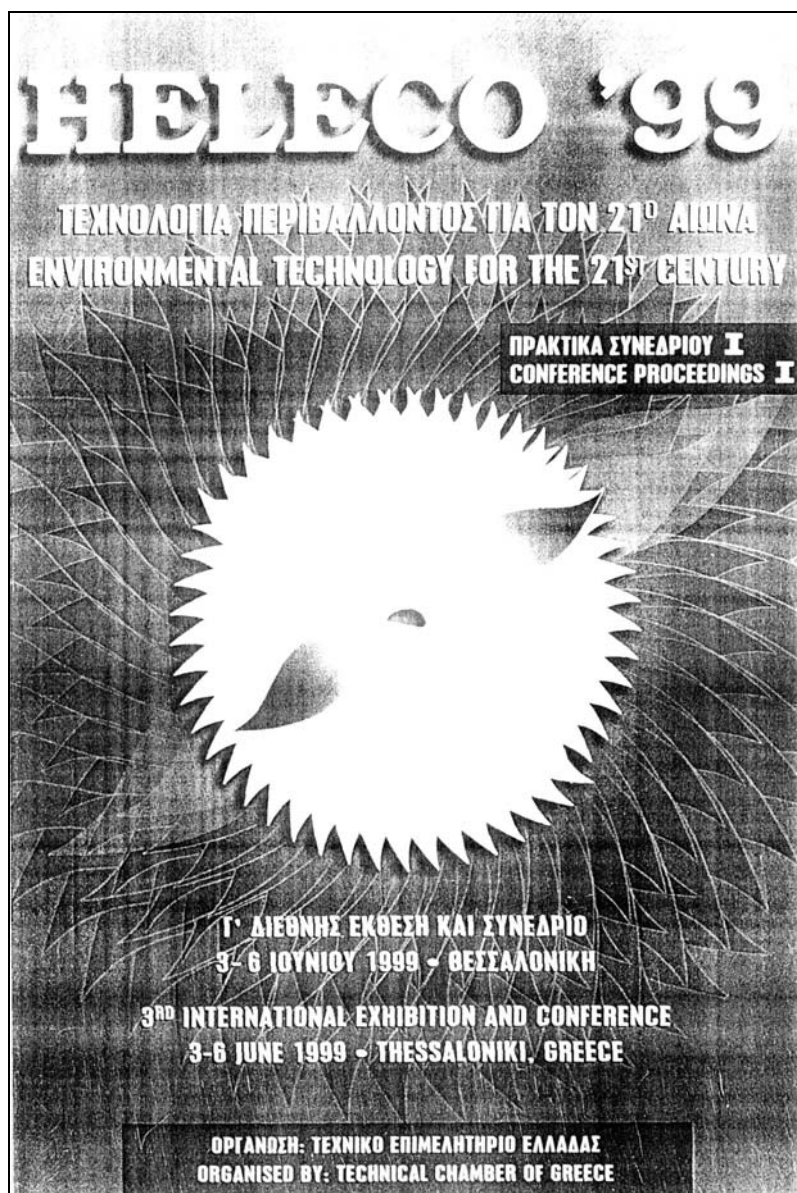




ΧΡΗΣΤΑΡΑΣ, Β., ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Ι., ΑΘΑΝΑΣΙΑΣ, Σ., ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ, Α. (1999).
- Γεωπεριβαλλοντικές επιδράσεις στους Μακεδονικούς τάφους των Λευκαδίων Ν. Ημαθίας. *Πρακτικά Συνεδρίου Ι Τεχνολογία Περιβάλλοντος για τον 21º Αιώνα, ΤΕΕ, Ι, 359-366, Θεσ/νικη.*

ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΚΟΥΣ ΤΑΦΟΥΣ ΤΩΝ ΛΕΥΚΑΔΙΩΝ Ν. ΗΜΑΘΙΑΣ

Χρηστάρας Β.¹, Μαρσιολάκος Η.², Φουντούλης Ι.²,
Αθανασιάς Σ.¹ & Δημητρίου Α.¹

¹Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

²Τμήμα Γεωλογίας, Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία προκαταρκτική προσέγγιση στα γεωτεχνικά και υδρογεωλογικά προβλήματα που παρατηρούνται σε τρεις Μακεδονικούς Τάφους στην περιοχή των Λευκαδίων του Νομού Ημαθίας. Στη περιοχή μελέτης, τα προβλήματα σχετίζονται με α) την παρουσία ενός σημαντικού υδροφορέα που βρίσκεται σε μικρό βάθος, ο οποίος, σε ορισμένες περιπτώσεις, καλύπτει το δάπεδο των μνημείων, κυρίως κατά τους θερινούς μήνες, και β) σε φαινόμενα διαφορικής καθίζησης. Επίσης παρατηρούνται φαινόμενα αποσάθρωσης των τοίχων, λόγω της υπάρχουσας εσωτερικής υγρασίας. Στην εργασία αυτή περιγράφονται οι παρούσες γεωτεχνικές συνθήκες και διατυπώνονται κάποιες προτάσεις για την καλύτερη συντήρηση και προστασία αυτών των μνημείων.

GEOENVIRONMENTAL IMPACTS ON THE MACEDONIAN TOMBS OF LEFKADIA, COUNTY OF IMATHIA, NORTH GREECE

Christaras B.¹, Mariolakos I.², Fountoulis J.²,
Athanasias S.¹ & Dimitriou A.¹

¹School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

²School of Geology, Kapodistrian University of Athens, Greece

ABSTRACT

The present paper is a preliminary approach to the geotechnical and hydrogeological problems observed in three Macedonian Tombs of Lefkadia area, located in the County of Imathia (N. Greece). In the study area, the damages are related to a) the presence of an important aquifer, which overflows the floors of the monuments, mainly during summer, and b) differential settlement phenomena. Weathering phenomena of the walls are also observed, due to the inside humidity. In this paper the present geotechnical conditions are described and some preliminary ideas are proposed, as a contribution to the effort of preservation and protection of these monuments.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο την έρευνα και τεκμηρίωση των αιτιών των υψηλών συνθηκών υγρασίας και των φαινομένων διαφορικής καθίζησης που παρατηρούνται στους Μακεδονικούς Τάφους της Κρίσεως, των Ανθεμίων και των Λύσωνος και Καλλικλέους (Πέτσας [1]), που βρίσκονται μεταξύ των χωριών Κοπανός και Λευκάδια, επί της εθνικής οδού Βέροιας - Έδεσσας (Εικόνα 1). Πρόκειται για υπόγεια κτιστά μνημεία του 3ου αιώνα π.Χ. που διατηρούν σημαντικές τοιχογραφίες και παρουσιάζουν σημαντικές ζημιές.

Οι ζημιές αυτές σχετίζονται κυρίως με την παρουσία του υπόγειου νερού, που πολύ συχνά, καλύπτει το δάπεδο των μνημείων. Οι διαφορικές καθιζήσεις και η εσωτερική υγρασία σχετίζονται με την επίδραση του υπόγειου νερού. Στόχος της έρευνας ήταν η διερεύνηση των υφιστάμενων συνθηκών και η διατύπωση μεθόδων για την αποστράγγιση των μνημείων.

2. ΟΙ ΤΑΦΟΙ

Οι Μακεδονικοί Τάφοι της περιοχής, (βρίσκονται εκτός των τειχών της αρχαίας πόλης της Μίεζας) είναι τοποθετημένοι κατά μήκος της κύριας οδικής αρτηρίας που συνέδεε την Πέλλα με τη Μίεζα, που ήταν μία από τις σημαντικότερες εμπορικές πόλεις κατά την περίοδο του 4ου – 2ου αι. π.Χ (Αλλαμανή [2]). Οι Τάφοι αυτού του είδους, δεν χρησιμοποιούνταν για την ταφή συνηθισμένων ατόμων αλλά μόνο για τα μέλη της βασιλικής οικογένειας ή άλλων σημαντικών προσώπων αυτής της περιόδου. Οι Τάφοι βρίσκονται σήμερα θαμμένοι στο έδαφος λόγω της ιζηματογένεσης. Τα μνημεία είναι κατασκευασμένα από πωρόλιθο (τραβερτίνη) που αφθονεί στη γύρω περιοχή.

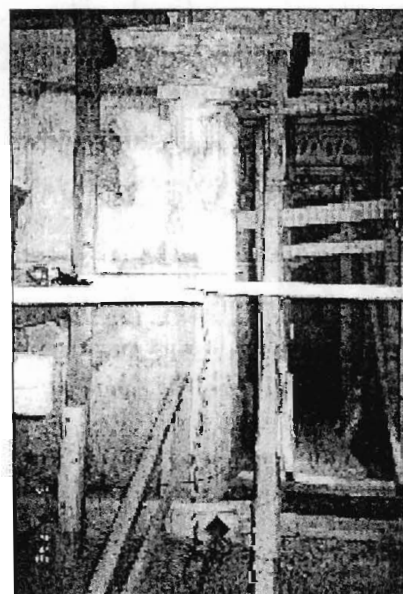
Η τεχνικογεωλογική έρευνα που εκτελέστηκε αφορούσε τους τάφους της Κρίσεως, των Ανθεμίων και των Λύσωνος & Καλλικλέους.

Ο Τάφος της Κρίσεως (αρχές 3ου αι. π.Χ.). Είναι ένας από τους σημαντικότερους Μακεδονικούς τάφους, από αρχιτεκτονική άποψη, και ο μόνος με διώροφη πρόσοψη, στην οποία εναλλάσσονται ο δωρικός (κάτω) και ο ιωνικός (επάνω) ρυθμός. Το μνημείο κατασκευάστηκε από μεγάλα τεμάχια τραβερτίνη και η πρόσοψη καλύπτεται από εξαιρετικές ζωγραφικές παραστάσεις. Η κατασκευή δεν έχει καταρρεύσει, εντούτοις η πρόσοψη και άλλα τμήματα παρουσιάζουν έντονα προβλήματα αποσάθρωσης και ευστάθειας (Εικόνα 2).

Ο Τάφος των Ανθεμίων (3ος αι. π.Χ.). Πρόκειται για διθάλαμο μνημείο με ιωνική πρόσοψη. Η κύρια πρόσοψη και οι εσωτερικοί τοίχοι καλύπτονται από τοιχογραφίες, τα χρώματα των οποίων βρίσκονται μάλλον σε καλή κατάσταση. Το μνημείο παρουσιάζει σημαντικά στατικά προβλήματα και φαινόμενα αποσάθρωσης (Εικόνα 3). Το άνοιγμα από τον πρώτο στο δεύτερο θάλαμο έκλινε με μία δίφυλλη μαρμαρίνη πόρτα.



ΕΙΚΟΝΑ 1. Περιοχή μελέτης.



ΕΙΚΟΝΑ 2. Τμήμα της πρόσοψης του τάφου της Κρίσεως που παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα.

Ο Τάφος του Λύσωνος και Καλλικλέους (200 π.Χ.). Ο τάφος αυτός αποτελεί ένα σπάνιο δείγμα της ελληνιστικής ταφικής αρχιτεκτονικής. Στους τρεις τοίχους του θαλάμου βρίσκονται 22 θήκες, που περιέχουν την τέφρα των νεκρών. Ο τάφος βρίσκεται ακόμα θαμμένος στο έδαφος και περιέχει σημαντικές τοιχογραφίες (Εικόνα 4).

3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η υπό εξέταση περιοχή των Μακεδονικών τάφων των Λευκαδίων, βρίσκεται, από πλευράς γεωτεκτονικής τοποθέτησης, στις δυτικές παρυφές της ζώνης Αλμωπίας, στην επαφή σχεδόν της ζώνης αυτής με την Πελαγονική ζώνη (Kilias & Mountrakis [3]). Η ευρύτερη περιοχή των τάφων αποτελείται από πρόσφατες αλλουβιακές αποθέσεις, καθώς και Πλειστοκαινικούς κώνους κορημάτων και αναβαθμίδες ποταμοχερσαίων αποθέσεων. Υπάρχουν επίσης παλαιότερες αποθέσεις κροκαλοπαγών Πλειο-Πλειστοκαινικής ηλικίας (IGME [4]).

Το ακριβές πάχος των αποθέσεων αυτών είναι δύσκολο να προσδιοριστεί στην περιοχή, εκτιμάται όμως ότι κυμαίνεται σε 100 μ. περίπου, ενώ ανατολικότερα, στην περιοχή Αγγελοχωρίου-Ζερβοχωρίων, φτάνει τα 200-300 μέτρα. Το όρος Βέρμιο, που βρίσκεται δυτικά των τάφων, αποτελείται από σερπεντινίτες και Ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους.

4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Ο καρστικός ασβεστολιθικός όγκος του Βερμίου που τοποθετείται δυτικά των τάφων θεωρείται ως η πιθανότερη προέλευση της τροφοδοσίας του υδροφόρου ορίζοντα της περιοχής μελέτης (Athanasias & Soulios [5]). Επίσης η σημαντική διαπερατότητα των εδαφικών σχηματισμών της περιοχής συμμετέχει στον εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα.

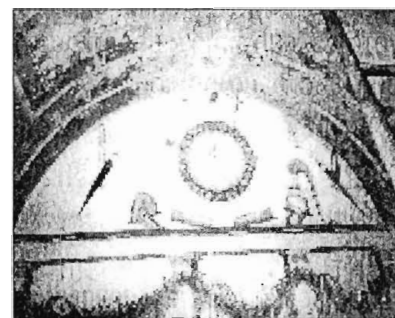
Κατασκευάστηκαν 4 δειγματοληπτικές γεωτρήσεις (G1-G4) των 20 μέτρων βάθος η κάθε μία, με σκοπό τη λιθολογική και γεωτεχνική περιγραφή των πυρήνων των γεωτρήσεων και τη συστηματική παρακολούθηση της στάθμης του υδροφορέα. Οι γεωτρήσεις G1 και G2 τοποθετήθηκαν εκατέρωθεν του Τάφου της Κρίσεως, η G3 στον Τάφο των Ανθεμίων και η G4 στον Τάφο των Λύσωνος και Καλλικλέους. Οι σχετικές περιγραφές δίνονται στα έντυπα καταγραφής των γεωτρήσεων της Εικόνας 5.

Με βάση τα δεδομένα των ερευνητικών γεωτρήσεων που πραγματοποιήθηκαν, οι σχηματισμοί μέσα στους οποίους οι τάφοι είναι θαμμένοι, συνιστώνται από ολοκαινικές αργιλοαμμώδεις αποθέσεις και χαλαρές ποταμοχερσαίες αποθέσεις κροκαλών και κροκαλοπαγών.

Οι εδαφικοί σχηματισμοί που διατρήθηκαν είναι γενικά χαλαροί και αδρόκοκκοι. Παρουσιάζουν διαπερατότητα και ενεργό πορώδες που ποικίλλει ανάλογα με την κοκκομετρική τους διαβάθμιση. Οι τιμές της πυρηνοληψίας και του RQD επίσης διαφέρουν και εξαρτώνται από το μέγεθος των κόκκων και τη συνοχή των εδαφικών υλικών.



ΕΙΚΟΝΑ 3. Εμπρόσθια όψη του τάφου.



ΕΙΚΟΝΑ 4. Λεπτομέρεια της οροφής με εμφανή προβλήματα υγρασίας.

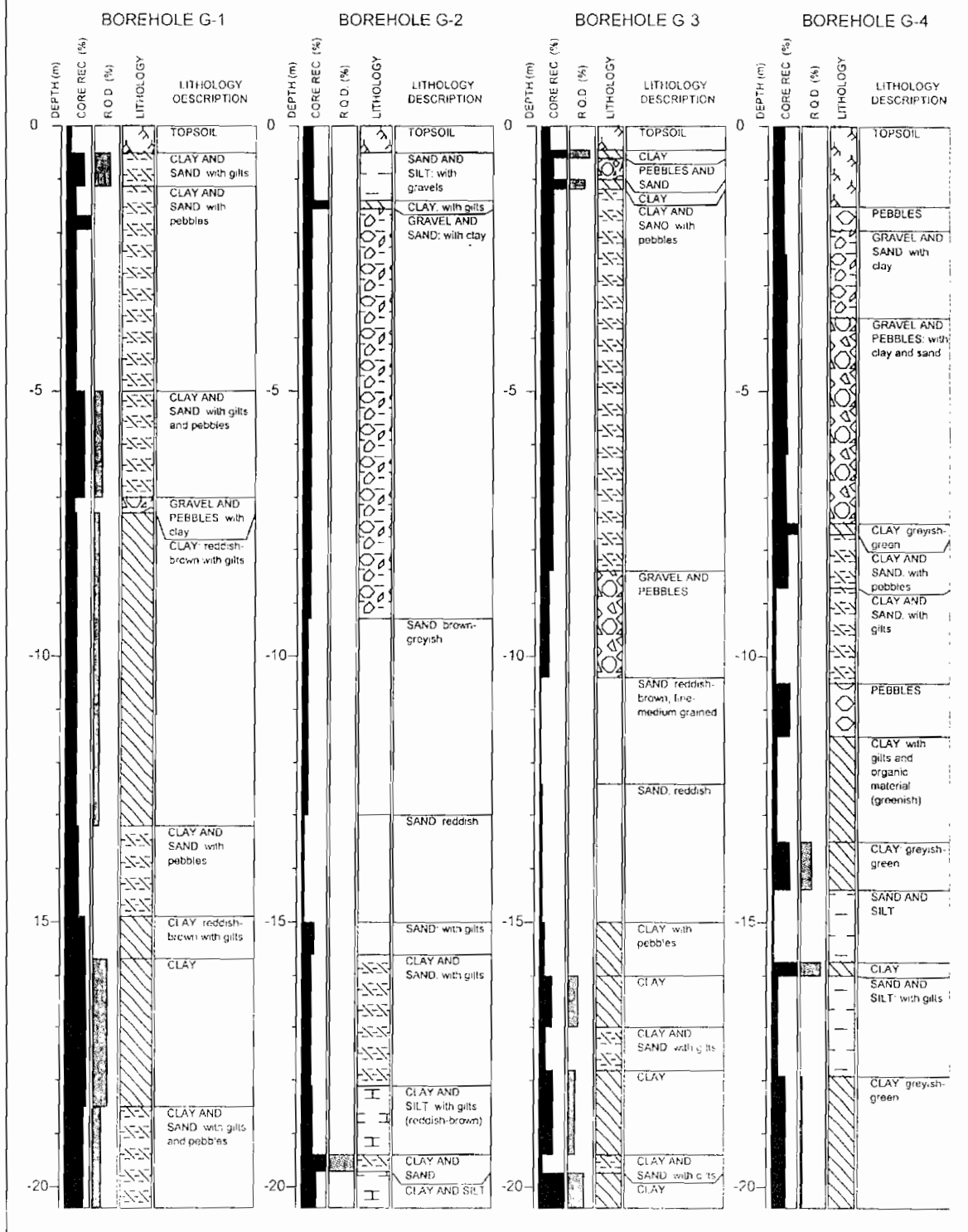
ΕΙΚΟΝΑ 5.

Έντυπα των γεωτρήσεων στις θέσεις των Τάφων (Christaras et al. [6]).

KAPODISTRIAN UNIVERSITY OF ATHENS
ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI
COORDINATORS: Prof. I. Mariolakos, Ass. Prof. B. Christaras

Macedonian Tombs in Lefkadia (County of Imathia)

Borehole descriptions



Έτσι στη γεώτρηση G1 (υψόμετρο: 55.94 μ.), που τοποθετείται στη βόρεια πλευρά του τάφου της Κρίσεως, οι σχηματισμοί που διατρήθηκαν στα πρώτα 7.3 μ. αποτελούνται από εναλλαγές ιλυώδους άμμου με χαλίκια, κροκάλες και λεπτές ενστρώσεις αργίλου. Από τα 7.3 μ. και μέχρι το τέλος της γεώτρησης, οι σχηματισμοί είναι πιο λεπτόκοκκοι και αποτελούνται από καστανέρυθρη άργιλο με ψηφίδες, αργιλώδη άμμο με κροκάλες κατά θέσεις και ιλυώδη άργιλο. Το RQD παίρνει τιμές από 25% μέχρι 65% στα λεπτόκοκκα και συνεκτικά υλικά, ενώ μειώνεται στο 0% στα χαλαρά τμήματα της στήλης. Ο συντελεστής διαπερατότητας παίρνει τιμές από 10^{-1} μέχρι 10^{-4} cm/sec στα πρώτα 7.3 μ., με εξαίρεση τις ενστρώσεις αργίλου και ιλυοαργιλώδους άμμου. Στο υπόλοιπο τμήμα της γεώτρησης η διαπερατότητα των σχηματισμών είναι πολύ μικρή με τιμές 10^{-7} - 10^{-8} cm/sec.

Στη γεώτρηση G2 (νότια πλευρά του τάφου της Κρίσεως, υψόμετρο: 56.10 μ.) η κοκκομετρία των εδαφών δεν είναι ίδια με αυτών της γεώτρησης G1. Σε βάθος 0.5-1.4 μ. βρίσκεται ένα στρώμα ιλυώδους άμμου που υπέρκειται μιας αδιαπέρατης αργιλικής ζώνης πάχους 10 cm. Στη συνέχεια και μέχρι τα 9.3 μ. ακολουθεί μια αδρόκοκκη ζώνη με χαλαρούς σχηματισμούς υψηλής διαπερατότητας ($\sim 10^{-2}$ cm/sec), όπως άμμοι, χαλίκια και κροκάλες. Μία ακόμη διαπερατή ζώνη με ομοιόμορφα αμμώδη εδάφη ακολουθεί μέχρι τα 15.6 μ., ενώ στη συνέχεια και μέχρι το τέλος της γεώτρησης οι σχηματισμοί που συναντώνται είναι πιο λεπτόκοκκοι και συνεκτικοί (ιλυοαργιλώδης άμμος, ιλυώδης άργιλος, άργιλος) και παρουσιάζουν μικρή διαπερατότητα της τάξης του 10^{-6} - 10^{-8} cm/sec.

Στη γεώτρηση G3 (υψόμετρο: 54.11 μ.), που διανοίχθηκε στη δυτική πλευρά του τάφου των Ανθεμίων, που βρίσκεται περίπου 200 μ. ανατολικά του τάφου της Κρίσεως, ένα στρώμα με κροκάλες σε αργιλοαμμώδες υλικό βρίσκεται μεταξύ δύο αδιαπέρατων συνεκτικών αργιλικών ενστρώσεων πάχους 20 cm. Στη συνέχεια και μέχρι τα 15 μ. ακολουθεί μία μεγάλης διαπερατότητας ζώνη που αποτελείται από χαλαρούς και ομοιόμορφους εδαφικούς σχηματισμούς, όπως: άμμος και κροκάλες (1.20-8.40 μ.), χαλίκια και κροκάλες (8.40-10.40 μ.), καστανότεφρη άμμος (10.40-12.40 μ.), ερυθρή άμμος (12.40-15.0 μ.). Κάτω από αυτή τη ζώνη και μέχρι το τέλος της γεώτρησης οι σχηματισμοί που διατρήθηκαν είναι πιο συνεκτικοί και αποτελούνται από εναλλαγές αργιλώδους άμμου με άργιλο. Τα στρώματα αυτά παρουσιάζουν μέση με πολύ μικρή διαπερατότητα (10^{-5} - 10^{-8} cm/sec) και χαμηλές τιμές ενεργού πορώδους.

Η γεώτρηση G4 (υψόμετρο: 63.50 μ.) βρίσκεται δίπλα στον τάφο των Λύσωνος και Καλλικλέους και σε απόσταση περίπου 900 μέτρων δυτικά από τους τάφους της Κρίσεως και των Ανθεμίων. Στα πρώτα 8.70 μ. οι εδαφικοί σχηματισμοί είναι χαλαροί, αδρόκοκκοι και διαπερατοί (10^{-1} - 10^{-2} cm/sec) με υψηλές τιμές ενεργού πορώδους. Πρόκειται για άμμους με κροκάλες που εναλλάσσονται με χαλίκια και κροκάλες. Μεταξύ αυτών παρεμβάλλεται στα 7.50 μ. μία λεπτή ένστρωση τεφροπράσινης αργίλου πάχους 20 cm. Κάτω από αυτή τη διαπερατή ζώνη ακολουθεί μία σειρά αδιαπέρατων στρωμάτων, με τιμές διαπερατότητας που κυμαίνονται από 10^{-5} μέχρι 10^{-8} cm/sec. Οι εδαφικοί σχηματισμοί που διατρήθηκαν είναι αργιλώδης άμμος με ψηφίδες, εναλλαγές συνεκτικής τεφροπράσινης αργίλου με ιλυώδη άμμο και ιλυώδης άργιλος. Εξαίρεση σ' αυτή την αδιαπέρατη ζώνη αποτελεί μία στρώση με κροκάλες που βρίσκεται σε βάθος 10.5 με 11.5 μ.

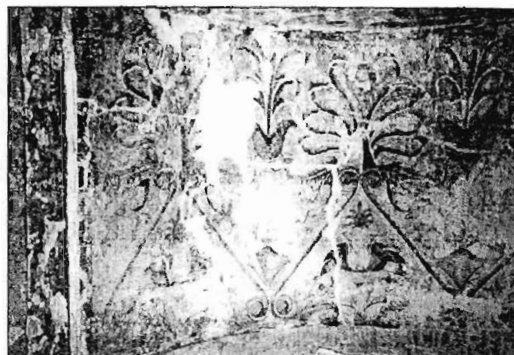
Οι μετρήσεις της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα που γίνονταν κάθε μήνα στις πραγματοποιηθείσες γεωτρήσεις, φέρνει τον υδροφόρο ορίζοντα να βρίσκεται στο βάθος των 7.30-8.26, 7.00-7.95 και 6.97-8.05 μέτρων στην περιοχή των τάφων της Κρίσεως και των Ανθεμίων που βρίσκονται ανατολικά της κεντρικής οδού Βέροιας- Κοπανού (γεωτρήσεις G1, G2 και G3) και στο βάθος των

4.56-4.92 μέτρων στον τάφο των Λύσωνος και Καλλικλέους, δυτικά της ίδιας οδού (γεώτρηση G4). Οι παραπάνω τιμές στάθμης, εκτός του ότι καταδεικνύουν έναν υδροφόρο ορίζοντα αρκετά κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, δηλώνουν και μία ροή του υπόγειου νερού από τα δυτικά, με πιθανότερη προέλευση τον καρστικό ασβεστολιθικό όγκο του Βερμίου. Η υψηλότερη στάθμη στη γεώτρηση G4 σχετίζεται με τη γειτνιάσή της με τον ποταμό Αραπίτσα. Στη γεώτρηση G4 παρατηρείται η μικρότερη μεταβολή της στάθμης στη διάρκεια του χρόνου.

Με βάση τις μετρήσεις στάθμης, το δάπεδο του κάθε τάφου βρίσκεται στην μεν περίπτωση του Τάφου της Κρίσεως σε βάθος 0,5 m πάνω από την επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα, στις δε περιπτώσεις του Τάφου του Ανθεμίωνος και του Τάφου των Λύσωνος και Καλλικλέους εφάπτονται σχεδόν με τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα. Έτσι το νερό κατακλύζει τα δάπεδα των μνημείων δημιουργώντας προβλήματα που σχετίζονται με α) την αποσάθρωση των τοίχων και των τοιχογραφιών (Εικόνα 6) και β) διαφορικές καθιζήσεις και αστάθεια της κατασκευής (Εικόνα 7). Το βάθος του υπόγειου νερού δεν είναι σταθερό κατά τη διάρκεια του έτους. Οι μικρότερες τιμές υδραυλικής κλίσης που υπολογίστηκαν κατά τους θερινούς μήνες οφείλονται στο επιφανειακό νερό που χρησιμοποιείται για την άρδευση των γειτονικών, στις γεωτρήσεις G1, G2 και G3, καλλιέργειών, το οποίο εμπλουτίζει τα υδροφόρα στρώματα ανεβάζοντας τη στάθμη σε μικρότερο βάθος (Εικόνα 8). Γι' αυτό το λόγο το βασικό πρόβλημα της έρευνας αυτής είναι να προταθεί η πλέον ενδεδειγμένη μέθοδος αποστράγγισης των υδάτων από το εσωτερικό των τάφων.

5. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

Από την μελέτη των πυρήνων των γεωτρήσεων (G1, G2, G3 & G4), αποδεικνύεται ότι η υδροφορία στην περιοχή δεν προέρχεται από ένα ενιαίο υδροφόρο στρώμα περιορισμένου πάχους, που ανάλογα και με το βάθος στο οποίο θα βρισκόταν, θα μπορούσε πιθανά να απομονωθεί. Έτσι οι τάφοι δεν είναι δυνατόν να προστατευτούν, αφού ο υδροφόρος ορίζοντας δεν μπορεί να απομονωθεί. Αντίθετα, η υδροφορία της περιοχής οφείλεται σε μια σειρά επάλληλων υδροφόρων στρωμάτων, που συναντώνται σε διάφορα βάθη σε κάθε γεώτρηση (G1: 0.5-1.7 μ., 1.95-3.0 μ., 3.4-7.3 μ.; G2: 0.5-1.4 μ., 1.55-15.6 μ.; G3: 0.6-1.0 μ., 1.2-16 μ., 19.4-19.75 μ.; G4: 1.5-7.5 μ., 7.7-11.5 μ., 14.4-15.75 μ. και 16.0-17.9 μ.)



ΕΙΚΟΝΑ 6 Λεπτομέρειες από τη διακόσμηση της οροφής του προθαλάμου του τάφου των Ανθεμίων με εμφανή προβλήματα υγρασίας.



ΕΙΚΟΝΑ 7 Λεπτομέρεια της πρόσοψης του τάφου της Κρίσεως με ρωγμές λόγω διαφορικής καθίζησης του εδάφους.

Με δεδομένα λοιπόν τα παραπάνω, οι προτεινόμενες λύσεις θα πρέπει να στοχεύουν στην απομόνωση και στεγανοποίηση των ίδιων των τάφων και να επεκτείνονται σε βάθος λίγο μεγαλύτερο από το βάθος του δαπέδου τους.

5.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ

Σύμφωνα με τη λύση αυτή, περιμετρικά και γύρω από κάθε Μακεδονικό Τάφο, θα διανοιχτεί μια αποστραγγιστική τάφρος, με στόχο τη συλλογή των υπογείων υδάτων που προσρέουν στον τάφο και τη μεταφορά τους σε ένα χώρο άντλησης. Από το χώρο αυτό, και με τη βοήθεια αντλητικών μηχανημάτων, τα νερά θα διοχετεύονται στο επιφανειακό υδρογραφικό ή αρδευτικό δίκτυο.

Το βάθος της τάφρου θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1-1.5 μ. μεγαλύτερο από το βάθος στο οποίο βρίσκεται το δάπεδο του τάφου. Το πλάτος του θα είναι 1 μ. περίπου και θα εκτείνεται περιμετρικά γύρω από τον τάφο. Η πλευρά της τάφρου που θα βρίσκεται κοντά στον τάφο, θα πρέπει να καταστεί

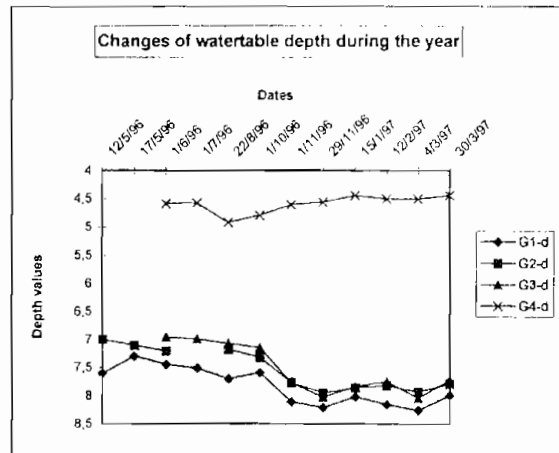
αδιαπέρατη με κάποιο στεγανοποιητικό υλικό (τσιμεντοκονίαμα, γεωύφασμα κ.λπ.), ενώ το εσωτερικό της θα είναι πληρωμένο με ένα υλικό υψηλής διαπερατότητας (αμμοχάλικο). Το δάπεδο της τάφρου θα πρέπει να κατασκευαστεί κεκλιμένο, ώστε να επιτρέπει τη μεταφορά του συλλεγόμενου ύδατος προς το χώρο άντλησης. Η κλίση του θα πρέπει να είναι ανάλογη της ποσότητας του νερού που θα πρέπει να αποστραγγίζεται (εκτιμάται μια κλίση ίση με περίπου 1-3 %). Το υλικό πλήρωσης της τάφρου, λειτουργώντας σαν ένα είδος φίλτρου, θα αυξάνει την ταχύτητα ροής του νερού στο εσωτερικό της και, με τη βοήθεια του κεκλιμένου δαπέδου, θα το οδηγεί προς το χώρο άντλησής του.

Στο χώρο άντλησης του νερού θα εγκατασταθεί αντλητικό συγκρότημα, το οποίο θα τίθεται αυτόματα σε λειτουργία όταν το ύψος της στάθμης του νερού μέσα στην τάφρο ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο επίπεδο ασφαλείας (περίπου 0.5-1 μ. χαμηλότερα από την επιφάνεια του δαπέδου του τάφου). Το νερό, μετά την άντλησή του, θα διοχετεύεται στο επιφανειακό υδρογραφικό ή αρδευτικό δίκτυο.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι οι ελάχιστες εργασίες συντήρησης, οι οποίες ουσιαστικά περιορίζονται στα αντλητικά μηχανήματα, ενώ το υπόλοιπο έργο δεν απαιτεί κανενός είδους συντήρηση μετά την κατασκευή του. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της μεθόδου είναι το μεγάλο κόστος που θα παρουσιάσουν τα έργα εκσκαφής της τάφρου και τα λοιπά χωματουργικά έργα.

5.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΤΑΠΕΙΝΩΣΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ

Σύμφωνα με τη λύση αυτή, περιμετρικά, γύρω από κάθε Μακεδονικό Τάφο, θα διανοιχτεί μια σειρά γεωτρήσεων που θα χρησιμοποιηθούν για την άντληση του υπόγειου νερού, με στόχο την ταπείνωση, τοπικά, της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα. Ο αριθμός και η διάμετρος των γεωτρήσεων θα πρέπει να αντιστοιχούν στην ποσότητα του νερού που θα πρέπει να αντληθεί για να παραμείνει η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα στο επιθυμητό βάθος (περίπου 0.5-1 μ. χαμηλότερα από την επιφάνεια του δαπέδου του τάφου). Η αναγκαία ποσότητα του νερού θα εκτιμηθεί μέσω μιας δοκιμαστικής άντλησης και παρακολούθησης της αντίστοιχης πτώσης στάθμης, από μια



ΕΙΚΟΝΑ 8 Μεταβολή της στάθμης κατά τη διάρκεια του έτους.

γεώτρηση που θα κατασκευαστεί ειδικά για αυτό το σκοπό. Από τις γεωτρήσεις άντλησης τα νερά θα διοχετεύονται στο επιφανειακό υδρογραφικό ή αρδευτικό δίκτυο.

Το δίκτυο των γεωτρήσεων θα πρέπει να είναι πυκνότερο προς τα ανάντη του Μακεδονικού Τάφου και αραιότερο προς τα κατόντη του. Η λειτουργία των γεωτρήσεων θα ξεκινά αυτόματα, όταν η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα υπερβεί το επιθυμητό επίπεδο ασφαλείας. Ο αριθμός των γεωτρήσεων που θα χρειαστούν, ανάλογα και με τις προϋποθέσεις που τέθηκαν παραπάνω, θα εκτιμηθεί μετά την ανόρυξη αρχικώς τουλάχιστον δύο γεωτρήσεων σε έναν από τους τάφους και μετά από λεπτομερή ανάλυση των στοιχείων της δοκιμαστικής άντλησης.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής από οικονομική άποψη, σε σύγκριση με την προηγούμενη, είναι το χαμηλό κόστος που παρουσιάζει η κατασκευή γεωτρήσεων μικρού βάθους (20-30 μ.). Αντίθετα, μειονέκτημα αποτελεί το κόστος συντήρησης. Όμως εάν ληφθεί υπόψη η ευαισθησία του χώρου, αφού αποτελεί το άμεσο περιβάλλον ενός τόσο σημαντικού μνημείου και επομένως κάθε ανθρωπογενή παρέμβαση πρέπει να αποφεύγεται ή να ελαχιστοποιείται, η προτεινόμενη μέθοδος είναι πιο ανώδυνη, πολύ πιο ήπια από την προηγούμενη.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της έρευνας μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω:

1. Οι Μακεδονικοί Τάφοι παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα αποσάθρωσης και καθιζήσεων.
2. Τα προβλήματα σχετίζονται με την παρουσία ενός σημαντικού υδροφόρου ορίζοντα κοντά στο επίπεδο θεμελίωσης των Τάφων. Κατά τη θερινή περίοδο η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα ανέρχεται με αποτέλεσμα το υπόγειο νερό να καλύπτει τα δάπεδα των τάφων (κυρίως του τάφου των Ανθεμίων).
3. Οι εδαφικοί σχηματισμοί, όπου είναι θαμμένοι οι τάφοι, παρουσιάζουν υψηλή διαπερατότητα και αποτελούνται κυρίως από κροκάλες, χάλικες, άμμους, ιλυώδεις και αργιλώδεις άμμους σε εναλλασσόμενες κατά θέσεις με λεπτά στρώματα αργίλου και καστανέρυθρης ιλυώδους αργίλου με ψηφίδες.
4. Δύο μέθοδοι προτείνονται αρχικά για την αποστράγγιση των τάφων. Η πρώτη αναφέρεται στην κατασκευή περιφερειακής τάφρου αποστράγγισης ενώ η δεύτερη στην κατασκευή περιμετρικών γεωτρήσεων ταπείνωσης της στάθμης. Η δεύτερη μέθοδος είναι πιο οικονομική από την πρώτη.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η μελέτη αυτή εκπονήθηκε στα πλαίσια εφαρμοσμένου ερευνητικού προγράμματος με τίτλο "Τεκμηρίωση των αιτιών της υγρασίας στους Μακεδονικούς τάφους στα Λευκάδια Ν. Ημαθίας -No 6253/1-12-95" που χρηματοδοτήθηκε από το Υπουργείο Πολιτισμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Πετσας Φ. (1966). **"Ο Τάφος των Λευκαδίων"**. Αρχαιολογική Εταιρεία, Αθήνα, 179 σελ.
- Αλλαμάνη Β. (1995). **"Η αρχαία Μίεζα. Κοπανός, Λευκάδιο, Νάουσα"**. Νομαρχία Ημαθίας. Δήμος Νάουσας & ΙΖ' ΕΠΚΑ, Θεσσαλονίκη, 24 σελ.
- Kiliyas A. and Moundrakis D. (1989). **"The tectonic Pelagonian nape. Tectonic, Metamorphose and Magmatism"**. Proc. 4th Congr. Geol. Soc. Gr., Bull. Geol. Soc. Gr. XXIII, 1, Athens, pp. 29-46.
- Ι.Γ.Μ.Ε. (1982). **Γεωλογικός χάρτης. Φύλλο Βέροια, 1:50.000**.
- Athanasias S. and Soulios G. (1995). **"Study of the discharge in the karst ground water system of St. Nicolas springs, in Naousa"**. Proc. 3rd Hell. Hydrogeol. Congr., Iraklio, pp. 11-23.
- Christaras B., Mariolakis I., Fountoulis J., Athanasias S. & Dimitriou A. (1997). **"Geotechnical input for the protection of some Macedonian Tombs in Northern Greece"**. Proc. IVth International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, Rhodes, Greece, Vol.1, pp. 125-132.