

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥΧΩΝ SKARNS ΜΕ ΚΛΙΝΟΧΟΥΜΙΤΗ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΟΜΕΡΛΙ ΑΓΚΙΣΤΡΟΥ Ν. ΣΕΡΡΩΝ

Ε. Δήμου¹, Κ. Κούκουζας²

¹ Διεύθυνση Ορυκτολογίας-Πετρολογίας, ΙΓΜΕ, Μεσογείων 70, 11527 Αθήνα, edimou@igme.gr

² Φειδίου 2, Μαρούσι

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετώνται οι εμφανίσεις των μαγνησιούχων skarns που εντοπίζονται μέσα σε δολομιτικά μάρμαρα στη θέση Ομερλί Αγκίστρου. Τα δολομιτικά μάρμαρα εμπλουτίζονται σταδιακά σε μετασωματικά ορυκτά, έως την πλήρη σχεδόν αντικατάστασή τους και την δημιουργία μέσα σ' αυτά συμπαγών φακοειδών κοιτών skarns.

Οι απλιτοπηγματικές φλέβες που διασχίζουν τα περιβάλλοντα μάρμαρα καθώς και ο ευρισκόμενος στην ευρύτερη περιοχή γρανοδιορίτης Αχλαδοχωρίου, θεωρούνται υπεύθυνα για τα φαινόμενα θερμικής μεταμόρφωσης και μετασώματωσης στους δολομίτες.

Ορυκτολογικές μέθοδοι ανάλυσης (οπτική μικροσκοπία, περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ, μικροανάλυση), προσδιόρισαν τα ακόλουθα ορυκτά της μετασώματωσης κατά σειρά φθίνουσας συμμετοχής: κλινοχουμίτης $(Mg, Fe^{2+})_9(SiO_4)_4(F, OH)_2$, φοροστερίτης Mg_2SiO_4 , σπινέλιος $MgAl_2O_4$, παραγασιτική κεροσίλβη $NaCa_2(MgFe^{2+})_4Al(Si_6Al_2)O_{22}(F, OH)_2$, κλινόχλωρο $(MgFe^{2+})_5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$, φλογοπίτης $KMg_3Si_3AlO_{10}(F, OH)_2$, δολομίτης, ασβεσίτης. Η ορυκτοχημική –πετρολογική μελέτη των παραπάνω ορυκτών και η σχέση μεταξύ τους, οδήγησε στο συμπέρασμα ότι τα skarns στη θέση Ομερλί είναι καθαρές μετασωματικές συγκεντρώσεις εις βάρος των δολομιτών, με προσκομιδή στοιχείων από εξωτερική θερμή πηγή και αποκομιδή στοιχείων από τους φιλοξενούντες δολομίτες. Πρόκειται δηλαδή για ένα ανοικτό χημικό σύστημα και όχι ισοχημικό.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην μελέτη αυτή εξετάζονται τα μαγνησιούχα skarns που βρίσκονται σε φακοειδείς μικρές συγκεντρώσεις μέσα στα δολομιτικά πετρώματα της περιοχής Αγκίστρου του νομού Σερρών, στην θέση Ομερλί. Mg-Skarns έχουν επισημανθεί και μελετηθεί σε πολλές περιοχές της γης όπως Καλιφόρνια, Καναδά, Κεμπέκ, Σκωτία και ιδιαίτερα στα Πυρηναία και στις Άλπεις, (Tilley 1951, Cuitard & Laffite 1958, Bumham 1959, Papageorgakis 1961, Wenk 1963, Trommsdorff 1966, Trommsdorff & Schwander 1969, Moticska 1970, Wetzel 1972, Frey et al. 1974, Γκάρτζου 1981). Σε λίγες όμως περιπτώσεις παρουσιάζουν την ίδια σύσταση με αυτήν των skarns του Αγκίστρου. Αλλά και στον Ελλαδικό χώρο, απ' όσον γνωρίζουμε, δεν αναφέρεται άλλη περίπτωση ύπαρξης skarns με όμοια σύσταση.



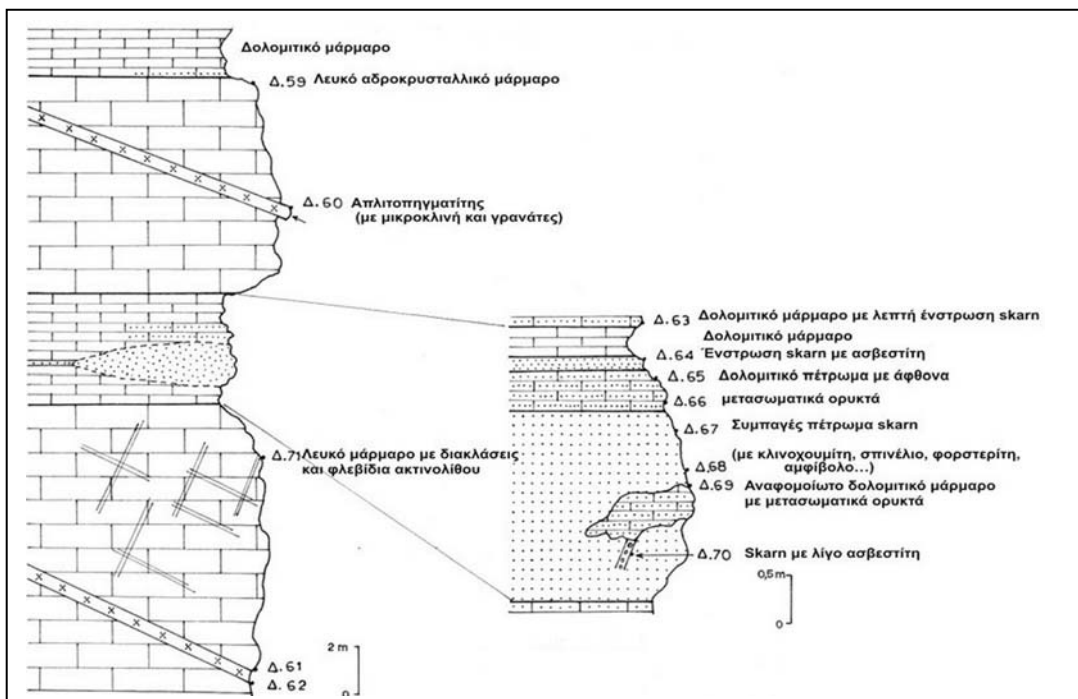
1.1. ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Γεωτεκτονικά η ευρύτερη περιοχή (Σχ.1) ανήκει στην κρυσταλλοσχιζώδη μάζα Ρίλα-Ροδόπης και αποτελείται κυρίως από δύο ενότητες μεταμορφωμένων πετρωμάτων: την κατώτερη ενότητα ή γνευσιακή που συνίσταται από βιοιπικούς και διμαρμαρυγικούς γνευσίους και την ανώτερη ενότητα ή ανθρακική η οποία συνίσταται κυρίως από μάρμαρα κατά θέσεις δολομιτικά. Μεταξύ των δύο ενότητων παρεμβάλλεται μία μεταβατική ενότητα με εναλλαγές μαρμάρων, σιπολινών, σχιστολίθων (Papanikolaou & Panagoroulos 1981, Zachos & Dimades 1983, Κατιρτζόγλου & Γιαλόγλου 1991). Επίσης στην ευρύτερη περιοχή απαντούν πυριγενή πετρώματα τόσο πλουτώνια, όσο και ηφαιστειακά. Τα ηφαιστειακά (ρυόλιθοι, τόφφοι) απαντούν στο Ν.Δ τμήμα του όρους Άγκιστρο στην περιοχή Σίτσι-Κάμεν, ενώ τα πλουτώνια γρανοδιοριτικής σύστασης, απαντούν κοντά στο Αχλαδοχώρι και στο Κρασοχώρι κοντά στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα τα οποία πρέπει να σχετίζονται γενετικά με το γρανίτη του όρους Βροντούς. Πηγματιπικές και απλιτικές φλέβες διασχίζουν τα γρανιτικά και τα μεταμορφωμένα πετρώματα (Κούκουζας 1976, Κατιρτζόγλου & Γιαλόγλου 1991).

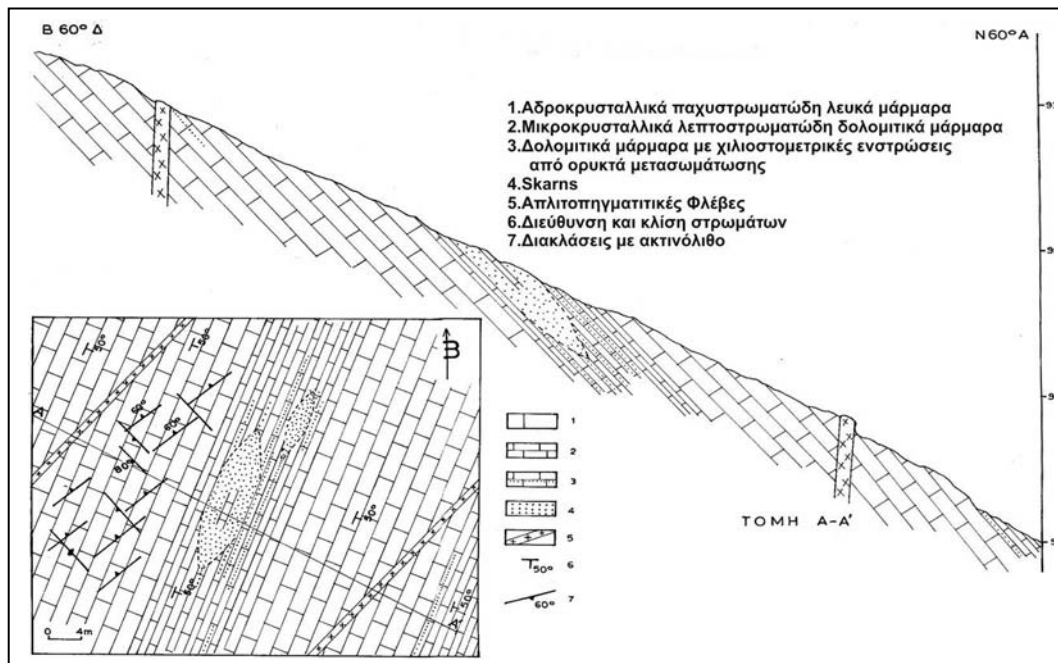
Τα μελετηθέντα skarns βρίσκονται στην ανώτερη σειρά των μεταμορφωμένων πετρωμάτων όπου επικρατούν σε εναλλαγές τα ασβεστιτικά και τα δολομιτικά μάρμαρα. Στο στενό γεωλογικό περιβάλλον των skarns, τα ασβεστιτικά μάρμαρα είναι λευκά, αδροκρυσταλλικά, παχυστρωματώδη με ιστό κοκκώδη-γρανιτικό, ενώ τα δολομιτικά μάρμαρα που παρεμβάλλονται είναι τεφρόλευκα, μεσο-μικροκρυσταλλικά και λεπτοστρωματώδη. Στα σχήματα 2 και 3 παρουσιάζονται με λεπτομέρεια η θέση και η σχέση των skarns με το περιβάλλον τους στη θέση Ομερλί.

Τα skarns φιλοξενούνται αποκλειστικά στα δολομιτικά πετρώματα. Τα τελευταία εμπλουτίζονται σταδιακά σε μετασωματικά ορυκτά έως την πλήρη αντικατάσταση του δολομίτη και τη δημιουργία δύο συμπαγών φακοειδών συγκεντρώσεων skarns. Ο ένας από τους δύο φακούς, ο μεγαλύτερος, έχει διατηρήσει στο κέντρο του έναν υπολειμματικό πυρήνα από δολομίτη (Σχ. 2).

Τα υποκείμενα και υπερκείμενα των δολομιτών λευκά ασβεστιτικά μάρμαρα διασχίζονται αντίστοιχα από δύο παράλληλες απλιτοπηγματιπικές φλέβες μικρού πάχους. Ένα σύστημα καθέτων μεταξύ τους κατακλάσεων που ξεκινούν από την απλιτοπηγματιπική φλέβα και φθάνουν έως τον δολομίτη, πληρούνται από βελονοειδείς κρυστάλλους ακτινολίθου (Σχ.2, 3). Τα ασβεστιτικά αυτά μάρμαρα δεν περιέχουν ορυκτά μετασώματωσης και μόνο στην επαφή με απλιτοπηγματιπική φλέβα, παρατηρήθηκαν σπάνιοι διάσπαρτοι κρύσταλλοι σπινελίου.



Σχήμα 2. Στρωματογραφική στήλη στο Ομερλί. Δ: θέσεις δειγματοληψίας



Σχήμα 3. Τομή και οριζονιογραφία στο Ομερλί.

1.2. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ-ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ Mg-SKARNS

Οι φακοειδείς κοίτες των skarns δεν παρουσιάζουν σαφή ζωνώδη εκλεκτική κατανομή των μετασωματικών ορυκτών από την περιφέρεια προς το κέντρο τους. Απλώς χάνεται σταδιακά η ταινιώδης διάταξη που έχουν μέσα στα δολομιτικά μάρμαρα, ενώ παράλληλα παρατηρείται μία πύκνωση και μία αύξηση του μεγέθους των ορυκτών αυτών στο κέντρο του φακού.

Η μικροσκοπική εξέταση έδειξε ότι τα συμμετέχοντα ορυκτά είναι κλινοχουμίτης, φορστερίτης, σπινέλιος, παρασισική κεροσίλβη, κλινόχλωρο, φλογοπίτης και σε μικρότερη αναλογία ασβεστίτης, δολομίτης, χουμίτης. Ανάλογα με την επικράτηση ενός ορυκτού, τα δείγματα χειρός έχουν διαφορετικό χρώμα, όπως πορτοκαλέρυθρο όταν υπερέχει ο κλινοχουμίτης, πορτοκαλοκίτρινο όταν ο κλινοχουμίτης και ο φορστερίτης είναι στην αυτήν περίπου αναλογία, γκριζοπράσινο όταν επικρατεί η αμφίβολος ή το κλινόχλωρο. Γενικά όλα τα εν λόγω ορυκτά απαντώνται σε μεγάλους σχετικά κρυστάλλους (πορφυροβλάστες), δημιουργώντας έτσι έναν κοκκώδη γρανοβλαστικό ιστό. Η μελέτη τους βασίστηκε στη μικροσκοπία, περιθλασιμετρία ακτίνων X, μικροανάλυση και κλασική αναλυτική χημεία.

Κλινοχουμίτης: $(Mg, Fe^{2+})_9 (SiO_4)_4 (F, OH)_2$

Από την ομάδα των χουμιτών, μόνο ο κλινοχουμίτης απαντάται σταθερά στην θέση Ομερλί. Σε μία περίπτωση εντοπίστηκε και χουμίτης, όμως σαν στάδιο μετατροπής του φορστερίτη.

Ο κλινοχουμίτης σχηματίζει συνήθως αποστρωγγυλωμένους κρυστάλλους, διαφόρων μεγεθών από μερικά μμ έως 2cm. Έχει χρώμα ερυθρό έως πορτοκαλέρυθρο και μπορεί να εκληφθεί μακροσκοπικά ως γρανάτης. Οπτικά χαρακτηριστικά του είναι ο έντονος πλεοχρωϊσμός και οι πολυδυμίες του που τον διαφοροποιούν από τον συνυπάρχοντα φορστερίτη. Η επιφάνειά του συχνά καλύπτεται από μικροσκοπικά αδιαφανή κοκκία εν είδη σκόνης (Σχ. 4, 5, 6, 7,8,9,10).

Συχνά παρουσιάζει εξαλοίωση σε χλωρίτη (κλινόχλωρο) ο οποίος σε αρχικό στάδιο σχηματίζει στεφάνη γύρω από τον κλινοχουμίτη, ενώ σε προχωρημένο στάδιο καταλαμβάνει σχεδόν εξ' ολοκλήρου τον κλινοχουμίτη δημιουργώντας σφαιροειδή σχήματα αντικατάστασης (Σχ. 7, 8). Όπως φαίνεται από τον πίνακα των μικροαναλύσεων (Πιν. 2), η αντικατάσταση του Mg από Fe^{2+} στην ολιβινική μονάδα του κλινοχουμίτη (Mg_2SiO_4) είναι μέσα στα λογικά πλαίσια ($FeO=2,25-4,99\%$). Στη βιβλιογραφία (Deer et al. 1982) αναφέρονται και ακόμη μεγαλύτερες τιμές.



Παργασική κεροσίλβη: $\text{NaCa}_2(\text{MgFe}^{2+})_4\text{Al}(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{F}, \text{OH})_2$

Παρουσιάζεται σε σχετικά μεγάλους κρυστάλλους έως 2cm με χρώμα πρασινόλευκο έως γκριζόλευκο. Στην λεπτή τομή εμφανίζεται ως άχρωμη ομοιάζουσα προς ακτινόλιθο-τρεμολίτη. Η επιφάνεια των κρυστάλλων συχνά είναι στικτή από μικροσκοπικά μεταλλικά κοκκία ιλμενίτη (Σχ. 10, 11). Αρκετοί επίσης κρυστάλλοι διαθέτουν μία ζωνώδη ανάπτυξη με μία κεντρική περιοχή, «καρδιά», μεγαλύτερης συνήθως διπλοθλαστικότητας, από την εξωτερική ζώνη. Διάγραμμα XRD έδωσε τιμές d Å κεροσίλβης αλλά και κάποιες του παργασίτη.

Από τον πίνακα 2, όπου παρατίθενται δύο αναλύσεις του ορυκτού, εξάγονται τα ακόλουθα: σύμφωνα με τον αριθμό των ατόμων Ca κατά μονάδα κυψελίδας (2,075 - 2,089) το εν λόγω ορυκτό κατατάσσεται στην ομάδα των ασβεστούχων αμφιβόλων. Η σχετικά υψηλή αναλογία σε F (1,33%-2,74%) συνηγορεί με τον χαρακτηρισμό του ως παργασική κεροσίλβη. Η δε αντικατάσταση του Mg από Fe^{2+} εκφράζεται από τον λόγο των ατόμων $\text{MgX100}/\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}+\text{Fe}^{3+}+\text{Mn}$ (Deer et al. 1982), που για τους δύο αναλυθέντες κρυστάλλους ανέρχεται σε 92,1 και 85,4. Με δεδομένο ότι στον ίδιο κρύσταλλο παρουσιάζεται χημική διαφοροποίηση με την εικόνα «καρδιάς» και «περιφέρειας», φαίνεται καθαρά ότι έχουμε μία κεροσίλβη που εξελίσσεται σε παργασίτη.

Κλινόχλωρο: $(\text{MgFe}^{2+})_5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$

Σχηματίζει άφθονα πρασινόλευκα φυλλάρια έως 1cm με πολλές λαμέλλες τα οποία συχνά περικλείουν μικρότερα φυλλάρια φλογοπίτη (Σχ. 5, 13). Δημιουργήθηκε από τα πρώτα μετασωματικά ορυκτά των skarns και δεν πρέπει να συγχέεται με το κλινόχλωρο που αποτελεί προϊόν εξαλλοίωσης του φορστερίτη (Σχ. 7, 8). Το διάγραμμα XRD που ελήφθη σε καθαρό υλικό έδειξε όλες τις χαρακτηριστικές τιμές d Å του κλινόχλωρου, ενώ κάποιες ταυτίζονται και με αυτές της ποικιλίας του κλινόχλωρου *λευτενμπεργίτη* $\text{Mg}_{4,9}\text{Al}_{2,1}\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$.

Στον πίνακα 2 δίνονται οι χημικές αναλύσεις από δύο «πρωτογενή» κλινόχλωρα και ένα που προέρχεται από εξαλλοίωση του φορστερίτη.

Φλογοπίτης: $\text{KMg}_3\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{F}, \text{OH})_2$

Η περιεκτικότητά του στο πέτρωμα είναι μικρή. Απαντάται σε μικρά υγρή χωρίς εξαλλοίωση χρυσοκίτρινα φυλλάρια σε δέσμες που επικάθηναν κυρίως πάνω στο κλινόχλωρο.

Δολομίτης και Ασβεσίτης: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2-\text{CaCO}_3$

Η συμμετοχή του δολομίτη ελαττώνεται σταδιακά από την περιφέρεια προς την κεντρική περιοχή των φακοειδών σωμάτων skarns. Εκεί που συνυπάρχουν και τα δύο ανθρακικά, υπερτερεί ο ασβεσίτης του δολομίτη, καθότι ο τελευταίος έχει αναλωθεί για τη δημιουργία των νέων ορυκτών.

Η συνύπαρξη δολομίτη-ασβεσίτη στο ίδιο δείγμα και μάλιστα σε μέγεθος λεπτής τομής, δείχνει αφ' ενός τον ακριβή αριθμό των φάσεων του συστήματος, προσδιορίζοντας έτσι καλύτερα την σημασία του ανοικτού χημικού συστήματος που επεκράτησε και αφ' ετέρου το που πήγαν τα εναπομείναντα υλικά Ca, CO₂ κατά την διάλυση του αρχικού δολομίτη (νεοσχηματισμός ασβεσίτη).

1.3. ΧΗΜΙΣΜΟΣ

Για την κατανόηση των συνθηκών μετασωμάτωσης, πραγματοποιήθηκαν ολικές χημικές αναλύσεις σε τρία δείγματα που διέφεραν μόνο ως προς την ποσοστιαία αναλογία των συμμετεχόντων κυρίων ορυκτών τους (Πιν.1). Τα πετρώματα αυτά χαρακτηρίζονται από χαμηλή περιεκτικότητα σε SiO₂ και αλκάλια, κυρίως όμως από την υψηλή περιεκτικότητα σε MgO. Το F δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό, δικαιολογώντας έτσι την παρουσία κλινοχουμίτη αντί του χουμίτη.

Χαρακτηριστικό επίσης είναι ότι, παρ' όλη την προέλευση των πετρωμάτων αυτών από τα ανθρακικά πετρώματα, η περιεκτικότητά τους σε CaO κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα (3,80% - 5,90%), γεγονός που δηλώνει την απομάκρυνσή του από το σύστημα. Η απομάκρυνση όμως αυτή φαίνεται να αντισταθμίζεται από την προσφορά στο σύστημα, άλλων στοιχείων όπως Mg, Si, Al

(Fe;) F, K, Na, H₂O, Cl. Η αιτιολόγηση και η απόδειξη για μία εκ των έξω συμπληρωματική προσφορά Mg στο σύστημα, είναι ότι το ποσοστό MgO στα skarns (31, 82-40, 04%), υπερβαίνει του ποσοστού των «μητρικών» δολομιτικών πετρωμάτων (όταν ο καθαρός δολομίτης έχει γύρω στο 21%).

Όσον αφορά το Si και Al η απόδειξη μιας εκ των έξω προσφοράς στηρίζεται μόνο στην παρατήρηση ότι τα φιλοξενούνται τα skarns ανθρακικά πετρώματα δεν περιείχαν αργίλο-πυριτικά ορυκτά.

Για το Fe, επειδή η περιεκτικότητά του δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή, μία εκ των έξω προσφορά δεν μπορεί να αποδειχθεί. Τέλος τα στοιχεία K, Na, F, Cl και H₂O με δεδομένη την εκ των έξω πρόσληυσή τους, συνετέλεσαν στην δημιουργία των ιδιαίτερων ορυκτών όπως κλινοχουμίτη (F), παραγαστική κεροσίτλη (Na, F), φλογοπίτη (K) κ.α. Το σύστημα έχει έναν αριθμό φάσεων λιγότερο από τον αριθμό των συστατικών και χαρακτηρίζεται ως ανοικτό και όχι ισοχημικό.

Πίνακας 1. Χημικές αναλύσεις διαφόρων δειγμάτων και ορυκτών skarns

	Τυπικά δείγματα skarns			Μονοορυκτολογικά δείγματα	
	Δείγμα 63	Δείγμα 65	Δείγμα 3	Κλινοχουμίτης 3772 α	Σπινέλιος 3772 β
SiO ₂	31,50	32,30	29,70	34,87	2,70
Al ₂ O ₃	10,88	11,37	19,83	0,84	60,09
MgO	40,04	40,00	31,82	51,55	27,32
Fe ₂ O ₃	4,96	0,74	5,82	4,62	6,63
FeO	4,40	3,80	2,00	1,20	1,32
CaO	4,55	3,80	5,90	1,08	1,20
TiO ₂	0,75	0,35	1,00	1,70	0,01
K ₂ O	0,25	0,26	0,33	0,13	0,14
Na ₂ O	0,64	0,70	0,72	0,12	0,17
MnO	0,35	0,04	0,04	0,05	0,03
Zn	0,10	0,70	0,10	0,06	0,27
F ⁻	0,60	0,39	0,48	1,90	-
Cl ⁻	0,62	0,53	1,10	0,27	0,35
Απ. πυρ.	5,03	3,76	3,08	2,75	0,84

Πίνακας 2. Μικροαναλύσεις ορυκτών των skarns

	Κλινοχουμίτης		Φορστερίτης				Σπινέλιος		Παργ. κεροσίτλη		Κλινόχλωρο			
	Δείγμα 3768	Δείγμα 3768α	Δείγμα 3775	Δείγμα 3768	Δείγμα 3768α	Δείγμα 3775	Δείγμα 3768	Δείγμα 3768α	Δείγμα 3775	Δείγμα 3768	Δείγμα 3768α	Δείγμα 3768	Δείγμα 3768α	Δείγμα 3775
SiO ₂	38,06	38,47	38,46	42,25	42,08	39,74*	0,48	1,41	0,25	43,86	43,11	29,47	29,93	30,04
TiO ₂	3,49	3,09	3,55	-	-	0,22	-	-	-	1,18	-	0,20	0,14	0,14
Al ₂ O ₃	1,22	1,27	0,08	1,14	1,50	-	64,91	65,96	13,11	13,46	20,34	20,39	19,03	19,03
FeO	4,99	4,47	2,25	5,69	5,88	0,94	7,05	6,77	4,15	2,97	5,91	2,12	1,89	0,80
(ολ)														
MnO	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-
MgO	52,54	52,28	54,57	52,18	52,46	56,48	24,24	24,28	26,98	19,48	19,45	33,98	33,64	34,45
CaO	0,03	0,10	0,03	-	-	0,07	-	-	-	13,33	13,21	0,07	0,10	0,07
Na ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,02	2,11	-	-	-
K ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,59	0,57	-	-	-
F	2,35	2,27	1,68	-	-	1,36	-	-	-	2,74	1,33	-	-	0,29

1.4. ΓΕΝΕΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Γενικά για τις συνθήκες γένεσης των Mg-skarns υπάρχουν δύο απόψεις. Η πρώτη συνηγορεί υπέρ της δημιουργίας των πετρωμάτων αυτών υπό συνθήκες δυναμομεταμόρφωσης στηριζόμενη στην ενίοτε ενσπινόμενη διάταξη των νεοσχηματισθέντων ορυκτών μέσα στα μάρμαρα και στην απουσία μαγματικού σώματος στην άμεση γειτονία (Wenk 1963, Trommsdorff 1966), ενώ η άλλη άποψη συνηγορεί υπέρ της μεταμόρφωσης επαφής – μετασωμάτωσης.

Στην περιοχή Ομερλί η παρουσία των δύο απλιτοπηγματιτικών φλεβών σε γειτονία με τους φακούς των skarns (Σχ. 1, 2) και η ύπαρξη σημαντικών γρανοδιοριτικών σωμάτων (Αχλαδοχωρίου, Βροντούς και Κρασοχωρίου) στην ευρύτερη περιοχή, συνηγορούν για μία μεταμόρφωση επαφής-μετασωμάτωση. Η μή άμεση επαφή μαγματικού σώματος με τα μάρμαρα στη θέση αυτή, δεν αποκλείει την διαπλάτισή του και την εις βάθος άμεση επαφή του. Αλλά ακόμη και οι δύο απλιτοπηγματικές φλέβες κάλλιστα μπορούν να είναι αποφύσεις μιας πλησιέστερα ευρισκόμενης μαγματικής εστίας ή να αποτελούν αυτές καθ' αυτές την πηγή προσφοράς στοιχείων και θερμότητας. Οι μικρές διαστάσεις των φακών skarns μπορεί να είναι αποτέλεσμα της τελευταίας περίπτωσης.

Μια θερμική μεταμόρφωση φαίνεται ότι προηγήθηκε και προκάλεσε την ανακρυστάλλωση που οδήγησε στα αδρόκοκκα πάνλευκα ασβεστιτικά μάρμαρα της περιοχής. Στην θερμική αυτή μεταμόρφωση γίνεται ένα σύνολο αλλαγών (Tilley 1951) αλλά σε ένα «κλειστό» σύστημα ισοχημικό, για όλα τα στοιχεία εκτός από το H_2O , CO_2 , (SiO_2) και κάποιων πτητικών. Μετά ακολούθησε η μετασώματωση των δολομιτών με την απαραίτητη προσφορά υλικών από την ίδια θερμή πηγή.

Το ότι τα skarns εντοπίζονται κυρίως στα δολομιτικά πετρώματα και όχι στα ασβεστιτικά μάρμαρα της περιοχής, δικαιολογείται ως εξής:

α. Τα ασβεστιτικά μάρμαρα αφ' ενός δεν διευκόλυναν επαρκώς τη διέλευση διαλυμάτων συνεπεία της προτέρας ανακρυστάλλωσής τους, αφ' ετέρου δεν περιείχαν τα απαραίτητα εκείνα στοιχεία που θα επέτρεπαν την δημιουργία νέων ορυκτών. Εκεί όμως όπου υπήρχαν κάποιες κατατμήσεις (Σχ.1, 2) παρατηρήθηκε ασθενής νεοσχηματισμός αμφιβόλων, που δείχνει μεν την διέλευση διαλυμάτων, χωρίς όμως την δυνατότητα δημιουργίας μεγαλύτερης ορυκτολογικής ποικιλίας.

β. Στα δολομιτικά πετρώματα οι συνθήκες ήταν ιδανικότερες αφενός από πλευράς χημισμού διότι περιείχαν ήδη τα απαραίτητα χημικά στοιχεία (π.χ. Mg) για την δημιουργία μετασωματικών ορυκτών και αφετέρου από πλευράς διευκόλυνσης της διέλευσης των διαλυμάτων, καθώς είναι λεπτοστρωματώδη με εμφανείς σχισμογενείς επιφάνειες. Στην περίπτωση των skarns Ομερλί η παρουσία κατατμήσεων στα ασβεστιτικά μάρμαρα και οι σχισμογενείς επιφάνειες των δολομιτών, ενισχύουν την άποψη ότι τα διαλύματα κυκλοφόρησαν δια μέσου αυτών, όταν ήδη τα ασβεστιτικά μάρμαρα ήταν θερμικά μεταμορφωμένα. Έτσι καταλήγουμε στην παραδοχή του μοντέλου διήθησης βάσει της θεωρίας του Korzhinski (1970). Σύμφωνα με αυτήν τη θεωρία έχουμε δύο μοντέλα μεταφοράς στοιχείων, της διάχυσης (diffusion) και της διήθησης-διαπίπτσης (percolation-infiltration).

Υπέρ ενός μοντέλου διήθησης για την περιοχή Ομερλί είναι τα ακόλουθα στοιχεία:

α. Το συνολικό εύρος των skarns, συμπεριλαμβανομένων των κοιτών και των σποραδικών εμφανίσεων, είναι γύρω στα 10-15 μέτρα. Σε αντίθεση, το πάχος των skarns που σχηματίζονται με διάχυση είναι της τάξης του εκατοστού και σπάνια του μέτρου.

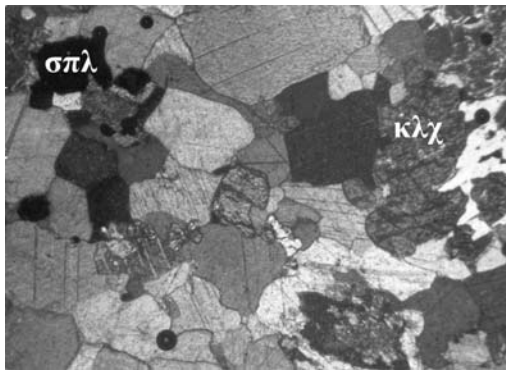
β. Η παρουσία μετασωματικών ορυκτών κατά μήκος ρωγμών και λιθολογικών επαφών, απ' όπου προφανώς διευκολύνεται η κυκλοφορία των διαλυμάτων. Σε αντίθεση η διάχυση δεν οδηγεί ή πολύ σπάνια, στην πλήρωση ρωγμών, αφ' ενός λόγω απουσίας ροής του διαλύματος και αφ' ετέρου υπερκορεσμού του διαλύματος. Φυσικά η κίνηση των διαλυμάτων κατά μήκος των ρωγμών, χαρακτηριστικό της διήθησης, δεν αποκλείει και την διάχυση κατά την κάθετο κατεύθυνση.

γ. Η αυξημένη παρουσία ενός στοιχείου σε μία θέση, δεν αντισταθμίζεται από αντίστοιχη έλλειψη του ίδιου στοιχείου από άλλη θέση, όπως είναι στην περίπτωση της διάχυσης.

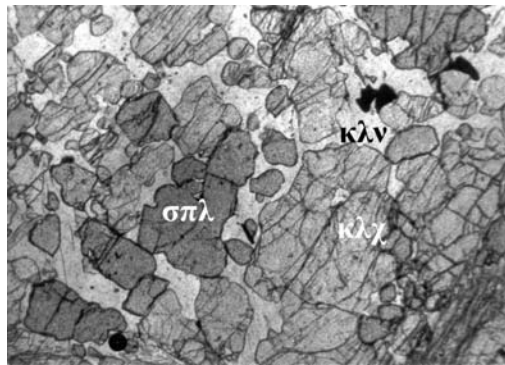
δ. Δεν παρατηρείται βαθμιαία μεταβολή στη σύσταση των ορυκτών ή σχηματισμός δακτυλίων αντίδρασης γύρω από τα ορυκτά (γεγονός συχνό κατά την διάχυση), αλλά αντίθετα φαίνεται ότι έγινε απότομη καθίζηση ορυκτών από υπερκορεσμένο διάλυμα.

Μετά το τέλος των μετασωματικών διαδικασιών, ακολούθησε στην περιοχή μία ασθενής φάση μετατροπής-εξαλλοίωσης των ορυκτών (μάλλον υδροθερμική), λόγω του συνδυασμού της βαθμιαίας πτώσης της θερμοκρασίας και της εισόδου H_2O . Έτσι έχουμε τις παρακάτω μετατροπές-εξαλλοιώσεις: Κλινοχουμίτης προς κλινόχλωρο, Φοστερίτης προς σερπεντίνη- χλωρίτη- τάλκη, και Σπινέλιος προς κλινόχλωρο- υδροταλκίτη-μνασείτη.

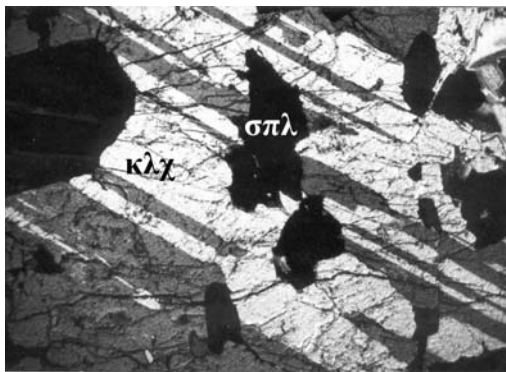
Ο λόγος των στοιχείων που εισχώρησαν στα δολομιτικά πετρώματα (Si, Al, Mg, Fe, OH, F) προς τα αντίστοιχα που συνθέτουν τον δολομίτη (Ca , Mg, CO_2) είναι μεγάλος. Η πηγή των πρώτων, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι κυρίως μαγματική, αλλά για ορισμένα στοιχεία και κυρίως για το Mg (που η περιεκτικότητά του στα skarns είναι μεγάλη), περισσότερο πιθανό είναι η κινητοποίησή του από γειτονικά πετρώματα (απόπλυση) από τα μαγματικά ρευστά, αφού αυτά ως προερχόμενα από "γρανιτικό μάγμα" δεν έχουν επαρκές Mg. Παράλληλα υπήρξε και απομάκρυνση στοιχείων από το σύστημα όπως Ca και CO_2 . Το CO_2 είχε την δυνατότητα να φύγει ή στην ατμόσφαιρα μέσω των ρωγμών, ή να σχηματίσει νέο ασβεστίτη. Πράγματι, όπως αναφέρθηκε, έχει παρατηρηθεί σε επίπεδο λεπτής τομής η συνύπαρξη δολομίτη-ασβεστίτη. Οι δε θερμοκρασίες σχηματισμού καθορίζονται από την παραγένεση φοστερίτη-κλινόχλωρο-σπινέλιο της οποίας η περιοχή σταθερότητας είναι μεταξύ 500-680°C (Korzhinskii 1968).



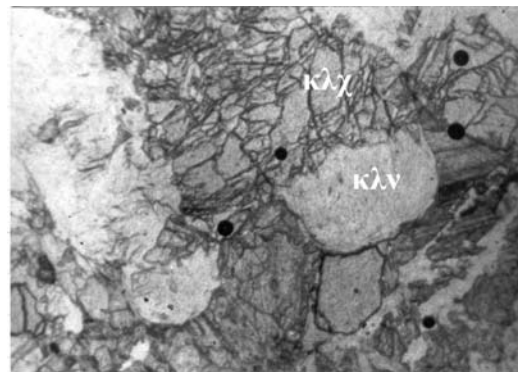
Σχήμα 4. Δολομιτικό μάρμαρο με διάσπαρτους κρυστάλλους σπινελίου (σπλ) και κλινοχουμίτη (κλχ). Διερχ. φως, κάθετα πρίσματα x10.



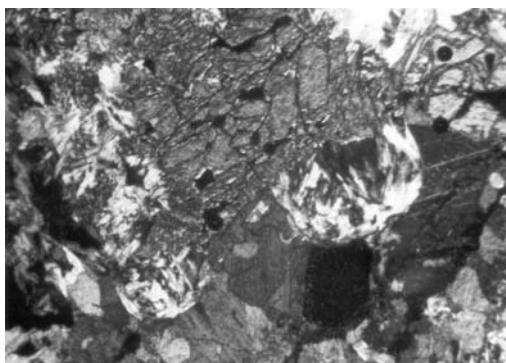
Σχήμα 5. Skarn, αποτελούμενο από κρυστάλλους κλινοχουμίτη (κλχ) και κρυστάλλους σπινελίου (σπλ) μέσα σε κλινόχλωρο (κλν). Διερχ. φως, // πρίσματα, x10.



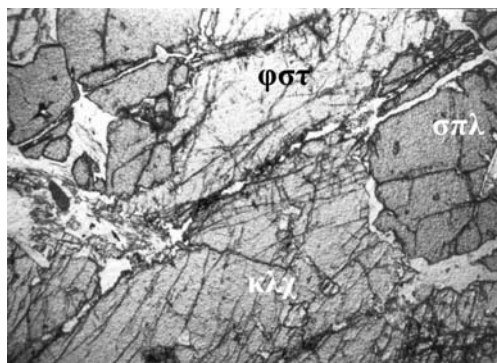
Σχήμα 6. Κρύσταλλος κλινοχουμίτη με τις χαρακτηριστικές πολυδυμίες. Περικλείει κρυστάλλους σπινελίου (σπλ). Διερχ. φως, κάθετα πρίσματα, x30.



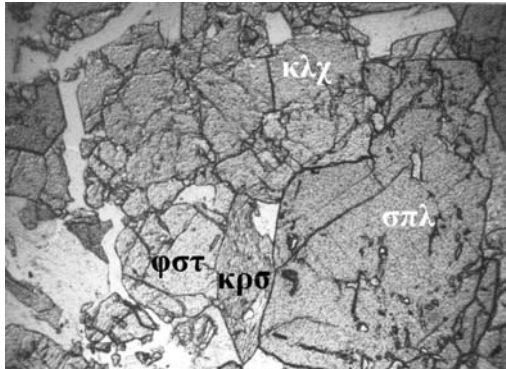
Σχήμα 7. Εξαλλοίωση του κλινοχουμίτη (κλχ) σε κλινόχλωρο, το οποίο σχηματίζει σφαιροειδείς προεξοχές στην περιφέρεια του κλινοχουμίτη (κλν). Διερχ. φως, // πρίσματα, x30.



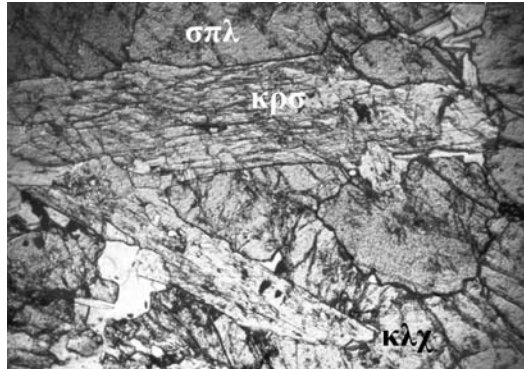
Σχήμα 8. Το σχήμα 7 σε κάθετα πρίσματα.



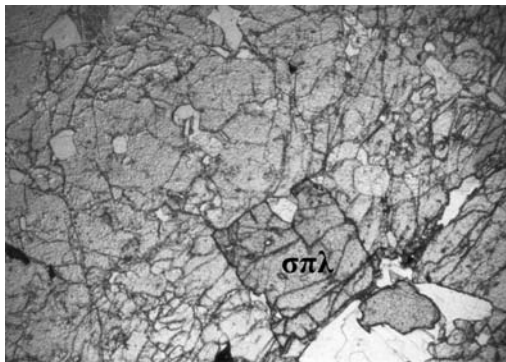
Σχήμα 9. Φορστερίτης (φστ) σε επαφή με κλινοχουμίτη (κλχ) και με σπινελίους (σπλ). Διερχ. φως, // πρίσματα, x30.



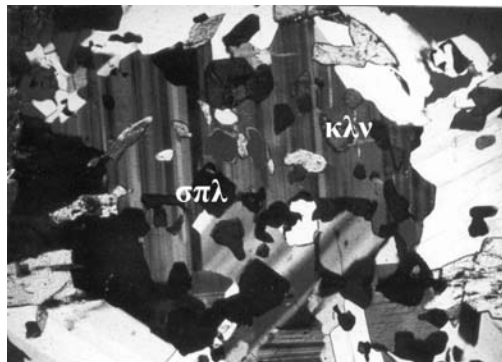
Σχήμα 10. Ιδιόμορφος κρύσταλλος παραγασιπικής κεροσίλβης (κρσ) σε επαφή με σπινέλιο (σπλ), με φοροστερίτη (φστ) και με κλινοχουμίτη (κλχ). Διερχ. φως, // πρίσματα, x20.



Σχήμα 11. Δύο ιδιόμορφοι κρύσταλλοι παραγασιπικής κεροσίλβης (κρσ) μέσα σε μάζα από κλινοχουμίτες και σπινέλιους. Διερχ. φως, // πρίσματα, x20.



Σχήμα 12. Ιδιόμορφος κρύσταλλος σπινελίου (σπλ) μέσα σε ένα σύνολο από κρυστάλλους κλινοχουμίτη-φοροστερίτη. Διερχ. φως, // πρίσματα, x20.



Σχήμα 13. Μεγάλος κρύσταλλος κλινοχλωρου με χαρακτηριστικές λαμέλλες, περικλείοντας κρυστάλλους σπινελίου (σπλ). Διερχ. φως, κάθετα πρίσματα, x20.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Γκάρτζου Ε. Γ. 1981. Σχηματισμός χονδροδίτου εις αλκαλικά καρποναιπικά συμπλέγματα. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρίας Τ. XV, σελ. 161-167.
- Καπιρτζόγλου Κ. & Γιαλόγλου Γ. 1991. Κοιτασματολογική μελέτη περιοχών Αγ.Κων/νου και Πότοκα Αγκίστρου Ν. Σερρών. Εσωτ. Εκθεση ΙΓΜΕ, Ξάνθη, σελ.25.
- Κούκουζας Κ. 1976. Επί της κοιτασματολογικής ερεύνης περιοχής Αγ.Κων/νου-Πότοκα Αγκίστρου Σερρών. Εσωτ. Εκθ. ΙΓΜΕ, σελ.57 Αθήνα.
- Burnham C. W. 1959. Contact metamorphism of magnesian limestones at Crestmore, California. Bull. Geol. Society of America, 70, 879-920.
- Deer W. A., Howie R. A, Zussman J. 1982. Rock-forming Minerals. V. IA orthosilicates p.p 379-117.
- Zachos S. & Dimades E. 1983. The geotectonic position of the Scalotis-Echinos granites and its relationship to the metamorphic formations of Greek Western and central Phodopes. Geol. Balc., 13, 5, p.p.17-24.
- Frey M., Hunziker J. C., Frank W., Bocquet J., Dal Piaz G. V., Jager E. & Niggli E. 1974. Alpine Metamorphism of the Alps-A Review. SMPM, 54 p.p. 247-290.
- Guillard G. & Laffite P. 1958. Les calcaires metamorphiques et les skarns du pic des Costabonne (Pyrenees-Orientales). Sciences de la Terre T. VI No 1-2 p.p. 57-137.
- Korzinskii D. S. 1968. The theory of Metasomatic Zoning. Mineral. Deposita (Berl.) 3, p.p. 222-231.

- Moticska P. 1970. Petrographie und Strukturanalyse des westlichen Bergeller Massivs und seines Rahmens. SMPM 50, p.p. 355-444.
- Papageorgakis J. 1961. Marmore und Kalksilikatfelse der Zone Ivrea-Verbano Zwischen Ascona und Candoglia. Διατριβή επί διδασκαλία Zurich ή SMPM 41, p.p. 157-254.
- Papanikolaou G. & Papagopoulos A. 1981. On the structural style of Southern Rhodope, Greece. Geol. Balc., 11, 3, p.p.13-22.
- Tilley C. E. 1951. The zoned contact- skarns of the Broadford area, Skye: a study of boron- fluorine metasomatism in dolomites. Mineral. Magazine Vol. 29 No 214 p.p. 621-667.
- Trommsdorff V. 1966. Beobachtungen zur Paragenese Forsterit (Klinohumit, chondrodit) - Klinochlor in metamorphen Dolomitgesteinen des Lepontins SMPM 46, p.p.421-429.
- Trommsdorff V. & Schwander H. 1969. Brucitmarmore in den Bergelleralpen. SMPM 49, p.p. 333-336.
- Wenk E. 1963. Klinohumit und Chondrodit in Marmoren der Tessiner Alpen und der Disgrazia-Gruppe. SMPM 43, p.p. 287-293.
- Wenk, H.R. 1970. Geologische Beobachtungen in Bergell. I. Gedanken zur Genese des Bergeller Granits. Rückblick und Ausblick. SMPM 50, p.p. 321-348.
- Wenk H. R & Maurizio R. 1970. Geological Observations in the Bergell Area (SE-Alps) II. Contact Minerals from Mt. Sissone-Cima di Vazzeda SMPM 50 p.p. 349-354.
- Wetzel R. 1972. Zur Petrographie und Mineralogie der Furgg-Zone (Monte Rosa-Decke) SMPM 52, p.p.161-236.

ABSTRACT

MINERALOGICAL STUDY OF Mg-SKARNS WITH CLINOHUMITE AT THE OMERLI SITE AGGISTRO, SERRES

Dimou E.¹ and Koukouzas K.²

¹ Department of Mineralogy-Petrology, IGME, 70, Messoghion str., 11527, Athens, edimou@igme.gr

² Maroussi, 2, Fidiou str.

Mg-skarn occurrences located in the dolomitic marbles at the Omerli site near Aggistro are studied. The dolomitic marbles are gradually enriched in metasomatic minerals, up to the full replacement and the formation of cohesive lenticular beds of skarns in the marbles.

The aplite-pegmatitic veins traversing the surrounding marbles as well as the granodiorite occurring in the broader area of Ahladohorio, are considered responsible for the phenomena of thermal metamorphism and metasomatism in the dolomites.

On the basis of mineralogical analytical methods (optical microscopy, X-Ray diffraction, micro-analysis) the following metasomatic minerals in decreasing order, have been determined:

Clinohumite $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_9 (\text{SiO}_4)_4 (\text{F}, \text{OH})_2$, forsterite Mg_2SiO_4 , spinel MgAl_2O_4 , hornblende-pargasite $\text{NaCa}_2 (\text{MgFe}^{2+})_4 \text{Al}(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{22}(\text{F}, \text{OH})_2$, clinocllore $(\text{MgFe}^{2+})\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$, phlogopite $\text{KMg}_3\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{F}, \text{OH})_2$, dolomite, calcite.

The mineral chemistry and petrography of the above assemblages lead to the conclusion that the skarns at Omerli site constitute pure metasomatic concentrations at the expense of the dolomites, with addition of elements from external thermal source and removal of elements from the hosting dolomites. It is, therefore, an open chemical system and not an iso-chemical one.