



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ-ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ
ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΡΟΔΟΛΙΒΟΥΣ**



ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΔΕΜΕΛΗΣ

Α.Ε.Μ.: 4123

ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΠΑΣΙΑΛΗ

Α.Ε.Μ.: 4193

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΙΧΑΗΛ ΒΑΒΕΛΙΔΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2012



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ-ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ
ΕΡΕΥΝΑ
ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΡΟΔΟΛΙΒΟΥΣ**

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΔΕΜΕΛΗΣ

A.E.M.: 4123

ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΠΑΣΙΑΛΗ

A.E.M.: 4193

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΙΧΑΗΛ ΒΑΒΕΛΙΔΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του ομώνυμου μαθήματος του Η' εξαμήνου του προγράμματος σπουδών του τμήματος Γεωλογίας, της Σχολής Θετικών Επιστημών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και συγκεκριμένα στον Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας. Το αντικείμενό της ήταν η ιζηματολογική και υδρολογική έρευνα στην ευρύτερη περιοχή Ροδολίβους, στην Ανατολική Μακεδονία. Η περιοχή αυτή επιλέχθηκε επειδή παρουσιάζει ενδιαφέρον λόγω του εντοπισμού σε αυτήν ιστορικών συστημάτων υδρομάστευσης-υδροδότησης, τα λεγόμενα Qanat.

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα θέλαμε πρωτίστως να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα της εργασίας, Καθηγητή του τμήματος Γεωλογίας κ. Βαβελίδη Μιχαήλ, για τη συνεχή του επίβλεψη και την ουσιαστική επιστημονική του καθοδήγηση κατά την διάρκεια εκπόνησής της, καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές του, το χρόνο και την υπομονή που διέθεσε κατά την εκπόνηση της. Ευχαριστίες ακόμη εκφράζονται στην Υποψήφια Διδάκτορα Αικατερίνη Γιούρη για την πραγματοποίηση της δειγματοληψίας, της κοκκομετρικής και της ορυκτολογικής μελέτης των δειγμάτων ιζήματος καθώς και στον Υποψήφιο Διδάκτορα Μάρκο Βαξεβανόπουλο για τη βοήθειά του στην υπαίθρια έρευνα, στην χαρτογράφηση του qanat και σε θέματα που αφορούσαν την εργασία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναφέρεται στην ιζηματολογική και υδρολογική καθώς επίσης και στην ιστορική έρευνα των συστημάτων qanat στην περιοχή του δήμου Αμφίπολης και συγκεκριμένα στα χωριά Δόμιρος, Ροδολίβος και Μικρό Σούλι. Στα πλαίσια της εργασίας μελετήθηκαν και επιλεγμένα δείγματα ιζημάτων ενώ έγινε εκτίμηση υδατικών δεδομένων όπως αυτά ανακτήθηκαν από τον Δήμο της περιοχής.

Η περιοχή έρευνας απέχει 55km από την πρωτεύουσα του νομού τις Σέρρες, βρίσκεται στο ΝΝΑ τμήμα της λεκάνης του ποταμού Στρυμόνα και στο Ν τμήμα του ποταμού Αγγίτη. Τα χωριά ενδιαφέροντος είναι εγκατεστημένα στη Β-ΒΔ πλευρά στους πρόποδες του Παγγαίου όρους και ανήκουν στα ορεινά-ημιορεινά χωριά του νομού με υψόμετρο που κυμαίνεται από 320 έως 380 m.

Οι κύριες ασχολίες των κατοίκων της περιοχής από αρχαιοτάτων χρόνων είναι η γεωργία και η κτηνοτροφία οι οποίες οδήγησαν στην έντονη εξάρτηση των κατοίκων από το νερό. Λύση στο πρόβλημα αυτό δόθηκε εν μέρει από την κατασκευή των συστημάτων qanat.

Στόχος της εργασίας αυτής είναι η μελέτη:

- των προϋποθέσεων για την επαναλειτουργία των συστημάτων αυτών
- τον ποιοτικό έλεγχο του νερού της περιοχής
- της αποτελεσματικότητας των συστημάτων αυτών στην άρδευση και ύδρευση της περιοχής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΣΕΡΡΩΝ	5
2. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	8
2.1 ΧΡΥΣΟΣ ΣΤΟ ΠΑΓΓΑΙΟ	10
3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	12
3.1. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ ΤΗΣ ΡΟΔΟΠΗΣ	14
3.2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΟΡΟΥΣ ΠΑΓΓΑΙΟΥ	16
3.3. ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΝΟΤΙΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΠΥΡΗΝΑ ΤΗΣ ΡΟΔΟΠΗΣ	16
3.4. ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ	18
4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	19
4.1. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	19
5. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	21
5.1. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	21
5.2. ΔΟΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΠΑΓΓΑΙΟΥ	21
7. QANAT	23
7.1. QANAT: ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	23
7.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ QANAT	24
7.3. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ QANAT	25
7.4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ QANAT ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΠΑΓΓΑΙΟΥ	28
<i>Διαγράμματα παροχών Qanat</i>	28
8. ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	32
8.1. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	33
8.2. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	35
9. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	36
9.1. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΧΩΡΙΟ ΔΟΜΙΡΟΣ	36
9.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΧΩΡΙΟ ΜΙΚΡΟ ΣΟΥΛΙ	41
9.3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΧΩΡΙΟ ΡΟΔΟΛΙΒΟΣ	47
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	51
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1	52
ΔΟΜΙΡΟΣ	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2	56
ΜΙΚΡΟ ΣΟΥΛΙ	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3	59
ΡΟΔΟΛΙΒΟΣ	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	66
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	66
ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	67
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	69

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΣΕΡΡΩΝ

Ο νομός Σερρών είναι ένας από τους 13 νομούς της Μακεδονίας, του μεγαλύτερου διαμερίσματος της Ελλάδας και ανήκει στην περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Ανατολικά συνορεύει με τους νομούς Δράμας και Καβάλας και δυτικά με τους νομούς Θεσσαλονίκης και Κιλκίς. Στα βόρεια συνορεύει με τη Βουλγαρία, και με την Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας (FYROM). Είναι ο νομός με τα περισσότερα χωριά σε όλη την Ελλάδα (Εικ. 1).



Εικ. 1: Γεωγραφική θέση του νομού Σερρών στον ευρύτερο Ελλαδικό χώρο

Η έκταση του νομού Σερρών ανέρχεται σε 3.790km² από τα οποία 48% είναι πεδινά, 3,4 % ημιορεινά και 18% ορεινά. Περικλείεται από οροσειρές που αποτελούν τα όρια του νομού, ενώ ταυτόχρονα παρέχουν φυσική προστασία, αφήνοντας δύο διόδους επικοινωνίας, μια στο βορρά με τα στενά του Ρούπελ και μια στο νότο με τις εκβολές του ποταμού Στρυμώνα.

Στα δυτικά σύνορα του Ν. Σερρών εκτείνεται μια μεγάλη οροσειρά, που περιλαμβάνει τις μικρότερες οροσειρές Κερκίνη (1.883m), Δύσωρο, Μαυροβούνι, Βερτίσκο και Κερδύλια.

Στα βορειοανατολικά του νομού βρίσκονται το όρος Όρβηλος με υψόμετρο 2.212m που είναι η υψηλότερη κορυφή στο νομό Σερρών, τα όρη Βροντούς με υψόμετρο 1849m, το Μενοίκιο με υψόμετρο 1963m, το Άγκιστρο με υψόμετρο 1.294m και τέλος στην ανατολική πλευρά του νομού υπάρχει το

Παγγαίο όρος με υψόμετρο 1.956m («Δομή»,1996). Ανάμεσα σε αυτές τις οροσειρές εκτείνεται η μεγάλη πεδιάδα των Σερρών με 1630.000 στρέμματα καλλιεργήσιμης έκτασης από τα οποία τα 615.000 είναι αρδεύσιμα. Η πεδιάδα έχει κατεύθυνση από Βορρά προς Νότο και απλώνεται κατά το μεγαλύτερο μέρος της παράλληλα με τον ποταμό Στρυμώνα , ενώ ένα τμήμα της έχει κατεύθυνση παράλληλη με τον ποταμό Αγγίτη.

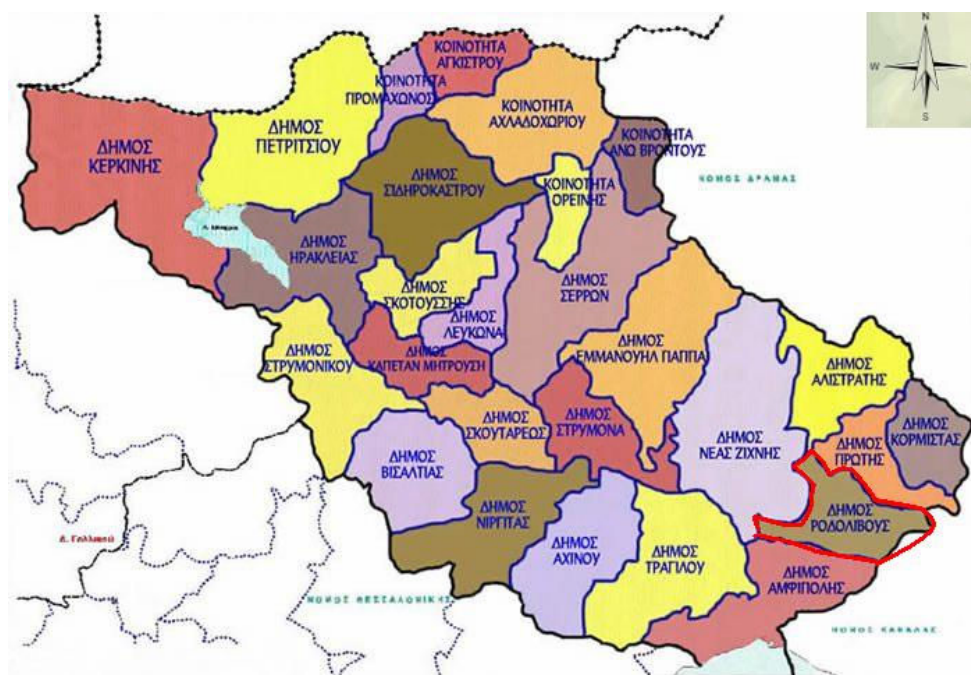
Κυρίαρχο στοιχείο στο φυσικό περιβάλλον του νομού Σερρών είναι η απέραντη εύφορη πεδιάδα του και ο υδροβιότοπος της λίμνης Κερκίνης. Ο υδροβιότοπος αυτός αποτελεί ένα "θαύμα" του οποίου η μοναδικότητα ολοκληρώθηκε από την τεχνική επέμβαση του ανθρώπου πάνω στα φυσικά χαρακτηριστικά του Στρυμώνα ποταμού. Ένας άλλος σημαντικός, αλλά μικρότερος σε έκταση υγρότοπος, είχε δημιουργηθεί στο παλιό Δέλτα του Στρυμώνα. Σε αντίθεση όμως με εκείνον της Κερκίνης, ο τελευταίος έχει δεχθεί όλες τις αρνητικές επιπτώσεις των μεγάλων οδικών έργων που έγιναν πρόσφατα στην περιοχή, με αποτέλεσμα να αλλάξει στο σημείο αυτό η κοίτη και να δημιουργηθούν οι σημερινές νέες εκβολές του στο Αιγαίο. Από το Στρυμώνα έχουν δημιουργηθεί διαδοχικά τα τελευταία 20 χρόνια και άλλοι μικρότεροι υγρότοποι, διάσπαρτοι γύρω και ανάμεσα στις ρυζοκαλλιέργειες του νομού, στο κεντρικό μέρος του κάμπου («Δομή»,1996).

Η περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας βρίσκεται στο ΝΑ τμήμα του νομού Σερρών στο νεοσύστατο Δήμο Αμφίπολης σύμφωνα με το σχέδιο «Καλλικράτης». Η απόσταση του από την πρωτεύουσα του νομού, την πόλη των Σερρών, είναι 55km.(Εικ. 2 και 3)

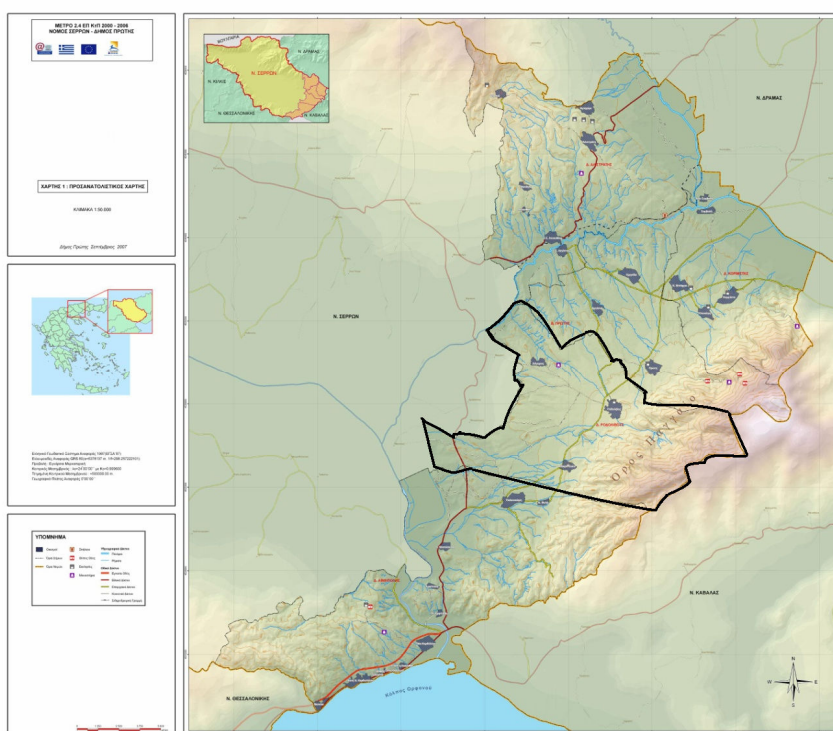


Εικ.2: Περιοχή 2,ο Δήμος Αμφίπολης σύμφωνα με το σχέδιο Καλλικράτης

Πιο συγκεκριμένα η περιοχή μελέτης εκτείνεται στα 3 χωριά που ανήκαν στον πρώην Δήμο Ροδολίβους και είναι το Μικρό Σούλι, το Δόμιρος και το Ροδολίβος. Τα χωριά αυτά ανήκουν στο 18% των ορεινών χωριών του νομού και βρίσκονται εντός της λεκάνης του ποταμού Στρυμώνα και συγκεκριμένα στην ΝΝΑ πλευρά του. Η θέση των τριών χωριών ως προς τον ορεινό όγκο του Παγγαίου είναι Β-ΒΔ στους πρόποδες του. Στους χάρτες (Εικ. 3 και 4) διακρίνονται τα διοικητικά όρια του πρώην δήμου Ροδολίβους και η περιοχή έρευνας.



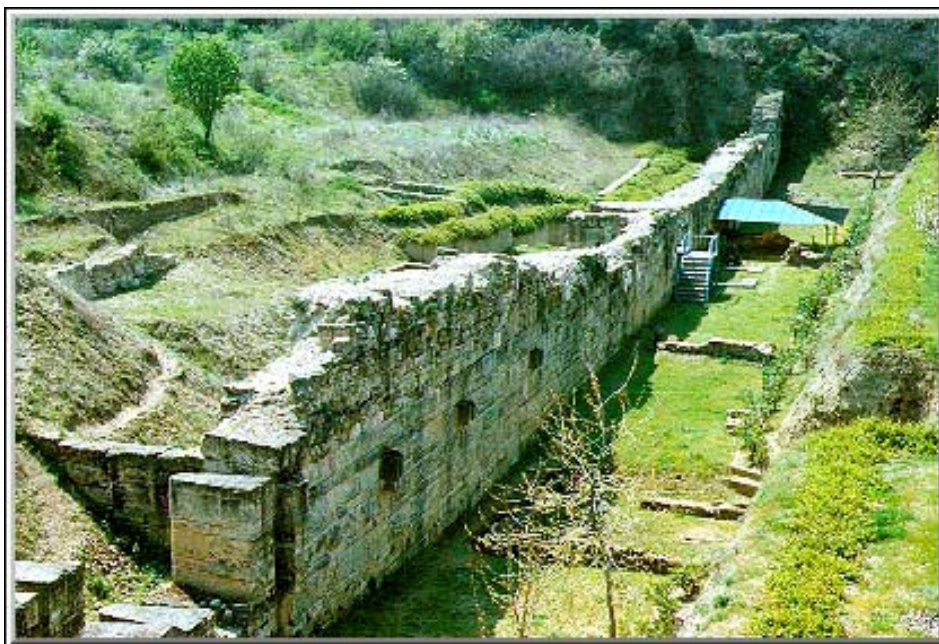
Εικ. 3: Όρια του πρώην Δήμου Ροδολίβους



Εικ. 4: Περιοχή έρευνας

2. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Έχνη ανθρώπινης παρουσίας στον ορεινό όγκο του Παγγαίου έχουμε ήδη από τις πρώιμες φάσεις της Εποχής του Χαλκού (4000-1800 π.Χ.) σε περιοχές όπως η Αμφίπολη (Εικ.5 και 6) . Όχι μόνο σε σπήλαια, όπως συμβαίνει στα σπήλαια «Αρκουδότρυπα» (περιοχή Παλαιού Ποδοχωρίου) και «Μέτσκα» (στην Άνω Μεσολακκιά), αλλά και σε ανοιχτούς οικισμούς όπως στη θέση «Ανεμόμυλος» της περιοχής του Ροδολίβους. Η κύρια ωστόσο ζώνη κατοίκησης παραμένει στους πρόποδες του βουνού, από την πρώιμη Εποχή του Χαλκού έως και την πρώιμη Εποχή του Σιδήρου. (Βαβελίδης, 2000). Οι αρχαίες πηγές αναφέρουν τα θρακικά φύλα, τα οποία κατοικούσαν στους Αρχαϊκούς Χρόνους στην περιοχή του Παγγαίου: τους Ηδωνούς, τους Σάτρες, τους Οδόμαντες. Αυτά τα φύλα συνάντησαν οι Έλληνες άποικοι από τη Νότια Ελλάδα όταν έφτασαν στα παράλια του Στρυμώνα και αυτά τα θρακικά φύλα, σύμφωνα με τον Ηρόδοτο, εκμεταλλεύονταν τα μεταλλεία χρυσού και αργύρου του Παγγαίου (Κουκουλή-Χρυσανθάκη 2000).



Εικ.5: Τείχη της αρχαίας Αμφίπολης

Η κατάκτηση της περιοχής του Παγγαίου στα τέλη του 6^{ου} π.Χ. αι. από τον βασιλιά των Περσών Δαρείο Α' δημιούργησε συνθήκες πολιτικής και πολιτιστικής ενότητας της περιοχής. Τότε κόπηκαν τα πρώτα αργυρά νομίσματα των θρακικών φυλών της περιοχής του Παγγαίου, με επιγραφές ελληνικές με τα ονόματα των φυλών και των τοπικών δυναστών. Αυτά τα νομίσματα αποτελούν και τις αρχαιότερες επιγραφικές μαρτυρίες, τις πρώτες πηγές της ιστορίας των Θρακών αυτής της περιοχής, οι οποίοι εισέρχονται στην ιστορία μέσα από τον ελληνικό κόσμο. Η εξαγωγική μεταλλουργία στα τέλη του 6^{ου} π.Χ. αι. καθιστά το Παγγαίο τόπο εύκολου πλουτισμού και προορισμό εσωτερικής μετανάστευσης.

Στα τέλη του 6^{ου} αρχές 5^{ου} π.Χ. αι. εμφανίζονται και τα πρώτα ονόματα πόλεων της ενδοχώρας του Παγγαίου όπως της Μυρκίνου, της Δραβίσκου, των Εννέα Οδών.



Εικ. 6: Βυζαντινός Πύργος στην περιοχή του χωριού Αμφίπολης

2.1 ΧΡΥΣΟΣ ΣΤΟ ΠΑΓΓΑΙΟ

Το όρος Παγγαίο ήταν γνωστό στην αρχαιότητα για τα κοιτάσματα χρυσού και αργύρου που υπήρχαν σε αυτό. Η εκμετάλλευση του χρυσού και του αργύρου αναφέρεται από πλήθος αρχαίων συγγραφέων όπως τον Ηρόδοτο (Ιστορ., VII, 112), τον Ευριπίδη (Ρήσος, 921, 970), το Θουκυδίδη, τον Ξενοφώντα (Ελλην. V, 2.17) και πολλούς άλλους μεταγενέστερους.

Ο μύθος αναφέρει ότι ο πρώτος βασιλιάς που ίδρυσε μεταλλεία χρυσού ήταν ο Κάδμιος (Εικ. 7), βασιλιάς της Θήβας, καθώς και τον πλούσιο βασιλιά της περιοχής Ρήσο που πήγε στην Τροία με τα “χρύσεια πελώρια” (Δεσπίνη, 1996). Μεταλλεία χρυσού και αργύρου στα μέσα του 6^{ου} αιώνα π.Χ. κατείχε και ο τύραννος των Αθηνών Πεισίστρατος, ενώ το 357/356 το Παγγαίο καταλαμβάνει ο Φίλιππος ο Β’.



Εικ.7: Αναπαράσταση σε πίνακα του φερόμενου ως ιδρυτή της Αμφίπολης Κάδμιου να σκοτώνει τον δράκοντα

Τα μεταλλοφόρα σώματα χρυσού και αργύρου στο Παγγαίο εντοπίζονται κυρίως μέσα στα μάρμαρα καθώς και στην επαφή μαρμάρων και ασβεστολίθων. Τα κοιτάσματα αυτά βρίσκονται στην περιοχή της Νικήσιανης, κυρίως στην περιοχή Ασυμότρυπες και Οξύακος. Στα μεταλλοφόρα αυτά σώματα ο χρυσός βρίσκεται μέσα σε χαλαζιακές φλέβες πλούσιες σε πολυμεταλλικά μεταλλεύματα (σιδηροπυρίτη, αρσеноπυρίτη, χαλκοπυρίτη, γαληνίτη, σφαλερίτη). Φορέας του χρυσού είναι ο χαλαζίας, ο σιδηροπυρίτης και ο αρσеноπυρίτης ενώ του αργύρου ο γαληνίτης και θειοάλατα του αρσενικού και αντιμονίου (τετραεδρίτης και τεναντίτης). Χρυσός εντοπίστηκε και σε μεταλλεύματα χαλκού της περιοχής Παλαιοχωρίου καθώς και στα μεταλλεύματα σιδήρου-μαγγανίου της περιοχής Οφρυνίου. Οι περιεκτικότητες χρυσού, με τη μέθοδο ενεργοποίησης νετρονίων, ανέρχονται σε 16 και 8 gr/t αντίστοιχα. Χρυσοφόρα είναι και τα ιζήματα ορισμένων χειμάρρων του Παγγαίου και συγκεκριμένα της περιοχής Μουσθένης, Παλαιοχωρίου και Οφρυνίου. Οι περιεκτικότητες του χρυσού μέσα στα ιζήματα αυτά ανέρχονται σε 350 mg/m³. Ο χρυσός βρίσκεται σε μορφή φυλλαρίων ή ακανόνιστων

κόκκων το μέγεθος των οποίων φτάνει τα 0,9 mm (Vavelidis et al. 1996a, 1996b, 1997).



Εικ.8: Αργυρό τετράδραχμο που αναπαριστά τον Αλέξανδρο Γ', 336-323 π.Χ. Αμφίπολις

Μαρτυρίες έντονης μεταλλουργικής δραστηριότητας υπάρχουν σε περιοχές βόρεια της Μουσθένης, νότια της Νικήσιανης και βόρεια και ανατολικά του Παλαιοχωρίου. Μικρότερης έκτασης εργασίες απαντώνται ανατολικά της μονής Αναλήψεως και βόρεια του Οφρυνίου. Παράλληλα με του σωρούς εκκαμίνευσης έχουν βρεθεί στο Παγγαίο και ίχνη επιφανειακής και υπόγειας εξόρυξης.

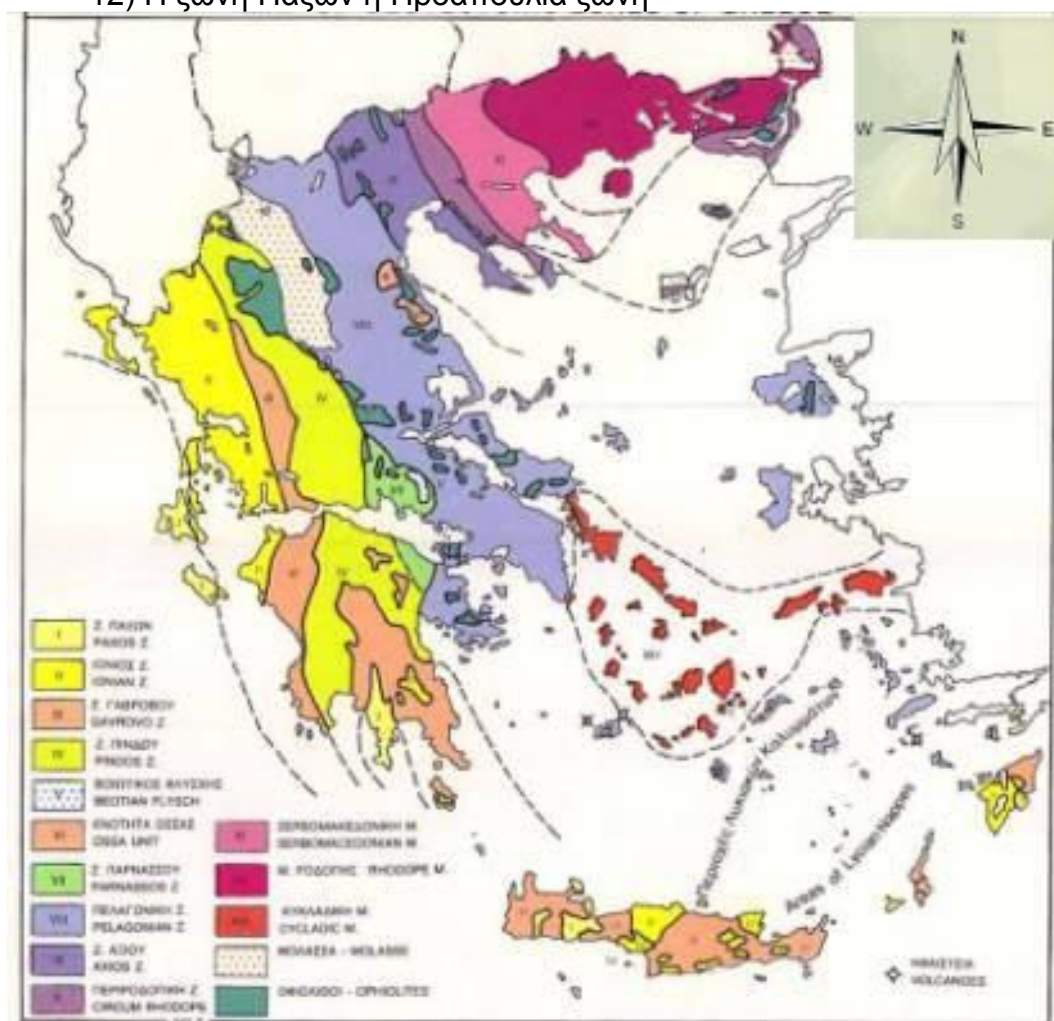
Με βάση τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά, την τεχνική εξόρυξης και προσπέλασης, και τη χρήση των μεθόδων χρονολόγησης C^{14} και θερμοφωταύγειας διακρίνονται τουλάχιστον τρεις φάσεις εκμετάλλευσης που έλαβαν χώρα κατά τους κλασσικού χρόνους, τη βυζαντινή εποχή και την περίοδο της τουρκοκρατίας. Ο μεγαλύτερος όγκος μεταλλουργικών σκωριών χρονολογείται κατά την περίοδο της τουρκοκρατίας. Η εκμετάλλευση την εποχή αυτή ήταν προσανατολισμένη στην εξαγωγή του αργύρου, ενώ κατά την κλασική εποχή στην απόληψη του χρυσού ή/και του αργύρου (Βαβελίδης Μ., 2000).

Η απόληψη του χρυσού γίνονταν με τη γνωστή μέθοδο των εκπλύσεων με το «σκαφίδι» και ακολουθούσε χύτευση του βαρέως κλάσματος. Για σιδηρομετάλλευμα όπως αυτό που βρίσκεται στο Οφρύνιο ακολουθούσαν την ίδια μέθοδο έπειτα από θραύση και άλεσμα του μεταλλεύματος. Για πολυμεταλλικό μεταλλεύμα όπως αυτό που βρίσκεται στη Νικήσιανη η παρουσία λιθαργύρου στους χώρους καμίνευσης δείχνει ότι η απόληψη χρυσού και αργύρου γίνονταν με τη μέθοδο της κυπέλλωσης (Βαβελίδης Μ., 2000).

3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Ο ελληνικός χώρος χωρίζεται σε δώδεκα γεωτεκτονικές ζώνες ή Ελληνίδες ζώνες. Ο διαχωρισμός των ζωνών αυτών γίνεται από Ανατολικά προς τα Δυτικά και είναι ο εξής (Μουντράκης, 1985) (Εικ.9):

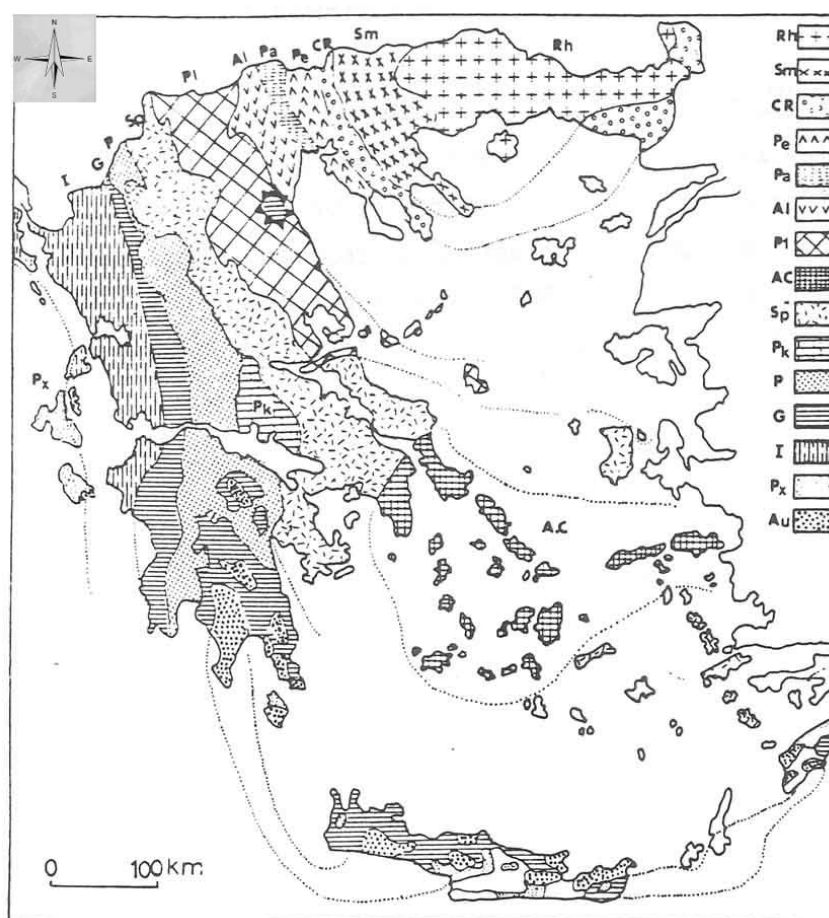
- 1) Η μάζα της Ροδόπης
- 2) Η Σερβομακεδονική μάζα
- 3) Η Περιροδοπική μάζα
- 4) Η ζώνη Αξιού
- 5) Η Πελαγονική ζώνη
- 6) Η Αττικό-κυκλαδική ζώνη
- 7) Η Υποπελαγονική ζώνη
- 8) Η ζώνη Παρνασσού- Γκιώνας
- 9) Η ζώνη Ωλονού- Πίνδου
- 10) Η ζώνη Γαβρόβου- Τρίπολης
- 11) Η Αδριατικοϊόνιος ζώνη
- 12) Η ζώνη Παξών ή Προαπουλία ζώνη



Εικ. 9: Γεωτεκτονικό σχήμα που αναπαριστά τις Ελληνίδες ζώνες

Η περιοχή του δήμου Αμφίπολης ανήκει γεωλογικά κατά ένα μεγάλο μέρος στη μάζα της Ροδόπης και κατά ένα μικρό στην Σερβομακεδονική ζώνη (Εικ.10).

Ο ορεινός όγκος της Ροδόπης βρίσκεται στη βόρεια Ελλάδα και περιβάλλεται δυτικά από τον Στρυμόνα ποταμό, ανατολικά από τον Έβρο, στα βόρεια επεκτείνεται μέχρι τη Βουλγαρία ενώ νότια τα σύνορα παραμένουν ασαφή επειδή υποβυθίζεται κάτω από τη θάλασσα του Βόρειου Αιγαίου.



Εικ.10: Γεωτεκτονικό σχήμα που αναπαριστά τις Ελληνίδες ζώνες

3.1. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ ΤΗΣ ΡΟΔΟΠΗΣ

Τρεις λιθολογικές μονάδες διακρίνονται στον ορεινό αυτό όγκο

α) το μεταμορφικό υπόβαθρο(βάση),

β) η κυκλική ζώνη της Ροδόπης και

γ) οι τριτογενείς ηφαιστειακό-ιζηματογενείς λεκάνες.

Ο ορεινός όγκος της Ροδόπης ωθήθηκε βίαια στο Σερβομακεδονικό ορεινό όγκο κατά μήκος μιας επίπεδης επώθησης με B-N φορά, το ρήγμα του Στρυμώνα. Οι δύο αυτοί ορεινοί όγκοι σχηματίζουν ένα ηπειρωτικό θραύσμα, το οποίο εντατικά ξαναδουλεύτηκε στην εποχή της Αλπικής Ορογένεσης.

Η μεταμορφική βάση του ορεινού όγκου της Ροδόπης αποτελείται από παρά-ορθογνέυσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αφιβολίτες και ασβεστιτικούς σχιστόλιθους. Ορυκτολογικά και γεωχημικά στοιχεία δείχνουν ότι οι πρωτόλιθοι της βάσης είναι κυρίως της Ερκύνιας εποχής 250Ma στη Δυτική Ροδόπη (Wawrzenitz et al., 1994) και 296Ma στην Ανατολική Ροδόπη (Peicheva et 1992). Στην Ανατολική Ροδόπη μια παχιά σειρά από διαμελισμένους και μεταμορφωμένους φεμικούς και υπερφεμικούς οφιολίθους εμφανίζεται. Ανθρακικές σειρές επικρατούν στη ζώνη της δυτικής Ροδόπης που αποτελούνται από μάρμαρα με ενστρώσεις μαρμαρυγιακού σχιστόλιθου, χλωριτικού σχιστόλιθου και χαλαζίτη.

Ο σχηματισμός της κυκλικής ζώνης της Ροδόπης γίνεται στο νότιο-ανατολικό όριο του ορεινού όγκου και σχηματίζει το δυτικό όριο του Σερβομακεδονικού ορεινού όγκου. Αποτελείται από μια σειρά από φυλλίτες, πράσινους σχιστόλιθους, ασβεστιτικούς σχιστόλιθους, μάρμαρα και πέτρες ηφαιστειογενών ιζημάτων. Η ζώνη διπλώθηκε, μεταμορφώθηκε και πιέστηκε στα τέλη του Κρητιδικού.

Οι τριτογενείς ηφαίστειο-ιζηματογενείς λεκάνες βρίσκονται στο νότιο και ανατολικό όριο του όγκου της Ροδόπης. Σύμφωνα με τον Παπαδόπουλο (1980) οι λεκάνες έχουν τεκτονικές επαφές με την μεταμορφική βάση και την κυκλική ζώνη της Ροδόπης. Η βάση έχει σύνθεση από κροκαλοπαγές, μάργες και ασβεστόλιθους. Αυτά τα ιζήματα ακολουθούνται από μια ηφαίστειο-ιζηματογενή ακολουθία ανάμεσα στις δύο εποχές, Ηώκαινο-Ολιγόκαινο. Αυτή η ακολουθία αποτελείται από ανδεσίτες, δακίτες, ρυόλιθους, ρυοδακίτες με ενστρώσεις από ασβεστιτικούς ψαμμίτες και αργιλικούς σχιστόλιθους. Όλα αυτά σχετίζονται με μια σειρά από υποηφαιστειογενή πλουτώνια πετρώματα μεσαίας σύνθεσης.

Όλα τα μεταμορφικά πετρώματα του ορεινού όγκου είναι πάρα πολύ πτυχωμένα, έντονα μετατοπισμένα στα οποία έχουν διεισδύσει

υποηφαιστειογενή πλουτώνια πετρώματα. Με γεωλογικά κριτήρια ο ορεινός όγκος της Ροδόπης υποδιαιρείται στην Δυτική Κεντρική και Ανατολική Ζώνη.

Τα μεταμορφικά πετρώματα της περιοχής υποδιαιρούνται σε τρεις κύριες λιθολογικές μονάδες, μετά από παρατηρήσεις που έγιναν στο πεδίο. Η ανθρακική ενότητα περίπου 500m πάχους που εκτίθεται στο Β-ΒΔ μέρος του βουνού αποτελείται από αδρά κοκκοειδή μάρμαρα ασβεστιτικής σύνθεσης με ενστρώσεις δολομιτικών φακών. Το χαμηλότερο μέρος αυτής της ενότητας αποτελείται από ταινιοειδή, κρυσταλλικά, πυριτικά μάρμαρα.

Η μεταβατική μονάδα περίπου 600m πάχους παρουσιάζει μια δυνατή ζώνη διάτμησης και αποτελείται από τους ακόλουθους εναλλακτικούς ορίζοντες:

A. Δύο μαρμαρυγιακούς γνευσιακούς ορίζοντες, πάχους 5-10m.

B. Έναν ορίζοντα από αλβίτη – γνεύσιο, πάχους 20-25m.

Γ. Ταινιοειδείς-κρυσταλλικούς πυριτικούς ογκόλιθους, από μερικά έως 70m πάχος ή κρυσταλλικούς πυριτικούς φακούς μαρμάρων μεγαλύτερων διαστάσεων.

Δ. Αμφιβολιτικούς φακούς ή ογκόλιθους, οι οποίοι είναι μεταμορφωμένα βασαλτικά πετρώματα που αποτελούνται από αμφιβολίτες, κεροστίλβη, ακτινόλιθο και πλαγιόκλαστα.

Ε. Μια γνευσιακή ενότητα περισσότερων από 1000m πάχους, εκτεθειμένη στο νότιο-ανατολικό μέρος του βουνού που αποτελείται από λευκοκρατικό μοσχοβίτη, ορθογνεύσιους και οφθαλμογνεύσιους.

Γρανιτοειδή διαφορετικών γενεών είναι τοποθετημένα στην κρυσταλλική ακολουθία και φαίνεται να αποτελούν τη βάση ολόκληρου του βουνού. Αυτά τα πετρώματα είναι μεσαία κοκκοειδή και τοπικά πορφυριτικοί γρανοδιορίτες και συμπεριλαμβάνουν τη Μεσολακκιά, το Ποδοχώρι και τη Νικήσιανη. Στην επαφή τους με ταινιοειδή κρυσταλλικά πυριτικά μάρμαρα σχηματίστηκαν μικρά σώματα κερατίτη π.χ. στη Σκάλα. Οι γρανοδιορίτες του Παγγαίου θεωρούνται ασβεσταλκαλικής σύνθεσης της άνω Κινηματικής (Meyer 1968, Kokkinakis 1980, Kyriakopoulos 1987). Η πραγματική ηλικία αυτών των γρανιτών με εξαίρεση της Νικήσιανης (χρονολογείται στο Ολιγόκαινο 13-15 Ma, Meyer 1968) δεν είναι γνωστή, αν και γενικά έχουν σχέση με το γρανίτη της Καβάλας ηλικίας περίπου 13,9-15,9Ma (Kyriakopoulos 1987).

3.2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΟΡΟΥΣ ΠΑΓΓΑΙΟΥ

Η λιθοστρωματογραφική ακολουθία των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της περιοχής του Παγγαίου είναι ανάλογη με αυτή της περιοχής του Φαλακρού (Χατζηπαναγής 1991, Chatzipanagis et al. 1983) και αντιπροσωπευτική της δυτικής λιθοστρωματογραφίας της Ροδόπης.

Τα ιζηματογενή πετρώματα έχουν πάχος περίπου 500m. Τα παλαιότερα ιζήματα που βρέθηκαν στην περιοχή παρουσιάζονται από λιμναία και ποταμό-λιμναία αποθέματα του Άνω Μειοκαίνου και υπάρχουν στη βάση και στη ράχη της λεκάνης (Ξυδάς 1978). Αυτά τα ιζήματα αναπτύχθηκαν ασύμφωνα στο παλαιοανάγλυφο των μεταμορφωμένων πετρωμάτων. Κατά το Νεογενές συμπληρώθηκε με χερσαία, λιμναία και υφάλμυρα-θαλάσσια αποθέματα της Πλειοκαινικής εποχής. Οι κύριοι τύποι πετρωμάτων είναι μάργα, ασβεστιτική άμμος, ασβεστιτικός ψαμμίτης, ασβεστόλιθος, πυριτικοί άμμοι, κροκαλοπαγές, χονδρόκοκκη άμμος και ηφαίστειο-ιζηματογενείς σχηματισμοί. Το Πλειστόκαινο αντιπροσωπεύεται από άμμους, λατύπες, άργιλο, κροκαλοπαγή, μεγάλες κροκάλες κτλ. Το Ολόκαινο αντιπροσωπεύεται από πρόσφατα αποθέματα, δελταϊκά και παράλια αποθέματα, πρόσφατα λιμναία ιζήματα και τόφφους στη λεκάνη των Φιλίππων.

3.3. ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΝΟΤΙΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΠΥΡΗΝΑ ΤΗΣ ΡΟΔΟΠΗΣ

Ο μεταμορφικός πυρήνας της Νότιας Ροδόπης είναι ένας πλατύς μεταμορφικός θόλος που αποκαλύφθηκε στο Βόρειο Αιγαίο σαν αποτέλεσμα μιας μεγάλης κλίμακας επέκτασης από τα μέσα του Ηωκαίνου μέχρι τα μέσα του Μειοκαίνου. Η σχεδόν τριγωνική μορφή του συνορεύει στα ΝΔ με τις ιουρασικής και κρητιδικής ηλικίας ενότητες της Σερβομακεδονικής και στα Βόρεια από εκλογίτες με ίχνη γνευσίων του ορεινού όγκου του Σιδηρόνερου. Η φύλλωση των μεταμορφωμένων πετρωμάτων είναι επίπεδη και εκτείνεται μέχρι και σε 100m πάχος στο σύμπλεγμα του πυρήνα (Brun & Sokoutis 2007).

Τα περισσότερα πετρώματα επιδεικνύουν εκτεταμένη γράμμωση που κλίνει ΒΑ-ΝΔ. Η ζώνη αποκόλλησης των Κερδυλίων βρίσκεται ΝΔ και έλεγχε την εμφάνιση του συμπλέγματος του πυρήνα από το Μ.Ηώκαινο στο Μ.Ολιγόκαινο. Από το Α.Μειόκαινο, η εμφάνιση βρίσκεται στο εσωτερικό του θόλου και συνοδεύεται από τη διείσδυση των πλουτωνιτών της Βροντούς και του Συμβόλου. Από τις εποχές του Α.Μειοκαίνου εκτεταμένα ιζήματα τοποθετούνται στο επάνω μέρος των μεταμορφωμένων και πλουτωνικών πετρωμάτων και διατρέχονται από απότομα κανονικά ρήγματα και επίπεδες επικλινείς δομές. Στοιχεία από το νησί της Θάσου χρησιμοποιούνται για να δείξουν την ακολουθία της παραμόρφωσης από τη συσσώρευση

Στην συνέχεια παρατίθεται το γεωλογικό σκαρίφημα της περιοχής (Εικ. 11):



3.4. ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ

Η περιοχή του Παγγαίου όρους περιέχει τυπικά παραδείγματα φλεβικών και διατμημένων πολύτιμων βασικών μεταλλικών αποθεμάτων. Την πλειονότητα αυτών των αποθεμάτων επεξεργάστηκαν στην αρχαία εποχή και ειδικά στην εποχή του Μεγάλου Αλεξάνδρου όπως αναφέρεται από διάφορους συγγραφείς αυτής της εποχής όπως Kronberg (1969) και Ξυδός (1974) όπου αρχικά χαρτογράφησαν την περιοχή. Κατά την πορεία αυτής της δουλειάς μόνο μερικές τροποποιήσεις έγιναν στους υπάρχοντες γεωλογικούς χάρτες.

Το βόρειο-ανατολικό μέρος του Παγγαίου δίνει μια κατακόρυφη τομή μεγαλύτερη των 100 μέτρων διαμέσου μιας ορυκτογένεσης με αντικατάσταση, φλεβικού τύπου, με δυνατό δομικό έλεγχο σε κάθε συμβάν ΒΔ-ΝΑ σε κατακόρυφες ρωγμώσεις που μπορεί να ανιχνευτούν πάνω στο βουνό εντοπίζεται μια παγγένεση που αλλάζει από πυρίτη-χαλαζία σε πυρίτη-χαλαζία-σερικήτη σε σερικήτη στο γρανίτη που βρίσκεται στη βάση των Ασυμότρυπων και τελικά σε πυρίτη-χαλκοπυρίτη-μαλαχίτη εκεί όπου οι φλέβες διασχίζουν τα μάρμαρα που βρίσκονται από πάνω όπως και μονάδες σχιστόλιθων.

Ο γρανίτης είναι σκεπασμένος από μια εναλλακτική ακολουθία διατμημένων ταινιοειδών μαρμάρων που περιλαμβάνουν αμφιβολίτες, γνεύσιους και σχιστόλιθους. Αυτά με τη σειρά τους σκεπάζονται από πάχους 700m μάρμαρο που θεωρείται ισότιμο με το μάρμαρο του Φαλακρού στην περιοχή της Δράμας (Χατζηπαναγής 1991). Οι επαφές μεταξύ διατμημένων μαρμάρων και αμφιβολιτών, γνευσίων και σχιστολίθων είναι μικρής γωνίας διάτμησης κλίνοντας $\pm 30^\circ$ ανατολικά. Φακοί αρσеноπυρίτη-σιδηροπυρίτη είναι αναπτυσσόμενοι κατά μήκος αυτών των εφιππεύσεων όπου διατμημένο μάρμαρο σκεπάζει τα κρυσταλλικά πετρώματα. Σε μερικές περιπτώσεις οι ΒΔ-ΝΑ φλέβες συναντιούνται και διασχίζουν τους φακούς μεταλλοφορίας που αναπτύχθηκαν στην εφιππευση. Το ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης φλεβικό σύστημα συνεχίζεται μερικές εκατοντάδες μέτρα ψηλότερα, στην κορυφή του βουνού στο Αυγό (Pilaf Tere) όπου οξειδωμένες φλέβες εντοπίστηκαν μέσα σε μάρμαρο. Μεταλλεύματα που αποτελούνται από λειμωνίτη και μαγγάνιο καθώς και ίχνη μικρό-μαλαχίτη γεμίζουν τις φλέβες κατά μεγάλη ποσότητα.

Χρυσός βρίσκεται στο υποκατακόρυφο φλεβικό σύστημα το οποίο κόβει όλες τις πέτρινες λιθολογίες συμπεριλαμβανομένου και του γρανίτη καθώς επίσης και στα ακανόνιστα μελανώματα (rod) και στου φακούς των μεταλλευμάτων που αναπτύχθηκαν κατά μήκος των εφιππεύσεων μεταξύ μαρμάρων και σχιστολίθων. Οι υψηλότερες περιεκτικότητες χρυσού προέρχονται από τις παραγενέσεις αρσеноπυρίτη-σιδηροπυρίτη με τη μέση περιεκτικότητα να κυμαίνεται στα 11-16 ppm, οι οποίες μειώνονται σε 1-3ppm στα όρια των μεταλλοφοριών (Eliopoulos 2000).

Σουλφίδια τα οποία αναπτύσσονται σαν μικροί φακοί στο υποκατακόρυφο φλεβικό σύστημα πάνω από τους κυρίως φακούς μεταλλευμάτων, είτε από μεταγενέστερη επαναδραστηριοποίηση ή κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης δημιουργίας του μεταλλεύματος, περιέχουν επίσης υψηλότερα περιεκτικότητες σε χρυσό που κυμαίνονται στα 4-13ppm. Οι περιεκτικότητες χρυσού μειώνονται στα υψηλότερα επίπεδα, στα μικρά σώματα μεταλλεύματος στο Αυγό (Pilaf Tere) και είναι χαμηλές στο υποκατακόρυφο φλεβικό σύστημα εκεί όπου αυτό διασχίζει το γρανίτη και το μάρμαρο κάτω από τις Ασημότρυπες (Eliopoulos 2000).

4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

4.1. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

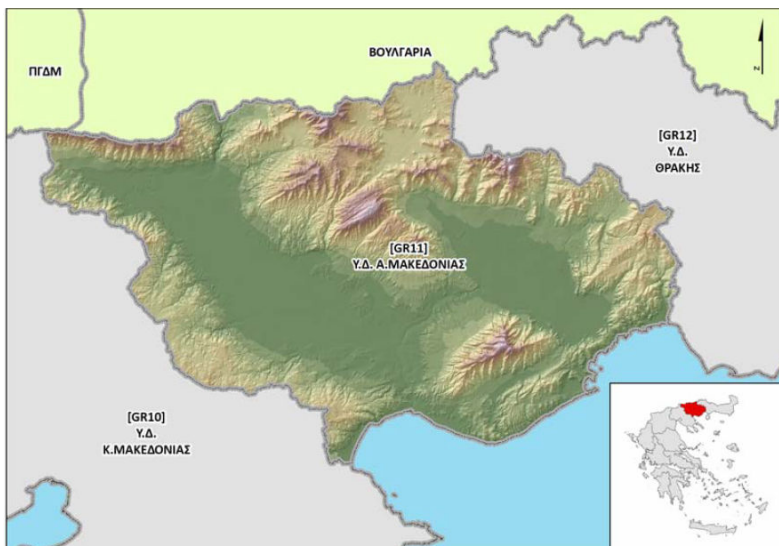
Η περιοχή του ευρύτερου ελληνικού χώρου χωρίζεται σε διάφορες ενότητες και διαμερίσματα. Όσων αφορά τον τομέα του νερού ο ελλαδικός χώρος χωρίζεται σε υδατικά διαμερίσματα.

Τα υδατικά διαμερίσματα παρατίθενται στο παρακάτω σκαρίφημα (Εικ:12):

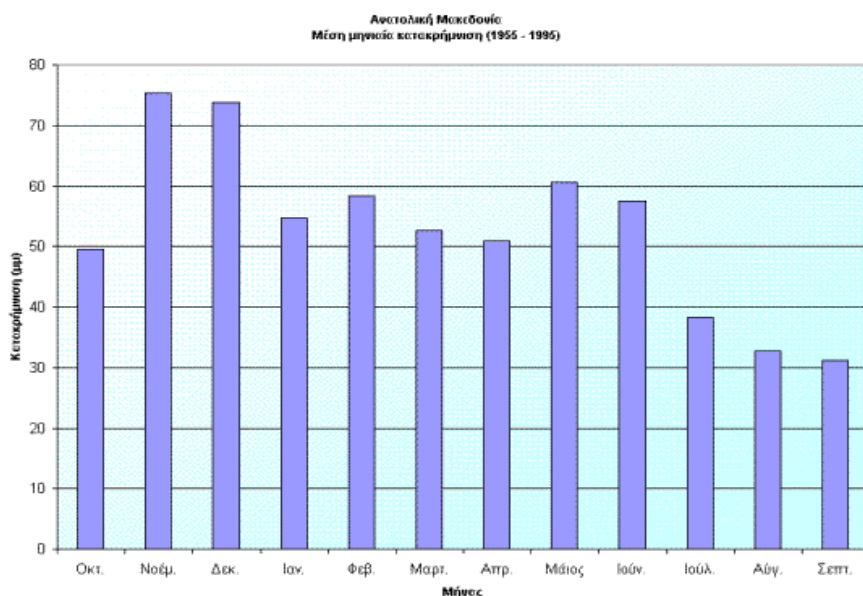


Εικ.12: Τα υδατικά διαμερίσματα του ευρύτερου ελληνικού χώρου

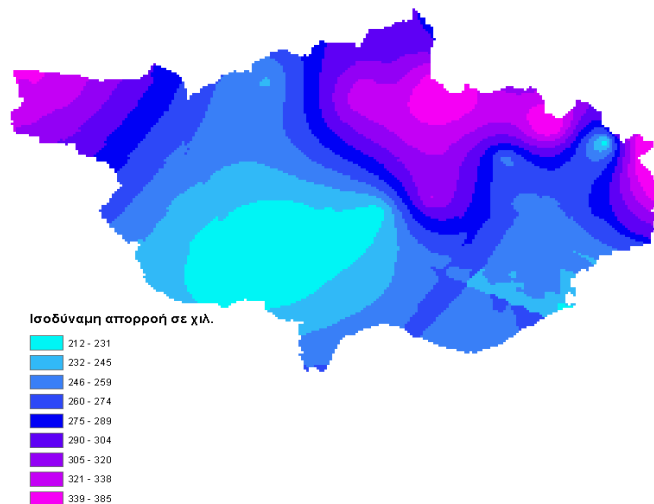
Η περιοχή ενδιαφέροντος της παρούσας εργασίας ανήκει στο 11^ο υδατικό διαμέρισμα, αυτό της Ανατολικής Μακεδονίας (Εικ.13). Το διαμέρισμα αυτό περιλαμβάνει τους νομούς Σερρών, Δράμας και Καβάλας. Κύρια χαρακτηριστικά του είναι η λεκάνες απορροής των ποταμών Στρυμώνα, Αγγίτη καθώς και η λίμνη Κερκίνη που διαδραματίζουν ένα σημαντικό «υδρογεωλογικό» ρόλο. Παρακάτω διακρίνεται το 11^ο υδατικό διαμέρισμα με την απεικόνιση παραμέτρων όπως η μέση μηνιαία κατακρήμνιση (Εικ.14) και η μέση απορροή (Εικ.15).



Εικ.13 :Το υδατικό διαμέρισμα της Ανατολικής Μακεδονίας



Εικ.14: Μέση μηνιαία κατακρήμνιση για την περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας



Εικ.15: Χάρτης μέσης υπερετήσιας απορροής

5. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

5.1. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Πολλές προσπάθειες έχουν γίνει για να σχετίσουν την μεταλλογένεση του Ορεινού Όγκου της Ροδόπης με την ανάπτυξη των τεκτονικών πλακών στην βόρειο-ανατολική Μεσόγειο (Elioroulos 2000). Η Βόρεια Ελλάδα τοποθετείται στην ένωση της Αφρικανικής με την Ευρασιατική πλάκα. Πολλά γεωγραφικά χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένων του στυλ και τη διανομή της γένεσης των ορυκτών, είναι αποτέλεσμα του Περμίου και της μετακίνηση των πλακών κατά το Τριτογενές. Βασικά η Αφρικανική πλάκα υποβυθίστηκε κάτω από την Ευρασιατική, αλλά ο Ορεινός Όγκος της Ροδόπης και της Σερβομακεδονικής σχημάτισαν ένα συμπαγές περιστρεφόμενο μπλοκ που προκάλεσε κυκλική αριστερή περιστροφή, κάτι που είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη μικροπλακών σε ολόκληρη την περιοχή του Αιγαίου (Elioroulos 2000).

5.2. ΔΟΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΠΑΓΓΑΙΟΥ

Η γενική δομική εξέλιξη των πετρωμάτων της δυτικής ροδοπικής ζώνης δείχνουν μία σύνθετη ανάπτυξη ενισχυτικών τεκτομεταμορφικών γεγονότων. Έντονες πλαστικές και θραυστιγενείς παραμορφώσεις χαρακτηρίζουν τη ζώνη. Αλληπαλά στάδια πλαστικής παραμόρφωσης έχουν τυπωθεί πάνω σχεδόν σε όλα τα μεταμορφικά πετρώματα, δίνουν μια ολοκληρωμένη εικόνα της τεκτονομεταμορφικής εξέλιξης του ορεινού όγκου της Ροδόπης. Συνδεδεμένη θραυστιγενής παραμόρφωση, αν και μεγάλης μεταλλογενετικής σημασίας, είναι δύσκολο να εξηγηθεί επειδή μόνο ίχνη των τελευταίων τεκτονικών γεγονότων μπορεί να αναγνωριστούν στην περιοχή (Χατζηπαναγής 1991).

Τα κύρια στοιχεία θραυστιγενούς παραμόρφωσης αποτελούν συμπίεση και εφίπνευση και δομές διάτμησης και εκτεταμένες ρηγματικές ζώνες. Τα τελευταία στοιχεία πάρθηκαν από συνδυαστική έρευνα με

απόμακρο αισθητήρα, αερομαγνητική και σεισμικά δεδομένα σε συνδυασμό με παρατηρήσεις στην περιοχή.

A. Πλαστική παραμόρφωση

Κυριαρχεί η Προαλπική και η Αλπική πλαστική παραμόρφωση, με διάφορα είδη ισοκλινών πτυχών. Αναφέρεται σε 3 στάδια από τον Χατζηπαναγή (1991) με αντίστοιχες μεταμορφικές φάσεις (Σιδηρόπουλος, 1991).

- Το πρώτο σύστημα πτυχών αποτελείται από μερικά κλειστά ρήγματα που σχετίζεται με τις τελευταίες φάσεις της εκλογιτικής μεταμόρφωσης.
- Το δεύτερο σύστημα πτυχών, που παρήχθει από ΒΑ-ΝΔ κινήσεις κατά τη διάρκεια του νεώτερου Ηωκαίνου, αποτελείται από πολλαπλές ισοκλινείς συμπίεστικές πτυχές με αξονικές λεκάνες κατευθυνόμενες ΒΔ-ΝΑ και κλίνοντας περίπου 50° ΒΔ. Χαρακτηρίζει όλα τα μεταμορφωμένα πετρώματα του Παγγαίου όρους και εκφράζεται καλύτερα στις περιοχές του Ροδολίβους και της Πρώτης στη βόρεια άκρη του βουνού. Επίσης σχετιζόμενο με τον τύπο μεταμορφισμού μεσαίας πίεσης, έχει προκαλέσει αντιστροφές στις λιθολογικές μονάδες τυπικά και σε πολλές περιπτώσεις έχει αυξήσει το αρχικό πάχος των πετρωμάτων με αντίστροφα ρήγματα και επικαλύψεις.
- Το τρίτο σύστημα πτυχών αποτελείται από ανοικτές και επισυρόμενες πτυχές (drag folds) και σχισμές διάλυσης σαν αποτέλεσμα αποσυμπίεστικών δυνάμεων κατά την διάρκεια ανύψωσης (μετά το μέσο Μειόκαινο) της ορογένεσης της Ροδόπης. Μεγάλες δομές τεκτονικού κέρατος-τεκτονικών τάφρων άρχισαν να αναπτύσσονται σ' αυτή την εποχή και η κίνηση είναι παρούσα ακόμα και σήμερα.

Αυτά τα γεγονότα ακολουθήθηκαν από διάβρωση και γενική φθορά (ισοπέδωση) στην περιοχή Ροδόπης. Κατά το νεώτερο Μειοκαινο το ανάγλυφο του Παγγαίου δεν ήταν ψηλότερο από 200-300m (Psilovikos and Vavliakis, 1982).

B. Θραυσιγενής παραμόρφωση

Πιεστικοί τεκτονισμοί ανέπτυξαν μικρές γωνίες εφίππευσης διευθύνσεων ΒΑ-ΝΔ, ΒΔ-ΝΑ και Α-Δ και ρήγματα αναφερόμενα σαν δομές παλαιό εφίππευσης και νέο εφίππευσης (Eliopoulos 2000).

Η παλαιότερες εφίππευσεις είναι τεκτονικές της προ-Ολιγοκαινικής εποχής που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια αντίστοιχων πτυχών και ρηγμάτων σε σχέση με μεταμορφικές συνθήκες μεσαίας πίεσης. Το ρήγμα εφίππευσης στη Σερβομακεδονική που εντοπίζεται στο Στρατώνι και τη Βαρβάρα και το ρήγμα εφίππευσης του Νέστου στον ορεινό όγκο της Ροδόπης είναι χαρακτηριστικές δομές παλαιοεφίππευσης.

Η νέοεπίππευση είναι γεγονός που αναπτύχθηκε στα μέσα Μειοκαίνου και εκφράζεται κυρίως από τη Β-Α επίππευση του Σερβομακεδονικού ορεινού όγκου στη Δυτική Ροδοπική ζώνη. Το μέτωπο ανεστραμμένης επίππευσης έφτασε στη νοητή γραμμή που αρχίζει στο Άγκιστρο και τελειώνει στο νησί Θάσος (Χατζηπαναγής κ.ά. 1992). Επίσης κατά τη διάρκεια αυτής της επίππευσης στην περιοχή του Παγγαίου όρους δομές διάτμησης και ανάστροφα ρήγματα δημιουργήθηκαν στα πετρώματα που αποτελούν τη βάση του ορεινού Ροδοπικού όγκου. Οι πιεστικές ρηγματικές δομές είναι οι πιο παλιές που αναγνωρίστηκαν στην ύπαιθρο.

Κατά τη διάρκεια του νεώτερου Μειοκαίνου ή του παλαιότερου Πλειοκαίνου ο θραυσιγενής τεκτονισμός αντιπροσωπεύεται από εκτεταμένες δομές που αποτελούν δύο μεγάλα μεταγενέστερα επιππευτικά ρηγματικά συστήματα με γενικά ΒΔ και ΝΑ κατευθύνσεις (Kronberg, 1969). Αυτά τα μεγάλης γωνίας ρήγματα είναι κατακόρυφα και δημιούργησαν δομές τάφρων.

7. QANAT

7.1. QANAT: ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Κατά την διάρκεια των αιώνων ο ανθρώπινος πολιτισμός αντιμετώπισε προβλήματα ξηρασίας και υδροδότησης. Η αντιμετώπιση τους έγινε μέσω κάποιων έργων που ονομάστηκαν υδρομαστευτικά, από τα οποία αυτό που διακρίνεται για την διάρκεια και την παγκόσμια εξάπλωση του είναι τα qanat. Το συγκεκριμένο έργο αποδίδεται στους Πέρσες τον 8-10 αιώνα π.Χ και κάλυπτε υδρευτικές και αρδευτικές τους ανάγκες στην συνέχεια διαδόθηκε και σε άλλες χώρες τις Μέσης Ανατολής, την Ελλάδα , Κύπρο , Αίγυπτο , Αιθιοπία, Νότια Αμερική. Έτσι εξαιτίας της μεγάλης εξάπλωσης του το συναντούμε και με διάφορα ονόματα στην Συρία, Ιράν, Αφγανιστάν σαν kariz ή karez, στο Μαρόκο σαν khattara, στην Ισπανία σαν galleria και τέλος στην Βόρεια Αφρική σαν Kahn foggara/fughara (Βαβλιάκης 1989).

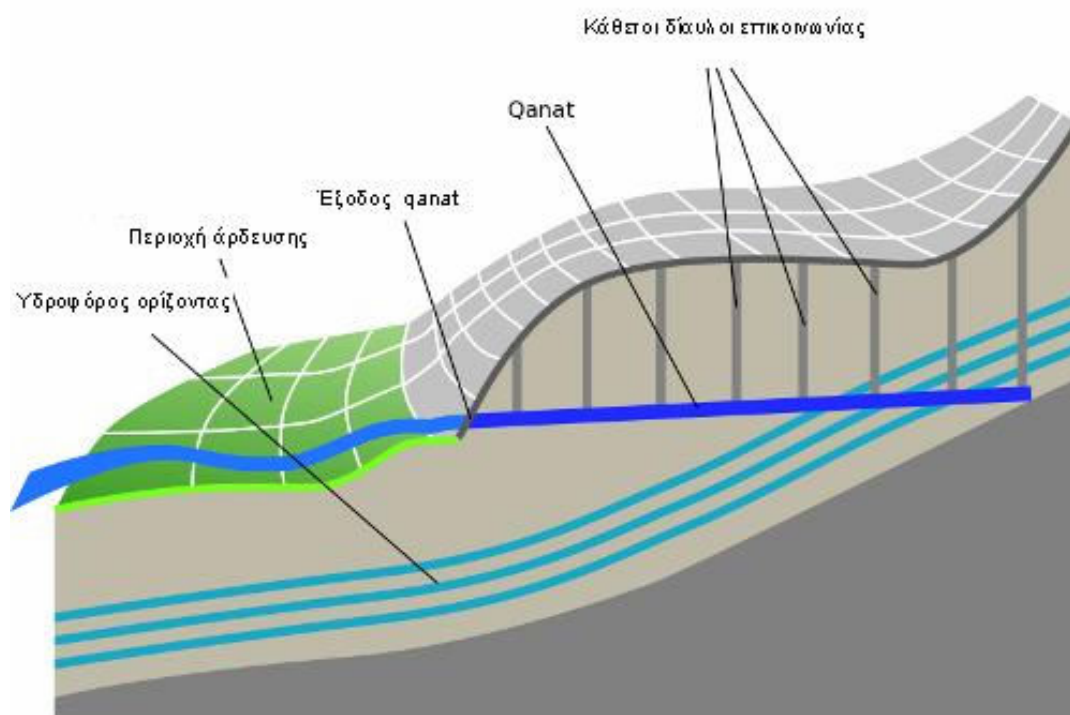
Ετυμολογικά η λέξη προέρχεται απ την αρχαιοελληνική κάννα και την λατινική canna καθώς και την αρχαιοσημιτική gano. Στην Ανατολή και στην Βόρεια Αφρική υπήρχαν ρηχοί υδροφόροι ορίζοντες καθώς και περιοχές που χαρακτηρίζονται από πλημμύρες που ξεκινούν από ψηλότερα βουνά. Έτσι η δυνατότητα διήθησης του νερού των χειμάρρων είναι εξαιρετικά μεγάλη αλλά υπήρχε το πρόβλημα της περισυλλογής του σε μεγάλες ποσότητες για άρδευση. Ακόμη οι περιοχές που αναφέρθηκαν γύρω απ την μεσόγειο χαρακτηρίζονται από μακρές ξηρές περιόδους αυτό είχε και έχει σαν αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η εκμετάλλευση πηγών και με μικρές παροχές. Η παροχή αυτών πηγών δεν ξεπερνά τα λίγα κυβικά μέτρα ανά

ημέρα εξαιτίας των μηνιαίων διακυμάνσεων της και του μικρού όγκου των καρστικών υδροφόρων που τις τροφοδοτεί.

Συμπερασματικά λοιπόν διακρίνουμε την οικονομική σημασία και χρησιμότητα των πηγών αυτών για την άρδευση . Απαιτείται τεχνογνωσία για την μέγιστη εκμετάλλευση διατήρηση και χρησιμοποίηση τους κάτι που επετεύχθη μέσω των qanat . Τα qanat εφαρμόστηκαν και στον ελλαδικό χώρο κατά την Οθωμανική περίοδο στην επαρχία Φυλλίδος όπου έγινε εκμετάλλευση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα στους Νότιους πρόποδες του όρους Μενοίκιου και στους Βόρειους του Παγγαίου τροφοδοτώντας με νερό τους οικισμούς της επαρχίας.

7.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ QANAT

Η ιστορία και οι κλιματικές συνθήκες των διαφόρων περιοχών ανέδειξαν τα συστήματα qanat σαν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την ικανοποίηση των ανθρωπίνων αναγκών μέσω της εκμετάλλευσης ενός υδροφόρου ορίζοντα. Θα ήταν χρήσιμο να γίνει μια περιγραφή των qanat (Εικ.16). Το υπόγειο νερό συλλέγεται με την βοήθεια της βαρύτητας σε ένα κεκλιμένο τούνελ (Βαβλιάκης 1989).



Εικ.16: Απεικόνιση ενός συστήματος Qanat (με τροποποιήσεις από www.google.gr)

Τα qanat αποτελούνται από τρία βασικά μέρη:

1^ο) Το μητρικό πηγάδι, όπου είναι το φρεάτιο που προσεγγίζει τον υπόγειο υδροφορέα με σκοπό να διαπιστωθεί το ύψος του νερού και το βάθος της κορεσμένης ζώνης. Η διαδρομή του τούνελ χαράσσεται σύμφωνα με το επίπεδο του νερού και τα χαρακτηριστικά του.

2^ο) Ένα ελαφρώς κεκλιμένο τούνελ, το οποίο συνδέει την τελική απόληξη με το μητρικό πηγάδι, οδηγεί το νερό προς την επιφάνεια απ το μητρικό πηγάδι σε ανοιχτό κανάλι ή λάκκο προς τα αρδεύόμενα χωράφια. Το εσωτερικό μέρος του τούνελ έχει σκαφτεί μέχρι την κορεσμένη ζώνη κάτω απ τον υδροφόρο ορίζοντα και αποτελεί το τμήμα παραγωγής του qanat. Στην συνέχεια το νερό ρέει στο ξηρό τμήμα του τούνελ το οποίο είναι σκαμμένο στην ζώνη αερισμού και βρίσκεται πλέον πάνω απ τον υδροφόρο ορίζοντα που αποτελεί και το τμήμα μεταφοράς του συστήματος qanat (Βαβλιάκης 1989).

3^ο) Σειρά κατακόρυφων φρεατίων, έχουν ανοιχτεί από την επιφάνεια και ακολουθούν την πορεία που διαγράφει το τούνελ. Τα φρεάτια αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια του συστήματος καθώς συμβάλλουν στο να κρατήσει το qanat την ορθή πορεία των τούνελ του κατά την διάρκεια της εκσκαφής και διευκολύνουν την μεταφορά και εξαγωγή των σκαμμένων υλικών με τρόπο όμοιο με του «τυφλοπόντικα». Τα κανάλια επιτρέπουν την πρόσβαση σε όλο το σύστημα και διευκολύνουν το εξαερισμό του. Το υλικό που προέρχεται απ την διαδικασία εκσκαφής αποτίθεται κοντά στο στόμιο του φρεατίου όπου σχηματίζεται ένα στρογγυλό ανάχωμα γύρω από το άνοιγμα του. Η σωστή συντήρηση του συστήματος είναι αναγκαία γιατί έτσι αποφεύγεται η δημιουργία μέσα στα φρεάτια όσο και στα τα τούνελ σειρών από στρογγυλούς ρηχούς σχετικά λάκκους, οι οποίοι είναι τα υπολείμματα των βουλομένων φρεατίων και οι οποίοι βαθμιαία οδηγούν στην αδρανοποίηση του συστήματος (Βαβλιάκης 1989).

7.3. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ QANAT

Το qanat για να κατασκευασθεί απαιτεί γνώση γεωλογική, τεχνική καθώς και απλά μέσα για την πραγματοποίηση της. Σαν αρχή του συστήματος θεωρείται ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας που εντοπίζεται με την κατασκευή του μητρικού πηγαδιού το βάθος του οποίου μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 300m σύμφωνα με τον Troll (1963).

Το qanat έχει ζώνη υδρομάστευσης και αποτελείται από περισσότερους του ενός αγωγούς-τούνελ. Κατά την διεύθυνση της μέγιστης κλίσης της κλίτους κατασκευάζονται πηγάδια με σκοπό τον αερισμό και την εκχωμάτωση κατά την κατασκευή του τούνελ. Οι διαστάσεις των πηγαδιών επιτρέπουν την είσοδο του εργάτη (γονυπετής) σε περίπτωση ανάγκης για λόγους επισκευής τους. Τα υλικά που προήλθαν από την διάνοιξη των τούνελ

η την επισκευή τους τοποθετούνται γύρω από τα στόμια των πηγαδιών (Βαβλιάκης 1989).

Το τούνελ αποτελεί τον κύριο αγωγό μεταφοράς του νερού και κατασκευάζεται απ το σημείο εξόδου του νερού στην επιφάνεια προς το μητρικό φρέαρ. Στις περιπτώσεις που το πέτρωμα διέλευσης του αγωγού μεταφοράς είναι μαλακό τα τοιχώματα του ενισχύονται με ψημένα κεραμίδια ή άλλο υλικό. Τέλος σε περιπτώσεις μικρής παροχής η κατασκευή των τούνελ αρχίζει από το μητρικό φρέαρ προς το σημείο εξόδου του νερού στην επιφάνεια. Η κλίση του αγωγού μεταφοράς είναι μικρότερη από αυτή της κλιτύς ή του πυθμένα ξηρής κοιλάδας και δεν υπερβαίνει το 4%. Οι διαστάσεις του qanat ποικίλουν το ύψος του συνήθως κυμαίνεται από 1-1,2m το πλάτος του από 0,75-1m και το μήκος του από μερικές δεκάδες μέτρα έως 50km (Troll 1963). Το μεγάλο μήκος του qanat όμως δημιουργεί την ανάγκη κατασκευής και εκατοντάδων πηγαδιών για την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας του.

Στις περιπτώσεις όπου το πέτρωμα κατασκευής του τούνελ είναι σκληρό τότε το νερό ρέει εύκολα στο πυθμένα του. Αντίθετα όταν είναι μαλακό ρέει σε πέτρινους αγωγούς ορθογώνιου σχήματος στην ζώνη υδρομάστευσης του qanat. Οι πέτρινοι αυτοί αγωγοί ανά διαστήματα έχουν ανοίγματα που εξυπηρετούν πρώτον την είσοδο νερού που κατέρχεται από τα υπερκείμενα και παρακείμενα υδροπερατά πετρώματα και δεύτερον λειτουργούν ως βαλβίδες ανακούφισης του αγωγού όταν η παροχή του νερού είναι μεγάλη.

Όταν ο αγωγός μεταφοράς βρίσκεται εκτός ζώνης υδρομάστευσης και το βάθος του είναι μικρότερο από 3m το νερό ρέει σε κλειστούς κυλινδρικού σχήματος πηλινούς αγωγούς που καταλήγουν στην έξοδο του qanat. Από το σημείο αυτό οδηγείται σε κάποιο είδος υδραγωγείο από όπου είναι δυνατή η κατανομή του για καλλιεργούμενες εκτάσεις ή καταλήγει σε υπόγεια δεξαμενή. Το μεγάλο πλεονέκτημα του συστήματος qanat όπως διαπιστώνεται και από την ανάλυση του τρόπου κατασκευής του είναι ότι βασίζεται στην δύναμη της βαρύτητας και δεν απαιτεί την παραγωγή έργου από ζώα ή τον άνθρωπο.

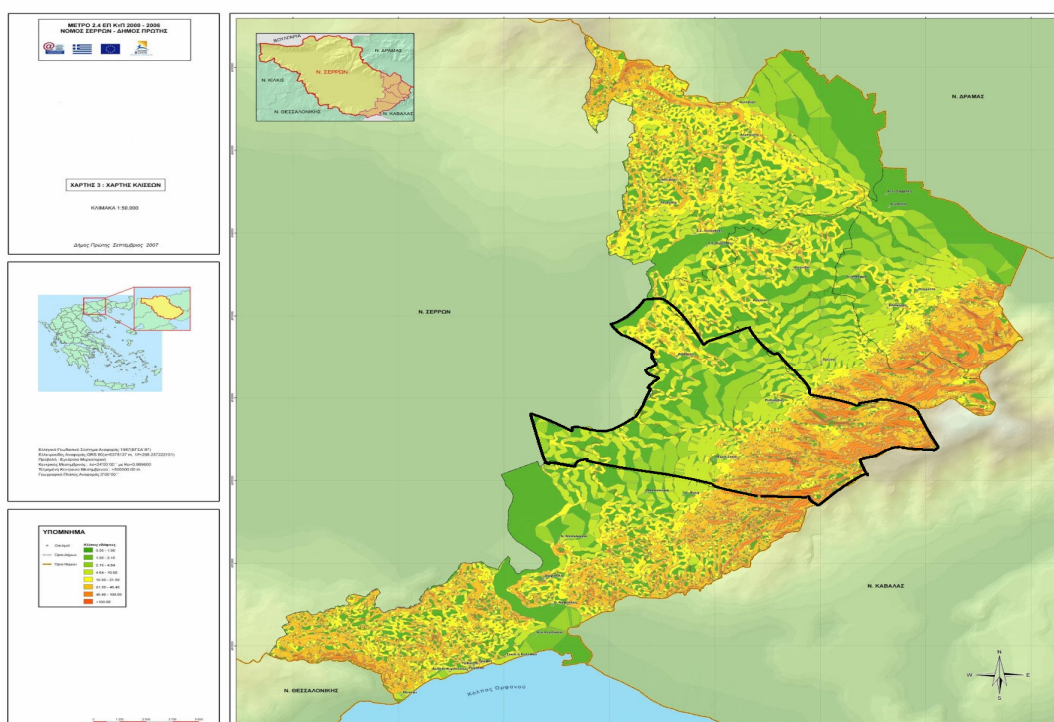
Τα qanat παρέχουν καθαρό και υγιεινό νερό για όλη την διάρκεια του έτους χωρίς απότομες διακυμάνσεις της παροχής. Αυτό που είναι απαραίτητο για την κατασκευή τέτοιων συστημάτων είναι η παρουσία υδροπερατών πετρωμάτων στην επιφάνεια και αδιαπέρατων σε προσιτό βάθος. Η επαφή αυτών των δυο ειδών πετρωμάτων θα πρέπει να είναι σε τέτοιο βάθος που να επιτρέπει την έξοδο του νερού στη επιφάνεια χωρίς την δαπάνη οποιασδήποτε μορφής ενέργειας. Όσο μεγαλύτερο το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα τόσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση εξόδου του νερού στην επιφάνεια.

Για την κατασκευή ενός qanat απαιτούνται κάποιες προϋποθέσεις, τέτοιες είναι:

- Κατάλληλες κλίσεις εδάφους
- Πηγές τροφοδοσίας νερού ιδιαίτερα την κρίσιμη θερινή περίοδο
- Κατάλληλες κλιματικές και γεωμορφολογικές συνθήκες

Η περιοχή έρευνας πληρεί όλες τις συνθήκες που είναι ικανές για να οδηγήσουν στην κατασκευή qanat. Ακόμη στην περιοχή έρευνας το όρος Παγγαίο διατηρεί στις ζώνες μεγάλου υψομέτρου χιόνια μέχρι και την περίοδο Απριλίου-Μαΐου. Το νερό από την τήξη των χιονιών αποτελεί σημαντική πηγή τροφοδοσίας κατά την θερινή περίοδο για τον πληθυσμό που εξαρτάται απ' το συγκεκριμένο έργο καθώς τότε εκτελείται ένα μεγάλο μέρος των αγροτικών εργασιών. Ανάλογη τροφοδοσία γίνεται και κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων (Οκτώβριος- Ιούνιος).

Στην συνέχεια παρατίθενται ο χάρτης με τις κλίσεις της περιοχής (Εικ.17) . Ο σκοπός του δεν είναι άλλος απ' το να μας βοηθήσει στην κατανόηση της μορφολογίας της περιοχής και πως αυτή βοηθάει στην επιλογή της θέσης ενός συστήματος qanat. Η περιοχή ερευνάς μας παρέχει όλες τις προϋποθέσεις που είναι απαραίτητες για την κατασκευή ενός τέτοιου συστήματος. Αυτό διαπιστώνεται όπως θα δούμε και παρακάτω από τον μεγάλο αριθμό τέτοιων συστημάτων στην περιοχή μελέτης καθώς και στην γύρω περιοχή.



Εικ.17: Η περιοχή έρευνας

7.4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ QANAT ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΠΑΓΓΑΙΟΥ

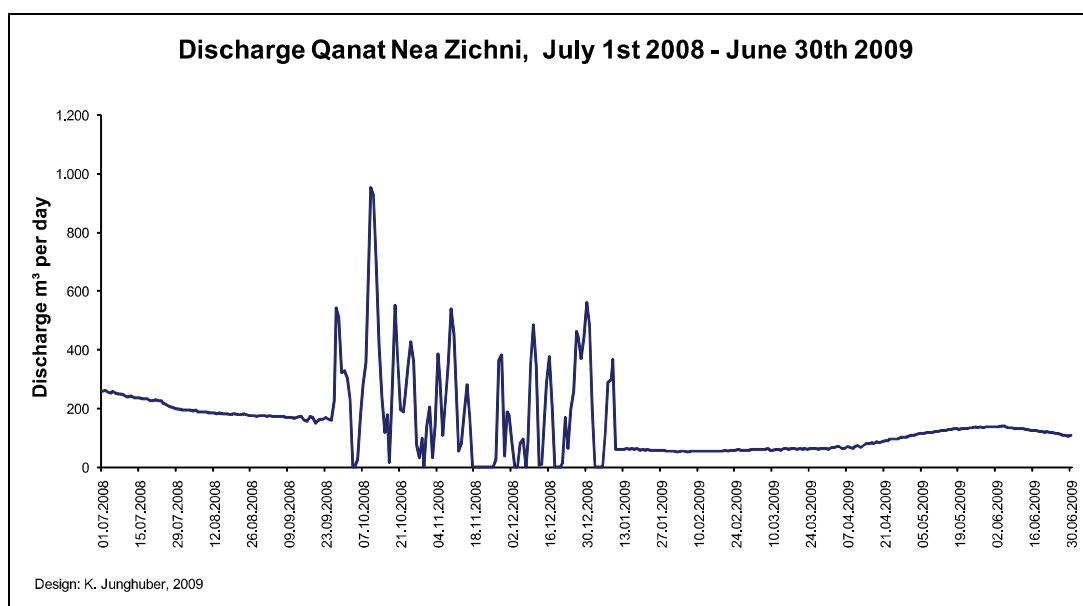
Στην περιοχή της επαρχίας Φυλλίδος όπου ανήκει και η περιοχή μελέτης μας έχει βρεθεί και μελετηθεί ένας μεγάλος αριθμός qanat (Βαβλιάκης 1989, Τσίλιος 2008, Blumenstein et al. 2010). Ο διαχωρισμός των qanat γίνεται σε δύο κατηγορίες η πρώτη αφορά τα ενεργά qanat που υδροδοτούν τους οικισμούς και η δεύτερη τα αδρανή τα οποία για διάφορους λόγους δεν διαθέτουν νερό και είναι ανενεργά.

Τα ενεργά συστήματα είναι:

- Νέας Ζίχνης
- Μεσοράχης
- Δήμητρας
- Λευκοθέας
- Σ.Σ Αγγίστας
- Αγγίστας
- Κρηνίδας
- Ηλιοκώμης
- Κορμίστας
- Πρώτης
- Ροδολίβους
- Παλαιοκώμης
- Δραβίσκου
- Μυρίνης
- Μικρού Σουλίου
- Μονής Εικοσιφοιτηνής
- Μονής Αγ. Κυριακής
- Μονής Αγ. Παρασκευής

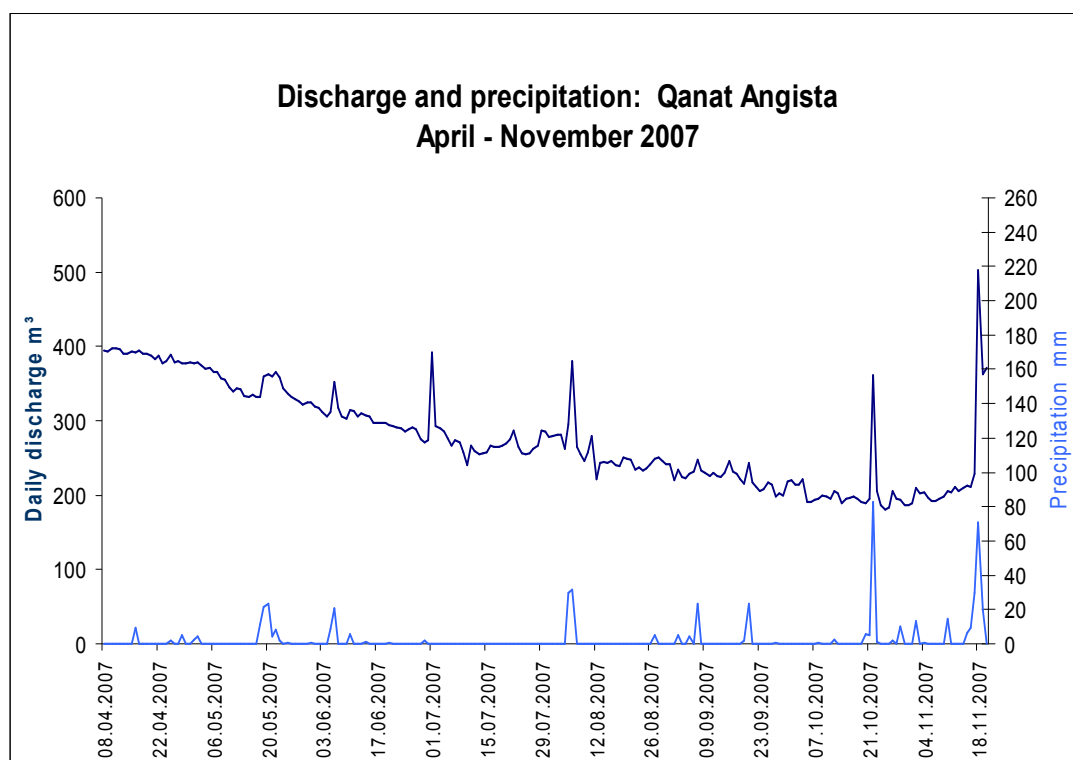
Παρακάτω παρατίθεται εικόνα που παρουσιάζει τις παροχές του qanat της Νέας Ζίχνης (Εικ.18).

Διαγράμματα παροχών Qanat



Εικ.18: Διάγραμμα παροχής Qanat Νέας Ζίχνης (Blumenstein et al. 2010)

Παρακάτω παρατίθεται εικόνα που παρουσιάζει την παροχή και την κατακρήμνιση του Qanat της Αγγίστας (Εικ. 19)



Εικ.19:Διάγραμμα παροχής και κατακρήμνισης qanat Αγγίστας (Blumenstein et al. 2010)

Στην παρούσα εργασία αναλύεται ο τύπος qanat Ροδολίβους. Στην περιοχή «Κεραμιδαριό» έξω από τον οικισμό Ροδολίβους σε απόσταση 2,5km στη δυτική κλιτύ της κοιλάδας του ρέματος “Σωληναρούδι” βρίσκεται το qanat μελέτης μας.

Στην επαφή μεταξύ πλευρικών κορημάτων και σχιστολίθων και στην επαφή μαρμάρων και γνευσίων κατασκευάστηκε η ζώνη υδρομάστευσης. Ένα πηγάδι τετραγωνικού σχήματος και βάθους 6m βρίσκεται στο χαμηλότερο τμήμα αυτής της ζώνης που καταλήγει σε τούνελ με οροφή σε σχήμα θόλου διαστάσεων 1,6m ύψος και 0,8m πλάτος (Εικ.20). Το πηγάδι αποτελείται από τοιχώματα που έχουν κτιστεί από πέτρα και είναι επικαλυμμένα από αδιαπέρατο στο νερό υλικό. Το μήκος της διαδρομής του τούνελ υπολογίζεται σε 55m. Στο δυτικό τοίχωμα διακρίνονται ανά συγκεκριμένη απόσταση ορθογώνιου σχήματος οπές (στραγγιστήρια) που βοηθούν στην υδρομάστευση των παρακείμενων και υπερκείμενων πλευρικών κορημάτων.



Εικ.20: Το τούνελ του Qanat Ροδολίβους. Διακρίνεται η θολωτή οροφή και η κατασκευή των τοιχωμάτων από πέτρες

Στο δάπεδο του τούνελ και συγκεκριμένα στην ανατολική του πλευρά διακρίνεται κανάλι μεταφοράς νερού κατά μήκος του τούνελ(Εικ.21). Η απόσταση του απ' τα τοιχώματα έχει υπολογιστεί στα 20cm. Το κανάλι αυτό καταλήγει προς τα ανάντη σε ένα κατακόρυφο τοίχωμα που κατασκευάστηκε από μη συγκολλημένες μαρμαρίνες πέτρες. Έτσι απ τον καρστικό υδροφόρο ορίζοντα που σχηματίζεται στην επαφή μαρμάρων-σχιστόλιθων ρέει νερό στο κανάλι μέσω τοιχώματος.



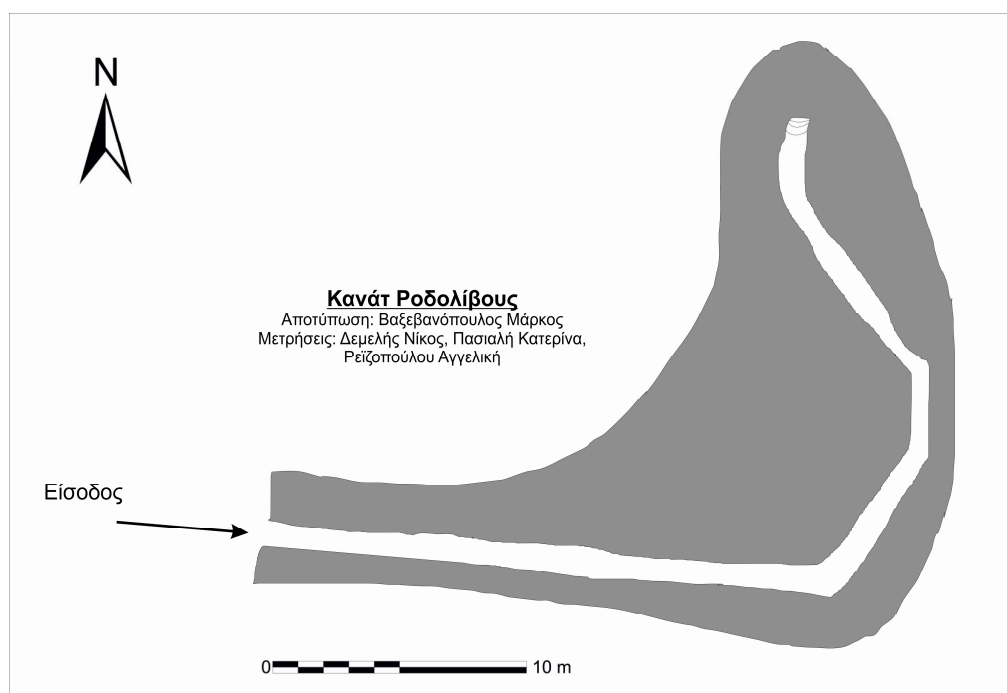
Εικ.21: Το τούνελ του Qanat Ροδολίβους. Διακρίνεται κάτω δεξιά το κανάλι μεταφοράς νερού. Το χρώμα του νερού οφείλεται σε εργασίες του δήμου.

Η Διαπίστωση αυτή βασίστηκε στην εύρεση ενός ακόμη τούνελ σε απόσταση 30-40m ΒΑ από το τούνελ που περιγράψαμε και την επαφή μαρμάρων-σχιστολίθων (Βαβλιάκης 1989). Δυστυχώς όμως δεν υπήρχε η δυνατότητα περαιτέρω μελέτης του τούνελ εξαιτίας της ύπαρξης μπλοκ τεκτονισμένων μαρμάρων. Η κλίση όμως της οροφής του προς τα Ν,ΝΔ και όχι προς την κοιλάδα οδήγησε στο συμπέρασμα πως το τούνελ αυτό καταλήγει στο υψηλότερο σημείο του άλλου τούνελ που περιγράφηκε παραπάνω. Με την κατασκευή λοιπόν και δεύτερου τούνελ επιτυγχάνεται η αύξηση της παροχής του qanat.

Μετά από την μελέτη και των δυο τούνελ διαπιστώνουμε πως το δυτικό αποσκοπεί στην υδρομάστευση του υδροφόρου ορίζοντα που σχηματίζεται στην επαφή πλευρικών κορημάτων και γνευσίων ενώ το ανατολικό υδρομαστεύει τον υδροφόρο ορίζοντα της επαφής μαρμάρων σχιστολίθων.

Το τούνελ του Qanat αυτού τελειώνει βόρεια σε απόσταση 30m από την θέση του πηγαδιού όπου με την βοήθεια πήλινων αγωγών (κιούγκια) μεταφέρονταν το νερό με ελεύθερη ροή στην δυτική υψηλότερη ζώνη του χωριού Ροδολίβους (Εικ.22). Εκεί διαπιστώνουμε από ιστορικές πηγές πως κάλυπτε τις ανάγκες των κατοίκων για ύδρευση πάνω από 200 χρόνια. Πέρα από την ύδρευση των κατοίκων το νερό αυτό χρησιμοποιούνταν και για την ύδρευση των ζώων καθώς και την άρδευση των καλλιεργούμενων εκτάσεων.

Η παροχή της υδρομάστευσης δεν είναι σταθερή και ακολουθεί τις εποχιακές μεταβολές της βροχόπτωσης, έτσι κυμαίνεται από 70m³/h την άνοιξη ενώ το φθινόπωρο μειώνεται στα 20m³/h.



Εικ.22: Σκαρίφημα από την χαρτογράφηση του Qanat Ροδολίβους (Βαξεβανόπουλος Μάρκος)

8. ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Τα ιζήματα έχουν την ιδιότητα να φιλτράρουν το νερό που κατεισδύει στα εδάφη. Μάλιστα όσο πιο λεπτόκοκκα είναι τα ιζήματα, τόσο περισσότερους ρυπαντές μπορούν να δεσμεύσουν. Γίνεται επίσης κατανοητό, ότι η σύσταση των ιζημάτων μπορεί να επηρεάσει τη σύσταση του νερού που κατεισδύει (Vavelidis et al. 2012).

Για τους παραπάνω λόγους χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα από τη μελέτη 7 δειγμάτων ιζήματος, όπως αυτά λήφθηκαν σε επιλεγμένες θέσεις στην ευρύτερη περιοχή έρευνας και των περισσότερων από τα οποία τα κοκκομετρικά και ορυκτολογικά τους χαρακτηριστικά έχουν προσδιοριστεί από τους Vavelidis et al. 2011. Συγκεκριμένα επιλέχθηκαν 3 ιζήματα από το qanat στην περιοχή «Κεραμιδαριό» του Ροδολίβους (δείγμα RD1 από το ρέμα «Σωληναρούδι» που βρίσκεται παραπλεύρως του qanat και δείγματα RD2 και RD3 μέσα από το qanat). Για συγκριτικούς λόγους χρησιμοποιήθηκαν από 2 δείγματα των qanat στην Αγγίστα (AG1 και AG2) και στη Νέα Ζίχνη (NZ1 και NZ2), αντίστοιχα (Εικ. 23). Η κοκκομετρική μελέτη των ιζημάτων έγινε με τη μέθοδο της κοσκίνισης, ενώ η ορυκτολογική τους σύσταση προσδιορίστηκε με την μέθοδο της περίθλασης ακτίνων-Χ στις εγκαταστάσεις του τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας, του Τμ. Γεωλογίας του Α.Π.Θ.



Εικ. 23. Ευρύτερη περιοχή έρευνας και θέσεις δειγματοληψίας των ιζημάτων (από Vavelidis et al. 2011)

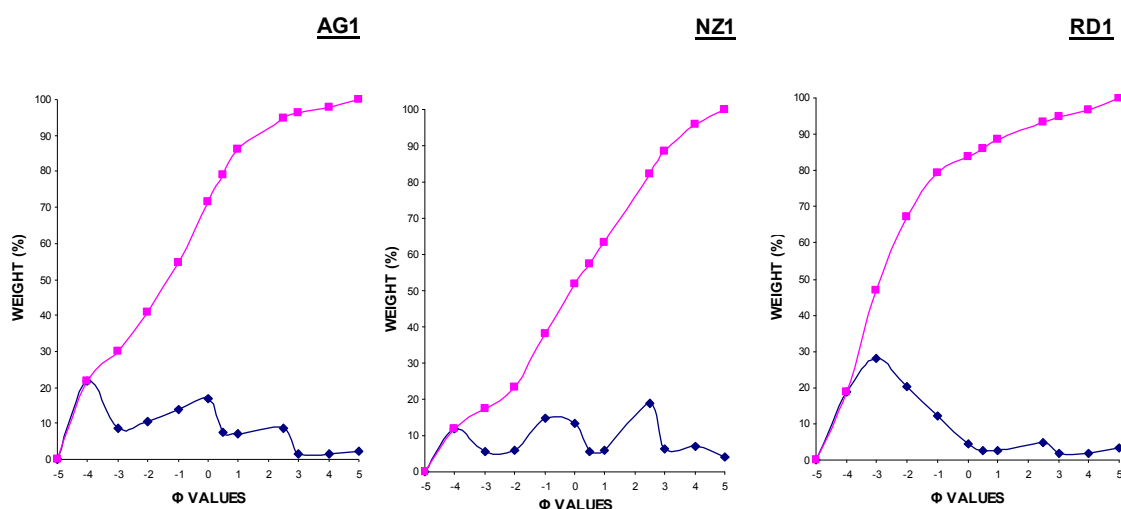
8.1. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Ύστερα από την κοσκίνιση του κάθε δείγματος ακολούθησε η κοκκομετρική κατανομή των ιζημάτων, όπως φαίνεται στον Πίνακα. 1. Με βάση αυτή την κατανομή κατασκευάστηκαν οι καμπύλες συχνότητας και οι αθροιστικές καμπύλες συχνότητας των δειγμάτων που αναλύθηκαν (Εικ. 24).

Πίν. 1. Κοκκομετρική κατανομή των δειγμάτων της περιοχής έρευνας.

	-4 Φ	-3 Φ	-2 Φ	-1 Φ	0 Φ	0,5 Φ	1 Φ	2,5 Φ	3 Φ	4 Φ	5 Φ
AG1	49,45 ¹	19,5	24,4	32,0	38,4	17,5	16,2	20,1	3,6	3,4	5,0
	21,6 ²	8,5	10,6	14,0	16,7	7,6	7,0	8,7	1,6	1,5	2,2
	21,6 ³	30,1	40,7	54,6	71,4	79,0	86,0	94,8	96,4	97,8	100,0
AG2	81,7	22,1	20,7	41,6	35,6	14,5	16,2	18,1	7,2	6,8	7,8
	30,0	8,1	7,6	15,3	13,1	5,3	5,9	6,6	2,6	2,5	2,9
	30,0	38,1	45,7	61,0	74,1	79,4	85,4	92,0	94,7	97,1	100,0
NZ1	40,2	18,3	20,4	50,2	45,1	19,1	19,9	64,3	21,1	24,1	14,4
	11,9	5,4	6,1	14,9	13,4	5,7	5,9	19,1	6,3	7,1	4,3
	11,9	17,4	23,4	38,3	51,7	57,4	63,3	82,3	88,6	95,7	100,0
NZ2	22,5	17,3	14,5	40,3	41,6	17,3	15,9	49,1	25,4	19,3	15,3
	8,1	6,2	5,2	14,5	14,9	6,2	5,7	17,6	9,1	6,9	5,5
	8,1	14,3	19,5	34,0	48,9	55,1	60,8	78,5	87,6	94,5	100,0
RD1	60,83	91,17	65,65	38,87	14,35	7,80	7,79	15,51	5,54	5,98	10,29
	18,79	28,16	20,28	12,01	4,43	2,41	2,41	4,79	1,71	1,85	3,18
	18,8	46,9	67,2	79,2	83,7	86,1	88,5	93,3	95,0	96,8	100,0
RD1	92,7	96,3	69,4	44,0	30,3	13,4	15,1	31,9	7,9	8,5	11,6
	22,0	22,9	16,5	10,5	7,2	3,2	3,6	7,6	1,9	2,0	2,8
	22,0	44,9	61,4	71,8	79,0	82,2	85,8	93,4	95,2	97,2	100,0
RD3	5,4	16,3	12,9	8,5	26,3	15,7	20,4	53,6	15,8	24,2	19,9
	2,4	7,4	5,9	3,9	12,0	7,2	9,3	24,5	7,2	11,0	9,1
	2,4	9,9	15,8	19,7	31,7	38,9	48,2	72,7	79,9	90,9	100,0

¹:Βάρος κλάσματος σε gr ²:Βάρος κλάσματος % ³:Αθροιστικό Βάρος κλάσματος %



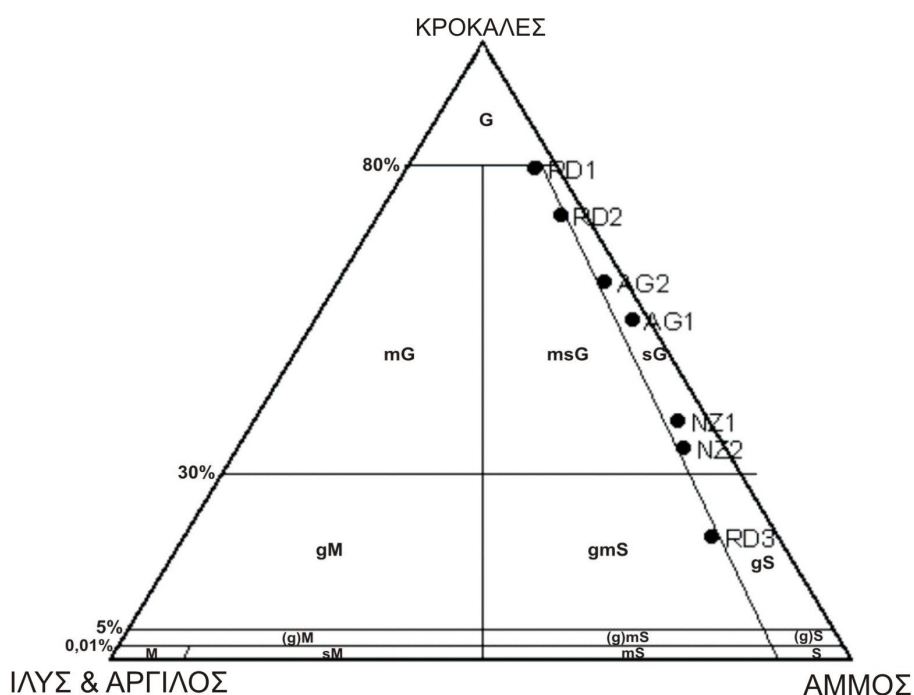
Εικ. 24. Αντιπροσωπευτικές καμπύλες συχνότητας και αθροιστικές καμπύλες συχνότητας των δειγμάτων AG1, NZ1 και RD1.

Στον Πίνακα 2 φαίνεται η εκατοστιαία αναλογία των κροκαλών, της άμμου, της ιλύος και της αργίλου των δειγμάτων που συλλέχθηκαν καθώς και οι αντίστοιχες λιθολογικές τάξεις που προκύπτουν κατά Folk et al. (1970).

Πίν. 2. Εκατοστιαίες αναλογίες και ταξινόμηση των δειγμάτων της περιοχής έρευνας κατά Folk et al. (1970).

ΔΕΙΓΜΑ	ΚΡΟΚΑΛΕΣ (%)	ΑΜΜΟΣ (%)	ΙΛΥΣ & ΑΡΓΙΛΟΣ (%)	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
AG1	54,63	43,19	2,18	sG	αμμοκροκαλώδες
AG2	61,02	36,12	2,87	sG	αμμοκροκαλώδες
NZ1	38,32	57,42	4,26	sG	αμμοκροκαλώδες
NZ2	33,98	60,52	5,49	sG	αμμοκροκαλώδες
RD1	79,23	17,60	3,18	msG	πηλοαμμοκροκαλώδες
RD2	71,81	25,43	2,76	msG	πηλοαμμοκροκαλώδες
RD3	19,67	71,24	9,09	gmS	κροκαλοπηλοαμμώδες

Στην Εικ. 25 φαίνεται η ταξινόμηση των ιζημάτων σε τριγωνικό διάγραμμα κατά Folk et al. (1970), με βάση τη λιθολογική τους σύσταση που παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.



Εικ. 25. Ταξινόμηση των δειγμάτων της περιοχής έρευνας κατά Folk et al. (1970).

Από την παραπάνω ταξινόμηση προκύπτει ότι 4 από τα δείγματα (AG1, AG2, NZ1 και NZ2) χαρακτηρίζονται αμμοκροκαλώδη, 2 δείγματα (RD1 και RD2) ως πηλοαμμοκροκαλώδη και 1 δείγμα (RD3) ως κροκαλοπηλοαμμώδες. Όλα τα ιζήματα της περιοχής έρευνας βρέθηκαν να είναι σχετικά αδρόκοκκα και με μικρό ποσοστό ιλύος και αργίλου. Αυτό σημαίνει ότι το νερό καθώς κατεισδύει μέσα από αυτά τα ιζήματα φιλτράρεται μεν, αλλά όχι τόσο όσο αν τα ιζήματα ήταν πιο λετόκοκκα.

8.2. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

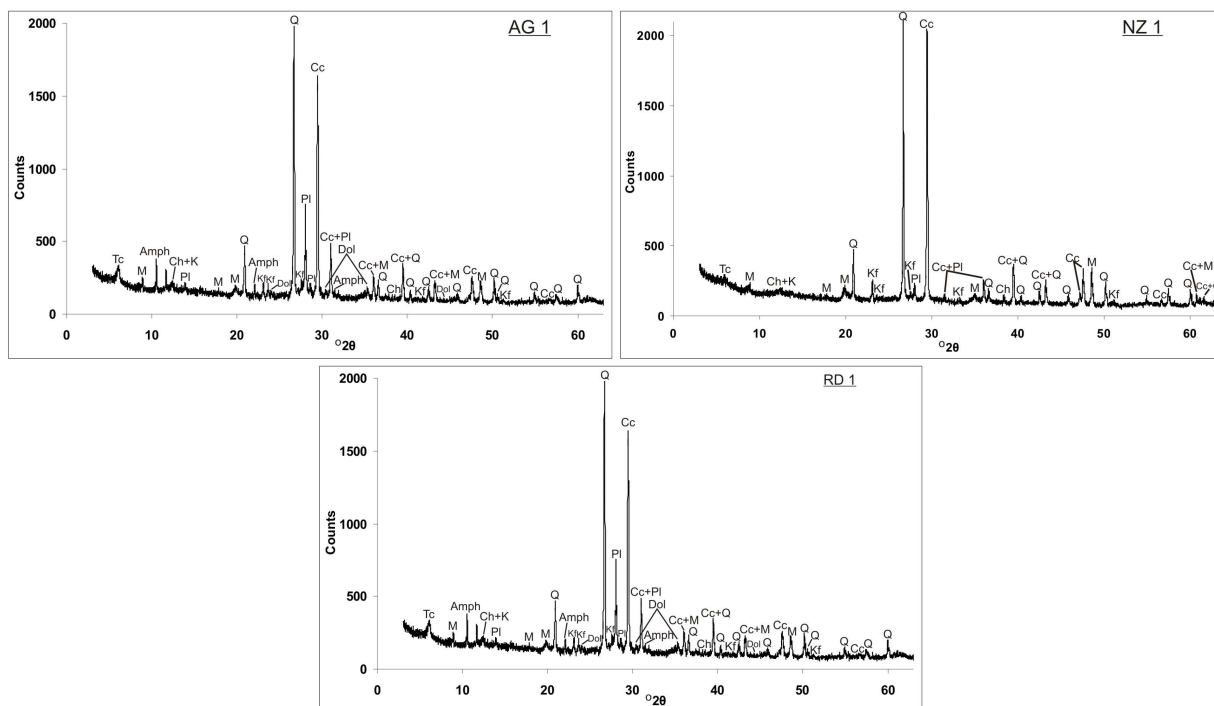
Από την ακτινογραφική εξέταση των δειγμάτων ιζήματος της περιοχής έρευνας προέκυψε η ορυκτολογική τους σύσταση, όπως αυτή φαίνεται στον Πίν. 3.

Πίν. 3. Ορυκτολογική σύσταση των δειγμάτων της περιοχής έρευνας

ΔΕΙΓΜΑ	Q	Pl	Kf	M	Cc	Dol	Amph	Ch	K
AG1	■	■	■	■	■	■	■	■	■
AG1	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NZ1	■	■	■	■	■			■	■
NZ2	■	■	■	■	■			■	■
RD1	■	■	■	■	■	■	■	■	■
RD2	■	■	■	■	■	■	■	■	■
RD3	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Q = Χαλαζίας, Pl = Πλαγιόκλαστο, Kf = Κ-Αστρίοι, M = Μαρμαρυγίες, Cc = Ασβεστίτης,
Dol = Δολομίτης, Amph = Αμφίβολοι, Ch = Χλωρίτης, K = Καολινίτης

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα, η ορυκτολογική σύσταση των ιζημάτων της περιοχής έρευνας είναι ενδεικτική των πετρωμάτων που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή, καθώς τα ιζήματα προκύπτουν από την αποσάθρωσή τους. Συγκεκριμένα, 2 από τα δείγματα (NZ1 και NZ2) ορυκτολογικά αποτελούνται από χαλαζία, πλαγιόκλαστα, Κ-αστρίους, μαρμαρυγίες, ασβεστίτη, χλωρίτη και καολινίτη. Τα υπόλοιπα 5 δείγματα (AG1, AG2, RD1, RD2 και RD3) που βρίσκονται και σε κοντινές γεωγραφικά περιοχές, έχουν την ίδια ορυκτολογική σύσταση με τα παραπάνω ιζήματα αλλά περιέχουν επιπλέον δολομίτη και αμφιβόλους (Εικ.26).



Εικ. 26. Αντιπροσωπευτικά περιθλασιογράμματα δειγμάτων από την περιοχή έρευνας.

9. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Το νερό των qanat στο Ροδολίβος χρησιμοποιείται για υδροδότηση (Blumenstein et al., 2010). Για το λόγο πραγματοποιούνται συνεχείς έλεγχοι από το Δήμο της περιοχής για τον προσδιορισμό της ποιότητας του νερού. Τα δεδομένα από αυτές τις μετρήσεις παραχωρήθηκαν από το Δήμο Ροδολίβους. Στη συνέχεια επεξεργάστηκαν με σκοπό να μελετηθούν οι υδρολογικές παράμετροι στην ευρύτερη περιοχή έρευνας. Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά το διάστημα 2006-2008 από γεωτρήσεις στους οικισμούς Δόμιρος, Μικρό Σούλι και Ροδολίβος χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη των υδάτων, όπως φαίνεται παρακάτω.

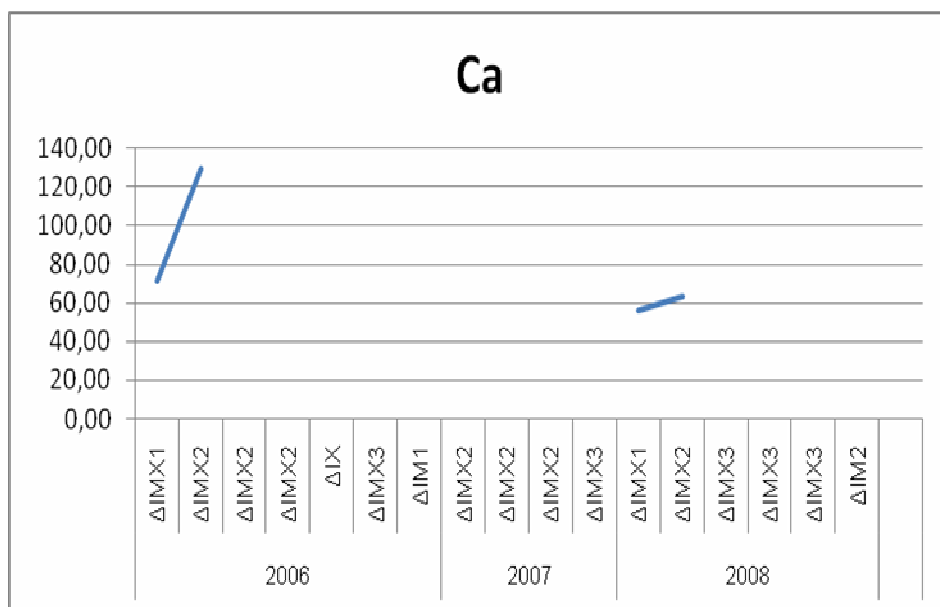
9.1. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΧΩΡΙΟ ΔΟΜΙΡΟΣ

Κατά το διάστημα 2006-2008 πραγματοποιήθηκαν γεωτρήσεις στο χωριό Δόμιρος και στις εξής θέσεις Γεώτρηση Γραμμάδια, Οικία 1, Γεώτρηση, Βρ.Δρόμου 1, Βρ.Δρόμου 2, Οικία 2. Από τις γεωτρήσεις μετρήθηκαν τα στοιχεία τα οποία παραθέτονται παρακάτω με τη μορφή διαγραμμάτων. Ορισμένες απ' τις τοποθεσίες δίνονται στην παρακάτω εικόνα (Εικ. 27):

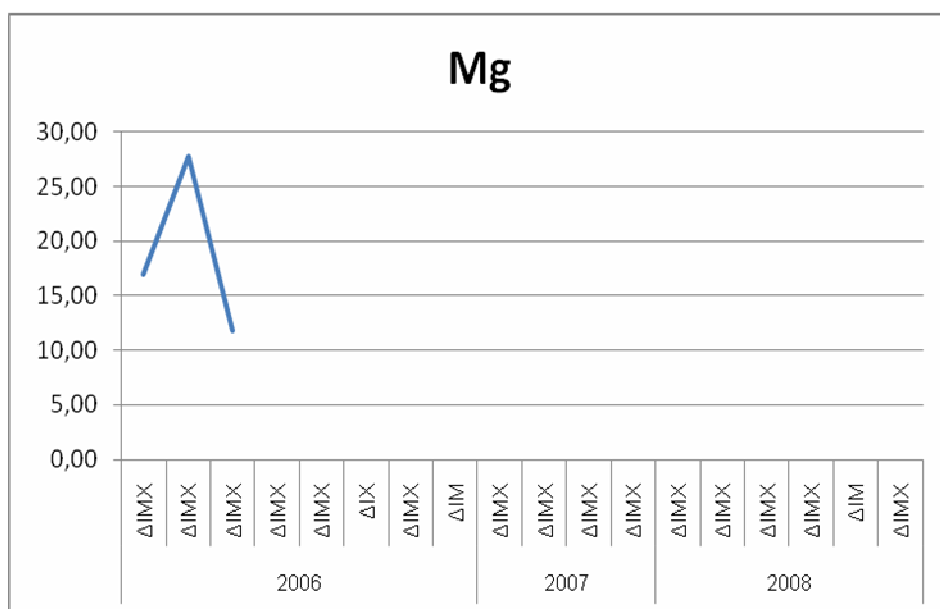


Εικ.27 Θέσεις γεωτρήσεων στο χωριό Δόμιρος

Κατά τις μετρήσεις το διάστημα 2006-2008 το ασβέστιο(Ca) μετρήθηκε και παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 129ppm, μικρότερη 63ppm και μέσο όρο 80ppm (Σχ.1). Το μαγνήσιο(Mg) παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 25,2ppm, μικρότερη 11,8ppm και μέσο όρο 20,45ppm (Σχ.2).

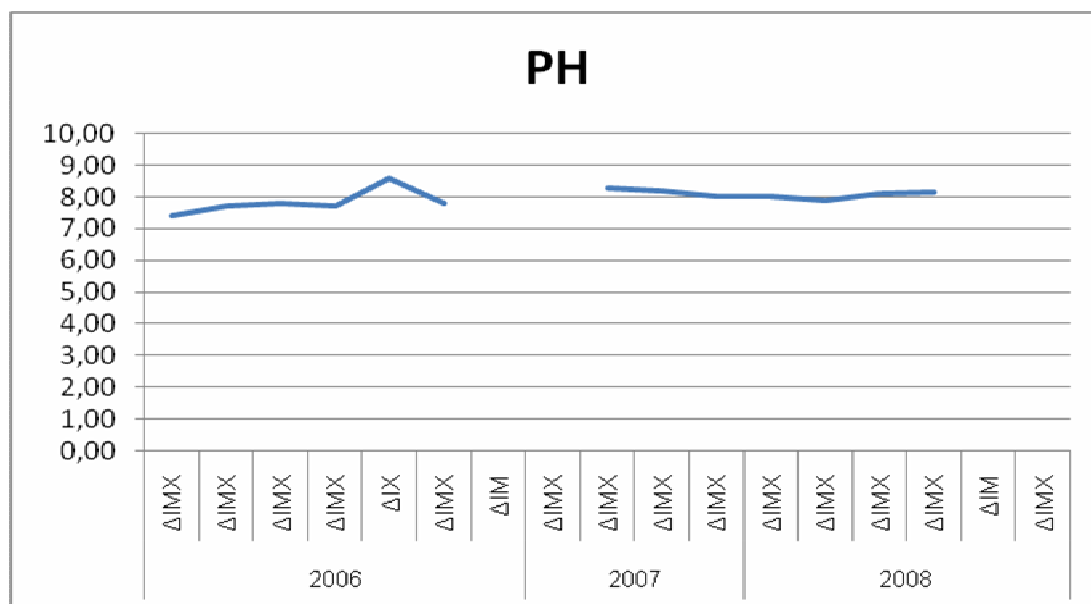


Σχ.1. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του Ca στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

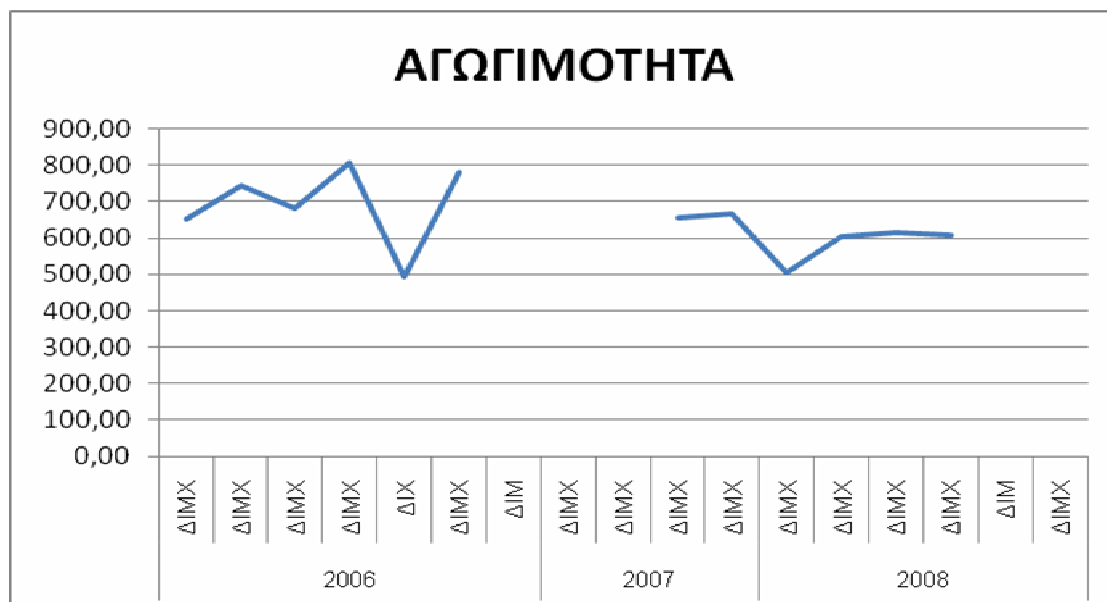


Σχ.2 Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του Mg στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα το διάστημα 2006-2008 μετρήθηκε και παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 808 μ S/sec, μικρότερη 493 μ S/sec και μέσο όρο 651 μ S/sec (Σχ.4). Το pH έχει μεγαλύτερη τιμή 9, μικρότερη 7,40 και μέσο όρο 8,05 (Σχ.3). Ενώ ολική σκληρότητα(GH) έχει μεγαλύτερη τιμή 18,40ppm, μικρότερη 11,10ppm και μέσο όρο 16,96ppm (Σχ.5).



Σχ.3. . Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του Ph στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

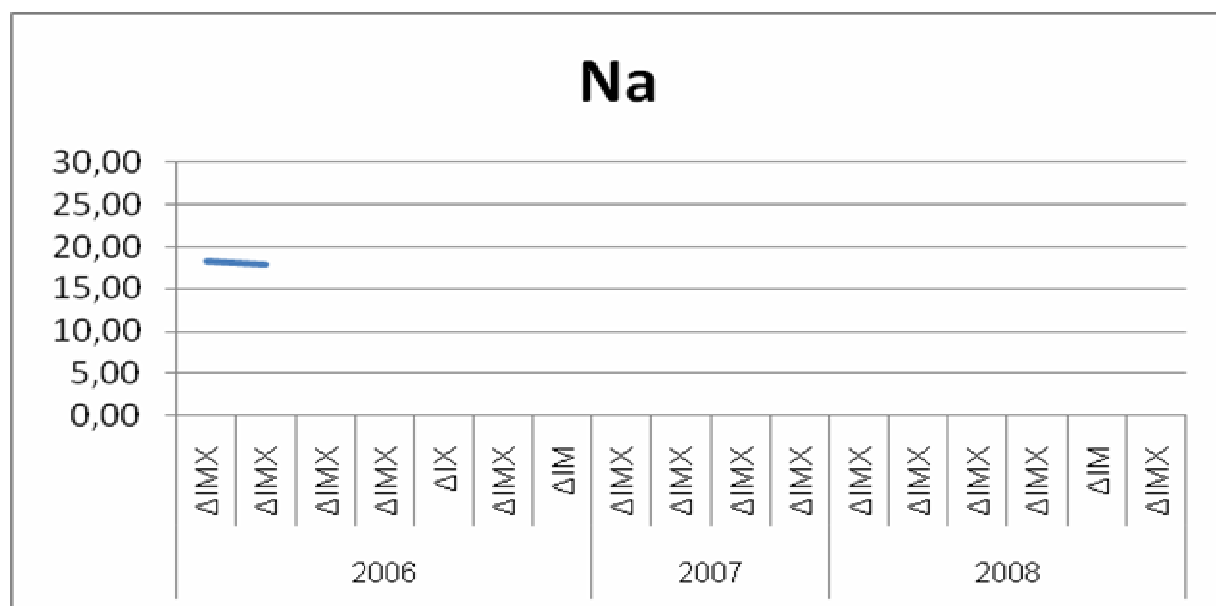


Σχ.4. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων της αγωγιμότητας στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.



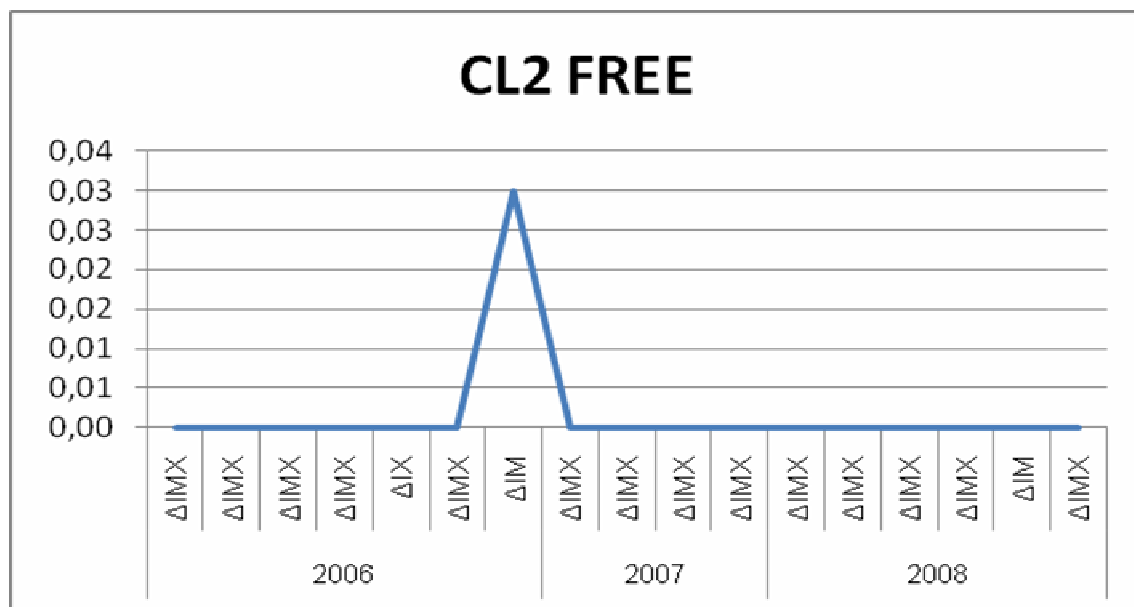
Σχ.5. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων της Ολικής σκληρότητας στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

Το Νάτριο(Na) κατά τις μετρήσεις το διάστημα 2006-2008 μετρήθηκε και παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 25,9ppm, μικρότερη 17,8ppm και μέσο όρο 21.73ppm (Σχ.6).

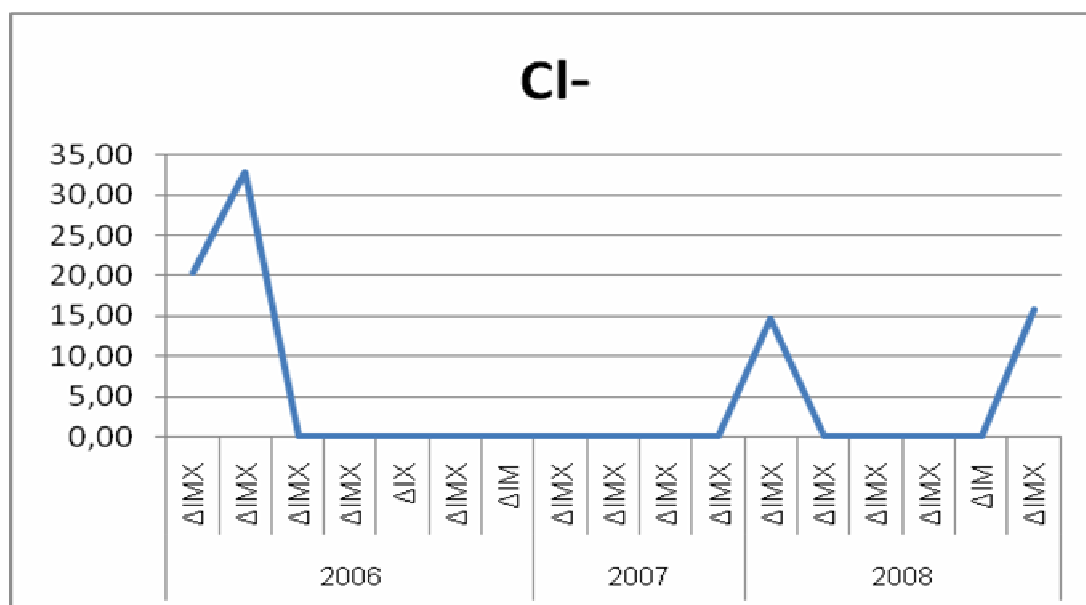


Σχ.6. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του Na στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

Το χλώριο(Cl_2) παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 0,03ppm, μικρότερη 0ppm και μέσο όρο 0ppm (Σχ.7). Τα χλωριούχα(Cl^-) έχουν μέγιστη τιμή 32,8ppm, μικρότερη 14,60ppm και μέσο όρο 0ppm (Σχ.8).



Σχ.7. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του Cl_2 στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.



Σχ.8. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του Cl^- στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

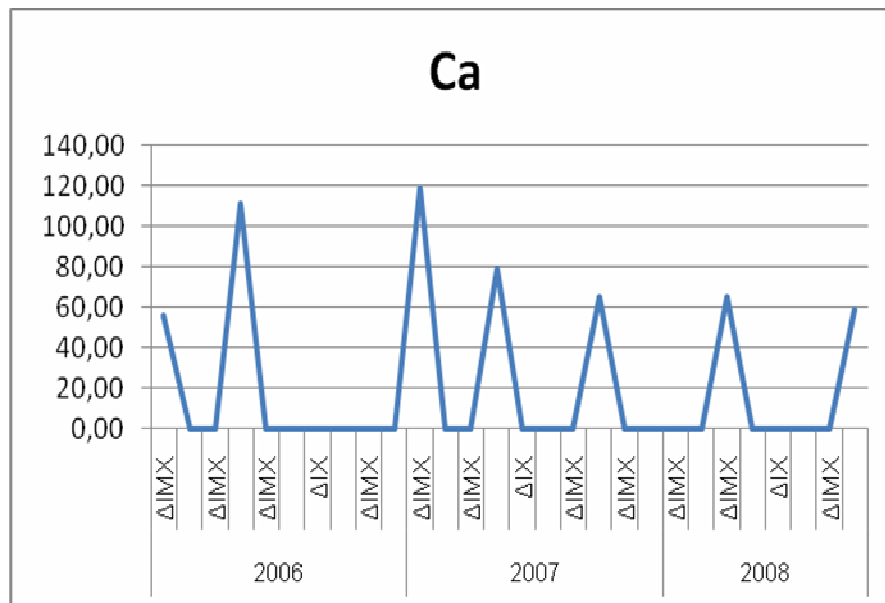
9.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΧΩΡΙΟ ΜΙΚΡΟ ΣΟΥΛΙ

Κατά το διάστημα 2006-2008 πραγματοποιήθηκαν γεωτρήσεις στο χωριό Μικρό Σούλι και στις εξής θέσεις Πηγή Βουνού, Οικία 1, Οικία 2, Βρ.Δρόμου, Καφενείο 1, Καφενείο 2, Γεώτρηση. Από τις γεωτρήσεις μετρήθηκαν τα στοιχεία τα οποία παραθέτονται παρακάτω με τη μορφή διαγραμμάτων. Ορισμένες απ' τις τοποθεσίες δίνονται στην παρακάτω εικόνα(Εικ.28):

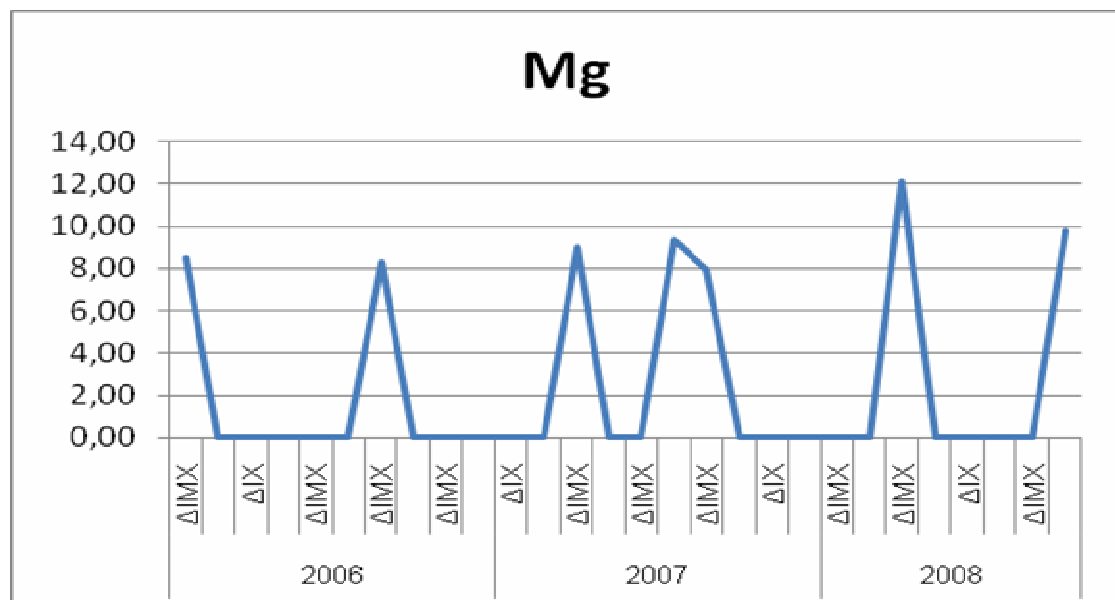


Εικ.28 Θέσεις γεωτρήσεων στο χωριό Μικρό Σούλι

Το ασβέστιο(Ca) κατά τις μετρήσεις το διάστημα 2006-2008 μετρήθηκε και παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 119ppm, μικρότερη τιμή 55,50ppm και μέσο όρο 79,1ppm (Σχ.9). Το μαγνήσιο(Mg) παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 12,10ppm, μικρότερη 7,93ppm και μέσο όρο 9,29ppm (Σχ.10).

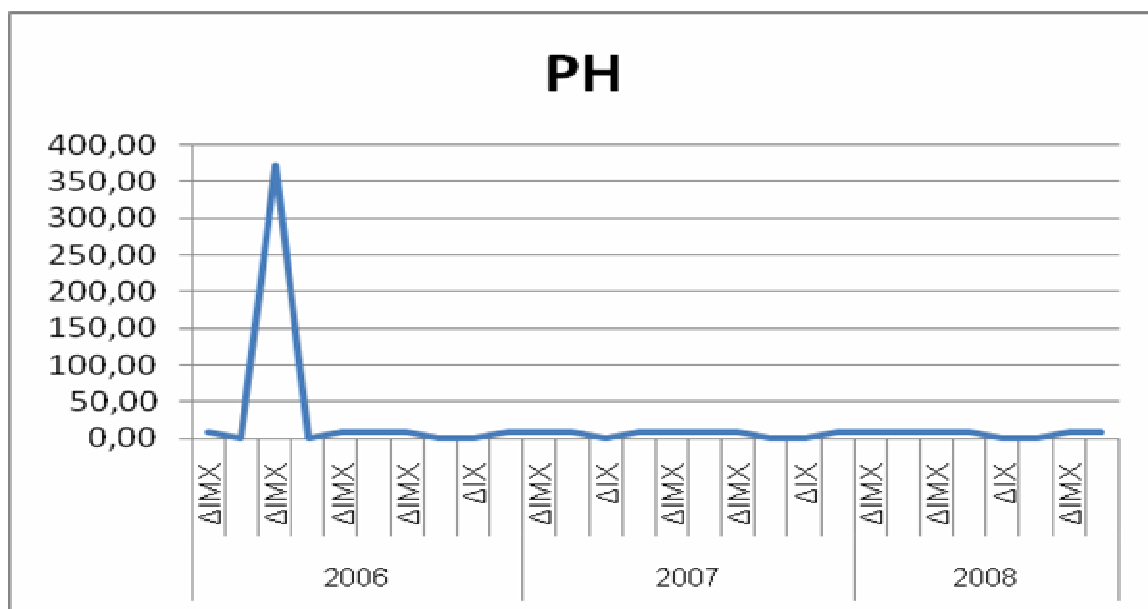


Σχ.9. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του Ca στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

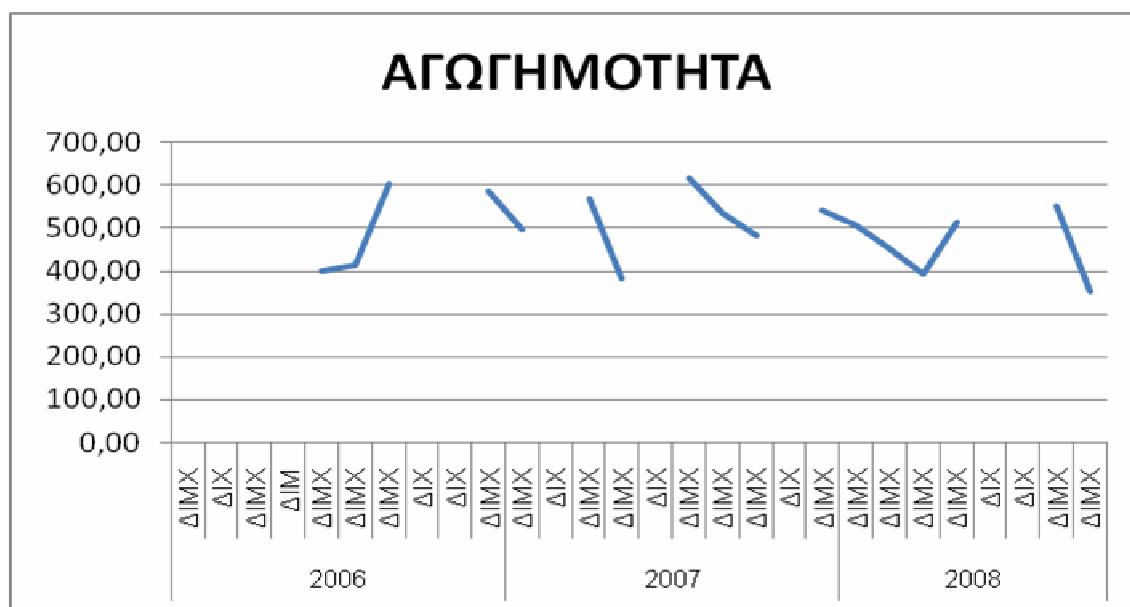


Σχ.10. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του Mg στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

Το pH κατά τις μετρήσεις το διάστημα 2006-2008 μετρήθηκε και παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 372, μικρότερη 7,50 και μέσο όρο 27,9 (Σχ.11). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 615μS/sec, μικρότερη 10,30615μS/sec και μέσο όρο 468,44615μS/sec (Σχ.12). Ενώ η ολική σκληρότητα(GH) παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 18,60rpm, μικρότερη 9,70rpm και μέσο όρο 14.03rpm (Σχ.13).



Σχ.11. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του Ph στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

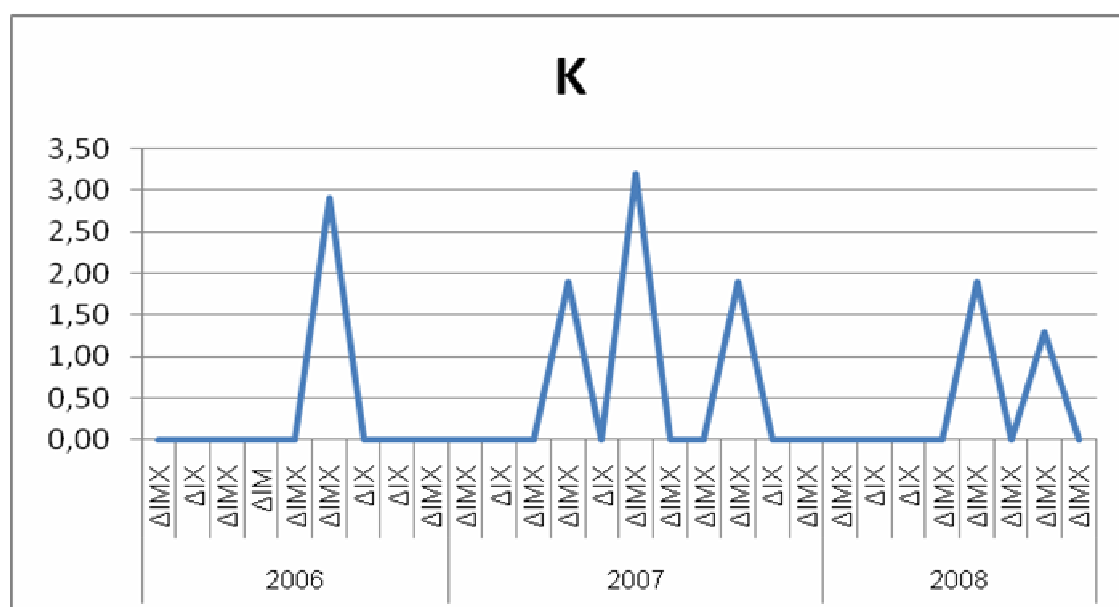


Σχ.12. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων της αγωγιμότητας στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

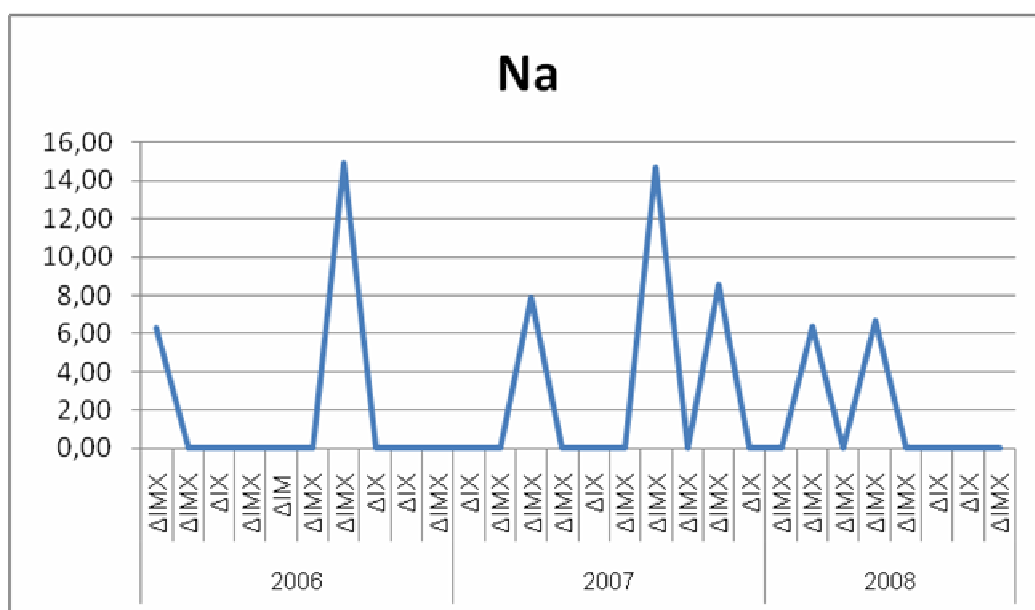


Σχ.13. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων της Ολικής σκληρότητας στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

Το Κάλιο(K) κατά τις μετρήσεις το διάστημα 2006-2008 μετρήθηκε και παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 3,20ppm, μικρότερη 1,30ppm και μέσο όρο 2,18ppm (Σχ.14). Το Νάτριο(Na) παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 14,90ppm, μικρότερη 6,30ppm και μέσο όρο 9,36ppm (Σχ.15)

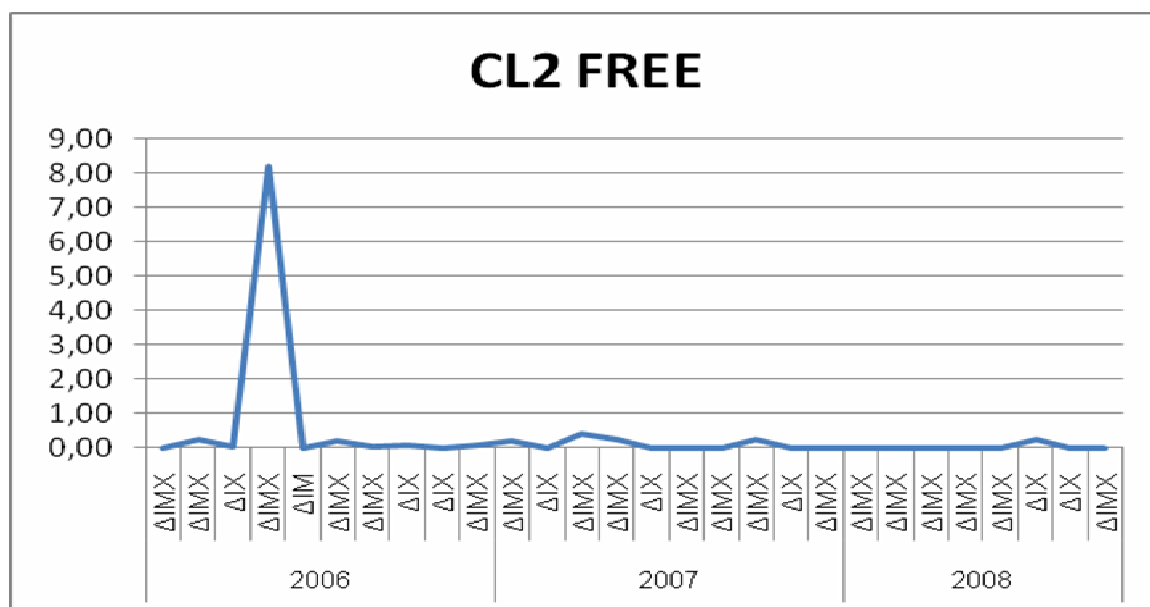


Σχ.14 Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του Κ στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.



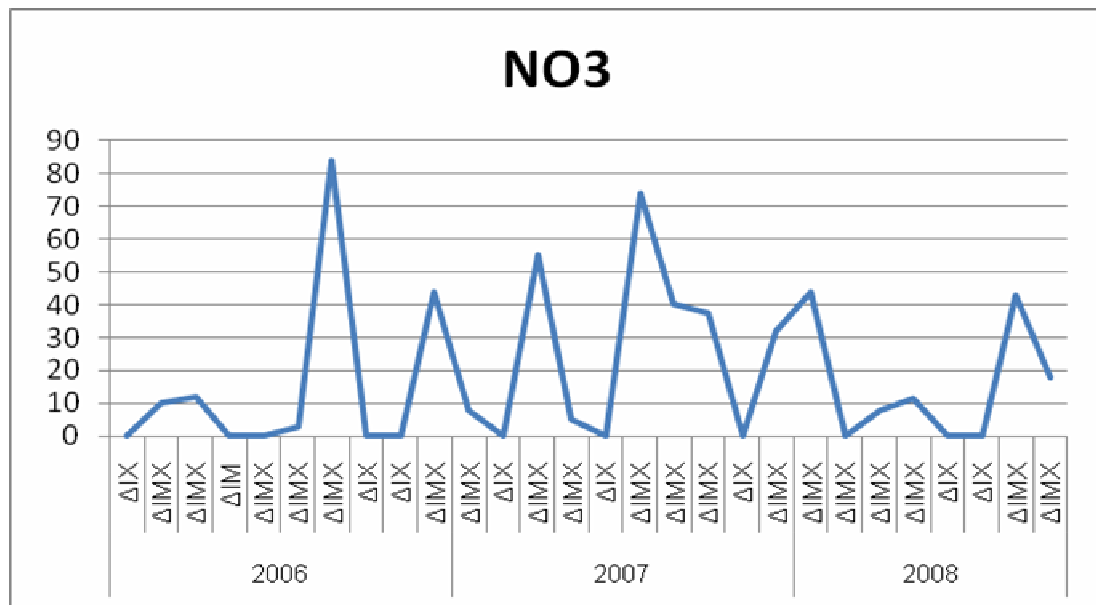
Σχ.15. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του Na στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

Το Χλώριο(Cl_2) κατά τις μετρήσεις το διάστημα 2006-2008 μετρήθηκε και παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 8,20ppm, μικρότερη 0,0ppm και μέσο όρο 0,38ppm (Σχ.16).



Σχ.16. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του Cl_2 στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

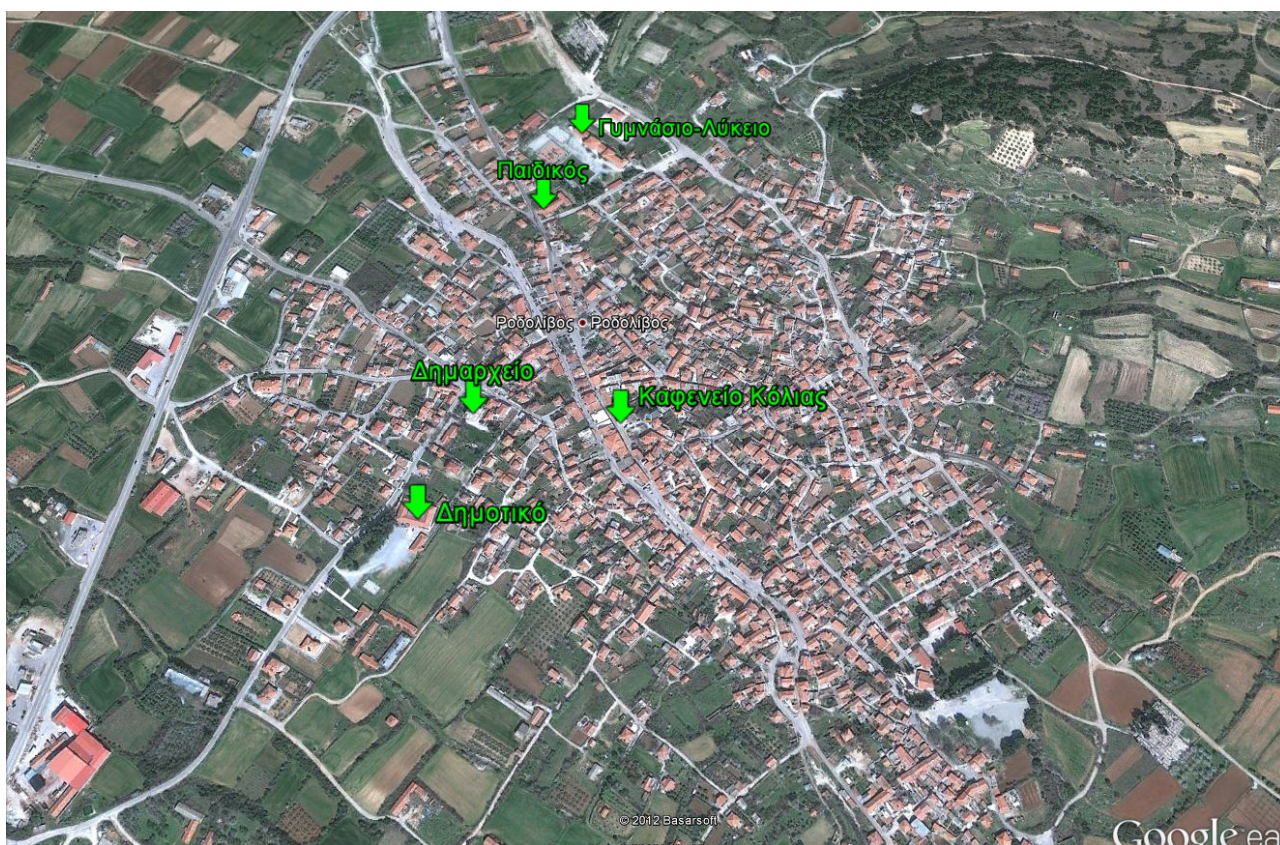
Τα νιτρικά(NO_3) έχουν μεγαλύτερη τιμή 83,7ppm, μικρότερη 3ppm και μέσο όρο 31,12ppm (Σχ.17).



Σχ.17. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του NO_3 στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

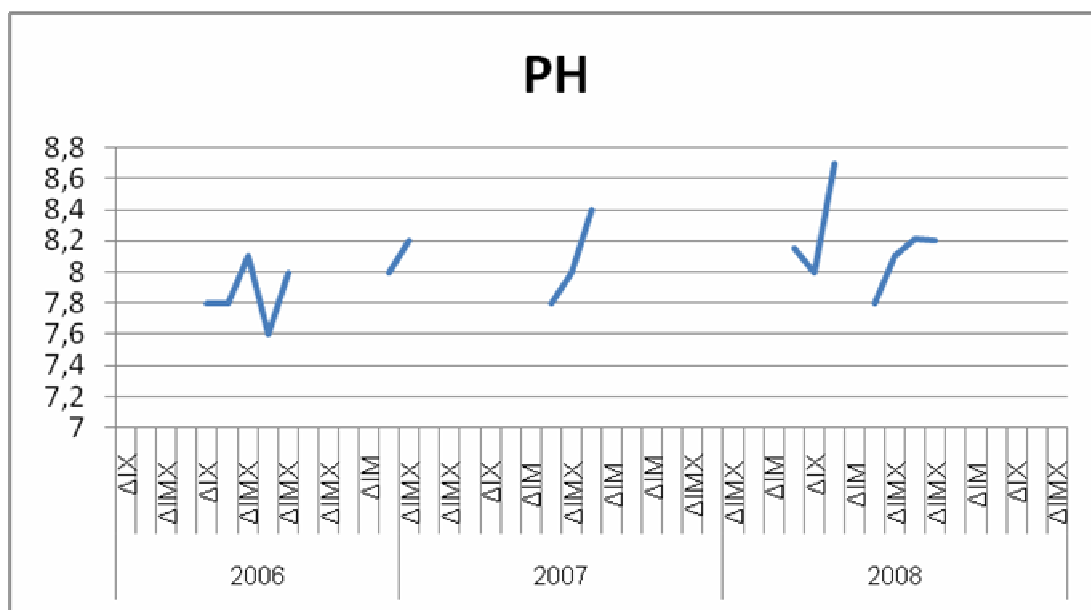
9.3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΧΩΡΙΟ ΡΟΔΟΛΙΒΟΣ

Κατά το διάστημα 2006-2008 πραγματοποιήθηκαν γεωτρήσεις στο χωριό Ροδολίβος και στις εξής θέσεις Στραβόλακας Νέος, Παιδικός, Βουλγάρα 1, Βουλγάρα 2, Γυμνάσιο, Δημοτικό, Οικία 1, Οικία 2, Καφενείο ο Κόλιας, Δημαρχείο, Γεώτρηση Γραμμαδιάς, Στραβόλακας Παλιά, Γεώτρηση Νταούτη. Από τις γεωτρήσεις μετρήθηκαν τα στοιχεία τα οποία παραθέτονται παρακάτω με τη μορφή διαγραμμάτων. Ορισμένες απ' τις τοποθεσίες δίνονται στην παρακάτω εικόνα (Εικ.29):



Εικ.29. Θέσεις γεωτρήσεων στο χωριό Ροδολίβος

Το pH κατά τις μετρήσεις το διάστημα 2006-2008 παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 8,70, μικρότερη τιμή 7,60 και μέσο όρο 8,12 (Σχ.18). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 905615μS/sec, μικρότερη 464615μS/sec και μέσο όρο 554,55615μS/sec (Σχ.19). Η ολική σκληρότητα(GH) παρατηρήθηκε με μεγαλύτερη τιμή 25ppm, μικρότερη 12,10ppm και μέσο όρο 14,93ppm (Σχ.20).



Σχ.18. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του Ph στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

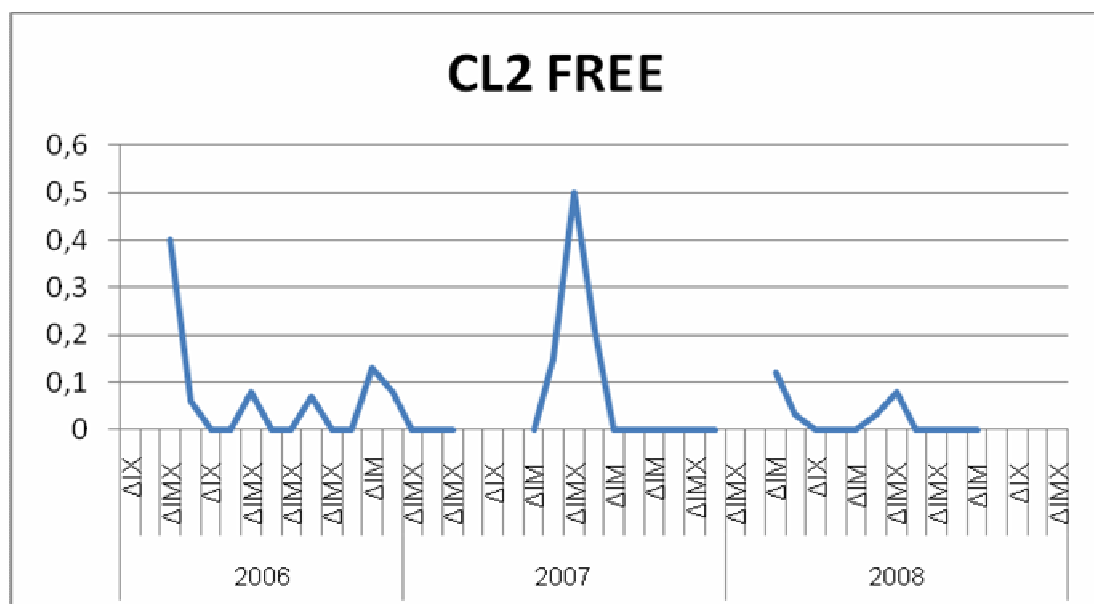


Σχ.19. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων της Αγωγιμότητας στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.



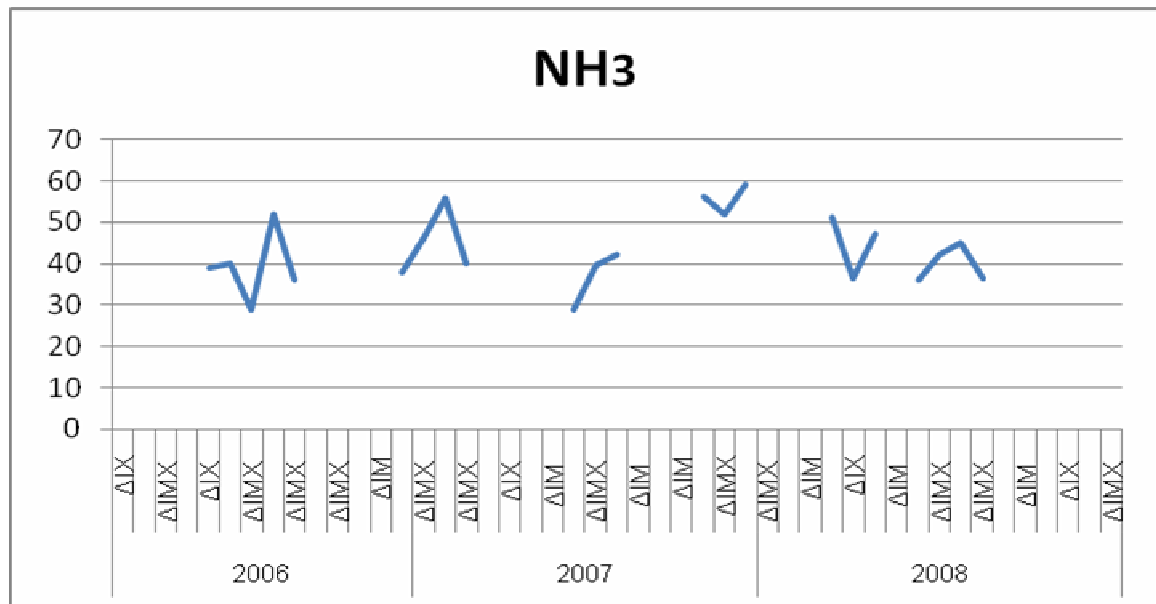
Σχ.20. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων της Ολικής σκληρότητας στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

Το Χλώριο(Cl_2) κατά τις μετρήσεις το διάστημα 2006-2008 έχει μεγαλύτερη τιμή 0,50ppm, μικρότερη τιμή 0,0ppm και μέσο όρο 0,06ppm (Σχ.21).



Σχ.21 Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του Cl_2 στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

Τα νιτρικά(NH_3) έχουν μετρηθεί και έδωσαν μεγαλύτερη τιμή 60ppm, μικρότερη 14,10ppm και μέσο όρο 42,68ppm (Σχ.22).



Σχ.22. Διάγραμμα των συγκεντρώσεων του NO_3 στις διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέσα από τη διαδικασία της έρευνας και ανάπτυξης της παρουσάς εργασίας πολλά συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν για τα qanat της περιοχής και για την ποιότητα του νερού αυτής.

Το βασικό που θα μπορούσαμε να παρατηρήσουμε είναι ότι η περιοχή είναι ημιορεινή συνεπώς κατάλληλη για την ύπαρξη qanat. Η γεωγραφική της θέση και η γεωλογία της οδηγεί με μεγαλύτερη ευκολία στο συμπέρασμα αυτό.

Άρα τα qanat που ήδη υπάρχουν θα μπορούσαν να επαναλειτουργήσουν σήμερα, γεγονός που θα οδηγούσε στην μεγαλύτερη ευκολία και βοήθεια των κατοίκων για την ύδρευση και άρδευση της περιοχής.

Ακόμη σύμφωνα με τις χημικές αναλύσεις που παρατίθενται παραπάνω στο νερό της ερευνούμενης περιοχής δεν εντοπίστηκαν βαρέα μέταλλα ούτε ιχνοστοιχεία που να οδηγούν στην ακαταλληλότητά του. Έτσι το νερό είναι πόσιμο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς προβλήματα και χωρίς τον κίνδυνο μόλυνσης της περιοχής και των κατοίκων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΔΟΜΙΡΟΣ

ΣΗΜΕΙΟ ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΡΙΟΜΗΝΙΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΔΙΜΧ										ΟΙΚΙΑ 1 ΔΙΜΧ	
	10/7/2006	3/6/2008	22/8/2006	18/7/2006	26/9/2006	21/8/2007	10/7/2007	5/9/2007	5/5/2008			
CL2 FREE PH	0,00 7,40	0,00 9,00	0,00 7,70	0,00 7,80	0,00 7,70	0,00 7,70	0,00 8,30	0,00 8,20	0,00 8,00			
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	653,00	539,00	745,00	680,00	808,00	808,00	656,00	665,00	503,00			
GH	13,80	14,20	20,60	20,60	20,20	20,20	17,40	17,00	14,50			
Ca	71,50	56,50	129,00	11,80					63,00			
Mg	17,00	27,80	11,80						25,20			
K	N.D.	1,30	N.D.						1,20			
Na	18,20	25,00	17,80						25,90			
Cu	N.D.	N.D.	N.D.									
Fe	N.D.	N.D.		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	N.D.			
Zn	N.D.	N.D.	N.D.									
Mn	N.D.	N.D.										
Cl ⁻	20,40	15,80	32,80									
SO ₄	N.D.	50,40	50,40									
NH ₄	49,70	21,70	151,00	47,00	60,00	60,00	46,00	48,00	32,80			
NH ₄ OH	N.D.	N.D.	N.D.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	N.D.			
NH ₃	N.D.	N.D.	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	N.D.			
P	N.D.	N.D.	N.D.									
B	0,11	N.D.	N.D.									
CaCO ₃	0,00	23,00	23,00									
ΟΞΙΝΑ ΑΝΘ.	287,00	269,00	269,00									
CH	13,70	14,20	14,20									
ΜΗ ΑΝΘΡ. ΣΚΛ.	0,20	0,20	0,20									
ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ	0,00	37,00	37,00									
ΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛ.	235,00	258,00	258,00									
ΟΛΙΚΗ ΔΙΑΛ. ΣΤΕ.	418,00	345,00	345,00									
As			N.D.						0,018			
Cd			N.D.						N.D.			
Pb			N.D.						N.D.			
Hg			N.D.						N.D.			

ΣΗΜΕΙΟ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΡ.ΔΡΟΜΟΥ 1				ΒΡ.ΔΡΟΜΟΥ		ΟΙΚΙΑ 2
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΔΙΧ	ΔΙΜΧ				ΔΙΜ	ΔΙΜ	ΔΙΜ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	16/3/2006	10/4/2006	19/4/2007	1/4/2008	2/7/2008	1/9/2008	9/10/2006	5/8/2008
CL2 FREE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
PH	8,60	7,80	8,00	7,90	8,10	8,15		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	493,00	780,00	766,00	604,00	615,00	607,00		
GH	11,10	21,20	18,40	17,30	17,50	17,60		
Ca								
Mg								
K								
Na								
Cu								
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Zn								
Mn								
Cl ⁻								
SO4								
NH4	1,00	25,00	40,00	15,00	20,00	34,00		
NH4OH	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,02		
NH3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
P								
B								
CaCO3								
ΟΞΙΝΑ ΑΝΘ.								
CH								
ΜΗ ΑΝΘΡ. ΣΚΛ.								
ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ								
ΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛ.								
ΟΛΙΚΗ ΔΙΑΛ.								
As								
Cd								
Pb								
Hg								

15/2/2016Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

15/2/2016

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

ΣΗΜΕΙΟ ΚΩΔΙΚΟΣ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΟΙΚΙΑ 1										ΟΙΚΙΑ 2			
	4/02/08	2/07/08	5/08/08	4/11/08	20/3/06	9/10/06	23/10/06	13/03/07	8/10/07	3/03/08	5/05/08	ΔΙΧ		
15/2008 FREE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,08	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00			
PH	8,20	7,80	8,50	8,15										
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	506,00	450,00	393,00	514,00										
GH		15,70	11,90	15,70										
Ca			65,40											
Mg			12,10											
K			1,30											
Na			6,70											
Cu														
Fe	0,00	0,00	N.D.	0,00										
Zn														
Mn			N.D.											
Cl ⁻			N.D.											
SO4			N.D.											
NO3	44,00	8,00	11,70	18,00										
NO2	0,00	0,00	N.D.	0,00										
SO4	0,00	0,00	N.D.	0,00										
P														
B														
CaCO3														
CEINA ANΘ.														
CH														
ΜΗ ΑΝΘΡ. ΣΚΛ.														
ΑΑΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ														
ΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛ.														
ΟΛΙΚΗ ΔΙΑΛ.														
As														
Cd														
Pb														

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΜΙΚΡΟ ΣΟΥΛΙ

ΣΗΜΕΙΟ ΚΩΔΙΚΟΣ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΒΡ.ΔΡΟΜΟΥ			ΚΑΦΕΝΕΙΟ 1		ΚΑΦΕΝΕΙΟ 2		ΓΕΩΤΡΗΣΗ
	10/4/06	19/4/07	1/4/08	ΔΙΜ	ΔΙΜΧ	22/5/07	26/11/07	ΔΙΧ 22/5/07
15/2/2016	8,20	0,40	0,00	0,00		0,25	0,00	0,00
CL2 FREE	372,00	7,90	7,50			7,90	8,20	
PH	10,30	567,00	550,00			382,00	542,00	
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ		15,70				10,90	14,70	
GH						64,90		
Ca						7,93		
Mg						1,90		
K						7,90		
Na								
Cu								
Fe	0,00	0,00	0,00				0,00	
Zn								
Mn								
Cl ⁻						13,10		
SO4						25,90		
NO3	12,00	55,00	43,00			5,30	32,00	
NO2	0,00	0,00	0,00			N.D.	0,00	
SO4	0,00	0,00	0,00			N.D.	0,00	
P								
B								
CaCO3								
ΟΞΙΝΑ ΑΝΘ.								
CH								
ΜΗ ΑΝΘΡ. ΣΚΛ.								
ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ								
ΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛ.								
ΟΛΙΚΗ ΔΙΑΛ. ΣΤΕ.								
As								
Cd								

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

ΣΗΜΕΙΟ ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΗΓΗ ΒΟΥΝΟΥ										ΟΙΚΙΑ 1	
	10/07/06	19/06/07	3/06/08	15/02/06	18/07/06	22/08/06	27/11/06	14/02/07	10/07/07	21/08/07	ΔΙΜΧ	
ΠΕΡΕΡΟΜΗΝΙΑ												
CL2 FREE	0,00	0,00	0,00	0,26	0,19	0,05	0,10	0,19	0,00	0,23		
PH	7,80	8,20	8,70	8,30	7,90	7,90	7,80	7,70	8,10	8,00		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	401,00	615,00	352,00	503,00	413,00	604,00	585,00	496,00	535,00	482,00		
GH	9,70	18,60	10,40	14,20	10,30	17,30	16,30	15,20	14,80	13,10		
Ca	55,50	119,00	58,70			111,00				78,60		
Mg	8,50	9,00	9,80			8,30				9,40		
PK	N.D.	3,20	1,90			2,90				1,90		
Na	6,30	14,70	6,40			14,90				8,60		
Cu	N.D.	N.D.	N.D.									
Fe	N.D.	N.D.	N.D.	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00			
Zn	N.D.	N.D.	N.D.									
Mn	N.D.	N.D.	N.D.									
Cl	10,80	21,70	N.D.			19,70				14,60		
SO4	N.D.	N.D.	N.D.			22,80				24,30		
NO3	N.D.	73,80	N.D.	10,00	3,00	83,70	44,00	8,00	40,00	37,60		
NO2	N.D.	N.D.	N.D.	0,00	0,00	N.D.	0,00	0,00	0,00	N.D.		
SO4	N.D.	N.D.	N.D.	0,00	0,00	N.D.	0,00	0,00	0,00	N.D.		
P	N.D.	N.D.	N.D.									
B	0,09	N.D.	N.D.									
CaCO3	0,00	0,00	10,00									
ΟΞΙΝΑ ΑΝΘ.	217,00	238,00	197,00									
CH	9,70	11,30	10,30									
ΜΗ ΑΝΘΡ. ΣΚΛ.	0,20	7,20	0,10									
ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ	0,00	0,00	17,00									
ΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛ.	178,00	195,00	178,00									
ΟΛΙΚΗ ΔΙΑΛ. ΣΤΕ.	257,00	394,00	225,00									
As												
Cd												

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

ΡΟΔΟΛΙΒΟΣ

ΣΗΜΕΙΟ ΚΩΔΙΚΟΣ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΡΑΒΟΛΑΚΑΣ ΝΕΟΣ										ΠΑΙΔΙΚΟΣ		
	10/6/2006	19/6/2007	22/5/2007	2008	15/2/2006	9/10/2006	26/11/2007	ΔΙΜΧ	4/2/2008	1/10/2008			
CL2 FREE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00			
PH	7,60	8,20			8,50			8,30	8,15				
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	547,00	518,00			527,00			515,00	580,00				
GH	14,40	14,60			14,10			16,00	12,70				
Ca	82,00	66,30											
Mg	13,00	23,30											
K	N.D.	1,10											
Na	10,60	16,10											
Cu	N.D.	N.D.											
Fe	N.D.	N.D.			0,00			0,00	0,00				
Zn	N.D.	N.D.											
Mn	N.D.	N.D.											
Cl ⁻	17,20	16,50											
SO4	N.D.	N.D.											
NH4	51,90	46,60	56,00		14,10			40,00	51,00				
NH4OH	N.D.	N.D.			0,00			0,00	0,00				
NH3	N.D.	N.D.			0,00			0,00	0,00				
P	N.D.	N.D.											
B	0,14	N.D.											
CaCO3	0,00	0,00											
ΟΞΙΝΑ ΑΝΘ.	275,00	232,00											
CH	13,10	11,10											
ΜΗ ΑΝΘΡ. ΣΚΛ.	1,30	3,50											
ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ	0,00	0,00											
ΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛ.	226,00	191,00											
ΟΛΙΚΗ ΔΙΑΛ. ΣΤΕ.	350,00	332,00											
As													
Cd													
Pb													

15/2/2016

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

ΣΗΜΕΙΟ ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΟΥΛΓΑΡΑ 1				ΒΟΥΛΓΑΡΑ 2				ΓΥΜΝΑΣΙΟ	
	16/3/2006	2007	2008	ΔΙΧ	16/3/2006	2007	2008	ΔΙΧ	8/10/2007	1/10/2008
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ										
CL2 FREE	0,00				0,00				0,00	0,00
PH	7,80				7,80					
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	852,00				905,00					
GH	20,40				21,60					
Ca										
Mg										
K										
Na										
Cu										
Fe	0,00				0,00					
Zn										
Mg										
Cl ⁻										
SO4										
NH4	39,00				40,00					
NH4OH	0,10				0,12					
NH3	0,20				0,25					
P										
B										
CaCO3										
OΞΙΝΑ ΑΝΘ.										
CH										
ΜΗ ΑΝΘΡ. ΣΚΛ.										
ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ										
ΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛ.										
ΟΛΙΚΗ ΔΙΑΛ. ΣΤΕ.										
As										
Cd										
Pb										

ΣΗΜΕΙΟ ΚΩΔΙΚΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΜΧ					ΟΙΚΙΑ 2 ΔΙΜ			
		27/11/2006	14/2/2007	22/5/2007	5/5/2008	1/10/2008	22/8/2006	21/8/2007	5/8/2008	
CL2 FREE	9/5/2006	0,08	0,15	0,50	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
PH		8,10	7,80	8,00	8,20	8,20				
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ		464,00	481,00	470,00	458,00	458,00				
GH		12,10	12,90	14,10	14,60	14,60				
Ca		63,00		75,40	76,30	76,30				
Mg		14,50		15,90	17,30	17,30				
K		N.D.		0,95	1,10	1,10				
Na		10,30		13,50	12,30	12,30				
Cu										
Fe		N.D.	0,00		N.D.	N.D.				
Zn										
Mn		N.D.								
Cl ⁻		16,30		17,80	11,50	11,50				
SO4		N.D.		N.D.	N.D.	N.D.				
NO4		28,80		39,50	36,30	36,30				
NO4OH		N.D.	29,00	N.D.	N.D.	N.D.				
NO3		N.D.	0,00	N.D.	N.D.	N.D.				
P			0,00							
B										
CaCO3										
ΟΞΙΝΑ ΑΝΘ.										
CH										
ΜΗ ΑΝΘΡ. ΣΚΛ.										
ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ										
ΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛ.										
ΟΛΙΚΗ ΔΙΑΛ. ΣΤΕ.										
As										
Cd										
Pb										

ΣΗΜΕΙΟ ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΙΚΙΑ 1					ΚΑΦΕΝΕΙΟ Ο ΚΟΛΙΑΣ				
	18/7/2006	10/7/2007	2/7/2008	ΔΙΜΧ	1/9/2008	4/11/2008	26/9/2006	5/9/2007	ΔΙΜΧ	2008
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ										
CL2 FREE	0,00	0,21	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PH	8,00	8,40	7,80	8,10	8,21	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	533,00	494,00	550,00	562,00	570,00	570,00	507,00	500,00	500,00	500,00
GH	12,50	15,10	12,80	12,60	12,60	12,60	12,40	15,50	15,50	15,50
Ca										
Mg										
K										
Na										
Cu										
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn										
Mn										
Cl ⁻										
SO4										
NH4	36,00	42,00	36,00	42,00	45,00	45,00	60,00	45,00	45,00	45,00
NH4OH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NH3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P										
B										
CaCO3										
ΟΞΙΝΑ ΑΝΘ.										
CH										
ΜΗ ΑΝΘΡ. ΣΚΛ.										
ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ										
ΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛ.										
ΟΛΙΚΗ ΔΙΑΛ. ΣΤΕ.										
As										
Cd										
Pb										

ΣΗΜΕΙΟ	ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΓΡΑΜΜΑΔΙΑ
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΔΙΜ	ΔΙΜΧ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	13/3/2007	22/5/2007
CL2 FREE	23/10/2006 0,13	0,00
PH		0,00
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ		8,50
GH		535,00
Ca		14,80
Mg		77,50
K		17,60
Na		1,00
Cu		17,20
Fe		N.D.
Zn		N.D.
Mn		N.D.
Cl ⁻		N.D.
SO ₄		19,50
NH ₄		N.D.
NH ₄ OH		56,30
NH ₃		N.D.
P		N.D.
B		N.D.
CaCO ₃		N.D.
ΟΞΙΝΑ ΑΝΘ.		9,00
CH		239,00
ΜΗ ΑΝΘΡ. ΣΚΛ.		12,20
ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ		2,60
ΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛ.		15,00
ΟΛΙΚΗ ΔΙΑΛ. ΣΤ		211,00
As		342,00
Cd		
Pb		
		3/6/2008
		0,00
		8,70
		563,00
		15,00
		74,10
		20,60
		1,20
		19,80
		N.D.
		N.D.
		N.D.
		N.D.
		18,30
		N.D.
	52,00	47,20
		N.D.
		N.D.
		N.D.
		N.D.
		13,00
		255,00
		13,30
		1,70
		21,00
		230,00
		360,00

ΣΗΜΕΙΟ ΚΩΔΙΚΟΣ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΡΑΒΟΛΑΚΑΣ ΠΑΛΙΑ				ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΝΤΑΟΥΤΗ	
	2006	ΔΙΧ 22/5/2007	2008	2006	ΔΙΧ 207	20/2/2008
15/2/2016		0,00				
CL2 FREE						0,00
PH						8,00
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ						578,00
GH						25,00
Ca						158,00
Mg						13,20
K						1,20
Na						19,50
Cu						
Fe						N.D.
Zn						
Mn						N.D.
Cl ⁻						11,50
SO4						N.D.
NH4		59,00				36,30
NH4OH						N.D.
NH3						N.D.
P						
B						
CaCO3						
ΟΞΙΝΑ ΑΝΘ.						
CH						
ΜΗ ΑΝΘΡ. ΣΚΛ.						
ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ						
ΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛ.						
ΟΛΙΚΗ ΔΙΑΛ. ΣΤΕ.						
As						
Cd						
Pb						

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βαβελίδης Μ. (2000): «Το χρυσοφόρο Παγγαίο». Επτά ημέρες, Εφημερίδα Καθημερινή, σελ 13.

Βαβελίδης Μιχ. (2009): Η μεταλλευτική και μεταλλουργική δραστηριότητα στη Μακεδονία και Θράκη, με αναφορά στη λατομική δραστηριότητα, από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα. Μεταλλεία – Τόποι- Πόλεμοι: αναγνώσεις χαρτών από το αρχείο της Επιθεώρησης Μεταλλείων Βορείου Ελλάδος του Υπουργείου Ανάπτυξης, 280 σελ.

Βαβλιάκης, Ε. (1989): *Τα Συστήματα Qanat (Κανάτ) στην Ελλάδα: Μελέτη των Συστημάτων Qanat στην Επαρχία Φυλλίδας Σερρών από Μορφολογική, Υδρογραφική και Κοινωνικο-οικονομική Άποψη*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Δεσπίνη, (1996): Αρχαία χρυσά κοσμήματα. Σειρά: Ελληνική τέχνη. Εκδοτική Αθηνών. σελ. 294.

Δομή Εγκυκλοπαίδεια (1996): Τόμος 26, Εκδ: Τεγόπουλος-Μανιατάς, Σύνταξη : Ελένη Κλογκα, Σταύρος Τσέλας κ.α

Κουκουλή-Χρυσανθάκη, Χ. (2000): Το χρυσοφόρο Παγγαίο-Αρχαία ιστορία και αρχαιότητες. Επτά Ημέρες, Εφημερίδα Καθημερινή, σελ. 5

Κυριακόπουλος, Κ. (1987): Γεωχρονολογική – Γεωχημική – Ορυκτολογική μελέτη τριτογενών πλουτωνίων πετρωμάτων της μάζας της Ροδόπης και ισοτοπικοί χαρακτήρες αυτών. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 343σελ.

Μουντράκης, Δ. (1985): Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 207 σελ.

Ξυδάς, Σ. (1978): Γεωλογικός χάρτης Ελλάδας, Φύλλο Ροδολίβος, Κλίμακα 1:50000, ΙΓΜΕ, Αθήνα.

Παπαδοπούλος, Π. (1980): Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, Φύλλο Φέρρες , Κλίμακα 1:50000, ΙΓΜΕ, Αθήνα.

Σιδηρόπουλος, Ν. (1991): Λιθολογία, γεωχημεία, τεκτονική και μεταμόρφωση του βορειοδυτικού τμήματος της ομάδας Βερτίσκου. Η περιοχή του όρους Δύσωρο (Κρούσια), βόρεια από το Κιλκίς. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., 586 σελ.

- Τσίλιος, Σ. (2008): Οι τραβερτινικές εμφανίσεις στην κοιλάδα του Αχλαδίτη ποταμού και οι συνθήκες απόθεσής τους (η περίπτωση της τραβερτινικής γέφυρας των «ζεστών νερών» Σιδηροκάστρου). Διατριβή ειδίκευσης, Τμ. Γεωλογίας, Σ.Θ.Ε., Α.Π.Θ., 221 σελ.
- Χατζηπαναγής, Ι. (1991): Η γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής του όρου Φαλακρού. Διδ. Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 170 σελ.
- Ψιλοβίκος, Α. και Βαβλιάκης, Ε. (1983): Το πρόβλημα των επιφανειών επιπέδωσης στο χώρο της Σερβομακεδονικής μάζας και της μάζας της Ρίλα-Ροδόπης». Δελτίο Ε.Γ.Ε., XVI, σελ. 3-16.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arvanitides, N. D. (1993): Regional ore geological studies: Setting, Controls and Distribution of Metallic Deposit Types in the Serbomacedonian and Western Rhodope Zones: EEC Project MA2M-CT90-0015, Final Internal Report, IGME, Athens, 99pp.
- Blumenstein, O., Weingartner, H and Vavelidis M. (2010): Qanats between Menikion and Pangeon Mountains. A forgotten and endangered resource for local water supply. Proceed. of the 19th Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association, Thessaloniki, Greece. 100, 23-29.
- Brun J.P. and Sokoutis D. (2007): Kinematics of the Southern Rhodope Core Complex (North Greece). International Journal of Earth Sciences, 96, 1079-1099.
- Chatzipanagis, J., Companoni, R., and Sadrone, R. (1983): Studio geologicopetrographico del Bos-Dag settentrionale nella zona dei Rodopi (Macedonia Greca): Soc. Ital. Min. Petr. Special Issue, 15p.
- Chatzipanagis, J., Evangelou, E., and Eliopoulos, D.G. (1992): Geology, Lithostratigraphy, Metamorphism, Tectonics, and Mineralizations of the Pangeon and Symvolon mountains: EEC Project MA2M-CT90-0015, Internal Report, IGME, Athens, 18pp.
- Eliopoulos, D. (2000): Geochemistry and origin of the Asimotrypes carbonate hosted mesothermal gold deposit, Pangeon Mountain, North Greece. Ph.D. Thesis, University of Southampton, p. 244.
- Folk, R.L., Andrews, P.B., Lewis, D.W. (1970): Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in N. Zealand. N.Z.J. Geol. Geophys., 13, pp. 937-968.

- Kokkinakis, A. (1980): Altersbeziehungen zwischen Metamorphosen, Mechanismen, Deformationen und Intrusionen am Südrand des Rhodope-Massives (Macedonien, Griechenland): Geol. Rundschau, v.69:3, p.726-744.
- Kronberg, P. (1969): Gliederung, Petrographie und Tectonese des Rhodopen-Krystallins im Tsal-Dag, Symvolon und Ost- Pangeon (Griechisch-Makedonien): Geotekt. Forsch., v.31, p.1-49.
- Kronberg, P. (1969): Gliederung, Petrographie und Tectonese des Rhodopen-Krystallins im Tsal-Dag, Symvolon und Ost- Pangeon (Griechisch-Makedonien): Geotekt. Forsch., v.31, p.1-49.
- Meyer, W. (1968): Zur Altersstellung des Plutonismus im Südteil der Rila-Rhodope Masse (Nord Griechenland). Geol. Paleontologica, 173-192.
- Peicheva, J.M., Bibikova, E.V., and Makarov, V. (1992): U-Pb isotope dating of zircons from two types of gneisses in southeastern Rhodope mountains (Bulgaria): Comptes rendus de l'Académie Bulgare des Sciences, T.45, N8, p.71-74 (In Russian).
- Troll, C. (1963): Qanat-Bewässerung in der Alten und Neuen Welt. In *Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft* 105: 313-330.
- Vavelidis, M., A., Glouri, K., Voudouris & M. Vaxevanopoulos (2012): Regional Geology and its Impact on Water Supply in the Pangeon and Menikion Mountains (Northern Greece). Landscape and sustainable development: Water-contributions to sustainable supply and use, 4, pp. 15-29.
- Vavelidis, M., Christofides, G., Melfos, V. (1996a) 'The Au-Ag-bearing mineralization and placer gold of Palea Kavala (Macedonia, N. Greece)' In: Knežević-Dorđević, V., Krstić, B. (Eds.), Terranes of Serbia: The Formation of the Geologic Framework of Serbia and the Adjacent Regions. University of Belgrade, Belgrade, pp. 311–316.
- Vavelidis, M., Gialoglou, G., Melfos, V., Wagner, G.A. (1996b) 'Goldgrube in Palaea Kavala- Griechenland: Entdeckung von Skaptehyle?' Erzmetall 49, 547–554.
- Vavelidis, M., Melfos, V., Eleftheriadis, G. (1997) 'Mineralogy and microthermometric investigations in the Au-bearing sulphide mineralization of Palea Kavala (Macedonia, Greece)' In: Papunen, H. (Ed.), Mineral Deposits: Research and Exploration — Where do They Meet? Balkema, Rotterdam, pp. 343–346.

Wawrzenitz, N., Baumann, A., and Nollau, G. (1994): Miocene uplift of midcrustal rocks in the Rhodope metamorphic core complex, caused by late Alpine extension of previously thickened crust (Thassos island, Pangeon complex, northern Greece): Bull Geol. Soc. Greece, v.XXX/1, p. 147-157.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

[http:// wikipedia.org](http://wikipedia.org)

<http://argolikivivliothiki.gr>

<http://ndbhmi.chi.civil.ntua.gr>

<http://wfd.opengov.gr/index>

http://www.ecodonet.gr/geology_greek.php, Μουντράκης, 1985)

<http://www.geo.auth.gr>

<http://www.google.gr/imgres?hl>

http://www.google.gr/imgres?imgurl=http://quezi.com/wp-content/uploads/2009/01/qanat3.png&imgrefurl=http://quezi.com/1202&h=344&w=500&sz=68&tbnid=6how91YBF7maVM:&tbnh=84&tbnw=122&prev=/search?q%3Dqanat%26tbn%3Disch%26tbo%3Du&zoom=1&q=qanat&usg=__UzmPmLLGLxbLXNPWtZ8Oh0ea-XI=&docid=ZToRdpLa5PwDaM&hl=el&sa=X&ei=9F5kULiLAqLB0QW-o4DoDA&ved=0CDAQ9QEwAg&dur=82

<http://www.paggaiosserresnet.gr>

<http://www.paggaiosserresnet.gr>

<http://www.serres.gr>