



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ**

Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων

Τίτλος Εργασίας:

**« Προσδιορισμός ιδιοτήτων χρώματος πληρωτικών
υλικών και κονιαμάτων »**

Ονομ/μο: Μαρία Νάνου

Εξεταστική Επιτροπή: Γ. Χρηστίδης (επιβλέπων)

Γ. Τριανταφύλλου

Γ. Αλεβίζος

Χανιά, 2016

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	8
Πρόλογος	10
Εισαγωγή.....	12
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγικές έννοιες	16
1.1 Ιζηματογενή Πετρώματα	16
1.2 Ανθρακικά πετρώματα	16
1.3 Πετρογραφικοί τύποι ανθρακικών πετρωμάτων	17
1.3.1 Ασβεστόλιθοι	17
1.3.2 Φυσικοχημικές ιδιότητες ασβεστόλιθων	18
1.3.3 Μηχανικές ιδιότητες ασβεστόλιθων	18
1.3.4 Χρήσεις ασβεστόλιθων	18
1.3.5 Άνυδρη άσβεστος	19
1.3.6 Κρητίδα	20
1.4 Μάρμαρο	20
1.5 Πληρωτικά Υλικά	21
1.5.1 Ιδιότητες πληρωτικών υλικών	22
1.5.2 Κόστος Πληρωτικών	23
1.5.3 Ανθρακικά πληρωτικά στη βιομηχανία χρωμάτων	24
1.6 Χρωστικές ουσίες.....	24
Κεφάλαιο 2: Μελέτη Χρώματος- Χρωστικές Ουσίες	26
2.1 Ο ρόλος των χρωμάτων	26
2.1.2 Ιστορική αναδρομή χρώματος.....	27
2.1.3 Η φύση του χρώματος	29
2.2 Φασματοφωτομετρία	30
2.3 Διεθνής Ένωση Φωτισμού (CIE) και Συστήματα Μέτρησης Χρώματος	31
2.4 Χρωστικές ουσίες.....	33
2.4.1 Ανόργανες και οργανικές χρωστικές	34
2.4.2 Ιδιότητες χρωστικών	35
Κεφάλαιο 3: Υλικά και μέθοδοι πειραματικής διαδικασίας.....	38
3.1 Προέλευση δειγμάτων.....	38

3.1.1 Περιγραφή χρωστικών	40
3.2 Προετοιμασία δειγμάτων	42
3.3 Μέθοδος περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ.....	43
3.4 Μέθοδος φασματοσκοπίας φθορισμού ακτίνων-Χ	45
3.5 Πειράματα έψησης των ανθρακικών πετρωμάτων	47
3.6 Μελέτη χρωματικών παραμέτρων	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Επεξεργασία αποτελεσμάτων	50
4.1 Μέθοδος περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD).....	50
4.2 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων XRF	54
4.3 Προσδιορισμός χρωματικών παραμέτρων	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα	80
Βιβλιογραφία	82

Περίληψη

Το χρώμα αποτελεί μια από τις πιο βασικές παραμέτρους για τη χρήση των ανθρακικών πετρωμάτων στον τομέα της βιομηχανίας. Είναι γνωστό ότι όσο πιο λευκό είναι ένα ανθρακικό πέτρωμα τόσο πιο συμφέρουσα είναι η εκμετάλλευσή του λόγω της καθαρότητας του.

Στην παρούσα διπλωματική επιλέχθηκαν 11 ανθρακικά δείγματα από διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας, στα οποία αφότου εξετάστηκε η χημική και ορυκτολογική σύσταση, μελετήθηκε η μεταβολή των χρωματικών παραμέτρων μετά την έψησή τους καθώς και μετά την προσθήκη σε αυτά, πολύ μικρών ποσοτήτων χρωστικών ουσιών, αιματίτη και γραφίτη.

Η ορυκτολογική και χημική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση περιθλασίμετρου ακτίνων-Χ(XRD) και φασματομέτρου ακτίνων-Χ φθορισμού (XRF) αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδειξαν πως τα δείγματα μας είναι υψηλής καθαρότητας, αποτελούνται κατά κύριο λόγο από CaO λόγω της παρουσίας ασβεστίτη, έπειτα από MgO λόγω της παρουσίας δολομίτη και μικρές ποσότητες προσμίξεων.

Οι χρωματικές παράμετροι προσδιορίστηκαν με τη χρήση επιτραπέζιο φασματοφωτόμετρου CM-5, της εταιρίας Conical Minolta, σύμφωνα με το σύστημα CIE με παραμέτρους L, a, b, ενώ υπολογίστηκε η απόκλιση από το τέλειο λευκό $\Delta E^* ab$.

Αρχικά μετρήθηκαν οι χρωματικές παράμετροι των ανθρακικών δειγμάτων, σύμφωνα με τις οποίες τα δείγματα παρουσιάζουν μικρή απόκλιση από τις τιμές του τέλειου λευκού γεγονός που αποδεικνύει πως τα δείγματα μας είναι αρκετά λευκά άρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πληρωτικά υλικά. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η μέτρηση των χρωματικών παραμέτρων των ανθρακικών δειγμάτων μετά την έψησή τους, δίνοντας ακόμα μεγαλύτερες τιμές φωτεινότητας σε σύγκριση με τις αρχικές και

μικρότερη απόκλιση των τιμών του τέλειου λευκού, Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι μετά την έψηση τους τα δείγματα έγιναν ακόμα πιο λευκά.

Στη συνέχεια επιλέχθηκε το δείγμα A1 της εταιρίας Ionian Calc , από την περιοχή της Κεφαλονιάς, λόγω της λευκότητας και της υψηλής καθαρότητας του, το οποίο αναμείχθηκε με πολύ μικρές ποσότητες αιματίτη και γραφίτη και διαπιστώθηκε πως επηρεάζονται οι χρωματικές παράμετροι ακόμα και αν δεν είναι ορατό με γυμνό μάτι, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στην πρόβλεψη των χρωματικών ιδιοτήτων των ανθρακικών πετρωμάτων.

|

Abstract

The color is one of the most basic parameters for the use of carbonate rocks in the industry. It is known that the whiter a carbonate rock is, the more advantageous it is to operate because of its purity.

In this thesis 11 carbonate samples were selected from different regions of Greece. Both their chemical and mineralogical composition were examined, as well as the change of color parameters after being baked and added to them very small amounts of pigment, hematite and graphite .

The mineralogical and chemical analysis was performed using X-ray diffractometer (XRD) and X-ray spectrometer fluorescence (XRF), respectively. The analysis results showed that our samples of high purity, consisting mainly of CaO due to the presence of calcite, with MgO following due to the presence of dolomite and finally some small amounts of impurities.

The color parameters were determined using a desktop spectrophotometer CM-5, company Conical Minolta, according to the CIE system parameters L, a, b, and calculated the deviation from perfect white DE^*ab .

First the color parameters of carbonate samples were measured, according to which the samples show little deviation from the perfect white values, which proves that our samples are quite white so it can be used as fillers. After that, the measurement of color parameters of the carbonate samples followed, giving even higher brightness values compared to baseline and less deviation of the values of the perfect white, therefore concluding that after the samples are baked were even whiter.

Furthermore, the sample A1 of the company Ionian Calc was selected, from Kefalonia region, because of its whiteness and high purity, which was mixed with very small amounts of hematite and graphite. It was

detected that the color parameters were affected, even if it is not visible with naked eye, which can lead to the prediction of color properties of the carbonate rocks.

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία έλαβε μέρος στο εργαστήριο Πετρολογίας του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων , Πολυτεχνείου Κρήτης. Σκοπός της είναι η μελέτη της επίδρασης του χρώματος των ανθρακικών πετρωμάτων μετά την έψησή τους ή μετά την προσθήκη πολύ μικρών ποσοτήτων χρωστικών ουσιών.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Χρηστίδη Γεώργιο για τη βοήθεια, καθοδήγηση και υλοποίηση της διπλωματικής μου εργασίας, τον Επίκουρο καθηγητή κ. Αλεβίζο Γεώργιο και τον ΕΔΙΠ κ. Τριανταφύλλου Γεώργιο για την αποδοχή τους να συμμετάσχουν στην εξεταστική επιτροπή της διπλωματικής μου εργασίας και την ουσιαστική συμβολή τους στην ολοκλήρωση των εργασιών. Επίσης, ευχαριστώ την κ. Ροτόντο Πάολα και τον κ. Πετράκη Βαγγέλη για τη βοήθεια που μου προσέφεραν, όπως και τους φίλους μου, Αλεξίου Γιάννη, Ελένη Θεοδωράκου, Χριστίνα Μαργαρώνη, Άννα Κουκούνα, Παναγιώτη Λυκοτραφίτη, Τσουρβάκα Αντώνη, Σαλτογιάννη Φώτη, Βλαχάκη Γιώργο και Κουτρουλάκη Μάριο, Johny K. για την υλική και ηθική υποστήριξη, την αγάπη και το ενδιαφέρον τους. Φυσικά, δε θα μπορούσα να παραλείψω τις ευχαριστίες μου προς τους γονείς μου, Θωμά και Άννα, χάρη στους οποίους βρίσκομαι στην ευχάριστη θέση να αποφοιτώ από το Πολυτεχνείο Κρήτης.

Τέλος, ας μου επιτραπεί να δηλώσω την αφιέρωση της διπλωματικής μου εργασίας στην οικογένεια μου, η οποία στηρίζει όλα αυτά τα χρόνια εμένα και τις επιλογές μου.

Εισαγωγή

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη των ιδιοτήτων των ανθρακικών πετρωμάτων με σκοπό να αξιολογηθεί η χρησιμότητα τους στην βιομηχανία πληρωτικών υλικών. Για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός μελετήθηκε η ορυκτολογική και η χημική σύσταση των ανθρακικών πετρωμάτων από διάφορες περιοχές της Ελλάδας, η επίδραση της θερμοκρασίας μετά την έψηση των δειγμάτων καθώς και οι χρωματικές τους παράμετροι με ή χωρίς την προσθήκη χρωστικών ουσιών.

Οι χρωματικές ιδιότητες των ανθρακικών πετρωμάτων παίζουν καθοριστικό ρόλο ως προς την επιλογή τους και την εκμετάλλευσή τους από τις βιομηχανίες πληρωτικών υλικών, χρωμάτων, χαρτιού, πλαστικών, ελαστικών κ.λ.π. Οι τιμές λευκότητας των ανθρακικών πετρωμάτων είναι το βασικό κριτήριο για τη χρήση τους στη βιομηχανία πληρωτικών και καθιστούν συμφέρουσα την εκμετάλλευσή τους. Για το λόγο αυτό η παρούσα εργασία στοχεύει στην εκτίμηση και πρόβλεψη των χρωματικών ιδιοτήτων των ανθρακικών πετρωμάτων από το περιεχόμενο σε οργανικό υλικό και οξείδια σιδήρου.

|

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγικές έννοιες

1.1 Ιζηματογενή Πετρώματα

Η μορφή της επιφάνειας της Γης μεταβάλλεται λόγω της δράσης διάφορων γεωλογικών παραγόντων. Η αποσάθρωση μαζί με την δράση των νερών μεταφέρουν τεράστιες ποσότητες υλικών από τις ορεινές περιοχές σε μεγάλες λεκάνες της γήινης επιφάνειας (θάλασσες και λίμνες). Αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι η καταστροφή των πετρωμάτων που δομούν τα όρη ενώ ταυτόχρονα σχηματίζονται νέα πετρώματα που ονομάζονται ιζηματογενή. Τα ιζηματογενή πετρώματα συναντώνται συχνότερα από τα υπόλοιπα είδη πετρωμάτων γιατί βρίσκονται στο ανώτερο τμήμα του στερεού φλοιού της Γης (Παπαθεοδώρου 2015).

Τα ιζηματογενή πετρώματα συνήθως εμφανίζονται σε στρώσεις. Παρόλα αυτά είναι δυνατόν πετρώματα ιζηματογενούς προέλευσης να μην εμφανίζουν στρώση όπως παραδείγματος χάρη ο δολομίτης, ο ασβεστόλιθος αυτά χαρακτηρίζονται ως μαζώδη ιζήματα (Θεωδορίκας 2002).

Το μέγεθος, το είδος και ο τρόπος σύνδεσής των αποτελούν τον ιστό ενός πετρώματος. Η ορυκτολογική σύσταση και ο ιστός των ιζηματογενών πετρωμάτων, χαρακτηριστικά διαγνωστικά στοιχεία που τα ξεχωρίζουν από τα υπόλοιπα είδη πετρωμάτων (Θεωδορίκας 2002).

1.2 Ανθρακικά πετρώματα

Τα ανθρακικά πετρώματα αποτελούν το 25% του συνόλου των ιζηματογενών πετρωμάτων, έχουν χρώμα τεφρό, καστανό, λευκό, ερυθρό, υποκύανο, μαύρο και η ηλικία τους φθάνει τα 2,7 δισεκατομμύρια χρόνια. Τα πιο διαδεδομένα μέλη τους είναι ο ασβεστόλιθος, η κρητίδα και το μάρμαρο. Η Ελλάδα καλύπτεται κατά 75 % από ανθρακικά πετρώματα ιζηματογενούς και μεταμορφωμένης

προέλευσης και περιλαμβάνει πολλά σπήλαια λόγω της έντονης καρστικής (χημικής) διάβρωσης αυτών των πετρωμάτων με τη δράση νερού (Τριανταφύλλου 2014).

Τα ανθρακικά πετρώματα στη φύση σπάνια αποτελούνται από ένα ορυκτό. Άλλα μη ανθρακικά συστατικά των ανθρακικών πετρωμάτων μπορεί να είναι ο χαλαζίας ή χαλκηδόνιος, οι άστριοι, ο μοσχοβίτης, ο γραφίτης, μεταλλικά ορυκτά, φωσφορικά ορυκτά, οργανικό υλικό κλπ.

Τα κυριότερα γνωρίσματά τους είναι (Τζιραμπίδης 2008):

- Οι κόκκοι τους κατανέμονται σε δύο μεγέθη : μέγεθος άμμου μέχρι μεσόκοκκης ιλύος και μέγεθος λεπτόκοκκης ιλύος μέχρι αργίλου. Τα περισσότερα ανθρακικά πετρώματα αποτελούνται από κόκκους ασβεστίτη μεγέθους άμμου μέχρι λεπτόκοκκης ιλύος.
- Η συνεισφορά των λειψάνων οργανισμών στο σχηματισμό αυτών των πετρωμάτων.
- Η απόθεση και ο σχηματισμός των ανθρακικών πετρωμάτων πραγματοποιείται συνήθως σε ρηχά νερά, ωστόσο εμφανίζονται και σε πελαγικά περιβάλλοντα.
- Ο διαφορετικός ρυθμός ιζηματογένεσης υλικών με το σχηματισμό παχιών ή λεπτών ανθρακικών στρωμάτων

1.3 Πετρογραφικοί τύποι ανθρακικών πετρωμάτων

1.3.1 Ασβεστόλιθοι

Οι ασβεστόλιθοι είναι ιζηματογενή ανθρακικά πετρώματα τα οποία έχουν ως κύριο ορυκτολογικό τους συστατικό τον ασβεστίτη (CaCO_3). Η χημική σύσταση ενός καθαρού ασβεστόλιθου είναι 56% CaO και 44% CO_2 . Συχνά περιέχουν προσμίξεις ενώσεων οξειδίου ή υδροξειδίου σιδήρου, αργιλίου κ.α. η παρουσία των οποίων επηρεάζει το χρωματισμό του πετρώματος. Όταν περιέχουν 5%-15% MgO ονομάζονται μαγνησιούχοι ασβεστόλιθοι ενώ όταν περιέχουν ποσοστό μεγαλύτερο του 15% MgO λέγονται δολομιτικοί. Με την επίδραση αραιού υδροχλωρικού οξέος αναβράζουν λόγω έκλυσης διοξειδίου του

άνθρακα, το γεγονός αυτό κάνει εύκολη την αναγνώρισή τους (Pangea.gr).

Από οικονομική άποψη είναι σημαντικοί. Οι πόροι τους αποτελούν χώρους συγκέντρωσης αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου. Πολλές φορές αποτελούν δεξαμενές συγκέντρωσης υπεδάφινων υδάτων. Μεγάλες ποσότητες ασβεστόλιθων και δολομιτών χρησιμοποιούνται ως δομικοί λίθοι. Στη φύση βρίσκονται πολλοί τύποι ασβεστολιθικών ή δολομιτικών πετρωμάτων ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε διοξείδιο του πυριτίου (χαλαζία ή χαλκηδόνιο), δολομίτη και ασβεστίτη (Θεοδωρίκας 2002).

1.3.2 Φυσικοχημικές ιδιότητες ασβεστόλιθων

Ο ασβεστόλιθος έχει ειδικό βάρος 2,5 -2,7 ανάλογα με την ορυκτολογική του σύσταση, η σκληρότητα του είναι σχετικά μικρή και ίση με τρία κατά κλίμακα Mohs δηλαδή χαράσσεται εύκολα από ένα μαχαίρι. Το χρώμα του είναι λευκό, γκρι, κιτρινωπό, γαλαζωπό ενώ σπανιότερα είναι μαύρο ή κοκκινωπό ανάλογα με τις προσμίξεις του σε οξείδια και υδροξείδια σιδήρου, μαγγανίου κ.α. Είναι υδροπερατός και όταν έχει ως υπόστρωμα αδιαπέρατα πετρώματα στο σημείο επαφής τους σχηματίζονται υδροφόροι ορίζοντες ακόμα και ταμιευτήρες πετρελαίου εάν βρίσκεται κοντά σε θαλάσσιο περιβάλλον και οι συνθήκες είναι ευνοϊκές. Διαβρώνεται εύκολα, η διαβρωτική ενέργεια του νερού μπορεί να τον απογυμνώσει τελείως ή να σχηματίσει όπως σπήλαια, καταβόθρες, δολίνες κ.λ.π. Διαλύεται σχεδόν σε όλα τα οξέα με αναβρασμό και εκλύει διοξείδιο του άνθρακα (Λασκαρίδης & Πατρώνης 2005).

1.3.3 Μηχανικές ιδιότητες ασβεστόλιθων

Ο ασβεστόλιθος παρουσιάζει ένα μεγάλο εύρος όσο αφορά την αντοχή του η οποία κυμαίνεται από 500-1500 kg/cm³. Αυτό οφείλεται στις διάφορες παραλλαγές με τις οποίες εμφανίζεται (Λυκούδη 2005).

1.3.4 Χρήσεις ασβεστόλιθων

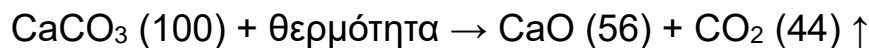
Οι ασβεστόλιθοι μαζί με τους γαιάνθρακες, το πετρέλαιο και τα μεταλλικά ορυκτά κ.α. αποτελούν τις σημαντικότερες πρώτες ύλες. Οι χρήσεις τους καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Μπορούν να

χρησιμοποιηθούν ως αδρανή υλικά, στην παραγωγή σιδήρου και χάλυβος, στην υαλουργία, ως πληρωτικά υλικά, στη γεωργία, στην παραγωγή άνυδρης ασβέστου καθώς και στη χημική βιομηχανία και τη βιομηχανία κονιών και κονιαμάτων (Κωστάκης 2003).

Μερικές από τις σημαντικότερες χρήσεις του ασβεστόλιθου ως θραυσμένο πέτρωμα είναι στις κατασκευές υποστρωμάτων δρόμων και σκυροδεμάτων, στην κατασκευή τσιμέντου όταν περιέχει χαμηλά ποσοστά μαγνησίου, στην καμίνευση για την ανάκτηση μετάλλων καθώς και στην αποθείωση καπναερίων (Νικολαΐδης 2012).

1.3.5 Άνυδρη ασβεστος

Ο όρος ασβεστος αποτελεί συμβατική ονομασία των προϊόντων πύρωσης και της μετέπειτα επεξεργασίας των ανθρακικών πετρωμάτων. Χρησιμοποιείται για να περιγράψει το οξείδιο του ασβεστίου, τη λεγόμενη άνυδρη ασβεστο (CaO), η οποία προκύπτει από τη θερμική διάσπαση ανθρακικών πετρωμάτων με υψηλή περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο σε θερμοκρασίες 900 -1000 °C. Η μετατροπή των ασβεστόλιθων σε ασβέστη, γνωστή ως «ασβεστοποίηση», είναι το βασικό χαρακτηριστικό στο οποίο βασίζεται η βιομηχανία της ασβέστου. Καθορισμένη με μοριακά βάρη η αντίδραση ασβεστοποίησης είναι (Τριανταφύλλου & Μανούτσου, 2004):



Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των ασβεστόλιθων για την παραγωγή άνυδρης ασβέστου συνδέονται με: (Christidis et al. 2001, Καντηράνης 2001)

- Το μέγεθος και τη μορφή των κόκκων της πρώτης ύλης
- Τη χημική και ορυκτολογική σύσταση καθώς και τις φυσικές ιδιότητες των κόκκων.
- Το είδος του κλιβάνου στον οποίο ψήνεται ο ασβεστόλιθος
- Το είδος και την ποιότητα του καυσίμου.

Οι ΗΠΑ, ο Καναδάς και η Ρωσία αποτελούν τις χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή αλλά και κατανάλωση των προϊόντων της βιομηχανίας

ασβέστου. Στις ΗΠΑ οι τομείς των κατασκευών και του περιβάλλοντος παρουσίασαν τη μεγαλύτερη αύξηση κατανάλωσης προϊόντων ασβέστου, με την αποθείωση των καπναερίων να είναι μια από τις βασικότερες περιβαλλοντικές χρήσεις του (Harris 2000).

Άλλες χρήσεις τις ασβέστου είναι στην οδοποιία, στις κατασκευές, στη μεταλλουργία, στη χημική βιομηχανία, στην παραγωγή χαρτιού, γυαλιού, καθώς και βιομηχανία ελαστικών, χρωμάτων, πολφών γεωτρήσεων στην παραγωγή χάλυβα και στην αποσκλήρυνση και τον καθαρισμό του νερού από μικρόβια (Τριανταφύλλου– Μανούτσογλου, 2004).

1.3.6 Κρητίδα

Ο όρος κρητίδα χρησιμοποιείται για να εκφράσει ένα συγκεκριμένο ασβεστολιθικό τύπο θαλάσσιας προέλευσης, με περιεκτικότητα σε ασβεστίτη 90-99%. Το χρώμα της είναι λευκό έως τεφρό, είναι μαλακή, πορώδης, σχετικά εύθρυπτη και σχηματίζεται σε ρηχά ύδατα από τη συσσώρευση ασβεστιτικών κελυφών των μικροοργανισμών και κονιοποιημένων ασβεστωδών φυκών. Συχνά περιέχει λείψανα οργανισμών που ζουν στον πυθμένα της θάλασσας όπως αμμωνίτες, πελεκύποδα, εχινόδερμα κ.α. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της κρητίδας αποτελεί η κιμωλία (Τσιραμπιδής 2003).

Η κιμωλία είναι ένα ελλιπώς συμπιεσμένο ιζηματογενές πέτρωμα ανθρακικού ασβεστίου, του οποίου ο σχηματισμός είναι ημιτελής και ολοκληρώνεται μετά τη διαδικασία καθίζησης (nonocarb.gr).

1.4 Μάρμαρο

Η λέξη μάρμαρο ετυμολογείται από την αρχαιολογική λέξη μάρμαρος που σημαίνει « λαμπερός λίθος». Το μάρμαρο είναι πέτρωμα αποτελείται κατά κύριο λόγο από λεπτό μέχρι ανδρόκοκκο ανακρυσταλλωμένο ασβεστίτη και δολομίτη και είναι προϊόν ανακρυστάλλωσης ασβεστόλιθων. Η σκληρότητα του σύμφωνα με την κλίμακα Mosh είναι 3-4 ανάλογα με τη σύνθεσή του, ο θραυσμός του ακανόνιστος και έχει ειδικό βάρος 1,8-2,85. Ο ιστός του είναι γρανοβλαστικός ή σακχαροειδής που σημαίνει ότι οι κόκκοι του έχουν σχεδόν ίσο μέγεθος. Όταν το μάρμαρο αποτελείται κυρίως από

ασβεστίτη ονομάζεται ασβεστιτικό μάρμαρο και όταν αποτελείται από δολομίτη, ονομάζεται δολομιτικό μάρμαρο. (Μανιάτης 2003).

Τα ανθρακικά πετρώματα δημιουργούνται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας σε ένα συγκεκριμένο βάθος, εξαιτίας όμως των τεκτονικών φαινομένων μεταφέρονται σε μεγαλύτερα βάθη με συνέπεια τη δημιουργία μεταμορφωμένων πετρωμάτων έτσι δημιουργείται και το μάρμαρο (novocarb.gr).

1.5 Πληρωτικά Υλικά

Τα πληρωτικά υλικά έχουν πολλά πεδία εφαρμογής και αποτελούν ένα δυναμικό κλάδο των βιομηχανικών ορυκτών. Με το πέρασμα των χρόνων η ζήτησή τους αυξάνεται. Σύμφωνα με το Γερμανικό πρότυπο DIN 55943 υλικό πλήρωσης ονομάζεται μια ουσία η οποία αποτελείται από μικρά σωματίδια και παραμένει αδιάλυτη στο χρησιμοποιούμενο χώρο. Χρησιμοποιείται για να καταλαμβάνει κάποιον όγκο στη σύνθεση του προϊόντος (fillers) μειώνοντας έτσι το κόστος ή για να βελτιώνει κάποια τεχνική ή οπτική ιδιότητα του προϊόντος. (extender)

Η προσθήκη των πληρωτικών στα διάφορα προϊόντα βελτιώνει ορισμένα χαρακτηριστικά τους όπως:

1. Χρώμα
2. Χαρακτηριστικά ροής
3. Κόστος προϊόντος
4. Αντοχή στη θερμότητα
5. Θερμική αγωγιμότητα
6. Ιξώδες
7. Σημείο μαλάκυνσης
8. Ηλεκτρική αγωγιμότητα
9. Προβλήματα κατά την επεξεργασία

Το ανθρακικό ασβέστιο είναι από τα πιο διαδεδομένα υλικά πλήρωσης με εφαρμογές σε ένα πολύ μεγάλο φάσμα βιομηχανικών προϊόντων. Στις κυριότερες εφαρμογές του περιλαμβάνεται η παραγωγή χρωμάτων και κυρίως υδροχρωμάτων, η παραγωγή των οποίων έχει αυξητικές τάσεις για περιβαλλοντικούς λόγους. Άλλα προϊόντα στα οποία χρησιμοποιείται το ανθρακικό ασβέστιο σαν πληρωτικό υλικό σε σημαντικές ποσότητες είναι πλαστικά, φαρμακευτικά προϊόντα, ελαστικά, χαρτί, ταπετσαρίες, φυτοφάρμακα, συγκολλητικά, στεγανωτικά, μονωτικά (κόλλες, σιλικόνες, πολυεστέρες) (Νικολαΐδης 2012).

1.5.1 Ιδιότητες πληρωτικών υλικών

Οι σημαντικότερες ιδιότητες που καθορίζουν την ποιότητα και τη χρήση των πληρωτικών είναι (Σακελαρίου 2004, Νικολαΐδης 2012):

- Η ορυκτολογική και χημική σύσταση: Σε πολλές περιπτώσεις είναι κρίσιμη για τη χρήση των πληρωτικών. Γενικά χρησιμοποιούνται πληρωτικά υψηλής καθαρότητας που είναι αδρανή στο χημικό περιβάλλον παραγωγής ή λειτουργίας του προϊόντος. Σε ορισμένες εφαρμογές ακόμη και πολύ μικρά ποσοστά ανεπιθύμητων προσμίξεων επηρεάζουν σημαντικά την ανταγωνιστικότητα και την τιμή τους (Σακελαρίου 2004).
- Χρώμα: Παίζει σημαντικό ρόλο όταν το πληρωτικό χρησιμοποιείται σε προϊόντα των οποίων το χρώμα είναι ουσιώδης ιδιότητα (βιομηχανίες χρώματος, χαρτιού κλπ). Σαν γενικός κανόνας θεωρείται ότι τα πληρωτικά με τη μεγαλύτερη λευκότητα είναι περισσότερο αποδεκτά στην αγορά. Όσο πιο καθαρό είναι το ανθρακικό ασβέστιο τόσο πιο λευκό είναι. Οι αλλαγές στο χρώμα οφείλονται στις προσμίξεις που περιέχει. Η διαδικασία που απαιτείται για την επίτευξη του επιθυμητού χρώματος είναι η εξής: Αρχικά γίνεται λειοτρίβηση του υλικού, έπεται ταξινόμηση του μεγέθους κόκκων και ακολουθεί η επεξεργασία του υλικού για την απομάκρυνση των συστατικών που μεταβάλλουν το χρώμα του (Σακελαρίου 2004).
- Σκληρότητα: Χαρακτηρίζεται η αντίσταση των κρυστάλλων σε μια βίαιη μηχανική επέμβαση επάνω τους, η οποία επηρεάζει τόσο τη

χρήση του πληρωτικού όσο και το κόστος παραγωγής. Μέτρο της σκληρότητας αποτελεί η κλίμακα Mosh, οι τιμές της οποίας κυμαίνονται από 1 έως 10 (το ανθρακικό ασβέστιο έχει σκληρότητα 3 δηλαδή χαμηλή) (Σακελαρίου 2004).

- Σχήμα κόκκων: Επηρεάζει σε αρκετές περιπτώσεις τη συμπεριφορά του πληρωτικού και τη χρηστικότητά του. Μερικά πληρωτικά χρησιμοποιούνται κυρίως για το ιδιαίτερο σχήμα των κόκκων τους. (πχ φυλλοειδείς κόκκοι των μαρμαρυγιών που βελτιώνουν ορισμένα χαρακτηριστικά των χρωμάτων, βελτίωση βιομηχανίας χαρτιού) (Νικολαΐδης 2012).

- Μέγεθος κόκκων: Ιδιαίτερο ρόλο παίζει η κοκκομετρία του υλικού που κατά κανόνα είναι πολύ μικρή. Επηρεάζει την επιλογή χρήσης του υλικού και την τιμή πώλησης του στην αγορά. Η μείωση των κόκκων του εξορυσσόμενου πετρώματος στο επιθυμητό μέγεθος επιτυγχάνεται με την προπαρασκευή του υλικού σε κυκλώματα θραύσης, λειοτρίβησης και ταξινόμησης. Ακόμα η μείωση της κοκκομετρίας περιορίζει τα προβλήματα που προκύπτουν από την υψηλή σκληρότητα (Νικολαΐδης 2012).

- Δείκτης διάθλασης: Έχει άμεση σχέση με το χρώμα. Μεγάλη σημασία έχει η διαφορά των δεικτών διάθλασης πληρωτικού και του υλικού στο οποίο προστίθενται. Όσο μικρότερη είναι αυτή η διαφορά, τόσο λιγότερο εμφανής είναι η παρουσία του πληρωτικού στο προϊόν (Νικολαΐδης 2012). Οι τιμές του δείκτη διάθλασης του ασβεστίτη σύμφωνα με τον Cummins είναι 1.63 -1.66.

- Υδροδιαλυτότητα: Ιδιότητα που εκφράζει την ευκολία με την οποία διαλύεται το πληρωτικό υλικό στο νερό. Κατά κανόνα απαιτείται μικρή διαλυτότητα στο νερό για όλες σχεδόν τις εφαρμογές των πληρωτικών (Νικολαΐδης 2012). Ο ασβεστίτης παρουσιάζει ασήμαντη διαλυτότητα στο νερό.

1.5.2 Κόστος Πληρωτικών

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των πληρωτικών είναι η τιμή πώλησης τους και από αυτήν εξαρτάται αν θα προχωρήσει η εκμετάλλευσή τους. Η τιμή των πληρωτικών είναι υψηλότερη από όλα τα βιομηχανικά

ορυκτά, επομένως μπορεί να προσφέρει μεγάλα περιθώρια κέρδους. Τα στοιχεία που επηρεάζουν την τιμή πώλησης αναφέρονται τόσο στα φυσικά χαρακτηριστικά του υλικού, όσο και στα επίκτητα. Τα σημαντικότερα στοιχεία που επηρεάζουν την τιμή πώλησης τους είναι

- Η χημική καθαρότητα του υλικού
- Το μέγεθος της παρεχόμενης κοκκομετρίας
- Η τυποποίηση της κοκκομετρίας σε περιορισμένα όρια
- Η βελτίωση του υλικού με χημικές μεθόδους (Παπαδημητρίου 2011)

Η τιμή των fillers πληρωτικών είναι πολύ μικρότερη της πρώτης ύλης ενώ τα extenders πληρωτικά συχνά έχουν μεγαλύτερη τιμή από την πρώτη ύλη.

1.5.3 Ανθρακικά πληρωτικά στη βιομηχανία χρωμάτων

Ένα σημαντικό πεδίο εφαρμογής των πληρωτικών υλικών είναι στη βιομηχανία χρωμάτων. Το ανθρακικό ασβέστιο αποτελεί το κύριο διασταλτικό (extender) το οποίο προστίθεται στα χρώματα με σκοπό τον έλεγχο των ρεολογικών τους ιδιοτήτων, διατηρώντας ταυτόχρονα τη διασπορά των διαφόρων συστατικών του χρώματος. Ειδικότερα, τα διασταλτικά δρουν ως παχυντές για να μειώσουν την τάση κατακάθισης των χρωστικών, για να καλυτερεύσουν τις ιδιότητες ροής, να μειώσουν τη στιλπνότητα, να βελτιώσουν τις μηχανικές ιδιότητες του χρώματος και να αυξήσουν τις ιδιότητες αντοχής των λεπτών νημάτων (Μακρή 2003).

1.6 Χρωστικές ουσίες

Λεπτόκοκκες σκόνες, φυσικές ή συνθετικές, οργανικές ή ανόργανες, αδιάλυτες σκόνες (πούδρες) σε διασπορά, όταν προστεθούν σε υγρά δίνουν εκτός από την απόχρωση πολλές ιδιότητες του χρώματος όπως καλυπτικότητα, σκληρότητα, αντοχή και αντιδιαβρωτική προστασία. Ο όρος χρωστικές χρησιμοποιείται τόσο για λευκές όσο και για έγχρωμες χρωστικές. Οι χρωστικές ενώσεις είναι αδιάλυτες και διασπείρονται σε υγρό μέσο (Πουλιόπουλος & Χατζημπαλάση 2007).

Κεφάλαιο 2: Μελέτη Χρώματος- Χρωστικές Ουσίες

2.1 Ο ρόλος των χρωμάτων

Στην καθημερινή μας ζωή συναντάμε χιλιάδες χρώματα. Όλοι μας λίγο-πολύ τα θεωρούμε δεδομένα, ωστόσο παίζουν καθοριστικό ρόλο στην καθημερινότητά μας, δείχνουν πότε ένα φαγητό είναι χαλασμένο ,επηρεάζουν τα γούστα μας κ.α. Κάθε υλικό το οποίο έχει δημιουργηθεί είτε από τη φύση είτε από τον άνθρωπο έχει ένα συγκεκριμένο χρώμα. Τα χρώματα δεν έχουν μόνο αισθητικές λειτουργίες αλλά κ επικοινωνιακές και συμβολικές, παραδείγματος χάρη τα χρώματα των φαναριών έχουν τη δική τους σημασία 'η ένα μαύρο μήλο καταλαβαίνουμε ότι είναι σάπιο.

Παρόλο που μας επηρεάζουν αρκετά, οι γνώσεις μας γι' αυτά είναι ανεπαρκείς και δεν μπορούμε να εκφράσουμε με ακρίβεια ένα συγκεκριμένο χρώμα. Είναι πιθανό δυο άνθρωποι να αντιλαμβάνονται διαφορετικά την ίδια χρωματική απόχρωση.

Χωρίς αμφιβολία μια πιο ξεκάθαρη γνώση των χρωμάτων, της έκφρασής τους και των ιδιοτήτων τους είναι απαραίτητη. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό είναι το αμετάβλητο τυπικό χρώμα του προϊόντος, τα σύγχρονα βιομηχανικά προϊόντα αναγνωρίζονται ως επώνυμα εφόσον πάντα φαίνονται το ίδιο. Κάθε βιομηχανικό προϊόν υποβάλλεται σε σταθερές προδιαγραφές ποιότητας, Ανάμεσα στα κριτήρια είναι και το χρώμα που συνήθως είναι τυποποιημένο και ελέγχεται κατά την παραγωγή και την τελική επιθεώρηση. Για παράδειγμα, στην αυτοκινητοβιομηχανία, οι παραγωγοί χρώματος, οι κατασκευαστές αυτοκινήτων και τα συνεργεία επισκευής συμφωνούν στις ανοχές χρώματος. Στην περίπτωση αυτή, τα χρώματα προσδιορίζονται ώστε να ταιριάζουν με τα χρώματα των αυτοκινήτων που επισκευάζονται με σκοπό την ικανοποίηση του ιδιοκτήτη.

Ο καφές είναι ένα από τα πιο διάσημα ροφήματα. Κάθε εταιρία απαιτεί συγκεκριμένο χρόνο ψησίματος ώστε να επιτευχθεί ο σωστός βαθμός και η γεύση. Εάν οι κόκκοι γίνουν πολύ σκούροι ο καφές θα είναι πικρός. Σε αυτόν τον τομέα η χρωματομετρία εξοικονομεί χρήματα και διατηρεί την ποιότητα.

Τέλος, ένας τομέας που δε θα μπορούσαμε να παραλείψουμε διότι δε θα μπορούσαμε να τον αντιληφθούμε χωρίς τα χρώματα είναι αυτός της

βιομηχανίας καλλυντικών. Κραγιόν, πούδρες, σκιές κ.α. επιλέγονται κυρίως βάση του χρώματος τους γεγονός που κάνει τους κατασκευαστές περισσότερο απαιτητικούς στο να επιτύχουν κατάλληλες ιδιότητες χρωμάτων (Minolta).

2.1.2 Ιστορική αναδρομή χρώματος

Από τα πανάρχαια χρόνια ο άνθρωπος θέλησε να δώσει χρώμα στα καθημερινά του αντικείμενα και κυρίως στα ρούχα του. Οι Κινέζοι, οι Ινδοί, οι Μάγιας ήταν οι κάτοχοι των μυστικών βαφής για περισσότερο από τρεις χιλιετίδες. Ο τρόπος παρασκευής τους ήταν μυστικό φυλαγμένο με την ποινή του θανάτου και μεταδιδόταν με ειδική τελετή μύησης. Οι βαφές παρασκευάζονταν από φυσικά μέσα οργανικά και ανόργανα και η παρασκευή τους έπαιρνε τη μορφή ιεροτελεστίας. Παράγονταν σε πολύ μικρές ποσότητες και ήταν προνόμιο των



βασιλέων και των πλούσιων ηγεμόνων.

Εικόνα 2.1 Ειδική τελετή μύησης για την μετάδοση γνώσεων του τρόπου παρασκευής βαφών.

Στην Ελλάδα η βαφή μεταδόθηκε σε ευρύτερη κλίμακα μετά την εκστρατεία του Μεγάλου Αλεξάνδρου που μετέφερε πολλά από τα μυστικά των λαών που κατέκτησε.



Εικόνα 2.1.2 Τα πρώτα δείγματα βαφής στην Ελλάδα.

Το μπλε, το μαύρο και το κίτρινο ήταν τα χρώματα που χρησιμοποιήθηκαν αρχικά σε ευρεία κλίμακα. Η παλαιοντολογία μας δίνει πληροφορίες για την βαφή των ζωγραφικών παραστάσεων, που αρχικά ήταν σχεδιασμένες μόνο με μαύρο χρώμα και αργότερα προστέθηκε το καφέ. Η τέχνη της πορφύρας, δηλαδή η παραγωγή έντονου κόκκινου χρώματος από κάποιο είδος κοχυλιών άκμασε από πολύ παλιά.



Εικόνα 2.1.3 Το πρώτο στάδιο εξέλιξης της βαφής.

Τον 4ο μ.Χ. αιώνα η Βυζαντινή αυτοκρατορία διέθετε ειδικό εργαστήριο πορφυρής βαφής με Φοίνικες τεχνίτες αποκλειστικά για τη βαφή των βασιλικών ρούχων για χρήση από τους «πορφυρογέννητους» γόνους τους. Αργότερα η επεξεργασία πολύ περισσότερων πρώτων υλών έδωσε νέες βαφές που διαδόθηκαν γρήγορα στο πλατύτερο κοινό.

Στους αρχαίους χρόνους, φιλόσοφοι όπως ο Πυθαγόρας, ο Πλάτωνας, ο Αριστοτέλης, και ο Πλίνιος μίλησαν για τη φύση των χρωμάτων. Ο Αριστοτέλης για παράδειγμα έγραψε: « Τα απλά χρώματα είναι τα χαρακτηριστικά χρώματα των στοιχείων, δηλαδή της φωτιάς, του αέρα, του νερού και της γης». Αρκετούς αιώνες αργότερα ο Leonardo da Vinci, υποστήριξε κάποια αντίστοιχη θεωρία στη «Διατριβή πάνω στην Ζωγραφική» (www.graphicnotes.gr).

2.1.3 Η φύση του χρώματος

Τα αντικείμενα εμφανίζονται «χρωματιστά» για πολλούς λόγους: Μπορεί να εκπέμπουν ακτινοβολία διαφόρων μηκών κύματος, να απορροφούν ακτινοβολία η οποία έτσι αλλοιώνεται πριν φτάσει σε αυτόν που την παρατηρεί, να ανακλούν (σκεδάζουν) μέρος μόνο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ή και συνδυασμό όλων των παραπάνω. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η ανάμειξη διαφόρων συχνοτήτων και εντάσεων ανά συχνότητα και δίνει την αίσθηση του χρώματος. Για παράδειγμα ένα πράσινο φύλλο απορροφά συνήθως το κόκκινο και το μπλε χρώμα που προέρχεται από μια πηγή φωτός συνεχούς φάσματος όπως ο ήλιος, είτε ανακλώντας μόνο το πράσινο είτε αφήνοντας να διέλθει μόνο το πράσινο από μέσα του όταν φωτίζεται από πίσω ή αν είναι διαφανές. Μια πυγολαμπίδα είναι αυτόφωτη, παράγει δηλαδή πράσινο φως. Ένα υλικό που φθορίζει μπορεί να επανεκπέμψει φωτεινή ακτινοβολία άμεσα σε ίδια ή μικρότερη συχνότητα ή και σε ένα εύρος συχνοτήτων.

Το χρώμα θεωρείται το αίτιο που διεγείρει τον αμφιβληστροειδή χιτώνα του οφθαλμού. Υπό την άποψη αυτή η έννοια του χρώματος είναι καθαρά υποκειμενική και συνδέεται με ιδιάζοντα χαρακτηριστικά αισθημάτων που προέρχονται από φωτεινά ερεθίσματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η επιλογή του χρώματος ή χρωμάτων στις σημαίες των χωρών.

Παρά τη γνώμη των φιλοσόφων κατά την αρχαιότητα το χρώμα δεν αποτελεί ειδική και βασική ιδιότητα των σωμάτων. Ο Επίκουρος ήταν ο πρώτος που διαπίστωσε ότι ο χρωματισμός των αντικειμένων ποικίλει ανάλογα με την

ένταση του φωτός και συμπέρανε πως τα σώματα δεν έχουν πάντα το ίδιο χρώμα. Ο Άγγλος φυσικός Isaac Newton απέδειξε πως το λευκό φως μπορεί να αναλυθεί σε στοιχειώδεις φωτεινές ακτίνες που περιέχουν διάφορα χρώματα, όπως κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, θαλασσί και μπλε.

Στη πραγματικότητα το ηλιακό φως δεν περιλαμβάνει μόνο τα επτά κύρια χρώματα αλλά και πολλά άλλα, ενδιάμεσα χρώματα, που η μετάβαση από το ένα στο άλλο γίνεται βαθμιαία. Το 1865 ο Ούμπερτ υπολόγισε τις αποχρώσεις του φάσματος σε χίλιες. Γενικά τα χρώματα του φάσματος είναι απλά γιατί το καθένα από αυτά δεν μπορεί να αναλυθεί σε άλλα χρώματα. Συμφωνά με τη θεωρία του Νεύτωνα υπάρχουν τόσα χρώματα στο ηλιακό φάσμα, όσες και οι τιμές του δείκτη διάθλασης δηλαδή άπειρα. (Wikipedia)

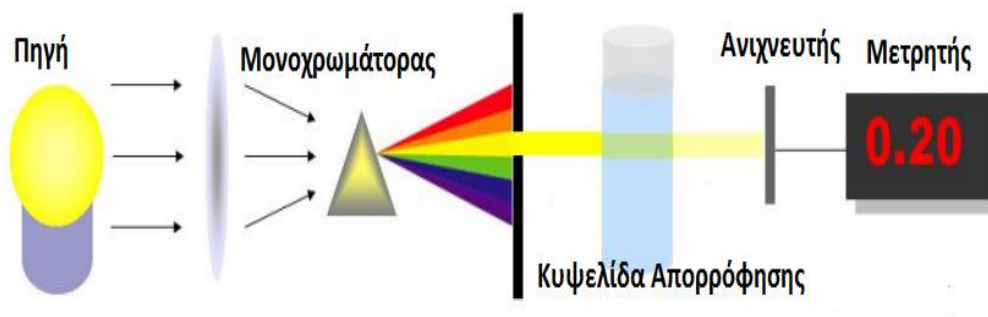
2.2 Φασματοφωτομετρία

Το φως αποτελείται από ηλεκτρομαγνητικά κύματα που όταν αλληλεπιδρούν με την ύλη απορροφώνται, σκεδάζονται ή διαδίδονται μέσα σε αυτή. Μελετώντας την αλληλεπίδραση του φωτός, με την ύλη, λαμβάνουμε αρκετές πληροφορίες σχετικά με τη δομή της και γενικά για την ποιότητα και την ποσότητά της. Για την ακριβέστερη ανάλυσή της αναπτύχθηκαν κατάλληλα οπτικά μέσα γνωστά ως φασματογράφοι ή φασματοσκόπια ή φασματοφωτόμετρα τα οποία πραγματοποιούν ακριβή ανάλυση του φάσματος του φωτός αφού αυτό αλληλεπιδράσει με την ύλη (Price, 1969).

Το φασματοφωτόμετρο αρχικά μετρά την ένταση του φωτός σε μια περιορισμένη περιοχή ενώ ταυτόχρονα η επιφάνεια που μελετάται φωτίζεται με μια παράλληλη δέσμη φωτός, η οποία προσπίπτει πάνω της. Ουσιαστικά μετρά την ένταση του ανακλώμενου φωτός και το χρώμα (Ρεπούσκου 2001).

Τα βασικά εξαρτήματα ενός φασματοφωτόμετρου είναι:

- Μια σταθερή πηγή ακτινοβολίας
- Ένα σύστημα φακών/καθρεφτών και σχισμών που ορίζουν, ευθυγραμμίζουν και εστιάζουν τη δέσμη
- Ένα μονοχρωμάτορας για την ανάλυση της ακτινοβολίας σε επί μέρους μήκη κύματος
- Μια διάφανη κυψελίδα για το δείγμα
- Ένας ανιχνευτής ακτινοβολίας με ένα σύστημα μέτρησης



Σχήμα 2.2: Διάγραμμα ενός φασματοφωτόμετρου

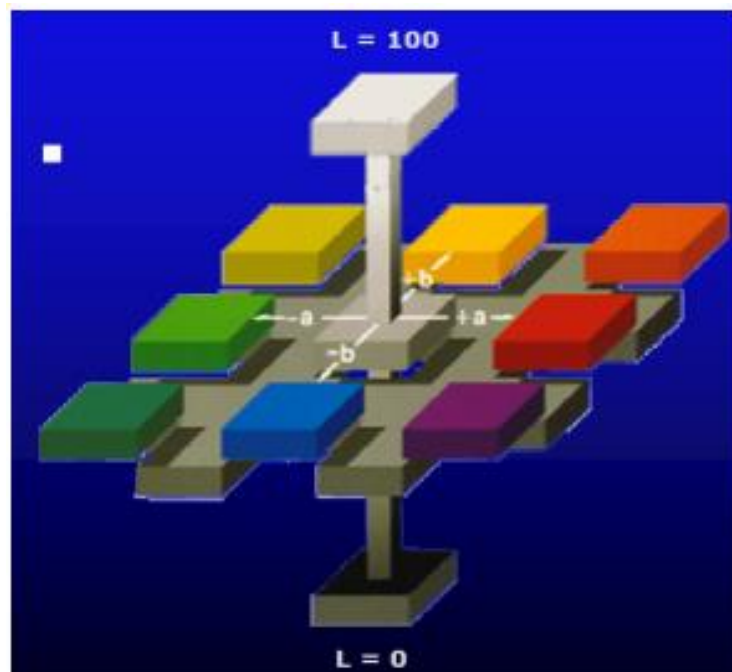
Ως πηγές χρησιμοποιούνται λυχνίες από νήμα βολφραμίου, το οποίο θερμαίνεται και εκπέμπει συνεχή ακτινοβολία μεταξύ 350 έως 2500nm, ο μονοχρωμάτορας χρησιμεύει στον διαχωρισμό της ακτινοβολίας σε επιμέρους μήκη κύματος, η μονοχρωματική ακτινοβολία φωτίζει το δείγμα και το φως ανακλώμενο από αυτό συλλέγεται, προσπίπτει στον ανιχνευτή και καταγράφει τα αποτελέσματα (Billmeyer, Saltzman 1981).

2.3 Διεθνής Ένωση Φωτισμού (CIE) και Συστήματα Μέτρησης Χρώματος

Η χρωματομετρία ως επιστήμη ιδρύθηκε το 1930 από τη Διεθνή Ένωση Φωτισμού (CIE). Τα χρωματομετρικά συστήματα της CIE είναι τα μοναδικά τα οποία γίνονται παγκοσμίως αποδεκτά για τη μέτρηση χρώματος με συνέπεια όλα τα διεθνή πρότυπα να είναι βασισμένα σε αυτά. (Χατζής 2005)

Το χρώμα εκφράζεται από το σύστημα CIE με μαθηματικές τιμές οι οποίες προκύπτουν από μαθηματικές εξισώσεις.

Το χρωματικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα διπλωματική ονομάζεται CIELab ή L^*, a^*, b^* . Το μοντέλο αυτό παρουσιάστηκε το 1976. Πρόκειται για έναν ομοιόμορφο χρωματικά χώρο ο οποίος προσομοιάζει στη ανθρώπινη αντίληψη τις χρωματικές διαφορές καλύτερα από κάθε άλλο χρωματικό σύστημα ή μοντέλο. Το κάθε χρώμα περιγράφεται από τρεις συντεταγμένες που ονομάζονται L, a και b . Ο παράγοντας L εκφράζει την φωτεινότητα και παίρνει τιμές από 0 έως 100 ενώ οι παράγοντες a και b δίνουν πληροφορίες χρώματος χωρίς να έχουν όριο στις τιμές. Οι θετικές τιμές του a αντιπροσωπεύουν το κόκκινο χρώμα ενώ οι αρνητικές το πράσινο. Οι θετικές τιμές του b αντιπροσωπεύουν το κίτρινο ενώ οι αρνητικές του μπλε (Χατζής 2005).



Εικόνα 2.3 Απεικόνιση του χρωματικού συστήματος CIE L*a*b* L=100, L=0, a :πράσινο/ κόκκινο b:κίτρινο/ μπλε.

Το χρωματικό μοντέλο που περιγράφεται μπορεί να αναπαρασταθεί και σε κυλινδρικό σύστημα πολικών συντεταγμένων με το μοντέλο CIE L*,c*, h.

Όπου (Χατζής 2005):

L: Η φωτεινότητα

hue : εκφράζει την απόχρωση παίρνοντας τιμές 0 για το κόκκινο, 90 για το κίτρινο, 180 για το γαλαζοπράσινο και 270 για το μπλε.

Chroma: εκφράζει τον κορεσμό και προσδιορίζει την συγκέντρωση δηλαδή την ένταση του χρώματος, εκφράζει τη σχέση της φωτεινότητας και της εντονότητας της μελετούμενης απόχρωσης.

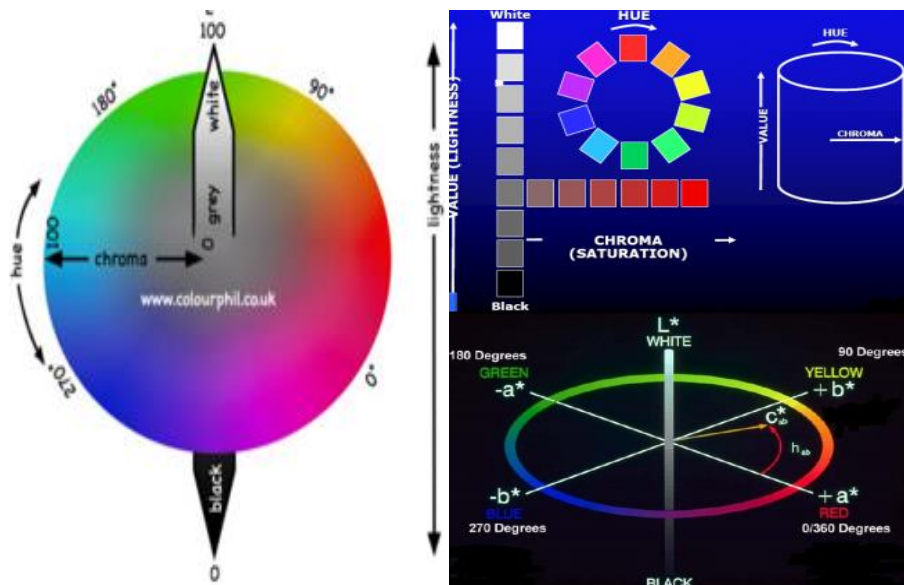
ΔE^*ab : περιγράφει τη διαφορά του χρώματος του δείγματος από τα τέλειο λευκό χρησιμοποιώντας τη μεταβολή δεικτών L, a, bσε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές του τέλειου λευκού. Οι τιμές του τέλειου λευκού είναι: L= 100, a=0, b=0.

$$\Delta E^*ab = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]$$

ΔL : η διαφορά της φωτεινότητας του δείγματος από το τέλειο λευκό

Δa : Η διαφορά του δείκτη a του δείγματος από το δείκτη a του τέλειου λευκού

Δb : Η διαφορά του δείκτη b του δείγματος από το δείκτη b του τέλειου λευκού



Εικόνα 2.3.1 Απεικόνιση του χρωματικού μοντέλου CIE Lab σε κυλινδρικό σύστημα συντεταγμένων L^* , C^* , h .

2.4 Χρωστικές ουσίες

Οι χρωστικές είναι ουσίες ανόργανης ή οργανικής προέλευσης, χρησιμοποιούνται για να δώσουν χρώμα σε διάφορα είδη όπως χαρτί, πλαστικό, υφάσματα, φαγητό, βαφές κ.α. Τα υλικά τα οποία έχουν επιλεγεί ως χρωστικές έχουν συγκεκριμένες ιδιότητες, οι οποίες τους επιτρέπουν να χρωματίσουν άλλα υλικά. (Πουλιόπουλος & Καλαφάτη 2007)

Κατά την παλαιολιθική εποχή, οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν χρωστικές από ζώα, φυτά και ορυκτά για τη διακόσμηση των εργαλείων και των όπλων τους, για τοιχογραφίες σε σπήλαια, για τον καλλωπισμό τους κ.λ.π. Οι φυτικές και ζωικές ουσίες παρόλο που ήταν διαθέσιμες ήταν ευπαθείς και αλλοιώνονταν κατά την έκθεση τους στον ήλιο σε αντίθεση με τις ορυκτές χρωστικές, οι οποίες άντεχαν στο χρόνο. Η αξία μερικών χρωστικών ήταν αντίστοιχη των πολύτιμων μετάλλων και λίθων διότι ήταν ελαφρύτερες και η μεταφορά τους ήταν εύκολη (Αποστολάκη 2005).

Το 4000 π.Χ. οι Αιγύπτιοι κατασκεύαζαν μπλε γυαλιά τα οποία κονιορτοποιούσαν και έφτιαχναν μπλε βαφές, το λεγόμενο αιγυπτιακό μπλε, ενώ επίσης, εξήγαγαν λευκό χρώμα από το μόλυβδο. Το λευκό αυτό χρώμα χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα (www.xromata.com). Κατά τον 19^ο αιώνα δηλαδή κατά την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης ανακαλύφθηκαν νέες χρωστικές από φυσικά ορυκτά και χημικές συνθέσεις (www.Renovat.gr).



Εικόνα 2.4: Χρωστικές ουσίες

2.4.1 Ανόργανες και οργανικές χρωστικές

Οι χρωστικές διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το τύπο προέλευσής τους, στις ανόργανες και τις οργανικές.

Αρχικά ανακαλύφθηκαν οι ανόργανες χρωστικές οι οποίες προέρχονται από ορυκτά δηλαδή, είναι φυσικές χρωστικές ουσίες, όπως αυτές που χρησιμοποιούσαν την εποχή των σπηλαίων για τοιχογραφίες. Αργότερα άρχισαν να κατασκευάζονται συνθετικές ανόργανες χρωστικές ουσίες, οι οποίες διατηρούν τις ίδιες ενώσεις με αυτές που υπάρχουν στα ορυκτά, παρουσιάζουν υψηλή αποδοτικότητα, αντοχή και πιο καθαρά χρώματα. Επίσης, εφαρμόζονται κυρίως για τη βαφή κεραμικών υλικών, σε δομικά υλικά κ.λ.π λόγω της αντοχής τους σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι κυριότερες είναι τα οξείδια σιδήρου(κόκκινο, κίτρινο, μαύρο), διοξείδιο του τιτανίου (λευκό), οξείδιο χρωμίου (πράσινο, κίτρινο) κ.α. (Πούλιος- Χατζημπαλάση 2007).

Οι οργανικές χρωστικές προέκυψαν από οργανικά χρωστικά υλικά τα οποία παραμένουν αδιάλυτα στο μέσο εφαρμογής τους. Σε σχέση με τις ανόργανες, οι οργανικές ουσίες έχουν πιο καθαρή απόχρωση, μεγαλύτερη χρωστική ένταση, τιμή και είναι εν μέρει διαφανείς. Εφαρμόζονται κυρίως για χρώματα εκτύπωσης, βερνίκια κ.α. Οι κυριότερες είναι οι αζωχρωστικές ουσίες (κόκκινο, κίτρινο – αντοχή στο φως), οι καρβονυλικές (κόκκινο, κίτρινο, μωβ), οι χρωστικές από φθαλοκυανίνη (μπλε, πράσινο) κ.α. (Πούλιος-Χατζημπαλάση 2007).

2.4.2 Ιδιότητες χρωστικών

- Αντοχή χρώματος

Το χρώμα αποτελεί την κυριότερη φυσική ιδιότητα των χρωστικών ουσιών. Μια επιφάνεια φαίνεται χρωματισμένη λόγω της αντανάκλασης συγκεκριμένων μηκών κύματος του λευκού φωτός και απορρόφησης των υπολοίπων, ωστόσο, δεν μπορεί να προσδιοριστεί ποσοτικά (Αθανασάκου 2011).

Μια χρωστική ουσία όταν διατηρεί το φυσικό της χρώμα καθώς αναμειγνύεται με άλλες χρωστικές έχει υψηλή αντοχή στο χρώμα, γεγονός πολύ σημαντικό γιατί απαιτείται λιγότερη ποσότητα χρωστικής για να επιτευχθεί η επιθυμητή απόχρωση. Το μέγεθος κόκκων επηρεάζει την αντοχή του χρώματος. Όσο μικρότεροι είναι οι κόκκοι τόσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή του (Αθανασάκου 2011).

Ο δείκτης διάθλασης είναι εξίσου πολύ σημαντικός διότι από αυτόν εξαρτάται η καλυπτική ικανότητα μια διαφανούς ουσίας. Όσο μεγαλύτερος είναι δείκτης διάθλασης της χρωστικής και χαμηλότερος του μέσου τόσο μεγαλύτερη είναι η αντανάκλαση του φωτός (Αποστολάκη 2005).

Σύμφωνα με τον Mervin τα χαρακτηριστικά του χρώματος, η απόχρωση, η φωτεινότητα το διάχυτου φωτός εξαρτώνται από την χρωματική απορρόφηση, το μέγεθος, τη μορφή και την υφή των κόκκων των χρωστικών ουσιών.

- Καλυπτική ικανότητα

Η καλυπτική ικανότητα είναι η ιδιότητα των χρωστικών ουσιών, να κρύβουν την επιφάνεια στην οποία εφαρμόζονται. Οι λευκές χρωστικές ουσίες έχουν την ικανότητα να ανακλούν το φως και να κρύβουν το μαύρο, είναι το μέτρο της καλυπτικής τους ικανότητας, ενώ στην περίπτωση των μαύρων χρωστικών ουσιών συμβαίνει το αντίθετο. Γενικότερα, η καλυπτική ικανότητα μιας χρωστικής ουσίας είναι ανάλογη του δείκτη διάθλασης της, του μεγέθους των κόκκων και του βάθους του χρώματος. (Αποστολάκη 2005).

- Αντοχή στο φως και στις περιβαλλοντικές συνθήκες

Μια καλή χρωστική ουσία θα πρέπει να μην αλλάζει χρώμα ύστερα από την μακροχρόνια έκθεσή της στο φως, για να έχει διάρκεια. Αυτό καθορίζεται από τη δομή των μορίων τα οποία διαχωρίζονται ή αλλάζουν σχήμα όταν δέχονται φως με αποτέλεσμα να ξεθωριάζουν και να αλλάζουν χρώμα (Αθανασάκου 2011).

Η αντοχή των χρωστικών υπό την επίδραση των καιρικών συνθηκών μετριέται με συσκευές επιτάχυνσης γήρανσης σε συνδυασμό με μια λάμπα ξένου, με αναλογική κλίμακα από το 1 έως το 5. (Το 5 εκφράζει πως δεν υπήρξε καμία αλλαγή στο χρώμα σε αντίθεση με το 1, το οποίο δείχνει σημαντική αλλαγή) (Αθανασάκου 2005).

- **Διασπορά και Διαπερατότητα**

Μια χρωστική με καλή διασπορά μπορεί με ευκολία να κατανεμηθεί ομοιόμορφα στο μέσο εφαρμογής της. Όσο καλύτερη είναι η διασπορά μιας χρωστικής, τόσο αυξάνεται η διαπερατότητά της. Η διαπερατότητα μετριέται συγκρίνοντας το χρώμα με έναν άσπρο ή ένα μαύρο πίνακα: όσο μεγαλύτερη είναι η χρωματική αλλαγή τόσο μεγαλύτερη διαπερατότητα έχει η χρωστική ουσία (Αθανασάκου 2005)

Κεφάλαιο 3: Υλικά και μέθοδοι πειραματικής διαδικασίας

3.1 Προέλευση δειγμάτων



Εικόνα 3.1 Πολιτικός χάρτης Ελλάδας- Προέλευση των δειγμάτων από τις περιοχές με κόκκινο χρώμα.

Ως πρώτες ύλες για την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας της παρούσας διπλωματικής, χρησιμοποιήθηκαν ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθος, μάρμαρο, κρητίδα) από διάφορες περιοχές της Ελλάδας, τα οποία αξιολογήθηκαν ως προς τη χημική και την ορυκτολογική τους σύσταση καθώς και ως προς τις χρωματικές τους ιδιότητες. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ανθρακικά πετρώματα που χρησιμοποιήθηκαν, οι κωδικοί τους καθώς και η περιοχή προέλευσής τους:

Πίνακας 3.1 Προέλευση δειγμάτων

Κωδικός δείγματος	Περιοχή
A1	Κεφαλονιά
A2	Άρτα
A3	Άσφενδος
A4	Νάξος
A5	Αθήνα
A6	Αθήνα
A7	Καβάλα
A8	Βόλος
A9	Λαμία
A10	Χανιά
A11	Σπάρτη

Ανάλογα με την αντικατάσταση του ασβεστίτη σε δολομίτη έχουμε τους εξής πετρογραφικούς τύπους ανθρακικών πετρωμάτων (Θεοδωρίκας 2002):

1. Ασβεστόλιθος: περιέχει 0 - 10% δολομίτη
2. Δολομιτικός ασβεστόλιθος: περιέχει 10-50% δολομίτη
3. Ασβεστολιθικός δολομίτης: περιέχει 50-90% δολομίτη
4. Δολομίτης: περιέχει 90-100% δολομίτη

3.1.1 Περιγραφή χρωστικών

- Αιματίτης (Fe_2O_3)



Εικόνα 3.1.1 Αιματίτης

Το όνομα του προέρχεται από την ελληνική λέξη «αίμα» και αποτελείται από 70% από σίδηρο και 30% οξυγόνο. Κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα και η κρυσταλλική του μορφή είναι πλακώδης και ρομβοεδρική. Έχει σκληρότητα 5,5 έως 6,5 κατά κλίμακα Mohs και πυκνότητα $5,26 \text{ gr/cm}^3$. Η λάμψη του είναι μεταλλική έως ημιμεταλλική και έχει χρώμα καστανοκόκκινο έως μαύρο. Τέλος, εμφανίζεται ως δευτερογενές ορυκτό σε πυριγενή πετρώματα, όπου προκύπτει από εξαλλοίωση φενικών ορυκτών, ενώ απαντά σε υδροθερμικές φλέβες και σε κοιτάσματα μεταμόρφωσης επαφής κατά την οξείδωση ασβεστόλιθων (Θεοδωρίκας 2002).

Συγκαταλέγεται στις βασικές χρωστικές των οξειδίων σιδήρου και έχει κόκκινη απόχρωση. Παρόλο που ανήκει στις φυσικές χρωστικές, παρασκευάζονται και συνθετικές οι οποίες εμφανίζουν μεγαλύτερη ζήτηση στην αγορά λόγω της χρωματικής καθαρότητας, της σταθερότητας και της μεγάλης αντοχής βαφής. Οι παραγόμενες χρωστικές είναι μη τοξικές, αδιαφανείς, με μερική προστασία από τη διάβρωση, αντοχή στις καιρικές συνθήκες και το φώς και χαμηλό κόστος (Τσιραμπίδης 2004).

- Γραφίτης (C)



Εικόνα 3.1.2 Γραφίτης

Το όνομά του προέρχεται από την ελληνική λέξη «γράφω» γιατί χρησιμοποιείται στα μολύβια. Ο γραφίτης αποτελείται από άνθρακα σε περιεκτικότητα μέχρι και 100%, ενώ μερικές φορές, περιέχει οξείδια σιδήρου, αργιλίου κ.α. Είναι πλακώδης και κρυσταλλώνεται στο εξαγωνικό σύστημα. Η σκληρότητα του κατά κλίμακα Mosh είναι ίση με 1 έως 2 και έχει πυκνότητά του $2,23 \text{ gr/cm}^3$. Σχηματίζεται ιζηματογενώς από την αποσάθρωση των υλικών οργανικής προέλευσης ενώ εμφανίζεται με τη μορφή λεπτών στρωμάτων σε μεταμορφωμένα πετρώματα (Θεοδωρίκας 2002).

3.2 Προετοιμασία δειγμάτων

Το πρώτο στάδιο της παρούσας διπλωματικής περιλαμβάνει τη λειοτρίβηση των δειγμάτων των ανθρακικών πετρωμάτων. Ζυγίστηκαν 90 γραμμάρια από κάθε δείγμα, τοποθετήθηκαν σε ειδικά δοχεία αχάτη και στη συνέχεια στον πλανητικό σφαιρόμυλο στο εργαστήριο εμπλουτισμού για τριάντα λεπτά στις 200 στροφές για κονιοποίησηθούν και να μετατραπούν σαν πούδρα.



Σχήμα 3.2: Πλανητικός σφαιρόμυλος εργαστηρίου εμπλουτισμού.

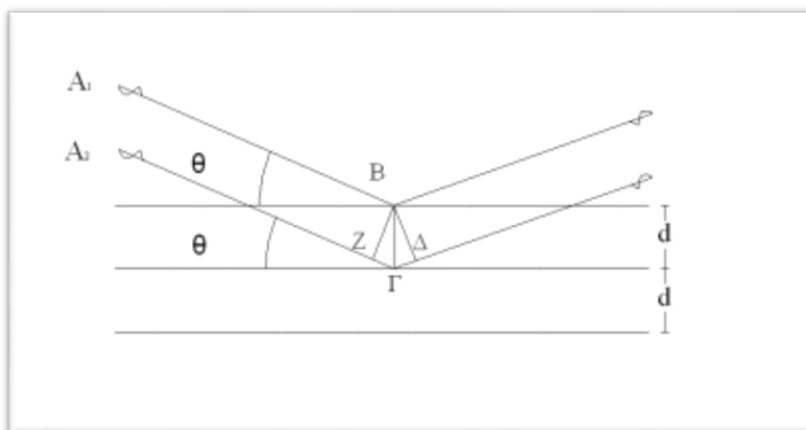
Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων αποτελεί η χαμηλή κοκκομετρία τους. Αυτή είναι η αιτία που επιλέχθηκε να λειοτριβισθούν τα δείγματα στο συγκεκριμένο σφαιρόμυλο και στη συνέχεια κοσκινιστήκαν σε κόσκινα μεγέθους κάτω από 90 μικρόμετρα S/M (No 170).

3.3 Μέθοδος περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των ορυκτολογικών συστατικών των πετρωμάτων με τη χρήση περιθλασίμετρου ακτίνων-Χ (XRD). Χάρη σε αυτή τη μέθοδο λαμβάνουμε μια πρώτη ένδειξη για τις μηχανικές και φυσικοχημικές ιδιότητες των υποεξέταση δειγμάτων (Νικολαΐδης 2012). Η μέθοδος XRD (X-raydiffraction) επιτρέπει την απευθείας μέτρηση των εντάσεων των ανακλάσεων των ακτίνων -Χ που προσπίπτουν πάνω σε ένα παρασκεύασμα κρυσταλλικής κόνεως καθώς και των γωνιών πρόσπτωσης (Κωστάκης 2005).

Σύμφωνα με τον Bragg, ο οποίος χρησιμοποίησε τις ακτίνες-Χ για κρυσταλλογραφική ανάλυση, η περίθλαση των ακτίνων-Χ στους κρυστάλλους συμβαίνει όταν αυτές προσπίπτουν υπό ορισμένη γωνία σε πλεγματικά επίπεδα του κρυστάλλου. Αν θεωρηθεί ότι το πλέγμα ενός κρυστάλλου αποτελείται από ομάδες πλεγματικών επιπέδων, τα οποία σε κάθε ομάδα είναι παράλληλα και διαδέχεται το ένα το άλλο, πάντα στην ίδια απόσταση τότε, σύμφωνα με την εξίσωση Bragg ισχύει: $n \cdot \lambda = 2d \sin \theta$. Όπου:

- n : η τάξη της ανάκλασης
- λ : το μήκος κύματος
- d : πλεγματική απόσταση των επιπέδων ανάκλασης του κρυστάλλου
- θ : η γωνία πρόσπτωσης



Σχήμα 3.3.1: Ανάκλαση των ακτίνων-Χ σύμφωνα με την εξίσωση του Bragg.

Αφού τα δείγματα αναλυθούν στο περιθλασίμετρο, τα αποτελέσματά τους εμφανίζονται με τη μορφή μιας καμπύλης με διάφορες κορυφές, όπου η κάθε κορυφή αντιστοιχεί στο επίπεδο ανάκλασης του κρυσταλλικού πλέγματος των ορυκτών που υπήρχαν στο δείγμα. Για την αναγνώριση των ορυκτών χρησιμοποιείται βάση δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει τις κορυφές ανάκλασης κάποιων ήδη ταυτοποιημένων ορυκτών τα οποία συγκρίνονται και έτσι εξάγεται η ορυκτολογική σύσταση του δείγματος (Κωστάκης 2005).

Τα σύγχρονα περιθλασίμετρα αποτελούνται από μία μονάδα παραγωγής υψηλής τάσεως, μια λυχνία ακτίνων-Χ, ένα γωνιόμετρο, έναν απαριθμητή των ακτίνων-Χ με μονάδα επεξεργασίας και καταγραφής κρούσεων και μια μονάδα υπολογιστή μέσω του οποίου καταγράφονται και αξιολογούνται τα αποτελέσματα των υποεξέταση δειγμάτων (Κωστάκης 2005).



Εικόνα 3.3 Περιθλασίμετρο ακτίνων –Χ εργαστηρίου ορυκτολογίας.

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ειδικά πλαστικά πλακίδια τα οποία εμφανίζουν μια κοιλότητα βάθους 1 χιλιοστού και έκτασης μερικών τετραγωνικών εκατοστών. Η ποσότητα του δείγματος που χρησιμοποιείται είναι περίπου ένα γραμμάριο το οποίο κατανέμεται ομοιόμορφα έτσι ώστε να σχηματιστεί λεία επίπεδη επιφάνεια (Γκιόκα 2014).

Ο ποιοτικός προσδιορισμός των ορυκτών φάσεων έγινε με τη χρήση του λογισμικού DiffraC Plus (Bruker AXS) και τη βάση δεδομένων JCPDS, ενώ για τον ποσοτικό προσδιορισμό των φάσεων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό AutoQuan (Rayflex) που λειτουργεί με τη μέθοδο εκλέπτυνσης της κρυσταλλικής δομής Rietveld. Η ορυκτολογική ανάλυση πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Γενικής και Τεχνικής Ορυκτολογίας του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η ακτινοσκόπηση των δειγμάτων έγινε με χρήση λυχνίας Cu, καταμετρητή Lynx-Eye, με φίλτρο νικελίου, τάση λυχνίας $U=35\text{kV}$ και ένταση ρεύματος $I=35\text{ mA}$ στην περιοχή των γωνιών 2θ μεταξύ $4-70^\circ$, με βήμα 0.019° και χρόνο 31.8 s/ανά βήμα . Χρησιμοποιήθηκε το σύστημα αυτόματης περιθλασιμετρίας D8 advance της BrukerAXS.

3.4 Μέθοδος φασματοσκοπίας φθορισμού ακτίνων-X

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τον ποσοτικό προσδιορισμό των χημικών συστατικών των δειγμάτων με τη χρήση φασματομέτρου το οποίο μετρά την εκλυόμενη ακτινοβολία των ακτίνων-X καθώς αυτές προσπίπτουν πάνω στην επιφάνεια του δείγματος. Για να διεξαχθούν τα αποτελέσματα την ανάλυσης απαιτείται βαθμονόμηση του οργάνου με πρότυπα δείγματα, γνωστής περιεκτικότητας στη περιοχή συγκεντρώσεων των υπό εξέταση δειγμάτων (Στεργιούδης 2007).



Εικόνα 3.4 Φασματοσκόπιο ακτίνων-Χ φθορισμού εργαστηρίου γεωχημείας.

Η αρχή λειτουργίας του φασματοφωτόμετρου XRF είναι η εξής: Οι πρωτογενείς ακτίνες X_1 που εκπέμπονται από την πηγή, προκαλούν εκπομπή χαρακτηριστικών δευτερογενών ακτίνων X_2 από το δείγμα (φθορισμός), των οποίων οι ενέργειες είναι μικρότερες από τις ενέργειες των πρωτογενών ακτίνων X_1 και εξαρτώνται από τα στοιχεία που περιέχει το δείγμα. Η δέσμη των δευτερογενών ακτίνων X φθορισμού διέρχεται από τον ευθυγραμμιστή για να γίνει παράλληλη και προσπίπτει στον αναλυτή κρύσταλλο όπου και περιθλάται. Η περιθλώμενη αυτή ακτινοβολία μετρίεται από τον ανιχνευτή και μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα το οποίο καταγράφεται. Από το μήκος των ακτίνων- X προσδιορίζεται τον είδος των στοιχείων του δείγματος (ποιοτική ανάλυση), ενώ από την ένταση τους η σύσταση (ποσοτική ανάλυση). Η μέθοδος αυτή βασίζεται στον φθορισμό των ακτίνων- X και εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι οι ενέργειες των φωτονίων που εκπέμπει ένα ραδιενεργό άτομο κατά την αποδιέγερσή του είναι χαρακτηριστικές για το είδος του ατόμου και μπορεί να οδηγήσουν στον προσδιορισμό του.

Η βασικές μονάδες ενός συστήματος φασματομετρίας ακτίνων- X φθορισμού είναι μία λυχνία παραγωγής πρωτογενούς ακτινοβολίας, ένα φίλτρο πρωτογενούς ακτινοβολίας, ένας ευθυγραμμιστής, ο αναλυτής κρύσταλλος και ο ανιχνευτής (Μωραΐτης 2011).

Για την εκτέλεση της μεθόδου, αφότου ξηράνθηκαν τα ανθρακικά δείγματα, μετρήθηκαν 5 γραμμάρια από το κάθε δείγμα και 0,5 γραμμάρια από ένα ειδικό κερί, αναμείχθηκαν καλά μεταξύ τους και τοποθετήθηκαν σε μικρά πλαστικά δοχεία με πώμα. Στη συνέχεια με τη βοήθεια υδραυλικού πιεστηρίου και βορικού οξέος, μετατράπηκαν σε λεπτά συμπαγή δισκία, έτοιμα για ανάλυση.

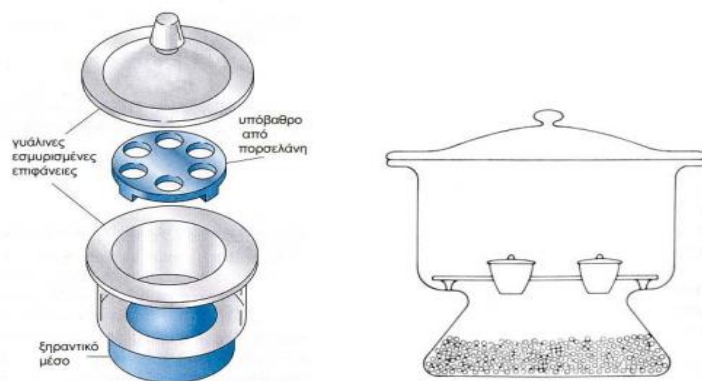
3.5 Πειράματα έψησης των ανθρακικών πετρωμάτων

Τα πειράματα αυτά πραγματοποιήθηκαν για να εξεταστεί κατά πόσο επηρεάζεται το χρώμα των ανθρακικών πετρωμάτων μετά την έψησή τους. Ζυγίστηκαν 10 γραμμάρια από τα ανθρακικά πετρώματα και τοποθετήθηκαν σε πορσελάνινες κάψες μέσα στον κλίβανο για τέσσερις ώρες σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες, στους 850°C, στους 950°C και στους 1050°C.



Εικόνα 3.5 Κλίβανος έψησης εργαστηρίου Πετρολογίας.

Στη συνέχεια τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε ειδικά πλαστικά δοχεία με καπάκι και τοποθετήθηκαν σε ξηραντήρα υπό κενό με ειδικό ζελέ με σκοπό να ξηρανθούν καθώς και σε ξηραντήρα με νερό για να το απορροφήσουν και να μετατραπούν σε άσβεστο. Τέλος, μετρήθηκε το βάρος των δειγμάτων.



Εικόνα 3.5.1 Ξηραντήριο εργαστηρίου Πετρολογίας.

3.6 Μελέτη χρωματικών παραμέτρων

Αποτελεί το τελευταίο πειραματικό στάδιο για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Χρησιμοποιώντας ένα σύγχρονο φασματοφωτόμετρο μελετήθηκαν οι αποχρώσεις των αρχικών ανθρακικών πετρωμάτων. Επίσης μετρήθηκαν μίγματα από το δείγμα A1 της εταιρίας Ionian Calc με συνθετικές χρωστικές ουσίες, αιματίτη και γραφίτη. Η επιλογή του συγκεκριμένου δείγματος οφείλεται στα χαρακτηριστικά του. Πρόκειται για έναν άμορφο, κατάλευκο και υψηλής καθαρότητας ασβεστόλιθο, ιδανικό για την εξέταση της επίδρασης του χρώματος με την προσθήκη πολύ μικρών ποσοτήτων από τις χρωστικές ουσίες.

Παρασκευάστηκαν είκοσι νέα μίγματα χρησιμοποιώντας 10 γραμμάρια από το δείγμα A1 στα οποία προστέθηκε αιματίτης σε περιεκτικότητα από 0,05% έως 1%. Παρόμοια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τη δημιουργία μιγμάτων του δείγματος A1 με γραφίτη. Τέλος, παρασκευάστηκαν τριάντα έξι νέα μίγματα τα οποία περιείχαν από 99,1% έως 99,9% από το δείγμα A1 ,αιματίτη και γραφίτη σε περιεκτικότητες από 0,1% έως 0,9% τα οποία αναμείχθηκαν με ακετόνη για να ομογενοποιηθούν. Για να εξατμιστεί πλήρως η ακετόνη τα μίγματα τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για μισή ώρα περίπου.

Η Μέτρηση του χρώματος πραγματοποιήθηκε με τη χρήση επιτραπέζιου φασματοφωτόμετρου CM-5 της εταιρίας ConicanMinolta με λογισμικό SpectraMagicCM-S100. Πρόκειται για ένα προηγμένης τεχνολογίας όργανο το

οποίο μέτρα την ανάκλαση και τη διαπερατότητα των υλικών είτε σε στερεή είτε σε υγρή μορφή, εύκολα και γρήγορα. Διαθέτει λαμπτήρα ξένου, μενού επιλόγων, δίνοντας τη δυνατότητα επιλογής της επιθυμητής μέτρησης, αλλάζοντας τον φωτισμό, τη γωνία του παρατηρητή, το σύστημα προβολής καθώς και αποθήκευσης των αποτελεσμάτων κ.λ.π.



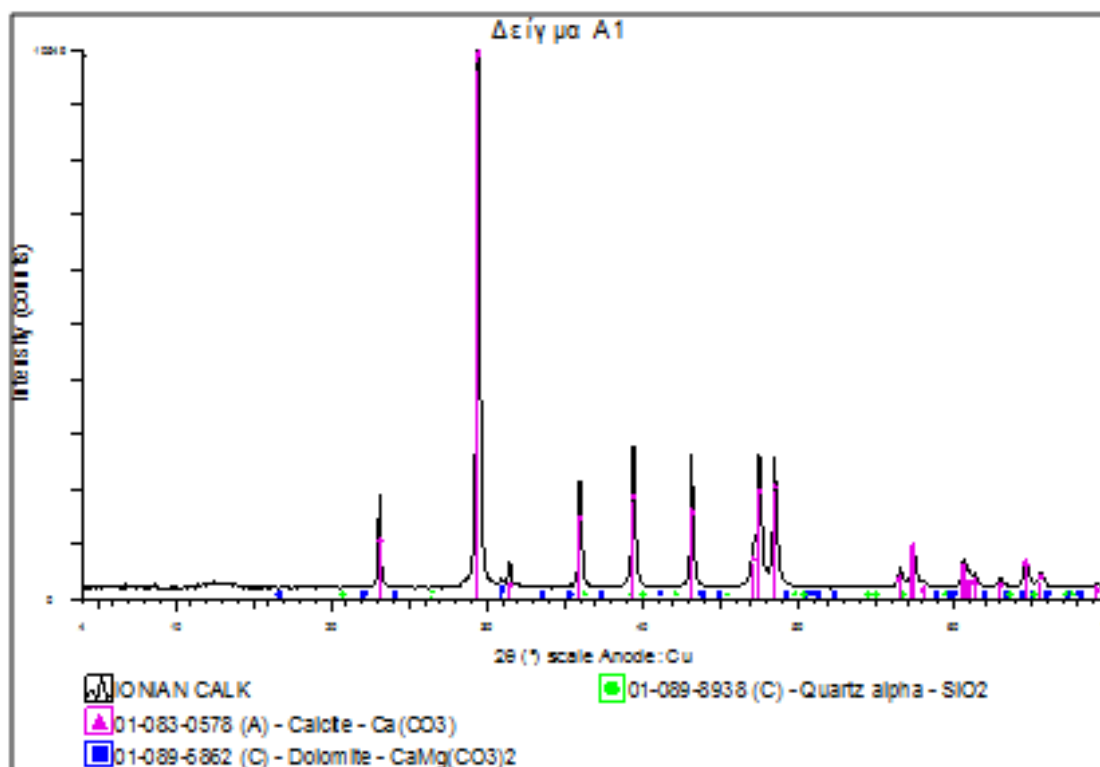
Εικόνα 3.6 Φασματοφωτόμετρο CM-5, Conica Minolta.

Χρησιμοποιήθηκαν 10 γραμμάρια από κάθε δείγμα τα οποία τοποθετήθηκαν σε ειδικό διάφανο πλαστικό δοχείο και στη συνέχεια έγινε η μέτρηση χρώματος. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αποθηκεύτηκαν στη συσκευή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Επεξεργασία αποτελεσμάτων

4.1 Μέθοδος περιθλασιμετρίας ακτίνων-X (XRD)

Στην παράγραφο αυτή παρατίθενται τα αποτελέσματα της ορυκτολογικής ανάλυσης των αρχικών δειγμάτων των ανθρακικών πετρωμάτων που εξετάστηκαν. Στο σχήμα 4.4.1 παρουσιάζεται το ακτινοδιάγραμμα περιθλασιμετρίας κόνεως ακτίνων-X (XRD) του δείγματος A1 από την περιοχή της Κεφαλλονιάς, της εταιρίας IonianCalc. Τα υπόλοιπα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ποιοτική ανάλυση παρατίθενται στο παράρτημα. Η ποιοτική ορυκτολογική ανάλυση φανερώνει πως τα δείγματα αποτελούνται κατά κύριο λόγο από ασβεστίτη και δολομίτη, ενώ σε μικρότερα ποσοστά περιέχουν ορυκτές φάσεις όπως χαλαζία, μαρμαρυγίες και αλβίτη (αστρίους). Η ποσοτική ορυκτολογική ανάλυση δίνεται στον πίνακα 4.4.1.



Σχήμα 4.1.1: Ποιοτική ορυκτολογική ανάλυση του δείγματος A1 με XRD.

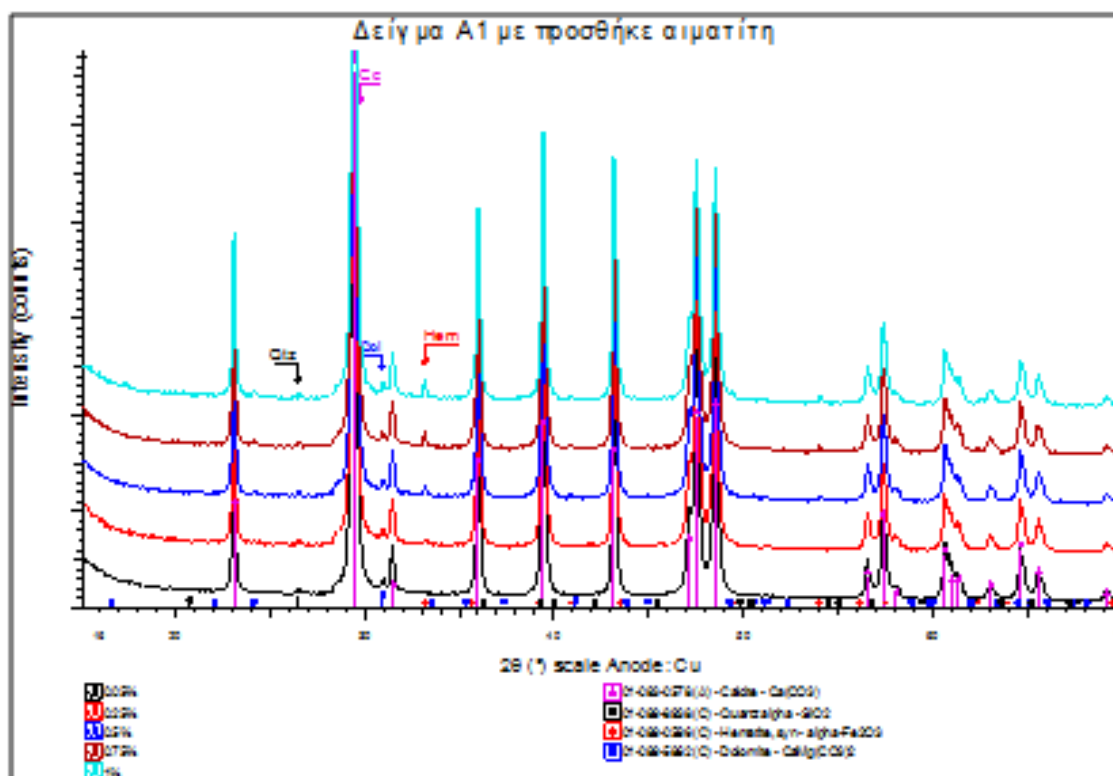
Πίνακας 4.4.1. Αποτελέσματα ποσοτικής ορυκτολογικής ανάλυσης των αρχικών ανθρακικών δειγμάτων με τη χρήση του λογισμικού AutoQuan

Ορυκτές Φάσεις (%κ.β)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
Ασβεστίτης	98.3	97.4	95.7	99.8	96.4	99.6	82.0	95.1	48.4	21.6	98.2
Δολομίτης	1.6	0.3	4.1	-	3.4	-	15.8	4.7	50.2	77.7	1.6
Χαλαζίας	0.1	2.3	0.2	0.2	0.2	0.4	1.0	0.2	1.4	0.1	0.2
Μοσχοβίτης	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-	-	-
Αλβίτης	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<1	-

Βάση των αποτελεσμάτων, A1, το δείγμα A2 περιέχει λιγότερη ποσότητα ασβεστίτη και η ποσότητα του χαλαζία είναι περισσότερη από αυτήν του δολομίτη. Το δείγμα A3 έχει ως βασικό συστατικό τον ασβεστίτη, επίσης περιέχει δολομίτη και χαλαζία ενώ το δείγμα A4 περιέχει ασβεστίτη σε πολύ υψηλό ποσοστό και ελάχιστη ποσότητα χαλαζία, ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί πως δεν ανευρέθηκε καθόλου δολομίτης στο δείγμα αυτό. Το δείγμα A5 αποτελείται από ασβεστίτη σε υψηλό ποσοστό, έπεται ο δολομίτης και μετά ο χαλαζίας σε πολύ μικρή ποσότητα. Τα ποσοστά του ασβεστίτη στο δείγμα A6 είναι πολύ υψηλά, ενώ σε πολύ μικρή ποσότητα ανευρέθηκε χαλαζίας. Αξίζει να σημειωθεί πως το δείγμα A6 και το δείγμα A4 έχουν όμοια ορυκτολογική σύσταση με πολύ μικρές διαφορές στην περιεκτικότητα των ορυκτών.

Το δείγμα A7 αποτελείται από ασβεστίτη σε μικρότερη ποσότητα σε σχέση με τα άλλα δείγματα, δολομίτη και χαλαζία και μοσχοβίτη. Αξίζει να σημειωθεί πως είναι το μοναδικό ανθρακικό δείγμα το οποίο περιέχει μοσχοβίτη. Το δείγμα A8 αποτελείται σε μεγάλο ποσοστό από ασβεστίτη, έπεται ο δολομίτης και ο χαλαζίας σε μικρές περιεκτικότητες. Τέλος, η ορυκτολογική σύσταση του δείγματος A9 διαφέρει συγκριτικά με αυτή των προηγούμενων δειγμάτων διότι η ποσότητα του δολομίτη που περιέχει είναι μεγαλύτερη από την ποσότητα του ασβεστίτη. Επίσης περιέχει χαλαζία σε πολύ μικρή περιεκτικότητα. Παρομοίως με το δείγμα A9, το δείγμα A10 αποτελείται σε μεγαλύτερο ποσοστό από δολομίτη, έπεται ο ασβεστίτης, ο χαλαζίας και τέλος ο αλβίτης. Να σημειωθεί ότι είναι το μοναδικό δείγμα το οποίο περιέχει αλβίτη. Τέλος, τα αποτελέσματα της ορυκτολογικής σύστασης του δείγματος A11 φανερώνουν πως το δείγμα αυτό αποτελείται σε μεγάλο ποσοστό από ασβεστίτη, ενώ σε μικρότερες περιεκτικότητες από δολομίτη και χαλαζία.

Στο σχήμα 4.4.2 παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικά ακτινοδιαγράμματα περιθλασιμετρίας κόνεως ακτίνων-X από 5 χαρακτηριστικά μίγματα του δείγματος A1 που χρησιμοποιήθηκε και της χρωστικής ουσίας του αιματίτη. Πιο συγκεκριμένα τα ποσοστά αιματίτη που μελετήθηκαν είναι ίσα με 0,05%, 0,25%, 0,5%, 0,75% και 1% και παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω:



Σχήμα 4.1.12: Ποιοτική ορυκτολογική ανάλυση του δείγματος A1 με προσθήκη αιματίτη με XRD.

Από την ποσοτική ορυκτολογική ανάλυση ανάλογα με το ποσοστό του αιματίτη που χρησιμοποιήθηκε προκύπτει:

Πίνακας 4.1.2: Ποσοτική ορυκτολογική ανάλυση του δείγματος A1 με προσθήκη αιματίτη με τη χρήση του λογισμικού AutoQuan.

Ορυκτές φάσεις %προσθήκη	0.05%	0.25%	0.5%	0.75%	1%
Ασβεστίτης	98.1	97.9	97.7	97.5	97.5
Δολομίτης	1.6	1.6	1.6	1.6	1.4
Αιματίτης	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Χαλαζίας	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ποσοτικής ορυκτολογικής ανάλυσης που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.1.2 παρατηρούμε ότι τα μίγματα που δημιουργήθηκαν αποτελούνται κατά κύριο λόγο από ασβεστίτη, κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο αφού το δείγμα Α1 αποτελεί ένα υψηλής καθαρότητας ανθρακικό πέτρωμα πλούσιο σε ασβεστίτη. Επίσης, παρατηρείται μια αύξηση του ποσοστού του αιματίτη στο μίγμα ανάλογη της ποσοστών που προστέθηκαν γεγονός που αποδεικνύει πως η ομογενοποίηση των μιγμάτων έγινε σωστά.

4.2 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων XRF

Στον πίνακα 4.2, στον οποίο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των δειγμάτων, παρατηρούνται υψηλά ποσοστά ανθρακικού ασβεστίου και ανθρακικού μαγνησίου διότι τα δείγματα μας είναι πλούσια σε ασβεστίτη και δολομίτη αντίστοιχα.

Πίνακας 4.2: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων με τη χρήση φασματόμετρου φθορισμού ακτίνων-Χ. (η στήλη LOI εκφράζει την απώλεια πύρωσης).

A/A	Δείγμα	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O ₃	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI
1	A1	0.05	0.12	0.02	55.30	0.35	-	0.02	0.03	-	43.91
2	A2	0.48	0.51	0.35	54.65	0.05	0.02	0.13	0.02	-	43.43
3	A3	0.40	0.13	0.04	54.80	0.95	-	0.04	-	-	43.61
4	A4	0.39	0.10	0.02	55.51	0.13	0.02	0.04	0.09	-	43.50
5	A5	0.28	-	0.67	49.54	5.56	0.04	-	0.03	0.02	43.74
6	A6	0.32	0.24	0.06	55.30	0.04	0.02	0.06	-	0.07	43.58
7	A7	0.44	0.32	0.10	47.35	6.34	0.05	0.12	0.22	0.17	44.70
8	A8	0.16	-	0.02	53.38	2.42	0.02	-	0.2	0.05	43.84
9	A9	0.75	-	0.03	45.79	8.22	-	-	0.2	-	45.09
10	A10	0.11	-	0.02	41.06	11.92	0.02	0.02	0.2	0.19	46.62
11	A11	0.13	-	0.03	55.26	0.04	0.04	-	0.09	0.21	43.72

Στον πίνακα 4.2 παρατηρούμε ότι τα δείγματα μας αποτελούνται κυρίως από CaO σε ποσοστό από 41,06% έως 55,30%, και MgO σε ποσοστό από 0,04% έως 11,92% κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο καθώς τα δείγματα μας είναι πλούσια σε ασβεστίτη, ενώ το MgO σχετίζεται με την παρουσία δολομίτη. Σε μικρότερα ποσοστά παρατηρείται η παρουσία SiO₂ λόγω της παρουσίας χαλαζία και Fe₂O₃ λόγω οξειδίων. Τα ποσοστά των προσμίξεων τα οποία είναι πολύ χαμηλά δεν επηρεάζουν τις ιδιότητες των ανθρακικών πετρωμάτων

Με βάση τη χημική ανάλυση, συμπεραίνουμε ότι άλλα δείγματα μας είναι πιο ασβεστολιθικά και άλλα πιο δολομιτικά. Το δείγμα A7 χαρακτηρίζεται ως δολομιτικός ασβεστόλιθος διότι η περιεκτικότητά του σε δολομίτη είναι πάνω από 10%, ενώ τα δείγματα A9 και A10 χαρακτηρίζονται ασβεστολιθικοί δολομίτες γιατί η περιεκτικότητά τους σε δολομίτη είναι πάνω από 50%.

4.3 Προσδιορισμός χρωματικών παραμέτρων

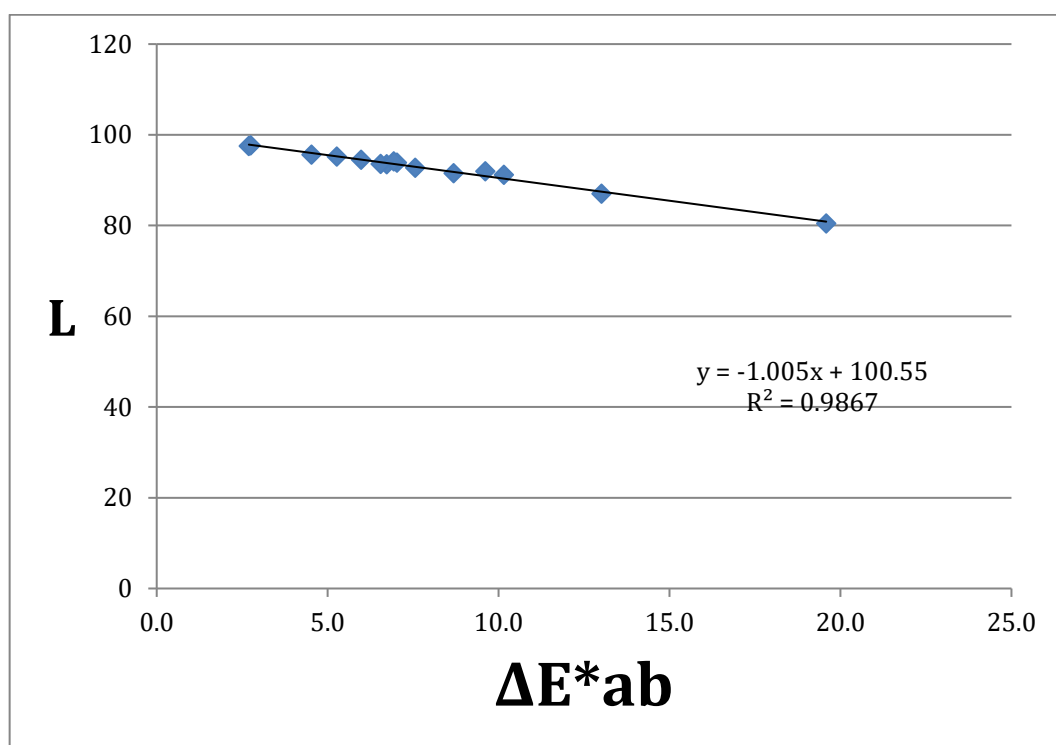
Με τη χρήση του φασματοφωτόμετρου CM-5 αρχικά μετρήθηκαν οι χρωματικές παράμετροι των ανθρακικών δειγμάτων δίνοντας τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο πίνακα 4.4.1.

Οι χρωματικές παράμετροι υπολογίστηκαν σύμφωνα με το σύστημα CIE το οποίο μας έδωσε τα αποτελέσματα των δεικτών L, a ,b, iso , chroma, hue. Υπολογίστηκαν οι δείκτες ΔL , Δa , Δb και ΔE^*ab . Πιο αναλυτικά παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των χρωματικών παραμέτρων των αρχικών δειγμάτων τα οποία παρουσιάζονται στον πίνακα 4.4.1, παρατηρούμε πως τα δείγματα μας παρουσιάζουν υψηλή φωτεινότητα ενώ η διαφορά τους από το τέλειο λευκό είναι πολύ μικρή.

Πίνακας 4.4.1: Παρουσίαση αποτελεσμάτων των χρωματικών παραμέτρων των ανθρακικών δειγμάτων.

Δείγμα	L	a	b	ISO	Κορεσμός (chroma)	Απόχρωση (hue)	ΔL	Δa	Δb	Δiso	ΔE^{*ab}
A1	97.68	-0.21	1.46	92.13	1.47	98.17	2.32	0.21	-1.46	7.87	2.7
A2	94.14	0.21	3.7	80.86	3.7	86.77	5.86	-0.21	-3.7	19.14	6.9
A3	95.64	-0,17	1.23	87.52	1.24	97.7	4.36	0.17	-1.23	12.48	4.5
A4	97.51	-0,19	1.01	92.32	1.03	100.8	2.49	0.19	-1.01	7.68	2.7
A5	91.97	1,27	5.14	74.32	5.29	76.13	8.03	-1.27	-5.14	25.68	9.6
A6	91.21	0.1	5.08	72.82	5.08	72.82	8.79	-0.1	-5.08	27.18	10.2
A7	87.01	-0,41	0.65	69.31	0.77	122	12.99	0.41	-0.65	30.69	13
A8	93.49	-0,27	1.69	81.95	1.71	99.47	6.51	0.27	-1.69	18.05	6.7
A9	94.53	-0.03	2.42	83.36	2.42	90.06	5.47	0.03	-2.42	16.64	6
A10	92.75	-0.18	2.15	79.7	2.16	94.18	7.25	0.18	-2.15	20.3	7.6
A11	80.45	-0.26	1.1	56.4	1.13	94.19	19.55	0.26	-1.1	43.6	19.6



Σχήμα 4.4. 1: Απεικόνιση της φωτεινότητας σε σύγκριση με τη διαφορά από το τέλειο λευκό των ανθρακικών δειγμάτων.

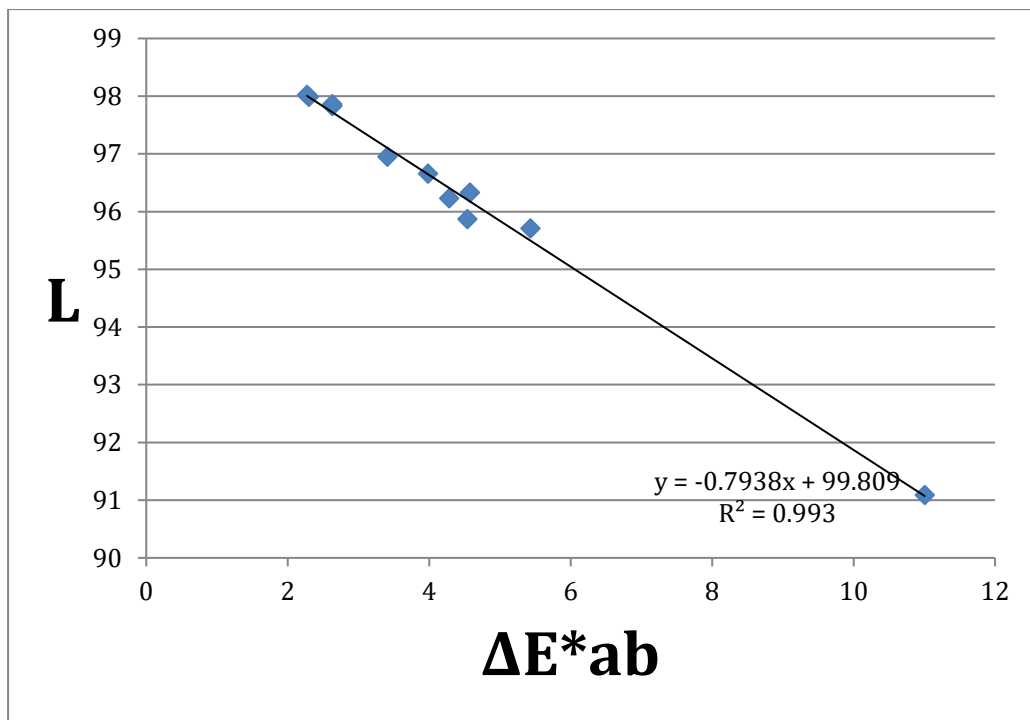
Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε την αντίστροφη σχέση μεταξύ της φωτεινότητας και της διαφοράς από το τέλειο λευκό, όσο μειώνεται η φωτεινότητα, το ΔE^*ab αυξάνεται, διότι όσο πιο πολύ μειώνεται η φωτεινότητα τόσο μεγαλύτερη διαφορά έχει από το τέλειο λευκό.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των χρωματικών παραμέτρων των ανθρακικών δειγμάτων μετά την έψησή τους στους 850 °C, στους 950 °C και στους 1050 °C για τέσσερις ώρες. Αξίζει να σημειωθεί πως η αύξηση της λευκότητας των δειγμάτων έγινε αντιληπτή ακόμα και με γυμνό μάτι, με εξαίρεση του δείγματος της Άρτας λόγω ύπαρξης οργανικού υλικού.

Πίνακας 4.4.2.α: Παρουσίαση των χρωματικών παραμέτρων μετά την έψηση των ανθρακικών δειγμάτων στους 850°C

A/A	L	A	b	ISO	Κορεσμός (chroma)	Απόχρωση (hue)	ΔL	Δa	Δb	Δiso	ΔE*ab
A1	97.99	-0.13	1.11	93.37	1.12	96.45	2.01	0.13	-1.11	6.63	2.299804
A2	91.09	0.01	6.46	70.95	6.46	89.93	8.91	-0.01	-6.46	29.05	11.00544
A3	98.02	-0.19	1.1	93.43	1.12	99.56	1.98	0.19	-1.1	6.57	2.272994
A4	97.86	-0.25	1.51	92.49	1.53	99.45	2.14	0.25	-1.51	7.51	2.631007
A5	95.71	-0.47	3.3	84.9	3.34	98.13	4.29	0.47	-3.3	15.1	5.432771
A6	96.33	-0.54	2.68	87.2	2.74	101.47	3.67	0.54	-2.68	12.8	4.576341
A7	95.87	-0.15	1.88	87.15	1.89	94.61	4.13	0.15	-1.88	12.85	4.540242
A8	96.23	-0.32	2	87.86	2.02	98.98	3.77	0.32	-2	12.14	4.279638
A9	97.83	-0.13	1.48	92.42	1.49	94.91	2.17	0.13	-1.48	7.58	2.629867
A10	96.95	0	1.52	90.24	1.52	89.83	3.05	0	-1.52	9.76	3.407771
A11	96.66	-0.17	2.16	88.67	2.17	94.55	3.47	0.17	-2.16	11.33	3.981218

Παρατηρούμε πως όλα τα δείγματα παρουσιάζουν υψηλή φωτεινότητα μετά την έψηση τους στους 850 °C, η οποία είναι υψηλότερη από αυτή που είχαν πριν την έψησή τους, με εξαίρεση το δείγμα της Άρτας. Επίσης, ο δείκτης ΔΕ*ab είναι αρκετά μικρός που σημαίνει πως σε σύγκριση με το τέλειο λευκό έχουν πολύ μικρές διαφορές τα δείγματα μας μετά την έψηση τους. Εξαίρεση αποτελεί πάλι το δείγμα της Άρτας.



Σχήμα 4.4.2.α: Απεικόνιση της φωτεινότητας σε σύγκριση με το τέλειο λευκό μετά την έψηση των ανθρακικών δειγμάτων στους 850°C.

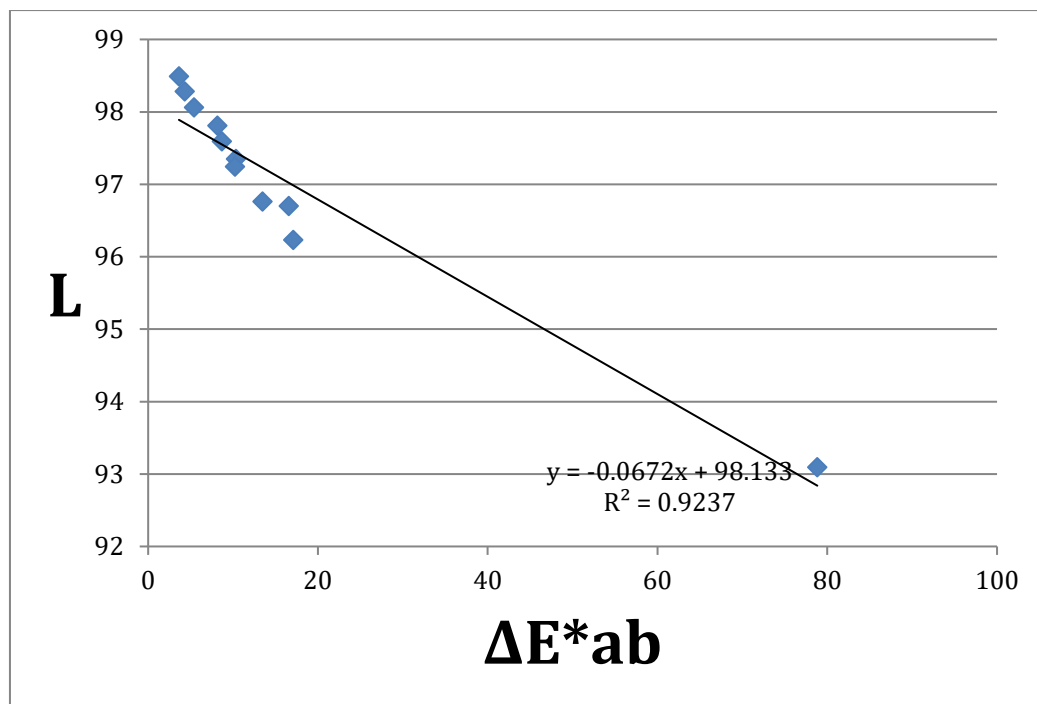
Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται η φωτεινότητα (L) σε σχέση με σύγκριση με το τέλειο λευκό (ΔΕ*ab). Συγκρίνοντας με το Σχήμα 4.4.1 είναι πιο απότομη, λόγω της μεγάλης αύξησης του δείκτη L και της μεγάλης μείωσης του δείκτη ΔΕ*ab.

Πίνακας 4.4.2.β: Παρουσίαση των χρωματικών παραμέτρων μετά την έψηση των ανθρακικών δειγμάτων στους 950°C.

A/A	L	A	b	iso	Κορεσμός (chroma)	Απόχρωση (hue)	ΔL	Δa	Δb	Δiso	ΔE*ab
A1	98.49	-0.12	0,91	94.87	1.12	97.66	1.51	0.12	-0.91	5.13	3.6226
A2	98.28	0.22	0.89	94.38	6.46	103.72	1.72	-0.22	-0.89	5.62	4.2989
A3	93.09	-0.01	5.53	76.28	1.1	89.87	6.91	-0.01	-5.53	23.72	78.8291
A4	97.81	-0.24	1.67	92.16	1.51	98.12	2.19	0.24	-1.67	7.84	8.1426
A5	96.7	-0.36	2.25	88.66	3.3	98.96	3.3	0.36	-2.25	11.34	16.5821
A6	97.59	-0.29	1.52	91.79	2.68	100.76	2.41	0.29	-1.52	8.21	8.7026
A7	96.23	-0.15	1.54	88.46	1.88	95.47	3.77	0.15	-1.54	11.54	17.107
A8	96.76	-0.24	1.55	89.76	2	98.75	3.24	0.24	-1.55	10.24	13.4577
A9	98.06	-0.12	1.06	93.57	1.48	96.44	1.94	0.12	-1.06	6.43	5.4016
A10	97.24	0.08	1.45	91.03	1.52	87.01	2.76	-0.08	-1.45	8.97	10.2265
A11	97.35	-0.14	1.67	91.01	2.16	94.67	2.65	0.14	-1.67	8.99	10.331

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων μετά την έψηση των δειγμάτων στους 950°C, οι τιμές της φωτεινότητας (L) είναι υψηλές ενώ οι τιμές της διαφοράς από το τέλειο λευκό (ΔE^*ab) είναι πολύ μικρές. Συγκρίνοντας με τα προηγούμενα αποτελέσματα των μετρήσεων (Πίνακες 4.4.1, 4.4.2.α) οι τιμές της φωτεινότητας έχουν αυξηθεί πολύ, εξαιρώντας το δείγμα Α3 του οποίου η φωτεινότητα μειώθηκε.

Στο σχήμα 4.4.2.β παρουσιάζεται αρκετά υψηλή η φωτεινότητα των δειγμάτων σε σύγκριση με τις τιμές του τέλειου λευκού.



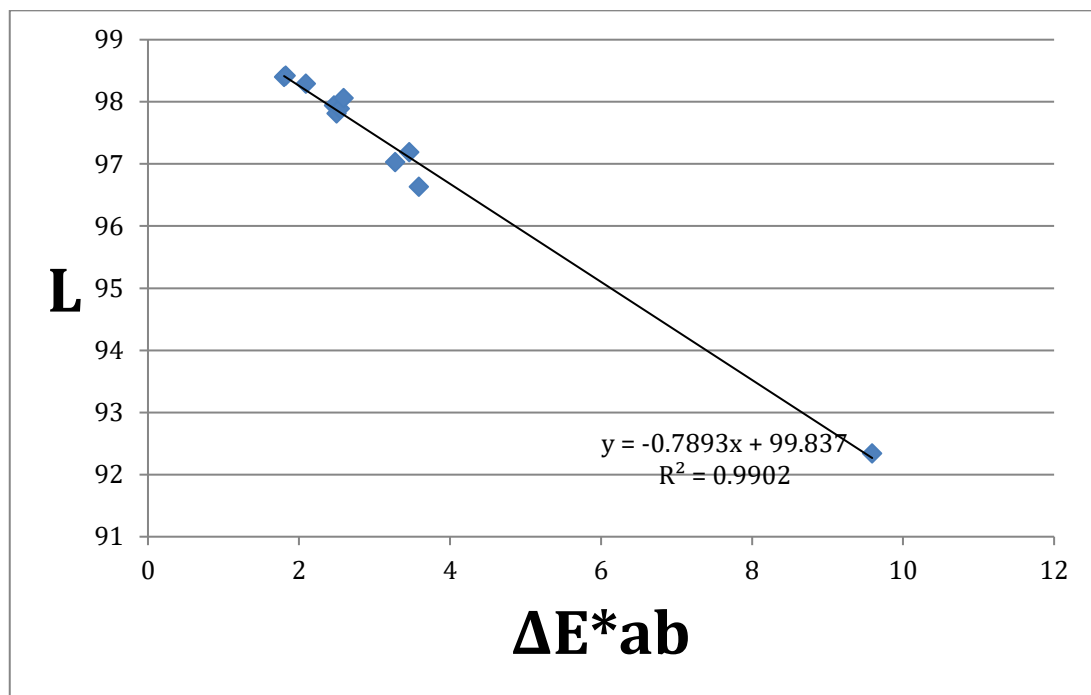
Σχήμα 4.4.2.β: Απεικόνιση της φωτεινότητας σε σύγκριση με το τέλειο λευκό μετά την έψηση των ανθρακικών δειγμάτων στους 950°C.

Πίνακας 4.4.2.γ: Αποτελέσματα χρωματικών παραμέτρων μετά την έμψηση των ανθρακικών δειγμάτων στους 1050°C.

A/A	L	A	B	Iso	Κορεσμός (chroma)	Απόχρωση (hue)	ΔL	Δa	Δb	Δiso	ΔE*ab
A1	98.29	-0.15	1.2	93.98	1.21	97.21	1.71	0.15	-1.2	6.02	2.094421
A2	92.34	-0.15	5.77	74.47	5.77	91.5	7.66	0.15	-5.77	25.53	9.591194
A3	98.42	-0.2	0.89	94.74	0.92	102.71	1.58	0.2	-0.89	5.26	1.824418
A4	98.06	-0.18	1,71	92.73	1.72	95.97	1.94	0.18	-1.71	7.27	2.592316
A5	97.19	-0.5	1,96	90.3	2.02	104.38	2.81	0.5	-1.96	9.7	3.462326
A6	97.89	-0.33	1.38	92.74	1.42	103.51	2.11	0.33	-1.38	7.26	2.542715
A7	96.63	-0.18	1.22	89.88	1.24	98.59	3.37	0.18	-1.22	10.12	3.588551
A8	97.03	-0.23	1.36	90.65	1.38	99.48	2.97	0.23	-1.36	9.35	3.27466
A9	98.4	-0.03	0.83	94.75	0.83	92.06	1.6	0.03	-0.83	5.25	1.80272
A10	97.81	0.18	1.19	92.8	1.2	81.2	2.19	-0.18	-1.19	7.2	2.49892
A11	97.94	-0.21	1.34	92.93	1.35	98.89	2.06	0.21	-1.34	7.07	2.466435

Στον πίνακα 4.4.2.γ παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων μετά την έψηση των δειγμάτων στους 1050 °C. Παρατηρούνται υψηλές τιμές του δείκτη φωτεινότητας (L) και μικρή απόκλιση των τιμών από αυτές του τέλειου λευκού

Αξίζει να σημειωθεί ,αν εξαιρέσουμε το δείγμα A2 της Άρτας, ότι μετά την έψηση των δειγμάτων η φωτεινότητά τους αυξάνεται και οι τιμές τους πλησιάζουν αυτές του τέλειου λευκού. Η αιτία για τη μεταβολή αυτή χρειάζεται περισσότερη εργαστηριακή έρευνα.



Σχήμα 4.4.2.γ: Απεικόνιση της φωτεινότητας σε σύγκριση με το τέλειο λευκό μετά την έψηση των ανθρακικών δειγμάτων στους 1050°C.

Στο σχήμα 4.4.2.γ παρουσιάζονται οι υψηλές τιμές φωτεινότητας(L) σε σχέση με τις τιμές της διαφοράς από το τέλειο λευκό (ΔE^*ab) οι οποίες είναι πολύ χαμηλές.

Τα αποτελέσματα των χρωματικών παραμέτρων των μιγμάτων του δείγματος A1 με την προσθήκη πολύ μικρών ποσοτήτων χρωστικών ουσιών, αιματίτη και γραφίτη, παρουσιάζονται στους πίνακες 4.4.3 και 4.4.4 αντίστοιχα:

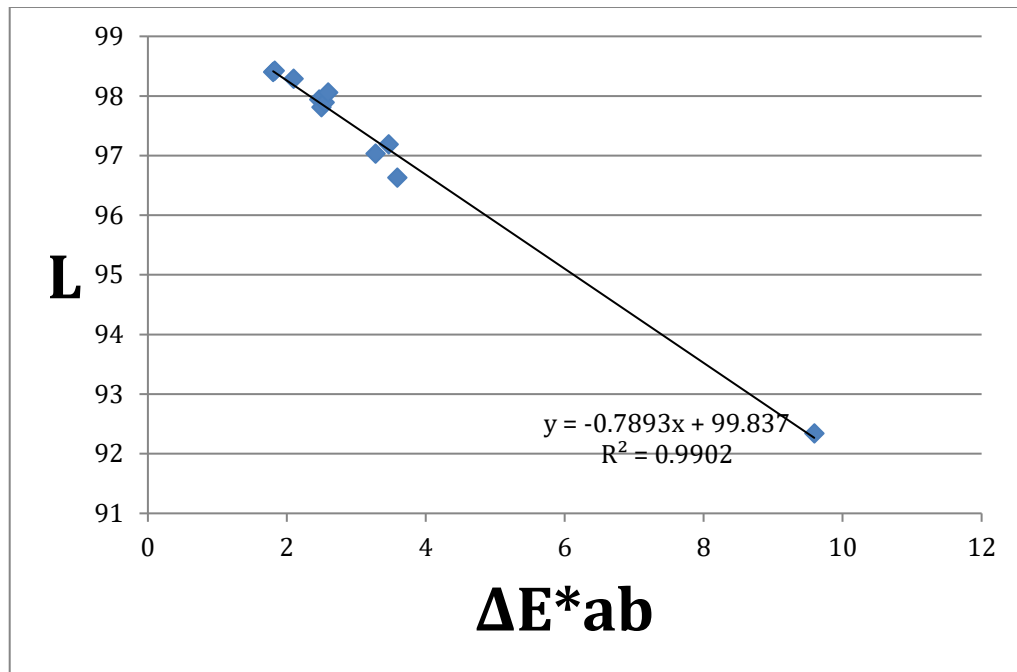
- **Αιματίτης (Fe₂O₃)**

Στον πίνακα 4.4.3 παρατηρούμε πως οι τιμές της φωτεινότητας (L) μειώνονται όσο αυξάνεται η προσθήκη αιματίτη ενώ οι τιμές της διαφοράς του τέλειου λευκού αυξάνονται, αυτό οφείλεται στην προσθήκη περισσότερης ποσότητας χρωστικής ουσίας σε κάθε δείγμα. Επίσης, οι τιμές του δείκτη a είναι θετικές και αυξάνονται όσο περισσότερο αυξάνεται η προσθήκη αιματίτη όπως και οι τιμές του κορεσμού (chroma), αυτό οφείλεται στο κόκκινο χρώμα της χρωστικής ουσίας.

Πίνακας 4.4.3: Παρουσίαση χρωματικών παραμέτρων των μιγμάτων του ανθρακικού πετρώματος με τη προσθήκη αιματίτη.

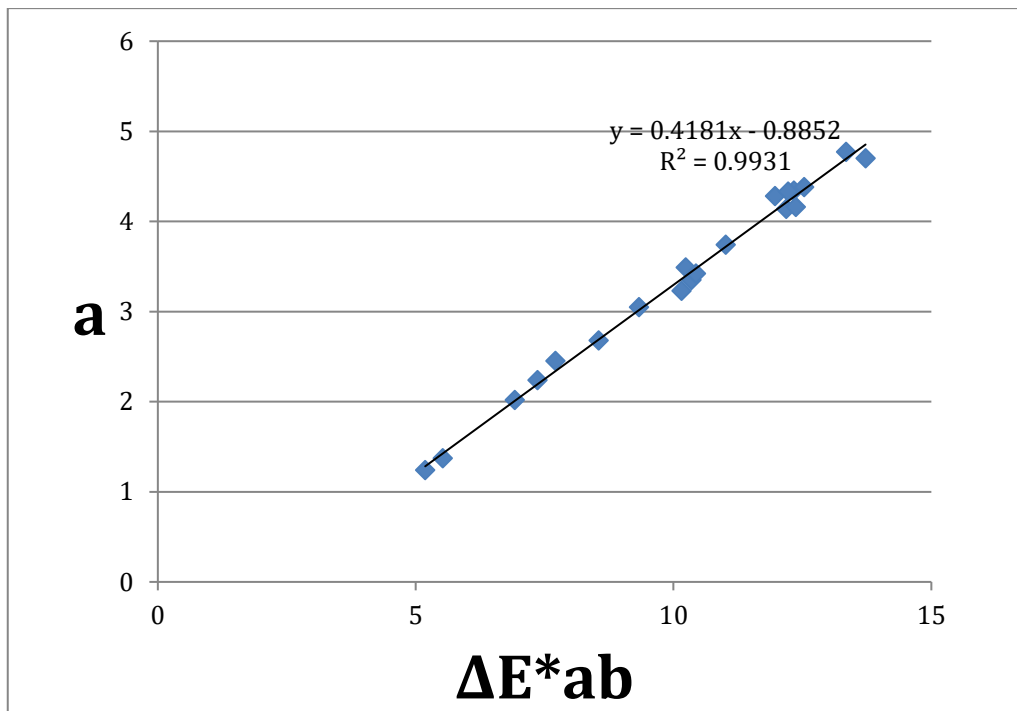
A/A	Προσθήκη %	L	a	b	ISO	Κορεσμός (chroma)	Απόχρωση (hue)	ΔL	Δa	Δb	Δiso	ΔE*ab
1	0.05	95.07	1.24	1.02	86.42	1.6	39.56	4.93	-1.24	-1.02	13.58	5.184872
2	0.1	94.74	1.37	1.01	85.65	1.7	36.44	5.26	-1.37	-1.01	14.35	5.528526
3	0.15	93.45	2.02	1	82.67	2.26	26.38	6.55	-2.02	-1	17.33	6.926969
4	0.2	93.06	2.24	1.02	81.75	2.46	24.52	6.94	-2.24	-1.02	18.25	7.363532
5	0.25	92.76	2.45	1.01	81.08	2.65	22.44	7.24	-2.45	-1.01	18.92	7.709747
6	0.3	91.24	3.05	1.05	77.66	3.23	18.94	8.76	-3.05	-1.05	22.34	9.33502
7	0.35	90.44	3.49	1.13	75.81	3.67	18.01	9.56	-3.49	-1.13	24.19	10.23966
8	0.4	90.26	3.35	1.03	75.56	3.51	17.08	9.74	-3.35	-1.03	24.44	10.35138
9	0.45	91.95	2.68	1.08	79.2	2.89	21.86	8.05	-2.68	-1.08	20.8	8.552853
10	0.5	89.71	3.74	1.21	74.17	3.93	17.89	10.29	-3.74	-1.21	25.83	11.01525
11	0.55	90.2	3.42	1.08	75.35	3.59	17.58	9.8	-3.42	-1.08	24.65	10.43565
12	0.6	88.54	4.34	1.42	71.44	4.57	18.13	11.46	-4.34	-1.42	28.56	12.33627
13	0.65	88.33	4.38	1.33	71.12	4.57	16.92	11.67	-4.38	-1.33	28.88	12.53564
14	0.7	88.6	4.14	1.18	71.84	4.3	15.91	11.4	-4.14	-1.18	28.16	12.18573
15	0.75	88.91	4.28	1.39	72.24	4.5	17.99	11.09	-4.28	-1.39	27.76	11.96823
16	0.8	90.42	3.23	1	75.93	3.38	17.3	9.58	-3.23	-1	24.07	10.1592
17	0.85	88.41	4.16	1.19	71.44	4.32	15.99	11.59	-4.16	-1.19	28.56	12.37133
18	0.9	87.17	4.7	1.29	68.79	4.87	15.34	12.83	-4.7	-1.29	31.21	13.72454
19	0.95	87.62	4.77	1.45	69.52	4.98	16.87	12.38	-4.77	-1.45	30.48	13.34615
20	1	88.65	4.33	1.38	71.71	4.54	17.7	11.35	-4.33	-1.38	28.29	12.22603

Να σημειωθεί ότι, αν και το ποσοστό του αιματίτη που προστέθηκε στο δείγμα A1 ήταν πολύ μικρό εντούτοις παρατηρείται σημαντική μεταβολή των χρωματικών παραμέτρων γεγονός που αποδεικνύει πως η ύπαρξη οξειδίων επηρεάζει σημαντικά τις ιδιότητες χρώματος των ασβεστόλιθων.



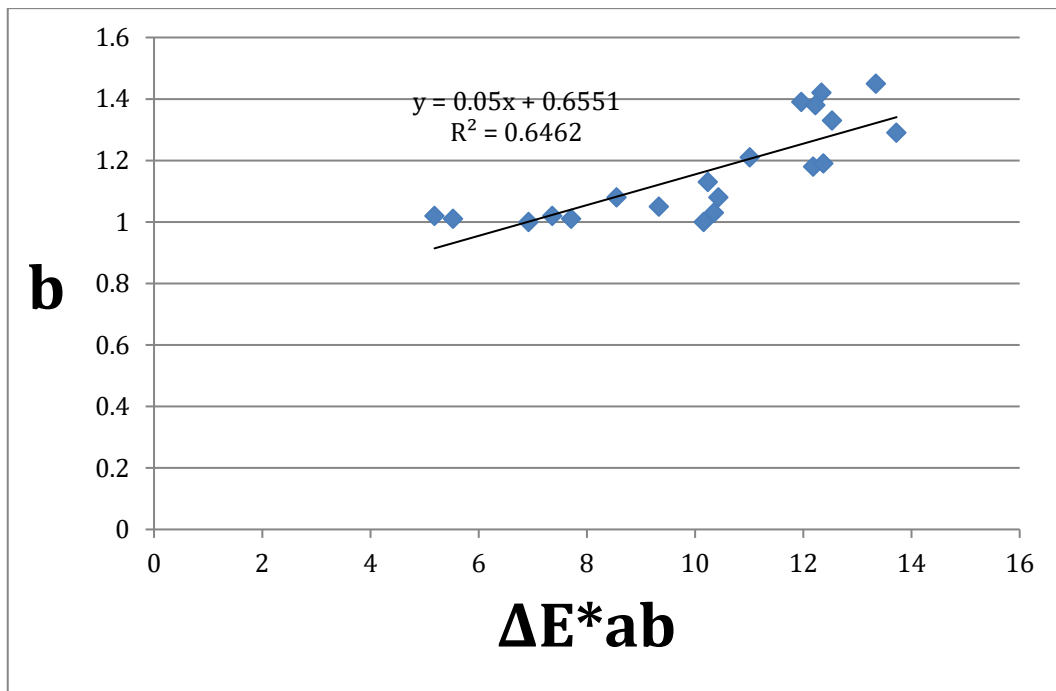
Σχήμα 4.4.3.α: Απεικόνιση της φωτεινότητας σε σύγκριση με τη διαφορά από το τέλειο λευκό με την προσθήκη αιματίτη.

Στο σχήμα 4.4.3.α παρουσιάζεται η συσχέτιση της φωτεινότητας (L^*) σε σύγκριση με τη διαφορά από το τέλειο λευκό. Όσο αυξάνεται η φωτεινότητα τόσο μειώνεται η διαφορά από το τέλειο λευκό. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι τα μίγματα ομογενοποιήθηκαν σωστά αφού η φωτεινότητα μειωνόταν με τη πρόσθεση μεγαλύτερης ποσότητας αιματίτη.



Σχήμα 4.4.3.β: Απεικόνιση της διαφοράς από το τέλειο λευκό σε σύγκριση με το δείκτη a .

Στο παραπάνω σχήμα 4.4.3.β απεικονίζεται η αναλογική αύξηση του δείκτη a σε σχέση με τις τιμές της διαφοράς από το τέλειο λευκό. Αυτό συμβαίνει διότι όσο αυξάνεται η προσθήκη αιματίτη, αυξάνονται και οι τιμές του δείκτη a και οι τιμές της διαφοράς από το τέλειο λευκό.



Σχήμα 4.4.3.γ: Απεικόνιση της διαφοράς από το τέλειο λευκό σε σύγκριση με τη χρωματική παράμετρο *b*.

Στο Σχήμα 4.4.3.γ απεικονίζονται οι τιμές του δείκτη *b* σε σχέση με τις τιμές της διαφοράς από το τέλειο λευκό.

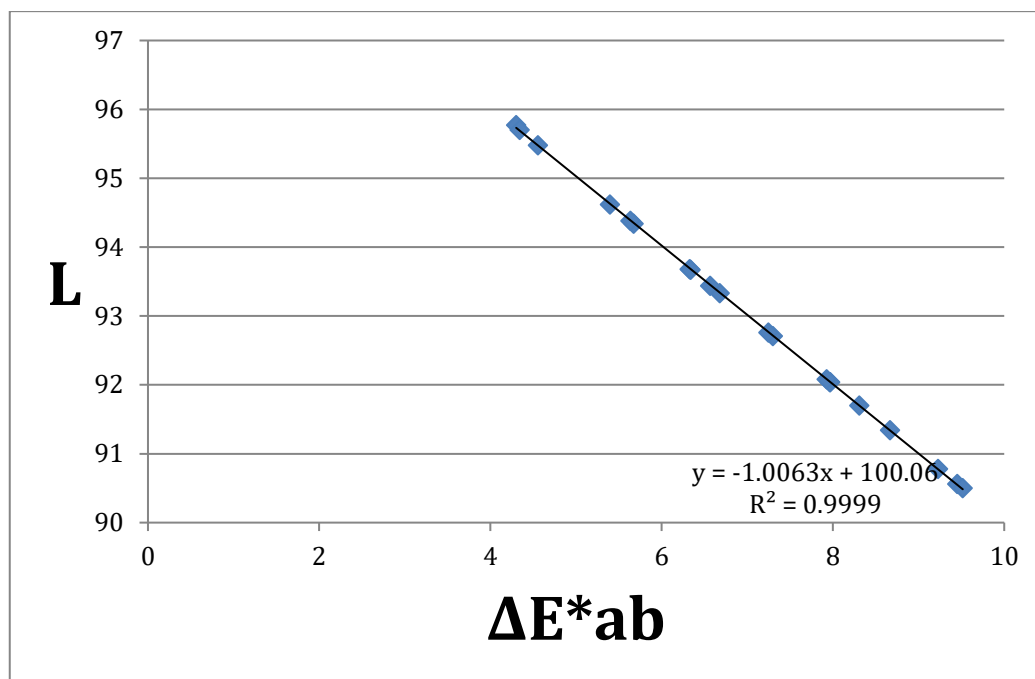
- Γραφίτης

Πίνακας 4.4.4: Παρουσίαση χρωματικών παραμέτρων των μιγμάτων του ανθρακικού πετρώματος (A1) με τη προσθήκη γραφίτη

A/A	Προσθήκη %	L	a	b	ISO	Κορεσμός	Απόχρωση	ΔL	Δa	Δb	Δiso	ΔE^*ab
1	0.05	95.77	-0.31	0,71	88.52	0.77	113.3	4.23	0.31	-0.71	11.48	4,30036
2	0.1	95.48	-0.31	0.49	88.14	0.58	122.87	4.52	0.31	-0.49	11.86	4.557039
3	0.15	95.7	-0.33	0.51	88.62	0.61	122.53	4.3	0.33	-0.51	11.38	4.342695
4	0.2	94.62	-0.33	0.23	86.45	0.41	144.93	5.38	0.33	-0.23	13.55	5,395016
5	0.25	94.34	-0.33	0.18	85.85	0.38	151.18	5.66	0.33	-0.18	14.15	5.672469
6	0.3	94.38	-0.31	0.32	85.77	0.44	134.34	5.62	0.31	-0.32	14.23	5.637632
7	0.35	93.68	-0.33	0	84.56	0.33	180.85	6.32	0.33	0	15.44	6.32861
8	0.4	93.67	-0.32	0.07	84.43	0.33	168.21	6.33	0.32	-0.07	15.57	6.33847
9	0.45	93.33	-0.32	-0.02	83.76	0.32	183.24	6.67	0.32	0.02	16.24	6.677702
10	0.5	93.44	-0.32	-0.03	84.05	0.32	185.81	6.56	0.32	0.03	15.95	6.567869
11	0.55	92.71	-0.33	-0.14	82.51	0.36	203.56	7.29	0.33	0.14	17.49	7.298808
12	0.6	92.76	-0.31	-0.07	82.53	0.32	193.3	7.24	0.31	0,07	17.47	7.246972
13	0.65	92.04	-0.32	-0.18	81.05	0.36	209.06	7.96	0.32	0.18	18.95	7.965438
14	0.7	92.04	-0.29	-0.05	80.88	0.29	189.39	7.96	0.29	0.05	19.12	7.965438
15	0.75	92.08	-0.29	-0.09	81.02	0.3	197.57	7.92	0.29	0.09	18.98	7.925819
16	0.8	91.34	-0.31	-0.21	79.52	0.37	214.27	8.66	0.31	0.21	20.48	8.668091
17	0.85	91.7	-0.31	-0.21	80.33	0.38	214.5	8.3	0.31	0.21	19.67	8.308441
18	0.9	90.56	-0.3	-0.35	77.97	0.46	229.37	9.44	0.3	0.35	22.03	9.451249
19	0.95	90.5	-0.32	-0.45	77.96	0.55	234.29	9.5	0.32	0.45	22.04	9.516034
20	1	90.78	-0.3	-0.26	78.35	0.4	221	9.22	0.3	0.26	21.65	9.228543

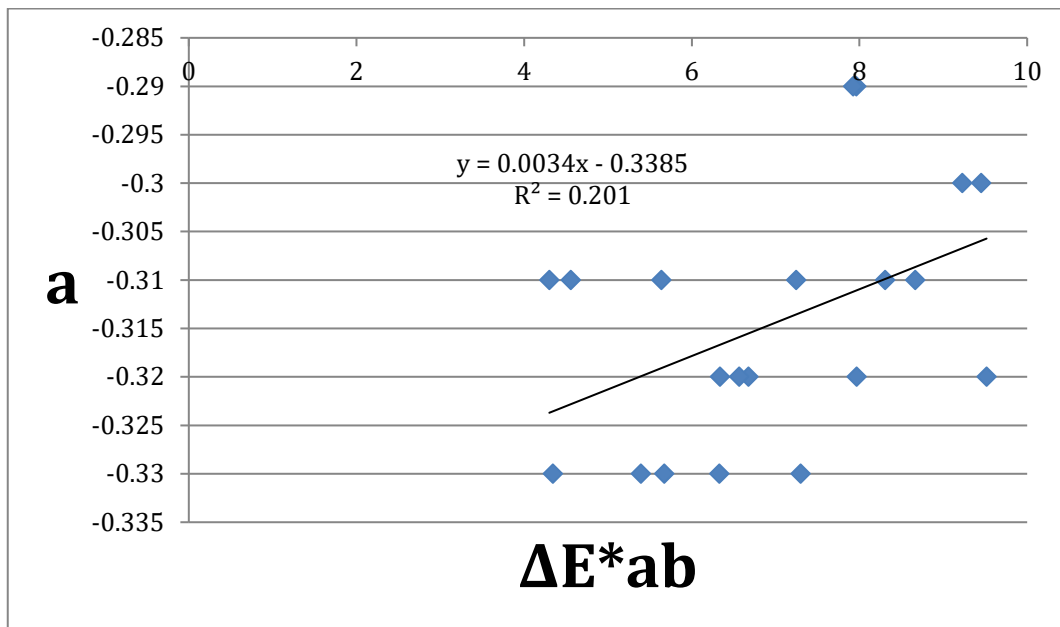
Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων των χρωματικών παραμέτρων των μιγμάτων του δείγματος A1 και του γραφίτη. Παρατηρούμε ότι η φωτεινότητα μειώνεται καθώς αυξάνεται η προσθήκη γραφίτη ενώ η διαφορά από τέλειο λευκό αυξάνεται. Επίσης, λόγω του

χρώματος του γραφίτη, ο δείκτης b σταδιακά εμφανίζει αρνητικές τιμές, ενώ η απόχρωση (hue) εμφανίζει τιμές από 122.53 έως 234,29.



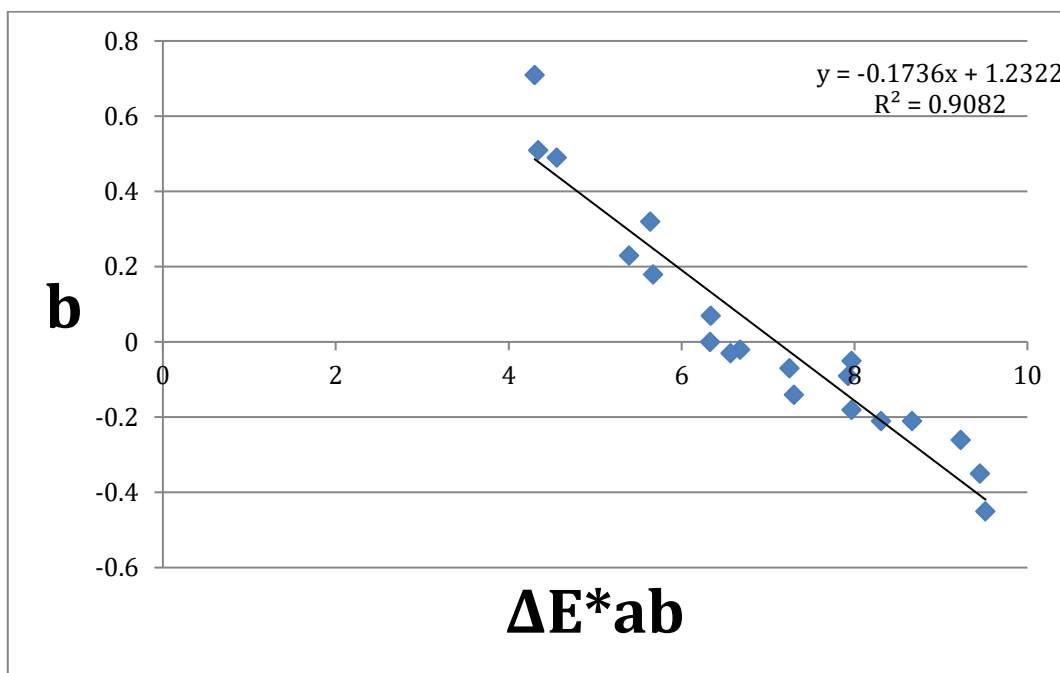
Σχήμα 4.4.4.α: Απεικονίζεται η μεταβολή της φωτεινότητας του δείγματος A1 σε σύγκριση με τη διαφορά από το τέλειο λευκό.

Στο παραπάνω σχήμα 4.4.4.α παρουσιάζεται η μείωση της φωτεινότητας (L^*) και η αύξηση των τιμών της διαφοράς από το τέλειο λευκό. Παρατηρείται μια ομαλή εξέλιξη των τιμών γεγονός που αποδεικνύει τη σωστή ομογενοποίηση των δειγμάτων.



Σχήμα 4.4.4.β: Απεικόνιση της διαφοράς του χρώματος του δείγματος A1 από το τέλει λευκό σε σύγκριση με την παράμετρο *a*.

Στο σχήμα 4.4.4.β. απεικονίζονται οι τιμές του δείκτη *a* σε σχέση με τις τιμές της διαφοράς από το τέλει λευκό. Παρατηρούμε ότι ο δείκτης *a* έχει αρνητικές τιμές και δεν επηρεάζεται με την αύξηση της ποσότητας γραφίτη.

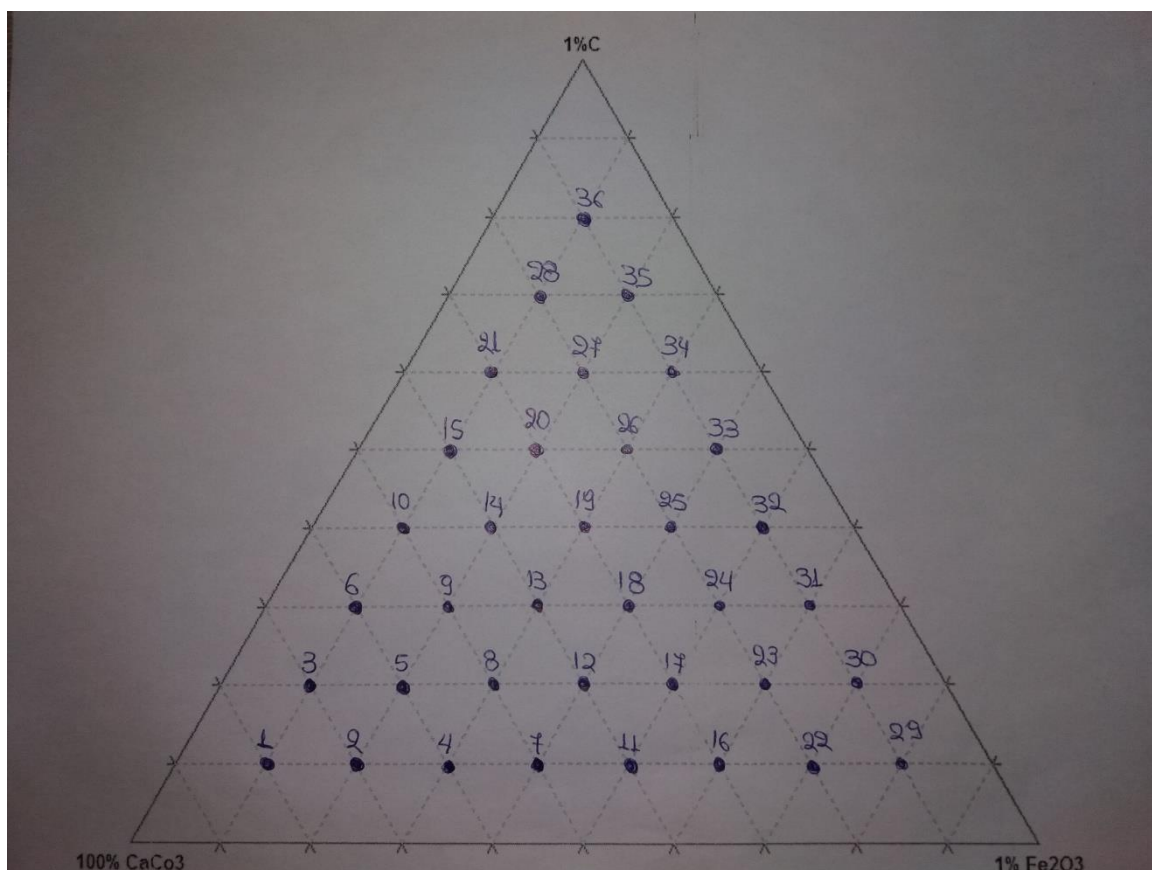


Σχήμα 4.4.4.γ: Απεικόνιση της μεταβολής του χρώματος του δείγματος A1 από το τέλει λευκό σε σύγκριση με την παράμετρο *b*.

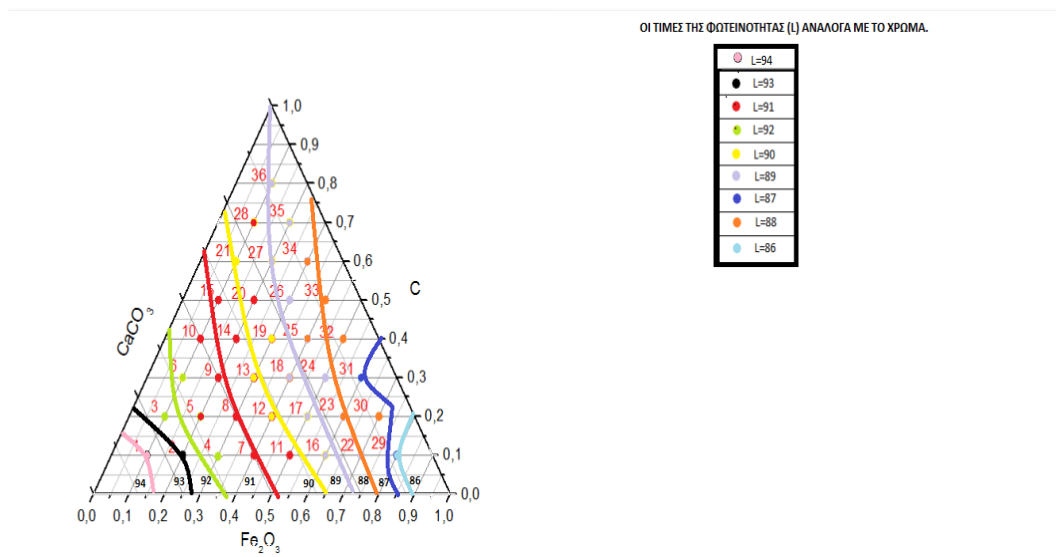
Στο παραπάνω σχήμα 4.4.4.γ απεικονίζεται η αντίστροφη σχέση μεταξύ των τιμών του δείκτη *b* και των τιμών της διαφοράς από το τέλει λευκό (ΔE^*ab).

Ενώ οι τιμές του δείκτη βρειώνονται με την προσθήκη γραφίτη, οι τιμές της διαφοράς από το τέλειο λευκό αυξάνονται.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των μιγμάτων που παρασκευάστηκαν από ανάμειξη των τριών συστατικών, δηλαδή του δείγματος Α1 με τις δύο χρωστικές ουσίες, αιματίτη και γραφίτη. Ο αριθμός των δειγμάτων που προετοιμάστηκαν είναι 36 σύμφωνα με το παρακάτω τριαδικό διάγραμμα 4.5:



Διάγραμμα 4.5: Τριαδικό διάγραμμα απεικόνισης των μιγμάτων που παρασκευάστηκαν από τον ασβεστόλιθο Α1, γραφίτη και αιματίτη σε διαφορετικές αναλογίες.



Διάγραμμα 4.5.1: Απεικόνιση της μεταβολής της φωτεινότητας L^* με την αύξηση της περιεκτικότητας των χρωστικών ουσιών.

Στο διάγραμμα 4.5.1 απεικονίζεται η μεταβολή της φωτεινότητας των μιγμάτων καθώς προστίθενται μεγαλύτερες ποσότητες αιματίτη και γραφίτη αντίστοιχα. Η μεταβολή της φωτεινότητας είναι μικρή.

Η εξέταση των χρωματικών παραμέτρων των τριαδικών μιγμάτων που δημιουργήθηκαν, έδωσε τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.5.2:

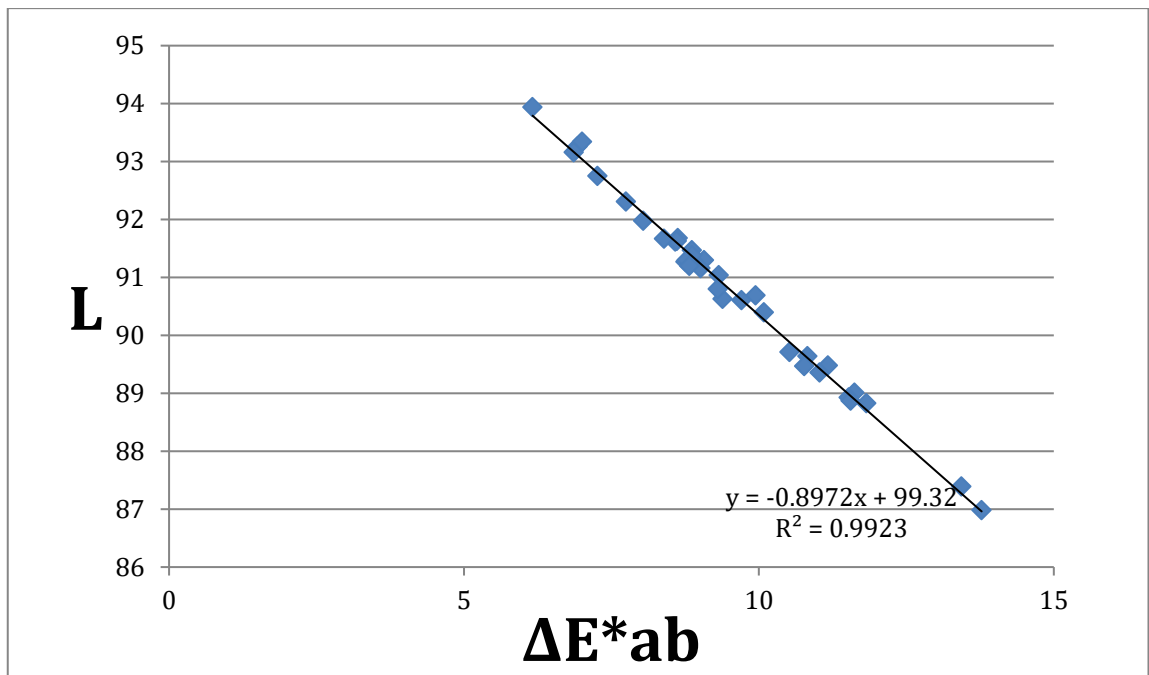
Πίνακας 4.5.2. Αποτελέσματα χρωματικών παραμέτρων των τριαδικών μιγμάτων που υλοποιήθηκαν (1/2).

A/A	L	a	b	ISO	Κορεσμός (chroma)	Απόχρωση (hue)	ΔL	Δa	Δb	Δiso	ΔΕ*ab
1	94.35	0.97	0.56	84.39	1.12	29.92	5.65	-0.97	-0.56	-15.61	5.759948
2	93.26	1.48	0.63	82.75	1.6	22.98	6.74	-1.48	-0.63	-17.25	6.929278
3	91.68	2.18	0.65	79.13	2.27	16.73	8.32	-2.18	-0.65	-20.87	8.625387
4	93.34	1.95	0.95	82.49	2.17	25.91	6.66	-1.95	-0.95	-17.51	7.004327
5	91.62	1,78	0.5	79.2	1.85	15.77	8.38	-1.78	-0.5	-20.8	8.581538
6	93.16	0.51	0.27	82.99	0.58	27.85	6.84	-0.51	-0.27	-17.01	6.8664299
7	91.04	2.45	0.73	77.62	2.56	16.53	8.96	-2.45	-0.73	-22.38	9.317564
8	91.63	1.93	0.58	79.12	2.01	16.64	8.37	-1.93	-0.58	-20.88	8.609193
9	91.33	1.66	0.4	78.69	1.71	13.42	8.67	-1.66	-0.4	-21.31	8.836543
10	91.98	0.58	0.02	80.63	0.58	2.43	8.02	-0.58	-0.02	-19.37	8.04097
11	91.47	2.3	0.73	78.58	2.42	17.53	8.53	-2.3	-0.73	-21.42	8.86475
12	91.3	2.43	0.81	78.09	2.57	18.37	8.7	-2.43	-0.81	-21.91	9.069234
13	91.38	1.98	0.7	78.42	2.1	19.38	8.62	-1.98	-0.7	-21.58	8.872136
14	91.67	1.02	0.18	79.72	1.03	10.27	8.33	-1.02	-0.18	-20.28	8.394147
15	92.75	0.42	0.14	82.23	0.44	17.96	7.25	-0.42	-0.14	-17.77	7.263505
16	90.69	3.31	1.14	76.34	3.5	19.01	9.31	-3.31	-1.14	-23.66	9.946447
17	90.4	2.91	1.03	75.86	3.09	19.48	9.6	-2.91	-1.03	-24.14	10.0841
18	90.61	2.32	0.77	76.66	2.44	18.46	9.39	-2.32	-0.77	-23.34	9.702958
19	91.16	1.69	0.46	78.24	1.75	15.24	8.84	-1.69	-0.46	-21.76	9.011842
20	92.31	0.87	0.27	81.05	0.92	17.42	7.69	-0.87	-0.27	-18.95	7.743765
21	91.27	0.69	0.04	79.03	0.69	3.62	8.73	-0.69	-0.04	-20.97	8.757317
22	89.48	3.63	0.94	73.98	3.75	14.55	10.52	-3.63	-0.94	-26.02	11.1683
23	89.01	3.65	0.98	72.95	3.78	15.01	10.99	-3.65	-0.98	-27.05	11.62166
24	89.64	3.03	0.76	74.55	3.12	14.06	10.36	-3.03	-0.76	-25.45	10.82073

Πίνακας 4.5.2. Αποτελέσματα χρωματικών παραμέτρων των τριαδικών μιγμάτων που υλοποιήθηκαν (2/2).

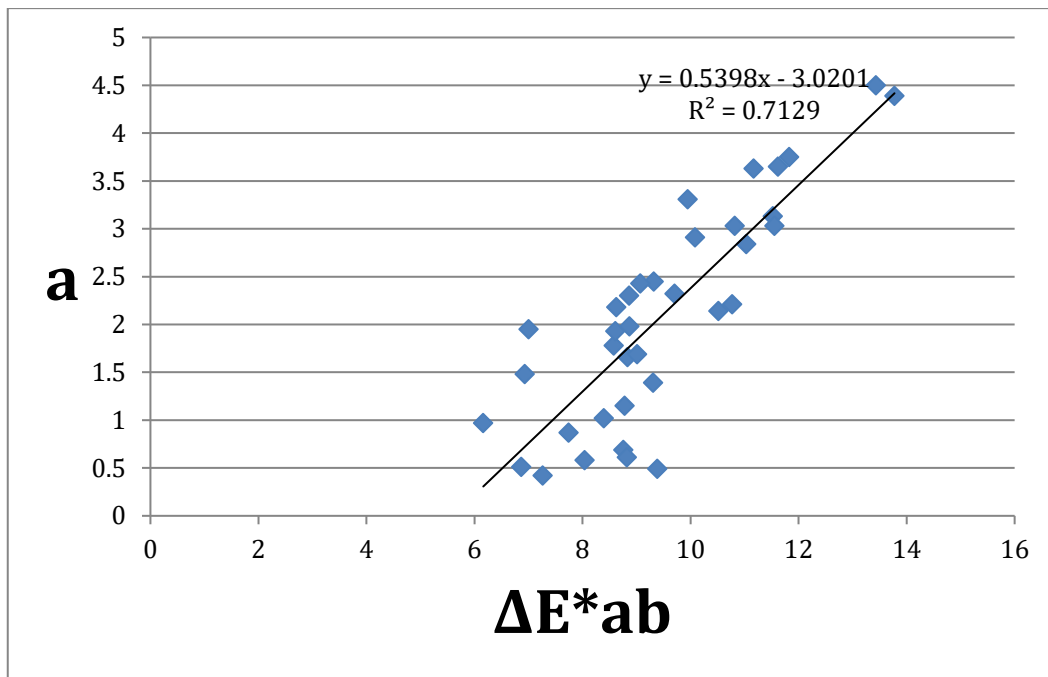
A/A	L	A	b	ISO	Κορεσμός (chroma)	Απόχρωση (hue)	ΔL	Δa	Δb	Δiso	ΔE^*ab
25	89.36	2.84	0.66	74.08	2.92	13,18	10.64	-2.84	-0.66	-25.92	11.03226
26	89.47	2.21	0.46	74.58	2.26	11.66	10.53	-2.21	-0.46	-25.42	10.76924
27	91.3	1.15	0.26	78.81	1.18	12.77	8.7	-1.15	-0.26	-21.19	8.779527
28	90.63	0.49	-0.19	77.9	0.52	338.79	9.37	-0.49	0.19	-22.1	9.384727
29	87.39	4.5	1.08	69.48	4.63	13.54	12.61	-4.5	-1.08	-30.52	13.43237
30	88.83	3.75	0.99	72.56	3.88	14.71	11.17	-3.75	-0.99	-27.44	11.82419
31	86.98	4.39	1	68.73	4.5	12.89	13.02	-4.39	-1	-31.27	13.77652
32	88.93	3.13	0.66	73.16	3.2	11.93	11.07	-3.13	-0.66	-26.84	11.52291
33	88.87	3.03	0.7	72.99	3.11	12.99	11.13	-3.03	-0.7	-27.01	11.55629
34	89.71	2.14	0.4	75.15	2.18	10.67	10.29	-2.14	-0.4	-24.85	10.51778
35	90.8	1.39	0.18	77.79	1.41	7.5	9.2	-1.39	-0.18	-27.21	9.306154
36	91.2	0.61	-0.08	79.02	0.61	352.56	8.8	-0.61	0.08	-20.98	8.821479

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.5.2, η φωτεινότητα (L) των μιγμάτων μειώνεται, ενώ ο τιμές της διαφοράς από το τέλειο λευκό (ΔE^*ab) αυξάνονται. Αυτό οφείλεται στην αύξηση της ποσότητας γραφίτη και αιματίτη που προστίθενται στα μίγματα. Επίσης, οι τιμές των δεικτών a, b παρατηρούμε ότι είναι θετικές και σε συνδυασμό με τις υψηλότερες τιμές του δείκτη a, συμπεραίνουμε ότι ο αιματίτης επηρεάζει το χρώμα σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με το γραφίτη.



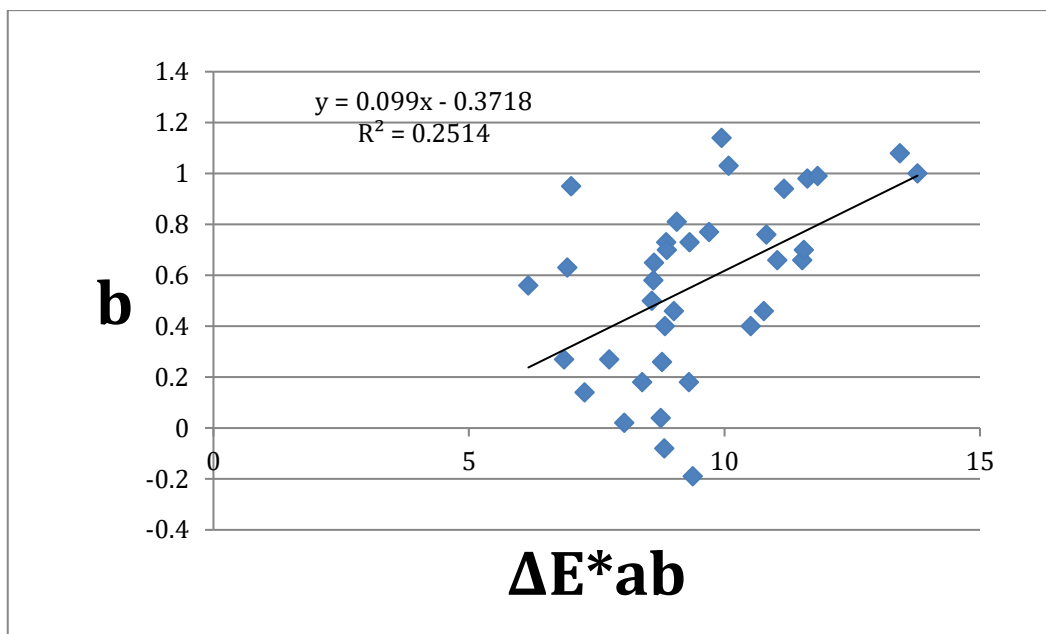
Σχήμα 4.5.α: Απεικόνιση της μεταβολής της φωτεινότητας των μιγμάτων σε σύγκριση με τη διαφορά από το τέλειο λευκό.

Στο σχήμα 4.5.α απεικονίζεται η φωτεινότητα (L) των μιγμάτων σε σχέση με τις τιμές της διαφοράς από το τέλειο λευκό (ΔE*ab). Παρατηρούμε ότι όσο μειώνονται οι τιμές της φωτεινότητας (L) τόσο αυξάνονται οι τιμές της διαφοράς από το τέλειο λευκό.



Σχήμα 4.5.2: Απεικόνιση της διαφοράς του χρώματος του δείγματος ως προς το τέλειο λευκό σε σύγκριση με την παράμετρο *a*

Στο παραπάνω σχήμα 4.5.2 απεικονίζονται οι τιμές του δείκτη *a* σε σχέση με τις τιμές της διαφοράς από το τέλειο λευκό (ΔE^*ab). Αυτό σημαίνει ότι ο δείκτης *a* συνεισφέρει σε μεγαλύτερο βαθμό στην απόκλιση από το τέλειο λευκό. Επομένως, τα οξείδια σιδήρου ελέγχουν τις χρωματικές ιδιότητες των πληρωτικών υλικών.



Σχήμα 4.5.γ: Απεικόνιση της διαφοράς του χρώματος του δείγματος ως προς το τέλειο λευκό σε σύγκριση με την παράμετρο *b*.

Στο Σχήμα 4.5.γ απεικονίζονται οι τιμές του δείκτη *b* σε σχέση με τις τιμές της διαφοράς από το τέλειο λευκό. Όπως παρατηρούμε οι περισσότερες τιμές του δείκτη *b* είναι κοντά στο μηδέν και έχουν θετικές ως επί των πλείστον τιμές. Αυτό δηλώνει πως τα μίγματα που δημιουργήθηκαν επηρεάστηκαν σε μεγαλύτερο βαθμό από την προσθήκη αιματίτη και την ερυθρά απόχρωση γενικότερα. Αντίθετα η επίδραση των προσμίξεων στην κίτρινη/μπλε απόχρωση είναι περιορισμένη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα

Εφόσον ολοκληρώθηκε η πειραματική διαδικασία και εξετάστηκαν τα αποτελέσματα καταλήξαμε σε ορισμένα συμπεράσματα τα οποία αξίζει να σημειωθούν:

- Τα αποτελέσματα της χημικής και ορυκτολογικής ανάλυσης φανερώνουν πως τα ανθρακικά δείγματα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως πρώτες ύλες ποικίλουν ως προς τη σύστασή τους, άλλα είναι πιο ασβεστολιθικά και άλλα πιο δολομιτικά. Ωστόσο, παρουσιάζουν υψηλή καθαρότητα και το χρώμα τους παρουσιάζει μικρή απόκλιση από την τιμή του τέλει λευκού. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία πληρωτικών υλικών, χρωμάτων, χαρτιού, ελαστικών κ.α.
- Σημαντική εξίσου είναι η παρατήρηση της αλλαγής της φωτεινότητας και της λευκότητας των ανθρακικών δειγμάτων μετά την έψήσή τους στον κλίβανο, στους 850, 950 και 1050°C. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία τόσο πιο λευκά γίνονται τα δείγματα, πιθανώς λόγω καύσης του οργανικού υλικού που περιέχουν. Εξαίρεση αποτελεί το δείγμα A2 από την περιοχή της Άρτας το οποίο παρουσιάζει μείωση της λευκότητας του μετά την έψήσή του.
- Με βάση τα αποτελέσματα των χρωματικών παραμέτρων, αρχικά συμπεράναμε με τη βοήθεια των δεικτών του συστήματος CIE, ότι η ύπαρξη μικρών ποσοστών προσμίξεων, μεταβάλλει τις χρωματικές παραμέτρους των δειγμάτων. Η μεταβολή αυτή δε, γίνεται αντιληπτή αρχικά με γυμνό μάτι, ωστόσο, καθώς αυξάνει η προσθήκη αιματίτη στα μίγματα, αυτή η μεταβολή γίνεται αντιληπτή καθώς αυτά αποκτούν ολοένα και πιο έντονη ροζ απόχρωση.
- Με τη χρήση του συστήματος μέτρησης CIE, μπορεί να προβληθεί σχετικά εύκολα η ποιότητα του χρώματος των ασβεστολιθικών δειγμάτων, αφού καθίστανται προβλέψιμες οι τιμές των χρωματικών

παραμέτρων από τη χημική τους σύσταση και συγκεκριμένα το περιεχόμενό τους σε άνθρακα και Fe_2O_3 . Τυχόν αποκλίσεις από τις προβλέψεις που μπορεί να παρατηρηθούν πιθανόν να οφείλονται σε άλλα αίτια όπως: η κοκκομετρία του δείγματος, η προσμίξεις που μπορεί να περιέχουν οι ασβεστόλιθοι, η καθαρότητα των χρωστικών ουσιών κ.α.

Βιβλιογραφία

Γριζιώτη Α. (2012). Έλεγχος συμβατότητας συνθετικών κονιαμάτων με τους δομικούς λίθους του ενετικού φρουρίου Κούλε. Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Μαντικός Θ. (2012). Διερεύνηση ποιοτικών χαρακτηριστικών δομικών λίθων μνημείων Ρόδου και σύγκριση παραμέτρων συνθετικού λίθου που χρησιμοποιείται στη συντήρηση. Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Τριανταφύλλου Γ. & Μανούτσογλου Ε. (2004). Η συμβολή της ασβέστου στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων. Εργαστήριο Πετρολογίας και Οικονομικής Γεωλογίας, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Αθανασάκου Ν.Σ. (2011) Εφαρμογή ανόργανων χρωστικών ενώσεων βάσεως βολαστονίτη σε διάφορες κατηγορίες υλικών και μελέτη της επίδρασης τους στις ιδιότητες των υλικών αυτών. Μεταπτυχιακή Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.

Γκιάκα Α. (2014). Ορυκτολογική και γεωχημική μελέτη ιζημάτων από Νεογενείς λεκάνες της Κρήτης. Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Θεοδωρίκας, Σ. (2002). Ορυκτολογία Πετρολογία. Θεσσαλονίκη: Χρυσούλα Σαούλη Ο.Ε. Γραφικές Τέχνες.

Κωστάκης, Γ. (2005). Γενική Ορυκτολογία. Σημειώσεις Παραδόσεως, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Κωστακης, Γ. (2014). Εισαγωγή στην Αξιολόγηση των Βιομηχανικών Ορυκτών. Σημειώσεις Παραδόσεως, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Γιαννακοπούλου Π. (2013). Μελέτη Καταλληλότητας Ανθρακικών Πετρωμάτων του Νομού Αχαΐας για τη χρήση τους ως αδρανών υλικών σε κατασκευαστικές και περιβαλλοντικές εφαρμογές. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών. Πάτρα.

Π.Νικολαΐδης. (2012). Δυνατότητα Αξιοποίησης των Ανθρακικών Πετρωμάτων του Λατομείου Ξυλοφάγου της Κύπρου ως Πληρωτικών Υλικών. Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Παπαθεοδώρου. (2015). Γενική και εφαρμοσμένη γεωλογία. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κεντρικής Μακεδονίας, Τμήμα Γεωπληροφορικής και Τεχνολογίας. Σέρρες.

Πούλιος Π.- Χατζημπαλάση Θ. (2007). Η διττή φύση του τροποσφαιρικού όζοντος: Ένα πράσινο εργαλείο για την επεξεργασία χρωματισμένων βιομηχανικών αποβλήτων και ταυτόχρονα ένας ρυπογόνος παράγοντας καταστροφής φυσικών χρωστικών και ελαστικών υλικών. Σημειώσεις Παραδόσεως, Α.Π.Θ. . Θεσσαλονίκη.

Φωστηρίδου Α. (2012). Ταυτοποίηση χρωστικών σε ειδώλια που βρέθηκαν κατά τις ανασκαφές του μετρό Θεσσαλονίκης. Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη.

Δρ. Λυκούδη Ε.(2005). Εκρηξιγενή-Μεταμορφωμένα-Ιζηματογενή Πετρώματα-Πετρολογικός Κύκλος. Σημειώσεις Παραδόσεως, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.

Δρ. Λυκούδη Ε. (2005). Ιζηματογένεση. Σημειώσεις Παραδόσεως, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.Α., Φ. (2012). Ταυτοποίηση χρωστικών σε ειδώλια που βρέθηκαν κατά τις ανασκαφές του μετρό Θεσσαλονίκης. Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. . Θεσσαλονίκη.

Τριανταφύλλου Μ. (2014). Μελέτη καταλληλότητας ανθρακικών πετρωμάτων Καβάλας για χρήση τους ως αδρανών υλικών σε κατασκευαστικές εφαρμογές. Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας. Πάτρα.

Γκαΐνας Δ. (2015). Μελέτη ποιοτικών χαρακτηριστικών ανθρακικών πετρωμάτων από λατομείο αδρανών περιοχής Χορδακίου. Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Μωραΐτη Α. (2011). Συγκεντρώσεις βαρέων και τοξικών μετάλλων, με έμφαση στον υδράργυρο, σε δείγματα από την περιοχή των Χανίων. Διερεύνηση

ανθρωπογενούς προέλευσης. Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Νικολαΐδης Ν. (2011). Αξιολόγηση ποιοτικών χαρακτηριστικών ασβεστολιθικών πετρωμάτων Κύπρου ως προς την καταλληλότητα τους για παραγωγή υδραυλικής ασβέστου. Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Αποστολάκη Χ. (2005). Μελέτη Ρωμαϊκών κονιαμάτων και χρωστικών τοιχογραφιών από την Αρχαία Κόρινθο. Μεταπτυχιακή Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Καλαφάτη Κ. (2005). Εφαρμογές ανθρακικού ασβεστίου ως πληρωτικό, διασταλτικό, και χρωστικό (πιγμέντο) υλικό στη βιομηχανία χρωμάτων. Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Κυρίμη Ε. (2015). Μελέτη δυνατοτήτων φορητού συστήματος φθορισμομετρίας ακτίνων-Χ (ED-XRF) καθώς και φασματομετρίας υπερύθρων (FT-IR), για την ανάλυση κονιαμάτων και λίθων μνημειακών κατασκευών. Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Σακελλαρίου Ν. (2004). Μελέτη επίδρασης οργανικού υλικού και οξειδίων του σιδήρου στις ιδιότητες του χρώματος ανθρακικών ενώσεων από την Κεφαλλονιά. Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά. Α., Φ. (2012). Ταυτοποίηση χρωστικών σε ειδώλια που βρέθηκαν κατά τις ανασκαφές του μετρό Θεσσαλονίκης. Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη.

Ρεπούσκου Ε. (2001). Αξιολόγηση ανθρακικών πετρωμάτων Κρήτης για εφαρμογές ως πληρωτικά στη βιομηχανία χρώματος. Διδακτορική Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Χανιά.

Minolta: *PreciseColorCommunication, ColorControlFromFeelingToInstrumentation. 1990 MinoltaCameraCo., Ltd*

Billmeyer ,F . and Saltzman ,M. (1981) , Principles of color technology , J .
Willey & Sons ,N.Y

Ιστοσελίδες από το διαδίκτυο:

http://graficnotes.blogspot.gr/2012/11/blog-post_6.html

http://www.paints-mihopoulos.gr/?section=2239&language=el_GR

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A7%CF%81%CF%8E%CE%BC%CE%B1>

<http://users.auth.gr/dtsiplak/files/Download/%CE%A6%CE%91%CE%A3%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%9F%CE%A6%CE%A9%CE%A4%CE%9F%CE%9C%CE%95%CE%A4%CE%A1%CE%99%CE%91.pdf>

<http://xromata.com/?p=3317>

<http://stoupaspainting.pblogs.gr/tags/chrostikes-gr.html>

https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/MSCI602/%CE%A5%CE%9B%CE%99%CE%9A%CE%9F%20%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%91%CE%94%CE%9F%CE%A3%CE%95%CE%A9%CE%9D/BIO_11_%CE%A7%CE%A1%CE%A9%CE%A3%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%95%CE%A3_2014.pdf

<http://www.livepedia.gr/index.php/%CE%91%CF%83%CE%B2%CE%B5%CF%83%CF%84%CF%8C%CE%BB%CE%B9%CE%B8%CE%BF%CF%82>

<http://wikipedia.qwika.com/en2el/Chalk>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%AC%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%81%CE%BF>

<http://www.novocarb.gr/gr/content/52>

<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CIV1502/%CE%9A%CE%95%CE%A6%CE%91%CE%9B%CE%91%CE%99%CE%91%20%CE%92%CE%99%CE%92%CE%9B%CE%99%CE%9F%CE%A5/5%20K%CE%BF%CE%BD%CE%AF%CE%B5%CF%82%20K%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%AC%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1.pdf>

http://thesecretrealtruth.blogspot.com/2014/11/blog-post_2184.html

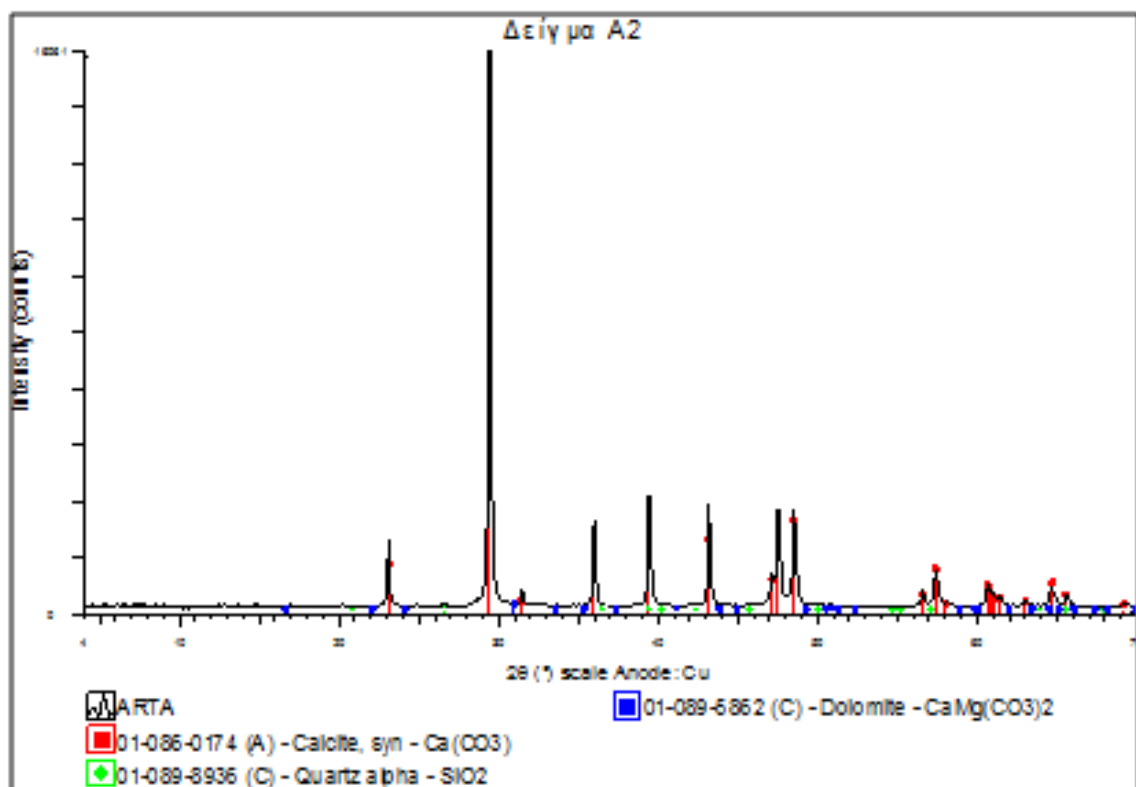
<http://www.orykta.gr/oryktes-protes-yles-tis-ellados/latomika-orykta/biomihanika-orykta/54-anthrakiko>

http://www.paints-mihopoulos.gr/?section=2266&language=el_GR

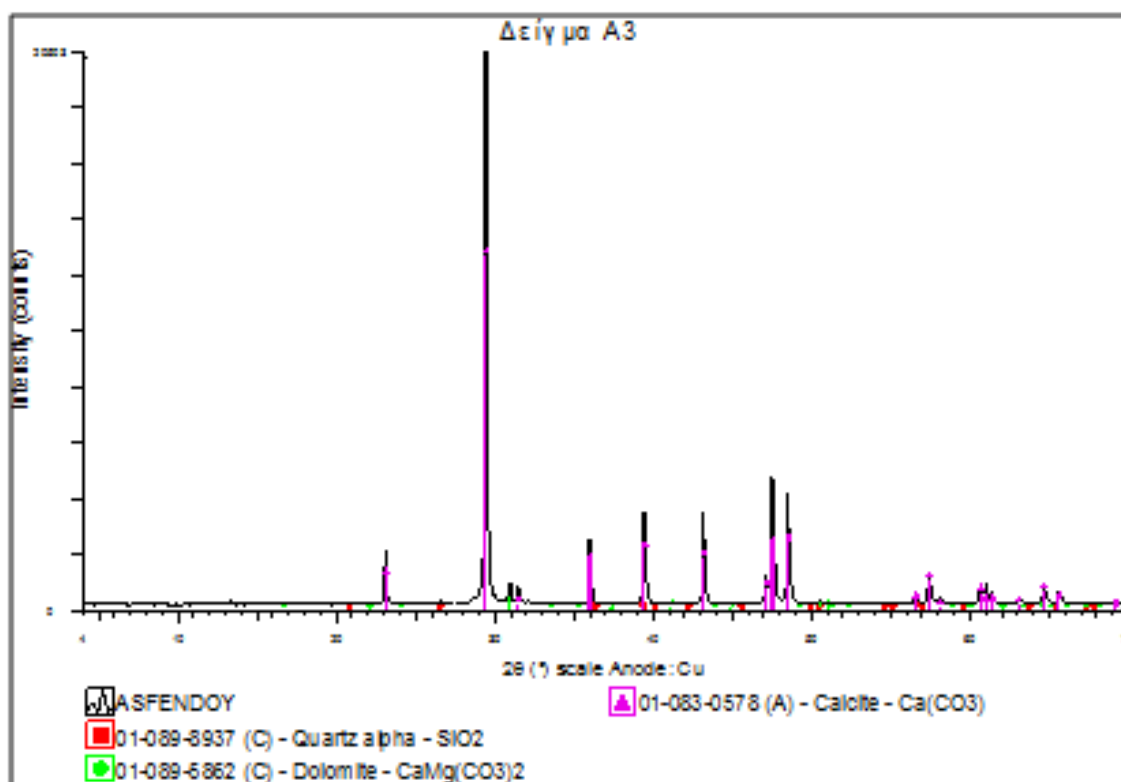
<http://www.konicaminolta.eu/en/measuring-instruments/products/colour-measurement/spectrophotometers-bench-top/cm-5/specifications.html>

Παράρτημα

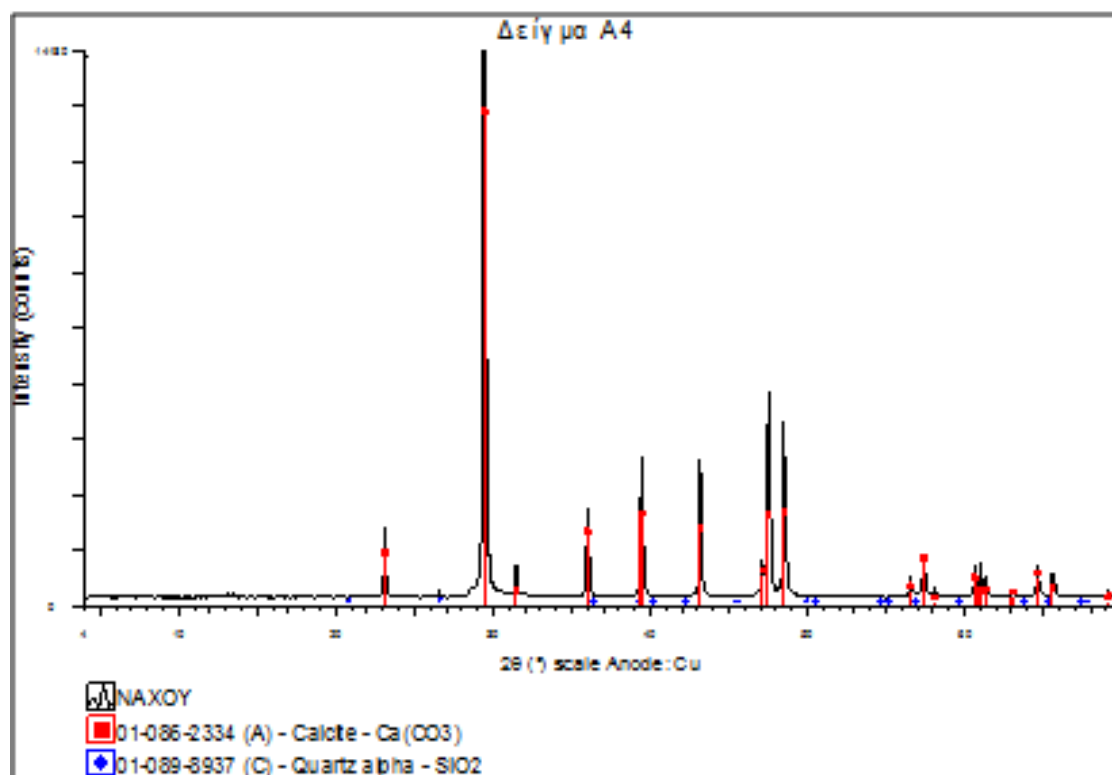
Ακτινοδιαγράμματα περιθλασιμετρίας κόνεως ακτίνων-Χ (XRD)



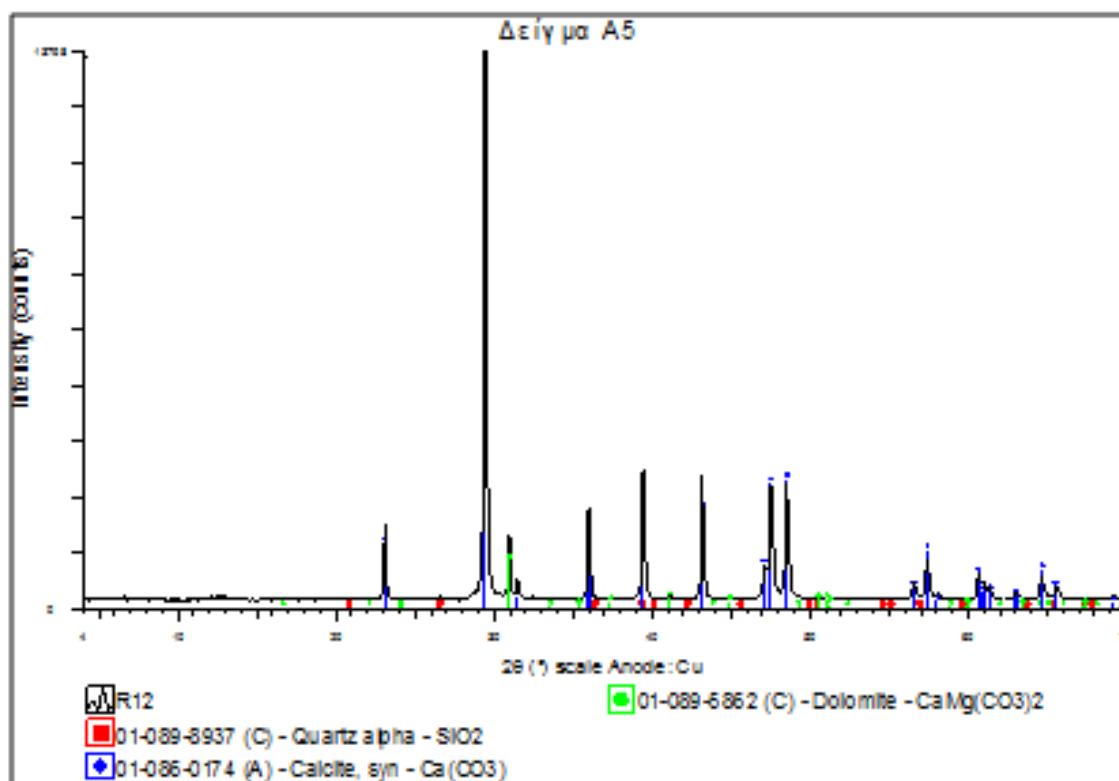
Ακτινοδιάγραμμα περιθλασιμετρίας κόνεως ακτίνων-Χ (XRD) αρχικού δείγματος A1.



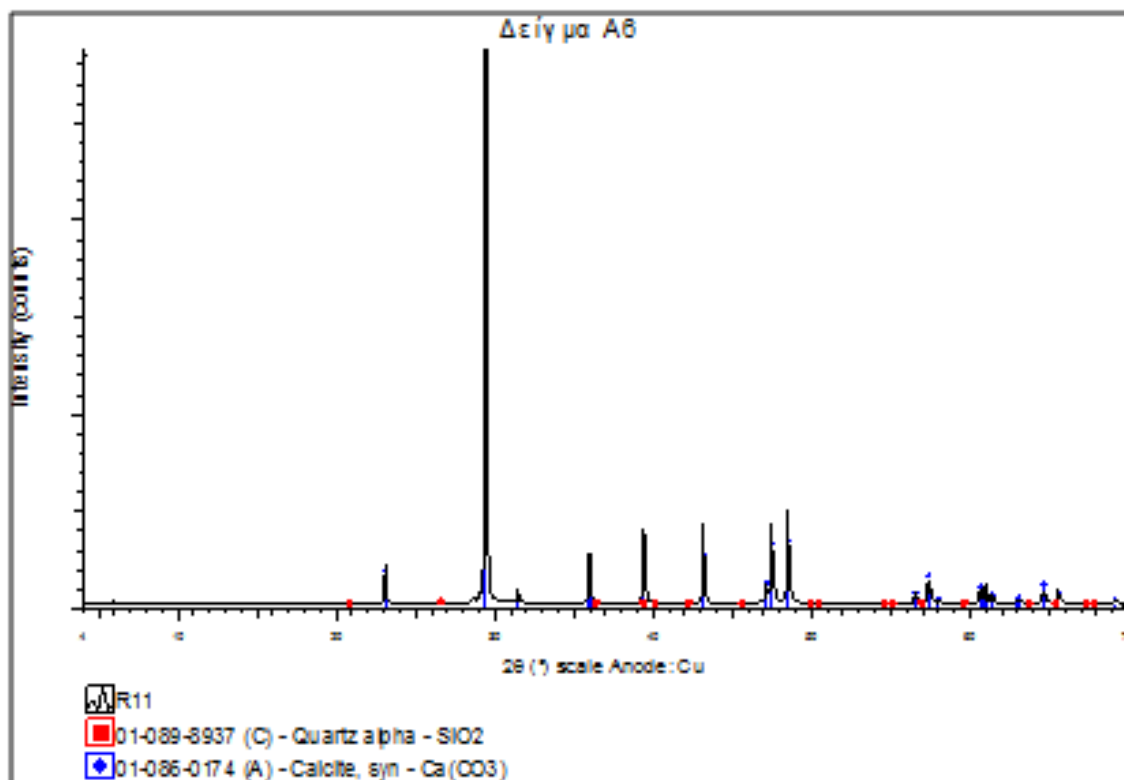
Ακτινοδιάγραμμα περιθλασιμετρίας κόνεως ακτίνων-X (XRD) αρχικού δείγματος A3.



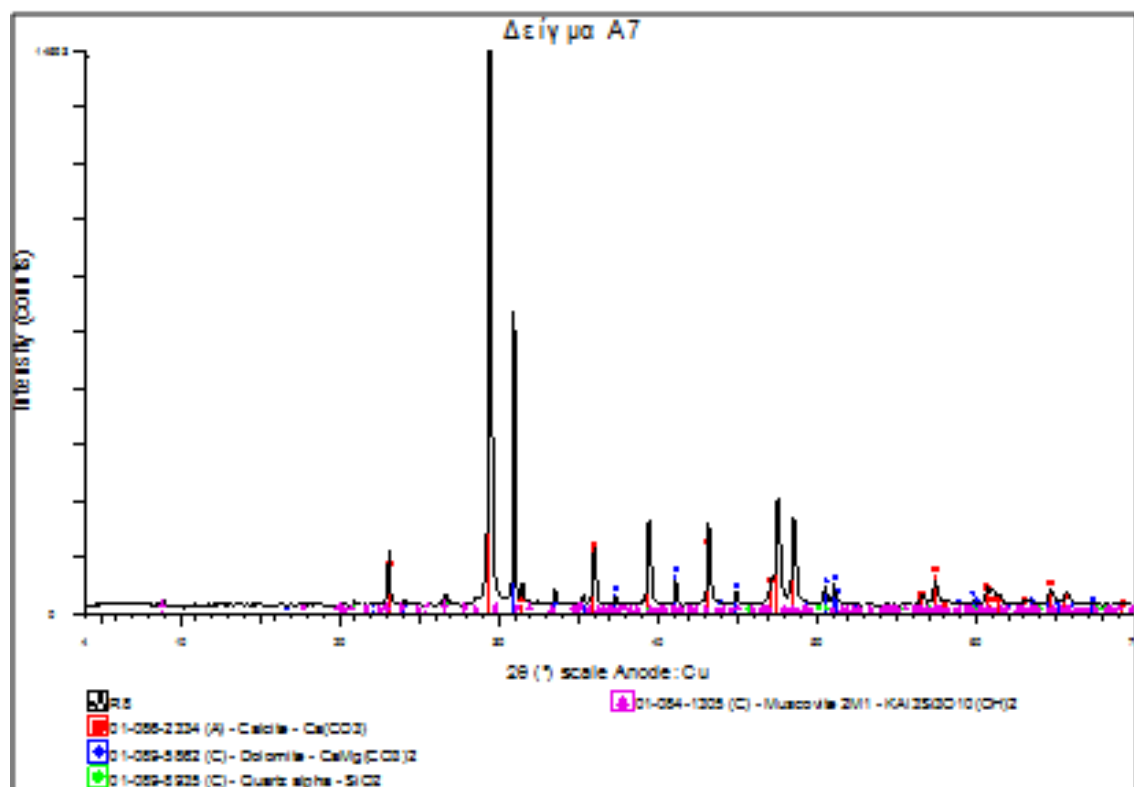
Ακτινοδιάγραμμα περιθλασιμετρίας κόνεως ακτίνων-X (XRD) αρχικού δείγματος A4.



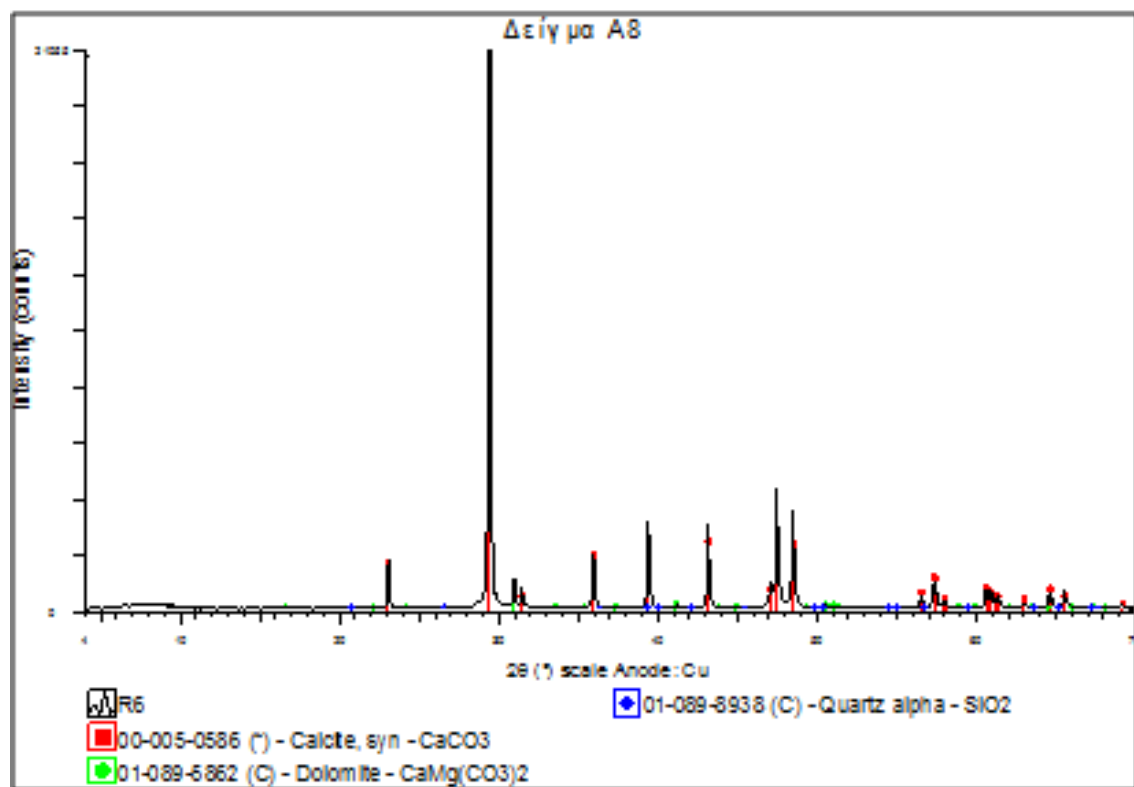
Ακτινοδιάγραμμα περιθλασιμετρίας κόνεως ακτίνων-X (XRD) αρχικού δείγματος A5.



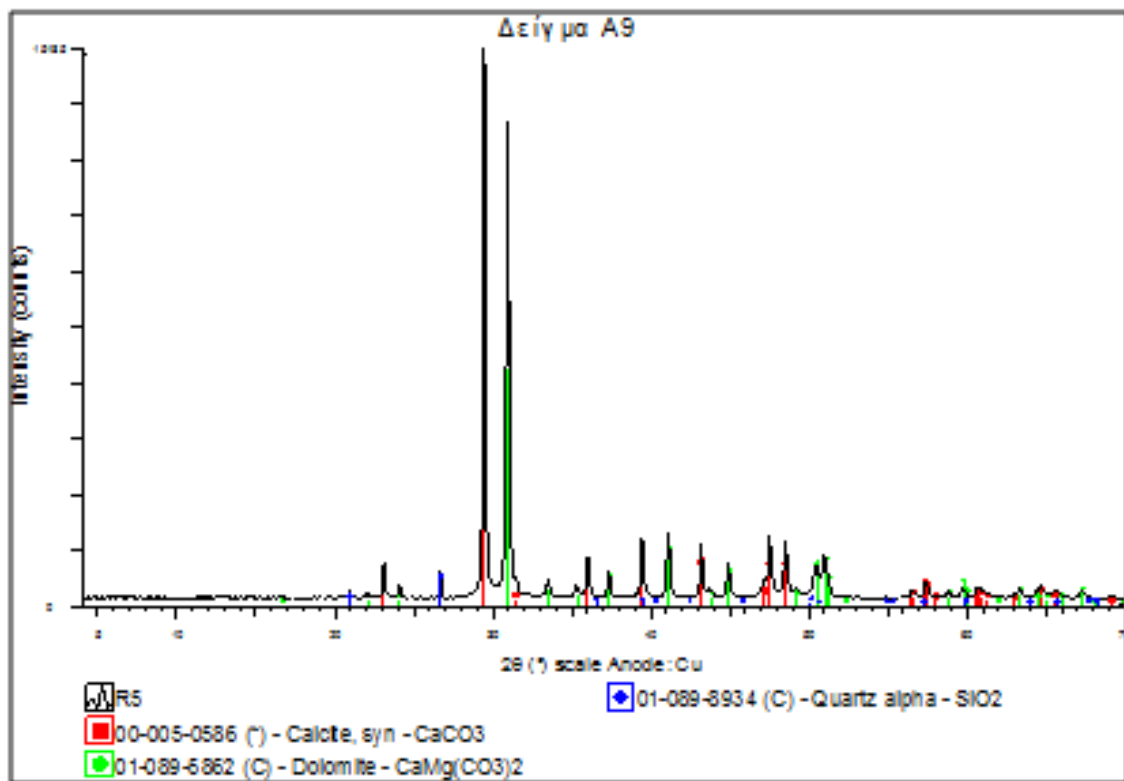
Ακτινοδιάγραμμα περιθλασιμετρίας κόνεως ακτίνων-X (XRD) αρχικού δείγματος A6.



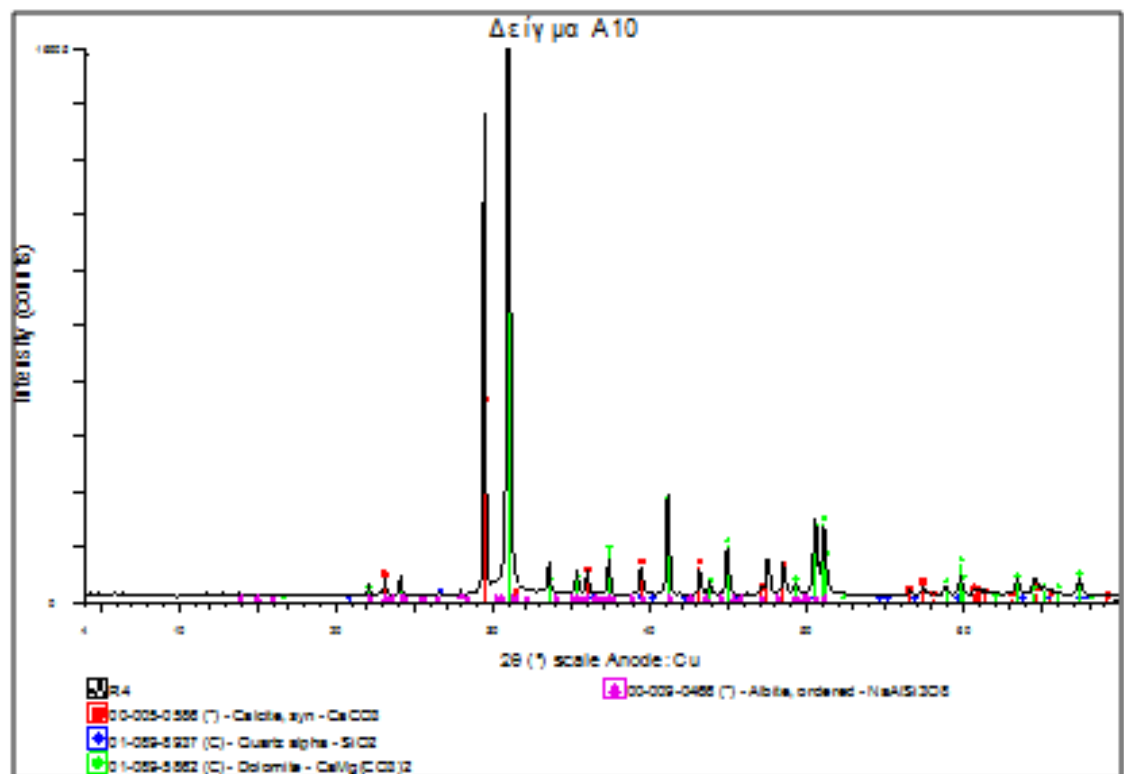
Ακτινοδιάγραμμα περιθλασιμετρίας κόνεως ακτίνων-X (XRD) αρχικού δείγματος A7.



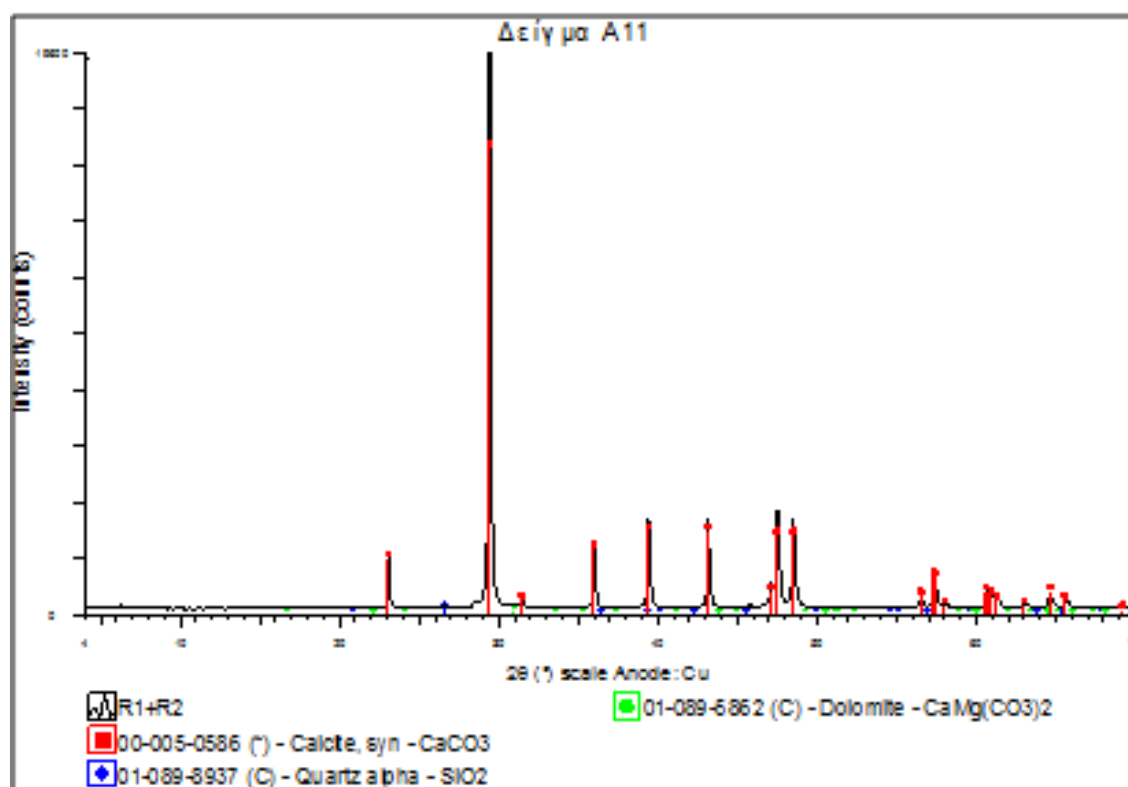
Ακτινοδιάγραμμα περιθλασιμετρίας κόνεως ακτίνων-X (XRD) αρχικού δείγματος A8.



Ακτινοδιάγραμμα περιθλασιμετρίας κόνεως ακτίνων-X (XRD) αρχικού δείγματος A9.



Ακτινοδιάγραμμα περιθλασιμετρίας κόνεως ακτίνων-X (XRD) αρχικού δείγματος A10.



Ακτινοδιάγραμμα περιθλασιμετρίας κόνεως ακτίνων-X (XRD) αρχικού δείγματος A11.