

Χαρακτηρισμός κονιαμάτων με πρότυπες και μη-πρότυπες μεθόδους:

Παραδείγματα από μνημεία και αρχαιολογικούς χώρους της Κύπρου

Ιωάννης Ιωάννου
ioannou.ioannis.1@ucy.ac.cy



1

Εισαγωγή

- Χαρακτηρισμός κονιαμάτων
 - Αναγκαίος στα πλαίσια ορθής συντήρησης-αποκατάστασης μνημείων και παραδοσιακών οικοδομών
 - Βοηθά στην επιλογή συμβατών υλικών αποκατάστασης και στο σχεδιασμό σωστών επεμβάσεων
 - Χρήση ευρείας γκάμας κονιαμάτων σε μνημεία (υδραυλικά, αερικά, ποζολανικά)
 - Ανάγκη για υιοθέτηση συστηματικής/ομοιόμορφης μεθοδολογίας χαρακτηρισμού
- Θεωρία/Έρευνα vs Πρακτική
 - Περιορισμοί σε πόρους (χρόνο, χρήμα, ...)
 - Περιορισμένη πρόσβαση σε εξειδικευμένα εργαστήρια και συμβούλους
 - ...

2

Εισαγωγή

- CEN/TC 346 “Conservation of Cultural Heritage”
 - EN 16085: Conservation of Cultural property - Methodology for sampling from materials of cultural property - General rules
 - EN 17187: Conservation of Cultural Heritage – Characterization of mortars used in cultural heritage



Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

3

3

Εισαγωγή

- Ευρωπαϊκά Πρότυπα
 - Τεχνικά έγγραφα που καταγράφουν συγκεκριμένες απαιτήσεις, προδιαγραφές, κατευθυντήριες γραμμές ή/και χαρακτηριστικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν συστηματικά από άτομα ή οργανισμούς για να διασφαλιστεί ότι τα υλικά, τα προϊόντα, οι διαδικασίες ή/και οι υπηρεσίες που δημιουργούν ή προσφέρουν είναι κατάλληλα για τον σκοπό τον οποίο προορίζονται.
 - Αποτέλεσμα τυποποίησης - διαδικασίας μέσα από την οποία καταγράφονται οι βέλτιστες πρακτικές που προκύπτουν μέσα από την εμπειρία και την έρευνα.

Πρότυπα για τη συντήρηση έργων πολιτιστικής κληρονομιάς

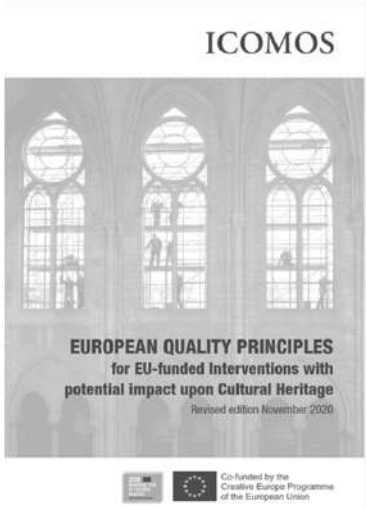
Κοινός τρόπος προσέγγισης προβλημάτων που σχετίζονται με τη συντήρηση πολιτιστικής κληρονομιάς

Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

4

4

Εισαγωγή



European Committee for Standardisation (CEN) standards

Under the auspices of the European Committee for Standardisation (CEN), cultural heritage experts from many European countries are developing standards for the conservation of movable and immovable cultural heritage¹. The objective is to acquire a common, unified scientific approach to problems related to the preservation/conservation of cultural heritage (see CEN standards are not well known in the heritage sector, in part because they are accessible only on a paid basis).

Main recommendations

1. All stakeholders involved in cultural heritage conservation should adhere to international cultural heritage charters and guidelines.
2. Standard-setting texts and guidance documents related to cultural heritage, produced by UNESCO, the Council of Europe, ICOMOS, CEN, and other competent organisations should be made accessible free of charge through the internet and publications or digital tools.

Additional recommendations

- CEN standards should be taken into consideration and, where relevant, included in the Terms of Reference of all contractual documents for cultural heritage interventions.
- The ISO 9001 standard for quality management should also be noted.

Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

5

5

Δειγματοληψία



- EN 16085: Conservation of Cultural property - Methodology for sampling from materials of cultural property - General rules
- Αφορά τη δειγματοληψία υλικών με στόχο τον χαρακτηρισμό τους σε όλες τις φάσεις συντήρησης-αποκατάστασης ενός έργου.
- Μέθοδος δειγματοληψίας
 - Εξαρτάται από τον τύπο και την κατάσταση του δείγματος, τη μελέτη περίπτωσης και την εξέταση στην οποία θα υποβληθεί.

Επειδή η δειγματοληψία αποτελεί επεμβατική πρακτική, θα πρέπει να γίνεται με φειδώ, μετά από τεκμηρίωση για την ανάγκη της, σε συνεννόηση με τους ιδιοκτήτες του έργου και τους μελετητές

Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

6

6

Δειγματοληψία

- Κριτήρια Δειγματοληψίας
 - Στόχος / Ανάγκη
 - Απαιτήσεις αρμόδιας αρχής
 - Εξειδικευμένο προσωπικό
 - Ελάχιστη (ορατή) ζημιά
 - Απαιτήσεις αναλυτικής τεχνικής
- Πλάνο Δειγματοληψίας
 - Προκαταρκτική έρευνα
 - Τύπος κονιαμάτων, μακροσκοπικά χαρακτηριστικά (χρώμα, υφή), κατάσταση πιθανών δειγμάτων
 - Πιθανές θέσεις δειγματοληψίας
 - Αριθμός / Μέγεθος δειγμάτων
 - Ελάχιστο(ς) ικανοποιητικό(ς) για τις ανάγκες της μελέτης
 - Δειγματολήπτης
 - Μεθοδολογία δειγματοληψίας
 - Κατάλληλα εργαλεία, Α&Υ, προστασία δείγματος, πακετάρισμα, αποθήκευση...



Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

7

7

Δειγματοληψία

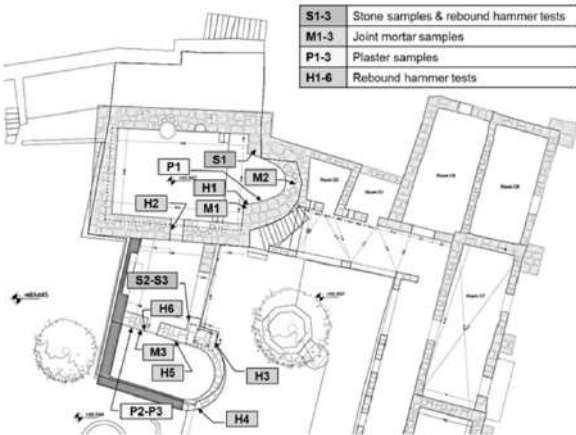


Figure 1: Plan drawing* of the north-east corner showing the approximate positions where building stones (S1-3), jointing mortars (M1-3) and plasters (P1-3) were sampled and the positions where rebound hammer tests were performed on masonry stone blocks (S1-3 and H1-6).

* Source: Original plan drawings provided by Lordos Architects & Associates.

Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

8

8

Δειγματοληψία



Materials Tests
Designers shall conduct the following tests in collaboration with an experienced laboratory. The cost of these tests will be quoted separately and is to be regarded as one of the outputs. Timelines required for these tests to be conducted and results to be used in the design elaboration must be factored in the work plans. Maximum duration for these tests shall be FORTY (40) calendar days from sampling to results. Designers shall arrange the work plans accordingly.
Samples shall be taken as per the following:
Per each building/church/structure, 3 stones will be sampled and from each stone 3 specimens must be tested for the following tests:

- Compressive strength in accordance with EN 1926
- Capillary absorption - one direction of testing according to EN 1925
- Porosity in accordance with EN 1936
- Full XRD analysis (qualitative/quantitative) per stone specimen

Per each building/church/structure, 3 mortar and plaster specimens must be taken and tested for:

- Full XRD analysis (qualitative/quantitative) per mortar specimen
- Full XRD analysis (qualitative/quantitative) per plaster specimen

Sampling from each building/church/structure shall be made by the designers and in line with the stipulations in the relevant Euro Norms. UNDP should be informed in order to facilitate before any tests are performed on the site.

FEM or Equivalent Modelling
Further investigation of the site should be undertaken at this output. The condition assessment should be supported by efficient photographic and scientific documentation. Computational investigation of the building's (small chapel) seismic response (such as Finite Element Modelling or other equivalent test) for evaluation of seismic hazard is to be made. The FEM analysis shall follow the stipulations in the relevant Eurocodes, such as EN 1996-2 and EN 1998-3.



Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

9

Δειγματοληψία

Κωδικός Δείγματος

Στόχος Δειγματοληψίας και Προτεινόμενη Εξέταση

Annex A
(informative)
Example of sampling data sheet

The following is an example of a sampling data sheet. The sequence of the elements is not mandatory but would be useful.

Sample identification code	Unique and be associated with the sample at all times
Aim of the sampling	Should be stated specifically to identify investigation of the sample in question
Planned investigation	Describe the intended types of investigation for the sample
Identification of the cultural property	
Registration code/inventory number	Any registration code(s) should be recorded if they exist. Make reference to condition survey and/or condition report.
Name (English)	
Author(s)	
Designated	
Location	
Site, with	
Other name, address, phone	
Other	
Identification of the sample	
Date of sampling	Year-month-day
The name of the person who carries out the sampling	Person who carries out sampling, and other contact information that may be relevant
The sampling location	Should be described by written records, graphs, photographs, aerial photography in order to be able to find the sample location for future reference. Each photograph should include a metric scale and a compass reference if appropriate
Description of the sample	Material, color, texture, etc. If relevant, size, weight, shape, etc.
Photo of sample	Photograph should include a metric scale and a compass reference if appropriate
Sampling method	How the sample was taken, procedure and/or the type of test
Other related information	Environmental conditions (weather) of sample condition while sampling, as well as other comments to be recorded at the time of sampling if deemed important, such as recommendations for storage conditions before the planned investigation

Ταυτότητα Μνημείου

Στοιχεία Δείγματος

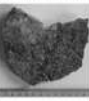
Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

10

10

5

Δειγματοληψία

Έντυπο Δειγματοληψίας Κονιμάτων		
	Όνομα Μελώνων	Υπεύθυνος Εργασίας: Αρχηγός Μουσείου
	Παράκληση: Αποστολή	Επιμέλεια και Μεταφορά: Αρχηγός Μουσείου
Κωδικός Κονιμάτων ΜΑΑ 1-1 (Παράκληση)	Όνομα Κιόστης	
Λόγος Κονιμάτων		
Παραπομπή: Παράκληση 1-1 (Παράκληση)		
Τύπος Κονιμάτων: Επιστημονικά		
Είδος Κονιμάτων: Στοιχείο (Παράκληση)		
Υπόδειξη: Έκδοση, Είδος, Χρώμα		
Επιστημονική Επιστήμη: Αρχαιολογία		
Σημειώσεις: Σημειώσεις και ενδείξεις παραπομπής κειμένου		
		
Φωτογραφία Κιόστης (πλάι)		Φωτογραφία Κονιμάτων (Διατήρηση)
		
Παραπομπή: Σημειώσεις Κονιμάτων		
Απ. Αποστολή: 1		
Μονή και αριθμός: 1/1/1		
Κονιμάτων: 1/1/1		
ΣΗΜΑΝΤΑ: Τα δείγματα ΜΑΑ 1-1 είναι οι κατά περίπτωση και όχι κατά ποσότητα. Παραπομπή: Παραπομπή και ενδείξεις παραπομπής κειμένου		

Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

Δειγματοληψία



Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

Χαρακτηρισμός



- EN 17187: Conservation of Cultural Heritage – Characterization of mortars used in cultural heritage
 - Προσδιορίζει τη μεθοδολογία για τον χαρακτηρισμό των κονιαμάτων, με την χρήση αναλυτικών τεχνικών.
 - Οδηγίες για την επιλογή της καλύτερης τεχνικής για τον προσδιορισμό της ορυκτολογικής σύστασης, της υφής, των φυσικοχημικών και μηχανικών ιδιοτήτων.

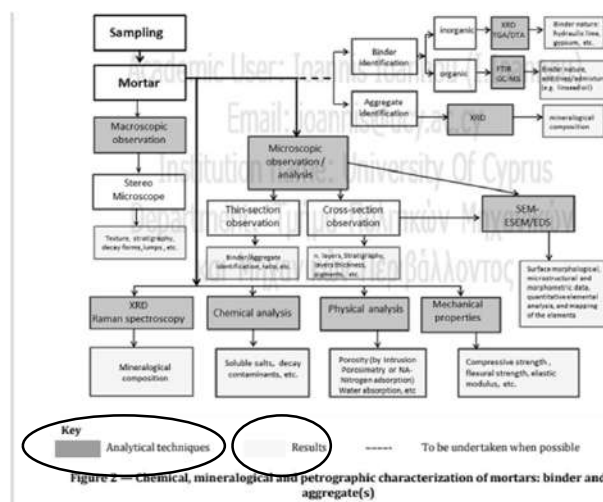
Δυνατότητα υιοθέτησης κοινής μεθοδολογίας χαρακτηρισμού ιστορικών κονιαμάτων

Τα Κονιάματα στην Παράδοσή μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

13

13

Επιλογή Αναλυτικής Τεχνικής



Τα Κονιάματα στην Παράδοσή μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

14

14

Μακροσκοπικές Παρατηρήσεις

- Διά γυμνού οφθαλμού ή με τη βοήθεια στερεο-μικροσκοπίου
- Στόχος
 - Χαρακτηρισμός υφής/συνοχής δείγματος (συμπ. πορώδους)
 - Αναγνώριση στρωματογραφίας
 - Εντοπισμός φαινομένων διάβρωσης
 - Περιγραφή αδρανών (χρώμα, κατανομή, μέγεθος)
 - Εντοπισμός πιθανών εγκλεισμάτων/ινών και προηγούμενων επεμβάσεων
 - ...



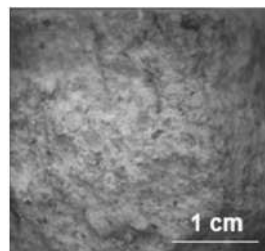
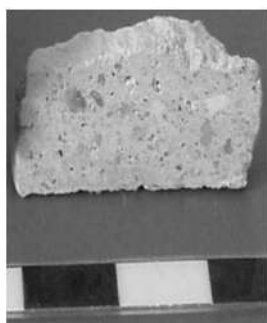
Στερεομικροσκόπιο

Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

15

15

Μακροσκοπικές Παρατηρήσεις



Καλή συνοχή.
Λευκόχρωμη κονία
Λευκά (κυρίως), λεπτά προς μεσαίου μεγέθους, σχετικά καλά κατανεμημένα αδρανή.
Μικρά, γωνιώδη, υπο-γωνιώδη και στρογγυλεμένα κοκκινωπά εγκλείσματα.

...

Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

16

16

Μακροσκοπικές Παρατηρήσεις



Προσδιορισμός χρώματος
Με τη βοήθεια χρωματόμετρου (κατά EN 15886) ή κλίμακας Munsell.

Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

17

17

Μικροσκοπικές Παρατηρήσεις



Οπτικό/πολωτικό Μικροσκόπιο
Αναγνώριση κοινής/αδρανών
Προσδιορισμός λόγου b/a



SEM/EDS
Μορφολογικά χαρακτηριστικά επιφάνειας
Μικροδομή
Χημική ανάλυση

Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

18

18

Μικροσκοπικές Παρατηρήσεις



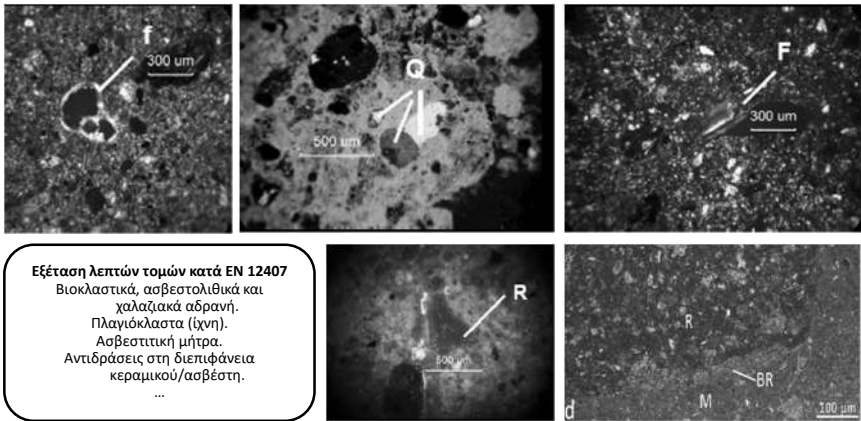
Εξοπλισμός για Προετοιμασία Λεπτών Τομών
Δωρεά Cyprus American Archaeological Research Institute (CAARI)

Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

19

19

Μικροσκοπικές Παρατηρήσεις

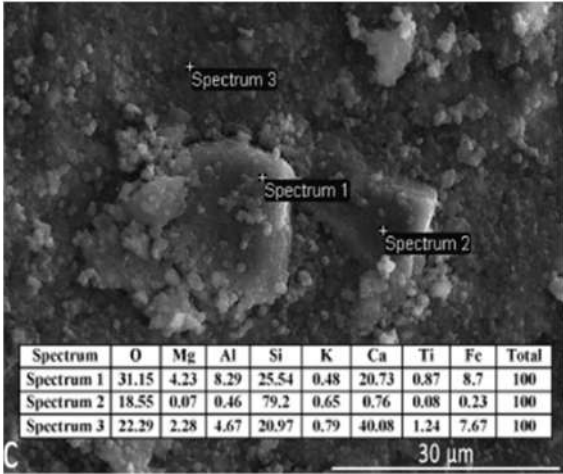


Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

20

20

Μικροσκοπικές Παρατηρήσεις

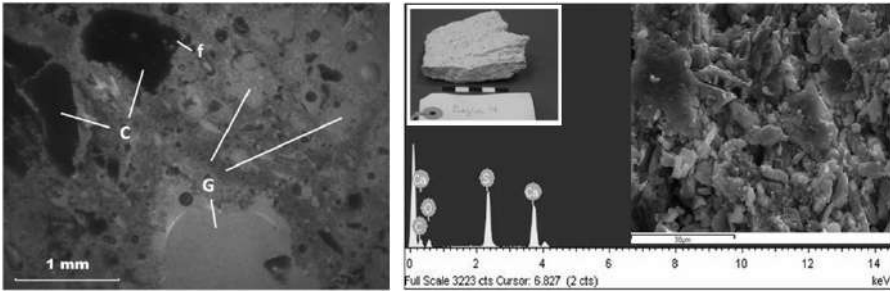


Τα Κονιόματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

21

21

Μικροσκοπικές Παρατηρήσεις



Τα Κονιόματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

22

22

Διαχωρισμός κονιάς/αδρανών

ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΑ	
Ύστερη Χαλκοκρατία	1/1-1/3
Παναγία Αψινθιώτισσα	1/1-1/5
Αρμενομονάστηρο	1/1-1/2
ΑΣΒΕΣΤΟΓΥΨΟΚΟΝΙΑΜΑΤΑ	
Παναγία Κοφίνου	1/1
Παναγία Καρμελίτισσα	1/1.5
Αγία Άννα – Αμμόχωστος	1/1.5
ΓΥΨΟΚΟΝΙΑΜΑΤΑ	
Αρμενομονάστηρο	1/1
Παλαιοχριστιανικές Βασιλικές	1/2.5

Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

23

23

Χαρακτηρισμός κονιάς/αδρανών

Table 1 — Guidance on the selection of methods for the chemical-mineralogical characterization of components of mortars used in cultural heritage

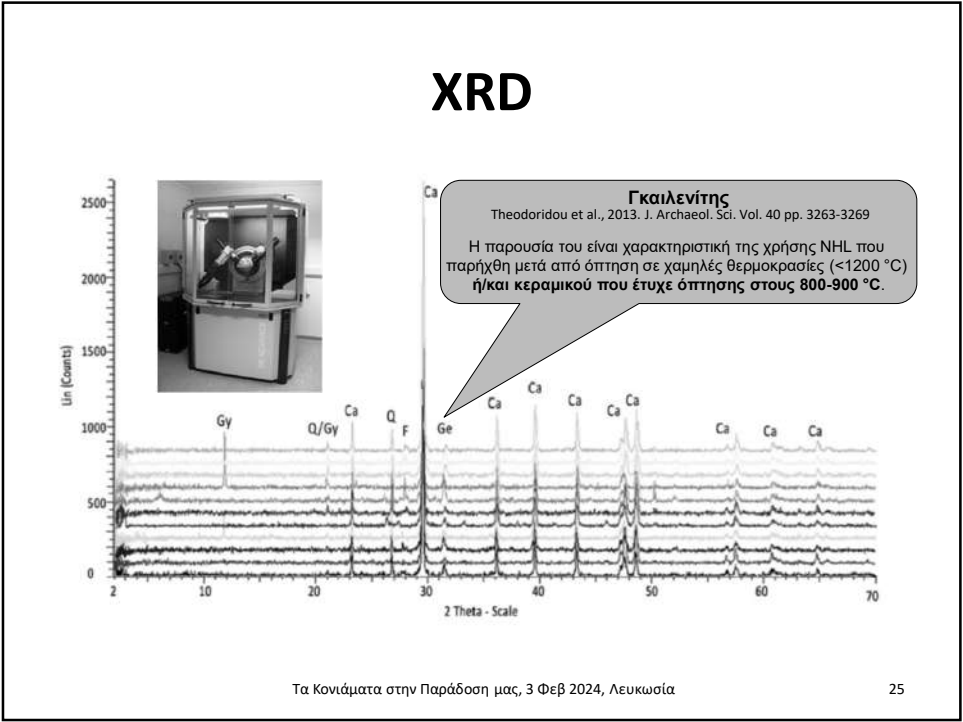
Method	Binder - organic	Binder - hydraulic	Binder -air	Aggregates
XRD	N/A	XX	XXX	XXX
FTIR	XXX	X	X	X
Raman spectroscopy	XX	XX	X	X
XRF	N/A	X	X	X
Atomic absorption	N/A	X	X	X
ICP	N/A	X	X	X
GC-MS pyrolysis	XXX	N/A	N/A	N/A
Ion chromatography	N/A	X	X	X
Calcimetry	N/A	X	X	X
TGA - DTA	X	XXX	XXX	X

N/A - not applicable
X - may be used
XX - useful
XXX - very appropriate
NOTE Additives and admixtures are not included in the table but depending on their composition or nature (organic or inorganic) the relevant method can be applied.

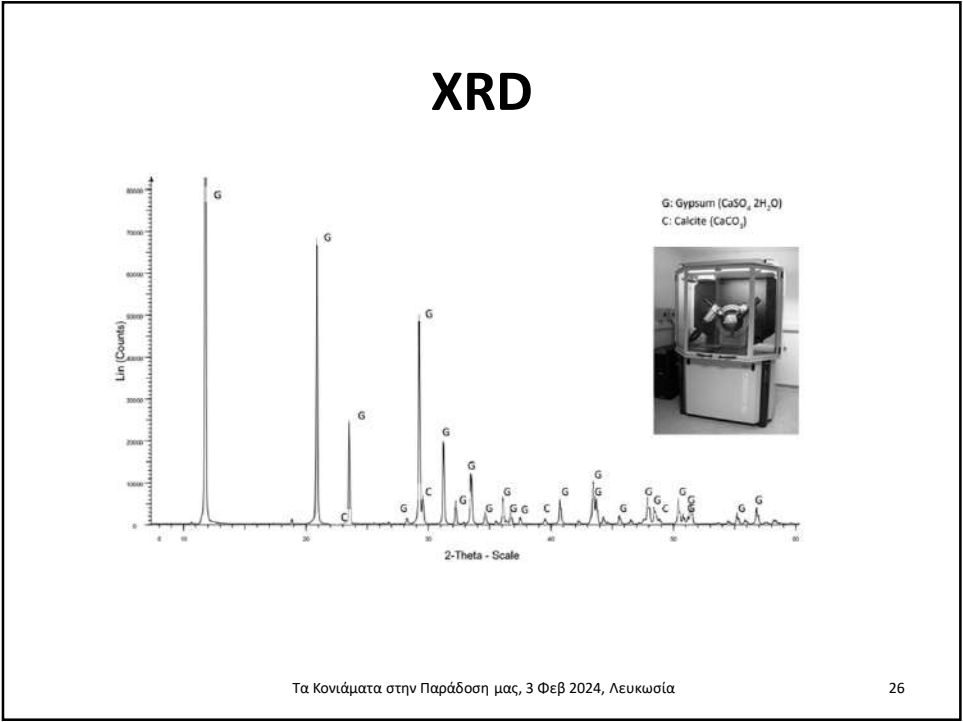
Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

24

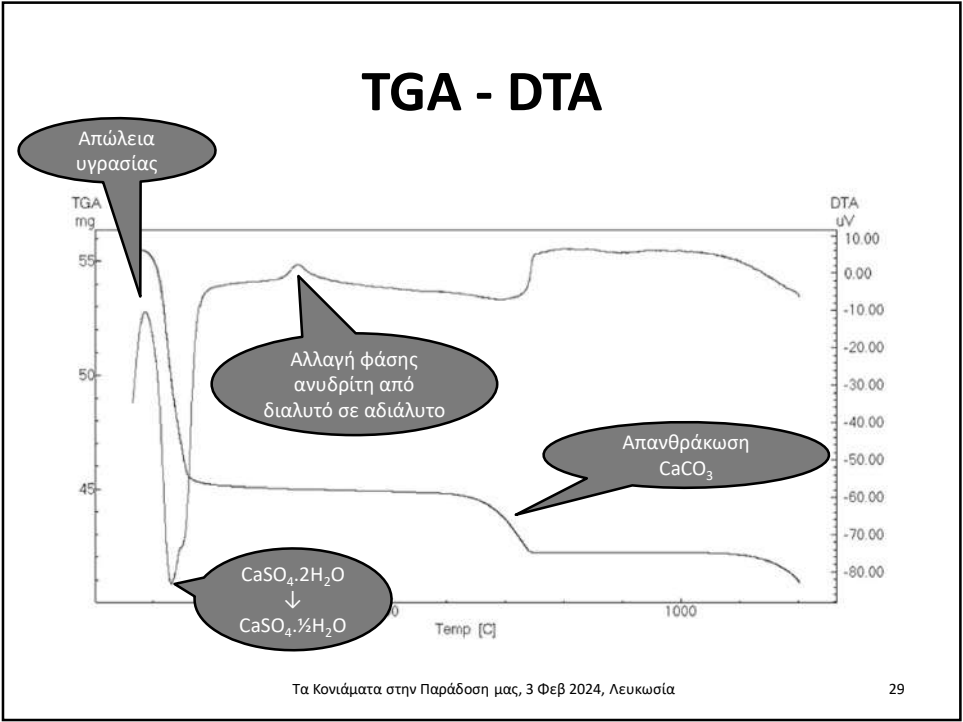
24



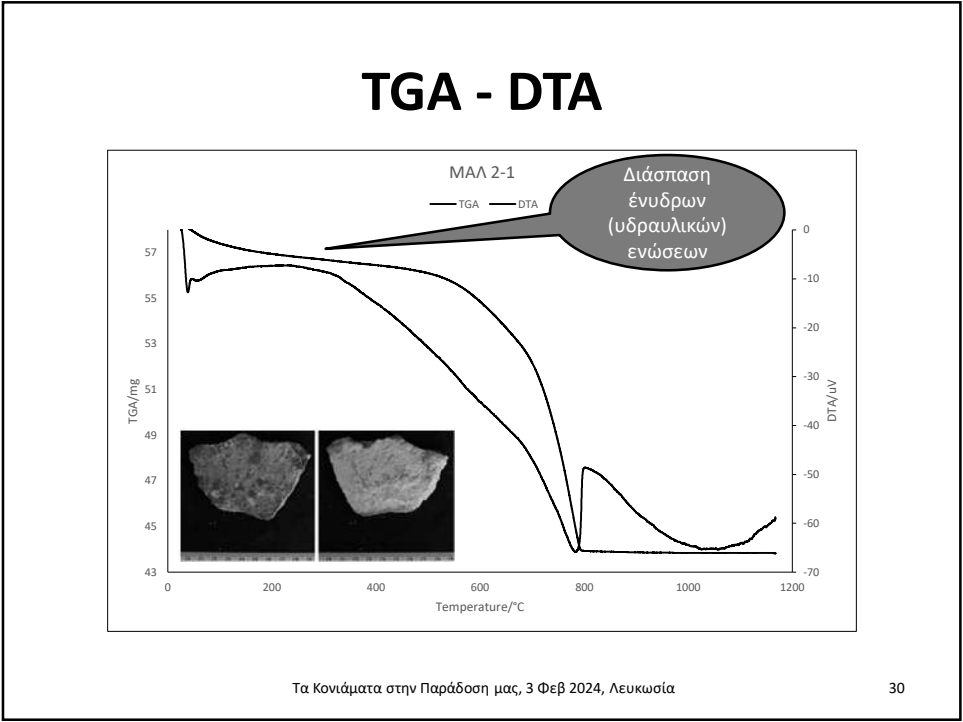
25



26

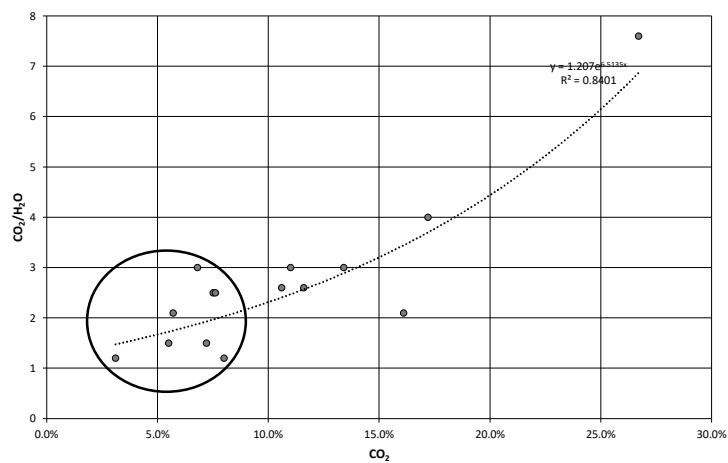


29



30

TGA - DTA



Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

31

31

Φυσικές Ιδιότητες

- Πικνότητα και Πορώδες (EN 1936)



Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

32

32

Φυσικές Ιδιότητες

- Ποροσιμετρία Υδραργύρου (MIP)



Κωδικός	Ποροσιμετρία Υδραργύρου		
	Παράδειξ (%)	Μέσος όρος διαμέτρου πόρων (μm)	Φαινόμενη Πυκνότητα (g/cm³)
G3	37,80	4,51	1,30
G4	21,91	0,62	1,60
G8	31,54	3,65	1,27
G10	29,80	2,10	1,54
G14	45,63	2,73	1,39
G13	13,95	0,79	1,53
G17	22,07	0,74	1,69
G20	47,83	4,54	1,02
G23	19,13	0,63	1,78
G25	29,24	1,02	1,52

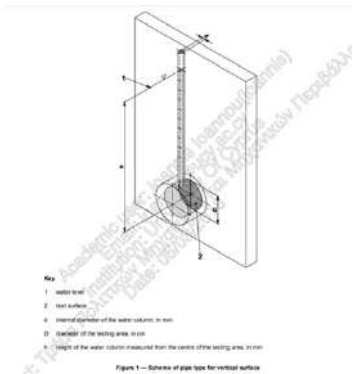
Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

33

33

Φυσικές Ιδιότητες

- Απορροφητικότητα (EN 16302)



Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

34

34

Μηχανικές Ιδιότητες



Έλεγχος πρόσφυσης κατά EN 1015-12

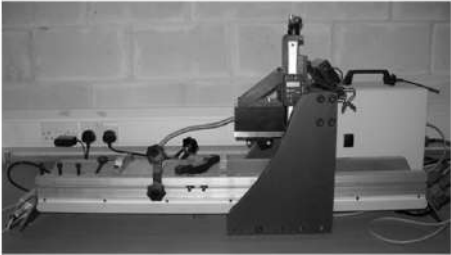
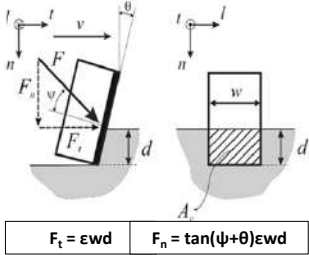
Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

35

35

Μηχανικές Ιδιότητες

- Δοκιμή Αντίστασης στη Χαραγή (Scratch Resistance)
 - Συσχετίζει τις μηχανικές ιδιότητες του κονιάματος με τις ιδιότητες του κόπτη.
 - Για συγκεκριμένες παραμέτρους, η συσχέτιση επηρεάζεται από τις μηχανικές ιδιότητες του κονιάματος.
 - Επιφανειακές χαραγές (υπό σταθερές παραμέτρους) σε βάθος 0.01-2 mm, με την χρήση αδαμαντοκόπτη υπό κλίση.
 - Καταγραφή F_n και F_t
 - Υπολογισμός εγγενούς ειδικής ενέργειας (ϵ)
 - Ενέργεια που απαιτείται για την χάραξη μονάδας όγκου υλικού



Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

36

36

Μηχανικές Ιδιότητες

Scratch
Tool
Demo

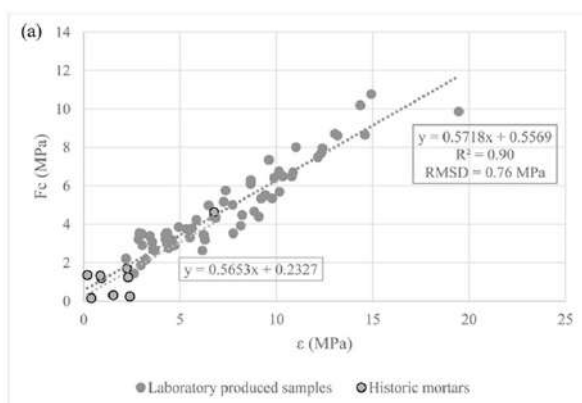


Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

37

37

Μηχανικές Ιδιότητες



Kyriakou et al., 2022. *Journal of Cultural Heritage*. Vol. 58, pp.219-228.

Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

38

38

Συμπεράσματα

- Χαρακτηρισμός κονιαμάτων - Αναγκαίος στα πλαίσια ορθής συντήρησης-αποκατάστασης μνημείων και παραδοσιακών οικοδομών.
 - Παρέχει πληροφορίες για πρώτες ύλες και τεχνολογία παραγωγής.
 - Επιτρέπει κατάλληλο σχεδιασμό, παραγωγή και εφαρμογή κονιαμάτων συντήρησης-αποκατάστασης.
 - Περιορίζει πιθανότητες αστοχίας στο πεδίο.
- Απαιτείται σωστή/προσεκτική και τεκμηριωμένη δειγματοληψία.
- Πληθώρα μεθοδολογιών ελέγχου (πρότυπες και μη-πρότυπες μέθοδοι).
 - Επιλογή κατά περίπτωση, ανάλογα με το ζητούμενο της μελέτης.
- Δημιουργία κουλτούρας ελέγχου των υλικών των μνημείων.
 - Συμπερίληψη απαίτησης ελέγχου κονιαμάτων σε τεχνικούς όρους συμβολαίων έργων συντήρησης-αποκατάστασης (με αναφορές σε πρότυπα).

Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

39

39

Ηλεκτρονική Βάση Δεδομένων Δομικά Υλικά Μνημείων Κύπρου (<https://monumentmaterials.ucy.ac.cy/>)



Τα Κονιάματα στην Παράδοση μας, 3 Φεβ 2024, Λευκωσία

40

40