

Η ΣΤΟΑ ΤΗΣ ΑΡΤΕΜΙΔΟΣ ΣΤΗ ΒΡΑΥΡΩΝΑ

ΜΟΡΦΕΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Βασίλειος Λαμπρόπουλος

Δρ Χημικός-Μηχανικός Ε.Μ.Π., Καθηγητής Εφαρμογών, ΤΕΙ Αθήνας

Μαρία Κάτου

Συντηρήτρια Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης, ΤΕΙ Αθήνας

Αλέξανδρος Σαπουντζάκης

Συντηρητής Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης, ΤΕΙ Αθήνας

Ο αρχαιολογικός χώρος της Βραυρώνος, που βρίσκεται στην ανατολική Αττική, εκτείνεται στους βόρειους πρόποδες χαμηλού πετρώδους λόφου, που ονομάζεται "Κομμένο Λιθάρι". Στη βόρεια πλευρά περνά ο ποταμός Ερασίνας, ο οποίος εκβάλλει μερικά μέτρα ανατολικότερα, στον μικρό, κλειστό όρμο της Βραυρώνος, στον νότιο Ευβοϊκό. Ο όρμος αυτός είναι ρηχός και τελματώδης σήμερα, στην αρχαιότητα όμως ήταν ένα αξιόλογο υπήνεμο λιμάνι. Ο εσώτατος μυχός του κόλπου, που δεν είναι ορατός από το ιερό, απέχει μόνο 700 μ. από αυτό¹.

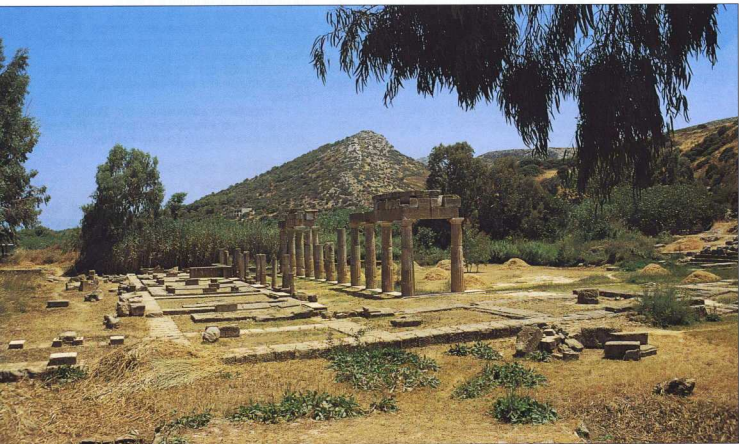
Ιστορικά στοιχεία της περιοχής²

Η περιοχή πρωτοκατοικήθηκε από Πελασγούς στο τέλος της Νεολιθικής εποχής (3500 π.Χ.). Κατά την Μεσοελλαδική εποχή (2000-1600 π.Χ.) δημιουργήθηκε η ακρόπολη

της Βραυρώνος. Μετά την Μυκηναϊκή εποχή (1600-1100 π.Χ.) ο συνοικισμός εγκαταλείφθηκε μέχρι τον 9ο π.Χ. αιώνα³.

Από τη Μικρά Ασία φαίνεται ότι έγινε η μεταφορά της λατρείας της Αρτέμιδος, κατά τα Ύστερα Πρωτογεωμετρικά χρόνια, όταν άρχισε

1. Η δυτική όψη της Στοάς της Βραυρώνος.



να επαναχρησιμοποιείται ο χώρος.

Η Βραυρών αποτέλεσε μία από τις δώδεκα προϊστορικές πόλεις στις οποίες είχε ενώσει την Αττική ο Κέκροψ, σύμφωνα με τον Πausανία⁴. Ενώ ο Θουκυδίδης αναφέρει ότι ήταν μία από τις δώδεκα πόλεις του συνοικισμού του Θησέα, οι οποίες συναποτέλεσαν την Αθήνα⁵. Τον 6ο π.Χ. αιώνα ιδρύθηκε από τον Πεισίσtrato το ιερό της Αρτέμιδος. Μετά τη μεταρρύθμιση του Κλεισθένη, η Βραυρών και οι γύρω περιοχές αποτέλεσαν το Δήμο των Φυλαιδών. Ο χώρος βρέθηκε στην κορύφωση της ακμής του το δεύτερο μισό του 5ου π.Χ. αιώνα και σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια του 4ου. Στο τέλος του 4ου αι. π.Χ. το ιερό καταστράφηκε λόγω καθίζησης και εισροής των υδάτων του ποταμού στο χώρο.

Τον 6ο μ.Χ. αι. χτίστηκε παλαιοχριστιανική βασιλική για τον εξαγισμό του χώρου.

Ανασκαφές στην περιοχή έγιναν σε μικρή κλίμακα κατά τα τέλη του 19ου αι. και πιο συστηματικές και εκτεταμένες από τον Ι. Παπαδημητρίου κατά τις περιόδους 1948-1950 και 1955-1962. Οι ανασκαφές αυτές, όμως, διακόπηκαν με το θάνατό του, και δεν έχουν ολοκληρωθεί.

Η Στοά της Βραυρώνος (εικ. 1), που σύμφωνα με τα μορφολογικά της χαρακτηριστικά και επιγραφές χρονολογείται στα τέλη του 5ου π.Χ. αι.⁶, είναι στωικό οικοδόμημα σχήματος Π⁷. Η βόρεια κιονοστοιχία έχει 11 δωρικούς κίονες και μήκος 29,19 μ., ενώ η δυτική και η ανατολική από έναν, των οποίων η ανοικοδόμηση δεν είχε ολοκληρωθεί ποτέ.

Η Στοά (εικ. 2) περιλαμβάνει:

- Έξι τετράγωνα όμοια δωμάτια στο βόρειο σκέλος και τρία στο δυτικό με είσοδο στη Στοά, εντός των οποίων υπήρχαν έντεκα ξύλινες κλίνες και επτά μαρμαρίνες τράπεζες (1).
- Έναν στενό διάδρομο που χωρίζει τα δωμάτια συμμετρικά σε δύο ομάδες (2).
- Ένα έβδομο μικρότερο δωμάτιο στο δυτικότερο σημείο του βόρειου σκέλους της Στοάς (3).
- Ευρύ υπαίθριο διάδρομο, παράλληλο προς το βόρειο σκέλος της στοάς (4), με πρόπυλα στα άκρα του (5).
- Βόρεια στοά με 12 κίονες, πιθανώς οκταγωνικούς (6).

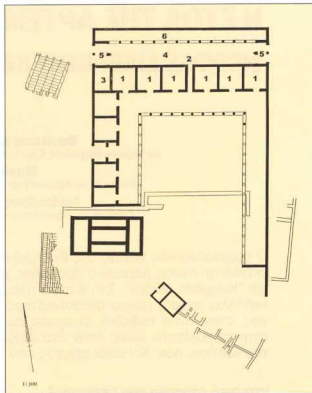
Μέσα στη Στοά υπήρχαν αναθηματικά αγάλματα "άρκτων" (νεαρά κορίτσια που υπηρετούσαν τη θεά) και αγορών, ανάγλυφα, καθώς και επιγραφές, από τα οποία σήμερα σώζονται in situ μόνο τα βάθρα.

Υλικά δομής και τεχνολογία κατασκευής⁸

Για την κατασκευή της Στοάς χρησιμοποιήθηκαν κυρίως τρία υλικά: ψαμμίτης, μάρμαρο και ασβεστόλιθος.

Εντόπιος ψαμμίτης, χρώματος ανοικτού καστανευμένου, χονδροκόκος, σκληρότητας περίπου 2 Mohs, χρησιμοποιήθηκε στη θεμελίωση, τους κίονες, το επιστύλιο, τα τρίγλυφα, το γείσο στα δωμάτια και την παραστάδα.

Μάρμαρο, λευκό πεντελικό, λεπτόκοκο, με πορώδες 0,35-0,7% και σκληρότητα 3 Mohs⁹, χρησιμοποιήθηκε στα σημεία όπου απαιτούνταν



μεγαλύτερη αντοχή, όπως στο στυλοβάτη, αλλά και στα αρχιτεκτονικά μέλη όπου η καταργασία ήταν λεπτότερη, όπως στα κιονόκρανα και τις μετόπες.

Ο ασβεστόλιθος είναι γκριζού χρώματος και σκληρότητας περίπου 5,5 Mohs.

Οι σύνδεσμοι και οι γόμφοι ήταν κατασκευασμένοι από μολυβδοχοημένο σίδηρο. Για τα εξαρτήματα των θυρών και τα στηρίγματα των κλινών χρησιμοποιήθηκε ορείχαλκος.

Λεπτό επιχρίσμα (stucco), που δεν σώζεται σήμερα, επικάλυπτε τους ψαμμιτικούς δομικούς λίθους.

Η τεχνολογία κατασκευής της Στοάς είναι όμοια με την γενικώς εφαρμοζόμενη τεχνολογία κατά την κλασική περίοδο στην Ελλάδα.

Αναστήλωση της Στοάς της Βραυρώνος¹⁰

Οι αναστηλωτικές εργασίες έγιναν από τον αρχιτέκτονα της Υπηρεσίας Αναστήλωσης Χαρ. Μπούρα, με επίταξία του γλύπτη του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου Στ. Τριάντη, από την 1η Μαΐου 1961 μέχρι τα τέλη του Σεπτεμβρίου του 1962.

Κατά τη διάρκεια των εργασιών κατεβλήθη προσπάθεια να τηρηθούν οι εξής αρχές: ελαχιστοποίηση προσθηκών και επεμβάσεων στα αρχαία μέλη, αντιστρεψιμότητα, δυνατότητα διάκρισης των νέων προστιθέμενων τεμαχίων, σεβασμός της αισθητικής του μνημείου, εξασφάλιση της στατικής αυτάρκειας του κτηρίου, ισορροπία της σύνθεσης της μορφής του ερείπιου, συνένεση με τα πορίσματα της μορφολογικής μελέτης.

Κατά την αναστήλωση έγιναν οι ακόλουθες εργασίες:

Η επιφάνεια έδρασης του μνημείου τριπλάσιασάστηκε με την κατασκευή βάσης από όλοιο σκυρόδεμα. Αναστήλωθηκαν 37 σφόνδυλοι (οι 31 αρχαίοι). Τα έξι μαρμάρινα κιονόκρανα που διατηρούνταν τοποθετήθηκαν στις αρχικές τους θέσεις, από τα είκοσι θραύσματα που διασώθηκαν συναρμολογήθηκε ένα νέο και συμπληρώθηκαν δύο νέα. Η σύνδεση των θραυσμάτων έγινε με ανοξείδωτους ορειχάλκινους συνδέσμους. Προστέθηκε επίσης ένα νέο κιονόκρανο. Εκτός του μοναδικού διασωθέντος επιστύλιου κατασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν έξι νέα επιστύλια, ενισχυμένα με ράβδους ανοξείδωτου χάλυβα. Τέλος, τοποθετήθηκαν στις αρχικές τους θέσεις τα αναθηματικά βάθρα.

Οι συμπληρώσεις στο μνημείο έγιναν με χρήση του ίδιου εντόπιου φυματίτη και λευκού πεντελικού μαρμάρου.

Μεταξύ των αρχαίων και των νέων τεμαχίων και όπου υπήρχε κενό τοποθετήθηκε τοιμεντοκονία μικρής περιεκτικότητας σε τσιμέντο.

Λόγω της εσπευσμένης αναστήλωσης δεν τηρήθηκε η αρχή η αναστήλωση έπεται της ανασκαφής και της έκδοσης της αρχαιολογικής μελέτης του μνημείου. Η πραγματοποίηση όμως των εργασιών, με βάση την αρχή της αντιστροφισμότητας, δίνει τη δυνατότητα επανόρθωσης πιθανών σφαλμάτων¹¹.

Περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή της Βραυρώνος

Για την αναγνώριση των μηχανισμών φθοράς των υλικών του μνημείου κρίνουμε απαραίτητη τη μελέτη των περιβαλλοντικών συνθηκών της περιοχής.

Από τις μετρήσεις της Ε.Μ.Υ. (τμήμα στατιστικής κλιματολογίας), που αναφέρονται στο σταθμό των Σπιάτων κατά τα έτη 1974-1997, προέκυψε ότι:

Οι τιμές της **θερμοκρασίας** κυμαίνονται μεταξύ 10-30° C στη διάρκεια του έτους. Μεμονωμένες τιμές μεγαλύτερες των 30° C και μικρότερες των 0° C έχουν καταγραφεί.

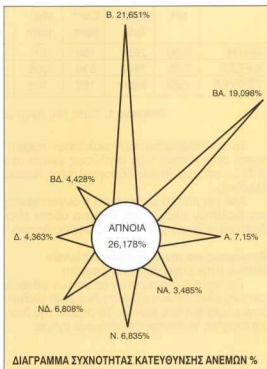
Η ένταση των **ανέμων** σπανίως παίρνει τιμές μεγαλύτερες από 5 beaufort, ενώ οι επικρατέστερες εντάσεις των ανέμων είναι 0,2 και 3 beaufort για το σταθμό των Σπιάτων (διάγραμμα 2).

Το ανάγλυφο της περιοχής της Βραυρώνος και η γειτνίαση με τη θάλασσα έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία τοπικών συστημάτων ροής¹⁴. Θεωρούμε επομένως πιθανή την αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ανέμων, ειδικά αυτών με Β-ΒΑ. κατεύθυνση (βλ. Διάγραμμα Συχνότητας Κατεύθυνσης Ανέμων %).

Οι **βροχοπτώσεις** κυμαίνονται σε ποσοστό ανάλογο με αυτά της υπόλοιπης Αττικής.

Οι τιμές της **σχετικής υγρασίας** είναι μεγαλύτερες από τις αναφερόμενες στο ραβδόγραμμα 1, που αναφέρονται στο σταθμό των Σπιάτων, καθώς το μνημείο βρίσκεται πλησιέστερα στη θάλασσα απ' ό,τι ο εν λόγω σταθμός.

Κατά τους χειμερινούς μήνες ο αρχαιολογικός χώρος πλημμυρίζει συχνά, λόγω της διαμόρφωσης του εδάφους που ευνοεί την κατακράτηση των ομβρίων υδάτων αφενός, και αφε-



τέρου λόγω των πετρωμάτων του υπεδάφους που επιτρέπουν την εισχώρηση θαλάσσιου ύδατος στο έδαφος και στα νερά του Ερασιού¹².

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία¹³, το **έδαφος θεμελίωσης** της ευρύτερης περιοχής έχει μέγιστο πάχος 10 μ. και συντίθεται από λεπτομερή μέλη άμμου και αργίλων, και σε μικρότερα ποσοστά από λεπτούς μανδύες, από αποσάθρωση κοραλλών. Το στρώμα αυτό στην περιοχή του μνημείου εμφανίζει πιθανώς μεγαλύτερο πάχος και περιέχει μεγαλύτερες ποσότητες αργίλων, λόγω της συσσώρευσης εκεί της ύλης του ποταμού Ερασιού.

Υδρογεωλογική μελέτη

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των αλάτων στα υπόγεια ύδατα, έγινε ανάλυση σε τρία δείγματα ύδατος: α. από την ιερά πηγή που βρίσκεται σε απόσταση περίπου 30 μ. από τη δυτική γωνία της Στοάς· β. από τα λιμνάζοντα ύδατα κάτω από τη γέφυρα σε απόσταση 10 περίπου μέτρων από τη δυτική γωνία της Στοάς· γ. από φρέαρ που βρίσκεται σε απόσταση 40 περίπου μέτρων νοτιοδυτικά της Στοάς.

Τιμές σχετικής υγρασίας ανά μήνα



| | pH | Aγ/τα (μS) | Ca ²⁺ ppm | Mg ²⁺ ppm | Na ⁺ ppm | K ⁺ ppm | HCO ₃ ⁻ ppm | Cl ⁻ ppm | SO ₄ ²⁻ ppm | NO ₃ ⁻ ppm |
|--------|------|---------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| ΠΗΓΗ | 7,30 | 2650 | 183 | 101 | 244 | 31,3 | 420 | 581 | 208 | 80,6 |
| ΦΡΕΑΡ | 7,50 | 7800 | 539 | 358 | 897 | 46,9 | 456 | 2212 | 1254 | 37,2 |
| ΓΕΦΥΡΑ | 7,60 | 2850 | 186 | 109 | 303 | 31,3 | 415 | 681 | 280 | 27,9 |

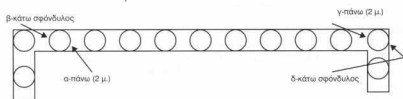
Πίνακας 1: Τιμές pH, αγωγιμότητας και συγκέντρωσης ιόντων

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρατίθενται στον πίνακα 1 (οι αναλύσεις έγιναν στο Ι.Γ.Μ.Ε., στη Διεύθυνση Υδρογεωλογίας Νοτίου Ελλάδος).

Από τον πίνακα φαίνεται ότι η συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στα υπόγεια ύδατα είναι ιδιαίτερα αυξημένη και το pH ελαφρώς βασικό.

Μετρήσεις για την ανίχνευση διαλυτών αλάτων στην επιφάνεια του ψαμμίτη

Για την αναγνώριση των αιτιών των φθωρών του μνημείου, έγινε ανίχνευση διαλυτών αλάτων στην επιφάνεια δύο κίωνων. Τα σημεία της δειγματοληψίας φαίνονται στο επόμενο σχήμα:



Κατόψη της κιονοστοιχίας με τις θέσεις στις οποίες έγινε ανίχνευση διαλυτών αλάτων.

Στα τέσσερα δείγματα έγιναν αναλύσεις κατά τις οποίες μετρήθηκε η αγωγιμότητα του διαλύματος, το pH και η περιεκτικότητά του σε ιόντα Cl⁻ και SO₄²⁻. Τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα 2:

Πίνακας 2: Τιμές αγωγιμότητας, pH και συγκέντρωσης Cl⁻, SO₄²⁻

| Δείγμα | Αγωγ/τα (μS) | PH | Cl ⁻ (ppm) | SO ₄ ²⁻ (ppm) |
|--------|--------------|-----|-----------------------|-------------------------------------|
| α | 415 | 6,5 | 17,75 | 2,06 |
| β | 362 | 6,3 | 15,45 | 1,78 |
| γ | 390 | 6,5 | 16,71 | 1,87 |
| δ | 440 | 7,2 | 19,00 | 2,15 |

Τα δείγματα από τις ανατολικές πλευρές των κίωνων περιέχουν μεγαλύτερες ποσότητες αλάτων, προφανώς επειδή προσανατολίζονται προς τη θάλασσα. Στον ανατολικό κίονα το δείγμα του κατώτερου σφονδύλου παρουσιάζει μεγαλύτερη συγκέντρωση σε άλατα από το δείγμα που βρίσκεται σε μεγαλύτερη απόσταση από το έδαφος. Αυτό οφείλεται στη διάχυση ιόντων από το έδαφος λόγω του φαινομένου της τριχοειδούς αναρρίχησης.

Στον δυτικό κίονα παρατηρείται μεγαλύτερη συγκέντρωση αλάτων στον άνω σφόνδυλο απ' ό,τι στον κατώτατο. Αυτό προφανώς οφείλεται στο ότι η κομπίρα στον άνω σφόνδυλο ήταν τοποθετημένη στην ανατολική πλευρά, δη-

λαδή προς τη θάλασσα. Ακόμη, η συγκέντρωση των αλάτων στο σημείο α επηρεάζεται από την ύπαρξη τοιμετοκονιωματός σε κοντινή απόσταση, καθώς το τοιμέτο αποτελεί σημαντική πηγή διαλυτών αλάτων.

Η διάβρωση του δομικού υλικού της Στοάς

Η βασικότερη φθορά που παρατηρείται μακροσκοπικά στο υλικό του μνημείου είναι οι κοιλότητες στην επιφάνεια του ψαμμιτικού υλικού, οι οποίες φαινόμενον **διάβρωση με κυψέληση** (εικ. 3). Οι κοιλότητες ποικίλλουν σε μέγεθος και καλύπτουν όλη την επιφάνεια του ψαμμιτικού υλικού. Αυτή η μορφή διάβρωσης οφείλεται στην παρουσία ευδιαλυτών αλάτων στο μνημείο, σε συνδυασμό με την υγρασία και τους ανέμους που πνέουν στην περιοχή.

Πηγές αλάτων για τη Στοά αποτελούν:

α. τα υπόγεια ύδατα, όπως προκύπτει από τις σχετικές αναλύσεις υδάτων·

β. η θάλασσα, η οποία βρίσκεται 700 μ. ανατολικά του αρχαιολογικού χώρου·

γ. τα τοιμετοκονιωματά που είχαν χρησιμοποιηθεί στην αναστήλωση του μνημείου.

Η μεταφορά των αλάτων από τα υπόγεια ύδατα γίνεται με το φαινόμενο της τριχοειδούς αναρρίχησης (εικ. 4) και από τη θάλασσα με το φαινόμενο της αλατονεφύωσης, λόγω της Β.-ΒΑ. κατεύθυνσης των ανέμων.

Εκτός από την κυψέληση, παρατηρείται **απομόκρυνση, σε επιφανειακό επίπεδο, των αργιλοπυριτικών φλεβών του πέτρινου υλικού** (εικ. 5 και 6). Η απολίπανση προκαλείται λόγω της ιονεναλλακτικής εξαλλοίωσης των αργίλων που περιέχονται ως προσμίξεις στην πέτρα, λόγω της δράσης του νερού (στα βάθρα των αναθημάτων φαίνεται χαρακτηριστικά το μεγαλύτερο ποσοστό απώλειας υλικού, έως το σημείο που φτάνει η στάθμη του νερού στις πλημμύρες).

Ρωγμές μεταξύ των συγκολλημένων τμημάτων του ψαμμίτη έχουν προκληθεί εξαιτίας της διαφοράς του συντελεστή θερμικής διαστολής του ψαμμίτη από το τοιμετοκονίαμα, που έχει χρησιμοποιηθεί για τη συγκόλληση (εικ. 7).

Τα ποικίλα φυτά που αναπτύσσονται στο χώρο του μνημείου δημιουργούν ρωγμές σε τμήματα της Στοάς, κυρίως στον μαρμαρίνο στυλοβάτη, ή διευρύνουν ρωγμές που ήδη υπήρχαν (εικ. 4).

Παρατηρείται **διάβρωση των μεταλλικών συνδέσμων** που είχαν χρησιμοποιηθεί κατά την αναστήλωση, με αποτέλεσμα κάποια θραύσματα να έχουν αποκολληθεί. Η διάβρωση του ορειχάλκου και του ανοξείδωτου χάλυβα εννοεί η αυξημένη σχετική υγρασία, καθώς και η μεγά-



λη συγκέντρωση θεϊκών ιόντων και χλωριόντων στο περιβάλλον.

Τα προϊόντα διάβρωσης του ορειχαλκού έχουν αλλοιώσει χρωματικά την επιφάνεια του μαρμάρου, δημιουργώντας κατά τόπους κηλίδες πρασίνου-μπλε χρώματος.

Βιολογική διάβρωση παρατηρείται κυρίως στα ασβεστολιθικά βάζα των αναθημάτων, στα μαρμάρια κιονόκρανα και λιγότερο στο ψαμμικό υλικό. Στα τμήματα αυτά υπάρχει στρώμα

βιολογικών επικαθίσεων από συμβιώσεις μικροοργανισμών, το οποίο συνίσταται από μεγάλες ομοιομορφες επιφάνειες και "λεκέδες" κυκλικού σχήματος. Η ανάπτυξη των μικροοργανισμών ευνοείται από την υψηλή σχετικά υγρασία και από τις θερμοκρασίες που επικρατούν στην περιοχή.

Ορατή είναι η **καθίζηση** που έχει υποστεί η Στοά ήδη από την αρχαιότητα. Πιθανή αιτία των καθιζήσεων είναι η αμυλώδης σύσταση του υπεδάφους της περιοχής και η παρουσία μεγάλου ποσοστού αργίλων, που διαγκώνονται όταν απορροφούν νερό, τους χειμερινούς μήνες, ενώ το καλοκαίρι, όταν στεγνώνουν, μετατρέπονται σε λεπτή σκόνη (φαινόμενο της θιξοτροπίας). Οι εναλλαγές αυτές προκαλούν αυξομειώσεις του όγκου των αργίλων, με αποτέλεσμα την αποσάθρωση του εδάφους θεμελίωσης.

Προτεινόμενες επεμβάσεις συντήρησης

Η κατάσταση διατήρησης του μνημείου καθιστά επιτακτική την ανάγκη συντήρησής του. Προτείνεται ένα γενικό πλαίσιο εργασιών συντήρησης, καθώς δεν έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες αναλύσεις που θα μπορούσαν να δώσουν πιο συγκεκριμένες προτάσεις.

Για τη συντήρησή του μνημείου είναι χρήσιμο να γίνει πρωτίστως ποιοτική και ποσοτική ανάλυση του υλικού, ώστε να επιλεγούν οι κατάλληλες μέθοδοι συντήρησης. Οι αναλύσεις που μπορεί να γίνουν είναι: εξέταση στο *πολυτικό μικροσκόπιο*, εξέταση με τη *μέθοδο περίθλασης ακτίνων Χ (XRD)*, παρατήρηση με το *ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM)*, μέλητη του *φθορισμού των ορυκτών* μετά από ακτινοβολήση με ακτίνες Χ, *φλογοφωτομετρία* ή ανάλυση με τη μέθοδο της *ατομικής απορρόφησης*.

Για τη μελέτη της εσωτερικής δομής των



4. Ανύψωση των υδάτων του εδάφους μέσω του φαινομένου της τριχοειδούς αναρρίχησης και ανάπτυξη φυτών στις ρωγμές του μαρμάρινου στυλοβάτη.

υλικών και τον εντοπισμό πιθανών ασυμφωνιών, ρωγμών και ξένων στοιχείων προτείνονται οι εξής μέθοδοι ανάλυσης: εξέταση με υπερήχους, ακτινογράφιση, υπέρυθη θερμογραφία, ενδοσκόπηση.

Προτείνεται επίσης η μέτρηση του πορώδους της πέτρας και η ταυτοποίηση των βιολογικών επικαθίσεων.

Η **στεγανοποίηση του εδάφους** και η **επίλυση των στατικών προβλημάτων** του μνημείου προέχει και απαιτεί συνεργασία ειδικών επιστημόνων ώστε να γίνει αρχικά υδρολογική, γεωτεχνική, εδαφομηχανική μελέτη της περιοχής και στατική μελέτη του μνημείου και ακολούθως να πραγματοποιηθεί η απαιτούμενη κατασκευαστική επέμβαση στο έδαφος. Οι επεμβάσεις αυτές μπορούν να συνδυαστούν και με τη συνέχιση των ανασκαφικών εργασιών στο χώρο.

Η στεγανοποίηση του εδάφους δεν θα πρέπει να αλλοιώσει το φυσικό τοπίο με το οποίο το μνημείο είναι άρρηκτα δεμένο.

Προσωρινή λύση για τη μείωση των υδάτων μπορεί να αποτελέσει η ενίσχυση της ήδη υπάρχουσας αντλίας, ο σχολαστικός καθαρισμός του σημείου άντλησης των υδάτων και η διάνοιξη δευτέρου φρεσίου συλλογής υδάτων σε άλλο σημείο του αρχαιολογικού χώρου.

Καθαρισμοί

Κύριοι στόχοι των μεθόδων καθαρισμού της Στόας είναι η απομάκρυνση των διαλυτών αλάτων, των βιολογικών επικαθίσεων, των τιμμεντοκονιωμάτων και των μεταλλικών συνδέσμων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την αναστήλωση και, τέλος, ο καθαρισμός των λεκέδων που δημιουργήθηκαν από την οξειδωση των συνδέσμων.

Οι μέθοδοι καθαρισμού πρέπει:

- Να μην σχηματίζουν προϊόντα καταστρεπτικά για την πέτρα.
- Να αφήνουν την επιφάνεια ανεπηρέαστη.
- Να έχουν ελεγχόμενη εφαρμογή.

Τα τιμμεντοκονιώματα αφαιρούνται με μηχανικό καθαρισμό, με τη βοήθεια εργαλείων γλυπτικής (σφυρί, καλέμι). Τυχόν υπολείμματα μπορούν να αφαιρεθούν με χρήση πάστας Moga, η οποία συμπλοκώνει ιόντα των συστατικών του κονιάματος, σε συνδυασμό με μηχανικές μεθόδους¹⁵.

Για τον καθαρισμό των λεκέδων από τα προϊόντα οξειδωσης των ορειχάλκινων συνδέσμων μπορεί να χρησιμοποιηθεί πάστα που περιέχει αμμωνία¹⁶. Το ίδιο αντιδραστήριο, σε συνεργασία με μηχανικές μεθόδους, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση των ορειχάλκινων συνδέσμων. Κατά ανάλογο τρόπο μπορούν να αφαιρεθούν οι χαλύβδινοι σύνδεσμοι, με αραιό διάλυμα θειογλυκολικού οξέως (HSCH₂COOH)¹⁷.

Ο καθαρισμός των βιολογικών επικαθίσεων μπορεί να γίνει με αραιό διάλυμα υπεροξειδίου του υδρογόνου (H₂O₂) που έχει οξειδωτικές ικανότητες και διαλύει την οργανική ύλη¹⁸. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα βιοκτόνα που θανατώνουν τους μικροοργανισμούς, με αποτέλεσμα να χαλαρώνουν οι επικαθίσεις και να αφαιρούνται εύκολα με αποιονισμέ-



νο νερό και ήπιο βούρτσισμα της επιφάνειας.

Για την αφαίρεση των μεγαλύτερων φυτών προτείνεται η εκρίζωσή τους με κατάλληλο ζιζανιοκτόνο. Το ζιζανιοκτόνο πρέπει να μην προκαλεί διάβρωση ή χρωματική αλλοίωση στην πέτρα, αλλά και να έχει όσο το δυνατόν μικρότερη τοξικότητα.

Για την απομάκρυνση των διαλυτών αλάτων από τους πόρους της πέτρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποιονισμένο νερό, αφού η επιφάνεια της πέτρας δεν είναι γυμνοποιημένη. Το αποιονισμένο νερό διαλύει τα άλατα και τα παρασύρει, λόγω του φαινομένου της όσμωσης, έξω από το πέτρινο υλικό. Για τον σκοπό αυτό μπορούν να γίνουν διαδοχικές εφαρμογές ισομεγέθων κομπρεςών ουδέτερου χαρτίου με αποιονισμένο νερό στην επιφάνεια του ψαμμίτη και του ασβεστόλιθου¹⁹. Κάθε φορά μετريέται η αγωγιμότητα του νερού έκπλυσης, που παράγεται από το ξέπλυμα κάθε κομπρέσσας, και, όταν η αγωγιμότητα σταθεροποιηθεί σε χαμηλές τιμές, η επέμβαση σταματάει.

Οι κομπρέσσες μπορεί να αντικατασταθούν με προσροφητική όργανο (ατταπουλίγη, σπιόλιθο). Ο ατταπουλίγη ενδεκνεται για τον ψαμμίτη, καθώς αποτελείται από χαλαζία σε ποσοστό 68% περίπου²⁰.

Οι μέθοδοι αυτές απομακρύνουν τα άλατα από μικρό βάθος του εσωτερικού της πέτρας. Για την απομάκρυνση αλάτων από τον όγκο των σπονδύλων προτείνεται μια μεθοδος που εφαρμόζεται σε μικρά ανάγλυφα συνήθως, κατά την οποία εφαρμόζεται στον σπόνδυλο ένα σφιχτό ελαστικό ένδυμα με μία οπή στο πάνω μέρος και μία κάτω. Με ροή νερού υπό πίεση από πάνω προς τα κάτω ή με εφαρμογή κενού και παροχή νερού από πάνω, παρασύρονται τα διαλυτά άλατα και κινούνται προς την έξοδο. Με τη μέ-



6. Απώλεια υλικού από το βάθος των αναθήματων.

7. Ρωγμή μεταξύ των συσκαλλημένων τμημάτων του ψαμμίτη.

τρηση της αγωγιμότητας του νερού που βγαίνει παρακολουθείται η πορεία της μεθόδου. Πριν από μια τέτοια εφαρμογή πρέπει να γίνουν μετρήσεις της αντοχής της πέτρας, καθώς υπάρχει κίνδυνος απώλειας υλικού εξαιτίας της πίεσης από την εφαρμογή του ελαστικού ενδύματος και της πίεσης του νερού.

Στερέωση των δομικών υλικών²¹

Η αποσάθρωση των δομικών λίθων έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των μηχανικών αντοχών και της συνοχής τους, έτσι ώστε να κρίνεται απαραίτητη η στερέωσή τους. Το στερεωτικό υλικό πρέπει να είναι αντιστρέψιμο και να έχει παρόμοια σύσταση με αυτήν του πετρώματος.

Λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας του ψαμμίτη σε χαλαζία (SiO_2), προτείνεται να χρησιμοποιηθεί υλικό με βάση το πυρίτιο²². Συνήθως χρησιμοποιούνται πυριτικά άλατα, τα οποία υδρολύονται και σχηματίζουν ορθοπυριτικό οξύ (H_4SiO_4). Το οξύ καθιζάνει στους πόρους της πέτρας και χάνοντας βαθμιαία νερό σχηματίζει το επιθυμητό διοξειδίο του πυριτίου²³. Ένα οργανικό υλικό με βάση το πυρίτιο, μη πολυμερές και με μεγάλη διεισδυτική ικανότητα, που χρησιμοποιείται κυρίως σε ψαμμίτες, είναι ο *αιθυλοπυριτικός εστέρας*. Κατά την εφαρμογή πρέπει να απομακρύνεται η περίσσεια του στερεωτικού από την επιφάνεια της πέτρας, ώστε να μην δημιουργούνται λεκέδες. Σε μελέτες που έγιναν διαπιστώθηκε ότι ο χρόνος ζωής του στερεωτικού είναι περίπου δέκα χρόνια, διάστημα μετά το οποίο η μέθοδος μπορεί να επανεφαρμοστεί²⁴. Οι ιδανικότερες συνθήκες εφαρμογής του στερεωτικού είναι RH 47-55% και θερμοκρασία 22-30° C. Ανάλογες συνθήκες επικρατούν στη Βραυρώνα τον

μήνα Ιούνιο, όπως προκύπτει και από τους σχετικούς πίνακες.

Για τη στερέωση των ασβεστολιθικών τμημάτων προτείνονται ανόργανα υλικά που επιδρούν στο ανθρακικό ασβέστιο της πέτρας²⁵. Καλά αποτελέσματα δίνει το υδροξείδιο του ασβεστίου, το οποίο κατά την εφαρμογή του παράγει ανθρακικό ασβέστιο αντιδρώντας με το CO_2 της ατμόσφαιρας. Το παραγόμενο ανθρακικό ασβέστιο καθιζάνει στην επιφάνεια και τους πόρους της πέτρας, αυξάνοντας έτσι την αντοχή της. Το υδροξείδιο του ασβεστίου χρησιμοποιείται με τη μορφή ασβεστονέου ή γαλακτός του μετά από ανατάραξη.

Υδροφοβίωση²⁶

Για την προστασία από το νερό και την υγρασία πρέπει να γίνει υδροφοβίωση. Το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι συμβατό με το υλικό της στερέωσης και με την πέτρα, να μην αντιδρά με αυτά και να μην δημιουργεί αλλοίωση στην υφή και την εμφάνιση της πέτρας. Μία κατηγορία υλικών που χρησιμοποιούνται για υδροφοβίωση και έχουν βάση το πυρίτιο είναι τα αλκυλο-αλκοξύ-σιλάνια. Οι ιδανικές συνθήκες για την εφαρμογή τους είναι ανάλογες με αυτές του αιθυλοπυριτικού εστέρα. Προτείνεται να εφαρμοστεί πρώτα ο εστέρας στερεοποιώντας την πέτρα και στη συνέχεια το σιλάνιο, το οποίο θα δράσει περισσότερο επιφανειακά, προσδίδοντας υδρόφοβες ιδιότητες στο πέτρινο υλικό. Το σιλάνιο που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να έχει μικρό μοριακό βάρος για να μην κλείνει τελείως τους πόρους της πέτρας, ώστε να επιτρέψει τη διαφυγή της εγκλωβισμένης υγρασίας, αλλά και να αποτρέπει τη διαρροή του νερού από και προς το εσωτερικό της πέτρας.

Συγκολλήσεις-πλήρωση κενών και ρωγμών

Για τη συγκόλληση πέτρινων τμημάτων χρησιμοποιούνται σήμερα διάφορα συγκολλητικά υλικά ή κονιάματα. Τα κονιάματα είναι πιο σταθερά από τις συνθετικές ρητίνες σε συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος και, για τον λόγο αυτό, προτιμώνται τόσο σε συγκολλήσεις όσο και σε πληρώσεις ρωγμών και κενών.

Το λευκό τσιμέντο Portland έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε θειικά άλατα, διαθέτει καλές μηχανικές αντοχές, καλή σύμφυση με την επιφάνεια της πέτρας, κατάλληλο θερμικό συντελεστή, πορώδες και κοκκομετρία, και προτείνεται να χρησιμοποιηθεί για τις συγκολλήσεις τόσο στο μάρμαρο όσο και στον ψαμίτη.

Η συγκόλληση ενισχύεται με την τοποθέτηση μεταλλικών συνδέσμων από τιτάνιο, όπου διαπιστώθηκε ότι τα θραυστάμα λόγω του μεγέθους ή της θέσης τους δεν μπορούν να κρατηθούν μόνο με τσιμέντο. Η συγκόλληση με χρήση μεταλλικών συνδέσμων είναι μια επώδυνη και καταστρεπτική μέθοδος για το μνημείο, καθώς πρέπει να ανοιχτούν όλες σε αυτό, γι' αυτό και πρέπει να εφαρμόζεται μόνο όπου κρίνεται απολύτως απαραίτητο.

Η μέθοδος στερέωσης που έχει προταθεί για το μνημείο μπορεί να κλείσει λεπτές ρωγμές μεγέθους 0,1-0,2 χιλ. Μεγαλύτερες ρωγμές και κενά πρέπει να κλείσουν επίσης γιατί αποτρέφουν εστίες συγκεντρώσεως διαλυτών αλάτων και μικρορωγμωσίων. Η πλήρωση προτείνεται να γίνεται με κονίαμα. Το κονίαμα έχει ως συγκολλητική ύλη το λευκό τσιμέντο Portland και η σύσταση του αδρανούς πρέπει να είναι παρόμοια με αυτήν του πέτρινου υλικού. Για τον ψαμίτη προτείνεται να χρησιμοποιηθεί χλαζακιά άμμος μικρής κοκκομετρίας και για το μάρμαρο και τον ασβεστόλιθο πεπάλτο του ίδιου υλικού.

Κομμάτια που λείπουν πρέπει να συμπληρωθούν μόνο όπου επιβάλλεται για στατικούς λόγους με το ίδιο υλικό (ψαμίτη, μάρμαρο), όπως έγινε και κατά την αναστήλωση.

Επίδραση του αεροδρομίου των Σπάτων στο μνημείο

Η εγκατάσταση του αεροδρομίου στην περιοχή των Σπάτων, σε απόσταση 7 χλμ. από το Ιερό, θα προκαλέσει μεταβολή των περιβαλλοντικών συνθηκών της ευρύτερης περιοχής, με βασικότερη την αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της ηχορρύπανσης. Σύμφωνα με τη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων²⁷ θα αυξηθεί το ποσοστό των αιωρούμενων σωματιδίων, του διοξειδίου του θείου SO₂, των οξειδίων του αζώτου NO_x και του μονοξειδίου του άνθρακα CO στην ατμόσφαιρα.

Είναι σχεδόν βέβαιο ότι λόγω της μικρής απόστασης του αεροδρομίου από το Ιερό της Βραυρωνίας Αρτέμιδος θα σημειωθεί μεταφορά των αερίων ρύπων από το αεροδρόμιο στην περιοχή της Βραυρωνός. Οι ρύποι αυτοί μπορεί να προκαλέσουν νέες φθορές, όπως γυψοποίηση και ζαχαροποίηση του μάρμαρου κ.α.

Αρνητική επίδραση στην κατάσταση διατήρησης του μνημείου έχει και ο θόρυβος, μέσω

των κραδασμών που δημιουργεί. Ανάλογα με τις συχνότητες των ήχων που επικρατούν στην περιοχή μπορεί να προκληθούν ρηγματώσεις και θραύσεις στο υλικό του μνημείου.

Επομένως, η λειτουργία του αεροδρομίου στην περιοχή κάνει επιτακτική την ανάγκη συντήρησης του μνημείου, πριν επεκταθούν οι φθορές του και εμφανιστούν και νέες μορφές διαβρώσεως.

Καθιστά επίσης απαραίτητη την περαιτέρω μελέτη και την καταγραφή των επιπτώσεων της λειτουργίας του αεροδρομίου στην περιοχή του μνημείου και στο δομικό του υλικό.

Σημειώσεις

1. Θέμελης, Π. Γ., Βραυρωνίαν. Οδός του χαιρού και του Μουσείου, σ. 9. Παπαδημητρίου, Κ. Ι., ΓΑΕ 1947-1948, σ. 81. Ευστράτιου, Αρχαιολογία, τεύχος 39, 1991, σ. 174.
2. Θέμελης, ό.π., σ. 9-13. Παπαδημητρίου, Κ. Ι., *Μεγάλη Ελληνική Εγκυκλοπαίδεια*, λ. Βραυρωνίαν, συμπλ. τόμ. Β, σ. 146.
3. Κοντής, Ι., *ΔΔ*, 22, 1967, σ. 162.
4. Παπατζή, Πασουάνου Ελλάδος Περιήγησις, Αττικά, Εκδοτική Αθηνών, 1974, σ. 429.
5. Μιστριώτης, Γ., *Θουκυδίδου Εγγύγραφο II*, 1902-1907, σ. 43-45.
6. Ορλάνδος, Α., Έργον, 1950, σ. 37. Μπούρας, Χ., Η αναστήλωση της Στάς της Βραυρωνός, 1967, σ. 149-159. Κοντής, Ι., ό.π. 3, σ. 175.
7. Θέμελης, Π. Γ., ό.π. 1, σ. 19-20. Κοντής, Ι., ό.π. 8, σ. 171-174.
8. Μπούρας, Χ., ό.π. 6, σ. 19-24.
9. Λαμπρόπουλος, Ν. Β., *Διαβρωσις και συντήρησις της πέτρας*, 1993, σ. 9.
10. Μπούρας, Χ., ό.π. 6, σ. 40.
11. Μπούρας, Χ., ό.π., σ. 172.
12. Δούνα, Α., και Μαστορά, Κ., *Εκθέσεις επί των υδροεωλογικών συνθηκών της περιοχής Σπάτων-Λιούτσου Αττικής*, ΙΓΜΕ 1967, σ. 3.
13. Κοντής, Δ. Γ., *Εκθέσεις επί των υδροεωλογικών συνθηκών και δυνατοτήτων υδρεύσεως του νέου αερολιμένα Αθηνών στα Σπάτα*, ΙΓΜΕ 1979, σ. 5.
14. Κοντής, Δ. Γ., *Εκθέσεις επί της συμπεριφοράς του υδροφόρου ορίζοντα και της περιοχής επιρροής του φρεσάτος Δαρεμά-Νικολάκη εις Μαρκόπουλον Αττικής*, ΙΓΜΕ 1977, σ. 2.
15. Χελμητής, Κ., *Κυκλοφορία των αερίων μαζών και ρύπων*, 1993, σ. 18.
16. Λαμπρόπουλος, Ν. Β., ό.π., σ. 60-61. Ashurst, N., *Cleaning Historic Buildings*, Alden Press, 1994.
17. Λαμπρόπουλος, Ν. Β., ό.π. σ. 66.
18. Λαμπρόπουλος, ό.π., σ. 65.
19. Λαμπρόπουλος, ό.π., σ. 69.
20. Amoroso, G. και Fassina, V., *Stone decay and conservation*, ed. Elsevier 1983, σ. 282-286.
21. Λαμπρόπουλος, ό.π., σ. 70-90.
22. Σκουλιανδής, Θ. Ν., *Διαβρωσις και Συντήρησις των Δομικών Υλικών των Μνημείων*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2000, σ. 212.
23. Λαμπρόπουλος, ό.π., σ. 78-79.
24. Saleh A. S., Helmi M. F., Kaimal M. M., El-Banna A., *Studies in Conservation*, v. 37, 1992, σ. 93-105.
25. Σκουλιανδής, ό.π., σ. 212-215.
26. Λαμπρόπουλος, ό.π., σ. 79-80.
27. Παρασκευάσπουλος Γ., Κιωνάτος Α., *Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την κατασκευή και λειτουργία του αεροδρομίου των Σπάτων*, 1993.

The Stoa of Artemis in Vravra, Attica: Erosion Types and Protection Proposals

V. Lambropoulos - Maria Katou - A. Sapountzakis

The sanctuary of Artemis in Vravra, on the eastern coast of Attica, is considered among the most important religious complexes of antiquity.

This study comprises a short presentation of the stoa of the sanctuary and its restoration. The deep landslide has seriously damaged all the buildings of the sanctuary. Therefore, the decay of the building materials has been recorded, according to macroscopic observations, and its basic agents have been estimated, on the basis of an environmental study. Given the aforementioned data, a proposal for the protection of the monument has been composed.