

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ -
ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΚΑΡΑΝΤΩΝΗ ΒΙΛΕΛΜΙΝΗ – ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

**ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ, ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ
ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΓΡΑΝΙΤΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων:
Αναπληρωτής Καθηγητής
Αντώνιος Κορωναίος

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΤΕΧΝΗΤΑ ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ.....	3
1.2. ΓΡΑΜΜΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	5
1.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	7
1.3.1. Κατασκευή τεχνητών πετρωμάτων με τεχνολογία Breton.....	7
1.3.2. Κατηγορίες τεχνητών πετρωμάτων τεχνολογίας Breton.....	8
1.3.3. Μέθοδος κατασκευής τεχνητών πετρωμάτων με βάση τον χαλαζία	14
1.4. ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ.....	15
1.5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΩΣΑΪΚΩΝ ΛΙΘΩΝ	17
1.6. ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ.....	19
2.1. ΓΕΝΙΚΑ	19
2.2. ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	20
2.3. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	27
2.3.1. Χρώμα	27
2.3.3. Ιστός-Υφή.....	29
2.3.2. Μέγεθος κόκκων	30
2.4. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ.....	31
2.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑ.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΕΧΝΟΓΡΑΝΙΤΩΝ ...	72
3.1. ΓΕΝΙΚΑ	72
3.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ.....	72
3.2.1. Υδατοαπορροφητικότητα.....	73
3.2.2. Ειδικό Βάρος – Πυκνότητα.....	74

3.2.3. Αντοχή σε θλίψη	75
3.2.4. Αντοχή σε κάμψη	76
3.2.5. Αντοχή σε φθορά από τριβή.....	77
3.2.6. Αντοχή σε κρούση.....	78
3.2.7. Σκληρότητα	79
3.2.8. Συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής.....	79
3.2.9. Αντοχή σε οξέα και βάσεις.....	80
3.2.10. Αντοχή στο κάψιμο από τσιγάρο	81
3.3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	81
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ	83
4.1. ΓΕΝΙΚΑ	83
4.2. ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΑ ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	84
4.3. ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΑΣ	85
4.4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ-γ.....	86
4.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΑΣ ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	88
4.6. ΦΥΣΙΚΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΤΕΧΝΗΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΩΣ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	91
4.7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	95
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	97
ABSTRACT.....	98
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	99

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ανέκαθεν τα φυσικά πετρώματα αποτελούσαν τα βασικότερα και πιο διαδεδομένα υλικά τόσο στον τομέα των δομικών υλικών όσο και στον χώρο της διακόσμησης, με τους γρανίτες (με την εμπορική τους ονομασία, που περιλαμβάνει όξινης έως βασικής σύστασης πυριγενή πετρώματα) να ανταγωνίζονται ολοένα και περισσότερο τα μάρμαρα (με την εμπορική τους ονομασία, που περιλαμβάνει ασβεστιτικής έως δολομιτικής σύστασης πετρώματα). Από την κατασκευή μνημείων και τη διακόσμηση χώρων, μέχρι την οικοδόμηση κτηρίων και τη λιθόστρωση δρόμων, η χρήση φυσικών πυριγενών και μεταμορφωμένων πετρωμάτων ήταν και είναι πρωταρχικής σημασίας.

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να στρέφεται το ενδιαφέρον προς τη βιομηχανία των τεχνητών πετρωμάτων. Μία ιδιαίτερα δημοφιλής κατηγορία τεχνητών πετρωμάτων αποτελούν οι τεχνογρανίτες. Έχοντας εικόνα όμοια με αυτή των φυσικών γρανιτών, αλλά με βελτιωμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά και ποικιλία χρωμάτων και υφών, τα τεχνητά αυτά πετρώματα έρχονται να αντικαταστήσουν τα φυσικά, σε ένα πλήθος εφαρμογών από υλικά εσωτερικής και εξωτερικής διακόσμησης χώρων έως υλικά για βιομηχανικές και αστικές δομικές κατασκευές. Ακόμη, το χαμηλό τους κόστος (σε σύγκριση πάντα με τα φυσικά πετρώματα), τα καθιστά πλέον πιο προσιτά στους καταναλωτές και άρα υψηλότερα, ενδεχομένως, στην προτίμηση τους έναντι των φυσικών γρανιτών.

Όλοι οι τεχνογρανίτες που χρησιμοποιούνται στην χώρα μας είναι εισαγόμενοι. Για τον λόγο αυτό, αλλά και λόγω της διαρκώς αυξανόμενης ζήτησής τους στην ελληνική και διεθνή αγορά, κρίνεται απαραίτητο να προσδιοριστούν τα ορυκτολογικά και πετρολογικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων αυτών. Ακόμη, ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο προσδιορισμός των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων τους, ο υπολογισμός της φυσικής τους ραδιενέργειας, καθώς και η σύγκρισή τους με τις αντίστοιχες ιδιότητες των φυσικών γρανιτών και μαρμάρων, αφού τα φυσικομηχανικά και ραδιενεργά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων αυτών αποτελούν τον πιο καθοριστικό παράγοντα προτίμησης των πρώτων έναντι των δεύτερων.

Έτσι, στα πλαίσια του μαθήματος της Διπλωματικής εργασίας της κατεύθυνσης Ορυκτολογίας- Πετρολογίας του Τομέα Ορυκτολογίας- Πετρολογίας- Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου

Θεσσαλονίκης, πραγματοποιήθηκε η παρούσα εργασία, υπό την επίβλεψη του αναπληρωτή καθηγητή κ. Αντώνιου Κορωναίου, με σκοπό τη μελέτη της ορυκτολογικής και πετρολογικής σύστασης, των φυσικομηχανικών χαρακτηριστικών και των ποσοστών ραδιενέργειας των τεχνογρανιτών. Για την διεκπεραίωση της εργασίας αυτής, μελετήθηκαν 13 δείγματα τεχνογρανιτών, ευγενική παροχή των βιομηχανιών Petra Deco- Αθανασιάδης Μάρμαρα Α.Ε. και Ουργαντζίδης Α.Ε.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, αναπληρωτή καθηγητή κ. Αντώνιο Κορωναίο, για την πολύτιμη βοήθεια του, στήριξη, κατανόηση και καθοδήγηση, καθ όλη τη διάρκεια υλοποίησης της εργασίας, μέχρι και την ολοκλήρωσή της. Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω την κα. Φωτεινή Νόλη, λέκτορα του Τμήματος Χημείας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, για την πολύτιμη βοήθειά της στη μέτρηση της φυσικής ραδιενέργειας των δειγμάτων με φασματοσκοπεία γ. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Σολδάτο Τριαντάφυλλο, για την πολύτιμη βοήθειά του στην υλοποίηση της εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Πέτρο Αθανασιάδη της βιομηχανίας Petra Deco- Αθανασιάδης Μάρμαρα Α.Ε. και τον κ. Μάνθο Ουργαντζίδα της βιομηχανίας Ουργαντζίδης Α.Ε. για την παροχή βιβλιογραφικού υλικού καθώς και των εξεταζόμενων στην παρούσα εργασία δειγμάτων τεχνογρανιτών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΤΕΧΝΗΤΑ ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

Τα τεχνητά διακοσμητικά πετρώματα ή μωσαϊκοί λίθοι, όπως εναλλακτικά αναφέρονται, είναι βιομηχανικά υλικά με μεγάλη περιεκτικότητα (μέχρι 96% κατά βάρος) σε θραυστά φυσικά πετρώματα ή ορυκτά (λατομείου ή/και ανακύκλωσης), που έχουν αναμιχθεί με ορυκτές χρωστικές ύλες, προσθετικά και σε ορισμένες περιπτώσεις με άλλα συμβατά υλικά (θραύσματα γυαλιού, κεραμικών κ.ά.) και έχουν συσσωματωθεί σε συμπαγή μάζα με την προσθήκη συγκολλητικού μέσου (τσιμέντο ή/και ρητίνες) με κατάλληλη κατεργασία. Στην αγγλική ορολογία τα τεχνητά διακοσμητικά πετρώματα αναφέρονται με ποικίλες ονομασίες, όπως "Agglomerated Stones", ονομασία που έχει υιοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση στις προδιαγραφές EN για τα δομικά υλικά (προδιαγραφή ΕΛΟΤ EN 14618 E2 «Μωσαϊκοί λίθοι - Ορολογία και ταξινόμηση» - 2009). Άλλες ονομασίες είναι "Engineered Stones", "Artificial Stones", "Compound Stones", "Composite Stones", "Cultured Stones", "Man-Made Stones", "Fake Stones" κ.ά.

Τα προϊόντα από μωσαϊκούς λίθους είναι ευρέως διαδεδομένα σήμερα στην αγορά και χαρακτηρίζονται ως η σύγχρονη βιομηχανική μετεξέλιξη των παλαιών παραδοσιακών πλακών από μωσαϊκό (terrazzo tiles)¹. Πρόκειται για μία πληθώρα υλικών με διαφοροποιημένα μεταξύ τους ποιοτικά χαρακτηριστικά και ανεξάντλητη

¹ Οι πλάκες από μωσαϊκό δεν συμπεριλαμβάνονται στους μωσαϊκούς λίθους, αλλά αποτελούν ξεχωριστή κατηγορία σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές EN 13748-1 και EN 13748-2

γκάμα χρωμάτων, τα οποία με τη μορφή όγκων και πλακών ποικίλων διαστάσεων χρησιμοποιούνται σε ένα πλήθος εφαρμογών (από δομικά έως διακοσμητικά υλικά), που θα αναφερθούν αναλυτικά παρακάτω.

Ανάλογα με το είδος των πετρωμάτων ή ορυκτών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους, τα τεχνητά διακοσμητικά πετρώματα διακρίνονται στο εμπόριο στις εξής κατηγορίες:

- Χαλαζίες ή Τεχνοχαλαζίες (Techno quartz / Quartz): Είναι υλικά που ως πρώτη ύλη περιέχουν φυσικό χαλαζία ή χαλαζιακή άμμο.
- Τεχνογρανίτες ή Τεχνητοί γρανίτες (Techno granite): Είναι υλικά που ως πρώτη ύλη περιέχουν θραύσματα φυσικών γρανιτών ή άλλων πυριτικής σύστασης πετρωμάτων, όπως μονζονίτες, βασάλτες, χαλαζίτες, πορφυρίτες κ.ά.
- Τεχνομάρμαρα ή Τεχνητά μάρμαρα (Techno marble): Είναι υλικά που προέρχονται από ασβεστιτικής σύστασης ιζηματογενή και μεταμορφωμένα πετρώματα όπως ασβεστόλιθοι, δολομίτες, μάρμαρα κ.ά.

Επιπλέον διακρίσεις μπορούν να γίνουν ανάλογα με το είδος του συγκολλητικού μέσου που χρησιμοποιείται για τη συσσωμάτωσή τους σε:

- Υλικά με βάση το τσιμέντο
- Υλικά με βάση την πολυεστερική ρητίνη

Καθώς και ανάλογα με τη διαδικασία κατασκευής τους (αναλυτική αναφορά γίνεται παρακάτω) σε:

- Υλικά που συσσωματώνονται με δόνηση-συμπίεση υπό κενό αέρος
- Υλικά που συσσωματώνονται με δόνηση υπό κενό αέρος

Τα τεχνητά αυτά πετρώματα παράγονται από μεγάλες βιομηχανίες σε αυτοματοποιημένες γραμμές παραγωγής υπό μορφή όγκων ή πλακιδίων μεγάλων διαστάσεων. Στη συνέχεια προωθούνται στην αγορά μέσω επιχειρήσεων (κατά κανόνα επιχειρήσεις του κλάδου μαρμάρου), οι οποίες αναλαμβάνουν και την κοπή-κατεργασία των προϊόντων, έτσι ώστε να τα προσαρμόσουν στις απαιτήσεις του εκάστοτε πελάτη.

Στην Ευρώπη σύμφωνα με στοιχεία της A.St.A Europe² υπάρχουν 30 περίπου εταιρείες παραγωγής μωσαϊκών λίθων - με πιο γνωστές τις Technistone[®], Silestone[®],

² Η A.St.A Europe είναι ένας ευρωπαϊκός όμιλος εταιρειών κατασκευής τεχνητών διακοσμητικών πετρωμάτων. Σκοπός της είναι η προώθηση της ανάπτυξης και εξέλιξης των μελών εταιρειών της και η παροχή υποστήριξης σε αυτές.

Caesarstone[®], Zodiag[®], Quarella[®], Okite[®] κ.ά. - με ετήσια παραγωγή της τάξης των 20 εκατομμυρίων τετραγωνικών μέτρων (Marmaronet).

1.2. ΓΡΑΜΜΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Γενικά, η ιστορία του τεχνητού πετρώματος ξεκινάει χρόνια πριν. Συγκεκριμένα τα πρώτα πλακάκια για δάπεδο κατασκευάζονταν αναμειγνύοντας θραύσματα διαφόρων πετρωμάτων με ένα συγκολλητικό μέσο, το οποίο είχε ως βάση τη ρητίνη. Κατά το 1965 άρχισαν να χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες απομεινάρια λατομείων, που αναμειγμένα με διάφορα ρητινοειδή συγκολλητικά μέσα, (resin binders) τοποθετούνταν σε καλούπια ανοιχτού αέρος. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια δόνησης συμπαγοποιούνταν για να σχηματίσουν μεγάλου μεγέθους τεμάχια πετρώματος, τα οποία στη συνέχεια κόβονταν σε μικρότερου μεγέθους πλακάκια.

Το 1968 εγκαταστάθηκε η πρώτη ολοκληρωμένη μονάδα παραγωγής μεγάλων τεμαχών τεχνητών πετρωμάτων της Breton με τη διαδικασία της ανάμειξης και δόνησης υπό κενό αέρος, ενώ το 1977 έγινε για πρώτη φορά γνωστή η διαδικασία ανάμειξης θραυσμάτων πυριτικών ορυκτών (κυρίως χαλαζία) και πετρωμάτων (κυρίως γρανίτη) με ένα πολυμερές υλικό.

Το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής των τεχνητών διακοσμητικών πετρωμάτων, στον δυτικό κόσμο τουλάχιστον, προέρχεται από γραμμές παραγωγής που κατασκευάζει ο ιταλικός οίκος Breton S.p.a., ο οποίος αποτελεί τον πρωτοπόρο κατασκευαστή εξοπλισμού παραγωγής τεχνητών πετρωμάτων. Η Breton είναι στην ουσία μία μηχανική κατασκευαστική εταιρεία παραγωγής μηχανημάτων, εξοπλισμού και μονάδων για την επεξεργασία προϊόντων φυσικών πετρωμάτων, τα οποία πουλάει στη συνέχεια σε γνωστές βιομηχανίες.

Η τεχνολογία Breton βασίζεται, κυρίως, στη συσσωμάτωση του μείγματος των πρώτων υλών με τη διαδικασία της δόνησης-συμπίεσης υπό κενό αέρος, ώστε να επιτευχθεί η ελαχιστοποίηση του πορώδους των τεχνητών λίθων. Όταν μιλάμε δηλαδή για διαδικασία Breton, ουσιαστικά εννοούμε τη διαδικασία ανάμειξης του φυσικού υλικού με ένα πολυμερές ρευστό (συνήθως ένα ακόρεστο μείγμα πολυεστερικής ρητίνης), τοποθέτησης του μείγματος σε κενό αέρος ώστε να αφαιρεθεί εξ ολοκλήρου ο αέρας, και στη συνέχεια άσκησης δόνησης και πίεσης σε αυτό. Έπειτα, το υλικό θερμαίνεται, έτσι ώστε να εξαλειφθεί κάθε ίχνος πίεσης ή

έντασης στο τελικό προϊόν. Το αποτέλεσμα είναι μία πλάκα μη πορώδους και σχετικά σταθερού υλικού επικάλυψης επιφανειών (Breton).

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η κατασκευή των τεχνητών πετρωμάτων δεν ήταν πάντα ίδια. Στην πραγματικότητα, η βιομηχανία παραγωγής μωσαϊκών λίθων έχει υποστεί σημαντικές αλλαγές τα τελευταία 40 χρόνια. Στην αρχή, τα προϊόντα κατασκευάζονταν από ένα μείγμα θραυσμάτων μαρμάρου και τσιμέντου, με το τελευταίο να παίζει τον ρόλο του συνδετικού υλικού. Οι σημαντικότερες αλλαγές που συνέβαλαν στην βελτίωση των τεχνικών και φυσικών χαρακτηριστικών των προϊόντων ήταν (Breton):

- Η αντικατάσταση του τσιμέντου με πολυεστερική ρητίνη. Με την αλλαγή αυτή έγινε δυνατή η κατασκευή μικρότερου πάχους πλακιδίων. Τα λεπτότερα, και επομένως ελαφρύτερα, πλακίδια συνέβαλαν στην μείωση του κόστους μεταφοράς, κάτι που αποτέλεσε καταλυτικό παράγοντα για το εμπόριο μωσαϊκών λίθων, αφού διευκόλυνε σημαντικά την εξαγωγή και διακίνηση των προϊόντων σε παγκόσμιο επίπεδο. Επιπλέον, το μικρότερο βάρος των πλακιδίων συνέβαλε στην μείωση του κόστους εγκατάστασής τους, αφού ως ελαφρύτερα, η διαδικασία εγκατάστασης αυτών έγινε πολύ πιο εύκολη.
- Η χρήση μικρότερου μεγέθους θραυσμάτων μαρμάρου (από 12 cm σε 0,5 mm) έτσι ώστε να αποδοθεί στα προϊόντα μία πιο φυσική και ρεαλιστική εικόνα, παρόμοια με αυτή του φυσικού γρανίτη και μαρμάρου. Ακόμη, η χρήση μικρότερων θραυσμάτων επέτρεψε την απόδοση στα προϊόντα σχημάτων και υφών που δεν συναντώνται στη φύση.
- Η προσθήκη γυαλιού ή θραυσμάτων καθρέπτη ή ακόμη και θραυσμάτων ενός υλικού γνωστού ως "nacre" ή "mother of pearl" (ένα υλικό από το οποίο αποτελείται το εξωτερικό περίβλημα των μαργαριταριών). Η προσθήκη των υλικών αυτών αποδίδει μία ιδιαίτερη και εντυπωσιακή εικόνα στα τεχνητά πετρώματα.
- Η εφαρμογή της τεχνικής που χρησιμοποιείται για την κατασκευή τεχνητών πετρωμάτων με βάση το μάρμαρο, στην κατασκευή νέων πετρωμάτων με βάση τον γρανίτη ή τον χαλαζία.

Πλέον έχουν δημιουργηθεί αρκετές εταιρείες κατασκευής εξοπλισμού για την παραγωγή τεχνητών πετρωμάτων με κυριότερη την κινέζικη εταιρεία KEDA INDUSTRIAL CO LTD, η οποία, μετά την Breton, αποτελεί την μεγαλύτερη εταιρεία

παροχής εξοπλισμού παραγωγής μωσαϊκών λίθων στον ανατολικό κόσμο, με περισσότερους από 100 προμηθευτές. Οι γραμμές παραγωγής που κατασκευάζει η εταιρεία αυτή δεν ακολουθούν την τεχνολογία Breton, ενώ οι εγκαταστάσεις τους περιορίζονται αποκλειστικά στην Κίνα (Marmaronet).

1.3. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1.3.1. Κατασκευή τεχνητών πετρωμάτων με τεχνολογία Breton

Αναλυτικά, η διαδικασία που ακολουθείται για την κατασκευή τεχνητών πετρωμάτων με την τεχνολογία Breton, σε γραμμές παραγωγής προηγμένης τεχνολογίας και υψηλού βαθμού αυτοματοποίησης, είναι οι εξής:

- Αρχικά τα φυσικά πετρώματα ή ορυκτά θραύονται και λειοτριβούνται, σε εγκαταστάσεις θραύσης-κοσκίνισης για να αποκτήσουν την απαιτούμενη κοκκομετρία (ανάλογα κάθε φορά με το τελικό προϊόν).
- Στη συνέχεια, μεταφέρονται σε εγκαταστάσεις ανάμειξης-ομογενοποίησης του μείγματος, όπου αναμειγνύονται με πολυεστερική ρητίνη (ή τσιμέντο Portland) και τις υπόλοιπες πρώτες ύλες, οι οποίες μπορεί να είναι:
 - Πληρωτικά υλικά σε λεπτόκοκκη μορφή, όπως το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) που χρησιμοποιείται για τα τεχνητά μάρμαρα και το διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2 , silex) για τους τεχνητούς γρανίτες.
 - Ορυκτές χρωστικές ύλες, όπως οξείδια μετάλλων σε μορφή πούδρας, για την απόδοση ιδιαίτερων χρωμάτων στα τελικά προϊόντα.
 - Προσθετικά υλικά, όπως καταλύτες και επιταχυντές ρύθμισης της σκλήρυνσης της ρητίνης, αντιβακτηριδιακά και αντιμικροβιακά υλικά κ.ά., τα οποία αποδίδουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στο τελικό προϊόν.
- Το μείγμα των πρώτων υλών, μετά την ομογενοποίησή του οδηγείται σε ειδικά καλούπια μορφοποίησης όγκων, κατάλληλα για παραγωγή τεχνητών μαρμάρων, ή πλακών-πλακιδίων μεγάλων διαστάσεων, κατάλληλα για παραγωγή τεχνητού χαλαζία, τεχνητών γρανιτών και τεχνητών μαρμάρων.
- Στο επόμενο στάδιο, τα καλούπια αυτά, με το μείγμα που περιέχουν, υπόκεινται σε διάταξη συμπίεσης-δόνησης υπό κενό αέρος ή σε διάταξη δόνησης υπό κενό αέρος. Με την εξάσκηση πίεσης και ταυτόχρονης δόνησης ή μόνο δόνησης, αλλά πάντα υπό κενό αέρος, επιτυγχάνεται η απομάκρυνση

του αέρα από τη μάζα του μείγματος. Έτσι το τελικό προϊόν είναι ένα συμπαγές και με μηδενικό πορώδες υλικό.

- Στο τελικό στάδιο λαμβάνει χώρα η κατάλυση-πολυμερισμός της ρητίνης (εφόσον πρόκειται για υλικά με βάση την πολυεστερική ρητίνη), ώστε να επιτευχθεί η σκλήρυνσή της. Όταν τα πετρώματα έχουν τη μορφή πλακών η κατάλυση επιταχύνεται με συστήματα θέρμανσης, ενώ όταν έχουν τη μορφή όγκων αποθηκεύονται για ορισμένες ημέρες σε καλυμμένο χώρο μέχρις ότου πραγματοποιηθεί η σκλήρυνση. Από την άλλη μεριά, όταν τα υλικά έχουν ως βάση το τσιμέντο Portland, είτε έχουν τη μορφή όγκων είτε τη μορφή πλακών, αποθηκεύονται σε καλυμμένο χώρο μέχρις ότου επιτευχθούν οι επιθυμητές αντοχές.

Στη συνέχεια οι όγκοι των τεχνητών μαρμάρων είναι έτοιμοι για να «σχιστούν» σε πλάκες, όπως ακριβώς και τα φυσικά μάρμαρα, ενώ οι πλάκες, ανεξάρτητα από το είδος του πετρώματος, είναι έτοιμες να κοπούν και να κατεργαστούν, όπως και οι αντίστοιχες πλάκες των φυσικών πετρωμάτων. Το αποτέλεσμα είναι μία μεγάλη γκάμα τελικών προϊόντων με τυποποιημένες διαστάσεις, κατάλληλων για ποικίλες εφαρμογές τόσο στον χώρο των δομικών υλικών όσο και στον χώρο της διακόσμησης (Marmaronet).

1.3.2. Κατηγορίες τεχνητών πετρωμάτων τεχνολογίας Breton

Τα τεχνητά πετρώματα που παράγονται με την τεχνολογία Breton, διακρίνονται ανάλογα με την κοκκομετρία τους, το συγκολλητικό μέσον και την τεχνολογία συσσωμάτωσης του μείγματος των πρώτων υλών, στις παρακάτω κατηγορίες, οι οποίες συνοψίζονται στον πίνακα 1.1 (Marmaronet).

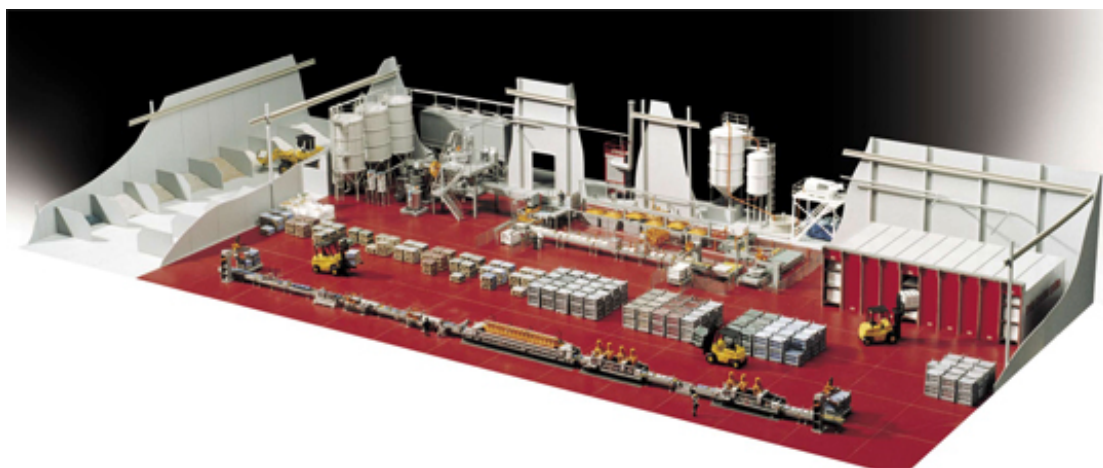
BRETONSTONE®

Είναι το τεχνητό πέτρωμα για την παραγωγή του οποίου χρησιμοποιούνται: θραυστά φυσικά πετρώματα ως πρώτες ύλες, πολυεστερική ρητίνη ως συγκολλητικό υλικό, καθώς και πληρωτικά και προσθετικά υλικά. Τα υλικά μετά την ανάμειξή τους και την ομογενοποίηση του μείγματος, συσσωματώνονται σε συμπαγή μάζα με τη διαδικασία δόνησης-συμπίεσης υπό κενό αέρος (vibro-compression vacuum process). Ο συγκεκριμένος τύπος τεχνητού πετρώματος παράγεται σε:

- Πλάκες μεγάλων διαστάσεων (125×306 cm έως 165×330 cm, με πάχος που κυμαίνεται από 7 έως 30 mm).
- Όγκους διαστάσεων 308×125×88 cm ή 308×140×88 cm, οι οποίοι στη συνέχεια κόβονται σε πλάκες μεγάλων διαστάσεων (308×125 ή 308×140 cm, με πάχος που κυμαίνεται από 9 έως 30 mm, ή μεγαλύτερο όταν απαιτείται).

Για την παραγωγή πλακών BRETONSTONE®, ως πρώτες ύλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο φυσικά πυριτικά πετρώματα και ορυκτά (γρανίτης, χαλαζίτης, πορφύρης, χαλαζιακή άμμος, χαλαζίας κ.ά.), όσο και ανθρακικά (μάρμαρο, ασβεστόλιθος, δολομίτης κ.ά.), σε κοκκομετρίες μέχρι 6 ή 8 mm. Η αναλογία των φυσικών πετρωμάτων στη σύσταση του τεχνητού πετρώματος φτάνει μέχρι και το 94% κατά βάρος.

Για την παραγωγή όγκων BRETONSTONE®, ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο ανθρακικά πετρώματα σε κοκκομετρίες που μπορούν να φτάσουν μέχρι τα 60 έως 90 mm, ενώ η αναλογία των φυσικών πετρωμάτων στη σύσταση του τεχνητού πετρώματος σε αυτή την περίπτωση φτάνει μέχρι και το 96% κατά βάρος.



Σχήμα 1.1. Αυτοματοποιημένη γραμμή παραγωγής μωσαϊκών λίθων τύπου BRETONTERASTONE® σε μορφή πλακών τυποποιημένων διαστάσεων (Marmaronet).

BRETONTERASTONE®

Με τσιμέντο Portland

Είναι το τεχνητό πέτρωμα για την παραγωγή του οποίου χρησιμοποιούνται θραυστά φυσικά πετρώματα ως πρώτες ύλες, τσιμέντο Portland ως συγκολλητικό υλικό, πληρωτικά και προσθετικά υλικά. Τα υλικά μετά την ανάμειξή τους και την

ομογενοποίηση του μείγματος, συσσωματώνονται σε συμπαγή μάζα, όμως αυτή τη φορά με τη διαδικασία δόνησης υπό κενό αέρος (vibration vacuum process).

Το τσιμέντο Portland που χρησιμοποιείται ως συγκολλητικό μέσο είναι συνήθως Τύπου I, δηλαδή προέρχεται από την άλεση (λεπτομερή λειοτρίβηση) 95-100% κατά βάρος κλίνκερ (ένα υλικό γκριζοπράσινου χρώματος μορφής σφαιριδίων διαμέτρου 10-25 mm) και 0-5% άλλων προσθέτων. Σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο ENV 197-1:1992, η περιεκτικότητα σε ασβεστοπυριτικές ενώσεις πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση του 67% κατά βάρος, ο λόγος μαζών CaO/SiO_2 μεγαλύτερος ή ίσος του 2,0 και η περιεκτικότητα σε MgO μικρότερη ή ίση του 5-6% (Τσακαλάκης, 2010).

Για να χρησιμοποιηθεί ως συγκολλητικό μέσο στην κατασκευή τεχνητών πετρωμάτων, το τσιμέντο Portland αναμειγνύεται με νερό - σε αναλογία νερό/τσιμέντο συνήθως όχι μεγαλύτερη του 0,30 - και ρευστοποιητές που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία σκυροδέματος.

Ωστόσο, στις εγκαταστάσεις παραγωγής του BRETONTERASTONE® (Σχ. 1.1) υπάρχει δυνατότητα παραγωγής σκυροδέματος τροποποιημένου με πολυμερή (P.M.C. - Polymer Modified Concrete) με την προσθήκη κοινών πολυμερών, όπως ρητίνες ή γαλακτώματα (π.χ. ακρυλικό γαλάκτωμα) που βελτιώνουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες του τελικού προϊόντος (π.χ. ενίσχυση της διεπιφανειακής ζώνης αδρανών - τσιμεντοπήγματος με τα πολυμερικά μόρια των συνθετικών latex).

Ο συγκεκριμένος τύπος τεχνητού πετρώματος παράγεται σε:

- Πλάκες τυποποιημένων διαστάσεων όπως 30×30 cm, 40×40 cm, 40×60 cm, 60×60 cm, με πάχος που κυμαίνεται από 9,5 έως 30 mm, ανάλογα πάντα με τις διαστάσεις των πλακών.
- Μεγάλες πλάκες με μέγιστες διαστάσεις μέχρι 68×153 cm, και πάχος που κυμαίνεται από 15 έως 35 mm.
- Όγκους διαστάσεων 308×125×75 cm, οι οποίοι στη συνέχεια κόβονται σε πλάκες μεγάλων διαστάσεων 308×125 cm, με πάχος που κυμαίνεται από 15 έως 30 mm ή και μεγαλύτερο.

Για την παραγωγή πλακών BRETONTERASTONE® μπορούν να χρησιμοποιηθούν φυσικά πυριτικά πετρώματα και ορυκτά (γρανίτης, χαλαζίτης, πορφύρης, χαλαζίας, χαλαζιακή άμμος κ.ά.), καθώς και ανθρακικά πετρώματα

(μάρμαρο, ασβεστόλιθος, δολομίτης κ.ά.) σε κοκκομετρίες μέχρι 10-12 mm. Η αναλογία των φυσικών πετρωμάτων στη σύσταση του τεχνητού πετρώματος φτάνει μέχρι και το 76% κατά βάρος.

Για την παραγωγή όγκων BRETONTERASTONE® μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο ανθρακικά πετρώματα σε κοκκομετρίες που μπορούν να φτάσουν μέχρι τα 60 έως 90 mm, ενώ η αναλογία των φυσικών πετρωμάτων στη σύσταση του τεχνητού πετρώματος σε αυτή την περίπτωση φτάνει μέχρι και το 78% κατά βάρος.

Με πολυεστερική ρητίνη

Είναι τεχνητό πέτρωμα, που όμοια με το προηγούμενο συσσωματώνεται σε συμπαγή μάζα με την διαδικασία δόνησης υπό κενό αέρος (vibration vacuum process), με τη διαφορά ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση ως συγκολλητικό μέσο χρησιμοποιείται πολυεστερική ρητίνη και όχι τσιμέντο Portland.

Αυτός ο τύπος τεχνητού πετρώματος παράγεται μόνο σε όγκους διαστάσεων 308×125×75 cm, οι οποίοι στη συνέχεια κόβονται σε πλάκες μεγάλων διαστάσεων 308×125, με πάχος που κυμαίνεται από 9 έως 30 mm ή και μεγαλύτερο.

Για την παραγωγή όγκων BRETONTERASTONE® με πολυεστερική ρητίνη μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο ανθρακικά πετρώματα σε κοκκομετρίες που μπορούν να φτάσουν μέχρι τα 60 έως 90 mm, ενώ η αναλογία των φυσικών πετρωμάτων στη σύσταση του τεχνητού πετρώματος σε αυτή την περίπτωση φτάνει μέχρι και το 94% κατά βάρος.

BRETONTERASTONE AVANTGARDE®

Είναι τεχνητό πέτρωμα με συγκολλητικό υλικό το τσιμέντο, όπως το BRETONTERASTONE®, με βελτιωμένα όμως τεχνικά χαρακτηριστικά σε σύγκριση με το τελευταίο και πολύ ανώτερα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές πλάκες από μωσαϊκό (terrazzo tiles). Για την παραγωγή του τεχνητού αυτού πετρώματος χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες μόνο θραυστά πυριγενή πετρώματα (κυρίως γρανίτης) και πυριτικά ορυκτά (κυρίως χαλαζίας) λεπτής κοκκομετρίας, μαζί με ένα μείγμα τσιμέντου Portland και φυσικής ποζολάνης ως συγκολλητικό υλικό και προσθετικά υλικά. Όλα τα παραπάνω συσσωματώνονται σε συμπαγή μάζα με τη διαδικασία δόνησης υπό κενό αέρος (vibration vacuum process), ενώ στη συνέχεια η

σκληρότητα της συμπαγούς μάζας αυξάνεται καθώς υποβάλλεται σε συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας.

Ο συγκεκριμένος τύπος πετρώματος παράγεται σε:

- Πλάκες τυποποιημένων διαστάσεων όπως 30×30 cm, 40×40 cm, 40×60 cm, 60×60 cm, με πάχος που κυμαίνεται από 9,5 έως 30 mm, ανάλογα πάντα με τις διαστάσεις των πλακών.
- Μεγάλες πλάκες με μέγιστες διαστάσεις μέχρι 68×153 cm, και πάχος που κυμαίνεται από 15 έως 35 mm.

BRETONCEMSTONE® (με τσιμέντο Portland)

Είναι τεχνητό πέτρωμα με συγκολλητικό υλικό το τσιμέντο Portland, που διαθέτει αναβαθμισμένα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά, όπως μικρό πορώδες και μικρή υδατοαπορροφητικότητα, βελτιωμένη αντοχή σε ψύξη-απόψυξη, αντοχή σε UV ακτινοβολία κ.ά., χαρακτηριστικά που το καθιστούν κατάλληλο για εξωτερικές επενδύσεις κτηρίων. Παράγεται από θραυστά φυσικά πετρώματα ως πρώτες ύλες, τσιμέντο Portland κλάσης I με υδροδιασπώμενο (water-dispersed) πολυμερές ως συγκολλητικό μέσο (ανόργανο οικολογικό συγκολλητικό μέσο), καθώς και πληρωτικά και προσθετικά υλικά. Όλα τα παραπάνω συσσωματώνονται σε συμπαγή μάζα με τη διαδικασία δόνησης-συμπίεσης υπό κενό αέρος (vibro-compression vacuum process).

Ο συγκεκριμένος τύπος τεχνητού πετρώματος παράγεται μόνο σε πλάκες μεγάλων διαστάσεων (104×308 cm, με πάχος που κυμαίνεται από 9,5 έως 30 mm).

Για την παραγωγή πλακών BRETONCEMSTONE® μπορούν να χρησιμοποιηθούν φυσικά πυριτικά πετρώματα και ορυκτά (γρανίτης, χαλαζίτης, πορφύρης, χαλαζίας, χαλαζιακή άμμος κ.ά.), καθώς και ανθρακικά πετρώματα (μάρμαρο, ασβεστόλιθος, δολομίτης κ.ά.) σε κοκκομετρίες μέχρι 6-8 mm. Η αναλογία των φυσικών πετρωμάτων στη σύσταση του τεχνητού πετρώματος φτάνει μέχρι και το 70% κατά βάρος.

Πίνακας 1.1. Τύποι τεχνητών πετρωμάτων που παράγονται με την τεχνολογία BRETON (Marmaronet).

Τεχνητό πέτρωμα	Συγκολλητικό μέσο	Τεχνολογία Breton	Περιεκτικότητα σε φυσικά πετρώματα	Φυσικά πετρώματα ή ορυκτά ως πρώτη ύλη
Χαλαζίας (Quartz)	Πολυεστερική ρητίνη	BRETONSTONE® vibrocompression vacuum process	Μέχρι 94% με κοκκομετρία μέχρι 6-8 mm	Χαλαζίας, χαλαζίτης, ή χαλαζιακή άμμος
	Ανόργανο υδραυλικό συγκολλητικό μέσο	BRETONCEMSTONE® vibrocompression vacuum process	Μέχρι 70% με κοκκομετρία μέχρι 6-8 mm	
	Τσιμέντο Portland χωρίς ή με πολυμερή	BRETONTERASTONE® vibration vacuum process	Μέχρι 76% με κοκκομετρία μέχρι 10-12 mm	
	Τσιμέντο Portland & φυσική ποζολάνη	BRETONTERASTONE AVANTGARDE® vibration vacuum process GREEN PRODUCT	Μέχρι 76% με κοκκομετρία μέχρι 10-12 mm	
Τεχνητοί Γρανίτες ή Τεχογρανίτες (Agglomerated Granites)	Πολυεστερική ρητίνη	BRETONSTONE® vibrocompression vacuum process	Μέχρι 94% με κοκκομετρία μέχρι 6-8 mm	Γρανίτες, πορφύρες, βασάλτες και άλλα πετρώματα πυριτικής σύστασης
	Ανόργανο υδραυλικό συγκολλητικό μέσο	BRETONCEMSTONE® vibrocompression vacuum process	Μέχρι 70% με κοκκομετρία μέχρι 6-8 mm	
	Τσιμέντο Portland χωρίς ή με πολυμερή	BRETONTERASTONE® vibration vacuum process	Μέχρι 76% με κοκκομετρία μέχρι 10-12 mm	
	Τσιμέντο Portland & φυσική ποζολάνη	BRETONTERASTONE AVANTGARDE® vibration vacuum process GREEN PRODUCT	Μέχρι 76% με κοκκομετρία μέχρι 10-12 mm	
Τεχνητά Μάρμαρα ή Τεχομάρμαρα (Agglomerated marbles)	Πολυεστερική ρητίνη	BRETONSTONE® vibrocompression vacuum process	Μέχρι 96% με κοκκομετρία μέχρι 6-8 mm για πλάκες, και μέχρι 60-90 mm για όγκους	Μάρμαρα, ασβεστόλιθοι και διάφορα άλλα πετρώματα ασβεστιτικής ή δολομιτικής σύστασης
	Πολυεστερική ρητίνη	BRETONTERASTONE® vibration vacuum process	Μέχρι 76% για πλάκες και μέχρι 94% για όγκους με κοκκομετρία μέχρι 10-12 mm για πλάκες και μέχρι 60-90 mm για όγκους	
	Ανόργανο υδραυλικό συγκολλητικό μέσο	BRETONCEMSTONE® vibrocompression vacuum process	Μέχρι 70% με κοκκομετρία μέχρι 6-8 mm	
	Τσιμέντο Portland χωρίς ή με πολυμερή	BRETONTERASTONE® vibration vacuum process	Μέχρι 76% για πλάκες και μέχρι 78% για όγκους με κοκκομετρία μέχρι 10-12 mm για πλάκες και μέχρι 60-90 mm για όγκους	

1.3.3. Μέθοδος κατασκευής τεχνητών πετρωμάτων με βάση τον χαλαζία

Στην τεχνική αυτή ως πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται ο χαλαζίας και η ρητίνη³. Αφού λοιπόν ο χαλαζίας περάσει από το πρώτο στάδιο της θραύσης-κονιοποίησης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, εισέρχεται στο δεύτερο στάδιο της ανάμειξης με την πολυεστερική ρητίνη και τις υπόλοιπες πρώτες ύλες.

Αν οι προδιαγραφές απαιτούν το τελικό προϊόν να είναι δίχρωμο, τότε τα δύο χρώματα αναμειγνύονται αρχικά το καθένα ξεχωριστά με τον χαλαζία. Τα δύο μείγματα που θα προκύψουν, ανακατεύονται σταδιακά μέχρις ότου επιτευχθεί μία ομογενής υφή και στη συνέχεια μεταφέρονται στα καλούπια μορφοποίησης (τρίτο στάδιο). Αντίθετα, αν το τελικό προϊόν προδιαγράφεται μονόχρωμο, τότε τα υλικά αναμειγνύονται ταυτόχρονα και στη συνέχεια οδηγούνται στα ειδικά καλούπια μορφοποίησης.

Αφού ολοκληρωθεί και το τέταρτο στάδιο της συμπίεσης-δόνησης υπό κενό αέρος ή δόνησης υπό κενό αέρος, σειρά έχει το πέμπτο και τελευταίο στάδιο. Επειδή οι τεχνογρανίτες παράγονται σε πλάκες και όχι σε όγκους (όπως π.χ. τα τεχομάρμαρα) η διαδικασία που ακολουθείται για τον πολυμερισμό της ρητίνης είναι αυτή της θέρμανσης. Τα καλούπια λοιπόν οδηγούνται σε ειδικούς «φούρνους», όπου και παραμένουν για 28 περίπου λεπτά σε θερμοκρασία 100°C. Κατά τη διάρκεια αυτή, με την αύξηση της θερμοκρασίας, ο πολυμερισμός της ρητίνης, ο οποίος είχε ξεκινήσει κατά τη διαδικασία συμπίεσης-δόνησης, ολοκληρώνεται. Με το πέρας της διαδικασίας αυτής, και την απομάκρυνση των πλακών από τους φούρνους, οι πλάκες αφαιρούνται από τα καλούπια και τοποθετούνται σε μία μεταφορική ταινία που τις οδηγεί σε ένα «τούνελ» (το μήκος του οποίου μπορεί να φτάνει τα 30 μέτρα), όπου με τη βοήθεια εξαγωγής αέρος οι πλάκες αποκτούν θερμοκρασία δωματίου. Πλέον είναι έτοιμες να κατεργαστούν.

Η κατεργασία των πλακών περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα: υπολογισμός της διαμέτρου, στίλβωμα, οριζόντια κοπή, λάξευση (κατόπιν παραγγελίας του πελάτη), βαφή και τελικός καθαρισμός, έλεγχος ποιότητας, αυτοματοποιημένο πακετάρισμα σε χάρτινα κουτιά και στη συνέχεια σε ξύλινα κιβώτια.

³ Τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες ελέγχονται αμέσως μετά την άφιξή τους στο εργοστάσιο. Στη συνέχεια ο χαλαζίας αποθηκεύεται σε σιλό, ώστε να αποφευχθεί η απορρόφηση υγρασίας, ενώ η ρητίνη υποβάλλεται σε εργαστηριακό έλεγχο της συμβατότητάς της με τα τεχνικά χαρακτηριστικά που αναμένεται να έχουν τα τελικά προϊόντα.

Η παραπάνω διαδικασία που αποτελεί τη βασική τεχνική κατασκευής τεχνητών πετρωμάτων με πρώτη ύλη τον χαλαζία, βασίζεται στην παραγωγική διαδικασία Breton και είναι αυτή που ακολουθείται κατά κόρον από την κατασκευαστική εταιρεία Santa Margherita S.p.A. (με αρχική ονομασία Italconglomerati) μία ακόμη ιταλική εταιρεία με σημαντική προσφορά στον χώρο των τεχνητών πετρωμάτων και με ένα τεράστιο δίκτυο κατανομής σε παγκόσμιο επίπεδο (τουλάχιστον σε 70 χώρες). Ολόκληρη η διαδικασία παραγωγής, από την ανάμειξη του χαλαζία με τη ρητίνη έως το πακετάρισμα σε κιβώτια, είναι αυτοματοποιημένη και λαμβάνει χώρα σε μία συνεχή γραμμή παραγωγής. Πριν το πακετάρισμά τους, τα πλακίδια ελέγχονται ένα προς ένα, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στο στίλβωμα, σε πιθανές ρωγμές ή σπασίματα, και στη λάξευση (Breton).

1.4. ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Στον παρακάτω πίνακα 1.2 παραβάλλονται οι Ευρωπαϊκές προδιαγραφές EN που ισχύουν επί του παρόντος για τα προϊόντα από μωσαϊκούς λίθους:

Πίνακας 1.2. Ευρωπαϊκές προδιαγραφές EN για τα προϊόντα μωσαϊκών λίθων.

ΕΛΟΤ EN	Τίτλος / Title
14617.01	Μωσαϊκοί λίθοι - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 1: Προσδιορισμός της φαινόμενης πυκνότητας και της υδατοαπορρόφησης / <i>Agglomerated stone. Test methods. Determination of apparent density and water absorption</i>
14617.02 E2	Μωσαϊκοί λίθοι - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 2: Προσδιορισμός της αντοχής σε κάμψη / <i>Agglomerated stone. Test methods. Determination of flexural strength (bending)</i>
14617.04	Μωσαϊκοί λίθοι - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 4: Προσδιορισμός της αντίστασης σε τριβή / <i>Agglomerated stone. Test methods. Determination of abrasion resistance</i>
14617.05	Μωσαϊκοί λίθοι - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 5: Προσδιορισμός της αντίστασης σε ψύξη - απόψυξη / <i>Agglomerated stone. Test methods. Determination of freeze and thaw resistance</i>
14617.06	Μωσαϊκοί λίθοι - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 6: Προσδιορισμός της αντίστασης σε θερμικό πλήγμα <i>Agglomerated stone. Test methods. Determination of thermal shock resistance</i>
14617.08	Μωσαϊκοί λίθοι - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 8: Προσδιορισμός της αντίστασης των αναμονών στερέωσης <i>Agglomerated stone. Test methods. Determination of resistance to fixing (dowel hole)</i>
14617.09	Μωσαϊκοί λίθοι - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 9: Προσδιορισμός της

	αντίστασης σε κρούση <i>Agglomerated stone. Test methods. Determination of impact resistance</i>
14617.10	Μωσαϊκοί λίθοι - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 10: Προσδιορισμός της αντίστασης σε χημικά <i>Agglomerated stone. Test methods. Determination of chemical resistance</i>
14617.11	Μωσαϊκοί λίθοι - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 11: Προσδιορισμός του συντελεστή γραμμικής θερμικής διαστολής / <i>Agglomerated stone. Test methods. Determination of linear thermal expansion coefficient</i>
14617.12	Μωσαϊκοί λίθοι - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 12: Προσδιορισμός της διαστασιακής σταθερότητας <i>Agglomerated stone. Test methods. Determination of dimensional stability</i>
14617.13	Μωσαϊκοί λίθοι - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 13: Προσδιορισμός της ηλεκτρικής ειδικής αντίστασης / <i>Agglomerated stone. Test methods. Determination of electrical resistivity</i>
14617.15	Μωσαϊκοί λίθοι - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 15: Προσδιορισμός της αντοχής σε θλίψη / <i>Agglomerated stone. Test methods. Determination of compressive strength</i>
14617.16	Μωσαϊκοί λίθοι - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 16: Προσδιορισμός διαστάσεων, γεωμετρικών χαρακτηριστικών και ποιότητας επιφάνειας διαστασιολογημένων πλακιδίων / <i>Agglomerated stone. Test methods. Determination of dimensions, geometric characteristics and surface quality of modular tiles</i>
14618 E2: 2009	Μωσαϊκοί λίθοι - Ορολογία και ταξινόμηση <i>Agglomerated stone. Terminology and classification</i>
15285: 2008	Μωσαϊκοί λίθοι - Διαστασιολογημένα πλακίδια για δάπεδα και σκάλες (εσωτερικά και εξωτερικά) / <i>Agglomerated stone. Modular tiles for flooring and stairs (internal and external)</i>
15388: 2008	Μωσαϊκοί λίθοι - Πλάκες και προϊόντα διαστάσεων κοπής μετά από παραγγελία για πάγκους τουαλέτας ή κουζίνας <i>Agglomerated stone. Slabs and cut-to-size products for vanity and kitchen tops</i>

Οι πρώτες δεκατρείς προδιαγραφές (14617.01 - 14617.16) αναφέρονται στις δοκιμές προσδιορισμού των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών των μωσαϊκών λίθων.

Η προδιαγραφή ΕΛΟΤ EN 14618 E2 αφορά την ορολογία και την ταξινόμηση των μωσαϊκών λίθων.

Οι προδιαγραφές 15285 και 15388 αφορούν τα διαστασιολογημένα πλακίδια για δάπεδα και σκάλες και τις πλάκες και προϊόντα ειδικών διαστάσεων για πάγκους λουτρού και κουζίνας αντίστοιχα, ενώ είναι υπό προετοιμασία οι προδιαγραφές για τις πλάκες μεγάλων διαστάσεων και για τα διαστασιολογημένα πλακίδια για επενδύσεις τοίχων.

Διάφορες άλλες διεθνείς προδιαγραφές που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

αμερικανικές (ASTM), ιταλικές (UNI), γερμανικές (DIN), ισπανικές (UNE) και διεθνείς (ISO).

1.5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΩΣΑΪΚΩΝ ΛΙΘΩΝ

Η ομοιοχρωμία των προϊόντων των μωσαϊκών λίθων και η σταθερότητά τους σε ότι αφορά τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά τους τα καθιστά κατάλληλα για κατασκευές όπως πάγκους κουζίνας και μπάνιου, επιφάνειες τραπεζιών, σκάλες, ποδιές παραθύρων, σοβατεπιά, κλιμακοστάσια, επενδύσεις τοίχων και επικάλυψη δαπέδων, για ειδικές κατασκευές όπως σκαλοπάτια σε αυτοφερόμενες σκάλες (δύο πλάκες κολλημένες μεταξύ τους με ρητίνη και με ενίσχυση από δίχτυ) καθώς και για διακοσμήσεις εσωτερικών χώρων. Ακόμη, λόγω της διαρκούς αναβάθμισης των φυσικών και μηχανικών τους χαρακτηριστικών (π.χ. υλικά με αντοχή στην UV ακτινοβολία), χρησιμοποιούνται, πλέον, και σε επενδύσεις εξωτερικών όψεων κτηρίων. Γενικά τα τεχνητά διακοσμητικά πετρώματα βρίσκουν εκτεταμένες εφαρμογές σε μικρά έργα, όπως κατοικίες και καταστήματα έως πολύ μεγαλύτερα, όπως αεροδρόμια, σιδηροδρομικούς σταθμούς, μουσεία και εκθεσιακά κέντρα, εμπορικά κέντρα, ξενοδοχεία κ.ά. (Marmaronet)

1.6. ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Πρόκειται για πιστοποιήσεις που επιβεβαιώνουν την ασφαλή χρήση τεχνητών πετρωμάτων τόσο σε επίπεδο υγιεινής όσο και σε περιβαλλοντικό επίπεδο.

MICROBAN

Η τεχνολογία Microban® αποτελεί μία αντιμικροβιακή προστασία για προϊόντα, όπως δομικά υλικά, υλικά επενδύσεων ή ακόμη και ίνες. Τα προϊόντα της Microban ενσωματώνονται σε ένα υλικό κατά τη διαδικασία παρασκευής του και έτσι παρέχεται σε αυτό ένα προχωρημένο επίπεδο προστασίας έναντι καταστροφικών μικροβίων, βακτηρίων και μούχλας τα οποία συμβάλλουν στην αλλοίωση και καταστροφή του υλικού. Όταν οι παραπάνω μικροοργανισμοί έρχονται σε επαφή με την επιφάνεια του υλικού, η τεχνολογία αυτή διαπερνάει το κυτταρικό τους τοίχωμα

και διαταράσσει τις λειτουργίες τους έτσι ώστε οι μικροοργανισμοί να μην είναι ικανοί να αναπτυχθούν ή να αναπαραχθούν (Microban).

GREENGUARD

Η ατμοσφαιρική ρύπανση στο εσωτερικό των χώρων είναι 2 έως 5 φορές μεγαλύτερη από ότι σε εξωτερικούς χώρους. Η σημαντικότερη πηγή της ρύπανσης αυτής είναι εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) που προέρχονται από δομικά υλικά και είδη επίπλωσης. Η πιστοποίηση Greenguard επιβεβαιώνει ότι ένα προϊόν πληροί τις πιο αυστηρές προϋποθέσεις για την μικρότερη δυνατή εκπομπή πτητικών οργανικών ενώσεων. Η Greenguard (GREENGUARD Environmental Institute) παρέχει δύο ειδών πιστοποιήσεις: η πρώτη (GREENGUARD Indoor Air Quality Certification) πιστοποιεί την ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό των χώρων, ενώ η δεύτερη (GREENGUARD Children & Schools Certification) αφορά κυρίως την ποιότητα του αέρα σε χώρους που διαμένουν για μεγάλες χρονικές περιόδους παιδιά και ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού (Greenguard).

NSF

Η NSF International (πρώην National Sanitation Foundation) είναι μία ανεξάρτητη μη κερδοσκοπική εταιρεία που πιστοποιεί την ασφάλεια και την υγιεινή των προϊόντων και εκδίδει πρότυπα που αφορούν το φαγητό, το νερό, καθώς και άλλα καταναλωτικά αγαθά. Η πιστοποίηση που δίνεται στα προϊόντα των μωσαϊκών λίθων επιβεβαιώνει ότι τα προϊόντα πληρούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις υγιεινής που πρέπει να πληρούν τα προϊόντα που έρχονται σε άμεση επαφή με το φαγητό ή το νερό (NSF).

LGA

Η πιστοποίηση LGA επιβεβαιώνει την ασφάλεια, καλή κατάσταση και ποιότητα προϊόντων καθημερινής χρήσης σύμφωνα με ευρωπαϊκές και διεθνείς προδιαγραφές (LGA).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Όπως αναφέρθηκε στον πρόλογο, η παρούσα εργασία εστιάζει στους τεχνογρανίτες. Για τον σκοπό αυτό, μελετήθηκαν 13 δείγματα τεχνογρανιτών, προϊόντα των εταιρειών παραγωγής Technistone[®] και Silestone[®], τα οποία παραχωρήθηκαν από τις ελληνικές βιομηχανίες Petra Deco- Αθανασιάδης Μάρμαρα Α.Ε. και Ουργαντζίδης Α.Ε. Τα δείγματα αυτά είχαν τη μορφή στιλβωμένων πλακιδίων μέσω διαστάσεων 10×10×1 cm (μήκος × πλάτος × ύψος). Η μελέτη περιελάμβανε τη μακροσκοπική και μικροσκοπική εξέταση των δειγμάτων και τη μέτρηση της ραδιενέργειας με φασματοσκοπεία γ, η οποία θα αναλυθεί στο κεφάλαιο 4.

Στον πίνακα 2.1 παρατίθενται οι εμπορικές ονομασίες των εξετασθέντων δειγμάτων τεχνογρανιτών μαζί με τις αντίστοιχες εταιρείες κατασκευής και τη σειρά στην οποία ανήκουν.

Πίνακας 2.1. Τα μελετηθέντα δείγματα τεχνογρανιτών με τις εμπορικές ονομασίες τους, την εταιρεία κατασκευής τους και τη σειρά στην οποία ανήκουν.

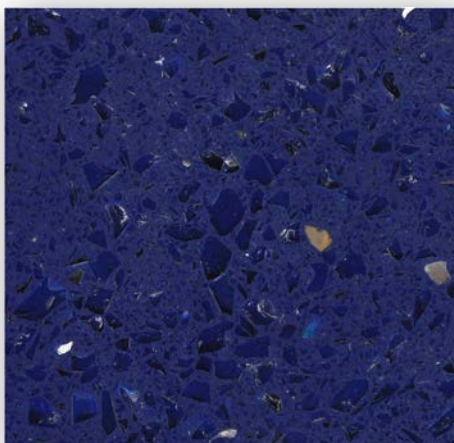
ΟΝΟΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΕΤΑΙΡΕΙΑ	ΣΕΙΡΑ
STARLIGHT SAPPHIRE	TECHNISTONE	STARLIGHT
STARLIGHT RUBY	TECHNISTONE	STARLIGHT
STARLIGHT GREY	TECHNISTONE	STARLIGHT
STARLIGHT BROWN	TECHNISTONE	STARLIGHT
VENETIAN SUNSET	TECHNISTONE	VENETIAN
VENETIAN NIGHT	TECHNISTONE	VENETIAN
GOBI BLACK	TECHNISTONE	GOBI
GOBI GREY	TECHNISTONE	GOBI
BLUE BAHIA	TECHNISTONE	TAURUS
CONCRETE GREY	TECHNISTONE	CONCRETE
CRYSTAL DIAMOND	TECHNISTONE	CRYSTAL
CREMA MINERVA	SILESTONE	MYTHOLOGY
BLANCO ZEUS	SILESTONE	MYTHOLOGY

2.2. ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Το βασικότερο μακροσκοπικό χαρακτηριστικό των φυσικών πετρωμάτων είναι το χρώμα τους. Ανάλογα με αυτό, και πιο συγκεκριμένα ανάλογα με τον χρωματικό τους δείκτη (ένα μέτρο του χρώματος των πετρωμάτων, που ορίζεται ως η εκατοστιαία ποσοτική συμμετοχή των φεμικών συστατικών στο πέτρωμα), τα πλουτωνικά πετρώματα, διακρίνονται σε ολολευκοκρατικά, λευκοκρατικά, μεσοκρατικά, μελανοκρατικά και ολομελανοκρατικά (Ελευθεριάδης και Κορωνάιος, 2004). Ωστόσο, στην παρούσα εργασία μελετούνται τεχνητά πετρώματα, τα οποία δεν είναι δυνατόν να ταξινομηθούν σύμφωνα με το παραπάνω κριτήριο. Επομένως, τα χρώματα που αναφέρονται παρακάτω προκύπτουν από την χρωματική απόχρωση που εμφανίζουν μακροσκοπικά τα τεχνητά αυτά πετρώματα, και η οποία αποδίδεται ως επί το πλείστον στις χρωστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται κατά την κατάσκευή τους. Ακόμη, τα ορυκτά συστατικά που αναφέρονται ως επικρατέστερα υλικά, είναι αυτά που αναγνωρίστηκαν μακροσκοπικά.

STARLIGHT SAPPHIRE

Ανήκει στη σειρά Starlight της εταιρείας Technistone®. Το χρώμα του είναι έντονο κυανό, ενώ επικρατέστερα υλικά είναι το γυαλί και ο χαλαζίας. Οι διαστάσεις του αρχικού δείγματος (δηλαδή του δείγματος που παραχωρήθηκε από την εταιρεία) ήταν 9,9×9,9×1 cm. Στο σχήμα 2.1 φαίνεται η μακροσκοπική εικόνα του δείγματος σε πραγματικό μέγεθος με διαστάσεις 6×6 cm.



Σχήμα 2.1. Starlight Sapphire (διαστάσεις 6×6 cm).

STARLIGHT RUBY

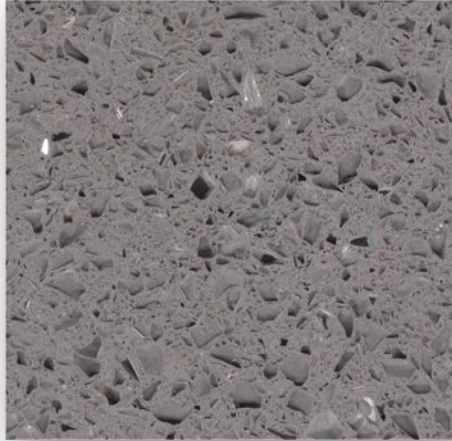
Ανήκει στη σειρά Starlight της εταιρείας Technistone®. Το χρώμα του είναι έντονο ερυθρό, ενώ επικρατέστερα υλικά είναι το γυαλί και ο χαλαζίας. Οι διαστάσεις του αρχικού δείγματος ήταν 9,8×9,8×1 cm. Στο σχήμα 2.2 φαίνεται η μακροσκοπική εικόνα του δείγματος σε πραγματικό μέγεθος με διαστάσεις 6×6 cm.



Σχήμα 2.2. Starlight Ruby (διαστάσεις 6×6 cm).

STARLIGHT GREY

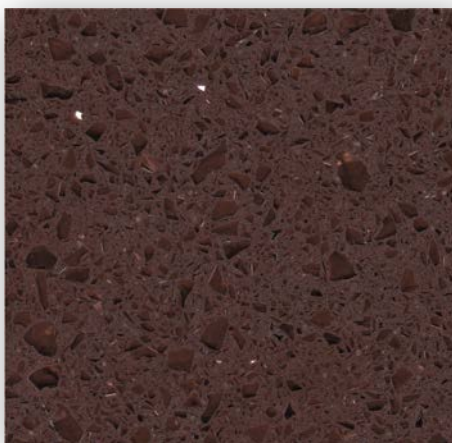
Ανήκει στη σειρά Starlight της εταιρείας Technistone®. Το χρώμα του είναι φωτεινό τεφρό, ενώ επικρατέστερα υλικά είναι το γυαλί και ο χαλαζίας. Οι διαστάσεις του αρχικού δείγματος ήταν 15,1×9,4×1 cm. Στο σχήμα 2.3 φαίνεται η μακροσκοπική εικόνα του δείγματος σε πραγματικό μέγεθος με διαστάσεις 6×6 cm.



Σχήμα 2.3. Starlight Grey (διαστάσεις 6×6 cm).

STARLIGHT BROWN

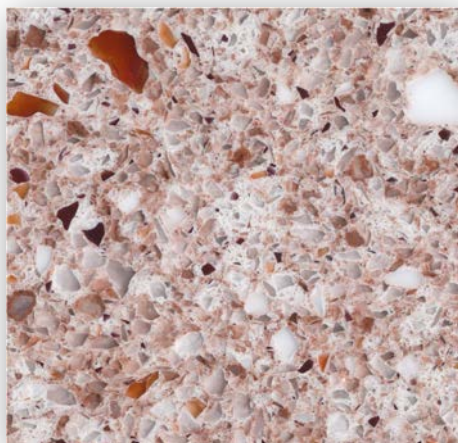
Ανήκει στη σειρά Starlight της εταιρείας Technistone®. Το χρώμα του είναι καστανό, ενώ επικρατέστερα υλικά είναι το γυαλί και ο χαλαζίας. Οι διαστάσεις του αρχικού δείγματος ήταν 9,9×9,9×1 cm. Στο σχήμα 2.4 φαίνεται η μακροσκοπική εικόνα του δείγματος σε πραγματικό μέγεθος με διαστάσεις 6×6 cm.



Σχήμα 2.4. Starlight Brown (διαστάσεις 6×6 cm).

VENETIAN SUNSET

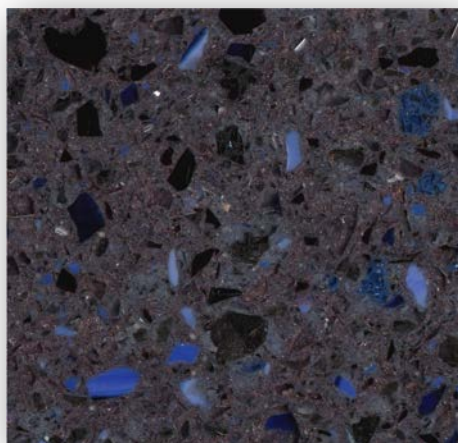
Ανήκει στη σειρά Venetian της εταιρείας Technistone®. Το χρώμα του είναι ροδοκαστάνινο με λευκά, υπόλευκα και καστανά θραύσματα, ενώ επικρατέστερα υλικά είναι το γυαλί και ο χαλαζίας. Οι διαστάσεις του αρχικού δείγματος ήταν 9,8×9,8×1 cm. Στο σχήμα 2.5 φαίνεται η μακροσκοπική εικόνα του δείγματος σε πραγματικό μέγεθος με διαστάσεις 6×6 cm.



Σχήμα 2.5. Venetian Sunset (διαστάσεις 6×6 cm).

VENETIAN NIGHT

Ανήκει στη σειρά Venetian της εταιρείας Technistone®. Το χρώμα του είναι τεφρό με σκοτεινά τεφρά και κυανά θραύσματα, ενώ επικρατέστερα υλικά είναι το γυαλί και ο καλιούχος άστριος και ο χαλαζίας. Οι διαστάσεις του αρχικού δείγματος ήταν 9,9×9,9×1 cm. Στο σχήμα 2.6 φαίνεται η μακροσκοπική εικόνα του δείγματος σε πραγματικό μέγεθος με διαστάσεις 6×6 cm.



Σχήμα 2.6. Venetian Night (διαστάσεις 6×6 cm).

GOBI BLACK

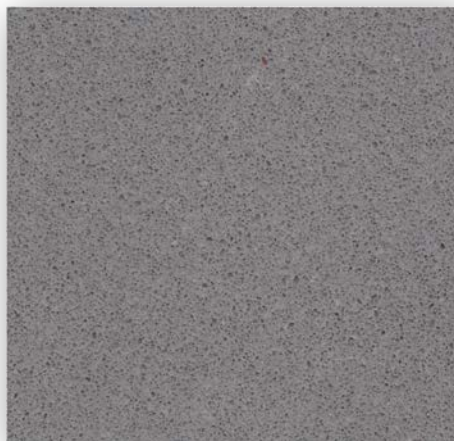
Ανήκει στη σειρά Gobi της εταιρείας Technistone®. Το χρώμα του είναι σκοτεινό τεφρό, ενώ επικρατέστερο υλικό είναι ο χαλαζίας. Οι διαστάσεις του αρχικού δείγματος ήταν 9,7×9,7×1 cm. Στο σχήμα 2.7 φαίνεται η μακροσκοπική εικόνα του δείγματος σε πραγματικό μέγεθος με διαστάσεις 6×6 cm.



Σχήμα 2.7. Gobi Black (διαστάσεις 6×6 cm).

GOBI GREY

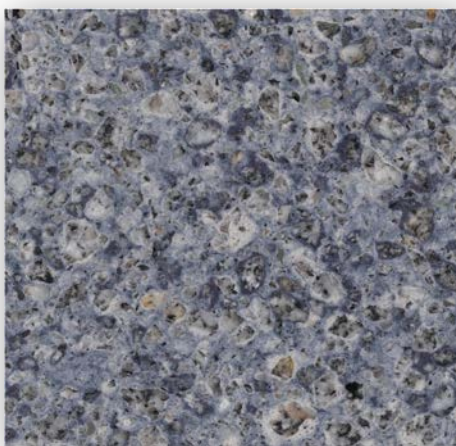
Ανήκει στη σειρά Gobi της εταιρείας Technistone®. Το χρώμα του είναι φωτεινό τεφρό, ενώ επικρατέστερο υλικό είναι ο χαλαζίας. Οι διαστάσεις του αρχικού δείγματος ήταν 15,1×8,2×1 cm. Στο σχήμα 2.8 φαίνεται η μακροσκοπική εικόνα του δείγματος σε πραγματικό μέγεθος με διαστάσεις 6×6 cm.



Σχήμα 2.8. Gobi Grey (διαστάσεις 6×6 cm).

BLUE BAHIA

Ανήκει στη σειρά Taurus της εταιρείας Technistone®. Το όνομα Blue Bahia προέρχεται από τον φυσικό γρανίτη Blue Bahia, ο οποίος εξορύσσεται στη Βραζιλία. Αν και οι εικόνες του φυσικού και του τεχνητού πετρώματος είναι σχεδόν όμοιες, το κυανό χρώμα στον φυσικό γρανίτη οφείλεται στην παρουσία σοδάλιθου σε αντίθεση με το χρώμα στον τεχνητό γρανίτη που φαίνεται να οφείλεται σε χρωστικές ουσίες. Το χρώμα του τεχνητού πετρώματος είναι κυανό με τεφρά, λευκά και υπόλευκα θραύσματα, ενώ επικρατέστερα υλικά είναι ο χαλαζίας και οι άστριοι. Οι διαστάσεις του αρχικού δείγματος ήταν 23,5×14,1×1 cm. Στο σχήμα 2.9 φαίνεται η μακροσκοπική εικόνα του δείγματος σε πραγματικό μέγεθος με διαστάσεις 6×6 cm.



Σχήμα 2.9. Blue Bahia (διαστάσεις 6×6 cm).

CONCRETE GREY

Ανήκει στη σειρά Concrete της εταιρείας Technistone®. Το χρώμα του είναι φωτεινό τεφρό, ενώ επικρατέστερο υλικό είναι ο χαλαζίας και το γυαλί. Οι διαστάσεις του αρχικού δείγματος ήταν 11,8×4,8×0,3 cm. Στο σχήμα 2.10 φαίνεται η μακροσκοπική εικόνα του δείγματος σε πραγματικό μέγεθος με διαστάσεις 6×4 cm.



Σχήμα 2.10. Concrete Grey (διαστάσεις 6×4 cm)

CRYSTAL DIAMOND

Ανήκει στη σειρά Crystal της εταιρείας Technistone®. Το χρώμα του είναι λευκό, ενώ επικρατέστερο υλικό είναι ο χαλαζίας. Οι διαστάσεις του αρχικού δείγματος ήταν 12,9×7,8×1 cm. Στο σχήμα 2.11 φαίνεται η μακροσκοπική εικόνα του δείγματος σε πραγματικό μέγεθος με διαστάσεις 6×6 cm.



Σχήμα 2.11. Crystal Diamond (διαστάσεις 6×6 cm).

CREMA MINERVA

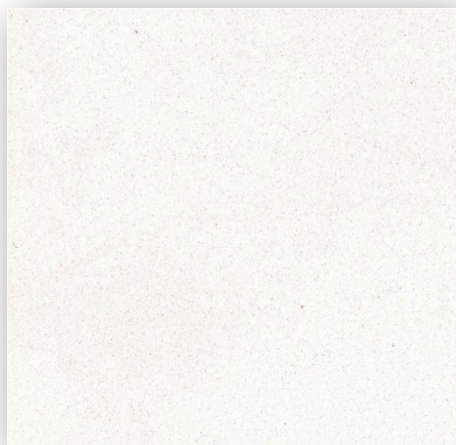
Ανήκει στη σειρά Mythology της εταιρείας Silestone®. Το χρώμα του είναι ροδοκαστάνινο, ενώ επικρατέστερο υλικό είναι ο χαλαζίας. Οι διαστάσεις του αρχικού δείγματος ήταν 9,7×9,7×0,6 cm. Στο σχήμα 2.12 φαίνεται η μακροσκοπική εικόνα του δείγματος σε πραγματικό μέγεθος με διαστάσεις 6×6 cm.



Σχήμα 2.12. Crema Minerva (διαστάσεις 6×6 cm).

BLANCO ZEUS

Ανήκει στη σειρά Mythology της εταιρείας Silestone®. Το χρώμα του είναι λευκό, ενώ επικρατέστερο υλικό είναι ο χαλαζίας, το γυαλί και το πλαγιόκλαστο. Οι διαστάσεις του αρχικού δείγματος ήταν 9,8×9,8×0,6 cm. Στο σχήμα 2.13 φαίνεται η μακροσκοπική εικόνα του δείγματος σε πραγματικό μέγεθος με διαστάσεις 6×6 cm.



Σχήμα 2.13. Blanco Zeus (διαστάσεις: 6×6 cm)

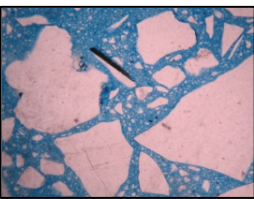
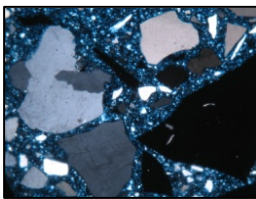
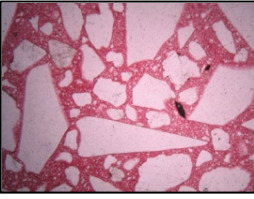
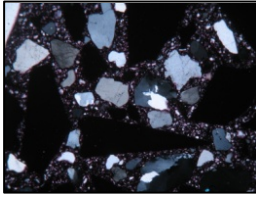

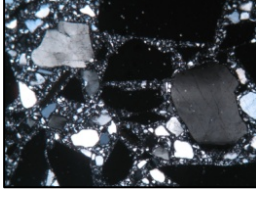
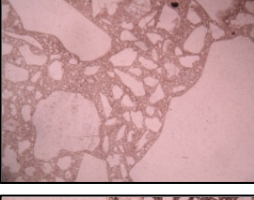
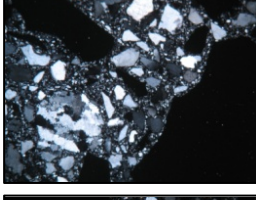
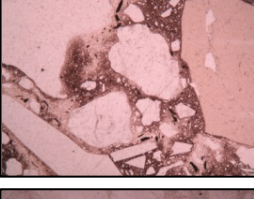
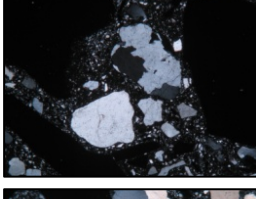
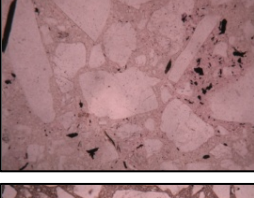
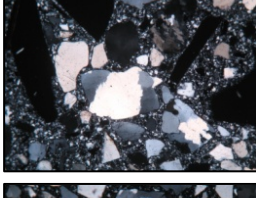
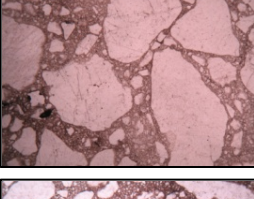
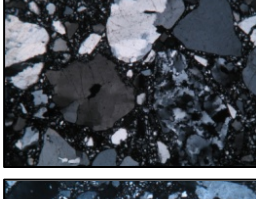
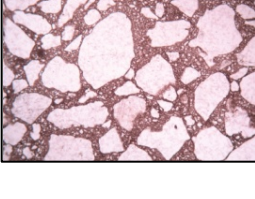
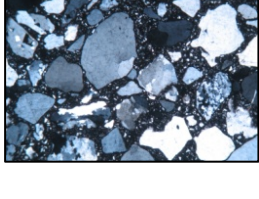
2.3. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

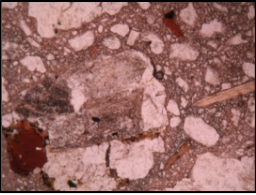
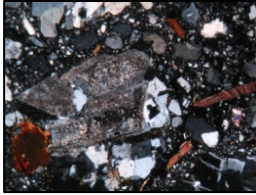
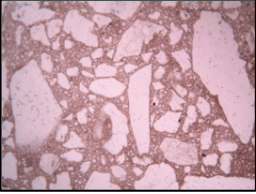
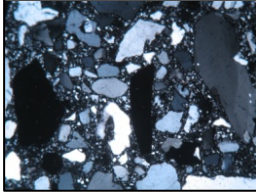
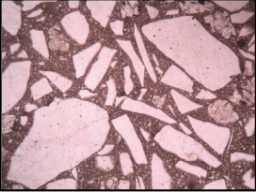
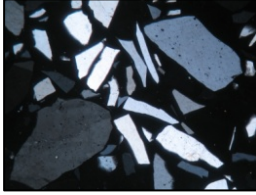
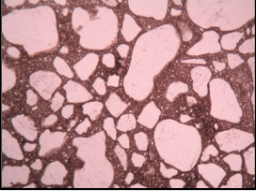
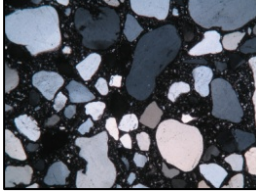
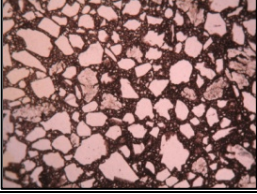
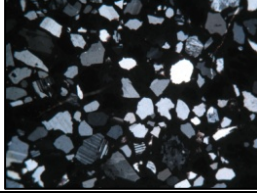
2.3.1. Χρώμα

Το χρώμα των δειγμάτων, το οποίο όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω εξαρτάται από τις ορυκτές χρωστικές ουσίες που συμμετέχουν, αναφέρεται ουσιαστικά στο χρώμα της ρητίνης, όπως αυτό φαίνεται στο πολωτικό μικροσκόπιο. Η μικροσκοπική μελέτη των δειγμάτων έγινε με τη βοήθεια λεπτών τομών που κατασκευάστηκαν στον Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Στον παρακάτω πίνακα 2.2 παρουσιάζεται το χρώμα κάθε δείγματος, μόνο με πολωτή (Nicols //), καθώς και με πολωτή και αναλυτή (Nicols X), ενώ παρουσιάζονται και ενδεικτικές φωτογραφίες.

Πίνακας 2.2. Χρώμα των δειγμάτων των τεχνογρανιτών στο μικροσκόπιο.

ΔΕΙΓΜΑ	Nicols //		Nicols X	
	ΧΡΩΜΑ	ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ	ΧΡΩΜΑ	ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ
STARLIGHT SAPPHIRE	κυανό		κυανό	
STARLIGHT RUBY	ερυθρό		ερυθρό	
STARLIGHT GREY	καστανό- τεφρο		τεφρό	
STARLIGHT BROWN	καστανό		τεφρό	
VENETIAN SUNSET	καστανό- τεφρο		τεφρό	
VENETIAN NIGHT	καστανό- τεφρο		τεφρό	
GOBI BLACK	καστανό- τεφρο		τεφρό	
GOBI GREY	καστανό- τεφρο		τεφρό	

BLUE BAHIA	καστανό- τεφρο		τεφρό	
CONCRETE GREY	καστανό- τεφρο		τεφρό	
CRYSTAL DIAMOND	τεφρό		μαύρο	
CREMA MINERVA	καστανό- τεφρο		τεφρό	
BLANCO ZEUS	τεφρό		τεφρό	

2.3.3. Ιστός-Υφή

Με τον όρο "ιστός" αναφερόμαστε στο βαθμό κρυστάλλωσης ενός πετρώματος, στο σχήμα και στο μέγεθος των κρυστάλλων, αλλά και στον τρόπο με τον οποίο οι κρύσταλλοι συνδέονται μεταξύ τους. Αντίθετα, με τον όρο "υφή" περιγράφουμε τη διάταξη των συστατικών του πετρώματος στον χώρο. (Ελευθεριάδης και Κορωναίος, 2004). Σύμφωνα με τους ορισμούς αυτών, οι ιστοί και υφές των πυριγενών πετρωμάτων διακρίνονται σε επιμέρους κατηγορίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Ωστόσο, στα τεχνητά πετρώματα δεν μπορεί να γίνει μία τέτοια διάκριση, αλλά μόνο ένας προσεγγιστικός προσδιορισμός του ιστού τους, σύμφωνα πάντα με τα κριτήρια κατάταξης των φυσικών πετρωμάτων. Έτσι, ο ιστός των δειγμάτων που μελετήθηκαν, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως πορφυριτικός, με τη ρητίνη να έχει τον ρόλο της θεμελιώδους μάζας, άλλοτε με τη μορφή μίας ενιαίας μάζας όπως το γυαλί στον υαλοφυρικό ιστό και άλλοτε με τη μορφή μικροκρυσταλλικής θεμελιώδους μάζας όπως σε έναν τυπικό πορφυριτικό ιστό.

2.3.2. Μέγεθος κόκκων

Το μέγεθος των κόκκων υπολογίστηκε κατά τη μικροσκοπική παρατήρηση στο πολωτικό μικροσκόπιο, μετρώντας αρχικά το μέγεθος τους με μονάδα μέτρησης τις υποδιαίρεσεις του φακού του μικροσκοπίου και στη συνέχεια κάνοντας τις αντίστοιχες μετατροπές σε χιλιοστά.

Ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τα πετρώματα χαρακτηρίζονται ως (Ελευθεριάδης και Κορωναίος, 2004):

- Λεπτόκοκκα: μέγεθος κόκκων < 1 mm
- Μεσόκοκκα: μέγεθος κόκκων 1-5 mm
- Αδρόκοκκα: μέγεθος κόκκων > 5 mm

Για την παρούσα εργασία μετρήθηκαν οι διαστάσεις του μεγαλύτερου δυνατού αριθμού κόκκων για κάθε δείγμα, με διακύμανση από 40 έως και 90 κόκκους ανά δείγμα. Για τον χαλαζία ο μέσος αριθμός των μετρήσεων κυμάνθηκε στους 30 κόκκους ανά δείγμα, για το γυαλί στους 14 κόκκους ανά δείγμα, ενώ για τα υπόλοιπα υλικά ο αριθμός των μετρήσεων ήταν ανάλογος του αριθμού των κόκκων του κάθε υλικού σε κάθε δείγμα αντίστοιχα. Για παράδειγμα, το δείγμα Starlight Brown περιέχει ίχνη μόνο λευκού μαρμαρυγία και, επομένως, η τιμή που αναφέρεται στις διαστάσεις αυτού (Πίν. 2.3) προέκυψε από τη μέτρηση ενός μικρού αριθμού κόκκων λευκού μαρμαρυγία στο δείγμα. Αντίθετα, ο καλιούχος άστριος στο παρασκεύασμα Blue Bahia βρίσκεται σε μεγάλη ποσότητα και, επομένως, οι τιμές που αναφέρονται στις διαστάσεις του προέκυψαν από τη μέτρηση ενός μεγάλου αριθμού κόκκων καλιούχου αστρίου στο δείγμα (30 κόκκοι).

Στον πίνακα 2.3 παρουσιάζονται αναλυτικά τα εύρη των διαστάσεων των ορυκτών υλικών για κάθε δείγμα αντίστοιχα καθώς και οι μέσοι όροι αυτών. Σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια και λαμβάνοντας υπόψη τους μέσους όρους της κοκκομετρίας, τα δείγματα χαρακτηρίζονται ως εξής:

- Starlight Sapphire: λεπτόκοκκο έως μεσόκοκκο
- Starlight Ruby: μεσόκοκκο
- Starlight Grey: λεπτόκοκκο έως μεσόκοκκο
- Starlight Brown: λεπτόκοκκο έως μεσόκοκκο
- Venetian Sunset: μεσόκοκκο
- Venetian Night: λεπτόκοκκο έως μεσόκοκκο
- Gobi Black: λεπτόκοκκο έως μεσόκοκκο

- Gobi Grey: λεπτόκοκκο
- Blue Bahia: λεπτόκοκκο έως μεσόκοκκο
- Concrete Grey: λεπτόκοκκο έως μεσόκοκκο
- Crystal Diamond: λεπτόκοκκο έως μεσόκοκκο
- Crema Minerva: λεπτόκοκκο
- Blanco Zeus: λεπτόκοκκο

2.4. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

Ο προσδιορισμός της ορυκτολογικής σύστασης των δειγμάτων έγινε με εμβαδομέτρηση των λεπτών τομών. Η εμβαδομέτρηση γίνεται με τον σημειομετρητή και δίνει την εκατοστιαία αναλογία των ορυκτών συστατικών στο πέτρωμα. Η διαδικασία της εμβαδομέτρησης για ένα τυπικό δείγμα είναι η ακόλουθη (Σκλαβούνος, Καντηράνης και Παπαδοπούλου, 2011):

- Τοποθετείται ο φορέας της συσκευής του σημειομετρητή στην τράπεζα του μικροσκοπίου και στερεώνεται με τις αντίστοιχες βίδες.
- Τοποθετείται η λεπτή τομή στον φορέα.
- Μηδενίζονται οι μετρητές.
- Ρυθμίζεται ο φορέας έτσι ώστε η σημειομέτρηση να γίνει σαρώνοντας όσο πιο μεγάλη επιφάνεια του παρασκευάσματος είναι δυνατόν.
- Επιλέγεται το βήμα που θα κινηθεί ο φορέας προς τις δύο κατευθύνσεις. Η επιλογή γίνεται παίρνοντας υπόψη το είδος του πετρώματος (ιστό, μέγεθος κρυστάλλων) και του αριθμού των χτύπων που θα μετρηθεί.
- Κατά τη διάρκεια της μέτρησης, μετριέται για το ορυκτό που βρίσκεται κάθε φορά στο σταυρόνημα ένας χτύπος που επαναλαμβάνεται μέχρι να κινηθεί το σταυρόνημα σε άλλο κρύσταλλο ή υλικό. Αν το σταυρόνημα δείχνει σε άσχετο υλικό (βάλσαμο, τρύπα, φυσαλίδα κλπ.) τότε η κίνηση γίνεται χωρίς αντίστοιχη καταμέτρηση.
- Από το συνολικό αριθμό των χτύπων γίνεται ο υπολογισμός της εκατοστιαίας σύστασης σε ορυκτά συστατικά του δείγματος.

Ο αριθμός των χτύπων κατά την εμβαδομέτρηση των εξετασθέντων δειγμάτων τεχνογρανίτων κυμαίνεται από 750 έως 2400 περίπου, ανάλογα πάντα με τις διαστάσεις του δείγματος στη λεπτή τομή. Κατά μέσο όρο, ο συνολικός αριθμός των

χτύπων για κάθε δείγμα ήταν περίπου 1500 χτύποι. Η εμβαδομέτρηση έγινε με βήμα 2 χιλιοστών, με εξαίρεση συγκεκριμένα δείγματα ή περιοχές δειγμάτων (π.χ. τα θραύσματα "ξενολίθων") που λόγω του μικρού μεγέθους των κόκκων το βήμα ρυθμίστηκε στο 1 χιλιοστό για ακριβέστερη καταμέτρηση.

Στον πίνακα 2.4 παρουσιάζεται αναλυτικά η εκατοστιαία σύσταση σε ορυκτά συστατικά των δειγμάτων των τεχνογρανιτών όπως προέκυψε από την εμβαδομέτρηση.

Όπως μπορούμε να καταλάβουμε από τον πίνακα 2.4 τα βασικά συστατικά των τεχνητών αυτών πετρωμάτων είναι η ρητίνη σε ποσοστά 21-44%, ο χαλαζίας σε ποσοστά 15-71% και το γυαλί (με εξαίρεση εκείνα τα δείγματα από τα οποία απουσιάζει τελείως) σε ποσοστά 0,1- 55%. Ωστόσο, στα περισσότερα δείγματα συμμετέχουν και άλλα πρωτογενή ορυκτά (άστριοι, μαρμαρυγίες, πυρόξενοι, αμφίβολοι κ.ά.) και δευτερογενή ορυκτά (χλωρίτης, ιδδινγκσίτης) σε μεγαλύτερα ή μικρότερα ποσοστά.

Κοινά χαρακτηριστικά όλων των δειγμάτων στο μικροσκόπιο είναι τα εξής: α) η ρητίνη παίζει το ρόλο της θεμελιώδους μάζας που συνδέει μεταξύ τους τους κρυστάλλους των διάφορων υλικών, δίνοντας έτσι την εικόνα προφυριτικού έως υαλοφυρικού ιστού, β) οι κρύσταλλοι του γυαλιού εμφανίζονται έντονα γωνιώδεις (εξαιρείται το Blanco Zeus στο οποίο το γυαλί εμφανίζει μία πολύ διαφορετική σφαιρική μορφή) και γ) οι κρύσταλλοι του χαλαζία, στα περισσότερα δείγματα τουλάχιστον, εμφανίζονται με έντονα σημάδια ανακρυστάλλωσης.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα είναι δυνατόν να γίνει μία ομαδοποίηση των πετρωμάτων ανάλογα με την ορυκτολογική τους σύσταση, η οποία μάλιστα για τα περισσότερα δείγματα συμπίπτει με την εμπορική τους "ομαδοποίηση". Δηλαδή, ανάλογα με την εμπορική ομάδα στην οποία ανήκουν, τα πετρώματα έχουν κάποια κοινά ορυκτολογικά χαρακτηριστικά. Πιο αναλυτικά:

- Τα δείγματα της ομάδας Starlight [Starlight Sapphire (Σχ. 2.14-2.15), Starlight Ruby (Σχ. 2.16-2.18), Starlight Grey (Σχ. 2.19-2.10) και Starlight Brown (Σχ. 2.21-2.22)] αποτελούνται στην ορυκτολογική τους σύσταση αποκλειστικά από ρητίνη, χαλαζία και γυαλί, με το γυαλί να εμφανίζεται σε όλα σε μεγαλύτερο ποσοστό από τον χαλαζία. Το μεγαλύτερο ποσοστό για τα δείγματα Starlight Sapphire και Starlight Ruby αποτελεί η ρητίνη, ενώ για τα Starlight Grey και Starlight Brown το γυαλί. Μάλιστα στο Starlight Grey βλέπουμε ότι το γυαλί αποτελεί το κύριο συστατικό του αφού το ποσοστό του ξεπερνάει κατά πολύ

αυτά της ρητίνης και του χαλαζία. Τα ποσοστά ασβεστιτικού υλικού στο Starlight Ruby και λευκού μαρμαρυγία στο Starlight Brown θεωρούνται ελάχιστα, αφού πρόκειται για ίχνη των ορυκτών αυτών. Χαρακτηριστικό για τα δείγματα της ομάδας αυτής στο πολωτικό μικροσκόπιο αποτελούν οι μεγάλοι μεγέθους και αριθμού γωνιώδεις κρύσταλλοι γυαλιού.

- Τα δείγματα της ομάδας Gobi [Gobi Black (Σχ. 2.25-2.29) και Gobi Grey (Σχ. 2.30-2.32)] έχουν ως κύριο συστατικό τους το χαλαζία, αφού το ποσοστό του και στα δύο δείγματα ξεπερνάει το 70%. Η ρητίνη συμμετέχει σε πολύ μικρότερο ποσοστό, ενώ το γυαλί εμφανίζεται μόνο ως ίχνη. Το Gobi Black, εκτός από γυαλί, περιέχει στην ορυκτολογική του σύσταση ίχνη λευκού μαρμαρυγία και καστανής κερροστίλβης. Χαρακτηριστικό για τα δείγματα της ομάδας αυτής στο πολωτικό μικροσκόπιο αποτελούν οι υπογωνιώδεις έως υποστρόγγυλοι κρύσταλλοι χαλαζία.
- Τα δείγματα Crystal Diamond (Σχ. 2.30-2.40), Concrete Grey (Σχ. 2.39-2.40) και Crema Minerva (Σχ. 2.43-2.44) αποτελούνται στο μεγαλύτερο ποσοστό τους από χαλαζία, ενώ η ρητίνη και το γυαλί συμμετέχουν σε μικρότερα ποσοστά. Στα Crystal Diamond και Concrete Grey το ποσοστό της ρητίνης είναι μεγαλύτερο από αυτό του γυαλιού, ενώ στο Crema Minerva το τελευταίο απουσιάζει εξ ολοκλήρου. Το ποσοστό του καλιούχου αστρίου που εμφανίζεται στην ορυκτολογική σύσταση του Crema Minerva θεωρείται ελάχιστο και επομένως πρόκειται για ίχνη. Η εικόνα των δειγμάτων αυτών στο πολωτικό μικροσκόπιο διαφέρει σημαντικά.
- Τα δείγματα Venetian Night (Σχ. 2.25-2.29) και Blue Bahia (Σχ. 2.35-2.38) δεν εμφανίζουν κοινά ποσοτικά χαρακτηριστικά ώστε να τοποθετηθούν στην ίδια ομάδα. Ωστόσο και τα δύο είδη περιέχουν τεμάχια πετρωμάτων που θα μπορούσαμε να παρομοιάσουμε με "ξενόλιθους". Πιο συγκεκριμένα:

Το Venetian Night αποτελείται στο μεγαλύτερο ποσοστό του από γυαλί και ρητίνη, και σε μικρότερο ποσοστό από καλιούχο άστρο και χαλαζία, ενώ περιέχει και ίχνη άλλων ορυκτών. Η εμβαδομέτρηση του δείγματος αυτού έδειξε ότι περιέχει σε ποσοστό 13,06% "ξενόλιθους" πυριγενούς πετρώματος συνηνιτικής σύστασης, και τεχνογρανίτη (συνήνιτη σε ποσοστό 7,89% και τεχνογρανίτη σε ποσοστό 5,17%). Η επιμέρους εμβαδομέτρηση των "ξενολίθων" έδειξε ότι οι "ξενόλιθοι" συνηνίτη περιέχουν 87,74% καλιούχο

άστριο, 3,66% βιοτίτη, 1,08% πυρόξενο, 4,95% ιδδινγκσίτη, 0,86% απατίτη και 0,22% λευκό μαρμαρυγία, ενώ οι "ξενόλιθοι" τεχνογρανίτη περιέχουν 34,25% ρητίνη, 17,36% χαλαζία, 48,23% γυαλί και 0,15% καλιούχο άστριο. Η συμμετοχή δηλαδή ιδδινγκσίτη, απατίτη και λευκού μαρμαρυγία στην ορυκτολογική σύσταση του δείγματος αυτού, καθώς και το μεγαλύτερο ποσοστό σε καλιούχο άστριο, βιοτίτη και πυρόξενο οφείλεται στην παρουσία των "ξενολίθων" συνητή.

Το Blue Bahia αποτελείται κυρίως από καλιούχο άστριο, πλαγιόκλαστο, χαλαζία και ρητίνη (με μεγαλύτερο το ποσοστό του καλιούχου αστρίου), ενώ περιέχει σε μικρότερο ποσοστο βιοτίτη και ίχνη χλωρίτη και λευκού μαρμαρυγία. Η εμβαδομέτρηση του δείγματος αυτού έδειξε ότι περιέχει σε ποσοστό 51,60% "ξενόλιθους" γρανιτικής σύστασης. Η επιμέρους εμβαδομέτρηση των "ξενολίθων" έδειξε ότι περιέχουν 22,18% χαλαζία, 35,99% καλιούχο άστριο (εκ του οποίου το 14,87% είναι μικροκλινής), 31,11% πλαγιόκλαστο, 7,47% βιοτίτη, 1,30% λευκό μαρμαρυγία και 1,95% χλωρίτη. Ωστόσο, στη σύσταση των "ξενολίθων" συμμετέχει και ζirkόνιο, κάτι που δεν ήταν δυνατό να φανεί με την εμβαδομέτρηση εξαιτίας του πολύ μικρού μεγέθους των κρυστάλλων. Οι κρύσταλλοι ζirkονίου εμφανίζονται μέσα στον βιοτίτη των "ξενολίθων", ενώ στο μικροσκόπιο γίνονται εύκολα αντιληπτοί από την πλεοχρωϊκή άλω που σχηματίζεται γύρω τους.

- Τα δείγματα Venetian Sunset (Σχ. 2.23-2.24) και Blanco Zeus (Σχ. 2.45-2.47) δεν εμφανίζουν κάποια κοινά ποσοτικά χαρακτηριστικά.

Το Venetian Sunset αποτελείται από γυαλί, χαλαζία και ρητίνη (με το ποσοστό του γυαλιού να είναι μεγαλύτερο από αυτά της ρητίνης και του χαλαζία, τα οποία διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους). Ο καλιούχος άστριος συμμετέχει σε ένα πολύ μικρό ποσοστό και επομένως πρόκειται για ίχνη. Οι κρύσταλλοι του χαλαζία και του γυαλιού μπορούν να χαρακτηριστούν απόγωνιώδεις έως υπογωνιώδεις.

Το Blanco Zeus αποτελείται στο μεγαλύτερο ποσοστό του από ρητίνη, και σε μικρότερα ποσοστά από γυαλί, χαλαζία, πλαγιόκλαστο και καλιούχο άστριο (το 5% του οποίου είναι μικροκλινής). Το ποσοστό του γυαλιού είναι μεγαλύτερο από αυτό του χαλαζία, και του πλαγιόκλαστου μεγαλύτερο από αυτό του καλιούχου αστρίου. Στο μικροσκόπιο, χαρακτηριστικό είναι το πολύ

μικρό μέγεθος των κρυστάλλων καθώς και η μορφή των κρυστάλλων γυαλιού που παρουσιάζονται υποστρόγγυλοι.

2.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ

Με βάση την ορυκτολογική σύσταση και το σχήμα και μέγεθος των κρυστάλλων των ορυκτών που περιέχουν οι τεχνογρανίτες, μπορούμε να εξάγουμε ορισμένα συμπεράσματα σχετικά με τα πετρώματα που πιθανόν χρησιμοποιήθηκαν ως πρώτες ύλες για την κατασκευή τους.

Συγκεκριμένα, οι αποστογγυλεμένοι κόκκοι χαλαζία δηλώνουν συνθήκες μεταφοράς του υλικού με το νερό ή τον άνεμο και, επομένως, μπορούμε να υποθέσουμε ότι τύποι τεχνογρανιτών όπως το Crema Minerva έχουν κατασκευαστεί με πρώτη ύλη χαλαζιακή άμμο. Αντίθετα, για τύπους με έντονα γωνιώδεις κρύσταλλους χαλαζία, μπορούμε να υποθέσουμε ότι ως πρώτη ύλη χρησιμοποιήθηκαν όξινα πυριγενή ή φλεβικά πετρώματα, όπως αμιγείς χαλαζιακές φλέβες, όταν ο χαλαζίας είναι το μοναδικό ορυκτό, όπως συμβαίνει στο Crystal Diamond και το Starlight Brown, ή απλιτικές φλέβες, όταν συμμετέχουν και καλιούχοι άστριοι και πλαγιόκλαστα, όπως στο Blanco Zeus.

Ωστόσο, σε πολλούς τύπους όπως Gobi Black, Gobi Grey, Starlight Sapphire και Starlight Ruby, ο χαλαζίας φαίνεται να εμφανίζει σημάδια ανακρυστάλλωσης, χαρακτηριστικό πλούσιων σε χαλαζία μεταμορφωμένων πετρωμάτων, όπως ο χαλαζίτης. Ακόμη, ορισμένα δείγματα όπως ήδη αναφέρθηκε, περιέχουν εκτός από κρυστάλλους ορυκτών, τεμάχια πυριγενών πετρωμάτων όξινης έως ενδιάμεσης σύστασης, όπως το Venetian Night, που εκτός από ανακρυσταλλωμένους κρυστάλλους χαλαζία και σερικιτιωμένους κρυστάλλους καλιούχου αστρίου περιέχει τεμάχια ("ξενόλιθους") συνηγήτη πλούσιους σε καλιούχο άστροιο και βιοτίτη, ενώ συμμετέχουν και πυρόξενος, απατίτης και ιδδινγκσίτης, καθώς και το Blue Bahia, που περιέχει "ξενόλιθους" γρανιτικής έως τοναλιτικής σύστασης πλούσιους σε καλιούχο άστροιο, πλαγιόκλαστο, χαλαζία, ενώ συμμετέχουν λευκός μαρμαρυγίας και βιοτίτης. Βέβαια, τα ίχνη καστανής κεροστίλβης, που περιέχονται για παράδειγμα στο Gobi Black, υποδηλώνουν συμμετοχή πετρώματος ηφαιστειακής προέλευσης, ενώ το ίχνος ασβεστιτικού υλικού στο Starlight Ruby, αποδεικνύει την παρουσία ανθρακικού πετρώματος. Γενικά πάντως, τα περισσότερα είδη φαίνεται να έχουν προέλθει από πυριγενή πετρώματα όξινης έως ενδιάμεσης σύστασης.

Πίνακας 2.3. Κοκκομετρία των δειγμάτων των τεχνοκρανιτών σε mm (σε παρένθεση οι μέσοι όροι).

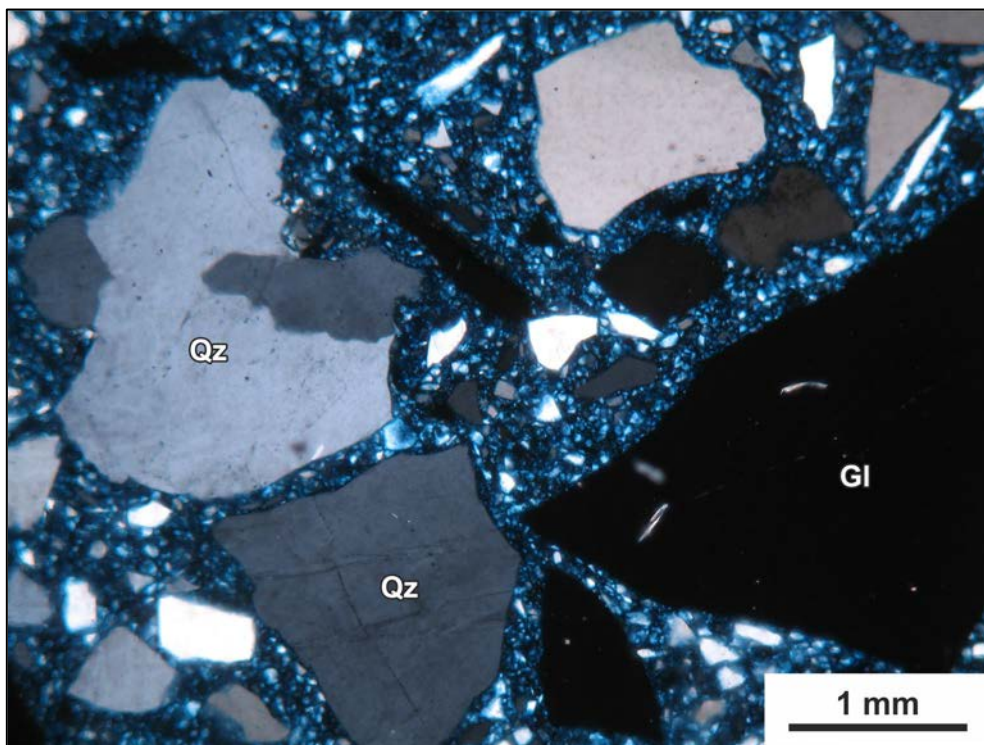
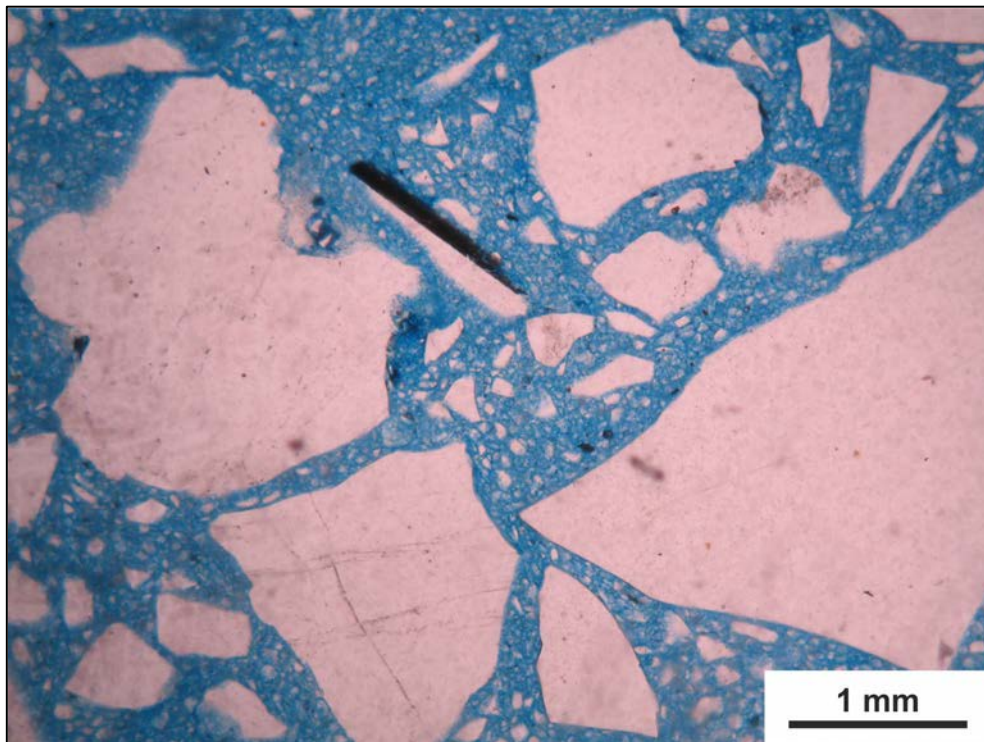
	Qz	Γυάλι	Kfs	Pl	Mca	Bt	Px	Hbl	Chl	Idd	Ap	Cal	Xen
STARLIGHT SAPPHIRE	0,09-1,45 (0,73)	0,45-5,23 (2,15)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STARLIGHT RUBY	0,14-3,23 (1,05)	0,18-3,18 (1,33)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8	-
STARLIGHT GREY	0,09-1,27 (0,56)	0,27-5,86 (1,62)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STARLIGHT BROWN	0,09-1,82 (0,85)	0,14-5,00 (2,24)	-	-	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-
VENETIAN SUNSET	0,09-4,36 (1,52)	0,14-9,09 (2,44)	0,45-1,82 (1,33)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VENETIAN NIGHT	0,09-4,64 (0,84)	0,09-6,59 (2,59)	0,55-6,36 (2,27)	-	0,13	0,23-1,59 (0,64)	0,36-0,55 (0,45)	-	-	0,23-0,91 (0,52)	0,18-0,45 (0,26)	-	0,82-5,68 (3,43)
GOBI BLACK	0,14-3,55 (1,13)	0,55-1,09 (0,85)	-	-	0,14	-	-	0,13	-	-	-	-	-
GOBI GREY	0,14-5,09 (0,80)	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BLUE BAHIA	0,14-2,05 (0,97)	-	0,36-5,77 (1,48)	0,32-1,45 (0,73)	0,23-0,91 (0,51)	0,14-1,50 (0,57)	-	-	-	-	-	-	0,82-5,86 (2,32)
CRYSTAL DIAMOND	0,09-2,18 (1,00)	0,14-1,91 (0,53)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONCRETE GREY	0,09-1,59 (0,74)	0,18-2,18 (1,06)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CREMA MINERVA	0,09-1,45 (0,52)	-	0,23-1,32 (0,74)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BLANCO ZEUS	0,09-0,50 (0,32)	0,23-0,68 (0,43)	0,27-0,55 (0,41)	0,09-0,68 (0,34)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Qz: χαλαζίας, Kfs: κολιούχος άστριος, Pl: πλαγιόκλαστο, Mca: λευκός μαρμαρυγίας, Bt: βιοτίτης, Px: πυρόξενος, Hbl: καστανή κερροσίβη, Chl: χλωρίτης, Idd: ιδδινγκσίτης, Ap: απατίτης, Cal: ασβεστίτικο υλικό, Xen: θραύσματα "ξενολίθων".

Πίνακας 2.4. Εκατοστιαία (%) ορυκτολογική σύσταση των δειγμάτων των τεχνοκρανιτών. (Συντομεύσεις όπως στον πίνακα 2.3).

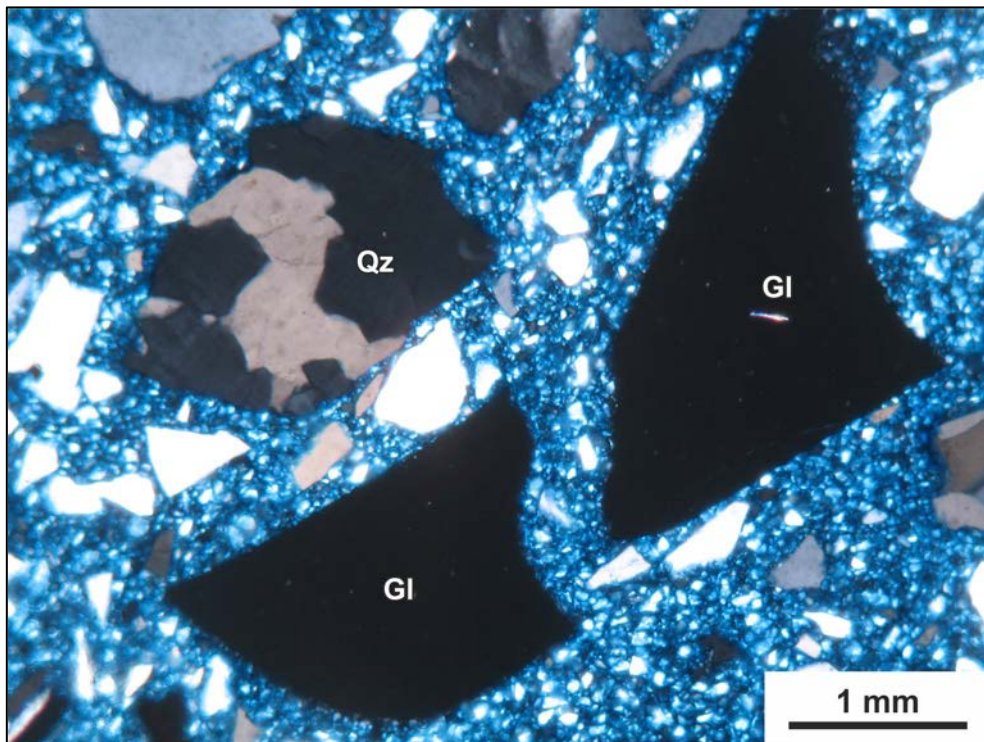
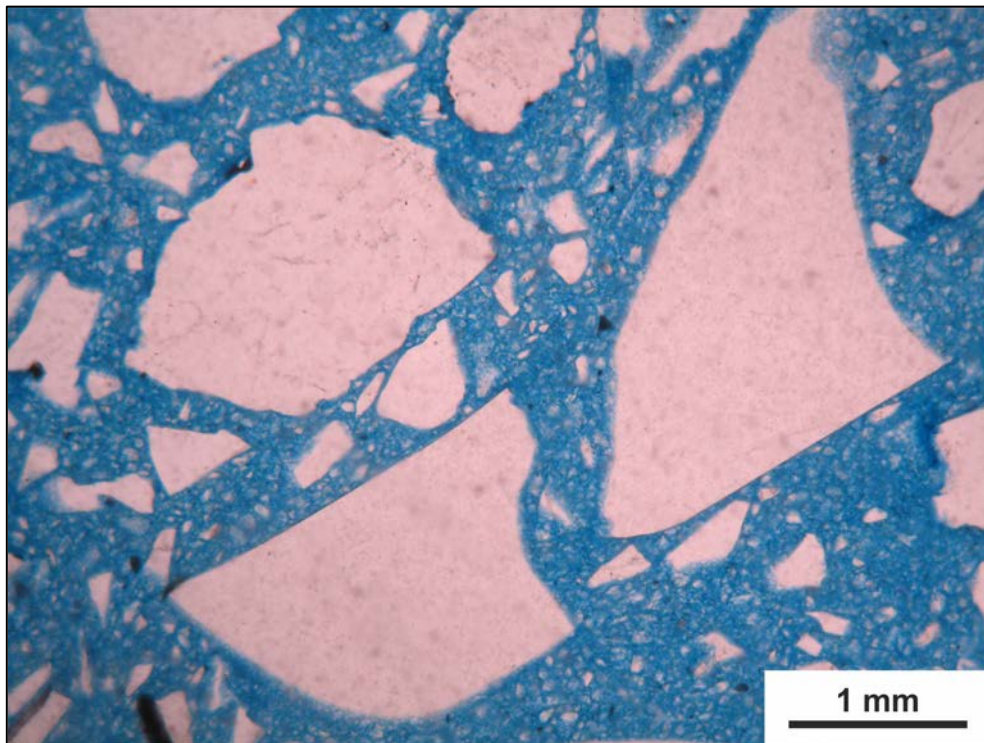
	Ρητίνη	Qz	Γυάλι	Kfs	Pl	Mca	Bt	Px	Hbl	Chl	Idd	Ap	Cal
STARLIGHT SAPPHIRE	44,44	23,03	32,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STARLIGHT RUBY	38,17	24,67	36,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22
STARLIGHT GREY	29,19	15,58	55,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STARLIGHT BROWN	29,75	29,85	40,25	-	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-
VENETIAN SUNSET	30,38	32,38	36,44	0,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VENETIAN NIGHT	30,40	15,37	32,12	19,90	-	0,04	0,90	0,26	-	-	0,86	0,15	-
GOBI BLACK	28,55	70,74	0,58	-	-	0,09	-	-	0,04	-	-	-	-
GOBI GREY	29,33	70,58	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BLUE BAHIA	21,00	21,87	-	26,32	23,56	0,87	5,16	-	-	1,23	-	-	-
CONCRETE GREY	37,25	45,88	16,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CRYSTAL DIAMOND	33,79	52,50	13,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CREMA MINERVA	32,39	67,25	-	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BLANCO ZEUS	36,57	19,71	21,21	10,00	12,50	-	-	-	-	-	-	-	-

Starlight Sapphire



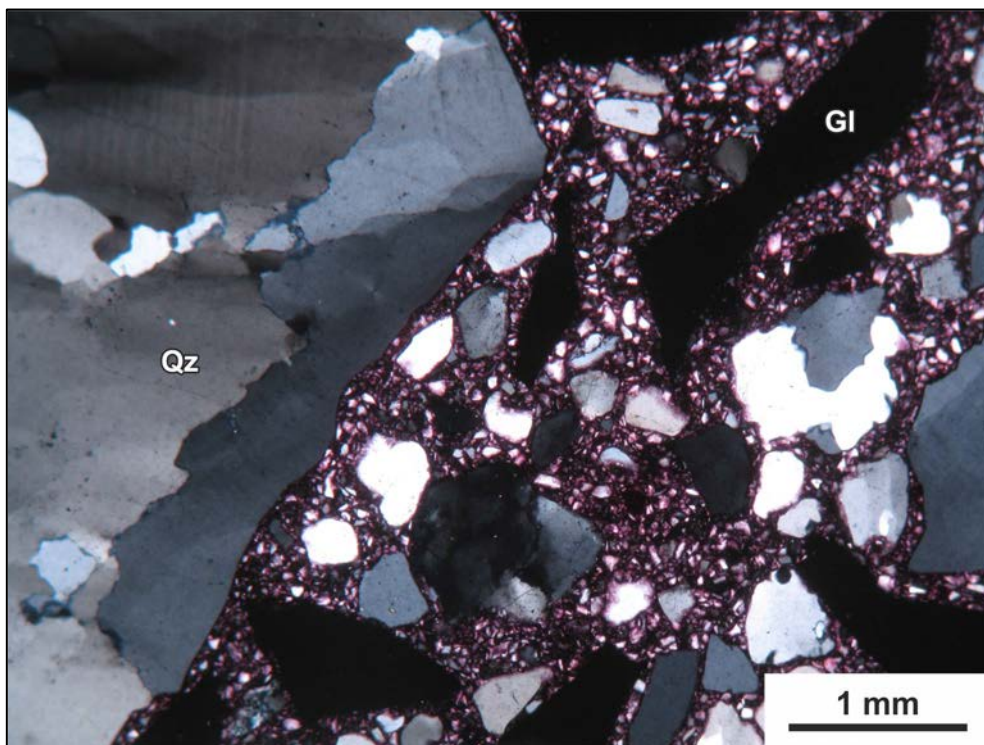
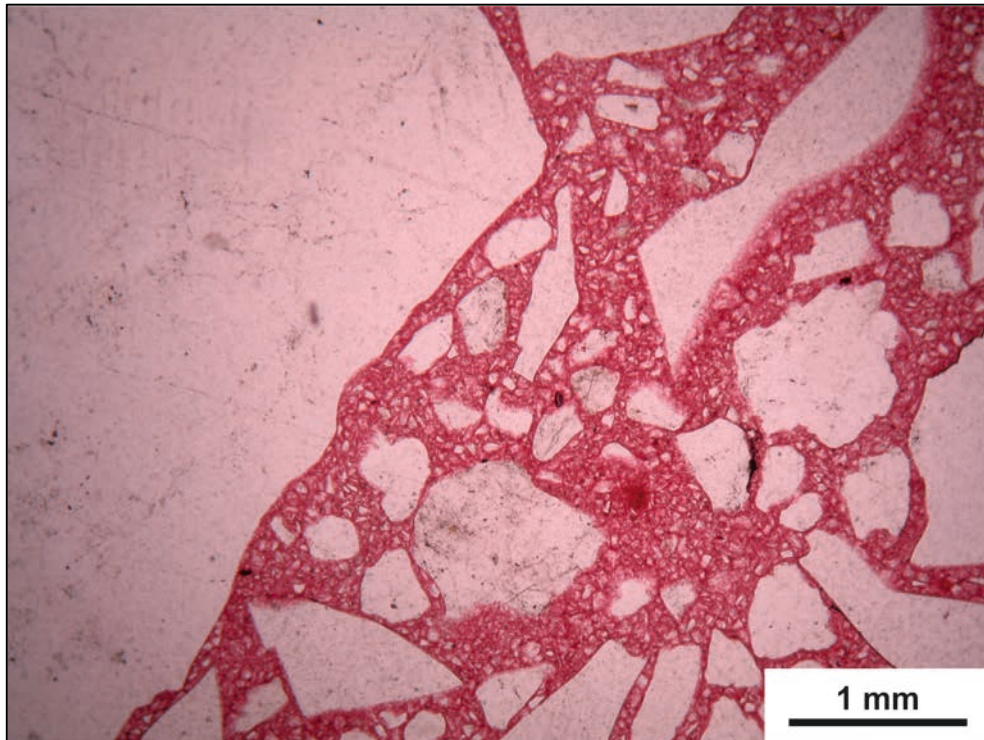
Σχήμα 2.14. Starlight Sapphire. Γωνιώδεις ισότροποι κρύσταλλοι γυαλιού (Gl) και γωνιώδεις έως υπογωνιώδεις κρύσταλλοι χαλαζία (Qz) με γκριζα χρώματα πόλωσης. Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Starlight Sapphire



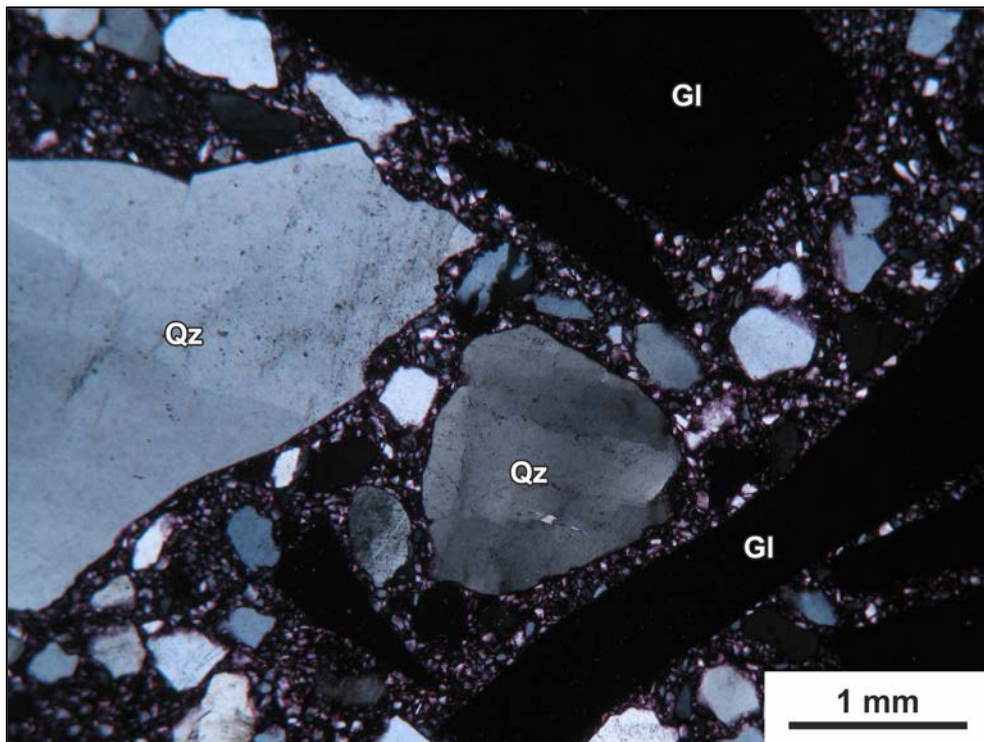
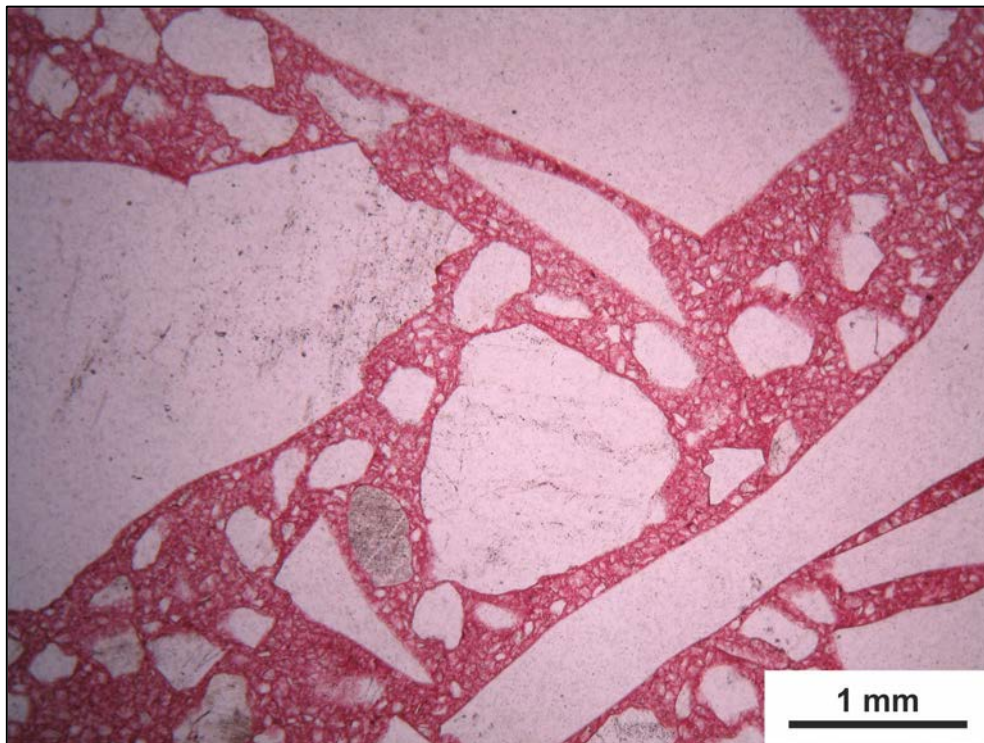
Σχήμα 2.15. Starlight Sapphire. Γωνιώδεις κρύσταλλοι γυαλιού (Gl) και χαλαζία (Qz).
Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Starlight Ruby



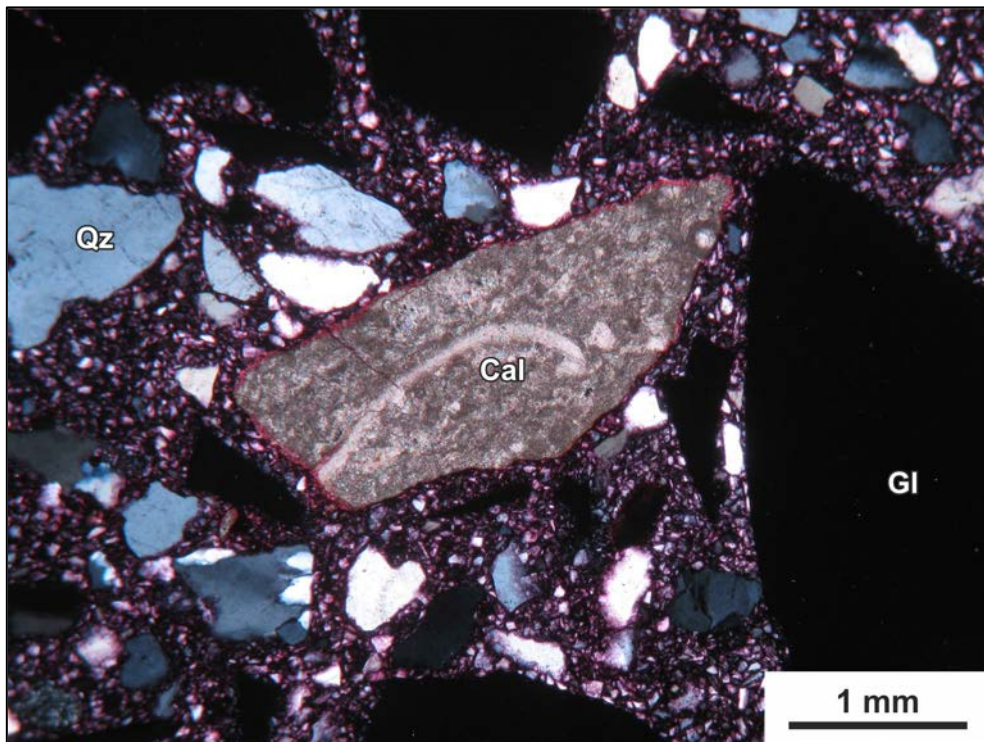
Σχήμα 2.16. Starlight Ruby. Κρύσταλλος χαλαζία με σημάδια ανακρυστάλλωσης (Qz) και μικρότερου μεγέθους κρύσταλλοι χαλαζία και γυαλιού (Gl). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Starlight Ruby



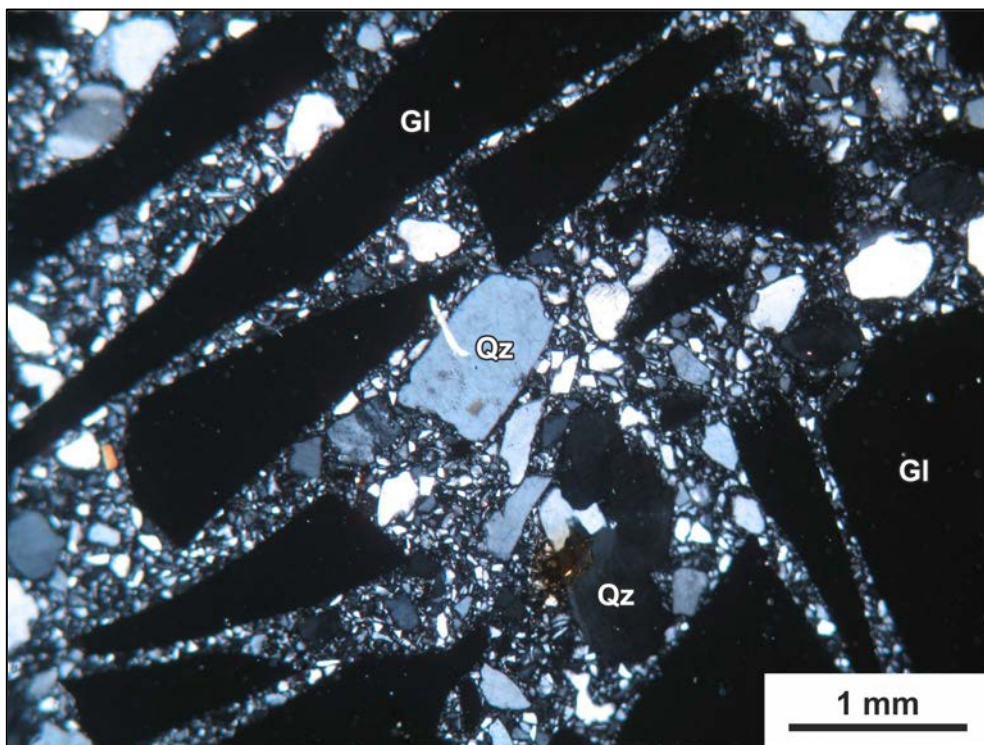
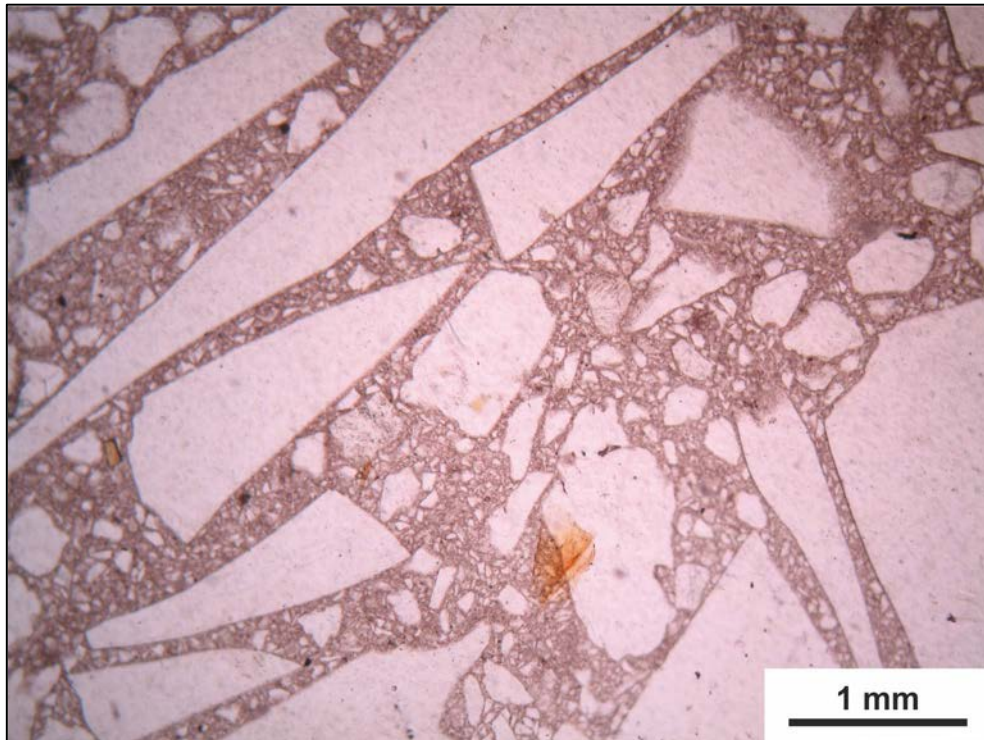
Σχήμα 2.17. Starlight Ruby. Μεγάλοι γωνιώδεις κρύσταλλοι χαλαζία (Qz) και γυαλιού (Gl).
Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Starlight Ruby



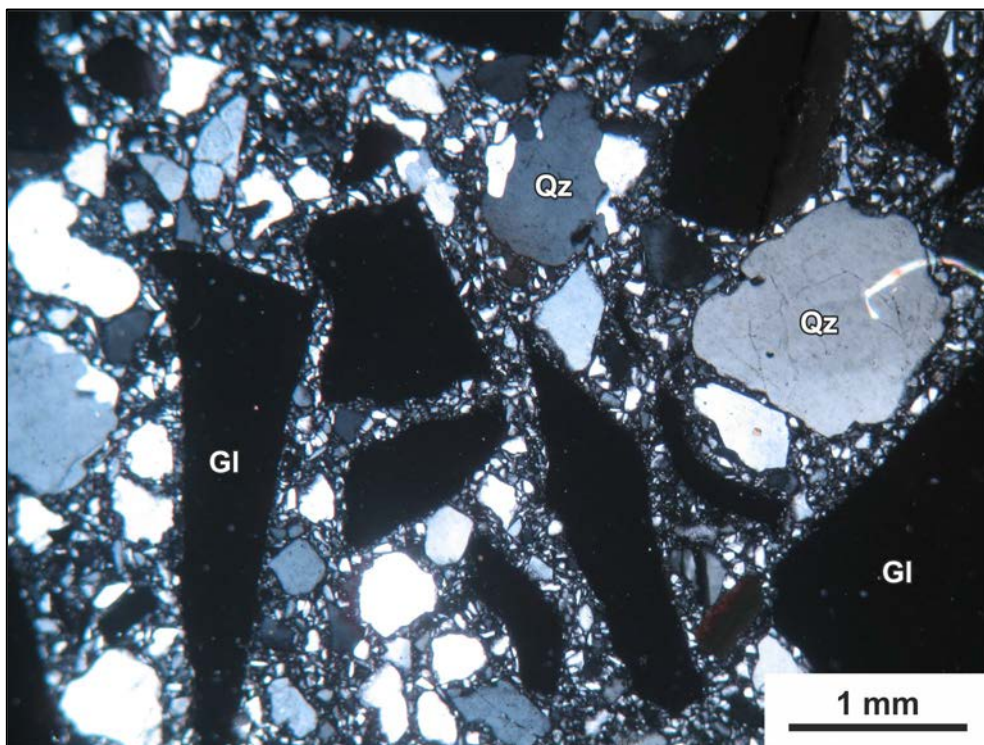
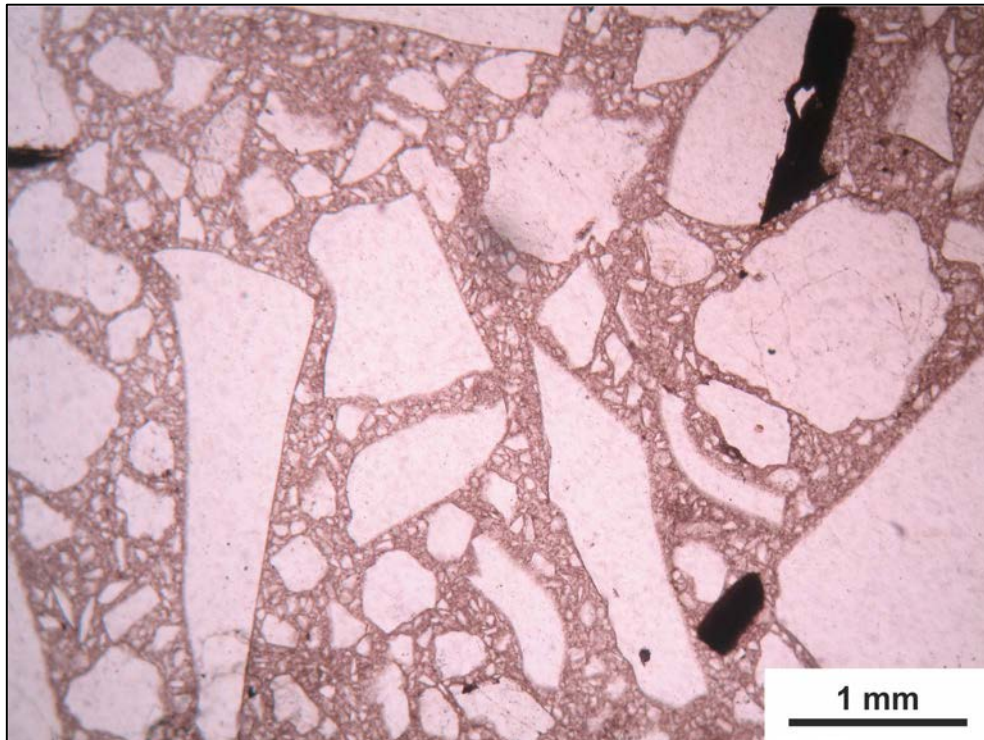
Σχήμα 2.18. Starlight Ruby. Κρύσταλλος ασβεστιτικού υλικού (Cal). Qz: χαλαζίας, Gl: γυαλί.
Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Starlight Grey



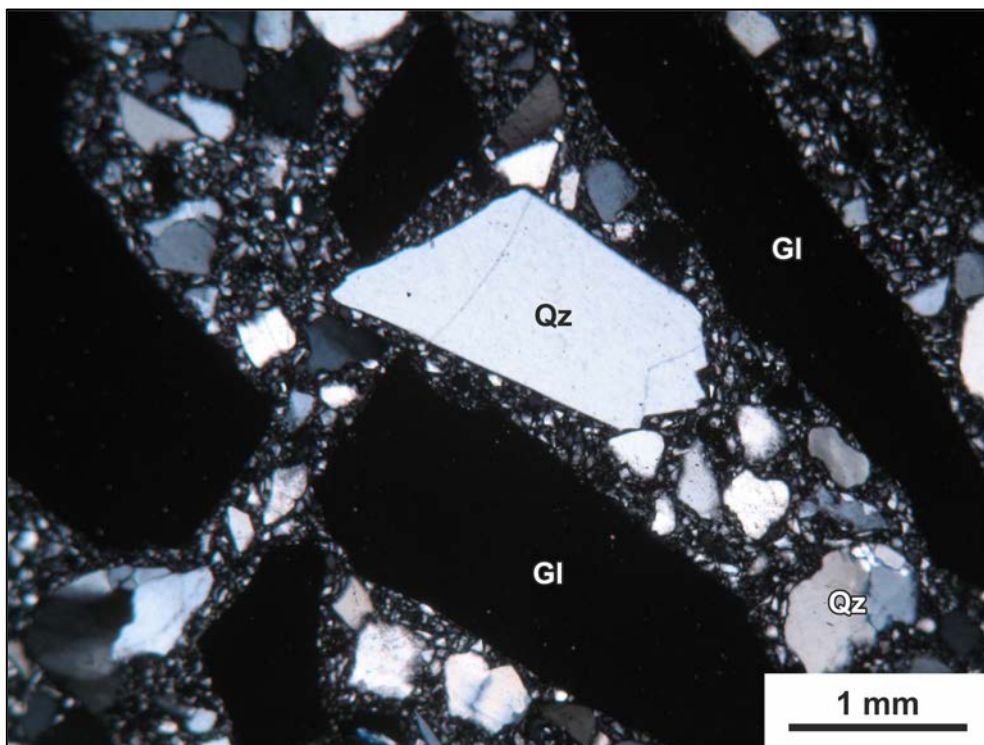
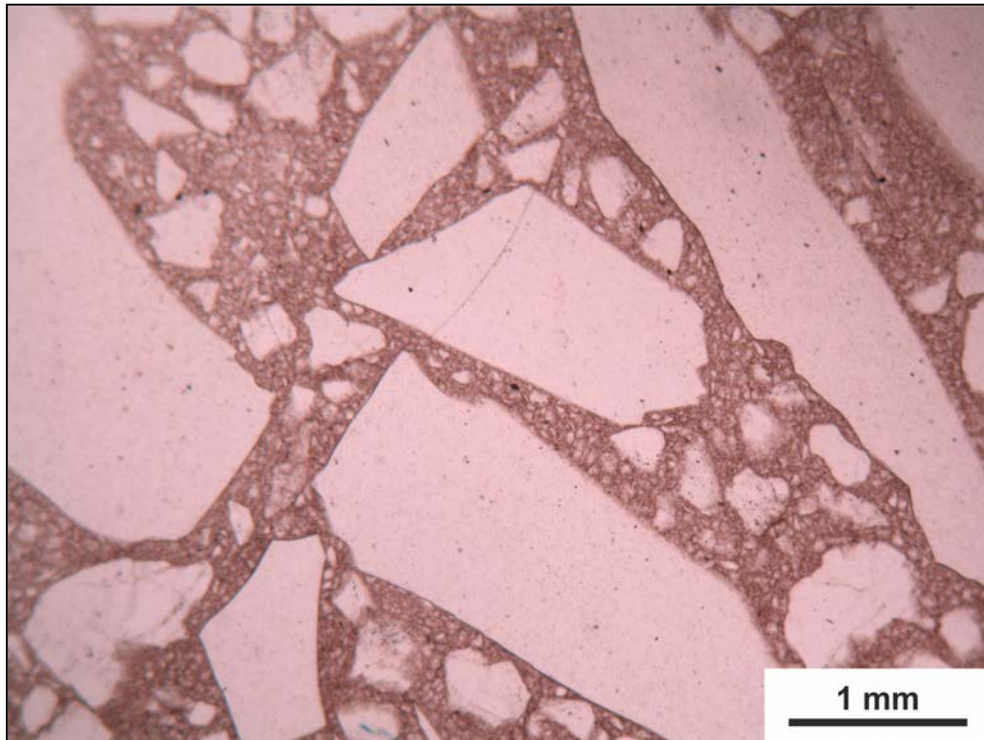
Σχήμα 2.19. Starlight Grey. Γωνιώδεις κρύσταλλοι γυαλιού (GI) και μικρότερου μεγέθους κρύσταλλοι χαλαζία (Qz). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Starlight Grey



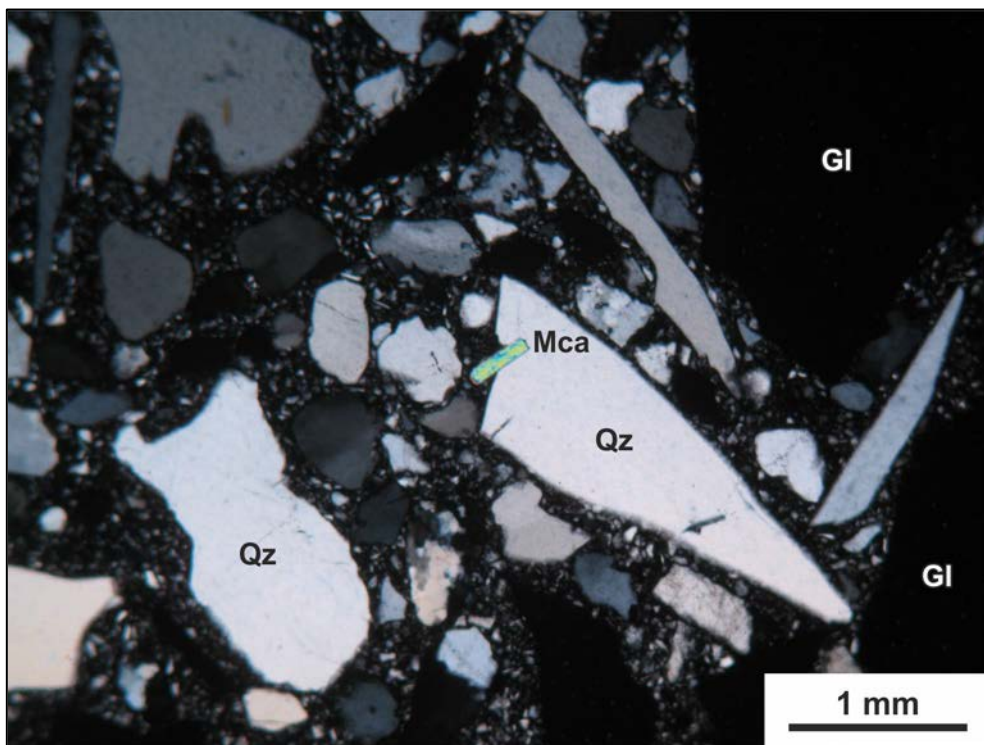
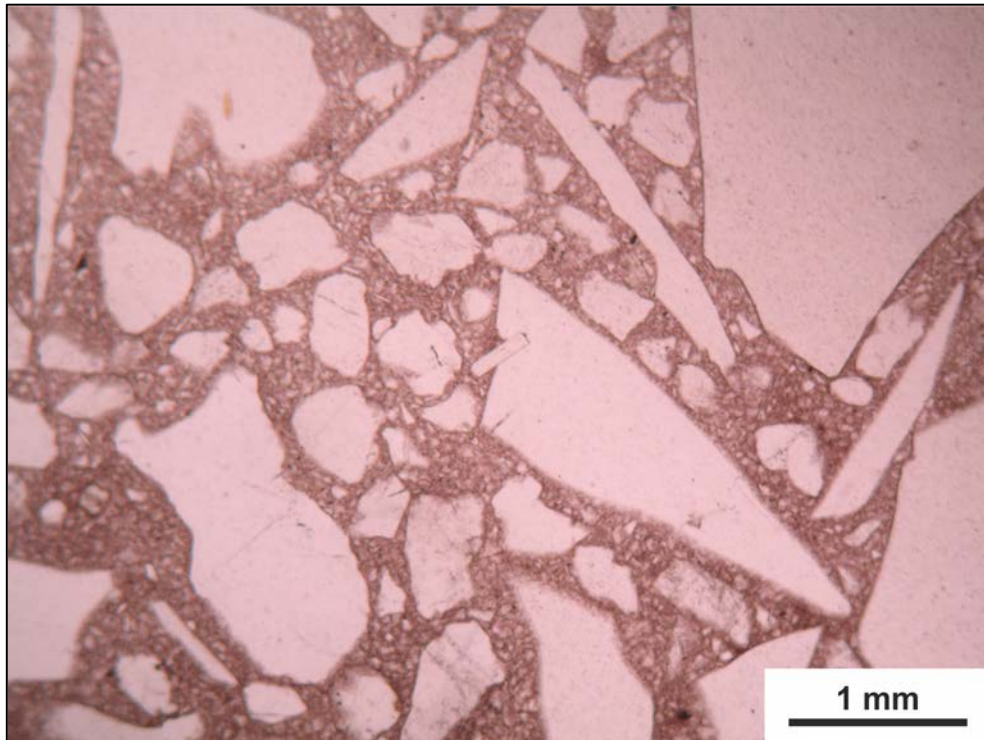
Σχήμα 2.20. Starlight Grey. Γωνιώδεις κρύσταλλοι γυαλιού (Gl) και μικρότερου μεγέθους κρύσταλλοι χαλαζία (Qz). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Starlight Brown



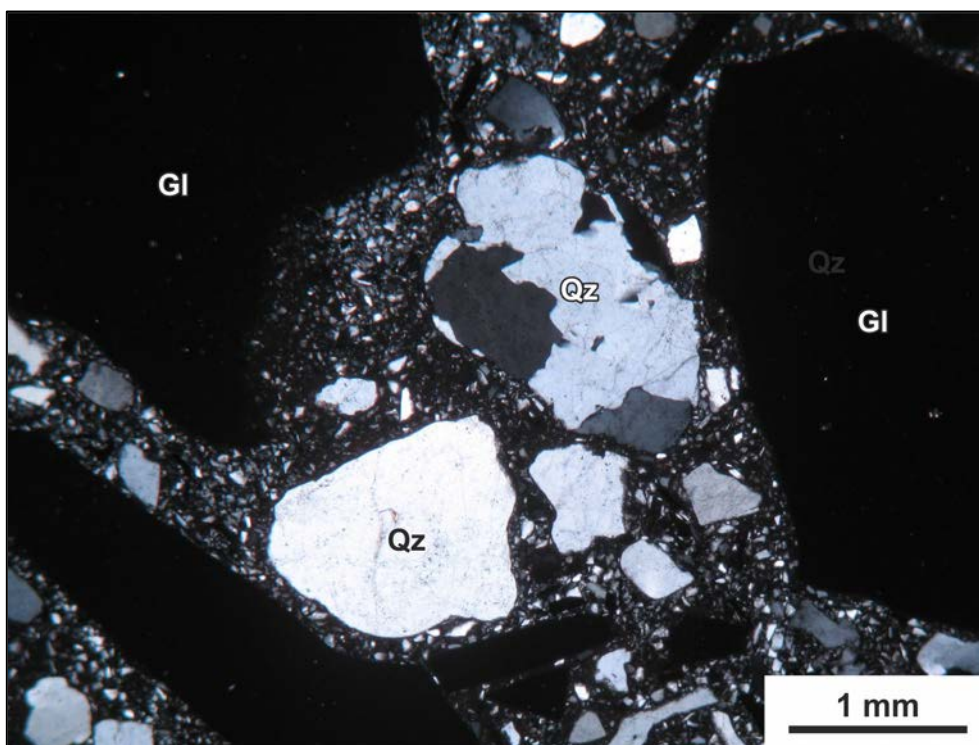
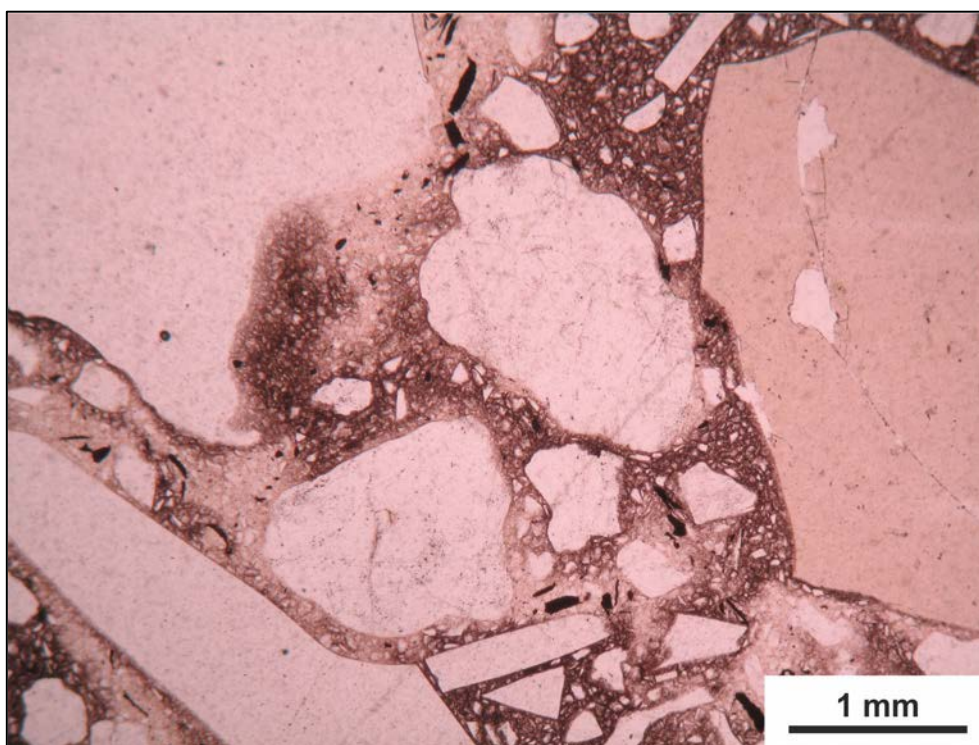
Σχήμα 2.21. Starlight Brown. Γωνιώδεις κρύσταλλοι γυαλιού (Gl) και μικρότερου μεγέθους κρύσταλλοι χαλαζία (Qz). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Starlight Brown



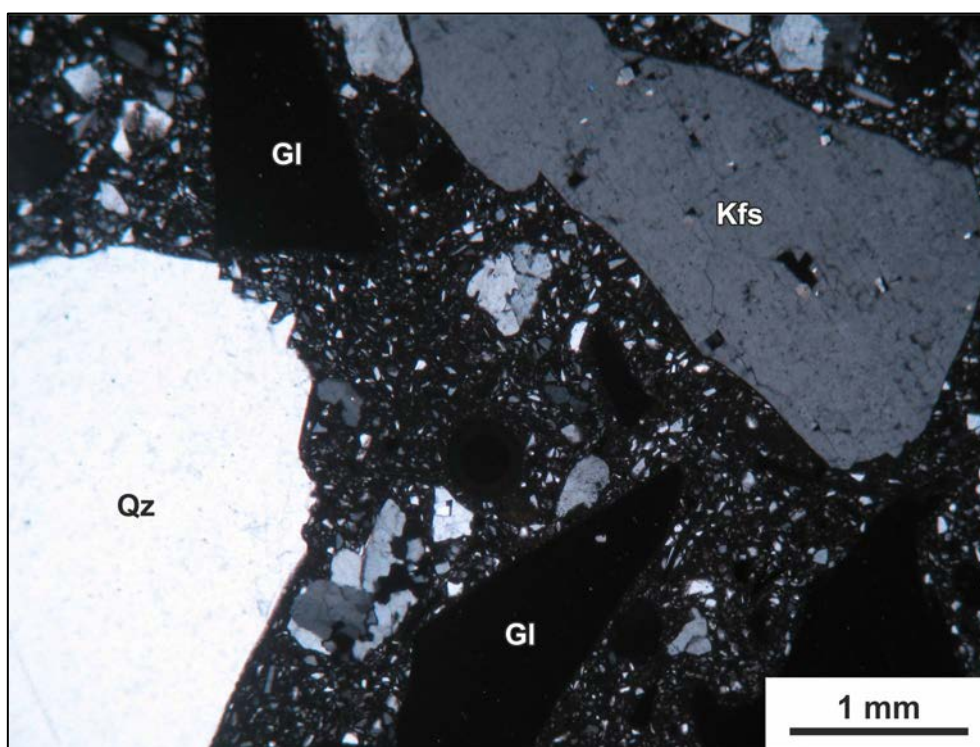
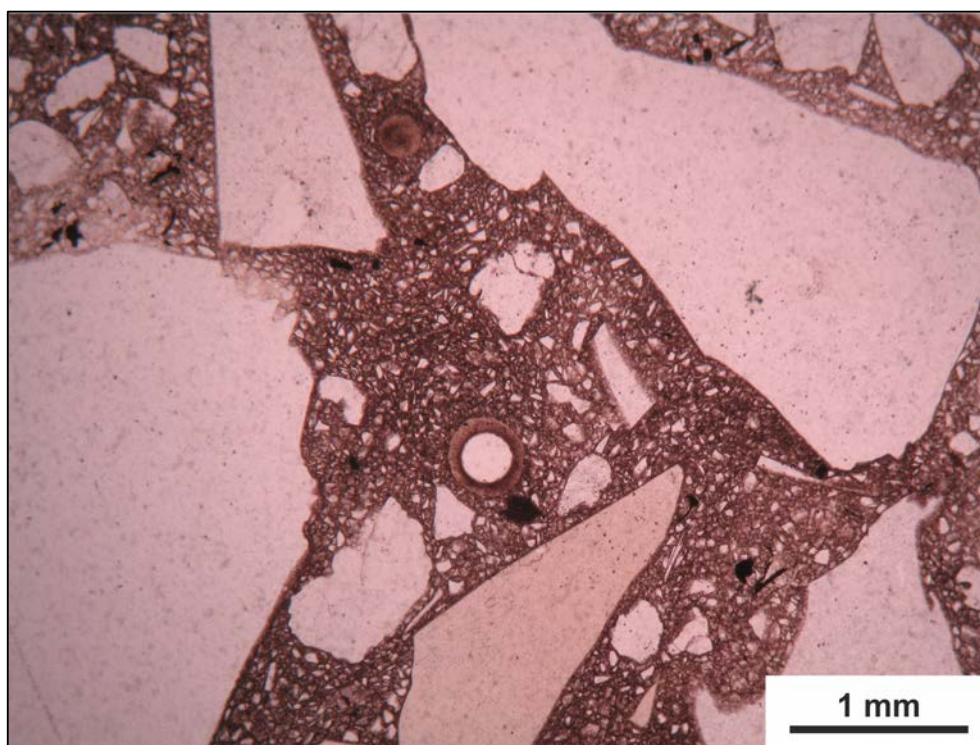
Σχήμα 2.22. Starlight Brown. Ίχνος λευκού μαρμαρυγία (Mca) μαζί με κρυστάλλους γυαλιού (Gl) και χαλαζία (Qz). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Venetian Sunset



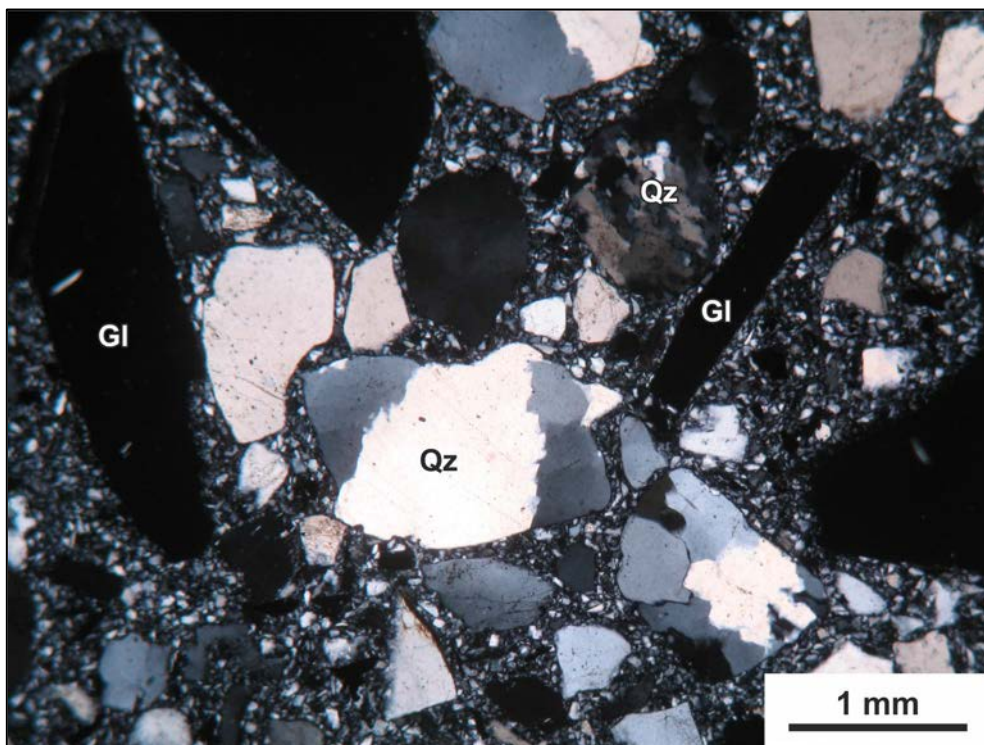
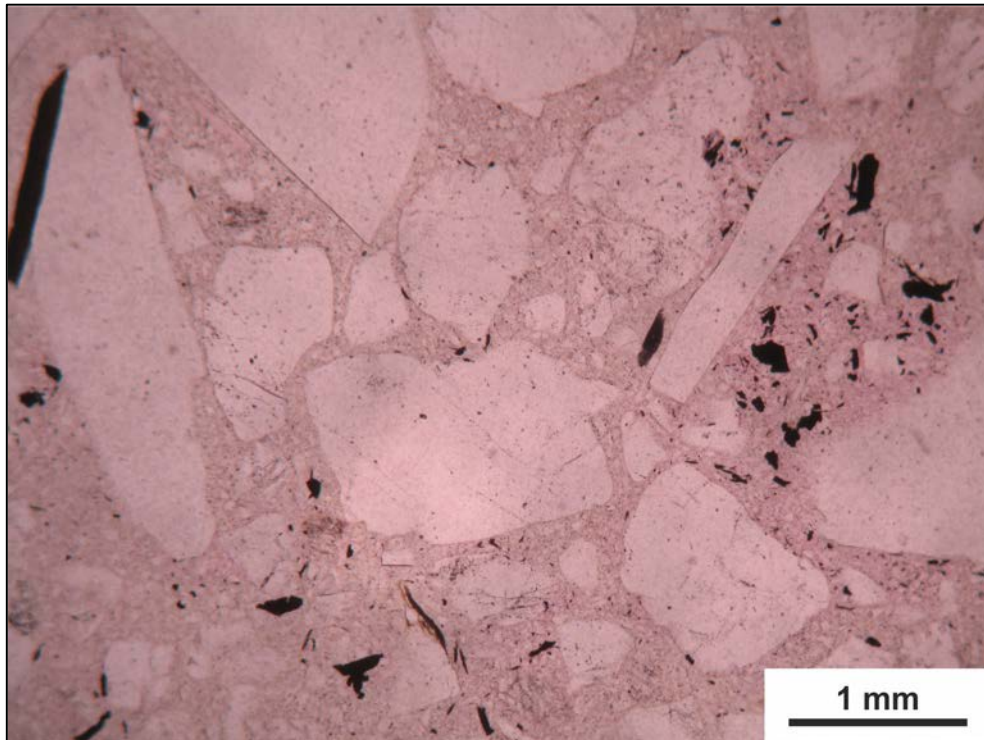
Σχήμα 2.23. Venetian Sunset. Γωνιώδεις κρύσταλλοι γυαλιού (Gl) με υπογωνιώδεις κρυστάλλους χαλαζία (Qz). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Venetian Sunset



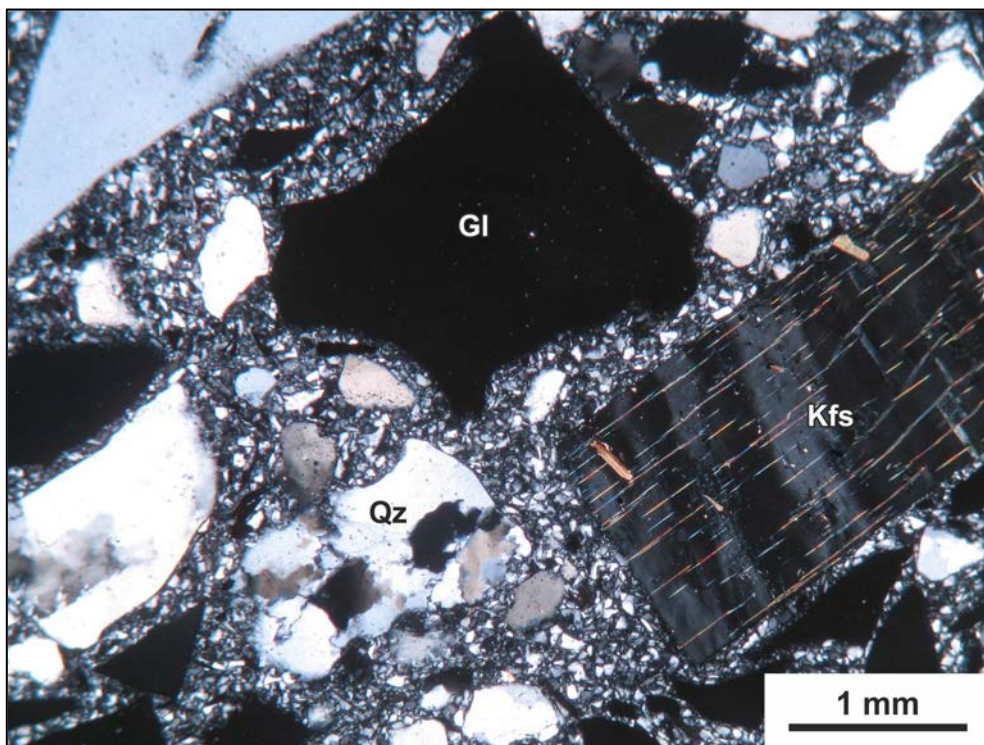
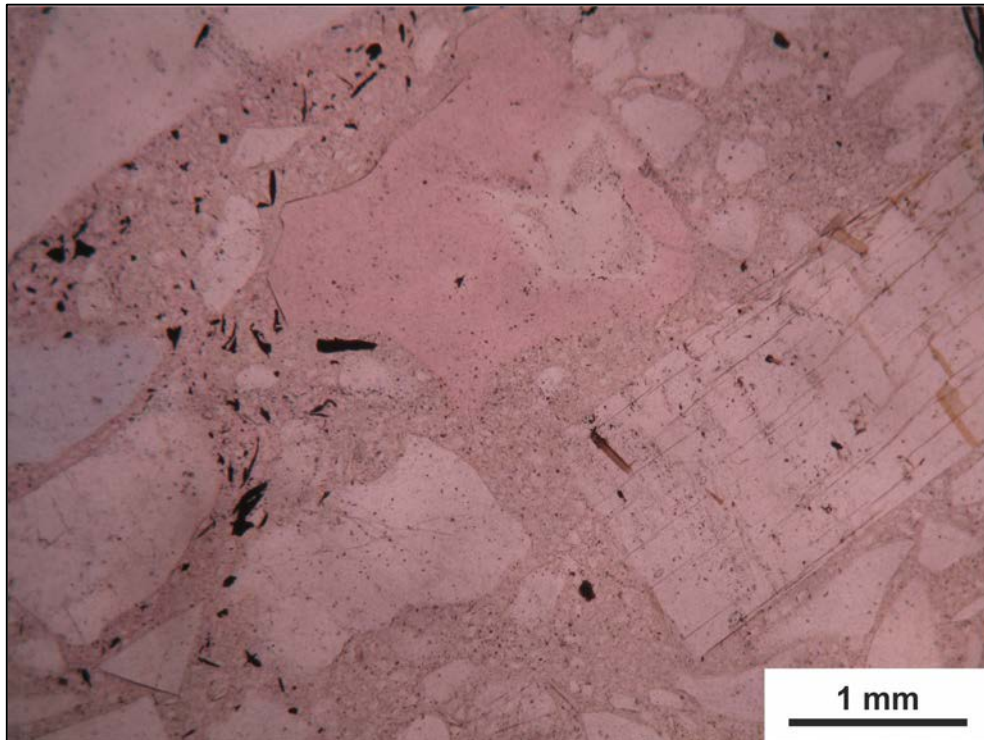
Σχήμα 2.24. Venetian Sunset. Γωνιώδεις κρύσταλλοι γαλιού (Gl) με γωνιώδεις έως υπογωνιώδεις κρυστάλλους χαλαζία (Qz) και κρύσταλλο καλιούχου αστρίου (Kfs). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Venetian Night



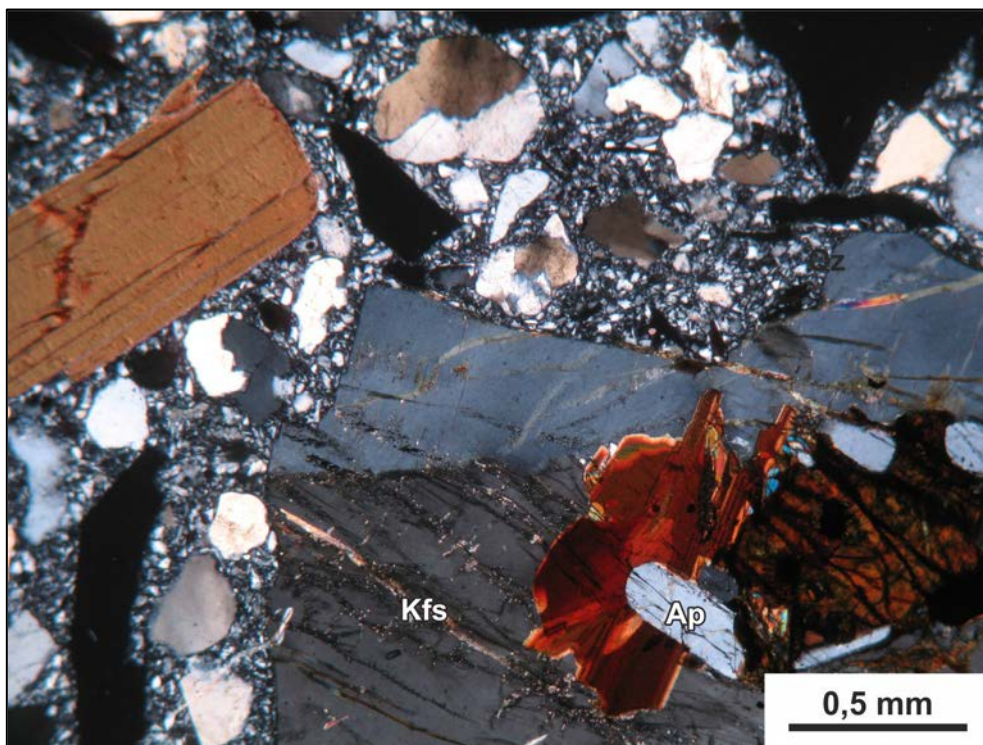
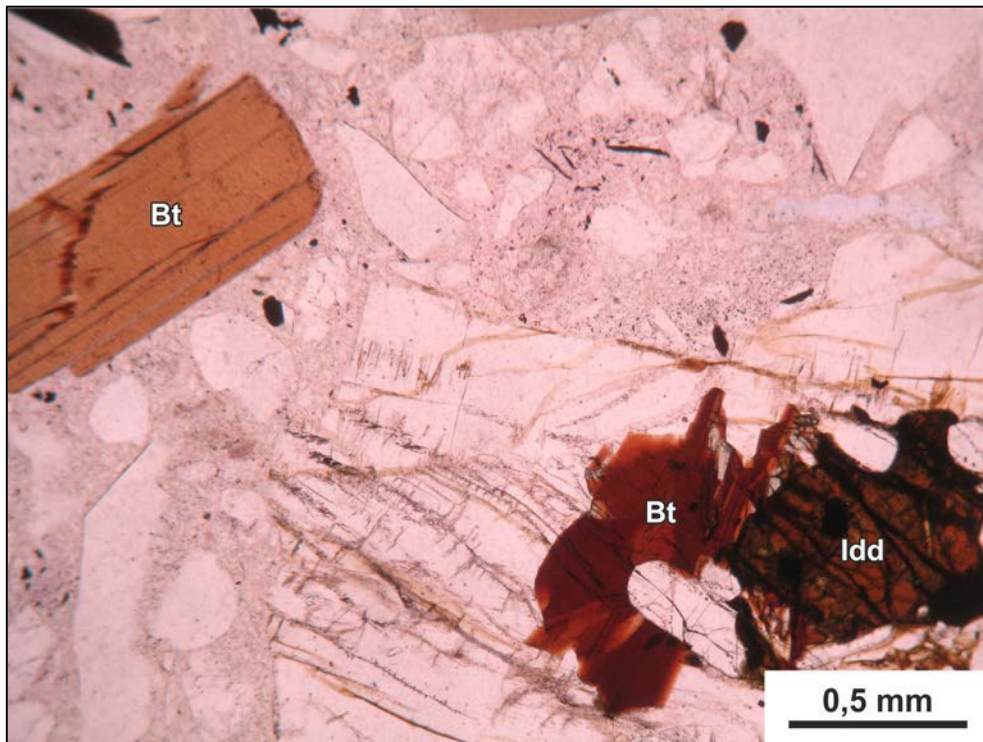
Σχήμα 2.25. Venetian Night. Υποστρόγγυλοι κρύσταλλοι χαλαζία (Qz) και γωνιώδεις κρύσταλλοι γυαλιού (Gl). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Venetian Night



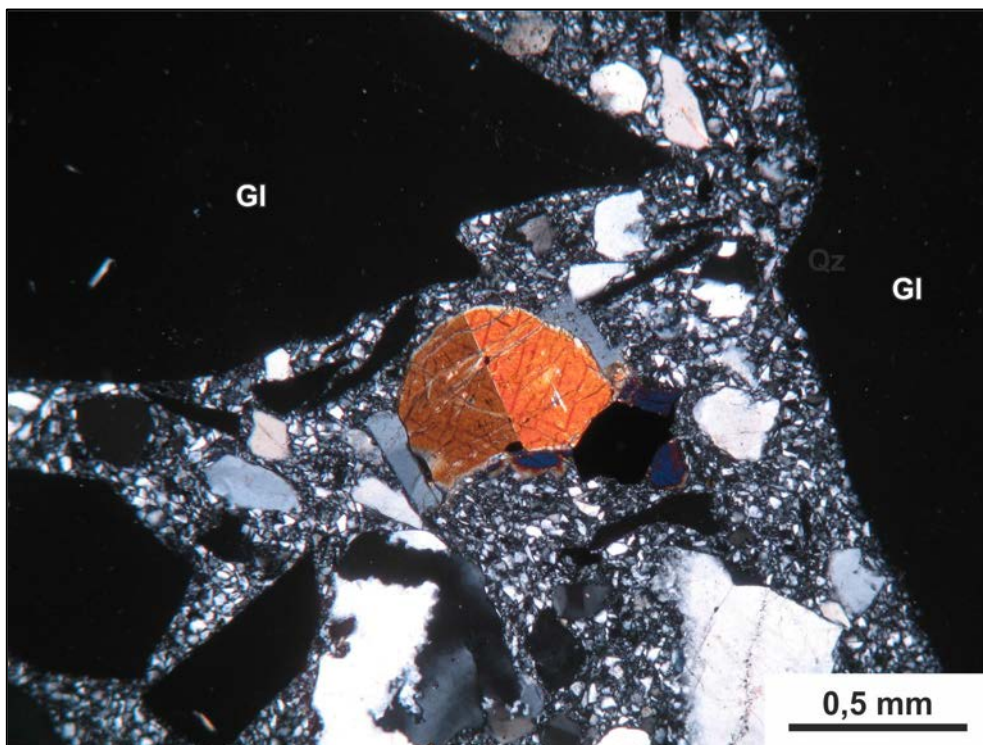
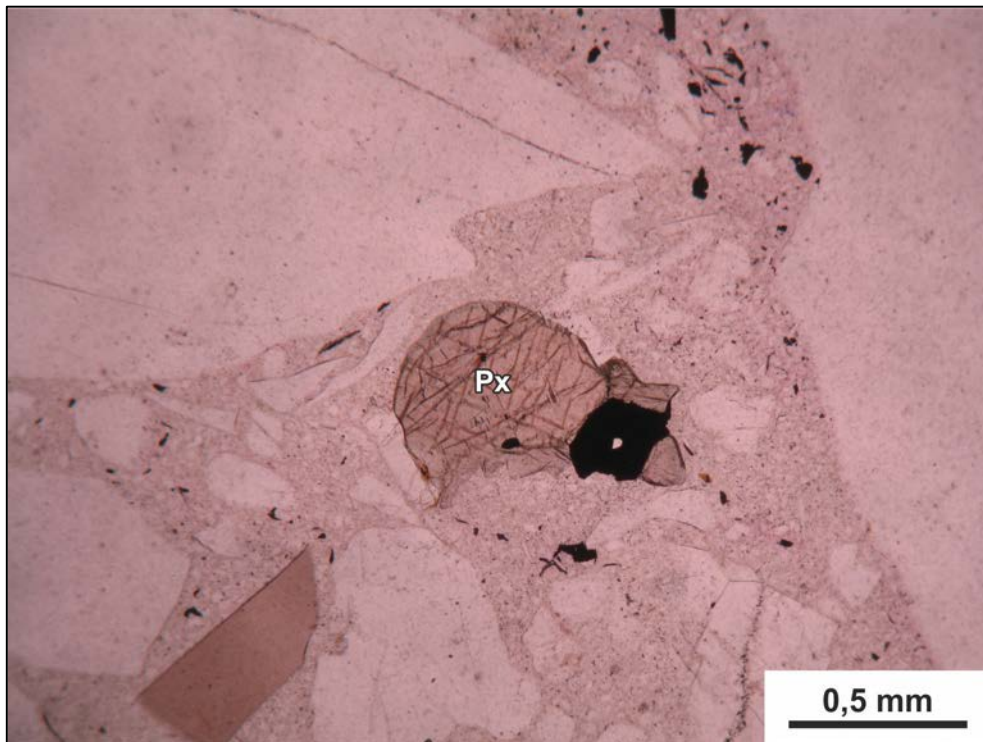
Σχήμα 2.26. Venetian Night. Επιμήκης κρύσταλλος καλιούχου αστρίου με σερικτιώση (Kfs) και ερυθρώπο θραύσμα γυαλιού (Gl). Qz: χαλαζίας. Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Venetian Night



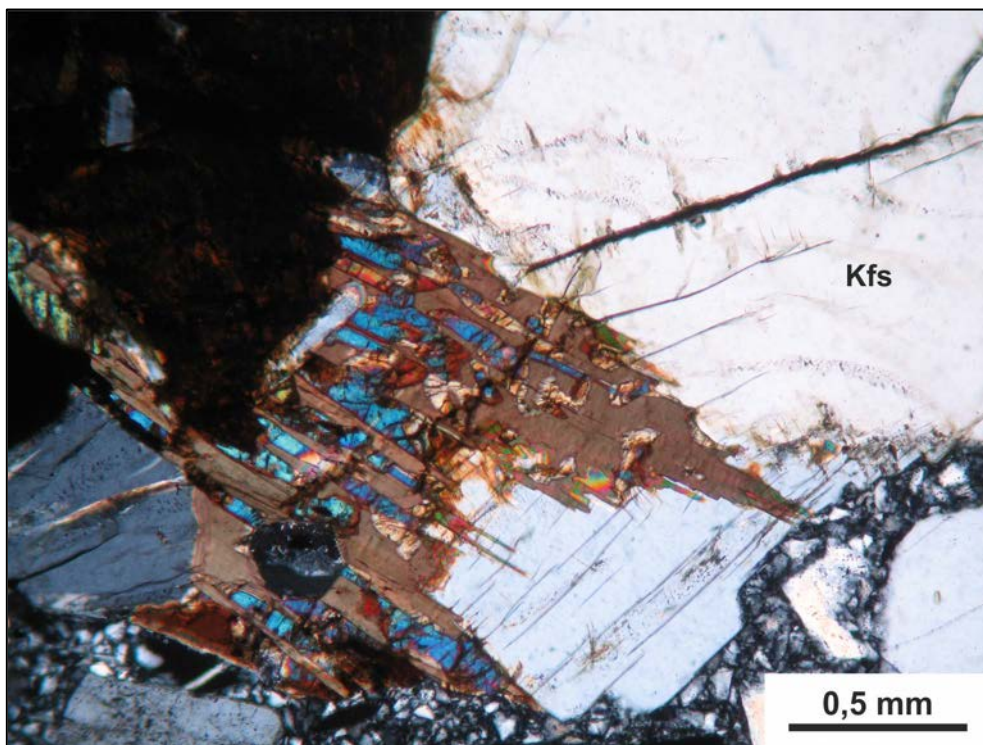
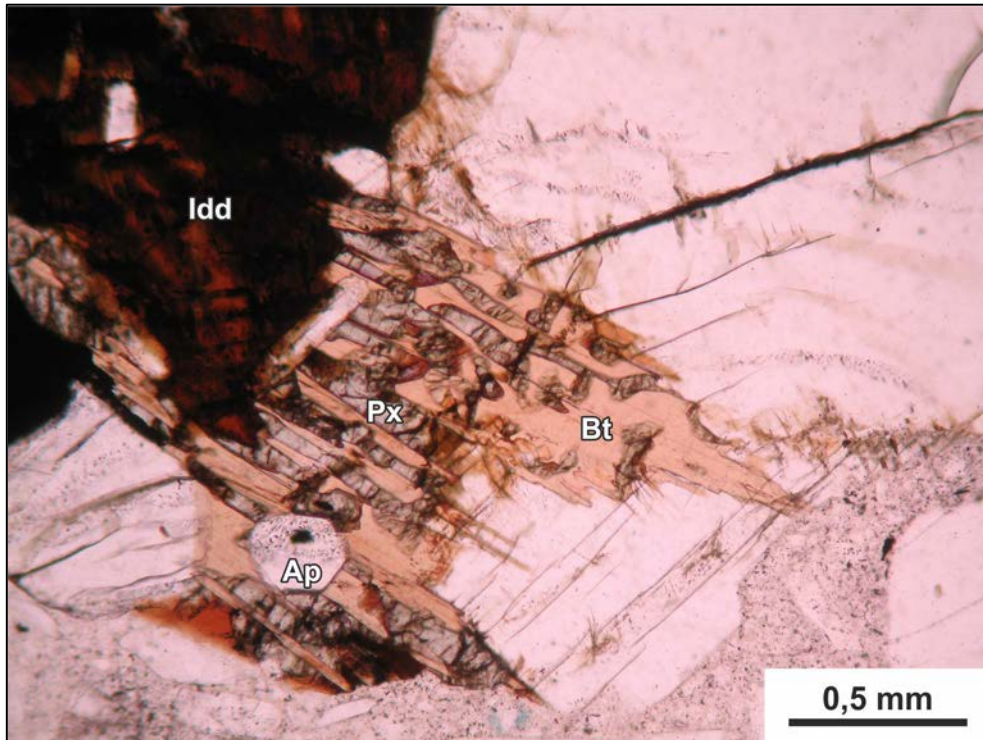
Σχήμα 2.27. Venetian Night. "Ξενόλιθος" συηνίτη αποτελούμενος από μεγάλους κρυστάλλους καλιούχου αστρίου (Kfs), βιοτίτη (Bt), απατίτη (Ap) και ιδδινγκσίτη (Idd). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Venetian Night



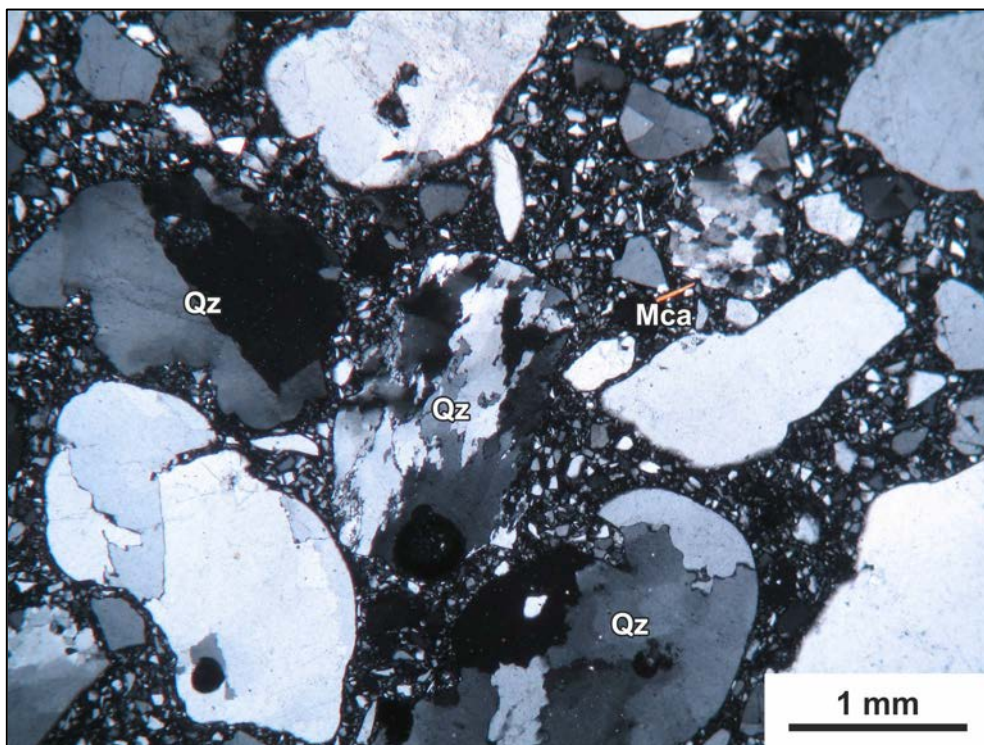
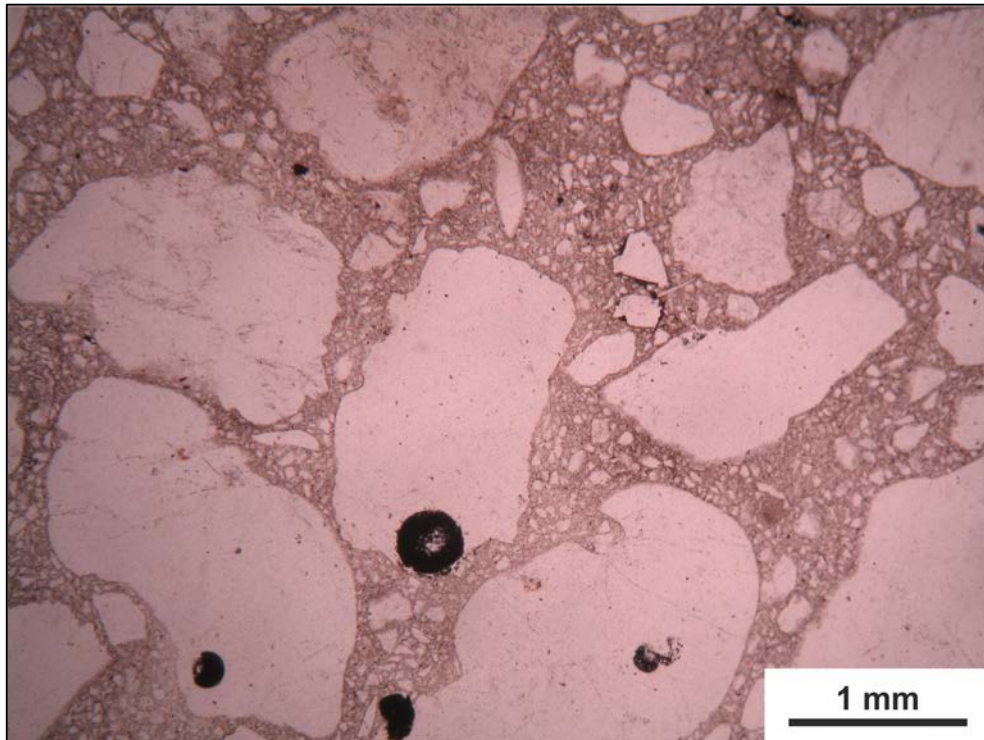
Σχήμα 2.28. Venetian Night. Κρύσταλλος πυροξένου (Px) καιγωνιώδεις κρύσταλλοι γυαλιού (Gl). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Venetian Night



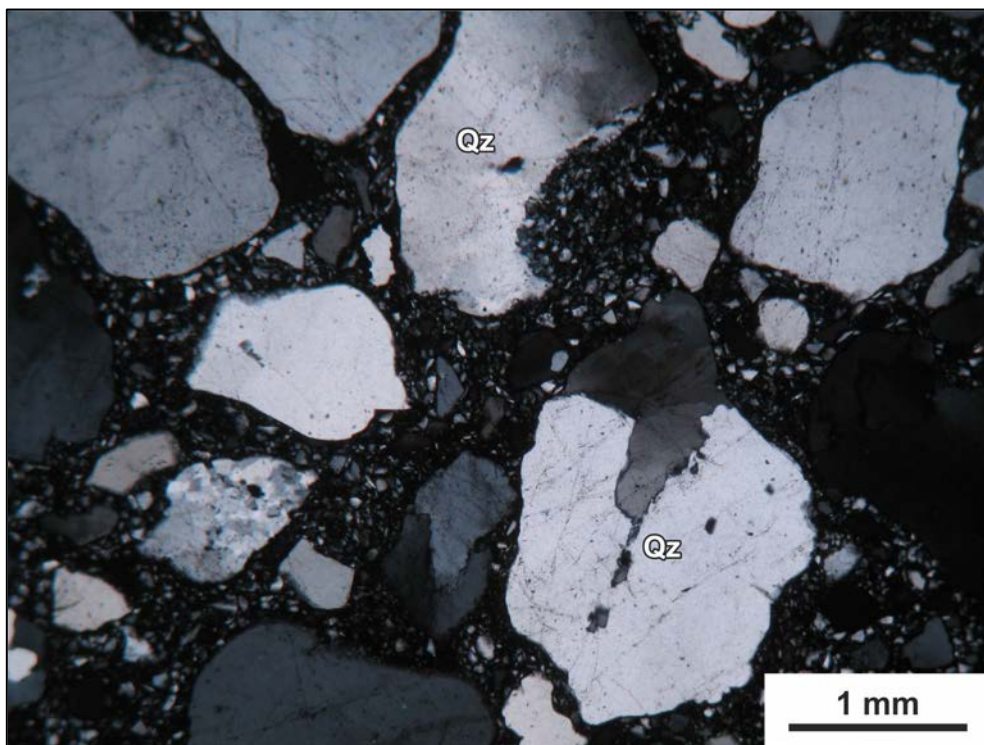
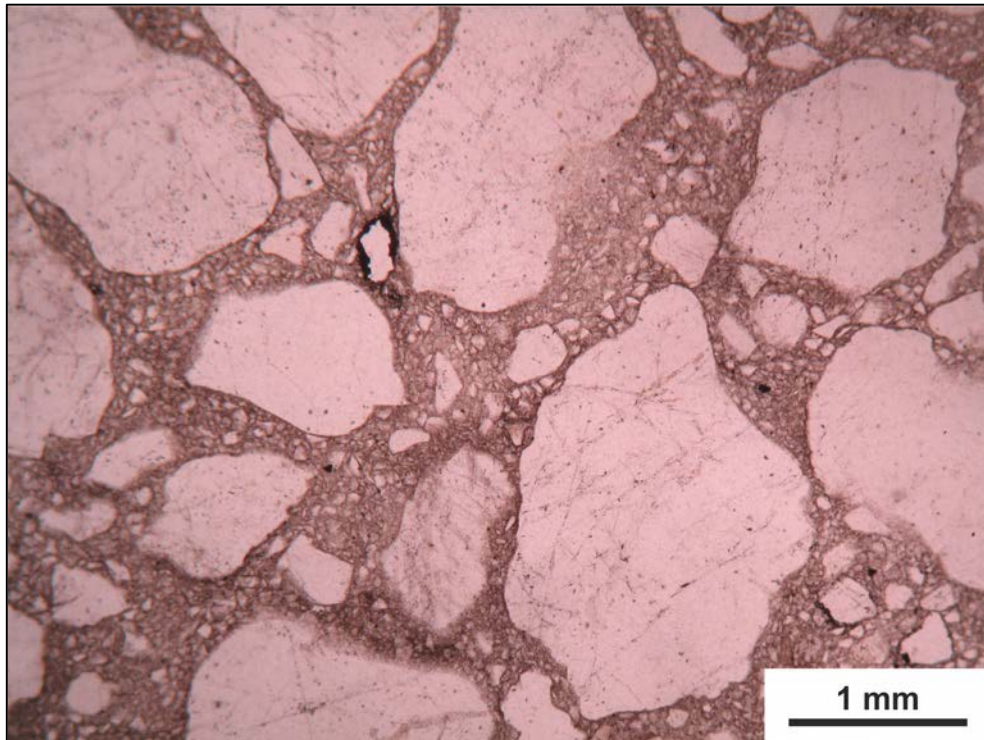
Σχήμα 2.29. Venetian Night. "Ξενόλιθος" συηνίτη αποτελούμενος από μεγάλους κρυστάλλους καλιούχου αστρίου (Kfs), βιοτίτη (Bt) που περιέχει επιμήκεις κρυστάλλους πυροξένου (Px), απατίτη (Ap) και ιδδινγκσίτη (Idd). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Gobi Black



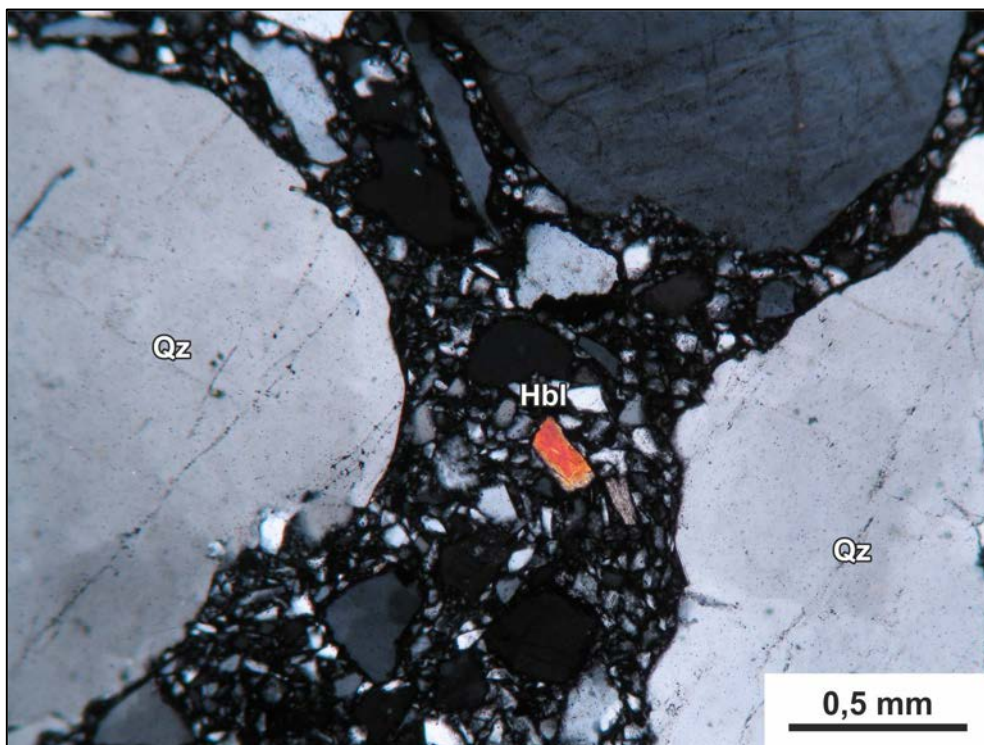
Σχήμα 2.30. Gobi Black. Υπογωνιώδεις έως υποστρόγγυλοι κρύσταλλοι χαλαζία (Qz) και ίχνος λευκού μαρμαρυγία (Mca). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Gobi Black



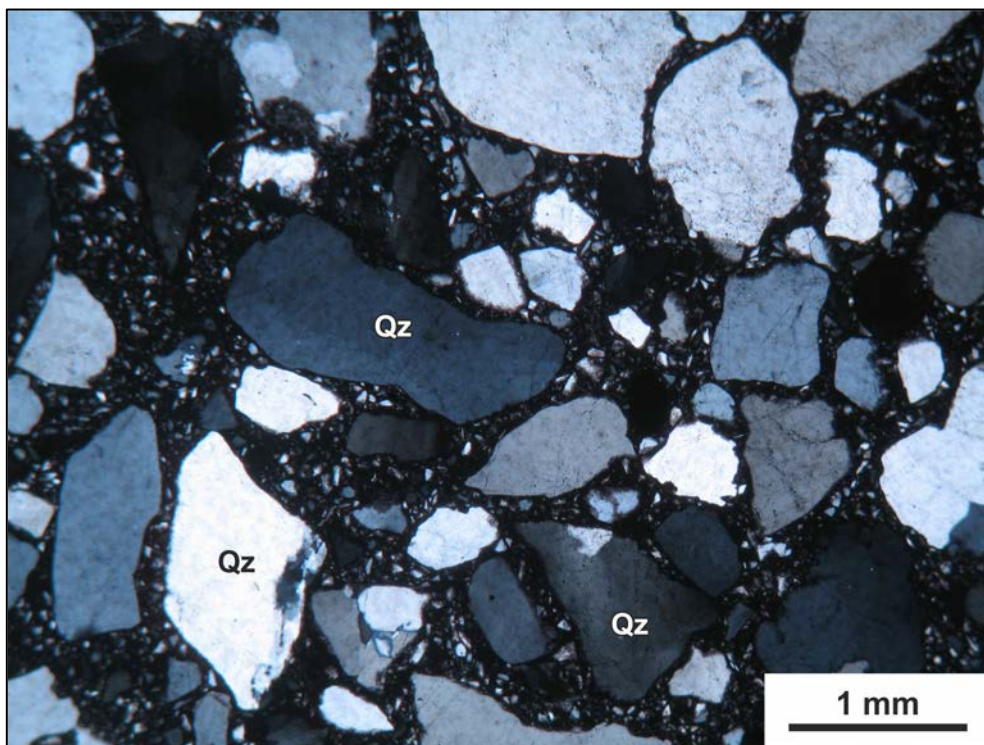
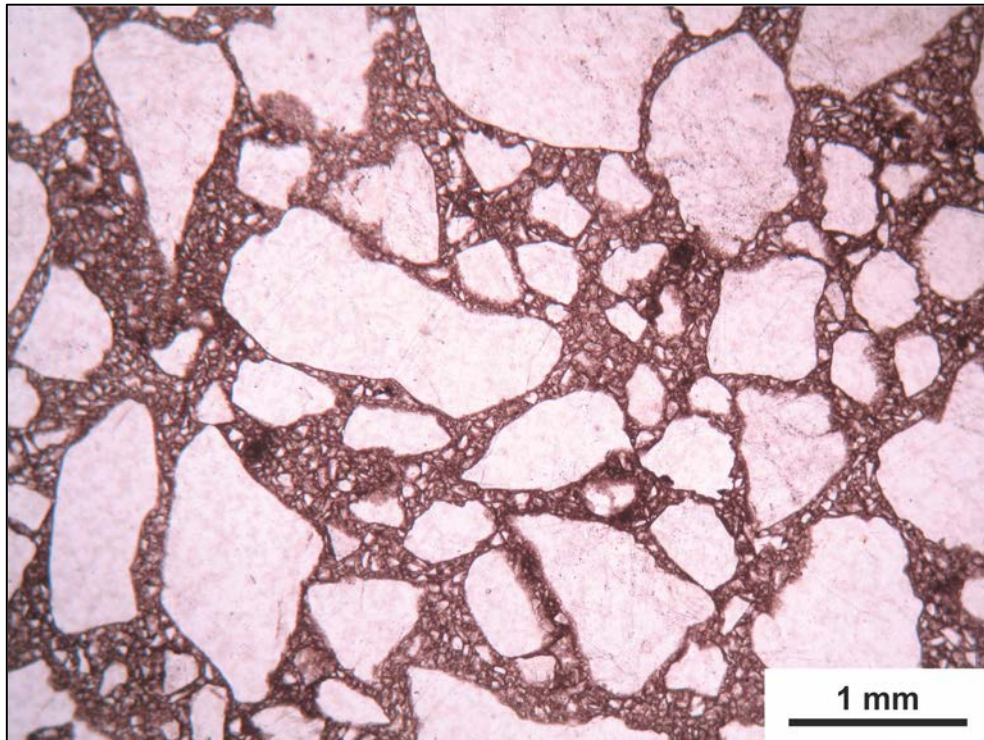
Σχήμα 2.31. Gobi Black. Υπογωνιώδεις έως υποστρόγγυλοι κρύσταλλοι χαλαζία (Qz).
Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Gobi Black



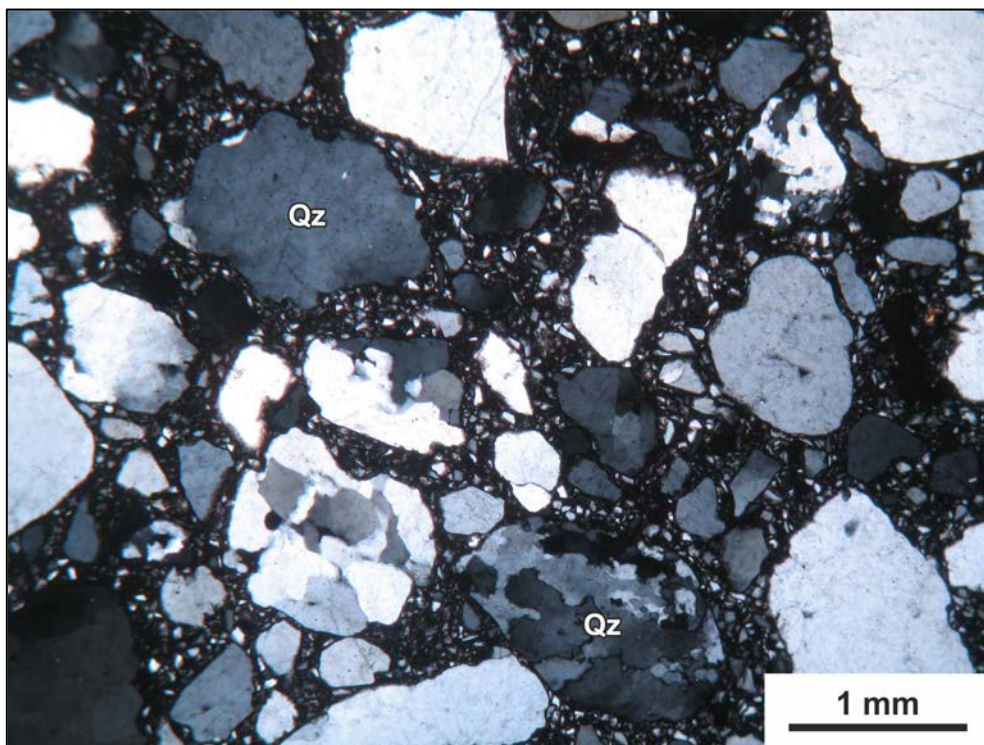
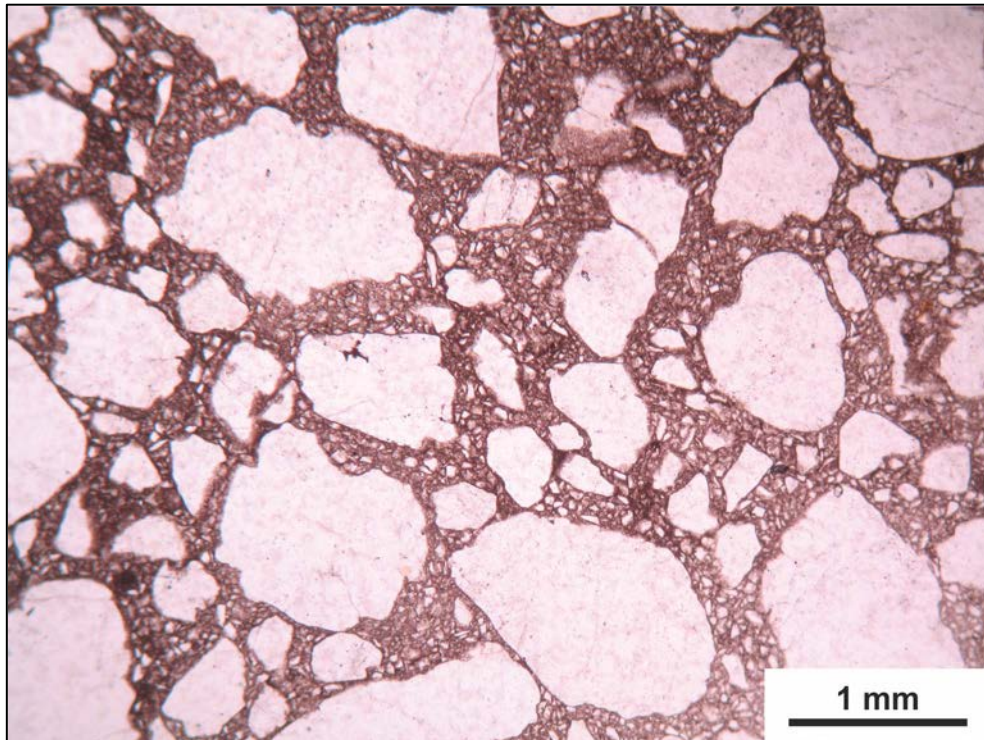
Σχήμα 2.32. Gobi Black. Ίχνος καστανής κεροσίλβης (Hbl). Qz: χαλαζίας. Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Gobi Grey



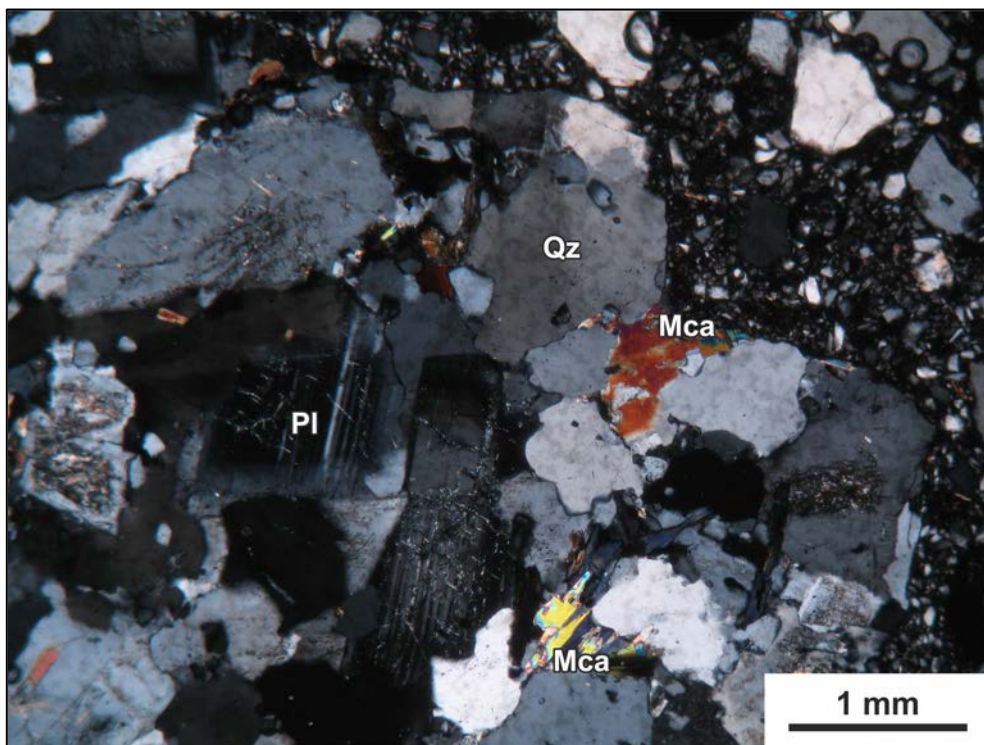
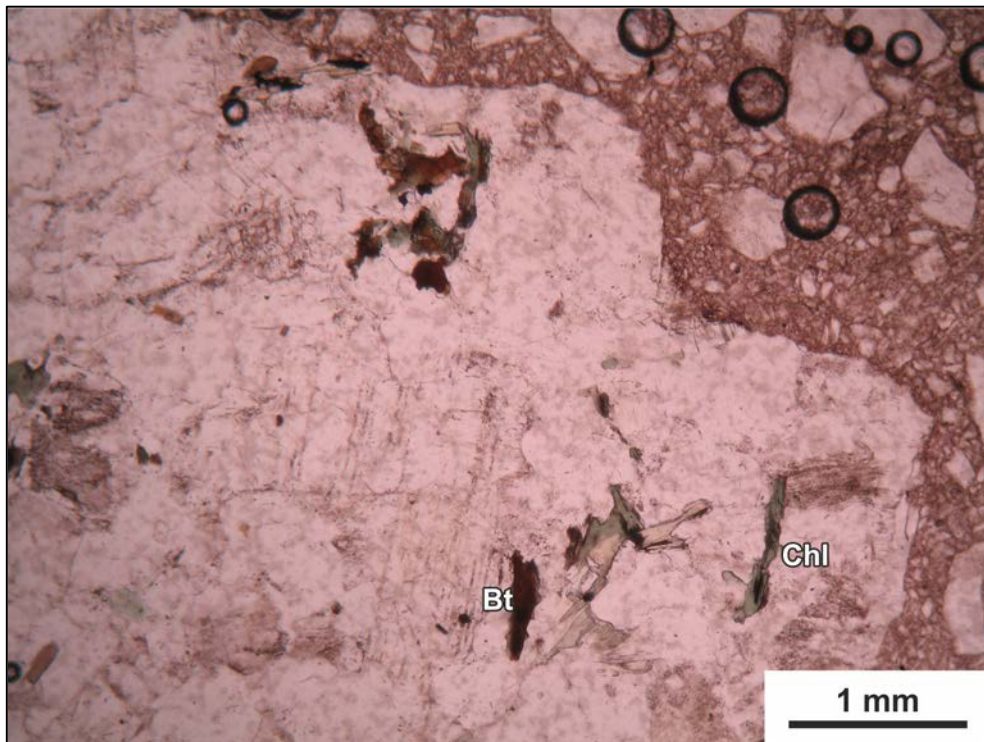
Σχήμα 2.33. Gobi Grey. Υπογωνιώδεις έως υποστρόγγυλοι κρύσταλλοι χαλαζία (Qz).
Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Gobi Grey



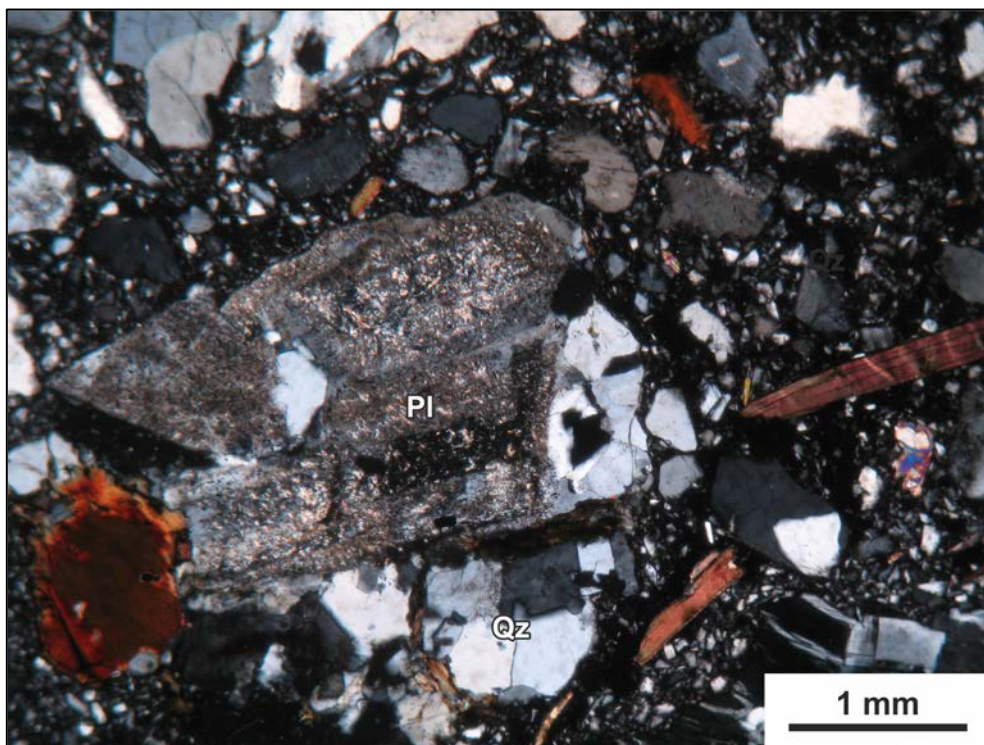
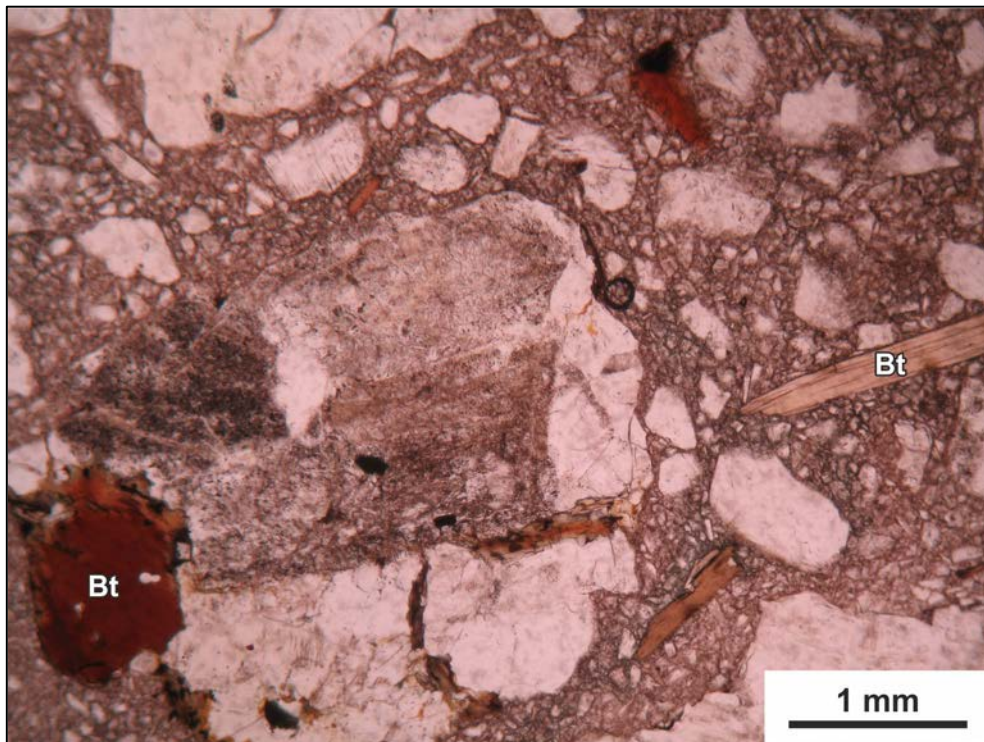
Σχήμα 2.34. Gobi Grey. Υπογωνιώδεις έως υποστρόγγυλοι κρύσταλλοι χαλαζία (Qz).
Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Blue Bahia



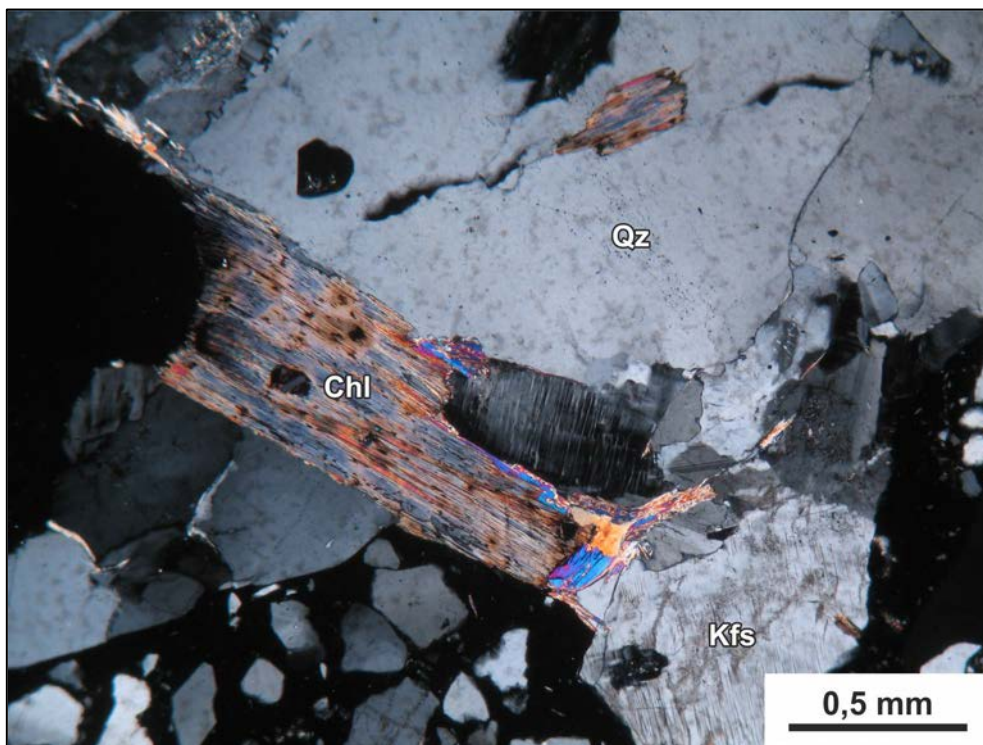
Σχήμα 2.35. Blue Bahia. "Ξενόλιθος" γρανίτη που αποτελείται από κρυστάλλους πλαγιокλάστων με σερικιτίωση (Pl), χαλαζία (Qz), λευκού μαρμαρυγία (Mca) και βιοτίτη (Bt) που αλλοιώνεται σε χλωρίτη (Chl). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Blue Bahia



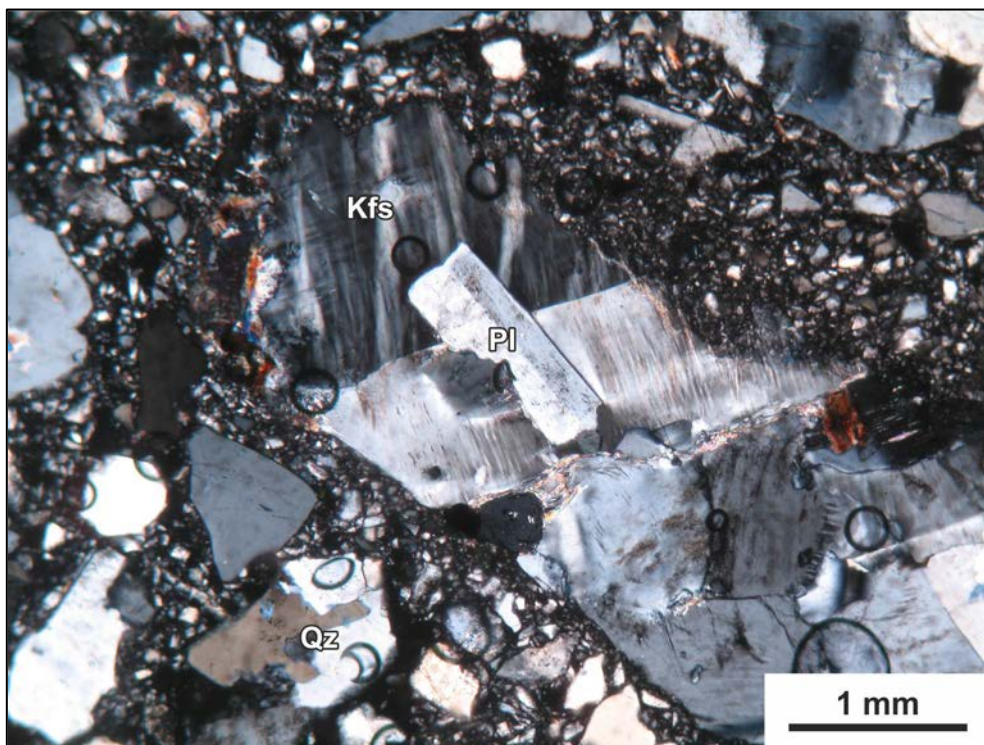
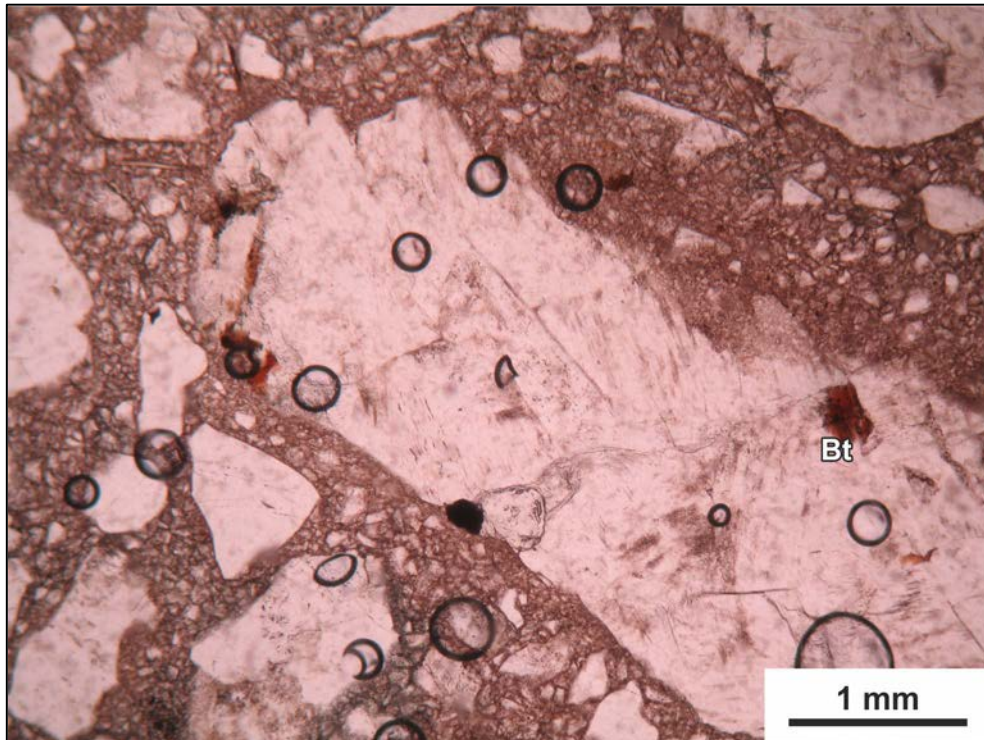
Σχήμα 2.36. Blue Bahia. "Ξενόλιθος" γρανίτη που αποτελείται από κρυστάλλους παλαιοκλάστου σερικτιωμένου (Pl), χαλαζία (Qz) και βιοτίτη (Bt). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Blue Bahia



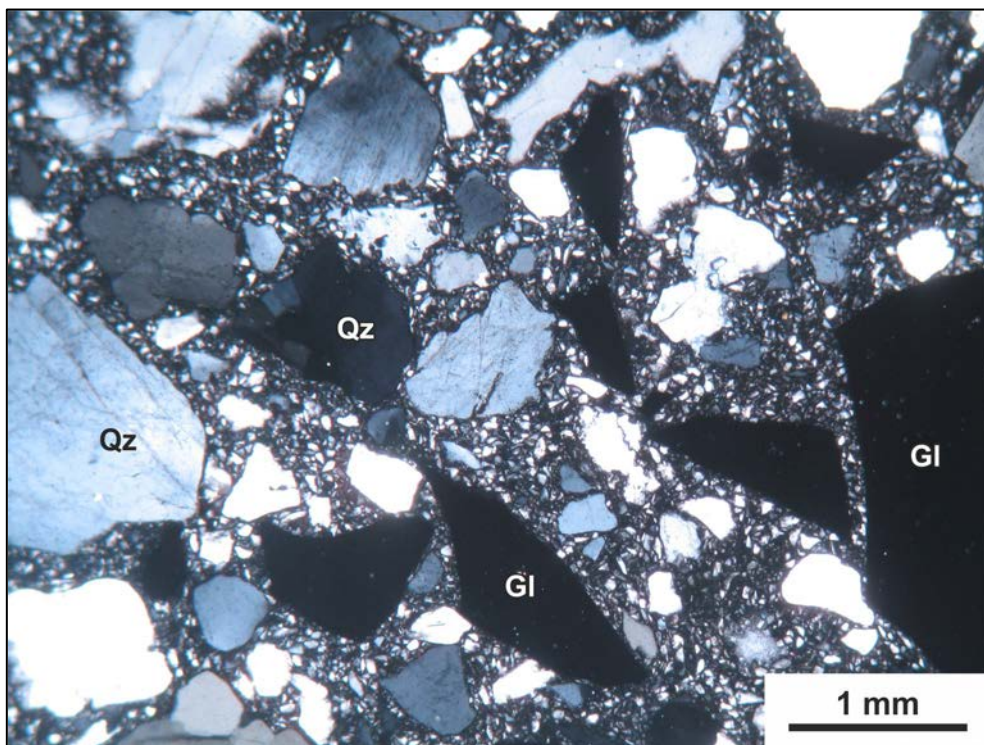
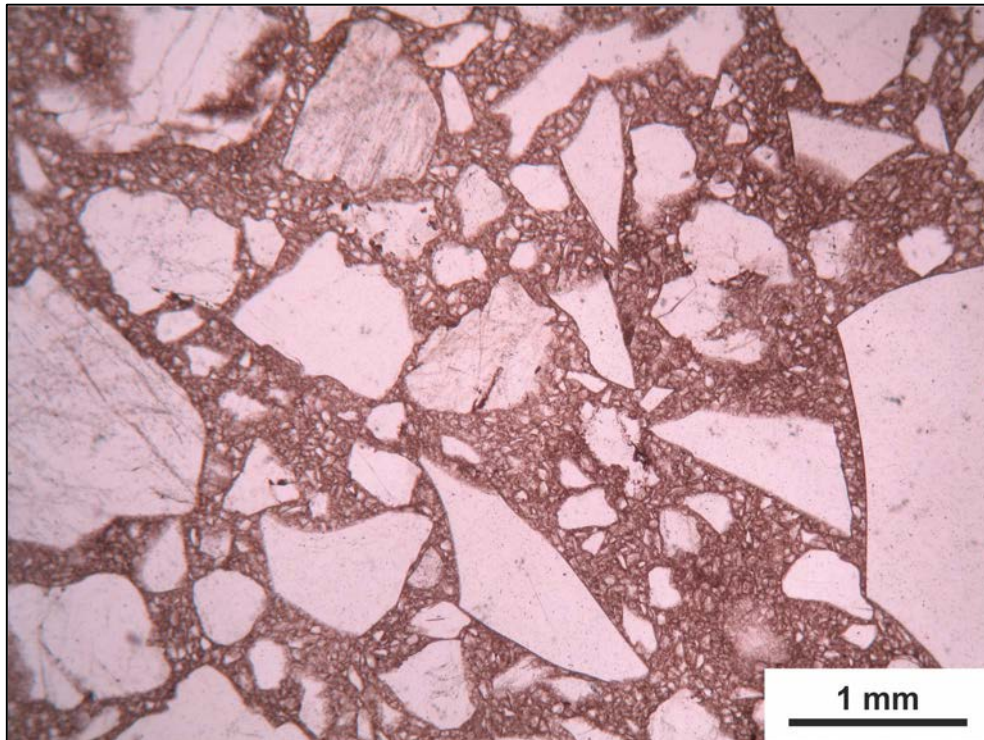
Σχήμα 2.37. Blue Bahia. "Ξενόλιθος" γρανίτη που αποτελείται από κρυστάλλους μικροκλινή (Kfs), χαλαζία (Qz) και βιοτίτη (Bt). Διακρίνονται οι χαρακτηριστικές πλεοχρωϊκές άλω που σχηματίζονται γύρω από εγκλείσματα ζirkονίου (Zrn) στο βιοτίτη.Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Blue Bahia



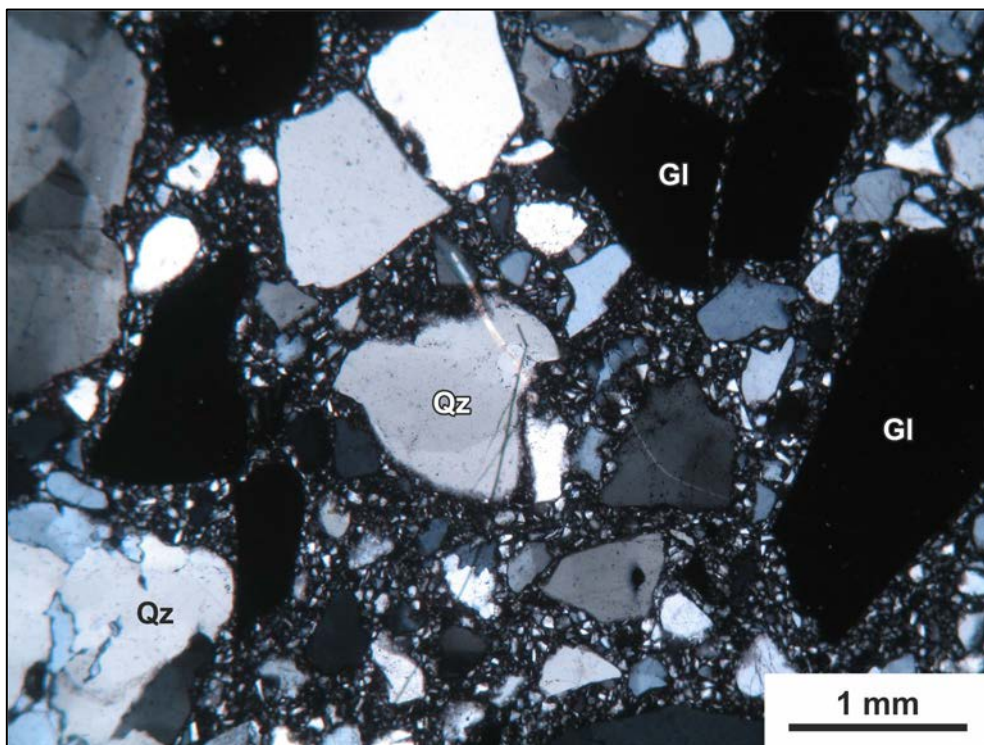
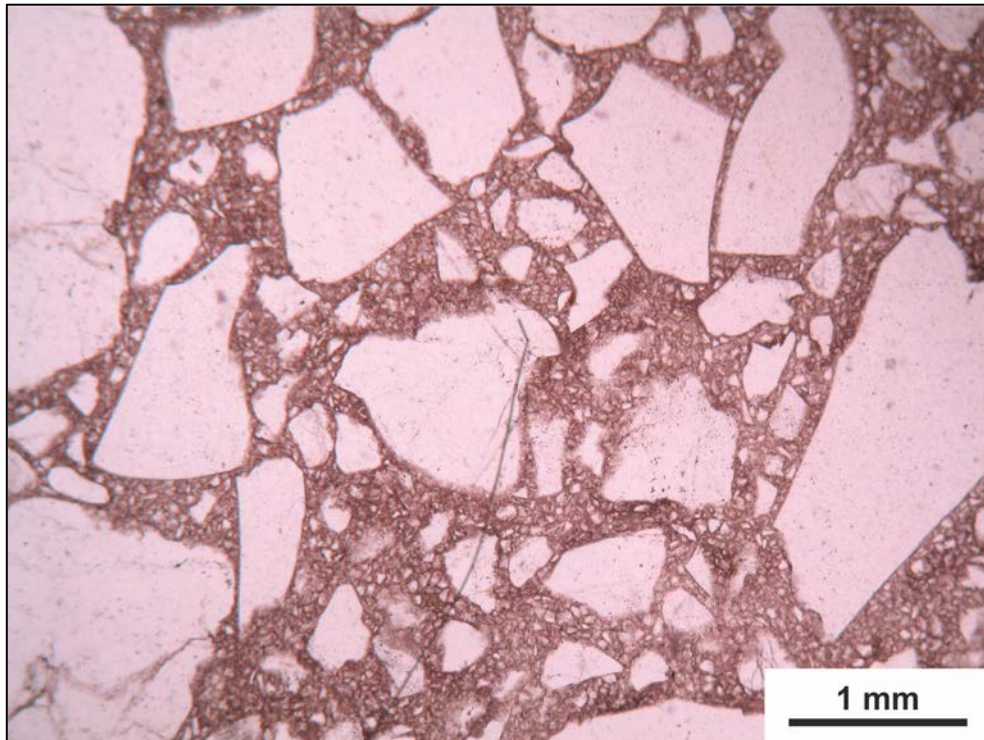
Σχήμα 2.38. Blue Bahia. "Ξενόλιθος" γρανίτη που αποτελείται από κρυστάλλους μικροκλινή με τη χαρακτηριστική μικροκλινική διδυμία (Kfs), πλαγιοκλάστου (Pl), χαλαζία (Qz) και βιοτίτη (Bt). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Concrete Grey



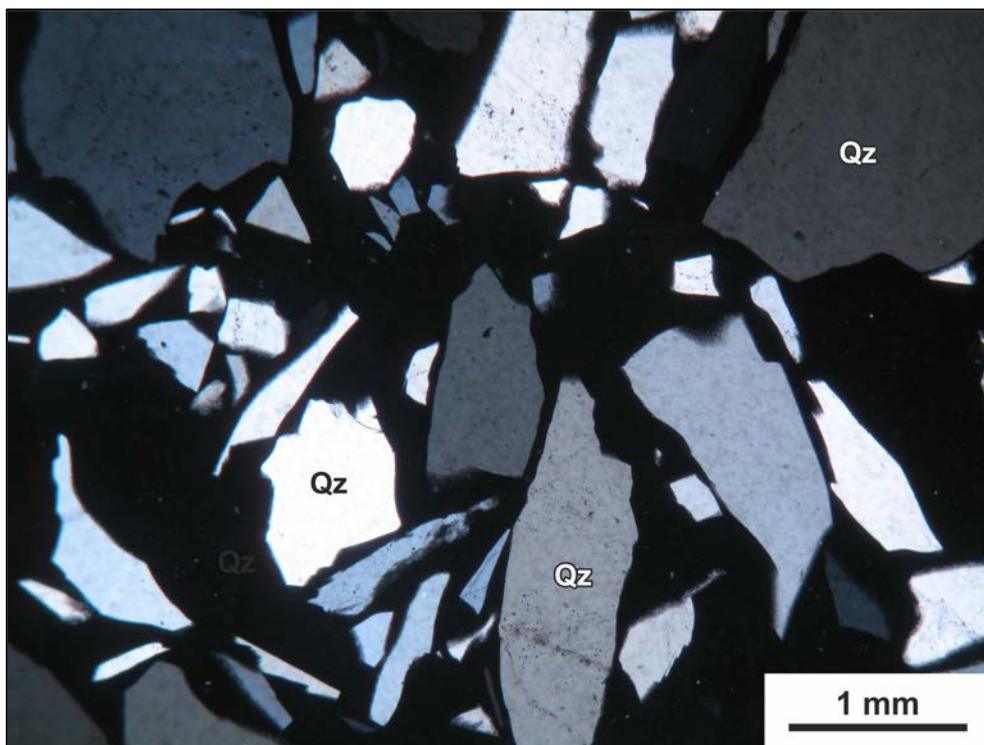
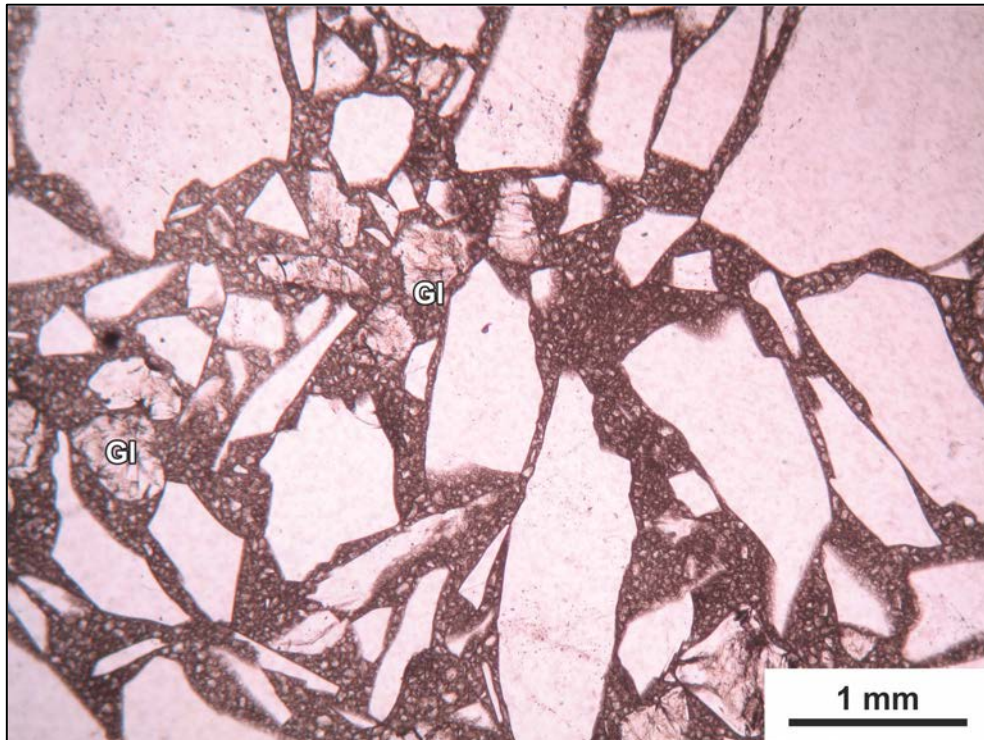
Σχήμα 2.39. Concrete Grey. Γωνιώδεις έως υπογωνιώδεις κρύσταλλοι χαλαζία (Qz) και γωνιώδεις κρύσταλλοι γυαλιού (Gl). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Concrete Grey



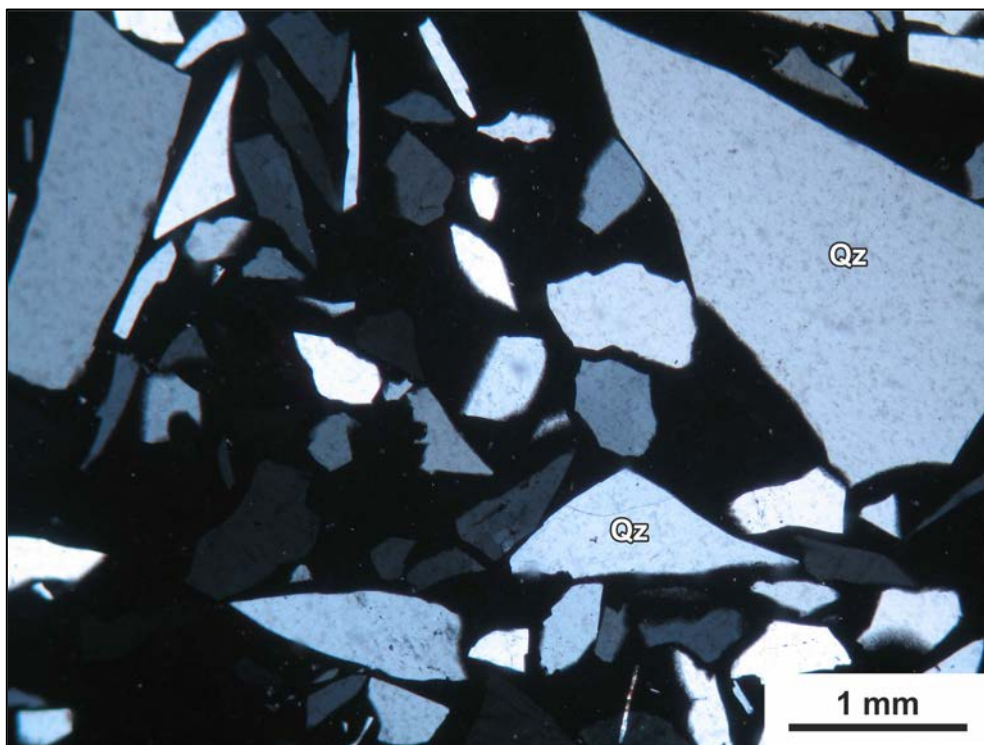
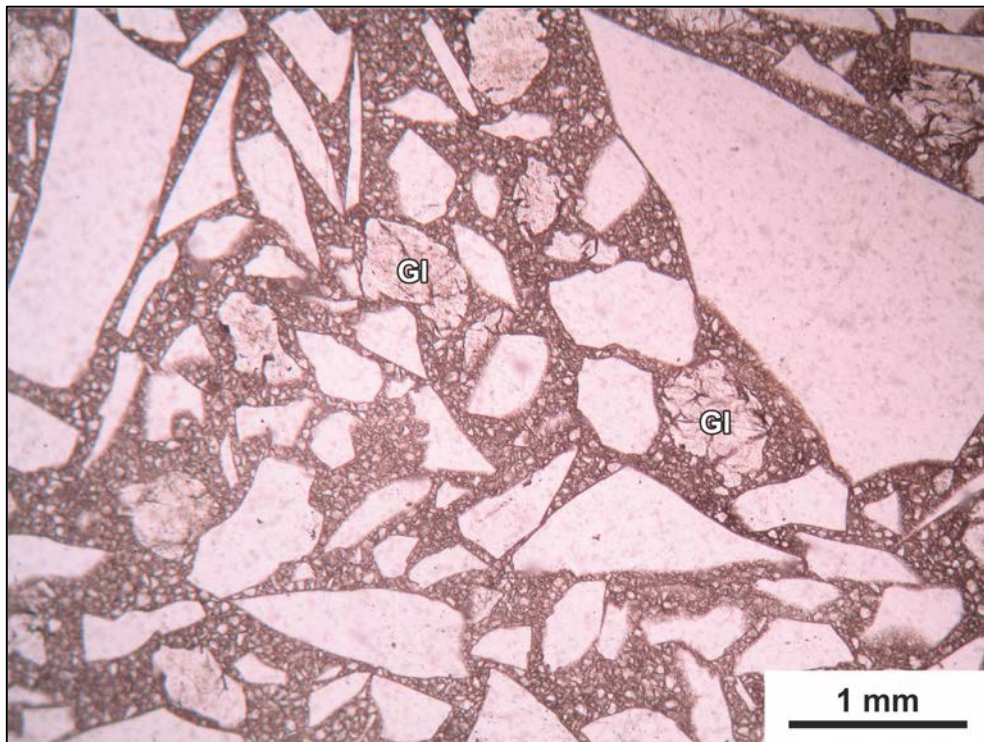
Σχήμα 2.40. Concrete Grey. Γωνιώδεις έως υπογωνιώδεις κρύσταλλοι χαλαζία (Qz) και γωνιώδεις κρύσταλλοι γυαλιού (Gl). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Crystal Diamond



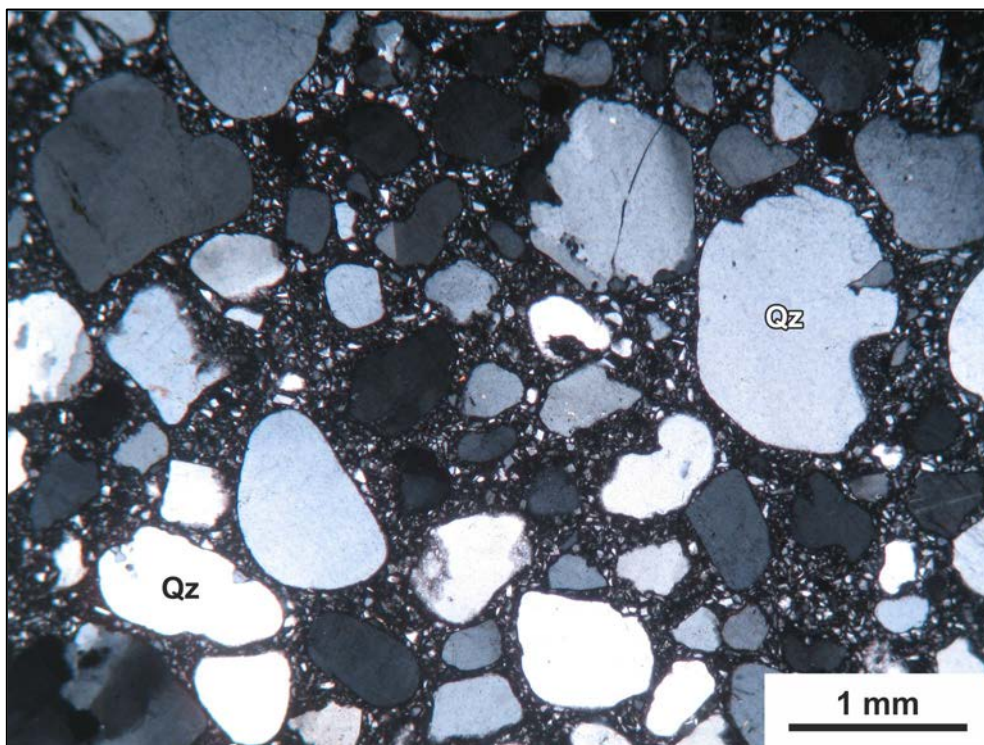
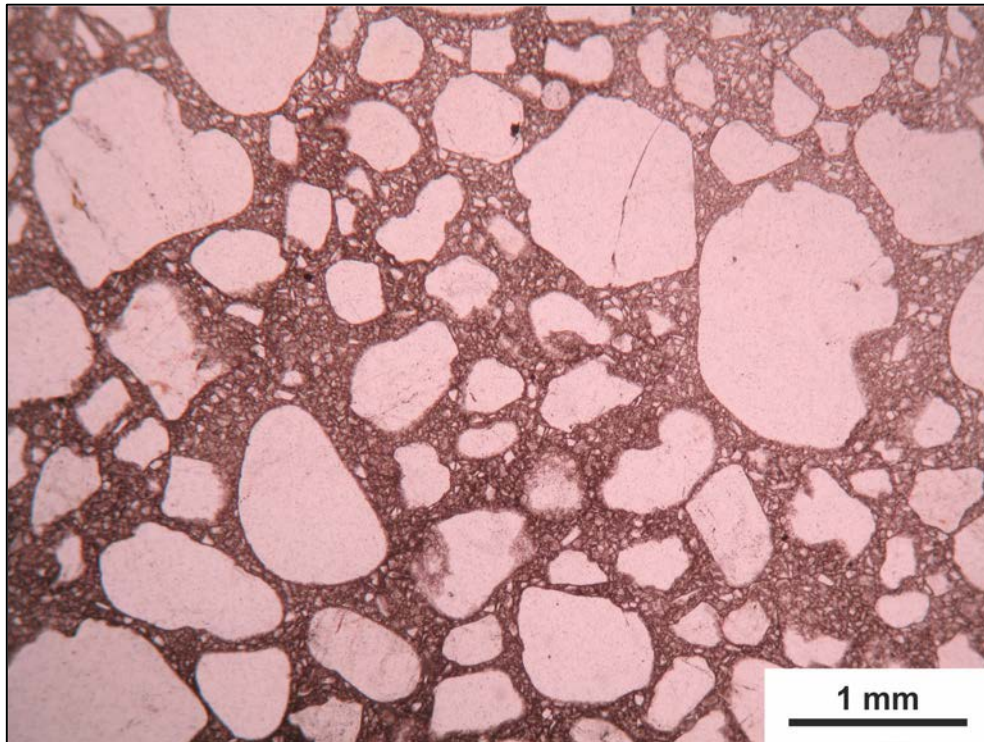
Σχήμα 2.41. Crystal Diamond. Γωνιώδεις κρύσταλλοι χαλαζία (Qz) και υποστρόγγυλοι κρύσταλλοι γυαλιού (Gl). Η ρητίνη δίνει την εικόνα υαλοφυρικού ιστού. Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Crystal Diamond



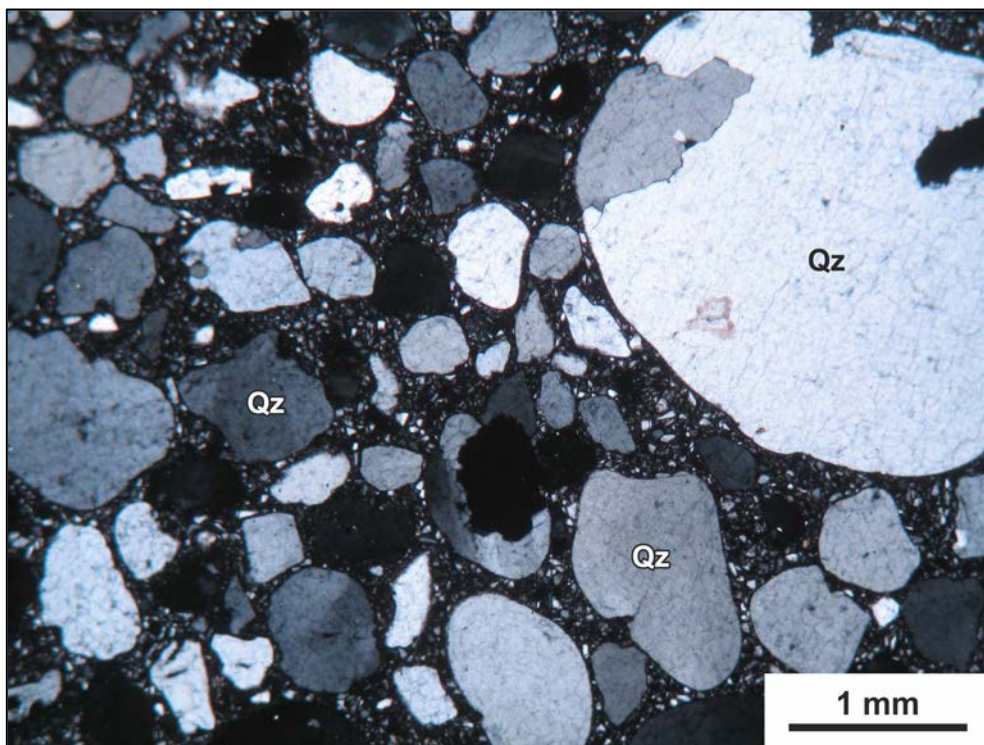
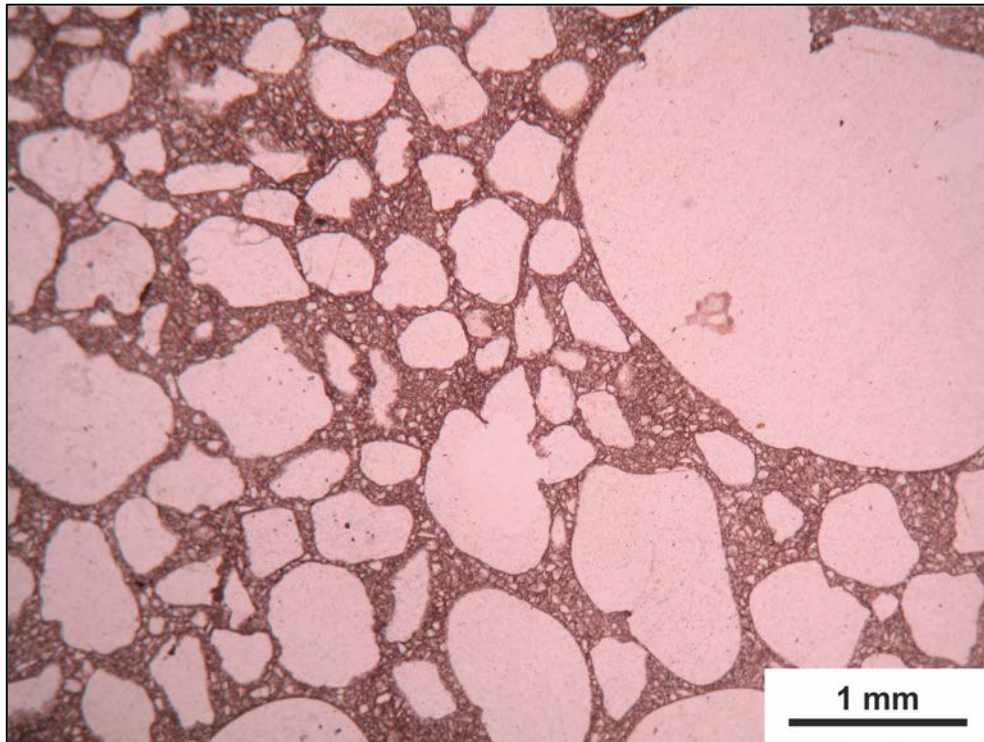
Σχήμα 2.42. Crystal Diamond. Γωνιώδεις κρύσταλλοι χαλαζία (Qz) και υποστρόγγυλοι κρύσταλλοι γυαλιού (Gl). Η ρητίνη δίνει την εικόνα υαλοφυρικού ιστού. Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Crema Minerva



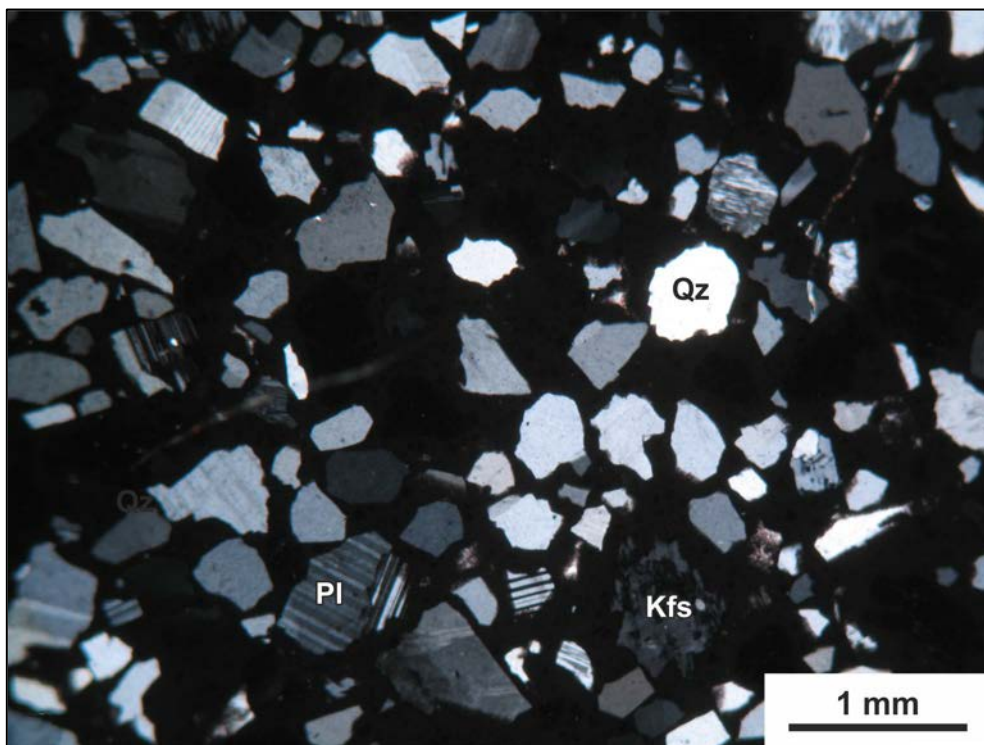
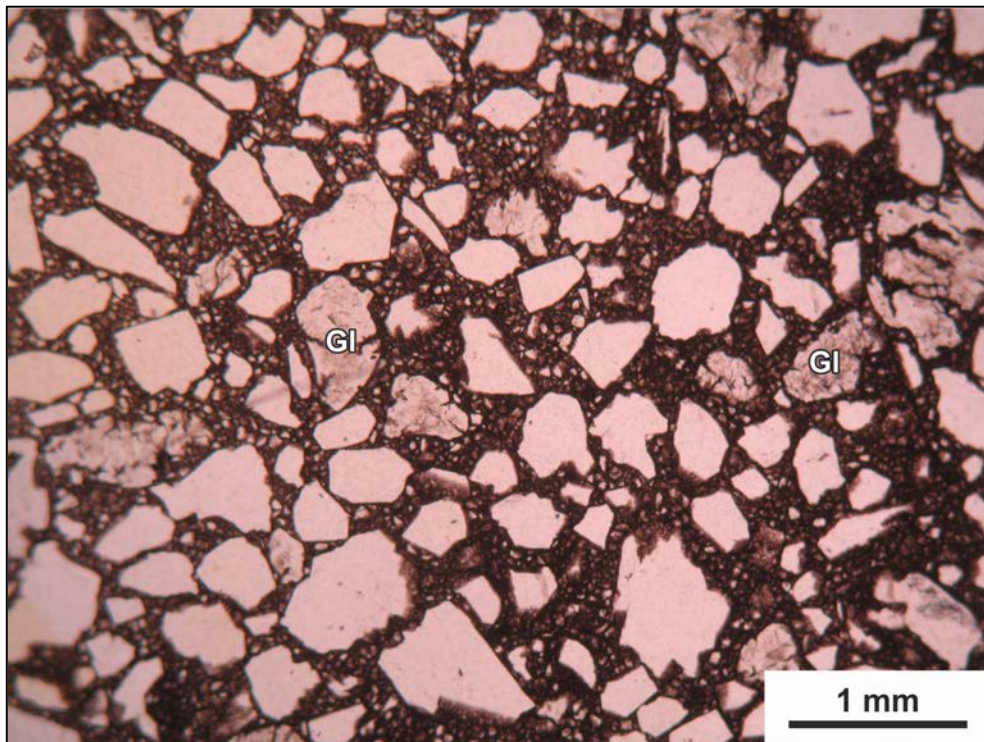
Σχήμα 2.43. Crema Minerva. Υποστρογγυλοι έως στρογγυλοι κρύσταλλοι χαλαζία (Qz).
Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Crema Minerva



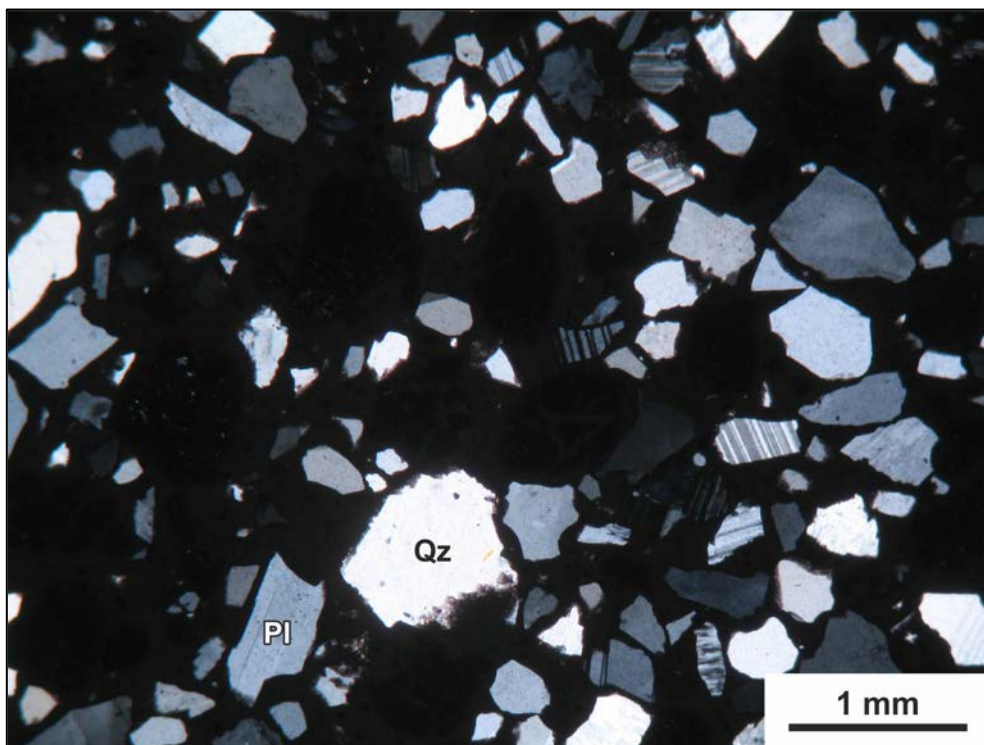
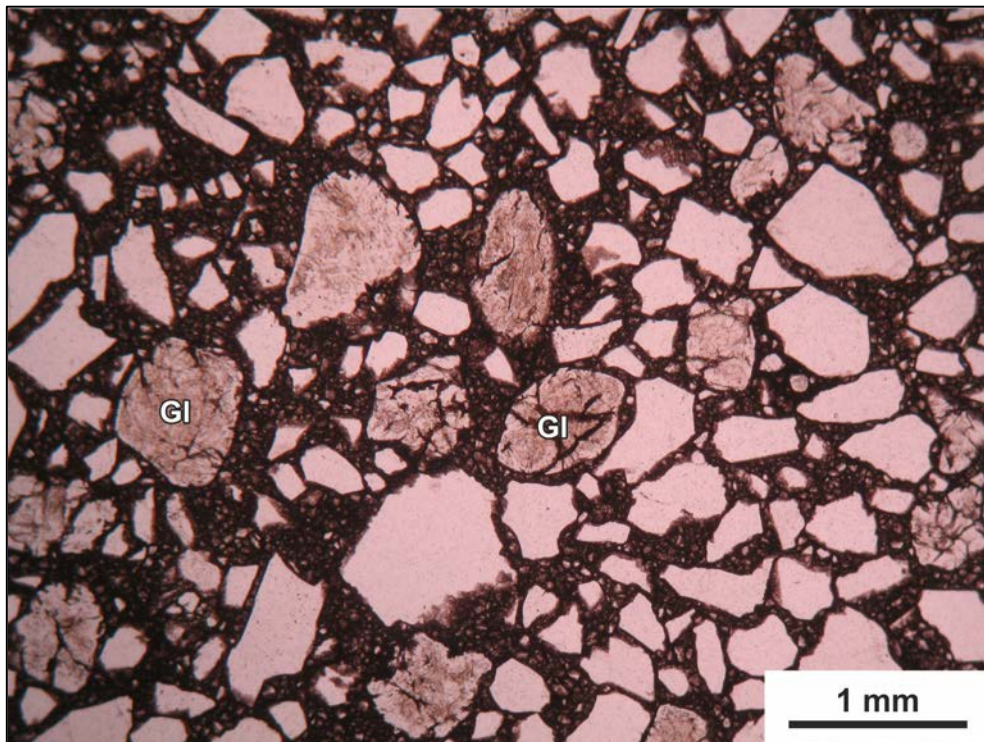
Σχήμα 2.44. Crema Minerva. Υποστρογγυλοι έως στρογγυλοι κρύσταλλοι χαλαζία (Qz).
Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Blanco Zeus



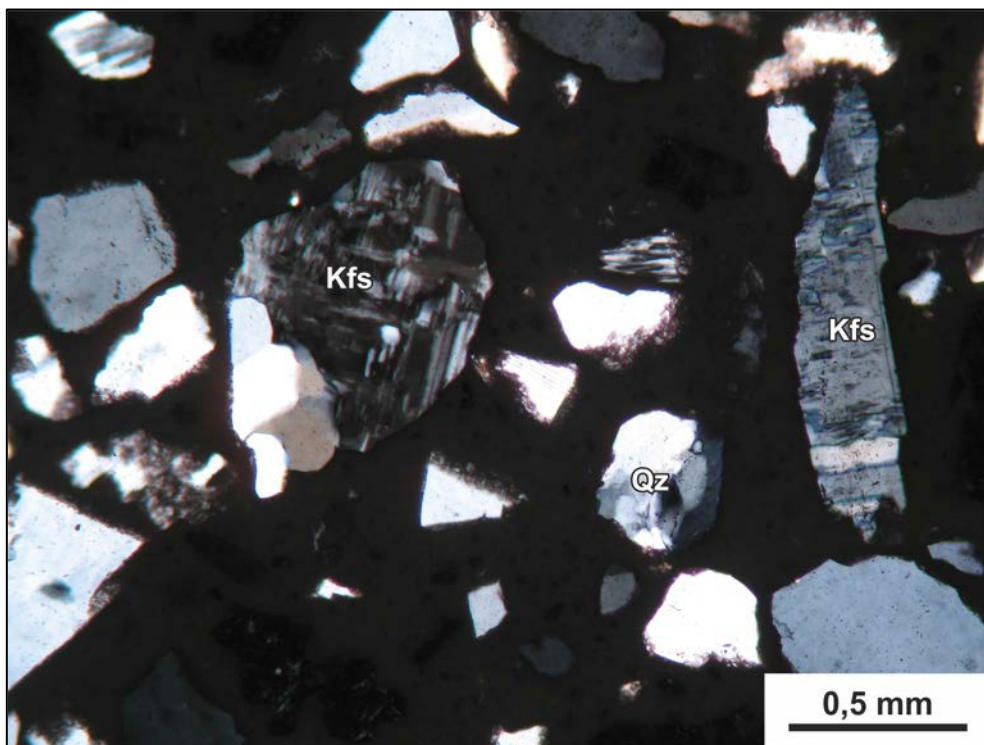
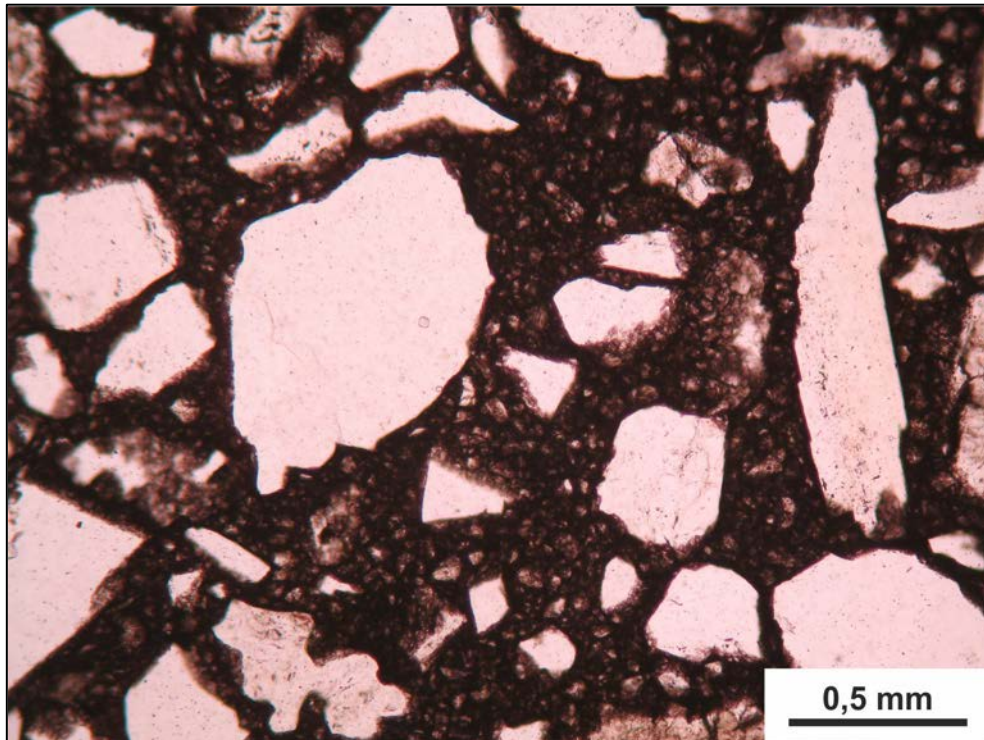
Σχήμα 2.45. Blanco Zeus. Μικροί κρύσταλλοι χαλαζία (Qz), καλιούχου αστρίου (Kfs), πλαγιοκλάστου με χαρακτηριστική πολυδυμία (Pl) και μικροί υπογωνιώδεις έως υποστρόγγυλοι κρύσταλλοι γυαλιού (Gl). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Blanco Zeus



Σχήμα 2.46. Blanco Zeus. Μικροί κρύσταλλοι χαλαζία (Qz), πλαγιокλάστου με χαρακτηριστική πολυδυμία (Pl) και μικροί υπογωνιώδεις έως υποστρόγγυλοι κρύσταλλοι γυαλιού (Gl). Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

Blanco Zeus



Σχήμα 2.47. Blanco Zeus. Κρύσταλλοι μικροκλινή με τη χαρακτηριστική μικροκλιλική πολυδυμία (Kfs). Qz: χαλαζίας. Επάνω: Nicols //, Κάτω: Nicols X.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΕΧΝΟΓΡΑΝΙΤΩΝ

3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η συμπεριφορά των πετρωμάτων σε οποιοδήποτε είδους φυσική ή μηχανική καταπόνηση εξαρτάται από τις φυσικομηχανικές τους ιδιότητες. Επομένως, η γνώση των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων των τεχνητών πετρωμάτων είναι απαραίτητη προκειμένου να καθορισθεί η ποιότητα και η καταλληλότητα αυτών, για χρήση σε οποιαδήποτε εφαρμογή, είτε αυτή ανήκει στον χώρο της οικοδόμησης είτε στο χώρο της διακόσμησης.

Ο προσδιορισμός των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών των τεχνογρανιτών γίνεται με ειδικές εργαστηριακές δοκιμές σύμφωνα με τις διάφορες διεθνείς προδιαγραφές: αμερικανικές (ASTM), ιταλικές (UNI), γερμανικές (DIN), ισπανικές (UNE), ελβετικές (SN), διεθνείς (ISO) και ευρωπαϊκές (EN), οι οποίες αναφέρονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 1.4.

3.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ

Στην παρούσα εργασία μελετώνται οι βασικότερες φυσικομηχανικές ιδιότητες των τεχνογρανιτών, όπως αυτές παρουσιάζονται από τις βιομηχανίες παραγωγής τους. Αυτές είναι οι εξής:

- Υδατοαπορροφητικότητα
- Ειδικό βάρος - πυκνότητα
- Συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής
- Σκληρότητα Mohs
- Αντοχή στη θλίψη
- Αντοχή στην κάμψη
- Αντοχή στην φθορά από τριβή
- Αντοχή στην κρούση
- Αντοχή σε οξέα και βάσεις (χημική αντοχή)
- Αντοχή σε ακραία θερμική καταπόνηση
- Αντοχή σε φλόγα και κάψιμο από τσιγάρο και
- Αντιολισθητικότητα

Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά μερικές από τις παραπάνω ιδιότητες, ενώ για τις σημαντικότερες από αυτές γίνεται σύγκριση των τιμών τους με αυτές των φυσικών γρανιτών και μαρμάρων. Επισημαίνεται ότι οι τιμές που αναφέρονται για τις διάφορες ιδιότητες των τεχνογρανιτών δεν αφορούν τα εξετασθέντα δείγματα της παρούσας εργασίας, αλλά διαφορετικά δείγματα που επελέχθησαν από τις εταιρείες για τον προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών του γενικού συνόλου των τεχνογρανιτών. Ωστόσο, στα δείγματα αυτά συμπεριλαμβάνονται δείγματα της εμπορικής σειράς Bahia, στην οποία ανήκει το δείγμα Blue Bahia και επομένως, μόνο για τη σειρά αυτή αναφέρονται συγκεκριμένες τιμές.

Οι τιμές που αναφέρονται παρακάτω για μεν τους τεχνογρανίτες ελήφθησαν από τις προδιαγραφές των εταιρειών παραγωγής (προσωπική επικοινωνία με Αθανασιάδη), για δε τους φυσικούς γρανίτες και τα μάρμαρα από Παυλίδου (2002) και Τσιραμπίδης (1996) αντίστοιχα.

3.2.1. Υδατοαπορροφητικότητα

Υδατοαπορροφητικότητα ή υδατοαπορρόφηση (water absorption) είναι η ιδιότητα των πετρωμάτων να πληρώνονται με νερό. Για τα φυσικά πετρώματα η υδατοαπορρόφηση είναι η διαφορά της μάζας του κορεσμένου με νερού δοκιμίου από τη μάζα του ξηρού. Είναι επίσης η φυσική ιδιότητα που καθορίζει την καταλληλότητα ενός πετρώματος για εξωτερικές χρήσεις, όπου αυτό είναι εκτεθειμένο σε υγρές καιρικές συνθήκες. Θεωρείται όμως σημαντική ιδιότητα και

στην περίπτωση των εσωτερικών χρήσεων, ιδίως όταν το πέτρωμα καλύπτει χώρους με μεγάλη συγκέντρωση ανθρώπων και όπου απαιτείται να καθαρίζεται συχνά με την χρήση καθαριστικών (Κορωναίος και Παυλίδου, 2003).

Επομένως, η υδατοαπορρόφηση είναι εξίσου σημαντική ιδιότητα και για τα τεχνητά πετρώματα - ειδικά όταν αυτά προορίζονται για δάπεδα και πάγκους κουζίνας ή μπάνιου - τα οποία κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο (μέθοδο δόνησης-συμπίεσης υπό κενό αέρος, βλ. Κεφ. 1.3) ώστε να περιέχουν όσο το δυνατόν μικρότερο έως και μηδενικό πορώδες.

Στα τεχνητά πετρώματα η υδατοαπορρόφηση προσδιορίζεται σύμφωνα με την προδιαγραφή EN 14617.01 καθώς επίσης και με τις DIN, SN, UNI 10444 και ASTM C.

Έτσι, σύμφωνα με τις μεθόδους των προδιαγραφών SN και UNI οι τεχνογρανίτες εμφανίζουν ένα μέσο ποσοστό υδατοαπορρόφησης 0,035% (με τα ποσοστά να κυμαίνονται από 0,021-0,041%), ενώ σύμφωνα με τη μέθοδο της προδιαγραφής ASTM C ποσοστό 0,028% (εύρος τιμών 0,013-0,037%). Συγκεκριμένα για τη σειρά Bahia, το ποσοστό υδατοαπορρόφησης κυμαίνεται από 0,028-0,038%.

Σύγκριση με φυσικά πετρώματα: Οι φυσικοί γρανίτες εμφανίζουν μέσο ποσοστό υδατοαπορρόφησης 0,22% (εύρος τιμών 0,09-0,44%), ενώ τα μάρμαρα εμφανίζουν μέσο ποσοστό υδατοαπορρόφησης 0,29% (εύρος τιμών 0,08-0,50%). Συμπεραίνεται λοιπόν ότι οι τεχνογρανίτες παρουσιάζουν πολύ μικρότερη υδατοαπορροφητικότητα από τους φυσικούς γρανίτες και ακόμη μικρότερη από τα μάρμαρα.

3.2.2. Ειδικό Βάρος – Πυκνότητα

Πυκνότητα (density) ενός υλικού ονομάζεται το πηλίκο της μάζας προς τον όγκο του. Για τα φυσικά πετρώματα, όμως, ορίζονται δύο όγκοι: ο φαινόμενος, που είναι ο όγκος του πετρώματος συμπεριλαμβανομένων των κενών που αυτό περιέχει και ο πραγματικός, που είναι ο όγκος του πετρώματος χωρίς τα κενά (Κορωναίος και Παυλίδου, 2003). Επομένως, διακρίνονται και δύο ειδών πυκνότητες: η φαινόμενη και η πραγματική.

Αντίστοιχα διακρίνονται και δύο ειδών ειδικά βάρη: το φαινόμενο και το απόλυτο. Απόλυτο ειδικό βάρος είναι ο λόγος του βάρους ενός σώματος προς τον απόλυτο όγκο του. Αντίστοιχα, φαινόμενο ειδικό βάρος είναι ο λόγος του βάρους ενός σώματος προς το φαινόμενο όγκο του (Τσιραμπίδης, 1996).

Το φαινόμενο ειδικό βάρος είναι μία ιδιότητα που είναι απαραίτητο να είναι γνωστή για όλων των ειδών τις κατασκευές (εσωτερικές ή εξωτερικές επενδύσεις, εσωτερικές ή εξωτερικές δαπεδοστρώσεις, σκάλες ελεύθερης ή όχι έδρασης κ.λπ.), καθώς με βάση αυτό και το πάχος των πλακών προσδιορίζεται το βάρος κάθε τετραγωνικού μέτρου δομικού πετρώματος και, επομένως, το πόσο επιβαρύνεται μία κατασκευή. Ειδικά στην περίπτωση των εξωτερικών επενδύσεων με μεταλλικά στηρίγματα, το φαινόμενο ειδικό βάρος βοηθάει την επιλογή κατάλληλου στηρίγματος που θα αντέχει το βάρος της κατασκευής (Τσιραμπίδης, 1996).

Στα τεχνητά πετρώματα το φαινόμενο ειδικό βάρος προσδιορίζεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές DIN 52102 και SN, ενώ η πυκνότητα με την προδιαγραφή EN 14617.01 μαζί με την υδατοαπορρόφηση. Σύμφωνα με τις μεθόδους των προδιαγραφών λοιπόν, τα τεχνητά πετρώματα δίνουν μέση τιμή φαινόμενου ειδικού βάρους 2320 kg/m^3 (εύρος τιμών $2160\text{-}2420 \text{ kg/m}^3$) και μέση τιμή πυκνότητας 2403 kg/m^3 (εύρος τιμών $2377\text{-}2412 \text{ kg/m}^3$). Συγκεκριμένα για τη σειρά Bahia, το ειδικό βάρος υπολογίζεται σε 2310 kg/m^3 .

Σύγκριση με φυσικά πετρώματα: Οι φυσικοί γρανίτες παρουσιάζουν μέση τιμή φαινόμενου ειδικού βάρους 2713 kg/m^3 (εύρος τιμών $2610\text{-}3040 \text{ kg/m}^3$). Τα μάρμαρα από την άλλη, παρουσιάζουν μέση τιμή φαινόμενου ειδικού βάρους 2720 kg/m^3 (εύρος τιμών $2670\text{-}2770 \text{ kg/m}^3$). Συμπεραίνεται λοιπόν ότι οι τεχνογρανίτες έχουν μικρότερο φαινόμενο ειδικό βάρος από τους φυσικούς γρανίτες και τα μάρμαρα.

3.2.3. Αντοχή σε θλίψη

Ως αντοχή στη θλίψη (compressive strength) ή αντοχή σε μονοαξονική και ανεμπόδιστη θλίψη (UCS) ορίζεται ο λόγος της μέγιστης επιβαλλόμενης δύναμης που θα σημειωθεί κατά την αστοχία του δοκιμίου, προς την αρχική διατομή του δοκιμίου, που μετρείται κάθετα στη διεύθυνση της δύναμης. Η θλιπτική μονοαξονική αντοχή είναι μία πολύ σημαντική ιδιότητα που καθορίζει τη μηχανική συμπεριφορά τόσο των φυσικών όσο και των τεχνητών πετρωμάτων αφού αναφέρεται στο μέγιστο επίπεδο τάσεων που μπορεί να φέρει ένα δείγμα πετρώματος. Ειδικά για τη χρησιμοποίηση των πετρωμάτων σε εξωτερικούς χώρους και σε χώρες με έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές είναι απαραίτητο να ελέγχεται η αντοχή στη θλίψη μετά από ψύξη του υλικού (Κορωνάιος και Παυλίδου, 2003).

Στα τεχνητά πετρώματα η αντοχή στη θλίψη προσδιορίζεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές EN 14617.15, DIN 52105 και SN. Σύμφωνα με τη μέθοδο της προδιαγραφής EN δείγματα τεχνογρανιτών πάχους 5 cm δίνουν μέση τιμή αντοχής στη θλίψη 177,5 Mpa (εύρος τιμών 165-180,2 Mpa), ενώ με τις μεθόδους των προδιαγραφών DIN διαφορετικά δείγματα τεχνογρανιτών πάχους 5 cm δίνουν μέση τιμή αντοχής στη θλίψη 165 Mpa (εύρος τιμών 134-204 Mpa). Συγκεκριμένα για δείγματα ίδιου πάχους της σειράς Bahia, η τιμή της ιδιότητας αυτής υπολογίζεται σε 134 Mpa.

Σύγκριση με φυσικά πετρώματα: Η μέση τιμή αντοχής σε θλίψη για δείγματα φυσικών γρανιτών πάχους 5 cm υπολογίζεται σε 183 Mpa (εύρος τιμών 139-240 Mpa), ενώ για δείγματα μαρμάρων πάχους 7,1 cm η τιμή αυτή είναι 107,8 Mpa (εύρος τιμών 68,6-147 Mpa). Συμπεραίνεται λοιπόν ότι οι τεχνογρανίτες έχουν μικρότερη αντοχή στη θλίψη από τους φυσικούς γρανίτες. Σε σύγκριση με τα μάρμαρα, οι τεχνογρανίτες έχουν μεγαλύτερη αντοχή, παρά το γεγονός ότι η σύγκριση αφορά σε μεγαλύτερο πάχος δοκιμίων μαρμάρων. Επισημαίνεται ότι οι συγκεκριμένες τιμές των μαρμάρων, οι οποίες όπως έχει ήδη αναφερθεί προέρχονται από Τσιραμπίδης (1996), έχουν προκύψει από μετατροπή των μονάδων από kg/cm^2 σε Mpa για ευκολότερη σύγκριση των τιμών.

3.2.4. Αντοχή σε κάμψη

Η αντοχή στην κάμψη (flexural strength) ή αντοχή στον εφελκυσμό από κάμψη ενός πετρώματος είναι ο λόγος της ροπής κάμψης κατά τη θραύση του δοκιμίου προς τη ροπή αντίστασης. Ισοδυναμεί με τη μέγιστη τάση που ασκείται στο κάτω μέρος μιας πλάκας πετρώματος, όταν αυτή υφίσταται καμπτική καταπόνηση και εξαρτάται από τη σύσταση και τη δομή του πετρώματος (Κορωναίος και Παυλίδου, 2003). Η ιδιότητα αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική τόσο για τα φυσικά όσο και για τα τεχνητά πετρώματα, ιδιαίτερα όταν αυτά προορίζονται για δομικά υλικά π.χ. σε δάπεδα, τοίχους, σκαλοπάτια από αυτοφερόμενες σκάλες κ.α. Γενικά, η αντοχή σε κάμψη είναι μικρότερη από την αντοχή σε θλίψη ενός πετρώματος. Συνήθως είναι ίση με το 1/5 έως 1/10 της αντοχής σε θλίψη (Τσιραμπίδης, 1996).

Στα τεχνητά πετρώματα η αντοχή στην κάμψη προσδιορίζεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές EN 1533.200⁴, ASTM C 120, SN, DIN 52112 και UNI 10443. Σύμφωνα με τη μέθοδο της προδιαγραφής EN δείγματα τεχνογρανιτών πάχους 1,1-1,2 cm παρουσιάζουν μία μέση τιμή αντοχής στην κάμψη 55,1 Mpa (εύρος τιμών 52,2-57,3 Mpa), ενώ με τις μεθόδους των υπόλοιπων προδιαγραφών διαφορετικά δείγματα πάχους 1 cm δίνουν μέση τιμή αντοχής στην κάμψη 56,8 Mpa (εύρος τιμών 47-71 Mpa). Συγκεκριμένα για τη σειρά Bahia, η τιμή της αντοχής στην κάμψη υπολογίζεται σε 47 Mpa.

Σύγκριση με φυσικά πετρώματα: Η μέση τιμή αντοχής στην κάμψη για δείγματα φυσικών γρανιτών υπολογίζεται σε 14,4 Mpa (εύρος τιμών 10-24,5 Mpa), ενώ για δείγματα μαρμάρων πάχους 5 cm η τιμή αυτή γίνεται 19,6 Mpa (εύρος τιμών 14,7-24,5 Mpa). Μολονότι το πάχος των φυσικών γρανιτών δεν είναι βιβλιογραφικά γνωστό, υποθέτουμε ότι αυτό κυμαίνεται μεταξύ 1-5 cm. Σε κάθε περίπτωση λοιπόν οι τεχνητοί γρανίτες εμφανίζουν μεγαλύτερη αντοχή στην κάμψη από τους φυσικούς. Το ίδιο ισχύει και για τα μάρμαρα, τα οποία παρά το μεγαλύτερο πάχος τους, εμφανίζουν μικρότερη αντοχή στην κάμψη από τους τεχνογρανίτες. Όπως και στην προηγούμενη ενότητα (3.2.3) οι τιμές των μαρμάρων έχουν προκύψει από μετατροπή των μονάδων από kg/cm² σε Mpa για ευκολότερη σύγκριση των τιμών. Ακόμη για τους φυσικούς γρανίτες δεν παραθέτεται συγκεκριμένο πάχος λόγω

3.2.5. Αντοχή σε φθορά από τριβή

Ως φθορά από τριβή (abrasion resistance) ορίζεται η προοδευτική απώλεια υλικού από την επιφάνεια ενός σταθερού σώματος που προκαλείται από μηχανικά αίτια. Η ιδιότητα αυτή σχετίζεται άμεσα με τη σκληρότητα του πετρώματος και εξαρτάται κυρίως από την ορυκτολογική του σύσταση και μερικώς από την υφή και τον πιθανό βαθμό εξαλλοίωσης. Η αντοχή στη φθορά από τριβή εκφράζει την αντίσταση των πετρωμάτων στην τριβή (από κυκλοφορία οχημάτων, ανθρώπων κ.λπ.) (Κορωναίος και Παυλίδου, 2003). Επομένως, είτε πρόκειται για φυσικά πετρώματα είτε για τεχνητά, ο προσδιορισμός της ιδιότητας αυτής είναι ύψιστης σημασίας, ειδικά όταν τα πετρώματα χρησιμοποιούνται ως δομικά υλικά π.χ. σε δάπεδα, σκάλες κ.α. Βέβαια, η τριβή που θα εμφανίζουν τα πετρώματα στην τελική

⁴ EN 1533.200 “Wood and parquet flooring- Determination of bending properties- Test Methods”/ “Ξύλινες και «παρκέ» δαπεδοστρώσεις – Προσδιορισμός των ιδιοτήτων κάμψης”

τους μορφή, δηλαδή μετά την κατεργασία τους θα εξαρτάται από το είδος της επιφάνειάς τους, π.χ. αν θα είναι ματ ή λεία.

Στα τεχνητά πετρώματα η αντοχή στη φθορά από τριβή προσδιορίζεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές ISO 7784.2-97⁵ και UNE 127005/90 P-1. Τα αποτελέσματα της μεθόδου της προδιαγραφής UNE, που εκφράζονται σε mm τα οποία αντιστοιχούν σε χιλιοστά απώλειας υλικού από την επιφάνεια εκτριβής της εξεταζόμενης πλάκας, δείχνουν ότι οι τεχνογρανίτες παρουσιάζουν μέση τιμή αντοχής στη φθορά από τριβή 2,0 mm (εύρος τιμών 1,7-2,3 mm). Συγκεκριμένα για τη σειρά Bahia, η τιμή της αντοχής στη φθορά από τριβή υπολογίζεται σε 2,3 mm.

Σύγκριση με φυσικά πετρώματα: Για τους φυσικούς γρανίτες, αναφέρεται μέση τιμή αντοχής στη φθορά από τριβή, που ανέρχεται σε 1,15 mm (εύρος τιμών 0,2-1,86 mm). Για τα ελληνικά μάρμαρα, η μέση τιμή της ιδιότητας αυτής υπολογίζεται σε 5,18 mm (εύρος τιμών 2,5-7,97 mm). Συμπεραίνεται λοιπόν ότι οι τεχνογρανίτες εμφανίζουν σχετικά μεγαλύτερη απώλεια υλικού και άρα μικρότερη αντοχή στη φθορά από τριβή από τους φυσικούς γρανίτες, χωρίς όμως αυτό να είναι απόλυτο αφού για τους γρανίτες χρησιμοποιείται περιορισμένος αριθμός μετρήσεων. Σε σχέση με τα μάρμαρα, οι τεχνογρανίτες εμφανίζουν μεγαλύτερη αντοχή.

3.2.6. Αντοχή σε κρούση

Η δοκιμή αυτή εκφράζει την αντοχή των πετρωμάτων σε θραύση από κρούση και ειδικότερα, σε καταπονήσεις που υφίστανται αυτά από την ελεύθερη πτώση αντικειμένων. Η ενέργεια θραύσης εκφράζεται ως η ελάχιστη δυναμική ενέργεια σφαίρας ορισμένου βάρους που πέφτει επί δοκιμίου και προκαλεί τη θραύση του (Λασκαρίδης και Πατρώνης, 2005).

Ο προσδιορισμός της αντοχής στην κρούση (impact resistance) για τα τεχνητά πετρώματα γίνεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές UNE 56817 και UNI 10442. Οι μέθοδοι των προδιαγραφών αυτών περιλαμβάνουν την πτώση πειραματικής μπάλας από διαδοχικά ύψη σε 12 τυχαία σημεία της πλάκας, τα οποία απέχουν μεταξύ τους τουλάχιστον 5 cm. Τα αποτελέσματα των μεθόδων αυτών δείχνουν ότι για να προκληθεί μία ελάχιστη παραμόρφωση σε πλάκα πάχους 10 mm, θα πρέπει η μπάλα να πέσει από ύψος 30 cm τουλάχιστον, ενώ όσο αυξάνεται το πάχος της επιφάνειας

⁵ ISO 7784.2-97 “Paints and varnishes - Determination of resistance to abrasion – Part 2: Rotating abrasive rubber wheel method” / “Βαφές και βερνίκια – Προσδιορισμός της αντίστασης σε τριβή – Μέρος 2: Μέθοδος περιστρεφόμενου στιλβωτικού λαστιχένιου τροχού”

αυξάνεται και η αντοχή της, και, επομένως, θα πρέπει η μπάλα να πέσει από μεγαλύτερο ύψος. Συγκεκριμένα για τη σειρά Bahia, για πλάκες πάχους 10, 20 και 30 mm το ύψος υπολογίζεται σε 30, 51 και 94 cm αντίστοιχα.

Σύγκριση με φυσικά πετρώματα: Γενικά, οι φυσικοί γρανίτες και τα γνήσια μάρμαρα έχουν αντοχή στην κρούση 50-60 cm (όπου τα cm αναφέρονται στο ύψος πτώσης της μπάλας). Ωστόσο, οι τιμές αυτές αναφέρονται σε δοκίμια πάχους 3 cm, και, επομένως, δεν είναι εύκολο να γίνει σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές των τεχνογρανιτών που αναφέρονται σε πολύ μικρότερο πάχος.

3.2.7. Σκληρότητα

Ο προσδιορισμός της σκληρότητας (hardness) των τεχνογρανιτών γίνεται με δύο μεθόδους. Η πρώτη, που ακολουθεί τις προδιαγραφές των προτύπων EN 101 και SN, εκφράζει τη σκληρότητα σε βαθμούς σύμφωνα με την κλίμακα Mohs. Συγκεκριμένα για τη σειρά Bahia, η σκληρότητα υπολογίζεται ότι είναι 6^{ου} βαθμού της κλίμακας Mohs. Η δεύτερη μέθοδος, ονομάζεται "μέθοδος μολυβιού" (pencil method) και ακολουθεί τις προδιαγραφές του προτύπου UNE 48269.

Σύγκριση με φυσικά πετρώματα: Η ιδιότητα αυτή δεν ορίζεται για τα φυσικά πετρώματα. Ωστόσο, λαμβανομένου υπόψη των ορυκτών που περιέχουν τα γρανιτικά πετρώματα (κυρίως χαλαζία και άστριους, 7^{ου} και 6^{ου} βαθμού αντίστοιχα της κλίμακας Mohs) και τα μάρμαρα (κυρίως ασβεστίτη, 3^{ου} βαθμού της κλίμακας Mohs), γενικά συμπεραίνουμε ότι η σκληρότητα των τεχνητών γρανιτών είναι ίδια περίπου με αυτή των φυσικών και μεγαλύτερη από αυτή των μαρμάρων.

3.2.8. Συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής

Γραμμική θερμική διαστολή (thermal linear expansion) ονομάζεται η μεταβολή οποιασδήποτε γραμμικής διάστασης του στερεού, όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία του. Σύμφωνα με το νόμο της γραμμικής διαστολής, ο οποίος εκφράζεται με τον τύπο $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$, η αύξηση του μήκους (ΔL) μιας ράβδου, όταν μεταβληθεί η θερμοκρασία της κατά ΔT , είναι ανάλογη του αρχικού μήκους της (L_0), ανάλογη του ΔT , ενώ εξαρτάται και από το υλικό της. Ο συντελεστής α στην παραπάνω εξίσωση δείχνει την εξάρτηση της επιμήκυνσης από το υλικό και ονομάζεται συντελεστής γραμμικής διαστολής του υλικού.

Η θερμική διαστολή των προϊόντων από φυσικούς λίθους, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, όταν χρειάζεται να υπολογιστεί το πλάτος αρμών διαστολής σε κατασκευές από πέτρα εκτεθειμένες σε μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές, όπως επενδύσεις όψεων κτηρίων, εξωτερικές πλακοστρώσεις, επενδύσεις τζακιών κ.α. (Marmaronet).

Ο προσδιορισμός του συντελεστή γραμμικής θερμικής διαστολής (thermal linear expansion coefficient) γίνεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές EN 14581, UNE 67103/85 και UNE 67103/86 για δύο θερμοκρασιακά εύρη. Έτσι, για θερμοκρασίες που κυμαίνονται από $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ η μέση τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμικής διαστολής δειγμάτων τεχνογρανιτών υπολογίζεται σε $22,8 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}$, ενώ για θερμοκρασίες που κυμαίνονται από $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ η μέση τιμή του συντελεστή αυτού υπολογίζεται σε $39,5 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}$. Συγκεκριμένα για τη σειρά Bahia, η τιμή του συντελεστή για το πρώτο εύρος υπολογίζεται σε $18 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}$, ενώ για το δεύτερο $40 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Σύγκριση με φυσικά πετρώματα: Για τους φυσικούς γρανίτες, μία μέση τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμικής διαστολής για μεγάλα θερμοκρασιακά εύρη είναι $8 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}$, ενώ για τα μάρμαρα $7 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Λασκαρίδης και Πατρώνης, 2005). Συμπεραίνουμε ότι οι τιμές μεταξύ φυσικών και τεχνητών πετρωμάτων αποκλίνουν έντονα, με τους τεχνογρανίτες να παρουσιάζουν πολύ υψηλότερες τιμές για τους συντελεστές γραμμικής θερμικής διαστολής από τους φυσικούς γρανίτες και τα μάρμαρα.

3.2.9. Αντοχή σε οξέα και βάσεις

Η αντοχή σε οξέα και βάσεις (chemical resistance) εκφράζει την αντίσταση που εμφανίζουν τα τεχνητά πετρώματα σε οξέα και βάσεις οικιακής κυρίως χρήσης. Ο προσδιορισμός της ιδιότητας αυτής γίνεται σύμφωνα με την προδιαγραφή JC 908 και περιλαμβάνει την επαφή των δειγμάτων τεχνογρανιτών με τα εξής χημικά διαλύματα:

- Διάλυμα οξικού οξέος (CH_3COOH) περιεκτικότητας 5% κ.ό.
- Διάλυμα αιθανόλης ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) περιεκτικότητας 70% κ.ό.
- Διάλυμα αμμωνίας (NH_3) περιεκτικότητας 10% κ.ό.
- Διάλυμα καυστικού νατρίου (NaOH) περιεκτικότητας 1% κ.β.
- Διάλυμα χλωρίνης (NaOCl) περιεκτικότητας 5% κ.ό.

Σύμφωνα με τις εταιρείες παραγωγής τεχνητών πετρωμάτων, τα παραπάνω χημικά αντιδραστήρια δεν προκαλούν καμία αλλοίωση σε δείγματα τεχνογρανιτών.

Σύγκριση με φυσικά πετρώματα: Για τους φυσικούς γρανίτες δεν προσδιορίζεται η ιδιότητα αυτή, αφού γενικά δεν φαίνεται να παρουσιάζουν κάποια αλλοίωση σε επαφή με τα κοινά τουλάχιστον οξέα της αγοράς. Ωστόσο, τα μάρμαρα είναι γνωστό ότι είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε οξέα. Από τα πιο ισχυρά, όπως το υδροχλωρικό οξύ (HCl), το οποίο χρησιμοποιείται κατά την κατεργασία μαρμάρων για χάραξη τομών μεγαλύτερου βάθους, και το θειικό οξύ (H₂SO₄), που είναι ο βασικότερος παράγοντας καταστροφής μαρμάρινων μνημείων, αφού μετατρέπει το ανθρακικό ασβέστιο σε γύψο (Τσιραμπίδης, 1996), έως τα πιο ασθενή, όπως το οξικό (CH₃COOH) και το κιτρικό οξύ (C₆H₈O₇) που βρίσκονται σε κοινά προϊόντα (ξύδι και λεμόνι αντίστοιχα).

3.2.10. Αντοχή στο κάψιμο από τσιγάρο

Η αντοχή στο κάψιμο από τσιγάρο (resistance against the burn of a cigarette) εκφράζει την αντίσταση που εμφανίζουν τα τεχνητά πετρώματα σε περίπτωση επαφής τους με τσιγάρο. Ο προσδιορισμός της γίνεται σύμφωνα με την προδιαγραφή JC 908.

Σύμφωνα με τις εταιρείες παραγωγής τεχνητών πετρωμάτων, η θερμική επαφή με το τσιγάρο δεν προκαλεί καμία αλλοίωση σε δείγματα τεχνογρανιτών.

Σύγκριση με φυσικά πετρώματα: Η ιδιότητα αυτή δεν προσδιορίζεται για τα φυσικά πετρώματα. Ωστόσο, μπορούμε να υποθέσουμε ότι η επαφή του τσιγάρου με τα φυσικά πετρώματα δεν προκαλεί καμία αλλοίωση.

3.3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι οι τεχνογρανίτες, σε σύγκριση με τους φυσικούς γρανίτες, εμφανίζουν α) μικρότερες τιμές: ειδικού βάρους, υδατοαπορρόφησης, αντοχής σε θλίψη και αντοχής σε τριβή και β) μεγαλύτερες τιμές: γραμμικής θερμικής διαστολής και αντοχής σε κάμψη. Η αντοχή στη θλίψη φαίνεται να είναι μεγαλύτερη για τους φυσικούς γρανίτες (με μικρή απόκλιση της τιμής της από αυτή των τεχνογρανιτών), και το ίδιο ισχύει για την αντοχή στη φθορά από τριβή, η οποία είναι σχετικά μεγαλύτερη για τους φυσικούς γρανίτες (κάτι που, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, δεν είναι απόλυτο αφού μπορεί να είναι

αποτέλεσμα των περιορισμένων δεδομένων). Σχετικά με τη σκληρότητα και την αντοχή σε οξέα και βάσεις, τα αποτελέσματα φαίνεται να είναι όμοια για τεχνητούς και φυσικούς γρανίτες.

Σε σύγκριση με τα μάρμαρα, οι τεχνογρανίτες εμφανίζουν α) μικρότερες τιμές: φαινόμενου ειδικού βάρους και υδατοαπορρόφησης, και β) μεγαλύτερες τιμές: αντοχής σε θλίψη, κάμψη, φθορά από τριβή, σκληρότητας, γραμμικής θερμικής διαστολής και αντοχής σε οξέα και βάσεις.

Η μικρή υδατοαπορρόφηση καθιστά τους τεχνογρανίτες ιδανικότερους από τα φυσικούς γρανίτες και μάρμαρα, για επιφάνειες που προορίζονται για α) πάγκους κουζίνας ή μπάνιου, αφού η οποιαδήποτε επαφή με φαγητό ή νερό δεν θα επιφέρει καμία συγκέντρωση υγρασίας εξαλείφοντας έτσι την πιθανότητα ανάπτυξης βακτηρίων και β) εξωτερικές επενδύσεις τοίχων και πλακοστρώσεις, αφού η μικρή υδροαπορρόφηση είναι απαραίτητη προϋπόθεση για χρήση των υλικών σε εξωτερικούς χώρους όπου πρέπει να εμφανίζουν ανθεκτικότητα στις διάφορες καιρικές συνθήκες.

Ακόμη, η μεγαλύτερη αντοχή στις περισσότερες μηχανικές καταπονήσεις, τους καθιστά καταλληλότερους τόσο για κατασκευές οικιακής χρήσης, όσο και για δομικές κατασκευές (επενδύσεις τοίχων, δαπεδοστρώσεις κ.ά.). Αντίθετα, οι υψηλοί συντελεστές γραμμικής θερμικής διαστολής των τεχνογρανιτών αποτελούν αποτρεπτικό παράγοντα για τη χρήση τους σε χώρους με έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές, σε αντίθεση με τα φυσικά πετρώματα που εμφανίζουν πολύ χαμηλότερους συντελεστές. Οι υψηλές τιμές των συντελεστών τους οφείλονται κυρίως στην παρουσία πολυεστερικής ρητίνης, η οποία αυξάνει τη θερμική διαστολή του υλικού (Technistone). Έτσι, η ιδιότητα αυτή θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη σε εφαρμογές, όπως επενδύσεις τοίχων, δαπεδοστρώσεις και εξωτερικές επενδύσεις κτηρίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Ραδιενέργεια ονομάζεται η ιδιότητα ορισμένων φυσικών και τεχνητών ασταθών νουκλιδίων να μετατρέπονται σε άλλα σταθερότερα με εκπομπή σωματιδιακής ή και ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η μετάπτωση ενός ασταθούς νουκλιδίου με εκπομπή σωματιδιακής ή και ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε ένα σταθερότερο ή σταθερό νουκλίδιο καλείται ραδιενεργός διάσπαση και είναι ένα φαινόμενο καθαρά στατιστικό. Όταν το προϊόν της διάσπασης δεν είναι ένα σταθερό νουκλίδιο, τότε αυτό με τη σειρά του διασπάται σε σταθερότερο και η διάσπαση συνεχίζεται μέχρις ότου καταλήξουν στο σχηματισμό του πιο σταθερού. Ένα ασταθές νουκλίδιο το οποίο διασπάται σε κάποιο άλλο, καλείται ραδιενεργό, ενώ το προϊόν της διάσπασης, που μπορεί με τη σειρά του να είναι σταθερό ή ραδιενεργό, καλείται ραδιογενές.

Τα ραδιονουκλίδια που υπάρχουν στο περιβάλλον διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες (Παπαδόπουλος et al., 2012):

- Φυσικά ραδιονουκλίδια: Τα πιο σημαντικά φυσικά πρωτογενή ραδιονουκλίδια είναι το ^{40}K , τα νουκλίδια της σειράς του θορίου (με μητρικό ραδιονουκλίδιο το ^{232}Th) του ουρανίου (με μητρικό ραδιονουκλίδιο το ^{238}U) και του ακτινίου (με μητρικό ραδιονουκλίδιο το ^{235}U). Τα φυσικά ραδιονουκλίδια, εκτός από το έδαφος και τα ορυκτά, βρίσκονται στο νερό, στον αέρα, στους ζώντες

οργανισμούς, στις τροφές και στα δομικά υλικά, ακόμα και στο ανθρώπινο σώμα.

- Κοσμογενή ραδιονουκλίδια: Είναι αυτά που παράγονται από την αλληλεπίδραση της κοσμικής ακτινοβολίας με την ατμόσφαιρα π.χ. ^{14}C , ^{10}Be , ^{44}Ti και ^{22}Na .
- Τεχνητά παραγόμενα ραδιονουκλίδια: Είναι αυτά που παράγονται τεχνητά, όπως σε πυρηνικούς αντιδραστήρες και επιταχυντές σωματίων π.χ. ^{90}Sr , ^{60}Co , ^{99}Mo και ^{137}Cs .

Τα φυσικά ραδιενεργά ισότοπα υπάρχουν από τότε που δημιουργήθηκε το σύμπαν και έχουν σχεδόν όλα χρόνους ημιζωής ($T_{1/2}$) της τάξης των εκατοντάδων εκατομμυρίων χρόνων. Χρόνος ημιζωής ή χρόνος υποδιπλασιασμού ή ημιπερίοδος ζωής ($T_{1/2}$) ονομάζεται ο χρόνος που απαιτείται για τη διάσπαση του μισού αριθμού των διαθέσιμων πυρήνων ενός νουκλιδίου. Στον πίνακα 4.1 φαίνονται οι ημιπερίοδοι ζωής για τα νουκλίδια ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th και ^{40}K .

Πίνακας 4.1. Ημιπερίοδοι ζωής για τα νουκλίδια ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th και ^{40}K .

ΦΥΣΙΚΟ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΟ ΙΣΟΤΟΠΟ	U-238	U-235	Th-232	K-40
ΗΜΙΠΕΡΙΟΔΟΣ ΖΩΗΣ ($T_{1/2}$)	$4,47 \cdot 10^9$ έτη	$0,71 \cdot 10^9$ έτη	$14,1 \cdot 10^9$ έτη	$1,28 \cdot 10^9$ έτη

4.2. ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΑ ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

Γενικά τα πυριγενή πετρώματα θεωρούνται ραδιενεργά. Η ραδιενέργεια αυτή οφείλεται στην παρουσία των φυσικών ραδιενεργών ισωτόπων ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th και ^{40}K στην χημική σύσταση κύριων και επουσιωδών ορυκτών. Σύμφωνα με τον Heinrich (1958), πρωτογενή επουσιώδη ορυκτά που είναι κυρίως υπεύθυνα για το μεγαλύτερο ποσοστό της ραδιενέργειας των πετρωμάτων είναι τα εξής: ζιρκόνιο, τιτανίτης, απατίτης, αλλανίτης, ξενότιμο και μοναζίτης.

Τα στοιχεία U, K και Th, συμμετέχουν στα διάφορα ορυκτά είτε ως κύρια, είτε ως δευτερεύοντα συστατικά. Συγκεκριμένα το U, με τη μορφή U^{4+} , μπορεί να αντικαταστήσει τα Zr^{4+} , Th^{4+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} και τις σπάνιες γαίες και να μπει στη δομή των οξειδίων και των άνυδρων φωσφορικών και πυριτικών ενώσεων. Το K, με τη μορφή K^+ , συναντάται σε σημαντικές ποσότητες στα πυριγενή πετρώματα, αφού συμμετέχει ως κύριο στοιχείο στη δομή βασικών πετρογενετικών ορυκτών όπως

καλιούχοι άστριοι, αμφίβολοι και μαρμαρυγίες. Τέλος το Th, με τη μορφή Th^{4+} , αποτελεί κύριο στοιχείο ορυκτών όπως ο μοναζίτης, ο θορίτης, ο θοριανίτης και ο ουρανιοθορίτης, ενώ σε άλλα ορυκτά μπορεί να αντικαταστήσει το Zr^{4+} , το Ce^{4+} και άλλες σπάνιες γαίες και να συμμετέχει έτσι στη δομή τους. Συχνά, αντί του ^{238}U χρησιμοποιείται το ^{226}Ra το οποίο είναι προϊόν διάσπασης του πρώτου. (Παπαδόπουλος et al., 2012).

Από την άλλη μεριά, τα τεχνητά πετρώματα που κυκλοφορούν στο εμπόριο, θεωρείται ότι δεν είναι ραδιενεργά. Μάλιστα, οι διάφορες βιομηχανίες παραγωγής και κατεργασίας τεχνητών γρανιτών, χρησιμοποιούν την ιδιότητά τους αυτή, ως το κύριο πλεονέκτημα έναντι των φυσικών γρανιτών. Ωστόσο, οι τεχνητοί γρανίτες όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο 2, περιέχουν στη σύστασή τους ορυκτά ή και τμήματα φυσικών γρανιτών, τα οποία ανάλογα με τη χημική τους σύσταση μπορεί να παρουσιάζουν ή όχι ποσοστά ραδιενέργειας.

Για τη διερεύνηση του παράγοντα αυτού, κρίνεται απαραίτητο να αναλυθούν ορισμένες έννοιες και να παρατεθούν στοιχεία που προέκυψαν από τη μελέτη 11 εκ των 13 δειγμάτων τεχνογρανιτών της παρούσας εργασίας.

4.3. ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΑΣ

Ενεργότητα (activity) ονομάζεται ο αριθμός των ατόμων που διασπώνται στη μονάδα του χρόνου. Μονάδα μέτρησης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) είναι το Becquerel (Bq), που αντιστοιχεί σε μία διάσπαση το δευτερόλεπτο (s^{-1}). Μια άλλη μονάδα, που επισήμως έχει καταργηθεί, ωστόσο συνεχίζει να χρησιμοποιείται στην πράξη, είναι το Curie (Ci). Το Curie ορίζεται από τον αριθμό των διασπάσεων ενός γραμμαρίου ^{226}Ra ανά δευτερόλεπτο ($1\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$).

Δόση ακτινοβολίας (radiation dose) ονομάζεται η ποσότητα ενέργειας που αποδίδει η ακτινοβολία κατά την αλληλεπίδρασή της με την ύλη. Στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) μονάδων η δόση μετριέται σε J/kg. Η δόση 1 J/kg φέρει το όνομα Gray (Gy). Η μονάδα Gray είναι 100 φορές μεγαλύτερη από την παλαιότερα χρησιμοποιούμενη μονάδα το rad ($1\text{Gray}=100 \text{rad}$).

Απορροφούμενη δόση D_a (absorbed dose) είναι η ενέργεια της ακτινοβολίας που απορροφάται από κάθε μονάδα μάζας ιστού. Μονάδα μέτρησής της απορροφούμενης δόσης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) είναι το Gray (Gy) και ισχύει ότι $1 \text{Gy} = 1\text{J kg}^{-1}$ ιστού.

Ισοδύναμη δόση H_E (equivalent dose) είναι το γινόμενο της απορροφούμενης δόσης επί έναν βιολογικό παράγοντα σχετικής δραστηριότητας (RBE= Relative Biological Effectiveness). Εξαρτάται από το είδος της ακτινοβολίας (είναι δηλαδή διαφορετική για κάθε ακτινοβολία) και αποτελεί ένα μέτρο της βλάβης που μπορεί να προκαλέσει κάθε μία από αυτές στους ιστούς που επιδρά. Μονάδα ισοδύναμης δόσης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) είναι το Sievert (Sv) και ισχύει $1\text{Sv}=1\text{J kg}^{-1}$. Παλιότερη μονάδα αποτελούσε το rem ($1\text{rem}=1/100\text{Sv}$).

Ο συντελεστής RBE είναι ίσος με 1 για την ακτινοβολία γ . Δηλαδή, για την ακτινοβολία γ η απορροφούμενη δόση ταυτίζεται με την ισοδύναμη και, επομένως, ισχύει $1\text{Gy}=1\text{Sv}$. Για άλλα βασικά είδη ακτινοβολιών ο συντελεστής RBE είναι: για ακτίνες-Χ και ακτίνες-β $\text{RBE}=1$, για ακτινοβολία α $\text{RBE}=20$, για θερμικά νετρόνια $\text{RBE}=2$, για ταχεία νετρόνια και πρωτόνια $\text{RBE}=10$.

Η μετατροπή της απορροφούμενης δόσης σε ισοδύναμη δόση γίνεται σύμφωνα με τη σχέση $1\text{Gy}=0,7\text{Sv}$. Ο συντελεστής μετατροπής F είναι ίσος με $0,7 \text{ Sv Gy}^{-1}$ (UNSCEAR, 1993).

4.4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ- γ

Φασματοσκοπία ακτίνων- γ είναι η ανίχνευση και καταμέτρηση της έντασης της ακτινοβολίας γ σαν συνάρτηση της ενέργειας των φωτονίων της. Το φάσμα που αποτυπώνεται σε διάφορες συσκευές εξαρτάται από την ενέργεια της ακτινοβολίας δηλαδή από τη ραδιενεργό πηγή και από το είδος του ανιχνευτή.

Με τη φασματοσκοπία ακτίνων- γ μπορεί να πραγματοποιηθεί μέτρηση της ακτινοβολίας που εκπέμπουν τα φυσικά αυτά ραδιονουκλίδια και, επομένως, να προσδιορισθεί η φυσική ραδιενέργεια ενός δείγματος. Η μέτρηση της φυσικής ραδιενέργειας γίνεται με φασματογράφο ακτίνων- γ .

Υπολογίστηκε η φυσική ραδιενέργεια για 11 δείγματα τεχνογρανιτών. Οι μετρήσεις της φυσικής ραδιενέργειας των δειγμάτων πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Ραδιοχημείας του Τμήματος Χημείας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Η προετοιμασία των δειγμάτων έγινε ως εξής: Αρχικά τα μεγάλα δείγματα (στη συγκεκριμένη περίπτωση πλακίδια) θρυμματίστηκαν με σφυρί σε μικρότερα. Για παραπέρα σπάσιμο, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε μύλο με αχάτινο ιγδίο, όπου τα δείγματα κονιοποιήθηκαν μέχρι το μέγεθος αναφούς σκόνης. Μία

ποσότητα 50 έως 60 γραμμαρίων από κάθε δείγμα τοποθετήθηκε σε αεροστεγή δοχεία μαζί με ενεργό άνθρακα. Τα δοχεία αυτά παρέμειναν σε ψυγεία για 21 περίπου μέρες, μέχρις ότου αποκατασταθεί η ισορροπία μεταξύ Ra/Rn (ράδιο/ραδόνιο). Τέλος, τοποθετήθηκαν σε φασματογράφο ακτίνων-γ με κρύσταλλο HPGe⁶, συνδεδεμένο με πρόγραμμα υπολογιστή που ανιχνεύει την ακτινοβολία γ.

Οι μετρήσεις έδωσαν τις ειδικές ενεργότητες (συγκεντρώσεις) των ραδιενεργών ισοτόπων ²³²Th, ²³⁸U, ²³⁵U/²²⁶Ra, και ⁴⁰K για τα δείγματα των τεχνογρανιτών, οι οποίες φαίνονται στον πίνακα 4.2. Για σύγκριση αναφέρονται στον πίνακα και οι αντίστοιχες μέσες τιμές για τους γρανίτες του ελληνικού εμπορίου (Παυλίδου, 2002), για τους γρανίτες από διάφορες χώρες του κόσμου (Chen and Lin, 1995), για τα μάρμαρα από την Ισπανία, την Ιταλία και την Πορτογαλία (Carrera et al., 1997) και για το ξύλο από τις Κάτω Χώρες και τη Φινλανδία (Zikovsky and Kennedy, 1992). Επισημαίνεται ότι για τα μάρμαρα και το ξύλο αναφέρονται εύρη τιμών και όχι μέσοι όροι, λόγω της μεγάλης απόκλισης και του μικρού αριθμού των τιμών.

Πίνακας 4.2. Ειδικές ενεργότητες (Bq/kg) ραδιονουκλιδίων σε τεχνογρανίτες, γρανίτες του ελληνικού εμπορίου, γρανίτες από διάφορες χώρες του κόσμου, μάρμαρα και ξύλο.

	ΕΙΔΙΚΗ ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ Bq/kg			
	²³² Th	²³⁸ U	²³⁵ U/ ²²⁶ Ra	⁴⁰ K
STARLIGHT SAPPHIRE	2,59	8,00	1,07	30,00
STARLIGHT RUBY	3,52	16,20	0,23	50,30
STARLIGHT GREY	2,29	17,70	0,87	13,50
STARLIGHT BROWN	3,73	11,50	0,44	9,53
VENETIAN SUNSET	1,66	14,90	0,44	164,50
VENETIAN NIGHT	6,25	15,10	2,84	339,20
GOBI BLACK	5,09	20,30	1,00	4,24
GOBI GRAY	-	19,10	1,64	-
BLUE BAHIA	45,00	58,60	6,81	911,30
CREMA MINERVA	5,49	13,90	0,69	18,10
BLANCO ZEUS	0,93	12,40	-	15,10
Μέση Τιμή	7,66	18,88	1,60	155,58
Γρανίτες ελληνικού εμπορίου ¹	82,00	-	61,00	1061,00
Γρανίτες από διάφορες χώρες του κόσμου ²	73,00	-	42,00	1055,00
Μάρμαρα ³	0,2-0,4	-	1-33	2-10
Ξύλο ⁴	1-4	-	0-10	10-19

¹ Παυλίδου (2002), ² Chen and Lin (1995), ³ Carrera et al. (1997), ⁴ Zikovsky and Kennedy (1992)

⁶ HPGe detector (CANBERRA, REGe detector, efficiency 20%, energy resolution 2.1 keV for the 1332 keV ⁶⁰Co γ-radiation)

Όπως παρατηρούμε στον πίνακα 4.2 όλα τα δείγματα τεχνογρανιτών εμφανίζουν πολύ χαμηλή ενεργότητα για το ^{40}K με εξαίρεση τα Venetian Sunset, Venetian Night και Blue Bahia των οποίων οι τιμές εμφανίζονται ιδιαίτερα αυξημένες. Ειδικά για το Blue Bahia, η ενεργότητα του ^{40}K παρουσιάζει πολύ μεγάλη απόκλιση από τις υπόλοιπες τιμές. Το Gobi Grey παρουσιάζει μηδενικές συγκεντρώσεις ^{40}K και ^{232}Th , ενώ το Blanco Zeus μηδενική συγκέντρωση ^{226}Ra .

Σύγκριση των μέσων τιμών των ^{226}Ra , ^{232}Th και ^{40}K των τεχνογρανιτών, με τις αντίστοιχες μέσες τιμές φυσικών γρανιτών του ελληνικού εμπορίου καθώς και των διαφόρων χωρών, δείχνει ότι οι τεχνογρανίτες εμφανίζουν πολύ μικρότερες ενεργότητες από τους φυσικούς γρανίτες. Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι ενεργότητες του ^{40}K και του ^{232}Th για το δείγμα Blue Bahia, προσεγγίζουν κατά πολύ αυτές των φυσικών γρανιτών.

Προς σύγκριση, μαζί με τα δείγματα τεχνογρανιτών αναλύθηκε στο ίδιο εργαστήριο και ένα δείγμα φυσικού γρανίτη με εμπορική ονομασία Salvatierra. Οι ενεργότητες των παραπάνω ραδιονουκλιδίων για τον φυσικό γρανίτη Salvatierra είναι: για το ^{232}Th 103 Bq/kg, για το ^{238}U 159,8 Bq/kg, για τα $^{235}\text{U}/^{226}\text{Ra}$ 21,6 Bq/kg και για το ^{40}K 1224 Bq/kg.

Παρατηρούμε επίσης ότι οι τεχνογρανίτες σε σύγκριση με τα μάρμαρα, τα οποία έχουν πολύ χαμηλές ενεργότητες, παρουσιάζουν σε γενικές γραμμές μεγαλύτερες ενεργότητες ^{40}K και ^{232}Th (εξαιρούνται για το ^{40}K τα Starlight Brown και Gobi Black), αλλά μικρότερες ενεργότητες ^{226}Ra (εξαιρούνται τα Starlight Sapphire, Venetian Night, Gobi Black, Gobi Gray και Blue Bahia).

Σχετικά με το ξύλο, οι ενεργότητες των τεχνογρανιτών κυμαίνονται σε γενικές γραμμές στο ίδιο εύρος για το ^{232}Th και το ^{226}Ra (εξαιρούνται για το ^{232}Th τα Venetian Night, Gobi Black, Blue Bahia και Crema Minerva), ενώ για το ^{40}K είναι υψηλότερες από αυτές του ξύλου (εξαιρούνται τα Starlight Grey, Starlight Brown, Gobi Black, Crema Minerva και Blanco Zeus).

4.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΑΣ ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Ως έκθεση ορίζεται το συνολικό ηλεκτρικό φορτίο, που δημιουργεί η ακτινοβολία κατά τη διέλευσή της μέσα από την ύλη. Η μονάδα μέτρησης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) είναι Coulomb/kg (C/kg).

Γενικά, ο άνθρωπος εκτίθεται σε διαφόρων ειδών ακτινοβολίες μεταξύ των οποίων και η ραδιενέργεια. Η ακτινοβολία αυτή, είτε σωματιδιακή είτε ηλεκτρομαγνητική, έχει καταστροφικές συνέπειες για τον οργανισμό του ανθρώπου, αφού προκαλεί διέγερση, ιονισμό και καταστροφή των κυττάρων. Επομένως, είναι σημαντικό η έκθεση στην ακτινοβολία αυτή να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη. Εφόσον λοιπόν, τα φυσικά (Κορωναίος και Παυλίδου, 2003) και όπως αποδείχθηκε και τα τεχνητά πετρώματα περιέχουν ραδιενεργά στοιχεία, εκπέμπουν ραδιενεργό ακτινοβολία, η οποία είναι σημαντικό να υπολογίζεται και να περιορίζεται, ειδικά όταν αυτά χρησιμοποιούνται ως δομικά υλικά (Κορωναίος και Παυλίδου, 2003).

Για το σκοπό αυτό έχουν προταθεί διάφοροι δείκτες της φυσικής ραδιενέργειας ενός δομικού υλικού. Οι δείκτες που υπολογίζονται στα πλαίσια της παρούσας εργασίας είναι οι εξής: ρυθμός απορροφούμενης δόσης (D_a), ετήσια ισοδύναμη δόση (H_E), δείκτης ενεργότητας (AI) και δείκτης ακτίνων- γ (I_γ).

Για τον υπολογισμό της απορροφούμενης δόσης, της ετήσιας ισοδύναμης δόσης και του δείκτη ενεργότητας, χρησιμοποιείται το μοντέλο που έχει ορίσει η Επιστημονική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Προστασία από Ακτινοβολίες (UNSCEAR, 1993). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, θεωρείται ότι ένας άνθρωπος διαμένει σε κατοικία (σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου) χτισμένη από υλικό με συγκεκριμένες ειδικές ενεργότητες ^{40}K , ^{226}Ra και ^{232}Th , με διαστάσεις $3\text{m} \times 3\text{m} \times 3\text{m}$, με απείρως λεπτούς τοίχους, χωρίς πόρτες και παράθυρα (πρότυπο μοντέλο δωματίου, standard room model) και είναι κατασκευασμένη από ένα μόνο υλικό.

Ρυθμός απορροφούμενης δόσης (D_a) ονομάζεται ο ρυθμός μεταφοράς της ενέργειας που μεταφέρεται από μια δέσμη ιονίζουσας ακτινοβολίας και απορροφάται από τη μονάδα μάζας ιστών. Υπολογίζεται από τον τύπο (UNSCEAR, 1993):

$$D(\text{nGyh}^{-1}) = \alpha_1 C_{40\text{K}} + \alpha_2 C_{232\text{Th}} + \alpha_3 C_{226\text{Ra}} \quad \text{όπου:}$$

$$C_{40\text{K}} = \eta \text{ ειδική ενεργότητα του } ^{40}\text{K} \text{ σε Bqkg}^{-1} \quad \alpha_1 = 0,0414 \text{ nGyh}^{-1} / \text{Bqkg}^{-1}$$

$$C_{232\text{Th}} = \eta \text{ ειδική ενεργότητα του } ^{232}\text{Th} \text{ σε Bqkg}^{-1} \quad \alpha_2 = 0,623 \text{ nGyh}^{-1} / \text{Bqkg}^{-1}$$

$$C_{226\text{Ra}} = \eta \text{ ειδική ενεργότητα του } ^{226}\text{Ra} \text{ σε Bqkg}^{-1} \quad \alpha_3 = 0,461 \text{ nGyh}^{-1} / \text{Bqkg}^{-1}$$

Για να είναι επιτρεπτή η χρήση ενός δομικού υλικού σε κατοικίες, θα πρέπει σε κάθε περίπτωση, ο ρυθμός απορροφούμενης δόσης της ακτινοβολίας γ να είναι μικρότερος ή ίσος των 80 nGyh^{-1} . Ωστόσο μέχρι και για διπλάσια τιμή, δηλαδή 160 nGyh^{-1} ο ρυθμός απορροφούμενης δόσης D_a θεωρείται ανεκτός (UNSCEAR, 2000).

Η ετήσια ισοδύναμη δόση (H_E) εκφράζει τις βιολογικές συνέπειες που προκύπτουν από έκθεση σε διαφορετικούς τύπους ακτινοβολίας (π.χ. ακτινοβολία- γ , - X , νετρόνια, πρωτόνια κ.λπ.) σε ένα ιστό ή όργανο στο διάστημα ενός έτους. Ως όριο ετήσιας ισοδύναμης δόσης ορίζεται το 1mSv. Η ετήσια ισοδύναμη δόση υπολογίζεται από τον τύπο (UNSCEAR, 1993):

$$H_E \text{ (mSv/y)} = 10^{-6} \times D_a \times T \times F, \text{ όπου:}$$

D_a = ο ρυθμός απορροφούμενης δόσης ακτινοβολίας γ (nGyh^{-1})

T = ο χρόνος διαβίωσης ενός ατόμου σε εσωτερικούς χώρους ($T = 0,8 \times 24 \text{ h d}^{-1} \times 365 \text{ dy}^{-1} \approx 7000 \text{ h y}^{-1}$), όπου T είναι ο παράγοντας που δείχνει ότι ο άνθρωπος δαπανά 80 % του χρόνου της ζωής του σε εσωτερικούς χώρους (occupancy factor)

F = ο συντελεστής μετατροπής ($F = 0,7 \text{ Sv Gy}^{-1}$)

Ο προσδιορισμός της επίδρασης της ραδιενέργειας στον ανθρώπινο οργανισμό γίνεται με μία ποσότητα που ονομάζεται δείκτης ενεργότητας (Activity Index, AI) και μετράται σε Bqkg^{-1} ή Bq/kg . Για τον προσδιορισμό του δείκτη αυτού, διαφορετικές χώρες χρησιμοποιούν διαφορετικούς τύπους. Στον πίνακα 4.3 παρουσιάζονται οι τύποι πέντε διαφορετικών χωρών για τον υπολογισμό του δείκτη ενεργότητας, καθώς και τα αντίστοιχα όρια για εξωτερική έκθεση, δηλαδή για έκθεση σε ακτινοβολία που προέρχεται από τα υλικά του περιβάλλοντος.

Πίνακας 4.3. Τύποι που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του δείκτη ενεργότητας (AI) σε πέντε διαφορετικές χώρες και τα αντίστοιχα όρια για εξωτερική χρήση (Chen and Lin, 1995).

Χώρα	Υπολογισμός του δείκτη ενεργότητας (AI) σε Bq/kg και όριο εξωτερικής έκθεσης
Πρώην Σοβ. Ένωση	$C_{Ra}/370 + C_{Th}/260 + C_K/4810 \Theta 1$
Πρώην Δυτ. Γερμανία	$C_{Ra}/370 + C_{Th}/260 + C_K/4810 \Theta 1$
Πολωνία	$C_{Ra}/370 + C_{Th}/233 + C_K/3700 \Theta 1$
Σουηδία	$C_{Ra}/999 + C_{Th}/703 + C_K/9990 \Theta 1$
Κίνα	$C_{Ra}/350 + C_{Th}/260 + C_K/4000 \Theta 1$

Ο δείκτης ακτίνων- γ (I_γ) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$I_\gamma = C_{Ra} / 300 \text{ Bqkg}^{-1} + C_{Th} / 200 \text{ Bqkg}^{-1} + C_K / 3000 \text{ Bqkg}^{-1} \text{ όπου:}$$

C_{Ra} = η ειδική ενεργότητα του ^{226}Ra σε Bqkg^{-1}

C_{Th} = η ειδική ενεργότητα του ^{232}Th σε Bqkg^{-1}

C_K = η ειδική ενεργότητα του ^{40}K σε Bqkg^{-1}

Υλικά που χρησιμοποιούνται επιφανειακά ως πλακίδια (π.χ. γρανίτες), με τιμές $I\gamma < 2$ αυξάνουν την ετήσια ισοδύναμη δόση κατά 0,3 mSv/y, ενώ με τιμές $2 < I\gamma < 6$ αντιστοιχούν σε αύξηση 1 mSv/y. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (E.C. 1999), υλικά με $I\gamma < 2$, εξαιρούνται από περιορισμούς χρήσης, ενώ υλικά με $2 < I\gamma < 6$ μπορούν να χρησιμοποιηθούν τοπικά σε εξαιρετικές περιπτώσεις. Τέλος, η χρήση υλικών με $I\gamma > 6$ δεν συνιστάται (Παπαδόπουλος et al., 2012).

4.6. ΦΥΣΙΚΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΤΕΧΝΗΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΩΣ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Για τον προσδιορισμό της φυσικής ραδιενέργειας των τεχνογρανιτών, και σύμφωνα με τις ειδικές ενεργότητες των 11 δειγμάτων τεχνογρανιτών που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2, υπολογίστηκαν για τα δείγματα αυτά, ο ρυθμός απορροφούμενης δόσης (D_a) και η ετήσια ισοδύναμη δόση (H_E) σύμφωνα με τη Διεθνή Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (UNSCEAR, 1993), ο δείκτης ενεργότητας (AI), σύμφωνα με τα πρότυπα των πέντε χωρών που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.3, και ο δείκτης ακτίνων- γ ($I\gamma$) σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (E.C., 1999). Στον πίνακα 4.4 παρουσιάζονται οι τιμές των δεικτών των τεχνογρανιτών που προέκυψαν από τους παραπάνω υπολογισμούς. Για σύγκριση παρατίθενται και οι μέσοι όροι των αντίστοιχων δεικτών για τους γρανίτες του ελληνικού εμπορίου (Παυλίδου, 2002), τους γρανίτες από διάφορες χώρες του κόσμου (Chen and Lin, 1995), τα μάρμαρα από την Ισπανία, την Ιταλία και την Πορτογαλία (Carrera et al., 1997) και το ξύλο από τις Κάτω Χώρες και τη Φινλανδία (Zikovsky and Kennedy, 1992), υπολογισθέντες για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας με βάση τα στοιχεία του πίνακα 4.2.

Οι δείκτες φυσικής ραδιενέργειας του αναλυθέντος φυσικού γρανίτη Salviatierra είναι: $D_a = 124,8 \text{ nGyh}^{-1}$, $H_E = 0,611 \text{ mSv/y}$, AI (πρώην Σοβ. Ένωση και πρώην Δυτ. Γερμανία) = 0,71 Bq/kg, AI (Πολωνία) = 0,83 Bq/kg, AI (Σουηδία) = 0,29 Bq/kg, AI (Κίνα) = 0,76 Bq/kg και $I\gamma = 0,995$. Οι τιμές που προκύπτουν είναι παραπλήσιες με τις αντίστοιχες της Παυλίδου (2002).

Από τον πίνακα 4.4 προκύπτει ότι όλα τα εξεταζόμενα δείγματα τεχνογρανιτών εμφανίζουν τιμές ρυθμού απορροφούμενης δόσης κάτω από 80 nGyh^{-1} . Σχετικά με την ετήσια ισοδύναμη δόση, όλες οι τιμές είναι κάτω του 1mSv. Ακόμη, οι δείκτες ενεργότητας για όλα τα δείγματα είναι σύμφωνα με όλα τα

πρότυπα κάτω του 1 Bq/kg. Τέλος, οι δείκτες ακτίνων-γ για όλα τα δείγματα είναι κάτω του 2 και, επομένως, ανήκουν στα δείγματα που εξαιρούνται από περιορισμούς χρήσης.

Γενικά, όλοι οι δείκτες των τεχνογρανιτών δεν παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις, με εξαίρεση τα Venetian Night και Blue Bahia. Το πρώτο, αν και δεν παρουσιάζει σημαντική απόκλιση, εμφανίζει υψηλότερες τιμές για όλους τους δείκτες, από τα υπόλοιπα δείγματα. Οι τιμές για το Blue Bahia, ωστόσο, αποκλίνουν σημαντικά από αυτές των υπολοίπων δειγμάτων και συγκεκριμένα, η τιμή του ρυθμού απορροφούμενης δόσης προσεγγίζει την οριακή.

Πίνακας 4.4. Τιμές των δεικτών ραδιενέργειας για τους εξεταζόμενους τεχνογρανίτες και μέσοι όροι των αντίστοιχων τιμών για τους γρανίτες του ελληνικού εμπορίου, γρανίτες από διάφορες χώρες του κόσμου, μάρμαρα και ξύλο.

	D _a (nGy/h)		H _E (mSv/y)		AI (Bq/kg)			Κίνα	E.C. 1999	Γγ
	UNSCLEAR 1993	πρώην Σοβ. Ένωση, πρώην Δυτ. Γερμανία	Πολωνία	Σουηδία	Κίνα	E.C. 1999				
STARLIGHT SAPPHIRE	3,349	0,016	0,019	0,022	0,008	0,021	0,027			
STARLIGHT RUBY	4,381	0,021	0,025	0,029	0,010	0,027	0,035			
STARLIGHT GREY	2,387	0,012	0,014	0,016	0,005	0,015	0,019			
STARLIGHT BROWN	2,921	0,014	0,018	0,020	0,007	0,018	0,023			
VENETIAN SUNSET	8,047	0,039	0,042	0,053	0,019	0,049	0,065			
VENETIAN NIGHT	19,246	0,094	0,102	0,126	0,046	0,117	0,154			
GOBI BLACK	3,808	0,019	0,023	0,026	0,009	0,023	0,030			
GOBI GRAY	0,756	0,004	0,004	0,004	0,002	0,005	0,005			
BLUE BAHIA	68,902	0,338	0,381	0,458	0,162	0,420	0,551			
CREMA MINERVA	4,488	0,022	0,027	0,030	0,010	0,028	0,036			
BLANCO ZEUS	1,205	0,006	0,007	0,008	0,003	0,007	0,010			
Μέση Τιμή	10,863	0,053	0,060	0,072	0,026	0,066	0,087			
Γρανίτες ελληνικού εμπορίου ¹	125,020	1,096	0,710	0,816	0,289	0,586	0,857 ²			
Γρανίτες από διάφορες χώρες του κόσμου ²	108,518	0,532	0,614	0,712	0,251	0,401	0,857			
Μάρμαρα ²	0,668-15,876	0,003-0,078	0,004-0,093	0,004-0,094	0,001-0,035	0,004-0,096	0,005-0,115			
Ξύλο ²	1,037-7,889	0,005-0,039	0,006-0,046	0,007-0,049	0,002-0,018	0,004-0,044	0,008-0,060			

¹ Παυλίδου (2002), ² Υπολογισθέντες δείκτες με βάση τις τιμές του πίνακα 4.2

4.7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η σύγκριση των ενεργιοτήτων και των δεικτών φυσικής ραδιενέργειας για τους τεχνογρανίτες με τις αντίστοιχες τιμές των φυσικών γρανιτών του ελληνικού εμπορίου και των γρανιτών διαφόρων χωρών του κόσμου, δείχνει ότι οι τεχνογρανίτες εμφανίζουν πολύ χαμηλότερη φυσική ραδιενέργεια. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2, τα πετρώματα αυτά αποτελούνται κυρίως από ρητίνη, χαλαζία και γυαλί. Ο χαλαζίας και το γυαλί είναι κατ' εξοχήν μη ραδιενεργά υλικά. Επομένως, η χαμηλή ραδιενέργεια των τεχνητών αυτών πετρωμάτων είναι ένδειξη ότι οι χρησιμοποιούμενες κατά την κατασκευή τους πολυστερικές ρητίνες είναι και αυτές μη ραδιενεργές.

Ως εκ τούτου οι τεχνογρανίτες φαίνεται να υπερτερούν έναντι των φυσικών γρανιτών. Ακόμη και το Blue Bahia, στο οποίο το ^{40}K εμφανίζει πολύ υψηλή ενεργότητα, και θα ήταν ίσως αναμενόμενο οι δείκτες φυσικής ραδιενέργειας να υπερβαίνουν τις οριακές τιμές, παρατηρούμε ότι πέρα από το ρυθμό απορροφούμενης δόσης που εμφανίζει μεγάλη απόκλιση από το μέσο όρο, οι υπόλοιποι δείκτες για το δείγμα αυτό παρουσιάζουν μικρότερη απόκλιση από τους αντίστοιχους μέσους όρους. Η μεγάλη ενεργότητα των φυσικών ραδιονουκλιδίων στο δείγμα αυτό, οφείλεται στο μεγάλο ποσοστό καλιούχων αστρίων, καθώς επίσης και στην παρουσία ζirkονίου και απατίτη στην ορυκτολογική του σύσταση.

Για τους φυσικούς γρανίτες αναφέρεται συγκριτικά ότι οι μέσοι όροι του ρυθμού απορροφούμενης δόσης, τόσο για τους εισαγόμενους γρανίτες του ελληνικού εμπορίου όσο και για τους γρανίτες διαφόρων χωρών, είναι μεγαλύτεροι του οριακού (80 nGyh^{-1}), ωστόσο θεωρούνται ανεκτοί επειδή είναι μικρότεροι από 160 nGyh^{-1} . Ακόμη, η μέση ισοδύναμη δόση για τους μεν γρανίτες του ελληνικού εμπορίου υπερβαίνει την οριακή (1 mSv/y), για τους δε γρανίτες διαφόρων χωρών είναι κάτω του ορίου.

Σε σχέση με τα μάρμαρα και το ξύλο, παρατηρούμε ότι οι δείκτες φυσικής ραδιενέργειας των τεχνογρανιτών κυμαίνονται γενικά στα ίδια επίπεδα, εξαιρουμένων των δειγμάτων Venetian Night και Blue Bahia που παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση. Ιδιαίτερη εντύπωση προκαλεί το δείγμα Gobi Gray που παρουσιάζει χαμηλότερους δείκτες από αυτούς του ξύλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα 13 δείγματα τεχνογρανιτών που μελετήθηκαν μακροσκοπικά και μικροσκοπικά μπορούν να χαρακτηριστούν από λεπτόκοκκα έως μεσόκοκκα, σχετικά με το μέγεθος των κόκκων τους. Στο πολωτικό μικροσκόπιο, παρουσιάζουν εικόνα, που προσεγγίζει αυτή των ηφαιστειακών πετρωμάτων. Ο ιστός που εμφανίζουν μπορεί να χαρακτηριστεί από πορφυριτικός έως υαλοφυρικός, με τη ρητίνη να παίζει το ρόλο της θεμελιώδους μάζας.

Σχετικά με την ορυκτολογική τους σύσταση, αυτή αποτελείται στο μεγαλύτερο ποσοστό της από ρητίνη, χαλαζία και γυαλί και σε μικρότερα ποσοστά από καλιούχο άστριο, πλαγιόκλαστο, μαρμαρυγίες κ.α. Γενικά, φαίνεται να έχουν προέλθει από πυριγενή πετρώματα όξινης έως ενδιάμεσης σύστασης. Ιδιαίτερο σημαντικό είναι το γεγονός ότι, το ποσοστό της ρητίνης στα δείγματα αυτά κυμαίνεται από 21 έως 44%, κάτι που έρχεται σε αντίθεση με τις προδιαγραφές των εταιρειών κατασκευής τους, σύμφωνα με τις οποίες τα πετρώματα αυτά περιέχουν σε περισσότερο από 90% της σύστασης τους χαλαζία και άλλα ανόργανα υλικά και σε λιγότερο από 10% ρητίνη.

Η φυσική και μηχανική συμπεριφορά των τεχνογρανιτών σε σύγκριση με τα φυσικά πετρώματα μπορεί να συνοψιστεί ως εξής:

- Έχουν μικρότερο ειδικό βάρος και υδατοαπορροφητικότητα.
- Εμφανίζουν γενικά μεγαλύτερη αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις από τα μάρμαρα, αλλά μικρότερη από τους φυσικούς γρανίτες. Από τη τελευταία

σύγκριση εξαιρείται η αντοχή σε κάμψη, η οποία είναι μεγαλύτερη για τους τεχνογρανίτες.

- Παρουσιάζουν μεγαλύτερη γραμμική θερμική διαστολή σε ακραίες θερμοκρασιακές μεταβολές.
- Έχουν περίπου ίδια σκληρότητα και αντοχή σε οξέα και βάσεις με τους φυσικούς γρανίτες, αλλά μεγαλύτερη από τα μάρμαρα.

Τα χαρακτηριστικά αυτά, καθιστούν τους τεχνογρανίτες σχετικά καταλληλότερους για εφαρμογές οικιακής χρήσης π.χ. επιφάνειες εργασίας στην κουζίνα, πάγκοι μπάνιων και για εφαρμογές εσωτερικών και εξωτερικών χώρων π.χ. δαπεδοστρώσεις. Ωστόσο, η μεγάλη θερμική διαστολή που παρουσιάζουν, αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για συγκεκριμένες χρήσεις σε χώρους έντονων θερμοκρασιακών μεταβολών π.χ. βιομηχανικές ή αστικές δομικές κατασκευές.

Σχετικά με τη ραδιενέργεια, τα τεχνητά αυτά πετρώματα εμφανίζουν γενικά χαμηλές ενεργότητες φυσικών ραδιονουκλιδίων και, επομένως, χαμηλές τιμές φυσικής ραδιενέργειας, σε αντίθεση με τους φυσικούς γρανίτες που εμφανίζουν υψηλότερα επίπεδα φυσικής ραδιενέργειας. Ακόμη, σε σύγκριση με τα μάρμαρα και το ξύλο, η φυσική ραδιενέργεια των τεχνογρανιτών κυμαίνεται γενικά στα ίδια επίπεδα με αυτήν των παραπάνω υλικών.

Τελικά, σύμφωνα με όλες τις προδιαγραφές των δομικών υλικών που αφορούν τη ραδιενέργεια, οι τεχνογρανίτες κρίνονται κατάλληλα και ασφαλή υλικά για δομικές και διακοσμητικές κατασκευές χωρίς να δημιουργούν κανένα κίνδυνο για τον άνθρωπο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετώνται 13 δείγματα τεχνογρανιτών. Γίνεται περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας κατασκευής τους. Προσδιορίζονται η ορυκτολογική τους σύσταση, οι φυσικομηχανικές τους ιδιότητες και η φυσική ραδιενέργεια που εμφανίζουν και γίνεται σύγκριση αυτών με τα φυσικά πετρώματα.

Γενικά τα δείγματα τεχνογρανιτών χαρακτηρίζονται ως λεπτόκοκκα έως μεσόκοκκα πετρώματα. Αποτελούνται κυρίως από ρητίνη, χαλαζία και γυαλί, με το ποσοστό της ρητίνης στα περισσότερα δείγματα να υπερβαίνει τα ποσοστά των υπολοίπων. Με βάση την ορυκτολογική τους σύσταση και το μέγεθος των κόκκων θεωρείται πιθανό, για την κατασκευή των τεχνητών αυτών πετρώματων, να έχουν χρησιμοποιηθεί ως πρώτες ύλες κυρίως πυριγενή πετρώματα όξινης έως ενδιάμεσης σύστασης, καθώς επίσης και μεταμορφωμένα πλούσια σε χαλαζία.

Η σύγκριση των φυσικομηχανικών τους ιδιοτήτων με αυτές των φυσικών πετρωμάτων δείχνει ότι οι τεχνογρανίτες έχουν γενικά μικρότερο ειδικό βάρος και υδατοαπορροφητικότητα και μεγαλύτερη γραμμική θερμική διαστολή. Η αντοχή τους σε μηχανικές καταπονήσεις είναι μεγαλύτερη από τα μάρμαρα, αλλά μικρότερη από τους φυσικούς γρανίτες ενώ η σκληρότητα και η αντοχή σε οξεία και βάσεις είναι όμοια με αυτή των γρανιτών αλλά μικρότερη από αυτή των μαρμάρων.

Τέλος, μετρώνται οι ειδικές ενεργότητες (συγκεντρώσεις) των ραδιενεργών στοιχείων ^{232}Th , ^{238}U , $^{235}\text{U}/^{226}\text{Ra}$, και ^{40}K στα δείγματα αυτά και υπολογίζονται οι δείκτες φυσικής ραδιενέργειας, οι οποίοι στη συνέχεια συγκρίνονται με τους αντίστοιχους δείκτες των φυσικών γρανιτών, των μαρμάρων και του ξύλου. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δείχνουν ότι οι τεχνογρανίτες εμφανίζουν σε γενικές γραμμές χαμηλές στάθμες φυσικής ραδιενέργειας, κατά πολύ μικρότερης από αυτήν των φυσικών γρανιτών, και παραπλήσια περίπου με αυτή των μαρμάρων και του ξύλου. Επομένως, οι τεχνογρανίτες κρίνονται ασφαλή και κατάλληλα υλικά για χρήση τόσο στον κλάδο των δομικών υλικών όσο και στον κλάδο της διακόσμησης.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to examine the mineralogy, physico-mechanical properties and natural radioactivity of agglomerated stones. Thirteen samples of agglomerated stones were studied and compared with natural rocks.

The examined samples can be characterized as fine- to medium-grained rocks. They are composed mainly of resin, being the dominant component for the majority of the samples, quartz and glass. According to their mineralogy and grain size, igneous rocks of acid to intermediate composition, as well as quartz-rich metamorphic rocks are considered to be the raw materials used for their production.

The study of the physico-mechanical properties shows that the agglomerated stones have lower values of specific weight and water absorption and higher ones of linear thermal expansion than their natural counterparts. Their resistance to mechanical stress is higher than marbles, but lower than natural granites. Hardness and resistance to acids of agglomerated stones are higher than and equal to marbles and natural granites, respectively.

Finally, the specific activity concentrations of the radioactive isotopes ^{232}Th , ^{238}U , $^{235}\text{U}/^{226}\text{Ra}$, and ^{40}K were measured, in order to determine the agglomerated stones' emitting natural radioactivity. In addition, the radioactivity indices were calculated and compared to those of natural granites, marbles and wood. The results reveal that agglomerated stones present low levels of natural radioactivity, lower than natural granites and more or less equal to marbles and wood. Hence, agglomerated stones are considered to be safe building as well as decorating materials.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

American Society for Testing and Materials, (ASTM). ASTM C120 / C120M - 12 Standard Test Methods of Flexure Testing of Slate (Breaking Load, Modulus of Rupture, Modulus of Elasticity)

BRETON: History of the Breton Process

<http://sitesnsolutions.com/Articles/History of Breton Process.htm>

Carrera, G., Garavaglia, M., Mangoni, S., Valli, G. & Vecchi, R., 1997. Natural radioactivity and radon exhalation in stony materials. Journal Environmental Radioactivity, 34 (2): 149-159.

Chen, C.J. & Lin, Y.M., 1995. Assessment of building materials for compliance with regulations of ROC. Environment international, 22, 221-226.

DIN 52102, 1988. Determination of absolute density, dry density, compactness and porosity of natural stone and mineral aggregates. Deutsches Institut für Normung, (DIN).

DIN 52105, 1988. Testing The Compressive Strength Of Natural Stone. Deutsches Institut für Normung, (DIN).

DIN 52112, 1988. Testing The Flexural Strength Of Natural Stone. Deutsches Institut für Normung, (DIN).

Ελευθεριάδης, Γ. και Κορωνάιος, Α., 2004. Σημειώσεις Πετρολογίας Πυριγενών Πετρωμάτων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 243 σελ.

EN 101, 1991. Ceramic tiles. Determination of scratch hardness of surface according to Mohs. European Committee for Standardization, (EN).

EN 10545-8, 1996. Ceramic tiles. Determination of linear thermal expansion. European Committee for Standardization, (EN).

EN 14617-1, 2005. Agglomerated stone. Test methods. Part 1: Determination of apparent density and water absorption. European Committee for Standardization, (EN).

EN 14617-15. Agglomerated stone. Test methods. Determination of compressive strength. European Committee for Standardization, (EN).

EN 1533.200. Wood and parquet flooring. Determination of bending properties. Test Methods. European Committee for Standardization, (EN).

European Commission (E.C.), 1999. Radiation Protection 112: Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials directorate - General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection.

Greenguard: GREENGUARD Environmental Institute

<http://www.greenguard.org/en/index.aspx>

Heinrich, W.M.E., 1958. Mineralogy and geology of radioactive raw materials. McGraw- Hill Book Company, New York, 643p.

ISO 7784.2-97 Paints and varnishes. Determination of resistance to abrasion. Part 2: Rotating abrasive rubber wheel method. International Organization for Standardization, (ISO).

JC 908, 2002. Solid surface materials. The Joint Commission, (JC).

Κορωναίος, Α. και Παυλίδου, Σ., 2003. Τα πυριγενή πετρώματα ως δομικά υλικά: χαρακτηριστικά και επεξεργασία. Σε "Αδρανή Πετρώματα και Δομικοί Λίθοι", Επιτροπή Οικονομικής Γεωλογίας, Ορυκτολογίας & Γεωχημείας της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Απρίλιος 2003, Θεσσαλονίκη, 83-106 σελ.

Λασκαρίδης, Κ. και Πατρώνης, Μ., 2005. Οι φυσικομηχανικές ιδιότητες των φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων και η χρήση τους κατά την απόδοση σήμανσης CE. 2ο Συνέδριο της Επιτροπής Οικονομικής Γεωλογίας, Ορυκτολογίας & Γεωχημείας της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Οκτώβριος 2005, Θεσσαλονίκη, 179-187 σελ.

LGA: Landesgewerbeanstalt Bayern, <http://www.tuv.com/en/usa/home.jsp>

MARMARONET: Marmaronet, το θεματικό portal για μάρμαρο-γρανίτη-πέτρα,

<http://www.marmaronet.com/el/marmaropedia.html>

MICROBAN: Microban, Antibacterial Protection,

<http://www.microban.com/europe/english>

Μπέτσιου, Α. 2007. Ορυκτολογία, γεωχημεία και φυσικομηχανικές ιδιότητες των μαρμάρων της περιοχής της Δράμας.

NSF: NSF International, <http://www.nsf.org/>

Παπαδόπουλος Α., Χριστοφίδης Γ., Κορωναίος Α., Παπαστεφάνου Κ., Στούλος Σ., 2012. Φυσική ραδιενέργεια των γρανιτικών πλουτωνιτών της Αττικοκυκλαδικής ζώνης, Επιστημονική Επετηρίδα, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ειδικός τόμος 101, Θεσσαλονίκη, 95-101 σελ.

- Παυλίδου, Σ., 2002. Εισαγόμενα πλουτωνικά πετρώματα που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα ως δομικά υλικά: ορυκτολογία, πετρολογία, γεωχημεία, ραδιενέργεια και φυσικομηχανικές ιδιότητες. Διατριβή ειδίκευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 100 σελ.
- Σκλαβούνος, Σ., Καντηράνης, Ν. και Παπαδοπούλου, Λ., 2011. Εργαστηριακές Μέθοδοι Ορυκτών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 96 σελ.
- Τσακαλάκης, Κ., 2010. Τεχνολογία παρασκευής τσιμέντου και σκυροδέματος, Εργαστήριο Εμπλουτισμού Μεταλλευμάτων, Τομέας Μεταλλουργίας και Τεχνολογίας Υλικών, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 281 σελ.
- Τσιραμπίδης, Α., 1996. Τα ελληνικά μάρμαρα και άλλα διακοσμητικά πετρώματα. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 310 σελ.
- UNE 48269, 1995. Pinturas y barnices. Dureza de película. Método del lápiz. / Paints and varnishes. Film hardness by pencil test. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- UNE 56817, 1974. Suelos de Madera. Control del Acabado Superficial. Ensayo de Resistencia al Choque. / Wood Floors. Superficial Finishing Control. Test of Impact Strength. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- UNE 67103, 1985. Bladosas ceramicas. Determinacion de la dilatacion termica lineal. / Ceramic Tiles. Determination of linear thermal expansion. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- UNE 127005-1, 1990. Baldosas de Cemento. Determinacion de la Resistencia al Desgaste por Abrasion. Metodo de la Plataforma Giratoria o de Vaiven. / Terrazzo Tiles (Concrete Flag Stones). Abrasion Test. Plataform Method. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- UNI 10442, 1995. Composite Stones. Determination of the resistance to impact. Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI).
- UNI 10443, 1995. Composite Stones. Determination of the bending resistance. Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI).
- UNI 10444, 1995. Composite Stones. Determination of the apparent mass and of water absorption. Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI).

UNSCEAR, 1993. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionising Radiation Vol. I. United Nations, New York.

UNSCEAR, 2000. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionising Radiation Vol. I. United Nations, New York.

Zikovsky, L. & Kennedy, G., 1992. Radioactivity of building materials available in Canada. Health Physics, 63 (4): 449-452.