



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟΥ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΩΝ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΕΡΓΟ: ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΝΗΜΕΙΟΥ
ΙΕΡΟΥ ΝΑΟΥ ΑΠΟΣΤΟΛΩΝ ΠΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΠΑΥΛΟΥ
ΣΤΟΝ ΑΓΙΟ ΠΕΤΡΟ ΚΥΝΟΥΡΙΑΣ

ΘΕΣΗ: ΑΓΙΟΣ ΠΕΤΡΟΣ - Δ. Δ. ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ
ΔΗΜΟΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΚΥΝΟΥΡΙΑΣ

ΜΕΛΕΤΗ: ΣΤΑΤΙΚΑ

ΘΕΜΑ ΕΓΓΡΑΦΟΥ: ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΒΛΑΒΩΝ
ΚΑΙ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ: ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2022

ΕΙΔΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ :
Ονοματεπώνυμο Ειδικότητα

ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ:

ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ Α.Ε.
ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΤΟΠΙΚΗΣ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

Αρ. ΓΕΜΗ: 14761045000,
Ομήρου & Μαιζώνος 50
ΚΑΛΑΜΑΤΑ, Τ.Κ. 24132
τηλ.: 2721096120, fax.: 2721096121
email: anmess@otenet.gr



ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ Α.Ε.
ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΟΠΙΚΗΣ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΑΡΒΑΝΙΤΟΓΛΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΠΟΛ.ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ /

ΑΡΒΑΝΙΤΟΓΛΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ
ΔΙΠΛΩΜ. ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΑΔΕΥΣΗ
ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ
ΓΡΗΓΟΡΙΟΥ Ε' 40 ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ - ΤΗΛ 210 9326349
ΑΦΜ: 076109005 - ΔΟΥ: Ν. ΣΜΥΡΝΗΣ

ΤΡΙΠΟΛΗ
ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΕ

ΣΜΥΡΝΙΩΤΗΣ ΜΙΧΑΗΛ
ΠΟΛ. ΜΗΧΙΚΟΣ με Α' β

ΤΡΙΠΟΛΗ
ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ

Τρίπολη... 15.3.23...
Ο Προϊστάμενος Τμήματος Δομών Περιβάλλοντος
Διεύθυνσης Τεχνικών Έργων
Περιφέρειας Πελοποννήσου

ΣΙΔΕΡΗ ΕΥΑΝΘΙΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ με Α' β

ΤΡΙΠΟΛΗ
ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ

Τρίπολη... 15.3.23...
Ο Προϊστάμενος Διεύθυνσης Τεχνικών Έργων
Περιφέρειας Πελοποννήσου



ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ με Α' βαθμό

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΘΟΡΩΝ
2. ΣΤΟΧΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ
3. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ
 - Α. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΟΜΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ
 - Β. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ
 - Γ. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΙΣΘΗΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΛΑΒΩΝ ΚΑΙ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ
Ι.Ν. Αγίων Αποστόλων Πέτρου και Παύλου
- Άγιος Πέτρος -
Δήμος Βόρειας Κυνουρίας



του Αθανασίου Α. Αρβανίτογλου Πολ. Μηχανικού

1. Γενική περιγραφή φθορών.

Έχει ήδη περιγραφεί στην τεχνική έκθεση αυτοψίας η κατάσταση στην οποία βρίσκεται σήμερα ο ναός. Οι σημαντικότερες εμφανείς ζημιές στο κτίριο, οι οποίες έχουν προέλθει είτε ως απόδειξη μιας στατικής ανεπάρκειας του Ναού είτε ως αστοχία της κατασκευής ή και των μεταγενέστερων επεμβάσεων είτε σε γενική συνολική εγκατάλειψη του κτιρίου, είναι οι πιο κάτω και κατατάσσονται από πάνω προς τα κάτω ανάλογα με την σπουδαιότητά τους. Αφορούν αποκλειστικά βλάβες στον φέροντα οργανισμό δηλαδή αποτελούν βλάβες δομικού τύπου:

1. **Στην τοιχοποιία.** Ρωγμές στα γωνιακά αγκωνάρια και ανησυχητικές κάθετες ρηγματώσεις στην πλευρική τοιχοποιία στήριξης του τρούλου. Έλλειψη ελκυστήρων σε κομβικά σημεία της κατασκευής (για παράδειγμα έλλειψη εντατήρων στους πεσσούς στήριξης του τρούλου). Πρόβλημα δημιουργεί και η αλόγιστη αρμολόγηση με τσιμεντοκονίαμα η οποία υπερκαλύπτει μεγάλο μέρος του λίθου της τοιχοποιίας αν και σίγουρα είχε ευεργετικά αποτελέσματα ως προς την αποτροπή εισχώρησης υγρασίας στο εσωτερικό της τοιχοποιίας. Η ύπαρξη βιολογικής διάβρωσης, σε διάφορα μέρη (ακόμα και ανώτερα) της τοιχοποιίας λόγω εισροής υδάτων από την παραμελημένη στέγη αλλά και ύπαρξη ανερχόμενης υγρασίας σε όλο το ναό και ιδιαίτερα κατά μήκος της βόρειας πλευράς του.

2. **Στον τρούλο.** Ρηγματώσεις στους πεσσούς και τα αγκωνάρια του τρούλου, επικίνδυνες λόγω του μεγάλου ύψους και του βάρους του. Άσχημη εσωτερική κατάσταση του μπετόν στον κωνικό τρούλο, με εισροή νερού στη διεπιφάνεια μπετόν και τσιγκου.

3. **Στο κωδωνοστάσιο:** Ζημιές στον Φ.Ο του κωδωνοστασίου από οπλισμένο σκυρόδεμα, από το οποίο είναι κατασκευασμένο, αν και σε γενικές γραμμές φαίνεται ότι το τελευταίο έχει ανταπεξέλθει ικανοποιητικά σε δυναμικές καταπονήσεις στο πέρασμα του χρόνου.

Σε συνέχεια της περιγραφής των βλαβών, οι άλλες βλάβες οικοδομικού και αισθητικού που οφείλονται κυρίως σε φυσική φθορά και έλλειψη συντήρησης προέρχονται κυρίως από την ύπαρξη ύδατος είτε ως ανερχόμενη υγρασία είτε ως παρουσία βρόχινου νερού. Ακολουθούν οι προτάσεις επεμβάσεων όπως περιγράφονται στη μελέτη στατικής επάρκειας και προσδιορίζονται στα άρθρα προϋπολογισμού, προτάσεις οι οποίες αποτελούν κατευθυντήριο οδηγό για τις εργασίες αποκατάστασης.

2. Ο στόχος των επεμβάσεων γενικότερα είναι:

α. Η αντιμετώπιση των δομικών προβλημάτων του κτιρίου, από την άποψη κυρίως της απαλείφωσης των εν δυνάμει κινδύνων που η παρουσία τους εγκυμονεί.

β. Η αντιμετώπιση των οικοδομικών προβλημάτων προκειμένου να σταματήσει η φθορά και να αποκατασταθούν οι βλάβες που έχει υποστεί το κτίριο με όσο γίνεται τη δυνατότητα αντιστρεψιμότητας των επεμβάσεων και τη χρήση, όπου αυτό είναι δυνατόν, παραδοσιακών υλικών και τρόπων δομής, βελτιωμένων - αν αυτό θεωρηθεί απαραίτητο. Όπου τα παραδοσιακά

υλικά και οι τρόποι δομής κρίνονται ακατάλληλοι ή ανεπαρκείς κατ'αναγκη θα χρησιμοποιηθούν δοκιμασμένα νέα υλικά και σύγχρονες μέθοδοι.

γ. Η αισθητική αναβάθμιση του μνημείου και η ένταξη των νέων επεμβάσεων να γίνει με τρόπο διακριτό από τις αυθεντικές, όπου αυτό κριθεί απαραίτητο.

δ. Η διατήρηση της αυθεντικότητας των επιμέρους στοιχείων του μνημείου και τον σεβασμό όλων των ιστορικών φάσεων του. Μη διατήρηση των παραπάνω μπορεί να δικαιολογηθεί μόνο όταν πρόκειται περί νεοτέρων και χωρίς καλλιτεχνική αξία στοιχείων, που έχουν αλλοιωθεί ή έχουν αντικαταστήσει ανάλογα αυθεντικά, σε σημεία όπου η αποκατάστασή τους ήταν δυνατή.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων βάσει του μνημειακού χαρακτήρα του κτίσματος, η προτεινόμενη επέμβαση επιδιώκει τη συντήρηση και την αποκατάσταση του μνημείου, σύμφωνα με τις γενικά παραδεκτές σήμερα αρχές που απορρέουν από το χάρτη της Βενετίας και σε συνδυασμό με τις ειδικές συνθήκες και τα δεδομένα της συγκεκριμένης περίπτωσης. Γνωρίζοντας σήμερα τον αναστρέψιμο χαρακτήρα των μεταγενεστέρων επεμβάσεων – επεκτάσεων θεωρούμε ότι δεν χρειάζεται (προς το παρόν τουλάχιστον) να απομακρυνθούν οι μεταγενέστερες κατασκευές. Και αυτό διότι κατά πρώτον η ανάλυσή του μοντέλου έδειξε ότι ορισμένες επεμβάσεις υπήρξαν ευμενείς ως προς την στατικότητα του κτιρίου (ενώ ταυτόχρονα υπάρχει και η δυνατότητα επέμβασης στον κύριο ναό χωρίς να επηρεαστεί η σημερινή κατάσταση) και κατά δεύτερον, ορισμένες από αυτές τις επεμβάσεις αποδεικνύουν τη συνέχεια της παράδοσης κατασκευής χώρων λατρείας (ή προσθηκών αυτών) στον ελλαδικό χώρο.

3. Προτάσεις επεμβάσεων

Πριν περιγράψουμε αναλυτικά τις προτάσεις σε κάθε τμήμα του ναού, τονίζεται ότι υπάρχουν εργασίες που προηγούνται των εργασιών αποκατάστασης όπως η τοποθέτηση σκαλωσιών περιμετρικά του ναού εσωτερικά και εξωτερικά ώστε να γίνει ενδεδειγμένος έλεγχος των ζημιών πέρα από αυτές οι οποίες είναι εμφανείς. Αυτές θα αναρτηθούν περιμετρικά στο κτίριο στις τέσσερις πλευρές αυτού, καθώς και θα τοποθετηθεί λινάτσα για την μη διαφυγή σκόνης. Οι σκαλωσιές θα διατηρηθούν καθ' όλη την διάρκεια των επεμβάσεων. Επιπλέον κατά το στάδιο των εργασιών για την αντικατάσταση της στέγης θα κατασκευαστεί και χρησιμοποιηθεί γερανός τύπου πύργου για διευκόλυνση των εργασιών σε αυτά τα δυσπρόσιτα αυτά σημεία (στέγη – τρούλος). Οι άλλες εργασίες πρόδρομες της κατασκευής περιγράφονται ακολούθως:

Προτείνεται να πραγματοποιηθούν επίσης εργασίες ενίσχυσης της θεμελίωσης στην Ανατολική πλευρά του ναού στην οποία το έδαφος παρουσιάζει και μία κατωφέρεια μαζί με διάνοιξη αποστραγγιστικής τάφρου στην ίδια πλευρά ώστε να συγκεντρωθούν τυχόν πλεονάζοντα ύδατα που ενδεχομένως επηρεάζουν τον Ναό.

Θα ανοιχτούν δηλαδή δύο ορύγματα εξωτερικά του ναού συνολικού πλάτους 3 μέτρων περίπου και βάθους περίπου 2 μέτρων και σε μήκος περί τα 15 μέτρων, αφού αποξηλωθούν με προσοχή τα ήδη υφιστάμενα μάρμαρα. Στο πρώτο όρυγμα από τα δυο θα γίνει η ενίσχυση – αντιστήριξη ή απλά εξυγίανση της θεμελίωσης (θα επισκευαστεί με ενέματα η βλαφθείσα

θεμελίωση), ενώ στο άλλο για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που δημιουργεί η ανερχόμενη υγρασία θα πρέπει να κατασκευαστεί αποστραγγιστική τάφρος με διάτρητη σωλήνα μέσα σε γεωύφασμα επικάλυψη της με σκύρα διαμέτρου 5 - 10 εκ, και έπειτα με το χώμα των εκσκαφών.

A. Αποκατάσταση βλαβών Δομικού τύπου

Όσο αφορά τις συνθέτες βλάβες, για την αποκατάσταση των πιο πάνω προβλημάτων που αφορά το σώμα του Ναού έχει συνταχθεί η μελέτη αποκατάστασης και ενίσχυσης του ναού με εργασίες που αναλυτικά περιγράφονται σε αυτήν για την αποκατάσταση βλαβών δομικού τύπου. Οι εργασίες αυτές περιγράφονται αναλυτικά στην Μελέτη μαζί με ορισμένες συνοδευτικές εργασίες. Σε όλο το ναό θα τοποθετηθούν ικριώματα, ορισμένα ελαφριού τύπου ορισμένα βαρέως τύπου αναλόγως των αναγκών των εργασιών που θα πραγματοποιηθούν.

Θα πραγματοποιηθούν αποξέσεις στο αρμολόγημα όπου το τελευταίο είναι σαθρά και ειδικά στις δύο αδύναμες κατευθύνσεις και πιο πολύ στους πεσσούς στην ανατολικής πλευράς (λόγω αποσαθρώσεων από τα εισερχόμενα βρόχινα ύδατα) και της δυτικής πλευράς λόγω αδυναμίας γεωμετρικής διάταξης του φέροντα οργανισμού.

Όπου αλλού στο εξωτερικό περίβλημα απαιτείται θα χρησιμοποιηθούν ενέματα ή θα τοποθετούνται ίνες IAM και στην εξωτερική και στην εσωτερική πλευρά, θα αποκατασταθούν τα αρμολογήματα, ενώ κατά περίπτωση προβλέπονται και άλλου τύπου ενισχύσεις, τένοντες, ελάσματα, και δικτυώματα μεταλλικά στα υποστυλώματα κατά τις υποδείξεις της μελέτης στατικής επάρκειας. Πιο αναλυτικά:

A1. Επεμβάσεις στην Ανατολική όψη

Θα γίνει καθαρισμός της εξωτερικής επιφάνειας με υδροβολή και θα πραγματοποιηθούν ενέματα. Τέλος θα γίνει αποκατάσταση του αρμολογήματος. Τα άχρηστα υλικά θα μεταφερθούν σε κατάλληλα εξοπλισμένους χώρους όπου θα γίνει και η ανακύκλωση τους.

A2. Επεμβάσεις στη Δυτική όψη.

Θα γίνει καθαρισμός της εξωτερικής επιφάνειας με υδροβολή και θα πραγματοποιηθούν ενέματα. Λόγω αστοχίας (στο μοντέλο) των υποστυλωμάτων ισογείου και πεσσών σε μεγαλύτερο ύψος θα πρέπει να γίνει ενίσχυση των περίτεχνων μαρμάρινων υποστυλωμάτων στην κατώτατη στάθμη του ισογείου αλλά και των πεσσών άνωθεν αυτών των υποστυλωμάτων. Ο τρόπος που επελέγη για την ενίσχυση των υποστυλωμάτων είναι μεταλλικό δικτύωμα με ανοξείδωτες ράβδους αφού διανοιχθούν εντέχνως λούκια στην πέτρα για την υποδοχή του δικτυώματος. Τέλος οι επεμβάσεις εσωτερικά των μαρμάρινων υποστυλωμάτων θα μπορούσαν καλυφθούν με ρητίνη δύο συστατικών ή να μείνουν σε εμφανή όψη ανάλογα με τις επιταγές της αρχαιολογικής υπηρεσίας. Όσο αφορά την αστοχία των πεσσών στις ανώτερες στάθμες θα γίνει εσωτερικά η καθαίρεση του επιχρίσματος από μαρμαροτσιμεντοκονίαμα, θα καθαριστεί η επιφάνεια επιμελώς (και στις κόγχες των παράθυρων) και θα εφαρμοστούν ίνες IAM. Ίνες IAM εφαρμοστούν και στην εξωτερική πλευρά όπου λόγω της εμφανούς λιθοδομής θα διανοιχτούν αύλακες στους αρμούς θα γίνει περίσφιξη με

ειδική τοποθέτηση των συγκεκριμένων ινών λαμβάνοντας υπόψιν αγκύρωση τους στις άλλες δύο παριές του ναού δηλαδή στην νότια και την βόρεια όψη.

A3. Επεμβάσεις στην Νότια και Βόρεια όψη

Εξωτερικά θα γίνει καθαίρεση ασθενούς αρμολογήματος με χρήση υδροβολής, θα γίνουν τα απαραίτητα ενέματα στο κέντρο του ναού στη βάση του τρούλου και ταυτόχρονη συρραφή της τοιχοποιίας εσωτερικά και εξωτερικά με τον τρόπο που ήδη έχει περιγράψει και για τις άλλες όψεις πάνω από τις θύρες εισόδου. Επίσης θα τοποθετηθούν τένοντες σε αυτή την πλευρά της τοιχοποιίας λόγω της ευπάθειας που έχει αποδειχθεί από τη συγκεκριμένη στατική Μελέτη.

A4. Επεμβάσεις στην στέγη και στον Τρούλο

Αποκατάσταση του τρούλου θα γίνει ταυτόχρονα με τις εργασίες για την αποκατάσταση της στέγης του ναού. Η τσιμεντένια στέγη λειτούργησε ευεργετικά προς τρεις κατευθύνσεις:

1. Λειτουργώντας ως διάφραγμα και στερεώνοντας στον τρούλο στη βάση του δημιουργώντας μια ιδιότυπη 'στέψη', στο σημείο επαφής στέγης-τρούλου.
2. Αυξάνοντας το βάρος της στέγης λειτούργησε ευεργετικά στην αντοχή των πεσσών που στηρίζουν τον τρούλο σε σεισμικές φορτίσεις,
3. Απέτρεψε την εισροή υδάτων εσωτερικά του ναού.

Για τους πιο πάνω λόγους αυτό δεν συνιστάται η απομάκρυνση της. Όπως όμως έδειξε το μοντέλο δεν είναι αρκετή να σταματήσει επικίνδυνες μετακινήσεις του τρούλου. Για το λόγο αυτό ο Τρούλος θα πρέπει:

Αφού αποξηλωθούν τα κεραμίδια από τη στέγη, αποξηλωθεί και μεταφερθεί η μεταλλική κατασκευή για συντήρηση στον προαύλιο χώρο του ναού με γερανό, τμηματικά και γίνει αποκάλυψη της παλαιάς οροφής του ναού που όπως είπαμε είναι κωνικού τύπου, θα γίνουν όλες οι εργασίες για ενίσχυση της με περίδεση στη βάση και στη στέψη του τρούλου ταυτόχρονα με τοποθέτηση IAM εξωτερικά στους πεσσούς του τρούλου. Αυτό σημαίνει πλήρεις εργασίες αποξήλωσης στη βάση του τρούλου, του επιχρίσματος εξωτερικά από τους πεσσούς ταυτόχρονη ενίσχυση του κωνικού έξωραχίου του τρούλου με ελάσματα. Θα ακολουθήσει επιμελής επαναδημιουργία της βάσης (στεφανιού) όπου θα επαναστηριχθεί η μεταλλική κατασκευή, η επανατοποθέτηση των περίτεχνων λίθων στη στέψη του τρούλου, μαζί με την τοποθέτηση νέου επιχρίσματος στους πεσσούς. Θα ακολουθήσει η υγρομόνωση της τσιμεντένιας επιφάνειας της στέγης και η επανακεράμωση της.

Η μεταλλική κούπολα αφού μεταφερθεί στον προαύλιο χώρο θα συντηρηθεί καταλλήλως με τρίψιμο και νέα αντισεισμική προστασία του σκελετού της, (έχει γίνει και πρόβλεψη για αντικατάσταση ορισμένων στοιχείων του μεταλλικού σκελετού) καθάρισμα όλων των φύλλων προστασίας του σκελετού, και εφόσον τελειώσουν εργασίες ενίσχυσης εξωτερικά του τρούλου θα επανατοποθετηθεί τμηματικά στη θέση της.

A5. Επεμβάσεις και Ενίσχυση των κίωνων εσωτερικού χώρου.

Εχουμε αποφανθεί βλ. Τ.Ε αποτύπωσης φέροντα οργανισμού, ότι σε μεταγενέστερο στάδιο τα υποστυλώματα που στηρίζουν τον τρούλο έχουν υποστεί ένα είδος ενίσχυσης με κάποιες ράβδους

στο εξωτερικό των υποστυλωμάτων αλλά και χρήση επιχρίσματος από τσιμεντοκονίαμα αυξημένων αντοχών όπως έδειξαν οι εργαστηριακές μέθοδοι. Αφού τοποθετηθούν οι σκαλωσιές, γίνουν οι αποξηλώσεις των επιχρισμάτων και οι απαραίτητοι καθαρισμοί, θα ακολουθήσει περίσφιξη με ελάσματα στις γωνίες κάθε υποστυλώματος και θα γίνει εξέταση για αντικατάσταση τυχόν εντάτηρων σε όλους τους κίονες. Στα τόξα μεταξύ όλων των κιόνων που στηρίζουν τον τρούλο θα τοποθετηθούν μετά την κατάλληλη προετοιμασία της επιφάνειας ΙΑΜ και μετά το πέρας όλων των εργασιών ενίσχυσης θα ακολουθήσει η αποκατάσταση στην πρότερα κατάσταση με αποκατάσταση των επιχρισμάτων τριπτών τριβαδισμών με μαρμαροτσιμεντοκονίαμα.

A6. Επεμβάσεις στο κωδωνοστάσιο.

Το κωδωνοστάσιο παρουσιάζει χαρακτηριστικές βλάβες γήρανσης του σκυροδέματος από ενανθράκωση, δηλαδή αποφλοιώσεις και ρηγματώσεις. Αυτές προτείνεται να αποκατασταθούν τοπικά με ρητίνες και ειδικά επισκευαστικά κονιάματα μετά από απόξεση και απομάκρυνση με υδροβολή όλων των αποσαθρωμένων μερών. Όπως έδειξαν οι μελέτες το κωδωνοστάσιο έχει επαρκή οπλισμό χρειάζεται όμως μία μικρή ενίσχυση των κιόνων στη βάση του και αρκεί η αποκατάσταση των φθορών που έχει υποστεί το οπλισμένο σκυρόδεμα, βάσει των συνηθισμένων σήμερα μεθόδων, καθαρισμός, τρίψιμο οπλισμού επάλειψη με υλικό τσιμεντοειδούς βάσης, αποκατάσταση του φθαρμένου σκυροδέματος με ειδικά κονιάματα.

B. Αποκατάσταση βλαβών οικοδομικού τύπου

B1. Αποκατάσταση υγρομόνωσης στέγης

Μελετάται η εξάλειψη των οικοδομικών προβλημάτων που σχετίζονται με την ελλιπή συντήρηση, τη φυσική φθορά και τη γήρανση των υλικών. Η τοιχοποιία παρουσιάζει χαλάρωση της δομής της στη διεπαφή με την επικάλυψη από μπετόν της στέγης, που οφείλεται κυρίως στην αποσάθρωση των κονιαμάτων από την επίδραση του κύκλου: ζέστη - ξηρασία - ψύχος - υγρασία, με τις συνεχείς συστολές - διαστολές, τις βροχοπτώσεις, την ανερχόμενη υγρασία και την καταστρεπτική επίδραση από την κρυστάλλωση των αλάτων. Με αυτό τον τρόπο τα κονιάματα εμφανίζουν μικρορηγματώσεις και σταδιακά θρυμματίζονται, αφήνοντας περιοχές μεταξύ λιθοσωμάτων χωρίς κονίαμα. Σε πιθανή σεισμική δράση γίνονται μετακινήσεις στο εσωτερικό του λιθοσώματος με συνέπεια να έχουμε αποδιοργάνωση της τοιχοποιίας και τοπικές αστοχίες. Μετά την αποξήλωση της υφιστάμενης στέγης θα ακολουθήσει επιμελής η εξέταση του τμήματος από οπλισμένο σκυρόδεμα με τη χρήση υδροβολής και την αποκατάσταση του όπου υπάρχουν φθορές ιδίως στα τμήματα του κορφιά και της σύνδεσης να τους πεσσούς υγρομόνωση με υλικά διαπνέοντα προστασίας του μπετόν επικάλυψης στη στέγη.

Στις θέσεις που η επικεράμωση συναντά κατακόρυφες επιφάνειες τοίχων προβλέπεται η στεγάνωση του αρμού με πατητό ασβεστοτσιμεντοκονίαμα το οποίο θα καλυφθεί με "ποδιά" από φύλλο μολύβδου πλάτους περίπου 25 εκ., το άνω άκρο της οποίας θα στερεωθεί σε κατάλληλα διαμορφωμένη με τον "κόφτη" σκοτία στην τοιχοποιία. Σε αυτό το τμήμα θα γίνει και αποκατάσταση των λεπτομερειών στο τελείωμα των επιμελώς σμιλεμένων να πέτρινων στοιχείων.

Θα ακολουθήσει τοποθέτηση μεμβράνης και επανατοποθέτηση κεραμιδιών 'κολυμβητα' με κεραμίδια άλλου τύπου από τα υπάρχοντα (ρωμαϊκά και γαλλικά).

B2. Γενική εσωτερική αποκατάσταση.

Αφού τοποθετηθεί σκαλωσιά ελαφρού τύπου θα εξεταστούν ζημιές οι οποίες έχουν γίνει σε στοιχεία τα οποία δεν έχουν υποστεί επέμβαση. Θα γίνει επιμελής επίσης επιμελής έλεγχος και αποκατάσταση των ξύλινων δαπέδων δηλαδή επιπέδωση με κατάλληλο ροκάνισμα και αντικατάσταση όπου απαιτείται εμποτισμός με ζιζανιοκτόνα και ως προς το φέροντα οργανισμό αλλά και ως προς την τελική επιφάνεια τους όπου αυτό κριθεί απαραίτητο. Τέλος θα γίνει αποκατάσταση της τελικής επιφάνειας όλων των ξύλινων επιφανειών των παταριών. Τέλος θα γίνει αποκατάσταση της τελικής επιφάνειας όλων των ξύλινων επιφανειών των παταριών.

B3. Αποκατάσταση δαπέδου

Στο δάπεδο στο οποίο παρατηρείται ελαφρά καθίζηση στο κέντρο του εσωτερικού του ναού, θα γίνει με προσοχή η αποξήλωση των πλακών όπου αυτό απαιτείται, επιδιώκοντας την μη καταστροφή τους με επιμελή καθαρισμό και ακολούθως την επανατοποθέτησή τους μετά από εξυγίανση του εδάφους. Εφ' όσον αυτό δεν καταστεί δυνατό οι κατεστραμμένες πλάκες θα αντικατασταθούν από άλλες νέες των ιδίων υλικών, χρωματισμού και σχήματος. Εξωτερικά του ναού θα γίνει η αποκατάσταση κατά όμοιο τρόπο όλων των μαρμάρων.

Γ. Αποκατάσταση βλαβών αισθητικού τύπου

Γ1. Οικοδομικές εργασίες που αφορούν γενική εσωτερική αποκατάσταση.

Πρόκειται για την αποκατάσταση όλων των συνήθων οικοδομικών βλαβών οι οποίες προέρχονται από φθορά και ελλιπή συντήρηση, καθώς και την αποκατάσταση των βλαβών οι οποίες θα προκληθούν από τις ειδικές επεμβάσεις. Οι εργασίες αυτές που αποτελούν τα επιχρίσματα, τα γύψινα, οι χρωματισμοί, περιγράφονται αναλυτικότερα στο τεύχος προϋπολογισμού.

• Χρωματισμοί:

Θα γίνει αποκατάσταση στο σύνολο του ναού ως προς τους χρωματισμούς των τοίχων, τους χρωματισμούς θυρών και παραθύρων όπως και των ξύλινων επιφανειών εκτός του τέμπλου και των αγιογραφιών εργασίες οι οποίες θα υποδειχθούν από την αρχαιολογική υπηρεσία. Αφού τοποθετηθεί σκαλωσιά ελαφρού τύπου θα εξεταστούν ζημιές οι οποίες έχουν γίνει σε στοιχεία τα οποία δεν έχουν υποστεί επέμβαση και θα χρωματιστούν με δυο χέρια υδρόχρωμα ακρυλικής βάσης μετά από χρήση ενός χεριού ασταριού.

• Καθαρισμός από φυτική βλάστηση

Τέλος, προτείνεται να γίνει καλός καθαρισμός από τη βλάστηση στην τοιχοδομία του κτιρίου μόνο με εκρίζωση και με τη χρησιμοποίηση ηπίων ζιζανιοκτόνων.

Γ2. Τοιχογραφίες

Στο ναό υπάρχουν τοιχογραφίες παλαιότερης και νεότερης χρονολογίας δημιουργίας. Ορισμένες τοιχογραφίες κρίνονται από τους μελετητές σημαντικές προς αποκατάσταση. Το

τμήμα των τοιχογραφιών και αγιογραφιών θα αποτελέσει αντικείμενο άλλης μελέτης επιστημονικά πιο εξειδικευμένης και τεκμηριωμένης από ειδικευμένους μελετητές.

Το βέλτιστο φυσικά θα ήταν να πραγματοποιηθούν σε αυτό το στάδιο μαζί με τους εσωτερικούς χρωματισμούς χρησιμοποιώντας τα είδη υπάρχοντά ικρίωματα και μειώνοντας έτσι το χρόνο αποκατάστασης του ναού για την πιο γρήγορη επαναλειτουργία του.

Δ. Πρόταση Προσβασιμότητας ΑΜΕΑ

Σύμφωνα με τις σύγχρονες ανάγκες και την τρέχουσα Νομοθεσία, όλα τα κτήρια και κυρίως οι χώροι συνάθροισης κοινού και οι χώροι λατρείας απαιτούν τη δυνατότητα για πρόσβαση ατόμων με ειδικές ανάγκες (ΑΜΕΑ) στους χώρους αυτούς.

Πρόκειται λοιπόν για πρόταση κατασκευής ράμπας για την πρόσβαση ΑΜΕΑ στο Ναό.

Η πρόταση περιλαμβάνει την κατασκευή εξωτερικής μεταλλικής ράμπας στη Νότια πλευρά του Ναού. Θα αποτελείται από τρεις ράμπες κλίσης 5%, με ενδιάμεσα πλατύσκαλα, διαστάσεων και υλικών, σύμφωνα με τις Πολεοδομικές διατάξεις και τον Κτηριοδομικό Κανονισμό, με αντιολισθητικό δάπεδο.

Η τοποθέτησή της ράμπας θα είναι τέτοια ώστε η πρόσβαση να γίνεται από τον προαύλιο χώρο στα αριστερά της Εισόδου στη Νότια όψη και η άφιξη να γίνεται στο κεντρικό πλατύσκαλο της πρόσοψης του Ναού και όπισθεν του κωδονοστασίου.

Πρόκειται για αναστρέψιμη πρόταση στατικώς ανεξάρτητη η οποία έτσι δεν επηρεάζει την στατικότητα του Ναού. Ως προς την αρχιτεκτονική πλευρά της παρέμβασης έγινε προσπάθεια να χρησιμοποιηθούν αμιγώς μεταλλικά στοιχεία (αντιολισθητική λαμαρίνα και κοίλες δοκοί) ώστε να αναδειχθεί ο νεότερος χαρακτήρας της προσθήκης που είναι εντελώς διαφορετικός από το όλο ύφος του Ναού.

Αθήνα, 01 ΜΑΡΤΙΟΥ 2023

Οι Μηχανικοί

Επισυνάπτονται εργαστηριακοί έλεγχοι που αφορούν

1. Γεωραντάρ
2. Μεταλλικά στοιχεία
3. Σκυροδέματα
4. Τοιχοποιία – κονίαμα
5. Τοιχοποιία – λιθοσώματα



Terra-Marine

Δ/ΝΣΗ : ΣΤΡ. ΤΟΜΠΡΑ 10
ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ, 15342

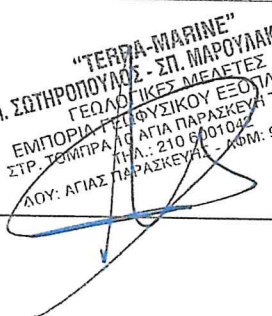
ΤΗΛ/Fax: +3 0 210 6001042

Email: info@terra-marine.gr

www.terra-marine.gr

ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ

Έκθεση Νο 8P22
08 Απριλίου 2022

		Υπογραφή	Ημ/νία
Η έκθεση συντάχθηκε από	Παύλος Σωτηρόπουλος & Σπύρο Μαρουλάκη	 "TERRA-MARINE" Π. ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ - ΣΠ. ΜΑΡΟΥΛΑΚΗΣ Ο.Ε. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΜΠΟΡΙΑ ΓΕΩΦΥΣΙΚΟΥ ΕΞΟΤΙΣΜΟΥ ΣΤΡ. ΤΟΜΠΡΑ 10 ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ Τ.Κ. 15342 ΤΗΛ.: 210 6001042 ΦΑΧ: 997900990	08/04/2022
Η έκθεση εγκρίθηκε από	Παύλος Σωτηρόπουλος		

COPYRIGHT

The copyright and intellectual property rights in this document are the property of Terra-Marine. The said intellectual property rights shall not be used, nor shall this document be copied without the express consent Terra-Marine.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΕΡΓΟΥ

**Τίτλος: ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ)
ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ**

Έκθεση Νο : **8P22**

Όνομα Πελάτη : Αθανάσιος Αρβανιτόγλου

Υπεύθυνος
Επικοινωνίας: :

Υπεύθυνος
Προγράμματος : Παύλος Σωτηρόπουλος (Γεωλόγος-Γεωφυσικός)

Συμμετοχή στις : Φώτιος Μιχαλόπουλος (Μηχανικός Μεταλλείων-
εργασίες Μεταλλουργός)
Πεδίου

		Υπογραφή	Ημ/νία
Η έκθεση συντάχθηκε από	Παύλος Σωτηρόπουλος & Σπύρος Μαρουλάκης		

ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Την περίοδο 24-25 Φεβρουαρίου 2022 πραγματοποιήθηκαν γεωφυσικές διασκοπήσεις, για λογαριασμό του Μηχανικού Αθανάσιο Αρβανιτόγλου, με τη μέθοδο του γεωραντάρ (GPR) με σκοπό την αξιολόγηση – διερεύνηση της λιθοδομής σε επιλεγμένα σημεία στον Ναό του Αγίου Πέτρου, Κυνουρίας.

Η γεωφυσική μέθοδος που εφαρμόστηκε είναι η μη-καταστροφική ηλεκτρομαγνητική διασκόπηση του γεωραντάρ (GPR). Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές αρχές της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε στο πεδίο.

Η μεθοδολογική προσέγγιση θα μπορούσε να περιγραφεί με τα παρακάτω βήματα:

- /// Μελέτη-αξιολόγηση των τοπογραφικών σχεδίων,
- /// Βιβλιογραφική έρευνα,
- /// Προετοιμασία-σχεδιασμός εργασιών πεδίου,
- /// Σήμανση των σημείων των καννάβων στο πεδίο,
- /// Χαρτογράφηση με τη μέθοδο του γεωραντάρ
- /// Ανάλυση, επεξεργασία & ερμηνεία των πρωτογενών δεδομένων,
- /// Προετοιμασία Τελικών Χαρτών και Τεχνικής Έκθεσης

Πραγματοποιήθηκαν γεωφυσικές διασκοπήσεις (γεωραντάρ) τόσο στα εξωτερικά τοιχεία του Ναού όσο και στο εσωτερικό (Εικόνα 1.1).

Τα αποτελέσματα των γεωφυσικών διασκοπήσεων κρίνονται ικανοποιητικά σε σχέση με τον στόχο της έρευνας. Τα δεδομένα παρουσιάζονται με τη μορφή ραδιογραμμάτων καθώς και κατόψεων (grid) για διαφορετικά βάθη.

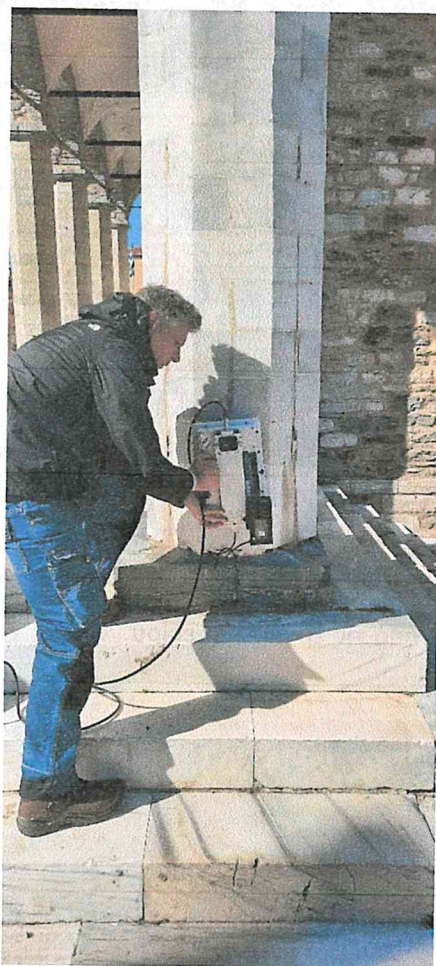
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ		Σελ.
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΕΡΓΟΥ		
ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ		
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ		1
1.0	ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΤΟΧΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ	2
1.1	Στόχοι Μελέτης	3
1.2	Περίληψη Δραστηριοτήτων	3
1.3	Προσωπικό	4
2.0	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	4
	ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ	13
	ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ GPS	15
3.0	ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ	17
4.0	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	28
5.0	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	34
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – Depth Slices		36
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		37

	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8P22 – Τεχνική Έκθεση

1.0 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΤΟΧΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ

Την περίοδο 24-25 Φεβρουαρίου 2022 πραγματοποιήθηκαν γεωφυσικές διασκοπήσεις, για λογαριασμό του Μηχανικού Αθανάσιο Αρβανιτόγλου, με τη μέθοδο του γεωραντάρ (GPR) με σκοπό την αξιολόγηση – διερεύνηση της λιθοδομής σε επιλεγμένα σημεία στον Ναό του Αγίου Πέτρου, Κυνουρίας.

Η γεωφυσική μέθοδος που εφαρμόστηκε είναι η μη-καταστροφική ηλεκτρομαγνητική διασκόπηση του γεωραντάρ (Ground Penetrating Radar-GPR). Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές αρχές της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε στο πεδίο.



Εικόνα 1.0: Φωτογραφία από τη χαρτογράφηση δομικού στοιχείου με την κεραία των 750 MHz.

	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8P22 – Τεχνική Έκθεση

ΣΤΟΧΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στόχος της μελέτης είναι η γεωφυσική χαρτογράφηση πιθανών ασυνεχειών, κενών σε βασικά δομικά στοιχεία καθώς και η διαστρωμάτωση της τειχοποιίας σε επιλεγμένα σημεία του Ναού. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στο γεγονός ότι χρησιμοποιήθηκαν μεθοδολογίες που συγκαταλέγονται στις μη-καταστροφικές και οι οποίες εφαρμόζονται σε παγκόσμια κλίμακα σε παρόμοιας φύσης εφαρμογές.

Πραγματοποιήθηκαν γεωφυσικές διασκοπήσεις (γεωραντάρ) στο δάπεδο του Ναού, σε επιλεγμένα υποστηλώματα, στο καμπαναρίο, στον τρούλο και σε πλευρικά τοιχία.



Εικόνα 1.1: Φωτογραφία από τις εργασίες πεδίου.

	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8P22 – Τεχνική Έκθεση

1.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Δράσεις	Ημ/νία
Μετακίνηση προσωπικού και εξοπλισμού	24/02/2022
Ολοκλήρωση Εργασιών Πεδίου	25/02/2022
Επιστροφή προσωπικού και εξοπλισμού	25/02/2022
Επεξεργασία – ερμηνεία δεδομένων – Τεχνική Έκθεση	28/02/2022 – 28/03/2022

Πίνακας 1.1 Πίνακας Δραστηριοτήτων

1.3 ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ

Προσωπικό	Όνομα	Περίοδος
Τεχνικός Δ/ντής – Γεωλόγος - Γεωφυσικός	Παύλος Σωτηρόπουλος	24/02/2022 – 28/03/2022
Τεχνικός Σύμβουλος	Φώτιος Μιχαλόπουλος	24/02/2022 – 28/03/2022

Πίνακας 1.2 Πίνακας Προσωπικού

	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8P22 – Τεχνική Έκθεση

2.0 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

Αρχή λειτουργίας του Γεωραντάρ

Το γεωραντάρ (εν συντομία GPR) είναι ένας γενικός όρος που ισχύει για τεχνικές στις οποίες χρησιμοποιούνται ραδιοκύματα, συνήθως σε φάσμα συχνότητας από 1 έως 2600 MHz, για τη χαρτογράφηση στοιχείων θαμμένων στο έδαφος (ή σε τεχνητές κατασκευές) ή γενικά τη μελέτη του υπεδάφους. Ιστορικά, η μέθοδος GPR επικεντρωνόταν κυρίως στη χαρτογράφηση κατασκευών εντός του εδάφους.

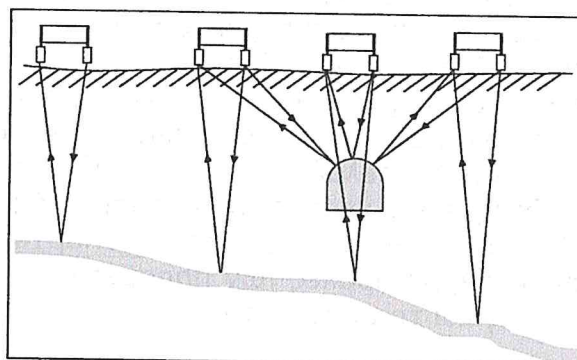
Πρόσφατα, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε μη καταστροφικές δοκιμές μη μεταλλικών κατασκευών. Η ιδέα εφαρμογής ραδιοκυμάτων για την ανίχνευση της εσωτερικής δομής του εδάφους δεν είναι νέα.

Το βάθος διείσδυσης του συστήματος ελέγχεται από τις ηλεκτρικές ιδιότητες του εδάφους και τη συχνότητα που χρησιμοποιείται. Στην πραγματικότητα, όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα και η αγωγιμότητα, τόσο μικρότερο είναι το βάθος διείσδυσης.

Η μέθοδος GPR ερευνά το υπέδαφος με τη χρήση ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που διαδίδονται στο έδαφος (Εικόνα 2.1). Τα χρονομεταβλητά Η/Μ πεδία αποτελούνται από ζεύγη ηλεκτρικών (Η) και μαγνητικών (Μ) πεδίων. Ο τρόπος, με τον οποίο τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα αλληλεπιδρούν με φυσικά υλικά, ελέγχει τη διασπορά των χαμηλών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο έδαφος και ταυτόχρονα τα εξασθενεί. Επιπλέον, η διαφοροποίηση των ηλεκτρικών ιδιοτήτων προκαλεί τις ανακλάσεις που λαμβάνονται με το σύστημα GPR.

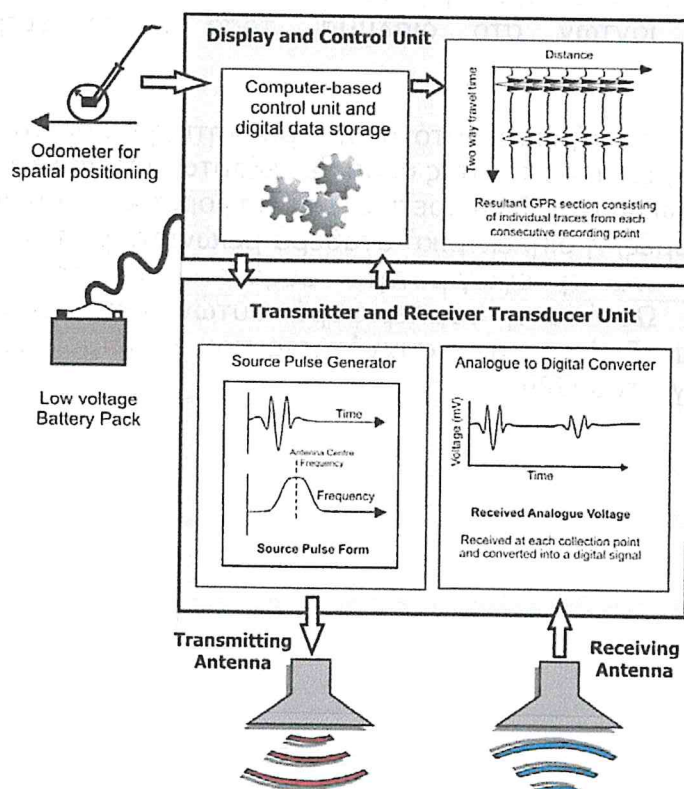
Σε γεωλογικά υλικά η παρουσία ύδατος αποτελεί έναν από τους σπουδαιότερους παράγοντες προσδιορισμού των ηλεκτρικών ιδιοτήτων. Τα μόρια του ύδατος έχουν μια φυσική, εγγενή, διπολική ροπή. Κατά συνέπεια, τούτο προσδίδει στο υλικό την υψηλή τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς 80 σε χαμηλή συχνότητα (δηλ. στις τυπικές συχνότητες γεωφυσικών μετρήσεων). Επιπλέον τα διασπώμενα στο νερό ιόντα προκαλούν ηλεκτρική αγωγιμότητα που αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα στους περισσότερους σχηματισμούς εδάφους και βράχων. Η αγωγιμότητα είναι χονδρικά ανάλογη προς τη συνολική περιεκτικότητα διαλυμένων στερεών και ως εκ τούτου όσο περισσότερα ιόντα διασπώνται στο διάλυμα τόσο υψηλότερη είναι η αγωγιμότητα.

	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8P22 – Τεχνική Έκθεση



Εικόνα 2.1

Η διάταξη του συστήματος GPR παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.2.



Εικόνα 2.2

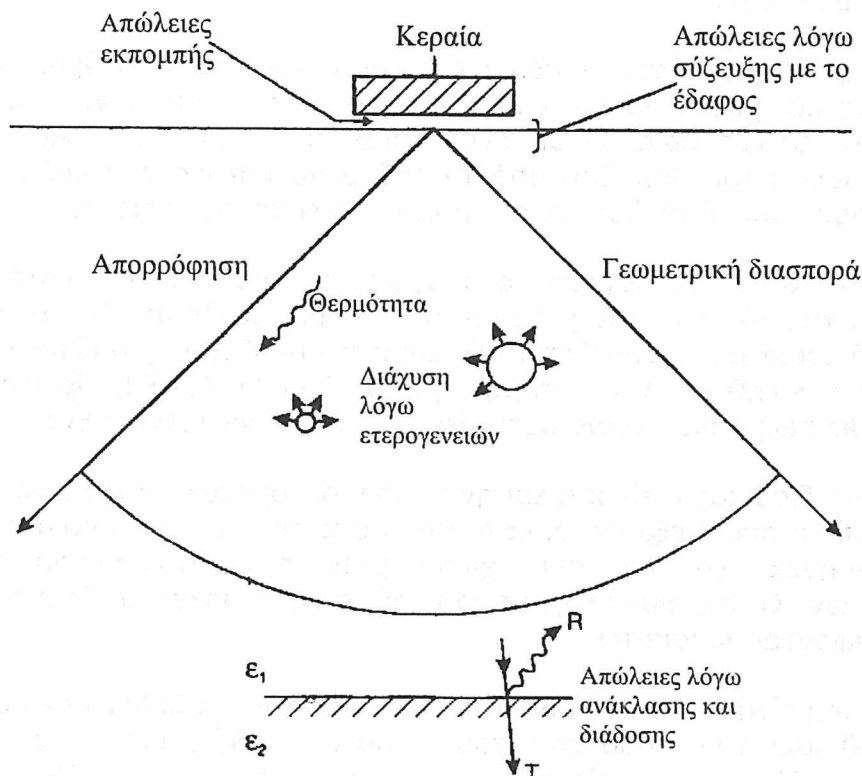
	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8P22 – Τεχνική Έκθεση

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Οι ιδιότητες του μέσου παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στον τρόπο διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου μέσω αυτού. Λόγω του ότι η σύσταση των πετρωμάτων είναι πολύπλοκη και κάθε συστατικό ενός σχηματισμού έχει διαφορετική συμπεριφορά με το πέρασμα του ηλεκτρομαγνητικού παλμού, είναι δύσκολο να υπάρξει κάποιο μοντέλο το οποίο να περιγράφει τις διαφοροποιήσεις στην αγωγιμότητα και στην διαπερατότητα όλων των πετρωμάτων. Αν για παράδειγμα κάποιο μέσο αποτελούνταν μόνο από ένα ή από λίγα συστατικά, για παράδειγμα από νερό, τότε ο καθορισμός των βασικών του παραμέτρων θα ήταν πολύ απλός, μιας και υπάρχουν οι σχέσεις οι οποίες περιγράφουν τις μεταβολές των παραμέτρων αυτών με την θερμοκρασία, την πίεση και τη συχνότητα.

Στις ηλεκτρικές ιδιότητες των πετρωμάτων, πολύ σημαντικό ρόλο παίζει η ύπαρξη του νερού. Τα μόρια του νερού έχουν μια εσωτερική διπολική ροπή, η οποία δίνει στο σχηματισμό μια υψηλή σχετική διαπερατότητα στις χαμηλές συχνότητες. Επιπλέον τα ιόντα που είναι διαλυμένα στο νερό προκαλούν έναν ηλεκτρικό μηχανισμό αγωγιμότητας. Όσο δηλαδή μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση των διαλυμένων ιόντων στο διάλυμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα.

Επίσης, η ηλεκτρική διαπερατότητα, η μαγνητική διαπερατότητα και η αγωγιμότητα, είναι ποσότητες οι οποίες εξαρτώνται από τη συχνότητα και συμπεριφέρονται διαφορετικά σε διαφορετικές συχνότητες. Σε γενικές γραμμές, η διηλεκτρική σταθερά μειώνεται με την αύξηση της συχνότητας ενώ η αγωγιμότητα αυξάνεται με τη αύξηση της συχνότητας. Ωστόσο η συμπεριφορά αυτών των ποσοτήτων δεν μεταβάλλεται ιδιαίτερα στις συχνότητες που χρησιμοποιούνται κατά την εφαρμογή του GPR.



Εικόνα 2.3 Λόγοι στους οποίους οφείλεται η μείωση του πλάτους των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, κατά την εκπομπή τους και τη διάδοσή τους στη γη.

Το πόσο βαθιά διεισδύει ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα στο έδαφος, έχει μεγάλη σημασία στη γεωφυσική. Εάν το έδαφος ήταν τέλειος μονωτής, τότε το κύμα θα διείσδυε σε οποιαδήποτε απόσταση. Λόγω όμως της αγωγιμότητας των περισσότερων σχηματισμών, η προσπίπτουσα ενέργεια απορροφάται και το πλάτος του κύματος μειώνεται εκθετικά όταν διασχίζει τα αγωγιμα σώματα. Επιπλέον υπάρχει και η γεωμετρική διασπορά της ενέργειας όταν το κύμα δεν είναι επίπεδο. Για λόγους λοιπόν απλότητας, για τη μελέτη του βάθους διείσδυσης, το κύμα θεωρείται επίπεδο. Εκτός από τους δύο παραπάνω λόγους που αναφέρθηκαν, στο σχήμα (2.3) συνοψίζονται και οι υπόλοιποι στους οποίους οφείλεται η μείωση του πλάτους των κυμάτων κατά τη διάδοσή τους στη γη.

Οι τομές του GPR αποτελούνται από ίχνη (ραδιογράμματα) τα οποία παρέχουν τις πληροφορίες σχετικά με τη θέση και τη φύση των υπεδάφινων δομών/στόχων. Η επεξεργασία των δεδομένων που προκύπτουν από τις μετρήσεις με το ραντάρ, είναι ουσιαστικά η εξαγωγή πληροφοριών από το σήμα που λαμβάνεται από το σύστημα

	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8P22 – Τεχνική Έκθεση

και η παρουσίαση των πληροφοριών αυτών με τέτοια μορφή έτσι ώστε να είναι εύκολη η ερμηνεία τους.

Τα δεδομένα του ραντάρ πάντα «πάσχουν» από θόρυβο ο οποίος είναι γνωστός με τον όρο διάχυση (clutter). Ένα συγκεκριμένο είδος τέτοιου θορύβου, ο οποίος σχετίζεται με ανακλάσεις εξαιτίας της ανομοιογένειας του υπεδάφους, είναι και ο γεωλογικός θόρυβος. Οι ανακλάσεις αυτές οι οποίες προέρχονται από μικρούς στόχους, είναι δυνατόν να καλύψουν το σήμα που προέρχεται από τους στόχους που μας ενδιαφέρουν.

Συνήθως οι ανωμαλίες στις περιοχές όπου βρίσκονται οι στόχοι, είναι εμφανείς και χωρίς να γίνει επεξεργασία των δεδομένων. Παρόλα αυτά, η επεξεργασία είναι ένα απαραίτητο εργαλείο για την απομάκρυνση του θορύβου από τα δεδομένα και για την καλύτερη απεικόνισή τους, έτσι ώστε οι ανωμαλίες να είναι πιο εμφανείς.

Πριν από κάθε επεξεργασία στο γραφείο, ακολουθείται κατά τη διάρκεια της λήψεως των μετρήσεων και πριν αυτές αποθηκευτούν, μια διαδικασία που ονομάζεται σώρευση ή υπέρθεση, (stacking), με σκοπό να αυξηθεί ο λόγος σήματος προς θόρυβο (SNR). Πρέπει να σημειωθεί πως η διαδικασία αυτή δεν μειώνει το γεωλογικό θόρυβο.

Τελευταία διαδικασία είναι η ερμηνεία των δεδομένων. Αυτή είναι μια διαδικασία η οποία εξαρτάται κατά πολύ από το άτομο το οποίο κάνει την ερμηνεία και λαμβάνει χώρα μετά την επεξεργασία των δεδομένων. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές επεξεργασίας περιγράφονται παρακάτω.

Η ενίσχυση είναι μια διαδικασία που εφαρμόζεται στα δεδομένα για να αντισταθμίσει την απόσβεση του σήματος καθώς διαδίδεται στο υπέδαφος. Μιας και το σήμα που προέρχεται από μεγάλα βάθη είναι πολύ ασθενές, για αυτό το λόγο η εικόνα που λαμβάνεται για αυτά τα βάθη είναι δυσδιάκριτη, γεννιέται η ανάγκη για ενίσχυση έτσι ώστε να αντιμετωπιστεί η ισχυρή αυτή απόσβεση του σήματος του ραντάρ.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα κατά την εφαρμογή αυτού του είδους της επεξεργασίας, είναι ότι ενισχύεται και ο θόρυβος, ιδιαίτερα στους μεγάλους χρόνους. Ακόμη λόγω του ότι η απόσβεση στο έδαφος ποικίλει, δεν είναι εύκολο να προβλεφθεί κατά πόσο θα εξασθενήσει ο παλμός του ραντάρ διαπερνώντας διάφορα υλικά. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ενίσχυσης αλλά το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο είναι η ενίσχυση αυτόματου ελέγχου (Automatic Gain Control - AGC) Η συγκεκριμένη ενίσχυση εξισώνει τα πλάτη του παλμού σε όλο το μήκος του ίχνους του ραντάρ. Η ενίσχυση είναι αντιστρόφως ανάλογη

	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8P22 – Τεχνική Έκθεση

με το μέγεθος του σήματος. Έτσι στις περιοχές όπου το σήμα είναι ασθενές, η ενίσχυση είναι μεγάλη και αντίστροφα.

Πλεονεκτήματα της μεθόδου GPR

Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι:

- η ταχύτητα απόκτησης δεδομένων
- η ακρίβεια στην οριζόντια και κάθετη απεικόνιση
- η υπεδάφια απεικόνιση υψηλής ανάλυσης και
- ότι συγκαταλέγεται στις μη-καταστροφικές μεθόδους.



Εικόνα 2.4: Φωτογραφία του συστήματος γεωραντάρ κατά τη διάρκεια γεωφυσικών διασκοπήσεων. Ο εξοπλισμός που φαίνεται στη φωτογραφία αποτελείται από: - Μονάδα Ελέγχου GX, - θωρακισμένη κεραία κεντρικής συχνότητας 750 MHz, - οθόνη XV11.

	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8P22 – Τεχνική Έκθεση

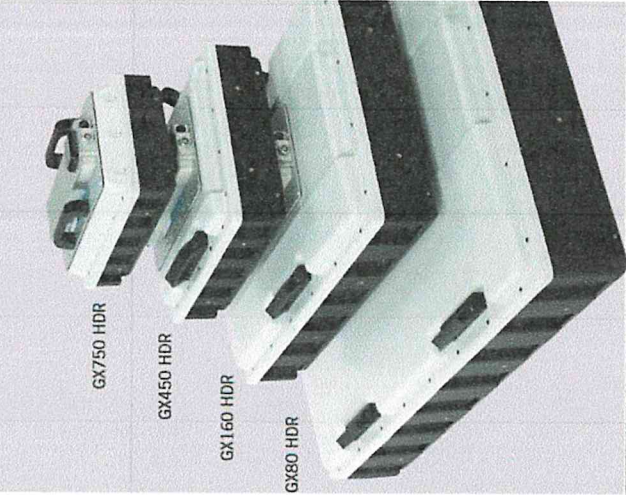
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ

Περιγραφή του εξοπλισμού & του λογισμικού (GPR)

Το σύστημα που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη εφαρμογή αποτελείται από το:

- Μονάδα ελέγχου – GX
- Τη θωρακισμένη κεραία κεντρικής συχνότητας 750 MHz
- Τη θωρακισμένη κεραία κεντρικής συχνότητας 450 MHz
- Σύστημα CX12 με κεραία 1,6 GHz
- Οθόνη / Ηλ. Υπολογιστής XV11

του Σουηδικού Οίκου της Mala Geoscience. Τα λογισμικά πακέτα για την επεξεργασία και ερμηνεία των μετρήσεων είναι το GPRSlice (έκδοση v. 7c) και το RADExplorer.

GPR Εξοπλισμός/ Mala Geoscience			
Μονάδα Ελέγχου	Θωρακισμένες Κεραίες 450 και 750 MHz	Οθόνη ΗΛ.Υ – XV11	
			

	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου 8P22 – Τεχνική Έκθεση
---	---	--

CX12 Concrete shielded antenna 1,6 GHz	
---	--

	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8P22 – Τεχνική Έκθεση

3.0 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ

Οι εργασίες πεδίου έλαβαν χώρα την 24^η & 25^η Φεβρουαρίου 2022 ενώ η ανάλυση, επεξεργασία, ερμηνεία των δεδομένων και η σύνταξη της Τελικής Τεχνικής Έκθεσης έγιναν έως την 8^η Απριλίου 2022.

Οι γεωφυσικές διασκοπήσεις με τη μέθοδο του γεωραντάρ έλαβαν χώρα σε προκαθορισμένες θέσεις σε συνεργασία με τον πελάτη (Εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.1: Φωτογραφία του Ναού με τον γεωφυσικό εξοπλισμό.



Εικόνα 3.2: Φωτογραφία από τις διασκοπήσεις στο εσωτερικό του Ναού.

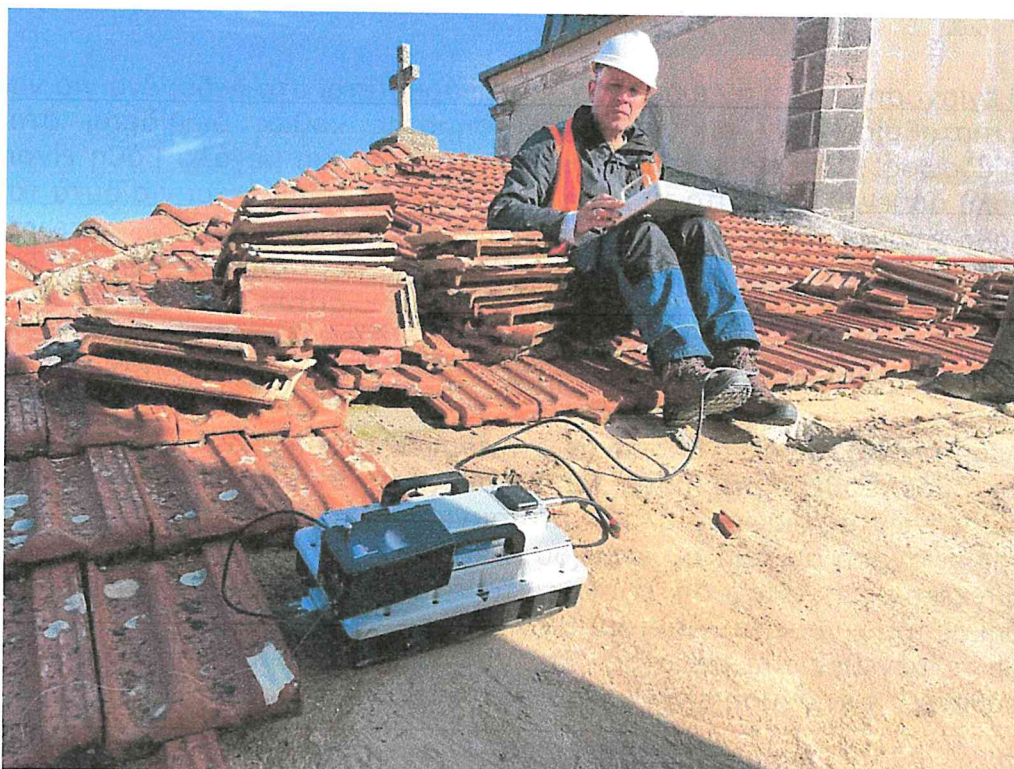
	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8P22 – Τεχνική Έκθεση

4.0 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η αξιολόγηση των γεωφυσικών διασκοπήσεων κρίνεται πετυχημένη, αναφορικά με τον αρχικό στόχο της έρευνας.

Το βάθος διείσδυσης του ηλεκτρομαγνητικού παλμού σε σχέση με την ανάλυση των δεδομένων (Ραδιογράμματα) κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική. Οι στόχοι που σχετίζονται με την παρουσία θαμμένων δομών είναι χαρακτηριστικοί και παρουσιάζονται στο τοπογραφικό σχέδιο.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα βήματα επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων ώστε να προκύψουν τα τελικά αποτελέσματα βάση των οποίων έγινε η ερμηνεία και η αποτύπωση των «στόχων» στο τοπογραφικό υπόβαθρο.



Εικόνα 4.1: Φωτογραφία από το σύστημα Γεωραντάρ του Σουηδικού οίκου της Mala Geoscience στην στέγη του Ναού.

	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8P22 – Τεχνική Έκθεση

ΑΝΑΛΥΣΗ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΡΑΔΙΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Τα δεδομένα του ραντάρ πάντα «πάσχουν» από θόρυβο ο οποίος είναι γνωστός με τον όρο διάχυση (*clutter*). Ένα συγκεκριμένο είδος τέτοιου θορύβου, ο οποίος σχετίζεται με ανακλάσεις εξαιτίας της ανομοιογένειας του υπεδάφους, είναι και ο γεωλογικός θόρυβος. Οι ανακλάσεις αυτές οι οποίες προέρχονται από μικρούς στόχους, είναι δυνατόν να καλύψουν το σήμα που προέρχεται από τους στόχους που μας ενδιαφέρουν. Συνήθως οι «ανωμαλίες» στις περιοχές όπου βρίσκονται οι στόχοι, είναι εμφανείς και χωρίς να γίνει επεξεργασία των δεδομένων.

Η επεξεργασία είναι ένα απαραίτητο εργαλείο για την απομάκρυνση του θορύβου από τα δεδομένα και για την καλύτερη απεικόνισή τους, έτσι ώστε οι «επιφάνειες ανάκλασης» να είναι πιο εμφανείς. Πριν την επεξεργασία στο γραφείο, κατά τη διάρκεια της λήψεως των μετρήσεων και πριν αυτές αποθηκευτούν, έγινε μια διαδικασία που ονομάζεται σώρευση, (*stacking*), με σκοπό να αυξηθεί ο λόγος σήματος προς θόρυβο (*SNR*). Πρέπει να σημειωθεί πως η διαδικασία αυτή δεν επηρεάζει το «γεωλογικό θόρυβο».



Ενίσχυση (Gain)

Η ενίσχυση είναι μια διαδικασία που εφαρμόζεται στα δεδομένα για να αντισταθμίσει την απόσβεση του σήματος καθώς διαδίδεται στο υπέδαφος. Μιας και το σήμα που προέρχεται από μεγάλα βάθη είναι πολύ ασθενές, για αυτό το λόγο η εικόνα που λαμβάνεται για αυτά τα βάθη είναι δυσδιάκριτη, γεννιέται η ανάγκη για ενίσχυση έτσι ώστε να αντιμετωπιστεί η ισχυρή αυτή απόσβεση του σήματος του ραντάρ. Το μεγαλύτερο πρόβλημα κατά την εφαρμογή αυτού του είδους της επεξεργασίας, είναι ότι ενισχύεται και ο θόρυβος, ιδιαίτερα στους μεγάλους χρόνους.

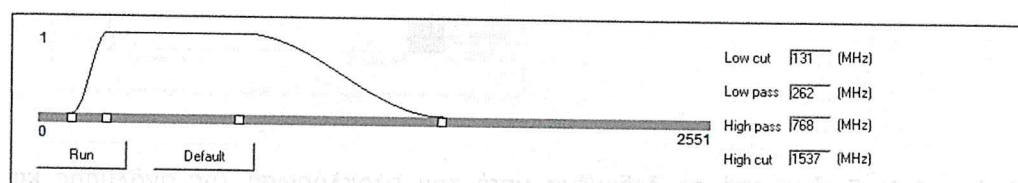
Ακόμη λόγω του ότι η απόσβεση στο έδαφος ποικίλει, δεν είναι εύκολο να προβλεφθεί κατά πόσο θα εξασθενήσει ο παλμός του ραντάρ διαπερνώντας διάφορα υλικά. Στη συγκεκριμένη μελέτη έγινε χρήση της ενίσχυση αυτόματου ελέγχου (*Automatic Gain Control - AGC*). Η συγκεκριμένη ενίσχυση εξισώνει τα πλάτη του παλμού σε όλο το μήκος του ίχνους του ραντάρ. Η ενίσχυση είναι αντιστρόφως ανάλογη με το μέγεθος του σήματος. Έτσι στις περιοχές όπου το σήμα είναι ασθενές, η ενίσχυση είναι μεγάλη και αντίστροφα.

	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8Ρ22 – Τεχνική Έκθεση



Φίλτρο διέλευσης ζώνης συχνοτήτων

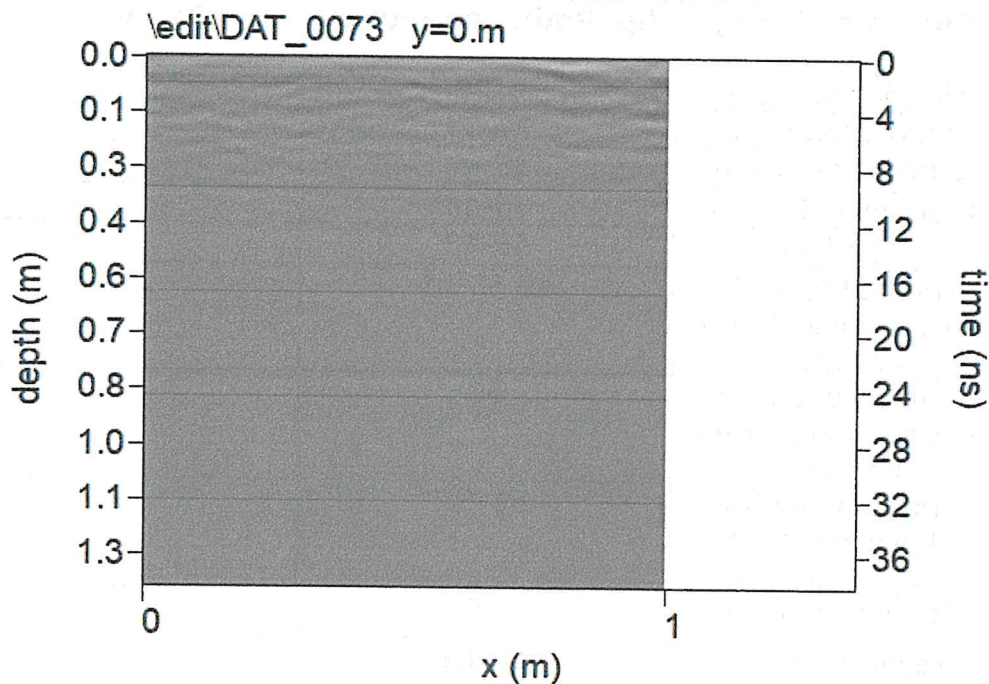
Εφαρμόστηκε συνδυασμός φίλτρων διέλευσης υψηλών «Low pass» και χαμηλών συχνοτήτων «High pass», ένα φίλτρο διέλευσης ζώνης συχνοτήτων όπως ονομάζεται, στοχεύοντας την απομάκρυνση συχνοτήτων που βρίσκονται εκτός της περιοχής που έχει οριστεί ως *pass band*.



Εικόνα 4.2: Εικόνα από το λογισμικό RadExplorer όπου γραφικά απεικονίζεται το φίλτρο διέλευσης και αποκλεισμού ζώνης συχνοτήτων όπως εφαρμόστηκε στα πρωτογενή δεδομένα.

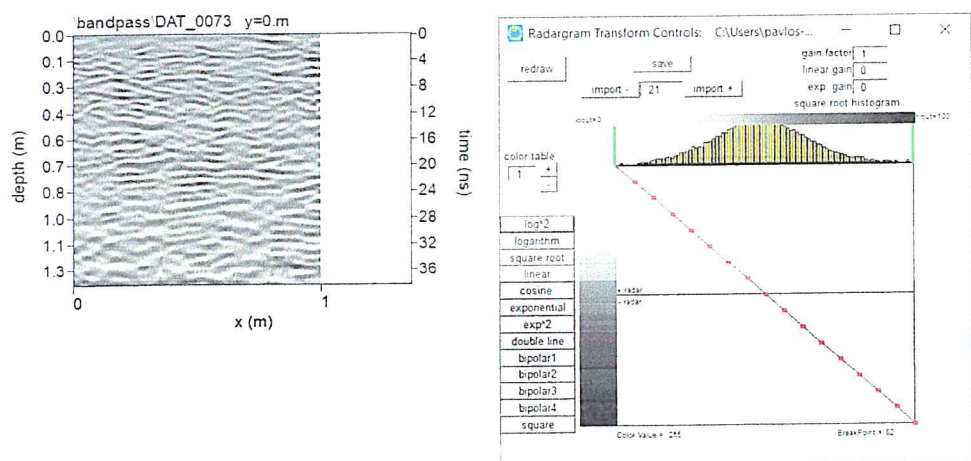


Πρωτογενή δεδομένα (αρχείο τύπου *.rad)



Εικόνα 4.3: Εικόνα από τα πρωτογενή δεδομένα. Ραδιογράμμα Νο73.

 Δεδομένα μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας



Εικόνα 4.4: Εικόνα από τα δεδομένα μετά την ολοκλήρωση της ανάλυσης και επεξεργασίας.

Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το ραδιογράμμα Νο73 μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας ανάλυσης και επεξεργασίας με το λογισμικό GPRSlice.

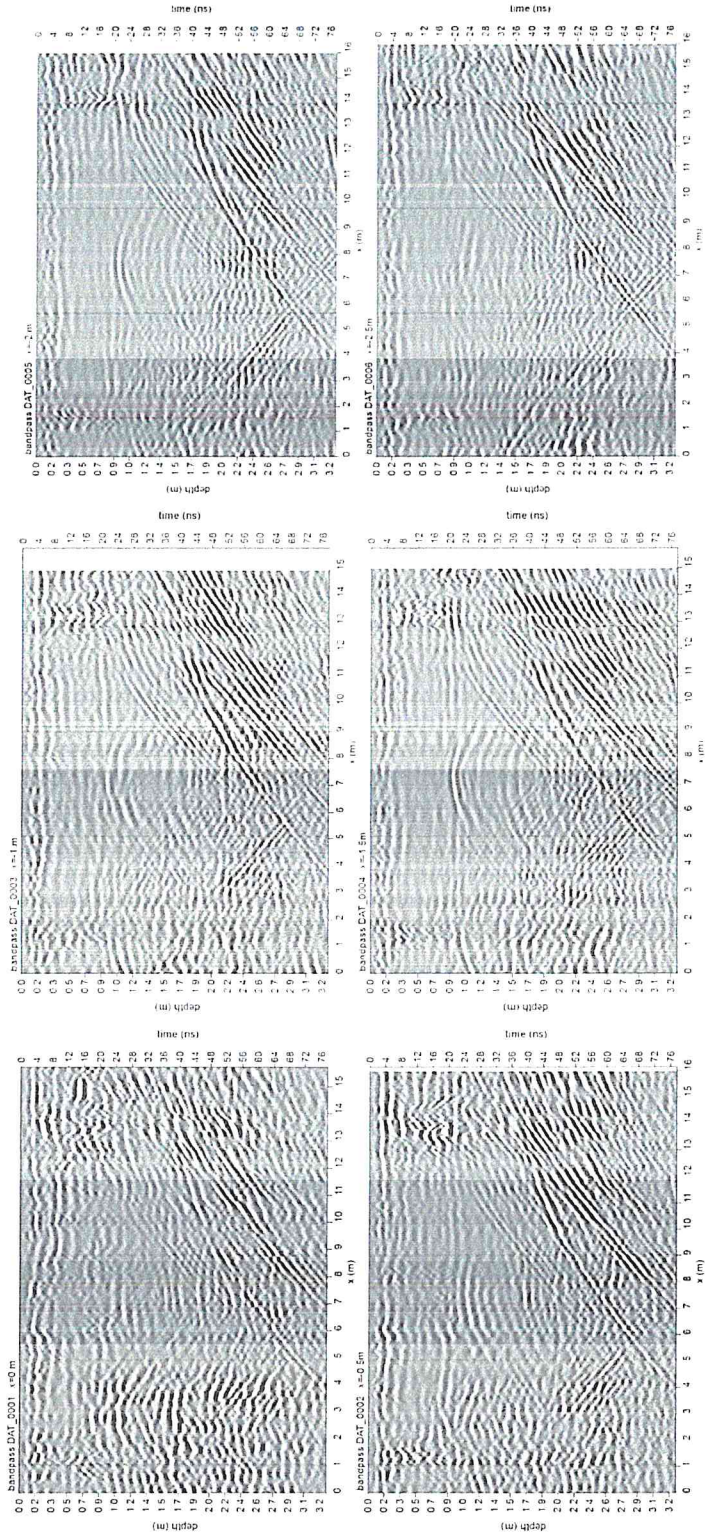
Σημείο Μελέτης	Αρ. Ραδιογραμμάτων	Σχόλια
Δάπεδο του Ναού	1-28	
Υποστύλωμα Κ1	29-34	
Δάπεδο του Ιερού	35-42	
Εξωτερικό δάπεδο	43-44	
Τοιχίο Ιερού	45-48	
Υποστύλωμα Κ2 (Καμπαναριό-Νότια πλευρά)	49,63-66	
Παλαιό μαρμάρινο υποστύλωμα (Δυτική πλευρά)	50	
Υποστύλωμα Κ3 (Γυναικωνίτης) Κάτοψη στέγης	51-53	
Κάτοψη τρούλου	58	
Τοιχίο τρούλου	59-62	

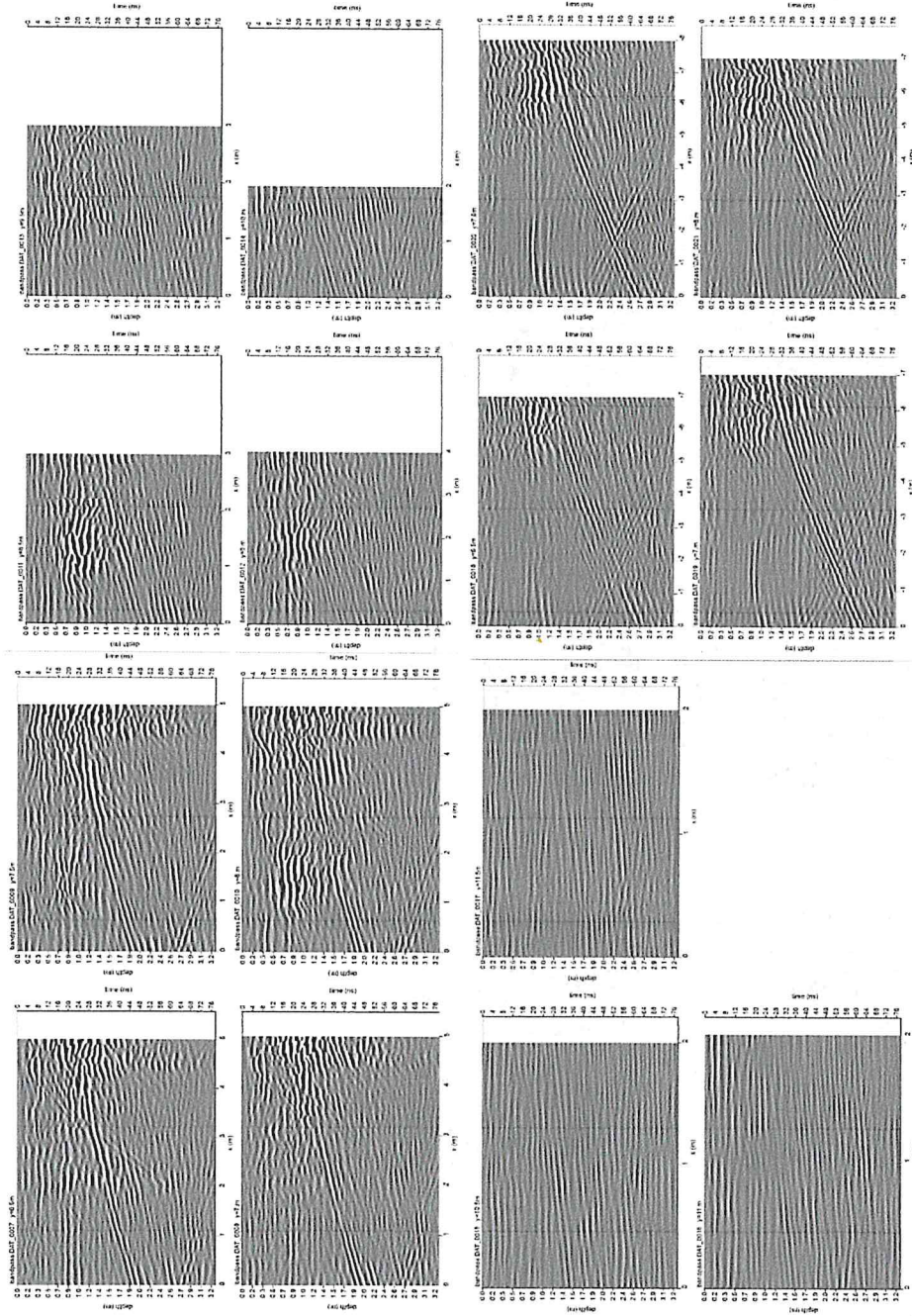
	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8P22 – Τεχνική Έκθεση

Σημείο Μελέτης	Αρ. Ραδιογραμμάτων	Σχόλια
Κάτω από την πλάκα του παραθύρου (Νότια πλευρά)	67-69	
Κάτω από την πλάκα της στέγης (Νότια πλευρά)	70-72	
Κάτω από την πλάκα της στέγης (Βόρεια πλευρά)	73-75	
Τοιχίο καμpanαριού	76-82	

Αποτελέσματα της μεθόδου του γεωραντάρ με τη μορφή ραδιογραμμάτων (2D radargrams)

Δάπεδο του Ναού



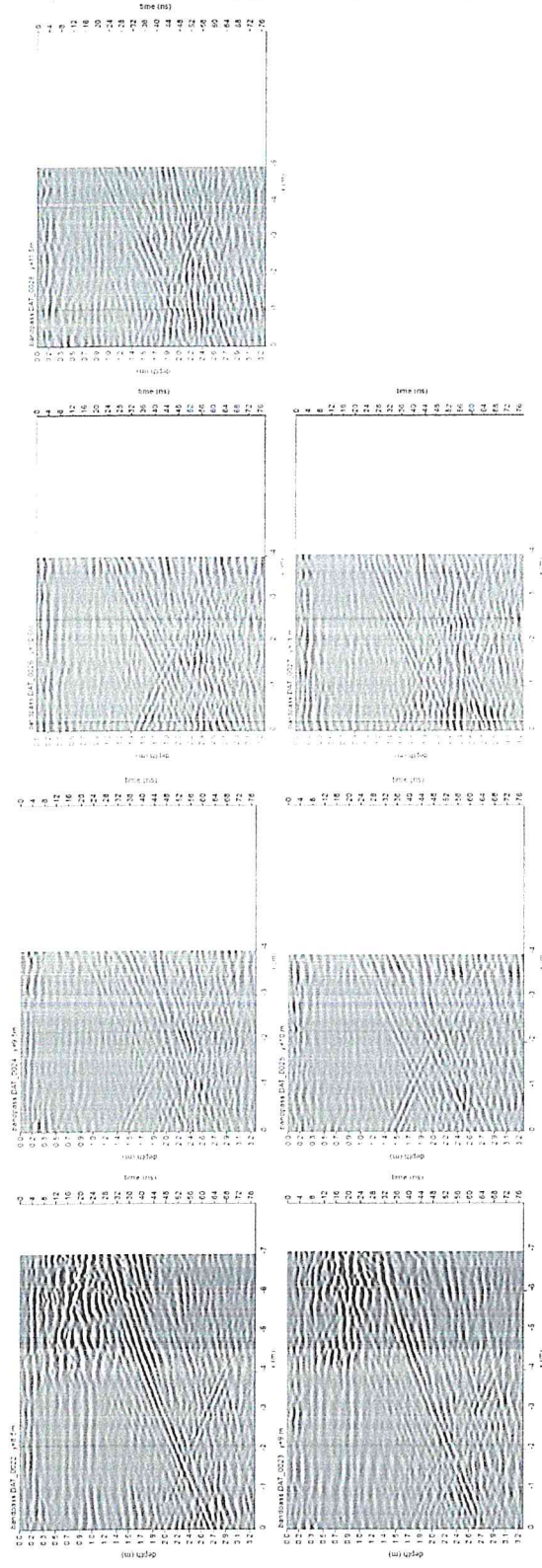




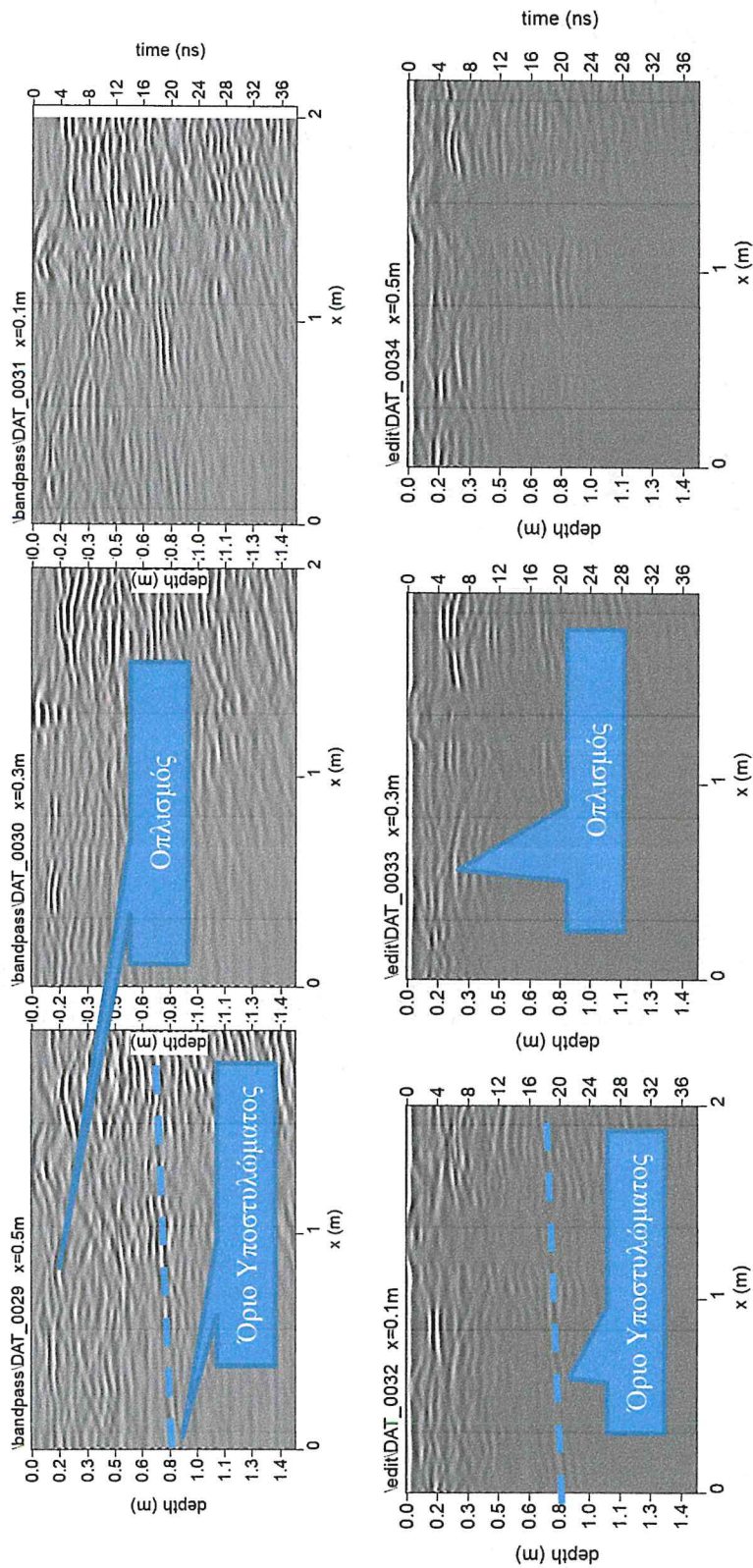
ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ
ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ

Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου

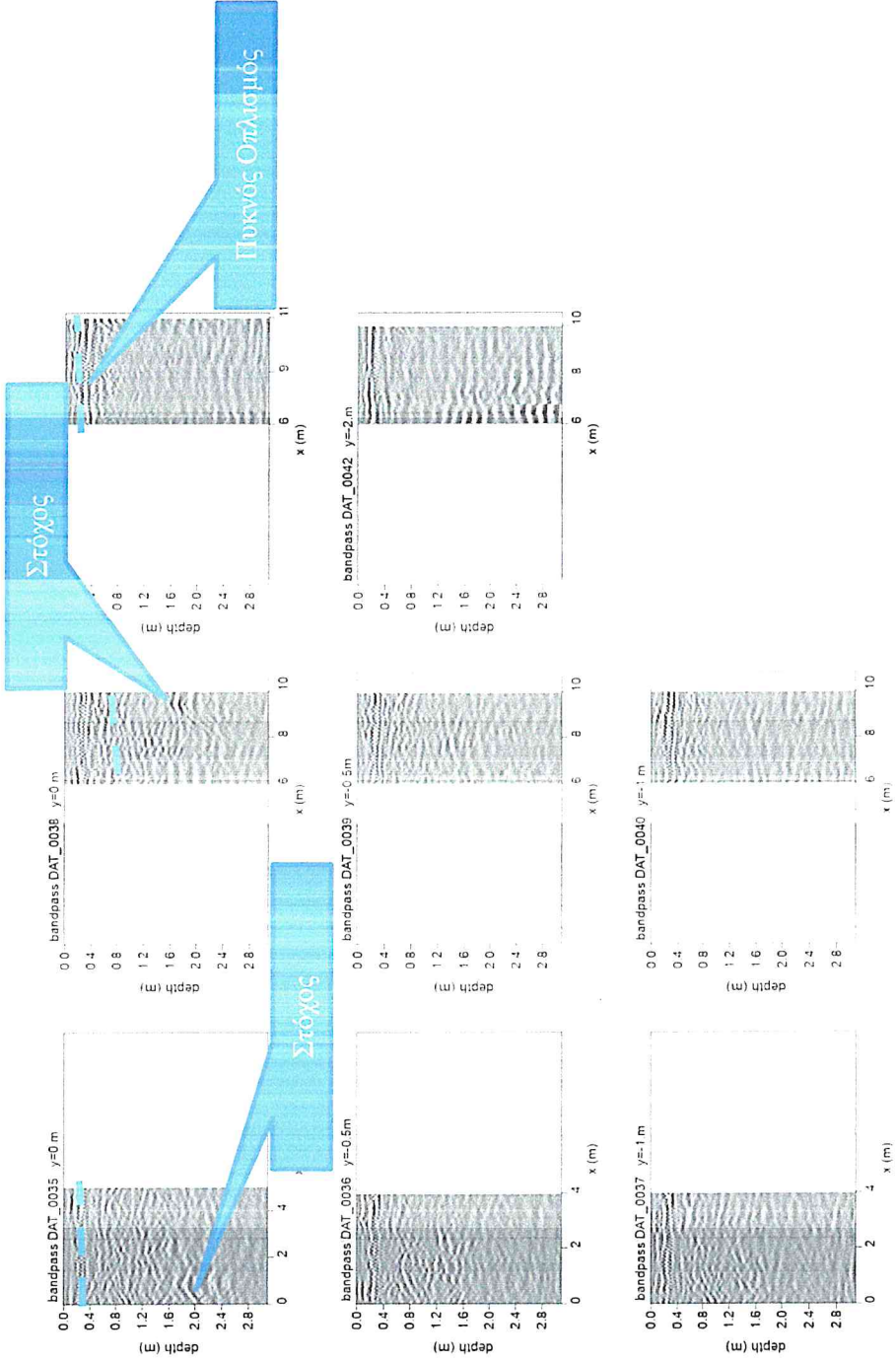
8Ρ22 – Τεχνική Έκθεση



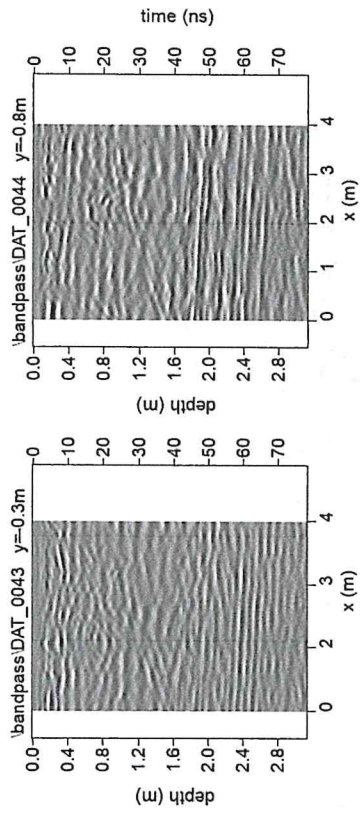
Υποσύλλωμα Κ1



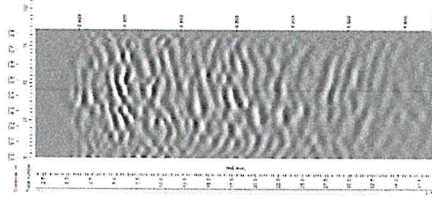
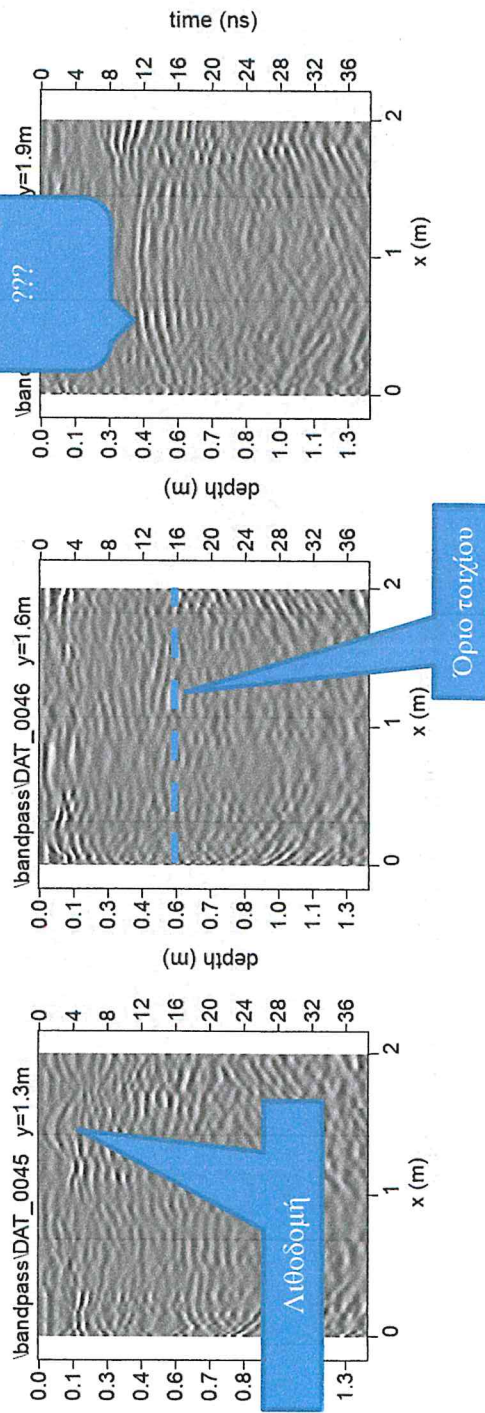
Δάπεδο του Ιερού



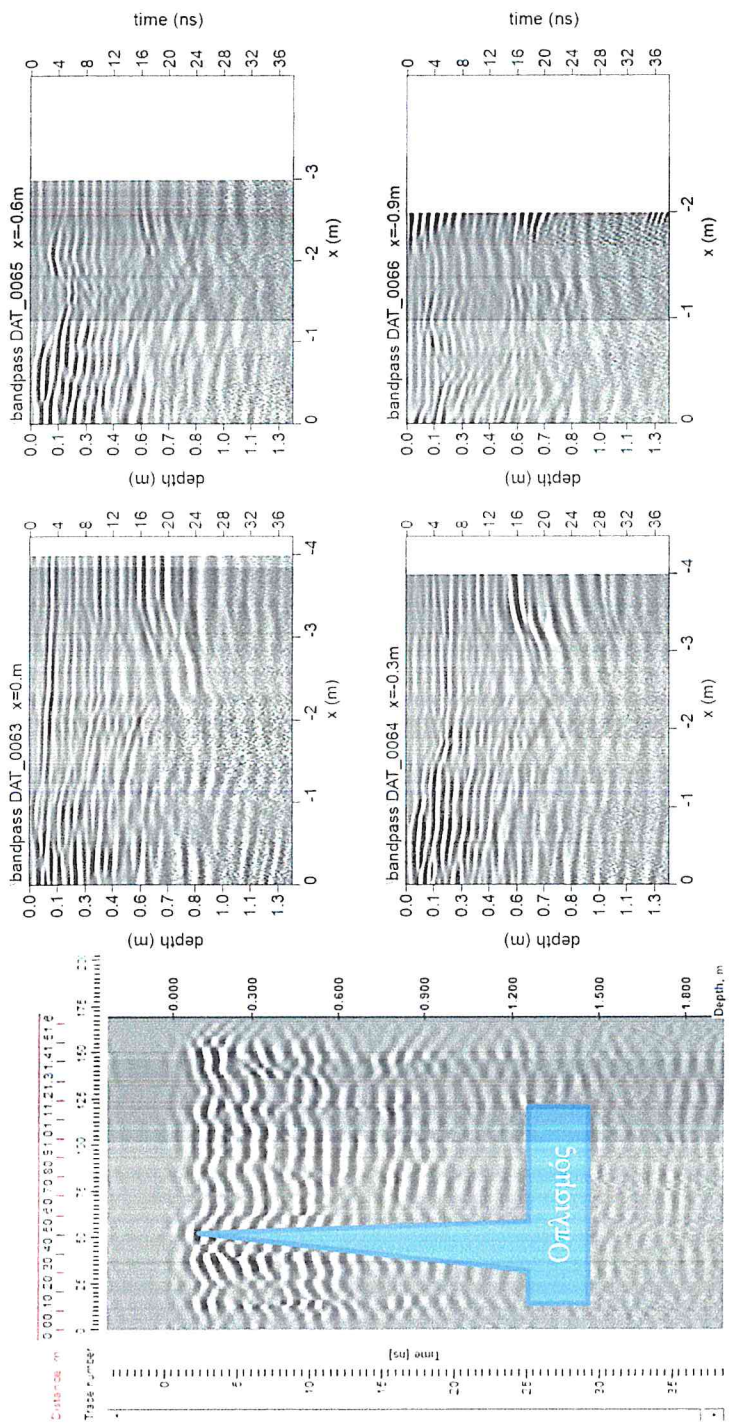
Εξωτερικό δάπεδο



Τοίχιο Ιερού

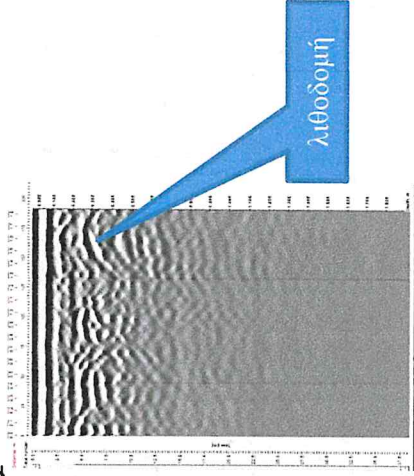


Υποσύλλωμα K2 (Καμπαναριό-Νότια πλευρά)

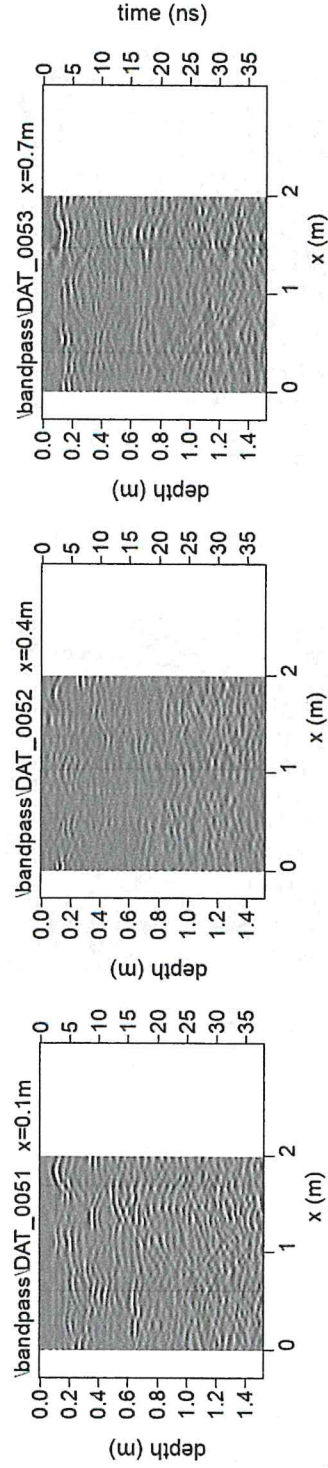


	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ	
	ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	8P22 – Τεχνική Έκθεση
Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου		

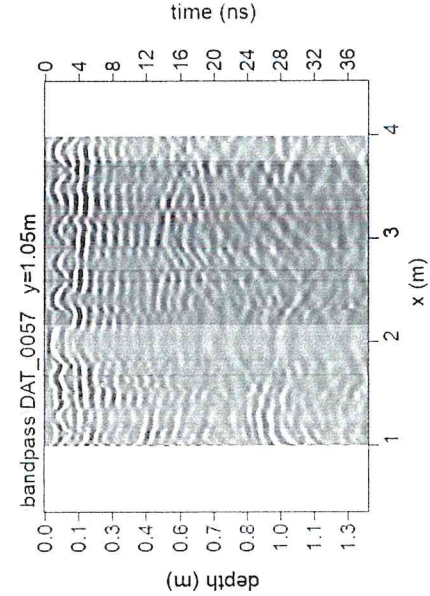
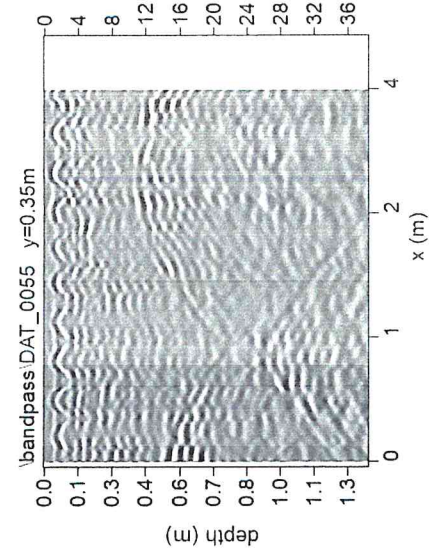
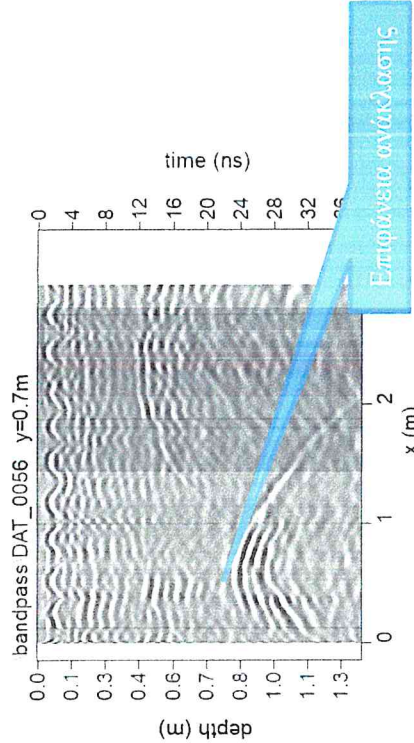
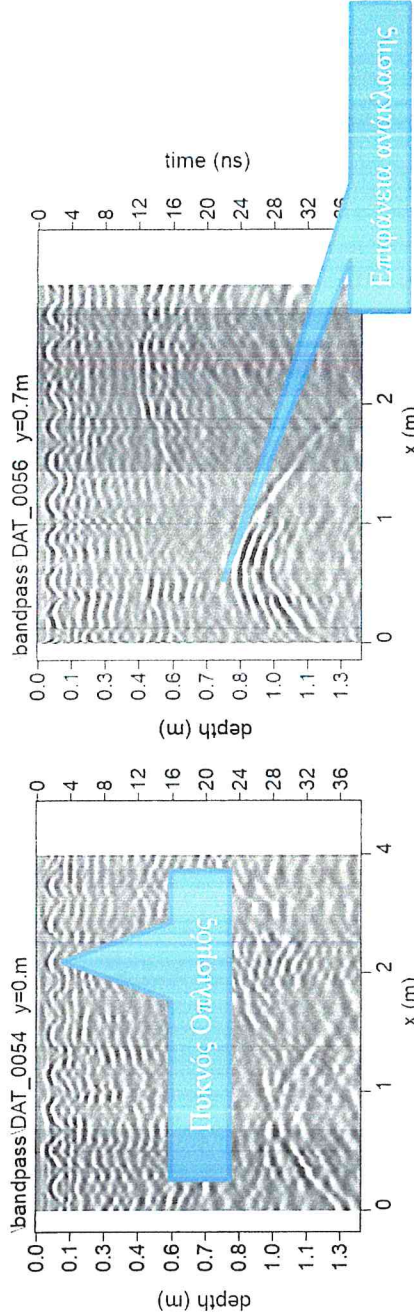
Παλαιό μαρμάρινο υποστύλωμα (Δυτική πλευρά)



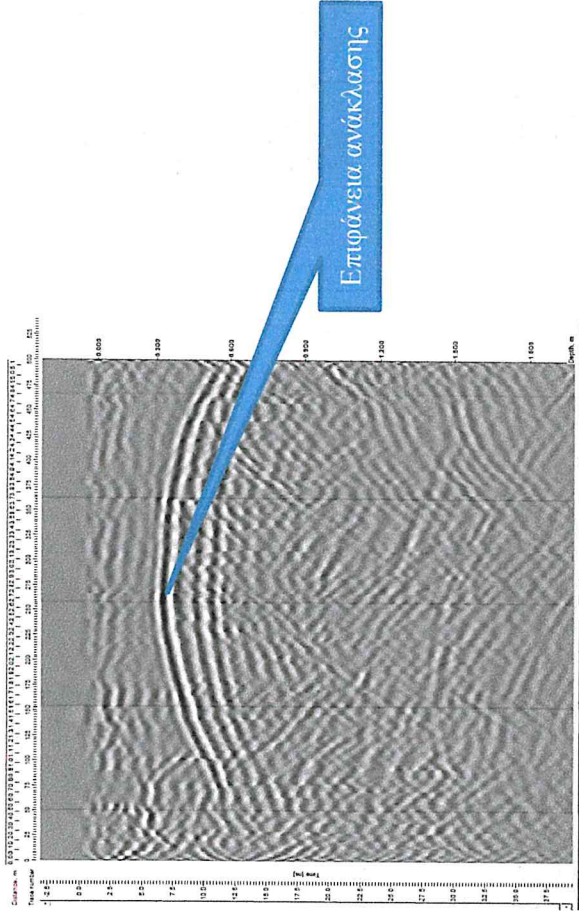
Υποστύλωμα K3 (Γυναικωνίτης)



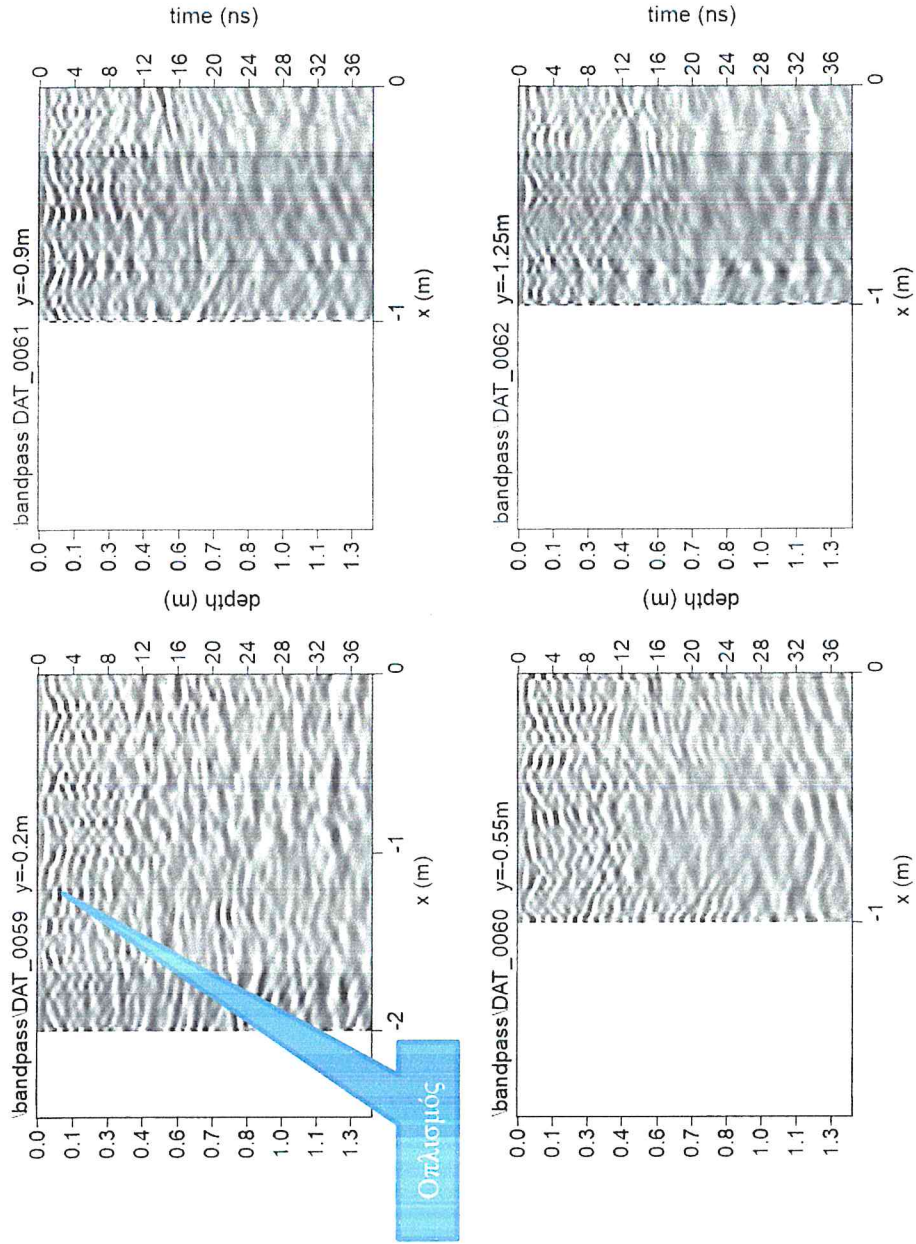
Κάτωψη στέγης



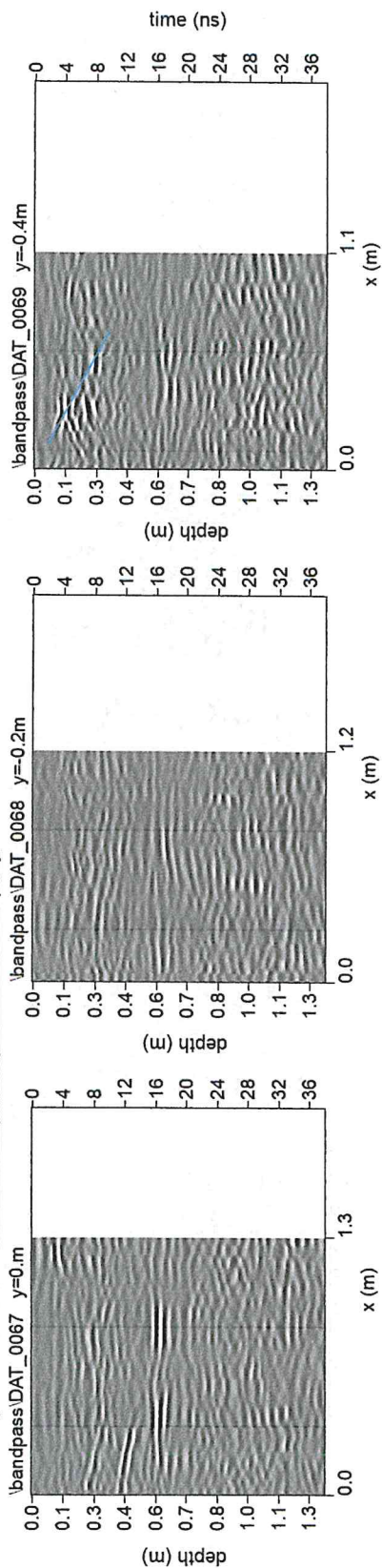
Κάτοψη τρούλου



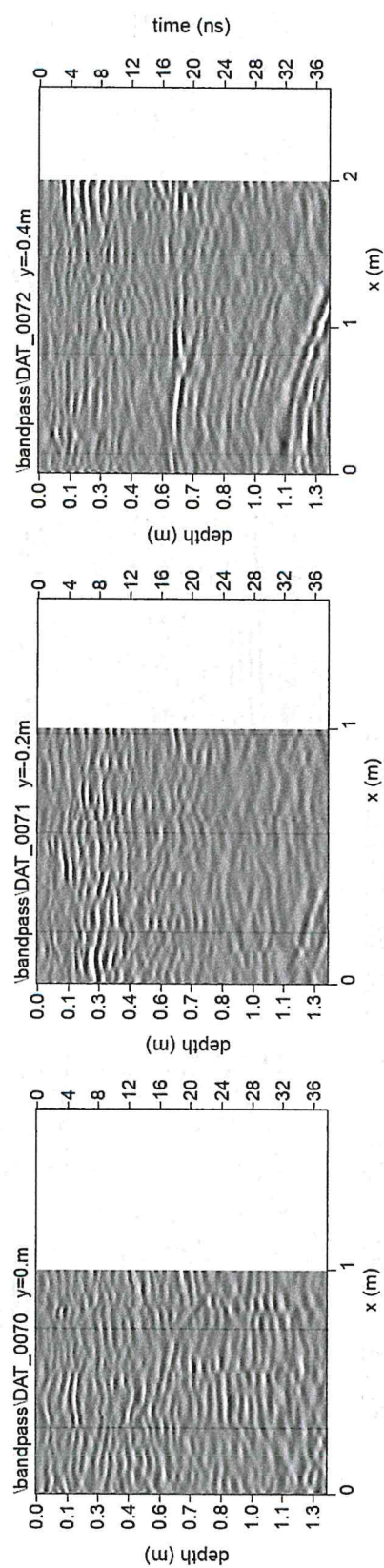
Τοιχίο τρούλου



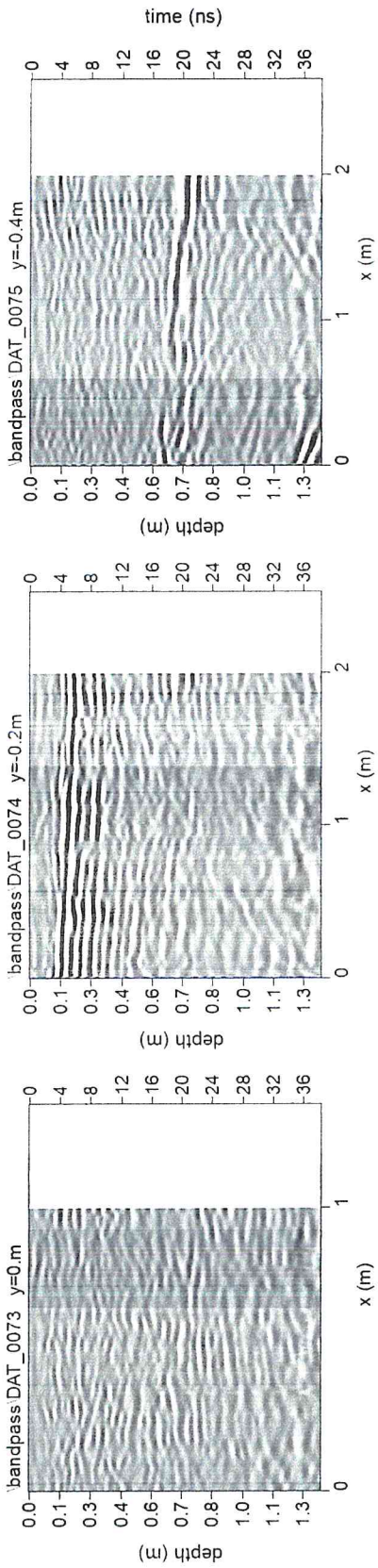
Κάτω από την πλάκα του παραθύρου (Νότια πλευρά)



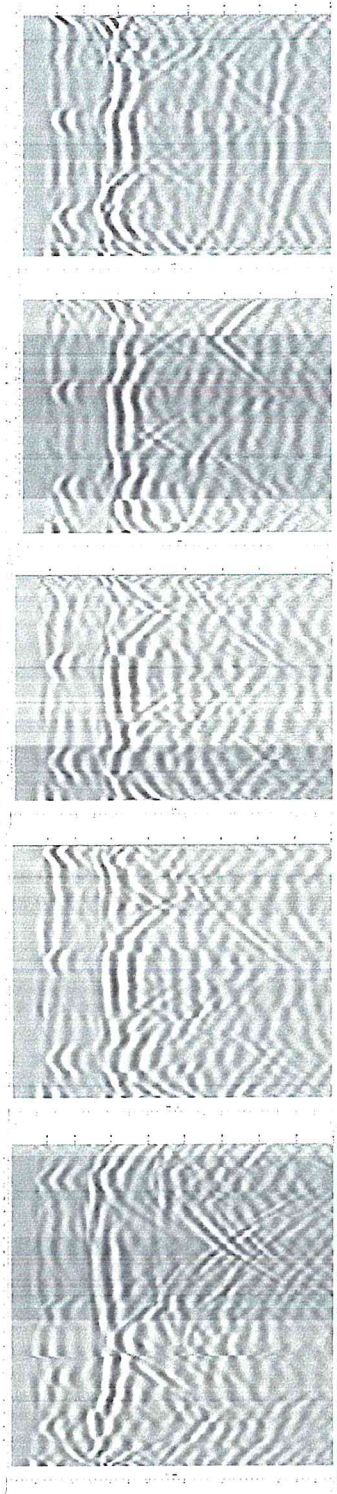
Κάτω από την πλάκα της στέγης (Νότια πλευρά)

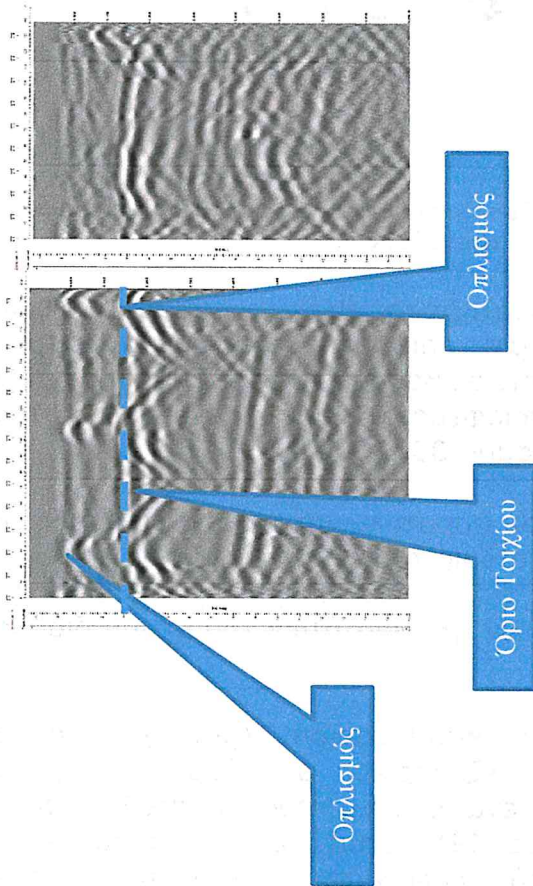


Κάτω από την πλάκα της στέγης (Βόρεια πλευρά)



Τοιχίο καμπαναριού

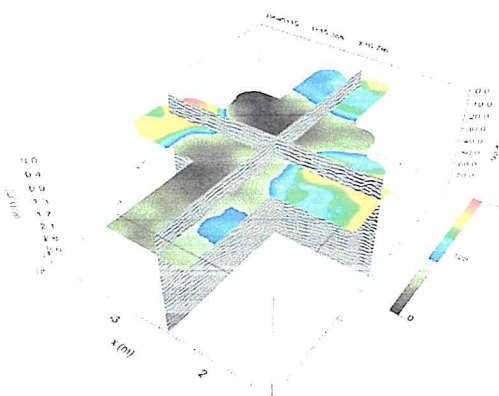




5.0 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την αναλυτική επεξεργασία και ερμηνεία των δεδομένων από τις γεωφυσικές διασκοπήσεις με τη μέθοδο του γεωραντάρ προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Όσον αφορά το δάπεδο του Ναού, φαίνεται να υπάρχει επιφανειακά ένας αραιός οπλισμός και σε μεγαλύτερα βάθη εμφανίζονται περιοχές υψηλής ανάκλασης σήματος που φαίνεται να σχετίζονται με την θεμελίωση (πεδυλοδοκοί).



Εικόνα 5.1: Depth Slice από το δάπεδο του ναού, βάθους 0.7m, συνδυασμένο με ραδιογράμματα.

- Στο δάπεδο του ιερού παρατηρείται ένας πυκνός επιφανειακός οπλισμός. Παρατηρείται μια επιφάνεια αλλαγής ηλεκτρικών ιδιοτήτων στο μέσο διάδοσης σε βάθος ~ 0.8 μ. Συμπληρωματικά παρατηρήθηκε ένας ενδιαφέρον προς συζήτηση στόχος συγκεκριμένα στο ραδιόγραμμα 35.
- Στην μελέτη του εσωτερικού υποστυλώματος K1 ο οπλισμός είναι σε βάθος 20-30 εκ., ενώ το όριο του υποστυλώματος στα 80 εκ. Σε ύψος 1.5 μ. από την βάση του υποστυλώματος διαφοροποιείται το υλικό από την αλλαγή των ηλ. Ιδιοτήτων του μέσου διάδοσης του ηλ. παλμού.
- Στα υποστυλώματα του καμπαναριού (ραδιόγραμμα 50) οριοθετείτε το πάχος του εξωτερικού μαρμάρου καθώς και η λιθοδομή πίσω από αυτό, ενώ στα νεότερα υποστυλώματα του καμπαναριού (ραδιόγραμμα 49) αποτυπώνεται ο οπλισμός. Στο τοίχιο του καμπαναριού εμφανίζεται στρώση οπλισμού επιφανειακά σε ποιο βαθιά.

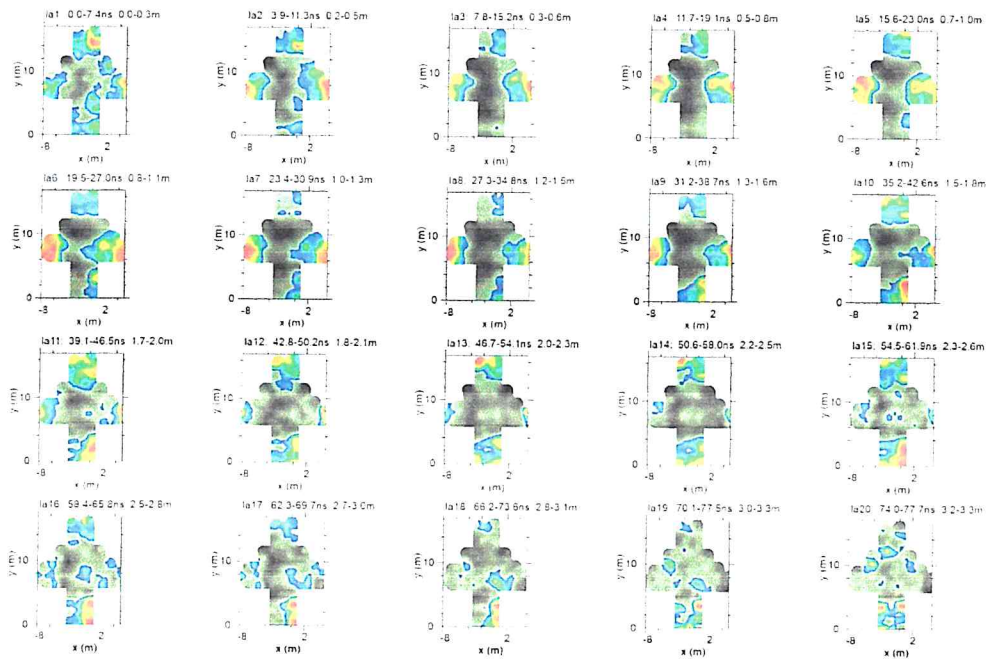
	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8P22 – Τεχνική Έκθεση



Εικόνα 5.2: Φωτογραφία από το παλιό (αριστερά) και το νέο (δεξιά) υποστύλωμα του καμπαναριού.

-  Στον τρούλο, από την τομή στο εσωτερικό του, αποτυπώνεται η επιφάνεια ανάκλασης στα 50 εκ. και από τις τομές που πραγματοποιήθηκαν στο τοίχιο του, χαρτογραφείται πυκνός επιφανειακός οπλισμός.
-  Τα ραδιογράμματα στην εξωτερική τοιχοποιία του Ναού φαίνεται μία επιφάνεια αλλαγής ηλεκτρικών ιδιοτήτων του υλικού στο βάθος των 60 εκ.
-  Στα πλαϊνά παράθυρα κάτω από την στέγη εμφανίζονται (και οπτικά) επιφανειακές διαρρήξεις, οι οποίες δεν δείχνουν να επεκτείνονται βαθύτερα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – Α
DEPTH SLICES



	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ) ΣΤΟΝ ΝΑΟ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ – ΚΙΝΟΥΡΙΑ	
	Προς: Αθανάσιο Αρβανιτόγλου	8P22 – Τεχνική Έκθεση

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – Β

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

 Daniels, J.J., Grumman, D., and Vendl, M., 1997, Vertical Incident Three Dimensional GPR: Jour. Env. Eng. Geoph., V. 2, No. 2, p. 1 - 9

 Daniels, J.J., Brower, J., and Baumgartner, F., 1998, High resolution GPR at Brookhaven National Laboratory to delineate complex subsurface targets: Journal of Environmental and Engineering Geophysics, Vol. 3, No. 1, p. 1 - 5

 Daniels, D. G., 2004, Ground Penetrating Radar 2nd Edition, p. 247 – 349

 Loke, M. H. 2000. Electrical Imaging Survey for Environmental and Engineering Studies. 06/03/2009.

 Telford, Geldart Sheriff & Keys, 1976, Applied Geophysics, p. 632 – 700



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ
ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 9, 157 80 ΖΩΓΡΑΦΟΥ



Τεχνική Έκθεση

Σκληρομετρήσεις για τον προσδιορισμό της αντοχής χαλύβδινων ελασμάτων

**Ι.Ν ΑΠΟΣΤΟΛΩΝ ΠΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΠΑΥΛΟΥ – ΑΓΙΟΣ ΠΕΤΡΟΣ ΔΗΜΟΥ ΒΟΡΕΙΑΣ
ΚΥΝΟΥΡΙΑΣ**

Συντάκτες

Ι. Βάγιας – Ξ. Λιγνός – Σ. Παπαβιέρους – Σ. Κατσατσιδης

Εργοδότης: ΑΡΒΑΝΙΤΟΓΛΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Πολιτικός Μηχανικός

Οκτώβριος 2022

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

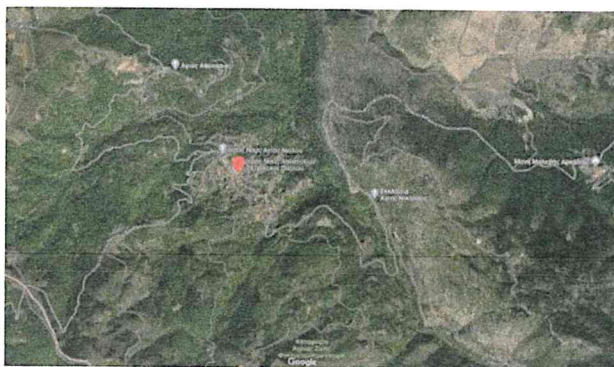
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
2.ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΑ.....	4
3.ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	5
4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΩΝ ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	7
5.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	9
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	9
7.ΦΟΡΜΕΣ ΔΟΚΙΜΩΝ.....	10

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα τεχνική έκθεση αφορά την διερεύνηση της αντοχής δοκιμίων από χάλυβα.

Τα δοκίμια ελήφθησαν από τον Ι.Ν των Αποστόλων Πέτρου και Παύλου ο οποίος βρίσκεται στο κεφαλοχώρι Άγιος Πέτρος του δήμου Βόρειας Κυνουρίας.

Λόγω της μνημειακής σημασίας που έχει ο Ι.Ν, δεν ήταν εφικτό να κοπούν τμήματα ικανού μήκους προκειμένου να υποβληθούν σε δοκιμές εφελκυσμού. Επομένως η εύρεση της αντοχής των χαλύβδινων δοκιμίων, έγινε μέσω σκληρομετρήσεων, της μεθόδου Brinell.



Θέση έργου



Έργο: Ι.Ν των Αποστόλων Πέτρου και Παύλου

Τα δοκίμια ελήφθησαν από τον εργοδότη και παραδόθηκαν από τον ίδιο στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π, στην διεύθυνση Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφου Αττικής.

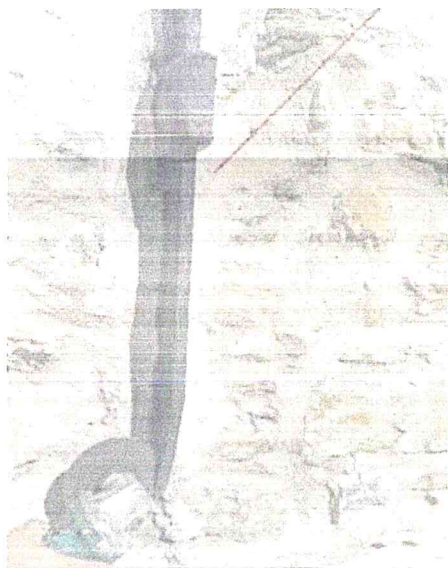
Συνολικά παραδόθηκαν τέσσερα χαλύβδινα δοκίμια (βλ. Εικόνα 1), οι πληροφορίες των οποίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.



Εικόνα 1. Τα χαλύβδινα δοκίμια όπως ελήφθησαν.

Πίνακας 1. Πληροφορίες Δοκιμών

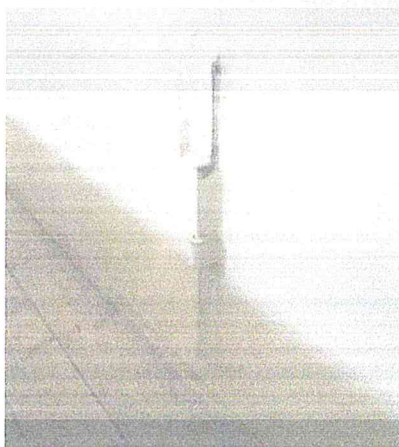
ΔΟΚΙΜΙΟ	ΔΙΑΤΟΜΗ	ΘΕΣΗ ΣΤΟ ΕΡΓΟ
A	Έλασμα	Τμήμα κλειδιού ελκυστήρα Β' Στάθμης Βόρειας όψης, εξωτερικό.
Τμήμα κλειδιού Νότιας Όψης	Έλασμα	Εξωτερικό τμήμα κλειδιού ελκυστήρα Β' Στάθμης Νότιας όψης, εξωτερικό .
B	Έλασμα	Εσωτερικό τμήμα κλειδιού ελκυστήρα Α' Στάθμης παταριού Δυτικής όψης, εσωτερικό.
Σίδερο Στέγης	Ράβδος οπλισμού	Στέγη



Εικόνα 2. Δοκίμιο Α



Εικόνα 3. Θέση δοκιμίου Α



Εικόνα 3. Δοκίμιο Β

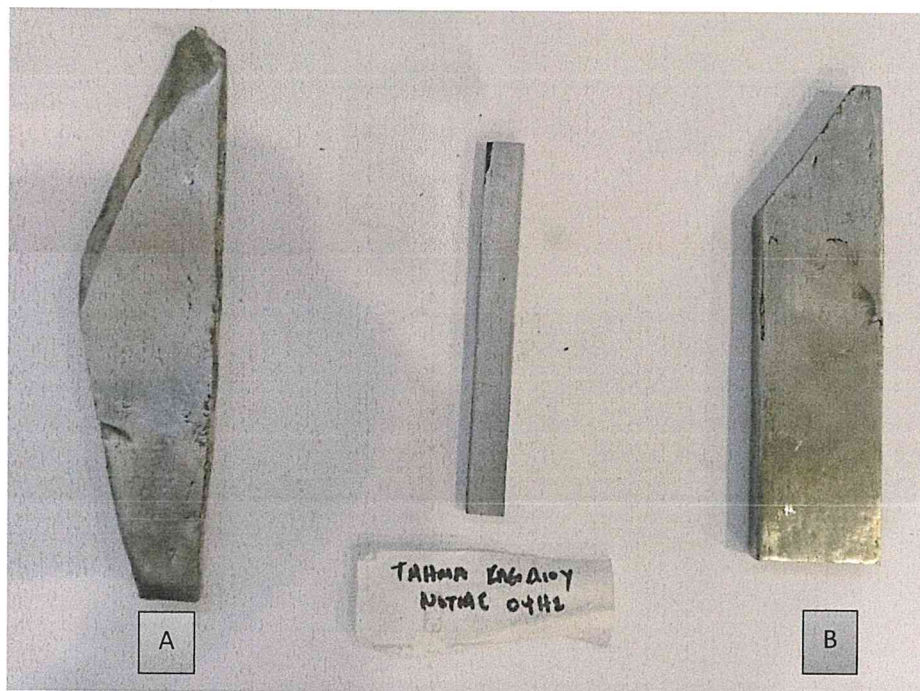
2.ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΑ

Τα δοκίμια υποβλήθηκαν σε μηχανουργική κατεργασία προ της σκληρομέτρησης με σκοπό την εξομάλυνση της επιφάνειάς τους, ώστε να αποφευχθούν πιθανά σφάλματα τόσο κατά την διαδικασία της σκληρομέτρησης όσο και κατά την ανάγνωση των αποτελεσμάτων.

Σκληρομετρήσεις έγιναν **στα τρία από τα τέσσερα δοκίμια**, καθώς το δοκίμιο με την ονομασία «Σίδερο Στέγης», δεν πληρούσε τις ελάχιστες απαιτούμενες διαστάσεις για την διεξαγωγή της δοκιμής.

Στο δοκίμιο με την ονομασία «Τμήμα κλειδιού Νότιας Όψης» (Εικόνα 4) πραγματοποιήθηκε κατεργασία και στις τέσσερις πλευρές με την χρήση εργαλειομηχανής φρέζας.

Στα υπόλοιπα δύο δοκίμια, με την ονομασία Α και Β (Εικόνα 4) πραγματοποιήθηκε λείανση τεσσάρων σταδίων με την χρήση σμυριδόπανων προσαρμοσμένα σε γωνιακό τροχό. Τα στάδια λείανσης ήταν Grain 40/80/120/Fine.



Εικόνα 4. Τα χαλύβδινα δοκίμια προς δοκιμή, μετά την μηχανουργική κατεργασία.

3. ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Οι σκληρομετρήσεις των δοκιμών πραγματοποιήθηκαν με την μέθοδο Brinell, χρησιμοποιώντας σταθερή μηχανή πάγκου, της εταιρίας SINOWON, Model: SHB-3000E, S/N: CI8311211405.

Για την επιβολή του φορτίου χρησιμοποιήθηκε σφαίρα διαμέτρου 5mm σε φορτίο 750kgf ώστε να ισχύει ο λόγος $F/D^2 = 30 \text{ kgf/mm}^2$ όπως ορίζεται στο ISO 6506-1.

Ο χρόνος επιβολής του μέγιστου φορτίου στο δοκίμιο ήταν 15sec.

Σε κάθε ένα από τα δοκίμια πραγματοποιήθηκαν δέκα (10) σκληρομετρήσεις με σκοπό την πληρέστερη δειγματοληψία.



Εικόνα 5. Διεξαγωγή σκληρομέτρησης.



Εικόνα 6. Τα χαλύβδινα δοκίμια μετά τις σκληρομετρήσεις.

4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΩΝ ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Κάθε αποτύπωμα αξιολογήθηκε ως προς τις διαστάσεις του, χρησιμοποιώντας ψηφιακό μικροσκόπιο της εταιρίας Dino-Lite (Edge Digital Microscope) , Model: AM7515MZT , S/N: A6402900.



Εικόνα 7. Μικροσκοπία σκληρομετρήσεων

Με την χρήση του λογισμικού DinoCapture 2.0 πραγματοποιήθηκε η διαστασιολόγηση των αποτυπωμάτων, με σκοπό την εύρεση της μέσης διαμέτρου του αποτυπώματος, προκειμένου να βρεθεί η σκληρότητα κατά Brinell, βάση του προτύπου δοκιμής ISO 6506-1, ακολουθώντας τον παρακάτω τύπο:

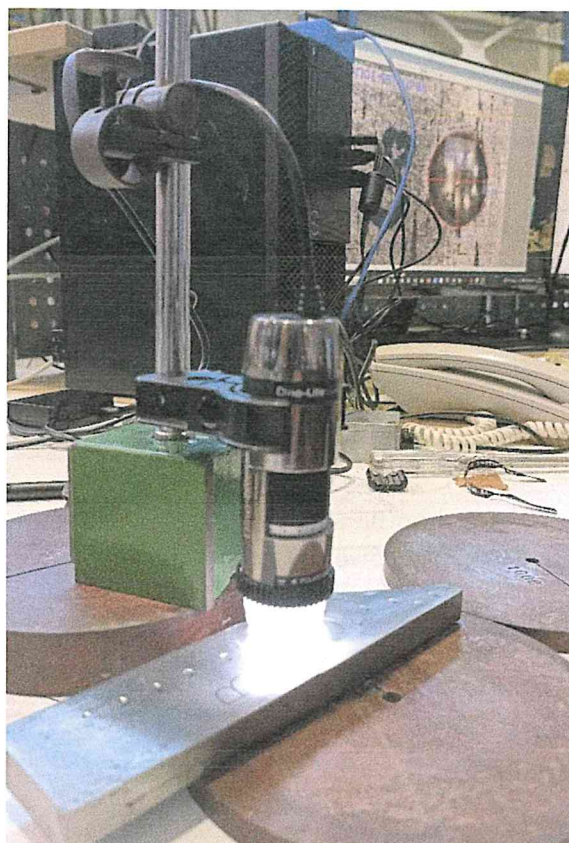
$$HBW = 0,102 \times \frac{2 F}{\pi D^2 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}} \right)}$$

Όπου:

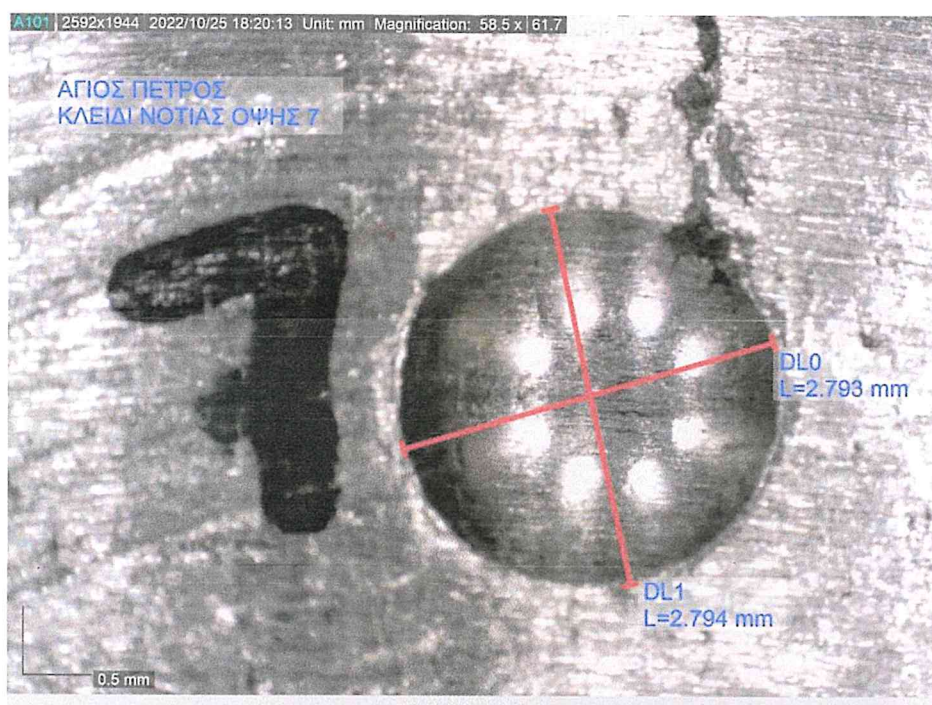
F : Το φορτίο δοκιμής [N]

D : Η διάμετρος της σφαίρας [mm]

d: Η μέση διάμετρος του αποτυπώματος ($d = \frac{d_1 + d_2}{2}$) [mm]



Εικόνα 8. Μικροσκοπία σκληρομετρήσεων



Εικόνα 9. Ενδεικτική εικόνα εύρεσης διαστάσεων του αποτυπώματος.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα των σκληρομετρήσεων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2. Αποτελέσματα σκληρομετρήσεων

Κωδικός δοκιμίου	Μέση σκληρότητα κατά Brinell [HBW]
A	128
B	126
Τμήμα κλειδιού Νότιας όψης	122

Η μετατροπή των τιμών σκληρότητας κατά Brinell σε τιμές οριακής αντοχής (f_u) πραγματοποιήθηκε με την χρήση πινάκων μετατροπής όπως αυτοί δίνονται από το πρότυπο ISO18265.

Πίνακας 3. Μετατροπή τιμών σκληρότητας σε τιμές οριακής αντοχής

Κωδικός δοκιμίου	[HBW]	Μετατροπή σε τιμές οριακής αντοχής [ISO18265]
A	128	Conversion ISO18625 – 432MPa – A.1 - HB
B	126	Conversion ISO18625 – 425MPa – A.1 - HB
Τμήμα κλειδιού Νότιας όψης	122	Conversion ISO18625 – 410MPa – A.1 - HB

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

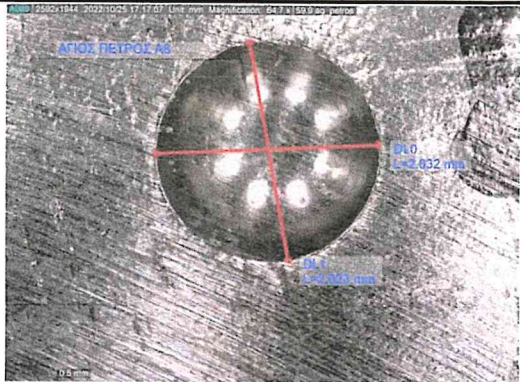
Από τα παραπάνω μπορούμε να οδηγηθούμε στο συμπέρασμα ότι ο χάλυβας και στα τρία δοκίμια είναι παρόμοιος του S235 ως προς την αντοχή (χάλυβας St 37 σύμφωνα με την παλαιότερη ονομασία).

Επιπρόσθετα κατά τις μικροσκοπίες, παρατηρήθηκαν εγκλείσματα παράλληλα μεταξύ τους και ως προς την φορά εξέλασης – πιθανόν σουλφιδίων του μαγγανίου (MnS).

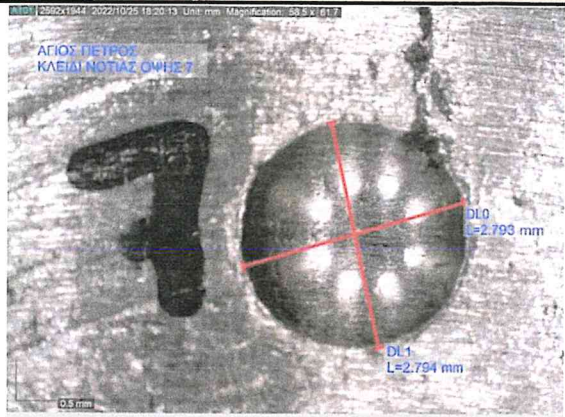


Εικόνα 10. Ενδεικτική εικόνα εύρεσης εγκλεισμάτων.

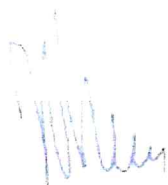
7.ΦΟΡΜΕΣ ΔΟΚΙΜΩΝ

HARDNESS TEST - BRINELL METHOD												
 National Technical University of Athens Institute of Steel Structures		I.N. Αγ. Απ/λων Πέτρου και Παύλου						Date:14/10/2022				
		Δήμος Βόρειας Κυνουρίας						Temperature: 21				
STARTUP DATA												
Specimen thickness	9 mm											
Grinding	40/80 120 Fine											
Type of Material	eel, nickel alloys, titanium allo											
Property of material	Ferrous											
Thickness of material	More than 8 mm											
Dimensions of specimen (area)	More than 5 cm ²											
Estimate hardness	>35 BHW											
Recommended ball diameter	2.5 mm											
Initial Force -diameter ratio	30 kg/mm ²											
Initial test Force	187.5 kg											
PREFERRED VALUES												
Force -diameter ratio	30 kg/mm ²											
Diameter of the ball	5 mm											
Test Force	750 kg											
Specimen's code:												A
TEST												
Data		Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5	Run 6	Run 7	Run 8	Run 9	Run 10	
Holding load time [sec]		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
Diameter of the ball [mm]	D=	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Test Force [kg]	F=	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	
	F=	7355	7355	7355	7355	7355	7355	7355	7355	7355	7355	
Diameter of indentation [mm]	d ₁ =	2.637	2.653	2.594	2.610	2.620	2.596	2.654	2.632	2.620	2.625	
Diameter of indentation [mm]	d ₂ =	2.610	2.631	2.627	2.636	2.648	2.630	2.684	2.623	2.570	2.613	
Mean diameter of indentation [mm]	d=	2.624	2.642	2.611	2.623	2.634	2.613	2.669	2.628	2.595	2.619	
Force -diameter ratio [kg/mm ²]	F/D ² =	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
Depth of impression [mm]	h=	0.372	0.378	0.368	0.372	0.375	0.369	0.386	0.373	0.363	0.370	
LIMITS												
Test force selection		Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	
Thickness of test piece	t _{min} ≥	2.97	3.02	2.94	2.97	3.00	2.95	3.09	2.98	2.90	2.96	
Indentation center to ends	e _{min} ≥	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Distance between indentations	p _{min} ≥	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Finish surface quality (roughness)	r=	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	
RESULTS												
Brinell Hardness	HBW=	128	127	130	129	127	130	124	128	132	129	
Mean Brinell Hardness	HBW=	128										
Tensile stress fitting & Calibration factor	3.3920	1										
Tensile stress fitting & Calibration offset	-3.1969	0										
Tensile stress	f _{u,HBW} =	432 MPa										
Coefficient of variation	V _x =	known										
than the characteristic value	5.00%											
Factor for the characteristic value	k _n =	1.73										
Standard deviation	S _x =	2.11										
Number of samples	n=	10										
Repeatability	R=	2.8%										
Error	E=	1.6%										
Code designation	128 HBW 5 30 15											
Characteristic tensile stress	f _{x,u,HBW}	419 MPa										
												
Remarks: Hardness Machine: Company: SINOWON Model: SHB-3000E S/N: CI8311211405 Microscope: Company: Dino-Lite (Edge Digital Microscope) Model: AM7515M2T S/N: A6402900 Calibration: 8/7/2022 by: X. Lignos												

HARDNESS TEST - BRINELL METHOD												
 National Technical University of Athens Institute of Steel Structures		I.N. Αγ. Απ/λων Πέτρου και Παύλου Δήμος Βόρειας Κυνουρίας					Date:14/10/2022 Temperature: 21					
STARTUP DATA												
Specimen thickness	12 mm											
Grinding	40/80 120 Fine											
Type of Material	eel, nickel alloys, titanium allo											
Property of material	Ferrous											
Thickness of material	More than 8 mm											
Dimensions of specimen (area)	More than 5 cm ²											
Estimate hardness	>35 BHW											
Recommended ball diameter	2.5 mm											
Initial Force - diameter ratio	30 kg/mm ²		Specimen's code: B									
Initial test Force	187.5 kg											
PREFERRED VALUES												
Force - diameter ratio	30 kg/mm ²											
Diameter of the ball	5 mm											
Test Force	750 kg											
TEST												
Data		Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5	Run 6	Run 7	Run 8	Run 9	Run 10	
Holding load time [sec]		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
Diameter of the ball [mm]	D=	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Test Force [kg]	F=	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	
	F=	7355	7355	7355	7355	7355	7355	7355	7355	7355	7355	
Diameter of indentation [mm]	d ₁ =	2.672	2.672	2.664	2.675	2.640	2.640	2.653	2.651	2.693	2.610	
Diameter of indentation [mm]	d ₂ =	2.641	2.642	2.604	2.697	2.619	2.651	2.674	2.616	2.641	2.558	
Mean diameter of indentation [mm]	d=	2.657	2.657	2.634	2.686	2.630	2.646	2.664	2.634	2.667	2.584	
Force - diameter ratio [kg/mm ²]	F/D ² =	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
Depth of impression [mm]	h=	0.382	0.382	0.375	0.391	0.374	0.379	0.384	0.375	0.385	0.360	
LIMITS												
Test force selection		Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	
Thickness of test piece	t _{min} ≥	3.06	3.06	3.00	3.13	2.99	3.03	3.07	3.00	3.08	2.88	
Indentation center to ends	e _{min} ≥	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Distance between indentations	p _{min} ≥	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Finish surface quality (roughness)	r=	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	
RESULTS												
Brinell Hardness	HBW=	125	125	127	122	128	126	124	127	124	133	
Mean Brinell Hardness	HBW=	126										
Tensile stress fitting & Calibration factor	3.3920		1		Remarks: Hardness Machine: Company: SINOWON Model: SHB-3000E S/N: C18311211405 Microscope: Company: Dino-Lite (Edge Digital Microscopy) Model: AM7515M2T S/N: A6402900 Calibration: 8/7/2022 by: Χ. Λίγας							
Tensile stress fitting & Calibration offset	-3.1969		0									
Tensile stress	f _{u,HBW} =	425 MPa										
Coefficient of variation	V _x =	known										
than the characteristic value	5.00%											
Factor for the characteristic value	k _n =	1.73										
Standard deviation	S _x =	2.93										
Number of samples	n=	10										
Repeatability	R=	3.9%										
Error	E=	2.3%										
Code designation	126 HBW		5	30	15							
Characteristic tensile stress	f _{x,u,HBW}	408 MPa										

HARDNESS TEST - BRINELL METHOD											
 National Technical University of Athens Institute of Steel Structures		I.N. Αγ. Απ/λων Πέτρου και Παύλου				Date: 14/10/2022					
		Δήμος Βόρειας Κυνουρίας				Temperature: 21					
STARTUP DATA											
Specimen thickness	6.5 mm										
Grinding	40/80 120 Fine										
Type of Material	eel, nickel alloys, titanium allo										
Property of material	Ferrous										
Thickness of material	1,17 up to 8 mm										
Dimensions of specimen (area)	More than 5 cm ²										
Estimate hardness	>35 BHW										
Recommended ball diameter	2.5 mm										
Initial Force -diameter ratio	30 kg/mm ²										
Initial test Force	187.5 kg										
PREFERRED VALUES											
Force -diameter ratio	30 kg/mm ²										
Diameter of the ball	5 mm										
Test Force	750 kg		Specimen's code: Τμήμα κλειδιού Νότιας όψης								
TEST											
Data		Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5	Run 6	Run 7	Run 8	Run 9	Run 10
Holding load time [sec]		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Diameter of the ball [mm]	D=	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Test Force [kg]	F=	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
	F=	7355	7355	7355	7355	7355	7355	7355	7355	7355	7355
Diameter of indentation [mm]	d ₁ =	2.620	2.656	2.633	2.688	2.631	2.793	2.793	2.741	2.710	2.767
Diameter of indentation [mm]	d ₂ =	2.622	2.649	2.694	2.610	2.751	2.696	2.794	2.690	2.609	2.653
Mean diameter of indentation [mm]	d=	2.621	2.653	2.664	2.649	2.691	2.745	2.794	2.716	2.660	2.710
Force -diameter ratio [kg/mm ²]	F/D ² =	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Depth of impression [mm]	h=	0.371	0.381	0.384	0.380	0.393	0.410	0.427	0.401	0.383	0.399
LIMITS											
Test force selection		Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK	Force is OK
Thickness of test piece	t _{min} ≥	2.97	3.05	3.07	3.04	3.14	3.28	3.41	3.21	3.06	3.19
Indentation center to ends	e _{min} ≥	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Distance between indentations	p _{min} ≥	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Finish surface quality (roughness)	r=	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6	>1,6
RESULTS											
Brinell Hardness	HBW=	129	125	124	126	122	116	112	119	125	120
Mean Brinell Hardness	HBW=	122									
Tensile stress fitting & Calibration factor	3.3920	1	Remarks: Hardness Machine: Company: SINOWON Model: SHB-3000E S/N: CI8311211405 Microscope: Company: Dino-Lite (Edge Digital Microscop Model: AM7515M2T S/N: A6402900 Calibration: 8/7/2021 by: X. Lignos								
Tensile stress fitting & Calibration offset	-3.1969	0									
Tensile stress	f _{u,HBW} =	410 MPa									
Coefficient of variation	V _x =	known									
than the characteristic value	5.00%										
Factor for the characteristic value	k _n =	1.73									
Standard deviation	S _x =	5.05									
Number of samples	n=	10									
Repeatability	R=	6.4%									
Error	E=	4.1%									
Code designation	122 HBW 5 30 15										
Characteristic tensile stress	f _{x,u,HBW}	380 MPa									

Οι συντάξαντες



Ι. Βάγιας
Καθηγητής ΕΜΠ



Ξ. Λιγνός
ΕΔΙΠ ΕΜΠ



Σ. Παπαβιέρος
Μηχ/γος Μηχ/κός Τ.Ε
Εξ. Συνεργάτης ΕΜΠ



Σ. Κατσασιδης
Μηχ/γος Μηχ/κός Τ.Ε
Εξ. Συνεργάτης ΕΜΠ

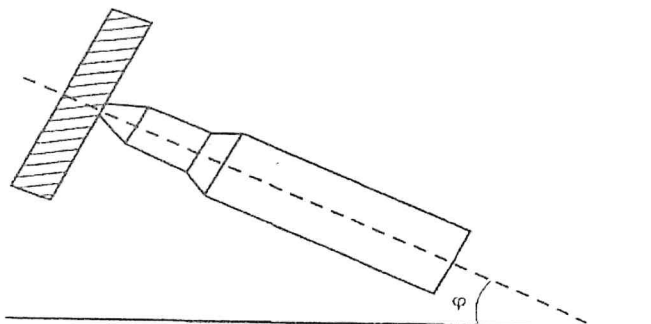
ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟΥ

Η μέθοδος του κρουσιμέτρου είναι μία μη καταστρεπτική μέθοδος προσδιορισμού της επιφανειακής σκληρότητας των δομικών στοιχείων σε βάθος έως 30mm.

Η δοκιμή έγινε σε στοιχεία της κατασκευής με κρουσίμετρο αναπηδήσεως τύπου Schmidt Hammer, με το οποίο και μετρίεται η αναπήδηση μάζας που εκτοξεύεται, μέσω ελατηρίου, επάνω στην επιφάνεια των φερόντων στοιχείων.

Η συσχέτιση της αναπηδήσεως καθώς και η αναγωγή της σε αντοχή κύβου, έγινε με την βοήθεια τυπικών καμπύλων που έχουν προκύψει από πειραματικά αποτελέσματα (Πιν. 1).

I. ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΗΣΗ



ΠΙΝΑΚΑΣ 1. - ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

ΤΜΗΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (*)		ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΟΡΓΑΝΩΝ SCHMIDT		ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ ΚΥΒΟΥ ΑΚΜΗΣ 15cm (Kg/cm ²)		
		από έως		από έως		Μ.Ο.
ΚΑΜΠΑΝΑΡΙΟ	ΘΕΣΗ					
ΚΟΛΩΝΑ – 1 ^η ΣΤΑΘΜΗ (φ=0°)	Κ1	30	32	200	240	220
ΚΟΛΩΝΑ – 2 ^η ΣΤΑΘΜΗ (φ=0°)	Κ2	31	33	220	260	240
ΚΟΛΩΝΑ – 2 ^η ΣΤΑΘΜΗ (φ=0°)	Κ3	30	31	200	220	210
ΚΟΛΩΝΑ – 2 ^η ΣΤΑΘΜΗ (φ=0°)	Κ4	29	31	190	220	205
ΔΟΚΑΡΙ – 2 ^η ΣΤΑΘΜΗ (φ=0°)	Δ1	30	32	200	240	220
ΔΟΚΑΡΙ – 2 ^η ΣΤΑΘΜΗ (φ=0°)	Δ1	29	31	190	220	205
ΠΛΑΚΑ – 2 ^η ΣΤΑΘΜΗ (φ=-90°)	Π	27	29	215	250	233
					Μ.Ο.	219 Kg/cm ² ή 21,5 MPa
					Τυπ.Απ.	13,5 Kg/cm ² ή 1,33 MPa

ΤΜΗΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (*)		ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΟΡΓΑΝΩΝ SCHMIDT		ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ ΚΥΒΟΥ ΑΚΜΗΣ 15cm (Kg/cm ²)		
		από	έως	από	έως	M.O.
ΚΕΚΛΙΜΕΝΗ ΣΤΕΓΗ	ΘΕΣΗ					
ΠΛΑΚΑ (φ=-45°)	1	23	25	195	215	208
"	2	23	26	195	230	223
"	3	24	25	205	215	208
					M.O.	209 Kg/cm ² ή 20,5 MPa
					Τυπ.Απ.	3,8 Kg/cm ² ή 0,37 MPa
ΓΥΝΑΙΚΩΝΙΤΗΣ	ΘΕΣΗ					
ΠΛΑΚΑ (φ=-90°)	1	25	27	200	215	208
"	2	26	28	215	230	223
"	3	25	27	200	215	208
					M.O.	213 Kg/cm ² ή 20,8 MPa
					Τυπ.Απ.	8,7 Kg/cm ² ή 0,85 MPa

(*) Η αρίθμηση των στοιχείων δίνεται σε συνημμένο σκαρίφημα κάτοψης.

(1MPa = 10,2 Kg/cm²)

Από τα αποτελέσματα της έμμεσης μεθόδου της κορυσιμέτρησης, η αντοχή του σκυροδέματος, για τα στοιχεία που ελέγχθηκαν, εκτιμάται την ημέρα του ελέγχου σε κατηγορία B225.

II. ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΙΔΗΡΟΠΛΙΣΜΟΥ

Από την ανίχνευση της θέσης-διεύθυνσης και διαμέτρου όπου ήταν δυνατόν του σιδηροπλισμού, που έγινε σε στοιχεία του έργου, προέκυψαν τα εξής:

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. – ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΙΔΗΡΟΠΛΙΣΜΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (*)	ΣΙΔΗΡΟΠΛΙΣΜΟΣ –ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ άξονας x: παράλληλα με οδό πρόσβασης άξονας y: κάθετα οδό πρόσβασης	ΕΙΚΟΝΑ
ΚΑΜΠΑΝΑΡΙΟ – 1 ^η ΣΤΑΘΜΗ – ΚΟΛΩΝΑ Κ4	4Φ20 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΙ ΟΠΛΙΣΜΟΙ - ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ Φ6/15-20	FS01237
ΚΑΜΠΑΝΑΡΙΟ – 2 ^η ΣΤΑΘΜΗ – ΚΟΛΩΝΑ Κ2	4Φ14 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΙ ΟΠΛΙΣΜΟΙ - ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ Φ6/40	FS01228
ΚΑΜΠΑΝΑΡΙΟ – 2 ^η ΣΤΑΘΜΗ – ΔΟΚΑΡΙ Δ1	- ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΤΩ ΑΚΜΗΣ 1Φ12 ΚΑΤΩ ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ, ΕΚΤΙΜΗΣΗ 4Φ12 - ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ Φ6/40	FS01226
ΚΑΜΠΑΝΑΡΙΟ – 2 ^η ΣΤΑΘΜΗ – ΔΟΚΑΡΙ Δ2	- ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΤΩ ΑΚΜΗΣ 1Φ12 ΚΑΤΩ ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ, ΕΚΤΙΜΗΣΗ 4Φ12 - ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ Φ6/40	FS01227
ΚΑΜΠΑΝΑΡΙΟ – 2 ^η ΣΤΑΘΜΗ – ΤΟΙΧΙΟ (ΜΕΤΑΞΥ Κ2-Κ4)	- ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ 60x60cm - Φ8/10-40 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΙ ΟΠΛΙΣΜΟΙ - Φ8/30 ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΙ ΟΠΛΙΣΜΟΙ	FS01229
ΚΑΜΠΑΝΑΡΙΟ – 2 ^η ΣΤΑΘΜΗ – ΤΟΙΧΙΟ (ΜΕΤΑΞΥ Κ3-Κ4)	- ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ 60x60cm - Φ8/300 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΙ ΟΠΛΙΣΜΟΙ - Φ8/30-40 ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΙ ΟΠΛΙΣΜΟΙ	FS01232
ΚΑΜΠΑΝΑΡΙΟ – 3 ^η ΣΤΑΘΜΗ – ΚΟΛΩΝΑ Κ1	4Φ14 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΙ ΟΠΛΙΣΜΟΙ - ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ Φ6/25-30	FS01231
ΚΑΜΠΑΝΑΡΙΟ – 3 ^η ΣΤΑΘΜΗ – ΚΟΛΩΝΑ Κ4	4Φ14 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΙ ΟΠΛΙΣΜΟΙ - ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ Φ6/40	FS01234

ΤΜΗΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (*)	ΣΙΔΗΡΟΠΛΙΣΜΟΣ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ άξονας x: παράλληλα με οδό πρόσβασης άξονας y: κάθετα οδό πρόσβασης	ΕΙΚΟΝΑ
ΚΕΚΛΙΜΕΝΗ ΣΤΕΓΗ	- ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΑΠΟ ΠΑΝΩ – ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ - ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ 60x60cm - ΠΛΕΓΜΑ ΟΠΛΙΣΜΟΥ Φ8/35-40	FS01235
ΠΛΑΚΑ – ΓΥΝΑΙΚΩΝΙΤΗ (ΥΠΕΡΥΨΩΜΕΝΗ)	- ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΑΠΟ ΠΑΝΩ – ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ - ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ 60x60cm - ΠΛΕΓΜΑ ΟΠΛΙΣΜΟΥ Φ8/20	FS01233
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΟΛΩΝΑ ΝΑΟΥ (2 ^η ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΑΠΟ ΕΙΣΟΔΟ)	- ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΠΑΡΕΙΑΣ ΚΑΤΑ y (ΚΑΤΩ) - ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΣΤΗ ΓΩΝΙΑ	FS01236
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΟΛΩΝΑ ΝΑΟΥ (2 ^η ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΑΠΟ ΕΙΣΟΔΟ)	- ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΠΑΡΕΙΑΣ ΚΑΤΑ y (ΠΡΟΣ ΤΑ ΠΑΝΩ) - ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΣΤΗ ΓΩΝΙΑ - ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΣΤΗΡΙΓΜΑ	FS01239

(*) Η αρίθμηση των στοιχείων δίνεται συνημμένο σκαρίφημα κάτοψης.

Οι γραφικές απεικονίσεις του σιδηροπλισμού δίνονται στα συνημμένα γραφήματα (Παράρτημα Α)
Ονομαστικές διατομές σιδηροπλισμού που «αναγνωρίζει» η συσκευή «FERROSCAN» είναι οι εξής:
Φ6, Φ8, Φ10, Φ12, Φ14, Φ16, Φ20, Φ25, Φ28, Φ30 & Φ36.

Η συσκευή αναγνωρίζει μόνο την πρώτη σειρά οπλισμών όταν είναι τοποθετημένοι σε διπλή σειρά
ένας πίσω από τον άλλον (κυρίως σε δοκούς, κάτω οπλισμοί).

III. ΣΗΜΕΙΑΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ (POINT LOAD TEST)

Σε συμπαγή δείγματα σκυροδέματος μικρού μεγέθους εκτελέστηκε η δοκιμή σημειακής φόρτισης με ειδική συσκευή της «ΜΑΤΕΣΤ» και υπολογίστηκε η αντοχή αιχμής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. – ΣΗΜΕΙΑΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

Α/Α	ΘΕΣΗ	ΕΙΔΟΣ ΥΛΙΚΟΥ	ΑΝΤΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ $I_s(50)$ (Kg/cm ²)	ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ (Kg/cm ²)	ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ (MPa)
1	ΔΕΙΓΜΑ 1 – ΚΕΛΚΙΜΕΝΗ ΣΤΕΓΗ	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	9,5	228 ^(*)	22,4
2	ΔΕΙΓΜΑ 2 – ΚΕΛΚΙΜΕΝΗ ΣΤΕΓΗ	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	9,2	220 ^(*)	21,6

* Με αναγωγή της αντοχής αιχμής σε ανεμπόδιστη θλίψη (κατά Bieniawski). Για τα δοκίμια με $D_e=5,0\text{cm}$ η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη είναι ίση με $q_u=24 \cdot I_{s(50)}$, ενώ για άλλες τιμές της διαμέτρου D_e ισχύει η σχέση $q_u=(14+0,0175 \cdot D_e) \cdot I_{s(50)}$

Ο ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ

Χ. ΕΥΘΥΜΙΟΥ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

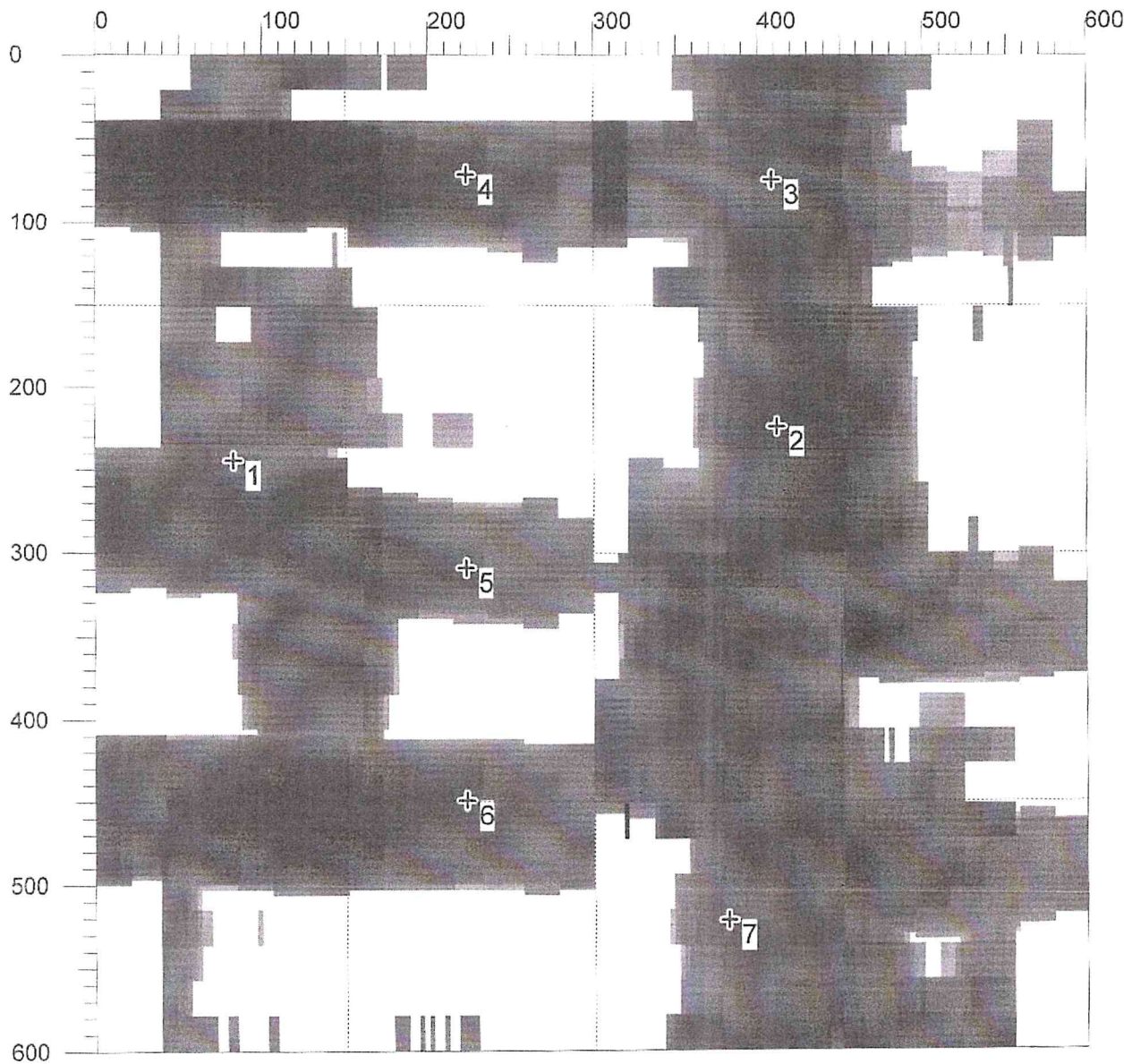
Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΣΗΜ, ΚΑΠΟΓΙΑΝΝΗΣ
"ΔΟΜΟΕΡΕΥΝΑ"
ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ - ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ 82-84 - ΚΑΛΛΙΘΕ.
ΤΗΛ: 210 9582145 - 210 958900
Γ. ΚΑΠΟΓΙΑΝΝΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Τ.Η. WIEN

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α
ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ
ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΣΙΔΗΡΟΠΛΙΣΜΟΥ

Date / Time: 2022-07-29 09:03:02

SSN: 30014008 [mm]



Customer:

Location: AGIOS PETROS KINOURIAS

Operator: "DOMOEREVNA"

Comment:

1st LEVEL - COLUMN K4
4D20 VERTICAL REBARS
D6/15-20 STEEL LINKS

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΣΗΜ. ΚΑΙΟΓΙΑΝΝΗΣ
"ΔΟΜΟΕΡΕΥΝΑ"
ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ - ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ
ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ 82-84, ΥΠΟΛΟΙΣ
ΤΗΛ: 210 9582145 - 210 9589000
ΑΦΜ: 013227845 - ΑΡΧ. ΕΛΛ. ΔΕΛΤΑ

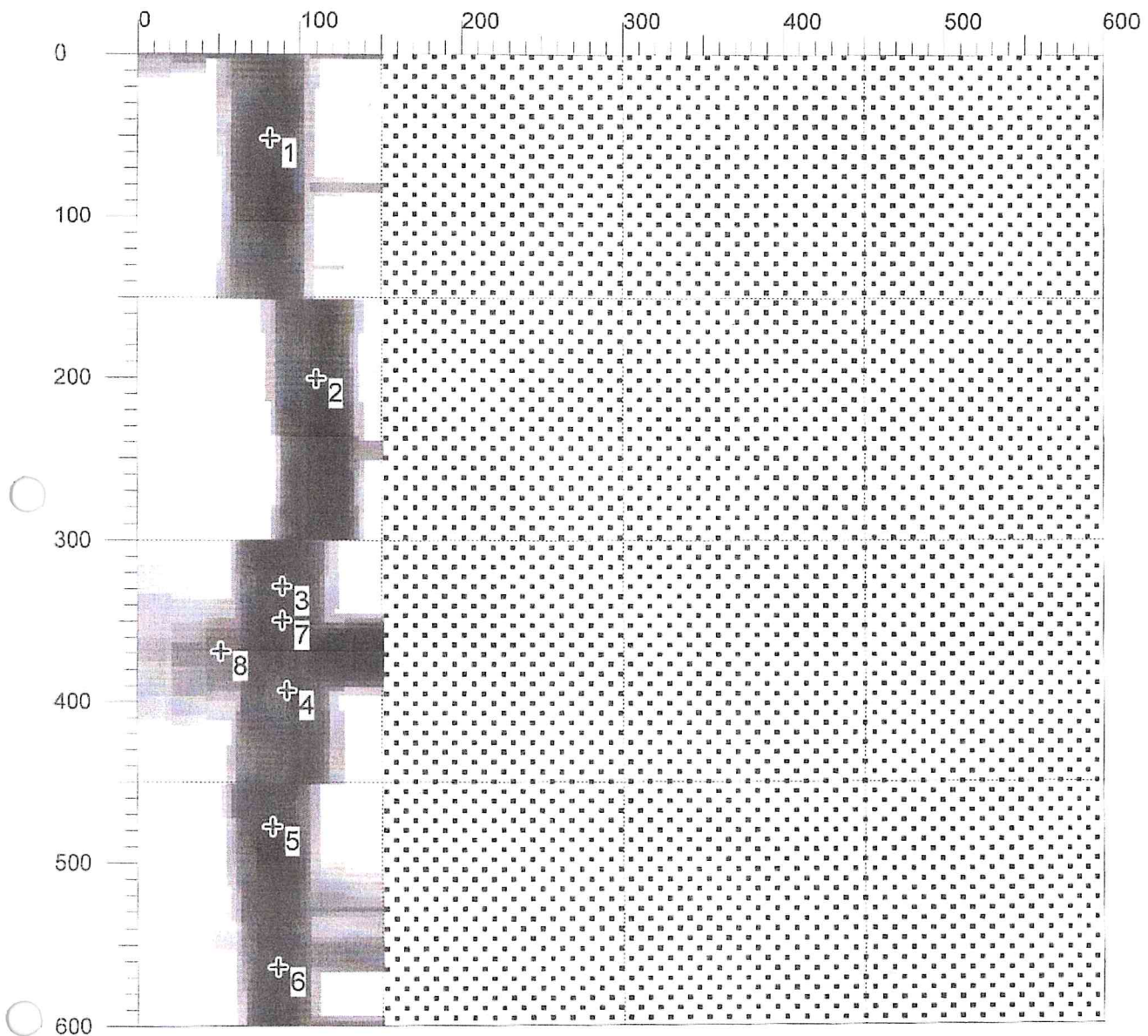
Imagescan:

FS_30014008_001237.XFF

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	85	246	83	20mm	Vertical	Measurement
2	415	224	128	20mm	Vertical	Measurement
3	411	74	130	20mm	Vertical	Measurement
4	224	72	104	6mm	Horizontal	Measurement
5	224	312	108	6mm	Horizontal	Measurement
6	224	452	101	6mm	Horizontal	Measurement
7	383	524	110	20mm	Vertical	Measurement

Date / Time: 2022-07-29 08:10:47

SSN: 30014008 [mm]



Customer:

Location: AGIOS PETROS KINOURIAS

Operator: "DOMOEREVNA"

Comment:

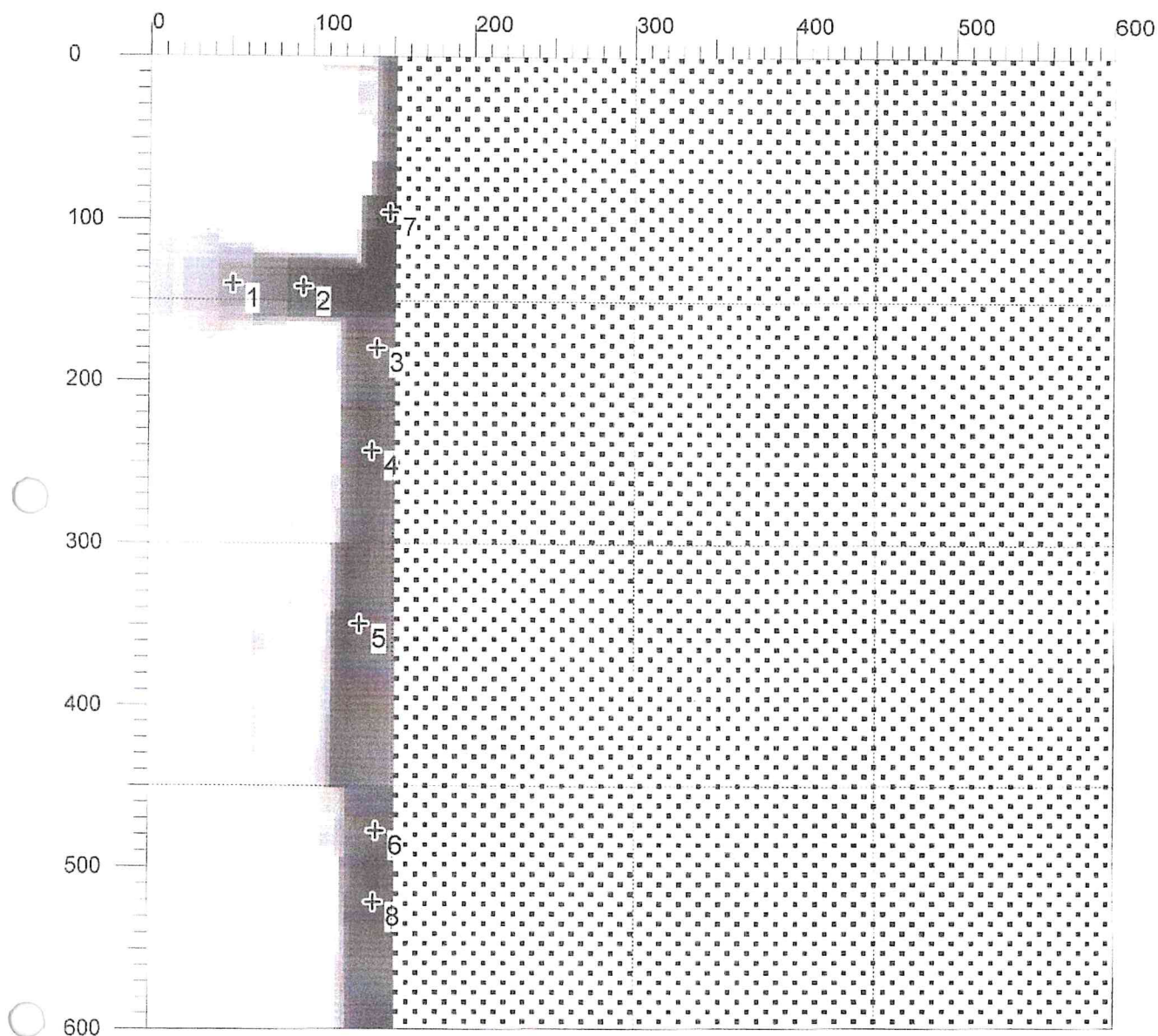
2nd LEVEL - COLUMN K2
4D14 VERTICAL REBARS
D6/40 STEEL LINKS

Imagescan: FS_30014008_001228.XFF

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	82	53	42	14mm	Vertical	Measurement
2	112	203	36	14mm	Vertical	Measurement
3	90	331	37	14mm	Vertical	Measurement
4	94	396	38	14mm	Vertical	Measurement
5	84	481	35	14mm	Vertical	Measurement
6	87	567	34	14mm	Vertical	Measurement
7	90	353	38	14mm	Vertical	Measurement
8	53	373	53	6mm	Horizontal	Measurement

Date / Time: 2022-07-29 08:08:59

SSN: 30014008 [mm]



Customer:

Location: AGIOS PETROS KINOURIAS

Operator: "DOMOEREVNA"

Comment:

2nd LEVEL BEAM D1 - SCANNED BY SIDE, EDGE
1D12 DOWN REBAR
D6/40 STEEL LINKS

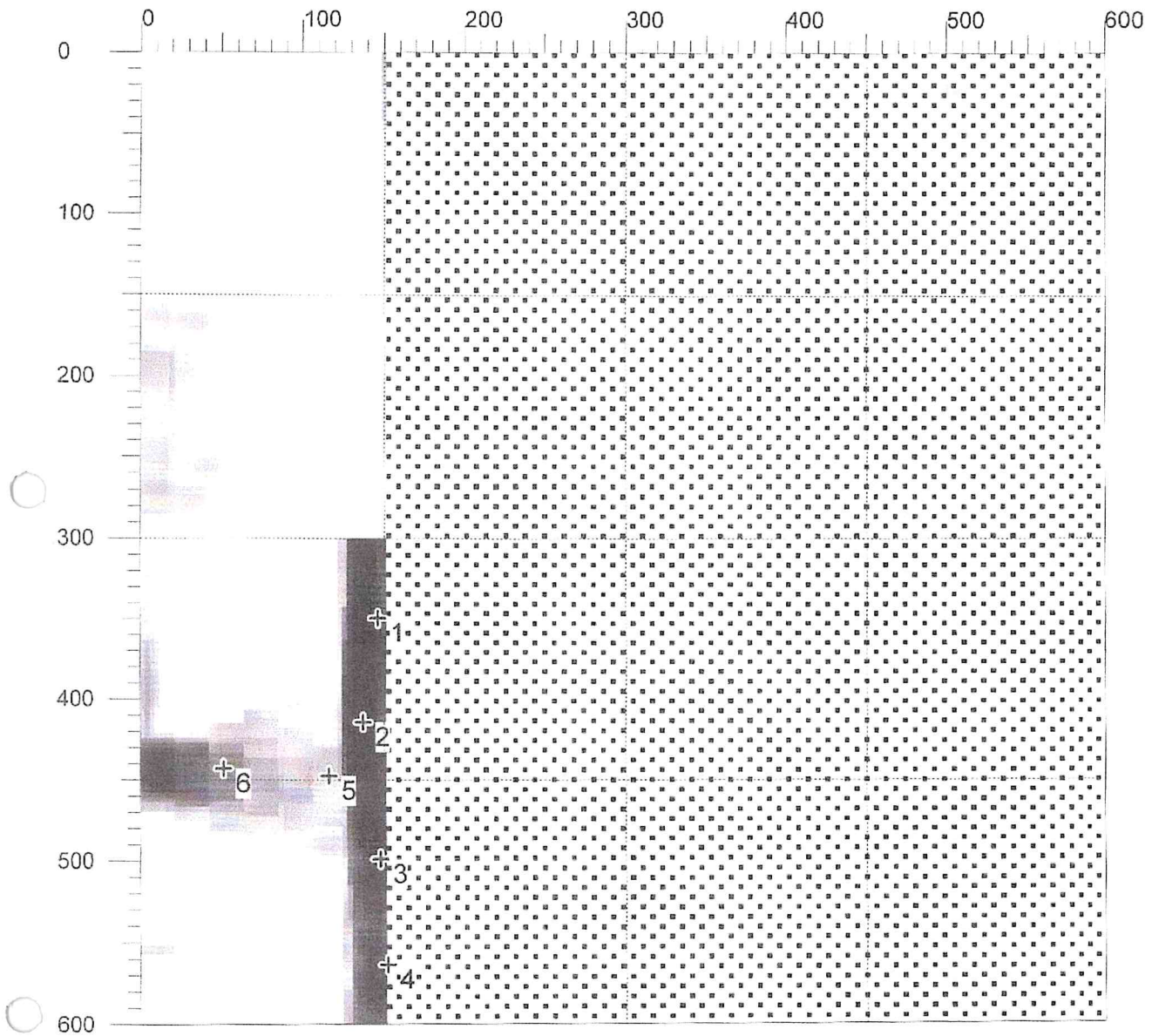
Imagescan:

FS_30014008_001226.XFF

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	53	142	47	6mm	Horizontal	Measurement
2	96	143	21	6mm	Horizontal	Measurement
3	141	181	34	12mm	Vertical	Measurement
4	139	245	28	6mm	Horizontal	Verify only
5	132	353	33	12mm	Vertical	Measurement
6	142	481	33	12mm	Vertical	Measurement
7	149	96	22	12mm	Vertical	Measurement
8	141	524	31	12mm	Vertical	Measurement

Date / Time: 2022-07-29 08:10:00

SSN: 30014008 [mm]



Customer:

Location: AGIOS PETROS KINOURIAS

Operator: "DOMOEREVNA"

Comment:

2nd LEVEL - BEAM D2
SCANNED EGDE
1D12 DOWN REBAR
D6/40 STEEL LINKS

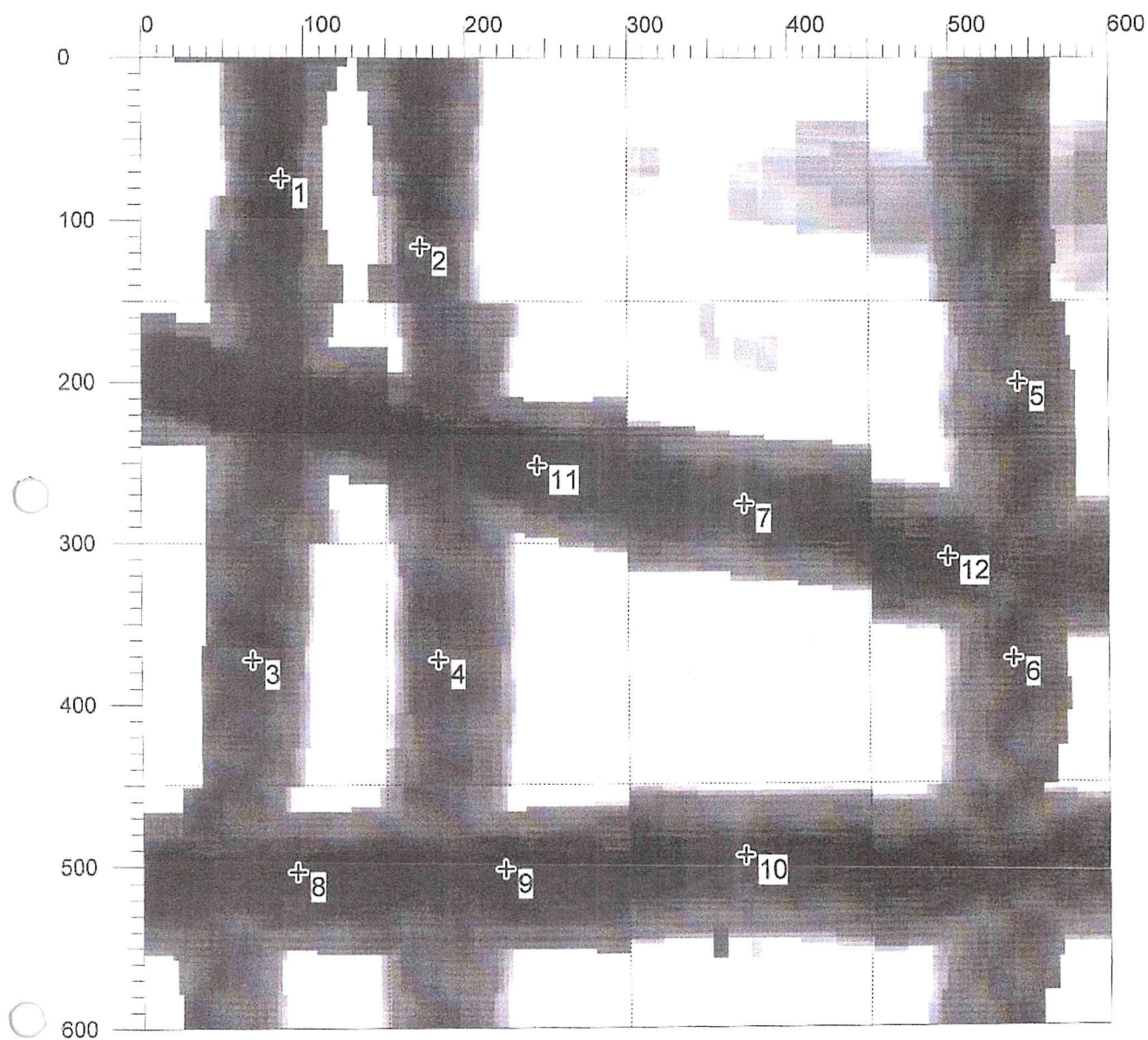
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΣΗΜ. ΚΑΡΟΤΙΑΝΝΗΣ
"ΔΟΜΟΕΡΕΥΝΑ"
ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ - ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ
ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ 82-84 - ΠΑΛΛΙΟΕ
ΤΗΛ: 210 9582145 - 210 958900
ΑΦΜ: 013377845 - ΑΡΧ. ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ

Imagescan: FS_30014008_001227.XFF

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	147	353	31	12mm	Vertical	Measurement
2	139	417	20	12mm	Vertical	Measurement
3	150	503	32	12mm	Vertical	Measurement
4	153	567	34	12mm	Vertical	Measurement
5	117	451	88	6mm	Horizontal	Measurement
6	53	446	47	6mm	Horizontal	Measurement

Date / Time: 2022-07-29 08:11:53

SSN: 30014008 [mm]



Customer:

Location: AGIOS PETROS KINOURIAS

Operator: "DOMOEREVNA"

Comment:

2nd LEVEL - WALL (BETWEEN K2-K4)
SCANNED SURFACE 60x60cm
D8/10-40 VERTICAL REBARS
D8/30 HORIZONTAL REBARSD8

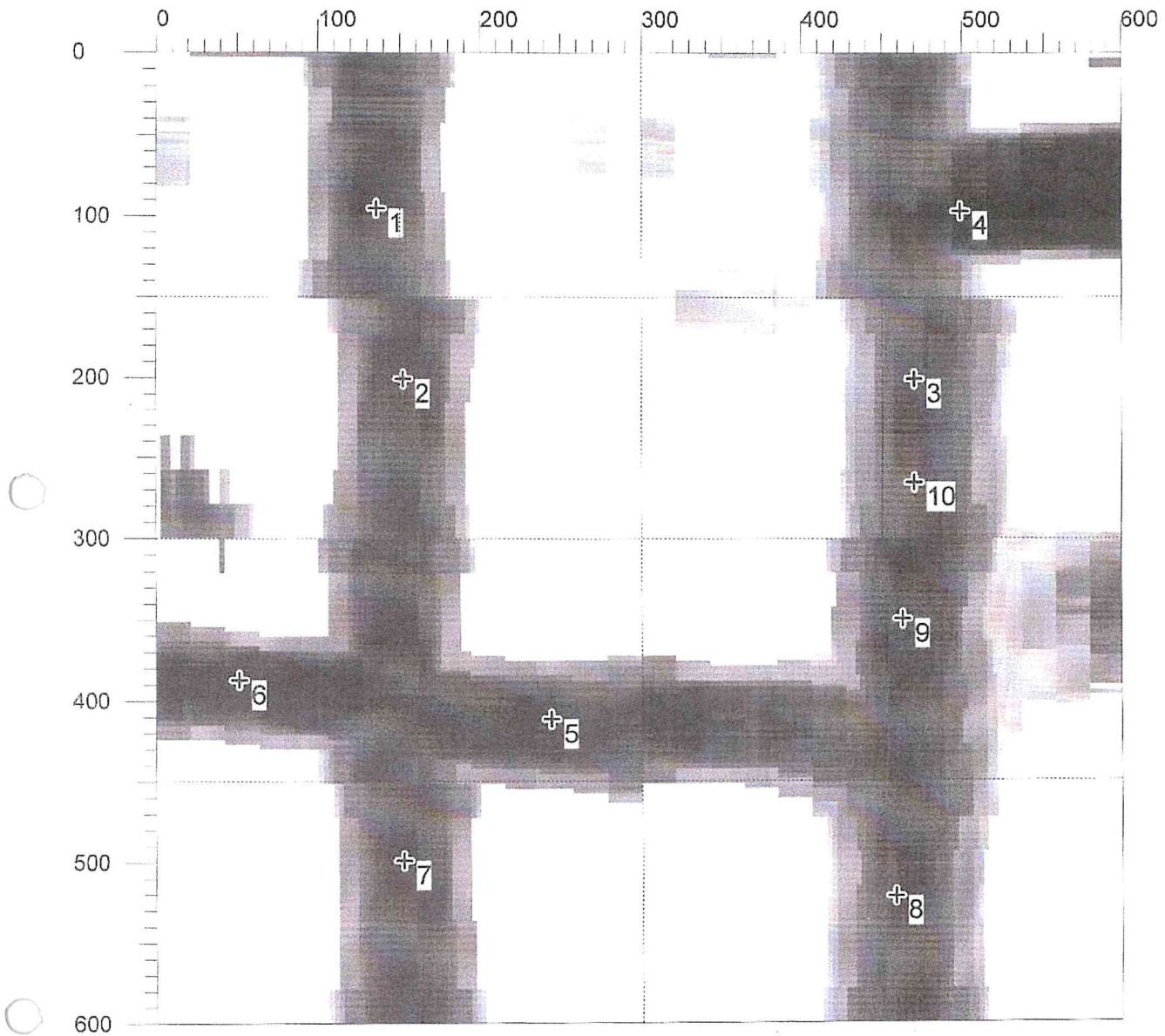
Imagescan:

FS_30014008_001229.XFF

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	87	74	57	8mm	Vertical	Measurement
2	173	117	61	8mm	Vertical	Measurement
3	68	374	65	8mm	Vertical	Measurement
4	184	374	69	8mm	Vertical	Measurement
5	547	203	75	8mm	Vertical	Measurement
6	543	374	76	8mm	Vertical	Measurement
7	374	278	62	8mm	Horizontal	Measurement
8	96	507	58	8mm	Horizontal	Measurement
9	224	506	59	8mm	Horizontal	Measurement
10	374	497	63	8mm	Horizontal	Measurement
11	246	254	59	8mm	Horizontal	Measurement
12	503	311	65	8mm	Horizontal	Measurement

Date / Time: 2022-07-29 08:35:09

SSN: 30014008 [mm]



Customer:

Location: AGIOS PETROS KINOURIAS

Operator: "DOMOEREVNA"

Comment:

2nd LEVEL - WALL (BETWEEN K3-K4)
SCANNED SURFACE 60x60cm
D8/30 VERTICAL REBARS
D8/30-40 HORIZONTAL REBARS

Imagescan: FS_30014008_001232.XFF

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	137	96	58	8mm	Vertical	Measurement
2	153	203	58	8mm	Vertical	Measurement
3	474	203	67	8mm	Vertical	Measurement
4	503	97	49	8mm	Horizontal	Measurement
5	246	414	55	8mm	Horizontal	Measurement
6	53	390	46	8mm	Horizontal	Measurement
7	154	503	57	8mm	Vertical	Measurement
8	462	524	65	8mm	Vertical	Measurement
9	466	353	61	8mm	Vertical	Measurement
10	473	267	65	8mm	Vertical	Measurement

File Storage: D:\HIMFERRO 2022\AGIOS PETROS\FS_30014008_001232.XFF

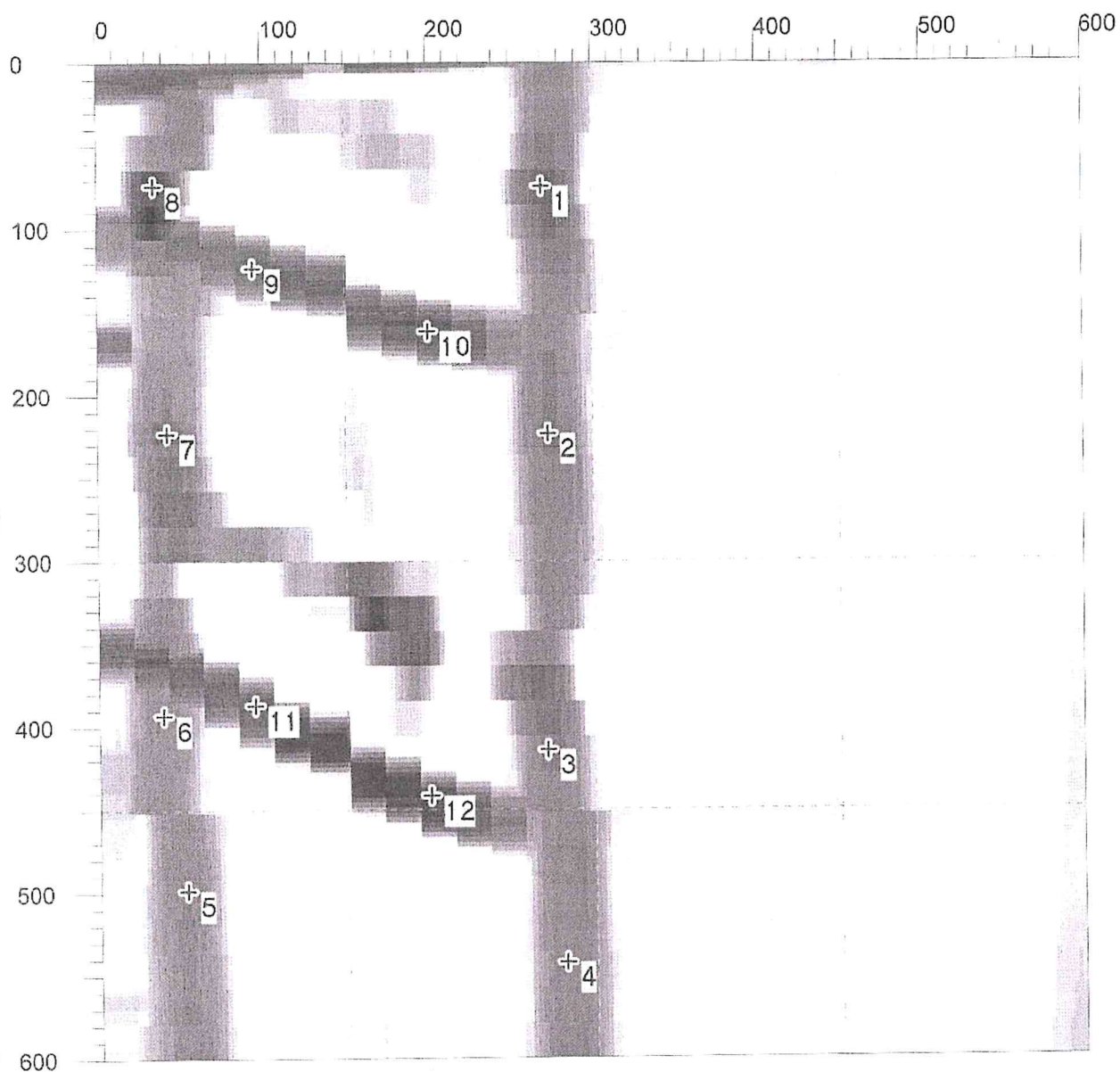
Project:

Imagescan:

FS_30014008_001231.XFF

Date / Time: 2022-07-29 08:23:02

SSN: 30014008 [mm]



Customer:

Location: AGIOS PETROS KINOURIAS

Operator: "DOMOEREVNA"

Comment:

3rd LEVEL - COLUMN K1
4D14 VERTICAL REBARS
D6/25-30 STEEL LINKS

File Storage: D:\HiltilFERRO 2022\AGIOS PETROS\FS_30014008_001231.XFF

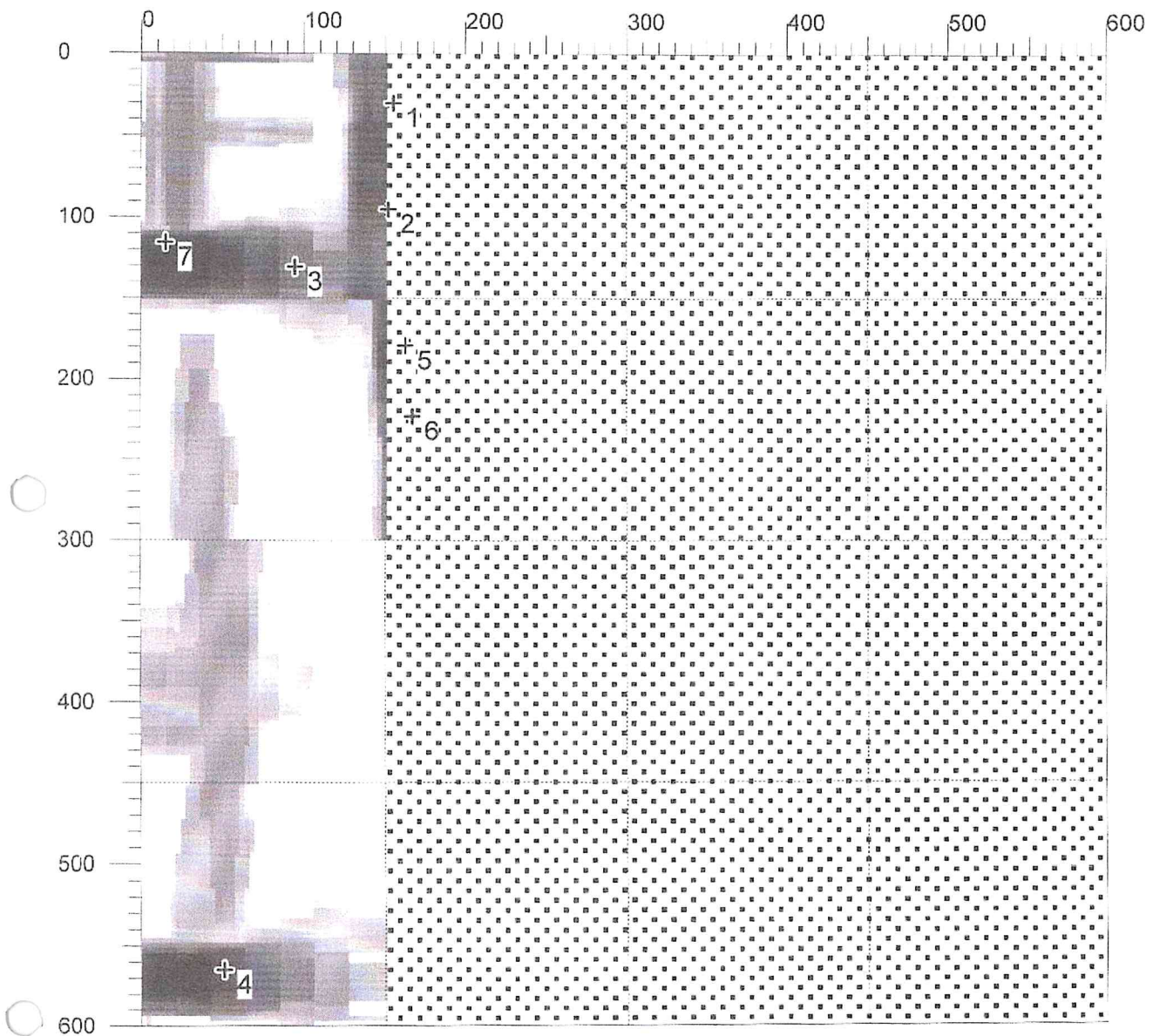
Project:

Imagescan: FS_30014008_001231.XFF

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	272	74	21	14mm	Vertical	Measurement
2	274	224	26	14mm	Vertical	Measurement
3	274	417	25	14mm	Vertical	Measurement
4	284	546	27	14mm	Vertical	Measurement
5	53	503	27	14mm	Vertical	Measurement
6	40	396	27	14mm	Vertical	Measurement
7	44	224	24	14mm	Vertical	Measurement
8	35	74	17	14mm	Vertical	Measurement
9	96	124	15	6mm	Horizontal	Measurement
10	203	163	12	6mm	Horizontal	Measurement
11	96	390	12	6mm	Horizontal	Measurement
12	203	445	11	6mm	Horizontal	Measurement

Date / Time: 2022-07-29 08:41:09

SSN: 30014008 [mm]



Customer:

Location: AGIOS PETROS KINOURIAS

Operator: "DOMOEREVNA"

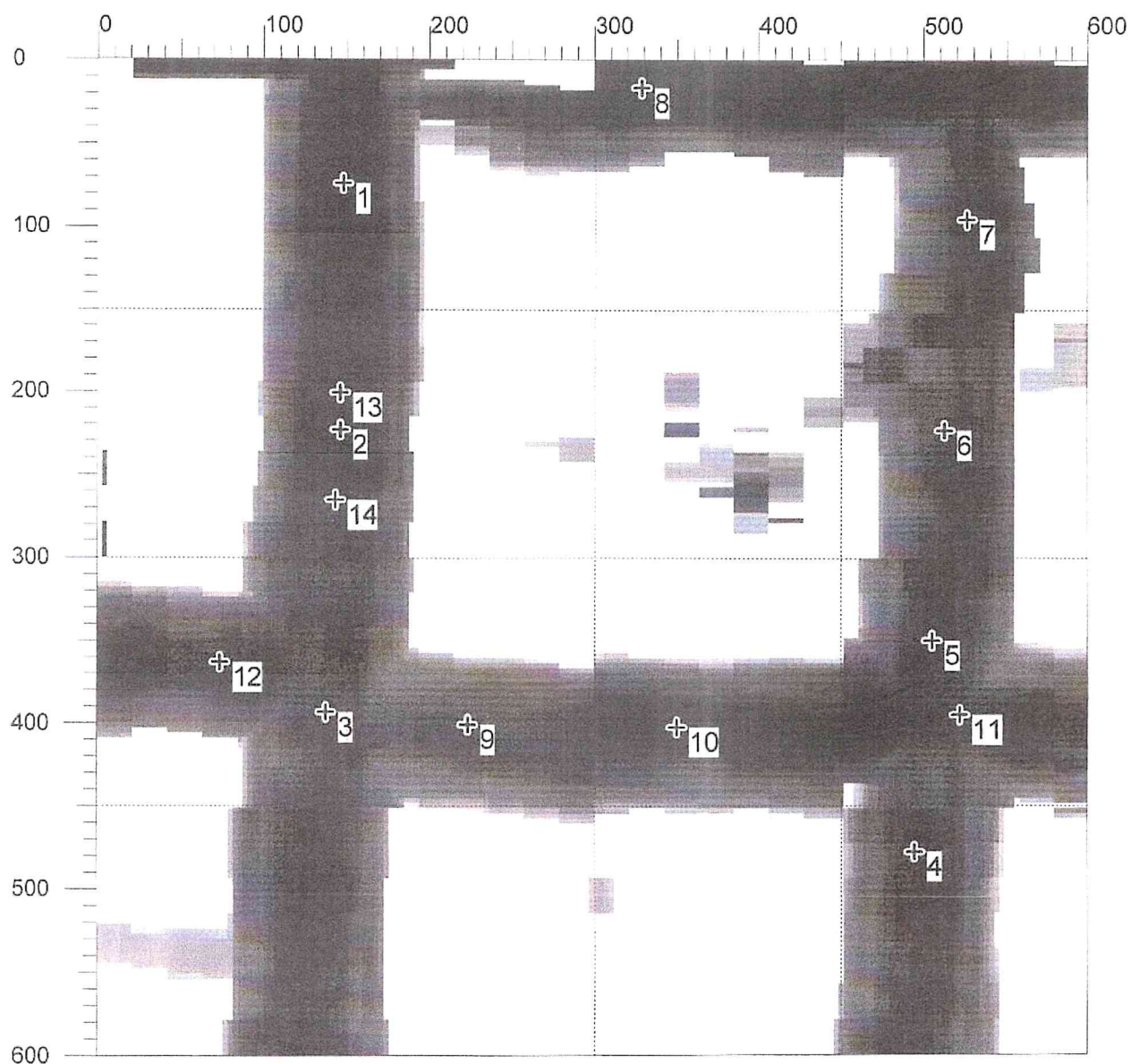
Comment:

3rd LEVEL - COLUMN K4
4D14 VERTICAL REBARS
D6/40 STEEL LINKS

Imagescan:

FS_30014008_001234.XFF

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	156	31	50	14mm	Vertical	Measurement
2	154	96	47	14mm	Vertical	Measurement
3	96	132	48	6mm	Horizontal	Measurement
4	53	569	30	6mm	Horizontal	Measurement
5	165	181	37	14mm	Vertical	Measurement
6	169	224	41	14mm	Vertical	Measurement
7	16	117	72	14mm	Vertical	Verify only



Customer:

Location: AGIOS PETROS KINOURIAS

Operator: "DOMOEREVNA"

Comment:

ROOF TOP SLAB
MESH D8/35-40

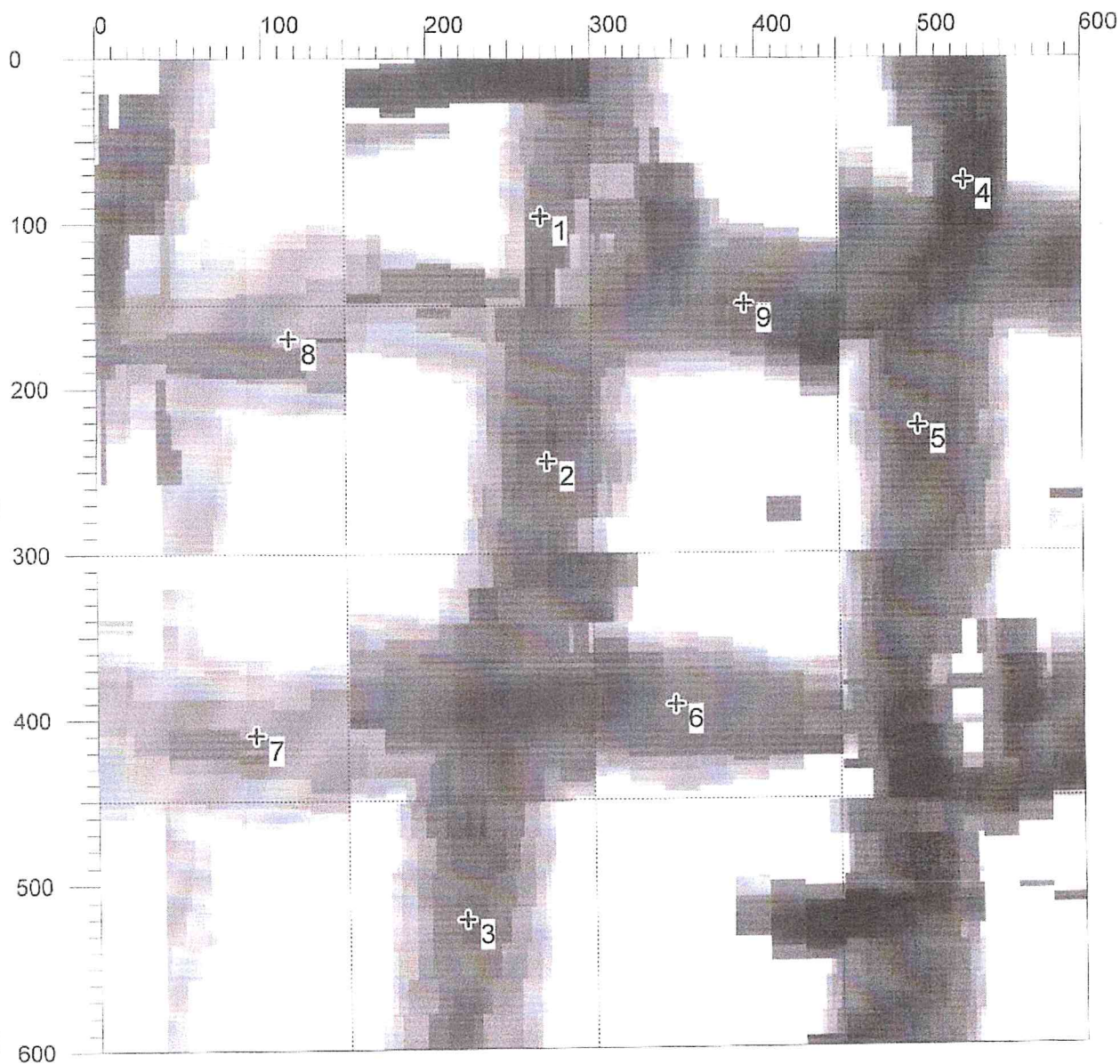
Imagescan:

FS_30014008_001235.XFF

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	149	74	64	8mm	Vertical	Measurement
2	147	224	66	8mm	Vertical	Measurement
3	139	396	66	8mm	Vertical	Measurement
4	498	481	67	8mm	Vertical	Measurement
5	508	353	68	8mm	Vertical	Measurement
6	517	224	68	8mm	Vertical	Measurement
7	530	96	69	8mm	Vertical	Measurement
8	331	17	65	8mm	Horizontal	Verify only
9	224	404	75	8mm	Horizontal	Measurement
10	353	405	70	8mm	Horizontal	Measurement
11	524	398	67	8mm	Horizontal	Measurement
12	74	366	69	8mm	Horizontal	Measurement
13	147	203	67	8mm	Vertical	Measurement
14	144	267	66	8mm	Vertical	Measurement

Date / Time: 2022-07-29 08:37:58

SSN: 30014008 [mm]



Customer:

Location: AGIOS PETROS KINOURIAS

Operator: "DOMOEREVNA"

Comment:

SLAB - SCANNED UPPER SURFACE
MESH D8/20

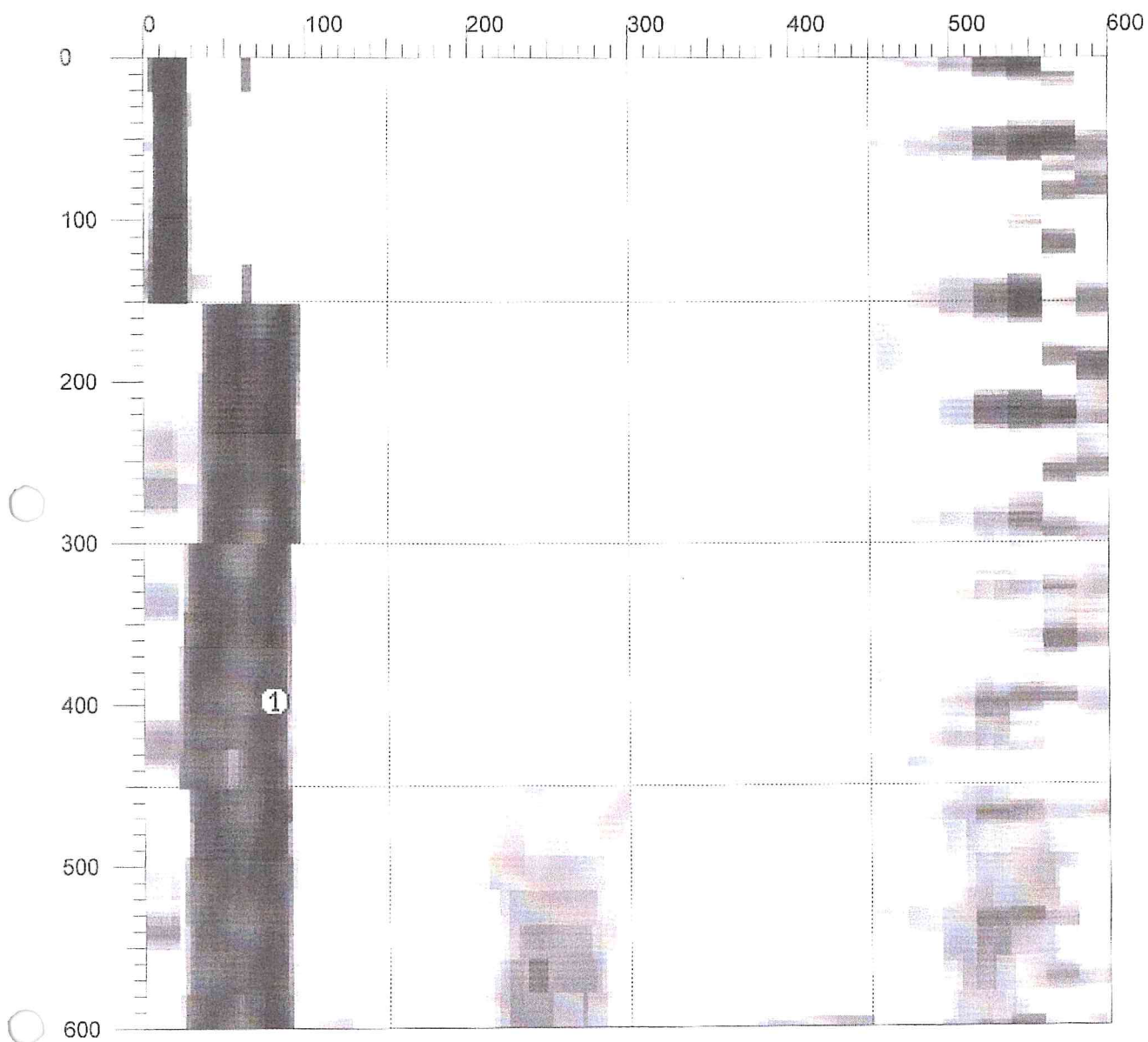
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΣΗΜ. ΚΑΡΟΓΙΑΝΝΗΣ
"ΔΟΜΟΕΡΕΥΝΑ"
ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ - ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ 82-84 - ΚΑΛΛΙΘΕΑ
ΤΗΛ: 210 9582145 - 210 9589003
ΑΦΜ: 013327845 - ΑΔΥ: ΚΑΛΛΙΘΕΑ

Imagescan: FS_30014008_001233.XFF

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	273	96	70	8mm	Vertical	Measurement
2	274	246	78	8mm	Vertical	Measurement
3	224	524	83	8mm	Vertical	Measurement
4	532	74	52	8mm	Vertical	Measurement
5	503	224	69	8mm	Vertical	Measurement
6	353	395	75	8mm	Horizontal	Measurement
7	96	412	93	8mm	Horizontal	Measurement
8	117	172	84	8mm	Horizontal	Measurement
9	396	150	66	8mm	Horizontal	Measurement

Date / Time: 2022-07-29 08:59:42

SSN: 30014008 [mm]



Customer:

Location: AGIOS PETROS KINOURIAS

Operator: "DOMOEREVNA"

Comment:

COLUMN (INSIDE TEMPLE LEFT)
SANNED DOWN
AT THE CORNER VERTICAL STEEL SUPPORT

Imagescan: FS_30014008_001236.XFF

Marker:	x: [mm]	y: [mm]	Comment:
---------	---------	---------	----------

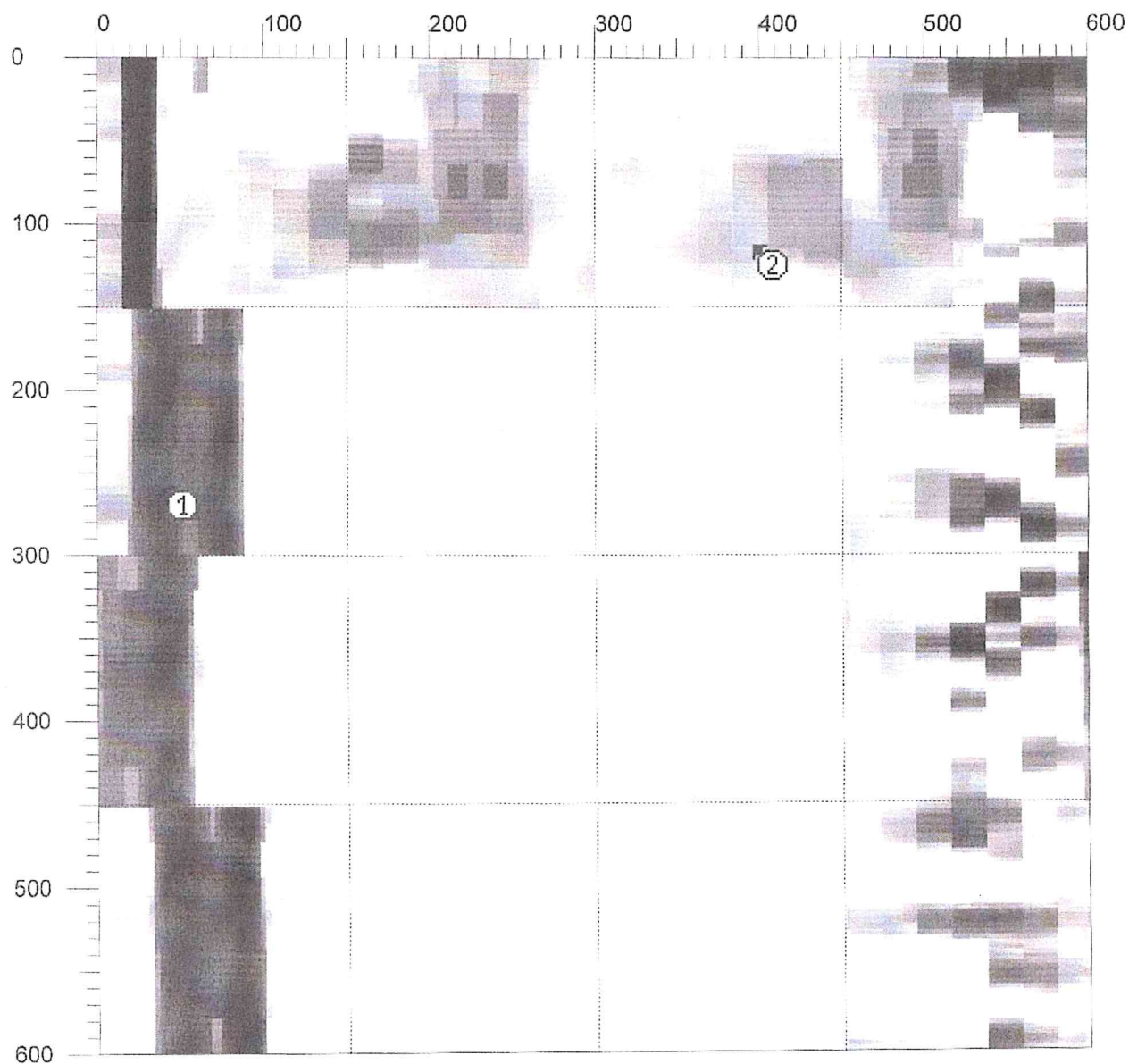
1	68	389	STEEL
---	----	-----	-------

File Storage: D:\HIMFERRO 2022\AGIOS PETROS\IFS_30014008_001236.XFF

Project: 2 / 2

Date / Time: 2022-07-29 09:12:32

SSN: 30014008 [mm]



Customer:

Location: AGIOS PETROS KINOURIAS

Operator: "DOMOEREVNA"

Comment:

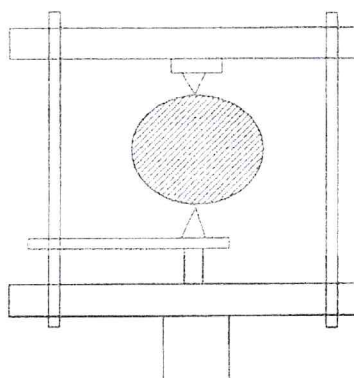
COLUMN (INSIDE TEMPLE LEFT)
SANNED UP
AT THE CORNER VERTICAL STEEL SUPPORT
AND HORIZONTAL STEEL SUPPORT

Imagescan: FS_30014008_001239.XFF

Marker:	x: [mm]	y: [mm]	Comment:
1	40	260	STEEL
2	399	115	STEEL

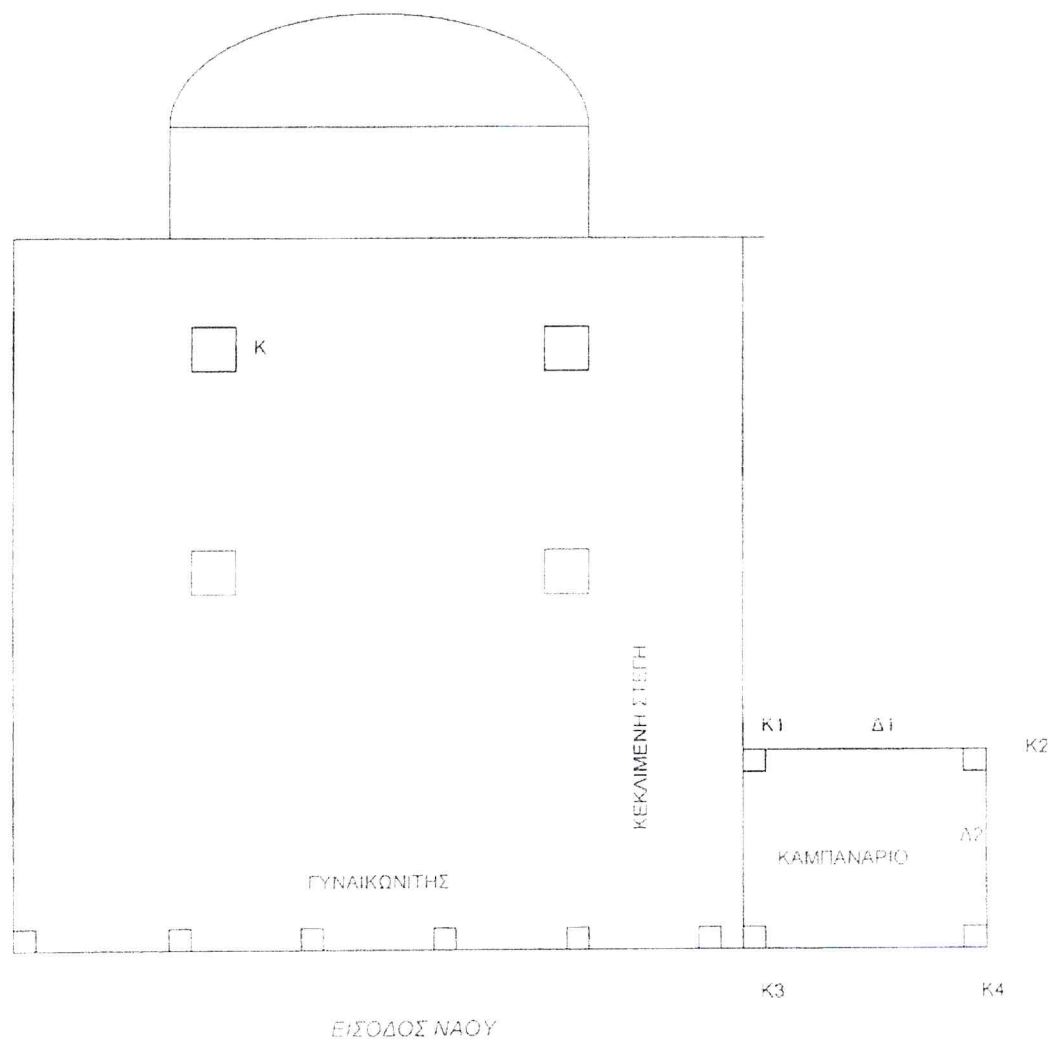
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β
ΦΥΛΛΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΔΟΚΙΜΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΑΙΧΜΗΣ POINT LOAD TEST



Α/Α ΔΟΚΙΜΗΣ TEST N°		ΔΕΙΓΜΑ 1 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	ΔΕΙΓΜΑ 2 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
1	ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ D_e (cm) EQUIVALENT DIAMETER	5,0	4,5
2	ΔΥΝΑΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ P (Kg) FAILURE LOAD	238	196
3	ΑΝΤΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ Is (Kg/cm ²) POINT LOAD STRENGHT	9,5	9,7
4	ΑΝΤΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ $Is(50)$ (Kg/cm ²) POINT LOAD STRENGHT	9,5	9,2
5	ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ qu (Kg/cm ²) UNICONFINED STRENGTH qu (MPa)	228 22,4	220 21,6
ΣΧΗΜΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΡΑΥΣΗ SHARE OF FAILURE			
ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ LITHOLOGICAL DESCRIPTION		ΔΕΙΓΜΑ 1 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - ΚΕΚΛΙΜΕΝΗ ΣΤΕΓΗ ΔΕΙΓΜΑ 2 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - ΚΕΚΛΙΜΕΝΗ ΣΤΕΓΗ	
ΔΟΜΟΕΡΕΥΝΑ - DOMOEREVNA ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ/ΕΡΕΥΝΕΣ - GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ - SOILS LABORATORIES ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ 82 - 84, 176 71 - ΚΑΛΛΙΘΕΑ EVANGELISTRIAS 82 - 84, 176 71 KALLITHEA ΤΗΛ/TEL: 210 95 82 145 FAX: 210 95 89 003		ΠΡΟΣ/ΤΟ: κ. ΑΡΒΑΝΙΤΟΓΛΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟ ΕΡΓΟ/PROJECT: ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ Ι.Ν. ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ & ΠΑΥΛΟΥ ΑΓΙΟΣ ΠΕΤΡΟΣ ΚΥΝΟΥΡΙΑΣ	ΕΡΓΑΡ LAB No 657.22 ΣΧ/FIG 1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ
ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΚΑΤΟΨΗΣ



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΚΑΤΟΨΗΣ
Ι.Ν. ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΣ & ΠΑΥΛΟΥ
ΑΓΙΟΣ ΠΕΤΡΟΣ ΚΥΝΟΥΡΙΑΣ Ν. ΑΡΚΑΔΙΑΣ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

**Χαρακτηρισμός κονιαμάτων του Ι.Ν. των Αποστόλων
Πέτρου και Παύλου στον Άγιο Πέτρο Κυνουρίας -
Προτάσεις συμβατών κονιαμάτων αποκατάστασης**



ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΑΣΤΕΡΙΟΣ ΜΠΑΚΟΛΑΣ
ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΕΥΝΟΠΟΥΛΟΥ
ΔΡ. ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2022

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
II. Ο ΙΕΡΟΣ ΝΑΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΣΤΟΛΩΝ ΠΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΠΑΥΛΟΥ - ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	4
II.1. Ο Ι.Ν. ΤΩΝ ΑΠΟΣΤΟΛΩΝ ΠΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΠΑΥΛΟΥ	4
II.2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	6
III. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ	9
III.1. ΕΞΕΤΑΣΗ ΥΦΗΣ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ - ΨΗΦΙΑΚΟ ΟΠΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ..	9
III.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ - ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ (XRD)	9
III.3. ΕΞΕΤΑΣΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ - ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (TG - DTA)	9
III.4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΜΙΚΡΟΔΟΜΗΣ - ΠΟΡΟΜΕΤΡΙΑ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ	10
III.5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ ΑΛΑΤΩΝ	11
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	12
IV.1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ	12
IV.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ (XRD)	15
IV.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ (TG/DTA)	18
IV.4. ΜΕΛΕΤΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΙΚΡΟΔΟΜΗΣ ΜΕΣΩ ΠΟΡΟΜΕΤΡΙΑΣ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ (MIP)	22
IV.5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ ΑΛΑΤΩΝ ΜΕΣΩ ΑΓΩΓΙΜΟΜΕΤΡΙΑΣ..	26
V. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	27
VI. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	28
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	32
ΠΙΝΑΚΕΣ.....	33
ΕΙΚΟΝΕΣ.....	33

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα τεχνική έκθεση αφορά στη μελέτη δειγμάτων κονιαμάτων αρμολόγησης και δόμησης από τον Ι.Ν. Αποστόλων Πέτρου και Παύλου στον Άγιο Πέτρο Κυνουρίας, με σκοπό αφενός τον χαρακτηρισμό τους και αφετέρου την πρόταση συμβατών κονιαμάτων για τις ανάγκες των εργασιών αποκατάστασής του.

Ο κύριος Αθανάσιος Αρβανιτόγλου, πολιτικός μηχανικός, ανέθεσε στο Εργαστήριο Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, (επιστημονικός υπεύθυνος Αν. Καθ. Α. Μπακόλας) τη μελέτη των κονιαμάτων με σκοπό την πρόταση συμβατών κονιαμάτων αποκατάστασης.

Ο χαρακτηρισμός των κονιαμάτων αρμολόγησης και δόμησης πραγματοποιήθηκε επί δειγμάτων που παραδόθηκαν από τον Εργοδότη στον Ανάδοχο, χρησιμοποιώντας τις εξής τεχνικές: (i) ψηφιακή οπτική μικροσκοπία για τη μορφολογική τους εξέταση, (ii) περίθλαση ακτίνων Χ (XRD), για τη μελέτη της ορυκτολογικής τους σύστασης, (iii) διαφορική θερμική και θερμοβαρυμετρική ανάλυση (DTA/TG), για τη διερεύνηση της σύστασής τους, (iv) πορομετρία υδραργύρου, για τη μελέτη της μικροδομής τους και (v) αγωγιμομετρία με σκοπό τον προσδιορισμό των ολικών υδατοδιαλυτών αλάτων στα δείγματα. Με βάση τον χαρακτηρισμό των κονιαμάτων αρμολόγησης και δόμησης, στην παρούσα έκθεση περιλαμβάνεται πρόταση συμβατών κονιαμάτων για τις ανάγκες των εργασιών αποκατάστασης.

II. Ο ΙΕΡΟΣ ΝΑΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΣΤΟΛΩΝ ΠΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΠΑΥΛΟΥ - ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

II.1. Ο Ι.Ν. ΤΩΝ ΑΠΟΣΤΟΛΩΝ ΠΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΠΑΥΛΟΥ

Ο Ι.Ν. των Αποστόλων Πέτρου και Παύλου βρίσκεται στο γραφικό κεφαλοχώρι της Κυνουρίας, τον Άγιο Πέτρο. Από τον τρόπο κατασκευής του ναού -η οποία φαίνεται να ξεκίνησε περί το έτος 1860, προκύπτει ότι πρόκειται για ένα είδος τρίκλιτης βασιλικής, ορθογώνιας κάτοψης με χαρακτηριστικά μεσοβυζαντινού οκταγωνικού ναού, καθώς η στήριξη ενός αναλογικά μεγάλων διαστάσεων τρούλου γίνεται σε οκτώ τόξα μέσω μικρών σφαιρικών τριγώνων που σχηματίζονται μεταξύ τους και γεφυρώνουν τα αντίστοιχα τέσσερα στηρίγματα, με τη συμβολή όμως των πλευρικών τοίχων, έτσι ώστε ολόκληρος ο εσωτερικός χώρος να παραμένει ελεύθερος. Έτσι στα προβαλλόμενα στην κάτοψη σημεία, στα οποία εδράζεται ο τρούλος, διαγράφεται οκτάγωνο μέσα στο οποίο εγγράφεται η περιφέρεια του τρούλου.

Η κατασκευή από αργολιθοδομή με κεντρικό θόλο έχει συνολικό ύψος περίπου 21,70 μ. εξωτερικά του ναού (όψη). Οι διαστάσεις της γενικής κάτοψης εξωτερικά είναι 26,71 μ. (μέγιστη κατά μήκος διάσταση) και 14,20 μ. (μέσος όρος κατά πλάτος διαστάσεων). Το εσωτερικό εγκάρσιο άνοιγμα των τοίχων στην βάση του τρούλου είναι της τάξης των 11,95 μ. και έχει γενικό εσωτερικό ύψος (εκτός τρούλου) της τάξης των 13,30 μ. Η φέρουσα λιθοδομή παρουσιάζει μεταβλητό πάχος που κυμαίνεται από 1,00 μ. - 1,20 μ. Στη δυτική πλευρά διακρίνεται η κύρια είσοδος στον ναό από τον χώρο της μεγάλης πλατείας, στον χώρο της οποίας είναι κτισμένος ο ναός (Εικόνα 1). Το τέμπλο στον χώρο του ιερού είναι πιθανόν κτισμένο σε διαφορετική χρονική φάση από την περιμετρική φέρουσα τοιχοποιία του ναού.

Στο ναό υπάρχουν δυο πατάρια (γυναικωνίτες) πιθανόν σύμμεκτης κατασκευής επενδεδυμένοι περιτέχνως με ξύλο και μεταγενέστερης κατασκευής από τον υπόλοιπο ναό.



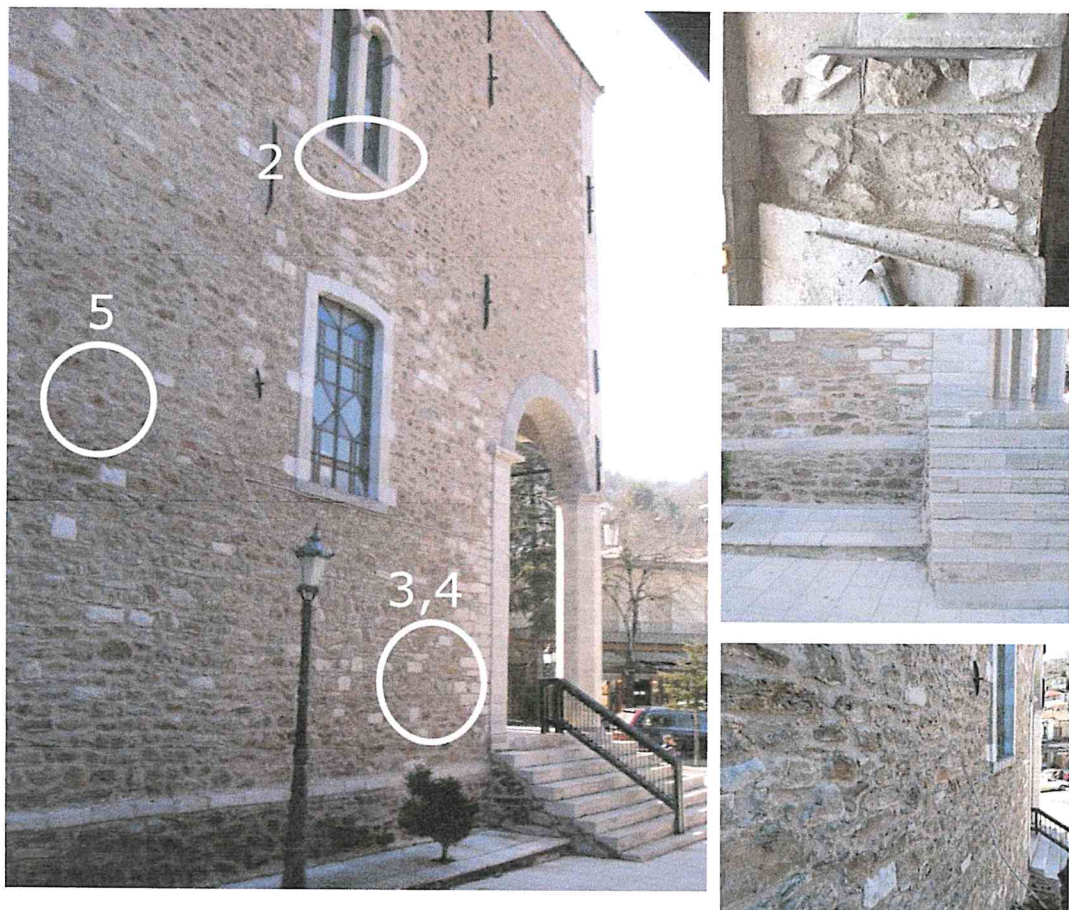
Εικόνα 1: Κεντρική άποψη του Ι.Ν. Αποστόλων Πέτρου και Παύλου (δυτική όψη)

II.2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Δείγματα κονιαμάτων ελήφθησαν από τη βόρεια όψη, προς τη βορειοδυτική γωνία και από την ανατολική όψη, πίσω εξωτερικά του ιερού. Τα δείγματα παραδόθηκαν στο Εργαστήριο Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών από τον Εργοδότη για τις ανάγκες της παρούσης έρευνας.



Εικόνα 2: Σημείο δειγματοληψίας στην ανατολική όψη (εικόνα 1 - αριστερή εικόνα) - Λεπτομέρειες του σημείου δειγματοληψίας (δεξιά εικόνες).



Εικόνα 3: Σημεία δειγματοληψίας στην βόρεια όψη (δείγματα 2-5). Αριστερή εικόνα: Σήμανση περιοχής δειγματοληψίας στη βόρεια όψη. Δεξιά πάνω εικόνα: Σημείο δειγματοληψίας κάτω από τη μαρμαροποδιά στο παράθυρο του γυναικωνίτη (δείγμα 2). Δεξιά μεσαία εικόνα: Σημείο δειγματοληψίας κονιαμάτων από την επιφάνεια και σε βάθος 30 εκ. από την επιφάνεια της τοιχοποιίας (δείγματα 3,4). Δεξιά κάτω εικόνα: Σημείο δειγματοληψίας κονιάματος αρμολόγησης (δείγμα 5).

Η ονομασία, καθώς και μια συνοπτική περιγραφή του κάθε δείγματος και της θέσης δειγματοληψίας, παρατίθενται στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 1), ενώ στις εικόνες που ακολουθούν (Εικόνες 4-8) παρατίθενται μακροσκοπικές φωτογραφίες των δειγμάτων.

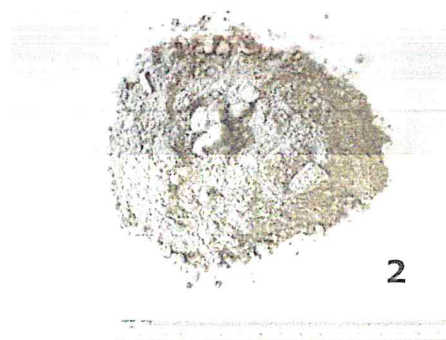
Πίνακας 1: Κωδικοποίηση και περιγραφή δειγμάτων

Κωδικός δείγματος	Τύπος υλικού	Περιοχή δειγματοληψίας
1	Κονίαμα γκρίζου - μπεζ χρώματος, σχετικά χαμηλής συνεκτικότητας	Εξωτερική ανατολική όψη, εξωτερικά του ιερού
2	Κονίαμα καφέ σκούρας απόχρωσης, χαμηλής συνεκτικότητας	Εξωτερική βόρεια όψη, κάτω από την μαρμαροποδιά του παραθύρου του γυναικωνίτη

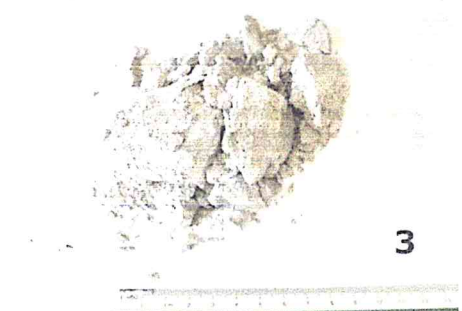
3	Κονίαμα μπεζ ανοιχτού χρώματος, υψηλής συνεκτικότητας	Εξωτερική βόρεια όψη, δίπλα από την σκάλα
4	Κονίαμα, καφέ - γκριζου χρώματος, χαμηλής συνεκτικότητας, εμφανή αδρανή	Εξωτερική βόρεια όψη, δίπλα από σκάλα, σε βάθος 30 cm
5	Κονίαμα αρμολογήματος καφέ - γκριζου χρώματος, χαμηλής συνεκτικότητας	Εξωτερική βόρεια όψη



Εικόνα 6: Φωτογραφία του δείγματος 1



Εικόνα 7: Φωτογραφία του δείγματος 2



Εικόνα 6: Φωτογραφία του δείγματος 3



Εικόνα 7: Φωτογραφία του δείγματος 4



Εικόνα 8: Φωτογραφία του δείγματος 5

III. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ

III.1. ΕΞΕΤΑΣΗ ΥΦΗΣ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ - ΨΗΦΙΑΚΟ ΟΠΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ

Η εξέταση της υφής και της μορφολογίας πραγματοποιήθηκε με χρήση ψηφιακού οπτικού μικροσκοπίου (i-scope Moritex, μεγέθυνση x30, x50). Η εξέταση μέσω οπτικής μικροσκοπίας προσφέρει πληροφορίες σε σχέση με την υφή και τη μορφολογία του κονιάματος, τα χαρακτηριστικά της κονιάς και των αδρανών, τη πρόσφυση κονιάς/αδρανών, την παρουσία προσθέτων και την κατάσταση διατήρησης των υλικών.

III.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ - ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ (XRD)

Η περίθλαση ακτίνων Χ (XRD) επιτρέπει την ταυτοποίηση κρυσταλλικών ενώσεων που περιέχονται σε ένα δείγμα όταν η συγκέντρωσή τους δεν είναι πάρα πολύ χαμηλή. Οι μη κρυσταλλικές φάσεις που περιέχονται στους διάφορους τύπους κονιαμάτων δεν εμφανίζουν καθαρές κορυφές αλλά προκαλούν την αύξηση του θορύβου συνήθως σε εκτεταμένες ζώνες. Τα άμορφα υλικά, όπως οι ηφαιστειογενείς ύαλοι των ποζολανών και η διαλυτή πυριτία ή οι άμορφες αργιλοπυριτικές ενώσεις που σχηματίζονται κατά την πήξη και σκλήρυνση των υδραυλικών ενώσεων, είναι δύσκολο να ταυτοποιηθούν και μπορούν πολλές φορές να καταστήσουν προβληματική την αναγνώριση των μικρότερων σε συγκέντρωση κρυσταλλικών φάσεων.

Από την περίθλαση ακτίνων Χ των κονιαμάτων λαμβάνονται αποτελέσματα ουσιαστικά ποιοτικά. Η ποσοτική ανάλυση τόσο πολύπλοκων μιγμάτων είναι αρκετά προβληματική κάνοντας χρήση μεθόδων βαθμονόμησης με πρότυπα, λόγω του διαφορετικού βαθμού κρυσταλλικότητας των ορυκτών φάσεων στα διάφορα κονιάματα. Είναι δυνατόν όμως να συνάγουμε συμπεράσματα όσον αφορά στην σχετική ποσότητα (ημιποσοτική) των περιεχομένων ορυκτών φάσεων συγκρίνοντας μεταξύ τους τις εντάσεις των αντίστοιχων κορυφών στα διάφορα φάσματα. Η ορυκτολογική ανάλυση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τα πρότυπα Normal 27/88 και Normal 34/91 [1, 2].

III.3. ΕΞΕΤΑΣΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ - ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (TG - DTA)

Η θερμοβαρυμετρική ανάλυση (TG) καταγράφει τις μεταβολές του βάρους που υφίσταται ένα δείγμα κατά τη διάρκεια θέρμανσής του υπό ελεγχόμενη ταχύτητα από θερμοκρασία περιβάλλοντος έως θερμοκρασία 1000°C.

Παράλληλα με την TG, εκτελείται και η διαφορική θερμική ανάλυση (DTA) όπου καταγράφεται κατά τη διάρκεια της θέρμανσης η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του δείγματος υπό εξέταση και ενός δείγματος αναφοράς (συνήθως α-αλουμίνα), το οποίο δεν υφίσταται μετασχηματισμούς στο εξεταζόμενο θερμοκρασιακό εύρος. Η DTA επιτρέπει την ταυτοποίηση των ενδόθερμων ή εξώθερμων φαινομένων που

συνοδεύουν τους μετασχηματισμούς, παρέχοντας πληροφορίες για τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα. Φαινόμενα όπως η αφυδάτωση, η τήξη ενός στερεού, η διάσπαση των ανθρακικών ενώσεων είναι ενδόθερμα, ενώ οξειδωτικά φαινόμενα, όπως η καύση των οργανικών ενώσεων είναι εξώθερμα.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με ταχύτητα θέρμανσης $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ για έναν καλύτερο ποσοτικό προσδιορισμό των χημικών ενώσεων που μετασχηματίζονται και σε ατμόσφαιρα στατικού αέρα.

Στα κονιάματα η ανάλυση TG-DTA επιτρέπει την ταυτοποίηση, τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των ακόλουθων ενώσεων: υδροσκοπικό νερό (φυσικά δεσμευμένο νερό, $<120^{\circ}\text{C}$), γύψο ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $120-200^{\circ}\text{C}$), ασβεστίτη (CaCO_3 , $>600^{\circ}\text{C}$), πορτλαντίτη ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, $470-520^{\circ}\text{C}$), δολομίτη ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, $700-900^{\circ}\text{C}$), μαγνησίτης (MgCO_3 , $450-550^{\circ}\text{C}$), οργανικές ενώσεις (εξώθερμα $300-500^{\circ}\text{C}$), χημικά δεσμευμένο νερό των υδραυλικών ενώσεων (διάφορα ενδόθερμα $200-600^{\circ}\text{C}$), κ.α.

Πραγματοποιήθηκαν θερμικές αναλύσεις στο ολικό δείγμα (σύμφωνα με την πρότυπο Normal 27/88) [1]. Επίσης προσδιορίζεται η αναλογία $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}_{\text{χημικά δεσμευμένο}}$, που υπολογίζεται από τις ποσοστιαίες απώλειες βάρους στα θερμοκρασιακά διαστήματα $>600^{\circ}\text{C}$ και $200-600^{\circ}\text{C}$. Η παράμετρος αυτή ταυτοποιεί την υδραυλικότητα ενός κονιάματος ανάλογα με την τιμή που λαμβάνει.

III.4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΜΙΚΡΟΔΟΜΗΣ - ΠΟΡΟΜΕΤΡΙΑ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ

Το ολικό πορώδες ενός κονιάματος σχετίζεται κατά προσέγγιση με την μηχανική αντοχή του κονιάματος. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ο συσχετισμός που παρατηρήθηκε στη μελέτη των κονιαμάτων σε 40 μνημεία παράλληλα με τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών των τοιχοποιιών [3].

Το ολικό πορώδες θα μπορούσε να προσδιορισθεί, επίσης, με την μέτρηση του ολικού όγκου των πόρων, όπου μπορεί να διεισδύσει το νερό, που απαιτεί εξοπλισμό πολύ μικρότερου κόστους. Η παρουσία όμως των διαλυτών αλάτων, που θα προκαλούσε μεγάλα σφάλματα στον προσδιορισμό και η χρήση ενός δείγματος διαστάσεων που απαιτούν οι κανονισμοί, καθιστά τον προσδιορισμό αδύνατο. Το πορόμετρο υδραργύρου επιτρέπει αντίθετα τη χρήση ακανόνιστων τεμαχίων και μικρών διαστάσεων δείγματα κονιάματος για την εκτέλεση της μέτρησης, όπως ακριβώς λαμβάνονται τα δείγματα από μια ιστορική τοιχοποιία.

Η κατανομή των διαμέτρων των πόρων με τον όγκο των κενών είναι ένα δεδομένο χρήσιμο, παρά τους περιορισμούς που προκύπτουν από την μέτρηση που υιοθετεί το κυλινδρικό μοντέλο πόρων. Συγκριτικά όμως οι κατανομές μπορούν να είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για τη διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών των κονιαμάτων. Οι κατανομές μπορούν να διαφοροποιούνται ανάλογα με την φύση της κονίας (π.χ. τα κονιάματα με τσιμέντο δείχνουν μια υπεροχή σε πολύ μικρούς πόρους, ενώ τα κονιάματα με ασβέστη παρουσιάζουν συνήθως ένα μεγάλο ποσοστό μεγαλύτερων πόρων) [4]. Το πορώδες επηρεάζεται αρκετά από τις συνθήκες εφαρμογής του

κονιάματος και κυρίως από το νερό ανάμιξης και από την συμπίεση που υφίσταται το κονίαμα κατά την εφαρμογή του. Επίσης το πορώδες των αδρανών επηρεάζει το αποτέλεσμα της μέτρησης [3]. Οι παράμετροι μικροδομής που προσδιορίζονται με την πορομετρία υδραργύρου είναι: ο ολικό ειδικό όγκος (mm^3/g), η φαινόμενη πυκνότητα (g/cm^3), το ολικό πορώδες επί τοις εκατό (%), η μέση ακτίνα πόρων (μm) και η ειδική επιφάνεια (m^2/g), σύμφωνα με το πρότυπα Normal 27/88 και Normal 4/80 [1, 5].

III.5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ ΑΛΑΤΩΝ

Ο προσδιορισμός των ολικών διαλυτών αλάτων έγινε για τη διάγνωση της κατάστασης διατήρησης των κονιαμάτων, τον προσδιορισμό ενδεχομένων προϊόντων περιβαλλοντικής φθοράς, προβλημάτων ανερχόμενης υγρασίας και άλλων εξωγενών παραγόντων φθοράς.

Ο προσδιορισμός των ολικών διαλυτών αλάτων έγινε σε υδατικό διάλυμα με αγωγιμομετρία, ενώ ο ποιοτικός προσδιορισμός των εμπεριεχομένων ανιόντων έγινε δια μέσου spot test.

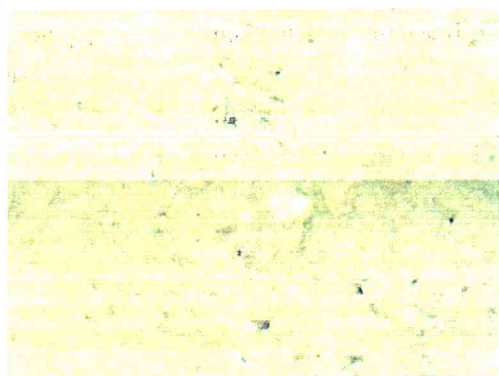
Ο προσδιορισμός των ολικών διαλυτών αλάτων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τα πρότυπα Normal 27/88 και Normal 13/83 [1, 6].

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

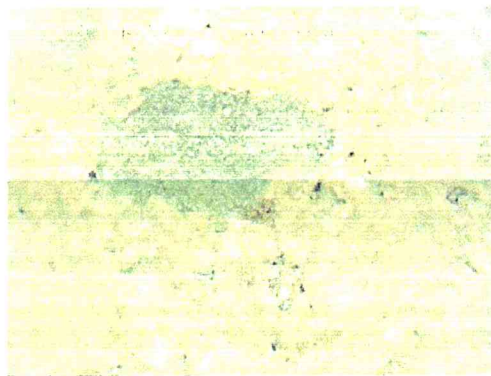
IV.1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ

Στα δείγματα που ελήφθησαν πραγματοποιήθηκε εξέταση με φορητό οπτικό ψηφιακό μικροσκόπιο, με σκοπό την μικροσκοπική μελέτη των υλικών, τη μελέτη της μορφολογίας και της υφής τους, την παρατήρηση της συνεκτικότητας, της συνάφειας κόνιας-αδρανών και την παρατήρηση αδρανών, προσθέτων και συσσωματωμάτων.

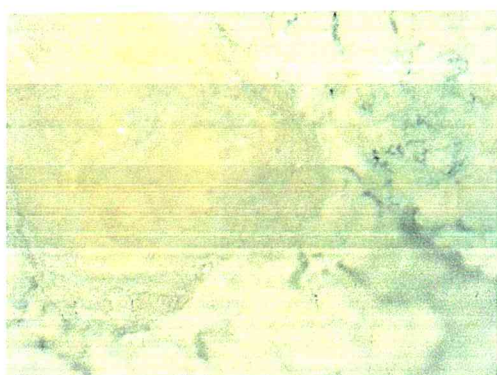
Όσον αφορά στο δείγμα 1, πρόκειται για κονίαμα γκριζου - μπεζ χρώματος σχετικά χαμηλής συνεκτικότητας (Εικόνα 9). Παρατηρείται η παρουσία αδρανών, διαφόρων διαμέτρων και αποχρώσεων (γκρι, πορτοκαλί, μαύρης μπεζ και πράσινης απόχρωσης (Εικόνα 10). Ποσοστό των αδρανών είναι αποστρογγυλεμένα ως προς τη γεωμετρία τους (Εικόνα 11), ενώ παροδικά εμφανίζονται και αδρανή με περισσότερο γωνιώδη γεωμετρία. Στη μάζα του δείγματος παρατηρούνται κενά διαφορετικού μεγέθους και εόρους (Εικόνα 12).



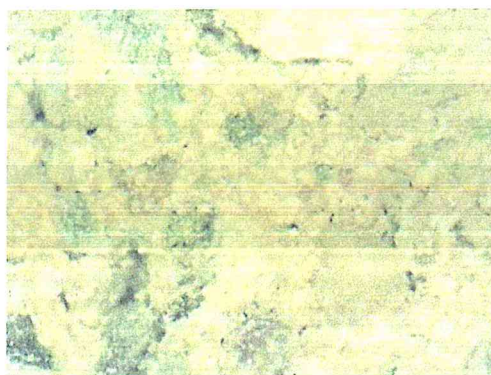
Εικόνα 9: Πινική εικόνα δείγματος 1, παρουσία αδρανών μικρού μεγέθους και διαφόρων αποχρώσεων (x30)



Εικόνα 10: Παρουσία αδρανών διαφόρων μεγέθων και αποχρώσεων στη μάζα του κονιάματος 1 (x30)

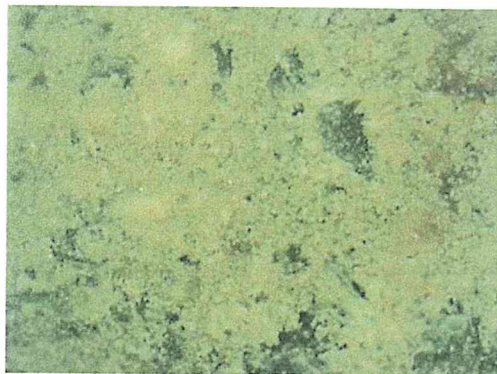


Εικόνα 11: Παρουσία ευμεγέθων αποστρογγυλεμένων αδρανών, 1 (x30)



Εικόνα 12: Διάσπαρτα κενά στη μάζα του κονιάματος 1 (x50)

Το κονίαμα 2 αφορά σε υλικό που ελήφθη κάτω από την μαρμαροποδιά στο παράθυρο του γυναικωνίτη. Η μάζα του παρουσιάζει εικόνα χαμηλής συνεκτικότητας με διάσπαρτα κενά διαφόρων μεγεθών, ενώ παρατηρείται η ύπαρξη κάποιων ανοιχτόχρωμων αδρανών (Εικόνα 14).



Εικόνα 13: Γενική εικόνα δείγματος 2, εμφανή διάσπαρτα κενά στη μάζα του κονιάματος (x30)



Εικόνα 14: Γενική εικόνα δείγματος 2 σε μεγαλύτερη μεγέθυνση, εμφανή ανοιχτόχρωμα αδρανή (x50)

Το τρίτο δείγμα αφορά σε κονίαμα μπεζ ανοιχτής απόχρωσης και παρουσιάζει υψηλότερη συνεκτικότητα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα δείγματα (Εικόνα 15). Παρατηρούνται πολλά αδρανή, διαφόρων μεγεθών, αποστρογγυλεμένης γεωμετρίας, αλλά και γωνιώδη, τα οποία παρουσιάζουν καλή πρόσφυση με την κονία (Εικόνες 16-17). Τα αδρανή είναι ποικίλων αποχρώσεων, γκριζα, μαύρα, ερυθρά, καστανέρυθρα, μπεζ.



Εικόνα 15: Γενική εικόνα δείγματος 3 και εμφανής παρουσία αδρανών διαφόρων αποχρώσεων (x30)



Εικόνα 16: Παρουσία αδρανών διαφόρων μεγεθών και αποχρώσεων στο 3 (x50)

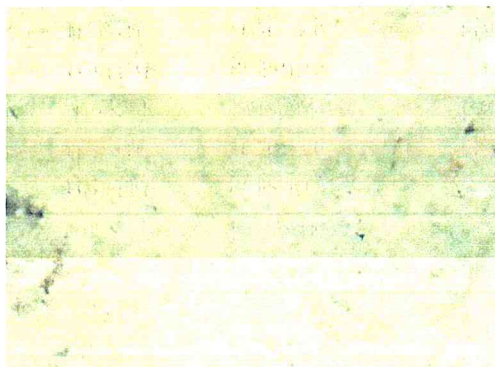


Εικόνα 17: Παρουσία αδρανών αποστρογγυλεμένης αλλά και πιο γωνιώδους γεωμετρίας στο 3 (x50)

Λόγω της υφής του δείγματος 4, το οποίο ελήφθη από βάθος 30 εκ. από την επιφάνεια της τοιχοποιίας δεν κατέστη δυνατό να ληφθούν εικόνες ψηφιακής μικροσκοπίας, καθώς δεν εντοπίστηκαν τμήματα του απαιτούμενου μεγέθους. Όσον αφορά στο δείγμα 5, πρόκειται για κονίαμα αρμολογήματος καφέ - γκριζου χρώματος και παρουσιάζει σχετικά χαμηλή συνεκτικότητα, όπως και τα περισσότερα από τα δείγματα που εξετάστηκαν. Τα εμφανή αδρανή στη μάζα του κονιάματος είναι αποχρώσεων ανοιχτού μπλε, πορτοκαλί και μαύρου (Εικόνα 18, 19).



Εικόνα 18: Ειδική εικόνα δείγματος 5 και παρουσία αδρανών μπλε, πορτοκαλί και μαύρου αποχρώσεων ανοιχτού μπλε



Εικόνα 19: Παρουσία αδρανών διαφορετικών αποχρώσεων πορτοκαλί, πορτοκαλί και μαύρου αποχρώσεων ανοιχτού μπλε

IV.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ (XRD)

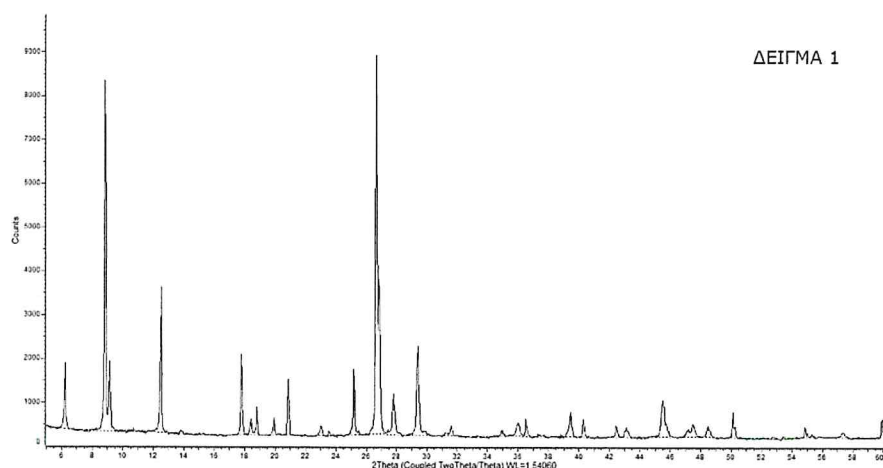
Τα δείγματα κονιορτοποιήθηκαν με σκοπό τον χαρακτηρισμό τους μέσω περίθλασης ακτίνων Χ, για την ταυτοποίηση των ορυκτολογικών τους φάσεων. Τα αποτελέσματα της ορυκτολογικής ανάλυσης παρατίθενται συνοπτικά στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 2), ενώ τα περιθλασιογράμματα παρατίθενται στις Εικόνες 20-24.

Πίνακας 2: Ορυκτολογική σύσταση των δειγμάτων

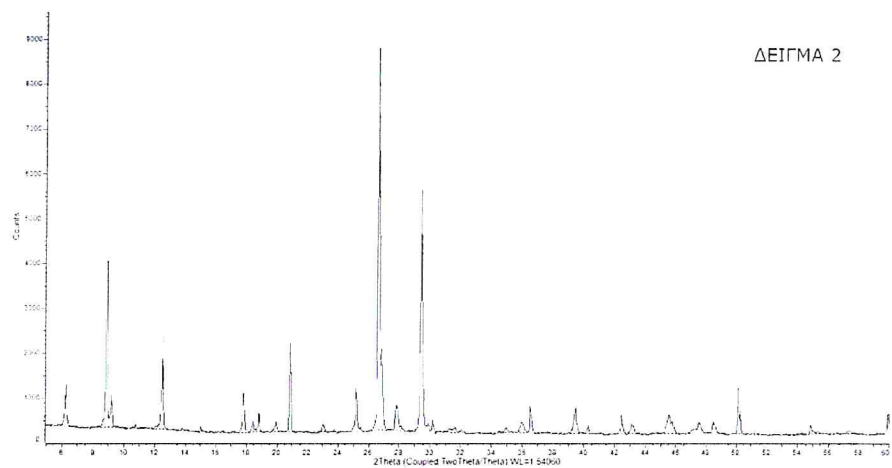
Κωδικός δείγματος	Ορυκτολογική σύσταση
1	Χαλαζίας, Μοσχοβίτης, Χλωρίτης, Ασβεστίτης, Αλβίτης
2	Χαλαζίας, Ασβεστίτης, Μοσχοβίτης, Χλωρίτης, Αλβίτης
3	Χαλαζίας, Ασβεστίτης, Πορτλαντίτης, Αλβίτης, Μοσχοβίτης, Χλωρίτης
4	Χαλαζίας, Μοσχοβίτης, Χλωρίτης, Ασβεστίτης, Αλβίτης
5	Χαλαζίας, Μοσχοβίτης, Χλωρίτης, Ασβεστίτης, Αλβίτης

Ο χαλαζίας (SiO_2) ταυτοποιείται ως κύρια ορυκτολογική φάση σε όλα τα κονιάματα που εξετάστηκαν. Ως δευτερεύουσες ορυκτολογικές φάσεις ταυτοποιούνται ο μοσχοβίτης ($\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2)$), ο ασβεστίτης (CaCO_3) και ο χλωρίτης ($(\text{Mg,Fe})_3(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{Mg,Fe})_3(\text{OH})_6$), με μικρές διαφοροποιήσεις ως προς την περιεκτικότητά τους, καθώς και ο αλβίτης ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) σε μικρότερες ποσότητες. Στο δείγμα 3 ταυτοποιήθηκε επιπλέον και σημαντική ποσότητα πορτλαντίτη ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), η οποία δεν ανιχνεύτηκε στα υπόλοιπα δείγματα και συνδέεται με τη μη ενανθράκωση κονίας τσιμεντικής φύσης.

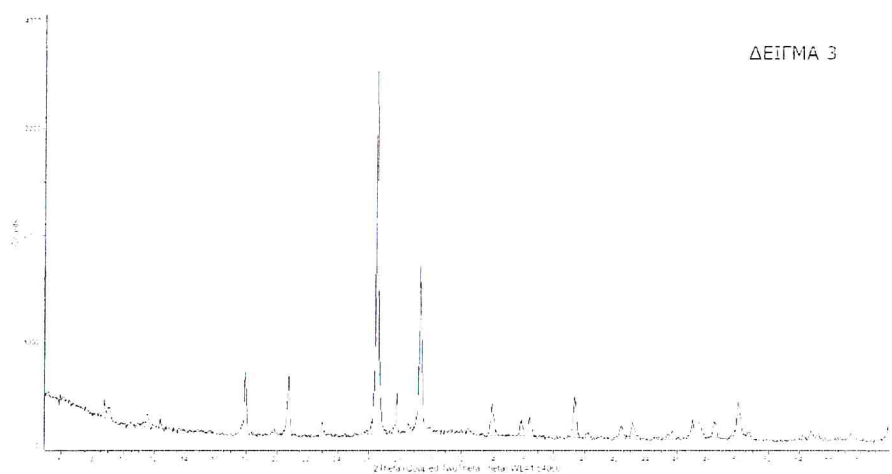
Από τις ορυκτολογικές φάσεις που ανιχνεύθηκαν προκύπτει ότι τα αδρανή που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι κυρίως αργιλοπυριτικής σύστασης. Πιο συγκεκριμένα, η ανίχνευση των ορυκτών χαλαζία, μοσχοβίτη, χλωρίτη και αλβίτη συνδέεται με το κλάσμα των αδρανών, ενώ ο ασβεστίτης συνδέεται πιθανόν με το κλάσμα της κονίας. Σε όλα τα δείγματα εκτός από το δείγμα 3, φαίνεται ότι τα αδρανή έχουν πιθανόν κοινή προέλευση, ενώ τα αδρανή του δείγματος 3 είναι διαφορετικής προέλευσης.



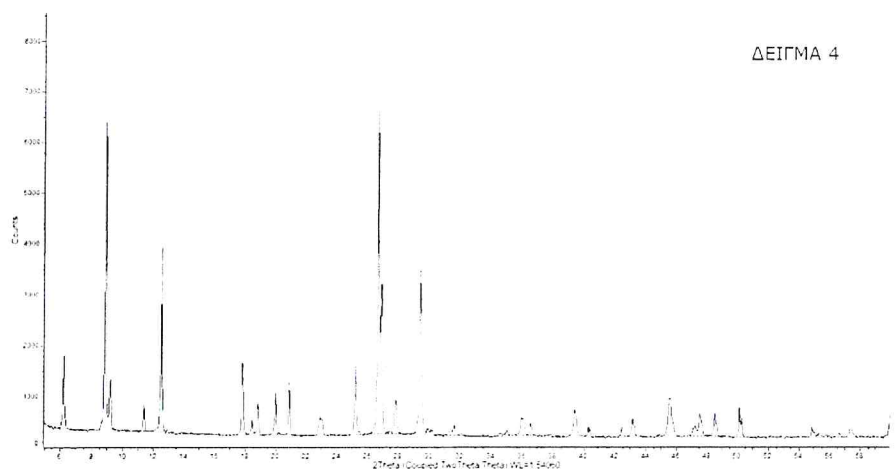
Εικόνα 20: Περιθλασιόγραμμα του κονιάματος 1



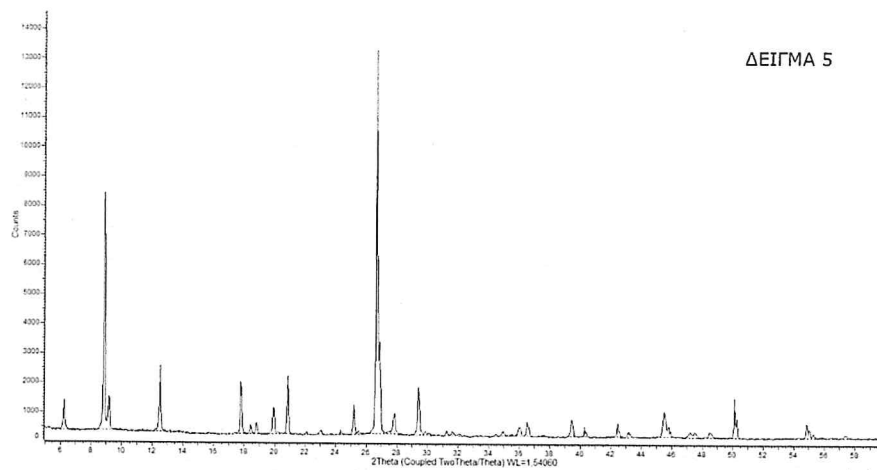
Εικόνα 21: Περιθλασιόγραμμα του κονιάματος 2



Εικόνα 22: Περιθλασιόγραμμα του κονιάματος 3



Εικόνα 23: Περιθλασιόγραμμα του κονιάματος 4



Εικόνα 24: Περιθλασιόγραμμα του κονιάματος 5

IV.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ (TG/DTA)

Σε όλα τα δείγματα πραγματοποιήθηκε θερμική ανάλυση (ταυτόχρονη θερμοβαρυμετρική και διαφορική θερμική ανάλυση, TG/DTA), ώστε να μελετηθεί η χημική τους σύσταση. Τα αποτελέσματα της θερμοβαρυμετρικής ανάλυσης παρατίθενται στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 3), ενώ τα διαγράμματα της ταυτόχρονης θερμοβαρυμετρικής και διαφορικής θερμικής ανάλυσης, παρατίθενται στις εικόνες που ακολουθούν (Εικόνες 25-29). Τα αποτελέσματα του πίνακα παρουσιάζουν την απώλεια μάζας ανά θερμοκρασιακό διάστημα, που το καθένα από αυτά κρίνεται σημαντικό για τον χαρακτηρισμό των υλικών. Επίσης, η αναλογία $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ που υπολογίζεται από την ποσοστιαία απώλεια μάζας στα θερμοκρασιακά διαστήματα >600 και $200-600^\circ\text{C}$, υποδεικνύει την υδραυλικότητα ενός κονιάματος και συγκεκριμένα η τιμή της αναλογίας $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ είναι αντιστρόφως ανάλογη της υδραυλικότητας του κονιάματος [7].

Πίνακας 3: Αποτελέσματα θερμοβαρυμετρικής ανάλυσης.

Κωδικός Δείγματος	Απώλεια μάζας (%) ανά θερμοκρασιακό διάστημα				$\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$
	$<120^\circ\text{C}$	$120-200^\circ\text{C}$	$200-600^\circ\text{C}$	$>600^\circ\text{C}$	
1	0,37	0,28	1,36	10,77	7,92
2	0,60	0,34	1,55	10,96	7,07
3	1,78	3,34	3,22	10,25	3,18
4	0,67	0,50	1,66	16,36	9,86
5	0,64	0,42	1,35	8,72	6,46

Τα ποσοστά της απώλειας μάζας στο πρώτο θερμοκρασιακό διάστημα, $<120^\circ\text{C}$, αφορούν στο φυσικά ροφημένο νερό (φυσική υγρασία). Όλα τα κονιάματα εκτός του δείγματος 3 παρουσιάζουν χαμηλά ποσοστά φυσικά ροφημένου νερού, κάτω του 1%. Το κονίαμα 3 παρουσίασε αυξημένη απώλεια μάζας 1,78%.

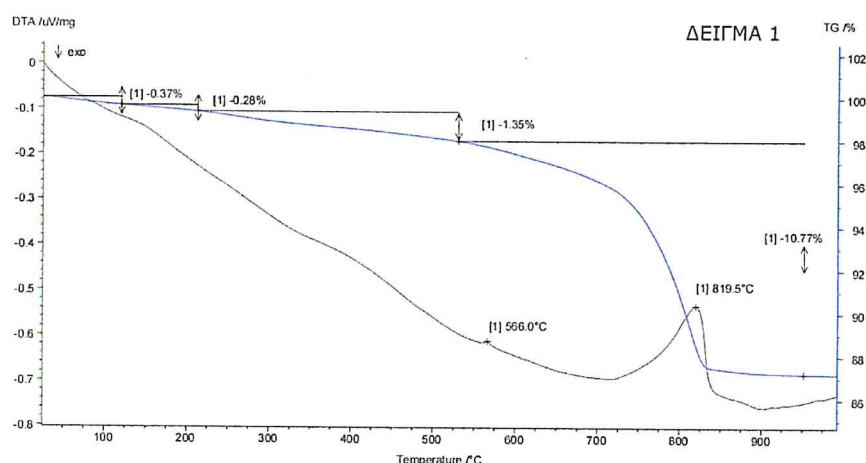
Στο θερμοκρασιακό διάστημα $120-200^\circ\text{C}$, όπου η απώλεια μάζας αντιστοιχεί στην απώλεια χημικά δεσμευμένου νερού, το ποσοστό είναι και πάλι χαμηλά ($<0.5\%$), με εξαίρεση το δείγμα 3, το οποίο παρουσίασε έντονη απώλεια σε ποσοστό 3,34% η οποία σχετίζεται με την ύπαρξη υδραυλικής κόνιας.

Στο θερμοκρασιακό διάστημα $200-600^\circ\text{C}$ δε διαφαίνεται από τα διαγράμματα κάποια ξεκάθαρη κορυφή, με εξαίρεση το δείγμα 3. Οι ισχνές ενδόθερμες κορυφές που παρατηρήθηκαν περί των $\sim 565^\circ\text{C}$ σε όλα τα δείγματα εκτός του δείγματος 3, οφείλονται στην παρουσία χαλαζία στα δείγματα, και πιο συγκεκριμένα στο ενδόθερμο φαινόμενο της μεταβολής φάσης του χαλαζία από χαλαζία-α σε χαλαζία-β σε αυτήν τη θερμοκρασία, χωρίς μεταβολή μάζας. Οι μικρές μεταβολές μάζας στα δείγματα αυτά στο εν λόγω διάστημα, πιθανότατα οφείλονται περισσότερο σε ορυκτές φάσεις, παρά σε υδραυλικές ενώσεις. Όσον αφορά στο δείγμα 3, στο θερμοκρασιακό διάστημα $200-600^\circ\text{C}$ παρατηρήθηκε μία έντονη ενδόθερμη κορυφή στους $480,7^\circ\text{C}$ που αποδίδεται στη διάσπαση του υδροξειδίου του ασβεστίου ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) και συνοδεύεται

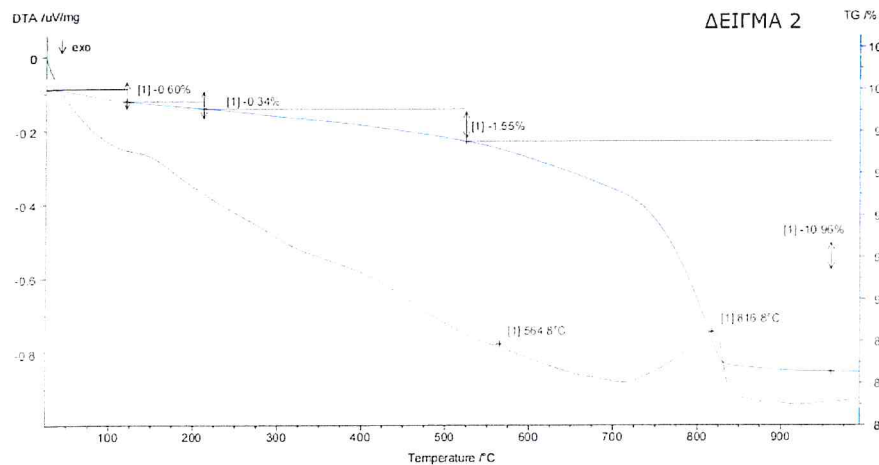
από απώλεια μάζας 0,94%, που αντιστοιχεί σε περιεκτικότητα σε υδροξείδιο του ασβεστίου 3,86%. Επιπλέον, παρατηρήθηκε απώλεια 3,22% που συνδέεται με χημικά δεσμευμένο νερό υδραυλικών ενώσεων. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την περιθλαση ακτίνων Χ.

Η απώλεια μάζας στο θερμοκρασιακό διάστημα άνω των 600°C, οφείλεται στη διάσπαση ανθρακικών ενώσεων και την επακόλουθη μεταβολή μάζας λόγω απώλειας του CO₂. Τα δείγματα που εξετάστηκαν παρουσιάζουν απώλειες μάζας γύρω στο ~10% (από 8,7 έως 16,4%) στο διάστημα αυτό, υποδεικνύοντας την σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο (24,48%, 24,91%, 23,3%, 37,18% και 19,82% για τα κονιάματα 1, 2, 3, 4 και 5, αντίστοιχα). Τα ποσοστά αυτά υποδεικνύουν ότι η πλειονότητα των αδρανών που έχουν χρησιμοποιηθεί στο κονίαμα είναι αργιλοπυριτικής προέλευσης, κάτι που επιβεβαιώθηκε και με τα αποτελέσματα της ορυκτολογικής ανάλυσης (XRD).

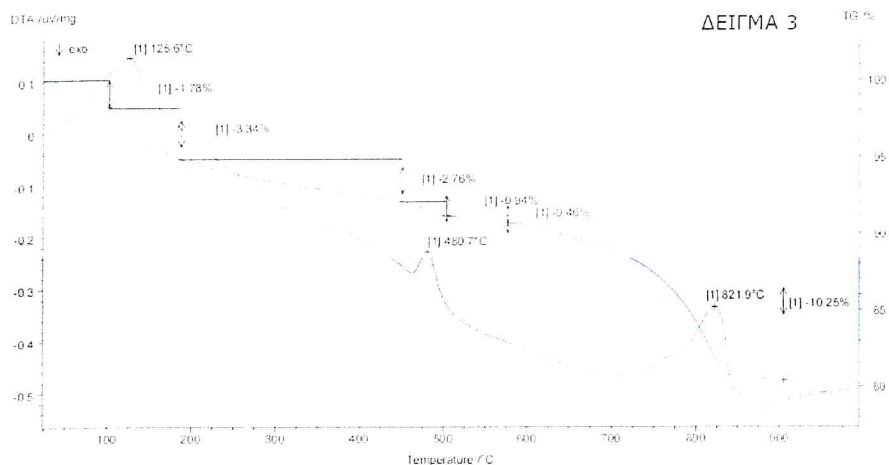
Οι αντίστροφοι δείκτες υδραυλικότητας (CO₂/H₂O₂₀₀₋₆₀₀), παρουσιάζουν τιμές ασβεστιτικών κονιαμάτων με μικρή υδραυλικότητα λόγω χρήσης υδραυλικής ασβέστου ή πολύ μικρής προσθήκης τοιμεντού. Το κονίαμα 3 παρουσιάζει εικόνα τοιμεντιτικού κονιάματος. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη επίσης ότι τα δείγματα βρίσκονται εκτεθειμένα για αρκετό διάστημα σε εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος.



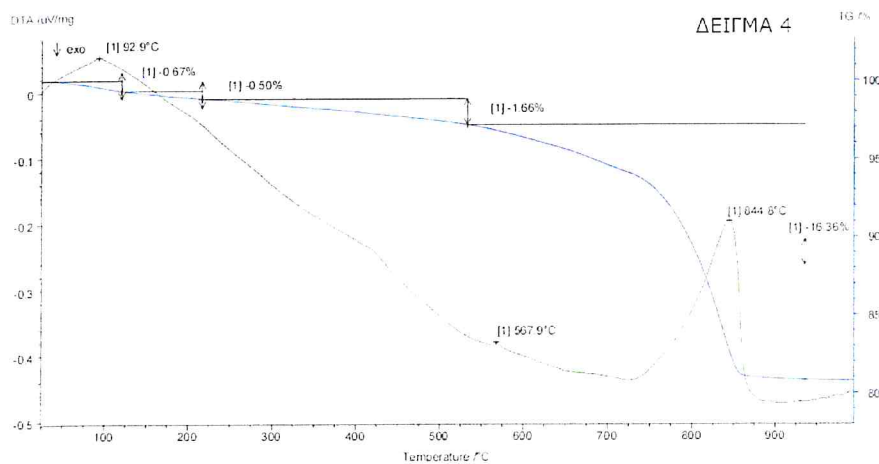
Εικόνα 25: Θερμοδιάγραμμα θερμικών αναλύσεων (TG/DTA) για το κονίαμα 1



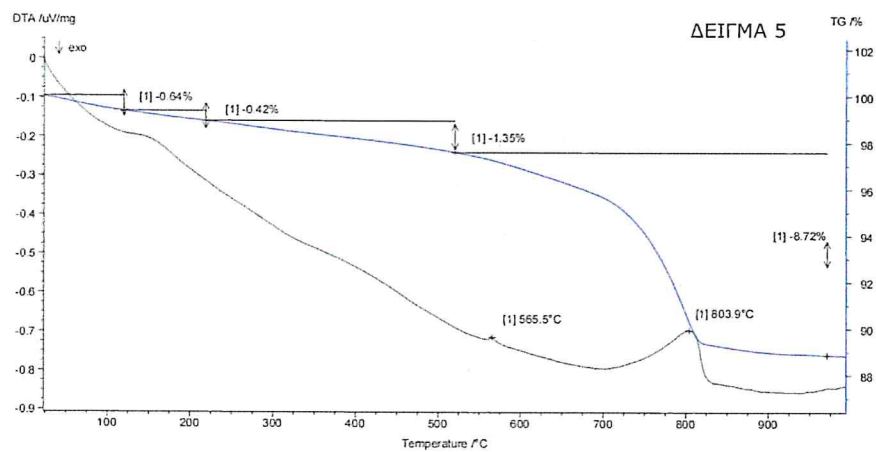
Εικόνα 26: Θερμοδιάγραμμα θερμικών αναλύσεων (TG/DTA) για το κονίαμα 2



Εικόνα 27: Θερμοδιάγραμμα θερμικών αναλύσεων (TG/DTA) για το κονίαμα 3



Εικόνα 28: Θερμοδιάγραμμα θερμικών αναλύσεων (TG/DTA) για το κονίαμα 4



Εικόνα 29: Θερμοδιάγραμμα θερμικών αναλύσεων (TG/DTA) για το κονίαμα 5

IV.4. ΜΕΛΕΤΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΙΚΡΟΔΟΜΗΣ ΜΕΣΩ ΠΟΡΟΜΕΤΡΙΑΣ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ (MIP)

Με σκοπό τη μελέτη της μικροδομής των δειγμάτων, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις πορομετρίας υδραργύρου, μετά τη διαμόρφωση κατάλληλων δοκιμίων.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της μικροδομής των δειγμάτων, όπως μετρήθηκαν από την πορομετρία υδραργύρου, παρατίθενται στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 4), ενώ στις εικόνες που ακολουθούν παρατίθενται τα διαγράμματα κατανομής του ολικού ειδικού όγκου σε σχέση με την ακτίνα των πόρων (Εικόνες 30-34).

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά μικροδομής προσδιορισμένα μέσω πορομετρίας υδραργύρου)

Κωδικός δειγματος	Ολικός ειδικός όγκος (mm ³ /g)	Ειδική επιφάνεια (m ² /g)	Μέση ακτίνα πόρων (μm)	Πορώδες (%)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)
1	125,93	2,09	23,80	24,95	1,98
2	136,92	2,55	0,35	26,28	1,92
3	46,42	2,25	0,06	9,82	2,12
4	163,01	9,89	0,04	28,08	1,72
5	126,82	2,07	34,16	24,83	1,96

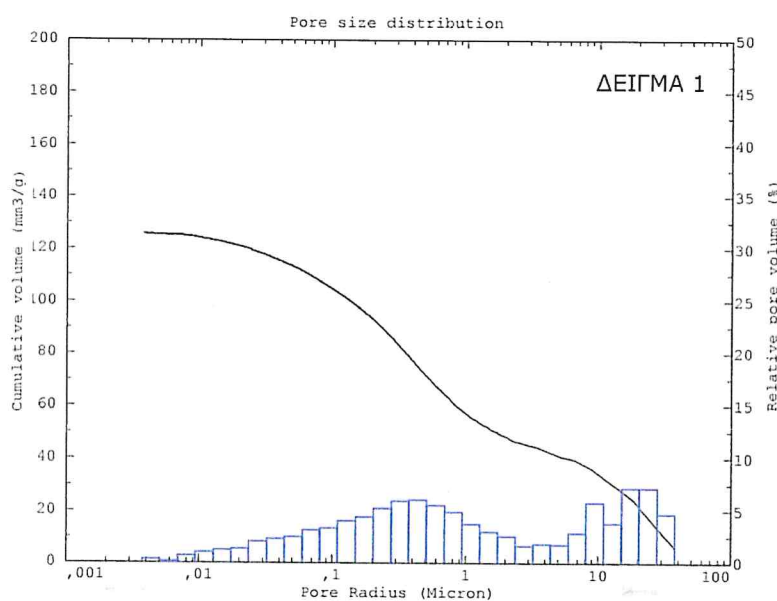
Όλα τα κονιάματα εκτός του δείγματος 3, παρουσιάζουν παρόμοιες τιμές ολικού ειδικού όγκου, από 125,93-163,01 mm³/g, εκτός εύρους τιμών που παρουσιάζουν τυπικά τα αμιγώς ασβεστίτικα κονιάματα [8]. Το κονίαμα 3 παρουσίασε αρκετά χαμηλότερη τιμή ολικού ειδικού όγκου, 46,42 mm³/g λόγω της διαφορετικής σύστασης από τα υπόλοιπα δείγματα. Όσον αφορά στις τιμές της ειδικής επιφάνειας, με εξαίρεση το δείγμα 4, που ελήφθη από βάθος 30 εκ., όλα τα δείγματα παρουσιάζουν παρόμοιες, σχετικά χαμηλές τιμές (2,07-2,55 m²/g). Το κονίαμα 4 παρουσίασε αρκετά υψηλότερη τιμή ~9 m²/g, η οποία πιθανόν να οφείλεται στην ύπαρξη πορώδων αδρανών που επηρεάζουν τα αποτελέσματα. Η μέση ακτίνα πόρων, στα κονιάματα 1 και 5 παρουσίασε υψηλές τιμές, 23,8 και 34,1 μm αντίστοιχα, ενώ στα υπόλοιπα δείγματα κινήθηκε σε αρκετά χαμηλότερες τιμές (<0,35μm).

Το πορώδες των δειγμάτων, με εξαίρεση το δείγμα 3, κινήθηκε σε παρόμοια επίπεδα, από 24,8-28%. Η τιμή του ολικού ανοιχτού πορώδους για το κονίαμα 3 ήταν αρκετά χαμηλότερη, 9,8%, κάτι που συνάδει με την τοιμεντιτική φύση του εν λόγω δείγματος. Το ίδιο δείγμα παρουσιάζει διακριτά και την υψηλότερη φαινόμενη πυκνότητα (2,12g/cm³) μεταξύ των δειγμάτων, ενώ τα υπόλοιπα δείγματα παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές φαινόμενης πυκνότητας (1,72-1,98g/cm³).

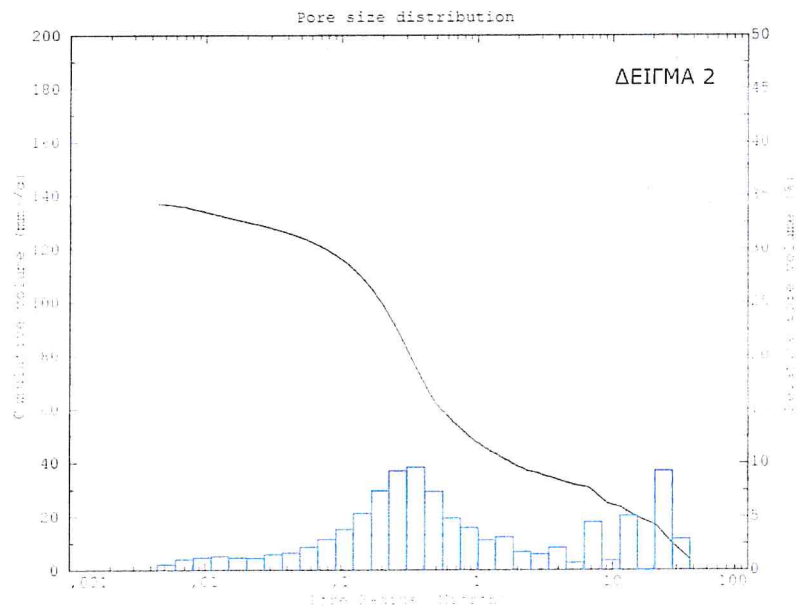
Όσον αφορά στην κατανομή του πορώδους, τα κονιάματα 1,2 και 5 παρουσίασαν παρόμοια κατανομή του ολικού ειδικού όγκου σε σχέση με την ακτίνα των πόρων (Εικόνες 30,31,34). Και στις τρεις περιπτώσεις ο ολικός ειδικός όγκος παρουσιάζει εμφανή δικόρυφη κατανομή, ομοιόμορφη στις χαμηλότερες ακτίνες πόρων και εν

συνεχία με ένα ποσοστό να κατανέμεται λιγότερο ομοιόμορφα στο τμήμα του μακροπορώδους, δηλαδή στους πόρους ακτίνας άνω των 10 μm . Το κονίαμα 4 παρουσιάζει λιγότερο έντονη δικόρυφη κατανομή, μετατοπισμένη προς μικρότερους πόρους με ένα μικρό ποσοστό κατανεμημένο σε μεγαλύτερους πόρους (>1 μm). Το διαφορετικής σύστασης κονίαμα 3 παρουσιάζει μία ομοιόμορφη μονοκόρυφη κατανομή μετατοπισμένη στις χαμηλότερες ακτίνες πόρων, με ταυτόχρονη ανοδική τάση της καμπύλης στις μεγαλύτερες πιέσεις (μικρότερες ακτίνες).

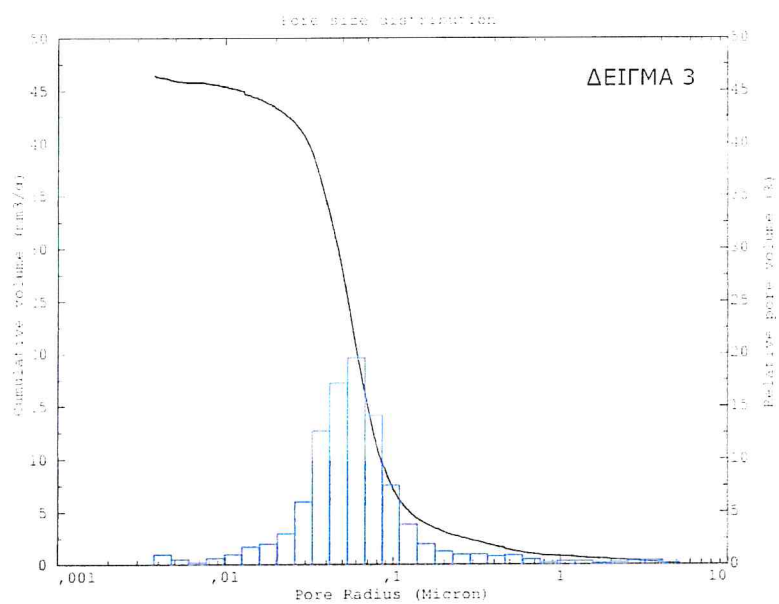
Σε γενικές γραμμές τα αποτελέσματα της πορομετρίας υδραργύρου σε όλα τα δείγματα εκτός από το δείγμα 3, συνάδουν περισσότερο με χαρακτηριστικά κονιαμάτων υδραυλικής ασβέστου. Εμφανής είναι η διαφοροποίηση στα χαρακτηριστικά του κονιάματος 3 από τα υπόλοιπα δείγματα, που παρουσιάζει εικόνα αντίστοιχη με κονιάματα τσιμεντιτικής φύσης [8].



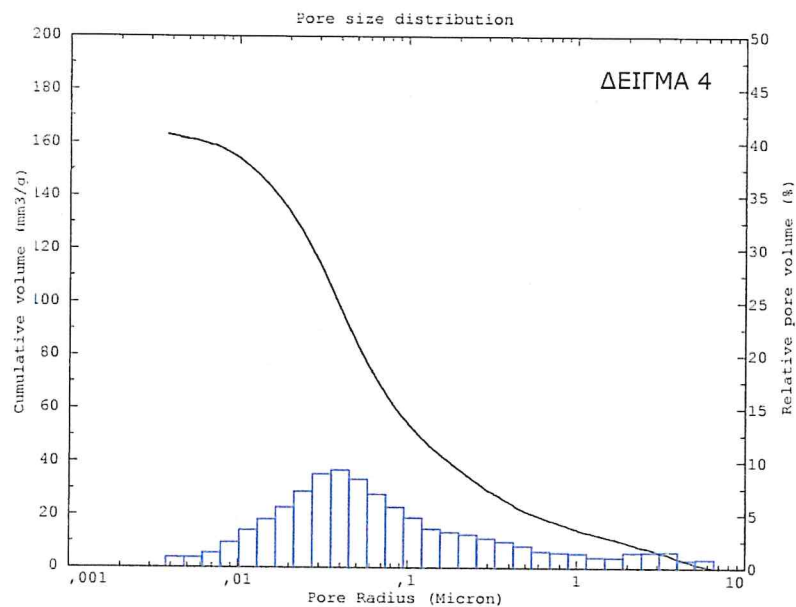
Εικόνα 30: Διάγραμμα κατανομής του ολικού ειδικού όγκου ως προς τη μέση ακτίνα πόρων για το κονίαμα 1



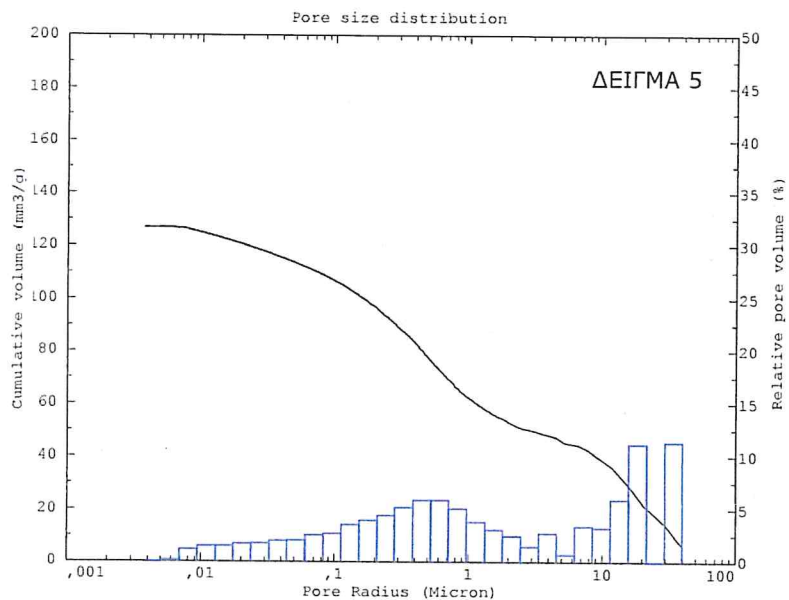
Εικόνα 31: Διάγραμμα κατανομής του ολικού ειδικού όγκου ως προς τη μέση ακτίνα πόρων για το κονίαμα 2



Εικόνα 32: Διάγραμμα κατανομής του ολικού ειδικού όγκου ως προς τη μέση ακτίνα πόρων για το κονίαμα 3



Εικόνα 33: Διάγραμμα κατανομής του ολικού ειδικού όγκου ως προς τη μέση ακτίνα πόρων για το κονίαμα 4



Εικόνα 34: Διάγραμμα κατανομής του ολικού ειδικού όγκου ως προς τη μέση ακτίνα πόρων για το κονίαμα 5

IV.5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ ΑΛΑΤΩΝ ΜΕΣΩ ΑΓΩΓΙΜΟΜΕΤΡΙΑΣ

Διερευνήθηκε το ποσοστό των δειγμάτων σε ολικά διαλυτά άλατα (TSS%), ενώ πραγματοποιήθηκε και ποιοτική ανίχνευση ανιόντων. Τα ολικά διαλυτά άλατα που ευρίσκονται στα δομικά υλικά είναι ενδεικτικά της φθοράς που έχουν υποστεί, αλλά και των περιβαλλοντικών φορτίων που τα επηρεάζουν αρνητικά. Στον επόμενο πίνακα παρατίθενται τα αποτελέσματα της μέτρησης ολικών διαλυτών αλάτων σύμφωνα με το Normal 13/83:

Πίνακας 5: Αποτελέσματα προσδιορισμού ολικών διαλυτών αλάτων

Δείγμα	SST%	Ποιοτική ανίχνευση ανιόντων		
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ²⁻
1	2,62	-	-	-
2	2,81	-	-	-
3	46,37	++	+	-
4	4,74	-	-	++
5	2,90	-	-	-

+++ : υψηλή παρουσία, ++ μέτρια παρουσία, + χαμηλή παρουσία, tr: ίχνη, -: δεν ανιχνεύεται παρουσία

Σε γενικές γραμμές δεν ανιχνεύθηκαν αξιοσημείωτα ποσοστά διαλυτών αλάτων στα δείγματα, υποδεικνύοντας την μη ύπαρξη ιδιαίτερων θεμάτων διεύθυνσης διαλυτών αλάτων από το περιβάλλον, καθώς ποσοστιαίες τιμές < 3% θεωρούνται φυσιολογικές. Εξαιρεση αποτελεί το δείγμα 3 (βόρεια όψη), το οποίο παρουσιάζει το υψηλότερο ποσοστό με διαφορά από τα υπόλοιπα, 46,37%, κάτι που συνδέεται με την παρουσία υδροξειδίου του ασβεστίου στο δείγμα, λόγω της υδατοδιαλυτότητας που παρουσιάζει. Το δείγμα 4, που ελήφθη σε βάθος 30 εκ. από την επιφάνεια, παρουσιάζει ποσοστό διαλυτών αλάτων 4,74%, ενώ τα υπόλοιπα δείγματα παρουσιάζουν ακόμη χαμηλότερα ποσοστά (< 3%).

Τα αποτελέσματα της ποιοτικής ανίχνευσης ανιόντων, όσον αφορά στο δείγμα 3, επέδειξαν μέτρια παρουσία χλωριόντων καθώς και χαμηλή παρουσία θεικών ανιόντων. Στο δείγμα 4 ανιχνεύθηκαν νιτρικά ιόντα, ενώ στα υπόλοιπα δείγματα δεν ανιχνεύονται ανιόντα λόγω του χαμηλού ποσοστού των υδατοδιαλυτών αλάτων. Η ανίχνευση χλωριόντων, πιθανόν να οφείλεται στο νερό που χρησιμοποιήθηκε κατά την παρασκευή του κονιάματος ή γενικά στη χρήση πόσιμου χλωριομένου νερού, η παρουσία θεικών ιόντων συνδέεται με την τσιμεντιτική φύση του κονιάματος, ενώ η παρουσία νιτρικών ιόντων οφείλεται πιθανώς σε βιολογική δράση.

V. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα κονιάματα αρμολογήματος και δόμησης της παρούσης μελέτης παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά, ενώ οι διαφοροποιήσεις οφείλονται στον μεγαλύτερο βαθμό στην ανομοιογένεια και τη διαφορική φθορά που έχουν υποστεί. Το κονίαμα 3 αποτελεί διαφορετική περίπτωση από τα υπόλοιπα δείγματα, τόσο μακροσκοπικά, αλλά και όπως επιβεβαιώθηκε μέσω των τεχνικών και μεθόδων χαρακτηρισμού που εφαρμόστηκαν.

Όσον αφορά στον ορυκτολογικό χαρακτηρισμό, τα κονιάματα έχουν σαν κύρια ορυκτολογική φάση τον χαλαζία, ενώ τα αδρανή είναι κυρίως αργιλοπηριτιτικής σύστασης. Το κονίαμα 3 διαφοροποιείται από τα υπόλοιπα δείγματα, καθώς ταυτοποιήθηκε η ύπαρξη πορτλαντίτη, που συνδέεται με τη μη ενανθράκωση κονίας τσιμεντιτικής φύσης.

Όσον αφορά στη χημική σύσταση, τα αποτελέσματα της θερμικής ανάλυσης υποδεικνύουν ασβεστοκονιάματα με χαμηλή υδραυλικότητα, πιθανότατα λόγω χρήσης υδραυλικής ασβέστου ή ασβεστοκονιαμάτων με την προσθήκη μικρής ποσότητας τσιμέντου. Το δείγμα 3 ταυτοποιείται ως κονίαμα τσιμέντου με την παρουσία πορτλαντίτη.

Τα χαρακτηριστικά μικροδομής των κονιαμάτων (εκτός του δείγματος 3) κυμαίνονται σε παρόμοιες τιμές, συμβατές με κονιάματα υδραυλικής ασβέστου, με πορώδες γύρω στο ~26% και μέση φαινόμενη πυκνότητα ~1,85g/cm³. Τα χαρακτηριστικά μικροδομής του κονιάματος 3 επιβεβαιώνουν την τσιμεντιτική του φύση, με αρκετά χαμηλότερη τιμή πορώδους, < 10% και υψηλότερη φαινόμενη πυκνότητα, 2,12g/cm³.

Σε γενικές γραμμές δεν ανιχνεύθηκαν αξιοσημείωτα ποσοστά διαλυτών αλάτων στα δείγματα, υποδεικνύοντας την μη ύπαρξη ιδιαίτερων θεμάτων διείσδυσης διαλυτών αλάτων από το περιβάλλον, με εξαίρεση το δείγμα 3, στο οποίο ανιχνεύθηκαν χλωριόντα, θειικά και νιτρικά ανιόντα, σε μέτρια προς χαμηλά ωστόσο ποσοστά. Η παρουσία των χλωριόντων οφείλεται πιθανότατα στην χρήση νερού κατά την παρασκευή του κονιάματος, η παρουσία των νιτρικών σε βιολογική δράση, ενώ η παρουσία θεικών ανιόντων συνδέεται με την τσιμεντιτική φύση του εν λόγω δείγματος.

Συνεπώς, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσης μελέτης, προκύπτει ότι τα κονιάματα δόμησης και αρμολογήματος του Ι.Ν. Αποστόλων Πέτρου και Παύλου, παρουσιάζουν χαρακτηριστικά **ασβεστοκονιαμάτων πιθανότατα με την μικρή προσθήκη τσιμέντου**. Εξαίρεση αποτελεί ένα εκ των δειγμάτων (το δείγμα 3 που ελήφθη από τη βόρεια όψη, αριστερά δίπλα από την κλίμακα), το οποίο παρουσίασε εικόνα συμβατή με **κονίαμα τσιμεντιτικής φύσης**.

VI. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Οι επεμβάσεις για τη στερέωση τοιχοποιιών ή άλλες επεμβάσεις αποκατάστασης θα πρέπει να σέβονται τις αρχές συντήρησης και να καλύπτουν τις απαιτήσεις συμβατότητά τους με τα αυθεντικά υλικά, εφαρμόζοντας εξειδικευμένα προϊόντα του τομέα και όχι προϊόντα που χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος και στον ευρύτερο σύγχρονο κατασκευαστικό τομέα. Οι επεμβάσεις αυτές θα πρέπει να πραγματοποιούνται από εξειδικευμένο προσωπικό.

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα χαρακτηρισμού των εξετασθέντων κονιαμάτων και την απαίτηση για συμβατότητα και διαπνοή της τοιχοποιίας προτείνονται τα ακόλουθα:

Πριν την εφαρμογή οποιασδήποτε επέμβασης αποκατάστασης, προτείνεται η απομάκρυνση εξωτερικά όλων των σαθρών και ασύμβατων επιφανειακών κονιαμάτων. Στη συνέχεια, κρίνεται απαραίτητη η απομάκρυνση σε βάθος των κονιαμάτων αρμολόγησης, τα οποία παρουσιάζουν κακή πρόσφυση με τα υπόλοιπα μέρη της τοιχοποιίας, καθώς και η απομάκρυνση των φθαρμένων περιοχών των παλαιών κονιαμάτων, μέχρι αποκάλυψης υγιούς συνεκτικού στρώματος. Τα εναπομείναντα τμήματα της τοιχοποιίας είναι απαραίτητο να καθαριστούν με ήπιες μεθόδους, π.χ. αέρας χαμηλής πίεσης. Πριν την εφαρμογή των κονιαμάτων αρμολόγησης συνίσταται η διαβροχή της τοιχοποιίας μέχρι κορεσμού με νερό υπό χαμηλή πίεση, έτσι ώστε να παρεμποδιστεί η απώλεια νερού από το νωπό κονίαμα στο υπόστρωμα.

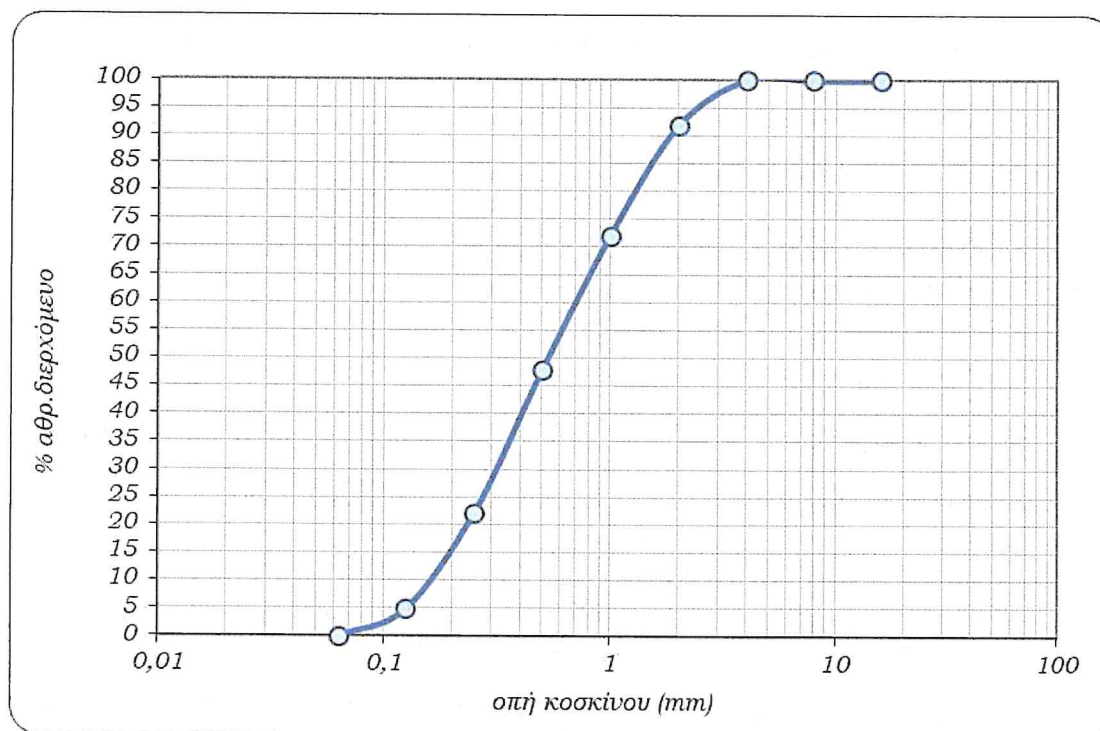
Για αρμολόγηση ή δόμηση προτείνεται να εφαρμοστεί **κονίαμα με βάση τη φυσική υδραυλική άσβεστο (NHL 3.5) και φυσικά ποταμίσια αδρανή (αργιλοπηριτικής προέλευσης)**. Η επιλογή της φυσικής υδραυλικής άσβεστου έγινε λόγω της μεγάλης ανθεκτικότητας στο χρόνο που έχουν επιδείξει ανάλογα κονιάματα. Σε περιοχές όπου το κενό πλήρωσης είναι μεγαλύτερο, μπορεί να προστεθεί στο κονίαμα κατάλληλη ποσότητα τοιβικών, προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα ρηγμάτωσης κατά τη διαδικασία της πήξης και σκλήρυνσης.

Πιο συγκεκριμένα, η σύνθεση του κονιάματος που προτείνεται για τις εξωτερικές όψεις του Ναού είναι:

Σύνθεση κονιάματος

- Φυσική υδραυλική άσβεστος (NHL 3.5): 25%
- Άμμος, φυσικής προελεύσεως (0-4mm): 75%

Η προτεινόμενη κοκκομετρική κατανομή των αδρανών παρουσιάζεται στην Εικόνα 35.



Εικόνα 35: Προτεινόμενη κοκκομετρική καμπύλη αδρανών

Όσον αφορά στα επί μέρους προτεινόμενα υλικά της σύνθεσης, προτείνεται η χρήση φυσικής υδραυλικής ασβέστου, η οποία να εμπίπτει στις προδιαγραφές που δίνονται για τη φυσική υδραυλική ασβέστο NHL 3.5 κατά το πρότυπο EN 459-1:2015. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να έχει περιεχόμενο υδροξειδίου του ασβεστίου ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) $\geq 25\%$ κ.β. και να περιέχει λιγότερο από 2% κ.β. SO_3 , όπως ορίζει το EN 459-1, ενώ υπάρχει και η απαίτηση η ελάχιστη αντοχή σε θλίψη του πρότυπου κονιάματος να είναι μεγαλύτερη ή ίση των 3.5 MPa στις 28 ημέρες, και να μην υπερβαίνει τα 10 MPa , στον ίδιο χρόνο ωρίμανσης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που θέτει το EN 459-1.

Ως προς το κλάσμα των αδρανών, σημειώνεται ότι η άμμος που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι καθαρή, απαλλαγμένη από ανεπιθύμητες προσμίξεις (οργανικές ενώσεις και άλατα) και με χαμηλό ποσοστό παιπάλης. Η κοκκομετρική κατανομή της άμμου θα πρέπει να πλησιάζει κατά το δυνατόν την προτεινόμενη κοκκομετρική καμπύλη που παρατίθεται παραπάνω.

Το απαιτούμενο νερό για την παραπάνω σύνθεση θα πρέπει να προσδιορισθεί μετά από δοκιμές στο εργοτάξιο.

Εναλλακτικά μπορεί να εφαρμοστεί έτοιμο κονίαμα με βάση τη φυσική υδραυλική ασβέστο NHL 3,5. Το έτοιμο κονίαμα προτείνεται λόγω της σταθερής ποιότητας που παρέχει (διαδικασία παραγωγής και έλεγχος ποιότητας κατά EN 998/2), λόγω απουσίας τοιμέντου και συμβατότητας με τις παραδοσιακές τοιχοποιίες, λόγω της πολύ χαμηλής περιεκτικότητας σε διαλυτά άλατα, λόγω της υψηλής πρόσφυσης και ικανοποιητικών μηχανικών αντοχών στην τοιχοποιία. Επιπλέον, προτείνεται λόγω της υψηλής διαπερατότητας που επιτρέπει την διαπνοή της τοιχοποιίας, λόγω της

χαμηλής τριχοειδούς ρόφησης νερού και τέλος λόγω της εύκολης εφαρμογής τους. Το κονίαμα θα πρέπει να παρουσιάζει αντοχή σε θλίψη κατηγορίας M10 σύμφωνα με το πρότυπο EN 998-2. Πιο συγκεκριμένα, το έτοιμο κονίαμα θα πρέπει να παρουσιάζει τα ακόλουθα ειδικά χαρακτηριστικά:

- σήμανση CE, διαδικασία παραγωγής και έλεγχος ποιότητας του υλικού να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του EN 998-2
- απουσία τσιμέντου
- υψηλή πρόσφυση στην τοιχοποιία ($>0,5\text{MPa}$, (με άμεσο εφελκυσμό), EN1015-12)
- πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατοδιαλυτά άλατα
- να είναι εύκολο και απλό στην εφαρμογή
- υψηλή διαπερατότητα σε υδρατμούς ώστε να επιτρέπεται η κανονική διαπνοή της τοιχοποιίας (Συντελεστής διάχυσης υδρατμών $=15/35$, EN1745)
- χαμηλή τριχοειδή ρόφηση ώστε να παρεμποδίζει εξωτερικά την είσοδο του νερού στην τοιχοποιία μέσω τριχοειδούς αναρρίχησης (Συντελεστής τριχοειδούς ρόφησης $\leq 0,30\text{ Kg/m}^2\text{ min}^{0,5}$, EN1015-18)

Όσον αφορά στην εφαρμογή ενέματος για την στερέωση-ενίσχυση της τοιχοποιίας, προτείνεται η εφαρμογή έτοιμου ενέσιμου κονιάματος, χωρίς τσιμέντο, με βάση τη φυσική υδραυλική άσβεστο (NHL3,5) και διαβαθμισμένο αδρανές ($<0,1\text{mm}$). Η επιλογή του έτοιμου ενέματος γίνεται λόγω της δυσκολίας που συναντάται όσον αφορά στην διατήρηση της σταθερότητας και ομοιογένειας των μη έτοιμων ενεμάτων κατά την εφαρμογή. Πιο συγκεκριμένα, το ένεμα θα πρέπει να παρουσιάζει τα εξής ειδικά χαρακτηριστικά:

- σήμανση CE, διαδικασία παραγωγής και έλεγχος ποιότητας κατά EN998-2
- απουσία τσιμέντου
- πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατοδιαλυτά άλατα
- υψηλή ρευστότητα ($\sim 30\text{ sec}$, κώνος marsh), υψηλή συγκράτηση νερού: τα χαρακτηριστικά αυτά αποδίδουν στο υλικό εύκολη ενεσιμότητα ακόμη και στα μικρότερα κενά παρεμποδίζοντας την απώλεια νερού από το μίγμα στην τοιχοποιία καθώς και την πρόωγη αφυδάτωσή του
- Εξίδρωση απούσα
- πολύ καλή αντοχή στα θειικά άλατα (διαστολή στη δοκιμή Anstett $< 2\%$ σε 28 ημ.)
- πολύ χαμηλή θερμοκρασία ενυδάτωσης: σημαντικό χαρακτηριστικό για την αποφυγή δημιουργίας ρηγματώσεων εξαιτίας της συνέργειας θερμικών φαινομένων στο εσωτερικό της τοιχοποιίας
- ικανοποιητικές μηχανικές αντοχές (κατηγορία M15)

- υψηλή διαπερατότητα σε υδρατμούς ώστε να επιτρέπεται η κανονική διαπνοή της τοιχοποιίας (Συντελεστής διάχυσης υδρατμών =15/35, EN1745)

Για να εκτελεστεί σωστά η τεχνική των ενεμάτων απαιτείται κατάλληλος εξοπλισμός για την ανάμειξη και την εισαγωγή του ενέματος στην τοιχοποιία με πίεση < 1 atm. Αρχικά είναι απαραίτητο να σφραγιστούν τυχόν ρηγματώσεις και κενά που μπορούν να αποτελέσουν οδό διαφυγής του ενέματος κατά την εισπίεσή του. Η εισαγωγή του ενέματος γίνεται μέσω σωληνίσκων οι οποίοι βρίσκονται σε διάταξη καννάβου επί της τοιχοποιίας. Σταθεροποιείται ο κάθε σωληνίσκος και η οπή σφραγίζεται με κονίαμα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση προτείνεται για τη σφράγιση το έτοιμο κονίαμα με βάση την υδραυλική άβεστο (NHL 3,5) που έχει προταθεί πιο πάνω για την αρμολόγηση. Η εισαγωγή του ενέματος γίνεται με χαμηλή πίεση (μέχρι 1 atm) αρχίζοντας από την κατώτερη σειρά οπών μέχρι την έξοδό του από την πιο πάνω οπή. Στη συνέχεια κλείνεται το κατώτερο σωληνάκι και συνεχίζεται η εισαγωγή του ενέματος σε όλη την πρώτη σειρά των οπών. Η διαδικασία συνεχίζεται σταδιακά κατά τον ίδιο τρόπο μέχρι την έξοδο του ενέματος από την υψηλότερη σειρά των οπών.

Συνίσταται προκαταρκτικό πλύσιμο του δικτύου του καννάβου με νερό χαμηλής πίεσης, ούτως ώστε να κορεσθεί το υπόστρωμα, να διευκολυνθεί η διείσδυση του στερεωτικού μίγματος και να ελαχιστοποιηθεί η απώλεια νερού στη μάζα του και η πρόωπη αφυδάτωσή του. Ο προκαταρκτικός καθαρισμός του δικτύου και της μάζας της τοιχοποιίας, αρχίζει από τις υψηλότερες οπές, με εισπίεση νερού χαμηλής πίεσης (μέχρι 1 atm). Ο καθαρισμός επιτρέπει επίσης τη βέλτιστη και αποτελεσματική διείσδυση του ενέματος.

Τέλος, για την εφαρμογή των παραπάνω έτοιμων κονιαμάτων θα πρέπει να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες και προδιαγραφές που περιγράφονται στα εκάστοτε τεχνικά δελτία.

VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Normal 27/88, Caratterizzazione di una malta, CNR-ICR
2. Normal 34/91, Analisi di Materiali Argillosi mediante XRD, CNR-ICR
3. Biscontin G., Bakolas A., Moropoulou A., Zendri E., "Microstructural characterization of the historical mortars of Venice", in Proc. 3rd International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, eds Fassina V., Ott H. & Zezza F., Soprintendenza ai Beni Artistici e Storici di Venezia, Venice, 1994, pp. 405-410
4. Chiari G., Santarelli M.L., Torraca G., "Caratterizzazione delle malte antiche mediante l'analisi di campioni non frazionati ", *Materiali e Strutture*, 3 (1992) 111-137
5. Normal 4/80, Distribuzione del Volume dei Pori in Funzione del loro Diametro, CNR-ICR
6. Normal 13/83, Dosaggio dei Sali Solubili, CNR-ICR
7. Α. Μπακόλας, «Κριτήρια και μέθοδοι χαρακτηρισμού ιστορικών κονιαμάτων», Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, 2002
8. Moropoulou, A., Bakolas, A., & Anagnostopoulou, S. (2005). Composite materials in ancient structures. *Cement and concrete composites*, 27(2), 295-300.

ΠΙΝΑΚΕΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	7
ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	15
ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΘΕΡΜΟΒΑΡΥΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	18
ΠΙΝΑΚΑΣ 4 : ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΔΟΜΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΑ ΜΕΣΩ ΠΟΡΟΜΕΤΡΙΑΣ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ).....	22
ΠΙΝΑΚΑΣ 5 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΛΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ ΑΛΑΤΩΝ	26

ΕΙΚΟΝΕΣ

ΕΙΚΟΝΑ 1 : ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΠΟΨΗ ΤΟΥ Ι.Ν. ΑΠΟΣΤΟΛΩΝ ΠΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΠΑΥΛΟΥ (ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ)	5
ΕΙΚΟΝΑ 2 : ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ (ΔΕΙΓΜΑ 1 - ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΕΙΚΟΝΑ) - ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (ΔΕΞΙΑ ΕΙΚΟΝΕΣ).....	6
ΕΙΚΟΝΑ 3 : ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΗΝ ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ (ΔΕΙΓΜΑΤΑ 2-5). ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΕΙΚΟΝΑ: ΣΗΜΑΝΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ. ΔΕΞΙΑ ΠΑΝΩ ΕΙΚΟΝΑ: ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΗ ΜΑΡΜΑΡΟΠΟΔΙΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΤΟΥ ΓΥΝΑΙΚΩΝΙΤΗ (ΔΕΙΓΜΑ 2). ΔΕΞΙΑ ΜΕΣΑΙΑ ΕΙΚΟΝΑ: ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΑΙ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 30 ΕΚ. ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ (ΔΕΙΓΜΑΤΑ 3,4). ΔΕΞΙΑ ΚΑΤΩ ΕΙΚΟΝΑ: ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ ΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ (ΔΕΙΓΜΑ 5).	7
ΕΙΚΟΝΑ 4 : ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 1	8
ΕΙΚΟΝΑ 5 : ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 2.....	8
ΕΙΚΟΝΑ 6 : ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 3.....	8
ΕΙΚΟΝΑ 7 : ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 4.....	8
ΕΙΚΟΝΑ 8 : ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 5.....	8
ΕΙΚΟΝΑ 9 : ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 1, ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΜΙΚΡΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΑΠΟΧΡΩΣΕΩΝ (Χ30).....	12
ΕΙΚΟΝΑ 10 : ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΧΡΩΣΕΩΝ ΣΤΗ ΜΑΖΑ ΤΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ 1 (Χ30)	12
ΕΙΚΟΝΑ 11 : ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΕΥΜΕΓΕΘΩΝ ΑΠΟΣΤΡΟΓΓΥΛΕΜΕΝΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ, 1 (Χ30) ...	12
ΕΙΚΟΝΑ 12 : ΔΙΑΣΠΑΡΤΑ ΚΕΝΑ ΣΤΗ ΜΑΖΑ ΤΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ 1 (Χ50)	12
ΕΙΚΟΝΑ 13 : ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 2, ΕΜΦΑΝΗ ΔΙΑΣΠΑΡΤΑ ΚΕΝΑ ΣΤΗ ΜΑΖΑ ΤΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ (Χ30)	13
ΕΙΚΟΝΑ 14 : ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 2 ΣΕ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ, ΕΜΦΑΝΗ ΑΝΟΙΧΤΟΧΡΩΜΑ ΑΔΡΑΝΗ (Χ50)	13
ΕΙΚΟΝΑ 15 : ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 3 ΚΑΙ ΕΜΦΑΝΗΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΑΠΟΧΡΩΣΕΩΝ (Χ30)	13
ΕΙΚΟΝΑ 16 : ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΧΡΩΣΕΩΝ ΣΤΟ 3 (Χ50).....	13
ΕΙΚΟΝΑ 17 : ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟΣΤΡΟΓΓΥΛΕΜΕΝΗΣ ΑΛΛΑ ΚΑΙ ΠΙΟ ΓΩΝΙΩΔΟΥΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ ΣΤΟ 3 (Χ50).....	13
ΕΙΚΟΝΑ 18 : ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 5 ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΜΙΚΡΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΑΠΟΧΡΩΣΕΩΝ (Χ30)	14

ΕΙΚΟΝΑ 19 : ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΧΡΩΣΕΩΝ ΣΤΟ 5 (Χ50).....	14
ΕΙΚΟΝΑ 20 : : ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΟΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ 1	15
ΕΙΚΟΝΑ 21 : ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΟΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ 2.....	16
ΕΙΚΟΝΑ 22 : ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΟΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ 3.....	16
ΕΙΚΟΝΑ 23 : ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΟΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ 4.....	16
ΕΙΚΟΝΑ 24 : ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΟΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ 5.....	17
ΕΙΚΟΝΑ 25 : ΘΕΡΜΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ (TG/DTA) ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΝΙΑΜΑ 1.....	19
ΕΙΚΟΝΑ 26 : ΘΕΡΜΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ (TG/DTA) ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΝΙΑΜΑ 2.....	20
ΕΙΚΟΝΑ 27 : ΘΕΡΜΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ (TG/DTA) ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΝΙΑΜΑ 3.....	20
ΕΙΚΟΝΑ 28 : ΘΕΡΜΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ (TG/DTA) ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΝΙΑΜΑ 4.....	20
ΕΙΚΟΝΑ 29 : ΘΕΡΜΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ (TG/DTA) ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΝΙΑΜΑ 5.....	21
ΕΙΚΟΝΑ 30 : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΟΥ ΟΛΙΚΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΟΓΚΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΜΕΣΗ ΑΚΤΙΝΑ ΠΟΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΝΙΑΜΑ 1	23
ΕΙΚΟΝΑ 31 : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΟΥ ΟΛΙΚΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΟΓΚΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΜΕΣΗ ΑΚΤΙΝΑ ΠΟΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΝΙΑΜΑ 2	24
ΕΙΚΟΝΑ 32 : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΟΥ ΟΛΙΚΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΟΓΚΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΜΕΣΗ ΑΚΤΙΝΑ ΠΟΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΝΙΑΜΑ 3	24
ΕΙΚΟΝΑ 33 : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΟΥ ΟΛΙΚΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΟΓΚΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΜΕΣΗ ΑΚΤΙΝΑ ΠΟΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΝΙΑΜΑ 4	25
ΕΙΚΟΝΑ 34 : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΟΥ ΟΛΙΚΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΟΓΚΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΜΕΣΗ ΑΚΤΙΝΑ ΠΟΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΝΙΑΜΑ 5	25
ΕΙΚΟΝΑ 35 : ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΔΡΑΝΩΝ.....	29

ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ
Ι.Ν. Αγίων Αποστόλων Πέτρου και Παύλου
- Άγιος Πέτρος -
Δήμος Βόρειας Κυνουρίας

του Αθανασίου Α. Αρβανιτόγλου Πολ. Μηχανικού ¹ και
της Ελένης Γ. Γραμματικά Αρχιτέκτονα Μηχανικού ²

ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΛΙΘΩΝ – ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ



¹ Απόφοιτος της “Universita’ degli studi di Firenze” της Ιταλίας μέλος του ΤΕΕ και του ΣΠΜΕ.

² Απόφοιτος της Αρχιτεκτονικής Σχολής του Universita’ degli studi di Firenze, Ιταλίας, φοίτηση με το πρόγραμμα Erasmus στην “Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο” μέλος του ΤΕΕ και του ΣΑΔΑΣ.

Α. ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ



Λεπτομέρεια εξωτερικού της τοιχοποιίας.



Λεπτομέρεια εσωτερικού της τοιχοποιίας από αποξηλωμένη πλάκα πρεβαζιού (Β' Γυναικονιτης).

Δομή τοιχοποιίας.

Ακολουθεί την γενική δομή των κατασκευών στην περιοχή. Συμπαγής και προσεγγμένη τοιχοποιία με προσπάθεια ελαχιστοποίησης του γεμίσματος στον πυρήνα της τοιχοποιίας. Σε πρώτο στάδιο παρέμεινε αν επίχριστη, σε μεταγενέστερο χρόνο κατά πληροφορίες κατοίκων είχε καλυφθεί με επίχρισμα και τέλος μεταπολεμικά πήρέ την σημερινή της μορφή, με βαθύ αρμολόγημα με βάση το οποίο περιέχει τσιμέντο.

Β. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΙΘΟΣΩΜΑΤΩΝ



Σχιστόλιθος (Δείγμα 1 τεχν. Έκθεσης εργαστηριακών δοκιμών αντοχής).

Τυπικός λίθος κατασκευών στην περιοχή. Το δείγμα έχει ληφθεί από γειτονική ερειπωμένη κατασκευή και είναι αποσπασμένος από ένα εκ των τριών γειτονικών στον Άγιο Πέτρο Κυνουρίας Λατομείο

Παρόμοιοι λίθοι αποτελούν το 50% της τοιχοποιίας



Ασβεστόλιθος. (Δείγμα 2 τεχν. Έκθεσης εργαστηριακών δοκιμών αντοχής).

Τυπικός λίθος κατασκευών στην περιοχή. Το δείγμα έχει το ίδιο το έργο και είναι αποσπασμένος από ένα εκ των τριών γειτονικών στον Άγιο Πέτρο Κυνουρίας Λατομείο.

Παρόμοιοι λίθοι αποτελούν το 30% της τοιχοποιίας



Ασβεστόλιθος με πτυχώσεις. (Δείγμα 3 τεχν. Έκθεσης εργαστηριακών δοκιμών αντοχής).

Τυπικός λίθος κατασκευών στην περιοχή. Το δείγμα έχει ληφθεί από γειτονική ερειπωμένη κατασκευή και είναι αποσπασμένος από ένα εκ των τριών γειτονικών στον Άγιο Πέτρο Κυνουρίας Λατομείο

Παρόμοιοι λίθοι αποτελούν το 20% της τοιχοποιίας. Συνήθως χρησιμοποιείται ως υλικό γεμίσματος.



Σημείο λήψης δειγμάτων 1 και 3 εργαστηριακών δοκιμών αντοχής.

(ερειπωμένη κατασκευή ίδιας περίπου χρονολογίας) ακριβώς παραπλήσια του Ναού.



ΔΟΜΟΕΡΕΥΝΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ & ΕΡΕΥΝΕΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ - ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ
ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ - ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ - ΑΔΡΑΝΩΝ

ΘΗΣΕΩΣ 61 & ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ 82 - 84 - 176 71 ΚΑΛΛΙΘΕΑ - ΤΗΛ. 210 - 95 82 145 - FAX: 210 - 95 89 003

Αθήνα 16.5.2022

Εργ. αρ. 361.22

ΠΡΟΣ: κ. ΑΡΒΑΝΙΤΟΓΛΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟ

ΘΕΜΑ: ΕΛΕΓΧΟΣ ΛΙΘΩΝ ΑΠΟ ΛΙΘΟΔΟΜΗ

ΕΡΓΟ: ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΙΕΡΟΥ ΝΑΟΥ ΑΓΙΟΥ
ΠΕΤΡΟΥ & ΠΑΥΛΟΥ - ΑΓΙΟΣ ΠΕΤΡΟΣ ΚΥΝΟΥΡΙΑΣ Ν. ΑΡΚΑΔΙΑΣ

Σας γνωρίζουμε τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών του θέματος που έγιναν σε τρία (3) δείγματα λίθων, που προσκομίσαμε στο εργαστήριό μας στις 11.4.2022 και προέρχονται από το παραπάνω έργο σύμφωνα με δήλωσή σας.

Οι δοκιμές που έγιναν στα δείγματα που προσκομίστηκαν στο εργαστήριο φαίνονται παρακάτω.

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΣΗΜ. ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΗΣ
"ΔΟΜΟΕΡΕΥΝΑ"
ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ - ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ 82-84 - ΚΑΛΛΙΘΕΑ
ΤΗΛ: 210 9582145 - 210 9589003

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

- **Αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη**
(ΥΠΕΧΩΔΕ Ε103-84/4, ASTM D2938, ASTM C170)

Από τα τρία δείγματα λίθων έγινε λήψη πυρήνα (ένα από το καθένα) και μορφώθηκαν για τον έλεγχο αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη (βλ. Πίνακα 1 και συνημμένα σχήματα 1 και 2).

- **Ειδικό Βάρος Στερεών**
(ΥΠΕΧΩΔΕ Ε103-84/5, ISRM 1979)

Προσδιορίζεται το ειδικό βάρος στερεών του υλικού, με την μέθοδο της ανάρτησης καλαθιού μέσα σε νερό και προσδιορίζεται ο λόγος του βάρους ορισμένου όγκου υλικού προς το βάρος ίσου όγκου αποσταγμένου νερού θερμοκρασίας 4°.

- **Πορώδες και πυκνότητα**
(ΥΠΕΧΩΔΕ Ε103-84/3, ISRM 1979)

Προσδιορίζεται το πορώδες και η πυκνότητα των δοκιμίων με τη μέθοδο της άνωσης και τη χρήση συσκευής κενού.

- **Απορροφητικότητα**
(ΥΠΕΧΩΔΕ Ε103-84/1, ISRM 1979)

Δοκιμές απορροφητικότητας έγιναν και στα δοκίμια κονιάματος με εμβάπτιση και παραμονή στο νερό επί 24 ώρες και στη συνέχεια ζύγιση, ξήρανση στους 105°C και ξαναζύγιση για να ευρεθεί η ποσότητα του προσροφηθέντος νερού.

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΣΗΜ. ΚΑΠΟΓΙΑΝΝΗΣ
"ΔΟΜΟΕΡΕΥΝΑ"
ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ - ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ 82-84 - ΠΑΛΑΙΟΒΑ
ΤΗΛ: 210 9552145 - 210 9589000

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. – ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

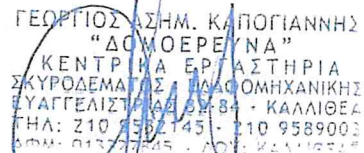
Α/Α	ΕΙΔΟΣ ΥΛΙΚΟΥ	ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ (Kg/cm ²)	ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΕΙΔ. ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡ. (gr/cm ³)	ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ (gr/cm ³)	ΠΟΡΩΔΕΣ (%)	ΥΔΑΤΟΑΠ/ ΤΗΤΑ (%)
1	ΛΙΘΟΣ (ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ)	325	31,9	2,651	2,632	0,7	0,56
2	ΛΙΘΟΣ (ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ)	498	48,8	2,681	2,669	0,4	0,28
3	ΛΙΘΟΣ (ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ ΜΕ ΠΤΥΧΩΣΕΙΣ)	276	27,1	2,659	2,646	0,5	0,39

Ο ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ



Χ. ΕΥΘΥΜΙΟΥ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ



ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΣΗΜ. ΚΑΠΟΓΙΑΝΝΗΣ
"ΔΟΜΟΕΡΕΥΝΑ"
ΚΕΝΤΡΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ, ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΗΡΙΑ ΔΕΛΦΙΝ - ΚΑΛΛΙΘΕΑ
ΤΗΛ: 210 9582145 - 210 9589002
ΑΦΜ: 01377545 - ΔΟΥ: 1411972

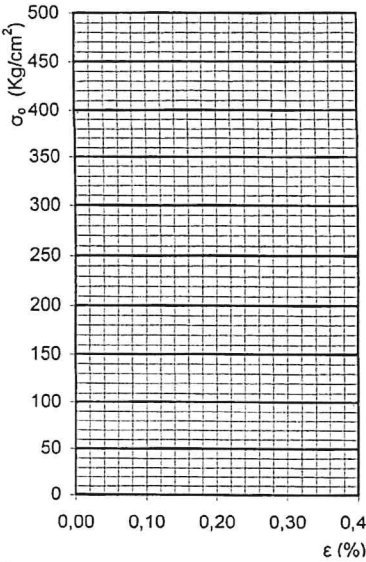
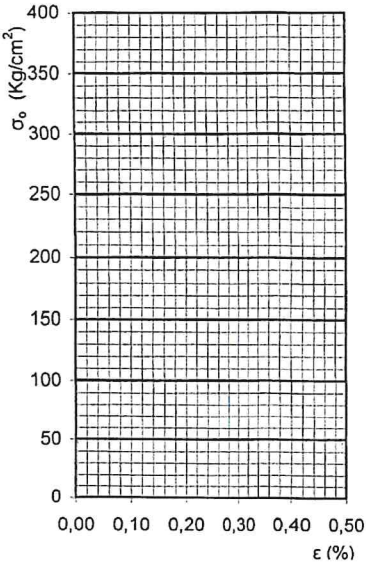
Γ. ΚΑΠΟΓΙΑΝΝΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Τ.Η. WIEN

Συν.:2 σελ.

ΕΞΕΤΑΣΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ ROCK EXAMINATION

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΑΣΕΩΝ - ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ STRESS - STRAIN DIAGRAMS		
A / A ΔΟΚΙΜΗΣ TEST N ^o	ΔΕΙΓΜΑ 1	ΔΕΙΓΜΑ 2
1 ΔΥΝΑΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ P (Kg) FAILURE LOAD	25.017	38.334
2 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ A (cm ²) INITIAL AREA	76,98	76,98
3 ΑΝΤΟΧΗ σ ₀ (Kg/cm ²) STRENGTH	325	498
4 ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ σ _c (Kg/cm ²) CORRECTED STRENGTH		
5 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ε (%) FAILURE STRAIN		
6 ΦΑΙΝ. ΒΑΡΟΣ (ΩΣ ΕΧΕΙ) γ (gr/cm ³) APP. WEIGHT (NATURAL)	2,632	2,669
7 ΦΑΙΝ. ΕΙΔ. ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡ. (Gs gr/cm ³) SPECIFIC GRAVITY OF SOILDS	2,651	2,681
8 ΠΟΡΩΔΕΣ n (%) POROSITY	0,7	0,4
9 ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Ε (Kg/cm ²) YOUNG MODULUS		
10 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ POISSON ν POISSON RATIO		
11 ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (%) WATER ABSORPTION	0,56	0,28
12 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΥΠΕΡΗΧΩΝ (m/sec) PUNDIT ULTRASONIC VELOCITY		
13 ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟΥ (M.O.) SCHMIDT HAMMER INDEXES (average)		
ΣΧΗΜΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΡΑΥΣΗ SHARE OF FAILURE		ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΖΗΜ. ΚΑΙΟΓΙΑΝΝΗΣ "ΔΟΜΟΕΡΕΥΝΑ" ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ - ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ 82-84 - ΚΑΛΛΙΘΕΑ ΤΗΛ: 210 9532145 - 210 9589003
ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ LITHOLOGICAL DESCRIPTION	ΔΕΙΓΜΑ 1 ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑ 2 ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ	
ΔΟΜΟΕΡΕΥΝΑ - DOMOEREVNA ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ/ΕΡΕΥΝΕΣ - GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ - SOILS LABORATORIES ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ 82 - 84, 176 71 - ΚΑΛΛΙΘΕΑ EVANGELISTRAS 82 - 84, 176 71 KALLITHEA ΤΗΛ/TEL.: 210 95 82 145 FAX: 210 95 89 003		ΠΡΟΣ/ΤΟ: κ. ΑΡΒΑΝΙΤΟΓΛΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟ ΕΡΓΟ/PROJECT: ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ Ι.Ν. ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ & ΠΑΥΛΟΥ ΑΓΙΟΣ ΠΕΤΡΟΣ ΚΥΝΟΥΡΙΑΣ
		ΕΡΓ. ΑΡ. LAB. No. 361.22 ΣΧ./FIG 1

ΕΞΕΤΑΣΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ ROCK EXAMINATION

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΑΣΕΩΝ - ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ STRESS - STRAIN DIAGRAMS		
A / A ΔΟΚΙΜΗΣ TEST N ^ο	ΔΕΙΓΜΑ 3	
1 ΔΥΝΑΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ P (Kg) FAILURE LOAD	21.246	
2 ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ A (cm²) INITIAL AREA	76,98	
3 ΑΝΤΟΧΗ σ₀ (Kg/cm²) STRENGTH	276	
4 ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ σc (Kg/cm²) CORRECTED STRENGTH		
5 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ε (%) FAILURE STRAIN		
6 ΦΑΙΝ. ΒΑΡΟΣ (ΩΣ ΕΧΕΙ) γ (gr/cm³) APP. WEIGHT (NATURAL)	2,646	
7 ΦΑΙΝ. ΕΙΔ.ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡ. (Gs gr/cm³) SPECIFIC GRAVITY OF SOILDS	2,659	
8 ΠΟΡΩΔΕΣ η (%) POROSITY	0,5	
9 ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ Ε (Kg/cm²) YOUNG MODULUS		
10 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ POISSON ν POISSON RATIO		
11 ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (%) WATER ABSORPTION	0,39	
12 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΥΠΕΡΗΧΩΝ (m/sec) PUNDIT ULTRASONIC VELOCITY		
13 ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟΥ (M.O.) SCHMIDT HAMMER INDEXES (average)		
ΣΧΗΜΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΡΑΥΣΗ SHARE OF FAILURE		
ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ LITHOLOGICAL DESCRIPTION	ΔΕΙΓΜΑ 3 ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ (ΜΕ ΠΤΥΧΩΣΕΙΣ)	
ΔΟΜΟΕΡΕΥΝΑ - DOMOEREVNA ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ/ΕΡΕΥΝΕΣ - GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ - SOILS LABORATORIES ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ 82 - 84, 176 71 - ΚΑΛΛΙΘΕΑ ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ 82 - 84, 176 71 KALLITHEA ΤΗΛ/TEL.: 210 95 82 145 FAX: 210 95 89 003		
ΠΡΟΣ/ΤΟ: κ. ΑΡΒΑΝΙΤΟΓΛΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟ		ΕΡΓ. ΑΡ. LAB. No. 361.22
ΕΡΓΟ/PROJECT: ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ Ι.Ν. ΑΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΥ & ΠΑΥΛΟΥ ΑΓΙΟΣ ΠΕΤΡΟΣ ΚΥΝΟΥΡΙΑΣ		ΣΧ./FIG 2

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΣΗΜ. ΚΑΠΟΓΙΑΝΝΗΣ
"ΔΟΜΟΕΡΕΥΝΑ"
ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ - ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ 82-84 - ΚΑΛΛΙΘΕΑ
ΤΗΛ: 210 9582145 - 210 9589003
FAX: 012277845 - ΔΟΥΛΕΙΑΣ

