

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
της φοιτήτριας:
ΣΜΕΡΝΟΥ ΑΓΟΡΙΤΣΑΣ, ΑΕΜ:3628

ΘΕΜΑ:

**Εφαρμογή εργαστηριακών μεθόδων έρευνας για τον
χαρακτηρισμό ορυκτού από την εμφάνιση skarn της Ξάνθης**



ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:
ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ ΑΝΤΩΝΗΣ, Επίκουρος Καθηγητής Τομέα
Ορυκτολογίας-Πετρολογίας
ΣΚΛΑΒΟΥΝΟΣ ΣΠΥΡΟΣ, Καθηγητής Τομέα Ορυκτολογίας-
Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2008



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη και αναγνώριση ενός ορυκτού με την χρησιμοποίηση των κυριότερων μεθόδων έρευνας που χρησιμοποιούνται στα εργαστήρια ορυκτολογίας Πανεπιστημίων και Ινστιτούτων. Η εργασία εκπονήθηκε στο τμήμα Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή Σ.Σκλαβούνο και τον Επίκουρο Καθηγητή Α.Κορωναίο για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχαν κατά τη συγγραφή της εργασίας.

Εξετάζεται συμπαγής μάζα του ορυκτού βεζουβιανίτη, σκούρου πράσινου χρώματος, η οποία βρέθηκε στην επαφή της Ξάνθης με τα μάρμαρα, βόρεια από τα Κιμμέρια, ακριβώς πάνω από το μεταλλείο του μαγνητίτη. Αναφέρονται οι φυσικές και οπτικές ιδιότητες του ορυκτού. Εκτελείται χημική ανάλυση με τη μέθοδο φασματογραφήσεως του φθορισμού με τις ακτίνες Χ και διαπιστώνεται ότι σε σχέση με όλους τους τύπους που έχουν προταθεί σήμερα, ο συγκεκριμένος περιέχει χρώμιο και παρουσιάζει ζώνωση, η οποία είναι εμφανής τόσο μακροσκοπικά όσο και μικροσκοπικά.

Από τις τιμές θ , οι οποίες πάρθηκαν με τη μέθοδο του περιθλασίμετρου κόνεως πήραμε τις σταθερές της κυψελίδας οι οποίες είναι: $a=15.5715$ Angstroms, $c=11.801$ Angstroms, $v=2861.415$ (Å)³.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Ακτινογραφική εξέταση ορυκτών

α. Περιθλασιμετρία ακτίνων X

2.Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης και μικροανάλυση(SEM-EDS)

3.Βεζουβιανίτης(γενικά)

4.Αποτελέσματα

α. Μικροσκοπικά

β. Μακροσκοπικά

γ. Ακτινογραφικά

δ. Χημικά

5.Συμπεράσματα

6.Βιβλιογραφία

ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΟΡΥΚΤΩΝ (XRD)

Αρχή της μεθόδου(περιθλασίμετρο)

Το περιθλασίμετρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ενός προτύπου περίθλασης οποιουδήποτε κρυσταλλικού στερεού. Με αυτό το πρότυπο, ο ερευνητής μπορεί να αναγνωρίσει ένα άγνωστο ορυκτό ή να χαρακτηρίσει την σε ατομική-κλίμακα δομή ενός ήδη γνωστού ορυκτού.

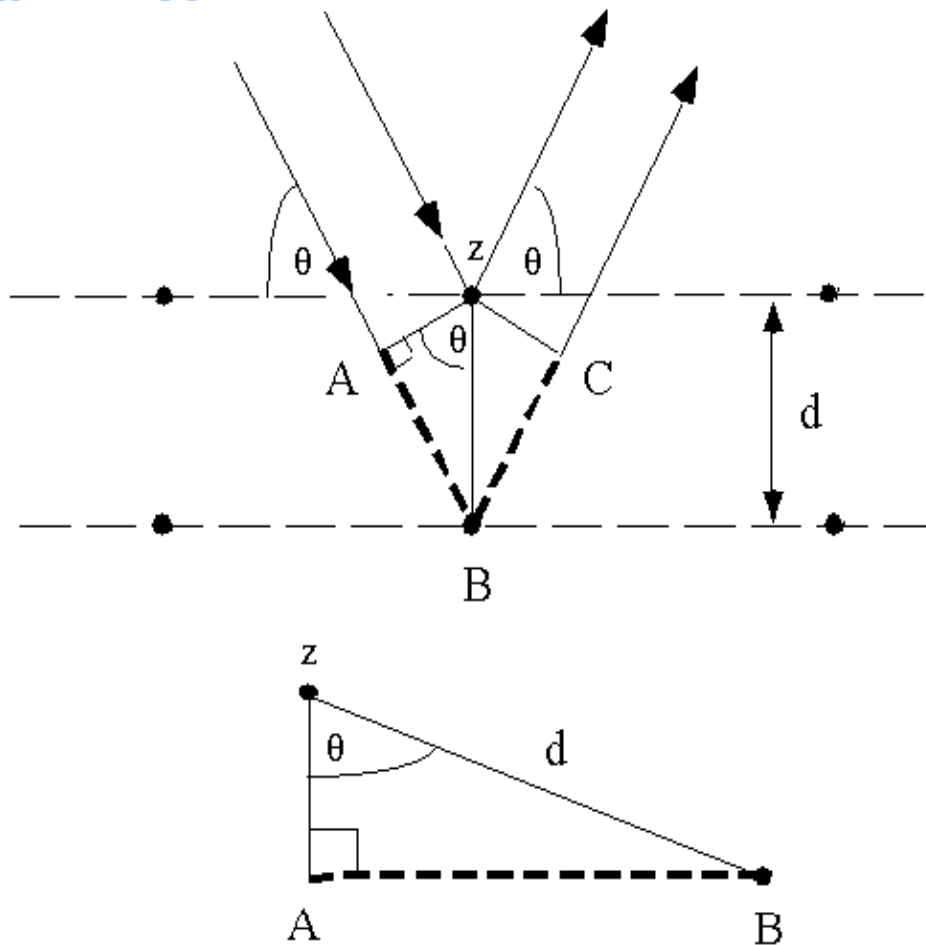
Υπάρχει, ένας μεγάλος κατάλογος με πληροφορίες ακτίνων X για χιλιάδες ορυκτά. Πολλές από αυτές τις πληροφορίες μαζεύονται μαζί και δημοσιεύονται από το Διεθνές Κέντρο Πληροφοριών Περίθλασης(JCPDS-International Centre for Diffraction Data).

Διαδικασία

Λαμβάνουμε ακτινογραφήματα κρυσταλλικών σωμάτων, που βρίσκονται σε μορφή λεπτομερούς σκόνης, οι κόκκοι της οποίας είναι συνήθως της τάξης του 1μ.

Η αρχή της μεθόδου είναι η εξής:

Μονοχρωματική παράλληλη δέσμη ακτίνων X προσπίπτει καθέτως επάνω σε λεπτό κυλινδρικό παρασκεύασμα κρυσταλλικής σκόνης και περιθλάται από τους κρυστάλλους που την αποτελούν σύμφωνα με τη σχέση Bragg g



Όπως είναι γνωστό, η σχέση αυτή περιγράφει την περίθλαση των ακτίνων X σαν ανάκλαση από δικτυωτό επίπεδο hkl με ισαπόσταση d . Η γωνία μεταξύ της προσπίπτουσας και της ανακλώμενης είναι 2θ . Η σταθερά n παριστάνει την τάξη ανακλάσεως και συνήθως παραλείπεται από την παραπάνω θέση, αφού ενσωματωθεί στους δείκτες του δικτυωτού επιπέδου που ανακλά, δηλ. η σχέση συνήθως γράφεται:

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

Το μεγάλο πλήθος των κρυστάλλων του παρασκευάσματος έχει εντελώς τυχαίο προσανατολισμό ως προς την

προσπίπτουσα δέσμη και κατά συνέπεια είναι μεγάλη η πιθανότητα να βρίσκονται σε θέση ανακλάσεως όλα τα δικτυωτά επίπεδα του κρυσταλλικού σώματος για τα οποία $d > \lambda/2$. Με συνεχή μάλιστα περιστροφή του παρασκευάσματος η πιθανότητα αυτή γίνεται

πρακτικώς βεβαιότητα. Πρέπει, εν τούτοις, να σημειωθεί ότι στην περίπτωση κρυστάλλων με φυλλώδη ή ινώδη σχισμό θα υπάρχει πάντοτε προτιμώμενος προσανατολισμός ορισμένων δικτυωτών επιπέδων.

Λόγω του τυχαίου τους προσανατολισμού, οι κρύσταλλοι του παρασκευάσματος που ανακλούν προς ορισμένη διεύθυνση θα δίνουν ανακλώμενες δέσμες, που κείτονται πάνω σε κωνική επιφάνεια με άξονα την προσπίπτουσα δέσμη και ημίανοιγμα 2θ . Συνεπώς οι περιθλώμενες από το παρασκεύασμα δέσμες κατά διάφορες γωνίες Bragg θα βρίσκονται πάνω σε ομοαξονικές κωνικές επιφάνειες με κοινό άξονα την προσπίπτουσα δέσμη και ημίανοιγμα 2θ , το οποίο καθορίζεται κάθε φορά από την ισαπόσταση d των δικτυωτών επιπέδων που ανακλούν κατά την σχέση Bragg.

ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗΣ

Το πρότυπο περίθλασης καταγράφει την ένταση των ακτίνων X με τη μορφή της γωνίας 2θ . Κατά τη διαδικασία λειτουργίας του, ρυθμίζονται τα εξής στο περιθλασίμετρο:

-Μια αρχική 2θ γωνία

-Ένα βήμα μέτρησης της έντασης, μεγέθους 0.005 βαθμών(συνήθως)

-Ένα ρυθμιστή ώρας ανά βήμα (τυπικά 0.05-1 δευτερόλεπτο)

-Μια τελική 2θ γωνία

Καθώς ξεκινά ,το γωνιόμετρο κινείται κατά μήκος της κλίμακάς του, σταματώντας σε κάθε βήμα για τον επιτρεπόμενο χρόνο. Οι υπολογισμοί των ακτίνων X, κάθε

βήματος, σώζονται σε αρχείο στον υπολογιστή.

Συμβαίνει οι ακτίνες X να έχουν μήκη κύματος, της τάξεως των μερικών angstroms, τα ίδια με τις τυπικές ενδοατομικές αποστάσεις στα κρυσταλλικά στερεά. Αυτό σημαίνει ότι οι ακτίνες X μπορούν να περιθλαστούν από ορυκτά, τα οποία εξ' ορισμού είναι κρυσταλλικά και έχουν κανονικά επαναλαμβανόμενες ατομικές δομές.

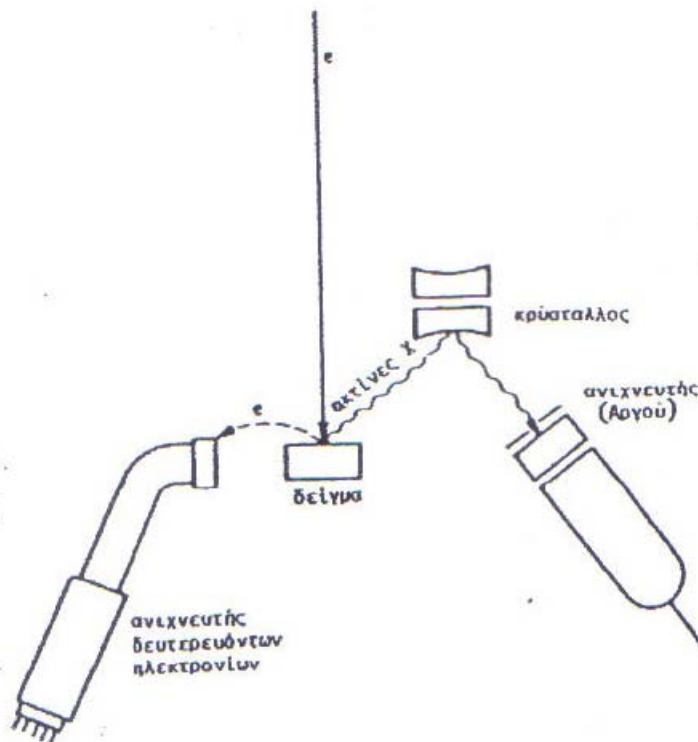
Όταν συναντώνται ορισμένες γεωμετρικές απαιτήσεις, οι ακτίνες X που διασκορπίζονται από ένα κρυσταλλικό στερεό ,μπορούν να παράγουν μια ακτίνα περίθλασης. Το 1912 W. L. Bragg ο αναγνώρισε μια προβλεπόμενη σχέση μεταξύ ποικίλλων παραγόντων:

1. Την απόσταση μεταξύ κοινών ατομικών πλάνων σε ένα ορυκτό(το ενδοατομικό διάστημα) που εμείς αποκαλούμε d-spacing και μετριέται σε angstroms.
2. Την γωνία περίθλασης, που εμείς αποκαλούμε θ γωνία και μετριέται σε μοίρες. Για πρακτικούς λόγους το περιθλασίμετρο μετρά μια γωνία δυο φορές, εκείνη της γωνίας θ κι έτσι καλείται γωνία '2-θήτα'.
3. Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας συμβολίζεται με το ελληνικό γράμμα λάμδα(λ).

Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης και μικροανάλυση (SEM-EDS)

Από τις συνηθέστερες μεθόδους μελέτης επιφανειών κρυστάλλων σε μεγάλη μεγέθυνση και χημικής ανάλυσης των ορυκτών (πυριτικών ή μη). Η αρχή λειτουργίας της βασίζεται στην ανίχνευση και μέτρηση της χαρακτηριστικής ακτινοβολίας X που παράγεται από την πρόσπτωση της ηλεκτρονικής δέσμης πάνω στο προς ανάλυση δείγμα. Ως βασική λειτουργία ενός μικροαναλυτή θεωρείται και η σάρωση της δέσμης στην επιφάνεια του δείγματος με την οποία και παρατηρείται η επιφάνεια με τη διαδικασία του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου. Μπορούν έτσι να παρθούν εικόνες με τα ανακλώμενα ηλεκτρόνια της δέσμης, τα απορροφούμενα ή τα δευτερεύοντα ηλεκτρόνια, οι οποίες παρατηρούνται σε καθοδική οθόνη ή σε οθόνες monitor με την χρήση micro video.

Στα νεότερα συστήματα φασματομέτρων πολλαπλών στοιχείων και με την προσθήκη ηλεκτρονικού υπολογιστή και συστήματος ανάλυσης στοιχείων εικόνας, είναι δυνατή η λειτουργία της σάρωσης για διάφορες χρήσεις. Για παράδειγμα η ποσοτική ανάλυση κατά μια ευθεία γραμμή πάνω στο δείγμα, η κρυσταλλογραφική μελέτη συστατικών του δείγματος κ.α.



Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων της συγκεκριμένης μεθόδου οφείλεται στα ακόλουθα:

- Η μικροανάλυση γίνεται σε προεπιλεγμένα σημεία των κρυστάλλων, έτσι ώστε να αποφεύγονται τα εγκλείσματα και οι αλλοιωμένες περιοχές
- Μπορεί να πραγματοποιηθεί μεγάλος αριθμός αναλύσεων σε μικρό διάστημα
- Στα ίδια παρασκευάσματα (στιλπνές ή λεπτές-στιλπνές τομές) μπορεί να γίνουν και οπτικές ή άλλες παρατηρήσεις ή μετρήσεις
- Δεν χρειάζεται διαχωρισμός καθαρού ορυκτού σε ποσότητα

Μέρη ενός ηλεκτρονικού μικροαναλυτή:

- Ένα ηλεκτρονικό-οπτικό σύστημα, το οποίο παράγει και εστιάζει μια δέσμη ηλεκτρονίων που παράγεται από ένα 'ηλεκτρικό κανόνι' με πυράκτωση νήματος ή μια κάθοδο

LaB6, σε μια περιοχή περίπου 1 μm διαμέτρου στην επιφάνεια του δείγματος.

- Μια τράπεζα στην οποία τοποθετούνται τα δείγματα για ανάλυση και τα πρότυπα
- Ένα οπτικό μικροσκόπιο, το οποίο επιτρέπει την επιλογή της περιοχής ανάλυσης
- Ένα ή περισσότερα φασματόμετρα Bragg με κρυστάλλους ανόργανους ή συνθετικού υλικού, που ανιχνεύουν τις χαρακτηριστικές ακτινοβολίες X των στοιχείων.

Ανάλυση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων: Στη φάση αυτή ο χειριστής που έχει επιλέξει τα σημεία που θα κάνει τις αναλύσεις καθώς επίσης και τα στοιχεία για τα οποία θα τις κάνει, επιλέγει και τα πρότυπα που θα χρησιμοποιήσει. Στη συνέχεια, είτε η διαδικασία είναι ελεγχόμενη από μικροϋπολογιστή, είτε γίνεται με χειρισμούς του χρήστη, παίρνονται μετρήσεις πρώτα από τα πρότυπα, στη συνέχεια από τα δείγματα και ξανά από τα πρότυπα. Σ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων πρέπει οι συνθήκες λειτουργίας του μηχανήματος και κύρια το ρεύμα στην επιφάνεια του δείγματος να είναι σταθερές. Όταν οι μετρήσεις τελειώσουν, τα αποτελέσματα που δίνει ο εκτυπωτής είναι τα τελικά.

BEZOYBIANITHΣ(γενικά)

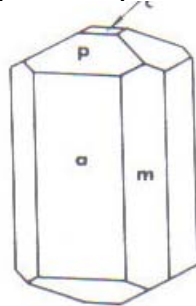
Το όνομα Βεζουβιανίτης δόθηκε για πρώτη φορά από τον Werner(1975), έπειτα από την εμφάνισή του στο βουνό Βεζούβιος της Ιταλίας, όπου βρέθηκε .Ο Hauy(1797) πρότεινε το όνομα «ιδокράσης» από την ελληνική λέξη «είδος» και «κράσις». Από τότε ένας τεράστιος αριθμός ονομάτων έχουν δοθεί τα οποία σχετίζονται α) με την σύσταση π.χ. τιτανιούχος βεζουβιανίτης(ιδокράσης) κτλ, β) με το χρώμα και γ) με την τοποθεσία εμφάνισής του. Παρόλα αυτά ο ιδокράσης είναι το πιο δημοφιλές όνομα που χρησιμοποιείται ευρύτατα. Παρόλο που ο βεζουβιανίτης αποτελεί ένα από τα εκτενώς μελετημένα ορυκτά, υπάρχουν ακόμη, πολλές αβεβαιότητες

και αντιφατικότητες της πραγματικής συμμετρίας, οπτικής συμπεριφοράς, δομικού χαρακτήρα, χημικής σύστασης και των παραγόντων που επηρεάζουν τον σχηματισμό αυτού του ορυκτού στα ποικίλα γεωλογικά περιβάλλοντα. Ωστόσο η μελέτη του ελληνικού βεζουβιανίτη παραμένει ενδιαφέρουσα.

Κρυσταλλογραφία

Σωροπυριτικό ορυκτό

- *Σύστημα*: Τετραγωνικό ή μονοκλινές
- *Μορφή*: Πρισματική, πυραμιδική. Οι κρύσταλλοι είναι συνήθως βραχυπρισματικοί και πιο σπάνια πυραμιδικοί. Επίσης εμφανίζεται σε συμπαγή κοκκώδη και στηλοειδή συσσωματώματα.



Σχ. 71. Κρύσταλλος ιδοκράση.
a(100), c(001),
m(110), p(101).

- Συμμετρία: P4/nnc
- *Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά*: Κυρίως σε κοντές πυραμίδες έως πρισματικούς κρυστάλλους, μέχρι και 15cm, μορφολογικά σύνθετο
- *Διδυμία*: Δίδυμες μορφές παρατηρούνται σε πολύ καλή κλίμακα

Φυσικές ιδιότητες

- *Σχισμός*: (110) ασαφής
- *Θραυσμός*: Υποκογγχώδης έως ανώμαλος
- *Αντοχή*: εύθραυστος
- *Σκληρότητα*: 6-7
- *Ειδ. βάρος*: 3,3-3,5

Οπτικές ιδιότητες

- Διάφανο- ημιδιαφανές ορυκτό
- Χρώμα: Κίτρινο, πράσινο, καφέ, άχρωμο έως λευκό, μπλε, βιολετί, ροζ, κόκκινο, μαύρο

- Γραμμή σκόνης: Λευκή
- Λάμψη: Υαλώδης έως ρητινώδης
- Πλεοχρωϊσμός: αδύνατος

Εμφάνιση: Βρίσκεται σε ζώνες επαφής ασβεστολίθων με γρανιτικά πετρώματα μαζί με διοψίδιο, ασβεστογρανάτες, χλωρίτη, ασβεστίτη, βολλαστονίτη κ.α. Επίσης σε χλωριτικούς σχιστόλιθους, σερπεντίνες, γνευσίους κ.α.

- Παραγένεση: Γροσσουλάριο, Διοψίδιο, Βολλαστονίτη, επίδοτο, σπινέλλιο, ασβεστίτη

Εμφανίσεις: Καλοί κρύσταλλοι συναντώνται σε όλον τον κόσμο. Αρχικά κρύσταλλοί του βρέθηκαν σε ασβεστολιθικά πετρώματα που εκτινάχθηκαν από το Βεζούβιο. Ωραίοι και καθαροί κρύσταλλοι βρέθηκαν στην Καλιφόρνια, στη Νορβηγία, Μεξικό, Καναδά κ.α. Στην Ελλάδα αναφέρεται στην περιοχή Ιάσμου Ξάνθης, Ροδιανής Κοζάνης κ.α. Στην Ιταλία, στα βουνά Σόμα και Βεζούβιος

Ονομασία: Από την εμφάνισή του στο Βεζούβιο

Χρήση: Μερικές καθαρές παραλλαγές, πράσινου και καστανού κυρίως χρώματος, χρησιμοποιούνται σαν ημιπολύτιμα πετράδια

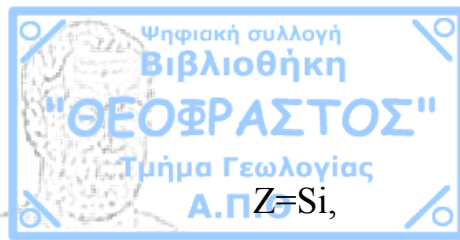
Διαγνωστικά στοιχεία: Οι πρισματικοί καστανοί ή πράσινοι κρύσταλλοι με τετραγωνικές διατομές και τα στηλοειδή συσσωματώματα με τις ραβδώσεις. Τήκεται στο 3 κατά Kobell. Με θέρμανση σε κλειστό σωλήνα δίνει νερό. Διασπάται μερικώς με υδροχλωρικό οξύ. Συμπαγείς μάζες μοιάζουν με γρανάτες. Οι τελευταίοι όμως τήκονται πιο δύσκολα.

Η γενική χημική φόρμουλα του Βεζουβιανίτη μπορεί να γραφτεί ως :



$X = Ca, Na, Ln^{3+}, Pb^{2+}, Sb^{3+},$

$Y = Al, Mg, Fe^{3+}, Fe^{2+}, Ti^{4+}, Mn, Cu, Zn,$



T=B,

W= (OH , F, O)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μετά την επιτυχή διεξαγωγή των παραπάνω μεθόδων έρευνας ορυκτών, αναγνωρίστηκε το ορυκτό βεζουβιανίτης. Τα κύρια χαρακτηριστικά του περιγράφονται παρακάτω:

Μακροσκοπικά

- Κοντές πυραμίδες, μορφολογικά σύνθετο
- Διδυμία: Δίδυμες μορφές παρατηρούνται σε πολύ καλή κλίμακα
- Ζώνωση: Εμφανής*

Φυσικές ιδιότητες κρυστάλλου

- Σχισμός: (110)
- Θραυσμός : Ανώμαλος
- Αντοχή: εύθραυστος
- Σκληρότητα=6-7
- Ειδ.βάρος : 3,5

Οπτικές ιδιότητες

- Ημιδιαφανές ορυκτό
- Χρώμα.: πράσινο,
- Γραμμή σκόνης: Λευκή
- Λάμψη: Υαλώδης έως ρητινώδης
- Πλεοχροϊσμός : αδύνατος

Μικροσκοπικά

1. Μελέτη λεπτής τομής στο πολωτικό μικροσκόπιο (εικόνα 1).



Εικόνα 1

Χρώμα και πλεοχρωϊσμός: Σε λεπτή τομή εμφανίζει φωτεινά χρώματα, ιώδες, ρόδινο, πορτοκαλί.

Μορφή: Πρισματικοί κρύσταλλοι

Ανάγλυφο: Μέτριο

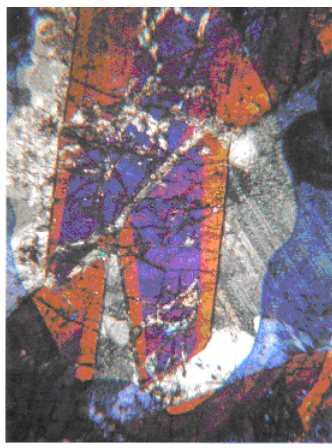
Σχισμός: Ασαφής (110)

Ζώνωση: Χρωματική ζώνωση διακριτή

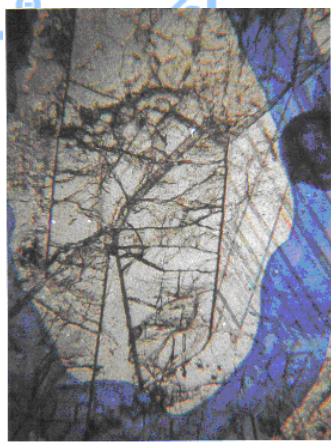
Διπλοθλαστικότητα: Μονάξονας (-) $0.001-0.020, n < 1.42$

Οπτικός προσανατολισμός - Κων.εικόνες: Μονάξων (+)

Αλλοίωση: Συνήθως δεν αλλοιώνεται



Εικ.2 Κρύσταλλος βεζουβιανίτη από την περιοχή της Ξάνθης. Μελέτη με πολωτή και αναλυτή όπου διακρίνεται έντονα η ζώνωση που παρουσιάζει.



Εικ 3 Κρύσταλλος βεζουβιανίτη. Μελέτη τομής με πολωτή.

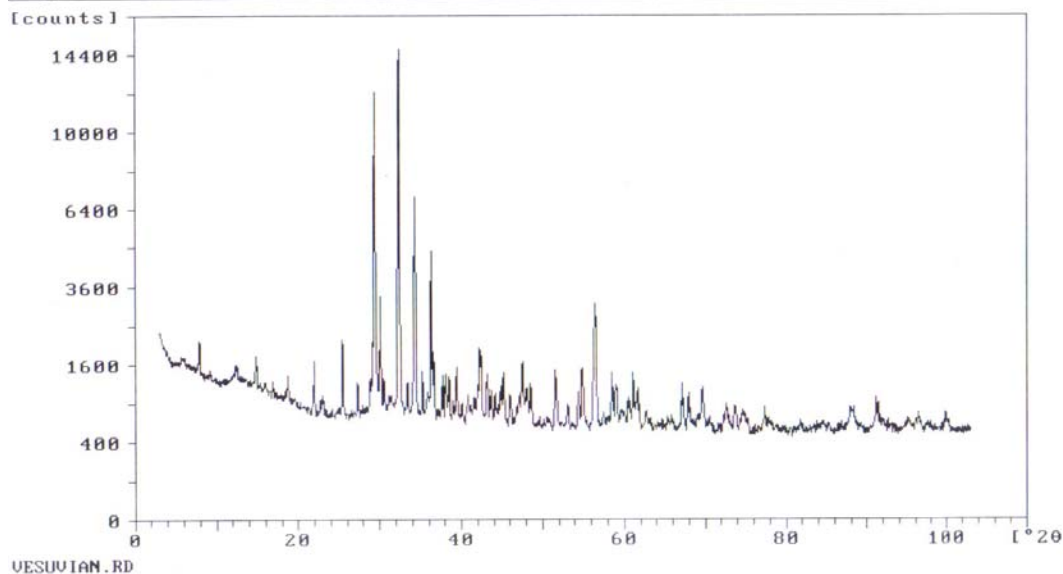
Ακτινογραφικά χαρακτηριστικά

Μετά το λήψη του ακτινογραφήματος υπολογίστηκαν οι τιμές 2θ των ανακλάσεων που αφού συγκρίθηκαν με το εξωτερικό και το εσωτερικό πρότυπο ,με τη χρήση των αντίστοιχων πινάκων, έδωσαν τις τιμές d (πίνακας 1).

Η ακρίβεια των υπολογισμών ελέγχθηκε από το αρχείο καρτών της A.S.T.M. η οποία έδωσε ότι στοιχεία υπάρχουν πάνω στη δομή του ορυκτού βεζουβιανίτης.

Sample identification: VESUVIANITE

29-Mar-2006 7:55

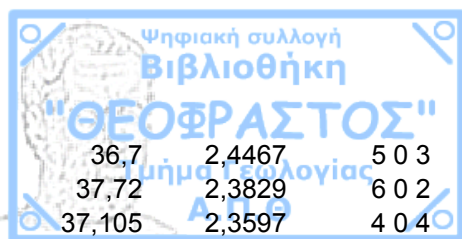


VESUVIAN.RD

Σχήμα 1. Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ του ορυκτού Βεζουβιανίτη που μελετήθηκε.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

2θ	d	h k l	2θ	d	h k l
7,945	11,1187	1 1 0	34,37	2,6071	2 2 4
14,855	5,9586	0 0 2	35,285	2,5415	3 1 4
15,99	5,5381	2 2 0	35,92	2,498	4 4 2
16,905	5,2404	1 1 2	36,38	2,4675	6 2 0
18,74	4,7312	3 0 1	36,7	2,4467	5 0 3
21,95	4,046	3 2 1	37,72	2,3829	6 0 2
22,74	3,9072	4 0 0	37,105	2,3597	4 0 4
25,465	3,4949	3 2 2	38,525	2,3349	1 0 5
27,325	3,2611	4 0 2	39,43	2,2834	6 3 1
28,85	3,0921	3 1 3	42,31	2,1344	3 1 5
30,11	2,9655	0 0 4	43,185	2,0931	6 2 3
31,59	2,9201	3 2 3	44,865	2,0186	4 4 4
31,45	2,8421	1 1 4	45,2	2,0044	6 3 3
32,42	2,7593	4 3 2	46,05	1,9694	6 5 1
33,455	2,6763	5 3 0	47,525	1,9116	2 0 6
34,37	2,6071	2 2 4	48,085	1,8907	6 2 4
35,285	2,5415	3 1 4	48,535	1,8742	5 1 5
35,92	2,498	4 4 2	51,61	1,7695	7 1 4
36,38	2,4675	6 2 0	54,915	1,6706	7 6 1



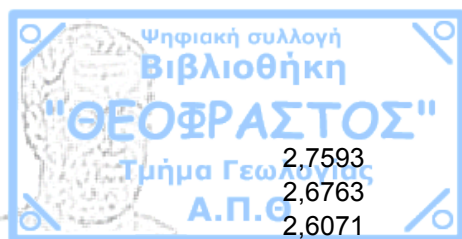
36,7	2,4467	5 0 3	56,64	1,6285	9 3 1
37,72	2,3829	6 0 2	58,53	1,5757	3 2 7
37,105	2,3597	4 0 4	61,105	1,5153	9 5 0
38,525	2,3349	1 0 5	64,7050	1,4394	8 5 4
39,43	2,2834	6 3 1	65,6600	1,4208	7 8 2
42,31	2,1344	3 1 5	67,1700	1,3925	9 4 4
43,185	2,0931	6 2 3	67,9850	1,3778	4 0 8
44,865	2,0186	4 4 4	69,1050	1,3581	4 2 8
45,2	2,0044	6 3 3	69,6550	1,3487	9 6 3
46,05	1,9694	6 5 1	70,5150	1,3344	6 10 0
47,525	1,9116	2 0 6	72,6300	1,3007	6 10 2
48,085	1,8907	6 2 4	73,6800	1,2847	1 12 1
48,535	1,8742	5 1 5	74,6400	1,2705	1 11 4
51,61	1,7695	7 1 4	77,3600	1,2325	5 7 7
54,915	1,6706	7 6 1	81,8650	1,1757	3 5 9
56,64	1,6285	9 3 1	86,6000	1,1232	8 10 4
58,53	1,5757	3 2 7	88,0200	1,1087	12 5 4
61,105	1,5153	9 5 0	91,2250	1,0779	3 5 10

Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται τα διαστήματα d, άλλων γνωστών πινάκων προς σύγκριση

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Σύγκριση στοιχείων βεζουβιανίτη, άλλων δειγμάτων με βάση τα αποτελέσματα ακτινογραφήματος.

d(ves) (reg.of xanthi)	d (851657) J.C.P.D.S. (Sauland,Norway)	d(895358) J.C.P.D.S (Sauester,Drammen)	d(851092) J.C.P.D.S.	d(830069) Plumas County,Canada
11,1187	10,9722	11,011	11,0521	11,0280
5,9586	5,9792	5,9165	6,0179	6,0099
5,5381	5,486	5,5055	5,526	5,5140
5,2404	5,1898	5,2117	5,215	5,2170
4,7312	4,6915	4,7534	4,768	4,7159
4,0460	4,0423	4,0571	4,0703	4,0630
3,9072	3,8792	3,893	3,9075	3,8990
3,4949	3,4697	3,482	3,4965	3,4873
3,2611	3,2398	3,2521	3,2603	3,2564
2,9655	2,9452	2,9582	2,9575	2,9607
2,8421	2,8445	2,8569	2,8569	2,8594



2,7593	2,7456	2,7559	2,7637	2,7597
2,6763	2,6611	2,6705	2,6805	2,6746
2,6071	2,5949	2,6058	2,6056	2,6085
2,4980	2,4932	2,4958	2,511	2,5059
2,4675	2,4534	2,4621	2,4713	2,4659
2,4467	2,4348	2,4443	2,4496	2,4474
2,3829	2,3736	2,3767	2,384	2,3857
2,3349	2,3295	2,3397	2,3375	2,3417
2,2834	2,2698	2,2779	2,286	2,2813
2,2470	2,2411	2,2493	2,2564	2,2525
2,2077	2,2029	2,2022	2,2168	2,2143
2,1344	2,1363	2,133	2,1483	2,1474
2,0710	2,0807	2,07	2,0768	2,0728
2,0487	2,0374	2,0447	2,0523	2,0478
2,0186	2,0076	2,0148	2,0221	2,0179
2,0044	2,0042	2,0005	2,0181	2,0145
1,9694	1,9745	1,966	1,9731	1,9690
1,9387	1,9282	1,9358	1,9429	1,9382
1,9273	1,9255	1,9228	1,9389	1,9353
1,8907	1,8893	1,8924	1,9117	1,8809
1,8742	1,8732	1,8702	1,8825	1,8809
1,8350	1,8294	1,8361	1,8422	1,8388
1,8038	1,8038	1,8102	1,805	1,8016
1,7695	1,7727	1,7664	1,7705	1,7687
1,7230	1,7247	1,7196	1,7287	1,7222
1,6706	1,6453	1,6701	1,6569	1,6726
1,6023	1,6004	1,6031	1,6049	1,6088
1,5757	1,5799	1,573	1,5871	1,5754
1,5640	1,5638	1,5623	1,5721	1,5719
1,5451	1,5411	1,5472	1,5481	1,5491
1,5280	1,5215	1,5226	1,5279	1,5267
1,5153	1,5142	1,5124	1,5111	1,5221
1,5036	1,4969		1,4995	1,5046
1,4804	1,4811		1,4787	1,4887

Παρακάτω, παρατίθεται ο πίνακας 3, στον οποίο γίνεται σύγκριση με άλλες ήδη γνωστές κρυσταλλικές παραμέτρους Βεζουβιανίτη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΒΕΖΟΥΒΙΑΝΙΤΗ

	a (Å)	c(Å)	v(Å)
1. Plumas County, Canada	15.596	11.843	2880.63
2. Sauland, Norway	15.517	11.781	2836.60
3. Saueseter, Drammen	15.572	11.833	2915.85
4. Το δείγμα μας	15.5715	11.801	2861.415

Χημικά χαρακτηριστικά

Εξαιτίας της συνθετότητας της χημικής σύστασης του βεζουβιανίτη, ο δομικός του τύπος μελετήθηκε από ένα σπουδαίο αριθμό ερευνητών.

Οι Warren και Modell (1931) από την ακτινογραφική εξέταση των ακτίνων X πρότειναν μια ιδεατή χημική φόρμουλα που μπορεί να γραφτεί ως

$\text{Ca}_{20}(\text{Mg,Fe})_4\text{Al}_8\text{Si}_{18}\text{O}_{68}(\text{OH,F})_8$. O Machatschki(1932) πρότεινε μια εναλλακτική φόρμουλα $\text{X}_{19}\text{Y}_{13}\text{Z}_{18}(\text{O,OH,F})_{76}$ όπου $\text{X}=\text{Ca}(\text{Na,K,Mn})$, $\text{Y}=\text{Al,Fe}_2,\text{Fe}_2,\text{Mg,Ti,Mn,Zn}$ και $\text{Z}=\text{Si}$.στηριζόμενοι στις δομικές ομοιότητες ανάμεσα στον κυβικό γροσσουλάριο (γρανάτη) και τον τετραγωνικό βεζουβιανίτη. Ο άξονας του βεζουβιανίτη είναι προσεγγιστικά όμοιος σε μήκος με την κυβική άκρη του γροσσουλάριου. Στην πραγματικότητα τα δυο ορυκτά συναντώνται συχνά, στενά στη φύση. Η κρυσταλλική δομή του Βεζουβιανίτη καθώς και η χημική του σύσταση είναι σύνθετη και ποικίλη και χαρακτηρίζεται από την ατομική διευθέτηση κατά μήκος του τετραπλάσιου άξονα περιστροφής. Καμία από τις παραπάνω φόρμουλες δεν συμφωνεί με όλες τις δημοσιευμένες αναλύσεις του βεζουβιανίτη. Αυτό το ορυκτό παραμένει, ένα από τα ελάχιστα πυριτικά, των οποίων ο δομικός τύπος δεν έχει καθοριστεί ολοκληρωτικά. Από τα αποτελέσματα της μικροανάλυσης, υπολογίστηκε ο δομικός του τύπος, με βάση τα 50 κατιόντα(πίνακας 4,5,6,7)

Πίνακας 4

Sample	1										2										3									
Mineral																														
Anal.Nr	1										2										3									
SiO2	37,23	37,9	35,76	37,64	37,2	35,82	36,9	37,45	37,24	37,60	37	36	36,73	37,05	37,48	37,30	37,42	36,65	36,69	37,9	37,28	38,14								
TiO2																						1,04								
Al2O3	16,06	16,7	17,62	15,55	15,6	15,36	16,5	16,95	16,91	17,32	16,5	17	16,48	16,08	16,89	17,16	17,70	16,29	17,99	16,1	16,42	16,38								
FeO	3,51	3,14	2,95	5,14	4,68	5,82	4,24	4,25	2,15	2,99	4,43	4,53	3,90	4,38	3,23	3,00	4,08	3,63	3,21	2,85	3,45	3,42								
MnO						0,00																								
MgO	3,62	3,18	3,42	3,03	2,8	3,78	2,94	3,31	2,90	3,72	4,07	3,6	4,17	3,38	3,57	3,20	3,58	3,32	3,60	3,02	3,75	3,38								
CaO	36,93	37,2	38,24	35,37	37,9	37,25	36,9	36,06	38,02	36,14	36,3	37,1	36,30	36,81	36,83	36,50	35,28	38,39	35,82	37,7	35,49	35,33								
Na2O																														
K2O					0,45				0,39										0,38		0,37									
Cr2O3				0,97													1,22											0,88	1,14	
Total	97,36	98,15	97,98	96,73	98,60	98,04	97,52	98,01	97,61	97,76	98,27	98,18	97,58	97,70	98,01	97,16	98,06	98,28	97,69	98,64	96,76	96,65								

Πίνακας 5

Structure formula (50 Cat)	1						
SiO2	17,889	18,085	17,018	18,193	17,744	17,166	17,775
TiO2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al2O3	9,097	9,393	9,884	8,859	8,775	8,676	9,379
FeO	1,411	1,252	1,174	2,080	1,867	2,332	1,707
MnO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MgO	2,592	2,261	2,423	2,182	1,991	2,701	2,110
CaO	19,012	19,009	19,500	18,315	19,349	19,124	19,029
Na2O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

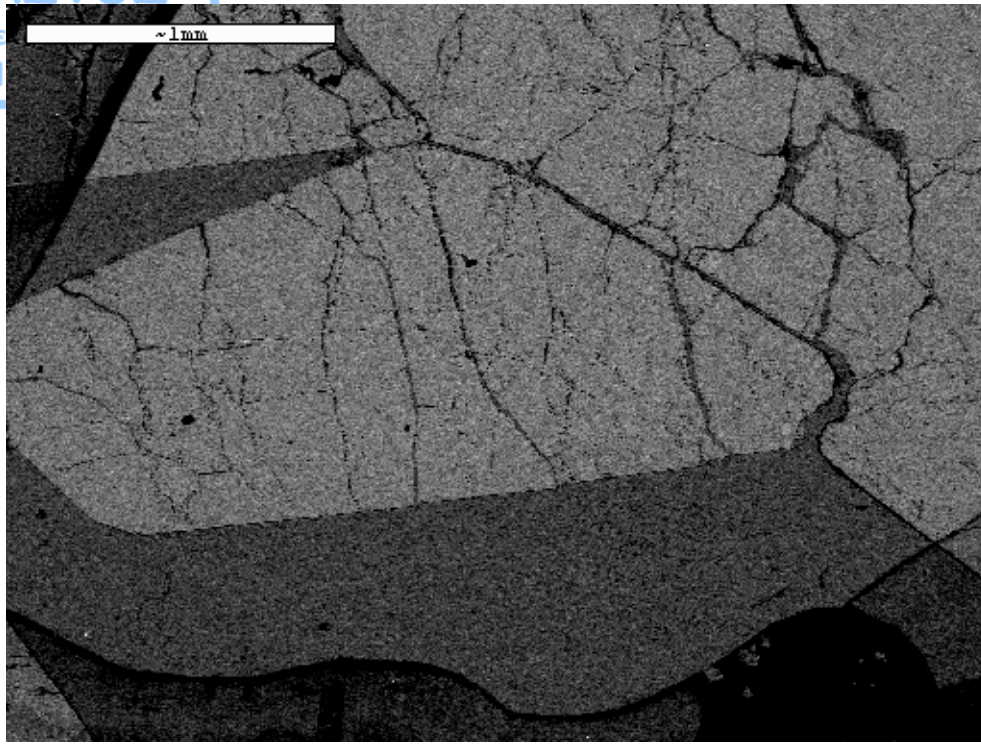
K ₂ O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,274	0,000	0,000
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,000	0,371	0,000	0,000	0,000
Site allocations (50 Cat)							
Si	17,889	18,085	17,018	18,193	17,744	17,166	17,775
Z							
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al	9,097	9,393	9,884	8,859	8,775	8,676	9,379
Fe ₂	1,411	1,252	1,174	2,080	1,867	2,332	1,707
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	2,592	2,261	2,423	2,182	1,991	2,701	2,110
Cr	0,000	0,000	0,000	0,371	0,000	0,000	0,000
Y	13,100	12,906	13,481	13,492	12,633	13,710	13,197
Ca	19,012	19,009	19,500	18,315	19,349	19,124	19,029
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,274	0,000	0,000
X	19,012	19,009	19,500	18,315	19,622	19,124	19,029

Πίνακας 6

Structure formula (50 Cat)		2				3			
SiO ₂	17,911	17,812	17,943	17,587	17,157	17,569	17,789	17,869	
TiO ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Al ₂ O ₃	9,553	9,534	9,741	9,247	9,529	9,292	9,099	9,492	
FeO	1,699	0,862	1,193	1,763	1,806	1,560	1,759	1,288	
MnO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
MgO	2,357	2,069	2,644	2,887	2,558	2,977	2,420	2,538	
CaO	18,480	19,487	18,480	18,516	18,949	18,602	18,933	18,813	
Na ₂ O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
K ₂ O	0,000	0,237	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Site allocations (50 Cat)									
Si	17,911	17,812	17,943	17,587	17,157	17,569	17,789	17,869	
Z									
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Al	9,553	9,534	9,741	9,247	9,529	9,292	9,099	9,492	
Fe ₂	1,699	0,862	1,193	1,763	1,806	1,560	1,759	1,288	
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Mg	2,357	2,069	2,644	2,887	2,558	2,977	2,420	2,538	
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Y	13,609	12,464	13,578	13,897	13,893	13,829	13,278	13,317	
Ca	18,480	19,487	18,480	18,516	18,949	18,602	18,933	18,813	
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
K	0,000	0,237	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
X	18,480	19,724	18,480	18,516	18,949	18,602	18,933	18,813	

Πίνακας 7

Structure formula							
SiO ₂	17,784	17,847	17,457	17,503	18,053	17,869	18,320
TiO ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,373	0,000	0,000
Al ₂ O ₃	9,641	9,949	9,148	10,116	9,050	9,279	9,274
FeO	1,195	1,627	1,447	1,282	1,135	1,381	1,376
MnO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MgO	2,277	2,548	2,355	2,558	2,144	2,680	2,417
CaO	18,645	18,029	19,593	18,308	19,245	18,227	18,181
Na ₂ O	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K ₂ O	0,000	0,000	0,000	0,233	0,000	0,228	0,000
Cr ₂ O ₃	0,458	0,000	0,000	0,000	0,000	0,335	0,432
Site allocations (50 Cat)							
Si	17,784	17,847	17,457	17,503	18,053	17,869	18,320
Z							
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,373	0,000	0,000
Al	9,641	9,949	9,148	10,116	9,050	9,279	9,274
Fe ₂	1,195	1,627	1,447	1,282	1,135	1,381	1,376
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	2,277	2,548	2,355	2,558	2,144	2,680	2,417
Cr	0,458	0,000	0,000	0,000	0,000	0,335	0,432
Y	13,571	14,124	12,950	13,956	12,702	13,675	13,499
Ca	18,645	18,029	19,593	18,308	19,245	18,227	18,181
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K	0,000	0,000	0,000	0,233	0,000	0,228	0,000
X	18,645	18,029	19,593	18,540	19,245	18,456	18,181



Εικόνα 4.(back-scattered image)

Ηλεκτρονική μικροφωτογράφιση του ορυκτού με οπισθοδιασκεδαζόμενα ηλεκτρόνια(BSE) όπου διακρίνεται ότι ο βεζουβιανίτης είναι γενικά ομοιογενής διότι οι συστασιακές διαφορές δεν ξεπερνούν το 2%.

Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα των μεθόδων που εφαρμόστηκαν διαπιστώθηκε ότι στο γενικό χημικό τύπο του δείγματος τις θέσεις των συγκροτημάτων X,Y,Z καταλαμβάνουν τα εξής στοιχεία: X(Ca,Na,K), Y(Ti,Al,Fe⁺²,Mn,Mg,Cr),Z(Si). Φαίνεται ότι στη Y ομάδα υπάρχει μεγαλύτερη προσέγγιση στο 13 από ότι στο 12 και στη X ομάδα ,στο 19 από ότι στο 20. Αυτό σημαίνει ότι ο τύπος του Βεζουβιανίτη από την συγκεκριμένη περιοχή ταιριάζει καλύτερα με τον τύπο που δόθηκε από τον Machatschki(1932).

Με βάση τα ακτινογραφικά αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι οι τιμές d του δείγματός μας ταιριάζουν περισσότερο με εκείνες της καρτέλας 83-0069 με χημικό τύπο



$\text{Ca}_{19}(\text{Al}_{19.39}\text{Mg}_{2.52}\text{Fe}_{1.46})\text{Si}_{18}\text{O}_{69.33}(\text{OH})_{8.67}$ (Calcium Aluminum Magnesium Iron Silicate Oxide Hydroxide).

Χαρακτηριστικό του δείγματος βεζουβιανίτη που βρήκαμε είναι η ζώνωση που παρουσιάζει, η οποία είναι εμφανής τόσο μικροσκοπικά όσο και μακροσκοπικά. Ωστόσο ο βεζουβιανίτης είναι γενικά ομοιογενής, με μικρές μεταβολές στη σύσταση στις περιοχές όπου παρουσιάζεται η ζώνωση. Αξιοσημείωτο είναι το ποσοστό του Cr της τάξης του 1% στο οποίο πιθανότατα οφείλεται το σκούρο πράσινο χρώμα του βεζουβιανίτη.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

PENTZEPERHS I. ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ(1982),Εργαστηριακές ασκήσεις και πειραματικές μέθοδοι κρυσταλλοδομής (τόμος πρώτος),σελ 119-139

ΣΑΠΟΥΝΤΖΗΣ Σ.ΗΛΙΑΣ, ΧΡΙΣΤΟΦΙΔΗΣ
Θ.ΓΕΩΡΓΙΟΣ,(1985),Ορυκτοδιαγνωστική, σελ 134-136,217

ΣΚΛΑΒΟΥΝΟΣ ΣΠΥΡΟΣ,ΕΛΒΙΡΑ
ΚΟΤΑΛΗ(2004),Εργαστηριακές μέθοδοι έρευνας ορυκτών

ΣΟΛΔΑΤΟΣ ΤΡ.ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ(1980),Μαθήματα
Ορυκτολογίας,σελ. 99,152-174

LEE A.GROAT, FRANK C. HAWTHORNE, T .SCOTT
ERCIT, The chemistry of vesuvianite, Canadian
mineralogist (30)

RAJESH K.SRIVASTAVA, ANAND MOHAN AND
CESAR FONSECA FERREIRA FILHO (2004) Hot fluid
driven metasomatism of samapalti carbonatites, south India:
Evidence from Petrology, mineral chemistry, trace elements
and stable isotope compositions, Gondwana Research, V
8,No.1,p.77-85

SAPOUNTZIS E.S., S. S.-G.THEODORIKAS and K.T.
SOLDATOS (1978) Idocrase from Polyanthos area (Thrace)

THOMAS ARMBRUSTER AND EDWIN GNOS (2000),
P4/n and P4nc long-range ordering in low-temperature
vesuvianites, American mineralogist, Vol85, p.563-569

WARREN B. E. and MODELL, D.I. (1931) The structure of
vesuvianite, vol. 78, p. 422