

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΧΗΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ Fe-Ni-ΟΥΧΟΥ ΛΑΤΕΡΙΤΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΙΟΥ (ΝΟΜΟΣ ΓΡΕΒΕΝΩΝ)

Α.Ορφανουδάκης*, Ε.Μπόσκος* και Ι.Καστρίτσης**

Περίληψη

Ο Fe-Ni-ούχος λατερίτης, της περιοχής Παλαιοχωρίου, στο νομό Γρεβενών, σχηματίστηκε από την χημική αποσάθρωση του υποκείμενου σερπεντινωμένου χαρτοβουργίτη. Τα κύρια ορυκτά του λατερίτη είναι ο Ni-ούχος μαγνητίτης και τα Ni-ούχα ορυκτά της ομάδας των σερπεντινών. Τα τελευταία είναι Fe-ούχα στη βάση του λατερίτη και Al-Fe-ούχα στους ανώτερους οριζόντες. Μεταξύ του λατερίτη και του σερπεντινωμένου χαρτοβουργίτη παρεμβάλλεται η σαπρόλιθική ζώνη, στην οποία επικρατούν τα Fe-ούχα μέλη της ομάδας των σερπεντινών.

Η κατανομή των οξειδίων SiO_2 , MgO , $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$, Al_2O_3 , Cr_2O_3 και του Ni, στο λατεριτικό προφίλ, δείχνει τυπική εικόνα αυτόχθονου λατερίτη. Το SiO_2 και το MgO μειώνονται, σταδιακά, από τον υποκείμενο σερπεντινωμένο χαρτοβουργίτη προς το λατερίτη, ενώ, συγχρόνως, αυξάνουν το $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$, το Al_2O_3 , το Cr_2O_3 και το Ni. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε Cr_2O_3 και σε Ni παρουσιάζονται στη βάση της ζώνης του λατερίτη.

Από τη μελέτη των φυσικοχημικών παραγόντων της λατεριτώσης διαπιστώθηκε ότι, κατά τη μετατροπή του πρωτόλιθου σε λατερίτη απομακρύνθηκε το 90% περίπου του βάρους των συστατικών του. Τις μεγαλύτερες απώλειες παρουσιάζουν το SiO_2 και το MgO (>96% και 98%, αντίστοιχα, σε σχέση με εκείνα που περιείχοντο στον πρωτόλιθο). Οι απώλειες σε $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$ ανέρχονται σε >11%, σε Cr_2O_3 >9% και σε Ni >35%. Στη ζώνη του σαπρόλιθου απομακρύνθηκε το >55% του SiO_2 και το >67% του MgO , ενώ, συγχρόνως, προστέθηκαν $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$ κατά 19%, Cr_2O_3 κατά 16% και Ni κατά 50%.

Sommaire

Le laterite nickelifere de la region de Paleochori (Prefecture de Grevena), est forme de l' alteration chimique du hartzburgite sousjacent, avant la transgression du Miocene.

Les mineraux le plus importants du laterite sont le magnetite, riche en Ni, et les mineraux nickeliferes du group de serpentine. Ces derniers sont Fe-feres a la base du laterite et Al-Fe-feres dans les horizons superieures.

Entre le laterite et le hartzburgite serpentinite se trouve une zone saprolithique, dans laquelle dominant les mineraux, riches en Fe, du group de serpentine.

La distribution des oxydes SiO_2 , MgO , $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$, Al_2O_3 , Cr_2O_3 et du Ni dans le profile lateritique correspond a un profile typique de laterite autochtone. Le pourcentage en SiO_2 et MgO decroit, progressivement, du hartzburgite sousjacent vers le laterite, tandis que, en meme temps, le pourcentage en $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$, Al_2O_3 et Cr_2O_3 et Ni augmente. Les concentrations le plus eleves en Cr_2O_3 et Ni se trouvent a la base de la zone du laterite.

* Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Τομέας Γεωλογικών Επιστημών. Ecole Polytechnique d' Athenes. Departement des Ingenieurs de Mines et Metallurgistes. Section des Sciences Geologiques.

** Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών. Institut de Recherches Geologiques et Minieres.

De l' etude des facteurs physicochimiques de l' alteration est constate que, pendant la transformation du protolite en laterite est eloigne le 90% du poid initial de la roche. Le SiO₂ et MgO ont subi les pertes le plus importants (~96% et 98% respectivement).

Les pertes en Fe₂O_{3tot} arrivent a ~11%, en Cr₂O₃ a ~9%, et en Ni a~35%. Dans la zone saprolitique le ~55% du SiO₂ est eloigne, ainsi que le ~67% du MgO, tandis que, en meme temps, sont ajoutees 19% de Fe₂O_{3tot}, 19% de Cr₂O₃ et 50% du Ni.

Εισαγωγή

Fe-Ni-ούχα λατεριτικά κοιτάσματα, τα οποία αποτελούν αντικείμενο εντατικής εκμετάλλευσης, εμφανίζονται στη Λοκρίδα και Κεντρική Εύβοια. Οι λατερίτες αυτοί προέκυψαν από την αποσάθρωση υπερμαφικών πετρωμάτων και εναποτέθηκαν κατά την Κενομάνιο επίκλυση, σε καρστικά έγκοιλα Τριαδικο-Ιουρασικών ασβεστολίθων ή πάνω από σερπεντινίτες και στη συνέχεια καλύφθηκαν από ασβεστόλιθους του Ανώτερου Κρητιδικού.

Fe-Ni-ούχα λατεριτικά μεταλλεύματα εμφανίζονται και στη Δυτική Μακεδονία και Θεσσαλία (Πλαστήρας, 1980, Βραχάτης, 1977, Skarpelis et al., 1993). Τα μεταλλεύματα αυτά υπέρκεινται υπερμαφικών πετρωμάτων, από την αποσάθρωση των οποίων προέκυψαν και καλύπτονται από μολασσικά ιζήματα, της Μεσοελληνικής αύλακας, ολιγοκαινικής ηλικίας, στο δυτικό περιθώριο της αύλακας και μειοκαινικής, στο ανατολικό της περιθώριο. Εντός της Μεσοελληνικής αύλακας εμφανίζονται και οριζόντες από κλασικά ιζήματα, πλούσια σε Fe και Ni (Ni από 0,4 έως 1,1%), οι οποίοι προήλθαν από την απόθεση υλικού λατεριτώσης των υπερβασικών πετρωμάτων.

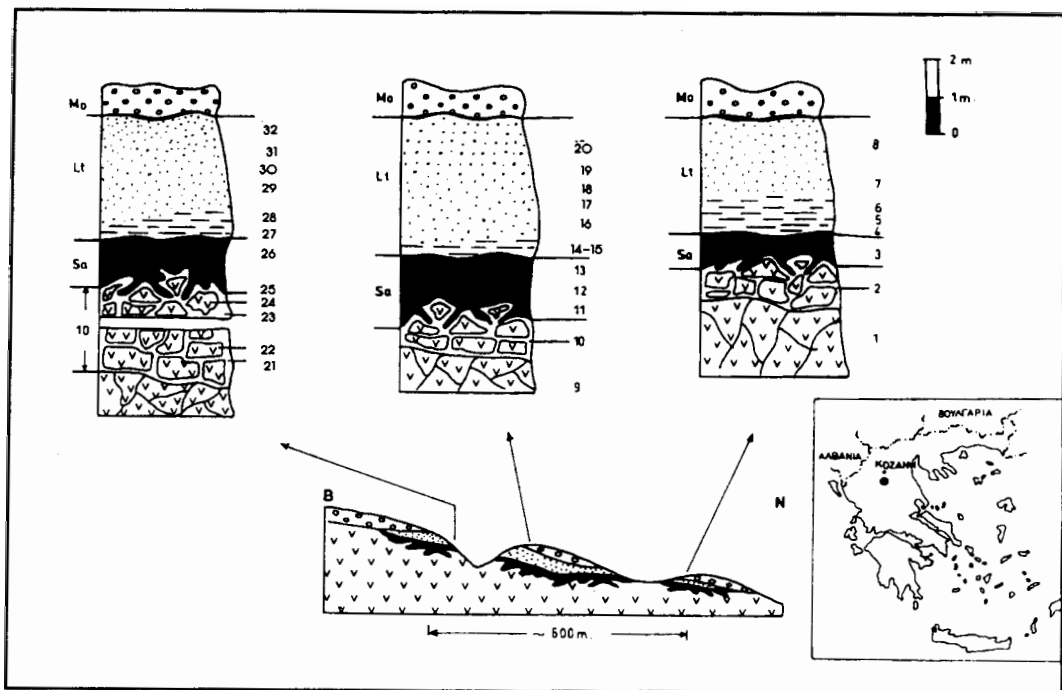
Τα σημαντικότερα Fe-Ni-ούχα μεταλλεύματα, βρίσκονται στο ανατολικό περιθώριο της Μεσοελληνικής αύλακας, στην περιοχή Ιεροπηγής, στο νομό Καστοριάς. Κατά τους Skarpelis et al. (1993), η λατεριτώση των υπερβασικών πετρωμάτων έλαβε χώρα πριν από το Κενομάνιο, τα δε κοιτάσματα, τα οποία οι παραπάνω ερευνητές θεωρούν ως αλλόχθονα, προέκυψαν με την απόθεση των προϊόντων αποσάθρωσης του λατεριτικού μανδύα, κατά την Κενομάνιο επίκλυση.

Η Fe-Ni-ούχος μεταλλοφορία της περιοχής Παλαιοχωρίου, η οποία αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας, βρίσκεται στο ανατολικό περιθώριο της Μεσοελληνικής αύλακας, όπως και η Fe-Ni-ούχος μεταλλοφορία της περιοχής Ιεροπηγής. Τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά, η πετρογραφία και η γεωχημεία του μεταλλεύματος Παλαιοχωρίου, όπως θα αναπτυχθούν στη συνέχεια, ενισχύουν την άποψη ότι πρόκειται για ένα αυτόχθονο Fe-Ni-ούχο λατερίτη, ο οποίος σχηματίστηκε πριν από την επίκλυση του Μειόκαινου.

Γεωλογικά στοιχεία

Fe-Ni-ούχος μεταλλοφορία εμφανίζεται σε διάφορες περιοχές του οφιολιθικού συμπλέγματος του Βούρινου (Βακόνδιος και Γρίβας, 1993). Η πλέον αξιόλογη εμφάνιση είναι εκείνη του Παλαιοχωρίου, η οποία απαντά σε απόσταση 1,5 Km, περίπου, ΝΑ του ομώνυμου χωριού και η οποία περιβάλλεται από μολασσικά ιζήματα των σχηματισμών Τσοτιλίου. Στη θέση αυτή, ο λατερίτης, αποκαλύπτεται μαζί με τα υποκείμενα υπερβασικά πετρώματα εξαιτίας της τοπικής διάβρωσης των μολασσικών σχηματισμών, η οποία κατά θέσεις έχει διαβρώσει πλήρως και το λατεριτικό σώμα (Σχ.1).

Η εμφάνιση του λατερίτη Παλαιοχωρίου έχει διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, μήκος 600 περίπου μέτρων, πλάτος που δεν υπερβαίνει τα 200μ. και μέγιστο πάχος που ανέρχεται στα 3 μέτρα (Σχ.1). Ο λατερίτης είναι μελανοπράσινος, συμπαγής στον κατώτερο οριζόντα και πισσολιθικός στον ανώτερο. Κάτω από τον οριζόντα του λατερίτη αναπτύσσεται η σαπρολιθική ζώνη, της οποίας το πάχος, συμπεριλαμβανομένου και του ελαφρά αποσαθρωμένου χαρτσβουργίτη, κυμαίνεται από 4 μέτρα στη ΝΝΑ πλευρά, μέχρι 12 μέτρα, στη ΒΒΔ (Σχ.1). Γενικά, όμως, το πάχος της σαπρολιθικής ζώνης, η οποία υπέστη, εντονότερου βαθμού αποσάθρωση, κυμαίνεται μεταξύ 1 μέτρου και 2,5 μέτρων (Σχ.1).



Σχ. 1: Γεωλογική τομή και λιθολογικές στήλες του Fe-Ni-ούχου λατερίτη. Παλαιοχωρίου (νομός Γρεβενών).
 Fig. 1: Section géologique et colonnes lithologiques du laterite nickelifere de Palaiochori (prefecture de Grevena).

Μέθοδοι έρευνας

Δείγματα από τα υπερβασικά πετρώματα και τον λατερίτη μελετήθηκαν με πολωτικό μικροσκόπιο, σε λεπτές-στιλβνές τομές και με περιθλασμετρία ακτίνων-X. Οι μικροαναλύσεις ορυκτών έγιναν με ηλεκτρονικό μικροαναλυτή. Χρησιμοποιήθηκε ο μικροαναλυτής του ΙΓΜΕ, τύπου Jeol Superprobe, 733. Ως πρότυπα χρησιμοποιήθηκαν ορυκτά και συνθετικά οξειδία μετάλλων. Διορθώσεις ZAF έγιναν με ειδικό πρόγραμμα της Jeol, συνδεδεμένο με τον ηλεκτρονικό μικροαναλυτή. Ο συντακτικός τύπος των ορυκτών υπολογίστηκε με ειδικό πρόγραμμα (Περδικάτης, 1986). Οι χημικές αναλύσεις των πετρωμάτων έγιναν με ατομική απορρόφηση, στα εργαστήρια του ΙΓΜΕ Κοζάνης.

Πετρογραφία

Στο σχήμα 1 δίνονται τρία λατεριτικά προφίλ και η θέση των δειγμάτων που μελετήθηκαν πετρογραφικά και γεωχημικά.

Όπως φαίνεται και από το σχήμα 1, το πέτρωμα που υπέστη τη λατεριτίωση είναι ένας σερπεντινωμένος χαρτσβουργίτης, ο οποίος στη βάση του λατερίτη εμφανίζεται έντονα λατυποποιημένος.

Ο χαρτσβουργίτης παρουσιάζει αδροκρυσταλλικό ιστό και αποτελείται από μεγακρυστάλλους ολιβίνη και ορθοπυρόξενου. Ο ορθοπυρόξενος περιέχει απομίξεις κλινοπυρόξενου, ο οποίος μετατρέπεται, εν μέρει, σε τρεμολίτη. Ο σερπεντίνης (λιζαρδίτης) εμφανίζεται υπό μορφή φλεβιδίων και αντικαθιστά ολιβίνη και ορθοπυρόξενο. Σε ορισμένα φλεβίδια, ο λιζαρδίτης αντικαθίσταται από σιδηρούχο σερπεντίνη, ο οποίος παρουσιάζει, στη λεπτή τομή, καφετί χρώμα.

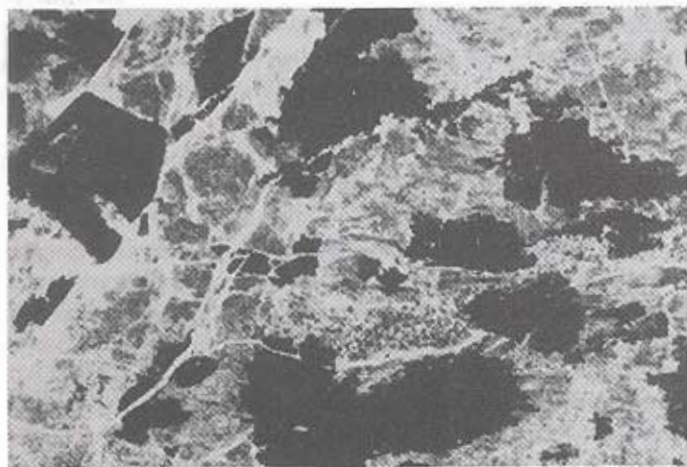
Στις λατύπες διατηρούνται, σε μεγάλο βαθμό, τα πρωτογενή ορυκτά (ολιβίνης, ορθοπυρόξενος και χρωμίτης), ενώ το ποσοστό του σερπεντίνης κυμαίνεται μεταξύ 20% (δείγμα 22) και 100% (δείγμα 9). Το υλικό που περιβάλλει τις λατύπες είναι πλήρως σερπεντινωμένος χαρτσβουργίτης (Σχ. 1, δείγματα 2, 10, 21 και 23), στον οποίο διατηρείται, υπό μορφή ψευδομορφώσεων, το σχήμα των πρωτογενών ορυκτών. Ο λιζαρδίτης είναι άχρωμος έως ελαφρά κίτρινος και αντικαθίσταται από πράσινο έως καφετί σιδηρούχο σερπεντίνη (Σχ. 2). Οξειδία σιδήρου (κατεξοχή μαγνητίτης), με ακανόνιστο σχήμα, σχηματίζουν συσσωματώματα, σε όλη τη μάζα του πετρώματος (Σχ. 3). Ο μαγνητίτης αυ-



Σχ. 2: Λιζαρδίτης (λευκός), αντικαθίσταται από σκούρο πράσινο έως καφετί σιδηρούχο σερπεντίνη. Αποσθρωμένοι σερπεντινίτης της σαπρολιθικής ζώνης (δείγμα 23 στο σχ. 1). Διερχόμενο φως //Nicols X25.

Fig. 2: Lizardite (blanc) est remplacé par Fe-serpentine (vert foncé a brun). Serpentine altere de la zone saprolitique (echantillon 23, fig. 1). Lumiere transmise, //Nicols, X25.

λοπιυριτικά ορυκτά (Σχ. 4). Φυλλάκια τάλκη και πεννίνη, τα οποία είναι, υπολειμματικά ορυκτά του πρωτόλιθου, παρουσιάζουν κηματοειδή κατάσβεση και κάμψεις και είναι, κυρίως, προσανατολισμένα παράλληλα προς τη σχιστότητα του πετρώματος. Συχνά, ο μαγνητίτης σχηματίζει ιδιόμορφους κρυστάλλους ή πληρεί φλεβίδια. Σε ορισμένες περιπτώσεις πληρεί ρωγμές στους θρυμματισμένους κόκκους χρωμίτη. Ο οριζώντας αυτός του λατερίτη, προφανώς, αποτυπώνει τη λατεριτώση μιας έντονα τεκτονισμένης ζώνης του πρωτόλιθου.



Σχ. 3: Συγκεντρώσεις μαγνητίτη, στον αποσθρωμένο σερπεντινίτης της σαπρολιθικής ζώνης (δείγμα 23, στο σχ. 1). Διερχόμενο φως, /Nicols, X65.

Fig. 3: Concretions de magnetite, dans le serpentinite altere de la zone saprolitique (echantillon 23, fig. 1). Lumiere transmise, //Nicols, X65.

τός αντικαθίσταται, εν μέρει, από γκαιτίτη. Το ποσοστό του μαγνητίτη και του σιδηρούχου σερπεντίνης αυξάνει σταδιακά προς τη βάση του λατερίτη (δείγματα 3, 4, 12, 13, 25, 26).

Στη βάση του λατερίτη (δείγματα 5,6,14) το λατεριτωμένο πέτρωμα παρουσιάζει εμφανή σχιστότητα και πορφυροκλαστικό ιστό, με πεπλατυσμένους οφθαλμοειδείς πορφυροκλάστες σερπεντίνης προσανατολισμένους παράλληλα προς το επίπεδο σχιστότητας του πετρώματος. Συσσωματώματα μαγνητίτη αντικαθιστούν επιλεκτικά τους πεπλατυσμένους πορφυροκλάστες σερπεντίνης, προσδίδοντας στο μέταλλευμα "ταινωτή" υφή με εναλλασσόμενες "ταινίες" πλούσιες σε μαγνητίτη και πλούσιες σε φυλλοπιυριτικά ορυκτά του

Προς τα επάνω, ο λατερίτης γίνεται σταδιακά πηλολιθικός, με αύξηση του ποσοστού των πηλολίθων στους ανώτερους οριζόντες. Οι πηλολίθων αποτελούνται, κατεξοχήν, από μαγνητίτη, κατά θέσεις μαρτιτωμένο και περιέχουν εγκλείσματα κόκκων χρωμίτη και φυλλοπιυριτικών ορυκτών. Ο χρωμίτης, κατά μήκος ρωγμών και περιφερειακά, αντικαθίσταται από μαγνητίτη (Σχ. 5). Σε ορισμένες περιπτώσεις, το κέντρο των πηλολίθων αποτελείται από αιματίτη και φυλλοπιυριτικά ορυκτά, τα οποία περιβάλλονται από μια ζώνη μαγνητίτη (Σχ. 6). Η κύρια μάζα (matrix) αποτελείται, κατεξοχήν, από Fe-ούχα και Fe-Al-ούχα ορυκτά της ομάδας των σερπεντινών και από κόκκους μα-



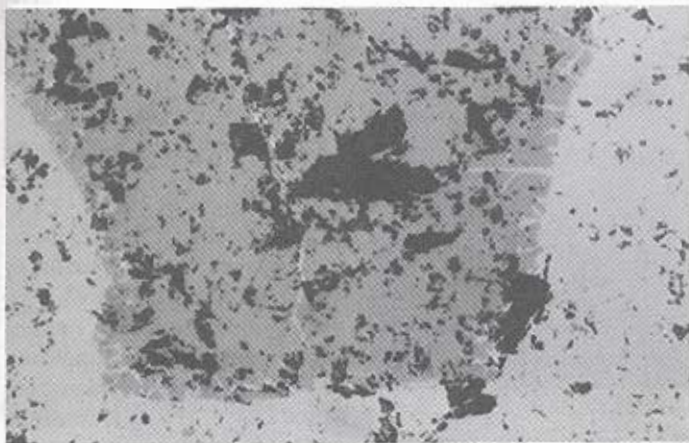
Σχ. 4: Εναλλασσόμενες ταινίες, πλούσιες σε μαγνητίτη (λευκό), με ταινίες πλούσιες σε αιδηρούχα φυλλοσυρτηικά ορυκτά (γκρι), στη βάση του λατερίτη (δείγμα 14, στο σχ. 1). Ανακλώμενο φως, //Nicols, X100.

Fig. 4: Bandes alternatives, riches en magnetite (blanc) et riches en Fe-phyllosilicates (gris), dans la zone inferieure du laterite (echantillon 14, fig. 1). Lumiere reflechie, //Nicols, X100.

και συνδετικό υλικό, έχουν πληρωθεί με μαγνητίτη. Η διαπίστωση αυτή αποτελεί σαφή ένδειξη ότι, ο μαγνητίτης, τόσο στο λατερίτη όσο και στο κροκαλοπαγές επίκλυσης, σχηματίστηκε, εις βάρος του αιματίτη ή και λειμωνίτη, κατά τη διαγένεση, κατά την οποία επικρατούσαν αναγωγικές συνθήκες.

Ορυκτοχημεία:

Ολιβίνη: Αντιπροσωπευτικές μικροαναλύσεις ολιβίνη δίδονται στον πίνακα 1. Πρόκειται για μαγνησιούχο ολιβίνη $Fe_{(90,7-91,7)}$, του οποίου η περιεκτικότητά σε NiO κυμαίνεται μεταξύ 0,20% και 0,59%.



Σχ. 5: Κόκκοι χρωμίτη ως εγκλεισμάτα σε πισσόλιθο. Κατά μήκος ρωγμών και περιφερειακά αντικαθίσταται από μαγνητίτη (δείγμα 18, στον πίν. 1). Ανακλώμενο φως, //Nicols, X200.

Fig. 5: Inclusion de chromite dans un pisolite. Au long de fissures et a la peripherie du cristal le chromite est remplace par magnetite (echantillon 18, table 1). Lumiere reflechie, //Nicols, X200.

γνητίτη και χρωμίτη. Φλεβίδια από μαγνητίτη διαπερνούν την κύρια μάζα του λατερίτη ή αντικαθιστούν θρυμματισμένους κόκκους χρωμίτη.

Το λατεριτικό μετάλλευμα καλύπτεται από ένα κροκαλοπαγές πέτρωμα (κροκαλοπαγές επίκλυσης) (Σχ. 1), το οποίο αποτελείται, κυρίως, από κροκάλες μη λατεριτωμένου σερπεντινίτη, από ποσόλιθους λατεριτικού υλικού (μαγνητικούς) και από κόκκους μερικώς λατεριτωμένου σερπεντινίτη. Πρόκειται για αδιαβάθμητο πέτρωμα με κροκάλες, μεγέθους έως 3cm και κόκκους σερπεντινιτικής άμμου, μεγέθους < 0,1 mm έως 2 mm. Το συνδετικό υλικό αποτελείται από σερπεντινίτη. Φλεβίδια, τα οποία διαπερνούν κλαστικούς κόκκους

Ορθοπυρόξενος: Ο ορθοπυρόξενος περιέχει μικρές ποσότητες Al_2O_3 (0,81%-0,82%) και Cr_2O_3 (0,54%-0,58%, Πίν. 1 αναλύσεις 3 και 4). Είναι προφανές ότι, μέρος του χρωμίου και αργιλίου, που περιέχονται στο λατερίτη, προέρχεται από την αποσάθρωση του ορθοπυρόξενου.

Χρωμίτης: Πραγματοποιήθηκαν 19 μικροαναλύσεις χρωμιτών, εκ των οποίων, ορισμένες έγιναν στο κέντρο και την περιφέρεια του ίδιου κρυστάλλου, προκειμένου να διαπιστωθεί ενδεχόμενη μεταβολή στη χημική σύσταση του χρωμίτη, κατά τη

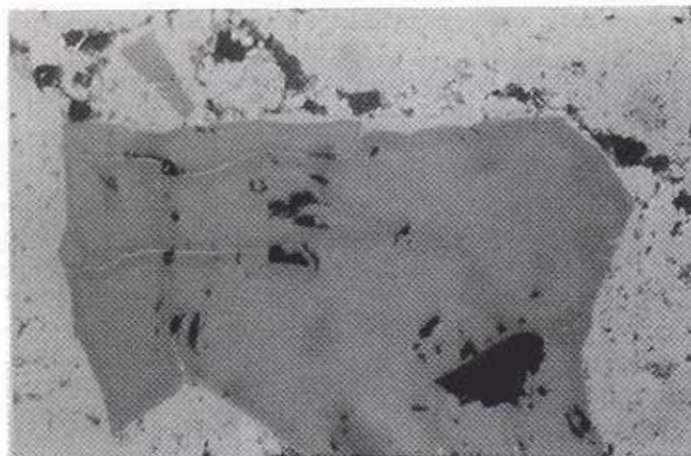


Σχ. 6: Πισσόλιθος. Το εσωτερικό του τμήμα αποτελείται, κατεξοχήν, από αιματίτη, ενώ η περιφέρειά του, από μαγνητίτη (δείγμα 18, σχ. 1). Ανακλώμενο φως, //Nicols, X200.

Fig. 6: Pissolite. Son partie interieur consiste surtout d' hematite, tandis que sa peripherie de magnetite (echantillon 18, fig. 1). Lumiere reflexie, //Nicols, X200.

θηκαν και σε χρωμίτες από τους λατερίτες της Λοκρίδας και Κεντρικής Εύβοιας (Augustithis and Mroskos, 1980). Η περιεκτικότητα των χρωμιτών σε NiO κυμαίνεται από 0%-0,48%.

Ορυκτά της ομάδας των σερπεντινών: Τα φυλλοπυριτικά ορυκτά αποτελούν την κυρίαρχη φάση στη σαπρωλιθική ζώνη, ενώ παράλληλα συμμετέχουν, ως κύρια φάση, στη ζώνη του λατερίτη. Έγιναν 70 μικροαναλύσεις φυλλοπυριτικών ορυκτών, από όλους τους οριζόντες, της νότιας τομής και από τον



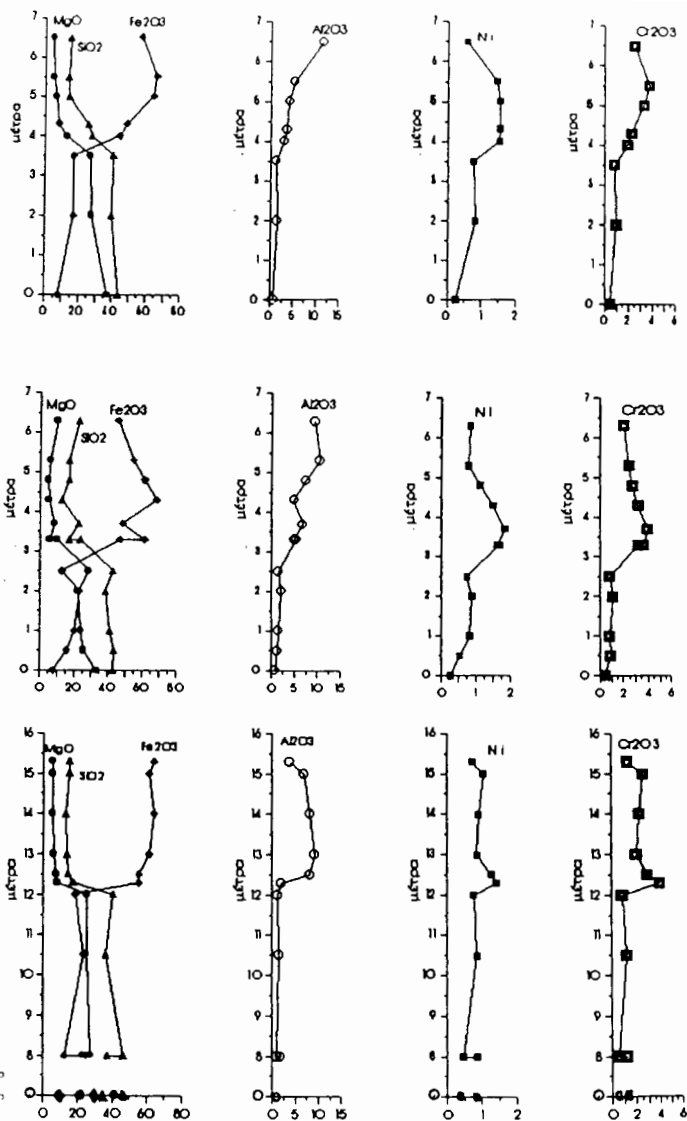
Σχ. 7: Κόκκινη χρωμίτη, εξηλωμένοι περιφερειακά και κατά μήκος ρωγμών (οκουρότερες γκρι θέσεις), σε πλουσιότερο σε Al και Mg και φτωχότερο σε Cr και Fe χρωμίτη (δείγμα 18, στο σχ. 1). Ανακλώμενο φως, //Nicols, X500.

Fig. 7: Grains de chromite, alteres peripheriquement et au long des fissures (gris fonce) vers un chromite plus riche en Al et Mg est plus pauvre en Cr et Fe (echantillon 18, fig. 1). Lumiere reflexie, //Nicols, X500.

λατεριτίωση. Αντιπροσωπευτικές αναλύσεις, από αυτές, δίδονται στους πίνακες 1 και 2. Οι χρωμίτες είναι αργιλιούχοι χρωμίτες, στους οποίους το ποσοστό του σπινελίου κυμαίνεται μεταξύ 22% και 57%. Αναλύθηκε, εν τούτοις, και χρωμιούχος σπινέλιος, με ποσοστό σπινελίου 82% (Πιν.2, αναλ. 3). Οι χρωμίτες που παρουσιάζουν ζωνώδη σύσταση δείχνουν μια σχετική αύξηση της περιεκτικότητας σε Al και Mg και αντίστοιχη μείωση σε Cr και Fe^{+2} , από το κέντρο προς την περιφέρεια (Πιν.2). Στη σπλινή τομή παρουσιάζουν, συνήθως, σκουρότερη εξωτερική ζώνη, σε σχέση με το κέντρο (Σχ. 7). Τέτοια φαινόμενα αποχρωματισμού (decoloration margins) διαπιστώθηκαν και σε χρωμίτες από τους λατερίτες της Λοκρίδας και Κεντρικής Εύβοιας (Augustithis and Mroskos, 1980). Η περιεκτικότητα των χρωμιτών σε NiO κυμαίνεται από 0%-0,48%.

στη ζώνη του λατερίτη. Έγιναν 70 μικροαναλύσεις φυλλοπυριτικών ορυκτών, από όλους τους οριζόντες, της νότιας τομής και από τον ελαφρά αποσαθρωμένο χαρτοβουργίτη, από τη βόρεια τομή. Αντιπροσωπευτικές μικροαναλύσεις δίδονται στους πίνακες 1 και 3.

Στο σερπεντινωμένο χαρτοβουργίτη (πρωτόλιθος), ο σερπεντινίτης είναι λιζαρδίτης, με περιεκτικότητα σε FeO_{tot} 6,74% έως 8,21% και σε NiO 0,42% έως 0,67% (Πιν.1). Στα σερπεντινικά ορυκτά της σαπρωλιθικής ζώνης (δείγματα 2, 23 και 4, στον πίνακα 3) παρατηρείται σταδιακή αύξηση της περιεκτικότητας σε FeO_{tot} μέχρι 31% και σε NiO μέχρι 1,24%. Η περιεκτικότητα σε Cr_2O_3 κυμαίνεται μεταξύ 0% και 1,23%. Από την κατανομή του ολικού σιδήρου σε Fe^{2+} και Fe^{3+} , η οποία έγινε για σύνολο 28 ατόμων οξυγόνου και 20 κατιόντων, προκύπτει ότι, πρόκειται για μικτούς κρυστάλλους



Σχ. 8: Κατανομή των οξειδίων SiO_2 , $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$, MgO , Al_2O_3 , Cr_2O_3 και του Ni, στις τομές του Fe-Ni-ούχου λατερίτη Παλαιοχωρίου. Στον κατακόρυφο άξονα αναγράφεται η απόσταση των δειγμάτων από τη "βάση" (δείγματα 1, 9, 20-21) του λατεριτικού μανδύα.

Fig. 8: Distribution des oxydes SiO_2 , $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$, MgO , Al_2O_3 , Cr_2O_3 et du Ni, dans le trois profiles du Fe-Ni-laterite. Sur l'axe verticale sont inscrites les distances des échantillons de la "base" (échantillons 1, 9, 20-21) du laterite.

μεινεται μεταξύ 7% και 12%, σε αμειστή ($\text{Mg}_8\text{Al}_4\text{Si}_4\text{Al}_4\text{O}_{20}(\text{OH})_{16}$) μεταξύ 12%-19%, σε κρονστενδίτη μεταξύ 3% και 22% και σε γκριναλίτη μεταξύ 55% και 71%.

Η αύξηση του Al_2O_3 στους ανώτερους οριζόντες του λατερίτη (Πιν.5 και Σχ. 1) εκφράζεται με αντίστοιχη αύξηση του Al_2O_3 (12-14%) στα ορυκτά της ομάδας των σερπεντινών. Στο δείγ-

της ομάδας των σερπεντινών, μεταξύ σερπεντίνη ($\text{Mg}_{12}\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_{16}$), γκριναλίτη ($\text{Fe}_{12}^{2+}\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_{16}$) και κρονστενδίτη ($\text{Fe}_8^{2+}\text{Fe}_4^{3+}\text{Si}_4\text{Fe}_4^{3+}\text{O}_{20}(\text{OH})_{16}$). Στα σερπεντινικά ορυκτά του ελαφρά αποσαθρωμένου χαρτοβουργίτη (δείγματα 2 και 23, στο σχήμα 1), το ποσοστό σε κρονστενδίτη κυμαίνεται μεταξύ 5% και 30%, σε γκριναλίτη μεταξύ 4% και 21% και σε σερπεντίνη μεταξύ 65% και 86%. Με αύξηση του βαθμού λατεριτώσεως (δείγματα 4 και 5, στο σχήμα 1), αυξάνει το ποσοστό τους σε γκριναλίτη, μέχρι 53%. Παράλληλα παρατηρείται αύξηση της περιεκτικότητας σε NiO μέχρι 2,25% (Πιν.3, ανάλυση 7).

Το ποσοστό του σιδήρου στα ορυκτά της ομάδας του σερπεντίνη αυξάνει σημαντικά (FeO_{tot} 40-46%), στον αμέσως υπερεκείμενο οριζόντα του λατερίτη (δείγμα 6, στο σχήμα 1, ανάλυση 8 στον πίνακα 3). Παράλληλα, διαπιστώνεται και ενδόμηση αργιλίου στο πλέγμα, σε ποσοστό Al_2O_3 που κυμαίνεται μεταξύ 3,39% και 5,4%. Το NiO κυμαίνεται μεταξύ 1,8% και 2,45%. Από τον υπολογισμό του χημικού τύπου 6 μικροαναλύσεων και την μελέτη του δείγματος με περιθλασιμετρία ακτίνων-X, διαπιστώθηκε ότι, πρόκειται για νικελιούχο ορυκτό της ομάδας των σερπεντινών, στο οποίο το ποσοστό σε σερπεντίνη κυ-

Πίν. 1: Αντιπροσωπευτικές μικροαναλύσεις ολιβίνη, ορθοπυρόξενου, σερπεντίνη και χρωμίτη από χαρτοβουργή που υπόκειται του Fe-Ni-ούχου λατερίτη Παλαιοχωρίου.

	Ολιβίνης		Ορθοπυρόξενος		Σερπεντίνης		Χρωμίτης	
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	40.20	40.70	56.19	56.71	41.16	40.65	-	-
Al ₂ O ₃	-	-	0.82	0.81	-	-	22.19	21.41
FeO*	8.34	7.70	5.71	5.68	6.74	8.21	18.62	18.22
MgO	50.03	50.46	34.29	35.01	36.94	35.89	12.06	13.65
CaO	-	-	1.21	0.98	-	-	-	-
MnO	0.28	0.47	0.27	-	0.29	0.27	1.04	1.09
Cr ₂ O ₃	-	-	0.87	0.54	-	-	45.20	45.43
NiO	0.20	0.59	0.21	-	0.67	0.42	0.26	-
Σύνολο	99.32	99.92	99.58	99.74	85.81	85.44	99.37	99.78
Αριθμός κατιόντων / O	(4)		(6)		(28)		(4)	
Si	0.993	0.993	1.955	1.961	8.004	7.985	-	-
Al	-	-	0.034	0.033	-	-	0.813	0.775
Fe ²⁺	0.171	0.157	0.166	0.164	1.097	1.349	0.407	0.346
Mg	1.830	1.834	1.778	1.805	10.708	10.508	0.559	0.625
Ca	-	-	0.045	0.036	-	-	-	-
Mn	0.006	0.010	0.008	-	0.048	0.044	0.027	0.028
Cr	-	-	0.024	0.015	-	-	1.111	1.103
Ni	0.004	0.012	0.006	-	0.106	0.066	0.006	-
Fe ³⁺	-	-	-	-	-	-	0.076	0.121

* = O ολικός σίδηρος προσδιορίστηκε ως FeO.

Η κατανομή του σιδήρου σε Fe²⁺+Fe³⁺, στο χρωμίτη, έγινε για σύνολο κατιόντων 3.

μα 7, το ποσοστό του αμείτη στα ορυκτά αυτά, κυμαίνεται μεταξύ 40% και 45%. Η περιεκτικότητά τους σε Cr₂O₃ κυμαίνεται μεταξύ 2,35% και 3,66% και σε NiO μεταξύ 2,70% και 3,75%. Τις υψηλότερες τιμές σε Al₂O₃ (20,91%-24,19%) παρουσιάζει το Al-Fe-ούχο σερπεντινικό ορυκτό μπερθιερίνης, στον ανώτερο ορίζοντα του λατερίτη (δείγμα 8, στο σχήμα 1). Η περιεκτικότητά του σε NiO κυμαίνεται μεταξύ 0,72% και 1,26% και σε Cr₂O₃ μεταξύ 0,6% και 2,13%.

Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε Al₂O₃ και η χαμηλότερη σε NiO και Cr₂O₃, που παρουσιάζουν τα φυλλοπυριτικά ορυκτά του δείγματος 8, σε σύγκριση με εκείνα του δείγματος 7, που αντιπροσωπεύει τον αμέσως υποκείμενο λατεριτικό ορίζοντα, αποδίδεται στη διαφορετική χημική σύσταση που παρουσιάζουν οι δύο ορίζοντες του λατερίτη (σύγκριση χημικές αναλύσεις των δειγμάτων 7 και 8 στον πίνακα 4).

Μαγνητίτης: Μεταξύ των οξειδίων του σιδήρου (μαγνητίτης, αιματίτης, γκαιτίτης), που εμπεριέχονται στο σερπεντινίτη, το σαπρόλιθο και το λατερίτη, την επικρατέστερη φάση αποτελεί ο μαγνητίτης. Αντιπροσωπευτικές μικροαναλύσεις μαγνητίτη δίδονται στον πίνακα 2. Ο μαγνητίτης περιέχει μικρές ποσότητες μαγγανίου (MnO = 0%-1,8%, με μεσή τιμή από 28 αναλύσεις 0,74%), χρωμίου (Cr₂O₃ = 0%-4,22%, με μέση τιμή 1,25%) και νικελίου (NiO = 0,74%-2,5%, με μέση τιμή 1,12%). Υψηλότερες τιμές σε Cr και Ni παρουσιάζει ο μαγνητίτης

Πίν. 2: Αντιπροσωπευτικές μικροαναλύσεις χρωμίτη για μαγνητίτη από το Fe-Ni-ούχο λατερίτη Παλάσχοβου.

Αριθμός Δείγματος	7		4	2	5	6	7		8	
	1 ^c	2 ^r	3	4	5	6	7	8	9	10
Al ₂ O ₃	19.95	23.42	52.28	-	-	-	-	-	5.09	4.66
Fe ₂ O ₃ *	3.48	4.49	1.11	68.09	68.25	68.87	65.90	65.97	60.62	61.46
Cr ₂ O ₃	47.91	42.92	15.76	0.77	0.20	-	2.76	2.22	2.67	2.71
FeO*	16.21	15.50	12.01	29.49	28.12	29.50	26.68	26.84	28.50	28.21
MgO	12.02	12.51	17.95	-	-	-	0.99	-	0.89	0.99
MnO	0.62	0.53	0.51	0.78	0.63	-	0.38	0.48	0.38	0.75
NiO	-	0.48	0.28	0.74	2.11	1.54	2.20	2.50	1.71	1.53
Σύνολο	100.2	99.87	100.01	99.87	99.32	99.91	98.91	99.02	99.87	100.32
Αριθμός κατιόντων υπολογισμένα για 4 άτομα οξυγόνου										
Al	0.735	0.850	1.645	-	-	-	-	-	0.223	0.204
Fe ³⁺	0.081	0.104	0.022	1.976	1.994	2.000	1.916	1.931	1.698	1.717
Cr	1.183	1.045	0.333	0.023	0.006	-	0.084	0.068	0.078	0.079
Fe ²⁺	0.423	0.399	0.268	0.951	0.913	0.952	0.862	0.906	0.887	0.876
Mg	0.560	0.574	0.714	-	-	-	0.057	-	0.049	0.055
Mn	0.016	0.014	0.011	0.025	0.021	-	0.012	0.016	0.011	0.023
Ni	-	0.012	0.006	0.023	0.006	0.048	0.068	0.078	0.051	0.046

* = υπολογίσθηκε από τον ολικό σίδηρο για σύνολο κατιόντων 3 στο χημικό τύπο.

Αναλύσεις 1-3 χρωμίτη, 4-10 μαγνητίτης.

των πηλολίθων από τους οριζόντες του λατερίτη που είναι σχετικά πλούσιοι σε Cr και Ni, όπως π.χ. εκείνοι του δείγματος 7 (Πιν.2). Από τις αναλύσεις του πίνακα 2 γίνεται σαφές ότι, σημαντικό ποσοστό του Ni και του Cr που εμπεριέχεται στο λατερίτη, βρίσκεται ενδομημένο στο κρυσταλλικό πλέγμα του μαγνητίτη, δεδομένου ότι, ο μαγνητίτης αποτελεί κύρια ορυκτολογική φάση του λατερίτη, ιδιαίτερα στα ανώτερα 2 μέτρα του λατεριτικού οριζοντα.

Γεωχημεία:

Χημικές αναλύσεις λατερίτη και σερπεντινωμένου χαρτσβουργίτη, ο οποίος υπόκειται του λατερίτη, δίδονται στον Πίνακα 4. Τα δείγματα ελήφθησαν από τρεις παράλληλες γεωλογικές τομές από το νότιο, το μεσαίο και το βόρειο τμήμα του λατεριτικού σώματος. Οι θέσεις δειγματοληψίας σημειώνονται στις αντίστοιχες τομές του σχήματος 1.

Στο σχήμα (8) δίδεται η κατανομή των οξειδίων SiO₂, Fe₂O₃tot, MgO, Al₂O₃, Cr₂O₃ και του Ni, στις τρεις τομές, από τον μη λατεριτωμένο σερπεντινωμένο χαρτσβουργίτη μέχρι τον ανώτερο οριζοντα του λατερίτη. Από την κατανομή αυτή γίνεται εμφανής η μείωση της περιεκτικότητας σε SiO₂ και MgO και η αύξηση σε Fe₂O₃tot, Al₂O₃, Cr₂O₃ και Ni από τον υποκείμενο σερπεντινωμένο χαρτσβουργίτη προς τον λατερίτη. Μεταξύ του σερπεντινωμένου χαρτσβουργίτη (δείγματα 1, 9 και 22 στο σχήμα 1) και του λατερίτη, παρεμβάλλεται μια μεταβατική ζώνη εξαλλοιωμένου σερπεντινίτη (σαπρολιθική ζώνη), της οποίας το πάχος κυμαίνεται μεταξύ 4 και 12 μέτρων (δείγματα 2-5, 10-13 και 23-26, στο σχήμα 1). Το μεγαλύτερο πάχος της ζώνης αυτής παρατηρείται στη βόρεια τομή, στην οποία το πάχος του ελαφρώς εξαλλοιωμένου Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Πίν. 3: Αντιπροσωπευτικές μικροαναλύσεις ορυκτών της ομάδας του σερπεντίνη από το Fe-Ni-ούχο λατερίτη Παλαιοχωρίου.

Αριθμός Δείγματος	2		23		4		5	6	7	8
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	39.44	33.07	36.01	32.40	41.35	31.28	34.09	28.79	27.31	20.08
Al ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	-	4.23	13.07	22.05
FeO _{tot}	9.89	25.54	19.98	26.06	7.97	31.00	31.64	41.52	22.15	32.55
MgO	36.45	25.00	26.67	26.04	36.86	20.96	15.87	7.24	16.11	7.04
MnO	-	0.19	0.30	0.62	-	0.15	0.38	0.35	0.51	0.78
Cr ₂ O ₃	-	0.42	0.35	1.23	0.44	0.46	1.86	1.14	3.66	1.91
NiO	0.78	-	0.42	0.81	0.58	1.24	2.25	2.33	3.34	1.15
Σύνολο	86.56	84.22	83.73	87.16	87.20	85.09	86.09	85.60	86.18	85.56
Αριθμός κατιόντων υπολογισμένα για 28 άτομα οξυγόνου										
Si	7.683	7.172	7.715	6.810	7.690	6.956	7.764	6.990	5.968	4.622
Al	-	-	-	-	-	-	-	1.210	3.367	5.983
Fe ³⁺	0.635	1.583	0.509	2.175	0.040	2.006	0.136	0.590	-	0.425
Fe ²⁺	0.977	3.052	3.072	2.406	1.243	3.759	5.891	7.839	4.049	5.842
Mg	10.583	8.085	8.517	8.156	10.578	6.947	5.388	2.622	5.250	2.416
Mn	-	0.035	0.054	0.110	-	0.028	0.073	0.072	0.095	0.152
Cr	-	0.072	0.059	0.205	0.067	0.081	0.335	0.219	0.632	0.348
Ni	0.122	-	0.072	0.137	0.089	0.222	0.412	0.590	0.587	0.213

Η κατανομή του Fe σε Fe³⁺ και Fe²⁺, στο χημικό τύπο, έγινε από τον ολικό σίδηρο για σύνολο 20 κατιόντων.

σερπεντινίτη ανέρχεται σε 10 μέτρα.

Η κατανομή των οξειδίων και του Ni, που παρουσιάζεται στις τρεις τομές του λατεριτικού μεταλλεύματος του Παλαιοχωρίου, αντιπροσωπεύει, σε γενικές γραμμές, τυπική εικόνα αυτόχθονου λατερίτη (Maynard, 1983). Διακυμάνσεις στη χημική σύσταση, εντός του ίδιου λατεριτικού οριζόντα, όπως αυτές εκφράζονται στις τρεις τομές, παρατηρούνται, συχνά, σε λατεριτικά εδάφη.

Ο σίδηρος, ο οποίος βρίσκεται στον πρωτόλιθο υπό δισθενή, κατεξοχήν, μορφή, κατά τη διάρκεια της χημικής αποσάθρωσης του σερπεντινωμένου χαρτοβουργίτη, οξειδώνεται, εύκολα, σε τρισθενή, γίνεται δυσδιάλυτος και συγκεντρώνεται, υπό μορφήν οξειδίων ή υδροξειδίων, στους ανώτερους οριζόντες του λατερίτη. Κάτω από αναγωγικές συνθήκες, ο τρισθενής σίδηρος μπορεί να μετατραπεί σε δισθενή, να διαλυτοποιηθεί, εκ νέου, και να μεταφερθεί στους κατώτερους οριζόντες του λατερίτη (Mercado 1986). Στο ανώτερο τμήμα του λατερίτη Παλαιοχωρίου, παρατηρείται σχετική μείωση της περιεκτικότητας σε Fe₂O₃_{tot}, ιδιαίτερα στο νότιο και μεσαίο τμήμα της εμφάνισης (Σχ. 8), γεγονός που δείχνει ότι έλαβε χώρα διαλυτοποίηση και μετακίνηση του σιδήρου προς τα κάτω. Το επικρατέστερο οξείδιο του σιδήρου στο λατερίτη αποτελεί ο μαγνητίτης, γεγονός που σημαίνει ότι μέρος του σιδήρου βρίσκεται σε δισθενή μορφή. Και στα φυλλοπυριτικά, όμως, ορυκτά, ο δισθενής σίδηρος επικρατεί έναντι του τρισθενούς (βλέπε πίνακα 3). Αυτό σημαίνει ότι, στο λατερίτη όσο και στον υποκείμενο εξα-

Πίν. 4: Χημική σύσταση σερπεντινωμένου χαρτοβουργίτη, σαπρόλιθου και λατερίτη από τη Fe-Ni-ούχο λατεριτική εμφάνιση του Παύ.αιωχορίου. Οι αριθμοί των δειγμάτων αντιστοιχούν σε εξεinyous του σχήματος 1.

A/a	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Ni	Co	LOI	Μέτρα**
1	43.85	0	0.76	8.15	0.42	0.13	37.47	0.32	0.03	0.04	0.24	0.01	8.27	0.00
2	39.58	0	1.51	17.16	0.96	0.18	27.85	0.15	0.01	0.01	0.83	0.02	11.42	2.00
3	40.64	0	1.32	17.16	0.83	0.19	27.02	0.18	0.01	0.02	0.79	0.02	11.63	3.50
4	27.81	0	3.02	44.32	1.94	0.35	12.93	0.18	0.01	0.02	1.54	0.07	7.86	4.00
5	25.67	0	3.59	48.61	2.29	0.45	8.29	0.2	0.01	0.01	1.55	0.08	8.35	4.30
8	14.33	0	4.16	64.34	3.33	1.15	6.8	0.2	0.01	0.02	1.55	0.11	3.63	5.00
7	13.9	0.17	5.29	66.2	3.81	0.65	4.81	0.18	0.03	0.02	1.48	0.08	3.23	5.50
8	14.97	0.5	11.53	57.47	2.56	0.43	4.64	0.17	0.01	0.01	0.59	0.05	6.29	6.50
9	43	0	0.76	7.58	0.39	0.13	33.16	0.2	0.03	0.04	0.25	0.01	14.16	0.00
10	43.64	0	1.32	15.73	0.89	0.27	25.53	0.15	0.01	0.01	0.54	0.02	11.9	0.50
11	41.07	0	1.51	20	0.8	0.21	23.71	0.18	0.01	0.02	0.82	0.02	11.49	1.00
12	38.51	0	2.08	22.88	1.11	0.19	22.38	0.18	0.01	0.01	0.89	0.02	11.53	2.00
13	42.78	0	1.51	13	0.83	0.14	28.52	0.17	0.01	0.02	0.75	0	12.06	2.50
14	23.53	0.17	5.29	46.89	3.23	0.41	9.95	0.18	0.01	0.02	1.7	0.05	7.13	3.30
15	17.11	0	4.91	61.48	3.64	1.07	5.8	0.21	0.03	0.05	1.62	0.09	3.93	3.30
16	22.46	0.17	6.8	48.61	3.98	0.87	8.29	0.18	0.01	0.04	1.85	0.08	6.42	3.70
17	12.84	0.17	4.91	68.63	3.19	0.44	5.14	0.2	0.03	0.01	1.51	0.05	2.59	4.30
18	17.11	0.33	7.56	61.48	2.75	0.4	4.64	0.22	0.01	0	1.13	0.08	4.22	4.80
19	17.11	0.5	10.58	55.33	2.43	0.44	6	0.2	0.01	0	0.8	0.04	5.42	5.30
20	22.68	0.5	9.45	45.75	2.02	0.61	9.95	0.18	0.01	0.01	0.85	0.04	7.04	6.30
21	33.16	0.17	1.89	30.02	1.24	0.28	22.05	0.21	0.01	0.01	0.9	0.03	9.51	0.00
22	44.07	0.17	0.76	9.29	0.48	0.15	41.45	0.34	0.03	0.04	0.3	0.01	2.67	0.00
23	37.22	0.17	1.7	24.3	1.27	0.26	23.21	0.24	0.01	0.01	0.87	0.03	10.43	8.00
24	46.21	0.17	0.94	12.44	0.6	0.21	27.19	0.42	0.06	0.04	0.47	0.02	10.62	8.00
25	36.37	0.17	1.51	22.88	1.23	0.28	24.87	0.21	0.01	0.02	0.87	0.03	10.89	10.50
26	40.64	0.17	1.13	18.59	0.89	0.37	25.2	0.22	0.01	0.01	0.78	0.02	11.27	12.00
27	17.11	0.17	2.08	55.76	3.93	0.43	7.79	0.28	0.03	0.02	1.42	0.04	10.62	12.30
28	13.9	0.33	8.31	55.76	2.94	0.39	7.29	0.24	0.01	0.01	1.28	0.06	9.08	12.50
29	13.48	0.5	9.26	61.48	2.03	0.39	5.8	0.24	0.01	0.01	0.86	0.05	5	13.00
30	12.84	0.33	8.12	64.34	2.27	0.4	4.97	0.24	0.03	0.01	0.91	0.07	4.65	14.00
31	14.97	0.33	7	61.48	2.63	0.54	5.47	0.31	0.03	0.01	1.06	0.07	5.21	15.00
32	14.97	0.17	3.78	64.34	1.4	0.45	5.47	0.38	0.01	0.01	0.73	0.04	7.5	15.30

** Απόσπαση των δειγμάτων από τη βάση του λατεριτικού μανδύα.

λωιμένο σερπεντινίτη επικρατούσαν, είτε κατά το στάδιο της λατεριτώσης (κατά περιόδους), είτε κατά τη διαγένεση, μέτριες αναγωγικές συνθήκες, οι οποίες διευκόλυναν τη μερική μετακίνηση του σιδήρου προς τα κάτω.

Το αργίλιο που εμπεριέχεται στο σερπεντινωμένο χαρτοβουργίτη, σε ποσοστό Al₂O₃ 0,76% (Πίν. 4 αναλύσεις 1, 9, 22) βρίσκεται ενδομημένο, εν μέρει, στο κρυσταλλικό πλέγμα του χρωμίτη και εν μέρει στο πλέγμα του ορθοπυρόξενου (Πίν. 1). Επειδή το Al διαλυτοποιείται σε τιμές pH μικρότερες του 4 και μεγαλύτερες του 9, τιμές που συνήθως δεν επικρατούν στα νερά των λατεριτικών εδαφών (Golightly 1981, Burger 1979), παραμένει κατά τη διάσπαση των πυριτικών ορυκτών, στις υπολειμματικές φάσεις του λατερίτη. Οπως φαίνεται στο σχήμα (8), το Al₂O₃ παρουσιάζεται ιδιαίτερα εμπλουτισμένο στη ζώνη του λατερίτη. Στη ζώνη αυτή, η περιεκτικότητα σε Al₂O₃ κυμαίνεται μεταξύ 2,08% και 11,53%, με μέση τιμή 6,83%, γεγονός που συνεπάγεται μέση αύξηση της περιεκτικότητας σε Al₂O₃ κατά εννέα φορές. Το αργίλιο, ενδομείται, κατεξοχήν, στα φυλλοπυριτικά ορυκτά της ομάδας των σερπεντινών, στα οποία η περιεκτικότητα σε Al₂O₃ αυξάνει ανάλογα με εκείνη του λατερίτη (σύγκρινε περιεκτικότητα σε Al₂O₃ στα ορυκτά της ομάδας των σερπεντινών, Πιν. 3 και περιεκτικότητα σε Al₂O₃, στα αντίστοιχα δείγματα, του λατερίτη, Πιν.4). Ο μαγνητίτης, ο οποίος αποτελεί κυρίαρχη φάση στο λατερίτη, φαίνεται να δεσμεύει αμεληταίες ποσότητες αργιλίου, με εξαίρεση εκείνο του δείγματος 8, το οποίο παρουσιάζει την υψηλότερη τιμή σε Al₂O₃ (11,53%). Στο δείγμα αυτό, μέρος του αργιλίου βρίσκεται ενδομημένο και στον μαγνητίτη (Al₂O₃ = 4.66% - 5.03%, Πίν.2). Η απότομη αύξηση του Al₂O₃ που παρατηρείται στον ανώτερο ορίζοντα του λατερίτη, στο νότιο τμήμα της εμφάνισης και η σταδιακή μείωσή του στον ίδιο ορίζοντα, στο μεσαίο και βόρειο τμήμα της οφείλεται, πιθανά, σε μεταφορά λεπτομερούς λατεριτικού υλικού από βορρά προς νότο, κατά την περίοδο της λατεριτικής αποσάθρωσης ή κατά την περίοδο της επίκλυσης

Πίν. 5: Ποσοτικές μεταβολές των οξειδίων και των μετάλλων Ni και Co κατά τη διάρκεια της αποσάθρωσης του σερπεντινωμένου χαρτοβουργίτη Παλαιοχωρίου.

% βάρους	A	B	1	2	3	C	1	2	3	D	1	2	3
SiO ₂	43.94	39.66	19.58	-24.36	-55.44	16.29	2.02	-41.92	-95.40	17.71	1.52	-42.42	-96.54
Al ₂ O ₃	0.77	1.56	0.77	0	0	6.20	0.77	0	0	8.98	0.77	0	0
Fe ₂ O _{3tot}	8.40	20.27	10.01	+1.6	+19.05	60.30	7.49	-0.91	-10.83	56.62	4.85	-3.55	-42.26
MnO	0.14	0.24	0.12	-0.02	-14.28	0.61	0.08	-0.06	-42.85	0.49	0.04	-0.10	-71.43
MgO	37.62	25.16	12.42	-25.20	-66.98	6.46	0.80	-36.82	-97.87	6.62	0.57	-37.05	-98.48
Cr ₂ O ₃	0.43	1.02	0.50	+0.07	+16.28	3.17	0.39	-0.04	-9.30	2.13	0.18	-0.25	-58.14
Ni	0.26	0.80	0.39	+0.13	+50.00	1.37	0.17	-0.09	-34.61	0.75	0.06	-0.20	-76.92
Co	0.01	0.02	0.01	0	0	0.07	0.009	-0.001	-10.00	0.04	0.003	-0.007	-70.00
A.Π.	8.43	11.27	5.56	-2.87	-34.05	5.53	0.69	-7.74	-91.81	6.66	0.57	-7.86	-93.23
Σύνολο	100	100	49.37	-50.65		100	12.42	-87.50		100	8.75	-91.43	

A = Σερπεντινωμένος χαρτοβουργίτης (μέση τιμή των αναλύσεων 1, 9 και 22 στον πίνακα 4).

B = Αποσαθρωμένος σερπεντινίτης, της σαπρολιθικής ζώνης (μέση τιμή των αναλύσεων 2, 3, 10, 11, 12, 13, 21, 23, 25 και 26, στον πίνακα 4).

C = Λατερίτης υπερκείμενος της σαπρολιθικής ζώνης (μέση τιμή των αναλύσεων 6, 7, 14, 15, 16, 17, 18, 27, 28, 29, 30 και 31, στον πίνακα 4).

D = Ανώτερος οριζοντας λατερίτη (μέση τιμή των αναλύσεων 8, 19, 20 και 32, στον πίνακα 4).

1. Γραμμάρια κάθε συστατικού που εμπεριέχονται σε 49,37 γραμμάρια σαπρολίθου ή σε 12,42 και 8,75 γραμμάρια, αντίστοιχα, λατερίτη, που προέρχεται από 100 γραμμάρια σερπεντινωμένου χαρτοβουργίτη, προϋποθέτοντας ότι το Al₂O₃ παραμένει αμετάβλητο.
2. Απώλειες ή κέρδη, σε γραμμάρια, κάθε συστατικού, κατά τη μετατροπή 100 γραμμαρίων σερπεντινωμένου χαρτοβουργίτη σε 49,37 γραμμάρια σαπρολίτη ή σε 12,42 και 8,75 γραμμάρια, αντίστοιχα, λατερίτη, προϋποθέτοντας ότι το Al₂O₃ παραμένει αμετάβλητο.
3. Απώλεια ή κέρδος (%), συστατικών, κατά την αποσάθρωση του σερπεντινωμένου χαρτοβουργίτη, Παλαιοχωρίου.

του Μειοκαίνου.

Στο σερπεντινωμένο χαρτοβουργίτη (πρωτόλιθο), η περιεκτικότητα σε Ni κυμαίνεται μεταξύ 0,24% και 0,30%. Στον ελαφρά εξαλλοιωμένο σερπεντινίτη της σαπρολιθικής ζώνης (δείγματα 2, 3, 10 - 13, 21, 23, 25 και 26) η τιμή του Ni αυξάνει στο 0,54%-0,89% και στον έντονα εξαλλοιωμένο μέχρι 1,55% (δείγμα 5). Στο λατερίτη (δείγματα 6 - 8, 14 - 20 και 27 - 32), η περιεκτικότητα σε Ni κυμαίνεται μεταξύ 0,59% και 1,85%, με μέση περιεκτικότητα 1,2% Ni, παρατηρείται, δηλαδή, μέση αύξηση του Ni κατά 4,5 φορές, σε σχέση με εκείνη του χαρτοβουργίτη. Γενικά, οι υψηλότερες τιμές σε Ni διαπιστώνονται στη βάση του λατερίτη και στα ανώτερα τμήματα της σαπρολιθικής ζώνης. Αντίστοιχη κατανομή Ni παρατηρήθηκε σε πολλά λατεριτικά εδάφη (Mercado, 1986, Ogura, 1977, Schellman, 1971).

Συγκρίνοντας τον μέσο συντελεστή εμπλουτισμού του Ni στο λατερίτη (4,5), με εκείνο του Al₂O₃ (8,9), προκύπτει ότι, σημαντικό μέρος του Ni, που ελευθερώθηκε κατά τη λατεριτική αποσάθρωση του χαρτοβουργίτη, μετανάστευσε από τη ζώνη του λατερίτη προς τα κάτω και δεσμεύθηκε στα φυλλοσυριτικά ορυκτά του μερικώς εξαλλοιωμένου σερπεντινίτη, στον οποίο, όπως αναφέρθηκε, το Ni αυξήθηκε από 0,26% (μέση τιμή των δειγμάτων 1, 9 και 22) σε 0,54%-0,89%. Το Ni που εμπεριέχεται και στο λατερίτη και στον μερικώς εξαλλοιωμένο σερπε-

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

ντινίτη, βρίσκεται ενδομημένο στο κρυσταλλικό πλέγμα των φυλλοπυριτικών ορυκτών και του μαγνητίτη. Ειδικά στο λατερίτη, όπου ο μαγνητίτης αποτελεί κύριο ορυκτό, σημαντικό ποσοστό του Ni, είναι δεσμευμένο στο μαγνητίτη, υπό μορφή NiFe₂O₄.

Σύμφωνα με τον Maynard (1983), σε συνθήκες μέτριου έως χαμηλού pH το Ni μπορεί να σχηματίζει μικτές φάσεις οξειδίων Fe-Ni. Όμως, σε τιμές pH μεγαλύτερες των 7 το Ni ενδομείται, κατά προτίμηση, σε πυριτικές φάσεις. Η τιμή του pH στα νερά των λατεριτικών εδαφών αυξάνει, συνήθως, από το 5 μέχρι το 8,5 από την κορυφή της ζώνης των οξειδίων μέχρι τη βάση της σαπρολιθικής ζώνης (Golightly 1981, Burger 1979). Ας σημειωθεί ότι, το Ni, ακόμη και εάν είναι ενωμένο σε σιδηρούχο φάση, παρουσιάζει μια μέτρια διαλυτότητα, η οποία ελαττώνεται, δραστικά, στην περιοχή σταθερότητας των πυριτικών ενώσεων (Maynard 1983). Έτσι, αναμένεται να εκχυλίζεται το Ni, βραδέως, από τη ζώνη στην οποία επικρατούν οι φάσεις των οξειδίων και να επανακατακρημνίζεται, από το διάλυμα, στη σαπρολιθική ζώνη. Η συμπεριφορά αυτή του Ni δικαιολογεί την ελάττωση της τιμής του στο ανώτερο τμήμα του λατερίτη. Η δέσμευσή του στα φυλλοπυριτικά ορυκτά του εξαλλοιωμένου σερπεντινίτη, αποδίδεται στην αντικατάσταση του Mg από Ni, δεδομένου ότι, ο Ni-ούχος σερπεντίνης, όπως και ο Fe-ούχος, παρουσιάζουν πολύ χαμηλότερη διαλυτότητα έναντι του Mg-ούχου (Burns 1970).

Η κατανομή του χρωμίου, στις τρεις τομές, παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με εκείνη του Ni (Σχ. 8). Το Cr₂O₃ παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές στη βάση του λατερίτη. Ομοια κατανομή του χρωμίου σε λατεριτικούς μανδύες, που σχηματίστηκαν από την αποσάθρωση σερπεντινιωμένων περιδοιτιών, σε περιοχές των Φιλιππίνων, αναφέρονται από την Mercado (1986). Σημαντικό ποσοστό του χρωμίου βρίσκεται ενδομημένο στους κόκκους των χρωμιτών. Επειδή οι χρωμίτες παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα στην αποσάθρωση, η αυξημένη συγκέντρωση του χρωμίου, στη βάση του λατερίτη, αποδίδεται, κυρίως, στην αποδέσμευσή του, κατά τη διάρκεια της αποσάθρωσης, από το πλέγμα των πυροξένων, στους οποίους το Cr₂O₃ κυμαίνεται μεταξύ 0,54% και 0,87% (Πίν. 1) και τον εμπλουτισμό του στη βάση του λατερίτη. Βέβαια, μικρό ποσοστό χρωμίου φαίνεται να απομακρύνεται και από τον χρωμίτη, όπως διαπιστώθηκε από τη χημική σύσταση χρωμιτών, με ζωνώδη σύσταση, στους οποίους ελαττώνεται η περιεκτικότητα σε Cr₂O₃ και αυξάνει η περιεκτικότητα σε Al₂O₃, στις εξωτερικές ζώνες, σε σχέση με το κέντρο του κρυστάλλου (Πίν. 2).

Οι χημικές μετατροπές που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της αποσάθρωσης του σερπεντινωμένου χαρτσβουργίτη, Παλαιοχωρίου, μπορεί να ιχνηλατηθούν στα διάφορα στάδια της αποσάθρωσης του πρωτόλιθου, συγκρίνοντας τη χημική σύσταση των προϊόντων της αποσάθρωσης με εκείνη του μη αποσαθρωμένου πετρώματος. Προκειμένου να δοθεί ακριβής παρουσίαση των πραγματικών αλλαγών που έλαβαν χώρα, θεωρήθηκε ότι, το Al₂O₃ παρέμεινε αμετάβλητο κατά τη διάρκεια των διεργασιών της αποσάθρωσης. Γενικά, σε ανάλογους υπολογισμούς λαμβάνεται ως σταθερό είτε το Al₂O₃ είτε το Cr₂O₃. Ορισμένοι ερευνητές (Mercado, 1986) λαμβάνουν ως σταθερό το Cr₂O₃, λόγω της μεγάλης ανθεκτικότητας που παρουσιάζει ο χρωμίτης στην αποσάθρωση. Όμως, στην περίπτωση του λατερίτη Παλαιοχωρίου διαπιστώθηκε ότι, ο χρωμίτης αντικαθίσταται μερικώς από μαγνητίτη και σε ορισμένες περιπτώσεις παρουσιάζει ζωνώδη εξαλλοίωση. Επί πλέον, η κατανομή του Cr₂O₃ στα τρία λατεριτικά προφίλ δείχνει ότι, έλαβε χώρα μετακίνηση του χρωμίου και εμπλουτισμός του στον κατώτερο ορίζοντα του λατερίτη.

Σαφής εικόνα των απωλειών ή κερδών, σε διάφορα συστατικά, κατά τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων της αποσάθρωσης του σερπεντινωμένου χαρτσβουργίτη, Παλαιοχωρίου, δίδεται στον Πίνακα 5. Τα πινακοποιημένα αποτελέσματα δείχνουν ότι, στον αποσαθρωμένο σερπεντινίτη (σαπρόλιθο), που υπόκειται του λατερίτη, εκχυλίσθηκε το 50,65% του βάρους του αρχικού πετρώματος. Κατά το στάδιο αυτό της αποσάθρωσης, απομακρύνθηκε από το μητρικό

πέτρωμα το 55,44% του SiO_2 και το 66,98% του MgO , ενώ, αντίθετα, προστέθηκε $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$ σε ποσοστό 19,05%, Cr_2O_3 , 16,28% και Ni 50%, σε σχέση με τα ποσοστά των συστατικών αυτών, που υπήρχαν στο μητρικό πέτρωμα. Η μετατροπή του σερπεντινωμένου χαρτσβουργίτη σε λατερίτη είχε ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση του 87%-91% των συστατικών του πρωτόλιθου. Παρατηρείται, πράγματι, ότι, απομακρύνονται όλα τα συστατικά του πρωτόλιθου, άλλα σε μεγαλύτερο και άλλα σε μικρότερο ποσοστό. Τις μεγαλύτερες απώλειες παρουσιάζουν το SiO_2 (95,4%-96,54%) και το MgO (97,87%-98,48%). Οι απώλειες σε $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$ ανέρχονται σε 10,83%, σε Cr_2O_3 9,30% και σε Ni 34,61%. Στον ανώτερο ορίζοντα του λατερίτη, οι απώλειες σε $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$ φθάνουν το 42,26%, σε Cr_2O_3 το 58,14% και σε Ni το 76,92%, σε σχέση με τα ποσοστά που περιείχονταν στο μητρικό πέτρωμα.

Από τα στοιχεία του πίνακα 5 γίνεται εμφανές ότι, κατά τη λατεριτίωση του σερπεντινωμένου χαρτσβουργίτη απομακρύνθηκαν σημαντικές ποσότητες Fe , Cr και Ni από το τμήμα του λατερίτη, οι οποίες, τουλάχιστον κατά ένα μέρος, δεσμεύθηκαν, εκ νέου, στον υποκείμενο ορίζοντα της σαπρολιθικής ζώνης.

Συμπεράσματα

Από τις παρατηρήσεις υπαίθρου, όπως και από την πετρολογική και τη γεωχημική μελέτη του Fe-Ni -ούχου λατερίτη Παλαιοχωρίου, στο νομό Γρεβενών, προέκυψαν τα ακόλουθα:

α: Ο λατερίτης του Παλαιοχωρίου είναι αυτόχθονος λατερίτης. Σχηματίστηκε από την αποσάθρωση του υποκείμενου σερπεντινωμένου χαρτσβουργίτη, πριν από την επίκλυση του Μειόκαινου. Το μέγιστο πάχος του λατεριτικού ορίζοντα ανέρχεται σε 3 μέτρα. Μεταξύ του λατεριτικού ορίζοντα και του μη εξαλλοιωμένου σερπεντινίτη, παρεμβάλλεται η σαπρολιθική ζώνη, της οποίας το πάχος κυμαίνεται από 4 μέτρα, στη ΝΝΑ πλευρά της εμφάνισης, μέχρι τα 12 μέτρα στη ΒΒΔ. Το πάχος της σαπρολιθικής ζώνης, που έχει υποστεί εντονότερου βαθμού αποσάθρωση, κυμαίνεται μεταξύ 1 και 2,5 μέτρων.

β: Στον ολιγότερο σερπεντινωμένο χαρτσβουργίτη διατηρούνται, σε μεγάλο βαθμό, τα πρωτογενή ορυκτά ολιβίνης, ορθοπυρόξενος και χρωμίτης. Στον ολιβίνη, η περιεκτικότητα σε NiO κυμαίνεται μεταξύ 0,20% και 0,59%. Ο ορθοπυρόξενος είναι αργιλιούχος ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,8\%-0,82\%$) και χρωμιούχος ($\text{Cr}_2\text{O}_3 = 0,54\%-0,58\%$). Ο σερπεντίνης είναι σιδηρούχος λιζαρδίτης, με περιεκτικότητα σε FeO_{tot} που κυμαίνεται μεταξύ 6,74% και 8,21% και σε NiO μεταξύ 0,42% και 0,67%.

γ: Στη σαπρολιθική ζώνη επικρατούν τα Fe-Mg -ούχα φυλλοπυριτικά ορυκτά, της ομάδας των σερπεντινών. Πρόκειται για μικτούς κρυστάλλους μεταξύ σερπεντίνη, κρονστενδίτη και γκριναλίτη. Οξειδία σιδήρου, κατεξοχήν μαγνητίτης, σχηματίζουν συγκρίματα στη μάζα του εξαλλοιωμένου σερπεντινίτη. Στην κατώτερη ζώνη του σαπρόλιθου τα σερπεντινικά ορυκτά είναι κυρίως μαγνησιούχα. Το ποσοστό τους σε κρονστενδίτη κυμαίνεται μεταξύ 5% και 30% και σε γκριναλίτη μεταξύ 4% και 21%. Το NiO κυμαίνεται μεταξύ 0,41% και 1,27%. Στην ανώτερη ζώνη του σαπρόλιθου, στα ορυκτά της ομάδας των σερπεντινών, αυξάνει η περιεκτικότητα σε Fe και Ni . Το ποσοστό τους σε γκριναλίτη ανέρχεται μέχρι και 53%, η δε περιεκτικότητά τους σε NiO μέχρι 2,25%.

δ: Στη βάση της ζώνης του λατερίτη τα σερπεντινικά ορυκτά γίνονται πλουσιότερα σε Fe και Ni ($\text{NiO} = 1,8\%-2,45\%$), ενώ παράλληλα περιέχουν στο πλέγμα τους και Al (ενδόμηση μορίου αμεσίτη). Το ποσοστό τους σε γκριναλίτη κυμαίνεται μεταξύ 55% και 71%, σε κρονστενδίτη μεταξύ 3% και 22%, σε σερπεντίνη μεταξύ 7% και 12% και σε αμεσίτη μεταξύ 12% και 19%. Προς τα επάνω ο λατερίτης γίνεται σταδιακά πηλολιθικός, με αύξηση του ποσοστού των πηλολιθικών προς τους ανώτερους ορίζοντες. Οι πηλολιθοί αποτελούνται κατεξοχήν από μαγνητίτη. Στα ορυκτά της ομάδας των σερπεντινών αυξάνει το ποσοστό του αμεσίτη σε 40%-

45%. Αυξημένη παρουσιάζεται επίσης η περιεκτικότητά τους σε Cr_2O_3 (2,35%-3,66%) και σε NiO (2,70%-3,75%). Στον ανώτερο ορίζοντα του λατερίτη τα ορυκτά της ομάδας των σερπεντινών γίνονται πλουσιότερα σε Al ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 20,91\%-24,19\%$), με χημική σύσταση όμοια με εκείνη του μεθειρίτη, αλλά φτωχότερα σε NiO (0,72%-1,26%) και σε Cr_2O_3 (0,60%-2,13%).

Ο μαγνητίτης είναι Ni -ούχος και Cr -ούχος. Το NiO κυμαίνεται μεταξύ 0,74% και 2,5%, με μέση τιμή 1,12% και το Cr_2O_3 μεταξύ 0,2% και 2,76%, με μέση τιμή 1,25%. Επειδή ο μαγνητίτης αποτελεί κύρια ορυκτολογική φάση του λατερίτη, σημαντικό μέρος του Ni και του Cr , που εμπεριέχεται στο λατερίτη, είναι δεσμευμένο στο κρυσταλλικό πλέγμα του μαγνητίτη.

ε: Η κατανομή του SiO_2 , MgO , $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$, Al_2O_3 , Cr_2O_3 και του Ni , στα τρία λατεριτικά προφίλ, αντιπροσωπεύει, σε γενικές γραμμές, τυπική εικόνα αυτόχθονου λατερίτη (Maynard 1983, Schellman 1971). Διαπιστώνεται μείωση της περιεκτικότητας σε SiO_2 και MgO και αύξηση εκείνης σε $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$, Al_2O_3 , Cr_2O_3 και Ni από τον υποκείμενο σερπεντινωμένο χαρτοβουργίτη προς το λατερίτη. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε Cr_2O_3 και σε Ni παρουσιάζονται στη βάση του λατεριτικού ορίζοντα.

Στο λατεριτικό ορίζοντα, το Al_2O_3 παρουσιάζει το μεγαλύτερο συντελεστή εμπλουτισμού (8,9). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις σε Al_2O_3 διαπιστώνονται προς τους ανώτερους ορίζοντες του λατερίτη. Θεωρώντας ότι, το Al_2O_3 του σερπεντινωμένου χαρτοβουργίτη παραμένει αμετακίνητο, κατά τη διάρκεια των διεργασιών της αποσάθρωσης, προκύπτει ότι, στη ζώνη του σαπρολίθου, που υπόκειται του λατερίτη, απομακρύνθηκε το 50,65% του βάρους του αρχικού πετρώματος. Συγκεκριμένα, απομακρύνθηκε το 55,44% του SiO_2 και το 66,98% του MgO , ενώ συγχρόνως προστέθηκε $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$ κατά 19,05%, Cr_2O_3 κατά 16,28% και Ni κατά 50%, σε σχέση με εκείνα που υπήρχαν στο μητρικό πέτρωμα.

Κατά τη μετατροπή του σερπεντινωμένου χαρτοβουργίτη σε λατερίτη, απομακρύνθηκε το 87%-91% των συστατικών του πρωτόλιθου. Απομακρύνθηκαν όλα τα συστατικά, άλλα σε μεγαλύτερο και άλλα σε μικρότερο ποσοστό. Τις μεγαλύτερες απώλειες παρουσιάζουν το SiO_2 (95,4%-96,54%) και το MgO (97,87%-98,48%). Οι απώλειες σε $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$ ανέρχονται σε 10,83%, σε Cr_2O_3 9,30% και σε Ni 34,61%. Στον ανώτερο ορίζοντα του λατερίτη οι απώλειες σε Fe , Cr και Ni είναι ακόμη μεγαλύτερες. Μέρος από τις απώλειες σε Fe , Cr και Ni δεσμεύθηκαν, εκ νέου, στον υποκείμενο ορίζοντα της σαπρολιθικής ζώνης.

Βιβλιογραφία

- AUGUSTITHIS, S.S. and MPOSKOS, E., (1980): Differential leaching of Fe and Cr from chromite grains in laterites and birbrirites. UNESCO, Inter.Symp. on Metallogeny of mafic and ultramafic complexes. Athens, V.1, 214-226.
- ΒΑΚΟΝΔΙΟΣ, Ι., ΓΡΙΒΑΣ, Η., (1993): Τα σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα του οφιολιθικού συμπλέγματος του Βούρινου. Ι.Γ.Μ.Ε. πρόδρομη έκθεση.
- ΒΡΑΧΑΤΗΣ, Γ., (1977): Επί της κοιτασματολογικής αναγνωρίσεως εμφανίσεων τινών Fe-Ni μεταλλεύματος των Ν.Γρεβενών-Κοζάνης. Δημοσίευτη έκθεση ΙΓΜΕ Κοζάνης.
- BURGER, P.A., (1979): The Greenvale nickel laterite ore body. In D.J.I. Evans, R.S. Shoemaker and H.Veltman, Eds. International laterite Symposium. Amer.Inst.Mining, Metal. and Petroleum Engineers, New York 24-37.
- BURNS, R.G., (1970): Mineralogical Applications of crystal field theory, Cambridge University Press, Cambridge 224 pp.
- GOLIGHTLY, J.P., (1981): Nickeliferous laterite deposits: Econ. Geol., 75 Anniv. Vol., 710-735.
- MAYNARD, J.B., (1983): Geochemistry of sedimentary ore deposits. Springer-Verlag, New York Heidelberg. Berlin, 305 p.p.
- MERCADO, J.M. (1986): Geochemistry of the laterites in Nonoc islands, Surigao province, Phil-

- ippines, UNESCO IGCP. Proceedings of Intern.Seminar on Lateritisation processes. A.A. BALKEMA/ROTTERDAM 45-57.
- OGURA, Y., (1977): Mineralogical studies on the occurrence of nickeliferous laterite deposits in the Southwestern Pacific area: *Mining Geol.* V.27, 379-399.
- ΠΕΡΔΙΚΑΤΣΗΣ, Β., (1986): Ένα πρόγραμμα για τον γενικό υπολογισμό του συντακτικού τύπου των ορυκτών. *Ι.Γ.Μ.Ε. Γεωλ. και Γεωφ. Μελέτες. Τόμος εκτός σειράς*, 377-380.
- PLASTIRAS, V., (1980): Contribution to the knowledge of lateritic type formations of N.W.Macedonia. UNESCO, Inter.Symp. on Metllogeny of mafic and ultramafic complexes. Athens, V.1, 355-370.
- SCHELLMANN, W., (1971): Ueber Beziehungen laterischer Eisen-, Nickel-, Aluminium- und Manganerze zu ihren Ausgangesteinen: *Min.Depos.* V.6, 275-291.
- SKARPELIS, N., LASKOU, M., and ALEVISOS, G., (1993): Mineralogy and geochemistry of the nickeliferous lateritic iron-ores of Kastoria, N.W.Greece. *Chem.Erde*, 53, 331-339.