



ΣΠΟΥΔΗ ΠΑΛΑΙΟΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΑΠΟ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ  
ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΕΩΝ  $U^{234}/Th^{230}$  ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΣΠΗΛΑΙΟΘΕΜΑΤΩΝ\*

Από τον  
ΙΩΑΝ. Γ. ΛΥΡΙΤΖΗ\*\*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διάβρωση των καρστικών υορφών και άκολουθως ή μεταφορά και έναπό-  
θεση των άργιλοϋχων έντός των σπηλαίων σχηματίζει τή στρωματική ξιάτα-  
ξη των σπηλαίων ίζημάτων.

Αναλόγως των έν γένει κλιματολογικών συνθηκών , σ'αυτή τήν διαδικασία  
έναποθέσεως δυνατόν νά λάβει μέρος και πληθώρα κροκαλών, παγοποιημένων  
λίθων, τμήματα σταλαγμιτικών υλικών, παρασιυόμενα από τήν όρμη υδάτων  
ή από καθιζήσεις.

Η Αίολική άμμος (έπενέργεια άνέμων) συμβάλλει επίσης στήν συγκέντρωση  
φερτής άμμου.

Έτσι ίζηματα terra rossa υποδηλοϋν θερμό κλίμα, ένω ίζηματα έναποτι-  
θέμενα κατά λεπτά στρώματα έναλλακτικό κλίμα μέ έντόνους περιόδους  
ψυχροϋ κλίματος και παρουσία παγοποιημένων λίθων, κροκαλών κ.τ.λ. πα-  
ρουσία ψυχροϋ κλίματος.

Μεταξύ των γνωστών μεθόδων πού εφαρμόζονται στή σπουδή του παλαιοκλίμα-  
τος έν γένει είναι και οι μέθοδοι χρονολογήσεως μέ θερμοφωταύγεια, μέ  
τήν ραδιοϊσοτοπική σειρά του οϋρανίου και θορίου, ως και αναλυτικά μέ-  
θοδοι λεπτής τομής, τροχιών σκάσεως, ραδιοχημικής ανάλυσεως σπηλαίων  
ιζημάτων, περίθλασης Ακτίων-Χ, τίς όποίες έχουμε χρησιμοποιήσει σε  
μιά πρώτη συνδυαστική προσπάθεια για τήν άκριβεστέρα χρονολόγηση σπη-  
λαιοθεμάτων, ως και στον χαρακτηρισμό των παλαιοκλιματολογικών συνθηκών  
στίς εύρισκόμενες χρονικές περιόδους.

\* Correlation between  $U^{234}/Th^{230}$  dating and analysis of Speleothems  
to Palaeoclimatic changes

\*\* Y. G. Liritzis, Research Physist in Archaeometry,  
Physics Laboratory II, University of Patras, Greece.

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΠΤΗΣ ΤΟΜΗΣ

Ἡ μικροδομή μερικῶν σταλαγμιτικῶν ὑλικῶν πού ἀναλύθηκαν ἔδειξε ἀγοῦς ρυθμούς ἀναπτύξεως (0.004- 0.006 cm/1000 ἔτη 'καί συχνά ἐνδιάμεσα στάδια συνθηκῶν πού δέν ἐπιτρέπουν τήν κανονική ἀναπτυξήτων.

Τά περισσότερα ἀπό τά ἐξετασθέντα ὑλικά περιεῖχαν ἀρκετά ποσά ἀργιλοῦχων προσμίξεων, καί ἀρκετά ἦσαν πορώδη.

Ἡ περίπλοκη δομή των καί οἱ κλιματολογικές συνθήκες συμπαιρνεύουν ὅτι ἡ δημιουργία τοῦ ἀνθρακικοῦ ἀσβεστίου ἦταν πολύ ἀργή (λεπτά στρώματα τραβερτινῶν ) καί πολλά ἀνεπτύχθησαν ἐμβιθιζόμενα ἐντός ὕδατος ἥδη ῥοή ὕδατος δέν ἐπέτρεπε τήν ταχεῖα των ἀνάπτυξη.

Αὐτά τά ἀποτελέσματα ἐναρμονίζονται μέ τήν χρονολόγηση τέτοιων λεπτῶν στρωμάτων τραβερτινῶν.

## ΡΑΔΙΟΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΠΗΛΑΙΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

Ἡ ἐναπόθεση διαφορετικῶν ἀργιλοῦχων οὐσιῶν ἐντός τῶν σπηλαίων λόγω τῶν ἐκάστοτε κλιματολογικῶν συνθηκῶν δύναται νά πιστοποιηθεῖ μέ τήν ραδιοχημική ἀνάλυση δειγμάτων ἀπό ἰζήματα διαφόρων θέσεων ἐντός τοῦ σπηλαίου καί εὔρεση τῶν διαφόρων ραδιοϊσοτοπικῶν λόγων τοῦ οὐρανίου καί θορίου καί σύγκριση μέ τούς ἀντίστοιχους λόγους τῶν κοινῶν πηλῶν.

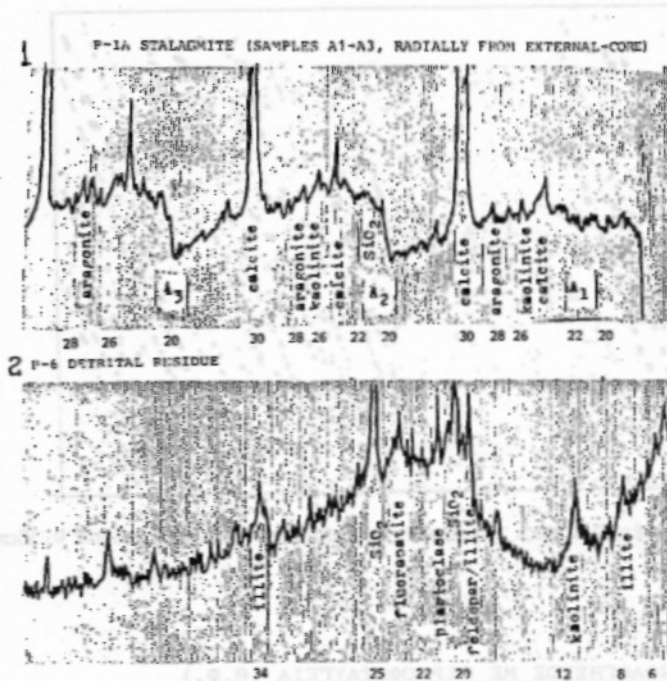
Ἡ ἀνάλυση ἔδειξε μεταβολές τοῦ οὐρανίου ἀπό 2-4 ppm καί τοῦ θορίου ἀπό 7-40 ppm.

Οἱ λόγοι Th/U κυμάνθηκαν μεταξύ 1-4.6 καί οἱ  $Th^{230}/Th^{232}$  ἀπό 0.9-2.0.

Οἱ λόγοι  $U^{234}/U^{238}$  ἔδωσαν μέση τιμή διακυμάνσεως  $1.12 \pm 0.12 (\pm 20\%)$ .

Πράγματι ἡ παρουσία ὕδατος καί ὁ ἐκάστοτε βαθμός διαβρώσεως τῶν καρστικῶν μορφῶν τοῦ περιβάλλοντος τοῦ σπηλαίου εἶναι συνάρτηση τῶν κλιματολογικῶν σταδίων παγετώδους-Μεσοπαγετώδους.

Ἡ μή σταθερότης τῶν ραδιοϊσοτοπικῶν λόγων σ' ἓνα ὁμοίομορφα σχετικά καρστικό περιβάλλον δηλοῖ διαφορετικές ἐκάστοτε παλαιοκλιματολογικές συνθήκες.



Ἡ λόγω διαβρώσεως παρουσία ἰχνῶν προσμίξεων πηλοῦ (ἀργιλοῦχων ἰζημάτων) στὰ στάλαγματικά ὕλικά, ὅπως ἐντοπίσθηκε μὲ ἀνάλυση λεπτῆς τομῆς, ἔχει εὐρεθεῖ ποσοτικῶς μὲ τὴν μέθοδο περιθλάσεως Ἀκτίνων -X. Εἰκ. 2

Εἰκ. 1 : Στάλαγματις P-1A. Ἀνάλυση μὲ Ἀκτίνες-X τριῶν δειγμάτων A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> κατὰ μῆκος ἐγκρισίας τομῆς τοῦ στάλαγματι.

Εἰκ. 2 : Ἀνάλυση μὲ Ἀκτίνες-X δείγματος ἰζήματος.

Μὲ τὴν ἴδια μέθοδο ἔχουν ἐντοπισθεῖ σὲ στάλαγματι ἰχνη φαινομένου ἀνακρυσταλλώσεως. Εἰκ. 1.

#### ΤΡΟΧΙΕΣ ΣΧΑΣΕΩΣ

Δώδεκα στάλαγματικά ὕλικά ἔχουν ἀναλυθεῖ μὲ τὴ μέθοδο τροχιῶν Σχάσεως. Οἱ ἀναλύσεις ἐκτελέσθησαν στὸν Πυρηνικό Ἀντιδραστήρα τοῦ East Kilbride. Τὸ πλαστικό ὕλικό γιὰ τὴν ἀνίχνευση τῶν τροχιῶν ἦταν τὸ πολυκαρβονικό Makrolon.

Ἡ ροὴ νετρονίων ἦταν  $10^{11}$  νετρόνια /cm<sup>2</sup>/sec.

Ἡ ραδιοχημικὴ ἀνάλυση ἰζημάτων, ὑποστηρίζεται ἐν μέρει ἀπὸ τὴν ἀνομοιομορφὴ μικροκατανομὴ οὐρανίου (φαινόμενο ζώνης) ἐντὸς τοῦ ἴδιου στάλαγματικοῦ στρώματος καὶ σὲ ἐπιφάνεια 0.58cm<sup>2</sup>. Εἰκ. 3



Είκ. 3 : Τροχιές Σχίσσεως. Δείγμα P-7-3 τραβεστίνη. Έπιφάνεια:  $0.58\text{cm}^2$ .

#### ΜΕΘΟΔΟΣ ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΕΩΣ ΜΕ ΘΕΡΜΟΦΩΤΑΥΓΕΙΑ (Θ.Φ.)

Ἡ θερμοφωταύγεια δύναται νά χρησιμοποιηθεῖ σάν ἀναλυτική καί σάν χρονολογική μέθοδος.

Σάν ἀναλυτική χρησιμοποιεῖται ἡ παραμένουσα ΘΦ ἐπί ἀσβεστούχων ὑλικῶν κατά μήκος τῆς εἰσόδου στό σπήλαιο ὁπότε δύναται νά εὑρεθοῦν οἱ θερμοκρασιακές διαφορές πού ἐξηγοῦν τήν κατάσταση τοῦ περιβάλλοντος (χώρου τοῦ σπηλαίου) ὅσον ἀφορᾷ τήν διάρκεια οἰκήσεως τοῦ σπηλαίου ἢ τοῦ χρόνου πού κλείσθηκε ἡ εἰσόδός της. Wakefield et.al. 1965.

Σάν χρονολογική μέθοδος ἐφαρμόζεται στά ἰζήματα μιᾶς τὸμης, ἐφ' ὅσον τά στρώματα αὐτά εἶναι φερτά ἀπό τόν ἐξωτερικό χώρο τοῦ σπηλαίου. Τότε ἡ παραμονή τῶν ἔξω τοῦ σπηλαίου καί ἡ ἐκθεσὴ των στό ἡλιακό φῶς ἔχει ἐξαφανίσει κάθε ἶχνος συσσωρευθεῖσης Γεωλογικῆς ΘΦ καί ὁ χρόνος εἰσόδου των στό σπήλαιο θεωρεῖται ὡς χρόνος μηδέν.

Ἡ συσσωρευθεῖσα ΘΦ ἀπό τό χρόνο μηδέν καί ἔπειτα μετᾷ τό χρόνο παραμονῆς τοῦ στρώματος στό σπήλαιο.

Σέ ἶχνη φωτιᾶς ἀπό τό σπήλαιο τῶν Πετραλώνων ἀπό τό 11ον στῶμα τομῆς,

Έχει εφαρμοσθεί η μέθοδος  $\Theta\Theta$  με σκοπό την χρονολογήση των.

Η ληφθείσα ηλικία των =700,000 (με μεγάλο σφάλμα  $\pm 50\%$ ),

έν τούτοις δέν αντιπροσωπεύει την ηλικία της "φωτιάς" επειδή η θερμοκρασία πυρώσεών του δέν ήταν μεγαλύτερη των  $250^{\circ}\text{C}$ , και άφ'έτερου δέν γνωρίζουμε εάν τό δείγμα αυτό ή τό στρώμα στό όποιο άνηκε ήταν αυτόχθον ή έτερόχθον του σπηλαίου Liritzis, (1980).

#### ΜΕΘΟΔΟΣ ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΕΩΣ $U^{234}/Th^{230}$ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΠΑΛΑΙΟΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ:

##### ΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ:

Η χρησιμοποιηθείσα μέθοδος του  $U^{234}/Th^{230}$  βασίζεται στό γεγονός ότι στην αρχή της έναποθέσεως του άνθρακικού άσβεστίου δέν ύπάρχει θόριο άλλα μόνο ούράνιο. Τό θόριο σχηματίζεται άκολούθως διά της ραδιενεργού διασπάσεως του  $U^{238}$  σε  $U^{234}$  και τουτο σε  $Th^{230}$ .

Μέτρηση του λόγου  $Th^{230}/U^{234}$  είναι μέτρο της ηλικίας του μετρηθέντος ύλικου από τότε πού σχηματίσθηκε.

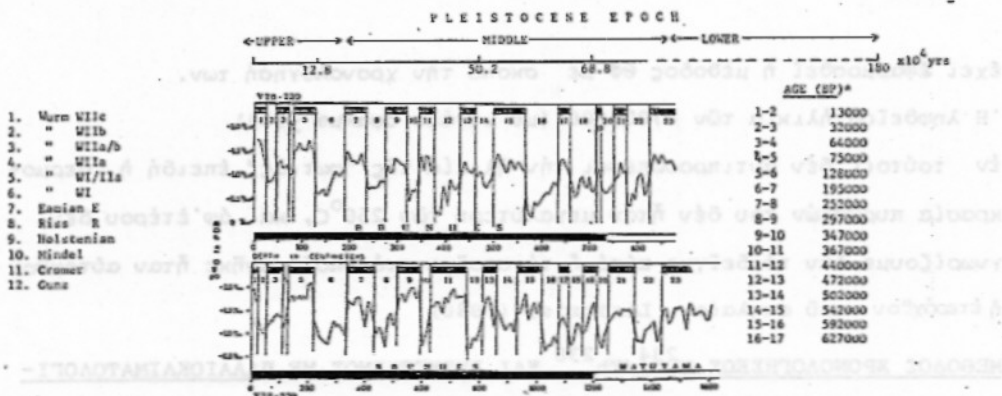
Η παρουσία ίχνών άργιλούχων προσμίξεων δίδει έσφαλμένα άποτελέσματα χρονολογήσεων, άλλα η εφαρμογή έπινοηθείσης μεθόδου διορθώσεις έπιτρέπει στόν άσφαλέστερο καθορισμό της ηλικίας των (Liritzis, 1979).

Οί λαμβανόμενες ηλικίες σταλαγμιτών και τραβερτινών από τό σπήλαιο των πετραλώνων (Liritzis 1979,1980), μπορούν νά συσχετισθούν με συγκεκριμένα παλαιοκλιματολογικά χαρακτηριστικά.

Οί χρονολογήσεις των 75 Ka (1Ka=1000 έτη), 150Ka, 170Ka, 200Ka, 250Ka, 450Ka και 600Ka, άναγνωρίζονται με τά ίσοτοπικά στάδια ή έποχές των Schackleton και Opdyke (1976). Εικόνα 4.

Στήν Μεσόγειο, οί σταλαγμίτες και ροόπετρες, άναγνωρίζονται με ύγρές συνθήκες κατά την διάρκεια μεσοπαγετωδών περιόδων, ένώ η παρουσία κροκαλών και παγοποιημένων λίθων (Breccia) με ψυχρές περιόδους. Sweeting (1972).

Άν και η παρουσία τέτοιων καταστάσεων στην στρωματογραφία ίζημάτων είναι δύσκολο νά έρμηνευθεί από άνάλογες κλιματολογικές συνθήκες, έν τούτοις



Είκ. 4 : Ισοτοπική ανάλυση οξυγόνου και παλαιομαγνητισμός από ωκεανικά ίζηματα για όλη την πλειστόκαινο εποχή. Άριστερά αναφέρονται τὰ ισοτοπικά στάδια και δεξιά οι αντίστοιχες ηλικίες (Schackleton and Opdyke 1976).

έν τούτοις ένας παραλληλισμός τους δέν πρέπει νά αποκλεισθεί.

Έτσι η ηλικία τών 75Ka αντιστοιχεί, μέ τό ισοτοπικό στάδιο 4-5 ή τήν Würm I/IIa εποχή.

Η παρουσία κρκαλών και παγωποιημένων λίθων στην τομή μέ τήν ψυχρή περίοδο Mindel δηλ. ισοτοπικό στάδιο 10 ή 347-367 Ka.

Μιά Γεωχημική διαταραχή στό κατώτερο τμήμα έπιφανειακού τραβερτίνη επί της τομής και άλλη μιά στόν τραβερτίνη σέ βάθος 1.8m στην τομή, συμπίπτουν μέ τὰ μεταβατικά στάδια από τήν Holstenian πρós Riss δηλ. 297Ka και Cromer πρós Mindel δηλ. 397Ka της μεσοπαγετώδους και παγετώδους περιόδου αντίστοιχως.

Επίσης μία παύσις σταλαγμιτικής έναποθέσεως παρατηρήθη κατά τήν περίοδο 350-200Ka πού σχετίζεται μέ τήν μεγάλη παγετώδη περίοδο Riss (Saale) δηλ. 251-297Ka.

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η εφαρμογή πολλών αναλυτικών μεθόδων ήτοι της λεπτής τομής, τροχιών σχάσεων, ραδιοχημικής ανάλυσεως ίζημάτων ως και τών μεθόδων χρονολόγησης μέ  $U^{234}/Th^{230}$  και θερμοφωταύγεια πάνω σέ σπηλαιοθέματα, μπορούν νά μελετήσουν τό παλαιοκλίμα μιάς περιοχής.

Η παρούσα μελέτη προσφέρει σέ πρώτη προσπάθεια ένδεικτικές λύσεις στην επίτευξη αυτού του σκοπού.



Ο συνδυασμός αυτών των μεθόδων σε μιά πιο λεπτομερή μελέτη του παλαιού κλίματος στην Ελληνική χερσόνησο για την τεταρτογενή εποχή αναπτύσσεται από το Έργαστήριο Φυσικής Β' του Παν/μίου Πατρών.

#### SUMMARY

The formation of speleothems e.g. stalagmites, stalactites, travertines, cave sediments is related to the paleoclimate. Therefore sediments, varved clays are related to alterations of weather, with more decalcified clay deposited during cold periods. By contrast, terra rossa is regarded as an indicator of former warmer conditions.

Similar indications can be noticed in interstratified travertine samples.

Amongst the well known techniques to study paleoclimatic changes are oxygen isotope analysis, carbon isotope analysis, paleomagnetic evidence,  $U^{234}/Th^{230}$  dating method, remnant Thermoluminescence.

Some Thin Section, Radiochemical analysis of cave sediments, Fission Track, and X-Ray Diffraction of several speleothems, from Petralona cave, Chalkidiki Peninsula Greece, have been applied.

A correlation is also observed between the radiometric data from stalagmites and travertines employing the method of  $U^{234}/Th^{230}$  with certain climatic features.

Thus the dates are identified with isotopic stages of Glacial/interglacial periods.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Liritzis, Y., (1979) Thermoluminescence and  $U^{234}/Th^{230}$  Dating investigation of Hellenic Artefacts. Ph.D. Thesis Edinburgh Univ.
2. Wakefield, D., Zeller, E.J., Turner, M.D., Vaz, J.E., (1965) Paleotemperatures and chronology at Archaeological Cave Site Revealed by Thermoluminescence. Science. Vol. 150, 480-481.
3. Sweeting (1972). Karst Landforms. London.
4. Schackleton, J.N., Opdyke, N.D., (1976). Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of pacific core C 28-239. Late Pliocene to Latest Pleistocene. Geol. Soc. America. Memoir, 145, p.449-464.
5. Liritzis, Y., (1980)  $Th^{230}/U^{234}$  Dating of Speleothems in Petralona, "Ανθρωπος, Τόμος 7, σελ. 215-241.

Συνεδρία της 12/12/1981

**Απάντηση:** Στη γενόμενη ερώτηση κατά πόσο οι αναφερόμενες χρονολογήσεις συσχετίζονται με την ηλικία του κρανίου των Πετραλώνων έχω να πω τα εξής:

Οι λαμβανόμενες ηλικίες από τον τραβερτίνη του Μαυσωλείου κυμάνθησαν μεταξύ 75.000 έως 250.000 χρόνια για το επιφανειακό στρώμα (χρώματος καφετί). Αυτές οι ηλικίες είναι οι διορθωμένες τιμές, κατόπιν μιας τεχνικής διορθώσεως που έπινοήθηκε από τον υποφαινόμενο.

Αυτό το επιφανειακό στρώμα, στο μεταξύ, κάλυπτε το κρανίο, όπως αποδεικνύεται από φωτογραφίες του κρανίου, όταν πρωτοβρέθηκε και από ίχνοστοιχειακή ανάλυση (ανάλυση με νετρόνια) της σταλαγμιτικής επιστρώσεως του κρανίου και του επιφανειακού στρώματος του Μαυσωλείου (HENNING et.al., 1981, Nature, Αύγουστος)

Άρα μπορώ να πω, ότι έμμεσα, η ηλικία του κρανίου είναι μεγαλύτερη ή ίση των 250.000 χρόνων. Το λευκό υπόστρωμα (κρέμ-λευκό) κάτω από τον επιφανειακό τραβερτίνη του Μαυσωλείου έδωσε ηλικίες που έπεκτείνονται από 250.000 έως τουλάχιστον 600.000 χρ.

Ός έκ τούτου έάν λευκό στρώμα σταλαγμίτου βρίσκεται μεταξύ της κάψας του κρανίου και του καφετί τραβερτίνη, η ηλικία του κρανίου είναι θετικά μεγαλύτερη των 250.000 χρόνων. Έδώ θά πρέ-



πει νά αναφερθεῖ ὁ χρόνος ἐκθετου παραμονῆς τοῦ κρανίου πρὶν γίνεῖ ἐπικάλυψη μὲ σταλαγμίτη. Τά ἀποτελέσματα αὐτά ἔχουν ἐπιβεβαιωθεῖ πρόσφατα ἀπὸ τοὺς HENNING et.al. 1981.

Ἀπάντηση: Στὴ γενόμενη ἐρώτηση τοῦ καθ.κ.Γ.Μαρίνου, ὅτι τὰ σπηλαιοθέματα δὲν ἀντιστοιχοῦν σὲ παλαιοκλιματολογικὲς μεταβολές πού γίνονται στὸ ἐξωτερικὸ περιβάλλον τοῦ σπηλαίου ὅπως π.χ. στά ὠκεανικὰ ἰζημάτα, ἐπειδὴ ἡ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας πού προσδιορίζεται μὲ ἰσοπικὴ ἀνάλυση ὀξυγόνου μέσα στὸ σπηλαιο δὲν μεταβάλλεται πολὺ, θάθελα νά πῶ ὅτι: Σέ παγκόσμια κλίμακα οἱ ἐναποθέσεις ἰζημάτων ἢ ἀνθρακικοῦ ἀσβεστίου (σπηλαιοθέματα) ἔχουν εὐρέως χρησιμοποιηθεῖ ἀπὸ ἐπιστήμονες ὥστε νά χαρακτηρίσουν θερμές-ψυχρές καὶ ὑγρές κλιματολογικὲς φάσεις στὴν τεταρτογενὴ περίοδο. Ἀναλυτικὰ, οἱ ἐναποθέσεις τραβερτινῶν καὶ σταλαγμιτῶν προσφέρονται σάν καταγραφικὸ μέσο τῆς θερμοκρασίας τοῦ σπηλαίου, διὰ μετρήσεως τῆς ἰσοτοπικῆς συνθέσεως τοῦ ὀξυγόνου των. Ἡ θερμοκρασία αὐτὴ μέσα στὸ σπηλαιο ἐλέγχεται, κυρίως, ἀπὸ τὴν κίνηση τοῦ ἀέρα μέσω τοῦ σπηλαίου καὶ ἀπὸ τὴν ἐξάτμιση καὶ συμπύκνωση (κρυστάλλωση) τοῦ νεροῦ.

Ὅταν ἡ μεταφορὰ τοῦ ἀέρα καὶ τοῦ νεροῦ εἶναι ἀργή, τότε ἐπιτυγχάνεται μιὰ θερμικὴ ἰσορροπία μὲ τὸ ἀσβεστολιθικὸ ὑπέδαφος, καὶ ἡ θερμοκρασία τοῦ σπηλαίου εἶναι περίπου ἴση μὲ τὴν μέση ἐτήσια ἐπιφανειακὴ θερμοκρασία ἀέρος (τοῦ περιβάλλοντος). Σέ σπηλαιοθέματα ἀπὸ διάφορα μέρη τῆς Γῆς ἔχουν μετρηθεῖ, οἱ ἰσοτοπικὲς συνθέσεις ὀξυγόνου ( $\delta^{12}\text{O}$ ), ὑγρῶν ἐγκλεισμάτων σὲ σταλαγμίτες (fluid inclusions, διὰ μετρήσεως τοῦ λόγου Δευτερίου/ Ὑδρογόνου), καθὼς καὶ ἀνθρακος ( $\delta^{13}\text{C}$ ), δίνοντας στά ἀποτελέσματα παγκόσμια κλίμακα ἐφαρμογῆς. Τά παλαιοκλιματολογικὰ αὐτὰ ἀποτελέσματα ἀπὸ σπηλαιοθέματα, συμφωνοῦν μὲ ἐκεῖνα τῶν ὠκεανικῶν ἰζημάτων (σὲ Foraminifera), δειγμάτων ἀπὸ Γεωτρήσεις πάγου (deep ice-core) ἀπὸ τὴν Γροιλανδία καὶ Ἀνταρκτικὴ, ὡς ἐπίσης καὶ ἀπὸ τίς μεταβολές εὐστατικῆς στάθμης τῆς θάλασσης. Thompson et.al. (1979) Geol.Soc.Am.Bull. 87, 1730-1732, Hendy (1969) Ph.D. Thesis, Victoria Univ., Zealand, Hendy et.al. (1963) Nature, 216, 48-51, Schwarch et.al. (1976) Geochim. et Cosmochim. Acta, Dansgaard et.al. (1973) Medd. Gronland, 197 2, 53, Emiliani Schackleton (1973) Science, 183, 511-514.