



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ: ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

“ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΜΝΗΜΕΙΑ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ”

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ:

ΣΜΕΡΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

Α. Μοροπούλου, Καθηγήτρια ΕΜΠ Σχολή Χημικών Μηχανικών

ΑΘΗΝΑ 2011



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΤΜΗΜΑ: ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**  
**“ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΓΙΑ**  
**ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΜΝΗΜΕΙΑ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ**  
**ΚΑΙ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ”**

**ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ**  
**ΣΜΕΡΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

**ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΠΙΒΛΕΨΗΣ**

*A. Μοροπούλου, Καθηγήτρια ΕΜΠ Σχολή Χημικών Μηχανικών*  
*A. Καραντώνης, Λέκτορας ΕΜΠ, Σχολή Χημικών Μηχανικών*  
*A. Μπακόλας, Λέκτορας ΕΜΠ, Σχολή Χημικών Μηχανικών*

**ΑΘΗΝΑ 2011**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της έρευνας του Τομέα ΙΙΙ, Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών, της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Σκοπός της εργασίας είναι η ανάπτυξη μεθοδολογίας λήψης αποφάσεων για επεμβάσεις σε μνημεία με κριτήρια συντήρησης και δομικής ακεραιότητας.

Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω θερμά την κα Μοροπούλου Αντωνία, Καθηγήτρια της σχολής Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αντιπρύτανη Ακαδημαϊκών Υποθέσεων και Προσωπικού Ε.Μ.Π., για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος και για τη δυνατότητα που μου προσέφερε να ασχοληθώ με ένα τόσο σπάνιο και ενδιαφέρον αντικείμενο.

Ευχαριστώ θερμά την Υποψήφια Διδάκτορα Ε.Μ.Π., κα Κιούση Αναστασία, για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου παρείχε σε θέματα συντήρησης και προστασίας των μνημείων. Επίσης, για τον χρόνο που διέθεσε και την υπομονή της, για το ενδιαφέρον, τις διορθώσεις, τις συμβουλές της, για τη συνολική και ουσιαστική παρακολούθηση της εκπόνησης της εν λόγω εργασίας και πάνω από όλα για τις γνώσεις τις οποίες μου μετέδωσε.

Ευχαριστώ επίσης, το Δρ Ε.Μ.Π. κ. Λαμπρόπουλο Κυριάκο, για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου παρείχε σε θέματα σχετικά με την προστασία των μνημείων, για τον χρόνο που διέθεσε, για το ενδιαφέρον του και για τις συμβουλές του.

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα δύο μέλη της επιτροπής επίβλεψης μου, το Λέκτορα Ε.Μ.Π. κ. Καραντώνη Αντώνη, και το Λέκτορα Ε.Μ.Π. κ Μπακόλα Αστέριο για την υποστήριξή τους.

Ευχαριστώ τέλος και την κα Λαμπροπούλου Αντωνία, για τη διακριτική πλην σημαντικότερη βοήθεια της στην περάτωση της εργασίας μου.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους μου και την οικογένεια μου για την κατανόηση, την υπομονή και τη συνεχή υποστήριξη τους.

Αθήνα, Οκτώβριος, 2011

Σμέρος Ιωάννης

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο σχεδιασμός ενός συστήματος λήψης αποφάσεων για επεμβάσεις σε μνημεία, με κριτήρια συντήρησης και δομικής ακεραιότητας. Η μεθοδολογία αυτή εξελίχθηκε με βάση τους παράγοντες που διαμορφώνουν την επικινδυνότητα ενός μνημείου και τις επιμέρους παραμέτρους που προκύπτουν.

Η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος λήψης απόφασης απαιτείται λόγω της έλλειψης ύπαρξης ανάλογων συστημάτων που να είναι προσαρμοσμένα στις ιδιαίτερες ανάγκες των μνημείων. Για τον χαρακτηρισμό των υλικών και τον προσδιορισμό της φθοράς και των βλαβών τους, καθώς και την προστασία των μνημείων από αυτές, διερευνήθηκαν οι παράμετροι που τις επηρεάζουν. Αυτές προέκυψαν από τη μελέτη της κατάστασης διατήρησης των υλικών όπως διεξάγεται στα πλαίσια μιας τυπικής διαγνωστικής μελέτης, από την κατάσταση διατήρησης του φέροντος οργανισμού όπως μελετάται από μια τυπική μελέτη στατικής ανάλυσης, αλλά και από τη διερεύνηση των κινδύνων που συμβάλλουν στη διαμόρφωση της επικινδυνότητας ενός μνημείου, δηλαδή από την επίδραση του περιβάλλοντος και από διάφορες τυχηματικές δράσεις.

Από τη διερεύνηση και ανάλυση των παραμέτρων προέκυψαν τα κριτήρια συντήρησης και δομικής ακεραιότητας ενός μνημείου ή ιστορικού κτιρίου, εκ των οποίων επιλεχθηκαν κάποια και προτάθηκαν για την ανάπτυξη των Δεικτών αναγκαιότητας επέμβασης. Η τελική επιλογή των εν λόγω κριτηρίων έγινε με γνώμονα τη συχνότητα εμφάνισης τους και του βαθμού συμμετοχής τους στην τελική κατάσταση του κτιρίου. Οι Δείκτες που αναπτύχθηκαν όσο αναφορά τη συντήρηση είναι: η έκταση και ο τύπος διαφόρων φαινομένων φθοράς, η ανερχόμενη και παραμένουσα υγρασία και συμπύκνωση στις τοιχοποιίες, οι ρωγμές του κτιρίου, η ασυμβατότητα υλικών και επεμβάσεων συντήρησης, η ταχύτητα διάδοσης υπερήχων και ο χαρακτηρισμός της μικροδομής. Σε σχέση με τη δομική ακεραιότητα αντίστοιχα περιλαμβάνουν: τον τύπο του μνημείου, τη μηχανική συμπεριφορά του φέροντα οργανισμού και το γεωτεχνικό πλαίσιο θεμελίωσης. Όσον αφορά τους κινδύνους που επηρεάζουν την επικινδυνότητα του μνημείου: τα στατικά φορτία, οι τυχηματικές δράσεις και οι περιβαλλοντικές φορτίσεις. Στην τελική απόφαση διαπιστώθηκε ότι συμμετέχουν επίσης οι σχετικοί υποδείκτες που προκύπτουν από τους ανωτέρω δείκτες.

## **ABSTRACT**

The purpose of this work is to design a decision making system on conservation interventions in monuments, based on criteria regarding materials conservation state, and structural integrity. The methodology was developed based on the factors that influence the risks of a monument and the individual parameters that interfere.

The creation of an integrated decision-making system is required due to the lack of existence of similar systems that are adjusted to the specific needs of the monuments. In order to characterize the materials and the determination of their wear and damage, as well as their protection of the monuments, the parameters affecting them are further investigated. These arose from the study of the conservation status of the materials as conducted in a formal diagnostic study, of the conservation status of the specific unification as it is studied from a typical study of static analysis, but also from the investigation of the risks contributing to the formation of the dangerousness of a monument, meaning from the environmental influence and from various accidental actions.

From the investigation and analysis of the parameters the criteria of maintenance and structural integrity of a monument or historical building were derived, of which some were selected and were proposed for the development of Intervention Indices. The final selection of these criteria was based on the incidence of their appearance and the degree of their participation in the final conservation state of the building. The Indices that were developed as far as conservation state are: the extent and type of various phenomena of wear, the upcoming and the remaining moisture and condensation on the walls, the cracks of the buildings, the incompatible materials and maintenance operations, the ultrasonic propagation velocity and the characterization of the microstructure. Regarding the structural integrity, these include: the type of monument, the mechanical behavior of the supporting structure and the foundation geotechnical context. Regarding the risks affecting the dangerousness of the monument: the static loads, the accidental actions and the environmental loadings. The final decision was found to also involve the relevant sub - indices derived from these indicators.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## **I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΝΗΜΕΙΩΝ**

I.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΜΝΗΜΕΙΟ .....	1
I.2 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ – ΗΘΙΚΗ – ΑΡΧΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	5
I.2.1 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ.....	5
I.2.2 ΑΡΧΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	6
I.2.3 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΕΣ.....	8
I.2.4 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΦΟΡΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	9
I.2.5 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΚΑΙ ΦΟΡΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	11
I.2.6 ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΜΝΗΜΕΙΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ.....	13
I.2.7 «ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΗΜΕΡΑ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ».....	13
I.3 Η ΦΘΟΡΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ, ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟ.....	15
I.3.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΦΘΟΡΑΣ.....	15
I.3.2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΗ ΦΘΟΡΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ .....	17
I.3.3.ΑΣΥΜΒΑΤΑ ΥΛΙΚΑ.....	26
I.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ - ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	28
I.4.1. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ .....	29
I.4.2. ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ.....	29
I.4.3. ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ .....	29
I.4.4. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ.....	30
I.4.5.ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΤΟΥΣ.....	31

I.4.6. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ.....	32
1.4.7. ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ.....	32
I.4.8.ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΕΝΔΟΓΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΞΩΓΕΝΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ.....	36
I.4.9. Η ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ.....	37
I.5 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	38
I.5.1.ΚΡΙΣΙΜΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ .....	38
I.5.2.ΣΤΑΔΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΜΝΗΜΕΙΟΥ.....	38
I.5.3. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	39
I.5.4. ΑΝΑΓΚΗ ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	40
I.5.5.ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	40
I.6 ΟΛΟΚΡΗΡΩΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ.....	42
I.6.1. Η αναγκαιότητα της ολοκληρωμένης μεθοδολογίας προστασίας στη συντήρηση.....	44
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ.....	46

## **II. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΝΗΜΕΙΩΝ**

II.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΜΝΗΜΕΙΑ.....	57
II.1.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΈΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ.....	57
II.1.2. Η ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ.....	58
II.1.3. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ.....	59
II.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΜΝΗΜΕΙΑ.....	71
II.2.1 Η ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ.....	71
II.2.2. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ .....	72
II.2.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ.....	81
II.3 ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΝΗΜΕΙΩΝ.....	88
II.3.1. ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ.....	88

II.3.2. ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ.....	89
II.3.3. ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ.....	89
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΔΙΚΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ.....	92

**III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ**

III.1 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ .....	99
III.1.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	103
III.1.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ.....	103
III.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ .....	109
III.2.1.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ.....	109
III.2.2.ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ-ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ.....	109
III.2.3. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ.....	110
III.3 ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΙΜΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ.....	120
III.4 ΒΑΡΥΤΗΤΑ ΔΕΙΚΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΒΑΘΜΟΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΣΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ.....	121
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	122
<b>IV.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>128</b>
<b>V. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....</b>	<b>131</b>



# **Ι.ΓΕΝΙΚΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ**

## Ι.ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

### Ι.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΜΝΗΜΕΙΟ

Η έννοια μνημείο στην εποχή μας έχει πάρει πολύ μεγάλες διαστάσεις και περιλαμβάνει μέσα της πολλά και διαφορετικά αντικείμενα. Ο όρος αρχικά φορτίστηκε με το νόημα του εντυπωσιακού και επιβλητικού εξαιτίας της ανέγερσης κτισμάτων με σκοπό την διαιώνιση της μνήμης κάποιου προσώπου ή γεγονότος. Όμως η έννοια του όρου είναι πιο ευρεία, κάθε τι που ανακαλεί τη μνήμη είναι μνημείο. Με την έννοια αυτή ακόμη και μικρά χρηστικά αντικείμενα περασμένων εποχών, θεωρούνται μνημεία. Σε συνάρτηση με τη διεύρυνση του όρου “κουλτούρας”, που από τις καλές τέχνες και τα γράμματα τείνει να καλύψει τον τρόπο ζωής μιας κοινότητας, διευρύνεται προοδευτικά η έννοια των πολιτιστικών αγαθών από στενά αισθητική σε πολιτισμική. Δεν ενδιαφέρει μόνο η καλλιτεχνική αλλά και η ιστορική, επιστημονική, εθνολογική, κοινωνική ή τεχνική τους σημασία, καθώς και το βάρος δίνεται στην αξία τους ως μαρτυρία εποχών και πολιτισμών.

[1,2]

Στη σημερινή εποχή ο όρος μνημείο έχει πάρει ένα καινούργιο νόημα προκειμένου να συμπεριλάβει αξίες πέρα από το ιστορικό περιεχόμενο, δηλαδή την ηλικία του αντικειμένου, ταυτίστηκε με την έννοια του διατηρητέου πολιτιστικού αγαθού. Ο ορισμός που δίνει το Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Τοποθεσιών ICOMOS (International Council of Monuments and Sites) για το μνημείο είναι: «Κάθε ακίνητο, κτισμένο ή όχι, το οποίο διακρίνεται για το αρχαιολογικό, ιστορικό, αισθητικό ή το εθνογραφικό του ενδιαφέρον». Στον ορισμό περιλαμβάνονται τα ακίνητα αγαθά που θεωρούνται διατηρητέα λόγω της φύσεως ή του προορισμού τους καθώς και τα κινητά που βρίσκονται μέσα στα μνημεία. [3]

Σε διεθνές επίπεδο έχουν συνταχθεί αρκετά κείμενα που αφορούν την προστασία πολιτιστικής κληρονομιάς και αναφέρονται σε διαφορετικού εύρους αντικείμενα και ειδικού περιεχομένου θέματα. Ένα κείμενο που αποτελεί ορόσημο είναι ο περίφημος Χάρτης της Βενετίας για την Αποκατάσταση και Συντήρηση Μνημείων και Μνημειακών Συνόλων. Καταρτίστηκε κατά τη διάρκεια του δευτέρου Διεθνούς Συνεδρίου Αρχιτεκτόνων και Τεχνικών των Ιστορικών Μνημείων, που πραγματοποιήθηκε στη Βενετία στις 25-31 Μαΐου 1964 και που διοργανώθηκε από το Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Τοποθεσιών. Πρέπει λοιπόν να αναφέρουμε ότι,

στο Χάρτη της Βενετίας 1964 διευκρινίζεται ότι : «Η έννοια ενός ιστορικού μνημείου δεν καλύπτει μόνο το μεμονωμένο αρχιτεκτονικό έργο, αλλά και την αστική και αγροτική τοποθεσία που μαρτυρεί έναν ιδιαίτερο πολιτισμό με ενδεικτική εξέλιξη ή ένα ιστορικό γεγονός.. Αυτό ισχύει όχι μόνο για μεγάλες δημιουργίες αλλά και για ταπεινά έργα που με τον καιρό απέκτησαν πολιτιστική σημασία». Ο Χάρτης αναγνωρίζεται διεθνώς ως ένα διαχρονικό πλαίσιο κατευθυντήριων αρχών που διέπουν την θεωρία και κυρίως την πράξη της Αποκατάστασης και της Συντήρησης κάθε είδους Μνημείων. [3]

Στις μέρες μας, μνημείο μπορεί να είναι το καθετί που μπορεί να μεταδώσει μια πληροφορία για το παρελθόν μας και όχι μόνο κτίρια που έχουν από την ίδια τους την κατασκευή μνημειακό χαρακτήρα και ύφος. Δηλαδή μνημεία δεν είναι κατά ανάγκη μόνο τα κτίρια που έχουν σταματήσει να επιτελούν τον λειτουργικό τους προορισμό ή σπουδαία μεμονωμένα παραδείγματα ούτε τα κτίσματα μιας ή περισσότερων αυστηρά καθορισμένων εποχών ή ανθρώπων ορισμένης εθνικότητας. Αντίθετα είναι κτίσματα που εξακολουθούν να είναι λειτουργικά καθώς επίσης και κτιριακά σύνολα με αξιόλογο μνημειακό χαρακτήρα, που αποτυπώνεται στο σύνολο και όχι κατά ανάγκη στις μονάδες που το αποτελούν. Μνημεία είναι το περιβάλλον τους , το πολεοδομικό και το φυσικό, τόσο κάθε εποχής όσο και της σύγχρονης, είναι το σύνολο των αξιόλογων κτισμάτων που υπάρχουν σε ένα τόπο, ανεξάρτητα από τον κτήτορα. Μνημεία μπορούν να θεωρηθούν και τα τεχνικά έργα μιας εποχής.

Εκτός λοιπόν από τα καθιερωμένα στη συνείδηση του κόσμου μνημεία της αρχαιότητας και του μεσαίωνα, ως μνημεία μπορούν να χαρακτηρισθούν τα οικήματα, οι εκκλησίες, τα γεφύρια και οι ανεμόμυλοι των νεότερων χρόνων. Είναι όλα εκείνα τα μικρά ή μεγάλα, αρχαιότερα ή νεότερα, σπουδαία ή ταπεινά κτίσματα που συναπαρτίζουν την αρχιτεκτονική κληρονομιά του έθνους, που είναι στενά , αναπόσπαστα, δεμένα με την ιστορία, το τοπίο και τους ανθρώπους, που αποτελούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά μιας χώρας.[4]

Επομένως κατά το χαρακτηρισμό ενός δημιουργήματος ως ιστορικού μνημείου λαμβάνεται υπό όψη η ιστορική αξία του, η ηλικία του, ο προορισμός του, η αισθητική, η συμβολική, η τεχνολογική και η τεχνική αξία του. Για τον χαρακτηρισμό ενός κτιρίου ως ιστορικού μνημείου δεν είναι απαραίτητο να ικανοποιούνται συγχρόνως όλα τα παραπάνω κριτήρια και επίσης δεν απαιτείται το κτίριο να είναι μεγάλης ηλικίας Έτσι μπορούν να χαρακτηρισθούν ιστορικά μνημεία και νεότερα δημιουργήματα καθώς μπορεί να κριθούν αξιόλογα ως προς κάποιον

παράγοντα εκτός της ηλικίας και κυρίως σε σχέση με την ιστορική ή και την συμβολική τους σημασία. [5]

Τα έργα των περασμένων εποχών αναδεικνύονται σε μοναδικά κάθε φορά αποτελέσματα της δημιουργικής ικανότητας των ανθρώπινων χεριών να έχει το καθένα μια ιδιάζουσα προσωπικότητα και να συγκροτούν σύνολα μέσα στα οποία ο σύγχρονος άνθρωπος μπορεί και ξαναβρίσκει μια κλίμακα φιλική και γνώριμη. Με άλλα λόγια το μνημείο και το μνημειακό σύνολο πέρα από την ιστορική, καλλιτεχνική, επιστημονική και πολιτιστική του αξία μεταβάλλεται σε κοινωνικό αγαθό.

Επιπλέον ένα μνημείο ή ένα σύνολο κτιρίων, ένας ολόκληρος οικισμός έχουν και οικονομική αξία. Η κατεδάφιση και η αντικατάσταση τους ισοδυναμεί πολλές φορές με οικονομική επιβάρυνση του συνόλου, πολύ μεγαλύτερη από ότι θα προκαλούσε η διαρρύθμιση και η επαναχρησιμοποίηση τους. Και όταν φυσικά πρόκειται για έργα που πέρα από την καθαρά οικονομική τους αξία έχουν ιστορική και καλλιτεχνική αξία τότε είναι αναμφισβήτητο ότι η καταστροφή τους ισοδυναμεί με την απώλεια πολύτιμων περιουσιακών στοιχείων και τη μείωση του εθνικού πλούτου που ονομάζεται πολιτιστική κληρονομιά. [4]

Ο όρος πολιτιστική κληρονομιά, έτσι όπως ορίστηκε από τον Σύνδεσμο του Κεμπέκ για την Ερμηνεία της Εθνικής Κληρονομιάς (1980) αποδίδεται ως εξής: «Οι συνδυασμένες δημιουργίες και προϊόντα της φύσης και των ανθρώπων, στην πληρότητα τους, που απαρτίζουν το περιβάλλον στο οποίο ζούμε σε χώρο και χρόνο». [6]

Η αρχιτεκτονική κληρονομιά όπως έχει οριστεί από το Συνέδριο της Γρανάδας περιλαμβάνει τρεις ομάδες: μνημεία (κτίρια και δομές), σύνολα κτιρίων και τοποθεσίες, όσα έχουν ιδιαίτερο ιστορικό, αρχιτεκτονικό, αρχαιολογικό, επιστημονικό, καλλιτεχνικό ή τεχνολογικό ενδιαφέρον. [7]

Αυτές οι κατηγορίες μνημείων πρέπει να συντηρηθούν. Ανάγκη συντήρησης έχουν και τα σύγχρονα κτίσματα, ενώ σε όσα κτίζονται πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για τη φθορά των υλικών τους. [5]

Μέσα από αυτές τις έννοιες μπορούμε να διαπιστώσουμε και να κατανοήσουμε τη σημασία της διατήρησης και της προστασίας των μνημείων.

## **I.2 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ – ΗΘΙΚΗ – ΑΡΧΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ**

Είναι σχετικά πρόσφατη η πεποίθηση ότι τα πολιτιστικά αγαθά και κατά επέκταση τα ιστορικά μνημεία πρέπει να προστατεύονται και να διατηρούνται, ανεξάρτητα από τη χρηστική τους αξία. Οι κοινωνίες στις διάφορες ιστορικές περιόδους είχαν διαφορετική συμπεριφορά ως προς την αποθησαύριση και την προστασία των πολιτιστικών αξιών, έτσι ώστε να μπορεί κανείς να διακρίνει, (πέρα από τις περιόδους της αποβαρβαρώσεως) τόσο εποχές δημιουργικές όσο και εποχές συντηρητικές. [3]

### **I.2.1 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ**

Το σύγχρονο στάδιο των αποκαταστάσεων με αφετηρία το 1883 είχε ως κύριο εκπρόσωπο τον ιταλό αρχιτέκτονα Camillo Boito (1836-1914) εκλεκτικιστή αρχιτέκτονα στο Μιλάνο, ο οποίος στα πλαίσια του 3ου Συνεδρίου Μηχανικών και Αρχιτεκτόνων στη Ρώμη υποστήριξε την άρση των μειονεκτημάτων της Γαλλικής Δογματικής Σχολής βασιζόμενος στις θεωρίες του Ruskin και ζητώντας τον σεβασμό των ιστορικών τεκμηρίων. Διατύπωσε 8 σημεία – θέσεις που αποτελούν τη βάση του πλαισίου συμπεριφοράς προς τα μνημεία. Το πλαίσιο συμπεριφοράς που διαμορφώθηκε ισχύει και σήμερα και συνοπτικά αποτελείται από τις ακόλουθες θέσεις.:

- τα μνημεία πρέπει να συντηρούνται ,να αναστηλώνονται και να συμπληρώνονται μόνο όταν υπάρχει ανάγκη,
- μεταξύ αυθεντικού και προσθήκης να υπάρχει διαφορά στυλ και υλικού,
- να αποφεύγεται κάθε εξαπάτηση ,
- οι μεταγενέστερες φάσεις να είναι σεβαστές και αν ορισμένα μέλη αναγκαστικά απομακρυνθούν να φυλάγονται σε μουσείο,
- να υπάρχει πληροφόρηση με κάθε τρόπο για τη γενόμενη επέμβαση.

Το 1931 διατυπώθηκε ένα πλαίσιο αρχών γνωστό ως «Χάρτης των Αθηνών», αποτέλεσμα των συμπερασμάτων του 1ου Διεθνούς Συνεδρίου για τα μνημεία που συγκλήθηκε στην Αθήνα από το Διεθνές Συμβούλιο Μουσείων της Κοινωνίας των Εθνών. Στο πλαίσιο αυτό αναπτύσσονταν ουσιαστικά οι θέσεις που διατύπωσε ο Boito το 1883.

Το 1938 το αποτέλεσμα των προσπαθειών του αρχιτέκτονα και θεωρητικού Gustavo Giovannoni οδηγεί στη διατύπωση του κανονισμού των ιταλικών αναστηλώσεων γνωστού ως Carta del Restauro.

Μετά την λήξη του 2ου Παγκόσμιου Πόλεμου και για δυο δεκαετίες από το 1945 ως το 1965 στα έργα αποκατάστασης των εκτεταμένων καταστροφών που επέφεραν οι βομβαρδισμοί, οι θεωρητικές αρχές παραμερίστηκαν. Οι ανακατασκευές ήταν εκτεταμένες και έγιναν με γνώμονα τη χρηστική και αισθητική αξία των κτιρίων με σκοπό την αποκατάσταση της φυσιογνωμίας των πόλεων, και χωρίς σεβασμό προς την αυθεντικότητα. [3]

Η πρώτη και θεμελιώδης διακήρυξη αρχών για την προστασία και την αποκατάσταση των μνημείων σε διεθνές επίπεδο, διατυπώθηκε στο Χάρτη της Βενετίας. Αποτέλεσμα του 2ου Διεθνούς Συνεδρίου αρχιτεκτόνων και τεχνικών ιστορικών μνημείων στη Βενετία το 1964, καθιέρωσε το κριτήριο της αναβίωσης της ιστορικής φυσιογνωμίας των μνημείων και των συνόλων έναντι της ριζοσπαστικής επιβολής εκκαθαρίσεων. [8]

Ακολουθεί το 1975 η Διακήρυξη του Άμστερνταμ και το 1985 η Σύμβαση της Γρανάδας.

Στην Ελλάδα η λήψη μέτρων για τη διάσωση των αρχαιοτήτων και η οργάνωση μιας στοιχειώδους Αρχαιολογικής Υπηρεσίας τοποθετείται στις πρώτες δεκαετίες του προηγούμενου αιώνα. Η επεξεργασία των θεωρητικών αρχών και των τεχνικών προδιαγραφών της επέμβασης σε ιστορικά μνημεία άρχισε το 1883 στα πλαίσια του 3ου Συνεδρίου Μηχανικών και Αρχιτεκτόνων στη Ρώμη με τη συμβολή του Camillo Boito. Έκτοτε οι προσπάθειες για το συστηματικό καθορισμό επιστημονικών αρχών και επαγγελματικής δεοντολογίας για την συντήρηση και αποκατάσταση θα είναι πολύ τακτικές και θα αποσκοπούν όχι μόνο στην προσθήκη νέων προδιαγραφών για την κάλυψη και νέων ζητημάτων αλλά και στην πληρέστερη αναδιατύπωση αρχών και κανόνων διατυπωμένων παλαιότερα. [9]

## **1.2.2 ΑΡΧΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ**

Οι αρχές και η δεοντολογία των επεμβάσεων στα ιστορικά μνημεία είναι καρποί μακράς ιδεολογικής εξέλιξης καθ' όλη τη διάρκεια του 20ου αιώνα. Παρά τα φαινόμενα, η ιδεολογική αυτή εξέλιξη δεν ήταν αποτέλεσμα αυστηρής φιλοσοφικής επεξεργασίας των θεωρητικών απόψεων, αλλά βασίσθηκε σε εμπειρίες και επηρεάσθηκε από κοινωνικές και οικονομικές εξελίξεις και φαινόμενα που όπως η

πληθυσμιακή έκρηξη του 20ου αιώνα, η συρροή του πληθυσμού στις μεγάλες πόλεις, η εντατική οικοδόμηση, η αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης, οι καταστροφές μνημείων από τους παγκόσμιους πολέμους.

Η αποκατάσταση των μνημείων κάθε είδους μετά τον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο. ήταν ασυγκρίτως εκτενέστερη από κάθε ανάλογη δραστηριότητα άλλων εποχών. Η εκτέλεση ασύλληπτου αριθμού έργων σε ελάχιστο χρόνο δικαιολογεί πολλά από τα λάθη που έγιναν τότε, τα οποία άλλωστε θα ήταν πολύ περισσότερα αν δεν υπήρχε ήδη μια μακρά παράδοση αρχιτεκτονικής συντήρησης. Αλλά ο αιώνας μας ήταν καταστροφικότερος για τα μνημεία ακόμη και υπό συνθήκες ειρήνης και ασφάλειας εξαιτίας της βεβαρημένης ατμόσφαιρας των μεγαλουπόλεων που προκαλεί την φυσικοχημική φθορά των επιφανειών των ιστορικών μνημείων, και εξαιτίας του τουρισμού και των επιπτώσεων του στα μνημεία .

Όλα αυτά τα ιστορικά φαινόμενα επηρέασαν καθοριστικά όλες σχεδόν τις ιδεολογικές και τεχνολογικές εξελίξεις στη μεταχείριση των μνημείων. Οι εξελίξεις αυτές τόσο σε επίπεδο κρατών όσο και σε διεθνές επίπεδο συνίσταται :

- στη θέσπιση εθνικών και διεθνών οδηγιών και προδιαγραφών
- στην απαίτηση για συστηματική επαγγελματική εξειδίκευση
- στην οργάνωση ειδικών σπουδών πανεπιστημιακού επιπέδου
- στην συγκρότηση δημοτικών, κρατικών, και διακρατικών υπηρεσιών και οργανισμών
- στη διάθεση δημόσιων χρημάτων για προγράμματα συντήρησης ή αποκατάστασης μνημείων και στην ευαισθητοποίηση των πολιτών
- στην εκτέλεση πληθώρας έργων σε μνημεία και αρχαιολογικούς χώρους
- στην ανάπτυξη προστατευτικής νομοθεσίας για τα μνημεία

Η νομική προστασία των μνημείων στις περισσότερες χώρες επιχειρείται ήδη από τον προηγούμενο αιώνα με ειδικούς νόμους. Η προοδευτική αναθεώρηση και κωδικοποίηση αυτών των νόμων παρουσιάζει σπουδαία εξέλιξη κατά τις πρώτες κυρίως δεκαετίες του 20ου αιώνα. Αλλά καθώς οι συνθήκες μεταβάλλονται η νομοθεσία αναγκαστικώς αναμορφώνεται. [9]

Οι σημαντικότεροι σταθμοί στην ιστορία της νομοθεσίας και της ηθικής της προστασίας, διατήρησης, συντήρησης και αποκατάστασης των μνημείων διεθνώς περιλαμβάνουν :

### 1.2.3 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΕΣ [10,11,12,13]

- Διακήρυξη αρχών της Κοινότητας για την Προστασία των Αρχαίων Κτιρίων (Manifesto of SPAB), Αγγλία 1877
- Ψήφισμα 1883, Ιταλία( του 3ου Εθνικού Συνεδρίου Αρχιτεκτόνων και Μηχανικών στη Ρώμη)
- Χάρτης των Αθηνών, 1931 (του Διεθνούς Συμβουλίου Μουσείων της Κοινωνίας των Εθνών )
- Κανόνες για την αποκατάσταση μνημείων, 1932, Ιταλία
- Χάρτης Αθηνών, 1933 ( του Διεθνούς Συνεδρίου μοντέρνας Αρχιτεκτονικής CIAM, στην Αθήνα)
- Σύμβαση για την προστασία της Πολιτιστικής Ιδιοκτησίας σε περίπτωση Ένοπλης Σύρραξης, Χάγη 1954
- Διεθνής Χάρτης για την Συντήρηση και την Αποκατάσταση των Μνημείων και Τόπων, Βενετία 1964-του 2ου Διεθνούς Συνεδρίου Αρχιτεκτόνων και Τεχνικών Ιστορικών Μνημείων-(Παραμένει ένα σημαντικό τεκμήριο ακόμα και σήμερα όσον αφορά στην φιλοσοφία που ακολουθείται σε πολλές χώρες στην προστασία και τη συντήρηση των μνημείων. Στο άρθρο 9 του Χάρτη, η διαδικασία της αποκατάστασης αναγνωρίζεται με την προϋπόθεση ότι βασίζεται στον σεβασμό για το αυθεντικά υλικά και την αρχική του υπόσταση. Επιπλέον δηλώνεται πως κάθε εργασία αποκατάστασης πρέπει να σταματάει στο σημείο που αρχίζουν να υπάρχουν υποθέσεις). [8]
- Σύμβαση για την Προστασία της Παγκόσμιας Πολιτιστικής και Φυσικής Κληρονομιάς, Παρίσι 1972 ( της UNESCO )
- Ευρωπαϊκός Χάρτης της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς, Άμστερνταμ 1975 ( του Συμβουλίου της Ευρώπης)
- Η Διακήρυξη του Άμστερνταμ, 1975 ( του Συμβουλίου της Ευρώπης)
- Χάρτης του Πολιτιστικού Τουρισμού, Βρυξέλλες 1976 ( του ICOMOS )
- Πρότυπα και Οδηγίες για Αποκατάσταση, 1978, Η.Π.Α
- Χάρτης Buira για την Διατήρηση Τόπων πολιτιστικής Σημασίας, Αυστραλία 1981, βασισμένος στις αρχές του Χάρτη της Βενετίας
- Χάρτης Φλωρεντίας για τη Διατήρηση των Ιστορικών Κήπων, Φλωρεντία 1982 ( του ICOMOS)



- Διακήρυξη Deschambault, Χάρτης για τη διατήρηση της Κληρονομιάς του Κεμπέκ, 1982 (ICOMOS Καναδά)
- Χάρτης Άπλετον, για την Προστασία και τον Τόνωση του Δομημένου Περιβάλλοντος, 1983 (ICOMOS Καναδά)
- Χάρτης της Πετρούπολης για τη Διατήρηση και Αναβίωση των Ιστορικών Κέντρων, 1987, Βραζιλία (ICOMOS)
- Σύμβαση για την Προστασία της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς της Ευρώπης, Γρανάδα 1985 ( του Συμβουλίου της Ευρώπης)
- Χάρτης για τη Διατήρηση των Ιστορικών Πόλεων και των Αστικών Περιοχών, Ουάσιγκτον 1987 ( του ICOMOS )
- Χάρτης για τη διατήρηση Τόπων με αξία Πολιτιστικής Κληρονομιάς, Νέα Ζηλανδία 1993
- Οδηγίες για την Εκπαίδευση στη Διατήρηση των Μνημείων, Συνόλων και Τοποθεσιών, 1993, Κολόμπο (ICOMOS)
- Τεκμήριο Αυθεντικότητας, Νάρα 1994, ( ICOMOS, ICCROM, UNESCO)

***Ειδικά για την προστασία αρχαιοτήτων:***

- Συστάσεις για τις Διεθνείς Αρχές που πρέπει να εφαρμόζονται στις αρχαιολογικές ανασκαφές, Νέο Δελχί 1956 ( της UNESCO )
- ICOMOS Χάρτης για την Προστασία και τη Διαχείριση της Αρχαιολογικής Κληρονομιάς, Λοζάννη 1990 ( του ICOMOS)
- Ευρωπαϊκή Σύμβαση για την Προστασία της Αρχαιολογικής Κληρονομιάς(αναθεωρημένη), Βαλέτα 1992 ( του Συμβουλίου της Ευρώπης)
- Χάρτης για την Προστασία και τη Διαχείριση της Υποβρύχιας Πολιτιστικής Κληρονομιάς, Σοφία 1996

**I.2.4 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΦΟΡΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ [14]**

Στο τέλος του Α' Παγκοσμίου Πολέμου οι απώλειες και οι καταστροφές σημαντικών θέσεων και μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς καλλιέργησαν την ανάγκη για βελτίωση της διεθνούς συνεργασίας. Το 1919 δημιουργήθηκε η Ομοσπονδία των

Εθνών για να επιλύσει τις διαφορές προτού οδηγήσουν σε μια νέα πολεμική σύρραξη. Τότε ήταν που ιδρύθηκε η Διεθνής Επιτροπή Πνευματικής Συνεργασίας με κύριο σκοπό τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Το 1926 ιδρύθηκε το Διεθνές Γραφείο Μουσείων για τη φροντίδα των μουσείων και των έργων τέχνης, την οργάνωση συνεδρίων και προετοιμασία δημοσιεύσεων. Το 1933 μετά την σύνταξη του Χάρτη των Αθηνών, συγκροτήθηκε μια Διεθνής Επιτροπή για τα Ιστορικά Μνημεία.

Στο τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, δημιουργήθηκαν πολλοί νέοι οργανισμοί για να διευκολύνουν τη διεθνή συνεργασία. Το 1945 η παλιά Ομοσπονδία των Εθνών έδωσε τη θέση της στο νέο Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών ενώ τη Διεθνή Επιτροπή Πνευματικής Συνεργασίας, διαδέχτηκε η Εκπαιδευτική, Επιστημονική και Πολιτιστική Οργάνωση των Ηνωμένων Εθνών (UNESCO). Το 1946 το Διεθνές Γραφείο Μουσείων επανιδρύθηκε σε Διεθνές Συμβούλιο Μουσείων (ICOM), ένα μη κυβερνητικό οργανισμό που φέρνει σε επαφή τους επαγγελματίες και τα ιδρύματα που ασχολούνται με τη διαχείριση της διατήρησης των μουσείων και των συλλογών.

Το 1949 η UNESCO ίδρυσε μια Διεθνή Επιτροπή για Μνημεία και Αρχαιολογικές ανασκαφές, ενώ το 1956 προχώρησε στη δημιουργία του Διεθνούς Κέντρου για τη Μελέτη της Διατήρησης και Αποκατάστασης της Πολιτιστικής Κληρονομιάς. (ICCROM). Το 1965 ιδρύθηκε σε εφαρμογή των επιταγών του Χάρτη της Βενετίας, ένας μη κυβερνητικός οργανισμός, το Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Τοποθεσιών (ICOMOS).

- UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: Εκπαιδευτικός, Επιστημονικός και Μορφωτικός Οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών, ιδρύθηκε το 1945
- ICOMOS : International Council of Monuments and Sites : Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Τοποθεσιών: διεθνής μη κυβερνητικός οργανισμός που ιδρύθηκε το 1965, σε εφαρμογή των επιταγών του Χάρτη της Βενετίας, με παραρτήματα ( εθνικές επιτροπές) σε πάνω από 80 χώρες συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας.
- Council of Europe: Συμβούλιο της Ευρώπης, ιδρύθηκε το 1949
- ICOM : Διεθνές Συμβούλιο Μουσείων
- WMF: World Monuments Fund

## **I.2.5 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΚΑΙ ΦΟΡΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Όσον αφορά στους βασικούς νόμους με τους οποίους προστατεύεται ο μνημειακός πλούτος της χώρας έχουμε την :

### ***Ελληνική Νομοθεσία Προστασίας***

- Ν.1469/1950 «Περί προστασίας ειδικής κατηγορίας οικοδομημάτων και έργων τέχνης μεταγενέστερων του 1830» ( αντικαταστάθηκε από τον 3028/2002) [15]
- Ν.5351/1932 «Περί αρχαιοτήτων», όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 32 του Ν.1337/1983 ( αντικαταστάθηκε από τον 3028/2002) [16]
- Σύνταγμα της Ελλάδος, άρθρο 24, παράγραφος 1,6 ( πρόβλεψη για την προστασία της φυσικής και πολιτιστικής κληρονομιάς )
- Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός (Γ.Ο.Κ.) του 1973 ( προβλέπει δυνατότητα θέσπισης ειδικών όρων και περιορισμών για τη δόμηση και την αρχιτεκτονική εμφάνιση κτιρίων ή συνόλων ιδιαίτερου χαρακτήρα)
- Ν. 360/1976 «Περί Χωροταξίας και Περιβάλλοντος» : καθορίζει το περιεχόμενο του προστατευταίου φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος που περιλαμβάνει όλα τα ανθρωπογενή στοιχεία του πολιτισμού και γενικότερα την πολιτιστική κληρονομιά της χώρας.
- Π.Δ.19-10/13-11-1978 «Περί χαρακτηρισμού ως Παραδοσιακών Οικισμών τινών του κράτους και καθορισμού των όρων και περιορισμών δόμησης των οικοπέδων αυτών» [17]
- Ν.1103/1980 «Κύρωση Διεθνούς Σύμβασης Παρισίων για την απαγόρευση και παρεμπόδιση της παράνομης εισαγωγής, εξαγωγής και μεταβίβασης των πολιτιστικών Αγαθών» [18]
- Ν.1127/1981, «Κύρωση Ευρωπαϊκής Σύμβασης Λονδίνου για την προστασία της αρχαιολογικής κληρονομιάς» [19]
- Ν.1126/1981, «Περί Κυρώσεως της Διεθνούς Σύμβασης για την προστασία της Παγκόσμιας Πολιτιστικής και Φυσικής Κληρονομιάς» [20]
- Ν.1337/1983 «Επέκταση των πολεοδομικών σχεδίων, οικιστική ανάπτυξη και σχετικές ρυθμίσεις», άρθρο 1 παραγρ.5 [21]
- Ν.1577/1985 Γ.Ο.Κ. , άρθρο 4 «Προστασία αρχιτεκτονικής και φυσικής κληρονομιάς», όπως τροποποιήθηκε από το νόμο Ν.2831/2000 [22]

- Π.Δ./15-4-1988, «Διατήρηση, επισκευή ανακατασκευή αρχιτεκτονικών, καλλιτεχνικών και στατικών στοιχείων διατηρητέων κτιρίων», [23] ( εκτελεστικό του άρθρου 32 του Ν.1337/1983)
- Ν.1892/1990 Προβλέπει καθορισμό ζωνών προστασίας στους αρχαιολογικούς χώρους εκτός σχεδίων πόλεων [24]
- Ν.2039/1992 « Κύρωση της Σύμβασης για την προστασία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς της Ευρώπης» [25] (Σύμβαση Γρανάδας)
- Ν.3028/2002 « Για την προστασία των Αρχαιοτήτων και εν γένει της Πολιτιστικής Κληρονομιάς» [26]
- Ν.3201/2003 « Αποκατάσταση, προστασία και ανάδειξη του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος των νησιών που υπάγονται στην αρμοδιότητα του Υπουργείου Αιγαίου» [27]

#### ***Ελληνικοί Φορείς Προστασίας [14,28]***

- Η Αρχαιολογική Υπηρεσία του Υπουργείου Πολιτισμού, ιδρύθηκε το 1834, με 39 Εφορείες Προϊστορικών και Κλασικών αρχαιοτήτων, 28 Εφορείες Βυζαντινών Μνημείων, και 2 Εφορείες Νεώτερων Μνημείων, 12 Υπηρεσίες Νεώτερων Μνημείων και Τεχνικών Έργων και η Υπηρεσία τεχνικών έργων Κεντρικής Μακεδονίας
- Ειδικές Περιφερειακές Υπηρεσίες
- Ειδικές διεπιστημονικές Επιτροπές Συντήρησης Μνημείων
- Ταμείο Διαχείρισης Πιστώσεων για την εκτέλεση αρχαιολογικών έργων, που διαχειρίζεται τις πιστώσεις των έργων των ειδικών διεπιστημονικών επιτροπών
- Κ.Α.Σ., κεντρικό αρχαιολογικό συμβούλιο, γνωμοδοτικό όργανο
- Κ.Σ.Ν.Μ. το κεντρικό συμβούλιο νεώτερων μνημείων
- Τα τοπικά Συμβούλια Μνημείων
- ΥΠΕΧΩΔΕ, συναρμόδιο από τα μέσα της δεκαετίας του '70 με την Αρχαιολογική Υπηρεσία, όσον αφορά στην προστασία των παραδοσιακών συνόλων
- ΕΟΤ : Ελληνικός Οργανισμός Τουρισμού, δραστηριοποιείται κατά περίπτωση στην προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς της χώρας.

- Τοπική Αυτοδιοίκηση, από το 1984, με το θεσμό των Προγραμματικών Συμβάσεων ( μεταξύ των ΟΤΑ, του ΥΠΠΟ και του ΤΑΠΑ) για την εκτέλεση ειδικών προγραμμάτων επέμβασης σε διατηρητέα σύνολα.

### **1.2.6 ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΜΝΗΜΕΙΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ**

Μερικά από τα κυριότερα μνημεία παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς που βρίσκονται στην Ελλάδα είναι:

- Ναός Επικούρειου Απόλλωνα στις Βάσσες
- Δελφοί
- Ακρόπολη
- Άθως
- Μετέωρα
- Παλαιοχριστιανικά και Βυζαντινά Μνημεία Θεσσαλονίκης
- Επίδαυρος
- Μεσαιωνική πόλη της Ρόδου
- Μυστράς
- Ολυμπία
- Δήλος
- Μονή Δαφνίου,
- Μονή Οσίου Λουκά
- Νέα Μονή Χίου
- Πυθαγόρειο και Ηραϊόν Σάμου
- Βεργίνα
- Μυκήνες Χώρα
- Ιερά Μονή Αγ. Ιωάννη Θεολόγου και Σπήλαιο της Αποκάλυψης στην Πάτμο

### **1.2.7 «ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΗΜΕΡΑ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ»**

Η 18η Απριλίου κάθε χρόνου έχει ορισθεί από την UNESCO και το Διεθνές Συμβούλιο Μνημείων και Τοποθεσιών ως Παγκόσμια Ημέρα των Μνημείων. Η επέτειος αυτή αποβλέπει στην ευαισθητοποίηση του κοινού στο σημαντικό θέμα της

προστασίας της Πολιτιστικής Κληρονομιάς. Για το σκοπό αυτό διοργανώνονται σε όλο τον κόσμο με πρωτοβουλία της UNESCO και του ICOMOS κάθε μορφής εκδηλώσεις. Επιδιώκεται με τις εκδηλώσεις αυτές, όχι μόνο να γίνουν γνωστά στο ευρύτερο κοινό η σημασία των μνημείων κάθε χώρας και τα προβλήματά τους, αλλά και να προωθηθεί η υπόθεση της προστασίας και ένταξής τους στην σύγχρονη κοινωνική, πολιτιστική και οικονομική ζωή.

## **1.3 Η ΦΘΟΡΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ, ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ)**

### **1.3.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΦΘΟΡΑΣ**

Η φθορά είναι συνάρτηση της αλληλεπίδρασης του υλικού με το περιβάλλον. Τα φαινόμενα φθοράς εκδηλώνονται στην διεπιφάνεια μεταξύ του περιβάλλοντος και των υλικών και κατατάσσονται γενικά σε μηχανική ή φυσική φθορά, χημική φθορά και βιολογική φθορά. Οι παράγοντες φθοράς μπορεί να αφορούν το ίδιο το υλικό, οπότε ονομάζονται ενδογενείς, ή μπορεί να αφορούν το εξωτερικό περιβάλλον και να χαρακτηρίζονται ως εξωγενείς. [29]

#### **Ενδογενείς Παράγοντες Φθοράς**

Σαν φθορά ορίζεται ως 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. Έτσι ανάλογα με το είδος του υλικού και του τρόπου με τον οποίο αντιδρά στις διαφορές περιβαλλοντικές συνθήκες προκαλείται η φθορά. Τα κύρια δομικά υλικά (κονιάματα, κεραμικά, σύνθετα υλικά, μέταλλα) συμπεριφέρονται διαφορετικά στις ίδιες περιβαλλοντικές φορτίσεις. Για παράδειγμα τα κονιάματα και τα κεραμικά είναι πιο επιρρεπή σε συγκεκριμένους τύπους φθοράς όπως η χημική φθορά από την όξινη βροχή και τα καυσαέρια, η δράση των διαλυτών αλάτων, οι κύκλοι ύγρανσης-ξήρανσης. [29]

Οι ιδιότητες του υλικού αποτελούν ένα ακόμη σημαντικό παράγοντα φθοράς και σχετίζονται με τις μηχανικές, φυσικοχημικές και ορυκτολογικές ιδιότητες του υλικού, οι οποίες επηρεάζονται σε διαφορετικό βαθμό από συγκεκριμένους εξωγενείς παράγοντες. Το πρωταρχικό στοιχείο που αναζητείται σε κάθε περίπτωση είναι η συγκεκριμένη ιδιότητα να καταστεί μέτρο αξιολόγησης της φθοράς του υλικού. Για να γίνει κάτι τέτοιο εφικτό απαιτείται η εύρεση μιας συσχέτισης μεταξύ του εφαρμοζόμενου εξωγενή παράγοντα και της ιδιότητας η οποία μεταβάλλεται. Ως παράδειγμα αναφέρουμε τις θερμικές ιδιότητες του τσιμέντου οι οποίες είναι δυνατό να μεταβληθούν μετά από την αύξηση του πορώδους (δημιουργία μικρορωγμών, αποκόλληση κόκκων), με αποτέλεσμα τη μείωση της μηχανικής αντοχής του.

Ο τρόπος με τον οποίο οι εξωγενείς παράγοντες επηρεάζουν την δομή ενός υλικού, εξαρτάται άμεσα από την μακροδομή και τη μικροδομή του. Η μικροδομή ιδιαίτερα, διαδραματίζει σημαντικότατο ρόλο στις ιδιότητες των υλικών (μηχανικές, φυσικές, φυσικοχημικές) και είναι σημαντική τόσο στην εξάπλωση της φθοράς όσο και στην αναγνώριση και κατάλληλη αντιμετώπισή της. [30]

Ένας παράγοντας φθοράς ο οποίος μπορεί να συσχετιστεί με αυτόν της δομής και της σύστασης ενός υλικού είναι η προέλευσή του. Σε κάθε φάση σχεδιασμού και αποτίμησης της κατάστασης ενός υλικού, η γνώση της προέλευσής του είναι σημαντική καθώς είναι αυτή που επηρεάζει τις ιδιότητες και την μικροδομή του. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα σύνθετα υλικά (τσιμέντο, κονιάματα), όπου η προέλευση των πρώτων υλών καθορίζει άμεσα την σύσταση του σύγχρονου υλικού. [29]

Οι ιδιότητες και η μικροδομή ενός υλικού, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την τεχνολογία και τον τρόπο παραγωγής τους. Για το λόγο αυτό θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να έχουμε γνώση αυτής της παραμέτρου. Η αποκάλυψη της τεχνολογίας παραγωγής ενός υλικού μπορεί να γίνει με τη μέθοδο της «αντίστροφης μηχανικής προσέγγισης» (reverse engineering). Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι ιδιαίτερα σημαντική για τα κονιάματα αποκατάστασης. [31]

### **Εξωγενείς Παράγοντες Φθοράς**

Η ένταση, η διάρκεια και η συχνότητα της επίδρασης των περιβαλλοντικών παραγόντων και φορτίσεων είναι τρεις εξωγενείς παράγοντες φθοράς που δρουν αθροιστικά. Παρόλο που είναι η δύσκολη η ποσοτικοποίηση τους, σε γενικές γραμμές η ένταση της φθοράς των δομικών υλικών αυξάνεται με την αύξηση της έντασης, της διάρκειας και της συχνότητας της επίδρασης των περιβαλλοντικών παραγόντων και φορτίσεων. [29]

Το είδος των μηχανικών φορτίσεων αποτελεί έναν εξωγενή παράγοντα φθοράς ο οποίος καθορίζει τους μηχανισμούς φθοράς των δομικών υλικών. Περιλαμβάνει εφελκυστικές, διατμητικές, ή θλιπτικές τάσεις, θερμοκρασιακές μεταβολές, τριβή, διόγκωση υλικού λόγω χημικής αντίδρασης, κρυστάλλωση αλάτων και σχηματισμό πάγου, σεισμικές δονήσεις, κ.α.

Η κατανομή, ο προσανατολισμός και η ένταση των περιβαλλοντικών παραγόντων, συνθέτουν έναν εξωγενή παράγοντα φθοράς που μπορεί να επηρεάσει έμμεσα την



αστοχία και τη φθορά των υλικών. Είναι δυνατόν, στο ίδιο το υλικό (π.χ. κονιάματα σε μια τοιχοποιία) να παρατηρούνται διαφορετικού τύπου φθορές ανάλογα με τη θέση του στην κατασκευή, όπως για παράδειγμα φθορά λόγω υγρασίας στα κατώτερα στρώματα της τοιχοποιίας και φθορά λόγω κρυστάλλωσης των αλάτων στα ανώτερα. Η ένταση της φθοράς ενός υλικού μπορεί να επηρεαστεί και από τις συνθήκες χρήσης του, καθώς σε κάθε περίπτωση ενδεχομένως να δεχτεί και διαφορετικές περιβαλλοντικές φορτίσεις. Για παράδειγμα οι τοιχοποιίες από τσιμέντο δε θα βρεθούν στο ίδιο περιβάλλον (π.χ. αστικό) με τις τσιμεντένιες εσωτερικές επίπεδες επιφάνειες (π.χ. έκθεση σε χημικά σε εργοστάσια), και επομένως δεν θα δεχτούν τις ίδιες φορτίσεις. [29,30]

Η επίδραση διαφόρων οργανισμών στα υλικά μπορεί να προκαλέσει τόσο μηχανική όσο και χημική φθορά και είναι αυτό που ονομάζουμε ως βιολογικό παράγοντα φθοράς.

Τέλος το είδος των περιβαλλοντικών παραγόντων και φορτίσεων μπορεί να καθορίσει τους μηχανισμούς της φθοράς στα δομικά υλικά. Μάλιστα η ένταση των φορτίσεων (μηχανικές, θερμικές, κτλ) μπορεί να επιδεινώσει και την ένταση των φθορών που τα δομικά υλικά μπορούν να υποστούν. [31]

### **1.3.2.ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΗ ΦΘΟΡΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**

#### **Νερό**

Τα σημαντικότερα προβλήματα που μπορούν να προκληθούν με τη βοήθεια του νερού, είναι τα παρακάτω: [30,32,58]

- Ελέγχει τη μεταφορά, κρυστάλλωση ανακρυστάλλωση και ενυδάτωση των αλάτων στο λίθο.
- Μεταφέρει τους αέριους ρύπους μέσω βροχής ή συμπύκνωσης.
- Συμμετέχει σε αντιδράσεις στην επιφάνεια και στο εσωτερικό που προκαλούν φθορά σε υλικά και ιδιαίτερα στην πέτρα.
- Ευθύνεται για την ανάπτυξη ισχυρών ωσμωτικών πιέσεων κάτω από κατάλληλες προϋποθέσεις.
- Προκαλεί μηχανικές και βιολογικές δράσεις.
- Σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος χαμηλότερες από 0 C προκαλεί ισχυρή μηχανική φθορά.

Με βάση τα παραπάνω είναι φανερό ότι το νερό αποτελεί σημαντικό παράγοντα φθοράς και στις τρεις φάσεις του.

Η μεταφορά του νερού στα δομικά υλικά γίνεται με τους εξής τρόπους: **[30,32,33,34]**

1. με τριχοειδή αναρρίχηση από το έδαφος. Όταν οι δυνάμεις έλξης προς τα τοιχώματά των τριχοειδών είναι ισχυρότερες από αυτές μεταξύ των μορίων του νερού, τότε το νερό ανέρχεται μέσα στα τριχοειδή. Η τάση προς αναρρίχηση αυξάνει καθώς η διάμετρος των τριχοειδών ελαττώνεται. **[35]**
2. μέσω ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων. Στην περίπτωση αυτή, η διαβρωτική και διαλυτική δράση του νερού της βροχής οφείλεται στα ιόντα που διαλύει αποπλένοντας τα ατμοσφαιρικά σωματίδια (όξινη βροχή). Η εισχώρησή του στα κτίρια εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της κατασκευής, την κατάσταση της επιφάνειας, την ένταση της βροχής, την διεύθυνση και ένταση των ανέμων κλπ.
3. με συμπύκνωση της ατμοσφαιρικής υγρασίας. Πρόκειται για ένα φαινόμενο το οποίο εκδηλώνεται όταν η θερμοκρασία της επιφάνειας της πέτρας πέφτει κάτω από το σημείο δρόσου των ατμών. Η χειρότερη περίπτωση παρατηρείται όταν συμβαίνουν μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές, όπου είναι πιθανό να παρατηρηθεί μεταφορά σημαντικών ποσοτήτων νερού στο εσωτερικό της τοιχοποιίας. **[36]**
4. με απευθείας μεταφορά σταγονιδίων από τη θάλασσα. Τα σταγονίδια μπορούν να φτάσουν στα διάφορα σημεία ενός κτιρίου, είτε άμεσα μέσω του αφρισμού, είτε έμμεσα με τη βοήθεια του ανέμου.

### Διαλυτά Άλατα

Αποτελούν τον κυριότερο και πιθανά τον καταστροφικότερο παράγοντα φθοράς για τα πορώδη υλικά. Μάλιστα επιδρά σε όλα τα πορώδη υλικά ανεξάρτητα από τη χημική τους σύσταση και ενισχύει τους υπόλοιπους παράγοντες φθοράς. Τα κυριότερα διαλυτά άλατα που εμφανίζονται στα μνημεία είναι χλωριούχα, θειικά, νιτρικά και ανθρακικά. Οι κύριες πηγές αλάτων σε τοιχοποιίες είναι η τριχοειδής αναρρίχηση από το έδαφος, τα γειτονικά υλικά όπως το τσιμέντο και συχνά το ίδιο το συνδετικό κονίαμα. Η εξάτμιση των υδατικών διαλυμάτων των αλάτων που μετακινήθηκαν στην επιφάνεια της πέτρας, προκαλεί την κρυστάλλωση των αλάτων εντός των πόρων, με συνέπεια την ανάπτυξη μηχανικών τάσεων εντός των πόρων του

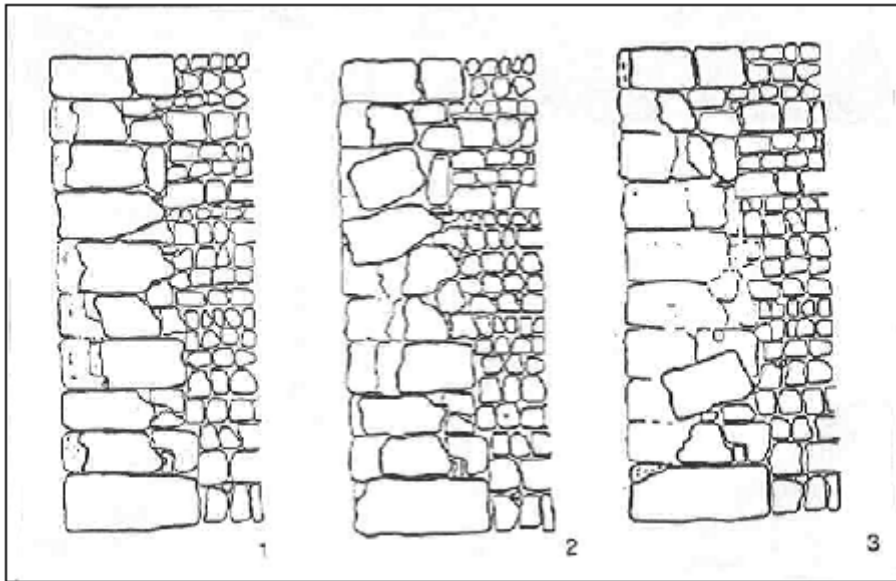
υλικού, και διάρρηξη της συνέχειας του υλικού όταν οι τάσεις ξεπεράσουν την αντοχή του. [30,37,38,39,40,41,58]

Τα σημαντικότερα μακροσκοπικά φαινόμενα διάβρωσης που έχουν ως αίτιο την κρυστάλλωση των διαλυτών αλάτων, είναι τα παρακάτω: [38,30,41,58]

- Εξανθήσεις αλάτων, όταν ο ρυθμός μεταφοράς διαλύματος αλάτων προς το εξωτερικό είναι μεγαλύτερος του ρυθμού ξήρανσης, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη και απόθεση κρυστάλλων στην εξωτερική επιφάνεια του πορώδους υλικού.
- Κρυπτοεξανθήσεις αλάτων, όταν ο ρυθμός μεταφοράς διαλύματος αλάτων προς το εξωτερικό είναι μικρότερος του ρυθμού ξήρανσης, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη των κρυστάλλων στο εσωτερικό (πόροι) του λίθου, με απόθεση διαλύματος αλάτων μέσα στους πόρους.
- Κυψέλωση, κατά την οποία η επιφάνεια της πέτρας εκφυλίζεται με τη δημιουργία σπηλαιώσεων και εμφανίζεται σε περιοχές που εκτίθενται σε ισχυρούς ανέμους.



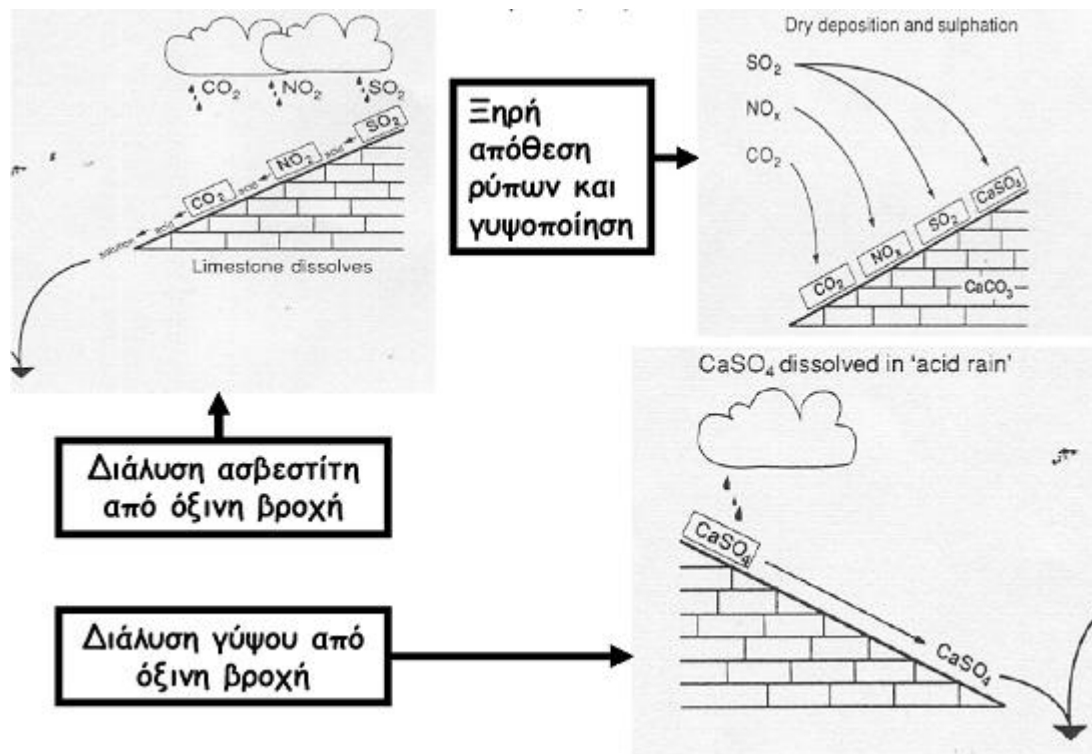
**Σχήμα 1:** Κυψέλωση-Μεσαιωνική πόλη της Ρόδου [42].



**Σχήμα 2:** Μηχανισμός κατάρρευσης τοιχοποιίας λόγω κυψέλωσης. [42]

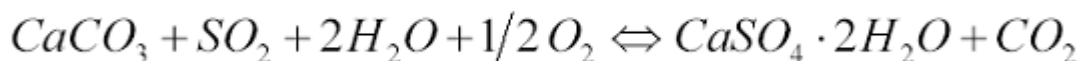
### Ατμόσφαιρα

- Όξινη βροχή. Είναι η όξινη απόθεση, δηλαδή η διαδικασία απόθεσης όξινων ρύπων από την ατμόσφαιρα στην επιφάνεια της γης σε ξηρή ή υγρή μορφή. Η όξινη βροχή προκαλεί διάβρωση των κατασκευών. Τα δομικά υλικά όπως ο ασβεστόλιθος, το μάρμαρο, η πέτρα, ο ψαμμίτης διαλύονται. Η ξηρή απόθεση επίσης ‘λερώνει’ τα κτίρια και τις κατασκευές, απαιτώντας τον καθαρισμό τους, που οδηγεί σε αυξημένο κόστος συντήρησης. [30,43,58]



Σχήμα 3: Διάβρωση ασβεστόλιθων και μαρμάρων σε ρυπασμένη ατμόσφαιρα κυψέλωσης

- Γυψοποίηση. Αναφέρεται στο σχηματισμό γύψου με προσβολή του  $Ca(OH)_2$  ή του  $CaCO_3$  των λίθων από θειικό οξύ. Επειδή ο γύψος στην επιφάνεια της πέτρας είναι διαλυτός, με έκπλυση αποκαλύπτεται το υγιές, μη γυψοποιημένο στρώμα της πέτρας. Για το λόγο αυτό, το φαινόμενο της γυψοποίησης είναι ένα φαινόμενο ιδιαίτερα καταστροφικό, καθώς μπορεί και εξελίσσεται σε βάθος. Αυτό έχει σαν γενικότερο αποτέλεσμα την σταδιακή απαλοιφή των λεπτομερειών της επιφάνειας της πέτρας. Η χημική εξίσωση που χαρακτηρίζει το φαινόμενο είναι η παρακάτω: [30,44,45,42,58]

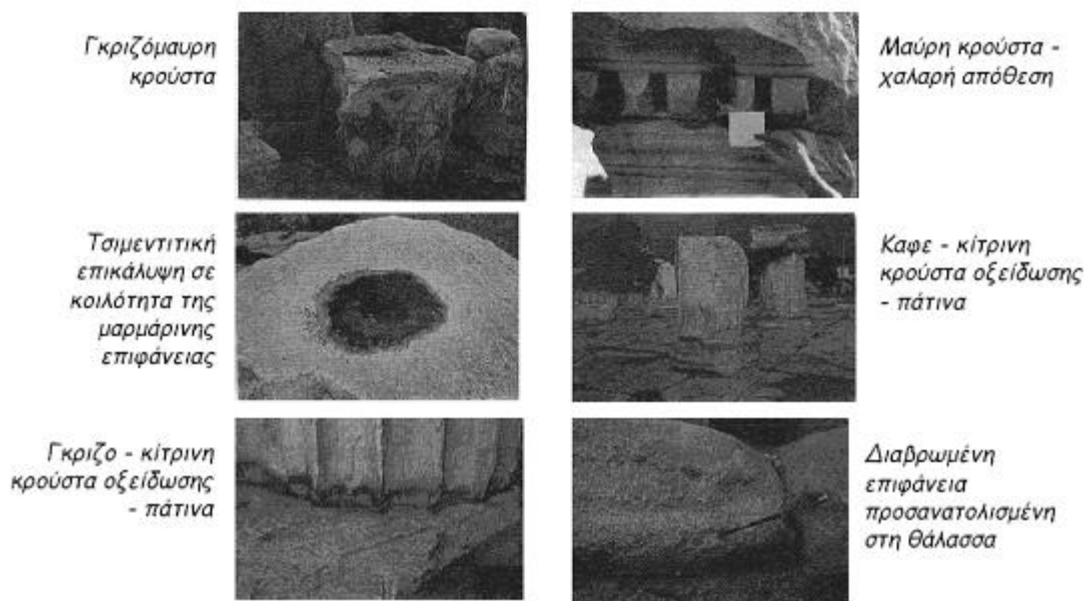


- Αερόλυματα. Πρόκειται για τα σταθερά αιωρήματα στερεών σωματιδίων και σταγονιδίων σε αέριο μέσα στο οποίο αυτά αιωρούνται. Διαχωρίζονται σε θαλάσσια και ηπειρωτικά. Το θαλάσσιο αερόλυμα αποτελείται κυρίως από

σταγονίδια διαλύματος NaCl και το ηπειρωτικό από (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>). Τα αερολύματα και οι αέριοι ρυπαντές μεταφέρονται στις επιφάνειες των υλικών με τους μηχανισμούς της ξηρής απόθεσης λόγω βαρύτητας, της ξηρής απόθεσης από ατμοσφαιρικές κινήσεις, της υγρής απομάκρυνσης με βροχή και της υγρής απομάκρυνσης με σταγόνες νεφών, και συμβάλλουν στην δημιουργία κρουστών και άλλων μορφών διάβρωσης που αναφέρονται παρακάτω: **[46,47,34,30,58]**

- *Λευκή κρούστα*. Περιλαμβάνει απόπλυση και διάλυση με ταυτόχρονη δημιουργία ανακρυσταλλωμένου ασβεστίτη.
- *Γκρίζα κρούστα*. Πρόκειται για σκόνη και ξηρές θωρακισμένες αποθέσεις συσσωρευμένες για πολύ χρόνο. Σε περιοχές που δε διαβρέχονται καθόλου από νερό, σχηματίζει συμπαγές στρώμα που περιέχει και ανακρυσταλλωμένο ασβεστίτη.
- *Μαύρη κρούστα*. Αποτελείται από γύψο, ανακρυσταλλωμένο ανθρακικό ασβέστιο και αιωρούμενα σωματίδια από την ατμόσφαιρα. Σχηματίζεται κυρίως σε περιοχές που δε συμβαίνει έκπλυση από το νερό της βροχής. **[48]**
- *Όξινη ανθρακική κρούστα*. Μετατροπή του ανθρακικού ασβεστίου σε όξινο ανθρακικό ασβέστιο, το οποίο στη συνέχεια με την εξάτμιση του νερού μετατρέπεται σε ανακρυσταλλωμένο ανθρακικό ασβέστιο. Το στρώμα αυτό δεν έχει καλή συνοχή με το υποκείμενο, και οδηγεί στην χαλάρωση της κρούστας και μπορεί να προκαλέσει τοπικές καταρρεύσεις σε τοιχοποιίες.
- *Στρώμα γύψου*. Σχηματίζεται σε επιφάνειες ασβεστιτικών λίθων προστατευμένων από το νερό της βροχής.
- *Απόσπαση κόκκων ή κρυστάλλων*. Εμφανίζεται λόγω δράσης αλάτων ή περικρυσταλλικής χημικής προσβολής.
- *Ζαχαροειδής φθορά*. Συμβαίνει λόγω όξινης προσβολής στα περατωτικά όρια των κρυστάλλων του μαρμάρου και λόγω ανακρυστάλλωσης του ανθρακικού ασβεστίου.
- *Απομειώσεις επιφανειών*. Εμφανίζονται λόγω χημικής διάλυσης ή αιολικής φθοράς.
- *Απολέπιση*. Συμβαίνει λόγω δράσης αλάτων, όξινης προσβολής και θερμοκρασιακών μεταβολών.

- *Κυψέλωση*. Στους συμπαγείς λίθους συμβαίνει λόγω όξινης προσβολής ή βιολογικών δράσεων, ενώ στους πορώδεις λίθους λόγω της δράσης διαλυτών αλάτων.
- *Ρηγματώση*. Συμβαίνει λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών, παγετού, ή εξωτερικών μηχανικών αιτίων.
- *Χρωματικές αλλοιώσεις*. Εμφανίζονται από αλλοιώσεις διαφόρων φάσεων του λίθου και από οξείδια μετάλλων.
- *Βιολογική κρούστα*. Οφείλεται στην ανάπτυξη μικροοργανισμών.



**Σχήμα 5:** Προέλευση και ανάπτυξη κρουστών σε μάρμαρο σε περιβάλλον βιομηχανικής περιοχής. [40]

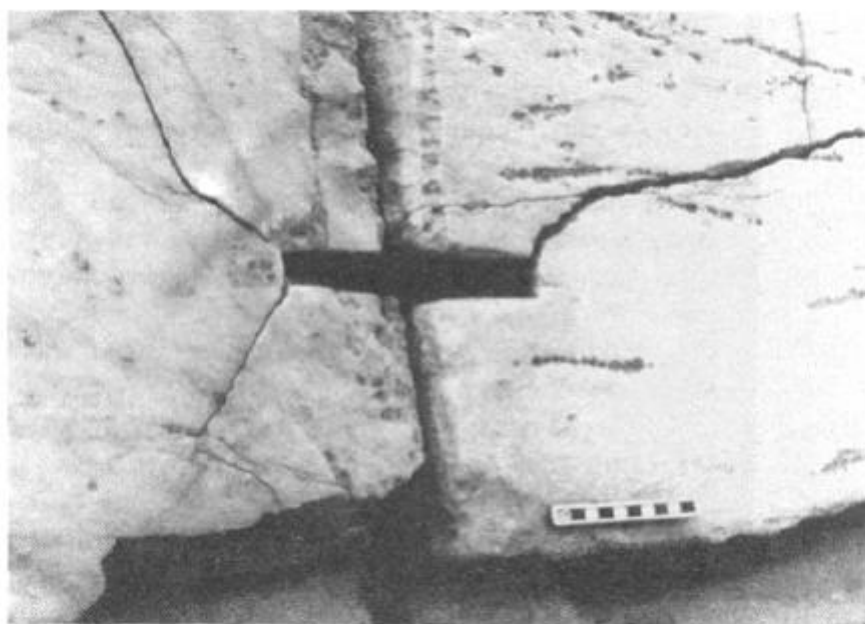
### Θερμοκρασιακές μεταβολές

Οι θερμοκρασιακές μεταβολές προκαλούν διαστολές και συστολές στα διάφορα υλικά γεγονός που οδηγεί στην ανάπτυξη μηχανικών τάσεων. Από το φαινόμενο αυτό πλήττονται περισσότερο οι λίθοι, ενώ και στο τσιμέντο καθώς και σε άλλα σύνθετα δομικά υλικά (π.χ. μπετόν, κονιάματα) είναι πιθανό να παρουσιαστούν παρόμοια φαινόμενα. Σε περιπτώσεις απότομων θερμοκρασιακών αλλαγών, οι ρηγματώσεις εκδηλώνονται στο όριο μεταξύ θερμού και ψυχρού σώματος, ενώ οι συχνοί και ήπιοι

κύκλοι μεταβολής της θερμοκρασίας προκαλούν χαλάρωση στο εσωτερικό στρώμα, το πάχος του οποίου κυμαίνεται ανάλογα με τα ορυκτολογικά χαρακτηριστικά του υλικού και τις κλιματικές συνθήκες. [30,29]

#### Διόγκωση μεταλλικών συνδέσμων

Η διόγκωση των μεταλλικών συνδέσμων οφείλεται στα προϊόντα της οξείδωσης, κυρίως οξείδια του σιδήρου ή ανθρακικά άλατα χαλκού που δημιουργούνται στην επιφάνεια των συνδέσμων αυτών και αυξάνουν σημαντικά τον όγκο του συστήματος μέταλλο – προϊόντα διάβρωσης. Η διόγκωση αυτή προκαλεί την ανάπτυξη ισχυρότατων μηχανικών τάσεων που οδηγούν στη ρήξη του υλικού όταν υπερβούν την αντοχή του. Μεταλλικοί σύνδεσμοι από χάλυβα, χαλκό και ορείχαλκο έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλά μνημεία του ελλαδικού χώρου. [29,30,58]



**Σχήμα 6:** Ρηγμάτωση μαρμάρου εξαιτίας της διόγκωσης του συνδέσμου λόγω διάβρωσης. [31]

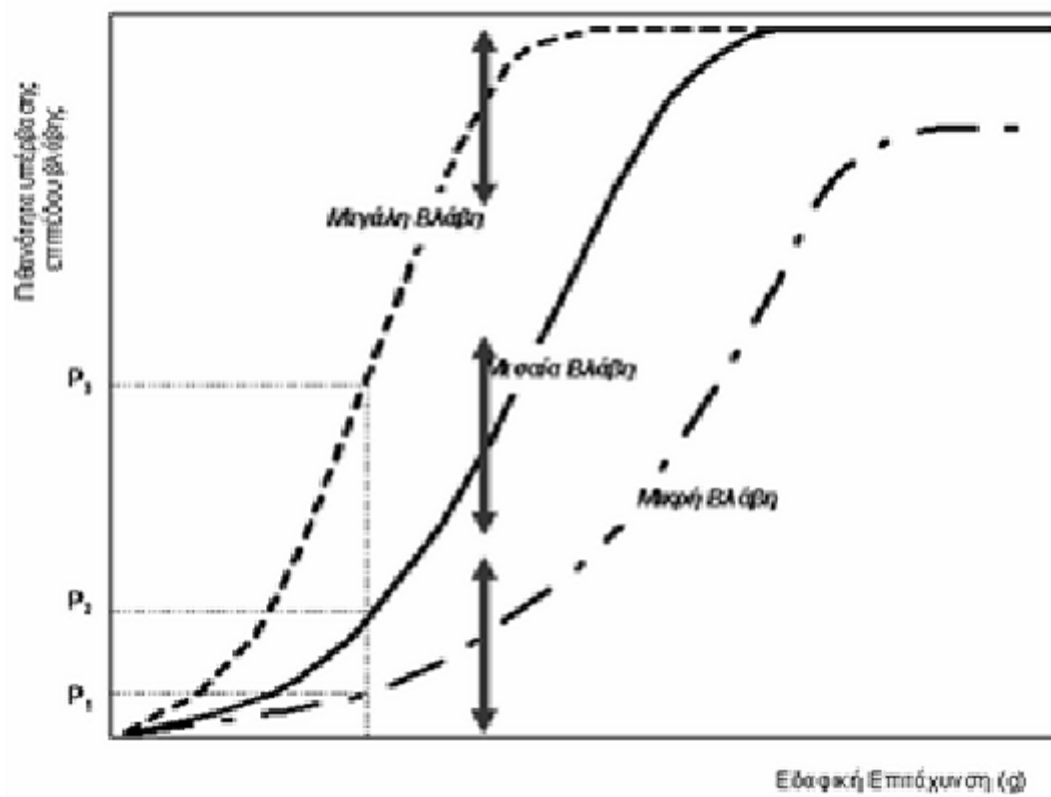


### Φθορά λόγω πάγου

Οφείλεται στην ανάπτυξη μηχανικών τάσεων από τους κρυστάλλους πάγου στο εσωτερικό των υλικών που όταν υπερβούν την αντοχή του υλικού, οδηγούν σε αστοχία του, δηλαδή τη ρηγμάτωση και αποσάθρωση. Η ένταση της φθοράς λόγω παγετού εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες στις οποίες εκτίθεται το υλικό, από τη διαπερατότητα του υλικού σε υγρασία και από την μηχανική αντοχή του. [29,30,58]

### Σεισμικές δονήσεις

Οι σεισμικές δονήσεις μπορεί να προκαλέσουν βλάβες όταν οι συχνότητες καταπόνησης κυμαίνονται μεταξύ 8 – 80 Hz. Κτίρια που έχουν υποστεί δομικές βλάβες είτε λόγω παρελθόντων σεισμικών δονήσεων, είτε λόγω φθοράς των υλικών τους, θα υποστούν περαιτέρω ζημιές και ίσως πλήρη κατάρρευση σε μικρότερες τιμές δυναμικών επιταχύνσεων από αυτές που μπορούν να αντέξουν καινούργια, ισχυρά και κατάλληλα σχεδιασμένα κτίρια. [38,49,50,51,52,58]



Σχήμα 7: Φθορά από μηχανικούς παράγοντες – Σεισμικές δονήσεις. [49]

### Φθορά από βιολογικούς παράγοντες

Οι βιολογικοί παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν φθορά στα δομικά υλικά μηχανικής ή χημικής φύσης είναι τα βακτήρια, οι μύκητες, τα άλγη, οι λειχήνες, τα δέντρα, τα φυτά και κάποια ζώα (π.χ. πουλιά). Οι σημαντικότερες επιπτώσεις της βιολογικής διάβρωσης στις ορυκτές φάσεις αφορούν την αισθητική εμφάνιση του υλικού, καθώς και χημικές – φυσικές εργασίες που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια των υλικών. [53,58]

### **I.3.3.ΑΣΥΜΒΑΤΑ ΥΛΙΚΑ**

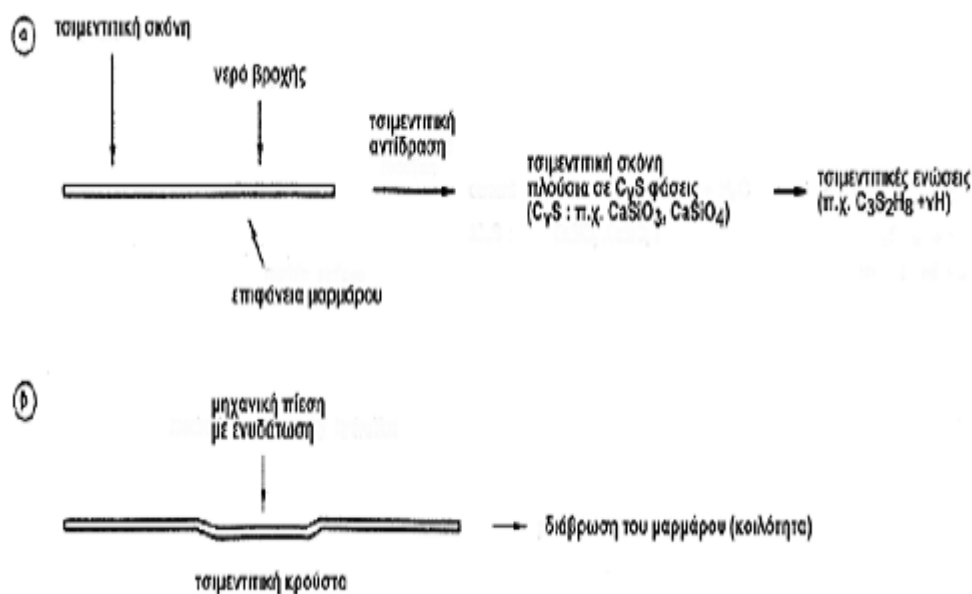
Τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται σε μια κατασκευή πρέπει να είναι συμβατά μεταξύ τους. Η συμβατότητα αυτή αφορά διάφορους παράγοντες, όπως η χημική σύσταση, ο συντελεστής θερμικής διαστολής (όσο το δυνατόν παρόμοιες τιμές, ώστε κατά τη διάρκεια θερμικών κύκλων να μην παρατηρείται ανομοιογένεια στη διαστολή και συνεπαγόμενη ανάπτυξη τάσεων), η πυκνότητα κ.α. και καθορίζεται κάθε φορά ανάλογα με την επιθυμητή συμπεριφορά των υλικών. Η ασυμβατότητα των υλικών είναι δυνατό να οδηγήσει στην αστοχία τους, στη μείωση της διάρκειας ζωής τους, ή την εκλεκτική ένταση της φθοράς σε ένα από τα υλικά του δομικού συστήματος.

Τα προβλήματα ασυμβατότητας των υλικών εκδηλώνονται στη διεπιφάνεια δομικών υλικών – περιβάλλοντος, εντείνοντας και επιταχύνοντας τη φθορά των υλικών, και στη διεπιφάνεια αυθεντικών υλικών – υλικών συντήρησης, ευνοώντας την ανάπτυξη τάσεων λόγω ανισοτροπίας με παθολογικές επιπτώσεις στην κλίμακα της τοιχοποιίας. Σύμφωνα με τα παραπάνω, βασικό κριτήριο για την επιλογή υλικών αποκατάστασης είναι η φυσικοχημική και αισθητική συμβατότητά τους με το υλικό του μνημείου που θα εφαρμοστεί (υπόστρωμα), αλλά και ολόκληρη την κατασκευή, ώστε σε συγκεκριμένες συνθήκες έκθεσης του δομικού συστήματος στις εσωτερικές και εξωτερικές δράσεις, να διασφαλίζεται η μέγιστη ανθεκτικότητα της κατασκευής.

Ένα από τα πιο συνηθισμένα ασύμβατα υλικά που χρησιμοποιούνται σε μνημεία είναι τα τσιμεντιτικά κονιάματα αποκατάστασης. Η χρήση του τσιμέντου ως συνδετικού υλικού σε τοιχοποιίες, αν και εκτεταμένη στο παρελθόν, σήμερα αναγνωρίζεται ότι προκαλεί έντονα προβλήματα φθοράς, κυρίως λόγω ασυμβατότητας με τα παραδοσιακά δομικά υλικά. [54,30]

Η ασυμβατότητα των κονιαμάτων τσιμέντου έγκειται σε κάποια γενικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν και διαφοροποιούνται από αυτά των

παραδοσιακών υλικών. Συγκεκριμένα έχουν μεγάλες τιμές θλιπτικής αντοχής και μέτρου ελαστικότητας, καθιστώντας τα πολύ δυνατά και άκαμπτα σε σχέση με τα παραδοσιακά κονιάματα στις ιστορικές τοιχοποιίες. Επίσης παρουσιάζουν μεγάλο συντελεστή θερμικής διαστολής, γεγονός που έχει ως επακόλουθο την άσκηση μηχανικών τάσεων στα αυθεντικά υλικά, που μπορεί να οδηγήσει ακόμη και στην πρόκληση ρηγματώσεων. Η μικρή τιμή πορώδους και η σχετικά πυκνή τους δομή, δυσκολεύει την ‘αναπνοή’ της τοιχοποιίας, δηλαδή την μεταφορά υγρασίας στους κύκλους ύγρυνσης και ξήρανσης. Αστοχία επίσης είναι πιθανό να δημιουργηθεί εξαιτίας του εκλεκτικού προσανατολισμού των *διαλυτών αλάτων* (των οποίων τα τσιμεντιτικά κονιάματα είναι φορέας), στα γειτονικά ιστορικά δομικά υλικά, μέσα από την άσκηση πιέσεων κρυστάλλωσης κατά τη φάση της εξάτμισης. Τέλος η χρήση του τσιμέντου ως υλικού αποκατάστασης, μπορεί ενδεχομένως να διαταράξει τη μηχανική συμπεριφορά, στατική και δυναμική, της τοιχοποιίας (Σχήμα 8). Για την αντιμετώπιση, λοιπόν, όλων αυτών των παραγόντων που προκαλούν φθορά πρέπει να γίνεται η σωστή διάγνωση με τις κατάλληλες μεθόδους. [54,41]



Σχήμα 8: Τσιμεντικές επικαλύψεις [42]

#### 1.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ - ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Η διάγνωση της φθοράς των υλικών, δηλαδή της απομείωσης των ιδιοτήτων τους και των μηχανικών χαρακτηριστικών τους, οφείλει να γίνεται σύμφωνα με μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία. Η μεθοδολογία αυτή ονομάζεται *Διαγνωστική Μελέτη*. Αναλυτικά, τα στάδια της διαγνωστικής μελέτης παρουσιάζονται παρακάτω. [55]



Σχήμα 9: Μεθοδολογία διαγνωστικής μελέτης

#### **I.4.1. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ**

Προτού μελετηθούν αναλυτικά οι διεργασίες φθοράς θα πρέπει να καταγραφεί η παρούσα κατάσταση διατήρησης των υλικών και να διερευνηθούν όποιες διαθέσιμες πηγές που θα παρέχουν σχετικές πληροφορίες. Η ιστορική τεκμηρίωση βασίζεται σε τυχόν αρχεία που υπάρχουν από την κατασκευή και καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του κτιρίου, μπορεί να είναι υπό μορφή φωτογραφιών, σχεδίων ή έντυπου υλικού και περιλαμβάνει την ιστορία του κτιρίου και τυχόν καταγεγραμμένες παλαιότερες επεμβάσεις. Τα στοιχεία αυτά θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση και ερμηνεία της κατάστασης του κτιρίου. Επίσης η τεκμηρίωση περιλαμβάνει τοπογραφική και αρχιτεκτονική αποτύπωση, καθώς και αποτύπωση και καταγραφή των υλικών που συνιστούν την τοιχοποιία. [56]

#### **I.4.2. ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ**

Εδώ απαιτείται ο παρατηρητής να έχει εμπειρία και παρατηρητικότητα καθώς χρησιμοποιεί τις αισθήσεις του- όραση και αφή- για πρώτη εκτίμηση της κατάστασης. Χαρτογραφούνται τα διάφορα φαινόμενα φθοράς ανάλογα με την τυπολογία που παρουσιάζουν (decay patterns) όπως κρούστες διαφόρων τύπων, κυψελοειδής διάβρωση, βιολογική φθορά, ρηγματώσεις, αποφλοιώσεις, απομειώσεις, ασυνέχειες κτλ. Επίσης ο ειδικός σημειώνει τυχόν παλαιότερες επεμβάσεις που είναι εμφανείς μακροσκοπικά.

#### **I.4.3. ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**

Σημαντικές πληροφορίες όμως, μπορούμε να αντλήσουμε και από επί τόπου μη καταστρεπτικές μετρήσεις (Non Destructive Techniques) όπου γίνεται χαρτογράφηση τόσο των υλικών όσο και της φθοράς ενώ ταυτόχρονα αποτιμώνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχει η κατασκευή του μνημείου. Επιπλέον μπορεί να διερευνηθεί επιτόπου η κατάσταση των υλικών στο επίπεδο της δομής και της μικροδομής της επιφανείας των υλικών. Η μη αναγκαιότητα δειγματοληψίας τονίζεται καθώς έρχεται σε συμφωνία με τη σύγχρονη ηθική που υπαγορεύει τον ελάχιστο βαθμό επέμβασης και ρίσκου για το μνημείο καθ' όλη τη διαδικασία συντήρησής του. Το μειονέκτημα των NDT έγκειται αφενός στην έλλειψη προτυποποίησης, αφετέρου στο γεγονός ότι τα αποτελέσματα είναι περισσότερο

ποιοτικά παρά ποσοτικά με συνέπεια τη χρησιμοποίησή τους περισσότερο περιγραφικά και συγκριτικά παρά ως απόλυτα δεδομένα. [57]

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κύριες NDT που εφαρμόζονται σήμερα και περιγράφεται η αρχή λειτουργίας τους.

- **Θερμογραφία Υπερύθρου (IR Thermography):** Ο θερμογράφος ανιχνεύει τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα υλικό και τη μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα. Κατόπιν, με ειδικό λογισμικό προκύπτει το θερμογράφημα στο οποίο οι διάφορες περιοχές της τοιχοποιίας υπό εξέταση λαμβάνουν χρώματα που ορίζονται από τη θερμοκρασία τους. Στα πορώδη δομικά υλικά η επιφανειακή θερμοκρασία σχετίζεται με την περιεχόμενη υγρασία καθώς και με την τραχύτητα της επιφάνειας. [59,60]
- **Επεξεργασία ψηφιακής εικόνας (Digital Image Processing, DIP):** Η αρχή λειτουργία βασίζεται στο διαφορετικό ποσοστό ανάκλασης και απορρόφησης του ορατού φάσματος από μια επιφάνεια ανάλογα με την κατάσταση αυτής. [61]
- **Μέτρηση Ταχύτητας Διάδοσης Υπερήχων (Ultrasound Method, US):** Η μέθοδος βασίζεται στη μέτρηση της ταχύτητας διάδοσης υπερηχητικών κυμάτων διαμέσου ενός υλικού, η οποία σχετίζεται με την πυκνότητά του, καθώς επίσης και με τις δυναμικές παραμέτρους ελαστικότητας του υλικού [62,63]
- **Μικροσκοπία Οπτικών Ινών (Fiber Optics Microscopy, FOM):** Η μέθοδος συνίσταται στην ανάκλαση και μετάδοση του οπτικού σήματος (εικόνα μικροσκοπίου) μέσα στην οπτική ίνα με τη μορφή ακολουθίας ψηφιακών παλμών και τη μετατροπή των παλμών σε ηλεκτρικό σήμα στο τέρμα της ζεύξης του συστήματος. [64]

#### **1.4.4. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ**

Κατόπιν, από τις μακροσκοπικές αλλά και από τις επί τόπου παρατηρήσεις γίνεται ο προσδιορισμός και στη συνέχεια η παρακολούθηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων που επηρεάζουν τη φθορά του εκάστοτε μνημείου. Πιο συγκεκριμένα προσδιορίζεται το μικροκλίμα της περιοχής, δηλαδή γίνεται καταγραφή της θερμοκρασίας, της υγρασίας, των βροχοπτώσεων, της ταχύτητας και συχνότητας του

ανέμου , καθώς επίσης και των μεταβολών των παραπάνω μεγεθών. Έπειτα καταγράφονται οι ρύποι που πιθανόν επηρεάζουν το μνημείο που εξετάζουμε. Οι ρύποι ενδεχομένως μπορεί να είναι τόσο αερολύματα, υδρολύματα αλλά και στερεολύματα. Ακολουθεί η χημική ανάλυση του εδάφους καθώς επίσης και η παρακολούθηση της ανερχόμενης υγρασίας ενώ επιπρόσθετα εξετάζεται η παρουσία αλάτων σε στερεή ή υγρή φάση.

#### **1.4.5. ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΤΟΥΣ**

Η ταυτοποίηση των δομικών υλικών αποτελεί απαραίτητο στάδιο της διάγνωσης προκειμένου να διερευνήσουμε τα φαινόμενα φθοράς. Προϋποθέτει δειγματοληψία που πρέπει αφενός να γίνεται περιορισμένα, αφετέρου να είναι αντιπροσωπευτική του υλικού πριν αλλοιωθεί από τα φαινόμενα φθοράς και επομένως να προέρχεται από κάποιο βάθος. [65,66]

- a) **Χαρακτηρισμός συστήματος- Τοιχοποιία:** Το πρώτο βήμα στη διερεύνηση της παθολογίας του μνημείου είναι ο προσδιορισμός του συστήματος που μας ενδιαφέρει, δηλαδή της τοιχοποιίας. Από την κατασκευή της μια τοιχοποιία αποτελεί ένα ετερογενές σύστημα ποικίλων και σύνθετων υλικών με διαφορετικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες τα οποία βρίσκονται σε επαφή. Η ανθεκτικότητα εξάλλου της τοιχοποιίας εξαρτάται τόσο από τα επιμέρους συστατικά όσο και από τις ιδιότητες και τη συμπεριφορά της σύνθεσης αυτών. Τα τυπικά δομικά υλικά που συναντάμε σε μνημεία και ιστορικές τοιχοποιίες είναι οι λίθοι, οι πλίνθοι και οπτόπλινθοι, καθώς και τα κονιάματα διαφόρων λειτουργιών (αρμών, πλήρωσης, επιχρίσματα κ.α.).
- b) **Χαρακτηρισμός επιμέρους υλικών:** Ο χαρακτηρισμός των υλικών συνίσταται στον προσδιορισμό της σύστασης (χημικής και ορυκτολογικής), της μικροδομής, των φυσικοχημικών και μηχανικών ιδιοτήτων. Η ταυτοποίηση των υλικών είναι πολύ σημαντική καθώς τα εγγενή χαρακτηριστικά των υλικών καθορίζουν την επιδεκτικότητά τους στη φθορά και την τυπολογία εκδήλωσης αυτής, σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές παραμέτρους. Για πολλά υλικά εξάλλου η μορφολογία της φθοράς είναι συγκεκριμένη και προδιαγεγραμμένη και οι περιβαλλοντικές συνθήκες επιδρούν κυρίως στην ένταση αυτής. [56]

Να σημειωθεί ότι πέραν των παραδοσιακών αυθεντικών υλικών συχνά στα ιστορικά κτίρια και μνημεία εντοπίζονται μοντέρνα υλικά παλαιότερων επεμβάσεων, τεκμηριωμένων ή όχι. Τυπικά τα υλικά αυτά παρουσιάζουν πέραν της αισθητικής και φυσικοχημική ασυμβατότητα (διαφορετική μικροδομή, μηχανικές αντοχές, φυσικές ιδιότητες) με αποτέλεσμα να επιταχύνουν τη φθορά των αυθεντικών υλικών μακροπρόθεσμα. Τα νεότερα αυτά υλικά αποτελούν ενταγμένο πλέον μέρος του συστήματος και θα πρέπει ομοίως να χαρακτηρισθούν. [67,68,69]

- c) **Έρευνα προέλευσής των δομικών υλικών:** Μετά την ταυτοποίηση γίνεται απόπειρα εντοπισμού του λατομείου προέλευσης των λίθων, ή προσδιορίζεται η ακριβής σύσταση και τεχνολογία παρασκευής των κονιαμάτων με τη μέθοδο της αντίστροφης μηχανικής. Έτσι επιτρέπεται η περαιτέρω εξέταση δειγμάτων και δοκιμίων που όμως δεν προέρχονται από το μνημείο, χάριν οικονομίας. Επιπλέον ο εντοπισμός της προέλευσης είναι απαραίτητος και για την μετέπειτα φάση της μελέτης των επεμβάσεων, προκειμένου να αντικατασταθούν πολύ διαβρωμένοι με υγιείς και συμβατούς λίθους, ή να παρασκευαστούν συμβατά κονιάματα αποκατάστασης. [56,70]

#### **1.4.6. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ**

Ταυτόχρονα με τις προηγούμενες διαδικασίες που αναφέραμε γίνεται εκτεταμένη μελέτη της φθοράς στο εργαστήριο. Δηλαδή λαμβάνονται συστηματικά, αντιπροσωπευτικά δείγματα όλων των μορφών φθοράς από χαρακτηριστικά σημεία του μνημείου για τα οποία στη συνέχεια προσδιορίζεται η ορυκτολογική, φυσικομηχανική και μηχανική σύστασή τους. Έπειτα γίνεται η χημική και ορυκτολογική ανάλυση των προϊόντων της φθοράς. Τέλος, συγκρίνονται τα αποτελέσματα των υγιών και των φθαρμένων υλικών με στόχο να εξαχθούν συμπεράσματα για το είδος και το βαθμό διάβρωσης των υλικών, την κατάσταση των προϊόντων διάβρωσης, τη φυσική κατάσταση του διαβρωμένου υλικού και τα αίτια που οδήγησαν στη φθορά των υλικών.

#### **1.4.7. ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ**

Στη συνέχεια παρατίθενται οι κύριες ενόργανες μικροσκοπικές, αναλυτικές και φυσικές μέθοδοι που εφαρμόζονται για τον χαρακτηρισμό των υλικών και των προϊόντων φθοράς και δίνεται συνοπτικά η αρχή λειτουργίας τους και η φύση των



πληροφοριών που αποκομίζεται. Λεπτομερέστερη περιγραφή κάποιων από τις μεθόδους θα γίνει κατά την ανάπτυξη του θέματος στις αντίστοιχες ειδικές ενότητες.

a) **Σύσταση, υφή και μορφολογία των δομικών υλικών:**

- **Οπτική και πολωτική μικροσκοπία:** Το οπτικό μικροσκόπιο, ή στερεομικροσκόπιο χρησιμοποιεί λευκό φως ως πηγή ακτινοβολίας και ένα σύστημα φακών για μεγέθυνση των παρατηρούμενων αντικειμένων. Η ταυτοποίηση γίνεται βάσει του σχήματος των κρυστάλλων, τα επίπεδα σχισμών και τις οπτικές ιδιότητες αυτών. [56,71]
- **Μικροσκοπία οπτικών ινών (Fibre Optics Microscopy FOM):** Με αυτή τη μέθοδο εξετάζεται η μορφολογία της επιφάνειας, εντοπίζονται διαφορετικά υλικά σε επαφή και εκτιμάται η κατάσταση διατήρησης των υλικών. [72]
- **Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης και στοιχειακή μικροανάλυση (Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-Ray Analysis, SEM-EDS):** Η αρχή λειτουργίας του SEM στηρίζεται στην αλληλεπίδραση δέσμης ηλεκτρονίων με την επιφάνεια του εξεταζόμενου δείγματος. Με αυτό τον τρόπο έχουμε απεικόνιση της μικροδομής και της μορφολογίας της επιφάνειας στο επίπεδο της νανοκλίμακας. [73,74]
- **Φασματοσκοπία Ατομικής Απορρόφησης (Atomic Absorption Spectroscopy, AAS) και Φασματοσκοπία Ατομικής Εκπομπής (Atomic Emission Spectroscopy, AES):** Οι δύο μέθοδοι στηρίζονται στην ιδιότητα των στοιχείων μιας ουσίας όταν βρίσκονται στην ατομική κατάσταση να απορροφούν ακτινοβολία χαρακτηριστικού μήκους κύματος και να διεγείρονται. Κατά την AAS μετράται η ενέργεια που απορροφάται, ενώ κατά την AES η ενέργεια που εκπέμπεται κατά την αποδιέγερση των ατόμων και μετάπτωσή τους και πάλι στη θεμελιώδη κατάσταση. [75]
- **Ιοντική Χρωματογραφία (Ion Chromatography, IC):** Η μέθοδος της χρωματογραφίας εφαρμόζεται για το διαχωρισμό σύνθετων μιγμάτων και τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των επιμέρους

συστατικών. Βασίζεται στη διαφορετική κατανομή κάθε ουσίας μεταξύ μιας στατικής, στερεάς και μιας κινητής υγρής φάσης. [76]

- **Αγωγιμομετρία:** Μετράται η ηλεκτρική αγωγιμότητα διαλυμάτων η οποία σχετίζεται με τη συγκέντρωση των ολικών διαλυτών αλάτων [77]
- **Περίθλαση ακτινών X (XRD):** Πρόκειται για μέθοδο χαρακτηρισμού της κρυσταλλικής δομής των υλικών. Η προσπίπτουσα στην ουσία υπό εξέταση ακτινοβολία X ανακλάται [78,79]
- **Φθορισμός ακτινών X (XRF):** Τα άτομα μιας ουσίας απορροφούν ακτινοβολία και μεταπίπτουν από τη βασική στη διεγερμένη ενεργειακή κατάσταση. [80]
- **Φασματοσκοπία υπέρυθρου με μετασχηματισμό Fourier (FTIR):** Η φασματοσκοπία υπέρυθρου αποτελεί κλασική εργαστηριακή τεχνική ανάλυσης ανόργανων και οργανικών ενώσεων. Βασίζεται στην απορρόφηση υπέρυθρης ακτινοβολίας από τα όρια της ουσίας υπό μελέτη σε χαρακτηριστικά μήκη κύματος. [81]
- **Διαφορική θερμική ανάλυση και θερμοβαρουμετρία (Differential Thermal Analysis/ Thermogravimetric Analysis, DTA/TG):** Κατά τις θερμικές μεθόδους ανάλυσης η ουσία υπό εξέταση υποβάλλεται σε ένα καθορισμένο θερμοκρασιακό πρόγραμμα και παρακολουθούνται οι φυσικές και χημικές μεταβολές που υπόκειται. [82]

b) **Χαρακτηρισμός μικροδομής:**

- **Ποροσιμετρία υδραργύρου (Mercury Intrusion Porosimetry, MIP):** Η αρχή λειτουργίας βασίζεται στην εξίσωση του Washburn:  $P=2\gamma\cos\theta/R$  που συσχετίζει την ακτίνα των πόρων με την πίεση που πρέπει να ασκηθεί στον υδράργυρο για να διεισδύσει σε αυτούς. [73,74]
- **Επεξεργασία Ψηφιακών εικόνων ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (DIP-SEM):** Μελετώνται και υπολογίζονται στατιστικά τα χαρακτηριστικά μικροδομής (πορώδες, κατανομή μεγέθους πόρων, βαθμός κυκλικότητας, γεωμετρικά χαρακτηριστικά πόρων). [85,86]

- **Ανάλυση ψηφιακής εικόνας λεπτής τομής κατόπιν εμβάπτισης σε ρητίνη φθορίζουσα στο UV:** Χρησιμοποιούνται και εδώ ψηφιακές εικόνες μικροσκοπίου από λεπτές τομές του δείγματος. [85]
- **Μέθοδος ρόφησης αερίων (BET):** Κατά τη μέθοδο BET (από τη θεωρία των Brunauer, Emmet και Teller) ένα αδρανές αέριο (άζωτο ή αργό) βάλλεται στο δείγμα υπό σταθερή θερμοκρασία κοντά στο σημείο συμπύκνωσης. Θεωρείται ότι το αέριο προσροφάται ομοιόμορφα στο σύνολο της επιφάνειας του στερεού σχηματίζοντας μια ή περισσότερες στιβάδες. Από τον όγκο του αερίου που προσροφήθηκε υπολογίζεται η ειδική επιφάνεια των πόρων, καθώς και ο ολικός ειδικός όγκος. [85,87]

c) **Φυσικές ιδιότητες- Περαιτότητα του υλικού σε υδατικά διαλύματα και αέρια:**

- **Συντελεστή υδατοαπορρόφησης:** Ο συντελεστής υδατοαπορρόφησης παρέχει το ρυθμό της τριχοειδούς αναρρίχησης υδατικών διαλυμάτων, ο οποίος εξαρτάται από τη φύση και τη διάμετρο των μικρών πόρων του υλικού που καλούνται τριχοειδείς. [88]
- **Βαθμός απορροφητικότητας:** Ο βαθμός υδατοαπορροφητικότητας  $C_{Ab}\%$  δίνεται από τον λόγο του βάρους απορροφημένου ύδατος σε κατάσταση κορεσμού προς το βάρος του ξηρού δείγματος ανοιγμένο στα 100.[89,90]
- **Συντελεστής υδατοκορεσμού:** Ο βαθμός υδατοκορεσμού  $C_s$  ορίζεται ως ο λόγος του όγκου ύδατος που απορροφάται από ένα δοκίμιο λίθου με τριχοειδή αναρρίχηση προς τον αντίστοιχο όγκο κατόπιν εμβάπτισης υπό πίεση κατά την εξίσωση  $C_s = \frac{V_{abc}}{V_{tot}}$ . [90,91]

d) **Μηχανικές ιδιότητες:**

- **Μέτρηση αντοχής σε εφελκυσμό, θλίψη, κάμψη, κρούση με ειδικές δοκιμές:** Οι δοκιμές μηχανικών ιδιοτήτων αφορούν κυρίως στη δομοστατική ανάλυση και είναι αντικείμενο των πολιτικών μηχανικών και επιστημόνων της αντοχής των υλικών. Εντούτοις δίνουν χρήσιμες πληροφορίες για την κατάσταση των υλικών και την ανθεκτικότητα ή

επιδεκτικότητά τους στη φθορά. Οι δοκιμές γίνονται με ειδικά όργανα συνδεδεμένα με υπολογιστή. Το δοκίμιο υπόκειται σε σταδιακά αυξανόμενη τάση και καταγράφεται η καταπόνηση (μεταβολή των διαστάσεων). Η αντοχή του υλικού καθορίζεται από την ελάχιστη τάση που προκαλεί αστοχία. [92,93]

- **Μέτρηση ταχύτητας διάδοσης υπερήχων:** Γίνεται εκτίμηση της αντοχής και του βαθμού διάβρωσης των υλικών, υπολογισμός του πάχους της διαβρωμένης ζώνης και του βάθους εσωτερικών κενών. [94]

e) **Συμπεριφορά του υλικού στους περιβαλλοντικούς παράγοντες:**

- **Δοκιμές επιταχυνόμενης γήρανσης ε κύκλους ψύξης- απόψυξης, αλατονέφωσης και απόθεσης SO<sub>2</sub>:** Προτείνονται διάφορες δοκιμές με σκοπό την εξομοίωση και επιτάχυνση των μηχανισμών διάβρωσης και επομένως τη διερεύνηση της συμπεριφοράς των υλικών και της ειδικής συμμετοχής των παραμέτρων που επιδρούν. Τυπικά μελετώνται οι μηχανισμοί διάβρωσης από παγετό, από κρυστάλλωση αλάτων και από όξινη απόθεση. Οι δοκιμές πραγματοποιούνται σε δοκίμια λίθων από το λατομείο προέλευσης ή σε κονιάματα παρασκευασμένα κατά το πρωτότυπο βάσει της αντίστροφης μηχανικής. [89,94]

#### **1.4.8.ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΕΝΔΟΓΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΞΩΓΕΝΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ**

Τόσο από την ταυτοποίηση των δομικών υλικών, όσο και από τη μελέτη της φθοράς στο εργαστήριο μπορούμε πλέον να οδηγηθούμε σε μια συσχέτιση των ενδογενών και των εξωγενών παραγόντων της φθοράς στο επίπεδο του μνημείου. Συγκεκριμένα γίνεται μια στοχαστική συσχέτιση των περιβαλλοντικών παραγόντων και των δεδομένων της φθοράς των υλικών με πολυκριτηριακή ανάλυση, η οποία ακολουθεί δύο κύριους άξονες:

- a) **την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες**, κατά την οποία υπάρχουν δύο ομάδες μεταβλητών, οι ενδογενείς και οι εξωγενείς, ενώ ταυτόχρονα κατασκευάζεται η γραφική παράσταση του συνόλου των δεδομένων σε διδιάστατο

διάγραμμα. Κατά την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες γίνεται επίσης εκτίμηση του ρόλου και του ειδικού βάρους κάθε μεταβλητής στις διαφορετικές ομάδες.

- b) **την ανάλυση διάκρισης**, κατά την οποία έχουμε μια πλήρη εικόνα του διαχωρισμού των δεδομένων σε ομάδες καθώς επίσης και την αναλυτική καταγραφή των συναρτήσεων διάκρισης. Επιπλέον μπορούμε να έχουμε πρόβλεψη για την κατάταξη κάθε νέας περίπτωσης σε κάποια από τις υπάρχουσες ομάδες.

Άμεσα ή έμμεσα, σαν αποτέλεσμα όλων των παραπάνω διαδικασιών προκύπτει μια αρκετά ακριβής εκτίμηση των αιτίων και των μηχανισμών της φθοράς. Η εκτίμηση αυτή προκύπτει τόσο από την αξιολόγηση των εργαστηριακών δεδομένων όσο και από την αξιολόγηση των δεδομένων από τα αποτελέσματα των επί τόπου μη καταστρεπτικών μετρήσεων, τα οποία μας οδηγούν σε ασφαλή πλέον συμπεράσματα.

#### **I.4.9. Η ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ**

Το τελευταίο στάδιο της διαγνωστικής μελέτης περιλαμβάνει την παραμετρική ανάλυση του προβλήματος της φθοράς με στόχο την προσομοίωση των φαινομένων στο εργαστήριο σε συνθήκες επιταχυνόμενης γήρανσης. Με βάση τους παράγοντες που είναι γνωστό πλέον ότι επηρεάζουν τα φαινόμενα φθοράς, προσομοιώνονται οι υπάρχουσες συνθήκες στο εργαστήριο ενώ ταυτόχρονα λαμβάνουν χώρα δοκιμές επιταχυνόμενης γήρανσης μέσω θαλάμων αλατονέφωσης, θαλάμων προσομοίωσης περιβαλλοντικών συνθηκών, κύκλων εμβάπτισης - ξήρανσης κ.α. Με τον τρόπο αυτό γίνεται η οριστική επιβεβαίωση της αρχικής εκτίμησης για τα αίτια και τους μηχανισμούς της υπάρχουσας φθοράς στο εκάστοτε μνημείο.

Πρέπει να αναφερθεί ότι η *Διαγνωστική Μελέτη* αποτελεί ίσως το σημαντικότερο στάδιο κατά τα προγράμματα συντήρησης και αποκατάστασης των μνημείων.[95]

## **1.5 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ - ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

Όταν τα διάφορα υλικά είναι εκτεθειμένα σε μεταβαλλόμενες συνθήκες περιβάλλοντος, υπόκεινται σε αναπόφευκτες πορείες διάβρωσης. Ο απώτερος σκοπός όλων των τύπων επεμβάσεων στη συντήρηση είναι να καθυστερούν και να ελαχιστοποιούν αυτές τις πορείες διάβρωσης. [96]

### **1.5.1.ΚΡΙΣΙΜΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ**

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που οδηγούν σε άστοχες και βλαπτικές επεμβάσεις συντήρησης στα μνημεία είναι το γεγονός πως αυτές γίνονται με βάση τον εμπειρισμό και όχι με την επιστημονική προσέγγιση που θα έπρεπε. Αυτό συμβαίνει λόγω:

- Έλλειψης διαγνωστικής μελέτης
- Αποσπασματικών επεμβάσεων συντήρησης χωρίς στρατηγικό σχεδιασμό
- Έλλειψης μελέτης των υλικών και των επεμβάσεων συντήρησης
- Άκριτης χρήσης ασύμβατων υλικών
- Προβλημάτων που επιτείνονται από την ποικιλομορφία των παραδοσιακών/ιστορικών υλικών

Για αυτό το λόγο 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. [97]

### **1.5.2.ΣΤΑΔΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΜΝΗΜΕΙΟΥ**

Είναι πλέον επιτακτική η διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς και η προστασία των μνημείων. Έτσι μια επιχείρηση συντήρησης ενός μνημείου πρέπει να περιλαμβάνει κάποια συγκεκριμένα στάδια:

#### **A. Επέμβαση στο μνημείο**

Το πρώτο βήμα που πρέπει να γίνει είναι η συντήρηση των υλικών και αν χρειαστεί κάποια επέμβαση με την παρακάτω ακολουθία:

- ❖ Προστερέωση
- ❖ Καθαρισμός
- ❖ Στερέωση
- ❖ Προστασία
- ❖ Κονιάματα αποκατάστασης
- ❖ Αντιμετώπιση ανερχόμενης υγρασίας
- ❖ Ολοκλήρωση

Με τις κατάλληλες δομοστατικές και αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις γίνεται η αποκατάσταση του φορέα και η αναστήλωση του μνημείου αντίστοιχα. [99,100]

#### B. Επέμβαση στο περιβάλλον

Το περιβάλλον παίζει καταλυτικό ρόλο στην κατάσταση των μνημείων. Για αυτό το λόγο πρέπει να λαμβάνονται μέτρα περιβαλλοντικής προστασίας των μνημείων όπως είναι ο έλεγχος των μικροκλιματικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων. Επίσης για να υπάρχει ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών κινδύνων απαραίτητη είναι η ορθή διαχείριση του περιβάλλοντος με τις κατάλληλες χωροταξικές και πολεοδομικές ρυθμίσεις. Η συντήρηση είναι ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα διαχείρισης του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. [99,100]

Οπότε, ανακεφαλαιώνοντας τα στάδια που πρέπει να περιλαμβάνονται σε μια επιχείρηση συντήρησης ενός μνημείου, είναι:

1. Διαγνωστική μελέτη, δηλαδή μελέτη των ιδιοτήτων των αυθεντικών υλικών και των μηχανισμών φθοράς τους
2. Μελέτη υλικών και επεμβάσεων συντήρησης

#### **1.5.3. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ [5,96]**

Για να είναι σωστή η επιλογή των υλικών και των μεθόδων επέμβασης πρέπει να ικανοποιούνται κάποια κριτήρια. Τα βασικότερα από αυτά είναι:

- Η γενικότερη δεοντολογία των επεμβάσεων συντήρησης όπως είναι ο χάρτης της Βενετίας αλλά και αναθεώρησή του βάση νεώτερων απόψεων.
- Η συμβατότητα των δομικών υλικών μεταξύ τους και ως προς τα υλικά επέμβασης.
- Η αντιστρεψιμότητα της επέμβασης στο μέτρο πάντα που αυτό είναι δυνατό.

#### **1.5.4. ΑΝΑΓΚΗ ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ**

Είναι φανερό ότι η έρευνα μπορεί να γίνει σε διαφορετικές επιστημονικές περιοχές.:

- Στην ιστορία της αρχιτεκτονικής (για θέματα φάσεων και μορφής του μνημείου σε αυτές)
- Στη στατική (για θέματα στατικής επάρκειας του κτιρίου).
- στη φυσικοχημεία (για θέματα διακοπής της διάβρωσης ή της υγρασίας)
- στην τεχνολογία των δομικών υλικών
- στην κοινωνιολογία (για την έρευνα της ιστορικής αξίας της διατήρησης του πολιτισμικού ιστού)
- και σε πολλούς άλλους τομείς.

Έτσι λοιπόν στις απαραίτητες προϋποθέσεις προκειμένου να γίνει επέμβαση για συντήρηση, αποκατάσταση ή αναστήλωση ενός μνημείου εκτός από την τήρηση ενός πλαισίου αντικειμενικών αρχών, πρέπει να προσθέσουμε και τη διασύνδεση της όλης προσπάθειας με την επιστημονική έρευνα. [3]

#### **1.5.5. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ [99]**

Για τον στρατηγικό σχεδιασμό των επεμβάσεων τα στάδια είναι:

- Διάγνωση – Χαρτογράφηση της φθοράς
- Σχεδιασμός επεμβάσεων συντήρησης στην κλίμακα του μνημείου
- Αποτίμηση πιλοτικών εφαρμογών
- Διαχείριση δεδομένων με GIS ( Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία βάσης δεδομένων που περιλαμβάνει δεδομένα που σχετίζονται με το περιβάλλον, τις χρήσεις και τις λειτουργίες, τα υλικά και τη δομή. Κάνει δυνατή την εκτίμηση σεναρίων στρατηγικών επεμβάσεων. Η συνεκτίμηση των δεδομένων και η δυναμική βάση δεδομένων κατηγοριοποιούν τα είδη φθοράς και τα σημεία που συναντώνται και τις πιθανές αιτίες πρόκλησης.)

Ακολουθεί η εφαρμογή του έργου αφού έχουν συγκεντρωθεί, αναλυθεί και αξιοποιηθεί όλες οι πληροφορίες και τα στοιχεία από τα προηγούμενα στάδια.

Επομένως προϋπόθεση κάθε επέμβασης σε αρχιτεκτονικό μνημείο είναι η γνώση του σε βάθος. Αυτό συναρτάται αφενός από ένα σύστημα γνώσεων και αφετέρου από την



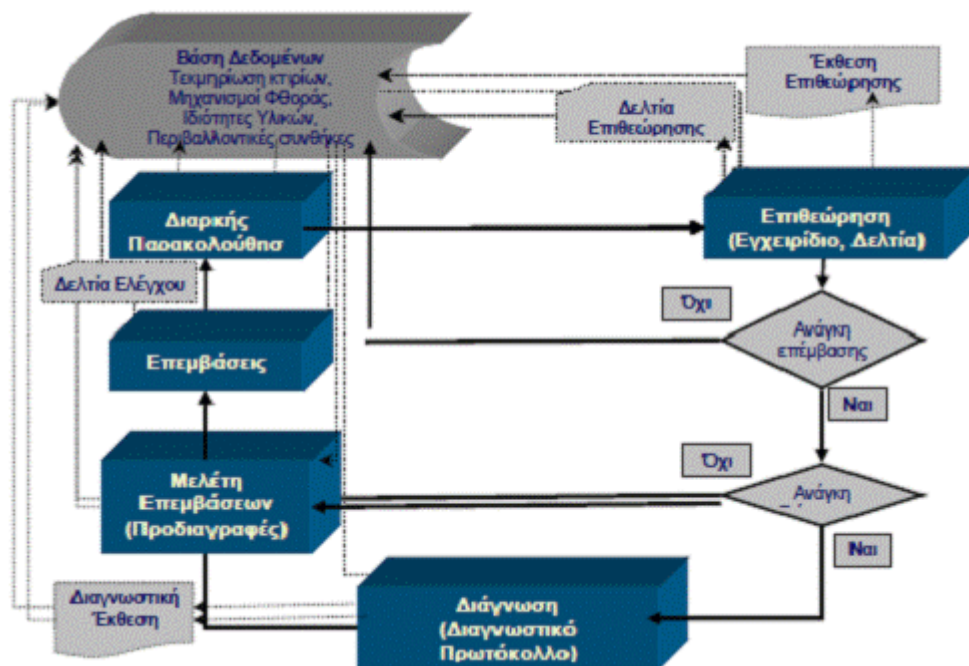
έρευνα. Πρόκειται για το αναλυτικό μέρος της μελέτης επέμβασης. Το συνθετικό μέρος συνοψίζει όλα όσα προκύπτουν από την τεκμηρίωση και την έρευνα και τελικά περιλαμβάνει την πρόταση καθώς και τα συμπληρωματικά στοιχεία οργάνωσης της εκτέλεσης.

## 1.6 ΟΛΟΚΡΗΡΩΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ

Η ολοκληρωμένη μεθοδολογία προστασίας ενός μνημείου αποσκοπεί στην αιεφόρο αποκατάστασή του και την ανάδειξη των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και αξιών. Συντίθεται από επιμέρους εξειδικευμένες μελέτες που υπαγορεύονται από τον πολυδιάστατο χαρακτήρα του μνημείου και προϋποθέτουν τη συνεισφορά και τη συνεργασία διαφόρων ειδικών, ως εξής:

- Αρχιτεκτονική μελέτη που εκπονείται από τον αρχιτέκτονα και αποσκοπεί στη μορφολογική αποκατάσταση του μνημείου.
- Δομοστατική μελέτη που εκπονείται από τον πολιτικό μηχανικό και στοχεύει στη δομητική αποκατάσταση και ενίσχυση του μνημείου.
- Μελέτη των υλικών και της φθοράς αυτών που αφορά τον επιστήμονα των υλικών και αποσκοπεί στην άρση ή επιβράδυνση των μηχανισμών φθοράς και την αποκατάσταση της φυσικής κατάστασης και της αισθητικής των υλικών.
- Εδαφοτεχνική μελέτη που αφορά γεωλόγους και άλλους ειδικούς.

Στο Σχήμα 10 παρουσιάζονται οι διακριτές ενέργειες που συνιστούν ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα συντήρησης των δομικών υλικών ενός μνημείου. Η μεθοδολογία προϋποθέτει μια υπεύθυνη επιστημονική προσέγγιση βασισμένη στο πλούσιο γνωστικό υπόβαθρο και την εμπειρία που διαθέτουμε σήμερα πάνω στη συμπεριφορά των υλικών στο χρόνο. [101]



**Σχήμα 10:**Επισκόπηση ενεργειών ολοκληρωμένης μεθοδολογίας προστασίας του μνημείου [101]

Κεντρικό στοιχείο του διαγράμματος και σημείο αναφοράς κάθε ενέργειας είναι η βάση δεδομένων που περιλαμβάνει την ιστορική τεκμηρίωση του κτιρίου καθώς και πολυποίκιλες πληροφορίες υπό μορφή σχεδίων, φωτογραφιών, πινάκων και δελτίων που αναφέρονται στα χαρακτηριστικά των αυθεντικών υλικών, τους τύπους και τους μηχανισμούς φθοράς και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι ενέργειες που τροφοδοτούν τη βάση δεδομένων περιλαμβάνουν την επιθεώρηση ή τακτική παρακολούθηση του κτιρίου και την επισήμανση όποιων προβλημάτων παρατηρηθούν που θα οδηγήσει στην απόφαση για την αναγκαιότητα της διαγνωστικής μελέτης.

Η διαδικασία της διάγνωσης-αυτοψίας γίνεται βάσει πρωτοκόλλου και από αυτή συντάσσεται η διαγνωστική έκθεση η οποία προσδιορίζει την παθολογία του κτιρίου και τα αίτια αυτής και διατυπώνει την αναγκαιότητα ή μη επέμβασης. Κατόπιν της ανάλυσης των βασικών μηχανισμών φθοράς συμπεραίνουμε ότι το πλήθος των παραγόντων φθοράς ενεργούν παράλληλα ή και συνεργαστικά οδηγώντας σε πολύπλοκες και σύνθετες μορφές διάβρωσης .Ως εκ τούτου απαιτείται μια ολιστική

θεώρηση της κατάστασης των υλικών και παράλληλη εξέταση και συσχετισμός όλων των σχετικών παραγόντων προκειμένου να προσδιορισθεί επακριβώς η παθολογία τους. Επομένως η διάγνωση είναι αναγκαία προτού προβούμε σε οποιαδήποτε επέμβαση, στα πλαίσια μιας ολοκληρωμένης επιστημονικής μεθοδολογίας προστασίας του μνημείου.

Κατόπιν της διαγνωστικής μελέτης έπεται η μελέτη των επεμβάσεων συντήρησης και η εφαρμογή τους. Οι επεμβάσεις διακρίνονται σε άμεσες, πάνω δηλαδή στα υλικά (επεμβατική συντήρηση), και έμμεσες που αφορούν στο περιβάλλον του μνημείου (παθητική ή προληπτική συντήρηση). Στην πρώτη περίπτωση οι κύριες κατηγορίες εργασιών συντήρησης των αρχιτεκτονικών επιφανειών αλλά και του όγκου της τοιχοποιίας είναι ο καθαρισμός, η στερέωση, η προστασία, η ενίσχυση, η στεγανοποίηση, η αντικατάσταση δομικών στοιχείων και η εφαρμογή κονιαμάτων αποκατάστασης. Στη δεύτερη περίπτωση στόχος είναι η αναχαίτιση των περιβαλλοντικών παραγόντων φθοράς και επομένως η πρόληψη επιδείνωσης μέσω σωστής περιβαλλοντικής διαχείρισης και λήψεως μέτρων ανά περίπτωση, π.χ. κατασκευή στεγαστρών, πεζοδρόμηση δρόμων στην περιφέρεια του μνημείου κ.α.

Οι προτεινόμενες επεμβάσεις εξάλλου θα πρέπει να τηρούν τις προδιαγραφές ώστε να εξασφαλίζουν φυσικοχημική και αισθητική συμβατότητα σε σχέση με τα αυθεντικά υλικά. Σημειώνεται ότι στη βάση δεδομένων πέραν των στοιχείων που αφορούν στην κατάσταση του κτιρίου προ της επέμβασης γίνεται ακριβής τεκμηρίωση όλων των σταδίων των επεμβάσεων συντήρησης. Τέλος επιβάλλεται η διαρκής παρακολούθηση του κτιρίου για έλεγχο και αποτίμηση των επεμβάσεων. [101]

### **1.6.1. Η ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ**

Η διαγνωστική μελέτη και κατά συνέπεια η ακριβής εκτίμηση της πραγματικής κατάστασης διατήρησης ενός μνημείου υπαγορεύεται και από τη σύγχρονη αντίληψη περί ηθικής στη συντήρηση. Κατά την καθιερωμένη δεοντολογία που οφείλει να διέπει κάθε απόπειρα συντήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς ισχύει η αρχή της ελάχιστης και απολύτως αναγκαίας επέμβασης η οποία θα πρέπει να δικαιολογηθεί με σημαντικά στοιχεία βασισμένα σε επιστημονικές μεθόδους και κριτήρια.

Η συμβατότητα της επέμβασης, τόσο στο επίπεδο της επαφής και της αλληλεπίδρασης των υλικών, όσο και στην πιο αφηρημένη έννοια της ανάδειξης του πλήθους των αξιών που φέρει ένα μνημείο αποτελεί επίσης αναγκαιότητα. Για την

πρώτη περίπτωση η ευθύνη βαραίνει τον επιστήμονα των υλικών ο οποίος οφείλει να γνωρίζει σε βάθος τόσο τα παραδοσιακά, αυθεντικά υλικά, όσο και τα προστιθέμενα υλικά επέμβασης. Έτσι, η ανάγκη για συμβατότητα επιβάλλει τόσο τη διαγνωστική, όσο και την ακόλουθη μελέτη των υλικών και επεμβάσεων συντήρησης, προκειμένου να αποφευχθούν τα λάθη που συνέβησαν συχνά στο παρελθόν λόγω ημιμάθειας, εμπειρισμού και αυθαιρεσίας, οδηγώντας τελικά σε επιδείνωση της κατάστασης.

Τέλος, μια ακόμα αρχή που θα πρέπει να τηρείται σε κάθε σχεδιασμό επεμβάσεων είναι αυτή της αναστρεψιμότητας, της δυνατότητας δηλαδή επαναφοράς του μνημείου στην κατάσταση προ της επέμβασης σε κάποια μελλοντική στιγμή. Και η αρχή αυτή προϋποθέτει εμπειρία και γνώση των ιδιοτήτων των υλικών, παρόλο που δεν είναι πάντα εφικτή, ειδικά αν λάβουμε υπόψη την κρίσιμη κατάσταση διατήρησης του υλικού που δικαιολόγησε την επέμβαση αρχικά.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ

1. Χ.Θ. Μπούρα., Σημειώσεις μαθήματος: Αποκαταστάσεως των μνημείων Ι (κεφάλαια Ι έως Χ), Ε.Μ.Π. Σπουδαστήριο ιστορίας της αρχιτεκτονικής, Αθήνα 1983, σελ. 2-4, 21, 32-33
2. Δ. Βουδούρη, Α. Στρατή, “Η Προστασία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς σε Διεθνές και Ευρωπαϊκό Επίπεδο, Κείμενα”, Εκδόσεις Α.Ν. Σάκκουλα 1999, σελ. XVII-XXV, 1-70, 209-246, 527-576
3. Χαράλαμπος Μπούρας, Σημειώσεις μαθήματος «Αποκατάσταση μνημείων Ι», ΔΠΜΣ «Προστασία Μνημείων», Αθήνα, σελ. 3-22, 45, 48, 50
4. Δ. Ζήβας, Ομιλία «Έτος Ευρωπαϊκής αρχιτεκτονικής κληρονομιάς 1975», διδακτικές σημειώσεις ΔΠΜΣ «Προστασία Μνημείων», Αθήνα, 2003, σελ. 14, 15
5. Θ. Ν. Σκουλικίδης, «Διάβρωση και συντήρηση των δομικών υλικών των μνημείων», Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο 2000, σελ. 9, 52, 62, 199, 200-206, 219, 221, 223-225, 251, 267, 280
6. Jukka Jokilehto, “International Standards, principles and charters of conservation”, published in Marks, 5 ed., 1996, Concerning buildings studies in Honor of Sir Bernard Feilden, Butterworth Heinemann, Oxford, σελ. 55-81 [ICOMOS Canada 1990. Preserving our Heritage, catalogue of charters and other guides prepared for the International Symposium of World Heritage Towns, Quebec], 1996
7. Robert Pickard, “Policy and Law in Heritage Conservation”, Conservation of the European Built Heritage Series, Span Press, Council of Europe, σελ. 5
8. Μ. Μπίρης, « Χάρτης Βενετίας, το πλαίσιο δημιουργίας του», διδακτικές σημειώσεις, ΔΠΜΣ «Προστασία Μνημείων», Αθήνα, 2003
9. Μανόλης Κορρές, «Αρχιτεκτονική κληρονομιά από τον 20ο αι. στον 21ο: Απολογισμός και προοπτικές», διδακτικές σημειώσεις ΔΠΜΣ, «Προστασία μνημείων» (1.112), σελ. 1-4
10. Council of Europe, [www.coe.int/T/E/Cultural\\_CoOperation/Heritage/Resources/RefTxtCultHer.asp#TopOfPage](http://www.coe.int/T/E/Cultural_CoOperation/Heritage/Resources/RefTxtCultHer.asp#TopOfPage), 25/06/05
11. ICOMOS, International Council of Monuments and Sites, [www.international.icomos.org/centre\\_documentation/chartes\\_eng.htm](http://www.international.icomos.org/centre_documentation/chartes_eng.htm),

17/04/05

12. UNESCO, whc.unesco.org, 13/04/05
13. Getty Institute, www.getty.edu/conservation/research\_resources/charters.html, 2/07/05
14. Δρ. Φ. Μαλλούχου – Tufano, B. 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
15. ΦΕΚ 169/τ.Α΄/7-8-1950
16. ΦΕΚ 275/24-8-1932
17. ΦΕΚ594/τ.Δ΄/13-11-1978
18. ΦΕΚ 297/τ.Α΄/1980
19. ΦΕΚ 32/τ.Α΄/10-2-1981
20. ΦΕΚ 32/10-2-1981
21. ΦΕΚ 33/τ.Α΄/14-3-1983
22. ΦΕΚ 210/τ.Α΄/18-12-1985
23. ΦΕΚ140/τ.Α΄/13-6-2000
24. ΦΕΚ 317/τ.Δ΄/28-4-1988
25. ΦΕΚ 61/τ.Α΄/13-4-1992
26. ΦΕΚ153/τ.Α΄/28-6-2002
27. ΦΕΚ282/τ.Α΄/9-12-2003
28. Α. Χριστοφίδου, «Το θεσμικό πλαίσιο της προστασίας των μνημείων και η οργάνωση των αρμόδιων υπηρεσιών του ΥΠΠΟ», διδακτικές σημειώσεις ΔΠΜΣ «Προστασία μνημείων», Αθήνα, Ιούνιος 2004, σελ. 13, 14, 15, 16
29. Moropoulou A. , Bakolas A. , Togkalidou T. , Karoglou M. , Kaouri P. , Chandakas B. , «Performances and Durability of Materials for Monitoring and Quality Control (The Case of Municipal Market of Pyrgos)», *Scienza e Beni Culturali XX*, ed. G. Biscontin, G. Driussi, Publ. Arcadia Ricerche, 765 – 774, 2004.
30. Winkler E.M. , «Stone in Architecture», Springer , 1997
31. Μοροπούλου Α. , Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «2.1.2.1 - Φαινόμενα και μηχανισμοί της φθοράς ως συνάρτηση εξωγενών και ενδογενών παραγόντων», του ΔΠΜΣ «Προστασία Μνημείων», Κατ. Β΄:

- Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2004β
32. Camuffo D., Del Monte M., Sabbioni C., Vittori O., «Wetting, deterioration and visual features of stone surfaces in an urban area», *Atmospheric environment*, 16, No. 9, 2253-2259, 1982.
  33. Μοροπούλου Α. , Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «2.1.2.3 - Η επίδραση του νερού» του ΔΠΜΣ «Προστασία Μνημείων», Κατ. Β΄: Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2004γ
  34. Amoroso G., "Stone decay and conservation: Atmospheric pollution, cleaning, consolidation, and protection", National Scientific Research Fund, Elsevier, 1983.
  35. Karoglou M. , Moropoulou A. , Krokida M.K. , Maroulis Z.B. , "A powerful simulator for moisture transfer in buildings ", *Building and Environment* , 42, 902-912, 2007
  36. Camuffo D., "Physical weathering of stones ", *The Science of the Total Environment* , 167, 1 - 14, 1995.
  37. Cardell C. , De lalieux F. , Roumpopoulos K. , Moropoulou A. , Auger F. , Van Grieken R. , "Salt – induced decay in calcareous stone monuments and buildings in a marine environment in SW France ", *Construction and Building Materials*, 17, 165 – 179, 2003.
  38. Moropoulou A. , Theoulakis P. , Chrysophakis T. , "Correlation between stone weathering and environmental factors in marine atmosphere ", *Atmospheric Environment* , 29, No. 8, 895 – 903, 1995α.
  39. Moropoulou A. , Kouloumbi N. , Haralampopoulos G. , Konstanti A. , Michailidis P. , "Criteria and methodology for the evaluation of conservation interventions on treated porous stone susceptible on salt decay ", *Progress in Organic Coatings*, 48, 259 –270, 2003
  40. Μοροπούλου Α. , Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «1.2.1.4 - Φαινόμενα και μηχανισμοί της φθοράς – Περιβαλλοντικά αίτια» του ΔΠΜΣ «Προστασία Μνημείων», Κατ. Β΄: Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2004δ
  41. Scherer W.G. , "Stress from crystallization of salt ", *Cement and Concrete Research*, 34, 1613 – 1624, 2004
  42. Μοροπούλου Α. , Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος "1.2.1.4 -



- Φαινόμενα και μηχανισμοί της φθοράς – Περιβαλλοντικά αίτια” του ΔΠΜΣ “Προστασία Μνημείων”, Κατ. Β’: Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2004δ
43. Camuffo D. , “Acid rain and deterioration of monuments: How old is the phenomenon?”, *Atmospheric environment* , 26B, No. 2, 241 - 247, 1992
  44. Sabbioni C. , Zappia G. , Riontino C. , et al , “Atmospheric deterioration of ancient and modern hydraulic mortars” , *Atmospheric Environment* , 37, 1261 – 1269, 2003
  45. Zappia G. , Sabbioni C. , Pauri M.G. , “Damage induced by atmospheric aerosol on ancient and modern buildings materials” , *J. Aerosol Sci.* , 23, S917 – S920, 1992
  46. Moropoulou A. , Bisbikou K. , Torfs K. , Van Grieken R. , Zezza F. , Macri F. , “Origin and growth of weathering crusts on ancient marbles in industrial atmosphere” *Atmospheric Environment* , 32, No. 6, 967 - 982, 1998
  47. Camuffo D. , Del Monte M. , Ongaro A. , “The pH of atmospheric precipitation in Venice, related to both the dynamics of precipitation events and the weathering of monuments”, *The Science of the Total Environment* , 40, 125 – 139, 1984
  48. Riontino C. , Sabbioni C. , Ghedini N. , Zappia G. , Gobbi G. , Favoni O. , “Evaluation of atmospheric deposition on historic buildings by combined thermal analysis and combustion techniques”, *Thermochimica Acta*, 321, 215 – 222, 1998
  49. Μοροπούλου Α. , Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος “2.1.2.6 - Η επίδραση των μηχανικών παραγόντων” του ΔΠΜΣ “Προστασία Μνημείων”, Κατ. Β’: Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης , Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2004ζ
  50. Dimova L.S. , Elenas An. , “Seismic intensity parameters for fragility analysis of structures with energy dissipating devices” , *Structural Safety*, 24, 1 – 28, 2002
  51. Curadelli O.R. , Riera D.J. , “Reliability based assessment of the effectiveness of metallic dampers in building under seismic excitations” , *Engineering Structures*, 26, 1931 – 1938, 2004
  52. Cakmak A.S. , Moropoulou A. , Mullen C.L. , “ Interdisciplinary Study of Dynamic Behaviour and Earthquake Response of Hagia Sophia”, *Soil*

dynamics and earthquake engineering, 14, No 9, 125-133, 1995

53. Μοροπούλου Α. , Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος ``2.1.2.5 - Το μνημείο ως οικοσύστημα και η φθορά από τον βιολογικό παράγοντα `` του ΔΠΜΣ ``Προστασία Μνημείων``, Κατ . Β΄: Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2004<sup>1</sup>
54. Μοροπούλου Α. , Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος ``2.1.2.7 - Ασύμβατα υλικά`` του ΔΠΜΣ ``Προστασία Μνημείων``, Κατ . Β΄: Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2004θ
55. Μοροπούλου Α. , διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος ``2.1.2.1 - Φαινόμενα και μηχανισμοί της φθοράς ως συνάρτηση εξωγενών και ενδογενών παραγόντων``, του ΔΠΜΣ ``Προστασία Μνημείων``, Κατ. Β΄: Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2004β
56. Amoroso G.G. & Fassina V. (1983) Stone Decay and Conservation, Atmospheric Pollution, Cleaning, Consolidation and Protection, Materials Science Monographs 11, Elsevier
57. Binda L., Saisi A. & Tiraboschi C. (2000) ‘Investigation procedures for the diagnosis of historic masonries’ in Construction and Building Materials, 14, Issue 4, pp.199-233
58. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.87-105
59. Maldague X.P.V. (1993) Nondestructive Evaluation of Materials by Infrared Thermography, Springer Verlag
60. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.403-420
61. Μοροπούλου Αντωνία, 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  
σελ.431-468
- 62.** Μοροπούλου Αντωνία, 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  
σελ.383-402
- 63.** Charitaras B. (1998) ‘Non-destructive methods used for the estimation of the damage (weathering and cracks) of the building and ornamental stones’ PACT, J. European Study Group on Physical, Chemical, Biological and Mathematical Techniques Applied to Archaeology, 55, 213-220
- 64.** Μοροπούλου Αντωνία, 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  
σελ.421-430
- 65.** Moropoulou A., Theoulakis P. & Chrysophakis T. (1995e) ‘Correlation between stone weathering and environmental factors in marine atmosphere’ in Atmospheric Environment, 29, Issue 8, April 1995, pp. 895-903
- 66.** Moropoulou A., Van Grieken R., Bisbikou K., Torfs K., Stagakis M., Stathis G. (1996) ‘Environmental outdoor impact assessment on ancient monuments; The case of the Sanctuary of Demeter in Eleusis’, in Proc. EC DG XII Research Workshop on “Origin, mechanisms, and effects on salts on degradation of monuments in marine and continental environments”, Zezza F. (ed), Bari, No 37
- 67.** Moropoulou A., Polikreti K., Ruf V. & Deodatis G. (2003b) ‘San Francisco Monastery, Quito, Equador: characterisation of building materials, damage assessment and conservation considerations’ in the Journal of Cultural Heritage, 4, Issue 2, April 2003, pp. 101-108
- 68.** Moropoulou A., Bakolas, A. & Anagnostopoulou S. (2005a) ‘Composite materials in ancient structures in Cement and Concrete Composites, Vol. 27, Issue 2, pp.295-300
- 69.** Avdelidis N.P, Delegou E.T., Almond D. P. & Moropoulou A. (2004) ‘Surface roughness evaluation of marble by 3D laser profilometry and pulsed

thermography' in NDT & E International, Volume 37, Issue 7, October 2004, pp.571-575

- 70.** Moropoulou A. & Bakolas A. (1999) 'Range of acceptability limits of physical, chemical and mechanical characteristics deriving from the evaluation of historic mortars' in PACT, J. European Study Group on Physical, Chemical, Biological and Mathematical Techniques Applied to Archaeology, 56, pp. 165-178
- 71.** Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.255-270
- 72.** Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.421-430
- 73.** Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.271-302
- 74.** Goldstein J. et al. (1992) Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis- A Text for Biologists, Materials Scientists and Geologists, 2nd ed., Plenum, N.York
- 75.** Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.185-194
- 76.** Μοροπούλου Α. (2004) Χαρακτηρισμός, Έλεγχος Ποιότητας, Διάγνωση Φθοράς και Συντήρηση Δομικών Υλικών- Μεθοδολογία Δομικών Υλικών Ενόργανων & Μη Καταστρεπτικών Μεθόδων, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Προστασία Μνημείων»- Β' Κατεύθυνση, «Υλικά

και Επεμβάσεις Συντήρησης», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

77. Ράπτη Α. (2003) ‘Διαγνωστική μελέτη με φυσικοχημικές μεθόδους χαρακτηρισμού ιστορικών υλικών – Εφαρμογή στις αρχιτεκτονικές επιφάνειες της προσόψεως του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου’ Μεταπτυχιακή εργασία εκπονούμενη στα πλαίσια του ΠΜΣ Προστασία Μνημείων, Β’ Κατεύθυνση: Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης, Ε.Μ.Π.
78. Cullity B.D. (1978) Elements of X-Ray Diffraction, 2nd ed., Addison-Wesley Publishing Co. Inc., Reading, MA, USA
79. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.177-184
80. Παπαδογιάννης Ι. & Σαμανίδου Β. (1996) *Ενόργανη Χημική Ανάλυση*, Εκδόσεις Α. Σιμώνη & Σ. Χατζηπάντου Ο.Ε., Θεσσαλονίκη
81. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.195-204
82. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.231-237
83. Gauri K.L. & Punuru A.R. (1989) ‘Characterisation and durability of limestones determined through mercury intrusion porosimetry’ in Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Symposium for the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, Zezza,F. (ed), Bari, pp255
84. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.357-372

- 85.** Fitzner B. (1993) 'Porosity properties and weathering behaviour of natural stones-Methodology and examples' in Stone Material in Monuments: Diagnosis and Conservation, Heraklion-Crete 24-30 May 1993, Comunita Delle Universite Mediterranee, Scuole Universitaria C.U.M. Conservazione Dei Monumenti
- 86.** Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.271-302
- 87.** Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.373-382
- 88.** Μοροπούλου Α. (2004) Χαρακτηρισμός, Έλεγχος Ποιότητας, Διάγνωση Φθοράς και Συντήρηση Δομικών Υλικών- Μεθοδολογία Δομικών Υλικών Ενόργανων & Μη Καταστρεπτικών Μεθόδων, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Προστασία Μνημείων»- Β' Κατεύθυνση, «Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- 89.** Γαλανού Α. & Δογάνη Ι. (2001) 'Ναός Διός Νεμέας: Αναστήλωση δύο κίωνων και τμήματος του θριγκού, Μελέτη υλικών και συντήρησης' Αμερικάνικη Σχολή Κλασικών Σπουδών
- 90.** Benavente D., Garcia del Cura, M.A., Fort R. & Ordóñez S. (2004) 'Durability estimation of porous building stones from pore structure and strength' in Engineering Geology 74, 113-127
- 91.** Punuru A.R., Chowdhury A.N., Kulshreshtha N.P. & Gauri K.L. (1990) 'Control of porosity on durability of limestone at the Great Sphinx, Egypt in Environmental Geology and Water Science, 15, No.3, 217-223
- 92.** Torraca G. (1988) Porous Materials Building, Materials Science for Architectural Conservation, 3rd ed. ICCROM
- 93.** 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 σελίδες: 15-45

94. Kaneuzi M., Winslow D.N. & Dolch W.L. (1980) 'The relationship between an aggregate's pore size distribution and its freeze-thaw durability in concrete' in *Cement and Concrete Research*, 10, 433-441
95. Ολοκληρωμένη μεθοδολογία διάγνωσης, ανάλυσης και χαρτογράφησης των δομικών υλικών και της φθοράς στα κτίρια –Εφαρμογή στη Μεσαιωνική πόλη της Ρόδου', Αντωνία Μοροπούλου, 9ο εξάμηνο
96. Β. Ν. Λαμπρόπουλος, «Διάβρωση και συντήρηση της πέτρας», Αθήνα, σελ. 21, 90-92
97. Α. Μοροπούλου, «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών. Μεθοδολογία ενόργανων και μη καταστρεπτικών τεχνικών», Σημειώσεις για το μάθημα ΥΛΙΚΑ Ι, 9ου Εξαμήνου Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Τομέας επιστήμης και τεχνικής των υλικών, Αθήνα 2003, σελ. 5,6, 87, 88, 109, 177, 195, 231-247, 255, 271, 303, 357, 383, 403, 421, 431, 473, 483
98. G. Croci, "The conservation and structural Restoration of Architectural Heritage", (Advances in architecture series), Computational Mechanics publications, Southampton UK and Boston, σελ. 41, 43, 45, 46, 54, 65, 66, 79, 191
99. Α. Μοροπούλου, « Επιστήμη της φθοράς και τεχνική της Συντήρησης των Δομικών Υλικών και των Μνημείων», διδακτικές σημειώσεις ΔΠΜΣ «Προστασία Μνημείων», Αθήνα, 2003, ( 1.2, 2.1, 2.2, 2.3)
100. Πρακτικά Διεπιστημονικής Ημερίδας, «Ο δομικός λίθος στα μνημεία», 9 Νοεμβρίου 2001 Αθήνα, - 11 Νοεμβρίου 2001 Μυτιλήνη. Διοργάνωση Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών / Ελληνικό τμήμα ICOMOS /ΤΕΕ, Τμήμα Β.Α. Αιγαίου / Σύλλογος αρχιτεκτόνων Λέσβου, σελ. 149, 150, 295, 297, 310, 311
101. Χανδακάς Β. (2004) 'Κριτήρια και μεθοδολογία ελέγχου ποιότητας στα έργα συντήρησης- προστασίας ιστορικών μνημείων και κτιρίων' διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Τομέας Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών

# **II.ΕΙΔΙΚΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ**



## **II. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΝΗΜΕΙΩΝ**

### **II.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΜΝΗΜΕΙΑ**

#### **II.1.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΈΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ**

Τα προβλήματα λήψης απόφασης είναι από τα πιο συνηθισμένα που συναντώνται σε πολλούς επαγγελματικούς κλάδους. Ένα πρόβλημα απόφασης συνίσταται στην επιλογή από μια σειρά εναλλακτικών τρόπων δράσης, εκείνου του τρόπου δράσης που εξασφαλίζει την καλύτερη εξυπηρέτηση των στόχων που έχουν τεθεί. Μέχρι τα μέσα περίπου του αιώνα μας, η αντιμετώπιση των προβλημάτων απόφασης βασιζόταν στην εμπειρία, τη διαίσθηση και την “κοινή λογική” του αποφασίζοντα. Η αύξηση, όμως, του μεγέθους και της πολυπλοκότητας των προβλημάτων δημιούργησαν την ανάγκη για μια πιο επιστημονική αντιμετώπιση των προβλημάτων απόφασης. Έτσι, μετά τον 2<sup>ο</sup> Παγκόσμιο Πόλεμο, γεννήθηκε ένας νέος επιστημονικός κλάδος με την ονομασία Συστήματα Αποφάσεων ή Επιχειρησιακή Έρευνα, όπως είναι ευρύτερα γνωστός, για την κάλυψη του κενού που υπήρχε.

Έχουν προταθεί κατά καιρούς διάφοροι παρεμφερείς ορισμοί για τα συστήματα αποφάσεων. Ένας χαρακτηριστικός είναι των Ackoff και Sassieni από το σύγγραμμα “Fundamentals of Operations Research”(1968): Συστήματα Αποφάσεων μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι η εφαρμογή επιστημονικών μεθόδων, από μεικτές ομάδες επιστημόνων, σε προβλήματα που αφορούν τον έλεγχο οργανωμένων συστημάτων, που αποτελούνται από ανθρώπους και μηχανές, κατά τρόπο ώστε να παρέχουν λύσεις που εξυπηρετούν κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τους σκοπούς του οργανισμού ως συνόλου. Ένας άλλος συνοπτικός αλλά αρκετά ικανοποιητικός ορισμός που έχει επικρατήσει στη χώρα μας είναι: “Συστήματα Αποφάσεων είναι η επιστημονική προετοιμασία των αποφάσεων της Διοικήσεως με την επιστημονική ανάλυση των δεδομένων και τη δημιουργία μαθηματικών προτύπων”. [1]

## Π.1.2. Η ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Προβλήματα λήψης απόφασης συναντώνται και στην προστασία πολιτιστικής κληρονομιάς καθώς η προστασία, η συντήρηση και η αποκατάσταση των μνημείων είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό διεπιστημονικό πεδίο. Ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός και εκτέλεση επεμβάσεων συντήρησης περιλαμβάνει διάφορα στάδια, πρωταρχικό στάδιο των οποίων αποτελεί η διαγνωστική μελέτη. Στο παρελθόν, οι αποφάσεις σχετικά με τις επεμβάσεις συντήρησης και την προστασία των μνημείων βασίζονταν κατά κύριο λόγο σε προηγούμενη εμπειρία (εμπειρισμός) και στη διαθέσιμη τεχνογνωσία, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις δεν είχε προηγηθεί ολοκληρωμένη διαγνωστική μελέτη. Η προσέγγιση αυτή συχνά είχε περιορισμένη αποτελεσματικότητα, ή οδηγούσε σε λανθασμένες επεμβάσεις συντήρησης, καθώς δεν προέβλεπε την έρευνα και τεκμηρίωση της ιστορίας και της εξέλιξης του μνημείου μέσα στο χρόνο, έτσι ώστε να ληφθούν οι κατάλληλες αποφάσεις για επέμβαση, με τη χρήση συμβατών υλικών και τεχνικών εφαρμογής.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας, ιδιαίτερα στο πεδίο των μη-καταστρεπτικών μεθόδων χαρακτηρισμού υλικών και φθοράς αυτών, καθώς και στο πεδίο της πρόσβασης στη πληροφορία, έδωσε την δυνατότητα οργάνωσης και αποτελεσματικότερης διαχείρισης της υπάρχουσας εμπειρίας και των δεδομένων, επιτρέποντας συστηματοποιημένη υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων σε επεμβάσεις συντήρησης σε μνημεία και κτίρια. [2]

Η διαμόρφωση ολοκληρωμένης πολιτικής για τη διαχείριση της πολιτισμικής κληρονομιάς και ειδικότερα η επιλογή του κατάλληλου συστήματος λήψης αποφάσεων, αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία, δεδομένου ότι καταρχάς ο αριθμός των διαθέσιμων εναλλακτικών τεχνικών λήψης απόφασης είναι στις περισσότερες περιπτώσεις μεγάλος. Για το λόγο αυτό, ο προγραμματισμός δράσεων διαχείρισης και η εφαρμογή αντίστοιχων συστημάτων πρέπει να συμπεριλαμβάνει στη διαδικασία επιλογής όλες τις τεχνικά εφικτές λύσεις. Επίσης, κάθε σύστημα παρουσιάζει τεχνικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά κλπ. πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Επομένως απαιτείται η συγκριτική αξιολόγηση να γίνεται με όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστη και επιστημονικά τεκμηριωμένη προσέγγιση. Έπειτα, η καταλληλότητα κάθε συστήματος λήψης αποφάσεων εξαρτάται από τις τοπικές ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά κάθε περιοχής, οι οποίες θέτουν ένα σύνολο φυσικών και τεχνικών περιορισμών.

Ο συνδυασμός των παραπάνω αναφερόμενων παραμέτρων δημιουργεί ένα περίπλοκο πρόβλημα, το οποίο για την αντιμετώπισή του χρειάζεται το συσχετισμό μιας σειράς

από δεδομένα, γνώμες ειδικών, εμπειρική γνώση και εμπειρικούς κανόνες. Επιπλέον, η τελική επιλογή του καταλληλότερου συστήματος μεταξύ εναλλακτικών λύσεων – σεναρίων απαιτεί συνεξέταση και αξιολόγηση πολλών αντικρουόμενων παραμέτρων. Προκειμένου δηλαδή να επιτευχθεί η αξιολόγηση των διαφόρων προτεινόμενων λύσεων απαιτείται η ανάλυση και βαθμολόγηση μιας σειράς παραμέτρων. Οι παράμετροι αυτές είναι κοινοί για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια και η σπουδαιότητά τους για την επίλυση του συγκεκριμένου κάθε φορά προβλήματος χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένο συντελεστή βαρύτητας. Η επιλογή επαρκούς αριθμού κατάλληλων και αντιπροσωπευτικών παραμέτρων είναι ιδιαίτερα σημαντική για την εξαγωγή των βέλτιστων συμπερασμάτων και μπορεί να οδηγήσει σε διαφορές επί των ποιών πόρων να διατηρήσουν. Αν δε ληφθεί υπόψη η διαβάθμιση, με τη χρήση αναλυτικού και διαφανές πλαισίου που να ενσωματώνει τις αρχές για την οποία έχει επιτευχθεί συναίνεση, είναι πιθανό να υπάρξουν σημαντικές αντιπαραθέσεις. Έτσι, επιλογή των έργων για τη συντήρηση και την επέμβαση σε ιστορικά μνημεία μπορεί να γίνει μέσω της διαμόρφωσης και εγκατάστασης ενός συστήματος λήψης αποφάσεων που θα καλύπτει όλες τις φάσεις της διαγνωστικής μελέτης. Με αυτό τον τρόπο θα είναι δυνατή η υιοθέτηση μιας ολοκληρωμένης επιστημονικής μεθοδολογίας, εξασφαλίζοντας τις σωστές αποφάσεις για το αν πρέπει να γίνουν επεμβάσεις στο μνημείο, στοιχείο απαραίτητο για κάθε έργο που αφορά την πολιτιστική κληρονομιά. [4,5]

### **Π.1.3. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ**

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν συστήματα λήψης αποφάσεων που αφορούν στη συντήρηση των κτιρίων, 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) κ.α. τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω.

#### **Το λογισμικό Investimmo [6]**

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.

#### Βασικές διαδικασίες λήψης απόφασης

*Observatory (OBS)*: Είναι μια διαδικασία η οποία βασίζεται στην διαθέσιμη πληροφορία που υπάρχει στο σύστημα. Καθοδηγεί τον χρήστη να οπτικοποιήσει και να αναλύσει κάθε πληροφορία που αφορά το κτίριο. Το OBS παρέχει τεχνικές πληροφορίες και πληροφορίες κόστους (Tseng 2004).

*Diagnosis (DIAG)*: Αφορά το ίδιο το κτίριο. Εξαρτάται από δύο παράγοντες. Το μέγεθος του φυσικού αντικειμένου και τον αριθμό των όψεων προς αποτίμηση. Η χρήση του DIAG γίνεται για έναν από τους παρακάτω λόγους:

1. Περισσότερη πληροφορία και καλύτερη διαχείριση του κτιριακού συγκροτήματος.
2. 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.
3. Δημιουργία γνωσιολογικής βάσης για το αν θα πρέπει να παρθεί μια απόφαση.

*Scenarios (SCEN)*: Με βάση το DIAG προτείνονται σενάρια επέμβασης. Τα πολυσύνθετα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη στην 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 βοηθάει το χρήστη να αποφασίσει για τις μελλοντικές επεμβάσεις σε ένα κτιριακό συγκρότημα και να επιλέξει τις προτεραιότητες ανάμεσα σε δύο κτίρια. Χρησιμοποιεί τα αποτελέσματα των διαδικασιών EVAL και DIAG.

#### **Το υπολογιστικό σύστημα λήψης αποφάσεων Prodomea Project:**

Το Prodomea Project της Ε.Ε. το οποίο στοχεύει στην ανάπτυξη υψηλής συμβατότητας τεχνολογιών και συστημάτων για την τεκμηρίωση και συντήρηση των αρχαιολογικών μνημείων στην περιοχή της Μεσογείου. Τα μνημεία γύρω από τη Μεσόγειο παρουσιάζουν ομοιότητες τόσο στα δομικά υλικά και τις τεχντροπιές που χρησιμοποιήθηκαν, όσο και στις κλιματικές συνθήκες και κατά συνέπεια στα προβλήματα φθοράς και συντήρησης που αντιμετωπίζονται. Αυτό όμως που είναι περισσότερο σχετικό με την παρούσα εργασία είναι ότι το Prodomea Project προτείνει ένα υπολογιστικό σύστημα λήψης αποφάσεων σχετικά με τις πλέον κατάλληλες επεμβάσεις συντήρησης το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί εδώ σαν πρότυπο.

Λέξη κλειδί για το Prodomea είναι η ασυμβατότητα που αναγκαία χαρακτηρίζει κάθε μορφή επέμβασης. Σκοπός είναι ο υπολογισμός του βαθμού ασυμβατότητας που διέπει τις επιμέρους προτεινόμενες επεμβάσεις και η επιλογή της βέλτιστης εξ αυτών, της επέμβασης δηλαδή που παρουσιάζει το μικρότερο βαθμό ασυμβατότητας. Η μεθοδολογία βασίζεται σε ορισμένες παραδοχές. Καταρχήν απαραίτητος είναι ο πλήρης χαρακτηρισμός των υλικών και των περιβαλλοντικών συνθηκών-βασικό στοιχείο εξάλλου και της διαγνωστικής μελέτης. Κατόπιν τούτου θεωρούνται τέσσερις βασικές συνιστώσες στα πλαίσια μιας σφαιρικής θεώρησης του μνημείου: τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των υλικών, αυθεντικών και επέμβασης, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, θέματα χειρισμού (operational) και η αειφορία (sustainability). Οι αρχικές συνιστώσες υποδιαιρούνται σε απλούστερες και πιο εύχρηστες συνιστώσες που με τη σειρά τους αναλύονται σε ποσοτικοποιημένες παραμέτρους. Για την κάθε παράμετρο θέτονται όρια και περιοχές που αντιστοιχούν σε διαφορετικό βαθμό ασυμβατότητας. Για τις παραμέτρους αυτές εξετάζεται και βαθμολογείται η ειδική τους συμβολή στο πλαίσιο της ασυμβατότητας, υπολογίζεται δηλαδή η πιθανή επιρροή τους ως παράγοντες ασυμβατότητας και στην κάθε μία προσδίδεται ένας συντελεστής βαρύτητας.

Πιο αναλυτικά, πρόκειται για ένα σύστημα βαθμολόγησης μέσω του οποίου τελικά υπολογίζεται ο ολικός βαθμός ασυμβατότητας για κάθε αρχική συνιστώσα κατά τον τύπο:

$$ID_n = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{P_{1_{max}} + P_{2_{max}} + P_{3_{max}} + \dots + P_{n_{max}}}$$

όπου ID ο βαθμός ασυμβατότητας (Incompatibility Degree), n ο αριθμός των επιλεγμένων παραμέτρων,  $P_i$  η τιμή που παίρνει η κάθε παράμετρος και  $P_{imax}$  η μέγιστη τιμή που μπορεί να έχει. Κατά σύμβαση θεωρούμε για  $ID_n=0$  τέλεια συμβατή ενέργεια ενώ για  $ID_n=1$  πλήρως ασύμβατη ενέργεια. Προφανώς η κάθε περίπτωση θα εμπίπτει σ' αυτά τα όρια.

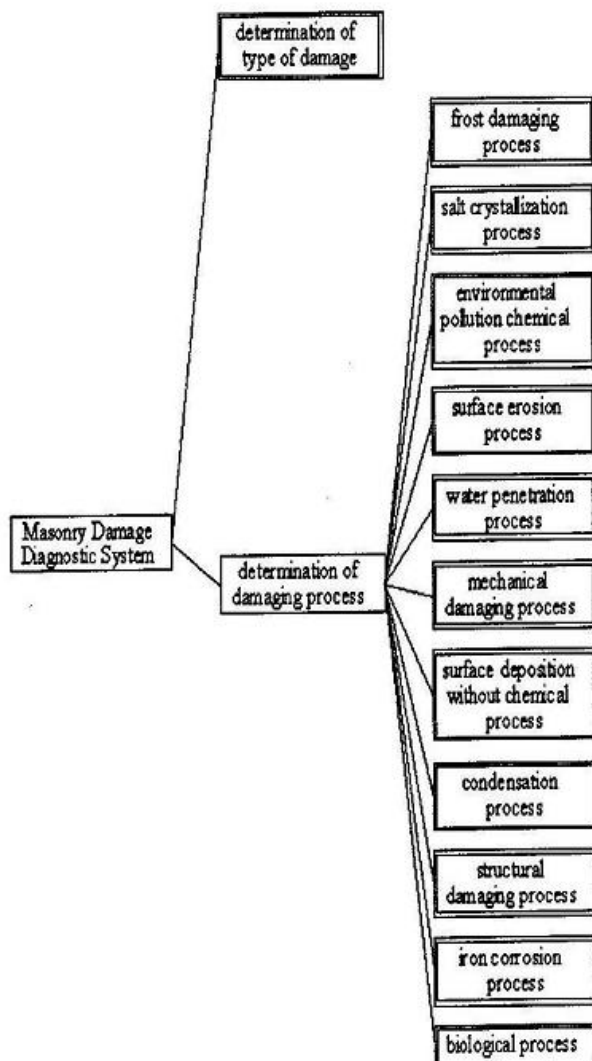
Επιπλέον, αν κριθεί ότι μια παράμετρος έχει μεγαλύτερη επιρροή στο τελικό αποτέλεσμα ως προς τις πιθανές αρνητικές συνέπειες από τις άλλες, τότε τα  $P_i$  και  $P_{imax}$  πολλαπλασιάζονται με κάποιο ανάλογο συντελεστή  $\alpha_i > 1$ . Στην αντίθετη περίπτωση μιας όχι και τόσο κρίσιμης παραμέτρου ισχύει  $\alpha_i < 1$ .

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η εκτίμηση του συντελεστή βαρύτητας της κάθε παραμέτρου και η θέσπιση κρίσιμων ορίων και περιοχών των τιμών αυτής ορίζονται υποκειμενικά, βασισμένα στην κοινή λογική, τα επιστημονικά δεδομένα και την εμπειρία του ερευνητή. Εξάλλου, όπως προειδοποιούν και οι συγγραφείς των σχετικών άρθρων, είναι πολύ πιθανό να μην υπάρχουν δεδομένα για όλες τις παραμέτρους που απαιτούνται για τον πλήρη χαρακτηρισμό της κατάστασης και επομένως να χρησιμοποιηθούν λιγότερες παράμετροι, οπότε και ο υπολογιζόμενος δείκτης ασυμβατότητας θα βρεθεί μικρότερος από τον πραγματικό. [7,8]

### **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 πρέπει να αντιμετωπιστεί κάθε φορά, το ίδιο το σύστημα καθοδηγεί το χρήστη στη δημιουργία σχεδίου συντήρησης και προστασίας. [9]

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



**Σχήμα 11:** Βασικές διακλαδώσεις του MDDS [9]

Το σύστημα διαχωρίζεται σε δύο βασικούς τομείς: τους τύπους φθοράς και τους μηχανισμούς φθοράς (βλ. σχήμα 11). Για κάθε τύπο φθοράς υποδεικνύονται οι πιθανοί μηχανισμοί φθοράς. Ο χρήστης καθοδηγείται στο να επιλέξει την ή τις διαδικασίες που προκάλεσαν τη φθορά που έχει αναγνωριστεί, ελέγχοντας την ύπαρξη συγκεκριμένων περιβαλλοντικών παραγόντων που είναι απαραίτητοι για την εμφάνιση της φθοράς.

Η δομή του MDDS έχει ως εξής:

- Αρχικά πραγματοποιείται η οπτικοποίηση του εκάστοτε τύπου φθοράς στην επιφάνεια του μνημείου.

- Κατόπιν ο χρήστης καθοδηγείται να καθορίσει τις συνθήκες κάτω από τις οποίες εμφανίστηκε η φθορά αυτή.
- Το σύστημα βρίσκει μια πιθανή αιτία για την εμφάνιση της φθοράς.
- Οι εργαστηριακές αναλύσεις και τα επιστημονικά δεδομένα που υπάρχουν, επιβεβαιώνουν ή απορρίπτουν την υπόθεση που έγινε από το σύστημα.

Η διαφορά που έχει το MDDS από μια σχεσιακή 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 πιο γενικό στο πιο ειδικό. Κάθε πλαίσιο απόφασης περιλαμβάνει συνθήκες και αποφάσεις. Οι συνθήκες είναι οι απαραίτητοι παράμετροι που χρειάζονται για την λήψη μιας απόφασης.

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

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

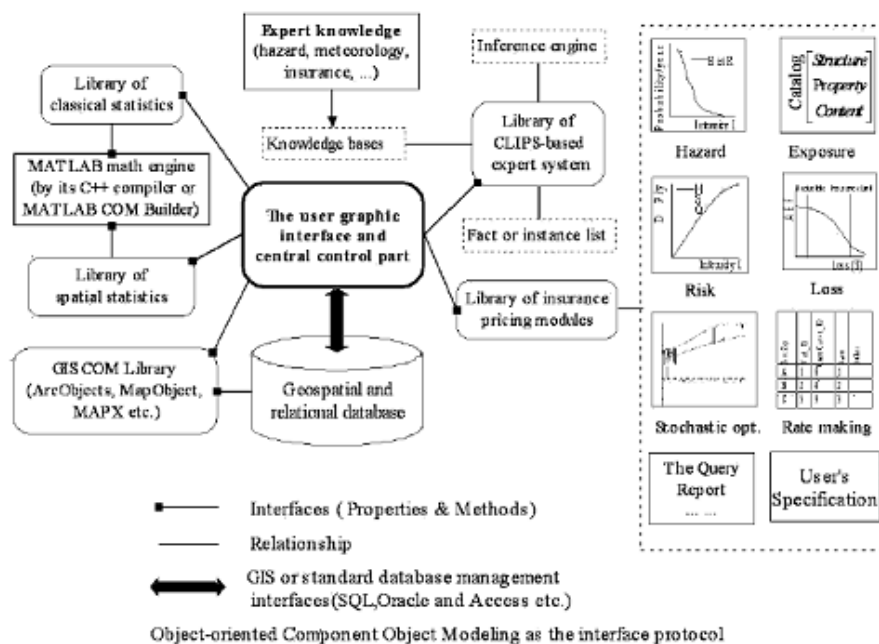


Ευρωπαϊκής αρχιτεκτονικής κληρονομιάς (ICOMOS, ICCD, CHIN, ICR, Monuments Watch). [10]

### Χωρικό σύστημα λήψης αποφάσεων (SDSS)

Το κόστος ασφάλισης είναι μια πολυσύνθετη διαδικασία που επηρεάζεται από πολλούς φυσικούς και ανθρώπινους παράγοντες. Το χωρικό σύστημα λήψης αποφάσεων (Spatial Decision Support System, SDSS), χρησιμοποιεί κάποιες από τις δυνατότητες των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS), 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, την συχνότητα εμφάνισής τους και την καταγραφή των ζημιών (βλ. Σχήμα 12). Βασιζόμενο στα παραπάνω δεδομένα αποφασίζει το κόστος ασφάλισης μιας κατοικίας που βρίσκεται σε συγκεκριμένη περιοχή.

Οι βιβλιοθήκες των στατιστικών δεδομένων σε συνδυασμό με τα χωρικά δεδομένα, παρέχουν ένα σύστημα ανάλυσης χωρικών δεικτών και συσχέτισης ζωνών γεωγραφικών πληροφοριών με φαινόμενα φυσικών καταστροφών (π.χ. τυφώνες, πλημμύρες, σεισμοί, κτλ). Το κομμάτι GIS παρέχει οπτικοποίηση των δεδομένων και διαχείριση των γεωγραφικών πληροφοριών, βοηθώντας στον εντοπισμό και τον ορισμό ζωνών κινδύνου καθώς και στην ανάλυση των χωρικών δεδομένων. 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 [11]



Σχήμα 12: Η αρχιτεκτονική του χωρικού συστήματος λήψης αποφάσεων [11]

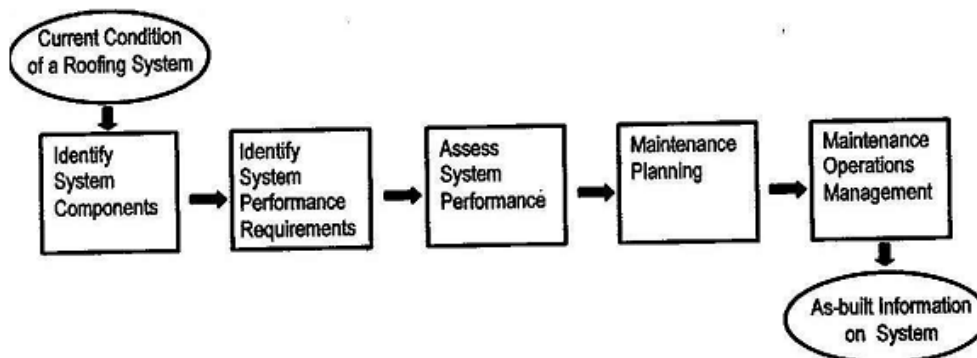
### Σύστημα διαχείρισης πληροφορίας για την συντήρηση συστημάτων στέγασης (BELCAM)

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:

1. Αναγνώριση του συστήματος στέγασης και των τμημάτων του.
2. Διατύπωση των απαιτήσεων που θα πρέπει να πληρούνται.
3. Καθορισμός των μεθόδων εκτίμησης της κατάστασης.

4. Σχεδιασμός πλάνου συντήρησης.
5. Έλεγχος των εργασιών συντήρησης.

Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα:



**Σχήμα 13:** Τα πέντε βασικά βήματα ανάλυσης [M.A. Hassanain T.M. Froese, 1999]

Η βασικότερη παράμετρος για να ληφθεί μια απόφαση συντήρησης από το σύστημα, είναι το κόστος κύκλου ζωής. Παράλληλα, μερικές ακόμη μεταβλητές εξετάζονται και αποτελούν παραμέτρους για την λήψη μιας απόφασης. Αυτές είναι η απόδοση του συστήματος στέγασης, η πρόγνωση του χρόνου ζωής και το κόστος συντήρησης. [12]

**Συνεργασία για τη διάσωση, διατήρηση, αναστήλωση και ανάδειξη των κλασικών, ελληνιστικών και ρωμαϊκών μνημείων των χωρών μελών του Μεσογειακού Forum** [13]

Το πρόγραμμα «Συνεργασία για τη διάσωση, διατήρηση, αναστήλωση και ανάδειξη των κλασικών, ελληνιστικών και ρωμαϊκών μνημείων των χωρών-μελών του Μεσογειακού Forum» εντάσσεται στα πλαίσια του πολιτιστικού-κοινωνικού τομέα του Μεσογειακού Forum και υλοποιείται με πρωτοβουλία και υποστήριξη του Ελληνικού Υπουργείου Πολιτισμού.

Βασικός σκοπός του είναι η προώθηση και προστασία της κοινής πολιτιστικής κληρονομιάς των μεσογειακών χωρών, η οποία απειλείται από φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες, με ανάληψη κοινής δράσης. Κύριο όχημα για την

επίτευξη του στόχου αυτού είναι, μεταξύ άλλων, η οικοδόμηση βάσης δεδομένων σε 3 γλώσσες (Ελληνικά, Αγγλικά, Γαλλικά) προσβάσιμης μέσω του διαδικτύου (<http://anastylosis.culture.gr>) με στόχο αφ' ενός την ανταλλαγή τεχνογνωσίας και εμπειρίας και την εκπαίδευση ειδικευμένου προσωπικού και αφ' ετέρου τη συνεργασία για την εκπόνηση κοινών προγραμμάτων και την εξεύρεση πόρων για την υλοποίησή τους.

Η βάση δεδομένων περιλαμβάνει στοιχεία σχετικά με:

- Νομοθεσία και διοικητική οργάνωση κάθε χώρας.
- Χαρακτηριστικά και αξιόλογα αρχαία μνημεία όπου έχουν πραγματοποιηθεί ή βρίσκονται σε εξέλιξη έργα συντήρησης και αναστήλωσης.
- Μνημεία που προτάθηκαν ως εργοτάξια διακρατικής συνεργασίας.
- Εκπαίδευση ειδικευμένου προσωπικού, όπου περιλαμβάνονται στοιχεία για διαθέσιμες υποτροφίες και παραδοσιακούς τεχνίτες.
- Συναφείς οργανισμούς.
- Χρηματοδοτήσεις.

#### **Σύστημα λήψης αποφάσεων με πολυκριτηριακή ανάλυση**

Δεδομένων των πολιτικών και κοινωνικών δεσμεύσεων των αστικών τοπικών φορέων στις αναπτυσσόμενες χώρες, η ανακαίνιση και η συντήρηση όλων των κτιρίων και περιοχών της πολιτιστικής κληρονομιάς είναι οικονομικά μη βιώσιμη πρόταση. Οι πολεοδόμοι, ως εκ τούτου, πρέπει να λάβουν αποφάσεις για τις ποιές κληρονομιάς θα πρέπει να προστατεύονται (είτε σε αρχική τους μορφή, ή με κατάλληλες τροποποιήσεις που επιτρέπουν την εμπορική χρήση χωρίς την καταστροφή της αρχιτεκτονικής ακεραιότητας τους) και τους χώρους που θα κατεδαφιστούν, διασφαλίζοντας την αποτελεσματικότερη χρήση της γης. Η Λήψη Αποφάσεων Πολλών Κριτηρίων [Multicriteria Decision Making (MCDM)] είναι μια σχετική μέθοδος για την ταξινόμηση των χώρων πολιτιστικής κληρονομιάς. Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου μπορεί να παρατηρηθεί σε αρκετά κτίρια της πολιτιστικής κληρονομιάς στην Καλκούτα της Ινδίας.

Η MCDM είναι μια μέθοδος που ασχολείται με το να κάνει αναλύσεις και επιλογές όταν υπάρχουν αρκετές εναλλακτικές λύσεις, και όταν κάθε εναλλακτική λύση έχει πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Τα εν λόγω πλεονεκτήματα και

μειονεκτήματα αξιολογούνται από την άποψη των πολλαπλών ιδιοτήτων. Η MCDM μπορεί, επομένως, να οριστεί ως μια συνεπής μέθοδος για την επιλογή ή τη διαβάθμιση των σχεδίων ή των επιλογών που κατατάσσονται διαφορετικά από κάθε ένα από τα σχετικά κριτήρια, όπου η επιλογή των παραμέτρων γίνεται από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και άλλους ενδιαφερόμενους. Προέκυψε ως ένα δημοφιλές έργο μεθόδου αξιολόγησης στις αναπτυγμένες χώρες της Ευρώπης και των ΗΠΑ στη δεκαετία του εβδομήντα. Η MCDM έχει χρησιμοποιηθεί συνήθως σε διάφορους τομείς, όπως στον σχεδιασμό των μεταφορών, στη διαχείριση χρήσης γης, στο περιβάλλον και στον προγραμματισμό των πόρων, τον οικονομικό σχεδιασμό, τη διαχείριση νοσοκομείων, της δικτύωσης μικροϋπολογιστών, στον προγραμματισμό πληροφοριών κ.α. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι υπάρχουν δύο μεγάλες σχολές των μεθόδων MCDM. **[14.15.16.17.18.19.20.21]**

Η πρώτη σχολή βασίζεται σε προσεγγίσεις υπεροχής που ειπώθηκαν για πρώτη φορά από τον Roy. Αυτή η προσέγγιση προσπαθεί να βρει ένα δείκτη προτίμησης για την κατάταξη εναλλακτικών λύσεων, λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία κάθε παραμέτρου και την αξία του κάθε εναλλακτικού για κάθε κριτήριο (πίνακας απόφασης). Ωστόσο, δεν λαμβάνει υπόψη τις προτιμήσεις ενός ιθύνοντα. Η δεύτερη σχολή, που βασίζεται σε αξίες λειτουργιών και τη θεωρία χρησιμότητας, έχει διάφορες παραλλαγές: **[22.23]**

- Η Multi-Attribute θεωρία χρησιμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναλάβει την MCDM. Ενώ αυτή η μέθοδος έχει την ισχυρότερη θεωρητικά βάση και επίσης ενσωματώνει το ρίσκο στην ανάλυση, είναι εξαιρετικά περίπλοκη, δαπανηρή και χρονοβόρα. **[24]**
- Αν τα κριτήρια είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και αν το ρίσκο είναι ενσωματωμένο στο σύστημα, τότε το σύστημα της Γραμμικής Προσθετικής Αξιολόγησης μπορεί να εφαρμοστεί. Αυτή η μέθοδος έχει ένα καθιερωμένο ρεκόρ για την παροχή ισχυρής και αποτελεσματικής υποστήριξης στους φορείς λήψης αποφάσεων. **[24]**
- η αναλυτική διαδικασία Ιεραρχίας [Analytical Hierarchy Process (AHP)] βασίζεται επίσης σε ένα μοντέλο Γραμμικής Προσθετικής Αξιολόγησης, αλλά η αξία και οι βαθμολογίες επιτυγχάνονται με εναλλακτικές λύσεις με βάση συγκρίσεις ζευγών μεταξύ των παραμέτρων και των επιλογών. Παρά το γεγονός ότι είναι κατανοητή και απλή, η μέθοδος AHP έχει επικριθεί για θεωρητικούς κυρίως λόγους. **[25]**
- μια άλλη μέθοδος είναι "η Ασαφής μέθοδος MCDM". Η βασική φιλοσοφία της «Ασαφής MCDM» είναι η επιλογή της εναλλακτικής πρότασης που ελαχιστοποιεί την απόσταση μεταξύ των ασαφών ιδανικών-θετικών λύσεων και ασαφών ιδανικών-αρνητικών λύσεων. **[26]**

### Σχολιασμός υπαρχόντων συστημάτων

Κάθε ένα από τα παραπάνω συστήματα λήψης αποφάσεων έχει ως στόχο να προσφέρει λύσεις σε προβλήματα που σχετίζονται με το γνωστικό αντικείμενο που συνδέονται. Κοινός παρονομαστής όλων αυτών των συστημάτων είναι η έρευνα, η επεξεργασία των δεδομένων, η μελέτη των χαρακτηριστικών του κάθε αντικειμένου καθώς και η συσχέτιση συγκεκριμένων παραμέτρων με την διαδικασία λήψης της απόφασης, στοιχεία απαραίτητα για κάθε διαδικασία λήψης απόφασης. Κάποια από αυτά προσφέρουν λύσεις περισσότερο ολοκληρωμένες και σύμφωνες με τις πραγματικές απαιτήσεις του προβλήματος.

Το πόσο επιτυχημένο μπορεί να είναι ένα σύστημα λήψης αποφάσεων εξαρτάται από το πόσο ρεαλιστικά μπορεί να προσεγγίσει την πραγματικότητα, γεγονός που εξαρτάται άμεσα από το πλήθος των εναλλακτικών σεναρίων δράσης που περιλαμβάνει (π.χ. διακλαδώσεις MDDS), το σύνολο των χαρακτηριστικών – παραμέτρων που εντάσσει στην διαδικασία λήψης της απόφασης και τον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνει να τα συνδυάσει. Η έξοδος του συστήματος, το αποτέλεσμα που τελικά θα δώσει, θα πρέπει να μπορεί να αποδίδει όσο το δυνατόν ρεαλιστικότερα την πραγματική εικόνα της κατάστασης που μελετάται.

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, την αξιολόγηση της κατάστασης στην οποία βρίσκονται, και την αναγκαιότητα πραγματοποίησης επεμβάσεων συντήρησης σε αυτά. Για αυτό το λόγο ένα σύστημα λήψης αποφάσεων για τα μνημεία με παραμέτρους συντήρησης και δομικής ακεραιότητας ίσως φανεί χρήσιμο προς αυτήν την κατεύθυνση.

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, εξασφαλίζοντας υψηλή και σταθερή ποιότητα και επιτελεσματικότητα, στοιχεία απαραίτητα για κάθε έργο που αφορά την πολιτιστική κληρονομιά.[3]

## **II.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΜΝΗΜΕΙΑ**

Η λήψη απόφασης στα πλαίσια της αποκατάστασης της μνημειακής κληρονομιάς καθίσταται ιδιαίτερα πολύπλοκη και ενίοτε δύσκολη διαδικασία καθώς εξαρτάται από μια πληθώρα παραμέτρων οι οποίες πολλές φορές αλληλοεξαρτώνται ή ακόμα έρχονται σε άμεση αντίθεση μεταξύ τους. Για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα θα πρέπει να είναι ξεκάθαρος από την αρχή ο σκοπός και η έκταση της αποκατάστασης καθώς και οι κατηγορίες των παραμέτρων που επηρεάζουν την επικινδυνότητα του μνημείου και διαμορφώνουν τις σημαντικές αποφάσεις για τον τρόπο διαχείρισης του.

### **II.2.1 Η ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ**

Οι κίνδυνοι που απειλούν τα μνημεία της πολιτιστικής κληρονομιάς είναι πολλοί και διαφορετικής φύσεως. Αφορούν τόσο στη Μακροκλίμακα όσο και στη Μεσαία κλίμακα του μνημείου, ενώ περιλαμβάνουν και εξωτερικούς κινδύνους που επηρεάζουν τα μνημεία. Είναι λοιπόν προφανές ότι κατά τη διαδικασία λήψης μιας απόφασης για την προστασία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς πρέπει να συνυπολογίζει τόσο την τρωτότητα του κτιρίου όσο και τους κινδύνους που το απειλούν. Πιο συγκεκριμένα:

Η τρωτότητα του μνημείου απεικονίζει την κατάσταση διατήρησης του φέροντος οργανισμού και των δομικών υλικών του. Σε ό,τι αφορά στην κατάσταση διατήρησης του σκελετού του, βασικό ρόλο παίζει ο αρχιτεκτονικός τύπος του μνημείου καθώς και τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες της φέρουσας τοιχοποιίας του, που αποτελεί και το βασικό δομικό στοιχείο των περισσότερων κτιρίων και μνημείων που εξετάζονται. Εξίσου μεγάλης σημασίας είναι και η μηχανική συμπεριφορά του φέροντα οργανισμού μαζί με τις επιμέρους μηχανικές αντοχές που παρουσιάζει, ενώ το γεωτεχνικό πλαίσιο θεμελίωσης του μνημείου συμπληρώνει την εικόνα διατήρησης του και δίνει πολύτιμες πληροφορίες για τον τρόπο της θεμελίωσης, τον τύπο του εδάφους και τις αλληλεπιδράσεις του με το κτίριο. Όσον αφορά στην κατάσταση διατήρησης των δομικών υλικών του κτιρίου, η καταγραφή των ιδιοτήτων τους και η χαρτογράφηση της φθοράς τους αποτελούν τις παραμέτρους που συμπληρώνουν την παθολογία του μνημείου. Οι μέθοδοι διάγνωσης τους περιλαμβάνουν τις μακροσκοπικές παρατηρήσεις, τον χαρακτηρισμό των υλικών και της διάγνωσης της φθοράς μέσω της εφαρμογής μιας τυπικής διασωστικής μελέτης.

Η δεύτερη παράμετρος που συμμετέχει καθοριστικά στην εκτίμηση της επικινδυνότητας και επομένως αποτελεί παράγοντα που συνυπολογίζεται στην λήψη αποφάσεων είναι οι διάφοροι κίνδυνοι που αντιμετωπίζουν τα μνημεία. Αυτοί περιλαμβάνουν τα στατικά φορτία, τις τυχηματικές δράσεις και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζουν ένα μνημείο και που σε συνδυασμό με την τρωτότητα του, αποκαλύπτουν την επικινδυνότητα στην οποία βρίσκεται, διευκολύνοντας τη διαδικασία λήψης απόφασης. Κατά τη θεώρηση των κινδύνων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και τα ακόλουθα χαρακτηριστικά που τους προσδιορίζουν: το είδος του κινδύνου, η βαρύτητα τους, η ιεράρχηση τους ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρίσκεται το κτίριο, η πιθανότητα και η συχνότητα εμφάνισης τους.

Συμπληρωματικά, στη λήψη μιας απόφασης για την προστασία των μνημείων πρέπει να συνεκτιμώνται οι Αξίες που διέπουν τα μνημεία, όπως ιστορική, αρχιτεκτονική, καλλιτεχνική ή άλλη, εφόσον συχνά προκρίνουν την ανάγκη κάποιας επέμβασης ανάλογα με την ιδιαιτερότητα ή τη μοναδικότητα κάποιου μνημείου.

Τέλος, διάφοροι κοινωνικοί και οικονομικοί παράγοντες συμβάλλουν στη λήψη μιας απόφασης επέμβασης αφού τόσο το κόστος όσο και η αποδοχή των εργασιών από την κοινωνία μπορούν να επιτρέψουν ή να καθορίσουν το βαθμό και την έκταση μιας επέμβασης. [61,62,63,64,65]

Οι παράμετροι που καθορίζουν την τρωτότητα του μνημείου και που αποτελούν αντικείμενο της παρούσας εργασίας χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Παράμετροι συντήρησης
- Παράμετροι δομικής ακεραιότητας

## **Π.2.2. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ**

Οι παράμετροι συντήρησης για τη λήψη απόφασης σχετικά με την προστασία μνημείων βασίζονται στους παράγοντες που επηρεάζουν τη φθορά των μνημείων και που εξετάζονται στα πλαίσια μιας τυπικής διαγνωστικής μελέτης, ενώ συνυπολογίζουν και τις υποπαράμετρους που καθορίζουν την έκβαση της εξέτασης. Όπως έχει αναλυθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, η διαγνωστική μελέτη προβλέπει ουσιαστικά τη διάγνωση της κατάστασης του κτιρίου, δηλαδή, τη μελέτη των ιδιοτήτων των αυθεντικών υλικών και των μηχανισμών φθοράς τους. Περιλαμβάνει το σχεδιασμό της μελέτης, τη σύνταξη διαγνωστικού πρωτοκόλλου, την καταγραφή



και επεξεργασία των μακροσκοπικών παρατηρήσεων, την εκτέλεση επί τόπου μετρήσεων, τη δειγματοληψία και εκτέλεση εργαστηριακών μετρήσεων στα δείγματα, την επεξεργασία των επί τόπου και των εργαστηριακών δεδομένων και τη σύνταξη της διαγνωστικής έκθεσης. Η τελευταία περιέχει στοιχεία όπως ο χαρακτηρισμός των υλικών και των κτιριακών δομών, την ταυτοποίηση της παθολογίας του κτιρίου, ταυτοποίηση των αιτιών της φθοράς, διατύπωση της αναγκαιότητας ή μη επέμβασης και την πρόταση για εργασίες, τεχνικές, και υλικά συντήρησης και αποκατάστασης. Η επιλογή των παραμέτρων προκύπτει από τη μακροσκοπική και μικροσκοπική παρατήρηση σε συνδυασμό με τις μη καταστρεπτικές μεθόδους ελέγχου και εργαστηριακές μεθόδους ελέγχου. Έτσι λοιπόν: [30]

❖ Από μακροσκοπικές παρατηρήσεις, ως παράμετροι συντήρησης μπορούν να θεωρηθούν εφόσον υπάρχουν: [54,55]

1. οι κρούστες διαφόρων τύπων
2. η κυψελοειδής διάβρωση
3. η βιολογική φθορά
4. οι ρηγματώσεις
5. οι αποφλοιώσεις, αποκολλήσεις
6. οι απομειώσεις
7. οι ασυνέχειες
8. οι παλαιότερες επεμβάσεις
9. το είδος υλικού με φθορά
10. η φωτογραφική τεκμηρίωση φθοράς
11. η σχεδιαστική αποτύπωση φθοράς
12. η χωροταξική τοποθέτηση φθοράς
13. ο προσανατολισμός φθοράς
14. οι συντεταγμένες
15. η έκταση φθοράς
16. Ζαχαροειδής διάβρωση
17. Αποπλυμένες επιφάνειες
18. Αποσάθρωση χρωματικής επίστρωσης
19. Βιολογική πάτινα – βιοδιάβρωση
20. Χαλαρές αποθέσεις, επικάθηση σκόνης
21. Εξανθήσεις

❖ Από τις επί τόπου μη καταστρεπτικές μεθόδους, οι παράμετροι συντήρησης που προκύπτουν είναι:

I. Από τη μέθοδο της *θερμογραφίας υπερύθρου*: [31,32]

1. η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα υλικό
2. η διαπερατότητα του υλικού
3. η ανάκλαση του υλικού
4. η απορρόφηση του υλικού
5. η υφή του υλικού
6. η περιεχόμενη υγρασία
7. η τραχύτητα της επιφάνειας
8. η θέση
9. το είδος της επιφάνειας
10. η θερμοκρασία του περιβάλλοντος
11. η σχετική υγρασία περιβάλλοντος %
12. η μέση ωριαία ηλιακή ακτινοβολία  $W/m^2/h$
13. η κατεύθυνση και η ταχύτητα ανέμου/ βροχής/ χιόνι κτλ
14. ο προσανατολισμός της επιφάνειας
15. η ημερομηνία του θερμογραφήματος
16. η ώρα της ημέρας
17. ο τύπος μέτρησης
18. η συσκευή θερμογραφίας υπερύθρου
19. το πρότυπο μέτρησης
20. η απόσταση θερμογράφου από την επιφάνεια
21. τα αντικείμενα σε γειτνίαση
22. το θερμογράφημα
23. οι επιφανειακές φθορές
24. οι αποφλοιώσεις
25. οι ατέλειες / ρωγμές

II. Από τη μέθοδο της *επεξεργασία ψηφιακής εικόνας*: [33]

1. το ποσοστό ανάκλασης και απορρόφησης του ορατού φάσματος από μια επιφάνεια
2. η φωτεινή ροή
3. η ένταση φωτός
4. η λαμπρότητα

5. η φωτεινότητα

6. η αντίθεση

III. Από τη μέθοδο της *μέτρησης ταχύτητας διάδοσης υπερήχων*: [34,35]

1. η μέτρηση της ταχύτητας διάδοσης υπερηχητικών κυμάτων διαμέσου ενός υλικού

2. η πυκνότητα του υλικού

3. οι δυναμικές παράμετροι ελαστικότητας του υλικού

4. η ακουστική αντίσταση του υλικού

5. το εύρος του ήχου

6. οι ρωγμές

7. οι επιφανειακές αλλοιώσεις

IV. Από τη μέθοδο της *μικροσκοπίας οπτικών ινών*: [36]

1. η ανάκλαση και μετάδοση του οπτικού σήματος (εικόνα μικροσκοπίου) μέσα στην οπτική ίνα

2. η κατασκευή της οπτικής ίνας

3. η ακτίνα του πυρήνα

4. ο δείκτης διάθλασης του πυρήνα

5. ο δείκτης διάθλασης του περιβλήματος

6. το μήκος κύματος της φωτεινής πηγής

7. το αριθμητικό διάφραγμα

8. η απόσβεση

9. η σκέδαση

10. η απορρόφηση

11. η διασπορά του φωτός

12. RH%

13. ο αέρας/ χιόνι/ βροχή/ ήλιος/ συνεφιά κτλ

14. το υλικό της επιφάνειας

15. η υγρασία του δείγματος

16. η ηλιακή ακτινοβολία

17. ο τρόπος μέτρησης

18. ο τύπος οργάνου/ αρχές λειτουργίας του

19. η εικόνα FOM

20. ο τύπος υλικού/ υφής/ φθοράς

21. η θερμοκρασία της επιφάνειας

22. η ικανότητα εκπομπής του υλικού

23. η μικροδομή του υλικού

V. Από τη μέθοδο του *γεωραντάρ*: [37]

1. η διάδοση και διάχυση ηλεκτρομαγνητικού κύματος
2. το βάθος απεικόνισης υπεδάφους
3. η διηλεκτρική σταθερά του υλικού
4. το υλικό επιφάνειας
5. ο τύπος επιφάνειας
6. ο προσανατολισμός επιφάνειας
7. η θερμοκρασία περιβάλλοντος
8. η σχετική υγρασία περιβάλλοντος
9. ο αέρας/ χιόνι/ βροχή/ ήλιος/ συνεφιά κτλ
10. η θερμοκρασία επιφάνειας
11. η υγρασία επιφάνειας
12. ο τύπος οργάνου
13. η συχνότητα
14. ο τρόπος μέτρησης
15. ο τύπος υλικού
16. το γεώγραμμα
17. τα κενά, ρωγμές

VI. Από τη μέθοδο *Schmidt Hammer*: [38]

1. η πίεση που ασκείται πάνω στην επιφάνεια του υλικού από μια ράβδο φορτισμένη από ένα ελατήριο
2. η μονοαξονική αντοχή συμπίεσης του υλικού
3. η επιφάνεια του υλικού
4. οι ρωγμές στην επιφάνεια του υλικού
5. οι επιφανειακές αλλοιώσεις

❖ Από ενόργανες τεχνικές και επί τόπου μεθόδους, οι παράμετροι συντήρησης που προκύπτουν είναι:

I. Από τη μέθοδο της *οπτικής και πολωτικής μικροσκοπίας*: [39,40]

1. το σχήμα των κρυστάλλων
2. τα επίπεδα σχισμών των κρυστάλλων
3. οι οπτικές ιδιότητες των κρυστάλλων
4. η διεύθυνση των κρυστάλλων

5. η μικροδομή του υλικού
6. η εστιακή απόσταση
7. το μήκος του οπτικού σωλήνα του αντικειμενικού φακού
8. η ημερομηνία μέτρησης
9. η ώρα μέτρησης
10. η δειγματοληψία
11. το υλικό δείγματος
12. η κατεργασία δείγματος
13. οι διαστάσεις δείγματος
14. ο τύπος μικροσκοπίου
15. το πρότυπο μέτρησης
16. η αναγνώριση ορυκτών και πετρωμάτων

II. Από τη μέθοδο της *ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης και στοιχειακή μικροανάλυση*: [41,42]

1. η αλληλεπίδραση δέσμης ηλεκτρονίων με την επιφάνεια του εξεταζόμενου δείγματος
2. ο τύπος της πηγής των ηλεκτρονίων
3. η εστιακή απόσταση
4. ο συντελεστής ανάκλασης
5. η ημερομηνία μέτρησης
6. η ώρα μέτρησης
7. το όνομα μνημείου
8. η δειγματοληψία
9. το υλικό δείγματος
10. η κατεργασία δείγματος
11. ο τύπος οργάνου
12. η ημιποσοτική Στοιχειακή Χημική Ανάλυση
13. η μικροδομή του υλικού

III. Από τη μέθοδο της *φασματοσκοπίας ατομικής απορρόφησης και της φασματοσκοπίας ατομικής εκπομπής*: [43]

1. η ενέργεια που απορροφάται κατά τη διέγερση των στοιχείων μιας ουσίας
2. η ενέργεια που εκπέμπεται κατά την αποδιέγερση των στοιχείων μιας ουσίας

3. τα στατικά βάρη της διεγερμένης και της θεμελιώδους κατάστασης
  4. οι ενέργειες της διεγερμένης και της θεμελιώδους κατάστασης
  5. η θερμοκρασία
  6. οι παρεμποδίσεις
- IV. Από τη μέθοδο της *περίθλασης των ακτινών X*: **[44,45]**
1. η προσπίπτουσα στην υπό εξέταση ουσία ακτινοβολία X που ανακλάται
  2. η πηγή της ακτινοβολίας
  3. το γωνιόμετρο
  4. ο αισθητήρας
  5. το σχήμα του κρυστάλλου
  6. οι διαστάσεις του κρυστάλλου
  7. η ημερομηνία μέτρησης
  8. η ώρα μέτρησης
  9. ο τύπος οργάνου
  10. το υλικό δείγματος
  11. η μάζα δείγματος
  12. το πρότυπο μέτρησης
  13. η κύρια ορυκτολογική φάση
  14. η δευτερεύουσα ορυκτολογική φάση
  15. το διάγραμμα περίθλασης ακτίνων X
- V. Από τη μέθοδο του *φθορισμού των ακτινών X*: **[46]**
1. η απορρόφηση υπέρυθρης ακτινοβολίας από την υπό εξέταση ουσία
  2. το σχήμα του κρυστάλλου
  3. οι διαστάσεις του κρυστάλλου
- VI. Από τη μέθοδο της *φασματοσκοπίας υπέρυθρου με σχηματισμό Fourier*: **[47]**
1. η απορρόφηση υπέρυθρης ακτινοβολίας από τα όρια της υπό μελέτης ουσίας σε χαρακτηριστικά μήκη κύματος
  2. η ποσότητα της ένωσης στο δείγμα που εξετάζεται
  3. η δόνηση που υφίσταται
  4. ο κυματάρηθος
  5. το είδος του ταλαντωτή

6. οι συνθήκες δειγματοληψίας
7. το υλικό μέτρησης
8. το υλικό δείγματος
9. η ώρα μέτρησης
10. η ημερομηνία μέτρησης
11. το πρότυπο μέτρησης
12. ο τύπος οργάνου μέτρησης
13. το φάσμα
14. ο τύπος της αρχιτεκτονικής επιφάνειας

VII. Από τη μέθοδο της *θερμικής και θερμοβαρυνμετρικής ανάλυσης*: [48]

1. οι φυσικές και χημικές μεταβολές της ουσίας όταν υποβάλλεται σε ένα συγκεκριμένο θερμοκρασιακό πρόγραμμα
2. το σημείο που συμβαίνει η μεταβολή της θερμοκρασίας
3. η επιφάνεια που περικλείεται από την κορυφή στο διάγραμμα ΔΤ-χρόνου
4. η μεταβολή της μάζας του δείγματος κατά την εξέλιξη ενός προκαθορισμένου προγράμματος μεταβολής της θερμοκρασίας
5. ο τρόπος ανάρτησης του χωνευτηρίου
6. η ημερομηνία μέτρησης
7. η ώρα μέτρησης
8. το υλικό δείγματος
9. η θερμοκρασία περιβάλλοντος
10. η σχετική υγρασία περιβάλλοντος
11. ο αέρας/ χιόνι/ βροχή/ ήλιος/ συνεφιά κτλ
12. η μάζα δείγματος (gr)
13. ο αριθμός δειγμάτων
14. ο τύπος οργάνου
15. το πρότυπο μέτρησης
16. το ποσοστό φυσικά δεσμευμένου νερού %
17. η ατμόσφαιρα θαλάμου θέρμανσης
18. ο ρυθμός θέρμανσης °C/min
19. το διάστημα απώλειας μάζας
20. η απώλεια βάρους % σε θερμοκρασία μεταξύ 200-600 °C
21. η απώλεια βάρους % σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 600 °C

22. το διάγραμμα θερμοβαρυμετρικής ανάλυσης
- VIII. Από τη μέθοδο της *ποροσιμετρίας υδραργύρου*: [49,50]
1. η εξωτερική πίεση που ασκείται στον υδράργυρο
  2. η τραχύτητα των τοιχωμάτων των πόρων
  3. ο λόγος της μέσης διαμέτρου θαλάμων προς μέση διάμετρο λαιμών
  4. το εύρος της κατανομής των λαιμών ως προς την ακτίνα τους
  5. η ημερομηνία μέτρησης
  6. η ώρα μέτρησης
  7. ο τρόπος δειγματοληψίας
  8. η θερμοκρασία περιβάλλοντος
  9. η σχετική υγρασία περιβάλλοντος
  10. ο αέρας (ταχύτητα αέρα), συννεφιά, βροχή κ.α.
  11. η διατήρηση δείγματος
  12. το υλικό δείγματος/ αριθμός δειγμάτων
  13. η μάζα δείγματος
  14. ο τύπος οργάνου
  15. το πρότυπο μέτρησης
  16. οι συνθήκες μέτρησης
  17. οι διαστάσεις των δειγμάτων
  18. η ξηρή μάζα του δείγματος (g)
  19. ο ολικός ειδικός όγκος
  20. η φαινόμενη πυκνότητα  $\rho(\text{g/cm}^3)$
  21. η διορθωμένη φαινόμενη πυκνότητα  $\rho(\text{g/cm}^3)$
  22. η μέση ακτίνα πόρων
  23. το ολικό ανοιχτό πορώδες %
  24. ο λόγος ανοιχτού προς ολικό πορώδες
  25. η ειδική επιφάνεια
  26. η περιγραφή κατανομής
  27. το διάγραμμα ημι-λογαριθμικό της κατανομής των πόρων
  28. η μικροδομή του υλικού
- IX. Από τη μέθοδο της *ρόφησης αερίων*: [51,52]
1. ο όγκος του αερίου που προσροφάται
  2. η θερμοκρασία
  3. η πίεση



4. ο τύπος της ισόθερμης φυσικής ρόφησης
- X. Από τη μέθοδο του *συντελεστή υδατοαπορρόφησης*: [53]
1. ο ρυθμός της τριχοειδούς αναρρίχησης των υδατικών διαλυμάτων
  2. η φύση των μικρών πόρων του υλικού
  3. η διάμετρος των μικρών πόρων του υλικού
  4. το πρότυπο
  5. ο αριθμός, το σχήμα και οι διαστάσεις δοκιμίων
  6. η ποσότητα του νερού που απορροφάται ανά μονάδα επιφάνειας και ο αντίστοιχος χρόνος
  7. η ποσότητα του νερού που απορροφάται μετά από τη σταθεροποίηση του βάρους του δείγματος
  8. το διάγραμμα των τιμών  $Q_i$  ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) συναρτήσεις της ρίζας του χρόνου ( $\text{s}^{1/2}$ )
  9. ο δείκτης της τριχοειδούς απορρόφησης της υγρασίας IC
  10. η κατεξεργασία Icrel
  11. ο συντελεστής τριχοειδούς απορρόφησης CA εκφρασμένος σε  $\text{g}/\text{cm}^2 \text{s}^{-1/2}$

### II.2.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ

Οι παράμετροι δομικής ακεραιότητας για τη λήψη απόφασης σχετικά με την προστασία μνημείων βασίζονται στους παράγοντες που επηρεάζουν τη δομική ακεραιότητα και την επιδεκτικότητα των μνημείων στις βλάβες, αποκαλύπτοντας την τρωτότητα του κτιρίου και που εξετάζονται στα πλαίσια μιας τυπικής δομοστατικής ανάλυσης, αποτίμησης της φέρουσας ικανότητας, ενώ συνυπολογίζουν και τις υποπαραμέτρους που καθορίζουν την έκβαση της εξέτασης. Η στατική ανάλυση για ένα κτίριο πρέπει να διασφαλίζει ότι το κτίριο είναι σε θέση να σταθεί με ασφάλεια, να λειτουργήσει χωρίς υπερβολικές εκτροπές ή κινήσεις που μπορεί να προκαλέσουν κόπωση των δομικών στοιχείων ή ρωγμές. Πρέπει να συνυπολογίζει τις κινήσεις και τις δυνάμεις λόγω της θερμοκρασίας ή του ερπυσμού, τις ρωγμές και τα φορτία που επιβάλλονται. Πρέπει επίσης να διασφαλίζει ότι ο σχεδιασμός και η αρχιτεκτονική του κτιρίου θα είναι άρτιες και πως θα οικοδομείται εντός των αποδεκτών ορίων ανοχής των υλικών. Θα πρέπει να επιτρέπει την αρχιτεκτονική στις υπηρεσίες του κτιρίου για να ταιριάζει στο εσωτερικό του κτιρίου και τη λειτουργία του.

❖ Από μια τυπική μελέτη στατικής ανάλυσης, ως παράμετροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω μηχανικά χαρακτηριστικά: [56,57]

1. η θλιπτική αντοχή
2. το φαινόμενο βάρος
3. η εφελκυστική αντοχή
4. το μέτρο ελαστικότητας
5. το ειδικό βάρος
6. ο λόγος Poisson
7. η διατμητική αντοχή
8. η δοκιμή κόπωσης
9. η δοκιμή κρούσης
10. η δοκιμή ερπισμού
11. η δοκιμή σκληρότητας
12. η μηχανική των θραύσεων

❖ Η τρωτότητα των κατασκευών από τοιχοποιία συγκεντρώνει όλες εκείνες τις παραμέτρους οι οποίες προσδιορίζουν το μνημείο στο χώρο και το αναλύουν ως προς τα δομικά του χαρακτηριστικά δηλαδή την αρχιτεκτονική, το ρυθμό, τον φέρον οργανισμό και τις δομικές αλλαγές και αλλοιώσεις που υπέστη. Η κατηγορία αυτή παραμέτρων είναι πολύ σημαντική κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης τόσο γιατί συγκεντρώνει ένα πλήθος πληροφοριών για το υπό εξέταση μνημείο αλλά και γιατί επιτρέπει στους μελετητές τη σύγκριση με αντίστοιχα μνημεία. Από την εν λόγω κατηγορία, ως παράμετροι μπορούν να θεωρηθούν: [59]

1. το υλικό της κατασκευής
2. η ύπαρξη ή όχι οριζόντιων διαφραγμάτων
3. το είδος της σύνδεσης μεταξύ των τοίχων
4. η ηλικία του κτιρίου
5. το επίπεδο συντήρησης
6. το οικονομικό υπόβαθρο της περιοχής
7. η διατιθέμενη γνώση
8. η ύπαρξη ή όχι κανονισμών
9. η ποιότητα κατασκευής
10. ο φέρον οργανισμός
11. τα μόνιμα φορτία

12. τα κινητά φορτία
13. τα τυχηματικά φορτία
14. η ιδιοπερίοδος της κατασκευής
15. οι πιθανές βλάβες
16. η περίοδος επανάληψης εντάσεων
17. η διάρκεια σεισμού περίοδος T σεισμού
18. ο τρόπος θεμελίωσης
19. η ακαμψία μελών
20. ο συντελεστής σπουδαιότητας  $\gamma_1$
21. ο συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς (q)
22. η συνολική σεισμική δράση ( $F=\beta(T)*W$ )
23. το προσομοίωμα
24. οι συνοριακές συνθήκες
25. η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας μνημείου

❖ Εφόσον αναφερόμαστε σε κατασκευές με φέρουσα τοιχοποιία, σαν παράμετροι μπορούν να θεωρηθούν: **[58]**

1. το είδος τους
2. τη λειτουργία τους στο δόμημα
3. το υλικό κατασκευής τους
4. τον τρόπο δόμησης τους

Παράλληλα με την εξέταση των παραπάνω παραμέτρων, υπάρχουν και οι εξωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την κατάσταση διατήρησης ενός κτιρίου και κατ' επέκταση συμμετέχουν καθοριστικά στη λήψη οποιασδήποτε απόφασης για την προστασία και αποκατάσταση του. Οι παράμετροι αυτοί αφορούν δύο μεγάλες κατηγορίες κινδύνων από τις οποίες μπορούν να προκύψουν έμμεσα παράμετροι συντήρησης και δομικής ακεραιότητας, την Επίδραση του Περιβάλλοντος και τις Τυχηματικές Δράσεις.

❖ Επίδραση του περιβάλλοντος

Οι εν λόγω παράμετροι προκύπτουν από το σύνολο των περιβαλλοντικών απειλών που μπορεί να δεχτεί το μνημείο στο σύνολο της ζωής του. Έτσι ως παράμετροι συντήρησης μπορούν να θεωρηθούν: **[54,55,60]**

1. το νερό
2. τα διαλυτά αλυτα

3. η ατμόσφαιρα
4. οι θερμοκρασιακές μεταβολές
5. η διόγκωση μεταλλικών συνδέσμων
6. ο πάγος-παγετός
7. οι σεισμικές δονήσεις
8. ο άνεμος
9. έκθεση σε βροχόπτωση
10. η μέση σχετική υγρασία
11. η ηχορύπανση
12. το έδαφος
13. ο χαρακτηρισμός της περιοχής
14. η ένταση της επίδρασης των περιβαλλοντικών παραγόντων και φορτίσεων
15. η διάρκεια της επίδρασης των περιβαλλοντικών παραγόντων και φορτίσεων
16. η συχνότητα της επίδρασης των περιβαλλοντικών παραγόντων και φορτίσεων
17. υψόμετρο περιοχής
18. ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία περιοχής
19. τρόπος προσβολής από νερό (αερολύματα, βροχή, ανερχόμενη υγρασία, συμπύκνωση)
20. γειτνίαση με θάλασσα
21. απόσταση από θάλασσα
22. προσανατολισμός σε σχέση με θάλασσα
23. γειτνίαση με δάση και άλση
24. απόσταση από δάση και άλση
25. προσανατολισμός σε σχέση με δάση και άλση
26. γειτνίαση με ποταμούς
27. απόσταση από ποταμούς
28. προσανατολισμός σε σχέση με ποταμούς
29. γειτνίαση με λίμνες
30. απόσταση από λίμνες
31. προσανατολισμός σε σχέση με λίμνες
32. γειτνίαση με ορεινούς όγκους

33. απόσταση από ορεινούς όγκους
34. προσανατολισμός σε σχέση με ορεινούς όγκους
35. ύψος ορεινών όγκων
36. συγκέντρωση NOX, SOX, COX
37. μέση συγκέντρωση SO<sup>2</sup>/CL<sup>-</sup>/NO<sup>2</sup>
38. υπόγεια υδάτινα ρεύματα περιοχής
39. ύπαρξη υδροφόρου ορίζοντα
40. συχνότητα εμφάνισης καύσωνα
41. συχνότητα εμφάνισης παγετού
42. συχνότητα εμφάνισης πλημμύρας
43. συχνότητα εμφάνισης χιονόπτωσης
44. συχνότητα εμφάνισης ομίχλης
45. συχνότητα εμφάνισης χιονιού
46. συχνότητα εμφάνισης ανέμου
47. μέση ταχύτητα ανέμων
48. μέση κατεύθυνση ανέμων
49. κύρια κατεύθυνση ανέμων
50. θερμοκρασιακές μεταβολές
51. μέση θερμοκρασία το καλοκαίρι
52. μέση θερμοκρασία το χειμώνα
53. μέση μέγιστη θερμοκρασία
54. μέση ελάχιστη θερμοκρασία
55. διάρκεια ηλιοφάνειας
56. ηλιακή ακτινοβολία
57. μέση υγρασία το καλοκαίρι
58. μέση υγρασία το χειμώνα
59. σχετική υγρασία
60. χρόνος διαβροχής TOW
61. οξύτητα βροχής H<sup>+</sup>
62. ποσότητα βροχοπτώσεων m/year
63. ηλιακή ακτινοβολία εσωτερικού
64. ώρα έναρξης ηλιακής ακτινοβολίας
65. ώρα λήξης ηλιακής ακτινοβολίας
66. ζώνη που επηρεάζεται από ηλιακή ακτινοβολία

67. πηγή θερμότητας εσωτερικού
68. πηγή ακτινοβολίας εσωτερικού
69. τρόπος αερισμού
70. θερμοϋγρομετρικές ανταλλαγές με εξωτερικό περιβάλλον
71. μηχανικές φορτίσεις (διάβρωση μετάλλων, πάγος, εκτριβή, διαλυτά άλατα κτλ)
72. η χλωρίδα
73. η πανίδα

❖ Τυχηματικές δράσεις

Η κατηγορία σχετίζεται με ενδογενείς παράγοντες φθοράς όπως σωματίδια, ηχορύπανση ή αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας από την ανθρώπινη παρουσία κ.α. . Έτσι ως παράμετροι συντήρησης μπορούν να θεωρηθούν:

**[54,55,60]**

1. η πλημμύρα
2. το ηφαίστειο
3. το τσουνάμι
4. οι βανδαλισμοί
5. τα γκράφιτι
6. οι χωροταξικές ρυθμίσεις και μέτρα
7. οι κυκλοφοριακές ρυθμίσεις και μέτρα
8. οι πολεοδομικές ρυθμίσεις και μέτρα
9. ο προσανατολισμός του κτιρίου
10. το είδος των κτιρίων στο γειτνιάζοντα ιστό
11. η συγκέντρωση πληθυσμού
12. η επισκεψιμότητα του κτιρίου
13. το ωράριο λειτουργίας
14. ο μέσος αριθμός επισκεπτών
15. ο μέσος χρόνος παραμονής επισκεπτών
16. ο τρόπος καθαρισμού
17. τα αιωρούμενα σωματίδια/ συγκέντρωση/ τύπος
18. η επισκεψιμότητα της περιοχής
19. το ύψος των γύρω κτιρίων
20. η απόσταση από κτίρια

21. ο προσανατολισμός σε σχέση με κτίρια
22. η απόσταση από βιομηχανικές δραστηριότητες
23. ο προσανατολισμός σε σχέση με βιομηχανικές δραστηριότητες
24. οι κύριοι τύποι βιομηχανικών δραστηριοτήτων

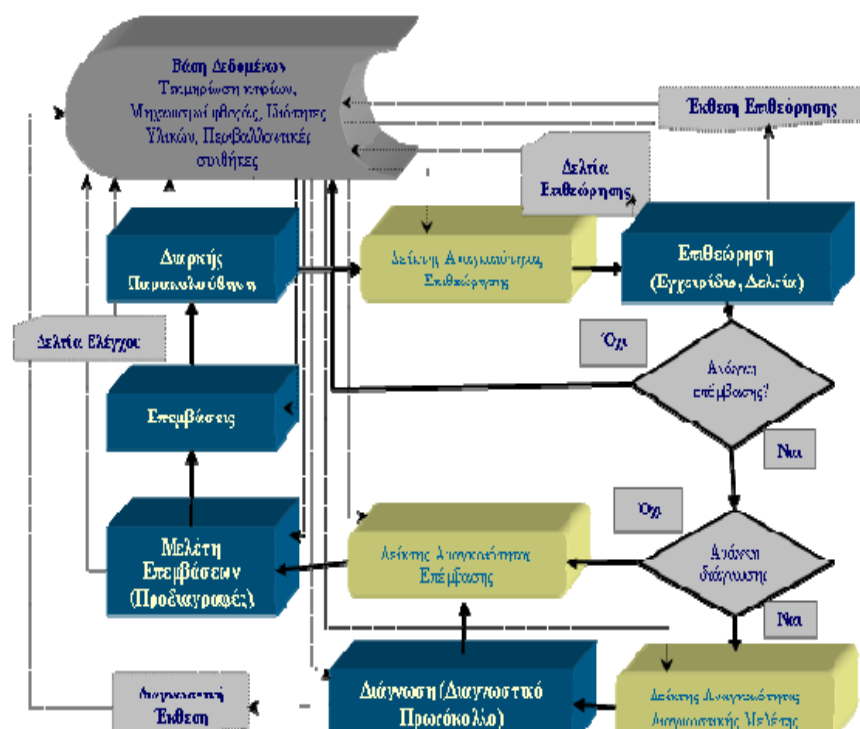
### II.3 ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Κρίσιμη παράμετρος για τη λήψη απόφασης, παράλληλα με τις αναγκαιότητες της διαρκούς παρακολούθησης, της επιθεώρησης, της διάγνωσης, της μελέτης επεμβάσεων και των εργασιών επεμβάσεων, είναι επίσης η ύπαρξη και η χρήση εργαλείων σε ένα σύστημα λήψης απόφασης για την κατάταξη των κτιρίων ως προς τις προτεραιότητες σε επιθεώρηση, σε διάγνωση και επέμβαση. Τα εργαλεία αυτά της λήψης αποφάσεων με σκοπό τη βέλτιστη διάθεση των πόρων και του ανθρώπινου δυναμικού, ονομάζονται δείκτες αναγκαιότητας, και χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες: [27,29]

- I. Δείκτες αναγκαιότητας επιθεώρησης
- II. Δείκτες αναγκαιότητας διάγνωσης
- III. Δείκτες αναγκαιότητας επέμβασης

Έτσι λοιπόν, το σχήμα που παρουσιάστηκε στην ενότητα 1.6 και αφορά την αλληλοδιαδοχή των πέντε διακριτών φάσεων στη διαχείριση μνημείων θα πρέπει να αναδιαμορφωθεί σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα ώστε να περιλαμβάνει τα κατάλληλα εργαλεία για τη αναδιάταξη των κτιρίων, για τη λήψη αποφάσεων, με σκοπό τη βέλτιστη διάθεση των πόρων και του ανθρώπινου δυναμικού.





**Σχήμα 14:** Ολοκληρωμένη μεθοδολογία συντήρησης του μνημείου, φάσεις εργασιών στη διαχείριση κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς και δείκτες αναγκαιότητας για τη λήψη αποφάσεων [27]

### Π.3.1. ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Είναι ο δείκτης που καθορίζει αν, και πόσο συχνά χρειάζεται να γίνει επιθεώρηση σε ένα μνημείο ή ιστορικό κτίριο. Πηγάζει από την ανάγκη για τακτική επιθεώρηση στα κτίρια για να αποτιμηθεί η κατάστασή τους.

Για να διαμορφωθεί ο Δείκτης 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 (dose response functions)
- Έκθεση σε περιβαλλοντικά και ρυπαντικά φορτία.
- Προηγούμενες επιθεωρήσεις, διαγνωστικές μελέτες, επεμβάσεων, και έργα επεμβάσεων.

Ο Δείκτης αναγκαιότητας επιθεώρησης θα βαθμολογήσει κάθε κτίριο βάση των ίδιων παραμέτρων, 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 μία από τις παραμέτρους απόδοσης, έτσι ώστε με αυτόν τον τρόπο να περιλαμβάνουν στον μηχανισμό λήψης αποφάσεων τις προτεραιότητες και τις ιδιαιτερότητες που έχουν χαράξει ως διαχειριστική αρχή. [27,28,29]

### **Π.3.2. ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ**

Είναι ο δείκτης που εκφράζει τη συχνότητα διεξαγωγής διαγνωστικής μελέτης. Για να διαμορφωθεί ο δείκτης αναγκαιότητας διάγνωσης απαραίτητες πληροφορίες είναι:

- Έκθεση επιθεώρησης
- Δελτία Ελέγχου
- Προηγούμενες διαγνωστικές εκθέσεις, αν υπάρχουν.
- Προηγούμενες Μελέτες επεμβάσεων και Αρχεία Εργασιών Επεμβάσεων

Ο Δείκτης αναγκαιότητας διάγνωσης θα βαθμολογήσει κάθε κτίριο βάση των ίδιων παραμέτρων, 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 μία από τις παραμέτρους απόδοσης, έτσι ώστε με αυτόν τον τρόπο να περιλαμβάνουν στον μηχανισμό λήψης αποφάσεων τις προτεραιότητες και τις ιδιαιτερότητες που έχουν χαράξει ως διαχειριστική αρχή. [27,28,29]

### **Π.3.3. ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ**

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. Συνιστά μια τιμή που αξιολογεί την αναγκαιότητα επέμβασης στο επίπεδο του κτιρίου ή των επιμέρους υλικών. 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

Ο Δείκτης αναγκαιότητας επέμβασης θα βαθμολογήσει κάθε κτίριο βάση των ίδιων παραμέτρων, 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 μία από τις παραμέτρους απόδοσης, έτσι ώστε με αυτόν τον τρόπο να περιλαμβάνουν στον μηχανισμό λήψης αποφάσεων τις προτεραιότητες και τις ιδιαιτερότητες που έχουν χαράξει ως διαχειριστική αρχή.  
**[27,28,29]**

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΔΙΚΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ

1. Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης, σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ Ε.Μ.Π., εισαγωγικές σημειώσεις μαθήματος "Συστήματα Αποφάσεων" για το ακαδημαϊκό έτος 2009 – 2010, καθηγητές: Ψαρρά, Ασκούνη, συμμετέχουν: Μουζακίτης, Ντάνος, Μπότσικας, Λαμπαθάκη, Τουρίκη
2. Moropoulou A. et al, *INSIGHT*, 41:6 (1999) p.362
3. Moropoulou A. et al. Proc. 2nd Int. Symp. ILCDES , Kuopio, Finland (2003) p.269, Χανδακάς Β., Διδακτορική διατριβή, Σχολή ΧΜ, ΕΜΠ (2004)
4. P. Howard, D. Pinder, Cultural heritage and sustainability in the coastal zone: experiences in southwest England, *J Cult Herit* 4 (2003)57–68
5. An application of Multicriteria Decision Making to built heritage. The case of Calcutta, Mousumi Dutta, Zakir Husain.Pages:1-2
6. [www.investimmo.cstb.fr/english/presentation.asp](http://www.investimmo.cstb.fr/english/presentation.asp)
7. Grossi A., Rodrigues J.D. & Chahoud A. (2001) 'Prodomea : a compatibility approach for the conservation of archaeological masonry in the Mediterranean area' [www.prodomea.com](http://www.prodomea.com)
8. Rodrigues J.D., Grossi A. & Chahoud A. (2002) 'Dealing with incompatibility in archaeological sites (basic principles)' PRODOMEA project
9. ΔΠΜΣ, Συστήματα Λήψης Αποφάσεων, Σημειώσεις, Rob P.J. Van Hees, Silvia Naldini, "An expert system for diagnosis and advice in building conservation"
10. [www.hmg.polimi.it/Activities/Projects/mims.htm](http://www.hmg.polimi.it/Activities/Projects/mims.htm)
11. Lianfa L., J infen g W., Chengyi W. , "Typhoon insurance pricing with spatial decision support tools", *International Journal of Geographical Information Science*, 19, No. 3, 363 – 384, March 2005.
12. Hassanain M.A., Froese T.M., Vanier D.J., "Information analysis for roofing systems maintenance management integrated system", 8th international conference on durability of building materials and components, Vancouver, Canada, May 30 – June 3, 1999.
13. <http://anastylosis.culture.gr>
14. C.L. Hwang, K. Yoon, Multiple attribute decision making methods and applications, Springer-Verlag, Berlin, 1981.
15. C. Bana e Costa, F. Nunes da Silva, J.C. Vansnick, Conflict dissolution in the public sector: a case study, *Eur J Oper Res* 130 (2001) p.388–401
16. E. Beinart, P. Nijkamp (Eds.), Multi-criteria evaluation in land-use management, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1998
17. S.A. Brownlow, S.R.Watson, Structuring multi-attribute value hierarchies *J Oper Res Soc* 38 (1987) p. 309–317
18. P. Hall, Managing change and gaining corporate commitment, *ICL Tech J* (1986) p. 213–227

19. V. Belton, F. Ackermann, I. Shepherd, Integrated support from problem structuring through to alternative evaluation using COPE and VISA, *J MultiCrit Decis Anal* 6 (1997) p.115–130
20. D.G. Brooks, C.W. Kirkwood, Decision analysis to select a microcomputer networking strategy: a procedure and a case study, *J Oper Res Soc* 39 (1998) p.23–32
21. C. Marples, G. Robertson, Option review with HIVIEW, *OR Insight* 6(1993) p.13–18
22. V. Belton, T.J. Stewart, Multiple criteria decision analysis: an integrated approach, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002
23. C. Marples, G. Robertson, Option review with HIVIEW, *OR Insight* 6(1993) p. 13–18., P. Vincke, Multi-criteria decision aid, John Wiley, Chichester, 1992
24. P. Vincke, Multi-criteria decision aid, John Wiley, Chichester, 1992
25. W. Edwards, Social utilities, engineering economists, Summer Symp Ser (1971) p.119–129
26. J. Fodor, M. Roubens, Fuzzy preference modelling and multicriteria decision support, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1994
27. Χανδακάς Β. (2004) ‘Κριτήρια και μεθοδολογία ελέγχου ποιότητας στα έργα συντήρησης- προστασίας ιστορικών μνημείων και κτιρίων’ διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Τομέας Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών σελίδες: 349-352
28. Δρ. Μ. Καρόγλου ΕΜΠ, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Τομέας Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών, Δρ. Τ. Τογκαλίδου, Γενικό Χημείο του Κράτους, παρουσίαση “Έλεγχος Ποιότητας Υλικών Κριτήρια-Μεθοδολογία-Πρότυπα” Επιστημονικές Ημερίδες για την Προστασία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς Προβλήματα Φθοράς και Παθολογίας Μνημείων: Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης και Αποκατάστασης
29. Moropoulou A., Bakolas A. , Το gkalidou T. , Karoglou M., Kaour IP., Chandakas B., ‘Performances and Durability of Materials for Monitoring and Quality Control (The Case of Municipal Market of Pyrgos) ’, *Scienza e Beni Culturali XX*, ed. G. Biscontin, G. Driussi, Publ. Arcadia Ricerche, 765 – 774, 2004.
30. Α. Μοροπούλου, Α. Μπακόλας, Δρ. ΕΜΠ, Τ. Τογκαλίδου, Δρ. University of Illinois at URBANA – CHAMPAIGN, Μ. Καρόγλου, Υ. Δρ. ΕΜΠ, Αικ. Θ. Δελέγκου, Υ. Δρ. ΕΜΠ, Ε. Αγγελικοπούλου, Υ. Δρ. ΕΜΠ, Α. Κωνσταντή, ΔΠΜΣ Προστασία Μνημείων ΕΜΠ, Σ. Κουρής, ΔΠΜΣ Προστασία Μνημείων ΕΜΠ, Π. Καούρη, ΔΠΜΣ Προστασία Μνημείων ΕΜΠ , Ε. Παδουβάς, Msc UMIST/MBA ΕΜΠ/ΟΠΑ, «Κριτήρια και Μεθοδολογία ελέγχου Ποιότητας Υλικών και Επεμβάσεων Συντήρησης και Αποκατάστασης Ιστορικών κτηρίων», Τελική Τεχνική Έκθεση, Αθήνα, Φεβρουάριος 2004, σελ. 36, 37, 139, 142, 143
31. Maldague X.P.V. (1993) *Nondestructive Evaluation of Materials by Infrared Thermography*, Springer Verlag

32. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.403-420
33. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.431-468
34. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.383-402
35. Christaras B. (1998) 'Non-destructive methods used for the estimation of the damage (weathering and cracks) of the building and ornamental stones' PACT, J. European Study Group on Physical, Chemical, Biological and Mathematical Techniques Applied to Archaeology, 55, 213-220
36. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.421-430
37. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ 483-500
38. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ 501-504
39. Amoroso G.G. & Fassina V. (1983) Stone Decay and Conservation, Atmospheric Pollution, Cleaning, Consolidation and Protection, Materials Science Monographs 11, Elsevier
40. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.255-270
41. Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση

- δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010 σελ.271-302
42. Goldstein J. et al. (1992) Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis- A Text for Biologists, Materials Scientists and Geologists, 2nd ed., Plenum, N.York
  43. Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010 σελ.185-194
  44. Cullity B.D. (1978) Elements of X-Ray Diffraction, 2nd ed., Addison-Wesley Publishing Co. Inc., Reading, MA, USA
  45. Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010 σελ.177-184
  46. Παπαδογιάννης Ι. & Σαμανίδου Β. (1996) Ενόργανη Χημική Ανάλυση, Εκδόσεις Α. Σιμώνη & Σ. Χατζηπάντου Ο.Ε., Θεσσαλονίκη
  47. Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010 σελ.195-204
  48. Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010 σελ.231-237
  49. Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010 σελ.271-302
  50. Goldstein J. et al. (1992) Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis- A Text for Biologists, Materials Scientists and Geologists, 2nd ed., Plenum, N.York
  51. Fitzner B. (1993) 'Porosity properties and weathering behaviour of natural stones-Methodology and examples' in Stone Material in Monuments: Diagnosis and Conservation, Heraklion-Crete 24-30 May 1993, Comunita Delle Universite Mediterranee, Scuole Universitaria C.U.M. Conservazione Dei Monumenti

52. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.373-382
53. Μοροπούλου Α. (2004) Χαρακτηρισμός, Έλεγχος Ποιότητας, Διάγνωση Φθοράς και Συντήρηση Δομικών Υλικών- Μεθοδολογία Δομικών Υλικών Ενόργανων & Μη Καταστρεπτικών Μεθόδων, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Προστασία Μνημείων»- Β' Κατεύθυνση, «Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
54. Μοροπούλου Α. , Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος ``2.1.2.1 - Φαινόμενα και μηχανισμοί της φθοράς ως συνάρτηση εξωγενών και ενδογενών παραγόντων``, του ΔΠΜΣ ``Προστασία Μνημείων``, Κατ. Β': Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2004
55. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.87-105
56. Μοροπούλου Α., Υφαντής Δ., Σιμιτζής Ι, Ζουμπουλάκης Α. «υλικά», σημειώσεις για τους φοιτητές του 7ου εξαμήνου χημικών μηχανικών, σχολή Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. τομέας 3: Επιστήμη και τεχνολογία υλικών,2006 σελίδες: 15-45
57. Χανδακάς Β. (2004) 'Κριτήρια και μεθοδολογία ελέγχου ποιότητας στα έργα συντήρησης- προστασίας ιστορικών μνημείων και κτιρίων' διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Τομέας Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών σελίδες:41-60
58. Φυλλίτσα Β. Καραντώνη, πολιτικός μηχανικός, Λέκτορας Πανεπιστημίου Πατρών, «Κατασκευές από τοιχοποιία, Σχεδιασμός και Επισκευές» σελίδες: 1-28
59. Φυλλίτσα Β. Καραντώνη, πολιτικός μηχανικός, Λέκτορας Πανεπιστημίου Πατρών, «Κατασκευές από τοιχοποιία, Σχεδιασμός και Επισκευές» σελίδες: 303,322
60. Φυλλίτσα Β. Καραντώνη, πολιτικός μηχανικός, Λέκτορας Πανεπιστημίου Πατρών, «Κατασκευές από τοιχοποιία, Σχεδιασμός και Επισκευές» σελίδες: 323-340
61. [www.cartadelrischio.it](http://www.cartadelrischio.it)
62. [http://www.preventionweb.net/files/3621\\_Finalreport.pdf](http://www.preventionweb.net/files/3621_Finalreport.pdf);
63. Eu-CHIC internal review meeting – presentations by Elisabetta Giani and Carlo Cacace
64. Accardo, et al., Risk Map: a project to aid decision-making in the protection, preservation and conservation of cultural heritage, Conservation Science



(2002) Archetype Publication, Edited by Joyce H. Townsend, Katherine Eremin and Annemie Adriens.

- 65.** "Ταυτότητα της Ευρωπαϊκής Πολιτιστικής Κληρονομιάς" – EU CHIC "European Cultural Heritage Identity Card", Χρηματοδότηση: European Commission, Research DG, Πρόγραμμα: FP7 ENVIRONMENT, Αρ. Συμβολαίου: 226995, 2009-2012.

# **Π.ΕΦΑΡΜΟΓΗ**

### **III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ**

#### **III.1 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ**

Κύριος στόχος των παραμέτρων συντήρησης και δομικής ακεραιότητας είναι σε πρώτο στάδιο, να μας δείξουν την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το κτίριο. Τόσο το επίπεδο της κατάστασης διατήρησης του κτιρίου, όσο και το επίπεδο της κατάστασης διατήρησης των υλικών συνδυαστικά μας δείχνουν την τρωτότητα του κτιρίου.

##### **III.1.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ**

Από τις εξεταζόμενες παραμέτρους μέσω της διαγνωστικής και στατικής ανάλυσης που παραθέσαμε στο κεφάλαιο 2.3 οι **επί τόπου μακροσκοπικές παρατηρήσεις** των φαινομένων της φθοράς παρέχουν πλήθος πληροφοριών. Σε πρώτη φάση εντοπίζεται η έκταση και ο τύπος διαφόρων φαινομένων φθοράς όπως κρούστες διαφόρων τύπων, κυψελοειδής διάβρωση, βιολογική φθορά, ρηγματώσεις, αποφλοιώσεις, απομειώσεις, ασυνέχειες κτλ μας οδηγούν σε ασφαλή συμπεράσματα για την κατάσταση των υλικών της κατασκευής. Εξίσου σημειώνονται τυχόν παλαιότερες επεμβάσεις που έχουν λάβει χώρα και οι οποίες επηρεάζουν την κατάσταση του σκελετού και των υλικών. Έτσι σε μελλοντικούς σχεδιασμούς καθίσταται αποτελεσματικότερο να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα και να γίνουν οι απαραίτητες εργασίες για να αντιμετωπιστεί η φθορά. [1,2]

Σημαντικές πληροφορίες δίνουν οι **επί τόπου μη καταστρεπτικές μετρήσεις** (NDT) όπου γίνεται χαρτογράφηση τόσο των υλικών όσο και της φθοράς ενώ ταυτόχρονα αποτιμώνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχει η κατασκευή του μνημείου. Επιπλέον μπορεί να διερευνηθεί επιτόπου η κατάσταση των υλικών στο επίπεδο της δομής και της μικροδομής της επιφανείας των υλικών. Αυτή η διερεύνηση

ουσιαστικά μας υποδεικνύει ποια υλικά είναι συμβατά με την κατασκευή και δε θα δημιουργήσουν πρόβλημα με τη χρήση τους όταν έρθουν σε επαφή με τα υπάρχοντα υλικά.

Η θερμογραφία υπέρυθρου χρησιμεύει στη μη καταστρεπτική ανίχνευση της φθοράς των υλικών και των αρχιτεκτονικών επιφανειών. Καταγράφει την κατανομή και το εύρος των θερμοκρασιακών μεταβολών για τη διάγνωση:

- Επιφανειακή φθορά τοιχοποιιών, αρχιτεκτονικών επιφανειών κλπ.
- Αποφλοιώση χρωμάτων και επικαλύψεων.
- Ρωγμές σε υλικά και κατασκευές
- Ανερχόμενη και παραμένουσα υγρασία και συμπύκνωση σε τοιχοποιίες κλπ.
- Ασυμβατότητα υλικών και επεμβάσεων συντήρησης [3,4,44]

Η μέθοδος της επεξεργασίας ψηφιακής εικόνας χρησιμοποιείται συμπληρωματικά με άλλες μεθόδους (υπέρυθρη θερμογραφία, ηλεκτρονική μικροσκοπία, οπτική μικροσκοπία, μικροσκοπία οπτικών ινών) από τις οποίες επεξεργάζεται δεδομένα για την αποκάλυψη μεταβολών των χαρακτηριστικών της επιφάνειας:

- Ενεργειακές μεταβολές της επιφάνειας, οι οποίες συσχετίζονται με την τραχύτητα της επιφάνειας
- Ποιοτική ανάλυση μικροδομής
- Αναγνώριση φάσεων και προσμίξεων
- Ανάλυση χαρακτηρισμών φθοράς επιφανειών
- Χαρτογράφηση επιφανειακής φθοράς [5]

Η μέτρηση ταχύτητα διάδοσης υπερήχων χρησιμοποιείται για την αποτίμηση της φθοράς στα μνημεία και της φυσικομηχανικής συμπεριφοράς των υλικών. Με τη μέθοδο υπερήχων καθίσταται εφικτή η εκτίμηση της παραμένουσας μηχανικής αντοχής των υλικών (μέσω συσχέτισης πρότυπων διαγραμμάτων αντοχής - ταχύτητας διάδοσης υπερήχων). Οι υπέρηχοι επιτρέπουν την ανίχνευση ρωγμών τόσο ποιοτικά (μείωση της ταχύτητας λόγω ύπαρξης ρωγμών) όσο και ποσοτικά (υπολογισμός βάθους ρωγμών). Με τη χρήση υπερήχων είναι δυνατή η εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των επεμβάσεων στερέωσης. Τέλος είναι δυνατόν να υπολογιστεί το πάχος επιφανειακών αλλοιώσεων- κρουστών. [6,7]

Η μέθοδος της μικροσκοπίας οπτικών ινών εφαρμόζεται για την εξέταση των επιφανειών και ειδικότερα για την επί τόπου αναγνώριση των τύπων φθοράς, την

εκτίμηση των αποτελεσμάτων εφαρμογών μεθόδων συντήρησης, καθαρισμού και προστασίας επιφανειών. Επίσης, χρησιμοποιείται για την αρχική εκτίμηση της μικροδομής του υλικού (μεγέθυνση έως και X600), την επί τόπου παρατήρηση σύνθετων υλικών, διεπιφανειακών φαινομένων κ.α. Από τις εφαρμογές της μεθόδου προκύπτει επίσης η συμπληρωματικότητα της μεθόδου με τη μέθοδο ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας, στα πλαίσια της αναγνώρισης του τύπου της φθοράς και της αποτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε αρχιτεκτονικές επιφάνειες. [8]

Μια άλλη μέθοδος αυτή του γεωραντάρ βρίσκει μεγάλη εφαρμογή στον κλάδο μας και μπορεί να βοηθήσει στη διάγνωση ή στην καταγραφή μερικών από τα παρακάτω:

- Αποκάλυψη εσωτερικής δομής τοιχοποιιών-κατασκευών (διαστρωμάτωση υλικών, αποκάλυψη κοιλοτήτων, ρωγμών και κενών χώρων, αποκάλυψη ενισχύσεων).
- Στη χαρτογράφηση υπόγειων σωληνώσεων (ύδρευσης, αποχέτευσης κτλ.).
- Στην καταγραφή θεμελίων και πιθανών διαβρώσεων σε αναδειχθέντα κτίσματα.
- Στη γεωλογική χαρτογράφηση και αποκάλυψη της τοπογραφίας των πετρωμάτων που μπορούν να επηρεάσουν την στατική ακεραιότητα του μνημείου. [9]

Τέλος η μέθοδος σφύρας Schmidt Hammer, είναι και αυτή μη καταστρεπτική, ενώ το όργανο είναι φορητό και αρκετά απλό στο χειρισμό του. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για ποιοτικό έλεγχο (συσχέτιση με πρότυπα διαγράμματα αντοχής), όσο και για εκτίμηση του βαθμού επιφανειακής σκλήρυνσης ή χαρτογράφηση της φθοράς σε δομικά υλικά. [10]

Εκτός όμως από τον μη καταστρεπτικό έλεγχο σημαντικές παράμετροι λήψης απόφασης θεωρούνται οι **ενόργανες και επί τόπου τεχνικές**. Από αυτές μπορούν να προκύψουν συμπεράσματα για το είδος και το βαθμό διάβρωσης των υλικών, την κατάσταση των προϊόντων διάβρωσης, τη φυσική κατάσταση του διαβρωμένου υλικού και τα αίτια που οδήγησαν στη φθορά των υλικών.

Μία από τις μεθόδους που εξετάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια είναι αυτή της οπτικής και πολωτικής μικροσκοπίας με τις οποίες μελετάται ευρέως η μικροδομή των δομικών υλικών και πραγματοποιείται έλεγχος της ορυκτολογικής σύστασης και επιτρέπουν την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας στερεωτικών επεμβάσεων.

[11,12]

Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης SEM αποτελεί ένα από τα πιο ευέλικτα όργανα ανάλυσης της μικροδομής μεγάλης ποικιλίας στερεών υλικών. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του SEM σε σχέση με άλλες μεθόδους ανάλυσης (π.χ. οπτική μικροσκοπία) είναι το βάθος της ανάλυσης της μικροδομής που παρέχει και φτάνει συχνά μέχρι και 1-5nm. Παράλληλα σε συνδυασμό με τη μέθοδο EDX είναι εφικτή η χημική μικροανάλυση. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι η αίσθηση τρισδιάστατης παρουσίας της εικόνας που είναι αποτέλεσμα του μεγάλου βάθους πεδίου που παρέχει η μέθοδος όπως επίσης και του φαινομένου σκίασης που παρέχουν τα δευτερεύοντα ηλεκτρόνια και τα ηλεκτρόνια ανάλυσης. [13,14]

Οι μέθοδοι της φωτομετρίας και φασματοσκοπίας ατομικής απορρόφησης και της φασματοσκοπίας ατομικής εκπομπής είναι επίσης δύο σημαντικές τεχνικές ανάλυσης. Συγκεκριμένα, η εκπομπή και η απορρόφηση σε φλόγα ως τεχνικές αλληλοσυμπληρώνονται, καθώς μερικά στοιχεία ανιχνεύονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις με μετρήσεις εκπομπής ενώ μερικά άλλα με μετρήσεις απορρόφησης. Η κυριότερη εφαρμογή της φωτομετρίας είναι ανάλυση της χημικής σύστασης του υλικού και συγκεκριμένα η μέτρηση του Na και K. Η ΦΑΑ, αντίθετα, χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό περίπου 70 στοιχείων με όρια ανίχνευσης που βελτιώνονται συνεχώς. [15]

Σε ότι αφορά την μέθοδο περίθλασης ακτίνων X για τα κρυσταλλικά υλικά (κονίες και μονοκρυσταλλοί) η περίθλαση ακτινοβολίας αποτελεί μία από τις πλέον ικανές μεθόδους χαρακτηρισμού της ορυκτολογικής σύστασης και της κρυσταλλικής δομής των υλικών και συγκεκριμένα:

- Κρυσταλλική δομή (Κρυσταλλικό σύστημα, διαστάσεις του βασικού κελιού, αποστάσεις και γωνίες των δεσμών στον κρύσταλλο, ένταση των δεσμών στο κρύσταλλο, κρυσταλλική πυκνότητα)
- Ποσοτική ανάλυση φάσεων [17]

Η υπέρυθρη φασματοσκοπία με μετασχηματισμό Fourier είναι μία από τις κυριότερες τεχνικές για την ανάλυση των υλικών στο εργαστήριο. Το υπέρυθρο φάσμα ενός υλικού αποτελεί την ταυτότητά του καθώς οι κορυφές απορρόφησης αντιστοιχούν στις συχνότητες μοριακών δονήσεων του υλικού. Η τεχνική της υπέρυθρης φασματοσκοπίας χρησιμοποιείται τόσο ποιοτικά (για την ταυτοποίηση των χημικών ενώσεων που είναι παρόντες σε ένα δείγμα) όσο και ποσοτικά καθώς το μέγεθος των

κορυφών απορρόφησης εξαρτάται από την ποσότητα της ένωσης στο δείγμα που εξετάζεται. Με αυτήν την τεχνική εξετάζεται εργαστηριακά ο βαθμός διάβρωσης του υλικού. [18]

Οι θερμικές αναλύσεις (διαφορική θερμική ανάλυση, θερμοβαρυμετρική ανάλυση και θερμομηχανική ανάλυση) επιτρέπουν τη μελέτη της σύστασης και την προέλευση τόσο των υλικών όσο και των προϊόντων φθοράς. Ειδικότερα, καθίσταται εφικτός ο ποιοτικός χαρακτηρισμός της φθοράς μέσω σύγκρισης των θερμικών αποτυπωμάτων υγείων και φθαρμένων υλικών. Στις περιπτώσεις όπου υπάρχουν καθαρές κορυφές στα γραφήματα είναι δυνατόν να γίνει και σε κάποιο βαθμό ποιοτική ανάλυση. [19]

Η ποροσιμετρία υδραργύρου και η ρόφηση αερίων αποτελούν μία από τις σημαντικότερες μεθόδους εκτίμησης και ανάλυσης της μικροδομής των πορωδών υλικών και προσδιορισμού του πορώδους τους. Με την εφαρμογή της υπολογίζεται το πορώδες, ο όγκος κενών με μονάδα μάζας, η ειδική επιφάνεια του υλικού, η φαινόμενη πυκνότητα και η μέση ακτίνα πόρων. [20,21,22,23]

### III.1.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ

**Η τρωτότητα** των κτιρίων από τοιχοποιία εξαρτάται από πολλούς παράγοντες με σπουδαιότερους τους παρακάτω. Τον τύπο του κτιρίου, δηλαδή αν είναι συμμετρικό, αν έχει οριζόντια διαφράγματα, το πώς συνδέονται οι τοίχοι μεταξύ τους ή αν έχει διαζώματα και λοιπούς παράγοντες που σχετίζονται με τη μόρφωσή του. Ακόμα το υλικό της τοιχοποιίας, το ύψος του και την ηλικία του ως παράγοντας γήρανσης, αλλά και της διατιθέμενης γνώσης για τα υλικά και τη συμπεριφορά τους και της εφαρμογής των ισχυόντων κανονισμών. Επίσης την ποιότητα της κατασκευής, τα φορτία (μόνιμα, κινητά, τυχηματικά), τον τρόπο θεμελίωσης του κτιρίου, την ακαμψία των μελών του και τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας του μνημείου. [24]

Σε ό,τι αφορά τη **δομική ακεραιότητα** του μνημείου, η εξέταση και η μελέτη επικεντρώνεται κυρίως στο φέροντα οργανισμό και συγκεκριμένα στην τοιχοποιία αφού τα μνημεία αποτελούν κατά κανόνα κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία. Η φέρουσα τοιχοποιία αποτέλεσε την κύρια τεχνική για την κατασκευή παγκοσμίως όλων των έργων μέχρι την εμφάνιση και τη χρήση του χάλυβα περίπου στα μέσα του 19ου αιώνα και του σκυροδέματος στις αρχές του 20ου αιώνα. Είναι σύνθετη δομή που φέρει τα φορτία της κατασκευής και αποτελείται συνήθως από το κύριο δομικό υλικό (λίθοι, πλίνθοι) και από συνδετικό υλικό (κονιάματα). Ανάλογα με το είδος των

τοιχωμάτων από το οποίο είναι κατασκευασμένες τη λειτουργία τους στο δόμημα αλλά και τον τρόπο δόμησής τους, οι τοιχοποιίες διακρίνονται σε κατηγορίες με κοινά χαρακτηριστικά. Σαν κριτήρια όταν αναφερόμαστε στις κατασκευές με φέρουσα τοιχοποιία έχουμε θεωρήσει το είδος τους , τη λειτουργία τους , το δόμημα, το υλικό κατασκευής τους και τον τρόπο δόμησης τους. Αναλυτικότερα: [25]

A. Ανάλογα το είδος των τοιχοσωμάτων

1. Τοιχοποιίες από φυσικούς λίθους( λιθοδομές )

- Ανάλογα με το αν έχουν ή όχι συνδετικό κονίαμα:
  - i. Ξηρολιθοδομές
  - ii. Λιθοδομές
  - iii. Χυτές τοιχοποιίες
- Ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους:
  - i. Αργολιθοδομές
  - ii. Κροκαλολιθοδομές
  - iii. Πλακολιθοδομές
  - iv. Ημιλαξευμένες
  - v. Λαξευμένες

2. Τοιχοποιίες από τεχνητούς λίθους (πλινθοδομές) ανάλογα με το υλικό των τεχνητών τοιχοσωμάτων:

- i. Ωμοπλινθοδομές
- ii. Οπτοπλινθοδομές
- iii. Τσιμεντοπλινθοδομές

B. Αναλόγως της λειτουργίας τους στο δόμημα:

- i. Φέρουσες
- ii. Πληρώσεως
- iii. Αντιστήριξης
- iv. επένδυσης

C. Αναλόγως του τρόπου δόμησης:

- i. Συμπαγή
- ii. Κοίλη
- iii. Με πυρήνα



Η μορφοποίηση των τοιχοσωμάτων και ιδιαίτερα το αν είναι συμπαγή ή διάτρητα, καθώς και το ποσοστό των οπών και το πάχος των τοιχωμάτων τους, καθορίζουν σε ένα βαθμό την αντοχή της τοιχοποιίας.

Δύο μορφές ακόμα τοιχοποιιών είναι οι χυτές και οι μικτές τοιχοποιίες. Μικτές είναι οι τοιχοποιίες που αποτελούνται από τοιχώματα με διαφορετικές ιδιότητες και υπάρχουν οι εξής κατηγορίες:

- μικτές κατά μήκος τοιχοποιίες
- μικτές κατά πλάτος (ή πάχος) τοιχοποιίες
- μικτές καθ' ύψος τοιχοποιίες

Ακολουθώντας μια **τυπική μελέτη στατικής ανάλυσης** αυτό το οποίο εξετάζεται για να διαπιστώσουμε τη δομική ακεραιότητα είναι οι ακόλουθες μηχανικές αντοχές της τοιχοποιίας. Η θλιπτική αντοχή, το φαινόμενο βάρος, η εφελκυστική αντοχή, το μέτρο ελαστικότητας, το ειδικό βάρος, ο λόγος Poisson και η διατμητική αντοχή. **[26,27]**

Η σημαντικότερη ιδιότητα της τοιχοποιίας (όχι όμως έναντι σεισμού) είναι η αντοχή της σε θλίψη. Για το λόγο αυτό όλα τα δομικά συστήματα που αναπτύχθηκαν για την τοιχοποιία είχαν σαν κεντρική δομοστατική ιδέα τη μέγιστη δυνατή εκμετάλλευσή της. Με την εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής περιγράφεται η μηχανική αντοχή των υλικών και προσδιορίζουμε την αντοχή του κτιρίου στις διάφορες καταπονήσεις. Η αστοχία της τοιχοποιίας εξαιτίας της θλίψης εκδηλώνεται με την εμφάνιση κατακόρυφων εφελκυστικών ρωγμών, παράλληλων προς τον άξονα φορτίσεως. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας είναι οι εξής: **[26,27]**

- Τα χαρακτηριστικά των λιθοσωμάτων, δηλαδή από την αντοχή, τον τύπο τους και τη γεωμετρία τους (συμπαγή, διάτρητα, είδος και ποσοστό οπών, σχετικό ύψος) και την υδατοαπορροφητικότητα τους.
- Τα χαρακτηριστικά του κονιάματος, δηλαδή την αντοχή και σύνθεση του μείγματος (λόγος νερού προς συνδετική ύλη, συγκράτηση ύδατος), το σχετικό πάχος του κονιάματος σε σχέση με το λιθόσωμα και τη σχετική παραμόρφωση των δύο υλικών.
- Οι συνθήκες που επικρατούν στην τοιχοποιία, δηλαδή ο τρόπος εμπλοκής των λιθοσωμάτων, η διεύθυνση φόρτισης, οι τοπικές αυξήσεις τάσεων, ο

τρόπος επιβολής του φορτίου, κ.ά..

- Το υλικό και το πάχος του αρμού. Έχει παρατηρηθεί ότι όσο ο λόγος του πάχους του αρμού προς το ύψος των τοιχοσωμάτων αυξάνεται, τόσο το λιθόσωμα τείνει να αστοχήσει εξαιτίας πλευρικής ολίσθησης λόγω των παραμορφώσεων του υλικού του αρμού.
- Το σύστημα και η ποιότητα δομήσεως

Η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας περιγράφει την αντίσταση του υλικού σε καταπόνηση η οποία εφαρμόζεται με αργούς ρυθμούς. Η δοκιμή αυτή μας παρέχει το όριο παραμόρφωσης, την ολκιμότητα και την ανελαστικότητα του υλικού. Η εφελκυστική αντοχή εξαρτάται από τη συνεργασία του κονιάματος και των τοιχοσωμάτων, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων, μερικοί από τους οποίους είναι : **[26,27]**

1. η σύνθεση του κονιάματος
2. το είδος του τοιχοσώματος και ειδικότερα το πορώδες, η υγρασία, η μορφή της διεπιφάνειας και η μακροσκοπική του μορφή (μορφή, ύπαρξη και μέγεθος οπών και εγκοπών).

Η καμπτική εφελκυστική αντοχή συνήθως αναφέρεται ως προς τη διεύθυνση του επιπέδου του εφελκυσμού, δηλαδή είτε κάθετα στους αρμούς, είτε παράλληλα σε αυτούς. Η καμπτική εφελκυστική αντοχή για κάμψη σε επίπεδα κάθετα στους αρμούς, εξαρτάται από τη συνάφεια κονιάματος – τοιχοποιίας. Ο λόγος των δύο αντοχών (κάμψη σε επίπεδο παράλληλο στους αρμούς και κάθετα σε αυτούς) εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες : **[26,27]**

- Την αντοχή των τοιχοσωμάτων, γιατί στην περίπτωση του εφελκυσμού παράλληλα στους οριζόντιους αρμούς η κατακόρυφη ρηγμάτωση διέρχεται δια μέσου των τοιχοσωμάτων.
- Το ποσοστό των κενών, γιατί στην περίπτωση αστοχίας με διάδοση ρωγμών μέσω των τοιχοσωμάτων, η αντοχή της τοιχοποιίας αυξάνεται όσο το ποσοστό των οπών μειώνεται
- Τον λόγο των πλευρών των τοιχοσωμάτων, όταν η αστοχία παρουσιάζεται με διάδοση ρωγμών δια μέσου των τοιχοσωμάτων.
- Την ύπαρξη κατακόρυφης θλιπτικής τάσης, που αυξάνει την εφελκυστική αντοχή κάθετα στους αρμούς.

Κατά τη διάτμηση το είδος της φόρτισης που δέχεται το κτίσμα προκαλεί τη στροφή κάθε διατομής του φορέα έτσι ώστε αυτή να παραμείνει κάθετη στον κεντροβαρικό του άξονα. Η διάτμηση πρακτικά συνυπάρχει με την κάμψη και λόγω αυτών αναπτύσσονται στο φορέα τόσο καμπτική ροπή όσο και τέμνουσα δύναμη. Η διατμητική αντοχή όταν αναφερόμαστε σε μνημεία είναι μικρή. Σε συνδυασμό με την καμπτική αντοχή του φορέα είναι ενδεικτικές για την ανθεκτικότητα του φορέα, στις καταπονήσεις από μόνιμα φορτία (ίδιο βάρος της κατασκευής και επικαλύψεις), φορτία ανέμου και φορτία χιονιού. Οι μορφές θραύσης του τοίχου είναι τρεις και εξαρτώνται από το είδος της εξωτερικής φόρτισης και τις διαστάσεις του τοίχου : [26,27]

- Διατμητική ολίσθηση μέσω των αρμών του κονιάματος
- Διαγώνια εφελκυστική ρηγμάτωση
- Θλιπτική αστοχία λόγω τέμνουσας

Το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας μετράει την αντίσταση στην παραμόρφωση που τείνουν να προκαλέσουν οι ασκούμενες τάσεις στο σώμα και εξαρτάται από το υλικό και τη φύση της παραμόρφωσης. Επειδή δεν έχει προσδιοριστεί μονοσήμαντα, άλλοτε λαμβάνεται το εφαπτομενικό και άλλοτε το τέμνον μέτρο. Όσον αφορά κυρίως τα σύγχρονα δομικά υλικά, ο ευρωκώδικας (EC) 6 προτείνει τον πειραματικό προσδιορισμό της καμπύλης τάσεων-παραμορφώσεων κατά το πρότυπο EN 1052-1 και του καθορισμού του *βραχυχρόνιου μέτρου ελαστικότητας* για τάση  $1/3f_{wc}$ . Γενικά συνιστάται να λαμβάνεται το πρώτο 5% της καμπύλης, γιατί επηρεάζεται έντονα από τον τρόπο επιβολής του φορτίου και τις τοπικές συνθήκες. [26,27]

Ο λόγος του Poisson ή μέτρο εγκάρσιας παραμόρφωσης συσχετίζει την διαμήκη ελαστική παραμόρφωση που προκαλείται από μια απλή εφελκυστική ή θλιπτική τάση με την εγκάρσια παραμόρφωση που πρέπει να συμβαίνει ταυτόχρονα ώστε να έχουμε διατήρηση του όγκου. Εν ολίγοις μας δείχνει την αντίσταση ενός υλικού στην επικείμενη παραμόρφωση από τα φορτία που αυτό δέχεται. [26,27]

Επίσης, η δοκιμή κόπωσης μας επιτρέπει να κατανοήσουμε την συμπεριφορά ενός υλικού όταν αυτό υπόκειται σε κυκλική καταπόνηση. Η αντίσταση του υλικού σε κρούση προσδιορίζεται με τη δοκιμή κρούσης ενώ η ικανότητα του υλικού να φέρει φορτία σε υψηλές θερμοκρασίες αναλύεται με τη δοκιμή ερπισμού. Αντίστοιχα, η δοκιμή σκληρότητας, παρέχει ένα μέτρο της αντίστασης του υλικού στην τριβή και τη φθορά και μπορεί να συσχετισθεί με κάποιες άλλες μηχανικές ιδιότητες, ενώ τέλος η

μηχανική των θραύσεων μελετά τη συμπεριφορά των υλικών λαμβάνοντας υπόψη την παρουσία των μικρών ρηγματώσεων στα υλικά. [26,27,28]

Τέλος η κατάσταση διατήρησης του κτιρίου και ο βαθμός τρωτότητας εξαρτώνται από δύο άλλες σημαντικές κατηγορίες παραμέτρων, τους **περιβαλλοντικούς παράγοντες και τις τυχηματικές δράσεις**. Όπως γίνεται αντιληπτό, κάποια καιρικά φαινόμενα όπως ο πάγος, η χιονόπτωση, η πλημμύρα, το ηφαίστειο, το τσουνάμι, η ομίχλη, η ηλιακή ακτινοβολία, οι θερμοκρασιακές μεταβολές, οι σεισμικές δονήσεις ο άνεμος και η ένταση της επίδρασης των περιβαλλοντικών παραγόντων και φορτίσεων μπορεί να προκαλέσουν από περιορισμένης έκτασης φθορές και βλάβες όπως για παράδειγμα διαλυτά άλατα, υγρασία διόγκωση μεταλλικών συνδέσμων κτλ έως πλήρη καταστροφή και κατάρρευση του κτιρίου. Τις ίδιες επιδράσεις στο κτίσμα μπορούν να επιφέρουν η θάλασσα, τα δάση και τα άλση, οι ποταμοί, οι λίμνες, τα υπόγεια ρεύματα, η χλωρίδα, η πανίδα, οι βανδαλισμοί, τα γκράφιτι, οι χωροταξικές, κυκλοφοριακές, πολεοδομικές ρυθμίσεις και μέτρα, η επισκεψιμότητα του κτιρίου, ο μέσος όρος επισκεπτών, ο τρόπος καθαρισμού και η απόσταση από βιομηχανικά κτίρια. [29,30,31]

## **III.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ**

### **III.2.1.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ**

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει επιλογή των κριτηρίων από το σύνολο των παραμέτρων που μπορούν να αποτελέσουν τους δείκτες αναγκαιότητας επέμβασης. Οι δείκτες θα υποδεικνύουν την επιδεκτικότητα-ανθεκτικότητα των υλικών σε συγκεκριμένο περιβάλλον, ή το βαθμό υποβάθμισης των υλικών και κατ' επέκταση την αναγκαιότητα επέμβασης σε αυτά. Τα κριτήρια που θα επιλεγθούν ως δείκτες αναγκαιότητας μπορεί να είναι ποσοτικοποιημένα. Έτσι θα είναι δυνατή η θέσπιση κρίσιμων ορίων και η διάκριση σε περιοχές τιμών διαφορετικού βαθμού επικινδυνότητας σε σχέση με το πόσο οξύ είναι το πρόβλημα και πόσο δραματικές οι πιθανές επιπτώσεις. Στην περίπτωση που τα κριτήρια είναι ποιοτικά θα γίνει απόπειρα εκτίμησης του βαθμού επικινδυνότητας που υποδηλώνουν.

Τονίζεται ότι τα διάφορα κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν ως δείκτες αναγκαιότητας έχουν διαφορετική βαρύτητα ως προς το τελικό πόρισμα της διάγνωσης. Επίσης, το πλήθος των εξεταζόμενων κριτηρίων θα πρέπει να συνυπολογισθεί και να συσχετισθεί, καθώς η μεμονωμένη θεώρησή τους δεν είναι αρκετή προκειμένου να περιγραφούν τα πολύπλοκα φαινόμενα της φθοράς των υλικών και των βλαβών. [38,45]

### **III.2.2.ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ-ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ**

Ένα πρόβλημα που προκύπτει στα πλαίσια της ανάπτυξης των δεικτών αναγκαιότητας είναι ο τύπος των αποτελεσμάτων που δίνουν οι διάφορες μέθοδοι διαγνωστικής μελέτης. Είναι αναγκαία η θέσπιση προδιαγραφών και η προτυποποίηση των μεθόδων μέτρησης προκειμένου να προκύπτουν αξιόπιστα και συγκρίσιμα αποτελέσματα και να εδραιωθεί μια ενιαία γλώσσα μεταξύ των ερευνητών.

Να σημειωθεί ότι κάποιες μέθοδοι αναγνωρισμένες για τη χρησιμότητά τους κατά τη διαγνωστική μελέτη δίνουν περισσότερο ποιοτικά παρά απόλυτα και ποσοτικά αποτελέσματα και επομένως η ερμηνεία τους είναι εμπειρική και περιγραφική, με

χαρακτηριστικό παράδειγμα τη θερμογραφία υπερύθρου. Επισημαίνεται ότι όσον αφορά σε μια μέθοδο μέτρησης οφείλουν να γίνονται σαφείς οι περιβαλλοντικές συνθήκες (αν πρόκειται για επιτόπου μέτρηση), οι συνθήκες λειτουργίας, ο τύπος του χρησιμοποιούμενου οργάνου, καθώς και οι μέθοδοι επεξεργασίας και παρουσίασης των αποτελεσμάτων.

Εντούτοις, πέραν των ενόργανων μεθόδων διάγνωσης, η εμπειρική εκτίμηση της φθοράς αποτελεί επίσης σημαντική συμβολή στη διαγνωστική μελέτη και συχνά βασιζόμαστε σε αυτή, σε συνδυασμό με όποιες μετρήσεις προκειμένου να εξάγουμε συμπεράσματα. Οι δείκτες σε αυτή την περίπτωση είναι ποιοτικοί, παρόλα αυτά υποδηλώνουν τον τύπο και την έκταση της φθοράς και των βλαβών. [32]

### **ΠΙ.2.3. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ**

Παρακάτω αναλύονται τα κριτήρια συντήρησης και δομικής ακεραιότητας που επιλέχθηκαν για να αποτελέσουν τους δείκτες αναγκαιότητας επέμβασης. Η επιλογή γίνεται με βάση τις παραμέτρους που εξετάζονται στην πράξη, στα πλαίσια μιας τυπικής διαγνωστικής μελέτης και που προκύπτουν από την μακροσκοπική και μικροσκοπική παρατήρηση σε συνδυασμό με τις μεθόδους διάγνωσης, τις μη καταστρεπτικές και τις εργαστηριακές τεχνικές. [39]

#### **Δείκτες αναγκαιότητας επέμβασης στα πλαίσια της συντήρησης**

##### **1. Η έκταση και ο τύπος διαφόρων φαινομένων φθοράς:**

Όπως είδαμε στο κεφάλαιο 3.1, η έκταση αλλά και ο τύπος διαφόρων φαινομένων φθοράς αποτελούν μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους όσον αφορά στην διάβρωση και τρωτότητα των κατασκευών. Για τον λόγο αυτό άλλωστε, η φθορά εξετάζεται τόσο από τις μακροσκοπικές παρατηρήσεις, όσο και από κάποιες μεθόδους (όπως από τη θερμογραφία υπερύθρου, την μικροσκοπία οπτικών ινών, τη ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης SEM, τη φωτομετρία και φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης και τη φασματοσκοπία ατομικής εκπομπής και την περίθλαση ακτίνων X) δίνοντας σημαντικές πληροφορίες για την κατάσταση του κτιρίου. Επομένως μπορεί να αποτελέσει ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια για την λήψη αποφάσεων σχετικά με επεμβάσεις για την κατασκευή. Από το σύνολο των επιμέρους παραμέτρων που την χαρακτηρίζουν, επιλέχθηκαν τα παρακάτω:

- i. *Η χημική μικροανάλυση των υλικών*, που επιτυγχάνεται με τη μέθοδο του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης SEM [13,14]
- ii. *Η ανάλυση της χημικής σύστασης του υλικού* από τις μεθόδους της φωτομετρίας και φασματοσκοπίας ατομικής απορρόφησης και της φασματοσκοπία ατομικής εκπομπής [15]
- iii. *Η ορυκτολογική σύσταση των υλικών*, η οποία μας δείχνει από τι έχουν κατασκευαστεί παραδείγματος χάριν οι λίθοι [20,21,22,23]
- iv. *Επιφανειακές αλλοιώσεις*: Ο αναλυτικός προσδιορισμός και χαρακτηρισμός των διαφόρων τύπων αλλοίωσης της επιφάνειας είναι απαραίτητος πριν προβούμε σε προτάσεις επέμβασης. Περιλαμβάνει ταυτοποίηση κάθε είδους κρούστας (μαύρες, φαιόμαυρες, φαιοκάστανες, λευκές), χαλαρές αποθέσεις και επικαθήσεις, αποπλυμένες επιφάνειες, βιοδιάβρωση, κυψελοειδής και ζαχαροειδής διάβρωση, εξανθήσεις, καθώς και αποσάθρωση χρωματικής επίστρωσης για επιχρίσματα

Οι αποφλοιώσεις, απολεπίσεις και αποκόλλσεις συμπαγών τμημάτων λίθων αποτελούν σίγουρα έναν από τους πιο σημαντικούς τύπους επιφανειακών αλλοιώσεων. Συνήθως οφείλονται στην εκτεταμένη αποσάθρωση του λίθου εξαιτίας της συνεχούς δράσης των τυπικών παραγόντων φθοράς, αλλά και εξαιτίας άλλων ακραίων παραγόντων όπως το θερμικό σοκ εξαιτίας πυρκαγιάς ή οι βανδαλισμοί. Αλλαγές στη μορφολογία της επιφάνειας του λίθου προκαλεί και η κυψελοειδής διάβρωση εξαιτίας της δράσης των διαλυτών αλάτων καθώς και οι αποπλυμένες επιφάνειες.

Οι διάφορες κρούστες θα πρέπει να αφαιρούνται διότι η επικείμενη αποκόλλησή τους όταν ξεπεράσουν κάποιο κρίσιμο πάχος, μπορεί να παρασύρει και υλικό του ιδίου του λίθου και να επιτρέψει την εισχώρηση των ρυπαντών με συνέπεια την επιτάχυνση της διάβρωσης. Ο μηχανισμός για το σχηματισμό των διάφορων κρουστών και των επιφανειακών αλλοιώσεων του λίθου είναι εξαιρετικά πολύπλοκος. Ο τύπος της κρούστας και η έκταση της διάβρωσης που αυτή συνεπάγεται εξαρτάται τόσο από ενδογενείς παράγοντες (χημική - ορυκτολογική σύσταση, πορώδες, κατάσταση και γεωμετρία επιφάνειας), όσο και από εξωγενείς παράγοντες (μικροκλίμα, ατμόσφαιρα, σχετική υγρασία).

Οι βιολογικές κρούστες, οι χαλαρές αποθέσεις, οι επικαθήσεις σκόνης και

οι εξανθήσεις συνήθως περιορίζονται στην επιφάνεια χωρίς σημαντική αλλοίωση του υποστρώματος, γι αυτό και έχουν μικρό συντελεστή βαρύτητας στον υπολογισμό του δείκτη των επιφανειακών αλλοιώσεων, σε αντίθεση με τις αποπλυμένες επιφάνειες όπου η απώλεια σε αυθεντικό υλικό είναι σημαντική.

Τέλος η ζαχαροειδής διάβρωση αποτελεί τυπική μορφή φθοράς των μαρμάρινων επιφανειών που οφείλεται στην όξινη προσβολή των περατωτικών ορίων των κρυστάλλων, ενώ η αποσάθρωση χρωματικής επίστρωσης αφορά τα επιχρίσματα και μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως η υγρασία, τα διαλυτά άλατα ή η ηλιακή ακτινοβολία.

[32,33]

2. Η ανερχόμενη και παραμένουσα υγρασία και συμπύκνωση στις τοιχοποιίες που μπορεί να προκαλέσει τεράστιες καταστροφές στο κτίριο όπως αλλοίωση στους δομικούς λίθους των κτιρίων. Εξετάζεται από μεγάλο εύρος μεθόδων με βασικότερες τη θερμογραφία υπερύθρου, τη μικροσκοπία οπτικών ινών, το γεωραντάρ και το συντελεστή υδατοαπορρόφησης. [3,4,8,9,40]

3. Οι ρωγμές του κτιρίου:

Η ύπαρξη ρωγμών στις επιφάνειες των μνημείων αξιολογούνται στα πλαίσια του κριτηρίου που ανήκουν στην κατηγορία των μακροσκοπικών παρατηρήσεων. Πλέον σήμερα υπάρχουν τεχνικές μέτρησης της επιφάνειας των ρωγμών ως ποσοστό της συνολική επιφάνειας του μνημείου (στις οποίες όμως δεν λαμβάνεται υπόψη το βάθος της ρωγμής) και για το λόγο αυτό οι ρωγμές αξιολογούνται στην φόρμα των μακροσκοπικών παρατηρήσεων, με τον ίδιο τρόπο που αξιολογούνται και οι υπόλοιπες επιφανειακές αλλοιώσεις. Παρόλα αυτά υπάρχουν και κάποιες τεχνικές που μπορούν και να ανιχνεύσουν την ύπαρξη και να προσδιορίσουν το βάθος των ρωγμών, όπως είναι η θερμογραφία υπερύθρου, η μέτρηση ταχύτητας της διάδοσης υπερήχων και η Schmidt Hammer. [1,2,3,4,6,7,10]

4. Η ασυμβατότητα υλικών και επεμβάσεων συντήρησης:

Όπως διαπιστώθηκε στην ανάλυση του κεφαλαίου II η χρήση των σωστών υλικών δε διασφαλίζει την ομαλή επέμβαση στο μνημείο αφού η κοινή χρήση τους μπορεί να προκαλέσει διάφορων ειδών αντιδράσεις. Η ύπαρξη μεθόδου για ασφαλή και ικανοποιητικού βαθμού αποκατάσταση, χωρίς να αλλοιώνεται η ακεραιότητα του μνημείου, καθώς και η επιλογή παρεμβάσεων που εξασφαλίζουν



τη διατήρηση της φυσιογνωμίας και του κύρους του μνημείου, αποτελούν υποδείκτες του αναφερθέντα δείκτη. Με τη μέθοδο της μέτρησης της ταχύτητας διάδοσης υπερήχων καθίσταται δυνατή η εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των επεμβάσεων και της συμβατότητας των υλικών. [41]

5. Η ταχύτητα διάδοσης υπερήχων:

Με τη μέτρηση της ταχύτητας διάδοσης υπερήχων στο υπό εξέταση υλικό μπορούν να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται. Στην περίπτωση μας μετράται το ποσοστό μείωσης της ταχύτητας υπερήχων στην προς μελέτη επιφάνεια σε σχέση με ένα υγιές τμήμα της επιφάνειας. Παρατηρήθηκε ότι όταν η μείωση της ταχύτητα διάδοσης των υπερήχων ξεπερνούσε το 25%, είχαμε απώλεια σήματος. Η ταχύτητα διάδοσης στο κενό είναι μικρότερη από αυτή της διάδοσης στο υλικό. Κατά συνέπεια σε περίπτωση φθοράς (δημιουργούνται κενά στο εσωτερικό του υλικού) θα έχουμε μείωση της ταχύτητας υπερήχων σε σχέση με αυτή του υγιούς υλικού. Η μέθοδος και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μέθοδο αυτή αναφέρονται και σε προηγούμενες παραγράφους. Σημειώνεται ότι για ταχύτητες χαμηλότερες του 40% της ταχύτητας του υγιούς λίθου και ειδικά για αποστάσεις μεταξύ των ακροδεκτών που αντιστοιχούν σε κάποιο βάθος από τη διαβρωμένη επιφάνεια ( $d > 10\text{cm}$ ) η μέτρηση θα πρέπει να απορρίπτεται καθώς κατά πάσα πιθανότητα οφείλεται σε κακή επαφή μεταξύ των ακροδεκτών και της επιφάνειας του υλικού και επομένως σε μη έγκυρη μέτρηση. [6,7,34]

6. Χαρακτηρισμός μικροδομής:

Από την ανάλυση του προηγούμενου κεφαλαίου συμπεραίνεται πως η μικροδομή των δομικών υλικών αποτελεί μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους όσον αφορά στην διάβρωση και τρωτότητα των κατασκευών. Για τον λόγο αυτό άλλωστε, εξετάζεται από πληθώρα μεθόδων δίνοντας σημαντικές πληροφορίες για την κατάσταση του κτιρίου. Επομένως μπορεί να αποτελέσει ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια για την λήψη αποφάσεων σχετικά με επεμβάσεις για την κατασκευή. Όπως είδαμε στο κεφάλαιο 3.1 πολλές επί τόπου μη καταστρεπτικές μετρήσεις και ενόργανες και επί τόπου τεχνικές όπως παραδείγματος χάριν η μικροσκοπία οπτικών ινών, η οπτική πολωτική μικροσκοπία, το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης, η περίθλαση ακτίνων X, η ποροσιμετρία υδραργύρου κ.α. χρησιμοποιούνται για την ανάλυση της μικροδομής των υλικών. Από το σύνολο των επιμέρους παραμέτρων που την χαρακτηρίζουν, επιλέχθηκαν το ολικό

πορώδες, ο λόγος ανοικτού προς ολικό πορώδες ( $P_{act}/P_{tot}$ ), η μέση ακτίνα πόρων, ο ολικός ειδικός όγκος, η φαινόμενη πυκνότητα και η ειδική επιφάνεια, γιατί χρησιμοποιούνται ευρέως και υπάρχει πλήθος δεδομένων και μετρήσεων των δεικτών αυτών για διάφορα υλικά. [8,9,11,12,13,14,16,17,20,21]

- i. *Ολικό πορώδες*: Χωρίζεται σε ολικό και ανοιχτό πορώδες. Είναι η κύρια παράμετρος χαρακτηρισμού της φθοράς από διαλυτά άλατα. Συνήθως λαμβάνεται το ανοιχτό πορώδες, δηλαδή το σύνολο των πόρων που είναι διαπερατοί. Μεγάλο ποσοστό ανοιχτού πορώδους σημαίνει και μεγάλη περατότητα του λίθου και αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη περιεχόμενη ποσότητα αλάτων και πιθανότητα εσωτερικής κρυστάλλωσης αυτών, λόγω της συνεχούς και έντονης τροφοδότησης με υδατικά διαλύματα. Αντίθετα, μικρή τιμή ανοιχτού πορώδους σημαίνει ότι ο λίθος πιθανόν δεν περιέχει μεγάλες ποσότητες νερού παρεμποδίζοντας τη μεταφορά διαλυμάτων και επομένως είναι πιο ανθεκτικός σε αυτόν τον τύπο φθοράς (Benavente 2004). Αποτελεί μία από τις παραμέτρους αξιολόγησης της μικροδομής που χρησιμοποιεί το σύστημα, όπου και λαμβάνεται η % απόκλιση από την τιμή του υγιούς δείγματος. [33,35]
- ii. *Λόγος ανοικτού προς ολικό πορώδες ( $P_{act}/P_{tot}$ )*: Ο λόγος ενεργού προς ολικό πορώδες  $P_{act}/P_{tot}(\%)$  έχει προταθεί ως δείκτης επιδεκτικότητας στη φθορά. Αναφέρουμε ότι ενεργό ή ανοικτό πορώδες είναι το ποσοστό του όγκου των πόρων από το οποίο ένα υγρό μπορεί να διαπεράσει ένα υλικό. Ο λόγος  $P_{act}/P_{tot}(\%)$  υπολογίζεται κυρίως με τη μέθοδο της Ποροσιμετρίας Υδραργύρου, η οποία έχει αναφερθεί παραπάνω. Μικρές τιμές  $P_{act}/P_{tot}(\%)$  θεωρείται ότι αντιστοιχούν σε χαμηλά επίπεδα φθοράς καθώς η πρόσβαση διαλυμάτων αλάτων διαμέσου των λίθων αυτών είναι περιορισμένη. Αντίθετα μεγάλες τιμές  $P_{act}/P_{tot}(\%)$  θεωρείται ότι αντιστοιχούν σε λίθους με εκτεταμένη αποσάθρωση. Όσον αφορά σε υγιή δείγματα λίθου, όσο μεγαλύτερος ο λόγος  $P_{act}/P_{tot}(\%)$ , τόσο πιο επιδεκτικός από τη φύση του ο λίθος στη φθορά από κρυστάλλωση αλάτων. [36,33]
- iii. *Μέση ακτίνα πόρων*: Εκτός από την τιμή του πορώδους, μας ενδιαφέρει η κατανομή του μεγέθους των πόρων, η σύνδεση μεταξύ τους το σχήμα τους, τα οποία και καθορίζουν την μεταφορά υγρών και αερίων στο εσωτερικό του λίθου προκαλώντας τη διάβρωσή του. Η μέση ακτίνα των

πόρων προσεγγίζει σε κάποιο βαθμό την εικόνα της μικροδομής. Παρόλα αυτά χρειάζεται προσοχή καθώς δεν δίνει πλήρη πληροφορία για την κατανομή μεγέθους των πόρων, ούτε για τη σχέση του μεγέθους των πόρων με την αναμενόμενη επιδεκτικότητα του λίθου στη φθορά. Αποτελεί μία ακόμη παράμετρο χαρακτηρισμού της μικροδομής που χρησιμοποιεί το σύστημα και όπως και σε όλες τις περιπτώσεις των παραμέτρων μικροδομής που λαμβάνονται από το σύστημα, χρησιμοποιείται η % απόκλιση από τις τιμές του υγιούς δείγματος. [36,33]

- iv. *Ολικός ειδικός όγκος*: Ο Ολικός ειδικός όγκος βρίσκεται με τη μέθοδο της Ποροσιμετρίας Υδραργύρου. Και σε αυτή την περίπτωση, όπως και με τις άλλες παραμέτρους μικροδομής, μπορεί να προκύψει συσχέτιση με την επιδεκτικότητα του λίθου στη φθορά. Ο ολικός ειδικός όγκος και η φαινόμενη πυκνότητα είναι τα φυσικοχημικά μεγέθη που χρησιμοποιεί το σύστημα, και εισάγονται ως % ποσοστό μεταβολής των μετρούμενων τιμών σε σχέση με τις φυσιολογικές τιμές που χαρακτηρίζουν το υλικό. [36,33]
- v. *Φαινόμενη πυκνότητα*: Πρόκειται για τη μάζα του υλικού, διαιρεμένη με τον όγκο που καταλαμβάνει συμπεριλαμβανομένων των διακένων και όπως και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά μικροδομής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης επιδεκτικότητας της φθοράς του λίθου. Μετράται σε  $\text{g/cm}^3$ . Συναντάται σε διάφορες μεθόδους όπως η ταχύτητα διάδοσης υπερήχων και η ποροσιμετρία υδραργύρου. Σύμφωνα με την εμπειρία του εργαστηρίου Επιστήμης και Τεχνικής Υλικών του τμήματος των Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, μεταβολές στην φαινόμενη πυκνότητα μεγαλύτερες του 10%, μπορεί να σημαίνουν ότι ο λίθος παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα. [33]
- vi. *Ειδική επιφάνεια*: Η ολική ειδική επιφάνεια (Specific Surface Area, SSA) των τοιχωμάτων των πόρων μας δίνει το εμβαδόν της επιφάνειας που είναι εκτεθειμένη στο διαβρωτικό περιβάλλον. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι λίθοι με πλήθος μικρών πόρων και επομένως αυξημένη επιδεκτικότητα στη φθορά θα έχουν μεγάλες τιμές SSA, αντίθετα από λίθους με πορώδες της ίδιας τάξης αλλά με σημαντικό ποσοστό σε μεγάλους πόρους για τους οποίους η SSA θα βρίσκεται μικρότερη. [36,33]

**Δείκτες αναγκαιότητας στα πλαίσια της δομικής ακεραιότητας:**

1. Ο τύπος του μνημείου:

Η κατηγοριοποίηση των μνημείων θα μπορούσε να γίνει βάσει αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών η οποία όμως, δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Αντίθετα όσον αφορά τη δομική ακεραιότητα θα μπορούσε να κατηγοριοποίηση σύμφωνα με τον τύπο των φερόντων στοιχείων του κτιρίου. Επομένως με βάση την ανάλυση που έχει γίνει στην παρούσα εργασία τα μνημεία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση το αν έχουν ή όχι φέρουσα τοιχοποιία. Ένα άλλο χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι το πλήθος και το είδος των ανοιγμάτων που τυχόν έχουν. Σαν υποδείκτης μπορεί να θεωρηθεί ο *τύπος της τοιχοποιίας* όπως αναλύθηκε εκτενέστερα στο κεφάλαιο III.1.2. [25]

2. Η μηχανική συμπεριφορά φέροντα οργανισμού:

- i. *Η θλιπτική αντοχή*
- ii. *Το φαινόμενο βάρος*
- iii. *Η εφελκυστική αντοχή*
- iv. *Το μέτρο ελαστικότητας*
- v. *Το ειδικό βάρος*
- vi. *Ο λόγος Poisson*
- vii. *Η διατμητική αντοχή*
- viii. *Η δοκιμή κόπωσης*
- ix. *Η δοκιμή κρούσης*
- x. *Η δοκιμή ερπισμού*
- xi. *Η δοκιμή σκληρότητας*
- xii. *Η μηχανική των θραύσεων*

Όλα τα παραπάνω βρίσκουν εφαρμογή συνήθως στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων που είναι η πιο διαδεδομένη στα πλαίσια μιας τυπικής διαγνωστικής μελέτης, που προσομοιώνει την μηχανική συμπεριφορά του μνημείου μέσω ενός μαθηματικού μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων στο οποίο εισάγονται οι μηχανικές ιδιότητες των υλικών και η γεωμετρία του μνημείου. Άλλες συνηθισμένες μέθοδοι είναι η μέθοδος των Πεσσών και η μέθοδος του Ισοδύναμου Χωρικού Πλαισίου. Η λεπτομερής ανάλυση των μηχανικών χαρακτηριστικών έλαβε χώρα στο κεφάλαιο III.1.2. [26,27,28]

### 3. Γεωτεχνική μελέτη θεμελίωσης: [43]

Η γεωτεχνική μελέτη θεμελίωσης στα κτίρια εκτός από χρήσιμη είναι και απαραίτητη για τη διασφάλιση της δομικής ακεραιότητας τους. Μας παρέχει τις κατάλληλες πληροφορίες για τις αλληλεπιδράσεις του κτιρίου με το έδαφος, για τον τύπο της θεμελίωσης, για το πόσο σκληρό ή μαλακό είναι το έδαφος, αν υπάρχει υδροφόρος ορίζοντας στην περιοχή που θα μπορούσε να επηρεάσει το κτίσμα κτλ.

#### Δείκτες αναγκαιότητας με βάση τους κινδύνους:

##### 1. Στατικά φορτία:

Η επιλογή τους σαν δείκτης βασίστηκε στο γεγονός ότι ουσιαστικά ορίζουν τη στατική μελέτη του κτιρίου. Δηλαδή, το βάρος της κατασκευής, από τι αποτελείται, μέχρι τι φορτία αντέχει, το είδος των υλικών, την ποσότητα και τον τρόπο με τον οποίο αυτά θα τοποθετηθούν και θα χρησιμοποιηθούν. Χωρίζονται σε μόνιμα και σταθερά.

##### 2. Τυχηματικές δράσεις [29,30,31]

Όπως έχει προαναφερθεί η τυχηματικές δράσεις αλλά και οι περιβαλλοντικές φορτίσεις που ακολουθούν μπορούν να προκαλέσουν από περιορισμένης έκτασης φθορές και βλάβες έως πλήρη καταστροφή και κατάρρευση του κτιρίου. Σαν υποδείκτες, λοιπόν μπορούν να θεωρηθούν:

- i. *Οι βλάβες*
- ii. *Η ιδιοπερίοδος κατασκευής*
- iii. *Η περίοδος επανάληψης εντάσεων*
- iv. *Η διάρκεια σεισμού περίοδος T σεισμού*
- v. *Ο τρόπος θεμελίωσης*
- vi. *Η ακαμψία μελών*
- vii. *Ο συντελεστής σπουδαιότητας  $\gamma I$*
- viii. *Ο συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς ( $q$ )*
- ix. *Η συνολική σεισμική δράση ( $F=\beta(T)*W$ )*
- x. *Οι συννοριακές συνθήκες*
- xi. *Η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας μνημείου*
- xii. *Η επισκεψιμότητα του κτιρίου*
- xiii. *Η φωτιά*
- xiv. *Ηφαιστειακές καταπονήσεις*

xv. *Οι βανδαλισμοί*

xvi. *Τα γκράφιτι*

xvii. *Οι χωροταξικές, κυκλοφοριακές και πολεοδομικές ρυθμίσεις και μέτρα*

### 3. Περιβαλλοντικές φορτίσεις: [29,30,31]

Το μικροκλίμα που επικρατεί σε κάθε περιοχή της τοιχοποιίας είναι καθοριστικό του τύπου και της έκτασης της φθοράς. Για τη σωστή εκτίμηση της επιθετικότητας του κλίματος είναι απαραίτητη η συλλογή περιβαλλοντικών δεδομένων σε επίπεδο ημερήσιο, μηνιαίο και ετήσιο καθώς οι συνθήκες αυτές ελέγχουν τα φαινόμενα φθοράς (περίπτωση αλλοίωσης της επιφάνειας, σχηματισμού κρουστών, κρυστάλλωση αλάτων). [37]

Οι παρακάτω υποδείκτες επιλέχτηκαν λόγω της συχνότητας εμφανίσεως τους και του μεγέθους της ζημιάς που μπορεί να προκαλέσουν. Γίνεται μια μικρή ανάλυση σε όσους υποδείκτες δεν έχουν ξαναφερθεί στην παρούσα εργασία.

#### i. *Χαρακτηρισμός περιβάλλοντος μνημείου*

Μπορούμε να χαρακτηρίσουμε το περιβάλλον ως Βιομηχανικό, Αστικό, Ημιαστικό, Αγροτικό, Θαλάσσιο και Ορεινό, βασιζόμενοι σε διάφορα κριτήρια όπως είναι αυτά της γεωγραφικής θέσης, και της ρύπανσης της ατμόσφαιρας. Ο Δείκτης αυτός σε συνδυασμό με αυτές της έκθεσης σε ανέμους και υγρασία και τις συνθήκες παγετού ετησίως, μπορούν να δώσουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση επικινδυνότητας ενός μνημείου. [42,41]

#### ii. *Η συχνότητα κατακρημνισμάτων- βροχόπτωση, χιονόπτωση, πλημμύρες (π.χ. όξινη βροχή, μεταφορά ατμοσφαιρικών ρύπων, πηγή υγρασίας)*

#### iii. *Συγκέντρωση διαλυτών αλάτων:* Αποτελεί σημαντική παράμετρο εκτίμησης της επιθετικότητας του περιβάλλοντος. Τα διαλυτά άλατα μπορεί να προέρχονται από διάφορες πηγές όπως από τα ίδια τα υλικά, από υλικά παλαιότερων επεμβάσεων που βρίσκονται σε επαφή με τα παραδοσιακά, από το έδαφος μεταφερόμενα με τριχοειδή αναρρίχηση της υγρασίας ή από τον αέρα με τη μορφή αερολυμάτων, υδρολυμάτων ή στερεολυμάτων, από τη θάλασσα, ή από την ίδια τη βροχή. Επίσης μεταφέρονται μέσα στα δομικά υλικά μέσω της υγρασίας υπό μορφή διαλύματος. Τέλος, το είδος και η συγκέντρωση των αλάτων καθώς και το βάθος και το ύψος της κρυστάλλωσής τους καθορίζουν τον τύπο και την ένταση της παρατηρούμενης

μακροσκοπικά φθοράς. [36,33]

- iv. *Η συχνότητα και ένταση ανέμων* (μηχανική φθορά και μεταφορά ατμοσφαιρικών ρύπων)
  - v. *Φθορά λόγω παγετού* (συχνότητα συνθηκών παγετού, συχνότητα μεταβάσεων θερμοκρασίας γύρω από το σημείο παγοποίησης)
  - vi. *Οι θερμοκρασιακές μεταβολές - θερμοκρασιακό εύρος*: Το θερμοκρασιακό εύρος της περιοχής είναι η διαφορά ανάμεσα στην μέγιστη και την ελάχιστη θερμοκρασία που εμφανίζει μια περιοχή σε διάστημα ενός έτους. Σε συνδυασμό και με άλλα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος του μνημείου μπορεί να οδηγήσει σε συμπεράσματα σχετικά με τους κινδύνους που μπορεί να διατρέχει το μνημείο από μεταβολές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.
  - vii. *Η διόγκωση μεταλλικών συνδέσμων* (μηχανική φθορά)
  - viii. *Η μέση σχετική υγρασία*: Ο υποδείκτης αυτός, όπως και άλλοι δείκτες έχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Η τιμή που λαμβάνει σε μια περιοχή, μπορεί να βρεθεί εύκολά, χωρίς να απαιτούνται πολύπλοκες μετρήσεις και επεξεργασία δεδομένων. Η μέση σχετική υγρασία μιας περιοχής, όταν έχει υψηλές τιμές, μπορεί να επιτείνει τη δράση άλλων παραγόντων φθοράς (π.χ. ρύπανση ατμόσφαιρας, σχηματισμό κρουστών κ.α.). Επίσης μπορεί να έχει συνδυαστική δράση με άλλους υποδείκτες. Για παράδειγμα σε ζώνες με μεγάλο ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας και ήπιους ρυθμούς εξάτμισης, όπου δηλαδή η επιφάνεια είναι προστατευμένη από τον ήλιο και τους ισχυρούς ανέμους, υπάρχει κίνδυνος σχηματισμού όξινης ανθρακικής κρούστας.
- [36,37]
- ix. *Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι* (είδος και συγκέντρωση ατμοσφαιρικών ρύπων, μηχανισμοί εναπόθεσης)

### III.3 ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΙΜΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ

Η χρήση των δεικτών σε ένα σύστημα λήψης απόφασης, προϋποθέτει την ποσοτικοποίησή τους βάσει σχετικής κλίμακας. Θεσπίζονται δηλαδή κάποια κρίσιμα όρια, μια κλίμακα τιμών, τα οποία καθορίζουν το εύρος των τιμών στα οποία μπορούν να κινηθούν οι δείκτες, δηλαδή τα επιτρεπτά όρια και τα όρια αντοχής που αφορούν το μνημείο. Τα όρια είναι απαραίτητα για την «βαθμονόμηση» των δεικτών, και την αποτίμηση της επικινδυνότητας. Τα κρίσιμα όρια θεσπίζονται είτε είναι οι Δείκτες ποιοτικοί είτε είναι ποσοτικοί. Στους ποιοτικούς Δείκτες, που αναφέρονται κυρίως σε ποιοτικά χαρακτηριστικά του μνημείου (π.χ. περιβάλλον μνημείου), η βαθμονόμηση τους πραγματοποιείται αντίστοιχα με ποιοτικού τύπου κλίμακα (π.χ. βιομηχανικό, αστικό, ημιαστικό, κλπ). Αντίθετα στους ποσοτικούς Δείκτες που αναφέρονται σε ποσοτικά χαρακτηριστικά του μνημείου (π.χ. ποσοστό κάλυψης επιφάνειας από κρούστες), είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν αριθμητικά δεδομένα. Και στις δύο περιπτώσεις, τίθενται όρια, είτε ποιοτικά, είτε ποσοτικά, που καθορίζουν το εύρος της κλίμακας των τιμών που μπορεί να λάβει ο σχετικός δείκτης ώστε να ενσωματωθεί αργότερα, συσχετιζόμενος με άλλους δείκτες, σε σύστημα λήψης απόφασης. Τα όρια αυτά, η κλίμακα τιμών, καθορίζονται από την εκάστοτε ερευνητική ομάδα που μέσω της διεπιστημονικότητας μπορεί να ανταπεξέλθει επάξια σε αυτόν τον ρόλο. [27,39,41,45]



### III.4 ΒΑΡΥΤΗΤΑ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΒΑΘΜΟΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΣΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο ο κάθε δείκτης αναγκαιότητας επέμβασης παίζει σημαντικό ρόλο στην τελική απόφαση. Αυτό που διαφοροποιεί, όμως, τον κάθε Δείκτη είναι η βαρύτητα που έχει στη λήψη της τελικής απόφασης. Ανάλογα με τη σημασία του, το ρόλο του και το τί είδους πληροφορίες παρέχει για το μνημείο, συμμετέχει με μεγαλύτερο ή μικρότερο ποσοστό στη λήψη της τελικής απόφασης.

Η χρήση συντελεστών βαρύτητας εξασφαλίζει προσαρμοσμένη στις συνθήκες συμμετοχή εκάστοτε δείκτη στην τελική απόφαση. Για κάθε δείκτη, ο συντελεστής βαρύτητας στην τελική απόφαση εξαρτάται από διάφορους παράγοντες:

- *Σημαντικότητα δείκτη*: Διαμορφώνεται ανάλογα με την φιλοσοφία επεμβάσεων συντήρησης, π.χ. επεμβάσεις καθαρισμού αντί επεμβάσεων αποκατάστασης δομικής ακεραιότητας, οι δείκτες που αφορούν τα κριτήρια συντήρησης των υλικών σε σχέση με τα κριτήρια δομικής ακεραιότητας, θα πρέπει να ενισχυθούν αντίστοιχα. Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση μεγαλύτερων συντελεστών βαρύτητας για τους πρώτους.
- *Ποιότητα δεδομένων*: Αν για έναν δείκτη δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα, συχνά είναι επιθυμητό να μειώνεται η συμβολή του στην τελική λήψη απόφασης, σε σχέση με άλλους δείκτες για τους οποίους υπάρχουν ικανοποιητικά δεδομένα.
- *Κοινωνικοοικονομικά κριτήρια*: Συχνά, κοινωνικοί ή κυρίως οικονομικοί λόγοι, ωθούν τον προσανατολισμό επεμβάσεων συντήρησης περισσότερο σε επεμβάσεις αποκατάστασης δομικής ακεραιότητας παρά σε επεμβάσεις συντήρησης των υλικών (επιφανειακές φθορές) ή το αντίθετο. Για παράδειγμα, συχνά είναι σημαντικότερο να εξασφαλίζεται τουλάχιστον η δομική ακεραιότητα του παρά να μειωθεί ο βαθμός επιφανειακής φθοράς, ώστε το μνημείο να παρουσιάζεται «καθαρό». Στην περίπτωση αυτή, ενισχύονται (μέσω μεγαλύτερων συντελεστών βαρύτητας) οι δείκτες που αφορούν τα κριτήρια της δομικής ακεραιότητας.

Από συνδυασμό όλων των Δεικτών και των συντελεστών βαρύτητάς τους θα προκύψει ο τελικός συνολικός Δείκτης που θα καθορίσει την απόφαση που προτείνεται να ληφθεί. [27,46,42]

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

1. Μοροπούλου Α. , Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος ``2.1.2.1 - Φαινόμενα και μηχανισμοί της φθοράς ως συνάρτηση εξωγενών και ενδογενών παραγόντων``, του ΔΠΜΣ ``Προστασία Μνημείων``, Κατ. Β΄: Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2004
2. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.87-105
3. Maldague X.P.V. (1993) *Nondestructive Evaluation of Materials by Infrared Thermography*, Springer Verlag
4. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.403-420
5. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.431-468
6. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.383-402
7. Christaras B. (1998) ‘Non-destructive methods used for the estimation of the damage (weathering and cracks) of the building and ornamental stones’ PACT, J. European Study Group on Physical, Chemical, Biological and Mathematical Techniques Applied to Archaeology, 55, 213-220

8. Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010 σελ.421-430
9. Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010 σελ 483-500
10. Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010 σελ 501-504
11. Amoroso G.G. & Fassina V. (1983) Stone Decay and Conservation, Atmospheric Pollution, Cleaning, Consolidation and Protection, Materials Science Monographs 11, Elsevier
12. Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010 σελ.255-270
13. Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010 σελ.271-302
14. Goldstein J. et al. (1992) Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis- A Text for Biologists, Materials Scientists and Geologists, 2nd ed., Plenum, N.York
15. Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών»

- «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010  
σελ.185-194
- 16.** Cullity B.D. (1978) Elements of X-Ray Diffraction, 2nd ed., Addison-Wesley Publishing Co. Inc., Reading, MA, USA
- 17.** Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010  
σελ.177-184
- 18.** Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010  
σελ.195-204
- 19.** Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010  
σελ.231-237
- 20.** Μοροπούλου Αντωνία, Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος «Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών, μεθοδολογία ενόργανων & μη καταστρεπτικών τεχνικών» «Φθορά και προστασία υλικών» 9ου εξαμήνου X-M ΕΜΠ, Αθήνα 2010  
σελ.271-302
- 21.** Goldstein J. et al. (1992) Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis- A Text for Biologists, Materials Scientists and Geologists, 2nd ed., Plenum, N.York
- 22.** Fitzner B. (1993) 'Porosity properties and weathering behaviour of natural stones-Methodology and examples' in Stone Material in Monuments: Diagnosis and Conservation, Heraklion-Crete 24-30 May 1993, Comunita Delle Universite Mediterranee, Scuole Universitaria C.U.M. Conservazione Dei Monumenti
- 23.** Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.373-382
24. Φυλλίτσα Β. Καραντώνη, πολιτικός μηχανικός, Λέκτορας Πανεπιστημίου Πατρών, «Κατασκευές από τοιχοποιία, Σχεδιασμός και Επισκευές» σελίδες: 303,322
25. Φυλλίτσα Β. Καραντώνη, πολιτικός μηχανικός, Λέκτορας Πανεπιστημίου Πατρών, «Κατασκευές από τοιχοποιία, Σχεδιασμός και Επισκευές» σελίδες: 1-28
26. Μοροπούλου Α., Υφαντής Δ., Σιμιτζής Ι, Ζουμπουλάκης Λ. «υλικά», σημειώσεις για τους φοιτητές του 7ου εξαμήνου χημικών μηχανικών, σχολή Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. τομέας 3: Επιστήμη και τεχνολογία υλικών,2006 σελίδες: 15-45
27. Χανδακάς Β. (2004) ‘Κριτήρια και μεθοδολογία ελέγχου ποιότητας στα έργα συντήρησης- προστασίας ιστορικών μνημείων και κτιρίων’ διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Τομέας Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών σελίδες:41-60
28. Σημειώσεις Εργαστηρίου μαθήματος Μηχανικής ΙΙ, σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π.
29. Μοροπούλου Α. , Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος ‘‘2.1.2.1 - Φαινόμενα και μηχανισμοί της φθοράς ως συνάρτηση εξωγενών και ενδογενών παραγόντων’’, του ΔΠΜΣ ‘‘Προστασία Μνημείων’’, Κατ. Β’: Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2004
30. Μοροπούλου Αντωνία, 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 σελ.87-105
31. Φυλλίτσα Β. Καραντώνη, πολιτικός μηχανικός, Λέκτορας Πανεπιστημίου Πατρών, «Κατασκευές από τοιχοποιία, Σχεδιασμός και Επισκευές» σελίδες: 323-340
32. Amoroso G., ‘‘Stone decay and conservation: Atmospheric pollution, cleaning, consolidation, and protection’’, National Scientific Research Fund,

Elsevier, 1983.

33. Cakmak A.S., Moropoulou, A., Mullen, C.L., “ Interdisciplinary Study of Dynamic Behaviour and Earthquake Response of Hagia Sophia”, *Soil dynamics and earthquake engineering*, 14, No 9,125-133, 1995.
34. Avdelidis N.P., Moropoulou A., “Applications of infrared thermography for the investigation of historic structures ”, *Journal of Cultural Heritage*, **5**, 119 – 127, 2004.
35. Theoulakis P., Moropoulou, A., “Microstructural and mechanical parameters determining the susceptibility of porous building stones to salt decay”, *Construction and Building Materials*, **11**, [1], 65-71, 1997.
36. Winkler E.M. , “Stone in Architecture”, Springer , 1997
37. Camuffo D., Del Monte M., Sabbioni C., Vittori O., “Wetting, deterioration and visual features of stone surfaces in an urban area”, *Atmospheric environment* , 16, No. 9, 2253-2259, 1982.
38. 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 σελ: 48-50
39. 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)
40. Μοροπούλου Α. (2004) Χαρακτηρισμός, Έλεγχος Ποιότητας, Διάγνωση Φθοράς και Συντήρηση Δομικών Υλικών- Μεθοδολογία Δομικών Υλικών Ενόργανων & Μη Καταστρεπτικών Μεθόδων, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Προστασία Μνημείων»- Β' Κατεύθυνση, «Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
41. 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
42. Δημητρακόπουλος Αναστάσιος, «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.
- 43.** Κοινότητα Μεσογειακών Πανεπιστημίων, Σχολή Συντήρησης Μνημείων / Πολυτεχνείο του Bari, Σχολή Μηχανικής, Ινστιτούτο Εφαρμοσμένης Γεωλογίας και Γεωτεχνικής
- 44.** Μοροπούλου Α, Αβδελίδης, Ν.Π, “Μη καταστροφικός έλεγχος δομικών υλικών και κατασκευών με χρήση της υπέρυθρης θερμογραφίας”, Ύλη και Κτίριο, Τεύχος 55 (2002)
- 45.** Μοροπούλου, Α. Δελέγκου, Α.Θ., «Κριτήρια και Μεθοδολογία Αποτίμησης Επεμβάσεων Καθαρισμού σε Αρχιτεκτονικές επιφάνειες. Εφαρμογές σε Ιστορικά Κτίρια», Ύλη και Κτίριο, Τεύχος 53 (2001 σ. 129-1350).
- 46.** Θεοδώρα Τσιούρβα, «Στερέωση παρολίθων - Καθιέρωση κριτηρίων αξιολόγησης», Διδακτορική Διατριβή Σχολής Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π, Επιβλέπουσα Μοροπούλου Α.

## **IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε ο σχεδιασμός ενός συστήματος λήψης αποφάσεων για τα μνημεία με κριτήρια συντήρησης και δομικής ακεραιότητας, στα πλαίσια της υιοθέτηση μιας ολοκληρωμένης επιστημονικής μεθοδολογίας, που να διασφαλίζει τη λήψη ορθών αποφάσεων επεμβάσεων στο μνημείο.

Για το λόγο αυτό, σε πρώτη φάση, διερευνήθηκαν οι παράμετροι που καθορίζουν την επικινδυνότητα ενός μνημείου. Διαπιστώθηκε λοιπόν, ότι οι παράγοντες που την επηρεάζουν είναι η τρωτότητα του μνημείου σε συνδυασμό με τους διάφορους κινδύνους που το απειλούν.

Στη συνέχεια έγινε μια επιλογή από το πλήθος των παραμέτρων που είναι σχετικοί με τη συντήρηση και τη δομική ακεραιότητα, εκείνων των κριτηρίων που προτείνονται για την ανάπτυξη των Δεικτών αναγκαιότητας επέμβασης, απαραίτητων εργαλείων στη λήψη απόφασης. Η επιλογή των παραμέτρων έγινε με βάση τις μεθόδους που εφαρμόζονται στα πλαίσια μιας τυπικής διαγνωστικής μελέτης εφαρμόζοντας τόσο εμπειρικές μεθόδους, όπως η μακροσκοπική παρατήρηση, όσο και ενόργανες, όπως οι επί τόπου μη καταστρεπτικές και οι καταστρεπτικές μέθοδοι (για τα κριτήρια συντήρησης). Τα κριτήρια δομικής ακεραιότητας για τη λήψη απόφασης σχετικά με την προστασία μνημείων βασίζονται στις παραμέτρους που επηρεάζουν τη δομική ακεραιότητα και την επιδεκτικότητα των μνημείων στις βλάβες, αποκαλύπτοντας την τρωτότητα του κτιρίου και που εξετάζονται στα πλαίσια μιας τυπικής δομοστατικής ανάλυσης, αποτίμησης της φέρουσας ικανότητας. Δύο ακόμα, κατηγορίες από τις οποίες προκύπτουν κριτήρια είναι η επίδραση του περιβάλλοντος και οι τυχηματικές δράσεις, που συναποτελούν τους κινδύνους που απειλούν το μνημείο και που επηρεάζουν την επικινδυνότητά του.

Το επόμενο βήμα ήταν η ανάπτυξη των δεικτών αναγκαιότητας επέμβασης για μια πρώτη εκτίμηση της αναγκαιότητας επέμβασης. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η αλόγιστη χρήση των ποικίλων, εξελιγμένων μεθόδων διάγνωσης που είναι διαθέσιμες σήμερα και ο ερευνητής καλείται να ολοκληρώσει τα δεδομένα του, να καταλήξει σε μια τεκμηριωμένη απόφαση και να προβεί σε μια εμπειριστατωμένη πρόταση επέμβασης.

Στην εφαρμογή που αναπτύχθηκε στην τελική ενότητα της εργασίας έγινε διερεύνηση και επιλογή των παραμέτρων συντήρησης και δομικής ακεραιότητας για τα μνημεία.

Οι τελικοί Δείκτες αναγκαιότητας επέμβασης επιλέχθηκαν λόγω της συχνότητας

εμφανίσεως τους και της συμμετοχής που έχουν στην τελική κατάσταση του κτιρίου. Οι Δείκτες που αναπτύχθηκαν όσον αφορά τη συντήρηση είναι: η έκταση και ο τύπος διαφόρων φαινομένων φθοράς, η ανερχόμενη και παραμένουσα υγρασία και συμπύκνωση στις τοιχοποιίες, οι ρωγμές του κτιρίου, η ασυμβατότητα υλικών και επεμβάσεων συντήρησης, η ταχύτητα διάδοσης υπερήχων και ο χαρακτηρισμός της μικροδομής. Σε σχέση με τη δομική ακεραιότητα: ο τύπος του μνημείου, η μηχανική συμπεριφορά του φέροντα οργανισμού και η γεωτεχνική μελέτη θεμελίωσης. Όσον αφορά την επικινδυνότητα: τα στατικά φορτία, οι τυχηματικές δράσεις και οι περιβαλλοντικές φορτίσεις. Πρέπει να προσθέσουμε πως από τους παραπάνω Δείκτες προκύπτουν και διάφοροι υποδείκτες οι οποίοι συμμετέχουν εξίσου στην τελική απόφαση.

Όπως όμως γίνεται αντιληπτό δεν διαδραματίζουν όλοι οι Δείκτες τον ίδιο ρόλο στη λήψη της τελικής απόφασης. Κάθε δείκτης έχει τη δική του βαρύτητα ανάλογα με τη σημασία του, με το τι προσδιορίζει και με το αν είναι ποιοτικός ή ποσοτικός.

Απαραίτητη κρίνεται η θέσπιση κρίσιμων ορίων ή μιας κλίμακας τιμών που θα καθορίζουν το αποδεκτό εύρος τιμών, μέσα στο οποίο θα μπορούν να κινούνται οι Δείκτες και θα δείχνουν αν χρειάζεται ή όχι να γίνουν επεμβάσεις στο μνημείο.

Εν κατακλείδι, με τη χρήση όλων των παραπάνω μπορεί να πραγματοποιηθεί το ζητούμενο, η δυνατότητα λήψης απόφασης και ο προγραμματισμός των απαραίτητων εργασιών συντήρησης και αποκατάστασης του μνημείου. Τονίζεται ότι το αποτέλεσμα θα είναι ενδεικτικό και βοηθητικό, δεδομένου ότι η κρίση και η εμπειρία του ερευνητή δε μπορεί να αντικατασταθεί στο έπακρο από ένα υπολογιστικό σύστημα. Ωστόσο κατόπιν βελτιστοποίησης και ολοκλήρωσης του συστήματος μπορεί να αποτελέσει ένα πολύ χρήσιμο και εύχρηστο εργαλείο για την αντιμετώπιση προβλημάτων και την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς.

## **V. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ**

## ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Η παρούσα εργασία, εκτός από τις αναλύσεις και τις εμβασθύνσεις για την προστασία των μνημείων που έγιναν, μας δίνει τη δυνατότητα και για κάποιες προοπτικές εξέλιξης της στο μέλλον.

Στο τελευταίο κεφάλαιο έγινε αναφορά στα κρίσιμα όρια των Δεικτών αναγκαιότητας και στους λόγους για τους οποίους είναι απαραίτητοι σε ένα σύστημα λήψης αποφάσεων. Ο καθορισμός, λοιπόν, των κρίσιμων ορίων ή κλίμακας τιμών για κάθε Δείκτη αναγκαιότητας μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο μελέτης σε μια μελλοντική επιστημονική εργασία που θα πραγματευτεί τόσο τους ποιοτικούς όσο και τους ποσοτικούς Δείκτες.

Οι Δείκτες αναγκαιότητας δε συμμετέχουν όλοι το ίδιο στην ανάδειξη του τελικού αποτελέσματος και για αυτό το λόγο οι συντελεστές βαρύτητας για τους Δείκτες αναγκαιότητας παίζουν σημαίνοντα ρόλο στον καθορισμό της τελικής απόφασης. Ανάλογα με το τι προσδιορίζει ο κάθε δείκτης και το κατά πόσο υπάρχουν συγκεκριμένες σχέσεις και αποτελέσματα για αυτόν στη διεθνή βιβλιογραφία υπολογίζεται η βαρύτητα του.

Επιπλέον, εκτός από τη μελέτη που υπάρχει η δυνατότητα να γίνει για τον καθορισμό των συντελεστών βαρύτητας από την εκάστοτε ερευνητική ομάδα, χρήσιμο για την τελική απόφαση είναι να σχηματιστεί μια μαθηματική σχέση που θα συσχετίζει όλους τους Δείκτες αναγκαιότητας με τους συντελεστές βαρύτητας τους. Αυτή η μαθηματική σχέση ουσιαστικά θα προσδιορίζει το βαθμό επικινδυνότητας για του μνημείου.

Τέλος σαν προοπτική της παρούσας εργασίας μπορεί να προταθεί η μελλοντική εφαρμογή της σε κάποια πλατφόρμα λήψης απόφασης με τις απαραίτητες προσαρμογές που θα πρέπει να γίνονται κάθε φορά από τους ερευνητές.