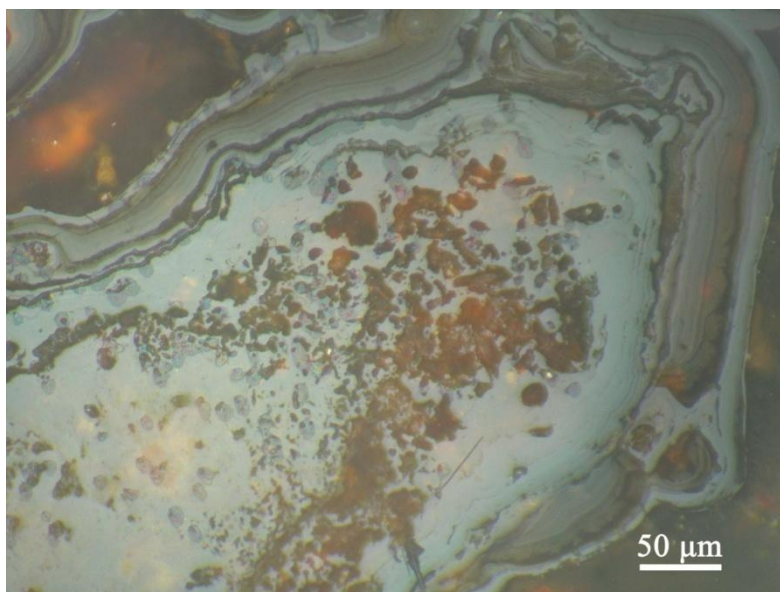


ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

Μεταπτυχιακή εργασία

”Συγκριτική ορυκτολογική μελέτη και διερεύνηση εμπλουτισιμότητας
σιδηρομεταλλευμάτων των περιοχών Κακόπετρου (Ν.Χανίων) και Αρολιθίου
(Ν.Ρεθύμνου)”



Κατσαγιαννάκης Νικόλαος

Εξεταστική επιτροπή

Αλεβίζος Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής (Επιβλέπων)

Γαλετάκης Μιχαήλ, Καθηγητής

Κορνίτσας Κωνσταντίνος, Καθηγητής

Χανιά

Σεπτέμβριος 2017

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Γενικής και Τεχνικής Ορυκτολογίας της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης υπό την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Αλεβίζου Γεωργίου και έχει σαν στόχο την αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών και τη διερεύνηση της δυνατότητας εμπλουτισμού σιδηρομεταλλευμάτων από περιοχές της Δυτικής Κρήτης.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Αλεβίζο Γεώργιο για την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας, για την ουσιαστική συμβολή του στη ολοκλήρωσή της, καθώς και για τις γνώσεις και την εμπειρία που αποκόμισα κατά τη διάρκεια της συνεργασίας μας.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Γαλετάκη Μιχαήλ και τον Καθηγητή κ. Κομνίτσα Κωνσταντίνο για το χρόνο που αφιέρωσαν για τη διόρθωση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θέλω να εκφράσω προς το Δρ. Αντώνιο Στρατάκη συνεργάτη του Εργαστηρίου Γενικής & Τεχνικής Ορυκτολογίας για τον πολύτιμο συμβουλευτικό του ρόλο. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω κ. Όλγα Παντελάκη και το Δρ. Ευάγγελο Πετράκη από το Εργαστήριο Εμπλουτισμού για την πολύτιμη βοήθεια καθώς και για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου και τους φίλους μου για τη στήριξη και συμπαράστασή τους.

Περίληψη

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η συγκριτική ορυκτολογική μελέτη και διερεύνηση εμπλουτισιμότητας σιδηρομεταλλευμάτων των περιοχών Κακόπετρο (νομός Χανίων) και Αρολίθι (νομός Ρεθύμνου).

Το λειμωνιτικό σιδηρομετάλλευμα της περιοχής Κακόπετρο απαντάται επάνω σε στρώμα Φυλλιτών-Χαλαζιτών και καλύπτεται από ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή ηλικίας Μειόκαινου. Τα κύρια ορυκτολογικά συστατικά του σιδηρομεταλλεύματος είναι γκαιίτης, χαλαζίας και δευτερευόντως, κρυπτομέλανας και αιματίτης. Η δομή του μεταλλεύματος χαρακτηρίζεται γενικά ως εμπλεκτική διακοκκώδης. Η χημική ανάλυση των αρχικών δειγμάτων έδειξε, ότι η περιεκτικότητα του Fe_2O_3 κυμαίνεται από 28.61% έως 77.54%, ενώ του SiO_2 κυμάνθηκε από 3.25% έως 23.61%. Επιπλέον σε μερικά δείγματα μετρήθηκαν αξιόλογες συγκεντρώσεις MnO που ανέρχονται μέχρι και 44%.

Το σιδηρομετάλλευμα της περιοχής Ρέντα-Αρολίθι απαντάται με μορφή φακοειδών σωμάτων ή με μορφή φλεβών πάνω στη ζώνη επαφής Φυλλιτών-Χαλαζιτών. Το μέταλλευμα είναι λειμωνιτικού τύπου με σπογγώδη υφή. Τα κύρια ορυκτολογικά συστατικά του σιδηρομεταλλεύματος είναι γκαιίτης, χαλαζίας και δευτερευόντως αιματίτης, γραφίτης και σιδηροπυρίτης. Η δομή του μεταλλεύματος επίσης χαρακτηρίζεται γενικά ως εμπλεκτική διακοκκώδης. Η χημική εξέταση των αρχικών δειγμάτων έδειξε, ότι η συγκέντρωση του Fe_2O_3 κυμαίνεται από 72.00% έως 78.32%, ενώ του SiO_2 κυμαίνεται από 4.44% έως 7.23%.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών του βαρυτομετρικού διαχωρισμού των σιδηρούχων μεταλλευμάτων έδειξαν, ότι ο καλύτερος εμπλουτισμός παρατηρήθηκε στο βαρύ (SINK) κοκκομετρικό κλάσμα $-0.250 +0.063\text{mm}$ του μεταλλεύματος της περιοχής Κακόπετρο. Σε αυτό το κοκκομετρικό κλάσμα η συγκέντρωση του Fe_2O_3 ανέρχεται σε 63.34% η ανάκτηση κ.β. που επιτεύχθηκε σε 98.22%, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό των πυριτικών υλικών απομακρύνεται από το συμπύκνωμα. Στα υπόλοιπα κοκκομετρικά κλάσματα και των δύο περιοχών ο διαχωρισμός δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών του μαγνητικού διαχωρισμού των δύο σιδηρομεταλλευμάτων έδειξαν, ότι ο καλύτερος εμπλουτισμός επετεύχθη στο αθροιστικώς μαγνητικό κοκκομετρικό κλάσμα $-0.250 +0.063\text{mm}$ του μεταλλεύματος της περιοχής του Κακόπετρο. Σε αυτό το κλάσμα η περιεκτικότητα σε Fe_2O_3 ανέρχεται σε 61.76% και η ανάκτηση κ.β σε 99.65%, επιπλέον το 50% του πυριτίου οδηγείται στο απόρριμμα. Ο διαχωρισμός των υπολοίπων κοκκομετρικών κλασμάτων δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Γενικά, οι δοκιμές εμπλουτισμού των μεταλλευμάτων των δύο περιοχών έδειξαν, ότι στο λεπτότερο κοκκομετρικό κλάσμα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού της περιοχής Κακόπετρο επετεύχθη ο καλύτερος διαχωρισμός.

Η έγκριση της παρούσης Μεταπτυχιακής Διατριβής από τη Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης, δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων της συγγραφέως (N. 5343/1932, αριθμό 202, παρ.2).

Πίνακας περιεχομένων

Εισαγωγή	7
1. Μεταλλεύματα σιδήρου.....	8
1.1. Κοιτάσματα σιδήρου στην Ελλάδα και σε παγκόσμια κλίμακα	8
1.1.1. Κοιτάσματα Σιδήρου	9
1.2.1 Κράματα Σιδήρου & Χάλυβες.....	9
1.2.2 Προϊόντα Σιδήρου	10
1.3 Αγορά Σιδήρου και Χάλυβα.....	10
1.3.1 Παγκόσμια αγορά σιδήρου και Χάλυβα.....	10
1.3.2 Χαλυβουργία στην Ελλάδα	11
1.3.3 Τιμές Χάλυβα	12
2. Γεωλογία και Κοιτασματολογία	13
2.1. Γεωλογία της Κρήτης	13
2.2. Σιδηρομεταλλεύματα Δυτικής Κρήτης	14
2.3. Κοιτασματολογία των περιοχών ενδιαφέροντος.....	15
2.3.1. Κοιτασματολογία της περιοχής Κακόπετρου.....	15
2.3.2. Κοιτασματολογία της περιοχής Αρολίθιου.....	17
3. Πειραματικές Μέθοδοι	19
3.1. Δείγματα.....	19
3.2. Μικροσκοπική εξέταση.....	19
3.3. Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM)	20
3.4. Ορυκτολογική ανάλυση δειγμάτων με το περιθλασίμετρο ακτίνων-Χ (XRD).....	20
3.5. Χημικές αναλύσεις τη μέθοδο φασματοσκοπίας ακτινών-Χ (XRF).....	20
3.6. Δοκιμές εμπλουτισμού	22
3.6.1. Βαρυτομετρικός διαχωρισμός	22
3.6.2. Μαγνητικός διαχωρισμός	23
4. Ορυκτολογία και χημικές αναλύσεις αρχικών δειγμάτων	26
4.1. Δειγματοληψία στην περιοχή Κακόπετρου.....	26
4.1.1. Ορυκτολογία δειγμάτων περιοχής Κακόπετρου	27
4.1.2. Χημικές αναλύσεις αρχικών δειγμάτων 'Κ' της περιοχής Κακόπετρου	30
4.2. Δειγματοληψία στην περιοχή Ρέντα-Αρολίθι	30
4.2.1. Ορυκτολογία δειγμάτων περιοχής Ρέντα-Αρολίθι	31
4.2.2. Χημικές αναλύσεις αρχικών δειγμάτων 'Ρ' της περιοχής Ρέντα-Αρολίθι.....	33
5. Αποτελέσματα δοκιμών εμπλουτισμού	35
5.1. Κοκκομετρίες που χρησιμοποιήθηκαν στις εργαστηριακές δοκιμές εμπλουτισμού.....	35
5.2. Δοκιμή εμπλουτισμού με τη μέθοδο των βαρέων υγρών	38
5.2.1. Κακόπετρο, βαρυτομετρικός διαχωρισμός.....	38

5.2.1.1.	Κατανομή βάρους στα βαριά και τα ελαφριά προϊόντα	40
5.2.1.2.	Περιεκτικότητα των κλασμάτων του βαρυτομετρικού διαχωρισμού σε Fe_2O_3 , SiO_2 & MnO	40
5.2.1.3.	Κατανομή και βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 , SiO_2 & MnO	42
5.2.1.4.	Μικροσκοπική εξέταση κλασμάτων βαρυτομετρικού διαχωρισμού	44
5.2.1.5.	Σχολιασμός και παρατηρήσεις αποτελεσμάτων βαρυτομετρικού διαχωρισμού	47
5.2.2.	Ρέντα-Αρολίθι	48
5.2.2.1.	Κατανομή βάρους στα βαριά και τα ελαφριά προϊόντα	50
5.2.2.2.	Περιεκτικότητα των κλασμάτων του βαρυτομετρικού διαχωρισμού σε Fe_2O_3 & SiO_2	50
5.2.2.3.	Κατανομή των Fe_2O_3 & SiO_2	51
5.2.2.4.	Μικροσκοπική εξέταση κλασμάτων βαρυτομετρικού διαχωρισμού	53
5.2.2.5.	Σχολιασμός και παρατηρήσεις αποτελεσμάτων βαρυτομετρικού διαχωρισμού	56
5.3.	Δοκιμή εμπλουτισμού με τη μέθοδο του μαγνητικού διαχωρισμού	57
5.3.1.	Κακόπετρο	57
5.3.1.1.	Κατανομή βάρους στα μαγνητικά - μη μαγνητικά και στα αθροιστικώς μαγνητικά - αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα	60
5.3.1.2.	Περιεκτικότητα των κλασμάτων του μαγνητικού διαχωρισμού σε Fe_2O_3 , SiO_2 & MnO	61
5.3.1.3.	Κατανομή των Fe_2O_3 , SiO_2 & MnO στα κλάσματα	63
5.3.1.4.	Μικροσκοπική εξέταση κλασμάτων μαγνητικού διαχωρισμού.....	67
5.3.1.5.	Σχολιασμός και παρατηρήσεις αποτελεσμάτων μαγνητικού διαχωρισμού.....	72
5.3.2.	Ρέντα-Αρολίθι	74
5.3.2.1	Κατανομή βάρους στα μαγνητικά και μη μαγνητικά προϊόντα	77
5.3.2.2	Περιεκτικότητα των κλασμάτων του μαγνητικού διαχωρισμού σε Fe_2O_3 & SiO_2 ...	78
5.3.2.3	Κατανομή των Fe_2O_3 & SiO_2 στα κλάσματα.....	80
5.3.2.4	Μικροσκοπική εξέταση κλασμάτων μαγνητικού διαχωρισμού.....	82
5.3.2.5	Σχολιασμός και παρατηρήσεις αποτελεσμάτων μαγνητικού διαχωρισμού.....	86
6	Συγκριτική μελέτη των δύο κοιτασμάτων Κακόπετρου και Ρέντα-Αρολίθι	88
6.1	Κοιτασματολογία των δύο υπό μελέτη περιοχών	88
6.2	Ορυκτολογία και χημικές αναλύσεις αρχικών δειγμάτων.....	88
6.3	Αποτελέσματα των δοκιμών εμπλουτισμού	91
6.3.1	Δοκιμή εμπλουτισμού με τη μέθοδο των βαρέων υγρών	91
6.3.2	Δοκιμή εμπλουτισμού με τη μέθοδο του μαγνητικού διαχωρισμού	96
7	Συμπεράσματα	101
7.1	Συμπεράσματα ορυκτολογικής και χημικής εξέτασης των σιδηρομεταλλευμάτων των δύο περιοχών μελέτης	101
7.1.1	Κακόπετρο	101
7.1.2	Ρέντα-Αρολίθι	101
7.1.3	Σύγκριση των σιδηρομεταλλευμάτων των περιοχών μελέτης	101

7.2	Συμπεράσματα από τα αποτελέσματα των μεθόδων εμπλουτισμού	102
7.2.1	Βαρυτομετρικός διαχωρισμός Κακόπετρο	102
7.2.2	Βαρυτομετρικός διαχωρισμός Ρέντα-Αρολίθι	102
7.2.3	Σύγκριση αποτελεσματικότητας του βαρυτομετρικού διαχωρισμού στα μεταλλεύματα των δύο περιοχών	102
7.2.4	Μαγνητικός διαχωρισμός Κακόπετρο	102
7.2.5	Μαγνητικός διαχωρισμός Ρέντα-Αρολίθι	103
7.2.6	Σύγκριση αποτελεσματικότητας του μαγνητικού διαχωρισμού στα μεταλλεύματα των δύο περιοχών	103
7.2.7	Γενικά συμπεράσματα από τα αποτελέσματα των διαχωρισμών	103
7.3	Προτάσεις	103
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		104
Παράρτημα		107

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στον Ελληνικό χώρο απαντώνται αξιόλογα κοιτάσματα σιδηρομεταλλευμάτων, μερικά από τα οποία υπήρξαν κατά καιρούς αντικείμενο εκμετάλλευσης. Στους νομούς Χανίων και Ρεθύμνου έχουν καταγραφεί τα σημαντικότερα κοιτάσματα μαλακών σιδηρομεταλλευμάτων της Κρήτης. Τα σιδηρομεταλλεύματα των περιοχών Σκινέ και Ραβδούχων στο νομό Χανίων έχουν κατά το παρελθόν υποστεί εκμετάλλευση. Ένας μεγάλος αριθμός κοιτασμάτων, όπως αυτά των περιοχών Κακόπετρος, Δρακώνα, Σκλαβοπούλα κ.α. στο Νομό Χανίων καθώς και Αρολίθι, Καλλικράτη, Σίσσες κ.α. στο Νομό Ρεθύμνου, δεν έχουν επαρκώς διερευνηθεί σχετικά με τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες εμπλουτισμού τους.

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο τη συγκριτική ορυκτολογική μελέτη και διερεύνηση εμπλουτισσιμότητας σιδηρομεταλλευμάτων των περιοχών Κακόπετρο (νομός Χανίων) και Αρολίθι (νομός Ρεθύμνου).

Για την ορυκτολογική εξέταση των σιδηρομεταλλευμάτων έγινε χρήση της περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD), ενώ η περιγραφή των ιστολογικών χαρακτηριστικών των μεταλλευμάτων και η παρατήρηση των διαφόρων κοκκομετρικών κλασμάτων των μεθόδων εμπλουτισμού πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο μικροσκοπίας ανακλωμένου φωτός. Η μικροσκοπική εξέταση και οι μικροαναλύσεις των ορυκτολογικών φάσεων έγιναν με μικροαναλυτή τύπου Jeol JSM 5600. Έγινε χρήση φυσικών και συνθετικών προτύπων, ενώ η επεξεργασία έγινε με το πρόγραμμα INCA. Όσον αφορά τις χημικές αναλύσεις αυτές έγιναν με τη μέθοδο της φασματοσκοπίας ακτίνων-Χ φθορισμού (XRF).

Οι δύο μέθοδοι εμπλουτισμού που εφαρμόστηκαν στα μεταλλεύματα είναι ο διαχωρισμός με βαρέα υγρά και ο μαγνητικός διαχωρισμός. Στο μέταλλευμα προηγήθηκε θραύση και κοσκίνιση των αρχικών δειγμάτων, ώστε να γίνει επιλογή των αντίστοιχων κοκκομετρικών κλασμάτων που θα υποβάλλονταν σε εμπλουτισμό. Στο βαρυτομετρικό διαχωρισμό τα ορυκτά διαχωρίζονται σύμφωνα με τα ειδικά τους βάρη, ενώ στο μαγνητικό διαχωρισμό διαχωρίζονται ανάλογα με τις μαγνητικές τους ιδιότητες.

1. ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΑ ΣΙΔΗΡΟΥ

1.1. Κοιτάσματα σιδήρου στην Ελλάδα και σε παγκόσμια κλίμακα

Στον Ελληνικό χώρο απαντώνται αρκετά κοιτάσματα μαλακών σιδηρομεταλλευμάτων. Στο μεταλλογενετικό χάρτη της Ελλάδος αναφέρονται περισσότερες από 200 μεταλλοφόρες θέσεις. Μέχρι το 1964 λειτουργούσαν αρκετά μεταλλεία σιδηρομεταλλευμάτων με κύρια σύσταση μαγνητίτη, αιματίτη και λειμωνίτη (Σ.Μ.Ε., 1979). Αυτά τα μεταλλεύματα βρίσκονται συνήθως μέσα σε μάρμαρα ή σε επαφές με σχιστόλιθους. Τα πιο σημαντικά βρίσκονται στη Θάσο, Καβάλα, Γραμματικό Αττικής και Σέριφο. Εμφανίσεις σιδηρομεταλλευμάτων υπάρχουν σε πολλά νησιά των Κυκλάδων και του Ανατολικού Αιγαίου, Πελοπόννησο, Κρήτη, Στρατονίκη, Απολλωνία, Δοϊράνη, Σέρρες και Μαρώνεια. Στρωματέγκλειστοι σιδηρούχοι σχηματισμοί έχουν εντοπιστεί στο Μαύρο Βράχο και Μεταλλικό Κιλκίς, Αλιστράτη Σερρών, Ανοιξιά Λαγκαδά και Πιάβιτσα και Μεταγκίσι Χαλκιδικής (Τσιραμπίδης, 2005).

Τα ελληνικά σιδηρομεταλλεύματα χαρακτηρίζονται ως χαμηλής ποιότητας, γεγονός που καθιστά απαραίτητο τον εμπλουτισμό τους. Η εμπορευσιμότητα των σιδηρομεταλλευμάτων καθορίζεται, ανεξάρτητα από τον ορυκτολογικό τύπο του μεταλλεύματος, από τη χημική τους σύσταση και ιδιαίτερα από την περιεκτικότητά τους σε σίδηρο, τη φύση των συνδρόμων ορυκτών καθώς και από την παρουσία ή μη ορισμένων επιβλαβών στοιχείων. Σιδηρομεταλλεύματα με περιεκτικότητα σε σίδηρο πάνω από 52% είναι εμπορεύσιμα όπως εξορύσσονται, ενώ τα φτωχά με συγκεντρώσεις σε σίδηρο μεταξύ 20-52% υπόκεινται σε διαδικασία εμπλουτισμού. Το είδος των συνδρόμων ορυκτών (πυριτικά, ανθρακικά) και των επιβλαβών στοιχείων στο σιδηρομετάλλευμα αποτελούν καθοριστικό παράγοντα κατά το στάδιο της μεταλλουργικής κατεργασίας (Φουφρής, 1980).



Σχήμα 1.1: Παγκόσμια παραγωγή σιδηρομεταλλεύματος (mapsofworld.com, 2010).

Τα κοιτάσματα σιδηρομεταλλεύματος σε παγκόσμιο επίπεδο εντοπίζονται κυρίως στην Αυστραλία, Κινά, Βραζιλία, Ινδία, Ρωσία, Ουκρανία, Νότιο Αφρική, ΗΠΑ, Καναδά, Ιράν, Σουηδία, Καζακστάν, Βενεζουέλα, Μέξικο και Μαυριτανία. Οι παραπάνω χώρες αποτελούν και τους μεγαλύτερους παραγωγούς σιδηρομεταλλεύματος όπως φαίνεται και από το Σχήμα 1.1. Το Σχήμα 1.2 δείχνει τα δέκα μεγαλύτερα μεταλλεία σιδήρου στο κόσμο.

	Country	Province / State	Iron ore production in 2014, Mt
Hamersley	Australia	Western Australia	163
Carajas	Brazil	Para	120
Chichester Hub	Australia	Western Australia	90*
Yandi	Australia	Western Australia	79
Mount Whaleback	Australia	Western Australia	77
Solomon Hub	Australia	Western Australia	58*
Area C	Australia	Western Australia	57
Hope Downs	Australia	Western Australia	43
Mariana Hub	Brazil	Minas Gerais	39
Sishen	South Africa	Northern Cape	36

Σχήμα 1.2: Μεγαλύτερα μεταλλεία σιδήρου παγκοσμίως (mining.com, 2014).

1.1.1. Κοιτάσματα Σιδήρου

Τα κοιτάσματα του σιδήρου εμφανίζονται:

- σαν μαγματικά πρωτογενή, μετάθετα και περιμαγματικά.
- σαν επιγενή: α) σαν φλεβικά και β) σαν κοιτάσματα αντικατάστασης ασβεστολίθου
- σαν ιζηματογενή κοιτάσματα.

❖ **Μαγματικά και περιμαγματικά κοιτάσματα σιδήρου:** Βρίσκονται κυρίως στα πλουτώνεια πετρώματα. Σε αυτά τα κοιτάσματα υπάγεται και ο αυτοφυής σίδηρος.

❖ **Επιγενή κοιτάσματα:**

- **Φλεβικά:** Δεν έχουν οικονομική αξία
- **Κοιτάσματα αντικατάστασης ασβεστολίθων:**

❖ **Ιζηματογενή κοιτάσματα,** Είναι τα σημαντικότερα και διακρίνονται σε:

- **Θαλάσσια:**
- **Λιμναία και ηπειρωτικά** ([Φιλίππιδης κ.α., 1985](#)).

1.2.1 Κράματα Σιδήρου & Χάλυβες

Η μεταλλουργία σιδήρου ασχολείται με τη θεωρία και την τεχνολογία της παραγωγής των ακατέργαστων βιομηχανικών προϊόντων του σιδήρου, τα οποία κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Σίδηροι
- Χυτοσίδηροι
- Χάλυβες
- Σιδηροκράματα

Η κάθε κατηγορία αντιστοιχεί σε διαφορετική ποιότητα υλικού και για την παραγωγή της απαιτείται διαφορετική μέθοδος και τεχνολογία. Η διάκριση των τριών πρώτων κατηγοριών, βασίζεται επίσης στο διάγραμμα των φάσεων του συστήματος Fe-C. Τα σιδηροκράματα, είναι κράματα σιδήρου με άλλα στοιχεία ([Ζευγώλης, 2014](#)).

1.2.2 Προϊόντα Σιδήρου

- Σπογγώδης σίδηρος
- Χυτοσίδηρος
- Χάλυβας
 - a. Κοινοί ή ανθρακούχοι χάλυβες
 - b. Κραματωμένοι χάλυβες

Όσον αφορά τον προορισμό τους οι χάλυβες διακρίνονται σε: Χάλυβες διαμόρφωσης και Χυτοχάλυβες. Όσον αφορά τη χρήση οι χάλυβες διακρίνονται σε: Χάλυβες κατασκευών, Ανοξείδωτους χάλυβες, Εργαλειοχάλυβες και Χάλυβες ηλεκτρομαγνητικών εφαρμογών ([Βοσνιάκος, 2007](#)). Τα κράματα χάλυβα είναι δυνατόν να διαχωριστούν στις έξι κατηγορίες: Χάλυβες Μαγγανίου, Χάλυβες Νικελίου, Χάλυβες Νικελίου-Χρωμίου, Νικελίου-Χρωμίου-Μολυβδενίου, Νικελίου-Χρωμίου-Βαναδίου, Χάλυβες Χρωμίου, Χάλυβες Μολυβδενίου, Χάλυβες Χρωμίου-Μολυβδενίου, Ανοξείδωτοι Χάλυβες, Χάλυβες Πυριτίου & Ταχυχάλυβες ([Jeffus, 2002](#)).

Σιδηρομεταλλεύματα χαρακτηρίζονται μίγματα σιδηρούχων ορυκτών που περιέχουν στείρα ορυκτά σε διάφορες αναλογίες. Ανάλογα με την ορυκτολογική μορφή του σιδήρου, χωρίζονται σε: Οξειδία, Οξυγονούχα και Τιτανιούχα σιδηρομεταλλεύματα ([Πανταζής & Παντέκης, 1982](#)).

1.3 Αγορά Σιδήρου και Χάλυβα

1.3.1 Παγκόσμια αγορά σιδήρου και Χάλυβα

Από το 2000 και μετά η παγκόσμια αγορά χάλυβα αυξάνεται συνεχώς, κάτι που υπαγορεύεται από την εκβιομηχάνιση των αναδυόμενων χωρών. Η ώθηση για εκβιομηχάνιση της Ασίας την έχει μετατρέψει στην περιοχή με την υψηλότερη παραγωγή και ζήτηση χάλυβα στον κόσμο. Αυτή τη στιγμή η Κίνα είναι κυρίαρχη στην παγκόσμια παραγωγή χάλυβα: αντιπροσώπευε το 39% της παραγωγής ακατέργαστου χάλυβα το 2000, το ποσοστό αυτό έφτασε το 71% το 2012. Αυτή η αύξηση της παραγωγής οδήγησε στην κινεζική εγχώρια πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα και μετέτρεψε τη χώρα από καθαρό εισαγωγέα στο μεγαλύτερο εξαγωγέα χάλυβα σε παγκόσμιο επίπεδο. Η κινέζικη βιομηχανία χάλυβα αντιπροσωπεύει το 50% ([WorldSteel Association](#)) σχεδόν της παγκόσμιας παραγωγής χάλυβα. Στις ΗΠΑ η θεαματική άνοδος στην παραγωγή σχιστολιθικού φυσικού αερίου έχει βελτιώσει την ανταγωνιστική θέση της βιομηχανίας των ΗΠΑ όσον αφορά τα κόστη της ενέργειας και είναι ένας από τους κύριους λόγους που προσελκύει νέες επενδύσεις στον χαλυβουργικό τομέα. Το γεγονός αυτό μπορεί να σηματοδοτεί μια μεταστροφή για τον τομέα αυτό, και οι ΗΠΑ μπορεί σύντομα να γίνουν καθαρός εξαγωγέας χάλυβα, αυξάνοντας περαιτέρω την υπερπροσφορά στις παγκόσμιες αγορές ([The future of steel](#)).

Επιπλέον, ορισμένες γειτονικές χώρες (Ρωσία, Ουκρανία και Τουρκία) βελτίωσαν κατά πολύ την ικανότητα παραγωγής τους σε χάλυβα και την ικανότητά τους να εφοδιάζουν την αγορά χάλυβα της ΕΕ. Ωστόσο, η αύξηση της ικανότητας παραγωγής σε πολλές χώρες δε συνοδεύεται από άνοιγμα των αγορών. Στην πραγματικότητα τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια αυξανόμενη τάση να προστατεύονται οι εγχώριοι παραγωγοί χάλυβα, όπως η Βραζιλία και η Ινδία. Μέτρα σαν κι αυτά εμποδίζουν την ανάπτυξη μιας παγκόσμιας αγοράς χάλυβα που να βασίζεται σε ισότιμους όρους ανταγωνισμού. Σε αυτό το γεμάτο από προκλήσεις πλαίσιο η χαλυβουργία της ΕΕ κατάφερε να διατηρήσει το επίπεδο των εξαγωγών της. Από το 2010 οι

εξαγωγές της ΕΕ αυξάνονται. Το πλεόνασμα στο εμπόριο χάλυβα για το 2012 ήταν 16,2 εκατομμύρια τόνοι (ή 20 δισ. ευρώ) (COM(2012) 582 τελικό).

Η ΕΕ είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος παραγωγός χάλυβα στον κόσμο, με παραγωγή μεγαλύτερη από 177 εκατ. τόνους χάλυβα το χρόνο, που αποτελεί το 11% της παγκόσμιας παραγωγής. Ο χάλυβας αποτελεί επίσης μέρος μιας σειράς βιομηχανικών αλυσίδων αξίας και συνδέεται στενά με πολλούς άλλους συναφείς βιομηχανικούς κλάδους, όπως η αυτοκινητοβιομηχανία, οι κατασκευές, η ηλεκτρονική, η μηχανολογία και η ηλεκτρολογία. Είναι σημαντική η διασυννοριακή του διάσταση, 500 μονάδες παραγωγής εγκατεστημένες σε 23 κράτη μέλη, κάνοντάς τον έναν καθαρά ευρωπαϊκό κλάδο παραγωγής.

Σήμερα, η ευρωπαϊκή χαλυβουργία βρίσκεται σε πολύ δύσκολη κατάσταση. Η συνεχιζόμενη οικονομική κρίση οδήγησε σε έντονη ύφεση στην κατασκευαστική δραστηριότητα και κατ' επέκταση στη ζήτηση του χάλυβα, η οποία παραμένει κατά 27% κάτω από το επίπεδο πριν από την κρίση (Eurofer, 2012). Ως αποτέλεσμα, αρκετές μονάδες παραγωγής έκλεισαν ή μείωσαν την παραγωγή τους με συνέπεια την απώλεια αντίστοιχων θέσεων εργασίας, οι οποίες κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών έφτασαν τις 40.000. Κατά συνέπεια, στο ορατό μέλλον η πίεση για την αναδιάρθρωση και τη μείωση της παραγωγικής ικανότητας θα εξακολουθήσει να αποτελεί μία από τις κύριες προκλήσεις για αυτόν τον κλάδο παραγωγής. Μεγάλη σημασία έχει το γεγονός ότι η πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα δεν αποτελεί μόνο ευρωπαϊκό πρόβλημα (COM(2013) 407 final). Η ευρωπαϊκή χαλυβουργία έχει πληγεί από τις ταυτόχρονες επιπτώσεις της χαμηλής ζήτησης και της πλεονάζουσας παραγωγικής ικανότητας σε μια παγκοσμιοποιημένη αγορά χάλυβα, ενώ συγχρόνως είναι αντιμέτωπη με τις υψηλές τιμές στην ενέργεια και έχει ανάγκη να προβεί σε επενδύσεις, ώστε να προσαρμοστεί στην πράσινη οικονομία και να παράγει καινοτόμα προϊόντα.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θεωρεί ότι είναι σημαντικό για την Ευρώπη να παραμείνει μια σημαντική περιοχή παραγωγής χάλυβα για οικονομικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς λόγους, καθώς και για την ασφάλεια του εφοδιασμού. Μετά την έγκριση της ανακοίνωσης της Επιτροπής για τη βιομηχανική πολιτική του 2012 (COM(2012) 582 τελικό), με στόχο την αναστροφή του φθίνοντα ρόλου της βιομηχανίας στην Ευρώπη από το σημερινό επίπεδο του 15,2% του ΑΕΠ σε 20% έως το 2020, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του Μαρτίου του 2013 κατέληξε στο συμπέρασμα ότι θα παρακολουθεί το έργο της Επιτροπής σε συγκεκριμένους βιομηχανικούς τομείς (COM(2013) 407 final).

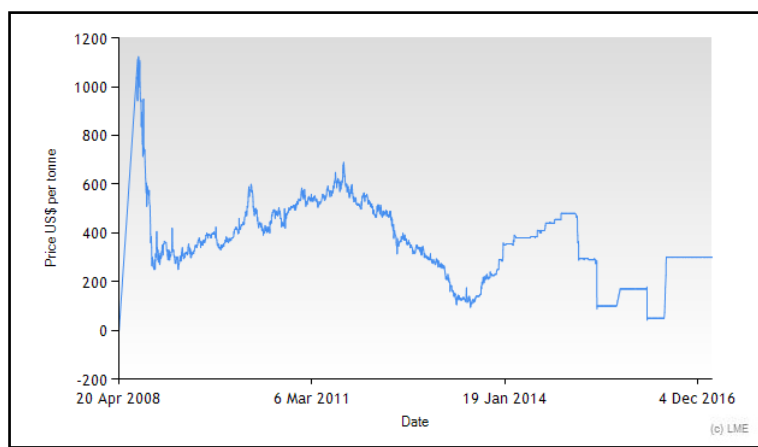
1.3.2 Χαλυβουργία στην Ελλάδα

Η πρώτη ελληνική βιομηχανία χάλυβα, που έφερε τον τίτλο «Ελληνική Χαλυβουργία», ιδρύθηκε στην Αθήνα το 1937. Το 1951, το εργοστάσιο της Ελληνικής Χαλυβουργίας μετακόμισε στον Ασπρόπυργο Αττικής, όπου λειτουργούσε έως το 2014 (Κώτσης, 2014) ακόμα ως μία από τις δύο μονάδες της «Χαλυβουργίας Ελλάδος» με ετήσια παραγωγική δυναμικότητα 400.000 τόνους χάλυβα από ανάτξη παλαιοσιδήρου (Χαλυβουργία Ελλάδος ΑΕ). Η δεύτερη ελληνική χαλυβουργία ήταν η «Χαλυβουργική». Η εταιρεία αυτή ξεκίνησε ως βιομηχανία καρφιών το 1932 για να εξελιχθεί σε μικρό χαλυβουργείο στην Αθήνα το 1938. Το 1975 η παραγωγική της δυναμικότητα ήταν 2,5 εκατ. τόνους χάλυβα ετησίως. Έκτοτε όμως η εταιρεία άρχισε να φθίνει και το 1981 διέκοψε τη λειτουργία των υψικαμίνων. Η εταιρεία συνέχισε να παράγει στην Ελευσίνα, σε σύγχρονες εγκαταστάσεις δυναμικότητας 500.000 τόνων (Κώτσης, 2006). Εξαιτίας της οικονομικής κρίσης και του υψηλού κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας, η εταιρεία υπολείπεται από το 2012 (Κώτσης, 2015). Το 1962, ιδρύθηκε η εταιρεία «Σιδενόρ» για να παράγει προϊόντα χάλυβα, όπως χαλυβδοσωλήνες, λέβητες, κ.π.. Το 1964, η Σιδενόρ ξεκίνησε την παραγωγή μπετόβεργας και άλλων επιμηκών προϊόντων στη Θεσσαλονίκη, στο εργοστάσιο που για πολλά χρόνια ήταν γνωστό ως «εργοστάσιο Βιοχάλκο». Το εργοστάσιο αυτό εξακολουθεί να βρίσκεται σε λειτουργία με ετήσια δυναμικότητα 600.000 τόνους χάλυβα από ανάτξη παλαιοσιδήρου. Το 1963, ιδρύθηκε η «Χαλυβουργία Βόλου», η οποία το 1974 μετονομάστηκε σε «Θεσσαλική

Χαλυβουργία». Οι εγκαταστάσεις της «Θεσσαλικής Χαλυβουργίας» περιλαμβάνουν χαλυβουργείο στο Βελεστίνο Μαγνησίας ετήσιας δυναμικότητας 700.000 τόνων χάλυβα (Χαλυβουργία Ελλάδος ΑΕ) από ανάτξη παλαιοσιδήρου και ελασματοουργείο στην Βιομηχανική Ζώνη Βόλου. Το 2006, η «Θεσσαλική Χαλυβουργία» εξαγόρασε την «Ελληνική Χαλυβουργία» και ο νέος όμιλος ονομάστηκε «Χαλυβουργία Ελλάδος» (Κορφιιάτης, 2006). Το 1972, ετέθη σε λειτουργία η χαλυβουργία «Μεταλλουργική Χάλυψ» στον Αλμυρό Μαγνησίας ετήσιας δυναμικότητας περίπου 600.000 τόνων. Η εταιρεία, που παρήγαγε μόνον επιμήκη προϊόντα από ανάτξη παλαιοσιδήρου, βρέθηκε μέσα σε λίγα χρόνια υπερχρεωμένη και το 1991 κήρυξε πτώχευση (Κορφιιάτης, 1996). Το 1996, η «Σιδενόρ» εξαγόρασε τις εγκατελειμμένες εγκαταστάσεις της «Μεταλλουργικής Χάλυψ» στον Αλμυρό Μαγνησίας και έκτισε εκεί σύγχρονη χαλυβουργία με ετήσια δυναμικότητα 900.000 τόνους χάλυβα από ανάτξη παλαιοσιδήρου. Μέσα στο 2007, ο όμιλος «Σιδενόρ» ανακοίνωσε πως το εργοστάσιο στον Αλμυρό Μαγνησίας, που φέρει την επωνυμία «Σοβέλ» («Sovet»), θα κάνει νέες επενδύσεις για επέκταση της παραγωγικής δυναμικότητας στους 1,2 εκατ. τόνους χάλυβα το χρόνο (Ναυτεμπορική, 2007). Μία ακόμα εταιρεία που δραστηριοποιούνταν στο χώρο του χάλυβα στην Ελλάδα ήταν η «Ελληνική ΑΕ Χάλυβος» ή «Ανώνυμος Ελληνική Εταιρεία Χάλυβος», πιο γνωστή ως Hellenic Steel. Η εταιρεία αυτή ανήκε κατά ποσοστό 52% στον ιταλικό όμιλο Riva, ενώ μικρότερα ποσοστά κατείχαν άλλες ευρωπαϊκές και ιαπωνικές επιχειρήσεις, καθώς και ελληνικές τράπεζες (Athens News Agency, 1997). Από το 1964, η Hellenic Steel λειτουργούσε εργοστάσιο στη Θεσσαλονίκη. Η εταιρεία έκλεισε οριστικά το Μάιο του 2015 λόγω προβλημάτων ρευστότητας της μητρικής ιταλικής εταιρείας και αδυναμίας εξεύρεσης άλλων επενδυτών για να αναλάβουν το εργοστάσιο (Ιγνατιάδης, 2015). Γενικά, η ελληνική βιομηχανία χάλυβα έχει αυξήσει σημαντικά την παραγωγή της τα τελευταία χρόνια και, από 1,0 εκατ. τόνους το 1990, ξεπέρασε τα 2,5 εκατ. τόνους το 2007. Ωστόσο, με την οικονομική κρίση που άρχισε το 2009, η ελληνική παραγωγή χάλυβα έπεσε κατακόρυφα και το 2014 ήταν μόνο 1 εκατ. τόνοι.

1.3.3 Τιμές Χάλυβα

Τα χαλυβουργεία παράγουν ημιτελή και τελικά προϊόντα χάλυβα. Τα ημιτελή προϊόντα χάλυβα είναι συνήθως δοκοί τετραγωνικής διατομής («μπιγιέτες») με ακμή περίπου 10cm ή κυκλικής διατομής με διάμετρο περίπου 25cm (κυλινδρικές «μπιγιέτες» ή «κορμοί») και μήκος μερικά μέτρα, ή ακόμα πλατιά πρίσματα (πλάκες ή «σλαμπ») διατομής 10cm x 100cm και με μήκος μερικών μέτρων. Η παραγωγή των ημιτελών προϊόντων γίνεται με συνεχή χύτευση σε υδρόφυκτες μήτρες απο χαλκό και με έλαση σε ειδικά έλαστρα (wikipedia.org/wiki/Χαλυβας_sandvik.com).



Σχήμα 1.3: Τιμές Χάλυβα (σε μπιγιέτες) ανά τόνο το χρονικό διάστημα 2008-2016 (LME).

2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

2.1. Γεωλογία της Κρήτης

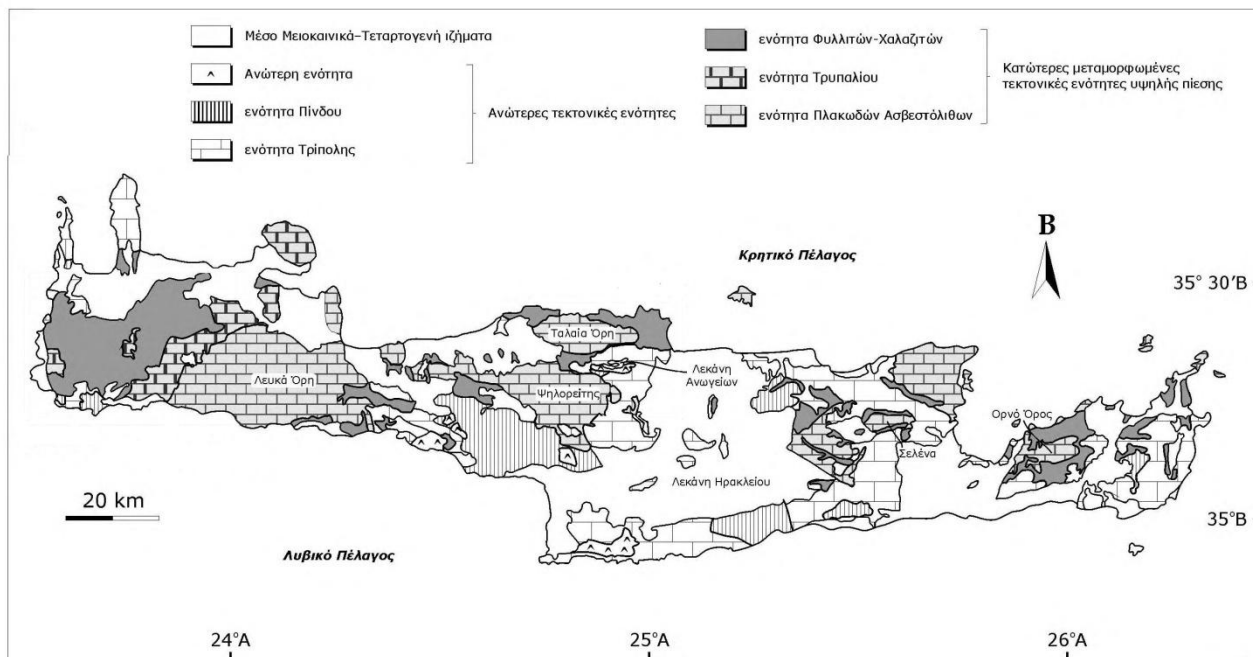
Οι Ελληνίδες αποτελούν τμήμα της περιμεσογειακής Αλπικής ορογενετικής ζώνης η οποία σχηματίστηκε εξαιτίας της σύγκλισης Αφρικής-Ευρασίας. Οι Εξωτερικές Ελληνίδες αποτελούνται κυρίως από άνω Παλαιοζωικά-Καινοζωικά ιζηματογενή πετρώματα τα οποία αποτέθηκαν στο βόρειο ταφρογενές περιθώριο της μικροηπείρου της Απουλίας (Robertson & Dixon, 1984). Στο κατώτερο Τριτογενές, η σύγκρουση μεταξύ των μικροηπείρων της Απουλίας και της Πελαγονικής (Mountrakis 1986; Doutsos et al., 1993) οδήγησε στην ανάπτυξη των ζωνών επωθήσεων και των μεταμορφωμένων πετρωμάτων υψηλής πίεσης των Εξωτερικών Ελληνίδων (thrust and HP-belts) (Jacobshagen, 1994; Doutsos et al., 2000; Χατζάρας, 2010). Αυτά τα αλλητάλληλα επωθημένα τεκτονικά καλύμματα των Ελληνίδων ζωνών συνωθούνται στο μικρό σχετικά γεωγραφικό χώρο του νησιού, με γενική κατεύθυνση από Βορρά προς Νότο (Μουντράκης, 2010). Τα καλύμματα μπορούν να διαχωριστούν σε ανώτερα, τα οποία δεν εμφανίζουν κάποιοι είδους μεταμόρφωση του Καινοζωικού και τα κατώτερα τα οποία έχουν υποστεί μεταμόρφωση υψηλής πίεσης/χαμηλής θερμοκρασίας (HP-LT) που πραγματοποιήθηκε στο ανώτερο Ολιγόκαινο-κατώτερο Μειόκαινο (Seidel et al., 1982).

Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η γεωλογία της Κρήτης αποτελεί μια πλήρη εικόνα τις γεωλογικής εξέλιξης στα όρια της Ευρασιατικής και της Αφρικανικής πλάκας τα τελευταία 35 εκατομμύρια χρόνια. Η εσωτερική δομή του τόξου της Κρήτης χαρακτηρίζεται από μια σειρά καλυμμάτων που προέρχονται από διαφορετικούς παλαιογεωγραφικούς χρόνους (Seidel and Wachendorf, 1986; Seidel, 2007).

Πιο συγκεκριμένα η Κρήτη αποτελείται από α) ένα αυτόχθονο ή σχετικά αυτόχθονο σύστημα πετρωμάτων που περιλαμβάνει την ημιμεταμορφωμένη ενότητα των πλακωδών ασβεστολίθων και τους υποκείμενους ασβεστολίθους, δολομίτες, με παρεμβολές σχιστολίθων (Αδριατικοϊόνιος ή Ιόνιος Ζώνη) b) ένα αλλόχθονο σύστημα, με επιμέρους καλύμματα το οποίο είναι επωθημένο πάνω στο αυτόχθονο και c) τα νεότερα ιζήματα του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς (Περλέρος κ.α., 2004). Το αλλόχθονο σύστημα αποτελείται από αλλητάλληλα τεκτονικά καλύμματα επωθημένα το ένα πάνω στο άλλο με την ακόλουθη σειρά, από το κατώτερο προς το ανώτερο:

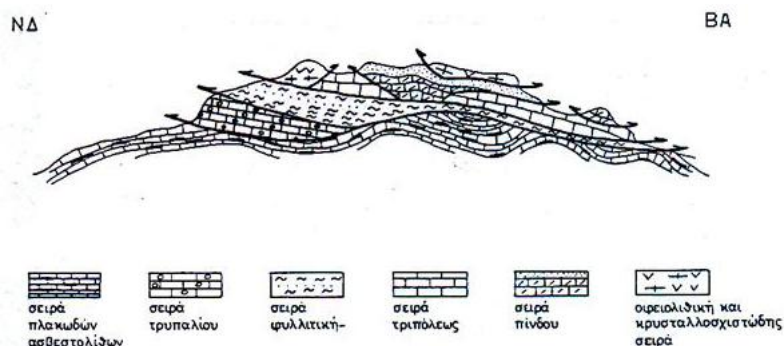
- i. Ανθρακικό κάλυμμα Ομαλού-Τρυπαλίου: Αποτελείται από μεταμορφωμένους δολομίτες, δολομιτικούς ασβεστόλιθους, λατυποπαγείς ασβεστόλιθους έως γραουβάκες, σκούρους κυψελώδεις δολομίτες, άσπρα ζαχαρόκοκκα μάρμαρα και εμφανίσεις γύψου στη βάση.
- ii. Τεκτονικό κάλυμμα Φυλλιών-Χαλαζιτών: Περιλαμβάνει φυλλίτες, μεταψαμμίτες, χαλαζίτες, μάρμαρα σχιστόλιθους, κροκαλοπαγή, ποικίλης σύστασης.
- iii. Ζώνη Τρίπολης. Περιλαμβάνει τους σχηματισμούς του φλύσχη, μεσοπαχυστρωματώδεις ασβεστολίθους και δολομίτες.
- iv. Ζώνη Πίνδου. Περιλαμβάνει τους σχηματισμούς του φλύσχη, λεπτοστρωματώδεις ασβεστολίθους και στρώματα κερατολίθων (ΠΕΣΔΑ, 2010).

Σε ανώτερη τεκτονική θέση από τις προαναφερόμενες εξωτερικές ζώνες βρίσκονται αλλόχθονα τεκτονικά λείπια των εσωτερικών ζωνών, όπως είναι η ενότητα της Άρβης που περιλαμβάνει τμήματα οφιολιθικού συμπλέγματος, η ενότητα των Αστερουσίων που περιέχει γνεύσιους, σχιστόλιθους και αμφιβολίτες. Τα νεογενή και πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα αναπτύσσονται σε μεγάλες εκτάσεις, αποτελούνται από ιζήματα χερσαίας, ποτάμιας, υφάλμυρης και θαλάσσιας φάσης.



Σχήμα 2.1: Τυποποιημένος γεωλογικός χάρτης της Κρήτης (Creuttsburg, 1977).

Τα τεταρτογενή ιζήματα είναι τοποθετημένα πάνω σε όλους τους σχηματισμούς τόσο του αλπικού υποβάθρου όσο και των νεογενών αποθέσεων και αποτελούνται από χερσαίες θαλάσσιες έως λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις, άμμων, κροκαλών, αργίλων και χαλίκων ασύνδετων έως ελαφρά συγκολλημένων (ΠΕΣΔΑ, 2010).



Σχήμα 2.2: Σχηματική απεικόνιση της γεωλογικής δομής της Κρήτης με τα αλληπτάλληλα τεκτονικά καλύμματα (ΠΕΣΔΑ, 2010).

2.2. Σιδηρομεταλλεύματα Δυτικής Κρήτης

Στη Κρήτη έχει καταγραφεί μεγάλος αριθμός εμφανίσεων σιδηρομεταλλευμάτων. Οι εμφανίσεις αυτές βρίσκονται εντός της φυλλιτικής-χαλαζικής σειράς της Κρήτης. Οι πιο αξιόλογες εντοπίζονται στις δυτικές περιοχές του νησιού (Dornsiepen & Manutsoglu, 1994) και ιδιαίτερα στους Νομούς Χανίων και Ρεθύμνου όπου έχουν καταγραφεί σημαντικά κοιτάσματα μαλακών σιδηρομεταλλευμάτων. Τα σιδηρομεταλλεύματα των περιοχών Σκινέ και Ραβδούχων (Ν. Χανίων) αποτελούμενα κυρίως από λειμωνίτη, αιματίτη και μικρά ποσοστά πυρολουσίτη έχουν μερικώς εξορυχθεί. Υπάρχει όμως ένας μεγάλος αριθμός κοιτασμάτων, όπως στις περιοχές Κακόπετρος, Δρακώνα, Σκλαβοπούλα, Σκινέ, Ραβδούχα, και Σκορδαλού στο νομό Χανίων καθώς και Αρολίθι, Άνω Βαλσαμόνερο, Δαμάστα, Καλλικράτη, Σίσσες και

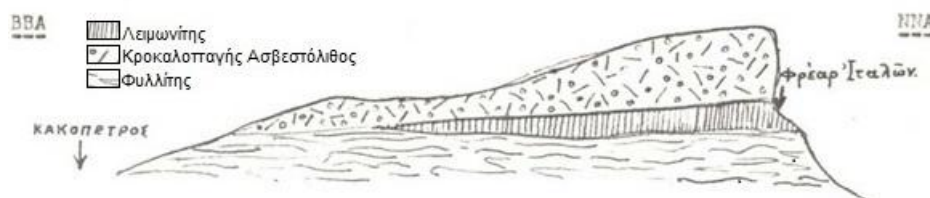
Φόδελε στο νομό Ρεθύμνου, τα οποία δεν έχουν επαρκώς διερευνηθεί σχετικά με τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες εμπλουτισμού τους (Αλεβίζος κ.α., 2010).

Σύμφωνα με τους Seidel et al. (2005), τα κοιτάσματα σιδηρομεταλλευμάτων στη Δυτική Κρήτη συνδέονται γενετικά με μια εκτενή ζώνη αποκόλλησης, η οποία απαντάται στο ανώτερο τμήμα της, υψηλών πιέσεων/χαμηλών θερμοκρασιών, μεταμορφωμένης Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής σειράς. Τιμές του λόγου των ισοτόπων οξυγόνου ($\delta^{18}\text{O}$) σε γκαπίτες από τα κοιτάσματα Κακόπετρου και Ραβδούχων στη Δυτική Κρήτη υποδηλώνουν, ότι τα σιδηρομεταλλεύματα σχηματίστηκαν σε χαμηλές θερμοκρασίες μεταξύ 31° και 40°C και σε ένα βάθος 1 έως 1,5 km περίπου.

2.3. Κοιτασματολογία των περιοχών ενδιαφέροντος

2.3.1. Κοιτασματολογία της περιοχής Κακόπετρου

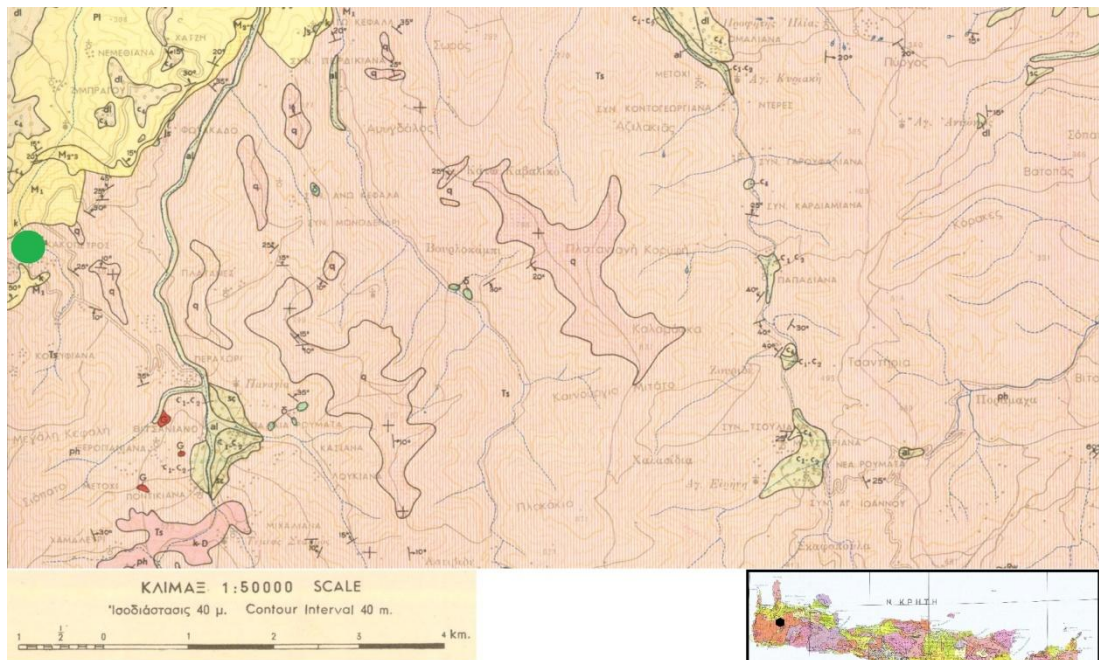
Στο λόφο νοτιοδυτικά του χωριού Κακόπετρος απαντώνται εμφανίσεις λειμωνίτη και λειμωνιτικής ώχρας. Οι εμφανίσεις αυτές είναι σχεδόν συνεχείς. Το σιδηρομετάλλευμα υπέρκειται ενός στρώματος Φυλλιών-Χαλαζιτών και καλύπτεται από ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή ηλικίας Μειόκαινου.



Σχήμα 2.3: Σχηματική τομή του κοιτάσματος της περιοχής Κακόπετρο (Παπασταματίου, 1952).

Το μέταλλευμα βρίσκεται στη ζώνη επαφής των προαναφερθέντων πετρωμάτων και το εύρος (πάχος) του κυμαίνεται μέχρι και τα 50m. Ο λειμωνίτης απαντάται με μορφή κοίτης εντός του κρυσταλλοσχιστώδους. Πάνω στη διαβρωσιγενή επιφάνεια της κοίτης του μεταλλεύματος και των φυλλιών έχει αποτεθεί τριτογενής ασβεστόλιθος. Στο Σχήμα 2.3 απεικονίζεται η γεωλογική τοποθέτηση του κοιτάσματος λειμωνίτη. Το σιδηρομετάλλευμα χαρακτηρίζεται ως καλής ποιότητας. Ο λειμωνίτης χαρακτηρίζεται ως ελαφρώς μαγγελιούχος. Η λειμωνιτική ώχρα η οποία απαντάται τοπικά στο κοίτασμα είναι καλής ποιότητας.

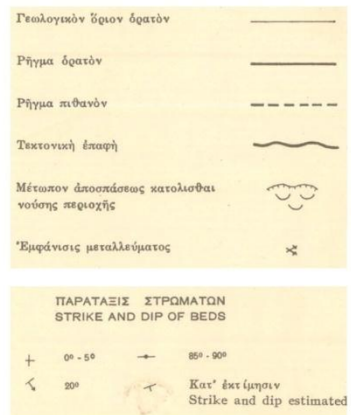
Τα αποθέματα του μεταλλεύματος δεν έχουν προσδιοριστεί με ακρίβεια, λόγω της φύσης του κοιτάσματος και των ελλιπών ερευνητικών στοιχείων στην περιοχή. Από τις προγενέστερες έρευνες δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία που να προσδιορίζουν την έκταση και το πάχος του κοιτάσματος που καλύπτεται από τους κροκαλοπαγής ασβεστόλιθους. Τα πιθανά αποθέματα εκτιμώνται από 500000 έως και 4000000 τόνους μεταλλεύματος. (Παπασταματίου, 1952).



- ΚΑΤΩΤ. ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ**
Σύγχρονες αποθέσεις
- ΚΑΤΩΤ. ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ**
Αναβαθμίδες χειμαρρώδεις & θαλάσσιες
- ΚΑΤΩΤ. ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ**
Πλευρικά κορήματα & κώνοι κορημάτων
- ΑΝΩΤ. ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ**
Μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή & ερυθροί σχηματισμοί
- ΝΕΟΤΡΙΤΟΓΕΝΕΣ ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ**
Θαλάσσιοι σχηματισμοί: κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες Τρηματοφόρα
- ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ**
Τρηματοφόρα
- ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ**
Πορόδεις ασβεστόλιθοι, ασβεστιτικοί ψαμμίτες λατυποπαγή, κροκαλοπαγή ασβεστολίθων
- ΑΝΩΤ. ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ**
ΣΕΙΡΑ ΤΡΙΠΟΛΕΩΣ Ασβεστόλιθοι & δολομίτες
- ΤΡΙΑΔΙΚΟ**
Φυλλίτες (ph), χαλαζίτες (q), ασβεστόλιθοι (k), δολομίτες (d), ραουβάκες (Rw), γύψοι (G), σιδηρούχα μεταλλεύματα (Fe)
- ΤΡΙΑΔΙΚΟ**
Ασβεστόλιθοι & δολομίτες
- ΤΡΙΑΔΙΚΟ**
Ραουβάκες

● Απόσπασμα Γεωλογικού χάρτη Αλικιανού 1:50000

● Περιοχή δειγματοληψίας



Σχήμα 2.4: Απόσπασμα γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ 1:50000 της περιοχής Αλικιανού (ΙΓΜΕ ΦΥΛΛΟ ΑΛΙΚΙΑΝΟΥ).

2.3.2. Κοιτασματολογία της περιοχής Αρολιθίου

Η περιοχή Αρολίθι βρίσκεται στα νοτιοδυτικά του νομού Ρεθύμνου και ανατολικά της περιοχής Μυριοκέφαλα. Η περιοχή Αρολίθι-Μυριοκέφαλα αποτελείται από κατώτερα μέλη της κρυσταλλοσχιστώδους σειράς, η οποία απαρτίζεται από δολομίτες οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως τεφροί, εύθρυπτοι και άστρωτοι και από την κατώτερη σειρά Φυλλιτών-Χαλαζιτών. Το σιδηρομετάλλευμα εμφανίζεται σε πολλές θέσεις στους λόφους βορειοανατολικά των περιοχών Αρολίθι, Μυρικήφαλα και νοτιοδυτικά του χωριού Αρολίθι. Η σύσταση του σιδηρομεταλλεύματος είναι ως επί το πλείστον λειμωνίτης με σπογγώδη υφή και απαντάται υπό μορφή μικρών φακοειδών σωμάτων πάνω στη ζώνη επαφής Φυλλιτών-Χαλαζιτών ή με τη μορφή φλεβών.



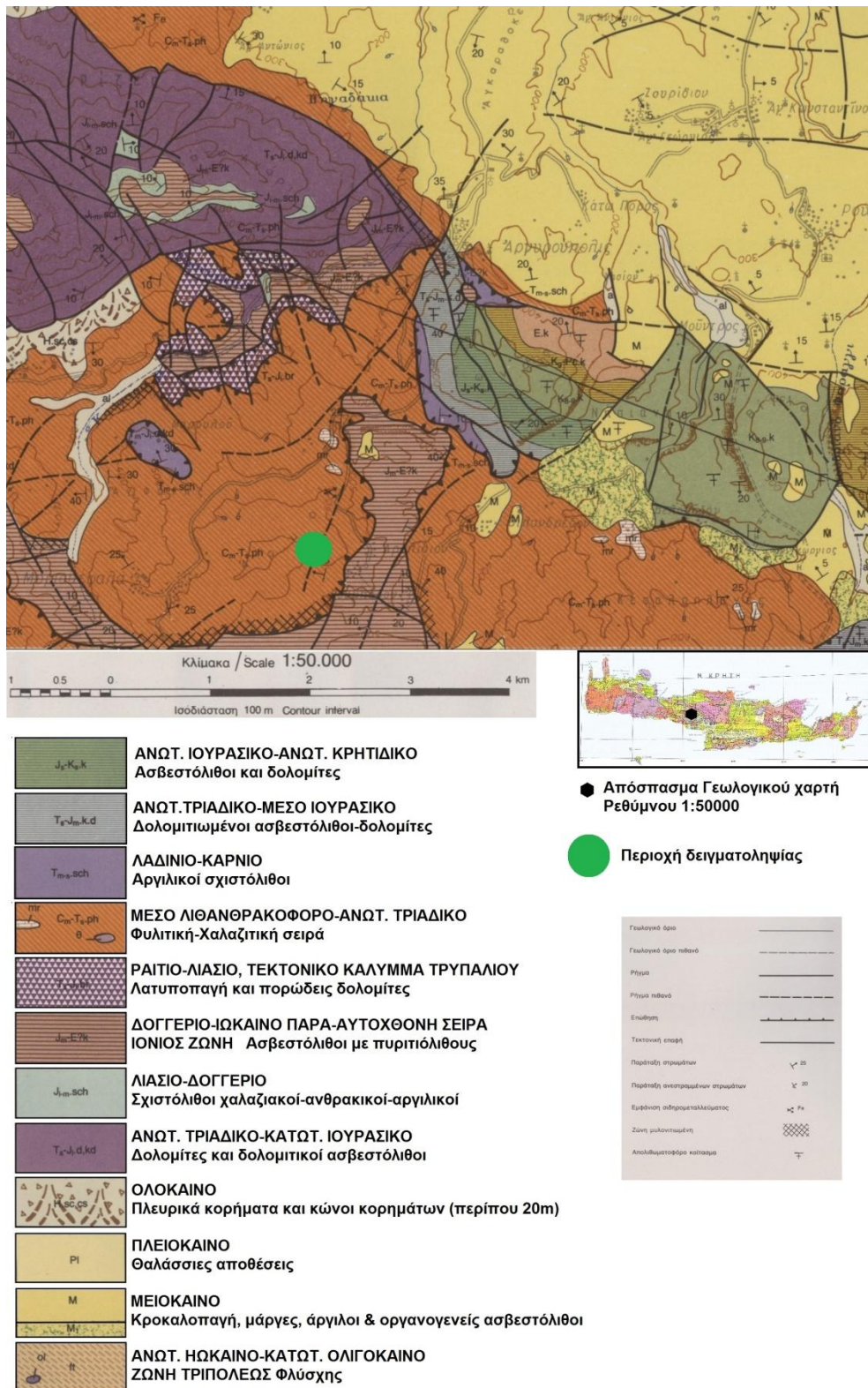
Σχήμα 2.5: Σχηματική τομή του κοιτάσματος Ρέντα-Αρολίθι (Παπασταματίου, 1952).

Το πιο ενδιαφέρον κοιτάσμα της περιοχής βρίσκεται στη θέση Ρέντα, η οποία βρίσκεται 500m δυτικά από το Αρολίθι. Στη παραπάνω σχηματική τομή φαίνεται η άμεση συσχέτιση του λειμωνίτη και των πυριτών.

Μια μετάπτωση με διεύθυνση Ανατολής-Δύσης χωρίζει το λειμωνιτικό κοιτάσμα από τους πυρίτες. Στη πραγματικότητα δεν πρόκειται για ένα συμπαγές μέταλλευμα πυριτών αλλά για διάσπαρτους κρυστάλλους πυριτών εντός της χαλαζιακής μάζας.

Το κοιτάσμα της Ρέντας παρουσιάζει ενδιαφέρον από μεταλλογενετικής άποψης, επειδή σε αυτό παρατηρείται άμεση επαφή με φλέβα πυριτών.

Γενικώς τα κοιτάσματα γύρω από το Αρολίθι δεν παρουσιάζουν αξιόλογο οικονομικό ενδιαφέρον, επειδή αποτελούνται από μικρά φακοειδή σώματα τα οποία βρίσκονται μέσα στο κρυσταλλοσχιστώδες. Το σύνολο των πιθανών αποθεμάτων υπολογίζεται στους 5000 τόνους. (Παπασταματίου, 1952).



Σχήμα 2.7: Απόσπασμα γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ 1:50000 της περιοχής Ρεθύμνου (ΙΓΜΕ ΦΥΛΛΟ ΡΕΘΥΜΝΟΥ).

3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1. Δείγματα

Η διαδικασία της δειγματοληψίας στην περιοχή του Κακόπετρου πραγματοποιήθηκε σε ένα πρανές, όπου εμφανιζόταν αντιπροσωπευτικό τμήμα του κοιτάσματος. Πάρθηκαν συνολικά 18 αρχικά δείγματα κατά μήκος τομής κάθετης προς την οροφή του κοιτάσματος. Η διαδικασία της δειγματοληψίας στη περιοχή Ρέντα-Αρολίθι πραγματοποιήθηκε σε ένα πρανές και παραπλεύρως του δρόμου. Συνολικά πάρθηκαν 4 αρχικά δείγματα από το πρανές και 5 δείγματα από το δρόμο.

Στα αρχικά δείγματα και των δύο περιοχών πραγματοποιήθηκε χημική ανάλυση με τη μέθοδο φασματοσκοπίας ακτίνων-X (XRF) και ορυκτολογική ανάλυση με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας ακτίνων-X (XRD). Έπειτα από αυτή τη διαδικασία τα αρχικά δείγματα, ανακατευσθήκαν και λειοτριβήθηκαν σε σιαγωνινό θραυστήρα. Μετά τη λειοτριβήση το υλικό κοσκινίστηκε και διαχωρίστηκε σε 5 διαφορετικές κοκκομετρίες :

1. -0.063 mm
2. 0.250-0.063 mm
3. 1.00-0.250 mm
4. 4.00-1.00 mm
5. 8.00-4.00 mm

Από το κάθε κοκκομετρικό κλάσμα προέκυψε και ένα δείγμα. Έπειτα πραγματοποιήθηκαν δοκιμές εμπλουτισμού (βαρυτομετρικού και μαγνητικού διαχωρισμού) και από αυτή τη διαδικασία προέκυψαν 22 δείγματα για την περιοχή του Κακόπετρου και 19 για την περιοχή της Ρέντα-Αρολίθι. Για την περιοχή Κακόπετρο προέκυψαν 8 δείγματα από το βαρυτομετρικό και 14 από το μαγνητικό διαχωρισμό, ενώ για την περιοχή Ρέντα-Αρολίθι προέκυψαν 8 δείγματα από το βαρυτομετρικό και 11 από το μαγνητικό διαχωρισμό. Σε όλα τα προϊόντα πραγματοποιήθηκε ορυκτολογική ανάλυση με τη μέθοδο περιθλασιμετρίας ακτίνων-X (XRD) και χημική ανάλυση με τη μέθοδο φασματοσκοπίας ακτίνων-X (XRF) .

3.2. Μικροσκοπική εξέταση

Η ανίχνευση των μεταλλικών ορυκτών, η περιγραφή των ιστολογικών χαρακτηριστικών των μεταλλευμάτων καθώς και η αξιολόγηση των προϊόντων από τις δοκιμές εμπλουτισμού έγιναν με τη μέθοδο μικροσκοπίας ανακλωμένου φωτός. Χρησιμοποιήθηκε ένα πολωτικό μικροσκόπιο ανακλωμένου φωτός τύπου JENA. Η μικροφωτογράφιση έγινε με ψηφιακή κάμερα OLYMPUS.

Προετοιμασία δειγμάτων:

Για την μελέτη ενός μεταλλεύματος είναι απαραίτητη η παρασκευή μιας καλά στίλβωμένης τομής, η επιφάνεια της οποίας θα πρέπει να στερείται χαραγών και ανωμαλιών. Το προς στίλβωση υλικό πρέπει αρχικά να εμποτιστεί σε ειδική τεχνητή ρητίνη, στη συνέχεια τοποθετείται σε ειδικές φόρμες διαμέτρου 2-4cm στις οποίες προστίθεται ποσότητα του υγρού υλικού εγκλίσεως (ρητίνη). Στη συνέχεια, ακολουθεί η λείανση της επιφάνειας του δείγματος. Ως λειαντικό μέσο χρησιμοποιείται καρβίδιο του πυριτίου ή του βολφραμίου διαφόρων κοκκομετριών.

Στο τέλος, ακολουθεί η διαδικασία της στίλβωσης με τη μέθοδο Vanderwilt-Rehwal, χρησιμοποιείται η συσκευή Rehwal και γίνεται επιλογή διάφορων μέσων στίλβωσης (π.χ αλοιφές-Rehwal, αδαμανταλοιφές, καρβίδιο του βορίου με εκχύλισμα πίσσας) διαφόρων

κοκκομετριών. Η μέθοδος Rehwalde είναι η μοναδική μέθοδος στίλβωσης με την οποία παρασκευάζονται στιλπνές τομές ελεύθερες από ανάγλυφο και χαραγές (Αλεβίζος, 2005).

3.3. Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM)

Μικροσκοπική εξέταση και μικροανάλυση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM) τύπου JEOL JSM 5400, του Εργαστηρίου Πετρολογίας και Οικονομικής Γεωλογίας, σε συνδυασμό με EDS-μικροαναλύσεις. Οι Συνθήκες μέτρησης είναι : $U=20\text{ kV}$, $I=5\text{ nA}$. Έγινε χρήση φυσικών και συνθετικών προτύπων, ενώ η επεξεργασία των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα INCA ENERGY 30.

3.4. Ορυκτολογική ανάλυση δειγμάτων με το περιθλασίμετρο ακτίνων-X (XRD)

Ο προσδιορισμός της ορυκτολογικής σύστασης των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με το περιθλασίμετρο ακτίνων-X (XRD) τύπου D8-Advance της Bruker AXS (Σχήμα 3.1) του Εργαστηρίου Γενικής και Τεχνικής Ορυκτολογίας του Πολυτεχνείου Κρήτης.



Σχήμα 3.1: Περιθλασίμετρο ακτίνων-X του Εργαστηρίου Γενικής και Τεχνικής Ορυκτολογίας του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Τα δείγματα τα οποία εξετάστηκαν με τη μέθοδο περιθλασιμετρίας ακτίνων-X στα πλαίσια της παρούσας εργασίας λειοτριβήθηκαν έτσι ώστε να έχουν μέγεθος κόκκων $<45\mu\text{m}$ τοποθετήθηκαν με την ίδια μεθοδολογία σε δειγματοφορείς. Η ακτινοσκόπηση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με χρήση λυχνίας Cu, καταμετρητή LynxEye και φίλτρο νικελίου, τάση λυχνίας $U=35\text{KV}$ και ένταση ρεύματος $I=35\text{mA}$. Η ακτινοσκόπηση των δειγμάτων έγινε σε γωνίες μεταξύ $4-70^\circ 2\theta$, βήμα $0,02^\circ$ και χρόνο $0,2\text{ sec/βήμα}$.

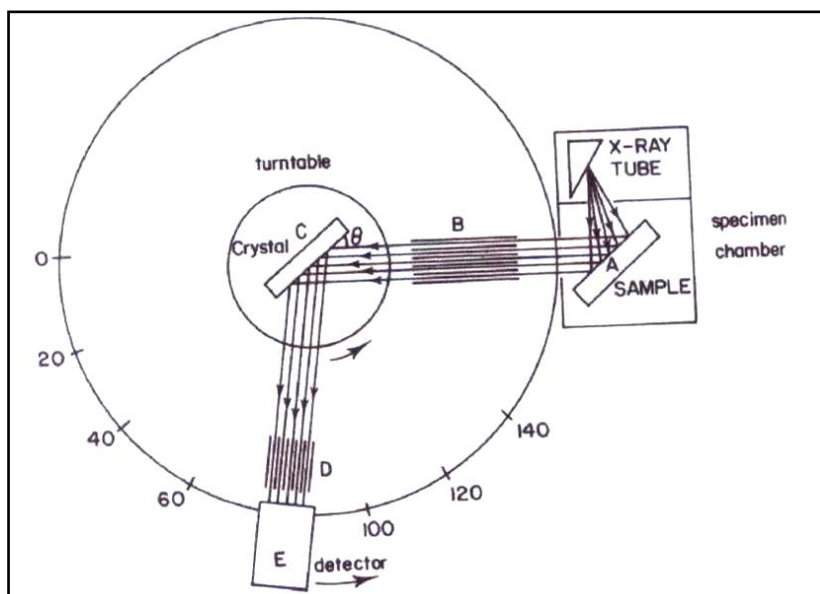
3.5. Χημικές αναλύσεις τη μέθοδο φασματοσκοπίας ακτίνων-X (XRF)

Η χημική ανάλυση των δειγμάτων έγινε με τη μέθοδο φασματοσκοπίας ακτίνων-X φθορισμού (XRF), χρησιμοποιήθηκε το φασματοσκόπιο S2 Ranger (Σχήμα 3.4) του Εργαστηρίου Ανόργανης Γεωχημείας, Οργανικής Γεωχημείας και Οργανικής Πετρογραφίας του Πολυτεχνείου Κρήτης.



Σχήμα 3.4: Φασματοσκόπιο ακτίνων-X φθορισμού του Εργαστηρίου Ανόργανης Γεωχημείας, Οργανικής Γεωχημείας και Οργανικής Πετρογραφίας του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Από το μήκος κύματος των ακτίνων-X προσδιορίζεται το είδος των στοιχείων του δείγματος (ποιοτική ανάλυση), ενώ από την ένταση τους η σύσταση (ποσοτική ανάλυση) (Whiston, 1987). Η ακτινοσκόπηση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με χρήση λυχνίας Pd, με τάση λυχνίας $U=30\text{KV}$, και ένταση ρεύματος $I=100\mu\text{A}$. Οι συνθήκες μέτρησης των δειγμάτων ήταν ένταση $I=250\mu\text{A}$, και τάση μέτρησης 40KV με φίλτρο $\text{Al}(500\mu\text{m})$ για τα βαρέα στοιχεία (Fe, Mn, Ti, Ca, K, Ba, Co, Zn, Cr) και 20KV για τα ελαφρά (P, Si, Al, Mg, Na, S).



Εικόνα 3.5: Σχηματική παράσταση της διάταξης Φασματομέτρου. του Εργαστηρίου Ανόργανης Γεωχημείας, Οργανικής Γεωχημείας και Οργανικής Πετρογραφίας του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Τα δείγματα στα οποία προσδιορίστηκε η χημική σύσταση με τη παραπάνω μέθοδο λειοτριβήθηκαν σε κοκκομετρία κάτω των $60\mu\text{m}$ και στη συνέχεια πιέστηκαν εντός ειδικής μήτρας, με πίεση 150atm .

3.6. Δοκιμές εμπλουτισμού

3.6.1. Βαρυτομετρικός διαχωρισμός

Με τον όρο βαρυτομετρικός διαχωρισμός χαρακτηρίζεται μία σειρά μεθόδων εμπλουτισμού μεταλλευμάτων, οι οποίες εκμεταλλεύονται τη διαφορά των πυκνοτήτων, των προς διαχωρισμό, ορυκτών. Το αποτέλεσμα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού εξαρτάται, επίσης, από το μέγεθος και το σχήμα των τεμαχιδίων.

Οι βαρυτομετρικές μέθοδοι εμπλουτισμού ήταν οι πρώτες μηχανικές διεργασίες που χρησιμοποιήθηκαν για τον εμπλουτισμό των μεταλλευμάτων και εφαρμόζονται για μία μεγάλη ποικιλία ορυκτών. Το μέγεθος των τεμαχιδίων, που μπορούν να επεξεργασθούν, ποικίλλει ανάλογα με τη μέθοδο, από τα 200mm έως τα 50 μ m (Σταμπολιάδης, 2008).

Εργαστηριακή Μέθοδος των Βαρέων Υγρών:

Εάν σε ένα υγρό με πυκνότητα ρ_0 προσθέσουμε κόκκους δύο ορυκτών α και β με αντίστοιχες πυκνότητες $\rho_\alpha < \rho_0$ και $\rho_\beta > \rho_0$, τότε οι κόκκοι του ορυκτού α θα επιπλεύσουν (FLOAT), ενώ αυτοί του ορυκτού β θα βυθισθούν (SINK). Με τον τρόπο αυτό, μπορεί κανείς να χωρίσει εύκολα τα ορυκτά α και β . Τα ορυκτά έχουν πυκνότητες αρκετά μεγαλύτερες από το νερό και, για το λόγο αυτό, ένα υγρό που έχει ενδιάμεση πυκνότητα μεταξύ δύο ορυκτών ονομάζεται βαρύ υγρό. Τα προς χρήση, στο εργαστήριο, βαρέα υγρά είναι οργανικά υγρά ή ακόμη υδατικά διαλύματα ευδιάλυτων αλάτων βαρέων μετάλλων, όπως του βολφραμίου W. Η μέθοδος των βαρέων υγρών είναι μία καθαρά βαρυτομετρική μέθοδος.

Επειδή τα οργανικά υγρά είναι αναμίξιμα, μπορεί κανείς, χρησιμοποιώντας δύο από αυτά, να φτιάξει οποιαδήποτε ενδιάμεση πυκνότητα. Τα βαρέα υγρά χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο όχι μόνο για να διαχωρίσουν ελεύθερους κόκκους δύο ορυκτών αλλά και σύμμεικτους κόκκους με διαφορετικά ποσοστά συμμετοχής της κάθε ορυκτολογικής φάσης. Ανεξαρτήτως του τρόπου παρασκευής τους, τα βαρέα υγρά είναι ομοιογενείς υγρές φάσεις και διατηρούν την πυκνότητά τους σταθερή για αρκετό χρόνο, πράγμα που επιτρέπει σχολαστική εργαστηριακή εργασία (Σταμπολιάδης, 2008).

Στη δοκιμή βαρυτομετρικού διαχωρισμού στα δείγματα και των δύο περιοχών έγινε διαχωρισμός στα τέσσερα από τα πέντε κοκκομετρικά κλάσματα και η διαδικασία που ακολουθήθηκε αναλύεται παρακάτω.

Στη πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε ένα οργανικό βαρύ υγρό με πυκνότητα ίση με 2.96g/cm³ και όχι ένα μείγμα δύο οργανικών βαρέων υγρών όπως συνηθίζεται. Αυτό συνέβη επειδή το μέταλλευμα είναι σιδηρούχο και έχει σχετικά μεγάλο ειδικό βάρος. Η πυκνότητα διαχωρισμού κρίθηκε ότι πρέπει να είναι κοντά 3.00g/cm³ (μεγίστη πυκνότητα στη μέθοδο των βαρέων υγρών) ώστε ο διαχωρισμός να είναι πιο αποτελεσματικός. Το βαρύ υγρό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το καθαρό τετραβρωμοαιθάνιο (tetrabromoethane) με πυκνότητα 2,96g/cm³.

Η πειραματική διαδικασία είχε ως εξής. Σε πρώτη φάση χρησιμοποιήθηκε ένα ποτήρι ζέσεως των 1000ml στο οποίο τοποθετήθηκαν 650ml βαρέως υγρού πυκνότητας 2,96g/cm³. Σε αυτό το δοχείο προστέθηκε προοδευτικά το κάθε κοκκομετρικό κλάσμα ξεχωριστά και αυτή η διαδικασία είχε ως αποτέλεσμα να προκύψουν δύο νέα κλάσματα, ένα ελαφρύ (FLOAT), το οποίο αποτελείται από κόκκους που έχουν πυκνότητα μικρότερη από εκείνη του βαρέως υγρού και από ένα βαρύ (SINK), το οποίο αποτελείται από κόκκους που έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα από εκείνη του βαρέως υγρού. Τα ελαφριά επιπλέουν στη επιφάνεια του βαρέως υγρού και τα βαριά καταβυθίζονται στο πάτο του ποτηριού ζέσεως, έτσι τα ελαφριά συλλέγονται και απομακρύνονται από το βαρύ υγρό. Στη συνέχεια τα νέα κλάσματα αφού έχουν συλλεχθεί πλένονται με ακετόνη, ώστε να απομακρυνθεί κάθε ίχνος βαρέως υγρού από την επιφάνεια των κόκκων, μετά ξεραίνονται στο φούρνο και ζυγίζονται σε ζυγό ακριβείας.



Σχήμα 3.6: Τμήμα διάταξης βαρυτομετρικού διαχωρισμού, το σκουρόχρωμο υλικό είναι το βαρύ προϊόν (SINK).

3.6.2. Μαγνητικός διαχωρισμός

Μαγνητικός διαχωρισμός είναι η μέθοδος εμπλουτισμού που εκμεταλλεύεται τη διαφορά στις μαγνητικές ιδιότητες των ορυκτών. Εφαρμόζεται για την ανάκτηση χρήσιμων μαγνητικών ορυκτών από μη μαγνητικά, στείρα ορυκτά, όπως, π.χ., ο διαχωρισμός μαγνητίτη από χαλαζία.

Όλα τα υλικά αντιδρούν με κάποιο τρόπο όταν βρεθούν σε ένα μαγνητικό πεδίο, μόνο που σε μερικά η αντίδραση αυτή είναι τόσο μικρή, που δε μπορεί πρακτικά να προσδιορισθεί. Τα υλικά χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα, εάν έλκονται ή απωθούνται από το μαγνητικό πεδίο: i) διαμαγνητικά, ii) παραμαγνητικά και iii) σιδηρομαγνητικά

Πολλές φορές είναι δυνατόν ορυκτά μη μαγνητικά ή ελάχιστα μαγνητικά να μετατραπούν σε ισχυρώς μαγνητικά μέσω κάποιας διαδικασίας, όπως είναι η φρύξη, Έτσι, τα παραμαγνητικά ορυκτά σιδηρίτης FeCO_3 και αιματίτης Fe_2O_3 μπορούν να μετατραπούν σε μαγνητίτη μετά από οξειδωτική και αναγωγική φρύξη αντίστοιχα (Σταμπολιάδης, 2008).

Ο μαγνητικός διαχωρισμός που πραγματοποιήθηκε στα δείγματα των δύο περιοχών ήταν κοινός όσον αφορά το τύπο των μαγνητικών διαχωριστών αλλά διέφερε στις παραμέτρους που εφαρμόστηκαν σε αυτούς. Σε αυτή τη δοκιμή μαγνητικού διαχωρισμού χρησιμοποιήθηκαν τα τέσσερα από τα πέντε κοκκομετρικά κλάσματα και αυτά ήταν τα εξής:

- a) -8.00 +4.00 mm
- b) -4.00 +1.00 mm
- c) -1.00 +0.250 mm
- d) -0.250 +0.063 mm

Χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές μέθοδοι μαγνητικού διαχωρισμού, ανάλογα με την κοκκομετρία του δείγματος.



Σχήμα 3.7: Ταινιοφόρος μαγνητικός διαχωριστής (perm roll).



Σχήμα 3.8: Ξηρός μαγνητικός διαχωριστής υψηλής έντασης (high intensity induced magnetic separator Carpcο MIH 111-5).

Αυτές ήταν οι εξής, για τα δύο μεγαλύτερα κοκκομετρικά κλάσματα $-8.00 +4.00\text{mm}$ και $-4.00 +1.00\text{mm}$ χρησιμοποιήθηκε ο ταινιοφόρος μαγνητικός διαχωριστής (perm roll, Σχήμα 3.7). Για τα δύο μικρότερα κοκκομετρικά κλάσματα $-1.00 +0.250\text{mm}$ και $-0.250 +0.063\text{mm}$ χρησιμοποιήθηκε ο ξηρός μαγνητικός διαχωριστής υψηλής έντασης (high intensity induced magnetic separator Carpcο MIH 111-5, Σχήμα 3.8). Η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε στο μέταλλευμα του Κακόπετρου και στο μέταλλευμα του Αρολιθίου διέφερε σε κάποια σημεία λόγω της διαφορετικής σύνθεσης των δειγμάτων. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιγράφεται στο υποκεφάλαιο της κάθε περιοχής ξεχωριστά.

Κακόπετρο

Η πειραματική διαδικασία για τα δύο μεγαλύτερα κοκκομετρικά κλάσματα $-8.00 +4.00\text{mm}$ και $-4.00 +1.00\text{mm}$ είχε ως εξής. Αρχικά ο ταινιοφόρος μαγνητικός διαχωριστής ρυθμίστηκε για το πρώτο πέρασμα στις 180rpm (στροφές ανά λεπτό) και η λεπίδα του διαχωριστή τοποθετήθηκε στη θέση 10. Από το πρώτο πέρασμα συλλέχθηκε το πρώτο μαγνητικό προϊόν, το οποίο ζυγίστηκε και αποθηκεύτηκε. Το μη μαγνητικό κλάσμα χρησιμοποιήθηκε σαν τροφοδοσία του επόμενου περάσματος, το οποίο έγινε στις 140rpm με τη θέση της λεπίδας στο 10. Από το δεύτερο πέρασμα προέκυψε το δεύτερο μαγνητικό προϊόν και το μη μαγνητικό το οποίο πάλι χρησιμοποιήθηκε σαν τροφοδοσία για το τρίτο πέρασμα. Το τρίτο πέρασμα έγινε στις 100rpm με τη θέση της λεπίδας στο 10. Από το τρίτο και τελευταίο πέρασμα προέκυψε το τρίτο μαγνητικό προϊόν και το μη μαγνητικό προϊόν. Θα πρέπει να αναφερθεί εδώ ότι αρχικά η δοκιμή επιχειρήθηκε να πραγματοποιηθεί στο πρώτο πέρασμα στις 160rpm σε διάφορες θέσεις της λεπίδας αλλά τελικά κρίθηκε ότι θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί στις

180rpm όπως αναφέρεται παραπάνω γιατί έτσι θα είχε καλύτερο αποτέλεσμα για ένα μέταλλευμα το οποίο είναι σιδηρούχο όποτε και ισχυρά μαγνητικό.

Η πειραματική διαδικασία για τα δύο μικρότερα κοκκομετρικά κλάσματα $-1.00 +0.250\text{mm}$ και $-0.250 +0.063\text{mm}$ είχε ως εξής. Αρχικά για το κλάσμα $-1.00 +0.250\text{mm}$ ο μαγνητικός διαχωριστής ρυθμίστηκε για το πρώτο πέρασμα στις 140rpm με ένταση μαγνήτη στα 2.86-3.14A και τη λεπίδα στη θέση 4, από αυτό το πέρασμα προέκυψε το πρώτο μαγνητικό προϊόν και το μη μαγνητικό το οποίο αποτέλεσε τη τροφοδοσία του επόμενου περάσματος. Στο δεύτερο και τελευταίο πέρασμα ο μαγνητικός διαχωριστής ρυθμίστηκε στις 120rpm με την ένταση του μαγνήτη στα 2.83-2.91A και τη λεπίδα στη θέση 4, από αυτό το πέρασμα προέκυψε το δεύτερο μαγνητικό προϊόν και το μη μαγνητικό προϊόν. Σε ότι αφορά το κλάσμα $-0.250 +0.063\text{mm}$ η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν ίδια με εκείνη που πραγματοποιήθηκε στο κλάσμα $-1.00 +0.250\text{mm}$ με διάφορα στην ένταση του μαγνήτη στα περάσματα. Στο πρώτο πέρασμα η ένταση του μαγνήτη ήταν 2.64-2.96A και στο δεύτερο πέρασμα ήταν 2.63-2.74A.

Ρέντα-Αρολίθι

Η πειραματική διαδικασία για τα δύο μεγαλύτερα κοκκομετρικά κλάσματα $-8.00 +4.00\text{mm}$ και $-4.00 +1.00\text{mm}$ είχε ως εξής. Αρχικά ο ταινιοφόρος μαγνητικός διαχωριστής ρυθμίστηκε για το πρώτο πέρασμα στις 180rpm (στροφές ανά λεπτό) και η λεπίδα του διαχωριστή τοποθετήθηκε στη θέση 10. Από το πρώτο πέρασμα συλλέχθηκε το πρώτο μαγνητικό προϊόν, το οποίο ζυγίστηκε και αποθηκεύτηκε. Για το κλάσμα $-4.00 +1.00\text{mm}$ δεν πραγματοποιήθηκαν αλλά περάσματα επειδή στις 140rpm και 100rpm τα μαγνητικά προϊόντα που προέκυψαν σε δοκιμαστικά περάσματα έδιναν μαγνητικά προϊόντα πολύ μικρών ποσοτήτων (αποτελούμενα από μόλις μερικούς κόκκους). Το μη μαγνητικό κλάσμα χρησιμοποιήθηκε σαν τροφοδοσία του επόμενου περάσματος, το οποίο έγινε στις 140rpm με τη θέση της λεπίδας στο 10. Από το δεύτερο πέρασμα προέκυψε το δεύτερο μαγνητικό προϊόν και το μη μαγνητικό χρησιμοποιήθηκε σαν τροφοδοσία για το τρίτο πέρασμα. Το τρίτο πέρασμα έγινε στις 100rpm με τη θέση της λεπίδας στο 10. Από το τρίτο και τελευταίο πέρασμα προέκυψε το τρίτο μαγνητικό προϊόν και το μη μαγνητικό προϊόν. Θα πρέπει να αναφερθεί εδώ, ότι αρχικά η δοκιμή επιχειρήθηκε να πραγματοποιηθεί στο πρώτο πέρασμα στις 160rpm σε διάφορες θέσεις της λεπίδας, αλλά τελικά κρίθηκε, ότι θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί στις 180rpm, όπως αναφέρεται παραπάνω, γιατί έτσι θα είχε καλύτερο αποτέλεσμα για ένα μέταλλευμα, το οποίο είναι σιδηρούχο όποτε και ισχυρά μαγνητικό.

Η πειραματική διαδικασία για τα δύο μικρότερα κοκκομετρικά κλάσματα $-1.00 +0.250\text{mm}$ και $-0.250 +0.063\text{mm}$ είχε ως εξής. Αρχικά για το κλάσμα $-1.00 +0.250\text{mm}$ ο μαγνητικός διαχωριστής ρυθμίστηκε για το πρώτο πέρασμα στις 160rpm με ένταση μαγνήτη στα 2.74-3.18A και τη λεπίδα στη θέση 4, από αυτό το πέρασμα προέκυψε το πρώτο μαγνητικό προϊόν και το μη μαγνητικό το οποίο αποτέλεσε τη τροφοδοσία του επόμενου περάσματος. Στο δεύτερο και τελευταίο πέρασμα ο μαγνητικός διαχωριστής ρυθμίστηκε στις 140rpm με την ένταση του μαγνήτη στα 2.68-3.00A και τη λεπίδα στη θέση 4, από αυτό το πέρασμα προέκυψε το δεύτερο μαγνητικό προϊόν και το μη μαγνητικό προϊόν. Σε ότι αφορά το κλάσμα $-0.250 +0.063\text{mm}$ η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν ίδια με εκείνη που πραγματοποιήθηκε στο κλάσμα $-1.00 +0.250\text{mm}$ με δύο διαφορές. Η πρώτη διαφορά είναι ότι δε δημιουργήθηκε δεύτερο μαγνητικό προϊόν και η δεύτερη ότι η ένταση του μαγνήτη στο ένα πέρασμα που πραγματοποιήθηκε ήταν 2.60-2.92A.

4. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΑΡΧΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

4.1. Δειγματοληψία στην περιοχή Κακόπετρου Η περιοχή Κακόπετρου βρίσκεται σε απόσταση 38 χιλιομέτρων νοτιοδυτικά των Χανίων. Στην ευρύτερη περιοχή απαντώνται Φυλλίτες-Χαλαζίτες του Τριαδικού καθώς και πορώδεις Ασβεστόλιθοι, ασβεστιτικοί Ψαμμίτες και Ασβεστολιθικά λατυποπαγή-κροκαλοπαγή του Μειόκαινου. Στη περιοχή Κακόπετρου υπάρχουν εμφανίσεις λειμωνίτη και λειμωνιτικής ώχρας στον λόφο νοτιοδυτικά του χωριού.

Το μεταλλοφόρο κοίτασμα βρίσκεται σε επαφή μεταξύ του υποκείμενου στρώματος Φυλλιτών-Χαλαζιτών και του υπερκείμενου κροκαλοπαγή ασβεστόλιθου. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στη παραπάνω περιοχή η οποία απέχει περίπου 650m από το χωριό και στις συντεταγμένες: γεωγ.πλάτος-35.415927° γεωγ.μήκος-23.754159°.

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε κατά μήκος δύο παραλλήλων τομών κάθετων στην οροφή του μεταλλεύματος. Στα σχήματα 4.1 και 4.2 αναγράφονται τα σημεία από τα οποία ελήφθησαν τα 18 αρχικά δείγματα.

Τα δείγματα που ελήφθησαν από την πρώτη τομή από το πάτωμα προς την οροφή ήταν τα εξής: K1, K2a, K2b, K3a, K3b, K4a, K4b, K4L1, K4L2, K5a, K5b, K5c, και K6. Τα δείγματα που ελήφθησαν από τη δεύτερη τομή από το πάτωμα προς την οροφή ήταν τα εξής: K4L1, K4L2, K5L1, K5L2, K6L1 και K6L2. Ακόμα πρέπει να αναφερθεί ότι ελήφθη ακόμα ένα πρόσθετο δείγμα, το οποίο ήταν εκτός και των δύο τομών το ΚΕ. Το συνολικό βάρος των δειγμάτων ήταν 6.85 kg. Τα δείγματα αποτελούνταν από συμπαγή τεμάχια με διαμέτρους από 5cm έως και 15cm επίσης στα δείγματα υπήρχε και αρκετή λειμωνιτική ώχρα.



Σχήμα 4.2: Σημεία δειγματοληψίας, νοτιοδυτικά του χωριού Κακόπετρος, πρώτη τομή.

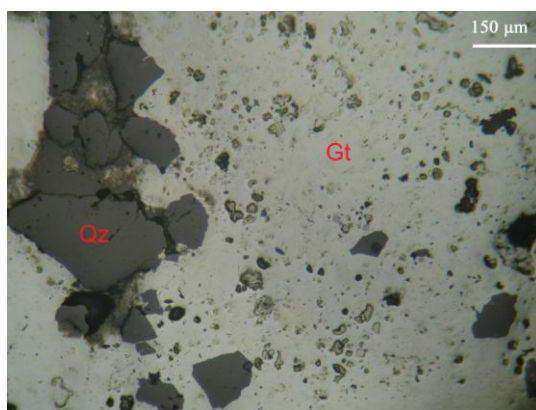


Σχήμα 4.1: Σημεία δειγματοληψίας νοτιοδυτικά του χωριού Κακόπετρος, δεύτερη τομή.

4.1.1. Ορυκτολογία δειγμάτων περιοχής Κακόπετρου

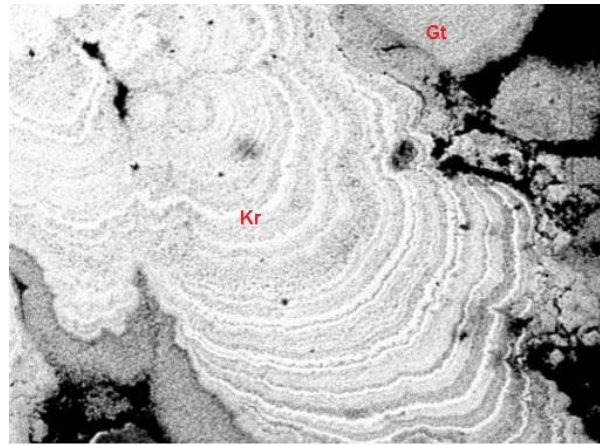
Η μικροσκοπική εξέταση των δειγμάτων που πάρθηκαν από τις δύο τομές που αναφέρθηκαν καταδεικνύει την ορυκτολογική σύνθεση και τα ιστολογικά χαρακτηριστικά του κοιτάσματος. Τα τέσσερα πιο αντιπροσωπευτικά δείγματα είναι τα K1, K3a, K5c και K6. Η ακτινοσκοπική εξέταση των δειγμάτων πιστοποίησε τα ορυκτολογικά συστατικά του μεταλλεύματος που παρατηρήθηκαν κατά τη μικροσκοπική εξέταση.

Το δείγμα K1 πάρθηκε από το χαμηλότερο σημείο της τομής του κοιτάσματος. Η μικροσκοπική εξέταση έδειξε ότι το δείγμα αποτελείται κυρίως από συμπαγές γκαϊπιτικό υλικό. Επίσης παρατηρήθηκαν και κρύσταλλοι χαλαζία μέσα στη γκαϊπιτική μάζα. Χαρακτηριστική είναι η φωτογραφία στο Σχήμα 4.3 στο οποίο εμφανίζονται κάποιοι διάσπαρτοι κρύσταλλοι χαλαζία μέσα στη συμπαγή γκαϊπιτική μάζα.



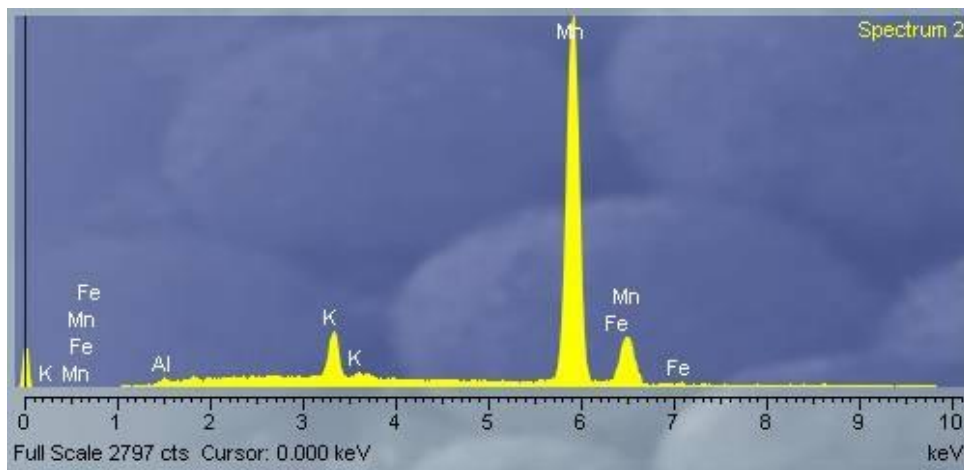
Σχήμα 4.3: Συμπαγής γκαϊπίτης(Gt) και διάσπαρτοι κρύσταλλοι χαλαζία (Qtz).
Δείγμα K1, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

Στο δείγμα K3a παρατηρούνται επίσης συμπαγείς γκαϊπιτικές μάζες (Σχήμα 4.4 & 4.6), οι οποίες διαφοροποιούνται σε σχέση με το δείγμα K1 στα εξής σημεία. Η πρώτη διαφορά είναι ότι σε αυτό το δείγμα εμφανίζονται μεμονωμένοι κρύσταλλοι χαλαζία με σχετικά μικρότερη συχνότητα και η δεύτερη είναι η παρουσία κρυστάλλων κρυπτομέλανα, οι οποίοι δικαιολογούν και το αυξημένο ποσοστό του MnO στο συγκεκριμένο δείγμα (Σχήμα 4.4 & 4.5). Το δείγμα K5c παρουσιάζει αντίστοιχα χαρακτηριστικά με το δείγμα K3a. Παρατηρήθηκε μεγάλης έκτασης μεταλλοφορία μαγγανίου και σιδήρου με μορφή κρυπτομέλανα και γκαϊπίτη

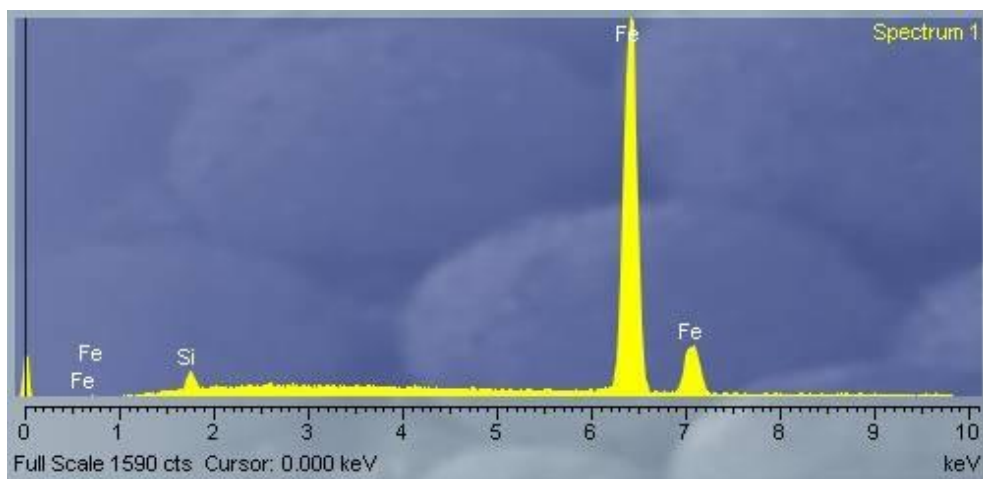


100μm

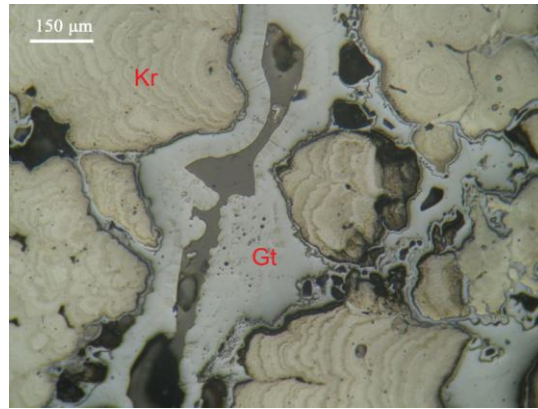
Σχήμα 4.4: Μικροφωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM), Κρυπτομέλανας (Kr) με συγκεντρικές επιφλοιώσεις και Γκαϊπίτης (Gt). Δείγμα K3α.



Σχήμα 4.5: Στοιχειακή χημική ανάλυση (EDS) κόκκου κρυπτομέλανα που εμφανίζει συγκεντρικές επιφλοιώσεις. Δείγμα K3α.

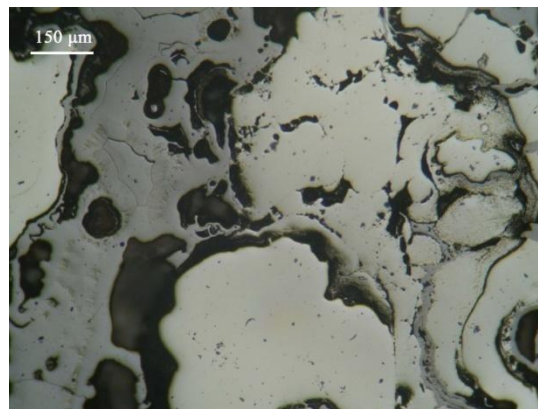


Σχήμα 4.6: Στοιχειακή χημική ανάλυση (EDS) κόκκου γκαϊπίτη. Δείγμα K3α.

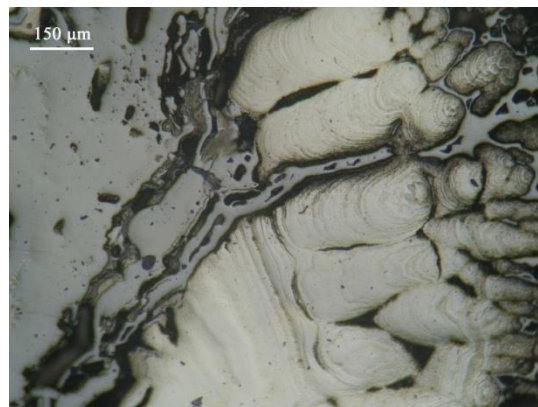


Σχήμα 4.7: Συγκεντρικές επιφλοιώσεις κρυπτομέλανα (τεφροκίτρινο, Kr) και γκαϊπίτη (τεφρό, Gt). Δείγμα K3α, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

αντίστοιχα. Ο κρυπτομέλανας καθώς και ο γκαϊπίτης σχηματίζουν κυρίως συγκεντρικές επιφλοιώσεις κατά μήκος ρωγμών και διάκενων του μητρικού πετρώματος (Σχήμα 4.8). Η αναλογία των κρυστάλλων γκαϊπίτη-κρυπτομέλανα είναι περίπου 3:4, γεγονός που πιστοποιείται και από τη χημική ανάλυση του δείγματος (Πίνακας 4.1).



Σχήμα 4.8: Κρυπτομέλανας και γκαϊπίτης πληρούν διάκενα του μητρικού πετρώματος. Δείγμα K5c, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



Σχήμα 4.9: Συμπαγής μάζα γκαϊπίτη και συγκεντρικές επιφλοιώσεις κρυπτομέλανα. Δείγμα K6, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

Το δείγμα K6 πάρθηκε από σημείο κοντά στη οροφή του κοιτάσματος (Σχήμα 4.9). Σε αυτό παρατηρήθηκαν συμπαγείς μάζες γκαϊίτη και πολλαπλές συγκεντρικές επιφλοιώσεις κρυπτομέλανα (Σχήμα 4.9). Η ποσοστιαία αναλογία του κρυπτομέλανα είναι σχετικά μικρότερη από αυτή του γκαϊίτη.

4.1.2. Χημικές αναλύσεις αρχικών δειγμάτων 'Κ' της περιοχής Κακόπετρου

Σύμφωνα με τις χημικές αναλύσεις κατά μήκος της τομής η μεγαλύτερη συγκέντρωση σε Fe_2O_3 παρατηρήθηκε στο δείγμα K3b και ανέρχεται σε ποσοστό 77.54%, ενώ η συγκέντρωση σε SiO_2 δείχνει τη χαμηλότερη τιμή της 3.25%. Η χαμηλότερη περιεκτικότητα σε Fe_2O_3 καταγράφηκε στο δείγμα K5c και ανέρχεται σε 28.61%, ενώ η υψηλότερη περιεκτικότητα σε SiO_2 παρατηρήθηκε στο δείγμα K2a και ήταν 23.61%.

Πίνακας 4.1: Χημικές αναλύσεις αρχικών δειγμάτων περιοχής Κακόπετρου.

Δείγμα/%κ.β.	Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	MnO (%)	Al_2O_3 (%)	K_2O (%)	P_2O_5 (%)	CoO (%)	TiO_2 (%)	CaO (%)	BaO (%)	ZnO (%)	SO_3 (%)	MgO (%)	Na_2O (%)	Cr_2O_3 (%)	LOI (%)	SUM (%)
K1	72.30	6.04	2.87	1.44	0.22	1.43	0.06	0.00	0.13	0.11	0.04	0.15	0.78	0.30	0.11	13.69	99.66
K2a	55.38	23.61	0.28	4.82	0.76	1.84	0.04	0.28	0.07	0.00	0.03	0.15	1.02	0.45	0.08	11.18	100.00
K2b	61.37	20.13	0.22	3.49	0.30	1.08	0.05	0.22	0.05	0.01	0.03	0.14	0.77	0.31	0.09	11.82	100.08
K3a	50.06	3.95	27.91	0.60	1.15	0.40	0.06	0.00	0.10	0.11	0.05	0.00	0.74	0.32	0.07	14.09	99.61
K3b	77.54	3.25	0.61	0.65	0.05	1.52	0.07	0.00	0.12	0.01	0.05	0.17	0.78	0.30	0.11	14.81	100.02
K4a	63.56	10.23	5.79	1.73	0.46	0.56	0.03	0.10	1.60	0.09	0.04	0.09	0.89	0.31	0.09	14.10	99.68
K4b	69.33	10.57	3.88	2.16	0.40	0.29	0.06	0.13	0.03	0.02	0.04	0.10	0.78	0.32	0.10	12.18	100.40
K4L1	76.88	4.08	0.71	1.14	0.10	1.54	0.06	0.00	0.13	0.06	0.07	0.17	0.77	0.30	0.11	13.80	99.93
K4L2	68.59	9.57	2.72	2.72	0.37	0.84	0.07	0.14	0.12	0.05	0.04	0.13	0.93	0.29	0.10	13.23	99.90
K5a	60.25	19.94	0.35	3.41	0.33	1.39	0.05	0.17	0.16	0.01	0.04	0.15	0.93	0.29	0.09	12.02	99.57
K5b	66.14	9.67	7.08	1.43	0.39	0.48	0.06	0.00	0.03	0.15	0.05	0.10	0.77	0.31	0.10	13.56	100.32
K5c	28.61	8.37	44.54	1.66	1.84	0.73	0.03	0.08	0.20	0.26	0.03	-0.08	0.74	0.34	0.08	12.80	100.22
K5L1	70.71	8.82	0.45	3.00	0.45	1.13	0.06	0.17	0.12	0.04	0.04	0.15	0.78	0.31	0.10	13.93	100.26
K5L2	61.86	18.11	0.33	3.43	0.35	1.30	0.05	0.18	0.15	0.00	0.04	0.14	0.77	0.31	0.09	13.26	100.38
K6	60.77	5.87	13.82	1.47	0.58	1.41	0.08	0.00	0.33	0.11	0.07	0.10	0.77	0.31	0.09	14.37	100.14
K6L1	57.11	17.17	7.74	2.88	0.69	0.48	0.05	0.17	0.07	0.05	0.03	0.08	0.76	0.32	0.08	12.08	99.77
K6L2	67.76	12.47	0.35	2.88	0.38	1.34	0.06	0.14	0.17	0.00	0.05	0.15	0.78	0.31	0.10	12.67	99.60
KE	60.81	20.79	0.22	3.45	0.32	1.09	0.05	0.18	0.04	0.01	0.03	0.14	0.93	0.29	0.09	11.71	100.15

Οι σχετικά υψηλότερες συγκεντρώσεις σε MnO παρατηρήθηκαν στα δείγματα K1, K3a, K4a, K4b, K4L2, K5b, K5c, K6 και K6L1 και κυμαίνονται μεταξύ 2.72 και 44.54%. Σε όλα τα δείγματα παρατηρήθηκε παραπλήσιο εύρος συγκέντρωσης σε Al_2O_3 και πιο συγκεκριμένα κυμάνθηκε από 0.60-4.82%.

4.2. Δειγματοληψία στην περιοχή Ρέντα-Αρολίθι

Η περιοχή Ρέντα-Αρολίθι βρίσκεται 500m δυτικά από το χωριό Αρολίθι και 27 χιλιόμετρα νοτιοδυτικά του Ρεθύμνου. Στην ευρύτερη περιοχή Αρολιθίου-Μυριοκέφαλα απαντάται η αυτόχθονη σειρά της Ιονίου ζώνης που αποτελείται από ασβεστόλιθους με πυριτιόλιθους, τη Φυλλική-Χαλαζική σειρά ηλικίας μέσου Λιθανθρακοφόρου-ανωτερου Τριαδικού και σε πολύ μικρότερο βαθμό στα ανατολικά από κροκαλοπαγή, μάργες, αργίλους και ορογενείς ασβεστόλιθους ηλικίας Μειόκαινου. Η περιοχή στην οποία έγινε η δειγματοληψία καλύπτεται από τη Φυλλική-Χαλαζική σειρά. Στην περιοχή υπάρχει μια μετάπτωση που χωρίζει το λειμωνικό κοίτασμα από τους πυρίτες. Το σιδηρομετάλλευμα δεν είναι συμπαγές αλλά εντοπίζεται σε φακοειδή σώματα. (Παπασταματίου, 1952).

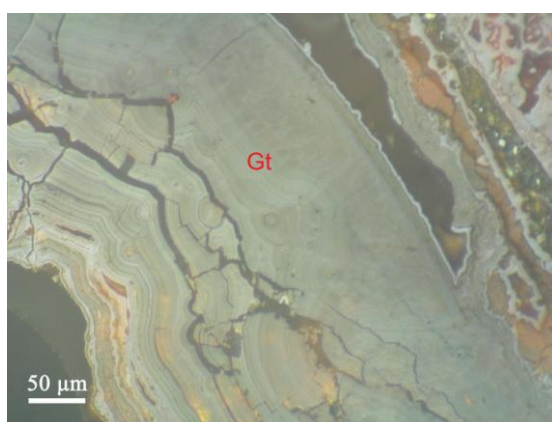
Από το σημείο που πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία λήφθηκαν 8 δείγματα. Τα πρώτα 4 δείγματα ΡΔ1, ΡΔ2, ΡΔ3 και ΡΔ4 πάρθηκαν από αντιπροσωπευτικά σημεία κατά μήκος του δρόμου και τα υπόλοιπα 4 ΡΠ5, ΡΠ6, ΡΠ7 και ΡΠ8 από τομή στο πρανές δίπλα στο δρόμο.

Το συνολικό βάρος των δειγμάτων ήταν 4.71kg. Τα δείγματα αποτελούνταν από συμπαγή τεμάχια με διαμέτρους από 5cm έως και 11cm .

4.2.1. Ορυκτολογία δειγμάτων περιοχής Ρέντα-Αρολίθι

Η μικροσκοπική εξέταση των δειγμάτων που συλλέχτηκαν από τα αντιπροσωπευτικά σημεία, όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, έδειξαν σε συνδυασμό με την ακτινοσκοπική εξέταση την ορυκτολογική σύσταση καθώς και τα ιστολογικά χαρακτηριστικά του μεταλλεύματος. Τα πέντε πιο αντιπροσωπευτικά δείγματα είναι τα ΡΔ2, ΡΔ4, ΡΠ5, ΡΠ6 και ΡΠ8.

Στο δείγμα ΡΔ2 η σιδηρούχος μεταλλοφορία απαντάται με μορφή γκαιίτη (Σχήμα 4.13 & 4.14), ο οποίος έχει αντικαταστήσει σταδιακά το συνδετικό υλικό του μητρικού πετρώματος. Ο γκαιίτης σχηματίζει κυρίως συμπαγές μάζες, ενώ σποραδικά παρατηρείται μια σταδιακή μετάβαση σε αιματίτη μέσω αφυδάτωσης. Συχνά παρατηρήθηκαν συγκεντρικές επιφλοιώσεις κατά μήκος διάκενων και ρωγμών του μεταλλεύματος (Σχήμα 4.10). Μεμονωμένοι κρύσταλλοι σιδηροπυρίτη καταγράφηκαν διάσπαρτοι μέσα στο γκαιιτικό υλικό.

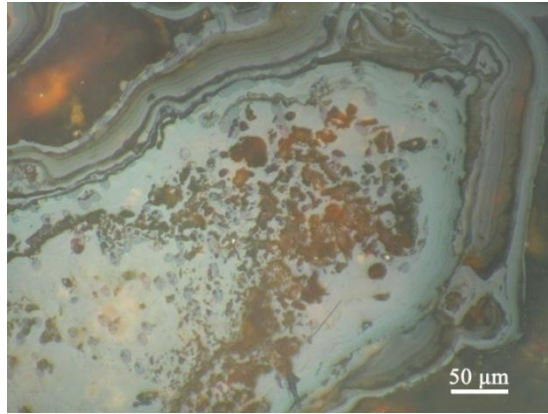


Σχήμα 4.10: Ρωγματωμένη μάζα γκαιίτη (Gt) και συγκεντρικές επιφλοιώσεις.
Δείγμα ΡΔ2, Ελαιοκατάδυση, // Nicols.

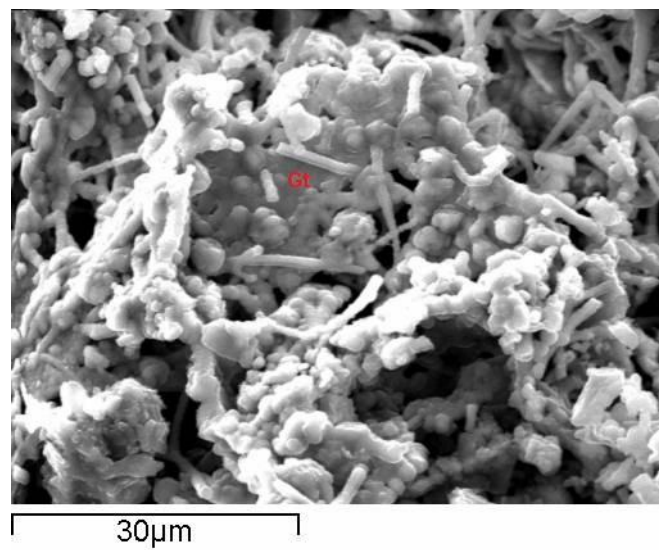


Σχήμα 4.11: Συμπαγής μάζα γκαιίτη (Gt) και μεμονωμένος κρύσταλλος γραφίτη (Gr).
Δείγμα ΡΔ4, Ελαιοκατάδυση, // Nicols.

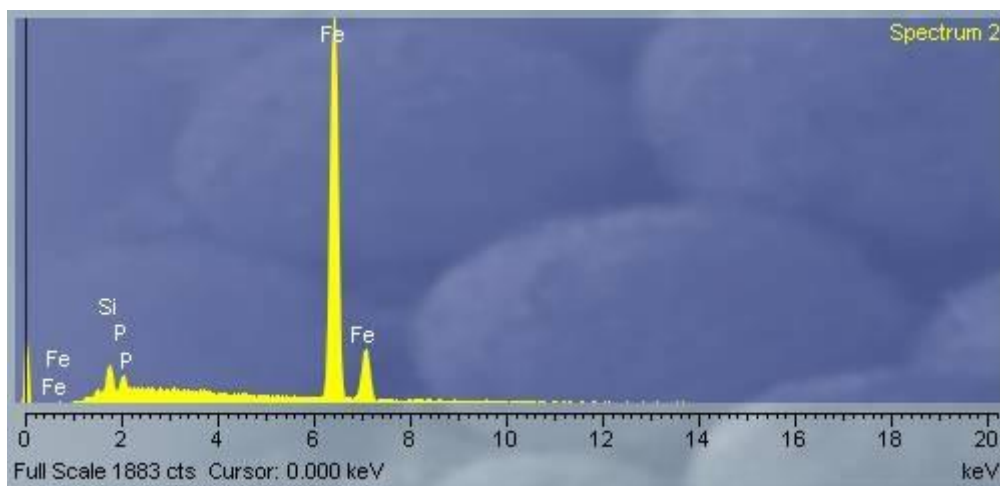
Το κύριο ορυκτολογικό συστατικό του δείγματος ΡΔ4 αποτελεί ο γκαιίτης, ο οποίος απαντάται με μορφή συμπαγούς μεταλλεύματος. Μεμονωμένοι κρύσταλλοι γραφίτη παρατηρήθηκαν σποραδικά εντός του γκαιιτικού μεταλλεύματος, οι οποίοι καταγράφονται συχνά στα μητρικά πετρώματα (Φυλλίτες-Χαλαζίτες) (Σχήμα 4.11). Υπολειμματικοί κρύσταλλοι σιδηροπυρίτη παρατηρήθηκαν επίσης διάσπαρτοι στο μέταλλευμα.



Σχήμα 4.12: Συμπαγής μάζα γκαιίτη με χαρακτηριστικές συγκεντρικές επιφλοιώσεις.
Δείγμα ΡΠ5, Ελαιοκατάδυση, // Nicols.

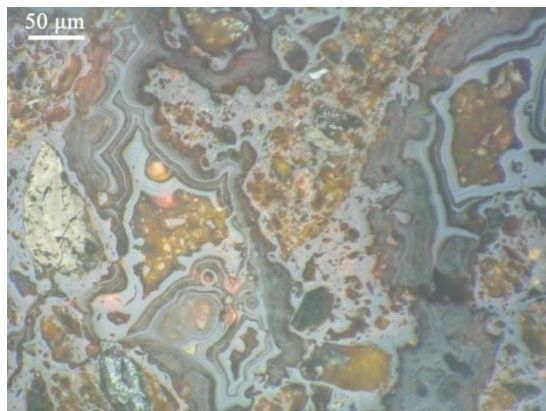


Σχήμα 4.13: Μικροφωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM), Γκαιίτης (Gt). Δείγμα ΡΔ2.



Σχήμα 4.14: Στοιχειακή χημική ανάλυση (EDS) κόκκου γκαιίτη. Δείγμα ΡΔ2.

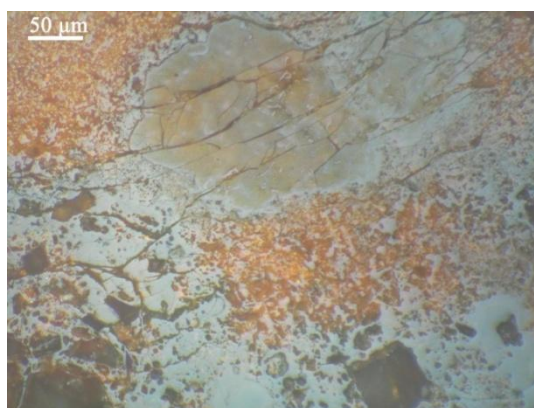
Το δείγμα ΡΠ5 αποτελείται ως επί το πλείστον από γκαϊίτη, το μεγαλύτερο μέρος της γκαϊιτικής μάζας είναι συμπαγής. Σε αυτό το δείγμα απαντώνται συγκεντρικές επιφλοιώσεις σε αρκετά μεγάλο βαθμό, είναι χαρακτηριστική η εικόνα που εμφανίζεται στο Σχήμα 4.12. Ίχνη αιματίτη παρατηρήθηκαν στο περιθώριο των συγκεντρικών επιφλοιώσεων του γκαϊίτη. Επίσης ανιχνεύθηκαν και κάποια θραύσματα κρυστάλλων γραφίτη.



Σχήμα 4.15: Συγκεντρικές επιφλοιώσεις γκαϊίτη και μεμονωμένος κρύσταλλος γραφίτη.
Δείγμα ΡΠ6, Ελαιοκατάδυση, // Nicols.

Το δείγμα ΡΠ6 αποτελείται επίσης από συμπαγή γκαϊίτη (Σχήμα 4.13) στο μεγαλύτερο του ποσοστό του οποίου απαντώνται συγκεντρικές επιφλοιώσεις. Στο Σχήμα 4.15 παρατηρείται ένας μεμονωμένος κρύσταλλος γραφίτη καθώς και θραύσματα μικρότερων κρυστάλλων, οι οποίοι δείχνουν έντονες οπτικές ιδιότητες.

Ο γκαϊίτης αποτελεί το κύριο ορυκτολογικό συστατικό του δείγματος ΡΠ8, ο οποίος αντικαθιστά σταδιακά το συνδετικό υλικό του μητρικού πετρώματος. Στο Σχήμα 4.16 παρατηρείται ρωγματωμένος κρύσταλλος χαλαζία, ο οποίος έχει υποστεί σταδιακή αντικατάσταση από σιδηρούχα διαλύματα.



Σχήμα 4.16: Σταδιακή αντικατάσταση χαλαζιακού κόκκου και συνδετικού υλικού του μητρικού πετρώματος από γκαϊιτικό υλικό.
Δείγμα ΡΠ8, Ελαιοκατάδυση, // Nicols.

4.2.2. Χημικές αναλύσεις αρχικών δειγμάτων 'Ρ' της περιοχής Ρέντα-Αρολίθι

Οι χημικές αναλύσεις των δειγμάτων (Πίνακας: 4.2) έδειξαν ότι η μεγαλύτερη ανάλυση σε Fe_2O_3 βρέθηκε στα δείγματα ΡΔ2 & ΡΠ5 και ανέρχεται σε 78.32%, ενώ η μικρότερη καταγράφηκε στο δείγμα ΡΔ4 και 72.00%.

Πίνακας 4.2: Χημικές αναλύσεις αρχικών δειγμάτων περιοχής Ρέντας Αρολίθι.

Δείγμα/%κ.β.	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MnO (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	SO ₃ (%)	BaO (%)	CoO (%)	LOI (%)	SUM (%)
PΔ1	77.02	5.20	1.35	0.30	0.18	0.01	0.08	1.01	0.17	0.09	0.06	14.53	100.01
PΔ2	78.32	4.78	1.44	0.32	0.09	0.01	0.08	0.92	0.16	0.04	0.06	13.80	100.02
PΔ3	75.23	5.24	1.80	0.30	0.14	0.05	0.08	1.27	0.17	0.08	0.05	15.58	99.99
PΔ4	72.00	4.87	1.46	0.35	0.14	0.02	0.08	0.77	0.15	0.07	0.05	20.05	100.01
PΠ5	78.32	4.44	1.00	0.60	0.15	0.00	0.08	1.07	0.16	0.04	0.06	14.06	99.99
PΠ6	76.61	4.81	1.39	0.51	0.14	0.01	0.08	1.37	0.18	0.08	0.06	14.72	99.96
PΠ7	74.84	6.55	2.50	0.21	0.15	0.09	0.08	0.64	0.15	0.10	0.05	14.60	99.97
PΠ8	74.22	7.23	2.71	0.21	0.15	0.11	0.08	0.98	0.16	0.13	0.05	13.94	99.97

Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε SiO₂ παρατηρήθηκε στο δείγμα PΠ8 και είναι 7.23%, ενώ η χαμηλότερη καταγράφηκε στο δείγμα PΠ5 και ανέρχεται σε ποσοστό 4.44%. Γενικά οι χημικές αναλύσεις των δειγμάτων έδειξαν ότι το κοίτασμα είναι αρκετά πλούσιο σε σίδηρο. Σε όλα τα δείγματα παρατηρήθηκε αναλογικά η ίδια περιεκτικότητα σε Al₂O₃ και πιο συγκεκριμένα κυμάνθηκε από 1.00-2.71%. Οι τιμές του μαγγανίου κυμανθήκαν σε πολύ χαμηλά επίπεδα, στα όρια του κατώτερου ορίου ανίχνευσης των αναλυτικών μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ

5.1. Κοκκομετρίες που χρησιμοποιήθηκαν στις εργαστηριακές δοκιμές εμπλουτισμού

Για την πραγματοποίηση των δοκιμών εμπλουτισμού η διαδικασία που ακολουθήθηκε και για τις δύο ομάδες δειγμάτων ήταν, να ανακατευθούν όλα μαζί τα αρχικά δείγματα για να περάσουν από διαδικασία θραύσης σε σιαγωγινό θραυστήρα. Από τη θραύση στο σιαγωγινό θραυστήρα προέκυψε υλικό αρκετά μικρότερης κοκκομετρίας από τα αρχικά δείγματα Κ και Ρ, συγκεκριμένα η θραύση έδωσε υλικό κοκκομετρίας -8.00 mm. Το υλικό έπειτα κοσκινίστηκε και διαχωρίστηκε σε 5 κοκκομετρικά κλάσματα και αυτά ήταν τα εξής:

- a) -8.00 +4.00 mm
- b) -4.00 +1.00 mm
- c) -1.00 +0.250 mm
- d) -0.250 +0.063 mm
- e) -0.063 mm

Τα παραπάνω κοκκομετρικά κλάσματα χρησιμοποιήθηκαν σε δοκιμές εμπλουτισμού (βαρυτομετρικές και μαγνητικές) με εξαίρεση το τελευταίο (-0.063 mm). Τα βάρη των κοκκομετρικών κλασμάτων παρουσιάζονται στο Πίνακα 5.1

Πίνακας 5.1: Βάρος και κατανομή βάρους κοκκομετρικών κλασμάτων των περιοχών Κακόπετρος και Ρέντα-Αρολίθι.

Κοκκομετρικά κλάσματα (mm)	Κακόπετρο		Ρέντα-Αρολίθι	
	Βάρος (g)	Βάρος %	Βάρος (g)	Βάρος %
(8-4)	2589.0	41.2	2002.8	48.7
(4-1)	1904.5	30.3	1302.6	31.7
(1-0.250)	889.1	14.2	479.5	11.7
(0.250-0.063)	512.0	8.2	175.1	4.3
(-0.063)	387.6	6.2	150.9	3.7
Σύνολο	6282.2	100.0	4110.9	100.0

Πίνακας 5.2: Χημικές αναλύσεις αρχικών κοκκομετρικών κλασμάτων Κακόπετρου.

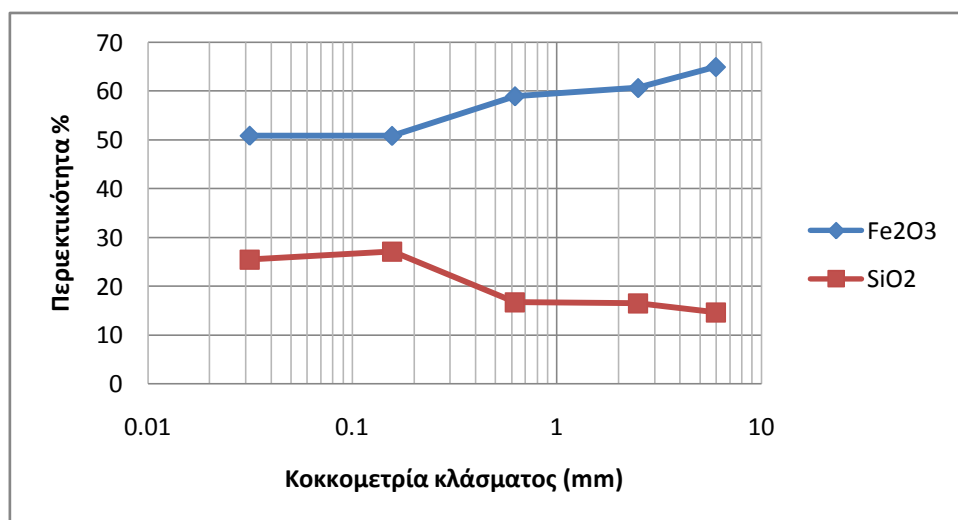
Δείγματα (mm)	Βάρος (g)	Βάρος %	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	MnO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	SO ₃ (%)	LOI (%)	SUM (%)
Κ 8-4	2589.0	41.2	64.97	14.60	3.10	0.27	0.15	3.59	0.33	0.46	0.14	0.99	0.13	11.23	99.9
Κ 4-1	1904.5	30.3	60.65	16.50	3.48	0.33	0.15	4.94	0.33	0.56	0.15	0.99	0.12	11.70	99.9
Κ 1-0.25	889.1	14.2	58.96	16.71	3.84	0.34	0.77	5.66	0.31	0.56	0.13	0.88	0.11	11.61	99.9
Κ 0.25-0.063	512.0	8.2	50.82	27.09	3.74	0.43	0.76	4.50	0.30	0.47	0.16	0.87	0.10	10.61	99.9
Κ 0.063	387.6	6.2	50.85	25.43	6.31	0.45	0.28	3.54	0.29	0.84	0.26	0.85	0.10	10.63	99.8
ΚΑ	6282.2	100.0	63.82	18.76	0.54	0.30	0.15	2.88	0.33	0.50	0.19	0.92	0.13	11.40	99.9

Στα 5 κοκκομετρικά κλάσματα πραγματοποιήθηκε απώλεια πύρωσης, χημική ανάλυση με φασματοσκοπία ακτίνων-Χ φθορισμού (XRF), προσδιορισμός της ορυκτολογικής σύστασης

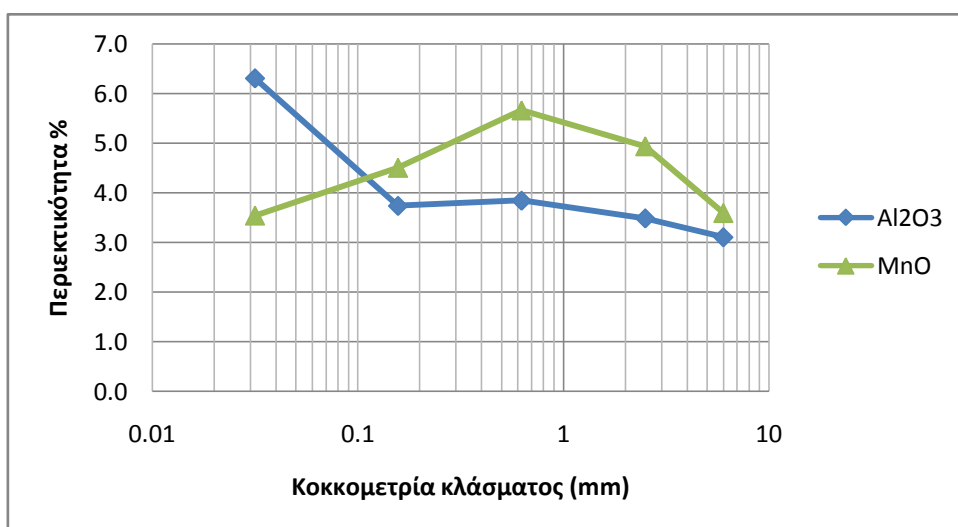
με περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ (XRD) αλλά και μικροσκοπική εξέταση. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων και της ορυκτολογικής σύστασης για τα αρχικά κλάσματα πριν από κάθε διαχωρισμό παρατίθενται στον Πίνακα 5.2 και 5.3 αντίστοιχα.

Πίνακας 5.3: Χημικές αναλύσεις αρχικών κοκκομετρικών κλασμάτων Ρέντα-Αρολίθι.

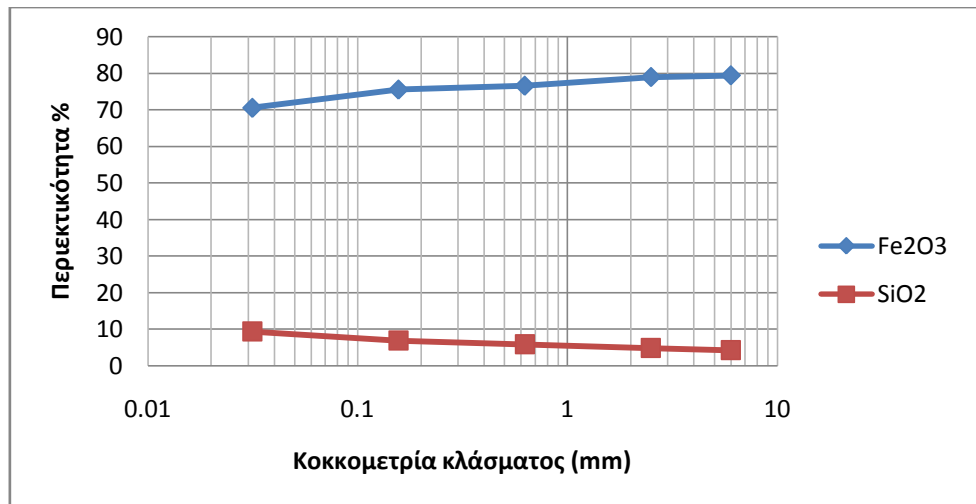
Δείγματα (mm)	Βάρος (g)	Βάρος %	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MnO (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	SO ₃ (%)	LOI (%)	SUM (%)
PA 8-4	2002.8	48.7	79.42	4.33	0.54	0.21	0.19	0.01	0.08	1.02	0.17	13.88	99.9
PA 4-1	1302.6	31.7	78.96	4.95	1.26	0.21	0.14	0.01	0.08	1.09	0.17	13.02	99.9
PA 1-0.25	479.5	11.7	76.58	5.92	1.56	0.38	0.15	0.01	0.08	1.05	0.16	13.96	99.9
PA 0.25-0.063	175.1	4.3	75.53	6.93	1.78	0.38	0.15	0.09	0.08	0.90	0.16	13.83	99.8
PA 0.063	150.9	3.7	70.55	9.39	4.38	0.50	0.14	0.25	0.13	0.86	0.15	13.53	99.9
PAA	4110.9	100.0	77.76	5.24	1.21	0.33	0.16	0.01	0.08	1.06	0.17	13.81	99.8



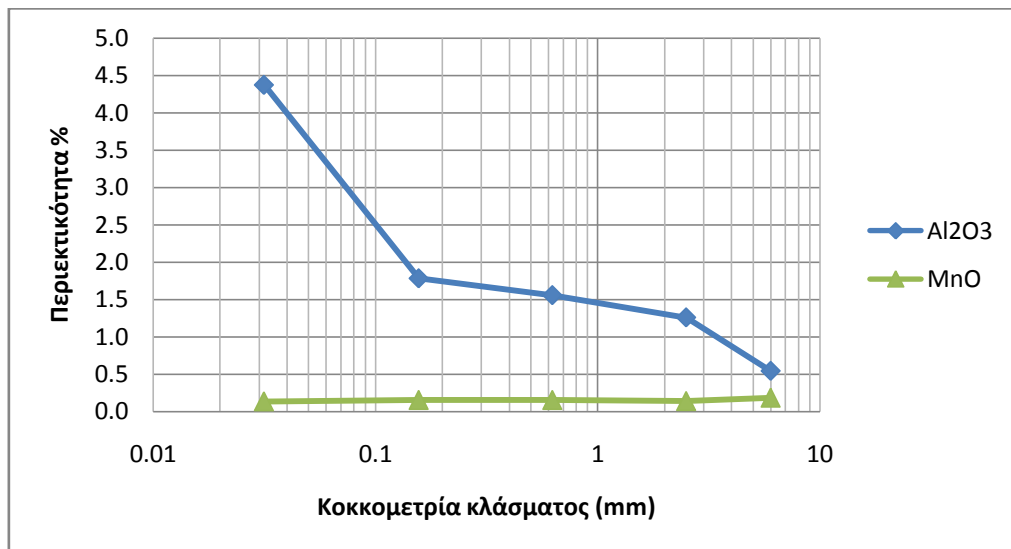
Σχήμα 5.1: Χημική ανάλυση Fe₂O₃-SiO₂ στα κοκκομετρικά κλάσματα Κακόπετρου.



Σχήμα 5.2: Χημική ανάλυση Al₂O₃ & MnO στα κοκκομετρικά κλάσματα Κακόπετρου.



Σχήμα 5.3: Χημική ανάλυση Fe₂O₃-SiO₂ στα κοκκομετρικά κλάσματα Ρέντα-Αρολίθι.



Σχήμα 5.4: Χημική ανάλυση Al₂O₃ & MnO στα κοκκομετρικά κλάσματα Ρέντα Αρολίθι.

Είναι εμφανές στα κοκκομετρικά κλάσματα και των δύο περιοχών ότι όσο μειώνεται το μέγεθος της κοκκομετρίας τόσο μειώνεται (σε μικρό βαθμό) και η συγκέντρωση του Fe₂O₃ και αυξάνεται η συγκέντρωση του SiO₂ και των υπόλοιπων στοιχείων.

5.2. Δοκιμή εμπλουτισμού με τη μέθοδο των βαρέων υγρών

5.2.1. Κακόπετρο, βαρυτομετρικός διαχωρισμός

Στο Πίνακα 5.4 αναγράφονται οι ποσότητες των κοκκομετρικών κλασμάτων από το Κακόπετρο που χρησιμοποιήθηκαν στις βαρυτομετρικές δοκιμές με βαρέα υγρά.

Πίνακας 5.4: Ποσότητες κοκκομετρικών κλασμάτων των βαρυτομετρικών δοκιμών.

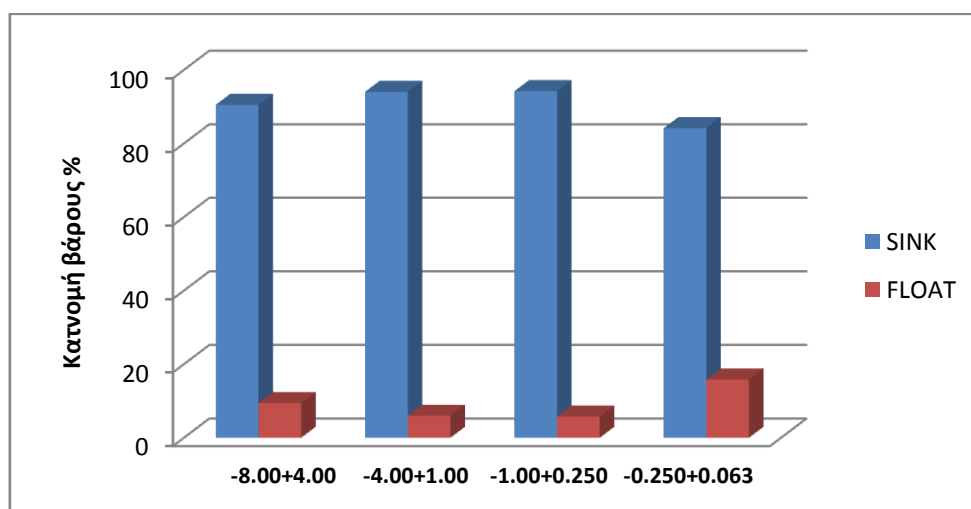
Κοκκομετρικά κλάσματα (mm)	Βάρος (g)
(8-4)	1300.9
(4-1)	925.8
(1-0.250)	447.1
(0.250-0.063)	221.6
Σύνολο	2895.4

Στο Πίνακα 5.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της πειραματικής δοκιμής του βαρυτομετρικού διαχωρισμού και η αξιολόγησή τους.

Πίνακας 5.5: Χημικές αναλύσεις και κατανομή των κλασμάτων του βαρυτομετρικού διαχωρισμού Κακόπετρου.

			Βάρος										
% αρχικού βάρους	Μέγεθος κόκκων	Βαρυτομετρικά κλάσματα	Βάρος (g)	Βάρος κλάσματος %	Βάρος επί αρχικού %	Χημικές αναλύσεις				Κατανομή			
						Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)
20.7	(8-4)	SINK (KB8-4S)	1177.9	90.55	35.88	61.01	16.56	2.09	5.57	91.07	87.45	92.09	94.13
		FLOAT (KB8-4F)	123	9.45	3.75	57.26	22.76	1.72	3.33	8.93	12.55	7.91	5.87
		SUM	1300.9	100.00	39.63	60.66	17.15	2.05	5.36	100.00	100.00	100.00	100.00
14.7	(4-1)	SINK (KB4-1S)	870.8	94.06	26.52	64.33	14.29	1.46	5.37	95.75	86.46	82.85	98.42
		FLOAT (KB4-1F)	55	5.94	1.68	45.19	35.41	4.79	1.37	4.25	13.54	17.15	1.58
		SUM	925.8	100.00	28.20	63.19	15.54	1.66	5.14	100.00	100.00	100.00	100.00
7.1	(1-0.250)	SINK (KB1-0.25S)	421.3	94.23	12.83	63.91	13.12	1.75	6.15	98.93	73.60	85.83	99.40
		FLOAT(KB1-0.25F)	25.8	5.77	0.79	11.31	76.87	4.72	0.61	1.07	26.40	14.17	0.60
		SUM	447.1	100.00	13.62	60.87	16.80	1.92	5.83	100.00	100.00	100.00	100.00
3.5	(0.250-0.063)	SINK (KB0.25-0.063S)	186.5	84.16	5.68	63.34	14.35	1.68	5.45	98.22	47.31	71.13	98.49
		FLOAT(KB0.25-0.063F)	35.1	15.84	1.07	6.10	84.87	3.62	0.44	1.78	52.69	28.87	1.51
		SUM	221.6	100.00	6.75	54.27	25.52	1.99	4.66	100.00	100.00	100.00	100.00
6.2	(-0.063)	(K 0.063)	387.6	100.00	11.81	50.86	25.43	6.31	3.54	100.00	100.00	100.00	100.00
	Σύνολο				100								

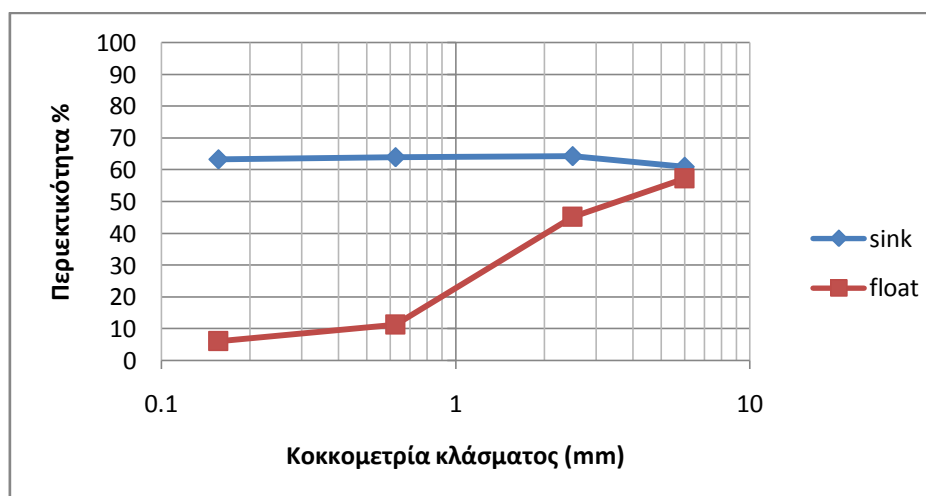
5.2.1.1. Κατανομή βάρους στα βαριά και τα ελαφριά προϊόντα



Σχήμα 5.6: Κατανομή βάρους % στα SINK και τα FLOAT σε όλα τα κοκκομετρικά κλάσματα.

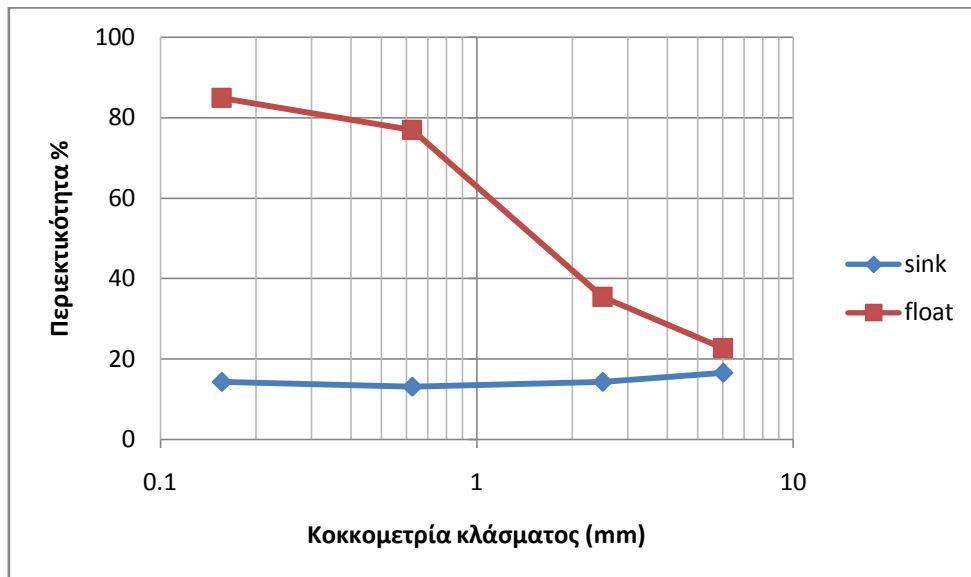
Από τα τέσσερα παραπάνω κοκκομετρικά κλάσματα φαίνεται ότι η κατανομή βάρους στα SINK κυμαίνεται από 84% έως 94% ενώ στα FLOAT απ 6% έως 16%, ο σίδηρος Fe_2O_3 συγκεντρώνεται στα βαρέα (SINK) και φαίνεται οι μεγαλύτερες τιμές συγκέντρωσης να σημειώνονται στις δύο ενδιάμεσες κοκκομετρίες (-4.00 +1.00mm & -1.00 +0.250mm). Πιο συγκεκριμένα στη κοκκομετρία -4.00 +1.00mm η περιεκτικότητα σε σίδηρο είναι 64.33% και στη κοκκομετρία -1.00 +0.250mm η περιεκτικότητα σε σίδηρο είναι 63.91%. Στη μεγαλύτερη κοκκομετρία οι κατανομές βάρους στα βαριά και τα ελαφριά είναι αντίστοιχα 90.55% και 9.45%. Στο μικρότερο κοκκομετρικό κλάσμα σημειωθήκαν οι εξής κατανομές βάρους στα βαριά και τα ελαφριά είναι αντίστοιχα 84.16% και 15.84%, αυτό ήταν το κλάσμα όπου ο βαρυτομετρικός διαχωρισμός φάνηκε να λειτουργήσει καλύτερα. Όμως πρέπει να συνυπολογιστούν και η ανάλυση, κατανομή στοιχείων και ο βαθμός διαχωρισμού που παρατίθενται παρακάτω ώστε να σχηματιστεί μια ολοκληρωμένη εικόνα για τα αποτελέσματα του διαχωρισμού.

5.2.1.2. Περιεκτικότητα των κλασμάτων του βαρυτομετρικού διαχωρισμού σε Fe_2O_3 , SiO_2 & MnO



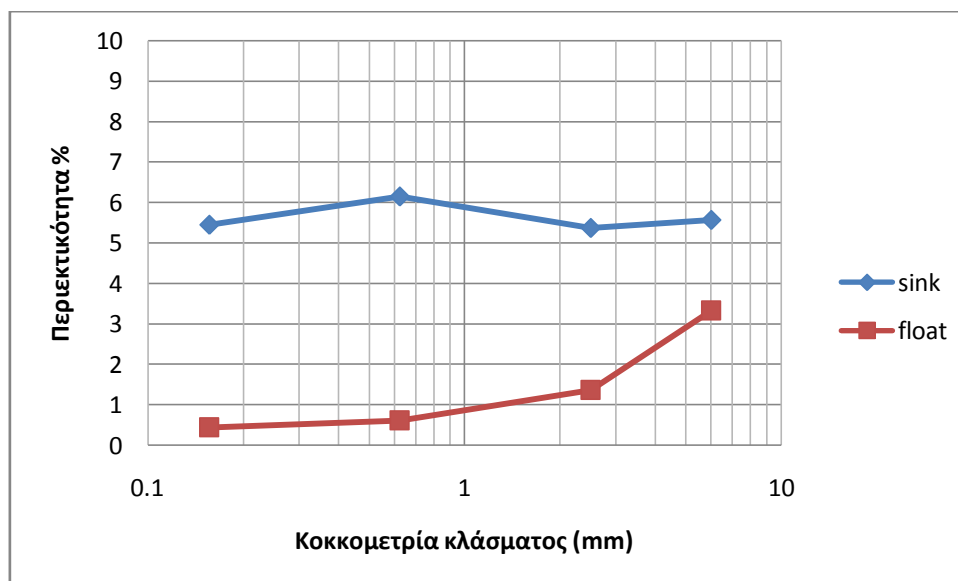
Σχήμα 5.7: Περιεκτικότητα σε Fe_2O_3 στα κλάσματα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού.

Η συγκέντρωση του Fe_2O_3 κυμαίνεται από 61,01% έως 64,33% στα SINK, οπότε μπορεί να ειπωθεί ότι δεν μεταβάλλεται σημαντικά. Ενώ η περιεκτικότητα Fe_2O_3 στα FLOAT παρουσιάζει αρκετά μεγάλη μείωση με μειούμενη κοκκομετρία, συγκεκριμένα οι συγκεντρώσεις που σημειώθηκαν από το μεγαλύτερο κοκκομετρικό κλάσμα προς στο μικρότερο ήταν: 57.26%, 45.19%, 11.31% και 6.10%.



Σχήμα 5.8: Περιεκτικότητα σε SiO_2 στα κλάσματα του βαρομετρικού διαχωρισμού.

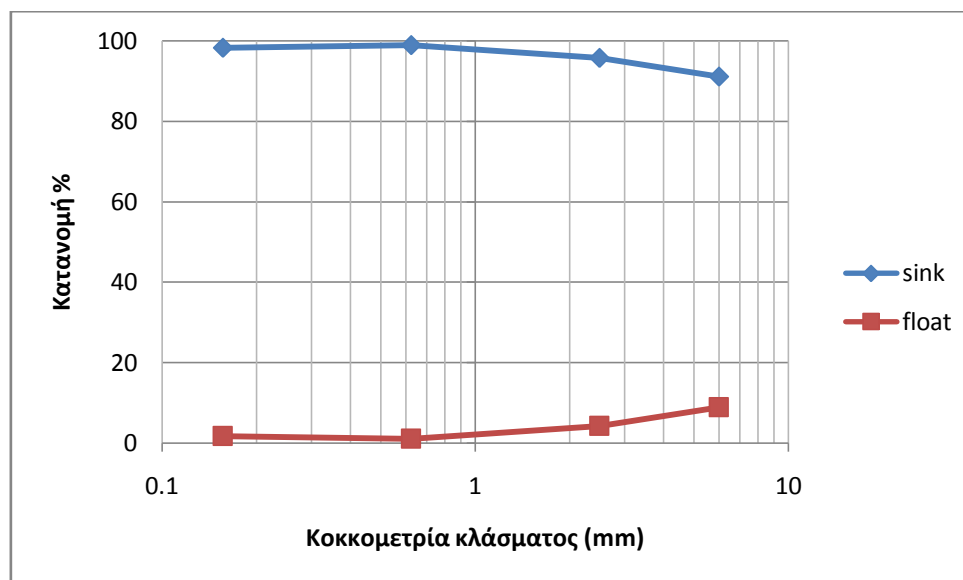
Μια αντίστροφη εικόνα παρουσιάζεται στη περιεκτικότητα του SiO_2 . Στα SINK η περιεκτικότητα δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές στα κοκκομετρικά κλάσματα εφόσον παίρνει τιμές από 13.12-16.56%. Στην χημική ανάλυση των FLOAT παρατηρείται ότι με την μείωση της κοκκομετρίας αυξάνεται η περιεκτικότητα σε SiO_2 , οι τιμές της περιεκτικότητας των τεσσάρων κοκκομετρικών κλασμάτων από το μεγαλύτερο στο μικρότερο ήταν: 22.76%, 35.41%, 76.87% και 84.87%.



Σχήμα 5.9: Περιεκτικότητα σε MnO στα κλάσματα του βαρομετρικού διαχωρισμού.

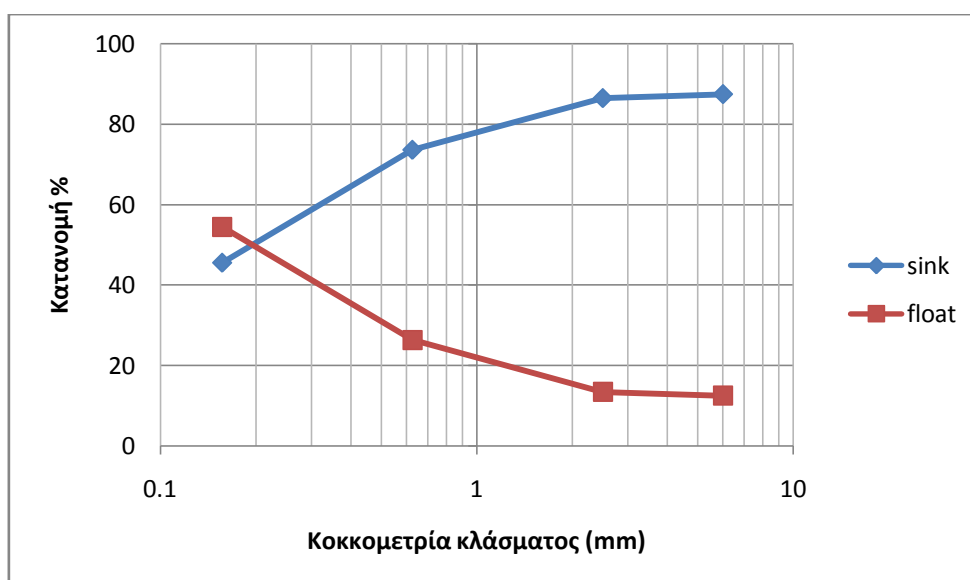
Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζεται στις σχετικά αυξημένες τιμές περιεκτικότητας MnO στα βαριά. Από την συγκέντρωση των κοκκομετρικών κλασμάτων πριν τον εμπλουτισμό είχαν σημειωθεί αξιολογικά ποσοστά μαγγανίου, μετά το διαχωρισμό τα ποσοστά του MnO κυμανθήκαν στα SINK από 5.37-6.15% με το μεγαλύτερο ποσοστό να σημειώνεται στο κλάσμα -1.00 +0.250mm.

5.2.1.3. Κατανομή και βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 , SiO_2 & MnO



Σχήμα 5.10: Κατανομή του Fe_2O_3 στα κλάσματα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού.

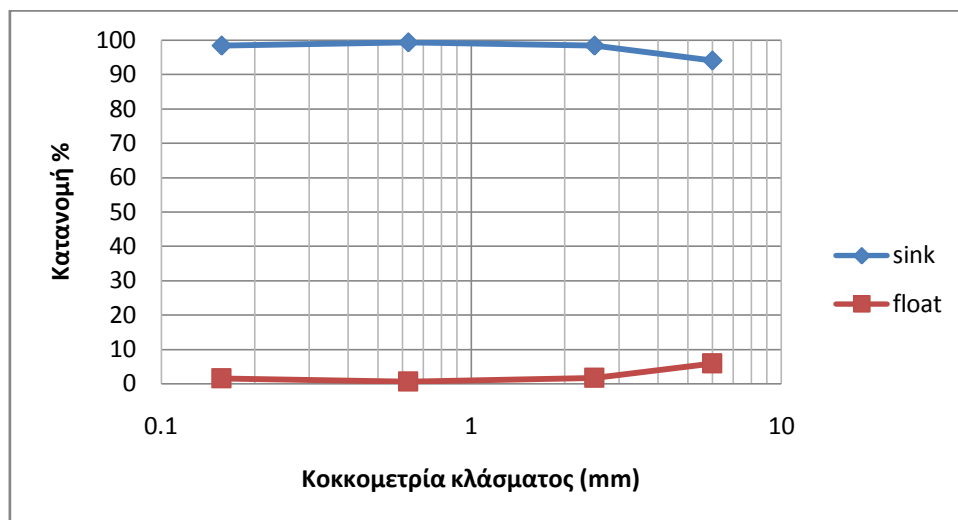
Η κατανομή του Fe_2O_3 παρουσιάζει πολύ μεγάλες τιμές στα SINK (91.07-98.93%) και πολύ μικρές στα FLOAT (1.07-8.93%), γεγονός που δείχνει ότι ελάχιστη ποσότητα σιδήρου κατευθύνεται στο απόρριμμα (FLOAT).



Σχήμα 5.11: Κατανομή του SiO_2 στα κλάσματα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού.

Στη κατανομή SiO_2 εμφανίζεται μια διαφορετική εικόνα με τις κατανομές των SINK και FLOAT να παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις με τη μείωση της κοκκομετρίας. Στα τρία μεγαλύτερα

κοκκομετρικά καλέσματα η μεγαλύτερη ποσότητα SiO_2 κατευθύνεται προς τα προϊόντα, ενώ μόνο στη περίπτωση του κλάσματος $-0.250 +0.063\text{mm}$ το SiO_2 εμφανίζεται να έχει οριακά μεγαλύτερα ποσοστά στο απόρριμμα (FLOAT) 52.69% και 47.31% στο προϊόν (SINK). Το παραπάνω φαινόμενο οφείλεται στο διαφορετικό βαθμό αποδέσμευσης στο κάθε κοκκομετρικό κλάσμα. Ο βαθμός αποδέσμευσης αυξάνεται μειούμενης της κοκκομετρίας.

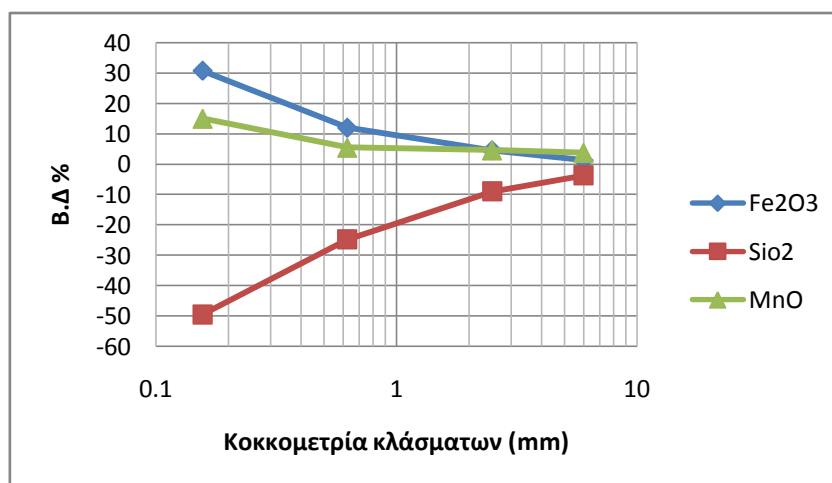


Σχήμα 5.12: Κατανομή του MnO στα κλάσματα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού.

Η κατανομή του MnO παρουσιάζει αντίστοιχη εικόνα με εκείνη του Fe_2O_3 , με πολύ μεγάλες τιμές στα SINK (94.13-99.40%) και πολύ μικρές στα FLOAT (0.60-5.87%), γεγονός που δείχνει ότι μεγαλύτερη ποσότητα μαγγανίου κατευθύνεται στα προϊόντα (SINK).

Πίνακας 5.6: Βαθμός διαχωρισμού των κλασμάτων του βαρυτομετρικού διαχωρισμού.

Κλάσματα	Βαθμοί διαχωρισμού			
	Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	MnO
(8-4)	1.35	-3.73	1.58	3.79
(4-1)	4.60	-8.99	-11.40	4.60
(1-0.250)	12.01	-24.80	-8.56	5.49
(0.250-0.063)	30.75	-49.47	-13.30	15.03



Σχήμα 5.13: Βαθμός διαχωρισμού των κλασμάτων.

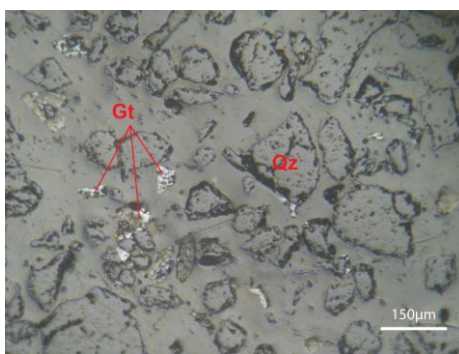
Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 , SiO_2 & MnO βελτιώνεται με την μείωση της κοκκομετρίας των κλασμάτων. Αλλά θα πρέπει να επισημανθεί, ότι βαθμός διαχωρισμού είναι ένα μέτρο το οποίο δείχνει το βαθμό επιτυχίας του διαχωρισμού που βασίζεται αποκλειστικά και μόνο στις αναλύσεις των στοιχείων, δεν συμπεριλαμβάνει τις κατανομές των βαρών των προϊόντων και απορριμμάτων καθώς και τις κατανομές των στοιχείων.

5.2.1.4. Μικροσκοπική εξέταση κλασμάτων βαρυτομετρικού διαχωρισμού

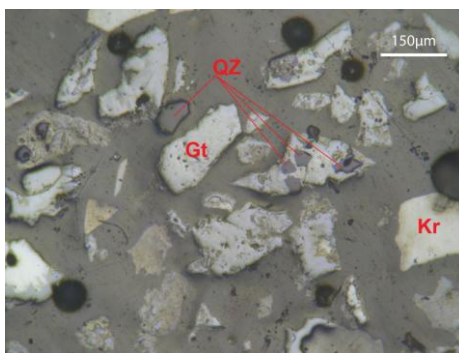
Κοκκομετρικό κλάσμα -0.250 +0.063 mm

Στην τομή F (FLOAT): παρατηρούνται ως επί το πλείστον κόκκοι χαλαζία, ενώ φαίνεται να έχουν συμπαρασυρθεί σε ένα μικρό ποσοστό και κάποιοι μικροί κόκκοι γκαϊίτη (Σχήμα 5.14).

Στην τομή S (SINK): παρατηρούνται κυρίως κόκκοι γκαϊίτη, κατά τόπους παρουσιάζονται και κόκκοι κρυπτομέλανα. Σε πολύ μικρό ποσοστό εμφανίζονται κόκκοι χαλαζία μεμονωμένοι ή θραύσματα τους μέσα στο γκαϊιτικό υλικό, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.15.



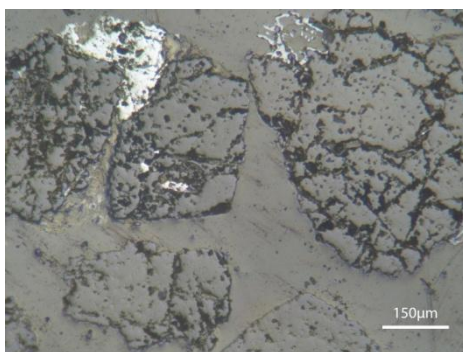
Σχήμα 5.14: Κόκκοι χαλαζία (Qz) και μικροί κόκκοι γκαϊίτη (Gt).
Προϊόν FLOAT -0.250 +0.063mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



Σχήμα 5.15: Κόκκοι γκαϊίτη (Gt), μεμονωμένος κόκκος κρυπτομέλανα (κιτρινότεφρος, Kr) καθώς και μικρός κόκκος χαλαζία (Qz). Προϊόν SINK -0.250 +0.063 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

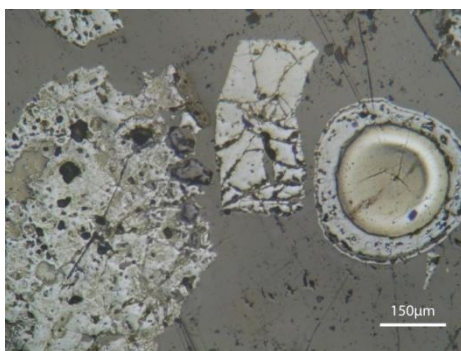
Κοκκομετρικό κλάσμα -1.00 +0.250 mm

Στην τομή F (FLOAT): παρατηρούνται κυρίως κόκκοι χαλαζία, υπάρχουν επίσης και σε ένα μικρό ποσοστό και κάποιοι κόκκοι γκαϊίτη, που δεν έχουν αποδεσμευθεί από το χαλαζία.



Σχήμα 5.16: Κόκκοι χαλαζία και ένας μη αποδесμευμένος κόκκος γκαϊτίτη από το χαλαζιακό υλικό. Προϊόν FLOAT -1.00 +0.250 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

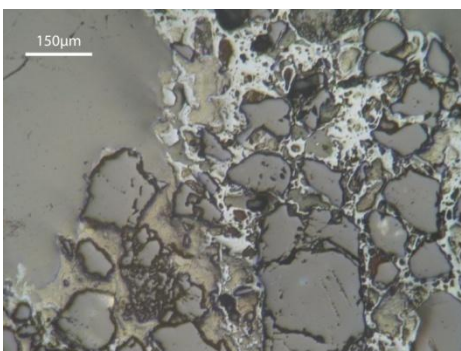
Στην τομή S (SINK): παρατηρούνται κυρίως κόκκοι γκαϊτίτη και κατά τόπους παρουσιάζονται και κόκκοι κρυπτομέλανα. Αντίστοιχα και σε αυτή τη τομή παρουσιάζονται θραύσματα κόκκων χαλαζία μέσα στο γκαϊτιτικό υλικό.



Σχήμα 5.17: Κόκκοι γκαϊτίτη και ένα ωειδές κρυπτομέλανα με ένα περίβλημα γκαϊτίτη. Επίσης παρατηρούνται δύο μικροί κόκκοι χαλαζία υπό μορφή εγκλεισμάτων μέσα σε ένα μεγαλύτερο κόκκο γκαϊτίτη. Προϊόν SINK -1.00 +0.250 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

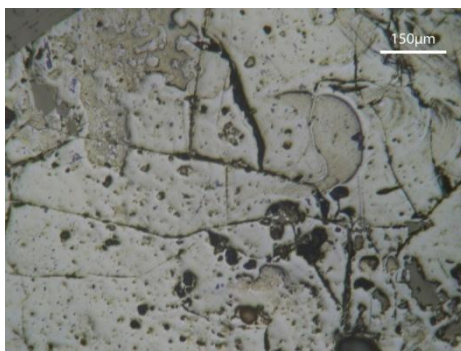
Κοκκομετρικό κλάσμα -4.00 +1.00 mm

Στην τομή F (FLOAT) παρατηρούνται συσσωματώματα χαλαζία-γκαϊτίτη, στα όποια ο χαλαζίας χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερα ποσοστά.



Σχήμα 5.18: Συσσωμάτωμα χαλαζία-γκαϊτίτη. Προϊόν FLOAT -4.00 +1.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

Στην τομή S (SINK): παρατηρούνται μεγάλες μάζες γκαϊτίτη και μερικά συσσωματώματα γκαϊτίτη-χαλαζία, στα όποια ο γκαϊτίτης αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό.

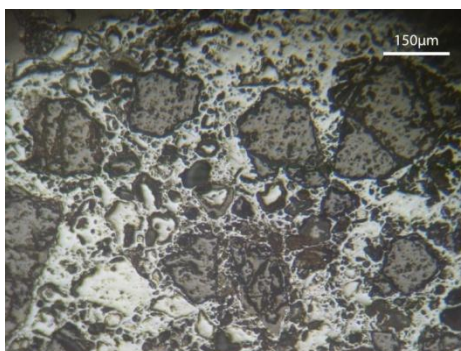


Σχήμα 5.19: Γκαιπιτικό υλικό.
Προϊόν SINK -4.00 +1.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

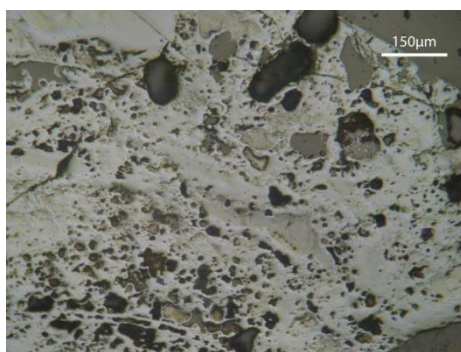
Κοκκομετρικό κλάσμα -8.00 +4.00 mm

Στην τομή F (FLOAT): παρατηρούνται συσσωματώματα χαλαζία-γκαιίτη στα όποια τα δύο ορυκτά φαίνεται να συμμετέχουν σε αναλογία 1:1

Στην τομή S (SINK): παρατηρούνται μεγάλες μάζες γκαίιτη και ελάχιστα συσσωματώματα γκαίιτη-χαλαζία, στα όποια ο γκαίιτης χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερα ποσοστά.



Σχήμα 5.20: Συσσωμάτωμα χαλαζία-γκαιίτη.
Προϊόν FLOAT -8.00 +4.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



Σχήμα 5.21: Γκαιπιτικό υλικό.
Προϊόν SINK -8.00 +4.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

5.2.1.5. Σχολιασμός και παρατηρήσεις αποτελεσμάτων βαρυτομετρικού διαχωρισμού

Στο κλάσμα -8.00 +4.00 mm ο διαχωρισμός δεν κρίνεται ικανοποιητικός επειδή, το ποσοστό του σιδήρου είναι 61,01% στα βαριά (SINK) και 57.26 % και στα ελαφριά (FLOAT). Η περιεκτικότητα στα ελαφριά είναι σχετικά υψηλή σε Fe_2O_3 . Η κατανομή του SiO_2 είναι 87.45% και 12.55% στα SINK και στα FLOAT αντίστοιχα. Η κατανομή του SiO_2 είναι πολύ μεγάλη στο βαρύ προϊόν γεγονός που δείχνει ότι ελάχιστη ποσότητα πυριτίου απομακρύνεται. Ακόμα ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 , SiO_2 και MnO είναι 1.35, -3.73 και 3.79 αντίστοιχα, τιμές οι οποίες ήταν επίσης οι χαμηλότερες που σημειώθηκαν από όλα τα κλάσματα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού. Και τα δεδομένα για το MnO (κατανομή και βαθμός διαχωρισμού) ήταν τα λιγότερο ικανοποιητικά που προέκυψαν σε σχέση με τα υπόλοιπα κοκκομετρικά κλάσματα. Τα παραπάνω συμφωνούν και με όσα έδειξε η μικροσκοπική εξέταση των προϊόντων του διαχωρισμού, δηλαδή παρατηρήθηκαν μεγάλοι σύμμικτοι κόκκοι. Αυτά τα αποτελέσματα μπορούν να αποδοθούν κυρίως στο χαμηλό βαθμό αποδέσμευσης του μεταλλεύματος που παρατηρήθηκε σε αυτή την κοκκομετρία.

Στο κλάσμα -4.00 +1.00 mm ο διαχωρισμός είναι ελάχιστα καλύτερος από ότι στο προηγούμενο αλλά γενικά δεν ήταν αρκούντως ικανοποιητικός. Η συγκέντρωση του σιδήρου είναι 64.33% και 45.19 % στα βαριά (SINK) και στα ελαφριά (FLOAT) αντίστοιχα. Η συγκέντρωση του Fe_2O_3 ήταν η μεγαλύτερη που σημειώθηκε στα SINK του βαρυτομετρικού διαχωρισμού όλων των κοκκομετρικών κλασμάτων. Η περιεκτικότητα του Fe_2O_3 στα FLOAT έπεσε 12% σε σχέση με το προηγούμενο κλάσμα αλλά και πάλι παραμένει υψηλή. Η κατανομή του Fe_2O_3 στα SINK είναι 95,75% και στα FLOAT είναι 4,25%, δεδομένο που δείχνει ότι ο διαχωρισμός είναι καλύτερος από το προηγούμενο κοκκομετρικό κλάσμα. Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 , SiO_2 και MnO είναι 4.60, -8.99 και 4.60 αντίστοιχα, δεδομένα που δείχνουν ότι ο διαχωρισμός είναι πιο αποτελεσματικός συγκριτικά με το μεγαλύτερο κοκκομετρικό κλάσμα, παρόλα αυτά παραμένει μη αποδοτικός. Η μικροσκοπική μελέτη των προϊόντων του διαχωρισμού στα SINK έδειξε, ότι υπάρχουν συμπαγείς μάζες γκαϊπιτικού υλικού, ενώ στα FLOAT παρατηρήθηκαν σύμμικτοι κόκκοι αλλά σε μικρότερο βαθμό από το προηγούμενο κλάσμα. Επίσης ο βαθμός αποδέσμευσης των προϊόντων έχει βελτιωθεί μερικώς, παρά τη μείωση της κοκκομετρίας των κλασμάτων.

Στο κλάσμα -1.00 +0.250 mm ο διαχωρισμός είναι αρκετά καλύτερος σε σχέση με αυτόν στο προηγούμενο κλάσμα και χαρακτηρίζεται μερικώς ικανοποιητικός. Η συγκέντρωση του σιδήρου είναι 63.91% και 11.31% στα βαριά (SINK) και στα ελαφριά (FLOAT) αντίστοιχα. Η κατανομή δείχνει με καλύτερο τρόπο, ότι ο διαχωρισμός ήταν αρκετά αποτελεσματικός. Συγκεκριμένα η κατανομή του Fe_2O_3 στα SINK και τα FLOAT ήταν 98.93% και 1.07% αντίστοιχα. Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 , SiO_2 και MnO είναι 12.01, -24.80 και 5.49 αντίστοιχα, ενώ παρουσίασε βελτίωση σε πολύ μεγάλο βαθμό, με εξαίρεση την περίπτωση του MnO , όπου η βελτίωση ήταν αισθητά μικρότερη. Η μικροσκοπική μελέτη των προϊόντων του διαχωρισμού στα SINK έδειξε την παρουσία ενός μεγάλου ποσοστού από κόκκους γκαϊπίτη. Στα FLOAT καταγράφηκε επίσης μικρός αριθμός σύμμεικτων κόκκων. Ο βαθμός αποδέσμευσης του μεταλλεύματος έχει βελτιωθεί με τη μείωση της κοκκομετρίας των κλασμάτων, αλλά παρατηρείται ότι μικρό ποσοστό γκαϊπιτικού υλικού συμπαρασύρεται στο απόρριμμα.

Στο κλάσμα -0.250 +0.063 mm ο διαχωρισμός είναι ο πιο ικανοποιητικός από όλα τα κοκκομετρικά κλάσματα. Η συγκέντρωση του σιδήρου είναι 63.34% και 6.10% στα βαριά (SINK) και στα ελαφριά (FLOAT) αντίστοιχα. Η περιεκτικότητα στα SINK και στα FLOAT είναι άκρως ικανοποιητική. Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 , SiO_2 και MnO είναι 30.75, -49.47 και 15.03 αντίστοιχα και χαρακτηρίζεται ως ο υψηλότερος από όλους τους βαρυτομετρικούς διαχωρισμούς, που πραγματοποιήθηκαν. Επιπλέον η κατανομή του Fe_2O_3 στα SINK είναι

98.22% και στα FLOAT 1.78% γεγονός που δείχνει ότι ο διαχωρισμός είναι αντίστοιχος με αυτόν του προηγούμενου κοκκομετρικού κλάσματος. Η κατανομή του SiO₂ είναι ικανοποιητική μόνο στο συγκεκριμένο κλάσμα, όπου το μεγαλύτερο μέρος του πυριτίου οδηγείται στο απόρριμμα. Σύμφωνα με τη μικροσκοπική μελέτη των προϊόντων του διαχωρισμού, φαίνεται ότι στα SINK υπάρχουν ως επί το πλείστον κόκκοι γκαιίτη και ελάχιστοι μικροί κόκκοι χαλαζία, οι οποίοι πιθανότατα έχουν συμπαρασυρθεί. Ο βαθμός αποδέσμευσης του μεταλλεύματος έχει βελτιωθεί περαιτέρω με τη μείωση της κοκκομετρίας των κλασμάτων.

5.2.2. Ρέντα-Αρολίθι

Στο Πίνακα 5.7 αναγράφονται οι ποσότητες των κοκκομετρικών κλασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στις βαρυτομετρικές δοκιμές με βαρέα υγρά.

Πίνακας 5.7: Ποσότητες κοκκομετρικών κλασμάτων των βαρυτομετρικών δοκιμών.

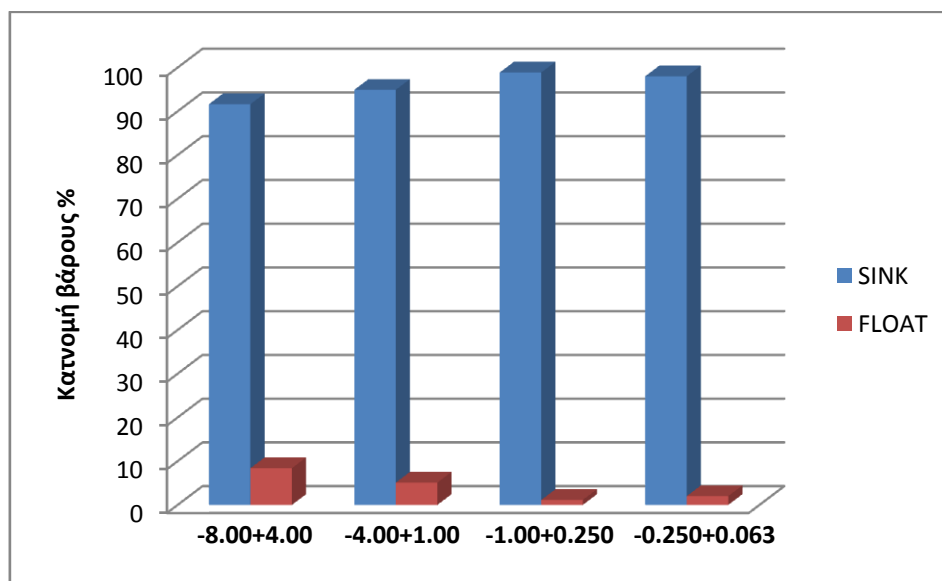
Κοκκομετρικά κλάσματα (mm)	Βάρος (g)
(8-4)	995.4
(4-1)	645.1
(1-0.250)	229.5
(0.250-0.063)	89.8
Σύνολο	1959.8

Στο Πίνακα 5.8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της πειραματικής δοκιμής του βαρυτομετρικού διαχωρισμού και η αξιολόγησή τους.

Πίνακας 5.8: Χημικές αναλύσεις και κατανομή των κλασμάτων του βαρυτομετρικού διαχωρισμού Ρεντα Αρολίθι.

			Βάρος										
% αρχικού βάρους	Μέγεθος κόκκων	Βαρυτομετρικά κλάσματα	Βάρος (g)	Βάρος κλάσματος %	Βάρος επί αρχικού %	Χημικές αναλύσεις				Κατανομή			
						Fe ₂ O3 (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)
24.2	(8-4)	SINK (PAB8-4S)	911.9	91.61	43.20	78.74	4.59	0.55	0.16	92.07	86.27	91.60	91.61
		FLOAT (PAB8-4F)	83.5	8.39	3.96	74.04	7.97	0.55	0.16	7.93	13.73	8.40	8.39
		SUM	995.4	100.00	47.16	78.35	4.87	0.55	0.16	100.00	100.00	100.00	100.00
15.7	(4-1)	SINK (PAB4-1S)	612.2	94.90	29.00	78.75	4.79	0.16	0.14	95.18	91.48	67.27	93.80
		FLOAT (PAB4-1F)	32.9	5.10	1.56	74.26	8.30	1.47	0.17	4.82	8.52	32.73	6.20
		SUM	645.1	100.00	30.56	78.52	4.97	0.23	0.14	100.00	100.00	100.00	100.00
5.6	(1-0.250)	SINK (PAB1-0.25S)	226.9	98.87	10.75	77.46	5.25	0.55	0.16	99.84	86.33	97.70	98.87
		FLOAT(PAB1-0.25F)	2.6	1.13	0.12	10.75	72.51	1.13	0.15	0.16	13.67	2.30	1.13
		SUM	229.5	100.00	10.87	76.71	6.01	0.55	0.15	100.00	100.00	100.00	100.00
2.2	(0.250-0.063)	SINK (PAB0.25-0.063S)	88	98.00	4.17	78.79	5.29	0.56	0.16	99.74	77.67	97.42	98.03
		FLOAT(PAB0.25-0.063F)	1.8	2.00	0.09	10.14	74.35	0.72	0.16	0.26	22.33	2.58	1.97
		SUM	89.8	100.00	4.25	77.41	6.67	0.56	0.16	100.00	100.00	100.00	100.00
3.7	(-0.063)	(PA 0.063)	150.9	100.00	7.15	70.55	9.39	4.38	0.14	100.00	100.00	100.00	100.00
	Σύνολο				100								

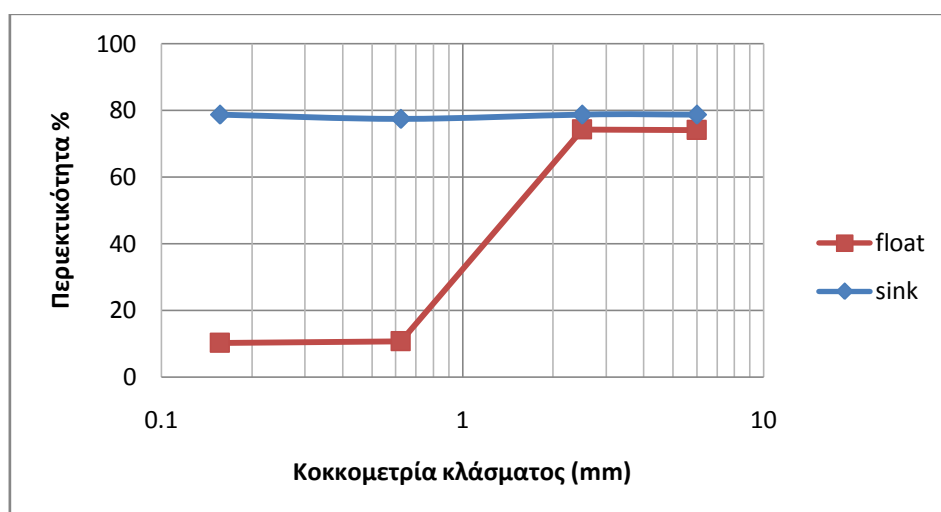
5.2.2.1. Κατανομή βάρους στα βαριά και τα ελαφριά προϊόντα



Σχήμα 5.22: Κατανομή βάρους % στα SINK και τα FLOAT σε όλα τα κοκκομετρικά κλάσματα.

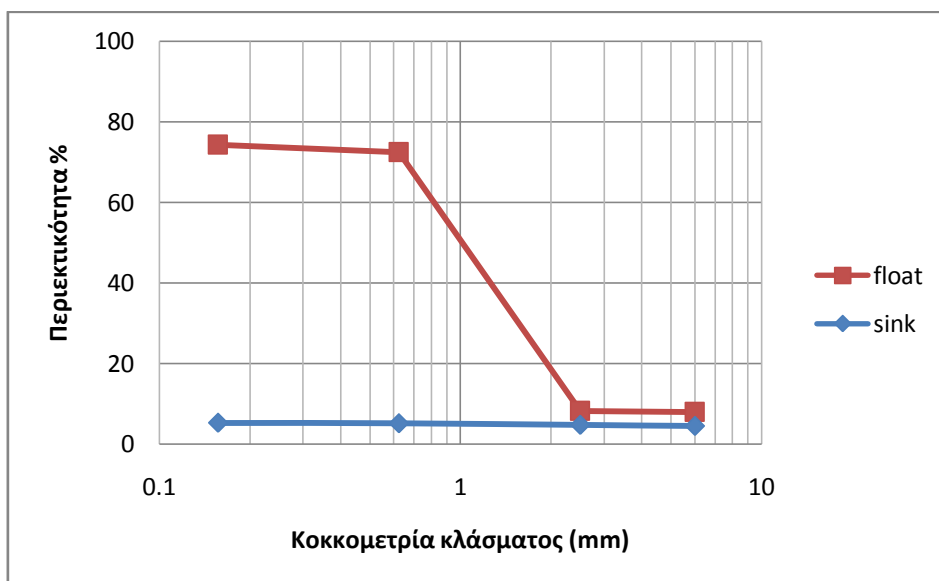
Από τα τέσσερα παραπάνω κοκκομετρικά κλάσματα φαίνεται ότι η κατανομή βάρους στα SINK κυμαίνεται από 91.6% έως 98.9% ενώ στα FLOAT από 1.1% έως 8.4%, ο σίδηρος Fe_2O_3 συγκεντρώνεται στα βαρέα (SINK) και φαίνεται οι μεγαλύτερες τιμές κατανομής να σημειώνονται στις δύο μικρότερες κοκκομετρίες (-1.00 +0.250mm & -0.250 +0.0630mm). Πιο συγκεκριμένα στην κοκκομετρία -1.00 +0.250mm η περιεκτικότητα σε σίδηρο είναι 77.46% και στην κοκκομετρία -0.250 +0.0630mm 78.79% αντίστοιχα. Στις δύο μεγαλύτερες κοκκομετρίες -8.00 +4.00mm και -4.00 +1.00mm οι κατανομές βάρους στα SINK είναι 91.6% και 94.9% και στα FLOAT 8.4% και 5.1% αντίστοιχα. Στο μικρότερο κοκκομετρικό κλάσμα ο βαρυτομετρικός διαχωρισμός φάνηκε να λειτουργήσει καλύτερα.

5.2.2.2. Περιεκτικότητα των κλασμάτων του βαρυτομετρικού διαχωρισμού σε Fe_2O_3 & SiO_2



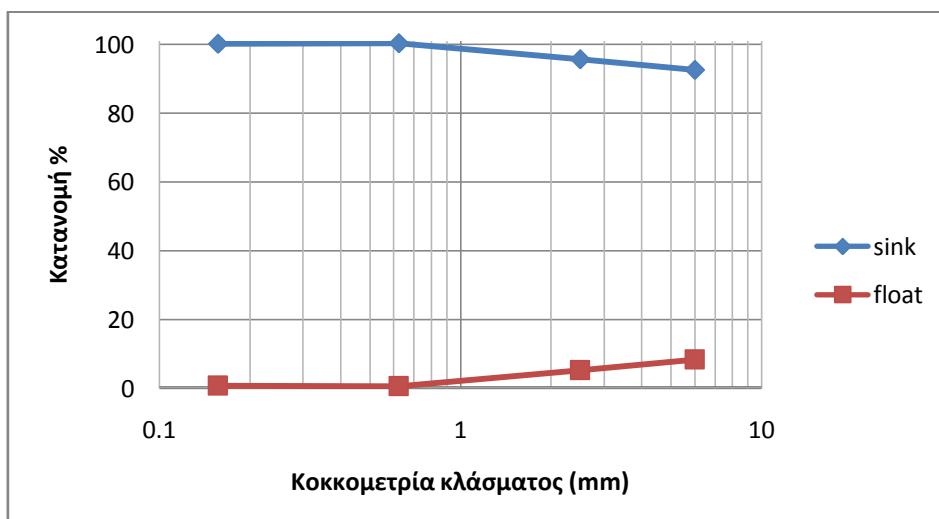
Σχήμα 5.23: Περιεκτικότητα σε Fe_2O_3 στα κλάσματα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού.

Η ανάλυση του Fe_2O_3 κυμαίνεται από 77,46% έως 78,79% στα SINK, οπότε μπορεί να ειπωθεί ότι δε μεταβάλλεται σημαντικά. Ενώ η περιεκτικότητα Fe_2O_3 στα FLOAT παρουσιάζει αρκετά μεγάλη μείωση με μειούμενη την κοκκομετρία, συγκεκριμένα οι αναλύσεις που σημειώθηκαν από το μεγαλύτερο κοκκομετρικό κλάσμα προς στο μικρότερο ήταν: 74.04%, 74.26%, 10.75% και 10.14%. Μια αντίστροφη εικόνα παρουσιάζεται στην ανάλυση του SiO_2 , στα SINK η ανάλυση δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές στα κοκκομετρικά κλάσματα, εφόσον παίρνει τιμές από 4.79-5.29%. Στην ανάλυση των FLOAT παρατηρείται ότι με τη μείωση της κοκκομετρίας αυξάνεται η περιεκτικότητα σε SiO_2 , οι τιμές της περιεκτικότητας των τεσσάρων κοκκομετρικών κλασμάτων από το μεγαλύτερο στο μικρότερο ήταν: 7.97%, 8.30%, 72.51% και 74.35%.



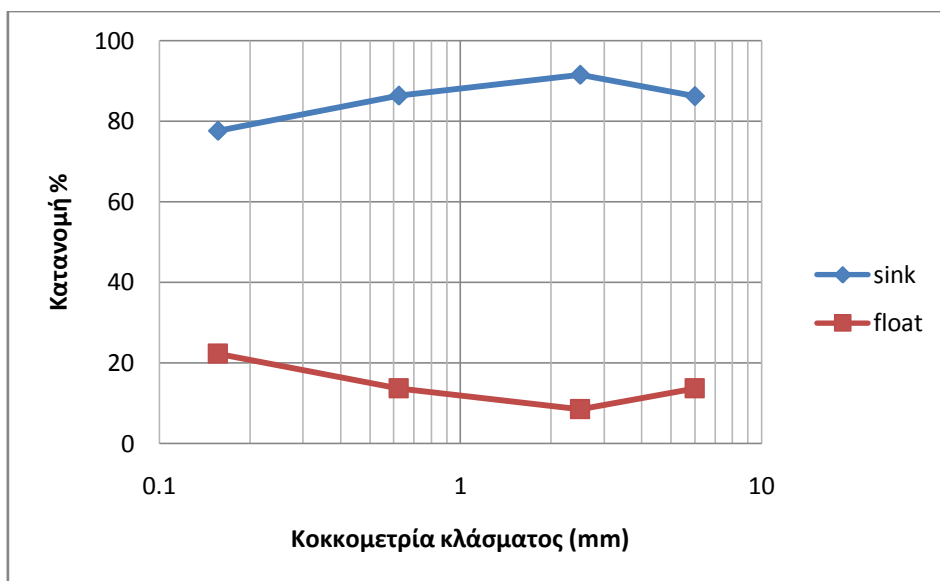
Σχήμα 5.24: Περιεκτικότητα σε SiO_2 στα κλάσματα του βαρομετρικού διαχωρισμού.

5.2.2.3. Κατανομή των Fe_2O_3 & SiO_2



Σχήμα 5.25: Κατανομή του Fe_2O_3 στα κλάσματα του βαρομετρικού διαχωρισμού.

Η κατανομή του Fe_2O_3 παρουσιάζει πολύ μεγάλες τιμές στα SINK (92.07-99.84%) και πολύ μικρές στα FLOAT (0.26-7.93%), γεγονός που δείχνει ότι ελάχιστη ποσότητα σιδήρου κατευθύνεται στο απόρριμμα (FLOAT)

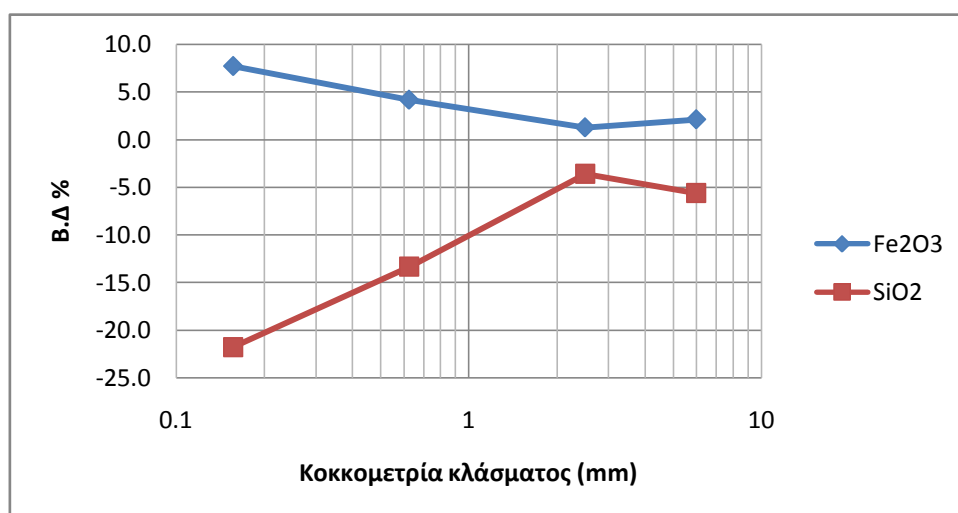


Σχήμα 5.26: Κατανομή του SiO₂ στα κλάσματα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού.

Στην κατανομή SiO₂ εμφανίζεται μια αντίστροφη εικόνα με τις κατανομές των SINK και FLOAT να παρουσιάζουν μεγαλύτερες διακυμάνσεις με τη μείωση της κοκκομετρίας. Η κατανομή του Fe₂O₃ στα SINK κυμαίνεται από 77.67% έως 91.48% και στα FLOAT από 8.52% έως 22.33%.

Πίνακας 5.9: Βαθμός διαχωρισμού των κλασμάτων του βαρυτομετρικού διαχωρισμού.

Κλάσματα	Βαθμοί διαχωρισμού			
	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO
(8-4)	2.13	-5.62	-0.01	0.00
(4-1)	1.29	-3.60	-27.70	-1.10
(1-0.250)	4.18	-13.34	-1.18	0.01
(0.250-0.063)	7.71	-21.78	-0.58	0.04



Σχήμα 5.27: Βαθμός διαχωρισμού των κλασμάτων του βαρυτομετρικού διαχωρισμού.

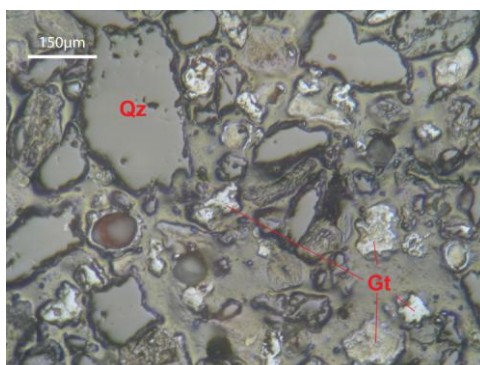
Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 και SiO_2 βελτιώνεται με τη μείωση της κοκκομετίας των κλασμάτων. Μόνη εξαίρεση αποτελεί ο βαθμός διαχωρισμού του SiO_2 στο κοκκομετρικό κλάσμα $-4.00 +1.00\text{mm}$.

5.2.2.4. Μικροσκοπική εξέταση κλασμάτων βαρυτομετρικού διαχωρισμού

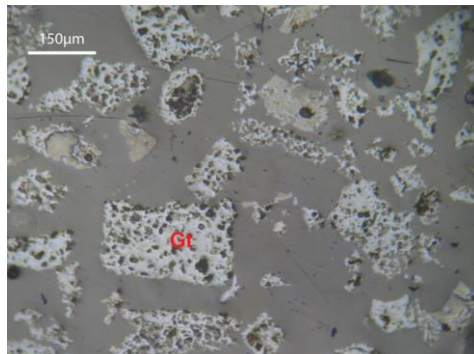
Κοκκομετρικό κλάσμα $-0.250 +0.063 \text{ mm}$

Στην τομή F (FLOAT): παρατηρούνται ως επί το πλείστον κόκκοι χαλαζία, όμως φαίνεται να έχουν συμπαρασυρθεί αρκετοί μικροί κόκκοι γκαϊπίτη.

Στην τομή S (SINK): παρατηρούνται κυρίως κόκκοι γκαϊπίτη, κατά τόπους παρουσιάζονται σε πολύ μικρό ποσοστό κόκκοι χαλαζία μεμονωμένοι ή θραύσματά τους μέσα στο γκαϊπιτικό υλικό, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.29.



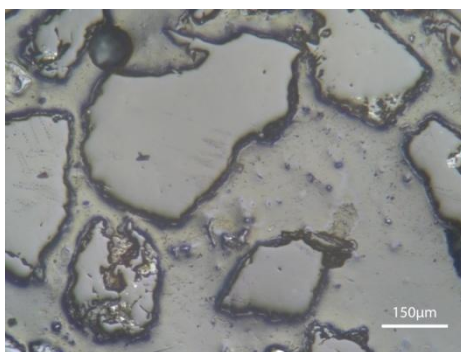
Σχήμα 5.28: Κόκκοι χαλαζία (Qz) καθώς μικροί κόκκοι γκαϊπίτη (Gt).
Προϊόν FLOAT $-0.250 +0.063 \text{ mm}$, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



Σχήμα 5.29: Κόκκοι γκαϊπίτη καθώς και μερικώς αποδεσμευμένοι κόκκοι γκαϊπίτη (Gt)-
συνδετικού υλικού. Προϊόν SINK $-0.250 +0.063 \text{ mm}$, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

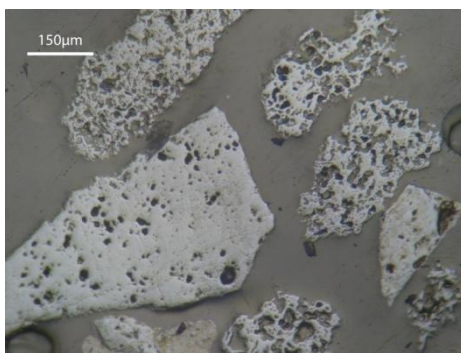
Κοκκομετρικό κλάσμα $-1.00 +0.250 \text{ mm}$

Στην τομή F (FLOAT): παρατηρούνται κυρίως κόκκοι χαλαζία, καθώς και ένα μικρό ποσοστό μη αποδεσμευμένων κόκκων χαλαζία-γκαϊπίτη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.30.



Σχήμα 5.30: Κόκκοι χαλαζία και θραύσματα κόκκων γκαϊτίτη σε συσσωματώματα με χαλαζία.
Προϊόν FLOAT -1.00 +0.250 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

Στην τομή S (SINK): παρατηρούνται κυρίως κόκκοι γκαϊτίτη και σε μικρό βαθμό θραύσματα κόκκων χαλαζία.

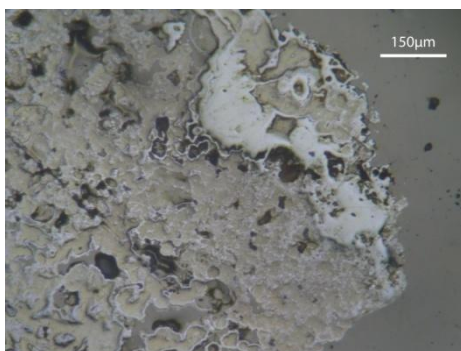


Σχήμα 5.31: Κόκκοι γκαϊτίτη.
Προϊόν SINK -1.00 +0.250 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

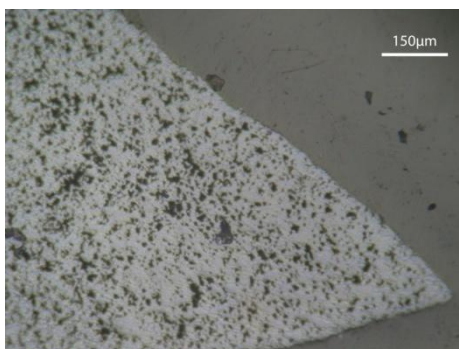
Κοκκομετρικό κλάσμα -4.00 +1.00 mm

Στην τομή F (FLOAT): παρατηρούνται μεγάλες μάζες γκαϊτίτη και μερικά συσσωματώματα γκαϊτίτη-χαλαζία, στα όποια επικρατεί ο γκαϊτίτης.

Στην τομή S (SINK): παρατηρούνται κυρίως κόκκοι γκαϊτίτη καθώς μερικώς αποδεδευσμένοι κόκκοι γκαϊτίτη-χαλαζία.



Σχήμα 5.32: Συσσωμάτωμα γκαϊτίτη-χαλαζία
Προϊόν FLOAT -4.00 +1.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

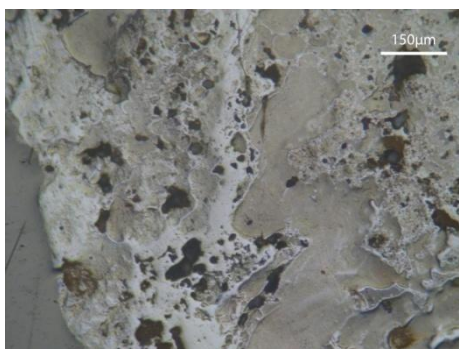


Σχήμα 5.31: Κόκκος γκαίπιτη.
Προϊόν SINK -4.00 +1.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

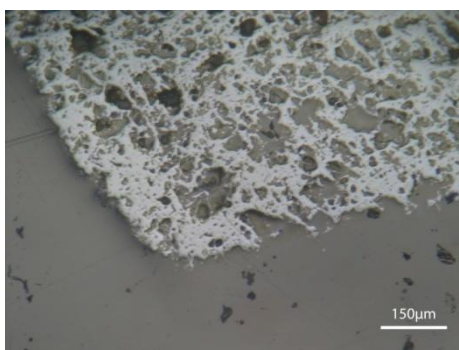
Κοκκομετρικό κλάσμα -8.00 +4.00 mm

Στην τομή F (FLOAT): παρατηρούνται συσσωματώματα γκαίπιτη –χαλαζία, στα όποια τα δύο ορυκτά φαίνεται να συμμετέχουν σε αναλογία 3:1. Είναι εμφανές, ότι ο βαθμός αποδέσμευσης είναι πολύ χαμηλός

Στην τομή S (SINK): παρατηρούνται μεγάλες μάζες γκαίπιτη και ελάχιστα συσσωματώματα γκαίπιτη-χαλαζία, στα όποια επικρατεί ο γκαίπιτης.



Σχήμα 5.33: Συσσωματώματα γκαίπιτη-χαλαζία.
Προϊόν FLOAT -8.00 +4.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



Σχήμα 5.34: Γκαίπιτικό υλικό.
Προϊόν SINK -8.00 +4.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

5.2.2.5. Σχολιασμός και παρατηρήσεις αποτελεσμάτων βαρυτομετρικού διαχωρισμού

Στο κλάσμα -8.00 +4.00 mm ο διαχωρισμός δεν κρίνεται ικανοποιητικός, η συγκέντρωση του σιδήρου είναι 78.74% και 74.04% στα βαριά (SINK) και στα ελαφριά (FLOAT) αντίστοιχα. Η συγκέντρωση δείχνει ότι το απόρριμμα είναι πολύ πλούσιο σε Fe_2O_3 και δεν διαφοροποιείται ουσιαστικά από το βαρύ προϊόν. Η κατανομή Fe_2O_3 είναι ίση με 92.07%, η οποία είναι η χαμηλότερη από όλα τα κλάσματα. Επίσης η κατανομή SiO_2 είναι 86.27% στα SINK, τιμή η οποία δείχνει, ότι μικρή ποσότητα πυριτίου απομακρύνεται από το σιδηρομετάλλευμα. Ακόμα ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 και SiO_2 είναι 2.13 και -5.62 αντίστοιχα, τιμές οι οποίες ήταν επίσης οι χαμηλότερες που σημειώθηκαν από όλα τα κλάσματα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού. Τα παραπάνω συμφωνούν και με όσα έδειξε η μικροσκοπική μελέτη των προϊόντων του διαχωρισμού, όπου παρατηρήθηκαν μεγάλοι σύμμικτοι κόκκοι. Ο πολύ χαμηλός βαθμός αποδέσμευσης που παρατηρήθηκε σε αυτή την κοκκομετρία δικαιολογεί τη χαμηλή αποδοτικότητα αυτού του διαχωρισμού.

Στο κλάσμα -4.00 +1.00 mm ο διαχωρισμός κρίνεται ως λιγότερο αποδοτικός σε σχέση με το προηγούμενο κλάσμα. Η συγκέντρωση του σιδήρου είναι 78.75% και 74.26% στα βαριά (SINK) και στα ελαφριά (FLOAT) αντίστοιχα, τιμές οι οποίες είναι σχεδόν ίδες με αυτές του αμέσως μεγαλύτερου κλάσματος. Η κατανομή Fe_2O_3 στα SINK είναι 95,18% και στα FLOAT 4,82%. Η κατανομή SiO_2 είναι 91.48% και 8.52% στα SINK και στα FLOAT αντίστοιχα, αποτέλεσμα που φανερώνει, ότι ελάχιστη ποσότητα πυριτίου απομακρύνεται. Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 και SiO_2 είναι 1.29 και -3.60 αντίστοιχα, δεδομένα που δείχνουν ότι ο διαχωρισμός είναι λιγότερο αποτελεσματικός σε σχέση με τον προηγούμενο, όποτε και σε αυτή την περίπτωση ο διαχωρισμός χαρακτηρίζεται μη αποδοτικός. Η μικροσκοπική μελέτη των προϊόντων του διαχωρισμού έδειξε, ότι στα SINK υπάρχουν συμπαγείς μάζες γκαϊπιτικού υλικού και στα FLOAT εμφανίζεται επίσης μεγάλος αριθμός σύμμικτων κόκκων. Ο βαθμός αποδέσμευσης έχει βελτιωθεί αλλά όχι αρκετά, ώστε να συνεισφέρει θετικά στο μηχανισμό του διαχωρισμού.

Στο κλάσμα -1.00 +0.250 mm ο διαχωρισμός είναι ελάχιστα καλύτερος σε σχέση με αυτόν στο προηγούμενο κλάσμα. Η συγκέντρωση του σιδήρου είναι 77.46% και 10.75% στα βαριά (SINK) και στα ελαφριά (FLOAT) αντίστοιχα. Η συγκέντρωση στα FLOAT είναι αρκετά ικανοποιητική. Η κατανομή του Fe_2O_3 στα SINK και τα FLOAT είναι 99.84% και 0.16%, τα οποία είναι τα καλύτερα αποτελέσματα κατανομής σε όλα τα κλάσματα. Η κατανομή του SiO_2 στα SINK είναι 86.33% και στα FLOAT 13.67%, τιμές που δείχνουν, ότι ούτε σε αυτόν το διαχωρισμό απομακρύνεται κάποιο αξιόλογο ποσοστό πυριτίου. Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 και SiO_2 είναι 4.18 και -13.34 αντίστοιχα και έδειξε βελτίωση σε σχέση με τις δύο μεγαλύτερες κοκκομετρίες. Η μικροσκοπική μελέτη των προϊόντων του διαχωρισμού στα SINK έδειξε την παρουσία μεγάλου αριθμού κόκκων γκαϊπίτη, ενώ στα FLOAT καταγράφηκαν κάποιοι σύμμικτοι κόκκοι. Ο βαθμός αποδέσμευσης έχει βελτιωθεί εντυπωσιακά με τη μείωση της κοκκομετρίας των κλασμάτων, παρόλο που ένα μικρό ποσοστό μη αποδεσμευμένου γαϊπιτικού υλικού συμπαρασύρεται στο απόρριμμα.

Στο κλάσμα -0.250 +0.063 mm ο διαχωρισμός είναι αποδοτικότερος από εκείνον στο προηγούμενο κλάσμα. Η συγκέντρωση του σιδήρου είναι 78.79% και 10.14% στα βαριά (SINK) και στα ελαφριά (FLOAT) αντίστοιχα. Η περιεκτικότητα του Fe_2O_3 είναι ικανοποιητική στα SINK, ενώ αυτή στα FLOAT είναι η χαμηλότερη για το απόρριμμα. Η κατανομή του Fe_2O_3 είναι στα SINK 99.74% και στα FLOAT 0.26% αντίστοιχα. Η κατανομή του SiO_2 στα SINK είναι 77.67% και στα FLOAT 22.33%, τιμές που δείχνουν, ότι το μεγαλύτερο ποσοστό του πυριτίου οδηγείται στο συμπύκνωμα. Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 και SiO_2 είναι 7.71 και -21.78 αντίστοιχα, ο υψηλότερος από όλους τους βαρυτομετρικούς διαχωρισμούς που πραγματοποιήθηκαν. Σύμφωνα με τη μικροσκοπική μελέτη των προϊόντων του διαχωρισμού

στα SINK, καταγράφηκε ένας μεγάλος αριθμός κόκκων γκαίπτη και ελάχιστοι κόκκοι χαλαζία. Ο βαθμός αποδέσμευσης έχει βελτιωθεί ακόμα περισσότερο με τη μείωση της κοκκομετρίας των κλασμάτων.

5.3. Δοκιμή εμπλουτισμού με τη μέθοδο του μαγνητικού διαχωρισμού

5.3.1. Κακόπετρο

Στο Πίνακα 5.10 αναγράφονται οι ποσότητες των κοκκομετρικών κλασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στις δοκιμές του μαγνητικού διαχωρισμού.

Πίνακας 5.10: Βάρη κοκκομετρικών κλασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στο μαγνητικό διαχωρισμό.

Κοκκομετρικά κλάσματα (mm)	Βάρος (g)
(8-4)	1288.1
(4-1)	978.7
(1-0.250)	442.0
(0.250-0.063)	290.4
Σύνολο	2999.2

Στους Πίνακες 5.11 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της πειραματικής δοκιμής του βαρυτομετρικού διαχωρισμού καθώς και η αξιολόγησή τους. Στον πίνακα 5.12 παρουσιάζονται οι αναλύσεις αθροιστικώς μαγνητικών και αθροιστικώς μη-μαγνητικών προϊόντων.

Πίνακας 5.11: Χημικές αναλύσεις και κατανομή των κλασμάτων του μαγνητικού διαχωρισμού Κακόπετρου.

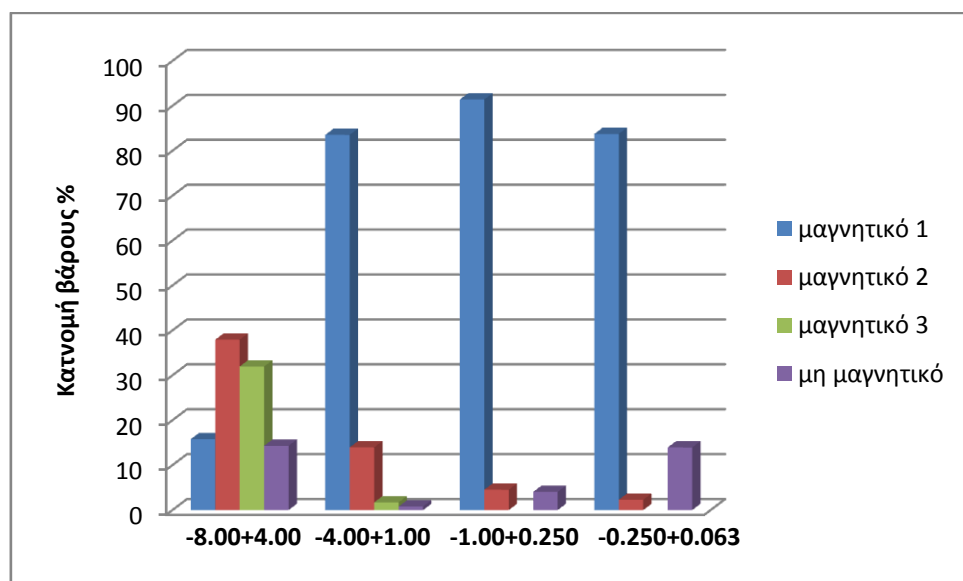
			Βάρος										
% αρχικού βάρους	Μέγεθος κόκκων	Κλάσματα μαγνητικού διαχωρισμού	Βάρος (g)	Βάρος κλάσματος %	Βάρος επί αρχικού %	Χημικές αναλύσεις				Κατανομή			
						Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)
20.5	(8-4)	μαγνητικό 1 (KM 8-4I)	203.4	15.79	6.01	62.43	16.45	2.85	3.99	16.08	15.51	14.32	15.12
		μαγνητικό 2 (KM 8-4II)	488.6	37.93	14.43	62.91	15.25	2.99	3.97	38.92	34.54	36.11	36.14
		μαγνητικό 3 (KM 8-4III)	411.7	31.96	12.16	59.27	17.60	3.57	4.88	30.90	33.59	36.37	37.43
		μη μαγνητικό 3 (KM 8-4M)	184.4	14.32	5.44	60.40	19.14	2.89	3.29	14.10	16.37	13.20	11.31
		SUM	1288.1	100.00	38.03	61.31	16.75	3.14	4.16	100.00	100.00	100.00	100.00
15.6	(4-1)	μαγνητικό 1 (KM 4-1I)	817.6	83.54	24.14	62.30	14.29	3.32	5.02	84.77	76.32	81.67	88.17
		μαγνητικό 2 (KM 4-1II)	136.6	13.96	4.03	59.61	19.25	3.65	3.71	13.55	17.18	15.03	10.88
		μαγνητικό 3 (KM 4-1III)	16.8	1.72	0.50	50.93	27.82	4.79	2.29	1.42	3.05	2.43	0.83
		μη μαγνητικό 3 (KM 4-1M)	7.7	0.79	0.23	19.84	68.46	3.75	0.69	0.25	3.44	0.87	0.11
		SUM	978.7	100.00	28.90	61.40	15.64	3.39	4.75	100.00	100.00	100.00	100.00
7.0	(1-0.250)	μαγνητικό 1 (KM 1-0.25I)	404.1	91.43	11.93	63.36	13.22	2.49	5.89	95.76	72.29	86.67	95.93
		μαγνητικό 2 (KM 1-0.25II)	20	4.52	0.59	52.50	24.69	4.63	4.74	3.93	6.68	7.97	3.82
		μη μαγνητικό 2 (KM 1-0.25M)	17.9	4.05	0.53	4.72	86.79	3.48	0.35	0.32	21.02	5.36	0.25
		SUM	442	100.00	13.05	60.49	16.72	2.63	5.61	100.00	100.00	100.00	100.00
4.6	(0.250-0.063)	μαγνητικό 1 (KM 0.25-0.063I)	243.2	83.75	7.18	63.01	13.24	2.45	5.48	98.95	43.08	82.03	98.98
		μαγνητικό 2 (KM 0.25-0.063II)	6.7	2.31	0.20	16.20	71.81	4.28	1.37	0.70	6.44	3.95	0.68
		μη μαγνητικό 2 (KM 0.25-0.063M)	40.5	13.95	1.20	1.34	93.18	2.51	0.11	0.35	50.48	14.02	0.34
		SUM	290.4	100.00	8.57	53.33	25.74	2.50	4.63	100.00	100.00	100.00	100.00
6.2	(-0.063)	(K 0.063)	387.6	100.00	11.44	50.86	25.43	6.31	3.54	100.00	100.00	100.00	100.00
	Σύνολο				100.00								

Πίνακας 5.12: Χημικές αναλύσεις και κατανομή αθροιστικών μαγνητικών και αθροιστικών μη μαγνητικών προϊόντων Κακόπετρου.

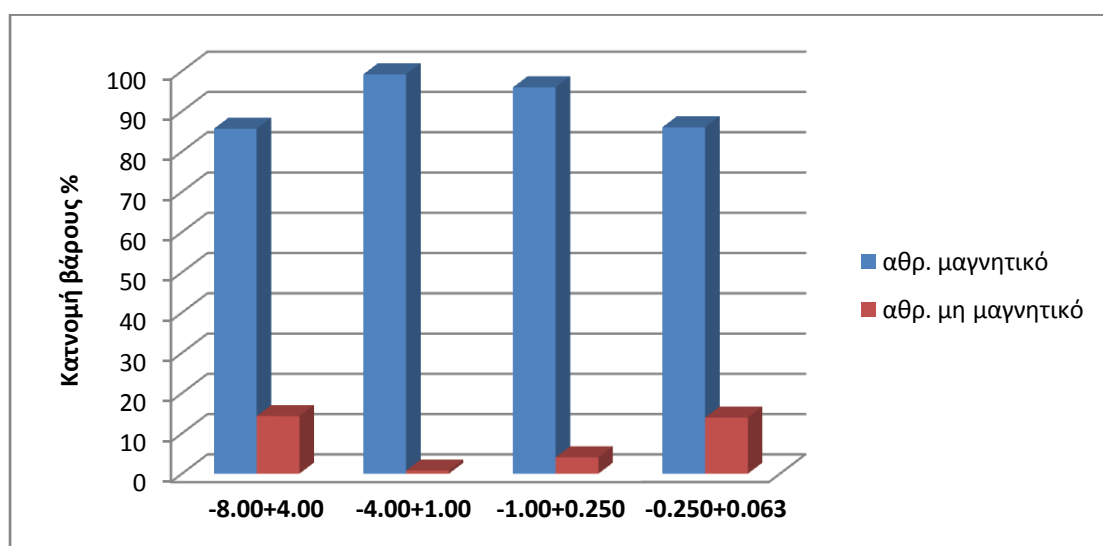
			Βάρος										
% αρχικού βάρους	Μέγεθος κόκκων	Κλάσματα μαγνητικού διαχωρισμού	Βάρος (g)	Βάρος κλάσματος %	Βάρος επί αρχικού %	Χημικές αναλύσεις				Κατανομή			
						Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)
20.5	(8-4)	μαγνητικό	1103.7	85.68	32.59	61.46	16.35	3.18	4.31	85.90	83.63	86.80	88.69
		μη μαγνητικό	184.4	14.32	5.44	60.40	19.14	2.89	3.29	14.10	16.37	13.20	11.31
		SUM	1288.1	100.00	38.03	61.31	16.75	3.14	4.16	100.00	100.00	100.00	100.00
15.6	(4-1)	μαγνητικό	971	99.21	28.67	61.72	15.22	3.39	4.79	99.75	96.56	99.13	99.89
		μη μαγνητικό	7.7	0.79	0.23	19.84	68.46	3.75	0.69	0.25	3.44	0.87	0.11
		SUM	978.7	100.00	28.90	61.40	15.64	3.39	4.75	100.00	100.00	100.00	100.00
7.0	(1-0.250)	μαγνητικό	424.1	95.95	12.52	62.84	13.76	2.59	5.83	99.68	78.98	94.64	99.75
		μη μαγνητικό	17.9	4.05	0.53	4.72	86.79	3.48	0.35	0.32	21.02	5.36	0.25
		SUM	442	100.00	13.05	60.49	16.72	2.63	5.61	100.00	100.00	100.00	100.00
4.6	(0.250-0.063)	μαγνητικό	249.9	86.05	7.38	61.76	14.81	2.50	5.37	99.65	49.52	85.98	99.66
		μη μαγνητικό	40.5	13.95	1.20	1.34	93.18	2.51	0.11	0.35	50.48	14.02	0.34
		SUM	290.4	100.00	8.57	53.33	25.74	2.50	4.63	100.00	100.00	100.00	100.00
6.2	(-0.063)	(Κ 0.063)	387.6	100.00	11.44	50.86	25.43	6.31	3.54	100.00	100.00	100.00	100.00
	Σύνολο				100.00								

5.3.1.1. Κατανομή βάρους στα μαγνητικά - μη μαγνητικά και στα αθροιστικώς μαγνητικά - αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα

Στον Πίνακα 5.11 φαίνεται η κατανομή βάρους στα μαγνητικά και μη μαγνητικά για κάθε κοκκομετρικό κλάσμα. Στο σχήμα 5.37 φαίνονται οι κατανομές ξεχωριστά σε κάθε μαγνητικό προϊόν. Στο Σχήμα 5.38 η κατανομή βάρους στα αθροιστικώς μαγνητικά και αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα. Η μεγαλύτερη ποσότητα υλικού εντοπίζεται στα μαγνητικά προϊόντα (Σχήμα 5.38). Στο κοκκομετρικό κλάσμα $-8.00 +4.00\text{mm}$ συγκεντρώνεται η μεγαλύτερη ποσότητα υλικού στα μαγνητικά (προϊόντα) 2 & 3 (Σχήμα 5.37). Για τα υπόλοιπα κοκκομετρικά κλάσματα παρατηρείται, ότι πάνω από το 80% του υλικού συγκεντρώνεται στο μαγνητικό (προϊόν) 1.



Σχήμα 5.37: Κατανομή βάρους % στα μαγνητικά και μη μαγνητικά κλάσματα.



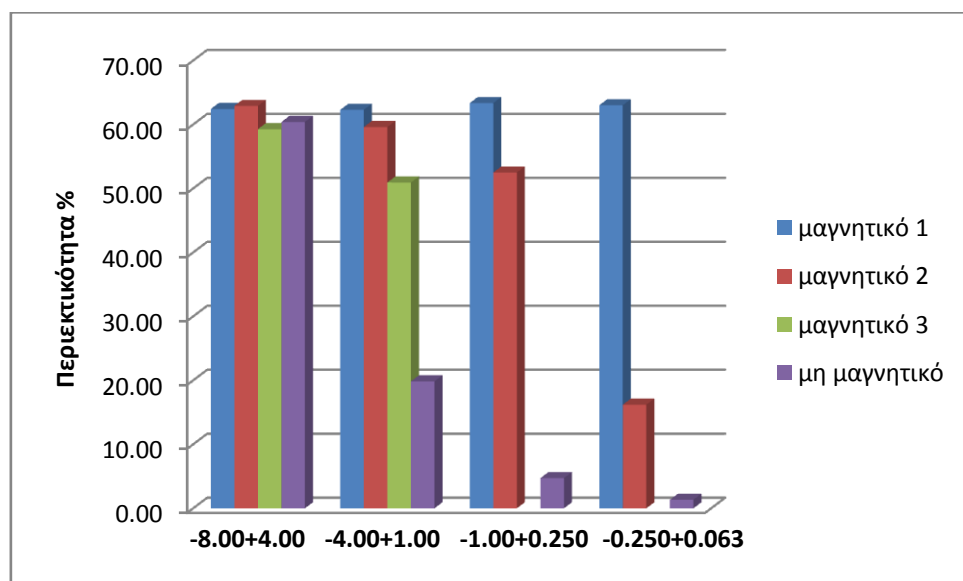
Σχήμα 5.38: Κατανομή βάρους % στα αθροιστικώς μαγνητικά και αθροιστικώς μη μαγνητικά κλάσματα.

Από τα τέσσερα παραπάνω κοκκομετρικά κλάσματα φαίνεται ότι η κατανομή βάρους στα αθροιστικώς μαγνητικά κυμαίνεται από 86% έως 99% ενώ στα αθροιστικώς μη μαγνητικά από

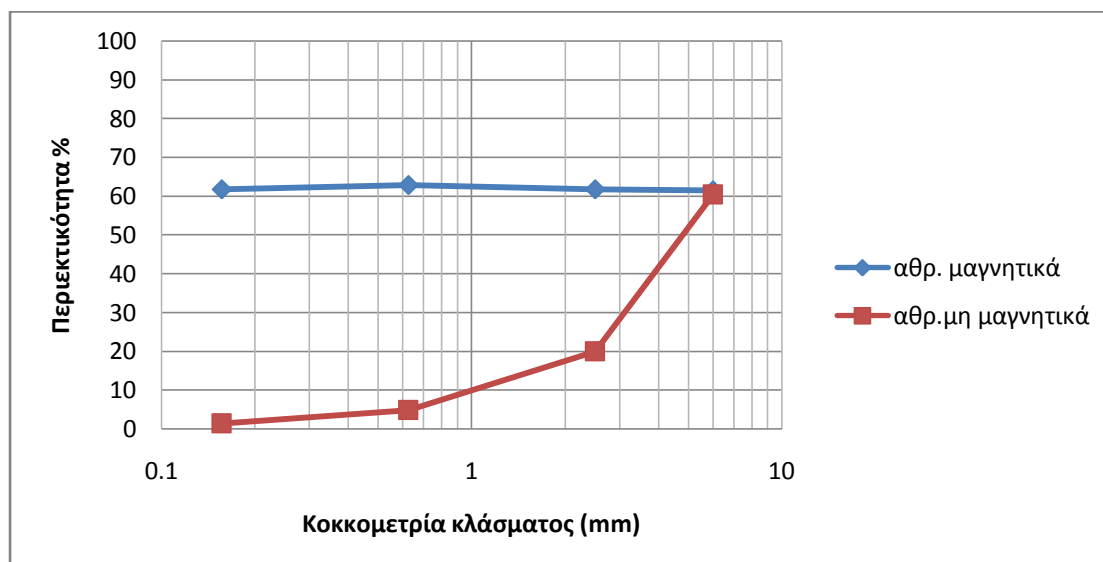
1% έως 14%. Ο σίδηρος Fe_2O_3 συγκεντρώνεται στα αθροιστικώς μαγνητικά και φαίνεται ότι οι μεγαλύτερες τιμές κατανομής σημειώνονται στις τρεις μικρότερες κοκκομετρίες (-4.00 +1.00mm, -1.00 +0.250mm & -0.250 +0.063mm).

5.3.1.2. Περιεκτικότητα των κλασμάτων του μαγνητικού διαχωρισμού σε $\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2$ & MnO

Στα Σχήματα 5.39 έως και 5.44 αποτυπώνονται οι περιεκτικότητες σε Fe_2O_3 , SiO_2 και MnO των μαγνητικών, μη μαγνητικών, αθροιστικώς μαγνητικών και αθροιστικώς μη μαγνητικών κλασμάτων που προέκυψαν από το διαχωρισμό.



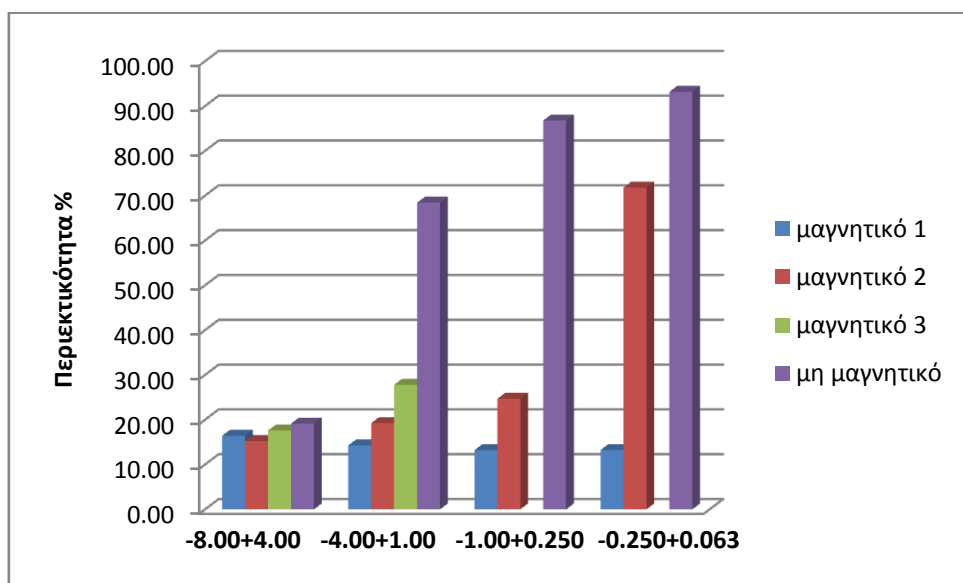
Σχήμα 5.39: Περιεκτικότητα $\text{Fe}_2\text{O}_3\%$ σε όλα τα μαγνητικά κλάσματα.



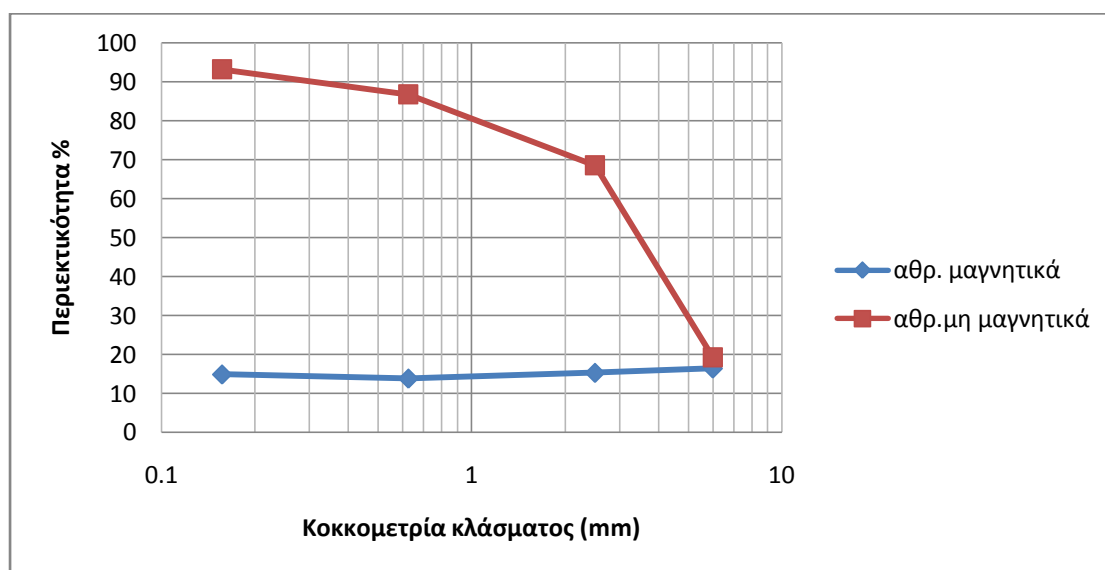
Σχήμα 5.40: Περιεκτικότητα $\text{Fe}_2\text{O}_3\%$ των αθροιστικώς μαγνητικών και αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων.

Η συγκέντρωση του Fe_2O_3 κυμαίνεται από 16,20% έως 63,36% στα μαγνητικά προϊόντα και στα αθροιστικώς μαγνητικά από 61,46% έως 62,84%. Η συγκέντρωση του Fe_2O_3 στα μη μαγνητικά προϊόντα παρουσιάζει αρκετά μεγάλη μείωση με μειούμενη κοκκομετρία και

συγκεκριμένα οι αναλύσεις που σημειώθηκαν από το μεγαλύτερο μη μαγνητικό κοκκομετρικό κλάσμα προς στο μικρότερο ήταν: 60.40%, 19.84%, 4.72% και 1.34%.

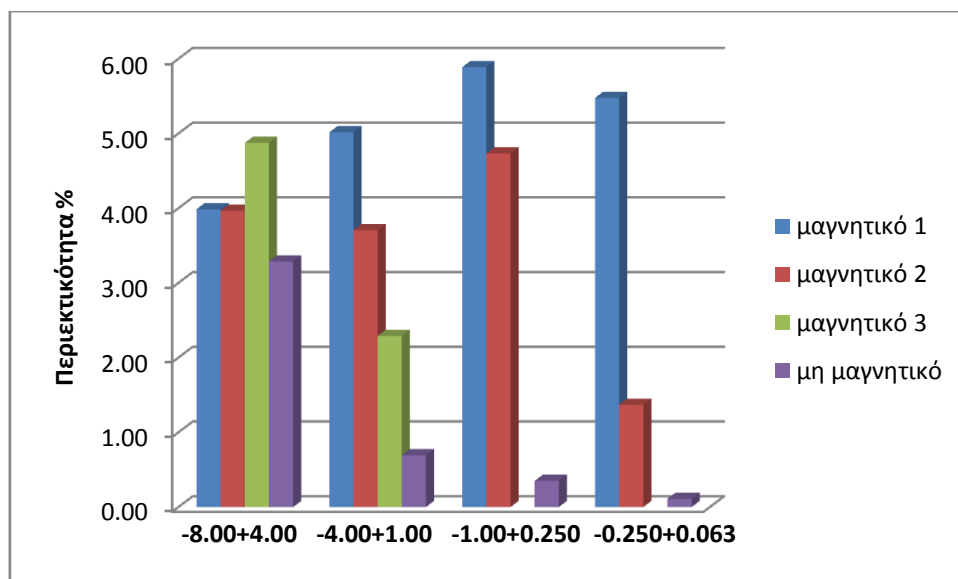


Σχήμα 5.41: Περιεκτικότητα SiO₂% σε όλα τα μαγνητικά κλάσματα.

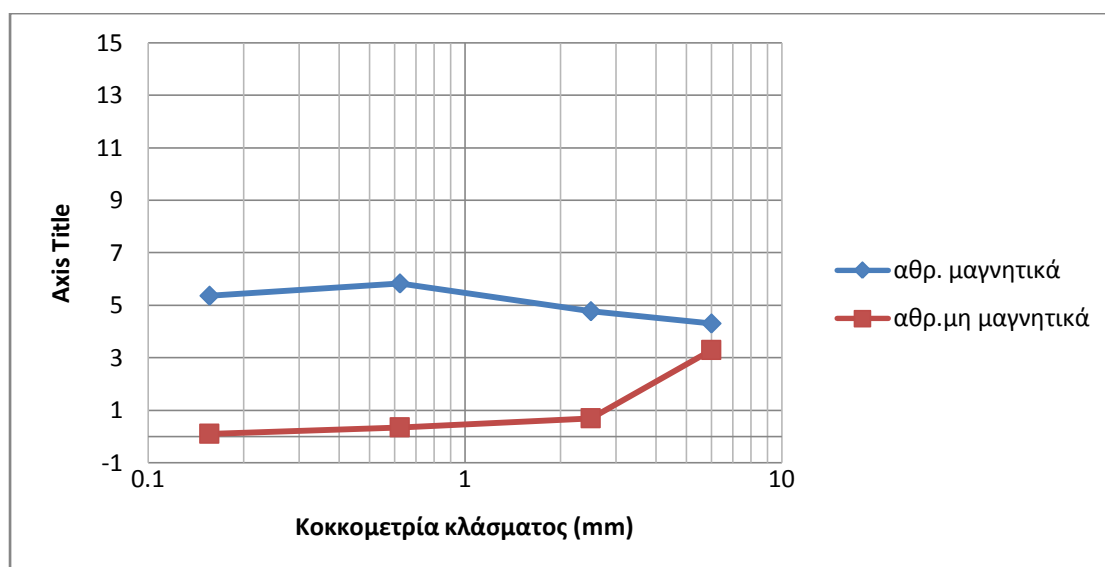


Σχήμα 5.42: Περιεκτικότητα SiO₂% των αθροιστικώς μαγνητικών και αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων.

Η περιεκτικότητα του SiO₂ κυμαίνεται από 13,24% έως 71,81% στα μαγνητικά προϊόντα και στα αθροιστικώς μαγνητικά από 13.76% έως 16.35%. Η περιεκτικότητα του SiO₂ στα μη μαγνητικά προϊόντα παρουσιάζει αρκετά μεγάλη αύξηση με τη μείωση της κοκκομετρίας. Οι συγκεντρώσεις που σημειώθηκαν από το μεγαλύτερο μη μαγνητικό κοκκομετρικό κλάσμα προς το μικρότερο ήταν: 19.14%, 68.45%, 86.79% και 93.18%.



Σχήμα 5.43: Περιεκτικότητα MnO% σε όλα τα μαγνητικά κλάσματα.

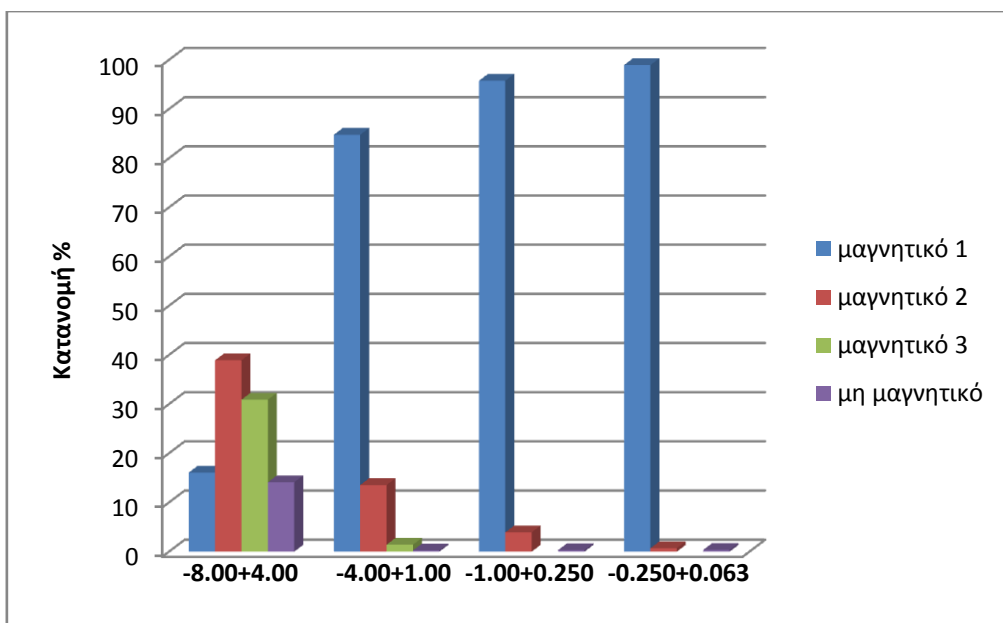


Σχήμα 5.44 Περιεκτικότητα MnO% των αθροιστικώς μαγνητικών και αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων.

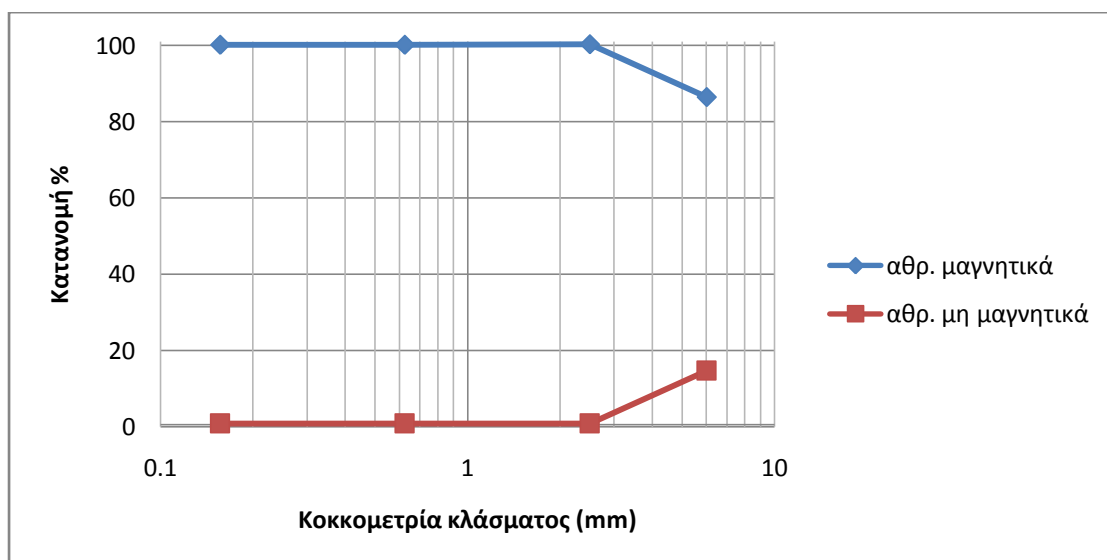
Η περιεκτικότητα του MnO κυμαίνεται από 1,37% έως 5,89% στα μαγνητικά προϊόντα και στα αθροιστικώς μαγνητικά από 4.31% έως 5.83%. Η περιεκτικότητα MnO στα μη μαγνητικά προϊόντα παρουσιάζει σταδιακή μείωση με μειούμενη κοκκομετρία και συγκεκριμένα οι αναλύσεις που παρατηρήθηκαν από το μεγαλύτερο μη μαγνητικό κοκκομετρικό κλάσμα προς το μικρότερο ήταν: 3.29%, 0.69%, 0.35% και 0.11%.

5.3.1.3. Κατανομή των Fe_2O_3 , SiO_2 & MnO στα κλάσματα

Στα Σχήματα 5.45 έως και 5.50 αποτυπώνονται οι κατανομές των Fe_2O_3 , SiO_2 και MnO στα μαγνητικά και μη μαγνητικά κοκκομετρικά κλάσματα που πρόεκυψαν από το μαγνητικό διαχωρισμό.

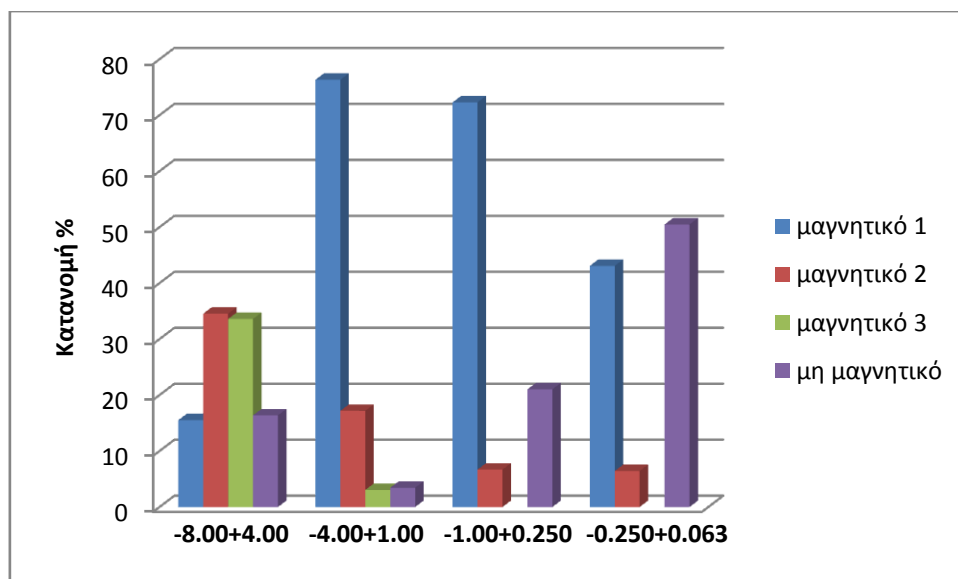


Σχήμα 5.45: Κατανομή του Fe_2O_3 στα μαγνητικά κλάσματα του διαχωρισμού.

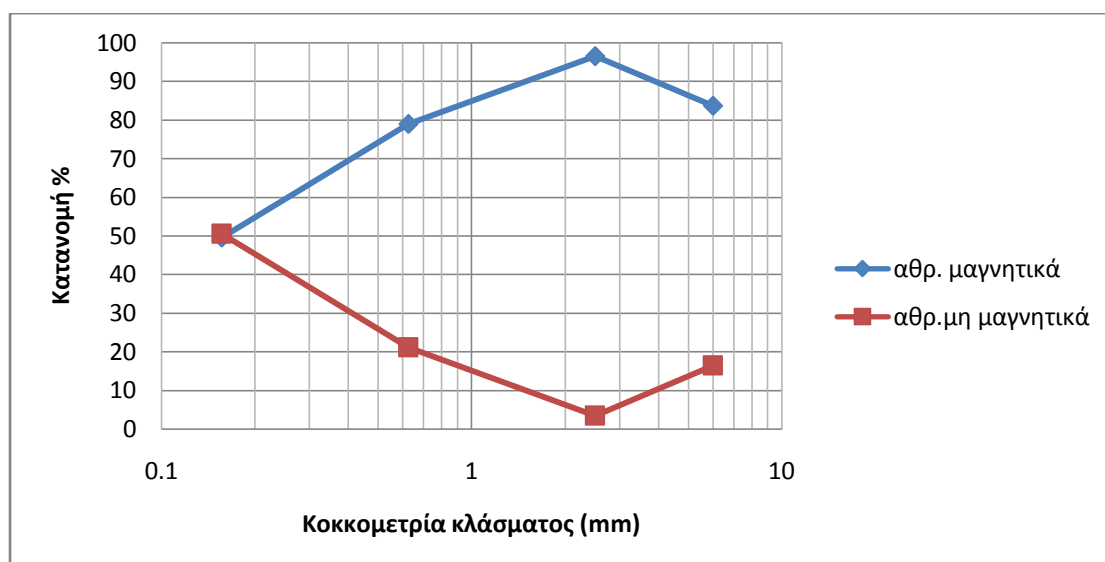


Σχήμα 5.46: Κατανομή του Fe_2O_3 των αθροιστικώς μαγνητικών και αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων.

Η κατανομή του Fe_2O_3 παρουσιάζει πολύ μεγάλες τιμές στα αθροιστικώς μαγνητικά προϊόντα και πολύ μικρές στα αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα, γεγονός που δείχνει ότι ελάχιστη ποσότητα σιδήρου κατευθύνεται στο απόρριμμα.



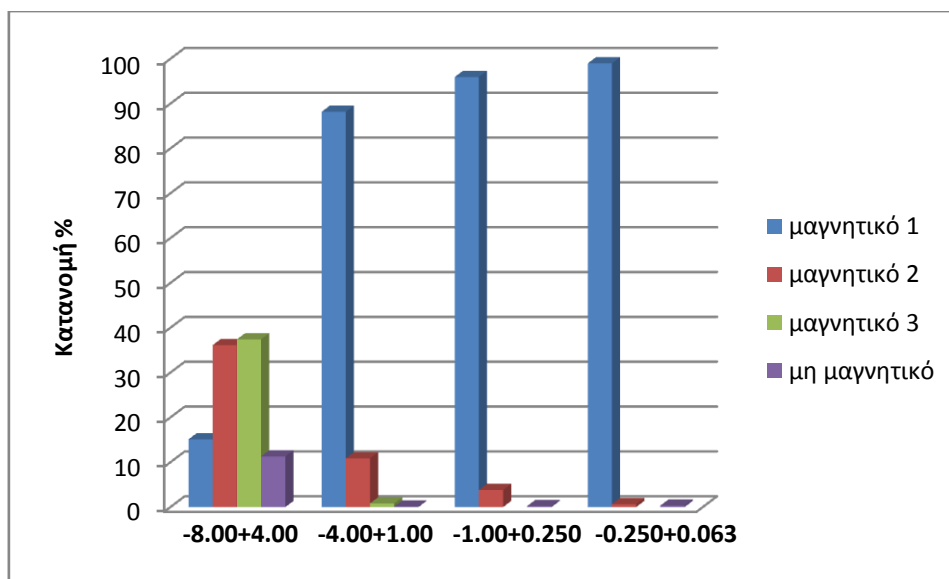
Σχήμα 5.47: Κατανομή του SiO₂ των μαγνητικών και μη μαγνητικών προϊόντων.



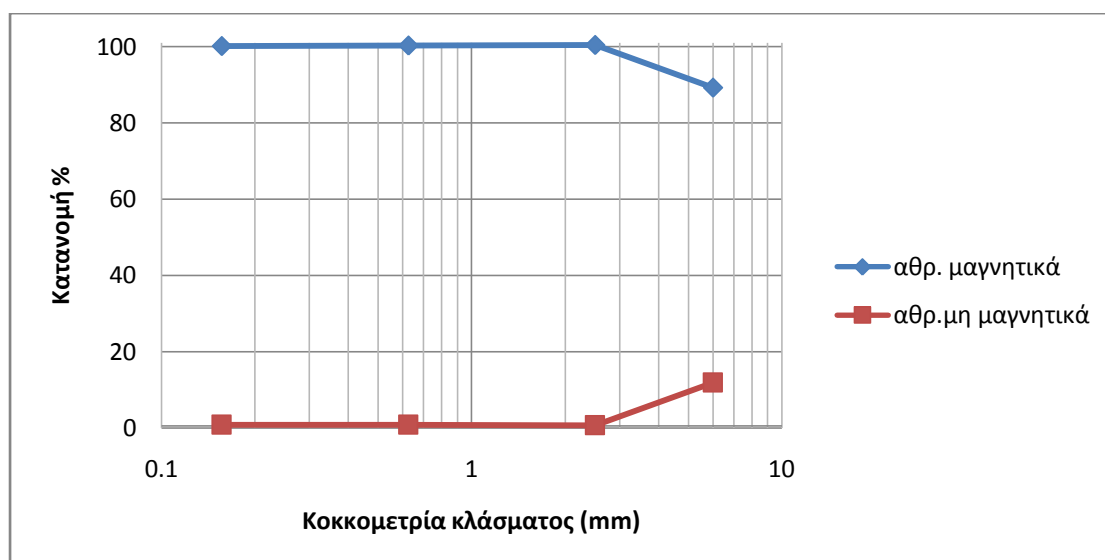
Σχήμα 5.48: Κατανομή του SiO₂ των αθροιστικώς μαγνητικών και αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων.

Στη κατανομή του SiO₂ εμφανίζεται μια διαφορετική εικόνα, με τις κατανομές των μαγνητικών και μη μαγνητικών προϊόντων να παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις με τη μείωση της κοκκομετρίας. Στα τρία μεγαλύτερα κοκκομετρικά κλάσματα η μεγαλύτερη ποσότητα SiO₂ κατευθύνεται προς τα προϊόντα, ενώ μόνο στην περίπτωση του κλάσματος -0.250 +0.063mm το SiO₂ εμφανίζεται να έχει οριακά μεγαλύτερα ποσοστά στο απόρριμμα 50.48% και 49.52% στα αθροιστικώς μαγνητικά προϊόντα αντίστοιχα. Το παραπάνω φαινόμενο οφείλεται στο γεγονός, ότι χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικοί μέθοδοι μαγνητικού διαχωρισμού καθώς και στο διαφορετικό βαθμό αποδέσμευσης στο κάθε κοκκομετρικό κλάσμα, ο οποίος αυξάνεται όσο μειώνεται η κοκκομετρία.

Η κατανομή του MnO παρουσιάζει πολύ μεγάλες τιμές στα μαγνητικά και αθροιστικώς μαγνητικά προϊόντα και πολύ μικρές στα μη μαγνητικά και αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα, γεγονός που δείχνει ότι ελάχιστη ποσότητα MnO κατευθύνεται στο απόρριμμα. Το κλάσμα -0.250 +0.063mm παρουσιάζει τη μεγαλύτερη κατανομή MnO 98.98%.



Σχήμα 5.49: Κατανομή του MnO των μαγνητικών και μη μαγνητικών προϊόντων.

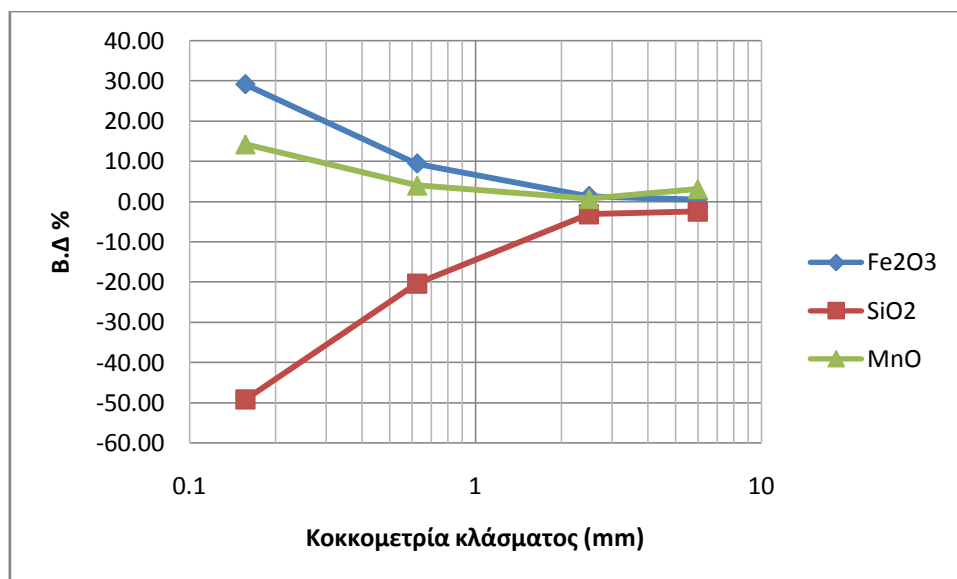


Σχήμα 5.50: Κατανομή του MnO των αθροιστικώς μαγνητικών και αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων.

Πινάκας 5.13: Βαθμός διαχωρισμού των κλασμάτων του μαγνητικού διαχωρισμού των αθροιστικών προϊόντων.

Κλάσματα	Βαθμοί διαχωρισμού			
	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO
(8-4)	0.55	-2.46	1.15	3.14
(4-1)	1.38	-3.15	-0.09	0.71
(1-0.250)	9.45	-20.38	-1.35	4.02
(0.250-0.063)	29.13	-49.20	-0.07	14.27

Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe₂O₃, SiO₂ & MnO βελτιώνεται με τη μείωση της κοκκομετρίας των κλασμάτων.

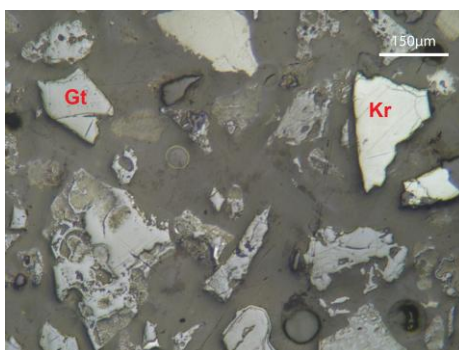


Σχήμα 5.51: Βαθμός διαχωρισμού Fe₂O₃, SiO₂ & MnO των κλασμάτων του μαγνητικού διαχωρισμού των αθροιστικών προϊόντων.

5.3.1.4. Μικροσκοπική εξέταση κλασμάτων μαγνητικού διαχωρισμού

Κοκκομετρικό κλάσμα -0.250 +0.063 m μm

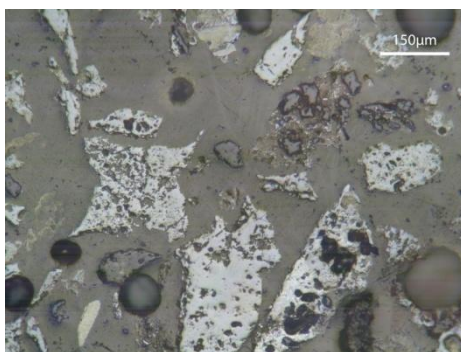
Μαγνητικό προϊόν 1: παρατηρούνται κυρίως κόκκοι γκαϊπίτη και μικρός αριθμός κόκκων κρυπτομέλανα. Σε πολύ μικρό ποσοστό εμφανίζονται κόκκοι χαλαζία μεμονωμένοι ή μερικώς αποδεσμευμένοι από κόκκους γκαϊπίτη και κρυπτομέλανα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.52.



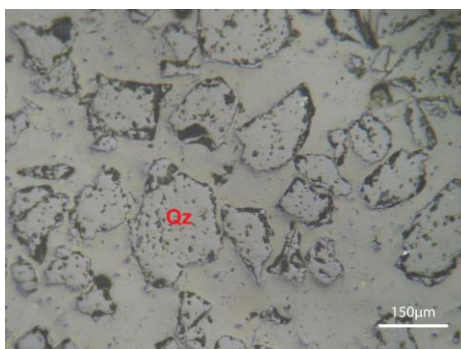
Σχήμα 5.52: Κόκκοι γκαϊπίτη (Gt) και κρυπτομέλανα (κιτρινότεφος.Kr), Μαγνητικό προϊόν 1 -0.250 +0.063 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

Μαγνητικό προϊόν 2: παρατηρούνται κυρίως κόκκοι χαλαζία, σε πολύ μικρό ποσοστό εμφανίζονται κόκκοι γκαϊπίτη.

Μη μαγνητικό προϊόν: παρατηρούνται ως επί το πλείστον κόκκοι χαλαζία, φαίνεται όμως να έχουν συμπαρασυρθεί σε ένα μικρό ποσοστό και κάποιοι μικροί κόκκοι γκαϊπίτη.



Σχήμα 5.53: Κόκκοι γκαϊπίτη και μικροί κόκκοι χαλαζία.
Μαγνητικό προϊόν 2 -0.250 +0.063 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



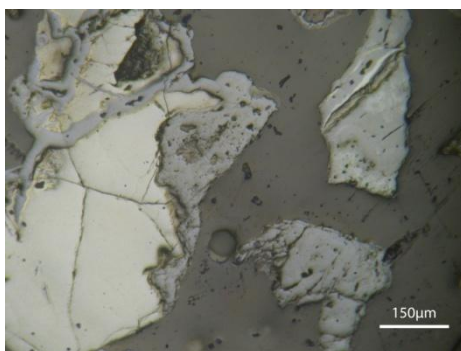
Σχήμα 5.54: Κόκκοι χαλαζία (Qz).
Μη μαγνητικό προϊόν -0.250 +0.063 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

Κοκκομετρικό κλάσμα -1.00 +0.250 mm

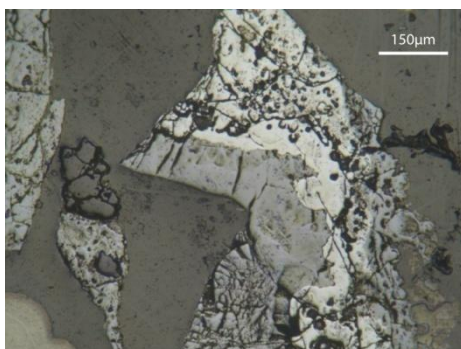
Μαγνητικό προϊόν 1: παρατηρούνται κυρίως κόκκοι γκαϊπίτη και μικρός αριθμός κόκκων κρυπτομέλανα. Συχνά απαντώνται μη αποδεσμευμένοι κόκκοι γκαϊπίτη-κρυπτομέλανα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.55. Σε αυτή την τομή παρατηρήθηκαν επίσης ελάχιστοι κόκκοι χαλαζία.

Μαγνητικό προϊόν 2: παρατηρούνται κυρίως κόκκοι γκαϊπίτη και σε μικρότερο αριθμό κόκκοι κρυπτομέλανα καθώς και μερικώς αποδεσμευμένοι κόκκοι γκαϊπίτη-κρυπτομέλανα. Η παρουσία κόκκων χαλαζία είναι αρκετά περιορισμένη.

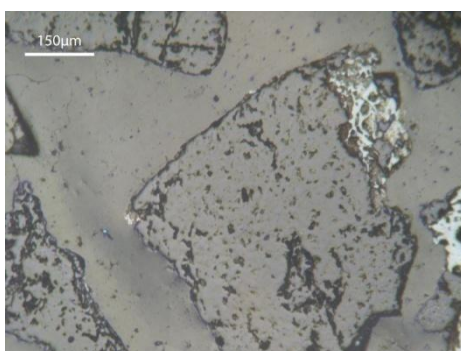
Μη μαγνητικό προϊόν: παρατηρούνται κυρίως κόκκοι χαλαζία, ενώ υπάρχουν και σε μικρό ποσοστό και κόκκοι γκαϊπίτη κυρίως σε συσσωματώματα με χαλαζία (Σχήμα 5.57).



Σχήμα 5.55: Μη αποδεσμευμένοι κόκκοι γκαϊπίτη-κρυπτομέλανα.
Μαγνητικό προϊόν 1 -1.00 +0.250 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



Σχήμα 5.56: Μη αποδεσμευμένοι κόκκοι γκαϊίτη-κρυπτομέλανα και γκαϊίτη-χαλαζία.
Μαγνητικό προϊόν 2 -1.00 +0.250 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

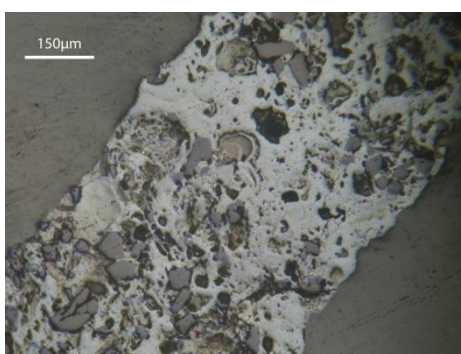


Σχήμα 5.57: Μη αποδεσμευμένοι κόκκοι χαλαζία-γκαϊίτη.
Μη μαγνητικό προϊόν -1.00 +0.250 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

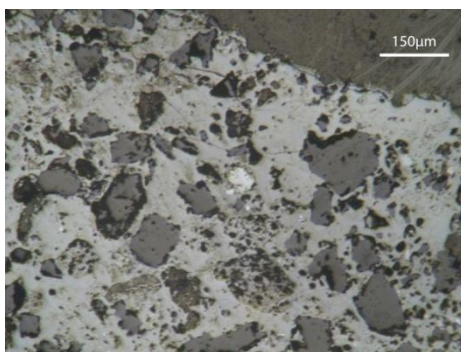
Κοκκομετρικό κλάσμα -4.00 +1.00 mm

Μαγνητικό προϊόν 1: παρατηρούνται μεγάλες μάζες γκαϊίτη και αρκετά συσσωματώματα γκαϊίτη-χαλαζία (Σχήμα 5.58) στα όποια ο γκαϊίτης χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερα ποσοστά.

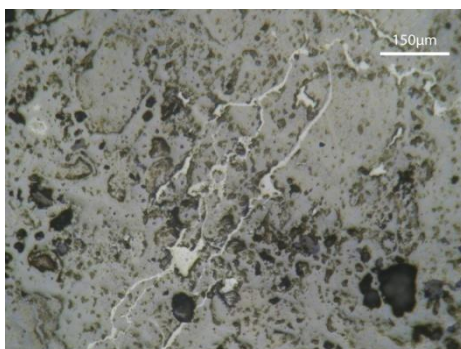
Μαγνητικό προϊόν 2: παρατηρούνται μεγάλες μάζες γκαϊίτη, συσσωματώματα γκαϊίτη-χαλαζία-κρυπτομέλανα (Σχήμα 5.59), στα όποια κυριαρχεί ο γκαϊίτης.



Σχήμα 5.58: Μη αποδεσμευμένος κόκκος γκαϊίτη-χαλαζία.
Μαγνητικό προϊόν 1 -4.00 +1.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



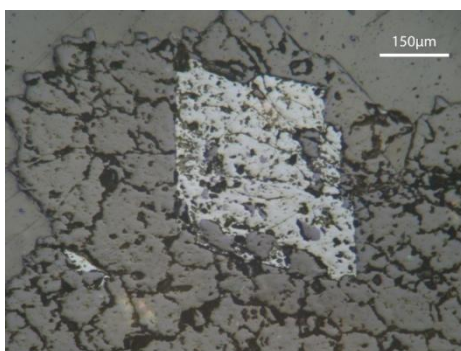
Σχήμα 5.59: Συσσωματώματα γκαιίτη-χαλαζία-κρυπτομέλανα.
Μαγνητικό προϊόν 2 -4.00 +1.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



Σχήμα 5.60: Συσσωματώματα γκαιίτη-χαλαζία-κρυπτομέλανα.
Μαγνητικό προϊόν 3 -4.00 +1.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

Μαγνητικό προϊόν 3: παρατηρούνται μεγάλες μάζες γκαιίτη, συσσωματώματα γκαιίτη-χαλαζία-κρυπτομέλανα (Σχήμα 5.60), στα όποια ο γκαιίτης χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερα ποσοστά αλλά σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με τα δύο προηγούμενα μαγνητικά προϊόντα.

Μη μαγνητικό προϊόν: παρατηρούνται συσσωματώματα χαλαζία-γκαιίτη στα όποια ο χαλαζίας χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερα ποσοστά.



Σχήμα 5.61: Συσσωματώματα χαλαζία-γκαιίτη.
Μη μαγνητικό προϊόν -4.00 +1.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

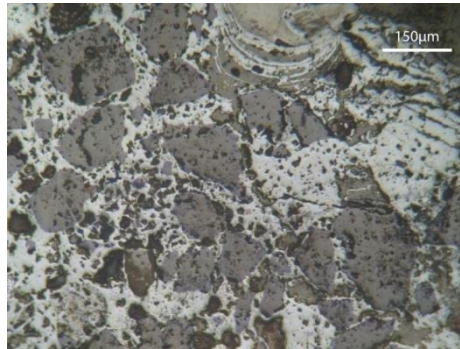
Κοκκομετρικό κλάσμα -8.00 +4.00 mm

Μαγνητικό προϊόν 1: παρατηρούνται μεγάλες μάζες γκαιίτη και ελάχιστα συσσωματώματα γκαιίτη-χαλαζία, στα όποια ο γκαιίτης χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερα ποσοστά αναλογίας.

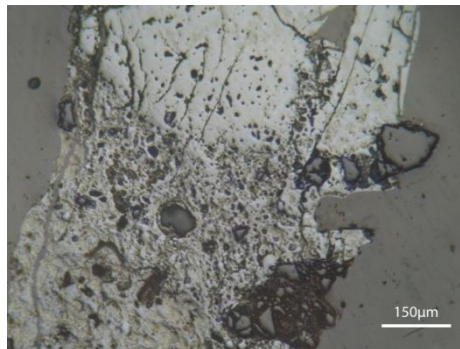
Μαγνητικό προϊόν 2: παρατηρούνται μεγάλες μάζες γκαιίτη και συσσωματώματα γκαιίτη-χαλαζία, στα όποια επικρατεί ο γκαιίτης.

Μαγνητικό προϊόν 3: παρατηρούνται μεγάλες μάζες γκαιίτη και συσσωματώματα γκαιίτη-χαλαζία

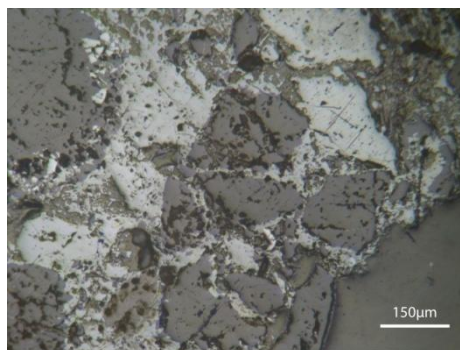
Μη μαγνητικό προϊόν: παρατηρούνται συσσωματώματα γκαιίτη-χαλαζία, η εικόνα που παρουσιάζει η τομή αυτή είναι αντίστοιχη με αυτή των μαγνητικών προϊόντων.



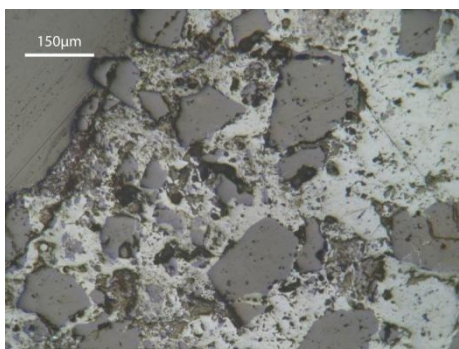
Σχήμα 5.62: Μη αποδεσμευμένοι κόκκοι γκαιίτη-χαλαζία.
Μαγνητικό προϊόν 1 -8.00 +4.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



Σχήμα 5.63: Μη αποδεσμευμένοι κόκκοι γκαιίτη-χαλαζία.
Μαγνητικό προϊόν 2 -8.00 +4.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



Σχήμα 5.64: Μη αποδεσμευμένοι κόκκοι γκαιίτη-χαλαζία.
Μαγνητικό προϊόν 3 -8.00 +4.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



Σχήμα 5.65: Μη αποδεσμευμένοι κόκκοι γκαϊτίτη-χαλαζία.
Μη μαγνητικό προϊόν -8.00 +4.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

5.3.1.5. Σχολιασμός και παρατηρήσεις αποτελεσμάτων μαγνητικού διαχωρισμού

Στο κλάσμα -8.00 +4.00 mm ο διαχωρισμός δεν κρίνεται καθόλου ικανοποιητικός καθώς η συγκέντρωση του σιδήρου είναι 61,46% και 60.40 % στα αθροιστικώς μαγνητικά και αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα αντίστοιχα. Η συγκέντρωση Fe_2O_3 του αθροιστικώς μη μαγνητικού προϊόντος είναι πολύ υψηλή για απόρριμμα σιδηρούχου μεταλλεύματος. Η κατανομή του Fe_2O_3 των αθροιστικώς μαγνητικών είναι ίση με 85,90% και είναι η χαμηλότερη από όλα τα κλάσματα. Η κατανομή SiO_2 των αθροιστικώς μαγνητικών είναι ίση με 83,63%, τιμή η οποία δείχνει, ότι δεν απομακρύνεται ικανοποιητική ποσότητα πυριτίου. Ακόμα ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 , SiO_2 και MnO είναι 0.55, -1.38 και 3.14 αντίστοιχα, τιμές οι οποίες ήταν επίσης οι χαμηλότερες που σημειώθηκαν σε όλα τα κλάσματα του μαγνητικού διαχωρισμού. Και τα δεδομένα για το MnO (ανάλυση, κατανομή και βαθμός διαχωρισμού) ήταν τα λιγότερο αποδοτικά που προέκυψαν σε σχέση με τα υπόλοιπα κοκκομετρικά κλάσματα. Τα παραπάνω συμφωνούν και με όσα έδειξε η μικροσκοπική μελέτη των προϊόντων του διαχωρισμού, όπου παρατηρήθηκαν μεγάλοι σύμμεικτοι κόκκοι. Τα αποτελέσματα αυτά αποδίδονται κυρίως στο μικρό ποσοστό αποδέσμευσης σε αυτή την κοκκομετρία.

Στο κλάσμα -4.00 +1.00 mm ο διαχωρισμός είναι ελάχιστα καλύτερος από εκείνο του προηγούμενου κοκκομετρικού κλάσματος. Η συγκέντρωση του σιδήρου είναι 61.72% και 19.84% στα αθροιστικώς μαγνητικά και αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα αντίστοιχα. Η περιεκτικότητα του Fe_2O_3 είναι σχεδόν η ίδια με αυτή που σημειώθηκε στον προηγούμενο διαχωρισμό, ενώ κατέγραψε μείωση 41% στα αθροιστικώς μη μαγνητικά σε σχέση με το προηγούμενο κλάσμα. Η κατανομή του Fe_2O_3 στα αθροιστικώς μαγνητικά είναι 99,75% και στα αθροιστικώς μη μαγνητικά 0,25%. Όμως η κατανομή SiO_2 είναι πολύ υψηλή στα αθροιστικώς μαγνητικά προϊόντα (96.56%), γεγονός που δείχνει, ότι ο το πυρίτιο δεν απομακρύνεται σε ικανοποιητικό βαθμό από το μετάλλευμα. Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 , SiO_2 και MnO είναι 1.38, -3.15 και 0.71 αντίστοιχα, δεδομένα που δείχνουν, ότι ο διαχωρισμός είναι ελάχιστα πιο αποτελεσματικός σε σχέση με τον προηγούμενο. Στη μικροσκοπική μελέτη των προϊόντων του διαχωρισμού φαίνεται, ότι στα αθροιστικώς μαγνητικά υπάρχουν συμπαγείς μάζες γκαϊτιτικού υλικού και στα αθροιστικώς μη μαγνητικά μικρός αριθμός σύμμεικτων κόκκων. Ο βαθμός αποδέσμευσης έχει βελτιωθεί αλλά όχι αρκετά, παρά τη μείωση της κοκκομετρίας των κλασμάτων.

Στο κλάσμα -1.00 +0.250 mm ο διαχωρισμός είναι αρκετά καλύτερος σε σχέση με αυτόν στα δύο προηγούμενα κλάσματα. Η συγκέντρωση του σιδήρου είναι 62.84% και 4.72% στα αθροιστικώς μαγνητικά και αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα αντίστοιχα. Η περιεκτικότητα των αθροιστικώς μαγνητικών προϊόντων είναι η μεγαλύτερη που σημειώθηκε στα κλάσματα.

Η συγκέντρωση στα αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα είναι αρκετά καλή. Η κατανομή του SiO_2 δείχνει, ότι μεγάλο ποσοστό του πυριτίου οδηγείται στο συμπύκνωμα. Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 , SiO_2 και MnO είναι 9.45, -20.38 και 4.02 αντίστοιχα. Η μικροσκοπική μελέτη των αθροιστικώς μαγνητικών προϊόντων του διαχωρισμού έδειξε ότι, υπάρχει ένα μεγάλο ποσοστό από κόκκους γκαιίτη, ενώ στα αθροιστικώς μη μαγνητικά καταγράφονται κάποιοι σύμμεικτοι κόκκοι. Ο βαθμός αποδέσμευσης έχει βελτιωθεί αρκετά με τη μείωση της κοκκομετρίας των κλασμάτων, αλλά παρόλα αυτά παρατηρείται μικρό ποσοστό γκαιιπικού υλικού στο απόρριμμα.

Στο κλάσμα $-0.250 + 0.063 \text{ mm}$ ο μαγνητικός διαχωρισμός είναι ο καλύτερος που σημειώθηκε από όλα τα κοκκομετρικά κλάσματα για το μαγνητικό διαχωρισμό. Η περιεκτικότητα του σιδήρου είναι 61.76% και 1.34% στα αθροιστικώς μαγνητικά και αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα αντίστοιχα. Η συγκέντρωση του Fe_2O_3 στα αθροιστικώς μαγνητικά είναι στα ίδια επίπεδα με αυτά των υπόλοιπων κοκκομετρικών κλασμάτων. Η ανάλυση στα αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα είναι πολύ ικανοποιητική για το απόρριμμα. Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 , SiO_2 και MnO είναι 29.13, -49.20 και 14.27 αντίστοιχα, ο υψηλότερος από όλους τους βαρυτομετρικούς διαχωρισμούς που πραγματοποιήθηκαν. Ακόμα από την κατανομή του Fe_2O_3 προκύπτει, ότι στα αθροιστικώς μαγνητικά (99.65%) και στα αθροιστικώς μη μαγνητικά (0.35%) προκύπτει, ότι ο διαχωρισμός είναι σχεδόν ο ίδιος με τον προηγούμενο. Η κατανομή του SiO_2 στα αθροιστικώς μαγνητικά είναι 49.52% και στα αθροιστικώς μη μαγνητικά 50.48%, γεγονός που δείχνει, ότι στο κλάσμα αυτό επιτεύχθηκε σε μεγαλύτερο βαθμό η απομάκρυνση του πυριτίου από τα μαγνητικά προϊόντα. Από τη μικροσκοπική μελέτη των προϊόντων του διαχωρισμού στα αθροιστικώς μαγνητικά προϊόντα φαίνεται η παρουσία μεγάλου αριθμού κόκκων γκαιίτη και ελάχιστων κόκκων χαλαζία. Ο βαθμός αποδέσμευσης έχει βελτιωθεί ακόμα περισσότερο με τη μείωση της κοκκομετρίας των κλασμάτων.

5.3.2. Ρέντα-Αρολίθι

Στον Πίνακα 5.13 αναγράφονται οι ποσότητες των κοκκομετρικών κλασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στις δοκιμές μαγνητικού διαχωρισμού.

Πίνακας 5.13: Βάρη κοκκομετρικών κλασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στο μαγνητικό διαχωρισμό.

Κοκκομετρικά κλάσματα (mm)	Βάρος (g)
(8-4)	1007.4
(4-1)	657.5
(1-0.250)	250
(0.250-0.063)	85.3
Σύνολο	2000.2

Στους Πίνακες 5.14 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της πειραματικής δοκιμής του βαρυτομετρικού διαχωρισμού καθώς και η αξιολόγησή τους. Στον πίνακα 5.15 παρουσιάζονται οι αναλύσεις αθροιστικώς μαγνητικών και αθροιστικώς μη-μαγνητικών προϊόντων.

Πίνακας 5.14: Χημικές αναλύσεις και κατανομή των κλασμάτων του μαγνητικού διαχωρισμού Ρέντα-Αρολίθι.

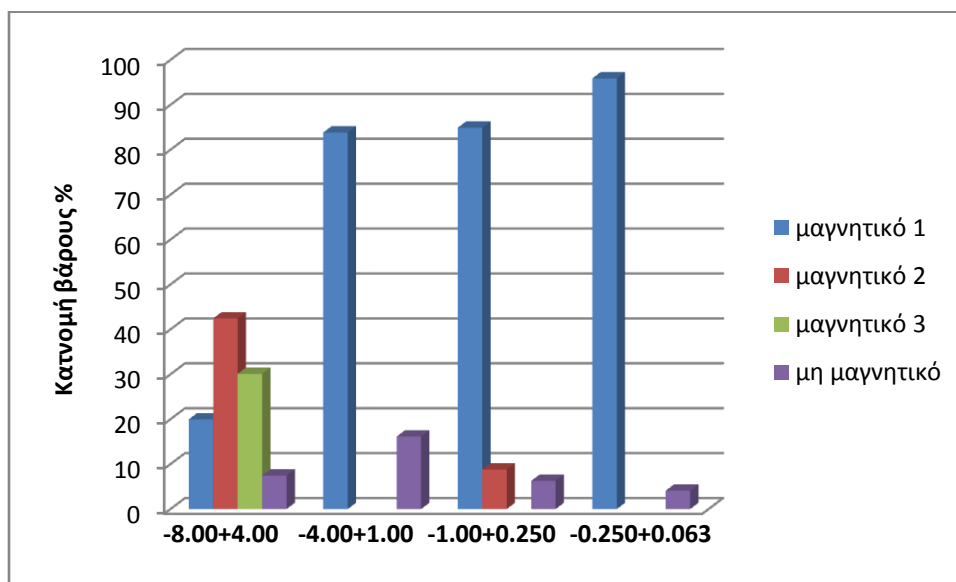
			Βάρος											
% αρχικού βάρους	Μέγεθος κόκκων	Κλάσματα μαγνητικού διαχωρισμού	Βάρος (g)	Βάρος κλάσματος %	Βάρος επί αρχικού %	Χημικές αναλύσεις				Κατανομή				
						Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	
24.5	(8-4)	μαγνητικό 1 (PAM 8-4I)	201.2	19.97	9.35	77.94	4.97	1.12	0.14	19.97	19.17	19.95	16.96	
		μαγνητικό 2 (PAM 8-4II)	427.7	42.46	19.88	78.42	4.76	1.05	0.18	42.71	39.00	39.75	47.46	
		μαγνητικό 3 (PAM 8-4III)	303.3	30.11	14.10	78.21	5.08	1.00	0.16	30.21	29.52	26.98	28.51	
		μη μαγνητικό 3 (PAM 8-4M)	75.2	7.46	3.50	74.23	8.53	1.99	0.16	7.11	12.31	13.32	7.07	
		SUM	1007.4	100.00	46.83	77.94	5.18	1.12	0.16	100.00	100.00	100.00	100.00	
16.0	(4-1)	μαγνητικό 1 (PAM 4-1I)	551.3	83.85	25.63	77.98	4.87	1.16	0.16	84.00	81.48	82.13	83.85	
		μη μαγνητικό 3 (PAM 4-1M)	106.2	16.15	4.94	77.12	5.74	1.31	0.16	16.00	18.52	17.87	16.15	
		SUM	657.5	100.00	30.57	77.84	5.01	1.19	0.16	100.00	100.00	100.00	100.00	
6.1	(1-0.250)	μαγνητικό 1 (PAM 1-0.25I)	212.3	84.92	9.87	78.27	4.86	1.11	0.16	85.50	77.14	77.00	85.49	
		μαγνητικό 2 (PAM 1-0.25II)	22	8.80	1.02	78.11	5.35	1.30	0.16	8.84	8.81	9.39	8.92	
		μη μαγνητικό 2 (PAM 1-0.25M)	15.7	6.28	0.73	70.07	11.95	2.65	0.14	5.66	14.04	13.62	5.59	
		SUM	250	100.00	11.62	77.74	5.35	1.22	0.15	100.00	100.00	100.00	100.00	
2.1	(0.250-0.063)	μαγνητικό 1 (PAM 0.25-0.063I)	81.8	95.90	3.80	77.63	5.22	1.51	0.16	96.16	92.64	95.18	95.95	
		μη μαγνητικό 2 (PAM 0.25-0.063M)	3.5	4.10	0.16	72.49	9.70	1.78	0.15	3.84	7.36	4.82	4.05	
		SUM	85.3	100.00	3.97	77.42	5.40	1.52	0.15	100.00	100.00	100.00	100.00	
3.7	(-0.063)	(PA 0.063)	150.9	100.00	7.02	70.55	9.39	4.38	0.14	100.00	100.00	100.00	100.00	
	Σύνολο				100.00									

Πίνακας 5.15: Χημικές αναλύσεις και κατανομή αθροιστικών μαγνητικών και αθροιστικών μη μαγνητικών προϊόντων Ρέντα-Αρολίθι.

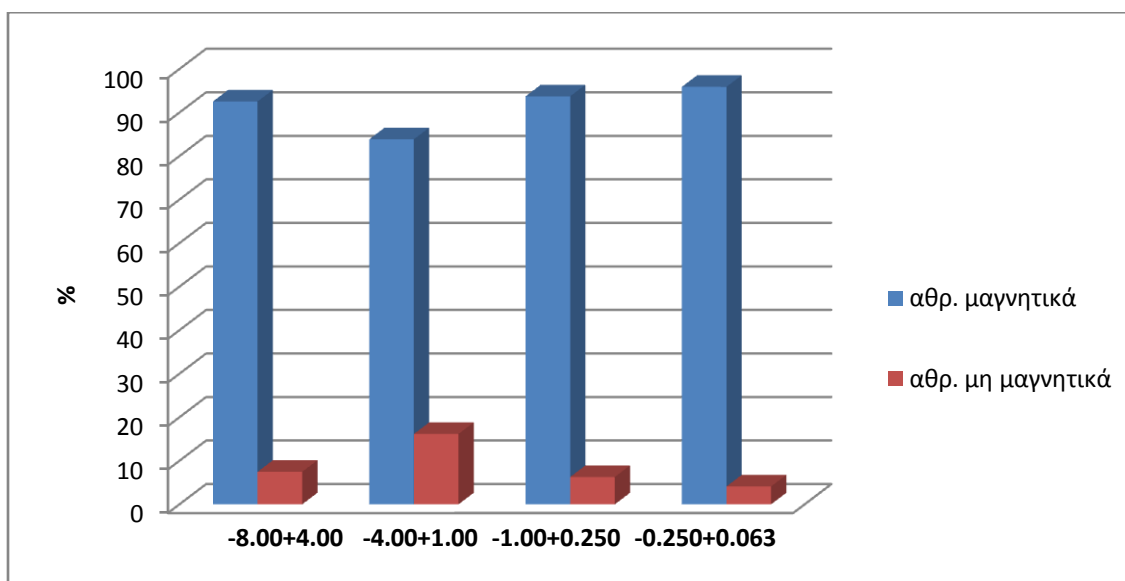
			Βάρος										
% αρχικού βάρους	Μέγεθος κόκκων	Κλάσματα μαγνητικού διαχωρισμού	Βάρος (g)	Βάρος κλάσματος %	Βάρος επί αρχικού %	Χημικές αναλύσεις				Κατανομή			
						Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)
24.5	(8-4)	μαγνητικό	932.2	92.54	43.34	78.24	4.91	1.05	0.16	92.89	87.69	86.68	92.93
		μη μαγνητικό	75.2	7.46	3.50	74.23	8.53	1.99	0.16	7.11	12.31	13.32	7.07
		SUM	1007.4	100.00	46.83	77.94	5.18	1.12	0.16	100.00	100.00	100.00	100.00
16.0	(4-1)	μαγνητικό	551.3	83.85	25.63	77.98	4.87	1.16	0.16	84.00	81.48	82.13	83.85
		μη μαγνητικό	106.2	16.15	4.94	77.12	5.74	1.31	0.16	16.00	18.52	17.87	16.15
		SUM	657.5	100.00	30.57	77.84	5.01	1.19	0.16	100.00	100.00	100.00	100.00
6.1	(1-0.250)	μαγνητικό	234.3	93.72	10.89	78.26	4.90	1.12	0.16	94.34	85.96	86.38	94.41
		μη μαγνητικό	15.7	6.28	0.73	70.07	11.95	2.65	0.14	5.66	14.04	13.62	5.59
		SUM	250	100.00	11.62	77.74	5.35	1.22	0.15	100.00	100.00	100.00	100.00
2.1	(0.250-0.063)	μαγνητικό	81.8	95.90	3.80	77.63	5.22	1.51	0.16	96.16	92.64	95.18	95.95
		μη μαγνητικό	3.5	4.10	0.16	72.49	9.70	1.78	0.15	3.84	7.36	4.82	4.05
		SUM	85.3	100.00	3.97	77.42	5.40	1.52	0.15	100.00	100.00	100.00	100.00
3.7	(-0.063)	(PA 0.063)	150.9	100.00	7.02	70.55	9.39	4.38	0.14	100.00	100.00	100.00	100.00
	Σύνολο				100								

5.3.2.1 Κατανομή βάρους στα μαγνητικά και μη μαγνητικά προϊόντα

Στον Πίνακα 5.14 φαίνεται η κατανομή βάρους στα μαγνητικά και μη μαγνητικά για κάθε κοκκομετρικό κλάσμα. Στο Σχήμα 5.66 φαίνονται οι κατανομές ξεχωριστά σε κάθε μαγνητικό προϊόν. Η μεγαλύτερη ποσότητα υλικού εντοπίζεται στα μαγνητικά προϊόντα. Στο κοκκομετρικό κλάσμα $-8.00 +4.00\text{mm}$ η μεγαλύτερη ποσότητα του υλικού συγκεντρώνεται στο μαγνητικό (προϊόν) 2. Για τα μικρότερα κοκκομετρικά κλάσματα φαίνεται ότι πάνω από το 80% συγκεντρώνεται στο μαγνητικό (προϊόν) 1 (Σχήμα 5.66). Στο Σχήμα 5.67 φαίνεται η κατανομή βάρους στα αθροιστικώς μαγνητικά και αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα.



Σχήμα 5.66: Κατανομή βάρους % στα μαγνητικά και μη μαγνητικό κλάσματα.

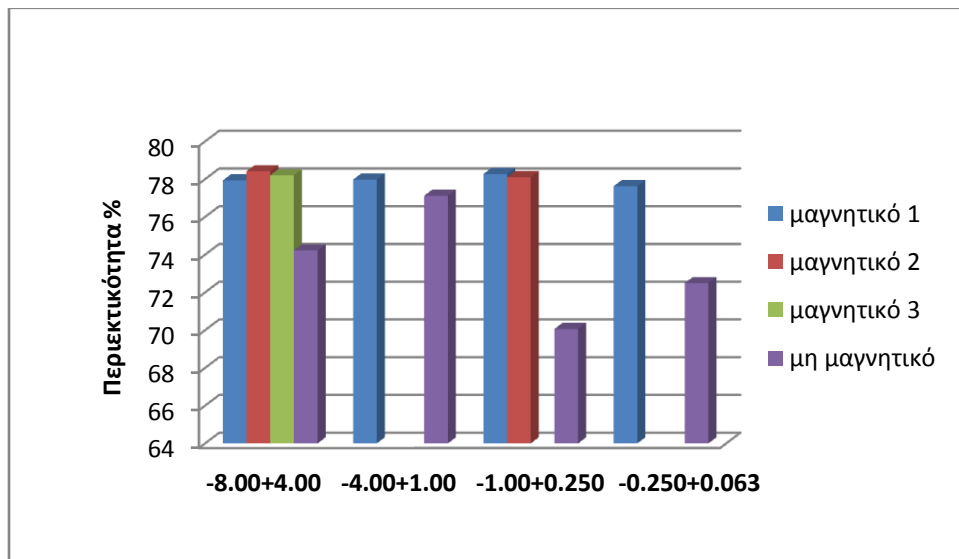


Σχήμα 5.67: Κατανομή βάρους % στα αθροιστικώς μαγνητικά και αθροιστικώς μη μαγνητικά κλάσματα.

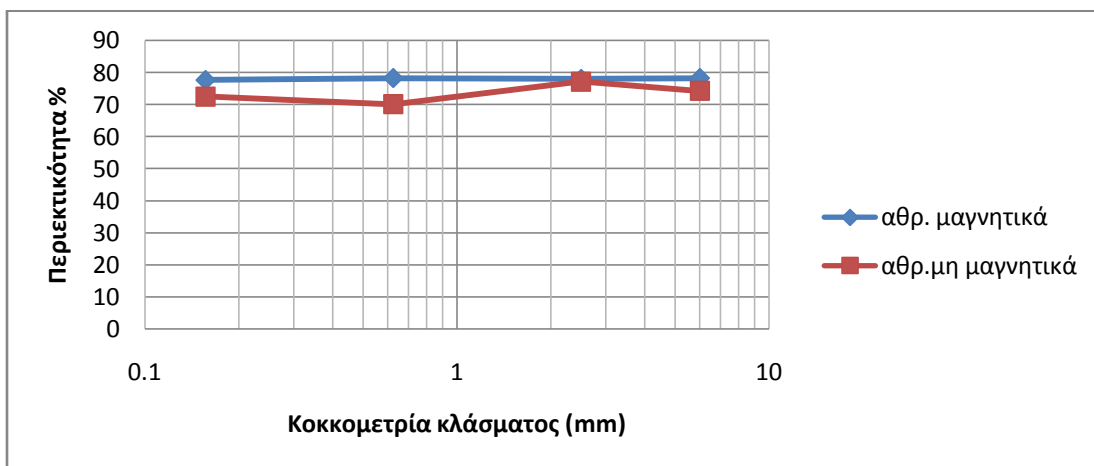
Από τα τέσσερα παραπάνω κοκκομετρικά κλάσματα φαίνεται ότι η κατανομή βάρους στα αθροιστικώς μαγνητικά κυμαίνεται από 84% έως 96%, ενώ στα αθροιστικώς μη μαγνητικά από 4% έως 16%. Ο σίδηρος Fe_2O_3 συγκεντρώνεται στα αθροιστικώς μαγνητικά και φαίνεται οι μεγαλύτερες τιμές κατανομής να σημειώνονται στις δύο μικρότερες κοκκομετρίες (-1.00 +0.250mm & -0.250 +0.063mm). Πιο συγκεκριμένα στην κοκκομετρία -1.00 +0.250mm η περιεκτικότητα σε σίδηρο είναι 78.26%, ενώ στην κοκκομετρία -0.250 +0.063mm. είναι 77.63%. Στη μεγαλύτερη κοκκομετρία οι κατανομές βάρους στα μαγνητικά και μη μαγνητικά προϊόντα είναι αντίστοιχα 92.54% και 7.46%.

5.3.2.2 Περιεκτικότητα των κλασμάτων του μαγνητικού διαχωρισμού σε Fe_2O_3 & SiO_2

Στα Σχήματα 5.68 έως και 5.71 αποτυπώνονται οι περιεκτικότητες σε Fe_2O_3 και SiO_2 των μαγνη-

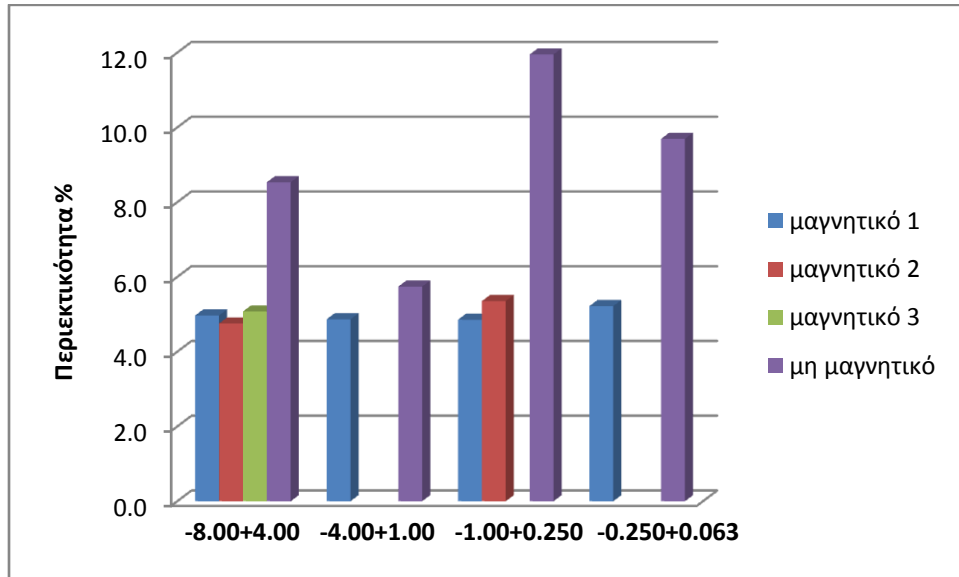


Σχήμα 5.68: Περιεκτικότητα $\text{Fe}_2\text{O}_3\%$ σε όλα τα μαγνητικά κλάσματα.

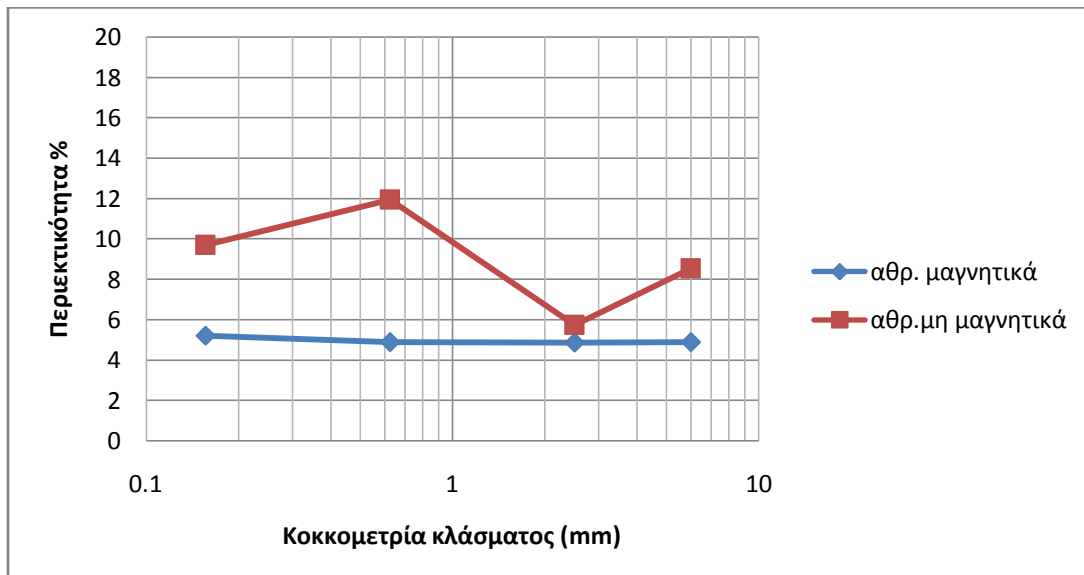


Σχήμα 5.69: Περιεκτικότητα $\text{Fe}_2\text{O}_3\%$ των αθροιστικώς μαγνητικών και αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων.

τικών, μη μαγνητικών, αθροιστικώς μαγνητικών και αθροιστικώς μη μαγνητικών κλασμάτων που προέκυψαν από το διαχωρισμό. Η συγκέντρωση του Fe_2O_3 κυμαίνεται από 77,12% έως 78,42% στα μαγνητικά προϊόντα και στα αθροιστικώς μαγνητικά από 77.63% έως 78.26%. Η περιεκτικότητα του Fe_2O_3 στα μη μαγνητικά προϊόντα (ταυτόσημα με τα αθροιστικώς μη μαγνητικά) παραμένει σχεδόν σταθερή με τη μείωση της κοκκομετρίας και συγκεκριμένα οι αναλύσεις που σημειωθήκαν από το μεγαλύτερο μη μαγνητικό κοκκομετρικό κλάσμα προς το μικρότερο ήταν: 77.94%, 77.98%, 77.74% και 77.42%.



Σχήμα 5.70: Περιεκτικότητα $\text{SiO}_2\%$ σε όλα τα μαγνητικά κλάσματα.

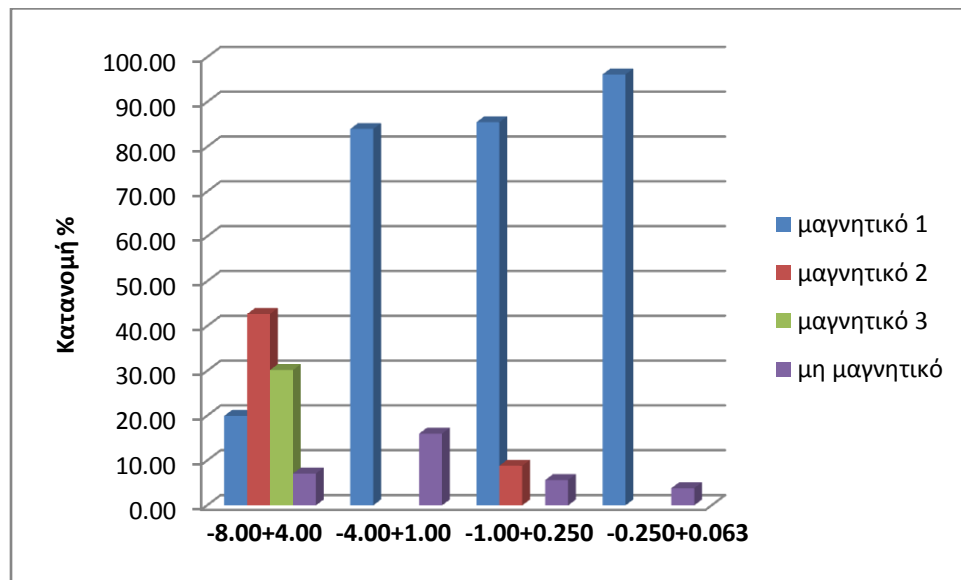


Σχήμα 5.71: Περιεκτικότητα $\text{SiO}_2\%$ των αθροιστικώς μαγνητικών και αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων.

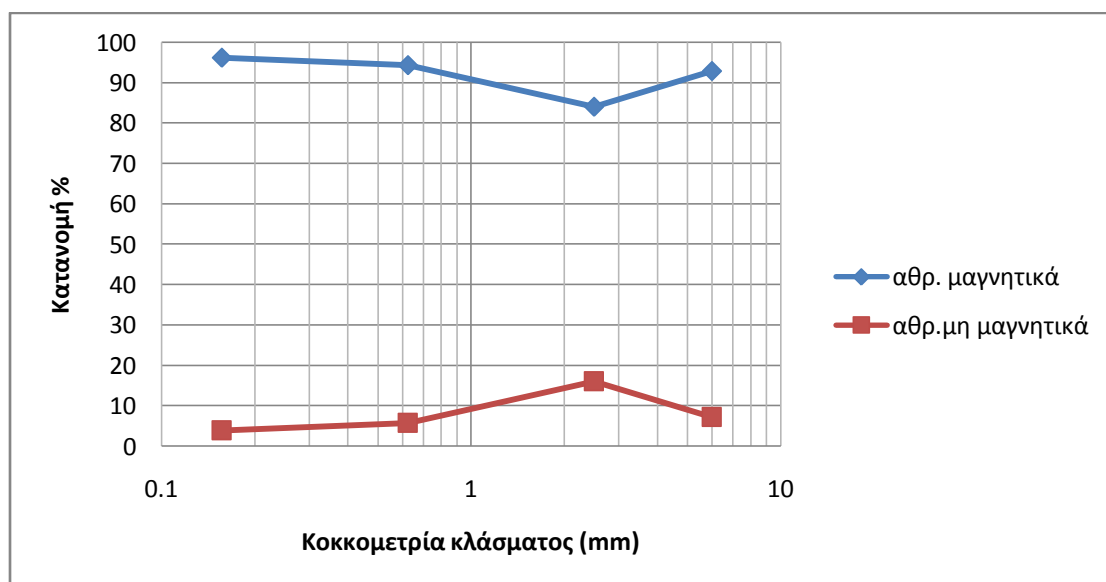
Η περιεκτικότητα του SiO_2 κυμαίνεται από 4,76% έως 5,74% στα μαγνητικά προϊόντα και στα αθροιστικώς μαγνητικά από 4.87% έως 5.22%. Η περιεκτικότητα SiO_2 στα μη μαγνητικά προϊόντα ήταν από το μεγαλύτερο μη μαγνητικό κοκκομετρικό κλάσμα προς το μικρότερο ήταν: 8.53%, 5.74%, 11.95% και 9.70%.

5.3.2.3 Κατανομή των Fe_2O_3 & SiO_2 στα κλάσματα

Στα Σχήματα 5.72 έως και 5.75 αποτυπώνονται οι κατανομές των Fe_2O_3 και SiO_2 στα μαγνητικά και μη μαγνητικά κοκκομετρικά κλάσματα που πρόεκυψαν από το μαγνητικό διαχωρισμό.

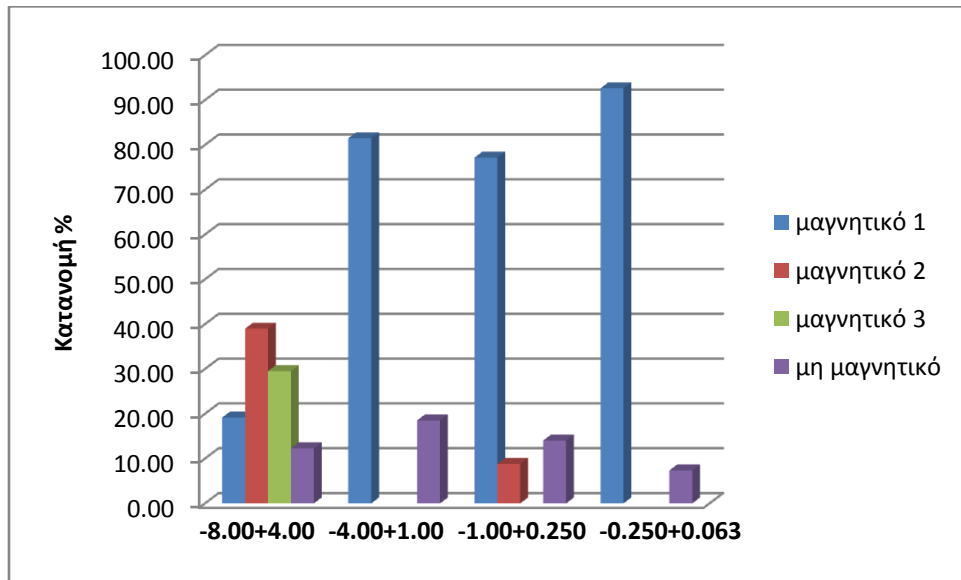


Σχήμα 5.72: Κατανομή του Fe_2O_3 στα μαγνητικά κλάσματα του διαχωρισμού.

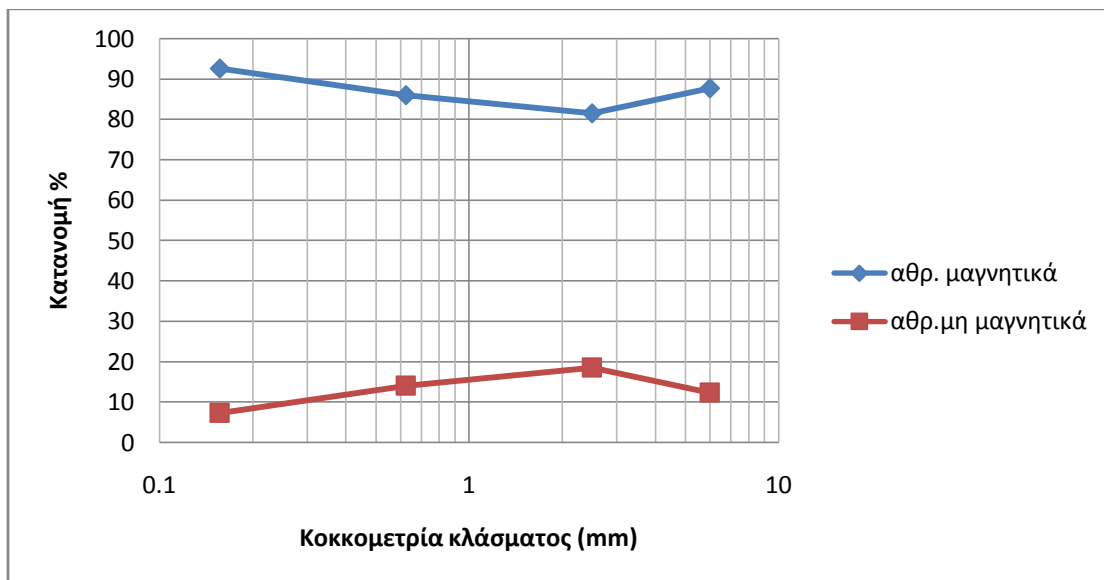


Σχήμα 5.73: Κατανομή του Fe_2O_3 των αθροιστικώς μαγνητικών και αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων.

Η κατανομή του Fe_2O_3 παρουσιάζει τιμές πάνω από 90% στα αθροιστικώς μαγνητικά προϊόντα και τιμές κάτω από 10% αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα. Εξαίρεση αποτελεί το κοκκομετρικό κλάσμα $-4.00 +1.00\text{mm}$. Τα παραπάνω δείχνουν, ότι μικρή ποσότητα σιδήρου κατευθύνεται στο απόρριμμα. Στο μαγνητικό (προϊόν) 1 του κλάσματος $-0.250 +0.063 \text{ mm}$ σημειώθηκε η υψηλότερη κατανομή του Fe_2O_3 96.16% (Σχήμα 5.72).



Σχήμα 5.74: Κατανομή του SiO_2 των μαγνητικών και μη μαγνητικών προϊόντων.



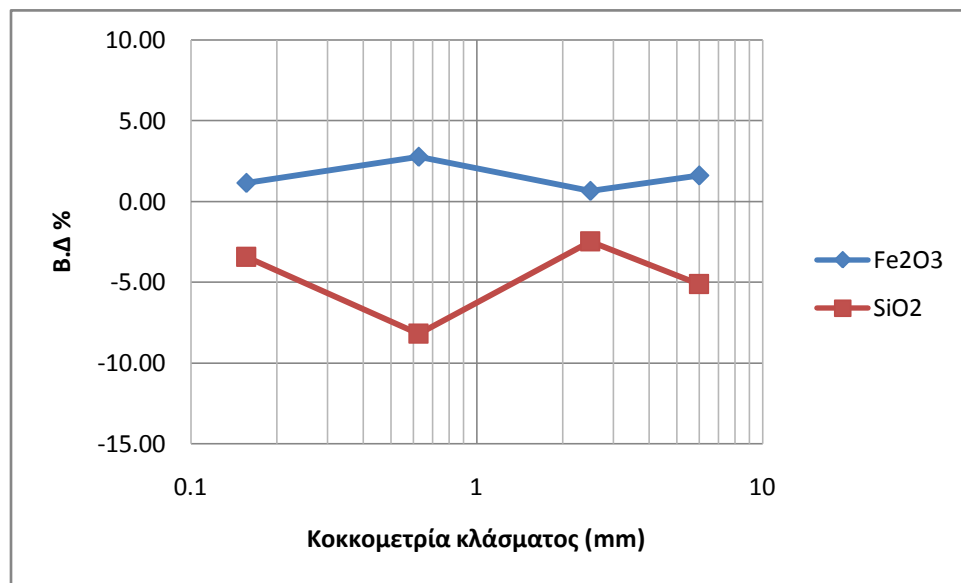
Σχήμα 5.75: Κατανομή του SiO_2 των αθροιστικώς μαγνητικών και αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων.

Η κατανομή του SiO_2 παρουσιάζει τιμές πάνω από 80% στα αθροιστικώς μαγνητικά προϊόντα και τιμές κάτω από 20% στα αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα. Στο μαγνητικό (προϊόν) 1 του κλάσματος $-0.250 +0.063 \text{ mm}$ σημειώθηκε η υψηλότερη κατανομή SiO_2 92.64%. Τα παραπάνω

αποτελέσματα δείχνουν ότι μικρή ποσότητα σιδήρου κατευθύνεται στο απόρριμμα, αλλά συγχρόνως η ελάχιστη ποσότητα πυριτίου απομακρύνεται από το μαγνητικό προϊόν.

Πινάκας 5.16: Βαθμός διαχωρισμού των κλασμάτων του μαγνητικού διαχωρισμού των αθροιστικών προϊόντων.

Κλάσματα	Βαθμοί διαχωρισμού			
	Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	MnO
(8-4)	1.62	-5.11	-5.92	0.40
(4-1)	0.67	-2.49	-1.74	0.00
(1-0.250)	2.79	-8.20	-7.43	0.69
(0.250-0.063)	1.16	-3.44	-0.72	0.05



Σχήμα 5.76: Βαθμός διαχωρισμού Fe_2O_3 & SiO_2 των κλασμάτων του μαγνητικού διαχωρισμού των αθροιστικών προϊόντων.

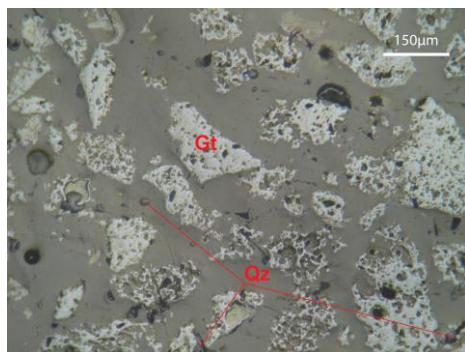
Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 & SiO_2 παρουσιάζει διακυμάνσεις και δε δείχνει να βελτιώνεται με τη μείωση της κοκκομετρίας των κλασμάτων.

5.3.2.4 Μικροσκοπική εξέταση κλασμάτων μαγνητικού διαχωρισμού

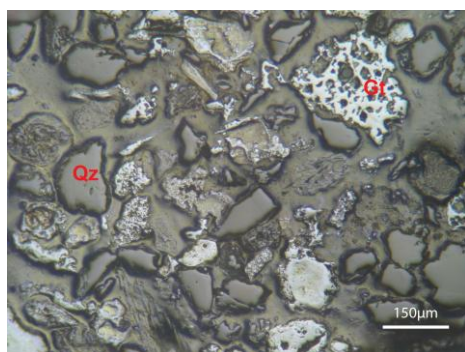
Κοκκομετρικό κλάσμα -0.250 +0.063 mm

Μαγνητικό προϊόν 1: παρατηρούνται κυρίως κόκκοι γκαϊπίτη και σε μικρό ποσοστό κόκκοι χαλαζία, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.77.

Μη μαγνητικό προϊόν: παρατηρούνται κόκκοι γκαϊπίτη και μερικοί κόκκοι χαλαζία, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.78.



Σχήμα 5.77: Κόκκοι γκαϊπίτη (Gt) και μεμονωμένοι μικροί κόκκοι χαλαζία (Qz).
Μαγνητικό προϊόν 1 -0.250 +0.063 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



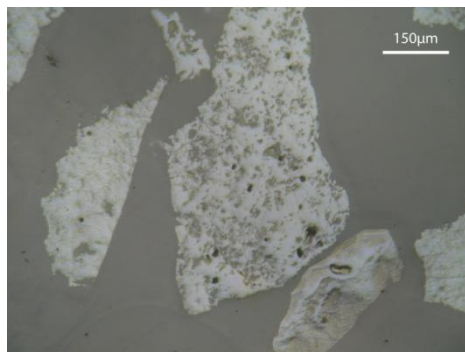
Σχήμα 5.78: Κόκκοι γκαϊπίτη (Gt) και κόκκοι χαλαζία (Qz).
Μη μαγνητικό προϊόν -0.250 +0.063 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

Κοκκομετρικό κλάσμα -1.00 +0.250 mm

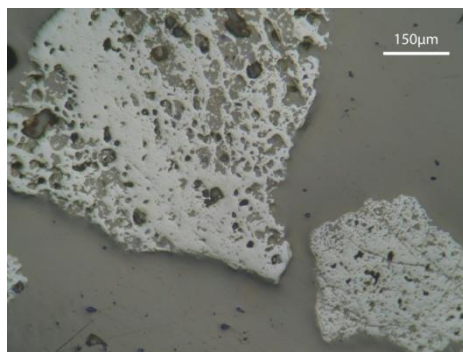
Μαγνητικό προϊόν 1: παρατηρούνται κυρίως κόκκοι γκαϊπίτη και μικρός αριθμός κόκκων χαλαζία.

Μαγνητικό προϊόν 2: παρατηρούνται πρωτίστως κόκκοι γκαϊπίτη και μερικοί κόκκοι χαλαζία.

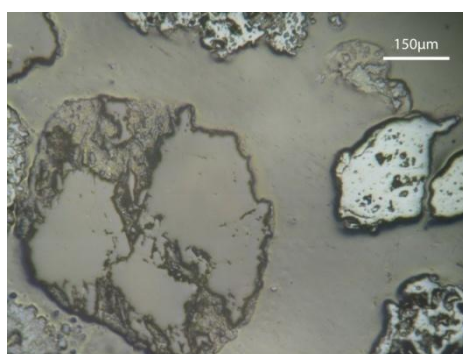
Μη μαγνητικό προϊόν: παρατηρούνται κυρίως κόκκοι γκαϊπίτη και κόκκοι χαλαζία.



Σχήμα 5.79: Κόκκοι γκαϊπίτη.
Μαγνητικό προϊόν 1 -1.00 +0.250 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



Σχήμα 5.:80 Κόκκοι γκαίίτη.
Μαγνητικό προϊόν 2 -1.00 +0.250 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

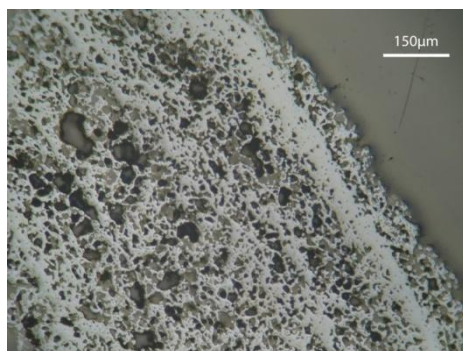


Σχήμα 5.81: Κόκκοι γκαίίτη και δύο κόκκοι χαλαζία .
Μη μαγνητικό προϊόν -1.00 +0.250 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

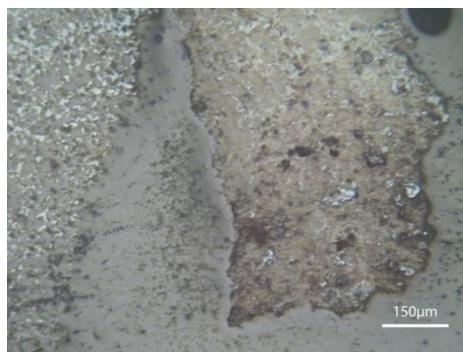
Κοκκομετρικό κλάσμα -4.00 +1.00 mm

Μαγνητικό προϊόν 1: παρατηρούνται κυρίως κόκκοι γκαίίτη καθώς και μη αποδεσμευμένοι κόκκοι γκαίίτη-χαλαζία.

Μη μαγνητικό προϊόν: παρατηρούνται μεγάλες μάζες γκαίίτη και μερικά συσσωματώματα γκαίίτη-χαλαζία, στα όποια ο γκαίίτης χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερα ποσοστά.



Σχήμα 5.82: Κόκκος γκαίίτη.
Μαγνητικό προϊόν 1 -4.00 +1.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

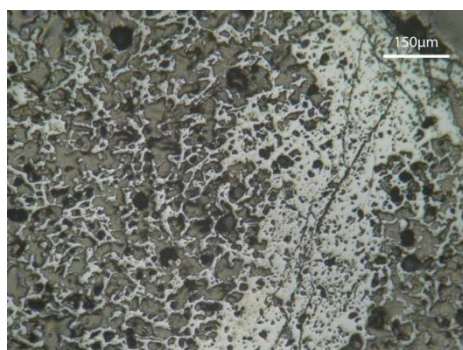


Σχήμα 5.83: Συσσωμάτωμα γκαϊτίτη-χαλαζία.
Μη μαγνητικό προϊόν -4.00 +1.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

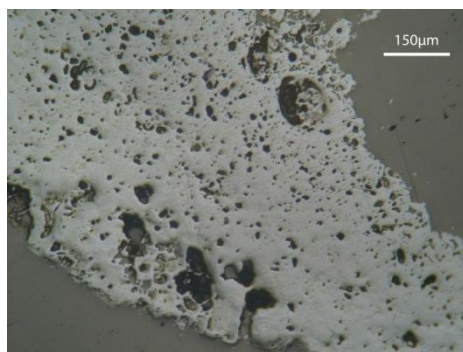
Κοκκομετρικό κλάσμα -8.00 +4.00 mm

Μαγνητικό προϊόν 1: παρατηρούνται μεγάλες μάζες γκαϊτίτη και ελάχιστα συσσωματώματα γκαϊτίτη-χαλαζία, στα όποια επικρατεί ο γκαϊτίτης.

Μαγνητικό προϊόν 2: παρατηρούνται μεγάλες μάζες γκαϊτίτη και μικρός αριθμός συσσωματωμάτων γκαϊτίτη-χαλαζία, στα όποια ο γκαϊτίτης χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερα ποσοστά.



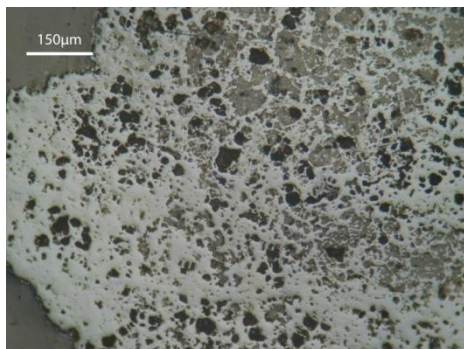
Σχήμα 5.84: Μη αποδεσμευμένο γκαϊτιτικό υλικό.
Μαγνητικό προϊόν 1 -8.00 +4.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



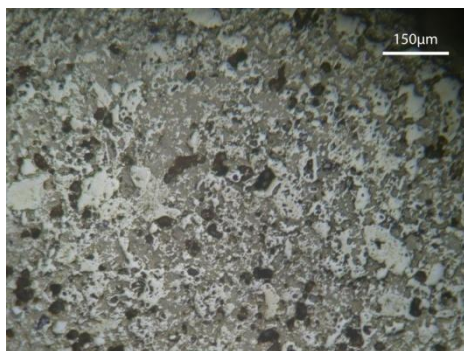
Σχήμα 5.85: Κόκκος γκαϊτίτη.
Μαγνητικό προϊόν 2 -8.00 +4.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

Μαγνητικό προϊόν 3: παρατηρούνται μεγάλες μάζες γκαϊτίτη και ελάχιστα συσσωματώματα γκαϊτίτη-χαλαζία, στα όποια κυριαρχεί ο γκαϊτίτης.

Μη μαγνητικό προϊόν: παρατηρούνται συσσωματώματα γκαϊτίτη –χαλαζία, στα όποια ο τα δύο ορυκτά φαίνεται να συμμετέχουν σε αναλογία 7:1. Είναι εμφανές, ότι ο βαθμός αποδέσμευσης είναι πολύ χαμηλός.



Σχήμα 5.86: Κόκκος γκαϊτίτη.
Μαγνητικό προϊόν 3 -8.00 +4.00 mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



Σχήμα 5.87: Γκαϊτιτικό υλικό με μερικά θραύσματα χαλαζία.
Μη μαγνητικό προϊόν -8.00 +4.00mm, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

5.3.2.5 Σχολιασμός και παρατηρήσεις αποτελεσμάτων μαγνητικού διαχωρισμού

Στο κλάσμα -8.00 +4.00 mm ο διαχωρισμός δεν είναι καθόλου ικανοποιητικός, η συγκέντρωση του σιδήρου είναι 78,24% και 74.23 % στα αθροιστικώς μαγνητικά και αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα αντίστοιχα. Η συγκέντρωση του προϊόντος και του απορρίμματος διαφέρουν ελάχιστα. Η κατανομή Fe_2O_3 είναι 92.89% στα αθροιστικώς μαγνητικά και 7.11% στα αθροιστικώς μη μαγνητικά, τιμές οι οποίες είναι ικανοποιητικές. Όμως η κατανομή του SiO_2 του αθροιστικώς μη μαγνητικού προϊόντος είναι παρά πολύ υψηλή για απόρριμμα σιδηρούχου μεταλλεύματος (87.69%). Ακόμα ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 και SiO_2 είναι 1.62 και -5.11 αντίστοιχα. Τα παραπάνω συμφωνούν και με όσα έδειξε η μικροσκοπική εξέταση των προϊόντων του διαχωρισμού, στην οποία παρατηρήθηκαν μεγάλοι σύμικτοι κόκκοι. Αυτά τα αποτελέσματα αποδίδονται κυρίως στο μικρό βαθμό αποδέσμευσης που παρατηρήθηκε σε αυτή την κοκκομετρία.

Στο κλάσμα -4.00 +1.00 mm ο διαχωρισμός δεν είναι ικανοποιητικός. Η συγκέντρωση του σιδήρου είναι 77.98% και 77.12 % στα αθροιστικώς μαγνητικά και αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα αντίστοιχα. Η περιεκτικότητα των αθροιστικώς μαγνητικών είναι σχεδόν η ίδια με αυτή που σημειώθηκε στα αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα, γεγονός που δείχνει ότι ο διαχωρισμός δεν λειτουργεί αποδοτικά. Η κατανομή του Fe_2O_3 προκύπτει, ότι στα αθροιστικώς μαγνητικά είναι 84,00% και στα αθροιστικώς μη μαγνητικά 16,00%, δεδομένο που δείχνει, ότι ο διαχωρισμός είναι χειρότερος από τον προηγούμενο. Όμως η κατανομή του SiO_2 είναι επίσης πολύ υψηλή στα αθροιστικώς μαγνητικά προϊόντα, γεγονός που δείχνει, ότι το πυρίτιο παραμένει κυρίως στο συμπύκνωμα. Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 και SiO_2 είναι 0.67 και -2.49 αντίστοιχα. Η μικροσκοπική μελέτη των προϊόντων του διαχωρισμού στα αθροιστικώς μαγνητικά προϊόντα έδειξε κυρίως συμπαγείς μάζες γκαϊπτικού υλικού, ενώ στα αθροιστικώς μη μαγνητικά σύμμεικτους κόκκους. Ο βαθμός αποδέσμευσης έχει βελτιωθεί αλλά όχι αρκετά, παρά τη μείωση της κοκκομετρίας των κλασμάτων.

Στο κλάσμα -1.00 +0.250 mm ο διαχωρισμός είναι ο καλύτερος που επιτεύχθηκε στα κλάσματα για το μαγνητικό διαχωρισμό, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι είναι ικανοποιητικός. Η συγκέντρωση του σιδήρου είναι 78.26% και 70.07% στα αθροιστικώς μαγνητικά και αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα αντίστοιχα. Η περιεκτικότητα στα αθροιστικώς μαγνητικά προϊόντα είναι η μεγαλύτερη που σημειώθηκε, ενώ η ανάλυση στα αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα είναι η μικρότερη. Η κατανομή του SiO_2 στα αθροιστικώς μαγνητικά και αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα είναι 85.96% και 14.04% αντίστοιχα, τιμές που δείχνουν τη χαμηλή αποδοτικότητα του διαχωρισμού. Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 και SiO_2 είναι 2.79 και -8.20 αντίστοιχα. Η μικροσκοπική μελέτη των προϊόντων του διαχωρισμού στα αθροιστικώς μαγνητικά δείχνει, ότι υπάρχει ένα μεγάλο ποσοστό από κόκκους γκαϊπτή. Στα αθροιστικώς μη μαγνητικά επίσης καταγράφονται αρκετοί σύμμεικτοι κόκκοι. Ο βαθμός αποδέσμευσης έχει βελτιωθεί αρκετά με τη μείωση της κοκκομετρίας των κλασμάτων, ενώ παρατηρείται ότι μικρό ποσοστό γκαϊπτικού υλικού συμπαρασύρεται στο απόρριμμα.

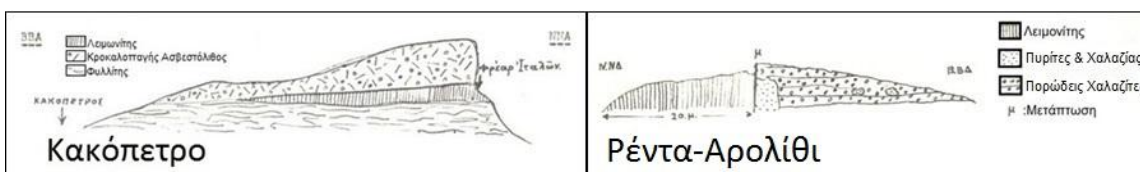
Στο κλάσμα -0.250 +0.063 mm ο μαγνητικός διαχωρισμός είναι χειρότερος από αυτόν του αμέσως μεγαλύτερου κλάσματος. Η συγκέντρωση του σιδήρου είναι 77.63% και 72.49% στα αθροιστικώς μαγνητικά και αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα αντίστοιχα. Ο βαθμός διαχωρισμού των Fe_2O_3 και SiO_2 είναι 1.16 και -3.44 αντίστοιχα. Και σε αυτή την περίπτωση οι βαθμοί διαχωρισμού είχαν πολύ χαμηλές τιμές. Η κατανομή του Fe_2O_3 στα αθροιστικώς μαγνητικά είναι 96.16% και στα αθροιστικώς μη μαγνητικά 3.84% δεδομένο που δείχνει, ότι ο διαχωρισμός είναι σχεδόν ο ίδιος με τον αυτόν του προηγούμενου κλάσματος. Η κατανομή του SiO_2 στα αθροιστικώς μαγνητικά και στα αθροιστικώς μη μαγνητικά είναι 92.64% & 7.36% αντίστοιχα, γεγονός που δείχνει, ότι στο κλάσμα αυτό δεν επιτεύχθηκε η απομάκρυνση του πυριτίου σε ικανοποιητικό βαθμό από τα μαγνητικά προϊόντα. Η μικροσκοπική εξέταση των προϊόντων του διαχωρισμού έδειξε, ότι στα αθροιστικώς μαγνητικά προϊόντα υπάρχουν ως επί το πλείστον κόκκοι γκαϊπτή και ελάχιστοι μικροί κόκκοι χαλαζία, οι οποίοι πιθανότατα έχουν συμπαρασυρθεί. Ο βαθμός αποδέσμευσης έχει βελτιωθεί ακόμα περισσότερο με τη μείωση της κοκκομετρίας των κλασμάτων, αν και στη συγκεκριμένη μαγνητική μέθοδο διαχωρισμού δε λειτούργησε αποτελεσματικά.

6 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΚΑΚΟΠΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΡΕΝΤΑ-ΑΡΟΛΙΘΙ

6.1 Κοιτασματολογία των δύο υπό μελέτη περιοχών

Το υπό εξέταση κοίτασμα στην περιοχή Κακόπετρος εντοπίζεται σε ένα λόφο νοτιοδυτικά του ομώνυμου χωριού. Στην περιοχή απαντώνται εμφανίσεις λειμωνίτη και λειμωνιτικής ώχρας, οι οποίες είναι σχεδόν συνεχείς. Το κοίτασμα στη θέση Ρέντα βρίσκεται επίσης σε ένα λόφο, 500m δυτικά του χωριού Αρολίθι. Οι μεταλλοφόρες εμφανίσεις και σε αυτό το κοίτασμα είναι λειμωνιτικού τύπου.

Το μέταλλευμα του Κακόπετρου υπέρκειται ενός στρώματος Φυλλιτών-Χαλαζιτών και βρίσκεται στην επαφή με ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή ηλικίας Μειόκαινου, τα οποία ανήκουν στην ίδια σειρά με εκείνα της περιοχής Τοπολίων. Ο λειμωνίτης απαντάται σε μορφή κοίτης εντός του κρυσταλλοσχιτώδους. Το μέταλλευμα λειμωνίτη στη Ρέντα-Αρολίθι βρίσκεται σε άμεση επαφή με ένα σώμα πυριτών-χαλαζία, το οποίο ακολουθεί μια μετάπτωση με διεύθυνση Α-Δ και καλύπτεται από πορώδεις χαλαζίτες. Στη πραγματικότητα δεν πρόκειται για ένα συμπαγές μέταλλευμα πυριτών, αλλά για διάσπαρτους κρυστάλλους πυριτών εντός της χαλαζιακής μάζας. Παρακάτω παρατίθενται οι δύο σχηματικές τομές των μεταλλευμάτων στις δύο περιοχές (Σχήμα 6.1).

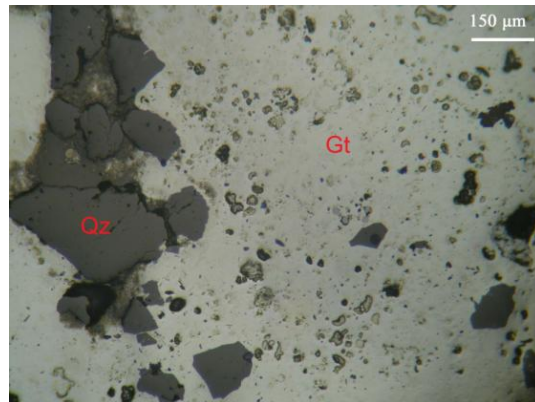


Σχήμα 6.1: Σχηματικές τομές των κοιτασμάτων των περιοχών Κακόπετρο και Ρέντα-Αρολίθι (Παπασταματίου, 1952).

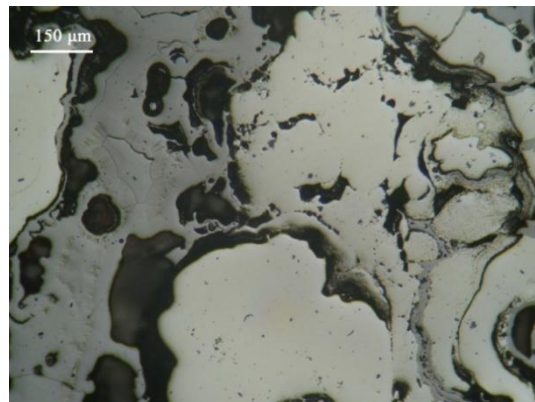
Όσον αφορά τα αποθέματα των δύο μεταλλευμάτων, δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστούν με ακρίβεια για το μέταλλευμα στο Κακόπετρο, λόγω της φύσης του κοιτάσματος και των ελλιπών ερευνητικών στοιχείων στην περιοχή. Από τις προγενέστερες έρευνες δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία που να προσδιορίζουν την έκταση και το πάχος του σιδηρομεταλλεύματος που καλύπτεται από τους κροκαλοπαγείς ασβεστόλιθους. Τα πιθανά αποθέματα εκτιμώνται από 500000 έως και 4000000 τόνους μεταλλεύματος. Το μέταλλευμα στη Ρέντα-Αρολίθι δεν παρουσιάζει οικονομικό ενδιαφέρον, επειδή αποτελείται από μικρά φακοειδή σώματα, τα οποία βρίσκονται μέσα στο κρυσταλλοσχιτώδες. Το σύνολο των αποθεμάτων εκτιμάται ότι είναι περί τους 5000 τόνους, πολύ μικρότερο από το μέταλλευμα του Κακοπέτρου.

6.2 Ορυκτολογία και χημικές αναλύσεις αρχικών δειγμάτων

Η μικροσκοπική εξέταση που πραγματοποιήθηκε στα μεταλλεύματα των δύο κοιτασμάτων, πιστοποίησε τα δεδομένα που προέκυψαν από τις ορυκτολογικές και χημικές αναλύσεις των δειγμάτων. από τις δύο περιοχές. Στην περιοχή του Κακοπέτρου γενικά παρατηρήθηκαν τα εξής ορυκτά: γκαϊίτης, χαλαζίας, κρυπτομέλανας και κατά τόπους αιμαίτης. Γενικά το επικρατέστερο ορυκτό είναι ο γκαϊίτης, ο οποίος εμφανίζεται σε μεγάλες συμπαγείς μάζες, ενώ συχνά παρατηρήθηκαν και συγκεντρικές επιφλοιώσεις. Ο χαλαζίας απαντάται κυρίως με μορφή συμπαγών μαζών αλλά και θραυσμάτων μέσα στην γκαϊιτική μάζα, χαρακτηριστική είναι η εικόνα στο Σχήμα 6.2.

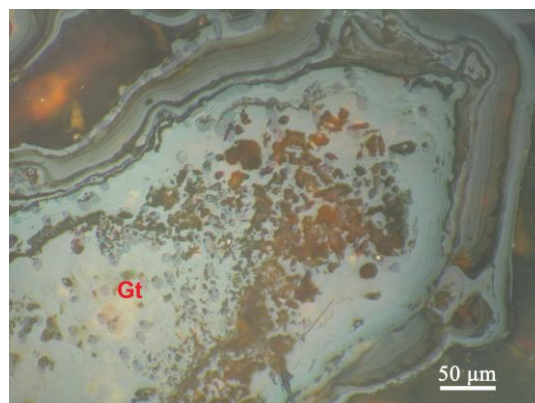


Σχήμα 6.2: Συμπαγής γκαίπιτης (Gt) και διάσπαρτοι κρύσταλλοι χαλαζία (Qz).
Δείγμα K1, Ανακλώμενο φως, // Nicols.



Σχήμα 6.3: Μετάλλευμα γκαίπιτη και κρυπτομέλανα με διαρρήξεις και συγκεντρικές επιφλοιώσεις.
Δείγμα K5c, Ανακλώμενο φως, // Nicols.

Σε αρκετά δείγματα (K3a, K5c και K6) εντοπίστηκε κρυπτομέλανας, ο οποίος απαντάται κυρίως με μορφή συμπαγών μαζών με πολλαπλές διαρρήξεις, ενώ συχνά σχηματίζει συγκεντρικές επιφλοιώσεις (Σχήμα 6.3).

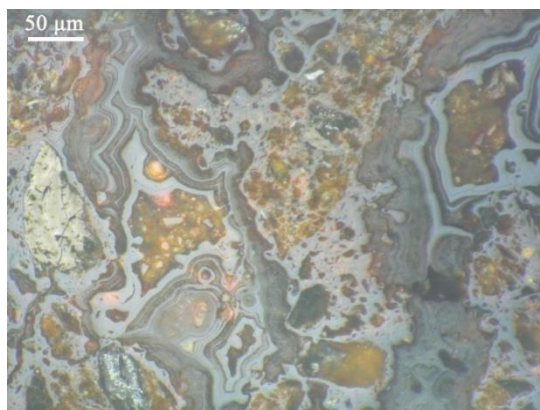


Σχήμα 6.4: Συμπαγής μάζα γκαίπιτη (Gt) με χαρακτηριστικές συγκεντρικές επιφλοιώσεις.
Δείγμα ΡΔ4, Ελαιοκατάδυση, // Nicols.

Η εικόνα που σχηματίστηκε από την ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων από την περιοχή Ρέντα-Αρολίθι ήταν κοινή για όλα τα δείγματα. Τα ορυκτά που παρατηρήθηκαν στα δείγματα ήταν: γκαϊίτης, χαλαζίας και σποραδικά γραφίτης και σιδηροπυρίτης.

Και σε αυτή τη σειρά δειγμάτων κύριο ορυκτό ήταν ο γκαϊίτης ο οποίος εμφανίζεται σε μεγάλες συμπαγείς μάζες, ενώ σε αρκετά σημεία εμφανίζει συγκεντρικές επιφλοιώσεις, όπως παρατηρήθηκε και στο μέταλλευμα του Κακόπετρου.

Ο χαλαζίας παρατηρήθηκε με μορφή συμπαγών μαζών, οι οποίες σε μερικές περιπτώσεις εμφανίζουν ρωγματώσεις (Σχήμα 6.4), αλλά και με μορφή θραυσμάτων μέσα στον γκαϊίτη. Σποραδικά παρατηρήθηκαν επίσης μεμονωμένοι κρύσταλλοι γραφίτη, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο Σχήμα 6.5.



Σχήμα 6.5: Συμπαγής μάζα γκαϊίτη, ένας κρύσταλλος γραφίτη και πολλοί μικρότεροι που έχουν προκύψει από θραύση. Δείγμα ΡΔ4, Ελαιοκατάδυση, // Nicols.

Οι χημικές αναλύσεις που προέκυψαν από τα αρχικά δείγματα των δύο περιοχών καταδεικνύουν τη σιδηρούχο φύση των μεταλλευμάτων. Στους δύο παρακάτω πίνακες (6.1 & 6.2) παρουσιάζονται οι χημικές αναλύσεις των πιο χαρακτηριστικών δειγμάτων από την κάθε περιοχή.

Πίνακας 6.1: Χημικές αναλύσεις των πιο αντιπροσωπευτικών αρχικών δειγμάτων περιοχής Κακόπετρου.

Δείγμα/%κ.β.	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	MnO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)	CoO (%)	TiO ₂ (%)	CaO (%)	BaO (%)	ZnO (%)	SO ₃ (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	LOI (%)	SUM (%)
K1	72.30	6.04	2.87	1.44	0.22	1.43	0.06	0.00	0.13	0.11	0.04	0.15	0.78	0.30	0.11	13.69	99.66
K2b	61.37	20.13	0.22	3.49	0.30	1.08	0.05	0.22	0.05	0.01	0.03	0.14	0.77	0.31	0.09	11.82	100.08
K3a	50.06	3.95	27.91	0.60	1.15	0.40	0.06	0.00	0.10	0.11	0.05	0.00	0.74	0.32	0.07	14.09	99.61
K3b	77.54	3.25	0.61	0.65	0.05	1.52	0.07	0.00	0.12	0.01	0.05	0.17	0.78	0.30	0.11	14.81	100.02
K5c	28.61	8.37	44.54	1.66	1.84	0.73	0.03	0.08	0.20	0.26	0.03	-0.08	0.74	0.34	0.08	12.80	100.22
K6	60.77	5.87	13.82	1.47	0.58	1.41	0.08	0.00	0.33	0.11	0.07	0.10	0.77	0.31	0.09	14.37	100.14

Για την περιοχή του Κακόπετρου μπορεί να ειπωθεί, ότι οι χημικές αναλύσεις των κύριων στοιχείων που καταγράφηκαν στα δείγματα εμφανίζουν μεγάλες διακυμάνσεις. Χαρακτηριστικά η συγκέντρωση του Fe₂O₃ παρουσιάζει διακυμάνσεις της τάξεως του 49%, η μέγιστη περιεκτικότητα που βρέθηκε στα δείγματα είναι 77.54% και η ελάχιστη 28.61%. Οι συγκεντρώσεις του SiO₂ εμφάνισαν διακυμάνσεις που ήταν μικρότερου μεγέθους, η μέγιστη περιεκτικότητα

βρέθηκε 23.61% και η ελάχιστη 3.25%. Επίσης αρκετά αξιόλογα ήταν τα επίπεδα μαγγανίου, τα οποία μετρήθηκαν στις αναλύσεις. Η μέγιστη συγκέντρωση του MnO παρατηρήθηκε στο δείγμα K5c και είναι 44.54%. Σχετικά υψηλές τιμές περιεκτικότητας MnO βρέθηκαν επίσης σε άλλα δύο δείγματα K3a & K6 και ήταν 27.91% και 13.82% αντίστοιχα. Οι τιμές των λοιπών στοιχείων που εντοπίστηκαν είχαν αρκετά μικρές μεταβολές στα διάφορα δείγματα.

Οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων του μεταλλεύματος από την περιοχή Ρέντα-Αρολίθι δεν παρουσίασαν αντίστοιχες διακυμάνσεις με τα δείγματα της περιοχής Κακόπετρου. Οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων σε Fe_2O_3 κυμάνθηκαν σε παρόμοια επίπεδα μεταξύ τους, όπου η μέγιστη τιμή που καταγράφηκε ήταν 78.32% και η ελάχιστη 72.00%. Είναι εύκολο να ειπωθεί, ότι το μέταλλευμα είναι αρκετά πλούσιο σε σίδηρο και σε μεγαλύτερο βαθμό από εκείνο της περιοχής Κακόπετρου. Οι περιεκτικότητες σε SiO_2 ήταν αρκετά χαμηλές και καταγράφουν τιμές μεταξύ 4.44-7.23%. Στο μέταλλευμα της Ρέντα-Αρολίθι δεν σημειώθηκαν αξιόλογες τιμές συγκέντρωσης MnO. Οι περιεκτικότητες των λοιπών στοιχείων που εντοπίστηκαν ήταν σχετικά σταθερές και έχουν τιμές μικρότερες του 2.71%.

Πίνακας 6.2: Χημικές αναλύσεις των πιο αντιπροσωπευτικών αρχικών δειγμάτων περιοχής Ρέντα-Αρολίθι.

Δείγμα/%κ.β.	Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	CaO (%)	MnO (%)	K_2O (%)	TiO_2 (%)	P_2O_5 (%)	SO_3 (%)	BaO (%)	CoO (%)	LOI (%)	SUM (%)
PΔ2	78.32	4.78	1.44	0.32	0.09	0.01	0.08	0.92	0.16	0.04	0.06	13.80	100.02
PΔ4	72.00	4.87	1.46	0.35	0.14	0.02	0.08	0.77	0.15	0.07	0.05	20.05	100.01
PΠ5	78.32	4.44	1.00	0.60	0.15	0.00	0.08	1.07	0.16	0.04	0.06	14.06	99.99
PΠ6	76.61	4.81	1.39	0.51	0.14	0.01	0.08	1.37	0.18	0.08	0.06	14.72	99.96
PΠ8	74.22	7.23	2.71	0.21	0.15	0.11	0.08	0.98	0.16	0.13	0.05	13.94	99.97

6.3 Αποτελέσματα των δοκιμών εμπλουτισμού

Σε αυτό το υποκεφάλαιο αναγράφονται συγκριτικά τα αποτελέσματα των δοκιμών εμπλουτισμού. Οι πίνακες έχουν διαφορετική διάταξη και αποτελούνται από τα προϊόντα (ή απόρριμμα) της κάθε δοκιμής του κάθε κοκκομετρικού κλάσματος και των δύο περιοχών μελέτης.

6.3.1 Δοκιμή εμπλουτισμού με τη μέθοδο των βαρέων υγρών

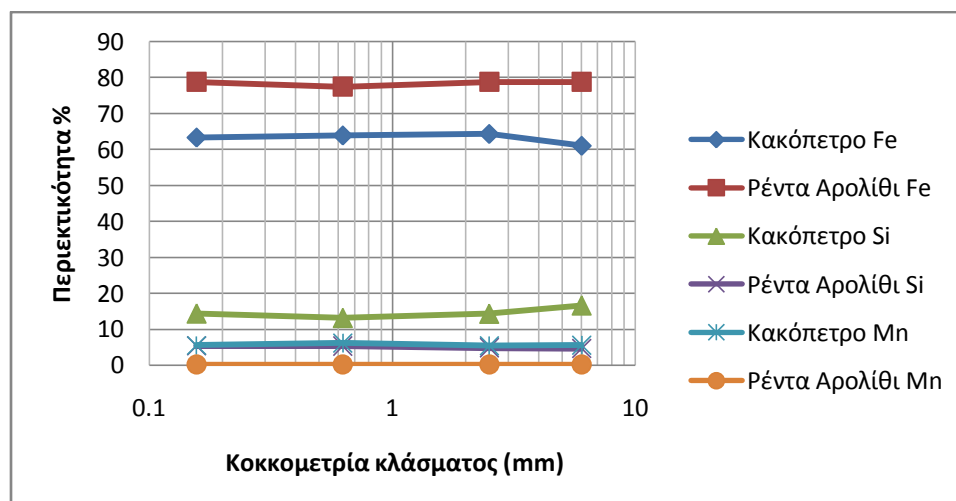
Όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 6.3, στα SINK τα βάρη των κλασμάτων % ήταν αρκετά υψηλά και στις δύο περιοχές με τις τιμές του Κακόπετρου να έχουν εύρος τιμών 84.16-94.23% και τις τιμές της Ρέντα-Αρολίθι να έχουν ελαφρά υψηλότερο εύρος 91.61-98.87%.

Στις χημικές αναλύσεις προ εμπλουτισμού είχε φανεί, ότι το μέταλλευμα της περιοχής Ρέντα-Αρολίθι έχει υψηλότερες τιμές περιεκτικότητας σε σίδηρο. Οι τιμές συγκέντρωσης του Fe_2O_3 εμφανίζουν μεγαλύτερη διαφοροποίηση μεταξύ των δύο περιοχών, γεγονός που έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο 5. Συγκεκριμένα οι τιμές των SINK για τα κλάσματα της περιοχής του Κακόπετρου είναι: 61.01-64.33% και για τα κλάσματα της περιοχής Ρέντα-Αρολίθι είναι: 77.46-78.79%. Οι κατανομές βάρους Fe_2O_3 στα SINK είναι 90.55-94.23% για τα προϊόντα από το Κακόπετρο και 91.61-98.87% αντίστοιχα για τα προϊόντα από τη Ρέντα-Αρολίθι (Πίνακας 6.3)

Πίνακας 6.3: Χημικές αναλύσεις των κλασμάτων SINK του βαρυτομετρικού διαχωρισμού Κακόπετρου και Ρέντα-Αρολίθι.

Μέγεθος κόκκων	Βαρυτομετρικά κλάσματα	Βάρος (g)	Βάρος κλάσματος %	Βάρος επί αρχικού %	Χημικές αναλύσεις			
					Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)
(8-4)	SINK Κακόπετρο	1177.9	90.55	36.10	61.01	16.56	2.09	5.57
	SINK Ρέντα-Αρολίθι	911.9	91.61	44.63	78.74	4.59	0.55	0.16
(4-1)	SINK Κακόπετρο	870.8	94.06	29.58	64.33	14.29	1.46	5.37
	SINK Ρέντα-Αρολίθι	612.2	94.90	30.07	78.75	4.79	0.16	0.14
(1-0.250)	SINK Κακόπετρο	421.3	94.23	13.61	63.91	13.12	1.75	6.15
	SINK Ρέντα-Αρολίθι	226.9	98.87	11.53	77.46	5.25	0.55	0.16
(0.250-0.063)	SINK Κακόπετρο	186.5	84.16	6.58	63.34	14.35	1.68	5.45
	SINK Ρέντα-Αρολίθι	88.0	98.00	4.17	78.79	5.29	0.56	0.16

Οι χημικές αναλύσεις του SiO₂ ήταν χαμηλότερες για την περιοχή της Ρέντα-Αρολίθι (4.59-5.29%) και περίπου 10% υψηλότερες για την περιοχή Κακόπετρου (13.12-16.56%). Η κατανομή του SiO₂ στα SINK εμφανίζει διαφορετική εικόνα με τις τιμές στη περιοχή του Κακόπετρου να είναι 47.31-87.45% και τις τιμές της Ρέντα-Αρολίθι να είναι 77.67-91.48%. Οι τιμές των κατανομών δείχνουν ότι λιγότερο SiO₂ έχει κατευθυνθεί στα προϊόντα SINK του Κακόπετρου γεγονός που δείχνει ότι επιτεύχθηκε καλύτερος διαχωρισμός από εκείνο στη Ρέντα-Αρολίθι. Οι τιμές των χημικών αναλύσεων και των κατανομών δείχνουν, ότι οι υψηλότερες τιμές Fe₂O₃ αλλά και η μεγαλύτερη ποσότητα Fe₂O₃ εντοπίζονται στο βαρύ προϊόν (SINK) και για τις δύο περιοχές, με τις αναλύσεις της περιοχής Ρέντα-Αρολίθι να είναι 15-20% μεγαλύτερες από εκείνες του Κακόπετρου (Σχήμα 6.6).

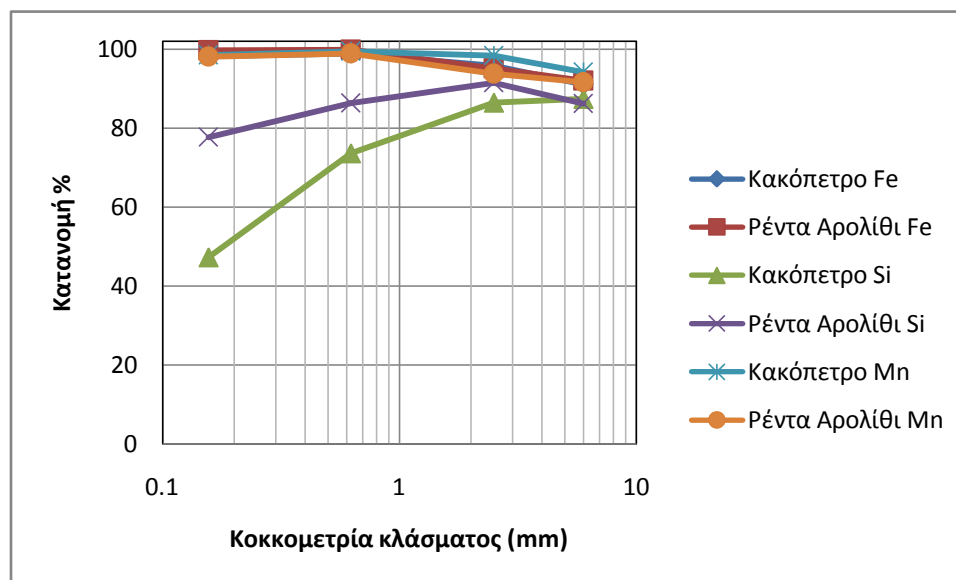


Σχήμα 6.6: Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂ & MnO στα κλάσματα SINK του βαρομετρικού διαχωρισμού.

Πίνακας 6.4: Κατανομή των κλασμάτων SINK του βαρυτομετρικού διαχωρισμού Κακόπετρου και Ρέντα-Αρολίθι.

Μέγεθος κόκκων	Βαρυτομετρικά κλάσματα	Κατανομή			
		Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)
(8-4)	SINK Κακόπετρο	91.07	87.45	92.09	94.13
	SINK Ρέντα-Αρολίθι	92.07	86.27	91.60	91.61
(4-1)	SINK Κακόπετρο	95.75	86.46	82.85	98.42
	SINK Ρέντα-Αρολίθι	95.18	91.48	67.27	93.80
(1-0.250)	SINK Κακόπετρο	98.93	73.60	85.83	99.40
	SINK Ρέντα-Αρολίθι	99.84	86.33	97.70	98.87
(0.250-0.063)	SINK Κακόπετρο	98.22	47.31	71.13	98.49
	SINK Ρέντα-Αρολίθι	99.74	77.67	97.42	98.03

Η κατανομή του Fe₂O₃ στα βαριά (SINK) δεν επηρεάζεται σημαντικά με τη μεταβολή της κοκκομετρίας και για τις δύο περιοχές και παραμένει σταθερά υψηλή (Σχήμα 6.7). Αντίθετα η κατανομή του SiO₂ στα βαριά (SINK) επηρεάζεται με τη μεταβολή της κοκκομετρίας περισσότερο για το μέταλλευμα του Κακόπετρου και αρκετά λιγότερο για το μέταλλευμα της Ρέντα-Αρολίθι (Σχήμα 6.7).



Σχήμα 6.7: Κατανομή σε Fe₂O₃, SiO₂ & MnO στα κλάσματα SINK του βαρυτομετρικού διαχωρισμού.

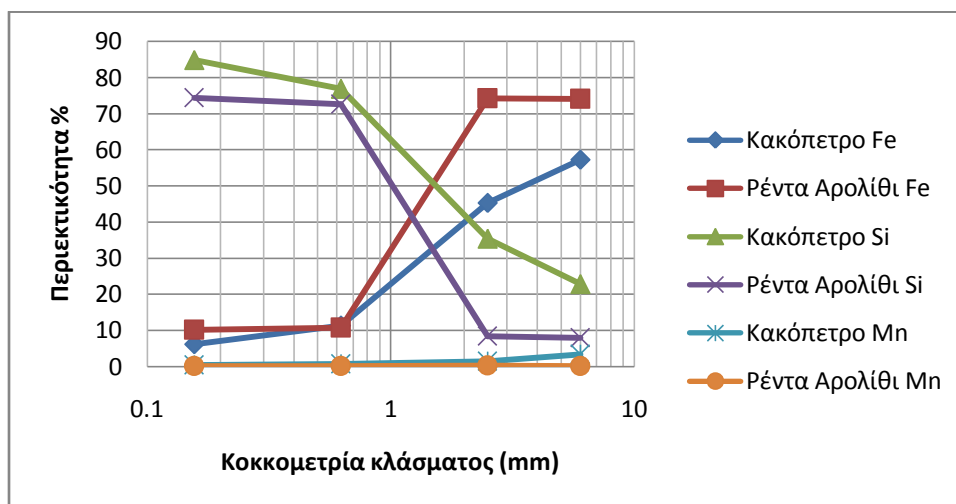
Στο Πίνακα 6.5 παρουσιάζονται τα δεδομένα που προέκυψαν από το βαρυτομετρικό διαχωρισμό για τα απορρίμματα FLOAT. Στα FLOAT τα βάρη των κλασμάτων % ήταν χαμηλά και στις δύο περιοχές, με τις τιμές του Κακόπετρου να έχουν εύρος τιμών 5.77-15.84% και τις τιμές της Ρέντα-

Αρολίθι να έχουν μικρότερο εύρος 1.13-8.39%. Όσον αφορά τις χημικές αναλύσεις του Fe_2O_3 εμφανίζουν διαφοροποίηση μεταξύ των δύο περιοχών. Οι τιμές συγκέντρωσης των FLOAT για τα κλάσματα της περιοχής του Κακόπετρου είναι: 6.10-57.26% και για τα κλάσματα της περιοχής Ρέντα-Αρολίθι είναι: 10.14-74.26%.

Πίνακας 6.5: Χημικές αναλύσεις των κλασμάτων FLOAT του βαρυτομετρικού διαχωρισμού Κακόπετρου και Ρέντα-Αρολίθι.

Μέγεθος κόκκων	Βαρυτομετρικά κλάσματα	Βάρος (g)	Βάρος κλάσματος %	Βάρος επί αρχικού %	Χημικές αναλύσεις			
					Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	MnO (%)
(8-4)	Float Κακόπετρο	123.0	9.45	3.77	57.26	22.76	1.72	3.33
	Float Ρέντα-Αρολίθι	83.5	8.39	4.09	74.04	7.97	0.55	0.16
(4-1)	Float Κακόπετρο	55.0	5.94	1.87	45.19	35.41	4.79	1.37
	Float Ρέντα-Αρολίθι	32.9	5.10	1.62	74.26	8.30	1.47	0.17
(1-0.250)	Float Κακόπετρο	25.8	5.77	0.83	11.31	76.87	4.72	0.61
	Float Ρέντα-Αρολίθι	2.6	1.13	0.13	10.75	72.51	1.13	0.15
(0.250-0.063)	Float Κακόπετρο	35.1	15.84	1.24	6.10	84.87	3.62	0.44
	Float Ρέντα-Αρολίθι	1.8	2.00	0.09	10.14	74.35	0.72	0.16

Οι χημικές αναλύσεις του SiO_2 ήταν χαμηλότερες για την περιοχή της Ρέντα-Αρολίθι (7.97-74.35%) και για την περιοχή Κακόπετρου (22.76-84.87%). Στο απορρίμμα φαίνεται και για τις δύο περιοχές η περιεκτικότητα του Fe_2O_3 να μειώνεται με τη μείωση της κοκκομετρίας. Αντίθετα για την περιεκτικότητα SiO_2 με τη μείωση της κοκκομετρίας σημειώνεται αύξηση των ποσοστών της (Σχήμα 6.8).



Σχήμα 6.8: Περιεκτικότητα σε Fe_2O_3 , SiO_2 & MnO στα κλάσματα FLOAT του βαρυτομετρικού διαχωρισμού.

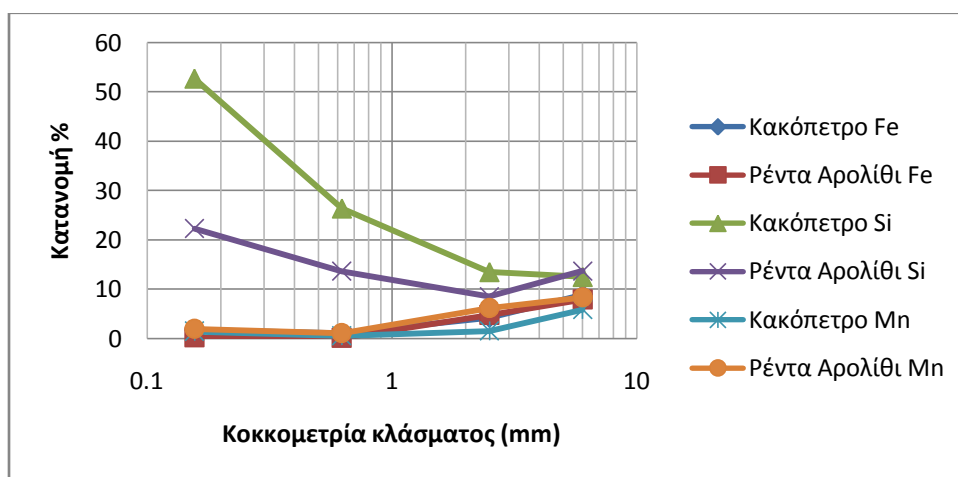
Οι κατανομές Fe_2O_3 στα FLOAT πήραν τιμές 1.07-8.93% για τα απορρίμματα του Κακόπετρου και 0.16-8.93% αντίστοιχα για τα απορρίμματα της Ρέντα-Αρολίθι (Πίνακας 6.6). Η κατανομή του

SiO₂ στα FLOAT εμφανίζει αντίστοιχη εικόνα με τις τιμές στην περιοχή του Κακόπετρου να είναι 12.55-52.69% και τις τιμές της Ρέντα-Αρολίθι να είναι 8.52-22.33%.

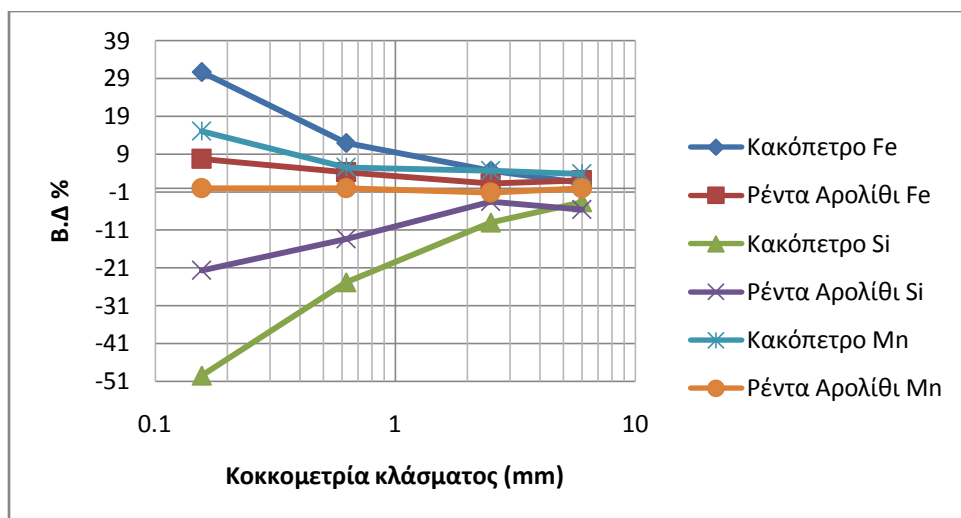
Πίνακας 6.6: Κατανομή των κλασμάτων FLOAT του βαρυτομετρικού διαχωρισμού Κακόπετρου και Ρέντα-Αρολίθι.

Μέγεθος κόκκων	Βαρυτομετρικά κλάσματα	Κατανομή			
		Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)
(8-4)	LOAT Κακόπετρο	8.93	12.55	7.91	5.87
	LOAT Ρέντα-Αρολίθι	7.93	13.73	8.40	8.39
(4-1)	LOAT Κακόπετρο	4.25	13.54	17.15	1.58
	LOAT Ρέντα-Αρολίθι	4.82	8.52	32.73	6.20
(1-0.250)	LOAT Κακόπετρο	1.07	26.40	14.17	0.60
	LOAT Ρέντα-Αρολίθι	0.16	13.67	2.30	1.13
(0.250-0.063)	LOAT Κακόπετρο	1.78	52.69	28.87	1.51
	LOAT Ρέντα-Αρολίθι	0.26	22.33	2.58	1.97

Η μεγαλύτερη ποσότητα SiO₂ κατευθύνεται στο απόρριμμα (FLOAT) όλο και περισσότερο με τη μείωση τις κοκκομετρίας και για τις δύο περιοχές. Όμως για την περιοχή του Κακόπετρου φαίνεται οι τιμές της κατανομής να είναι σχεδόν διπλάσιες στα δύο μικρότερα κοκκομετρικά κλάσματα σε σχέση με εκείνες της Ρέντα-Αρολίθι, γεγονός που δείχνει, ότι επιτεύχθηκε καλύτερος βαρυτομετρικός διαχωρισμός στο μέταλλευμα του Κακόπετρου (Σχήμα 6.9).



Σχήμα 6.9: Κατανομή σε Fe₂O₃, SiO₂ & MnO στα κλάσματα FLOAT του βαρυτομετρικού διαχωρισμού.



Σχήμα 6.10: Βαθμός διαχωρισμού των κλασμάτων του βαρυτομετρικού διαχωρισμού στο Κακόπετρο και στη Ρέντα-Αρολίθι.

Γενικά οι βαθμοί διαχωρισμού των Fe_2O_3 , SiO_2 & MnO δείχνουν, ότι στη περίπτωση του Κακόπετρου (Σχήμα 6.10) έχει επιτευχθεί καλύτερος διαχωρισμός. Στα δύο μικρότερα κλάσματα ο διαχωρισμός είναι εμφανής, με το μικρότερο κλάσμα $-0.250 +0.063\text{mm}$ να παρουσιάζει τον πιο αποτελεσματικό διαχωρισμό.

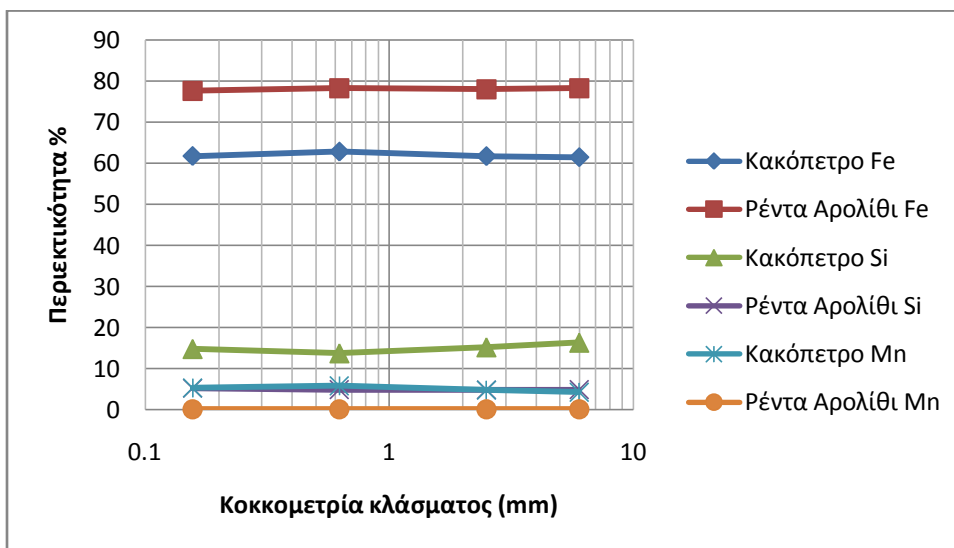
6.3.2 Δοκιμή εμπλουτισμού με τη μέθοδο του μαγνητικού διαχωρισμού

Πίνακας 6.7: Χημικές αναλύσεις των αθροιστικώς μαγνητικών προϊόντων όλων των κοκκομετρικών κλασμάτων του Κακόπετρου και της Ρέντα-Αρολίθι.

Μέγεθος κόκκων	Κλάσματα μαγνητικού διαχωρισμού	Βάρος (g)	Βάρος κλάσματος %	Βάρος επί αρχικού %	Χημικές αναλύσεις			
					Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	MnO (%)
(8-4)	μαγνητικό Κ	1103.7	85.68	34.16	61.46	16.35	3.18	4.31
	μαγνητικό ΡΑ	932.2	92.54	45.08	78.24	4.91	1.05	0.16
(4-1)	μαγνητικό Κ	971	99.21	31.20	61.72	15.22	3.39	4.79
	μαγνητικό ΡΑ	551.3	83.85	26.57	77.98	4.87	1.16	0.16
(1-0.250)	μαγνητικό Κ	424.1	95.95	13.86	62.84	13.76	2.59	5.83
	μαγνητικό ΡΑ	234.3	93.72	10.93	78.26	4.90	1.12	0.16
(0.250-0.063)	μαγνητικό Κ	249.9	86.05	6.73	61.76	14.81	2.50	5.37
	μαγνητικό ΡΑ	81.8	95.90	4.08	77.63	5.22	1.51	0.16

Στους Πίνακες 6.7 & 6.8 παρουσιάζονται οι χημικές αναλύσεις και οι κατανομές των στοιχείων των αθροιστικώς μαγνητικών προϊόντων των δύο μεταλλευμάτων. Οι χημικές αναλύσεις Fe_2O_3 στην περιοχή Ρέντα-Αρολίθι είναι 77.63-78.26% και στο Κακόπετρο οι τιμές κυμάνθηκαν από 61.46% έως 62.84%. Οι χημικές αναλύσεις του SiO_2 κυμάνθηκαν για το Κακόπετρο στις τιμές 13,76-16.35% και για τη Ρέντα-Αρολίθι από 4.87% έως 5.22%. Οι χημικές αναλύσεις των αθροιστικώς μαγνητικών προϊόντων έδειξαν και για τις δύο περιοχές, ότι το Fe_2O_3 δεν

παρουσιάζει σημαντικές αλλαγές με τη μεταβολή της κοκκομετρίας, κατά μέσο όρο 62% για το Κακόπετρο και 78% για τη Ρέντα-Αρολίθι.



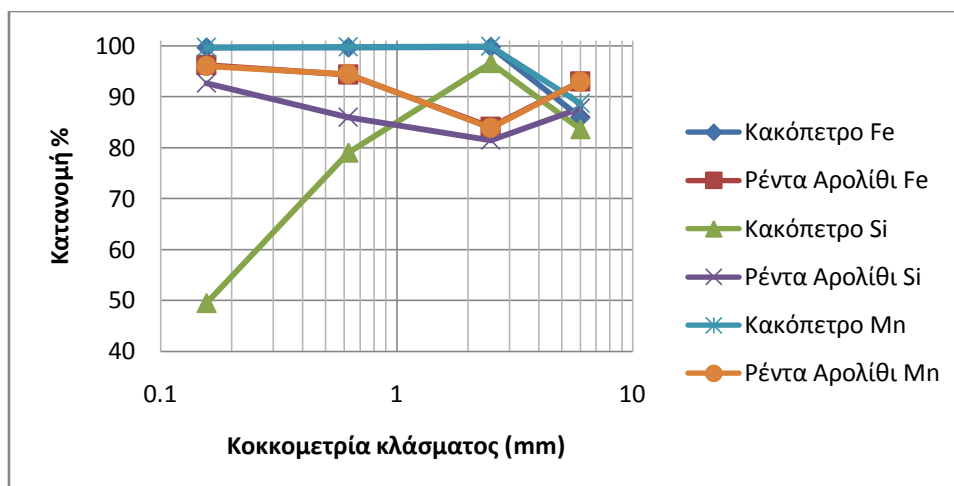
Σχήμα 6.15: Περιεκτικότητα σε Fe_2O_3 , SiO_2 & MnO των αθροιστικώς μαγνητικών προϊόντων όλων των κοκκομετρικών κλασμάτων.

Η συγκέντρωση του SiO_2 δε μεταβάλλεται επίσης με την αλλαγή της κοκκομετρίας. Χαρακτηριστικά οι τιμές για το Κακόπετρο κυμαίνονται στο 15% και για τη Ρέντα-Αρολίθι στο 5% (Σχήμα 6.15 & Πίνακας 6.7).

Πίνακας 6.8: Κατανομή των αθροιστικώς μαγνητικών προϊόντων όλων των κοκκομετρικών κλασμάτων του Κακόπετρου και της Ρέντα-Αρολίθι.

Μέγεθος κόκκων	Κλάσματα μαγνητικού διαχωρισμού	Κατανομή			
		Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	MnO (%)
(8-4)	μαγνητικό Κ	85.90	83.63	86.80	88.69
	μαγνητικό ΡΑ	92.89	87.69	86.68	92.93
(4-1)	μαγνητικό Κ	99.75	96.56	99.13	99.89
	μαγνητικό ΡΑ	84.00	81.48	82.13	83.85
(1-0.250)	μαγνητικό Κ	99.68	78.98	94.64	99.75
	μαγνητικό ΡΑ	94.34	85.96	86.38	94.41
(0.250-0.063)	μαγνητικό Κ	99.65	49.52	85.98	99.66
	μαγνητικό ΡΑ	96.16	92.64	95.18	95.95

Οι τιμές της κατανομής Fe_2O_3 για τα αθροιστικώς μαγνητικά προϊόντα της περιοχής Κακόπετρου είναι: 85.90-99.75%, για την περιοχή Ρέντα-Αρολίθι είναι: 84.00-96.16%. Οι κατανομές SiO_2 είναι 49.52-96.56% για τα αθροιστικώς μαγνητικά προϊόντα του Κακόπετρου και 81.48-92.64% αντίστοιχα για τα προϊόντα της Ρέντα-Αρολίθι (Σχήμα 6.16).



Σχήμα 6.16: Κατανομή Fe_2O_3 , SiO_2 & MnO των αθροιστικώς μαγνητικών προϊόντων όλων των κοκκομετρικών κλασμάτων.

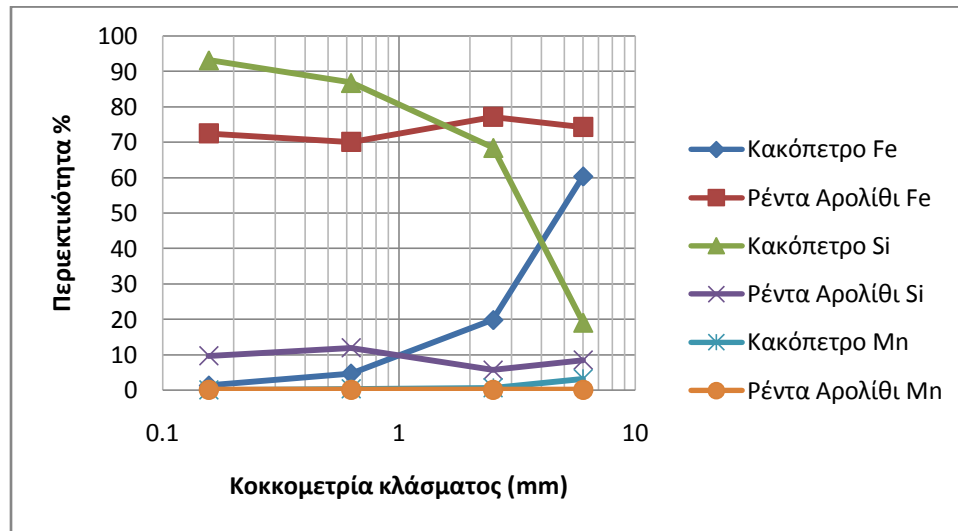
Στο Πίνακα 6.9-6.10 παρουσιάζονται οι χημικές αναλύσεις και οι κατανομές των αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων των δύο σιδηρομεταλλευμάτων. Οι χημικές αναλύσεις Fe_2O_3 στην περιοχή Ρέντα-Αρολίθι είναι 70.07-77.12%, στο Κακόπετρο οι τιμές κυμανθήκαν από 1.34% έως 60.40%. Οι χημικές αναλύσεις του SiO_2 κυμανθήκαν για το Κακόπετρο από 19.14 έως 93.18% και για τη Ρέντα-Αρολίθι από 5.74% έως 11.95%.

Πίνακας 6.9: Χημικές αναλύσεις των αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων όλων των κοκκομετρικών κλασμάτων του Κακόπετρου και της Ρέντα-Αρολίθι.

Μέγεθος κόκκων	Κλάσματα μαγνητικού διαχωρισμού	Βάρος (g)	Βάρος κλάσματος %	Βάρος επί αρχικού %	Χημικές αναλύσεις			
					Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	MnO (%)
(8-4)	μη μαγνητικό Κ	184.4	14.32	5.71	60.40	19.14	2.89	3.29
	μη μαγνητικό ΡΑ	75.2	7.46	3.64	74.23	8.53	1.99	0.16
(4-1)	μη μαγνητικό Κ	7.7	0.79	0.25	19.84	68.46	3.75	0.69
	μη μαγνητικό ΡΑ	106.2	16.15	5.12	77.12	5.74	1.31	0.16
(1-0.250)	μη μαγνητικό Κ	17.9	4.05	0.58	4.72	86.79	3.48	0.35
	μη μαγνητικό ΡΑ	15.7	6.28	0.73	70.07	11.95	2.65	0.14
(0.250-0.063)	μη μαγνητικό Κ	40.5	13.95	1.09	1.34	93.18	2.51	0.11
	μη μαγνητικό ΡΑ	3.5	4.10	0.17	72.49	9.70	1.78	0.15

Οι χημικές αναλύσεις των αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων δεν παρουσίασαν παρόμοια αποτελέσματα και συμπεριφορά στο διαχωρισμό για τις δύο περιοχές. Η περιεκτικότητα του Fe_2O_3 δεν παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές με τη μεταβολή της κοκκομετρίας για τη Ρέντα-Αρολίθι, ενώ για το Κακόπετρο σημειώνεται μεγάλη μείωση των ποσοστών της συγκέντρωσης με τη μείωση της κοκκομετρίας (Σχήμα 6.17). Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις του SiO_2 δεν

παρουσιάζουν επίσης σημαντικές μεταβολές με τη μεταβολή της κοκκομετρίας για τη Ρέντα-Αρολίθι.



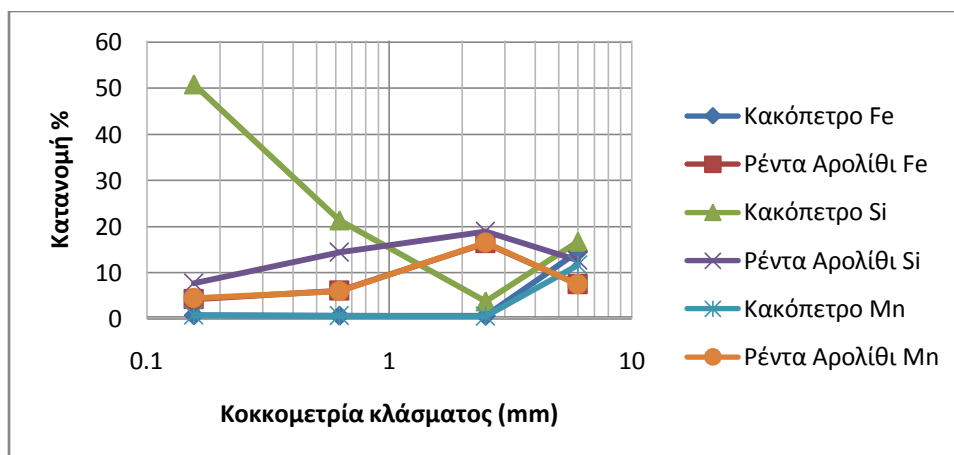
Σχήμα 6.17: Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂ & MnO των αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων όλων των κοκκομετρικών κλασμάτων.

Για το Κακόπετρο όμως σημειώνεται μεγάλη αύξηση των ποσοστών της συγκέντρωσης του SiO₂ με τη μείωση της κοκκομετρίας (Σχήμα 6.17). Φαίνεται ότι για το μετάλλευμα της Ρέντα-Αρολίθι ο μαγνητικός διαχωρισμός δε λειτούργησε, εφόσον οι χημικές αναλύσεις του Fe₂O₃ στα αθροιστικώς μη μαγνητικά παραμένει σταθερά πάνω από 70%.

Πίνακας 6.10: Κατανομή των αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων όλων των κοκκομετρικών κλασμάτων του Κακόπετρου και της Ρέντα-Αρολίθι.

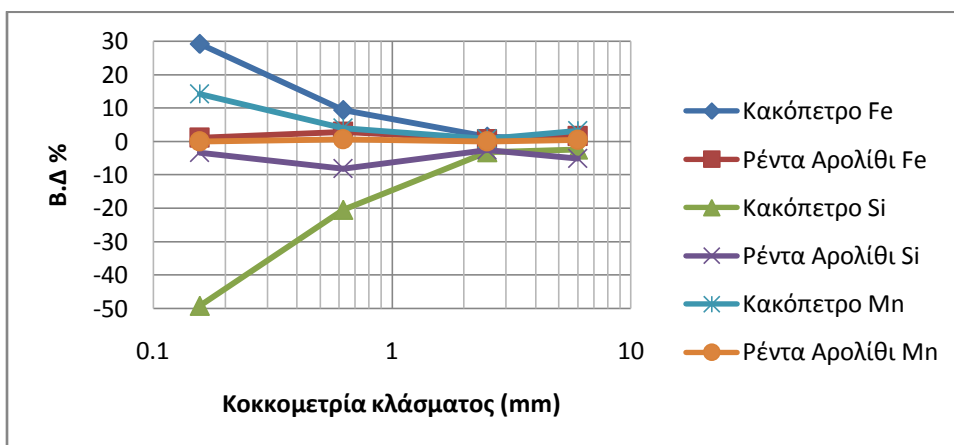
Μέγεθος κόκκων	Κλάσματα μαγνητικού διαχωρισμού	Κατανομή			
		Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)
(8-4)	μη μαγνητικό Κ	14.10	16.37	13.20	11.31
	μη μαγνητικό ΡΑ	7.11	12.31	13.32	7.07
(4-1)	μη μαγνητικό Κ	0.25	3.44	0.87	0.11
	μη μαγνητικό ΡΑ	16.00	18.52	17.87	16.15
(1-0.250)	μη μαγνητικό Κ	0.32	21.02	5.36	0.25
	μη μαγνητικό ΡΑ	5.66	14.04	13.62	5.59
(0.250-0.063)	μη μαγνητικό Κ	0.35	50.48	14.02	0.34
	μη μαγνητικό ΡΑ	3.84	7.36	4.82	4.05

Οι κατανομές των αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων δεν παρουσίασαν παρόμοια συμπεριφορά στο διαχωρισμό για τις δύο περιοχές. Οι τιμές της κατανομής Fe₂O₃% για τα αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα της περιοχής Κακόπετρου είναι: 0.25-14.10% και για τη περιοχή Ρέντα-Αρολίθι είναι: 3.84-16.00%.



Σχήμα 6.18: Κατανομή Fe_2O_3 , SiO_2 & MnO των αθροιστικώς μη μαγνητικών προϊόντων όλων των κοκκομετρικών κλασμάτων.

Οι κατανομές SiO_2 είναι 3.44-50.48% για τα αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα του Κακόπετρου και 7.36-18.52% για τα αντίστοιχα προϊόντα της Ρέντα-Αρολίθι. Το μέταλλευμα του Κακόπετρου παρουσιάζει σταθερή αύξηση της κατανομής SiO_2 στα τρία μικρότερα κοκκομετρικά κλάσματα, από 3% σε 51% (Σχήμα 6.18). Τα αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα της περιοχής Ρέντα-Αρολίθι έχουν χαρακτηριστικά μαγνητικών προϊόντων, επειδή παραμένουν πολύ πλούσια σε σίδηρο.



Σχήμα 6.19: Βαθμός διαχωρισμού των κλασμάτων του μαγνητικού διαχωρισμού στο Κακόπετρο και στη Ρέντα-Αρολίθι.

Οι βαθμοί διαχωρισμού των Fe_2O_3 , SiO_2 & MnO δείχνουν, ότι στην περίπτωση του Κακόπετρου (Σχήμα 6.19) έχει επιτευχθεί καλύτερος διαχωρισμός. Όπως συνέβη στο βαρυτομετρικό διαχωρισμό, έτσι και εδώ στα δύο μικρότερα κλάσματα ο διαχωρισμός είναι εμφανής, με το μικρότερο κλάσμα $-0.250 + 0.063\text{mm}$ να παρουσιάζει τον πιο αποτελεσματικό διαχωρισμό.

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Συμπεράσματα ορυκτολογικής και χημικής εξέτασης των σιδηρομεταλλευμάτων των δύο περιοχών μελέτης

7.1.1 Κακόπετρο

- ❖ Το σιδηρομετάλλευμα της περιοχής Κακόπετρο στο νόμο Χανίων απαντάται επάνω σε στρώμα Φυλλιτών-Χαλαζιτών και καλύπτεται από ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή ηλικίας Μειόκαινου. Το λειμωνιτικό μετάλλευμα αναπτύσσεται στη ζώνη επαφής των προαναφερθέντων πετρωμάτων με μορφή κοίτης, το εύρος της οποίας κυμαίνεται μέχρι και τα 50m.
- ❖ Τα ορυκτολογικά συστατικά του σιδηρομεταλλεύματος είναι κυρίως γκαιίτης και δευτερευόντως χαλαζίας, κρυπτομέλανας και αιματίτης.
- ❖ Η μικροσκοπική εξέταση των δειγμάτων έδειξε, ότι η δομή του μεταλλεύματος χαρακτηρίζεται γενικά ως εμπλεκτική διακοκκώδης.
- ❖ Οι χημικές αναλύσεις των αρχικών δειγμάτων έδειξαν μια μέση συγκέντρωση σε Fe_2O_3 και SiO_2 64% και 11% αντίστοιχα. Σημαντική επίσης είναι η παρουσία MnO με περιεκτικότητες μέχρι και 44.5%.

7.1.2 Ρέντα-Αρολίθι

- ❖ Το σιδηρομετάλλευμα της περιοχής Ρέντα-Αρολίθι στο νομό Ρεθύμνου απαντάται με τη μορφή φακοειδών σωμάτων πάνω στη ζώνη επαφής Φυλλιτών-Χαλαζιτών ή με μορφή φλεβών. Το μετάλλευμα είναι λειμωνιτικού τύπου με σπογγώδη υφή.
- ❖ Τα ορυκτολογικά συστατικά του σιδηρομεταλλεύματος είναι κυρίως γκαιίτης και δευτερευόντως χαλαζίας, αιματίτης, γραφίτης και σιδηροπυρίτης.
- ❖ Η μικροσκοπική εξέταση των δειγμάτων έδειξε, ότι η δομή του μεταλλεύματος χαρακτηρίζεται γενικά ως εμπλεκτική διακοκκώδης.
- ❖ Οι χημικές αναλύσεις των αρχικών δειγμάτων έδειξαν, ότι η περιεκτικότητα του μεταλλεύματος σε Fe_2O_3 και SiO_2 ήταν κατά μέσο όρο 76% και 6% αντίστοιχα.

7.1.3 Σύγκριση των σιδηρομεταλλευμάτων των περιοχών μελέτης

- ❖ Η μορφή του κοιτάσματος είναι διαφορετική για την κάθε περιοχή. Το μετάλλευμα της περιοχής Κακόπετρο απαντάται με μορφή στρώματος, ενώ αυτό της περιοχής Ρέντα-Αρολίθι με μορφή φακών ή φλεβών.
- ❖ Τα ορυκτολογικά συστατικά γκαιίτης, χαλαζίας και αιματίτης είναι κοινά στα μεταλλεύματα και των δύο περιοχών. Κρυπτομέλανας βρέθηκε μόνο στο μετάλλευμα της περιοχής Κακόπετρο και δικαιολογεί τα αυξημένα ποσοστά του MnO . Γραφίτης και σιδηροπυρίτης ανιχνεύθηκαν αποκλειστικά στο μετάλλευμα της περιοχής Ρέντα-Αρολίθι.
- ❖ Η μικροσκοπική εξέταση των μεταλλευμάτων των δύο περιοχών έδειξε, ότι τα ιστολογικά χαρακτηριστικά τους είναι πανομοιότυπα. Η δομή και των δύο μεταλλευμάτων χαρακτηρίζεται γενικά ως εμπλεκτική διακοκκώδης.
- ❖ Οι χημικές αναλύσεις έδειξαν, ότι το μετάλλευμα της περιοχής Ρέντα-Αρολίθι είναι πλουσιότερο σε Fe_2O_3 από εκείνο της περιοχής Κακόπετρο και περιέχει μικρότερη ποσότητα SiO_2 . Οι αυξημένες συγκεντρώσεις MnO του μεταλλεύματος της περιοχής Κακόπετρο συνδέονται με την παρουσία κρυπτομέλανα στο μετάλλευμα.

7.2 Συμπεράσματα από τα αποτελέσματα των μεθόδων εμπλουτισμού

7.2.1 Βαρυτομετρικός διαχωρισμός Κακόπετρο

Από τα αποτελέσματα των δοκιμών του βαρυτομετρικού διαχωρισμού του μεταλλεύματος της περιοχής Κακόπετρο, προέκυψε, ότι στα κοκκομετρικά κλάσματα $-8.00+4.00\text{mm}$ και $-4.00+1.00\text{mm}$ ο διαχωρισμός, του μεταλλεύματος δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Επίσης στο κοκκομετρικό κλάσμα $-1.00 +0.250\text{mm}$ ο διαχωρισμός δεν κρίνεται ικανοποιητικός. Γενικά ο σίδηρος δε φαίνεται να εμπλουτίζεται ιδιαίτερα, ενώ η ποσότητα του πυριτίου που απομακρύνεται είναι μικρή. Επιπλέον στο παραπάνω προϊόν καταγράφηκε η υψηλότερη περιεκτικότητα αλλά και ανάκτηση σε MnO , 6.15% και 99.40% αντίστοιχα. Στο βαρύ κλάσμα $-0.250 +0.063\text{mm}$ παρατηρήθηκε ο καλύτερος εμπλουτισμός του μεταλλεύματος, όπου η συγκέντρωση του Fe_2O_3 ανέρχεται σε 63.34% και η ανάκτηση 98.22% κ.β. αντίστοιχα, ενώ σημειώθηκαν και οι υψηλότερες τιμές βαθμού διαχωρισμού. Επίσης το μεγαλύτερο ποσοστό του πυριτίου οδηγείται στα ελαφριά προϊόντα του διαχωρισμού.

7.2.2 Βαρυτομετρικός διαχωρισμός Ρέντα-Αρολίθι

Από τα αποτελέσματα των δοκιμών του βαρυτομετρικού διαχωρισμού του μεταλλεύματος της περιοχής Ρέντα-Αρολίθι, προέκυψε, ότι στα κοκκομετρικά κλάσματα $-8.00+4.00\text{mm}$ $-4.00+1.00\text{mm}$ και $-1.00 +0.250\text{mm}$ ο διαχωρισμός δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Στο βαρύ κλάσμα $-0.250 +0.063\text{mm}$ παρατηρήθηκε ο καλύτερος εμπλουτισμός του μεταλλεύματος, όπου η συγκέντρωση του Fe_2O_3 ανέρχεται σε 78.79% και η ανάκτηση 99.74% κ.β. αντίστοιχα. Επίσης στο κλάσμα αυτό σημειώθηκαν και οι υψηλότερες τιμές βαθμού διαχωρισμού. Γενικά παρόλο που το κλάσμα είναι αρκετά λεπτόκοκκο και ο βαθμός αποδέσμευσης αρκετά υψηλός, ο διαχωρισμός δε φαίνεται να εμπλουτίζει το ήδη πλούσιο σιδηρομετάλλευμα, ούτε να απομακρύνει σημαντικά ποσοστά του πυριτίου.

7.2.3 Σύγκριση αποτελεσματικότητας του βαρυτομετρικού διαχωρισμού στα μεταλλεύματα των δύο περιοχών

Ο βαρυτομετρικός διαχωρισμός με βαρέα υγρά λειπούργησε πολύ καλύτερα στη μικρότερη κοκκομετρία για το μέταλλευμα του Κακόπετρου, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τη σύγκριση των βαθμών διαχωρισμού αλλά και από τις τιμές της κατανομής του SiO_2 . Το Fe_2O_3 δεν εμπλουτίστηκε σε αξιόλογο βαθμό σε κανένα από τα δύο μεταλλεύματα. Στα δύο μεγαλύτερα κοκκομετρικά κλάσματα ο διαχωρισμός ήταν το ίδιο αναποτελεσματικός για τα δείγματα και των δύο περιοχών, κυρίως λόγω του χαμηλού βαθμού αποδέσμευσης.

7.2.4 Μαγνητικός διαχωρισμός Κακόπετρο

Από τα αποτελέσματα των δοκιμών του μαγνητικού διαχωρισμού του μεταλλεύματος της περιοχής Κακόπετρο, προέκυψε, ότι τα κοκκομετρικά κλάσματα $-8.00+4.00\text{mm}$ και $-4.00+1.00\text{mm}$ και $-1.00 +0.250\text{mm}$ δεν έδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Στο αθροιστικό μαγνητικό προϊόν $-0.250 +0.063\text{mm}$ παρατηρήθηκε ο καλύτερος εμπλουτισμός του μεταλλεύματος, όπου η συγκέντρωση του Fe_2O_3 ανέρχεται σε 61.76% και η ανάκτηση 99.65% κ.β. αντίστοιχα. Στο παραπάνω κοκκομετρικό κλάσμα το μεγαλύτερο ποσοστό του πυριτίου οδηγείται οριακά πάνω από 50% στα αθροιστικώς μη μαγνητικά προϊόντα του διαχωρισμού. Επίσης στο κλάσμα αυτό σημειώθηκαν και οι υψηλότερες τιμές βαθμού διαχωρισμού. Γενικά ο σίδηρος δε φαίνεται να εμπλουτίζεται ιδιαίτερα, ενώ αντίθετα παρατηρείται μια αξιόλογη απομάκρυνση του πυριτίου από το συμπύκνωμα. Στο συγκεκριμένο μέταλλευμα φαίνεται, ότι το μαγγάνιο κατευθύνεται στα

μαγνητικά προϊόντα μαζί με το σίδηρο, όπως συνέβη αντίστοιχα και στο βαρυτομετρικό διαχωρισμό.

7.2.5 Μαγνητικός διαχωρισμός Ρέντα-Αρολίθι

Από τα αποτελέσματα των δοκιμών του βαρυτομετρικού διαχωρισμού του μεταλλεύματος της περιοχής Ρέντα-Αρολίθι, προέκυψε, ότι στα κοκκομετρικά κλάσματα $-8.00+4.00\text{mm}$, $-4.00+1.00\text{mm}$ και $-0.250+0.063\text{mm}$ ο διαχωρισμός του μεταλλεύματος δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Στο κλάσμα $-1.00+0.250\text{mm}$ καταγράφηκε ο πιο αποδοτικός εμπλουτισμός του μεταλλεύματος, όπου η συγκέντρωση του Fe_2O_3 ανέρχεται σε 78.26% και η ανάκτηση 94.34% κ.β. αντίστοιχα. Γενικά παρόλο που το κλάσμα είναι αρκετά λεπτόκοκκο και το ποσοστό αποδέσμευσης υψηλό, ο διαχωρισμός δε φαίνεται να εμπλουτίζει το ήδη πλούσιο σιδηρομετάλλευμα αλλά ούτε να απομακρύνει κάποια αξιόλογη ποσότητα πυριτίου.

7.2.6 Σύγκριση αποτελεσματικότητας του μαγνητικού διαχωρισμού στα μεταλλεύματα των δύο περιοχών

Ο μαγνητικός διαχωρισμός λειτούργησε καλύτερα για το μέταλλευμα του Κακόπετρου στη μικρότερη κοκκομετρία, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τη σύγκριση των βαθμών διαχωρισμού αλλά και από τις τιμές της κατανομής $\text{SiO}_2\%$ στα προϊόντα που προέκυψαν από τα δείγματα των δύο περιοχών. Στα υπόλοιπα κοκκομετρικά κλάσματα ο διαχωρισμός ήταν αναποτελεσματικός για τα δείγματα και των δύο περιοχών, κυρίως λόγω του χαμηλού βαθμού αποδέσμευσης και της φύσης των μεταλλευμάτων.

7.2.7 Γενικά συμπεράσματα από τα αποτελέσματα των διαχωρισμών

Οι δοκιμές εμπλουτισμού των μεταλλευμάτων των δύο περιοχών έδειξαν, ότι στο μικρότερο κοκκομετρικό κλάσμα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού της περιοχής Κακόπετρο επιτεύχθηκε η καλύτερη εμπλουτισσιμότητα του μεταλλεύματος.

7.3 Προτάσεις

Πραγματοποίηση διαφορετικών μεθόδων διαχωρισμού, έτσι ώστε να βελτιστοποιηθεί ο εμπλουτισμός του σιδήρου. Πιθανά η εφαρμογή αναγωγικής φρύξης και μετέπειτα ο διαχωρισμός με επίπλευση ή υγρό μαγνητικό διαχωρισμό μπορεί να δώσει καλύτερα αποτελέσματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνείς & Ελληνικές πηγές

1. "2012 Annual Report & European Steel in Figures", The European Steel Association, 2012, Brussels.
2. "European Commission approves ILP control of Hellenic Steel". Athens News Agency: News in English (AM), 1997-12-19, Athens.
3. "The future of steel: how will the industry evolve?" Organisation for Economic Co-operation and Development, DIRECTORATE FOR SCIENCE, TECHNOLOGY AND INDUSTRY STEEL COMMITTEE 21, Δεκέμβριος 2012.
4. "ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ, ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ, ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ" Σχέδιο δράσης για μια ανταγωνιστική και βιώσιμη χαλυβουργία στην Ευρώπη, , 11.6.2013, COM(2013) 407 final, Στρασβούργο.
5. "ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΣΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ, ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ, ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ" Μια ισχυρότερη ευρωπαϊκή βιομηχανία για την ανάπτυξη και την οικονομική ανάκαμψη, Επικαιροποίηση της ανακοίνωσης για τη βιομηχανική πολιτική, COM(2012) 582 final, 10.10.2012, Βρυξέλλες.
6. "ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΠΕΣΔΑ) ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΚΡΗΤΗΣ" ΕΜΠ, Δεκέμβριος 2010 5-1, σελ. 5/6-13
7. "Σιδενόρ: 40 εκατ. ευρώ για. νέο ελασματοουργείο στη Σοβέλ", εφημερίδα Η Ναυτεμπορική, 28 Σεπτεμβρίου 2007, Αθήνα.
8. DORNSIEPEN U. F., MANUTSOGLU E., 1994. "Zur Gliederung der Phyllit-Decke Kretas und des Peloponnes". Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft Band, vol.145, pp. 286-304.
9. Doutsos T., Piper G., Boronkay K., Koukouvelas I., 1993. "Kinematics of the Central Hellenides" Tectonics, vol.12, pp.936-953.
10. Doutsos, T., Koukouvelas, I., Poulimenos, G., Kokkalas, S., Xypolias, P., Skourlis, K., 2000. "An exhumation model of the south Peloponnesus" Department of Geology, University of Patras International Journal of Earth Science, vol.89, pp.350-365, Greece.
11. General geological map of Crete by N.Creutzburg 1977
12. Jacobshagen, V., 1986. "Geologie von Griechenland" Beitrage Zur Regionalen Geologie Der Erde, Gebrueder Borntraeger, 363 pp. Berlin.
13. Jeffus L., 2002. "Welding: Principles and Applications" Cengage Learning, ISBN 1-4018-1046-2, pp. 635.

14. Mountrakis D., 1986. "The Pelagonian zone in Greece: A polyphase-deformed fragment of the Cimmerian continent and its role in the geotectonic evolution of the eastern Mediterranean" *Journal of Geology*, vol. 94, pp.335–347.
15. Robertson A.H.F., Dixon, J.E., 1984. "Aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean" In *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*, Geological Society London, Special Publication, vol.17, pp.63
16. Seidel M., Seidel E. and Stoeckhert B., 2007. "Tectono-sedimentary evolution of lower to middle Miocene half-graben basins related to an extensional detachment fault (western Crete, Greece)", *Terra Nova*, 19, 39–47.
17. Seidel, E. and Wachendorf, H., 1986. "Die sudagaische Inselbrücke" *Geologie von Griechenland* (V. Jacobshagen, ed.),. Gebruder Borntraeger, pp. 54–80, Berlin.
18. Seidel, E., Kreuzer, H. and Harre, W., 1982. "A late Oligocene-early Miocene high pressure belt in the external Hellenides" *Geologisches Jahrbuch*, 23, 165–206.
19. Seidel, M., Pack, A., Sharp, Z. and Seidel E., 2005. "The Kakopetros and Ravdoucha ironoxide deposits, Western Crete, Greece: Fluid transport and mineralization within a detachment zone" *Economic Geology*, vol.100, pp. 165-174.
20. Whiston, C., 1987. "X-ray methods" Chichester: John Wiley and Sons, pp. 300–302.
21. Αλεβίζος Γ., Στρατάκης Α., Πετράκης Ε., 2010. "Ορυκτολογική εξέταση και δοκιμές εμπλουτισμού του σιδηρομεταλλεύματος της περιοχής Άνω Βαλσαμόνερο Ρέθυμνο" *ΟΡΥΚΤΟΣ ΠΛΟΥΤΟΣ/MINERAL WEALTH* 155/2010 pp34-35.
22. Αλεβίζος, Γ., 2005. "Μικροσκοπία ορυκτών πρώτων υλών και τεχνητών προϊόντων" *Σημειώσεις μαθήματος Τεύχος Β, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης*, Χανιά.
23. Βοσνιάκος Γ.Χ., 2007. "Οι χάλυβες" *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σημειώσεις μεταπτυχιακών μαθημάτων*, Αθήνα.
24. Ζευγώλης Εμ., 2014. "Μεταλλουργία σιδήρου θεωρία και τεχνολογία" *εκδοτικός όμιλος ΙΩΝ*, Αθήνα.
25. ΙΓΜΕ , ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ, ΦΥΛΛΟ ΡΕΘΥΜΝΟΥ, κλίμακα 1:50000.
26. ΙΓΜΕ , ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ, ΦΥΛΛΟΝ ΑΛΙΚΙΑΝΟΥ, κλίμακα 1:50000.
27. Ιγνατιάδης Β., 12 Μαΐου 2015 "Η Hellenic Steel κλείνει οριστικά ύστερα από 51 χρόνια", *εφημερίδα Το Έθνος*, Αθήνα.
28. Κορφιιάτης Χ., 3 Δεκεμβρίου 2006 "Χαλυβουργία Ελλάδος: ο νέος παίκτης", *εφημερίδα Το Βήμα*, Αθήνα.
29. Κορφιιάτης Χ., 29 Σεπτεμβρίου 1996 "Η ανάσταση της Μεταλλουργικής", *εφημερίδα Το Βήμα*, Αθήνα.
30. Κώτσης Β., 15 Ιουνίου 2014. "Το ενεργειακό κόστος γονάτισε τη Χαλυβουργία Ελλάδος" *εφημερίδα Το Βήμα*, Αθήνα.

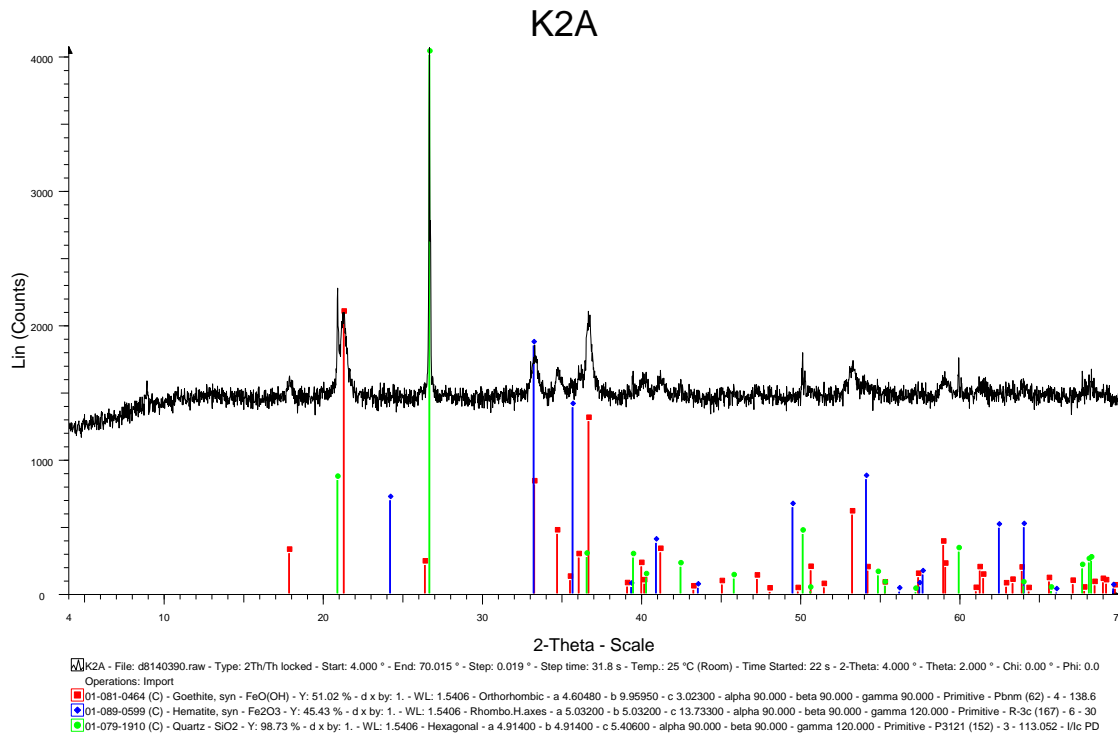
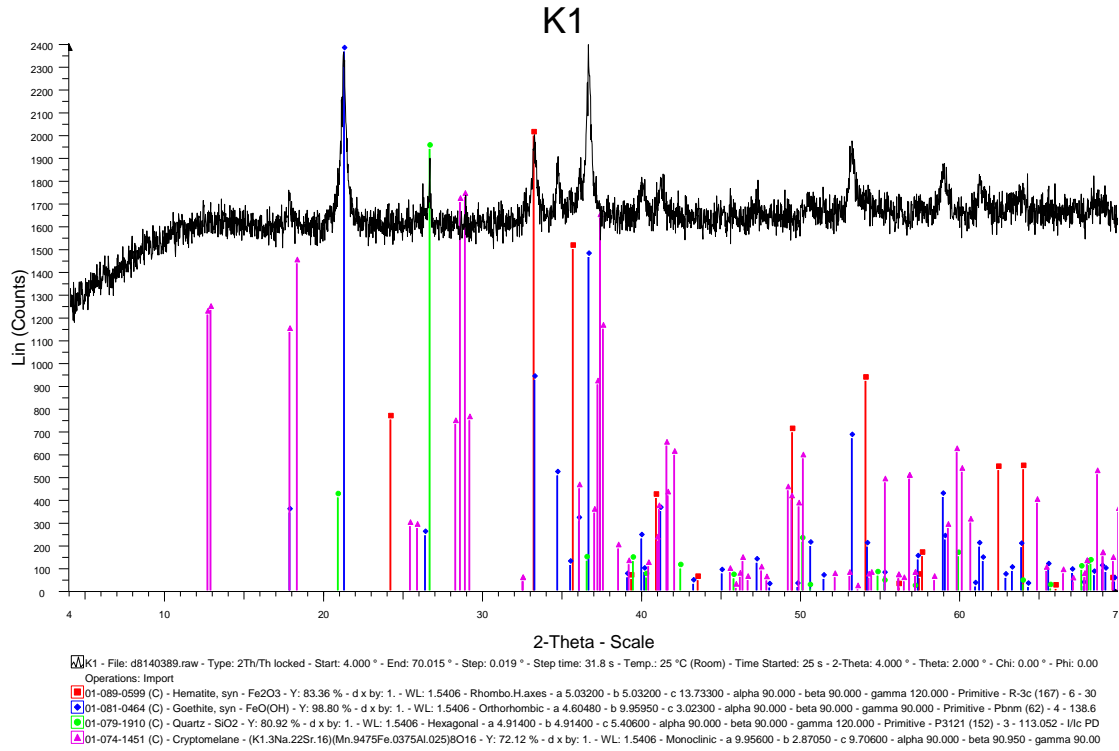
31. Κώτσης Β., 11 Απριλίου 2015 “Υστατη προσπάθεια για να σταθεί όρθια η Χαλυβουργική” εφημερίδα Το Βήμα, Αθήνα.
32. Κώτσης Β., 19 Νοεμβρίου 2006. “Η δεύτερη άνοιξη της Χαλυβουργικής”, εφημερίδα Το Βήμα, Αθήνα.
33. Μουντράκης Δ., 2010. “Γεωλογία και Γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας” UNIVERSITY STUDIO PRESS, pp 216, Θεσσαλονίκη.
34. Πανταζής Μ., Παντεκής Γ., Μάιος 1982. “Τα Ελληνικά σιδηρομεταλλεύματα σαν αντικείμενο έρευνας του Ι.Γ.Μ.Ε.” Ι.Γ.Μ.Ε., 553.31(495) Αθήνα.
35. Παπασταματίου Ι., 1952. “Ο ΟΡΥΚΤΟΣ ΠΛΟΥΤΥΣ ΤΗΣ ΚΤΡΗΤΗΣ” ΙΓΜΕ, Έκθεση αδημοσίευτη Νο 256 1952 σελ.7-8,27-28, Αθήνα.
36. Περλέρος Β., Παπαμαστοράκης Δ., Κριτσωτάκης Μ., Δρακοπούλου Ε. και Παναγόπουλος Α., 2004. “Υπόγειο υδατικό δυναμικό Κρήτης, προβλήματα και προοπτικές” Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVI, Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, Απρίλιος 2004, Θεσσαλονίκη.
37. Σταμπολιάδης, Η., 2008. “Εμπλουτισμός μεταλλευμάτων”, σελ. 107-115, 133-141, Χανιά.
38. Συνδεσμος Μεταλλευτικων Επιχειρησεων (Σ.Μ.Ε.), 1979. “Ο Ελληνικός Ορυκτός Πλούτος.” Σελ. 32, Αθήνα.
39. Τσιραμπίδης, Α., 2005. “Ο ορυκτός πλούτος της Ελλάδος” Εκδόσεις Γιαχούδη, , σελ. 391, Θεσσαλονίκη.
40. Φιλιππίδης Α., Μηχαλίδης Κ., Βαβελίδης Μ, 1985. “ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ ΙΙ” ΑΠΘ , ΤΜΗΜΑ ΕΚΔΟΣΕΩΝ, σελ 6-22 Θεσσαλονίκη.
41. Φούρφης Α., 1980. “Μελέτη δυνατότητας εμπλουτισμού φτωχών σιδηρομεταλλευμάτων Νήσου Σερίφου” Έκθεση αδημοσίευτη, Νο 23, Ι.Γ.Μ.Ε. σελ. 40 Αθήνα.
42. Χατζάρας Β., 2010. “Γεωτομή εγκάρσια στις Ελληνίδες μεταξύ δυτικής Κρήτης και νήσων Κυκλάδων” Διδακτορική διατριβή, πανεπιστήμιο Πατρών , τμήμα γεωλογίας, Πάτρα.

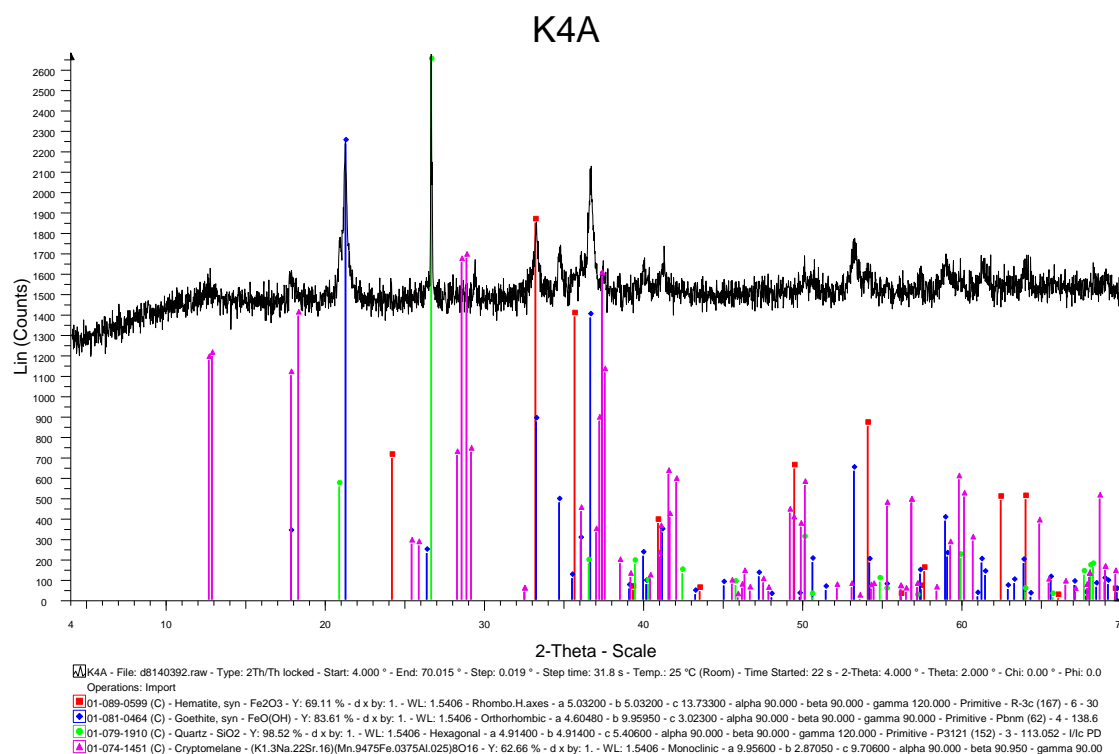
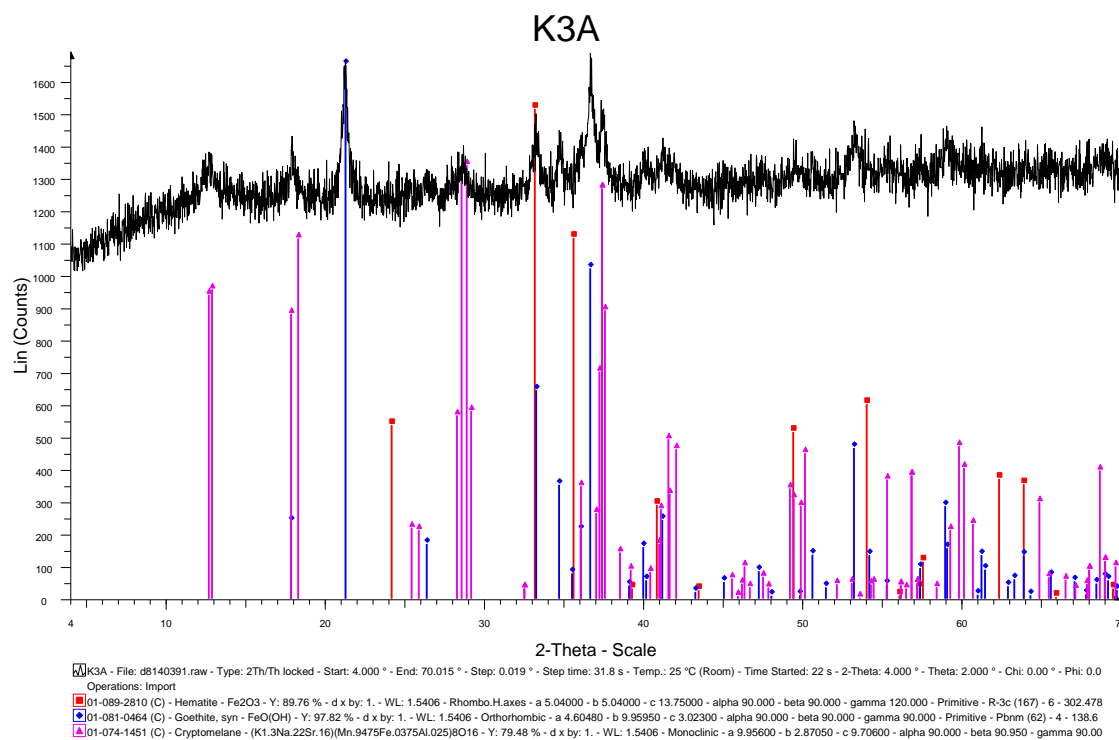
Διαδικτυακές Πηγές

1. Site/<http://www.lme.com/metals/ferrous/lme-steel-billet>.
2. Site/<https://el.wikipedia.org/wiki/Χαλυβας>.
3. Χαλυβουργία Ελλάδος ΑΕ, Site/<http://www.hlv.gr/index.php/el/company/plants/>.
4. Site/<https://www.mapsofworld.com/minerals/world-iron-ore-producers.html>, 2010.
5. Site/<http://www.mining.com/true-giants-of-mining-worlds-top-10-iron-ore-mines/>.
6. <http://smt.sandvik.com/en/products/billets-and-blooms/production-process/>.

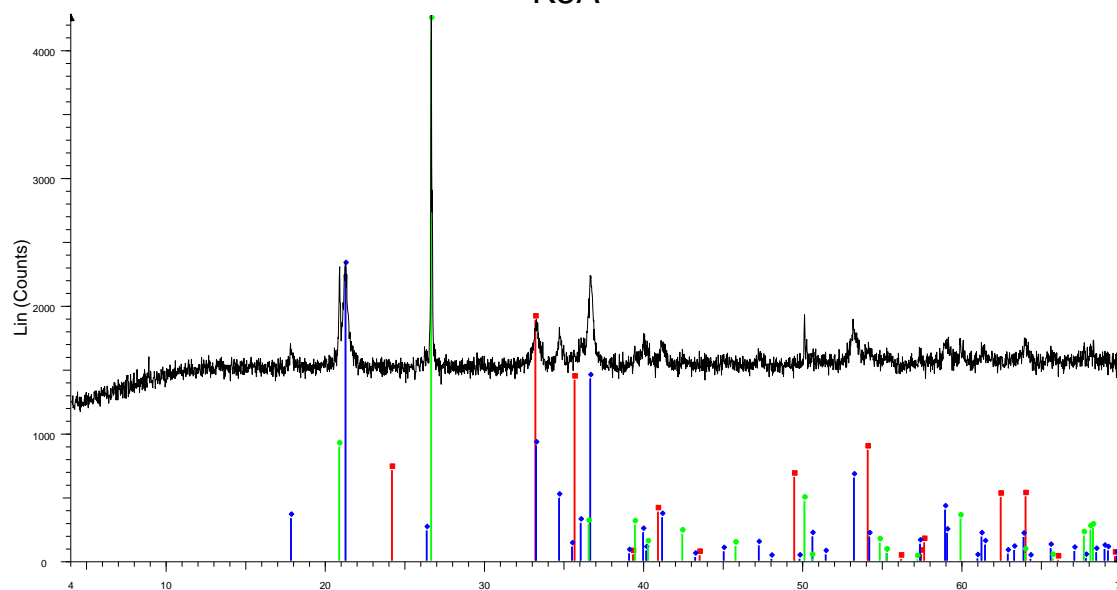
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ακτινοδιάγραμμα αρχικών δειγμάτων περιοχής Κακόπετρο



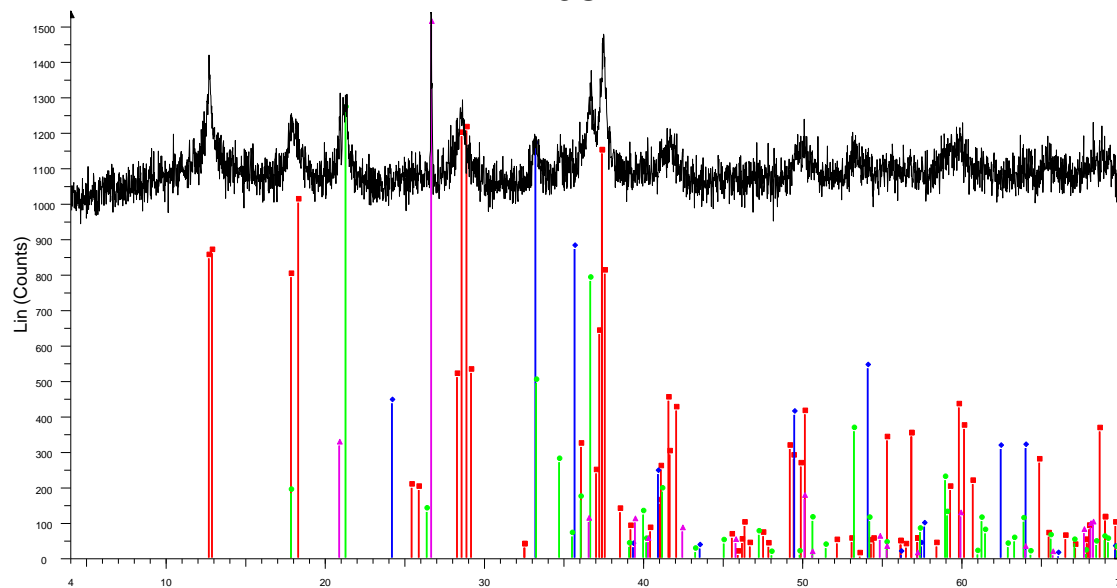


K5A



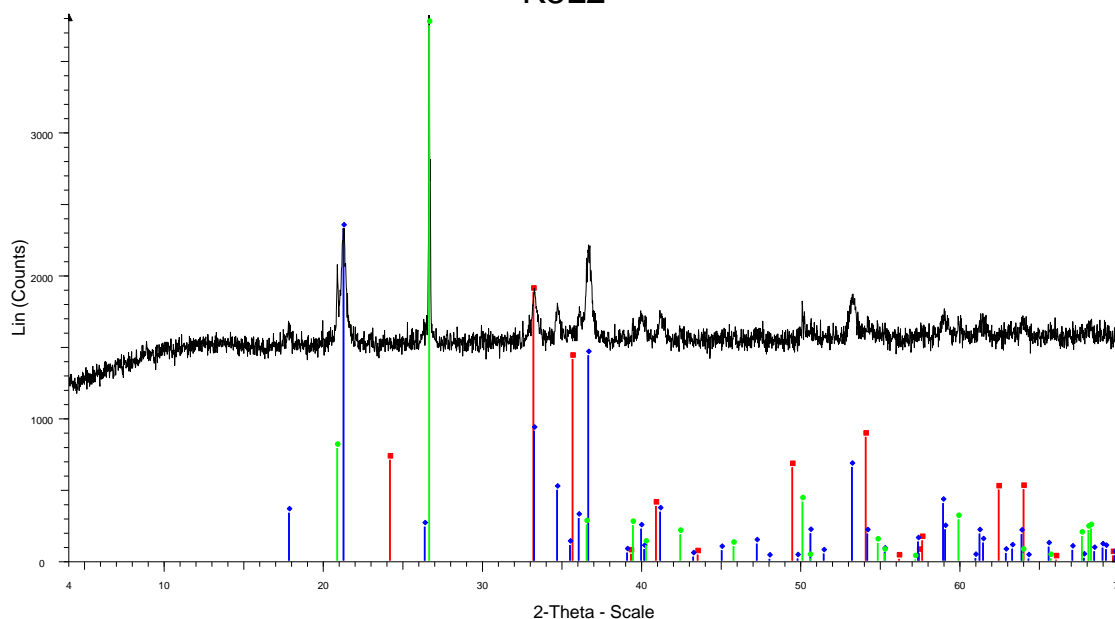
K5A - File: d8140394.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 23 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.0
Operations: Import
 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 44.14 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 53.95 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6
 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 99.29 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c PD

K5C



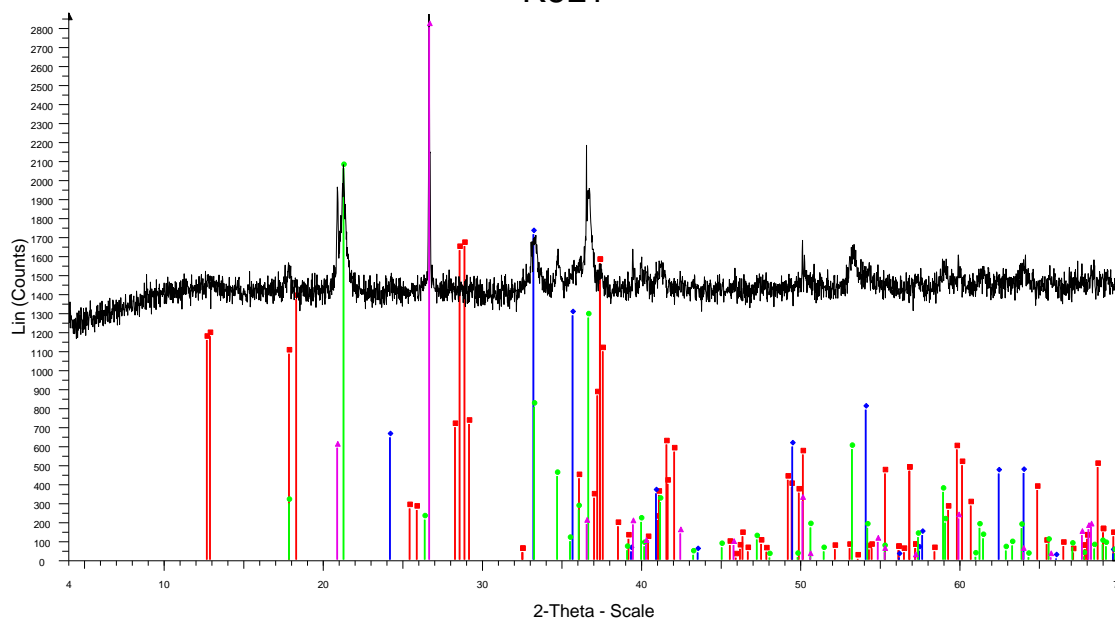
K5C - File: d8140395.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.0
Operations: Import
 01-074-1451 (C) - Cryptomelane - (K_{1.3}Na_{0.22}Sr_{0.16})(Mn_{0.9475}Fe_{0.0375}Al_{0.025})O₁₆ - Y: 78.29 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 9.95600 - b 2.87050 - c 9.70600 - alpha 90.000 - beta 90.950 - gamma 90.000
 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 75.36 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 81.96 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6
 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 97.62 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c PD

K5L2



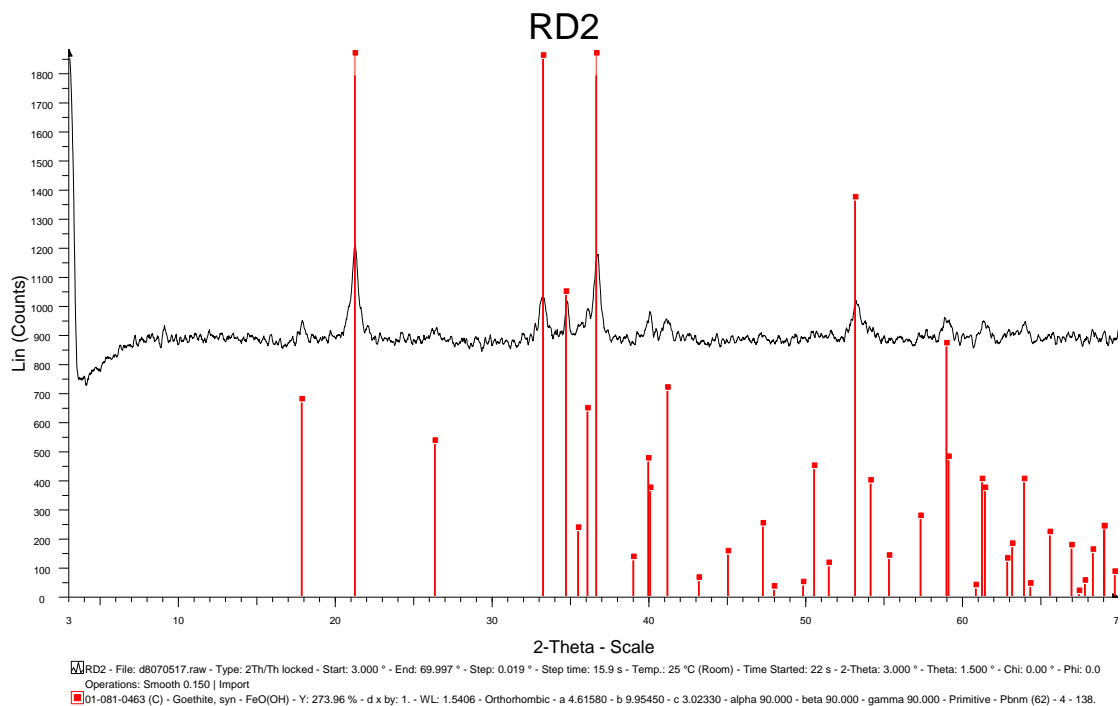
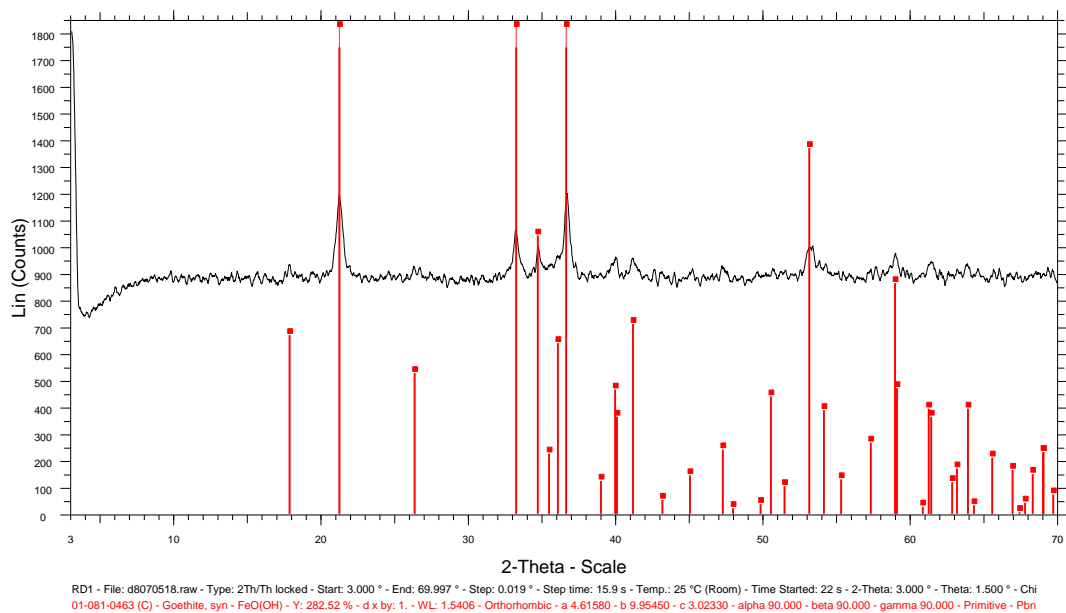
K5L2 - File: d8140398.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.0
Operations: Import
 ■ 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 49.24 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
 ■ 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 60.86 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6
 ■ 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 98.15 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c PD

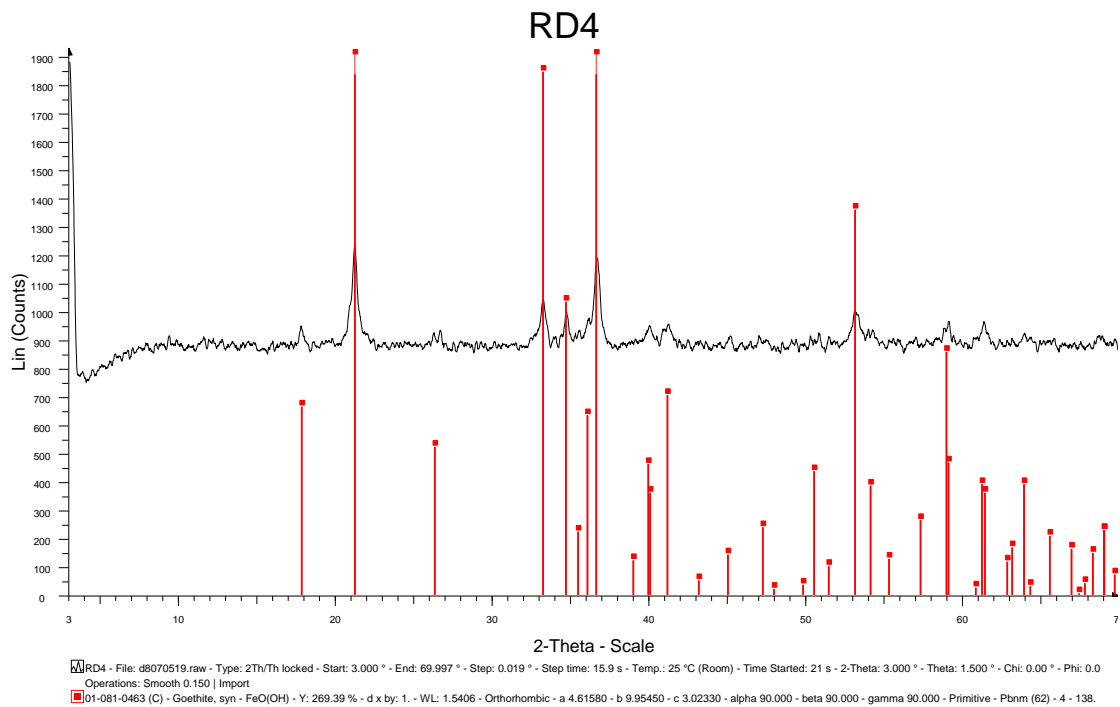
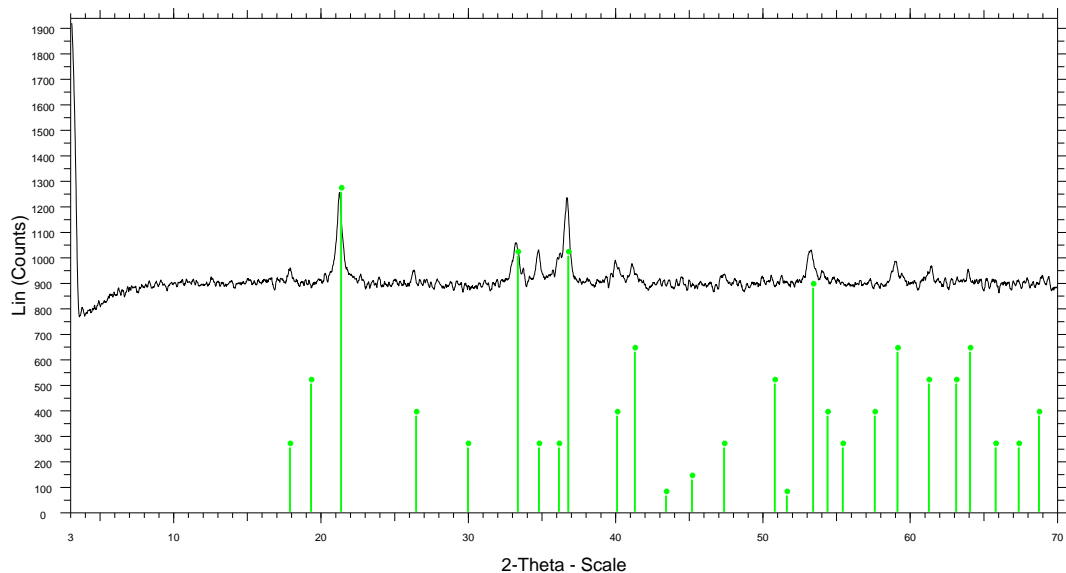
K6L1

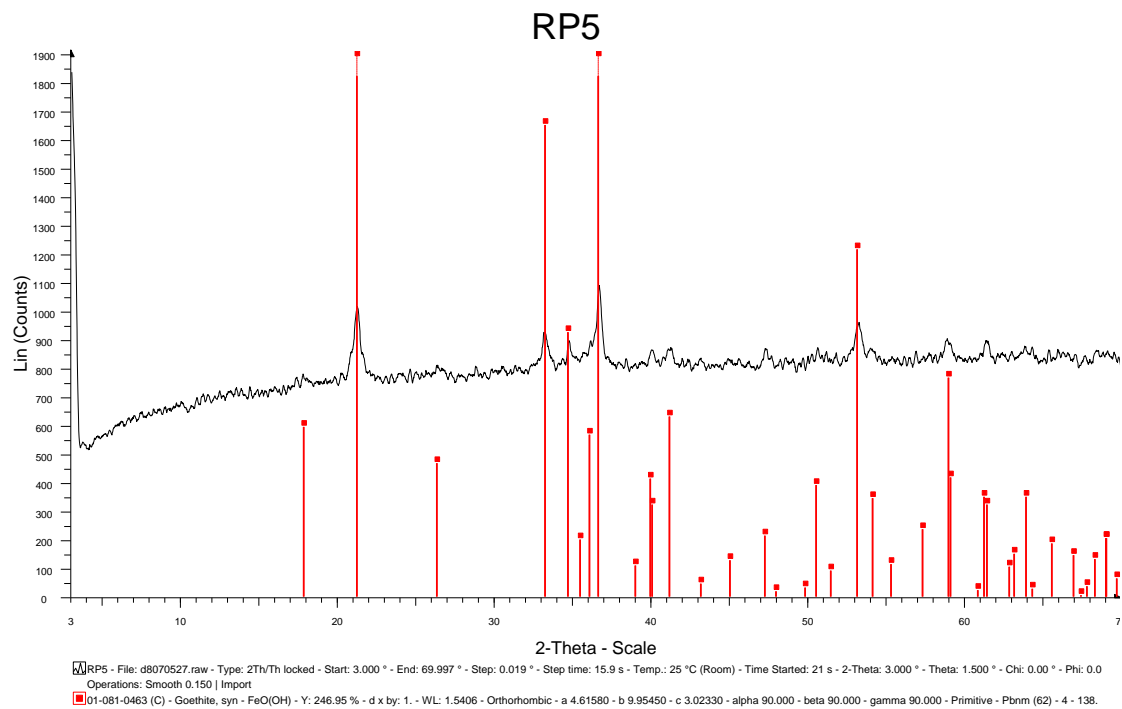


K6L1 - File: d8140420.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.0
Operations: Import
 ■ 01-074-1451 (C) - Cryptomelane - (K_{1.3}Na_{0.22}Sr_{0.16})(Mn_{0.9475}Fe_{0.0375}Al_{0.025})O₁₆ - Y: 57.46 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 9.95600 - b 2.87050 - c 9.70600 - alpha 90.000 - beta 90.950 - gamma 90.000
 ■ 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 59.64 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
 ■ 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 71.74 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6
 ■ 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 97.60 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c PD

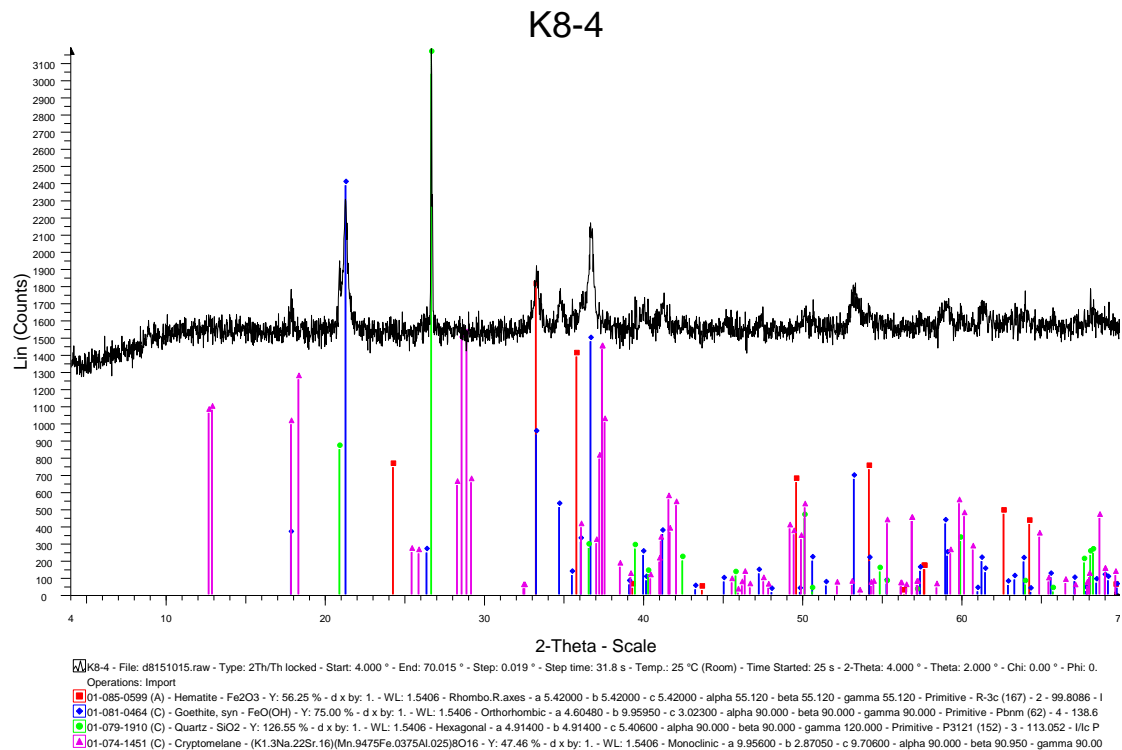
Ακτινοδιαγράμματα αρχικών δειγμάτων περιοχής Ρέντα-Αρολίθι



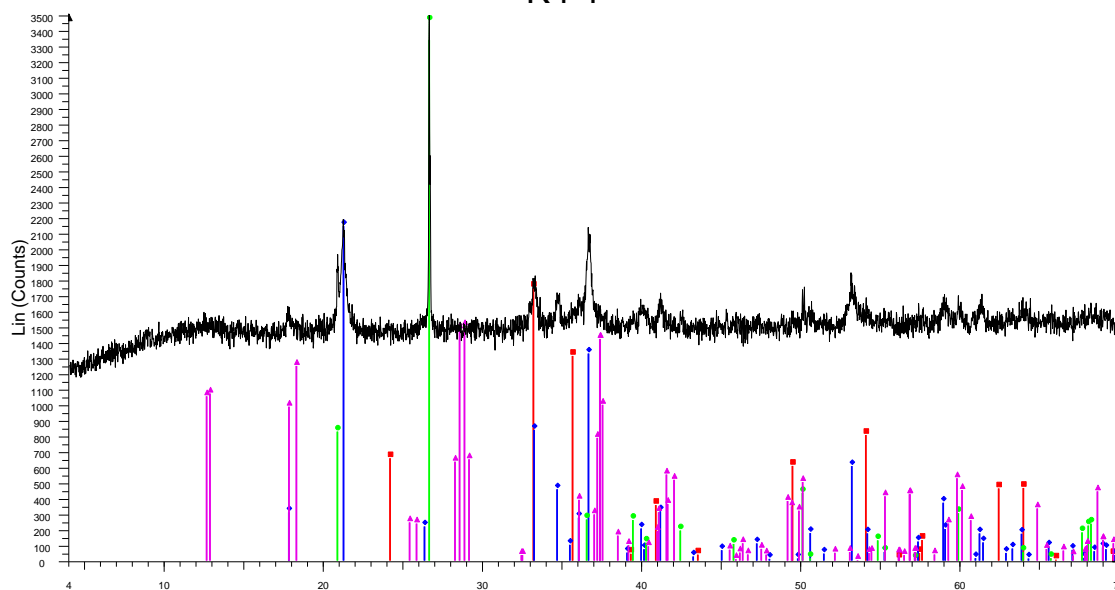




Ακτινοδιαγράμματα κοκκομετρικών κλασμάτων περιοχής Κακόπετρο

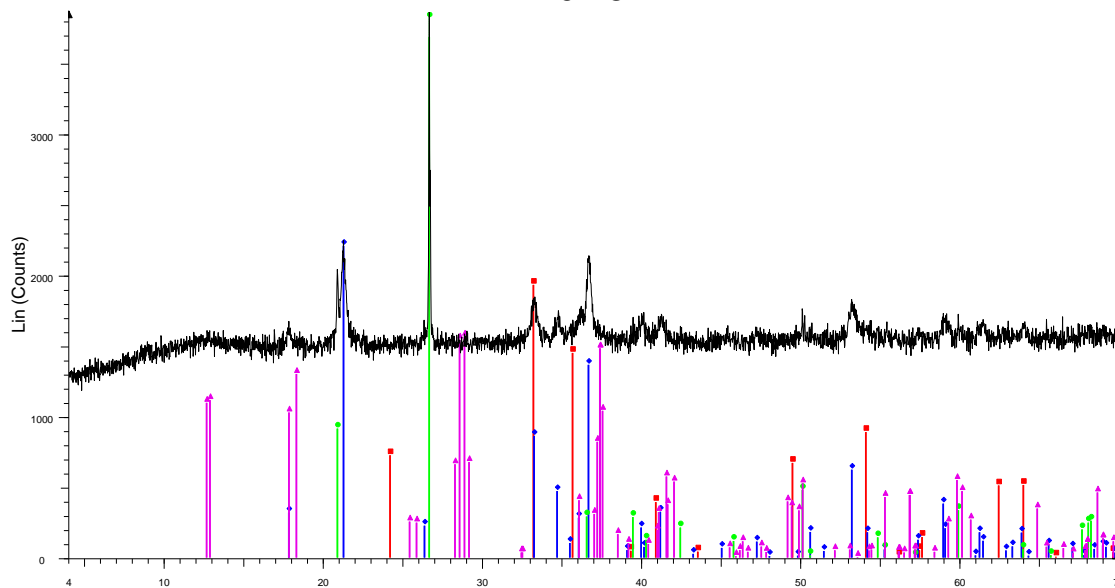


K4-1

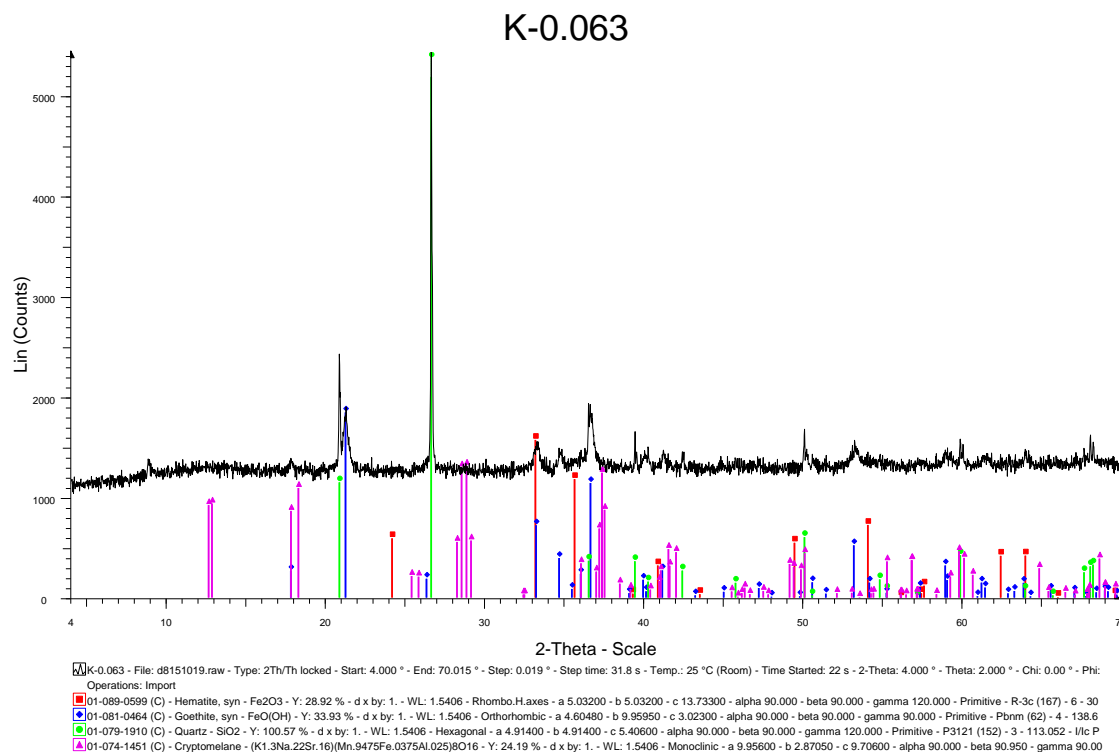
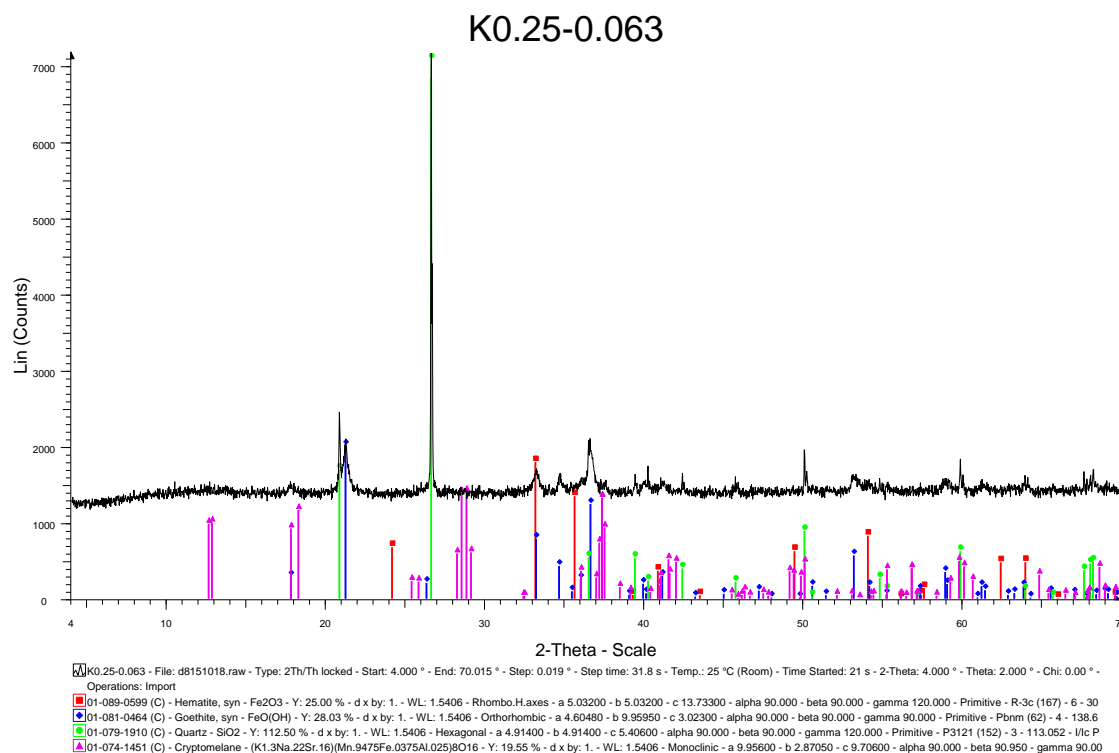


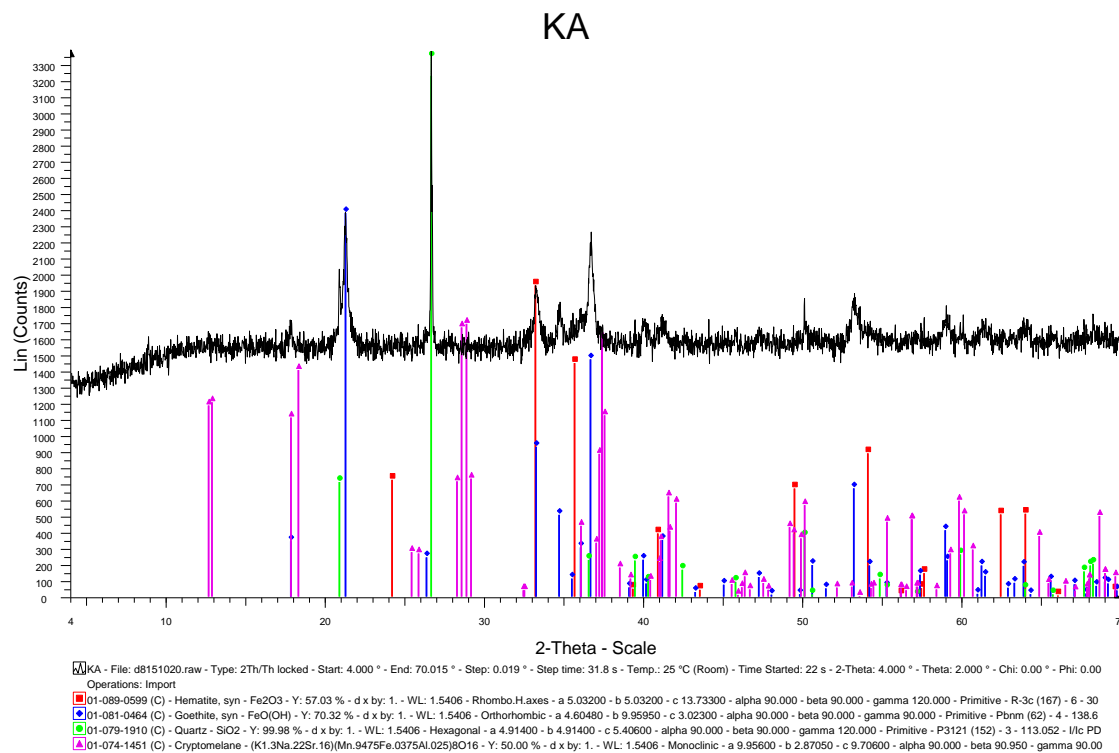
K4-1 - File: d8151016.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.
 Operations: Import
 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 61.34 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6
 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 112.50 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c P
 01-074-1451 (C) - Cryptomelane - (K1.3Na.22Sr.16)(Mn.9475Fe.0375Al.025)8O16 - Y: 42.97 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 9.95600 - b 2.87050 - c 9.70600 - alpha 90.000 - beta 90.950 - gamma 90.000

K1-0.25

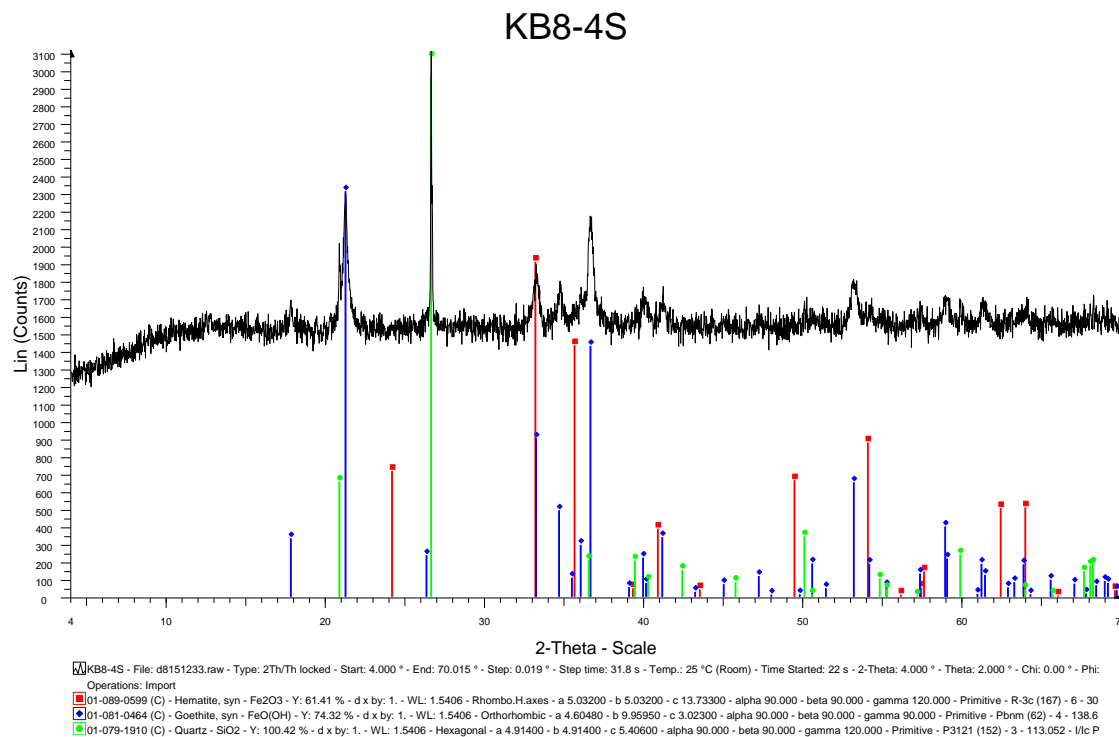


K1-0.25 - File: d8151017.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.
 Operations: Import
 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 57.15 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6
 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 112.50 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c P
 01-074-1451 (C) - Cryptomelane - (K1.3Na.22Sr.16)(Mn.9475Fe.0375Al.025)8O16 - Y: 40.51 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 9.95600 - b 2.87050 - c 9.70600 - alpha 90.000 - beta 90.950 - gamma 90.000

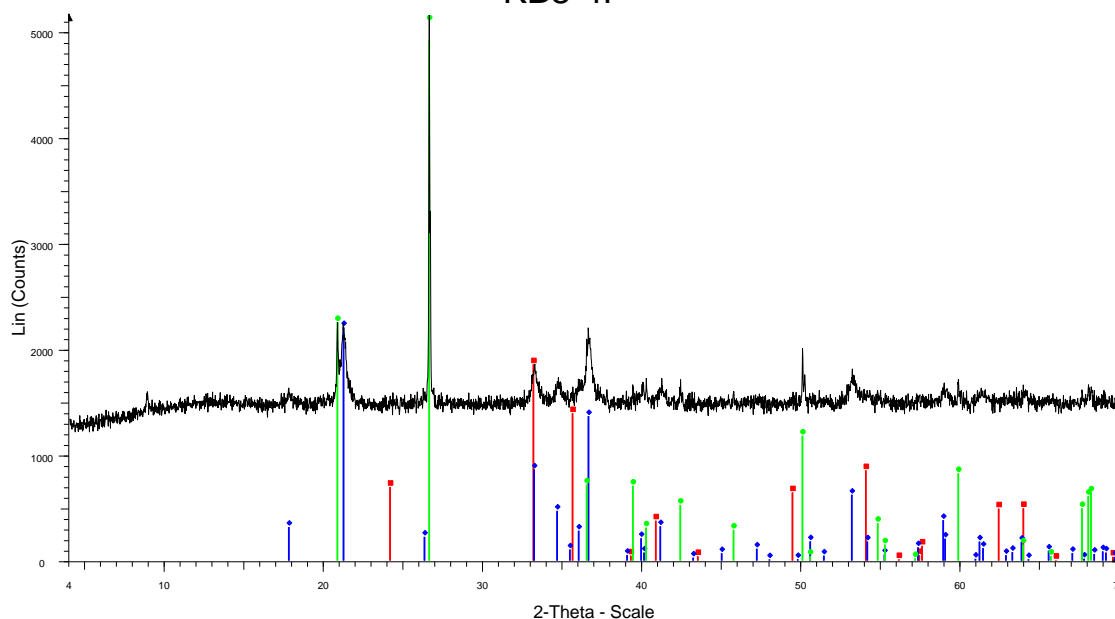




Ακτινοδιαγράμματα βαρυτομετρικού διαχωρισμού περιοχής Κακόπετρο



KB8-4F



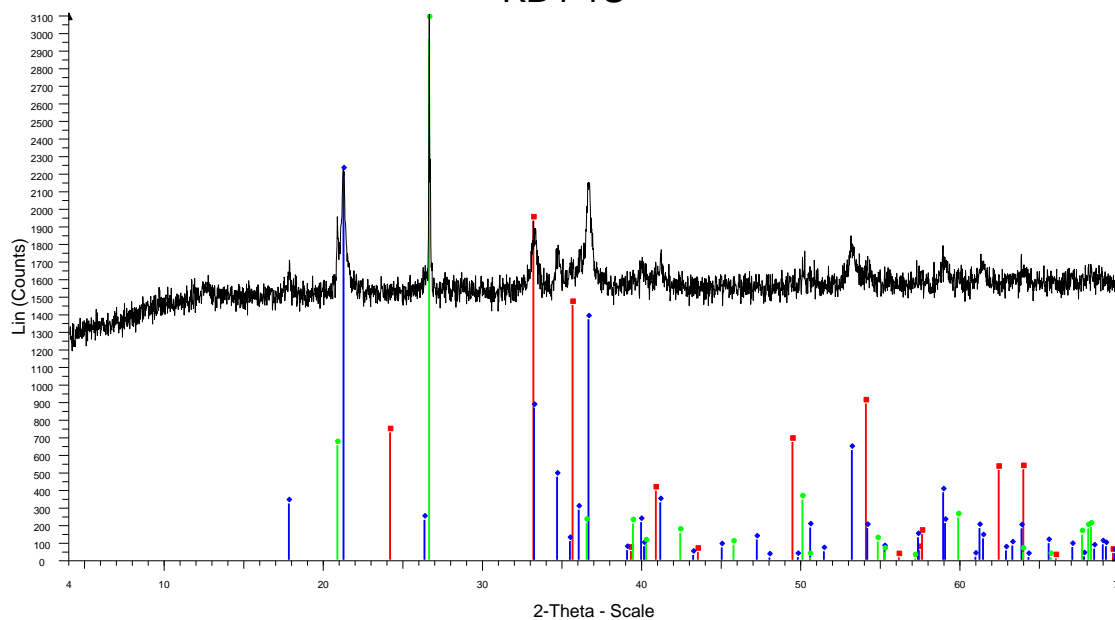
KB8-4F - File: d8151235.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: Operations: Import

01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe_2O_3 - Y: 35.97 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30

01-081-0464 (C) - Goethite, syn - $\text{FeO}(\text{OH})$ - Y: 42.80 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6

01-079-1910 (C) - Quartz - SiO_2 - Y: 207.90 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c P

KB4-1S



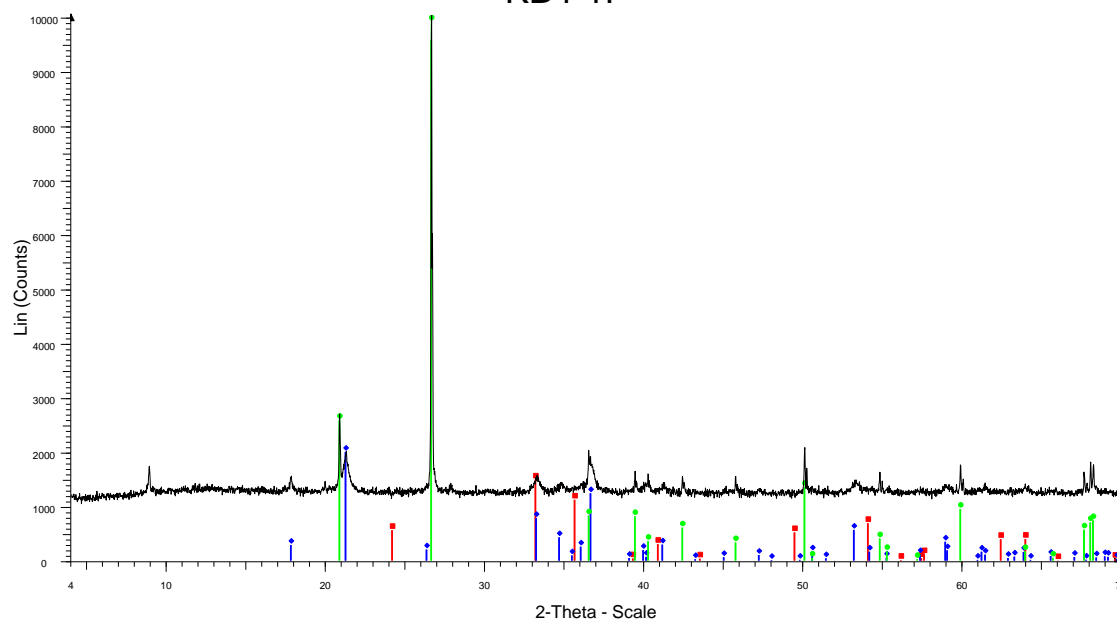
KB4-1S - File: d8151218.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: Operations: Import

01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe_2O_3 - Y: 62.12 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30

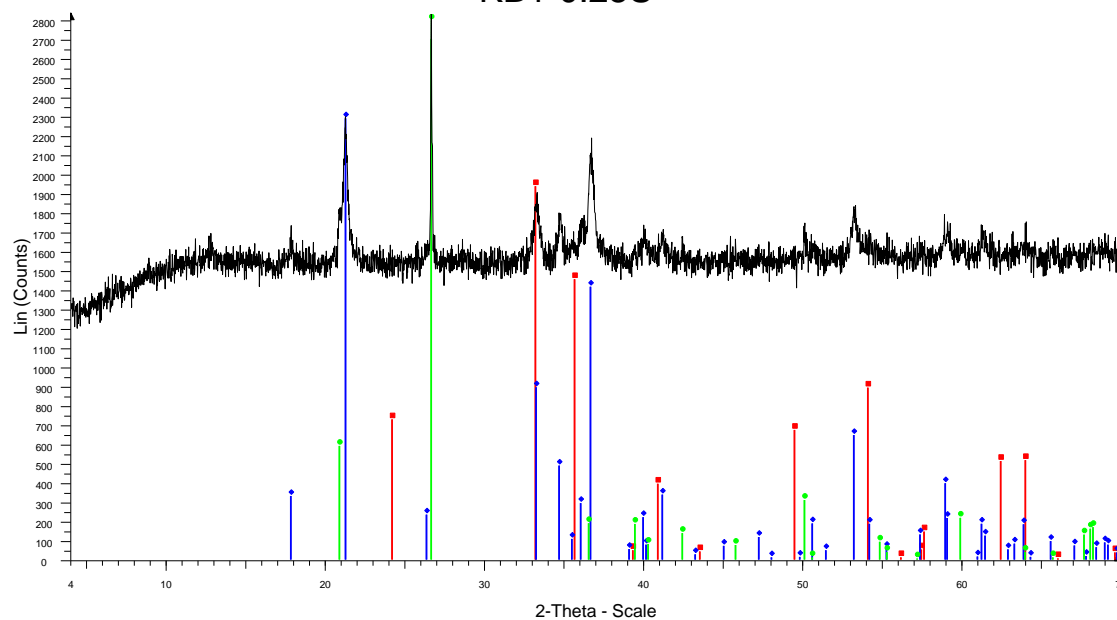
01-081-0464 (C) - Goethite, syn - $\text{FeO}(\text{OH})$ - Y: 71.17 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6

01-079-1910 (C) - Quartz - SiO_2 - Y: 99.63 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c PD

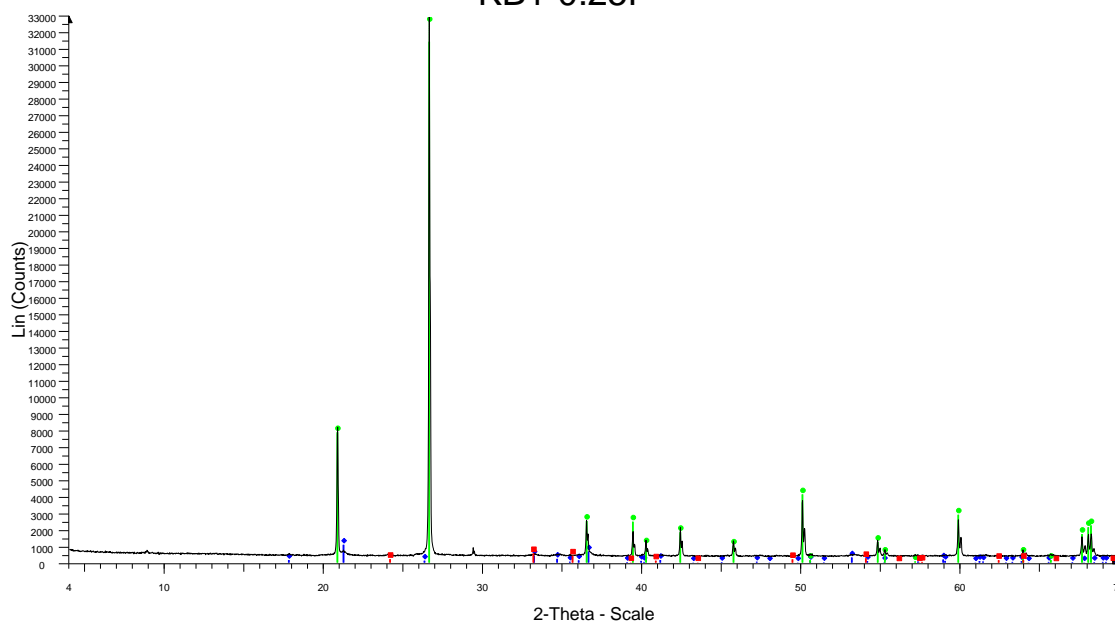
KB4-1F



KB1-0.25S

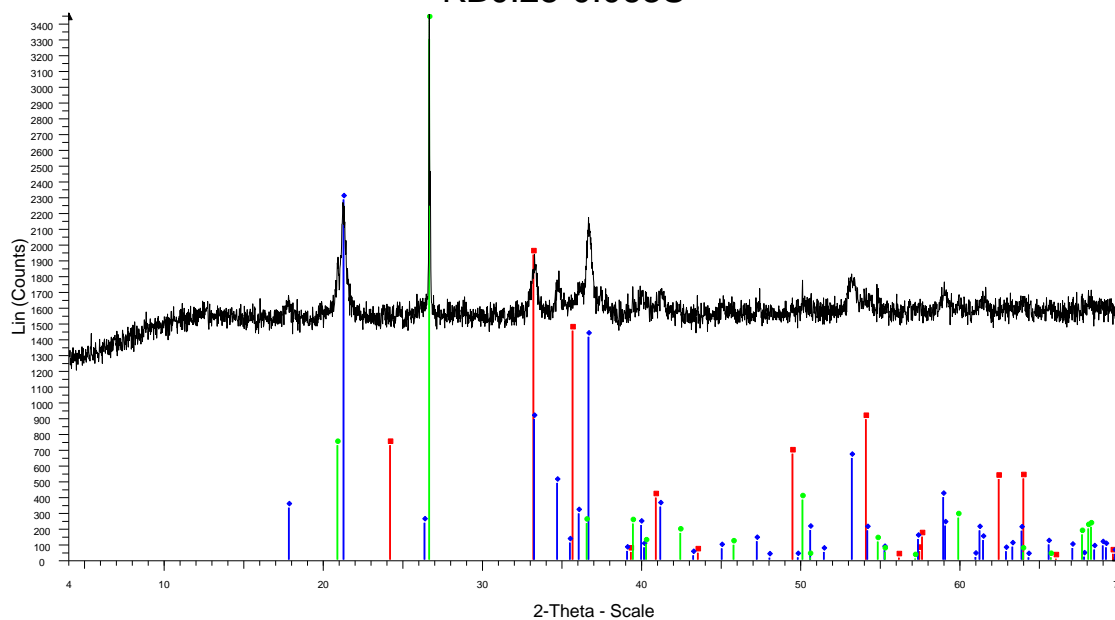


KB1-0.25F

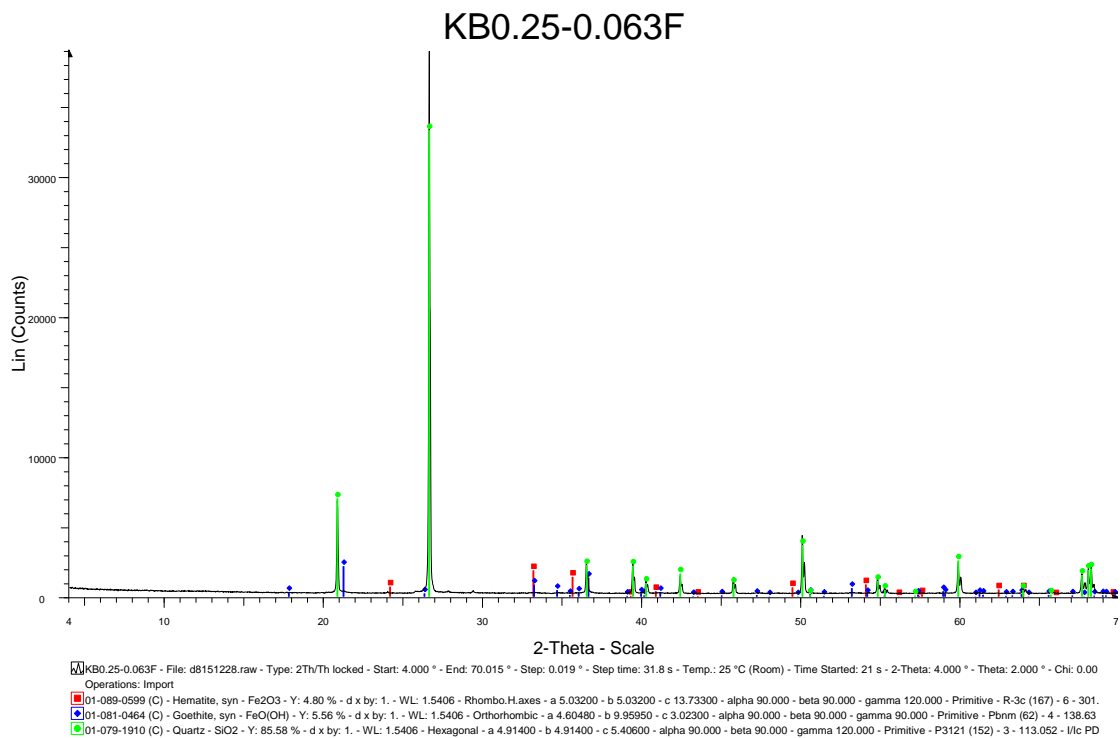


KB1-0.25F - File: d8151227.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - P
 Operations: Import
 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 1.67 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 301.
 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 3.26 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.63
 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 113.61 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c P

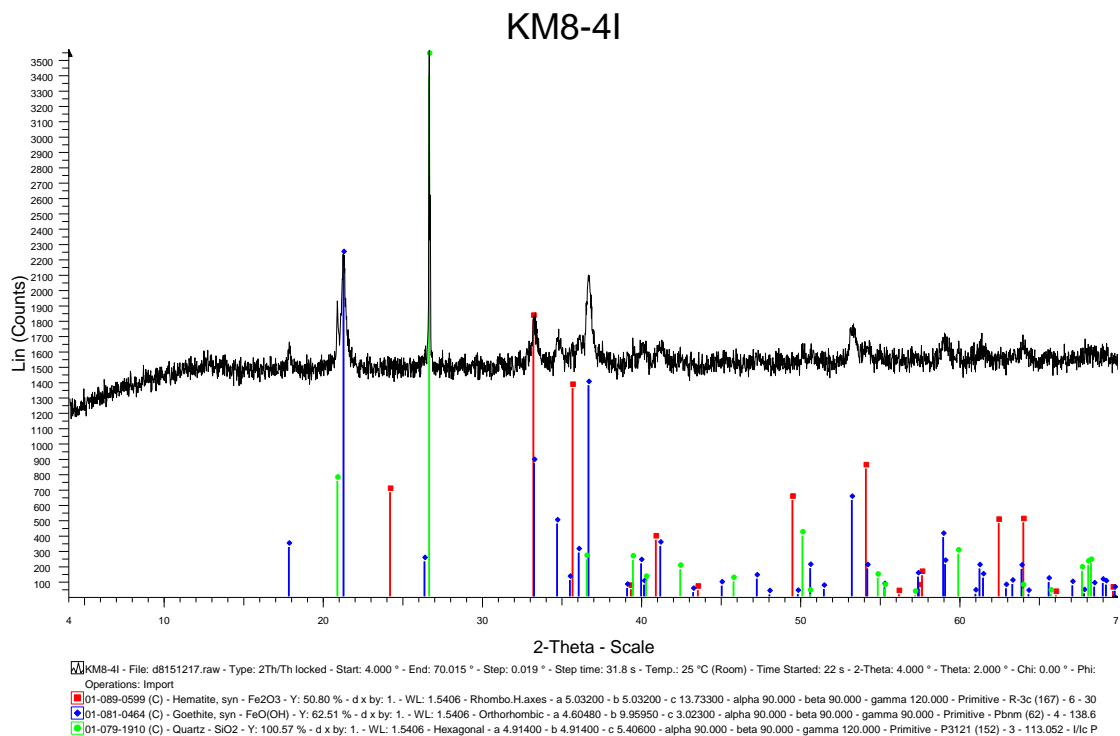
KB0.25-0.063S



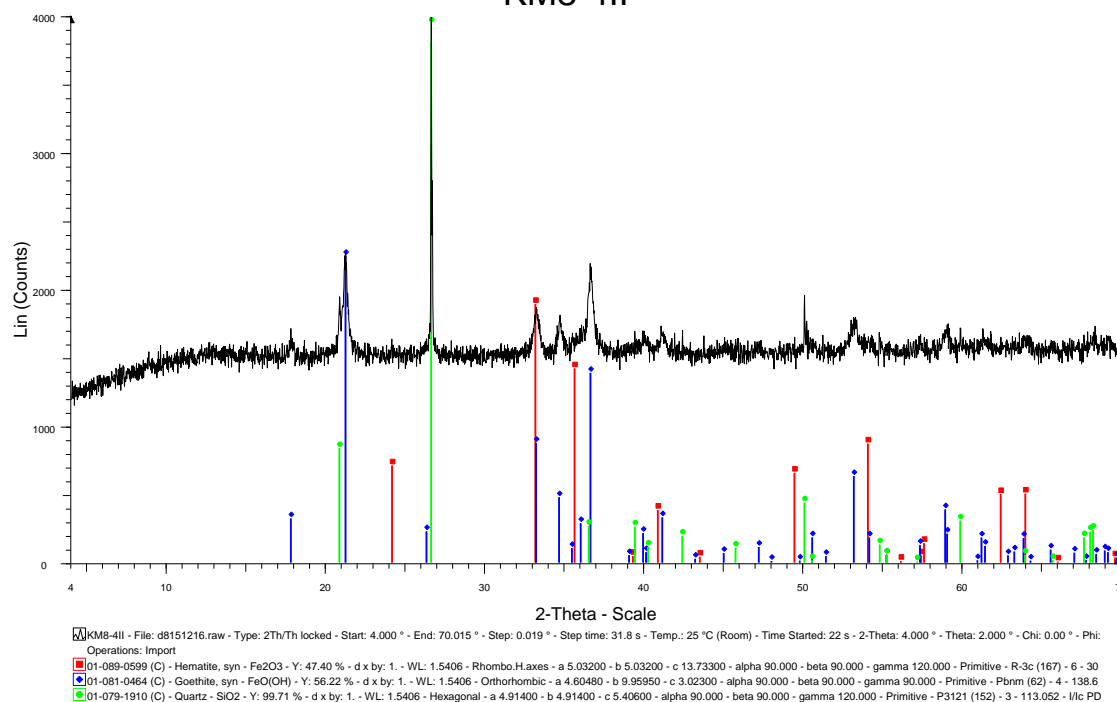
KB0.25-0.063S - File: d8151214.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00
 Operations: Import
 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 55.90 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 66.03 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6
 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 99.77 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c PD



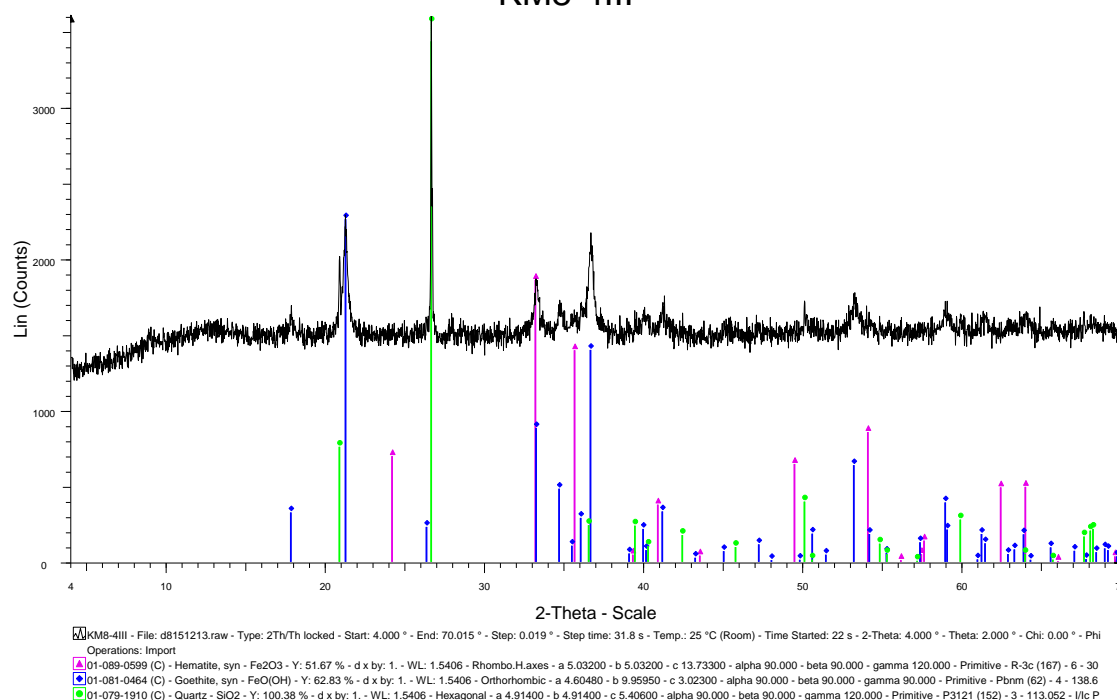
Ακτινοδιαγράμματα μαγνητικού διαχωρισμού περιοχής Κακόπετρο



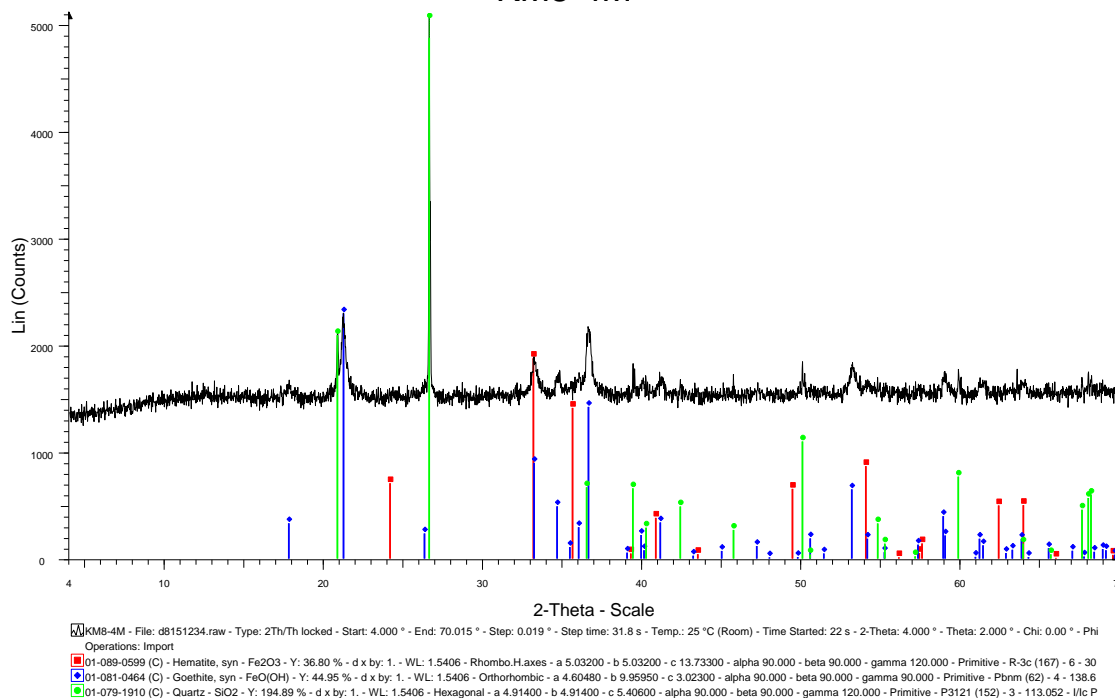
KM8-4II



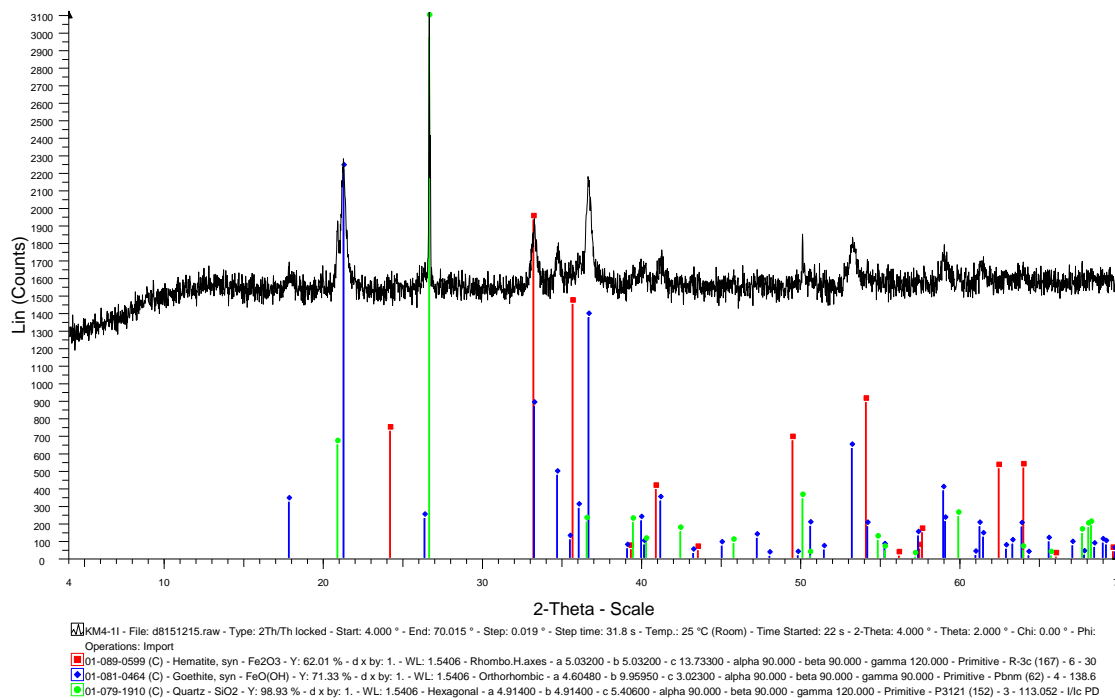
KM8-4III



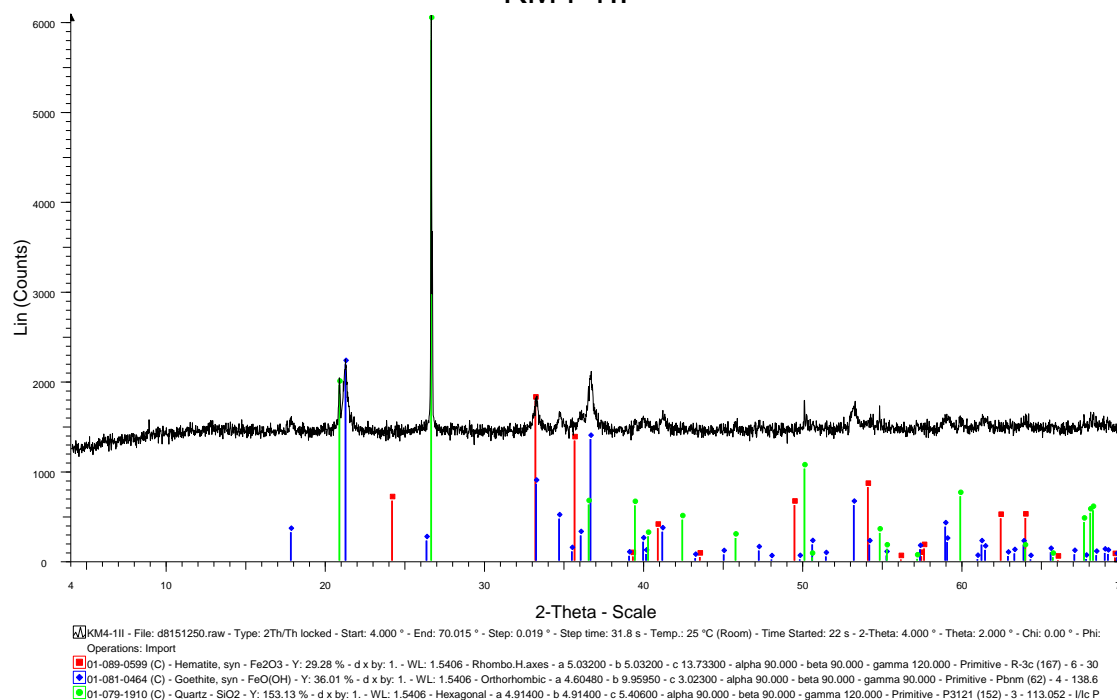
KM8-4M



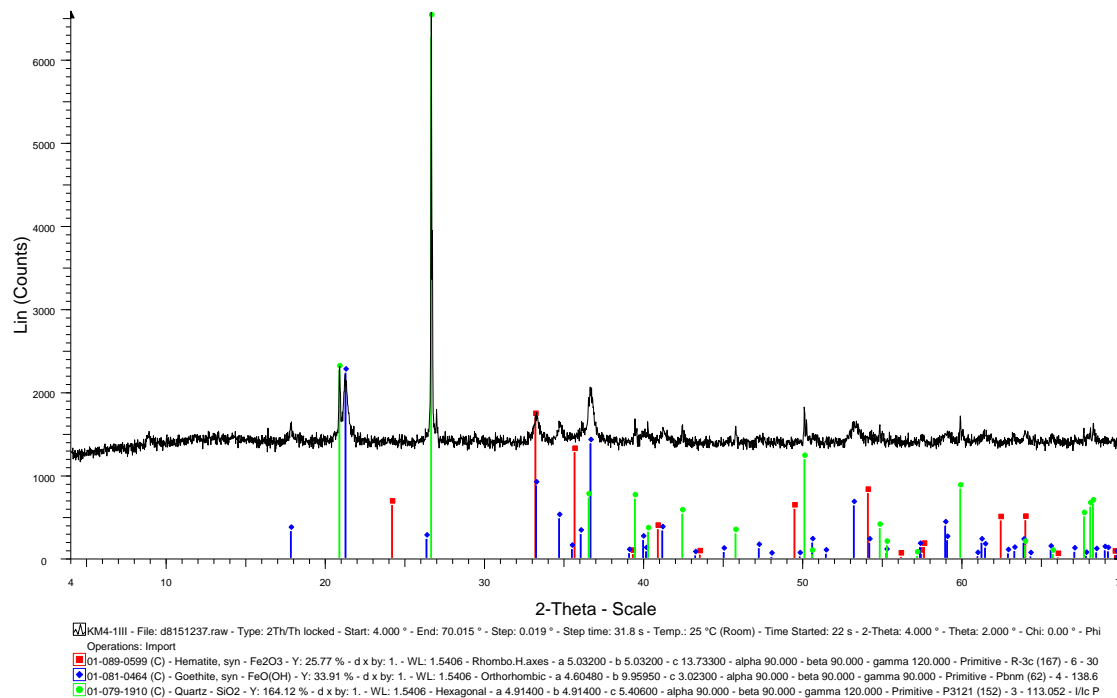
KM4-11



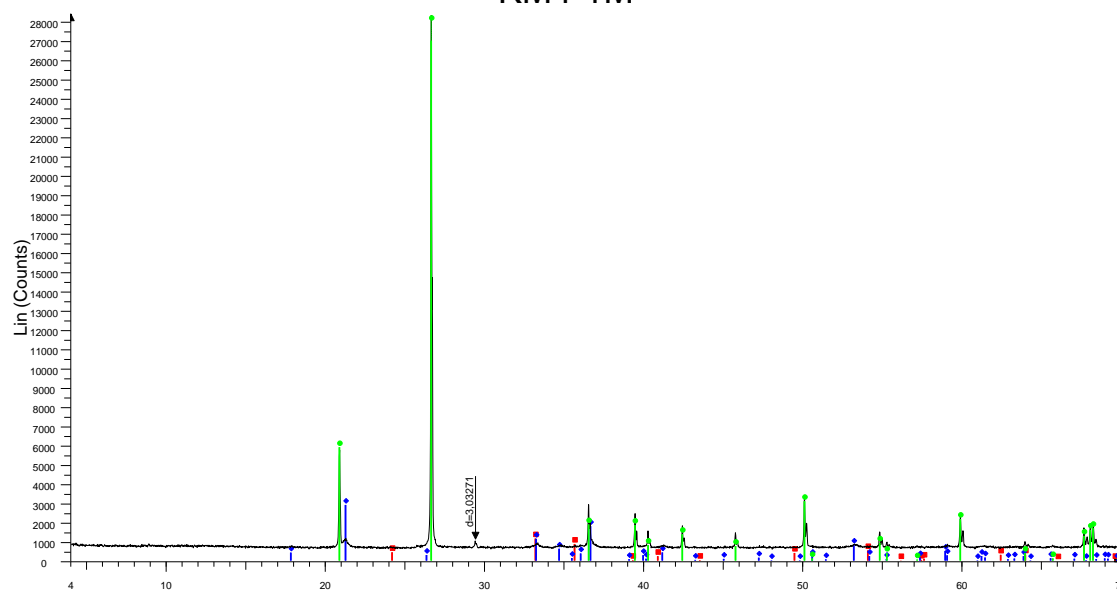
KM4-1II



KM4-1III



KM4-1M



KM4-1M - File: d8151229.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi

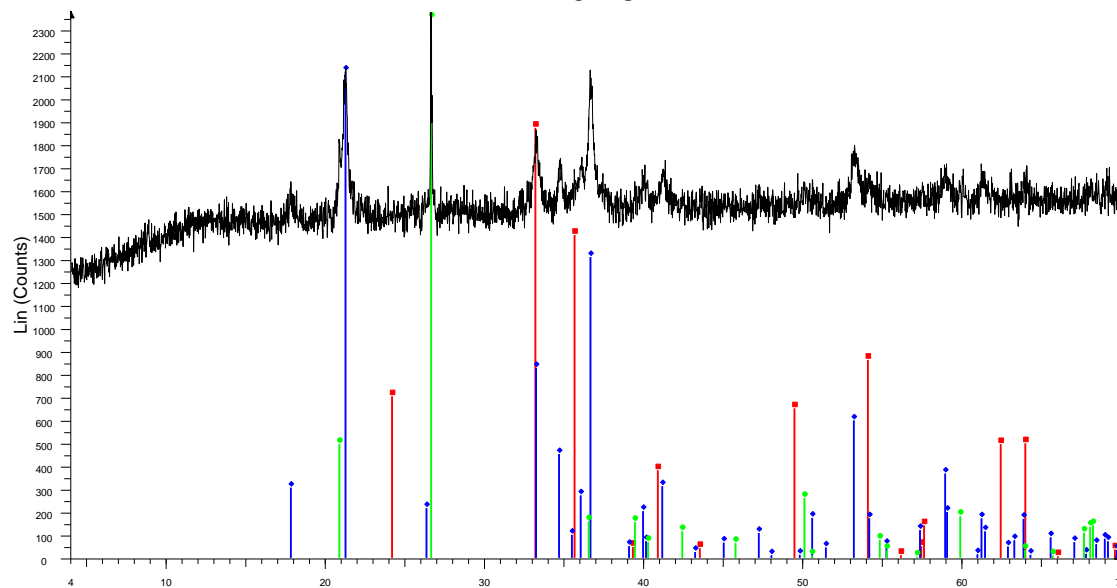
Operations: Import

01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 4.05 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 301.

01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 10.21 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6

01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 98.97 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c PD

KM1-0.25I



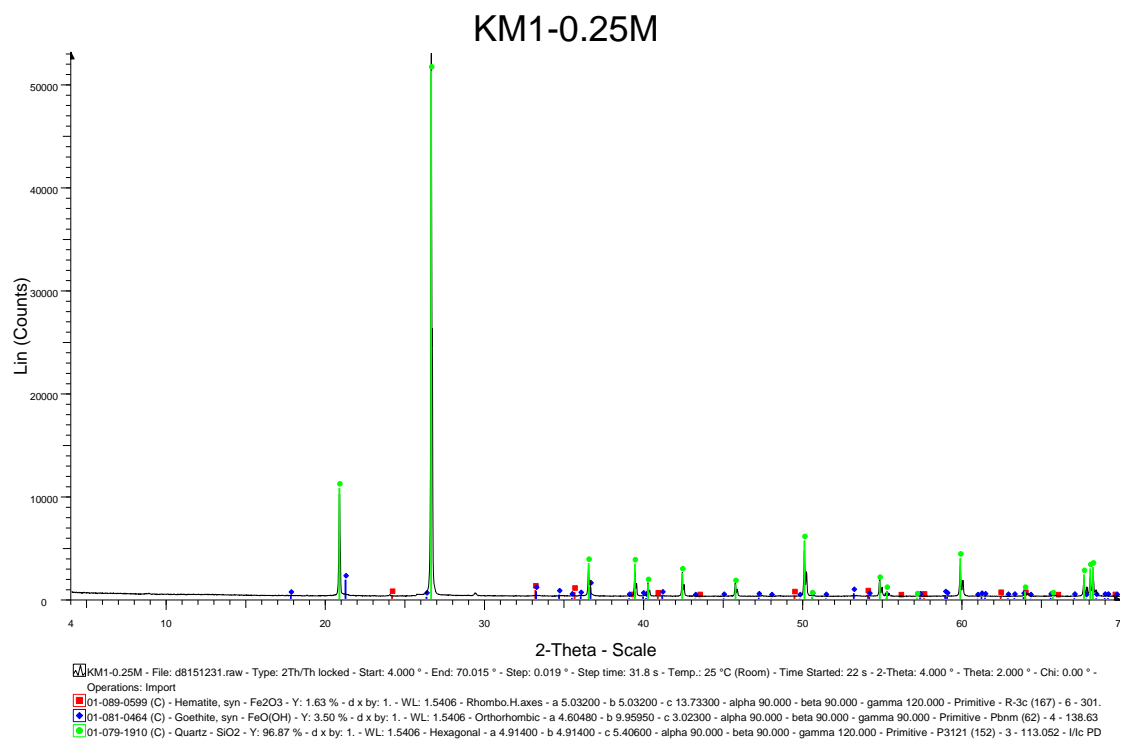
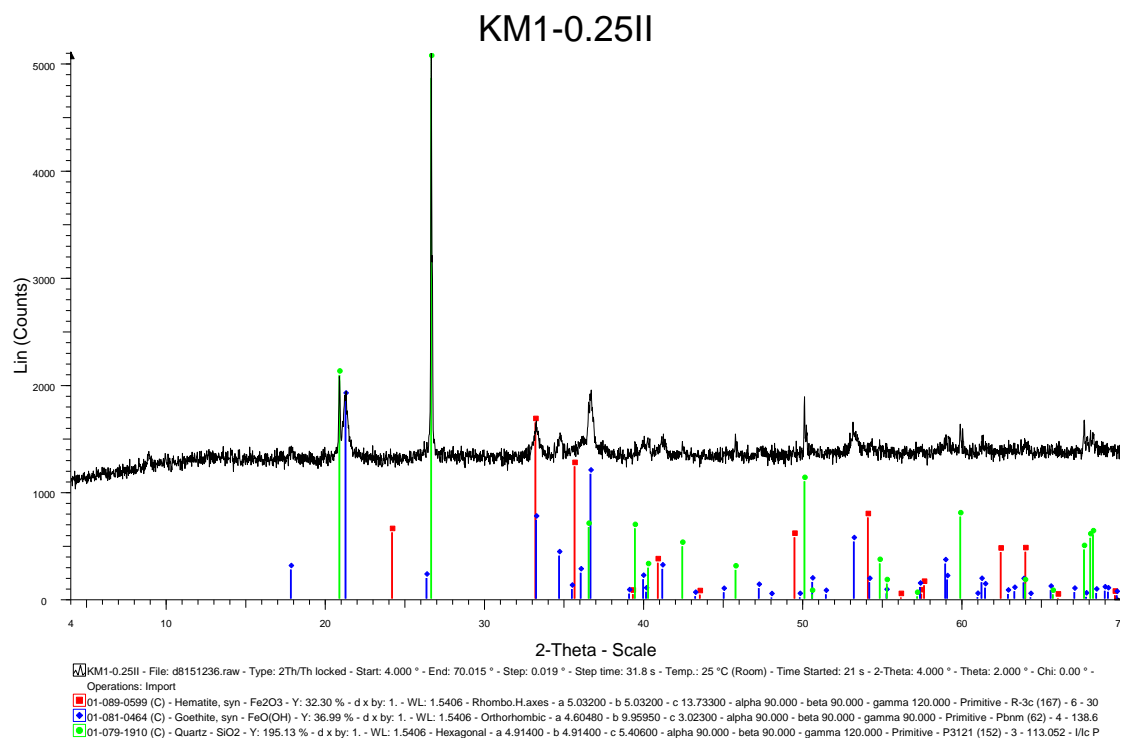
KM1-0.25I - File: d8151219.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 25 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - P

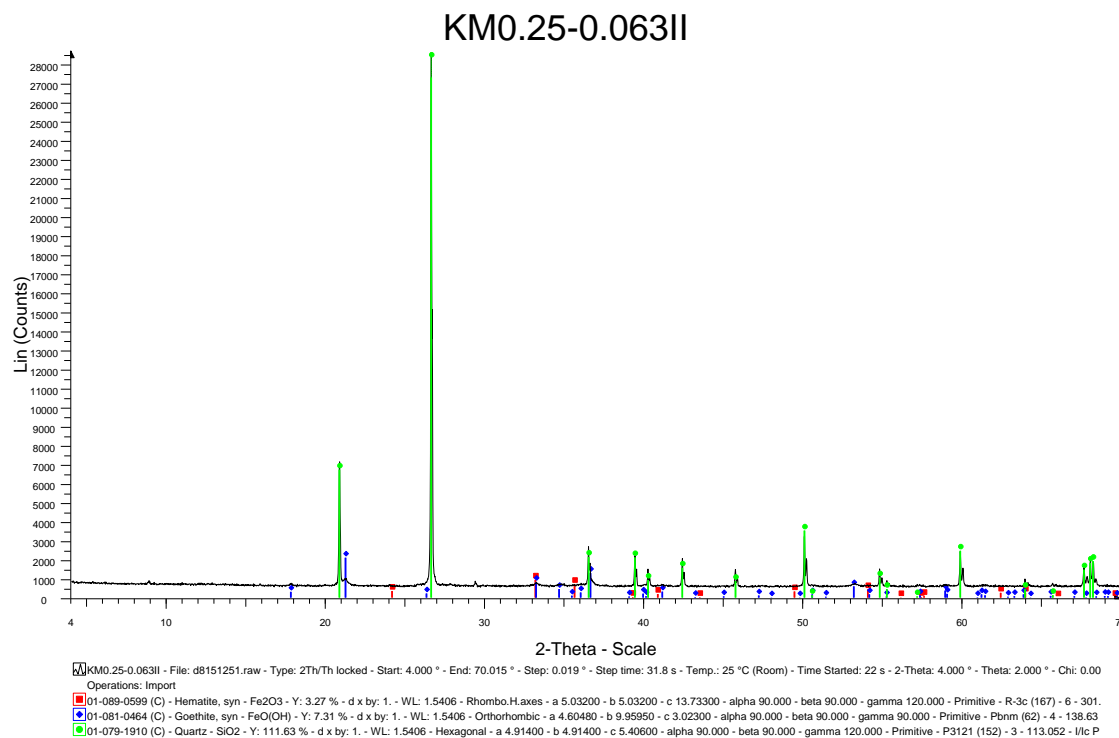
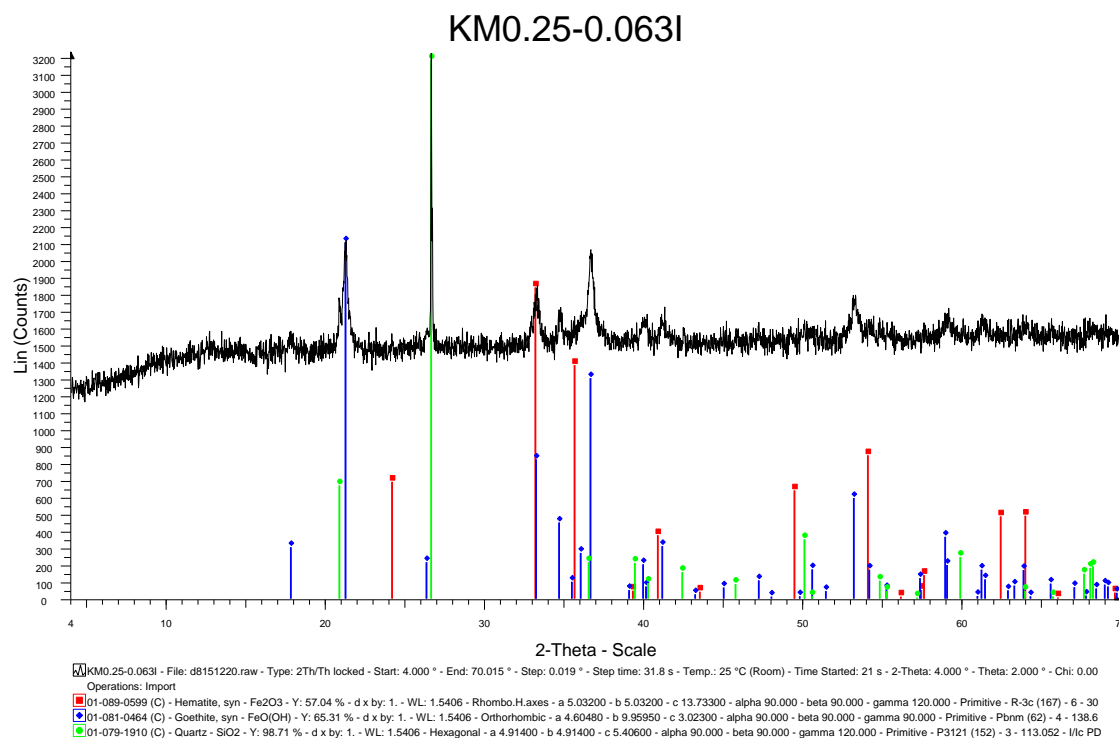
Operations: Import

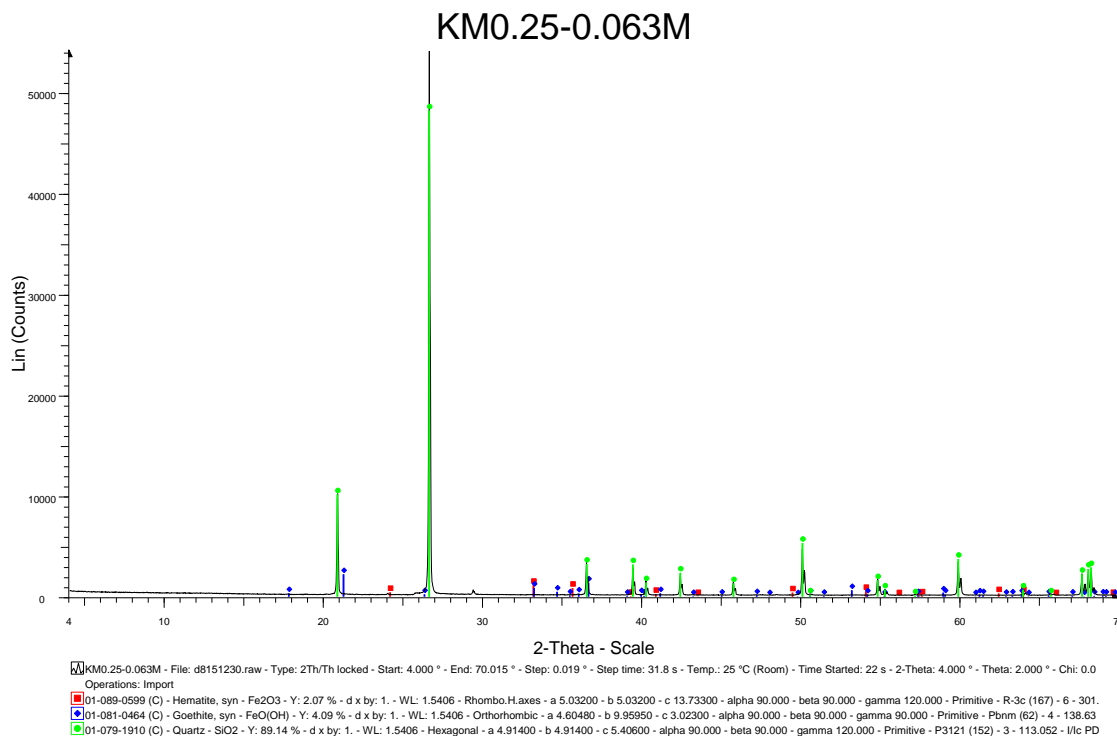
01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 78.81 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30

01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 89.13 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6

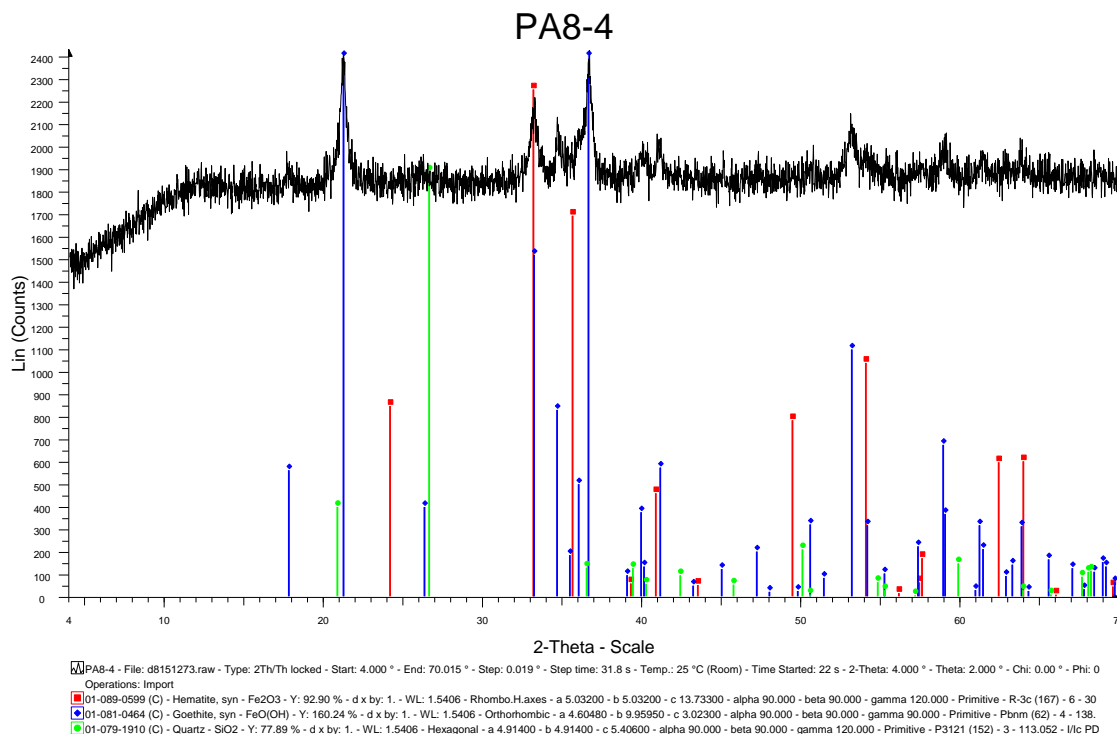
01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 99.11 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c PD

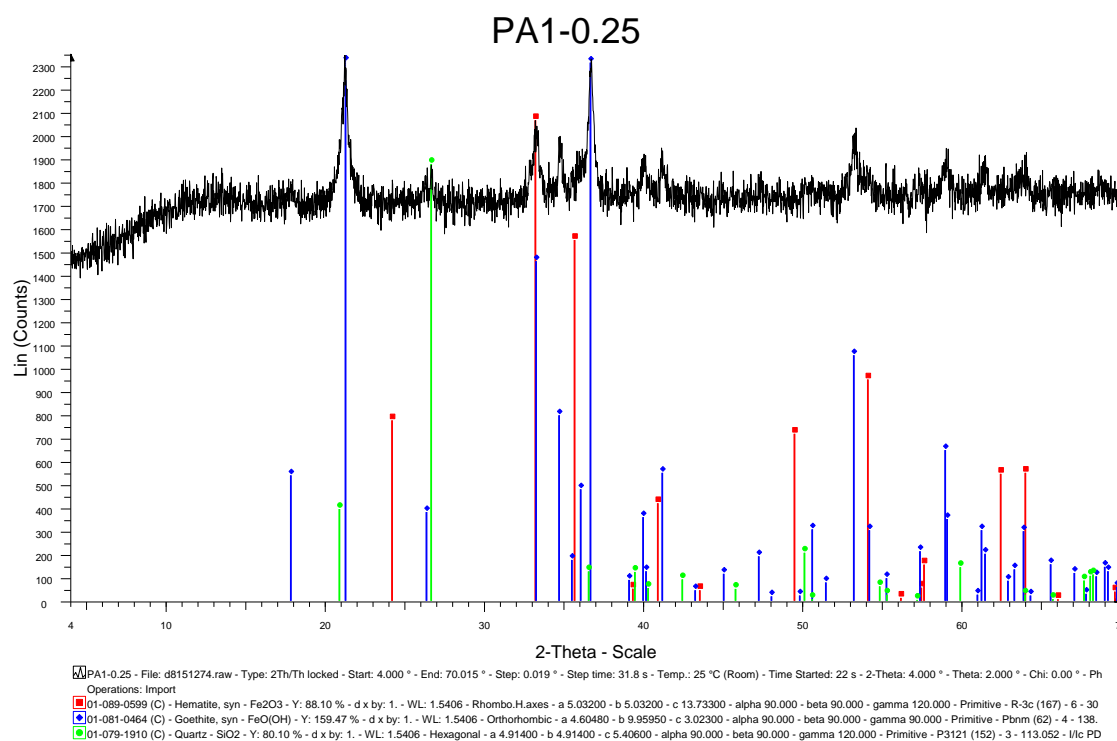
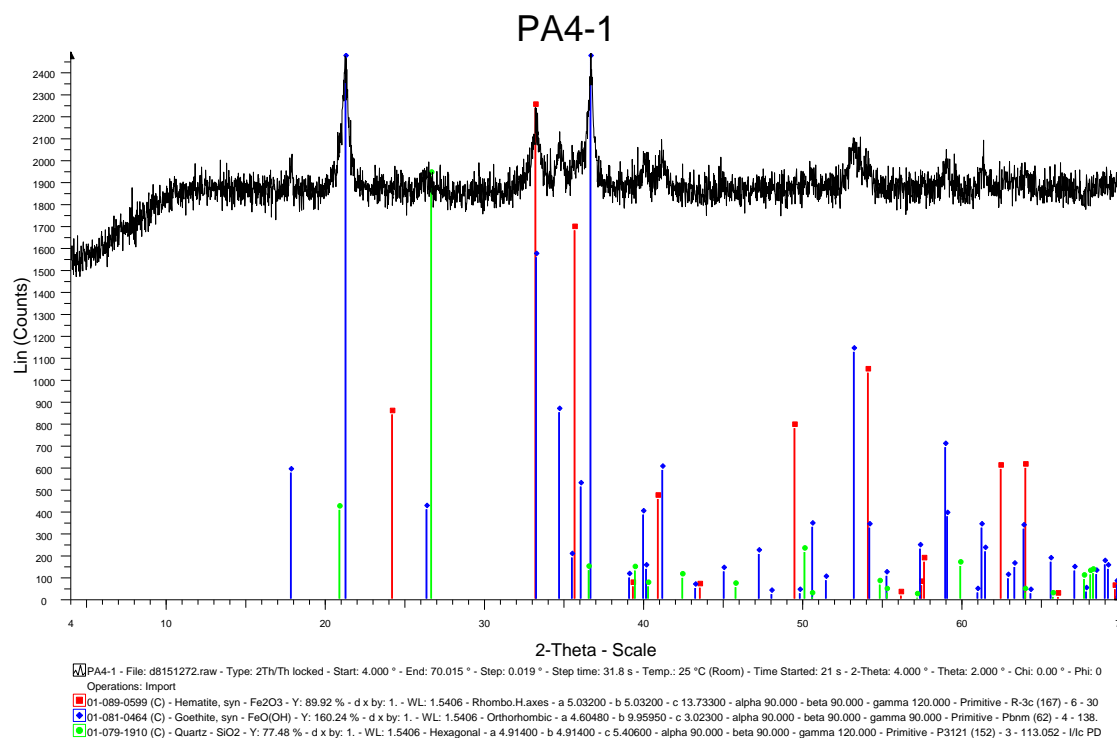




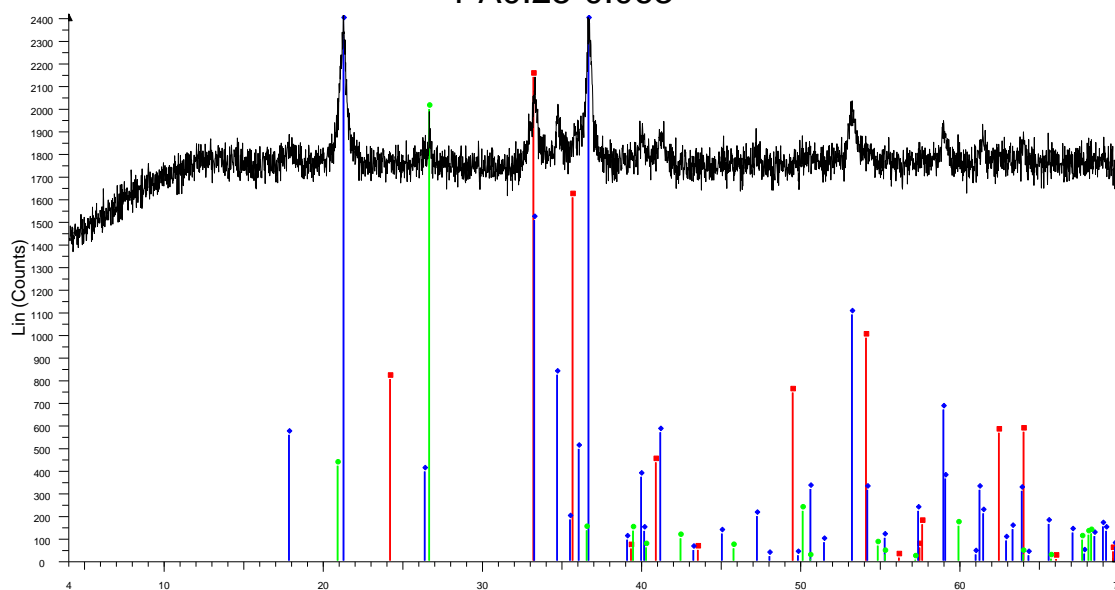


Ακτινοδιαγράμματα κοκκομετρικών κλασμάτων περιοχής Ρέντα-Αρολίθι



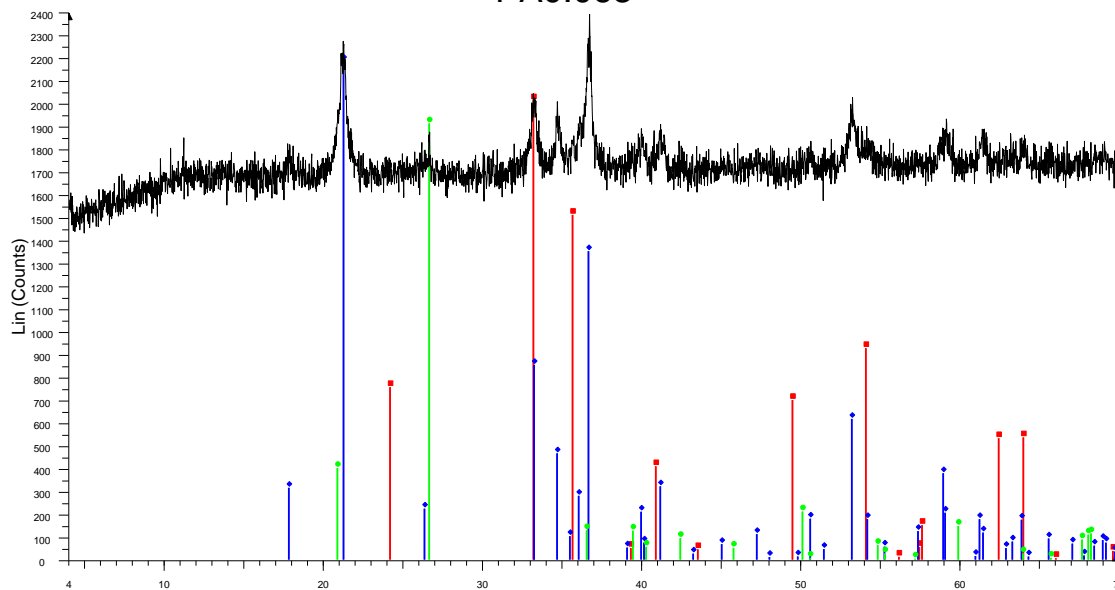


PA0.25-0.063

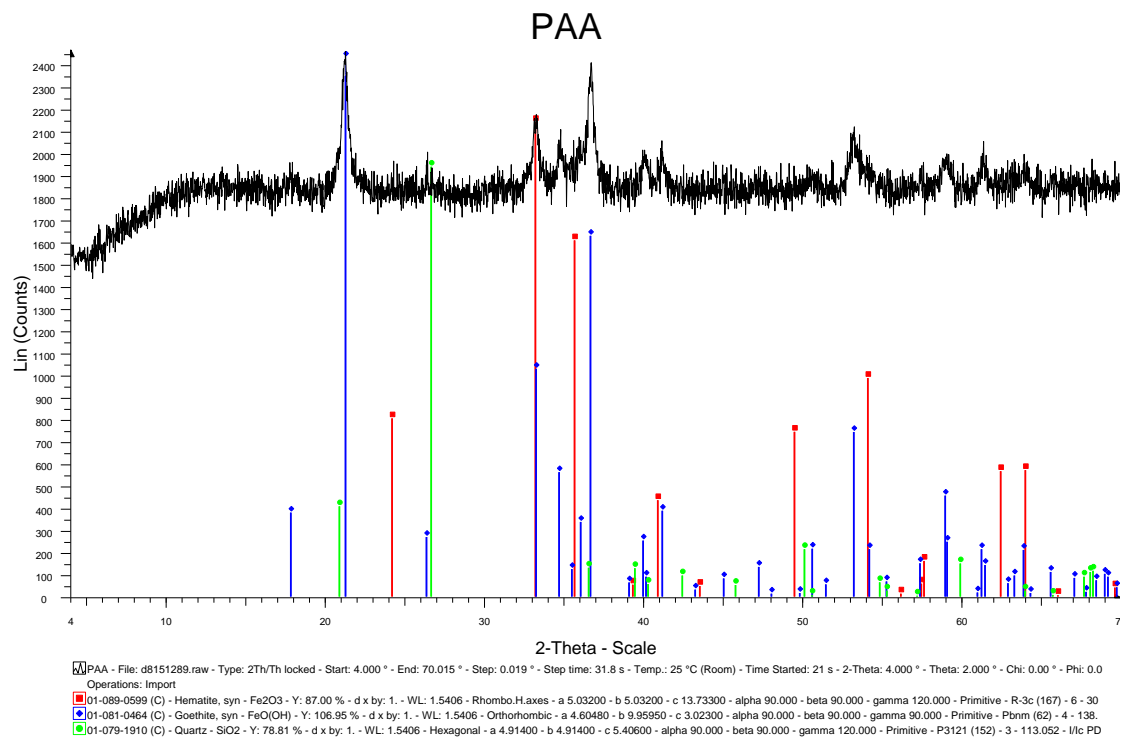


PA0.25-0.063 - File: d8151271.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 °
 Operations: Import
 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 88.69 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 159.86 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.
 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 82.80 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c PD

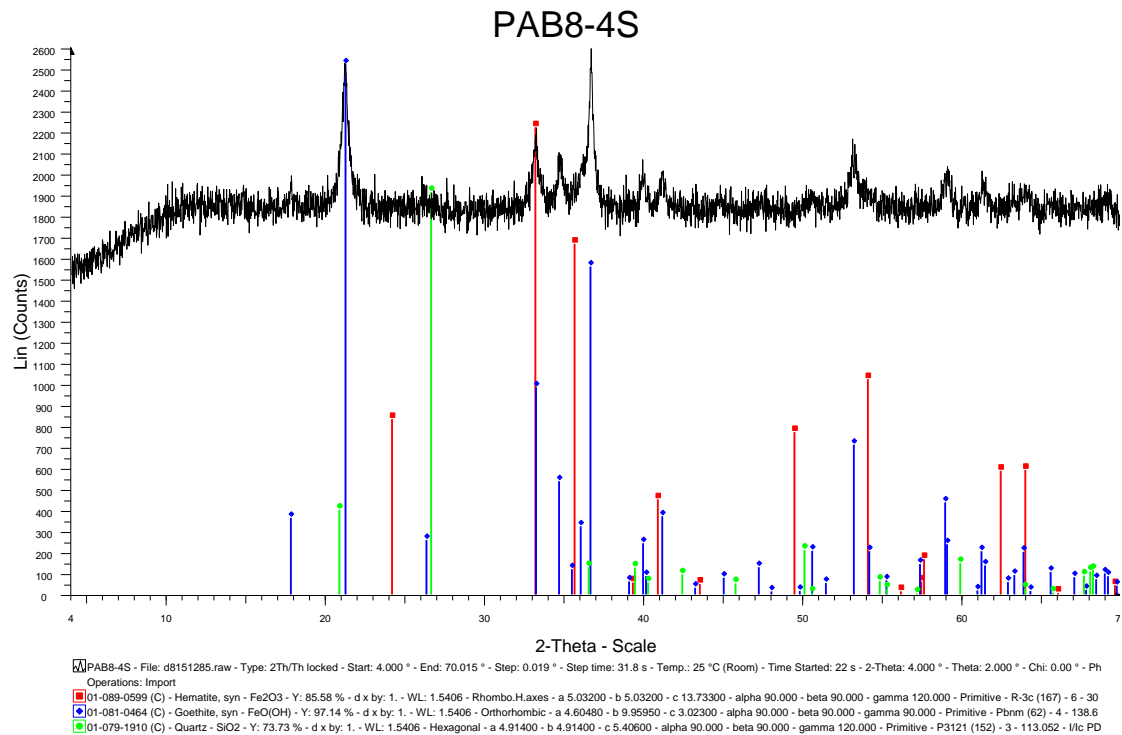
PA0.063



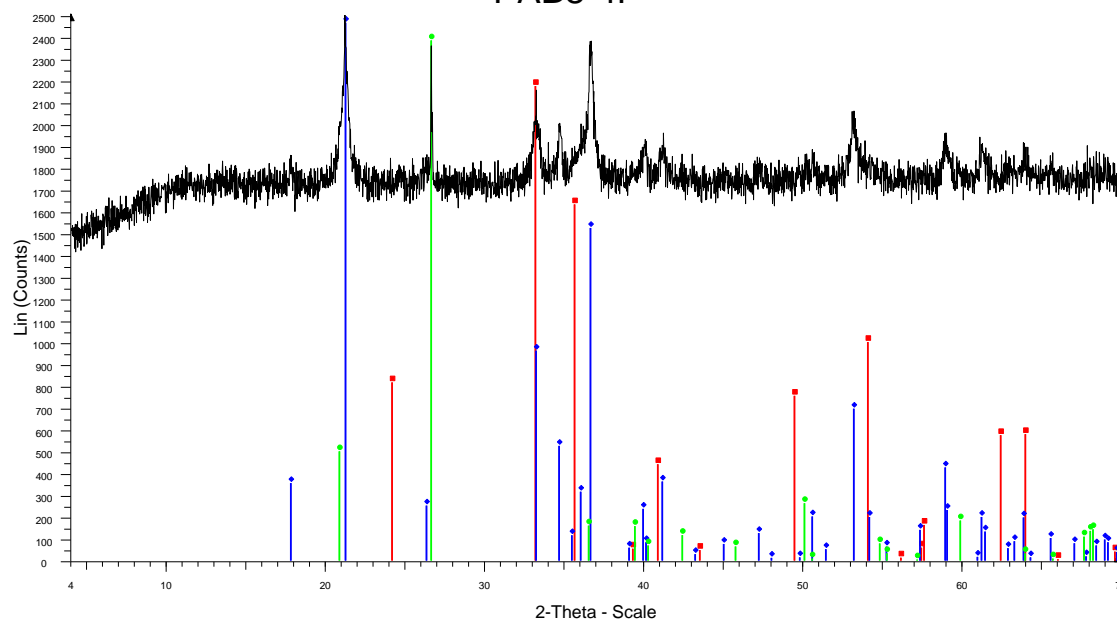
PA0.063 - File: d8151290.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi
 Operations: Import
 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 84.18 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 91.41 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.
 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 79.95 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c PD



Ακτινοδιαγράμματα βαρυτομετρικού διαχωρισμού περιοχής Ρέντα-Αρολίθι



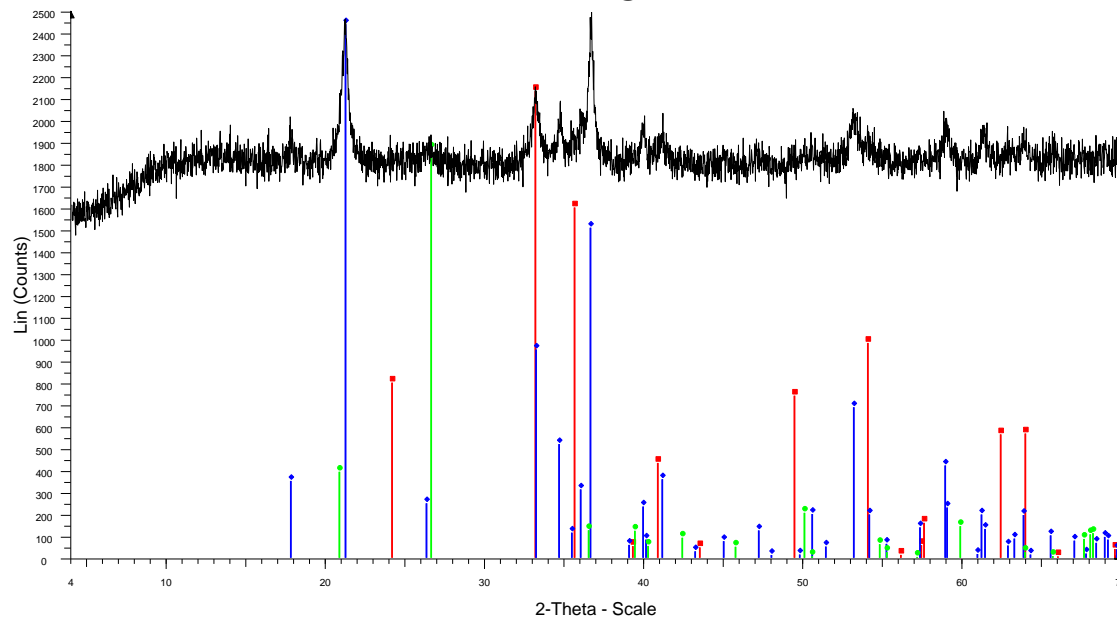
PAB8-4F



PAB8-4F - File: d8151288.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi Operations: Import

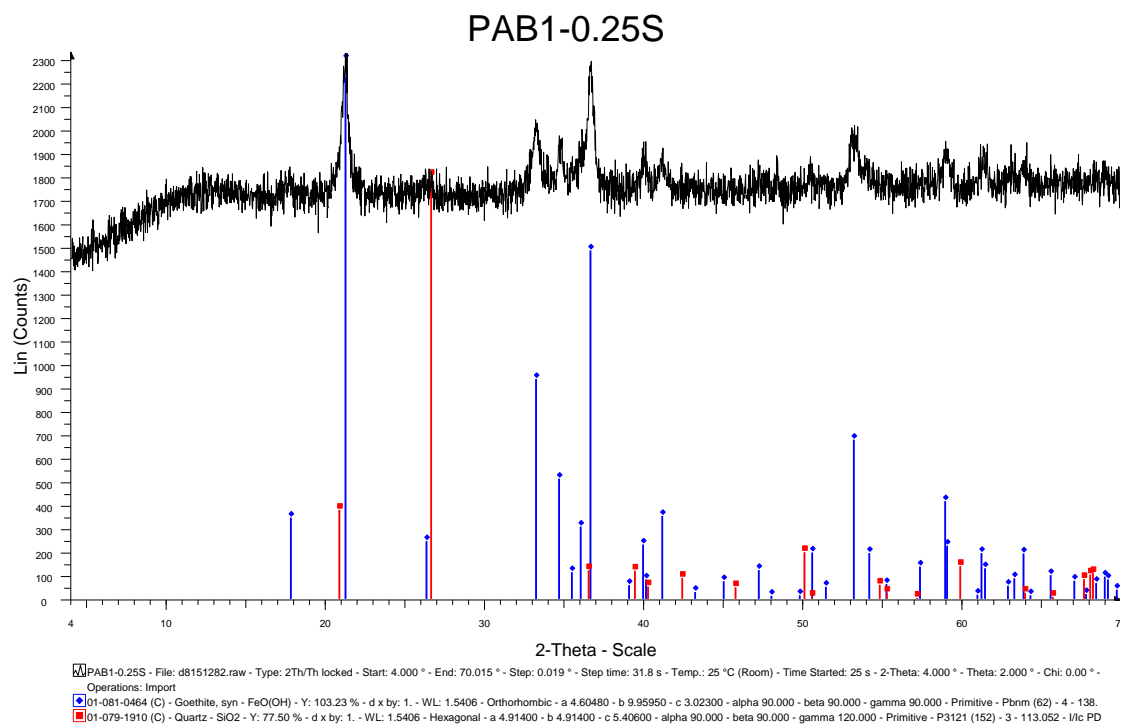
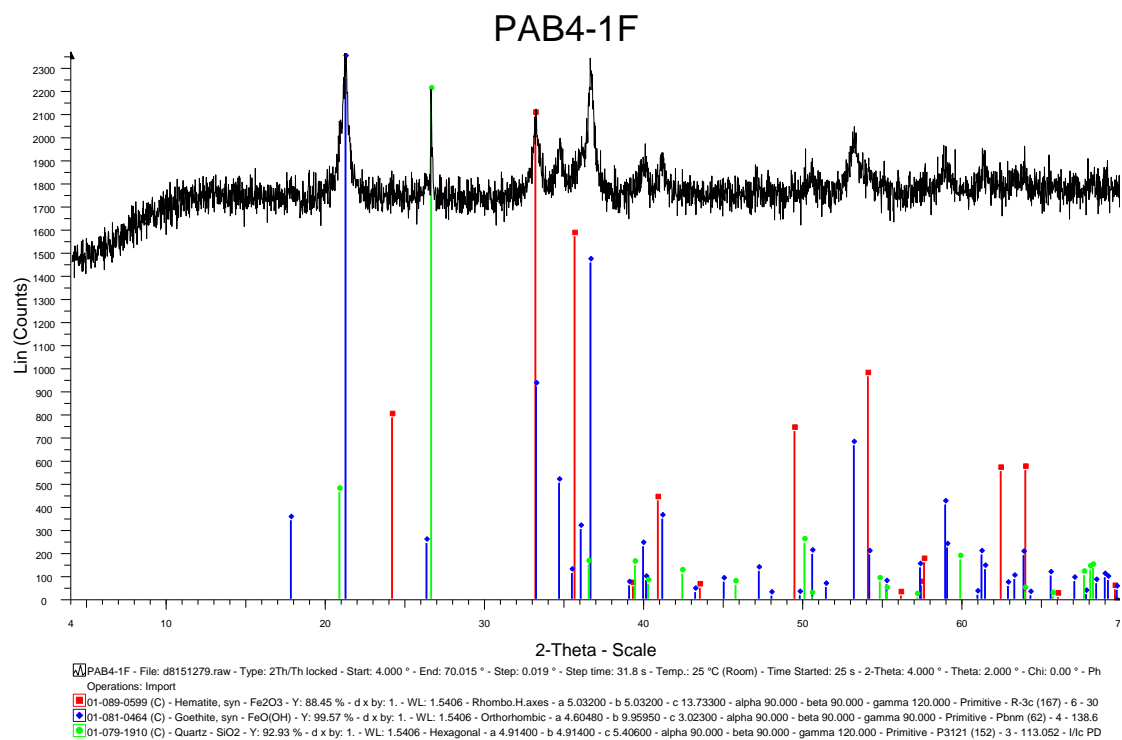
■ 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 87.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
■ 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 98.60 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6
■ 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 95.37 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - Ilc PD

PAB4-1S

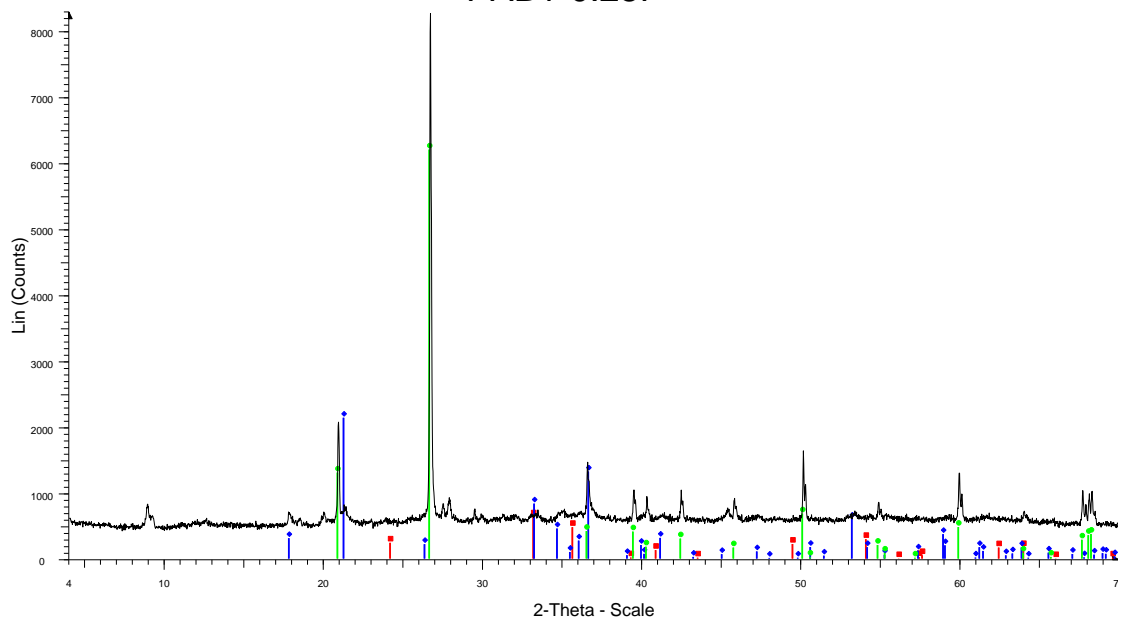


PAB4-1S - File: d8151280.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi Operations: Import

■ 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 85.55 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
■ 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 97.82 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6
■ 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 75.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - Ilc PD

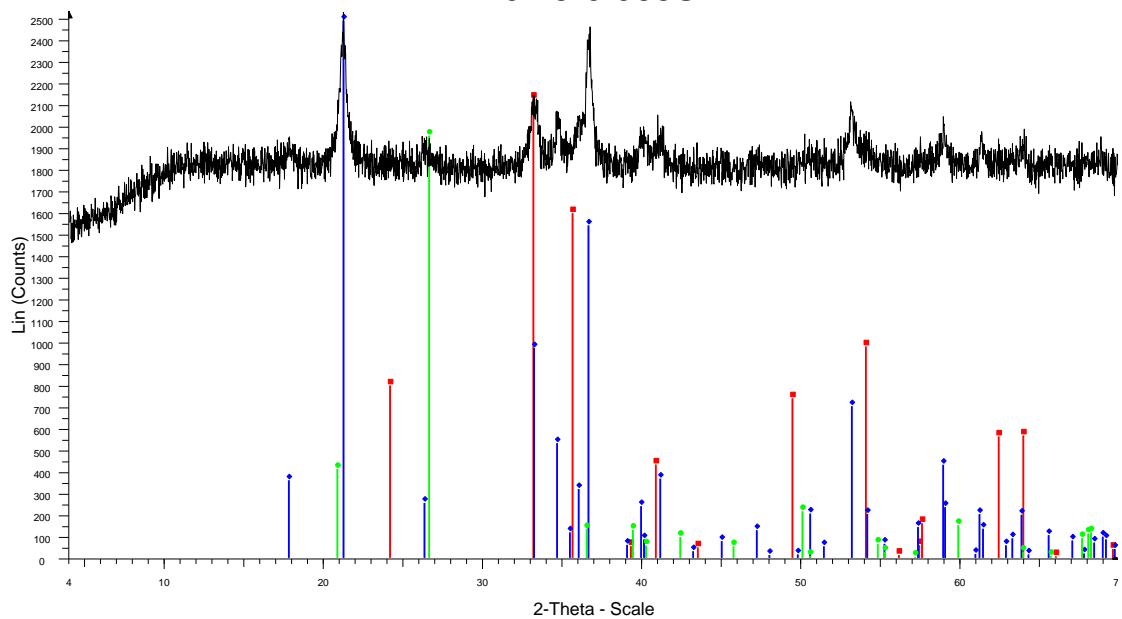


PAB1-0.25F

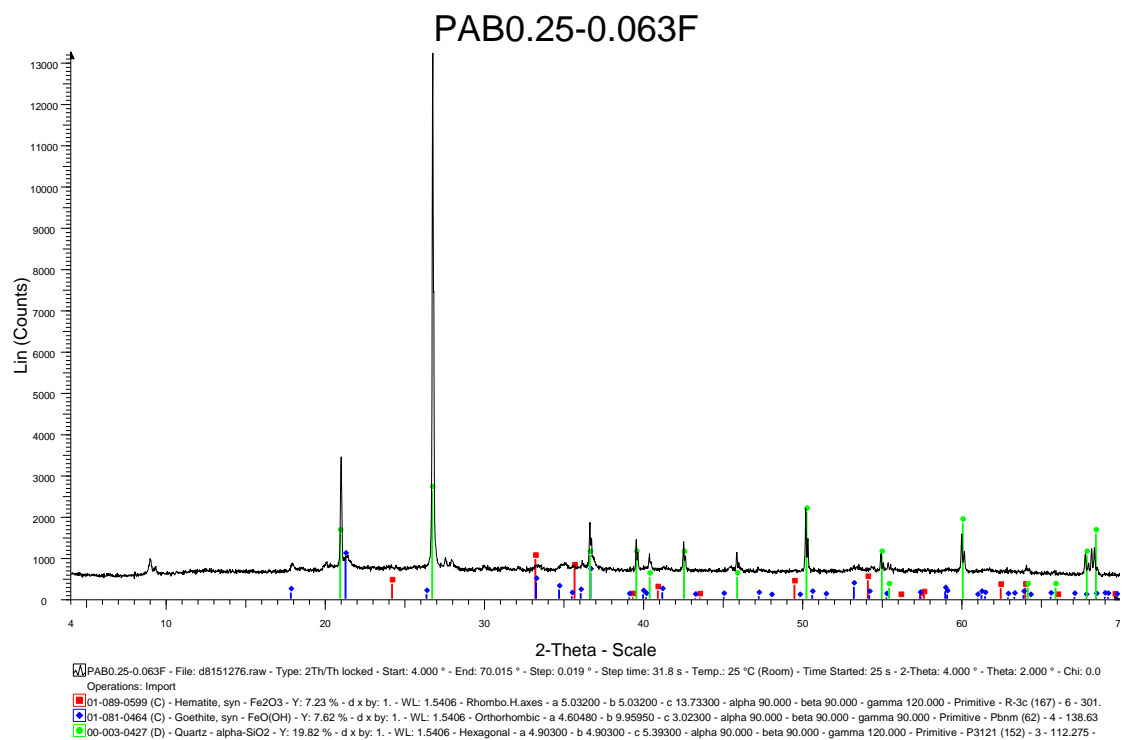


☒ PAB1-0.25F - File: d8151277.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Operations: Import
☒ 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 7.67 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 301.
☒ 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 25.81 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6
☒ 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 75.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - Ilc PD

PAB0.25-0.063S

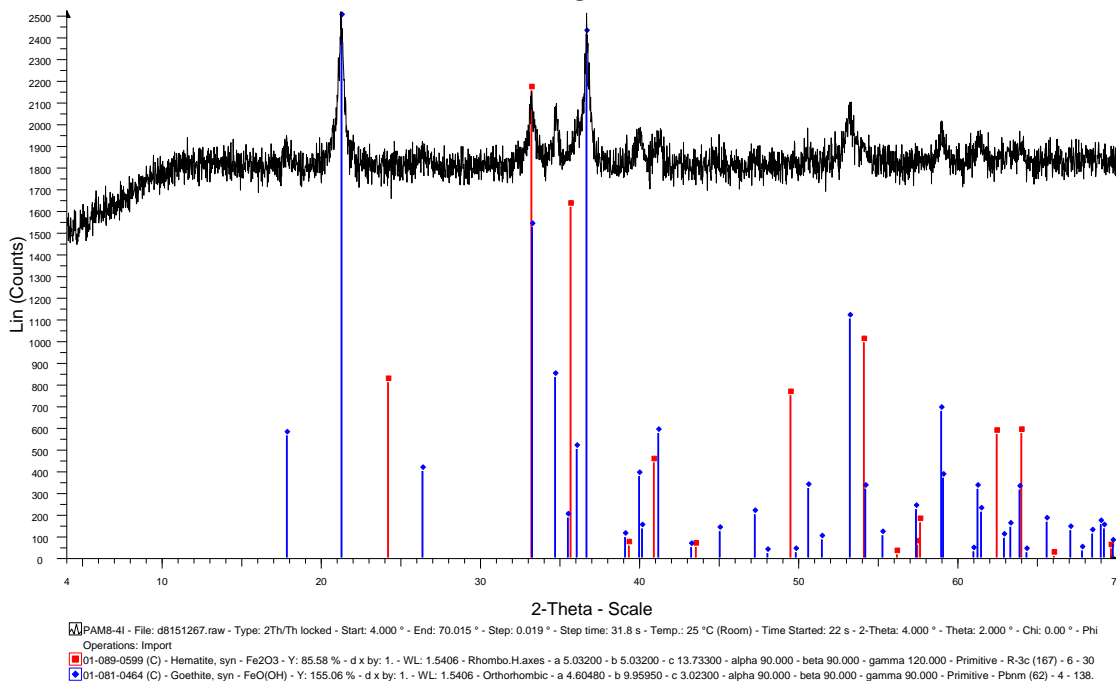


☒ PAB0.25-0.063S - File: d8151286.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.0
☒ 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 84.12 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
☒ 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 98.46 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6
☒ 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 77.37 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - Ilc PD

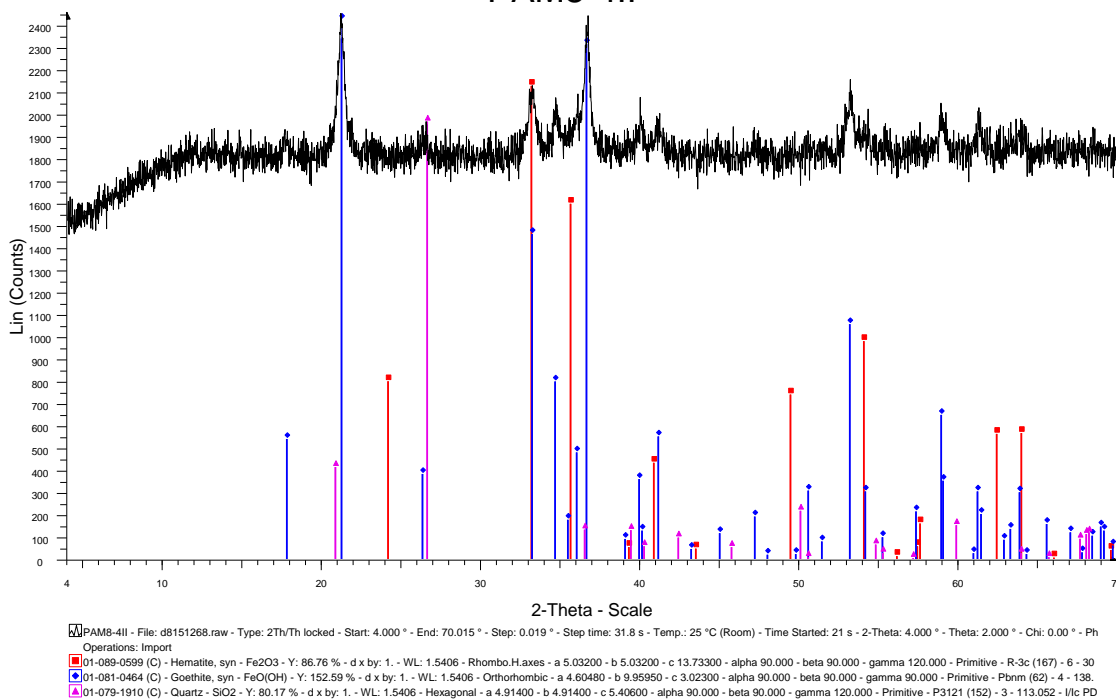


Ακτινοδιαγράμματα μαγνητικού διαχωρισμού περιοχής Ρέντα-Αρολίθι

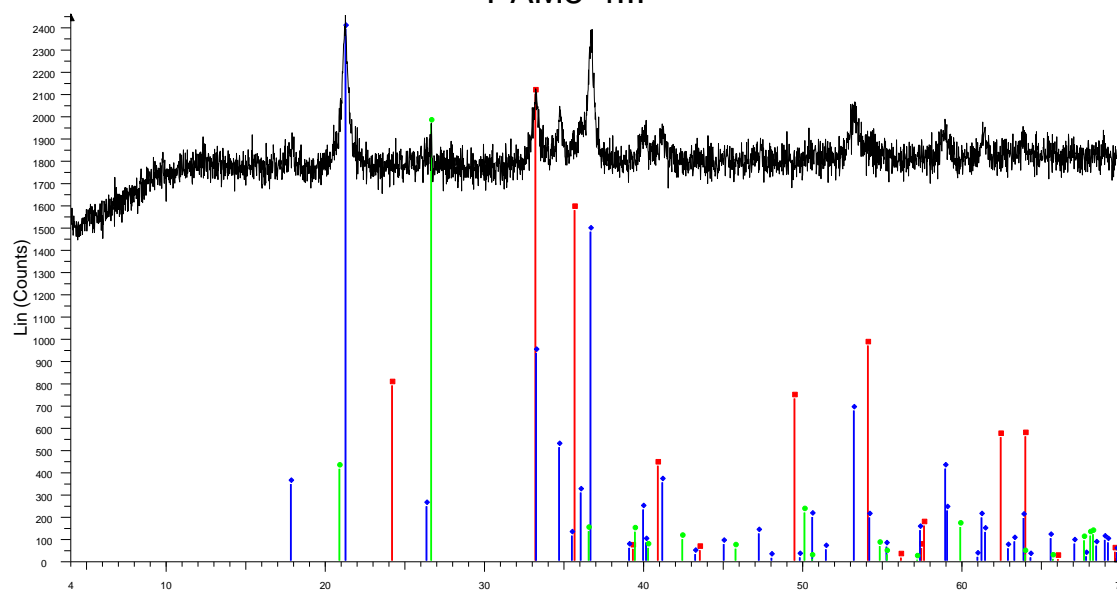
PAM8-4I



PAM8-4II

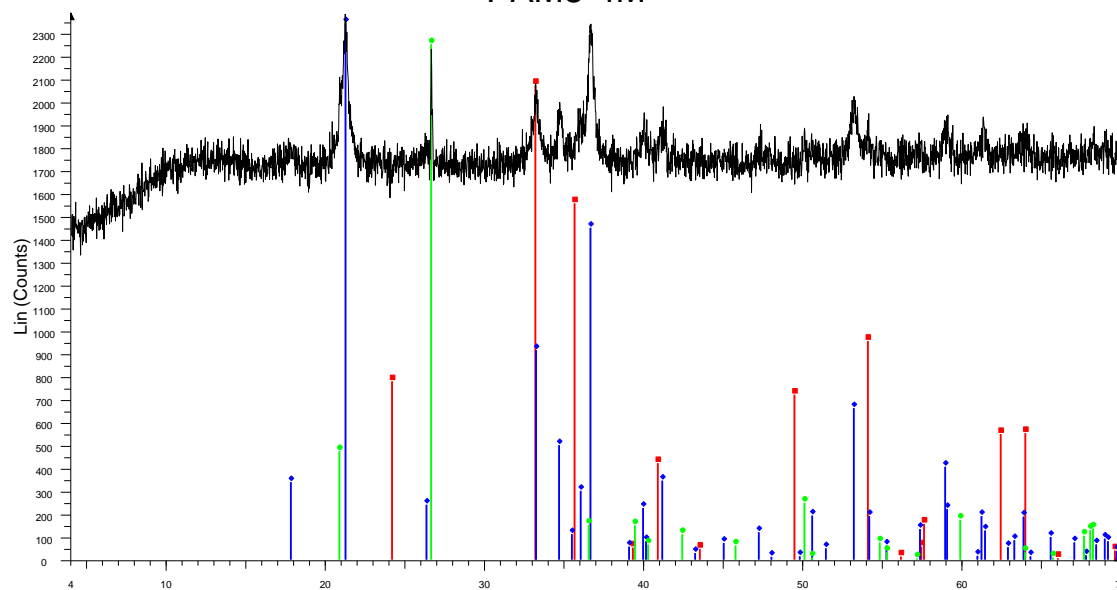


PAM8-4III

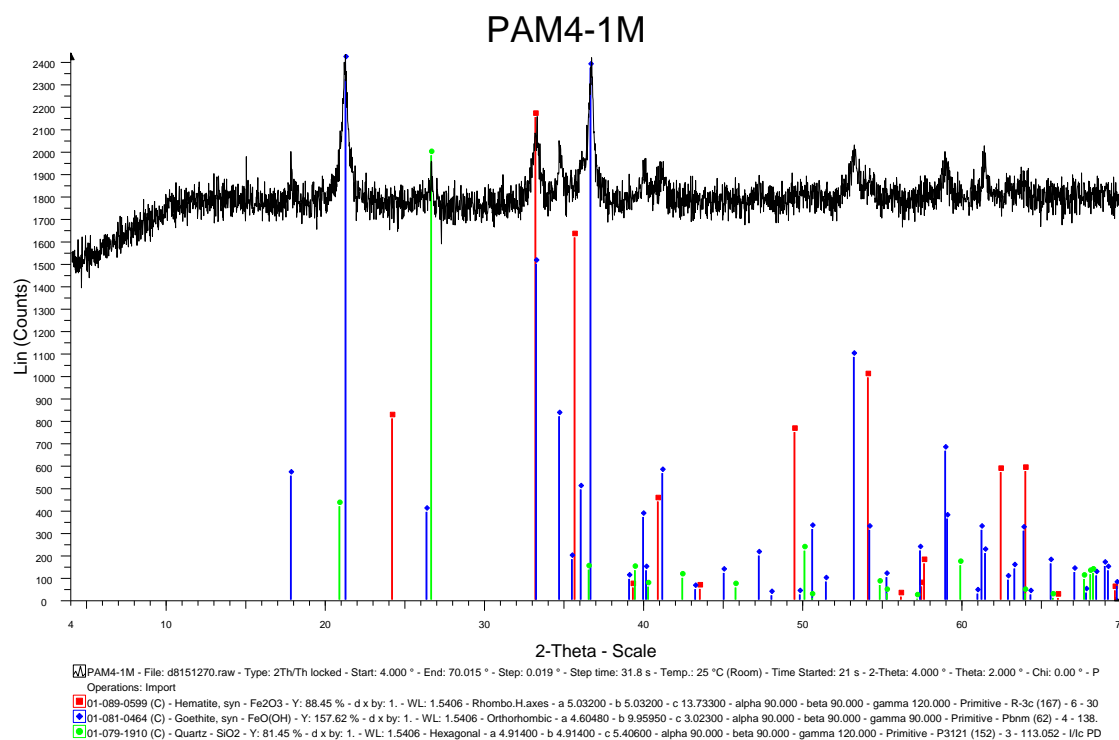
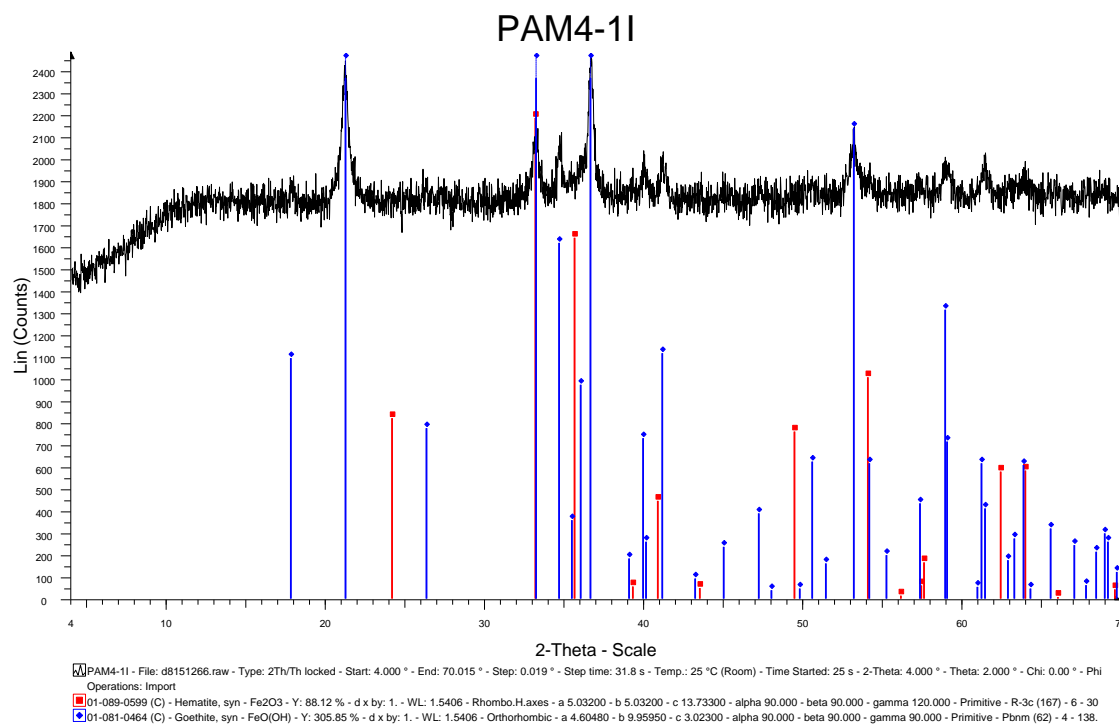


☒ PAM8-4III - File: d8151284.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - P
 Operations: Import
☒ 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 85.58 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
☒ 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 97.45 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6
☒ 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 80.10 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c PD

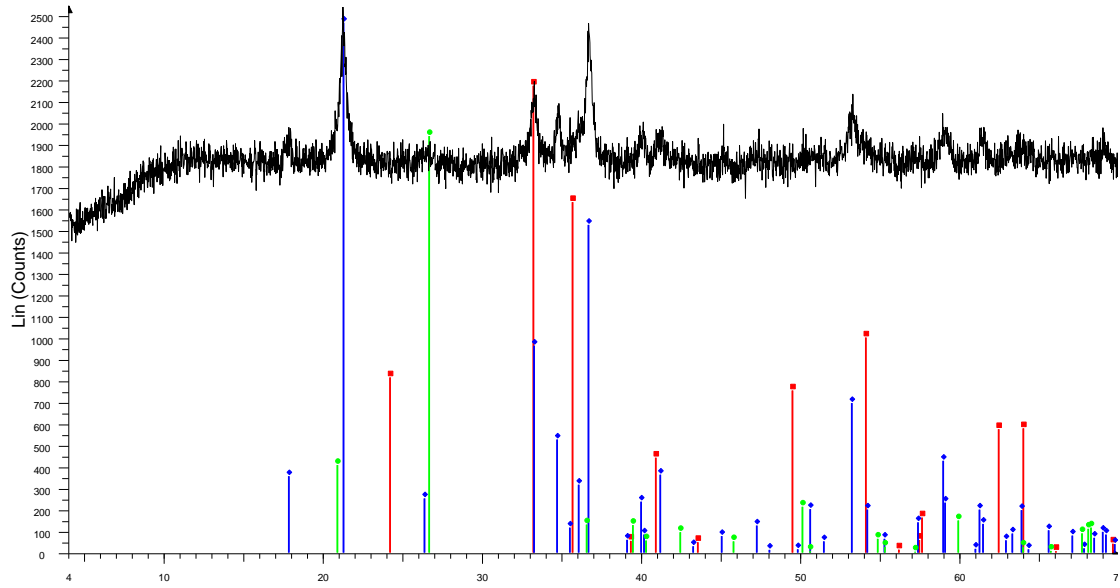
PAM8-4M



☒ PAM8-4M - File: d8151269.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - P
 Operations: Import
☒ 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 87.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
☒ 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 98.33 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6
☒ 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 94.47 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - I/c PD

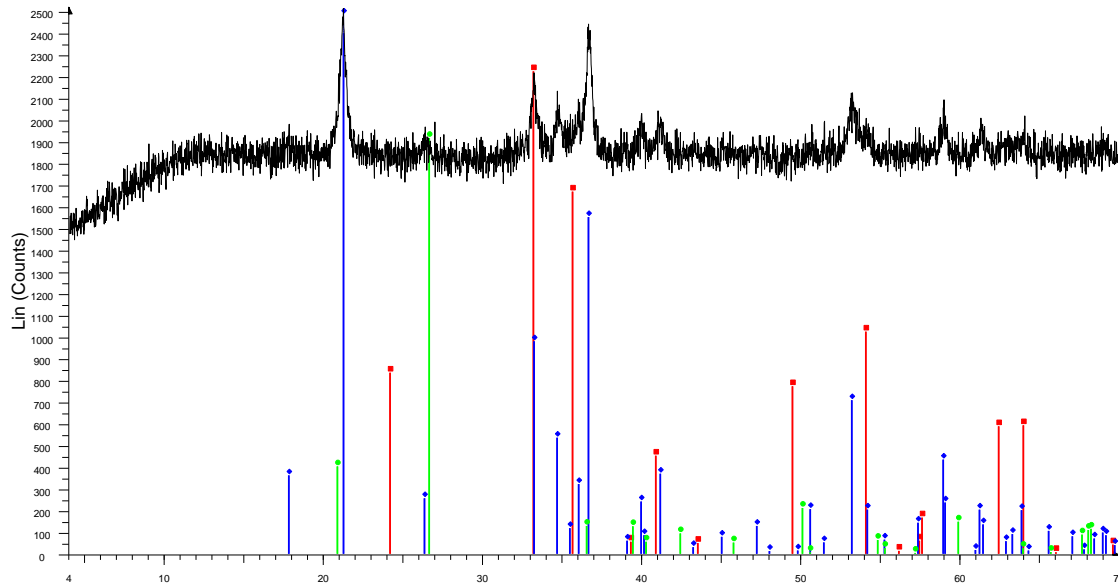


PAM1-0.25I



☒ PAM1-0.25I - File: d8151287.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° -
 Operations: Import
☒ 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 85.58 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
☒ 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 97.13 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6
☒ 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 76.35 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - Ilc PD

PAM1-0.25II



☒ PAM1-0.25II - File: d8151283.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.015 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° -
 Operations: Import
☒ 01-089-0599 (C) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 88.45 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03200 - b 5.03200 - c 13.73300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 30
☒ 01-081-0464 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 99.80 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.60480 - b 9.95950 - c 3.02300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) - 4 - 138.6
☒ 01-079-1910 (C) - Quartz - SiO₂ - Y: 76.23 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91400 - b 4.91400 - c 5.40600 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 113.052 - Ilc PD

