



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ- ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ- ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΛΕΝΗ Σ. ΤΣΑΪΡΙΔΟΥ
Πτυχιούχος Γεωλόγος

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΡΑΝΙΤΙΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΩΣ
ΑΔΡΑΝΗ ΟΔΟΠΟΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ 'ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ
ΓΕΩΛΟΓΙΑ',
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: 'ΟΡΥΚΤΟΙ ΠΟΡΟΙ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ'

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2020





ΕΛΕΝΗ Σ. ΤΣΑΪΡΙΔΟΥ
Πτυχιούχος Γεωλόγος

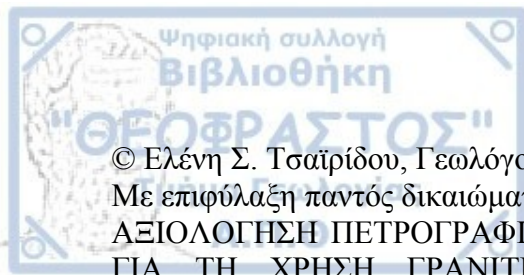
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΡΑΝΙΤΙΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΩΣ ΑΔΡΑΝΗ ΟΔΟΠΟΙΑΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών 'Εφαρμοσμένη και Περβαλλοντική Γεωλογία', Κατεύθυνση 'Ορυκτοί Πόροι και Περιβάλλον'

Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 30/06/2020

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Καθηγητής Αντώνιος Κορωναίος, Επιβλέπων
Αναπληρωτής Καθηγητής Βασίλειος Μαρίνος, Μέλος Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Λαμπρινή Παπαδοπούλου, Μέλος Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής



© Ελένη Σ. Τσαϊρίδου, Γεωλόγος, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ
ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΡΑΝΙΤΙΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΩΣ ΑΔΡΑΝΗ ΟΔΟΠΟΙΑΣ–
Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

© Eleni S. Tsairidou, Geologist, 2020

All rights reserved.

ASSESSMENT OF PETROGRAPHIC AND PHYSICOMECHANICAL
CHARACTERISTICS OF GRANITIC ROCKS FOR THEIR USE AS AGGREGATES FOR
ROAD CONSTRUCTION – *Master Thesis*

Citation:

Τσαϊρίδου Ε. Σ., 2020. – Αξιολόγηση πετρογραφικών και φυσικομηχανικών χαρακτηριστικών για τη χρήση γρανιτικών πετρωμάτων ως αδρανή οδοποιίας. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., 105 σελ.

Tsairidou E. S., 2020. – Assessment of petrographic and physicommechanical characteristics of granitic rocks for their use as aggregates for road construction. Master Thesis, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, 105 pp.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

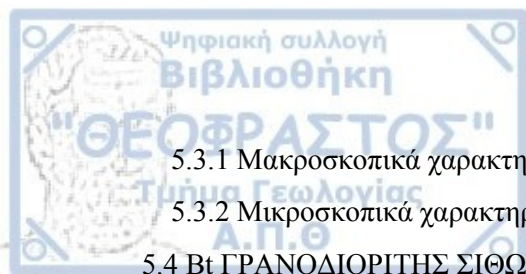
Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



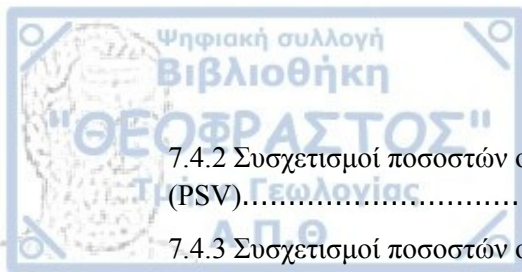
Στην οικογένεια μου



ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	7
1.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	7
1.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	8
1.4 ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	8
2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	11
2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	11
2.2 ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ.....	11
2.3 ΔΥΣΚΑΜΠΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ.....	13
3. ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ.....	15
3.1 ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΗ ΣΤΡΩΣΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	18
3.1.1 Κριτήρια επιλογής τύπου στρώσης.....	18
3.1.2 Αδρανή υλικά.....	18
3.1.3 Ασφαλικό συνδετικό.....	20
4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	21
4.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΑΝΟΥ.....	21
4.1.1 Γρανίτης Φανού.....	22
4.1.2 Απλιτικός Γρανίτης.....	22
4.1.3 Μικρογρανίτης.....	22
4.2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΙΘΩΝΙΑΣ.....	24
4.2.1 Τοναλίτης- Κεροστιλβικός- Βιοτιτικός Γρανοδιορίτης και Βιοτιτικός Γρανοδιορίτης....	26
4.2.2 Βασικότερα εγκλείσματα.....	27
4.2.3 Διμαρμαρυγιακός Γρανοδιορίτης- Γρανίτης και Λευκογρανίτης.....	27
4.2.4 Απλίτες και Πηγματίτες.....	27
4.3 ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΡΝΑΙΑΣ.....	29
5. ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ.....	33
5.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	33
5.2 ΓΡΑΝΙΤΗΣ ΑΡΝΑΙΑΣ.....	35
5.2.1 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά.....	35
5.2.2 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά.....	36
5.3 ΓΡΑΝΙΤΗΣ ΦΑΝΟΥ.....	38



5.3.1 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά.....	38
5.3.2 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά.....	40
5.4 Βt ΓΡΑΝΟΔΙΟΡΙΤΗΣ ΣΙΘΩΝΙΑΣ.....	41
5.4.1 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά.....	41
5.4.2 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά.....	43
5.5 ΔΙΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑΚΟΣ ΓΡΑΝΙΤΗΣ.....	45
5.5.1 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά.....	45
5.5.2 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά.....	46
6. ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΔΡΑΝΩΝ.....	49
6.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	49
6.2 ΔΟΚΙΜΗ LOS ANGELES (LA).....	50
6.2.1 Γενικά.....	50
6.2.2 Αποτελέσματα.....	54
6.3 ΔΟΚΙΜΗ ΥΓΕΙΑΣ.....	54
6.3.1 Γενικά.....	54
6.3.2 Αποτελέσματα.....	57
6.4 ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΛΕΙΑΝΣΗ (PSV).....	58
6.4.1 Γενικά.....	58
6.4.2 Μηχανή λείανσης.....	58
6.4.3 Μηχάνημα τριβής.....	60
6.4.4 Προετοιμασία δοκιμών.....	62
6.4.5 Λείανση δειγμάτων.....	63
6.4.6 Δοκιμή τριβής.....	65
6.4.7 Αποτελέσματα.....	68
6.5 ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΤΡΙΨΗ (AAV).....	68
6.5.1 Γενικά.....	68
6.5.2. Αποτελέσματα.....	72
7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	75
7.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	75
7.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ.....	75
7.3 ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ.....	77
7.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΤΟΥΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	81
7.4.1 Συσχετισμοί ποσοστών ορυκτών των δειγμάτων με τη δοκιμή αντίστασης σε επιφανειακή απότριψη (AAV).....	81



7.4.2 Συσχετισμοί ποσοστών ορυκτών των δειγμάτων με τη δοκιμή αντίστασης σε λείανση (PSV).....	83
7.4.3 Συσχετισμοί ποσοστών ορυκτών των δειγμάτων με τη δοκιμή Los Angeles (LA).....	85
7.4.4 Συσχετισμοί ποσοστών ορυκτών των δειγμάτων με τη δοκιμή υγείας.....	87
7.4.5 Συσχετισμοί κοκκομετρίας δειγμάτων με τις δοκιμές.....	88
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	93
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	97



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

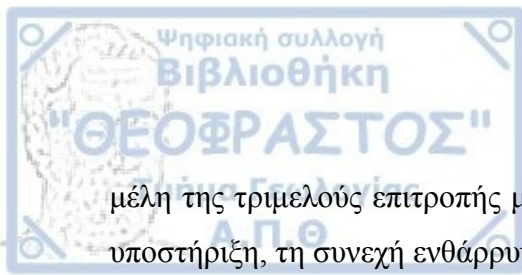
Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Εφαρμοσμένη και Περιβαλλοντική Γεωλογία», πιο συγκεκριμένα, της κατεύθυνσης «Ορυκτοί Πόροι και Περιβάλλον» του Τμήματος Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Η τριμελής επιτροπή συγκροτείται από τον καθηγητή κ. Α. Κορωναίο (επιβλέποντα), τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Β. Μαρίνο και από την αναπληρώτρια καθηγήτρια κ. Λ. Παπαδοπούλου.

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται με τα αδρανή υλικά, τις ιδιοτητές τους (μηχανικές και πετρογραφικές), πως και αν αυτές συσχετίζονται μεταξύ τους και την καταλληλότητα για τη χρήση τους σε έργα οδοποιίας. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε υπαίθρια έρευνα, σε κάθε μια από τις τέσσερις περιοχές μελέτης, με συλλογή επιφανειακών δειγμάτων μακριά από διακλάσεις, από την οικογένεια των πυριγενών πετρωμάτων, πιο συγκεκριμένα του γρανίτη. Στη συνέχεια, ακολούθησε εργαστηριακή έρευνα που περιελάμβανε τη μακροσκοπική και μικροσκοπική εξέταση αλλά και την εξέταση των μηχανικών τους ιδιοτήτων. Η μικροσκοπική εξέταση έγινε με τη βοήθεια λεπτών τομών που κατασκευάστηκαν στο εργαστήριο του Τομέα Πετρολογίας- Ορυκτολογίας- Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. Η εξέταση των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων έλαβε χώρα σε εξωτερικά διαπιστευμένα εργαστήρια όπως το Κ.Ε.Δ.Ε και η GeoTerra Lab με βάση τα Ευρωπαϊκά πρότυπα. Τα γρανιτικά δείγματα που συλλέχθηκαν από τις τέσσερις περιοχές μελέτης για τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων τους θραύστηκαν σε σιαγονωτούς σπαστήρες ενώ, χρησιμοποιήθηκαν κόσκινα συγκεκριμένου ανοίγματος και τα μηχανήματα των τεσσάρων δοκιμών όπως απαιτούνται από τα Ευρωπαϊκά πρότυπα. Επίσης, οι συντεταγμένες των προαναφερθέντων περιοχών λήφθηκαν με GPS.

Σε αυτό το σημείο αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους βοήθησαν, ψυχολογικά και πνευματικά, για την εκπόνηση αυτής της διατριβής.

Πρώτα απ' όλα στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Α. Κορωναίο για τις υποδείξεις, τις ουσιώδεις συμβουλές και την υπομονή που έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της διατριβής. Στα



μέλη της τριμελούς επιτροπής μου κ. Α. Παπαδοπούλου και κ. Β. Μαρίνο για την αμέριστη υποστήριξη, τη συνεχή ενθάρρυνση και την πολύτιμη βοήθεια σε στιγμές που χρειαζόταν.

Επίσης, ευχαριστώ από καρδιάς τον Άρη Σταματιάδη για τη βοήθεια στην κατασκευή των τομών, τον Χαρίτωνα Καζακίδη για τη βοήθεια κατασκευής δοκιμών κατά την εκπόνηση ορισμένων δοκιμών και την Παναγιώτα Τσούτσικα για τη βοήθεια πραγματοποίησης των δοκιμών και τις χρήσιμες συμβουλές.

Ευχαριστώ τους κ. Ιωάννη Γαλανίδη (Γεωλόγος με Α' βαθμό), κ. Παναγιώτη Ρόρρη (Γεωλόγος με Α' βαθμό), κ. Άρη Σεραλίδη και κ. Θεοδωρίδη Ευστάθιο από το εργαστήριο αδρανών του Κ.Ε.Δ.Ε. για τη ζεστή υποδοχή, για τη βοήθεια πραγματοποίησης των δοκιμών, τη συγκατάθεση τους στην παρακολούθηση και συμμετοχή μου σε αυτές. Ακόμη, ευχαριστώ το εργαστήριο της GeoTerra Lab για την εκτέλεση των δοκιμών αφιλοκερδώς και τις υποδείξεις τους πάνω σε αυτές.

Θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω τις συναδέλφους και πάνω απ' όλα φίλες μου Χριστίνα Αποστολίδου και Φωτεινή Αραβανή για την ηθική υποστήριξη σε όλο αυτό το ταξίδι και τη σημαντική βοήθεια τους από την αρχή μέχρι το τέλος αυτής της διατριβής ειδίκευσης.

Τέλος, αισθάνομαι υποχρέωση να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στα αγαπημένα μου πρόσωπα και στην οικογένεια μου, που μου παρείχαν κάθε είδους στήριξη από την αρχή της εκπαίδευσης μου μέχρι σήμερα. Χωρίς αυτούς, τίποτα απ' όσα έχω ονειρευτεί και καταφέρει δε θα ήταν πραγματικότητα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο γρανίτης αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα πυριγενή πετρώματα, περιέχει διαφορετικής σκληρότητας ορυκτά και χρησιμοποιείται για διάφορους σκοπούς. Μεταξύ άλλων, χρησιμοποιείται ως αδρανές στην οδοποιία. Ως πέτρωμα, εμφανίζει μεγάλη σκληρότητα και αντοχή στα καιρικά φαινόμενα, όμως η επεξεργασία του είναι πολυέξοδη.

Στη συγκεκριμένη διατριβή, αφού πρώτα διαχωρίζονται και αναλύονται οι έννοιες του οδοστρώματος και των αδρανών, στη συνέχεια, σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα EN 1097-2, EN 1097-8 και EN 1367-2, έγιναν δοκιμές σε τέσσερα δείγματα γρανίτη που συλλέχθηκαν από διαφορετικές περιοχές της Β. Ελλάδος (Φανός, Αζάπικο, 1km βόρεια από τη Νικήτη και Αρναία) ως προς τα φυσικομηχανικά τους χαρακτηριστικά. Η μελέτη αυτή, πραγματοποιείται για να ελεγχθεί η καταλληλότητα χρήσης τους στο ανώτερο στρώμα του οδοστρώματος. Οι δοκιμές που λαμβάνουν χώρα είναι οι εξής: Los Angeles, Polished Stone Value, Aggregate Abrasion Value και θεϊκού μαγνησίου/ υγείας.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών (υγείας/ θεϊκού μαγνησίου, Polished Stone Value, Aggregate Abrasion Value) δείχνουν ότι και τα τέσσερα δείγματα είναι κατάλληλα για την αντιολισθηρή στρώση εκτός της δοκιμής Los Angeles. Οι τιμές της τελευταίας, υποδεικνύουν πως όλα τα δείγματα κρίνονται ακατάλληλα.

Επιπλέον, μελετήθηκαν τα πετρογραφικά (μακροσκοπικά και μικροσκοπικά) χαρακτηριστικά των δειγμάτων όπως ποσοστά συμμετοχής ορυκτών και μέγεθος κόκκων. Με βάση τα παραπάνω, έγινε προσπάθεια συσχέτισης των αποτελεσμάτων των φυσικομηχανικών δοκιμών με τα αποτελέσματα της πετρογραφικής μελέτης.

Στο κομμάτι των συσχετίσεων, ποικίλα ήταν τα αποτελέσματα με κάποιες ιδιότητες να συσχετίζονται ενώ άλλες όχι. Συσχετίσεις βρέθηκαν μεταξύ των ποσοστών ορυκτών με τις δοκιμές υγείας και αντίσταση στην επιφανειακή απότριψη (AAV). Στην πρώτη δοκιμή συμπεραίνεται πως όσο μεγαλύτερα ποσοστά Κ-αστρίων περιέχονται σε ένα αδρανές τόσο ακατάλληλες τιμές παρουσιάζει, ενώ, όσο μεγαλύτερα ποσοστά πλαγιοκλάστου και μαρμαρυγιών συναντώνται τόσο καλύτερες τιμές παρουσιάζονται. Επίσης, το ποσοστό του χαλαζία εμφανίζει ασθενή συσχέτιση με τη δοκιμή υγείας. Όσον αφορά τις συσχετίσεις των ποσοστών ορυκτών με τη δοκιμή αντίστασης σε επιφανειακή απότριψη έδειξαν πως όσο μεγαλύτερα τα ποσοστά του χαλαζία και των Κ-αστρίων τόσο καλύτερη AAV

παρουσιάζουν, από την άλλη πλευρά, όσο πιο υψηλά είναι τα ποσοστά του πλαγιοκλάστου και των μαρμαρυγιών τόσο απαγορευτική παρουσιάζεται η τιμή της. Η μόνη συσχέτιση που βρέθηκε μεταξύ των ποσοστών ορυκτών και της δοκιμής Los Angeles ήταν αυτή του βιοτίτη. Όσο περισσότερος βιοτίτης υπάρχει τόσο καλύτερη τιμή Los Angeles θα υπολογίζεται. Σχετικά με τις κοκκομετρίες, από τα διαγράμματα προέκυψε πως όσο πιο λεπτόκοκκο είναι ένα πέτρωμα τόσο πιο χαμηλή Los Angeles έχει, ενώ όσο πιο αδρόκοκκο τόσο πιο χαμηλή με υψηλή τιμή AAV και PSV εμφανίζεται αντίστοιχα. Επιπροσθέτως, μια μέση συσχέτιση παρατηρείται μεταξύ των μαρμαρυγιών και της αντίστασης σε επιφανειακή λείανση καθώς επίσης και μια ασθενής εξάρτηση με τους K- αστρίους. Η αύξηση των μαρμαρυγιών τείνει να δώσει χαμηλές τιμές αντίστασης στη στύλβωση. Τέλος, δεν παρατηρούνται συσχετισμοί στα ποσοστά του χαλαζία και του πλαγιοκλάστου με την προαναφερόμενη δοκιμή.

Προτείνεται ότι, α) η εξέταση ακόμη περισσότερων πετρογραφικών ιδιοτήτων θα ήταν χρήσιμη για να εντοπιστούν και άλλοι παράγοντες που πιθανόν επηρεάζουν τα μηχανικά χαρακτηριστικά ενός πετρώματος και β) κάθε φορά που κατασκευάζεται ένας δρόμος, είτε μικρής είτε μεγάλης κυκλοφορίας, πρέπει να εξετάζονται τα πετρογραφικά χαρακτηριστικά του αδρανούς γιατί πολλές φορές καθίσταται εφικτή η πρόγνωση της μηχανικής συμπεριφοράς του.

Λέξεις - Κλειδιά: γρανίτης, αδρανή, οδόστρωμα, αντιστοιχή στρώση, αντίσταση σε θρυμματισμό (LA), δοκιμή θεϊκού μαγνησίου (MSS), αντίσταση σε λείανση (PSV), αντίσταση σε επιφανειακή απότριψη (AAV).

ABSTRACT

Granite, one of the most widely known igneous rocks, is comprised of minerals with different hardness and it is used for many purposes. Among the others is used as an aggregate in road construction. Granite is characterized by significant hardness and resistance to weathering, but its processing is expensive.

In this master thesis, after dividing and analyzing the terms «pavement» and «aggregate», according to the European standards EN 1097-2, EN 1097-8 and EN 1367-2, four samples of granite from different areas in Northern Greece (Fanos, Azapiko, 1km North of Nikitas and Arnea) are examined as to their physicommechanical properties. This examination is conducted in order to evaluate whether they are appropriate to use in the upper part of the pavement. The tests that take place are as follows: Los Angeles, Polished Stone Value, Aggregate Abrasion Value and Magnesium Sulfate Soundness.

All the tests (Magnesium Sulfate Soundness test, Polished Stone Value, Aggregate Abrasion Value) displayed positive results, apart the Los Angeles test. The values obtained for the latter test indicate that none of the analyzed samples can be used as an aggregate for road surface.

Moreover, a petrographic examination is conducted, both macroscopically and with the use of a polarizing microscope. Based on the aforementioned characteristics, an attempt to correlate the EN tests with the minerals and grain size is made.

The correlations produced a wide variety of results, with some characteristics displaying a strong relationship, while others not. Correlations were found between the percentages of minerals with the magnesium sulfate soundness and the aggregate abrasion value tests. As for the first one, it is concluded that when an aggregate contains K-feldspar in large amounts the results are inappropriate, while the higher the percentages of plagioclase and mica produces better magnesium sulfate soundness results. Also, the percentage of quartz appears to have a weak relationship with the above test. As for the percentages of minerals concerning the aggregate abrasion value (AAV) test, showed that with the accretion of quartz and K-feldspar the outcome of the test becomes suitable for construction. On the other hand, the increase of plagioclase and mica percentages appear to produce values which render the aggregate inadequate. The only correlation found between the percentages of minerals and the Los

Angeles test was that of biotite. The more the biotite the better the results. About the grain sizes it is concluded from the diagrams that fine grain rocks give low Los Angeles values, while coarse grain rocks give low to high AAV and PSV values, respectively. Additionally, a moderate correlation is noticeable between micas and resistance to polishing as well as a weak correlation with the K- feldspars. The increase in micas content tend to give low polishing values. Finally, there were no correlations between the percentages of quartz and plagioclase with the aforementioned test.

It is suggested that a) a further petrographic examination would be useful in order to identify other factors that may affect the mechanical properties of rocks and b) each time a road is constructed, whether it is to be of high or low traffic, it is essential that the aggregates' petrographic characteristics are thoroughly examined, as, by this way, their mechanical behavior can be predicted.

Key - Words: granite, aggregate, pavement, road surface, Los Angeles value (LA), magnesium sulfate soundness (MSS), polished stone value (PSV), aggregate abrasion value (AAV).



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η αξιολόγηση των πετρογραφικών και φυσικομηχανικών χαρακτηριστικών τεσσάρων γρανιτών από τη Β. Ελλάδα για τη χρήση τους ως αδρανή οδοποιίας, πιο συγκεκριμένα στο αντιολισθηρό στρώμα της ασφάλτου.

Μετά από υπαίθρια παρατήρηση και δειγματοληψία των γρανιτικών πετρωμάτων, ακολούθησε η μικροσκοπική ανάλυση τους, για τη γνώση των πετρογραφικών ιδιοτήτων, με έμφαση, στα ποσοστά των ορυκτών και το μέγεθος των κόκκων. Στη συνέχεια, πραγματοποιούνται τέσσερις δοκιμές για τον καθορισμό των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων. Έτσι, το κύριο αντικείμενο της έρευνας είναι το πως οι πετρογραφικοί παράγοντες επηρεάζουν τα φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά των προαναφερθέντων γρανιτών για τη χρήση τους ως αδρανή οδοποιίας. Επίσης, εξετάζεται η καταλληλότητα των γρανιτών αυτών ως αδρανή για το αντιολισθηρό στρώμα της ασφάλτου κατά το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN.

1.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

- Το 1^ο στάδιο αφορά τη θεωρητική προσέγγιση του θέματος με την εύρεση και συγγραφή όλων των σχετιζόμενων με το θέμα πληροφοριών όπως:
 - i. Τους γενικούς ορισμούς των εννοιών του γρανίτη, των αδρανών πετρωμάτων και των οδοστρωμάτων.
 - ii. Τους επιμέρους διαχωρισμούς των παραπάνω εννοιών σε υποκατηγορίες.
 - iii. Τη γεωλογία των περιοχών έρευνας για την πληρέστερη κατανόηση της φυσικής κατάστασης στην οποία βρίσκονται οι υπό εξέταση γρανίτες.
- Το 2^ο στάδιο αναφέρεται στο ερευνητικό σκέλος της εργασίας και σχετίζεται με:
 - i. Τη μακροσκοπική και μικροσκοπική περιγραφή (ορυκτά που συναντώνται, ποσοστά των ορυκτών αυτών στην τομή και μέγεθος κόκκων) των εξεταζόμενων δειγμάτων.
 - ii. Τη διεξαγωγή συγκεκριμένων δοκιμών για την καταλληλότητα των γρανιτών ως αντιολισθηρά αδρανή.

- Το 3^ο και τελευταίο στάδιο της εργασίας σχετίζεται με την παρουσίαση των αποτελεσμάτων και τη συζήτηση τους, δηλαδή:

- i. Την παρουσίαση των αποτελεσμάτων ως φυσικό επακόλουθο των δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν στο προηγούμενο στάδιο.
- ii. Τη διακύμανση των τιμών της συγκεκριμένης διατριβής και αυτών που βρέθηκαν σε παρόμοιες εργασίες.
- iii. Τον έλεγχο της καταλληλότητας των τιμών, σε σχέση με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο.
- iv. Τις συσχετίσεις των τιμών που βρέθηκαν από τις δοκιμές με τα ποσοστά των ορυκτών και την κοκκομετρία.

1.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη έρευνα είναι τα όρια των δοκιμών που δίνονται από τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα, τα αποτελέσματα δοκιμών αντίστοιχων εργασιών με την παρούσα και οι τιμές των δοκιμών σε επιφανειακή απότριψη και λείανση με βάση την κυκλοφορία στα οδικά δίκτυα από το ΥΠΕΧΩΔΕ.

Τα εργαλεία που αξιοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία είναι τα εξής:

- GPS και γεωλογικό σφυρί για την υπαίθρια έρευνα.
- Όλα τα μηχανήματα που σχετίζονται με τη δημιουργία λεπτής τομής (π.χ. εργαλείο κοψίματος, εργαλείο λείανσης κλπ.).
- Οτιδήποτε σχετίζεται με τη μελέτη μιας τομής, όπως μικροσκόπιο και εμβοδομετρητής.
- Εξοπλισμοί που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή των δοκιμών, οι οποίες καθορίζουν τις τιμές των φυσικομηχανικών χαρακτηριστικών (μηχάνημα Los Angeles, μηχανή στίλβωσης (ή λείανσης), μηχανή τριβής, μηχανή λείανσης, κόσκινα συγκεκριμένου ανοίγματος, καλούπια συγκεκριμένων διαστάσεων και φούρνος).
- Υπολογιστικό φύλλο Excel για τη συσχέτιση πετρογραφικών και φυσικομηχανικών ιδιοτήτων, προγράμματα CorelDraw και Google Earth Pro για τη σχηματική απεικόνιση αποτελεσμάτων και περιοχών.
- Φωτογραφική μηχανή για την καταγραφή τόσο της υπαίθριας έρευνας όσο και των εργαστηριακών ερευνών.

Τα πυριγενή πετρώματα οφείλουν τη δημιουργία τους στη στερεοποίηση του μάγματος. Ανάλογα με το βάθος στερεοποίησης διαχωρίζονται σε πλουτωνικά, ηφαιστειακά και φλεβικά. Στην πρώτη περίπτωση η στερεοποίηση λαμβάνει χώρα σε μεγάλο βάθος, ενώ στους ηφαιστίτες η στερεοποίηση γίνεται στην επιφάνεια της Γης. Τέλος, φλεβικά ονομάζονται τα πυριγενή πετρώματα που γεννιούνται σε βάθος, ανάμεσα στους πλουτωνίτες και στους ηφαιστίτες (Ελευθεριάδης & Κορωναίος 2004).

Ένα ιδιαίτερα διαδεδομένο πυριγενές πέτρωμα αποτελεί ο γρανίτης. Το όνομα γρανίτης αποδίδεται σε όξινα πολύμεικτα πυριγενή πλουτωνικά πετρώματα με γρανιτικό ιστό και αποτελούνται από θεμελιώδη ορυκτά όπως χαλαζιάς, Κ-άστριοι, πλαγιόκλαστα, βιοτίτης κ.ά.. Η ονομασία του προήλθε από τη λατινική λέξη «granum» που σημαίνει κόκκος.

Η χρήση του γρανίτη εντοπίζεται σε βάθος χιλιάδων χρόνων. Χρησιμοποιείται για διάφορους σκοπούς ως δομικό υλικό, ως διακοσμητικό υλικό και ως αδρανές στην οδοποιία. Η εκμετάλλευση του έχει συμβάλλει στη δημιουργία μιας ευρείας ποικιλίας τεχνικών κατασκευών. Ενδεικτικά παραδείγματα είναι κτίρια, γέφυρες, πλακόστρωτα, μνημεία (όρος Rushmore, Νότια Ντακότα), δάπεδα και οδικά δίκτυα. Σε μερικές περιπτώσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως πολύτιμος λίθος. Ένας από αυτούς, που ονομάζεται K2, έχει πάρει το όνομά του από τη δεύτερη υψηλότερη κορυφή του κόσμου στο Βόρειο Πακιστάν. Στη βάση του βουνού βρέθηκε γρανίτης με αζουρίτη (King n.d.).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο γρανίτης χρησιμοποιείται κατά κόρον ως αδρανές στην οδοποιία. Ως πέτρωμα είναι συμπαγές, με μεγάλη αντοχή στα διάφορα καιρικά φαινόμενα και με μεγάλη σκληρότητα. Ωστόσο, η επεξεργασία του για τη δημιουργία οδοστρωμάτων είναι δαπανηρή.

Η έννοια οδόστρωμα αναφέρεται στο σύνολο των διαδοχικών στρώσεων πάνω από το φυσικό έδαφος (Νικολαΐδης 2011). Ο κύριος λόγος κατασκευής οδοστρώματος είναι η αδυναμία του φυσικού εδάφους να φέρει τις καταπονήσεις που οφείλονται στην κυκλοφορία των οχημάτων. Επιπλέον, καθίσταται ανίκανο να αντέξει τις κλιματολογικές διακυμάνσεις αλλά και να διατηρεί μια λεία επιφάνεια ώστε η κίνηση των διαφόρων οχημάτων να πραγματοποιείται με ευκολία. Οπότε, η δημιουργία τους συμβάλλει στο διαμοιρασμό πιέσεων που ασκούνται από τα οχήματα ώστε η καταπόνηση του εδάφους θεμελιώσης να μη ξεπερνάει τη φυσική του αντοχή (Αποστολέρης 2000).

Τα οδοστρώματα ανάλογα με την ελαστικότητα τους διαχωρίζονται σε εύκαμπτα και δύσκαμπτα. Όλες οι παραπάνω κατηγορίες θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο.

Προηγουμένως, έγινε αναφορά στον έλεγχο της καταλληλότητας των γρανιτικών πετρωμάτων ως αδρανών υλικών για το ανώτερο στρώμα του οδοστρώματος, έτσι, πραγματοποιήθηκαν τέσσερις δοκιμές (Los Angeles, Polished Stone Value, Aggregate Abrasion Value και δοκιμή υγείας) για τον προσδιορισμό των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων, ενώ για τα πετρογραφικά χαρακτηριστικά κατασκευάστηκαν λεπτές τομές οι οποίες εξετάστηκαν ως προς τα ποσοστά και το μέγεθος των ορυκτών. Οι δοκιμές Los Angeles (LA), Polished Stone Value (PSV) και Aggregate Abrasion Value (AAV) εκτελούνται για τον προσδιορισμό της σκληρότητας και ανθεκτικότητας των αδρανών ενώ η δοκιμή υγείας πραγματοποιείται για τον καθορισμό της ανθεκτικότητας στην αποσάθρωση λόγω των καιρικών αλλαγών (Νικολαΐδης 2011). Αν τα αδρανή δεν είναι υγιή τότε θρυμματίζονται, προκαλώντας καταστροφή στο οδόστρωμα.

Η δοκιμή Los Angeles αποτυπώνει το βαθμό της φθοράς των αδρανών μέσω των διαδικασιών της τριβής και της κρούσης (Νικολαΐδης 2011).

Η δοκιμή Polished Stone Value είναι ένα μέτρο της αντίστασης των αδρανών υλικών στη λείανση (ή στίλβωση) υπό συνθήκες παρόμοιες με εκείνες που συμβαίνουν στην επιφάνεια ενός δρόμου κατά EN 1097-8 (CEN 2009).

Τέλος, η δοκιμή Aggregate Abrasion Value προσδιορίζει το μέτρο της αντοχής του αδρανούς υλικού στη φθορά και στο χρόνο προσομοιωμένη με συνθήκες κυκλοφορίας κατά EN 1097-8 (CEN 2009).

2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο της εισαγωγής, τα οδοστρώματα δημιουργήθηκαν επειδή το φυσικό έδαφος δεν πληροί τις κατάλληλες προϋποθέσεις για να δεχτεί τις κλιματολογικές διακυμάνσεις αλλά και τη συνεχή κυκλοφορία των οχημάτων. Τρεις πολύ σημαντικοί παράγοντες στην κατασκευή ενός οδοστρώματος είναι η σύνθεση, το είδος και το πάχος του. Τα δύο πρώτα εξαρτώνται από τις κλιματολογικές συνθήκες, την κυκλοφορία, το κόστος αλλά και από το έδαφος θεμελίωσης. Το πάχος εξαρτάται από όλα τα παραπάνω και από τα μηχανικά χαρακτηριστικά κάθε στρώσης. Επιπλέον, χωρίστηκαν, σύμφωνα με τους Νικολαΐδης κ.ά. (1997), Αποστολέρης (2000) Νικολαΐδης (2011), και Αναστασίου (2016), ανάλογα με την ελαστικότητα τους σε: Εύκαμπτα και Δύσκαμπτα οδοστρώματα.

2.2 ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Τα εύκαμπτα οδοστρώματα αποτελούνται από δύο ομάδες στρώσεων. Τις στρώσεις από ασύνδετα ή/ και σταθεροποιημένα αδρανή, που επικάθονται πάνω στο υπέδαφος και την ομάδα των στρώσεων από ασφαλτομίγματα που επικάθεται πάνω στην προαναφερθείσα ομάδα. Σε μια τυπική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος παρουσιάζονται οι παρακάτω στρώσεις (Εικ. 1):

Ο τάπητας κυκλοφορίας αποτελεί την ανώτατη στρώση του οδοστρώματος. Η ύπαρξη του βοηθάει στην επιπεδότητα και αντιστοιχιστικότητα της επιφάνειας. Αυτή με τη σειρά της προέρχεται από τα αδρανή υλικά του ασφαλτομίγματος ή από μια ειδική αντιστοιχηρή στρώση. Βασικές προϋποθέσεις για την καταλληλότητα του τάπητα κυκλοφορίας, είναι η συμβολή του στην αντοχή του οδοστρώματος, η μείωση του θορύβου που προκαλείται από την κίνηση των οχημάτων, η στεγανοποίησή του από το νερό, η αντίσταση του στην παραμόρφωσή και στη ρωγμάτωση από την κυκλοφορία.

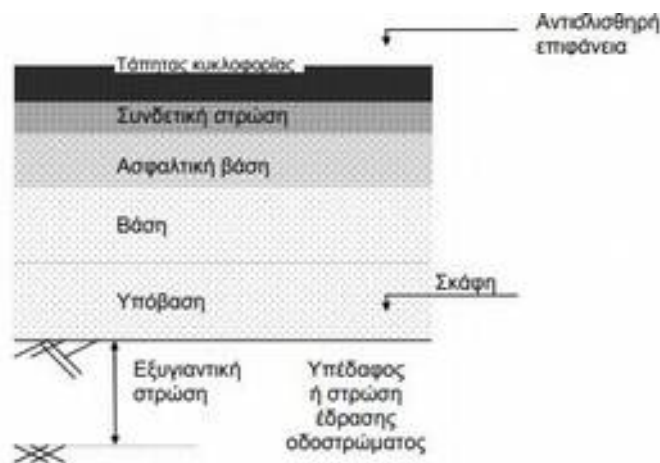
Συνδετική στρώση ονομάζεται η επιφάνεια πάνω στην οποία εγκαθίσταται ο τάπητας κυκλοφορίας. Οφείλει να παρουσιάζει ανθεκτικότητα στη ρωγμάτωση, δυσκολία στην παραμόρφωση και καλή συμπεριφορά σε κόπωση.

Η ασφαλική βάση μαζί με τη συνδετική στρώση αποτελούν την πιο σημαντική ασφαλική στρώση ενός εύκαμπτου οδοστρώματος καθώς παρέχει τη μεγαλύτερη

αντοχή στη συνολική ακαμψία του οδοστρώματος, κατανέμοντας τις φορτίσεις, ώστε να μην υπερφορτίζονται οι υποκείμενες στρώσεις. Ακόμη, με τον τρόπο της (μεγάλο πάχος και είδος ασφαλικού υλικού) συμβάλλει στη συμπεριφορά του οδοστρώματος σε παραμένουσα παραμόρφωση. Γι' αυτό πρέπει να παρουσιάζει καλή συμπεριφορά σε κόπωση, καλό δυναμικό και στατικό μέτρο δυσκαμψίας.

Η βάση και υποβάση είναι η στρώση από ασύνδετα υλικά (μερικές φορές τα υλικά αυτά είναι κατεργασμένα με τσιμέντο). Πολλές φορές, εμφανίζονται και ως δυο διαφορετικές στρώσεις. Η ύπαρξη αυτής έχει ως αποτέλεσμα την επιπλέον μείωση των κατακόρυφων φορτίων που μεταφέρονται στο υπέδαφος. Προσφέρει καλή επιφάνεια για συμπύκνωση και διάστρωση της ασφαλικής βάσης ενώ έμμεσα λειτουργεί ως αντιπαγετική στρώση.

Η εξυγιαντική στρώση χρησιμοποιείται ως προστατευτική στρώση από καταστροφές του υπεδάφους, χαρίζοντας του επίσης καλύτερη φέρουσα ικανότητα. Κατασκευάζεται μεταξύ βάσης/ υποβάσης και φυσικού εδάφους από σχετικά φθηνά αδρανή ή σταθεροποιημένα κοκκώδη ή λεπτόκοκκα συνεκτικά εδαφικά υλικά.



Εικόνα 1. Τυπική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος (EOAE 2001).

Εκτός των παραπάνω υπάρχουν άλλες δύο στρώσεις, η στραγγιστική και η αντιπαγετική. Καμία από αυτές δε συμβάλλει στην αντοχή του οδοστρώματος γι' αυτό θεωρούνται μη δομικές στρώσεις.

Η στραγγιστική στρώση προστατεύει το υπέδαφος, την εξυγιαντική στρώση και τη βάση/ υποβάση από όμβρια ύδατα διαμέσου των υπερκείμενων στρώσεων. Χρησιμοποιείται και σε περιπτώσεις όπου ο υδροφόρος ορίζοντας είναι ψηλά και το

υπέδαφος παρουσιάζει ευαισθησία στην υγρασία. Η στρώση αυτή τοποθετείται μεταξύ του υπεδάφους ή της εξυγιαντικής στρώσης και της βάσης/ υποβάσης.

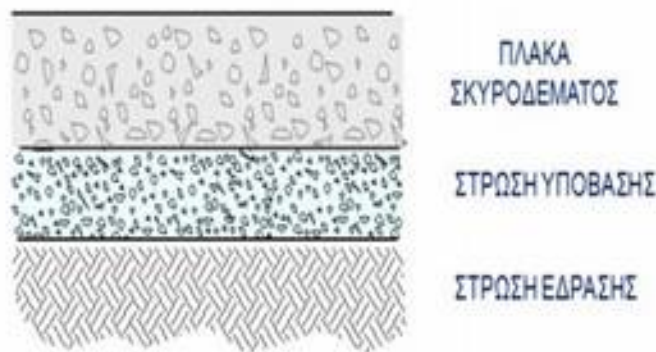
Η αντιπαγετική στρώση προστατεύει το ευαίσθητο υπέδαφος και είναι προέκταση της βάσης/ υποβάσης.

2.3 ΔΥΣΚΑΜΠΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Τα δύσκαμπτα οδοστρώματα είναι τα οδοστρώματα με μεγάλη ακαμψία και κατασκευάζονται αποκλειστικά από σκυρόδεμα (Νικολαΐδης 2011). Δεν αποτελούν το συνήθη τύπο οδοστρώματος στην Ελλάδα, με αποκλειστική χρησιμοποίησή τους σε δάπεδα στάθμευσης αεροσκαφών ή εμπορικών φορτηγών, σε περιοχές μακριά από συγκροτήματα παραγωγής ασφαλτομιγμάτων και άλλες ελάχιστες περιπτώσεις. Σε μια τυπική διατομή δύσκαμπτου οδοστρώματος απαντώνται οι παρακάτω στρώσεις (Εικ. 2).

Η πλάκα σκυροδέματος λειτουργεί ως στρώση κυκλοφορίας με αρμοδιότητα της την καλύτερη πρόσφυση των τροχών, την αποφυγή θορύβου κύλισης των οχημάτων και την απορροή των υδάτων. Επιπλέον, παραλαμβάνει τα κυκλοφοριακά φορτία μεταφέροντας τα στην υποβάση, που με τη σειρά της τα μεταβιβάζει στη στρώση έδρασης.

Η υποβάση. Εκτός της λήψης των φορτίων από την πλάκα σκυροδέματος, συμβάλλει στη στράγγιση των υδάτων αλλά και στην αποφυγή των προβλημάτων που μπορεί να εμφανιστούν στο σκυρόδεμα από διόγκωση του εδάφους.



Εικόνα 2. Τυπική διατομή δύσκαμπτου οδοστρώματος (Καφίρη 2017).



3. ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ

Για τη δημιουργία οδοστρώματος χρησιμοποιούνται αδρανή υλικά. Αυτά, προέρχονται από διαβαθμισμένα υλικά, ορυκτής ή βιομηχανικής προέλευσης. Χρησιμοποιούνται, είτε με την παρουσία συγκολλητικού μέσου (για την παρασκευή κονιαμάτων, σκυροδεμάτων, ασφαλτομιγμάτων κ.ά.) είτε αυτούσια σε πολυάριθμα τεχνικά έργα (Τσιάβου κ.ά. 2004). Γενικά, τα αδρανή παρέχουν φυσική συνοχή εξαιτίας του βάρους και του σχήματός τους, χωρίς να αντιδρούν χημικά με συγκολλητικές ύλες.

Τα αδρανή υλικά χωρίζονται κατά Τσιάβου κ.ά. (2004) με βάση:

- A. Την προέλευσή τους
- B. Το μέγεθος των κόκκων τους
- Γ. Την πηγή απόληψης
- Δ. Το ειδικό τους βάρος

Οποιοδήποτε άλλο υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αδρανές, αρκεί να πληροί τις προϋποθέσεις (φυσικές και μηχανικές) για τη στρώση που πρόκειται να δημιουργηθεί. Φυσικά, η χρήση τους ελέγχεται από την καταλληλότητά τους. Τα θραυστά υλικά, στα οποία ανήκει ο γρανίτης, εξορύσσονται στα λατομεία από διάφορα πετρώματα που παρουσιάζουν συγκεκριμένες μηχανικές και χημικές ιδιότητες (Νικολαΐδης 2011).

A. Με βάση την προέλευση τους:

Φυσικής προέλευσης ονομάζονται τα αδρανή που έχουν αποληφθεί από το φυσικό περιβάλλον και δεν έχουν τροποποιηθεί περαιτέρω εκτός από τη μηχανική επεξεργασία θραύσης, πλυσίματος και διαλογής (π.χ. θραυστά πετρώματα, αλλουβιακοί σχηματισμοί, ποτάμιας, λιμναίες ή θαλάσσιες αποθέσεις κ.ά.)

Τεχνητής ή βιομηχανικής προέλευσης ονομάζονται τα αδρανή που είναι αποτέλεσμα βιομηχανικής δραστηριότητας από χημική ή θερμική επεξεργασία πρώτων υλών ορυκτής ή άλλης προέλευσης (π.χ. σκωρίες, τέφρες, υλικά στίλβωσης κ.ά.)

Τα Ανακυκλωμένα προκύπτουν από την εκ νέου χρησιμοποίηση δομικών υλικών προηγούμενων κατασκευών, έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία (π.χ. υλικά κατεδαφίσεως σκυροδέματος, ασφαλικών έργων κ.ά.)

Β.Με βάση το μέγεθος των κόκκων τους:

Το χονδρόκοκκο αδρανές καθορίζεται ως το υλικό με μέγεθος κόκκων >2 mm.

Το λεπτόκοκκο αδρανές, χαρακτηρίζεται ως το υλικό που οι κόκκοι του διέρχονται από κόσκινο 2 mm ενώ συγκρατούνται σε κόσκινο 0,063 mm.

Η παιπάλη, είναι υλικό που οι κόκκοι του διέρχονται από κόσκινο 0,063 mm (δηλαδή, παρουσιάζονται με μορφή σκόνης).

Γ.Με βάση την πηγή απόληψης:

Τα Φυσικά ή Συλλεκτά αναφέρονται σε αδρανή που η απόληψη τους πραγματοποιείται από φυσικές αποθέσεις με εκ νέου επεξεργασία, ανάλογα με το σκοπό που χρησιμοποιούνται. Σ' αυτή την περίπτωση υπάρχουν αυξημένες απαιτήσεις λόγω της ύπαρξης μεγάλης ποσότητας αργιλικής παιπάλης.

Τα Αδρανή Λατομείων προέρχονται από την εξόρυξη και θραύση όγκων πετρώματος. Αποτελεί την πιο συνηθισμένη κατηγορία αδρανών υλικών στην Ελλάδα.

Δ.Με βάση το ειδικό τους βάρος:

Κανονικού Ειδικού Βαρους με ειδικό βάρος από ≥ 2 μέχρι <3 Mg/m³ (Megagram per cubic meter, 1 Megagram= 10⁶ gr). Είναι τα πιο συνηθισμένα για τεχνικά έργα.

Ελαφροβαρή με ειδικό βάρος <2 Mg/m³. Η κύρια χρήση τους έγκειται για ελαφροβαρή θερμονωτικά σκυροδέματα ή κονιάματα.

Βαρέα με ειδικό βάρος ≥ 3 Mg/m³. Χρησιμοποιείται για ειδικές χρήσεις (π.χ. σκυρόδεμα για προστασία από την ακτινοβολία).

Ακόμη, ανάλογα με τη χρήση τους τα αδρανή κατατάσσονται σε έξι κατηγορίες κατά Τσιάβου κ.ά. (2004):

Αδρανή κονιαμάτων: Φυσικά, τεχνητά ή ανακυκλωμένα κοκκώδη υλικά, που με την προσθήκη νερού, συνδετικών υλικών και ειδικών προσθέτων δημιουργούν το κονίαμα. Τα

πιο συνηθισμένα κλάσματα που χρησιμοποιούνται στα κονιάματα είναι τα λεπτόκοκκα αδρανή και η παιπάλη. Με βάση τη χρήση τους τα κονιάματα διακρίνονται σε: Κονιάματα δόμησης, Κονιάματα επιχρισμάτων, Κονιάματα εξίσωσης δαπέδων, Επισκευαστικά Κονιάματα, Κονιάματα συγκολλητικά και Ειδικά Κονιάματα.

Αδρανή για ογκόλιθους σε υδραυλικά και λιμενικά έργα: Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται χονδρόκοκκα αδρανή είτε φυσικά, είτε τεχνητά, είτε ανακυκλωμένα, είτε μίγμα των παραπάνω και ογκόλιθοι σε λιμενικά και άλλα παρόμοια έργα, όπως κατασκευή λιμανιών, ποταμών, θαλάσσιων διωρύγων κ.ά.. Τα αδρανή όπου η προέλευση τους είναι από ορυκτές πηγές και η μόνη επεξεργασία που έχουν υποστεί είναι η μηχανική, ονομάζονται φυσικοί ογκόλιθοι. Από την άλλη πλευρά, τα αδρανή όπου η προέλευση τους είναι ορυκτή αλλά η επεξεργασία τους είναι βιομηχανική ονομάζονται τεχνητοί ογκόλιθοι. Τέλος, τα αδρανή όπου επαναχρησιμοποιούνται και προέρχονται από την επεξεργασία ανόργανων υλικών ονομάζονται ανακυκλωμένοι ογκόλιθοι.

Αδρανή για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής: Αποτελούνται από κοκκώδη θραυστά υλικά με την απουσία συνδετικού υλικού. Η προέλευση των σκύρων εξαρτάται από την ταχύτητα των τρενών. Αν τα τρέινα αναπτύσσουν υψηλές ταχύτητες τότε χρησιμοποιούνται θραυστά ηφαιστειακά (κατ'εξάιρεση η ελαφρόπετρα), πλουτωνικά και μεταμορφωμένα αδρανή. Απαγορευτικοί παρουσιάζονται οι κανονισμοί απέναντι στα ιζηματογενούς προελεύσεως αδρανή. Οι μόνες περιπτώσεις στις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σκληρά ανθρακικά πετρώματα είναι στις γραμμές όπου τα τρέινα κινούνται με τις συνηθισμένες ταχύτητες.

Αδρανή υλικά για βάσεις και υποβάσεις σταθεροποιημένες ή όχι για χρήση σε οδοστρώματα (αναλύονται στο κεφάλαιο 2).

Αδρανή σκυροδέματος: Φυσικά ή τεχνητά υλικά όπου με την προσθήκη νερού και τσιμέντου δημιουργούν σκυρόδεμα.

Αδρανή ασφαλτομιγμάτων: Η παραγωγή ασφαλτομιγμάτων, δηλαδή, ασφατικά σκυρωτά, ασφατικές βάσεις και ασφατικά σκυροδέματα πραγματοποιείται με το συνδυασμό θραυστών υλικών, θερμής ασφάλτου, ψυχρών γαλακτωμάτων και άλλων υλικών. Σε αυτές τις περιπτώσεις, τα αδρανή υλικά που συναντώνται είναι φυσικά ή εκ λατομείου θραυστά αλλά και διάφορα άλλα που προσδίδουν ιδιότητες.

3.1 ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΗ ΣΤΡΩΣΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η κατασκευή της αντιολισθηρής στρώσης συνίσταται από το ασφαλτικό σκυρόδεμα, όπου αυτό δημιουργείται από σκληρά αδρανή υλικά και αυστηρών προδιαγραφών άσφαλτο (καθαρή ή τροποποιημένη). Το παραπάνω ασφαλτόμιγμα παράγεται και διαστρώνεται 'εν θερμώ'. Η μέθοδος αυτή, εξασφαλίζει αφενός την ενίσχυση του οδοστρώματος και αφετέρου την εκπλήρωση διάφορων χαρακτηριστικών, όπως της επιφανειακής τραχύτητας, της αντίστασης σε ολίσθηση, της ομαλότητας και της ομοιομορφίας. Σε παλαιά οδοστρώματα, πολλές φορές καθίσταται αναγκαία η προσθήκη λεπτής στρώσης, ωστόσο, είναι απαραίτητη η τεχνογνωσία της φέρουσας ικανότητας του υποκείμενου οδοστρώματος, η ομαλότητα της επιφάνειας και η επαρκής συγκόλληση της τελικής στρώσης. Σε περιπτώσεις φθορών μια πολύ επιτυχημένη μέθοδος αποτελεί το φρεζάρισμα 'εν ψυχρώ' και η μετέπειτα συγκολλητική επάλειψη με κατιονικό γαλάκτωμα (ΕΛΟΤ ΤΠ 05-03-12-01 2009).

3.1.1 Κριτήρια επιλογής τύπου στρώσης

Στους συγκεκριμένους τύπους ασφαλτομιγμάτων, τα προτεινόμενα πάχη στρώσεων είναι 4 cm για μέγεθος μέγιστου κόκκου 12,5 mm ή 3 cm για μέγεθος μέγιστου κόκκου 9,5 mm.

ΤΥΠΟΣ 1: Πυκνής σύνθεσης ασφαλτικό σκυρόδεμα με μέγεθος αδρανών 12,5 mm ή 9,5 mm. Ο τύπος αυτός, χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που εκφράζεται ενδιαφέρον, εκτός της εξασφάλισης της αντιολισθηρότητας, της ενίσχυσης και της στεγανοποίησης του οδοστρώματος. Κατ' αυτό τον τρόπο δεν εξασφαλίζεται μεγάλο βάθος επιφανειακής τραχύτητας.

ΤΥΠΟΣ 2: Ο Τύπος 2 αφορά το ασφαλτικό σκυρόδεμα ανοικτής σύνθεσης. Με τον τύπο αυτό, επιτυγχάνεται καλύτερη επιφανειακή τραχύτητα και κατ' επέκταση διατήρηση της αντίστασης σε ολίσθηση ακόμη και σε μέγιστες ταχύτητες. Βέβαια, το ποσοστό των κενών παρουσιάζεται μεγαλύτερο οπότε, η διάρκεια ζωής του τύπου 2 είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή του τύπου 1.

3.1.2 Αδρανή υλικά

Χονδρόκοκκο υλικό

Οι χαρακτηριστικές αντιολισθηρές ικανότητες της επιφάνειας του οδοστρώματος, στις ασφαλτικές στρώσεις, δίνονται από το χονδρόκοκκο κλάσμα των αδρανών. Αυτό, είναι αναγκαίο να απαρτίζεται από 100% αδρανές υλικό κατάλληλης αντοχής και σκληρότητας, με πολύ υψηλά μηχανικά χαρακτηριστικά, κατάλληλο σχήμα κόκκων και μεγάλη καθαρότητα.



Οι προϋποθέσεις για το σχήμα των κόκκων είναι οι εξής: Η προέλευση του χονδρόκοκκου κλάσματος να πηγάζει από τη θραύση πετρωμάτων με τα προκαθορισμένα μηχανικά χαρακτηριστικά και να είναι όσο το δυνατό αποδεσμευμένο από αργλικές, οργανικές ή οποιουδήποτε άλλου είδους προσμίξεις. Αν το χονδρόκοκκο κλάσμα εκπορεύεται από φυσικές αποθέσεις χειμάρρων ή ποταμών τότε οι προς θραύση κροκάλες θα συγκρατούνται από κόσκινο με άνοιγμα οπής τριπλάσιο του ονομαστικού μεγέθους των κόκκων, ενώ, το 80% των κόκκων που συγκρατούνται στο κόσκινο με άνοιγμα οπής 4 mm, πρέπει να διαθέτουν μια τουλάχιστον θραυστιγενή επιφάνεια. Το σχήμα των κόκκων χρειάζεται να προσεγγίζει όσο το δυνατό πιο πολύ τη μορφή του κύβου.

Λεπτόκοκκο υλικό

Το λεπτόκοκκο υλικό χρειάζεται να είναι αποδεσμευμένο από οποιουδήποτε είδους προσμίξεις και να συγκροτείται από θραυστιγενείς, γωνιώδεις κόκκους. Σε περίπτωση βαριάς κυκλοφορίας μπορεί τα δύο κλάσματα (χονδρόκοκκο και λεπτόκοκκο) να προέρχονται από το ίδιο υλικό.

Παιπάλη

Για τη συμπλήρωση της κοκκομετρικής διαβάθμισης του μίγματος των αδρανών μπορεί να προστεθεί παιπάλη. Η τελευταία είναι δυνατόν να προέρχεται από λιθοσύντριμμα ορυκτής ή άλλης προέλευσης (σκόνη από σκωρίες), υδράσβεστος, τσιμέντο, ιπτάμενη τέφρα, ή άλλη κατάλληλη ορυκτή ύλη, η οποία, καθ' όλη τη διάρκεια χρησιμοποίησης της θα πρέπει να είναι ξηρή ώστε να μη προκύπτουν συσσωματώματα και να έχει ελεύθερη ροή. Όπως και στα δύο προηγούμενα κλάσματα, έτσι και η παιπάλη, δεν πρέπει να περιέχει άργιλο ή οργανικές προσμίξεις, φυσικά, ούτε να παρουσιάζει πλαστικότητα εκτός και αν αφορά τσιμέντο ή υδράσβεστο. Η συνιστώμενη κοκκομετρική διαβάθμιση της παιπάλης φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 1.

Πίνακας 1. Συνιστώμενη κοκκομετρική διαβάθμιση παιτάλης (ΕΛΟΤ ΤΠ 05-03-12-01 2009).

Κόσκινο Τετραγωνικής οπής	Διερχόμενο %
600 μ (No 30)	100
300μ (No 50)	90-100
75μ (No 200)	70-100

3.1.3 Ασφαλικό συνδετικό

Ως ασφαλικό συνδετικό, χρησιμοποιείται καθαρή άσφαλτος όπου θα συμμορφώνεται με την προδιαγραφή του ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-03-10-00 (από ΕΛΟΤ ΤΠ 05-03-12-01 2009) ή για εξαιρέσεις, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12591 (από ΕΛΟΤ ΤΠ 05-03-12-01 2009). Η σύνθεση της ασφάλτου προτείνεται να είναι 60/70 ή να χρησιμοποιηθεί μίγμα ασφάλτου 80/100 και 40/50 σε αναλογία 50:50. Σε περιπτώσεις που είναι αναγκαία η επίτευξη υψηλών απαιτήσεων για έργα με μεγάλη διάρκεια ζωής, δύναται να χρησιμοποιηθεί τροποποιημένη άσφαλτος, μετά από ειδική εργαστηριακή μελέτη.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν τα αδρανή εμφανίζουν υδροφιλία, είναι απαραίτητη η προσθήκη βελτιωτικού πρόσφυσης. Το εργαστήριο θα καθορίζει τον τύπο αλλά και το ακριβές ποσοστό του αντιυδρόφιλου, με τη δοκιμή εμβάπτισης- θλίψης, κατά το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12697-12 (από ΕΛΟΤ ΤΠ 05-03-12-01 2009).

Οι παράγοντες από τους οποίους κρίνεται η καταλληλότητα ενός υλικού ως αδρανές είναι οι ακόλουθοι. Η ζήτηση στην αγορά πρέπει να είναι αυξημένη. Οι φυσικομηχανικές ιδιότητες χρειάζεται να υπακούν στα όρια των προδιαγραφών (στην παρούσα διατριβή, των Ευρωπαϊκών). Για να θεωρηθεί ένα αδρανές ικανό για χρήση, θα πρέπει η ποσότητα του να είναι μεγάλη έτσι ώστε η διάρκεια εκμετάλλευσής του για την κάλυψη των αναγκών να αρκεί για τουλάχιστον 10 χρόνια. Επιπλέον, το κόστος μεταφοράς του να βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα για την άφθονη χρησιμοποίησή του. Ακόμη, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αν υπάρχουν, είναι απαραίτητο να βρίσκονται εντός των ορίων της νομοθεσίας. Τέλος, όλες οι διαδικασίες από την εξόρυξη, την επεξεργασία μέχρι και τη μεταφορά του να επιτρέπονται από την αρμόδια κρατική αρχή και να συμμορφώνονται στην ισχύουσα νομοθεσία (Τσιραμπίδης 2003).

4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ

4.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΑΝΟΥ

Ο γρανίτης του Φανού διεισδύει τους οφιολίθους της Γευγελής (Εικ. 3), στους οποίους έχει προκαλέσει φαινόμενα μεταμόρφωσης επαφής. Οι Spray et al. (1984 από Christofides et al. 1990) αναφέρουν ηλικία 148 ± 3 Ma από γεωχρονολόγηση με K-Ar μια ηλικία πολύ κοντινή στα 150 ± 2 Ma που έδωσαν οι Borsi et al. (1966) με K-Ar και Rb-Sr. Πιο πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι ο γρανίτης είναι ηλικίας 158 ± 1 Ma με γεωχρονολόγηση Zr (Anders et al. 2005).

Τα οφιολιθικά συμπλέγματα στην Ελλάδα και Βόρεια Μακεδονία σχηματίζουν δυο ζώνες. Τη δυτική οφιολιθική ζώνη που αποτελεί μέρος των Κεντρικών Διναρίδων και Ελληνίδων και την ανατολική οφιολιθική ζώνη μέρος των εσωτερικών Διναρίδων και Ελληνίδων. Στην ανατολική ζώνη εντάσσεται το σύμπλεγμα της Γευγελής με εμφάνιση στη ζώνη Αξιού στην Ελλάδα και Β. Μακεδονία αντίστοιχα. Με βάση στρωματογραφικά και ραδιομετρικά στοιχεία (Borsi et al. 1966, Christofides et al. 1990) η πιο πιθανή ηλικία για το σύμπλεγμα της Γευγελής είναι Άνω Ιουρασική.

Συγκεκριμένα, στη Β. Ελλάδα η ζώνη Αξιού περιέχει την υποζώνη της Αλμωπίας στα δυτικά, την υποζώνη του Πάικου ενδιάμεσα και την υποζώνη της Παιονίας στα ανατολικά. Η υποζώνη Αλμωπίας αποτελείται κυρίως από τους οφιολίθους, συνοδά ιζήματα βαθιάς θάλασσας, Άνω Κρητιδικά επικλυσιογενή ιζήματα και μεταμορφωμένα προ-οφιολιθικά πετρώματα. Η υποζώνη Πάικου περιλαμβάνει υπόβαθρο μαρμάρων, σχιστολίθων αλλά και ηφαιστειακά πετρώματα (ρυολίθους, κερατοφύρες, σπηλίτες). Η υποζώνη Παιονίας παρουσιάζει λεπιοειδή τεκτονική και συγκροτείται κατά κύριο λόγο από οφιολίθους και ωκεάνια ιζήματα ηλικίας Τριαδικού- Ιουρασικού. Το σύμπλεγμα της Γευγελής εμφανίζεται στην υποζώνη της Παιονίας και δημιουργείται μια διακριτή ΒΔ-ΝΑ έκταση στην Ελλάδα και τη Β. Μακεδονία. Αυτό το Μεσοζωικό σύμπλεγμα έχει τη μορφή μιας μεγάλης οφιολιθικής επώθησης πάνω στο ανατολικό κομμάτι του Πάικου.

Πιο αναλυτικά, το σύμπλεγμα της Γευγελής εμφανίζεται στην Ελλάδα και τη Β. Μακεδονία ξεκινώντας από τη Γουμένισσα και εκτείνεται 60 km βόρεια στη Β. Μακεδονία (Christofides et al. 1990). Στην Ελλάδα, περιλαμβάνει ένα γνευσιακό- μιγματιτικό υπόβαθρο και διάσπαρτα επωθημένα τεμάχη οφιολίθων πάνω σε μια ηφαιστειοιζηματογενή αλληλουχία Ιουρασικής ηλικίας (Christofides et al. 1990). Εξαιτίας ρηγμάτων το σύμπλεγμα χωρίζεται σε δυο διακριτές πετρογραφικές ενότητες: Σε σωρρειτικά γαββρικά πετρώματα που

επικαλύπτονται από λάβες και φλέβες, αποτελώντας τη δυτική ενότητα η οποία χαρακτηρίζεται από χαμηλή περιεκτικότητα K_2O . Η ανατολική ενότητα ποικίλλει, καθώς αποτελείται από γάββρο, πλέγμα δολεριτικών φλεβών με διεισδύσεις πλαγιογρανιτών, λάβες καθώς και μαγματικό λατυποπαγές με δολερίτες σε ένα διοριτικό ή γρανιτικό μητρικό πέτρωμα (Christofides et al. 1990).

4.1.1 Γρανίτης Φανού

Ο γρανίτης του Φανού, είναι μια επιμήκης διείσδυση B-N καταλαμβάνοντας μια έκταση 65 km². Στη Β. Μακεδονία είναι γνωστή με το όνομα Gurnicet granite (Christofides et al. 1990). Είναι ένα λευκοκρατικό πέτρωμα με σιδηρομαγνησιούχα ορυκτά που δε ξεπερνούν το 2-3%. Σύμφωνα με τους Soldatos et al. (1993 και βιβλιογραφία εκεί) ενώ είναι ένα ομογενές σώμα, διαφορές στο μέγεθος των κόκκων και στην περιεκτικότητα του βιοτίτη, επιτρέπουν το διαχωρισμό του σε τρεις τύπους πετρωμάτων: τον απλιτικό γρανίτη, το γρανίτη και το μικρογρανίτη.

Ο γρανίτης είναι ο κύριος πετρογραφικός τύπος, λευκοκρατικός, κοκκινωπού- λευκού χρώματος (όταν αλλοιώνεται) και μεσόκοκκος έως χονδρόκοκκος. Πιο συγκεκριμένα, εμφανίζει μεγακρυστάλλους K-αστρίου ρόδινου χρώματος που φτάνουν μέχρι και τα 2 cm μήκος. Η εμφάνιση στο μεγαλύτερο της μέρος παρουσιάζεται αποσπασμένη. Τα κύρια ορυκτά είναι χαλαζιάς, K-άστριος (συχνά καολινιωμένος), πλαγιόκλαστο (εντοπίζεται με ελαφριά ζώνωση και αλλοιώνεται σε σερίκίτη) και βιοτίτης (αλλοιωμένος σε χλωρίτη). Ακόμη, ζirkόνια με πλεοχροϊκή άλω είναι πιθανό να βρεθούν ως εγκλείσματα σε βιοτίτες. Τέλος, απατίτης και αλλανίτης εμφανίζονται ως δευτερεύοντα ορυκτά.

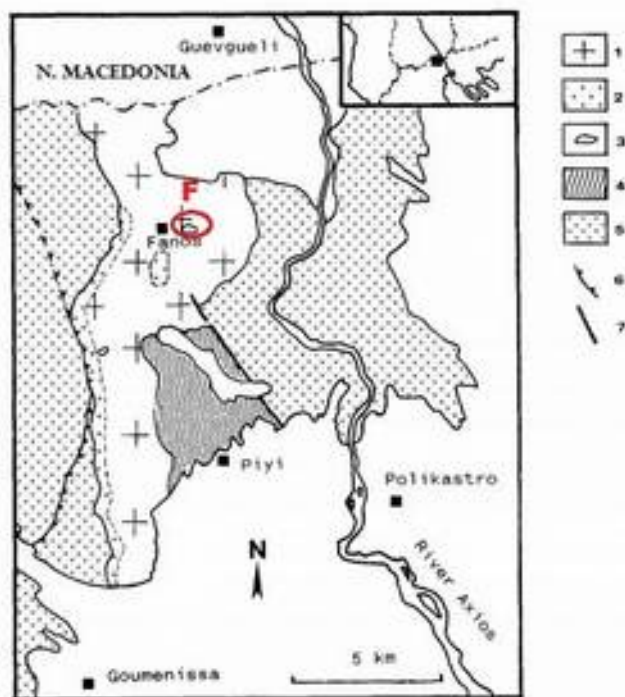
4.1.2 Απλιτικός Γρανίτης

Ο απλιτικός γρανίτης παρουσιάζεται στο εξωτερικό τμήμα της διείσδυσης. Ωστόσο, υπάρχουν μικρές εμφανίσεις στο εσωτερικό κομμάτι, στο δρόμο από την Πηγή προς το Φανό. Συνήθως είναι λεπτόκοκκος, χρώματος ρόδινου προς λευκό που δεν περιέχει σιδηρομαγνησιούχα ορυκτά. Αποτελείται από χαλαζία, K-άστριο (μικροκλινής ως επί το πλείστον, καολινιωμένος) και νατριούχο πλαγιόκλαστο (αλβίτης συχνά σερικιτιωμένος).

Ο σιδηροπυρίτης και ο μολυβδαινίτης συναντώνται σε μορφή φλεβών που ακολουθούν ρήγματα και σχετίζονται με τον απλιτικό γρανίτη στο δυτικό περιθώριο του γρανίτη του Φανού (Christofides et al. 1990).

4.1.3 Μικρογρανίτης

Ο μικρογρανίτης, συναντάται πιο σπάνια κυρίως στο βόρειο τμήμα του γρανίτη του Φανού και βόρεια από το παλιό ορυχείο μολυβδαινίτη (Christofides et al. 1990). Είναι λεπτόκοκκο έως μεσόκοκκο πέτρωμα ρόδινου χρώματος με μεγακρυστάλλους K- αστρίου. Διαφέρει από το γρανίτη καθώς είναι πιο λεπτόκοκκο και πιο σκουρόχρωμο λόγω μεγαλύτερης περιεκτικότητας σε βιοτίτη. Στο μικρογρανίτη επίσης, τα δευτερεύοντα ορυκτά είναι περισσότερα. Το πλαγιόκλαστο απαντάται πιο βασικό καθώς και ο βιοτίτης πιο μαγνησιούχος. Αλλοιώσεις, όπως σερικιτίωση και καολινίωση, υπάρχουν σε όλους τους αστρίους. Επιπροσθέτως, ο βιοτίτης εγκλείει απατίτη αλλά και ρουτίλιο. Ακόμη, ίχνη κρυστάλλων κεροστίλβης είναι διακριτά στη μάζα του.



Εικόνα 3. Γεωλογικός χάρτης τμήματος του συμπλέγματος της Γευγελής που απεικονίζει το γρανίτη του Φανού (Christofides et al. 1990). 1 Γρανίτης, 2 Απλιτικός Γρανίτης, 3 Μικρογρανίτης, 4 Μιγματίτης, 5 Οφιόλιθοι, 6 Επώθηση, 7 Ρήγμα. Με κόκκινο κύκλο σημειώνεται η περιοχή δειγματοληψίας.

Διάφορες ενδείξεις μαρτυρούν ότι η κύρια διαδικασία που ελέγχει την εξέλιξη του γρανίτη του Φανού είναι η κλασματική κρυστάλλωση ενός μητρικού μάγματος (Christofides et al. 1990) με χαλαζιακή-διοριτική σύσταση (Soldatos et al. 1993). Η άποψη αυτή υποδηλώνει μια πιθανή μετα-οφιολιθική τοποθέτηση καθώς και τη συνεισφορά του ηπειρωτικού φλοιού.

Κατά τους Michail et al. (2015, 2016) πιστεύεται πως στο Άνω Ιουρασικό, στον ωκεανό της Νεοτηθύος πραγματοποιήθηκε μια ενδοωκεάνια υποβύθιση. Ταυτόχρονα κατά μήκος της ζώνης υποβύθισης, μια μεταμορφική σόλα διαμορφώθηκε με επιπλέον σχηματισμό ενός ensimatic νησιωτικού τόξου και μιας οπισθοτόξιας λεκάνης (Οφιόλιθοι Παιονίας). Το στάδιο αυτό, σχετίζεται με το σχηματισμό μάγματος του γρανίτη του Φανού και των ηφαιστειογενήτων σχηματισμών της Καστανερής. Τελικά, στο Άνω Ιουρασικό, ο γρανίτης του Φανού τοποθετήθηκε μαζί με τους οφιόλιθους στο ανατολικό περιθώριο της Πελαγονικής. Από την επώθηση των οφιόλιθων προκαλείται στα πετρώματα της περιοχής HP- LT (υψηλής πίεσης- χαμηλής θερμοκρασίας) μεταμόρφωση στο Μέσο με Άνω Ιουρασικό (Michail et al. 2015). Ανάδρομη μεταμόρφωση HP- LT πρασινοσχιστολιθικής φάσης συνέβη στα γύρω πετρώματα κατά το Άνω Ιουρασικό- Κάτω Κρητιδικό (Katrivanos et al. 2013).

4.2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΙΘΩΝΙΑΣ

Η Περιροδοπική ζώνη (Circum Rhodope Belt) ονομάστηκε από τους Kauffmann et al. (1976) ως η πιο εσωτερική ζώνη των Ελληνίδων. Η ζώνη αυτή, παρουσιάζει έκταση 10-20 km πλάτος με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, δυτικά της Σερβομακεδονικής. Στα σύνορα με τη Β. Μακεδονία παρουσιάζει έκταση προς τα ΝΑ στη λίμνη Λαγκαδά και τον κορμό της Χαλκιδικής. Στη συνέχεια, στη χερσόνησο της Σιθωνίας, εμφανίζει μια κάμψη προς τα ΒΑ και με διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ διασχίζει την άκρη της χερσονήσου του Όρους Άθω, διευρύνεται υποθαλάσσια προς τη Σαμοθράκη αλλά και στην Αλεξανδρούπολη- Έβρο. Οι τρεις ενότητες της Περιροδοπικής από τα ανατολικά προς τα δυτικά είναι: η Ντεβέ Κοράν- Δουμπιά, η Μελισσοχωρίου- Χολομώντα και η ενότητα Άσπρης Βρύσης- Χορτιάτη (Μουντράκης 2010). Η δομή της Περιροδοπικής δημιουργείται από μια Μεσοζωική και Τεταρτογενή ρηξιγενή τεκτονική νοτιοδυτικής διεύθυνσης. Παρουσία ανάστροφων ρηγμάτων βορειοανατολικής διεύθυνσης επικρατούν στα όρια της Σερβομακεδονικής και της Περιροδοπικής. Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα την τοποθέτηση των πετρωμάτων της δεύτερης επάνω στην πρώτη (Tranos et al. 1999).

Η Σερβομακεδονική μάζα είναι επιμήκης, ~300 km μήκος και 30-60 km πλάτος, εκτείνεται από την Ανατολική Σερβία στα βόρεια και στη χερσόνησο της Χαλκιδικής, νοτιοανατολικά της Θεσσαλονίκης. Το ανατολικό μέρος έρχεται σε επαφή με τη μάζα της Ροδόπης, στην κοιλάδα του Στρυμόνα, με ρήγματα αποχωρισμού, ενώ, το δυτικό μέρος με την Περιροδοπική ζώνη. Το Ελληνικό τμήμα της Σερβομακεδονικής μάζας, ξεκινάει από τα

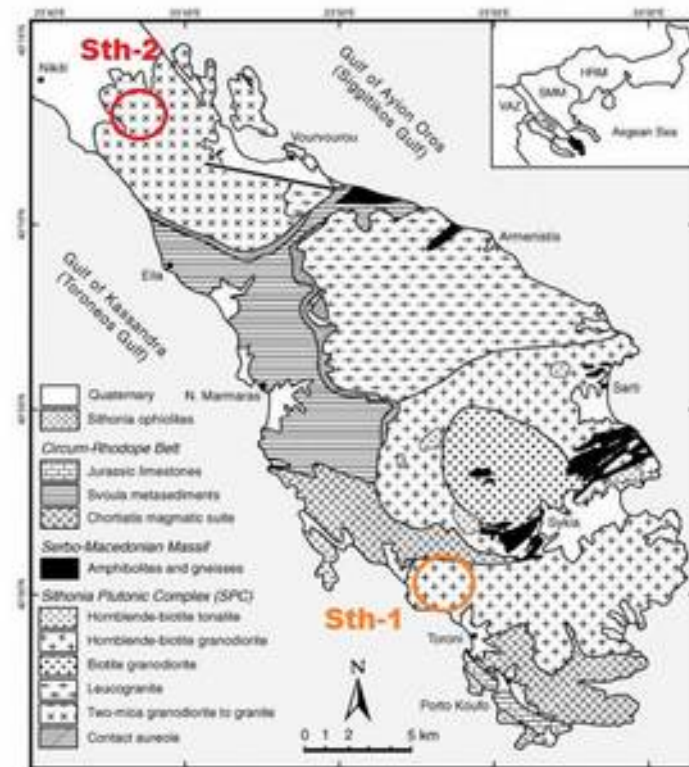
βουνά της Κερκίνης κοντά στα σύνορα με τη Β. Μακεδονία. Ως μάζα, υπέστη μεγάλα Μεσοζωικά μεταμορφικά, μαγματικά και παραμορφωτικά γεγονότα (Dixon & Dimitriadis 1984, Papadopoulos & Kiliadis 1985, De Wet 1989, Sakellariou 1989, Oladezi 1997, Christofides et al. 1999, 2000, 2007a, Himmerkus et al. 2009a) ακολουθούμενα από Ηωκαινικό και Ολιγοκαινικό μαγματισμό (Christofides et al. 1990, D'Amico et al. 1990, Perugini et al. 2003, 2004, Christofides et al. 2007b).

Η εξέλιξη της Περιοδοπικής ζώνης και της Σερβομακεδονικής μάζας καθορίζεται από το ρήγμα μικρής γωνίας κλίσης του Στρυμώνα που προκάλεσε τη ΝΔ κίνηση της Σερβομακεδονικής. Η κατάρρευση του μεταμορφικού συμπλέγματος της Ροδόπης έφερε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία αυτού του ρήγματος. (Burg et al. 1996, Dinter 1998, Πιπερά 2008).

Μια όξινη έως ενδιάμεση μαγματική δραστηριότητα χαρακτηρίζει τη Σερβομακεδονική μάζα και την Περιοδοπική ζώνη στην περιοχή της χερσονήσου Χαλκιδικής στη Β. Ελλάδα. Οι μαγματικές φάσεις που έχουν αναγνωριστεί είναι δύο. Ένας Μεσοζωικός (Κάτω Ιουρασικός-Κάτω Κρητιδικός) μαγματισμός με πλουτωνίτες (π.χ. Κερκίνη- Αρναία) και μικρά ηφαιστειακά συμπλέγματα (De Wet et al. 1989, Dimitriadis & Asvesta 1993, Christofides et al. 2000, Kostopoulos et al. 2001, Perugini et al. 2004) αλλά και ένας πιο έντονος Τριτογενής μαγματισμός ηλικίας Ηωκαίνου έως Ολιγοκαίνου (π.χ. Σιθωνία, Ουρανούπολη, Ιερισσός, Άθως, Στρατώνι).

Το Τριτογενές πλουτωνικό σύμπλεγμα της Σιθωνίας (SPC) βρίσκεται στη χερσόνησο της Σιθωνίας (Εικ. 4) που αποτελεί τη μεσαία από τις τρεις χερσονήσους της Χαλκιδικής στη Β. Ελλάδα (Christofides et al. 1990, D'Amico et al. 1990, Perugini et al. 2003). Πρόκειται για ένα γρανιτικό σώμα που εκτείνεται ΒΔ-ΝΑ με επιφάνεια 350 km². Αυτό, διείσδυσε στο υπόβαθρο της Σερβομακεδονικής μάζας και της Περιοδοπικής ζώνης (Kockel et al. 1977, Michard et al. 1998). Σύμφωνα με τους Christofides et al. (2007b και βιβλιογραφία εκεί), το νότιο τμήμα του έρχεται σε επαφή με τους οφιόλιθους της Σιθωνίας. Η διείσδυση του συμπλέγματος επηρέασε τη ΒΔ-ΝΑ παράταξη της σχιστότητας και τους άξονες πτυχών των πετρωμάτων της περιοχής, που θεωρήθηκαν αποτέλεσμα μιας μέσης Ιουρασικής τεκτονικής δραστηριότητας. Ακολούθως, η διείσδυση επηρεάστηκε από μια νεότερη τεκτονική δραστηριότητα, που έλαβε χώρα πιθανότατα κατά το Άνω Ηώκαινο- Ολιγόκαινο προκαλώντας διατμήσεις μαρτυρούμενες από τον προσανατολισμό των μαρμαρυγιών

(Sakellariou 1989). Οι έντονες διατμήσεις ανάμεσα στο σύμπλεγμα και στα γειτονικά πετρώματα υποδηλώνουν ότι η τοποθέτηση συνέβη μετά από έντονη διείδυση (De Wet et al. 1989, D'Amico et al. 1990).



Εικόνα 4. Γεωλογικός χάρτης του πλουτωνικού συμπλέγματος της Σιθωνίας (SPC) (Christofides et al. 2007b). HRM- Μάζα Ροδόπης, SMM- Σερβομακεδονική Μάζα, Amphibolites and gneisses- Αμφιβολίτες και γνεύσιοι, SPC- Πλουτωνικό σύμπλεγμα Σιθωνίας, Hornblende-biotite tonalite- Κεροστιλβικός- βιοτιτικός τοναλίτης, Hornblende- biotite granodiorite- Κεροστιλβικός- βιοτιτικός γρανοδιόριτης, Biotite granodiorite- Βιοτιτικός γρανοδιόριτης, Leucogranite- Λευκογρανίτης, Two-mica granodiorite to granite- Διμαρμαρυγιακός γρανοδιόριτης- γρανίτης, contact aureole- Εάλω επαφής, CRB- Περιοδοπική Ζώνη, Quaternary- Τεταρτογενή Ιζήματα, Sithonia ophiolites- Οφιόλιθοι Σιθωνίας, Jurassic limestones- Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι, Svoula metasediments- Μεταιζήματα Σβούλας, Chortiatia magmatic suite- Μαγματική σειρά Χορτιάτη, VAZ- Ζώνη Αξιού. Με κόκκινο και πορτοκαλί κύκλο είναι τα σημεία δειγματοληψίας για τις περιοχές 1 km βόρεια της Νικήτης και του Αζάπικου αντίστοιχα.

4.2.1 Τοναλίτης- Κεροστιλβικός- Βιοτιτικός Γρανοδιόριτης και Βιοτιτικός Γρανοδιόριτης

Το νότιο κομμάτι του συμπλέγματος αποτελείται κυρίως από κεροστιλβικό- βιοτιτικό γρανοδιόριτη στον οποίο διεισδύει ο βιοτιτικός γρανοδιόριτης. Μάζες κεροστιλβικού- βιοτιτικού τοναλίτη βρέθηκαν ως μικρές εμφανίσεις περνώντας σταδιακά στον κεροστιλβικό-

βιοτιτικό γρανοδιορίτη. Ο τοναλίτης αναφέρεται συχνά μαζί με το γρανοδιορίτη καθώς μοιράζονται πολλά πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Τα παραπάνω πετρώματα εμφανίζονται κατά κύριο λόγο ως μεσόκοκκα. Τα φεμικά συστατικά τους, αντιπροσωπεύονται από το βιοτίτη και την κεροσιλίτη με τον πρώτο να εμφανίζεται σε μεγαλύτερα ποσοστά. Από την άλλη πλευρά, ως σαλικά συστατικά εμφανίζονται ο χαλαζίας, ο Κ-άστριος και το πλαγιόκλαστο. Χαρακτηριστικοί κρύσταλλοι μαγματικού επιδότου συναντώνται σε πολλές περιπτώσεις, μαζί με αλλανίτη. Κάποια από τα δευτερεύοντα ορυκτά είναι ο τιτανίτης, ο απατίτης και το ζirkόνιο. Ο βιοτιτικός γρανοδιορίτης δεν περιέχει κεροσιλίτη αλλά, εμφανίζεται πιο λεπτόκοκκος και πιο ανοιχτόχρωμος συγκριτικά με τον τοναλίτη και τον κεροσιλιτικό-βιοτιτικό γρανοδιορίτη. Μερικοί γρανοδιοριτικοί πορφύρες βρέθηκαν να διακόπτουν τους γρανοδιορίτες και τα γειτονικά πετρώματα με τη μορφή μικρών μαζών και φλεβών. Μετά-διοριτικά και μετά-γαββρικά σώματα, βρέθηκαν μέσα στον κεροσιλιτικό-βιοτιτικό γρανοδιορίτη (Christofides et al. 2007b).

4.2.2 Βασικότερα εγκλείσματα

Βασικότερα εγκλείσματα, μικρότερα των 30 cm πλάτους, γωνιώδη ή στρογγυλεμένα, συναντώνται διάσπαρτα στα παραπάνω πετρώματα. Εντός των γρανοδιοριτών, απαντώνται μονζονιτικά και τοναλιτικά εγκλείσματα. Ο παραπάνω διαχωρισμός βασίζεται στο μέγεθος των εγκλεισμάτων και όχι στην ορυκτολογία τους καθώς μοιάζουν πολύ μεταξύ τους, με το μονζονίτη να διαμορφώνει μεγαλύτερα εγκλείσματα.

4.2.3 Διμαρμαρυγιακός Γρανοδιορίτης- Γρανίτης και Λευκογρανίτης

Το κεντρικό κομμάτι της χερσονήσου καταλαμβάνεται από το λευκογρανίτη και το βόρειο μέρος από το διμαρμαρυγιακό γρανίτη. Έρευνες δείχνουν πως ο διμαρμαρυγιακός γρανίτης διείσδυσε σε μεταϊζήματα και διακόπτεται από το λευκογρανίτη. Ο λευκογρανίτης με τη σειρά του, διείσδυσε στον κεροσιλιτικό-βιοτιτικό γρανοδιορίτη. Αυτό, διαπιστώνεται από την εμφάνιση λευκογρανιτικών φλεβών στον τελευταίο. Ο διμαρμαρυγιακός γρανίτης και ο λευκογρανίτης εμφανίζουν την ίδια ορυκτολογία έχοντας όμως διαφορετική υφή. Το μέγεθος κόκκων του πρώτου αναφέρεται από λεπτόκοκκο έως μεσόκοκκο ενώ του δεύτερου πιο χονδρόκοκκο. Τα κύρια σαλικά ορυκτά είναι ο χαλαζίας, ο μικροκλινής, το πλαγιόκλαστο και ο μοσχοβίτης. Ως κύριο φεμικό συστατικό παρουσιάζεται ο βιοτίτης. Τέλος, ως δευτερεύοντα ορυκτά παρατηρούνται ο ιλμενίτης, ο απατίτης, το ζirkόνιο και το επίδοτο (μόνο στο διμαρμαρυγιακό γρανίτη) (Pipera et al. 2013) .

4.2.4 Απλίτες και Πηγματίτες

Σε όλες τις γρανιτικές μάζες, όπως και στα γειτονικά πετρώματα, έχουν διεισδύσει πηγματιτικές και απλιτικές φλέβες, με σύσταση χαλαζία, K-αστρίου, πλαγιοκλάστου και μοσχοβίτη, σε μεγαλύτερη αφθονία στο διμαρμαρυγιακό γρανίτη και στο λευκογρανίτη απ' ότι στους άλλους τύπους πετρωμάτων. Σε μικρότερες ποσότητες περιέχεται βιοτίτης και γρανάτης. Οι απλίτες που διατρέχουν τους γρανοδιορίτες εμφανίζουν περισσότερο βιοτίτη και λιγότερο μοσχοβίτη σε αντίθεση με τους απλίτες που διεισδύουν στους γρανίτες, όπου συμβαίνει το αντίθετο.

Η μέθοδος της ισόχρονης Rb/Sr δειγμάτων πετρωμάτων έδωσε ηλικία $50,4 \pm 0,7$ Ma στο διμαρμαρυγιακό γρανίτη (De Wet et al. 1989, Christofides et al. 1990) ενώ οι χρονολογήσεις Rb/Sr σε ζεύγη πετρώματος/ βιοτίτη για τους άλλους τύπους πετρωμάτων έδωσαν ηλικία κατά μέσο όρο 46 Ma (Christofides et al. 2007b).

Τα μάγματα που συμμετέχουν στη γένεση του SPC είναι δύο παρουσιάζοντας ένα πολύπλοκο γεωδυναμικό καθεστώς. Βασικό μάγμα, λαμπροφυρικής σύστασης διείσδυσε στον κατώτερο φλοιό όπου η μερική του τήξη δημιούργησε μάγμα παρόμοιας σύστασης με αυτή του διμαρμαρυγιακού γρανίτη. Το παραπάνω, μολύνθηκε στο κάτω μέρος του προκαλώντας τη γένεση του λευκογρανιτικού μάγματος. Στο Ηώκαινο, το μάγμα σύστασης αντίστοιχης του διμαρμαρυγιακού γρανίτη μετακινήθηκε σε ανώτερα τμήματα του φλοιού όπου στερεοποιήθηκε με τη μορφή που γνωρίζουμε ότι καταλαμβάνει το βόρειο τμήμα του SPC.

Η γένεση της βασικής ομάδας επεξηγείται από το μοντέλο μίξης και κλασματικής κρυστάλλωσης (Christofides et al. 2007b). Η κρυστάλλωση του βασικού μάγματος πραγματοποιήθηκε χωρίς τη διαδικασία μίξης. Ο λόγος είναι επειδή υπάρχει διαφορά ιξώδους και θερμοκρασίας μεταξύ των μαγμάτων. Η διαδικασία αυτή έφερε ως αποτέλεσμα το σχηματισμό μονζονιτικών εγκλεισμάτων. Στη συνέχεια, το βασικό μάγμα διαφοροποιείται για να παράγει το μάγμα των τοναλιτικών εγκλεισμάτων. Έτσι, η διαφορά ιξώδους μειώθηκε μεταξύ των διαφοροποιημένων μαγμάτων με επακόλουθο την ενίσχυση του ρόλου της μίξης έναντι της κλασματικής κρυστάλλωσης. Αυτή η ενίσχυση δημιούργησε τους διαφορετικούς τύπους στη σύσταση των κεροστιλβικών- βιοτιτικών γρανοδιοριτών, των τοναλιτών και των βιοτιτικών γρανοδιοριτών που εμπεριέχουν βασικά εγκλείσματα (Πιπερά 2008).

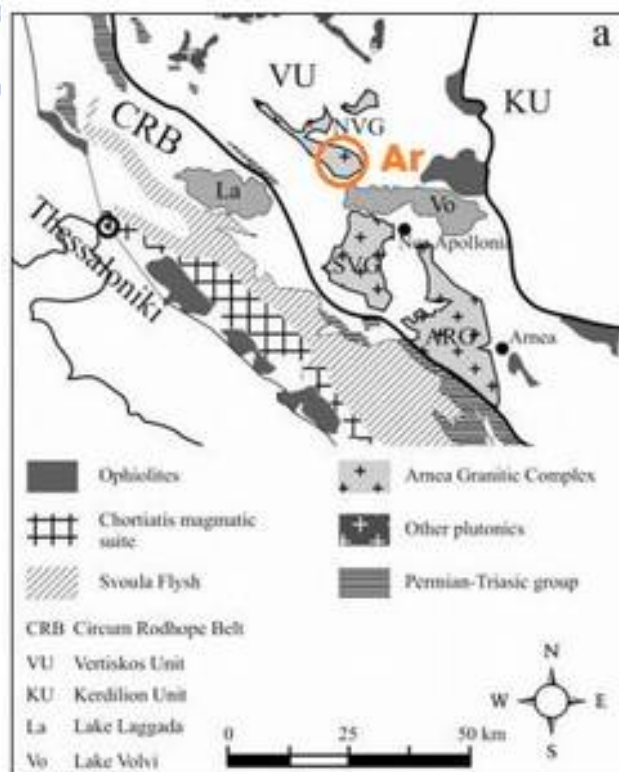
Η γένεση του SPC συνδέεται με γεγονός πριν τη σύγκρουση των πλακών και φανερώνει δημιουργία μάγματος που σχετίζεται με κατάδυση πλάκας (Christofides et al. 2007b).

Στο μεγαλύτερο μέρος της εμφάνισης του, το σύμπλεγμα παρουσιάζει επίπεδη φύλλωση που διαφέρει σε ένταση και αυξάνει στα όρια του. Υπάρχει μια μαγματική φύλλωση, στο εσωτερικό και μια σε στερεή κατάσταση στα όρια όπου η υφή του πετρώματος είναι παράλληλη με τη ΔΝΔ διεύθυνση της έκτασης (Tranos et al. 1993).

4.3 ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΡΝΑΙΑΣ

Με βάση τη λιθολογία και το βαθμό της μεταμόρφωσης η Σερβομακεδονική μάζα διαχωρίζεται σε δύο ενότητες. Την ενότητα των Κερδυλλίων και του Βερτίσκου στην ανατολική, κεντρική και βορειοδυτική χερσόνησο της Χαλκιδικής αντίστοιχα (Kockel et al. 1977, Burg et al. 1995, Kiliyas et al. 1999). Η ενότητα των Κερδυλλίων περιλαμβάνει γνευσίους, αμφιβολίτες, μάρμαρα και σ' αυτή διεισδύουν ποικίλοι Τριτογενείς γρανίτες. Η ενότητα του Βερτίσκου κυρίως αποτελείται από γνευσίους σχετιζόμενοι με αμφιβολίτες και μεταϊζήματα (Kockel et al. 1977, Himmerkus et al. 2007, 2009a). Σ' αυτά διεισδύουν μεσοζωικοί λευκοκρατικοί γρανίτες και φλέβες (De Wet et al. 1989, Christofides et al. 1999, 2000, Perugini et al. 2004, Christofides et al. 2007a, Himmerkus et al. 2009b).

Το σύμπλεγμα της Αρναίας (Εικ. 5), πήρε το όνομα του από το χωριό Αρναία, (Κεντρική Χαλκιδική) και διεισδύει στην ενότητα του Βερτίσκου κοντά στο όριο με την Περιοδοπική. Αυτό, αποτελείται από το κύριο σώμα στα νότια και μικρές γρανιτικές διεισδύσεις στο βορρά. Το κύριο σώμα εκτείνεται από τα νοτιοδυτικά της λίμνης Βόλβης, στο χωριό της Αρναίας σε μια ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση, ωστόσο οι μικρότερες διεισδύσεις γνωστές και ως γρανίτης του Ασκού, αναδύονται στα βόρεια της λίμνης Βόλβης. Μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί για την ηλικία αλλά και τη δομή του συμπλέγματος της Αρναίας. Οι ηλικίες ψύξης (De Wet et al. 1989) με μεθόδους όπως το Ar/Ar και Rb/Sr προσδιορίστηκαν σε 136 ± 1 Ma στο βιοτίτη και 155 ± 11 Ma σε ολόκληρο το πέτρωμα αντίστοιχα. Η ηλικία διείσδυσης προσδιορίστηκε με U- Pb σε ζιρκόνια και είναι 254 και 244 Ma, νότια και βόρεια της λίμνης Βόλβης αντίστοιχα, μεταξύ του ορίου Περμίου- Τριαδικού (Poli et al. 2009).



Εικόνα 5. Γεωλογικός χάρτης που παρουσιάζεται το γρανιτικό σύμπλεγμα της Αρναίας (Poli et al. 2009). ARG- Γρανίτης Αρναίας, NVG- Γρανίτης βόρεια της λίμνης Βόλβης, SVG- Γρανίτης νότια της λίμνης Βόλβης. Ophiolites- Οφιόλιθοι, Chortiatis magmatic suite- Μαγματική σειρά Χορτιάτη, Svoula Flysh- Φλύσχος Σβούλας, Arnea Granitic Complex- Γρανιτικό σύμπλεγμα Αρναίας, Other plutonics- Άλλοι πλουτωνίτες, Permian- Triassic group- Περμοτριάδικοί σχηματισμοί, CRB- Περιροδοπική ζώνη, VU- Ενότητα Βερτίσκου, KU- Ενότητα Κερδυλλίων, La- Λίμνη Λαγκαδά, Vo- Λίμνη Βόλβη. Με πορτοκαλί κύκλο αναφέρεται το σημείο δειγματοληψίας.

Μεταμορφικά και παραμορφωτικά επεισόδια επηρέασαν το σύμπλεγμα χωρίς να αλλάξουν σε μεγάλο βαθμό τη γεωχημεία του (Poli et al. 2009). Οι Poli et al. (2009 και βιβλιογραφία εκεί) μελέτησαν την πετρογραφία και τη γεωχημεία του συμπλέγματος υποδεικνύοντας ότι είναι ένας γρανίτης τύπου Α σχετιζόμενος με ένα ρηξιγενές γεγονός κατά το Τριαδικό.

Η νοτιοδυτική επαφή του συμπλέγματος είναι σαφής και παραμορφωμένη με πολύ καλά αναπτυγμένη μυλωνιτική υφή κοντά στην επαφή (De Wet 1989, Oladezi 1997). Μια ζώνη διάτμησης έχει παρατηρηθεί στην επαφή του γρανίτη με το σχηματισμό Σβούλας στα δυτικά. Πιθανότατα στη ζώνη αυτή να έχει συμβεί μια θερμική μεταμόρφωση (De Wet 1989). Στην ίδια περιοχή έχει βρεθεί από τον Oladezi (1997), μεταμόρφωση επαφής. Όλα τα πετρώματα της Αρναίας είναι συμπαγή ακόμη και αν έχουν δεχτεί παραμόρφωση και σχετική ανακρυστάλλωση. Οι βασικές λιθολογίες είναι διμαρμαρυγιακός γρανίτης και μοσχοβιτικός

γρανίτης. Κύρια ορυκτά του γρανίτη της Αρναίας αποτελούν ο χαλαζίας, ο Κ-άστριος, το πλαγιόκλαστο, ο βιοτίτης και ο μοσχοβίτης. Επιπλέον, ως δευτερεύοντα ορυκτά εμφανίζονται το επίδοτο ως επιταξιακή ανάπτυξη σε αλλανίτη, ο τιτανίτης, το ζirkόνιο και ο φθορίτης. Ο Κ-άστριος είναι μικροκλινής όπου σε κάποιες περιπτώσεις εγκλείει βιοτίτη και σε κάποια σπασίματα περιέχει χαλαζία. Το πλαγιόκλαστο παρουσιάζει διδυμία Carlsbad ενώ επίσης περιέχει χαμηλά ποσοστά σε ανορθίτη. Ο βιοτίτης συχνά εμφανίζεται αλλοιωμένος σε χλωρίτη δηλαδή, χλωριτωμένος. Ο μοσχοβίτης συναντάται σε δύο μορφές, στον πρωτογενή και στο δευτερογενή όπου στη δεύτερη περίπτωση δείχνει μια ινώδη μορφή σχετιζόμενος με το χαλαζία και τον Κ-άστριο.

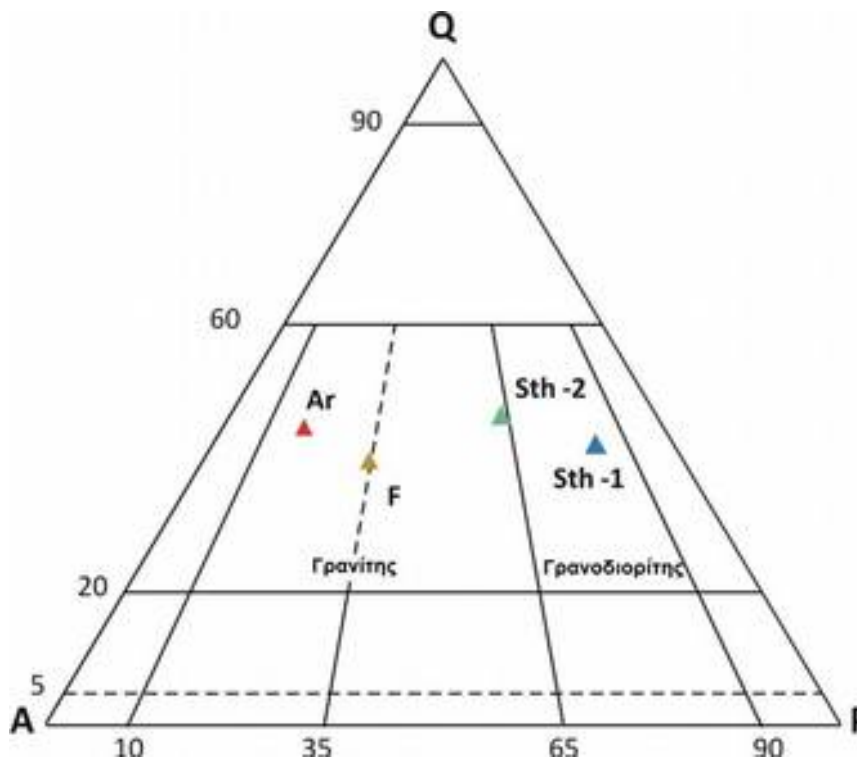
Η κλασματική κρυστάλλωση θεωρείται η κύρια διαδικασία ελέγχου των γεωχημικών αλλαγών του Α τύπου γρανιτών με πηγή του μάγματος τήγματα του φλοιού και τη γένεση του να προέρχεται από ενδοπλακικό εφελκυσμό συνδεδεμένο με ένα περιβάλλον μετασύγκρουσης.



5. ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

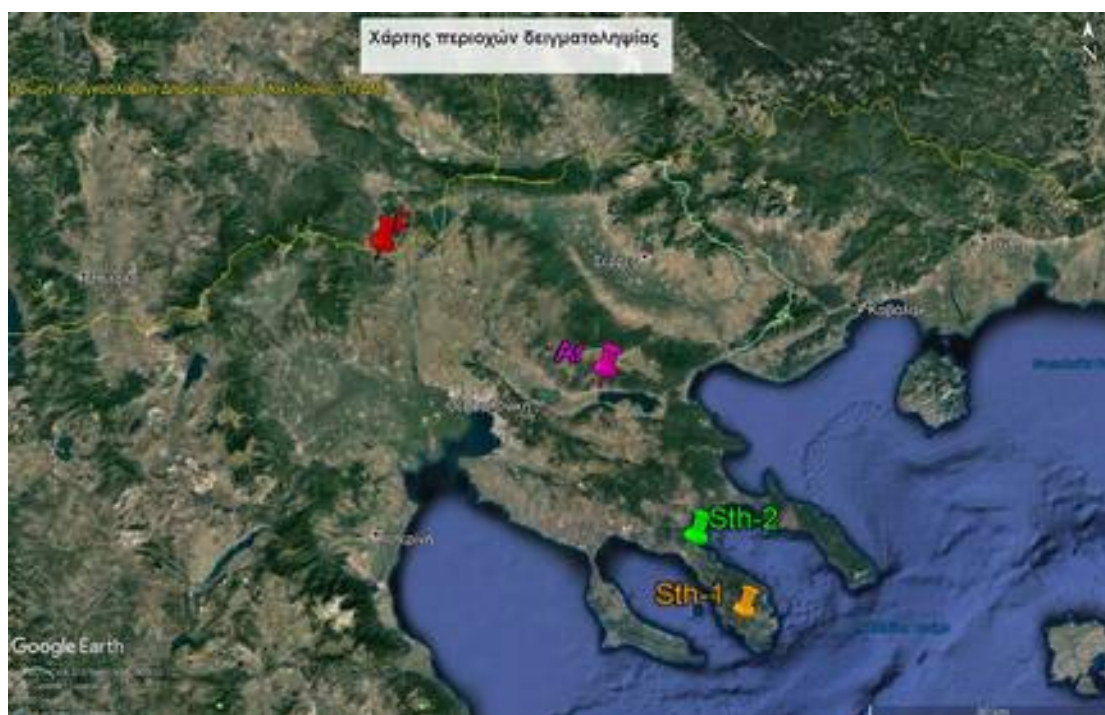
Για τις ανάγκες αυτής της εργασίας συλλέχθηκαν από τέσσερις περιοχές δείγματα βάρους ~ 60 kg. Τα τέσσερα αυτά δείγματα εξετάστηκαν τόσο για την πετρολογία τους, την ορυκτολογία τους όσο και για τα φυσικομηχανικά τους χαρακτηριστικά. Η συλλογή τους πραγματοποιήθηκε στις περιοχές του Φανού Κιλκίς, της Αρναίας (Νυμφόπετρα), και της Σιθωνίας, πιο συγκεκριμένα, Αζάπικο και 1km βόρεια της Νικήτης. Τα συγκεκριμένα δείγματα δεν είναι γνωστό αν έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν ως υλικά οδοποιίας, ενώ, όλα ανήκουν στην ομάδα των πυριγενών πετρωμάτων και προέρχονται από πλουτωνίτες. Για τη μικροσκοπική εξέταση των δειγμάτων κατασκευάστηκαν λεπτές τομές, οι οποίες εμβαδομετρήθηκαν και τα αποτελέσματα αυτών δίνονται στο σχήμα 1. Αναλυτικά, τα δείγματα Αρναία (Ar), Σιθωνία-2 (Sth-2) και Φανός (F) είναι γρανιτικής συστάσεως σε αντίθεση με το δείγμα Σιθωνία-1 (Sth-1) που είναι γρανοδιοριτικής (Πίν. 2). Παρακάτω αναλύονται με λεπτομέρεια τα δείγματα, τα χαρακτηριστικά τους αλλά και η θέση τους στους χάρτες (Πίν. 2, Εικ. 6).



Σχήμα 1. Προβολή των δειγμάτων στο τρίγωνο QAP (IUGS 1973).

Πίνακας 2. Ταξινόμηση των δειγμάτων (βάσει εμβαδομετρήσεων), περιοχές και συντεταγμένες περιοχών δειγματοληψίας.

Δείγμα	Πετρογραφικός τύπος (βάσει εμβαδομετρήσεων)	Περιοχή	Γεωγραφικό πλάτος N	Γεωγραφικό μήκος E
F	Γρανίτης	Φανός	41 04,832	022 29,214
Sth-1	Bt- Γρανодиρίτης	Αζάπικο	40 00,680	023 52,478
Sth-2	Διμαρμαρυγιακός Γρανίτης	1km βόρεια της Νικήτης	40 13,061	023 41,808
Ar	Γρανίτης	Νυμφόπετρα Αρναίας	40 42,224	023 21,401



Εικόνα 6. Χάρτης με τις περιοχές δειγματοληψίας.

5.2 ΓΡΑΝΙΤΗΣ ΑΡΝΑΙΑΣ

Σε μια απόσταση 1,5 km δυτικά του χωριού Βαγιοχώρι και βορειοδυτικά της λίμνης Βόλβης, βρίσκεται το νότιο τμήμα του γρανίτη της Αρναίας. Τα δείγματα συλλέχθηκαν από τη διάνοιξη της Εγνατίας οδού στο τμήμα της Νυμφόπετρας- Ρεντίνας (Τσούτσικα κ.ά. 2005).

5.2.1 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Ο γρανίτης της Αρναίας έχει αρκετές διακλάσεις, όπως φαίνεται και στις φωτογραφίες (Εικ. 7, 8). Η συλλογή των δειγμάτων προτιμήθηκε από σημεία μακριά από αυτές. Ακόμη, σχεδόν όλο το σώμα του διατρέχεται από χαλαζιακές φλέβες χωρίς βέβαια να επιλεχθούν οι περιοχές αυτές για μελέτη. Χαρακτηριστικό γνώρισμα του γρανίτη αυτού είναι το λευκό του χρώμα, η απουσία φεμικών ορυκτών και ότι είναι λεπτόκοκκος κατά Τσούτσικα κ.ά. (2005). Μακροσκοπικά και μικροσκοπικά μοιάζει με απλίτη λόγω του λευκού του χρώματος αλλά και του μεγέθους των κόκκων που αναπτύσσονται.



Εικόνα 7. Μακροσκοπική φωτογραφία γρανίτη Αρναίας. Διακρίνονται οι πυκνές διακλάσεις και το χαρακτηριστικό λευκό χρώμα του.



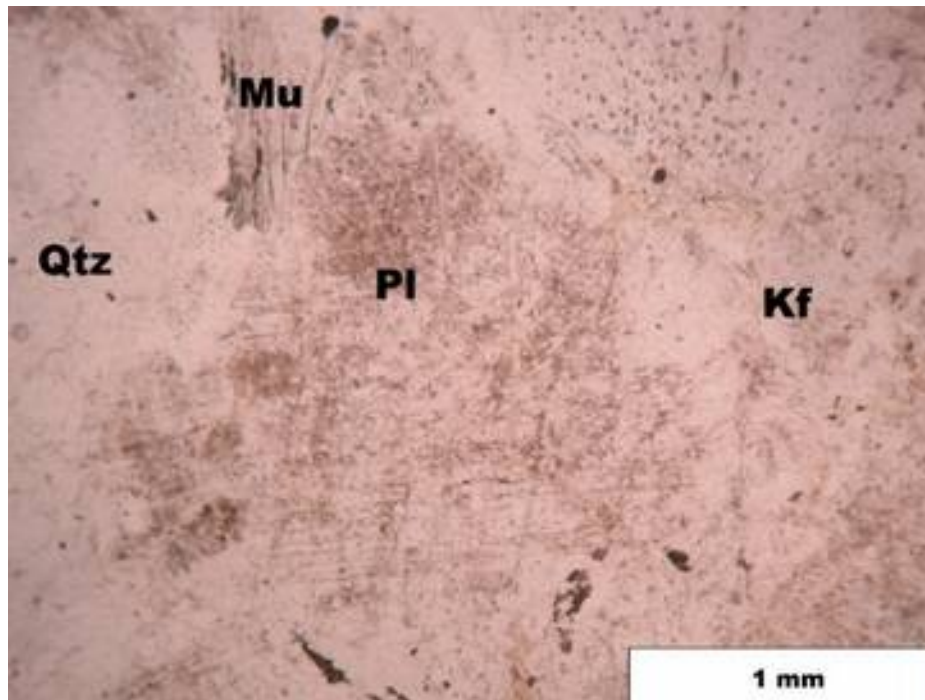
Εικόνα 8. Μακροσκοπική φωτογραφία γρανίτη Αρναίας. Τα δείγματα συλλέχθηκαν από πετρώματα χωρίς διακλάσεις και απουσία φλεβών Qtz (χαλαζία).

5.2.2 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

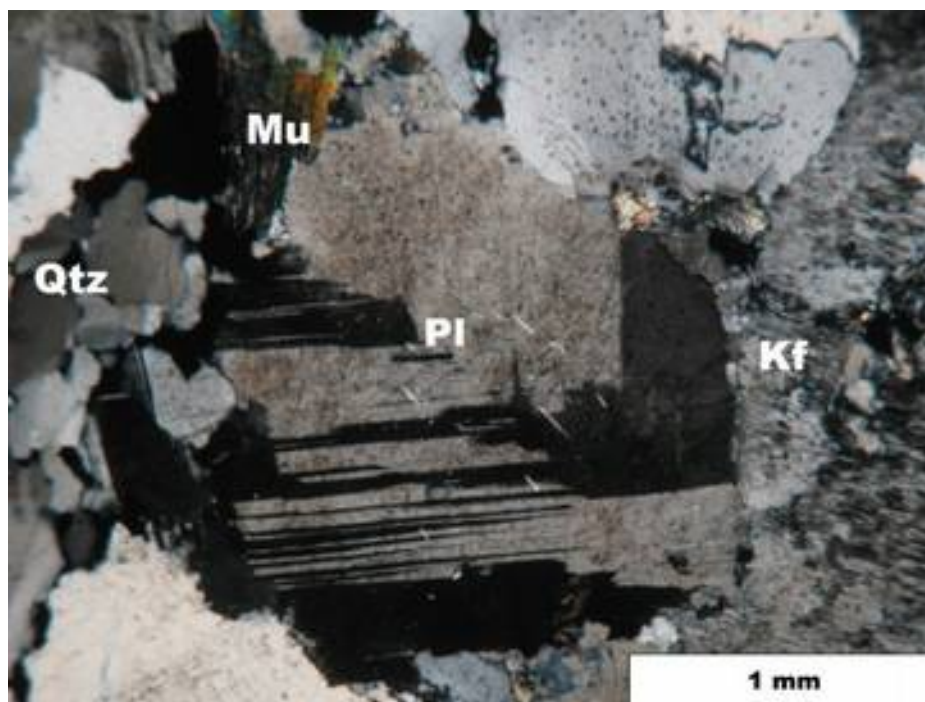
Ο τυπικός γρανιτικός ιστός δε συναντάται στο συγκεκριμένο πέτρωμα καθώς στις τομές που κατασκευάστηκαν στο εργαστήριο του Τομέα Πετρολογίας- Ορυκτολογίας- Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας το μέγεθος των κόκκων είναι αρκετά μεγαλύτερο, άρα χαρακτηρίζεται χονδρόκοκκο, από αυτό που αναφέρουν οι Τσούτσικα κ.ά. (2005). Στον πίνακα 3 παρατίθενται οι μέσοι όροι των ποσοστών ορυκτών από την εμβαδομέτρηση και το μέγεθος κόκκων των τομών Ar. Τα κύρια ορυκτά είναι ο χαλαζίας, ο καλιούχος άστριος και το πλαγιόκλαστο. Ενώ, τα δευτερεύοντα ορυκτά είναι ο μοσχοβίτης και ο αποχρωματισμένος βιοτίτης.

Ο χαλαζίας εμφανίζεται αλλοτριόμορφος με πολύ μικρούς έως μεγάλους κρυστάλλους και κυματοειδή κατάσβεση. Ο K- άστριος είναι σύστασης ορθοκλάστου, ελαφρώς καολινιωμένος με εμφάνιση περθιτών και παρουσιάζει διδυμίες κατά Carlsbad και Baveno. Το πλαγιόκλαστο είναι ελαφρώς σερικιτιωμένο ενώ, οι διδυμίες που παρουσιάζει είναι η αλβιτική, η περικλινική και η Carlsbad (Εικ. 9, 10). Τα φυλλόμορφα ορυκτά στις τομές που μελετήθηκαν είναι δύο, ο βιοτίτης και ο μοσχοβίτης. Ο μοσχοβίτης αναπτύσσει φύλλα, σε ορισμένα σημεία των τομών, πολύ μεγάλα. Τέλος, υπάρχει αποχρωματισμένος βιοτίτης σε

πολύ μικρά φύλλα, συσσωρευμένος σε συγκεκριμένα σημεία μέσα στις τομές και η παρατήρηση του κατέστη δύσκολη λόγω του μικρού μεγέθους του.



Εικόνα 9. Γρανίτης Αρναίας. Qtz= χαλαζίας, Pl= πλαγιόκλαστο, Kf= K-άστριος, Mu= μοσχοβίτης. Nicols //.



Εικόνα 10. Γρανίτης Αρναίας. Συναντάται Qtz= χαλαζίας, Pl= πλαγιόκλαστο, Kf= K-άστριος και Mu= μοσχοβίτης. Nicols X.

Πίνακας 3. Ποσοστά και μέγεθος των ορυκτών του γρανίτη της Αρναίας.

Ορυκτό	Ποσοστό %	Μέγεθος (mm)
Χαλαζίας	48,1	< 0,1-6
Κ-άστριος	40,3	0,1-9
Πλαγιόκλαστο	9,8	0,5-5
Μοσχοβίτης	0,8	0,3-1
Υπόλοιπα	1,1	

5.3 ΓΡΑΝΙΤΗΣ ΦΑΝΟΥ

5.3.1 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Ο γρανίτης του Φανού πήρε το όνομά του από το χωριό Φανός του Κιλκίς στη Β. Ελλάδα που βρίσκεται κοντά στα σύνορα με τη Β. Μακεδονία. Τα δείγματα συλλέχθηκαν από τον επαρχιακό δρόμο που οδηγεί στο ομώνυμο χωριό. Ως όγκος διατρέχεται από ένα πυκνό σύστημα διακλάσεων με το μεγαλύτερο μέρος του να παρουσιάζει αλλοιώσεις (Εικ. 11). Φυσικά, αποφεύχθηκαν να χρησιμοποιηθούν ως σημεία δειγματοληψίας αποσθρωμένα δείγματα ή δείγματα με διακλάσεις ενώ, το σύνολο αυτών αποτελείται από επιφανειακές εμφανίσεις. Επιπλέον, ο γρανίτης αυτός είναι λευκοκρατικός, παρουσιάζει ένα έντονο ανοιχτό κόκκινο χρώμα καθώς, και μεγάλους ρόδινους κρυστάλλους Κ-αστρίου που σε σημεία του φτάνουν τα 2 cm (Εικ. 12). Ο ιστός του είναι πορφυροειδής και σε αρκετά δείγματα βρέθηκε σιδηροπυρίτης που σχετίζεται με ένα κοντινό κοίτασμα μολυβδαινίτη (Ζαχαριάδου 2005).



Εικόνα 11. Μακροσκοπική εικόνα γρανίτη του Φανού.

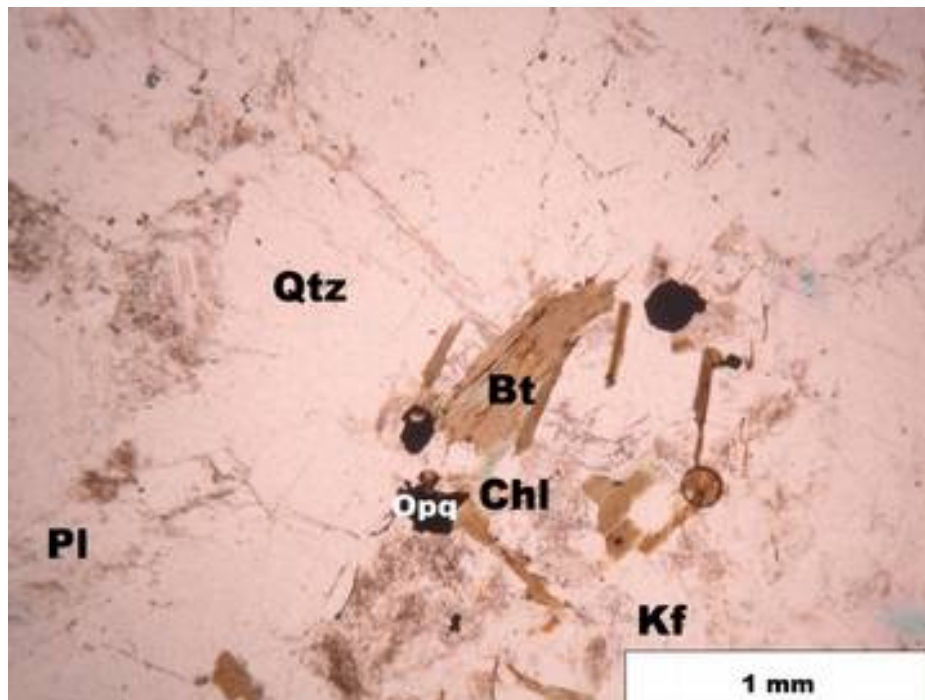


Εικόνα 12. Μακροσκοπική εικόνα γρανίτη Φανού. Κατά τη δειγματοληψία συλλέχθηκαν αναλλοίωτα πετρώματα όπως το παραπάνω. Φαίνονται οι μεγάλοι ρόδινοι κρύσταλλοι Κ-αστρίου που φτάνουν και τα 2 cm μήκος.

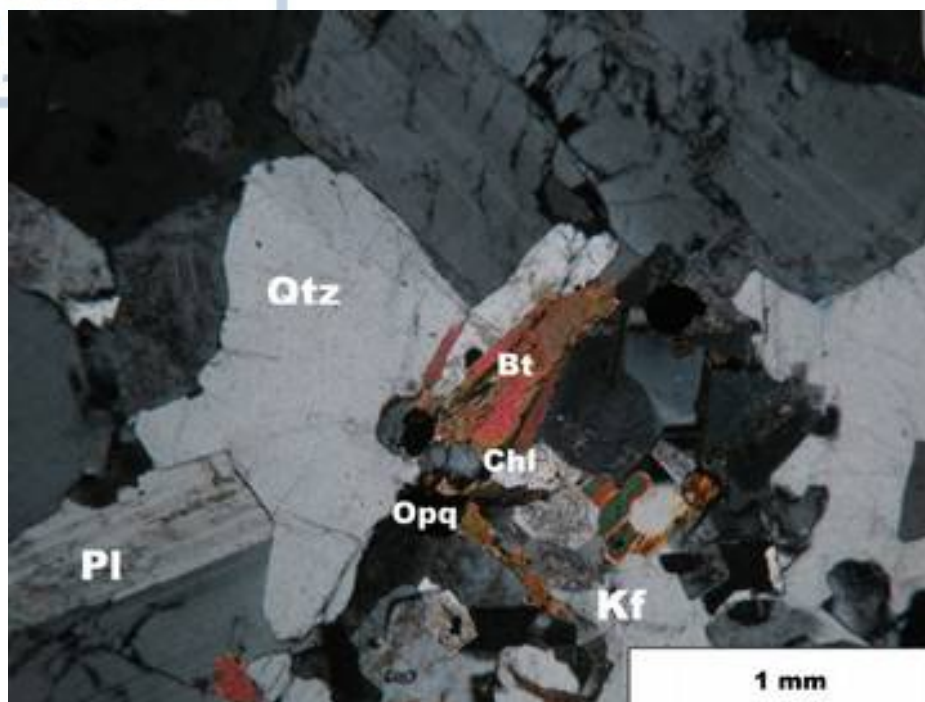
5.3.2 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

Το πιο χαρακτηριστικό γνώρισμα του γρανίτη αυτού είναι οι μεγακρύσταλλοι του Κ-αστρίου, σύστασης ορθοκλάστου με έντονη καολινίωση, περθίτες και διδυμία Carlsbad. Ο χαλαζίας εμφανίζει κανονικό μέγεθος, παρ' όλα αυτά παρουσιάζεται αλλοτριόμορφος με κυματοειδή κατάσβεση. Το πλαγιόκλαστο είναι έντονα σερικιτιωμένο με ζώνωση και διδυμίες Carlsbad, αλβιτική και περικλινική.

Ακόμη από φεμικά ορυκτά, υπάρχει αρκετός βιοτίτης που σε ορισμένα σημεία του εμφανίζεται χλωριτωμένος (Εικ. 13, 14). Όσον αφορά τα αδιαφανή ορυκτά που υπάρχουν στην τομή, αυτά είναι ο σιδηροπυρίτης καθώς αναγνωρίστηκε μακροσκοπικά. Στον πίνακα 4 αναφέρονται οι μέσοι όροι των ποσοστών ορυκτών από την εμβαδομέτρηση και το μέγεθος των ορυκτών των τομών F.



Εικόνα 13. Γρανίτης Φανού. Qtz= χαλαζίας, Kf= Κ-άστριος, Pl= πλαγιόκλαστο, Bt= βιοτίτης, Chl= χλωρίτης και Orp= αδιαφανές, Nicols //.



Εικόνα 14. Γρανίτης Φανού. Απαντάται Qtz= χαλαζίας, Kf= Κ-άστριος, Pl= πλαγιόκλαστο, Bt= βιοτίτης, Chl= χλωρίτης και Orq= αδιαφανές. Nicols X.

Πίνακας 4. Ποσοστά και μέγεθος των ορυκτών του γρανίτη του Φανού.

Ορυκτό	Ποσοστό %	Μέγεθος (mm)
Χαλαζίας	38,76	0,5-8
Κ-άστριος	38,68	<0,1-10
Πλαγιόκλαστο	20,31	0,1-8
Βιοτίτης	1,75	0,1-3
Χλωρίτης	0,125	
Αδιαφανή	0,375	

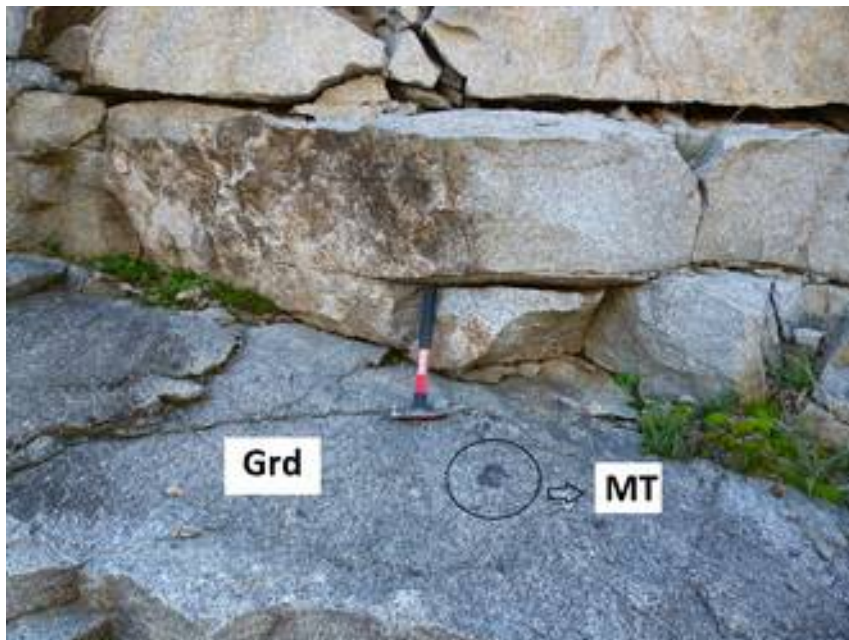
5.4 Bt ΓΡΑΝΟΔΙΟΡΙΤΗΣ ΣΙΘΩΝΙΑΣ

5.4.1 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Στον επαρχιακό δρόμο της Σιθωνίας προς Τορώνη, στην περιοχή Αζάπικο, πάρθηκαν τα επιφανειακά δείγματα του Bt γρανοδιוריτή. Πρόκειται για ένα λευκοκρατικό πέτρωμα με το χρώμα του να είναι πιο σκούρο από αυτό των προηγούμενων δειγμάτων (Εικ. 15) ενώ και σε αυτή την εμφάνιση εντοπίζονται διακλάσεις. Η ύπαρξη του σκούρου χρώματος οφείλεται στην παρουσία σιδηρομαγνησιούχων ορυκτών που αναγνωρίστηκαν μακροσκοπικά. Επιπλέον, μέσα στη γρανοδιוריτική μάζα εντοπίζονται ακόμη πιο σκουρόχρωμα σημεία, τα οποία είναι εγκλείσματα μονζονίτη και τοναλίτη (Christofides et al. 2007b) (Εικ. 16).



Εικόνα 15. Βιοτιτικός γρανοδιορίτης. Διακρίνονται διακλάσεις και πιο σκούρο χρώμα συγκριτικά με τους γρανίτες Αρναίας και Φανού.



Εικόνα 16. Βιοτιτικός γρανοδιορίτης. Σημεία από τα οποία πάρθηκαν τα δείγματα. Εδώ φαίνεται ακόμη πιο ξεκάθαρα το σκούρο χρώμα που εμφανίζει ως πέτρωμα αλλά και το έγκλεισμα μονζονίτη και τοναλίτη (MT).

5.4.2 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

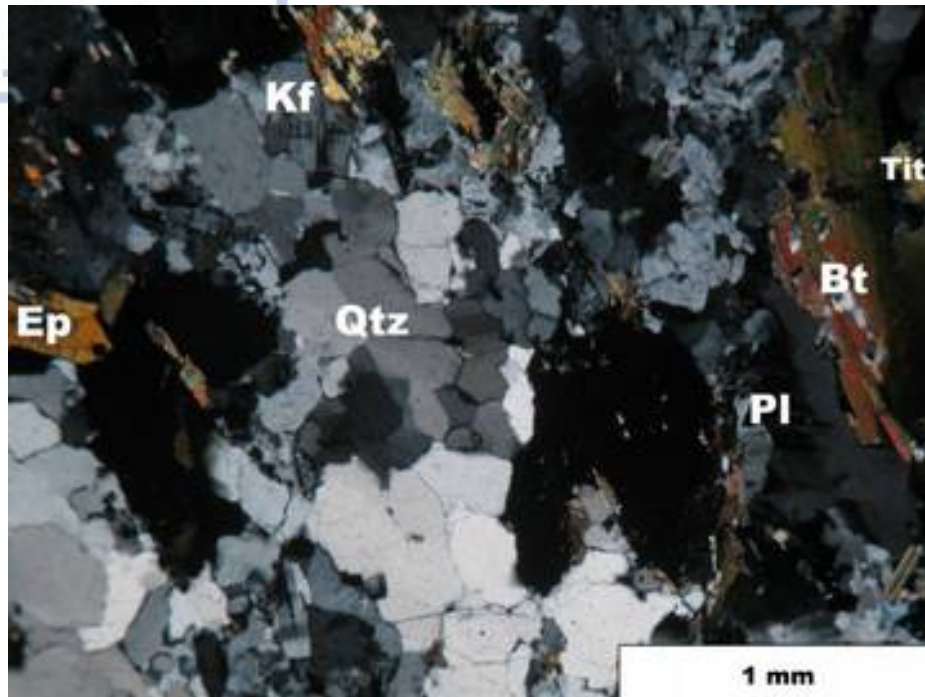
Το πέτρωμα είναι ισοκοκκώδες, εμφανίζει, δηλαδή, τον τυπικό γρανιτικό ιστό. Η πλήρης ονομασία του πετρογραφικού τύπου, όπως υποδεικνύεται από τις εμβαδομετρήσεις (Σχ. 1)

είναι Bt γρανοδιορίτης γιατί στις τομές που φτιάχτηκαν και μελετήθηκαν βρέθηκε βιοτίτης σε μεγάλες ποσότητες, ενώ η κεροσίλβη δε ξεπερνά το 1%. Τα κύρια ορυκτά που εμφανίζονται είναι χαλαζίας, K-άστριος, πλαγιόκλαστο, βιοτίτης ενώ, ως εποψιδώδη, εμφανίζονται τιτανίτης, επίδοτο και κεροσίλβη.

Ο χαλαζίας, παρουσιάζεται σε μικρούς αλλοτριόμορφους κρυστάλλους με κυματοειδή κατάσβεση. Ο K-άστριος παρουσιάζεται με σύσταση μικροκλινή, εμφανίζοντας τη μικροκλινική διδυμία και σε ορισμένους κρυστάλλους απαντώνται περθίτες. Το πλαγιόκλαστο σε μερικά σημεία συναντάται ελαφρώς σερικιτιωμένο με ζώνωση ενώ οι διδυμίες που υφίστανται είναι η Carlsbad, η αλβιτική και η περικλινική, όλες δηλαδή οι πιθανές διδυμίες που μπορεί να βρεθούν σε αυτό. Ακόμη, βρίσκονται σε αρκετές ποσότητες φυλλάρια βιοτίτη, κεροσίλβη σε ελάχιστα ποσοστά, καλά κρυσταλλωμένοι τιτανίτες και επίδοτο με τα γνωστά μικροσκοπικά χαρακτηριστικά τους (Εικ. 17, 18). Στον πίνακα 5 αναφέρονται οι μέσοι όροι των ποσοστών ορυκτών από την εμβαδομέτρηση και το μέγεθος των ορυκτών των τομών Sth-1.



Εικόνα 17. Βιοτιτικός γρανοδιορίτης. Qtz= χαλαζίας, Kf= K-άστριος, Pl= πλαγιόκλαστο, Bt= βιοτίτης, Ep= επίδοτο, Tit= τιτανίτης. Nicols //.



Εικόνα 18. Βιοτιτικός γρανοδιορίτης. Διακρίνονται Qtz= χαλαζίας, Kf= Κ-άστριος, Pl= πλαγιόκλαστο, Bt= βιοτίτης, Ep= επίδοτο, Tit= τιτανίτης. Nicols X.

Πίνακας 5. Ποσοστά και μέγεθος των ορυκτών του Bt-γρανοδιορίτη.

Ορυκτό	Ποσοστό %	Μέγεθος (mm)
Χαλαζίας	36,1	<0,1-3
Κ-άστριος	8,1	0,5-1
Πλαγιόκλαστο	41,1	0,5-5
Βιοτίτης	11	0,5-2,5
Επίδοτο	3,3	0,1-1,5
Τιτανίτης	0,4	
Κεροσίλβη	0,4	

5.5 ΔΙΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑΚΟΣ ΓΡΑΝΙΤΗΣ

5.5.1 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Το βόρειο τμήμα του plutonικού συμπλέγματος της Σιθωνίας, καταλαμβάνεται από την εμφάνιση του διμαρμαρυγιακού γρανίτη. Στο μεγαλύτερο μέρος της έκτασής του, επιφανειακά, παρουσιάζει αλλοιώσεις καθώς επίσης, διατρέχεται από πηγματιτικές φλέβες ενώ, σε ορισμένα σημεία, εμφανίζεται σχιστοποιημένος. Είναι ένας λευκοκρατικός γρανίτης με παρουσία των μαρμαρυγιών βιοτίτη και μοσχοβίτη. Ο βιοτίτης περιέχεται σε μεγάλες ποσότητες συγκριτικά με το μοσχοβίτη που στη συνολική εμφάνιση του πετρώματος

παρουσιάζεται με ένα ποσοστό της τάξης του 2%. Τα δείγματα για την παρούσα εργασία συλλέχθηκαν από αναλλοίωτους γρανίτες χωρίς φαινόμενα σχιστοποίησης (Εικ. 19). Πιο συγκεκριμένα, η συγκομιδή τους έγινε 1 km βόρεια της Νικήτης, στο δρόμο προς Βουρβουρού. Σε μεγάλο βαθμό μοιάζουν με το γρανοδιορίτη (Sth-1) μόνο που σε αυτή την περίπτωση υπάρχει ο μοσχοβίτης, που γυαλίζει, αντί της κεροστίλβης (Εικ. 20).



Εικόνα 19. Περιοχή δειγματοληψίας του διμαρμαρυγιακού γρανίτη.

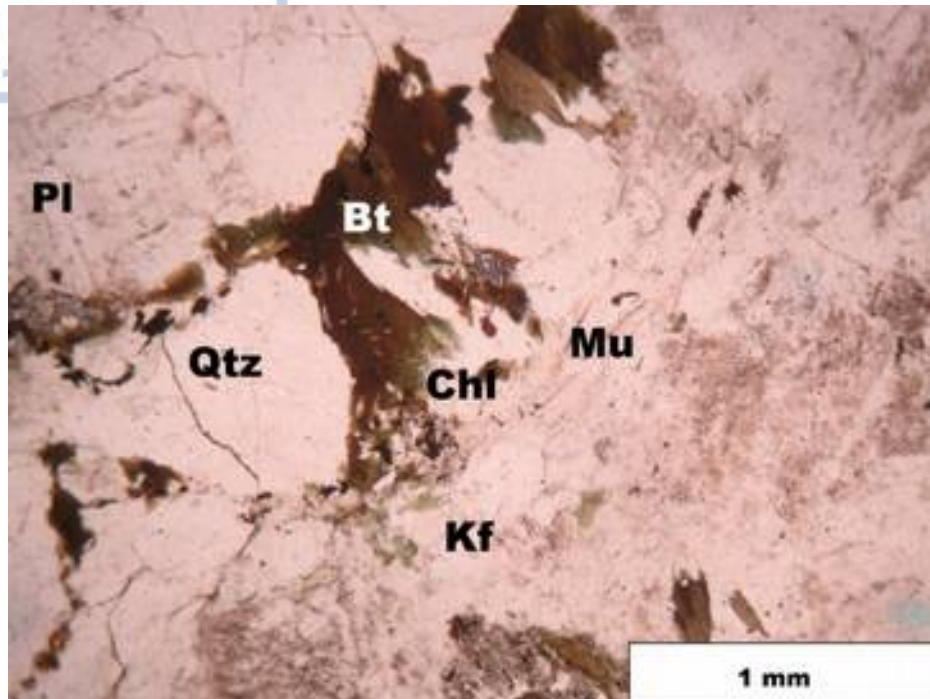


Εικόνα 20. Διμαρμαρυγικός γρανίτης. Σχετικά αναλλοίωτος και μη σχιστοποιημένος.

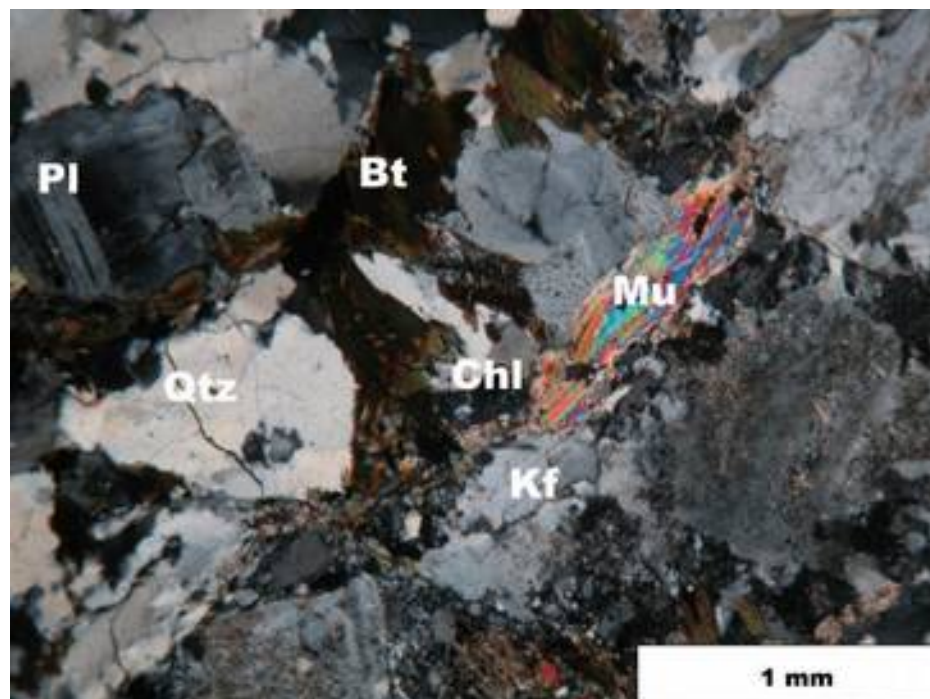
5.5.2 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

Μικροσκοπικά, ο γρανίτης παρουσιάζει τυπικό γρανιτικό ιστό με σχεδόν ισομεγέθεις μεσόκοκκους κρυστάλλους και κύρια ορυκτά το χαλαζία, τον Κ-άστριο, το πλαγιόκλαστο και το βιοτίτη. Δευτερεύοντα ορυκτά είναι ο μοσχοβίτης, το επίδοτο και τα αδιαφανή.

Ο χαλαζίας όπως και στα προηγούμενα δείγματα εμφανίζεται αλλοτριόμορφος με κυματοειδή κατάσβεση. Ο Κ-άστριος, στα δείγματα Sth-2 είναι σύστασης ορθοκλάστου με περθίτες, διδυμία Carlsbad και καολινιωμένος στους περισσότερους κρυστάλλους. Τα πλαγιόκλαστα είναι έντονα σερικιτιωμένα με ζώνωση και εμφανίζουν όλες τις πιθανές διδυμίες (Carlsbad, αλβιτική και περικλινική). Επιπλέον, υπάρχουν φύλλα βιοτίτη, σε μεγάλες ποσότητες όπως προαναφέρθηκε, μοσχοβίτη, σε λιγότερες, ιπιδιόμορφοι κρύσταλλοι επιδότου με χαρακτηριστικό 'υποκίτρινο' χρώμα και αδιαφανή ορυκτά κυρίως ιλμενίτη (Εικ. 21, 22). Στον πίνακα 6 αναφέρονται οι μέσοι όροι των ποσοστών ορυκτών από την εμβαδομέτρηση και το μέγεθος των ορυκτών των τομών Sth-2.



Εικόνα 21. Διμαρμαρυγιακός γρανίτης. Qtz= χαλαζίας, Kf= Κ-άστριος, Pl= πλαγιόκλαστο, Bt= βιοτίτης, Chl= χλωρίτης, Mu= μοσχοβίτης. Nicols //.



Εικόνα 22. Διμαρμαρυγιακός γρανίτης. Παρατηρείται Qtz= χαλαζίας, Kf= Κ-άστριος, Pl= πλαγιόκλαστο, Bt= βιοτίτης, Chl= χλωρίτης, Mu= μοσχοβίτης. Nicols X.

Πίνακας 6. Ποσοστά και μέγεθος των ορυκτών του διμαρμαρυγιακού γρανίτη.

Ορυκτό	Ποσοστό %	Μέγεθος (mm)
Χαλαζίας	40,4	<0,1-2
Κ-άστριος	15,1	0,5-1
Πλαγιόκλαστο	31,1	0,5-3
Βιοτίτης	9,1	<0,1-1
Μοσχοβίτης	3,7	<0,1-1
Επίδοτο	0,5	
Αδιαφανή	0,1	

Οι τρεις γρανίτες και ο ένας γρανοδιορίτης αποτελούνται από παρόμοια σε περιεκτικότητα ποσοστά χαλαζία, εκτός του δείγματος Αγ όπου παρατηρήθηκε μεγαλύτερη. Η ποσότητα του χαλαζία παίζει πολύ μεγάλο ρόλο καθώς ως ορυκτό παραμένει αναλλοίωτο. Επιπλέον, το δείγμα Αγ περιέχει περισσότερους Κ-αστρίους συγκριτικά με τα υπόλοιπα, ενώ το Sth-1 περισσότερο πλαγιόκλαστο. Ταυτόχρονα, περισσότερο ποσοστό φυλλόμορφων ορυκτών συναντάται στο δείγμα Sth-2 με αμέσως επόμενο να ακολουθεί το δείγμα Sth-1. Επίσης, έχει βρεθεί μεγαλύτερη ποικιλία ορυκτών στα δείγματα Sth-1 και Sth-2. Τέλος, όσον αφορά την κοκκομετρία, τα δείγματα Αγ και F παρουσιάζονται πιο χονδρόκοκκα απ' ό,τι τα Sth-1 και Sth-2. Συμπερασματικά, οι προαναφερθείσες πληροφορίες καθίστανται πολύ σημαντικές για την εξαγωγή αποτελεσμάτων των δοκιμών και κατ'επέκταση τον έλεγχο της καταλληλότητας των αδρανών αναφορικά με τη χρήση τους ως αδρανή οδοποιίας.

6. ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΔΡΑΝΩΝ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη εργασία είναι:

- Η δοκιμή αντίστασης σε θρυμματισμό κατά Los Angeles (LA).
- Η δοκιμή θεϊκού μαγνησίου (δοκιμή υγείας).
- Η δοκιμή αντίστασης σε λείανση (Polished Stone Value- PSV).
- Η δοκιμή αντίστασης σε επιφανειακή απότριψη (Aggregate Abrasion Value-AAV).

Οι δοκιμές Los Angeles- υγείας πραγματοποιήθηκαν στην Κεντρική Ένωση Δήμων Ελλάδος (Κ.Ε.Δ.Ε.) με φυσική παρουσία στην εκτέλεση τους, ενώ οι δοκιμές αντίστασης σε λείανση (PSV) και σε επιφανειακή απότριψη (AAV) στη GeoTerra Lab.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο της εισαγωγής (Κεφ. 1) τέσσερα συνολικά δείγματα αδρανών από διάφορες περιοχές της Βορείου Ελλάδος εξετάστηκαν σε τέσσερις δοκιμές που είναι αναγκαίες για να προσδιοριστεί η καταλληλότητα τους ως αντιολισθηρά. Σύμφωνα με την ΠΕΤΕΠ 05-03-12-01 (2006), οι αποδεκτές τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων που χρειάζεται να παρουσιάζει το χονδρόκοκκο αδρανές είναι οι εξής:

- Η αντοχή σε απότριψη AAV (Aggregate Abrasion Value) κατά το πρότυπο EN 1097-8 (CEN 2009), πρέπει να είναι μικρότερη και ίση του 10. ($AAV \leq 10$).
- Η αντοχή σε λείανση PSV (Polished Stone Value) κατά το πρότυπο EN 1097-8 (CEN 2009), οφείλει να ξεπερνάει το 50. ($PSV > 50$).
- Η αντοχή σε θρυμματισμό κατά Los Angeles (LA), σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097-2 (CEN 2010), δεν πρέπει να ξεπερνάει το 24% ($LA \leq 24$).
- Η ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση (υγεία), σύμφωνα με το πρότυπο EN 1367-2 (CEN 2009), δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 9%. ($MSS < 9$).

Τα αποτελέσματα που θα αναφερθούν στις παρακάτω παραγράφους χρειάζεται να συμμορφώνονται με τα παραπάνω όρια.

Επιπροσθέτως, στο κεφάλαιο 'Κατηγορίες Οδοστρωμάτων' (Κεφ. 2) αναφέρθηκαν όλες οι στρώσεις ενός οδοστρώματος με μια απλή αναφορά στην υποβάση και βάση. Σε αυτά τα

στρώματα εφαρμόζονται πολλές δοκιμές όπως Los Angeles, υγείας, ισοδυνάμου άμμου και άλλες. Δοκιμές, όπως η PSV και η AAV δεν πραγματοποιούνται στις συγκεκριμένες στρώσεις αλλά μόνο στην επιφανειακή. Ενδεικτικά, οι τιμές Los Angeles και ανθεκτικότητας στην αποσάθρωση για τις ασύνδετες στρώσεις ενός οδοστρώματος σύμφωνα με την ΠΕΤΕΠ 05-03-03-00 (2006) είναι $<40\%$ και $\leq 18\%$ αντίστοιχα.

Στις δοκιμές PSV και AAV, που χρησιμοποιούνται μόνο για την επιφανειακή στρώση, το ΥΠΕΧΩΔΕ (ΤΣΥ- Άρθρο ΣΤ4 2005) αναφέρει τα όρια αυτών ανάλογα με τον κυκλοφοριακό φόρτο και τις θέσεις κυκλοφορίας (Πίν. 11, 13).

6.2 ΔΟΚΙΜΗ LOS ANGELES (LA)

6.2.1 Γενικά

Πραγματοποιήθηκε η δοκιμή Los Angeles σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097-2 (CEN 2010). Η μάζα του κάθε δείγματος πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 15 kg κόκκων μεγέθους από 14 mm έως 10 mm. Δηλαδή, να διέρχονται από κόσκινο 14 mm και να συγκρατούνται από κόσκινο 10 mm. Επιπλέον, για να πραγματοποιηθεί η δοκιμή, χρειάζεται το 30- 40% του συνόλου των δειγμάτων να διαπερνά κόσκινο με άνοιγμα 11,2 mm (Εικ. 23).



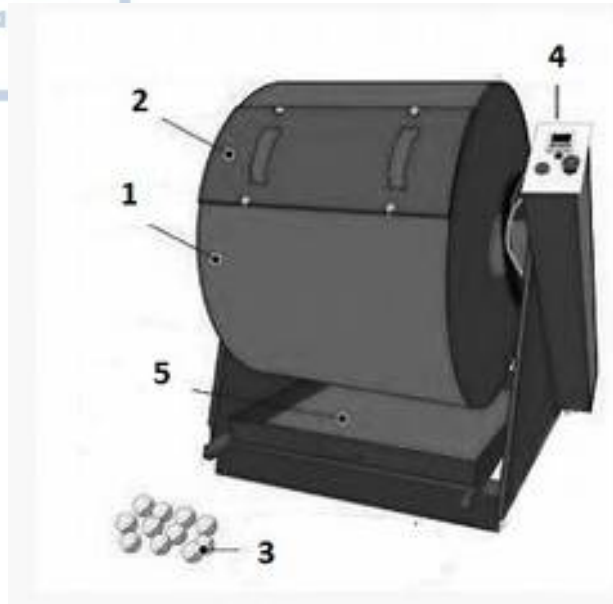
Εικόνα 23. Κόσκινα 14 mm, 11,2 mm και 10 mm. Τα δείγματα πρέπει να διέρχονται από το κόσκινο των 14 mm, να συγκρατούνται από το κόσκινο των 10 mm και το 30- 40% να διέρχεται από το κόσκινο των 11,2 mm.

Έτσι, κάθε κλάσμα πλένεται ξεχωριστά (10 mm- 11,2 mm, 11,2 mm- 14 mm) βάσει του άρθρου 7 του EN 993-1 (CEN 2018) και ξεραίνεται σε κλίβανο θερμοκρασίας $110 \pm 5^\circ\text{C}$

μέχρι σταθερού βάρους. Αργότερα, τα κλάσματα ψύχονται σε θερμοκρασία δωματίου (25 °C) και αναμιγνύονται μεταξύ τους ώστε να παραληφθεί ένα αντιπροσωπευτικό εργαστηριακό δείγμα από 10 mm έως 14 mm. Το κάθε δείγμα δοκιμής, πρέπει να έχει μάζα 5000 ± 5 g.

Η μηχανή Los Angeles αποτελείται από τα εξής μέρη, ένα κοίλο χαλύβδινο κύλινδρο (Εικ. 24, 1), κλειστό στις βάσεις του, με εσωτερική διάμετρο 711 mm (± 5 mm) και εσωτερικό μήκος 508 ± 5 mm. Ο κύλινδρος στηρίζεται εσωτερικά πάνω σε έδρανα με τρόπο, ώστε να μπορεί να περιστραφεί γύρω από τον άξονα του, σε οριζόντια θέση. Φέρει άνοιγμα $150 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ για την εισαγωγή και εξαγωγή του δείγματος. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, το άνοιγμα κλείνει με κινητό κάλυμμα (Εικ. 24, 2), το οποίο είναι κατασκευασμένο με τέτοιο τρόπο, ώστε η εσωτερική επιφάνεια να παραμένει κυλινδρική. Στο εσωτερικό του κυλίνδρου υπάρχει πτερύγιο, το οποίο είναι τοποθετημένο μεταξύ 380 mm και 820 mm από το πλησιέστερο άκρο του ανοίγματος. Η απόσταση μετριέται κατά μήκος της περιφέρειας του κυλίνδρου και κατά τη φορά περιστροφής. Το πτερύγιο έχει ακτινοειδή διάταξη [μήκος ίσο με αυτό του κυλίνδρου, πλάτος 90 mm (± 2 mm), πάχος 25 mm (± 1 mm)] και είναι εδραιωμένο κατά μήκος της εσωτερικής επιφάνειας του κυλίνδρου κατά τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρείται σταθερό και άκαμπτο. Το πτερύγιο αντικαθίσταται όταν το πλάτος του σε οποιοδήποτε σημείο είναι μικρότερο από 86 mm και το πάχος του σε οποιοδήποτε σημείο της μπροστινής πλευράς είναι μικρότερο από 23 mm. Η βάση της μηχανής, στηρίζεται σε τσιμεντένιο επίπεδο ή πέτρινο πάτωμα. Το κάλυμμα είναι κατασκευασμένο από τον ίδιο χάλυβα όπως ο κύλινδρος ενώ το πτερύγιο είναι κατασκευασμένο από τον ίδιο χάλυβα ή από σκληρότερο υλικό.

Πριν εισέλθουν τα δείγματα στον κάδο της μηχανής, ελέγχεται η καθαρότητα του. Στη συνέχεια, μετρώνται οι 11 σφαίρες διαμέτρου μεταξύ 45 mm και 49 mm (Εικ. 24, 3). Το σύνολο του βάρους των σφαιρών ζυγίζει μεταξύ 4690 gr και 4890 gr με την κάθε σφαίρα ξεχωριστά να ζυγίζει μεταξύ 400 gr και 445 gr. Οι σφαίρες τοποθετούνται προσεκτικά πρώτες στο μηχανήμα με τα υλικά να τοποθετούνται δεύτερα. Η μηχανή κλείνει και πραγματοποιεί 500 στροφές (~30-31 στροφές/ λεπτό) (Εικ. 24, 4). Μετά το πέρας της δοκιμής, τοποθετείται δίσκος (Εικ. 24, 5) στο κάτω μέρος της συσκευής, για την αποφυγή απώλειας τυχόν υλικού με το άνοιγμα να βρίσκεται ακριβώς πάνω από το δίσκο. Ο κάδος (Εικ. 25) καθαρίζεται ξανά απομακρύνοντας όλους τους κόκκους, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στην περιοχή γύρω από το προεξέχον πτερύγιο.



Εικόνα 24. Μηχανή Los Angeles. 1 Χαλύβδινος κύλινδρος, 2 Κινητό κάλυμμα, 3 11 σφαίρες διαμέτρου μεταξύ 45 mm και 49 mm 4 Μετρητής περιστροφών, 5 Δίσκος. (Civil Engineering Calculators n.d.).

Τέλος, αφαιρούνται προσεκτικά οι σφαίρες από το δίσκο, φροντίζοντας να μη χαθεί κανένα σωματίδιο του μίγματος. Ύστερα, το υλικό ξεπλένεται και κοσκινίζεται με τη χρήση κοσκίνου ανοίγματος 1,6 mm. Το τμήμα που απέμεινε στο κόσκινο των 1,6 mm είναι το τελικό βάρος (m) και στεγνώνεται μέχρι σταθερού βάρους σε θερμοκρασία $110 \pm 5^\circ\text{C}$.



Εικόνα 25. Χαλύβδινος κύλινδρος μηχανής Los Angeles.

Τα τέσσερα δείγματα, Φανός (F), Αρναία (Ar), Σιθωνία-1 (Sth-1) και Σιθωνία-2 (Sth-2) θραύστηκαν σε μικρότερα κομμάτια από δύο ειδών σιαγονωτούς σπαστήρες με διαφορετικό

διάκενο μεταξύ τους. Η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιήθηκε δύο φορές στο σύνολο, μια για το θρυμματισμό των μεγάλων τεμαχών (Εικ. 26) και μια για το θρυμματισμό των τελευταίων σε ακόμη μικρότερα (Εικ. 27). Τα ήδη σπασμένα υλικά θα πρέπει να διέρχονται από κόσκινο 14 mm και να συγκρατούνται από κόσκινο 10 mm. Σύμφωνα με τα παραπάνω, όλα τα δείγματα διέρχονται από το κόσκινο 11,2 mm με ποσοστά: Φανός (F) 35%, Αρναία (Ar) 35%, Σιθωνία-1 (Sth-1) 31%, Σιθωνία-2 (Sth-2) 32%.



Εικόνα 26. Σιαγονωτός σπαστήρας. Ο συγκεκριμένος χρησιμοποιήθηκε για το σπάσιμο των αρχικά μεγάλων τεμαχών.



Εικόνα 27. Σιαγονωτός σπαστήρας. Χρησιμοποιήθηκε για το περαιτέρω σπάσιμο των αρχικών τεμαχών.

Με αυτή τη διαδικασία υπολογίζεται ο συντελεστής Los Angeles (LA):

$$LA = (5000 - m) / 50$$

όπου m είναι η συγκρατούμενη μάζα στο κόσκινο των 1,6 mm σε γραμμάρια.

Το αποτέλεσμα, καταγράφεται στρογγυλεμένο στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό. **Όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής LA τόσο σκληρότερα και ανθεκτικότερα είναι τα αδρανή.**

6.2.2 Αποτελέσματα

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, όσο μικρότερο είναι το ποσοστό της δοκιμής LA τόσο καταλληλότερα καθίστανται τα αδρανή. Με βάση όσα έχουν ειπωθεί και κατά αύξοντα αριθμό το πιο κατάλληλο δείγμα είναι το Ar με τιμή 32% και ακολουθούν το Sth-1 με 33%, το Sth-2 με 34% και τελευταίο το F με 39%. Όμως, σύμφωνα με τα όρια που δίνονται για την αντιολισθηρή στρώση ($\leq 24\%$) κανένα δείγμα από τα εξεταζόμενα δεν υπακούει στο όριο και κατ'επέκταση είναι απαγορευτικά για το συγκεκριμένο στρώμα της ασφάλτου. Δεν ισχύει το ίδιο για τη βάση- υποβάση όπου όλα τα δείγματα βρίσκονται μέσα στο όριο ($<40\%$) που δίνεται από την ΠΕΤΕΠ 05-03-03-00 (2006). (Πίν. 7).

Πίνακας 7. Αποτελέσματα δοκιμών Los Angeles και καταλληλότητα για τα εξεταζόμενα δείγματα.

Δείγματα	Ποσοστό LA (%)	Καταλληλότητα Αντιολισθηρή Στρώση	Καταλληλότητα Βάση- Υποβάση
Ar	32	OXI	NAI
F	39	OXI	NAI
Sth-1	33	OXI	NAI
Sth-2	34	OXI	NAI

6.3 ΔΟΚΙΜΗ ΥΓΕΙΑΣ

6.3.1 Γενικά

Πραγματοποιήθηκε η δοκιμή υγείας σύμφωνα με το πρότυπο EN 1367-2 (CEN 2009). Τα δείγματα υποβάλλονται σε σπάσιμο όπως στη δοκιμή Los Angeles και κοσκίνισμα μεγέθους 14 mm έως 10 mm. Στη συγκεκριμένη δοκιμή, χρησιμοποιείται αντιπροσωπευτικό δείγμα 1 kg σε δύο δοχεία (500 gr και 500 gr). Τα υλικά πλένονται, για να απομακρυνθεί η σκόνη και ξεραίνονται σε φούρνο θερμοκρασίας 110 ± 5 °C για 24 ± 1 h μέχρι σταθερού βάρους. Όταν πραγματοποιηθούν τα προηγούμενα βήματα, τα δείγματα βγαίνουν από το φούρνο, ζυγίζονται μεταξύ $420 \pm 0,1$ g και $430 \pm 0,1$ g, από κάθε δείγμα και καταγράφονται οι μάζες M_1 . Στη συνέχεια, μεταφέρονται σε συρμάτινα καλάθια. Σημαντική θεωρείται η αποφυγή

μεγάλης κίνησης των καλαθιών για να ελαχιστοποιηθεί η τριβή. Σε δύο μεγάλα δοχεία με ζεστό απεσταγμένο νερό 2 lit μεταξύ 25 °C έως 30 °C προστίθεται 3 kg άλας θειϊκού μαγνησίου (MgSO_4) (Εικ. 28) για να διαλυθεί. Αυτό το μίγμα (απεσταγμένο νερό και άλας) αφήνεται για 48 h στους 20 ± 2 °C. Για τον έλεγχο της πυκνότητας του μίγματος, προστίθεται σε έναν ογκομετρικό σωλήνα το διάλυμα και ένα πυκνόμετρο. Το διάλυμα θα πρέπει να έχει πυκνότητα $1,292 \pm 0,008$ gr/ml.



Εικόνα 28. Το άλας θειϊκού μαγνησίου (MgSO_4) που χρησιμοποιήθηκε για τη δοκιμή υγείας.

Σε δοχεία που περιέχουν το κορεσμένο διάλυμα θειϊκού μαγνησίου αναρτώνται τα καλάθια με τα αδρανή και πρέπει να είναι εντελώς βυθισμένα σε βάθος 20 mm για περίοδο $17 \pm 0,5$ h. Ακόμη, είναι αναγκαίο να διατηρείται μια ελάχιστη απόσταση 20 mm μεταξύ των καλαθιών, των πλευρών των δοχείων και της κρούστας αλάτων. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στο γεγονός ότι κανένα τεμάχιο αδρανούς δεν πρέπει να χάνεται από κανένα καλάθι σε οποιοδήποτε στάδιο. Τα δοχεία καλύπτονται για την αποφυγή μόλυνσης και εξάτμισης (Εικ. 29).



Εικόνα 29. Τα καλάθια με τα αδρανή αναρτώμενα στα δοχεία με το κορεσμένο διάλυμα θειϊκού μαγνησίου.

Μετά την εμβάπτιση, κάθε καλάθι εξέρχεται από το διάλυμα και στραγγίζεται με γωνία 45° για $2 \pm 0,25$ h, ενώ ταυτόχρονα καλύπτεται το δοχείο. Κάθε καλάθι, ξεραίνεται σε φούρνο στους 110 ± 5 °C για 24 ± 1 h και ψύχεται σε θερμοκρασία εργαστηρίου για $5 \pm 0,25$ h. Πριν την επόμενη εμβάπτιση, είναι απαραίτητο να ελεγχθεί αν στη βάση των δοχείων έχουν σχηματιστεί κρύσταλλοι $MgSO_4$. Αν υπάρχουν, τότε είναι αναγκαία η καταστροφή κάθε κρούστας άλατος ενώ στη συνέχεια, αναδεύεται εντελώς το διάλυμα. Για να αποκτήσει την ίδια πυκνότητα με πριν, χρειάζεται να καθιζάνει για 30 min.

Πραγματοποιείται ακόμη ένας έλεγχος της πυκνότητας του διαλύματος στα δοχεία. Αν η πυκνότητα είναι μικρότερη από τον πρώτο έλεγχο τότε προστίθεται $MgSO_4$. Αν το αδρανές μας κατακερματιστεί σε μεγάλο βαθμό κατά την εμβάπτιση, οι πυκνότητες του διαλύματος που μετρούνται μπορεί να μην είναι ακριβείς λόγω των αιωρούμενων λεπτόκοκκων ή της ανταλλαγής ιόντων. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, το διάλυμα πρέπει να αντικατασταθεί. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για πέντε κύκλους διάρκειας 48 ± 2 h ο κάθε ένας.

Κατά τη συμπλήρωση των πέντε κύκλων, τα αδρανή πλένονται στα καλάθια τους με νερό της βρύσης έως ότου τα απόνερα να μην περιέχουν καθόλου θειϊκό μαγνήσιο. Επίσης, αυτό μπορεί να επιτευχθεί, ελέγχοντας ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα 10 ml από τα απόνερα με λίγες σταγόνες διαλύματος χλωριούχου βαρίου (διάλυμα 5 % $BaCl_2$ που παρασκευάζεται με διάλυση 5 gr $BaCl_2$ σε 100 ml απεσταγμένου νερού) για θολότητα και συγκρίνοντας τη με τη

θολότητα ίσου όγκου καθαρού νερού της βρύσης που υπόκεινται στην ίδια διαδικασία. Τα δείγματα, ξεραίνονται για 24 ± 1 h στους 110 ± 5 °C μέχρι σταθερής μάζας. Αργότερα, κοσκινίζονται με το χέρι στο κόσκινο των 10 mm για να μην προκληθεί φθορά και καταγράφεται η μάζα του αδρανούς που συγκρατήθηκε σε αυτό.

Η τιμή του θειϊκού μαγνησίου υπολογίζεται επί τοις εκατό της μάζας του κάθε δοκιμίου σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση, καταγράφοντας κάθε τιμή με ένα δεκαδικό ψηφίο.

$$MS = 100 \times (M_1 - M_2) / M_1$$

Όπου M_1 είναι η αρχική μάζα του δοκιμίου

M_2 είναι η τελική μάζα του αδρανούς που συγκρατείται στο κόσκινο των 10 mm.

Ο μέσος όρος των δύο λαμβανόμενων αποτελεσμάτων υπολογίζεται και καταγράφεται στον πλησιέστερο ακέραιο.

Όσο μικρότερη είναι η τιμή MS (ποσοστό φθοράς της δοκιμής υγείας) τόσο πιο ανθεκτικά είναι στην αποσάθρωση τα αδρανή.

6.3.2 Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τα παραπάνω, όσο μικρότερο είναι το ποσοστό της δοκιμής υγείας τόσο πιο ανθεκτικά στην αποσάθρωση εμφανίζονται τα αδρανή. Άρα, τα δείγματα Sth-1 και Sth-2 με ποσοστά φθοράς 3% είναι καταλληλότερα από τα F και Ar με 4%. Το όριο για την αντιολισθηρή στρώση και τη βάση- υποβάση είναι 9% και 18% αντίστοιχα. Συνεπώς, όλα τα εξεταζόμενα δείγματα υπακούν στα όρια των Ευρωπαϊκών προτύπων (Πίν. 8).

Πίνακας 8. Αποτελέσματα δοκιμών υγείας και καταλληλότητα για τα εξεταζόμενα δείγματα.

Δείγματα	Ποσοστό υγείας (%)	Καταλληλότητα Αντιολισθηρή Στρώση	Καταλληλότητα Βάση- Υποβάση
Ar	4	NAI	NAI
F	4	NAI	NAI
Sth-1	3	NAI	NAI
Sth-2	3	NAI	NAI

6.4 ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΛΕΙΑΝΣΗ (PSV)

6.4.1 Γενικά

Πραγματοποιήθηκε η δοκιμή αντίστασης σε λείανση σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097-8 (CEN 2009). Αυτή, πραγματοποιείται σε αδρανή που διέρχονται από κόσκινο 10 mm και συγκρατούνται σε κόσκινο πλέγματος 7,2 mm ενώ χωρίζεται σε δύο μέρη:

A) Τα δοκίμια υποβάλλονται σε λείανση από μια μηχανή λείανσης.

B) Εν συνεχεία μετριέται ο δείκτης στίλβωσης με το μηχάνημα τριβής.

Η PSV υπολογίζεται από τον προσδιορισμό της τριβής.

Η μηχανή λείανσης τοποθετείται σε τέσσερα ρυθμιζόμενα πόδια, τοποθετημένα στις γωνίες και στερεωμένα σε μια σταθερή βάση από πέτρινο ή τσιμεντένιο πάτωμα.

6.4.2 Μηχανή λείανσης

Η μηχανή λείανσης (Εικ. 30) αποτελείται από:

- Ένα τροχό λείανσης (Εικ. 30, 1) που έχει μια επίπεδη περιφέρεια και διατεταγμένους δακτυλίους (clamping arrangements) για να συγκρατούν τα δοκίμια των δειγμάτων. Το σχήμα και το μέγεθος του πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να επιτρέπεται η σύσφιξη, στην περιφέρεια του, δεκατεσσάρων δοκιμίων με αποτέλεσμα το σχηματισμό μιας επιφάνειας από κόκκους αδρανών διαμέτρου 406 ± 3 mm και να οριοθετούνται από δακτυλίους σύσφιξης (clamping rings) $44,5 \pm 0,5$ mm μεταξύ τους.
- Ένα εξάρτημα για την περιστροφή του τροχού λείανσης γύρω από τον άξονα του με ταχύτητα 320 ± 5 mm⁻¹.
- Δύο λαστιχένιους τροχούς (Εικ. 30, 2) με διάμετρο 200 ± 3 mm και πλάτος 38 ± 2 mm. Αυτοί οι τροχοί θα πρέπει να είναι διαφορετικών χρωμάτων. Ένας σκούρος τροχός χρησιμοποιείται με χονδρόκοκκη σμυρίδα (Πίν. 9) και ένας ανοιχτόχρωμος τροχός χρησιμοποιείται με λεπτόκοκκη σμυρίδα (Πίν. 10). Επίσης, η λεπτόκοκκη σμυρίδα θα έχει χημική σύσταση με 50% Al₂O₃ και ξηρή πυκνότητα κόκκων ίση με 3,5 Mg/m³. Οι τροχοί αυτοί δεν εναλλάσσονται στη χρήση τους αλλά παραμένουν σταθερά με την ίδια σμυρίδα. Φυσικά, γίνεται έλεγχος σε κάθε νέα παραλαβή χονδρόκοκκης και λεπτόκοκκης σμυρίδας.

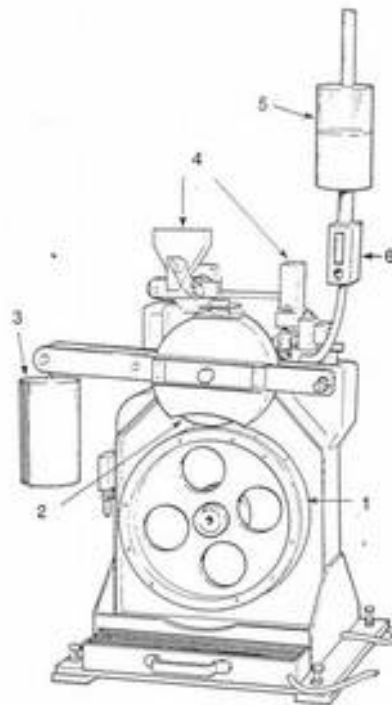
Πίνακας 9. Κοκκομετρική διαβάθμιση της χονδρόκοκκης σμυρίδας (CEN 2009).

Κόσκινο (mm)	% διερχόμενου κλάσματος
0,600	100-98
0,500	100-70
0,425	90-30
0,355	30-0
0,300	5-0

Πίνακας 10. Κοκκομετρική διαβάθμιση της λεπτόκοκκης σμυρίδας (CEN 2009).

Κόσκινο (mm)	% διερχόμενου κλάσματος
0,050	100-99
0,032	88-75
0,020	80-60

- Ένα μοχλό με βάρος (Εικ. 30, 3) που φέρει τους λαστιχένιους τροχούς και τους προκαλεί να συμπεριφέρονται ως λάστιχο δρόμου με δύναμη 725 ± 10 N. Ο λαστιχένιος τροχός χρειάζεται να είναι ελεύθερος για να περιστρέφεται γύρω από τον άξονα του αλλά να είναι και παράλληλος με τον άξονα του τροχού λείανσης. Είναι αναγκαίο να ευθυγραμμίζεται το επίπεδο περιστροφής του λαστιχένιου τροχού με το επίπεδο του τροχού λείανσης.
- Μηχανισμό τροφοδοσίας που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί με το σκουρόχρωμο λαστιχένιο τροχό (Εικ. 30, 4) για την τροφοδότηση της χονδρόκοκκης σμυρίδας και του νερού με καθορισμένο ρυθμό. Η σμυρίδα αυτή και το νερό (Εικ. 30, 5) τροφοδοτούνται απευθείας στον τροχό λείανσης κοντά στο σημείο με το λαστιχένιο τροχό.
- Μηχανισμό τροφοδοσίας που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί με τον ανοιχτόχρωμο λαστιχένιο τροχό (Εικ. 30, 4) για την τροφοδότηση της λεπτόκοκκης σμυρίδας και του νερού (Εικ. 30, 5) με καθορισμένο ρυθμό.
- Ένα εξάρτημα, ώστε οι λαστιχένιοι τροχοί, όταν είναι αδρανείς, να μην παραμένουν υπό φορτίο για να αποφευχθεί ο κίνδυνος παραμόρφωσης του ελαστικού.



Εικόνα 30. Μηχανή λείανσης (CEN 2009). 1 Τροχός λείανσης, 2 Λαστιχένιος τροχός, 3 Βαρίδιο, 4 Μηχανισμός Τροφοδοσίας, 5 Τροφοδοσία νερού, 6 Μετρητής ροής.

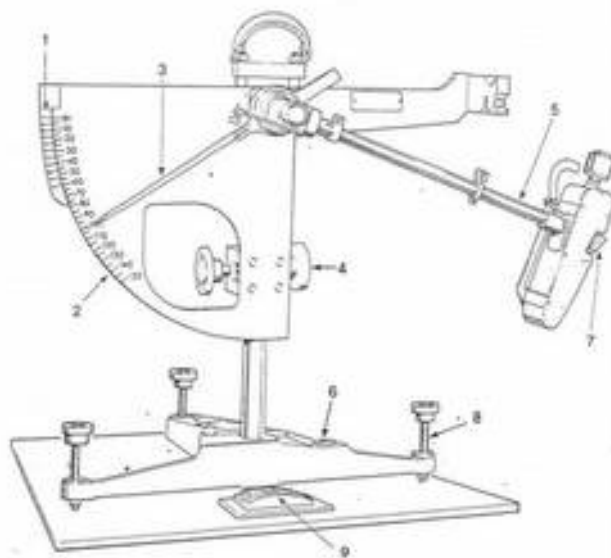
6.4.3 Μηχάνημα τριβής

Το μηχάνημα τριβής (Εικ. 31) με τη σειρά του συντελείται από τα εξής τμήματα:

- Ένα λάστιχο με πλάτος (Εικ. 31, 7) $31,75 \pm 0,50$ mm, μήκος $25,4 \pm 1,0$ mm και $6,35 \pm 0,50$ mm πάχος. Η θέση του βρίσκεται πάνω στο άκρο εκκρεμούς βραχίονα. Απαραίτητο είναι να συγκρατείται σε άκαμπτη βάση και η συνολική του μάζα (μαζί με τη βάση) να υπολογίζεται στα 20 ± 5 g. Ως υλικό τοποθετείται στο άκρο του εκκρεμούς με αποτέλεσμα όταν ο βραχίονας βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο της ταλάντωσης του με το οπίσθιο άκρο του λάστιχου να έρχεται σε επαφή με το δοκίμιο, το επίπεδο του να είναι $26 \pm 3^\circ$ οριζόντια. Η στατική δύναμη στο λάστιχο εμφανίζει τιμές $22,5 \pm 0,5$ N στη μέση θέση του. Η μεταβολή της δύναμης του απαγορεύεται να υπερβαίνει τα 0,2 N/mm. Οι άκρες του παρουσιάζονται ξεκάθαρες με τετράγωνο σχήμα και το καουτσούκ καθαρό από λάδι ή άλλο είδος λειαντικού.
- Εξάρτημα για τη ρύθμιση στήριξης του εξοπλισμού κάθετα (Εικ. 31, 4).
- Εξάρτημα για την άκαμπτη τοποθέτηση καμπύλων δειγμάτων έτσι ώστε, η μακρύτερη διάσταση τους να βρίσκεται στην τροχιά του εκκρεμούς και να είναι κεντρική σε σχέση με το λάστιχο (Εικ. 31, 9).

- Εξάρτημα για την ανύψωση και το κατέβασμα του άξονα ανάρτησης (axis of suspension) του εκκρεμούς βραχίονα (Εικ. 31, 5) για να μπορεί το λάστιχο να κραδαίνεται ελεύθερα πάνω στην επιφάνεια του δοκιμίου αλλά και για να διασχίσει ένα καμπύλο δοκίμιο σε μήκος 76 ± 1 mm.
- Εξάρτημα για τη συγκράτηση και την απελευθέρωση του εκκρεμούς προκειμένου να πέφτει ελεύθερα από μια οριζόντια θέση.
- Ένας ισορροπημένος δείκτης (Εικ. 31, 3) γύρω από τον άξονα της ανάρτησης (axis of suspension) υποδεικνύοντας τη θέση του εκκρεμούς καθ'όλη την εμπρόσθια κίνηση του και κινούμενο πάνω από την κυκλική κλίμακα. Η μάζα του δείκτη δε πρέπει να ξεπερνάει τα 85 g.
- Μια κυκλική κλίμακα (Εικ. 31, 1) για καμπύλα δοκίμια που σημειώνεται από 0 έως 100 και βαθμονομείται σε διαστήματα δύο μονάδων (Εικ. 31, 2).

Η μάζα του εκκρεμούς συμπεριλαμβανομένου του λάστιχου είναι $1,50 \pm 0,03$ kg. Το κέντρο βάρους πρέπει να βρίσκεται στον άξονα του βραχίονα σε απόσταση 410 ± 5 mm από τον άξονα της ανάρτησης (axis of suspension).



Εικόνα 31. Μηχάνημα τριβής (CEN 2009). 1 Κλίμακα F, 2 Κλίμακα βαθμονόμησης, 3 Δείκτης, 4 Κάθετη βίδα που στηρίζει το μηχάνημα, 5 Εκκρεμές, 6 Αεροστάθμη, 7 Λάστιχο, 8 Βίδα ρύθμισης του μηχανήματος, 9 Θέση συγκράτησης δοκιμίου.

6.4.4 Προετοιμασία δοκιμίων

Το εργαστηριακό δείγμα μειώνεται, όπως αναφέρεται στο πρότυπο EN 932-2 (CEN 1999), για την παραγωγή ενός δείγματος που όταν θα κοσκινίζεται τουλάχιστον ένα δείγμα 2 kg θα

είναι διαθέσιμο για την προετοιμασία δοκιμίων. Τα κομμάτια του αδρανούς διέρχονται από το κόσκινο 10 mm και συγκρατούνται σε κόσκινο πλέγματος 7,2 mm. Στη συνέχεια, πλένονται και ξηραίνονται μέχρι σταθερής μάζας στους 105 ± 5 °C αφαιρώντας τυχόν επιμηκυσμένα κομμάτια. Προετοιμάζονται τέσσερα δοκίμια (Εικ. 32) από κάθε αδρανές και τέσσερα δοκίμια ελέγχου τιμής στίλβωσης (χαλαζιακός δολερίτης με PSV 50-60). Κάθε δοκίμιο αποτελείται από 36 έως 46 κόκκους αδρανών. Σε μια δοκιμή μπορούν να εξεταστούν μέχρι και 6 διαφορετικά δείγματα.



Εικόνα 32. Καλούπια δοκιμίων που χρησιμοποιούνται στη δοκιμή αντίστασης σε λείανση (PSV).

Οι εκτεθειμένες εσωτερικές επιφάνειες αλλά και οι πάνω άκρες των μεταλλικών καλουπιών αλείφονται ελαφρώς με λάδι με τη βοήθεια βούρτσας. Κάθε δείγμα προετοιμάζεται τακτοποιώντας προσεκτικά τα επιλεγμένα κομμάτια σε ένα μόνο στρώμα με τις πιο επίπεδες επιφάνειές τους να βρίσκονται στον πυθμένα του καλουπιού. Οι κόκκοι των αδρανών, τοποθετούνται κοντά ο ένας στον άλλο προσπαθώντας να καλυφθεί όσο το δυνατόν περισσότερο το κάτω μέρος του καλουπιού. Εν συνεχεία, γεμίζονται τα διάκενα μεταξύ των αδρανών στα $\frac{3}{4}$ περίπου του βάθους τους με λεπτότερα αδρανή (άμμος). Από πάνω, το καλούπι γεμίζεται με συνθετική κόλλα (Εικ. 33) και καθαρίζεται το περισσεύον υλικό με σπάτουλα χωρίς να διαταραχτεί το κύριο σώμα του δοκιμίου.



Εικόνα 33. Κόλλα (Σιδηρόστοκος) για την παρασκευή δοκιμίων PSV και AAV.

Όταν η κόλλα αρχίζει να στερεοποιείται (~5- 10 min), πρέπει να καθαριστεί η περίσσεια του με ένα μαχαίρι. Στο μεταλλικό καλούπι ασκείται πίεση, στο πίσω μέρος του δείγματος, μέσω ενός σφιγκτήρα ή βαρών για την αποφυγή παραμόρφωσης. Το δοκίμιο αφαιρείται από το καλούπι, μετά την ψύξη της κόλλας. Επίσης, αφαιρείται το λεπτό αδρανές (άμμος) με τη βοήθεια βούρτσας. Μετά την πλήρη ψύξη της κόλλας, χρειάζονται 30 min ξεκούρασης μέχρι να γυαλιστεί το δοκίμιο. Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την προετοιμασία των δοκιμίων καθαρίζονται όπως προβλέπεται από τους κανονισμούς.

6.4.5 Λείανση δειγμάτων

Σε θερμοκρασία δωματίου (20 ± 5 °C) γυαλίζονται 14 δοκίμια (12 δειγμάτων, 2 από κάθε πέτρωμα και 2 του χαλαζιακού δολερίτη) κατά τη διάρκεια κάθε δοκιμής, αριθμημένα ως εξής:

- A) Δύο δοκίμια από το πρώτο δείγμα, αριθμούμενα ως 1 και 2
- B) Δύο δοκίμια από το δεύτερο δείγμα, αριθμούμενα ως 3 και 4
- Γ) Δύο δοκίμια από το τρίτο δείγμα, αριθμούμενα ως 5 και 6
- Δ) Δύο δοκίμια από το τέταρτο δείγμα, αριθμούμενα ως 7 και 8
- E) Δύο δοκίμια από το πέμπτο δείγμα, αριθμούμενα ως 9 και 10

ΣΤ) Δύο δοκίμια από το έκτο δείγμα, αριθμούμενα ως 11 και 12

Ζ) Δύο δείγματα από τα δοκίμια ελέγχου τιμής στίλβωσης, αριθμούμενα ως 13 και 14

Τα δοκίμια τοποθετούνται με την ακόλουθη σειρά: 13, 9, 3, 7, 5, 1, 11, 14, 10, 4, 8, 6, 2, 12. Εφόσον τοποθετηθούν, στερεώνονται με τη σειρά που καθορίστηκε παραπάνω γύρω από την περιφέρεια του τροχού λείανσης. Στα δοκίμια πρέπει να σημειωθεί η φορά στίλβωσης του τροχού. Η επιφάνεια των δοκιμίων, οφείλει να αποτελείται από μια συνεχή λωρίδα κόκκων που βρίσκονται στην περιφέρεια ενός κύκλου διαμέτρου 406 ± 3 mm πάνω στον οποίο ο λαστιχένιος τροχός μπορεί να κινηθεί ελεύθερα χωρίς πρόσκρουση ή ολίσθηση. Τα τυχόν κενά στα δοκίμια γεμίζονται με κατάλληλους κόκκους και ξεπλένεται η επιφάνεια τους.

Ο τροχός λείανσης ενεργοποιείται με ταχύτητα 320 ± 5 mm⁻¹ και εφαρμόζεται ο λαστιχένιος τροχός στην επιφάνεια των δοκιμίων. Ο κατάλληλος μηχανισμός τροφοδοσίας χρησιμοποιείται για να τροφοδοτείται ο τροχός συνεχώς με χονδρόκοκκη σμυρίδα και νερό με ρυθμό 27 ± 7 g/min για 3 h. Ο ρυθμός ροής του νερού θα πρέπει να είναι αρκετός για να μεταφέρει τη χονδρόκοκκη σμυρίδα στον τροχό.

Η δοκιμαστική λειτουργία του διακόπτεται, για πρώτη φορά, στα 60 ± 5 min και για δεύτερη φορά στα 120 ± 5 min για να καθαριστεί τυχόν χονδρόκοκκη σμυρίδα που έχει συσσωρευτεί στη βάση. Μετά από 180 min, αφαιρείται ο τροχός λείανσης από το μηχάνημα. Αργότερα, επανατοποθετείται ο ανοιχτόχρωμος λαστιχένιος τροχός και λειτουργεί το μηχάνημα για άλλα 180 ± 1 min, όπως προηγουμένως, αλλά χωρίς διακοπή. Ταυτόχρονα, τροφοδοτείται λεπτόκοκκη σμυρίδα με ρυθμό $3,0 \pm 1,0$ g/min και νερό, με ένα ρυθμό ροής διπλάσιο από το ρυθμό ροής της λεπτόκοκκης σμυρίδας (4- 8 g/min). Οι λαστιχένιοι τροχοί αντικαθίστανται περιοδικά, όταν υποδεικνύεται ανομοιόμορφη φθορά ή άλλη ζημιά ή όταν η τιμή της PSV βγαίνει εκτός της καθορισμένης τιμής.

Κατά την ολοκλήρωση της διαδικασίας, ο τροχός λείανσης αφαιρείται και το μηχάνημα καθαρίζεται. Κατόπιν, αφαιρούνται τα δείγματα από τον τροχό και ξεπλένονται καλά με νερό για να εξυγιανθούν όλα τα δοκίμια από τη λεπτόκοκκη σμυρίδα. Τέλος, καθαρίζονται τα κενά μεταξύ των κόκκων των αδρανών με μια βούρτσα.

Μετά το πλύσιμο, τα δοκίμια αποθηκεύονται με την όψη τους προς τα κάτω στο νερό σε μια θερμοκρασία 20 ± 2 °C για χρόνο μεταξύ 30 και 120 min. Κατά την απομάκρυνση τους από το νερό, εκτελείται κατευθείαν η δοκιμή τριβής όπως θα αναφερθεί παρακάτω. Η διαδικασία

επαναλαμβάνεται με τα δύο εναπομείναντα δοκίμια κάθε δείγματος και των δοκιμίων ελέγχου τιμής στίλβωσης.

6.4.6 Δοκιμή τριβής

Η συσκευή τριβής μαζί με τα λάστιχα διατηρείται σε χώρο με θερμοκρασία 20 ± 2 °C για τουλάχιστον 120 min πριν την έναρξη της δοκιμής και κατά τη διάρκεια αυτής. Το μηχανήμα τριβής τοποθετείται σε σταθερή επιφάνεια και ρυθμίζονται οι βίδες ώστε η στήλη του εκκρεμούς να είναι κάθετη.

Τα καινούργια λάστιχα του εκκρεμούς ελέγχονται πέντε φορές πάνω από ξηρή επιφάνεια και είκοσι φορές πάνω από υγρή επιφάνεια του δοκιμίου ελέγχου τριβής (Ολιβινικός βασάλτης με PSV 60-65). Η συνεχόμενη στίλβωση μέσω επαναλαμβανόμενων δοκιμών τριβής μπορεί να αποφέρει προοδευτικά χαμηλότερες τιμές.

Το δοκίμιο ελέγχου τριβής απορρίπτεται όταν η τιμή πέσει πάνω από μια μονάδα του καθορισμένου εύρους. Όταν ένα δοκίμιο ελέγχου τιμής τριβής εξέρχεται από το σφραγισμένο δοχείο, η τιμή του δεν πρέπει να υπερβαίνει τις δύο μονάδες κάτω ή τη μια μονάδα πάνω από την τιμή που κατείχε κατά την πρώτη δοκιμή. Αν η τιμή βρίσκεται εκτός του εύρους αυτού, διακόπτεται η δοκιμή, ελέγχεται το μηχανήμα καθώς και η λειτουργία του. Επιπροσθέτως, απορρίπτεται κάθε λάστιχο όπου οι άκρες του είναι στρογγυλεμένες ή χαραγμένες.

Το πρώτο δοκίμιο τοποθετείται σταθερά έτσι ώστε η μεγάλη του διάσταση να βρίσκεται στην τροχιά του εκκρεμούς, να είναι κεντρική σε σχέση με τον ολισθητήρα αλλά και τον άξονα ανάρτησης του εκκρεμούς. Ακόμη, εναποτίθενται με τέτοιο τρόπο ώστε το λάστιχο του εκκρεμούς να μετακινεί το δοκίμιο προς την αντίθετη κατεύθυνση από την κατεύθυνση της διαδρομής του στον τροχό.

Το ύψος του εκκρεμούς ρυθμίζεται πριν τη δοκιμή κάθε δείγματος. Έτσι όταν διασχίζει το δοκίμιο, το λάστιχο έρχεται σε επαφή με μήκος 76 ± 1 mm και σε όλο το πλάτος του. Η ρύθμιση αυτή διατηρείται σε όλες τις μετρήσεις τριβής στο δοκίμιο.

Οι επιφάνειες των δοκιμίων καθώς και του λάστιχου βρέχονται με άφθονο νερό. Δεν επιτρέπεται η διατάραξη του δεύτερου από τη θέση ρύθμισης του. Το εκκρεμές απελευθερώνεται από την οριζόντια θέση και καταγράφεται το σημείο στο οποίο ο δείκτης ακουμπάει στην κλίμακα F, στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό. Αυτή η διαδικασία εκτελείται

πέντε φορές με το εκάστοτε δοκίμιο να βρέχεται. Ο μέσος όρος των τριών τελευταίων ενδείξεων καταγράφεται με ακρίβεια 0,1 μονάδων.

Επτά δοκίμια εξετάζονται με την ακόλουθη σειρά: 13, 1, 10, 3, 5, 12, 8.

Η πλευρά του λάστιχου αλλάζει και χρησιμοποιείται η δεύτερη άκρη του για να εξεταστούν τα άλλα επτά δείγματα με την ακόλουθη σειρά: 7, 11, 6, 4, 9, 2 και 14. Η πλήρης διαδικασία επαναλαμβάνεται με τα εναπομείναντα δοκίμια κάθε δείγματος.

Ο μέσος όρος των καταγεγραμμένων τιμών των δοκιμών ελέγχου τιμής στίλβωσης από κάθε δοκιμή υπολογίζεται με ακρίβεια 0,1 μονάδας, δίνοντας δύο αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα ολόκληρης της δοκιμής απορρίπτονται εάν η διαφορά μεταξύ των δύο αποτελεσμάτων που λαμβάνονται από την παραπάνω διαδικασία είναι περισσότερες από πέντε μονάδες ή αν τουλάχιστον ένα από τα δύο αποτελέσματα της δοκιμής βρίσκονται εκτός της καθορισμένης περιοχής για το χρησιμοποιούμενο δοκίμιο ελέγχου τιμής στίλβωσης. Αν τα αποτελέσματα απορριφθούν, ολόκληρη η δοκιμή επαναλαμβάνεται. Το καθορισμένο εύρος για το δοκίμιο ελέγχου τιμής στίλβωσης είναι 49,5 έως 55,5.

Η μέση τιμή S των καταγεγραμμένων τιμών των τεσσάρων δοκιμών υπολογίζεται αθροίζοντας το μέσο όρο κάθε δοκιμής και διαιρώντας με το δύο. Τα αποτελέσματα καταγράφονται με ακρίβεια 0,1 μονάδας.

Η μέση τιμή C των καταγεγραμμένων τιμών των τεσσάρων δοκιμών ελέγχου τιμής στίλβωσης υπολογίζεται αθροίζοντας το μέσο όρο κάθε δοκιμής και διαιρώντας με το δύο. Τα αποτελέσματα καταγράφονται με ακρίβεια 0,1 μονάδας.

Με την ακόλουθη εξίσωση υπολογίζεται η PSV στον πλησιέστερο ακέραιο

$$PSV = S + (52,5) - C$$

Όπου, S είναι η μέση τιμή για τα τέσσερα δοκίμια ανά δείγμα

C είναι η μέση τιμή για τα τέσσερα δοκίμια ελέγχου τιμής στίλβωσης.

Όσο πιο μεγάλη η τιμή PSV τόσο καταλληλότερα είναι τα αδρανή για επιφανειακές στρώσεις.

Πίνακας 11. Ο δείκτης αντίστασης στη λείανση (PSV) παρουσιάζει ελάχιστες τιμές ανάλογα με την επικινδυνότητα της κυκλοφορίας και της θέσης από ΥΠΕΧΩΔΕ (ΤΣΥ- Άρθρο ΣΤ4 2005).

	Κυκλοφορία	Μέση	Βαριά	Πολύ Βαριά
Κατηγορία Θέσης	Ημερίσιος κυκλοφοριακό ς φόρτος ανά λωρίδα	500-3000	3000-8000	Πάνω από 8000
A	Επικίνδυνες Θέσεις	50	54	62
B	Συνήθεις Θέσεις	44	50	56

Ως επικίνδυνες θέσεις, σύμφωνα με το ΥΠΕΧΩΔΕ (ΤΣΥ- Άρθρο ΣΤ4 2005) χαρακτηρίζονται οι εξής:

- Προσεγγίσεις σε σηματοδότες.
- Κυκλικοί κόμβοι και προσεγγίσεις σε κόμβους.
- Καμπύλες σε οριζοντιογραφία με ακτίνα μικρότερη από 150 m ή ακτίνα μεγαλύτερη από 150 m και μέχρι 300 m, αν συνδυάζεται με κυρτή κατακόρυφη καμπύλη ακτίνας μέχρι 800 m.
- Σε δρόμους με όριο ταχύτητας από 65 km/h.
- Τμήματα με κλίση πάνω από 5% και μήκος πάνω από 100 m.
- Είσοδοι- έξοδοι αυτοκινητοδρόμου.

Ως συνήθεις θέσεις, σύμφωνα με το ΥΠΕΧΩΔΕ (ΤΣΥ- Άρθρο ΣΤ4 2005), χαρακτηρίζονται οι εξής:

- Τμήματα ευθύγραμμα ή με ακτίνα καμπυλότητας μεγαλύτερη από 150 m με κλίσεις όχι μεγαλύτερες από 5% σε αυτοκινητοδρόμους, κεντρικές αστικές αρτηρίες και κύριους υπεραστικούς δρόμους, άλλους δρόμους με κυκλοφορία μέση, βαριά ή πολύ βαριά.

6.4.7 Αποτελέσματα

Το καταλληλότερο δείγμα από τα τέσσερα, με βάση τη συγκεκριμένη δοκιμή, είναι αυτό με το μεγαλύτερο αποτέλεσμα, δηλαδή, το F με τιμή 53. Αμέσως μετά ακολουθούν τα δείγματα Sth-1 και Ar με την ίδια τιμή, 52 και τελευταίο το Sth-2 με 51. Στην αρχή του κεφαλαίου έγινε αναφορά για τις στρώσεις του οδοστρώματος στις οποίες εφαρμόζονται οι δοκιμές. Η παρούσα δοκιμή γίνεται μόνο στην αντιολισθηρή στρώση και το επιτρεπτό όριο είναι (>50). Τα αποτελέσματα φαίνονται ομαδοποιημένα στον πίνακα 12. Με τα όρια που δίνονται από το ΥΠΕΧΩΔΕ (ΤΣΥ- Άρθρο ΣΤ4 2005) (Πίν. 11) τα δείγματα μας είναι απαγορευτικά για την πολύ βαριά κυκλοφορία, είτε πρόκειται για συνηθισμένες θέσεις είτε για επικίνδυνες και για βαριά κυκλοφορία που αφορά τις επικίνδυνες θέσεις.

Πίνακας 12. Αποτελέσματα δοκιμών αντίστασης σε λείανση και καταλληλότητα για τα εξεταζόμενα δείγματα.

Δείγματα	Αποτελέσματα PSV	Καταλληλότητα Αντιολισθηρή Στρώση
Ar	52	NAI
F	53	NAI
Sth-1	52	NAI
Sth-2	51	NAI

6.5 ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΤΡΙΨΗ (AAV)

6.5.1 Γενικά

Πραγματοποιήθηκε η δοκιμή αντίστασης σε επιφανειακή απότριψη σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097-8 (CEN 2009). Η AAV προσδιορίζεται από τις διαφορές στη μάζα των δειγμάτων πριν και μετά την απότριψη. Τα δείγματα τετραμερίζονται και κοσκινίζονται σε κόσκινο οπής 14 mm ενώ συγκρατούνται σε κόσκινο πλέγματος 10,2 mm. Ακολούθως, αυτά πλένονται και ξεραίνονται στον αέρα. Για κάθε δοκιμή, παρασκευάζονται δύο δοκίμια (Εικ. 34). Οι επιλεγμένοι κόκκοι που θα χρησιμοποιηθούν, προσανατολίζονται και στη συνέχεια ενσωματώνονται σε κόλλα. Τα δοκίμια στερεώνονται σε επαφή με έναν οριζόντιο περιστροφικό τροχό. Ακόμη, ένα λειαντικό (λεπτόκοκκο αδρανές) τροφοδοτείται συνεχώς

διαμέσου των επιφανειών που έρχονται σε επαφή με το δείγμα και τον τροχό για ένα συγκεκριμένο αριθμό περιστροφών.



Εικόνα 34. Καλούπια δοκιμών που χρησιμοποιούνται στη δοκιμή αντίστασης σε επιφανειακή απότριψη (AAV).

Το λειαντικό, αποτελούμενο από λεπτόκοκκο πυριτικό αδρανές (χαλαζιακή άμμος) πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 96% χαλαζία. Το αδρανές αυτό, βάσει Ευρωπαϊκών οδηγιών, οφείλει να διέρχεται από κόσκινο των 0,850 mm και να συγκρατείται στο κόσκινο των 0,300 mm. Όμως, τουλάχιστον το 75% χρειάζεται να περνάει από κόσκινο των 0,600 mm και να σταματάει στο κόσκινο των 0,425 mm. Επιπλέον, η χαλαζιακή άμμος πρέπει να είναι στεγνή και να μην έχει ξαναχρησιμοποιηθεί.

Η μηχανή απότριψης αποτελείται (Εικ. 35), από χαλύβδινο τροχό λείανσης τουλάχιστον 600 mm σε διάμετρο, ο οποίος μπορεί να περιστρέφεται σε οριζόντιο επίπεδο με ταχύτητα 28 mm⁻¹ έως 31 mm⁻¹. Δύο μεταλλικά καλούπια, το ελάχιστο, για την προετοιμασία των δειγμάτων με εσωτερικές διαστάσεις 92± 0,1 mm μήκος, 54± 0,1 mm πλάτος και 16± 0,1 mm βάθος. Δύο μεταλλικές πλάκες στήριξης για τη σύγκρατηση των δειγμάτων. Επίσης, δύο επίπεδες πλάκες κατασκευασμένες από 5 mm μαλακού χάλυβα με διαστάσεις 115,0± 0,1 mm μήκος και 75± 0,1 mm πλάτος. Ένα εξάρτημα για την τοποθέτηση των μεταλλικών πλακών στήριξης, με τα κεντρικά τους σημεία 260 mm από το κέντρο του περυγίου (centre of the lap) και διαμετρικά αντίθετα μεταξύ τους, με τις μακριές πλευρές τους να βρίσκονται στην κατεύθυνση περιστροφής του τροχού. Οι πλάκες στήριξης πρέπει να είναι ελεύθερες για τη

μετακίνηση τους σε κατακόρυφο επίπεδο αλλά να συγκρατούνται από την κίνηση στο οριζόντιο. Δύο βάρη, με στρογγυλεμένη βάση, για τη συμπίεση του δοκιμίου επί της επιφάνειας του τροχού, το καθένα από τα οποία έχει ένα μέσο ρύθμισης της μάζας τους, συμπεριλαμβανομένου του δοκιμίου και του δίσκου. Τέλος, ένα μέσο για τη συνεχή τροφοδότηση του λεπτόκοκκου αδρανούς (χαλαζιακή άμμος) στον τροχό μπροστά από κάθε δοκίμιο με ρυθμό 800 ± 100 gr/min και ένα μέσο για την αφαίρεση του λεπτόκοκκου αδρανούς υλικού αφού περάσει κάτω από τα δοκίμια.



Εικόνα 35. Μηχάνημα λείανσης (AAV).

Για την προετοιμασία των δειγμάτων δοκιμής, μειώνεται το εργαστηριακό δείγμα χρησιμοποιώντας τις διαδικασίες που καθορίζονται στο EN 932-2 (CEN 1999) και κοσκινίζεται για να δημιουργηθεί μια ποσότητα κόκκων που αποτελείται από αδρανή διερχόμενα από το κόσκινο των 14 mm και συγκρατούμενα στο κόσκινο πλέγματος των 10,2 mm. Η μάζα δείγματος πρέπει να είναι επαρκής ώστε να επιτρέπεται η προετοιμασία δύο δοκιμίων.

Μετά το κοσκίνισμα του αδρανούς υλικού, αυτό πλένεται για να αφαιρεθεί η σκόνη από την επιφάνεια και στεγνώνει στον αέρα. Το αδρανές πρέπει να δοκιμάζεται σε ξηρή κατάσταση και να είναι σε θερμοκρασία δωματίου πριν από την παρασκευή του δοκιμίου.

Αργότερα, προετοιμάζονται δύο δοκίμια για κάθε δοκιμή. Οι εσωτερικές όψεις και οι άνω άκρες των καλουπιών αλείφονται ελαφρώς με λάδι χρησιμοποιώντας μια λεπτή βούρτσα. Από τα έτοιμα κομμάτια αδρανών επιλέγονται όσο το δυνατόν περισσότερα, αλλά ποτέ

λιγότερα από 24 και τοποθετείται μόνο ένα στρώμα με την επίπεδη επιφάνεια τους να βρίσκεται στον πυθμένα του καλουπιού. Τα διάκενα μεταξύ των κόκκων του αδρανούς υλικού γεμίζονται με περίπου $\frac{3}{4}$ του βάθους τους με το λεπτόκοκκο υλικό (χαλαζιακή άμμος). Η ανάμειξη της κόλλας πρέπει να είναι επαρκής για να γεμίσει το καλούπι μέχρι να υπερχειλίσει. Η μια πλευρά της επίπεδης πλάκας επικαλύπτεται με λάδι και τοποθετείται σταθερά πάνω στο καλούπι, με πλευρά προς τα κάτω. Η πλάκα κρατιέται στη θέση της με το σφιγκτήρα. Όταν η κόλλα σκληρώνει, κόβεται η περίσσεια της με μαχαίρι ή σπάτουλα. Το δοκίμιο αφαιρείται από το καλούπι όπως επίσης αφαιρείται και το λεπτόκοκκο υλικό με άκαμπτη βούρτσα ενώ, ζυγίζεται με ακρίβεια 0,1 gr.

Η διαδικασία εφαρμόζεται ως εξής, το κάθε δοκίμιο προσαρμόζεται στις μεταλλικές πλάκες στήριξης φροντίζοντας η εφαρμογή τους να είναι στενή. Ένα από τα δοκίμια ζυγίζονται στο δίσκο τους με ένα από τα βάρη και ρυθμίζονται μέχρι η μάζα να βρίσκεται στο σύνολο της στα 2000 ± 10 gr. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται και για το δεύτερο δείγμα. Τα δύο δοκίμια τοποθετούνται στη μηχανή απότριψης ακίνητα στον τροχό περιστροφής. Αργότερα, τοποθετούνται τα κατάλληλα βάρη κεντρικά στα δείγματα. Ο τροχός στρέφεται σε 500 στροφές με ταχύτητα 28 mm^{-1} έως 31 mm^{-1} . Στη συνέχεια, τροφοδοτείται το λειαντικό λεπτόκοκκο υλικό (χαλαζιακή άμμος) ακριβώς μπροστά στον τροχό και σε όλο το πλάτος κάθε δοκιμίου με ρυθμό $800 \pm 100 \text{ g/mm}$.

Για να γίνει βέβαιο ότι η χαλαζιακή άμμος τροφοδοτείται κάτω από κάθε δοκίμιο, ανασηκώνεται το καθένα από αυτά, μακριά από τον τροχό, για μια περιστροφή πριν από την έναρξη της τριβής και στη συνέχεια για κάθε 100^η περιστροφή. Η χαλαζιακή άμμος αφαιρείται με λεπίδα από καουτσούκ, έτσι ώστε η άκρη της να ακουμπά τον τροχό ελαφρά για όλο το πλάτος του και να απορριφθεί το λεπτόκοκκο υλικό. Μετά την ολοκλήρωση 500 περιστροφών, αφαιρούνται το δοκίμιο και οι πλάκες στήριξης από το μηχάνημα. Τα δοκίμια ζυγίζονται με ακρίβεια 0,1 gr.

Η τιμή AAV κάθε δοκιμίου υπολογίζεται χωρίς μονάδες σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$AAV = 3(A-B) / \rho_{ssd}$$

Όπου A, είναι η μάζα του δοκιμίου πριν την τριβή, σε γραμμάρια

B, είναι η μάζα του δοκιμίου μετά την τριβή, σε γραμμάρια

ρ_{ssd} , είναι η πυκνότητα των κόκκων (ξηρών και κορεσμένων) του αδρανούς, όπως προσδιορίζεται από το EN 1097-6 (CEN 2005), σε μεγαγραμμάρια (10^6 g) ανά κυβικό μέτρο.

Αν τα αποτελέσματα των δύο δοκιμών διαφέρουν περισσότερο από 0,2 φορές του μέσου όρου η δοκιμή επαναλαμβάνεται και ως δείκτης απότριψης χρησιμοποιείται η διάμεσος των τεσσάρων τιμών. Το αποτέλεσμα είναι αποδεκτό όταν η διαφορά των δεικτών απότριψης είναι μικρότερη από 0,2 φορές του μέσου όρου της AAV.

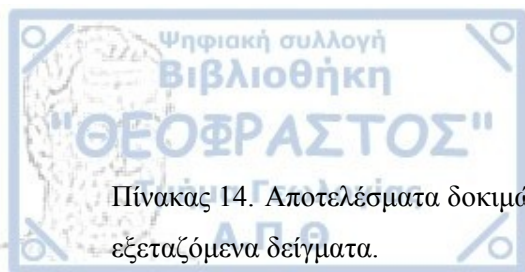
Όσο πιο χαμηλή η τιμή της AAV τόσο πιο σκληρά και κατάλληλα είναι τα αδρανή για τη χρήση σε επιφανειακές στρώσεις οδοστρωμάτων.

Πίνακας 13. Ο δείκτης αντίστασης σε απότριψη (AAV) παρουσιάζει τις παρακάτω μέγιστες τιμές από ΥΠΕΧΩΔΕ (ΤΣΥ- Άρθρο ΣΤ4 2005).

Κυκλοφορία	Μέση	Βαριά	Πολύ βαριά
Ημερίσιος κυκλοφοριακός φόρτος	500-3000	3000-8000	Πάνω από 8000
Max. AAV	10	8	6

6.5.2. Αποτελέσματα

Αναφέρθηκε παραπάνω πως, όσο πιο χαμηλή εμφανίζεται η τιμή της δοκιμής αντίσταση σε επιφανειακή απότριψη τόσο καταλληλότερα παρουσιάζονται τα αδρανή για επιφανειακές στρώσεις. Έτσι καθίσταται γνωστό, πως καλύτερο δείγμα είναι το Αγ με τιμή 4,6 ακολούθως, το Sth-2 με 5,4, το F με 5,5 και τελευταίο με την πιο υψηλή τιμή το Sth-1 με 6,2. Η δοκιμή AAV χρησιμοποιείται για να βρεθεί η καταλληλότητα των αδρανών στην αντίσταση απότριψης για την επιφανειακή στρώση και όχι για κατώτερα στρώματα. Έτσι, με βάση τα όρια που έχουν δοθεί από τα Ευρωπαϊκά πρότυπα, όλα τα δείγματα είναι κατάλληλα για το αναφερόμενο στρώμα της ασφάλτου (Πίν. 14). Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα του ΥΠΕΧΩΔΕ (ΤΣΥ- Άρθρο ΣΤ4 2005) (Πίν. 13) όλα τα εξεταζόμενα δείγματα είναι κατάλληλα για μια μέση με βαριά κυκλοφορία και στο όριο για την χρησιμοποίησή τους σε πολύ βαριά κυκλοφορία.



Πίνακας 14. Αποτελέσματα δοκιμών αντίστασης σε επιφανειακή απότριψη και καταλληλότητα για τα εξεταζόμενα δείγματα.

Δείγματα	Αποτελέσματα AAV	Καταλληλότητα Αντιολισθηρή Στρώση
Ar	4,6	NAI
F	5,5	NAI
Sth-1	6,2	NAI
Sth-2	5,4	NAI



7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκαν τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από τις εξεταζόμενες δοκιμές. Αφού αναφέρονται επιγραμματικά και απεικονίζονται παρακάτω μαζί με τα όρια των δοκιμών για τη βάση, την υποβάση και την αντιστοιχισμένη στρώση, στη συνέχεια, συγκρίνονται με αποτελέσματα αντίστοιχων εργασιών. Τέλος, συσχετίζονται τα ποσοστά των ορυκτών των δειγμάτων και η κοκκομετρία τους με τα αποτελέσματα κάθε δοκιμής. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για παρόμοιες με την παρούσα διατριβή εργασίες.

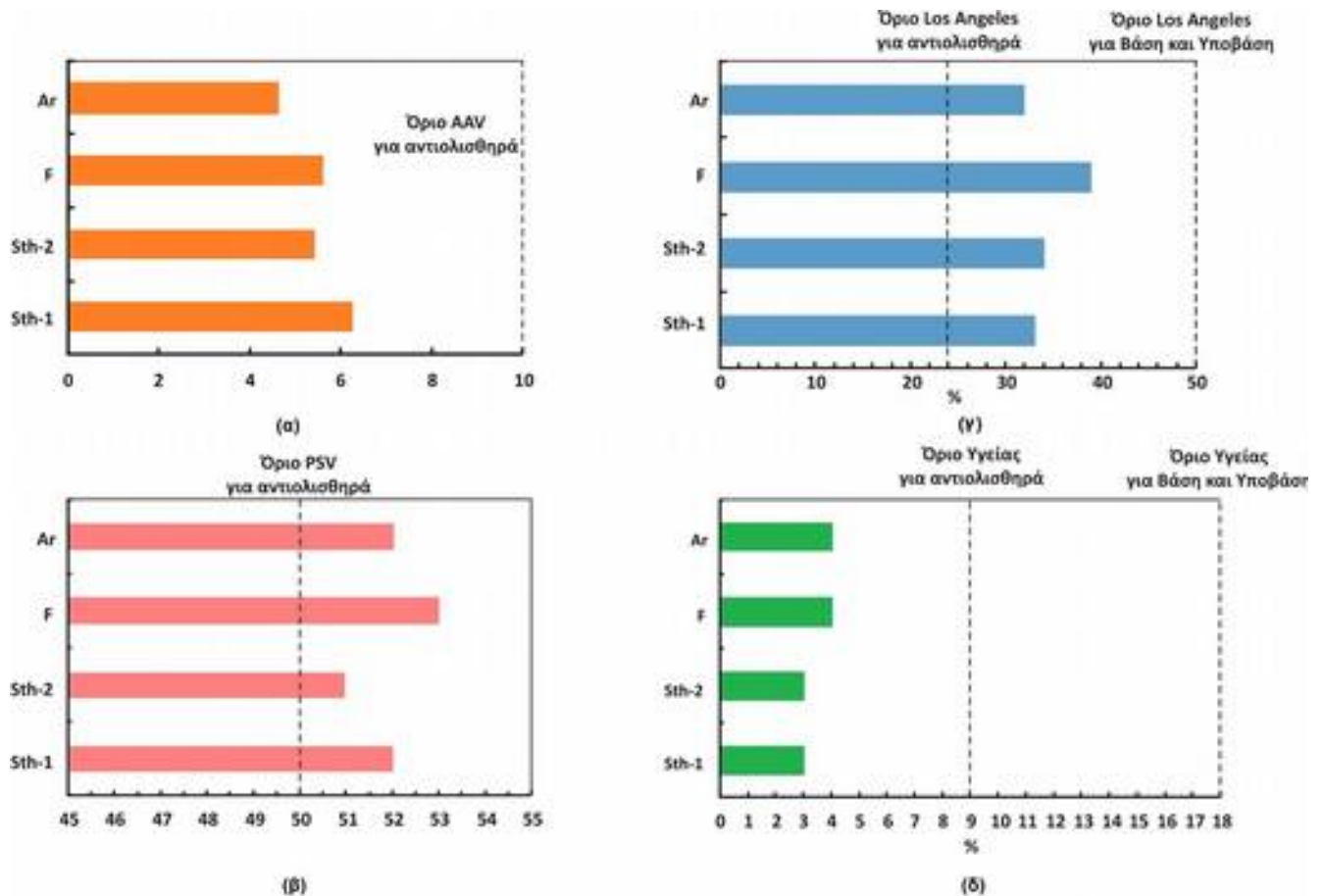
7.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ

Στον πίνακα 15 αναφέρονται συγκεντρωμένα όλα τα αποτελέσματα των δειγμάτων που υποβλήθηκαν στις δοκιμές Los Angeles, Polished Stone Value, Aggregate Abrasion Value και υγείας.

Πίνακας 15. Αποτελέσματα δοκιμών των δειγμάτων.

Δοκιμή Δείγματα	AAV	PSV	Los Angeles (%)	Υγείας (%)
Ar	4,6	52	32	4
F	5,5	53	39	4
Sth-1	6,2	52	33	3
Sth-2	5,4	51	34	3

Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα απεικονίζονται αριθμητικά στο σχήμα 2.



Σχήμα 2. Αριθμητική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των δοκιμών. (α). Αποτελέσματα των δειγμάτων για τη δοκιμή AAV και όριο AAV για την αντιολισθηρή στρώση. (β). Αποτελέσματα των δειγμάτων για τη δοκιμή PSV και όριο PSV για την αντιολισθηρή στρώση. (γ). Αποτελέσματα των δειγμάτων για τη δοκιμή Los Angeles, όριο Los Angeles για τη βάση, υποβάση και την αντιολισθηρή στρώση. (δ). Αποτελέσματα των δειγμάτων για τη δοκιμή υγείας και όριο δοκιμής υγείας για τη βάση, υποβάση και την αντιολισθηρή στρώση.

Στο σχήμα 2α (AAV), παρατηρείται πως κανένα δείγμα δεν ξεπερνάει το 10, έρχονται δηλαδή σε συμφωνία με το EN 1097-8 (CEN 2009). Τη μεγαλύτερη τιμή παρουσιάζει το δείγμα Sth-1 (6,2) ενώ, τη μικρότερη το Ar (4,6). Στο σχήμα 2β (PSV), το όριο που δίνεται από το EN 1097-8 (CEN 2009) είναι το 50, δηλαδή, τα δείγματα οφείλουν να ξεπερνούν το 50. Όλα τα δείγματα συμφωνούν με το όριο της δοκιμής με μεγαλύτερη τιμή να εμφανίζει το F (53), ενώ μικρότερη τιμή το Sth-2 (51). Εν συνέχεια, το σχήμα 2γ, που αναφέρεται στο

θρυμματισμό του αδρανούς κατά Los Angeles, εμφανίζει δύο όρια, που τα δείγματα δεν πρέπει να ξεπερνούν, ένα για την αντιολισθηρή στρώση (≤ 24) και ένα για τη βάση και την υποβάση (< 40) κατά EN 1097-2 (CEN 2010). Όπως προκύπτει, κανένα από τα δείγματα δεν είναι κατάλληλο για την αντιολισθηρή στρώση ενώ όλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βάση και την υποβάση. Η μεγαλύτερη τιμή βρίσκεται στο δείγμα F με 39% και η μικρότερη στο Ar με 32%. Τέλος, στο σχήμα 2δ απεικονίζεται η ανθεκτικότητα στην αποσάθρωση των δειγμάτων, φυσικά και εδώ έχουμε δύο όρια, ένα για την αντιολισθηρή στρώση ($< 9\%$) και ένα για τη βάση και υποβάση ($\leq 18\%$), όπως και στη Los Angeles, κατά EN 1367-2 (CEN 2009). Τα δείγματα συμμορφώνονται με τις προδιαγραφές, με τη μεγαλύτερη τιμή να απαντάται στα δείγματα F (4%) και Ar (4%) και τη μικρότερη τιμή στα δείγματα Sth-1 (3%) και Sth-2 (3%).

7.3 ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

Εκτός της παρούσας εργασίας και άλλες εργασίες έχουν ασχοληθεί με τις μηχανικές και πετρογραφικές ιδιότητες διαφόρων γρανιτών. Κάποιες από αυτές χρησιμοποιούνται και στην παρούσα διατριβή για το συσχετισμό των δύο παραπάνω ομάδων ιδιοτήτων.

Οι Τσούτσικα κ.ά. (2005) βρήκαν στο γρανίτη της Αρναίας, (ο ίδιος γρανίτης που εξετάζεται και στην παρούσα διατριβή) ποσοστό Los Angeles 33%, προερχόμενο από δείγμα βάθους > 3 m.

Οι Kane et al. (2013) και Villani et al. (2014) πραγματοποίησαν διάφορες δοκιμές σε γρανίτη με υψηλό ποσοστό πυριτίου (64%) όπως PSV, Micro Deval, AAV κλπ., δίνοντας αποτελέσματα AAV με τιμή 4 και PSV με τιμή 58 (Πίν. 16).

Οι Wang et al. (2019), μελέτησαν τέσσερις γρανίτες από τη Γερμανία για τη συμπεριφορά τους στη λείανση και υπολόγισαν τιμές PSV από 53 μέχρι 56. Όσον αφορά την εξέταση για τα ποσοστά των ορυκτών αυτή έγινε με τη βοήθεια XRD (Πίν. 17).

Εργασίες σχετιζόμενες με πετρογραφικές ιδιότητες γρανιτών και τη δοκιμή Los Angeles είναι πιο συχνές σε αντίθεση με μελέτες των πετρογραφικών χαρακτηριστικών με τις υπόλοιπες δοκιμές (PSV, AAV, δοκιμή υγείας). Οι Tervahattu et al. (2006) αναφέρουν τιμές 15% και 42% για δυο γρανίτες (Πίν. 18). Οι Akesson et al. (2001) μελετώντας τη σχέση μεταξύ υφών και μηχανικών ιδιοτήτων διαφόρων γρανιτών της κεντρικής Σουηδίας βρήκαν τιμές Los Angeles από 12,2 μέχρι 32,7% (Πίν. 19). Οι Akesson et al. (2003), μελετώντας το πώς επηρεάζει η φύλλωση τη θραυστότητα γρανιτών από τη νότια Σουηδία βρήκαν τιμές Los

Angeles από 21,7 μέχρι 32,8% (Πίν. 20). Επίσης, ο Raisanen (2004) αναφέρει για πετρώματα του γρανιτικού συμπλέγματος Jaala- Iitti στη Φινλανδία, τιμές Los Angeles από 17% έως 32% (Πίν. 21). Στις εργασίες των Akesson et al. (2001, 2003) η εξέταση για τα ποσοστά των ορυκτών έγινε με τη βοήθεια εμβαδομετρητή.

Δε βρέθηκαν εργασίες που να συσχετίζουν τα πετρογραφικά χαρακτηριστικά γρανιτικών πετρωμάτων και τη δοκιμή υγείας.

Πίνακας 16. Τιμές δοκιμών και ποσοστά ορυκτών κατά Kane et al. (2013), Villani et al. (2014).

Ορυκτό	Q	Kf	Amph	Bt	Δοκιμή PSV	Δοκιμή AAV
Ποσοστό	27	49	19	5	58	4

Q= Χαλαζίας, Kf= K-άστριοι, Amph= Αμφίβολος, Bt= Βιοτίτης.

Πίνακας 17. Τιμές δοκιμής PSV και ποσοστά ορυκτών κατά Wang et al. (2019).

Rock	Q	A	Pl	Chl	Px	Mica	Δοκιμή PSV	Grain size (mm)
Granite I	31,6	26,1	26,5	2,2	3,4	9,9	56	0,1-0,5
Granite II	4,4	24,2	33	10,2	3,8	16,1	55	0,1-2
Granite III	26,7	23,6	27,3	12,9	2,3	6,0	53	0,2-2
Granite IV	33,1	49,4	0,8	0,8	5,8	10,3	56	0,1- 3

Q= Χαλαζίας, A= Άστριοι, Pl= Πλαγιόκλαστα, Chl= Χλωρίτης, Px= Πυρόξενοι, Mica= Μαρμαρυγίες

Πίνακας 18. Τιμές δοκιμής Los Angeles και ποσοστά ορυκτών κατά Tervahattu et al. (2006).

Rock	Q	Kf	Pl	Bt	Other	Δοκιμή LA%	Grain Size
Granite 1	30,4	29,6	32,4	5,9	1,7	42	Medium-coarse
Granite 2	28,4	26,3	39,4	1,8	4,1	15	-

Q= Χαλαζίας, Kf= K-άστριοι, Pl= Πλαγιόκλαστα, Bt= Βιοτίτης, O= Άλλα.

Πίνακας 19. Τιμές δοκιμής Los Angeles και ποσοστά ορυκτών κατά Akesson et al. (2001).

Δοκιμή

Rock	Q	Kf	Pl	Bt	Mu	Amph	Ep	Chl	Οραq	Acc	LA%	Grain size
MG0981300A	37	33	18	3	-	1	4	3	-	-	19,8	medium
VIB	28	29	25	11	-	-	-	5	-	-	32,7	coarse
LEP980004	20	4	51	6	1	11	2	2	-	-	17	medium
MG0960005A	35	27	25	9,6	0,4	-	0,6	0,8	0,4	1	18,8	medium
MG0960005B	32	24	27	3	1	-	-	9,8	-	3	22,3	medium
MG0970051	34	32	24	7	0,2	-	1	0,4	1	-	14,5	fine
LEP950003	33	36	26	4	0,8	-	-	0,2	-	-	25,3	fine
NL2:1	33	32	26	8	-	-	-	1	-	-	17	fine
SVL970151	31	38	14	1	0,8	-	1	11	0,4	1	12,2	fine

Q= Χαλαζίας, Kf= Κ-άστριοι, Pl= Πλαγιόκλαστα, Bt= Βιοτίτης, Mu= Μοσχοβίτης, Amph= Αμφίβολος, Ep= Επίδοτο, Chl= Χλωρίτης, Οραq= Αδιαφανή ορυκτά, Acc= Δευτερογενή ορυκτά.

Πίνακας 20. Τιμές δοκιμής Los Angeles και ποσοστά ορυκτών κατά Akesson et al. (2003).

										Δοκιμή
Rock	Q	Kf	Pl	Bt	Ep	Mu	Οραq	Acc	LA%	
CHW1	31	14	44	8	3	0,2	0,2	1	28	
CHW2	24	15	44	12	2	0,2	0,6	1,2	31,5	
CHW3	30	20	41	7	1	0,4	0,6	0,2	24,1	
CHW4	21	19	47	11	0,2	-	0,6	1	22,0	
CHW5	25	16	45	10	2	-	0,6	1	22,3	
CHW6	20	9	41	23	4	-	0,4	2	23,8	
CHW7	16	8	48	18	7	-	0,1	3	23,4	
CHW8	40	24	31	6	0,2	-	-	-	32,8	
CHW9	18	16	52	11	0,6	-	1	1,8	24,0	
CHW10	42	29	20	2	0,3	-	0,3	0,6	21,7	

Q= Χαλαζίας, Kf= Κ-άστριοι, Pl= Πλαγιόκλαστα, Bt= Βιοτίτης, Ep=Επίδοτο, Mu= Μοσχοβίτης, Οραq= Αδιαφανή ορυκτά, Acc=Δευτερογενή ορυκτά.

Πίνακας 21. Τιμές δοκιμής Los Angeles και ποσοστά ορυκτών κατά Raisanen (2004).

							Δοκιμή
Rock	Q	F	Hbl	Bt	Acc	LA%	
Hbl- porphyry	25	59,6	10,8	2	2,6	18	
Hbl Gr	19,8	63,2	11,4	4,4	1,2	21	

Hbl Gr	24	57	12,4	4,8	1,8	32
Hbl Gr	23,8	57,8	11	5,6	1,8	20
Hbl Gr	22,4	62,8	7,2	6,2	1,4	17
Bt Gr	31	58,6	0	10	0,4	19

Q= Χαλαζιάς, F= Άστριοι, Hbl= Κεροσίλβη, Bt= Βιοτίτης, Acc= Δευτερογενή ορυκτά.

Οι αντίστοιχες εργασίες έδωσαν στην πλειοψηφία τους καλά αποτελέσματα, σε πολλές περιπτώσεις καλύτερα από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας. Πρακτικά, αυτό σημαίνει πως υπακούν στα όρια και είναι κατάλληλα για τις αντίστοιχες στρώσεις του οδοστρώματος. Φυσικά υπάρχουν και εξαιρέσεις, με την εξαγωγή ακατάλληλων τιμών για την αντιστοιχισμένη στρώση, όπως στην εργασία του Raisanen (2004) όπου η υψηλή τιμή (32%) μπορεί να επηρεάζεται από την υφή. Στη δημοσίευση των Akesson et al. (2001) οι τιμές επηρεάζονται από το σχήμα, το μέγεθος κόκκων και τη διάταξη των ορυκτών. Ακόμη, οι Akesson et al. (2003) αναφέρουν πως η περιεκτικότητα των μαρμαρυγιών παίζει μεγάλο ρόλο στο σχηματισμό του επιπέδου της φύλλωσης, επηρεάζοντας αρνητικά την τιμή LA. Η απαγορευμένη τιμή στο γρανίτη των Τσούτσικα κ.ά. (2005) οφείλεται στον έντονο τεκτονισμό και στην απουσία, όπως αναφέρεται, φεμικών ορυκτών. Τέλος, στην περίπτωση των Tervahattu et al. (2006) δεν καθίσταται γνωστός ο λόγος εξαγωγής υψηλής, άρα και ακατάλληλης τιμής.

7.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΤΟΥΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

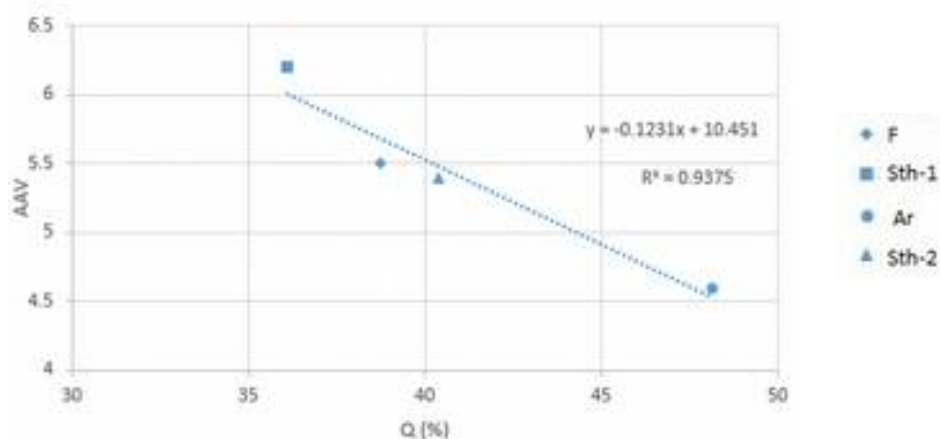
Έγινε προσπάθεια, τα αποτελέσματα των τεσσάρων δοκιμών να συσχετιστούν με τα πετρογραφικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά εξαρτώνται κατά τους Akesson et al. (2001), Νταμπίτζιας κ. ά. (2003), Raisanen (2004 και βιβλιογραφία εκεί) και Τσούτσικα κ. ά. (2005) από την ορυκτολογία, την υφή, το μέγεθος των κόκκων, την αποσάθρωση, τις επιφάνειες ασυνεχειών και άλλες σχετιζόμενες με τη δομή των πετρωμάτων ιδιότητες. Φυσικά, δε μελετήθηκαν όλες οι πετρογραφικές παράμετροι (σχισμός, αλλοιώσεις, σχιστότητα, σχήμα, όρια ορυκτών, κ.ά.) που μπορεί να επηρεάζουν τις μηχανικές παραμέτρους (αντοχή σε αποτριψιμότητα, σε αποσάθρωση, σε λείανση και επιφανειακή απότριψη) των συγκεκριμένων πετρωμάτων αλλά μόνο τα ποσοστά των ορυκτών και το μέγεθος των κόκκων.

Είναι προφανές ότι για να βρεθεί η ύπαρξη ή όχι συσχέτισης ή συσχετίσεων χρειάζεται να συλλεχθούν και να μελετηθούν αρκετά δείγματα και μεγάλες ποσότητες αυτών. Αν αυτά δε τηρηθούν, τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα λάθος συμπερασμάτων. Για το λόγο αυτό, στις

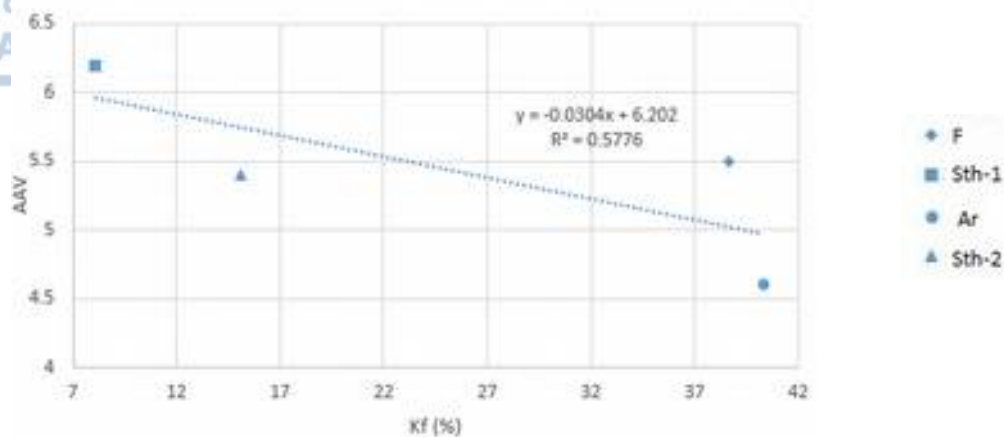
παρακάτω συσχετίσεις, η εξαγωγή συμπερασμάτων γίνεται με την επιφύλαξη πως δεν υπάρχει αντιπροσωπευτικός αριθμός δειγμάτων ωστόσο χρησιμοποιήθηκαν, όπου υπήρχαν, και βιβλιογραφικά δεδομένα τα οποία σχολιάζονται.

7.4.1 Συσχετισμοί ποσοστών ορυκτών των δειγμάτων με τη δοκιμή αντίστασης σε επιφανειακή απότριψη (AAV)

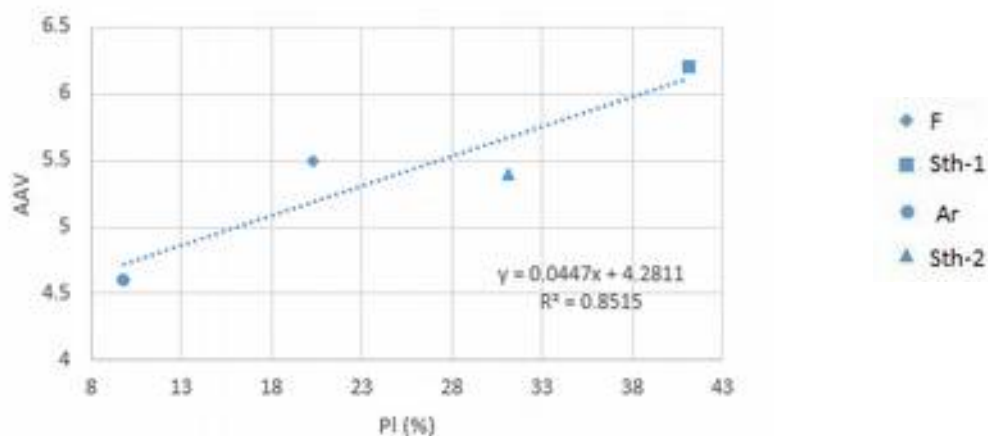
Στη δοκιμή αντίστασης σε απότριψη, (AAV), παρατηρείται ισχυρή συσχέτιση μεταξύ του ποσοστού του χαλαζία και της τιμής της συγκεκριμένης δοκιμής. Το γεγονός αυτό, επαληθεύεται και από το δείκτη r^2 που ισούται με 0,94. Επισημαίνεται, πως όσο αυξάνεται το ποσοστό του χαλαζία μειώνεται η τιμή της αναφερόμενης δοκιμής (Σχ. 3α) συνεπώς το πέτρωμα είναι πιο κατάλληλο. Επίσης, διαπιστώνεται ότι το ίδιο ισχύει και στο συσχετισμό της παραπάνω δοκιμής με το ποσοστό των K-αστρίων παρουσιάζοντας μια μέση συσχέτιση, με το δείκτη r^2 να είναι 0,58. Στη συσχέτιση της AAV με το ποσοστό του πλαγιокλάστου ισχύει το αντίθετο και απαντάται μια ισχυρή συσχέτιση με τιμή r^2 0,85. Με βάση τα διαγράμματα, αυτό μεταφράζεται, ότι όσο πιο μεγάλο είναι το ποσοστό των K-αστρίων, τόσο πιο χαμηλές τιμές θα παρουσιάζει η δοκιμή ενώ, το αυξημένο ποσοστό του πλαγιокλάστου αυξάνει και τις τιμές της AAV (Σχ. 3β, 3γ). Επιπλέον, έγιναν συσχετισμοί ανάμεσα στο ποσοστό των μαρμαρυγιών που βρέθηκαν στα εξεταζόμενα γρανιτικά πετρώματα με την προαναφερθείσα δοκιμή και βρέθηκε ο συντελεστής r^2 ίσος με 0,4. Φυσικά, υπάρχει κάποιου είδους συσχέτιση της δοκιμής σε απότριψη με ορυκτά που τυχόν εμφανίζουν μαρμαρυγή αλλά αυτή είναι ασθενής (Σχ. 3δ).



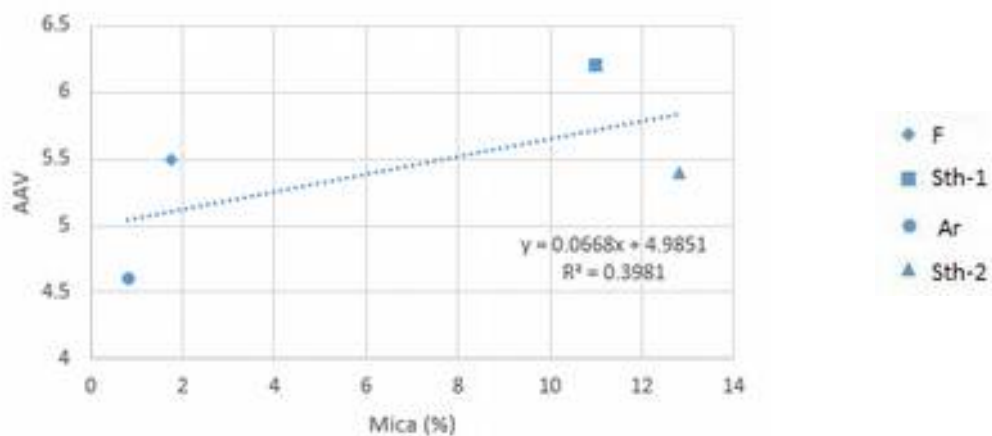
Σχήμα 3α. Συσχετισμός ποσοστού χαλαζία με την AAV.



Σχήμα 3β. Συσχετισμός ποσοστού K-αστρίων με την AAV.



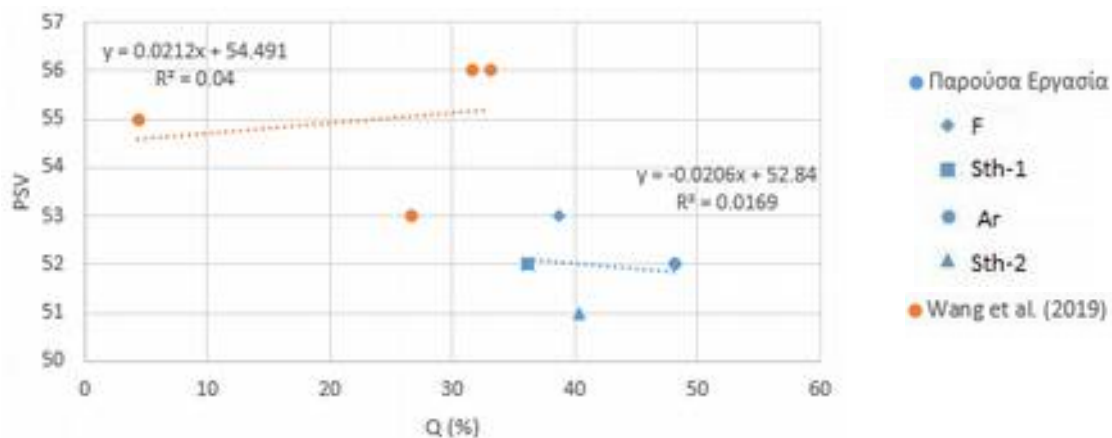
Σχήμα 3γ. Συσχετισμός ποσοστού πλαγιοκλάστου με την AAV.



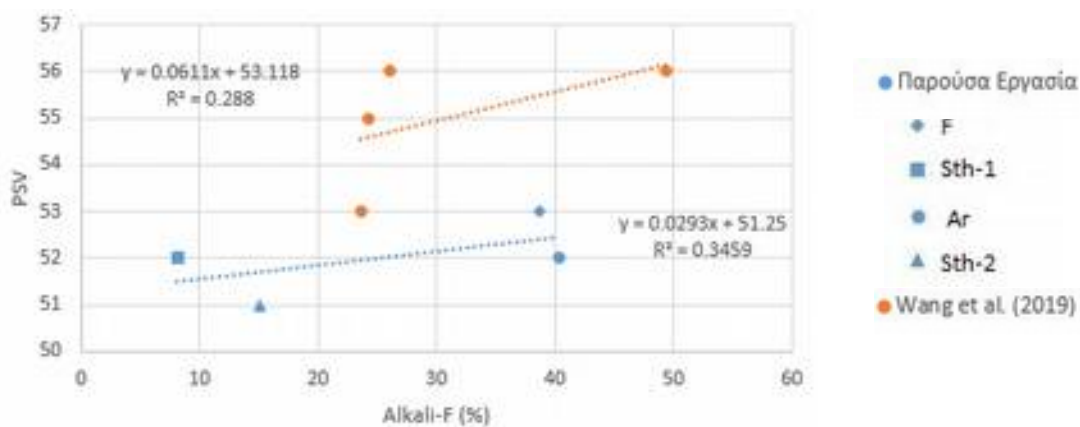
Σχήμα 3δ. Συσχετισμός ποσοστού μαρμαρυγιών με την AAV.

7.4.2 Συσχετισμοί ποσοστών ορυκτών των δειγμάτων με τη δοκιμή αντίστασης σε λείανση (PSV)

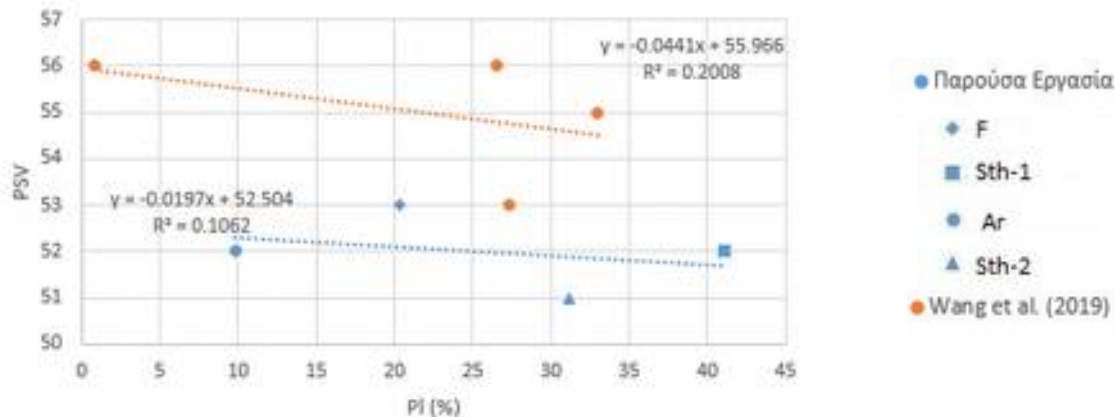
Στη συνέχεια, έγινε προσπάθεια να βρεθούν, αν υπάρχουν, συσχετίσεις των ποσοστών ορυκτών συστατικών των γρανιτών με τις τιμές της δοκιμής αντίστασης σε λείανση, PSV. Ασθενής συσχέτιση απαντάται στα ποσοστά K-αστρίων με την αναφερόμενη δοκιμή (Σχ. 4β). Όμως, μέση συσχέτιση με δείκτη $r^2 = 0,53$ εντοπίζεται μεταξύ της δοκιμής και του ποσοστού των μαρμαρυγιών (Σχ. 4δ). Αναλυτικότερα, αυτό σημαίνει πως όσο περισσότεροι μαρμαρυγίες υπάρχουν τόσο χαμηλότερες τιμές PSV θα εξάγονται. Από την άλλη πλευρά, δεν υπάρχει κανενός είδους συσχετισμός που να αφορά τα ποσοστά του χαλαζία και του πλαγιοκλάστου με τη συγκεκριμένη δοκιμή όπως διαπιστώνεται και στα σχήματα 4α, 4γ.



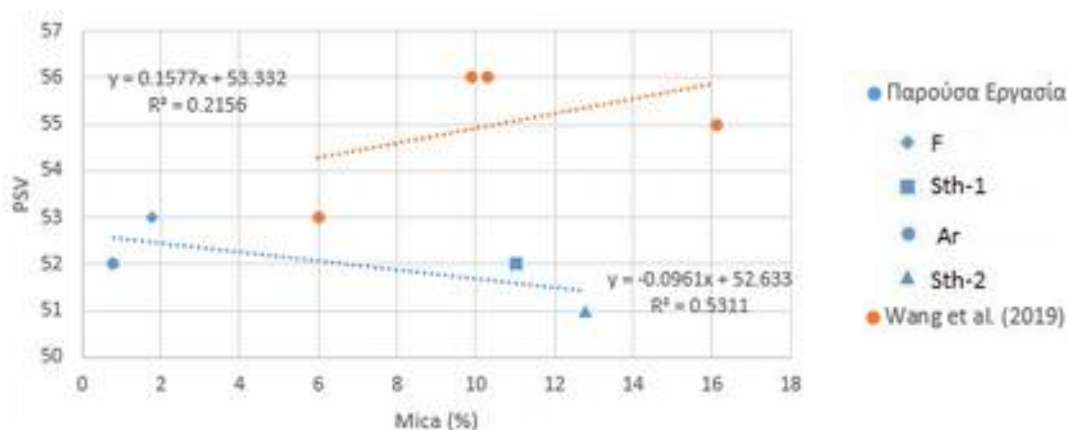
Σχήμα 4α. Συσχετισμός ποσοστού χαλαζία με την PSV.



Σχήμα 4β. Συσχετισμός ποσοστού αλκαλιαστρίων με την PSV.



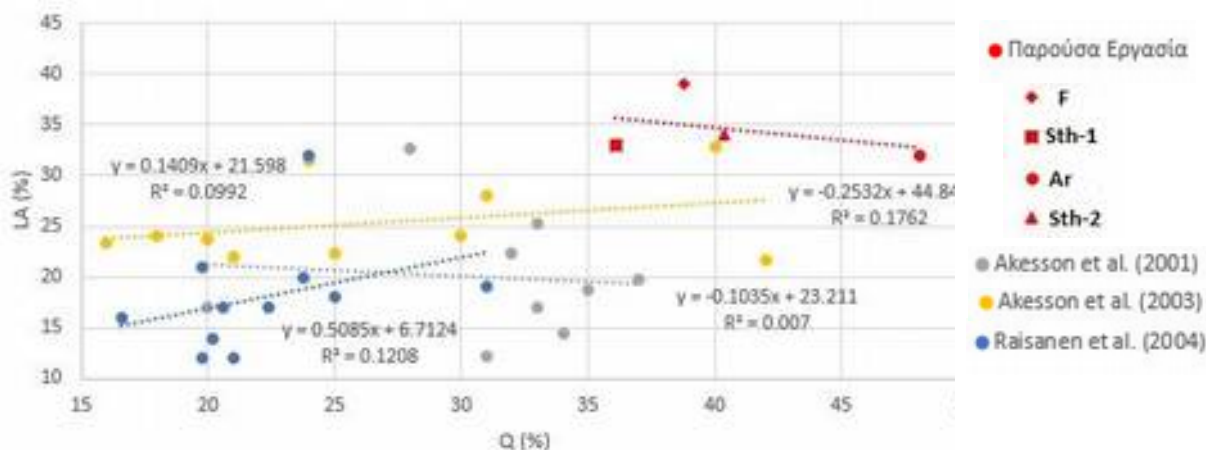
Σχήμα 4γ. Συσχετισμός ποσοστού πλαγιεκλάστου με την PSV.



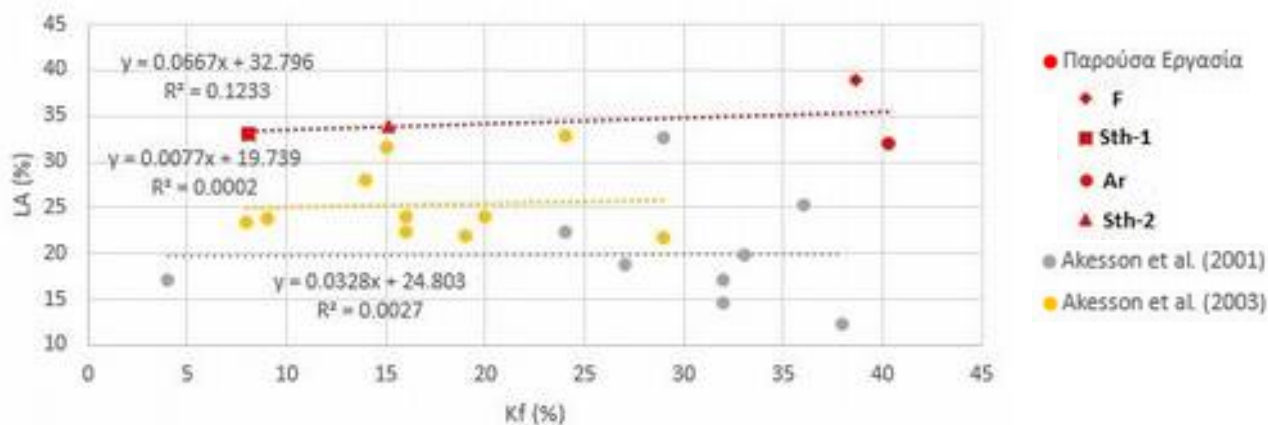
Σχήμα 4δ. Συσχετισμός ποσοστού μαρμαρυγιών με την PSV.

7.4.3 Συσχετισμοί ποσοστών ορυκτών των δειγμάτων με τη δοκιμή Los Angeles (LA)

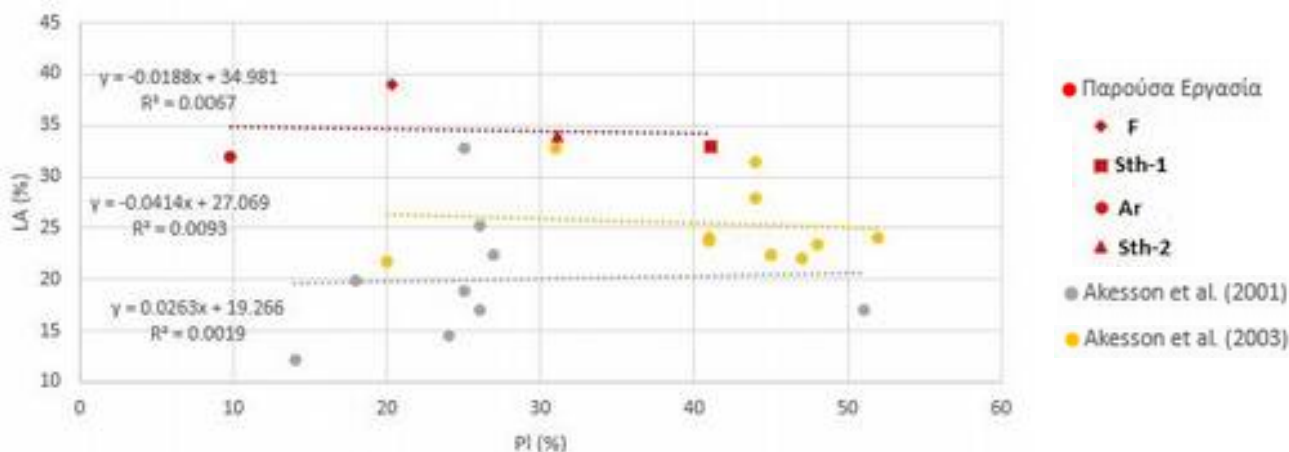
Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τη δοκιμή Los Angeles. Οι συντελεστές συσχέτισης που υπολογίστηκαν μεταξύ των ποσοστών του χαλαζία, των Κ-αστρίων και του πλαγιεκλάστου με τη συγκεκριμένη δοκιμή δεν έδειξαν καμία συσχέτιση. Αντίθετα, η συσχέτιση ανάμεσα στο ποσοστό του βιοτίτη και της LA έδωσε για τα δείγματα της παρούσας εργασίας συντελεστή συσχέτισης $r^2 = 0,99$. Αυτό σημαίνει πως όσο πιο μεγάλο ποσοστό βιοτίτη υπάρχει τόσο πιο χαμηλή Los Angeles εμφανίζεται. Όλα τα παραπάνω περιγράφονται στα σχήματα 5α, 5β, 5γ, 5δ.



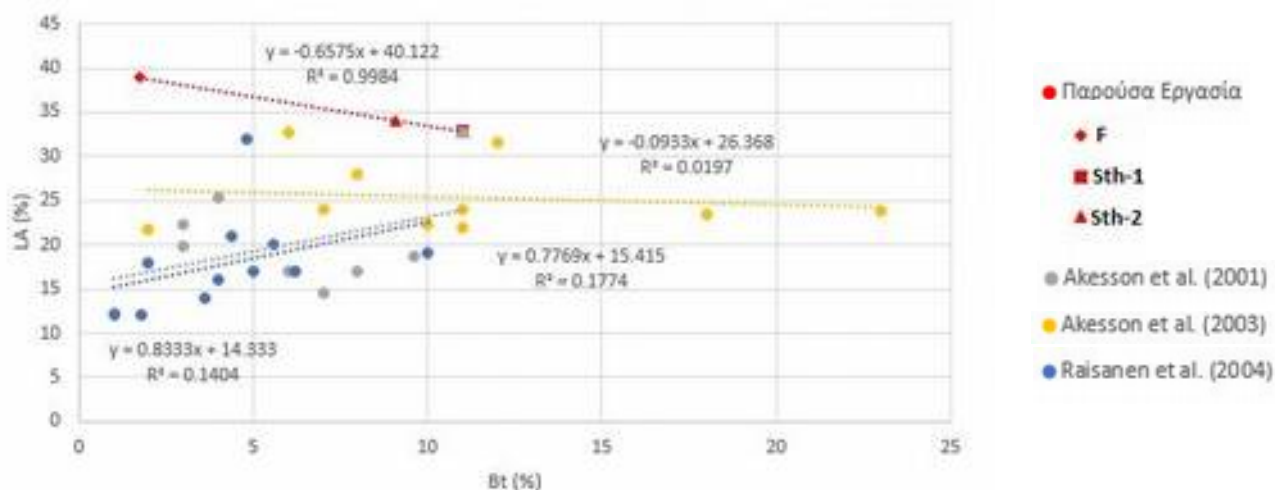
Σχήμα 5α. Συσχετισμός ποσοστού χαλαζία με τη Los Angeles.



Σχήμα 5β. Συσχετισμός ποσοστού Κ-αστρίων με τη Los Angeles.



Σχήμα 5γ. Συσχετισμός ποσοστού πλαγιοκλάστου με τη Los Angeles.

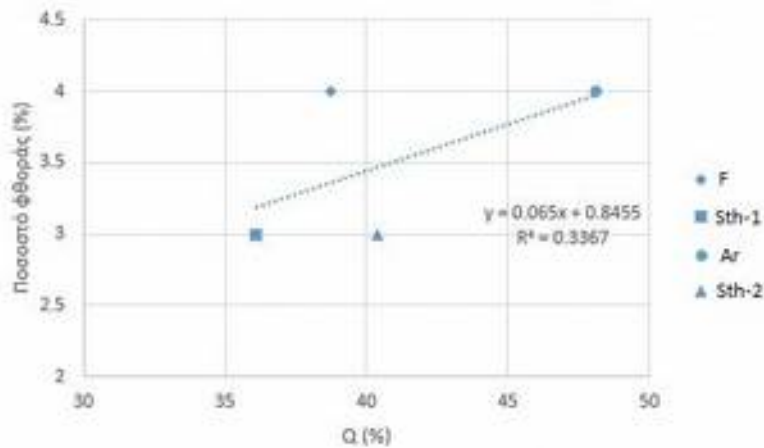


Σχήμα 5δ. Συσχετισμός ποσοστού βιοτίτη με τη Los Angeles.

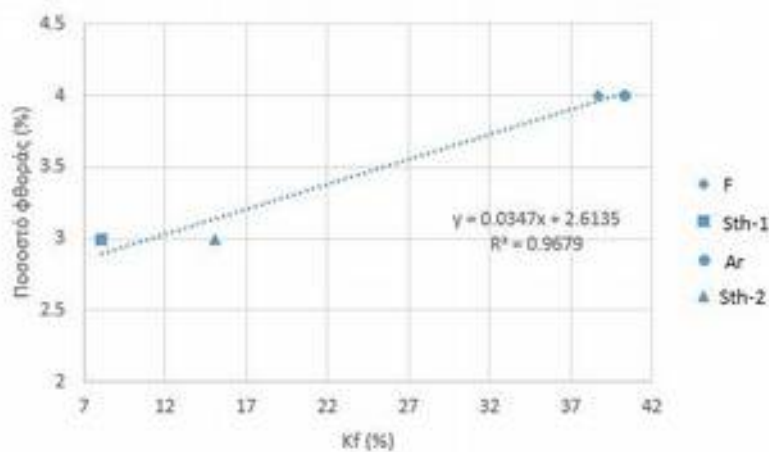
7.4.4 Συσχετισμοί ποσοστών ορυκτών των δειγμάτων με τη δοκιμή υγείας

Τέλος, συσχετισμοί πραγματοποιήθηκαν μεταξύ των ποσοστών των ορυκτών και της δοκιμής υγείας. Εκτός του ποσοστού του χαλαζία που εμφανίζει ασθενή συσχέτιση ($r^2 = 0,34$, Σχ. 6α) όλα τα υπόλοιπα ποσοστά ορυκτών παρουσιάζουν πολύ καλή εξάρτηση με τα περισσότερα να εμφανίζουν δείκτη r^2 κοντά στο 1. Από τα σχήματα 6β, 6γ, 6δ προκύπτει πως όσο

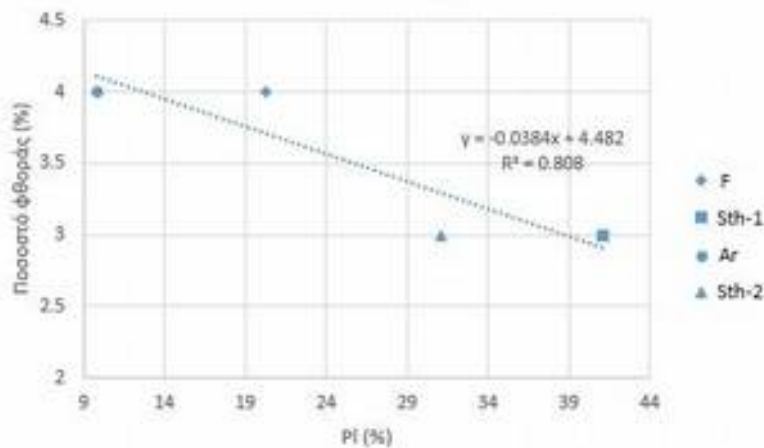
μεγαλύτερο ποσοστό Κ-αστρίων υπάρχει τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό φθοράς του πετρώματος. Ακόμη, όσο μεγαλύτερα είναι τα ποσοστά του πλαγιοκλάστου και των μαρμαρυγιών, τόσο μικρότερο συναντάται το ποσοστό της δοκιμής υγείας.



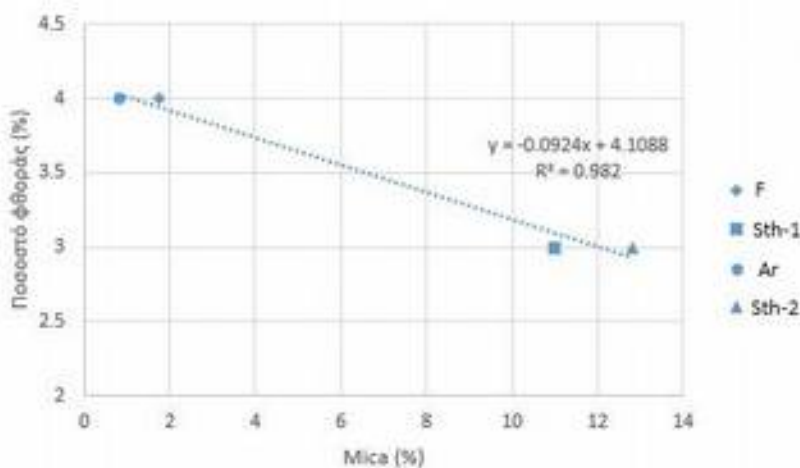
Σχήμα 6α. Συσχετισμός ποσοστού χαλαζία με τη δοκιμή υγείας.



Σχήμα 6β. Συσχετισμός ποσοστού Κ-αστρίων με τη δοκιμή υγείας.



Σχήμα 6γ. Συσχετισμός ποσοστού πλαγιοκλάστου με τη δοκιμή υγείας.

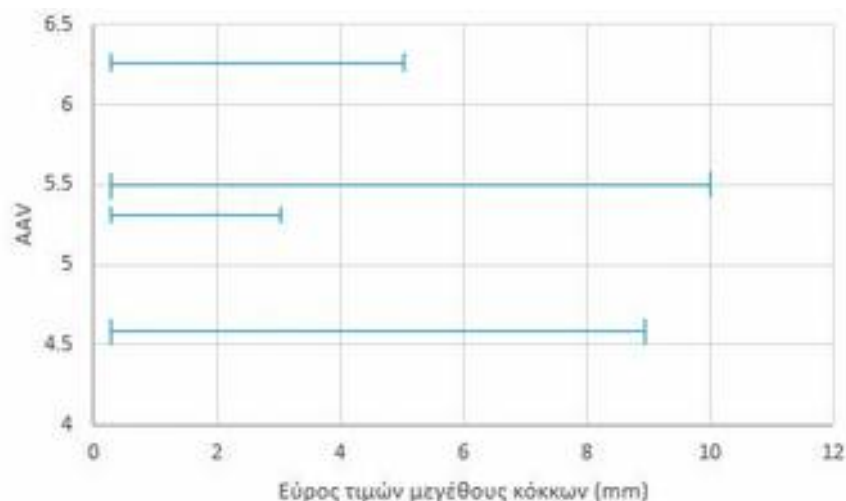


Σχήμα 6δ. Συσχετισμός ποσοστού μαρμαρυγιών με τη δοκιμή υγείας.

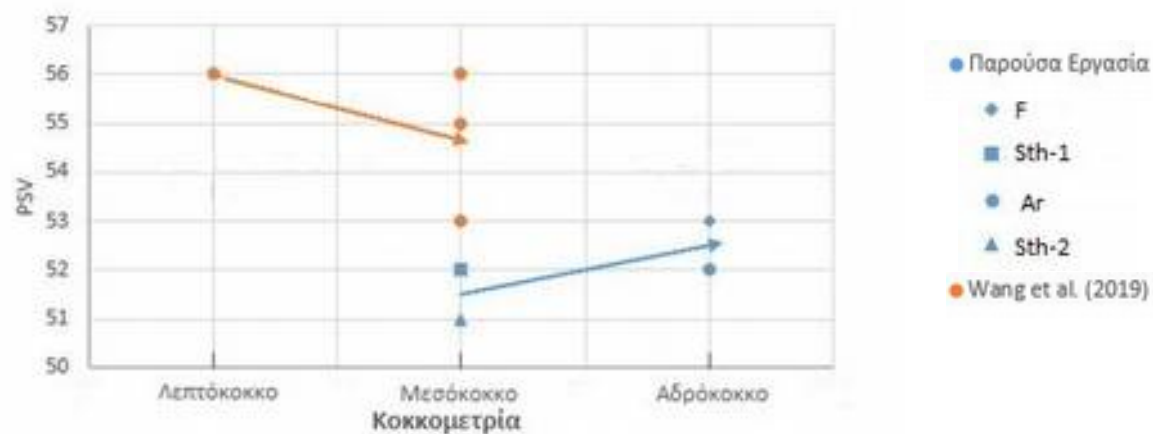
7.4.5 Συσχετισμοί κοκκομετρίας δειγμάτων με τις δοκιμές

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, εκτός των συσχετισμών μεταξύ των δοκιμών και των ποσοστών των ορυκτών, εξετάστηκαν και σχέσεις ανάμεσα στα αποτελέσματα των δοκιμών και της κοκκομετρίας των δειγμάτων. Παρατηρείται στο σχήμα 7α η σχέση μεταξύ εύρους μεγεθών κόκκων με τη δοκιμή AAV. Πιο συγκεκριμένα αναφέρεται πως, όσο το εύρος μεγέθους κόκκων αυξάνεται σε ένα πέτρωμα τόσο πιο χαμηλή αντίσταση σε απότριψη θα παρουσιάζει. Στο σχήμα 7β απεικονίζονται στον άξονα χ η κοκκομετρία και στον άξονα ψ οι τιμές της δοκιμής PSV. Αυτό μας δείχνει πως όσο πιο αδρόκοκκο είναι ένα πέτρωμα τόσο καλύτερες τιμές αντίστασης στη λείανση θα έχει. Αντίστοιχα στο σχήμα 7γ της κοκκομετρίας με τη δοκιμή Los Angeles δείχνει πως όσο πιο λεπτόκοκκα είναι τα δείγματα τόσο καλύτερες

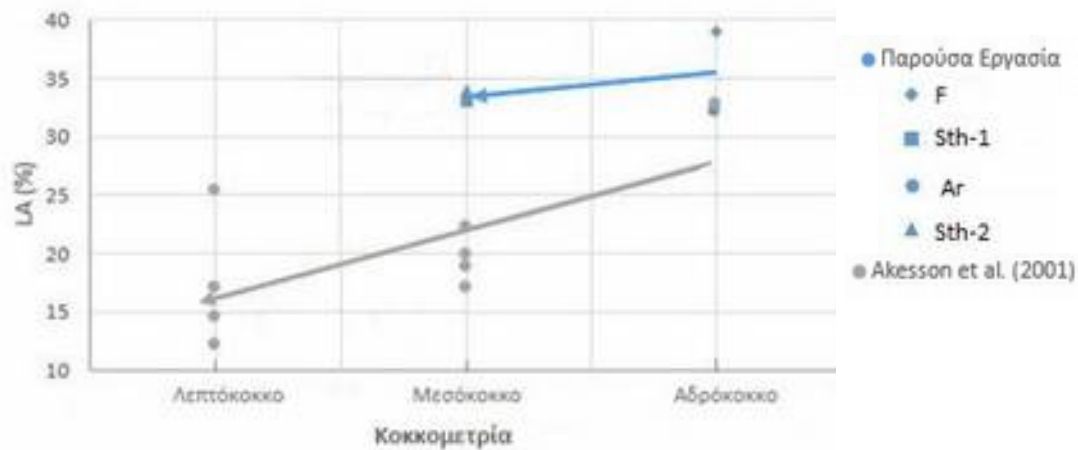
τιμές αντίστασης στο θρυμματισμό παρουσιάζουν. Το παραπάνω υποδεικνύεται και από τα αποτελέσματα της εργασίας των Akesson et al. (2001).



Σχήμα 7α. Εύρος τιμών μεγέθους κόκκων (mm) και AAV.



Σχήμα 7β. Σχηματική απεικόνιση κοκκομετρίας και PSV.



Σχήμα 7γ. Σχηματική απεικόνιση κοκκομετρίας και LA (%).

Για τη δοκιμή αντίστασης σε απότριψη και σε θρυμματισμό (LA και AAV) οι παράγοντες που δίνουν χαμηλές τιμές, δηλαδή καλύτερη συμπεριφορά, είναι οι ίδιοι. Αυτοί είναι τα ανθεκτικά ορυκτά, όσο πιο ανθεκτικά ορυκτά περιέχονται τόσο πιο χαμηλές τιμές εξάγονται. Επιπλέον, λεπτόκοκκα πετρώματα παρουσιάζουν καλύτερες τιμές Los Angeles. Το παράδειγμα που επιβεβαιώνει την παραπάνω παραδοχή είναι τα δείγματα της παρούσας εργασίας και των Akesson et al. (2001). Αλλά, μεγάλο ρόλο παίζουν επίσης οι διακλάσεις και η φολίδωση. Η υπαρχή τους αυξάνει τα αποτελέσματα της δοκιμής άρα μειώνει την καταλληλότητα (Νταμπίζιας κ.ά. 2003). Στην παρούσα διατριβή, οι τιμές LA ξεπερνούν τα όρια καταλληλότητας γιατί τα δείγματά μας είναι από επιφανειακές εμφανίσεις και όχι από ήδη υπάρχουσες εκμεταλλεύσεις οι οποίες προφανώς, θα βρίσκονταν σε βάθος και θα έδιναν άλλης ποιότητας δείγματα. Ακόμη και συσχετίσεις που πραγματοποιήθηκαν δεν έδειξαν κάποιου είδους εξάρτηση, μεταξύ των ποσοστών των ορυκτών και της αντίστασης σε θρυμματισμό με εξαίρεση το ποσοστό του βιοτίτη. Η διαφοροποίηση του οφείλεται στο γεγονός ότι ως φυλλόμορφο ορυκτό απομακρύνεται πιο δύσκολα από οποιοδήποτε άλλο ορυκτό σε περίπτωση θραύσης. Για το λόγο αυτό, δείγματα που περιέχουν μεγαλύτερα ποσοστά βιοτίτη κρατάνε την ανθεκτικότητα τους στο θρυμματισμό και εμφανίζουν μικρότερες άρα και καλύτερες τιμές. Οι βιβλιογραφικές αναφορές αδρανών που υποβλήθηκαν στις ίδιες δοκιμές με την παρούσα διατριβή, πολύ πιθανό να δίνουν κατάλληλες τιμές λόγω της χρήσης επιλεγμένων δειγμάτων με άλλη κοκκομετρία και χωρίς πολλές διακλάσεις. Οι συσχετίσεις στη δοκιμή AAV με το ποσοστό των ορυκτών είναι καλές με $r^2 > 0,3$. Οι προϋποθέσεις για μια καλή AAV δόθηκαν παραπάνω και η συσχέτιση με το χαλαζία, το πλαγιόκλαστο και το ποσοστό των K-αστρίων τις επιβεβαιώνουν. Τέλος, όσο πιο

αδρόκοκκο είναι ένα πέτρωμα τόσο πιο χαμηλές τιμές αντίστασης σε απότριψη παρουσιάζονται.

Στη δοκιμή υγείας χρειάζεται, κατά τους Τσούτσικα κ.ά. (2005), τα αδρανή να παραμένουν ανεπηρέαστα ως προς τον όγκο τους και τη σύσταση τους λόγω της παρουσίας διαφόρων καιρικών φαινομένων. Οπότε, πετρώματα τα οποία τείνουν να αποσαθρώνονται είναι ακατάλληλα για αδρανή καθώς τίθεται θέμα μείωσης της αντοχής του υλικού που θα κατασκευαστεί. Τα ποσοστά φθοράς στη συγκεκριμένη διατριβή είναι αρκετά χαμηλά αλλά φυσικά υπάρχουν ορυκτά που αλλοιώνονται. Αυτά, μπορεί να προκαλέσουν μακροχρόνια προβλήματα σε κατασκευές αλλά έχουν πολύ καλή συσχέτιση με την αναφερόμενη δοκιμή. Πιο συγκεκριμένα, η αυξημένη παρουσία Κ-αστρίων αυξάνει το ποσοστό φθοράς του αδρανούς και κατ' επέκταση η υγεία του πετρώματος κρίνεται χαμηλή. Ωστόσο, η αυξημένη παρουσία πλαγιόκλαστου και μαρμαρυγιών μειώνει το ποσοστό φθοράς του αδρανούς. Αναλυτικότερα, όλα τα πλαγιόκλαστα των δειγμάτων που εξετάστηκαν είναι όξινης σύστασης, όπου δεν αλλοιώνονται τόσο εύκολα όσο τα βασικά πλαγιόκλαστα, έτσι τα δείγματα που περιέχουν μικρή ποσότητα ανορθίτη δίνουν καλύτερα ποσοστά υγείας. Ο χαλαζίας, που ως ορυκτό είναι καθαρό και δεν αλλοιώνεται, δεν εμφανίζει κάποια ισχυρή συσχέτιση.

Η δοκιμή PSV εξαρτάται από τα ποσοστά των ορυκτών στο πέτρωμα αλλά και τη διαφορά στη σκληρότητά τους. Κατά τους Νταμπίτζιας κ.ά. (2003) τα αδρανή με διαφορετικής σκληρότητας ορυκτά σε ίσες αναλογίες δίνουν καλύτερη αντίσταση στη λείανση. Αν όμως η συμμετοχή των ορυκτών διαφορετικής σκληρότητας είναι μικρή τότε η PSV παίρνει χαμηλές τιμές. Στην παρούσα διατριβή δεν έχουν βρεθεί συσχετίσεις μεταξύ των ποσοστών του χαλαζία, του πλαγιόκλαστου και της δοκιμής. Ασθενής εμφανίζεται η συσχέτιση με το ποσοστό των Κ-αστρίων ενώ μέση παρατηρείται στους μαρμαρυγίες. Η τελευταία εξηγείται από το γεγονός ότι οι μαρμαρυγίες τείνουν λόγω της λείας επιφάνειάς τους να μην επιδεικνύουν αντίσταση στη στίλβωση. Ένας ακόμη λόγος της χαμηλής τιμής που εξάγει η δοκιμή με την παραπάνω ομάδα ορυκτών είναι ο προσανατολισμός τους όπου επηρεάζει κατά πολύ τα μηχανικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων μέσα στα οποία οι μαρμαρυγίες περιέχονται. Ανεξάρτητα των συσχετίσεων, οι τιμές υπακούν τα όρια της βιβλιογραφίας. Ακόμη, σχετικά με το μέγεθος των κρυστάλλων, φαίνεται πως στα μεσόκοκκα αδρανή αποτυπώνονται καλύτερες τιμές PSV απ' ό,τι στα λεπτόκοκκα και τα αδρόκοκκα (Νταμπίτζιας κ. ά. 2003). Η παραπάνω πρόταση έρχεται σε αντίθεση με το αποτέλεσμα



αυτής της εργασίας καθώς εδώ αναφέρεται από το σχήμα 7β πως όσο πιο αδρόκοκκο παρουσιάζεται ένα πέτρωμα τόσο μεγαλύτερη, άρα και καλύτερη, είναι η συγκεκριμένη δοκιμή.

Συμπερασματικά, από τη μελέτη αυτή προέκυψαν τα παρακάτω:

Καταλληλότητα των δειγμάτων

- Όλα τα **αδρανή** είναι **κατάλληλα**, για τα στρώματα της **βάσης** και **υποβάσης**, με τιμές πολύ πιο πάνω ή κάτω αντίστοιχα των εκάστοτε ορίων.
- Το ίδιο δεν ισχύει όμως για την αντιολισθηρή στρώση.

Καταλληλότητα δειγμάτων ανά δοκιμή

- Τα δείγματα υπακούν στα όρια των Ευρωπαϊκών προτύπων για τη δοκιμή υγείας.
- Όλα τα δείγματα είναι κατάλληλα σύμφωνα με τη δοκιμή αντίσταση στη λείανση.
- Στο όριο της δοκιμής αντίσταση σε επιφανειακή απότριψη συμφωνούν όλοι οι εξεταζόμενοι γρανίτες.
- Κανένα από τα τέσσερα δείγματα γρανιτών που εξετάστηκαν δε θεωρείται κατάλληλο, σύμφωνα με τα όρια των προδιαγραφών της δοκιμής αντίστασης σε θρυμματισμό, ως αδρανές για την αντιολισθηρή στρώση.

Συσχετισμοί ποσοστών ορυκτών των δειγμάτων με τις δοκιμές

- Οι **υψηλές** τιμές **Los Angeles** μπορεί να οφείλονται στο γεγονός ότι τα δείγματα έχουν συλλεχθεί από **επιφανειακές εμφανίσεις** και ο παράγοντας της αποσάθρωσης επηρεάζει πολύ περισσότερο αυτή τη δοκιμή απ' ότι τις υπόλοιπες. Πιθανότατα ως αδρανή κατάλληλα για την αντιολισθηρή στρώση είναι μόνο τμήματα του πετρώματος από μεγαλύτερα βάθη.
- Η μόνη συσχέτιση που βρέθηκε μεταξύ των ποσοστών των ορυκτών και της δοκιμής Los Angeles, είναι αυτή του βιοτίτη. Πιο συγκεκριμένα, όσο πιο **πολύ βιοτίτης** υπάρχει, τόσο μικρότερη, άρα και **καλύτερη** τιμή **Los Angeles** θα υπολογίζεται. Αυτό μπορεί να ισχύει καθώς ο βιοτίτης είναι ένα φυλλόμορφο ορυκτό και απομακρύνεται δυσκολότερα από οποιοδήποτε άλλο ορυκτό σε περίπτωση θραύσης. Ίσως πρόκειται, στη συγκεκριμένη περίπτωση, για ένα συνδυασμό της ανθεκτικότητας του ορυκτού αυτού με το πόσο αλλοιωμένα ήταν τα δείγματα μας. Δηλαδή, τα δείγματα με τα μεγάλα ποσοστά βιοτίτη, άρα και τις μικρές τιμές LA, αντιστοιχούν σε λιγότερο αλλοιωμένα πετρώματα.

- Από τις συσχετίσεις προέκυψε ότι όσο **μεγαλύτερα** είναι τα ποσοστά των ορυκτών **χαλαζία** και **K-αστρίων** τόσο πιο **χαμηλή** **AAV** εμφανίζουν, άρα τα πετρώματα είναι κατάλληλα για την αντιολισθηρή στρώση.
- Όσο πιο **υψηλά** είναι το ποσοστά των **μαρμαρυγιών** και του **πλαγιοκλάστου** τόσο **υψηλότερη** παρουσιάζεται η **AAV**, συνεπώς τα πετρώματα είναι ακατάλληλα για την αντιολισθηρή στρώση.
- Ασθενής παρατηρείται η συσχέτιση μεταξύ των K-αστρίων με τη δοκιμή αντίστασης σε λείανση.
- Μέση συσχέτιση εμφανίζεται ανάμεσα στους μαρμαρυγίες και την Polished Stone Value. Όσο πιο **αυξημένο** είναι το ποσοστό τους, τόσο πιο **χαμηλές** είναι οι τιμές αντίστασης σε στίλβωση. Αυτό μπορεί να δικαιολογείται λόγω της ήδη λείας επιφάνειας της συγκεκριμένης ομάδας και του προσανατολισμού τους, υποδεικνύοντας χαμηλές άρα και πιο απαγορευτικές τιμές.
- Καμία συσχέτιση δε προέκυψε μεταξύ των ποσοστών του χαλαζία, του πλαγιοκλάστου και της δοκιμής PSV.
- Για τη δοκιμή υγείας βρέθηκε πως όσο **περισσότερο K-άστριο** περιέχει ένα αδρανές τόσο μεγαλύτερο ποσοστό φθοράς εμφανίζει άρα και **χαμηλή ανθεκτικότητα**. Το αντίθετο όμως ισχύει με ορυκτά όπως το **πλαγιόκλαστο** και οι **μαρμαρυγίες**. Όσο **μεγαλύτερα** είναι τα ποσοστά τους τόσο **μικρότερο ποσοστό φθοράς** παρουσιάζουν. Τα πλαγιόκλαστα των δειγμάτων της συγκεκριμένης διατριβής είναι όξινης σύστασης, τα οποία δεν αλλοιώνονται εύκολα, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται μικρό ποσοστό φθοράς άρα και υψηλότερη ανθεκτικότητα.
- Ο χαλαζίας, φυσικά δεν παρουσιάζει κάποια ισχυρή συσχέτιση αφού είναι αναλλοίωτος και δεν επηρεάζει τη δοκιμή υγείας.

Συσχετισμοί κοκκομετρίας των δειγμάτων με τις δοκιμές

- Όσο πιο **λεπτόκοκκο** είναι ένα πέτρωμα τόσο **καλύτερες τιμές Los Angeles** θα εμφανίζει.
- Όσο πιο **αδρόκοκκο** είναι ένα πέτρωμα τόσο **καλύτερες τιμές** αντίστασης στη **στίλβωση** και **απότριψη** παρουσιάζει.
- Φυσικά, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια, οι μηχανικές ιδιότητες, που εξετάζονται στην παρούσα εργασία, εξαρτώνται και από άλλους πετρογραφικούς

παραγόντες (σχισμός, αλλοιώσεις, σχιστότητα, σχήμα, όρια ορυκτών κ.ά.) οι οποίοι δεν εξετάζονται στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή.

- Από όλα τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι, για την κατασκευή δρόμων, είναι απαραίτητο, να γίνεται λεπτομερής έρευνα των πετρογραφικών χαρακτηριστικών του αδρανούς καθώς πολλές φορές καθίσταται εφικτή η πρόγνωση συγκεκριμένων μηχανικών ιδιοτήτων του.

Συμπεράσματα αντίστοιχων εργασιών

- Για τη βάση- υποβάση όλα τα αποτελέσματα των δοκιμών των άλλων εργασιών υπακούν στα όρια των Ευρωπαϊκών προτύπων με εξαίρεση ένα δείγμα γρανίτη των Tervahattu et al. (2006) με ποσοστό $LA = 42\%$. Στην αντιολισθηρή στρώση συμμορφώνονται κάποιες από τις εργασίες. Εξαιρέσεις συναντώνται σε κάποια δείγματα όπου λόγω διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν τις μηχανικές τους ιδιότητες τα αποτελέσματα τους δε συμφωνούν με τα πρότυπα.
- Στις συσχετίσεις των αποτελεσμάτων PSV και LA με τα ποσοστά των ορυκτών των άλλων εργασιών δε βρέθηκε καμία εξάρτηση.
- Τα δείγματα των Akesson et al. (2001) δείχνουν πως όσο πιο λεπτόκοκκα είναι τα δείγματα τόσο καλύτερες τιμές LA εξάγονται.
- Τα δείγματα των Wang et al. (2019) δείχνουν πως όσο πιο λεπτόκοκκο είναι ένα πέτρωμα τόσο πιο καλές τιμές PSV παρουσιάζονται.



9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AKESSON, U., LINDQVIST, J. E., GORANSSON, M. & STIGH, J. (2001). Relationship Between Texture and Mechanical Properties of Granites, Central Sweden, By Use of Image- Analyzing Techniques. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 60, 277-284.
- AKESSON, U., STIGH, J., LINDQVIST, J. E. & GORANSSON, M. (2003). The Influence of Foliation on the Fragility of Granitic Rocks, Image Analysis and Quantitative Microscopy. Engineering Geology, 68, 275-288.
- ANDERS, B., REISCHMANN, T., POLLER, U. & KOSTOPOULOS, D. (2005). Age and Origin of Granitic Rocks of the Eastern Vardar Zone, Greece: New constraints on the Evolution of the Internal Hellenides. J. Geol. Soc., 162 (5), 857–870.
- BORSI, S., FERRARA, G., MERCIER, J. & TONGIORGI, E. (1966). Age Stratigraphique et Radiometrique Jurassique Supérieur d'un granite des Zones Internes des Hellénises (Granite de Fanos, Macédoine, Grèce). Rev. Geog. Phys. Geol. Dyn., 8, 279-287.
- BURG, J. P., GODFRIAUX, I. & RICOU, L. E. (1995). Extension of the Mesozoic Rhodope Thrust Units in the Vertiskos- Kerdillion Massifs (Northern Greece). C. R. Acad. Sci. Paris, 320 (9), 889-896.
- BURG, J. P., RICOU, L. E., IVANOV, Z., GODFRIAUX, I., DIMOV, D. & KLAIN, L. (1996). Syn- metamorphic Nappe Complex in the Rhodope Massif. Structures and Kinematics. Terra Nova, 8, 6-15.

CEN, EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (1999). EN 932-2, Tests for General Properties of Aggregates. Part 2: Methods for Reducing Laboratory Samples.

Brussels, pp. 14.

CEN, EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2005). EN 1097-6, Tests for Mechanical and Physical Properties of Aggregates. Part 6: Determination of Particle Density and Water Absorption. Brussels, pp. 54.

CEN, EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2009). EN 1097-8, Tests for Mechanical and Physical Properties of Aggregates. Part 8: Determination of the Polished Stone Value. Brussels, pp. 34.

CEN, EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2009). EN 1367-2, Tests for Thermal and Weathering Properties of Aggregates. Part 2: Magnesium Sulfate Test. Brussels, pp. 18.

CEN, EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2010). EN 1097-2, Tests for Mechanical and Physical Properties of Aggregates. Part 2: Methods for the Determination of Resistance to Fragmentation. Brussels, pp. 38.

CEN, EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2018). EN 993-1, Methods of Test for Dense Shaped Refractory Products. Part 1: Determination of Bulk Density, Apparent Porosity and True Porosity. Brussels, pp. 20.

CHRISTOFIDES, G., D'AMICO, C., DEL MORO, A., ELEFThERiADIS, G. & KYRIAKOPOULOS, C. (1990). Rb/Sr Geochronology and Geochemical Characters of the Sithonia Plutonic Complex (Greece). European Journal of Mineralogy, 2, 79-87.

- CHRISTOFIDES, G., KORONEOS, A., LIATI, A. & KRAL, J. (2007a). The A-Type Kerkini Granitic Complex in North Greece: Geochronology and Geodynamic Implications. *Bull. Geol. Soc. Greece*, xl, 700-711.
- CHRISTOFIDES, G., KORONEOS, A., PE-PIPER, G., KATIRTZOGLU, K. & CHATZIKIRKOU, A. (1999). Pre-Tertiary A-Type Magmatism in the Serbomacedonian Massif (N. Greece): Kerkini Granitic Complex. *Bull. Geol. Soc. Greece*, xxxiii, 131-148.
- CHRISTOFIDES, G., KORONEOS, A., SOLDATOS, T. & ELEFThERIADIS, G. (2000). Mesozoic Magmatism in the Area Between the Vardar (Axios) Zone and the Serbomacedonian Massif (Northern Greece). In: Karamata, S., Jankovic, S. (Eds.), *Geology and Metalogeny of the Dinarides and the Vardar Zone. Bulletin de Académie Serbe des Sciences et des Arts, Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles. Sciences Naturelles*, 111-120.
- CHRISTOFIDES, G., PERUGINI, D., KORONEOS, A., SOLDATOS, T., POLI, G., ELEFThERIADIS, G., DEL MORO, A. & NEIVA, A. M. (2007b). Interplay Between Geochemistry and Magma Dynamics During Magma Interaction: An Example From the Sithonia Plutonic Complex (NE Greece). *Lithos*, 95, 243-266.
- CHRISTOFIDES, G., SOLDATOS, T. & KORONEOS, A. (1990). Geochemistry and Evolution of the Fanos Granite (N. Greece). *Mineralogy and Petrology*, 43 (1), 49-63.
- D'AMICO, C., CHRISTOFIDES, G., ELEFThERIADES, G., BARGOSSO, G. M., CAMPANA, R. & SOLDATOS, T. (1990). The Sithonia Plutonic Complex (Chalkidiki, Greece). *Mineralogica et Petrographica Acta*, 33, 143-177.
- DE WET, A. P. (1989). *Geology of a part of the Chalkidiki Peninsula, Northern Greece*, unpublished Ph.D. Thesis, Cambridge, Wolfson College, pp. 178.

DE WET, A. P., MILLER, J. A., BICKLE, M. J. & CHAPMAN, H. J. (1989). Geology and Geochronology of the Arnea, Sithonia and Ouranopolis Intrusions, Chalkidiki Peninsula, Northern Greece. *Tectonophysics*, 161, 65–79.

DIMITRIADIS, S. & ASVESTA, A. (1993). Sedimentation and Magmatism Related to the Triassic Rifting and Later Events in the Vardar–Axios Zone. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, XXVIII (2), 149–168.

DINTER, D. A. (1998). Late Cenozoic Extension of the Alpine Collisional Orogen, Northeastern Greece: Origin of the North Aegean Basin. *GSA Bulletin*, 110 (9), 1208-1230.

DIXON, J. E. & DIMITRIADIS, S. (1984). Metamorphosed Ophiolitic Rocks from the Serbo- Macedonian Massif, near Lake Volvi, North-East Greece. In: J. E. Dixon and A. H. F. Robertson (eds.), *The Geological Evolution of the eastern Mediterranean*. *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, 17, 603-618.

HIMMERKUS, F., ANDERS, B., REISCHMANN, T. & KOSTOPOULOS, D. K. (2007). Gondwana- Derived Terranes in the Northern Hellenides. In: R. D. Hatcher Jr., M. P. Carlson, J. H. McBride and J. R. Martínez-Catalán (eds.), *4-D Framework of Continental Crust*. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 200, 379-390.

HIMMERKUS, F., REISCHMANN, T. & KOSTOPOULOS, D. (2009a). Serbomacedonian Revisited: A Silurian Basement Terrane from Northern Gondwana in the Internal Hellenides, Greece. *Tectonophysics*, 473, 20-35.

HIMMERKUS, F., REISCHMANN, T. & KOSTOPOULOS D. (2009b). Triassic Riftrelated Meta-Granites in the Internal Hellenides, Greece. *Geol. Mag.*, 146, 252-265.

IUGS (1973). Classification and Nomenclature of Plutonic Rocks. *N. Jb. Miner Mh.*, 4, 149-164.

KANE, M., IGNACIO, A. & SCARPAS, T. (2013). Long-term Skid Resistance of Asphalt Surfacing: Correlation Between Wehner-Schulze Friction Values and the Mineralogical Composition of the Aggregates. *Wear*, 303, 235-243.

KATRIVANOS, E., KILIAS, A. & MOUNTRAKIS, D. (2013). Kinematics of Deformation and Structural Evolution of the Paikon Massif (Central Macedonia, Greece): A Pelagonian Tectonic Window? *N. Jb. Geol. Palaont. Abh.* 269 (2), 149–171.

KAUFFMANN, G., KOCKEL, F. & MOLLAT, H. (1976). Notes on the Stratigraphic and Paleographic Position of the Svoula Formation in the Innermost Zone of the Hellenides (Northern Greece). *Bull. Soc. Geol. France*, 18, 225-230.

KILIAS, A., FALALAKIS, G. & MOUNTRAKIS, D. (1999). Cretaceous-Tertiary Structures and Kinematics of the Serbomacedonian Metamorphic Rocks and their Relation to the Exhumation of the Hellenic Hinterland (Macedonia, Greece). *Int. J. Earth Sci.*, 88, 513-531.

KOCKEL, F., MOLLAT, H. & WALTHER, H. W. (1977). *Erläuterungen zur Geologischen Karte der Chalkidiki und Angrenzender Gebiete 1:100.000 (Nord-Griechenland)*. Hannover, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 1-119.

KOSTOPOULOS, D. K., REISCHMANN, T. & SKLAVOUNOS, S. A. (2001). Palaeozoic and Early Mesozoic Magmatism and Metamorphism in the Serbo-Macedonian Massif, Central Macedonia, Northern Greece. *Journal of Conference Abstracts*, Vol. 6, 11th EUG, 318.

MICHAIL, M., KILIAS, A., KORONEOS, A., NTAFLLOS, TH. & PIPERA, K. (2015). The Fanos Granite in the Axios Zone: An Island Arc Magmatism? During the Jurassic. *Επιστημονική Ημερίδα, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, Τιμητική έκδοση στη μνήμη του ομότιμου καθηγητή Γ. Ελευθεριάδη, Ειδικός τόμος 103, 39-42.

MICHAIL, M., PIPERA, K., KORONEOS, A., KILIAS, A. & NTAFLLOS, T. (2016). New Perspectives on the Origin and Emplacement of the Late Jurassic Fanos Granite, Associated with an Intra-Oceanic Subduction within the Neotethyan Axios- Vardar Ocean. *Int. J. Earth Sci.*, 105 (7), 1965-1983.

MICHARD, A., FEINBERG, H. & MONTIGNY, R. (1998). Supra-Ophiolitic Formations from the Thessaloniki Nappe (Greece), and Associated Magmatism: An Intra-Oceanic Subduction Predates the Vardar Obduction. *Compte Rendu Academie des Sciences, Serie II. Sciences de la Terre et des Planetes*, 327, 493–499.

OLADEZI, A. J. (1997). Η Έρευνα του Γρανίτη της Αρναίας Νομού Χαλκιδικής από Γεωλογική και Πετρογραφική Άποψη. Διδακτορική Διατριβή, Α.Π.Θ., σελ. 181.

PAPADOPOULOS, C. & KILIAS, A. (1985). Altersbeziehungen Zwischen Metamorphose und Deformation im Zentralen Teil des Serbomazedonischen Massivs (Vertiskos Gebirge, Nordgriechenland). *Geol. Rund.*, 74, 77-85

PERUGINI, D., POLI, G., CHRISTOFIDES, G. & ELEFThERIADIS, G. (2003). Magma Mixing in the Sithonia Complex, Greece: Evidence From Mafic Microgranular Enclaves. *Mineralogy and Petrology*, 78, 173–200.

PERUGINI, D., POLI, G., CHRISTOFIDES, G., ELEFThERIADIS, G., KORONEOS, A. & SOLDATOS, T. (2004). Mantle-Derived and Crustal Melts Dichotomy in Northern Greece: Spatiotemporal and Geodynamic Implications. *Geological Journal*, 39, 63-80.

PIPERA, K., KORONEOS, A., SOLDATOS, T., PECSKAY, Z. & CHRISTOFIDES, G. (2013). K/Ar Mineral Geochronology of the Northern Part of the Sithonia Plutonic Complex (Chalkidiki, Greece): Implications for its Thermal History and Geodynamic Interpretation. *Geologica Carpathica*, 64 (2), 133-140.

POLI, G., CHRISTOFIDES, G., KORONEOS, A., SOLDATOS, T., PERUGINI, D. & LANGONE, A. (2009). Early Triassic Granitic Magmatism- Arnea and Kerkini Granitic Complexes- In the Vertiskos Unit (Serbo- Macedonian Massif, North-Eastern Greece) and its Significance in the Geodynamic Evolution of the Area. *Acta Vulcanologica*, 21(1-2), 47-70.

RAISANEN, M. (2004). Relationships Between Texture and Mechanical Properties of Hybrid Rocks from the Jaala- Iitti Complex, Southeastern Finland. *Engineering Geology*, 74, 197-211.

SAKELLARIOU, D. (1989). Geologie des Serbomazedonischen Massivs in der Nordoestlichen Chalkidiki, N. Griechenland- Deformation und Metamorphose. PhD thesis, Mainz, University of Johannes Gutenberg. In: National and Kapodistrian University of Athens Geological Monographs, 2, pp.177.

SOLDATOS, T., KORONEOS, A. & CHRISTOFIDES, G. (1993). Origin and Evolution of the Fanos Granite (Macedonia, northern Greece): Trace and REE Modelling Constraints. Τιμητική έκδοση για τον Καθηγητή Α. Γ. Πανάγο, έκδοση Ε.Μ.Π., Αθήνα, τόμος Β, 789-812.

TERVAHATTU, H., KUPIAINEN, K. J., RAISANEN, M., MAKELA, T. & HILLAMO, R. (2006). Generation of Urban Road Dust from Anti-Skid and Asphalt Concrete Aggregates. *Journal of Hazardous Materials*, 132, 39-46.

TRANOS, M., KILIAS, A. & MOUNTRAKIS, D. (1993). Emplacement and Deformation of the Sithonia Granoid Pluton. *Bull. Geol. Soc. Gr.*, 27 (1), 195-210.

TRANOS, M., KILIAS, A. & MOUNTRAKIS, D. (1999). Geometry and Kinematics of the Tertiary Post- Metamorphic Circum Rhodope Belt Thrust System (CRBTS), Northern Greece. *Proc. 8th Cong. Geol. Soc. Greece, Patras 1992. Bull. Geol. Soc. Greece*, 33, 5-16.

VILLANI, M. M., SCARPAS, A., DE BONDT, A., KHEDOE, R. & ARTAMEDI, I. (2014). Application of Fractal Analysis for Measuring the Effects of Rubber Polishing on the Friction of Asphalt Concrete mixtures. *Wear*, 320, 179-188.

WANG, D., LIU, P., OESER, M., STANJEK, H. & KOLLMANN, J. (2019). Multi-Scale Study of the Polishing Behaviour of Quartz and Feldspar on Road Surfacing Aggregate. *International Journal of Pavement Engineering*, 20 (1), 79-88.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, Κ. Γ. (2016). Σχεδιασμός και Βελτιστοποίηση Οδοστρωμάτων από Σκυρόδεμα σε Δασικές & Ορεινές Περιοχές (Διδακτορική Διατριβή). Ανακτήθηκε από: <https://ikee.lib.auth.gr/record/283895/files/GRI-2016-16986.pdf>

ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΔΗΣ, Γ. & ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ, Α. (2004). Σημειώσεις Πετρολογίας Πυριγενών Πετρωμάτων. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 243.

ΕΛΟΤ ΤΠ 05-03-12-01 (2009). Αντιολισθηρή Στρώση Ασφαλτικού Σκυροδέματος. ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα.

ΕΟΑΕ (2001). Οδηγίες Σύνταξης Μελετών Έργων Οδοποιίας (ΟΣΜΕΟ), Κεφ. 3: Μελέτη Οδών, Παράγραφος 3.8: Οδοστρώματα. Εγνατία Οδός Α. Ε..

ΖΑΧΑΡΙΑΔΟΥ, Α. Σ. (2005). Φαινόμενα Μερικής Τήξης στη Ζώνη Stir- Αξίου και στην Ομάδα Βερτίσκου- Οι Ενότητες Πηγής και Καραθοδώρου (Διδακτορική Διατριβή). Ανακτήθηκε από: <http://ikee.lib.auth.gr/record/14823/files/gri-2005-505.pdf>

ΚΑΦΙΡΗ, Δ. (2017). Διερεύνηση Μεθόδου Διαστασιολόγησης Δύσκαμπτων Οδοστρωμάτων Αεροδρομίων. Διπλωματική εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., σελ. 124.

ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. (2010). Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σελ. 373.

ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ, Α. (2011). Οδοποιία: Οδοστρώματα- Υλικά- Έλεγχος Ποιότητας. Μ. Τριανταφύλλου & Σια. Θεσσαλονίκη, σελ. 1054.

ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ, Α., ΤΣΩΧΟΣ, Γ. & ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ, Α. (1997). Οδηγός Διαστασιολόγησης Οδοστρωμάτων. Εγνατία Οδός Α. Ε..

ΝΤΑΜΠΙΤΖΙΑΣ, Σ., ΧΡΥΣΟΣΤΟΜΙΔΗΣ, Π., ΜΑΛΤΖΑΡΗΣ, Φ. & ΚΑΡΑΤΑΣΟΥ, Ε. (2003). Σκληρά Αδρανή στον Ελληνικό Χώρο. Πετρολογικοί Τύποι και Ορυκτολογικά-Ιστολογικά Χαρακτηριστικά. Ημερίδα «Αδρανή Πετρώματα και Δομικοί Λίθοι». Επιτροπή Οικονομικής Γεωλογίας, Ορυκτολογίας, Γεωχημείας της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Θεσσαλονίκη, 49-63.

ΠΗΠΕΡΑ, Κ. (2008). Χρονολόγηση Πετρογραφικών Τύπων του Πλουτωνίτη της Σιθωνίας με K-Ar σε Ορυκτά. Διατριβή Ειδίκευσης Μ.Π.Σ., Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., σελ. 88.

ΤΣΙΑΒΟΥ, Ε., ΧΡΥΣΟΒΕΛΙΔΟΥ, Δ., ΦΩΤΟΠΟΥΛΟΣ, Α., ΜΠΙΛΛΑ, Ε. & ΔΕΡΤΖΕΚΟΣ, Χ. (2004). Οδηγός Δομικών Υλικών. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (Τ.Ε.Ε.), σελ. 176.

ΤΣΙΡΑΜΠΙΔΗΣ, Α. (2003). Ελαφρά Αδρανή και Χαλαζιακή Άμμος: Ιδιότητες- Παραγωγή- Είδη. Ημερίδα «Αδρανή Πετρώματα και Δομικοί Λίθοι». Επιτροπή Οικονομικής Γεωλογίας, Ορυκτολογίας, Γεωχημείας της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Θεσσαλονίκη, 23-47.

ΤΣΟΥΤΣΙΚΑ, Π., ΣΟΛΔΑΤΟΣ, Τ., ΤΣΙΡΑΜΠΙΔΗΣ, Α. & ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ, Α. (2005). Συσχέτιση Πετρογραφικών και Φυσικομηχανικών Ιδιοτήτων Αδρανών Πετρωμάτων που Χρησιμοποιούνται στην Οδοποιία. Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου της Επιτροπής



Οικονομικής Γεωλογίας, Ορυκτολογίας και Γεωχημείας της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, 377-386.

ΤΣΥ- Άρθρο ΣΤ 4 (2005). Αντιολισθηρή Ασφαλτική Στρώση από Ασφαλτικό Σκυρόδεμα. ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ:

CIVIL ENGINEERING CALCULATORS (n.d.). Aggregate Abrasion Value. Retrieved from: <http://civil-engineering-calculators.com/Material-Test/Aggregate-Abrasion-Value>

KING, H. M. (n.d.). Uses of Granite. Countertops, Tile, Curbing, Dimension Stone, Curling Stones, Gemstones and more. Retrieved from: <https://geology.com/articles/granite.shtml>

ΑΠΟΣΤΟΛΕΡΗΣ, Α. (2000). Εισαγωγικές Έννοιες και Απλοποιημένες Μέθοδοι Υπολογισμού Οδοστρωμάτων Οδών. Αθήνα. Ανακτήθηκε από:

<https://eclass.aspete.gr/modules/document/file.php/POL142/%CE%9F%CE%B4%CE%BF%CF%83%CF%84%CF%81%CF%8E%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%20%CE%9F%CE%B4%CF%8E%CE%BD/Simeioseis-Odostromaton.pdf>

ΠΕΤΕΠ 05-03-03-00 (2006). Στρώσεις Οδοστρωμάτων από Ασύνδετα Αδρανή Υλικά. ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα. Ανακτήθηκε από: <http://www.ggde.gr/dmdocuments/05-03-03-00.pdf>

ΠΕΤΕΠ 05-03-12-01 (2006). Αντιολισθηρή Στρώση Ασφαλτικού Σκυροδέματος. ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα. Ανακτήθηκε από: <http://www.ggde.gr/dmdocuments/05-03-12-01.pdf>