδομένων δεν μπορούν να υπολογισθούν με ακρίβεια οι συντελεστές βαρύτητας των επιμέρους δεικτών. Ωστόσο, όπως προαναφέρθηκε, η θέσπιση των συντελεστών είναι απαραίτητη για να είναι εφικτή η λήψη απόφασης, έτσι στο σημείο αυτό προτείνονται κάποιοι συντελεστές βαρύτητας βάσει της εμπειρικής και ποιοτικής αξιολόγησης της σημασίας των επιμέρους παραμέτρων της αειφορίας.

Επιχειρώντας, λοιπόν, μια ταξινόμηση των επιλεχθέντων κριτηρίων, στην κορυφή της λίστας με συντελεστή βαρύτητας δέκα (10) τοποθετούνται τα κριτήρια αειφορίας των υλικών, που αφορούν την αντοχή τους στο χρόνο, τη μείωση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων κατά την παραγωγή και απόρριψη τους, καθώς και τη συμβατότητα τους με τις επεμβάσεις συντήρησης. Οι παράμετροι αυτοί θεωρούνται ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικοί και για το λόγο αυτό η διασφάλισή τους, θα πρέπει να αποτελεί πρωταρχικό στόχο μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας υποστήριξης στη λήψη αποφάσεων. Η εξοικονόμηση ενέργειας και κατ' επέκταση η μεγιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων, όπως και η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων του κτιρίου στο περιβάλλον έπονται στη λίστα μας και τους αποδίδεται ο υψηλός συντελεστής βαρύτητας εννέα (9). Ακολούθως, τοποθετούνται

τα κριτήρια των υλικών τα οποία υπαγορεύουν τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, αλλά και το μικρό οικονομικό κόστος και κόστος συντήρησης τους με συντελεστή βαρύτητας οκτώ (8). Η εισαγωγή της καινοτομίας και της έρευνας για την ενίσχυση της βιώσιμης ανάπτυξης και την προστασία του δομημένου περιβάλλοντος και των ιστορικών κτιρίων και η προέλευση των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας λαμβάνουν χαμηλότερο συντελεστή, επτά (7) και έξι (6) αντίστοιχα. Τέλος, στο κριτήριο της εύκολης και σωστής αξιοποίησης των υλικών αποδίδεται ο συντελεστής βαρύτητας πέντε (5). Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας με την αξιολόγηση των δεικτών αιεφορίας που αναπτύχθηκαν:

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΑΘΜΟΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Η προέλευση των υλικών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας						X				
Η μείωση της ενεργειακή κατανάλωσης καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των υλικών								X		
Η εισαγωγή καινοτομίας και έρευνας για την ενίσχυση της βιώσιμης ανάπτυξης και την προστασία του δομημένου περιβάλλοντος και των ιστορικών κτιρίων							X			
Η αντοχή στο χρόνο										X
Η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της κατασκευής στο περιβάλλον, οδηγώντας σε βιώσιμα υλικά και κατασκευές, διατήρηση του περιβάλλοντος και βελτίωση της ποιότητας ζωής									X	

Το μικρό οικονομικό κόστος και κόστος συντήρησης των υλικών									<b>X</b>	
Η εξοικονόμηση ενέργειας και κατ' επέκταση μεγιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων										<b>X</b>
Η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά την παραγωγή και απόρριψη των δομικών υλικών										<b>X</b>
Η εύκολη αξιοποίηση των υλικών					<b>X</b>					
Η συμβατότητα των υλικών και των επεμβάσεων συντήρησης										<b>X</b>

**Πίνακας 4:** Συντελεστής βαρύτητας κριτηρίων αιεφόρου σχεδιασμού

### **ΠΙ.3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΣΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ**

Η εφαρμογή των αρχών της αειφορίας, είναι καθοριστική τόσο στα νέα κτίρια όσο και στην ολοκληρωμένη διαχείριση και προστασία των μνημείων και της πολιτιστικής κληρονομιάς γενικότερα. Οι δείκτες αναγκαιότητας, οι οποίοι αναπτύχθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, παρουσιάζουν κάποιες δυσκολίες ως προς την εφαρμογή τους στις περιπτώσεις συντήρησης και αποκατάστασης των μνημείων. Τα κριτήρια της αειφορίας των υλικών, που επιλέχθηκαν για να αποτελέσουν τη βάση στο σχεδιασμό των δεικτών αναγκαιότητας, αφορούν στα υλικά των επεμβάσεων συντήρησης και αποκατάστασης, ενώ τα κριτήρια αειφορίας των κτιρίων αντίστοιχα, έχουν εφαρμογή μόνο στην περίπτωση επανάχρησης ή αλλαγής χρήσης των μνημείων και ιστορικών κτιρίων καθώς και σε ό,τι αφορά στο περιβάλλον ενός μνημείου.

Επομένως, οι δείκτες αειφορίας που αναπτύχθηκαν δεν μπορούν να αποτελέσουν αυτόνομα ένα σύστημα υποστήριξης στη λήψη απόφασης, που σκοπεύει στην αναγνώριση και επίλυση προβλημάτων καθοδηγώντας το χρήστη στη βέλτιστη απόφαση. Απαιτείται ένα υπόβαθρο συνόλου πληροφοριών που να αφορούν στην ιστορία, στα γενικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, στις ιδιότητες των υλικών και στον φέροντα οργανισμό του, αλλά και σε δεδομένα παλαιότερων επεμβάσεων και εργασιών που έχουν γίνει και που πρέπει να ληφθούν υπόψη στη διαδικασία λήψης απόφασης. Συνεπώς, οι δείκτες της αειφόρου ανάπτυξης μπορούν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα λήψης απόφασης και να βοηθήσουν τον εκάστοτε διαχειριστή του μνημείου να πάρει κάποια απόφαση, η οποία θα αποδειχτεί χρήσιμη και αποδοτική για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς, στα πλαίσια μιας αειφόρου προσέγγισης.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ**

1. Α. Μοροπούλου, Σημειώσεις του μαθήματος Δομικά Υλικά, 9<sup>ο</sup> Εξάμηνο, «Δομικά Υλικά και Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κτίρια», Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
2. Α. Μοροπούλου, Σημειώσεις του μαθήματος Δομικά Υλικά, 9<sup>ο</sup> Εξάμηνο, «Πράσινα Υλικά», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών.
3. [http://www.minenv.gr/4/47/00\\_4701/odigos\\_katoikion.pdf](http://www.minenv.gr/4/47/00_4701/odigos_katoikion.pdf)
4. <http://www.m3.tuc.gr/ANAGNWSTHRIO/YLIKA/SHMEIWSEIS/3%20MHXANIKH%20SYMPERIFORAw.pdf>
5. Μ. Καπνιστός, Μηχανικές Ιδιότητες Στερεών Υλικών, Διαδουκτιακός τόπος εύρεσης βιβλιογραφικής πηγής:  
[http://www.materials.uoc.gr/el/undergrad/courses/ETY343/slides\\_5.pdf](http://www.materials.uoc.gr/el/undergrad/courses/ETY343/slides_5.pdf)
6. Α. Μοροπούλου, Σημειώσεις του μαθήματος «Συμβατά υλικά και επεμβάσεις συντήρησης σε ιστορικά κτίρια/μνημεία: Προδιαγραφές-Αποτίμηση» του Δ.Π.Μ.Σ. «Προστασία μνημείων», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
7. Α. Μοροπούλου και ερευνητική ομάδα, Η συμβολή της επιστήμης και τεχνικής των υλικών στην προστασία μνημείων – Η διεπιστημονική συνεργασία και τα αποτελέσματα της για την προστασία της Αγιά Σοφιάς.
8. <http://www.minenv.gr/anakyklosi/general/general.html>
9. [http://www.ekke.gr/estia/Cooper/Praktika\\_Synedrio\\_Evgenidio/Files/Text\\_files/II\\_Kentrikes\\_Eisigiseis/Katsikis\\_k\\_eisigisi.pdf](http://www.ekke.gr/estia/Cooper/Praktika_Synedrio_Evgenidio/Files/Text_files/II_Kentrikes_Eisigiseis/Katsikis_k_eisigisi.pdf)

10. Α. Μοροπούλου, Ο ρόλος των Μηχανικών και οι θέσεις του ΤΕΕ απέναντι στην πρόκληση των Μεγάλων Υποδομών για την Ερευνητική & Τεχνολογική Ανάπτυξη της Ελλάδας και της Ευρώπης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
11. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/ktiria\\_intro.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ktiria_intro.htm)
12. Ε. Καράμπαμπα, Πολ. Μηχ. Ε.Μ.Π., Ενεργειακή συμπεριφορά κτιρίων- Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στα υφιστάμενα κτίρια, Αθήνα, Οκτώβριος 2007
13. Νόμος 3661 - Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων Σχέδιο Κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των κτιρίων – ΚΕΝΑΚ
14. Γ. Χελά Γεωργία, «Ανάπτυξη και χρήση δεικτών αναγκαιότητας για τη διαγνωστική μελέτη μνημείων και κτιρίων», Μεταπτυχιακή Εργασία, ΕΜΠ, ΔΠΜΣ «Προστασία Μνημείων», Κατεύθυνση «Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης», (Επιβλέπουσα: Καθ. Α. Μοροπούλου), Δεκέμβριος 2006.
15. Αναστασία Κιούση, «Πρότυπη Μεθοδολογία Τεκμηρίωσης Υλικών και Επεμβάσεων Συντήρησης με έμφαση στην ταυτότητα της Ευρωπαϊκής Πολιτιστικής Κληρονομιάς», υπό εκπόνηση Διδακτορική Διατριβή Σχολής Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., (16.12.2009).
16. Σταύρος Γ. Πουλόπουλος, Περιβαλλοντική αξιολόγηση κτιρίων ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ-ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ".
17. Τ. Γιαννακοπούλου, Αν. Καθηγήτρια Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΒΙΩΣΙΜΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.

18. Α. ΔΗΜΟΥΛΗ, Οικολογικά δομικά υλικά, Πανεπιστήμιο Θράκης Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Περιβαλλοντικού και Ανθρωπογνωστικού Σχεδιασμού.
19. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ LIFE – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ «Αειφόρος Κατασκευή στο Δημόσιο και Ιδιωτικό Τομέα μέσω της Ολοκληρωμένης Πολιτικής Προϊόντων, Εκτίμηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από την Κατασκευαστική Δραστηριότητα σε Ελλάδα και Κύπρο.
20. Πασχάλη-Μάνου Κ., Τσομπανίδης Χ., Λουκά Γ., Ταβουλάρης Γ., Χατζηαυγουστής Θ. , ΑΔΡΑΝΗ ΑΠΟΒΛΗΤΑ, ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ: Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗ Ν. ΛΕΣΒΟ.

#### **IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αρχικά πραγματοποιήθηκε μια εκτενής διερεύνηση των αρχών της αειφόρου ανάπτυξης και του αειφόρου σχεδιασμού όσον αφορά στα κτίρια αλλά και στα μνημεία. Παράλληλα επιχειρήθηκε ο εντοπισμός και η καταγραφή των παραμέτρων της αειφορίας, η οποία συνεπάγεται την αύξηση του χρόνου ζωής των υλικών, την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και την εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων, την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών φορτίων και επιπτώσεων στο μνημείο, προκειμένου τελικά να επιλεγθούν τα κριτήρια αυτά που δύνανται να συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων που αφορούν στις επεμβάσεις στα μνημεία.

Ακολούθως, από τις παραμέτρους που μελετήθηκαν, επιλέχθηκαν τα κριτήρια της αειφορίας που προτείνονται να συμπεριληφθούν στα πλαίσια ενός συστήματος υποστήριξης στη λήψη αποφάσεων, για τη διαχείριση και την προστασία των μνημείων, στις περιπτώσεις μεγάλης κλίμακας επεμβάσεων, όπως επανάχρησης ή αλλαγή χρήσης ιστορικών κτιρίων.

Τα κριτήρια αυτά κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες, στα κριτήρια αειφορίας των υλικών και στα κριτήρια αειφορίας των κτιρίων. Από τη μία, λοιπόν, ως παράμετροι αειφορίας των υλικών προτάθηκαν η προέλευση τους από άφθονες ή και ανανεώσιμες πηγές, η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά την παραγωγή των δομικών υλικών και κατά την απόρριψη τους και η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των υλικών. Επιπλέον, η αντοχή των υλικών στο χρόνο, το μικρό οικονομικό κόστος και κόστος συντήρησής τους, η συμβατότητα των υλικών και των επεμβάσεων συντήρησης, καθώς και η εύκολη και σωστή αξιοποίηση τους αποτελούν άκρως σημαντικές αρχές αειφόρου ανάπτυξης των υλικών.

Από την άλλη ως παράμετρος αειφορίας των κτιρίων επιλέχτηκε αρχικά η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων του περιβάλλοντος στην κατασκευή με διασφάλιση της ποιότητας της κατασκευής, μείωση των πρώτων υλών, μέγιστο χρόνο ζωής και ελαχιστοποίηση του κόστους των υλικών. Ακολούθως, η εισαγωγή καινοτομίας και έρευνας για την ενίσχυση της βιώσιμης ανάπτυξης και την προστασία του δομημένου περιβάλλοντος και των ιστορικών κτιρίων. Άλλη μια εξίσου σημαντική αρχή του αειφόρου σχεδιασμού είναι η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της κατασκευής στο περιβάλλον, οδηγώντας σε βιώσιμα υλικά και κατασκευές, διατήρηση του

περιβάλλοντος και βελτίωση της ποιότητας ζωής. Ακόμη, η υιοθέτηση μιας μακροπρόθεσμης και βιώσιμης αναπτυξιακής πολιτικής, όπως και η αειφόρος διαχείριση όλων των κτιρίων και των μνημείων σε όλο τον κύκλο της ζωής τους μπορεί να συμβάλλει ενεργά στην αειφόρο δόμηση. Τέλος, η εξοικονόμηση ενέργειας και κατ' επέκταση μεγιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων με ταυτόχρονη διατήρηση της πολιτιστικής αξίας και ταυτότητας του περιβάλλοντος χώρου ενός ιστορικού κτιρίου ή μνημείου αποτελούν αρκετά σημαντικούς παράγοντες.

Από αυτά τα κριτήρια, επιλέχθηκαν εκείνα που θα μπορούσαν να πλαισιώσουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα λήψης απόφασης για τη διαχείριση και την προστασία των μνημείων.. Η επιλογή των κριτηρίων βασίστηκε τόσο στη βαρύτητα τους, όσο και στη δυνατότητά εφαρμογής τους σε κτίρια της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Στη συνέχεια, τα κριτήρια που επιλέχθηκαν διαχωρίστηκαν με βάση το αν λαμβάνουν ποιοτικά ή ποσοτικά χαρακτηριστικά. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιήθηκε προκειμένου να γίνει μια οριοθέτηση του καθενός κριτηρίου, με σκοπό την τελική εκτίμηση του βαθμού συμμετοχής του στην τελική μεθοδολογία λήψης απόφασης. Τέλος, πρέπει να τονίσουμε ότι τα κριτήρια που προτάθηκαν στην παρούσα εργασία ως δείκτες αναγκαιότητας έχουν διαφορετική βαρύτητα ως προς την τελική απόφαση επέμβασης.

## **V. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ**

Οι Δείκτες αναγκαιότητας που αναπτύξαμε με βάση την αειφορία, που παρουσιάστηκαν ως μέρος της μεθοδολογίας λήψης απόφασης, επιδέχονται περαιτέρω διερεύνηση και ανάπτυξη. Είναι κοινώς αποδεκτό πως η αειφορία είναι μια έννοια, οι επιταγές της οποίας δεν είναι ούτε απόλυτες, ούτε αυστηρά καθορισμένες. Αυτό σημαίνει πως σε κάποια μελλοντική εργασία μπορεί να προταθούν επιπλέον κριτήρια αειφόρου ανάπτυξης και να διερευνηθούν και να αναπτυχθούν αντίστοιχοι Δείκτες.

Στη συνέχεια θα μπορούσε να γίνει μια εφαρμογή των Δεικτών αυτών σε ένα υπολογιστικό σύστημα, το οποίο να βασίζεται σε κάποιον αλγόριθμο, σε κάποια βάση δεδομένων ή άλλο λογισμικό. Με τον τρόπο αυτό, θα ληφθούν υπ' όψιν όλες οι σημαντικές αρχές της αειφορίας κατά τη λήψη οποιασδήποτε απόφασης επέμβασης αφορά σε ένα μνημείο και ταυτόχρονα θα γίνουν τα καθοριστικά βήματα που απαιτούνται για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς και του φυσικού περιβάλλοντος.

Καθώς όμως η παραπάνω εφαρμογή, δεν μπορεί να αποτελέσει αυτόνομα ένα σύστημα λήψης απόφασης, προκύπτει η ανάγκη να ενταχθεί σε ένα, ήδη υπάρχον ή υπό δημιουργία, ολοκληρωμένο σύστημα λήψης απόφασης για επεμβάσεις. Αυτό ιδανικά θα περιλαμβάνει κριτήρια συντήρησης, κριτήρια δομικής ακεραιότητας, κριτήρια φθοράς, ιστορικά ή άλλα που περιγράφουν πλήρως το σύνολο του μνημείου ή ιστορικού συγκροτήματος και αποτελούν μια ισχυρή βάση αλληλένδετων δεδομένων από την οποία θα προκύπτει η τελική απόφαση για τη διασφάλιση της αειφορίας στις επεμβάσεις προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς. Έτσι, θα μπορούσε να προταθεί για τη συνέχεια ο σχεδιασμός ενός ολοκληρωμένου συστήματος, που θα αφορά τα μνημεία και ιστορικά κτίρια.