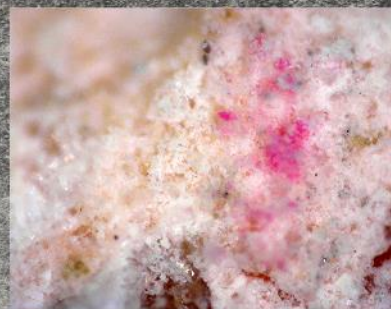
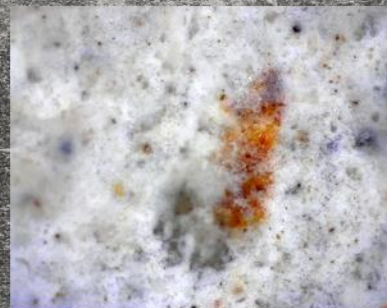
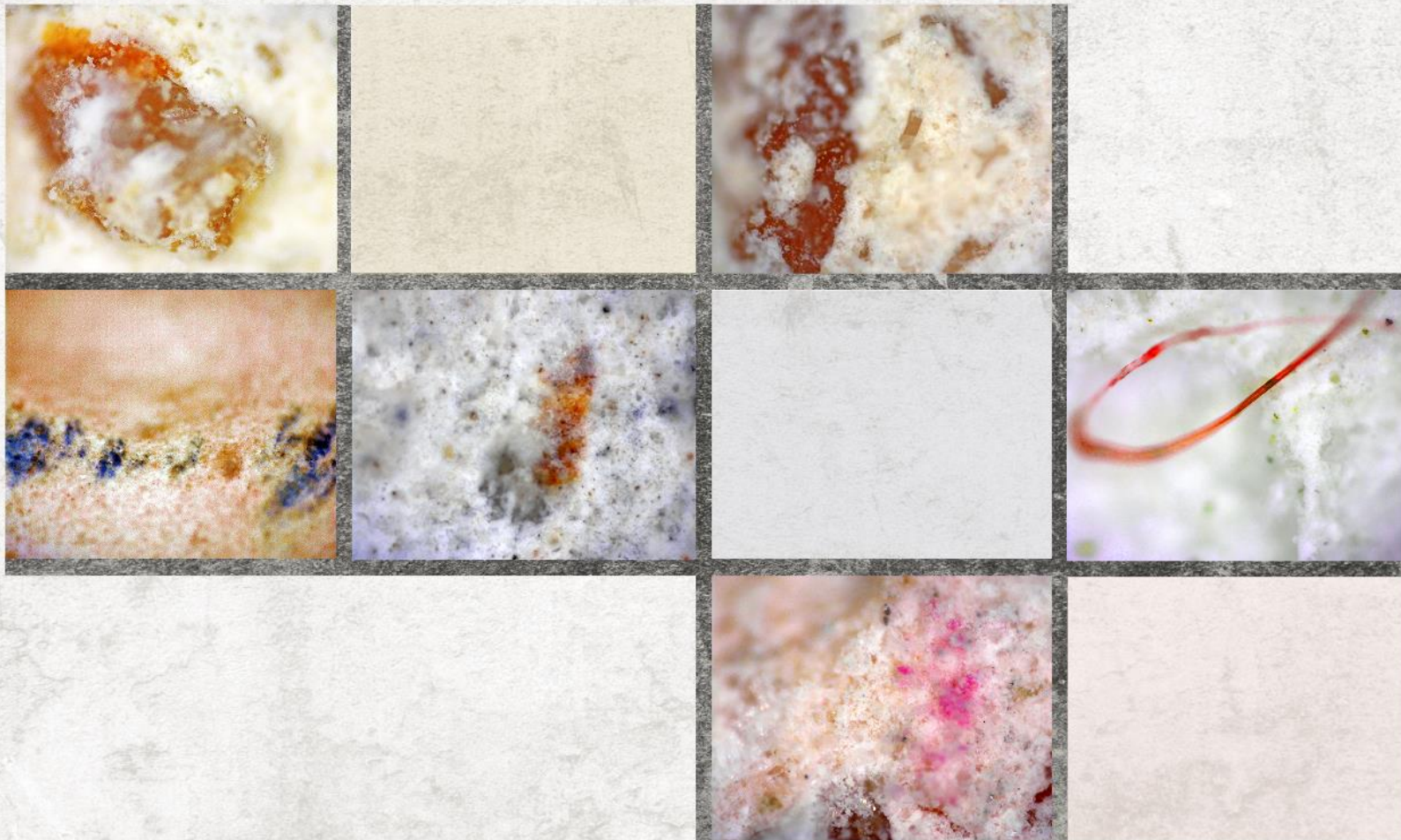


**[Επιμέλεια]  
Πεντάρη Ευαγγελία**



**[Φυσικά, οικολογικά και ενεργειακά αποδοτικά  
επιχρίσματα ως βιώσιμη λύση για εφαρμογές σε  
αρχιτεκτονικές επιφάνειες]**









Πολυτεχνείο Κρήτης  
Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών  
Χανιά, Δεκέμβριος 2018

Ερευνητική εργασία

**Φυσικά, οικολογικά και ενεργειακά αποδοτικά επιχρίσματα ως  
βιώσιμη λύση για εφαρμογές σε  
αρχιτεκτονικές επιφάνειες**

[Επιμέλεια] Πεντάρη Ευαγγελία

[Επιβλέπουσα καθηγήτρια]  
Μαραβελάκη Παγώνα-Νόνη

[Τριμελής επιτροπή]  
Ανδρεαδάκης Δημήτριος  
Προβιδάκης Κωνσταντίνος

[Σύμβουλος]  
Κολοκοτσά Διονυσία



<<Και έτσι είναι που η αρχιτεκτονική δίνει μορφή σε λειτουργίες της ζωής..Και έτσι είναι που χτίζει ΔΟΧΕΙΑ ΖΩΗΣ,  
όπου ο κάθε άνθρωπος κ α λ ύ π τ ε ι και α π ο κ α λ ύ π τ ε ι τον πιο αληθινό εαυτό του>>

Άρης Κωνσταντινίδης





## Πίνακας περιεχομένων

<b><u>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</u></b> .....	13
<b><u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</u></b> .....	14
<b><u>TITLE AND ABSTRACT</u></b> .....	16
<b><u>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u></b> .....	20
1.1.   ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	20
1.2.   ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	20
1.3.   ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	21
<b><u>2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ</u></b> .....	23
2.1.   ΥΛΙΚΑ.....	23
2.1.1. ΣΥΝΔΕΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ (ΚΟΝΙΕΣ) .....	23
2.1.1.1.   ΑΣΒΕΣΤΗΣ – ΥΔΡΑΣΒΕΣΤΟΣ.....	24
2.1.1.2.   ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΣΒΕΣΤΟΣ.....	26
2.1.1.3.   ΤΣΙΜΕΝΤΟ.....	27
2.1.2. ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ.....	29
2.1.2.1.   Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΣΤΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ.....	30
2.1.2.2.   ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥΣ.....	31
2.1.2.3.   ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΤΟΥΣ.....	32

2.1.2.4.	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	34
2.1.2.5.	ΑΝΤΟΧΗ ΑΔΡΑΝΩΝ.....	35
2.1.3.	ΚΟΝΙΑΜΑ.....	35
2.1.3.1.	ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ.....	37
2.1.3.2.	ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ – ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ.....	39
2.1.4.	ΝΕΡΟ.....	41
2.1.5.	ΠΡΟΣΘΕΤΑ.....	42
<b>3.</b>	<b><u>Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ</u></b> .....	<b>45</b>
3.1.	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ – ΝΕΑ ΥΛΙΚΑ.....	45
3.2.	Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ.....	47
3.3.	Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ.....	49
3.4.	ΠΟΛΥΓΝΩΤΕΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ – ΤΕΤΡΑΧΡΩΜΙΚΗ ΠΑΛΕΤΑ.....	50
3.5.	ΩΧΡΑ ΑΓΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	60
3.6.	ΧΡΩΜΑΤΑ – ΒΑΦΕΣ.....	63
<b>4.</b>	<b><u>ΨΥΧΡΑ ΥΛΙΚΑ (COOL MATERIALS)</u></b> .....	<b>66</b>
4.1.	ΟΡΙΣΜΟΣ.....	66
4.2.	ΕΙΔΗ ΨΥΧΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	67
4.3.	ΧΡΗΣΕΙΣ ΨΥΧΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	69
4.4.	ΟΦΕΛΗ ΨΥΧΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	73

<b>5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ</b>	<b>76</b>
5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	76
5.2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	76
5.3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	78
5.3.1. ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ FTIR	78
5.3.2. ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΟ CIE	81
5.3.3. DINO - LITE	82
5.3.4. CARRY 5000 UV-Vis-NIR SPECTROPHOTOMETER	83
5.3.5. ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ EMISSOMETER MODEL	85
5.4. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	86
5.4.1. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΥΛΙΚΩΝ	86
5.4.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ	87
5.4.3. ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	93
5.5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ	94
5.5.1. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ FTIR	94
5.5.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΟΥ ΚΑΙ DINO LITE	95
5.5.3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	99
5.5.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΕΚΠΟΜΠΗΣ	106
5.5.5. ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	112

6. <u>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ</u> .....	115
6.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	115
7. <u>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u> .....	121
8. <u>ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ</u> .....	125
9. <u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι</u> .....	128
10. <u>ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u> .....	133

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Με την εργασία αυτή θεωρητικά κλείνει ένας από τους πιο μεγάλους κύκλους, αυτός δηλαδή των πανεπιστημιακών σπουδών μου. Θα ήθελα να εκφράσω μεγάλη ευγνωμοσύνη, αρχικά για την παρότρυνση της επιβλέπουσας καθηγήτριας μου κας. Παγώνας-Νόνης Μαραβελάκη-Καλαϊτζάκη να καταπιαστώ με τη συγκεκριμένη ερευνητική εργασία, κι έπειτα για όλο το ενδιαφέρον και τη συνεισφορά της στην διεξαγωγή και ολοκλήρωση της εργασίας αυτής. Να προσθέσω ακόμη πως η πρώτη επαφή με τη συγκεκριμένη θεματολογία έγινε έπειτα από παρακολούθηση του μαθήματος «Φθορά & Συντήρηση Δομικών Υλικών Μνημείων & Αρχιτεκτονικών Επιφανειών». Συμπληρωματικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την ερευνήτρια και Πολιτικό Μηχανικό Καπετανάκη Καλή για την πολύτιμη βοήθεια της τόσο στο θεωρητικό όσο και στο πειραματικό κομμάτι. Ακόμη, να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του εργαστηρίου «Υλικών Πολιτιστικής Κληρονομιάς και Σύγχρονης Δόμησης», μέσα σε αυτά την Παναγιώτα Δανιά και την Λαγού Άννα-Μαρία, για τη βοήθεια τους κατά την εκπόνηση της ερευνητικής μου εργασίας. Βέβαια, τίποτα από όλα τα παραπάνω δε θα ήταν εφικτό εάν δεν είχαμε στη διάθεση μας το χώρο του εργαστηρίου «Δομημένου Περιβάλλοντος και Διαχείρισης Ενέργειας», υπό την εποπτεία της Αναπληρώτριας Καθηγήτριας κας. Κολοκοτσά Διονυσία και υπό τις υποδείξεις και την πολύτιμη βοήθεια του Δρ. Γομπάκη Κωνσταντίνου, τους οποίους ευχαριστούμε θερμά. Επιπρόσθετα, να ευχαριστήσω την ερευνητική μονάδα Χημείας και Τεχνολογίας Υδρογονανθράκων, του τμήματος του Πολυτεχνείου Κρήτης, Ορυκτών Πόρων και συγκεκριμένα την Κυρία Χαμηλάκη Ελένη, για την πολύτιμη βοήθεια τους στην διεξαγωγή πειραμάτων Φασματοσκοπίας υπερύθρου. Τέλος, θα κλείσω αυτή την παράγραφο με την πιο θετική μου ενέργεια και αγάπη προς την οικογένεια μου και τους καλούς μου φίλους που με στήριξαν αλλά και με εμπιστεύτηκαν καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής αυτής της εργασίας και με βοηθούν μέρα με τη μέρα να εξελισσώ και να προοδεύω, διότι όπως έχει πει και ο Αμερικανός συγγραφέας, Henry Miller, <<Η όποια πρόοδος στη ζωή δεν προέρχεται από την προσαρμογή, αλλά από την τόλμη και από την υπακοή σε μία παρόρμηση>>.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα ερευνητική εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Πολιτιστικής Κληρονομιάς & Σύγχρονης Δόμησης, του Πολυτεχνείου Κρήτης υπό την επίβλεψη της Αναπληρώτριας Καθηγήτριας της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών κας. Παγώνας-Νόνης Μαραβελάκη. Στόχος της αποτελεί η μελέτη έγχρωμων κονιαμάτων κι επιχρισμάτων με φυσικά ορυκτά αλλά και κόνιες με οικολογική συμπεριφορά (όπως υδραυλική άσβεστο και υδράσβεστο), ως μέσον για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια.

Αρχικά, γίνεται μία θεωρητική διερεύνηση ως προς τα υλικά και ειδικά σε κάποιες κατηγορίες αυτών, όπως είναι το κονίαμα, οι συνδετικές ύλες (κόνιες), τα αδρανή υλικά, ο ρόλος του νερού και τα πρόσθετα, η οποία θεωρητική διερεύνηση περιλαμβάνει ορισμούς, τεχνικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες των υλικών. Εν συνέχεια, αναφερόμαστε τόσο στο ρόλο των υλικών, όσο και στις ιδιότητες τους, με έμφαση στην επίδραση των υλικών στην πόλη αλλά και στο ρόλο του πρασίνου. Επιπρόσθετα, γίνεται αναφορά στα ψυχρά υλικά, και πιο συγκεκριμένα αναλύονται τα είδη, οι χρήσεις αλλά και τα οφέλη αυτών.

Η εργασία περιλαμβάνει ένα πειραματικό μέρος, όπου πρώτα γίνεται μία αναφορά στις πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν για την σύνθεση κονιαμάτων, παρουσιάζεται εκτενώς η διαδικασία σύνθεσης των κονιαμάτων, κι έπειτα οι πειραματικές μελέτες που εφαρμόστηκαν σε αυτά για την εύρεση των δεικτών ανακλαστικότητας και εκπνευστικότητας, εύρεση χρωματικών συντεταγμένων δοκιμίων και ανάλυση της σταθερότητας των υλικών. Να ευχαριστήσουμε θερμά το εργαστήριο "Δομημένου Περιβάλλοντος και Διαχείρισης Ενέργειας", της Αναπληρώτριας Καθηγήτριας κας. Κολοκοτσά Διονυσία και την πολύτιμη βοήθεια του Δρ. Γομπάκη Κωνσταντίνου. Επίσης, αναλύονται με μεγάλη λεπτομέρεια όλες οι πληροφορίες των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν ώστε να φτάσουμε στα τελικά συμπεράσματα. Έπειτα από την καταγραφή των αποτελεσμάτων, γίνεται η ερμηνεία αυτών και διαπιστώνεται πως όλες οι συνθέσεις των κονιαμάτων είχαν



ικανοποιητικές τιμές ανακλαστικότητας κι εκπεμψημότητας, με εξαίρεση τις συνθέσεις με τσιμέντο, υδράσβεστος, νταμαρίσια άμμος και τσιμέντο αλλά και με υδράσβεστο, νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη και γυάλινα σφαιρίδια, όπου παρουσίασαν χαμηλές τιμές ανακλαστικότητας. Η σύνθεση όπου διαθέτει τις υψηλότερες τιμές ανακλαστικότητας, εκπεμψημότητας αλλά και φωτεινότητας είναι εκείνη με υδραυλική άσβεστος, νταμαρίσια άμμος, μαρμαρόσκονη και γυάλινα σφαιρίδια. Οι συνθέσεις επιχρισμάτων που μελετήθηκαν περιλαμβάνουν εκτός από τις οικολογικές κονίες και έγχρωμα φυσικά ορυκτά. Προστέθηκε, λοιπόν, μικρή ποσότητα έγχρωμων φυσικών ορυκτών στις συνθέσεις με βάση την υδραυλική άσβεστο και παρατηρήθηκε πως δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους στα αποτελέσματα, γεγονός που κρίνεται ως θετικό, αφού σημαίνει ότι δεν αλλοιώνονται τα χαρακτηριστικά των κονιαμάτων με προσθήκη φυσικών ωχρών, άρα μπορεί να προταθεί ως εναλλακτική λύση για τον τελικό χρωματισμό. Τα ορυκτά επιλέχθηκαν ώστε να προσδίδουν χρωματικές υφές συναφείς με την Πολυγνώτεια κλίμακα, σύμφωνα με την επικρατούσα κατά τον Άρη Κωνσταντινίδη χρωματική αντίληψη στην ελληνική μεσογειακή αρχιτεκτονική, που απέχει της διαδεδομένης εσφαλμένης αντίληψης των σημερινών πάλλευκων οικισμών στην ελληνική λαϊκή αρχιτεκτονική.

Τέλος, έγινε μία σύγκριση μεταξύ των έγχρωμων φυσικών ορυκτών και πλαστικού ακρυλικού χρώματος εμπορίου με ψυχρά υλικά ως πρόσθετα. Οι τιμές του πλαστικού χρώματος εμπορίου ήταν καλύτερες από τα επιχρίσματα με φυσικά υλικά. Αυτό το αποτέλεσμα δε μας ανησυχεί ιδιαίτερα καθώς παρόμοια αποτελέσματα τα έχουμε δει και σε άλλες μελέτες που έχουν γίνει, αλλά η καλή συμπεριφορά υλικών εμπορίου έχει βραχυχρόνια απόδοση. Τα δοκίμια θα εκτεθούν σε περιβαλλοντική διάβρωση και τα ανάλογα συμπεράσματα θα εξαχθούν μετά από ένα έτος παραμονής σε εξωτερικές συνθήκες.

Εν κατακλείδι, με βάση την έρευνα και την σταθερότητα των επιχρισμάτων στο πέρας αρκετών μηνών κρίνεται πως η καταλληλότερη σύνθεση με τα καλύτερα αποτελέσματα σε όλα τα στάδια των μετρήσεων είναι το κονίαμα με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη και γυάλινα σφαιρίδια, το οποίο αποτελεί μία εξαιρετική λύση στον τομέα της

αρχιτεκτονικής τεχνολογίας, τόσο για να χρησιμοποιηθεί στο κομμάτι των αποκαταστάσεων σε υφιστάμενα κελύφη, όσο και σε μνημεία και αρχαιολογικούς χώρους. Ειδικά σήμερα εκμεταλλευόμενοι τα οφέλη του βιοκλιματικού σχεδιασμού και λαμβάνοντας υπόψη τις επαυξημένες ανάγκες εξοικονόμησης ενέργειας, οι αρχιτεκτονικές επιφάνειες οφείλουν να φέρουν το αποτύπωμα της μακροβιότητας, οικολογικής σχεδίασης και σταθερότητας στις περιβαλλοντικές συνθήκες.

## **TITLE AND ABSTRACT**

### **Natural, eco friendly and energy efficient coatings as a viable solution, suitable for architectural surfaces.**

The present research paper has been drawn up in the Lab of Cultural Inheritance and Modern Structure of the Polytechnic School of Crete under the supervision of the Associate Professor of the School of Architecture Mrs. Pagona Noni Maravelakis. Its aim is the study of color mortar and coating with natural minerals and other mortars with an eco-friendly behavior (such as hydraulic lime and hydrated lime) as a means of saving energy in buildings.

Firstly, theoretical research takes place concerning the materials and more specifically certain categories of them, like the mortar, binders, aggregates, the role of water and its additives. The above mentioned theoretical research also includes definitions, technical characteristics and properties of the materials. Secondly, it refers to the role of those materials and their properties, emphasizing their effect on cities, as well as on their green areas. Moreover, there is reference to cool materials, analyzing their different kinds, their uses and benefits.

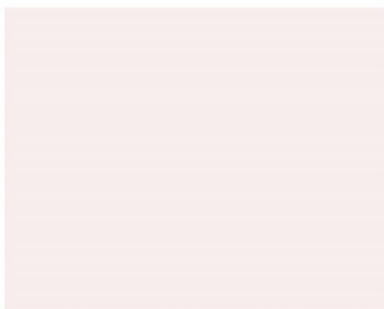
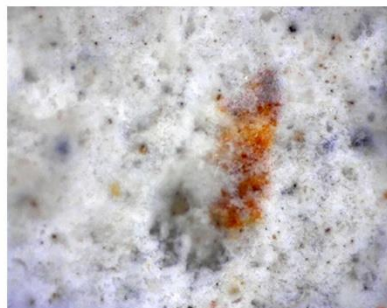
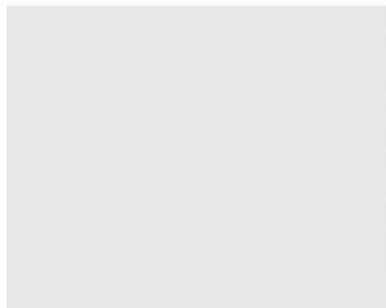
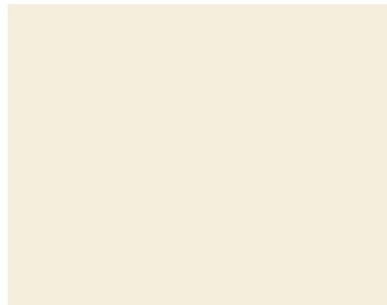
The paper also includes an experimental part, where at first there is reference to raw materials used in the compound of mortar, along with an elaborate presentation of the compound process of mortar, followed by the experimental studies implemented on them, in order to discover their emissivity and solar reflectance values, the defining of color coordinates

of the test pieces and the analysis of their stability. At this point we should express our gratitude towards the Associate Professor Mrs. Dionisia Kolokotsas of the Built Environment and Energy Management Lab and Doctor Konstantinos Gompakis for his invaluable help. In addition there is a detailed analysis of all the instruments that have been used in order to reach our final conclusions. Following the listing of the results, their interpretation makes clear that all mortar compounds had satisfactory solar reflectance and emissivity, with the exception of cement compounds, hydrated lime and sand and also with cement, marble granules and glass beads all of which appeared to have low solar reflectance values. The compound with the highest solar reflectance and brightness is the one with hydraulic lime, sand, marble granules and glass beads. The coating compounds that were studied, include apart from the ecological binders also the naturally colored minerals. Moreover, a small amount of naturally colored minerals was added to the compounds, based on hydrated lime and it was observed that there are no big differences among the results, something that is deemed as positive, since it means that there is no alteration in the mortar characteristics with the addition of natural colors or ocher, something that leads us to the conclusion that it can be considered as an alternative for the final coat of paint. The minerals were selected to give colored textures close to the scale of "Polygnotos", according to the common opinion of color perception of Aris Konstantinidis, in the Greek Mediterranean Architecture, that is abstained from the widespread incorrectly awareness of today total white settlements, in the Greek folk Architecture.

Finally there was a comparison between natural color minerals and commercial plastic acrylic paint with cool materials as additives, which showed that the indicators of plastic paint were lower than the ones with a natural coating. However, the above is no cause for concern, as in the past we have seen similar results in other studies, but also because the results of commercial paint materials are short termed. Test pieces will be exposed to environmental conditions for erosion and conclusions will be drawn accordingly after one year of exposure.

To conclude, based on research and the stability of the coatings after the passing of many months, the most suitable compound with the best results during all stages of the evaluation, is the mortar with hydraulic lime, sand, marble granules and glass beads, which is an excellent option in the field of architectural technology and can be used not only for restoring already existing building structures, but also when dealing with monuments and archaeological sites.

Especially nowadays, it is imperative that we make the most of the benefits of green building and take the growing need for energy saving into account, so that all architectural surfaces bear the mark of longevity, eco-friendliness in their design, and stability in all environmental conditions.



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ**

Η παρούσα ερευνητική εργασία εστιάζει στη χρήση έγχρωμων ψυχρών κονιαμάτων κι επιχρισμάτων τοιχοποιίας με φυσικά ορυκτά αλλά και κονίες με οικολογική συμπεριφορά (όπως ασβέστη και υδραυλική άσβεστο), ως μέσον για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιείται συγκριτική μελέτη κονιαμάτων κι επιχρισμάτων με διαφορετικές προσμίξεις, όπου μπορούν να εφαρμοστούν σε τοιχοποιίες κτηρίων και να συμβάλλουν στη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, έχοντας ως τελικό αποτέλεσμα την ενίσχυση της παθητικής ψύξης της κατασκευής. Τόσο τα υλικά που επιλέγεται να μελετηθούν, όσο και οι επιμέρους ουσίες που αποτελούν προσμίξεις αυτών είναι προϊόντα φιλικά προς το περιβάλλον με προσιτό κόστος και τέλος, μπορούν να προσφέρουν μία οικονομική, οικολογική και βιοκλιματική λειτουργία στο κτήριο από τα πρώτα κιόλας στάδια της κατασκευής του. Μέσα από τη μελέτη διαφόρων κονιαμάτων τοιχοποιίας με βάση την υδραυλική άσβεστο και την υδράσβεστο ως κονίες, κρίνεται αναγκαίο να διερευνηθεί και ο συνδυασμός συμβατικών υλικών, όπου χρησιμοποιούνται ευρέως πλέον στις σύγχρονες κατασκευές, με υλικά που έχουν διαφορετικές ιδιότητες, με απώτερο σκοπό τη δημιουργία ενός κτηριακού κελύφους το οποίο να μειώνει τις ενεργειακές απαιτήσεις κατά τη λειτουργία του κτηρίου.

### **1.2. ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

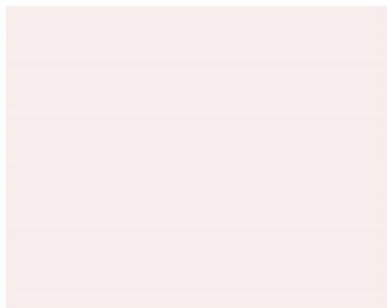
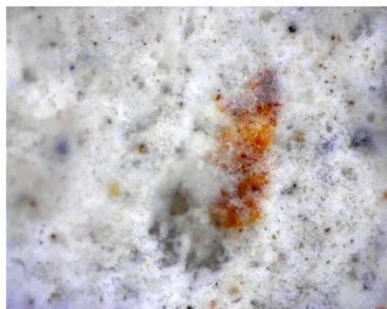
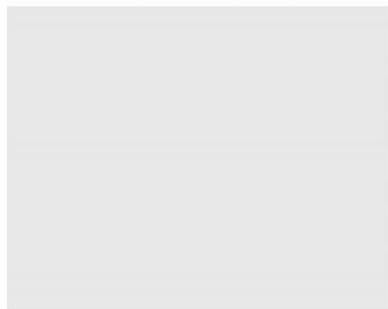
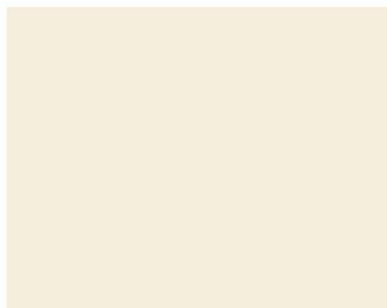
Στόχος της μελέτης αυτής, είναι, πέρα από τη μελέτη έγχρωμων κονιαμάτων κι επιχρισμάτων με φυσικά ορυκτά αλλά και κονίες με οικολογική συμπεριφορά και η διερεύνηση των ιδιοτήτων που μπορούν να προσδώσουν οι διαφορετικές προσμίξεις στην τελική σύνθεση κονιαμάτων κι επιχρισμάτων τοιχοποιίας, αναφορικά με την ενεργειακή απόδοση της εξωτερικής επιφάνειας του κτηρίου. Η παράθεση ποσοτικών στοιχείων για τα διαφορετικά δείγματα και συνθέσεις που



παρασκευάζονται αποσκοπούν στη συγκριτική μελέτη των κονιαμάτων και την τελική αξιολόγηση της συμπεριφοράς που παρουσιάζουν στην απαιτούμενη κατανάλωση ενέργειας του κτηρίου. Τέλος, η χρήση συγκεκριμένων ουσιών κατά την παρασκευή των κονιαμάτων μπορεί να συμβάλλει στη μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας της επιφάνειας του κτηρίου, έτσι ώστε να μειώνονται οι ανάγκες δροσισμού στο εσωτερικό άρα και η κατανάλωση ενέργειας, ιδίως κατά τους θερινούς μήνες.

### **1.3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Στη συγκεκριμένη ερευνητική εργασία παρασκευάστηκαν διάφορα δείγματα κονιαμάτων, από συνδυασμούς συμβατικών αλλά και λιγότερο διαδεδομένων υλικών, με σκοπό να εξεταστεί μετέπειτα η ενεργειακή τους απόδοση. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει αρχικά τη μέτρηση και στη συνέχεια τον υπολογισμό ορισμένων τεχνικών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων των δειγμάτων όπου είναι ενδεικτικά της ενεργειακής τους απόδοσης, όπως προαναφέραμε. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται ανάλυση της σταθερότητας των υλικών μέσω του μηχανήματος FTIR, ενώ στη συνέχεια μελετώνται τα δοκίμια ως προς τη φωτεινότητα τους μέσω ενός οργάνου του χρωματόμετρου CIE καθώς και του DINO LITE ώστε να δούμε κατά πόσο τραχεία ή λεία είναι η κάθε επιφάνεια. Στη συνέχεια οι ιδιότητες που μελετώνται είναι η ανακλαστικότητα (προκύπτει από τους συντελεστές ανακλαστικότητας) και η απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας (προκύπτει από τους δείκτες εκπομπής). Εν κατακλείδι, τα αποτελέσματα όλων των παραπάνω μετρήσεων συγκρίνονται μεταξύ τους και τελικά εξετάζουμε όχι μόνο το κατά πόσο ένα υλικό ενδείκνυται να χρησιμοποιηθεί στην τοιχοποιία ενός κτηρίου αλλά και την αποτελεσματικότητα του ενεργειακά.



## 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

## **2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ**

### **2.1. ΥΛΙΚΑ**

Για την εκπόνηση και την ολοκλήρωση της παρούσας ερευνητικής εργασίας, σημαντική είναι τόσο η επιλογή των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, όσο και η μελέτη των ιδιοτήτων και των τεχνικών χαρακτηριστικών τους που απαιτούνται κατά τη διαδικασία των μετρήσεων και των υπολογισμών. Σε γενικές γραμμές, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι το νερό, το τσιμέντο, η υδραυλική άσβεστος, η υδράσβεστος, η νταμαρίσια άμμος, η μαρμαρόσκονη και τέλος, ως πρόσθετα τα ανακυκλωμένα γυάλινα σφαιρίδια (glass beads). Τα κονιάματα που παράγονται τελικά, αποτελούνται από συνθέσεις των ουσιών αυτών σε διαφορετικά ποσοστά.

#### **2.1.1. ΣΥΝΔΕΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ (ΚΟΝΙΕΣ)**

Οι κονίες είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως συνδετική ύλη των αδρανών υλικών. Οι κονίες είναι στερεά με τη μορφή σκόνης ή ρευστά, τα οποία όταν αναμιχθούν με ένα υγρό, συνήθως το νερό, μεταβάλλονται σε εύπλαστο πολτό. Ο πολτός αυτός αποκτά την οριστική μορφή και την τελική αντοχή του με την πάροδο του χρόνου, αφού περάσει διαδοχικά από το στάδιο της πήξης και το στάδιο της σκλήρυνσης και αποτελεί το συνδετικό υλικό των κονιαμάτων. Όσο λεπτότερη είναι η σκόνη, τόσο καλύτερα αντιδρά με το νερό και εμφανίζονται ταχύτερα οι ιδιότητες της. Οι ιδιότητες αυτές και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των κονιαμάτων εξαρτώνται από τη φύση των αδρανών και του συνδετικού υλικού<sup>1</sup>. Κατά την αρχική πήξη

---

<sup>1</sup> Νόννη-Παγώνα Μαραβελάκη, διάλεξη Κονιάματα, Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης, σελ. 8

ο πολτός χάνει το μεγαλύτερο μέρος της πλαστικότητας του και το μεγαλύτερο μέρος από τις συγκολλητικές του ιδιότητες, ενώ κατά την τελική πήξη αρχίζει να εμφανίζει μηχανική αντοχή.

Η ανακάλυψη και χρήση τέτοιων υλικών άρχισε από τα πολύ παλιά χρόνια, όταν ο άνθρωπος στην προσπάθεια βελτίωσης των συνθηκών διαβίωσής του άρχισε να αναζητά νέα υλικά καλύτερης ποιότητας από τα βασικά (λίθους, ξύλα, κόκαλα), που να έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες για κατασκευή πιο σύνθετων έργων<sup>2</sup>.

Το υλικό αυτό το οποίο εύρισκε εύκολα στη φύση, ήταν το αργιλικό χώμα. Όταν λοιπόν το χώμα αυτό αναμιχθεί με νερό, δημιουργείται μία εύπλαστη μάζα που στερεοποιείται όταν εκτεθεί στον ήλιο. Η στερεοποίηση αυτή οφείλεται στην ύπαρξη μίας συγκολλητικής ουσίας που ονομάζεται **πηλοκονία**. Η πηλοκονία έχει ασθενείς συγκολλητικές ιδιότητες, που τις χάνει όμως όταν ξαναβραχεί. Τις συγκολλητικές της ιδιότητες τις διατηρεί μόνο όταν ψηθεί. Με την πάροδο του χρόνου ανακαλύφθηκαν ισχυρότερες ύλες, όπως π.χ. ο ασβέστης, το τσιμέντο, τα ασφαλικά υλικά.

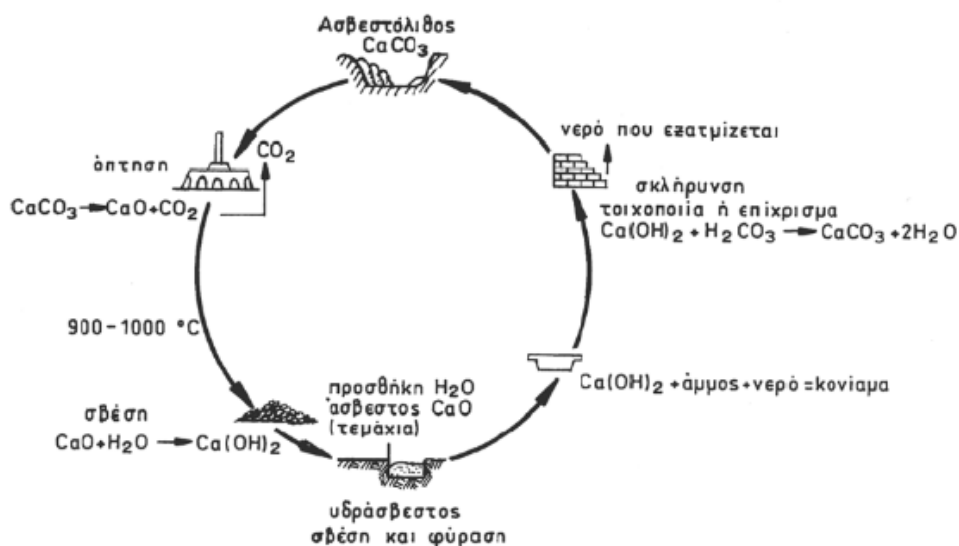
#### 2.1.1.1. ΑΣΒΕΣΤΗΣ - ΥΔΡΑΣΒΕΣΤΟΣ

Μία από τις σημαντικότερες κονίες είναι η ασβεστος. Ο όρος ασβεστος αποτελεί συμβατική ονομασία των προϊόντων της πύρωσης και της μετέπειτα κατεργασίας των ασβεστόλιθων. Χρησιμοποιείται για να περιγράψει τον άσβηστο ασβέστη ή την άνυδρη ασβεστο, καθώς και το προϊόν της αντίδρασης με το νερό, που λέγεται **σβησμένος ασβέστης** ή **ένυδρη ασβεστος** (υδράσβεστος).

---

<sup>2</sup> MacLaren, D.C., White, M.A., 2003. Cement: Its Chemistry and Properties. Journal of Chemical Education 80, 623. doi:10.1021/ed080p623

Η ασβεστος ανήκει στις αερικές κόνιες, έχει λευκό χρώμα και τεράστιο πλήθος εφαρμογών με άριστα αποτελέσματα. Αποτελεί μια από τις παλαιότερες συνδετικές ύλες που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για την παρασκευή κονιαμάτων, καθώς χρησιμοποιείται από αρχαιότατους χρόνους. Όταν οι κοινοί ασβεστόλιθοι πυρωθούν μεταξύ 800°C και 1100°C, το ανθρακικό ασβέστιο ( $\text{CaCO}_3$ ) που περιέχουν, διασπάται στο αέριο διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) και στο στερεό οξείδιο του ασβεστίου ή ενεργό ασβέστιο<sup>3</sup>.



**Εικόνα 1:** Ο κύκλος της ασβέστου, **Πηγή:** Νόννη-Παγώνα Μαραβελάκη, διάλεξη Κονιάματα, Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης, σελ. 11

<sup>3</sup> Ma, Y., Zhu, B., 2009. Research on the preparation of reversibly thermochromic cement based materials at normal temperature. Cement and Concrete Research 39, 90–94. doi:10.1016/j.cemconres.2008.10.006

Η **υδράσβεστος** μαζί με τους πηλούς είναι από τις παλαιότερες συγκολλητικές ύλες που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για την παρασκευή κονιαμάτων. Τον τελευταίο καιρό μόνο αντικαταστάθηκε σε κάποιες εργασίες από το τσιμέντο. Αποτελεί προϊόν της ελεγχόμενης ενυδάτωσης του ασβέστη σε κατάλληλους αντιδραστήρες. Χρησιμοποιείται σαν κύριο συστατικό σε κονιάματα τοιχοποιίας για αιώνες τόσο για την παρασκευή επιχρισμάτων και ενεμάτων όσο κι κονιαμάτων αρμολόγησης.



**Εικόνα 2:** Υδράσβεστος, **Πηγή:**  
<https://www.kalochem.gr/product/1622/υδράσβεστος>

#### **2.1.1.2. ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΣΒΕΣΤΟΣ<sup>4</sup>**

Η υδραυλική άσβεστος παρασκευάζεται με όπτηση ασβεστολιθικών πετρωμάτων (1000-1200°C) με αυξημένη περιεκτικότητα σε οξείδια του αργιλίου και του πυριτίου. Η περιεκτικότητα σε άργιλο είναι 10 -15 %. Το προϊόν σβήνεται (ξηρή σβέση) και διατίθεται στην αγορά υπό την μορφή σκόνης ανοιχτού χρώματος. Λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε ελεύθερη άσβεστο, η υδραυλική άσβεστος σπάνια χρησιμοποιείται αυτούσια για υδραυλικά κονιάματα, αλλά συνήθως αναμιγνύεται με πο-



**Εικόνα 3:** Υδραυλική άσβεστος, **Πηγή:**  
<http://www.dalkafoukis.gr/oikosn/products/prototypes/konies/nhl-5/>

---

<sup>4</sup> Νόνη-Παγώνα Μαραβελάκη, διάλεξη Κονιάματα, Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης, σελ. 21



ζολάνες. Στην ουσία αποτελεί προϊόν με περιορισμένες χρήσεις. Συνήθως χρησιμοποιείται για την παραγωγή κονιαμάτων επισκευής/ενίσχυσης κατασκευών μνημειακού χαρακτήρα (για ενέματα, επιστρώσεις, αρμολόγημα, επιχρίσματα).

#### - ΠΗΞΗ ΚΑΙ ΣΚΛΥΡΗΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΣΒΕΣΤΟΥ

Η πήξη οφείλεται κυρίως στους υδραυλικούς συντελεστές της κονιάς. Όμως στην πήξη και τη σκλήρυνση συμβάλλει και η μικρή ποσότητα  $\text{CaO}$  που σχηματίζεται κατά την όπτηση, το οποίο αφού ενυδατωθεί και μετατραπεί σε υδράσβεστο,  $\text{Ca(OH)}_2$ , αντιδρά με το  $\text{CO}_2$  της ατμόσφαιρας και οδηγεί στο σχηματισμό  $\text{CaCO}_3$  και στη στερεοποίηση του, δηλαδή στη λίθωση της υδρασβέστου.

#### - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΣΒΕΣΤΟΥ

Η υδραυλική άσβεστος μαζί με άμμο δίνει κονιάματα, τα οποία έχουν καλύτερες μηχανικές ιδιότητες από τα κονιάματα της αερικής ασβέστου, υστερούν όμως ως προς τις αντοχές των τσιμεντοκονιαμάτων, επειδή περιέχουν σημαντικό ποσοστό ελεύθερης ασβέστου. Σε ορισμένα επισκευαστικά κονιάματα επιβάλλεται η χρήση υδραυλικής ασβέστου, κονιάματα της οποίας συνδυάζονται φυσικοχημικά και μηχανικά καλύτερα με δομικά στοιχεία.

#### 2.1.1.3. ΤΣΙΜΕΝΤΟ

Με τον όρο τσιμέντο προσδιορίζεται μια μεγάλη κατηγορία υδραυλικών κονιών, που έχουν δηλαδή την ιδιότητα να στερεοποιούνται και μέσα στο νερό. Κοινό χαρακτηριστικό



**Εικόνα 4:** Τσιμέντο, **Πηγή:** <https://www.vassiliko.com/el/what-we-do/cement>

όλων των τσιμέντων είναι ότι προέρχονται από την πύρωση μίγματος ασβεστολιθικών και αργυλοπυριτικών πετρωμάτων. Για κάθε είδος τσιμέντου χρησιμοποιούνται τα πετρώματα αυτά με διαφορετικές αναλογίες. Στις σημερινές βιομηχανίες τα ασβεστούχα υλικά είναι ασβεστόλιθοι ή ασβεστολιθικές μάργες, ενώ τα αργιλούχα είναι άργιλοι, σχιστόλιθοι ή άλλα πετρώματα που περιέχουν οξείδια του αργιλίου και του πυριτίου<sup>5</sup>.

➤ Όλη η εργασία της παρασκευής του τεχνητού τσιμέντου μπορεί να χωριστεί σε 4 στάδια<sup>6</sup> :

1. Προπαρασκευή και ανάμειξη πρώτων υλών
2. Ψήσιμο (όπτηση) του μίγματος
3. Προσθήκη των προβλεπομένων συμπληρωματικών ουσιών και λειοτρίβηση των Clinker και, τέλος
4. Εναποθήκευση του τσιμέντου

#### - ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Το χρώμα του κοινού τσιμέντου είναι γκριζωπό έως πρασινόγκριζο και οφείλεται συνήθως στα οξείδια του σιδήρου. Μικρή περιεκτικότητα στα οξείδια αυτά του δίνει λευκό χρώμα. Το χρώμα δεν είναι ενδεικτικό της ποιότητας του τσιμέντου σε καμία περίπτωση.

---

<sup>5</sup> Ma, Y., Zhu, B., 2009. Research on the preparation of reversibly thermochromic cement based materials at normal temperature. Cement and Concrete Research 39, 90–94. doi:10.1016/j.cemconres.2008.10.006

<sup>6</sup> MacLaren, D.C., White, M.A., 2003. Cement: Its Chemistry and Properties. Journal of Chemical Education 80, 623. doi:10.1021/ed080p623

Το απόλυτο ειδικό βάρος του τσιμέντου κυμαίνεται μεταξύ 3,1 και 3,2 p/cm<sup>3</sup>. Το φαινόμενο ειδικό βάρος εξαρτάται από το βαθμό συμπίεσης, που έχει υποστεί το τσιμέντο. Σε χαλαρή κατάσταση έχει ειδικό βάρος περίπου 1100 με 1200 kp/m<sup>3</sup> ενώ με σχετική συμπίεση, έχει 1400 με 1600 kp/m<sup>3</sup>.

Υδραυλικότητα καλείται η ιδιότητα του πολτού του τσιμέντου (τσιμέντο και νερό) να πήζει ακόμα και όταν βρίσκεται μέσα στο νερό<sup>7</sup>.

Ο βαθμός εκδηλώσεως της υδραυλικότητας του τσιμέντου εξαρτάται από την κανονικότητα του ψησίματος, από τη λεπτότητα της αλέσεως και κυρίως από τη χημική σύστασή του.

Η πήξη και η σκλήρυνση του τσιμέντου οφείλεται σε πολύπλοκες χημικές αντιδράσεις, που πραγματοποιούνται όταν το τσιμέντο αναμειχθεί με νερό. Οι χημικές διαδικασίες αρχίζουν αμέσως με την ανάμειξη των δύο υλικών και συνεχίζονται ομαλά επί χρόνια. Κατά τη διάρκεια των αντιδράσεων αυτών τα τέσσερα κύρια συστατικά του τσιμέντου ενώνονται με το νερό και σχηματίζουν ένυδρες κρυσταλλικές ενώσεις<sup>8</sup>.

### 2.1.2. ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ

Αδρανή υλικά καλούνται τα υλικά που αποτελούνται από λίθινους κόκκους, είτε φυσικούς οπότε ονομάζονται '**φυσικά ή συλλεκτά**' αδρανή, είτε από κόκκους που προκύπτουν από θραύση όγκων πετρώματος ή τη θραύση φυσικών αδρανών

---

<sup>7</sup> Ma, Y., Zhu, B., 2009. Research on the preparation of reversibly thermochromic cement based materials at normal temperature. Cement and Concrete Research 39, 90–94. doi:10.1016/j.cemconres.2008.10.006

<sup>8</sup> Μωχάμεντ, Μ. (1996). Παρασκευή νέων κονιαμάτων με παραδοσιακά υλικά για εφαρμογές συντήρησης ενετικών μνημείων-Μελέτη της συμβατότητας των δομικών λίθων, της αντοχής και της θαλάσσιας διάβρωσής τους, Χανιά

οπότε ονομάζονται '**θραυστά**' αδρανή. Η ονομασία 'αδρανή' δόθηκε στα υλικά αυτά με την έννοια ότι κατά την ανάμιξη των υλικών αυτών, συγκολλητικά υλικά (κονίες), όπως τσιμέντο ασβέστης κλπ ή το νερό, τα υλικά αυτά δεν συμμετέχουν ενεργά στις διαδικασίες πήξης και σκλήρυνσης. Βέβαια αυτό δεν ανταποκρίνεται πλήρως στην πραγματικότητα διότι η χημική αδράνεια των υλικών αυτών εξαρτάται από την ορυκτολογική τους σύσταση και τα υλικά με τα οποία έρχονται σε επαφή<sup>9</sup>.

#### **2.1.2.1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΣΤΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ**

Η άμμος είναι το συνηθέστερο αδρανές υλικό που χρησιμοποιείται στα κονιάματα. Δεν πρέπει να περιέχει προσμίξεις όπου:

- 1)** να είναι ικανές να προκαλέσουν μείωση της αντοχής και της σταθερότητας των κονιαμάτων,
- 2)** να επηρεάσουν δυσμενώς άλλες ιδιότητες αυτών και, τέλος,
- 3)** να προκαλέσουν επιβλαβείς χημικές αντιδράσεις με την εκάστοτε συνδετική ύλη<sup>10</sup>

Η προσθήκη των αδρανών στα κονιάματα συνίσταται για οικονομικούς και τεχνικούς λόγους. Τα κονιάματα που παράγονται χωρίς προσθήκη αδρανών συστέλλονται κατά την πήξη και την σκλήρυνση, με αποτέλεσμα τη δημιουργία επιφανειακών ρηγματώσεων. Από οικονομικής απόψεως, τα αδρανή υλικά είναι πιο φθηνά από τις κονίες.

Επιπλέον, τα αδρανή υλικά θα πρέπει να ικανοποιούν ορισμένες απαιτήσεις ώστε να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν στα κονιάματα. Επιπρόσθετα, δεν πρέπει να περιλαμβάνουν επιβλαβείς προσμίξεις που θα επηρεάζουν τη σταθερότητα,

---

<sup>9</sup> Α. Αντωνόπουλος, 2011, Αδρανή υλικά, Δ.Ε., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εκδόσεις Ε.Μ.Π.

<sup>10</sup> <http://portal.tee.gr>

αντοχή και λοιπές ιδιότητες των κονιαμάτων. Τέλος, ένα καθοριστικός παράγοντας είναι η υγρασία τους. Η υγρασία δε θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 3%. Θα πρέπει πάντα να υπολογίζεται πριν τον καθορισμό των αναλογιών ενός κονιάματος.

#### **2.1.2.2. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥΣ**

Ανάλογα με την προέλευσή τους τα αδρανή χωρίζονται στις παρακάτω δύο κατηγορίες<sup>11</sup> :

**α) στα φυσικά αδρανή**, τα οποία προέρχονται από φυσικό τεμαχισμό,

**β) στα τεχνητά αδρανή** τα οποία προέρχονται από τεχνητό τεμαχισμό κι, τέλος

**γ) στα ανακυκλωμένα αδρανή**, τα οποία προέρχονται κυρίως από κατεδαφίσεις κτιρίων

##### **α) Φυσικά αδρανή**

Είναι τα αδρανή τα οποία έχουν ληφθεί από το φυσικό περιβάλλον και δεν έχουν υποστεί τίποτε περισσότερο από μηχανική επεξεργασία θραύσης, πλυσίματος και διαλογής (πχ θραυστά πετρώματα, ποταμίσιας λιμναίες ή θαλάσσιες αποθέσεις, αποθέσεις άμμων ή χαλίκων, λάβα, ηφαιστειακοί τόφφοι, λατομικά προϊόντα κλπ). Αποτελούνται από κόκκους στρογγυλούς και γωνιώδεις με στρογγυλεμένες ακμές και βρίσκονται σε αφθονία στις παραλίες των θαλασσών.

---

<sup>11</sup> Διπλωματική εργασία, "Έλεγχος συμβατότητας συνθετικών κονιαμάτων με τους δομικούς λίθους του ενετικού φρουρίου Κουλέ", Αναστασία Γριζιώτη, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά, 2012, Σελ. 23

Τον τελευταίο καιρό όμως, η χρησιμοποίηση φυσικών αδρανών περιορίζεται σιγά σιγά. Οι λόγοι της ελάττωσης αυτής είναι η εξάντληση των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων καθώς στα περισσότερα μέρη πλέον απαγορεύεται η λήψη λόγω καταστροφής του τοπίου, η υψηλή τιμή πώλησης κ.ά. πάντως γενικά στις αναπαλαιώσεις προτιμάται η φυσική άμμος παρά το μεγαλύτερο κόστος της.

### **β) Τεχνητά αδρανή**

Είναι τα αδρανή που έχουν προκύψει ως προϊόντα ή παραπροϊόντα βιομηχανικής δραστηριότητας από χημική ή θερμική επεξεργασία πρώτων υλών ορυκτής ή άλλης προέλευσης (πχ τέφρες, σκωρίες, υπολείμματα καύσεων, άργιλοι, περλίτης, υλικά στίλβωσης, κλπ)

### **γ) Ανακυκλωμένα αδρανή**

Είναι τα αδρανή που προκύπτουν από την επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση δομικών υλικών από υφιστάμενες κατασκευές (υλικά κατεδάφισης σκυροδέματος, τοιχοποιίας, ασφαλικών έργων κλπ).

## **2.1.2.3. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΤΟΥΣ**

Ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους, τα αδρανή υλικά χωρίζονται στις εξής κατηγορίες :

### **1. Άμμος :**

Η άμμος είναι ένα φυσικό κοκκώδες υλικό που αποτελείται από πολύ λεπτά πετρώματα και ορυκτά σωματίδια. Η σύνθεση της άμμου είναι εξαιρετικά μεταβλητή, ανάλογα με τις τοπικές πηγές βράχου και συνθήκες, αλλά τα πιο κοινά συστατικά της άμμου στις εσωτερικές ηπειρωτικές και σε μη τροπικές παράκτιες περιοχές είναι το διοξείδιο του πυριτίου (ή  $\text{SiO}_2$ ), συνήθως υπό τη μορφή χαλαζία.

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα αδρανή που η διάμετρος των κόκκων τους,  $d$ , ικανοποιεί τη σχέση  $0 \leq d < 8 \text{ mm}$  και συμβολίζονται με (0/8). Το τμήμα των αδρανών, το οποίο αποτελείται από τους πιο λεπτούς κόκκους του υλικού και διέρχεται από το αμερικάνικο πρότυπο κόσκινο No 200, που έχει διάμετρο 0,75 mm, ονομάζεται παιπάλη, ενώ το τμήμα των αδρανών, που η διάμετρος των κόκκων τους ικανοποιεί τη σχέση  $4 \leq d < 8 \text{ mm}$  και συμβολίζονται με (4/8), ονομάζεται ρυζάκι.



**Εικόνα 5:** Άμμος, **Πηγή:** <https://www.betolit.gr/el>

## **2. Γαρμπίλι :**

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα αδρανή που η διάμετρος των κόκκων τους ικανοποιεί τη σχέση  $8 \leq d < 16 \text{ mm}$  και συμβολίζονται με (8/16).

## **3. Σκύρα :**

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα αδρανή που η διάμετρος των κόκκων τους ικανοποιεί τη σχέση  $16 \leq d < 64 \text{ mm}$  και συμβολίζονται με (16/64)<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Νόνη-Παγώνα Μαραβελάκη, διάλεξη Κονιάματα, Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης, σελ. 6



**Εικόνα 6:** Γαρμπίλι, **Πηγή:**  
<http://oikodomikaulika.gr/proionta/adrani/>



**Εικόνα 7:** Σκύρα, **Πηγή:**  
[https://www.lafarge.gr/sites/greece/files/atoms/files/05\\_12selido\\_adrani.pdf](https://www.lafarge.gr/sites/greece/files/atoms/files/05_12selido_adrani.pdf)

#### **2.1.2.4. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**

Σημαντικό ρόλο στα αδρανή υλικά παίζουν οι συγκεκριμένες ιδιότητες οι οποίες χαρακτηρίζουν την ποιότητά τους και επηρεάζουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Οι σημαντικότερες από αυτές είναι η αντοχή τους, η οποία σχετίζεται με την αντοχή του μητρικού πετρώματος, η καθαρότητα τους, η ύπαρξη δηλαδή ή όχι προσμίξεων, το σχήμα (μορφή) των κόκκων, η κοκκομετρική διαβάθμιση των κόκκων του αδρανούς, η πρόσφυση με την κονία, η χημική συμπεριφορά τους με τα άλλα συστατικά του κονιάματος ή με



ουσίες που μπορεί να διεισδύσουν μέσα στο τελικό προϊόν κατά την διάρκεια της ζωής του (θαλασσινό νερό, καυσαέριο κλπ.) κ.ά<sup>13</sup>.

#### **2.1.2.5. ΑΝΤΟΧΗ ΑΔΡΑΝΩΝ**

Ανάλογα με τη χρήση των υπό κατασκευή κονιαμάτων ελέγχεται και η κατάλληλη μηχανική αντοχή (αντοχή σε θλίψη, αντοχή σε τριβές – σκληρότητα, αντοχή σε κρούση κλπ.). Η αντοχή αυτή εξαρτάται από την αντοχή του μητρικού πετρώματος. Για το λόγο ότι τα υλικά που προήλθαν από περισυλλογή δεν είναι δυνατόν πάντοτε να ελεγχθεί ο λίθος από τον οποίον προήλθαν, γίνεται ειδικός έλεγχος στα υλικά που είχαν συλλεχθεί. Πάντως, σε όλες τις περιπτώσεις, το πέτρωμα πρέπει να είναι υγιές, δηλαδή να είναι απαλλαγμένο από κομμούς και να μην αποσασθρώνεται από την επίδραση των καιρικών συνθηκών ή άλλους παράγοντες. Συνεπώς, ακατάλληλα από άποψη αντοχής για την παραγωγή αδρανών θεωρούνται τα αποσασθρωμένα, αποσχιζόμενα, αργιλικά και μαλακά μητρικά πετρώματα<sup>14</sup>.

#### **2.1.3. ΚΟΝΙΑΜΑ**

Τα κονιάματα (λάσπη) είναι μίγματα αδρανούς υλικού (συνήθως άμμου), νερού και μιας συγκολλητικής ύλης (κονίας). Τα υλικά αυτά αναμιγνύονται σε ορισμένες αναλογίες, που εξαρτώνται τόσο από το είδος της κονίας όσο και από τον σκοπό

---

<sup>13</sup> Διπλωματική εργασία, "Έλεγχος συμβατότητας συνθετικών κονιαμάτων με τους δομικούς λίθους του ενετικού φρουρίου Κουλέ", Αναστασία Γριζιώτη, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά, 2012, Σελ. 25-26

<sup>14</sup> Μεταπτυχιακή διατριβή, "Αξιολόγηση επιρροής διαφοροποιημένου αδρανούς στα κονιάματα ως προς τις οπτικές του ιδιότητες", Διακρούσης Στυλιανός, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά, Απρίλιος 2015, Σελ. 23-24

εφαρμογής του κονιάματος<sup>15</sup>. Η σύνθεση αλλά και η επεξεργασία των κονιαμάτων γίνεται υπό μορφή πολτού, που με τη δράση του ατμοσφαιρικού αέρα ή του νερού, πήζει και σκληραίνει. Το κονίαμα στο πρώτο στάδιο της παρασκευής του, βρίσκεται σε πλαστική κατάσταση και μπορεί να πάρει οποιοδήποτε σχήμα ή μορφή και γενικότερα μπορεί να υποστεί οποιαδήποτε επεξεργασία χωρίς να επηρεάζονται οι ιδιότητές του. Όταν όμως περάσει ορισμένος χρόνος, ο οποίος εξαρτάται κυρίως από το είδος της κονίας που χρησιμοποιήθηκε, το κονίαμα αρχίζει να στερεοποιείται καθώς πήζει η κονία με αποτέλεσμα να μετατρέπεται σε ένα στερεό σώμα. Η ποσότητα της κονίας που πρέπει να χρησιμοποιείται κατά την παρασκευή ενός κονιάματος, πρέπει να είναι τόση, όση χρειάζεται για να γεμίσουν τα κενά της άμμου, γεγονός που εξαρτάται από την κοκκομετρική διαβάθμισή της. Μεγαλύτερη ποσότητα αποτελεί σπατάλη, διότι η επιπλέον κονία όχι μόνο δεν επιτελεί το σκοπό της, -δηλαδή την πλήρωση των κενών και τη σύνδεση των κόκκων της άμμου-, αλλά και ελαττώνει την αντοχή και αυξάνει την τιμή του κονιάματος. Μικρότερη ποσότητα δημιουργεί κονίαμα πορώδες και με κόκκους που δεν είναι καλά δεμένοι μεταξύ τους, έχοντας ως συνέπεια την ελάττωση της αντοχής του κονιάματος. Το κονίαμα στο οποίο η ποσότητα της κονίας είναι όση ακριβώς χρειάζεται, ονομάζεται **κανονικό**. Μεγαλύτερη ποσότητα κονίας δημιουργεί το **παχύ κονίαμα**, ενώ μικρότερη ποσότητα δημιουργεί το **ισχνό κονίαμα**. Τα κονιάματα διακρίνονται σε αερικά όταν στερεοποιούνται μόνο στον αέρα όπως τα πηλοκονιάματα, ασβεστοκονιάματα, και σε υδραυλικά όταν μπορεί να στερεοποιηθούν και μέσα στο νερό όπως τα τσιμεντοκονιάματα<sup>16</sup>.

➤ Οι σημαντικότερες κατηγορίες κονιαμάτων τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως είναι :

---

<sup>15</sup> Ma, Y., Zhu, B., 2009. Research on the preparation of reversibly thermochromic cement based materials at normal temperature. Cement and Concrete Research 39, 90–94. doi:10.1016/j.cemconres.2008.10.006

<sup>16</sup> Μεταπτυχιακή διατριβή, "Αξιολόγηση επιρροής διαφοροποιημένου αδρανούς στα κονιάματα ως προς τις οπτικές του ιδιότητες", Διακρούσης Στυλιανός, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά, Απρίλιος 2015, Σελ. 9-10-11

1. τα κονιάματα τοιχοποιίας,
2. δαπέδων και τέλος,
3. επιχρισμάτων

#### 2.1.3.1. ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ<sup>17</sup>

##### 1. Κονιάματα τοιχοποιίας ή συγκόλλησης :

Αποτελούν τα συγκολλητικά στοιχεία μεταξύ των δομικών υλικών στην τοιχοποιία, τα οποία είναι απαραίτητο να γεμίζουν τους αρμούς μεταξύ των λίθων και να δημιουργούν μία σύνδεση ικανή για αντοχές σε εξωτερικές δυνάμεις καθώς επίσης και να προστατεύουν τους αρμούς των λίθων από τις καιρικές επιδράσεις, αποτελώντας ταυτόχρονα στεγανωτικό υλικό.

##### 2. Κονιάματα Υποστρωμάτων – Δαπέδων :

Αποτελούν τα δομικά στοιχεία τα οποία τοποθετούνται πάνω σε μία δομική υπόβαση ή πάνω σε ένα διαχωριστικό ή μονωτικό στρώμα. Χρησιμοποιούνται ως κονιάματα



**Εικόνα 8:** Κονίαμα τοιχοποιίας, Πηγή:  
<http://www.specmix.com/product/building-stone-mortar/>



**Εικόνα 9:** Κονίαμα δαπέδου, Πηγή:  
<http://www.patiti.gr/index.php>

---

<sup>17</sup> Reihard Wonderhorst, Δομικά υλικά, 2<sup>η</sup> έκδοση μετάφραση της 21<sup>ης</sup> αναθεωρημένης Γερμανικής έκδοσης, Εκδόσεις Μ.Γκιούρδας, Αθήνα, 2003

πλήρωσης, δηλαδή κονιάματα τελικής στρώσης, καθώς επίσης και ως ενδιάμεσα. Τέλος, συναντώνται τόσο σε ψηφιδωτά όσο και σε τοιχογραφίες.

### 3. Κονιάματα Επιχρισμάτων :

Αποτελούν στρώση νωπού κονιάματος που χρησιμοποιείται σε τοίχους, ταβάνια και οροφές, με τη μορφή του επιστρώματος επιφανειών, σαν προστατευτικά στρώματα από διαβρωτικούς παράγοντες (όπως βροχή, υγρασία, κλπ) αλλά και σαν κονιάματα διακοσμητικού χαρακτήρα. Οι ιδιότητες τους αποκτώνται αφού στερεοποιηθούν πάνω στα δομικά στοιχεία στα οποία χρησιμοποιούνται. Τα χαρακτηριστικά τους εξαρτώνται από τον τύπο της κονίας ή των κονιών, από τις αναλογίες, καθώς και από το πάχος των στρώσεων. Οι ιδιότητες τους διαμορφώνονται και επηρεάζονται από το είδος των αδρανών και από τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία τους.



**Εικόνα 10:** Κονίαμα επιχρίσματος,  
**Πηγή:** Προσωπικό αρχείο

- Στο σημείο αυτό να σημειωθεί πως η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται μόνο στα κονιάματα επιχρισμάτων τοιχοποιίας κι όχι στις προηγούμενες δύο κατηγορίες. Τόσο οι συνδυασμοί των υλικών, όσο οι αναλογίες και οι ποσότητες τους στα δείγματα όπου παρασκευάστηκαν δεν ακολουθούν μία απλώς θεωρητική έρευνα, αντιθέτως επιλέχθηκαν ώστε να προσεγγίζουν όσο κατά το δυνατό γίνεται σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία κατασκευής ενός κονιάματος σε κάποια πραγματική κτηριακή κατασκευή, με ιδιότητες αντίστοιχες με αυτές των κονιαμάτων όπου χρησιμοποιούνται στην τοιχοποιία.

### 2.1.3.2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ – ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ

Για να θεωρηθεί ένα κονίαμα κατάλληλο πρέπει να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά<sup>18</sup>:

1. να είναι **πλαστικό**,
2. να είναι **εργάσιμο**,
3. να έχει **ικανή εσωτερική τριβή**, έτσι ώστε να μην εκφεύγει των αρμών της τοιχοποιίας και όταν πρόκειται για επιχρίσματα να συγκρατείται στις κατακόρυφες επιφάνειες,
4. να έχει **σταθερότητα**, να μην υπόκειται δηλαδή σε μεγάλες συστολές και διαστολές, έτσι ώστε να μην προκαλούνται ρωγμές.
5. Να παρουσιάζει **υψηλή μηχανική αντοχή**, (θλίψη, εφελκυσμός) ικανή να φέρει το ίδιο βάρος της κατασκευής, αλλά και των φορτίων αυτής και, τέλος
6. Να **μην προσβάλλεται από το νερό και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες**.  
**Εργάσιμο** ονομάζεται το σύνολο των ρεολογικών ιδιοτήτων, που έχει το νωπό κονίαμα. Έτσι δε διασπάται η μάζα του κατά τους διάφορους χειρισμούς.

Ωστόσο το **εργάσιμο** επηρεάζεται από τους τρεις παρακάτω παράγοντες :

**α) τη ρευστότητα**, δηλαδή την εσωτερική ευκινησία του μίγματος και την ευκολία που οι κόκκοι κινούνται μεταξύ τους, ώστε να γεμίζουν τα κενά.

---

<sup>18</sup> Ma, Y., Zhu, B., 2009. Research on the preparation of reversibly thermochromic cement based materials at normal temperature. Cement and Concrete Research 39, 90–94. doi:10.1016/j.cemconres.2008.10.006

**β)** την **πλαστικότητα**, δηλαδή την ευκολία, που παρουσιάζει το μίγμα στη ροή και το γέμισμα ενός καλουπιού χωρίς κενά, σπηλιές, κλπ.

Γενικά, σκόπιμο κρίνεται να σημειωθεί ότι η αύξηση της ποσότητας του νερού αυξάνει την ρευστότητα του μίγματος. Ωστόσο στην πλαστικότητα του μίγματος δεν παίζει σπουδαίο ρόλο η αύξηση της ποσότητας αυτής. Η πλαστικότητα επηρεάζεται ευνοϊκά από την σφαιρικότητα των κόκκων των αδρανών και από την αύξηση της περιεκτικότητας σε συνδετική ύλη.

Επίσης, σημαντικό ρόλο στα κονιάματα παίζει και η πήξη. Πήξη ονομάζεται η διαδικασία που το κονίαμα από εύπλαστο μετατρέπεται σε στερεή μάζα. Έναρξη της πήξης είναι η στιγμή, κατά την οποία η εύπλαστη μάζα αρχίζει να στερεοποιείται και να χάνει την πλαστικότητά της. Ο χρόνος για την έναρξη της πήξης, δηλαδή ο χρόνος που περνάει από την ανάμιξη των υλικών του κονιάματος μέχρι την έναρξη της πήξης είναι απαραίτητο στοιχείο γιατί μέσα σ' αυτό το διάστημα, πρέπει να γίνει η παρασκευή, η μεταφορά και η εφαρμογή του κονιάματος στο έργο. Η λήξη της πήξης είναι η στιγμή που ο πολτός έχει πλέον στερεοποιηθεί.

#### **2.1.4. ΝΕΡΟ**

Μετά την κονία και τα αδρανή, το νερό αποτελεί το τρίτο πιο σημαντικό συστατικό των κονιαμάτων. Το νερό και η κονία είναι τα δύο ενεργά συστατικά του κονιάματος. Λαμβάνει μέρος σε μία σειρά χημικών αντιδράσεων που οδηγούν, μέσω της δημιουργίας ένυδρων κρυστάλλων, στην πήξη και την σκλήρυνση του μίγματος. Στις περισσότερες των περιπτώσεων δεν δίδεται ιδιαίτερη σημασία στο νερό που εισάγεται στα κονιάματα, εντούτοις η ποιότητα του μπορεί να επηρεάσει άμεσα τις παραπάνω διαδικασίες. Το νερό που δύναται να χρησιμοποιείται δεν πρέπει να περιέχει αιωρούμενα ή διαλυμένα στερεά (πχ.

άλατα), αφού αυτά μπορούν να αποτελέσουν καθοριστικό αρνητικό παράγοντα για την ανθεκτικότητα των τελικών προϊόντων.

Το νερό επιδρά ποικιλοτρόπως στα κονιάματα. Ένα μέρος του, που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του κονιάματος, καταναλώνεται για την πραγματοποίηση απαραίτητων χημικών αντιδράσεων, που λαμβάνουν χώρα κατά την πήξη της κονίας, δηλαδή για τον σχηματισμό ένυδρων χημικών ενώσεων. Το υπόλοιπο μέρος αυτού, χρησιμεύει για την διαβροχή των κόκκων των αδρανών και των αύξηση της πλαστικότητας του κονιάματος. Μία μικρή ποσότητα νερού μπορεί να δημιουργήσει ένα στεγανό κονίαμα και δύσκολο στο να κατεργαστεί, έχοντας ωστόσο αυξημένη μηχανική αντοχή και στεγανότητα. Ωστόσο σε περιπτώσεις όπου η ποσότητα του νερού δεν είναι επαρκής, ένα μέρος της κονίας παραμένει ανενεργό, με αποτέλεσμα να υπάρχει μόνο μερική σύνδεση των αδρανών. Μία μεγάλη ποσότητα νερού από την άλλη, το κάνει πλαστικό έως υδαρές και εύκολο στο να κατεργαστεί, αλλά συγχρόνως, ελαττώνει την αντοχή του και την στεγανότητά του. Σε περιπτώσεις που η ποσότητα του νερού είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη, έχουμε ως αποτέλεσμα να μην απορροφάται από την κονία και τα αδρανή, αλλά να μένει ελεύθερη μέσα στην μάζα του υλικού. Το αρνητικό σε αυτή την περίπτωση είναι ότι μετά την εξάτμιση του νερού δημιουργούνται πόροι και κοιλότητες μειώνοντας τη συνεκτικότητα και τις αντοχές του κονιάματος. Επομένως, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην ποσότητα του νερού που θα χρησιμοποιηθεί, προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα<sup>19</sup>.

### 2.1.5. ΠΡΟΣΘΕΤΑ

---

<sup>19</sup> Διπλωματική εργασία, "Χαρακτηρισμός και συντήρηση κονιαμάτων: εφαρμογή στο Φιρκά Χανίων", Αναστασία Γριζώτη, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά, 2017

Βελτιωτικά ή χημικά πρόσμικτα είναι τα υλικά που προστίθενται, σε μικρές ποσότητες σε σχέση με τη μάζα της κονίας, κατά τη διάρκεια ανάμιξης του κονιάματος με σκοπό να τροποποιήσουν τις ιδιότητες κυρίως του νωπού αλλά και του σκληρυμένου κονιάματος. Δεδομένου ότι ευρίσκονται σε υπερλεπτό διαμερισμό, προσθήκη τους πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και σε πρώτη φάση να αναμειγνύονται με τις κονίες (και όχι με τα αδρανή) ώστε να αποφευχθεί ο σχηματισμός συσσωματωμάτων.

Τα πρόσθετα συστατικά είναι τα λεπτομερώς διαμερισμένα συνήθως ανόργανα υλικά που χρησιμοποιούνται στο κονίαμα στοχεύοντας είτε να βελτιώσουν κάποιες από τις ιδιότητες του είτε να πετύχουν συγκεκριμένες ιδιότητες. Διακρίνονται στα σχεδόν αδρανή πρόσθετα (τύπου I, όπου υπαγονται τα φίλλερ αδρανών και τα χρώματα λόγου χάρη) και τα πρόσθετα με ποζολανικές ή λανθάνουσες υδραυλικές ιδιότητες (τύπου II, όπως οι ιπτάμενες τέφρες, η πυριτική παιπάλη, οι τεχνητές ποζολάνες κλπ). Στο πειραματικό μέρος τα πρόσθετα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα γυάλινα σφαιρίδια (glass beads).

#### - ΓΥΑΛΙ (Glass Beads)

Το γυαλί παράγεται από χαλαζιακή άμμο που βρίσκεται άφθονη στη φύση. Τα συστατικά του είναι το διοξείδιο του πυριτίου, το οξείδιο του ασβεστίου και το οξείδιο του νατρίου. Τα **Glass Beads** (GB) κατασκευάζονται με κονιοποίηση καινούριου ή ανακυκλωμένου γυαλιού σε σκόνη. Αυτή η σκόνη στη συνέχεια χύνεται ή ψεκάζεται σε ένα μεγάλο πολυώροφο κλίβανο. Τα μεμονωμένα σωματίδια φουσκώνουν με αρκετές φλόγες έως ότου να μαλακώσουν και να αποκτήσουν το σχήμα της σφαίρας. Αυτά τα σφαιρικά σταγονίδια ψύχονται στο άνω μισό του κλιβάνου και στη συνέχεια συλλέγονται και κοσκινίζονται μέσω ειδικά σχεδιασμένων οθονών ταξινό-



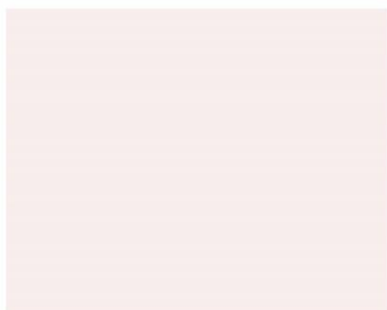
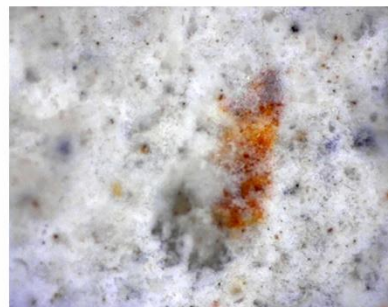
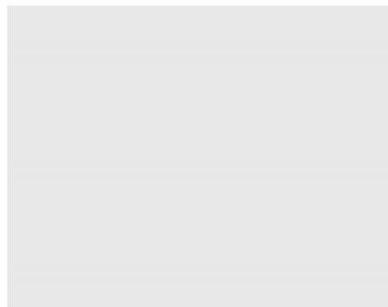
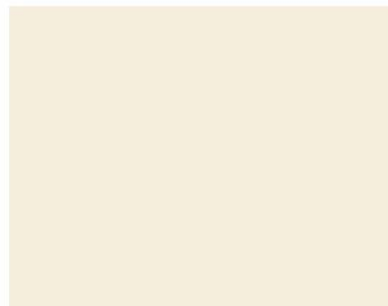
**Εικόνα 11:** Glass beads, Πηγή: Gobakis Kostantinos, 2018, σελ. 40



μησης. Τα glass beads που χρησιμοποιούνται στο πείραμα έχουν διάμετρο από 180nm έως 850nm <sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> Gobakis Kostantinos., February 2018, Design and development of smart cool materials for the built environment, School of Environmental Engineering Technical University of Crete, Crete, σελ. 39



### 3. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

### **3. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών που χρησιμοποιούνται στα κτίρια και στους υπαίθριους χώρους καθορίζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την ενεργειακή συμπεριφορά του κελύφους. Ιδιαίτερα, η ανακλαστικότητα των υλικών στην ηλιακή ακτινοβολία καθώς και ο συντελεστής εκπομπής τους στην μεγάλου μήκους κύματος (θερμική) ακτινοβολία παίζουν καθοριστικό ρόλο στο ενεργειακό ισοζύγιο των αστικών περιοχών.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε εξωτερικές επιφάνειες δέχονται την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Μέρος αυτής της ακτινοβολίας απορροφάται ενώ το υπόλοιπο ανακλάται. Είναι προφανές ότι η χρήση υλικών μεγάλης ανακλαστικότητας, τόσο στα κτίρια όσο και στις υπόλοιπες επιφάνειες των πόλεων, μειώνει την απορροφούμενη ηλιακή ακτινοβολία και διατηρεί τις επιφάνειες αυτές πιο δροσερές. Τα υλικά εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία. Η ισχύς της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας καθώς και του συντελεστή εκπομπής του υλικού. Υλικά με μεγάλο συντελεστή εκπομπής αποβάλλουν ευκολότερα την θερμότητα που απορροφούν.

Η χρήση κατάλληλων (από θερμική άποψη) υλικών στις πόλεις και τα κτίρια θεωρείται από τις σημαντικότερες πλέον παραμέτρους για την βελτίωση του κλίματος των αστικών περιοχών. Πρόσφατη μελέτη στις ΗΠΑ για την πόλη του Λος Άντζελες απέδειξε ότι και μόνο η χρήση ανοιχτόχρωμων επιφανειών συνδυασμένη με έντονη χρήση αστικού πρασίνου μπορεί να μειώσει κατά 18% το κλιματιστικό φορτίο με ετήσιο οικονομικό κέρδος περί τα 100 εκατομμύρια δολάρια.

#### **3.1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ – ΝΕΑ ΥΛΙΚΑ**

Η χρήση νέων υλικών μεγάλης ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία, (ανοιχτόχρωμα υλικά), όπως αναφέρθηκε, βοηθά σημαντικά στην **μείωση** της **θερμοκρασίας** των **επιφανειών** και **άρα** στην **μείωση** της **θερμοκρασίας** του **αέρα** του περιβάλλοντος. Υλικά υψηλής ανακλαστικότητας θεωρούνται τα υλικά με συντελεστή ανακλαστικότητας πάνω από 0.6.

➤ Ενδεικτικές τιμές ανακλαστικότητας για ορισμένα κοινά υλικά δίνονται στους παρακάτω πίνακες :

**Πίνακας 1:** Ανακλαστικότητα διαφόρων υλικών,  
**Πηγή:** ΔΙΠΕ, 2000

ΥΛΙΚΟ/ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
Δρόμοι	
Άσφαλτος	0,05 - 0,02
Τοίχοι/Σκυρόδεμα	0,10 - 0,35
Τούβλο/Πέτρα	0,20 - 0,40
Λευκή πέτρα	0,80
Λευκό μάρμαρο	0,55
Λευκό τούβλο	0,30 - 0,50
Κόκκινο τούβλο	0,20 - 0,30
Σκουρόχρωμο τούβλο	0,20
Οροφές	
Ασφαλτόπανα	0,07
Άσφαλτος	0,10 - 0,15
Πίσσα/Χαλίκια	0,08 - 0,018
Πλακάκια	0,10 - 0,35
Αυλακοειδής σίδηρος	0,10 - 0,16
Ειδική ανακλαστική οροφή	0,60 - 0,70
Χρώματα	
Λευκό	0,50 - 0,90
Κόκκινο/Καφέ/Πράσινο	0,20 - 0,35
Μαύρο	0,02 - 0,15

**Πίνακας 2:** Ανακλαστικότητα υλικών Αστικών περιοχών, **Πηγή:** ΔΙΠΕ, 2000

ΥΛΙΚΟ/ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
Μέση ανακλαστικότητα αστικών περιοχών	
Διακύμανση	0,10 - 0,27
Μέση τιμή	0,15
Άλλα	
Ανοιχτόχρωμη άμμος	0,40 - 0,60
Ξερό γρασίδι	0,30
Έδαφος	0,30
Ξηρή άμμος	0,20 - 0,30
Φυλλοβόλα δέντρα	0,20 - 0,30
Φυλλοβόλα δάση	0,15 - 0,20
Καλλιεργημένο έδαφος	0,20
Υγρή άμμος	0,10 - 0,15
Πευκοδάσος	0,10 - 0,15
Ξύλο	0,10
Σκουρόχρωμο καλλιεργημένο έδαφος	0,07 - 0,10

**Πίνακας 3:** Απορροφητικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας από τα υλικά, **Πηγή:** www.spitia.gr

Υλικό	Απορροφητικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας %
Άσφαλτος	93
Έρημος	75
Γρασίδι	67
Λεπτή στρώση χιονού	31
Χιόνι φρέσκο	43
Χιόνι παγωμένο	33
Φύλλα οξιάς	71
Ξερή άμμος	82
Υγρή άμμος	91
Λευκή άμμος	45
Αγροτικές καλλιέργειες	75
Φυλλοβόλα δάση	85
Κωνοφόρα δάση	95
Οπλισμένο σκυρόδεμα	55 - 80

Η απορροφητικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας επηρεάζεται από τα χρώματα των υλικών. Τα σκούρα χρώματα έχουν διπλάσια απορροφητικότητα σε σχέση με τα ανοιχτά. Τα υλικά κάλυψης των πεζοδρομίων και πλατειών και τα υλικά κατασκευής των επιφανειακών στρώσεων των δρόμων απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία συμμετέχοντας κατά μεγάλο ποσοστό στην θερμοκρασιακή ταυτότητα της πόλης. Το ποσοστό της συνολικής επιφάνειας της πόλης που καλύπτεται από το οδικό δίκτυο εξαρτά-

ται από την πυκνότητα και τα πλάτη των δρόμων<sup>1</sup>. Ερευνητικές προσπάθειες των τελευταίων χρόνων έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη υλικών με προηγμένα οπτικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένη ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία. Η κατηγορία αυτή των υλικών είναι γνωστή με το όνομα **«ψυχρά υλικά»**. Τα υλικά αυτά πρέπει να χρησιμοποιούνται στις προσόψεις και τις οροφές των κτιρίων καθώς και σε δρόμους ή πεζοδρόμια. Εκτενέστερη αναφορά θα γίνει στο κεφάλαιο 4 για τέτοιου είδους υλικά.

### 3.2. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ

Οι **πόλεις** και **εν γένει** οι **αστικές περιοχές** παρουσιάζουν **μειωμένη ανακλαστικότητα** στην ηλιακή ακτινοβολία. Οι κυριότεροι λόγοι είναι δύο :

1. οι **σκουρόχρωμες επιφάνειες** των κτιρίων και των δρόμων παρουσιάζουν μεγάλη απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, και
2. οι **πολλαπλές ανακλάσεις** της **ηλιακής ακτινοβολίας** που συμβαίνουν στον μεταξύ των κτιρίων χώρο αυξάνουν την απορρόφησή της.

Οι τυπικές τιμές ανακλαστικότητας των πόλεων κυμαίνονται γύρω στο 0,15 - 0,3 λόγω της πυκνότητάς τους. Ωστόσο, οι Ευρωπαϊκές πόλεις παρουσιάζουν συγκριτικά μικρότερη ανακλαστικότητα από τις γύρω από αυτές αγροτικές περιοχές. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η πόλη του Παρισιού παρουσιάζει κατά 16% μικρότερη ανακλαστικότητα από ότι ο περιβάλλον χώρος της.

Το είδος του χρησιμοποιούμενου υλικού καθώς και οι συνθήκες υπό τις οποίες χρησιμοποιείται καθορίζουν τα θερμοκρασιακά επίπεδα σε μια πόλη. Σκουρόχρωμα υλικά μεγάλης απορροφητικότητας εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία, παρουσιάζουν έως και 25 βαθμούς Κελσίου υψηλότερη θερμοκρασία από αντίστοιχα υλικά μικρής απορροφητικότητας. Είναι χαρακτηριστική η κατανομή των θερμοκρασιών επιφάνειας κατά πλάτος δρόμου στην Πλατεία Συντάγματος στην Αθήνα. Όπως διαπιστώθηκε από σειρά σχετικών πειραμάτων, λευκόχρωμες σκιασμένες πλάκες παρουσιάζουν έως και κατά 25 βαθμούς Κελσίου χαμηλότερη θερμοκρασία από ότι η άσφαλτος<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> ΔΙΠΕ, 2000

### 3.3. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ

Τα δέντρα και το πράσινο γενικότερα, συνεισφέρουν σημαντικά στην **μείωση** της **θερμοκρασίας** των **πόλεων** και στην **εξοικονόμηση ενέργειας**. Τα δέντρα προσφέρουν ηλιοπροστασία στα κτίρια, ενώ μέσω της εξατμισοδιαπνοής συντελούν στην μείωση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Παράλληλα, τα δέντρα απορροφούν τον ήχο και τον θόρυβο, εμποδίζουν την διάβρωση που προκαλούν οι βροχοπτώσεις, φιλτράρουν επικίνδυνους ρύπους, και μειώνουν την ταχύτητα του ανέμου.

Η **εξατμισοδιαπνοή** είναι ο κύριος μηχανισμός μέσω του οποίου τα φυτά συνεισφέρουν στην μείωση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Ως εξατμισοδιαπνοή ορίζεται ο μηχανισμός απώλειας νερού προς το περιβάλλον μέσω της αποβολής νερού από τα φύλλα των φυτών υπό μορφή υδρατμών. Η λανθάνουσα θερμότητα της εξατμισοδιαπνοής (δηλαδή η θερμότητα που απαιτείται για την μετατροπή του νερού σε υδρατμούς) είναι πολύ μεγάλη (περίπου 2324 KJ/Kg νερού). Η θερμότητα αυτή αντλείται από τον αέρα του περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα την τοπική μείωση της θερμοκρασίας. Σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα, ένα μεσαίου μεγέθους δέντρο εξατμίζει περί τα 1460 κιλά νερού κατά την διάρκεια μιας θερινής ημέρας. Ο δροσισμός που επιτυγχάνεται είναι ισοδύναμος με την λειτουργία πέντε μικρών κλιματιστικών συσκευών.

Η σημασία των δέντρων και φυτών στην μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι επίσης σημαντική. Όπως αναφέρεται, σε ένα δρόμο με υγιή ψηλά δένδρα, μπορεί να μειωθεί η συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης έως και 7000 σωματίδια ανά λίτρο αέρα. Παράλληλα, τα δένδρα συνεισφέρουν στην μείωση του θορύβου. Μια συστάδα δέντρων μήκους 33μ. και πλάτους 15μ. μειώνει τον θόρυβο ενός αυτοκινητόδρομου έως και κατά 50%<sup>22</sup>.

---

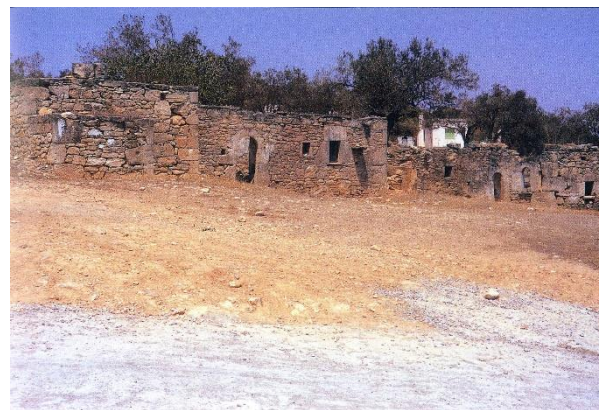
<sup>22</sup> ΔΙΠΕ, 2000

### 3.4. ΠΟΛΥΓΝΩΤΕΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ – ΤΕΤΡΑΧΡΩΜΙΚΗ ΠΑΛΕΤΑ

Ο Κωνσταντινίδης, ισχυρίζεται ότι το χρώμα, στην αρχιτεκτονική, δεν είναι ένα διακοσμητικό επικάθημα. Το χρώμα στην αρχιτεκτονική συνεργάζεται με την κατασκευαστική διάρθρωση και είναι ένας σημαντικός συντελεστής ώστε ο κάθε χώρος να γίνεται ένα αναντικατάστατο δοχείο ζωής<sup>23</sup>. Ο Σωκράτης υποστηρίζει ότι το χρώμα καθορίζει τα όρια μιας μορφής από το περιβάλλον της, άρα μόνο με το χρώμα μπορούμε να αντιληφθούμε τη μορφή.

Ωστόσο, εφόσον γίνεται νύξη στη λέξη **“χρώμα”**, δικαιωματικά θα πρέπει να γίνει αναφορά και στη λέξη **“φως”**, δύο λέξεις που ίσως να θεωρούνται και συνώνυμες. Το φως, σαν ερμείσμα της οράσεως δεν είναι παρά χρώ-

ματα. Ούτε επίπεδο, ούτε χώρος υφίσταται χωρίς χρώμα<sup>24</sup>. Τόσο το φως όσο και το χρώμα είναι στοιχεία άμεσα συνδεδεμένα με τη φύση και τον άνθρωπο. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Κωνσταντινίδης, «Κι ακόμα, με το χρώμα και τους διάφορους χρωματικούς συνδυασμούς γίνεται πιο καθαρά νοητή η οργανική ισορροπία που οφείλει να έχει το κάθε αρχιτεκτονικό ‘παράστημα’, στην εξωτερική και στην εσωτερική μορφολογία του. Και για να μη στέκει, μέσα στο όποιο τοπίο, ξένο και βουβό και άφωνο και αδιάφορο, επειδή στο πλάσιμο του θα έχει απουσιάσει το χρώμα»<sup>25</sup>. Το χρώμα από την πρώτη



**Εικόνα 12:** Τοπίο στη σύγχρονη Ελλάδα, **Πηγή:** “Τα Θεόχπιστα”, σελ 247

<sup>23</sup> Κωνσταντινίδης Άρης, Η αρχιτεκτονική της αρχιτεκτονικής, ημερολογιακά σημειώματα, ΑΓΡΑ, σελ. 304

<sup>24</sup> Wassily Kandinsky, Τέχνη και Καλλιτέχνες, μετάφραση Κεντρωτής Δ. Γιώργος, εκδ. ΝΕΦΕΛΗ, Αθήνα, 1986, σελ. 81

<sup>25</sup> Κωνσταντινίδης Άρης, Η αρχιτεκτονική της αρχιτεκτονικής, ημερολογιακά σημειώματα, ΑΓΡΑ, σελ. 304



εμφάνισή του μέχρι την αναγέννηση έχει νόημα και συμβολισμό. Τον 20ο αιώνα γίνεται όμως παραδεκτό σαν μέλος της μορφής, τονίζοντας την δομή της και ακολουθώντας τη συνέπεια της κατασκευής.

Στο σημείο αυτό, κρίνεται σκόπιμο έως και αναγκαίο να αναφερθούμε στη χρήση της **τετραχρωμικής παλέτας**, ή αλλιώς στην **Πολυγνώτεια κλίμακα**. Ο **Πολύγνωτος** ήταν αρχαίος Έλληνας ζωγράφος που έζησε στα μέσα του 5ου αιώνα π.Χ., η συμβολή του οποίου στην ανάπτυξη της κλασσικής ζωγραφικής ήταν καθοριστική. Η κλίμακα αυτή αποτελείται από τα τέσσερα ή «πρώτα» χρώματα που είναι το **χοντροκόκκινο**, η **ώχρα**, το **μάυρο** και το **λευκό** του ασβέστη. Σε παλαιότερες εποχές τα χρώματα των ζωγράφων προέρχονταν κυρίως από ορυκτές, φυτικές ή ζωικές ύλες, σε μορφή σκόνης. Για να δουλευτούν ήταν απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί συνδετικό υλικό όπως αυγό, λάδι, κερί ή κόμμι (ουσία από το φλοιό ορισμένων δέντρων). Τα καθαρά και έντονα χρώματα, δηλαδή κόκκινο, κίτρινο, μπλε κλπ, υπάρχουν στο υλικό μέρος της φύσης, σε αναλογία μικρότερη από 1/1000. Η ζωγραφική όφειλε να μιμείται το χρωματικό τρόπο της φύσης. Η χρήση των «Πολυγνώτειων χρωμάτων» χαρακτηρίζει ολόκληρη την αρχαία Ελληνική ζωγραφική (Αρχαϊκή κλπ) αιώνες πριν από τον Πολύγνωτο. Η προσφορά του Πολυγνώτου έγκειται στην μεγαλύτερη ανάλυση των χρωμάτων αυτών, δηλαδή στην παραγωγή περισσότερων χρωματικών διαβαθμίσεων πάνω στη χρωματική αυτή κλίμακα. Ο Πλάτωνας, επίσης, χαρακτηριστικά αναφέρει πως αν ζωγραφίζοντας κανείς ένα πρόσωπο δεν χρησιμοποιήσει τα χρώματα αυτά, αλλά κάποια άλλα θα χάσει τη φυσική χροιά του ανθρώπινου προσώπου. Μάλιστα, ο ίδιος ο Πολύγνωτος υποστήριζε πως μονάχα με αυτά τα τέσσερα χρώματα πρέπει να γίνεται μία ζωγραφική τέχνη<sup>26</sup>.



**Εικόνα 13:** Πολυγνώτεια κλίμακα, **Πηγή:** <http://followodyssseus.culture.gr/Portals/54/Material/Telika/20osAionas/ArxaiaXromataMoralis.pdf>

<sup>26</sup> Κωνσταντινίδης Άρης, Η αρχιτεκτονική της αρχιτεκτονικής, ημερολογιακά σημειώματα, ΑΓΡΑ, σελ. 306

Ο Πολύγνωτος, φαίνεται πως δε ζωγράφιζε με καθαρά αδιαβάθμητα χρώματα αλλά χρησιμοποιούσε ένα απλοποιημένο σύστημα τόνων. Γενικότερα η κλίμακα της αρχαίας τετραχρωμίας είναι μία κλίμακα με χαμηλές εντάσεις και αμβλυμένες αντιθέσεις. Η επιλογή λοιπόν του περιορισμού σε τέσσερα χρώματα και στην κλίμακα των τόνων που παράγονται από τη μίξη τους δεν είναι αποτέλεσμα ανάγκης. Δεν έλειπαν οι τεχνικές δυνατότητες ή τα υλικά για μία πιο πολύχρωμη ζωγραφική. Η επιλογή της λιτότητας και της χρωματικής αυστηρότητας ήταν δίχως αμφιβολία ηθελημένη, όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Κωνσταντινίδης.

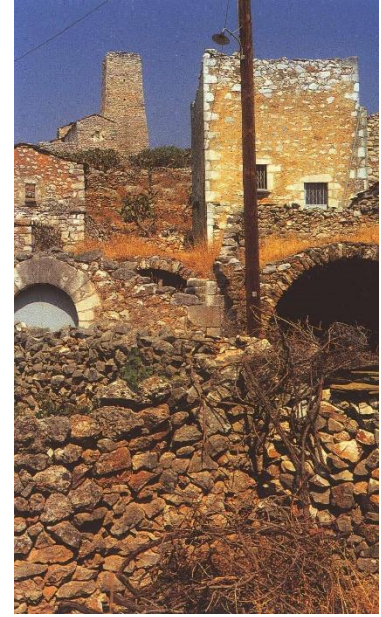
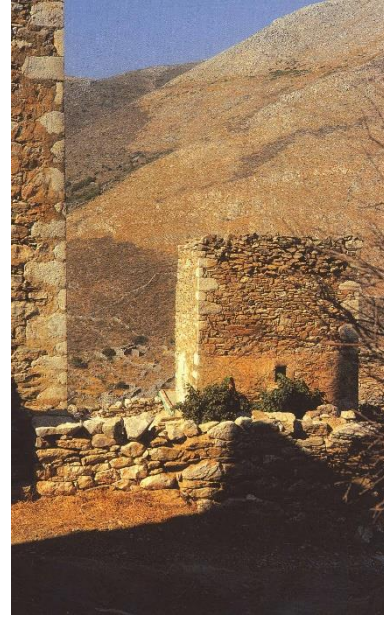
Η **Πολυγνώτεια κλίμακα** δεν είναι σημαντική μόνο διότι αφορά πολλούς αιώνες στο άκουσμα της, αλλά επειδή την έχουν ενσωματώσει στα έργα τους τόσο ζωγράφοι, όσο αρχιτέκτονες, γλύπτες, αγγειογράφοι κλπ. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αρχιτεκτόνων είναι ο Πικιώνης, ο Μητσάκης, Ο Κωνσταντινίδης, ο Κρόκος και ο Φατούρος αλλά και ζωγράφων όπως ο Μυταράς, ο Τσαρούχης, ο Παρθένης και ο Μόραλης.

Κατά την εκλογή συγκεκριμένων χρωμάτων, θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη και ο **φυσικός φωτισμός** της χώρας ή της περιοχής και τα χρώματα του περιβάλλοντος<sup>27</sup>. Έτσι στον ελληνικό χώρο με τον άπλετο και ζωηρό φωτισμό, έχουμε

---

<sup>27</sup> Γαβριλάκης, Σωτηροπούλου, Μαντίκα, Μπούτου, Σούρσος, Το χρώμα στην Αρχιτεκτονική, Διάλεξη, Σχολή Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1972,

αποχρώσεις χρωμάτων ενώ προς τις Βόρειες χώρες τα χρώματα γίνονται πιο καθαρά. Ένας από τους αρχιτέκτονες της εποχής που μελέτησε την αρχιτεκτονική του τόπου μας και παράλληλα επηρεάστηκε από το μοντέρνο κίνημα, ο Άρης Κωνσταντινίδης, -όπως προαναφέραμε-, αναφέρει σε κείμενα του πως οι Έλληνες από τους αρχαίους μέχρι παραδοσιακούς τεχνίτες, έχτιζαν με χρώμα. Με πραγματική λύπη και απογοήτευση δηλώνει πως, στον τόπο μας, τον νεοελληνικό μας τόπο, που θέλει την αρχιτεκτονική άσπρη ενώ η πραγματικότητα λέει πως η αρχιτεκτονική, η Ελληνική, ήταν ανέκαθεν έγχρωμη και που έτσι έβγαινε να είναι αληθινά Ελληνική<sup>28</sup>. Επομένως, η άποψη του δε συνάδει σε καμία περίπτωση με την επικρατούσα εσφαλμένη αντίληψη των σημερινών πάλλευκων οικισμών στην ελληνική λαϊκή αρχιτεκτονική. Σπίτια μεμονωμένα αλλά και οικισμοί είχαν χρώμα, που έδεναν το ένα με το άλλο και η κτηριακή τους μάζα αποτελούσαν συνέχεια του εδάφους αλλά και του φυσικού περιβάλλοντος<sup>29</sup>.



**Εικόνα 14, 15:** Τοπίο στη σύγχρονη Ελλάδα, **Πηγή:** "Τα θεόχτιστα", σελ 110, 111

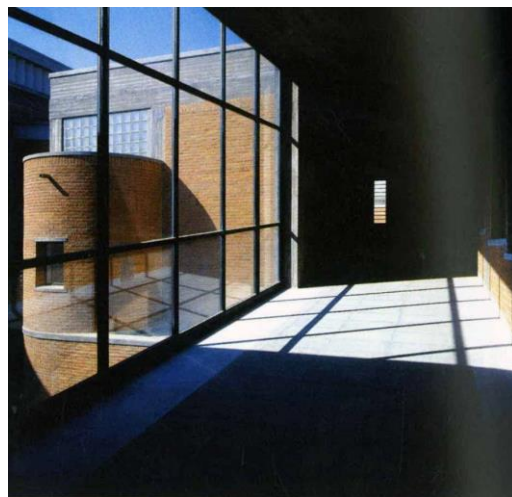
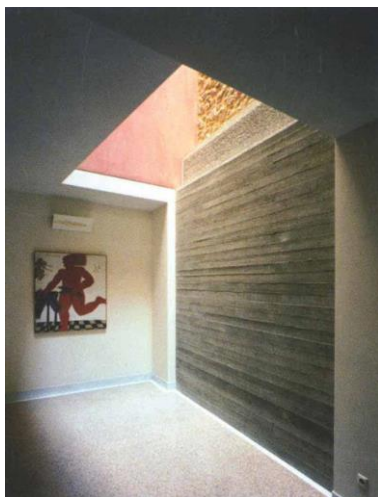
<sup>28</sup> Κωνσταντινίδης Άρης, Η αρχιτεκτονική της αρχιτεκτονικής, ημερολογιακά σημειώματα, ΑΓΡΑ, σελ. 306

<sup>29</sup> Παπαϊωάννου Τάσης, Φασιανός Αλέκος, Αρχιτεκτονική και Χρώμα, εκδ. Νηρέας, Αθήνα, 2009, σελ. 21



Ο **Παρθένης** μέσα από τα έργα του φαίνεται να έχει ιδιαίτερη προτίμηση **στις καλοψημένες όμπρες**, στο **λαδί**, **χακί**, **γκρι** και **ανοιχτό μπλε** (πολυγνώτεια κλίμακα).

**Εικόνα 16, 17:** Πίνακας Κωνσταντίνου Παρθένη, **Πηγή:** <http://www.eikastikon.gr/arxitektoniki/pikionis/drawings.html>



**Εικόνα 18, 19:** Πολυκατοικία/Ιδιωτικό μουσείο Φασιανού, **Πηγή:** Βιβλίο Κυριάκου Κρόκου, σελ. 26

-γμاتا γίνεται μία μετάβαση από την **ύλη**, στην **υφή** κι έπειτα στο **χρώμα**. «Τριγύρω μας υπάρχουν πάρα πολλές επιφάνειες, διαφορετικές μεταξύ τους. Θα μπορούσε να πει κανείς ότι πρόκειται για την **επιδερμίδα της φύσης**. Είναι αυτό που καλύπτει

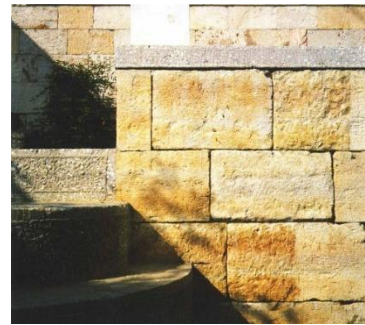
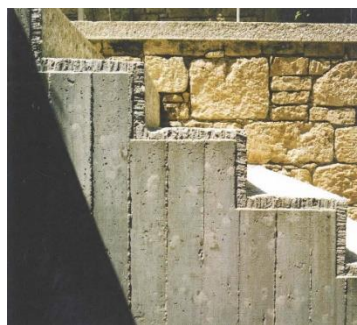
Στο συγκεκριμένο παράδειγμα της **πολυκατοικίας/Ιδιωτικού μουσείου Φασιανού** από τον **Κυριάκο Κρόκο**, χαρακτηριστικά αναφέρει πως <<η μορφή που προκύπτει από τη σύλληψη του χώρου και την επιμέλεια της κατασκευαστικής διάρθρωσης αναδεικνύεται, με όλες τις **υλικές** της **ποιότητες**, μέσα από το **φως**>>. Χωρίς το φυσικό φωτισμό δηλαδή, δεν είναι εφικτό να αποδοθεί τόσο η υλικότητα όσο και η αρτιότητα αυτού. Με τη βοήθεια του Κρόκου και τα ιδιαίτερα αρχιτεκτονικά του επιτεύ-



την ύλη και αποτελεί τον κόσμο μας και έχει διαφορετικό **χρώμα, σχήμα και υφή**. Η υφή είναι οτιδήποτε καλύπτει εξωτερικά την ύλη. Ωστόσο οι υφές είναι άπειρες και μας δίνουν άπειρες διαφορετικές πληροφορίες»<sup>30</sup>, όπως αναφέρει χαρακτηριστικά ο **Μυταράς**.



**Διαφορετικές υλικότητες.** Η κατοικία διαμορφώθηκε εξωτερικά με **εμφανή φέροντα οργανισμό** από **σκυρόδεμα** και τους τοίχους πλήρωσης από **τσιμεντότουβλα** σε **απόχρωση ώχρας**. Στον διαχωρισμό δρώντων και αδρανών στοιχείων, αλλά και στη μεταξύ τους **σχέση, υλική, χρωματική και τονική**, στηρίχθηκε η προσπάθεια της μορφολόγησης του κτίσματος και της παρουσίας του μέσα στο **φως**, αναφέρει ο Κρόκος.



**Εικόνα 20, 21, 22, 23:** Κατοικία Βέττα στη Φιλοθέη, **Πηγή:** Βιβλίο Κυριάκου Κρόκου, σελ. 143



**Συμβατικά δοκίμια** και δοκίμια με υδραυλική άσβεστο και νταμαρίσια άμμο σε **απόχρωση ώχρας**.

**Εικόνα 24, 25:** Πειραματικά δοκίμια, **Πηγή:** Προσωπικό αρχείο

<sup>30</sup> Μυταράς Δημήτρης, Λαμπράκη-Πλάκα Μαρίνα, Γριμάνη Άννα, «Η γλώσσα της τέχνης», σελ. 30



**Εικόνα 26, 27:** Πίνακας Τσαρούχη Γιάννη, **Πηγή:** <http://www.eikastikon.gr/arxitektoniki/pikionis/drawings.html>



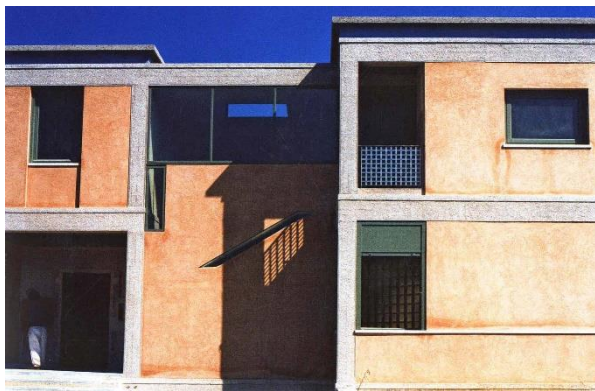
Ο Γιάννης **Τσαρούχης** (1910–1989) σπουδαίος ζωγράφος, χρησιμοποιεί **γαιώδη χρώματα** με ήπιες αντιθέσεις και συγκεκριμένα **λαδί, χακί, γκρι, χοντροκόκκινο, μπλε και λευκό**.



**Εικόνα 28, 29:** Πίνακας Πικιώνη Δημήτρη, **Πηγή:** <http://www.eikastikon.gr/arxitektoniki/pikionis/drawings.html>

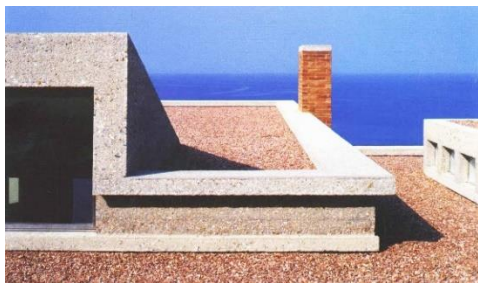


Αντίστοιχα και ο **Πικιώνης**, αρχιτέκτονας και ζωγράφος, παθιαζόταν με το χρώμα, με τη σημασία, την επιλογή του στη συγκεκριμένη θέση και με τη γειτονία των χρωμάτων μεταξύ τους. Χρησιμοποιεί χρώματα και αποχρώσεις χρωμάτων της **τετραχρωμικής παλέτας**.



**Εικόνα 30 , 31:** Κατοικία Βεργέτη στην Εκάλη, **Πηγή:** Βιβλίο Κυριάκου Κρόκου, σελ. 194-195

Στην περίπτωση της **κατοικίας Βεργέτη** στην **Εκάλη**, παρατηρούμε στοιχεία μοντέρνας αρχιτεκτονικής, τόσο από άποψη της υφής του υλικού όσο και από το χρωματισμό αυτής, καθώς τείνει σε **αποχρώσεις χρωμάτων** και πιο ειδικά σε **απόχρωση χοντροκόκκινου**.



**Εικόνα 32 , 33:** Κατοικία Ανδρεάδη στην Κασσάνδρα Χαλκιδικής, **Πηγή:** Βιβλίο Κυριάκου Κρόκου, σελ. 209

Ακόμη, με την **κατοικία Ανδρεάδη** στην **Χαλκιδική**, έργο του Κρόκου, γίνεται ένα επιτυχές πέρασμα από την **υλη** στην **υφή** και από την υφή στο **χρώμα** αφού παρατηρεί κανείς τις διαφορετικές υλικότητες αλλά και αποχρώσεις που ταυτίζονται με τα φυσικά έγχρωμα ορυκτά του πειραματικού μέρους . [57]





**Εικόνα 34 , 35, 36:** Χρωματικές προτάσεις όψης Πρακτικού Λυκείου Αμπελοκήπων, **Πηγή:** [https://www.benaki.gr/index.php?option=com\\_collectionitems&view=collectionitem&id=143839&Itemid=&lang=el](https://www.benaki.gr/index.php?option=com_collectionitems&view=collectionitem&id=143839&Itemid=&lang=el)

Επίσης, χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το **Πρακτικό Λύκειο Αμπελοκήπων** (1930-1931) του Νίκου **Μητσάκη**. Τα χρώματα που επιλέγει ο αρχιτέκτονας είναι το **λευκό και αποχρώσεις ώχρας**, κεραμιδί και πράσινου(προς λαδί, καθώς είναι αναμειγμένο με ώχρα), χαρακτηριστικά χρώματα της ελληνικής νέο-κλασσικής αλλά και λαϊκής αρχιτεκτονικής. Η Πολυγνώτεια κλίμακα για ακόμη μία φορά ενσωματώνεται στα αρχιτεκτονήματα της Ελληνιστικής περιόδου.



Το ίδιο και οι **κατοικίες** στην **Πεντέλη**, που είναι επίσης ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μοντέρνας αρχιτεκτονικής, του Κυριάκου Κρόκου. Η βάση εκφράζεται από **επένδυση πέτρας**, ο κορμός από **επιχρισμένες επιφάνειες** σε χαρακτηριστικά **χρώματα ώχρας και χοντροκόκκινου**. Οι <<πεσσοί>> χαρακτηρίζονται από **εμφανές πελεκητό μπετόν**.

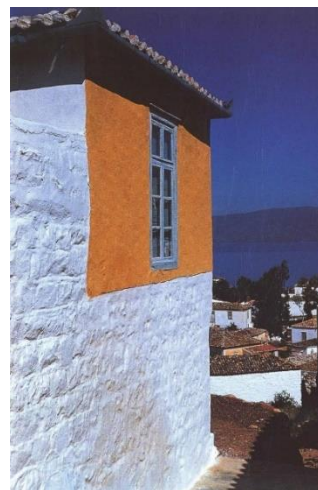
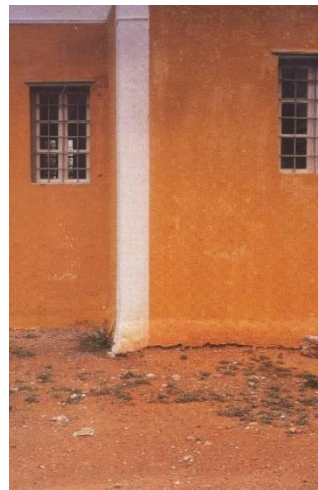
**Εικόνα 37 , 38, 39, 40:** Κατοικίες στην Πεντέλη, **Πηγή:** Βιβλίο Κυριάκου Κρόκου, σελ. 209





Η **χρωματική απόδοση** των **δοκιμίων** φαίνεται να είναι πολύ κοντά με το παράδειγμα των **κατοικιών** της **Πεντέλης**, γεγονός που φανερώνει την επιλογή και τη διάθεση από την **Ελληνιστική εποχή** έως και σήμερα να χρησιμοποιούν αυτές τις **αποχρώσεις** της **ώχρας** και του **χοντροκόκκινου** αλλά και τις **επιχρισμένες επιφάνειες**.

**Εικόνα 41 , 42:** Πειραματικά δοκίμια, **Πηγή:** Προσωπικό αρχείο



Τέλος, μέσα από τις φωτογραφίες που ο ίδιος ο **Κωνσταντίνιδης** έχει αποτυπώσει, είναι ξεκάθαρο το πώς τα χρώματα που χρησιμοποιούσαν εκατοντάδες χρόνια πριν ενσαρκώνονται άψογα στο **τοπίο** και το πώς αυτές οι **χρωματικές παλέτες** εξακολουθούν να κάνουν τις εμφανίσεις τους ακόμα και σήμερα σε πολλά αρχιτεκτονήματα.



**Εικόνα 46 , 47, 48 , 49:** προσωπικές φωτογραφίες Κωνσταντινίδη,  
**Πηγή:** Βιβλίο "Τα Θεόχτιστα", σελ. 217, 265, 274, 285



**Εικόνα 50:** Φυσικές ώχρες, **Πηγή:** Προσωπικό αρχείο

**Φυσικά έγχρωμα ορυκτά** που χρησιμοποιήθηκαν στο πειραματικό μέρος. Ίδια χρωματική παλέτα με τις σύγχρονες τοπιακές φωτογραφίες του Κωνσταντινίδη.

### 3.5. ΏΧΡΑ ΑΓΙΟΓΡΑΦΙΑΣ<sup>31</sup>

Οι κυριότερες χρωστικές στην Αρχαία Ελλάδα, ήταν :

- **Κόκκινα χρώματα**

**Κόκκινες ώχρες:** Οι κόκκινες ώχρες, γνωστές και ως φυσικές γαίες, είναι αργιλοπυριτικά πετρώματα (συνήθως καολινίτη) πλούσια σε οξείδια του σιδήρου ή παράγονται από το ψήσιμο της κίτρινης ώχρας. Συχνά εμπεριέχουν και άλλα ορυκτά όπως πυρολουσίτη και ανθρακικό ασβέστιο τα οποία επηρεάζουν το αποτέλεσμα της χρωστικής. Το χρώμα τους



**Εικόνα 51:** Κόκκινη ώχρα, **Πηγή:** [www.powertex.gr](http://www.powertex.gr)

<sup>31</sup> Διπλωματική εργασία, «Μη καταστρεπτικός προσδιορισμός και ταυτοποίηση των χρωστικών σε μυκηναϊκές τοιχογραφίες 13ου – 12ου αι. π.Χ. με τη χρήση φασματοσκοπικών μη καταστρεπτικών μεθόδων», Περγαντή Μαρία, Αθήνα 2015

εξαρτάται από την περιεκτικότητα των οξειδίων του σιδήρου και περιλαμβάνει ένα φάσμα από πορτοκαλί, κόκκινες ως και καφέ αποχρώσεις.

Η χρωστική με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε οξείδιο του σιδήρου και κυριότερη πηγή για το κόκκινο χρώμα, είναι ο αιματίτης ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Πρόκειται για κοινό σιδηρούχο ορυκτό των ιζημάτων και μεταμορφωμένων ιζημάτων με μεταλλική, ημιμεταλλική ή και θαμπή λάμψη. Το χρώμα του είναι καστανόμαυρο, κάποιες φορές καστανοκόκκινο, ενώ μπορεί να παρουσιάζει και ιριδίζουσα χροιά, όταν όμως λειοτριβηθεί παρουσιάζει κερασόχρωση ή καστανοκόκκινη χροιά. Βρίσκεται με λειμωνίτη, μαγνητίτη, σιδηρίτη, ιλμενίτη, χαλκηδόνιο κ.ά.

Οι αρχαίοι χαρακτήριζαν όλα τα γαιώδη κόκκινα με τον όρο «μίλτος» (rubrica στα λατινικά). Κύρια πηγή της κόκκινης ώχρας, κατά την κλασική αρχαιότητα, αποτελούσε ο Εύξεινος Πόντος. Η καλύτερη ποιότητα κόκκινης ώχρας, γνωστή ως Σινωπική μίλτος - ώχρα (sinopis), προερχόταν από την Καππαδοκία και εξαγόταν από την πόλη Σινώπη, στη νότια ακτή της Μαύρης Θάλασσας, από την οποία πήρε και το όνομα της. Ήταν σχετικά καθαρός αιματίτης κι είχε χρώμα σαν αυτό του συκωτιού. Ήταν τόσο φημισμένη στην αρχαιότητα όπου ο όρος σινωπίς κατέληξε συνώνυμο του κόκκινου χρώματος. Καλύτερης ποιότητας μίλτου θεωρούταν και η Λημνία που προερχόταν από τις σπηλιές της Λήμνου, και μάλιστα κάποιοι τη θεωρούσαν ακόμη καλύτερη κι από τη Σινωπική, ενώ με βάση τον Θεόφραστο, καλύτερη είναι εκείνη της Κέας.

Η ψημένη κίτρινη ώχρα δεν είναι απαραίτητο να είναι κατώτερης ποιότητας από μία φυσική κόκκινη ώχρα, επειδή όμως οι περισσότερες ώχρες περιέχουν αρκετά μεγάλη αναλογία άμμου και αργίλου, ενδεχομένως το τελικό προϊόν να περιέχει μικρότερη ποσότητα οξειδίου του σιδήρου από τη φυσική, με αποτέλεσμα να μειώνεται η χρωστική της δύναμη.

- **Κίτρινα χρώματα**

**Κίτρινες ώχρες:** Οι κίτρινες ώχρες είναι προϊόντα αποσαθρώσεως σιδηρούχων ορυκτών κάτω από οξειδωτικές συνθήκες. Αποτελούνται κυρίως από οξείδια του σιδήρου,  $\text{FeO}$  και  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , σε ένυδρη μορφή, αναμιγμένα με αργιλοπυριτικά (συνήθως καολίνη) και άλλα ορυκτά.

Κυριότερο ορυκτό ένυδρου οξειδίου του σιδήρου αποτελεί ο Γκαϊπίτης  $\text{FeO}(\text{OH})$ . Άλλη διαδεδομένη μορφή της κίτρινης ώχρας αποτελεί ο Λειμωνίτης  $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Σαν ορυκτά παρουσιάζουν διάφορες αποχρώσεις από κίτρινο, καστανό, φαιοκάστανο μέχρι και μαύρο οι οποίες οφείλονται στα οξείδια και τα 14 υδροξείδια (κιτρινωπό) του σιδήρου. Και τα δύο έχουν μεταλλική ή μεταξώδη λάμψη και η σκόνη τους είναι φαιοκάστανη ή κίτρινη.

Η κίτρινη ώχρα, όταν θερμανθεί, μετατρέπεται σε κόκκινη κι όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία τόσο πιο πλούσιο και κορεσμένο χρώμα παράγεται. Ωστόσο, πρέπει να είναι απαλλαγμένη από διάφορες προσμίξεις όπως κιμωλία, ώστε να μην οδηγηθεί σε γρήγορη ασβεστοποίηση. Χαρακτηρίζεται από την χημική της σταθερότητα και την καλυπτική της ικανότητα αλλά απαιτεί μεγάλο ποσοστό συνδετικού μέσου, ενώ παράλληλα διατίθεται σε χαμηλό κόστος.

- **Μαύρα χρώματα**
- **Λευκά χρώματα**
- **Μπλε χρώματα**
- **Πράσινα χρώματα**



**Εικόνα 52:** Κίτρινη ώχρα, **Πηγή:**  
[www.powertex.gr](http://www.powertex.gr)

Όπως θα δει κανείς στη συνέχεια του πειραματικού μέρους έχουν χρησιμοποιηθεί φυσικά έγχρωμα ορυκτά σε μορφή σκόνης σε αποχρώσεις χοντροκόκκινου και ώχρας(κίτρινης απόχρωσης).

### 3.6. ΧΡΩΜΑΤΑ - ΒΑΦΕΣ

Τα χρώματα και οι βαφές ταξινομούνται με βάση τη σύνθεσή τους και τις ουσίες που περιέχουν. Τα κυριότερα συστατικά τους είναι οι συνδετικές ουσίες, οι διαλύτες, τα διογκωτικά και τα πρόσθετα. Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα των χρωμάτων είναι η απελευθέρωση κατά την εφαρμογή τους οργανικών ενώσεων. Είναι γνωστό πως η αυξημένη συγκέντρωση αρωματικών υδρογονανθράκων στο εσωτερικό περιβάλλον των κτιρίων μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας στους ενοίκους.

Οι κυριότεροι εμπορικοί τύποι χρωμάτων και τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι:

- **Ακρυλικές βαφές:** είναι βαφές που περιέχουν ακρυλικές ρητίνες ως συνδετικά υλικά. Η περιεκτικότητά των οργανικών διαλυτών στις ακρυλικές βαφές είναι το 10% της αντίστοιχης των συμβατικών χρωμάτων, ενώ ο διαλύτης που χρησιμοποιείται είναι το νερό. Το μειονέκτημα τους είναι ότι περιέχουν επιβλαβή συστατικά όπως αντιδιαβρωτικές ουσίες και έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την παραγωγή τους.
- **Φυσικά χρώματα:** το πλεονέκτημα των φυσικών χρωμάτων είναι η χρήση συστατικών φυτικής ή ζωικής προέλευσης, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους τύπους χρωμάτων που χρησιμοποιούν το πετρέλαιο ως βάση. Τα απόβλητα των φυτικών χρωμάτων είναι γενικά βιολογικά αποσπώμενα. Από την άλλη μεριά, η χρήση αρωματικών υδρογονανθράκων στους διαλύτες αποτελεί πρόβλημα.
- **Βραστές βαφές:** οι βαφές αυτού του τύπου είναι φυσικές και παράγονται με μακράς διάρκειας βράσιμο φυτικών προϊόντων. Περιέχουν θειικό σίδηρο ως συντηρητικό, νερό και φυσικές χρωστικές. Το είδος αυτό βαφών προκαλεί μικρή ρύπανση και χρησιμοποιείται ευρέως στις Σκανδιναβικές χώρες αλλά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εξωτερικά κουφώματα.

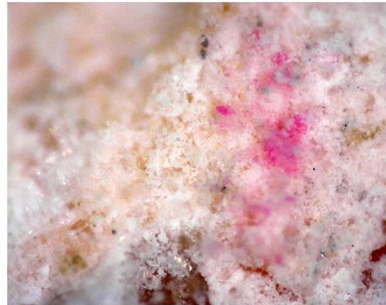
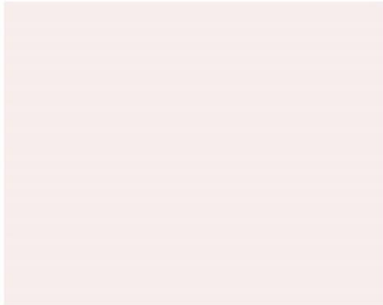
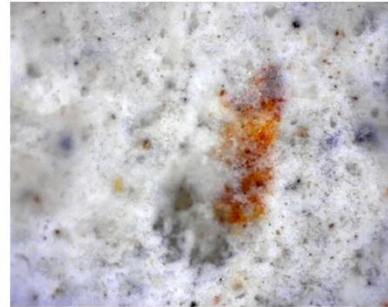
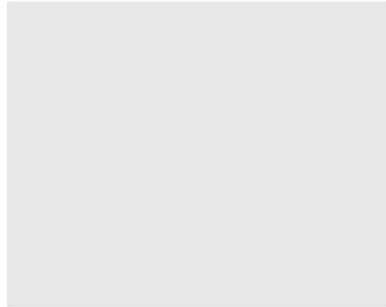
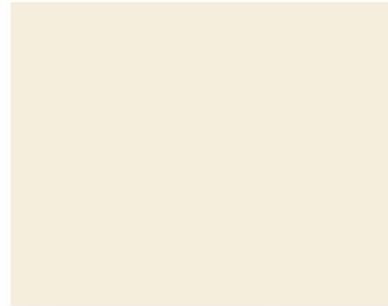
- **Βαφές Alkyd:** τα χρώματα αυτά περιέχουν alkyd ως συνδετικό προϊόν και αρωματικούς υδρογονάνθρακες ως διαλυτικά. Όλα τα συμβατικά χρώματα ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Εξελιγμένη μορφή το τύπου αυτού χρωμάτων είναι τα χρώματα με «υψηλή περιεκτικότητα σε στερεό» και το πλεονέκτημά τους είναι ότι περιέχουν μικρή ποσότητα οργανικών διαλυτών<sup>32</sup>.

Κατά τη διαδικασία του πειραματικού μέρους χρησιμοποιήθηκε ακρυλική βαφή εμπορίου εξωτερικής επιφάνειας σαν επικάλυψη στα δοκίμια με την υδραυλική άσβεστο.

---

<sup>32</sup> ΔΙΠΕ, 2000





#### 4. ΨΥΧΡΑ ΥΛΙΚΑ (COOL MATERIALS)

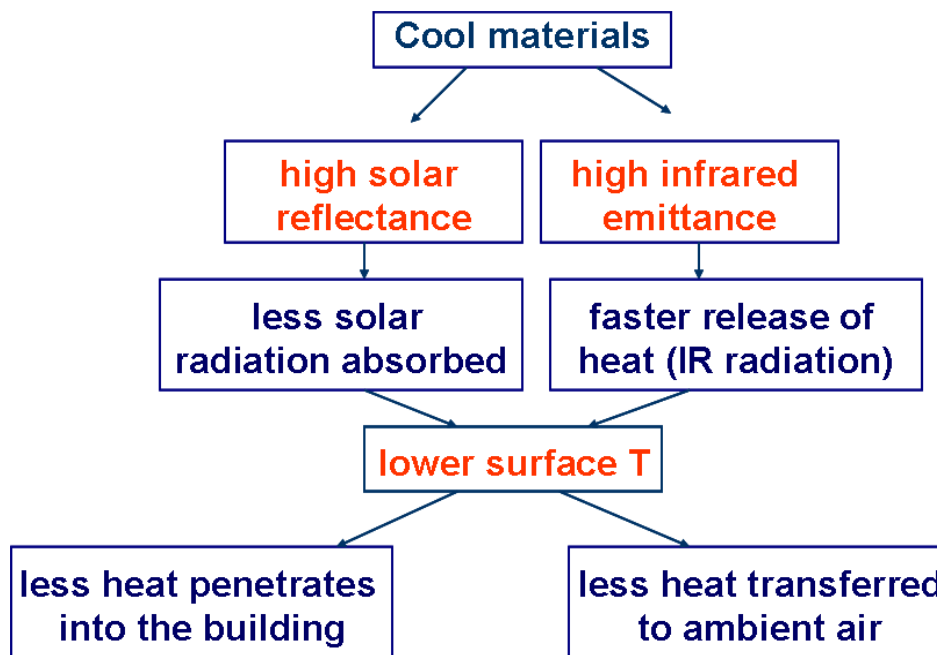
#### 4. ΨΥΧΡΑ ΥΛΙΚΑ (COOL MATERIALS)

##### 4.1. ΟΡΙΣΜΟΣ

**Ψυχρά υλικά** ονομάζονται τα λευκά ή έγχρωμα υλικά που μπορούν να εφαρμοστούν στο κέλυφος ενός κτιρίου, αλλά και σε άλλες επιφάνειες του αστικού δομημένου περιβάλλοντος (π.χ. πεζοδρόμια) μειώνοντας την αναπτυσσόμενη σε αυτά θερμοκρασία. Χαρακτηριστικό των ψυχρών υλικών είναι η υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία σε σύγκριση με συμβατικά υλικά του ίδιου χρώματος και ο υψηλός δείκτης εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η εφαρμογή τους εξασφαλίζει χαμηλότερη επιφανειακή θερμοκρασία.

Τα ψυχρά υλικά, σύμφωνα με τον ορισμό που δόθηκε, χαρακτηρίζονται **από υψηλή ανα-**

**κλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία** (albedo) και **υψηλό δείκτη εκπομπής** σε ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος κατά τη διάρκεια της ημέρας (emissivity) (σχήμα 1), με αποτέλεσμα να απορροφούν λιγότερη θερμότητα και να την απελευθερώνουν γρηγορότερα, μειώνοντας την επιφανειακή θερμοκρασία των υλικών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να



**Σχήμα 1:** Βασικές αρχές των ψυχρών υλικών, **Πηγή:** <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X10004020>



εισχωρεί λιγότερη θερμότητα στο εσωτερικό ενός κτηρίου στο οποίο εφαρμόζονται, άρα και να μεταφέρεται λιγότερη στον περιβάλλοντα χώρο<sup>33</sup>.

## 4.2 ΕΙΔΗ ΨΥΧΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα **είδη ψυχρών υλικών** συνοψίζονται σε τρεις κυρίως κατηγορίες :

1. τα **χρώματα** και τις **επικαλύψεις** (επίχρισμα),
2. τις **μεμβράνες οροφής**, και, τέλος
3. τα **κεραμίδια** και τις **πλάκες**.

**Ανοιχτόχρωμες βαφές** παρασκευάζονται με προσθήκη χρώματος σε λευκές βαφές. Η ανακλαστικότητά τους είναι κατά συνέπεια μειωμένη και κυμαίνεται από 0,4 έως 0,7, ανάλογα με την ποσότητα του προστιθέμενου χρώματος. Ο συντελεστής εκπομπής τους όμως παραμένει ο ίδιος όπως και για τα λευκά χρώματα. Τα χρώματα αλουμινίου παρασκευάζονται συνήθως από ασφαλικού τύπου ρητίνες που περιέχουν ρινίσματα αλουμινίου. Ο συνδυασμός πραγματοποιείται έτσι ώστε τα ρινίσματα αλουμινίου να συγκεντρώνονται στο ανώτερο στρώμα της επικάλυψης εξασφαλίζοντας μεγαλύτερη ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία καθώς και προστασία του ασφαλικού υποστρώματος από την υπέρυθρη ακτινοβολία. Η ανακλαστικότητα των χρωμάτων αλουμινίου κυμαίνεται στο 50%, αλλά ο συντελεστής εκπομπής τους είναι σχετικά μικρός (0,4-0,6).

---

<sup>33</sup> M. Santamouris et al, 2008

Ως **επικαλύψεις** ή αλλιώς **επίχρισμα** ονομάζεται το μίγμα ανόργανων συνδετικών υλικών, αδρανών, νερού και μερικές φορές και ειδικών πρόσμικτων ή και πρόσθετων, που εφαρμόζεται σε τοίχους και οροφές σε μια ή περισσότερες στρώσεις. Τα επιχρίσματα διακρίνονται σε εξωτερικά και εσωτερικά. Δεν αποκτούν τα τελικά χαρακτηριστικά τους πριν να ολοκληρωθεί η σκλήρυνση τους μετά την εφαρμογή. Τα χαρακτηριστικά αυτά εξαρτώνται από το τύπο ή τους τύπους των συνδετικών υλικών που χρησιμοποιούνται, από τις αναλογίες τους και από το πάχος των στρώσεων. Ειδικές ιδιότητες στα επιχρίσματα μπορούν να προσδώσουν ο τύπος των αδρανών, τα πρόσμικτα ή και τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται<sup>34</sup>.

**Οι μεμβράνες οροφής** συνήθως περιέχουν ένα 'ύφασμα' από fiberglass, ή πολυεστερικό υλικό, που συνδυάζεται με ένα ευέλικτο πολυμερές υλικό όπως η ασφαλτος και το EPDM (συνθετικό ελαστικό). Γενικά, οι μεμβράνες κατασκευάζονται από αδιάβροχα ευέλικτα και σκληρά υλικά και αποτελούνται από ένα ή από πολλαπλά στρώματα. Το χρώμα και η ανακλαστικότητα των μεμβρανών εξαρτώνται από την ανώτερη επιφάνειά τους, η οποία συνήθως φτάνει έως και 0,8 ενώ ο συντελεστής εκπομπής τους κυμαίνεται στο 0,9.

Τέλος, κατά τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί **πλακίδια ή κεραμικά** για το εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων, που παρουσιάζουν σχετικά μεγάλη ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία. Ανάλογα με το χρώμα τους η ανακλαστικότητα τους κυμαίνεται από 0,3 έως 0,8, ενώ ο συντελεστής εκπομπής τους είναι συνήθως γύρω στο 0,9<sup>35</sup>.

### 4.3. ΧΡΗΣΕΙΣ ΨΥΧΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

---

<sup>34</sup> [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL\\_GUIDES/P\\_KONIAMATA/ko3.1.htm](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL_GUIDES/P_KONIAMATA/ko3.1.htm)

<sup>35</sup> ΔΙΠΕ, 2000

Η μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας των κατασκευών στις οποίες εφαρμόζονται τα ψυχρά υλικά τα καθιστά ιδιαίτερα σημαντικά στον τομέα της παθητικής εξοικονόμησης ενέργειας σε μια εποχή όπου οι αστικές περιοχές, βιώνουν έντονα το «φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας». Πρόκειται για το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα σε αστικές περιοχές σε αντίθεση με αυτήν της υπαίθρου. Η ένταση του φαινομένου εκτιμάται από τη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του κέντρου της πόλης και της ανοιχτής υπαίθρου, η οποία αρχίζει να παρατηρείται νωρίς το μεσημέρι και αποκτά τη μέγιστη τιμή της δύο ή τρεις ώρες μετά τη δύση του ήλιου, όταν τα υλικά αρχίζουν να αποβάλλουν τη θερμότητα που αποθήκευσαν κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Το φαινόμενο της «αστικής θερμικής νησίδας» (Urban Heat Island Effect), κυρίως σε νότιες περιοχές με θερμό κλίμα έχει ως συνέπεια την αυξημένη ανάγκη για κλιματισμό και κατά συνέπεια την μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση, την ανύψωση της μέγιστης ενεργειακής κατανάλωσης σε ώρες αιχμής και το κόστος της ενέργειας. Προκαλεί, ακόμα, θερμική δυσφορία σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους, ενώ επηρεάζει αρνητικά το αστικό περιβάλλον αυξάνοντας τις χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα, λόγω της αύξησης της θερμότητας, οι οποίες έχουν σαν συνέπεια τη δημιουργία υψηλών συγκεντρώσεων όζοντος<sup>36</sup>. Από μελέτη που έχει διεξαχθεί στο αστικό περιβάλλον της Αθήνας με κλιματικές μετρήσεις σε 30 αστικούς και επαρχιακούς σταθμούς κατά τη θερινή περίοδο του 1997, η καθημερινή ένταση του φαινομένου έφτανε περίπου τους 10 °C<sup>37</sup>.

---

<sup>36</sup> Akbari H. et al, 1992

<sup>37</sup> Santamouris M et al, 1999

<sup>37</sup> Oke T.R. et al, 1991

Στην ένταση του φαινομένου μεγάλο ρόλο παίζει ο αστικός σχεδιασμός, το λεγόμενο «αστικό φαράγγι» (canyon radiative geometry), η ανθρωπογενής θερμότητα και οι φυσικές ιδιότητες των υλικών κατασκευής των δρόμων<sup>39</sup>. Το αστικό φαράγγι ερμηνεύεται ως η συσσώρευση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από τις κτηριακές επιφάνειες και τις επιφάνειες των δρόμων, η οποία προσκρούει στις επιφάνειες του περιβάλλοντα χώρου και παγιδεύεται. Έπειτα, η ηλιακή ακτινοβολία και οποιαδήποτε διαθέσιμη μορφή θερμότητας μπορεί να αυξήσει αισθητά την αποθήκευση θερμότητας σε ένα αστικό συγκρότημα κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπου επιδεινώνει το φαινόμενο. Η αποθηκευμένη αυτή ενέργεια απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα της πόλης κατά τη διάρκεια της νύχτας με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία του αέρα<sup>39</sup>.

Η σημασία των υλικών αντικατοπτρίζεται και από το γεγονός ότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις αστικές κατασκευές καθορίζουν την παγκόσμια ανακλαστικότητα των πόλεων. Τυπικές τιμές αυτής σε ευρωπαϊκές και αμερικανικές πόλεις κυμαίνονται γύρω στο 0,15-0,30, ενώ σε πόλεις της βόρειας Αφρικής η τιμή αυτή έχει υπολογιστεί ότι είναι περίπου ίση με 0,45 - 0,6<sup>40</sup>. Ακόμα, σύμφωνα με έρευνες, αναφέρονται σχετικές τιμές θερμοκρασίας 38°C πάνω από γρασίδι, 61°C πάνω από άσφαλτο, 73°C πάνω από τεχνητό γκαζόν και 45°C σε λευκά πεζοδρόμια<sup>41</sup>.

Οι ρίζες της εξέλιξης των ψυχρών υλικών ξεκινούν από μια απλή παρατήρηση. Στην επιστήμη της αρχιτεκτονικής ανέκαθεν αναγνωριζόταν ότι τα ανακλαστικά χρώματα κτηρίων προκαλούν μείωση των θερμικών τους φορτίων. Από εκεί ξεκίνησε μια σειρά μελετών για την εκτίμηση της δυνατότητας ψύξης από την εφαρμογή ανακλαστικών υλικών. Οι Givoni και Hoffman (1968) ανέφεραν ότι μη μονωμένα, μικρά κτήρια με άσπρους τοίχους στο Ισραήλ ήταν ψυχρότερα κατά περίπου 3°C το

---

<sup>39</sup> Santamouris M. et al, 1998

<sup>40</sup> Taha H. et al, 1997

<sup>41</sup> Santamouris M. et al, 2001

καλοκαίρι σε σύγκριση με πανομοιότυπα κτήρια που ήταν βαμμένα γκρι. Οι Taha et al. (1992) μελετώντας την επιφανειακή θερμοκρασία και την ανακλαστικότητα διαφόρων υλικών που χρησιμοποιούνται στις επιφάνειες αστικών κατασκευών διαπίστωσαν ότι λευκά ελαστομερή επιχρίσματα με ανακλαστικότητα μεγαλύτερη του 0,72 ήταν ψυχρότερα κατά 45°C από επιχρίσματα μαύρου χρώματος με ανακλαστικότητα 0,08<sup>42</sup>.

Η χρήση των ψυχρών υλικών αποτελεί μια οικονομική και εύκολη εφαρμογή στην εξοικονόμηση ενέργειας με εμφανή αποτελέσματα στην καταπολέμηση του φαινομένου που περιεγράφηκε παραπάνω. Η μέχρι τώρα έρευνα πάνω στα ψυχρά υλικά έχει προσπαθήσει να εξετάσει την επίδραση των οπτικών και θερμικών ιδιοτήτων των υλικών στη θερμοκρασία του αέρα μιας αστικής περιοχής, καθώς και την δυνατή διατήρηση της ενέργειας κατά τις θερινές περιόδους<sup>43</sup>.

Οι Oke et al. (1991) εξομοιώνοντας την επίδραση των οπτικών και θερμικών ιδιοτήτων αστικών υλικών στην ένταση του φαινομένου της θερμικής νησίδας κατά τη διάρκεια της νύχτας διαπίστωσαν ότι ο δείκτης εκπομπής έχει πολύ μικρή επίδραση. Αντιθέτως, η επίδραση των θερμικών ιδιοτήτων των υλικών έδωσε εμφανείς διαφορές. Συγκεκριμένα, αύξηση του δείκτη εκπομπής από 0,85 σε 1,00 έδωσε μια ελάχιστη αύξηση της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ πόλης και υπαίθρου της τάξεως των 0,4 °C, ενώ για μια επίπεδη έκταση γης, αν η είσοδος θερμότητας στο περιβάλλον της πόλης ήταν 2200 J/m<sup>2</sup>/K και της υπαίθρου ήταν 800 μονάδες χαμηλότερα δημιουργούνταν μια θερμική νησίδα 2°C κατά τη διάρκεια της νύχτας, ενώ με μείωση στα 600 J/m<sup>2</sup>/K στον αστικό χώρο θα δημιουργούνταν μια ψυχρή νησίδα 4°C<sup>44</sup>.

Οι Simpson and McPherson (1997) χρησιμοποιώντας μοντέλα κτηρίων κλίμακας 1/4 ανακάλυψαν ότι λευκές στέγες με ανακλαστικότητα 0,75 ήταν ψυχρότερα κατά 20°C από γκρι ή ασημένιες στέγες με ανακλαστικότητα 0,30 και 0,50 ,αντίστοιχα,

---

<sup>42</sup> A. Synnefa et al, 2005

<sup>43</sup> Akbari H. et al, 1992

<sup>44</sup> Oke T.R. et al, 1991

ενώ παρουσίαζε θερμοκρασία χαμηλότερη κατά 30°C σε σχέση με 22 καφέ οροφές ανακλαστικότητας 0,1. Μετρήσεις έδειξαν επίσης ότι η μεγάλη ανακλαστικότητα ενός υλικού μπορεί να μην αποφέρει μείωση της θερμοκρασίας αν ο δείκτης εκπομπής του υλικού είναι χαμηλός. Οι Synnefa, Santamouris, Livada (2005) ερεύνησαν δεκατέσσερα είδη ανακλαστικών επιχρισμάτων, παρατηρώντας ότι ένα ψυχρό επίχρισμα μπορεί να μειώσει την επιφανειακή θερμοκρασία μιας λευκής τσιμεντένιας πλάκας, υπό υψηλές καλοκαιρινές θερμοκρασίες, κατά 4°C τη μέρα και κατά 2°C τη νύχτα. Την ημέρα μπορεί να είναι θερμότερη από τον αέρα μόνο κατά 2°C και τη νύχτα ψυχρότερη κατά 5,9°C. Διαπιστώθηκε ακόμα ότι τα ψυχρά επιχρίσματα έχουν υψηλότερες θερμικές αποδόσεις σε σύγκριση με άλλα ψυχρά υλικά, όπως το μάρμαρο και το λευκό μωσαϊκό. Σημειώνεται, παρόλα αυτά, ότι η επίδραση της διάβρωσης μπορεί να υποβαθμίσει τη θερμική απόδοση των επιχρισμάτων, επομένως θα πρέπει να προτιμώνται επιχρίσματα με αντίσταση στη διάβρωση και τη σκόνη.

Οι Berg και Quinn (1978) από μελέτη σε υλικά πεζοδρομίων διαπίστωσαν ότι στα μέσα του καλοκαιριού δρόμοι βαμμένοι με λευκό χρώμα και ανακλαστικότητα 0,55 είχαν περίπου την ίδια θερμοκρασία με τον περιβάλλοντα χώρο, ενώ άβαφτοι δρόμοι με ανακλαστικότητα κοντά στο 0,15 ήταν θερμότεροι κατά περίπου 11°C σε σχέση με τον αέρα<sup>45</sup>. Η συνέχεια των μελετών σε υλικά πεζοδρομίου έδειξε ότι η επιφανειακή θερμοκρασία, η αποθήκευση θερμότητας και η εκπομπή της στην ατμόσφαιρα ήταν σημαντικά υψηλότερα για την ασφαλτο από ότι για το τσιμέντο και το χρώμα. Σύμφωνα με τους L. Doulos et al<sup>46</sup>, όσον αφορά υλικά πεζοδρομίου, διαπιστώνεται ότι τα φυσικά χαρακτηριστικά των υλικών που επηρεάζουν την ανακλαστικότητά τους είναι το χρώμα, η υφή της επιφάνειάς τους και το υλικό κατασκευής. Η μελέτη έδειξε ότι οι τραχείς και σκουρόχρωμες επιφάνειες απορροφούν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία από λείες, επίπεδες και ανοιχτόχρωμες επιφάνειες. Οι ψυχρότερες πλάκες ήταν οι λευκού χρώματος και οι θερμότερες οι μαύρες. Ψυχρότερο υλικό κατασκευής αποδείχτηκε το

---

<sup>45</sup> EPA Cool Pavements Study, 2005; Santamouris, 2013

<sup>46</sup> Doulos et al., 2004

μάρμαρο, το μωσαϊκό και η πέτρα, σε αντίθεση με το γρανίτη και το τσιμέντο. Ως προς την **υφή**, οι **λείες** και **επίπεδες επιφάνειες** ήταν **ψυχρότερες σε σχέση με** τις **τραχείς** και **ανάγλυφες**. Παρατηρήθηκε, ακόμα, ότι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά δεν επηρεάζουν σημαντικά τη θερμοκρασία. Αξιοσημείωτο συμπέρασμα είναι, ότι κατά τη διάρκεια της νύχτας η θερμική ισορροπία των υλικών καθορίζεται από το υλικό κατασκευής, το οποίο επηρεάζει το δείκτη εκπομπής, ενώ το χρώμα της επιφάνειας καθορίζει σημαντικά τη θερμική ισορροπία μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, επηρεάζοντας την ανακλαστικότητα.

#### **4.4. ΟΦΕΛΗ ΨΥΧΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ<sup>47</sup>**

##### **1. Μείωση του φορτίου αιχμής για ψύξη και αντίστοιχο οικονομικό όφελος**

Η χρήση ψυχρών υλικών συμβάλλει επίσης στη μείωση του φορτίου αιχμής, η οποία οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας, άρα μείωση του κόστους του ηλεκτρικού ρεύματος, κυρίως για τα εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια, στα οποία η χρέωση εξαρτάται τόσο από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, όσο και από τη μέγιστη ζήτηση (σε kWh) κατά τη διάρκεια της περιόδου χρέωσης. Λόγω του μειωμένου φορτίου αιχμής, σύμφωνα με το οποίο γίνεται η διαστασιολόγηση του συστήματος κλιματισμού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν συστήματα μικρότερης ισχύος. Επιπλέον, η μείωση του φορτίου αιχμής για ψύξη συμβάλλει στη μείωση της πιθανότητας διακοπής ρεύματος σε περιόδους καύσωνα.

##### **2. Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής για τη στέγη και μείωση δαπανών για συντήρηση και επισκευή**

---

<sup>47</sup> Μεταπτυχιακή διατριβή, "Αξιολόγηση επιρροής διαφοροποιημένου αδρανούς στα κονιάματα ως προς τις οπτικές του ιδιότητες", Διακρούσης Στυλιανός, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά, Απρίλιος 2015, Σελ. 7-8-9

Τα ψυχρά υλικά προστατεύουν την επιφάνεια στην οποία έχουν εφαρμοστεί από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία και τη θερμική καταπόνηση. Μια επιφάνεια διαστέλλεται και συστέλλεται καθημερινά, καθώς θερμαίνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και ψύχεται κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αν η επιφάνεια επικαλυφθεί με ανακλαστικό υλικό, οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις όπως και η θερμική καταπόνηση θα είναι μικρότερες, με αποτέλεσμα η στέγη να έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και μικρότερες ανάγκες για συντήρηση και επισκευή.

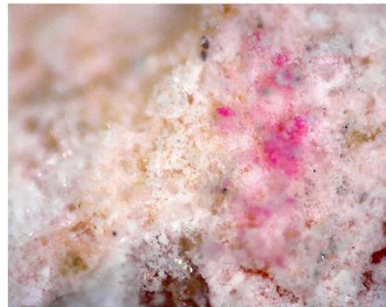
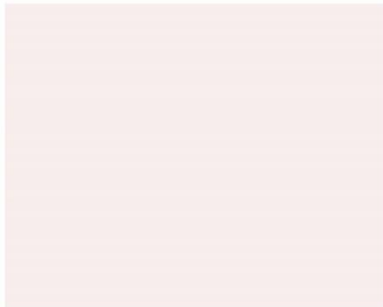
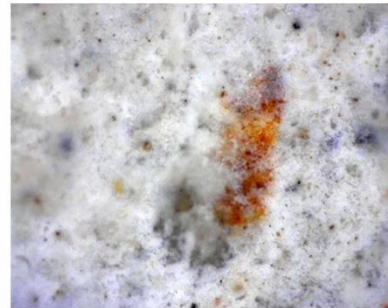
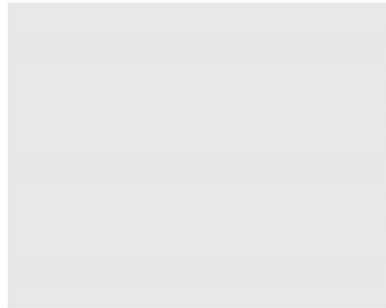
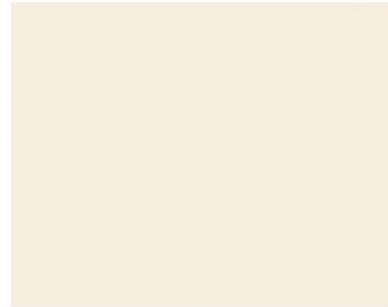
### **3. Αντιμετώπιση του φαινομένου της θερμικής νησίδας**

Η χαμηλότερη επιφανειακή θερμοκρασία που εξασφαλίζουν τα ψυχρά υλικά έχει ως αποτέλεσμα τη μετάδοση μικρότερων ποσών θερμότητας από την ψυχρή επιφάνεια στα υπερκείμενα στρώματα αέρα προς το αστικό περιβάλλον. Η χρήση ψυχρών υλικών σε αστική κλίμακα θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα κατά μέσο όρο 1 - 2°C .

### **4. Περιορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών**

Η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών CO<sub>2</sub> οφείλεται στη μειωμένη εκπομπή ρύπων από τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, λόγω των μειωμένων αναγκών ενέργειας για ψύξη, που προκύπτει από την εφαρμογή ψυχρών υλικών. Επιπλέον, δεδομένου ότι με- γάλο ποσοστό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εξαρτάται από φωτοχημικές αντιδράσεις, η ταχύτητα των οποίων αυξάνεται με τη θερμοκρασία γίνεται αντιληπτό ότι ακόμη και μικρή μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, από την εφαρμογή ψυχρών υλικών, μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.





## 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

## 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

### 5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

**Σκοπός** της πειραματικής διαδικασίας είναι η σύγκριση των φυσικών έγχρωμων κονιαμάτων όσον αφορά τις επιμέρους προσμίξεις τους αλλά και τις επιδράσεις που έχουν αυτά στην ενεργειακή συμπεριφορά του κελύφους του κιρίου και ιδίως στις ενεργειακές απαιτήσεις για το δροσισμό του εσωτερικού χώρου. Η διαδικασία αυτή ξεκινά με τον προσδιορισμό της φωτεινότητας των κονιαμάτων συνδυαστικά με το Dino lite, της ανακλαστικότητας, του συντελεστή εκπομπής των δειγμάτων και τέλος, με τη δημιουργία μερικών Pellets μέσω του οργάνου Fir. Ωστόσο οι συντελεστές ανακλαστικότητας και εκπομπής είναι ενδεικτικοί για τη ‘ψυχρή’ ή μη συμπεριφορά των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των δειγμάτων.

### 5.2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Χαρακτηριστικές ιδιότητες μίας κονίας, που είναι ιδιαίτερα καθοριστικές για τη συμπεριφορά μιας επιφάνειας στην οποία εναποτίθεται, είναι η πήξη και η σκλήρυνση.

**Πήξη** : είναι το φαινόμενο που πραγματοποιείται από τη στιγμή που ο πολτός χάνει την πλαστικότητά του μέχρι τη στιγμή που αποκτά κάποια συνεκτικότητα και στερεότητα.

**Σκλήρυνση** : είναι το φαινόμενο, το οποίο ακολουθεί την πήξη, οπότε ο πολτός μεταβάλλεται σε λίθωμα και αποκτά την τελική αντοχή του.

Όσον αφορά στις επιφάνειες στο κέλυφος ενός κτηρίου, οι βασικές ιδιότητες που καθορίζουν την ενεργειακή του συμπεριφορά είναι η **ανακλαστικότητα** και ο **δείκτης εκπομπής** που προσδιορίζει και την απορροφητικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας. Το κέλυφος του κτηρίου, είναι η επιφάνεια της κατασκευής που βρίσκεται συνεχώς σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, με τους εξωγενείς παράγοντες, κλιματικούς και μη, που μπορεί να επηρεάζουν ένα κτίσμα και όπως υποδηλώνει η ονομασία του, λειτουργεί ως κέλυφος προστασίας του εσωτερικού περιβάλλοντος και πρέπει να εξασφαλίζει άνετες συνθήκες διαβίωσης με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας<sup>48</sup>.

#### - **ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ**

Η ανακλαστικότητα ή άλβεδο ή λευκαύγεια (solar reflectance ή albedo, SR) αποτελεί το μέτρο της ποσότητας της ανακλώμενης ακτινοβολίας μιας επιφάνειας και εκφράζεται ως ο λόγος της ανακλώμενης προς την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία επί της εξεταζόμενης επιφάνειας. Το εύρος των τιμών που μπορεί να λάβει η ποσότητα αυτή για μια επιφάνεια είναι από 0 έως 1 ή 0-100%. Συγκεκριμένα, όταν η ανακλαστικότητα λαμβάνει την τιμή 0 (μηδέν) απορροφάται όλη η ποσότητα της ακτινοβολίας, χωρίς καμία ανάκλαση. Αντιθέτως, όταν λαμβάνει την τιμή 1 ανακλάται όλη η ακτινοβολία, χωρίς καθόλου απορρόφηση. Είναι γνωστό ότι το ποσοστό της ανακλώμενης ακτινοβολίας μικραίνει όσο πιο σκούρα είναι μια επιφάνεια, με αποτέλεσμα η λευκαύγειά της να πλησιάζει το 0 (μηδέν)<sup>49</sup>.

#### - **ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ**

---

<sup>48</sup> Διπλωματική εργασία, "Εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια με χρήση οικολογικών υλικών στα επιχρίσματα", Εμμανουήλ Κατσιγιάννης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά, Αύγουστος, 2012

<sup>49</sup> Article, High-Reflectance Technology on Building Façades: Installation Guidelines for Pedestrian Comfort

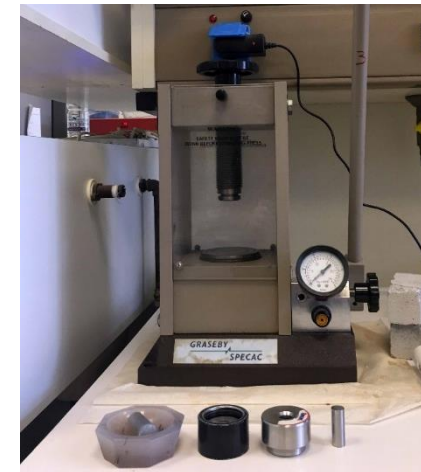
Ο δείκτης εκπομπής (emissivity, 'ε') μιας επιφάνειας είναι το μέτρο της ικανότητάς της να απελευθερώνει απορροφημένη θερμότητα και εκφράζεται ως ο λόγος της ακτινοβολίας του σώματος προς την ακτινοβολία ενός μαύρου σώματος. Μεγάλες τιμές του δείκτη εκπομπής υποδηλώνουν ταχύτερη μετάδοση θερμότητας, δηλαδή το υλικό εκλύει γρηγορότερα τη θερμότητα που απορρόφησε.

### 5.3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

#### 5.3.1. ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ FTIR

##### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η φασματοσκοπία μετασχηματισμού Fourier είναι πειραματική τεχνική, όπου συλλέγονται φάσματα, μετά από την αλληλεπίδραση μεταξύ υπεριώδους ακτινοβολίας και των μορίων του δείγματος<sup>50</sup>. Οι δεσμοί ανάμεσα στα άτομα έχουν διακριτή γεωμετρία και φυσικές καταστάσεις ταλάντωσης και στρέψης. Η προσπίπτουσα υπεριώδη ακτινοβολία ενεργοποιεί αυτές τις καταστάσεις, όταν αποκτάται ένα κρίσιμο μήκος κύματος, το οποίο μπορεί να δώσει ενέργεια στο δεσμό. Ο δεσμός μεταξύ των ατόμων διεγείρεται με αποτέλεσμα να απορροφά το μήκος κύματος της υπεριώδους ακτινοβολίας.



**Εικόνα 53:** Όργανο για παραγωγή των Pellets, **Πηγή:** προσωπικό αρχείο

<sup>50</sup> Biscontin, G., Birelli, M., & Zendri, E., 'Characterization of binders employed in the manufacture of Venetian historical mortars', Journal of Cultural Heritage, Vol. 3 (2002) 31-37

Το συμβολόμετρο (interferometer) είναι μια πλάκα (A) κατασκευασμένη από ημιδιαφανές υλικό, συνήθως βρωμιούχο κάλιο (KBr) που δεν απορροφά την IR, και κατεργασμένη κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ανακλά το 50% της ακτινοβολίας που πέφτει πάνω της. Στην παρούσα ερευνητική εργασία ως συμβολόμετρο χρησιμοποιήθηκε βρωμιούχο κάλιο (KBr).

Εάν η πλάκα αυτή, με την πρόσμειξη του υλικού τοποθετηθεί μεταξύ της πηγής εκπομπής της υπέρυθρης ακτινοβολίας και του λήπτη, τότε το ποσοστό απορρόφησης μπορεί να αποθηκευτεί και να συσχετιστεί με

χαρακτηριστικούς ατομικούς δεσμούς. Με αυτή την μέθοδο μπορεί να ταχτοποιηθεί και να μελετηθεί η χημική δομή και η φύση των ενδοατομικών δεσμών των δειγμάτων<sup>51</sup>. Σκοπός της φασματοσκοπικής ανάλυσης είναι να προσδιοριστούν τα επι- μέρους δομικά υλικά που συνθέτουν το υφιστάμενο κονίαμα καθώς και η ποσοστιαία αναλογία τους<sup>52</sup>.

### **ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ FTIR**

Τα δείγματα που εξετάζουμε είναι στερεής μορφής για το λόγο αυτό είναι αναγκαία η κατασκευή μικρών κυκλικών και διάφανων πλακών, οι οποίες ονομάζονται pellets. Η διαδικασία παρασκευής τους είναι η εξής:

- Αρχικά συγκεντρώνουμε 1 mg δείγματος από την επιφάνεια των παστών που έχουμε δημιουργήσει με απόξεση από το εσωτερικό τους και ζυγίζουμε στο ζυγό.
- Σε γουδί από αχάτι κονιοποιούμε πλήρως το υλικό μας
- Ζυγίζουμε 100 mg καθαρού βρωμιούχου καλίου και ύστερα το τοποθετούμε και αυτό στο γουδί. Αναμειγνύουμε και κονιοποιούμε πολύ καλά με το υπόλοιπο δείγμα.

---

<sup>51</sup> Middendorf, B., Hughes, J., Callebaut, K., Baronio, G., & Papayanni, I., 'Investigative Methods for the Characterization of Historic Mortars- part 1: Mineralogical Characterization', Material and Structure Vol. 38 (2005) 761- 769

<sup>52</sup> 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου, 2008 "Χαρακτηρισμός Κονιαμάτων με Χρήση Της Φασματοσκοπικής Μεθόδου FT-IR, (Fast Fourier Infrared Spectroscopy)

- Στη συνέχεια τοποθετούμε όλο το υλικό μας σε ειδικό φορέα για να μπορέσει να εισαχθεί σε πρέσα που ασκεί πίεση 10-15 tonnes.
- Το δισκίο που προκύπτει έχει διάμετρο 1,2 εκατοστά και πάχος 0,3 εκατοστά
- Μέχρι την ανάλυσή τους στη συσκευή της φασματοσκοπίας, φυλάσσονται σε καλά σφραγισμένο δοχείο με silica gel, με σκοπό να αποφευχθεί η αλλοίωση τους από την υγρασία.

Τα αποτελέσματα εξάγονται, εφόσον τα pelletes εισαχθούν στη συσκευή φασματοσκοπίας. Εκεί, με τη μέθοδο που αναλύθηκε παραπάνω, και με τη βοήθεια υπολογιστικού προγράμματος (Spectra), εμφανίζονται τα διαγράμματα ανάλυσης, τα οποία μας γνωστοποιούν τη δομή του κάθε δείγματος. Μέσω αυτού του προγράμματος έχουμε τη δυνατότητα επεξεργασίας των διαγραμμάτων, όπως εμείς επιθυμούμε, για να έχουμε όλα τα αποτελέσματα, με σκοπό την καλύτερη ανάλυση των δειγμάτων.

➤ Η παραπάνω διαδικασία περιγράφεται στις παρακάτω φωτογραφίες :



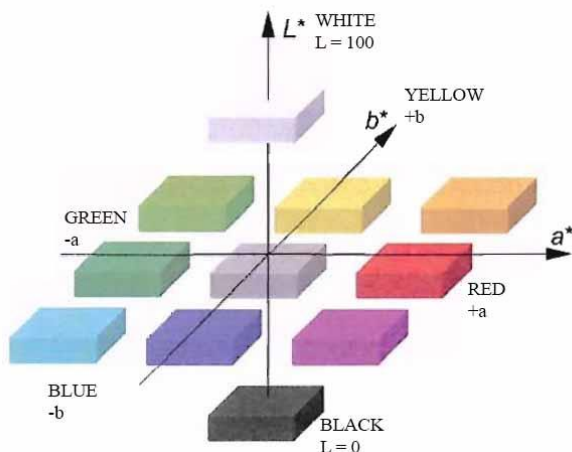
**Εικόνα 54:** Ζυγός, Πηγή:  
προσωπικό αρχείο



**Εικόνα 55:** Τα τελικά Pellets μέσα σε  
Silica gel, Πηγή: προσωπικό αρχείο

### 5.3.2. ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΟ CIE

Εξέταση χρωματικών παραμέτρων :



**Εικόνα 56:** Εικόνα αναπαράστασης του CIE L\*, **Πηγή:** UNI-EN 15886:2010, Conservation of Cultural property - Test methods – Colour measurements of surfaces, Σελ. 12



**Εικόνα 57:** Συσκευή χρωματόμετρου, **Πηγή:** προσωπικό αρχείο

Αρχικά, σημαντικό κρίνεται να αναφέρουμε πως η αξιολόγηση των χρωματικών παραμέτρων μετά τη σύνθεση των συνθέσεων όπου προορίζονται ιδίως για επιχρίσματα, χρήζει ιδιαίτερης σημασίας καθώς ένα από τα βασικά κριτήρια που θα πρέπει να πληρούν τα κονιάματα είναι η ανοιχτόχρωμη επιφάνειάς τους. Στη συγκεκριμένη ερευνητική εργασία, χρησιμοποιήθηκε φορητό χρωματόμετρο για τη μέτρηση των χρωματικών συντεταγμένων  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  αντίστοιχα. Οι παραπάνω παράμετροι ορίστηκαν βάσει του χρωματικού μοντέλου ταξινόμησης CIE Lab που παρουσιάστηκε από την CIE (COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE) το 1976<sup>1</sup>. Το σύστημα  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  είναι χρήσιμο για τον υπολογισμό των διαφορών μεταξύ του χρώματος, χωρίς να υπάρχουν κάποια αριθμητικά όρια. Η μέτρηση των χρωματικών παραμέτρων έγινε βάσει του προτύπου UNI-EN 15886:2010.218<sup>1</sup>. Ωστόσο, οι χρωματικές συντεταγμένες σε αυτό το ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων είναι :

**L\*** - εκφράζεται ως η συντεταγμένη φωτεινότητας. Η κλίμακα για το L\* (lightness) κυμαίνεται από το 0 (μαύρο) έως το 100 (λευκό).

**a\*** - εκφράζεται ως η κόκκινη/πράσινη συντεταγμένη. Με θετικές τιμές +a\* εκφράζεται η ερυθρότητα και με αρνητικές τιμές -a\* υποδεικνύεται το πράσινο χρώμα.

**b\*** - εκφράζεται ως η κίτρινη/μπλε συντεταγμένη. Με θετικές τιμές +b\* υποδηλώνεται το κίτρινο χρώμα και με αρνητικές -b\* εκφράζεται το μπλε.

Τα L\*, a\*, b\* παρουσιάζονται στην παραπάνω εικόνα.

Στα δοκίμια που εξετάστηκαν στο εργαστήριο με το χρωματόμετρο, αρχικά μελετήθηκαν οι συνθέσεις υπό μορφής παστών και βάση των επιθυμητών αποτελεσμάτων επιλέχθηκαν οι τελικές συστάσεις των συνθέσεων. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η εξέταση με το χρωματόμετρο στην πάνω επιφάνεια των δοκιμίων σε 10 διαφορετικά σημεία.

Τέλος, η μέτρηση των χρωματικών παραμέτρων, στα υπό εξέταση δοκίμια, έγινε με τη χρήση φασματοφωτομέτρου KONICA MINOLTA cm-2600d. Στα περισσότερα έγιναν μετρήσεις με την μάσκα των 0,8 cm, προκειμένου να ελεγχθεί όσο το δυνατό μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας, καθώς και ακολουθήθηκε σύμφωνα με τις οδηγίες του οργάνου το σωστό κάθε φορά Calibration.

### 5.3.3. DINO – LITE

Για μεγαλύτερη μεγέθυνση και παρατήρηση των δοκιμίων, το εργαστήριο διαθέτει ένα φορητό μικροσκόπιο. Η ονομασία του είναι Dino-Lite Edge Digital Microscope, μοντέλο AM4515T5. Με μεγέθυνση



**Εικόνα 58:** Dino – Lite, [Πηγή:](#) Προσωπικό αρχείο



πάνω από 500x και οπτικά συστήματα υψηλής ανάλυσης, αυτό το μοντέλο σειράς Edge αποκαλύπτει λεπτομέρειες μικρότερα από 2,5μm και προσφέρει εξαιρετική ποιότητα εικόνας.(65) Για τη λειτουργία του οργάνου απαιτείται η τοποθέτησή του σε θύρα USB στον υπολογιστή. Με εγκατεστημένο πρόγραμμα, (Dino-Lite 2.0) αναγνωρίζεται το όργανο και εμφανίζεται η εικόνα, στην οποία εστιάζει ο φακός. Για την καλύτερη εστίαση πάνω στο δείγμα, το όργανο διαθέτει ενσωματωμένο μηχανισμό “zoom”. Για γρήγορες και βολικές λήψεις φωτογραφιών στο μικροσκόπιο υπάρχει ενσωματωμένο κουμπί λήψης MicroTouch. Αυτό το μικρό, στρογγυλό, ευαίσθητο στην αφή κουμπί ανταποκρίνεται στην ελαφρύτερη αφή για να αποφευχθεί η θολότητα των φωτογραφιών που προκαλείται από την υπερβολική κίνηση του μικροσκοπίου. Το κουμπί κλείστρου MicroTouch μπορεί επίσης, να ρυθμιστεί ώστε να ελέγχει την εγγραφή βίντεο, να ενεργοποιεί τη σάρωση γραμμωτού κώδικα ή να ενεργοποιεί/ απενεργοποιεί τις λυχνίες LED. .(66) Η λήψη γίνεται και από αντίστοιχο εικονίδιο στην οθόνη του υπολογιστή.

#### 5.3.4. CARRY 5000 UV-Vis-NIR SPECTROPHOTOMETER



**Εικόνα 59:** Φασματοφωτόμετρο Cary 5000 UV-Vis-NIR Spectrophotometer,  
**Πηγή:** προσωπικό αρχείο

Το Cary 5000 είναι ένα φασματοόμετρο διπλής δέσμης που καλύπτει μήκη κύματος από το υπεριώδες, το ορατό φως μέχρι και το υπέρυθρο. Μπορεί να καταγράψει δεδομένα από 185 έως 3300nm. Το λογισμικό Varian που χρησιμοποιεί για την εκτέλεση της διαδικασίας των μετρήσεων, μπορεί να εμφανίζει καταγεγραμμένα δεδομένα τόσο σε φάσμα όσο και σε σταθερά μήκη κύματος, ανάλογα με τις ανάγκες του μελετητή. Η πειραματική διάταξη περιλαμβάνει μετρητή στερεών αλλά και υγρών δειγμάτων,

σταθεροποιητή οπτικής γωνίας (σταθερή γωνία 12.5 μοίρες ή μεταβαλλόμενη 20-70 μοίρες), καθώς και μία εσωτερική σφαίρα μέτρησης διάχυτης ανάκλασης (DRA 2500, 200-2500 nm). Τα βασικά του τεχνικά χαρακτηριστικά δίνονται στον πίνακα 4.

**Πίνακας 4:** Τεχνικά Χαρακτηριστικά Cary 5000

Πηγές φωτός	Λαμπτήρες δευτερίου (185-350 nm)
	Λαμπτήρες αλογόνου (350-3300 nm)
Αισθητήρες – Ανιχνευτές	R928 PMT (185 – 800 nm)
	Cooled Pbs (800 – 3300 nm)
Εύρος Ζώνης Φάσματος	UV-Vis 0.01 to 5 nm
	NIR 0.04 to 20 nm
Βάρος	91 kg
Διαστάσεις	710x380x1020 mm
Ταχύτητα Σάρωσης	UV-Vis: 2000 nm/min
	NIR: 8000nm/min

Στην φασματοσκοπία, η απορρόφηση  $A$ , ονομάζεται επίσης οπτική πυκνότητα (optical density), ορίζεται ως  $A(\lambda) = -\log(I\lambda / I_0)$  όπου  $(I\lambda)$  είναι η ένταση του φωτός σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος  $\lambda$  που έχει περάσει μέσα από ένα δείγμα (transmitted light intensity) και  $I_0$  είναι η ένταση του φωτός πριν αυτό πέσει στην επιφάνεια του δείγματος.

Οι μετρήσεις της απορρόφησης πραγματοποιούνται συχνά στην επιστήμη των υλικών

και την αναλυτική χημεία, αφού η απορρόφηση του φωτός κάθε δείγματος είναι ανάλογη με το πάχος του δείγματος και τη συγκέντρωση των συστατικών του που απορροφούν την ακτινοβολία<sup>53</sup>.

### 5.3.5. ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ EMISSOMETER MODEL



**Εικόνα 60:** Emissometer, **Πηγή:** Προσωπικό αρχείο

Το μοντέλο AEI Emissometer (εικόνα 17) είναι σχεδιασμένο να μετρά συνολική εκπομπή των υλικών σε σύγκριση με πρότυπα υλικά υψηλού και χαμηλού συντελεστή εκπομπής. Το πρότυπο αναφοράς με η υψηλή θερμική εκπομπή έχει τιμή 0,88 ενώ η χαμηλή θερμική εκπομπή έχει τιμή 0,06. Ο ανιχνευτής αποτελείται από μια σειρά από θερμοπυρήνες και θερμαίνεται σε σταθερή θερμοκρασία 82 °C.

Αρχικά η συσκευή βαθμονομείται χρησιμοποιώντας τόσο τα υψηλά όσο και τα χαμηλά πρότυπα αναφοράς και η διαδικασία βαθμονόμησης επαναλαμβάνεται κάθε 20 λεπτά. Δεδομένου ότι τα δείγματα έχουν χαμηλή

<sup>53</sup> <http://www.tnllabs.eu/instruments/dscary5000>

Θερμική αγωγιμότητα πρέπει να ακολουθήσετε ειδική διαδικασία όπως περιγράφεται στην τεχνική σημείωση TN 04-1 [90] που παρέχει ο κατασκευαστής. Η διαδικασία ονομάζεται "μέθοδος διαφανειών για υλικά υψηλής εκπεμπόμενης με χαμηλή θερμική αγωγιμότητα. Τόσο τα δείγματα όσο και ο ψύκτης καλύπτονται με την ίδια ευρεία ταινία κάλυψης με γνωστή θερμική ακτινοβολία. Ένας μικρός ανεμιστήρας χρησιμοποιείται για να φυσάει αέρα στην επιφάνεια και των δύο σημείων αναφοράς καθώς και στο δείγμα προκειμένου να επιτευχθεί ομοιόμορφη θερμοκρασία. Μια σειρά οκτώ μετρήσεων κάθε 30 δευτερόλεπτα λαμβάνονται σε ολόκληρη την επιφάνεια του δείγματος.

## **5.4. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ**

### **5.4.1. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΥΛΙΚΩΝ**

Η πειραματική διαδικασία ξεκινάει με την επιλογή και την προετοιμασία των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή των δειγμάτων. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο **κεφάλαιο 2.1**. Όλα τα δείγματα περιέχουν νταμαρίσια άμμο και νερό. Τα υλικά τα οποία διαφοροποιούν τα δείγματα αναφέρονται παρακάτω :

- 1.** το τσιμέντο (**C**), που χρησιμοποιείται ως συμβατική προσθήκη,
- 2.** η υδράσβεστος (**L**),
- 3.** η υδραυλική άσβεστος (**Y**),
- 4.** η μαρμαρόσκονη (**Mr**) η οποία χρησιμοποιείται σε μικρές αλλά υπολογίσιμες ποσότητες καθώς επίσης ενισχύει το λευκό χρώμα του δείγματος
- 5.** τα γυάλινα σφαιρίδια (**Gl**) τα οποία χρησιμοποιούνται επίσης σε μικρές αλλά υπολογίσιμες ποσότητες

6. η ανοιχτή και σκούρα ώχρα αγιογραφίας (**Olight, Odark**) που προσδίδουν μία πιο ανοιχτή ή πιο σκούρα, αντίστοιχα, απόχρωση ανάλογα και με τα υπόλοιπα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί. Ωστόσο, αποτελεί μία ευρέως διαδεδομένη επιλογή τόσο στα πιο παραδοσιακά αλλά και στα πιο σύγχρονα κτήρια, για αισθητικούς κυρίως λόγους και, τέλος
7. ακρυλικό χρώμα εμπορίου με τη διαφορά ότι τοποθετείτε πάνω στην επιφάνεια των δοκιμών κι όχι κατά την ανάμειξη.

Τα δοκίμια όπου κατασκευάστηκαν αποτελούν πιθανή προσομοίωση της εξωτερικής επιφάνειας ενός κτηρίου. Ως βάση των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν μεταλλικές μήτρες διαστάσεων 10x10 cm. Για την παρασκευή των κονιαμάτων χρησιμοποιήθηκαν κονίες σε συγκεκριμένες ποσότητες, αδρανή, καθώς και συγκεκριμένες προσμίξεις συστατικών που βελτιώνουν είτε την αισθητική είτε την 'οικολογική συμπεριφορά' των δειγμάτων. Για παράδειγμα, σε κάποια από τα δείγματα χρησιμοποιήθηκε μικρή ποσότητα ανοιχτής ώχρας αγιογραφίας (κίτρινης απόχρωσης) και σκούρας ώχρας αγιογραφίας (κόκκινης απόχρωσης) για να δώσει μία ελαφριά απόχρωση στο δείγμα, καθώς αποτελεί συχνό φαινόμενο τόσο στις παραδοσιακές όσο και στις σύγχρονες κατοικίες. Σε άλλη περίπτωση, κάποια από τα μίγματα των δειγμάτων περιείχαν ως πρόσθετα συστατικά τα γυάλινα σφαιρίδια (glass beads), κι αυτό για να εξεταστεί αν τα δείγματα αυτά παρουσίασαν ευνοϊκότερους δείκτες ανακλαστικότητας και συντελεστές εκπομπής για την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κελύφους. Τέλος, κάποια από τα δείγματα τα επικαλύφτηκαν με ακρυλικό, πλαστικό χρώμα εμπορίου εξωτερικής επιφάνειας ώστε να γίνει μία σύγκριση μεταξύ αυτών και των δειγμάτων που περιείχαν τις σκόνες αγιογραφίας.

#### 5.4.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ

Αρχικά, το πρώτο στάδιο της διαδικασίας παρασκευής των μιγμάτων ξεκινάει με τις τέσσερις βασικές πάστες. Οι αναλογίες όπου χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των κονιαμάτων συμφωνούν με τους πρότυπους κανονισμούς της κατηγορίας των κονιαμάτων με αναλογία ανάμειξης κονιάς και αδρανούς 1/1/3 ή 1/3 κατά όγκο αντίστοιχα. Σε περιπτώσεις που υπάρχουν πρόσθετα συστατικά, η αναλογία είναι 1/1/3/0.2/0.2 ή 1/3/0.2/0.2. Επομένως, για την παρασκευή των δειγμάτων αυτών γίνεται ανάμειξη της κονιάς με τα αδρανή και τέλος, με το νερό. Στις δύο από τις τέσσερις συνθέσεις προστέθηκε μικρή ποσότητα των γυάλινων σφαιριδίων όπου ενισχύουν τις οπτικές ιδιότητες του τελικού υλικού. Η ανάμειξη διήρκησε επαρκές χρονικό διάστημα, ώστε το μίγμα που προέκυπτε κάθε φορά να έχει ομοιογένεια σε όλη του τη μάζα. Χαρακτηριστικό της ομοιογένειάς του μίγματος είναι η ομοιομορφία του χρώματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση του συμβατικού κονιάματος ως συνδετικό υλικό χρησιμοποιήθηκαν το τσιμέντο και η υδράσβεστος ενώ το αδρανές ήταν η νταμαρίσια άμμος, τα οποία στη συνέχεια αναδεύτηκαν με νερό παράγοντας το κονίαμα, το οποίο χρησιμοποιείται συνήθως στις σύγχρονες οικοδομές. Το τελικό προϊόν τοποθετήθηκε μέσα στις μεταλλικές μήτρες διαστάσεων 10x10 cm και τέλος εξομαλύνθηκε με μία μικρή σπάτουλα η επιφάνεια της. Η συγκεκριμένη διαδικασία καθώς και η όψη του υλικού μετά το πέρας των 33 ημερών περιγράφεται στις παρακάτω φωτογραφίες.



**Εικόνα 61:** Ζυγαριά, μπολ, γάντια, νερό, Πηγή: προσωπικό αρχείο



**Εικόνα 62:** Τοποθέτηση των συστατικών, Πηγή: προσωπικό αρχείο



**Εικόνα 63:** Μεταλλικές μήτρες 10x10cm, Πηγή: προσωπικό αρχείο



**Εικόνα 64:** Τελική όψη υλικού, **Πηγή:** προσωπικό αρχείο



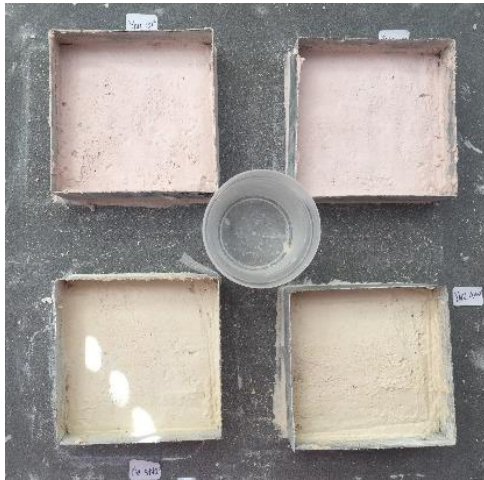
**Εικόνα 65:** Τοποθέτηση των δοκιμών μέσα σε θάλαμο, **Πηγή:** προσωπικό αρχείο



**Εικόνα 66:** Τοποθέτηση των δοκιμών στο φούρνο **Πηγή:** προσωπικό αρχείο

Επίσης, πραγματοποιήθηκαν δύο συνθέσεις ακόμα ίδιων συστατικών με τις προαναφερθείσες, στις οποίες προστέθηκε μικρή ποσότητα ανοιχτής κι σκούρας ώχρας αγιογραφίας ξεχωριστά, στην κάθε σύνθεση αντίστοιχα. Παρακάτω παρατηρείται το τελικό αποτελέσματα των κονιαμάτων έπειτα από αρκετές ημέρες καθώς και τις ώχρες που χρησιμοποιήθηκαν, που ήταν σε μορφή σκόνης.





**Εικόνα 67:** Κονίαμα ΥΝ σκούρα κι ανοιχτή  
ώχρα, Πηγή: προσωπικό αρχείο



**Εικόνα 68:** Κονίαμα ΥΝΜrGI κι  
σκούρα ώχρα, Πηγή:  
προσωπικό αρχείο



**Εικόνα 69:** Κονίαμα ΥΝΜrGI κι  
ανοιχτή ώχρα, Πηγή: προσωπικό  
αρχείο



**Εικόνα 70:** Όχρες Natural Sienna, Brilliant Cold Ochre και  
Cadmium Orange Very Light, Πηγή: προσωπικό αρχείο



**Εικόνα 71:** Ανοιχτή και σκούρα ώχρα  
Αγιογραφίας, Πηγή: προσωπικό αρχείο



- Αναλυτικά τα συστατικά των δειγμάτων αλλά και οι ποσότητες που χρησιμοποιήθηκαν για το κάθε ένα δείγμα ξεχωριστά περιγράφονται στον πίνακα 5 συγκεντρωμένα :

**Πίνακας 5:** Ποσότητες υλικών κι αναλογίες

Τύπος	Ημερομηνία	Κονίες (gr)				Αδρανή (gr)		Olight (gr)	Odark (gr)	Kovia/Αδρανή	Νερό (mL)	Νερό/Kovia
		Y	C	L	N	Mr	Gl					
YN	12/4/2018	100	-	-	300	-	-	-	-	[1/3]	70	0,70
CLN	12/4/2018	-	80	80	240	-	-	-	-	[1/1/3]	50	0,30
YNMrGl	12/4/2018	100	-	-	300	20	20	-	-	[1/3/0.2/0.2]	60	0,60
CLNMrGl	24/4/2018	-	100	100	300	20	20	-	-	[1/1/3/0.2/0.2]	100	0,50
YNOdark	13/6/2018	100	-	-	300	-	-	-	0,429g	[1/3]	75	0,75
YNMrGlOdark	13/6/2018	100	-	-	300	20	20	-	0,3699g	[1/3/0.2/0.2]	65	0,65
YNOLight	13/6/2018	100	-	-	300	-	-	0,2848g	-	[1/3]	70	0,70
YNMrGlOLight	13/6/2018	100	-	-	300	20	20	0,3401g	-	[1/3/0.2/0.2]	65	0,65

**Πίνακας 6:** Ποσοστά υλικών %

Ποσοστό %							
Y	C	L	N	Mr	Gl	Odark	Olight
25	-	-	75	-	-	-	-
-	20	20	60	-	-	-	-
23	-	-	68	4,5	4,5	-	-
-	18,5	18,5	55,6	3,7	3,7	-	-
25	-	-	75	-	-	0,10	-
23	-	-	68	4,5	4,5	0,09	-
25	-	-	75	-	-	-	0,06
23	-	-	68	4,5	4,5	0,08	-

**Πίνακας 7:** Υλικά κονιαμάτων και ονοματολογία αυτών

<b>Y</b>	Υδραυλική άσβεστος	<b>N</b>	Νταμαρίσια άμμος	<b>Olight</b>	Ανοιχτή ώχρα αγιογραφίας
<b>C</b>	Τσιμέντο	<b>Mr</b>	Μαρμαρόσκονη	<b>Odark</b>	Σκούρα ώχρα αγιογραφίας
<b>L</b>	Υδράσβεστος	<b>Gl</b>	Γυάλινα σφαιρίδια		

Από τους Πίνακες 5 και 6 αντιλαμβάνεται κανείς τις ποσότητες αλλά και τις αναλογίες των υλικών όπου έχουν χρησιμοποιηθεί. Σημαντικό κρίνεται να σχολιαστεί πως στο λόγο Νερό/Κονία οι καλύτερες τιμές πρέπει να κυμαίνονται μεταξύ 0,6 – 0,7g.

➤ Επομένως, με βάση τον Πίνακα 5, τα αποτελέσματα κρίνονται θετικά αφού τείνουν ή παρεκκλίνουν ελάχιστα από τις επιθυμητές τιμές που προαναφέρθηκαν.

Αφού παρασκευάστηκαν τα μίγματα και προσαρμόστηκαν στις μεταλλικές μήτρες παρέμειναν για περίπου 33-35 ημέρες για να στεγνώσουν. Στη συνέχεια τα δείγματα τρίφτηκαν μεταξύ τους ώστε να έχουν όσο το δυνατό πιο ομοιόμορφη και λεία η επιφάνεια καθώς αυτό είναι κάτι που στη συνέχεια όσον αφορά τις μετρήσεις της ανακλαστικότητας αλλά και εκπνεψιμότητας παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο ώστε τα συμπεράσματα να είναι πιο ορθά. Επιπρόσθετα, πλύθηκαν τα δοκίμια με νερό της βρύσης ώστε οι επιφάνειες να είναι καθαρές χωρίς σκόνη και τέλος, τοποθετήθηκαν στο φούρνο στους 60° για 12 ώρες.

Εν συνεχεία, σημαντικό είναι να προστεθεί πως ως τελευταίο βήμα της πειραματικής διαδικασίας, βάφτηκαν τα δύο δοκίμια όπου περιέχουν υδραυλική άσβεστο και νταμαρίσια άμμο (με απουσία ώχρας) με ακρυλικά χρώματα εμπορίου εξωτερικής επιφάνειας, με σκοπό οι αποχρώσεις των οποίων να είναι όσο πιο κοντά γίνεται στα δοκίμια με τις ώχρες. Η συγκεκριμένη

διαδικασία έχει σκοπό τη σύγκριση της ώχρας και του πλαστικού χρώματος εμπορίου, να εξεταστεί δηλαδή η πιθανή απόκλιση (dE) όπου μπορεί να υπάρχει μεταξύ τους αλλά και ποιο από τα δύο έχει μακροσκοπικά καλύτερα αποτελέσματα.

Τέλος, για να είναι πιο τεκμηριωμένη και εύστοχη η έρευνα με ορθά αποτελέσματα και συμπεράσματα, αναφορικά επισημαίνεται πως για να παρασκευαστούν οι βασικές συνθέσεις, με ώχρα και χωρίς, είχαν αρχικά πραγματοποιηθεί κάποια προκαταρκτικά πειράματα/συνθέσεις στις οποίες είχαν μετρηθεί ο συντελεστής ανακλαστικότητας, υπέρυθρης εκπομπής αλλά και φωτεινότητας των δειγμάτων. Λεπτομέρειες για την προκαταρκτική διαδικασία βρίσκονται στο Παράρτημα Ι στο τέλος.

#### 5.4.3. ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

**YN** = δοκίμια από **υδραυλική άσβεστο** και **νταμαρίσια άμμο**

**CLN** = δοκίμια από **τσιμέντο**, **υδράσβεστο** και **νταμαρίσια άμμο**

**YNMrGI** = δοκίμια από **υδραυλική άσβεστο**, **νταμαρίσια άμμο**, **μαρμαρόσκονη** και **γυάλινα σφαιρίδια**

**CLNMrGI** = δοκίμια από **τσιμέντο**, **υδράσβεστο**, **νταμαρίσια άμμο**, **μαρμαρόσκονη** και **γυάλινα σφαιρίδια**

**YNO<sub>light</sub>** = δοκίμια από **υδραυλική άσβεστο**, **νταμαρίσια άμμο** και **ανοιχτή ώχρα αγιογραφίας**

**YNMrGIO<sub>light</sub>** = δοκίμια από **υδραυλική άσβεστο**, **νταμαρίσια άμμο**, **μαρμαρόσκονη**, **γυάλινα σφαιρίδια** και **ανοιχτή ώχρα αγιογραφίας**

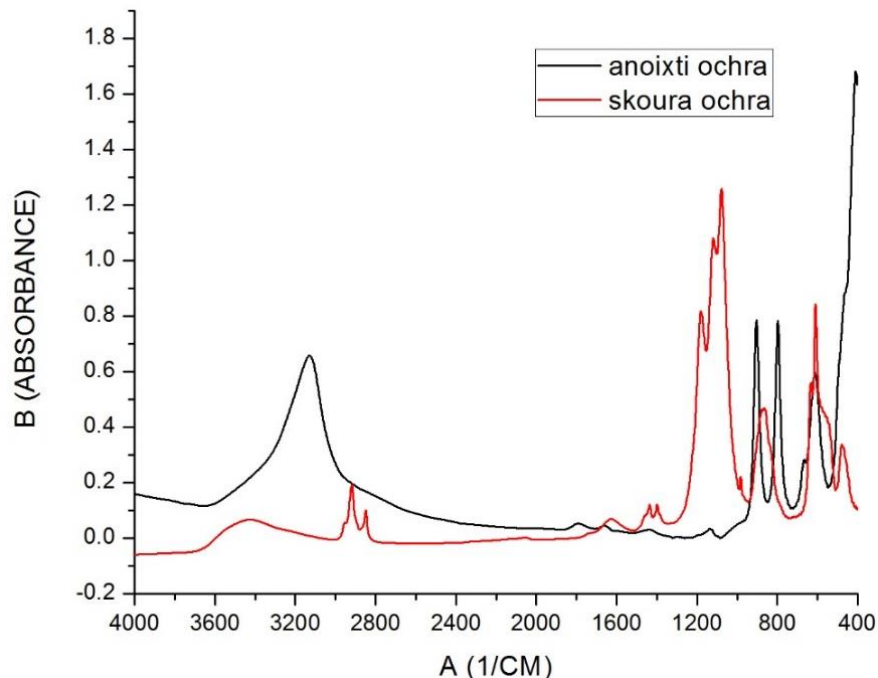
**YNO<sub>dark</sub>** = δοκίμια από **υδραυλική άσβεστο**, **νταμαρίσια άμμο** και **σκούρα ώχρα αγιογραφίας**

YNMrGIO<sub>dark</sub>

= δοκίμια από υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη, γυάλινα σφαιρίδια και σκούρα ώχρα αγιογραφίας

## 5.5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ

### 5.5.1. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ FTIR



Από το υπέρυθρο φάσμα (800 και άνω) φαίνεται πως η **σκούρα ώχρα** περιέχει **καολινίτη** σε μεγάλες ποσότητες καθώς και **οξειδία** του **τρισθενούς σιδήρου** τα οποία διαφέρουν από τον **λειμωνίτη** της **ανοιχτής ώχρας**. Τα συστατικά της σκούρας ώχρας έχουν ισχυρές απορροφήσεις στην φασματική περιοχή 1200-1000  $\text{cm}^{-1}$ , σε αντίθεση με την ανοιχτή ώχρα όπου δεν απορροφά.

Διάγραμμα 1: Διάγραμμα Ftir μεταξύ σκούρας και ανοιχτής ώχρας

### 5.5.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΟΥ ΚΑΙ DINO LITE

Οι μετρήσεις του χρωματόμετρου πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Υλικών Πολιτιστικής Κληρονομιάς και Σύγχρονης Δόμησης της Αρχιτεκτονικής Σχολής υπό τις οδηγίες της αναπληρώτριας καθηγήτριας κας. Παγώνας-Νόνης Μαραβέλακη και υπό την πολύτιμη βοήθεια της ερευνήτριας-Πολιτικού Μηχανικού Καπετανάκη Καλή.

➤ Παρακάτω παρατίθενται οι μετρήσεις των χρωματικών συντεταγμένων καθώς κι ένα συγκριτικό διάγραμμα αυτών :

**Πίνακας 8:** Μετρήσεις χρωματικών συντεταγμένων των δοκιμίων χωρίς την όχρα

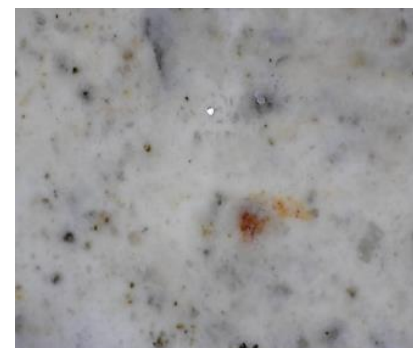
	YN	YNMrGI	CLN	CLNMrGI
<b>L*</b> average	89,03	89,75	81,07	81
<b>a*</b> average	0,84	0,67	0,52	0,49
<b>b*</b> average	3,88	3,07	3,13	2,7
<b>Vis</b> (400-700nm)	73,58	75,21	58	58,03



**Εικόνα 72:** Επιφάνεια δοκιμίου YNMrGI με Dino-Lite



**Εικόνα 73:** Επιφάνεια δοκιμίου CLN με Dino-Lite



**Εικόνα 74:** Επιφάνεια δοκιμίου CLNMrGI με Dino-Lite

**Πίνακας 9:** Μετρήσεις χρωματικών συντεταγμένων με την ώχρα

	YNOlight	YNMrGIOlight	YNOdark	YNMrGIOdark
<b>L*</b> average	87,16	86	84,71	83,73
<b>a*</b> average	2,11	2,52	3,98	4,23
<b>b*</b> average	8,58	9,94	4,42	5,18
<b>Vis</b> (400-700nm)	66,33	66,27	66,13	65,17



**Εικόνα 75:** Επιφάνεια δοκιμίου YNOlight με Dino-Lite



**Εικόνα 76:** Επιφάνεια δοκιμίου YNMrGIOlight με Dino-Lite



**Εικόνα 77:** Επιφάνεια δοκιμίου YNOdark με Dino-Lite

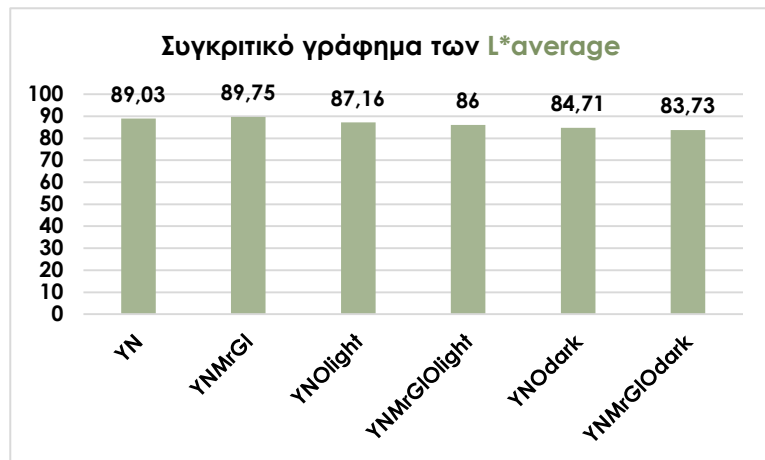


**Εικόνα 78:** Επιφάνεια δοκιμίου YNMrGIOdark με Dino-Lite

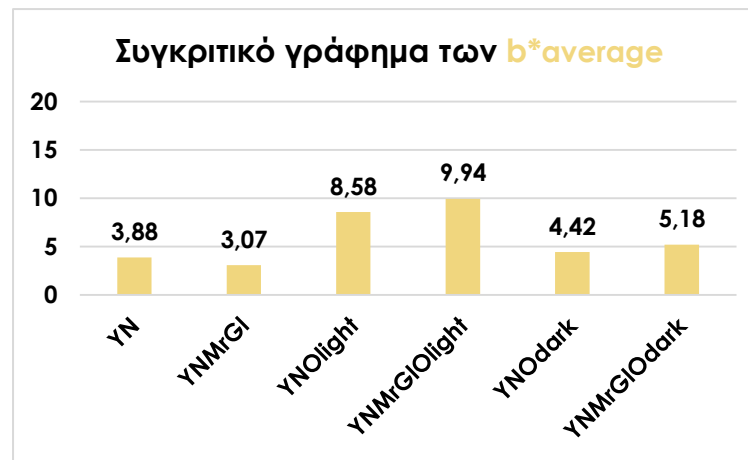
Παρατηρείται πως τις υψηλότερες τιμές κατέχουν τα δοκίμια YNMrGI δηλαδή με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη και glass beads, αμέσως μετά με αμελητέα απόκλιση η YN, δηλαδή με υδραυλική άσβεστο και νταμαρίσια άμμο κι έπειτα η YNOlight που αποτελείται από υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο και ανοιχτή ώχρα αγιογραφίας. Επίσης, στις συνθέσεις με την ανοιχτή ώχρα το **b\***average είναι αρκετά υψηλό, ένα αποτέλεσμα που είναι λογικό αφού η τελική απόχρωση τείνει προς το κίτρινο, όπως και με την σκούρα ώχρα αντίστοιχα, με το **a\***average να είναι υψηλό αφού τείνει στην ερυθρή απόχρωση, συγκριτικά με τις ίδιες συνθέσεις όπου η ώχρα απουσιάζει.

- Επίσης, όσον αφορά τις παραπάνω φωτογραφίες των δοκιμίων μέσω του **Dino-lite** παρατηρείται να υπάρχει **καλή σύμφυση** και **συνοχή ανάμεσα** στα **συστατικά** των **κονιαμάτων**, καθώς δεν υπάρχουν μικρορωγμές, crackings κτλπ.

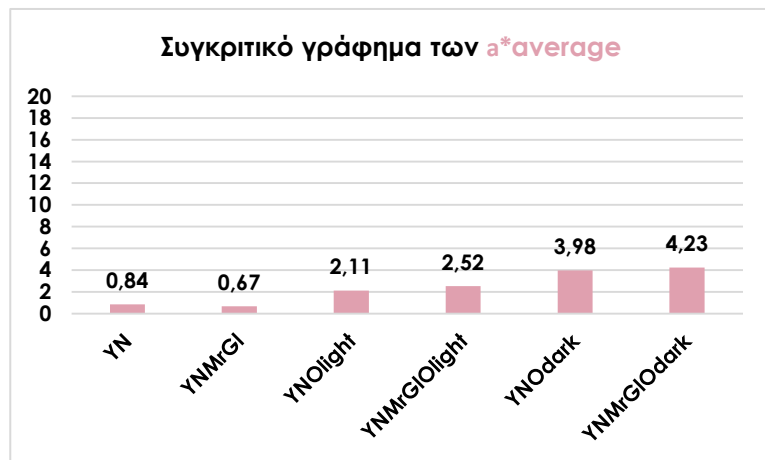
Παρακάτω, παρουσιάζουμε ένα **συγκριτικό γράφημα χρωματικών συντεταγμένων** με ώχρα και χωρίς :



**Γράφημα 1:** Συγκριτικό γράφημα φωτεινότητας δειγμάτων  $L^*$



**Γράφημα 3:** Συγκριτικό γράφημα της χρωματικής συντεταγμένης  $b^*$

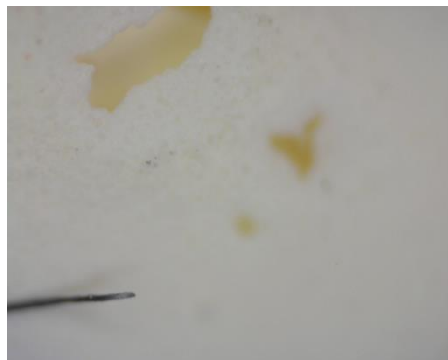


**Γράφημα 2:** Συγκριτικό γράφημα της χρωματικής συντεταγμένης  $a^*$

- Στη συνέχεια, στον πίνακα 9 παρατίθενται οι τιμές των δοκιμίων με την ώχρα και το πλαστικό χρώμα, αλλά και την τυπική απόκλιση αυτών μεταξύ τους (dE) :

**Πίνακας 9:** Μετρήσεις χρωματικών συντεταγμένων δοκιμίων με ώχρα, πλαστικό χρώμα και τυπική απόκλιση αυτών

	YNOlight	YNlightColor	YNOdark	YNdarkColor
<b>L*</b> average	87,16	92,16	84,71	88,05
<b>a*</b> average	2,11	1,44	3,98	3,85
<b>b*</b> average	8,58	11,69	4,42	3,43
<b>Vis</b> (400-700nm)	66,33	77,15	66,13	72,33
<b>dE</b>	-	±6	-	±2,79



**Εικόνα 79:** Επιφάνεια δοκιμίου YNlightColor με Dino-Lite



**Εικόνα 80:** Επιφάνεια δοκιμίου YNdarkColor με Dino-Lite

Από τον Πίνακα 9, παρατηρείται πως τα δοκίμια με το ακρυλικό χρώμα εμπορίου, τόσο στην περίπτωση του ανοιχτού όσο και του σκούρου χρώματος παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές ως προς τη φωτεινότητα (L) σε σχέση με αυτά που έχουν την



ώχρα. Επίσης, εφόσον το **dE < 3** μεταξύ του YNOdark και YNdarkColor το μάτι είναι αδύνατο να αντιληφθεί διαφορά μεταξύ των χρωματισμών. Αντιθέτως στην περίπτωση του YNOlight και YNlightColor το dE > 3 , επομένως υπάρχει μία μικρή διαφοροποίηση μεταξύ των δοκιμών.

### 5.5.3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η εκτίμηση του συντελεστή ανακλαστικότητας των δειγμάτων που παρασκευάστηκαν έγινε με τη βοήθεια του φασματοφωτόμετρου **CARY 5000 UV-Vis-Nir**, που περιγράφηκε παραπάνω. Οι αναλύσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Δομημένου Περιβάλλοντος και Διαχείρισης Ενέργειας υπό την εποπτεία της Αναπληρώτριας Καθηγήτριας κας. Κολοκοτσά Διονυσία και υπό τις υποδείξεις και την αξιοσημείωτη βοήθεια του Δρ. Γομπάκη Κωνσταντίνου. Η διαδικασία μέτρησης ξεκινά μετά την τοποθέτηση του δείγματος στο θάλαμο δείγματος της συσκευής και την ευθυγράμμιση του στην υποδοχή.

➤ Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από το όργανο, φαίνονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα

**Πίνακας 10:** Αποτελέσματα μετρήσεων ανακλαστικότητας δοκιμών

	YN	YNMrGI	CLN	CLNMrGI	YNOlight	YNMrGIOfight	YNOdark	YNMrGIOfdark
<b>SR</b>	77,05	78,71	55,1	52,22	73,21	73,21	76,67	73,17
<b>SRir</b>	77,66	78,55	53,48	50,47	75,26	76,1	78,83	75,19
<b>SRvis</b>	77,15	79,8	57,99	55,22	71,26	70,25	74,4	71,09
<b>SRuv</b>	60,3	64,5	47,01	46,72	57,11	52,94	61,8	59,43

Όπου :

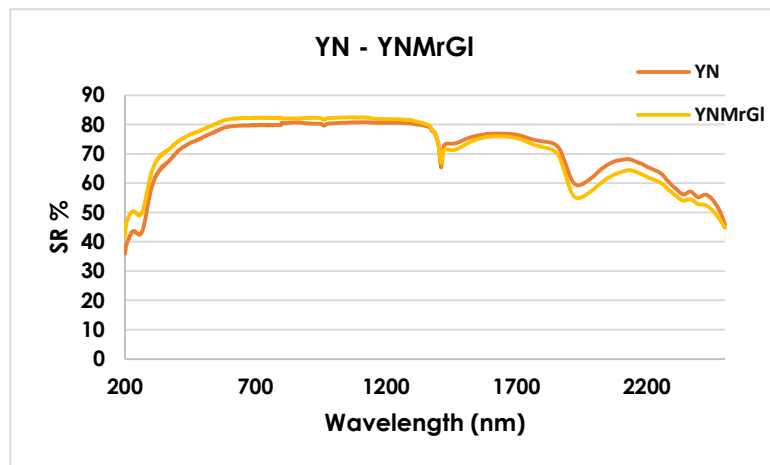
**SR** = μέση ποσοστιαία ανακλαστικότητα σε όλο το φάσμα της ακτινοβολίας

**SR<sub>ir</sub>** = μέση ποσοστιαία ανακλαστικότητα σε υπέρυθρη (NIR) ακτινοβολία

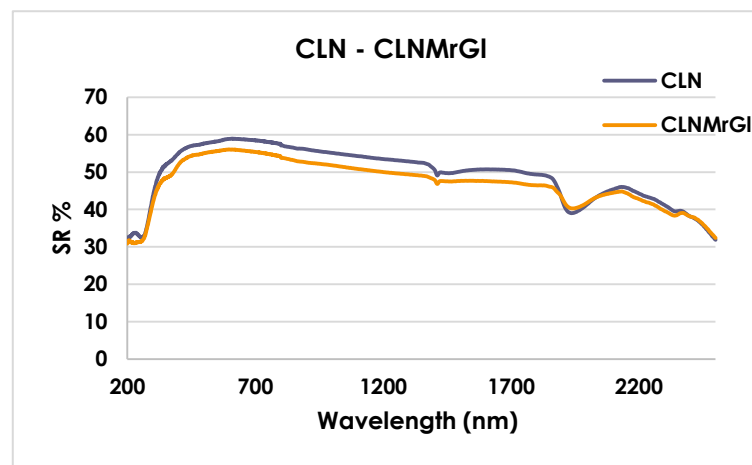
**SR<sub>vis</sub>** = μέση ποσοστιαία ανακλαστικότητα σε (VIS) ορατή ακτινοβολία

**SR<sub>uv</sub>** = μέση ποσοστιαία ανακλαστικότητα σε (UV) υπεριώδη ακτινοβολία

Οι μετρήσεις που ελήφθησαν έδειξαν διαφορετικές τιμές ανακλαστικότητας για τα δοκίμια που μελετώνται, ανάλογα με το συνδυασμό των υλικών από τα οποία έχουν παρασκευαστεί. Οι διαφορές αυτές, φαίνονται χαρακτηριστικά στα παρακάτω διαγράμματα της ανακλαστικότητας συναρτήσει του μήκους κύματος. Στα διαγράμματα αυτά, το μήκος κύματος (wavelength) αναφέρεται στο μήκος κύματος της ακτινοβολίας που δέχονται τα υπό μέτρηση δοκίμια για τον προσδιορισμό



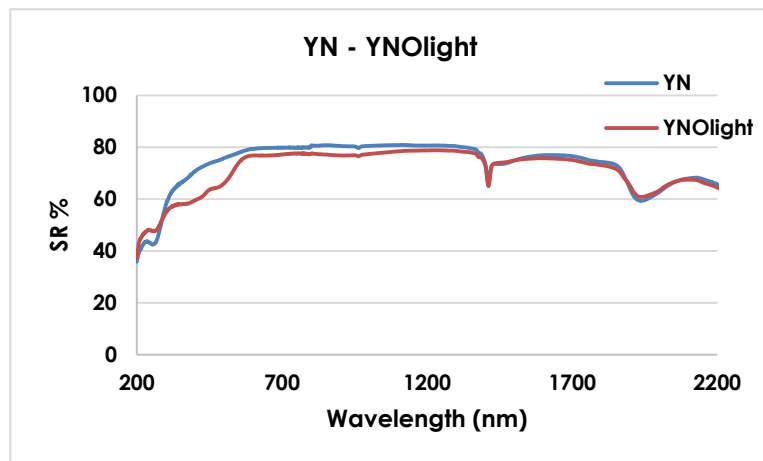
**Διάγραμμα 2:** Ανακλαστικότητα των δειγμάτων με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο – με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη και glass beads



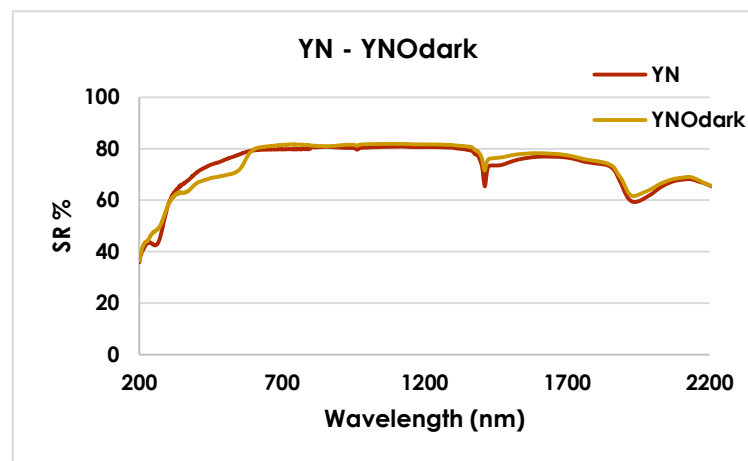
**Διάγραμμα 3:** Ανακλαστικότητα των δειγμάτων με τσιμέντο, υδράσβεστο και νταμαρίσια άμμο – με τσιμέντο, υδράσβεστο, νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη και glass beads

, της ανακλαστικότητας τους. Το **μήκος κύματος μέχρι 400 nm** αντιστοιχεί σε **(UV) υπεριώδη ακτινοβολία**, από **400 έως 800 nm** σε **(VIS) ορατή ακτινοβολία**, ενώ **μεγαλύτερο από 800 nm** σε **υπέρυθρη (NIR)**. Για την αποτελεσματικότητα των συγκρίσεων, τα δείγματα έχουν ομαδοποιηθεί ανάλογα με τα συστατικά τους.

Στο διάγραμμα 2 παρατηρείται πως το δοκίμιο YNMrGI παρουσιάζει υψηλότερες τιμές σε σχέση με το YN. Δουλεύοντας με την υδραυλική άσβεστο ως κονία συμπεραίνεται πως έχει καλύτερη συμπεριφορά ως προς τη διαφυγή της υγρασίας στο περιβάλλον και καλή αντοχή στο χρόνο. Αντιθέτως, στο διάγραμμα 3 οι συνθέσεις CLN και CLNMrGI παρουσιάζουν χαμηλές τιμές ανακλαστικότητας. Ιδίως η σύνθεση CLNMrGI αν και με μικρές αποκλίσεις έχει χαμηλότερες τιμές από την CLN, γεγονός που αποδεικνύει πως τα glass beads δεν βοήθησαν καθόλου τις οπτικές ιδιότητες του υλικού.

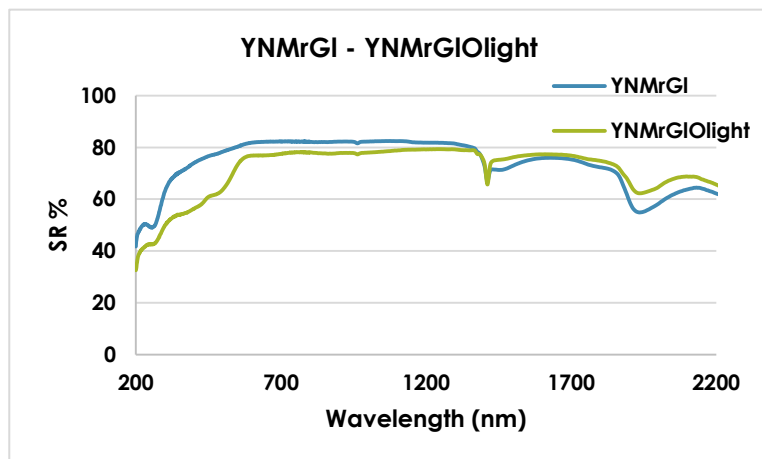


**Διάγραμμα 4:** Ανακλαστικότητα των δειγμάτων με υδραυλική άσβεστο και νταμαρίσια άμμο – με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο και ανοιχτή ώχρα αγιογραφίας

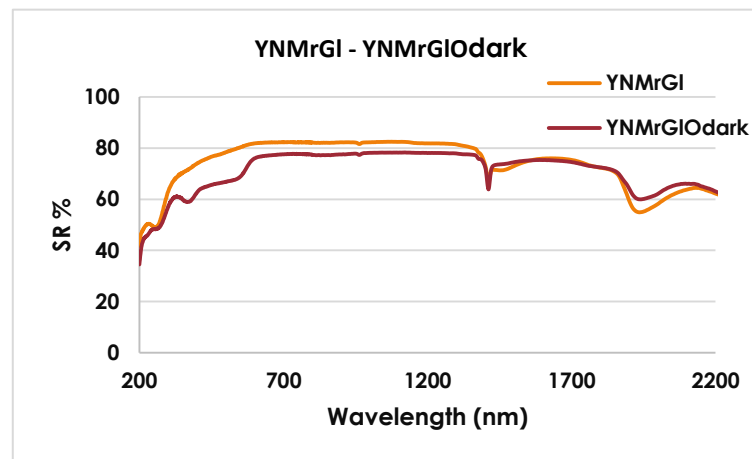


**Διάγραμμα 5:** Ανακλαστικότητα των δειγμάτων με υδραυλική άσβεστο και νταμαρίσια άμμο – με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο και σκούρα ώχρα αγιογραφίας

Στο διάγραμμα 4 η σύνθεση YN χωρίς την ανοιχτή ώχρα συμπεριφέρεται καλύτερα ως προς την ανακλαστικότητα, ενώ αντίθετα στο διάγραμμα 5 η σύνθεση YNOdark με τη σκούρα ώχρα παρουσιάζει υψηλότερες τιμές σε σχέση με το δοκίμιο YN που απουσιάζει.

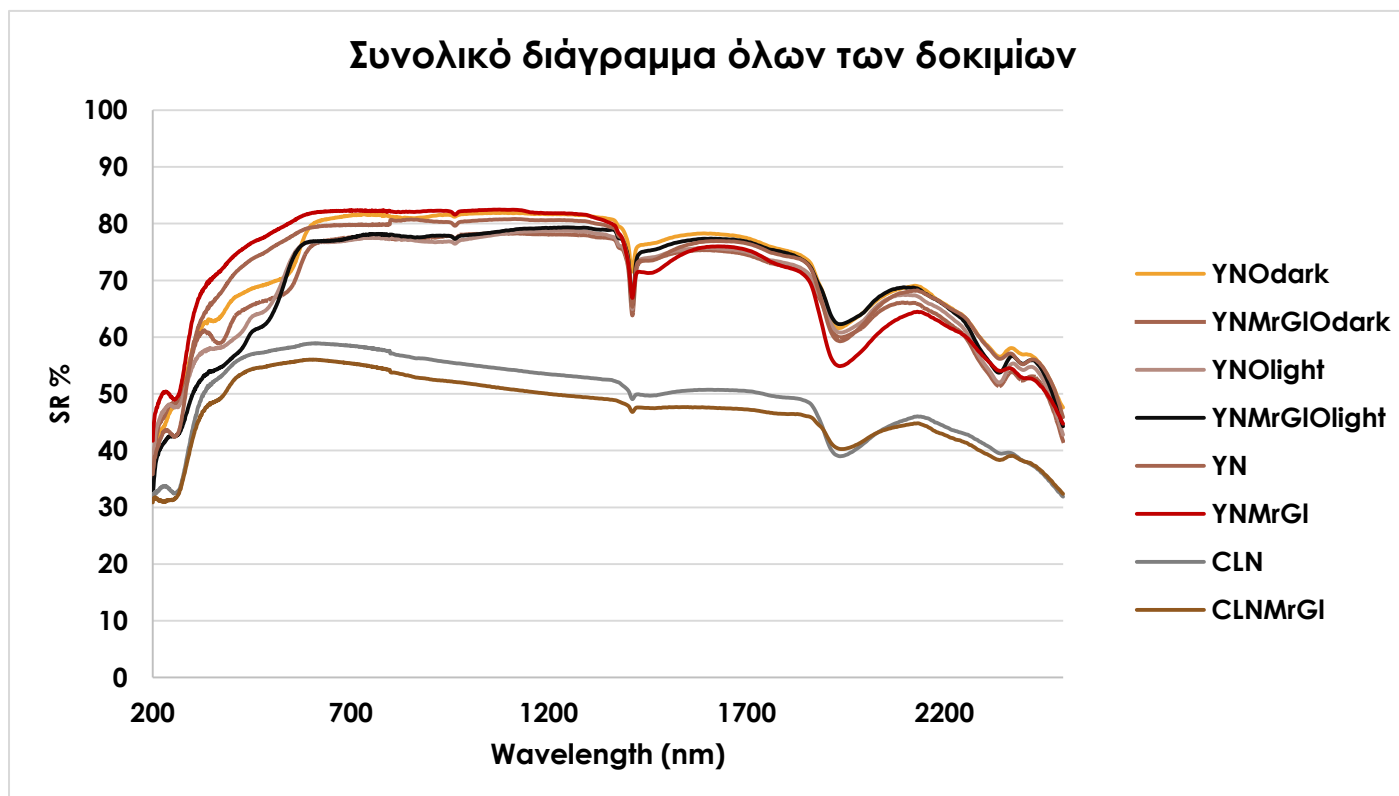


**Διάγραμμα 6:** Ανακλαστικότητα των δειγμάτων με υδραυλική άσβεστο νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη και glass beads – με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη, glass beads και ανοιχτή ώχρα αγιογραφίας



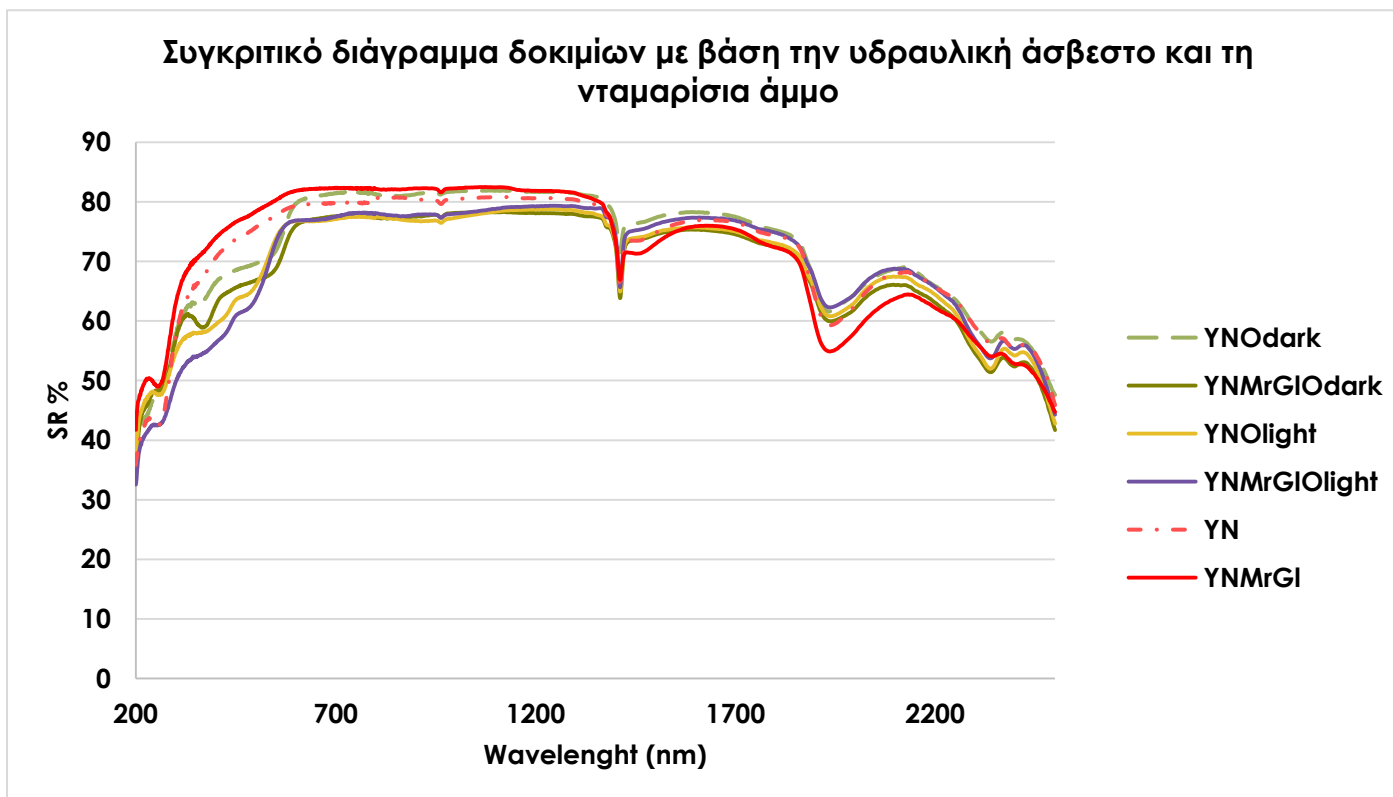
**Διάγραμμα 7:** Ανακλαστικότητα των δειγμάτων με υδραυλική άσβεστο νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη και glass beads – με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη, glass beads και σκούρα ώχρα αγιογραφίας

Τόσο από το διάγραμμα 6, όσο και από το 7 διαπιστώνεται πως τα φυσικά έγχρωμα ορυκτά δε μεταβάλλουν τους ενεργειακούς δείκτες, αφού δε βελτίωσαν τις τιμές της ανακλαστικότητας, καθώς η σύνθεση YNMrGI παραμένει με τις υψηλότερες τιμές.



**Διάγραμμα 8:** Συγκριτικό διάγραμμα ανακλαστικότητας όλων των δοκιμών

Από το συνολικό διάγραμμα 8 όλων των δοκιμών συμπεραίνεται πως οι συνθέσεις που έχουν ως βάση το τσιμέντο δεν παρουσίασαν καθόλου καλή συμπεριφορά σε σχέση με αυτές με την υδραυλική άσβεστο.



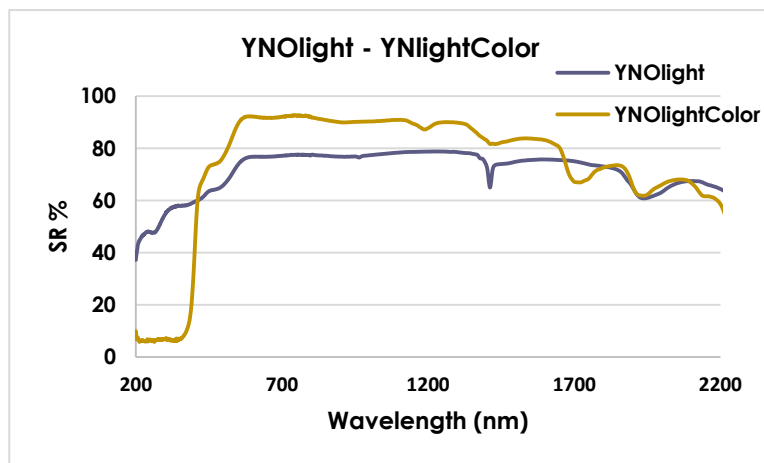
**Διάγραμμα 9:** Συγκριτικό διάγραμμα ανακλαστικότητας όλων των δοκιμίων με βάση την υδραυλική άσβεστο και τη νταμαρίσια άμμο

Από το διάγραμμα 9 παρατηρείται πως οι τιμές ανακλαστικότητας όλων των δοκιμίων με βάση την υδραυλική άσβεστο είναι αρκετά υψηλές και με μικρές αποκλίσεις μεταξύ τους. Επομένως, αυτό είναι ένα θετικό αποτέλεσμα αφού σημαίνει πως η προσθήκη των φυσικών έγχρωμων ορυκτών δεν αλλοιώνει τα χαρακτηριστικά των συνθέσεων.

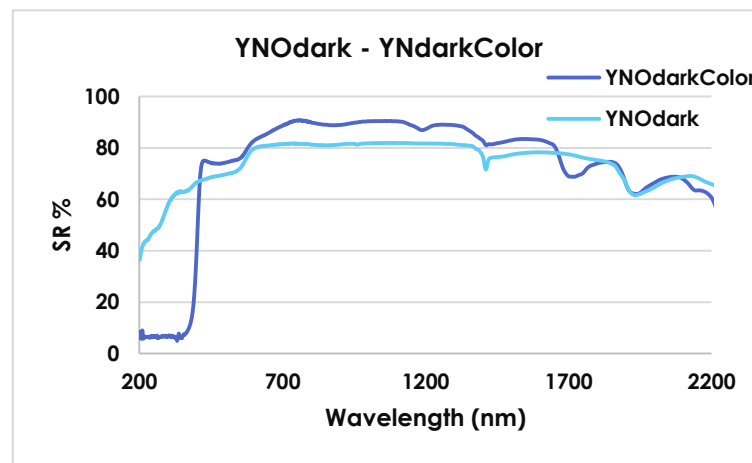
Εν συνεχεία, ως τελευταίο βήμα της πειραματικής διαδικασίας, παρατίθενται οι τιμές της ανακλαστικότητας του ακρυλικού χρώματος εμπορίου που πάρθηκαν από το όργανο καθώς αλλά και τα αντίστοιχα διαγράμματα :

**Πίνακας 11:** Αποτελέσματα μετρήσεων ανακλαστικότητας ακρυλικού χρώματος εμπορίου

	YNlightColor	YNdarkColor
<b>SR</b>	82,21	79,76
<b>SRir</b>	84,88	84,14
<b>SRvis</b>	83,51	78,28
<b>SRuv</b>	7,29	7,14



**Διάγραμμα 10:** Συγκριτικό διάγραμμα ανακλαστικότητας με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο και ανοιχτή ώχρα αγιογραφίας – με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο και ανοιχτό ακρυλικό χρώμα εμπορίου



**Διάγραμμα 11:** Συγκριτικό διάγραμμα ανακλαστικότητας με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο και σκούρα ώχρα αγιογραφίας – με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο και σκούρο ακρυλικό χρώμα εμπορίου

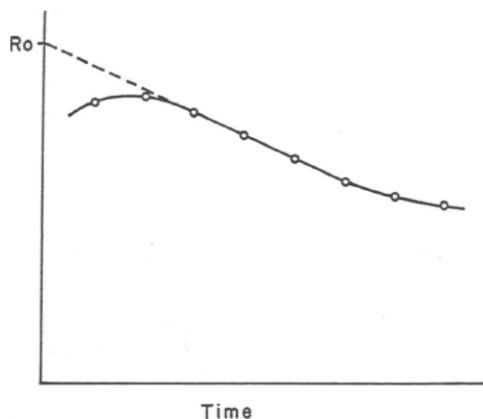
Τέλος, από τα διαγράμματα 10 και 11 διαπιστώνεται ότι τα δοκίμια με τις ακρυλικές βαφές εμπορίου παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά σε σχέση με αυτά με την προσθήκη της ώχρας γεγονός που δεν είναι ιδιαίτερα ανησυχητικό αφού κι από άλλες μελέτες που έχουν γίνει στο εργαστήριο γνωρίζουμε ότι έχουν βραχυχρόνια απόδοση ιδίως όταν εκτεθούν σε εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος.

#### 5.5.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΕΚΠΟΜΠΗΣ

Οι μετρήσεις του δείκτη εκπομπής πραγματοποιήθηκαν επίσης στο εργαστήριο Δομημένου Περιβάλλοντος και Διαχείρισης Ενέργειας, υπό τις οδηγίες των επιβλέποντων που έχουμε ήδη προαναφέρει στις μετρήσεις φασματοφωτόμετρου CARRY 5000.

Η εκτίμηση του **συντελεστή εκπομπής** έγινε με τη γνωστή (ενδεδειγμένη) μέθοδο slide method. Πιο αναλυτικά, η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει δύο παραλλαγές της ίδιας διαδικασίας, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το σφάλμα σε κάθε επιμέρους μέτρηση. Αρχικά, λοιπόν, γίνεται η εγκατάσταση της συσκευής AE1 Emissometer και η σύνδεσή της με τα περιφερειακά όργανα. Εν συνεχεία, γίνεται βαθμονόμηση της συσκευής με τη βοήθεια του βολτόμετρου, με το οποίο είναι συνδεδεμένο. Αφού μεσολαβήσει ένα χρονικό διάστημα 30 λεπτών πριν ξεκινήσουν οι μετρήσεις, έτσι ώστε ο αισθητήρας να εναρμονιστεί με τις συνθήκες θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου ξεκινάει η διαδικασία μέτρησης. Ξεκινώντας τη διαδικασία προσδιορισμού του συντελεστή εκπομπής για κάθε δείγμα, ο αισθητήρας (emissivity detector) εναποτίθεται πάνω στην επιφάνεια του δείγματος και καταγράφονται 8 μετρήσεις κάθε 30 δευτερόλεπτα για κάθε δείγμα.

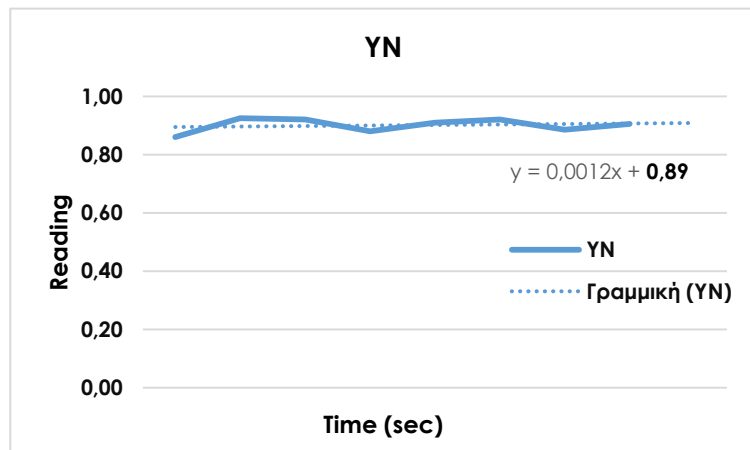




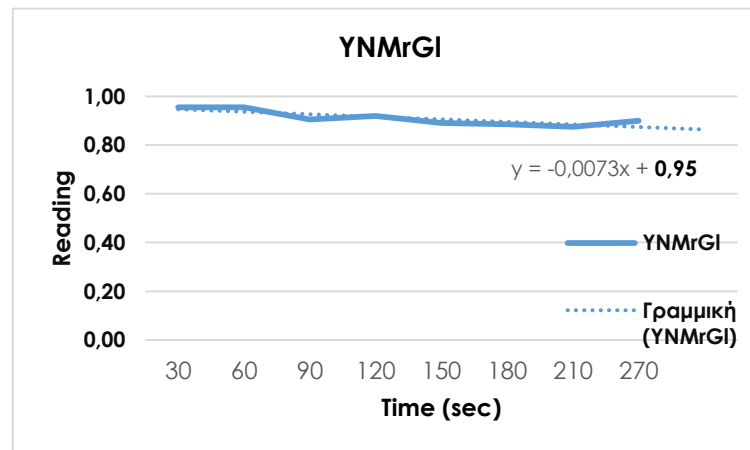
όπου, **R<sub>0</sub>**, η τιμή της μέτρησης

Η βέλτιστη τιμή από τις 8 που λαμβάνονται για κάθε δείγμα και είδος μέτρησης υπολογίζεται από το συντελεστή β, αν θεωρήσουμε ότι η εξίσωση της διακεκομμένης ευθείας είναι της μορφής  $y = ax + \beta$ . Όπως φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα οι τιμές σχηματίζουν ένα καμπυλόγραμμο ευθύγραμμο τμήμα. Η ζητούμενη ευθεία είναι η βέλτιστη ευθεία των σημείων, όταν η καμπύλη καταλήγει σε ευθεία γραμμή. Για παράδειγμα, το πρώτο δείγμα (διάγραμμα 12) :

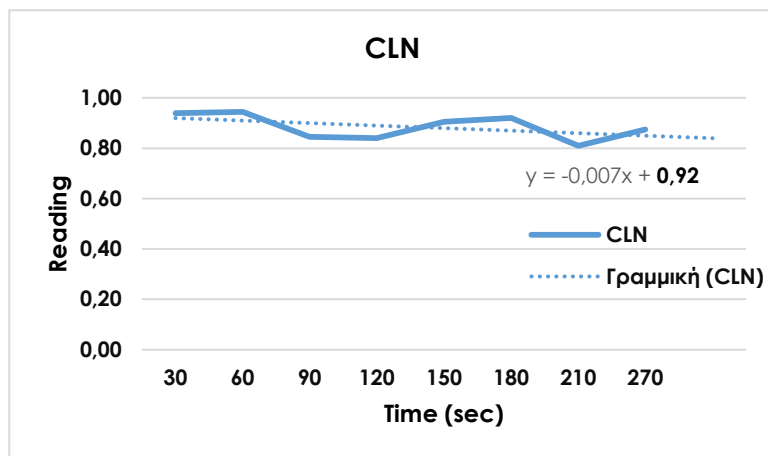
**Διάγραμμα 12:** Γραφική απεικόνιση εκπεμψιμότητας σε σχέση με το χρόνο



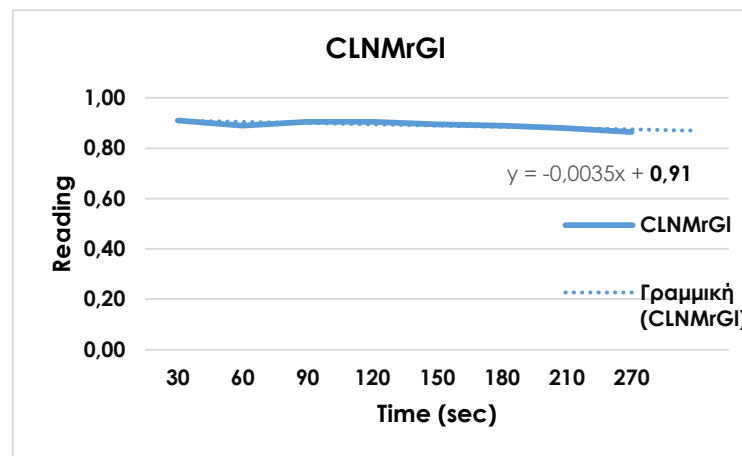
**Διάγραμμα 13:** Διάγραμμα εκπεμψιμότητας σε σχέση με το χρόνο για το δείγμα με υδραυλική άσβεστο και νταμαρίσια άμμο



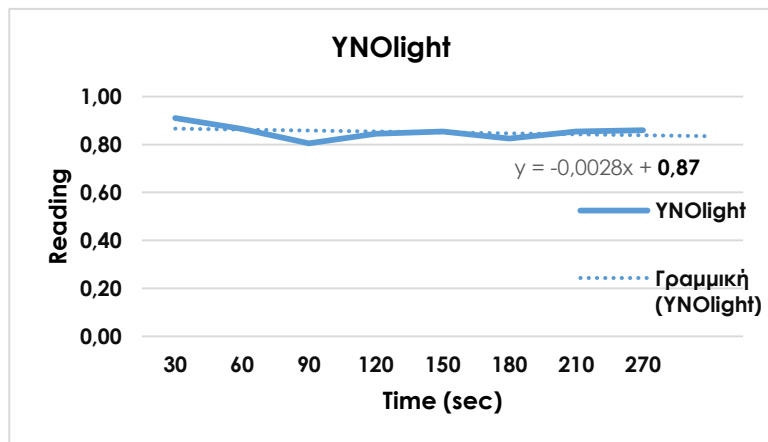
**Διάγραμμα 14:** Διάγραμμα εκπεμψιμότητας σε σχέση με το χρόνο για το δείγμα με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη και glass beads



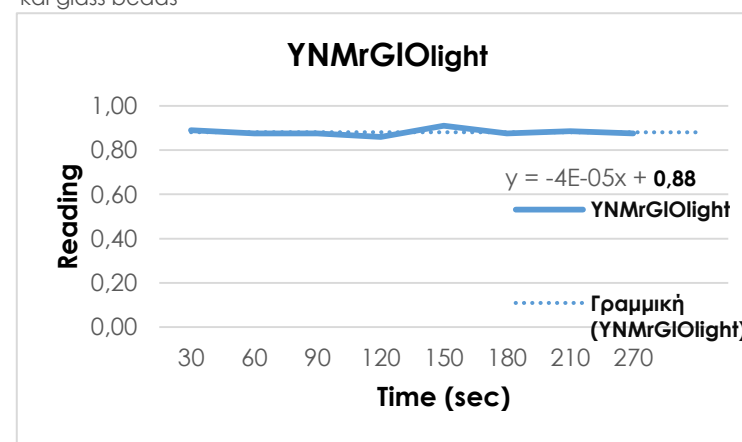
**Διάγραμμα 15:** Διάγραμμα εκπεψιμότητας σε σχέση με το χρόνο για το δείγμα με τσιμέντο, υδράσβεστο και νταμαρίσια άμμο



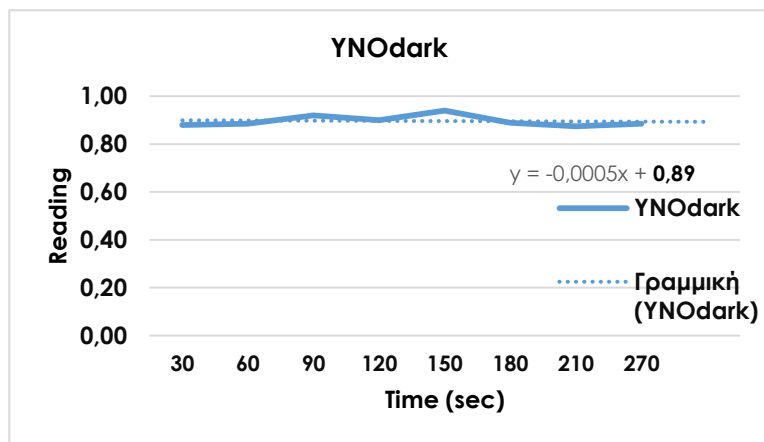
**Διάγραμμα 16:** Διάγραμμα εκπεψιμότητας σε σχέση με το χρόνο για το δείγμα με τσιμέντο, υδράσβεστο, νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη και glass beads



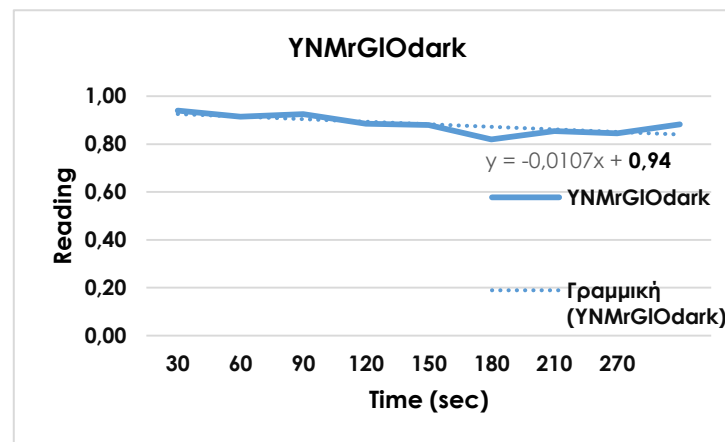
**Διάγραμμα 17:** Διάγραμμα εκπεψιμότητας σε σχέση με το χρόνο για το δείγμα με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο και ανοιχτή χώρα



**Διάγραμμα 18:** Διάγραμμα εκπεψιμότητας σε σχέση με το χρόνο για το δείγμα με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη, glass beads και ανοιχτή χώρα



**Διάγραμμα 19:** Διάγραμμα εκπεμψιμότητας σε σχέση με το χρόνο για το δείγμα με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο και σκούρα ώχρα



**Διάγραμμα 20:** Διάγραμμα εκπεμψιμότητας σε σχέση με το χρόνο για το δείγμα με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη, glass beads και σκούρα ώχρα

- Από τις 8 μετρήσεις που λαμβάνονται για κάθε δείγμα, η βέλτιστη τιμή προκύπτει από μία επεξεργασία των 8 αυτών τιμών. Οι τιμές αυτές απεικονίζονται ποιοτικά συναρτήσεως του χρόνου σε γραφική παράσταση όπως φαίνεται στα παραπάνω διαγράμματα. Οι 8 αυτές τιμές φαίνονται στον πίνακα 12, παρακάτω :

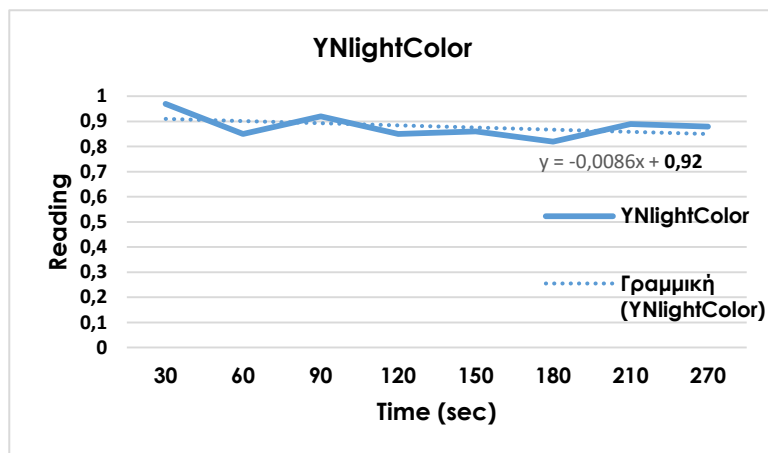
**Πίνακας 12:** Μετρήσεις βολτόμετρου

Time(sec)	YN	YNMrGI	CLN	CLNMrGI	YNOlight	YNMrGIOlight	YNOdark	YNMrGIOdark
30	0,86	0,96	0,94	0,91	0,91	0,89	0,88	0,94
60	0,93	0,96	0,95	0,89	0,87	0,88	0,89	0,92
90	0,92	0,91	0,85	0,91	0,81	0,88	0,92	0,93
120	0,88	0,92	0,84	0,91	0,85	0,86	0,90	0,89
150	0,91	0,89	0,91	0,90	0,86	0,91	0,94	0,88
180	0,92	0,89	0,92	0,89	0,83	0,88	0,89	0,82
210	0,89	0,88	0,81	0,88	0,86	0,89	0,88	0,86
270	0,91	0,90	0,88	0,87	0,86	0,88	0,89	0,85

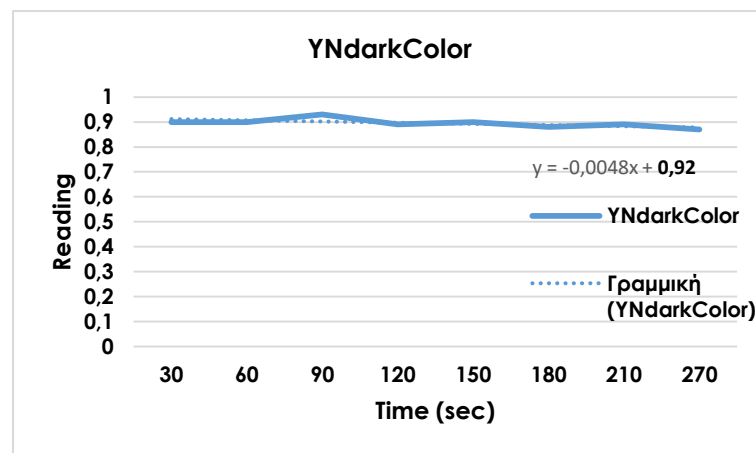
- Στη συνέχεια, ως τελευταίο βήμα της πειραματικής διαδικασίας, παρατίθενται οι τιμές της εκπεμπημότητας των δοκιμίων με πλαστικό χρώμα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 13 :

**Πίνακας 13:** Αποτελέσματα μετρήσεων ανακλαστικότητας με πλαστικό χρώμα

Time(sec)	YNlightColor	YNdarkColor
30	0,97	0,9
60	0,85	0,9
90	0,92	0,93
120	0,85	0,89
150	0,86	0,9
180	0,82	0,88
210	0,89	0,89
270	0,88	0,87

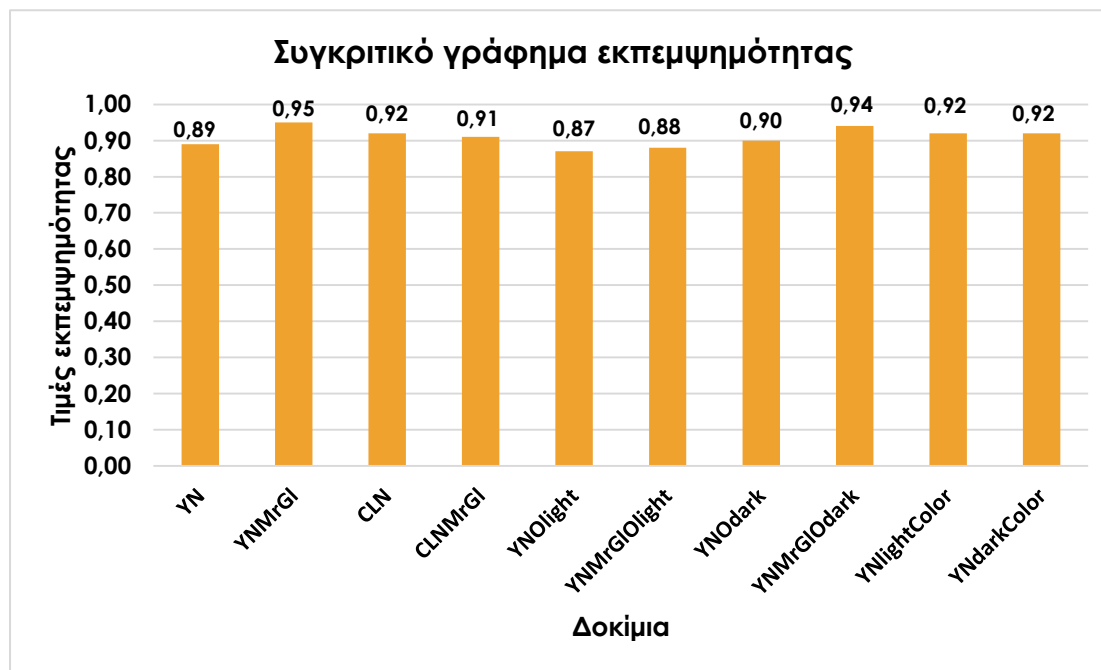


**Διάγραμμα 21:** Διάγραμμα εκπεμψιμότητας σε σχέση με το χρόνο για το δείγμα με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο και ανοιχτό πλαστικό χρώμα



**Διάγραμμα 22:** Διάγραμμα εκπεμψιμότητας σε σχέση με το χρόνο για το δείγμα με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο και σκούρο πλαστικό χρώμα

➤ Τέλος, παρατίθενται ένα συγκριτικό γράφημα εκπεμψιμότητας όλων των δοκιμών :

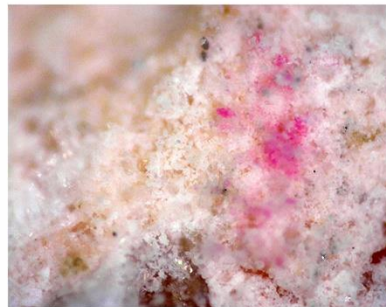
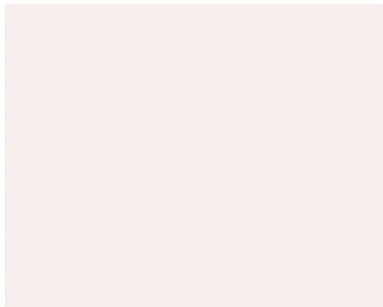
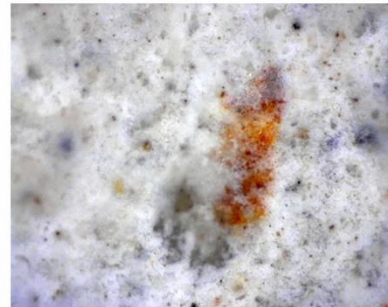
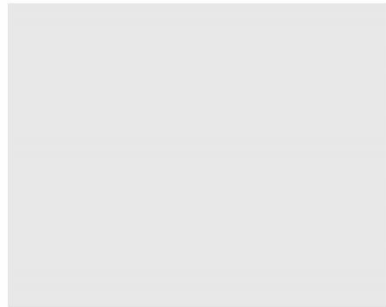
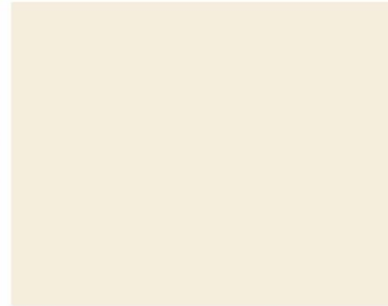


**Γράφημα 4:** Συγκριτικό γράφημα εκπεμψιμότητας όλων των δοκιμίων

#### 5.5.5. ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Κατά τη πειραματική διαδικασία παρατηρήθηκε ένα ππαίσμα, το οποίο ήταν μικρού βαθμού επομένως δεν επηρέασε σε κάτι τα τελικά αποτελέσματα. Αυτό είναι το παρακάτω :

- I. Στα διαγράμματα των μετρήσεων της εκτίμησης του συντελεστή εκπομπής των δειγμάτων, παρατηρούνται κάποιες μικρές διαφορές στις καμπύλες, οι οποίες προκύπτουν από δυσλειτουργίες κατά την διαδικασία των μετρήσεων (slide method). Παραδείγματος χάρη, η διαφορά θερμοκρασίας της συσκευής με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντα χώρου, είναι ένα φαινόμενο το οποίο επηρεάζει την ακρίβεια του οργάνου. Ακόμα, μικρές ασυνέχειες στην επιφάνεια κάποιων δειγμάτων εμποδίζουν την προσκόλληση του αισθητήρα με την επιφάνεια αυτή. Το γεγονός αυτό, δεν επηρέασε καθόλου τα τελικά συμπεράσματα.



## 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ



## 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 6.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Όλα τα δείγματα περιέχουν συστατικά όπως η νταμαρίσια άμμος και το νερό. Οι διαφορές στα αποτελέσματα των μετρήσεων των δειγμάτων πηγάζουν από το συνδυασμό των υπολοίπων συστατικών, αλλά και των αναλογιών που χρησιμοποιούνται σε κάθε δείγμα.

Ξεκινώντας από το **Δείκτη εκπομπής**, που περιγράφεται με τις κίτρινες μπάρες στο Γράφημα 4, παρατηρούμε ότι τον υψηλότερο δείκτη εκπομπής παρουσιάζει η σύνθεση **YNMrGI** με emissivity=0,95 που περιέχει υδραυλική άσβεστο (Y), νταμαρίσια άμμο (N), μαρμαρόσκονη (Mr) και glass beads (GI). Δεύτερο κατά σειρά μεγαλύτερο δείκτη εκπομπής παρουσιάζει το δείγμα **YNMrGIOdark** με emissivity=0,94 που περιέχει υδραυλική άσβεστο (Y), νταμαρίσια άμμο (N) καθώς και μικρές ποσότητες μαρμαρόσκονης (Mr), glass beads (GI) κι σκούρα όχρα αγιογραφίας (Odark). Στη συνέχεια οι συνθέσεις **CLN** και **CLNMrGI** με τσιμέντο (C), υδράσβεστο (L) και νταμαρίσια άμμο (N) αλλά και με τσιμέντο (C), υδράσβεστο (L), νταμαρίσια άμμο (N), μαρμαρόσκονη (Mr) και glass beads (GI) παρουσιάζουν δείκτη εκπεμψιμότητας emissivity=0,92 και emissivity=0,91 αντίστοιχα. Έπειτα οι συνθέσεις **YN** και **YNOdark** παρουσιάζουν ίδιο συντελεστή emissivity=0,89, όπου η πρώτη αποτελείται από υδραυλική άσβεστο (Y) και νταμαρίσια άμμο (N) και η δεύτερη από τα ίδια υλικά με πρόσθετη σκούρα όχρα αγιογραφίας (Odark). Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι η υδραυλική άσβεστος εμποδίζει την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και την απελευθερώνει γρηγορότερα εφόσον οι τιμές εκπεμψιμότητας είναι υψηλές, με αποτέλεσμα να εισχωρεί λιγότερη θερμότητα στο εσωτερικό του κτηρίου, άρα να καταναλώνει λιγότερη ενέργεια και να παραμένει δροσερό.

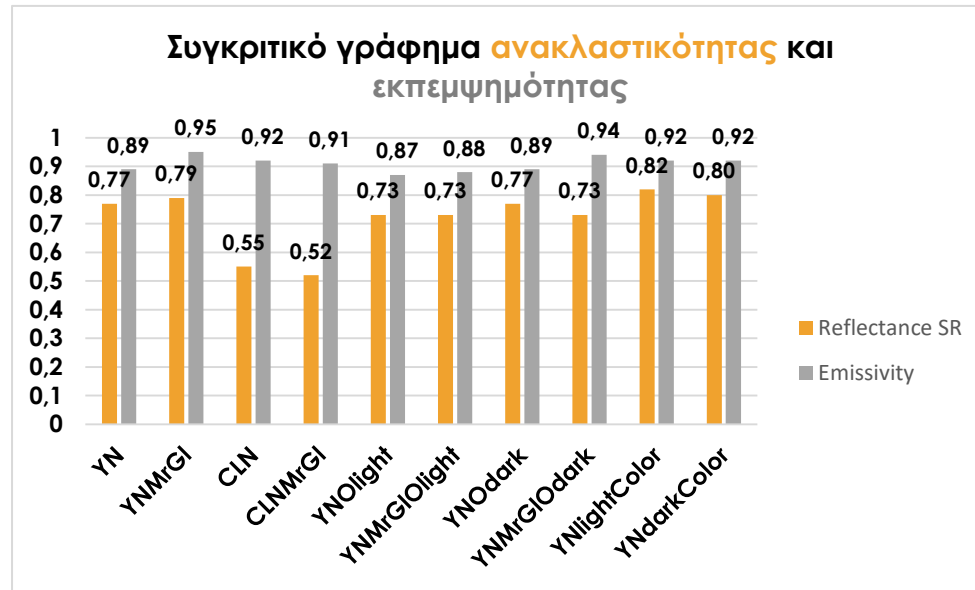
Τις μικρότερες τιμές εκπεμψιμότητας έχουν τα δείγματα **YNMrGIOlight** με emissivity=0,88 που περιέχει υδραυλική άσβεστο (Y), νταμαρίσια άμμο (N), μαρμαρόσκονη (Mr), glass beads (GI) και ανοιχτή όχρα αγιογραφίας (Olight) και η **YNOlight** με emissivity=0,87 με υδραυλική άσβεστο (Y), νταμαρίσια άμμο (N) και ανοιχτή όχρα αγιογραφίας (Olight). Ωστόσο, το

παράδοξο με βάση τα παραπάνω είναι το γεγονός ότι η σύνθεση με τη σκούρα ώχρα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές εκπνεψιμότητας σε σχέση με την ανοιχτή. Συνεπώς, η ανοιχτή ώχρα ως πρόσμιξη κατά τη σύνθεση των επιχρισμάτων τοιχοποιίας, δε συμμετέχει στη μείωση της ακτινοβολίας που απορροφάται, εξετάζοντας μεμονωμένα το δείκτη εκπομπής του υλικού.

Στη συνέχεια, εξετάζοντας την **ανακλαστικότητα** των δοκιμίων (**SR**) που περιγράφεται με τις πορτοκαλί μπάρες, τον υψηλότερο δείκτη παρουσιάζει το δείγμα **YNMrGI** με  $(SR)=0,79$  και αμέσως μετά οι συνθέσεις **YN** και η **YNO<sub>dark</sub>** με  $(SR)=0,77$ . Τέλος, οι συνθέσεις **YNO<sub>light</sub>**, **YNMrGIO<sub>dark</sub>** και **YNMrGIO<sub>light</sub>** παρουσιάζουν ακριβώς τον ίδιο συντελεστή ανακλαστικότητας με τιμή  $(SR)=0,73$ .

Αντίθετα, οι μικρότερες τιμές ανήκουν στα συμβατικά δοκίμια και πιο συγκεκριμένα στα δείγματα **CLN** με τιμή  $(SR)=0,55$  και **CLNMrGI** με τιμή  $(SR)=0,52$ . Επομένως, αν εξαιρεθούν τα συμβατικά δοκίμια, συμπερασματικά παρατηρείται πως η υδραυλική άσβεστος και η σκούρα ώχρα αγιογραφίας εμφανίζονται να βελτιώνουν σημαντικά την ανακλαστικότητα ενός επιχρίσματος.

- Τα συμπεράσματα φαίνονται πιο ξεκάθαρα στο παρακάτω γράφημα που συγκρίνονται η **ανακλαστικότητα (SR)** με τον **δείκτη εκπομπής (e)** των αντίστοιχων δοκιμίων.



**Γράφημα 5:** Παράθεση αποτελεσμάτων ανακλαστικότητας (SR) και εκπεμψιμότητας (e)

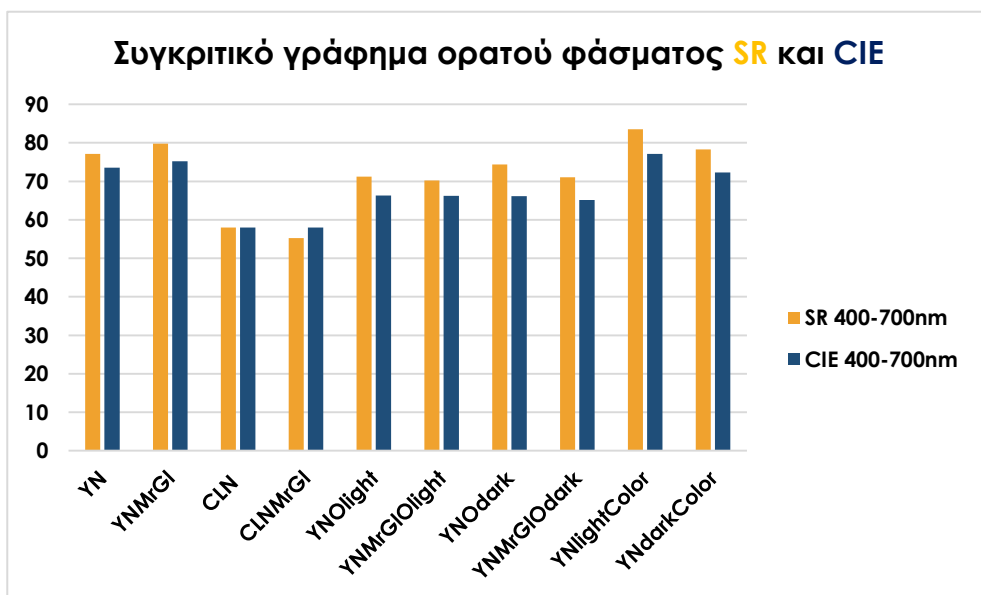
Επιπρόσθετα, διερευνώντας τη **φωτεινότητα** των δοκιμών θα συμπεράνουμε κανείς πως οι συνθέσεις **YNMrGI** με τιμή  $L=0,90$  και έπειτα η **YN** με τιμή  $L=0,89$  είναι αυτές με τις υψηλότερες τιμές. Στη συνέχεια η σύνθεση **YNOlight** παρουσιάζει τιμή  $L=0,87$  ενώ η σύνθεση **YNMrGIOlight** έχει τιμή με  $L=0,86$ . Επίσης, η σύνθεση **YNOdark** παρουσιάζει τιμή με  $L=0,85$  και τέλος η **YNMrGIOdark** έχει τιμή  $L=0,84$ .

Αντιθέτως, οι συνθέσεις με το τσιμέντο και πιο συγκεκριμένα οι **CLN** και η **CLNMrGI** με τιμή  $L=0,81$  παρουσιάζουν τις χαμηλότερες τιμές αντίστοιχα.

- Στη συνέχεια, παρατίθενται ένα συγκριτικό πίνακα (14) με τις τυπικές αποκλίσεις μεταξύ των τιμών της ανακλαστικότητας και της φωτεινότητας των δοκιμίων, αλλά κι ένα γράφημα (6) μεταξύ αυτών.

**Πίνακας 14:** Αποτελέσματα SR – CIE στο ορατό φάσμα και τυπική απόκλιση μεταξύ ανακλαστικότητας και χρωματόμετρου

	YN	YNMrGI	CLN	CLNMrGI	YNOlight	YNMrGIOlight	YNODark	YNMrGIOdark	YNlightColor	YNdarkColor
<b>SR 400-700nm</b>	77,15	79,8	57,99	55,22	71,26	70,25	74,4	71,09	83,51	78,28
<b>CIE 400-700nm</b>	73,58	75,21	58	58,03	66,33	66,27	66,13	65,17	77,15	72,33
<b>Stadar deviation</b>	± 3,57	± 4,59	± 0,01	± 2,81	± 4,93	± 3,98	± 8,27	± 5,92	± 6,36	± 5,95



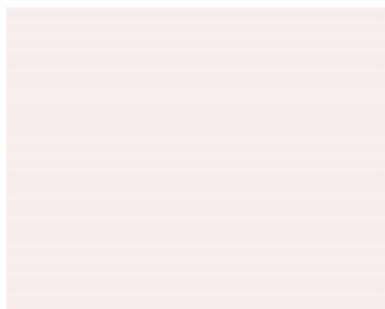
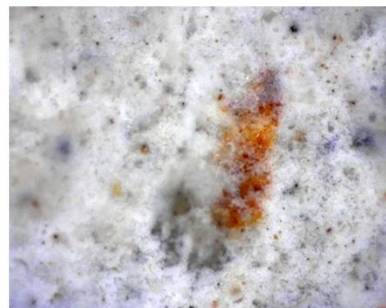
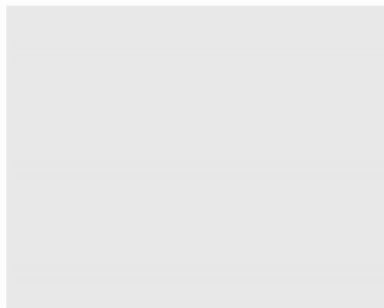
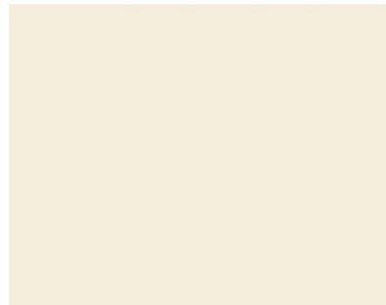
Επομένως, τα αποτελέσματα είναι θετικά καθώς οι αποκλίσεις μεταξύ των συνθέσεων είναι αρκετά μικρές εάν εξαιρέσει κανείς τις συνθέσεις YNOdark και YNMrGIOdark.

**Γράφημα 6:** Παράθεση αποτελεσμάτων **ανακλαστικότητας (SR)** και **χρωματόμετρου (CIE)** στο ορατό φάσμα (400-700nm)

Τέλος, έπειτα από σύγκριση των φυσικών έγχρωμων ορυκτών με τα ακρυλικά χρώματα εμπορίου στις αντίστοιχες συνθέσεις παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές στην περίπτωση των ακρυλικών χρωμάτων τόσο σε επίπεδο φωτεινότητας των δοκίμιων, όσο σε επίπεδο ανακλαστικότητα αλλά και δείκτη εκπομπής. Πιο συγκεκριμένα η σύνθεση **YNlightColor** που περιέχει υδραυλική άσβεστο (Y), νταμαρίσια άμμο (N) και ανοιχτό ακρυλικό χρώμα (lightColor) παρουσιάζει τιμή L=92,16, (SR)=83,51 και emissivity=0,92. Αντίστοιχα η σύνθεση **YNdarkColor** που περιέχει ότι και η προηγούμενη σύνθεση με τη διαφορά του σκούρου ακρυλικού χρώματος (darkColor) παρουσιάζει τιμές με L=88,05, (SR)=78,28 και emissivity=0,92. Το γεγονός ότι τα ακρυλικά χρώματα εμπορίου παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές έναντι των φυσικών έγχρωμων ορυκτών, πιθανότατα να οφείλεται στα πρόσθετα οργανικά συστατικά που περιέχουν. Άλλωστε από άλλες μελέτες που έχουν γίνει στο εργαστήριο έχει αποδειχτεί πως η απόδοση τους είναι βραχυχρόνια<sup>54</sup>.

---

<sup>54</sup> <https://www.tdiinternational.com/technical-source-product-info/chemical-compatibility-charts/acrylic/>



## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μελετώντας τα αποτελέσματα της διαδικασίας μετρήσεων, προκύπτουν κάποια χρήσιμα συμπεράσματα :

- ✓ Τα αποτελέσματα των μετρήσεων τόσο της ανακλαστικότητας όσο και της εκπεμψιμότητας είναι εξίσου καλά, εάν εξαιρέσει κανείς τις συνθέσεις των συμβατικών κονιαμάτων και πιο συγκεκριμένα τις **CLN** και **CLNMrGI** στην περίπτωση της ανακλαστικότητας. Επομένως, συμπεραίνεται πως τέτοιου είδους κονιάματα δεν ανταποκρίνονται στις σύγχρονες ενεργειακές απαιτήσεις των επιχρισμάτων κάτι που τελικά μπορεί και να συνδυαστεί με τις ενεργοβόρες διαδικασίες παραγωγής τσιμέντου, όπως εξόρυξη των πρώτων υλών καθώς και η όπτηση του κλίνκερ σε υψηλότερες θερμοκρασίες από τις αντίστοιχες της υδραυλικής ασβέστου.
- ✓ Η σύνθεση **YNMrGI** που αποτελείται από υδραυλική ασβέστο, νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη και glass beads παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές τόσο ως προς το χρωματισμό της επιφάνειας της, όσο ως προς την ανακλαστικότητα και τον δείκτη εκπομπής. Επομένως αυτό σημαίνει πως όλα αυτά τα υλικά όταν υπάρχουν όλα μαζί μπορούν να βελτιώσουν την **ενεργειακή** αλλά και **οικολογική συμπεριφορά** των **επιχρισμάτων** στα οποία εφαρμόζονται. Αυτό τεκμηριώνεται με το γεγονός ότι όλα τα παραπάνω υλικά αποτελούν **οικολογικές λύσεις** για τις ανάγκες μιας **βιώσιμης** και άνετης **διαβίωσης** αφού τόσο η υδραυλική ασβέστος εφόσον ψήνεται σε θερμοκρασίες μέχρι 1000°C αποτελεί οικολογικό υλικό, όσο η μαρμαρόσκονη και η άμμος που προέρχονται από υπολείμματα κατεργασιών αλλά και τα glass beads που επίσης παρασκευάζονται από ήδη ανακυκλωμένο γυαλί.
- ✓ Στις συνθέσεις που η βάση του κονιάματος είναι η **υδραυλική ασβέστος (Y)** και η **νταμαρίσια άμμος (N)** αλλά έχει προστεθεί μικρή ποσότητα έγχρωμων φυσικών ορυκτών, είτε ανοιχτής (**Olight**), είτε σκούρας ώχρας αγιογραφίας (**Odark**), τα αποτελέσματα ανακλαστικότητας (**SR**) αλλά και εκπεμψιμότητας (**e**) είναι αρκετά κοντά μεταξύ τους,

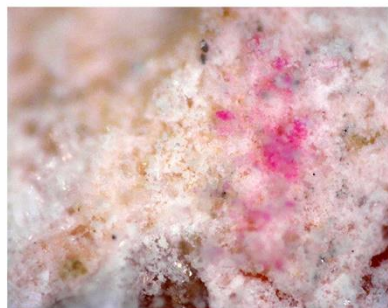
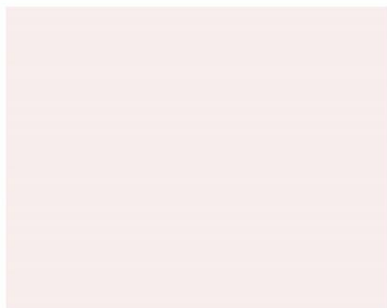
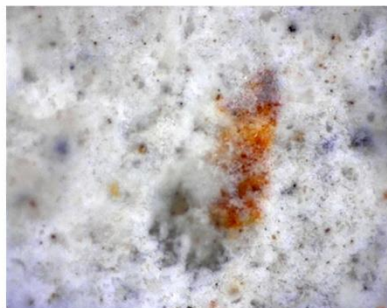
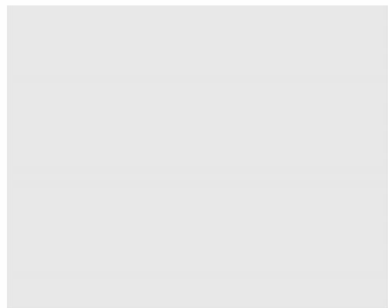
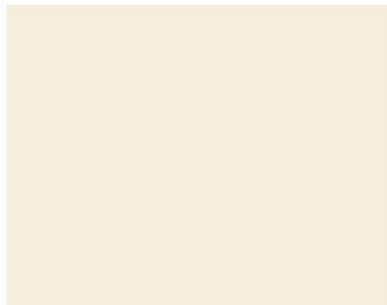
δεδομένο που κρίνεται ως θετικό αφού σημαίνει ότι η προσθήκη των φυσικών ωχρών δεν αλλοιώνει τα χαρακτηριστικά των κονιαμάτων. Αυτό είναι επίσης ένα πολύ θετικό αποτέλεσμα καθώς πιστοποιεί πως οι ώχρες που έχουν χρησιμοποιηθεί αποτελούν ένα **πλήρως φυσικό προϊόν**, χωρίς οργανικά συστατικά ή προσμίξεις που να δημιουργούν κάποιο πρόβλημα στους τελικούς δείκτες που εξετάζονται, γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να προταθεί ως **εναλλακτική λύση** για τον **τελικό χρωματισμό** μιας **αρχιτεκτονικής επιφάνειας**.

- ✓ Η **σκούρα ώχρα** παρουσιάζει **υψηλότερες ενεργειακές τιμές έναντι** της **ανοιχτής ώχρας** καθώς τα συστατικά της (καολινίτης και οξείδια του τρισθενούς σιδήρου) έχουν **ισχυρές απορροφήσεις**, σε αντίθεση με αυτά της ανοιχτής (λειμωνίτης) όπου δεν υπάρχει καμία απορρόφηση. Σε αυτή την απορρόφηση λοιπόν, αποδίδονται οι καλύτερες ενεργειακές τιμές ανακλαστικότητας και εκπεμψιμότητας.
- ✓ Τα glass beads (**GI**), αν και από τη θεωρία έχει διαπιστωθεί ότι παρουσιάζουν καλές τιμές (SR) και (e) στο πειραματικό κομμάτι παρατηρείται πως σε όλες τις συνθέσεις πέρα από την **YNMrGI**, -που όπως προαναφέρθηκε ήταν η καλύτερη-, **δεν έχουν προσδώσει** τελικά κάποια **βελτίωση** ούτε στις **οπτικές ιδιότητες** του υλικού, αλλά ούτε στην ανακλαστικότητα ή εκπεμψιμότητα αυτού.
- ✓ Έπειτα από τη σύγκριση μεταξύ των **έγχρωμων φυσικών ορυκτών** και **πλαστικού ακρυλικού χρώματος εμπορίου** με ψυχρά υλικά ως πρόσθετα, οι **τιμές** του **πλαστικού χρώματος εμπορίου** ήταν **καλύτερες** από τα επιχρίσματα με φυσικά υλικά. Αυτό οφείλεται στα **πρόσθετα οργανικά συστατικά** που περιέχουν τα ακρυλικά χρώματα. Άλλωστε έχει διαπιστωθεί και από άλλες έρευνες όπου έχουν γίνει στο εργαστήριο πως αυτή η καλή συμπεριφορά των ακρυλικών χρωμάτων του εμπορίου έχουν **βραχυχρόνια απόδοση**.
- ✓ Τα δύο **φυσικά έγχρωμα ορυκτά** που έχουν χρησιμοποιηθεί εμπίπτουν σε αποχρώσεις που αφορούν τη **Μεσογειακή παλέτα**. Οι αποχρώσεις αυτές χρησιμοποιούνται χρόνια πριν, τόσο σε άλλου είδους έργα, όπως είναι πίνακες



ζωγραφικής, αλλά και επιχρισμένες επιφάνειες. Επομένως σε κάθε περίπτωση γίνεται αντιληπτό πως τέτοιου είδους ορυκτά αλλά και αποχρώσεις αυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την **αντικατάσταση κοινών χρωμάτων εμπορίου**.

- ✓ Ως συμπέρασμα όλων των παραπάνω, απορρέει πως με βάση την έρευνα που πραγματοποιήθηκε έπειτα από το πέρας αρκετών μηνών, τα επιχρίσματα που μελετήθηκαν αποτελούν **σταθερά και ανθεκτικά συστήματα, χωρίς παραπροϊόντα**. Κρίνεται, λοιπόν, πως το **προταθέν επίχρισμα YNMrGI** με υδραυλική άσβεστο, νταμαρίσια άμμο, μαρμαρόσκονη και γυάλινα σφαιρίδια, αποτελεί μία **εξαιρετική λύση στον τομέα της αρχιτεκτονικής τεχνολογίας**, συμπεριλαμβανομένων **αποκαταστάσεων σε υφιστάμενα κελύφη και μνημείων αρχαιολογικών χώρων**.



## 8. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

## 8. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Παρατηρώντας τα ενεργειακά αποτελέσματα και έχοντας βγάλει ως συμπέρασμα μετά το πέρας αρκετών μηνών ότι τα επιχρίσματα που μελετήθηκαν είναι **σταθερά** και **ανθεκτικά συστήματα** χωρίς παραπροϊόντα, εστιάζεται η **μελλοντική διερεύνηση** και η συνέχεια της έρευνας στην εξέταση των επιχρισμάτων ως προς τη **διαπερατότητα**, δηλαδή κατά πόσο συμβάλλουν στη διαπνοή της επιφάνειας. Επίσης, ένας ακόμη στόχος είναι να εξεταστεί η **αντοχή** και η **ανθεκτικότητα** των **επιχρισμάτων** στο χρόνο σε σχέση με τα **πλαστικά ακρυλικά χρώματα εμπορίου** με ψυχρά υλικά ως πρόσθετα. Αυτό θα επιτευχθεί με το να εκτεθούν τα δοκίμια σε περιβαλλοντική διάβρωση και τα ανάλογα συμπεράσματα που θα προκύψουν θα είναι έπειτα από το πέρας ενός έτους παραμονής σε εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες (όπως αέρας, βροχή, υγρασία κλπ.). Επιπρόσθετα, στο εργαστήριο γίνονται περεταίρω προσπάθειες **διερεύνησης** της **σκούρας ώχρας αιογραφίας** (χοντροκόκκινο) όσον αφορά τα **υψηλά ενεργειακά αποτελέσματα** της, ώστε να υπάρχουν πιο τεκμηριωμένα συμπεράσματα. Ως συνέχεια της μελλοντικής διερεύνησης της παρούσας ερευνητικής εργασίας κρίνεται αρκετά κρίσιμο επίσης, να **συνεχιστεί** η προσπάθεια που έχει αρχίσει στο εργαστήριο «Υλικών Πολιτιστικής Κληρονομιάς και Σύγχρονης Δόμησης», και να ολοκληρωθεί η **παλέτα** των **έγχρωμων φυσικών ορυκτών** και να δημιουργηθούν ακόμη περισσότεροι χρωματισμοί που να εμπίπτουν ολοένα και περισσότερο στη **Μεσογειακή παλέτα** όπου στη συνέχεια να αποτελεί μία εξαιρετικά έξυπνη και οικονομική λύση στον τομέα της **αρχιτεκτονικής τεχνολογίας**, τόσο για να χρησιμοποιηθεί στο κομμάτι των **αποκαταστάσεων σε υφιστάμενα κελύφη**, όσο και σε **μνημεία, αρχαιολογικούς χώρους** ή ακόμα και σε **αρχιτεκτονικές επιφάνειες**. Ειδικά σήμερα εκμεταλλευόμενοι τα οφέλη του **βιοκλιματικού σχεδιασμού** και λαμβάνοντας υπόψη τις **επαυξημένες ανάγκες εξοικονόμησης ενέργειας**, οι **αρχιτεκτονικές επιφάνειες** οφείλουν να φέρουν το **αποτύπωμα** της **μακροβιότητας, οικολογικής σχεδίασης** και **σταθερότητας** στις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Παρατηρείται λοιπόν, πως οι **φυσικοί χρωματισμοί** των δοκιμίων επιβεβαιώνουν τη **γήνη Μεσογειακή παλέτα**. Συνεπώς, η αρχή της έρευνας αυτής κρίνεται αναγκαίο να συνεχιστεί τόσο σε άλλους είδους πειράματα στο εργαστήριο, όσο και γενικότερα σε πιο **σύγχρονες κατασκευές** και **αρχιτεκτονικές επιφάνειες**.



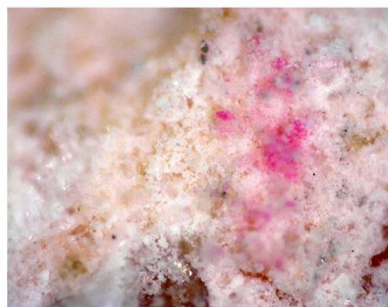
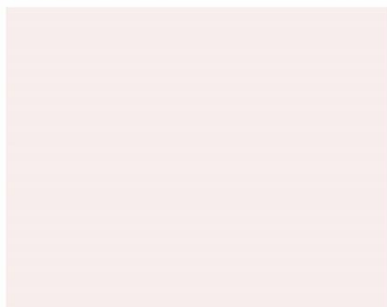
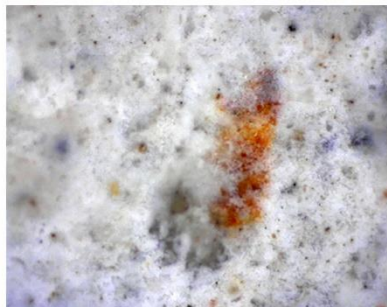
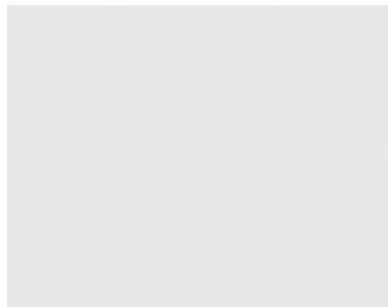
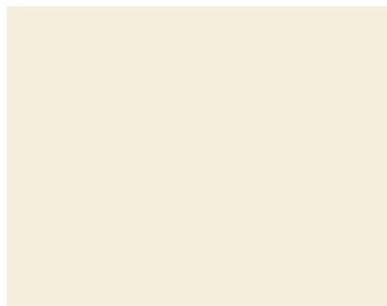
**Εικόνα 86:** Φυσικά έγχρωμα ορυκτά, **Πηγή:** Προσωπικό αρχείο



**Εικόνα 81, 82, 83, 84, 85:** Χρωματικές αποδόσεις δοκιμίων, **Πηγή:** Προσωπικό αρχείο



\*Τα συγκεκριμένα δείγματα αποτελούν έρευνα της διπλωματικής εργασίας της Λαγού Άννα-Μαρία, με ευγενική παραχώρηση από την ίδια, μία έρευνα που ένα κομ''ατι της αποτελείται από την περαιτέρω διερεύνηση της χρωματικής παλέτας, που όπως προαναφέρθηκε σκοπός είναι να συνεχιστεί.



9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι



## 9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Στο παράρτημα αυτό θα περιγράφει το πώς ξεκίνησε το πειραματικό στάδιο, διότι οι προαναφερθείσες συνθέσεις όπως έχει ήδη αναφερθεί προέκυψαν έπειτα από την πραγματοποίηση των προκαταρκτικών δοκιμών.

Αρχικά, το πρώτο στάδιο της διαδικασίας παρασκευής των μιγμάτων ξεκινάει με τις έξι συνθέσεις αναφοράς όπου στην ουσία υλοποιήθηκαν για να εξεταστεί εάν υπάρχει σωστή ή μη συμπεριφορά (δημιουργία ρογμών, συρρίκνωση, κλπ). Οπότε, για την παρασκευή των πρώτων 2 συνθέσεων αναφοράς γίνεται ανάμειξη της κονίας, με τα αδρανή, στη συνέχεια οι άλλες δύο αναδεύονται με τα glass beads, οι υπόλοιπες με τη μαρμαρόσκονη και, τέλος με νερό. Η ανάμειξη διήρκησε επαρκές χρονικό διάστημα. Στην εν λόγω περίπτωση του συμβατικού κονιάματος χρησιμοποιήθηκαν το τσιμέντο, η υδράσβεστος και η νταμαρίσια άμμος τα οποία στη συνέχεια αναδεύτηκαν με νερό παράγοντας το κονίαμα. Το τελικό προϊόν τοποθετήθηκε μέσα σε μικρά ποτηράκια και τέλος εξομαλύνθηκε με μία μικρή σπάτουλα η επιφάνεια της. Η συγκεκριμένη διαδικασία καθώς και η όψη του υλικού μετά το πέρας των 33 ημερών περιγράφεται στις παρακάτω φωτογραφίες.



**Εικόνα 87:** Τοποθέτηση των υλικών, **Πηγή:** προσωπικό αρχείο



**Εικόνα 88:** Ζυγαριά, **Πηγή:** προσωπικό αρχείο  
[128]



**Εικόνα 89:** Όψη δοκιμών μετά το πέρας των ημερών, **Πηγή:** προσωπικό αρχείο

- Αναλυτικά τα συστατικά των δειγμάτων αλλά και οι ποσότητες που χρησιμοποιήθηκαν για το καθένα περιγράφονται στους παρακάτω πίνακες :

**Πίνακας 15:** Ποσότητες υλικών και αναλογίες

	1° ΔΕΙΓΜΑ			2° ΔΕΙΓΜΑ				3° ΔΕΙΓΜΑ		4° ΔΕΙΓΜΑ			5° ΔΕΙΓΜΑ			6° ΔΕΙΓΜΑ			
ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	C	L	N	C	L	N	Gl	Y	N	Y	N	Gl	C	L	N	Mr	Mr	Y	N
ΠΟΣΟΤΗΤΑ (%)	20	20	60	19,9	19,9	59,8	0,4	20	80	25	74,5	0,5	19,2	19,2	57,7	8	24,3	72	2,7
ΠΟΣΟΤΗΤΑ (gr)	60	60	180	40	40	120	0,8	40	160	80	240	1,6	40	40	120	8	90	270	10
ΠΟΣΟΤΗΤΑ (mL)	75			50				40		50			50			55			

**Πίνακας 16:** Ποσότητες υλικών και αναλογίες

<b>Y</b>	Υδραυλική άσβεστος	<b>N</b>	Νταμαρίσια άμμος	<b>Odark</b>	Σκούρα ώχρα
<b>C</b>	Τσιμέντο	<b>Mr</b>	Μαρμαρόσκονη	<b>Olight</b>	Ανοιχτή ώχρα
<b>L</b>	Υδράσβεστος	<b>Gl</b>	Γυάλινα σφαρίδια		

Στη συνέχεια, παρασκευάστηκαν ξανά δύο συνθέσεις αναφοράς, -τα συστατικά των οποίων αναφέρονται παρακάτω- , στις οποίες προστέθηκαν φυσικές ώχρες σε μορφή σκόνης. Οι ώχρες είναι οι εξής :

- ανοιχτή ώχρα αγιογραφίας
- σκούρα ώχρα αγιογραφίας
- Brilliant cold ochre
- Cadmium orange very light

- Natural Sienna

**Πίνακας 16:** Ποσότητες και αναλογίες υλικών δοκιμών CLN

	1° ΔΕΙΓΜΑ							
ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ (%)	C	L	N	O <sub>light</sub>	O <sub>dark</sub>	Br.C.O	Cadm.Or.V.light	Nat.S
	19,8	19,8	59,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
ΠΟΣΟΤΗΤΑ (gr)	40	40	120	0,266	0,533	0,251	0,173	0,119
ΠΟΣΟΤΗΤΑ (mL)	50							

**Πίνακας 17:** Ποσότητες και αναλογίες υλικών δοκιμών ΥΝ

	2° ΔΕΙΓΜΑ						
ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	Y	N	Olight	Odark	Br.C.O	Cadm.Or.V.lig	Nat.S
ΠΟΣΟΤΗΤΑ (%)	19,8	79,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
ΠΟΣΟΤΗΤΑ (gr)	40	160	0,2	0,275	0,317	0,122	0,1
ΠΟΣΟΤΗΤΑ (mL)	45						



**Εικόνα 90:** Δοκίμια με ώχρες με βάση το τσιμέντο, **Πηγή:** προσωπικό αρχείο



**Εικόνα 91:** Δοκίμια με ώχρες με βάση την υδραυλική άσβεστο, **Πηγή:** προσωπικό αρχείο

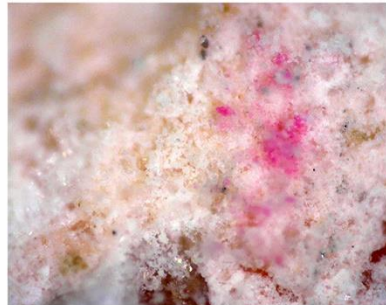
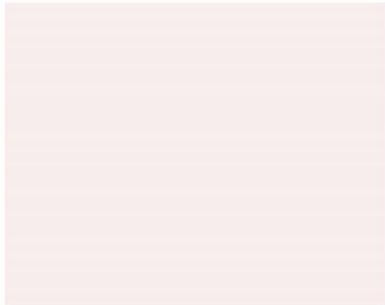
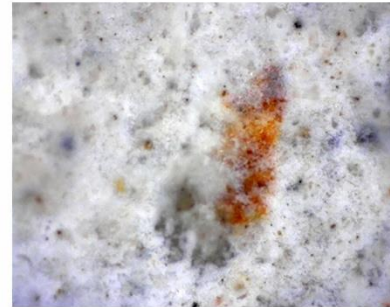
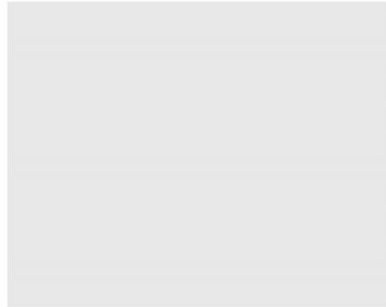
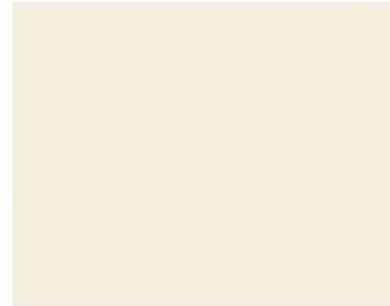


Σε όλα τα παραπάνω δοκίμια, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για τη φωτεινότητα των δοκιμίων, τα αποτελέσματα των οποίων παραθέτονται στον παρακάτω πίνακα. Οι μετρήσεις ανακλαστικότητας κι εκπεμψιμότητας υλοποιήθηκαν μόνο στις βασικές πάστες αναφοράς που έχουμε παρουσιάσει στο κεφάλαιο 5.

**Πίνακας 18:** Χρωματικές συντεταγμένες δοκιμίων

	<b>CLN</b>	<b>CLNGI</b>	<b>YN</b>	<b>YNGI</b>	<b>CLNMr</b>	<b>YNMr</b>
<b>L*average</b>	77,09	78,52	86,91	88,21	78,64	88,91
<b>a*average</b>	0,13	0,11	0,55	0,64	0,21	0,67
<b>b*average</b>	1,72	2,38	3,81	4,58	2,42	3,96

Τέλος, να επισημανθεί πως τα παραπάνω δοκίμια πραγματοποιήθηκαν διότι παρουσιάζουν καλύτερη εργασιμότητα και μακροσκοπικά καλύτερες ιδιότητες, επομένως με αφορμή το γεγονός αυτό παρασκευάστηκαν και οι βασικές πάστες για πιο αξιόπιστη τεκμηρίωση συμπερασμάτων.



10. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ  
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ  
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## 10. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ma, Y., Zhu, B., 2009. Research on the preparation of reversibly thermochromic cement based materials at normal temperature. Cement and Concrete Research 39, 90–94. doi:10.1016/j.cemconres.2008.10.006
2. Μεταπτυχιακή διατριβή, "Αξιολόγηση επιρροής διαφοροποιημένου αδρανούς στα κονιάματα ως προς τις οπτικές του ιδιότητες", Διακρούσης Στυλιανός, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά, Απρίλιος 2015, Σελ. 9-10-11
3. Reihard Wonderhorst, Δομικά υλικά, 2<sup>η</sup> έκδοση μετάφραση της 21<sup>ης</sup> αναθεωρημένης Γερμανικής έκδοσης, Εκδόσεις Μ.Γκιούρδας, Αθήνα, 2003
4. Ma, Y., Zhu, B., 2009. Research on the preparation of reversibly thermochromic cement based materials at normal temperature. Cement and Concrete Research 39, 90–94. doi:10.1016/j.cemconres.2008.10.006
5. Νόνη-Παγώνα Μαραβελάκη, διάλεξη Κονιάματα, Χανιά, Πολυτεχνείο Κρήτης, σελ. 8
6. MacLaren, D.C., White, M.A., 2003. Cement: Its Chemistry and Properties. Journal of Chemical Education 80, 623. doi:10.1021/ed080p623
7. Μωχάμεντ, Μ. (1996). Παρασκευή νέων κονιαμάτων με παραδοσιακά υλικά για εφαρμογές συντήρησης ενετικών μνημείων-Μελέτη της συμβατότητας των δομικών λίθων, της αντοχής και της θαλάσσιας διάβρωσής τους. Χανιά.
8. Α. Αντωνόπουλος, 2011. Αδρανή υλικά, Δ.Ε., Τμ. Πολιτικών Μηχανικών, εκδόσεις Ε.Μ.Π..
9. Διπλωματική εργασία, "Έλεγχος συμβατότητας συνθετικών κονιαμάτων με τους δομικούς λίθους του ενετικού φρουρίου Κουλέ", Αναστασία Γριζιώτη, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά, 2012, Σελ. 23
10. Διπλωματική εργασία, "Εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια με χρήση οικολογικών υλικών στα επιχρίσματα", Εμμανουήλ Κατσιγιάννης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά, Αύγουστος, 2012
11. Article, High-Reflectance Technology on Building Façades: Installation Guidelines for Pedestrian Comfort

12. M. Santamouris, A. Synnefa, D. Kolokotsa, V. Dimitriou, K. Apostolakis, 2008. *Passive cooling of the built environment – use of innovative reflective materials to fight heat island and decrease cooling needs*. International journal of Low-Carbon Technologies 3(2): 71-82.
13. Akbari H, Davis S., Dorsano S., Huang L., Winert S., 1992. *Cooling Our Communities. A Guidebook on Tree Planting and Light-Colored Surfacing*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington .
14. Gobakis Kostantinos., February 2018, Design and development of smart cool materials for the built environment, School of Environmental Engineering Technical University of Crete, Crete
15. Santamouris M., Mihalakakou G., Papanikolaou N., Assimakopoulos, D.N., 1999. *A neural network approach for modeling the heat island phenomenon in urban areas during the summer period*. Geophysics Research Letters 26(3): 337-340.
16. Oke T.R., Johnson G.T., Steyn D.G., Watson I.D., 1991. *Simulation of surface urban heat islands under 'ideal' conditions at night-Part2: Diagnosis and causation*. Boundary Layer Meteorol.56: 339-358.
17. Santamouris M., Papanikolaou N., Georgakis C., 1998. *Study on the ambient and surface environment in Omonoia Square, Athens, Greece. Internal Report, 100 Group Building Environment Studies, Physics Department, Univeristy of Athens, Athens, Greece*.
18. Taha H.,1997. *Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration and anthropogenic heat*. Energy Build. 25: 99-103.
19. Santamouris M., Papanikolaou N., Livada I., Koronakis I., Georgakis C., Argiriou A., Assimakopoulos D.N., 2001. *On the impact of urban climate on the enrgy consumption of buildings*. Energy and Buildings 70: 201-216.
20. Synnefa, M. Santamouris, I. Livada, 2005. *A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment*. Solar Energy 80: 968-981.
21. Santamouris, M., 2013. *Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island - A review of the actual developments*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 26, 224–240.
22. L. Doulos, M. Santamouris, I. Livada, 2004. *Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials*. Solar Energy 77: 231-249.
23. Χατζής Ε., Ξανθόπουλος Γ. και Λαμπρινός Γρ. 2005, Ποιοτική Αξιολόγηση Μαρουλιού με χρήση Χρωματομέτρου και Επεξεργασία Ψηφιακής Εικόνας, Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου Εταιρίας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδας, Αθήνα.

24. UNI-EN 15886:2010, Conservation of Cultural property - Test methods – Colour measurements of surfaces.
25. Biscontin, G., Birelli, M., & Zendri, E., 'Characterization of binders employed in the manufacture of Venetian historical mortars', Journal of Cultural Heritage, Vol. 3 (2002) 31-37
26. Middendorf, B., Hughes, J., Callebaut, K., Baronio, G., & Papayanni, I., 'Investigative Methods for the Characterization of Historic Mortars- part 1: Mineralogical Characterization', Material and Structure Vol. 38 (2005) 761- 769
27. 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου, 2008 "Χαρακτηρισμός Κονιαμάτων με Χρήση Της Φασματοσκοπικής Μεθόδου FT-IR, (Fast Fourier Infrared Spectroscopy)
28. ΔΙΠΕ –Οικολογική Δόμηση, 2000
29. Κωνσταντινίδης Άρης, Η αρχιτεκτονική της αρχιτεκτονικής, ημερολογιακά σημειώματα, ΑΓΡΑ
30. Wassily Kandinsky, Τέχνη και Καλλιτέχνες, μετάφραση Κεντρωτής Δ. Γιώργος, εκδ. ΝΕΦΕΛΗ, Αθήνα, 1986
31. Γαβριλάκης, Σωτηροπούλου, Μαντίκα, Μπούτου, Σούρσος, Το χρώμα στην Αρχιτεκτονική, Διάλεξη, Σχολή Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1972
32. Παπαϊωάννου Τάσης, Φασιανός Αλέκος, Αρχιτεκτονική και Χρώμα, εκδ. Νηρέας, Αθήνα, 2009
33. Μυταράς Δημήτρης, Λαμπράκη-Πλάκα Μαρίνα, Γριμάνη Άννα, «Η γλώσσα της τέχνης», σελ. 30
34. Διπλωματική εργασία, «Μη καταστρεπτικός προσδιορισμός και ταυτοποίηση των χρωστικών σε μυκηναϊκές τοιχογραφίες 13ου – 12ου αι. π.Χ. με τη χρήση φασματοσκοπικών μη καταστρεπτικών μεθόδων», Περγαντή Μαρία, Αθήνα 2015

#### - ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL\\_GUIDES/P\\_KONIAMATA/ko3.1.html](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL_GUIDES/P_KONIAMATA/ko3.1.html)
2. [www.spitid.gr](http://www.spitid.gr): Λεξικό όρων και κατάλογος υλικών και εταιρειών φιλικών προς το περιβάλλον.
3. <http://www.tnllabs.eu/instruments/dscary5000>
4. <https://www.tdiinternational.com/technical-source-product-info/chemical-compatibility-charts/acrylic/>

## - ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

1. <http://www.specmix.com/product/building-stone-mortar/>
2. <http://www.patiti.gr/index.php>
3. [www.ntua.gr/vitruvius/edu.htm](http://www.ntua.gr/vitruvius/edu.htm)
4. <https://www.kalochem.gr/product/1622/υδράσβεστος>
5. <http://www.dalkafoukis.gr/oikosn/products/protes-yles/konies/nhl-5/>
6. <https://www.vassiliko.com/el/what-we-do/cement>
7. <https://www.betolit.gr/el>
8. <http://oikodomikaulika.gr/proionta/adrani/>
9. [https://www.lafarge.gr/sites/greece/files/atoms/files/05\\_12selido\\_adrani.pdf](https://www.lafarge.gr/sites/greece/files/atoms/files/05_12selido_adrani.pdf)
10. [www.spitia.gr](http://www.spitia.gr)
11. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X10004020>
12. [www.powertex.gr](http://www.powertex.gr)
13. UNI-EN 15886:2010, Conservation of Cultural property - Test methods – Colour measurements of surfaces.
14. ΔΙΠΕ,2000
15. <http://followodyseus.culture.gr/Portals/54/Material/Telika/20osAionas/ArxaiaXromataMoralis.pdf>
16. <http://www.eikastikon.gr/arxitektoniki/pikionis/drawings.html>
17. [https://www.benaki.gr/index.php?option=com\\_collectionitems&view=collectionitem&id=143839&Itemid=&lang=el](https://www.benaki.gr/index.php?option=com_collectionitems&view=collectionitem&id=143839&Itemid=&lang=el)