

Όνοματεπώνυμο: \_\_\_\_\_

Αρ. Μητρώου: \_\_\_\_\_

Ημερομηνία: \_\_\_\_\_

## ΑΣΚΗΣΗ 2<sup>η</sup>

### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

### ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΙ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΕΝΕΣΕΩΝ\*

I) Να προβληθούν οι παρακάτω δύο αναλύσεις στα αντίστοιχα διαγράμματα:

Οξείδια	Ανάλυση Α (σε AFM) (% κ.β.)	Ανάλυση Β (σε ACF) (% κ.β.)
SiO <sub>2</sub>	53.0	48.62
TiO <sub>2</sub>	0.9	1.84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.1	9.71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.1	5.4
FeO	1.8	4.45
MgO	1.7	7.69
MnO	0.01	0.16
CaO	0.5	9.89
Na <sub>2</sub> O	0.6	3.94
K <sub>2</sub> O	6.3	0.31
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.3	0.18
CO <sub>2</sub>	-	0.86

II) Να προβληθούν στο AFM διάγραμμα τα ορυκτά: ανδalousίτης (and), κορδιερίτης (crd), αλμανδίνης (alm), χλωρίτης (chl), βιοτίτης (bio), σταυρόλιθος (st).

III) Να προβληθούν στο ACF διάγραμμα τα ορυκτά: τρεμολίτης (tr), επίδοτο (ep), αλμανδίνης (alm), χλωρίτης (chl), ασβεστίτης (cal), διοψίδιος (di), τάλκης (tc).

**ΣΗΜ:** Εφ' όσον στους χημικούς τύπους των ορυκτών υπάρχουν αντικαταστάσεις, (Fe<sup>+2</sup> ↔ Mg ή Al ↔ Fe<sup>+3</sup>), θεωρείστε συμμετοχή 1:1.

\* άσκηση τροποποιημένη από: John Winter, *An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*, 2001

## 1. ACF Διάγραμμα για μεταβασικά πετρώματα

Το διάγραμμα αυτό χρησιμοποιείται για πετρώματα που περιέχουν χαλαζία ( $\text{SiO}_2$ ). Αύξηση ή ελάττωση της περιεκτικότητας του πετρώματος σε  $\text{SiO}_2$  θεωρείται ότι προκαλεί μόνο μια αύξηση ή ελάττωση της περιεκτικότητας του πετρώματος σε χαλαζία, χωρίς καμιά επίδραση στις παραγενετικές σχέσεις των ορυκτών. Το  $\text{SiO}_2$  λοιπόν θεωρείται συστατικό εν περισσειά και δεν λαμβάνεται υπ' όψη στην προβολή. Το αυτό θεωρούμε για το  $\text{H}_2\text{O}$ , για το οποίο δεχόμαστε ότι το σύστημα είναι ανοικτό. Το  $\text{Na}_2\text{O}$  σ' αυτά τα πετρώματα εισέρχεται κύρια στον αλβίτη, ενώ Το  $\text{K}_2\text{O}$  στον Κ-άστριο. Και τα δύο αυτά ορυκτά αγνοούνται στην προβολή, όμως γίνεται μια διόρθωση της τιμής του  $\text{Al}_2\text{O}_3$  που υπάρχει στο πέτρωμα, που αντιστοιχεί στην παρουσία αυτών των ορυκτών. Επειδή η μοριακή αναλογία  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Na}_2\text{O}$  στον αλβίτη είναι 1:1 και στον Κ-άστριο η μοριακή αναλογία  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{K}_2\text{O}$  είναι επίσης 1:1, οι μοριακές αναλογίες των  $\text{Na}_2\text{O}$  και  $\text{K}_2\text{O}$  προστίθενται και μια ποσότης ίση με το άθροισμά τους αφαιρείται από την μοριακή αναλογία του  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Στο  $\text{Al}_2\text{O}_3$  προσθέτουμε το  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , κάνοντας την υπόθεση ότι τα δύο αυτά οξειδία παίζουν τον ίδιο ρόλο στις

παραμείξεις των ορυκτών. Για τον ίδιο λόγο ομαδοποιούμε σε ένα συστατικό τα  $\text{MgO}+\text{FeO}+\text{MnO}$ . Έτσι μπορούμε να προβάλλουμε τις χημικές συστάσεις ορυκτών και πετρωμάτων σ' ένα τρίγωνο, οι κορυφές του οποίου Α, C και F καταλαμβάνονται από τα συστατικά  $A=\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ ,  $C=\text{CaO}$  και  $F=\text{FeO}+\text{MgO}+\text{MnO}$ .

Ο τρόπος κατασκευής των ACF διαγραμμάτων δίνεται πιο κάτω με τη σειρά των υπολογισμών που πρέπει να γίνουν:

1.- Μετατρέπουμε τις κατά βάρος % αναλογίες των οξειδίων του ορυκτού ή του πετρώματος σε μοριακές αναλογίες.

2.- Το συστατικό Α ισούται προς τις μοριακές αναλογίες του  $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ . Η διεργασία αυτή ακολουθείται για να διορθωθεί το ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) λόγω της παρουσίας του αλβιτικού ( $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2$ ) και του καλιούχου μορίου ( $\text{K}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2$ ) του πλαγιοκλάστου. (Αναλογία  $\text{K}_2\text{O}:\text{Al}_2\text{O}_3$  και  $\text{Na}_2\text{O}:\text{Al}_2\text{O}_3$  στους αστρίους 1:1).

3.- Το συστατικό C ισούται προς τις μοριακές αναλογίες του  $\text{CaO}-10/3 \text{ P}_2\text{O}_3-\text{CO}_2$ . (Απατίτης  $10\text{CaO}\cdot 3\text{P}_2\text{O}_5$ , ασβεστίτης  $\text{CaO}\cdot\text{CO}_2$ ).

4.- Το συστατικό F ισούται προς τις μοριακές αναλογίες  $\text{FeO}+\text{MgO}$ . Αν υπάρχει ιμηνίτης ( $\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$ ) και μαγνητίτης ( $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) αφαιρούνται αντίστοιχες τιμές μοριακών αναλογιών  $\text{TiO}_2$  και  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

5.- Προσθέτουμε τα  $A+C+F$

6.- Εκφράζουμε τα Α, C και F ως % αναλογίες των  $A+C+F$  και προβάλλουμε στο διάγραμμα.

## 2. AFM διάγραμμα για μεταπηλιτικά πετρώματα

Στο διάγραμμα ACF τα  $\text{FeO}$  και  $\text{MgO}$  θεωρούνται σαν ένα συστατικό. Όμως, παρ' ότι τα Mg και Fe +2 αλληλοαντικαθίστανται στα πλέγματα των πυριτικών ορυκτών, η έκταση αυτής της ισόμορφης υποκατάστασης είναι διαφορετική στα διάφορα συνυπάρχοντα πυριτικά ορυκτά και επιπλέον εξαρτάται και από τη χημική σύσταση του πετρώματος τη θερμοκρασία και την πίεση. Τα  $\text{FeO}$  και  $\text{MgO}$  λοιπόν συμπεριφέρονται σαν ανεξάρτητα συστατικά του συστήματος και σαν τέτοια

θα πρέπει να τα θεωρούμε στις προβολές των διαφόρων παραγενέσεων. Ένα διάγραμμα στο οποίο τα  $\text{FeO}$  και  $\text{MgO}$  θεωρούνται σαν ξεχωριστά συστατικά είναι το AFM, που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στο να δείχνει την εξάρτηση των ορυκτολογικών παραγενέσεων των μεταπηλιτικών πετρωμάτων από τη χημική σύσταση του πετρώματος. Με πολύ λίγες εξαιρέσεις, τα μεταπηλιτικά πετρώματα περιέχουν χαλαζία και μοσχοβίτη. Η χημική τους σύσταση θα μπορούσε να αναχθεί σ' ένα σύστημα έξι συστατικών ( $\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{MgO}-\text{FeO}-\text{K}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O}$ ). Αν αγνοηθούν ορισμένα συστατικά και γίνουν οι σχετικές διορθώσεις (βλέπε πιο κάτω) είναι δυνατόν να καταλήξουμε σ' ένα σύστημα τεσσάρων συστατικών ( $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{MgO}-\text{FeO}-\text{K}_2\text{O}$ ) που μπορούν να θεωρηθούν ότι καταλαμβάνουν τις κορυφές ενός τετράεδρου (Σχ. 18).

Ορυκτά που δεν περιέχουν  $K_2O$  προβάλλονται στην έδρα  $Al_2O_3-FeO-MgO$  (χλωρίτης, χλωριτοειδές, πυροφυλλίτης, σιλλιμανίτης, κυανίτης, ανδαλουσίτης, σταυρόλιθος, κορδιερίτης, αλμανδίνης). Ορυκτά που είναι πλούσια σε  $K_2O$ , όπως ο βιοτίτης κι ο στυλπνομέλανας, προβάλλονται μέσα στο τετράεδρο, ενώ ο μοσχοβίτης (ιδανική σύσταση) και ο Κ-άστριος προβάλλονται πάνω στην ακμή  $Al_2O_5$  του τετράεδρου. (Σημεία Μ και Κ, αντίστοιχα, Σχ. 18). Επειδή, η τρισδιάστατη απεικόνιση, όπως αναφέρθηκε ήδη, δεν είναι εύκολα αντιληπτή, μπορούμε να μετατρέψουμε την πιο πάνω προβολή σε δισδιάστατη, προβάλλοντας όλα τα σημεία που βρίσκονται μέσα στο τετράεδρο πάνω στην έδρα  $Al_2O_3-FeO-MgO$  (ή την προέκτασή της), χρησιμοποιώντας σαν σημείο προβολής κάποιο σημείο της ακμής  $Al_2O_3-K_2O$ . Η προβολή γίνεται πάνω στην έδρα  $Al_2O_3-FeO-MgO$  (ή την προέκτασή της) γιατί όλα τα ορυκτά που δεν έχουν κάλιο στη, δομή τους (αναφέρθηκαν μερικά πιο πάνω) αντιπροσωπεύουν σημεία της πιο πάνω έδρας. Επειδή τα περισσότερα μεταπηλικά πετρώματα περιέχουν μοσχοβίτη, σαν σημείο προβολής χρησιμοποιείται ο μοσχοβίτης. Στο Σχήμα 18 δείχνεται πως ένα σημείο που βρίσκεται στο εσωτερικό τον τετράεδρου (π.χ. το Β) προβάλλεται, μέσω της ευθείας MB, στο σημείο Β' που κείται πάνω στην προέκταση τον επίπεδου της έδρας  $Al_2O_3-FeO-MgO$ . Η προβολή όλων των ορυκτών στο πιο πάνω επίπεδο μας δίνει το διάγραμμα AFM. Ο τρόπος που υπολογίζονται οι παράμετροι για την προβολή των χημικών συστάσεων των διαφόρων ορυκτών ή πετρωμάτων στο διάγραμμα AFM δίνεται παρακάτω. Εδώ, θα πρέπει να τονιστεί ότι στις παραγενέσεις που προκύπτουν από την προβολή των συνυπαρχόντων ορυκτών (μέγιστος αριθμός συνυπαρχόντων ορυκτών=3) θα πρέπει να προστεθούν ο μοσχοβίτης και ο χαλαζίας. Εφ' όσον σε κάποιο πέτρωμα δεν υπάρχει μοσχοβίτης, αλλά Κ-άστριος, τότε η προβολή γίνεται από τον Κ-άστριο. Στο Σχήμα 19 δίνονται τα σημεία προβολής των χημικών συστάσεων διαφόρων ορυκτών στο διάγραμμα AFM.

Για να προβάλουμε τη χημική σύσταση ενός πετρώματος ή ενός ορυκτού, ακολουθούμε την πιο κάτω, διαδικασία.

1.- Διαιρούμε την % κατά βάρος αναλογία κάθε οξειδίου του πετρώματος ή του ορυκτού διά του μοριακού του βάρους για να βρούμε τη μοριακή του αναλογία.

2.- Η τιμή του συστατικού Α στην προβολή είναι η μοριακή αναλογία του  $Al_2O_3-3x$ (μοριακή αναλογία του  $K_2O$ ). Η αφαίρεση αυτή γίνεται λόγω της προβολής από τον μοσχοβίτη, ο οποίος έχει 3 φορές περισσότερα moles  $Al_2O_3$  απ'ότι  $K_2O$  ( $Μοσχοβίτης = K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$ ).

3.- Η τιμή τον συστατικού F στην προβολή είναι η μοριακή αναλογία του FeO. Αν στο πέτρωμα υπάρχει ιλμενίτης ( $FeO \cdot TiO_2$ ) τότε αφαιρείται η μοριακή αναλογία του  $TiO_2$  απ' αυτή του FeO για να προσδιοριστεί το F. Αν στο πέτρωμα υπάρχει και μαγνητίτης ( $FeO \cdot Fe_2O_3$ ), αφαιρείται επίσης η μοριακή αναλογία του  $Fe_2O_3$ .

$$\text{Δηλ. : } F = (FeO) - (TiO_2) - (Fe_2O_3).$$

Σ' αυτή την περίπτωση ιλμενίτης και μαγνητίτης θεωρούνται ως ορυκτά της παραγένεσης.

4.- Η τιμή του συστατικού M στην προβολή είναι η μοριακή αναλογία του MgO.

5.- Η προβολή των χημικών συστάσεων των ορυκτών στο διάγραμμα μπορεί να γίνει υπολογίζοντας τις πιο κάτω παραμέτρους σε μοριακές αναλογίες:  $(Al_2O_3 - 3K_2O)/(Al_2O_3 - 3K_2O + FeO + MgO)$  και  $MgO/(FeO + MgO)$

