

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 20ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1986

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΤΡΥΠΑΝΗ

ΓΕΩΛΟΓΙΑ.— Νεώτερα στοιχεῖα, πού ἐνισχύουν τὴν ἀποψη ὅτι οἱ ἑλλη-
νικοὶ βωξίτες προέρχονται κυρίως ἀπὸ καρστοποίηση ἀνθρακικῶν
πετρωμάτων, ὑπὸ Δημ. Α. Κισκύρα*, διὰ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Λουκᾶ
Μουσοῦλου.

Α. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γιὰ τὴ γένεση τῶν βωξιτικῶν κοιτασμάτων στὴν Ἑλλάδα μόνο ὑποθέσεις
μπορεῖ νὰ γίνουν γιὰ τὸ λόγο ὅτι δὲν εἶναι σύγχρονοι, ἀλλὰ παλιοὶ σχηματισμοί.
Ἔτσι, στὸ μόνο σημεῖο, πού συμφωνοῦν ὅλοι οἱ ἐρευνητὲς τῶν βωξιτῶν, εἶναι ὅτι
ἡ γένεσή τους συνδέεται μὲ τὴ λατεριτίωση ἢ διάλυση ἄλλων πετρωμάτων, διαφο-
ρετικῶν ὅμως γιὰ κάθε θεωρία. Ἀπὸ τίς μεγάλες ἀναλογίες τῶν βωξιτῶν πρὸς
τοὺς λατερίτες, πού σχηματίζονται σήμερα στὸν ἰσημερινό, εἰκάζεται, ὅτι καὶ οἱ
βωξίτες θὰ σχηματίσθηκαν σὲ τροπικὸ κλίμα. Ἐπειδὴ ὅμως στὸν ἰσημερινό λα-
τεριτίωση παρατηρήθηκε μόνο σὲ ἐκρηξιγενῆ καὶ ἀνάλογα μεταμορφωμένα πε-
τρώματα, ἀποκλείσθηκε ἡ προέλευση τῶν βωξιτῶν ἀπὸ ἄλλα πετρώματα, π.χ.
ἀπὸ ἀσβεστόλιθους. (Vadasz 1951). Οἱ ἀναλογίες ἐξ ἄλλου τῶν βωξιτῶν πρὸς
τὴν ἐρυθρογῆ (terra rossa) πού σχηματίζεται σήμερα σὲ εὐκρατα κλίματα, ὁ-
δηγοῦν στὴ σκέψη, ὅτι οἱ βωξίτες μπορεῖ νὰ σχηματίσθηκαν σὲ ἀνάλογα κλίματα
καὶ μάλιστα ἀπὸ terra rossa μὲ ἀπομάκρυνση τοῦ SiO_2 (de Lapparent 1930,
de Weisse 1948) δηλ. ἐπὶ τόπου (αὐτόχθονες σχηματισμοί).

* D. A. KISKYRAS, **New data in favour of the view that Greek karst bauxites have been derived from the weathering of carbonate rocks.**

Σήμερα είναι σχεδόν απ' όλους παραδεκτόν ότι οι έλληνικοί βωξίτες δέν έχουν σχηματισθεῖ ἐπὶ τόπου, ὅπως παλιότερα εἶχαν πολλοὶ ὑποθέσει π.χ. ὁ de Lapparent (1930) ἀλλὰ ὅτι τὰ ὑλικά τους ἔχουν μεταφερθεῖ ἀπὸ ἄλλου (ἀλλόχθονες σχηματισμοὶ) καὶ ἀποτεθεῖ σὲ καρστικά ἔγκοιλα ἀνθρακικῶν πετρωμάτων, δηλ. ἀσβεστολίθων καὶ δολομιτῶν (καρστικοὶ βωξίτες). Ἡ διαφορὰ μεταξὺ τῶν ἐπιστημόνων ὡς πρὸς τὴ γένεση τῶν ἑλληνικῶν βωξιτῶν ἔγκειται στὸ εἶδος τῶν ἀρχικῶν (μητρικῶν) πετρωμάτων, ἀπὸ τὰ ὅποια προέρχονται οἱ βωξίτες.

Γιὰ τὴν προέλευση τῶν ἑλληνικῶν βωξιτῶν ἔχουν διατυπωθεῖ πολλὲς ἀπόψεις. Ἔτσι, οἱ Aronis-Roch (1958), Papastamatiou (1962), Bardossy-Mack (1967) καὶ Nia (1968) ὑποστήριζαν ὅτι οἱ ἑλληνικοὶ βωξίτες προέρχονται ἀπὸ λατεριτίωση ὀφιολιθικῶν πετρωμάτων ἢ καὶ σχιστολίθων (Papastamatiou - Maksimovic 1969, Maksimovic - Papastamatiou 1973, Augustithis et al 1978). Ὁ Κισκύρας (1962) ὑποστήριξε ὅτι οἱ βωξίτες στὴ Δ. Ἑλλάδα δέν προέρχονται ἀπὸ ἐκρηξιγενῆ πετρώματα, ἀλλὰ ἀπὸ τὴν ἀπόπλυση (καρστοποίηση) ἀσβεστολιθικῶν πετρωμάτων.

Ἀργότερα (Kiskyras 1978) διατυπώθηκε ἡ ἄποψη ὅτι μόνο οἱ βωξίτες τοῦ 3ου ὀρίζοντα τῆς ζώνης Παρνασσοῦ-Γκιώνας μπορεῖ νὰ ἔχουν κάποια σχέση μὲ τὴ λατεριτίωση ὀφιολιθικῶν πετρωμάτων, ἀλλὰ καὶ στὴν περίπτωσή αὐτὴ οἱ βωξίτες δέν ἔχουν προέλθει ἀπευθείας ἀπὸ ὀφιόλιθους. Αὐτὸ ἔγινε ἔμμεσα, δηλ. μέσω ἀσβεστολίθων, οἱ ὅποιοι κατὰ τὴν ἰζηματογένεση προσέλαβαν ὀφιολιθικά ὑλικά, πού εἶχαν μεταφερθεῖ στὴ θάλασσα.

Οἱ περισσότερες ἀπὸ τίς ἀναφερθεῖσες ἀπόψεις γιὰ τὴν προέλευση τῶν βωξιτῶν βασίζονται κυρίως στὴ χημικὴ σύσταση τῶν βωξιτῶν καὶ τὴν ἀντιπαράβωλή τους πρὸς αὐτὴν τῶν πετρωμάτων, πού θεωρήθηκαν ὡς μητρικά. Ἐφόσον ὁμως οἱ ἀσβεστόλιθοι δαπέδου ἐγκλείουν ὀφιολιθικά τεμαχίδια, ἡ παρουσία ἀπλῶς καὶ μόνον ἰχνοστοιχείων στοὺς βωξίτες δέν ἀποτελεῖ ἀποφασιστικὸ παράγοντα γιὰ τὸν καθορισμὸ τῆς προέλευσης τῶν βωξιτῶν. Θὰ πρέπει λοιπὸν νὰ ἀναζητηθοῦν ἄλλα βασικά σημεῖα γιὰ τὴ λύση τοῦ προβλήματος αὐτοῦ. Στὴν παρούσα μελέτη ἐξετάζονται καὶ ἄλλοι παράγοντες, ὅπως παλαιογεωγραφικοὶ κατὰ τὴν περίοδο τοῦ σχηματισμοῦ τῶν βωξιτῶν καὶ γίνεται μιὰ προσπάθεια νὰ διευκρινισθεῖ ὁ ρόλος, πού ἔπαιξαν οἱ παράγοντες αὐτοὶ στὸ σχηματισμὸ τῶν βωξιτικῶν κοιτασμάτων στὴν Ἑλλάδα.

Β. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΒΩΞΙΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΠΛΥΣΗ
(ΔΙΑΛΥΣΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ)

Για να δεχθούμε ότι οι ελληνικοί βωξίτες, τουλάχιστον τα έμπορεύσιμα κοιτάσματα, έχουν προέλθει από απόπλυση (διάλυση) άνθρακικών πετρωμάτων (άσβεστολίθων και δολομιτών), θα πρέπει να εξετάσουμε το θέμα, που αφορά στη δυνατότητα των πετρωμάτων αυτών να δώσουν βωξιτικά προϊόντα και μάλιστα σε τόσο μεγάλες ποσότητες, όπως παρουσιάζονται στα βωξιτικά κοιτάσματα. Θα πρέπει επίσης να συγκρίνουμε από την άποψη αυτή τα άνθρακικά πετρώματα με τα άλλα, που θεωρούνται σαν μητρικά πετρώματα των βωξιτών. Συνήθως λαμβάνονται υπόψη μόνον τα πετρώματα, που είναι πλούσια σε άργιλιο, π.χ. τα έκρηξιγενή, ενώ κανονικά θα έπρεπε να ληφθούν υπόψη εκείνα τα πετρώματα, από την αποσάθρωση των οποίων παραμένουν υπολείμματα πλούσια σε άργιλιο. Πετρώματα του είδους αυτού είναι τα άσβεστολιθικά, που αν και περιέχουν ελάχιστα ποσοστά σε όξειδια άργιλίου και σιδήρου, συνήθως 1%, με τη διάλυση του άνθρακικού άσβεστίου από τα όμβρια ύδατα αφήνουν επί τόπου πλούσια υπολείμματα από τέτοια όξειδια. Αντίθετα, τα έκρηξιγενή πετρώματα είναι μόνον πλούσια σε όξειδια άργιλίου μέχρι και 20% σε Al_2O_3 , αλλά περιέχουν πολλά συστατικά, που είναι αδιάλυτα. Δύσκολη είναι επίσης και η διάλυση των ένυδρων άργιλουχων όρυκτων όπως οι βιοτίτες και η κεροσίλβη. Έτσι εξηγείται η διαπίστωση, ότι οι βωξίτες, που γενετικά συνδέονται με έκρηξιγενή πετρώματα, δέν είναι καλής ποιότητας εξ αίτιας της παρουσίας σε αυτά πυριτικού άργιλίου.

Μια άλλη αντίρρηση, που διατυπώθηκε για τη θεωρία του σχηματισμού βωξιτών από την άπασβέστωση (διάλυση) άσβεστολιθικών πετρωμάτων, είναι η μικρή περιεκτικότητα των πετρωμάτων αυτών σε όξειδια άργιλίου και σιδήρου. Αν λάβουμε υπόψη ότι οι άσβεστολίθοι περιέχουν συνήθως 0,1 μέχρι 1% ξένες προσμίξεις, τότε θα πρέπει να διαβρωθεί ποσότητα 1000 τόννων άσβεστολίθων στην πιο δυσμενή περίπτωση και ποσότητα 100 τόννων άσβεστολίθων σε κάποια ευνοϊκή περίπτωση για το σχηματισμό ενός τόννου βωξίτη. Με ειδικό βάρος του βωξίτη 3,3 και των άσβεστολίθων 2,5 στην πρώτη περίπτωση θα πρέπει να διαλυθεί στρώμα άσβεστολίθων με πάχος 1320 μ. $(3,3 \times 1000) / 2,5$, για να δώσει στρώμα βωξίτη με πάχος 1 μ. και στη δεύτερη μόνο 132 μ. πάχος άσβεστολίθων. Η έκταση όμως των βωξιτικών κοιτασμάτων σε μια περιοχή αντιστοιχεί μόνο στο 1/50 περίπου της όλικής επιφάνειας των βωξιτικών περιοχών (Kiskyras 1978 και 1982). Συνεπώς για το σχηματισμό βωξίτη με πάχος 1 μ. τα απαιτούμενα πάχη των άσβεστολιθικών στρωμάτων, που θα πρέπει να διαλυθούν, μειώνονται σε 26,4 μ. στην πρώτη περίπτωση και σε 2,64 μ. στη δεύτερη. Συνε-

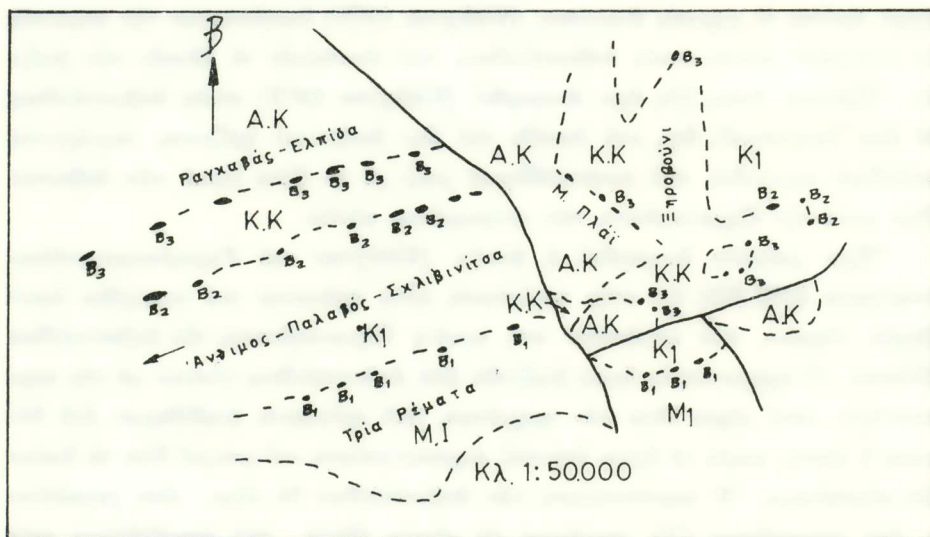
πώς, για τὸ σχηματισμὸ ἐνὸς βωξιτικοῦ κοιτάσματος δὲν χρειάζονται μεγάλες ποσότητες ἀσβεστολίθων. Οἱ ἀσβεστόλιθοι δαπέδου τοῦ 3ου βωξιτικοῦ ὀρίζοντα, ποὺ θεωροῦμε ὡς μητρικὸ πέτρωμα τοῦ ὀρίζοντα αὐτοῦ, δηλ. οἱ ἀσβεστόλιθοι τοῦ ἄνω Ἰουρασικοῦ - κάτω Κρητιδικοῦ στὴ ζώνη Παρνασσοῦ-Γκιώνας, ἔχουν πάχος ἄνω τῶν 700 μ. (Celet 1962 σ. 112) ποὺ σημαίνει διάλυση μικροῦ μόνον ποσοστοῦ τοῦ συνολικοῦ πάχους τῶν ἀσβεστολίθων αὐτῶν. Στὴν περίπτωση μάλιστα, ὅπου οἱ ἀσβεστόλιθοι περιέχουν ἐμφανῆ ὀφιολιθικά τεμαχίδια, τὸ ποσοστὸ αὐτό, ποὺ ἔπρεπε νὰ διαλυθεῖ γιὰ νὰ δώσει βωξίτη μὲ πάχος 1 μ., γίνεται ἐλάχιστο.

Σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὴν ἄλλη ἀντίρρηση γιὰ τὴ θεωρία τῆς προέλευσης τῶν ἐλληνικῶν βωξιτῶν ἀπὸ ἀσβεστόλιθους, δηλ. τὸ ὅτι οἱ βωξίτες περιέχουν στοιχεῖα ὅπως Cr, Ni, Co καὶ V, ποὺ ἀφθονοῦν στὰ ὀφιολιθικά καὶ γενικότερα στὰ ἐκρηξιγενῆ πετρώματα, μποροῦμε νὰ ποῦμε τὰ ἑξῆς: Ἡ ἀντίρρηση αὕτη ἔπαυσε νὰ ὑπάρχει ἀφότου οἱ χημικὲς ἀναλύσεις (Kiskyras 1978) διαπίστωσαν τὴν παρουσία τῶν στοιχείων αὐτῶν στοὺς ἀσβεστόλιθους, ποὺ ἀποτελοῦν τὸ δάπεδο τῶν βωξιτῶν. Ἐξάλλου, ὅπως ἦδη ἔχει ἀναφερθεῖ (Kiskyras 1978) στοὺς ἀσβεστόλιθους τοῦ ἄνω Ἰουρασικοῦ, δηλ. στὸ δαπέδο τοῦ 3ου βωξιτικοῦ ὀρίζοντα, περιέχονται ὀφιολιθικά τεμαχίδια, ποὺ συναποτεθήκαν μαζὶ μὲ τὰ ἄλλα ὕλικά τῶν ἀσβεστολίθων κατὰ τὴν ἰζηματογένεση τῶν πετρωμάτων αὐτῶν.

Ἐχει μάλιστα ἐκφρασθεῖ ἡ ἄποψη (Kiskyras καὶ Papayannopoulou-Economou 1981/82) ὅτι στὴν περίπτωση αὕτη πρόκειται γιὰ τεμαχίδια ὀφιολιθικῶν τόφφων, ποὺ κατέπεσαν στὴ λεκάνη ἰζηματογένεσης τῶν ἀσβεστολίθων Τιθώνιου. Ὁ σχηματισμὸς ὅμως βωξιτῶν ἀπὸ ἀσβεστόλιθους γίνεται μὲ τὴν καρστοποίηση κατὰ κύριο λόγο τῶν τμημάτων, ποὺ πρόσφατα ἀναδύθηκαν ἀπὸ θάλασσα ἢ λίμνη, χωρὶς νὰ ἔχουν ὑποστεῖ συμπαγοποίηση καὶ μπορεῖ ἔτσι νὰ διαλυθοῦν εὐκολότερα. Ἡ καρστοποίηση τῶν ἀσβεστολίθων θὰ εἶναι τόσο μεγαλύτερη ὅσο περισσότερο CO₂ περιέχουν τὰ ρέοντα ὕδατα, ποὺ προσβάλλουν τοὺς ἀσβεστόλιθους, δηλ. ὅταν ἡ ἀνάδυση τῶν ἀσβεστολίθων συνοδεύεται μὲ ἐμπλουτισμὸ τῆς ἀτμόσφαιρας σὲ CO₂ (Kiskyras 1978 σ. 395). Ἴσως αὐτὸ νὰ ἔχει σχέση μὲ τὸ γεγονὸς ὅτι βωξίτες δὲν ἔχουν σχηματισθεῖ σὲ ὅλες τὶς γεωλογικὲς περιόδους. Τὸ θέμα βρίσκεται ὑπὸ μελέτη. Σὲ παραθαλάσσιες περιοχὲς ἡ διάλυση τῶν ἀσβεστολίθων εἶναι πιὸ εὐκολη, ἐπειδὴ τὰ ὕδατα τῶν περιοχῶν αὐτῶν περιέχουν καὶ χλώριο (Kiskyras 1978 σ. 437).

Γ. ΣΤΟΙΧΕΙΑ, ΠΟΥ ΕΝΙΣΧΥΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΨΗ ΟΤΙ ΟΙ ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΒΩΞΙΤΕΣ
ΠΡΟΕΡΧΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΠΛΥΣΗ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Ένα κοιτασματολογικό στοιχείο, εύνοϊκό για την άποψη τής προέλευσης τών ελληνικών βωξιτών από άσβεστόλιθους, είναι ή παραλληλία τών βωξιτοφόρων έπαφών δύο ή και τριών διαφορετικών όρίζόντων. Δυτικά τοῦ Διστόμου οί βωξιτοφόρες έπαφές και τών τριών όρίζόντων (Εικ. 1), δηλ. Τρία Ρέματα τοῦ 1ου, "Ανθιμος-Παλαβός-Σκληβνίτσα τοῦ 2ου και Ραγκαβάς-Έλπίδα τοῦ 3ου έχουν την ίδια (ΔΝΔ-ΑΒΑ) διεύθυνση. Παράλληλες (περίπου Α-Δ) είναι και οί βωξιτοφόρες έπαφές τοῦ 2ου και 3ου όρίζοντα στην περιοχή "Αγ. Κωνσταντίνου (ΝΔ. τοῦ Διστόμου) όπως και αὐτές (Β-Ν) τής περιοχῆς Καρσινᾶ, ΒΒΔ τοῦ Διστόμου. Ἀνάλογη παραλληλία παρουσιάζουν και οί κλειστές γραμμές έπαφῆς

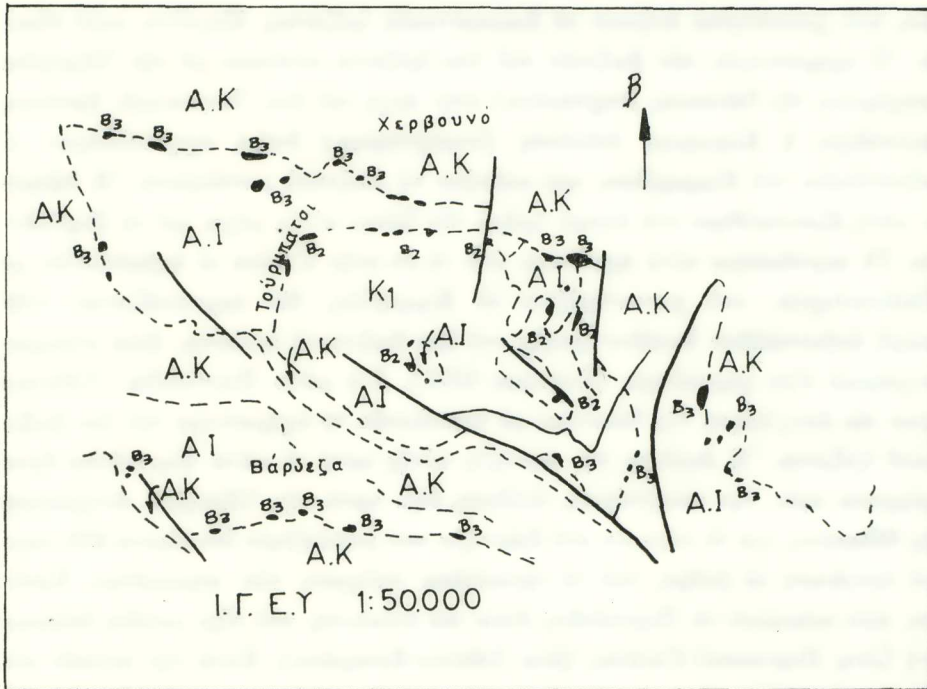


Εικ. 1. Παραλληλία γραμμῆς έπαφῆς άσβεστολίθων δαπέδου-όροφῆς σέ τρεῖς βωξιτικούς όρίζοντες. Τρία Ρέματα (B1) "Ανθιμος-Σκληβνίτσα (B2) και Ραγκαβάς-Έλπίδα (B3).

τοῦ 2ου και 3ου όρίζοντα στά κοιτάσματα Χερβουνό, Τουρμπάτσι και Βάρδεζα στόν Έλικώνα (Εικ. 2). Ἄν ύποθέσουμε ότι τά ύλικά τών κοιτασμάτων αὐτῶν μέ την παράλληλη διάταξη έρχονταν άπευθείας από έκρηξιγενῆ πετρώματα, θα πρέπει νά δεχθοῦμε 1) ότι κατά την περίοδο από τό μέσο Ίουρασιικό έως τό μέσο Κρητιδικό, πού λειτούργησαν οί τρεῖς βωξιτογενέσεις, τά πετρώματα αὐτά παρέμειναν άκάλυπτα. Μόνον έτσι μπορούσαν νά ύποστοῦν λατεριτίωση, άπαραίτητη για την παραγωγή βωξιτικῶν ύλικῶν και 2) ότι τά πετρώματα αὐτά θα ήταν

κοντά στα βωξιτικά κοιτάσματα για να μπορεῖ ἡ τροφοδότσή τους μὲ λατεριτικά προϊόντα νὰ γίνεται ὁμόρροπα καὶ στὶς τρεῖς βωξιτικές περιόδους, πού ἀπέχουν μεταξύ τους ἑκατομμύρια χρόνια.

Ἐπομένως, ἐφόσον τὰ ἐκρηξιγενῆ πετρώματα, πού θεωρήθηκαν μητρικὰ τῶν βωξιτῶν, παρέμειναν ὅλη τὴν περίοδο αὐτὴ ἀκάλυπτα ἐνῶ καὶ οἱ τρεῖς βωξιτικοὶ ὀρίζοντες καλύφθηκαν ἀπὸ θαλάσσια ἰζήματα, θὰ πρέπει καὶ σήμερα νὰ εἶναι ἀκάλυπτα, ἀφοῦ ἡ τελευταία μεγάλη ἐπὶ κλυση τῆς θάλασσας (transgression)



Εἰκ. 2. Ἀπόσπασμα ἀπὸ τὸ γεωλογικὸ χάρτη ΙΓΕΥ 1:50000, φύλλον Λεβάδεια, Ἀθῆναι 1961. Παραλληλία γραμμῶν ἐπαφῆς, ἀσβεστολίθων δαπέδου-ὀροφῆς στὴν περιοχὴ τῶν κοιτασμάτων Τουρμπάτσι, Χερβουνό, Βάρδεζα, Α.Κ=ἄνω Κρητιδικὸ (ὀροφὴ 3ου βωξ. ὀρίζ.) Α.Ι=(Τιθώνιο) ἄν. Ἰουρασικὸ, (ὀροφὴ 2ου βωξιτ. ὀρίζ.) Κ1=Κιμμερίδιο (δάπεδο 2ου βωξ. ὀρίζ.) Β2, Β3 βωξίτης τοῦ 2ου καὶ ἀντίστοιχα τοῦ 3ου ὀρίζοντα.

ἡ μαιστρίχτια, δὲν κατάφερε νὰ καλύψει τὶς περιοχὲς τοῦ 2ου καὶ 1ου ὀρίζοντα. Θὰ ἔπρεπε λοιπὸν νὰ εἶχαν τὰ πετρώματα αὐτὰ κάπου βρεθεῖ. Ἀλλὰ καὶ στὴν περίπτωση ἀκόμα, πού θὰ εἶχαν ὑποστεί πλήρη διάβρωση, θὰ ἔπρεπε νὰ ὑπῆρχαν κάπου ὑπολείμματα αὐτῶν, ἂν ὅχι ἐπὶ τόπου τουλάχιστον κάπου ἄλλοῦ σὲ μορφὴ κροκαλῶν ἢ λατυπῶν. Τὸ ὅτι ὅμως δὲν βρέθηκαν ἐκρηξιγενῆ πετρώματα στὶς βω-

ξιτικές περιοχές σημαίνει ότι εξαρχῆς δὲν ὑπῆρχαν. Ἀλλωστε, εἶναι γνωστὸ ὅτι στὴ ζώνη Παρνασσοῦ-Γκιώνας, μὲ ἐξαίρεση τὸ ἀνατολικό της τμήμα, στὰ σύνορα μὲ τὴν ζώνη Ἀνατολικῆς Ἑλλάδας, δὲν ὑπάρχουν ἐκρηξιγενῆ πετρώματα. Ἔτσι, ἡ ἄποψη ὅτι οἱ βωξιτες τῆς ζώνης Παρνασσοῦ-Γκιώνας ἔχουν προέλθει ἀπὸ ἐκρηξιγενῆ πετρώματα δὲν δικαιολογεῖται ἀπὸ παλαιογεωγραφικὴ ἄποψη.

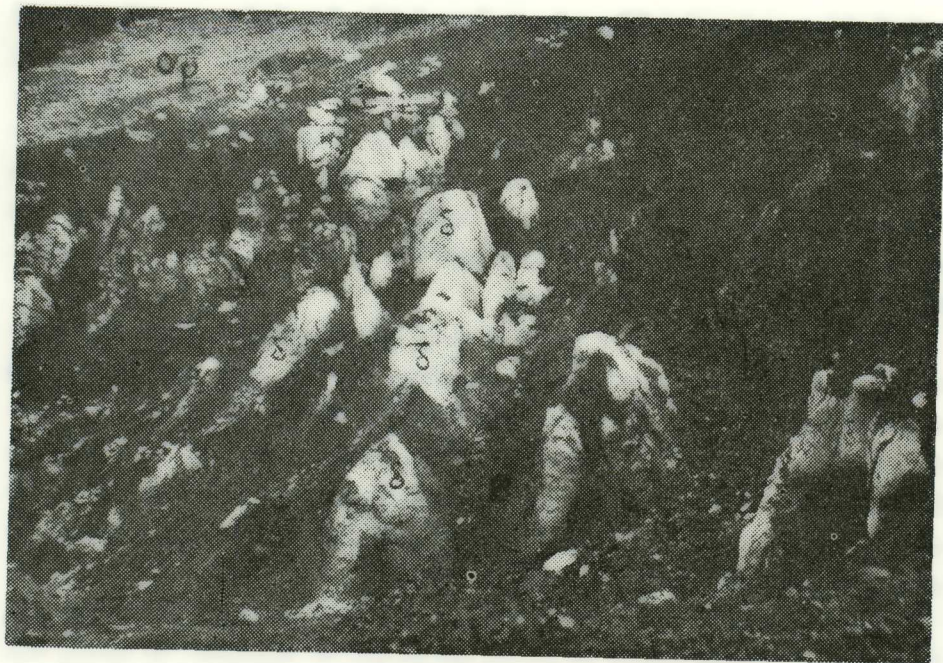
Ἀντίθετα, στὴν περίπτωση, ποὺ ὡς μητρικὰ πετρώματα τῶν βωξιτῶν θεωροῦν οἱ ἀσβεστόλιθοι καὶ πρὸ πάντων οἱ πρόσφατα ἀναδυθέντες νηρητικοί, ποὺ περιεῖχαν ὀφιολιθικά τεμαχίδια τότε ἡ παραλληλία τῶν βωξιτῶν κοιτασμάτων, ποὺ χρονολογικὰ ἀνῆκουν σὲ διαφορετικούς ὀρίζοντες, ἐξηγεῖται πολὺ εὐκόλα. Ὁ σχηματισμὸς τῶν βωξιτῶν τοῦ 1ου ὀρίζοντα συνέπεσε μὲ τὴν Ὁξφόρδια ἀποχώρηση τῆς θάλασσας (regression) στὴν ἀρχὴ τοῦ ἄνω Ἰουραικοῦ. Κατόπιν, ἀκολούθησε ἡ Κιμμερικὴ ἐπίκλυση (transgression) ὁπότε σχηματίσθηκαν οἱ ἀσβεστόλιθοι τοῦ Κιμμερίδιου, ποὺ κάλυψαν τὰ βωξιτικὰ κοιτάσματα. Ἡ θάλασσα αὐτὴ ἐξακολούθησε στὸ δυτικὸ τμήμα τῆς ζώνης αὐτῆς μέχρι καὶ τὸ Πορτλάνδιο. Τὸ συμπέρασμα αὐτὸ προκύπτει ἀπὸ τὸ ὅτι στὴν Γκιώνα οἱ ἀσβεστόλιθοι μὲ Cladocoropsis, ποὺ χαρακτηρίζουν τὸ Κιμμερίδιο, δὲν παρουσιάζονται στὴν ἐπαφὴ ἀσβεστολίθων δαπέδου-ὀροφῆς τοῦ 2ου βωξιτικοῦ ὀρίζοντα, ἀλλὰ στρωματογραφικὰ λίγο χαμηλότερα (Κισκύρας 1970). Στὸ κάτω Πορτλάνδιο (Τιθώνιο) ἔγινε νέα ἀποχώρηση τῆς θάλασσας μὲ ἐπακόλουθο τὸ σχηματισμὸ τοῦ 2ου βωξιτικοῦ ὀρίζοντα. Ἡ ἀνάδυση τῆς περιοχῆς αὐτῆς κατὰ τὸ κάτω Πορτλάνδιο ἔγινε ὁμόρροπα πρὸς τὴν προηγούμενη ἀνάδυση, δηλ. κατὰ τὴν Ὁξφόρδια ἀποχώρηση τῆς θάλασσας, γιὰ τὸ λόγο ὅτι στὸ διάστημα ποὺ μεσολάβησε δὲν ἔδρασε ἐδῶ καμμιὰ ὀρογένεση σὲ βαθμὸ, ποὺ νὰ προκαλέσει πτύχωση τῶν στρωμάτων. Κατόπιν, πρὶν τελειώσει τὸ Πορτλάνδιο, ἔγινε νέα ἐπίκλυση, ποὺ εἶχε μεγάλη διάρκεια στὴ ζώνη Παρνασσοῦ-Γκιώνας (ἄνω Τιθώνιο-Κενομάνιο). Κατὰ τὴν περίοδο αὐτὴ σχηματίσθηκαν οἱ ἀσβεστόλιθοι ὀροφῆς τοῦ 2ου βωξιτικοῦ ὀρίζοντα, ποὺ ἀργότερα ἀποτελέσαν τὸ δάπεδο τοῦ 3ου ὀρίζοντα, ποὺ σχηματίσθηκε σὲ νεώτερη ἀνάδυση τῆς περιοχῆς ἐξαιτίας τῆς Τουρώνιας ἀποχώρησης τῆς θάλασσας. Καὶ ἡ ἀνάδυση αὐτὴ ἔγινε ὁμόρροπα πρὸς τὶς προηγούμενες, ἐφόσον ἐνδιάμεσα δὲν παρουσιάσθηκε καμμιὰ ἀξιόλογη τεκτονικὴ διαταραχὴ. Ἐπομένως, ἐφόσον καὶ οἱ τρεῖς βωξίτογενέσεις στὴ ζώνη Παρνασσοῦ-Γκιώνας συνδέονται μὲ διαδοχικὲς καὶ ὁμόρροπες ἀναδύσεις τῆς θάλασσας, τὰ ὅρια τῶν στρωματογραφικῶν καὶ συνεπῶς τῶν βωξιτικῶν ὀριζόντων θὰ ἔχουν μία παραλληλία.

Ὑπενθυμίζεται ἐδῶ ὅτι ἡ κύρια ὀρογενετικὴ φάση στὶς βωξιτικὲς περιοχὲς τῆς χώρας μας ἐκδηλώθηκε τὸ μέσο Ἡώκαινο, ὅταν εἶχε ἤδη σχηματισθεῖ καὶ ὁ 4ος βωξιτικὸς ὀρίζοντας. Οἱ προηγούμενες ὀρογενετικὲς φάσεις, δηλ. ἡ Νεοκιμμε-

ρική, ή Αυστριακή και ή 'Υφερκύνια είχαν απλώς ένα αντίκτυπο στην περιοχή της ζώνης Παρνασσού-Γκιώνας, που έκδηλώθηκε με μια αποχώρηση της τοπικής θάλασσας, με την οποία συνδέεται ο σχηματισμός των βωξιτών της ζώνης αυτής. Έτσι, οι βωξίτες του πρώτου όρίζοντα της ζώνης Παρνασσού-Γκιώνας σχηματίσθηκαν από τα υπολείμματα της καρστοποίησης των ασβεστολίθων του μέσου 'Ιουρασικού, αυτά του 2ου όρίζοντα από ασβεστόλιθους του άνω 'Ιουρασικού, ενώ οι βωξίτες του 3ου όρίζοντα σχηματίσθηκαν από ασβεστόλιθους του άνω 'Ιουρασικού μέχρι και του μέσο Κρητιδικού.

Μια άλλη αντίρρηση για την προέλευση των ελληνικών βωξιτών από οφιόλιθους είναι ή απουσία κλαστικών ύλικών (π.χ. χαλαζία κλπ) στην πλειονότητα των ελληνικών βωξιτών. Στην περίπτωση, που οι βωξίτες προέρχονται από ασβεστόλιθους, τα ύλικά, από τα οποία αποτελούνται οι βωξίτες μεταφέρθηκαν δια της υγρής όδοῦ πάνω σε ασβεστολιθικό υπόβαθρο και όχι σε άλλο, όπου τα ρυάκια θα μπορούσαν να μεταφέρουν ύλικά διάβρωσης από άλλα πετρώματα στη λεκάνη βωξιτογένεσης (Kiskyras 1978 σ. 392).

Αντίθετα, στην περίπτωση προέλευσης των βωξιτών από άλλα πετρώματα, ή απουσία κλαστικών ύλικών σε αυτούς δεν μπορεί να εξηγηθεί. Η πρώτη εξήγηση, που δίνει ο Bardossy (1982 σ. 367) δηλ. ότι κατά τη βωξιτογένεση το ανάγλυφο της περιοχής ήταν ένα πανεπίπεδο (peneplain) που απέκλειε την είσοδο ξένων ύλικών διάβρωσης, δεν συμφωνεί με το καρστικό ανάγλυφο των ασβεστολιθικών περιοχών. Αλλά και ή άλλη εξήγηση, που δίνεται από τον ίδιο συγγραφέα (σ. 374) ότι ή λεκάνη, όπου γινόταν ή απόθεση των βωξιτικών ύλικών, χωρίς πιθανώς από τους λόφους του έσωτερικού με ένα επίπεδο ή με μια ήρεμα κυλιόμενη τοποθεσία, ή οποία παγίδευε τα ύλικά διάβρωσης, που κατέβαιναν από τους λόφους, δεν μπορεί να ληφθεί υπόψη. Είναι πολύ τραβηγμένη. Αντίθετα, ή τρίτη εξήγηση (σ. 374) ότι ο σχηματισμός βωξίτη μπορεί να γινόταν σε μεγάλα ή μικρά νησιά, που αναδύονταν από ξέβαθη θάλασσα, όπου εκεί κοντά δεν υπήρχαν ψηλά βουνά, μπορεί να εξηγήσει την απουσία ξένων κλαστικών ύλικών σε μερικούς βωξίτες. Οι βωξίτες της 'Ελευσίνας-Μάνδρας π.χ. αποτέθηκαν σε μια περιοχή, που το κάτω Κρητιδικό ήταν νήσος (Kiskyras 1978 σ. 436) και ή οποία καλύφθηκε από τη θάλασσα το Κενομάνιο. Το ίδιο μπορούμε να πούμε και για μερικούς βωξίτες του 3ου όρίζοντα, οι οποίοι σχηματίσθηκαν στα παραλιακά τμήματα των νησίδων, που αναδύθηκαν από τη θάλασσα του Κενομάνιου στην περιοχή 'Ελικώνα (Kiskyras 1978 σ. 436). Αυτό όμως δεν μπορεί να ισχύσει για τα παραλιακά τμήματα των μη νησιωτικών περιοχών, όπου είχαν την έκβολή τους



Εικ. 3. Έντονη καρστοποίηση άσβεστολιθικού δαπέδου (δ) τοῦ 3ου βωξ. όρίζ. (B) σέ κοίτασμα τῆς περιοχῆς Κολιέδες. (Δυτικό τμήμα Έλικώνα).

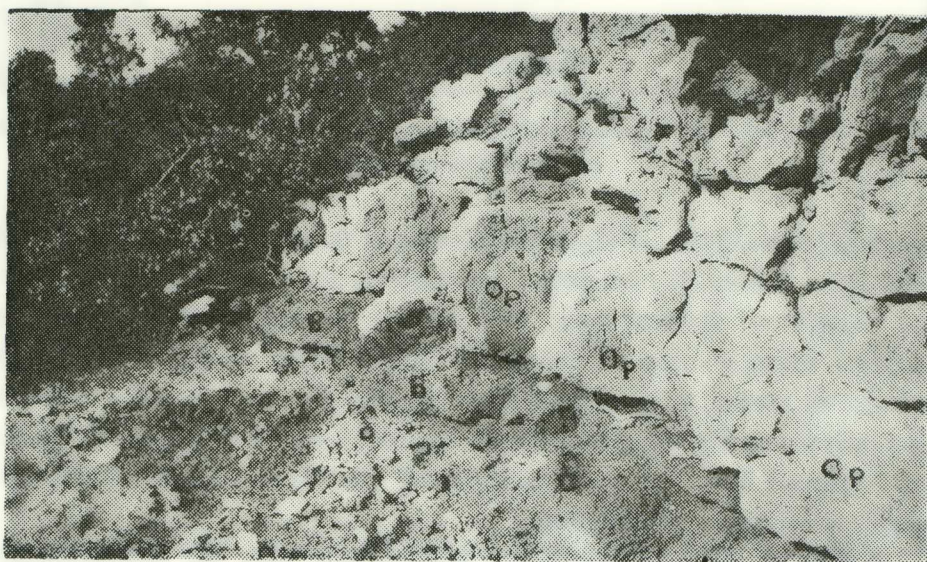
ρυάκια καί μικροί ποταμοί, πού έρχονταν άπό τήν ένδοχώρα καί άσφαλῶς θά μετέφεραν κλαστικά ὕλικά.

Εὐνοϊκό στοιχεῖο γιά τήν άποψη ότι οἱ έλληνικοί καρστικοί βωξίτες προέρχονται άπό άσβεστόλιθους καί ὄχι άπό όφιόλιθους, εἶναι ἡ μεγάλη καρστοποίηση τῶν άσβεστολίθων, πάνω στοὺς όποίους έχουν άποτεθεῖ τά μεγάλα βωξιτικά κοιτάσματα τοῦ 2ου καί 3ου όρίζοντα (Εικ. 3), σέ αντίθεση μέ τή μικρή καρστοποίηση τῶν άσβεστολίθων δαπέδου τοῦ άσήμαντου 4ου όρίζοντα (Εικ. 4). Τοῦτο συμφωνεῖ μέ τὸ ὅτι, ἡ διαταραχή τῆς άσβεστολιθικῆς ιζηματογένεσης, μέ τήν ὁποία συνδέεται ὁ σχηματισμός τῶν βωξιτῶν Πύλου καί Ναυπάκτου, εἶχε μικρή διάρκεια (Κισκύρας 1958, σ. 338). Τὸ ἴδιο μπορούμε νά ποῦμε καί γιά τοὺς άλλους βωξίτες τοῦ 4ου όρίζοντα, δηλ. αὐτοὺς τῆς ζώνης Τρίπολης, γιά τοὺς ὁποίους ὁ Τάταρης (1963) δέχεται άσβεστολιθική προέλευση.

Στήν περίπτωση αὐτή, άν δεχθοῦμε ότι οἱ βωξίτες προέρχονται άπό λατεριτώση έκρηξιγενῶν πετρωμάτων, τότε θά πρέπει νά δεχθοῦμε έπιπλέον ὅτι τὸ ποσόν τῶν προϊόντων τῆς λατεριτώσης τῶν πετρωμάτων αὐτῶν, πού παράγεται κάτω άπό τίς ἴδιες φυσικοχημικές συνθῆκες, έχει έξαρτηθεῖ άπό τὸ χρόνο διάρκει-

ας τῆς ἀποχώρησης τῆς θάλασσας (regression). Αὐτὸ ὅμως ἔχει ὡς προϋπόθεση ὅτι τὰ ἐκρηξιγενῆ δὲν θὰ ἦταν μακριὰ ἀπὸ τὴ θάλασσα, ὅπου γινόνταν ἡ ἀπόθεση τῶν λατεριτικῶν προϊόντων. Συνεπῶς, τὰ βωξιτικά κοιτάσματα θὰ πρέπει νὰ βρίσκονται κοντὰ στὰ μητρικά τους πετρώματα, δηλ. στὰ ἐκρηξιγενῆ. Ἐπειδὴ ὅμως κοντὰ στὰ βωξιτικά κοιτάσματα δὲν ἔχουν βρεθεῖ ἄλλα πετρώματα ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ἀσβεστολιθικά, δὲν ἀπομένει παρὰ νὰ ὑποθέσουμε ὅτι αὐτὰ θὰ εἶναι τὰ μητρικά πετρώματα τῶν καρστικῶν βωξιτῶν.

Ἐνα ἄλλο εὐνοϊκὸ στοιχεῖο γιὰ τὴν ἀσβεστολιθικὴ προέλευση τῶν ἐλλεινικῶν βωξιτῶν εἶναι καὶ ἡ μεγάλη πυκνότητα βωξιτικῶν ἐμφανίσεων. Στὴ δυτικὴ



Εἰκ. 4. Ἐλαφρὰ καρστοποίηση ἀσβεστολίθων δαπέδου (δ) τοῦ 4ου βωξ. ὀρίζ. (B) σὲ κοιτάσμα τῆς περιοχῆς Κλόκοβα Ναυπάκτου.

πλευρὰ τοῦ Ἑλικώνα, π.χ. στὴν τοποθεσία Βάρδεζα παρουσιάζονται 10 βωξιτικὲς ἐμφανίσεις σὲ ἐπιφάνεια 0,4 τετραγωνικοῦ χιλιομέτρου (Εἰκ. 5) ἐνῶ στὴν ἴδια περιοχὴ, τοποθεσία Λύσι, παρουσιάζονται 15 ἐμφανίσεις σὲ ἐπιφάνεια 1 km². Μιὰ τόσο ἀθρόα προσκόμιση βωξιτικῶν ὑλικῶν σὲ μιὰ περιοχὴ, ποὺ ἀποκλειστικὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀσβεστόλιθους, δὲν μπορεῖ νὰ ἐξηγηθεῖ μὲ τὴν ἄποψη ὅτι οἱ ἀσβεστόλιθοι εἶναι ὑποδοχεῖς τῶν βωξιτικῶν ὑλικῶν, ποὺ προέκυψαν ἀπὸ τὴ λατεριτίωση ὀφιολιθικῶν πετρωμάτων, ἀπλῶς καὶ μόνο λόγῳ τῆς κατάλληλης μορφολογίας τους, δηλ. τῆς παρουσίας τῶν καρστικῶν ἐγκοίλων καὶ τοῦ ἀλκαλικοῦ περιβάλλοντος, ποὺ δημιουργοῦν. Στὴν περίπτωσι αὐτὴ θὰ ἔπρεπε καὶ οἱ



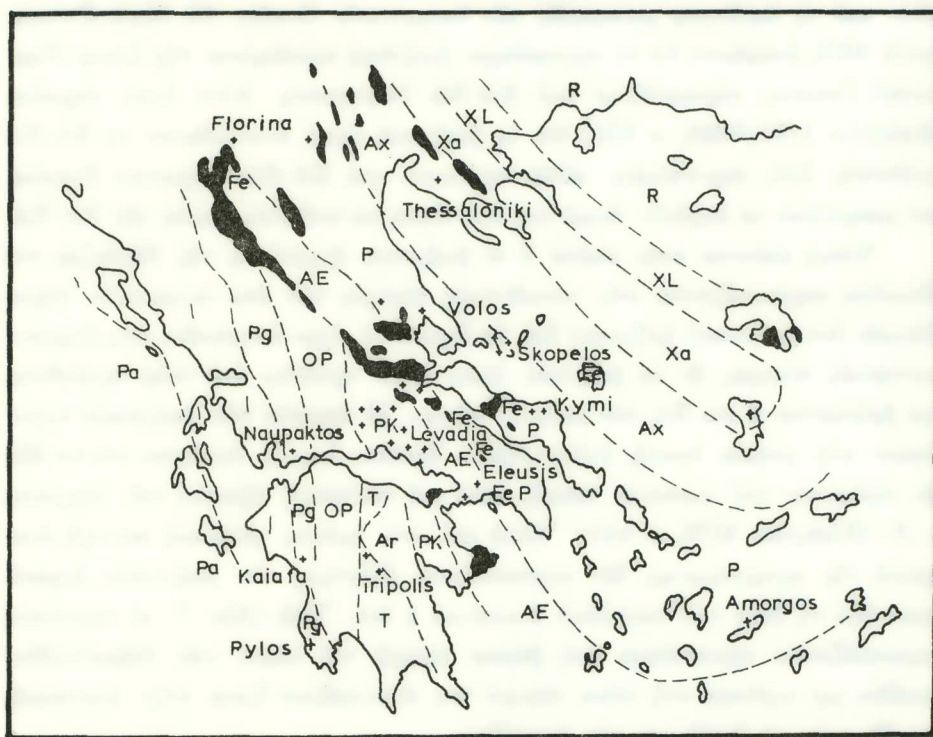
Εικ. 5. Πυκνές βωξιτικές εμφανίσεις του B_3 ορίζοντα στις νότιες πλευρές των ΒΑ-ΝΔ λόφων από ασβεστόλιθους δαπέδου.

πελαγικοί ασβεστόλιθοι να είχαν γίνει υποδοχείς βωξιτικών υλικών, εφόσον και αυτοί έχουν υποστεί έως ένα βαθμό καρστοποίηση και δημιουργούν επίσης αλκαλικό περιβάλλον. Πουθενά όμως στην Ελλάδα δεν παρατηρήθηκε πρωτογενές βωξιτικό κοιτάσμα πάνω σε πελαγικούς ασβεστόλιθους (Kiskyras 1978). Έν τούτοις, θα έπρεπε, αν οι βωξίτες είχαν προέλθει από λατεριτίωση όφιολιθικών πετρωμάτων, να είχαν βρεθεί προϊόντα της λατερίωσης αυτής πάνω σε πελαγικούς ασβεστόλιθους, που μετά την πτύχωσή τους είχαν ανυψωθεί τουλάχιστον μέχρι της στάθμης της θάλασσας.

Εξάλλου, αλκαλικό περιβάλλον, ανάλογο προς αυτό των ασβεστολιθικών πετρωμάτων, παρουσιάζεται και στις παραλιακές περιοχές, που μπορεί να προκαλέσει θρόμβωση και σε συνέχεια κατακρήμνιση των αργιλικών διαλύσεων. Θα έπρεπε λοιπόν, αν οι βωξίτες είχαν σχηματισθεί από λατεριτίωση άλλων πετρωμάτων εκτός από ασβεστόλιθους και δολομίτες, να είχαν βρεθεί βωξιτικά κοιτάσματα πάνω και σε άλλα πετρώματα, που όμως δεν συμβαίνει.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα παρατήρηση, που έχει σχέση με την προέλευση των ελληνικών βωξιτών, είναι και η παρουσία των λεγομένων δορυφόρων βωξιτικών στρωμάτων. Όπως είναι γνωστό (Kiskyras 1982, Fig. 2 και 3) στα κατώτερα τμήματα των ασβεστολιθών οροφής του 2ου βωξιτικού ορίζοντα παρεμβάλλονται φακοειδή βωξιτικά σώματα, που βρίσκονται κάπου 0,5 έως 5μ. πάνω από το κύριο βωξιτικό σώμα. Η απότομη διακοπή της βωξιτογένεσης και η αντικατάστασή της με ασβεστολιθική ιζηματογένεση για μικρό μόνο χρονικό διάστημα, έπειτα

από το όποιο αρχίζει πάλι ή βωξιτογένεση με απόθεση των βωξιτικών υλικών πάνω στους νεοαναδυθέντες άσβεστόλιθους, που είχαν καλύψει το κύριο βωξιτικό σώμα, δέν μπορεί νά εξηγηθεί με την άποψη ότι οι βωξίτες έχουν προέλθει από λατεριτίωση όφιολιθικών και γενικότερα έκρηξιγενών πετρωμάτων. Άντίθετα, στην περίπτωση σχηματισμού των βωξιτών από διάλυση άσβεστολίθων ή άπότομη διακοπή τής βωξιτογένεσης εξηγείται με επίκλυση τής θάλασσας (transgression) που είχε ως άποτέλεσμα τή διακοπή τής καρστοποίησης των βυθισμένων πιά άσβε-



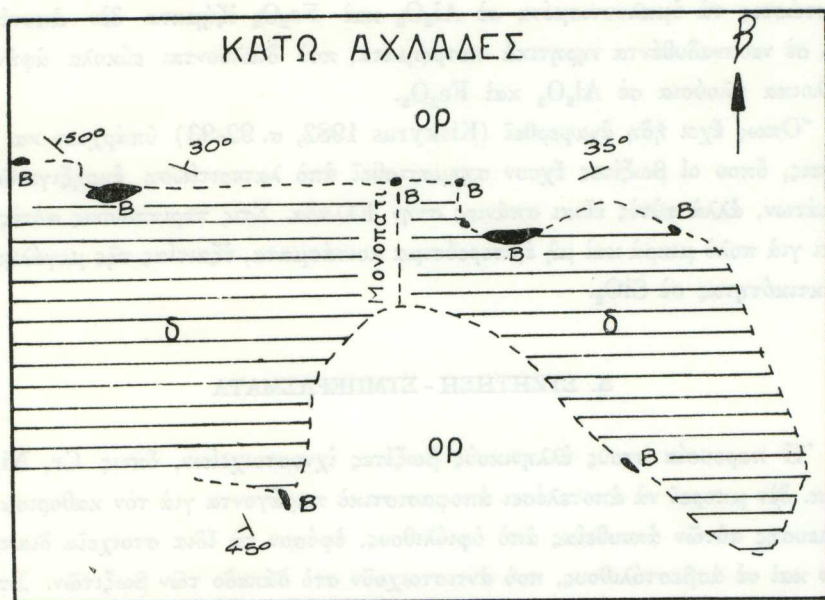
Είκ. 6. Χάρτης με τις εμφανίσεις όφιολίθων στην Ελλάδα (μαύρες κηλίδες) και με τις θέσεις των βωξιτών (+) και σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων (Fe).

στολίθων, συνεπώς και τοϋ σχηματισμού βωξιτικών υλικών, που θά προέρχονται από τά άδιάλυτα συστατικά των άσβεστολίθων. Με την άποχώρηση τής θάλασσας, που έπακολούθησε, σταμάτησε ή άσβεστολιθική ίζηματογένεση και άρχισε ή καρστοποίηση των αναδυθέντων άσβεστολιθικών τμημάτων και συνεπώς ή βωξιτογένεση των δορυφόρων στρωμάτων. Η βωξιτογένεση αυτή περιορίσθηκε μόνο στα περιθωριακά τμήματα των καρστικών έγκοίλων, διότι σύντομα έπακολούθησε νέα επίκλυση τής θάλασσας (Kiskyras 1982 σ. 89, Fig. 2).

Ένα άλλο κοιτασματολογικό στοιχείο, πού δὲν εὐνοεῖ τὴν ἄποψη ὅτι οἱ βωξίτες προέρχονται ἀπὸ λατεριτίωση ὀφιολίθων, εἶναι ὅτι (Kiskyras 1978, σ. 391) στὴν περίπτωσιν αὐτὴ θὰ ἔπρεπε τὰ περισσότερα βωξιτικά κοιτάσματα νὰ εἶχαν βρεθεῖ στὴν Εὐβοία καὶ Λοκρίδα, ὅπου ἀφθονοῦν τὰ πετρώματα αὐτὰ καὶ ὄχι στὶς περιοχὰς Παρνασσοῦ καὶ Γκιώνας, ὅπου οἱ ὀφιολίθοι σπανίζουν ἢ ἐλλείπουν παντελῶς (Εἰκ. 6). Ἀλλὰ καὶ ἡ διάταξις τῶν βωξιτικῶν κοιτασμάτων θὰ ἔπρεπε νὰ ἦταν διαφορετικὴ, νὰ εἶχε δηλαδὴ ἐξαρτηθεῖ ἀπὸ τὴ θέσιν τῶν ὀφιολίθων καὶ τὴ διεύθυνσιν μεταφορᾶς τῶν λατεριτικῶν ὑλικῶν. Οἱ Mack-Patrascheck 1978 ἀναφέρουν ὅτι τὰ περισσότερα βωξιτικά κοιτάσματα τῆς ζώνης Παρνασσοῦ-Γκιώνας παρουσιάζουν μιὰ BA-ND ἐπιμήκυνσιν. Αὐτὸ ὅμως σημαίνει (Kiskyras 1978/1980, σ. 176) ὅτι τὰ βωξιτικά ὑλικά ἀκολούθησαν τὴ BA-ND διεύθυνσιν. Στὶς περιπτώσεις αὐτὲς πρόκειται γιὰ BA-ND καρστικά ἐγκοίλα, πούμποροῦσαν νὰ δεχθοῦν ὑλικά καὶ ἀπὸ ἄλλες κατευθύνσεις ἐκτὸς τῆς BA-ND.

Ὅπως φαίνεται στὴν εἰκόνα 5 οἱ βωξιτικὲς ἐμφανίσεις τῆς Βάρδεζας τοῦ Ἑλικῶνα παρουσιάζονται στὶς νοτιοδυτικὰς πλευρὰς τῶν ἄνω ἱουρασικῶν λόφων (δάπεδο 3ου βωξιτικοῦ ὀρίζοντα) ἐνῶ θὰ ἔπρεπε νὰ εἶχαν ἐμφανισθεῖ στὶς βορειο-ανατολικὰς πλευρὰς, ἂν τὰ βωξιτικά ὑλικά εἶχαν προέλθει ἀπὸ τοὺς ὀφιολίθους, πού βρίσκονται Α καὶ ΒΑ τῶν βωξιτῶν αὐτῶν. Ἡ ἀπουσία τῶν βωξιτικῶν ἐμφανίσεων στὴ μεσαία ἐπαφὴ ἀσβεστολίθων δαπέδου-ὀροφῆς ὀφείλεται στὸ ὅτι ἐδῶ δὲν πρόκειται γιὰ κανονικὴ ἐπαφὴ, ἀλλὰ γιὰ τεκτονικὴ ἐξαιτίας τοῦ ρήγματος P.-P. (Kiskyras 1978, σ. 440). Ἀλλὰ καὶ στὴν ἀμέσως γειτονικὴ περιοχὴ ἀνατολικά τῆς προηγούμενης, δὲν παρουσιάζεται ἐξάρτησις τῶν βωξιτικῶν ἐμφανίσεων ἀπὸ τὴ θέσιν τῶν ὀφιολίθων ἀνατολικά ἢ ΒΑ. Ἐδῶ (Εἰκ. 7) οἱ ἐμφανίσεις παρουσιάζονται περισσότερο στὴ βόρεια πλευρὰ τοῦ λόφου τῶν ἀσβεστολίθων δαπέδου καὶ λιγότερο στὴ νότια πλευρὰ του, ἀπουσιάζουν ὅμως στὴν ἀνατολική, δηλαδὴ πρὸς τὴ διεύθυνσιν τῶν ὀφιολίθων.

Ἰδιαίτερο ἐνδιαφέρον γιὰ τὴν προέλευσιν τῶν ἐλληνικῶν βωξιτῶν παρουσιάζει ἡ παρατήρησις (Σπηλιάδης 1977) ὅτι τὰ σιδηρονικελιοῦχα κοιτάσματα, πού ὁμολογουμένως προέρχονται ἀπὸ λατεριτίωση ὀφιολίθων, παρουσιάζονται μόνο στὸ ἄνω Κρητιδικό. Ἀντίθετα, τὰ βωξιτικά κοιτάσματα, ὅπως εἶναι γνωστό, δὲν περιορίζονται μόνο στὸ ἄνω Κρητιδικό, ἀλλὰ ἐμφανίζονται καὶ σὲ προγενέστερες περιόδους. Τοῦτο σημαίνει, κατὰ τὸν ἴδιον συγγραφέα, ὅτι οἱ παλιότεροι ἀπὸ τὰ σιδηρονικελιοῦχα κοιτάσματα βωξίτες προέρχονται ἀπὸ λατεριτίωση ἀσβεστολίθων, ἐφόσον τὰ ὑπερβασικὰ πετρώματα δὲν ὑπῆρχαν τότε ἢ δὲν εἶχαν καταστρεῖ χέρσος. Ἐδῶ θὰ πρέπει νὰ προστεθεῖ ὅτι θεωρήθηκε πιθανὸν (Bardossy-Papastawrou 1978/80 σ. 17) ὅτι τὰ ἀσβεστολιθικά πετρώματαμποροῦν νὰ ἐ-



Είχ. 7. Βωξιτικές εμφανίσεις στην περιοχή του Έλικώνα, κατά προτίμηση στη βόρεια πλευρά του χώρου, που όριζει ή γραμμή έπαφής δαπέδου (δ) -όροφης (ορ.).

χουν συμβάλει στο σχηματισμό τῶν βωξιτῶν Κατσίκας-Χαλκιδικῆς, τὰ ὁποῖα ἐμφανίζονται κοντὰ σὲ ἐκρηξιγενῆ πετρώματα.

Ἀπὸ τὴν ἀποψη αὐτὴ ἐνδιαφέρον παρουσιάζει καὶ τὸ ὅτι στὴν Ἑλλάδα δὲν σχηματίσθηκαν βωξίτες σὲ ὅλες τὶς περιόδους, ποὺ συνέβηκαν ἀποχωρήσεις τῆς θάλασσας (regressions). Ἔτσι, βωξίτες σχηματίσθηκαν κατὰ τὴν Ὁξφόρδια ἀποχώρηση (1ος βωξ. ὀριζ.), τὴν Πορτλάνδια (2ος βωξ. ὀριζ. ζώνης Παρνασσοῦ-Γκιώνας), τὴν Ἀλβια ἀποχώρηση (2ος βωξ. ὀριζ. ζώνης Ἐλευσίνας), Τουρώνια ἀποχώρηση (3ος βωξ. ὀριζ. ζώνης Παρνασσοῦ-Γκιώνας), Ἐμσέρια ἀποχώρηση (3ος-β. βωξ. ὀριζ. Κεντρικῆς Εὐβοίας), καὶ τὴ Μεσολουτῆσια ἀποχώρηση (4ος βωξ. ὀριζ. Πύλου-Ναυπάκτου). Ἀντίθετα, κατὰ τὴν κάτω Παλαιόκαινη ἀποχώρηση σχηματίσθηκαν τὰ γνωστὰ ὡς couches rouges στρώματα, ποὺ παρουσιάζουν ἐμπλουτισμὸ σὲ Fe_2O_3 καὶ Al_2O_3 ἀλλὰ σὲ μικρὸ βαθμὸ, ὥστε νὰ μὴν μπορέσουν νὰ ἐξελιχθοῦν σὲ βωξίτη. Τὸ ἴδιο μπορούμε νὰ ποῦμε καὶ γιὰ τοὺς μειοκαινικοὺς λατερίτες τῆς Ἀττικῆς, ποὺ σχηματίσθηκαν κατὰ τὴ Μειοκαινικὴ ἀποχώρηση ἀπὸ λατεριτίωση σχιστολιθικῶν πετρωμάτων (Ρενιέρης 1937) ὅπως καὶ γιὰ τοὺς ἀντίστοιχους διλουβιακοὺς σχηματισμοὺς τῆς Ἀττικῆς καὶ τὴ σημερινὴ ἐρυθρογῆ (Terra rossa). Ἡ ἐξήγηση, ποὺ μπορεῖ νὰ δοθεῖ, εἶναι ὅτι στὶς τελευταῖες

περιπτώσεις τὰ ἐμπλουτισμένα σὲ Al_2O_3 καὶ Fe_2O_3 ἰζήματα δὲν ἀποτέθηκαν πάνω σὲ νεοαναδυθέντα νηρητικά πετρώματα, ποὺ διαλύονται εὐκόλα ἀφήνοντας κατάλοιπα πλούσια σὲ Al_2O_3 καὶ Fe_2O_3 .

Ὅπως ἔχει ἤδη ἀναφερθεῖ (Kiskyras 1982, σ. 92-93) ὑπάρχουν καὶ περιπτώσεις, ὅπου οἱ βωξίτες ἔχουν σχηματισθεῖ ἀπὸ λατεριτίωση ἐκρηξιγενῶν πετρωμάτων, ἀλλὰ αὐτὲς εἶναι σπάνιες στὴν Ἑλλάδα. Στὶς περιπτώσεις αὐτὲς πρόκειται γιὰ πολὺ μικρὰ καὶ μὴ ἐμπορεύσιμα κοιτάσματα, ἐξαιτίας τῆς μεγάλης τους περιεκτικότητος σὲ SiO_2 .

Δ. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ἡ παρουσία στοὺς ἐλληνικοὺς βωξίτες ἰχνοστοιχείων, ὅπως Cr, Ni, Co, V κλπ. δὲν μπορεῖ νὰ ἀποτελέσει ἀποφασιστικὸ παράγοντα γιὰ τὸν καθορισμὸ τῆς προέλευσης αὐτῶν ἀπευθείας ἀπὸ ὀφιόλιθους, ἐφόσον τὰ ἴδια στοιχεῖα διαπιστώθηκαν καὶ σὲ ἀσβεστόλιθους, ποὺ ἀντιστοιχοῦν στὸ δάπεδο τῶν βωξιτῶν. Στὸ δάπεδο μάλιστα τοῦ 3ου βωξιτικοῦ ὀρίζοντα τῆς ζώνης Παρνασσοῦ-Γκιώνας βρέθηκαν συγγενετικά τεμαχίδια ὀφιολίθων. Συνεπῶς, γιὰ τὴν ἐπίλυση τοῦ θέματος, ποὺ ἀφορᾷ στὴν προέλευση τῶν ἐλληνικῶν βωξιτῶν, οἱ ὁποῖοι σχεδὸν ὅλοι τους εἶναι καρστικοί, θὰ χρειασθεῖ νὰ ἐξετασθοῦν καὶ ἄλλοι παράγοντες, π.χ. μορφολογικοὶ καὶ παλαιογεωγραφικοί, ὅπως ἡ μορφή τῆς γραμμῆς ἐπαφῆς μεταξὺ ἀσβεστολίθων δαπέδου-ὀροφῆς, ὁ βαθμὸς καρστοποίησης τῶν ἀσβεστολίθων δαπέδου, ἡ πυκνότητά τῶν βωξιτῶν ἐμφανίσεων κλπ.

Ἀπὸ τὴ μελέτη τῆς μορφῆς τῆς γραμμῆς ἐπαφῆς μεταξὺ ἀσβεστολίθων δαπέδου-ὀροφῆς προέκυψαν τὰ ἑξῆς: Σὲ πολλὰ κοιτάσματα, ποὺ ἀνήκουν σὲ διαφορετικούς βωξιτικούς ὀρίζοντες, οἱ γραμμὲς αὐτὲς ἔχουν ἀναπτυχθεῖ παράλληλα. Τοῦτο σημαίνει ὅτι στὴν περίπτωσή, ποὺ οἱ βωξίτες αὐτοὶ εἶχαν προέλθει ἀπὸ ὀφιόλιθους ἢ ἄλλα ἐκρηξιγενῆ πετρώματα, θὰ ἔπρεπε τὰ πετρώματα αὐτὰ νὰ εἶχαν παραμείνει ἀκάλυπτα κατὰ τὴν περίοδο τῶν βωξιτογενέσεων, ἀλλιῶς δὲν θὰ ἔδιναν λατεριτικά προϊόντα. Ἐπειδὴ ὅμως δὲν βρέθηκαν τέτοια πετρώματα, παρολὸν ὅτι ἡ ὑποτιθέμενη θέση τους δὲν καλύφθηκε ἀπὸ τὴ μεταγενέστερη μαιστρίχια ἐπίκλυση, ἀφήνεται νὰ ὑποθέσουμε ὅτι ἐξαρχῆς δὲν ὑπῆρχαν ἐκεῖ ἐκρηξιγενῆ πετρώματα καὶ ὅτι οἱ βωξίτες προέρχονται ἀπὸ ἀσβεστόλιθους, ποὺ σὲ τρεῖς διαδοχικὲς ἀναδύσεις ὑπέστησαν καρστοποίηση, κατὰ προτίμηση τὰ μόλις ἀναδυθέντα τμήματά τους.

Ἡ καρστοποίηση τῶν ἀσβεστολίθων δαπέδου εἶναι μεγαλύτερη στὰ μεγάλα κοιτάσματα τοῦ 2ου καὶ 3ου ὀρίζοντα ἀπ' ὅ,τι στὰ ἀσθενῆ κοιτάσματα τοῦ 4ου

βωξιτικού όρίζοντα. Άλληλοεξάρτηση μεταξύ βαθμών λατεριτίωσης όφιολίθων και καρστοποίησης τών άσβεστολίθων, όπου θα άποτεθούν τά λατεριτικά προϊόντα, είναι νοητή μόνο στην περίπτωση, που τά πετρώματα αυτά είναι γειτονικά, δηλ. όταν τά βωξιτικά κοιτάσματα έχουν σχηματισθεί κοντά στα μητρικά τους πετρώματα.

Η μεγάλη πυκνότητα βωξιτικών έμφανίσεων του 3ου όρίζοντα π.χ. στο Δ. Έλικώνα, που άποτελείται άποκλειστικά από άσβεστόλιθους, δέν δικαιολογεΐ την άποψη ότι οι άσβεστόλιθοι άποτελοΐν άπλώς και μόνον ύποδοχεΐς βωξιτικών ύλικών, λόγω τής καρστικής τους μορφολογίας και του άλκαλικού περιβάλλοντος, που δημιουργοΐν. Καρστοποίηση και άλκαλικό περιβάλλον παρουσιάζονται και σε πελαγικούς άσβεστόλιθους, οι όποιοι όμως δέν φιλοξενοΐν βωξίτες.

Η παρουσία δορυφόρων στρωμάτων βωξίτη, δηλ. φακοειδών βωξιτικών σωμάτων, που παρατηροΐνται στο κατώτερο τμήμα τών άσβεστολίθων όροφής του 2ου βωξιτικού όρίζοντα, έρχεται σε αντίθεση με την άποψη ότι αυτά σχηματίσθηκαν από λατεριτίωση όφιολιθικών πετρωμάτων. Ο σχηματισμός τους όφειλεται σε έντονη καρστοποίηση τών άσβεστολιθικών πετρωμάτων, που άνადύθηκαν σε μιá βραχεία άποχώρηση τής θάλασσας (regression), δηλ. κατά τη βραχεία διακοπή τής ίζηματογένεσης τών άσβεστολίθων όροφής του κύριου βωξιτικού κοιτάσματος.

Η έλλειψη κλαστικών ύλικών, χαλαζία κλπ. σε όλους σχεδόν τους έλληνικούς καρστικούς βωξίτες, δηλ. τó ότι κατά τη μεταφορά τών ύλικών του βωξίτη δέν έγινε καμμιá ανάμιξή τους με ξένα ύλικά, σημαίνει ότι οι βωξίτες σχηματίσθηκαν από ύλικά άπόπλυσης άσβεστολίθων, που κινήθηκαν πάνω σε άσβεστολιθικό περιβάλλον.

Τά περισσότερα βωξιτικά κοιτάσματα παρουσιάζονται στην Γκιώνα, Παρνασσό και Δυτ. Έλικώνα, όπου σπανίζουν ή άπουσιάζουν οι όφιόλιθοι και όχι στην Εύβοια και Λοκρίδα, όπως και στην περιοχή του Βούρινου (Μακεδονία) και τής Όθρυος, όπου άφθονοΐν τά πετρώματα αυτά. Έξάλλου, δέν παρατηρήθηκε κάποιος προσανατολισμός τών βωξιτικών έμφανίσεων σε σχέση με τις θέσεις τών όφιολίθων στον έλληνικό χώρο. Ο σχηματισμός βωξίτη σε μιá περιοχή συνδέεται πάντοτε με άποχώρηση τής θάλασσας από την περιοχή αυτή, αλλά κάθε άποχώρηση τής θάλασσας δέν συνοδεΐεται από σχηματισμό βωξίτη, άπαραίτητη προϋπόθεση είναι πρόσφατη άσβεστολιθική ίζηματογένεση και έντονη καρστοποίηση τών νεοαναδυθέντων άνθρακικών στρωμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- G. Aronis et E. Roch, A propos des bauxites d'Eleusis et du Parnasse-Chiona en Grèce centrale, C.R.Ac.Sc. 247 940-942, 1958.
- S. S. Augustithis, E. Mack and A. Vgenopoulos, Textural and geochemical comparisons of the oolitic and pisolitic structures of the Parnassus bauxites and the Ni-Cr-Fe laterites of Larymna/Locris and Euboea, Greece. 4th Int. Congr. for the study of Bauxites, Alumina, Aluminium, Athens, October 1978, p. 15-27, 1978.
- G. Bardossy and E. Mack, Zur Kenntnis der Bauxite des Parnass-Kiona Gebirges. Mineralium Deposita 2 p. 334-348, 1967.
- G. Bardossy and S. E. Papastawrou. Stratigraphisch mineralogische Untersuchung der Bauxite von Katsika, Halbinsel Chalkidike, Griechenland 4th Int. Congr. of Bauxites etc. Athens. 4 p. 1-38, 1978/80.
- G. Bardossy. Karst Bauxites, Bauxite deposits on carbonate rocks. Developments in Economic Geology 14, Elsevier Comp. Amsterdam - Oxford - New York 1982, p. 1-437.
- P. Celet, Contribution à l'étude géologique du Parnasse-Kiona et d'une partie des régions méridionales de la Grèce continentale. Ann. géol. des pays Hellén. XIII, 9-446, 1962.
- ΙΓΕΥ Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος. Φύλλον Λεβάδεια, Αθήναι, 1971.
- Δ. Α. Κισκύρας, Παρατηρήσεις επί της γεωλογίας των βωξιτικών κοιτασμάτων της Δ. Ελλάδος. Πρακτ. Ακαδ. Αθηνών 37, 370-377, 1962.
- » , Έκθεσις επί της γεωλογικής χαρτογράφησης της βωξιτοφόρου περιοχής Έλατος-Κοκκινάρι Καρουτών (Γκιώνα) Αθην. (Αρχ. Βωξιτών Παρνασσού), Αθηναι 30 Νοεμβ. 1970.
- D. A. Kiskyras, Quelques réflexions sur la genèse des bauxites de la Grèce, 4th Int. Congr. for Bauxites etc. Vol. I p. 388-408, 1978.
- » , New data, on the Helicon bauxite area. 4th Intern. Congr. for the study of bauxites etc. Vol. I p. 434-448, 1978.
- » , 4th Cong. for Bauxites etc. Vol. 4 p. 176 1978/80.
- » , Characteristic features of the Greek bauxites in view of their origin. Prakt. Akd. Athenon 57, 82-95, 1982.
- D. Z. Kiskyras and Ath. Papayannopoulou-Economou, Igneous rocks in the Greek Area and Plate Tectonics. Symp. Hell. Arc and Trench (H.E.A.T.), Athens 1981, v. 1, 284-297, 1982.
- J. de Lapparent, Les bauxites de la France méridionale - Mém. Carte géol de la France, Paris 1930.
- E. Mack and W. E. Petrascheck, Palaeographie, Verteilung und Qualität

- der Bauxite in Parnass-Kiona Gebirge 4th Int. Congress for Bauxites etr Vol 2 p. 526-539, 1978.
- Z. Maksimovic and J. Papastamatiou, Distribution d'oligoéléments dans les gisements de bauxite de la Grèce centrale I.C.S.O.B.A (Nise) p. 33-45, 1973.
- R. Nia, Geologische, petrographische, geochemische Untersuchungen zum Problem der Boemit-Diaspor-Genese in griechischen oberkreide-Bauxiten der Parnass-Kiona Zone Diss. Hamburg., 1968.
- I. Παπασταματίου, Οι βωξίτες Σκοπέλου, Δελτ. Έλλ. Γεωλ. Έταιρίας, VII, 1962/63.
- J. Papastamatiou and Z. Maksimovic, Contribution to the study of genesis of Greek Bauxites. Chemical and mineralogical composition of Mandra II Bauxite-Deposit. Ann. Inst. Geol. Publ. Hungarie V. LIV, Fasc. 391-401, 1969.
- K. Ρενιέρης, Συμβολή εις την μορφολογίαν τής Μεσογείου. Λατερίται και Terra rossa. Διατριβή Έφηγεσίας, Άθηναι 1937.
- Θ. Σπηλιάδης, Γεωλογικαί και κοιτασματολογικαί έρευναι εις τὸ ἀνατολικὸν τμήμα τής Κεντρικῆς Εὐβοίας Ann. géol. pays Hellén. 9 σ. 198-220, 1958.
- » , 'Η λατεριτίωσις εις τήν 'Ελλάδα (Βωξίται-Σιδηρονικέλια). Συνάρτησις τής Παλαιογεωγραφίας και τής Τεκτονικῆς τοῦ Μεσοζωϊκοῦ, Πρακτ. 'Ακαδ. 'Αθηνῶν, 52, 110-122, 1977.
- *Αθ.ν. Τάταρης, Οι μεσοηκαινικοί βωξίται τής ζώνης Τριπόλεως και τὰ ἐνδοηκαινικά τεκτονικά γεγονότα, Δελτ. Έλλ. Γεωλ. Έταιρίας V/2 σ. 36-58, 1963.
- E. Vadász, Bauxitföldtun (Bauxit geology), Budapest, 129 p., 1951.
- J. G. de Weisse, Les bauxites de l'Europe centrale. Mémoires de la Société Vaudoise des sciences naturelles N. 58 (9/1), Lausanne 1948.

SUMMARY

New data in favour of the view that Greek karst bauxites have been derived from the weathering of carbonate rocks.

The fact that many of the trace elements established in bauxites have been also found in limestones corresponding to their bedrock indicates that the occurrence of certain trace elements in bauxites does not constitute a decisive factor for the determination of the bauxite's origin. For this subject it is required to study still more factors, paleogeographic and morphologic ones.

The study of the contact lines of footwall with the hanging wall limestones has pointed out that these lines show a parallelism in the case of two or three different bauxitic horizons. Thus, if igneous rocks were the source rocks of bauxite it should be also accepted that these rocks have been uncovered and so remained during the periods of bauxitization, resulting in a long laterization of them. In this case the igneous rocks should be also today found in the same region since the Maastrichtian transgression did not extend on the whole region in order to be covered by younger sediments. Therefore, the no finding of such rocks in the bauxitic region does not favour the view that the bauxite at least of this region, has been derived from igneous rocks. In contrast to the derivation of bauxites from igneous rocks, in the case of the bauxite formation from weathering residues of carbonate rocks the mentioned parallelism of the contact lines is easily explained. The question here is of three successive emergences of the same region, followed by a strong karstification of the freshly built limestones of this region.

The karstification of the limestones is greater in the case of the large bauxite deposits of the 2nd and 3rd horizon than in the case of the thin 4th bauxite horizon, given that karstification of carbonate rocks under the same physico-chemical conditions principally depends on the duration of the land's emersion, we can say that, if the karst bauxites were derived from igneous rocks the laterization's rate of these rocks should be depended on the emersion duration in the same way as the karstification's rate of the limestones, which are today the bedrock of bauxite. This requires that the igneous rocks were situated no far from the sea, in other way the regression did not

exert the same influence on the laterization of igneous rocks, as it did on the karstification of limestones. In other words, the karstic holes where the bauxitic materials have been deposited should be situated near to the igneous rock. But that is not the case.

Another argument, which supports the view of the bauxite's origin from carbonate rocks is the great density of bauxitic outcrops, sometimes 15 occurrences on a surface of 1 Km². Such a close together transfer of bauxitic material in an area consisting exclusively of limestones is not in agreement with the view that limestone land is only the receiver of bauxitic material, due to the presence of the karst depressions and the alkaline environment caused by the limestones. Such an alkaline environment is created also in the karst depressions of pelagic limestones, but no bauxite has been found upon such limestones.

In addition, the fact that no clastic material, quartz etc., was admixed to Karst bauxite in the course of its ingredients transport in the bauxitization basin is against the bauxite deriving from ophiolites, usually situated far from the bauxite deposits.

The presence of the so-called satellite bauxite layers, i.e. bauxite lenses inserted in the lower part of the hanging wall limestones of the 2nd horizon is not in agreement with the bauxite deriving from ophiolites.

The genesis of these layers is attributed to the short interruption of the carbonate sedimentation by a new bauxite formation also in shape of pocked deposits.

The fact that the most of the Greek bauxite deposits occur in the areas of Ghiona, Parnassus, Oeta and W. Helicon, which are lacking in ophiolites, whereas they do not in the areas of Euboea and Lokris and particularly in Macedonia, where ophiolites abundantly appear, on the one hand, and the lack of any orientation of the bauxite outcrops according to the occurrences of ophiolites, on the other hand, contradicts the derivation of bauxites from ophiolites. Besides, Fe-, Cr-, Ni-lateritic deposits, which confessedly are of ophiolite's derivation, encounter only an Cretaceous strata. Thus, the lack of Jurassic Fe- Cr- Ni-lateritic deposits is in evidence that not an ophiolites laterization took place in Jurassic. Thereafter, it may be said that, the formation of Jurassic bauxites has nothing to do with ophiolites.

It is of interest to be added here that, whilst all the karst bauxite formations are connected with a regression, not every regression is followed by a bauxite formation. A recent neritic sedimentation of carbonate rocks and conditions suitable for a strong karstification of the emerged land are required.