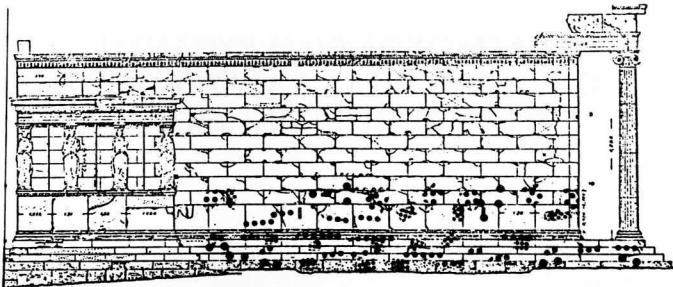


# Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΩΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ



Τά μάρμαρα τής Ἀκρόπολης, τοῦ σύμβολου αὐτοῦ τής πόλης τῶν Ἀθηνῶν, ἂν ὄχι τής Ἑλλάδας ὁλόκληρης, ὑφίστανται, τά τελευταῖα χρόνια, ἐκτός ἀπό τούς διάφορους ἄλλους παράγοντες καταστροφῆς, τήν προσβολή τής ἀτμοσφαιρικής ρύπανσης πού πνίγει τήν ἑλληνική πρωτεύουσα.

Τό κείμενο πού ἀκολουθεῖ συντάχθηκε μέ βάση τήν ἀνακοίνωση τοῦ καθηγητῆ Θ. Σκουλικίδη (Ἐθν. Μετσόβιο Πολυτεχνεῖο) στό Διεθνές Συνέδριο γιά τή ρύπανση τοῦ περιβάλλοντος, πού ἔγινε στή Θεσσαλονίκη, 21-25 Σεπτεμβρίου 1981. Ἔχουμε ξεχωρίσει τό μέρος πού ἀφορᾶ τήν προσβολή τῶν ἀσβεστόλιθων καί εἰδικότερα τῶν μαρμάρων ἀπό τήν ἀτμοσφαιρική ρύπανση.



1. Όσσεις και πάχος της στιβάδας στις γυψοποιημένες περιοχές ενός τοίχου του Ερέχθειου: ◉ 0-1 mm, ◐ 1-2 mm, ◑ 2-4 mm.

Έξι είναι οι κύριοι παράγοντες φθοράς που οφείλονται στην ατμοσφαιρική προσβολή:

1. Το νερό που παγώνει στις κοιλότητες (ρήγματα) της πέτρας προκαλώντας, εξαιτίας της προκαλούμενης διαστολής, το σπάσιμό της.
2. Η διάβρωση της πέτρας, που οφείλεται στα αιωρούμενα σωματίδια.
3. Η φθορά που προκαλείται από μικροοργανισμούς.
4. Σκασίματα του μαρμάρου που οφείλονται στην όξειδωση των μεταλλικών συνδέσμων (που τοποθετήθηκαν είτε κατά την οικοδόμηση του κτιρίου είτε, κυρίως, κατά τις εργασίες συντήρησής του).
5. Η προσβολή από τα όξέα, που περιέχονται στην ατμόσφαιρα και δρουν σε συνδυασμό με το νερό της βροχής πράγμα που έχει σαν αποτέλεσμα την αποσύνθεση του πετρώ-

ματος ( $\text{CO}_2, \text{SO}_2, \text{SO}_3, \text{NO}_x$ ).

6. Η προσβολή από το  $\text{SO}_2$  που έχει ως επακόλουθο τη γυψοποίηση της επιφάνειας της πέτρας (με έλλειψη βροχής).

Η τελευταία αυτή περίπτωση, γυψοποίηση της επιφάνειας, μελετήθηκε και αποδείχθηκε πως η σχετική στιβάδα περιέχει 80-97% γύψο, το δέ πάχος της στιβάδας, που μετρήθηκε με μία νέα μέθοδο (την οποία χρησιμοποιεί η ομάδα εργασίας του εργαστηρίου του καθ. Σκουλικιδη) είναι 1-15 χιλιοστά. Η σύγκριση αγαλμάτων, όπως αυτά είναι στη σημερινή τους κατάσταση και σε παλιές φωτογραφίες ή εκμαγεία, που έγιναν εδώ και 10-60 χρόνια, έδειξε πως η μεγάλη φθορά των έργων άρχισε εδώ και 20-25 χρόνια, συγχρόνως δηλαδή με τη βιομηχανική ανάπτυξη της περιοχής των Αθηνών και με την αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Για πρώτη φορά επισημάνθηκε το γεγονός ότι οι λεπτομέρειες των γλυπτών βρίσκονται αποτυπωμένες πάνω στη λεπτή στιβάδα γύψου. Έτσι, η στερέωση του λεπτότατου αυτού στρώματος (με την έπαυση του από γύψο σε άσβεστη, με  $\text{CO}_2$  υπό πίεση με ψηλή θερμοκρασία ή με διάλυμα  $\text{CO}_2$ ) αντίμετωπίστηκε ως η καλύτερη λύση στο πρόβλημα. Έτσι, σύμφωνα με συμβουλή του καθ. Σκουλικιδη, το γλυπτό του Κέκροπα και της Πανδρόσου και οι Κερυατίδες μεταφέρθηκαν στο Μουσείο της Ακρόπολης και τοποθετήθηκαν σε διάφανα «δοχεία» με άζωτο. Αυτή η ενέργεια αποτελεί μία πρώτη φάση για τη συντήρηση των μνημείων, ώσπου να βρεθεί το κατάλληλο υλικό προστασίας τους. Τα αιωρούμενα σωματίδια (σκόνες κ.ά.) σε συνδυασμό με τη θαλάσσια ατμόσφαιρα προκαλούν τη διάβρωση

2. α. Τμήμα της ζωφόρου του Παρθενώνα με σημειωμένα τα σημεία γυψοποίησης της επιφάνειας. β. Σύμπλεγμα του Κέκροπα και της Πανδρόσου: σημειώνονται τα σημεία γυψοποίησης.



του μαρμάρου και μίας παρουσιάζουν ένα είδος μετατροπής σαν της άμβρολης. Η μορφή αυτή της διάβρωσης καταστρέφει το ανάγλυφο των έργων τέχνης. Τα μάρμαρα της 'Ακρόπολης έχουν προσβληθεί έντονα από τη διάβρωση τούτη, της οποίας η ενέργεια έντείνεται και εξαιτίας της άτμ. ρύπανσης του λεκανοπεδίου της 'Αττικής. Οι εικόνες 1 και 2 δείχνουν τις θέσεις και το πάχος της γυμνοποιημένης περιοχής σε έναν τοίχο του 'Ερέχθειου και σε γλυπτά (ζωφόρο του Παρθενών, σύμπλεγμα του Κέ-

κροπα και της Πανδρόσου και Καρυάτις).

Σχετικά με την προσβολή από όξεα (η οποία παρατηρείται μόνο με την παρουσία νερού), αυτή όφειλεται κυρίως στη μεγάλη χρήση της κεντρικής θέρμανσης των κατοικιών και στην αύξηση της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων στο λεκανοπέδιο της 'Αττικής που έχουν σαν επακόλουθο την αύξηση του CO<sub>2</sub> και την εμφάνιση ενός νέου στοιχείου ρύπανσης από τη βιομηχανία, του SO<sub>2</sub> σε μεγάλα ποσοστά. Σε συνδυασμό με τα νερά της βροχής τα παραπάνω ρυπαντικά στοιχεία προκαλούν τη διάβρωση των μαρμάρων: Παρατηρείται η απόλειψη της επιφάνειας της πέτρας. Ο μόνος τρόπος διάσωσης των έργων τέχνης από τη μορφή αυτή της φθοράς είναι η προστασία τους από τη βροχή. Στην εικόνα 3 παρατηρούμε δύο τύπους φθοράς πάνω στο ίδιο άγαλμα (Καρυάτις).

Για όσα άφορούν την όξειδωση των άτσάλινων συνδέσμων των αρχιτεκτονικών μελών ενός κτιρίου παρατηρούμε πώς το άτσάλι (ή το σίδηρο) που τοποθετήθηκε με τιμνέτο σε άμεση έπαφή με το μάρμαρο, προξένησε σπασίματα εξαιτίας της όξειδωσής του. Η όξειδωση αυτή έντείνεται από τη ρύπανση της άτμσφαιρας. Παρατηρήθηκε δηλαδή πώς η διάβρωση πήρε μεγαλύτερες διαστάσεις από το 1955 και πέρα, όποτε η εκβιομηχάνιση της 'Αττικής έγινε με ταχύ ρυθμό. Έτσι μπορεί να ύπολογιστεί η επίταχυνση και η ένταση της φθοράς, που όφειλεται στην άτμ. ρύπανση, σε 25-30% περίπου.

Η φθορά που προκαλείται από μικροοργανισμούς (φυτικούς και ζωικούς, καθώς και βακτηρίδια που προξενούν θείωση) αύξάνει σημαντικά με την επίδραση της άτμσφαιρικής ρύπανσης.

Τά αίφρωμένα σωματίδια (σκόνης κ.ά.) σε συνδυασμό με τη θαλάσσια άτμσφαιρα προκαλούν τη διάβρωση του μαρμάρου και μίας παρουσιάζουν ένα είδος μετατροπής σαν της άμβρολης. Η μορφή αυτή της διάβρωσης καταστρέφει το ανάγλυφο των έργων τέχνης. Τα μάρμαρα της 'Ακρόπολης έχουν προσβληθεί έντονα από τη διάβρωση τούτη, της οποίας η ενέργεια έντείνεται και εξαιτίας της άτμ. ρύπανσης του λεκανοπεδίου της 'Αττικής.

Οι έρευνες που διευθύνει ο καθηγητής Θ. Σκουλικίδης τόν όδηγησαν στο συμπέρασμα ότι το μόνο προστατευτικό ύλικό, που μπορεί να χρη-

σιμοποιηθεί για τά μάρμαρα της 'Ακρόπολης, είναι ένα ύλικό τό όποιο δέν θά έπιτρέψει τη διαπέραση του από τά Ca<sup>2+</sup> (5). Τό ύλικό αυτό ψάχνουν τώρα να συνθέσουν τά διάφορα έργαστήρια που άσχολούνται με τά προβλήματα του λίθου.

### The Effects of Atmospheric Pollution on the Deterioration of Ancient Monuments

The marbles of the Acropolis, the symbol of the city of Athens, apart from the other causes of deterioration have heavily suffered recently from the attack of the atmospheric pollution hanging over the greek capital.

The text that follows is based on the report of the Professor of the National Technical University of Athens Th. Skoulikidis made during the International Conference on Environmental Pollution, that was held in Thessaloniki between 21-25 of September, 1981. Emphasis has been given by the editor to the part concerning the effects of atmospheric pollution on limestones and especially on marbles.

There are six main types of limestone and marble deterioration caused by atmospheric pollution and its attack:

1. Water freezing in the fissures and thus causing stone cracking due to its expansion.
2. Erosion caused by suspended particles.
3. Biodegradation.
4. Marble cracking produced by the corrosion of steel clamps and junctions introduced either during construction or, mainly, restoration.
5. Attack by acids contained in the atmosphere that, combined with rain water, result in a stone dissolution.
6. Attack by SO<sub>2</sub> that, in absence of rain water, creates a gypsum formation (sulfation) on the stone surface.

The study of the latest case, that of sulfation, proved that the sulfated film on the marble surface contained 80-97% gypsum, while the thickness of gypsum film measured by a new method the «pin probe method»-that of Prof. Skoulikidis' group-was found 1-15 mm. The comparison of ancient statues in their present situation to old photographs or moulds made ten to sixty years ago led to the conclusion that the severe deterioration has started twenty to twenty-five years ago, a period that coincides with the intense industrialization of the area of Athens and, consequently, with the increase of pollution. Moreover, it was observed for the first time that the sculpture details have been preserved, as if printed, on the thin gypsum film.

3. Καρυάτις. Παρατηρούμε δύο τύπους φθοράς: στο δεξί μέρος, που έρχεται σε έπαφή με τά νερά της βροχής, όδην προσβολή, στο άριστερό μέρος που δέν έρχεται, θείωση.

