

ΓΕΩΛΟΓΙΑ. — 'Αξιοποίηση τῆς τεκτονικῆς καὶ τῆς μορφολογίας μιᾶς περιοχῆς στὴν ἔρευνα βωξιτικῶν κοιτασμάτων. Πρακτικὰ κριτήρια, ὑπὸ Δημ. Α. Κισκύρα\*, διὰ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Λουκᾶ Μουσοῦλου.

#### Α. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οἱ ἑλληνικοὶ βωξίτες εἶναι σχεδὸν ἀποκλειστικὰ καρστικοί, δηλ. βρίσκονται μέσα σὲ καρστικὰ ἔγκοιλα ἀνθρακικῶν (ἀσβεστολιθικῶν, δολομιτικῶν) πετρωμάτων. Συνεπῶς, ὁ σχηματισμὸς τῶν βωξιτῶν αὐτῶν καθορίζεται τόσο τοπικά, ὅσο καὶ χρονικά, ὥστε ἡ πιστοποίηση σὲ μιὰ περιοχή τῆς παρουσίας ἀσβεστολίθων, ποὺ ἔχουν τὴν ἴδια ἡλικία μὲ ἄλλους γειτονικούς, οἱ ὁποῖοι καλύπτουν κανονικὰ βωξιτικά κοιτάσματα, ἐπιτρέπει τὴν ἐκδοχὴ, ὅτι καὶ ἐδῶ μπορεῖ νὰ ὑπάρχει βωξίτης στὸ ὑπέδαφος. Τὰ βωξιτικά κοιτάσματα ὅμως δὲν ἔχουν μεγάλη ἔκταση, οὔτε παρουσιάζονται παντοῦ κάτω ἀπὸ ὅμοιους ἀσβεστολίθους, ἀλλὰ περιορίζονται στὰ καρστικὰ ἔγκοιλα τῶν ὑποκειμένων ἀσβεστολίθων (δάπεδο), τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν ἓνα μικρὸ ποσοστὸ (λίγα ἑκατοστὰ) τῆς συνολικῆς ἐπιφάνειας τῶν ἀσβεστολίθων δαπέδου. Ἔτσι, ἡ ἔρευνα γιὰ ἀνακάλυψη βωξιτικῶν κοιτασμάτων κάτω ἀπὸ τὸ ἔδαφος θὰ ἦταν συνυφασμένη μὲ τὴν τύχη, ἂν δὲν ὑπῆρχαν σαφῆ γεωλογικὰ κριτήρια.

Στὴν ἀρχὴ ἡ ἔρευνα γιὰ βωξίτες περιοριζόταν στὶς θέσεις, ὅπου ἡ ἴδια ἡ φύση εἶχε ἀποκαλύψει, μὲ τὴ διάβρωση τῶν ὑπερκειμένων ἀσβεστολίθων, βωξιτικά κοιτάσματα. Κατόπιν, ἡ ἔρευνα αὐτὴ ἐπεκτάθηκε σὲ ζῶνες ἀσβεστολίθων ὀροφῆς, παράλληλες πρὸς τὴ γραμμὴ ἐπαφῆς ἀσβεστολίθων δαπέδου-ὀροφῆς. Ἐκεῖ παρουσιάζονται οἱ πιὸ εὐνοϊκὲς συνθῆκες γιὰ ἀνεύρεση βωξίτη, γιὰ τὸ λόγο ὅτι ἡ στρωματογραφικὴ θέση τοῦ μεταλλεύματος αὐτοῦ εἶναι στὸ μέρος, ὅπου τὸ ἀνώτερο τμῆμα τῶν ἀσβεστολίθων δαπέδου ἔρχεται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸ κατώτερο τμῆμα τῶν ἀσβεστολίθων ὀροφῆς. Ἡ πείρα ὅμως ἔδειξε ὅτι ἡ ἀναζήτηση βωξιτῶν δὲν πρέπει νὰ γίνεται «εἰκῆ καὶ ὡς ἔτυχε» σὲ ὅλες τὶς γνωστὲς ἀπὸ τὴ γεωλογικὴ χαρτογράφηση ἐπαφῆς ἀσβεστολίθων δαπέδου-ὀροφῆς, ἀλλὰ ὅτι στὶς περιπτώσεις αὐτὲς πρέπει νὰ λαμβάνεται ἀπαραίτητα ὑπόψη ἡ τοπικὴ τεκτονικὴ. Οἱ τεκτονικὲς π.χ. ἐπαφῆς ἀσβεστολίθων δαπέδου-ὀροφῆς δὲν προσφέρονται γιὰ τὴν ἔρευνα αὐτὴ, ἐκτὸς ἂν εἶναι παράλληλες πρὸς κανονικὲς ἐπαφῆς (Kiskyras 1978), οὔτε οἱ κανονι-

---

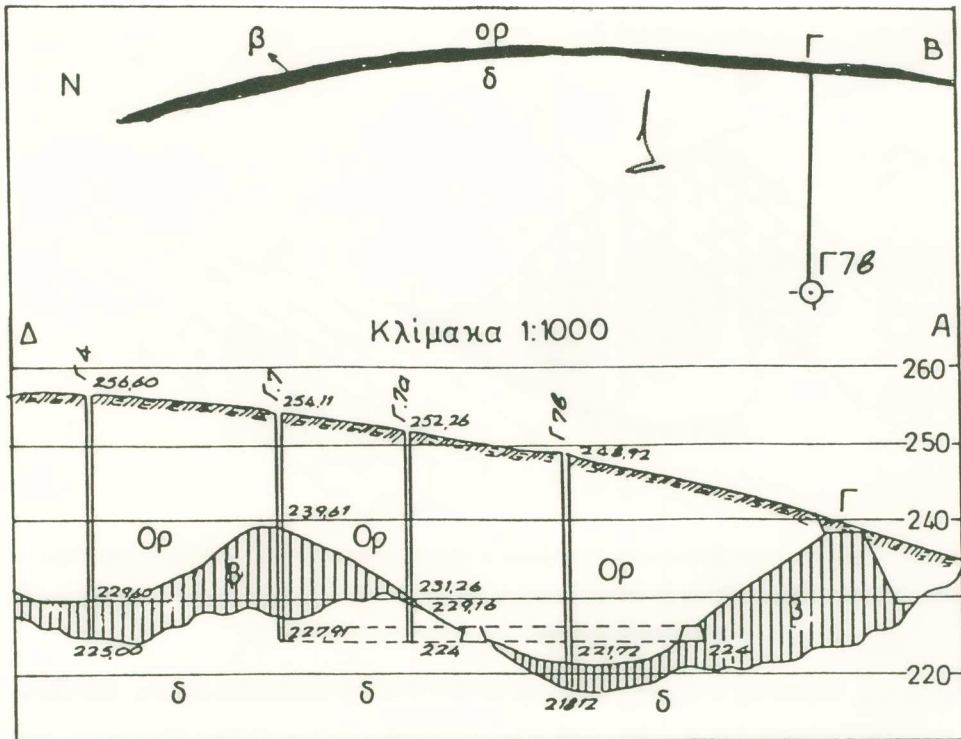
\* DEM. A. KISKYRAS, *Valorisation of the Tectonics and Geomorphology by the research for bauxite deposits. Practical criteria.*

κές έπαφές άσβεστολίθων δαπέδου με άνωτερα στρώματα άσβεστολίθων όροφής. Πολλές φορές έξάλλου τά βωξιτικά στρώματα έχουν, λόγω μεταπτώσεων και έφιππέυσεων, τεμαχισθεί και μετακινηθεί μακριά από τή στρωματογραφική τους θέση.

Ή έργασία αύτή άποτελεί επέκταση προηγουμένων μελετών του συγγραφέα και αναφέρεται όχι μόνο σε περιπτώσεις, όπου ή τεκτονική έχει έπηρεάσει τή μορφή των βωξιτικών σωμάτων, αλλά και αντίστροφα σε εκείνες, όπου ή παρουσία βωξίτη έχει έπηρεάσει τοπικά τή μορφολογία του αντίστοιχου τμήματος τής περιοχής, έπισημαίνοντας έτσι έμμεσα τήν ύπαρξη βωξίτη στην περιοχή αύτή. Τέλος, δίνονται χρήσιμα στοιχεία, που μπορούν να βοηθήσουν άποτελεσματικά τήν έρευνα για άνακάλυψη νέων βωξιτικών κοιτασμάτων σε συνδυασμό με τήν άποφυγή περιπτώσεων για πολλές γεωτρήσεις.

Β. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΣΤΗ ΜΟΡΦΗ ΤΩΝ ΒΩΞΙΤΙΚΩΝ  
ΣΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥΣ ΣΧΕΤΙΚΑ  
ΜΕ ΤΟΥΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥΣ ΟΡΟΦΗΣ-ΔΑΠΕΔΟΥ

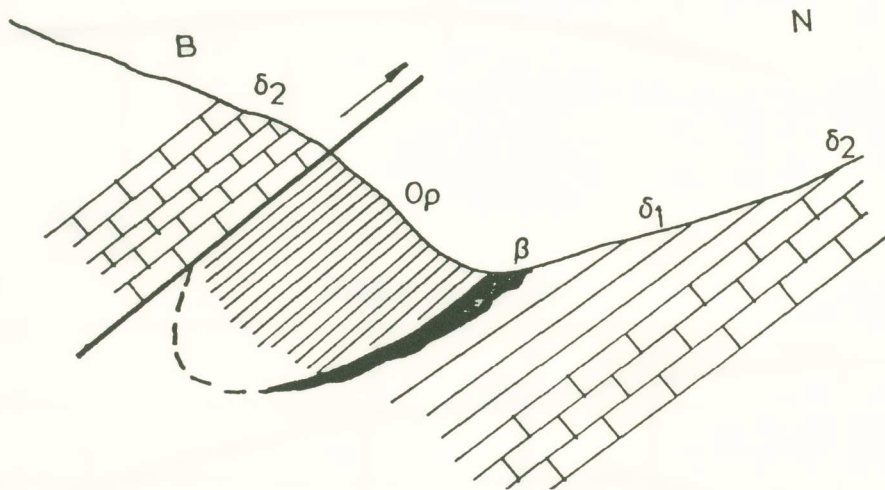
Όπως είναι γνωστό (Κισκύρας 1960) σε περιοχές, που έχουν ύποστει έντονες όρογενετικές πιέσεις, π.χ. στη Μάνδρα-Έλευσίνα, ή μορφή των βωξιτικών σωμάτων έχει άλλοιωθει. Αυτό, που προξενεί έντύπωση στον έρευνητή, είναι ότι, ένω τά βωξιτικά κοιτάσματα κατά τή διεύθυνση τής στρώσης των άσβεστολίθων όροφής παρουσιάζουν τó ίδιο πάχος, αυτό γίνεται άκανόνιστο κατά τήν κλίση τους, ώστε αυτά να παρουσιάζουν άποσφήνωση στα σύγκλινα και άχυνση (διόγκωση) προς τήν κορυφή των άντικλίνων. (Εικ. 1). Άλλά και σε άλλες περιοχές, π.χ. του Διστόμου, έχουν παρουσιασθεί άνάλογα φαινόμενα. Έτσι, τά κοιτάσματα Άμάλιες Νο 1 και Νο 2 του δεύτερου βωξιτικού όρίζοντα έχουν ύποστει ίσχυρή μετατόπιση προς ΒΑ, δηλ. τή διεύθυνση τής πτύχωσης με σχετική άχυνση του βωξιτικού σώματος προς τή διεύθυνση αύτή και άποσφήνωση προς τήν αντίθετη. Τουτό είχε ως άποτέλεσμα να έκδιωχθεί ó βωξίτης από τó χώρο μεταξύ των δυό κοιτασμάτων και να παραμείνει μόνο σε μερικά έγκοιλα (Κισκύρας 1969). Όλα αυτά δείχνουν, ότι τά δύο αυτά πετρώματα, βωξίτης και άσβεστόλιθος, δέν πτυχώθηκαν κατά τόν ίδιο τρόπο. Θα πρέπει λοιπόν να γίνει σύγκριση τής συμπεριφοράς των δύο αύτων πετρωμάτων κατά τήν πτύχωση. Άποσφηνώσεις του είδους αύτου έχουν γίνει γνωστές μόνο από τά βωξιτικά κοιτάσματα του 2ου όρίζοντα (Kiskyras 1978, σ. 436), όπου οι άσβεστόλιθοι δαπέδου δέν έχουν συμπτυχωθεί με τούς άσβεστόλιθους όροφής. Φαινόμενα



Εικ. 1. Βωξίτικο κοίτασμα του 2ου ορίζοντα στη Σωτηρόζα Νο 2 (Έλευσίνα).

Κάτω: Έγκάρσια τομή, όπου διακρίνεται άποσφήνωση του βωξίτη στα σύγκλινα και πάχυνση προς την πλευρά των άντικλίνων. δ= δάπεδο. β= βωξίτης και ορ= όροφή.

ροής βωξίτη λόγω πλαστικότητας σε ύψηλες πιέσεις αναφέρονται και για κοιτάσματα Γιουγκοσλαβίας (J. Crnicki 1978). Αντίθετα, στα βωξίτικα κοιτάσματα, που δέν έχουν ύποστει έντονες όρογενετικές κινήσεις, δέν παρουσιάζονται άποσφηνώσεις βωξίτικων κοιτασμάτων στα σύγκλινα (Κισκύρας 1960, σ. 235). Στις βωξίτοφόρες περιοχές, όπως τής Πύλου π.χ., όπου τα μεσοηωκαινικά βωξίτικα κοιτάσματα δέν παρουσιάζουν άποσφηνώσεις, οι όρογενετικές δυνάμεις είχαν μικρή ένταση. Το ίδιο μπορεί κανείς να πει και για τα βωξίτικα κοιτάσματα των Άνδρονιάνων (τοπ. Μεσοδόχι) Κύμης, που σχηματίσθηκαν στο άνω Κρητιδικό και δέν παρουσιάζουν άποσφηνώσεις. Άπ' όλες αυτές τις περιπτώσεις βγαίνει επίσης το συμπέρασμα, ότι ή πτύχωση είναι τόσο έντονότερη όσον τα ιζήματα, που βρίσκονται πάνω στο βωξίτη, είναι παχύτερα. Στην περιοχή τής Έλευσίνας π.χ., όπου τα πάνω από το βωξίτη ιζήματα είχαν μεγάλο πάχος, από το Κενομάνιο μέχρι και το



Είκ. 2. Έγκάρσια τομή βωξίτικου κοιτάσματος του 2ου ορίζοντα, όπου ο βωξίτης παρουσιάζεται μόνο στο κάτω τμήμα σύγκλιου αναστραμμένου προς νότο, ενώ έχει εκδιωχθεί από το βόρειο, που έχει έφιππέυσει πάνω στο νότιο και κάτω σκέλος.

Δάνιο, ή Λαραμική πτύχωση ήταν πιό έντονη από τη Σαβική πτύχωση, που έθιξε στρώματα με μικρότερο πάχος, από το άνω Λουτήσιο μέχρι το άνω Μειόκαινο, που ήταν πάνω από το βωξίτη της Πύλου.

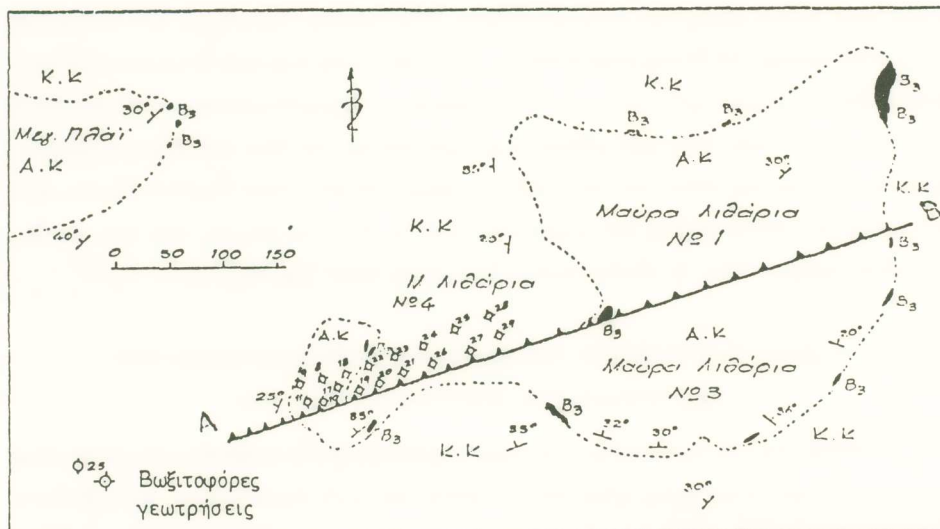
Στις περιοχές, όπου τα άσβεστολιθικά πετρώματα έχουν πτυχωθεί έντονα, παρουσιάζονται σε εύρεια κλίμακα και μεταπτώσεις με αντίθετη φορά (ανάστροφες μεταπτώσεις), οι οποίες συνοδεύονται και με θραύση των υπάρχοντων βωξίτικων σωμάτων σε δύο τμήματα, το ένα από τα όποια έφιππέυει μαζί με τόν υποκείμενο άσβεστόλιθο πάνω στον υπερκείμενο άσβεστόλιθο (όροφή) του άλλου βωξίτικου τμήματος (Κισκύρας 1960, σ. 236). Έπομένως, σύμφωνα με την τοπική τεκτονική ή συνέχεια του βωξίτικου κοιτάσματος έπρεπε να αναζητηθεί κάτω από τούς άσβεστόλιθους δαπέδου, δηλαδή κατά άνορθόδοξο τρόπο για την κλασική κοιτασματολογία των βωξιτών. Η διατρητική έρευνα δικαίωσε τα συμπεράσματα της τεκτονικής αυτής μελέτης (Κισκύρας 1960). Στις περιπτώσεις, που οι μεταπτώσεις αυτές έγιναν κατά την περίοδο της πτύχωσης, άμφότερα τα σκέλη του διαρρηγμένου βωξίτη παρουσιάζουν πάχυνση προς την πλευρά, που βρίσκεται προς την κατεύθυνση της όρεογόνου δύναμης και άποσφήνωση προς την αντίθετη. Στην περίπτωση αυτή σχηματίζει κανείς την έντύπωση, ότι πρόκειται για δυο χωριστά κοιτάσματα, ενώ στην πραγματικότητα πρόκειται για τόν ίδιο κοιτάσμα, που εξαιτίας της μετάπτωσης

χωρίστηκε σε δυο μέρη, που διαμορφώθηκαν στην τελική τους μορφή πάλιν εξαιτίας τής μετάπτωσης. Σε άλλες περιπτώσεις, ιδιαίτερα στην περιοχή Παρνασσού-Γκιώνας, ή οποία χαρακτηρίζεται από την παρουσία πτυχομεταπτώσεων σε σύγκλινα άναστραμμένα προς νότο και μάλιστα με έφιππευση του άνω και βόρειου σκέλους πάνω στο κάτω και νότιο, πολλές φορές το βωξιτικό κοίτασμα παρουσιάζεται μόνο στο κάτω και νότιο σκέλος του σύγκλινου, ενώ το άνω και βόρειο, που έχει συνθλιβεϊ, είναι στεϊρο. (Εικ. 2. Βλέπε ακόμη Κισκύρας 1960 Σχ. 1).

#### Γ. ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΤΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΣΤΑ ΒΩΞΙΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ

Η επίδραση τής τεκτονικής στη μορφολογία των βωξιτικών κοιτασμάτων είναι καταφανής εκεί, όπου έχουν γίνει μεταπτώσεις και μαζί έφιππεύσεις. Στις βωξιτοφόρες περιοχές ή διαπίστωση τής παρουσίας έφιππεύσεων και μεταπτώσεων διευκολύνεται από τη μορφή τής γραμμής έπαφής άσβεστολίθων δαπέδου-όροφής. Στην περίπτωση έφιππεύσεων, όπου άντι τής κανονικής έπαφής των άσβεστολίθων αυτών έχουμε τεκτονική έπαφή, ή γραμμή αυτή γίνεται εύθεια π.χ. ή ΑΒ στην Εικ. 3, ενώ ή κανονική έπαφή (στικτή γραμμή) είναι πολύπλοκη καμπύλη. Η τεκτονική έπαφή ΑΒ στο βωξιτικό κοίτασμα Μαύρα Λιθάρια Διστόμου του 3ου όρίζοντα συνεχίζεται περίπου 200 μ. προς άνατολάς με άσβεστόλιθους δαπέδου προς βορράν και άσβεστόλιθους όροφής προς νότο, χωρίς καμιά βωξιτική έμφάνιση. Αντίθετα, κατά μήκος τής κανονικής έπαφής των άσβεστολίθων αυτών (στικτή γραμμή) παρουσιάζονται πολλές βωξιτικές έμφάνσεις. Η μετάπτωση, με την οποία συνδέεται ή άναφερθείσα έφιππευση, προχωρεϊ τόσο προς δυσμάς, όσο και προς άνατολάς, αλλά δέν είναι εύκολα άντιληπτή, διότι και οι δυο της πτέρυγες άποτελοϋνται έπιφανειακά από όμοια πετρώματα (άσβεστόλιθους του άνω Κρητιδικού).

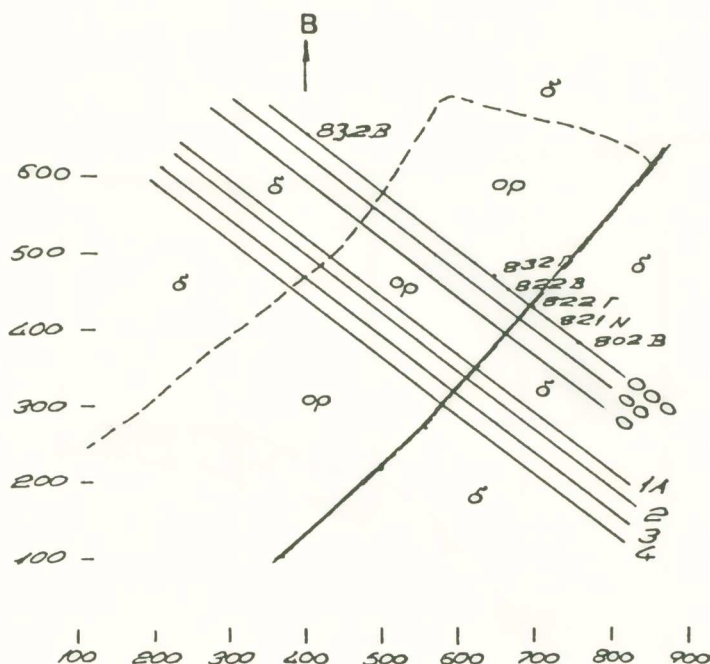
Η παρουσία μιās λωρίδας άσβεστολίθων όροφής μεταξύ αυτοχθόνων και έπωθημένων άσβεστολίθων δαπέδου στο άριστερο (δυτικό) τμήμα τής Εικ. 3, σε συνδυασμό με την άπουσία άσβεστολίθων όροφής πάνω σε ένα τμήμα των έπωθημένων άσβεστολίθων δαπέδου, άποδόθηκε (Κισκύρας 1978) στην ύπαρξη, κάτω από τους άσβεστόλιθους αυτούς, ενός σώματος με διαφορετικές έλαστικές ιδιότητες, δηλ. λιγότερο ένδοτικοϋ στις όρογενετικές πιέσεις. Η παρουσία του σώματος αυτού, που στην προκείμενη περίπτωση άναμενόταν να είναι βωξίτης, προκάλεσε τοπική άνόρθωση των ύπερκειμένων άσβεστολίθων. Τοϋτο είχε ως άμεσο άποτέλεσμα τη γρηγορότερη διάβρωση των άσβεστολίθων όροφής στο τμήμα. που ήταν ύπεράνω των



Εικ. 3. Βωξιτικό κοίτασμα Μαύρα Λιθάρια (Δίστομο). Στο κέντρο τής εικόνας μία λωρίδα άσβεστολίθων όροφής (Α.Κ.) με εύθύγραμμη τή βόρεια πλευρά της, εξαιτίας τεκτονικής έπαφής με άσβεστόλιθους δαπέδου (Κ.Κ) που έχουν έφιππεύσει πάνω στους άσβεστόλιθους όροφής κατά τή ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνση.

άνορθωμένων άσβεστολίθων του ύποβάθρου και είχαν κάπως άνυψωθεί σε σχέση με τους γειτονικούς. Έτσι μπορεί να εξηγηθεί ή έλλειψη άσβεστολίθων όροφής πάνω στους έπωθημένους άσβεστόλιθους δαπέδου στο τμήμα αυτό. Η γεωτρητική έρευνα στους έπωθημένους άσβεστόλιθους δαπέδου του τμήματος αυτού έδειξε τήν παρουσία βωξιτικών κοιτασμάτων (Μαύρα Λιθάρια Νο 3 και Νο 4), που σε μερικές θέσεις είχαν πάχος 25-30 μ., π.χ. στις βωξιτοφόρες γεωτρήσεις Νο 11 και Νο 10 (Εικ. 3).

Στήν ίδια κατηγορία κατατάσσεται από τεκτονική άποψη και τó βωξιτικό κοίτασμα Καμίνη Ταμπάνου του 2ου όμως όρίζοντα στην Πλαγιά-Βλύχα (περιοχή Έλευσίνας). Στήν περίπτωση αυτή (Εικ. 4) μιá λωρίδα άσβεστολίθων του άνω Κρητιδικού (Κενομάνιο-Τουρώνιο) με 800 μ. μήκος στη ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση και με πλάτος 250, περίπου, έμφανίζεται μεταξύ άσβεστολίθων του άνω Ίουρασικου. Η έπαφή στην άνατολική πλευρά τής λωρίδας αυτής είναι εύθύγραμμη. Η παρατήρηση αυτή μάς έκανε να υποθέσουμε ότι εδώ πρόκειται για τεκτονική έπαφή, που πιθανόν συνοδεύεται από έφιππευση και διαμελισμό του τυχόν ύπάρχοντος βωξιτικού κοιτάσματος. Πράγματι, οί γεωτρήσεις, που έγιναν στην περιοχή αυτή, πιστοποίησαν, όπως φαίνεται από τις τομές των Εικ. 5 και 6, τήν παρουσία βωξιτικού

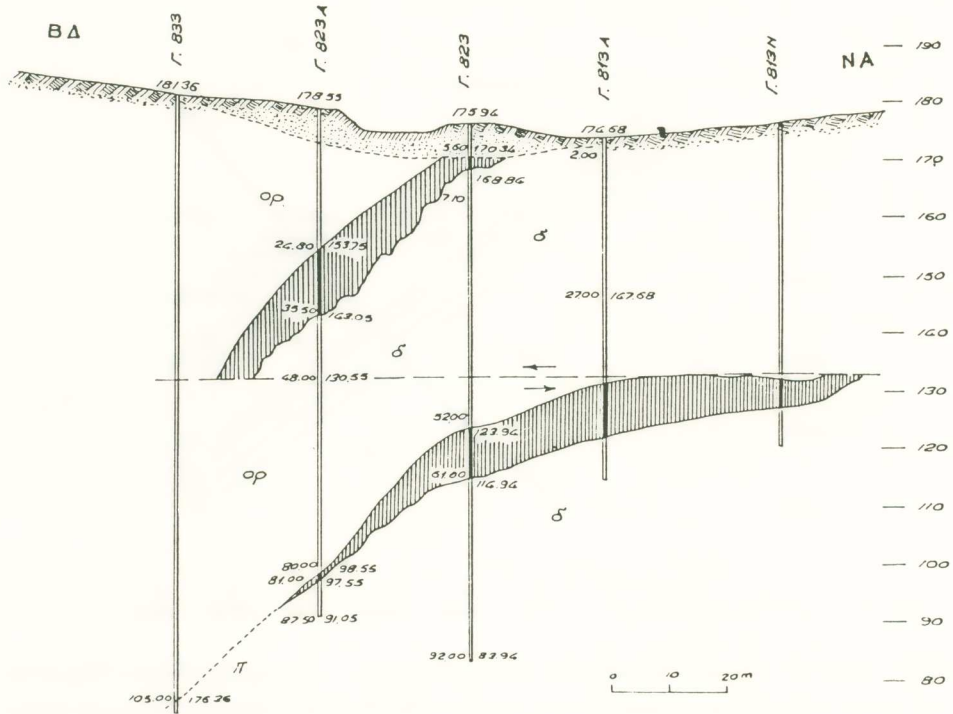


Είκ. 4. Βωξιτικό κοιτάσμα 2ου όριζοντα «Καμίνι Ταμπάκου» στην περιοχή Βλύχας-Ελευσίνας. Op= άσβεστόλιθοι όροφής, δ= άσβεστόλιθοι δαπέδου. 000, 00,0 1A...= άξονες γεωλογικών τομών, 832B, 822B..= θέσεις γεωτρήσεων, ——— κανονική έπαφή ——— = τεκτονική έπαφή.

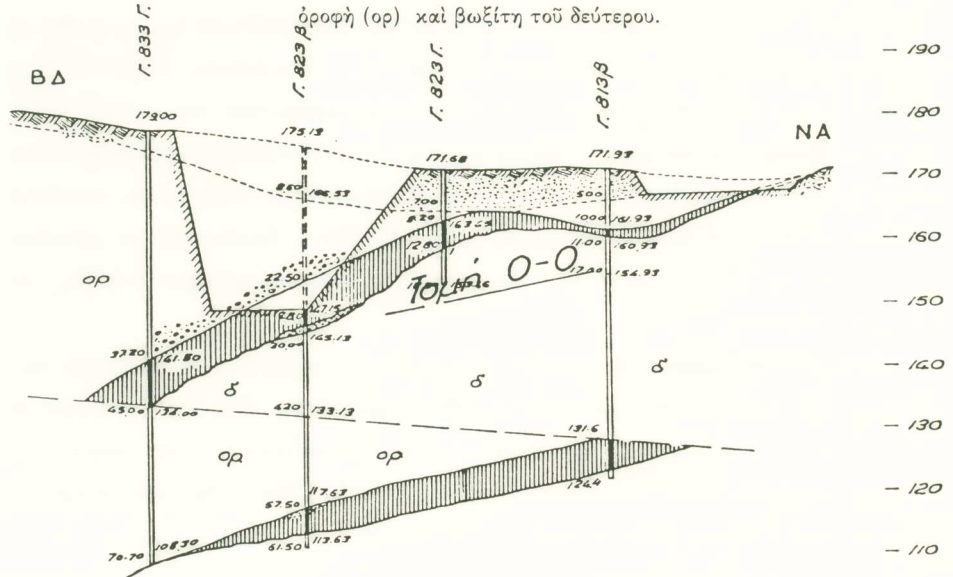
κοιτάσματος, που έξαιτίας μιās μετάπτωσης με ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση έχει χωρισθεί σε δυο τμήματα. 'Απ' αυτά το άνωτερο, μαζί με τους υποκείμενους άσβεστόλιθους δαπέδου, έχει μετακινηθεί από ΝΑ προς ΒΔ και έχει έφιππεύσει πάνω στους άσβεστόλιθους όροφής του κατώτερου τμήματος. Το εύρος τής έφιππευσης αυτής, όπως προκύπτει από την όριζόντια απόσταση των δυο βωξιτικών κομματιών, ποικίλλει από θέση σε θέση και φθάνει από τα 40 μέχρι τα 130 μ. Διαπιστώθηκε μάλιστα, ότι το εύρος τής έφιππευσης είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο μικρότερο το βάθος του βωξιτικού σώματος.

Αυτό, που θα πρέπει να τονισθεί εδώ ιδιαίτερα, είναι ότι τα βωξιτικά κοιτάσματα του 2ου όριζοντα έχουν έπηρεασθεί περισσότερο από την τεκτονική σε σύγκριση με τα κοιτάσματα των άλλων βωξιτικών όριζόντων. Στην περίπτωση αυτή έχει συμβάλει και ή ύψη των κοιτασμάτων αυτών. Όπως έχει ήδη αναφερθεί (Kiskyras et al 1978, σ. 415) οι βωξίτες του 2ου όριζοντα χαρακτηρίζονται από το

Τομή 00-00



Εικ. 5. Έγκάρσια τομή στο τεμαχισμένο κοιτάσμα Καμίνι Ταμπάκου με έφιππευση τού ενός τμήματος πάνω στο άλλο, ώστε οι άσβεστολίθοι δαπέδου (δ) τού πρώτου να τοποθετηθούν πάνω σε όροφή (ορ) και βωξίτη τού δεύτερου.



Εικ. 6. Άλλη γεωλογική τομή σε βορειότερο τμήμα τού κοιτάσματος Καμίνι Ταμπάκου με μεγαλύτερο εύρος έφιππευσης σε συνδυασμό (βλ. κείμενο) με στροφή τού άνω τεμάχους κατά την άνδρομη φορά.

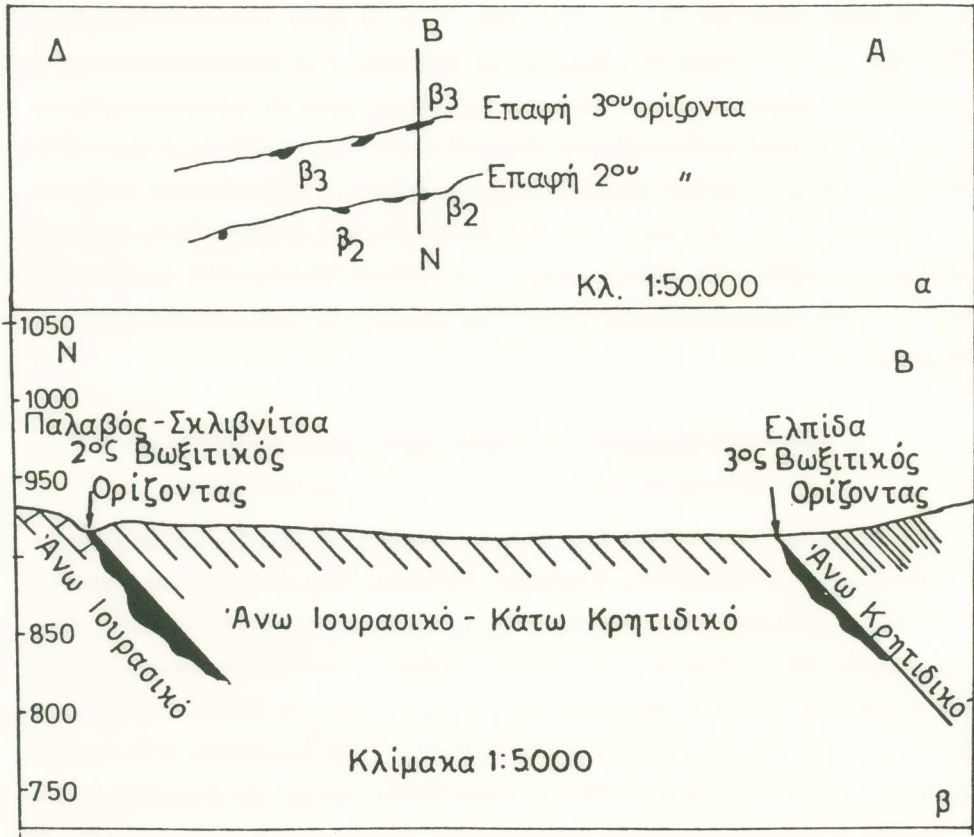


ὅτι δὲν εἶναι, ἐκτὸς ἀπὸ σπάνιες ἐξαιρέσεις, ὅπως οἱ ἄλλοι πηλολιθικοὶ-ὠολιθικοὶ. Τὰ ὕλικά τους κατὰ κύριο λόγο βαιμίτης καὶ αἱματίτης εἶναι λεπτόκκοκα καὶ ὁμοιόμορφα κατανεμημένα, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ὑφίστανται κατὰ τὶς ὀρογενετικὲς διαταραχὲς θραύση, ὥστε νὰ ἐμφανίζονται σὲ μορφή πλακιδίων. Ἀντίθετα, οἱ πηλολιθικοὶ βωξίτες, πού κατὰ κανόνα συναντῶνται στοὺς ἄλλους τρεῖς βωξιτικούς ὀρίζοντες, δὲν παρουσιάζονται σὲ μορφή πλακιδίων (Kiskyras 1960, p. 669). Ἀπὸ τεκτονικὴ ἄποψη οἱ πηλολιθικοὶ βωξίτες συμπεριφέρονται ὅπως τὰ συνεχτικὰ κροκαλοπαγῆ καὶ ψαμίτες, πού παρουσιάζουν μεγαλύτερη ἀντοχὴ στὴν πίεση καὶ δὲν ὑφίστανται διαρρήξεις.

#### Δ. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΒΩΞΙΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΤΟΠΙΚΗ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Ὅπως εἶναι γνωστὸ (Κισκύρας 1972), οἱ βωξίτες σχηματίζονται σὲ γεωαντικλινεῖς ζώνες, π.χ. ζώνη Πύλου-Γαβρόβου, Τρίπολης, Παρνασσοῦ-Γκιώνας καὶ Πελαγονική. Στὶς ζώνες αὐτὲς οἱ πτυχὲς δὲν ἔχουν χαρακτηριστικὴ διεύθυνση, ἀλλὰ ἐξαρτώμενη ἀπὸ τὶς ἐπικρατοῦσες τοπικὲς συνθήκες (τεκτονικὴ προσαρμογῆς) πού ἔχουν σχέση μὲ τὶς θαλάσσιες ἐπικλύσεις (transgressions) καὶ ἀποχωρήσεις (regressions) ὅπως ἔχει καὶ ὁ σχηματισμὸς τῶν βωξιτῶν. Ἔτσι, στὶς θέσεις, ὅπου ὑπάρχει βωξίτης, οἱ ἀργότερα σχηματισθέντες ἀσβεστόλιθοι (ὀροφῆ τῶν βωξιτῶν) ὡς περισότερο πλαστικοὶ θὰ συμπιεστοῦν κατὰ τὴν πτύχωση πρὸς τὸ ὀλιγότερο ἐνδοτικὸ βωξιτικὸ σῶμα μὲ τάση νὰ ἀνορθωθοῦν πρὸς τὴν πλευρὰ του. Τοῦτο ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα, οἱ ἀσβεστόλιθοι ὀροφῆς, πού βρίσκονται κοντὰ ἢ πάνω ἀπὸ βωξιτικὰ σώματα, νὰ παρουσιάζουν μεγαλύτερη κλίση ἀπ' ὅ,τι οἱ ὅμοιοί τους ἀσβεστόλιθοι, πού βρίσκονται ἀπευθείας πάνω σὲ ἀσβεστόλιθους δαπέδου, ὅπως φαίνεται καθαρὰ στὸ βωξιτικὸ κοίτασμα Μαλιαζέζας (περιοχὴ Ἐλευσίνας) καὶ Μάνδρα Νο 2.

Τὰ ἴδια ἰσχύουν καὶ στὶς περιπτώσεις, πού ἀσβεστόλιθοι ὀροφῆς-δαπέδου καὶ βωξίτης ἔχουν συμπτυχωθεῖ, ἐφόσον τὸ παρεμβαλλόμενο μεταξὺ ἀσβεστολίθων βωξιτικὸ σῶμα συμπεριφέρεται κατὰ τὴν πτύχωση διαφορετικὰ ἀπ' ὅ,τι οἱ ἀσβεστόλιθοι. Ἡ παρεμβολὴ μεταξὺ τῶν ἀσβεστολίθων ὀροφῆς-δαπέδου ἐνὸς ξένου σώματος μὲ διαφορετικὲς ἐλαστικὲς παραμέτρους θὰ ἐπηρεάσει τὴν τεκτονικὴ τους συμπεριφορά. Ἔτσι, οἱ θέσεις, ὅπου οἱ ἀσβεστόλιθοι ὀροφῆς παρουσιάζουν αὐξηση στὴν κλίση, εἶναι κατεξοχῆ ἐνδεικτικὲς γιὰ τὴν παρουσία κάτω ἀπὸ αὐτὲς βωξιτικοῦ κοιτάσματος, ἐφόσον φυσικὰ βρισκόμαστε σὲ βωξιτοφόρα περιοχὴ. Ἡ θέση τῶν βωξιτικῶν αὐτῶν κοιτασμάτων, ὅπως καὶ ἡ κλίση τῶν ἀσβεστολίθων ὀροφῆς, θὰ



Εικ. 7. Βωξιτικά κοιτάσματα (B<sub>2</sub> και B<sub>3</sub>) τής περιοχής Διστόμου, που παρουσιάζονται στις βόρειες πλευρές άντικλίνων με άξονα στην Α-Δ περίπου διεύθυνση

είναι πρὸς τὴν πλευρά, ἀπ' ὅπου ἐκδηλώθηκε ἡ μεγαλύτερη ὀρογενετική πίεση, ἡ ὁποία ὅπως εἰπώθηκε δὲν ἔχει σταθερὴ διεύθυνση στὶς βωξιτοφόρες περιοχές. Ἔτσι, στὶς θέσεις, ὅπου ἡ πίεση αὐτὴ εἶχε διεύθυνση ἀπὸ Δ. πρὸς Α., τὰ βωξιτικά κοιτάσματα βρίσκονται στὴ δυτικὴ πλευρὰ τῶν άντικλίνων, π.χ. στὰ κοιτάσματα Λούτσας, Πλαγιᾶς καὶ Βλύχας τῆς περιοχῆς Ἐλευσίνας, ἐπίσης στὰ κοιτάσματα Δυὸ Βουνά, Μετόχι καὶ Κάστρο (Οἶτη) ὅπως καὶ Βουνιχώρας (Γκιώνα). Ἄλλα πάλι κοιτάσματα, π.χ. Ἐλπίδα, Ἄνθιμος, Παλαβός-Σκλιβνίτσα (Εἰκ. 7), βρίσκονται στὴ βόρεια πλευρὰ άντικλίνων.

Οἱ πρόσθετες αὐτὲς παρατηρήσεις μπορεῖ νὰ βοηθήσουν στὸν καθορισμὸ τῶν θέσεων γιὰ ἔρευνα, που παρουσιάζουν τὴ μεγαλύτερη πιθανότητα γιὰ ἀνακάλυψη νέων βωξιτικῶν κοιτασμάτων.

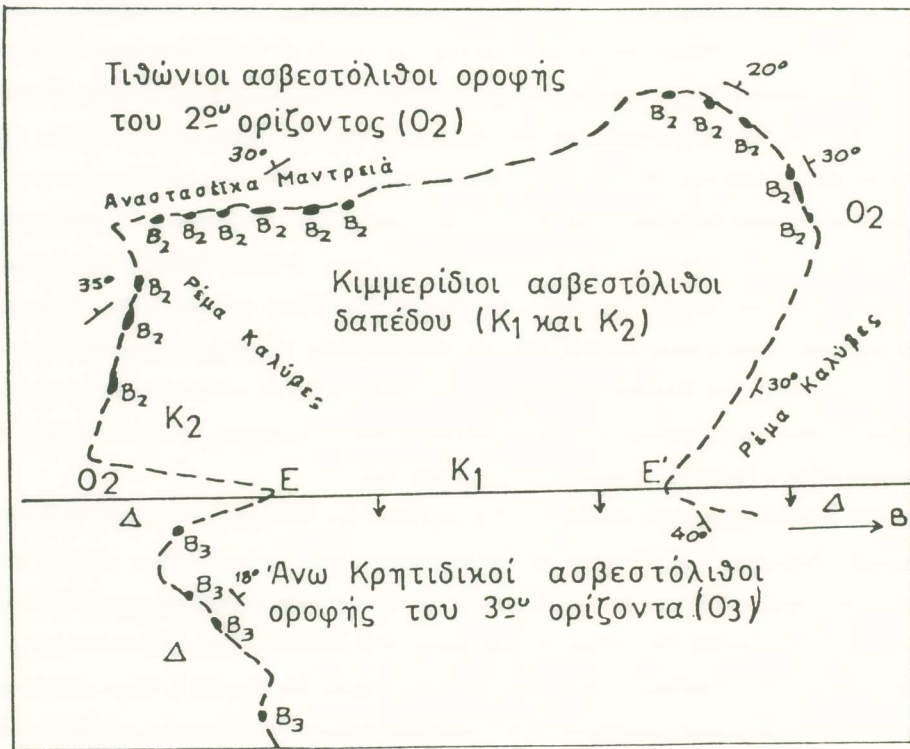
Στις περιπτώσεις, όπου το άνωτερο τμήμα των βωξιτικών κοιτασμάτων είναι άργιλοϋχο, τούτο γίνεται πλαστικό έξαιτίας του νερού, το οποίο διαπερνά τα υπερκείμενα διαπερατά άσβεστολιθικά πετρώματα και κατασταλάζει πάνω στην άδιαπέρατη άργιλο. Με την υποχώρηση της πλαστικής άργιλου κάτω από το βάρος των υπερκείμενων άσβεστολίθων τα πετρώματα αυτά κατακάθονται, με αποτέλεσμα να σχηματισθεί στην επιφάνεια του έδάφους μια κοιλότητα (Γούπατο). Οι κοιλότητες αυτές, δηλ. τα «γούπατα», αποτελούν πολλές φορές άσφαλή ένδειξη για ύπαρξη βωξίτη κάτω άπ' αυτές, π.χ. στις τοποθεσίες Χαλβάνια και Χαλιάδες (περιοχή Βουνιχώρας-Άμφισσας), επίσης ΒΔ του κοιτάσματος Μουκιχρί (Παρνασσός) και Γούπατα στο βουνό Κολιέδες-Έλικώνα. Μερικές φορές το κατακάθισμα αυτό των άσβεστολίθων συνοδεύεται και με όλισθηση γήινων τεμαχών, με αποτέλεσμα να άποκαλυφθεί ό βωξίτης, ακόμα και το δάπεδό του.

Οί Mack-Petrasccheck (1970, σ. 37) νομίζουν ότι τα «γούπατα» στη βωξιτική περιοχή Παρνασσού οφείλονται σε κατακρήμνιση των άσβεστολίθων όροφής στα κενά, που σχηματίζονται άπό τη διάλυση των κατωτέρων τμημάτων τους έξαιτίας των υπογειών νερών, που στραγγίζουν πάνω στο βωξίτη. Δηλ. δέχονται και μια καρστοποίηση των άσβεστολίθων όροφής. Έτσι όμως θα έπρεπε ή παρουσία «γούπατων» να ήταν γενικό φαινόμενο στην επιφάνεια βωξιτικών περιοχών και όχι περιορισμένο, όπως συμβαίνει.

#### Ε. ΠΑΛΑΙΟΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΙΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΒΩΞΙΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ

Χρήσιμα στοιχεία για την αναζήτηση βωξιτικών κοιτασμάτων υπό το έδαφος μπορεί να προσφέρει και ή μελέτη της παλαιομορφολογίας της έξεταζόμενης περιοχής, που αναφέρεται τόσο στην εποχή, κατά την όποία έγινε ή άπόθεση των βωξιτικών ύλικών, όσο και σε αυτήν, που άκολούθησε άμέσως. Μερικές φορές είναι δυνατόν άπό τη μορφολογία των άσβεστολίθων να έξαχθούν συμπεράσματα για την ύπαρξη σημαντικών κοιτασμάτων υπό το έδαφος. Άλλιώς θα πτυχωθούν οι άσβεστολίθοι, όταν μεταξύ τους παρεμβάλλεται ένα ζένο σώμα, με διαφορετικές ιδιότητες όπως ό βωξίτης, και άλλιώς όταν είναι μόνοι τους. Στην έρευνα βωξιτικών κοιτασμάτων για την εύρεση των θέσεων, όπου κατά προτίμηση έχει συγκεντρωθεί ό βωξίτης, μάς βοηθεί και ή μελέτη της μορφής, που έχει ή γραμμή έπαφής άσβεστολίθων δαπέδου-όροφής.

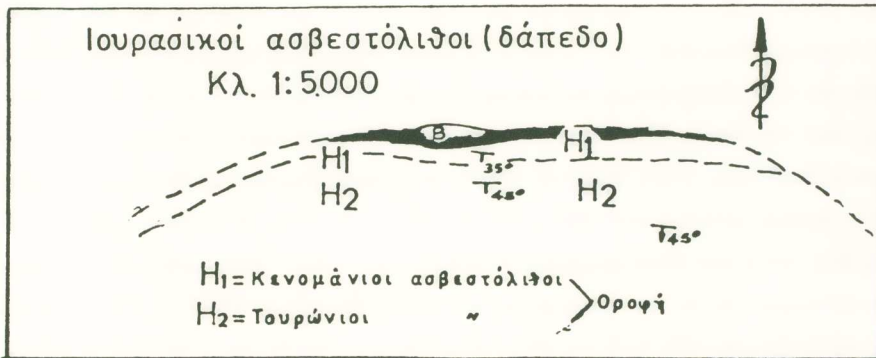
Άπό τη μελέτη πολλών βωξιτικών εμφάνισεων κατά μήκος κανονικών έπαφών



Είχ. 8. Βωξίτικα κοιτάσματα Ρέμα Καλύβες ΝΑ Διστόμου. Οι εμφανίσεις βωξίτη παρατηρούνται στα κυρτά τμήματα της γραμμής της κανονικής επαφής ασβεστολίθων δαπέδου-οροφής, ενώ η τεκτονική επαφή (εὐθεία) Ε-Ε' είναι στείρα. B<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>= βωξίτης και όροφή 2ου βωξίτικού όριζοντα, B<sub>3</sub>, O<sub>3</sub>= βωξίτης και όροφή 3ου βωξ. όριζ. Κ (K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>) δάπεδο του 2ου και 3ου όριζοντα.

άσβεστολίθων δαπέδου-όροφής διαπιστώθηκε, ότι η γραμμή επαφής, που ανάλογα με την παλαιομορφολογία του δαπέδου παρουσιάζει πολλές ή λίγες, μικρές ή μεγάλες έγκολπώσεις, δεν είναι σε όλο το μήκος της βωξίτοφορά. Ο βωξίτης παρουσιάζεται στα κυρτά τμήματα της γραμμής επαφής, που αντίστοιχούν στα αντίκλινα των άσβεστολίθων δαπέδου, Είχ. 8. Φαίνεται ότι εδώ έχουν συντρέξει και τεκτονικοί παράγοντες, δηλαδή ότι κατά την πτύχωση στις έσοχές της άσβεστολιθικής περιοχής του δαπέδου προσχώρησαν οι εύπλαστοι άσβεστόλιθοι όροφής, απομακρύνοντας τον τυχόν ύπάρχοντα εκεί βωξίτη, Είχ. 2. Οι έσοχές αυτές της γραμμής επαφής αντίστοιχούν από μηχανική άποψη στα σύγκλινα των άσβεστολιθικών περιοχών, που αναφέρθηκαν προηγούμενα.

Άπό κοιτασματολογική άποψη ή μορφή της γραμμής επαφής άσβεστολίθων



Εικ. 9. Άποσφήγωση του βωξιτικού κοιτάσματος (B) Μάνδρα Νο Ι στις θέσεις, όπου η γραμμική έπαφή άσβεστολίθων δαπέδου-όροφής παρουσιάζει κοίλωμα.

δαπέδου-όροφής παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Έχει παρατηρηθεί ότι τα μεγάλα βωξιτικά κοιτάσματα, τόσο του 2ου όσο και του 3ου όριζοντα, συνδέονται με έπαφή χωρίς μεγάλες έγκολπώσεις π.χ. τα κοιτάσματα Βλύχας (Έλευσίνα) Άνθιμου-Παλαβοϋ (Εικ. 7, βλ. άκόμη Κισκύρας 1985, σ. 140 Εικ. 1.). Επίσης τα κοιτάσματα Στενής-Άράχωβας και Γαΐδοποριά-Κολιέδες (Δίστομο), όπως και τα βωξιτικά κοιτάσματα του Κοκκινόβραχου στην Οΐτη (βλ. Σπηλιάδης 1969/1970 σ. 20). Άντίθετα, στις θέσεις, όπου η γραμμική έπαφή άσβεστολίθων δαπέδου-όροφής κυρτούται, το κοιτάσμα άδυνατίζει με τάση να γίνει η έπαφή αυτή στείρα (Εικ. 9).

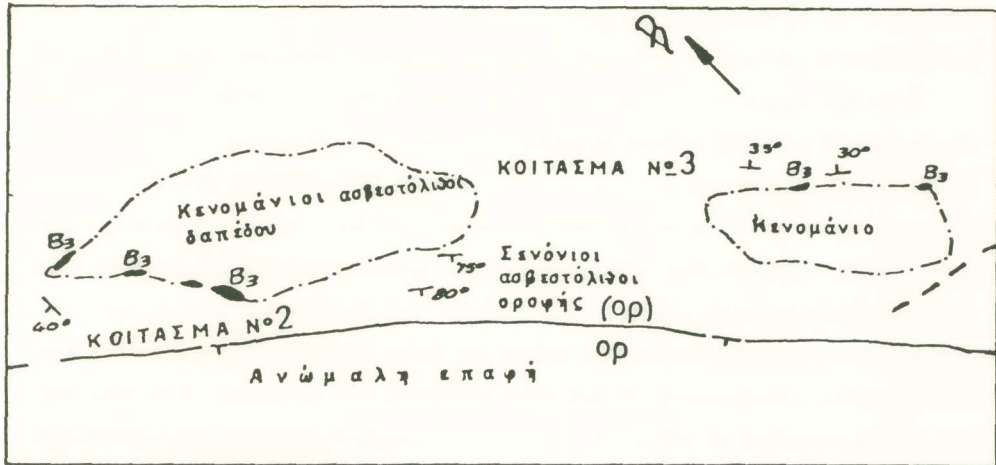
Τα μεγαλύτερα και ποιοτικώς καλύτερα κοιτάσματα του 2ου βωξιτικού όριζοντα στην περιοχή Παρνασσού-Έλικώνα, όπως αυτά του Άνθιμου, Παλαβοϋ-Σκλιβνίτσας και Μαϋρα Λιθάρια Νο 2, δυτικά του Διστόμου στο Νότιο Παρνασσό (Κισκύρας 1985 Εικ. 1), παρουσιάζουν κατά προτίμηση περίπου Α-Δ διεύθυνση, που είναι η διεύθυνση, στην οποία η έπαφή δαπέδου-όροφής παρουσιάζει τη μεγαλύτερη εϋθυγράμμιση. Άντίθετα, άλλα κοιτάσματα του ίδιου αυτού όριζοντα, όπως π.χ. Άμάλιες, Σκαρτζές, Κάρκανος, Τουρμπάτσι και Ρέμα Καλύβες στον Έλικώνα, που έχουν περίπου Β-Ν διεύθυνση, είναι μικρά και υστερούν από ποιοτική άποψη σε σύγκριση με αυτά του Άνθιμου. Στις περιπτώσεις αυτές η έπαφή δαπέδου-όροφής δεν διατηρεί την Β-Ν εϋθυγράμμισή της, αλλά σε μικρή άπόσταση κυρτούται προς Α ή Δ, όποτε ο βωξίτης, που ίσως υπήρχε εκεί, εκδιώχθηκε σύμφωνα με τα άναφερθέντα κατά την πτύχωση από τον άσβεστόλιθο όροφής.

Άν λάβουμε υπόψη ότι το μέγεθος ενός βωξιτικού κοιτάσματος εξαρτάται από τις διαστάσεις του καρστικού έγκοιλου, μέσα στο όποιο έγινε η άπόθεση των βωξι-

τικῶν ὑλικῶν του, τότε μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι τὰ κοιτάσματα τοῦ 2ου ὀρίζοντα στὴν περιοχή Βοιωτίας, πού ἔχουν Α-Δ παράταξη, εἶναι τὰ μεγαλύτερα, διότι στὴ διεύθυνση αὐτὴ ἐκδηλώθηκε ἐντονότερα ἢ τεκτονικὴ δράση κατὰ τὴν ἀλπικὴ ὀρογένεση, ἀπὸ τὴν ὁποία ἐξαρτήθηκε τὸ μέγεθος τοῦ καρστικοῦ ἔγκοιλου. Ὅπως εἶναι γνωστὸ (Κισκύρας 1972, Kiskyras 1978), στὴ ζώνη Παρνασσοῦ-Γκιώνας παρουσιάζονται πολλὲς πτυχομεταπτώσεις στὴ διεύθυνση περίπου Α-Δ (πού ἀποκλίνει λίγο πρὸς Β ἢ νότο) καὶ ἀναστραμμένα σύγκλινα πρὸς νότο. Ἐδῶ πρόκειται γιὰ τεκτονικὴ προσαρμογῆς σὲ προϋπάρχουσα τεκτονικὴ (Κισκύρας 1972, σ. 96) πού διευκόλυνε τὴ διάβρωση τῶν ἀβεστολίθων δαπέδου στὴ διεύθυνση αὐτὴ καὶ τὸ σχηματισμὸ μεγάλων καρστικῶν ἐγκοίλων μὲ τὴν ἴδια διεύθυνση, ὅπου ἀποτέθηκαν τὰ βωξιτικὰ ὑλικά.

Τὸ θέμα, πού ἀφορᾷ στὴν καλὴ ποιότητα (μικρὴ περιεκτικότητα σὲ  $\text{SiO}_2$ ) τῶν βωξιτικῶν αὐτῶν κοιτασμάτων μὲ τὴν Α-Δ παράταξη, πιθανῶς ἔχει σχέση μὲ τὸ μεγάλο πάχος τῶν κοιτασμάτων αὐτῶν. Γιὰ τοὺς βωξίτες τοῦ 3ου ὀρίζοντα ἔχει διαπιστωθεῖ (Kiskyras et al 1978) ὅτι, ὅπου τὰ κοιτάσματα αὐτὰ ἔχουν μεγάλο πάχος, ὁ βωξίτης εἶναι πλούσιος σὲ διάσπορο καὶ πτωχὸς σὲ καολινίτη, δηλ. σὲ  $\text{SiO}_2$ , πού σημαίνει ὅτι ὁ βωξίτης αὐτὸς σχηματίστηκε σὲ ἀναγωγικὲς συνθῆκες. Ἀντίθετα, ὅπου τὸ κοίτασμα ἔχει μικρὸ πάχος, ὁ βωξίτης εἶναι πλούσιος σὲ βαιμίτη καὶ καολινίτη (ὀξειδωτικὲς συνθῆκες). Τὰ κοιτάσματα ὁμοίως τοῦ 2ου ὀρίζοντα εἶναι ὅλα πλούσια σὲ βαιμίτη καὶ στὶς θέσεις ἀκόμα, ὅπου τὸ κοίτασμα ἔχει μεγάλο πάχος. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἐδῶ ἐπικράτησαν ὀξειδωτικὲς συνθῆκες, ὅπως ἄλλωστε συμπεραίνεται καὶ ἀπὸ τὸ ὅτι ὁ βωξίτης τῶν κοιτασμάτων αὐτῶν εἶναι πτωχὸς σὲ διάσπορο καὶ πλούσιος σὲ αἰματίτη (Kiskyras 1983). Ἔτσι, ἡ εἰδικὴ αὐτὴ περίπτωση τοῦ 2ου βωξιτικοῦ ὀρίζοντα θὰ πρέπει νὰ διερευνηθεῖ περισσότερο.

Σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὴν σχετικῶς μικρὴ δυναμικότητα τῶν βωξιτικῶν κοιτασμάτων τοῦ 2ου ὀρίζοντα στὴ Βοιωτία, πού ἔχουν περίπου Β-Ν παράταξη, εἰπώθηκε πιὸ πάνω ὅτι ἡ γραμμὴ ἐπαφῆς ἀβεστολίθων δαπέδου-ὀροφῆς στὴν περιοχή αὐτὴ δὲν διατηρεῖ σὲ μεγάλη ἀπόσταση τὴ Β-Ν διεύθυνση, ἀλλὰ τὴν ἀλλάζει ἐξαιτίας τῆς τοπικῆς τεκτονικῆς. Ἔτσι, κυρτοῦται καὶ συχνὰ κλείνει γύρω ἀπὸ ἀβεστολίθους δαπέδου, δίνοντας ξεχωριστοὺς μορφολογικὰ μικροὺς ὄγκους ἀπὸ ἀβεστολίθους δαπέδου. Τοῦτο σημαίνει παρουσία μικροῦ καρστικοῦ ἔγκοιλου, ἄρα μικροῦ βωξιτικοῦ κοιτάσματος. Ἐδῶ θὰ πρέπει νὰ τονισθεῖ ἰδιαίτερα ὅτι σὲ ὅλες σχεδὸν τὶς ἀνάλογες περιπτώσεις, δηλ., ὅπου ἡ γραμμὴ ἐπαφῆς ἀβεστολίθων δαπέδου-ὀροφῆς κλείνει ἀβεστολίθους δαπέδου σὲ μορφή ἔλλειψης, διαπιστώθηκε παρουσία βωξίτη.



Είκ. 10. Βωξιτικές εμφανίσεις (B<sub>3</sub>) του 3ου όριζοντα σε γραμμή επαφής, που περικλείει ασβεστόλιθους δαπέδου στο ανατολικό κοιτάσμα Έλπίδας-Διστόμου (Κισκύρας 1986).

Στις περιπτώσεις αυτές πρόκειται για ξεχωριστά καρστικά έγκοιλα, που μπορεί να δέχθηκαν βωξιτικά υλικά από την καρστοποίηση των ασβεστολίθων δαπέδου, που περικλείονται από τη γραμμή επαφής. Αυτό ενισχύει την άποψη ότι τα σπουδαιότερα βωξιτικά κοιτάσματα της χώρας μας προέρχονται από καρστοποίηση άνθρακικων πετρωμάτων (Κισκύρας 1986). Συνεπώς θα πρέπει στην έρευνα για ανάζητηση βωξιτικων κοιτασμάτων να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις περιπτώσεις, όπου ή γραμμή επαφής ασβεστολίθων δαπέδου-όροφής παίρνει έλλειπτικές μορφές, κλείνοντας ασβεστόλιθους δαπέδου, όπως στα παραδείγματα των Είκ. 8 και 10. Στην Είκ. 10 πρόκειται για ένα κοιτάσμα του 3ου βωξιτικού όριζοντα από την περιοχή Έλπίδα στο Νότιο Παρνασσό, δυτικά του Διστόμου (Κισκύρας 1986) και στην Είκ. 8 για κοιτάσματα του 2ου όριζοντα από την περιοχή Ρέμα Καλύβες του Έλικώνα (Kiskyras 1978). Στην τελευταία περίπτωση ο βωξίτης είναι πλούσιος σε SiO<sub>2</sub> και Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, που σημαίνει απόθεση των βωξιτικων υλικων σε όξειδωτικές συνθήκες, δηλ. κοντά στο μητρικό πέτρωμα, όπου παρέμειναν τα δυσδιάλυτα υλικά, άργιλοπυριτικές ενώσεις και όξειδια του τρισθενους σιδήρου, που περιείχαν τα βωξιτικά υλικά. Ανάλογες περιπτώσεις είναι γνωστές στη βιβλιογραφία (Κισκύρας 1962, σ. 372, Kiskyras 1978, σ. 400, Kiskyras 1982, σ. 91 και Σπηλιάδης 1977, σ. 113). Οι παρατηρήσεις αυτές ενισχύουν την άποψη ότι ο βωξίτης, τουλάχιστο στις αναφερόμενες περιπτώσεις, έχει προέλθει από τη διάλυση και άπασβέστωση των ασβεστολίθων δαπέδου, που περικλείονται από τη γραμμή επαφής. Το ίδιο μπορούμε να

πούμε και για τὰ ἄλλα βωξίτικὰ κοιτάσματα (Γκιώνας, Παρνασσοῦ καὶ Ἐλικώνα) ποὺ παρουσιάζονται γύρω ἀπὸ ἀσβεστόλιθους δαπέδου (Kiskyras 1978, σ. 392).

Στὴν ἔρευνα γιὰ ἀναζήτηση βωξίτικῶν κοιτασμάτων ὑπὸ τὸ ἔδαφος, ἐκτὸς ἀπὸ τὰ γεωλογικὰ στοιχεῖα, μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθοῦν καὶ ἄλλες παρατηρήσεις, ὅπως ἡ ἀναπτυγμένη βλάστηση κατὰ μῆκος τῆς ἐπαφῆς ἀσβεστολίθων δαπέδου-ὄροφῆς. Στὴν περιοχή π.χ. Ἐξάρχου-Ἀταλάντης πάνω στὴ βωξιτοφόρα ἐπαφὴ παρουσιάζονται ἄφθονα σχοῖνα, ἐνῶ λείπουν στὰ ἄλλα, ἀκόμα καὶ διπλανά, μέρη τῆς ἴδιας περιοχῆς. Στὴν περιοχή τοῦ Ἐλικώνα ἐξάλλου, στὴ βωξιτοφόρα ἐπαφὴ, ἀναπτύσσονται περισσότερα ἔλατα ἀπ' ὅ,τι ἄλλοῦ. Σὲ ἄλλες περιοχὲς τοῦ Διστόμου (Ἅγιο Κωνσταντῖνο) ἡ βωξιτοφόρα ἐπαφὴ εἶναι κατάφυτη ἀπὸ κουμαριές. Στις περιπτώσεις αὐτὲς μποροῦμε νὰ πούμε ὅτι ἡ παρουσία ζωηρῆς βλάστησης κατὰ προτίμηση στὴ στενὴ λωρίδα ἐπαφῆς ἀσβεστολίθων δαπέδου-ὄροφῆς ἀποτελεῖ σαφὴ ἔνδειξη γιὰ παρουσία βωξίτη λίγο κάτω ἀπὸ τὸ ἔδαφος κατὰ μῆκος τῆς ἐπαφῆς αὐτῆς. Ὁ βωξίτης, ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὶς ἀναλύσεις, περιέχει διάφορα στοιχεῖα, χρήσιμα γιὰ τὴν ἀνάπτυξη τῶν φυτῶν π.χ. σίδηρο, φωσφόρο, θεῖο, μαγγάνιο, κάλιο κ.λπ.

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ἀπὸ τὴ μελέτη αὐτὴ, συνάγεται ὅτι ἐκτὸς ἀπὸ τὶς περιπτώσεις, ὅπου ἡ τεκτονικὴ ἔχει ἐπηρεάσει τὴ μορφή καὶ τὴ θέση τῶν βωξίτικῶν κοιτασμάτων, ὑπάρχουν καὶ ἄλλες, ὅπου ἀντίστροφα ἡ παρουσία βωξίτικῶν κοιτασμάτων ἔχει ἐπηρεάσει τὴν τεκτονικὴ τῆς περιοχῆς κατὰ τρόπο, ποὺ μπορεῖ νὰ βοηθήσει ἔμμεσα στὴν ἀνακάλυψη βωξίτῶν ὑπὸ τὸ ἔδαφος. Εἰδικότερα διαπιστώθηκαν:

1) Οἱ εὐθύγραμμες ἐπαφὲς ἀσβεστολίθων δαπέδου-ὄροφῆς βωξίτη εἶναι στεῖρες γιὰ τὸ λόγο ὅτι εἶναι τεκτονικὲς καὶ πολλὲς φορὲς ὀφείλονται σὲ φαινόμενα ἐπωθήσεων. Ἀντίθετα, οἱ κανονικὲς ἐπαφὲς ἀσβεστολίθων δαπέδου-ὄροφῆς, ποὺ ἀναγνωρίζονται ἀπὸ τὴν καμπυλόγραμμη μορφή τους, εἶναι συνήθως μεταλλοφόρες.

2) Τὰ βωξίτικὰ κοιτάσματα παρουσιάζονται κατὰ προτίμηση στὰ κυρτὰ τμήματα τῆς γραμμῆς ἐπαφῆς, ποὺ ἀπὸ τεκτονικὴ-κοιτασματολογικὴ ἄποψη ἀντιστοιχοῦν στὰ ἀντίκλινα τῶν ἀσβεστολίθων δαπέδου καὶ ὄχι στὰ κοῖλα τμήματά της, δηλ. τὶς ἐσοχές, ποὺ ἀπὸ τὴν ἄποψη αὐτὴ ἀντιστοιχοῦν σὲ σύγκλινα.

3) Τὰ μεγαλύτερα καὶ καλύτερα βωξίτικὰ κοιτάσματα παρουσιάζονται σὲ ἐκεῖνα τὰ τμήματα ἐπαφῆς ἀσβεστολίθων δαπέδου-ὄροφῆς μὲ τὶς λιγότερες ἐγκολπώσεις, τὰ ὁποῖα στὴν περιοχή Παρνασσοῦ-Γκιώνας ἔχουν Α-Δ διεύθυνση, δηλ. τὴ



διεύθυνση τῶν πτυχώσεων. Ἀντίθετα, τὰ βωξιτικά κοιτάσματα, πού ἔχουν B-N διεύθυνση εἶναι μικρά.

4) Ἐπαφές ἀσβεστολίθων δαπέδου-ὀροφῆς μέ ἐλλειψοειδή μορφή, πού περι-κλείουν ἀσβεστόλιθους δαπέδου, συνήθως εἶναι βωξιτοφόρες.

5) Ἀσβεστόλιθοι ὀροφῆς, πού βρίσκονται κοντὰ ἢ πάνω ἀπό βωξιτικά κοιτάσματα ἔχουν ἀνορθωθεῖ κατὰ τήν πτύχωση ἐξαιτίας τῆς παρουσίας τοῦ λιγότερο πλαστικοῦ βωξίτη καί παρουσιάζουν μεγαλύτερες κλίσεις σέ σύγκριση μέ τούς ὁμοίους ἀσβεστόλιθους τῆς ἴδιας περιοχῆς, πού δέν ἔχουν βωξίτη.

6) Ἡ διαπίστωση κατὰ τή χαρτογράφηση ἀσβεστολίθων ὀροφῆς σέ μορφή στενῆς-εὐθύγραμμης λωρίδας μέσα σέ ἀσβεστόλιθους δαπέδου ἀποτελεῖ συνήθως ἔνδειξη γιά τὸ ὅτι οἱ ἀσβεστόλιθοι δαπέδου, ἀπό τή μιὰ πλευρὰ τῆς λωρίδας, ἔχουν ἐπωθηθεῖ πάνω σέ ἀσβεστόλιθους ὀροφῆς, πού καλύπτουν βωξιτικά κοιτάσματα. Συνεπῶς, ὅτι κάτω ἀπό τήν ἀσβεστολιθική αὐτὴ λωρίδα ὑπάρχει βωξιτικό κοιτάσμα.

7) Στὶς περιπτώσεις ἐπιπτώσεων βωξιτοφόρων ἀσβεστολίθων δέν μετακινούνται ὁμοίομορφα ὅλα τὰ τμήματα τῆς πάνω πτέρυγας. Τὴ μεγαλύτερη μετακίνηση παρουσιάζουν ἐκεῖνα, κάτω ἀπό τὰ ὅποια ὁ βωξίτης ἔχει τὸ μικρότερο βάθος. Στὶς περιπτώσεις αὐτὲς ἡ μετακίνηση συνδυάζεται μέ στροφή τῆς πάνω πτέρυγας.

8) Τὰ βωξιτικά κοιτάσματα ἐντοπίζονται κατὰ προτίμηση στὶς θέσεις, πού εἶναι ἀντίκρου πρὸς τὴ διεύθυνση τῶν ὀρογενετικῶν πιέσεων, δηλ. πρὸς τὴν πλευρὰ, ὅπου κλίνουν οἱ ἀσβεστόλιθοι ὀροφῆς. Οἱ θέσεις αὐτὲς θὰ πρέπει νὰ προτιμοῦνται γιά ἔρευνα.

9) Ἐνδειξη γιά ὑπαρξὴ βωξιτικῶν κοιτασμάτων στοῦ ὑπέδαφος ἀποτελεῖ καί ἡ παρουσία κοιλοτήτων σέ ἀσβεστολιθικές περιοχές, πού εἶναι γνωστὲς μέ τὸ ὄνομα «Γούπατα». Ὁ σχηματισμὸς τους ὀφείλεται σέ κατακάθιση ἢ ὀλίσθηση ἀσβεστολίθων ὀροφῆς πάνω σέ ἀργιλοῦχο βωξίτη, πού γίνεται πλαστικὸς ἀπό τὰ ὑπόγεια νερά, πού διαπεροῦν τούς ἀσβεστόλιθους καί κατασταλάζουν πάνω στοῦ βωξίτη.

10) Μιὰ ἄλλη ἔνδειξη γιά ὑπαρξὴ βωξιτικῶν κοιτασμάτων στοῦ ὑπέδαφος εἶναι ἡ ἐμφάνιση ἔντονης βλάστησης κατὰ μῆκος τῆς ἐπαφῆς ἀσβεστολίθων δαπέδου ὀροφῆς, πού ὀφείλεται στοῦ ὅτι τὸ ἔδαφος τοῦ τμήματος αὐτοῦ ἔχει ἐμπλουτισθεῖ ἀπὸ τὸν ὑποκείμενο βωξίτη σέ σίδηρο, μαγγάνιο, φωσφόρο, κάλιο κλπ. Στὴν περιοχὴ τοῦ Διστόμου πρόκειται γιά Κουμαριές, τῆς Ἀταλάντης γιά Σχοῖνα καί στοῦ ὑψώματα τοῦ Ἐλικώνα γιά ἔλατα.

## SUMMARY

**Valorisation of the Tectonics and Geomorphology by the research for bauxite deposits. Practical criteria.**

This paper may be considered as an extension of previous papers of the author, regarding Greek bauxites, and examines not only these cases in which tectonics has influenced the figure of bauxite deposits and has changed their position, but also the other cases in which the presence of bauxite bodies, intercalated in limestones, has locally changed the structure and the morphology of the concerning district. The results of this study may be summed as follows: Rectilinear contacts of footwall-with hangingwall limestones are proved to be tectonic, due often to thrusts. Such contacts usually are steril, whereas normal contacts, mapping as complicate curves, are commonly bauxite bearing.

Bauxite deposits do not occur on the concave sections of the contact line of footwall-with hangingwall limestones. Such places, corresponding to them of the synclines in folded areas, have been during the folding overtaken by the hangingwall limestones, resulting in an expulsion of the bauxite from these places. Thus, the more important bauxite deposits of the 2ed horizon in Greece have been situated along the rectilinear contact line of footwall-with hangingwall limestones. In the area of Beotia such bauxite deposits preferably show a nearly E-W direction, like the karstic holes, inside of which the bauxitic materials have been deposited. This may be attributed to the greater development of the karstic holes of this area nearly in E-W according to the local tectonics of the Parnassus-Ghiona zone. In contrast, the nearly N-S directed bauxite deposits of the same horizon are here small, because the concerning N-S lines of footwall-with hangingwall limestones are in this area shorter than the E-W ones.

Besides, the N-S contactlines turn to E or to W and enclose the footwall limestones. Such contactlines with elliptic forme are of great interest by prospecting because they are often bauxite bearing. In that case the bauxite materials are deposited close to the source rock (footwall limestones) i.e. in oxidizing environment, resulting in the building of small bauxite deposits rich in  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Hangingwall limestones, situated close to / or above bauxite bodies, have been upturned by the folding, since limestones are more yielding to tectonic pressures than bauxite.

The presence of a narrow and rectilinear stripe of hangingwall limestones between footwall limestones may be considered an indication for the existence of footwall lime-

stones, thrust over bauxite covering hangingwall limestones. In such cases footwall limestones must be drilled.

In the case of upthrusts of bauxite bearing limestones not all the parts of the thrusting wall do move uniformly, but its thinner parts move more than the other parts, resulting in a rotation of this wall around an axis situated in the most thick part of the bauxite body.

Bauxite deposits have been principally located in places faced to the direction of the major tectonic pressure during the orogenesis. Such places may be preferently investigated by drilling work.

In the case of a loamy constitution of the bauxite body's upper part, a subsidence of the hangingwall limestones takes place, due to the plasticity of the loamy bauxite in consequence of the precipitation of surface waters through the previous limestones. This local subsidence of limestones has as a result the occurrence of earthsurface depressions in extent of few hundred square meters, called *goupata*. The appearance of *goupata* in the Parnassus-Ghiona area may be considered a good indication for bauxite existence below them.

Vivid vegetation, which was observed by the bauxite prospecting in Greece along some fixed strips of earth body, has been proved to be connected with a bauxite bearing contactline of footwall-with hangingwall limestones. The question here is: a) of mountain stromberry trees in Ag. Konstantinos (Distomon area). b) of fir trees in Koliedes (Helikon area) and c) of mastic trees (Schinus) in Exarchos (Atalanti area). Such a vegetation may be helpfull by prospecting for bauxite, given that this rock contains iron, phosphorous, sulfur, manganese etc. (i.e. essential elements to the growing of plants).

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- J. Crnicki, Structure controled bauxite deposits of Dalmatia (Yugoslavia). 4th Int. Congr. for the study of Bauxites etc. Athens 1978, Vol. 1, 114-128, 1978.
- Δ. Α. Κισκύρας, Τεκτονική τῶν βωξιτικῶν κοιτασμάτων τῆς περιοχῆς Ἐλευσίνας-Μάνδρας-Μεγάρων. Πρακτ. Ἀκαδημ. Ἀθηνῶν 35, 232-239, 1960.
- Dem. A. Kiskyras, Die mineralogische Zusammensetzung der griechischen Bauxite in Abhängigkeit von der Tektonik, N. Jb. Miner. Abh, Festband Ramdohr, 94, 662-680, 1960.

- Δ. Α. Κισκύρας, Γεωλογική έκθεση για τους βωξίτες Έλικῶνος. Τρίμηνο Ίανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος 1969. 'Αδημοδ. μελέτη ('Αρχεῖα 'Εταιρίας Βωξίται Έλικῶνος) 1969.  
Αί γεωτεκτονικαὶ ζῶναι τῆς 'Αλπικῆς ὀρογενέσεως εἰς τὸν ἑλληνικὸν χῶρον. Δελτίον 'Ελλην. Γεωλ. 'Εταιρίας IX, 93-110, 1972.
- Dem. A. Kiskyras, Quelques réflexions sur la genèse des bauxites de la Grèce. 4th Intern. Congr. for the study of bauxites etc. Vol. 1, 388-408 Athens 1978.
- Dem. A. Kiskyras, P. Chorianopoulou and Hel. Papazeti. Some remarks about the mineralogical composition of the Greek bauxites. 4th Intern. Congr. for bauxites etc. Vol. 1. 409-433, 1978.
- Dem. A. Kiskyras, New data on the Helicon bauxite area. 4th Intern. Congr. for bauxites etc. Vol. 1, 434-448, 1978.
- Characteristic features of the Greek bauxites in view of their origin. Prakt. Akadem. Athens 57, 82-95, 1982.
- About the favourable conditions for bauxite deferrification and the problem of the white bauxite in Greece. In: Leaching and diffusion in rocks and their weathering products. pp 441-460, Editor Prof. S. S. Augustithis, Theophrastus Public. S. A. Athens 1983.
- Δημ. Α. Κισκύρας, Τεκτονικὴ τῆς περιοχῆς Βοιωτίας σὲ συσχετισμὸ μὲ τὴν ἀναζήτηση βωξιτικῶν κοιτασμάτων. Πρακτ. 'Ακαδημ. 'Αθηνῶν 60, σ. 138-151, 1985.  
Τεκτονικὴ καὶ κοιτασματολογία τοῦ συγκροτήματος τῶν ἄνω κρητιδικῶν κοιτασμάτων 'Ελπίδας Διστόμου. Γεωλογικαὶ-Γεωφυσικαὶ Μελέται. Τόμος ἐκτὸς σειρᾶς σελ. 225-233, ΙΓΜΕ 1986.
- Er. Mack and W. Petrascheck, Exploration and evaluation of seeled bauxite deposits. ICSOBA Vol. 1 37-41, 1970.
- Θωμ. Σ. Σπηλιᾶδης, Γεωλογικαὶ καὶ κοιτασματολογικαὶ ἔρευναι εἰς τὴν ὀροσειρὰν τῆς Οἴτης. Τὸ ἀνευρεθὲν βωξιτικὸν κοίτασμα ἐν ἐκ τῶν μεγαλύτερων τῆς Εὐρώπης. Πρακτ. 'Ακαδημ. 'Αθηνῶν 44, σ. 19-33, 1970.  
'Η λατεριτίωσις εἰς τὴν 'Ελλάδα (Βωξίται-Σιδηρονικέλια) Συνάρτησις τῆς παλαιογεωγραφίας καὶ τῆς τεκτονικῆς τοῦ Μεσοζωϊκοῦ. Πρακτ. 'Ακαδ. 'Αθηνῶν 52, σ. 110-122, 1977.