

ΔΗΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΧΑΝΙΩΝ

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΟΨΕΩΝ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ



Α. ΤΖΑΜΑΛΗΣ
Π.ΘΕΟΥΛΑΚΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΣΕΛΙΔΑ
1. Γενικές αρχές και στόχοι	3
2. Το κτήριο – Τα υλικά κατασκευής – Ο τρόπος δόμησης	5
3. Η παθολογία	9
4. Προτεινόμενες επεμβάσεις	12
 ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	29
5. Βιβλιογραφία	30
 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ	31
 ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	43

1. Γενικές αρχές και στόχοι

Στόχος της παρούσας Τεχνικής Έκθεσης είναι η παρουσίαση των προτάσεων για τη συντήρηση των δομικών και διακοσμητικών στοιχείων (λίθων και κονιαμάτων) των όψεων του κτηρίου της Δημοτικής Αγοράς Χανίων. Η μελέτη αυτή λαμβάνει υπ' όψιν της τα αποτελέσματα των ερευνητικών εργασιών και εργαστηριακών ελέγχων των δομικών υλικών του κτηρίου, που έχουν γίνει μέχρι σήμερα^{1,2}.

Η παρούσα μελέτη συντήρησης και αποκατάστασης των όψεων του κτηρίου της Δημοτικής Αγοράς Χανίων περιλαμβάνει:

- Εξέταση και περιγραφή των δομικών υλικών (λίθων και κονιαμάτων) και του τρόπου που αυτά χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των όψεων του κτηρίου.
- Αναγνώριση και καταγραφή της παθολογίας όπως αυτή εκδηλώνεται στα διάφορα υλικά και στοιχεία της κατασκευής. Ερμηνεία και αιτιώδης συσχέτιση των διαφόρων φθορών και βλαβών του κτηρίου με συγκεκριμένους παράγοντες στο περιβάλλον του.
- Μικροσκοπικές εξετάσεις και εργαστηριακές αναλύσεις σε δείγματα από τα δομικά υλικά του κτηρίου με στόχο την συμπλήρωση της ταυτότητας των υλικών και τη διερεύνηση των μηχανισμών φθοράς. Η αναγνώριση των αυθεντικών υλικών του κτηρίου (λίθων, οπτόπλινθων και κονιαμάτων) θα συμβάλει ώστε η επιλογή των υλικών αποκατάστασης να πληροί το κριτήριο της συμβατότητας.
- Προτάσεις επέμβασης, πέραν των αναφερομένων και στην αρχιτεκτονική μελέτη, με περιγραφή της εργασίας και των υλικών, για την άρση των παραγόντων που προκαλούν τη φθορά και τη συντήρηση - αποκατάσταση των υλικών, όπως:
 - ο Αποκατάσταση του συστήματος συλλογής και απορροής των ομβρίων και της κατασκευής περιμετρικού συστήματος αποστράγγισης.
 - ο Αποκάλυψη της εμφανούς λιθοδομής και γενικά της επαναφοράς στην αυθεντική μορφή, με απομάκρυνση των νεωτερικών επεμβάσεων.

¹ «ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΥΛΙΚΩΝ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΤΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΧΑΝΙΩΝ», ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΟΤΜ, ΕΠΕ.

² «ΜΕΛΕΤΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΥΛΙΚΩΝ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΤΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΧΑΝΙΩΝ», Σταύρος Θεοδωράκης.

- ο Αποκοπή της ανερχόμενης υγρασίας με την δημιουργία οριζόντιου «διαφράγματος» στη βάση της τοιχοποιίας, με κατάλληλο υλικό εμποτισμού.
- ο Καθαρισμός των επιφανειών από τα στρώματα των πάσης φύσεως επικαθίσεων, κηλίδων, graffiti και βιολογικών αναπτύξεων. Απομάκρυνση των διαλυτών αλάτων (αφαλάτωση) που είναι κρυσταλλωμένα στους πόρους των λιθοσωμάτων και των κονιαμάτων.
- ο Στερέωση, με εμποτισμό των ευπαθών και αποσαθρωμένων περιοχών.
- ο Συμπληρώσεις της εμφανούς λιθοδομής και αποκατάσταση παλαιότερων άστοχων επεμβάσεων.
- ο Συγκολλήσεις θραυσμάτων, πληρώσεις ρωγμών και γενικά επισκευές θραυσμένων λιθοσωμάτων.
- ο Επιφανειακή κατεργασία για προστασία των εμφανών λιθοδομών.

Όλα τα παραπάνω συνοδεύονται από τεχνική περιγραφή των επεμβάσεων με τις τεχνικές, τις μεθόδους και τα προτεινόμενα υλικά με τις αντίστοιχες προδιαγραφές τους.

Επίσης, η παρούσα μελέτη αποκατάστασης των όψεων του κτηρίου της Δημοτικής Αγορά Χανίων έχει σκοπό να αντιμετωπίσει τα προβλήματα αυτά, διατυπώνοντας προτάσεις τεχνικά επαρκείς και ταυτόχρονα συμβατές με τις ιδιαίτερες αξίες του μνημείου και με τους διεθνώς αποδεκτούς κανόνες δεοντολογίας, ήτοι:

- Την αποκατάσταση και την, κατά το δυνατόν, διατήρηση του υπάρχοντος δομικού συστήματος καθώς και των υλικών της λιθοδομής.
- Την αναστρεψιμότητα των επεμβάσεων καθώς και τη χρήση σύγχρονων υλικών συμβατών με τα αρχικά.

Διευκρινίζεται ότι η παρούσα μελέτη έχει συνταχθεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές μελετών του ΥΠ.ΠΟ.

2. Το κτήριο – Τα υλικά κατασκευής – Ο τρόπος δόμησης

2.1. Γενικά

Το κτήριο κατασκευάστηκε την περίοδο 1908-1913, σε νεοκλασικό ύφος, με σταυροειδή κάτοψη. Το επιδιωκόμενο μορφολογικό αποτέλεσμα, εξωτερικά, υλοποιείται με τη χρήση ενός ντόπιου μαργαϊκού ασβεστόλιθου για την κατασκευή της βόρειας και νότιας πρόσοψης, εξ ολοκλήρου από εμφανή στοιχεία. Στις δευτερεύουσες όψεις, εμφανής τοιχοποιία, από τον ίδιο λίθο, χρησιμοποιείται επιλεκτικά στα ημικυκλικά θυρώματα, στα αετώματα και στις γωνίες, ενώ από εμφανή λαξευτό λίθο έχουν κατασκευασθεί οι ποδιές των παραθύρων και οι παραστάδες. Τα υπόλοιπα τμήματα της περιμετρικής τοιχοποιίας είναι κατασκευασμένα από αργολιθοδομή καλυμμένη με επίχρισμα δύο στρώσεων – το εξωτερικό πατητό. Η αργολιθοδομή αποτελείται κυρίως από πορώδη λίθο και ασβεστοκονίαμα.

Με βάση τις μακροσκοπικές παρατηρήσεις, τα αποτελέσματα από τις πυρηνοληψίες και τις επί τόπου δοκιμές³, καθώς και τις εργαστηριακές εξετάσεις και αναλύσεις, μπορούμε να διακρίνουμε τις παρακάτω κατηγορίες τρόπων δόμησης και υλικών δομής.

2.2. Ο τρόπος δόμησης

Λαξευτή λιθοδομή: Για την κατασκευή της έχουν χρησιμοποιηθεί μαργαϊκός ασβεστόλιθος και συνδετικό κονίαμα. Εκτός από τις προς βορά και νότο όψεις του κτηρίου, λαξευτή λιθοδομή φαίνεται να υπάρχει στα υποστυλώματα, στις γωνίες και στους παραστάτες των πυλών, καθώς και στην πρώτη σειρά της περιμετρικής τοιχοποιίας, πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.

Αργολιθομή: Με τον τρόπο αυτό είναι κατασκευασμένη η περιμετρική, επιχρισμένη (για το λόγο αυτό) τοιχοποιία. Χρησιμοποιούνται κυρίως λίθοι από ασβεστολιθικό ψαμμίτη και συνδετικό κονίαμα, ενώ δευτερευόντως συμμετέχει και μαργαϊκός λίθος.

³ «ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΥΛΙΚΩΝ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΤΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΧΑΝΙΩΝ», ΤΕΜΝΟΥΣΑ Ο.Τ.Μ. , ΕΠΕ.

Λιθοδομή “υποστυλωμάτων”: Τα “υποστυλώματα” στο εσωτερικό του κτηρίου αποτελούνται από ημιλαξευτούς λίθους, στο πρόσθιο και οπίσθιο τμήμα τους, ενώ ο πυρήνας απαρτίζεται από μικρότερους λίθους και κονίαμα. Συμμετέχουν ψαμμιτικοί κυρίως λίθοι και σε μικρότερο ποσοστό μαργαϊκοί.

Λιθοδομή θεμελίωσης: Πρόκειται για αργολιθομή στην οποία εκτός από τους προαναφερθέντες ψαμμιτικούς και μαργαϊκούς λίθους χρησιμοποιείται και τεφρός, σκληρός ασβεστόλιθος.

Οπτοπλινθοδομή: Οι μεσοτοιχίες των διαμερισμάτων στο εσωτερικό είναι οπτοπλινθοδομές κατασκευασμένες από συμπαγείς ερυθρούς και κιτρινέρυθρους οπτόπλινθους και συνδετικό κονίαμα.

2.3. Τα δομικά υλικά

Μαργαϊκός ασβεστόλιθος: Σχηματισμός χαμηλής αντοχής, υπόλευκου έως λευκοκίτρινου χρώματος. Έχει χρησιμοποιηθεί, αποκλειστικά, στις λαξευτές λιθοδομές, αλλά συμμετέχει και στις υπόλοιπες δομές μαζί με τον ψαμμιτικό ασβεστόλιθο που κυριαρχεί.

Πρόκειται για ιζηματογενές πέτρωμα που ανήκει στην Πλειοκαινική Περίοδο του Νεογενούς. Η σύσταση τέτοιων σχηματισμών ποικίλει, καθώς εξαρτάται από παράγοντες όπως ο λόγος μεταξύ ασβεστίτη και αργίλων, η παρουσία δολομίτη και απολιθωμάτων, η κοκκομετρική διαβάθμιση του κλαστικού υλικού.

Ασβεστομαργαϊκός ψαμμίτης: Κλαστικό ίζημα με υψηλό πορώδες και χαμηλή αντοχή. Είναι το κύριο δομικό υλικό της αργολιθοδομής, αλλά έχει εξ ίσου χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή των υποστυλωμάτων και των θεμελίων του κτηρίου.

Τεφρός ασβεστόλιθος: Πρόκειται για σκληρό, ιζηματογενή ασβεστόλιθο που απαντάται, μαζί με τους άλλους δύο σχηματισμούς, μόνο στην αργολιθοδομή των θεμελίων.

Οπτόπλινθοι: Οι οπτόπλινθοι (ερυθροί και κιτρινέρυθροι), που έχουν χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή των τοίχων που χωρίζουν τα καταστήματα, έχουν συμπαγή δομή, με μικρό έως μέτριο ποσοστό πόρων. Από την μακροσκοπική τους εικόνα και την

εξέταση των τομών τους στο μικροσκόπιο είναι προφανές ότι έχουν κατασκευαστεί σε διαφορετικές φάσεις. Η μάζα τους περιέχει σημαντικό ποσοστό ασβεστολιθικών και κεραμικών θραυσμάτων που παίζουν το ρόλο των αδρανών, για την ενίσχυση της αντοχής των πλίνθων και την αποφυγή αστοχιών και ρηγματώσεων κατά την όπτηση. Η θερμοκρασία όπτησης των πλίνθων, όπως προκύπτει από τον βαθμό υαλοποίησης του πηλού, κυμαίνεται μεταξύ 800°C και 850°C.

Τα κονιάματα δόμησης: Το κονίαμα δόμησης της αργολιθοδομής, τόσο της ανωδομής όσο και των θεμελίων, είναι ασβεστοκονιάματα με καλά διαβαθμισμένα αδρανή πυριτικής σύστασης.

Η σύνθεση των κονιαμάτων προσδιορίστηκε με την αποσυσσώματωση δειγμάτων, ώστε να επιτραπεί αφ' ενός η μόρφωση της κοκκομετρικής καμπύλης των αδρανών, και αφ' ετέρου να γίνει χημική ανάλυση στο λεπτότερο κλάσμα του κονιάματος < No 20 (άνοιγμα βροχίδας $\approx 0,84$ mm), αντιπροσωπευτική για το είδος της κονιάς. Η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών είναι σχετικά ομαλή ανάμεσα στα κόσκινα No 200 (άνοιγμα βροχίδας 0,074mm) και $\frac{3}{4}$ ". Παρά τα υψηλά ποσοστά πυριτικού υλικού στο λεπτότερο κλάσμα του κονιάματος (SiO_2 30,09 - 49,78%) είναι δυσχερής ο χαρακτηρισμός του, με ασφάλεια, ως ασβεστοποζολανικού, λόγω των σχετικά χαμηλών μηχανικών αντοχών του (10,3 Kg/cm²). Οι υψηλές αυτές συγκεντρώσεις πυριτικής συστάσεως υλικών πρέπει μάλλον να αποδοθούν στην ορυκτολογική σύνθεση των αδρανών και μάλιστα των λεπτότερων κλασμάτων, καθώς και σε προσμίξεις στην υδράσβεστο.

Το κονίαμα δόμησης των εσωτερικών υποστυλωμάτων και των πλινθοδομών είναι επίσης ασβεστοκονίαμα με χαλαζιακά αδρανή που όμως, στην περίπτωση αυτή, παρουσιάζονται πιο λεπτόκοκκα και με μέτρια διαβάθμιση.

Τα επιχρίσματα: Το επίχρισμα της αργολιθοδομής υλοποιείται σε δύο στρώματα. Πρόκειται για ασβεστοκονίαμα με φυσικά αδρανή, ασβεστιτικής και πυριτικής σύστασης.

Πίνακας 1

Φυσικά – μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών δομήσεως της τοιχοποιίας⁴

Μαργαϊκός ασβεστόλιθος

Φαινόμενο βάρος	2,00	gr/cm ³
Αντοχή σε θλίψη	147,00	Kg/cm ²
Αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη	12,60	Kg/cm ²
Υγρασία κορεσμού	7,40	%

Τεφρός ασβεστόλιθος

Φαινόμενο βάρος	2,13	gr/cm ³
Αντοχή σε θλίψη	212,00	Kg/cm ²
Αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη	20,50	Kg/cm ²
Υγρασία κορεσμού	7,40	%

Ψαμμίτης

Φαινόμενο βάρος	1,77	gr/cm ³
Αντοχή σε θλίψη	70,50	Kg/cm ²
Αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη	12,00	Kg/cm ²
Υγρασία κορεσμού	10,70	%

Οπτόπλινθος ερυθρός

Φαινόμενο βάρος	1,62	gr/cm ³
Αντοχή σε θλίψη	137,00	Kg/cm ²
Αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη	-	Kg/cm ²
Υγρασία κορεσμού	19,80	%

Οπτόπλινθος κιτρινέρυθρος

Φαινόμενο Βάρος	1,43	gr/cm ³
Αντοχή σε θλίψη	28,60	Kg/cm ²
Αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη	-	Kg/cm ²
Υγρασία κορεσμού	28,60	%

Κονίαμα δομήσεως τοιχοποιίας

Φαινόμενο βάρος ξηρό	1,65	gr/cm ³
Αντοχή σε θλίψη	10,30	Kg/cm ²
Αντοχή σε εφελκυσμό	1,14	Kg/cm ²

⁴ «ΜΕΛΕΤΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΥΛΙΚΩΝ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΤΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΧΑΝΙΩΝ», Σταύρος Θεοδωράκης.

3. Η παθολογία

Εκτεταμένες και σημαντικές, κατά θέσεις, φθορές παρατηρούνται τόσο στις εμφανείς τοιχοποιίες όσο και στις επιχρισμένες αργολιθοδομές. Οι σοβαρότερες από αυτές οφείλονται στη είσδυση και κυκλοφορία της υγρασίας στα διάφορα στοιχεία του κτηρίου, σε συνδυασμό με την παρουσία και δράση των διαλυτών αλάτων.

Όσον αφορά στη λαξευτή λιθοδομή των όψεων, εκτός από τις έντονες κατά τόπους αποσαθρώσεις, σημαντικός αριθμός λίθων εμφανίζει διαρρήξεις που μπορεί να οφείλονται στη διόγκωση σιδηρών παρεμβλημάτων ή/και, πιθανότατα, των αφανών σιδηρών συνδετήρων, σε συνδυασμό με τη δυσμενή διεύθυνση του γεωλογικού ιστού λίθων (ασυνέχειες στη δομή του) και την ιδιοσυστασία τους (παρουσία αργίλων με διογκούμενο πλέγμα). Οι αστοχίες αυτές, μαζί με τις εκτεταμένες βλάβες (αποσαθρώσεις – απώλεια υλικού) που έχουν προκαλέσει στους λίθους οι περιβαλλοντικές παράμετροι, δημιουργούν στην βόρεια όψη του κτηρίου μια γενικευμένη εικόνα φθοράς, όπου οι βλάβες αυτές τείνουν να λάβουν δομικό χαρακτήρα. Παρατηρείται συγκεκριμένα εκτροπή (φούσκωμα) της εξωτερικής παρειάς, κατασκευασμένης από εμφανείς λίθους. Στις υπόλοιπες θέσεις, οι φθορές των εμφανών λίθων είναι περιορισμένες σε έκταση και μάλλον τοπικής σημασίας.

Βλάβες, τέλος, έχουν προκληθεί λόγω σωρείας άστοχων επεμβάσεων και επισκευών εν γένει.

Ειδικότερα, η φθορά των μαργαϊκών ασβεστόλιθων αποτελεί διαδικασία σύνθετη και πολύπλοκη που μόνον ως αποτέλεσμα της συνεργιστικής δράσης επί μέρους μηχανισμών μπορεί να γίνει αντιληπτή. Οι αναφορές στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του υλικού και τις συνθήκες του μικροκλίματος είναι απαραίτητες για την ερμηνεία τόσο της τυπολογίας όσο και των διαδικασιών της φθοράς.

Η ικανότητα των αργιλικών ορυκτών, τα οποία βρίσκονται διάσπαρτα στην μάζα του μαργαϊκού λίθου, να απορροφούν νερό και να διογκώνονται προκαλεί εσωτερικές τάσεις και τελικώς διάρρηξη του ιστού των λίθων. Τα κατ' εξοχήν ορυκτά με διογκούμενο πλέγμα είναι αυτά της ομάδας του μοντμοριλλονίτη, ενώ και ο ιλλίτης μπορεί υπό ορισμένες συνθήκες να αποκτήσει περιορισμένες διογκωτικές ικανότητες. Αν και δεν υπάρχουν ποσοτικές εκτιμήσεις για το μέγεθος αυτών των πιέσεων, είναι

εν τούτοις παραδεκτό ότι μπορούν να προκαλέσουν από μόνες τους σοβαρή φθορά, χωρίς τη συμμετοχή του φαινομένου της κρυστάλλωσης αλάτων.

Ακολουθεί αναλυτικός κατάλογος με τα πιο αξιοσημείωτα προβλήματα στις όψεις του κτηρίου, όπου καταβάλλεται προσπάθεια να περιγραφεί η παθολογία του υλικού δομής, διακρίνοντας τους διαφόρους τύπους της φθοράς με κριτήριο όχι μόνο την εμφάνισή τους αλλά και τη σχέση τους με την ιδιοσυστασία των λίθων και τις εξωτερικές, περιβαλλοντικές, συνθήκες:

- Σημαντικές φθορές τόσο στις εμφανείς τοιχοποιίες όσο και στις επιχρισμένες αργολιθοδομές, σε ύψος περίπου 2 μ από έδαφος. Οι βλάβες αυτές αποδίδονται στην ανερχόμενη υγρασία που εκβάλλει στο ύψος αυτό και στη συγκέντρωση – κατακρήμνιση των διαλυτών αλάτων που μεταφέρει. Στις εμφανείς τοιχοποιίες η φθορά εκδηλώνεται με τη μορφή της αποσάθρωσης και σταδιακής κονιορτοποίησης του λίθου. Στις επιχρισμένες αργολιθοδομές εμφανίζεται αποσάθρωση, αλλά και απώλεια της συνοχής του επιχρίσματος με τη λιθοδομή μέχρι την οριστική αποκόλλησή του, (φωτ. 5, 6, 10, 13, 18).
- Εκτεταμένα πρωτογενή και δευτερογενή προβλήματα δημιουργούνται από την είσδυση των ομβρίων, εξ αιτίας των σοβαρών βλαβών στο σύστημα συλλογής και παροχέτευσης. Οι φθορές αυτές εκδηλώνονται στα ανώτερα σημεία της κατασκευής (γείσα, αετώματα, τρίγλυφα) με τη μορφή, κυρίως, εντυπωσιακών αποσαθρώσεων των λιθοσωμάτων αλλά και επιφανειακών αλλοιώσεων λόγω βιολογικών αναπτύξεων, (φωτ. 3, 7, 8, 17, 32, 33).
- Διάσπαρτες φθορές στα λιθοσώματα με τη μορφή των σπηλαιώσεων, των απολεπίσεων, των διαφορικών απωλειών κλπ., που οφείλονται στην κρυστάλλωση των διαλυτών αλάτων, αλλά και πιθανόν στην θιξότροπη συμπεριφορά των αργιλικών συστατικών του μαργαϊκού λίθου. Για την ενεργοποίηση, βέβαια, αυτών των μηχανισμών διάβρωσης το σημαντικότερο ρόλο παίζει η παρουσία και κυκλοφορία της υγρασίας στα στοιχεία του κτηρίου. Οι θέσεις όπου εκδηλώνονται φθορές ορίζονται, κυρίως, από μικροκλιματικούς παράγοντες που με τη σειρά τους ελέγχουν τα φαινόμενα μεταφοράς των διαλυμάτων μέσα στα υλικά της κατασκευής, (φωτ. 3, 11, 32, 33).

- Διαρρήξεις λιθοσωμάτων, πιθανόν οφειλόμενες σε οξειδώσεις αφανών, μεταλλικών συνδετήριων στοιχείων, αλλά και στην ιδιοσυστασία του μαργαϊκού λίθου, (φωτ. 34, 35, 36, 37, 38).
- Ανάπτυξη μικροχλωρίδας, ιδιαίτερα σε θέσεις όπου ευνοείται η κατακράτηση υγρασίας, όπως στη βόρεια όψη του κτηρίου, (φωτ. 3, 33).
- Στρώματα επικαθήσεων σωματιδιακών ρύπων (κυρίως καπναιθάλης) με ποικίλη πυκνότητα και συνάφεια με το υπόστρωμα. Οι επικαθήσεις αυτές συνοδεύονται συνήθως και από χημικές αλλοιώσεις στη επιφάνεια των λίθων, (φωτ. 32, 33).
- Εκτεταμένες, άστοχες επισκευές λίθων (κυρίως συμπληρώσεις) με κονιάματα που μιμούνται ανεπιτυχώς τον αυθεντικό λίθο. Στις περισσότερες των περιπτώσεων παρατηρείται αποκόλληση των νεώτερων –μη συμβατών- αυτών προσθηκών, (φωτ. 5, 7, 8, 11, 14).
- Κακότεχνες επεμβάσεις για την αφαίρεση graffiti, (φωτ. 6).

4. Προτεινόμενες επεμβάσεις

4.1. Εισαγωγή – Μεθοδολογία

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τμήματα του κτηρίου, όπως η βόρεια και νότια πρόσοψη, είναι κατασκευασμένα από εμφανείς, λαξευτούς λίθους, ενώ η υπόλοιπη περιμετρική τοιχοποιία, πλην των πεσσών, των παραστάδων και των θυρωμάτων, είναι κατασκευασμένη από αργολιθοδομή καλυμμένη με επίχρισμα δύο στρώσεων.

Οι επεμβάσεις, για λόγους που σχετίζονται με την ιδιαιτερότητα της παθολογίας αυτών των στοιχείων και άρα τον διαφορετικό τρόπο προσέγγισής τους, διακρίνονται σε αυτές που αποσκοπούν στη συντήρηση των λίθων και την επισκευή των λαξευτών και εμφανών λιθοδομών και αποτελούν αντικείμενο της παρούσας μελέτης και σε εκείνες που έχουν σαν στόχο την ενίσχυση της αργολιθοδομής και του κτιρίου ως σύνολο και αποτελούν αντικείμενο της στατικής μελέτης. Οι προτεινόμενες επεμβάσεις αποκατάστασης των εμφανών λιθοδομών περιλαμβάνουν επιφανειακούς καθαρισμούς, στερεώσεις με εμποτισμούς των σαθρών τμημάτων, συγκολλήσεις των θραυσμένων λιθοσωμάτων και συμπληρώσεις ή και αντικαταστάσεις των φθαρμένων στοιχείων.

Χρειάζεται στο σημείο αυτό να τονισθεί ότι οι προτεινόμενες τεχνικές επεμβάσεων, τα μέσα και οι συνθέσεις των υλικών, είναι απαραίτητο να ελεγχθούν επί τόπου και να προσαρμοστούν κατάλληλα με δοκιμές πεδίου, κατά τη φάση της εκτέλεσης του έργου.

Τέλος, είναι χρήσιμο να επισημάνουμε ότι, λόγω της ιδιαιτερότητάς τους, οι εργασίες συντηρήσεως των όψεων του κτηρίου πρέπει να εκτελεσθούν από εξειδικευμένα συνεργεία, ενώ και η υπεύθυνη για την εκτέλεση του έργου Υπηρεσία είναι σκόπιμο να συνεργασθεί με ειδικό σύμβουλο για την επίβλεψη των εργασιών αυτών.

4.2. Προτάσεις για τη συντήρηση των λίθων και την επισκευή των λαξευτών και εμφανών λιθοδομών.

4.2.1. Καθαρισμοί

Τα προβλήματα τα οποία εντοπίζονται στις επιφάνειες των λίθων και στα εξωτερικά, κυρίως, τμήματα των εμφανών λιθοδομών, είναι τα ακόλουθα:

Α. Σκούρες επικαθήσεις καπναιθάλης (μαύρες κρούστες), σε μεγάλη ποικιλία από πλευράς πυκνότητας, πάχους και συνοχής, ανάλογα με τα μικροκλιματικά δεδομένα της συγκεκριμένης θέσης:

- *Ομοιόμορφο στρώμα χαλαρών επικαθήσεων* στις επιφάνειες που προστατεύονται εντελώς είτε από άμεση είτε από έμμεση έκπλυση.
- *Ανομοιόμορφες αποθέσεις*, όπου τα φαινόμενα που ελέγχουν τη μεταφορά και κατακράτηση σωματιδίων από την ατμόσφαιρα δεν έχουν σταθερή ένταση και εξαρτώνται άμεσα από τις καιρικές μεταβολές.
- *Σχετικά πυκνές και συνεκτικές αποθέσεις (μαύρες κρούστες)* στις επιφάνειες όπου ευνοείται η κατακράτηση σωματιδιακών ρύπων σε λεπτά, ακίνητα στρώματα νερού.

Β. Οι διάφοροι μικροοργανισμοί (μικροχλωρίδα), που αναπτύσσονται κυρίως όπου ευνοείται η κατακράτηση υγρασίας, όπως οι επιφάνειες των καταέτιων γείσων της βόρειας όψης.

Γ. Οι συγκεντρώσεις διαλυτών αλάτων, είτε με τη μορφή των *εξανθίσεων* στην επιφάνεια των λίθων, είτε κρυσταλλωμένα στους πόρους των λίθων, πίσω από την επιφάνεια.

Δ. Τα διάφορα graffiti στα κατώτερα τμήματα των εμφανών λιθοδομών.

Ε. Λεκέδες και στίγματα που έχουν προκαλέσει οι οξειδώσεις μεταλλικών στοιχείων.

4.2.1.1. Απομάκρυνση επικαθήσεων καπναιθάλης

Προτείνεται η εφαρμογή *σύνθετων χημικών επιθεμάτων*, διαφόρων συνθέσεων για την απομάκρυνση των ποικίλων επικαθήσεων καπναιθάλης από τις επιφάνειες των λίθων. Παρόμοια τεχνική εφαρμόζεται και για τον καθαρισμό των κηλίδων που προκάλεσαν οι οξειδώσεις των μεταλλικών στοιχείων.

Χαρακτηριστικές συνθέσεις επιθεμάτων που χρησιμοποιούνται σε παρόμοιες περιπτώσεις:

Πίνακας 2

Ενδεικτικές συνθέσεις χημικού επιθέματος για την απομάκρυνση επικαθήσεων⁵

Χημικό Επίθεμα	Σύνθεση 1	Σύνθεση 2
1. H ₂ O (ml) Νερό	1000	1000
2. NH ₄ HCO ₃ (gr) Όξινο ανθρακικό αμμώνιο	30	60
3. NaHCO ₃ (gr) Όξινο ανθρακικό νάτριο	50	60
4. EDTA (δινάτριο άλας) (gr) Δινάτριο άλας του αιθυλενο-διαμινο-τετρα-οξικού οξέος	30	50
5. Desogen (ml) Άλας του τεταρτοταγούς αμμωνίου	10	10
6. Καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη / Σηπιόλιθος		

Εφαρμογή χημικού επιθέματος με βάση το EDTA

Σε 100 ml νερό προστίθενται 3-5 gr EDTA (αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ), 3-6 gr όξινο ανθρακικό νάτριο (NaHCO₃), 3-6 gr όξινο ανθρακικό αμμώνιο (NH₄HCO₃), 1 ml desogen (τεταρτοταγές χλωριούχο αμμώνιο). Στην συνέχεια, αφού διαλυθούν τα παραπάνω αργά και με συνεχή ανάδευση, προστίθεται ποσότητα σηπιόλιθου (ή εναλλακτικά καρβοξυμεθυλοκυτταρίνης) ικανής για τον σχηματισμό πολτού με κατάλληλο ιξώδες, ώστε να μπορεί να εφαρμοσθεί σε κατακόρυφες επιφάνειες.

Ο πολτός εφαρμόζεται σε προ – διαβρεγμένη επιφάνεια με την βοήθεια σπάτουλας ή πινέλου σε ένα πάχος 3-4 mm. Το επίθεμα καλύπτεται με μεμβράνη πολυαιθυλενίου για την αποφυγή ξήρανσης και παραμένει από 1h έως 24h, ανάλογα με την περίπτωση. Μετά την χρήση, το επίθεμα αφαιρείται με ξύλινη ή μη μεταλλική σπάτουλα, η επιφάνεια ξεπλένεται με απιονισμένο νερό και βούρτσα και ενδεχομένως επαναλαμβάνεται η εφαρμογή.

Το EDTA συμπλοκοποιεί τα κατιόντα Ca²⁺, Fe²⁺, Fe³⁺ που υπάρχουν στην κρούστα και επομένως διαλύει όλα τα άλατα του ασβεστίου και τα οξείδια του σιδήρου. Το όξινο ανθρακικό νάτριο και το όξινο ανθρακικό αμμώνιο δημιουργούν ελαφρά αλκαλικό περιβάλλον (pH = 7,5) και έτσι διευκολύνουν την διάλυση ορισμένων αλάτων της κρούστας. Τέλος, το desogen δρα ως βιοκτόνο, ελαττώνει την επιφανειακή τάση και διευκολύνει την διείδυση στις ρωγμές.

⁵ Π. Θεουλάκης, “ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΟΨΕΩΝ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΤΗΣ ΤΡΑΠΕΖΑΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ ΣΤΗ ΡΟΔΟ”, ΡΟΔΟΣ, 2000.

Η χρήση *ξηρής μικροψηγματοβολής* (Al_2O_3 , 50 μm) προτείνεται επικουρικά για την αντιμετώπιση των ιδιαίτερα συνεκτικών επικαθήσεων στις προστατευμένες οριζόντιες επιφάνειες των λίθων. Στην περίπτωση αυτή επειδή οι επικαθίσεις σχηματίζουν, σε ορισμένες βεβαρημένες τουλάχιστον θέσεις, ανθεκτικές κρούστες, η απομάκρυνσή τους με επιθέματα απαιτεί μεγάλο αριθμό επαναλήψεων. Προτείνεται λοιπόν η εφαρμογή αρχικά ψηγματοβολής (Al_2O_3 , 320 mesh) και εν συνεχεία επιθεμάτων για ομοιογενοποίηση του αποτελέσματος.

4.2.1.2. Εξουδετέρωση, απομάκρυνση των βιολογικών αναπτύξεων.

Για την απομάκρυνση της μικροχλωρίδας συνιστάται η συνδυασμένη χρήση ήπιων μηχανικών μέσων, η εφαρμογή απολυμαντικών ουσιών ή και διαλυμάτων βιοκτόνων. Η απομάκρυνση των μικροοργανισμών που αναπτύσσονται σε πορώδη υποστρώματα είναι ιδιαίτερα προβληματική. Κατεργασίες της επιφάνειας με διαλύματα βιοκτόνων, όπως τα Desogen, Preventol R80, Metatin 58-10/101, δεν απέδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα, σε παρόμοιες περιπτώσεις.

Αποτελεσματικότερο βιοκτόνο έχει αποδειχθεί το **διάλυμα του υποχλωριώδους νατρίου**, το οποίο όμως εκδηλώνει μιαν ανεπιθύμητη παρενέργεια που συνίσταται στην οξείδωση του Fe^{2+} σε Fe^{3+} . Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με άμεση σχεδόν, μετά τον ψεκασμό του διαλύματος, έκπλυση και απομάκρυνσή του, καθώς και προστασία (κάλυψη) των επιφανειών στις κατώτερες θέσεις.

Εφαρμογή βιοκτόνου διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου (NaClO), 2-3% κ.ό.

Το διάλυμα εφαρμόζεται απ' ευθείας στην επιφάνεια του λίθου με ψεκασμό. Ο χρόνος εφαρμογής εξαρτάται από την δράση της ουσίας στην προσβληθείσα επιφάνεια. Κατόπιν, τα άλγη αφαιρούνται μηχανικά και η επιφάνεια ξεπλένεται με απιονισμένο νερό. Ενδέχεται να απαιτηθεί και δεύτερη εφαρμογή.

4.2.1.3. Απομάκρυνση διαλυτών αλάτων (αφαλάτωση)

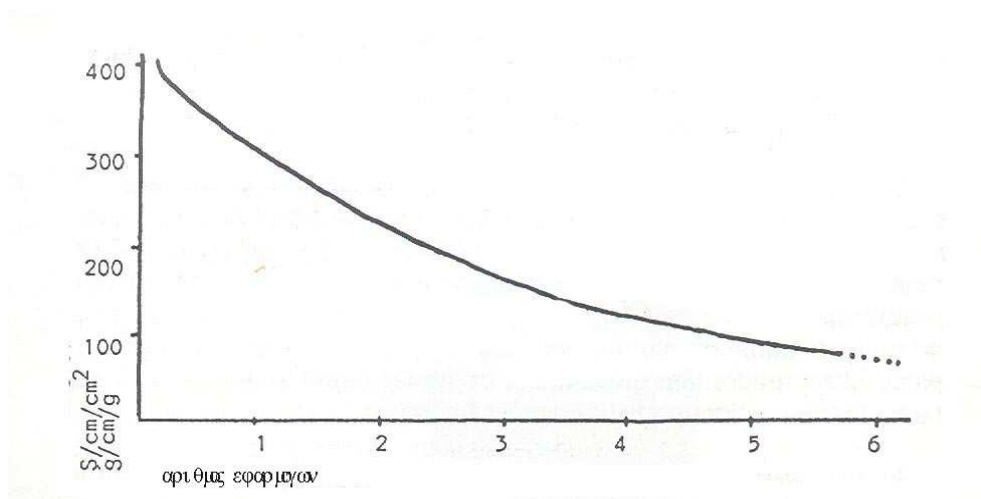
Η αφαλάτωση του λίθου επιχειρείται με την επαναλαμβανόμενη εφαρμογή επιθεμάτων που αποτελούνται από μία προσροφητική άργιλο (σεπιόλιθος) λεπτής κοκκομετρίας (50 mesh) και απιονισμένο νερό. Το επίθεμα δρα ως εξής:

- Το νερό εισχωρεί στους πόρους του λίθου και διαλύει τα άλατα που υπάρχουν.

- Κατά την εξάτμιση, το νερό μαζί με τα άλατα που έχει διαλύσει μεταφέρεται στην κομπρέσα.

Ο έλεγχος της απομάκρυνσης των διαλυτών αλάτων γίνεται με την μέτρηση της ειδικής αγωγιμότητας του διαλύματος που λαμβάνεται έπειτα από την διάλυση κάθε επιθέματος σε απιονισμένο νερό.

Έπειτα από διαδοχικές εφαρμογές, οι τιμές της ειδικής αγωγιμότητας των διαλυμάτων μειώνονται και τείνουν σε μία σταθερή τιμή όπως φαίνεται και στην παρακάτω γραφική παράσταση. Σε αυτό το σημείο οι εφαρμογές των επιθεμάτων σταματούν. Η αποτελεσματικότητα της απομάκρυνσης εξαρτάται από την διαλυτότητα των αλάτων.



Εφαρμογή της μεθόδου

Σε απιονισμένο νερό προστίθεται τόση ποσότητα σεπιόλιθου ώστε να σχηματισθεί θιξοτροπική πάστα. Προσοχή κατά την παρασκευή του επιθέματος: η άργιλος προστίθεται στο νερό, και όχι αντίστροφα, με σκοπό την αποφυγή δημιουργίας σβόλων.

Πριν την εφαρμογή του επιθέματος, η επιφάνεια διαβρέχεται καλά με απιονισμένο νερό με σκοπό την αύξηση της κινητικότητας των αλάτων στο εσωτερικό του λίθου.

Απαιτείται καλή εφαρμογή του επιθέματος με όλα τα σημεία της επιφάνειας και αποφυγή γρήγορης ξήρανσης με σκοπό την εξασφάλιση ικανοποιητικής μεταφοράς των αλάτων μέσω τριχοειδών φαινομένων.

Το επίθεμα αφήνεται μέχρι την ξήρανσή του. Ο χρόνος εφαρμογής εξαρτάται από τις συνθήκες ξήρανσης και από το πάχος του λίθου και κυμαίνεται από μερικές ώρες μέχρι μερικές ημέρες.

Το επίθεμα, μετά την ξήρανσή του, αφαιρείται και μέρος αυτού ελέγχεται για την ποσότητα των αλάτων που απομακρύνθηκε: συγκεκριμένο μέγεθος επιθέματος (10 cm², πάχος 5mm) διαλύεται σε συγκεκριμένο όγκο απιονισμένου νερού (200ml). Ακολουθεί ανάδευση, για λίγα λεπτά, για την διευκόλυνση της διάλυσης των υπαρχόντων αλάτων. Μετά από την καθίζηση της αργίλου, μετριέται η ειδική αγωγιμότητα του διαλύματος με αγωγιμόμετρο με αυτόματη ρύθμιση της θερμοκρασίας. Οι συνθήκες αυτές πρέπει να είναι οι ίδιες για όλα τα επιθέματα που θα ελεγχθούν.

Οι κύκλοι διαβροχής της επιφάνειας με νερό και εφαρμογής του επιθέματος επαναλαμβάνονται πολλές φορές μέχρι την μείωση των αλάτων σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο. Η όλη διαδικασία απαιτεί χρόνο.

Πριν από κάθε στάδιο εφαρμογής του επιθέματος, η επιφάνεια καθαρίζεται από τα υπολείμματα της αργίλου με μαλακή βούρτσα.

4.2.1.4. Απομάκρυνση των graffiti

Προτείνεται η εφαρμογή, αρχικά, ξηρής ψηγματοβολής (Al₂O₃, 320 mesh) και εν συνεχεία επιθεμάτων με οργανικούς διαλύτες. Η επιλογή των καταλληλότερων κάθε φορά διαλυτών γίνεται με σειρά δοκιμών επί τόπου. Εναλλακτικά, στη δεύτερη φάση, μπορεί να χρησιμοποιηθούν έτοιμα σκευάσματα όπως:

Graffiti Clean 300: Πρόκειται για έτοιμο σκεύασμα το οποίο εφαρμόζεται απ' ευθείας στην επιφάνεια του λίθου με πινέλο. Ο χρόνος παραμονής του υλικού κυμαίνεται από 30 έως 60 min. Ακολουθεί ελαφρά έκπλυση με απιονισμένο νερό.

Graffiti Remover: Πρόκειται για έτοιμο σκεύασμα με το οποίο η επιφάνεια του λίθου ψεκάζεται. Στην συνέχεια, η επιφάνεια καθαρίζεται με μαλακή βούρτσα και ξεπλένεται με απιονισμένο νερό.

4.2.1.5. Απομάκρυνση των λεκέδων σκουριάς

Απομάκρυνση λεκέδων σκουριάς με διάλυμα κιτρικού νατρίου

Παρασκευάζεται διάλυμα 5% κ.ό. κιτρικό νάτριο σε νερό (αντίδραση έντονα αλκαλική). Στη συνέχεια στο διάλυμα προστίθεται χαρτοβάμβακας σε μικρά κομμάτια μέχρι τον σχηματισμό χαρτοπολτού. Η εφαρμογή γίνεται, απ' ευθείας στην επιφάνεια του λίθου με τους λεκέδες σκουριάς, με την μορφή κομπρέσας και διαρκεί ½ h. Στη συνέχεια, η κομπρέσα απομακρύνεται και η επιφάνεια εκπλένεται με απιονισμένο νερό. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι την λήψη των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Η δράση του έγκειται στο σχηματισμό με τον σίδηρο άλατος (κιτρικός σίδηρος) το οποίο είναι άχρωμο.

Για σοβαρές περιπτώσεις ή όταν επιχειρούμε να απόσφηνώσουμε κάποιο μεταλλικό στοιχείο συνιστάται η χρήση εξουδετερωμένου διαλύματος θειογλυκολικού οξέος:

Παρασκευή και εφαρμογή διαλύματος θειογλυκολικού οξέος

Παρασκευάζεται διάλυμα 5% κ.ο. θειογλυκολικό οξύ σε νερό το οποίο εξουδετερώνεται με πυκνή αμμωνία. Η εξουδετέρωση παρακολουθείται με pH-μετρο, pH-μετρικό χαρτί ή με λίγες σταγόνες φαινολοφθαλεΐνης. Στη συνέχεια, στο διάλυμα προστίθεται, αργά και με ανάδευση, καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη (CMC) μέχρι τον σχηματισμό πολτού με την μορφή διαφανούς τζελ.

Ο πολτός εφαρμόζεται απ' ευθείας στην επιφάνεια του λίθου με τους λεκέδες σκουριάς και απομακρύνεται με ξύλινη ή μη μεταλλική σπάτουλα όταν σχηματιστεί έντονο μοβ χρώμα. Ακολουθεί καθαρισμός της περιοχής με απιονισμένο νερό και βούρτσα. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι την λήψη των επιθυμητών αποτελεσμάτων.

Ο ενδεχόμενος μοβ χρωματισμός της επιφάνειας του λίθου απομακρύνεται με την έκθεση στον ήλιο.

Η δράση του θειογλυκολικού οξέος έγκειται στον σχηματισμό ισχυρού συμπλόκου με τον σίδηρο με αποτέλεσμα τον καθαρισμό της σκουριάς.

4.2.2. Στερεώσεις σαθρών λίθων

Η διάβρωση του μαργαϊκού ασβεστόλιθου αφορά κυρίως τα λιθοσώματα των εμφανών λιθοδομών και προκύπτει από την κρυστάλλωση διαλυτών αλάτων, που προκαλεί ανάπτυξη εσωτερικών τάσεων και διάρρηξη των δεσμών ανάμεσα στους

κόκκους, είτε από τη διαλυτική δράση του νερού, που οδηγεί σε υποβάθμιση των μηχανικών του ιδιοτήτων. Η απομείωση των επιφανειών των δομικών στοιχείων τοιχοποιίας και η υποβάθμιση των μηχανικών τους ιδιοτήτων εξελίσσεται με αργούς ρυθμούς.

Τα υλικά εμποτισμού που χρησιμοποιούνται για να αποκαταστήσουν τη συνοχή των αποσαθρωμένων λίθων ονομάζονται υλικά στερέωσης.

Τα υλικά στερέωσης θα πρέπει να πληρούν ορισμένες προδιαγραφές που σχετίζονται με την ανθεκτικότητα, το βάθος διείσδυσης, τη μεταβολή του πορώδους, την επίδραση στη μεταφορά υγρασίας, τη συμβατότητα με το αυθεντικό υλικό και τη χρωματική αλλοίωση της επιφάνειας.

Επειδή οι ιδιότητές τους και η μακροπρόθεσμη συμπεριφορά λίθων στους οποίους έχουν εφαρμοσθεί στερεωτικά δεν μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια, η επιλογή των υλικών στερέωσης και του τρόπου εφαρμογής τους επιβάλλεται να γίνει με βάση τα αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών και πιλοτικών εφαρμογών πεδίου.

Διάφορα μέσα που έχουν κατά καιρούς δοκιμασθεί, ως προς την αποτελεσματικότητά τους, για στερέωση πορωδών ανθρακικών λίθων είναι τα ακόλουθα:

- Διαλύματα και αιωρήματα υδροξειδίου του ασβεστίου και υδροξειδίου του βαρίου.
- Υδατική κολλοειδής διασπορά πολύ μικρών σωματιδίων πυριτίας.
- Προϋδρολυμένος πυριτικός αιθυλεστέρας (αλκοξυσιλάνιο) εμπλουτισμένος με ποσότητες άμορφης πυριτίας.
- Πυριτικός αιθυλεστέρας (αλκοξυσιλάνιο).
- Ακρυλο-σιλικονική ρητίνη σε οργανικούς διαλύτες.

Η αποτίμηση των επεμβάσεων στερέωσης, τόσο σε εργαστηριακή κλίμακα, όσο και σε κλίμακα πεδίου οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα διαλύματα των **αλκοξυσιλανίων** προσφέρουν ικανοποιητική δράση και, ταυτόχρονα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα δοκιμών γήρανσης, ενισχύουν την ανθεκτικότητα του λίθου στη δράση των αλάτων.

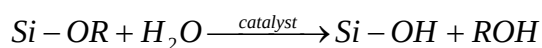
Η χρήση των υλικών αυτών αποτελεί πρακτικά, σήμερα, το μοναδικό αξιόπιστο τρόπο για στερέωση και μερική προστασία του μαργαϊκού λίθου στο συγκεκριμένο περιβάλλον.

Στερέωση των αποσαθρωμένων τμημάτων των λίθων με διαλύματα αλκοξυσιλανίων

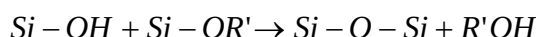
Ο εμποτισμός των σαθρών τμημάτων γίνεται με διαδοχικούς ψεκασμούς ή με τη βοήθεια επιθέματος, μέχρι να επιτευχθεί η επιθυμητή κατανάλωση ή/και το επιθυμητό βάθος εμποτισμού.

Τα αλκοξυσιλάνια είναι μια οικογένεια μονομερών μορίων, τα οποία αντιδρούν με νερό προς σχηματισμό είτε πυριτίας είτε ενός αλκυλοπολυσιλοξανίου. Τρία αλκοξυσιλάνια χρησιμοποιούνται ευρέως στη στερέωση λίθων. Αυτά είναι το τετρααιθοξυσιλάνιο, το τριαιθοξυμεθυλοσιλάνιο και το τριμεθοξυμεθυλοσιλάνιο.

Ο πολυμερισμός τους ξεκινά από μία αντίδραση υδρόλυσης :



Και συνεχίζεται με συμπύκνωση:



όπου $R=CH_3, C_2H_5$ και $R' = H, CH_3, C_2H_5$.

Η πυριτία σχηματίζεται από τον πολυμερισμό ενός εστέρα πυριτικού οξέος, ενώ ένα αλκυλοπολυσιλοξάνιο σχηματίζεται από τον πολυμερισμό άλλων τύπων αλκοξυσιλανίων. Ένας όξινος καταλύτης, π.χ. το υδροχλωρικό οξύ, χρησιμοποιείται για να αυξήσει το ρυθμό της υδρόλυσης. Η στερέωση που επιτυγχάνεται οφείλεται στο σχηματισμό αλυσίδων $-Si-O-Si-$ που συνδέουν τους κόκκους ή τους κρυστάλλους της πέτρας μεταξύ τους. Υποστηρίζεται ακόμα ότι η ικανότητα στερέωσης μπορεί να αυξηθεί χρησιμοποιώντας ένα μίγμα αλκοξυσιλανίων.

Έχει παρατηρηθεί ότι τα αλκοξυσιλάνια μπορούν να διεισδύσουν, προκειμένου για πωρόλιθους, σε σχετικά μεγάλο βάθος, έως και 50 mm.

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται, επίσης, ότι τα αλκοξυσιλάνια βελτιώνουν την αντίσταση του ψαμμίτη στην κρυστάλλωση θειικού νατρίου. Ωστόσο, η συμπεριφορά τους μεταβάλλεται ανάλογα με το είδος του λίθου και ότι εξαρτάται από τη συμβατότητα μεταξύ του διαλύτη και του συγκεκριμένου λίθου.

Παρατηρήθηκε στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης ότι το πολυμερισμένο αλκοξυσιλάνιο φαίνεται να πληρώνει τα κενά μεταξύ των κόκκων του υλικού και να σχηματίζει συνεχές φιλμ. Ωστόσο, πολυμερισμένα αλκοξυσιλάνια φαίνεται να έχουν μικρή επίδραση στη διαπερατότητα της υγρασίας μέσω του λίθου και στην αντίσταση στη δράση του παγετού. Επίσης, μια μικρή αλλαγή στο χρώμα των λίθων φαίνεται να παρουσιάζεται σε τέτοιου είδους κατεργασίες, η οποία όμως εξαλείφεται με την πάροδο του χρόνου.

Βελτίωση της μηχανικής αντοχής κατά 20% έχει αναφερθεί όταν χρησιμοποιούνται αλκοξυσιλάνια. Η ικανότητα, παρά ταύτα, των αλκοξυσιλανίων να στερεώνουν λίθους με προχωρημένη αποσάθρωση αμφισβητείται.

4.2.3. Συγκολλήσεις – συρραφές λίθων – επισκευές ρηγματώσεων

Η ριζική αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, με την ορθή αποκατάσταση των βλαβών των λίθων και την πλήρη άρση των αιτίων που τις προκαλούν, προϋποθέτει την αποσυναρμολόγηση των περιοχών της λαξευτής λιθοδομής που έχουν υποστεί σημαντικές βλάβες, γεγονός που μεγιστοποιεί από τεχνικής και, συνακόλουθα, οικονομικής πλευράς την όλη επέμβαση.

Η λύση της επί τόπου –χωρίς αποξήλωση– αποκατάστασης των βλαβών στις κύριες όψεις απαιτεί βεβαίως κάποιους συμβιβασμούς ως προς το αποτέλεσμα, πιστεύουμε, όμως, ότι βρίσκεται πιο κοντά στο πνεύμα της επέμβασης, όπως διαφαίνεται συνολικά από την Τεχνική Έκθεση της Στατικής Μελέτης, που προκρίνει τη συντήρηση, ενίσχυση και διατήρηση ως έχουν σημαντικών στοιχείων της κατασκευής. Συνιστάται, πάντως, κατά την εκτέλεση του έργου, να εξετασθεί επί τόπου η σοβαρότητα ορισμένων βλαβών (π.χ. φουσκωμάτων) προκειμένου να διαπιστωθεί η ανάγκη για καθαίρεση τοπικά και αντικατάσταση λίθων.

Προτείνονται λοιπόν οι ακόλουθες επί μέρους επεμβάσεις που αποβλέπουν στη στερέωση της λαξευτής λιθοδομής και αίρουν, κατά το δυνατόν, τα αίτια αυτής της παθολογίας. Οι επεμβάσεις αυτές κατά σειρά προτεραιότητας είναι⁶:

⁶ Π.Θεουλάκης, Α.Στεφανής, “ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ, ΕΠΙΣΚΕΥΗ - ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΩΝ, ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΡΟΠΥΛΟΥ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ”, ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ, ΑΘΗΝΑ, Ιανουάριος 2006.

- Τοπικές συγκολλήσεις μικροθραυσμάτων. Οι εργασίες αυτές εκτελούνται με εμφύτευση ράβδων οπλισμού (καρφίδων) από τιτάνιο το οποίο πλεονεκτεί έναντι του ανοξειδωτού χάλυβα διότι δεν επηρεάζεται από τα χλωριόντα (Cl⁻) του θαλασσίου περιβάλλοντος και επί πλέον απαιτεί τη διάνοιξη στενότερων οπών στους λίθους. Η συγκόλληση των λίθων και η στερέωση των οπλισμών γίνεται με υδραυλικό ένεμα τσιμεντοπολτού. Στην περίπτωση της αποκατάστασης ρωγμών επί τόπου (χωρίς αποξήλωση), μετά τη σφράγιση των ρωγμών, προτείνεται η πλήρωσή των κενών με υδραυλικό ένεμα, ώστε να εγκιβωτισθούν τα οξειδωμένα σιδηρά στοιχεία που πιθανόν υπάρχουν και να εξασφαλισθεί η μέγιστη στεγανότητα. Εναλλακτικά, αντί του υδραυλικού ενέματος, στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένεμα πολυμερές εμπλουτισμένο με αναστολείς της διάβρωσης. Το τελευταίο επιτυγχάνει αποτελεσματικότερη διεύθυνση, αλλά υστερεί έναντι του πρώτου σε συμβατότητα και διάρκεια.
- Αντικατάσταση όλων των εμφανών σιδηρών συνδέσμων και στηριγμάτων. Για την αποσφήνωση των οξειδωμένων συνδέσμων μπορεί επικουρικά να χρησιμοποιηθεί εξουδετερωμένο θειογλυκολικό οξύ. Αφαίρεση των προσβάσιμων οξειδωμένων παρεμβλημάτων αφού προηγουμένως έχουν ενσφηνωθεί σε κατάλληλες θέσεις, ώστε να παραλάβουν τα φορτία, νέα ανοξειδωτα παρεμβλήματα.
- Συρραφή των διερρηγμένων λίθοσωμάτων, επί τόπου, με εμφύτευση χιαστί οπλισμών τιτανίου που αγκυρώνονται με ενέματα τσιμεντοπολτού. Στο πλαίσιο αυτό ενισχύονται προληπτικά κλειστές ρωγμές και διαμπερείς ασυνέχειες των δομικών στοιχείων.

4.2.3.1. Τοπικές συγκολλήσεις θραυσμάτων

Παρατίθεται συνοπτικά η αλληλουχία των εργασιών^{7,8}:

- Καθαρισμός των επιφανειών θραύσης. Περιλαμβάνει την απομάκρυνση χαλαρών υλικών και υπολείμματα μικροοργανισμών με νερό, υπεροξείδιο του υδρογόνου και λιθοξοϊκά και οδοντιατρικά εργαλεία.

⁷ Π. Θεουλάκης, ΝΑΟΣ ΕΠΙΚΟΥΡΙΟΥ ΑΠΟΛΛΩΝΟΣ ΒΑΣΣΩΝ, Η ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΙΘΩΝ, ΥΠΠΟ, 1998.

⁸ Π. Θεουλάκης, Μελέτη στερέωσης και αποκατάστασης αρχαίου θεάτρου Δωδώνης, Προμελέτη αποκατάστασης των κερκίδων K1 και K2 της Α΄ ζώνης, Η συντήρηση των λίθων, 2006.

- Διάνοιξη αντικριστών οπών για την τοποθέτηση καρφίδων τιτανίου, με περιστρεφόμενο αδαμαντοφόρο τρυπάνι. Οι οπές θα πρέπει να έχουν διάμετρο 2 mm μεγαλύτερη από την καρφίδα.
- Δοκιμαστική προσαρμογή των θραυσμάτων εν ξηρώ.
- Διαβροχή των επιφανειών με απλή εκνέφωση καθώς ο λίθος έχει μικρή απορροφητικότητα και μπορεί να δημιουργηθούν φιλμ νερού που μπορεί να μειώσουν την συνάφεια των υλικών.
- Τοποθέτηση των καρφίδων. (Η επιλογή της διατομής γίνεται εμπειρικά γι' αυτού του είδους τις επεμβάσεις και καθορίζεται από το μέγεθος και την κατάσταση των θραυσμάτων).
- Τοποθέτηση του κονιάματος (**πίνακας 3**) στην επιφάνεια με πάχος 0,5-1 mm, με προσοχή να γεμίζουν τα κενά.
- Συγκράτηση των θραυσμάτων στην θέση τους ασκώντας πίεση με την χρήση σφιγκτήρων και τοποθέτηση ξύλινων παρεμβλημάτων ούτως ώστε να μην προκληθούν βλάβες στην επιφάνεια των λίθων.
- Αφαίρεση της περίσσειας του κονιάματος και σχολαστικό πλύσιμο των λίθινων επιφανειών με άφθονο καθαρό νερό.
- Μετά την παρέλευση 2-3 ωρών (διάστημα που απαιτείται για να τραβήξει το κονίαμα) μόνωση του λίθου με υγρό χαρτοβάμβακα και μεμβράνη πολυαιθυλενίου.
- Συντήρηση του κονιάματος για 28 ημέρες με συνεχή διατήρηση της υγρασίας, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί τα πρώτα 24ωρα. Το στάδιο αυτό είναι εξαιρετικά κρίσιμο για την ωρίμανση του κονιάματος και την αντοχή του στο χρόνο.

Πίνακας 3: Σύνθεση κονιάματος συγκόλλησης

Αδρανές Α	Συνδετικό Σ	Αναλογία Σ : Α	Νερό Ν/Σ	Πρόσμικτο	Χρωστική
Παιπάλη μαρμάρου 40μm	Λευκό Τσιμέντο	1:2	40% στερεών	ρευστοποιητής	ώχρα

4.2.3.2. Ενσφραγίσεις ρωγμών

Παρατίθεται συνοπτικά η αλληλουχία των εργασιών:

- Καθαρισμός των ρωγμών/ αρμών συγκόλλησης με νερό, λιθοξοϊκά και οδοντιατρικά εργαλεία.

- Διαβροχή των επιφανειών με απλή εκνέφωση.
- Πλήρωση του αρμού με κονίαμα με επιμελημένη συμπίεση (**πίνακας 4**).
- Αφαίρεση - διόρθωση με πινέλο της περίσσειας του κονιάματος, αφού τραβήξει (περίπου 10-15 λεπτά), έως την αρχική επιφάνεια του λίθου, ούτως ώστε το κονίαμα να μην επικαλύπτει την επιφάνεια του λίθου.
- Συνεχής καθαρισμός του λίθου με καθαρό νερό και σφουγγάρι.
- Μόνωση του λίθου με υγρό χαρτοβάμβακα και μεμβράνη πολυαιθυλενίου.
- Συντήρηση του κονιάματος για 28 ημέρες με συνεχή διατήρηση της υγρασίας, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί τα πρώτα 24ωρα. Όπως έχει προαναφερθεί το στάδιο αυτό είναι εξαιρετικά κρίσιμο για την ωρίμανση του κονιάματος.

Πίνακας 4: Σύνθεση κονιάματος σφράγισης

Αδρανές Α	Συνδετικό Σ	Αναλογία Σ : Α	Νερό N/Σ	Πρόσμικτο	Χρωστική
Κεραμάλευρο Θηραϊκή γη Θραυστό ασβ/κό	Λευκό Τσιμέντο Ασβέστης 1/2	1:3	40% στερεών	-	ώχρα

4.2.3.3. Εισαγωγή ενέματος για στερέωση ρωγμών στις εμφανείς λιθοδομές

Προαπαιτούμενο για την επιτυχή εισαγωγή ενεμάτων σε ρωγμές μεγάλου βάθους αποτελεί ο σχολαστικός καθαρισμός των ρωγμών στο μέγιστο δυνατό βάθος τους και η απομάκρυνση του φερτού και γενικά του μη ασβεστολιθικού υλικού. Η εργασία αυτή εκτελείται με κατάλληλα μηχανικά μέσα (ταχυτροχό) με ειδικά εξαρτήματα, αέρα υπό πίεση, νερό υπό πίεση και διάλυμα υπεροξειδίου του υδρογόνου (H₂O₂). Στόχος είναι η τέλεια, ει δυνατόν, πλήρωση του κενού και βέβαια η βελτίωση της συνάφειας μεταξύ ενέματος και τοιχωμάτων της ρωγμής. Με το κλείσιμο των ρωγμών αποτρέπεται σε μεγάλο βαθμό η είσδυση της υγρασίας στο εσωτερικό των λίθων.

Πριν από την εκτέλεση των ενεμάτων, οι ρωγμές σφραγίζονται και αφήνονται μόνον κατάλληλες μικρές οπές για την έγχυση του ενέματος και τον έλεγχο της πλήρωσης. Δεν αποκλείεται βεβαίως στην πράξη να αποδειχθεί χρήσιμη ή και απαραίτητη η έγχυση ενεμάτων υπό πίεση.

Το αποτέλεσμα της επέμβασης σχετίζεται άμεσα τόσο με την παρασκευή του ενέματος όσο και με την σωστή διοχέτευση του. Το σύστημα ανάδευσης πρέπει να εξασφαλίζει την ομοιογένεια του κονιάματος με την μεγαλύτερη δυνατή ρευστότητα,

οι προδιαγραφές αυτές μπορούν να ικανοποιηθούν, με την χρήση κάδου υπερήχων και αναδευτήρα. Παράλληλα, ο σωστός σχεδιασμός του δικτύου προώθησης και η παροχή του ενέματος με σταθερή ροή και χαμηλή πίεση συμβάλλουν στην βέλτιστη απόδοση της επέμβασης. Οι σωληνίσκοι εκτός από τον ρόλο τους σαν μέσον προώθησης του υλικού αποτελούν επίσης δείκτες πλήρωσης και επιτρέπουν την εκτόνωση του αέρα κατά τη διάρκεια της εφαρμογής.

Σε ό,τι αφορά το χαρακτήρα των υλικών, για λόγους που έχουν κυρίως να κάνουν με τη συμβατότητά τους προς τα αυθεντικά (συντελεστής θερμικής διαστολής), προτείνεται η χρήση ανόργανων ενεμάτων με κύριο συστατικό το τσιμέντο.

Στην συνέχεια παρατίθεται συνοπτικά η αλληλουχία των εργασιών⁹:

- Σχολαστικός καθαρισμός των ρωγμών με νερό, υπεροξείδιο υδρογόνου, λιθοξοϊκά και οδοντιατρικά εργαλεία.
- Σχεδιασμός και οργάνωση του δικτύου προώθησης με τοποθέτηση των ελαστικών σωληνίσκων Ø 5-10 mm και τις αντίστοιχες υποθερμικές βελόνες (G21), προσοχή πρέπει να δίνεται ώστε να μην φράζουν οι σωληνίσκοι κατά την τοποθέτηση.
- Σφράγιση των αρμών με κονίαμα. (Στην περίπτωση μεγάλων εσωτερικών κενών στην φάση αυτή μπορεί να γίνει δοκιμαστική πλήρωση με νερό για την προσέγγιση της απαιτούμενης ποσότητας ενέματος και τον εντοπισμό πιθανών οδών διαρροής).
- Τοποθέτηση διαφράγματος ή/και φύλλου PVC στους αρμούς προς αποφυγή διαρροών για τη διατήρηση της αυτοτέλειας των αρχιτεκτονικών μελών.
- Ανάμιξη των ρευστών και ξηρών υλικών με αναδευτήρα και κάδο υπερήχων για 3'. Το μίγμα μπορεί να χρησιμοποιείται για μία περίπου ώρα με αναδεύσεις όταν καθιζάνει το υλικό (**πίνακας 5**).
- Προώθηση του ενέματος με σταθερή πίεση με σταδιακή κατάργηση των σωληνίσκων που χρησιμοποιήθηκαν σαν δείκτες πλήρωσης. Προσοχή, η προώθηση

⁹ Α. Μιλτιάδου-Fezans, Ε. Παπακωνσταντίνου, Κ. Ζάμπας, Α. Πάνου, Κ. Φραντζικινάκη, «Δομική αποκατάσταση των κίωνων του Οπισθονάου του Παρθενώνος με υδραυλικά ενέματα υψηλής διεισδυτικότητας: Έρευνα σχεδιασμός, εφαρμογή», Πρακτικά 5^{ης} Διεθνούς Συνάντησης για την Αποκατάσταση των Μνημείων Ακροπόλεως, Αθήνα 4-6 Οκτωβρίου, 2002.

του ενέματός πρέπει να γίνεται πάντα από τα χαμηλότερα σημεία / σωληνίσκους και όχι με εκμετάλλευση της βαρύτητας.

- Αφαίρεση των διαφραγμάτων και των σωληνίσκων περίπου μία ώρα μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας πλήρωσης.
- Πλύσιμο των επιφανειών με άφθονο καθαρό νερό.
- Συντήρηση του κονιάματος για 28 ημέρες με συνεχή διατήρηση της υγρασίας, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί τα πρώτα 24ωρα. Όπως έχει προαναφερθεί το στάδιο αυτό είναι εξαιρετικά κρίσιμο για την ωρίμανση του κονιάματος.

Πίνακας 5: Συνθέσεις ενέματος

Αδρανές Α	Συνδετικό Σ	Αναλογία Σ : Α	Νερό Ν/Σ	Πρόσμικτο	Χρωστική
Μηλαϊκή γή	Λευκό Τσιμέντο	3:1	0,8	ρευστοποιητής	ώχρα

4.2.4. Συμπληρώσεις – αντικαταστάσεις λίθων

Απομακρύνονται όλες οι παλαιότερες, μη συμβατές και κακότεχνες ως επί το πλείστον, συμπληρώσεις. Οι επιφάνειες, καθαρίζονται από τυχόν επικαθίσεις και επίσης απομακρύνονται τα επισφαλώς συγκρατούμενα τεμάχια, μέχρι το υγιές τμήμα του λίθου. Ακολουθεί αφαλάτωση με την εφαρμογή επιθεμάτων προσροφητικής αργίλου.

Η εργασία της συμπλήρωσης δεν αποβλέπει μόνο στην αποκατάσταση της μορφής των λίθων αλλά σκοπό έχει και τη βελτίωση της δομικής τους λειτουργίας, η οποία, με τη σειρά της, εξαρτάται και από την ποιότητα των επιφανειών έδρασης. Η καλή επαφή των λίθων μεταξύ τους εξασφαλίζει, εξ άλλου, και τον περιορισμό της είσδυσης του νερού.

Για την εξασφάλιση της ελάχιστης απαιτούμενης συνοχής μεταξύ λίθων και κονιάματος θα αποφασίζεται κατά περίπτωση η χρήση ή όχι του κατάλληλου οπλισμού.

Σχετικά με το αίτημα της συμβατότητας, η επιλογή ανόργανου κονιάματος εξασφαλίζει τη μέγιστη δυνατή φυσικομηχανική συμβατότητα προς το αυθεντικό υλικό.

Εις ό,τι αφορά, τέλος, το ζήτημα της εναρμονίσεως των συμπληρωμάτων από κονίαμα με το αυθεντικό υλικό, επισημαίνεται ότι εκτός από το *χρώμα* πρέπει να δοθεί βάρος και στην εξωτερική *υφή* του κονιάματος.

Η σύνθεση που προτείνεται στον **πίνακα 6** πρέπει να ελεγχθεί, εκτός από τη συμβατότητά της με τον αυθεντικό λίθο, και ως προς την ανθεκτικότητά της στη γήρανση και ειδικά στη διάβρωση από διαλυτά άλατα.

Πίνακας 6: Σύνθεση κονιάματος συμπλήρωσης

Αδρανές Α	Συνδετικό Σ	Αναλογία Σ : Α	Νερό Ν/Σ	Πρόσμικτο	Χρωστική
Κεραμάλευρο Θηραϊκή γη Θραυστό ασβ/κό	Λευκό Τσιμέντο Ασβέστης 1/3	1:4	20% στερεών	Ρευστ/τής	ώχρα

Η εργασία της συμπλήρωσης των λίθων

Στην συνέχεια παρατίθεται συνοπτικά η αλληλουχία των εργασιών¹⁰ όσον αφορά:

- α) την πλήρωση μικρών κενών και
- β) την συμπλήρωση - αποκατάσταση της γεωμετρίας των αρχιτεκτονικών μελών.

Περίπτωση Α (μικρά κενά, χωρίς τη χρήση καλουπιού):

- Καθαρισμός των επιφανειών θραύσης που περιλαμβάνει την απομάκρυνση χαλαρών υλικών και υπολείμματα μικροοργανισμών με νερό, υπεροξείδιο του υδρογόνου και λιθοξοϊκά και οδοντιατρικά εργαλεία.
- Διαβροχή των επιφανειών με απλή εκνέφωση.
- Παρασκευή του κονιάματος.
- Πλήρωση της περιοχής με κονίαμα σε στρώσεις.
- Αφαίρεση της περίσσειας του κονιάματος, αφού τραβήξει (περίπου 10-15 λεπτά), έως την αρχική επιφάνεια του λίθου ούτως ώστε το κονίαμα να μην επικαλύπτει την επιφάνεια του λίθου.
- Επίστρωση του κονιάματος με καλό «πάτημα».
- Συνεχής καθαρισμός του λίθου με καθαρό νερό και σφουγγάρι.
- Μόνωση του συστήματος με υγρό χαρτοβάμβακα και μεμβράνη πολυαιθυλενίου.

¹⁰ Π. Θεουλάκης, Μελέτη στερέωσης και αποκατάστασης αρχαίου θεάτρου Δωδώνης, Προμελέτη αποκατάστασης των κερκίδων K1 και K2 της Α΄ ζώνης, Η συντήρηση των λίθων, 2006.

- Συντήρηση του κονιάματος για 28 ημέρες με συνεχή διατήρηση της υγρασίας τα πρώτα 24ωρα. Όπως έχει προαναφερθεί το στάδιο αυτό είναι εξαιρετικά κρίσιμο για την ωρίμανση του κονιάματος.

Περίπτωση Β (αποκατάσταση της αρχικής γεωμετρίας):

- Καθαρισμός των επιφανειών θραύσης που περιλαμβάνει την απομάκρυνση των χαλαρών υλικών και των υπολειμμάτων των μικροοργανισμών με νερό, υπεροξείδιο του υδρογόνου, λιθοξοϊκά και οδοντιατρικά εργαλεία.
- Κατασκευή καλουπιού εφόσον πρέπει να δοθεί ένα συγκεκριμένο γεωμετρικό σχήμα και τοποθέτηση του ανάλογου οπλισμού σύμφωνα με τη μελέτη.
- Τοποθέτηση διαφράγματος ή/και φύλλου PVC προς αποφυγή διαρροής και διατήρηση της αυτοτέλειας των μελών.
- Διαβροχή των επιφανειών με απλή εκνέφωση.
- Παρασκευή του κονιάματος σε ηλεκτρικό αναδευτήρα όταν πρόκειται για μεγάλη ποσότητα.
- Χύτευση και προώθηση του κονιάματος ώστε να πληρωθούν όλες οι περιοχές.
- Μετά την παρέλευση 2-3 ωρών (αφού τραβήξει το κονίαμα) μόνωση του λίθου με υγρό χαρτοβάμβακα και μεμβράνη πολυαιθυλενίου.
- Συντήρηση του κονιάματος για 28 ημέρες με συνεχή διατήρηση της υγρασίας τα πρώτα 24ωρα. Όπως έχει προαναφερθεί το στάδιο αυτό είναι εξαιρετικά κρίσιμο για την ωρίμανση του κονιάματος.
- Μετά την παρέλευση μίας εβδομάδος αφαίρεση του καλουπιού.
- Μετά την ολοκλήρωση του σταδίου ωρίμανσης μπορεί να γίνει η επιφανειακή κατεργασία του συμπληρώματος με λιθοξοϊκά εργαλεία.

ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ			
Περιγραφή Εργασιών	μονάδα μέτρησης	τιμή μονάδας (€)	μερικό σύνολο (€)
Απομάκρυνση κονιαμάτων συμπληρώσεων και αποκάλυψη αυθεντικής επιφάνειας λίθων	285 m ²	110	31350
Απομάκρυνση σιδερένιων συνδέσμων	60 τεμ	155	9300
Συρραφή και συγκόλληση θραυσμάτων λίθων	190 τεμ	160	30400
Επισκευές και πλήρωση ρηγματώσεων	200 τεμ	130	26000
Συμπληρώσεις λίθων	220 m ²	140	30800
Αντικαταστάσεις λίθων	50 τεμ	480	24000
Απομάκρυνση επικαθίσεων ατμοσφαιρικών ρύπων	100 m ²	169	16900
Καθαρισμοί βιολογικών ρύπων	150 m ²	85	12750
Απομάκρυνση διαλυτών αλάτων	550 m ²	135	74250
Στερέωση επιφάνειας λίθων	550 m ²	35	19250
Γενικό Σύνολο (€)			275000

5. Βιβλιογραφία

1. «ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΥΛΙΚΩΝ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΤΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΧΑΝΙΩΝ», ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΟΤΜ, ΕΠΕ.
2. «ΜΕΛΕΤΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΥΛΙΚΩΝ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΤΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΧΑΝΙΩΝ», Σταύρος Θεοδωράκης.
3. Π. Θεουλάκης, “ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΟΨΕΩΝ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΤΗΣ ΤΡΑΠΕΖΑΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ ΣΤΗ ΡΟΔΟ”, ΡΟΔΟΣ, 2000.
4. Π. Θεουλάκης, Α. Στεφανής, “ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ, ΕΠΙΣΚΕΥΗ - ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΩΝ, ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΡΟΠΥΛΟΥ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ”, ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ, ΑΘΗΝΑ, Ιανουάριος 2006.
5. Π. Θεουλάκης, ΝΑΟΣ ΕΠΙΚΟΥΡΙΟΥ ΑΠΟΛΛΩΝΟΣ ΒΑΣΣΩΝ, Η ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΙΘΩΝ, ΥΠ.ΠΟ., 1998.
6. Π. Θεουλάκης, Μελέτη στερέωσης και αποκατάστασης αρχαίου θεάτρου Δωδώνης, Προμελέτη αποκατάστασης των κερκίδων Κ1 και Κ2 της Α΄ ζώνης, Η συντήρηση των λίθων, 2006.
7. Α. Μιλτιάδου-Fezans, Ε. Παπακωνσταντίνου, Κ. Ζάμπας, Α. Πάνου, Κ. Φραντζικινάκη, «Δομική αποκατάσταση των κιόνων του Οπισθονάου του Παρθενώνος με υδραυλικά ενέματα υψηλής διεισδυτικότητας: Έρευνα σχεδιασμός, εφαρμογή», Πρακτικά 5^{ης} Διεθνούς Συνάντησης για την Αποκατάσταση των Μνημείων Ακροπόλεως, Αθήνα 4-6 Οκτωβρίου, 2002.

ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΧΑΝΙΩΝ

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ



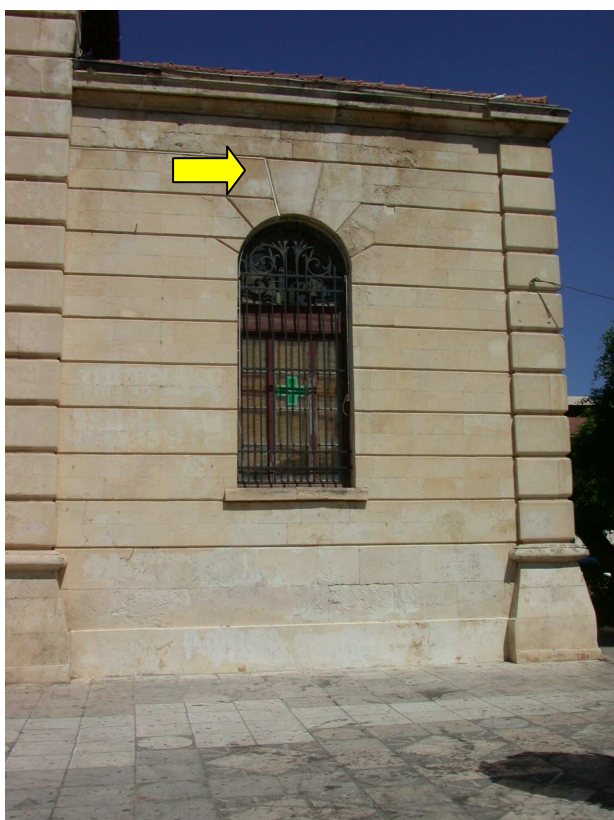
Εικ. 1: Η νότια πρόσοψη του κτηρίου κατασκευασμένη εξ ολοκλήρου από εμφανή λιθοδομή. Παρατηρούνται φθορές στα κατώτερα και ανώτερα τμήματά της λόγω ανερχόμενης και κατεισδύουσας υγρασίας αντίστοιχα.



Εικ. 2: Η βόρεια όψη κατασκευασμένη και αυτή από εμφανή, λαξευτή λιθοδομή παρουσιάζει εκτεταμένες βλάβες λόγω της προχωρημένης φθοράς και των πολυάριθμων αστοχιών των λίθων.



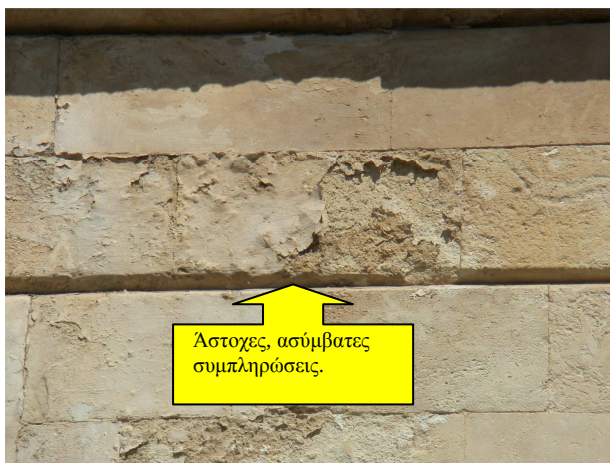
Εικ. 3: Νότια όψη, τα προβλήματα στη Ν.Α. γωνία του θριγκού από τα όμβρια που κατεισδύουν.



Εικ. 4: Νότια όψη, προχωρημένες φθορές στο ανώτερο και κατώτερο τμήμα της ανατολικής γωνίας.



Εικ. 5, 6: Λεπτομέρειες από τη φθορά των λίθων στα κατώτερα τμήματα της νότιας όψης λόγω της αναρρίχησης της εδαφικής υγρασίας. Κακότεχνες συμπληρώσεις με κονίαμα και άστοχη αφαίρεση graffiti.



Εικ. 7, 8: Λεπτομέρειες από τη φθορά των λίθων και την αστοχία των επισκευών σε λίθους της νότιας όψης, λόγω της είσδυσης των ομβρίων.



Εικ. 9: Δυτική όψη, η χρήση εμφανούς λιθοδομής περιορίζεται στα θυρώματα, στις παραστάδες και στις γωνίες.



Εικ.10. Η δράση της ανερχόμενης υγρασίας και των διαλυτών αλάτων που κρυσταλλώνονται στους λίθους της γωνίας.



Εικ. 11: Λεπτομέρεια. Αστοχία των συμπληρώσεων.



Εικ. 12: Ανατολική όψη.



Εικ. 13: Η φθορά στους μαργαϊκούς λίθους και τις συμπληρώσεις από τη μεταφορά και απόθεση των διαλυτών αλάτων.



Εικ. 14: Λεπτομέρεια.



Εικ. 15: Εξανθήσεις διαλυτών αλάτων.



Εικ. 16: Άποψη του κτηρίου από τα Ν.Δ.



Εικ. 17: Φθορές στην τοιχοποιία λόγω βλαβών στο σύστημα συλλογής και παροχέτευσης των ομβρίων.



Εικ. 18: Ο ρόλος της ανερχόμενης υγρασίας.



Εικ. 19: Οι πεσσοί από εσωτερικό της δυτικής πύλης.



Εικ. 20: Οι οξειδώσεις των στηριγμάτων της θύρας έχουν διαρρήξει τους λίθους.



Εικ. 21,22: Δυτική πύλη, για την κατασκευή των πεσσών έχουν χρησιμοποιηθεί λαξευτοί λίθοι..



Εικ. 23: Βλάβες στα επίχρυσμα της περιμετρικής τοιχοποιίας.



Εικ. 24: Εσωτερικό υποστύλωμα από ημιλαξευτή λιθοδομή και διαχωριστική τοιχοποιία από οπτοπλινθοδομή.



Εικ. 25: Το επίχρυσμα της αργολιθοδομής σε δύο στρώματα.



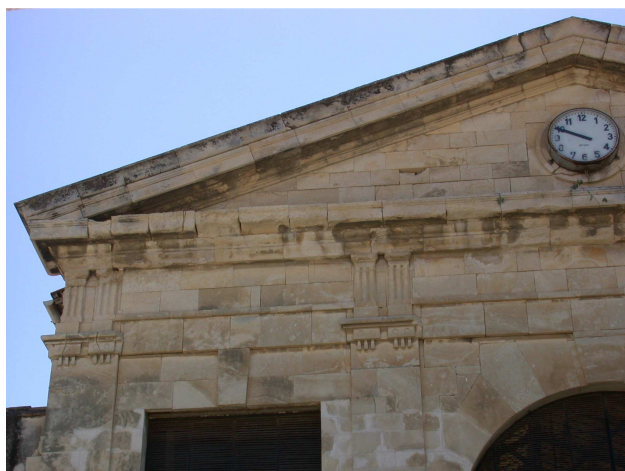
Εικ. 26: Οι γωνίες της περιμετρικής αργολιθομής είναι κατασκευασμένες με ημιλαξευτούς λίθους στην εσωτερική και εξωτερική παρειά.



Εικ. 27: Η βόρεια όψη της αγοράς, όπου διακρίνονται οι πολυπληθείς συμπληρώσεις μάρτυρες για την έκταση των φθορών.



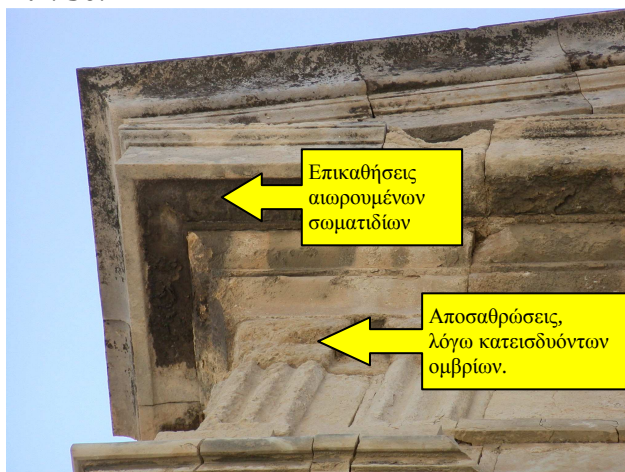
Εικ. 28,29: Φαίνεται ότι η βόρεια όψη (όπως και η νότια) είναι κατασκευασμένη, σε ολόκληρο το πάχος της, από λαξευτή λιθοδομή.



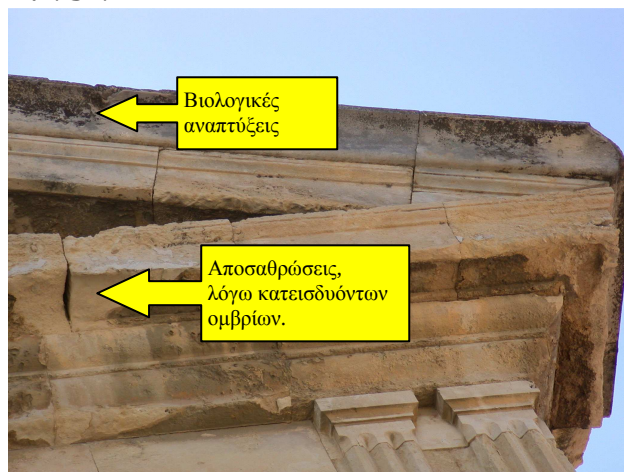
Εικ. 30.



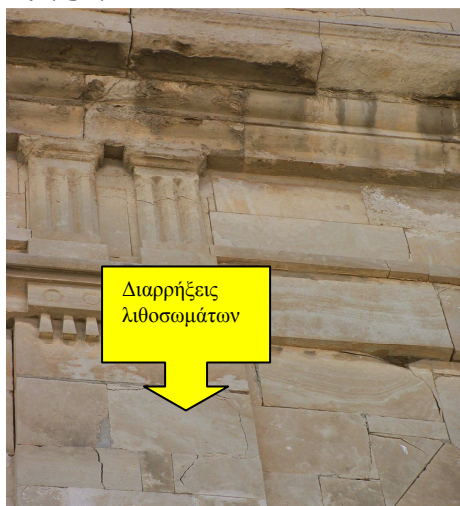
Εικ. 31.



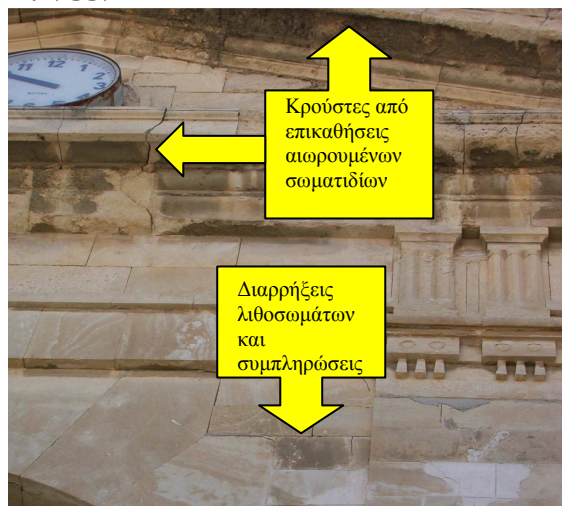
Εικ. 32.



Εικ. 33.

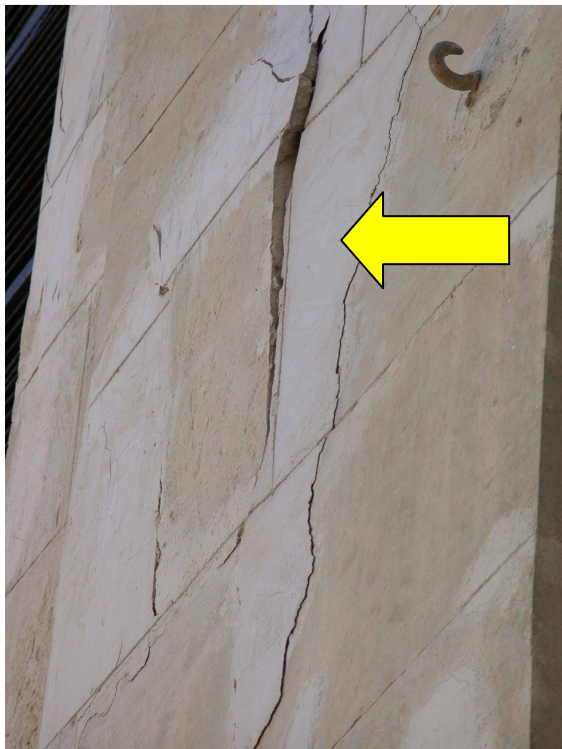


Εικ. 34.

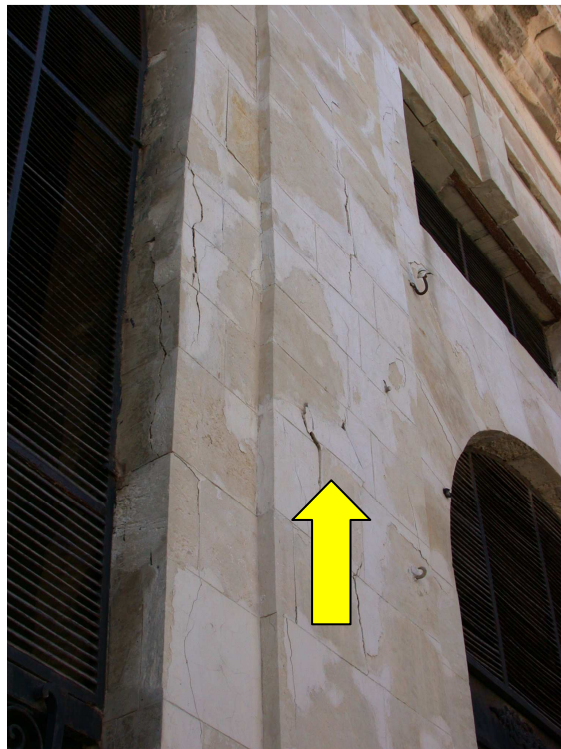


Εικ. 35.

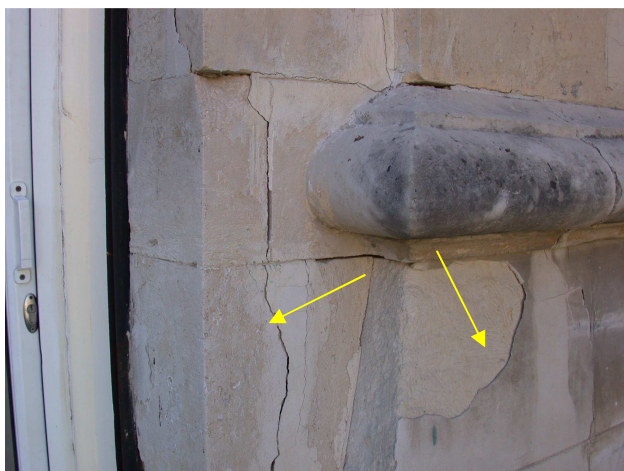
Εικ. 30-35: Χαρακτηριστικές φθορές στη βόρεια όψη του κτηρίου. Βιολογικές αναπτύξεις και επικαθήσεις σωματιδιακών ρύπων από την ατμόσφαιρα, προχωρημένη αποσάθρωση και αναρίθμητες διαρρήξεις των λίθων.



Εικ. 36. Αστοχίες λιθοσωμάτων και εκτροπή (φούσκωμα) της εξωτερικής παρειάς.



Εικ. 37. Αστοχίες λιθοσωμάτων και εκτροπή (φούσκωμα) της παρειάς.



Εικ. 38. Ρηγματώσεις και αστοχία συμπληρώσεων στη βάση.



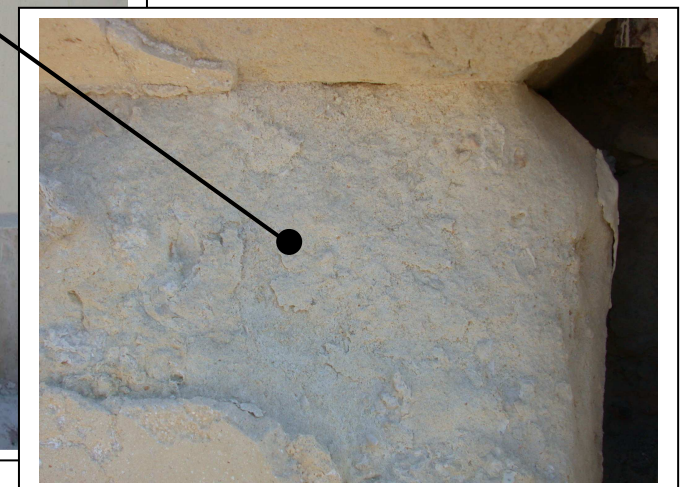
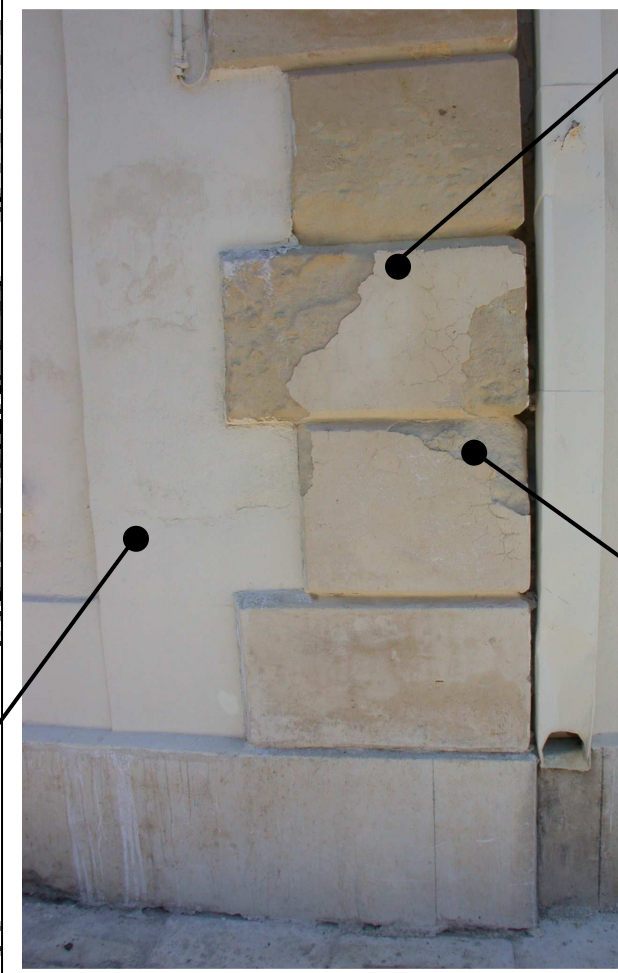
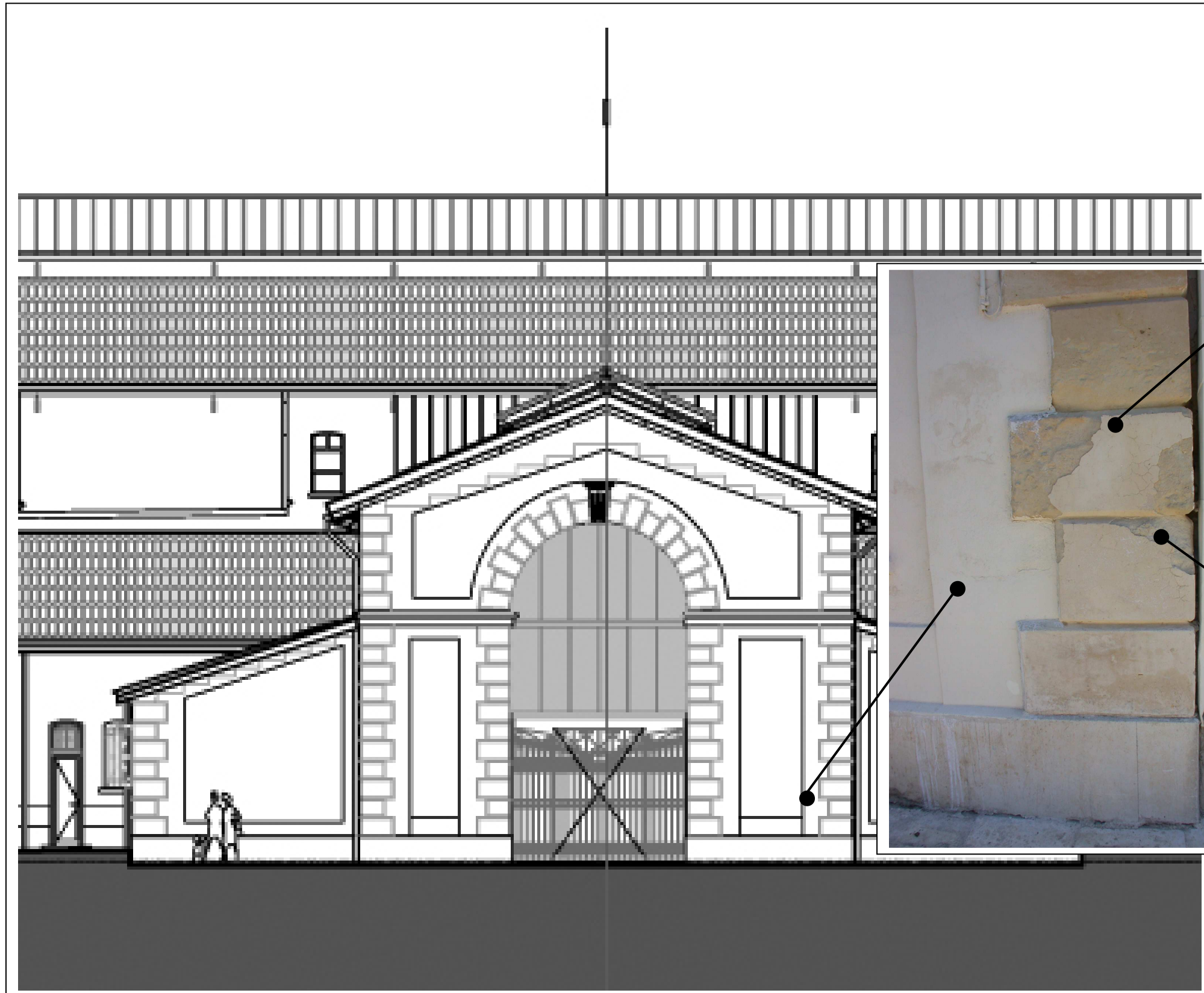
Εικ. 39. Γενική εικόνα των βλαβών στη βόρεια όψη του κτηρίου.

Εικ. 36-39: Βόρεια όψη. Οι πολυάριθμες αστοχίες των λιθοσωμάτων έχουν αλλοιώσει τη γεωμετρία της κατασκευής και έχουν προκαλέσει βλάβες με γενικότερο, δομικό χαρακτήρα.

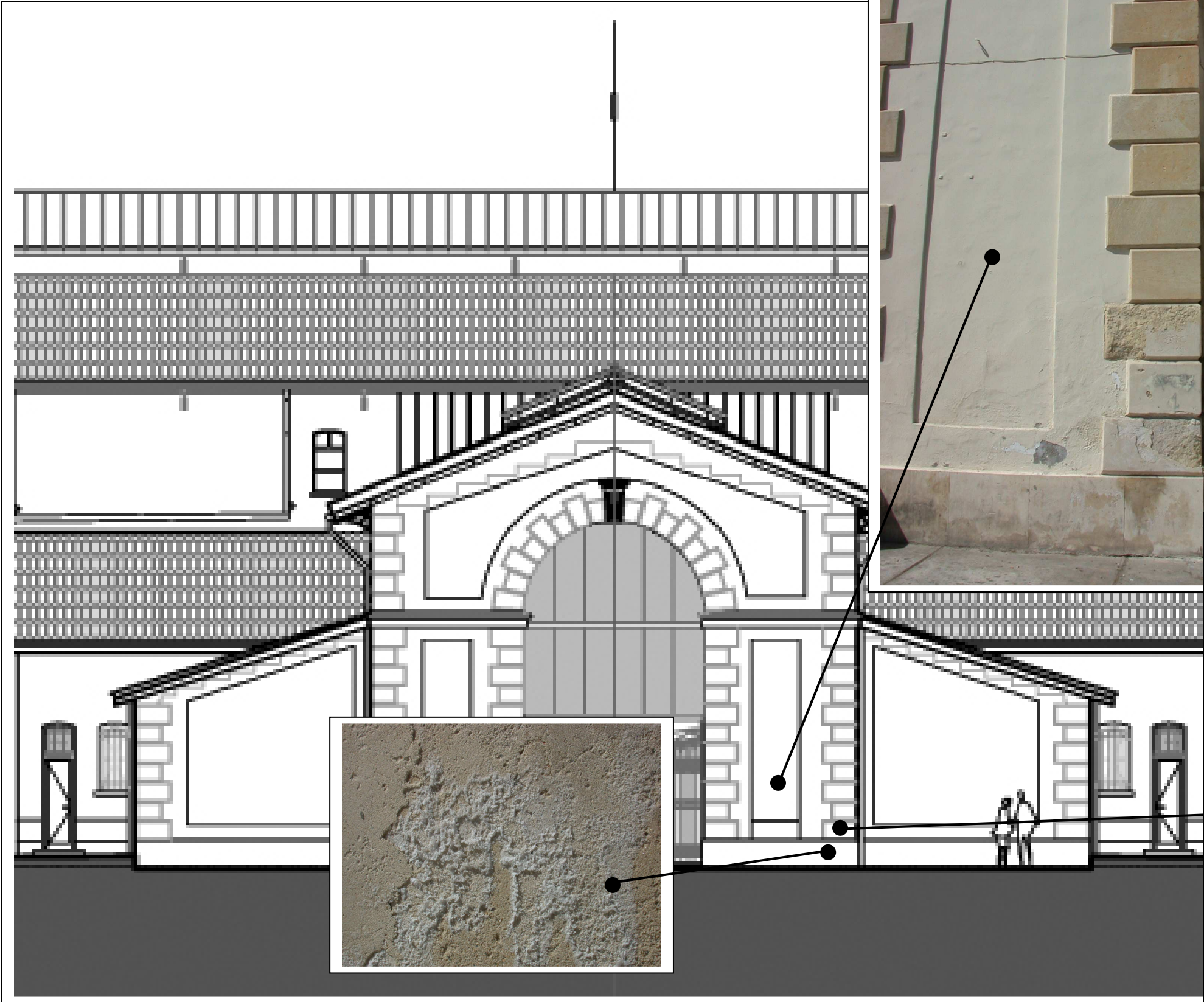
NOTIA ΟΨΗ



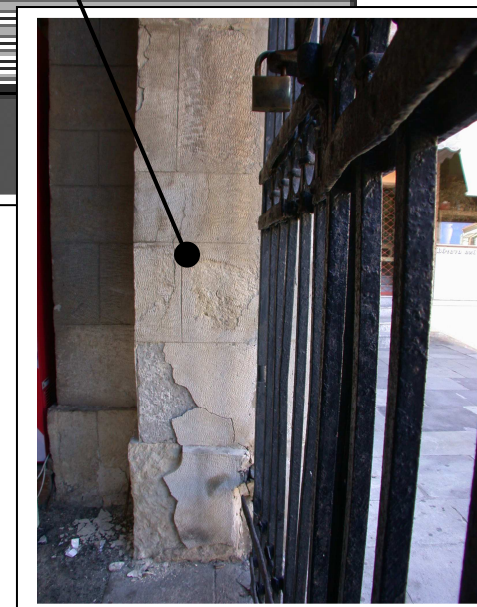
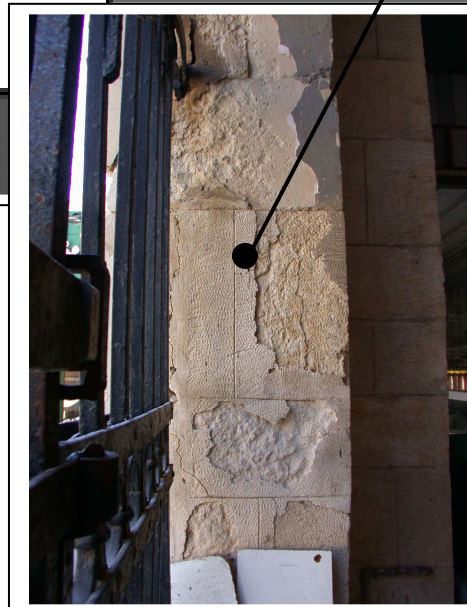
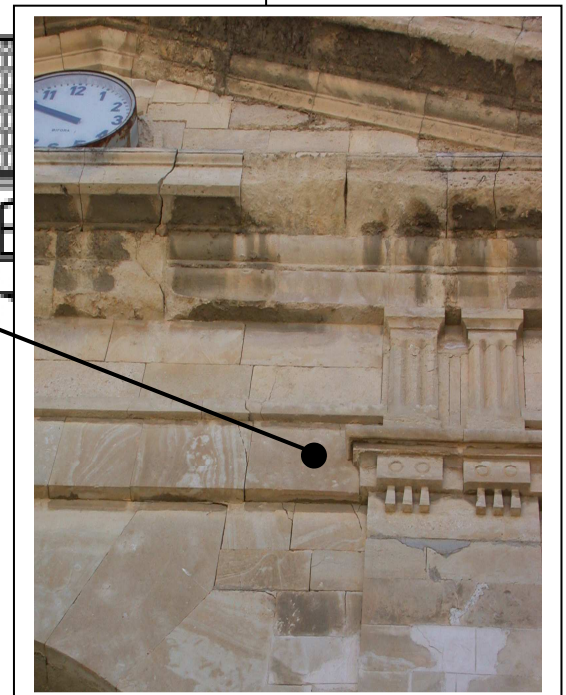
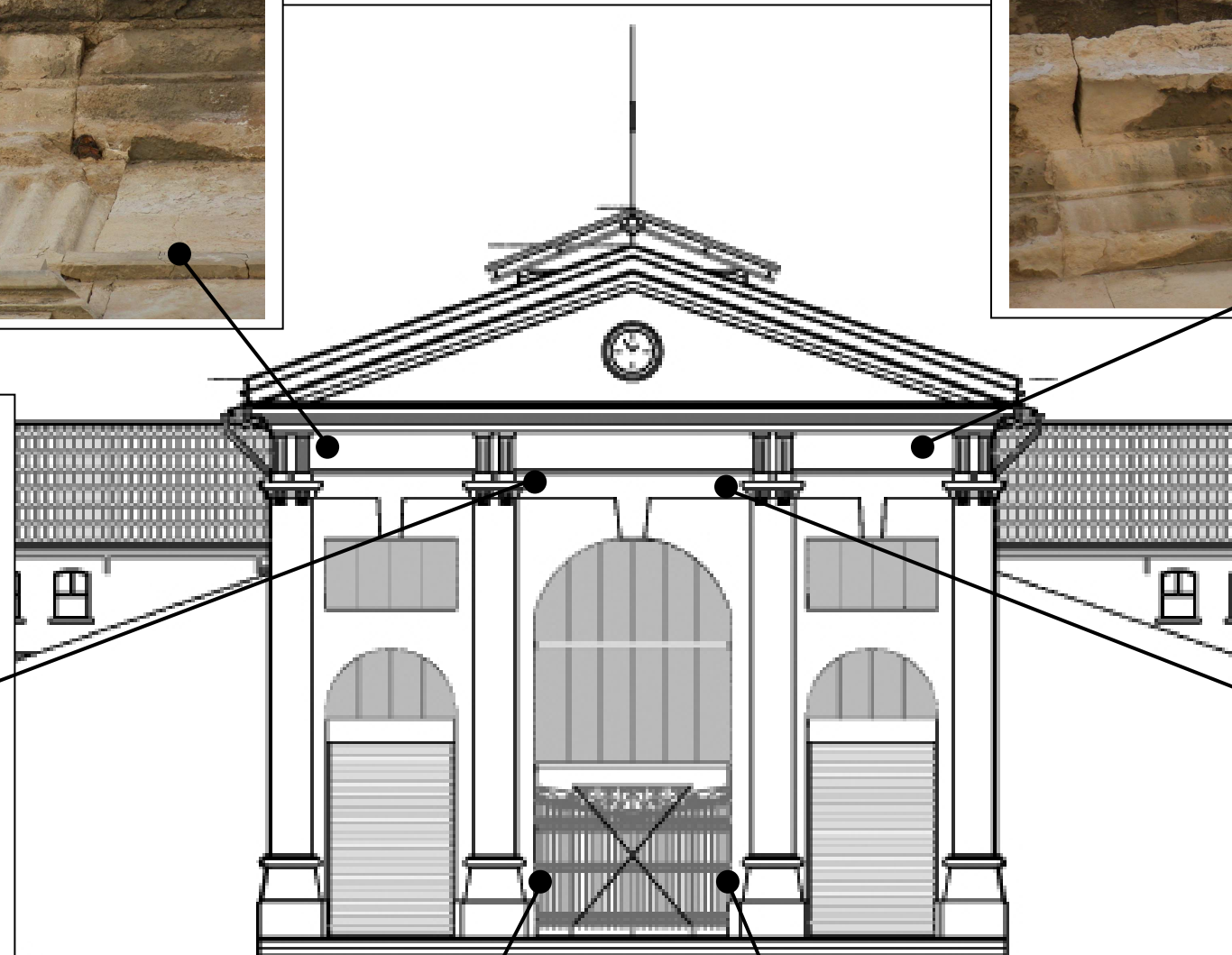
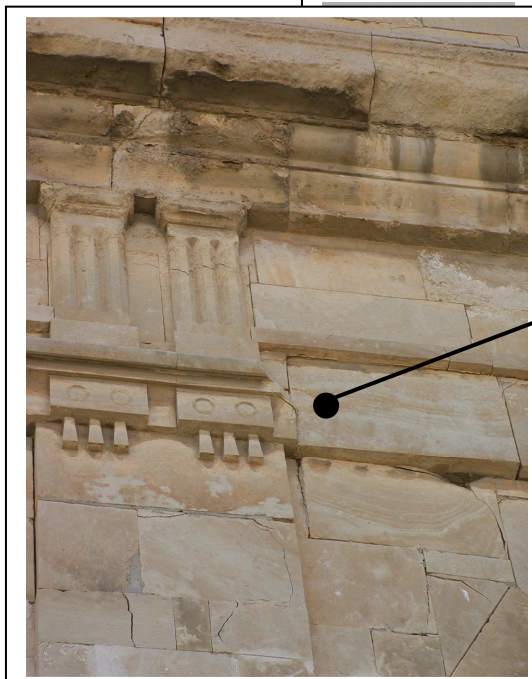
ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ



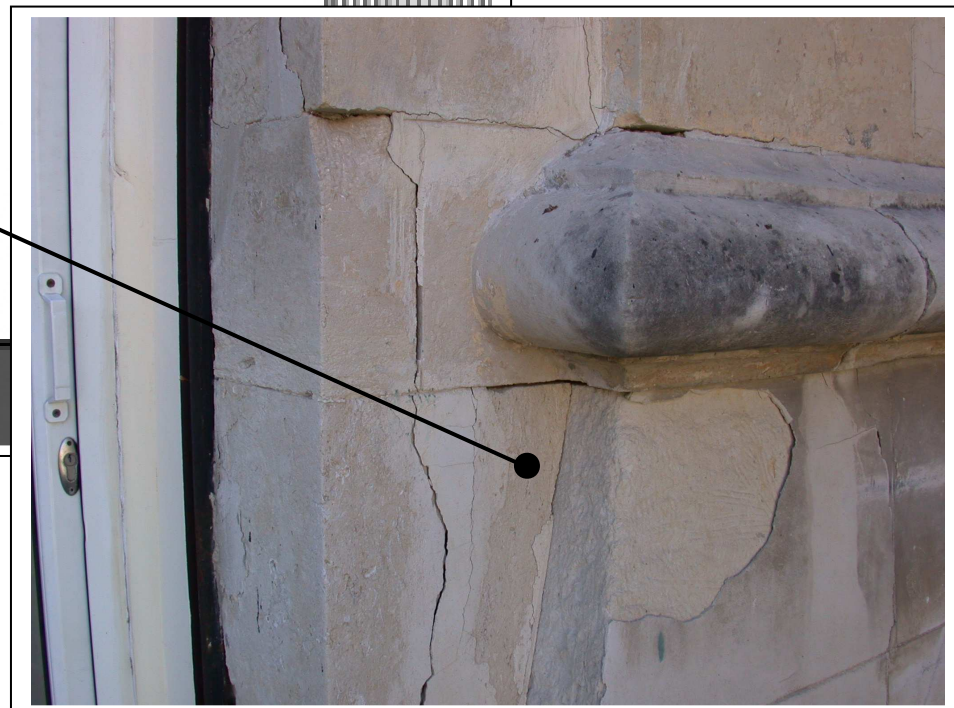
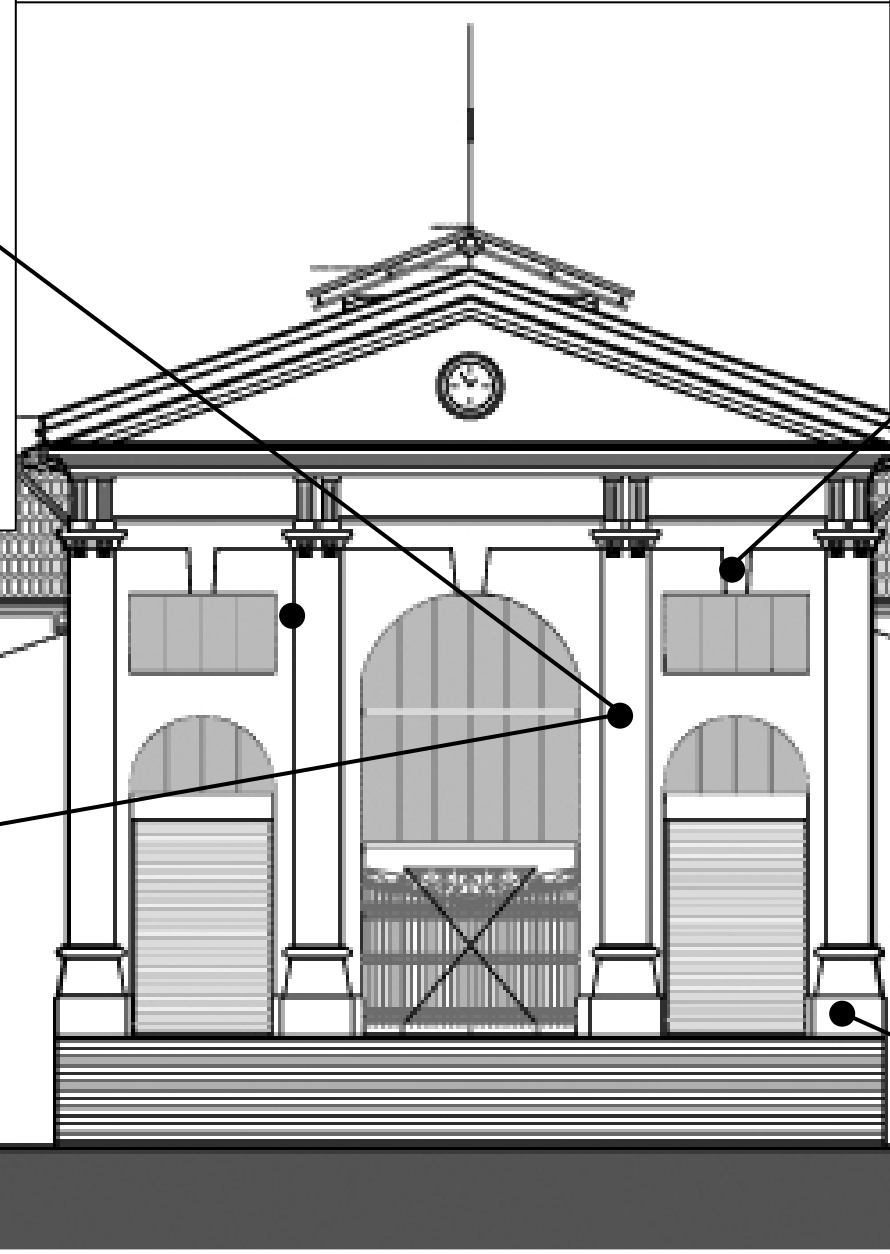
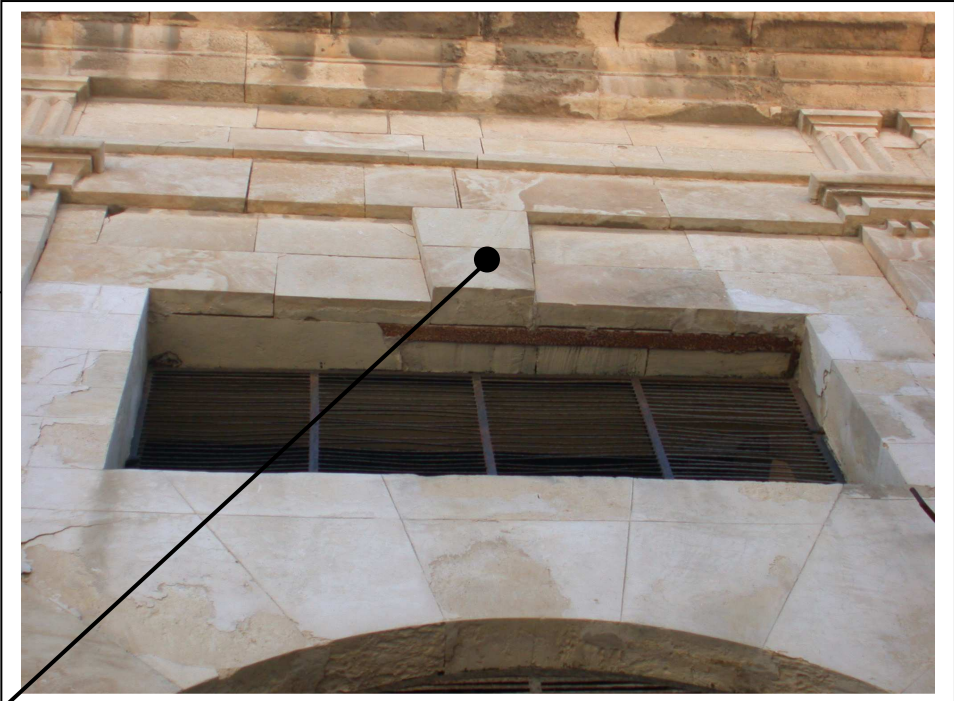
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ



ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ



ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ



ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΧΑΝΙΩΝ

ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ

&

ΜΙΚΡΟΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ

ΑΠΟ ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα υλικά κατασκευής των ιστορικών μνημείων, όπως οι λίθοι και τα παραδοσιακά κονιάματα, η κατάσταση διατήρησής τους και οι παράγοντες φθοράς τους είναι ορισμένα από τα ερωτήματα που συχνά τίθενται στους μελετητές.

Με σκοπό να απαντηθούν τα παραπάνω ερωτήματα και ταυτόχρονα να εξαχθούν όλα τα απαραίτητα δεδομένα για τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των αυθεντικών υλικών του κτηρίου της Δημοτικής Αγοράς των Χανίων, διενεργήθηκε δειγματοληψία η οποία συμπεριέλαβε το σύνολο των δομικών υλικών του κτηρίου καθώς και δείγματα από θέσεις με τυπικές φθορές και άστοχες επεμβάσεις αποκατάστασης. Ακολούθησαν μικροσκοπικές εξετάσεις και χημικές αναλύσεις στο εργαστήριο με τις παρακάτω μεθόδους:

Οπτική Μικροσκοπία

Το οπτικό μικροσκόπιο είναι μια άμεση μέθοδος για την παρατήρηση και εξέταση της σύστασης και της εσωτερικής δομής των λίθων και των κονιαμάτων. Τα σύγχρονα μικροσκόπια παρέχουν την δυνατότητα παρατήρησης των δειγμάτων σε μεγέθυνση μέχρι και 400 φορές, τόσο σε διερχόμενο όσο και σε ανακλώμενο φως.

Η εξέταση γίνεται σε ειδικά προετοιμασμένα δείγματα, αφού αυτά εγκιβωτιστούν σε πολυεστερική ρητίνη και λειανθούν κατάλληλα. Τα δείγματα μπορεί να είναι προετοιμασμένα σε λεπτές ή σε στιλπνές τομές και εξετάζονται σε πολωμένο και μη πολωμένο φως.

Οι πληροφορίες που παίρνουμε από την παρατήρηση των κονιαμάτων στο μικροσκόπιο, σε ανακλώμενο ή διερχόμενο φως, σχετίζονται με:

- το είδος, την δομή, τη χροιά, την καθαρότητα, την κατανομή και την κρυσταλλικότητα των διαφορετικών ανόργανων υλικών από τα οποία αποτελείται το δείγμα,
- την πυκνότητα και την συνοχή του κονιάματος,
- το είδος και την κατανομή της συνδετικής κονίας,
- την ύπαρξη οργανικών υλικών,
- το είδος, την γεωμετρία και την κατανομή των κενών και των πόρων του δείγματος,
- την παρουσία και τα κρυσταλλικά χαρακτηριστικά των διαλυτών αλάτων και τέλος,
- τον εντοπισμό διαβρωμένων περιοχών.

Η εξέταση των δειγμάτων στο οπτικό μικροσκόπιο και η φωτογραφική τους τεκμηρίωση, αποτελούν ένα απαραίτητο και ουσιαστικό στάδιο πριν από την εξέταση των δειγμάτων στο Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης.

Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης με Στοιχειακό Αναλυτή (SEM/EDAX)

Το Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης είναι μια μέθοδος εξέτασης και ανάλυσης των λίθων και των κονιαμάτων, που προσφέρει την δυνατότητα παρατήρησης της μικροδομής των κονιαμάτων σε μεγεθύνσεις που φτάνουν τις 50.000 φορές. Θεωρητικά, αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να φτάσουμε σε επίπεδο παρατήρησης ενός μοναδιαίου κρυστάλλου.

Τα προς μελέτη δείγματα μπορεί να είναι είτε εγκιβωτισμένα, με λειασμένη την επιφάνεια παρατήρησης, είτε όχι. Σε κάθε περίπτωση, η επιφάνεια των δειγμάτων επικαλύπτεται με ένα στρώμα από άνθρακα ή χρυσό, ώστε να καταστεί αγωγίμη.

Το δείγμα σαρώνεται από μια δέσμη πρωτογενών ηλεκτρονίων τα οποία, προσπίπτοντας στην επιφάνεια του δείγματος σκεδάζονται και εκτρέπονται (οπισθοσκεδαζόμενα ηλεκτρόνια), αλλά ταυτόχρονα προκαλούν την εκπομπή δευτερογενών ηλεκτρονίων από τα άτομα του δείγματος που βρίσκονται στα εξωτερικά στρώματα.

Τα δευτερογενή ηλεκτρόνια, συλλέγονται από έναν ανιχνευτή και κατόπιν διαφόρων μετασχηματισμών και διεργασιών, συνθέτουν την εικόνα που βλέπουμε. Η εικόνα αυτή μας δίνει πληροφορίες σχετικά με τη δομή των κονιαμάτων και ειδικότερα σχετικά με:

- την υφή και τη μικροδομή των κονιαμάτων,
- τη μορφή και την κατανομή των αργιλικών και ποζολανικών φάσεων,
- την κατανομή, το σχήμα και τη μορφή των κρυσταλλικών φάσεων που αναπτύσσονται κατά την πήξη της κονιάς,
- τον σχηματισμό και ανάπτυξη μη κρυσταλλικών- ένυδρων φάσεων, οι οποίες ταυτοποιούνται δύσκολα με την περιθλασιμετρία ακτίνων X,
- τον εντοπισμό διαβρωμένων περιοχών,
- την παρουσία των διαλυτών αλάτων και
- την εκτίμηση του βαθμού φθοράς ή διατήρησης του κονιάματος.

Τα πρωτογενή ηλεκτρόνια, προσπίπτοντας στο δείγμα, προκαλούν τη διέγερση των ατόμων που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια. Κατά την αποδιέγερση των ατόμων αυτών εκπέμπονται ακτίνες X. Το μήκος κύματος των ακτίνων είναι χαρακτηριστικό των στοιχείων που διεγέρθηκαν ενώ, η ένταση τους εξαρτάται από την συγκέντρωση-ποσότητα των συγκεκριμένων στοιχείων στο δείγμα.

Ταυτόχρονα με την εξέταση της δομής των κονιαμάτων με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, σε συνδυασμό με έναν στοιχειακό αναλυτή (EDAX), μπορούμε να πραγματοποιήσουμε τοπικά στο δείγμα, στοιχειακή και ποσοτική ανάλυση. Οι πληροφορίες που λαμβάνουμε από τη στοιχειακή ανάλυση μας δίνουν τη δυνατότητα:

- να εξετάσουμε εάν υπάρχουν στη μάζα της συνδετικής κονιάς προσμίξεις άλλων στοιχείων,
- να εκτιμήσουμε τη χημική σύσταση των ποζολανικών και αργιλικών υλικών,
- να εκτιμήσουμε την αναλογία των βασικών στοιχείων και να εξάγουμε ποσοτικά συμπεράσματα για τη σύσταση των κονιαμάτων και τέλος,
- να εκτιμήσουμε χημική σύσταση των προϊόντων διάβρωσης.

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ 1: ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

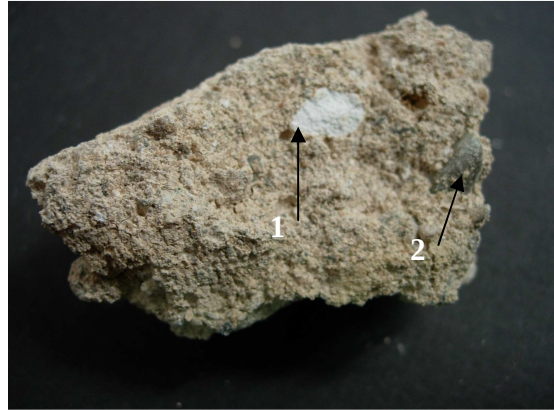


ΔΕΙΓΜΑ 1: Κονίαμα περιμετρικής αργολιθοδομής

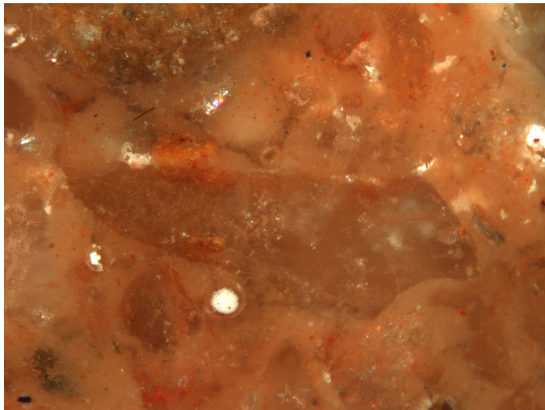
ΔΕΙΓΜΑ 1: Κονίαμα Αργολιθοδομής



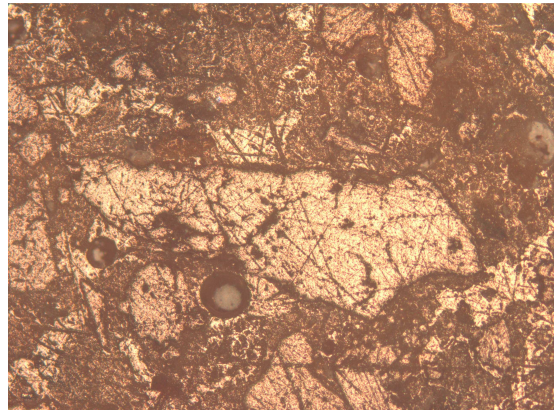
Εικόνα 1. Μακροσκοπική φωτογράφιση δειγμάτων. Παρατηρούνται στρογγυλεμένα αδρανή μεγέθους 0,5-2εκ. Κλίμακα 1εκ.



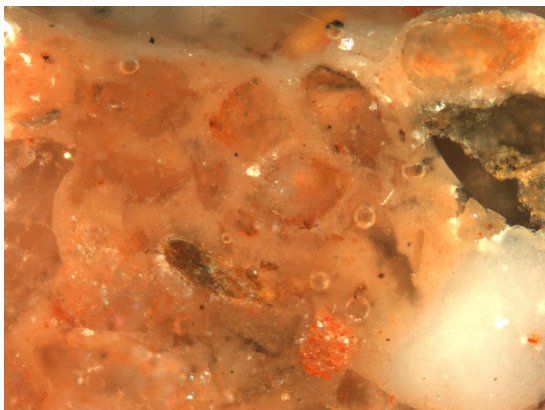
Εικόνα 2. Τμήμα δείγματος. Συσσωμάτωμα υδρασβέστου (1) στη μάζα του κονιάματος. Διακρίνονται χονδρόκοκκα αδρανή (2).



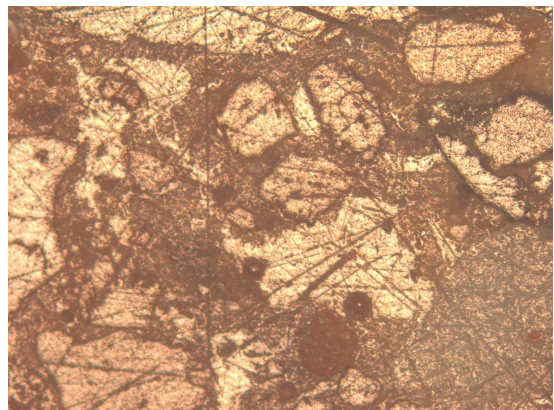
Εικόνα 3. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Αδρανή σε συνδετικό υλικό.



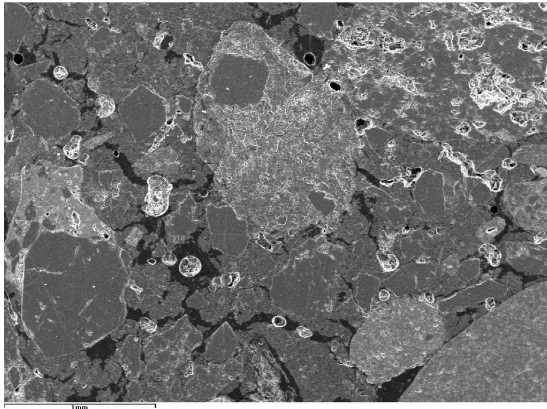
Εικόνα 4. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols. Αδρανή σε συνδετικό υλικό.



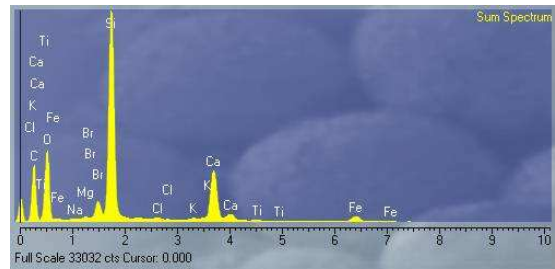
Εικόνα 5. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Διακρίνονται λεπτόκοκκα πυριτικά αδρανή και το ασβεστιτικής σύστασης συνδετικό υλικό.



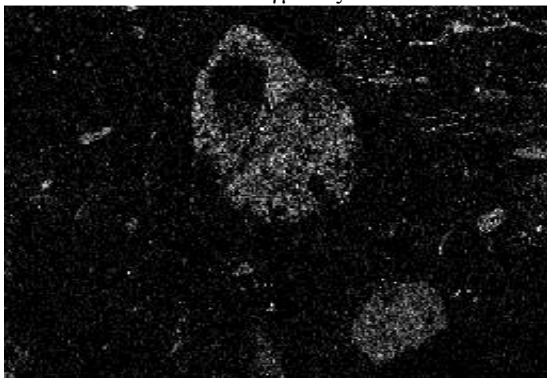
Εικόνα 6. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols. Διακρίνονται λεπτόκοκκα πυριτικά αδρανή και το ασβεστιτικής σύστασης συνδετικό υλικό.



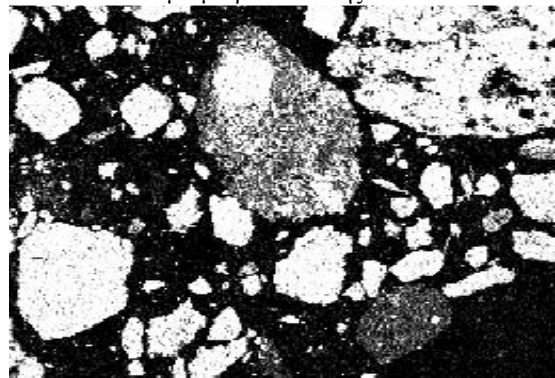
Εικόνα 7. Εικόνα του δείγματος στο SEM.



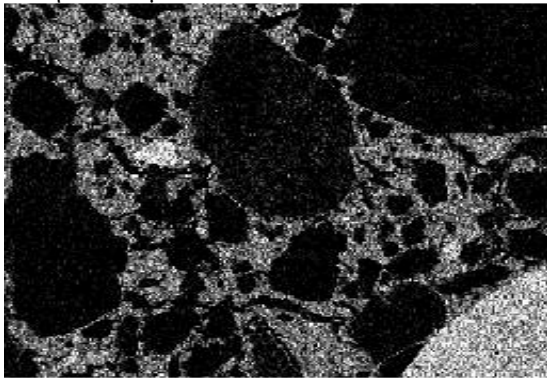
Εικόνα 8. Φάσμα μικροανάλυσης



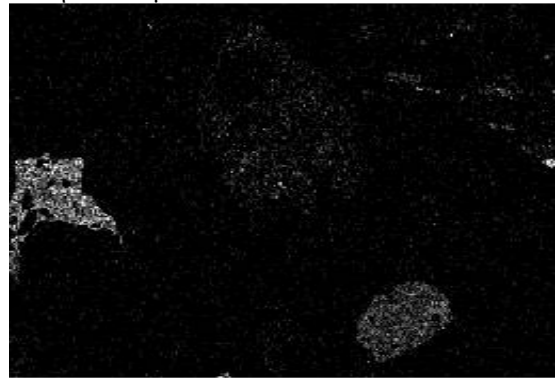
Θέση εντοπισμού Al



Θέση εντοπισμού Si



Θέση εντοπισμού Ca



Θέση εντοπισμού Fe

Χαρακτηριστικά δείγματος

Κονία: Ασβεστιτικής σύστασης. Παρατηρούνται συσσωματώματα υδρασβέστου μεγέθους 0,5-1εκ στη μάζα του κονιάματος.

Αδρανή: Φυσικής προέλευσης, κυρίως πυριτικά με ικανοποιητική κοκκοδιαβάθμιση και δευτερευόντως ασβεστιτικά μεγάλου μεγέθους (μέγεθος κόκκων 0,2-2εκ.).

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ 2: ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ



- ΔΕΙΓΜΑ 2.1.: Κονίαμα αρμών
ΔΕΙΓΜΑ 2.2.: Ψαμμίτης
ΔΕΙΓΜΑ 2.3.: Μαργαϊκός ασβεστόλιθος

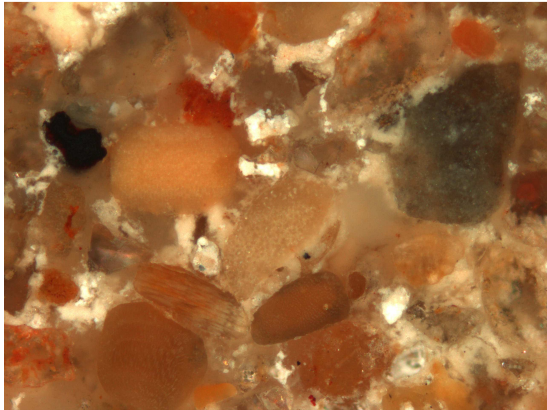
ΔΕΙΓΜΑ 2.1. Κονίαμα υποστρωμάτων εσωτερικού



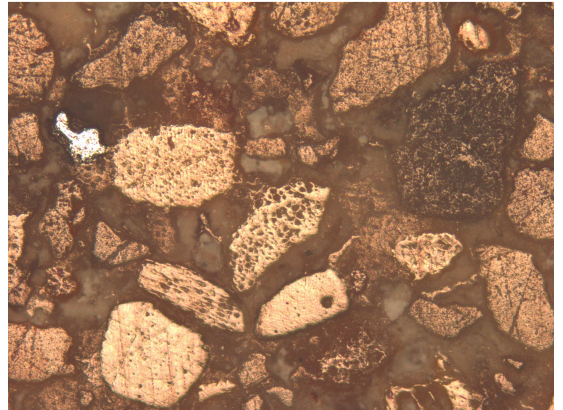
Εικόνα 1. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Κλίμακα 1εκ.



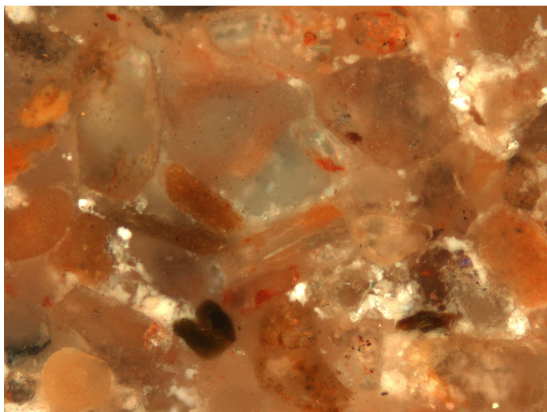
Εικόνα 2. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Συσσωμάτωμα ασβεστίτη στη μάζα του κονιάματος.



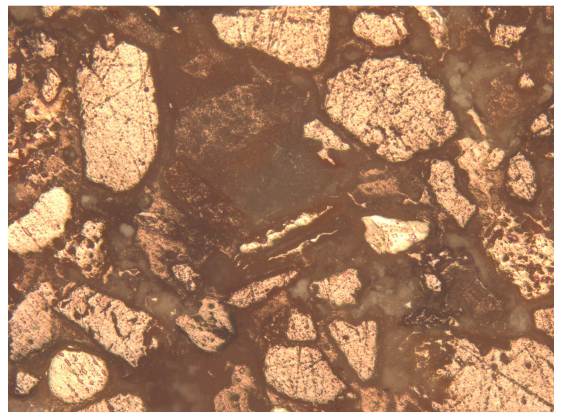
Εικόνα 3. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Λεπτόκοκκα αδρανή πυριτικής σύστασης.



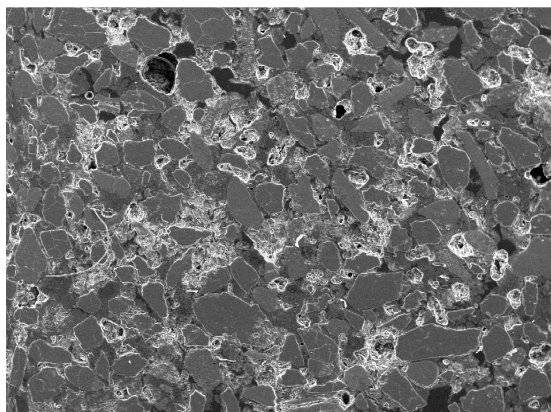
Εικόνα 4. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols. Διακρίνονται τα αδρανή και το συνδετικό υλικό.



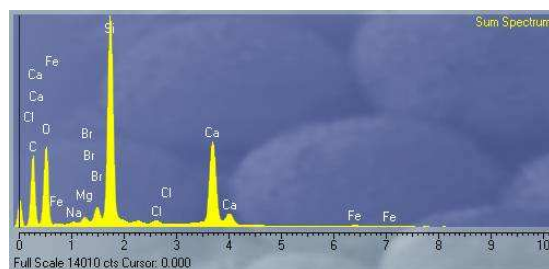
Εικόνα 5. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Λεπτόκοκκα αδρανή πυριτικής σύστασης.



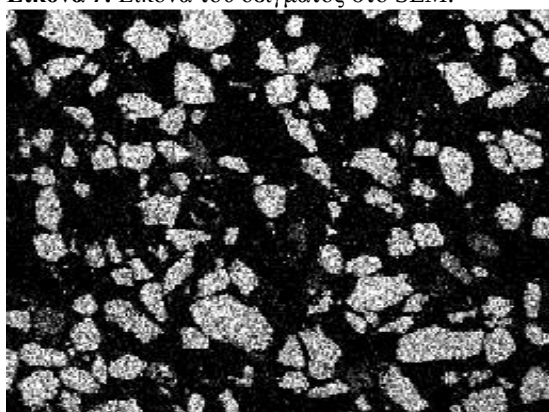
Εικόνα 6. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols. Λεπτόκοκκα αδρανή πυριτικής σύστασης.



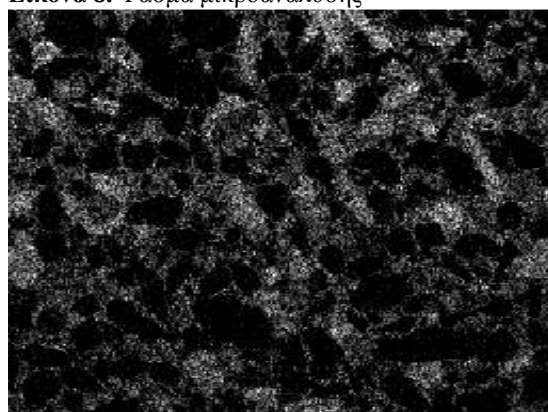
Εικόνα 7. Εικόνα του δείγματος στο SEM.



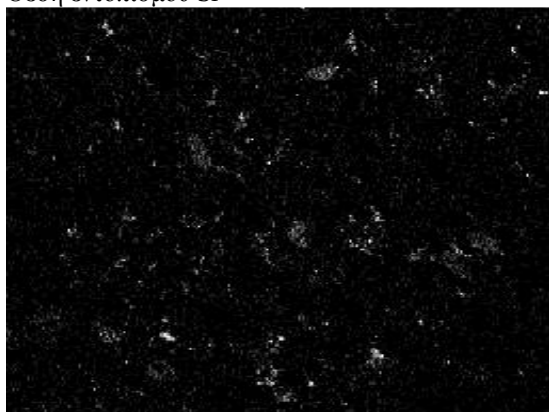
Εικόνα 8. Φάσμα μικροανάλυσης



Θέση εντοπισμού Si



Θέση εντοπισμού Ca



Θέση εντοπισμού Al

Χαρακτηριστικά δείγματος

Κονία: Ασβεστιτικής σύστασης.

Αδρανή: Ιδιαίτερα λεπτόκοκκα αδρανή πυριτικής και αργιλοπυριτικής σύστασης με μέτρια κκοκκοδιαβάθμιση.

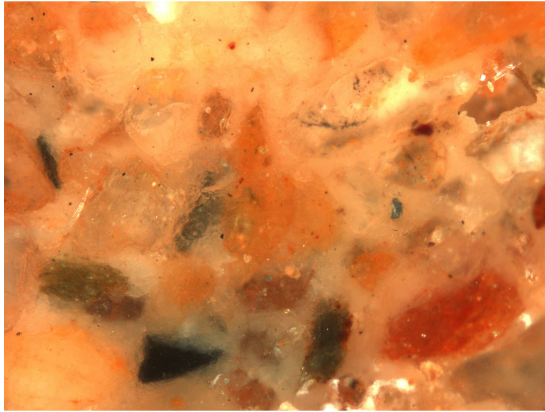
ΔΕΙΓΜΑ 2.2. Ασβεστομαργαϊκός ψαμμίτης από υποστύλωμα εσωτερικού



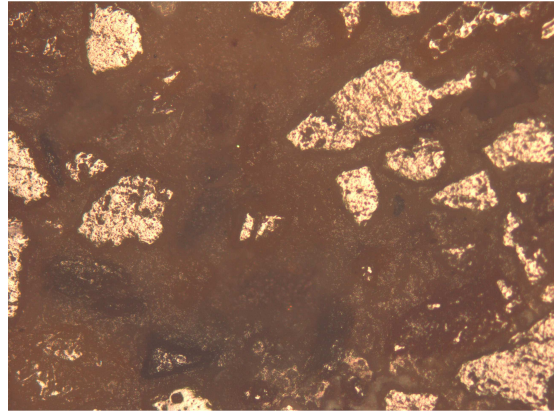
Εικόνα 1. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Κλίμακα 1εκ.



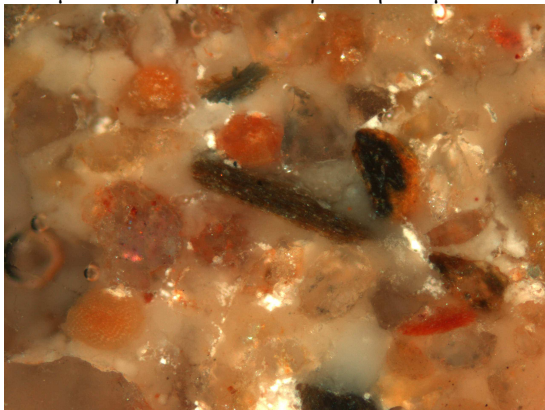
Εικόνα 2. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Πλάγια όψη τμήματος του δείγματος. Ασβεστοκονίαμα σε επαφή με το λίθο.



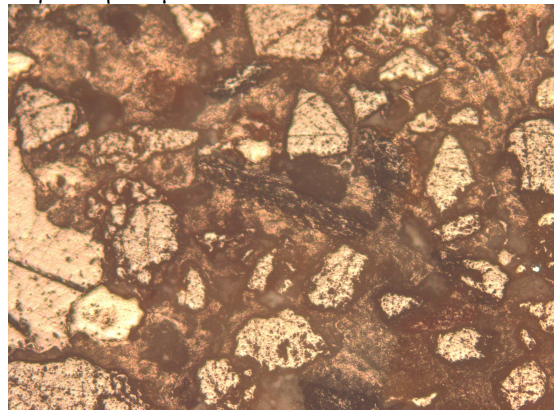
Εικόνα 3. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Πυριτικά κυρίως κλάσματα σε ασβεστιτικό συγκολλητικό μέσο.



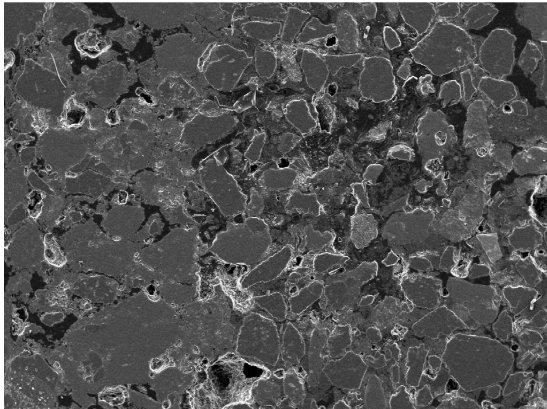
Εικόνα 4. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols. Πυριτικά κυρίως κλάσματα σε ασβεστιτικό συγκολλητικό μέσο.



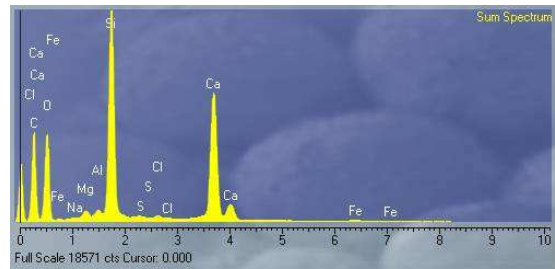
Εικόνα 5. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Πυριτικά κυρίως κλάσματα σε ασβεστιτικό συγκολλητικό μέσο.



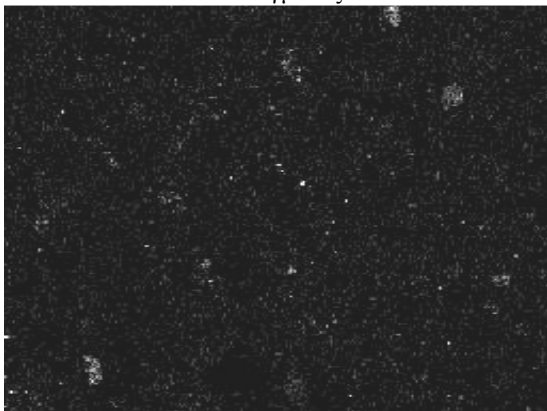
Εικόνα 6. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols. Πυριτικά κυρίως κλάσματα σε ασβεστιτικό συγκολλητικό μέσο.



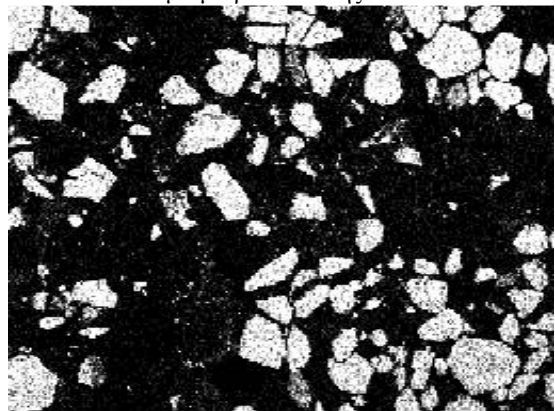
Εικόνα 7. Εικόνα του δείγματος στο SEM.



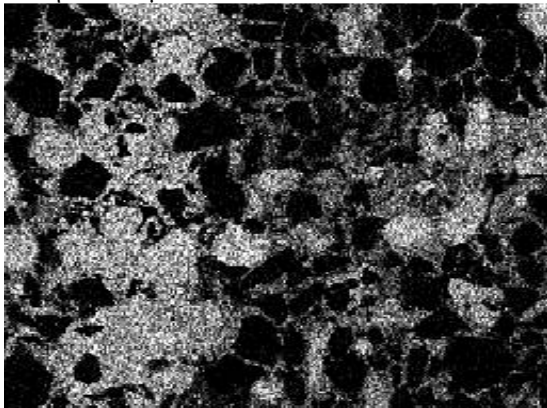
Εικόνα 8. Φάσμα μικροανάλυσης



Θέση εντοπισμού Al



Θέση εντοπισμού Si



Θέση εντοπισμού Ca



Θέση εντοπισμού Fe

Χαρακτηριστικά δείγματος

Χαρακτηρισμός λίθου : Ψαμμίτης

Χαρακτηριστικά: Κλάσματα κυρίως πυριτικής - αργιλοπυριτικής και δευτερευόντως ανθρακικής σύστασης συνενωμένα με ασβεστίτικο συγκολλητικό μέσο.

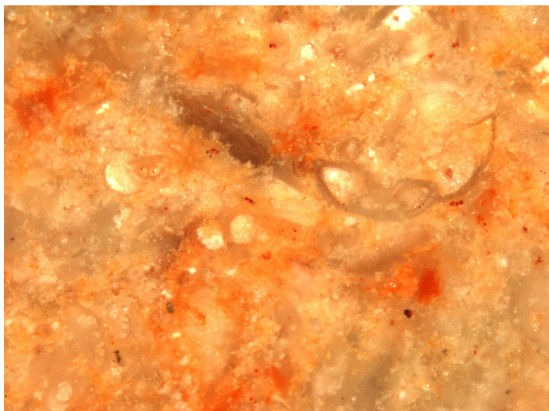
ΔΕΙΓΜΑ 2.3. Μαργαϊκός ασβεστόλιθος από υποστύλωμα του εσωτερικού



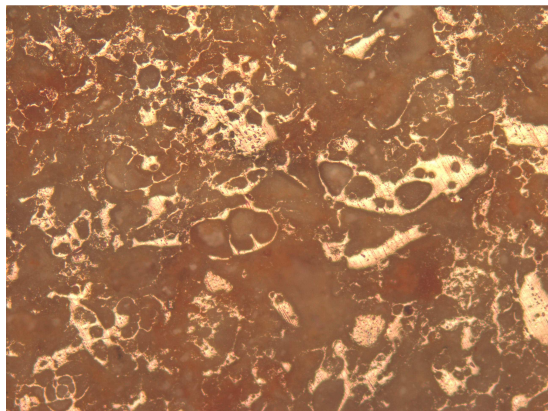
Εικόνα 1. Μακροσκοπική φωτογράφιση λίθου.



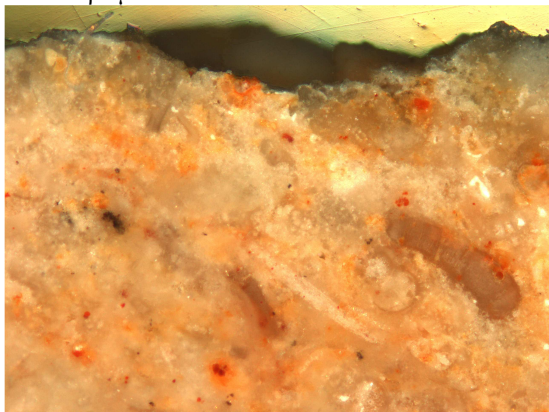
Εικόνα 2. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Πλάγια όψη του δείγματος.



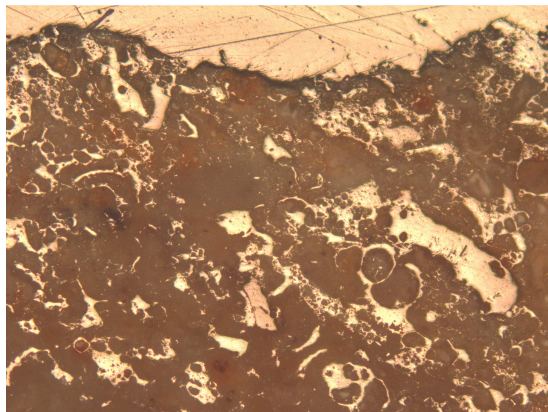
Εικόνα 3. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols.



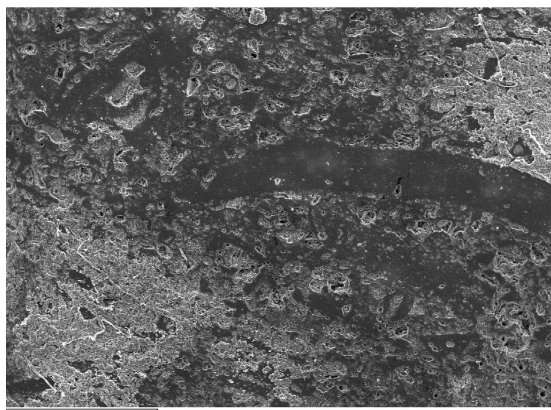
Εικόνα 4. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols



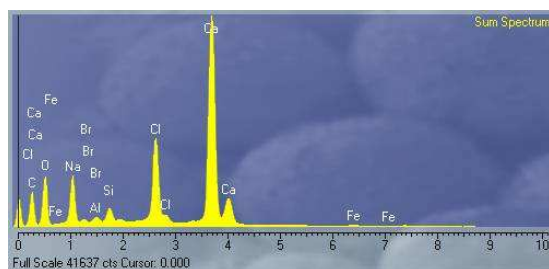
Εικόνα 5. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols.



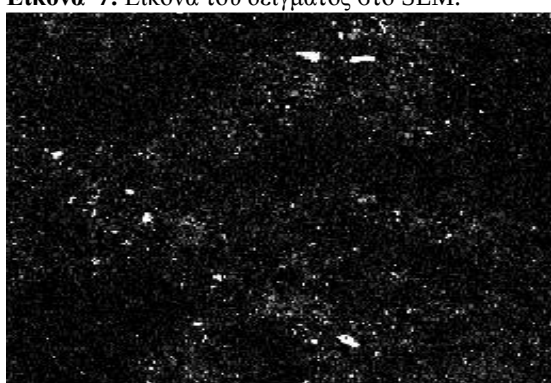
Εικόνα 6. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols. Διακρίνονται τα αδρανή και το συνδετικό υλικό.



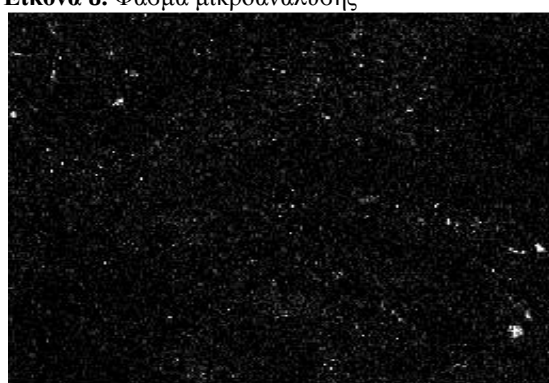
Εικόνα 7. Εικόνα του δείγματος στο SEM.



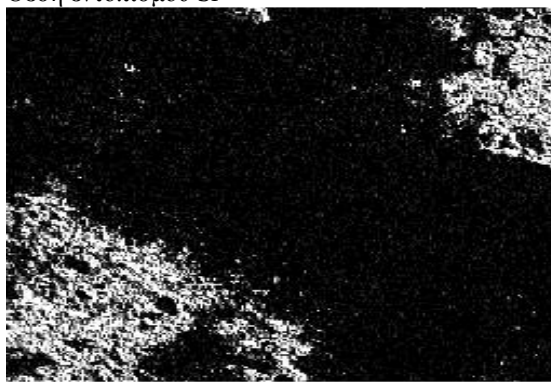
Εικόνα 8. Φάσμα μικροανάλυσης



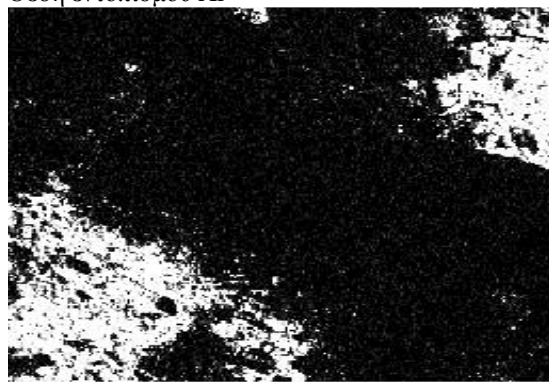
Θέση εντοπισμού Si



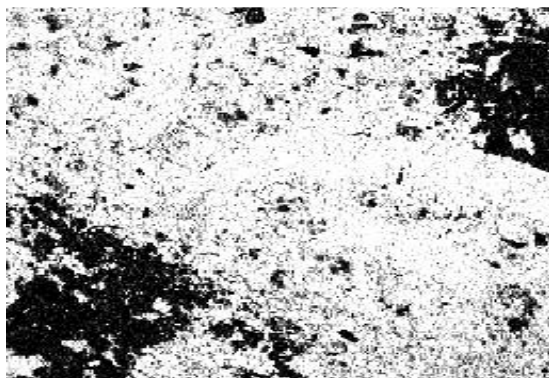
Θέση εντοπισμού Al



Θέση εντοπισμού Na



Θέση εντοπισμού Cl



1 mm
Θέση εντοπισμού Ca



1 mm
Θέση εντοπισμού Fe

Χαρακτηριστικά δείγματος

Τύπος λίθου: Μαργαϊκός ασβεστόλιθος με έντονη παρουσία κλαστικού υλικού βιογενούς προέλευσης. Εντοπίζονται θέσεις εξάνθισης αλάτων (NaCl)

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ 3: ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ



ΔΕΙΓΜΑ 3.1.A: Ερυθρός οπτόπλινθος

ΔΕΙΓΜΑ 3.1.B: Κιτρινέρυθρος οπτόπλινθος

ΔΕΙΓΜΑ 3.2.: Κονίαμα δόμησης

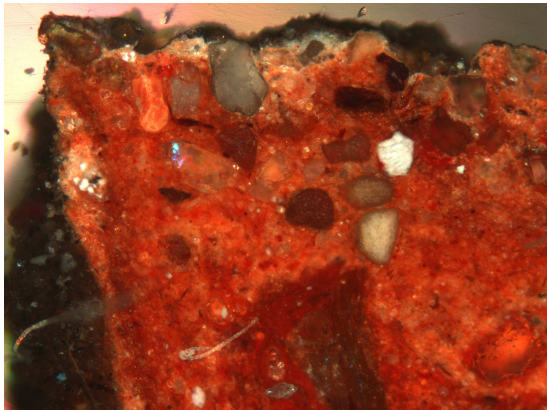
ΔΕΙΓΜΑ 3.1.Α. Οπτόπλινθος ερυθρός από διαχωριστική οπτοπλινθοδομή



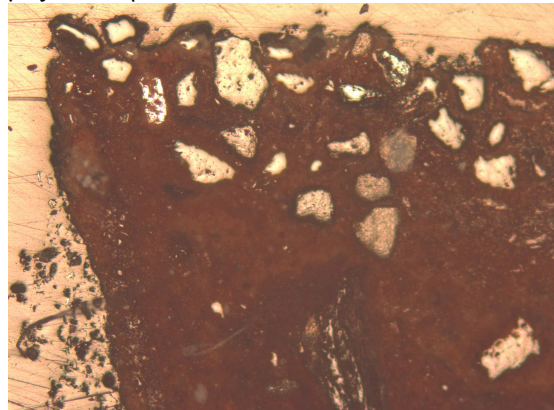
Εικόνα 1. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Οπτόπλινθος από ερυθρό πηλό.



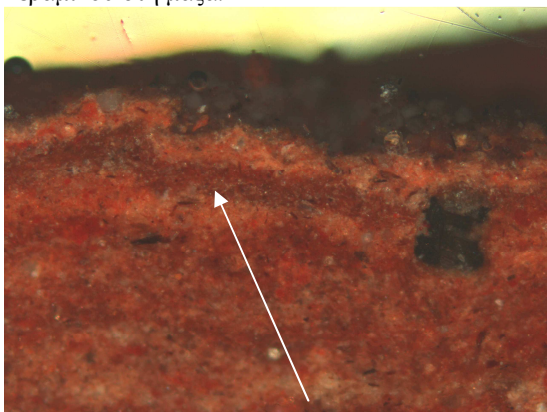
Εικόνα 2. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Στρογγυλεμένοι πόροι και τμήματα κεραμικού στη μάζα του πηλού.



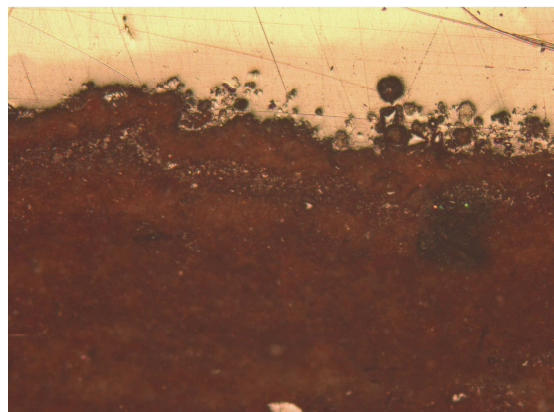
Εικόνα 3. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Συγκεντρωμένα αδρανή κοντά στην επιφάνεια της πλίνθου, θραύσμα κεραμικού στη μάζα.



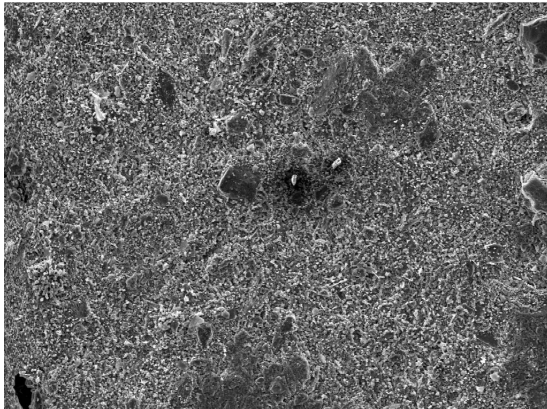
Εικόνα 4. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols. Συγκεντρωμένα αδρανή κοντά στην επιφάνεια της πλίνθου, θραύσμα κεραμικού στη μάζα.



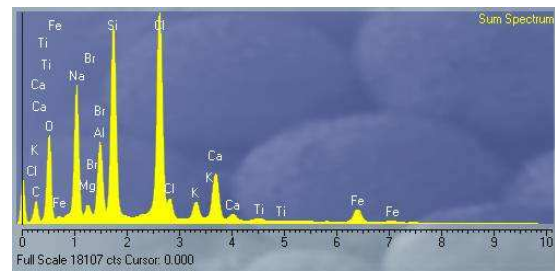
Εικόνα 5. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Λεπτομέρεια μάζας πηλού, ατελής ανάμιξη κατά τη διαδικασία παρασκευής



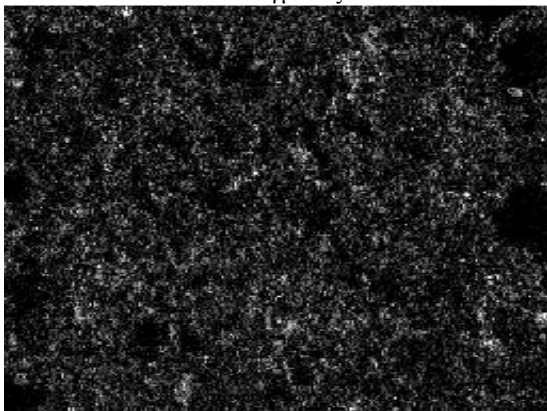
Εικόνα 6. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols. Λεπτομέρεια μάζας πηλού, ατελής ανάμιξη κατά τη διαδικασία παρασκευής



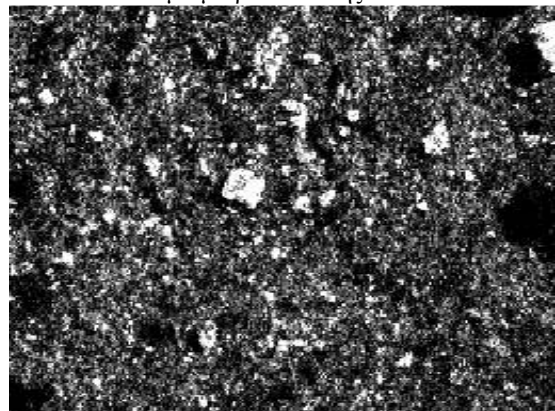
Εικόνα 7. Εικόνα του δείγματος στο SEM.



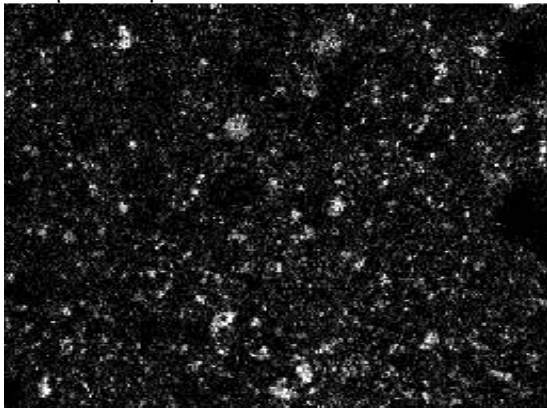
Εικόνα 8. Φάσμα μικροανάλυσης



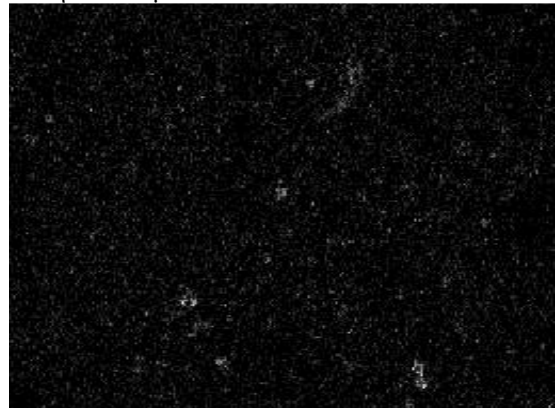
Θέση εντοπισμού Al



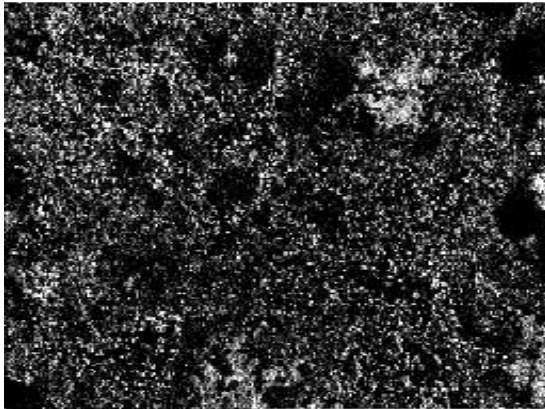
Θέση εντοπισμού Si



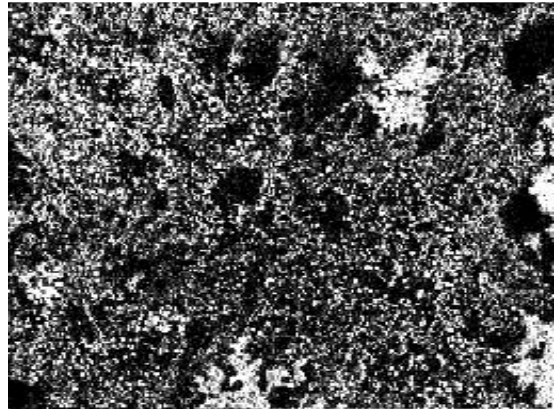
Θέση εντοπισμού Ca



Θέση εντοπισμού Fe



Θέση εντοπισμού Na



Θέση εντοπισμού Cl

Χαρακτηριστικά δείγματος

Τύπος δείγματος. Οπτόπλινθος από ερυθρό πηλό με πυριτικά και αργιλοπυριτικά αδρανή. Παρατηρήθηκαν συγκεντρωμένα αδρανή κοντά στην επιφάνεια της πλίνθου υποδηλώνοντας ατελή ανάμιξη κατά τη διαδικασία παρασκευής. Επίσης παρατηρήθηκαν θραύσματα κεραμικού και ασβέστιο στη μάζα του πηλού. Έντονη είναι η παρουσία του NaCl στην επιφάνεια του δείγματος.

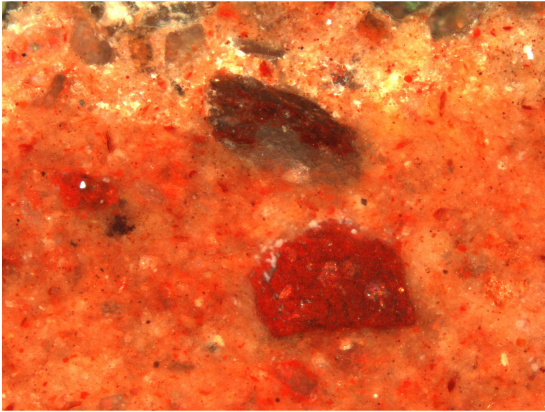
ΔΕΙΓΜΑ 3.1. Β. Οπτόπλινθος κιτρινέρυθρος από διαχωριστική οπτοπλινθοδομή



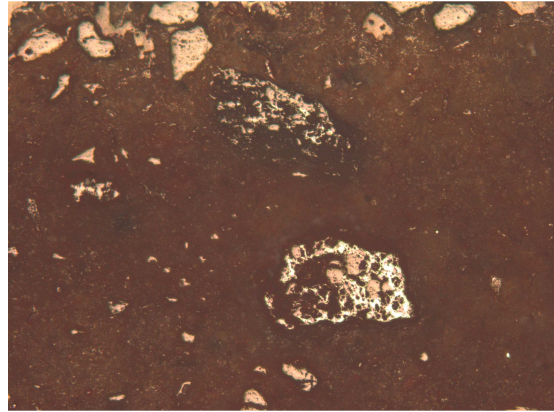
Εικόνα 1. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Πλίνθος κατασκευασμένη με φαιό πηλό, φτωχό σε οξείδια σιδήρου



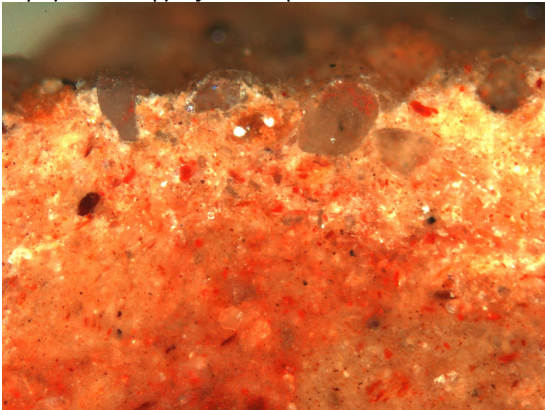
Εικόνα 2. Λεπτομέρεια μάζας πλίνθου. Πόροι επιμήκεις και ακανόνιστου σχήματος



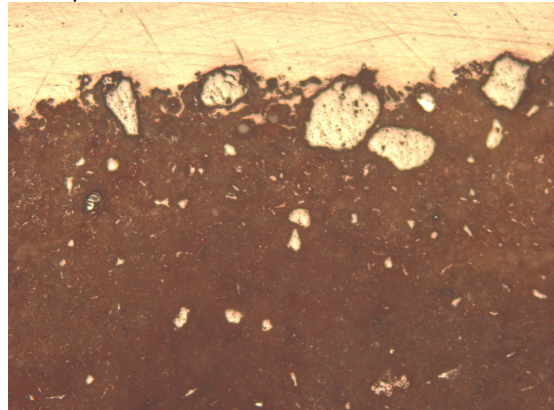
Εικόνα 3. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Μάζα πηλού, θραύσμα κεραμικού στη μάζα του πηλού



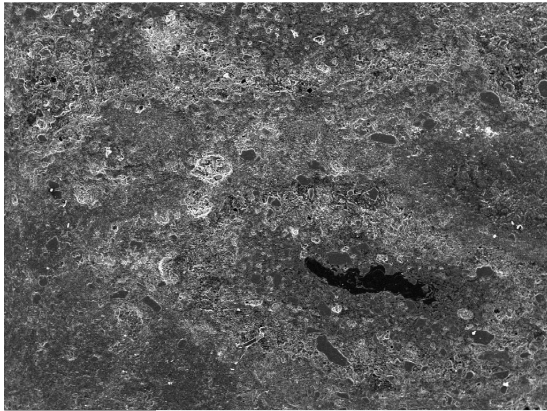
Εικόνα 4. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols Μάζα πηλού, θραύσμα κεραμικού στη μάζα του πηλού



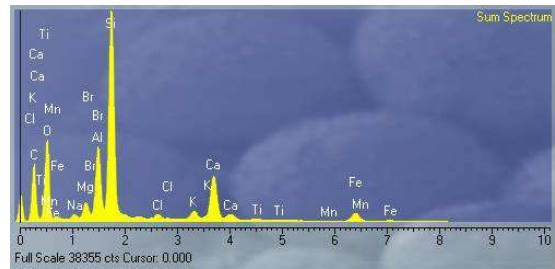
Εικόνα 5. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Μάζα πηλού, πιο χοντρόκοκκα αδρανή συγκεντρωμένα σε θέσεις



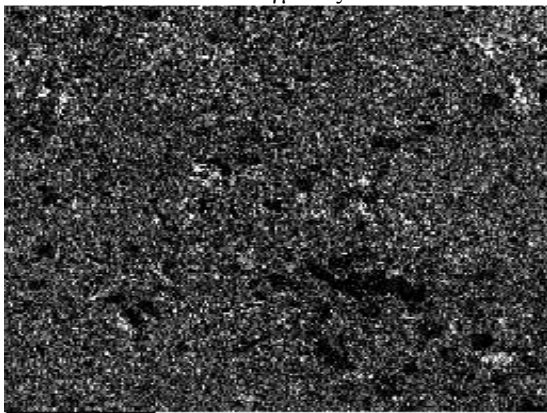
Εικόνα 6. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols. Μάζα πηλού, πιο χοντρόκοκκα αδρανή συγκεντρωμένα σε θέσεις



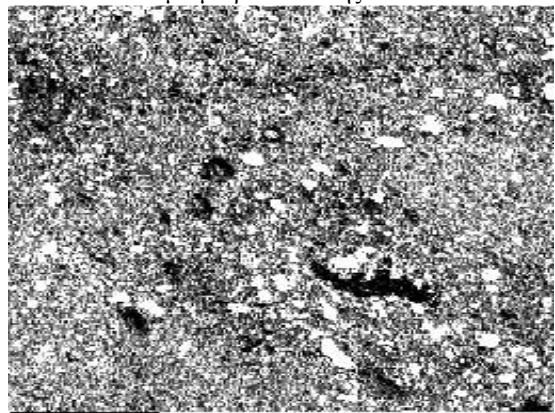
Εικόνα 7. Εικόνα του δείγματος στο SEM.



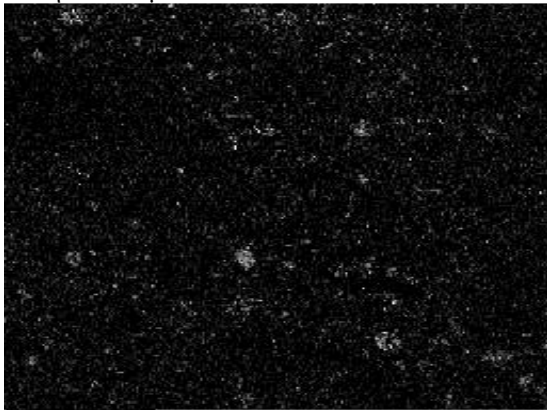
Εικόνα 8. Φάσμα μικροανάλυσης



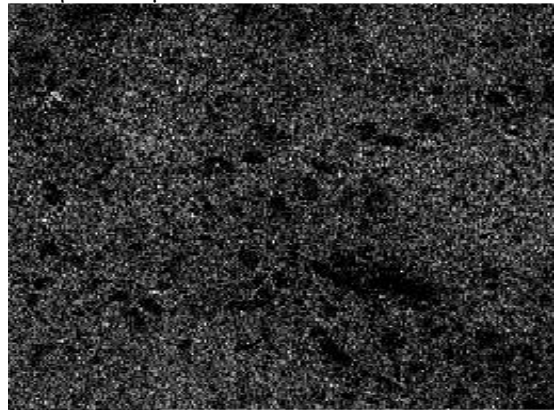
Θέση εντοπισμού Al



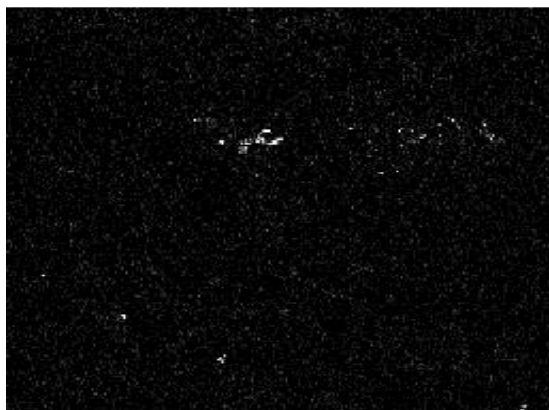
Θέση εντοπισμού Si



Θέση εντοπισμού K



Θέση εντοπισμού Ca



Θέση εντοπισμού Na



Θέση εντοπισμού Cl

Χαρακτηριστικά δείγματος

Τύπος δείγματος. Οπτόπλινθος από φαιό πηλό με πυριτικά και αργιλοπυριτικά αδρανή, φτωχό σε οξείδια του σιδήρου. Παρατηρήθηκαν συγκεντρωμένα αδρανή κοντά στην επιφάνεια της πλίνθου υποδηλώνοντας ατελή ανάμιξη κατά τη διαδικασία παρασκευής. Επίσης παρατηρήθηκαν θραύσματα κεραμικού και ασβέστιο στη μάζα του πηλού. Εντοπίστηκαν θέσεις εξανθίσεων NaCl στην επιφάνεια του δείγματος.

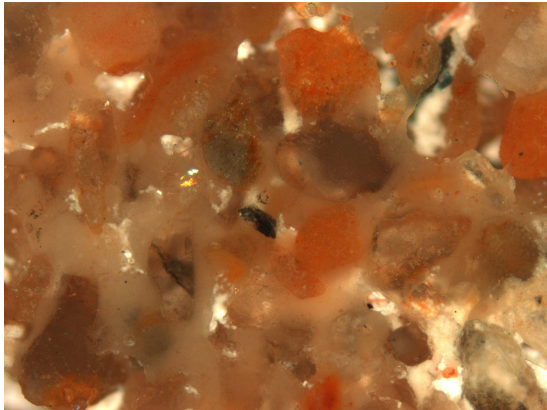
ΔΕΙΓΜΑ 3.2. Κονίαμα δόμησης από οπτοπλινθοδομή



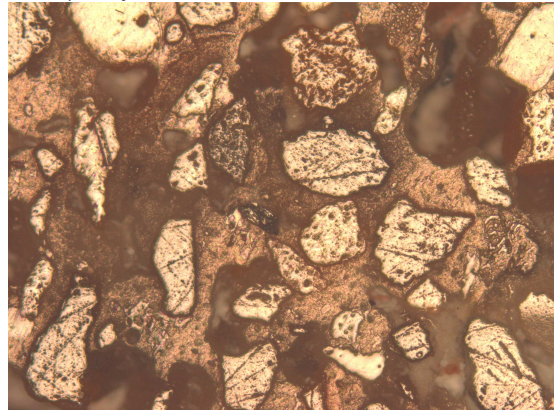
Εικόνα 1. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Κλίμακα 1εκ.



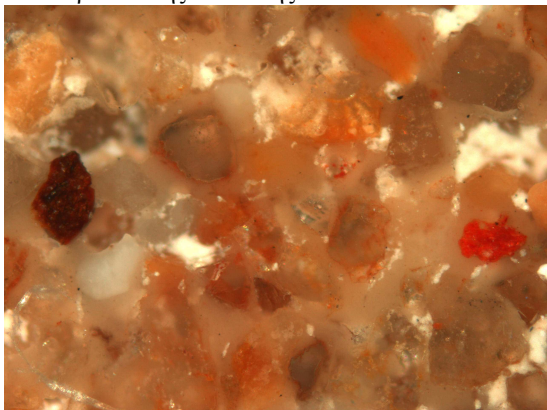
Εικόνα 2. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Πλάγια όψη τμήματος του δείγματος. Διακρίνεται συσσωμάτωμα υδρασβέστου στη μάζα του κονιάματος



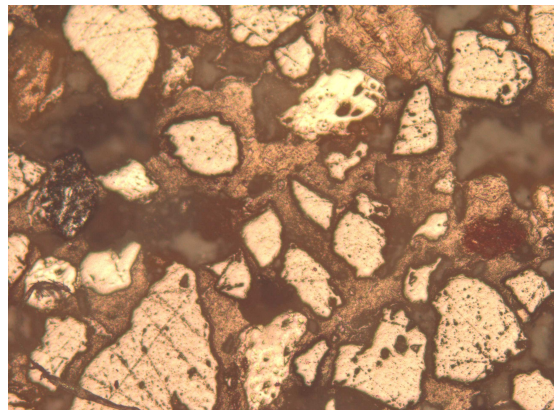
Εικόνα 3. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Διακρίνονται τα αδρανή στο ασβεστιτικής σύστασης συνδετικό υλικό.



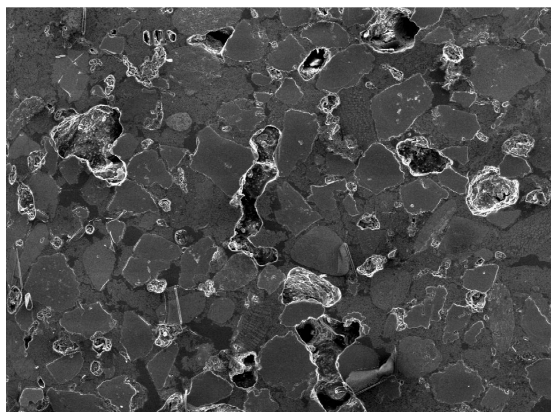
Εικόνα 4. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols. Διακρίνονται τα αδρανή και το συνδετικό υλικό.



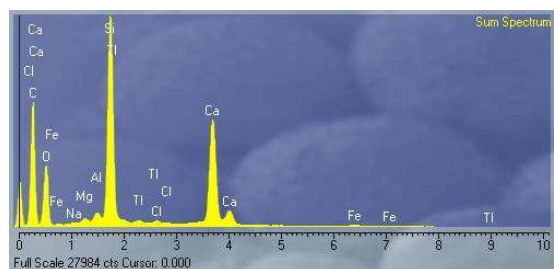
Εικόνα 5. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Αδρανή πυριτικής και αργιλοπυριτικής κυρίως σύστασης.



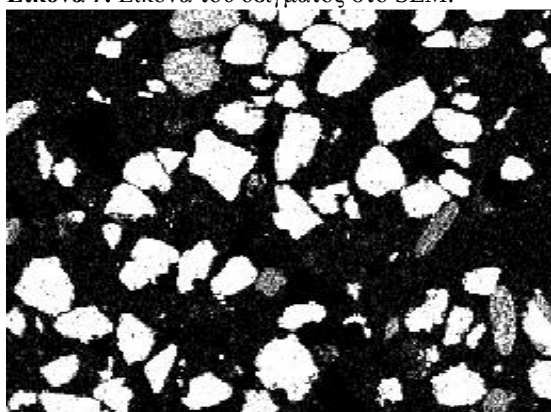
Εικόνα 6. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols. Διακρίνονται τα αδρανή και το συνδετικό υλικό.



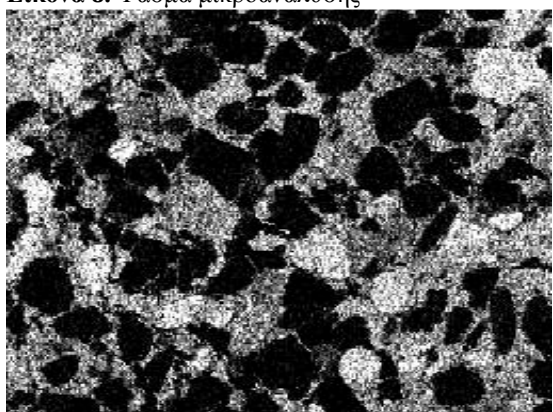
Εικόνα 7. Εικόνα του δείγματος στο SEM.



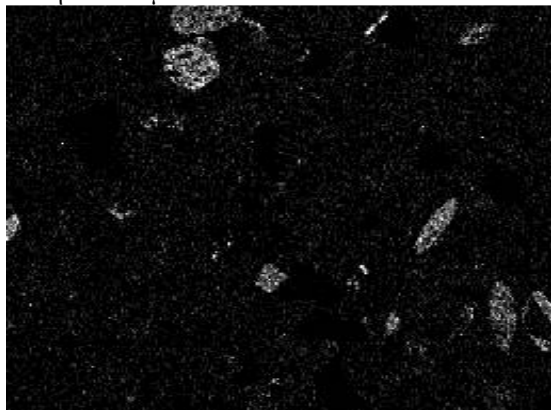
Εικόνα 8. Φάσμα μικροανάλυσης



Θέση εντοπισμού Si



Θέση εντοπισμού Ca



Θέση εντοπισμού Al



Θέση εντοπισμού Fe

Χαρακτηριστικά δείγματος

Κονία. Ασβεστιτικής σύστασης. Διακρίνονται συσσωματώματα υδρασβέστου στη μάζα του κονιάματος μεγέθους έως 1,5εκ.

Αδρανή. Λεπτόκοκκα χαλαζιακά και αργιλοπυριτικά σε μεγάλο ποσοστό, και κάποια ασβεστιτικά.

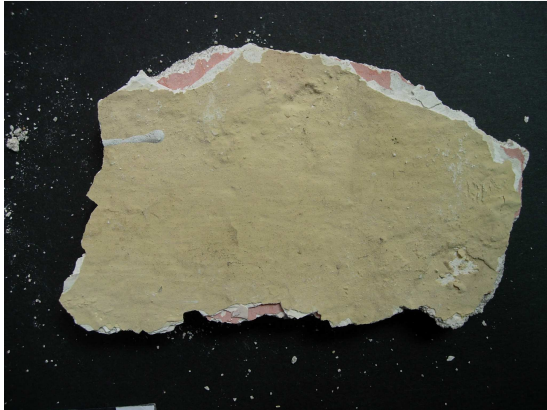
ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ 4: ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ



ΔΕΙΓΜΑ 4.1.: Επίχρυσμα

ΔΕΙΓΜΑ 4.2.: Επίχρυσμα

ΔΕΙΓΜΑ 4.1. Επίχρισμα αργολιθοδομής



Εικόνα 1. Μακροσκοπική φωτογράφιση.



Εικόνα 2. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Διακρίνεται η στρωματογραφία του δείγματος.



Εικόνα 3. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Οπίσθια όψη.



Εικόνα 4. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Πλάγια όψη. Διακρίνονται εγκλείσματα στο κονίαμα.

Χαρακτηριστικά δείγματος

Τύπος δείγματος: Επίχρισμα. Διακρίνεται η στρωματογραφία του δείγματος.

ΔΕΙΓΜΑ 4.2. Επίχρισμα αργολιθοδομής



Εικόνα 1. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Κλίμακα 1εκ.



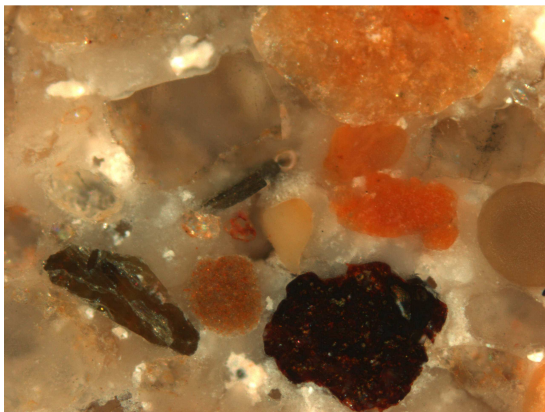
Εικόνα 2. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Κλίμακα 1εκ.



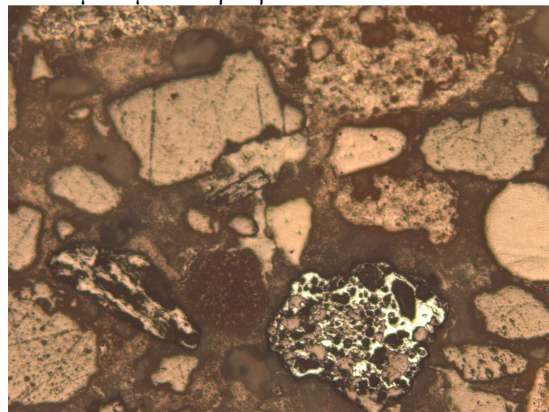
Εικόνα 3. Μακροσκοπική φωτογράφιση, πλάγια όψη. Αποκόλληση στρωμάτων επιχρίσματος.



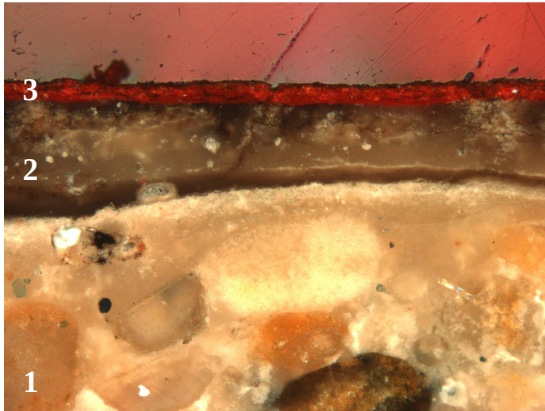
Εικόνα 4. Μακροσκοπική φωτογράφιση, πλάγια όψη. Αποκόλληση στρωμάτων επιχρίσματος. Διακρίνονται χονδρόκοκκα αδρανή και συσσωματώματα υδρασβέστου.



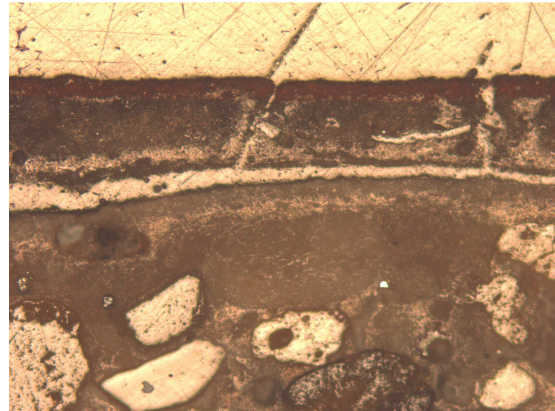
Εικόνα 5. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Διακρίνονται τα αδρανή στο ασβεστιτικής σύστασης συνδετικό υλικό.



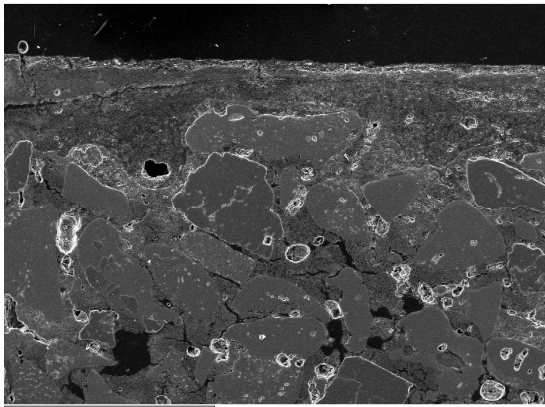
Εικόνα 6. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols. Διακρίνονται τα αδρανή και το συνδετικό υλικό.



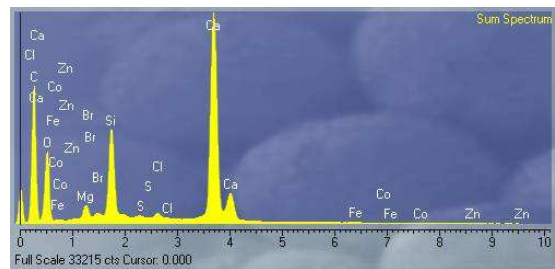
Εικόνα 7. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Στρωματογραφία δείγματος: 1 επίχρισμα, 2 προετοιμασία, 3 χρωματική επιφάνεια



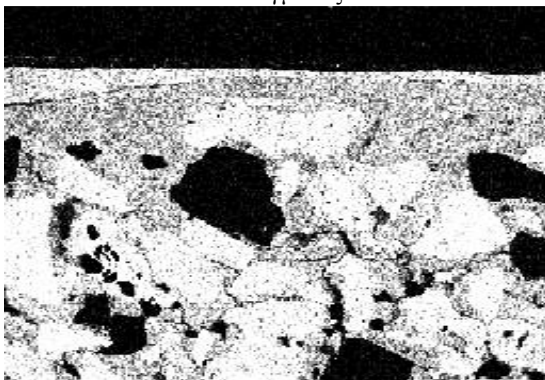
Εικόνα 8. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols. Στρωματογραφία δείγματος: 1 επίχρισμα, 2 προετοιμασία, 3 χρωματική επιφάνεια



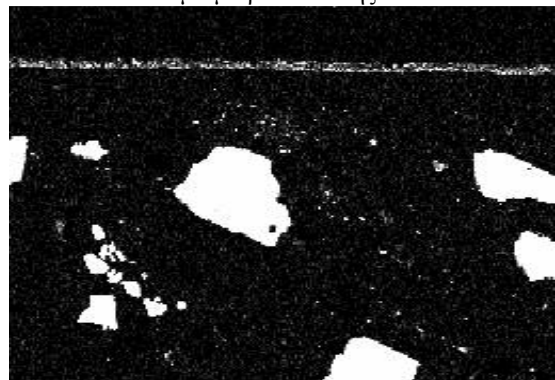
Εικόνα 9. Εικόνα του δείγματος στο SEM.



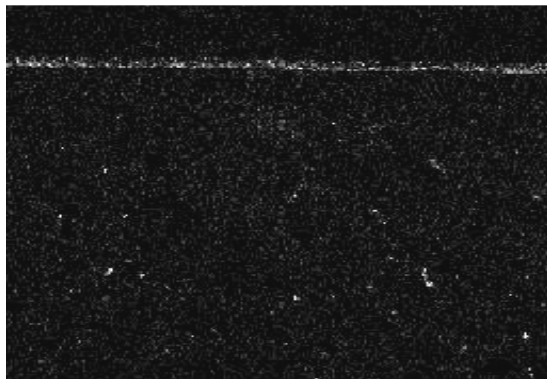
Εικόνα 10. Φάσμα μικροανάλυσης



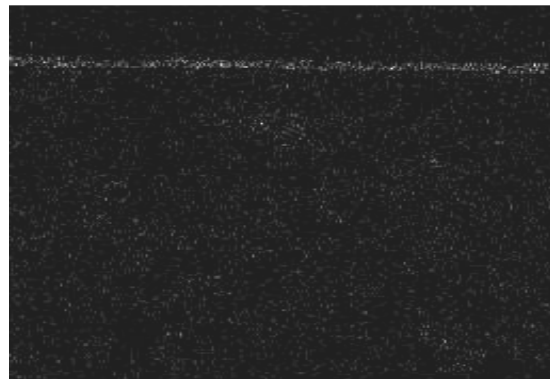
1mm
Θέση εντοπισμού Ca



1mm
Θέση εντοπισμού Si



1 mm
Θέση εντοπισμού Al



1 mm
Θέση εντοπισμού Fe

Χαρακτηριστικά δείγματος

Επίχρισμα (1). **Κονία:** Ασβεστιτικής σύστασης. **Αδρανή:** Ασβεστιτικά και πυριτικά παρόμοιας κοκκομετρικής διαβάθμισης.

Προετοιμασία (2). Λεπτόκοκκο επιφανειακό στρώμα ασβεστιτικής σύστασης με ασβεστιτικά και αργιλοπυριτικά λεπτόκοκκα αδρανή

Χρωματική επιφάνεια (3): Έχει εφαρμοστεί κόκκινη όχρα (οξείδια σιδήρου)

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ 5: ΕΜΦΑΝΗΣ ΛΙΘΟΔΟΜΗ – ΑΝ. ΟΨΗ



ΔΕΙΓΜΑ 5.1.: Κονίαμα συμπληρώσεων

ΔΕΙΓΜΑ 5.2.: Μαργαϊκός λίθος

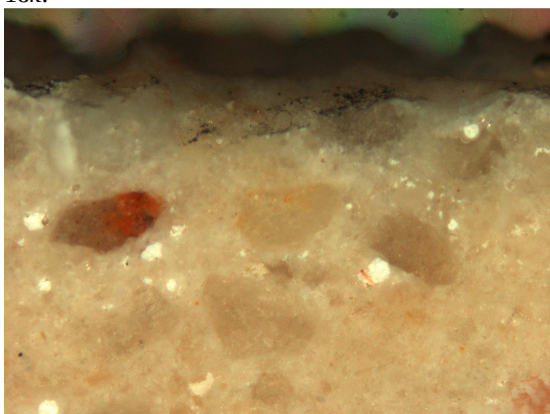
ΔΕΙΓΜΑ 5.1. Τεχνητός λίθος από συμπληρώσεις της εμφανούς λιθοδομής



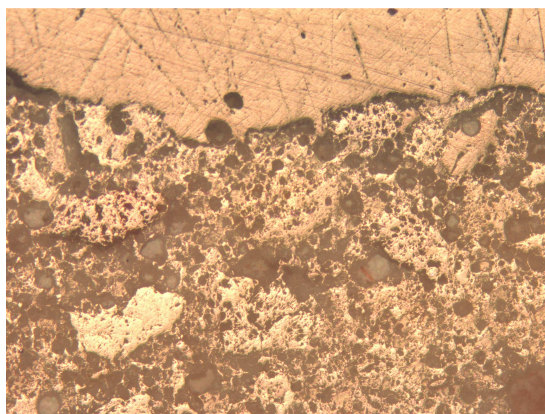
Εικόνα 1. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Κλίμακα 1εκ.



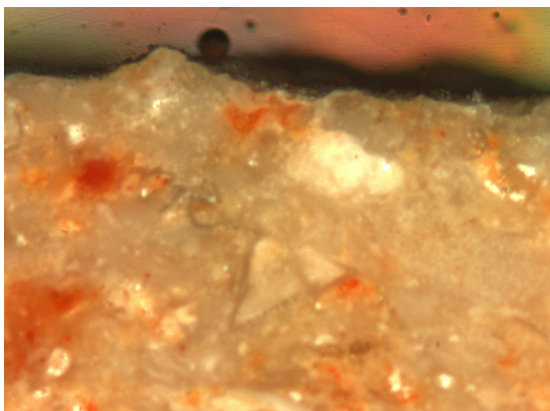
Εικόνα 2. Λεπτομέρεια επιφάνειας δείγματος



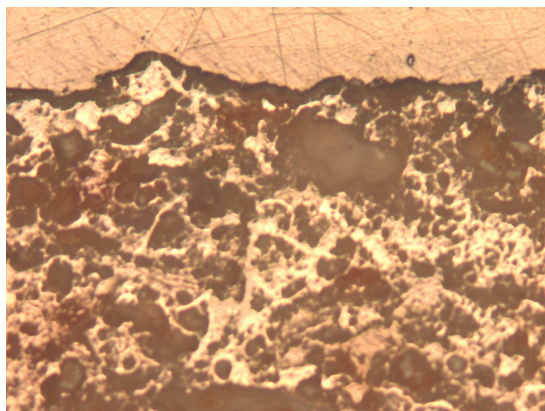
Εικόνα 3. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Διακρίνονται τα πυριτικά αδρανή μέσα στο συγκολλητικό μέσο.



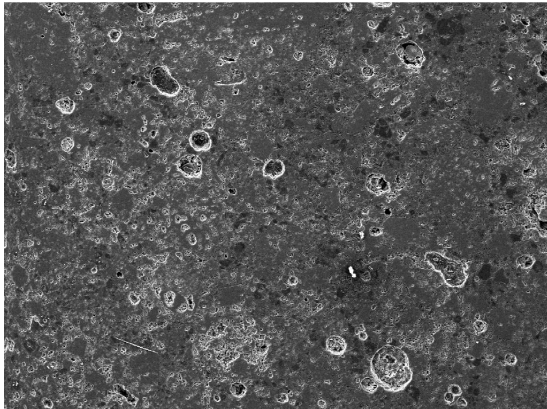
Εικόνα 4. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols.



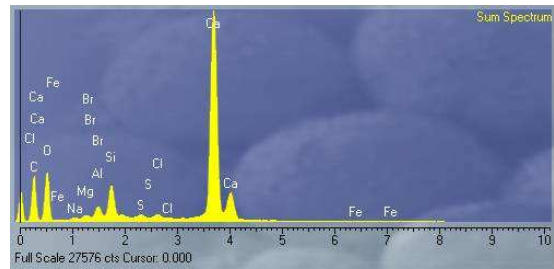
Εικόνα 5. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με διασταυρωμένα Nichols. Αδρανή μέσα στο συνδετικό μέσο.



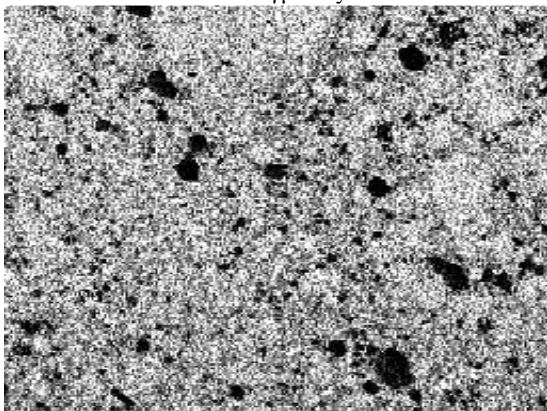
Εικόνα 6. Οπτικό μικροσκόπιο 50x με παράλληλα Nichols. Αδρανή μέσα στο συνδετικό μέσο



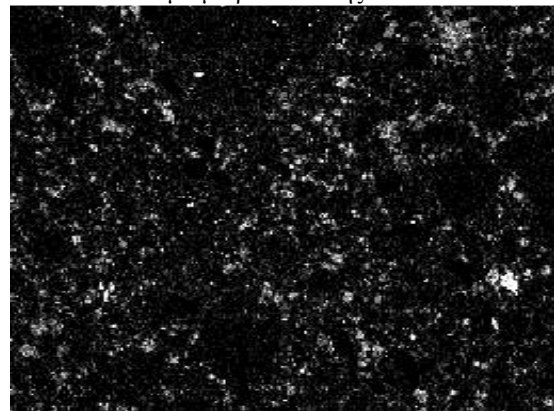
Εικόνα 7. Εικόνα του δείγματος στο SEM.



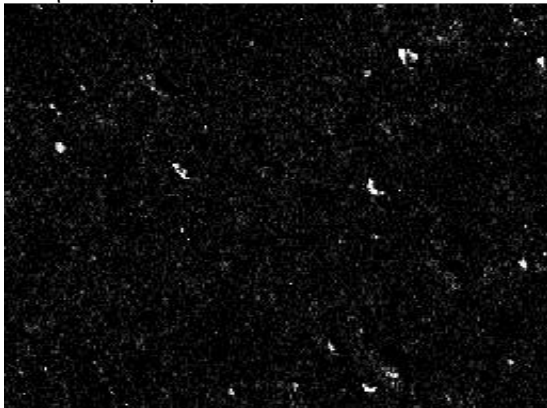
Εικόνα 8. Φάσμα μικροανάλυσης



Θέση εντοπισμού Ca



Θέση εντοπισμού Si



Θέση εντοπισμού Al

Χαρακτηριστικά δείγματος

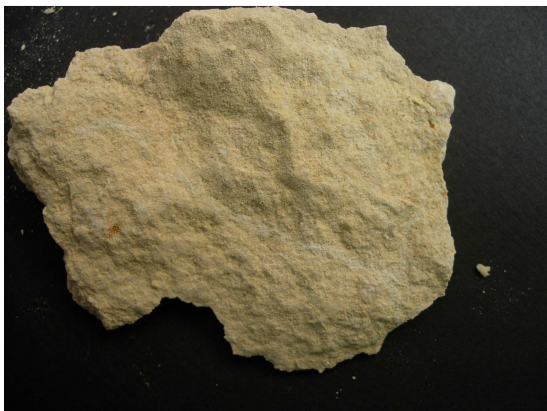
Συγκολλητικό μέσο: Οργανικής - Ασβεστοπυριτικής σύστασης

Αδρανή: Πυριτικά και αργιλοπυριτικά σε μικρό ποσοστό

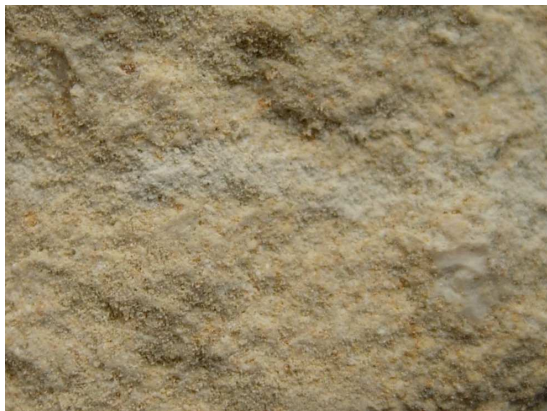
Εμφανίζει μεγάλη σκληρότητα.

Συγκέντρωση ιόντων Cl περίπου 500mg/lit

ΔΕΙΓΜΑ 5.2. Μαργαϊκός ασβεστόλιθος από εμφανή λιθοδομή



Εικόνα 1. Μακροσκοπική φωτογράφιση.



Εικόνα 2. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Διακρίνονται οι εξανθήσεις διαλυτών αλάτων



Εικόνα 3. Μακροσκοπική φωτογράφιση, επιφάνεια του δείγματος, πόροι στη μάζα του.



Εικόνα 4. Μακροσκοπική φωτογράφιση. Λεπτομέρεια επιφάνειας του δείγματος.

Χαρακτηριστικά δείγματος

Τύπος λίθου: Μαργαϊκός ασβεστόλιθος, διακρίνονται εξανθήσεις διαλυτών αλάτων στην επιφάνειά του.

Συγκέντρωση ιόντων Cl περίπου 500mg/lit