

Μουσείο Φυσικής Ιστορίας
Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου
Natural History Museum
of the Lesbos Petrified Forest

Ινστιτούτο Γεωλογικών και
Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.)
Institute of Geology and
Mineral Exploration (I.G.M.E.)

**Μνημεία της Φύσης και Γεωλογική Κληρονομιά
Natural Monuments and Geological Heritage**

Περιλήψεις/Abstracts

**29 Ιουνίου-2 Ιουλίου 1997
29 June - 2 July 1997**

**Μόλυβος Λέσβου
Molyvos - Lesbos**

1997

**2ο Διεθνές Συμπόσιο
"ΜΝΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ και ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ"
υπό την αιγίδα της UNESCO**

**2nd International Symposium
"NATURAL MONUMENTS and GEOLOGICAL HERITAGE"
under the auspices of UNESCO**

με την συμπαράσταση και την αρωγή των •with the support and the contribution of

Υπουργείο Αιγαίου •Ministry of the Aegean
Υπουργείο Πολιτισμού •Ministry of Culture
Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λέσβου •Prefecture of Lesbos
Γενική Γραμματεία Ερευνας-Τεχνολογίας •General Secretariat for Research &
Technology
Ελληνική Εθνική Επιτροπή της UNESCO •Greek National Commission for UNESCO
Υπουργείο Περιβάλλοντος-Χωροταξίας & Δημ.Εργων •Ministry of Environment, Physical
Planning and Public Works

με την Χορηγία των •Sponsored by

Ελληνικός Οργανισμός Τουρισμού •The National Tourist Organization
ΕΥΔΑΠ •Water Cooperation of Athens
Επιμελητήριο Λέσβου •Chamber of Lesbos
Ναυτιλιακή Εταιρία Λέσβου •NEL Lines
Δήμος Μηθύμνης •Municipality of Mythimna
Δήμος Πέτρας •Municipality of Petra
Κοινότητα Αντισσας •Community of Antissa
8ο Συμβούλιο Περιοχής Ν. Λέσβου •8th Local Council of Lesbos
Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) •Center for Renewable Energy
Resources
ΜΑΒΕ Α.Ε. •Asbestos mines of Northern Greece
Γαλλική Πρεσβεία στην Ελλάδα •The French Embassy in Greece
ELBAUMIN Α.Ε.
Ποτοποιία Ε. Βαρβαγιάννη •E. Varvajanni Distiller Company

Η Οργανωτική Επιτροπή ευχαριστεί θερμά όλους τους φορείς που συνέβαλαν στην διοργάνωση του Διεθνούς Συμποσίου χωρίς την βοήθεια των οποίων δεν θα ήταν δυνατή η πραγματοποίησή του.

The Organising Committee wishes to thank all the contributors supporting the International Symposium

ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟΛΙΘΩΜΕΝΟΥ ΔΑΣΟΥΣ ΤΗΣ ΛΕΣΒΟΥ ΑΠΟ ΠΑΓΕΤΟ ΚΑΙ ΔΙΑΛΥΤΑ ΑΛΑΤΑ

Λαμπρόπουλος * Β., Παναγιάρης* Γ., Βελιτζέλος** Ε.

Τα διαλυτά άλατα είναι ένας σημαντικός παράγοντας διάβρωσης πέτρινων υλικών και απολιθωμάτων. Κυρίως δρουν το χλωριούχο νάτριο και το θεικό νάτριο, τα οποία με ειδικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας κρυσταλλώνονται στους πόρους του υλικού και αναπτύσσουν μηχανικές τάσεις.

Επίσης ο παγετός, με την αύξηση του όγκου του νερού από την υγρή στη στερεή μορφή του κατά 9,2% δημιουργεί μηχανικές τάσεις στους πόρους του υλικού.

Στους περισσότερους κορμούς του απολιθωμένου δάσους της Λέσβου, υπάρχουν ρηγματώσεις που οφείλονται στην φυσική αποσάθρωση κατά μήκος των εντεριώνων ακτίνων, αλλά και σε ανθρώπινη παρέμβαση γεγονός που δρα πολλαπλασιαστικά στα παραπάνω φαινόμενα.

Η μεταφορά διαλυτών αλάτων στο υλικό του απολιθωμένου δάσους γίνεται από τη θάλασσα με το φαινόμενο της αλατονέφωσης. Αυτό διαπιστώθηκε με την τοποθέτηση κομπρεσσών ουδέτερου χαρτιού σε απιονισμένο νερό επάνω σε επιφάνειες του απολιθωμένου δάσους και στη συνέχεια ανάλυση των ροφημένων ιόντων (Cl, SO₄²⁻) με ατομική απορρόφηση.

Από κλιματολογικά δεδομένα καταστρώθηκαν πίνακες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, για να διαπιστωθούν οι περιοχές κρυστάλλωσης των διαλυτών αλάτων. Επίσης από τους πίνακες αυτούς διαπιστώθηκε η ύπαρξη ή όχι παγετού.

Η δράση των διαλυτών αλάτων διαπιστώθηκε και μακροσκοπικά με το φαινόμενο της κυψέλωσης σε πολλά σημεία της επιφάνειας του απολιθωμένου δάσους.

* Τμήμα Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Εργων Τεχνης, Σχολή Γραφικών Τεχνών και Καλλιτεχνικών Σπουδών Τ.Ε.Ι. Αθήνας, Αγ.Σπυρίδωνα, 122 10 Αιγάλεω

** Τομέας Ιστορικής Γεωλογίας-Παλαιοντολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη, 157 84 Αθήνα

DETERIORATION ASPECTS OF PETRIFIED MATERIAL FROM THE FOSSILIZED FOREST OF LESBOS, FROM FROST DAMAGE AND SOLUBLE SALTS

Lampropoulos^{*} V., Panagiaris^{*} G., Velitzelos^{**} E.

Soluble salts are an important deterioration factor of porous stones and fossils. When sodium chloride and sodium sulfate are present in the porosity of the material, crystallization into the porous may occur and this will cause mechanical stresses.

Mechanical stresses are also developed into the porosity, due to an increase of volume of 9,2% when the water is converted to ice.

In most of the tree trunks of the petrified forest of Lesbos, there is cracking due to the natural decay along the rays and due to the human action, fact that encourages the above mentioned phenomenon.

The soluble salts transportation into the material of the petrified forest from the sea, is due to the saltspray phenomenon.

This was proved by applying swabs of neutral paper immersed in deionized water on the surfaces of the petrified material. The absorbed ions were analysed by atomic absorption.

From the climatological data, tables of temperature and relative humidity, were created in order to detect the areas of soluble salts crystallization.

Frost damage areas were also been determined in the same tables.

Macroscopic examination of many surfaces of the petrified forest, revealed signs of alveolar corrosion, also due to the action of soluble salts.

^{*} Dept. of Conservation of antiquities and works of art Technological educational institution of Athens, Ag.Spyridonos str. GR-12210 Egaleo

^{**} Sector of Historical geology - palaeontology Dept.of Geology University of Athens, Panepistimioupoli.

ΜΟΡΦΕΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟΛΙΘΩΜΕΝΟΥ ΔΑΣΟΥΣ ΤΗΣ ΛΕΣΒΟΥ ΑΠΟ ΠΑΓΕΤΟ ΚΑΙ ΔΙΑΛΥΤΑ ΑΛΑΤΑ*

Β. Λαμπρόπουλος¹, Γ. Παναγιάρης¹, Ε. Βελιτζέλος²

1. Τμήμα συντήρησης αρχαιοτήτων και έργων τέχνης Σχολή Γραφικών Τεχνών και Καλλιτεχνικών Σπουδών Τ.Ε.Ι. Αθήνας

2. Τομέας Ιστορικής Γεωλογίας & Παλαιοντολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη, 157 84

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα διαλυτά άλατα είναι ένας σημαντικός παράγοντας διάβρωσης πέτρινων υλικών και απολιθωμάτων. Κυρίως δρουν το χλωριούχο νάτριο και το θεικό νάτριο, τα οποία με ειδικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας κρυσταλλώνονται στους πόρους του υλικού και αναπτύσσουν μηχανικές τάσεις.

Επίσης ο παγετός, με την αύξηση του όγκου του νερού από την υγρή στη στερεή μορφή του κατά 9,2% δημιουργεί μηχανικές τάσεις στους πόρους του υλικού.

Στους περισσότερους κορμούς του απολιθωμένου δάσους της Λέσβου, υπάρχουν ρηγματώσεις που οφείλονται στην φυσική αποσάθρωση κατά μήκος των εντερικών ακτίνων, αλλά και σε ανθρώπινη παρέμβαση γεγονός που δρα πολλαπλασιαστικά στα παραπάνω φαινόμενα.

Η μεταφορά διαλυτών αλάτων στο υλικό του απολιθωμένου δάσους γίνεται από τη θάλασσα με το φαινόμενο της αλατονέφωσης. Αυτό διαπιστώθηκε με την τοποθέτηση κομπρεσσών ουδέτερου χαρτιού σε απιονισμένο νερό επάνω σε επιφάνειες του απολιθωμένου δάσους και στη συνέχεια ανάλυση των ροφημένων ιόντων (Cl, SO₄²⁻) με ατομική απορρόφηση.

Από κλιματολογικά δεδομένα καταστρώθηκαν πίνακες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, για να διαπιστωθούν οι περιοχές κρυστάλλωσης των διαλυτών αλάτων. Επίσης από τους πίνακες αυτούς διαπιστώθηκε η ύπαρξη ή όχι παγετού.

Η δράση των διαλυτών αλάτων διαπιστώθηκε και μακροσκοπικά με το φαινόμενο της κυψέλλωσης σε πολλά σημεία της επιφάνειας του απολιθωμένου δάσους.

ABSTRACT

Soluble salts are an important deterioration factor of porous stones and fossils. When sodium chloride and sodium sulfate are present in the porosity of the material, crystallization

* DETERIORATION ASPECTS OF PETRIFIED MATERIAL FROM THE FOSSILIZED FOREST OF LESBOS, FROM FROST DAMAGE AND SOLUBLE SALTS

1. V. Lampropoulos, G. Panagiaris

Dept. of Conservation of antiquities and works of Art - Technological Educational Institution of Athens

2. E. Velitzelos

Sector of Historical Geology and Palaeontology, Department of Geology, University of Athens, Panepistimioupolis, Athens 157 84, Greece

into the porous may occur and this will cause mechanical stresses.

Mechanical stresses are also developed into the porosity, due to an increase of volume of 9,2% when the water is converted to ice.

In most of the logges of the petrified forest of Lesbos, there is cracking due to the natural decay along the rays and due to the human action, fact that is encourage the above mentioned phenomena.

The soluble salts transportation into the material of the fossilized forest from the sea, is due to the saltspray phenomenon.

This was proved by applying swabs of neutral paper immersed in deionised water on the surfaces of the petrified material. The absorbed ions were analysed by atomic absorpsion.

From climatological data, tables of temperature and relative humidity, were created in order to detect the areas of soluble salts crystallization.

Frost damage areas were also been determined in the same tables.

Macroscopic examination of many surfaces of the petrified forest, revealed alveolar corrosion also due to the action of soluble salts.

Εισαγωγή

Το απολιθωμένο δάσος της Λέσβου, βρίσκεται στην περιοχή του βορειοδυτικού τμήματος του νησιού και σύμφωνα με νεώτερες έρευνες καταλαμβάνει το μισό τμήμα της Λέσβου που ορίζεται από τη νοτινή γραμμή Μολύβου - Πλωμαρίου. Αποτελεί ένα από σημαντικότερα μνημεία της φύσης στην Ευρώπη και προβλέπεται πολύ σύντομα η ορθολογική και μουσειακή του ανάδειξη στο Σίγρι.



φωτ. 1. Αποψη της περιοχής του απολιθωμένου δάσους στο Σίγρι.

Κρυστάλλωση διαλυτών αλάτων και δράση του παγετού στο υλικό του απολιθωμένου δάσους

Τα διαλυτά άλατα είναι ένας σημαντικός παράγοντας διάβρωσης πέτρινων υλικών και απολιθωμάτων. Κυρίως δρουν το χλωριούχο νάτριο και το θειικό νάτριο, τα οποία με ειδικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας κρυσταλλώνονται στους πόρους του υλικού και αναπτύσσουν μηχανικές τάσεις.

Η δράση των διαλυτών αλάτων είναι πολύ καθοριστική για τα πορώδη υλικά, όπως τα απολιθώματα. Τα διαλυτά άλατα που μπορεί να εισχωρήσουν μέσα στους πόρους του υλικού, είναι κυρίως τα χλωριούχα και τα θειικά και ακολουθούν τα ανθρακικά, τα νιτρικά και τα νιτρώδη των αλκαλίων και των αλκαλικών γαιών, έχοντας προέλευση:

1. **Τη θάλασσα**, όπου περιέχεται χλωριούχο νάτριο σε ποσοστό 3,5% κ.ό. και σε μη ρυπασμένη θάλασσα ο λόγος των θεικών ιόντων προς τα χλωριούχα είναι περίπου 0,139. Για αποστάσεις περίπου 15 χιλιομέτρων από τη θάλασσα τα άλατα μεταφέρονται με την αλατο-νέφωση.

2. **Τα υπόγεια νερά**, όπου τα διαλυτά άλατα ανεβαίνουν με την τριχοειδή αναρρίχηση του νερού από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα μέσα από τα πετρώματα, συμπαρασύροντας μέσα από το έδαφος τα διαλυτά συστατικά των αργιλοπυριτικών κυρίως, αλλά και των υπολοίπων πετρωμάτων. Τα υπόγεια νερά, ανάλογα με τα πετρώματα από τα οποία έχουν διέλθει, περιέχουν διαλυμένα σε διάφορες αναλογίες, κυρίως τα παρακάτω ιόντα:

- νατρίου (Na^+)
- καλίου (K^+)
- μαγνησίου (Mg^{2+})
- ασβεστίου (Ca^{2+})
- θειικά (SO_4^{2-})
- ανθρακικά (CO_3^{2-})
- χλωριούχα (Cl^-)
- πυριτικά (SiO_3^{2-}).

3. Τους όξινους ατμοσφαιρικούς ρύπους:

- διοξείδιο του θείου (SO_2)
- τριοξείδιο του θείου (SO_3)
- οξείδια του αζώτου (NO_x)
- υδροχλωρικό οξύ (HCl).

που προσβάλλουν τις ανθρακικές προσμίξεις και ενώσεις των αλκαλίων του υλικού και σχηματίζουν τα αντίστοιχα διαλυτά θειικά, νιτρικά ή χλωριούχα άλατα, αποδιοργανώνοντας έτσι το απολιθωμένο υλικό. Η περίπτωση αυτή είναι γενική και είναι προφανές ότι δεν αφορά το πετρογραφικό υλικό του απολιθωμένου δάσους της Λέσβου.

4. **Τυχόν επαφές με δομικά υλικά ή κονιάματα**, π.χ. το τσιμέντο, που είναι σημαντικές πηγές θεικών, ανθρακικών και διαλυτών πυριτικών αλάτων. Επίσης τυχόν επαφές του απολι-

θωμένου υλικού με τσιμέντα, από συμπληρώσεις κομματιών που λείπουν, μπορούν να προκαλέσουν ροή θεικών αλάτων μέσα στους πόρους του.

Τα περισσότερα συνηθισμένα διαλυτά άλατα που μπορούν να σχηματίσουν εξανθήσεις στην επιφάνεια και κυκλοφορούν μέσα στους πόρους του απολιθωμένου υλικού είναι:

- Σουλβίτης	KCl
- Πικρομερίτης	$K_2Mg(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$
- Συγγενίτης	$K_2Ca(SO_4)_2$
- Γλασερίτης	$(Na,K)_2SO_4$
- Παλυαλίτης	$K_2Ca_2Mg(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$
- Αρκανίτης	K_2SO_4
- Αλίτης	NaCl
- Νίτρο της Χιλής	$NaNO_3$
- Θερμονατρίτης	$Na_2CO_3 \cdot H_2O$
- Νατρίτης	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$
- Τεναρδίτης	Na_2SO_4
- Μιραβιλίτης	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$
- Νιτράσβεστος	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$
- Ανταρκτικήτης	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$
- Γύψος	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
- Βασσανίτης	$CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$

- Νιτρομαγνησίτης	$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$
- Υδρομαγνησίτης	$Mg_5(OH)(CO_3)_2 \cdot 4H_2O$
- Αστρακανίτης	$MgSO_4 \cdot Na_2SO_4 \cdot 4H_2O$
- Μαγνησίτης	$MgCO_3$
- Κιεζερίτης	$MgSO_4 \cdot H_2O$
- Νεσκεονίτης	$MgCO_3 \cdot 3H_2O$
- Επσομίτης	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$
- Μπισοφίτης	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$
- Καλικινίτης	$KHCO_3$
- Νιτρικό αμμώνιο	NH_4NO_3
- Εξανδρίτης	$MgSO_4 \cdot 6H_2O$
- Νίτρο	KNO_3

Όταν στους πόρους ενός πορώδους υλικού γίνεται διάλυση διαφόρων αλάτων, σε κατάσταση κορεσμού ή υπερκορεσμού, αρχίζουν να δημιουργούνται κρύσταλλοι των αλάτων αυτών μέσα στους πόρους. Οι κρύσταλλοι αυτοί αυξάνονται, τροφοδοτούμενοι από τη συνεχιζόμενη διάλυση στο δίκτυο των τριχοειδών και επομένως ασκούν πίεση στα τοιχώματα των πόρων. Η πίεση αυτή θα είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η σχέση ανάμεσα στην υπάρχουσα συγκέντρωση του αλάτος και τη συγκέντρωση κορεσμού του και δίνεται από τον τύπο:

$$P = (R \cdot T / U_s) \cdot \ln(C / C_s)$$

όπου

P = πίεση κρυσταλλοποίησης σε Atms.

R = σταθερά των ιδανικών αερίων και ίση με 0,082 lt.Atm/mole.grad.

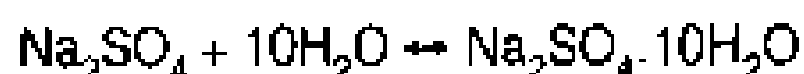
T = απόλυτη θερμοκρασία σε °K.

U_s = ο μοριακός όγκος του στερεού άλατος σε lt/mole.

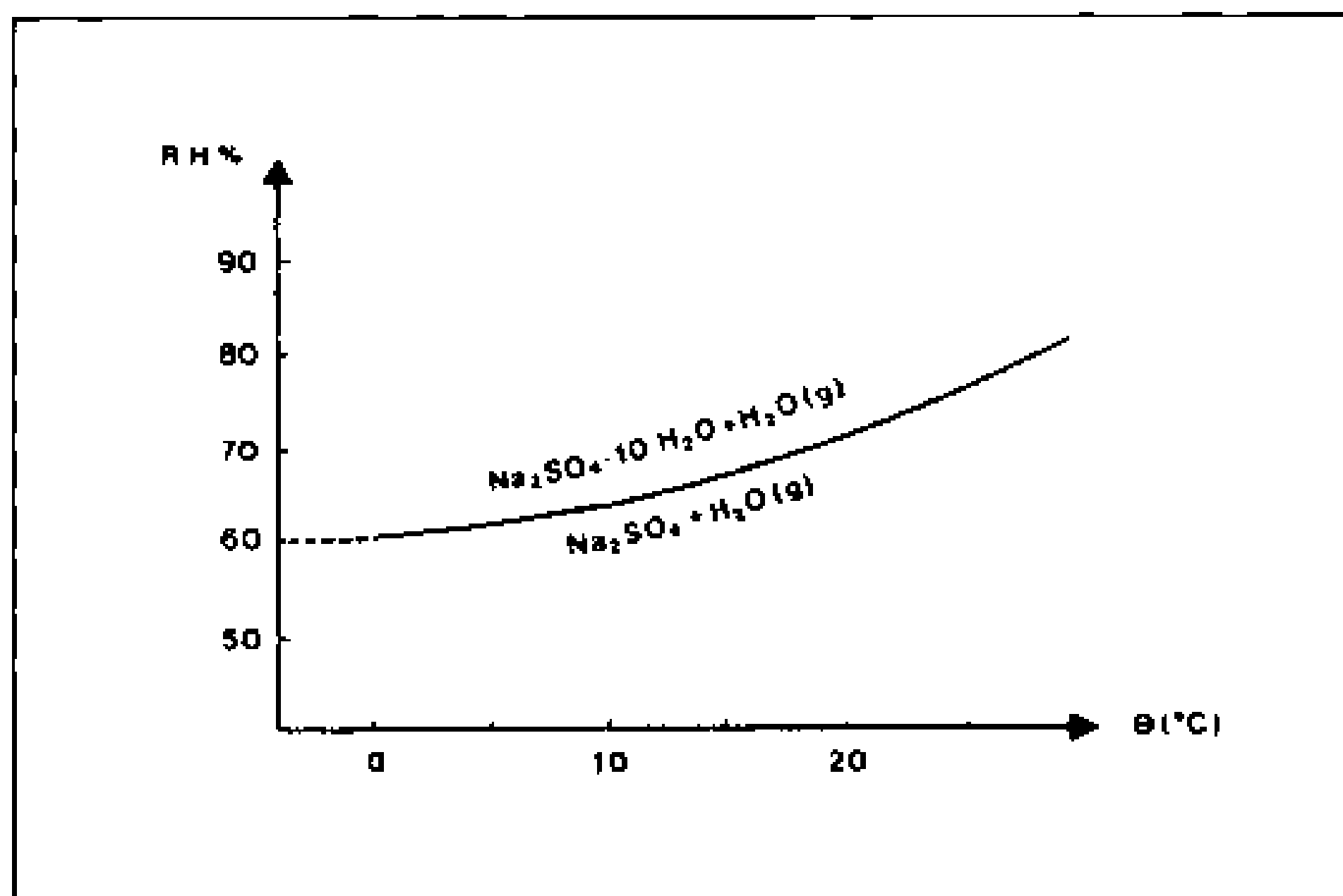
C = η παρούσα συγκέντρωση του άλατος.

C_s = η συγκέντρωση κορεσμού του άλατος.

Το θειικό νάτριο σε επαφή με το νερό μέσα στους πόρους μεταπίπτει στους 32,4 °C από τον ρομβοεδρικό τεναρδίτη στον μονοκλινή μιραβιλίτη, σύμφωνα με την αντίδραση:



με αντίστοιχη αύξηση όγκου 308%, ενώ στην ατμόσφαιρα η μετάπτωση αυτή γίνεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία και το μέγιστο των μηχανικών τάσεων εμφανίζεται στους 20 °C.



Περιοχές σταθερότητας του ανυδρού Na_2SO_4 και του $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας (V. Furlan).

Το ανθρακικό νάτριο σε επαφή με το νερό πάνω από τους 32 °C εμφανίζεται σαν θερμονατρίτης και κάτω από τους 32 °C σαν νατρίτης. Στην ατμόσφαιρα, με σχετική υγρασία 50-80%, στο διάστημα 0-30 °C έχουμε μετάπτωση από τον μονοκλινή δεκαυδρίτη, στον τριγωνικό επταυδρίτη και στον ρομβοεδρικό μονουδρίτη.

Το ένυδρο θειικό μαγνήσιο (μικροκρυσταλλικός κιεζερίτης) σε επαφή με το νερό στους

1,8 °C μεταπίπτει στον ρομβοεδρικό επσομίτη που είναι σταθερός μέχρι τους 48,3 °C, με αντίστοιχη αύξηση όγκου 170% .

Η μετάπτωση γύψου σε ανυδρίτη σε επαφή με απεσταγμένο νερό γίνεται στους 45 °C, ενώ σε κορεσμένο διάλυμα χλωριούχου νατρίου, η αντίστοιχη θερμοκρασία είναι 18 °C. Η αύξηση όγκου που ακολουθεί τις παραπάνω μεταπτώσεις δημιουργεί πολύ μεγάλες μηχανικές τάσεις στους πόρους, πολλές φορές μεγαλύτερες από την αντοχή του υλικού, με αποτέλεσμα την επιφανειακή αποδιοργάνωση και διάβρωση του υλικού.

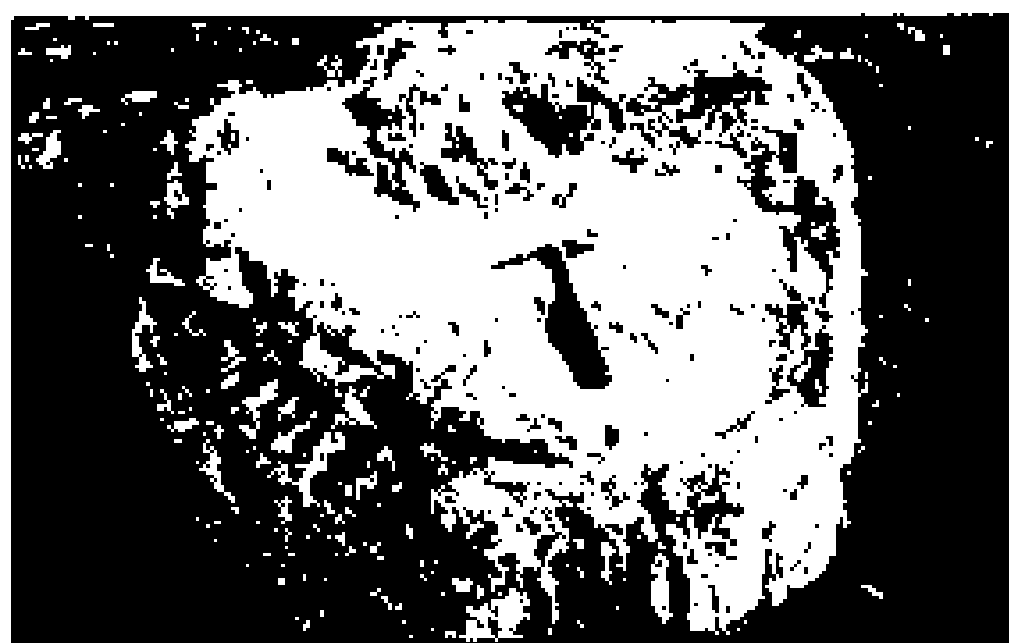
Τα χλωριούχα άλατα αλκαλίων και αλκαλικών γαιών, λόγω της μεγαλύτερης ευκινησίας σε σχέση με τα θειικά και τα ανθρακικά, διεισδύουν στους πόρους του υλικού όπου κρυσταλλώνονται και χαλαρώνουν πολλές κρυσταλλικές δομές. Επίσης προκαλούν την "πέψη" δηλαδή τη διάλυση κολλοειδών συγκροτημάτων αργίλων στο νερό και διευκολύνουν ακόμη τη διάλυση του μαγνησίου που περιέχεται στο υλικό.

Η εναπόθεση αδιάλυτων αλάτων στην επιφάνεια του απολιθώματος, όπως πυριτικών, ανθρακικών, θειικών, πέρα από την αισθητική αλλοίωση που προκαλεί στο αντικείμενο, δημιουργεί και μηχανικές τάσεις στην επιφάνεια επαφής από θερμικές συστολές - διαστολές, οπότε προκαλείται επιφανειακή αποδιοργάνωση και διάβρωση του υλικού.

Η έκθεση σε ανοιχτούς χώρους μπορεί να προκαλέσει διάβρωση στο πετρογραφικό υλικό, σύμφωνα με τις παρακάτω διαδικασίες:

Σε κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, τα διαλυτά άλατα που περιέχονται στους πόρους κρυσταλλώνονται, με αποτέλεσμα μηχανικές τάσεις και θραύσεις, σύμφωνα με τους μηχανισμούς που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Τέλος ο παγετός, με την αύξηση του όγκου του νερού από την υγρή στη στερεή μορφή του κατά 9,2% δημιουργεί μηχανικές τάσεις στους πόρους του υλικού.



Φωτ. 2. Ρωγματώσεις και κυψελώσεις στο υλικό του απολιθωμένου δάσους.



Φωτ. 3. Ρωγματώσεις και κυψελώσεις στο υλικό του απολιθωμένου δάσους.



Φωτ. 4. Ρωγματώσεις και κυψελώσεις στο υλικό του απολιθωμένου δάσους.



Φωτ. 5. Ρωγματώσεις και κυψελώσεις στο υλικό του απολιθωμένου δάσους.



Φωτ. 6. Αντίστοιχες ρωγματώσεις και κυψελώσεις, από την κρυστάλλωση διαλυτών αλατων, σε ηφαιστειακούς τόφους.

Σκοπός

Η παρούσα εργασία, έχει σαν στόχο την διερεύνηση της επίδρασης του παγετού και της κρυστάλλωσης των διαλυτών αλάτων στο πετρογραφικό υλικό του απολιθωμένου δάσους της Λέσβου, έτσι ώστε να είναι εφικτός ο σχεδιασμός ενός προγράμματος δράσης για την προστασία του από τις προηγούμενες μορφές διάβρωσης.

Υλικά και μέθοδοι

Τα δείγματα τα οποία μελετήθηκαν είναι τα ακόλουθα:

A. Ριζικός κόμβος από το Σίγρι.

B. Οπαλιωμένο δείγμα από το Μεγαλονήσι.

Γ. Διάσπαρτο τεμάχιο από την Αντίσσα.

Η μελέτη των προηγούμενων δειγμάτων, περιλάμβανε:

α. Ορυκτολογική ανάλυση με περίθλαση ακτίνων Χ (X.R.D.).

Εγινε με τύπο οργάνου Philips PW 1010 στο εργαστήριο του τομέα Ορυκτολογίας - Πετρολογίας, του τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών.

β. Μέτρηση σκληρότητας.

Εγινε με τύπο οργάνου Wolpert Universal Hardness Tester 2C με την τεχνική Vickers στο εργαστήριο του Ινστιτούτου Επιστήμης των Υλικών του Ε.ΚΕ.Φ.Ε. Δημόκριτος.

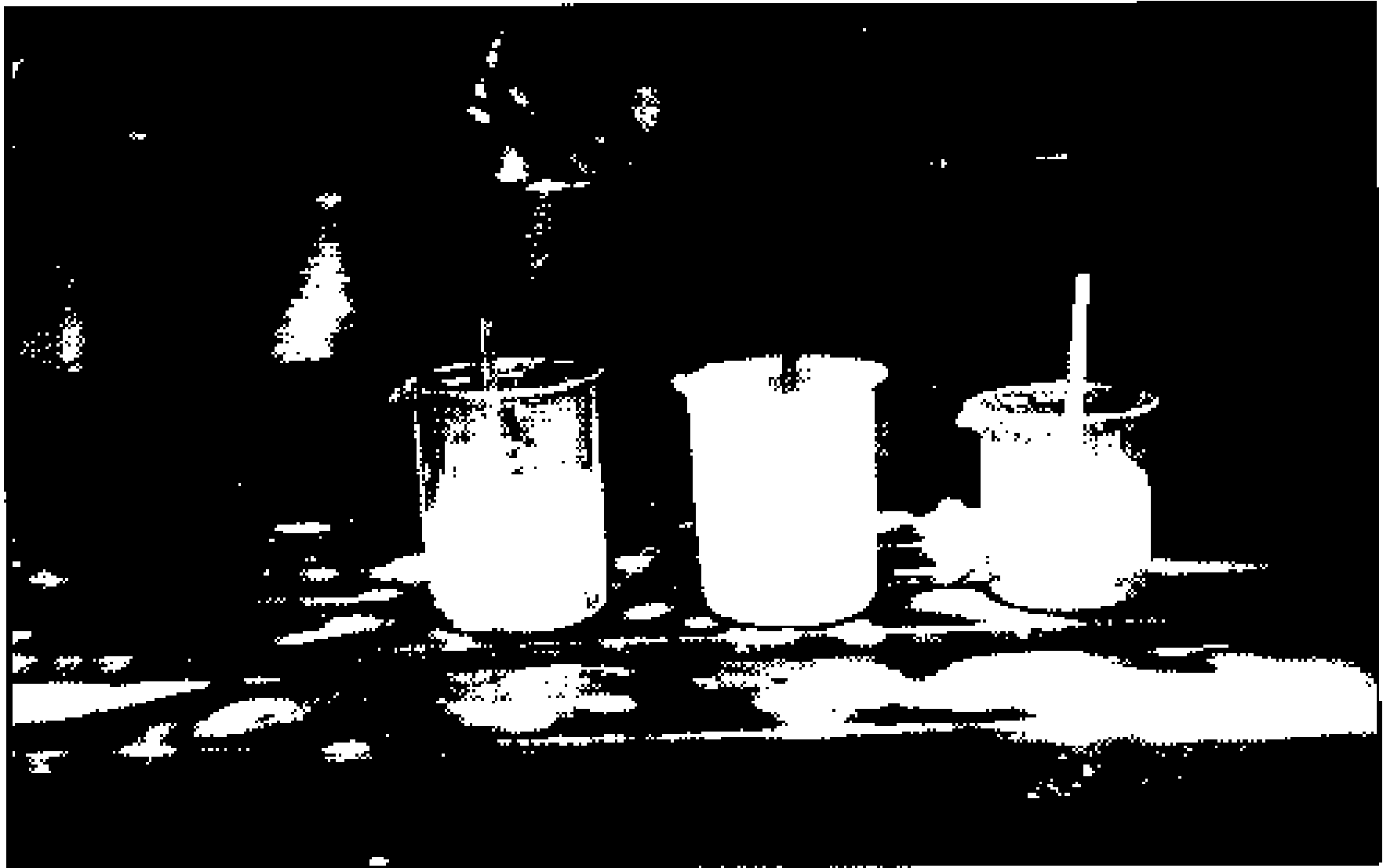
γ. Μέτρηση πορώδους.

Εγινε με πορωσίμετρο υδραργύρου Carlo Erba 2000 στο εργαστήριο του Ελληνικού Κέντρου Ερευνών Τσιμέντου.

δ. Μακροσκοπική εξέταση των δειγμάτων.

Η παρουσία διαλυτών αλάτων στο πετρογραφικό υλικό του απολιθωμένου δάσους της Λέσβου, διαπιστώθηκε με την τοποθέτηση κομπρεσσών ουδέτερου χαρτιού σε απιονισμένο νερό σε διάφορες επιφάνειές του για μία ώρα και στη συνέχεια ανάλυση των ροφημένων ιόντων, χλωριούχων (Cl^-) και θεικών (SO_4^{2-}) με τη χρήση μεθόδων προσδιορισμού Αναλυτικής Χημείας στο εργαστήριο ενόργανης χημικής ανάλυσης του τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του Τ.Ε.Ι. Αθήνας, με τη μέτρηση της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας των σχετικών δειγμάτων/διαλυμάτων, στο εργαστήριο συντήρησης κεραμικού/γυαλιού - οργανικών υλικών του τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης του Τ.Ε.Ι. Αθήνας.

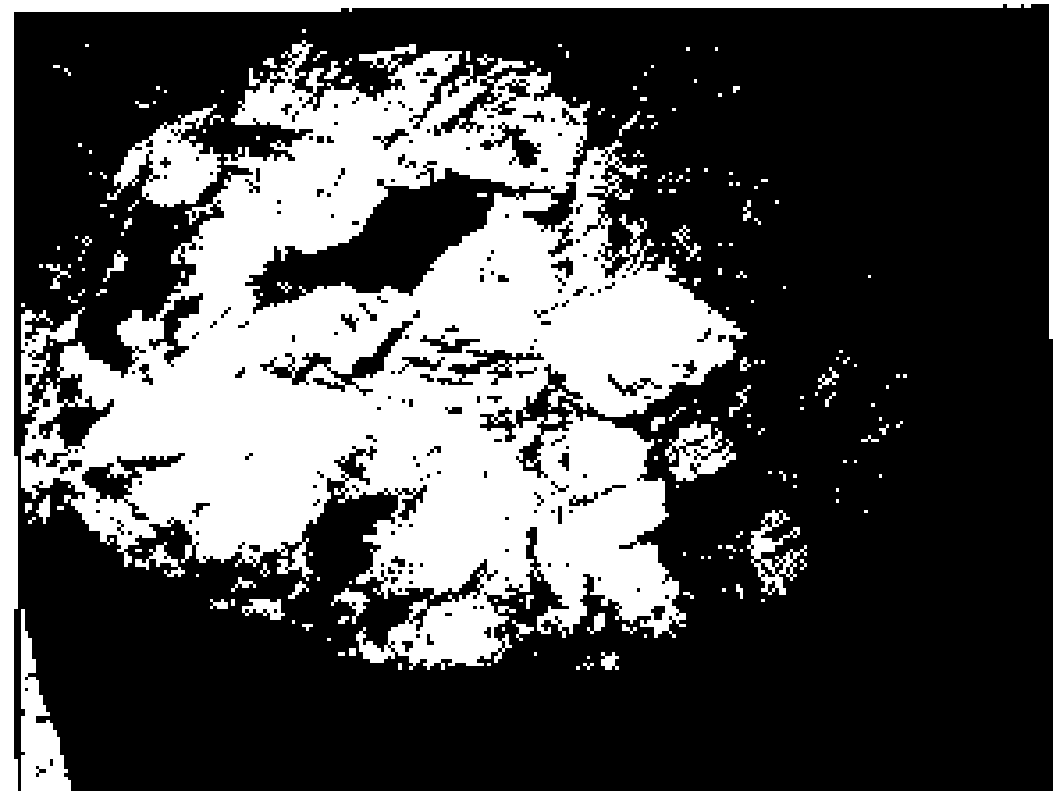
Η παραπάνω διαδικασία εφαρμόστηκε σε τέσσερα διαφορετικά τυχαία δείγματα από την περιοχή Σιγρίου Λέσβου.



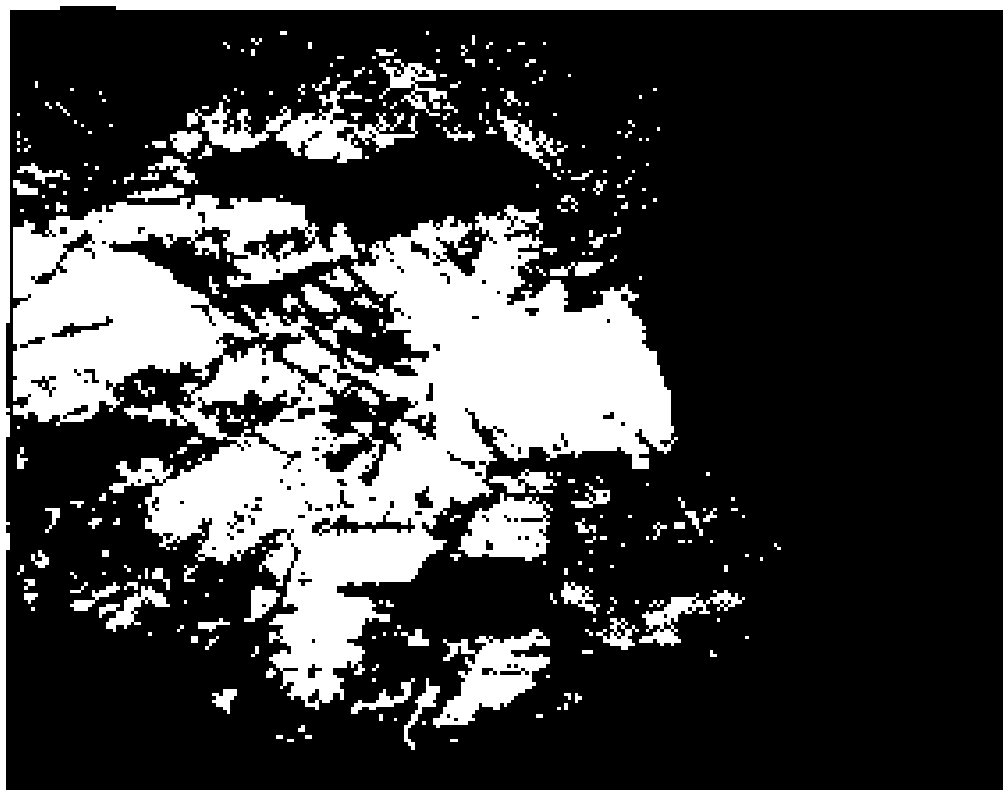
Φωτ. 7. Παρασκευή κομπρεσσών απιονισμένου νερού με ουδέτερο χαρτί, για την τοποθέτηση σε κορμούς του απολιθωμένου δάσους.



Φωτ. 8. Πρώτο δείγμα κομπρέσσας σε κορμό του απολιθωμένου δάσους.



Φωτ. 9. Δεύτερο δείγμα κομπρέσσας σε κορμό του απολιθωμένου δάσους.



Φωτ. 10. Τρίτο δείγμα κομπρέσσας σε κορμό του απολιθωμένου δασους.



Φωτ. 11. Τέταρτο δείγμα κομπρέσσας σε κορμό του απολιθωμένου δασους.



Φωτ. 12. Παρασκευή διαλυμάτων κομπρεσσών, για μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και θετικών, χλωριούχων ιόντων.

Επιπλέον, συγκεντρώθηκαν τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής και καταστρώθηκαν πίνακες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, για να διαπιστωθούν οι περιοχές κρυστάλλωσης των διαλυτών αλάτων.

Από τους ίδιους πίνακες, εξετάσθηκε η ύπαρξη ή όχι παγετού.

Αποτελέσματα

Οι αναλύσεις πορώδους έδειξαν:

Δείγμα Α: 7 mm³/gr και 19,56 mm³/gr

Δείγμα Β: 19,24 mm³/gr

Δείγμα Γ: 26,6 mm³/gr

Οι αναλύσεις σκληρότητας έδειξαν:

Δείγμα Α: 11.000 MPascal

Δείγμα Β: 800 MPascal και 200 MPascal

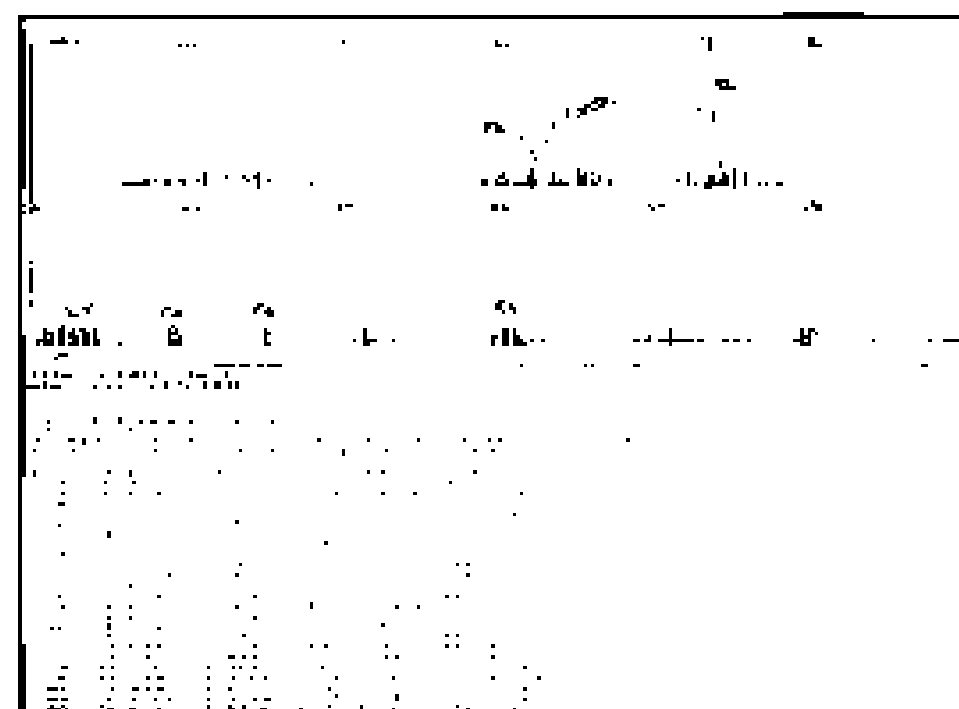
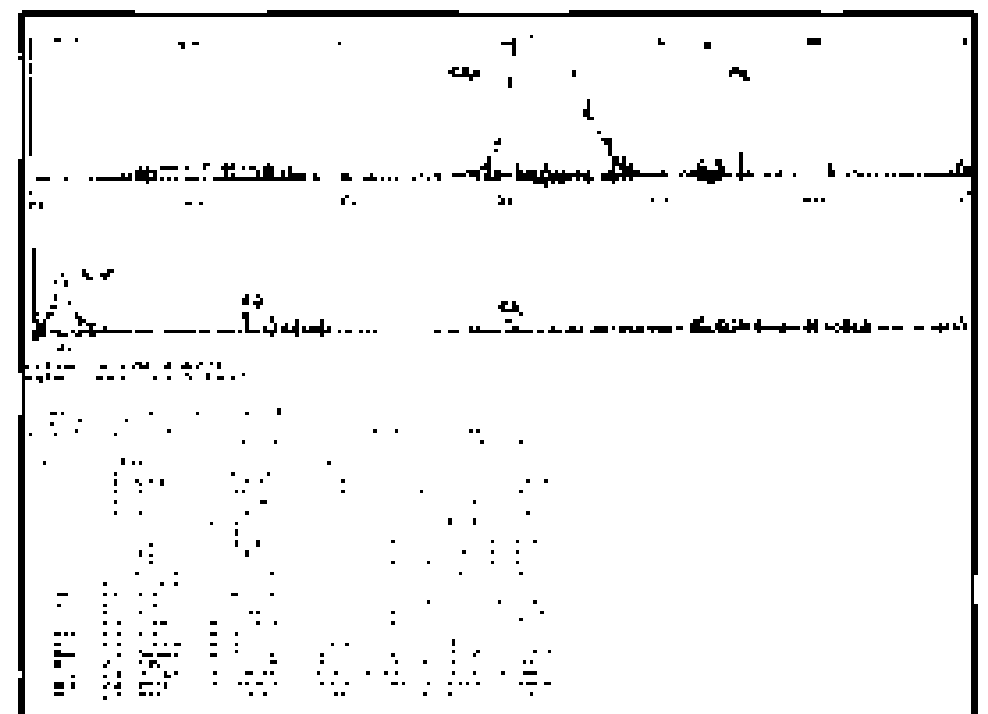
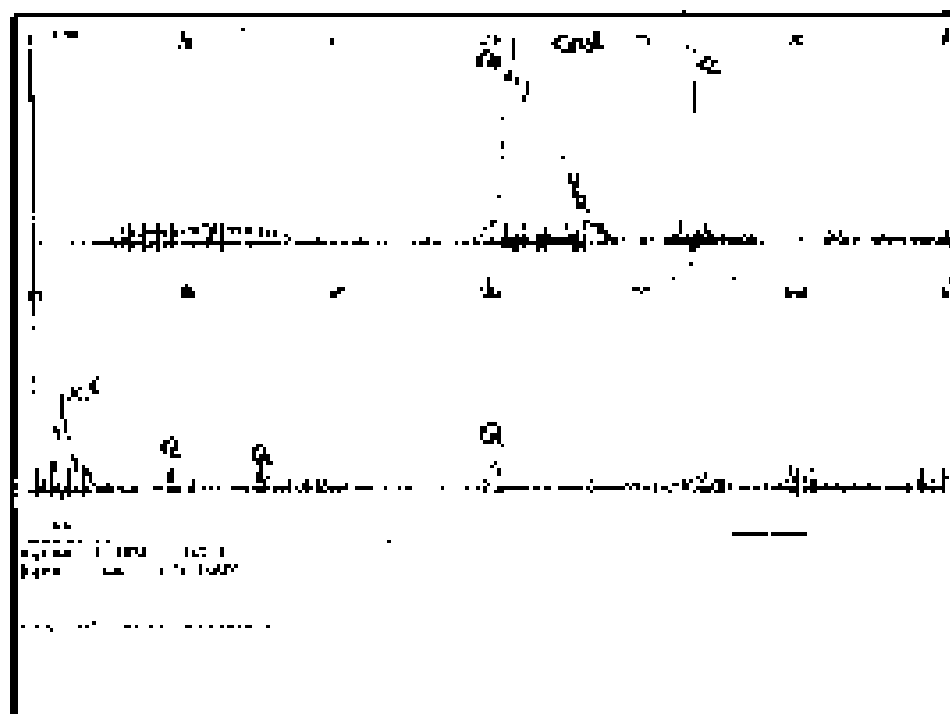
Δείγμα Γ: 2.000 MPascal και 200 MPascal

Οι ορυκτολογικές αναλύσεις περιθλασης ακτίνων Χ, έδειξαν:

Δείγμα Α: Παρουσία χαλαζία, τριδυμίτη και κριστοβαλίτη

Δείγμα Β: Παρουσία χαλαζία και τριδυμίτη

Δείγμα Γ: Παρουσία χαλαζία, τριδυμίτη και κριστοβαλίτη



Διαγράμματα XRD ορυκτολογικής ανάλυσης δειγμάτων.

Η μακροσκοπική εξέταση των κορμών του απολιθωμένου δάσους κατέδειξε την ύπαρξη του φαινομένου της κυψέλωσης σε πολλά σημεία της επιφάνειάς του, καθώς και μεγάλο αριθμό ρηγματώσεων.

Οι αναλύσεις των τεσσάρων δειγμάτων/διαλυμάτων, που προέκυψαν μετά από την τοποθέτηση κομπρεσίων ουδέτερου χαρτιού σε απιονισμένο νερό στις επιφάνειες κορμών του απολιθωμένου δάσους, με τη μέτρηση της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (cd), των χλωριόντων (Cl-) και των θεικών ιόντων (SO₄²⁻), έδωσαν τα εξής αποτελέσματα:

α/α	cd (μS/cm ²)	Cl- (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)
Δείγμα 1	204	20,5	4,5
Δείγμα 2	258	30,5	5,5
Δείγμα 3	153	31,5	6
Δείγμα 4	219	16	3,5
Δείγμα 5	5	1	0

Το δείγμα 5, είναι απιονισμένο νερό και χρησιμοποιήθηκε συγκριτικά προς τα άλλα αποτελέσματα της μελέτης.

Από τον προηγούμενο πίνακα προκύπτει ότι σημαντικές ποσότητες διαλυτών χλωριούχων και θεικών αλάτων υπάρχουν στην επιφάνεια και τους πόρους του υλικού του απολιθωμένου δάσους.

Η επεξεργασία των κλιματολογικών δεδομένων οδήγησε στους παρακάτω πίνακες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ
 ΑΝΩΡΤΗΣ ΟΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣ
 ΑΝΩΡΤΗΣ ΟΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣ

ΚΑΤΑΧΩΡΗΣ ΟΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣ

ΚΑΤΑΧΩΡΗΣ ΟΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣ

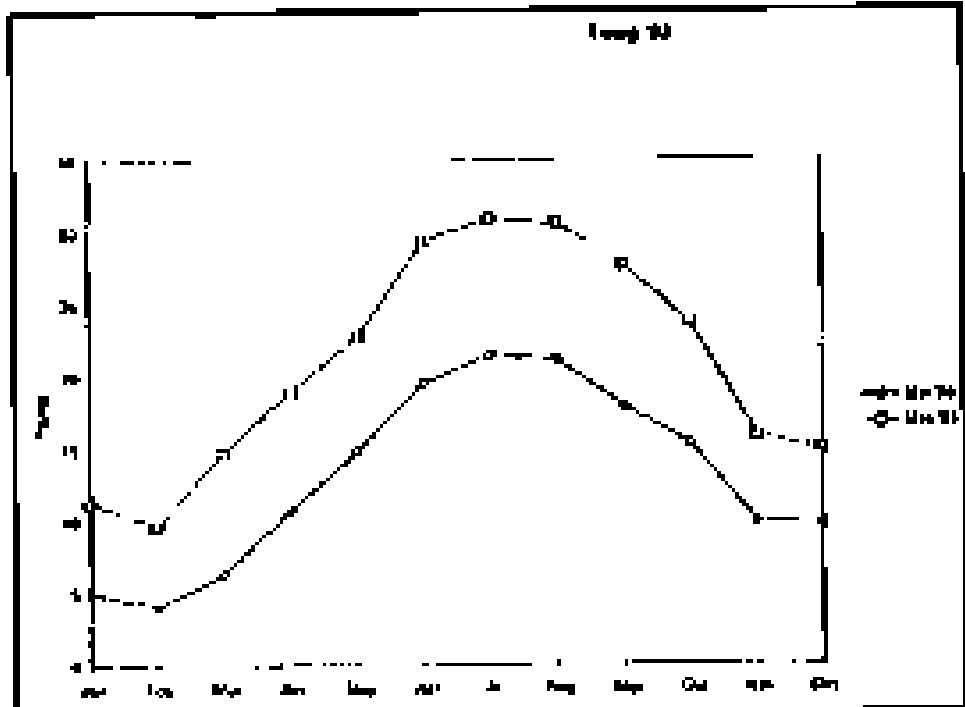
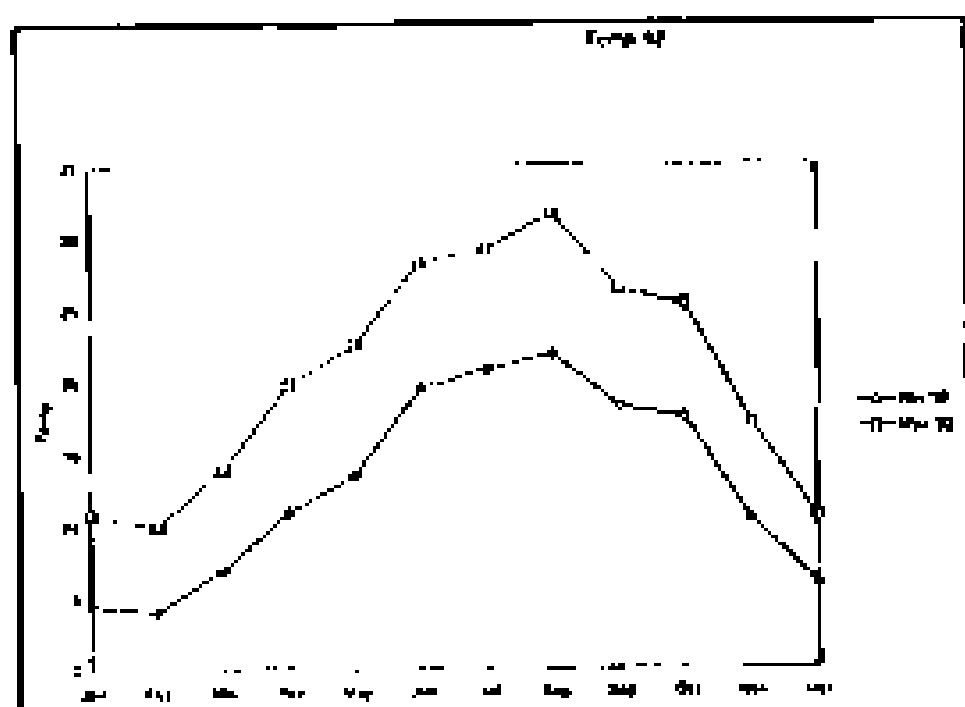
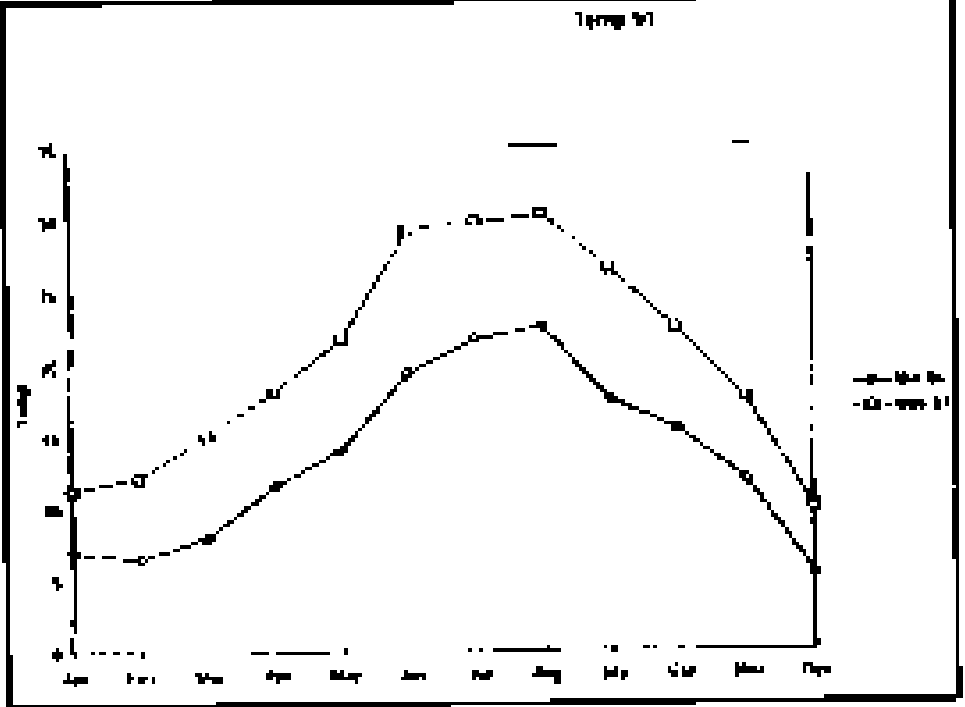
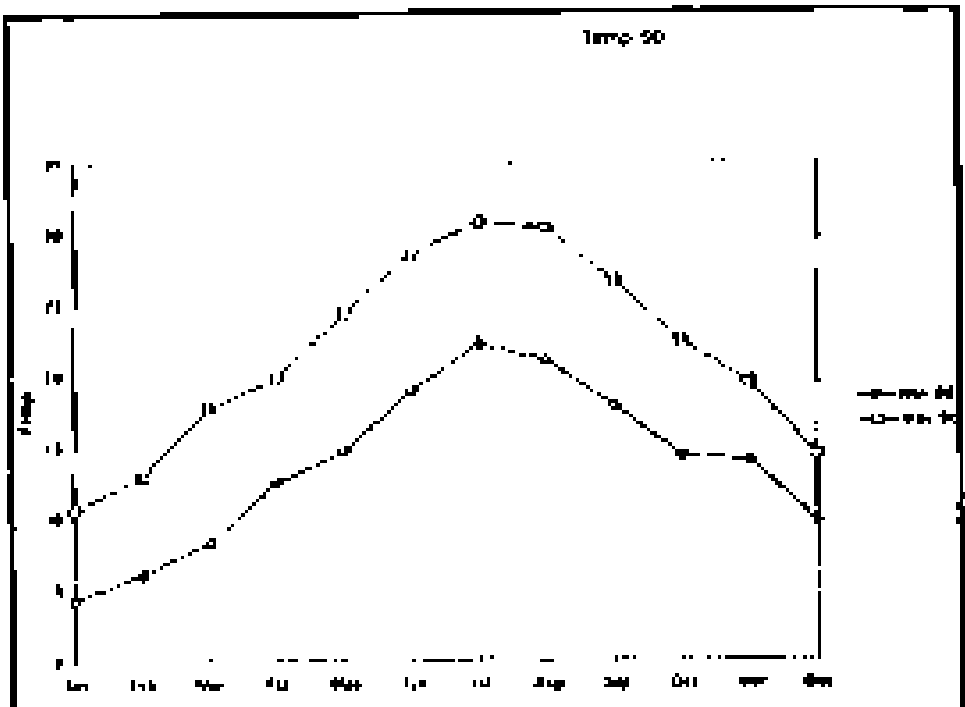
ΧΡ. ΜΗΝ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαγ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοβ	Δεκ
Μέγ. Θερμ.	12.1	13.2	14.3	15.4	16.5	17.6	18.7	19.8	20.9	21.0	20.1	19.2
Μετ. Θερμ.	10.2	11.3	12.4	13.5	14.6	15.7	16.8	17.9	18.0	17.1	16.2	15.3
Ελάχισ. Θερμ.	8.3	9.4	10.5	11.6	12.7	13.8	14.9	15.0	14.1	13.2	12.3	11.4
Σχ. Υγρασία (%)	75	78	81	84	87	90	93	96	99	100	100	97

ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ
 ΜΕΣΩΝ ΟΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣ
 ΜΕΣΩΝ ΟΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣ

ΜΕΣΩΝ ΟΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣ

ΜΕΣΩΝ ΟΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣ

ΧΡ. ΜΗΝ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαγ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοβ	Δεκ
Μέγ. Θερμ.	11.2	12.3	13.4	14.5	15.6	16.7	17.8	18.9	19.0	18.1	17.2	16.3
Μετ. Θερμ.	9.3	10.4	11.5	12.6	13.7	14.8	15.9	16.0	15.1	14.2	13.3	12.4
Ελάχισ. Θερμ.	7.4	8.5	9.6	10.7	11.8	12.9	13.0	12.1	11.2	10.3	9.4	8.5
Σχ. Υγρασία (%)	72	75	78	81	84	87	90	93	96	99	100	97



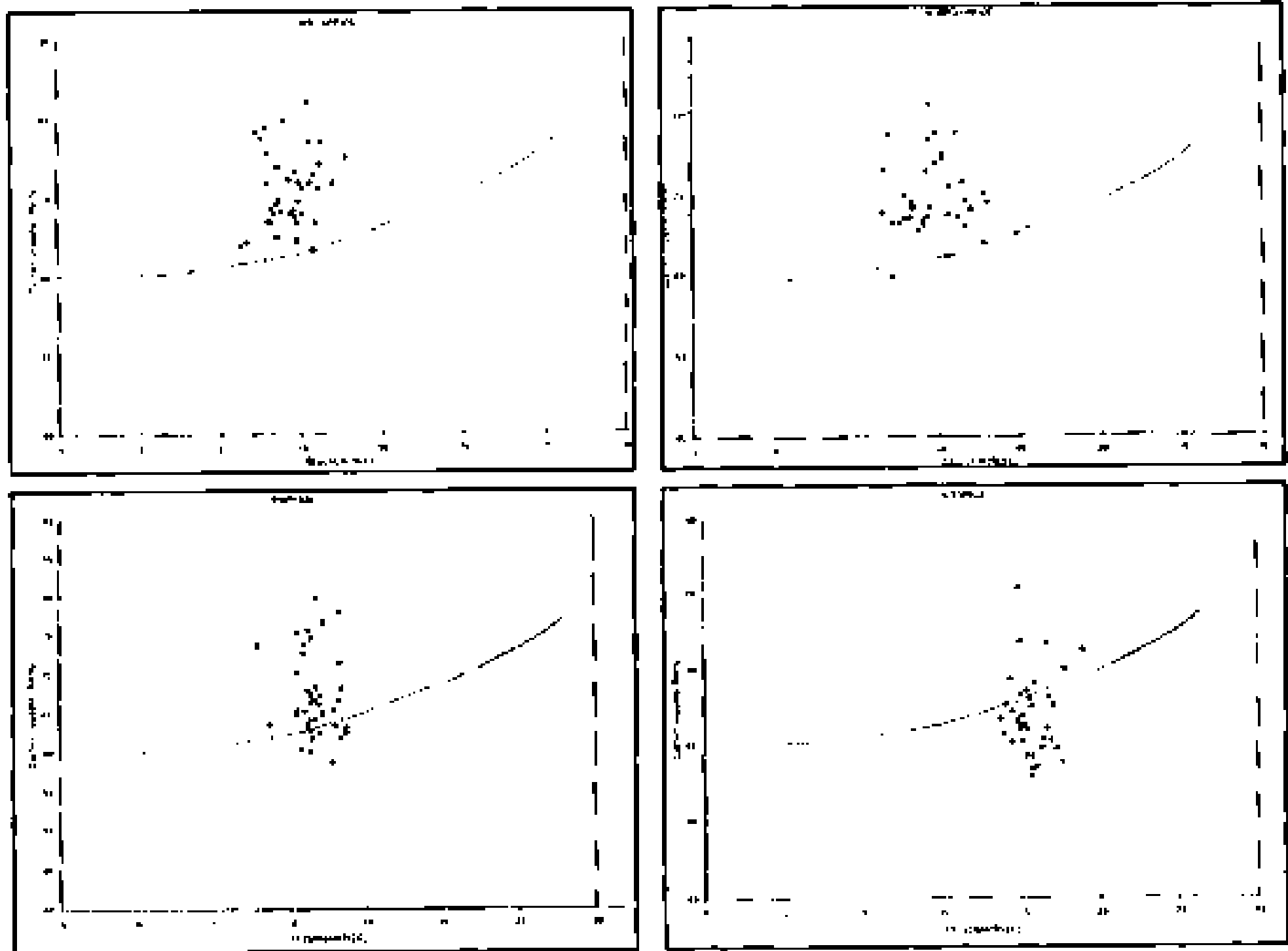
Πίνακες και διαγράμματα θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.

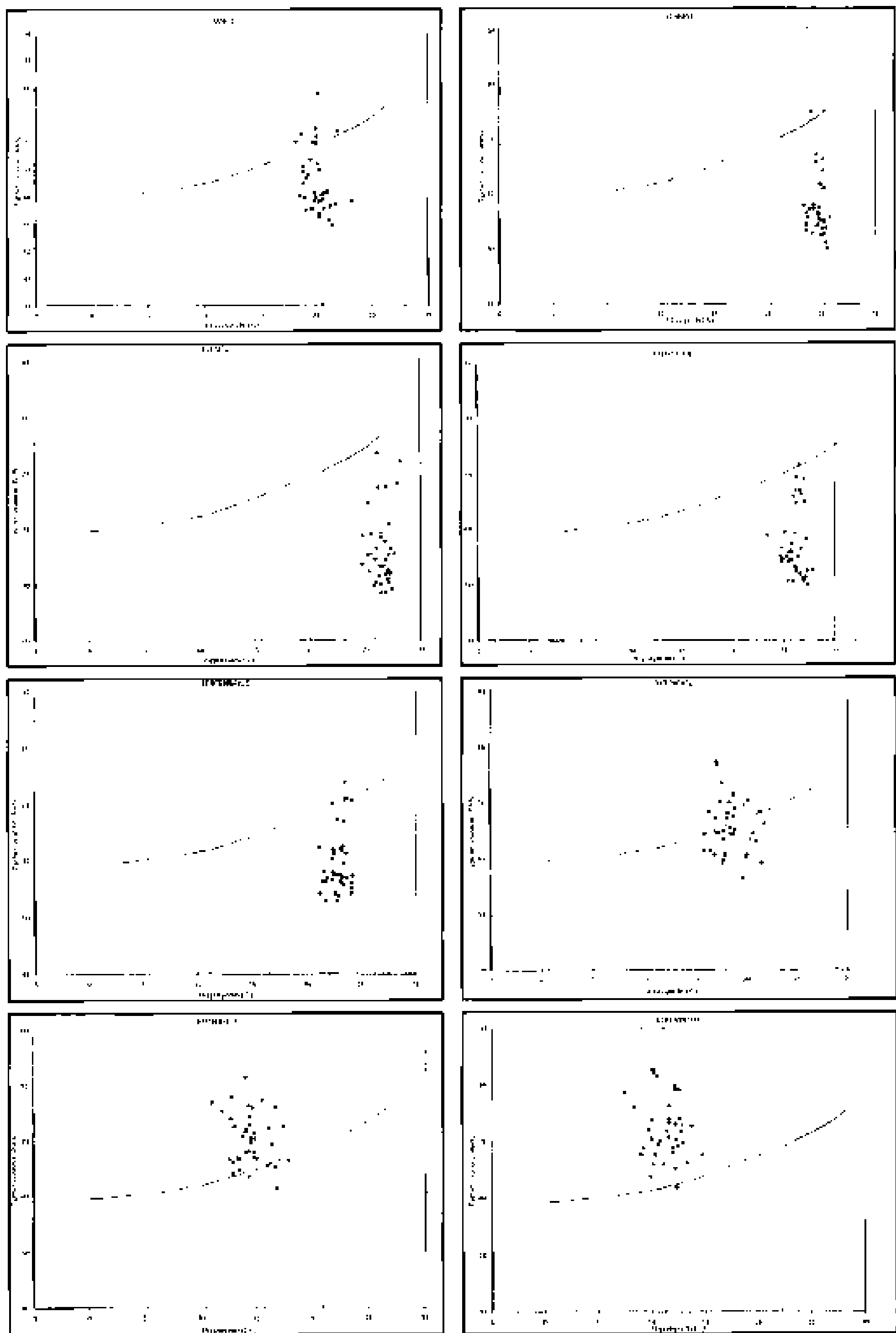
Στη συνέχεια οι πίνακες συσχετίστηκαν με το διάγραμμα του V. Furlan, για να διαπιστωθούν οι περιοχές κρυστάλλωσης του θειικού νατρίου, για κάθε μήνα του έτους και για το χρονικό διάστημα των ετών 1955 - 1993.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την επεξεργασία των πινάκων και των διαγραμμάτων, διαπιστώνεται αρχικά ότι στην περιοχή του απολιθωμένου δάσους δεν υπάρχει το φαινόμενο του παγετού και επομένως πιθανότατα δεν παρουσιάζεται μία τέτοιου είδους μορφή διάβρωσης για το υλικό του απολιθωμένου δάσους.

Σχετικά με την δράση των διαλυτών αλάτων, αυτή προκύπτει αρχικά μακροσκοπικά με το φαινόμενο της κυψέλωσης σε πολλά σημεία της επιφάνειας των κορμών του απολιθωμένου δάσους. Στη συνέχεια, η παρουσία διαλυτών αλάτων προκύπτει από την παρουσία χλωριούχων και θειικών ιόντων στην επιφάνεια και τους πόρους του υλικού του απολιθωμένου δάσους. Η κρυστάλλωση και η δράση τους προκύπτει από τα διαγράμματα V. Furlan για αρκετούς μήνες σε κάθε χρόνο.





Διάγραμμα V. Φυγίση και σημεία συνδιασμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας για κάθε μήνα και για τα έτη 1955 έως 1993.

Από τα προηγούμενα διαγράμματα φαίνεται ότι κατά τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο, τα περισσότερα σημεία - συνδυασμοί θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας βρίσκονται πάνω από την καμπύλη και επομένως παρουσιάζεται κρυστάλλωση του θειικού νατρίου κατά τους μήνες αυτούς στους πόρους του υλικού του απολιθωμένου δάσους.

Στους περισσότερους κορμούς του απολιθωμένου δάσους της Λέσβου, υπάρχουν ρηγματώσεις που οφείλονται στη φυσική αποσάθρωση κατά μήκος των εντεριώνων ακτίνων, αλλά και σε ανθρώπινη παρέμβαση, γεγονός που δρα πολλαπλασιαστικά στα παραπάνω φαινόμενα.

Η μεταφορά διαλυτών αλάτων στο υλικό του απολιθωμένου δάσους, γίνεται από τη θάλασσα με το φαινόμενο της αλατονέφωσης.

Από τις αναλύσεις πορώδους διαπιστώνεται το σχετικά μεγάλο πορώδες και στα τρία δείγματα Α, Β, Γ, και το γεγονός αυτό ευνοεί την είσοδο και την κρυστάλλωση διαλυτών αλάτων στο δομικό υλικό του απολιθωμένου δάσους.

Από τις αναλύσεις σκληρότητας διαπιστώνεται ότι τα δείγματα Β και Γ παρουσιάζουν σε περιοχές σχετικά χαμηλή σκληρότητα που συνεπάγεται ένα αρκετά ευπαθές υλικό.

Από τις ορυκτολογικές αναλύσεις περίθλασης ακτίνων Χ (X.R.D.), διαπιστώνεται στο ίδιο δείγμα η ύπαρξη διαφορετικών ορυκτών και αυτό συνεπάγεται την ύπαρξη ασυνεχειών στη δομή του υλικού και την δημιουργία ρηγματώσεων από τις μηχανικές τάσεις που προκαλεί η κρυστάλλωση των διαλυτών αλάτων.

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα - συμπεράσματα, είναι εμφανής η ανάγκη άμεσης μελέτης και εφαρμογής ενός σχεδίου συντήρησης και προστασίας των κορμών του απολιθωμένου δάσους της Λέσβου, το οποίο θα στηρίζεται στην εμπειριστατωμένη μελέτη και έρευνα των υλικών και των μεθόδων για τις αναγκαίες επεμβάσεις. Οι συγκεκριμένες δράσεις πρέπει να αποτελούν προτεραιότητα, στην συνολική πολιτική ανάδειξης του απολιθωμένου δάσους της Λέσβου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς της δημοσίευσης, εκφράζουν τις θερμές ευχαριστίες τους προς:

Τον επίκουρο καθηγητή Κ. Κυριακόπουλο του τμήμα Ορυκτολογίας - Πετρολογίας, του τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Τη χημικό Β. Γεωργαλή του Ελληνικού Κέντρου Ερευνών Τσιμέντου.

Το χημικό Σ. Τζίμα του τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του Τ.Ε.Ι. Αθήνας

Τους Δρα Φυσικό Γ. Βεκίνη και Δρα Χημικό Β. Κυλικογλου του Ινστιτούτου Επιστήμης των Υλικών του Ε.ΚΕ.Φ.Ε. Δημόκριτος.

Την Α. Βόσσου, τελειόφοιτη συντηρήτρια αρχαιοτήτων και έργων τέχνης του Τ.Ε.Ι. Αθήνας.

για την καθοριστική τεχνική υποστήριξη που παρείχαν, στα πλαίσια της ερευνητικής πορείας που ακολουθήθηκε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- VELITZELOS E., SYMEONIDIS N., N. 1978. Der verkieselte Wald von Lesbos (Griechenland ein Naturschutzgebiet. Vortrag - Kurzfassung beim Arbeitskreis Paleobot., Palynol., 17,19.
- VELITZELOS E., PETRESCU I., SYMEONIDIS N., 1981b. Tertiäre Pflanzenreste aus Agais. Die Makroflora der Insel Lesbos (Griechenland). Ann. Geol. Pays Hellen, 30, 500 - 514.
- VELITZELOS E., PETRESCU I., SYMEONIDIS N., 1981a. Tertiäre Pflanzenreste von der agaischen Insel Lesbos (Griechenland). Cour. Forsch. Inst. Senckenberg, 50, 49 - 50.
- VELITZELOS E., ZOUROS N., The Petrified forest of Lesbos - Protected Natural Monument., Proceedings of International Symposium on Engineering Geology and the Environment. Athens June 1997.
- CHILD R.E., "Salt efflorescence and damage" in "Conservation of geological collections", p. 18 - 22. Ed. Archetype publications ltd, London (1994).
- AMOROSO G.G., FASINA V., "Stone decay and conservation", Ed. Elsevier 1983.
- ΤΟΡΡΑΚΑ Γ., "Porous building materials", Ed. ICCROM - Rome 1988.
- ΛΑΜΠΡΟΠΟΥΛΟΥ Β., "Διάβρωση και συντήρηση της πέτρας", Αθήνα 1993..