

Τεκμηρίωση φέροντος οργανισμού και βλαβών: Εφαρμογές σε βυζαντινά μνημεία

Ε. Βιντζηλαίου
Δεκέμβριος 2007



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών – Εργαστήριο Ωπλισμένου Σκυροδέματος



Καθολικό Ι.Μονής Δαφνίου,
Καθολικό Ι.Μονής Οσίου Λουκά
(Μνημεία της Παγκόσμιας
Πολιτιστικής Κληρονομιάς, UNESCO)
και εκκλησία της Παναγίας Κρήνας
(Χίος): μνημεία μεγάλης
αρχιτεκτονικής και καλλιτεχνικής
αξίας.





Τα Μνημεία (κατασκευάστηκαν κατά τον 11^ο -12^ο αιώνα)
είναι διακοσμημένα με εξαιρετικές ορθομαρμαρώσεις,
καθώς και με ψηφιδωτά και με τοιχογραφίες. Έχουν
υποστεί σοβαρές βλάβες, και λόγω σεισμικών δράσεων.





Το Υπουργείο Πολιτισμού προβαίνει στις απαραίτητες μελέτες, ώστε να πραγματοποιήσει επεμβάσεις με στόχο **την επισκευή των βλαβών** και **την βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς** των μνημείων. Η διαπίστωση του τρόπου δομήσεως της τοιχοποιίας κατά το βάθος της, η εντόπιση αφανών ξύλινων ή μεταλλικών ενισχύσεων αποτελούν βασικά στοιχεία για την ερμηνεία των παρατηρούμενων βλαβών, για την αποτίμηση της παρούσας κατάστασης, καθώς και για την επιλογή και τον σχεδιασμό των κατάλληλων επεμβάσεων στα μνημεία.



Στο πλαίσιο της συνεργασίας του Εργαστηρίου Ω.Σ./ΕΜΠ με την ΔΙΤΕΑ/ΥΠΠΟ (μέσω ερευνητικών προγραμμάτων), πραγματοποιήθηκαν σχετικές διερευνητικές εργασίες στα τρία μνημεία. Οι εργασίες πραγματοποιήθηκαν με χρήση του εξοπλισμού του Εργαστηρίου (ραντάρ και ενδοσκόπιο) και του ΥΠΠΟ (θερμογραφικός εξοπλισμός).

Καθολικό Ι.Μ. Δαφνίου: Τρόπος δομήσεως τοιχοποιίας

Καθολικό Ι.Μ. Οσίου Λουκά: Τρόπος δομήσεως τοιχοποιίας και φάσεις κατασκευής του μνημείου.

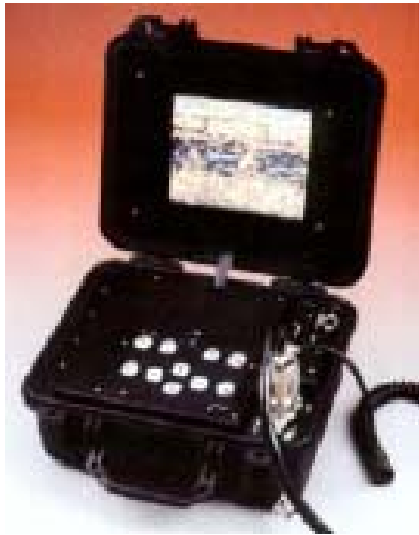
Παναγία Κρήνα: Εντόπιση θέσεων και διαπίστωση της κατάστασης των ξύλινων ενισχύσεων.

Ε.Βιντζηλαίου, Π.Τουλιάτος

Β.Παλιεράκη, Α.Ζαγκότσης, Ε.Παναγιωτίδου, Α.Σταθάτος,
Ζ.Κοντέας, Κ.Μανωλεδάκη, Σ.Κουκουζέλη



Η μέθοδος του ραντάρ



Η κεντρική μονάδα και οι κεραιές

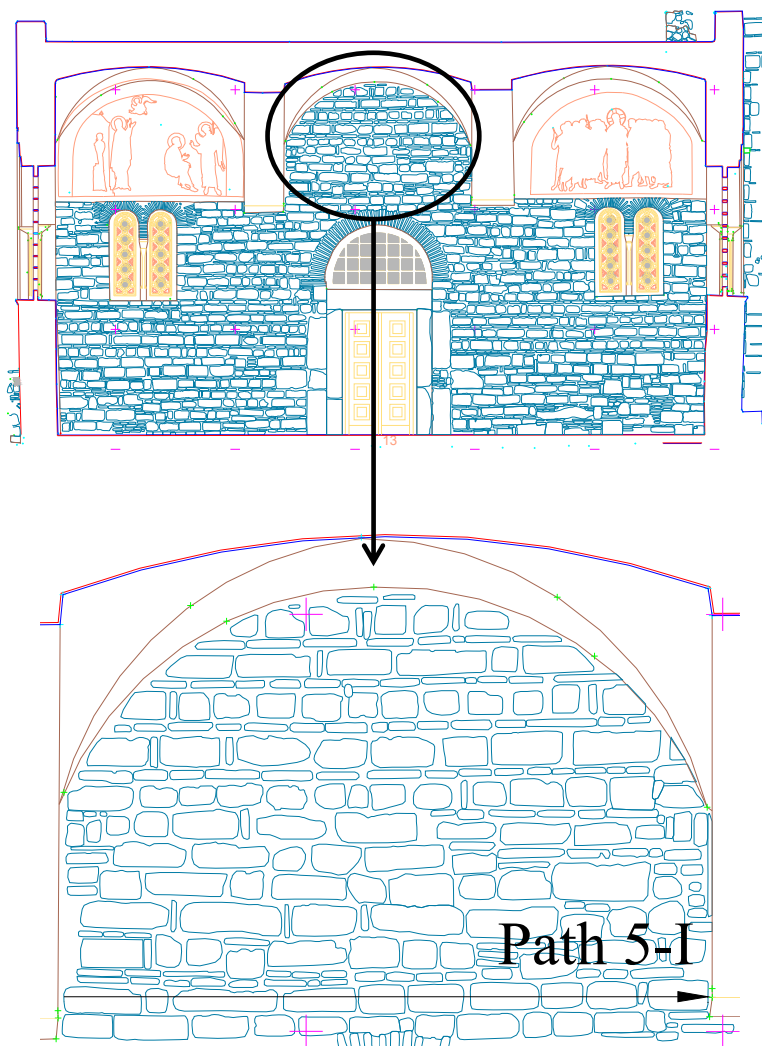
Μη-καταστροφική μέθοδος, η οποία εφαρμόστηκε αρχικά για διερευνήσεις στον τομέα της γεωφυσικής. Η κεραία κινείται σε μία ευθεία γραμμή.

Μεταδίδονται **ηλεκτρομαγνητικά κύματα**. Όταν το κύμα συναντά μία διεπιφάνεια (κενό, ασυνέχεια εντός του υλικού, ή διαφορετικό υλικό), μέρος της διαδιδόμενης ακτινοβολίας ανακλάται, ενώ μέρος αυτής συνεχίζει στο υλικό σε μεγαλύτερο βάθος.

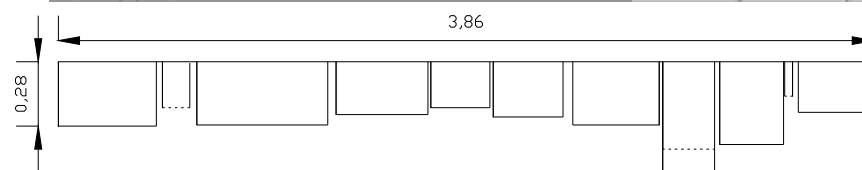
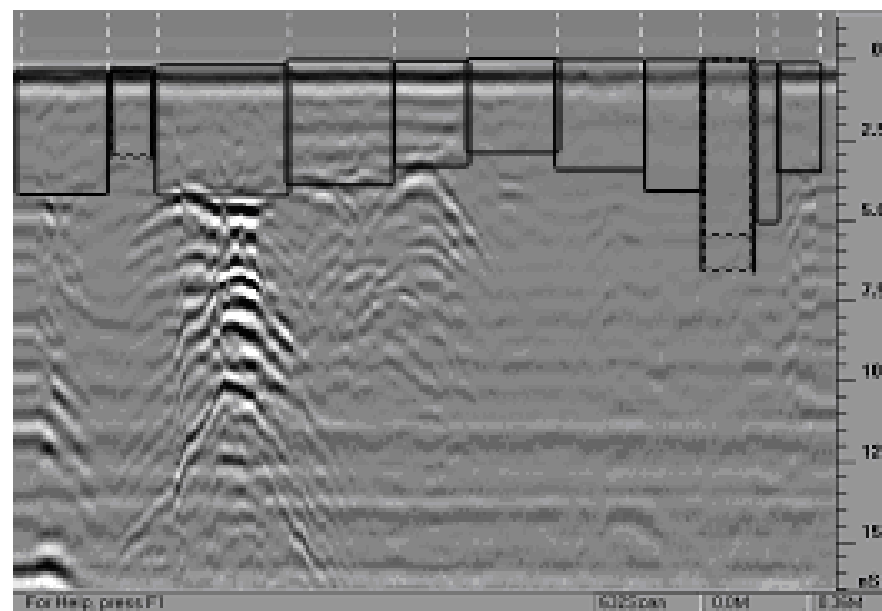


Η μέθοδος του ραντάρ μπορεί να εφαρμοστεί στην τοιχοποιία όταν ισχύουν οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

- (1) Χρησιμοποιείται κεραία κατάλληλης συχνότητας. Κύματα μεγαλύτερης συχνότητας έχουν ως αποτέλεσμα μειωμένη διεισδυτικότητα, αλλά η εικόνα που λαμβάνεται είναι πιο σαφής,
- (2) Η κεραία κινείται στην επιφάνεια της τοιχοποιίας, η οποία θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν λεία,
- (3) Η εφαρμογή της μεθόδου δεν είναι αρκετά αποτελεσματική για τοιχοποιία από οπτόπλινθους, καθώς η άργιλος επηρεάζει την ακρίβεια του σήματος,
- (4) Προτιμάται ανεπίχριστη τοιχοποιία, καθώς:
 - Όταν το μήκος των λίθων είναι γνωστό, διευκολύνεται η ερμηνεία των αποτελεσμάτων,
 - Η σαφήνεια των αποτελεσμάτων επηρεάζεται από τη φύση του επιχρίσματος ή του υποβάθρου (ψηφιδωτά).



Η εικόνα του ραντάρ μετά από επεξεργασία. Ο κατακόρυφος άξονας παρουσιάζεται σε μονάδες μήκους.





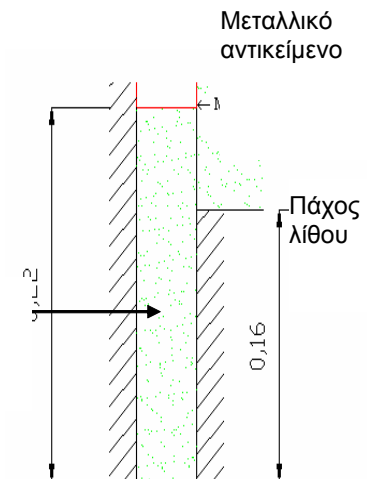
Ενδοσκόπηση

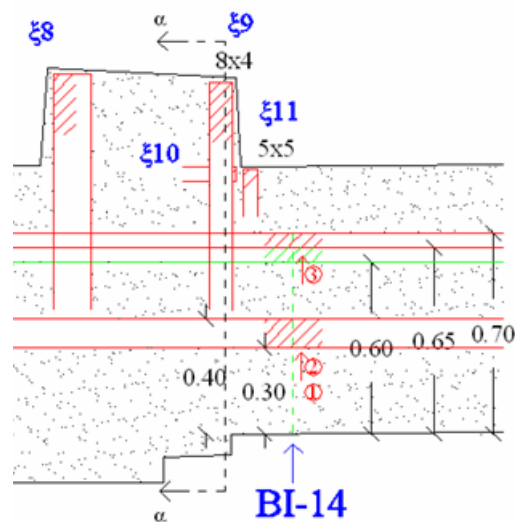
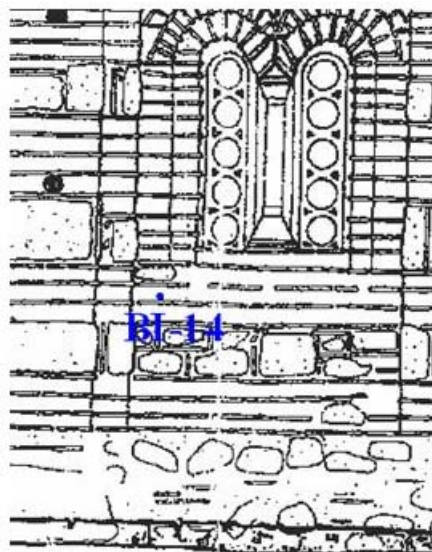
Η ενδοσκόπηση, που αρχικά εφαρμόστηκε στην ιατρική, είναι μία **ελάχιστα καταστροφική μέθοδος**, η οποία είναι αποδεκτή και στην περίπτωση μνημείων μεγάλης αρχιτεκτονικής αξίας. Συναντώνται οι εξής **δυσκολίες**:

- Για την παρατήρηση, χρειάζεται επιμελής καθαρισμός,
- Όταν το πάχος των αρμών είναι μεγάλο, δυσχερής ο εντοπισμός του πάχους των λίθων ή των ξυλοδεσιών,
- Η διάτρηση των οπών ορισμένες φορές περιορίστηκε σε βάθος μικρότερο του προκαθορισμένου.

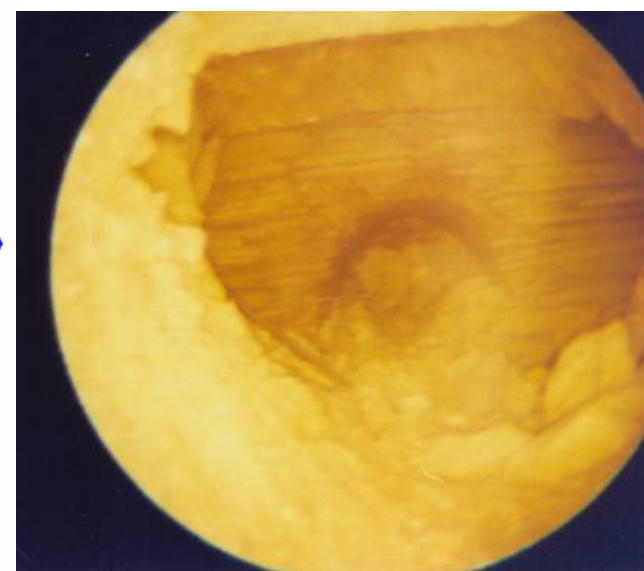
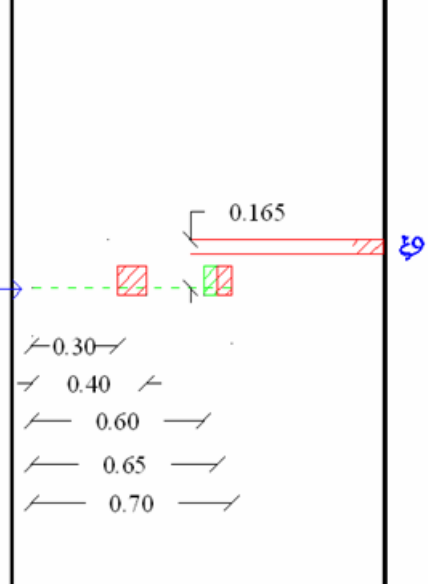


Διάτρηση





BI-14

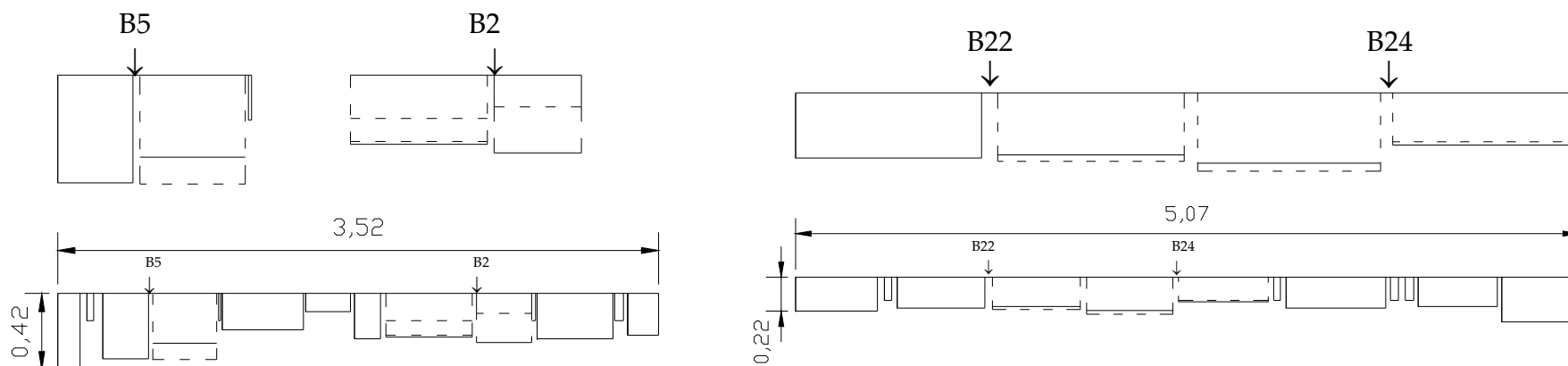




Καθολικό Μονής Δαφνίου

Η μέθοδος του ραντάρ εφαρμόστηκε σε διάφορες περιοχές της εξωτερικής τοιχοποιίας του μνημείου. Έγινε σάρωση περισσότερων από **200m**. Η επιλογή των διαδρομών έγινε με βάση διάφορους περιορισμούς, όπως: προσβασιμότητα καθ' ύψος, προσβασιμότητα και από τις δυο παρειές της τοιχοποιίας, επίχρισμα ή ψηφιδωτά, κλπ. Η ενδοσκόπηση εφαρμόστηκε σε **(32)** θέσεις όπου τα αποτελέσματα του ραντάρ δεν κρίθηκαν επαρκώς αξιόπιστα (περιορισμός: Απαγόρευση διάτρησης σε περιοχές με ψηφιδωτά ή αυθεντικά κονιάματα).

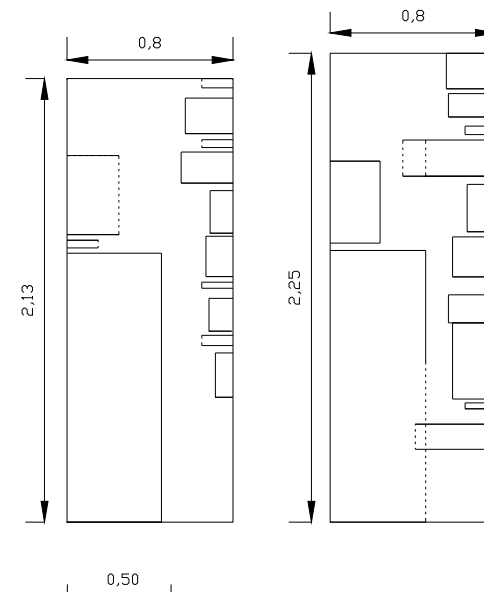
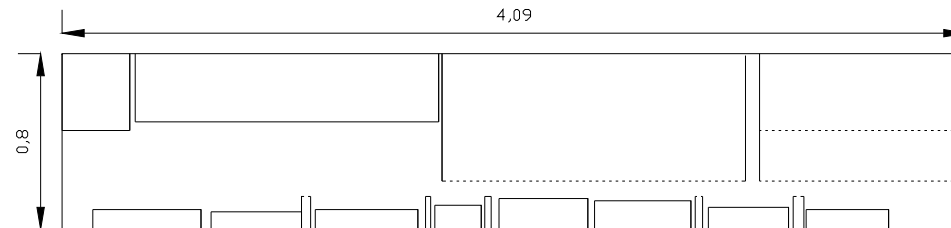
Οι δυο τεχνικές έδωσαν εν γένει ταυτόσημα ή παραπλήσια αποτελέσματα. Έτσι, εντοπίστηκε με επαρκή ακρίβεια ο τρόπος δομήσεως της τοιχοποιίας σε διάφορες περιοχές του μνημείου.





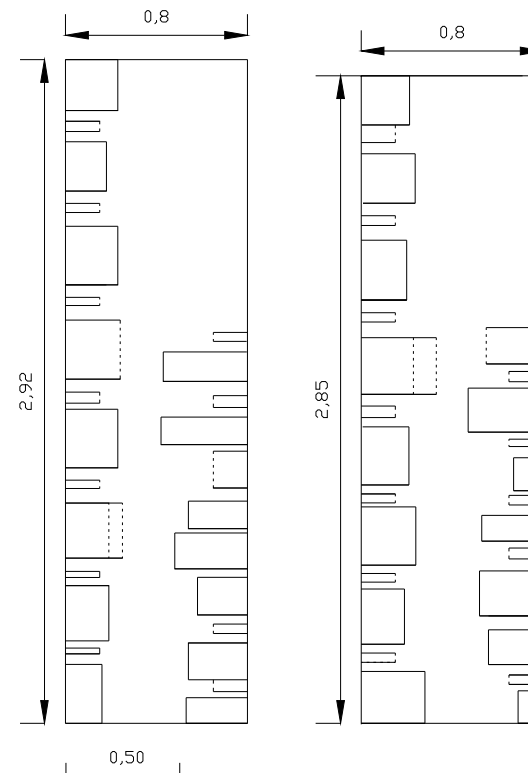
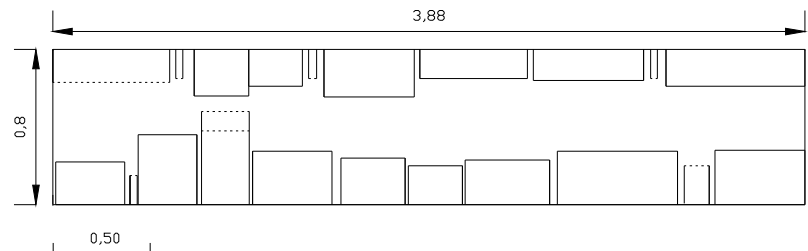
Διακρίνονται δύο διαφορετικοί τρόποι κατασκευής της τοιχοποιίας.

Κατώτερο τμήμα: Χρήση λίθων μεγάλων διαστάσεων, τοποθετημένων έτσι ώστε να σχηματίζουν σταυρούς.





Ανώτερο τμήμα: Τοιχοποιία κατασκευασμένη με μικρότερους λίθους. Χρησιμοποιούνται οπτόπλινθοι στους οριζόντιους και τους κατακόρυφους αρμούς.



Πολύπλοκος τρόπος δομήσεως, αυξημένη επιφάνεια επαφής μεταξύ εξωτερικών παρειών και υλικού πλήρωσης.

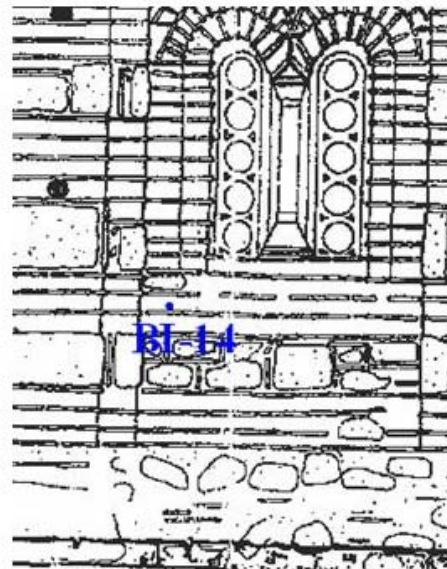
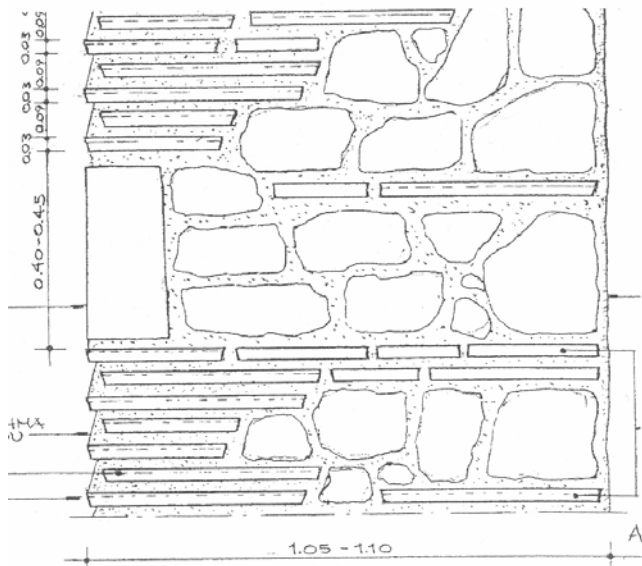


Παναγία Κρήνα

Φέρουσα κατασκευή μνημείου: Τρίστρωτη τοιχοποιία, με ποικιλία τρόπων κατασκευής.

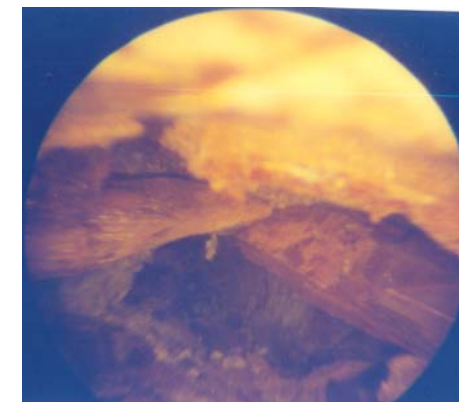
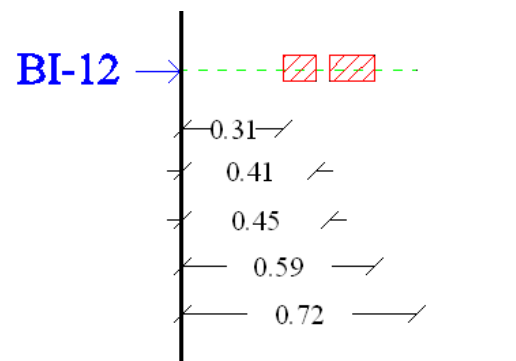
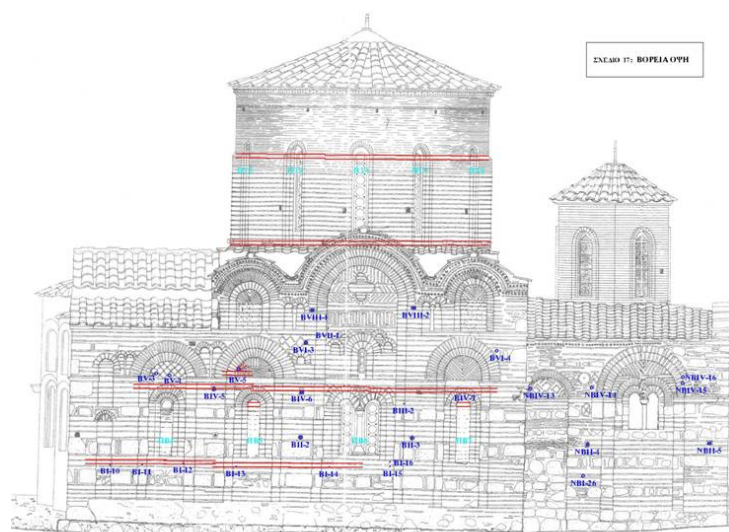
Εξωτερική παρειά: Κατασκευασμένη από οπτόπλινθους ή λίθους. Ανάγλυφη εξωτερική όψη (Πρακτικώς, αδύνατη η εφαρμογή του ραντάρ)

Κατώτερο τμήμα: Σε λίγες περιοχές, αργολιθοδομή.

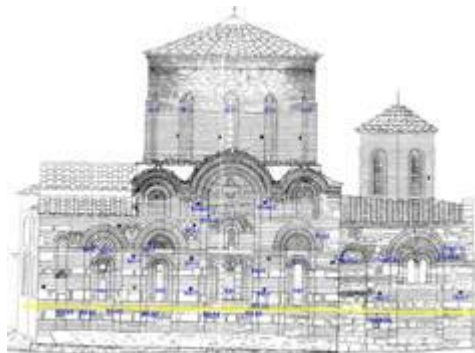




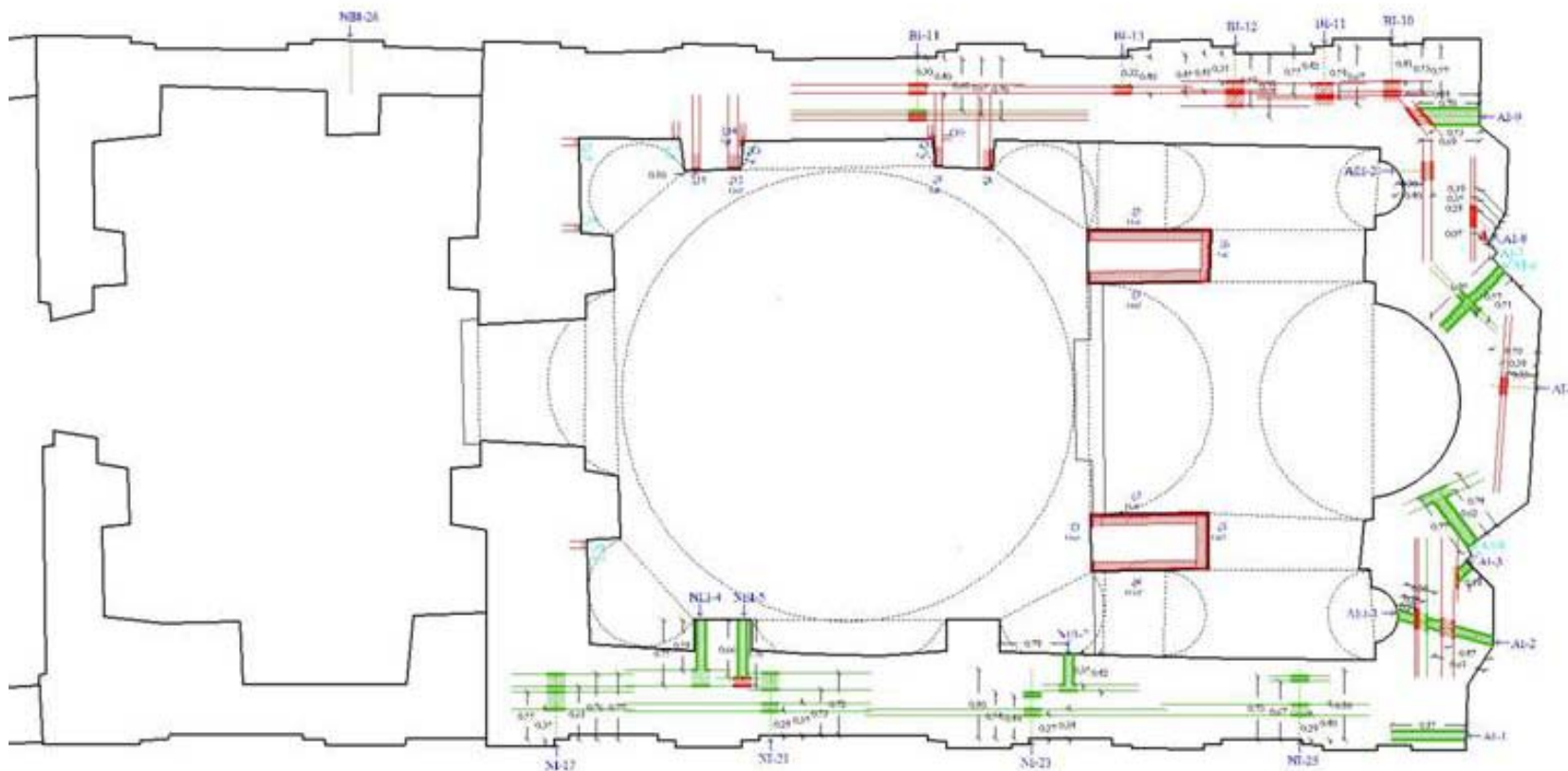
- Η εσωτερική παρειά είναι καλυμμένη με τοιχογραφίες (δεν είναι δυνατόν να αναγνωριστεί ο τύπος της τοιχοποιίας – οπτόπλινθοι ή λίθοι),
- Δυσκολίες: Ύπαρξη οπτόπλινθων, επιχρίσματος (επιρροή αποτελεσμάτων), πολλών διεπιφανειών.
- Ήταν γνωστό ότι υπήρχαν ξυλοδεσιές στο εσωτερικό της τοιχοποιίας. Όμως, έπρεπε να προσδιοριστεί η ακριβής τους θέση και η κατάσταση διατήρησής τους.



Συλλογή πληροφοριών με οπτική παρατήρηση και ενδοσκοπήσεις.



Η ενδοσκόπηση εφαρμόστηκε συστηματικά, σε ήδη υπάρχουσες οπές και σε θέσεις που επιλέχθηκαν με μεγάλη προσοχή (δεν διατρήθηκαν παλαιά κονιάματα).





Καθολικό Ι.Μ. Οσίου Λουκά

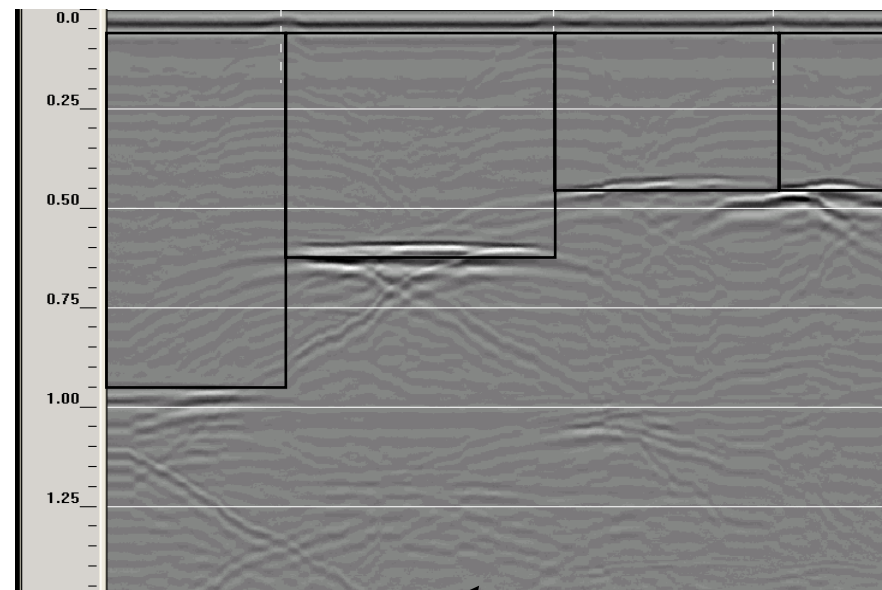
Τρίστρωτη τοιχοποιία: Το **ανώτερο τμήμα της τοιχοποιίας** έχει κατασκευαστεί με λίθους μικρότερων διαστάσεων από το **κατώτερο τμήμα**.



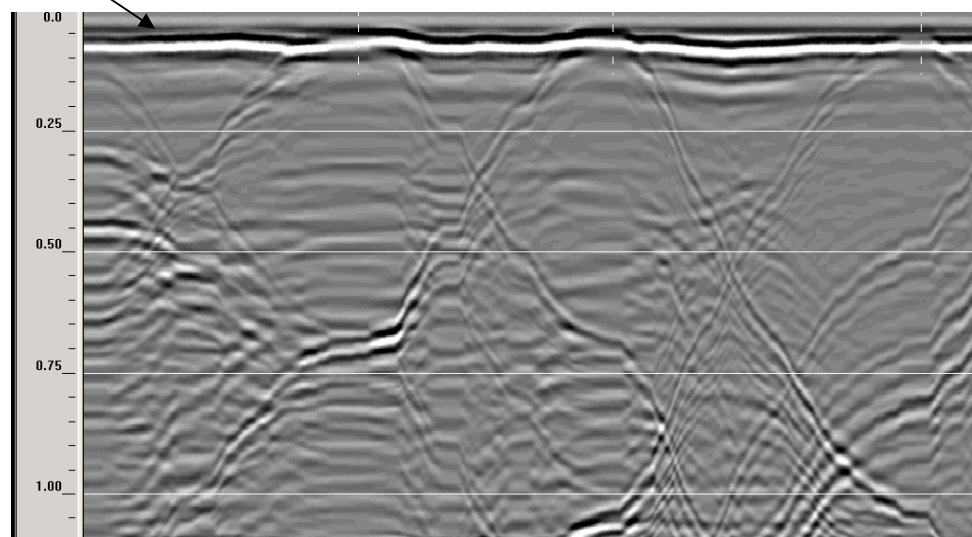
Εξωτερική παρειά τοιχοποιίας: Ανεπίχριστη.
Διαπίστωση τρόπου δομήσεως με ικανοποιητική ακρίβεια.



Εσωτερική παρειά

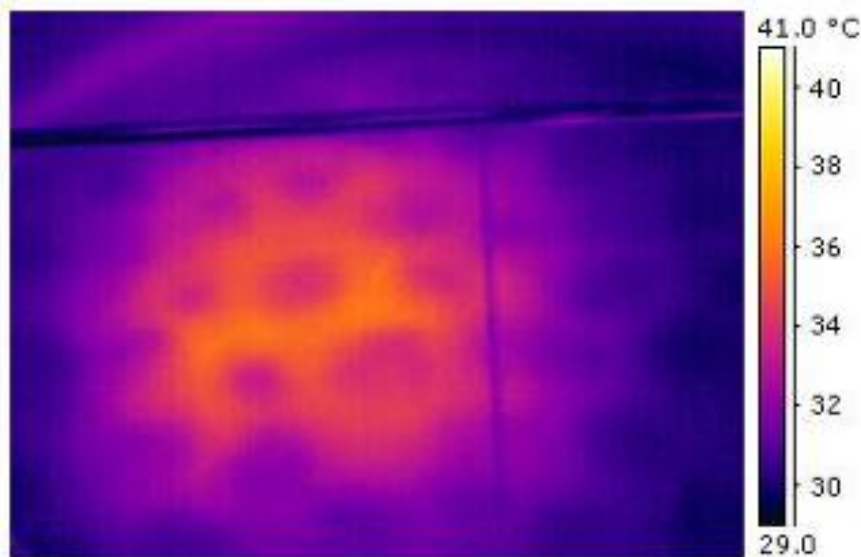


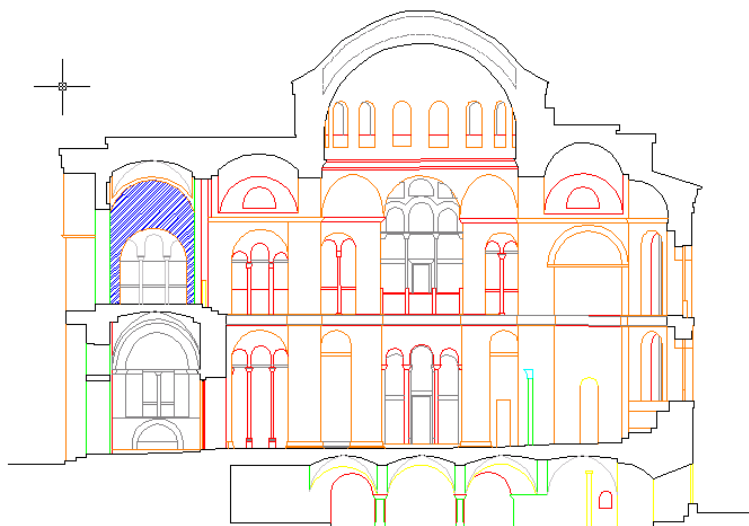
Εξωτερική παρειά





Εσωτερική παρειά τοιχοποιίας: καλυμμένη με ψηφιδωτά, ορθομαρμαρώσεις, τοιχογραφίες ή επίχρισμα. **Επιρροή ακρίβειας** των μετρήσεων του ραντάρ, αβεβαιότητα στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Τα μάρμαρα ή/και το επίχρισμα έχουν σε αρκετές θέσεις αποκολληθεί από την τοιχοποιία: ισχυρές ανακλάσεις του σήματος, δεν επιτρέπουν την εις βάθος διερεύνηση της τοιχοποιίας. Θα γίνει εφαρμογή ενδοσκοπήσεων και θερμογραφίας.





Οι διερευνητικές μέθοδοι συνέβαλαν στην κατασκευαστική ανάλυση του Ναού.

Κατασκευαστικές φάσεις του μνημείου

Αντί συμπεράσματος:

Οι διερευνητικές μέθοδοι προσφέρουν μεγάλες δυνατότητες για την διαπίστωση του τρόπου δομήσεως αφανών στοιχείων, καθώς και για την εντόπιση στοιχείων από διαφορετικά υλικά στο εσωτερικό της τοιχοποιίας.

Προϋποθέτουν όχι μόνον καλή γνώση του εξοπλισμού, αλλά και καλή γνώση του στόχου, καθώς και του μνημείου.

Η ομάδα ΕΜΠ μορφώθηκε μέσω αυτών των εφαρμογών και απέκτησε πείρα.