

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 23ΗΣ ΜΑΪΟΥ 1991

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΙΩΑΝΝΟΥ ΤΟΥΜΠΙΑ

ΓΕΩΛΟΓΙΑ.— Συμβολή έλληνικων παρατηρήσεων στη γνώση των αιτίων, τὰ ὁποῖα προκάλεσαν τὴν ὁμαδικὴ ἐξαφάνιση εἰδῶν κατὰ τὸ τέλος τῆς κρητιδικῆς περιόδου, ὑπὸ Δημ. Α. Κισκύρα*, διὰ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Λουκᾶ Μουσούλου.

Α. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ἐνα ἀπὸ τὰ προβλήματα, τὰ ὁποῖα ἀπασχολοῦν τοὺς γεωλόγους ἀπὸ τὸν περασμένο αἰῶνα, εἶναι καὶ ἡ ἀπότομη ἐξαφάνιση τῶν δεινοσαύρων κατὰ τὸ τέλος τοῦ Κρητιδικοῦ. Ἡ πρώτη ἐξήγηση, ἡ ὁποία δόθηκε, ἦταν ὅτι τὰ ζῶα αὐτὰ δὲν μπόρεσαν νὰ ἀνταπεξέλθουν στὶς δυσμενεῖς συνθῆκες, ποὺ δημιουργήθηκαν ἐκεῖνη τὴν ἐποχὴ πάνω στὴ γῆ, λόγω τοῦ ὅτι εἶχαν μικρὸ ἐγκέφαλο σὲ σχέση μὲ τὸ σωματικὸ τους μέγεθος. Ἐξάλλου εἶχαν σοβαροὺς ἐχθροὺς τὰ τότε ἀναπτυσσόμενα θηλαστικά, τὰ ὁποῖα τοὺς ἔτρωγαν τὰ αὐγά, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ μειώνεται σημαντικὰ ὁ ἀριθμὸς τῶν δεινοσαύρων (Lanworn 1972). Ἀργότερα, ὅταν διαπιστώθηκε ὅτι κατὰ τὸ τέλος τοῦ Κρητιδικοῦ ἐξαφανίσθηκαν καὶ ἄλλα εἶδη, ἰδιαίτερα θαλάσσια, ὅπως ἀμμωνίτες, ρουδιστές καὶ πολλὰ τρηματοφόρα, ἡ ἐξαφάνιση αὐτῶν ἀποδόθηκε σὲ κλιματολογικὲς ἀλλαγές. Ἔτσι ὁ de Lapparant (1919) ἐξήγησε τὴν ἐξαφάνιση τοῦ γένους Globotruncana ἀπὸ τὰ Πυρηναῖα στὸ τέλος τοῦ Κρητιδικοῦ μὲ τὴν ὑπόθεση εἰσροῆς ψυχρῶν νερῶν ἀπὸ τὸν Ἀτλαντικὸ Ὠκεανὸ στὴ θερμὴ θάλασσα τῆς Μεσογείου. Τὴν ἐξήγηση αὐτὴ δέχτηκε καὶ ὁ Kiskyras (1941) γιὰ τὴν ἐξαφάνιση τῆς Globotruncana ἀπὸ τὴν Ἑλλάδα τὴν ἴδια περίοδο μὲ τὴν προσθήκη ὅμως ὅτι ἡ ἐξαφάνιση αὐτὴ στὴ χώρα μας

* DEM. A. KISKYRAS, A contribution of Greek remarks to the knowledge of the causes for the mass species extinction at the end of the Cretaceous Period.

συνοδεύονται με λιθολογική αλλαγή στην ιζηματογένεση, ή οποία συνίσταται στη μείωση της περιεκτικότητας των ασβεστολίθων σε CaCO_3 με αντίστοιχη αύξηση σε Al_2O_3 , SiO_2 και Fe_2O_3 .

Μεταπολεμικά διατυπώθηκαν πολλές υποθέσεις για την ομαδική εξάφanie ζωικών οργανισμών κατά το τέλος του Κρητιδικού, εκείνη όμως, ή οποία είχε τη μεγαλύτερη απήχηση στον επιστημονικό κόσμο, αφού έδωσε αφορμή να παρουσιασθούν πάνω από 2000 σχετικές μελέτες στα 8 χρόνια, που πέρασαν από τη δημοσίευσή της, είναι ή αναφερόμενη σε πρόσκρουση της γής με άστεροειδή (Alvarez et al. 1980) ό οποίος είχε διάμετρο 10 Km, ταχύτητα 20 km/s και κινητική ενέργεια 10^8 μεγάρων TNT. Κατά τη σύγκρουση αυτή κονιορτοποιήθηκε ό άστεροειδής και ή σκόνη του εκάλυψε τόν ήλιο για πολλούς μήνες, έμποδίζοντας έτσι από τη μια μεριά τη φωτοσύνθεση και από την άλλη τη θέρμανση της γής με την ήλιακή ακτινοβολία. Τό αποτέλεσμα αυτόν ήταν να σταματήσει ή νέα βλάστηση, που σημαίνει μείωση της τροφής για τούς χορτοφάγους δεινόσαυρους και σημαντική πτώση της θερμοκρασίας, ιδιαίτερα σε περιοχές μακριά από τη θάλασσα, που θά προκάλεσε τό θάνατο σε πολλά άτομα. Η καταστροφή της φυτείας θά ολοκληρώθηκε με τις φωτιές και την όξινη βροχή, που δημιουργήθηκαν από τις χημικές αντιδράσεις του άζώτου στην ατμόσφαιρα. Όπως είναι φυσικό, περισσότερο από έλλειψη τροφής θά υπέφεραν τά μεγαλόσωμα ζώα, που χρειάζονταν μεγαλύτερες ποσότητες χόρτων. Ό Russel (βλ. Alvarez et al. 1980, σ. 1106) αναφέρει ότι σπονδυλωτά βαρύτερα από 25 kg δέν μπόρεσαν να επιζήσουν την περίοδο αυτή των μεγάλων εξάφανίσεων. Αντίθετα, πολλά μικρά, μεταξύ των όποιων και πρωτόγονα θηλαστικά, κατάφεραν να επιζήσουν τρώγοντας έντομα και καμένα χόρτα.

Αφορμή για τη διατύπωση της θεωρίας αυτής έδωσε ή ανεύρεση ενός άργιλικού στρώματος με πάχος 1cm στα όρια ήωκαινικών ασβεστολίθων, που περιέχουν τό απόλιθωμα *Globigerina eugubina* με υποκείμενους άνωκρητιδικούς, πλούσιους σε τηματοφόρα *Globotruncana contusa* στη θέση Petriccio κοντά στη μεσαιωνική πόλη Gubbio της Βορ. Ίταλίας. Τό στρώμα αυτό παρουσιάζει αύξημένη περιεκτικότητα σε ίρίδιο, ή οποία σε μέση τιμή φθάνει $63 \cdot 10^{-9}$ g.Ir/cm² και θεωρήθηκε σάν έξωγήνο προϊόν, διότι στους κρητιδικούς ασβεστόλιθους ή περιεκτικότητα σε ίρίδιο είναι τουλάχιστον 1000 φορές μικρότερη. Με βάση ότι παρόμοιο στρώμα θά παρουσιάζεται σε όλη την επιφάνεια της γής E (όπου $E=510 \cdot 10^6 \text{ Km}^2$), έφόσον ή παρουσία τέτοιου στρώματος διαπιστώθηκε σε 57 διαφορετικές θέσεις πάνω στη γή, υπολογίστηκε τό ίρίδιο, που περιέχεται συνολικά στο άργιλούχο αυτό στρώμα, τό όποιο έχει περιεκτικότητα $63 \cdot 10^{-9}$ g άνά 1cm³, σε $(510 \cdot 10^6 \cdot 10^{10} \text{ cm}^2 \cdot 63 \cdot 10^{-9} \text{ g} = 321 \cdot 10^{10} \text{ g})$ 321.000 τόννους ίρίδιο και άν ό μετεωρίτης, που υποτίθεται ότι συγκρούστηκε με τη γή,

περιείχε 0,5p.p.m. ιρίδιο, τότε το ούράνιο αυτό σώμα θα είχε όγκο $6,4 \cdot 10^{11} \text{ cm}^3$ ($V = 3,21 \cdot 10^5 / 0,5 \cdot 10^{-6}$). Στην περίπτωση σφαιρικού ούρανιου σώματος ($V = 4/3 \pi a^3 = 4,186a^3$) αυτό θα είχε ακτίνα περίπου 5000 m.

Στή μελέτη αυτή θα εξετασθούν: 1ον αν η αναφερθείσα υπόθεση που είναι γνωστή και ως θεωρία Alvarez, δηλ. με το όνομα του κύριου ιδρυτή της, το όποιο δόθηκε προς τιμήν του το 1988 (Eos Δεκ. 1988 σ. 1988) σε άστεροειδή που, ανακαλύφθηκε από τον Shoemaker (Αστεροσκοπείο Palomar) εύσταθεϊ από γεωλογική άποψη. Το ίδιο θα γίνει και για τις άλλες αστρονομικές υποθέσεις και 2ον κατά πόσον τα έλληνικά δεδομένα μπορούν να συμβάλουν στη γνώση των αιτίων, τα όποια προκάλεσαν κατά το τέλος της Κρητιδικής περιόδου, δηλ. πριν 65 περίπου εκατομμύρια χρόνια, την όμαδική εξαφάνιση ζωικών οργανισμών.

B. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΦΑΝΙΣΗ ΕΙΔΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΗΣ ΚΡΗΤΙΔΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ

Οί γεωγραφικές και κλιματολογικές υποθέσεις για την εξαφάνιση πολλών ειδών κατά το τέλος του Κρητιδικού μειονεκτούν από δυναμική άποψη έναντι των αστρονομικών, διότι αναφέρονται σε φαινόμενα με τοπικό χαρακτήρα, όπως είναι οί θαλάσσιες επικλύσεις και αποχωρήσεις και οί άλλες κλίματος προς το ψυχρότερο. Άλλα και στην περίπτωση κλιματολογικών φαινομένων με ευρύτερη έκταση δεν προκαλούνται όμαδικές εξαφανίσεις ζωικών οργανισμών, αν κρίνουμε από τα αποτελέσματα της παγετώδους περιόδου στο Πλειστόκαινο. Αντίθετα, οί αστρονομικές υποθέσεις, επειδή αναφέρονται σε εξωγήινα φαινόμενα, έχουν ευρύτερο χαρακτήρα. Έτσι, μιá πρόσκρουση τής γής σε μεγάλο μετεωρίτη (άστεροειδή), με αποτέλεσμα την κονιορτοποίηση του ούρανιου αυτού σώματος, ασφαλώς θα είχε επίδραση πάνω σε όλη τη γή, ανεξάρτητα του αν σχηματίσθηκε ή όχι άργιλοϋχο στρώμα στη γήινη επιφάνεια, πλουσιότατο σε ιρίδιο. Όπως υποστηρίζουν οί Wolbach et al. (1988) πολλές καταστροφές πάνω στη γή θα προξένησαν ή ύψηλή θερμοκρασία, που θα κατέκαψε όργανικά όντα και οί υπερβολικά ισχυρότατοι άνεμοι, που θα δημιουργήθηκαν κατά την πρόσκρουση αυτήν. Τουτό συνάγεται από την άνεύρεση και ενός άλλου στρωματογραφικού όρίζοντα σύγχρονου με αυτόν του ιριδίου, πλούσιου όμως σε άνθρακα (αιθάλη) που υποτίθεται ότι έχει προέλθει από κάψιμο ξύλων. Τέτοιοι όρίζοντες βρέθηκαν στην περιοχή Woodside Creek τής Νέας Ζηλανδίας, όπως και στίς περιοχές Stevens Klint και Nye Kløν τής Δανίας. Το ότι τα άνθρακοϋχα αυτά στρώματα δεν περιέχουν κάλιο, όπως θα έπρεπε στην περίπτωση, που προέρχονται πραγματικά από καύση φυτών, όφείλεται στο ότι το στοιχείο αυτό αποπλύθηκε με τα νερά τής βροχής, άφοϋ,

ώς γνωστόν, είναι πολύ ευδιάλυτο. Έξάλλου, αν λάβουμε υπόψη ότι η αϊθάλη απορροφά περισσότερο ήλιακό φως και κατακάθεται αργότερα απ' ό,τι υλικά, τα όποια προέρχονται από κονιορτοποιηθέντα πετρώματα, τότε θα πρέπει να δεχθούμε ότι το σκοτάδι και το ψύχος στη γη, που θα προκλήθηκαν από την πρόσκρουση του άστεροειδῆ πάνω στη γη, θα είχαν και μεγαλύτερη διάρκεια από ό,τι είχαν αρχικά υποθέσει οι Alvarez et al. (1980).

Επειδή τα χλωρά δένδρα δεν καίγονται έντελως, ώστε να δώσουν αϊθάλη, υποτίθεται (Argyle 1986, βλ. Wolbach et al. σ. 667) ότι στην αρχή αυτά θα κάηκαν από το ψύχος (δηλ. τον πάγο), που παρουσιάσθηκε μετά την κάλυψη του ήλιου από τον κονιορτό και πολύ αργότερα, όταν καθάρισε ο ουρανός και ξανάρχισαν οι κεραυνοί, θα πήραν αυτά φωτιά με αποτέλεσμα το σχηματισμό του στρώματος τῆς αϊθάλης.

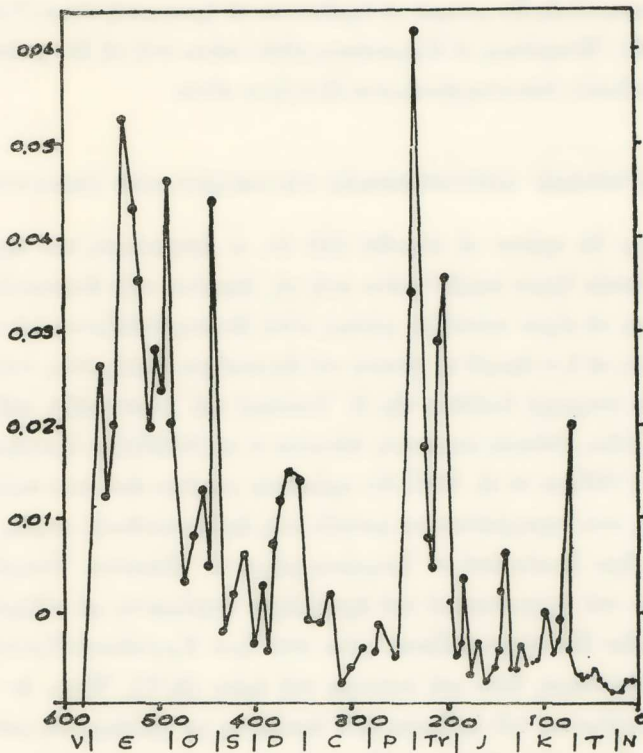
Το ενδιαφέρον των αστρονόμων για την επίλυση προβλημάτων, τα όποια αναφέρονται σε όμαδικές εξαφανίσεις ειδών σε προγενέστερες γεωλογικές εποχές, αυξήθηκε αργότερα ακόμη περισσότερο από τις παρατηρήσεις των βιολόγων (Raup-Sepkoski 1984) ότι οι όμαδικές εξαφανίσεις ζωικών οργανισμών τα τελευταία 250 εκατ. έτη παρουσιάζουν μια περιοδικότητα 30 ± 1 εκατ. έτη. Έτσι, οι Rampino-Stochers (1984) υποστήριξαν ότι ο γήινος αυτός κύκλος αντιστοιχεί στο χρόνο, που χρειάζεται το ήλιακό σύστημα για μια ταλάντωση κάθετα στο επίπεδο του γαλαξία, ο όποιος είναι 33 ± 3 εκατ. έτη. Τη συσχέτιση των μαζικών εξαφανίσεων με περιοδικά γαλαξιακά φαινόμενα, την όποια πολύ ενωρίτερα είχαν διατυπώσει οι Hatfield-Camp (1970) όπως αναφέρουν οι Schwarz - James (1984) δέχονται και αυτοί με μια περίοδο 26 εκατ. έτη. Οι απόψεις αυτές ενισχύθηκαν όταν λίγο αργότερα (Alvarez 1987) διαπιστώθηκε ότι αυξημένη περιεκτικότητα σε ιρίδιο παρουσιάζεται και σε στρώμα, το όποιο βρίσκεται στα όρια Ήωκαίνου-Ολιγοκαίνου με ηλικία 35 εκατομ. έτη.

Από την άλλη μεριά οι Davis et al. (1984) όπως και οι Whitmire-Jackson (1984), ανεξάρτητα ή μια ομάδα από την άλλη, συνδυάζουν τις εξαφανίσεις αυτές του ζωικού κόσμου με μια περιοδική εμφάνιση ενός άφανου σήμερα άστερα, που συνοδεύει τον Ήλιο, από τον όποιον απέχει 24 έτη φωτός. Ο άστρας αυτός, όταν περνά κοντά στο περιήλιον, εισέρχεται σε μια περιοχή γιομάτη από κομήτες και ώθει πολλούς απ' αυτούς προς τη γη, με την όποια οι συγκρούσεις μπορεί να διαρκέσουν και εκατομμύρια έτη. Η μάζα του άστερα αυτού υποτίθεται ότι είναι μικρότερη του 0,07 τῆς ήλιακῆς, άλλως θα είχε ήδη επισημανθεί (Whitmire - Jackson 1984).

Από τις υποθέσεις αυτές, οι όποιες δεν παρουσιάζουν κοινά σημεία (διότι αυτή του Alvarez δέχεται ως αίτια των καταστροφών την πρόσκρουση μετεωρίτη πάνω στη γη, αυτή του άφανου άστερα την πρόσκρουση κομητών, που σημαίνει απουσία ιριδίου, εφόσον οι κομήτες αποτελούνται από πάγο, ενώ αυτή των γαλαξιακών φαινομένων

θεωρεῖ ὡς αἰτίαν τὴν περιοδικὴ μεταβολὴ στὴ ροτὴ τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας) τὶς λιγότερες ἀδυναμίες καὶ τὸ περισσότερο ἐνδιαφέρον παρουσιάζει ἡ ὑπόθεση Alvarez, ἀνεξάρτητα τοῦ ὅτι ὁ ἀναφερόμενος ἀφανὴς ἀστέρας, ποὺ ἂν τελικὰ βρεθεῖ θὰ πάρει τὸ ὄνομα τῆς ἀρχαίας θεᾶς «Νέμεσις», δὲν πρόκειται νὰ κατασταεῖ ἐπικίνδυνος γιὰ τὴ γῆ τὰ ἐπόμενα 15 ἑκατομμύρια ἔτη (Davis et al. 1984).

Μιὰ ἀπὸ τὶς σπουδαιότερες ἀδυναμίες, τὶς ὁποῖες παρουσιάζει ἡ ὑπόθεση Alvarez, εἶναι ὅτι δὲν βρέθηκε ὁ τεράστιος κρατήρας, ποὺ θὰ ἔπρεπε νὰ εἶχε δημιουργήσει πάνω στὴ γῆ ὁ ἀστεροειδὴς κατὰ τὴν πρόσκρουσή του. Οἱ W. Alvarez - R. Muller (1984) ἀναφέρουν 13 θέσεις κρατήρων πάνω στὴ γῆ, ποὺ πιθανὸν σχηματίσθηκαν ἀπὸ πτώση οὐράνιου σώματος. Τὴ μεγαλύτερη πιθανότητα ἔχει κατὰ τοὺς συγγραφεῖς αὐτὸς τῆς περιοχῆς Lappajarvi τῆς Φιλανδίας μὲ διάμετρο 14km καὶ ἡλικία σχηματισμοῦ



Σχ. 1. Πιθανότητες ἐξαφανίσεων οἰκογενειῶν σπονδυλωτῶν καὶ ἀσπονδύλων διὰ μέσου τῶν γεωλογικῶν περιόδων ἀνὰ ἑκατομμύρια ἔτη (Leigh M. Van Valen 1984).

V = Βένδιον, E = Κάμβριον, O = Ὀρδοβίκιον, S = Σιλουρίον, D = Δεβόνιον, C = Λιθανθρακοφόρον, P = Πέρμιον, Tr = Τριαδικόν, J = Ἰουρασικόν, K = Κρητιδικόν, T = Τριτογενὲς καὶ N = Νεογενές.

78 ± 2 εκατομμύρια έτη, ενώ η πρόσκρουση του υποτιθέμενου ως δράστη για τις καταστροφές άστεροειδῆ υπολογίζεται ότι έγινε αργότερα, δηλ. πριν 65 εκατομμύρια έτη. Έδω θα πρέπει να σημειωθεί, ότι βρέθηκαν και κρατήρες, που υποτίθεται (Rampino-Stothes 1984, σ. 711) ότι έχουν σχηματισθεί από πτώση άστεροειδῆ πάνω στη γῆ με ηλικίες 15, 38, 65 και 100 εκατομμύρια έτη, αλλά μορφολογικά δεν ανταποκρίνεται, ακόμη και αυτός των 65 εκατ., προς τον αναμενόμενο.

Πέραν όμως απ' αυτά, όπως δείχνει το σχ. 1, ενώ κατά τη διάρκεια του Παλαιozoϊκού αιώνα παρατηρείται μια κανονική περίπου μείωση τῆς πιθανότητας των ἐξαφανίσεων οὐκογενειῶν, στο τέλος τοῦ ἄνω Περμίου παρουσιάζεται μια ἀπότομη αὐξηση τῆς πιθανότητας των ἐξαφανίσεων αὐτῶν, ἡ ὁποία ξεπερνᾷ ὄχι μόνον κάθε προηγούμενη ἀλλὰ καὶ τὴ μετέπειτα μεγάλη αὐξηση τῶν ἐξαφανίσεων, κατὰ τὸ τέλος τοῦ ἄνω Κρητιδικοῦ, πού εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τις μεταγενέστερες. Τοῦτο σημαίνει ὅτι οἱ ἐξαφανίσεις αὐτὲς δὲν μπορεῖ νὰ ὀφείλονται σὲ ὁμοιογενῆ αἰτία (Valen 1984 καὶ Hoffman 1985). Ἐπομένως, οἱ ἐξαφανίσεις εἰδῶν πάνω στὴ γῆ δὲν φαίνεται ὅτι ὀφείλονται σὲ περιοδικῶς ἐπαναλαμβανόμενα ἐξωγήινα αἰτία.

Γ. ΟΙ ΑΝΑΦΕΡΘΕΙΣΕΣ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΑΠΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΑΠΟΨΗ

Κατ' ἀρχὴν θὰ πρέπει νὰ εἰπωθεῖ ἐδῶ ὅτι οἱ ἀστρονόμοι, πού ἀσχολοῦνται μὲ γεγονότα, τὰ ὁποῖα ἔχουν συμβεῖ πάνω στὴ γῆ, ὥφειλαν πρὶν ἀνακοινώσουν τὰ συμπεράσματά τους νὰ εἶχαν προσέξει, μήπως αὐτὰ δὲν συμβιβάζονται μὲ τὰ γεωλογικὰ δεδομένα. Ἐτσι, σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὴ γένεση τοῦ ἀργιλούχου στρώματος, πού βρέθηκε στὴ θέση Petriccio (περιοχὴ Gubbio τῆς Β. Ἰταλίας) καὶ παρουσιάζει αὐξημένη περιεκτικότητα σὲ ἰρίδιο, τὸ ὁποῖο κατὰ τοὺς Alvarez et al. (1980) ἔχει ἐξωγήινη προέλευση, διαπιστώθηκε (Officer et al. 1987) ὅτι πρόκειται γιὰ ἓναν ἀπὸ τοὺς πολλοὺς ἀργιλόχους ὀρίζοντες, πού παρεμβάλλονται μεταξὺ μιᾶς ἀσβεστολιθικῆς σειρᾶς, ἡ ὁποία στὴν περιοχὴ αὐτὴ ἔχει ἡλικία ἀπὸ τὸ Τουρόνιο μέχρι τὸ Ἡώκαινο. Ἐπομένως, τὸ γεωλογικὸ συμβάν τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ ἀργιλόχου στρώματος μὲ αὐξημένη περιεκτικότητα σὲ ἰρίδιο δὲν παρουσιάζεται μόνο στὰ ὅρια Κρητιδικοῦ-Τριτογενοῦς (K/T) ἀλλὰ τόσο παλαιότερα, ὅσον καὶ νεώτερα τοῦ ὀρίου (K/T). Ἐτσι, ἂν ἡ γένεση τοῦ ἀργιλόχου στρώματος τοῦ ὀρίζοντα K/T συνδέεται μὲ πρόσκρουση μετεωρίτη πάνω στὴ γῆ, θὰ πρέπει νὰ δεχθοῦμε τὸ ἴδιο καὶ γιὰ τὴ γένεση τῶν ἄλλων ἀργιλόχων στρωμάτων τῆς περιοχῆς αὐτῆς. Τὸ γεγονὸς λοιπὸν ὅτι οἱ Alvarez et al. (1980) συνδέουν τὴν ἐξαφάνιση τοῦ γένους Globotruncana ἀπὸ τὴν περιοχὴ Gubbio τῆς Ἰταλίας μὲ τὴν ἐμφάνιση τοῦ ἀργιλόχου στρώματος στὸν ὀρίζοντα K/T, πού εἶναι πλούσιο σὲ ἰρίδιο, δὲν ἀποτελεῖ οὔτε ἔνδειξη καὶ ὅτι ἡ ἐξαφάνιση τῶν τρηματοφόρων αὐτῶν

οφείλεται σέ συμβάντα, τὰ ὁποῖα ἔχουν κάποια σχέση με πρόσκρουση ἀστεροειδῆ πάνω στή γῆ. Τὸ ἱρίδιο δὲν προκαλεῖ καταστροφές. Ἡ ἄποψη αὐτῆ τοῦ L. Alvarez, ὅπως ἄλλωστε προκύπτει ἀπὸ τὸ κείμενο (Alvarez 1987 σ. 25) βασίζεται στὸ ὅτι ἡ πιθανότητα, νὰ ἀποτελεῖ ἡ ἐξαφάνιση αὐτῆ τυχαῖο γεγονός, εἶναι πολὺ μικρή, 1:30.000, ἂν ληφθεῖ ὑπόψη ὅτι κάτω ἀπὸ τὸ λεπτὸ ἀργιλοῦχο στρώμα χωρὶς ἀπολιθώματα ὑπάρχουν ἀσβεστόλιθοι, με πάχος 30 m, πλούσιοι σὲ ἀπολιθώματα Globotruncana, τὸ κέλυφος τῶν ὁποίων ἔχει πάχος 1 mm.

Ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριὰ ὁ Hollam (1984) ἀναφέρει ὅτι ἡ ἐξαφάνιση πλαγκτοῦ στὸ τέλος τοῦ Κρητιδικοῦ ἐξακολουθεῖ νὰ ἀποτελεῖ ἓνα αἰνίγμα, ἐνῶ οἱ Officer et al. (1987) ὡς πρὸ αἰνιγματικὸ φαινόμενο ἀπ' ὅ,τι ἡ ἐξαφάνιση τῶν δεινοσαύρων. Ἐντούτοις, ἡ ἐξαφάνιση τοῦ πλαγκτονικοῦ τρηματοφόρου Globotruncana στὸ τέλος τοῦ Κρητιδικοῦ στὴν Ἰταλία μπορεῖ νὰ ἐξηγηθεῖ, ὅπως ἔγινε καὶ γιὰ τὴν ἐξαφάνιση τοῦ ἴδιου τρηματοφόρου ἀκριβῶς στὴν ἴδια ἐποχὴ στὴν Ἑλλάδα. Αὐτὴ ὀφείλεται (Κισκύρας 1957) σὲ διάλυση τοῦ ἀσβεστιτικοῦ κελύφους τῶν ἀτόμων Globotruncana λόγω ἐμπλουτισμοῦ τοῦ θαλάσσιου νεροῦ σὲ CO₂, ποὺ αὐξάνει τὴν ἱκανότητά του νὰ διαλύει τὸ CaCO₃. Τὴν ἄποψη αὐτὴ ἐνισχύει καὶ ἡ ἀπουσία πρωτογενοῦς CaCO₃ στὸ ἀργιλοῦχο στρώμα Gubbio, τὴν ὁποίαν ἀναφέρουν οἱ Alvarez et al. (1980, σ. 208) ἀλλὰ γιὰ νὰ δείξουν ὅτι κατὰ τὴν ἀπόθεση τοῦ ἀργιλοῦχου αὐτοῦ στρώματος δὲν ἔγινε βιολογικὴ μεταβολή. Ἐτσι, ἐφόσον ἡ ἐξάλειψη τῆς Globotruncana κατὰ τὸ τέλος τῆς κρητιδικῆς περιόδου ἀπὸ τὰ πετρώματα τῆς περιοχῆς Gubbio (Ἰταλία) φαίνεται ὅτι ὀφείλεται στὸν ἐμπλουτισμὸ τοῦ νεροῦ τῆς θάλασσας με CO₂, δὲν μπορεῖ νὰ γίνε ἀποδεκτὴ ἡ ὑπόθεση, σύμφωνα με τὴν ὁποίαν ἡ ἐξαφάνιση τοῦ γένους Globotruncana κατὰ τὸ τέλος τῆς περιόδου αὐτῆς ὀφείλεται σὲ πρόσκρουση μετεωρίτη πάνω στή γῆ. Γιὰ τὸν ἴδιο λόγο δὲν μπορεῖ νὰ γίνουν ἀποδεκτὲς στὴν περίπτωση ἐξαφάνισης Globotruncana καὶ οἱ ἄλλες ἀστρνομικὲς ὑποθέσεις, ὅπως καὶ αὐτή, ἡ ὁποία θεωρεῖ ὡς αἰτία τῶν ἐξαφανίσεων τὴν ἀναστροφή τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου, ἐφόσον καμιά ἀπὸ τίς ὑποθέσεις αὐτὲς δὲν προβλέπει ἐμπλουτισμὸ τοῦ θαλάσσιου νεροῦ με CO₂.

Ὅπως εἶναι γνωστὸ, φυσικὰ φαινόμενα, ποὺ ἐμπλουτίζουν τὴν ἀτμόσφαιρα καὶ ὑδρόσφαιρα τῆς γῆς σὲ CO₂, εἶναι οἱ ἠφαιστειακὲς ἐκρήξεις. Ἐπομένως, οἱ ἠφαιστειακὲς ἐκρήξεις καὶ μάλιστα οἱ ὑποθαλάσσιες μποροῦν κάλλιστα νὰ θεωρηθοῦν σὰν ἰσχυρὰ αἷτια γιὰ τὴ διάλυση τοῦ ἀσβεστικοῦ κελύφους τῶν ἀτόμων Globotruncana, ποὺ θὰ προκάλεσαν τὴν ἐξαφάνισή τους.

Ἐτσι, στὸ ἐπόμενο κεφάλαιο θὰ γίνε λεπτομερέστερη ἐξέταση τοῦ θέματος, ποὺ ἀναφέρεται στὶς πιθανὲς σχέσεις τῆς ἠφαιστειότητος με τὴν ὁμαδικὴ ἐξαφάνιση εἰδῶν στὸ τέλος τῆς κρητιδικῆς περιόδου.

Δ. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΕΞΑΦΑΝΙΣΗ ΕΙΔΩΝ ΣΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΟΥ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟΥ

Οι πρώτες πληροφορίες ότι ή εξαφάνιση του γένους *Globotruncana* κατά το τέλος του Άνω Κρητιδικού οφείλεται σε υποθαλάσσιες ήφαιστειακές εκρήξεις της εποχής εκείνης προέρχονται από τον Κισκύρα (1957). Κατά τον συγγραφέα αυτόν ή εξαφάνιση του γένους *Globotruncana* στην περιοχή Έρατεινής Δωρίδος (τοποθεσία Τύμπα-νο) συνοδεύεται με σχηματισμό πρωτογενούς μαγγανιούχου μεταλλεύματος. Το μαγγανιούχο κοιτάσμα στη θέση αυτή με πάχος περίπου 20 cm παρουσιάζεται μέσα σε πλακώδεις ασβεστόλιθους, από τους οποίους οι υποκείμενοι του κοιτάσματος είναι πλούσιοι σε άπολιθώματα του είδους *Globotruncana stuarti* Lapp., που χαρακτηρίζουν τη μαιστρίχτια βαθμίδα του Άνω Κρητιδικού. Αντίθετα, στους ασβεστόλιθους, που βρίσκονται πάνω από το μαγγανιούχο κοιτάσμα, τα άπολιθώματα αυτά απουσιάζουν ή σπανίζουν. Η διακοπή της ασβεστολιθικής ιζηματογένεσης στην περίπτωση αυτή αποδόθηκε σε εμπλουτισμό του νερού της θάλασσας, λόγω υποθαλάσσιας ήφαιστεϊότητας, σε CO_2 και άλλα άερια π.χ. HCl , SO_2 , κ.λπ. με αποτέλεσμα από τη μιά μεριά τη διάλυση του ασβεστιτικού κελύφους των τρηματοφόρων (*Globotruncana* κ.λπ.), συνεπώς τη διακοπή της ασβεστολιθικής ιζηματογένεσης και από την άλλη την κατακρήμνιση των μαγγανιούχων ενώσεων, που ήταν στη θάλασσα υπό μορφή διαλυμάτων και όξειδώθηκαν από τα άερια των ήφαιστειακών εκρήξεων. Η παρατήρηση, ότι στην περιοχή Δωρίδος ο υπερκείμενος ασβεστόλιθος είναι σχιστώδης μαργαϊκός και εξελίσσεται σε μαργαϊκό σχιστοφυές πέτρωμα, οδηγεί εξάλλου στο συμπέρασμα ότι ή ασβεστολιθική ιζηματογένεση εκεί για ένα μεγάλο διάστημα ήταν ανίσχυρη, πιθανότατα λόγω παρουσίας εκεί ακόμα άφθονου CO_2 από υποθαλάσσιες ήφαιστειακές εκρήξεις. Κάτι ανάλογο έχει συμβεί και στη ζώνη Παρνασσού-Γκιώνα, όπου στην επαφή Κρητιδικού-Τριτογενούς έχουν σχηματισθεί (Κισκύρας 1976) φωσφορικά κοιτάσματα, τα οποία έχουν θαλάσσια προέλευση. Στην περίπτωση αυτή τα κελύφη των *Globotruncana* έχουν υποστεί πλήρη ή μερική φωσφοροποίηση, ενώ τα φωσφορικά κοιτάσματα καλύπτονται από άργιλοϋχα στρώματα τύπου φλύσχη. Τοῦτο σημαίνει ότι οι συνθήκες, που δεν επέτρεπαν την άμιγρη ασβεστολιθική ιζηματογένεση στην περιοχή αυτή, διατηρήθηκαν και στις αρχές του Τριτογενούς.

Εξάλλου, από τις σχετικές έρευνες, που έγιναν στη ζώνη Όλωνοῦ-Πίνδου, έχει προκύψει (Kiskyras, 1941) ότι ή εξαφάνιση του γένους *Globotruncana* κατά τη Μαιστρίχτια βαθμίδα του Άνω Κρητιδικού από την περιοχή αυτή συνδυάσθηκε με βαθμιαία ελάττωση της περιεκτικότητας των ασβεστολίθων, οι οποίοι περιέχουν το άπολιθώμα αυτό, σε CaCO_3 και αντίστοιχη αύξηση σε Al_2O_3 , Fe_2O_3 και SiO_2 . Τοῦτο

μπορεί να εξηγηθεῖ με αύξηση τῆς ἐπενέργειας τοῦ CO_2 , τὸ ὁποῖο ἦταν διαλυμένο στὸ νερὸ τῆς θάλασσας ἐκείνης τῆς ἐποχῆς. Ἡ ἐξήγηση, ποὺ δόθηκε παλαιότερα, ἦταν παλαιογεωγραφικὴ-κλιματολογικὴ, δηλ. ἡ πτώση τῆς θερμοκρασίας τῆς θάλασσας, λόγῳ, ὅπως ἀναφέρεται στὴν εἰσαγωγή, εἰσροῆς ψυχρῶν νερῶν ἀπὸ τὸν Ἀτλαντικὸ στὴ θερμὴ Μεσόγειο θάλασσα. Τοῦτο εἶχε σὰν ἀποτέλεσμα τὴν αύξηση τοῦ ἀερίου CO_2 , ποὺ διατηρεῖται σὲ διάλυση μέσα στὸ νερὸ τῆς θάλασσας καὶ συνεπῶς τὴν αύξηση τῆς δραστηριότητος τοῦ θαλάσσιου νεροῦ. Αὐτὸ ὅμως δὲν ἀποκλείει προσκόμιση CO_2 ἀπὸ ἡφαιστειακὰ ἐκρήξεις κατὰ τὸ τέλος τοῦ Κρητιδικοῦ. Τὴν ἀποψη αὕτη ἐνισχύει ἐκτὸς ἀπὸ τὸ παράδειγμα τῆς Ἐρατεινῆς καὶ τὸ γεγονὸς ὅτι τὴν ἐποχὴ ἐκείνη παρουσιάσθηκε διακοπὴ στὴν ἀσβεστολιθικὴ ἰζηματογένεση σὲ πολλὰς θέσεις τῆς ζώνης Ὁλονοῦ-Πίνδου, ὅπως προκύπτει ἀπὸ τὴν παρεμβολὴ μέσα στοὺς πλακώδεις ἀσβεστολίθους τοῦ ἄνω Κρητιδικοῦ τῆς ζώνης αὐτῆς ἐνὸς σχιστοφυοῦς ἀργιλοपुरιτικοῦ πετρώματος με καύσιμους σχιστόλιθους (Κισκύρας 1972 σ. 105 καὶ 1988 σ. 39).

Στὴ Βόρ. Πελοπόννησο (Δίβρη) τὸ σχιστοφυὲς αὐτὸ ἀργιλοपुरιτικὸ πέτρωμα με τοὺς καύσιμους σχιστόλιθους παρουσιάζεται πᾶνω ἀπὸ τοὺς ἀσβεστόλιθους με Globotruncana, ἐνῶ στὴ Στερεὰ Ἑλλάδα (Βίννιανη, Προυσσός) κάτω ἀπὸ ἀσβεστόλιθους με Globotruncana. Ἔτσι, ἐφόσον ὁ σχηματισμὸς τοῦ ἀργιλοपुरιτικοῦ στρώματος με καύσιμους σχιστόλιθους, ποὺ σημαίνει διακοπὴ τῆς ἀσβεστολιθικῆς ἰζηματογένεσης καὶ συνδέεται με τὴν ἐξαφάνιση τοῦ πλαγκτονικοῦ τρηματοφόρου Globotruncana, παρουσιάσθηκε στὴν Πελοπόννησο ἀργότερα ἀπ' ὅ,τι στὴ Στερεὰ Ἑλλάδα, με διαφορὰ χιλιάδες χρόνια, δὲν μπορεῖ ἡ ἐξαφάνιση τοῦ τρηματοφόρου αὐτοῦ νὰ συνδέεται με στιγμιαῖο φαινόμενο, ὅπως εἶναι πρόσκρουση μετεωρίτη πᾶνω στὴ γῆ.

Ἀντίθετα, ἡ ἡφαιστειότητα, ποὺ διαρκεῖ καὶ ἑκατομύρια ἔτη, ὅπως π.χ. στὴν Ἑλλάδα κατὰ τὴν περίοδο τοῦ Νεογενοῦς-Τεταρτογενοῦς, μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ ὡς αἰτία ἐξαφανίσεων ζωικῶν ὁργανισμῶν, ποὺ χρονικὰ διαφέρουν.

Ἐξάλλου, ἀπὸ νεώτερες μελέτες (Officer et al. 1987) συνάγεται ὅτι ἡφαιστειακὴ δραστηριότητα 10.000 ἐτῶν στὰ ὄρια Κρητιδικοῦ-Ἡωκαίνου θὰ μπορούσε νὰ ἐπιφέρει τίς ἴδιες βλαβερὰς συνέπειες στὸ ζωικὸ κόσμος, ὅπως ἡ σύγκρουση τῆς γῆς με ἀστεροειδὴ γιὰ τὸ λόγο ὅτι κατὰ τίς ἡφαιστειακὰς ἐκρήξεις ἐκλύονται μεγάλες ποσότητες ἀερίων CO_2 , SO_2 καὶ HCl , ποὺ προκαλοῦν ὄξινη βροχὴ, πτώση τῆς ἐπιφανειακῆς θερμοκρασίας τῆς γῆς, μείωση τοῦ στρώματος ἀπὸ ὄζον, τὸ ὁποῖο περιβάλλει τὴ γῆ, ὅπως καὶ μείωση τῆς ἀλκαλικότητος τοῦ νεροῦ στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας. Στὴν περίπτωση αὕτη σημαντικὸ ρόλο παίζει ἡ διάρκεια ἡρεμίας μεταξὺ τῶν ἐκρήξεων (Cox 1983) καὶ τὸ μέγεθος καὶ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐκρήξεων (Courtillot-Cisowski 1987). Κατὰ τοὺς συγγραφεῖς αὐτοὺς οἱ βασάλτες τῆς περιοχῆς Deccan (Δυτ. Ἰνδία) παρουσιάζονται σὲ τεράστιες ποσότητες, ποὺ ἀνέρχονται σὲ ἑκατομύρια κυβικὰ χι-

λιόμετρα και επιπλέον έχουν ηλικία 60-65 εκατομμύρια έτη. Δηλ. έχουν μαιστρίχτια ηλικία, όπως και η όμαδική εξαφάνιση πολλών ειδών. Την ίδια άποψη για τη συσχέτιση των ήφαιστειακών εκρήξεων Deccan με την όμαδική εξαφάνιση ειδών στα θρία Κρητιδικού-Τριτογενοῦς έχουν εκφράσει οί Duncan-Pyle (1988), που υπολογίζουν την ηλικία τους 66,5-68,5 εκατομμύρια έτη και τη μέση ετήσια παραγωγή ήφαιστειακών υλικών σε 1 Km³. Τη συσχέτιση των ήφαιστειακών εκρήξεων Deccan (Ίνδία) με την όμαδική εξαφάνιση ειδών κατά τὸ τέλος τῆς κρητιδικῆς περιόδου δέχονται και οί Chapman (1989) και Hooper (1989), οί όποιοι όμως υποστηρίζουν την άποψη ότι οί ήφαιστειακές αὐτές εκρήξεις προκλήθηκαν από πτώση μετεωρίτη πάνω στη γῆ. Την άποψη αὐτή δὲν μπορούμε νά αποκλείσουμε, ἂν λάβουμε ὑπόψη ότι πολλοί από τούς κρατῆρες τῆς σελήνης δὲν έχουν ήφαιστειακή προέλευση, ἀλλά σχηματίσθηκαν από πτώση μετεωριτῶν. Ἀλλά και στην περίπτωση αὐτή ἡ εξαφάνιση τῆς Globotruncana στὸ τέλος τοῦ Κρητιδικοῦ θά ἔχει μόνο ἔμμεση σχέση με πρόσκρουση μετεωρίτη και ἄμεση με την ήφαιστειότητα. Τὸν αποφασιστικὸ ρόλο για τὴν εξαφάνιση πλαγκτονικῶν τρηματοφόρων, όπως ἡ Globotruncana, παίζει ἡ αὐξημένη περιεκτικότητα τοῦ θαλάσσιου νεροῦ σὲ CO₂ και αὐτὴν τὴν δίνουν οί ήφαιστειακές εκρήξεις και ὄχι ἡ σύγκρουση ἀστεροειδῆ με τὴ γῆ, που ὅπως ἀναφέρθηκε ἔφερε στὴ γῆ ἰρίδιο.

Τὴν άποψη αὐτή ἐνισχύει και ἡ παρατήρηση ότι ἡ ἀναφερθεῖσα διακοπὴ τῆς ἀσβεστολιθικῆς ἱζηματογένεσης και ἡ ἀντικατάστασή της κατά τὸ τέλος τοῦ Κρητιδικοῦ με ἀρχιλοῦχα υλικά, ἡ όποία συνδυάσθηκε με τὴν εξαφάνιση τῆς Globotruncana, ἀφορᾷ ἱζήματα από πλαγκτονικά τρηματοφόρα, ὁ ἀσβεστιτικός σκελετὸς τῶν όποίων διαλύεται εύκολα σὲ θαλάσσιο νερὸ ἐμπλουτισμένο σὲ CO₂. Ἀντίθετα σὲ περιοχές, ὅπου ἡ θάλασσα τῆς ἐποχῆς ἐκείνης εἶχε μικρὸ βάθος, χωρὶς πλαγκτονικά τρηματοφόρα, ἀλλά με νηρηϊτικά, ὅπως εἶναι στίς ζῶνες Πύλου-Γαβρόβου και Τρίπολης, δὲν παρουσιάζεται διακοπὴ στὴν ἀσβεστολιθικὴ ἱζηματογένεση. Στὴν περίπτωσιν αὐτὴ τὰ τρηματοφόρα, τὰ όποια εἶχαν παχύτερο ἀσβεστιτικὸ σκελετὸ και δὲν ἔπλεαν στὸ νερό, παρέμειναν σχεδὸν ἄθικτα, με ἀποτέλεσμα νά μὴν παρουσιάζεται στίς ζῶνες αὐτὲς ἀρχιλοῦχο στρώμα στα θρία Κρητιδικοῦ-Τριτογενοῦς. Ἔτσι, οί γεωλόγοι μιλοῦσαν παλαιότερα για ἑνιαῖο κρητιδικὸ ἡωκαινικὸ ἀσβεστολιθικὸ ὄριζοντα (Κισκύρας, 1988 σ. 41).

Ἀλλά και ἡ διαπίστωση ὑπερβολικᾶ αὐξημένης περιεκτικότητας σὲ ἰρίδιο τοῦ ἀρχιλοῦχου στρώματος μεταξὺ Κρητιδικοῦ-Τριτογενοῦς, που ἀναφέρεται σὰν ἐπιχειρημα ὑπὲρ τῆς θεωρίας, κατά τὴν όποία ἡ εξαφάνιση ειδῶν ὀφείλεται σὲ πρόσκρουση ἀστεροειδῆ πάνω στὴ γῆ, ἔχει ἤδη χάσει τὴν ἀρχικὴ της βαρύνουσα σημασία. Τοῦτο ὀφείλεται στὴν ἀνίχνευση (Olmez et al. 1986) ἰριδίου, τὸ όποῖο ἐκλύθηκε στίς εκρή-

ξεις του ήφαιστείου Kilauea (Χαβάη) σε ποσότητα 3g Ir ανά 10^6 m^3 ήφαιστειακού υλικού. Αυτή όμως αποτελούσε μόνο το 3% της ποσότητας, που περιέχουν ήφαιστειακά πετρώματα. Κατά τον ίδιο συγγραφέα, αν τα ήφαιστειακά πετρώματα της περιοχής Deccan (Ινδία) τα οποία έχουν συνολικό όγκο $10 \cdot 10^6 \text{ Km}^3$, περιέχουν το ίδιο ποσοστό ιριδίου, τότε το ιρίδιο, που έχει εκλυθεί στην περιοχή αυτή, υπολογίζεται σε $10 \cdot 10^6 \text{ Km}^3 \cdot [3\text{g. Ir}/10^6 \text{ m}^3 = (10 \cdot 10^6 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot 3\text{g. Ir}/10^6 \text{ m}^3) = 30 \cdot 10^9 \text{ g. Ir}$ δηλ. 30.000 τόννοι ιρίδιο εκλύθηκαν στην ατμόσφαιρα, ενώ 970.000 τόννοι θα παρέμειναν μέσα στα πετρώματα της περιοχής Deccan.

Επομένως, και στην περίπτωση, κατά την οποία διαπιστωθεί παρουσία ιριδίου στα αρχιλουχά στρώματα του τέλους της κρητιδικής περιόδου, που έχουν εντοπισθεί στην Ελλάδα, αυτό δεν θα σημαίνει ότι το χημικό αυτό στοιχείο έχει εξωγήινη προέλευση, εφόσον μπορεί να έχει προέλθει από γειτονικές ήφαιστειακές εκρήξεις. Έτσι, εφόσον έχει ήδη υποβαθμισθεί ο ρόλος της παρουσίας ιριδίου στο αρχιλουχο στρώμα, το οποίο παρεμβάλλεται μεταξύ άσβεστολίθων άνω Κρητιδικού και Τριτογενούς, δεν έγινε κάποια προσπάθεια για ανίχνευσή του σε αντίστοιχες θέσεις ελληνικών περιοχών. Εξάλλου πρόκειται για μια εξαιρετικά πολυδάπανη έρευνα, που πρώτον δεν μπορεί να γίνει στην Ελλάδα και δεύτερο δεν πρόκειται να συμβάλει στην επίλυση του υπό συζήτηση θέματος.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η νέα θεωρία, κατά την οποία η ομαδική εξαφάνιση ζωικών οργανισμών στα τέλη της κρητιδικής περιόδου οφείλεται σε πρόσκρουση μετεωρίτη πάνω στη γη, αν και βασίζεται κατά κύριο λόγο στην ανεύρεση λεπτού αρχιλούχου στρώματος με υπερβολικά αυξημένη περιεκτικότητα σε ιρίδιο, το οποίο (στρώμα) έχει αποθεθεί πάνω σε άνω κρητιδικούς άσβεστόλιθους, πλούσιους σε άτομα του γένους *Globotruncana*, δεν εξηγεί την εξαφάνιση του γένους αυτού από τα ιζήματα της εποχής εκείνης. Η παρεμβολή του αρχιλούχου αυτού στρώματος στην άσβεστολιθική σειρά Petriccio (περιοχή Gubbio B. Ιταλίας) που σημαίνει διακοπή στην άσβεστολιθική ιζηματογένεση, δεν μπορεί να εξηγηθεί με υποθέσεις, οι οποίες δεν προβλέπουν εμπλουτισμό του νερού της θάλασσας με CO_2 , που έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ικανότητας του θαλάσσιου νερού να διαλύει το ανθρακικό άσβέστιο και συνεπώς τον άσβεστιτικό σκελετό των ατόμων *Globotruncana*, δηλ. την εξαφάνισή τους. Η ίδια ακριβώς περίπτωση παρουσιάστηκε και στην Ελλάδα, για την οποία όμως δόθηκε η όρθη έρμηνεία χωρίς δυσκολία, επειδή κατά την πετρολογική έρευνα διαπιστώθηκε ότι η εξάλειψη του γένους *Globotruncana* συνοδευόταν με βαθμιαία μείωση της περιεκτικότητας

των ασβεστολίθων, που περιέχουν άτομα του γένους αυτού, σε ανθρακικό ασβέστιο και με αντίστοιχη αύξηση των όξειδίων αργιλίου, πυριτίου και σιδήρου.

2. Η άποψη ότι η εξέλιξη του γένους *Globotruncana* κατά το τέλος της κρητιδικής περιόδου πρέπει να αποδοθεί σε εμπλουτισμό του θαλάσσιου νερού σε CO_2 , ενισχύεται από παρατηρήσεις, που έγιναν στην περιοχή Δωρίδας και δείχνουν επιπλέον ότι ο εμπλουτισμός αυτός οφείλεται σε υποθαλάσσιες ήφαιστειακές εκρήξεις. Στην περίπτωση αυτή το CO_2 και τα άλλα αέρια, που εκλύθηκαν από τις ήφαιστειακές εκρήξεις, προξένησαν από τη μια μεριά διακοπή στην ασβεστολιθική ιζηματογένεση και από την άλλη κατακρήμνιση σε πυθμένα θάλασσας, λόγω αλλαγής pH, των μαγνησιούχων ενώσεων, που ήταν διαλυμένες στο θαλάσσιο νερό, με αποτέλεσμα το σχηματισμό μαγνησιούχου μεταλλεύματος, το οποίο παρεμβάλλεται μεταξύ ασβεστολίθων με *Globotruncana* και ασβεστολίθων χωρίς ή με ελάχιστα άτομα *Globotruncana*.

3. Από όλες τις υποθέσεις, που έχουν προταθεί για την εξήγηση της ομαδικής καταστροφής ζωικών οργανισμών στα όρια Μεσοζωικού και Καινοζωικού εκείνη, ή οποία μπορεί να δώσει τις πιο εύλογα φαινόμενα εξηγήσεις, είναι αυτή, που δέχεται σαν αίτια την ευρύτατη και κατά τόπους έντακτη ήφαιστειότητα της εποχής εκείνης. Τα αέρια CO_2 , HCl , SO_2 , κλπ., που εκλύονται κατά τις ήφαιστειακές εκρήξεις, μπορούν να προκαλέσουν διακοπή στη φωτοσύνθεση, αλλαγή κλίματος προς το ψυχρότερο με βλαβερές συνέπειες για πολλούς ζωικούς οργανισμούς, όπως και για τη διάλυση του ασβεστιτικού σκελετού πλαγκτονικών τρηματοφόρων, που καμιά από τις άλλες σχετικές θεωρίες (πτώση μετεωριτών ή κομητών, αλλαγή της ροής της κοσμικής ακτινοβολίας λόγω ταλάντευσης του ήλιακού συστήματος στο επίπεδο του γαλαξία ή αναστροφή του γήινου μαγνητικού πεδίου) μπορεί να εξηγήσει.

Εξάλλου, η παρατήρηση ότι η διακοπή στην ασβεστολιθική ιζηματογένεση κατά το τέλος της κρητιδικής περιόδου, ή οποία, όπως είπαμε, έχει σχέση με την εξαφάνιση της *Globotruncana* την ίδια ακριβώς περίοδο, παρουσιάστηκε στην Πελοπόννησο τουλάχιστον πολλές χιλιάδες χρόνια αργότερα απ' ό,τι στη Στερεά Ελλάδα, δεν επιτρέπει να συνδυάσουμε την εξαφάνιση αυτή με ένα στιγμιαίο φαινόμενο όπως είναι κάθε πρόσκρουση μετεωρίτη πάνω στη γή. Αντίθετα, ή ήφαιστειότητα στο τέλος του Κρητιδικού είχε μεγάλη χρονική διάρκεια, πολλές χιλιάδες χρόνια, στην οποία μπορεί να συμπεριληφθούν γεωλογικά συμβάντα, που παρουσιάζουν χρονική διαφορά μεταξύ τους αλλά συνδέονται με εξαφάνιση ειδών, όπως τα αναφερόμενα. Στην περίπτωση όμως αυτή θα πρόκειται για διαφορετικές ήφαιστειακές εκρήξεις όχι μόνο ως προς το χρόνο, αλλά και ως προς τον τύπο, που σημαίνει ότι για την εξαφάνιση του γένους

Globotruncana από διάφορες ελληνικές περιοχές υπεύθυνες είναι και τοπικές ήφαιστειακές εκρήξεις κατά το τέλος της Κρητιδικής περιόδου.

Η επίδραση όμως της ήφαιστειότητας στην πορεία της εξαφάνισης θαλάσσιων οργανισμών περιορίζεται στα πλαγκτονικά τρηματοφόρα, τα οποία έχουν μικρό μέγεθος, ώστε να είναι δυνατή η πλήρης διάλυση του άσβεστιτικού τους σκελετού. Τουτό είχε ως αποτέλεσμα να σταματήσει η άσβεστολιθική ιζηματογένεση και να αποτεθεί άργιλοῦχο στρώμα στα ὄρια Κρητιδικού-Τριτογενούς. Αυτό όμως δεν ισχύει για τα μεγαλύτερα μη πλαγκτονικά τρηματοφόρα, που εξαγεί και την απουσία άργιλούχου στρώματος στα ὄρια κρητιδικών και τριτογενών άσβεστολίθων στis ζώνες Πύλου-Γαβρόβου και Τρίπολης, τα ιζήματα των οποίων έχουν αποτεθεί στον πυθμένα ξέβαθης θάλασσας. Έδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ήφαιστειακή εξήγηση για τις εξαφανίσεις ζωικών οργανισμών από ανθρωπιστική άποψη είναι ευμενέστερη απ' αυτές, που σχετίζονται με εξωγήινα φαινόμενα, διότι οι γήινοι παράγοντες, ὅσον ἀπρόβλεπτοι και ἂν είναι σήμερα, ἐλπίζεται ὅτι θα ἀντιμετωπισθοῦν κάποτε στο μέλλον με ἐπιτυχία.

SUMMARY

A contribution of Greek remarks to the knowledge of the causes for the mass species extinction at the end of the Cretaceous Period

1. Many hypotheses have been proposed to explain the mass extinction of many species and especially of dinosaurs at the end of the Cretaceous period, but the more famous is the so called meteorite impact. This hypothesis, although it is principally based on the finding of a clay layer 1 cm thick at Petriccio (Gubbio Italy) that separates the *Globotruncana* bearing Cretaceous limestones from the *Globigerina* bearing Tertiary ones, cannot explain the *Globotruncana* disappearance from the sediments of that time. The intercalation of a clay bed between limestone layers, what means a discontinuance of the calcareous sedimentation, has nothing to do with its abnormal enrichment with iridium, interpreted it as a by-product of a 10 Km diameter meteorite (asteroid) impact. Such a disappearance of the *Globotruncana* genus at the end of the Cretaceous period has been occurred also in Greece, but here the question is of a dissolution of the *Globotruncana* calcitic skeletons, due to the enrichment of the sea water with CO₂, given that the disappearance of the

genus Globotruncana was proved to be associated with a gradual reduction in the CaCO_3 content and the corresponding increase in Al_2O_3 , SiO_2 and Fe_2O_3 .

2. This view is supported by the fact that the sedimentation of the Globotruncana bearing limestones at the end of the Cretaceous period has been in the Dorida area (Mainland Greece) replaced by a manganese deposition. Here a submarine volcanism, causing an enrichment of the sea water with CO_2 and other volatiles, is responsible for that extinction. As a result of this enrichment, on the one hand, a Mn-deposit has been formed, due to the precipitation of manganese substances, being dissolved in the sea water, and, on the other, the calcareous sedimentation has been interrupted, owing to the dissolution of the Globotruncana calcitic skeletons.

3. The more plausible of the hypotheses, proposed to explain the mass species extinction at the Cretaceous-Tertiary boundaries is that, which is associated with volcanic eruptions. In this case dust and gases (CO_2 , HCl , SO_2 , etc.) injected from volcanic eruptions would lead to sunlight attenuation, depression of the earth surface temperature, acid rain, ozon layer depletion and reduction in the alkalinity and PH of the surface sea water, which cause global cooling, photosynthesis halting and local interruption of the calcareous sedimentation. In this way one can conclude that volcanism was responsible for the simultaneous extinction of plankton and dinosaurs at the end of the Cretaceous, given that numerous volcanic episodes have occurred at the same time. On the contrary, no one of the other hypotheses (i.e. asteroid impact, change in the cosmic radiation flux due to the sun's oscillation about the galactic plane, the probable existence of an unseen companion star to the sun, responsible for the initiation of an intense comet shower leading to a series of terrestrial impacts, reversed magnetic polarity etc.) can explain the formation of the clay bed intercalated between limestones, which is simultaneous with the Globotruncana disappearance at the end of the Cretaceous.

On the other hand, the fact that the interruption of the calcareous sedimentation, being associated with the disappearance of the Globotruncana at the end of the Cretaceous, took place in Peloponnes many thousand years later than in Mainland Greece does not permit to suppose that this extinction may be associated with a momentary phenomenon as the case of an meteorite impact. On the contrary, it may be associated with volcanic events, which last long time. The question here is of volcanic eruptions occurred at numerous places in the alpine area. Furthermore, owing to the sea water enrichment with

CO₂, derived from volcanic eruptions, the thin calcitic skeleton of the Late Cretaceous planktonic foraminifera was completely dissolved, whereas the neritic and benthonic foraminifera have been nearly untouched, resulting in the continuance of the Cretaceous sedimentation in Tertiary. In this way the lack of a clay bed at the Cretaceous-Tertiary boundaries may be explained, as it is in the case of the Pylos-Gavrovo and Tripolis zones.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- L. Alvarez, W. Alvarez, F. Asaro and Hel. Michel, Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction. *Science* 208, p. 1095-1108, 1980.
- W. Alvarez and R. Muller, Evidence from crater ages for periodic impacts on the Earth. *Nature* 308 p. 718-720, 1984.
- W. Alvarez, Toward a theory of Impact Crises, *Eos*. V. 65/35, p. 649, 653, 654-655 and 658, 1986.
- L. Alvarez, Mass extinctions caused by large bolide impacts. *Physics today* 40/7 p. 24-33, July 1987.
- Cl. Chapman, Snowbird II, Global Catastrophes. *Eos* 70/14, p. 212-218, 1989.
- V. Courtillot, and St. Cisowski, The Cretaceous-Tertiary Boundary Events: External or Internal Causes? *Eos* 68/14, p. 193 and 200, 1987.
- V. Courtillot, G. Féraud, H. Maluski, D. Vandamme, M. Moreau and J. Besse, Deccan flood basalts and the Cretaceous/Tertiary boundary. *Nature* 333, p. 843-845, 1988.
- K. Cox: Gradual volcanic catastrophes? *Nature* 333, p. 802, 1988.
- M. Davis, P. Hut and R. Muller, Extinction of species by periodic comet showers. *Nature* 308, p. 715-719, 1984.
- R. Duncan and D. Pyle, Rapid eruption of the Deccan flood basalts at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Nature* 333, p. 841-843, 1988.
- A. Hallan, The causes of mass extinctions. *Nature*, 308, p. 686-687, 1984.
- An. Hoffman, Patterns of family extinction depend on definition and geological time-scale, *Nature*, 315, p. 659-662, 1985.
- P. Hooper, Snowbird II, Global Catastrophes. Comment: Meteorite impact, Mass extinction and Deccan volcanism. *Eos* 74/32, p. 764, 1989.
- D. Kiskyras, Über ein Oberkreide-Vorkommen mit Globotruncana in Nauplion (Argolis Griechenland) *Zentr. f. Min. etr. Abt B/2*, p. 33-40, 1941.
- Δ. Κισκύρας, Πρωτογενή κοιτάσματα μαγγανίου εντός της άνω κρητιδικής άσβεστολιθικής σειράς της ζώνης Όλonoυ Πίνδου. Πρακτ. Άκαδ. Άθηνών 32, σ. 362-368. 1957.
- Δ. Κισκύρας, Άνεύρεση φωσφοριτών θαλασσίας προελεύσεως εις την Έλλάδα. Πρακτ. Άκαδ. Άθηνών, 51, σ. 302-322, 1976.

- Δ. Κι σ κ ύ ρ α ς, Νεώτερα στοιχεία για την παλαιογεωγραφική θέση της ζώνης Όλονοῦ-Πίνδου καὶ Πύλου-Γαβρόβου στὴ Δυτ. Πελοπόννησο. Δελτ. Ἑλλ. Γεωλ. Ἑταιρείας XX, σ. 37-52, 1988.
- R. L a n w o r n, The book of Reptiles, London, Hamlyn Publ. 1972.
- J. d e L a p p a r e n t, Grès, Calcaires bréciques et conglomerats d' Urcuit. Bull. Soc. Géol. France p. 298-304, 1919.
- C h. O f f i c e r, A. H a l l a m, C h. D r a k e and J. D e v i n e, Late Cretaceous and paroxysmal Cretaceous/Tertiary extinctions. Nature 326 p. 143-148, 1987.
- I. O l m e z, I. F i n n e g a n and W. Z o l l e r, Iridium emissions from Kilauea Volcano. J. G. Reas. 91, p. 653-663, 1986.
- M. R a m p i n o and R. S t o t h e r s, Terrestrial mass extinctions, cometary impacts and the Sun's motion perpendicular to the galactic plane. Nature 308, p. 709-712, 1984.
- D. R a u p and J. S e p k o s k i, Periodicities of extinctions in the geologic past. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 81, p. 801, 1984.
- R. S c h w a r t z and P h. J a n e s, Periodic mass extinctions, and the Sun's oscillation about the galactic plane. Nature, 306, p. 712-713, 1984.
- L. v a n V a l e n, A resetting of Phanerozoic community evolution. Nature 307, p. 50-52, 1984.
- D. W h i t m i r e and A. J a c k s o n: Are periodic mass extinctions driven by a distant solar companion? Nature, 308, p. 713-715, 1984.
- W. W o l b a c h, I. G i l m o u r, E d. A n d e r s, C h. O r t h and R. B r o o k s, Global fire at the Cretaceous -Tertiary boundary. Nature 334, p. 665-669, 1988.