



ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΕΩΝ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

**ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΕΚΘΕΣΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ, ΜΕΤΑ ΑΠΟ
ΕΡΕΥΝΑ, ΤΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ-ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ
ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΛΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΛΕΓΕΙΣΑΣ ΘΕΣΗΣ ΜΕ
ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΙΘΑΝΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ
ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΧΥΤΑ ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΟΥ**

Αναθέτουσα Αρχή: ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Επιστημονική Ομάδα έργου:

Δρ Παναγιώτης Σαμπατακάκης- Υδρογεωλόγος

Δρ Αδωνης Φωτιάδης- Γεωλόγος- Χαρτογράφος

Δρ Λάμπρος Πυργιώτης- Τεχνικός Γεωλόγος

Αχαρνάι, Αύγουστος 2017

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ, ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .	3
3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΧΥΤΑ ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΟΥ	5
4. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΠΡΑΝΩΝ	9
4.1 Τεχνικογεωλογικοί χαρακτήρες των σχηματισμών και γενικές συνθήκες ευστάθειας των πρανών.....	9
4.2 Ανάλυση τεχνικογεωλογικών συνθηκών ευστάθειας στο τεχνητό πρανές στη θέση Α.....	13
4.3 Ανάλυση τεχνικογεωλογικών συνθηκών ευστάθειας στο τεχνητό πρανές στη θέση Β.....	16
4.4 Ανάλυση τεχνικογεωλογικών συνθηκών ευστάθειας στο τεχνητό πρανές στη θέση Γ	20
4.5 Φαινόμενα αστάθειας στο τεχνητό πρανές ανάντη του κτιρίου Διοίκησης ...	25
4.6 Συνθήκες ευστάθειας σε τεχνητό πρανές στη συμβολή οδών εξυπηρέτησης.....	27
4.7 Συμπεράσματα- Προτάσεις επί των Τεχνικογεωλογικών συνθηκών	27
5. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	30
5.1 Υδροσημεία απογραφής.....	30
5.2 Υδρογεωλογικές συνθήκες	34
5.3 Υδροχημικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών.....	39
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	43
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	45

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 2-1. Απόσπασμα τοπογραφικών χαρτών Φ. «Κηφισιά, Ραφήνα» (εκδ. ΓΥΣ.) κλιμ. 1:40.000.....	3
Σχήμα 3-1. Συνθετικός γεωλογικός χάρτης ΒΑ/κής Αττικής με τις κύριες γραμμώσεις έκτασης και τις πορείες κρυσταλλικών γραμμώσεων (από Σπανό 2012, μετά από σύνθεση γεωλογικών χαρτών ΙΓΜΕ κλ. 1:50 000).....	6
Σχήμα 3-2. Γεωλογική τομή κλίμακας 1:5.000 στην περιοχή ΧΥΤΑ Γραμματικού. Το ίχνος της τομής σημειώνεται στο Γεωλογικό Χάρτη ΧΥΤΑ Γραμματικού κλίμακας 1:5.000 που παρατίθεται εκτός κειμένου.....	8
Σχήμα 4-1. Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τα μέσα επίπεδα των συστημάτων των ασυνεχειών στο τεχνητό πρανές της Θέσης Α.....	15
Σχήμα 4-2. Στερεογραφική προβολή Schmidt με τα μέσα επίπεδα των συστημάτων των ασυνεχειών στο τεχνητό πρανές της Θέσης Α.....	15
Σχήμα 4-3. Ανάλυση ευστάθειας στο τεχνητό πρανές της Θέσης Α.....	17
Σχήμα 4-4. Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τα μέσα επίπεδα των συστημάτων των ασυνεχειών στο τεχνητό πρανές της Θέσης Β.....	19
Σχήμα 4-5. Στερεογραφική προβολή Schmidt με τα μέσα επίπεδα των συστημάτων των ασυνεχειών στο τεχνητό πρανές της Θέσης Β.....	19
Σχήμα 4-6. Ανάλυση ευστάθειας στο τεχνητό πρανές της Θέσης Β.....	21
Σχήμα 4-7. Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τα μέσα επίπεδα των συστημάτων των ασυνεχειών στο τεχνητό πρανές της Θέσης Γ.....	23
Σχήμα 4-8. Στερεογραφική προβολή Schmidt με τα μέσα επίπεδα των συστημάτων των ασυνεχειών στο τεχνητό πρανές της Θέσης Γ.....	23
Σχήμα 4-9. Ανάλυση ευστάθειας στο τεχνητό πρανές της Θέσης Γ.....	25
Σχήμα 5-1. Αποσπάσματα Γεωλογικών φύλλων Κηφισιάς και Ραφήνας με τις θέσεις γεωτρήσεων και πηγών.....	35
Σχήμα 5-2. Σχηματική υδρολιθολογική τομή μεταξύ των υδρογεωτρήσεων Γ1-ΧΥΤΑ και Γ2-ΧΥΤΑ.....	37
Σχήμα 5-3. Διάγραμμα “PIPER”.....	41
Σχήμα 5-4. Υδροχημικό διάγραμμα.....	42

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

- Φωτογραφία 4-1. Αποψη τμημάτων του τεχνητού πρानούς που έχει διαμορφωθεί ΑΝΑ/ικά της Πλατείας Συνεργείου όπου εμφανής είναι η επικράτηση της σχιστότητας μεταξύ των συστημάτων των ασυνεχειών στους σχιστόλιθους και της στρώσης/ σχιστότητας στην ένστρωση μαρμάρων και η παρουσία διαρρήξεων μεσοσκοπικού πεδίου.10
- Φωτογραφία 4-2. Αποψη τμήματος του τεχνητού πρानούς με βόρειο προσανατολισμό στην περιοχή εισόδου του έργου όπου παρατηρούνται αποκολλήσεις και καταπτώσεις μικρών τεμαχίων πετρώματος στην επιφανειακή ζώνη διαμόρφωσης.12
- Φωτογραφία 4-3. Αποψη του νοτίου σκέλους αμφίπλευρου ορύγματος του εσωτερικού οδικού δικτύου που διαμορφώνεται ΒΑ/ικά και κατόντη της πλατείας του συνεργείου. Σημειώνεται με βέλος αναβαθμίδα της οποίας προτείνεται η συνέχεια και στο τμήμα που εξετάζεται.14
- Φωτογραφία 4-4. Αποψη από βόρεια τεχνητού πρानούς του εσωτερικού οδικού δικτύου που διέρχεται βορειότερα του κλάδου της θέσης Α με τον οποίο αποτελεί κύκλωμα για την προσέγγιση του «κυτάρου Α» από την είσοδο των εγκαταστάσεων.....18
- Φωτογραφία 4-5. Αποψη από δυτικά του τεχνητού πρानούς στα ανάντη των εγκαταστάσεων επεξεργασίας στραγγισμάτων.....22
- Φωτογραφία 4-6. Φαινόμενα αστάθειας στο τεχνητό πρανές ανάντη του Κτιρίου Διοίκησης. Σημειώνεται το περίγραμμα των θραύσεων.26
- Φωτογραφία 4-7. Αποψη της προεξοχής που δημιουργείται από τη συμβολή τεχνητών πρανών κλάδων του εσωτερικού οδικού δικτύου. Σημειώνεται το περίγραμμα της προτεινόμενης ελάφρυνσης.....28
- Φωτογραφία 4-8. Αποψη από βόρεια της λεκάνης που ορίζεται από την «Πλατεία Κτιρίου Διοίκησης», το μνημείο του αεροπορικού δυστυχήματος και της «Πλατείας Συνεργείου». Σημειώνεται η περιοχή των προτεινόμενων παρεμβάσεων29

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΕΚΘΕΣΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ, ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΡΕΥΝΑ, ΤΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ-ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΛΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΛΕΓΕΙΣΑΣ ΘΕΣΗΣ ΜΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΙΘΑΝΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΧΥΤΑ ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΟΥ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα έκθεση συντάσσεται , με βάση την από 23/12/2017 Σύμβαση η οποία υπογράφηκε μεταξύ ΙΓΜΕ και ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΤΑΜΕΙΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και που σκοπό έχει την περαιτέρω διερεύνηση των γεωλογικών, τεχνικογεωλογικών και υδρογεωλογικών συνθηκών που επικρατούν στον χώρο όπου έχει κατασκευαστεί ο Χ.Υ.Τ.Α. Γραμματικού.

Ήδη στα πλαίσια του αρχικού σχεδιασμού του Χ.Υ.Τ.Α. έχουν πραγματοποιηθεί σειρά γεωλογικών, τεχνικογεωλογικών και υδρογεωλογικών εργασιών, οι οποίες προβλέπονται από την σχετική νομοθεσία. Τα στοιχεία αυτά η παρούσα τεχνική έκθεση τα έλαβε υπόψη και προχώρησε σε περαιτέρω παρατηρήσεις, οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στην παρούσα έκθεση.

Οι υπογράφοντες την παρούσα την τεχνική έκθεση, μέσω διαδοχικών εργασιών πεδίου στην ευρύτερη περιοχή, πραγματοποίησαν σειρά μετρήσεων και δειγματοληψιών. Από την ανάλυση των στοιχείων που συγκεντρώθηκαν, προέκυψαν αξιόλογα συμπεράσματα, τα οποία και παρουσιάζονται παρακάτω, με σκοπό να διευκολυνθούν οι περαιτέρω εργασίες της Περιφέρειας για την ασφαλή λειτουργία του Χ.Υ.Τ.Α.

Όλες οι μετρήσεις και οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν κάνοντας χρήση του εξοπλισμού υπαίθρου και εργαστηρίων του ΙΓΜΕ.

Οι υπογράφοντες την παρούσα τεχνική έκθεση, τόσο στην διάρκεια των εργασιών υπαίθρου όσο και μετά το πέρας αυτών, αντάλλαξαν απόψεις και συμφώνησαν στα τελικά συμπεράσματα τα οποία εμπεριέχονται.

Οι εργασίες υπαίθρου πραγματοποιήθηκαν στην διάρκεια Φεβρουαρίου – Μαρτίου 2017 και στην υλοποίηση των επιμέρους εργασιών έλαβαν μέρος όλοι οι παραπάνω αναφερόμενοι γεωλόγοι. Επίσης στις εργασίες υπαίθρου αλλά και στην επεξεργασία των υδρογεωλογικών στοιχείων και συμπερασμάτων συνεργάστηκε **Δρ. Υδρογεωλόγος Χ. Σμυρνιώτης**. Οι υδρομετρήσεις και δειγματοληψίες νερών πραγματοποιήθηκαν

από τον *Εργοδηγό Υδρογεωλογίας Παντελή Προδρομίδη*, που δυστυχώς στην εξέλιξη των παραπάνω εργασιών απεβίωσε.

Τα τελικά συμπεράσματα στα οποία κατέληξε το επιστημονικό κλιμάκιο του ΙΓΜΕ, είναι συνδυασμός αφενός των στοιχείων της βασικής έρευνας, τα οποία διαθέτει το ΙΓΜΕ μέσω των γενικότερων ερευνητικών προγραμμάτων για την ευρύτερη περιοχή και αφετέρου των πρωτογενών στοιχείων που συγκεντρώθηκαν στα πλαίσια εκπόνησης της παρούσας τεχνικής έκθεσης.

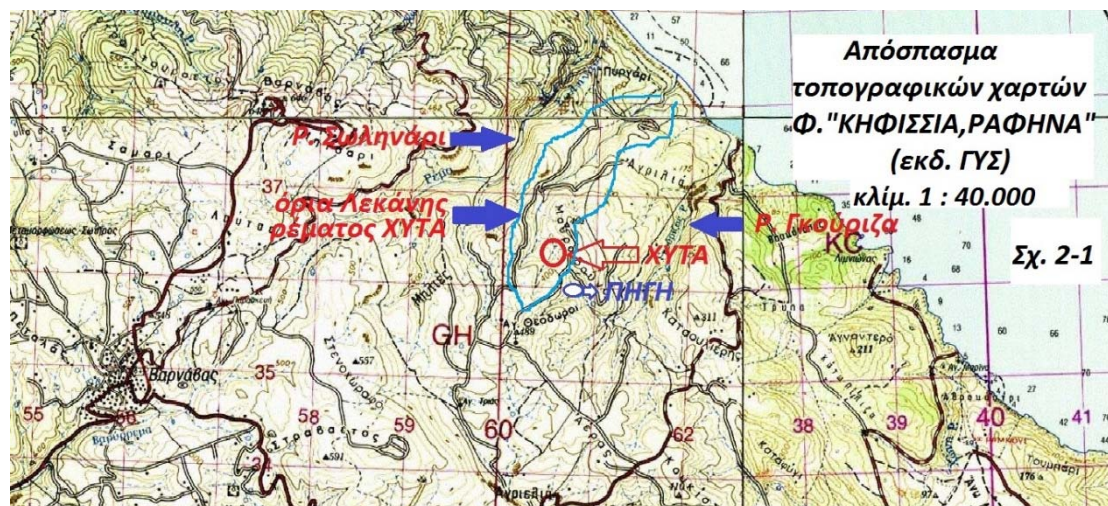
Όπως προαναφέρθηκε, για την εκπόνηση της παρούσας τεχνικής έκθεσης πραγματοποιήθηκαν την ίδια περίοδο συμπληρωματική γεωλογική αποτύπωση, μετρήσεις τεχνικογεωλογικές και υδρογεωλογικές, έτσι ώστε να διευκρινιστούν περαιτέρω ορισμένα βασικά γεωλογικά χαρακτηριστικά του Χ.Υ.Τ.Α., τα οποία επηρεάζουν σε σημαντικό την ασφαλή λειτουργία του, ως προς την αποφυγή διαφυγής ρύπων.

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών υπαίθρου, έγινε ανταλλαγή απόψεων για τις επιπλέον γεωλογικές πληροφορίες. Επίσης έγινε σύγκριση μεταξύ της γεωλογικής πληροφορίας, η οποία εμπεριέχεται στην γεωτεχνική μελέτη που εκπονήθηκε από τους ιδιώτες μελετητές και της γεωλογικής πληροφορίας, η οποία προέκυψε στα πλαίσια της εν λόγω τεχνικής έκθεσης.

Οι τεχνικογεωλογικές παρατηρήσεις και μετρήσεις αναπτύχθηκαν εντός του χώρου ΧΥΤΑ και περιφερειακά. Οι εργασίες γεωλογικής χαρτογράφησης επεκτάθηκαν και πέραν του χώρου, προς τα κατάντη, με στόχο να διερευνηθούν ευρύτερα οι υδρογεωλογικές δομές και κατεπέκταση η κυκλοφορία των υπόγειων νερών.

2. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ, ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο χώρος και οι εγκαταστάσεις του ΧΥΤΑ βρίσκονται στην θέση Μαύρο Βουνό, η οποία εντοπίζεται βόρεια των Αγ. Θεοδώρων και βορειοανατολικά του Γραμματικού και ανατολικά του Βαρνάβα, σε ευθεία απόσταση περίπου 4,5 και 6 χλμ. αντίστοιχα. Εμπεριέχεται στο τοπογραφικό φύλλο "ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΟ" κλίμ. 1: 50.000 εκδ. ΓΥΣ. (Σχ. 2-1).



Σχήμα 2-1. Απόσπασμα τοπογραφικών χαρτών Φ. «Κηφισσία, Ραφήνα» (εκδ. ΓΥΣ.) κλίμ. 1:40.000.

Στην σχετική μελέτη εφαρμογής από την Ανάδοχο **"Κ/Ε ΛΑΜΔΑ ΤΕΧΝΙΚΗ Α.Ε. - ΗΛΕΚΤΩΡ Α.Ε.-ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ ΑΤΕΕ"**, έχει πραγματοποιηθεί τοπογραφική αποτύπωση σε κλίμακα 1:1000. Με βάση αυτή την αποτύπωση το σύνολο των ενταγμένων εγκαταστάσεων εκτείνεται σε υψόμετρα μεταξύ 410μ. και 310μ. περίπου και η συνολική τους έκταση είναι κατά προσέγγιση 0,7 km².

Ο χώρος απόθεσης είναι χωροθετημένος εντός μικρής υπολεκάνης η οποία αποτελεί μέρος της λεκάνης απορροής υδρορέματος το οποίο απορρέει προς τα βορειοανατολικά και εκβάλλει στο θαλάσσιο χώρο στο ύψος της τοποθεσίας Πυργάρι. Η συνολική έκταση της τοπικής αυτής λεκάνης του υδατορέματος είναι περίπου 1,4 km² και με μέση κλίση 11%. Χαρακτηρίζεται δε από περιορισμένη περιοδική απορροή. Σε όλη την έκτασή της εντοπίστηκε μία μικροπηγή (Σχ.2-1), από την οποία παρατηρήθηκε εκροή νερού την περίοδο κατά την οποία πραγματοποιήθηκε η επίσκεψη.

Βόρεια και νότια της λεκάνης του έργου αναπτύσσονται δύο άλλες λεκάνες υδρορεμάτων Σωληναρίου και Γκούριζας και οι οποίες δεν συνδέονται υδρολογικά με την περιοχή του έργου (Σχ. 2-1).

Η περιοχή του έργου ανήκει στην βροχομετρική ζώνη με μέσο ύψος βροχόπτωσης των 600-800 mm κατ' έτος.

Το γεωμορφολογικό ανάγλυφο της περιοχής ενδιαφέροντος είναι λοφώδες και διατρέχεται από υδατορέματα τα οποία απορρέουν προς τα βορειοανατολικά και εκβάλλουν στο θαλάσσιο χώρο του Αιγαίου. Οι μέσες κλίσεις των πρανών στην ευρύτερη περιοχή του έργου είναι περίπου 16% .

Η βλάστηση είναι θαμνώδης, τα δε εδάφη ανήκουν στην κατηγορία **"Λιθώδη και Ορφνά Μεσογειακά "**.

Η πρόσβαση στο χώρο γίνεται δια μέσω αμαξητής οδού, η οποία κατασκευάστηκε για τις ανάγκες του συγκεκριμένου έργου και εκκινεί από τον οδικό άξονα Γραμματικό – Σέση.

3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΧΥΤΑ ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΟΥ

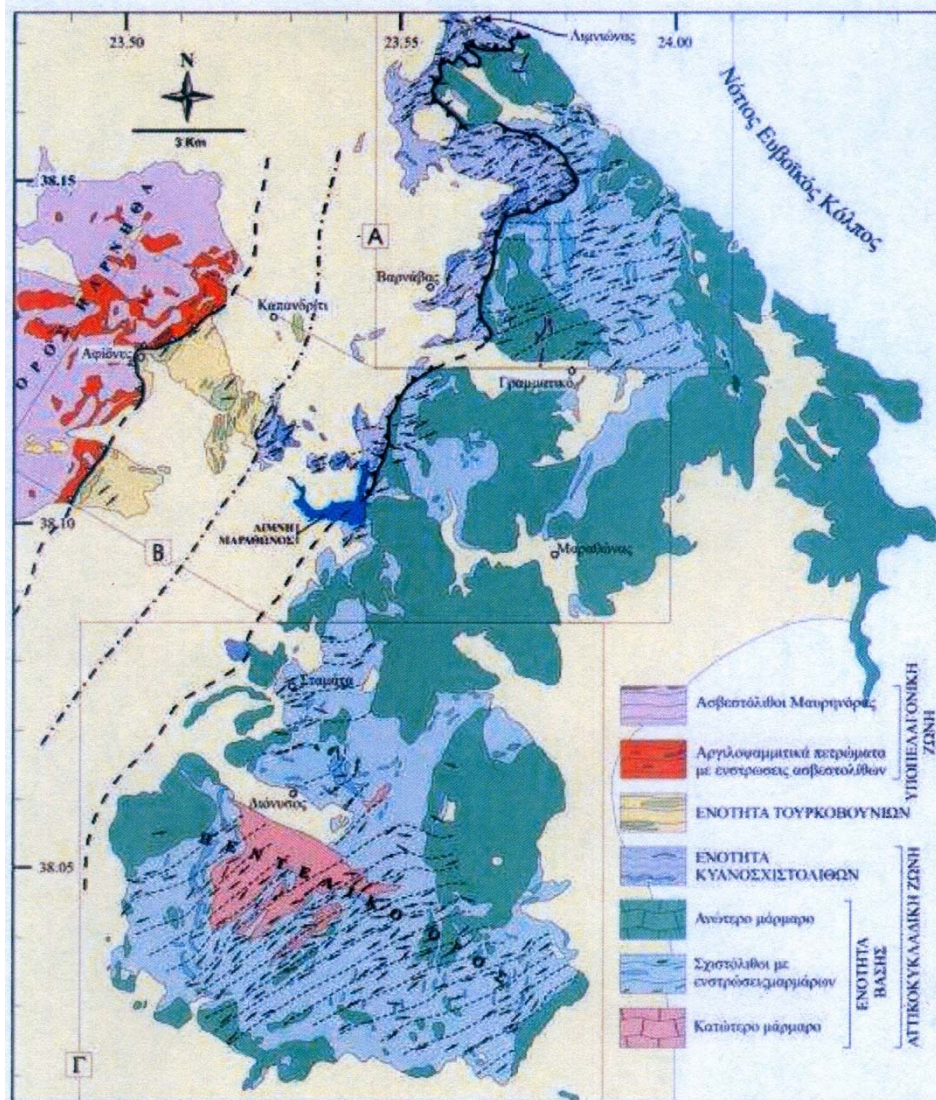
Η εγγύς και η ευρύτερη τοποθεσία θεμελίωσης του ΧΥΤΑ Γραμματικού σε ότι αφορά την γεωτεκτονική της θέση εντάσσεται στο Αττικο-Κυκλαδικό μεταμορφικό σύμπλεγμα (Jacobshagen 1986). Το σύμπλεγμα αυτό ως τμήμα της εσωτερικής ζώνης του Ελληνικού ορογενούς εξελίσσεται μέσα από φαινόμενα φλοιϊκής πάχυνσης μέχρι και την εφελκυστική βαρυτική του κατάρρευση που έλαβε χώρα υπεράνω μιας ζώνης καταβύθισης (Scheffer κ.ά., 2016). Τα φαινόμενα αυτά οδήγησαν διαδοχικά σε ενταφιασμό και εκταφιασμό των μεταμορφωμένων πετρωμάτων, κατά μήκος μικρής γωνίας αποκολλήσεων που αναπτύχθηκαν σε συνθήκες πλαστικής μέχρι ημιπλαστικής- εϋθραυστης παραμόρφωσης και τα οποία έλαβαν χώρα προοδευτικά κατά την διάρκεια του εφελκυσμού του Αιγαίου κατά την περίοδο Ολιγοκαίνου - Μειοκαίνου (Jolivet et al., 2010, Ring et al., 2011, Grasemann et al., 2012).

Στην περιοχή της Αττικής, το μεταμορφικό σύμπλεγμα διαρθρώνεται σε ένα καλυμματικό σωρό, ο οποίος αποτελείται από δύο κύριες τεκτονο- μεταμορφικές ενότητες (Σχήμα 3-1): **α)** την **Ενότητα βάσης**, με μάρμαρα και σχιστόλιθους, στους οποίους η αρχική κυανοσχιστολιθική φάση μεταμόρφωσής τους, Ηωκαινικής ηλικίας, προσεβλήθη από διαμπερή ανάδρομη μεταμόρφωση πρασινοσχιστολιθικής φάσης κατά την περίοδο Ολιγοκαίνου - Μειοκαίνου, και η οποία τέλος υπέρκειται τεκτονικά από **β)** την **Κυανοσχιστολιθική ενότητα** με μάρμαρα και σχιστόλιθους υπό κυανοσχιστολιθική-γλαυκοφανιτική φάση μεταμόρφωσης, Ηωκαινικής ηλικίας (Scheffer κ.ά. 2016).

Ειδικότερα στην εγγύτερη περιοχή μελέτης, με βάση την εκπόνηση του γεωλογικού χάρτη κλ.1:5.000 (βλέπε Γεωλογικό Χάρτη ΧΥΤΑ Γραμματικού κλίμακας 1:5.000 εκτός κειμένου) και της συνοδής γεωλογικής τομής (Σχήμα 1-2), αναπτύσσονται τεκτονο- μεταμορφικοί σχηματισμοί κυρίως σχιστολίθων και εν μέρει μαρμάρων που συνθέτουν τμήμα της **Ενότητας βάσης**. Επ' αυτών, και εκτός περιοχής ενδιαφέροντος (προς τις ΒΔ/κές και Δ/κές περιοχές), αναπτύσσεται μια **μικρής γωνίας μυλωνιτική έως κατακλαστική αποκόλληση** που διαγράφει τη τεκτονική μετάβαση προς την υπερκείμενη τεκτονική Κυανοσχιστολιθική ενότητα (Scheffer κ.ά. 2016). Ενώ δυτικότερα έως βορειοδυτικότερα της Αττικής, οι παραπάνω μεταμορφικές ενότητες βρίσκονται επωθημένες από τους αμεταμόρφωτους σχηματισμούς (Πάρνηθα) της Πελαγονικής γεωτεκτονικής ζώνης (Κατσικάτσος 2001).

Η περιοχή ενδιαφέροντος παρουσιάζει αντικλινοειδείς και συγκλινοειδείς μορφολογικές δομές ανεξάρτητα από την στρωματογραφική ακολουθία των σχιστολίθων και μαρμάρων. Οι σχηματισμοί αυτοί διαρρηγνύονται κυρίως κατά την ΒΔ/κή και την ΒΑ/κή

διεύθυνση χαρακτηρίζοντας και την παράλληλη και προοδευτική διάρρηξη με ρηξιτεμαχισμό που υπέστησαν και οι ακτογραμμές που εκτείνονται τόσο βόρεια, όσο και ανατολικά της περιοχής (με ισχυρότερη την ΒΔ-ΝΑ/κή διεύθυνση). Οι διαρρήξεις αυτές δεν διαταράσσουν το στενό χώρο θεμελίωσης του ΧΥΤΑ.



Σχήμα 3-1. Συνθετικός γεωλογικός χάρτης ΒΑ/κής Αττικής με τις κύριες γραμμώσεις έκτασης και τις πορείες κρυσταλλικών γραμμώσεων (από Σπανό 2012, μετά από σύνθεση γεωλογικών χαρτών ΙΓΜΕ κλ. 1:50 000).

Ο κύριος σχηματισμός της Ενότητας βάσης, όπου θεμελιώνεται και ο ΧΥΤΑ, αποτελείται από σχιστόλιθους που χαρακτηρίζονται ως μη ανθεκτικά πετρώματα σε τάσεις διάτμησης/παραμόρφωσης, μεγάλου πάχους, άνω των 500μ., με επίπεδη και γραμμωτή υφή εξαιτίας της φολίδωσης (s-τεκτονίτες) και με χαρακτηριστική στρωμάτωση λόγω μετασχηματισμού των πτυχώσεων. Εντός των σχιστολίθων συμμετέχουν **ενστρώσεις ταινιωδών, στρωματοδών ή/και σποραδικών φακοειδών μυλωνιτικών μαρμάρων,**

που συνθέτουν με τη σειρά τους ανθεκτικά πετρώματα στη διατμητική ολίσθηση και που μεταβαίνουν σε **αβεστοσχιστόλιθους** και σε σχιστόλιθους. Σε μικρότερη συχνότητα εντός των σχιστολίθων με ρηξισχισμό παρατηρούνται ακανόνιστα φλεβίδια και οφθαλμοειδείς συγκεντρώσεις χαλαζία με συντεκτονική υφή προερχόμενα από διάλυση υπό πίεση, λόγω των δυναμομεταμορφικών επεισοδίων. Στη κλίμακα του παρόντος χάρτη, τα μυλωνιτικά μάρμαρα εμφανίζονται να κατανέμονται προς τα ΒΒΑ/κά ή/και ΒΑ/κά.

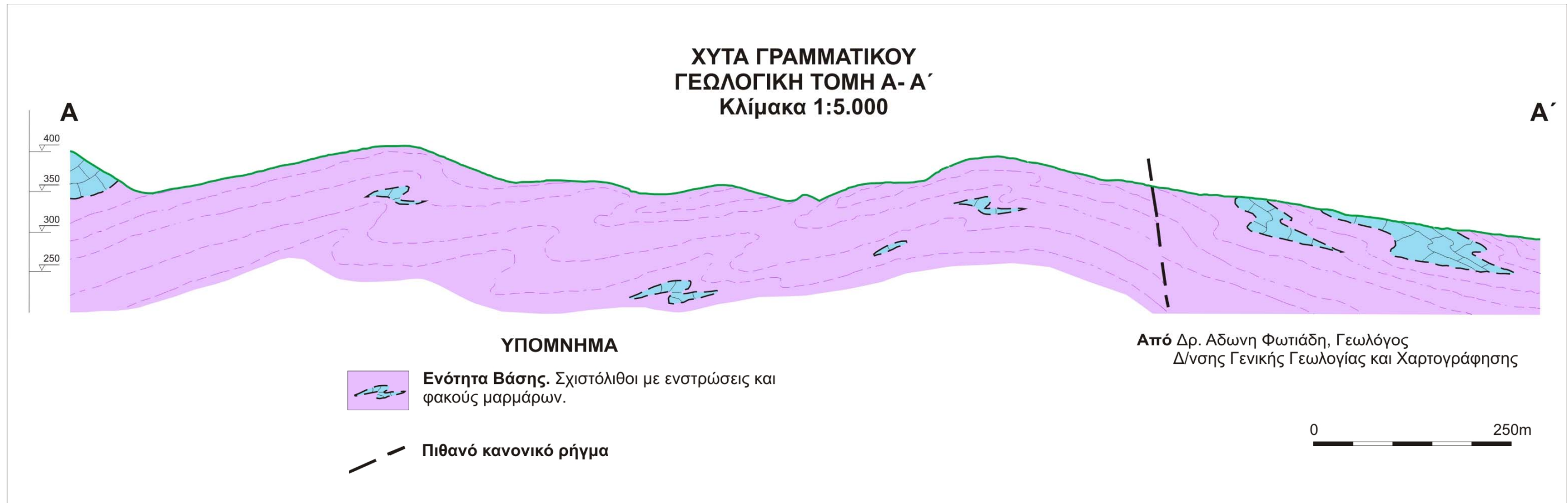
Επιπλέον, επισημαίνεται ότι ο κύριος όγκος του «κατωτέρου μαρμάρου» της Ενότητας βάσης (π.χ. μάρμαρα Πεντέλης) δεν εμφανίζεται γεωλογικά στην περιοχή ενδιαφέροντος (Σχήμα 3-2).

Στην περιοχή του ΧΥΤΑ, η παραπάνω Ενότητα βάσης που κυριαρχείται από σχιστόλιθους, χαρακτηρίζεται από μια σχιστότητα/φύλλωση με σχετικά αβαθείς βυθίσεις και που σχετίζεται με ισοκλινείς πτυχώσεις (με πτυχές με πολύ μικρή γωνία ανοίγματος και των οποίων οι πτέρυγες τείνουν να γίνουν παράλληλες). Οι μετρήσεις φυλλώσεων καταδεικνύουν επίσης τους άξονες των μεγαπτυχώσεων και μια τάση κίνησης των μεταμορφωμένων σχηματισμών προς τα Α/κά έως ΑΒΑ/κά.

Η παρατηρούμενη σχιστότητα/φύλλωση με ισοκλινείς πτυχώσεις αναπτύσσει ένα ασθενώς οργανωμένο αξονικό προσανατολισμό που χαρακτηρίζεται από μια γενική τεκτονική γράμμωση έκτασης ΒΒΑ-ΝΝΔ/κής διεύθυνσης που υποδηλώνει δυναμικές παραμορφώσεις από τη ΔΒΔ έως ΒΔ κατεύθυνση.

Τοπικά και βόρεια της περιοχής μελέτης, εμφανίζονται τα **μυλωνιτικής υφής μάρμαρα**, τα οποία καταλαμβάνουν τα ανώτερα τεκτονο-μεταμορφικά τμήματα που διαγράφουν το «**ανώτερο μάρμαρο**» της **Ενότητας βάσης**. Γενικά οι λιθολογίες αυτές αναπτύσσουν σημαντικό βαθμό μετασχηματισμού που αυξήθηκε με το τεκτονικό βάθος της θέσεώς τους και ο βαθμός αυτός είναι αναμφίβολα ιδιαίτερα έντονος με την παρουσία των μυλωνιτικών μαρμάρων και των σχιστολίθων φέροντας τις χαρακτηριστικές **ροές σχιστότητας**, λόγω της επενέργειας επ' αυτών της **μυλωνιτικής έως κατακλαστικής αποκόλλησης που προκλήθηκε κατά το Μειόκαινο από την τεκτονική τοποθέτηση της Κυανοσχιστολιθικής ενότητας** (εκτείνεται κυρίως δυτικά εκτός πεδίου του χώρου μελέτης, που χαρτογραφικά όμως υπεισέρχεται οριακά στο ΒΔ/κό τμήμα του παρόντος γεωλογικού χάρτη κλ. 1:5.000).

Τέλος κατά την μετα-Μειοκαινική περίοδο, η περιοχή διατέμενεται από μεγάλης γωνίας κανονικά ρήγματα ΒΑ/κής και ΒΔ/κής διεύθυνσης που προκάλεσαν έντονο ρηξισχισμό σε όλο το λιθολογικό ιστό της περιοχής και λειτούργησαν εφελκυστικά τόσο στα ΒΑ/κά, όσο και στα ΒΔ/κά τμήματα των ακτογραμμών της Αττικής.



Σχήμα 3-2. Γεωλογική τομή κλίμακας 1:5.000 στην περιοχή ΧΥΤΑ Γραμματικού. Το ίχνος της τομής σημειώνεται στο Γεωλογικό Χάρτη ΧΥΤΑ Γραμματικού κλίμακας 1:5.000 που παρατίθεται εκτός κειμένου.

4. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΠΡΑΝΩΝ

4.1 Τεχνικογεωλογικοί χαρακτήρες των σχηματισμών και γενικές συνθήκες ευστάθειας των πρανών

Τα βραχώδη πρανή που διαμορφώνονται στην περιοχή ανάπτυξης των εγκαταστάσεων του ΧΥΤΑ στο Μαύρο Βουνό Γραμματικού, όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο περιγραφής των γεωλογικών συνθηκών, δομούνται από σχιστόλιθους με ενστρώσεις και φακούς μαρμάρων. Πρόκειται για στεγανούς σχηματισμούς με τέλεια σχιστότητα και μεγάλο πάχος, με χαρακτηριστική ομοιογένεια και ικανοποιητική ομοιόμορφη συμπεριφορά σε στατικές και δυναμικές φορτίσεις. Σε υγιή κατάσταση χαρακτηρίζονται από υψηλές μηχανικές αντοχές. Είναι ευαποσάθρωτοι και καλύπτονται από χαλαρό εδαφικό μανδύα κυμαινόμενου πάχους. Πέρα από την ανισοτροπία που εισάγεται από τη σχιστότητα, η γεωμηχανική συμπεριφορά και οι τιμές των μηχανικών χαρακτηριστικών επηρεάζονται σε σημαντικό βαθμό από την ένταση και την έκταση των διεργασιών εξαλλοίωσης και αποσάθρωσης οι οποίες οδηγούν συχνά στην εμφάνιση χαλαρωμένου πετρώματος σε σημαντικά βάθη και μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές αστοχίες. Στα φυσικά πρανή η κλίση ευστάθειας είναι κατά κανόνα ισχυρή. Όταν όμως διαταραχθούν οι συνθήκες φυσικής ισορροπίας, η παρουσία πυκνών ασυνεχειών σε συνδυασμό με την εμφάνιση τοπικά αποσαθρωμένου- χαλαρωμένου πετρώματος προκαλεί θραύσεις και μετακινήσεις σημαντικών βραχωδών μαζών κατά μήκος προδιατεθειμένων επιφανειών αδυναμίας. Η παρουσία των ενστρώσεων και φακών μαρμάρων ενισχύει τις μηχανικές αντοχές της βραχομάζας καθώς αυτές δρουν ως σπλισμός ενώ όπου το πάχος τους είναι σημαντικό εξασφαλίζονται συνθήκες ευστάθειας ακόμα και με ισχυρές κλίσεις.

Στην περιοχή που εξετάζεται, οι σχιστόλιθοι παρουσιάζονται τεφροπράσινου έως τεφροκάστανου χρώματος και ισοκλινώς πτυχωμένοι με την παρατηρούμενη σχιστότητα/ φύλλωση να αναπτύσσει ένα ασθενώς οργανωμένο αξονικό προσανατολισμό που χαρακτηρίζεται από μια γενική γράμμωση έκτασης από ΒΒΔ- ΝΝΑ έως ΒΒΑ- ΝΝΔ διεύθυνσης. Η έντονη τεκτονική καταπόνηση οδήγησε στην ανάπτυξη πολλών συστημάτων διακλάσεων και ρηγματώσεων μεσοσκοπικού πεδίου (Φωτογραφίες 4-1α και 4-1β) ενώ αντιθέτως από το γεωλογικό χάρτη κλίμακας 1:5.000 που συντάχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας και παρατίθεται εκτός κειμένου, διαπιστώνεται ότι η στενή περιοχή των εγκαταστάσεων του έργου δεν διελαύνεται από διαρρήξεις μακροσκοπικού πεδίου. Τα ρήγματα μεσοσκοπικού πεδίου δεν εγκυμονούν, λόγω του προσανατολισμού τους στις θέσεις που έχουν παρατηρηθεί και καταγραφεί, προβλήματα αστάθειας, απλώς εντάσσονται σε κάποιο σύστημα ασυνεχειών που συνδυαστικά με άλλα μπορούν

δυναμικά, όταν οι συνθήκες το υπαγορεύουν, να προκαλέσουν καταπτώσεις βραχωδών μαζών.



(α)



(β)

Φωτογραφία 4-1. Αποψη τμημάτων του τεχνητού πρανούς που έχει διαμορφωθεί ΑΝΑ/ικά της Πλατείας Συνεργείου όπου εμφανής είναι η επικράτηση της σχιστότητας μεταξύ των συστημάτων των ασυνχειών στους σχιστόλιθους και της στρώσης/ σχιστότητας στην ένστρωση μαρμάρων και η παρουσία διαρρήξεων μεσοσκοπικού πεδίου.

Η σχιστότητα είναι το σύστημα των ασυνχειών που επικρατεί και υπαγορεύει συνδυαστικά με τη λιθολογική σύσταση και την τεκτονική τόσο την γεωμορφολογική εξέλιξη

της περιοχής όσο και την ευστάθεια των πρανών που διαμορφώνονται. Ειδικότερα, όπου η σχιστότητα συναντά την επιφάνεια των φυσικών η τεχνητών πρανών με αντίρροπη ή διαγώνια φορά κλίσης των επιπέδων της, οι γεωμετρίες που αναπτύσσονται είναι εντονότερες. Η σχιστότητα εμφανίζεται σε γενικές γραμμές με την ίδια πυκνότητα σε όλη την έκταση της περιοχής που εξετάζεται, παρουσιάζει πολύ μικρές αποστάσεις επανάληψης, πολύ υψηλή εξάπλωση και οι επιφάνειές της είναι επίπεδες έως κυματοειδής, ελαφρά τραχείες έως ομαλές και σπανιότερα κατά θέσεις γυαλισμένες.

Τα συστήματα των ασυνεχειών, πλήν της σχιστότητας, που διακόπτουν τη συνέχεια της σχιστολιθικής βραχομάζας στα τεχνητά πρανή που διαμορφώθηκαν, εμφανίζονται σε γενικές γραμμές με την ίδια πυκνότητα σε όλη την έκταση αυτών, παρουσιάζουν μέσες έως πολύ μεγάλες αποστάσεις επανάληψης, πολύ μικρή έως μικρή και σπανιότερα μέση εξάπλωση και οι επιφάνειές τους είναι κυματοειδείς έως κλιμακωτές, τραχείες έως ελαφρά τραχείες. Επίσης οι ασυνέχειες των παραπάνω συστημάτων, εμφανίζονται κλειστές έως ανοιχτές με σκληρό ως επί το πλείστον υλικό πλήρωσης (δευτερογενή ασβεστίτη) και σπανιότερα χωρίς υλικό. Η μικρή γενικά ανάπτυξη και η μεγάλη απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών συνεπάγεται την ύπαρξη σημαντικών τμημάτων της βραχομάζας τα οποία λειτουργούν ως γέφυρες υγιούς υλικού. Επίσης η ύπαρξη κλειστών και ελαφρά τραχειών επιφανειών πληρωμένων με δευτερογενή ασβεστίτη, υπαγορεύει την ισχυρή αλληλοεμπλοκή της βραχομάζας κατά μήκος των ασυνεχειών και την αύξηση της διατμητικής αντοχής της.

Από τη παρατήρηση του γεωλογικού και τεχνικογεωλογικού χάρτη κλίμακας 1:5.000 και 1:1.000 αντίστοιχα της ευρύτερης περιοχής του έργου αλλά και του κλίμακας (βλέπε Γεωλογικό Χάρτη ΧΥΤΑ Γραμματικού κλίμακας 1:5.000 και Τεχνικογεωλογικό Χάρτη ΧΥΤΑ Γραμματικού κλίμακας 1:1.000 εκτός κειμένου), στους οποίους σημειώνεται η ανάπτυξη των σχηματισμών και στοιχεία προσανατολισμού της σχιστότητας, προκύπτει ότι δεν αναμένονται γενικότερα προβλήματα αστάθειας στην περιοχή κατασκευής των έργων του ΧΥΤΑ. Στα τεχνητά πρανή όπου οι γεωμετρία της σχιστότητας ευνοεί μεν την ευστάθεια αλλά παρατηρείται έντονη τεκτονική καταπόνηση του σχηματισμού, αναμένονται αποκολλήσεις και καταπτώσεις μικρών τεμαχίων πετρώματος στην επιφανειακή ζώνη που οφείλονται κυρίως στην εκτόνωση των τάσεων λόγω της διάνοιξης των πρανών καθώς και στο πάγωμα του νερού κατά μήκος των διαρρήξεων- ασυνεχειών (Φωτογραφία 4-2). Τα τελευταία αυτά υλικά είναι δυνατό να συσσωρευθούν στον πόδα και να απαιτηθεί η κατά περιόδους απομάκρυνσή τους όταν ο χώρος που υφίσταται μεταξύ του πρανού και του δρόμου ή των εγκαταστάσεων είναι περιορισμένος.



Φωτογραφία 4-2. Αποψη τμήματος του τεχνητού πρανούς με βόρειο προσανατολισμό στην περιοχή εισόδου του έργου όπου παρατηρούνται αποκολλήσεις και καταπτώσεις μικρών τεμαχίων πετρώματος στην επιφανειακή ζώνη διαμόρφωσης.

Ορισμένες θέσεις στα όρια των εγκαταστάσεων του έργου για τις οποίες απαιτούντο επιπλέον διερεύνηση λόγω είτε της δυσμενούς γεωμετρίας των ασυνεχειών (σχιστότητα, στρώση, διακλάσεις, ρήγματα) που παρατηρήθηκαν είτε της μεγάλης κλίσης των τεχνητών πρανών που διαμορφώθηκαν αλλά και της φυσικής κατάστασης των σχηματισμών που τα καταλαμβάνουν, εξετάζονται χωριστά στη συνέχεια. Ειδικότερα ελέγχεται η ευστάθεια τμημάτων τεχνητών πρανών του εσωτερικού οδικού δικτύου (Θέση Α και Θέση Β στον Τεχνικογεωλογικό Χάρτη ΧΥΤΑ Γραμματικού κλίμακας 1:1.000 εκτός κειμένου) και της περιοχής ανάντη και ανατολικά των εγκαταστάσεων επεξεργασίας στραγγισμάτων (Θέση Γ στον Τεχνικογεωλογικό Χάρτη) με βάση τις μετρήσεις που ελήφθησαν για το καθένα χωριστά και προσδιορίζονται οι δυνητικοί τύποι αστοχιών που υπάρχει η πιθανότητα να εκδηλωθούν με τη μορφή "επιπέδου", "σφήνας ή και "ανατροπής". Επίσης μελετώνται τα φαινόμενα αστάθειας που παρατηρήθηκαν στο πρανές ανάντη του κτιρίου Διοίκησης καθώς και η πιθανότητα ενεργοποίησης μάζας αποσαθρωμένου πετρώματος που καταλαμβάνει την κορυφή προεξοχής που δημιουργεί η συμβολή των τεχνητών πρανών δύο κλάδων προσέγγισης της εισόδου των εγκαταστάσεων του εσωτερικού οδικού δικτύου με την περιμετρική του κυττάρου οδό.

4.2 Ανάλυση τεχνικογεωλογικών συνθηκών ευστάθειας στο τεχνητό πρανές στη θέση Α

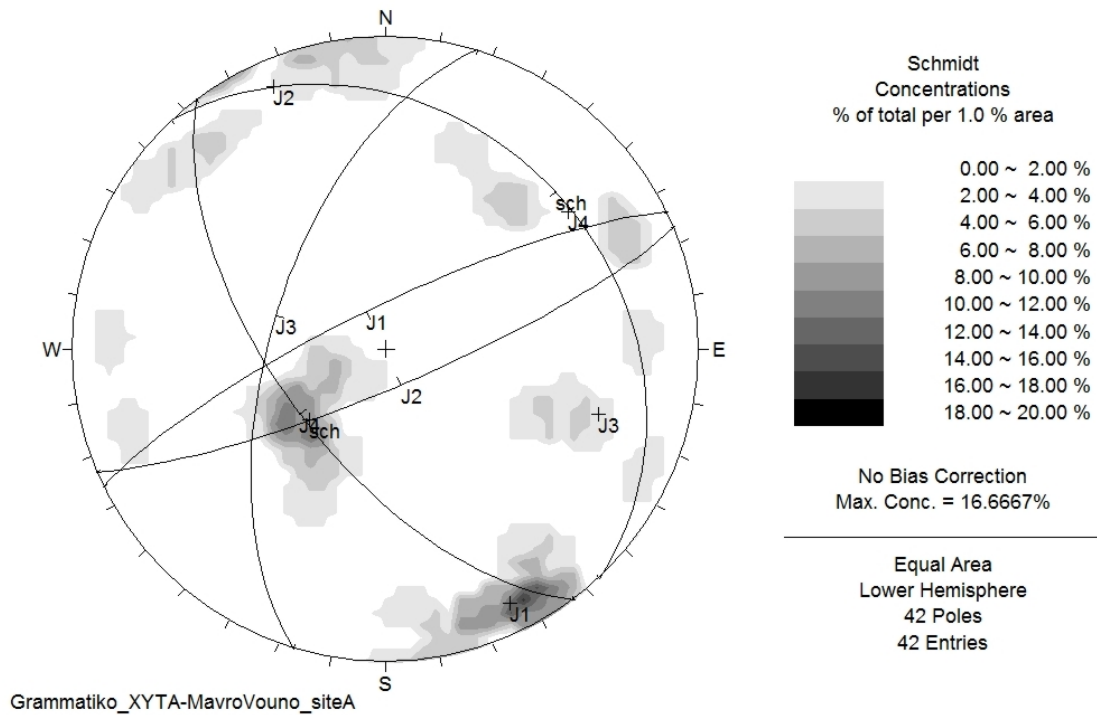
Το τεχνητό πρανές που εξετάζεται στη θέση Α αποτελεί το νότιο σκέλος αμφίπλευρου ορύγματος του εσωτερικού οδικού δικτύου που διαμορφώνεται ΒΑ/ικά και κατάντη της πλατείας του συνεργείου και καταλαμβάνεται από σχιστολίθους και μάρμαρα (βλέπε Τεχνικογεωλογικό Χάρτη ΧΥΤΑ Γραμματικού, κλίμακας 1:1.000 εκτός κειμένου). Το παραπάνω αμφίπλευρο όρυγμα διακόπτει τη συνέχεια της βορειοδυτικότερης ράχης των Αγίων Θεοδώρων πριν το διάσελο με το Μαύρο Βουνό με αποτέλεσμα το νότιο σκέλος του να παρουσιάζει το μεγαλύτερο ύψος που ανέρχεται στα 15.0m (Φωτογραφία 4-3). Η παράταξη του τεχνητού πρανούς είναι $B80^{\circ}\Delta$ η κλίση του λαμβάνεται 60° αν και σε κάποια σημεία εμφανίζεται μεγαλύτερη. Επομένως η γεωμετρία που ελέγχεται στο βόρειο σκέλος του ορύγματος, έχει στοιχεία προσανατολισμού (διεύθυνση κλίσης/ κλίση) $010^{\circ}/60^{\circ}$.

Από τη στατιστική επεξεργασία των τεκτονικών μετρήσεων στη Θέση Α εντοπίστηκαν πέντε κύρια συστήματα ασυνεχειών με στοιχεία (διεύθυνση κλίσης/ κλίση): J1 ($334^{\circ}/79^{\circ}$), J2 ($157^{\circ}/80^{\circ}$), J3 ($287^{\circ}/60^{\circ}$), J4 ($233^{\circ}/62^{\circ}$) και sch ($047^{\circ}/27^{\circ}$). Από τα συστήματα αυτά η σχιστότητα (sch) επικρατεί. Οι στερεογραφικές προβολές Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των ασυνεχειών για τη Θέση Α παρουσιάζονται στα Σχήματα 4-1 και 4-2 αντίστοιχα.

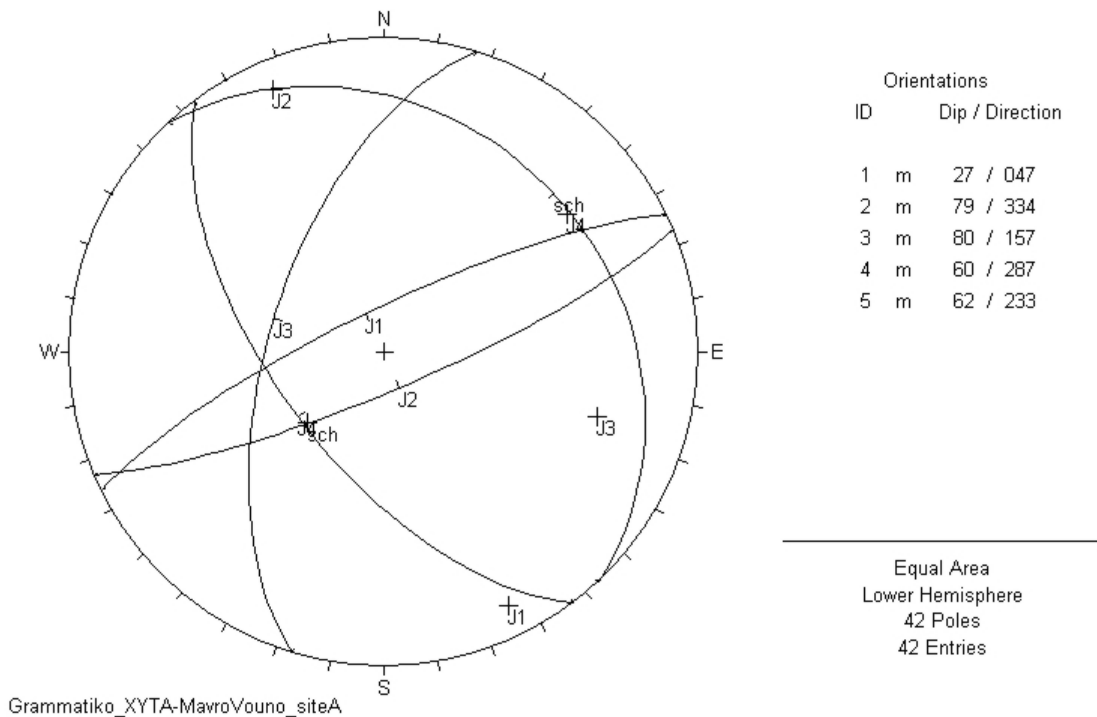
Τα παραπάνω συστήματα προκαλούν στο νότιο σκέλος του αμφίπλευρου ορύγματος, στο τμήμα που εξετάζεται, μέτρια έντονο κερματισμό χωρίς όμως να διαμορφώνονται σαφώς αναπτυγμένα καταμητικά σώματα. Η σχιστότητα τέμνει το επίπεδο του πρανούς διαγώνια ομόρροπα με γωνία μεγαλύτερη των 20° και εμφανίζεται με την ίδια πυκνότητα σε όλη την έκταση της περιοχής που εξετάζεται, παρουσιάζει πολύ μικρές αποστάσεις επανάληψης, πολύ υψηλή εξάπλωση και οι επιφάνειές της είναι επίπεδες έως κυματοειδής, κλειστές και ελαφρά τραχείες έως ομαλές. Οι ασυνέχειες των υπολοίπων συστημάτων που εντοπίστηκαν, παρουσιάζουν γενικά μέση έως μεγάλη απόσταση, μικρή έως πολύ μικρή και σπανιότερα μέση ανάπτυξη, κλειστό έως ανοιχτό διαχωρισμό, τραχείες έως ελαφρά τραχείες επιφάνειες, με σκληρό ως επί το πλείστον υλικό πλήρωσης (δευτερογενή ασβεσίτη). Οι χαρακτήρες των ασυνεχειών και κυρίως η περιορισμένη ανάπτυξη (πλην της σχιστότητας), ο κλειστός γενικά διαχωρισμός, η αυξημένη τραχύτητα και η παρουσία δευτερογενή ασβεσίτη ως υλικό πλήρωσης, συνεπάγονται την ύπαρξη σημαντικών τμημάτων υγιούς βραχομάζας (γεφυρών) στο σώμα του πρανούς τα οποία αυξάνουν κατά πολύ τη διατμητική αντοχή των υλικών και μειώνουν την πιθανότητα εκδήλωσης ολισθήσεων. Παρόλα αυτά ο κίνδυνος ολίσθησης δεν μπορεί να αποκλεισθεί, ιδιαίτερα κάτω από την επίδραση εξωγενών παραγόντων οι οποίοι θα συντελέσουν στη διατάραξη της ισορροπίας.



Φωτογραφία 4-3. Αποψη του νοτίου σκέλους αμφίπλευρου ορύγματος του εσωτερικού οδικού δικτύου που διαμορφώνεται ΒΑ/ικά και κατάντη της πλατείας του συνεργείου. Σημειώνεται με βέλος αναβαθμίδα της οποίας προτείνεται η συνέχεια και στο τμήμα που εξετάζεται.



Σχήμα 4-1. Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τα μέσα επίπεδα των συστημάτων των ασυνεχειών στο τεχνητό πρανές της Θέσης Α.



Σχήμα 4-2. Στερεογραφική προβολή Schmidt με τα μέσα επίπεδα των συστημάτων των ασυνεχειών στο τεχνητό πρανές της Θέσης Α.

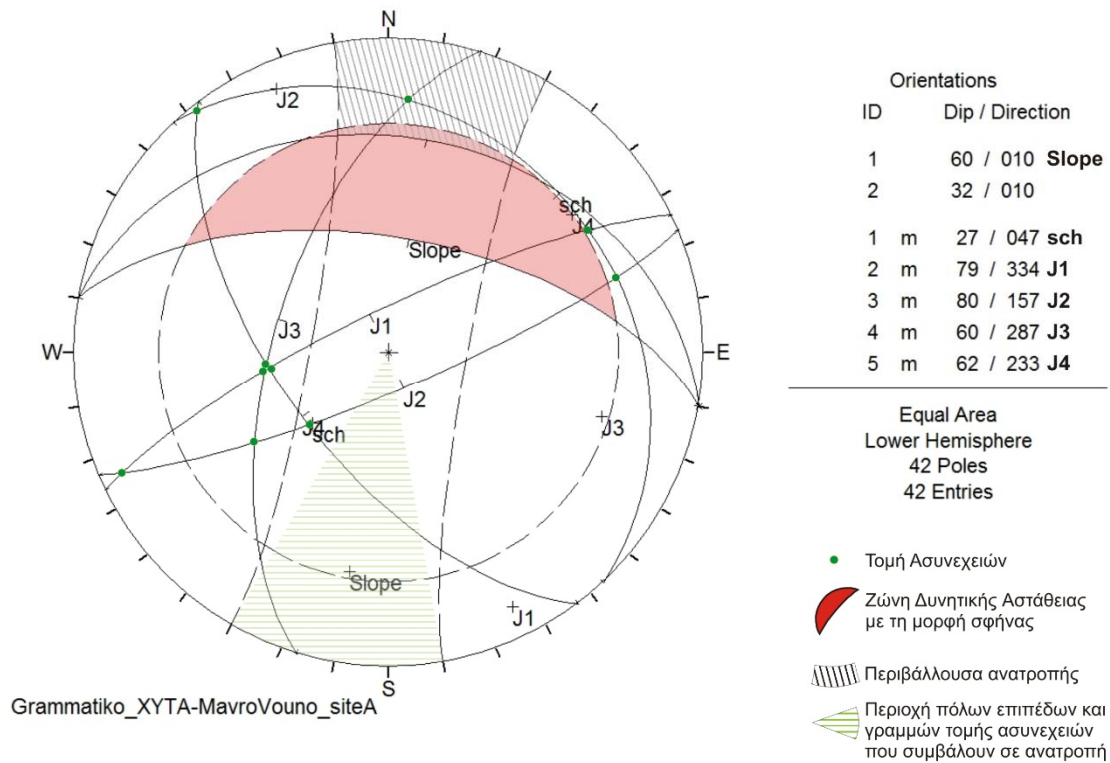
Στα ανατολικά όρια της θέσεις Α εντοπίζονται δύο ρήγματα μεσοσκοπικού πεδίου με προσανατολισμό (διεύθυνση κλίση/ κλίση) 345/80 και 295/42 που εντάσσονται στα συστήματα J1 και J3 και τέμνουν το πρανές διαγώνια ομόρροπα και εγκάρσια αντίστοιχα. Τα ρήγματα αυτά παρουσιάζονται ανοιχτά, με τραχείες επιφάνειες διαχωρισμού, πληρωμένα με δευτερογενή ασβεστίτη και δεν εγκυμονούν λόγω της γεωμετρίας τους προβλήματα αστάθειας.

Για τη διερεύνηση του κινδύνου εκδήλωσης αστοχιών με τη μορφή επιπέδου, σφήνας ή και ανατροπής στη βόρεια όψη του αμφίπλευρου ορύγματος, πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευστάθειας (Σχήμα 4-3). Σημειώνεται ότι η γωνία τριβής κατά μήκος των επιπέδων των ασυνεχειών, λήφθηκε για τους σχιστόλιθους 28° υπέρ της ασφάλειας, με βάση την εμπειρία από αντίστοιχους σχηματισμούς στον Ελληνικό χώρο. Από τη μελέτη της ζώνης δυνητικής αστάθειας, διαπιστώθηκε ότι δεν περικλείονται σε αυτή τομές συστημάτων ασυνεχειών και επομένως δεν αναμένεται η εκδήλωση αστοχιών με τη μορφή βραχοσφηνών. Οι τομές της σχιστότητας (sch) με τα συστήματα J1 και J2 που οριακά κείνται εκτός της ζώνης δυνητικής αστάθειας, πιστεύεται ότι δεν δύνανται να προκαλέσουν την εκδήλωση βραχοσφηνών είτε λόγω της φύσης των επιπέδων των ασυνεχειών που συμμετέχουν (τραχείες επιφάνειες, πλήρωση με δευτερογενή ασβεστίτη, γωνία τομής μικρότερη από αυτή της τριβής κ.ά.) αλλά και της παρουσίας των μαρμάρων κατά το ήμισυ του πρανούς τα οποία ενισχύουν τις μηχανικές αντοχές της βραχομάζας. Από την παρατήρηση της περιβάλλουσας ανατροπής φαίνεται ότι δεν είναι πιθανή η εκδήλωση αυτού του τύπου της αστοχίας ενώ δεν αναμένονται και επίπεδες ολίσθησεις.

Από την παραπάνω ανάλυση των συνθηκών ευστάθειας προκύπτει ότι δεν αναμένονται αστοχίες στο τεχνητό πρανές της θέσης Α. Ομως λόγω του μεγάλου ύψους και της έντονης διαμόρφωσης αυτού, κρίνεται σκόπιμη η δημιουργία αναβαθμού πλάτους 2,0-3,0m στο μέσον περίπου του πρανούς με τη διατήρηση της υφιστάμενης κλίσης. Ουσιαστικά πρόκειται για επέκταση σε όλο το μήκος του εξεταζόμενου τμήματος μιας υπάρχουσας βαθμίδας στο δυτικό όριο (Φωτογραφία 2-3).

4.3 Ανάλυση τεχνικογεωλογικών συνθηκών ευστάθειας στο τεχνητό πρανές στη θέση Β

Το τεχνητό πρανές που εξετάζεται στη θέση Β κείται στα ανάντη τμήματος του εσωτερικού οδικού δικτύου που διέρχεται βορειότερα του κλάδου της θέσης Α με τον οποίο αποτελεί κύκλωμα για την προσέγγιση του «κυτάρου Α» από την είσοδο των εγκαταστάσεων και καταλαμβάνεται εξ ολοκλήρου από μάρμαρα (βλέπε Τεχνικογεωλογικό Χάρτη ΧΥΤΑ Γραμματικού κλίμακας 1:1.000, Φωτογραφία 4-4). Το πρανές αυτό υ-



Σχήμα 4-3. Ανάλυση ευστάθειας στο τεχνητό πρανές της Θέσης Α.

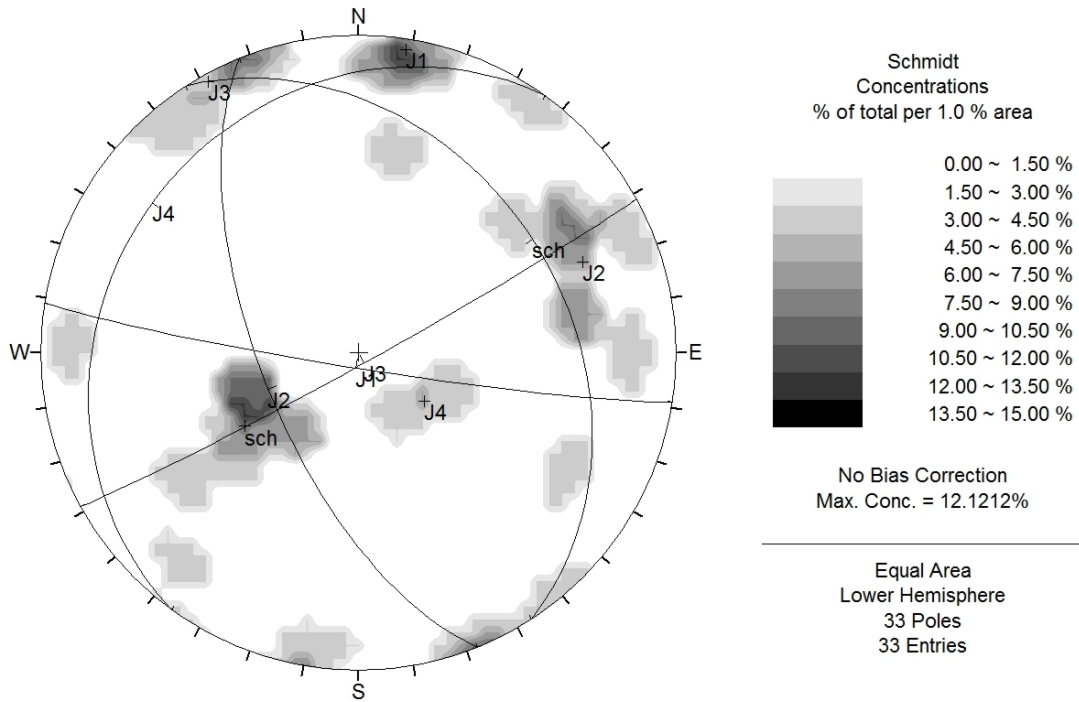
πάγεται, όπως και αυτό στη θέση Α, στη βορειοδυτικότερη ράχη των Αγίων Θεοδώρων πριν το διάσελο με το Μαύρο Βουνό. Η παράταξη του τεχνητού πρανούς είναι $B75^\circ\Delta$ και η κλίση του λαμβάνεται 78° αν και σε κάποια σημεία εμφανίζεται σχεδόν κατακόρυφη. Επομένως η γεωμετρία που ελέγχεται, έχει στοιχεία προσανατολισμού (διεύθυνση κλίσης/ κλίση) $015^\circ/78^\circ$.

Από τη στατιστική επεξεργασία των τεκτονικών μετρήσεων στη Θέση Β εντοπίστηκαν πέντε κύρια συστήματα ασυνεχειών με στοιχεία (διεύθυνση κλίσης/ κλίση): J1 ($189^\circ/86^\circ$), J2 ($248^\circ/65^\circ$), J3 ($151^\circ/87^\circ$), J4 ($306^\circ/21^\circ$) και sch ($057^\circ/35^\circ$). Από τα συστήματα αυτά η στρώση- σχιστότητα (sch) επικρατεί. Οι στερεογραφικές προβολές Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των ασυνεχειών για τη Θέση Β παρουσιάζονται στα Σχήματα 4-4 και 4-5 αντίστοιχα.

Τα παραπάνω συστήματα προκαλούν στο πρανές που εξετάζεται, μέτρια έντονο κερματισμό χωρίς όμως να διαμορφώνονται σαφώς αναπτυγμένα κατατμητικά σώματα. Η σχιστότητα τέμνει το επίπεδο του πρανούς διαγώνια ομόρροπα με γωνία μεγαλύτερη των 20° και εμφανίζεται με την ίδια πυκνότητα σε όλη την έκταση της περιοχής που εξετάζεται, παρουσιάζει μικρές έως πολύ μικρές αποστάσεις επανάληψης, πολύ υψηλή εξάπλωση και οι επιφάνειές της είναι επίπεδες έως κυματοειδής, κλειστές και τραχείες. Οι ασυνέχειες των υπολοίπων συστημάτων που εντοπίστηκαν, παρουσιάζουν γενικά μέση έως μεγάλη απόσταση, μέση έως μικρή και κατά θέσεις πολύ μικρή ανάπτυξη,

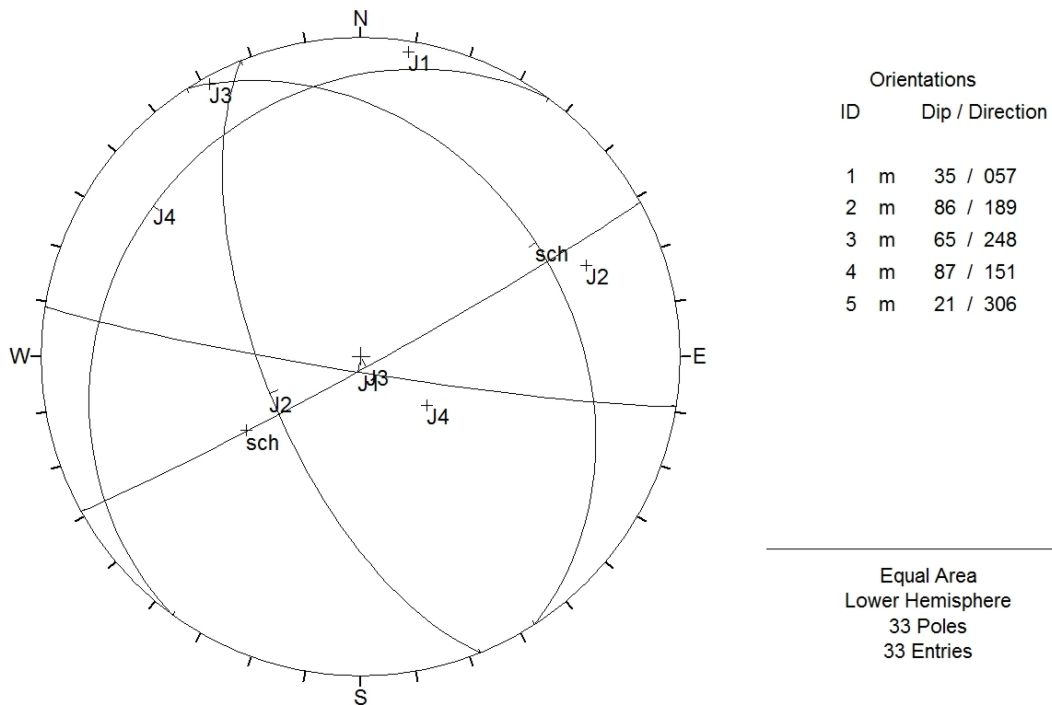


Φωτογραφία 4-4. Αποψη από βόρεια τεχνητού πρανούς του εσωτερικού οδικού δικτύου που διέρχεται βορειότερα του κλάδου της θέσης Α με τον οποίο αποτελεί κύκλωμα για την προσέγγιση του «κυτάρου Α» από την είσοδο των εγκαταστάσεων.



Grammatiko_XYTA-Mavrovouno_siteB

Σχήμα 4-4. Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τα μέσα επίπεδα των συστημάτων των ασυνεχειών στο τεχνητό πρανές της Θέσης Β.



Grammatiko_XYTA-Mavrovouno_siteB

Σχήμα 4-5. Στερεογραφική προβολή Schmidt με τα μέσα επίπεδα των συστημάτων των ασυνεχειών στο τεχνητό πρανές της Θέσης Β.

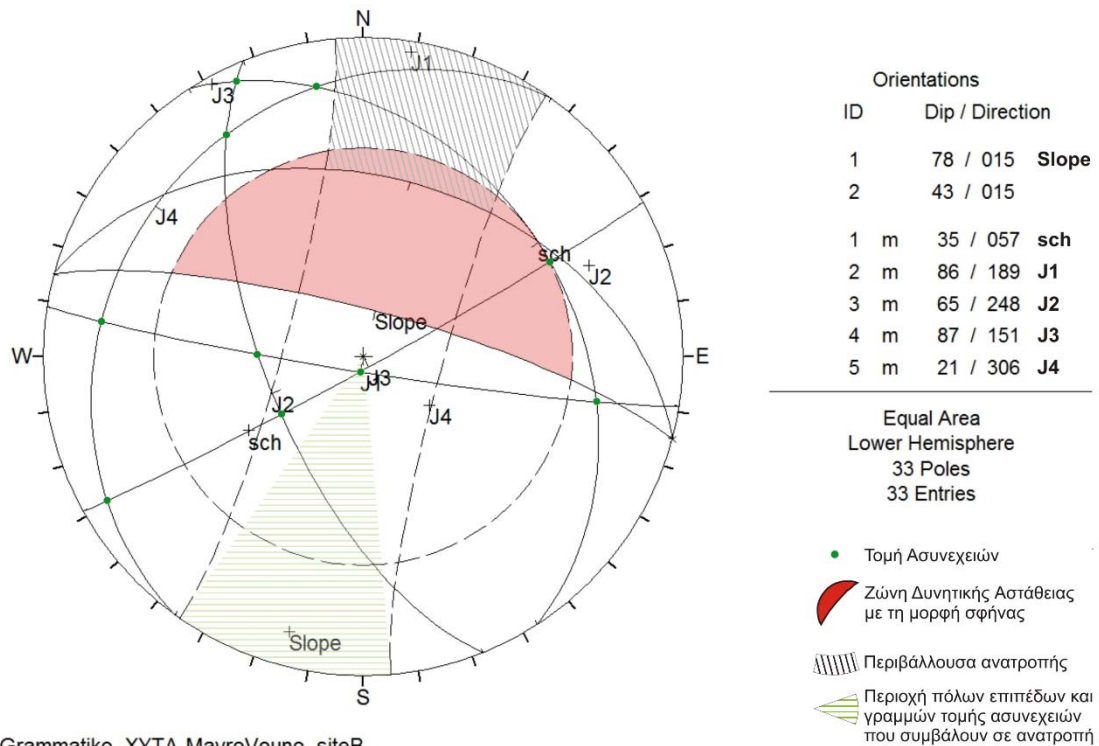
κλειστό έως ανοιχτό διαχωρισμό, τραχείες επιφάνειες με σκληρό ως επί το πλείστον υλικό πλήρωσης (δευτερογενή ασβεστίτη). Οι χαρακτήρες των ασυνεχειών και κυρίως η περιορισμένη ανάπτυξη (πλην της σχιστότητας), ο κλειστός γενικά διαχωρισμός, η αυξημένη τραχύτητα και η παρουσία δευτερογενή ασβεστίτη ως υλικό πλήρωσης, συνεπάγονται την ύπαρξη σημαντικών τμημάτων υγιούς βραχομάζας (γεφυρών) στο σώμα του πρανούς τα οποία αυξάνουν κατά πολύ τη διατμητική αντοχή των υλικών και μειώνουν την πιθανότητα εκδήλωσης ολισθήσεων.

Για τη διερεύνηση του κινδύνου εκδήλωσης αστοχιών με τη μορφή επιπέδου, σφήνας ή και ανατροπής στο τεχνητό πρανές της θέσης Β, πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευστάθειας (Σχήμα 4-6). Σημειώνεται ότι η γωνία τριβής κατά μήκος των επιπέδων των ασυνεχειών, λήφθηκε για τα μάρμαρα 35° υπέρ της ασφάλειας, με βάση την εμπειρία από αντίστοιχους σχηματισμούς στον Ελληνικό χώρο. Από τη μελέτη της ζώνης δυνητικής αστάθειας, διαπιστώθηκε ότι δεν περικλείονται σε αυτή τομές συστημάτων ασυνεχειών και επομένως δεν αναμένεται η εκδήλωση αστοχιών με τη μορφή βραχοσφηνών. Η τομή της σχιστότητας (sch) με το σύστημα J3 που οριακά κείται εκτός της ζώνης δυνητικής αστάθειας, πιστεύεται ότι δεν δύναται να προκαλέσει την εκδήλωση βραχοσφηνών λόγω κυρίως της φύσης των επιπέδων των ασυνεχειών που συμμετέχουν (τραχείες επιφάνειες, πλήρωση με δευτερογενή ασβεστίτη, γωνία τομής μικρότερη από αυτή της τριβής κ.ά.). Από την παρατήρηση της περιβάλλουσας ανατροπής φαίνεται ότι είναι πιθανή η εκδήλωση αυτού του τύπου της αστάθειας κατά μήκος του συστήματος J1. Στην πραγματικότητα όμως αυτή η πιθανότητα δεν είναι δυνατή καθώς δεν υφίστανται οι επιφάνειες εκείνες που θα αποτελούσαν το επίπεδο βάσης για τη διευκόλυνση της αστοχίας. Στα σημεία που τα επίπεδα των ασυνεχειών του συστήματος J1 αποκαλύπτονται στο πρανές του προσδίδουν αρνητική κλίση. Τέλος σημειώνεται ότι δεν αναμένονται επίπεδες ολίσθησεις.

Από την παραπάνω ανάλυση των συνθηκών ευστάθειας προκύπτει ότι η υπάρχουσα διαμόρφωση του τεχνητού πρανούς στη θέση Β δεν εγκυμονεί κανένα κίνδυνο αστάθειας και η γεωμετρία του μπορεί να παραμείνει όπως έχει κατασκευασθεί.

4.4 Ανάλυση τεχνικογεωλογικών συνθηκών ευστάθειας στο τεχνητό πρανές στη θέση Γ

Το τεχνητό πρανές που εξετάζεται στη θέση Γ κείται στα ανάντη και ανατολικά των εγκαταστάσεων επεξεργασίας στραγγισμάτων και καταλαμβάνεται από σχιστόλιθους με μια φακοειδή ένστροψη ψαμμιτών μήκους 45,0m και μέγιστου πλάτους περί τα 8,0m (βλέπε Τεχνικογεωλογικό Χάρτη ΧΥΤΑ Γραμματικού κλίμακας 1:1.000, Φωτογραφία 4-5). Οι συνθήκες ευστάθειας ελέγχονται μόνο στο τμήμα που καταλαμβάνεται



Σχήμα 4-6. Ανάλυση ευστάθειας στο τεχνητό πρανές της Θέσης Β.

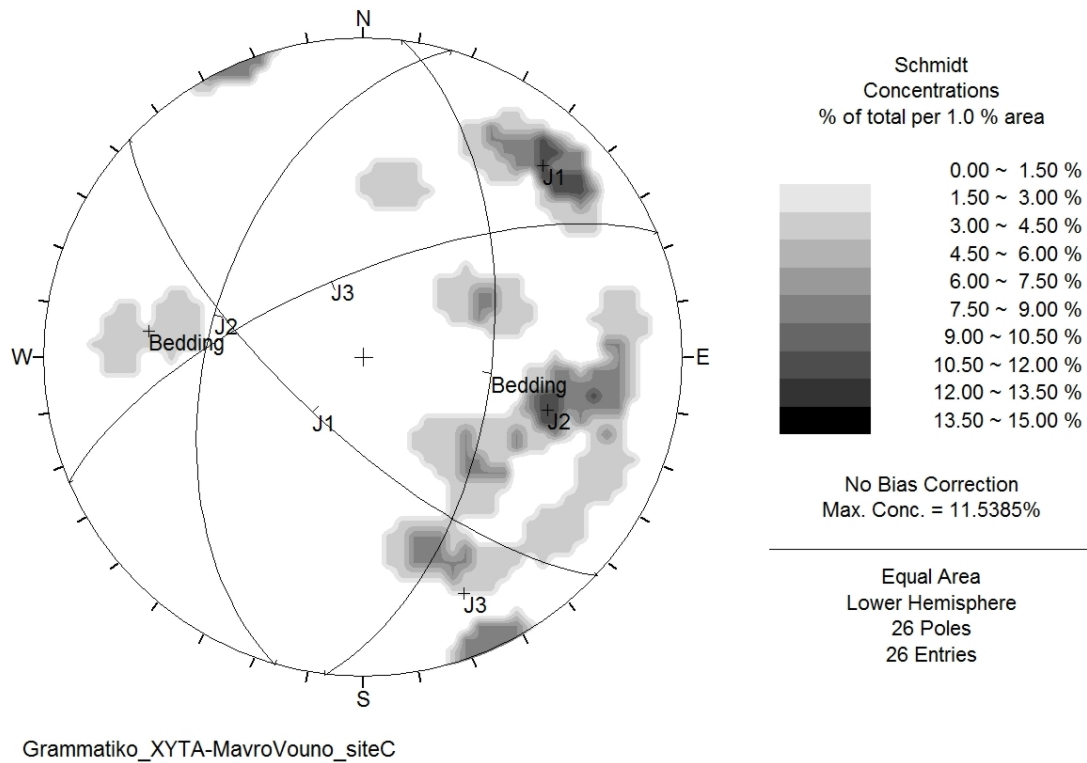
από τους ψαμίτες. Το πρανές αυτό δημιουργήθηκε στις δυτικές παρειές του Μαύρου Βουνού στα βορειότερα όρια των εγκαταστάσεων του ΧΥΤΑ. Η παράταξη του τεχνητού πρανούς είναι $B20^{\circ}A$ και η κλίση του 65° . Επομένως η γεωμετρία που ελέγχεται, έχει στοιχεία προσανατολισμού (διεύθυνση κλίσης/ κλίση) $290^{\circ}/65^{\circ}$.

Από τη στατιστική επεξεργασία των τεκτονικών μετρήσεων στην ψαμμιτική ένστροψη της θέσης Γ εντοπίστηκαν τέσσερα κύρια συστήματα ασυνεχειών με στοιχεία (διεύθυνση κλίσης/ κλίση): J1 ($233^{\circ}/71^{\circ}$), J2 ($286^{\circ}/50^{\circ}$), J3 ($337^{\circ}/69^{\circ}$) και bedding ($097^{\circ}/57^{\circ}$). Οι στερεογραφικές προβολές Schmidt με τις πυκνότητες και τις μέσες επιφάνειες των ασυνεχειών για τη Θέση Β παρουσιάζονται στα Σχήματα 4-7 και 4-8 αντίστοιχα.

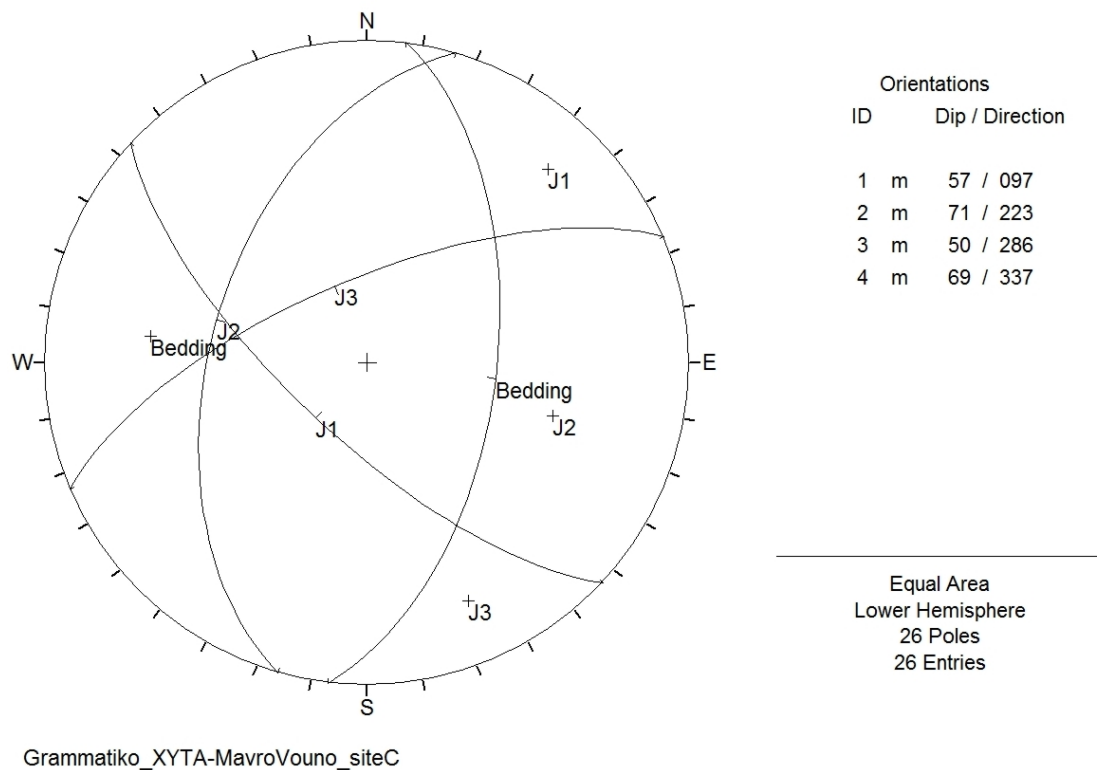
Τα παραπάνω συστήματα προκαλούν στο ψαμμιτικό τμήμα του πρανούς που εξετάζεται μέτρια έντονο κερματισμό και διαμορφώνουν σαφώς αναπτυγμένα καταμητικά σώματα (Φωτογραφία 4-5). Οι ασυνέχειες των συστημάτων που εντοπίστηκαν παρουσιάζουν μέση ως μεγάλη απόσταση, μέση έως μικρή ανάπτυξη πλήν της στρώσης που εμφανίζει υψηλή, κλειστό έως ανοιχτό διαχωρισμό, τραχείες επιφάνειες με σκληρό υλικό πλήρωσης (δευτερογενή ασβεσίτη). Οι ασυνέχειες αυτές εμφανίζουν σε κάποια σημεία πύκνωση χωρίς συστηματικότητα η οποία δεν τροποποιεί ουσιαστικά τη μηχανική συμπεριφορά της βραχομάζας. Οι χαρακτήρες των ασυνεχειών και κυρίως η περιορισμένη ανάπτυξη, η αυξημένη τραχύτητα και η παρουσία του δευτερογενή ασβε-



Φωτογραφία 4-5. Αποψη από δυτικά του τεχνητού πρανούς στα ανάντη των εγκαταστάσεων επεξεργασίας στραγγισμάτων.



Σχήμα 4-7. Στερεογραφική προβολή Schmidt με τις πυκνότητες και τα μέσα επίπεδα των συστημάτων των ασυνεχειών στο τεχνητό πρανές της Θέσης Γ.



Σχήμα 4-8. Στερεογραφική προβολή Schmidt με τα μέσα επίπεδα των συστημάτων των ασυνεχειών στο τεχνητό πρανές της Θέσης Γ.

στίτη ως υλικό πλήρωσης, συνεπάγονται την ύπαρξη σημαντικών τμημάτων υγιούς βραχομάζας (γέφυρών) στο σώμα του πρανούς τα οποία αυξάνουν κατά πολύ τη διατμητική αντοχή των υλικών και μειώνουν την πιθανότητα εκδήλωσης ολισθήσεων. Παρόλα αυτά ο κίνδυνος ολίσθησης δεν μπορεί να αποκλεισθεί, ιδιαίτερα κάτω από την επίδραση εξωγενών παραγόντων οι οποίοι θα συντελέσουν στη διατάραξη της ισορροπίας.

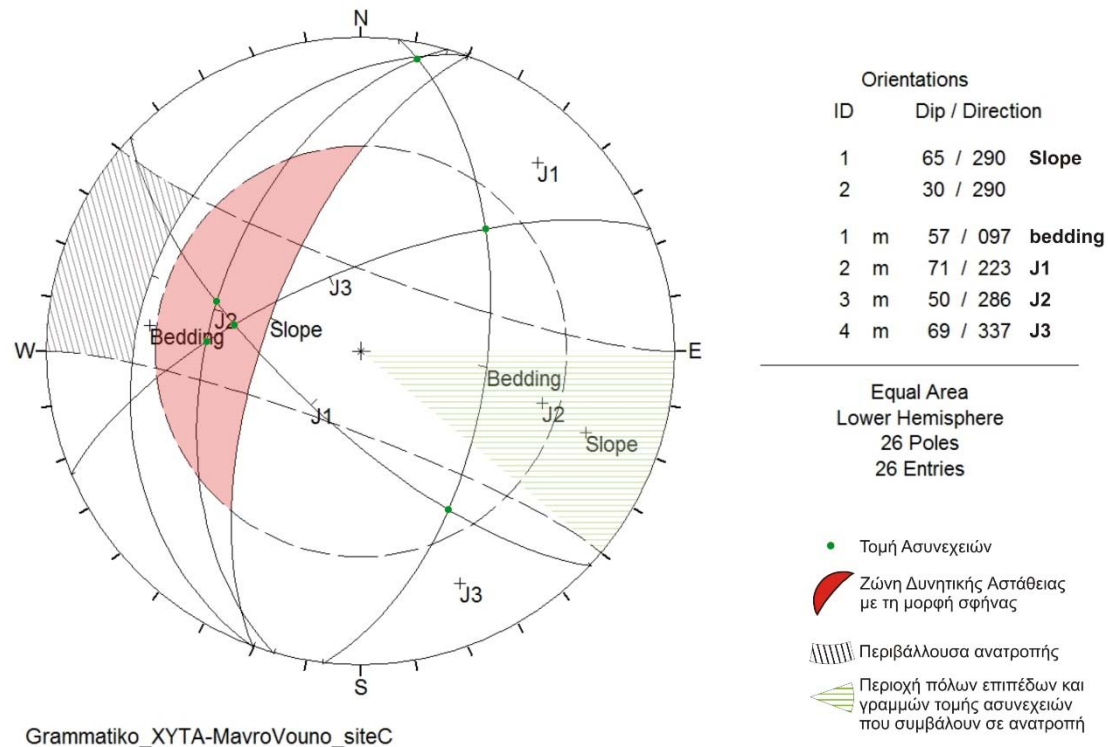
Από την παρατήρηση του πρανούς, διαπιστώνεται η παρουσία προεξοχών, τοπικών μεταβολών στην κλίση καθώς και διεύρυνση κατά θέσεις του διαχωρισμού των ασυνεχειών που επί το πλείστον οφείλονται στο σύνολό τους στη διαδικασία εξόρυξης (Φωτογραφία 4-5). Η γενικότερη αυτή διατάραξη της ομοιογένειας της βραχομάζας επιδρά δυσμενώς στην ευστάθεια.

Για τη διερεύνηση του κινδύνου εκδήλωσης αστοχιών με τη μορφή επιπέδου, σφήνας ή και ανατροπής στο τεχνητό πρανές της θέσης Β, πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευστάθειας (Σχήμα 4-9). Σημειώνεται ότι η γωνία τριβής κατά μήκος των επιπέδων των ασυνεχειών, λήφθηκε για τους ψαμμίτες 35° υπέρ της ασφάλειας, με βάση την εμπειρία από αντίστοιχους σχηματισμούς στον Ελληνικό χώρο. Από τη μελέτη της ζώνης δυνητικής αστάθειας διαπιστώθηκε ότι οι βραχοσφήνες που σχηματίζονται είναι αυτές που ορίζονται από την τομή του συστήματος J1 με τα J2 και J3 και του J2 με το J3. Από την ανάλυση Hocking προκύπτει ολίσθηση των βραχοσφηνών J1-J2 και J1-J3 κατά μήκος της διεύθυνσης τομής των επιπέδων που τις ορίζουν και της J2-J3 κατά το επίπεδο J2. Από την παρατήρηση της περιβάλλουσας ανατροπής φαίνεται ότι δεν είναι πιθανή η εκδήλωση αυτού του τύπου της αστοχίας. Επίπεδη ολίσθηση αναμένεται κατά μήκος του συστήματος J2.

Από την παρατήρηση των στερεογραφικών προβολών Schmidt που παρουσιάζονται στα Σχήματα 4-7 έως 4-9 και αναφέρονται στην ψαμμιτική ένστρωση που παρατηρείται στο τεχνητό πρανές της θέσης Γ, φαίνεται ότι η γωνία κλίσης των αξόνων του συνόλου των βραχοσφηνών είναι μεγαλύτερη από τη γωνία τριβής (35°) των επιφανειών ολίσθησης. Το ίδιο ισχύει και για τις γωνίες κλίσης των επιφανειών του συστήματος J2. Επομένως συνεπάγεται ότι οι παραπάνω δυνητικές μορφές αστοχιών παρουσιάζουν συντελεστή ασφάλειας μικρότερο της μονάδας.

Από την παραπάνω ανάλυση συνάγεται ότι αν εξαιτίας κάποιου δευτερογενούς παράγοντα διαταραχθούν οι γέφυρες υγιούς υλικού που συγκρατούν στη θέση τους τις δυνητικές αστοχίες που διαμορφώνονται, τότε η ολίσθηση ή αποκόλληση είναι αναπόφευκτη. Τα υλικά που θα μετακινηθούν θα κινηθούν ανεμπόδιστα προς την περίφραξη περιμετρικά των εγκαταστάσεων επεξεργασίας στραγγισμάτων καθώς δεν υπάρχει κά-

ποιο φυσικό ή τεχνητό εμπόδιο να τις αποτρέπει. Παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν την εκδήλωση των φαινομένων αυτών είναι οι σεισμικές φορτίσεις, η πίεση του νερού των πόρων κ.ά.



Σχήμα 4-9. Ανάλυση ευστάθειας στο τεχνητό πρανές της Θέσης Γ.

Για την εξασφάλιση της ευστάθειας του πρανούς στη θέση Γ και της ασφάλειας των κατάντη εγκαταστάσεων επεξεργασίας στραγγισμάτων, προτείνεται η εφαρμογή ενός καννάβου αγκυριών βράχου και η επικάλυψη της ψαμμιτικής ένστρωσης με εκτοξευμένο σκυρόδεμα το οποίο θα επιφέρει επούλωση του ανοίγματος των ασυνεχειών και την αύξηση τη διατμητικής αντοχής και προστασία από την επίδραση εξωγενών παραγόντων όπως έντονες και παρατεταμένες βροχοπτώσεις και το πάγωμα του νερού που προκαλούν αυξομειώσεις στην πίεση του νερού στις ρωγμές, σεισμικές και κάθε άλλου τύπου δονήσεις στη στενή και ευρύτερη περιοχή κ.ά.

4.5 Φαινόμενα αστάθειας στο τεχνητό πρανές ανάντη του κτιρίου Διοίκησης

Στο τεχνητό πρανές ύψους περί τα 20,0m ανάντη του κτιρίου Διοίκησης του οποίου η συνέχεια διακόπτεται με αναβαθμό στο μέσον του, έλαβαν χώρα φαινόμενα αστάθειας στο κατώτερο τμήμα του, στο ύψος μεταξύ υφιστάμενης δεξαμενής και του κτιρίου (βλέπε Τεχνικογεωλογικό Χάρτη ΧΥΤΑ Γραμματικού κλίμακας 1:1.000, Φωτογραφία 4-6). Πρόκειται για θραύσεις και ολισθήσεις εντός των σχιστολίθων μέγιστου εύρους



Φωτογραφία 4-6. Φαινόμενα αστάθειας στο τεχνητό πρανές ανάντη του Κτιρίου Διοίκησης. Σημειώνεται το περίγραμμα των θραύσεων.

12,0m. Η μετατόπιση των υλικών που ενεργοποιήθηκαν είναι μικρή ενώ τα φαινόμενα στην παρούσα φάση περιορίζονται από το μέσον του πρανούς κατάντη του αναβαθμού έως τον πόδα.

Οι σχιστόλιθοι στη θέση αυτή παρουσιάζονται φυλλώδεις με προσανατολισμό ομόρροπο έως διαγώνια ομόρροπο προς το πρανές (βλέπε Τεχνικογεωλογικό χάρτη Κλίμακας 1:1.000). Η αποκοπή στη στέψη και των δύο θραύσεων που αποτυπώνονται, ελέγχεται από ασυνέχειες με γεωμετρικά χαρακτηριστικά (διεύθυνση κλίσης/ κλίση) $304^{\circ}/80^{\circ}$ και $295^{\circ}/85^{\circ}$ στο βορειότερο και $069^{\circ}/73^{\circ}$ στο νοτιότερο και μεγαλύτερης έκτασης φαινόμενο. Η ολίσθηση στη συνέχεια ακολουθεί τη σχιστότητα/ φύλλωση. Ο προσανατολισμός του πρανούς αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα για την εκδήλωση των παραπάνω φαινομένων.

Για την σταθεροποίηση του πρανούς στη θέση αυτή προτείνεται η κατασκευή τοίχου αντιστήριξης από συρματοκιβώτια στο πόδα ύψους 2,0m για όλο το μήκος διαμόρφωσής του.

4.6 Συνθήκες ευστάθειας σε τεχνητό πρανές στη συμβολή οδών εξυπηρέτησης

Η μορφολογική προεξοχή μεταξύ των θέσεων Α και Β που δημιουργείται από τη συμβολή των τεχνητών πρανών κλάδων του εσωτερικού οδικού δικτύου προσέγγισης της εισόδου των εγκαταστάσεων με την περιμετρική του κυττάρου οδό, καταλαμβάνεται στο ανώτερο τμήμα της από ζώνη έντονης αποσάθρωσης ή οποία εγκυμονεί σοβαρό κίνδυνο αστοχίας (Φωτογραφία 4-7). Οι έντονες μορφολογικές κλίσεις διαμόρφωσης, ο ομόρροπος έως διαγώνια ομόρροπος προσανατολισμός της φύλλωσης, το σημαντικό πάχος του μανδύα αποσάθρωσης και η απουσία αντιστήριξης αποτελούν τους κύριους παράγοντες που υπαγορεύουν την αναγκαιότητα λήψης μέτρων για την αποφυγή μελλοντικών φαινομένων αστάθειας. Το καλύτερο μέτρο για την ανακούφιση του πρανούς στη θέση αυτή είναι η βελτίωση της γεωμετρίας του, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με την απομάκρυνση του αποσαθρωμένου σχηματισμού και τμήματος της υποκείμενης κερματισμένης ζώνης έως το επίπεδο φακοειδούς ένστρωσης μαρμάρων όπως υποδεικνύεται στη Φωτογραφία 2-7. Ο όγκος των υλικών που θα μετακινηθεί είναι μικρός και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υλικό επίστρωσης στο κύτταρο κατά τη λειτουργία του.

4.7 Συμπεράσματα- Προτάσεις επί των Τεχνικογεωλογικών συνθηκών

Από την τεχνικογεωλογική εξέταση στην περιοχή του ΧΥΤΑ Γραμματικού διαπιστώθηκε ότι:



Φωτογραφία 4-7. Αποψη της προεξοχής που δημιουργείται από τη συμβολή τεχνητών πρανών κλάδων του εσωτερικού οδικού δικτύου. Σημειώνεται το περίγραμμα της προτεινόμενης ελάφρυνσης.

- (1) Δεν αναμένονται προβλήματα αστάθειας, με βάση παρατηρήσεις στον ευρύτερο χώρο, στα πρανά που διαμορφώθηκαν για την ανάπτυξη του κυττάρου απόθεσης.
- (2) Από την εξέταση της φυσικής κατάστασης και των συνθηκών διάρρηξης της βραχομάζας σε τεχνητά πρανά που έχουν διανοιχθεί για την έλευση του οδικού δικτύου αλλά και την τοποθέτηση των εγκαταστάσεων του ΧΥΤΑ, διαπιστώθηκε ότι δεν αναμένονται ιδιαίτερα προβλήματα καταπτώσεων και ολισθήσεων πλην κάποιας περιορισμένης έκτασης για τα οποία τα οποία έχουν προταθεί μέτρα ανάσχεσης.
- (3) Για την ανακούφιση του πρανούς της μορφολογικής προεξοχής που δημιουργείται από τη συμβολή κλάδων του εσωτερικού οδικού δικτύου προσέγγισης της εισόδου των εγκαταστάσεων με την περιμετρική του κυττάρου οδό απαιτείται η βελτίωση της γεωμετρίας του, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με την απομάκρυνση του αποσθρωμένου σχηματισμού και τμήματος της υποκείμενης κερματισμένης ζώνης.
- (4) Στο τεχνητό πρανές ανάντη του κτιρίου Διοίκησης παρατηρήθηκαν θραύσεις και ολισθήσεις εντός των σχιστολίθων. Τα φαινόμενα στην παρούσα φάση περιορίζονται στο τμήμα του πρανούς κατάντη του αναβαθμού που έχει δημιουργηθεί και μεταξύ του κτιρίου και της δεξαμενής που υφίσταται. Για την σταθεροποίηση του πρανούς στη θέση αυτή προτείνεται η κατασκευή τοίχου αντιστήριξης από συρματοκιβώτια στο πόδα ύψους 2,0m για όλο το μήκος διαμόρφωσής του.

Επιπρόσθετα με βάση τις παρατηρήσεις στον ευρύτερο χώρο των εγκαταστάσεων του ΧΥΤΑ, διαπιστώθηκε ότι η διαμορφούμενη έως σήμερα κατάσταση στην κατάληξη της μισγάγγειας ΒΑ-ΝΔ/ικής διεύθυνσης που συγκεντρώνει και παροχετεύει τα νερά λεκάνης που ορίζεται από την «Πλατεία Κτιρίου Διοίκησης», το μνημείο του αεροπορικού δυστυχήματος και της «Πλατείας Συνεργείου», δεν είναι επαρκής για την παραλαβή και διοχετεύση των υδάτων προς τη δυτικότερα ευρισκόμενη μεγαλύτερης δυναμικότητας μισγάγγεια (Φωτογραφία 4-8). Στην περίπτωση χειμαρρικών παροχών πιστεύεται ότι οι συγκεντρούμενες ποσότητες υδάτων στην παραπάνω θέση θα καταλήξουν στο παρακείμενο τμήμα του οδικού δικτύου και το κύτταρο με αποτέλεσμα την πρόκληση ζημιών. Για την αποφυγή προβλημάτων κατά τη λειτουργία του έργου, θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την ασφαλή συλλογή και παροχέτευση των υδάτων δυτικά προς τους υφιστάμενους φυσικούς αποδέκτες.



Φωτογραφία 4-8. Αποψη από βόρεια της λεκάνης που ορίζεται από την «Πλατεία Κτιρίου Διοίκησης», το μνημείο του αεροπορικού δυστυχήματος και της «Πλατείας Συνεργείου». Σημειώνεται η περιοχή των προτεινόμενων παρεμβάσεων

Συμπερασματικά αναφέρεται ότι τα προβλήματα που εντοπίστηκαν κατά την τεχνικογεωλογική διερεύνηση των τεχνητών πρανών που διαμορφώθηκαν στο χώρο του ΧΥΤΑ Γραμματικού, είναι ελάσσονος σημασίας, μπορούν να αντιμετωπισθούν με την εφαρμογή απλών και οικονομικά εφικτών μέτρων (δημιουργία αναβαθμών, τοίχος αντιστήριξης από συρματοκιβώτια, εφαρμογή αγκυρίων βράχου και εκτοξευόμενου σκυροδέματος κ.ά.) και δε δύναται σε καμία περίπτωση να αποτελέσουν εμπόδιο στη λειτουργία του Έργου.

5. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

5.1 Υδροσημεία απογραφής

Κατά την διάρκεια των υδρογεωλογικών εργασιών που πραγματοποιήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας Τεχνικής Έκθεσης, απογράφησαν και αξιολογήθηκαν οι υδρογεωτρήσεις, οι οποίες χρησιμοποιούνται για ύδρευση στην περιοχή Βαρνάβα και Γραμματικού. Επίσης αξιολογήθηκαν οι δύο υδρογεωτρήσεις οι οποίες έχουν κατασκευαστεί εντός του ΧΥΤΑ στα πλαίσια της Μελέτης του Έργου.

Επιπλέον αναγνωρίστηκαν και αξιολογήθηκαν πηγές που βρίσκονται εντός των τοπικών λεκανών απορροής των υδρορεμάτων τα οποία απορρέουν προς τα ανατολικά-βορειοανατολικά, συμπεριλαμβανομένης και εκείνης της λεκάνης εντός της οποίας βρίσκεται το εν λόγω έργο. Στην πλειοψηφία πρόκειται για μικροπηγές αμελητέων παροχών, το νερό των οποίων απορρέει ελεύθερα χωρίς να αξιοποιείται. Εξαιρέση αποτελεί μία μόνο πηγή στην περιοχή Αγ. Ιωάννη Γραμματικού, της οποίας οι παροχές είναι αξιόλογες και καλύπτει κύρια κτηνοτροφικές ανάγκες. Οι εκφορτίσεις αυτές βρίσκονται σε υψόμετρα χαμηλότερα των εγκαταστάσεων εκτός από μία που εκφορτίζει νοτιοδυτικά του ΧΥΤΑ (Σχ. 2-1).

Πιο αναλυτικά, σε ότι αφορά τις υδρογεωτρήσεις ύδρευσης, εντοπίστηκαν πέντε (5) σε ακτίνα $> 2,5$ χλμ. και < 8 χλμ. Τρεις γεωτρήσεις βρίσκονται στην περιοχή Βαρνάβα (Σχ. 5-1α), μία στην ευρύτερη περιοχή Γραμματικού και μία πλησίον του οικισμού Άνω Σούλι (Σχ. 5-1β).

Από όλες τις παραπάνω υδρογεωτρήσεις ελήφθησαν δείγματα νερού, τα οποία αναλύθηκαν στο "Εργαστήριο Αναλύσεων Νερών" του ΙΓΜΕ.

Οι μικροπηγές, είναι περιοδικής ή περιστασιακής εκροής, με παροχές μερικών λίτρων την ώρα ή το 24ωρο. Εντοπίζονται διάσπαρτες εντός των λεκανών των υδρορεμάτων. Η δε υπόγεια λεκάνη τροφοδοσίας τους συνδέεται κύρια με φακούς ή ενστρώσεις μαρμάρων μικρής έκτασης.

Η πλησιέστερη μικροπηγή σε σχέση με τη θέση του ΧΥΤΑ εντοπίστηκε νοτιοανατολικά σε απόσταση > 250 μ. και σε υψόμετρο περίπου 385μ. (το υψόμετρο εκτιμήθηκε με GPS). Η εν λόγω πηγή εκφορτίζει εντός της λεκάνης του υδρορέματος Γκούριζα, η οποία όπως προαναφέρθηκε αναπτύσσεται αμέσως νότια της λεκάνης του έργου (Σχ. 2-1). Επίσης στην ίδια λεκάνη, πλησίον της κοίτης του Ρ. Γκούριζα, σε χαμηλότερη θέση και σε υψόμετρο 255 μ. εκφορτίζει κι άλλη πηγή αμελητέας παροχής (< 5 λιτρ./ώρα, την ημέρα της επίσκεψης) με συνεχή ροή καθόλη στην διάρκεια του έτους (πληροφορία κατοίκων).

Εντός της λεκάνης του υδρορέματος, όπου έχει κατασκευαστεί ο ΧΥΤΑ, δεν εντοπίστηκε καμία μικροπηγή. Στην προς βορράν παρακείμενη λεκάνη του υδρορέματος Σωληνάρι εντοπίστηκε μικροπηγή, η οποία εκφορτίζει σε υψόμετρο 305μ. και σε απόσταση >800μ. (Σχ. 2-1). Την ημέρα κατά την οποία πραγματοποιήθηκε η αναγνώρισή της, η παροχή της εν λόγω πηγής εκτιμήθηκε σε < 5 λίτρα/ώρα.

Γενικά εκτιμάται ότι στην διάρκεια της ξηρής περιόδου η εκροή νερού από ανάλογης δυναμικότητας πηγές, σχεδόν μηδενίζεται.

Η σημαντικότερη πηγαία εκφόρτιση εντοπίζεται εντός της κοίτης του υδρορέματος Γκούριζα στην θέση Αγ. Ιωάννης. Η εν λόγω πηγή υδρομαστεύεται και το νερό μεταφέρεται κατάντη σε μικροδεξαμενή, η υπερχειλίση της οποίας αξιοποιείται είτε από τους τοπικούς κτηνοτρόφους είτε για περιορισμένη άρδευση και δευτερευόντως για λήψη νερού από διερχόμενους. Απέχει δε από τον ΧΥΤΑ 4.2 χλμ. περίπου (Σχ. 2-1).

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υδροσημείων, στα οποία πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και δειγματοληψίες νερού, είναι τα εξής:

Γ₁ ΒΑΡΝΑΒΑ (Γ₁ Β)

- απόσταση από ΧΥΤΑ : 5,5 χλμ. περίπου (μέτρηση με βάση το τοπ. Φο ΚΗΦΙΣΙΑ κλμ. 1:50.000).
- τοποθεσία : Πώρια
- συντεταγμένες : 381240 N και 0235457 E
- υψόμετρο θέσης : 505 μ. (εκτίμηση με GPS)
- στάθμη ηρεμίας και άντλησης: αδύνατη η μέτρηση λόγω τοποθέτηση υποβρύχιου αντλητικού και σφράγισης του στομίου
- παροχές άντλησης: > 60 M³/ώρα με συνεχόμενη άντληση την καλοκαιρινή περίοδο (πληρ. από τεχνικό του Δήμου)
- γεωλογικοί σχηματισμοί: γεωλογική τεχνική έκθεση για την κατασκευή δεν έχει συνταχθεί. Με βάση τα στοιχεία του γεωλογικού Χάρτη του ΙΓΜΕ, αλλά και από τις επιτόπιες παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, εκτιμάται ότι έχουν διατηρηθεί επιφανειακά αποθέσεις του Κ. Μειόκαινου και βαθύτερα ανακρυσταλλωμένα ανθρακικά ή/και μάρμαρα, εντός των οποίων δύναται να αναπτυχθούν υδροφόροι με ανάλογες παροχές.

Γ₂ ΒΑΡΝΑΒΑ (Γ₂ Β)

- απόσταση από ΧΥΤΑ : 6.4 χλμ. περίπου (μέτρηση με βάση το τοπ. Φο ΚΗΦΙΣΙΑ κλμ. 1:50.000).
- τοποθεσία : Λιοτόπι
- συντεταγμένες: 381505N και 0235444E

- υψόμετρο θέσης : 350 μ. (εκτίμηση με GPS)
- στάθμη ηρεμίας και άντλησης : αδύνατη η μέτρηση λόγω τοποθέτηση υποβρύχιου αντλητικού και σφράγισης του στομίου
- παροχές άντλησης: 40 – 50 M³/ώρα με συνεχόμενη άντληση την καλοκαιρινή περίοδο (πληροφ. από τεχνικό του Δήμου)
- γεωλογικοί σχηματισμοί: γεωλογική τεχνική έκθεση για την κατασκευή δεν έχει συνταχθεί Με βάση τα στοιχεία του γεωλογικού Χάρτη του ΙΓΜΕ , αλλά και από τις επιτόπιες παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν , εκτιμάται ότι έχει διατηρηθεί όπως και στην Γ2B η ίδια περίπου αλληλουχία γεωλογικών σχηματισμών με διαφορετικό ενδεχόμενα πάχος.

Γ₃ ΒΑΡΝΑΒΑ (Γ₃B)

- απόσταση από ΧΥΤΑ : 2.6 χλμ. περίπου (μέτρηση με βάση το τοπ. Φο ΚΗΦΙΣΙΑ κλίμ. 1:50.000)
- τοποθεσία: Μήτσαρι
- συντεταγμένες: 381426N και 235643E
- υψόμετρο θέσης : 510 μ. (εκτίμηση με GPS)
- στάθμη ηρεμίας και άντλησης: αδύνατη η μέτρηση λόγω τοποθέτηση υποβρύχιου αντλητικού και σφράγισης του στομίου
- παροχές άντλησης: 50-60 M³/ώρα με συνεχόμενη άντληση την καλοκαιρινή περίοδο (πληροφ. από τεχνικό του Δήμου)
- γεωλογικοί σχηματισμοί: γεωλογική τεχνική έκθεση για την κατασκευή της γεώτρησης δεν έχει συνταχθεί. Με βάση τα στοιχεία του γεωλογικού Χάρτη του ΙΓΜΕ, αλλά και από τις επιτόπιες παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν , εκτιμάται ότι πρέπει να έχουν διατηρηθεί ενστρώσεις μαρμάρων οι οποίες αναπτύσσονται εντός των σχιστόλιθων που κυριαρχούν στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος.

Γ₁ ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΟ (Γ₁Γ)

- απόσταση από ΧΥΤΑ : 4.1 χλμ. περίπου (μέτρηση με βάση το τοπ. Φο ΚΗΦΙΣΙΑ κλίμ. 1:50.000)
- υψόμετρο θέσης : 290 μ. (εκτίμηση με GPS)
- στάθμη ηρεμίας και άντλησης: αδύνατη η μέτρηση λόγω τοποθέτησης υποβρύχιου αντλητικού και σφράγισης του στομίου
- παροχές άντλησης: 30 M³/ώρα με συνεχόμενη άντληση την καλοκαιρινή περίοδο (πληροφ. από τεχνικό του Δήμου)
- γεωλογικοί σχηματισμοί : γεωλογική τεχνική έκθεση για την κατασκευή της γεώτρησης δεν έχει συνταχθεί. Με βάση την γεωλογία της περιοχής που εμπεριέχεται στον Χάρτη του ΙΓΜΕ., εκτιμάται ότι έχουν διατηρηθεί Σχιστόλιθοι και ενστρώσεις

μαρμάρων και ότι η υπόγεια υδροφορία αναπτύσσεται εντός των φακοειδών μαρμάρων ή/και ενστρώσεων.

Γ1-ΧΥΤΑ

- υψόμετρο θέσης : 376 ± 2 μ.
- βάθος διάτρησης : 48μ.
- στάθμη ηρεμίας : 12.00μ.
- παροχές άντλησης: με βάση την πληροφορία του κατασκευαστή και επιβλέποντα γεωλόγου, είναι ανύπαρκτη η υδροφορία.
- γεωλογικοί σχηματισμοί: με βάση τα στοιχεία του κατασκευαστή και επιβλέποντα γεωλόγου έχουν διατηρηθεί Σχιστόλιθοι καθόλη τη στήλη διάτρησης.

Γ2-ΧΥΤΑ

- υψόμετρο θέσης: 316 ± 2 μ.
- βάθος διάτρησης: 66 μ.
- στάθμη ηρεμίας: 27,40μ. βάθος (σε σχέση με το τοπογραφικό υψόμετρο της θέσης)
- παροχές άντλησης: με βάση την πληροφορία του κατασκευαστή και επιβλέποντα γεωλόγου, είναι ανύπαρκτη η υδροφορία.
- γεωλογικοί σχηματισμοί: με βάση τα στοιχεία του κατασκευαστή και επιβλέποντα γεωλόγου έχουν διατηρηθεί Σχιστόλιθοι καθόλη τη στήλη διάτρησης.

Γ3 ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΟ (Α. Σουλίου)- (Γ₃ Α.Σ.)

- απόσταση από ΧΥΤΑ : 5.7 χλμ. περίπου (μέτρηση με βάση το τοπ. Φο ΚΗΦΙΣΙΑ κλμ. 1:50.000)
- υψόμετρο θέσης : 130 μ.(εκτίμηση με GPS)
- στάθμη ηρεμίας και άντλησης: αδύνατη η μέτρηση λόγω τοποθέτησης υποβρύχιου αντλητικού και σφράγισης του στομίου.
- παροχές άντλησης: 50 M^3 / ώρα με συνεχόμενη άντληση την καλοκαιρινή περίοδο (πληροφ. από τεχνικό του Δήμου)
- γεωλογικοί σχηματισμοί : γεωλογική τεχνική έκθεση για την κατασκευή δεν έχει συνταχθεί. Με βάση την γεωλογία της περιοχής που εμπεριέχεται στον Χάρτη του ΙΓΜΕ, εκτιμάται ότι έχουν διατηρηθεί.

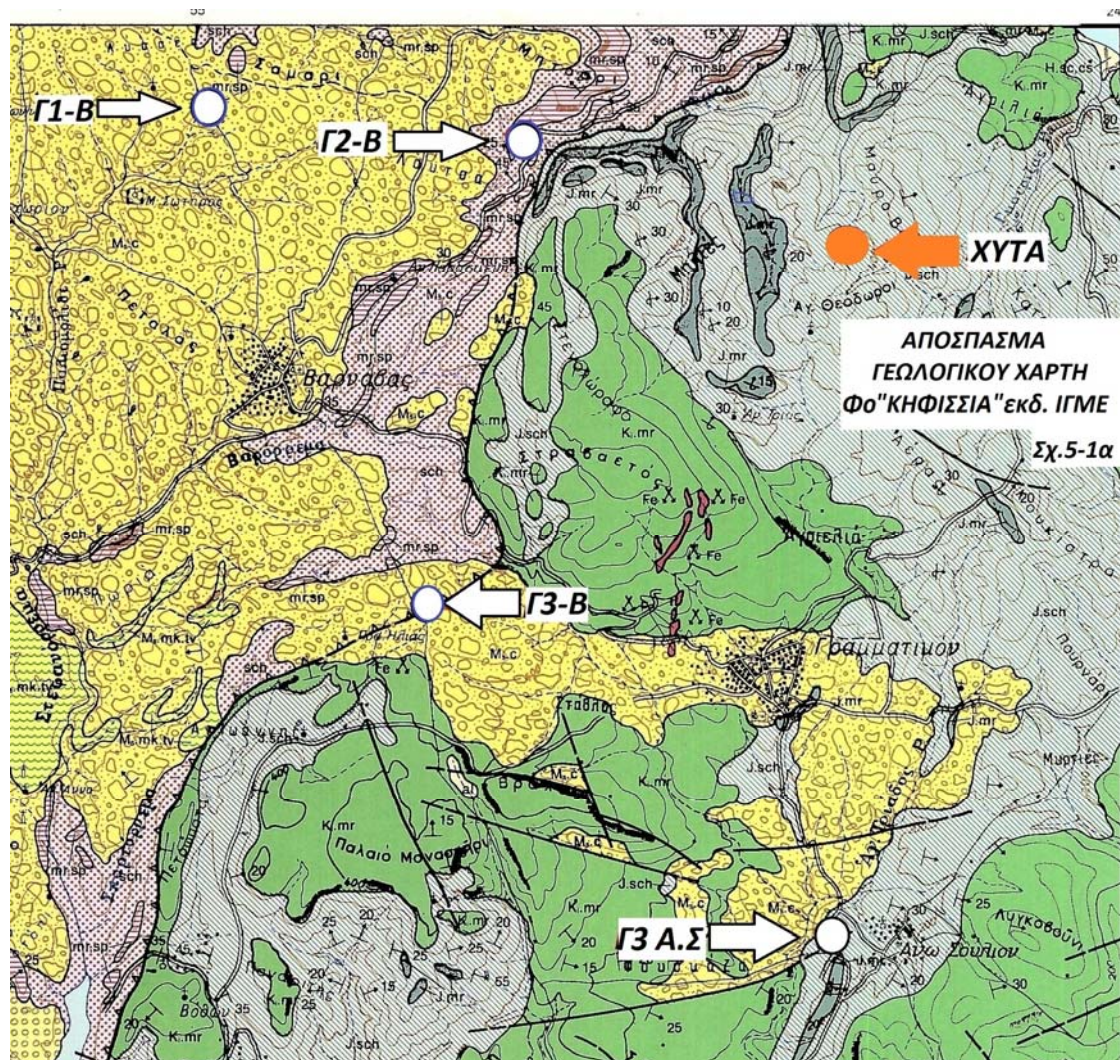
ΠΗΓΗ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗ (Γραμματικό)

- υψόμετρο θέσης: 210 (εκτίμηση με GPS)
- παροχές: 18 M^3 / ώρα (με βάση τις επιτόπιες παρατηρήσεις από την υπερχειλίση της δεξαμενής)

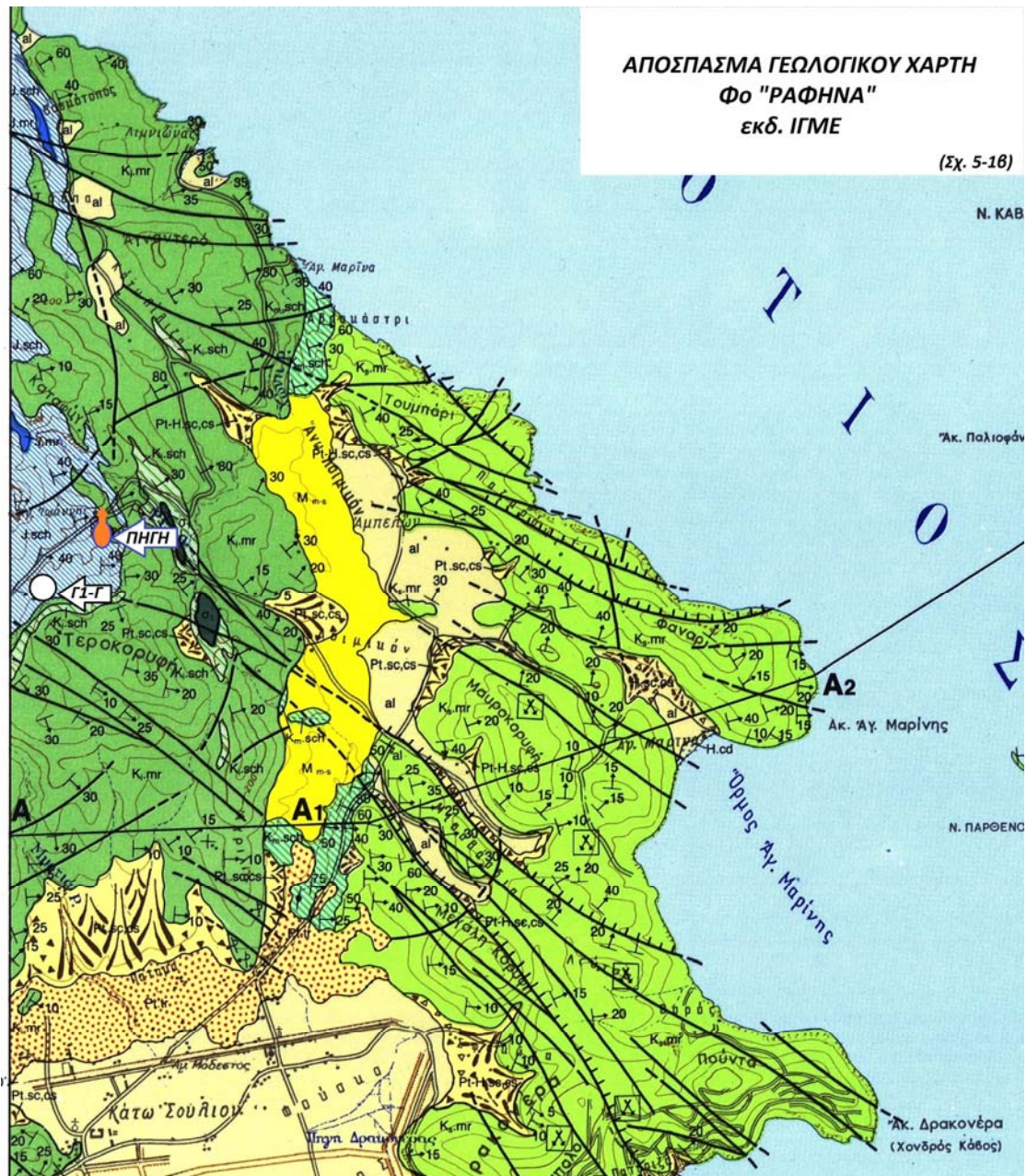
- υπόγεια υδροφορία : ενστρώσεις μαρμάρων
- τύπος πηγής: επαφής /υπερχειλίσης

5.2 Υδρογεωλογικές συνθήκες

Με βάση την γεωλογική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:5000 (βλέπε Γεωλογικό Χάρτη ΧΥΤΑ Γραμματικού κλίμακας 1:5.000 εκτός κειμένου), η οποία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας έρευνας (Α. Φωτιάδης) αλλά από τα γεωλογικά στοιχεία του Γεωλογικού Χάρτη «ΚΗΦΙΣΙΑ» κλιμ. 1:50.000 του ΙΓΜΕ (Σχ. 5-1α και Σχ. 5-1β), η ευρύτερη περιοχή δομείται από Σχιστόλιθους εντός των οποίων και κατά τόπους εντοπίζονται «εγκλωβισμένα» σώματα μαρμάρων με την μορφή ενστρώσεων και φακών (Σχ. 3-2).



(α)



(β)

Σχήμα 5-1. Αποσπάσματα Γεωλογικών φύλλων Κηφισιάς και Ραφήνας με τις θέσεις γεωτρήσεων και πηγών.

Οι Σχιστόλιθοι δεν είναι υδροπερατοί παρά μόνο κατά θέσεις, σε μικρή έκταση και πάχος, όπου οι συνθήκες αποσάθρωσης είναι ευνοϊκές. Οι μόνες υδροπερατές ζώνες εντός αυτών των γεωλογικών σχηματισμών είναι τα κατά τόπους εγκλωβισμένα σώματα μαρμάρων με την μορφή «φακών» και «ενστρώσεων».

Πιο συγκεκριμένα στην τοποθεσία του ΧΥΤΑ η υδροπερατότητα των Σχιστόλιθων περιορίζεται σε τοπικές χαλαζιακές φλεβοειδείς μικροδομές και ρωγματώσεις, που επιτρέπουν κατά τόπους την κατείσδυση επιφανειακών νερών.

Επί των Σχιστόλιθων «επικάθονται» τα μάρμαρα, των οποίων οι εμφανίσεις κυριαρχούν νότια δυτικά και βόρεια του Γραμματικού καθώς και ανατολικά του Α. Σουλίου. Εντός αυτών των σχηματισμών αναπτύσσονται οι σημαντικότερες υπόγειες υδροφορίες λόγω, αφενός της υψηλής υδροπερατότητας και αφετέρου της μεγάλης έκτασης των εμφανίσεων (Σχ. 5-1α και Σχ. 5-1β).

Επίσης στην ευρύτερη περιοχή και σε απόσταση >3.2 χλμ. από τον ΧΥΤΑ, μεγάλη εξάπλωση έχουν και οι σχηματισμοί του Αν.Μειοκαίνου (Μολασικές αποθέσεις). Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται κατά κύριο λόγο από αργίλους και μάργες, υλικά περιορισμένης υδροπερατότητας. Δευτερευόντως και από αδρομερή κοκκώδη όπως κροκαλοπαγή στην επιφάνεια και ενστρώσεις ψαμμιτών βαθύτερα, υλικά πολύ υδροπερατά.

Από το σύνολο των συγκεντρωθέντων στοιχείων οι υδρογεωλογικές συνθήκες που επικρατούν είναι ο εξής:

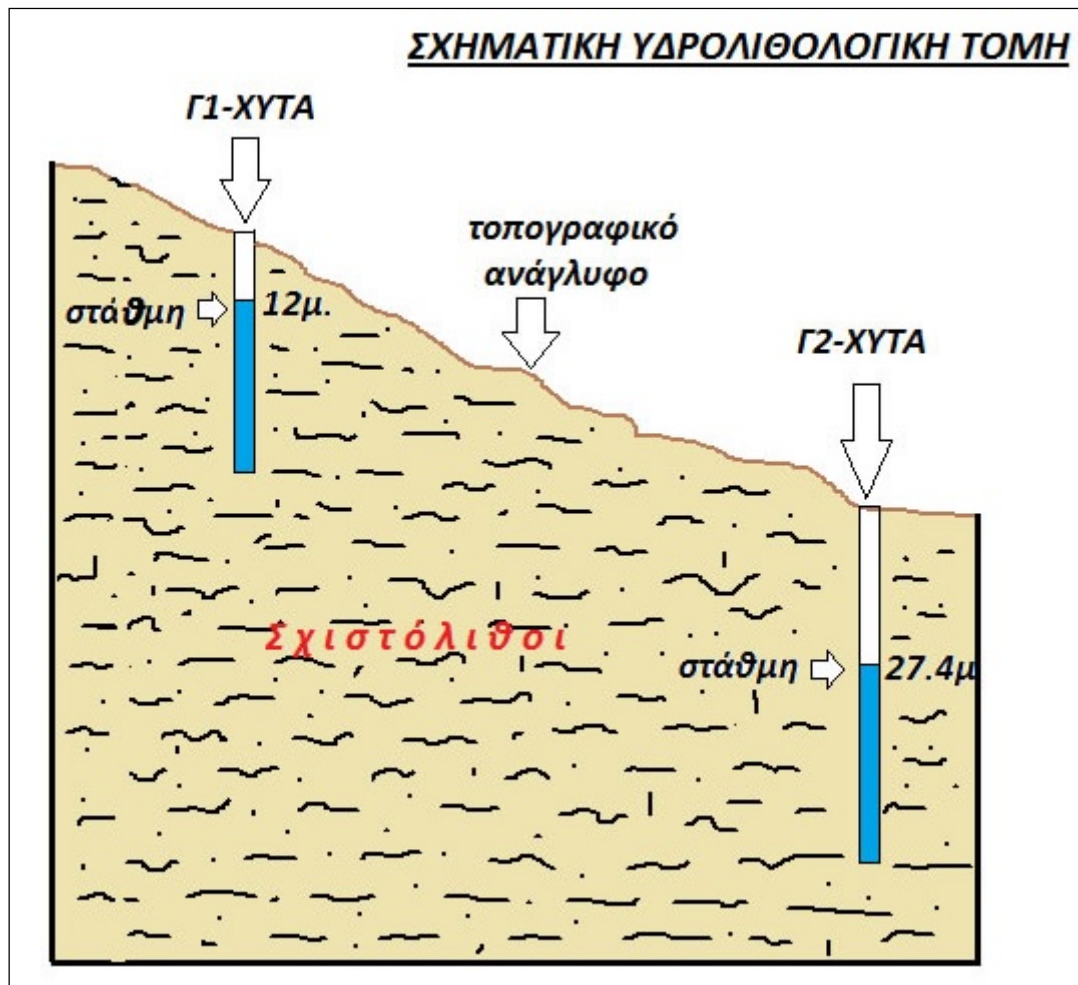
Η τοποθεσία των εγκαταστάσεων δομείται αποκλειστικά από Σχιστόλιθους. Εντός αυτού του χώρου κατασκευάστηκαν τρεις (3) υδρογεωτρήσεις. Οι δύο εξ αυτών βρίσκονται κατάντη του ΧΥΤΑ και η μία ανάντη. Οι δύο κατάντη είναι σε θέσεις αρκετά πλησίον και του ίδιου βάθους διάτρησης.

Για τις ανάγκες της παρούσας Τεχνικής Έκθεσης έγιναν μετρήσεις στις δύο υδρογεωτρήσεις Γ1/ΧΥΤΑ ανάντη και Γ2/ΧΥΤΑ κατάντη., οι οποίες έχουν βάθος 48μ. και 66 μ. αντίστοιχα.

Από τις μετρήσεις αυτές προκύπτει μεγάλη ασυμβατότητα στα βάθη της στάθμης του νερού μεταξύ των δύο υδρογεωτρήσεων. Η μεταξύ τους απόσταση είναι περίπου 120 μ. και η υψομετρική διαφορά των θέσεων 55μ. περίπου (με βάση την χωροθέτηση των δύο γεωτρήσεων στο τοπογραφικό σκαρίφημα 1:1000. Η στάθμη στην Γ1 προσδιορίστηκε στα 12.00μ. βάθος και στην Γ2 στα 27,40 μ. βάθος. **Η δε διαφορά της απόλυτης στάθμης στα δύο παραπάνω υδροσημεία υποδηλώνει μεγάλη υδραυλική ασυμβατότητα** (υδραυλική κλίση 62% περίπου) μεταξύ τους παρότι βρίσκονται στον ίδιο γεωλογικό σχηματισμό και σε πολύ μικρή απόσταση (Σχ. 5-2).

Επίσης έγινε προσπάθεια μέτρησης της στάθμης σε ορισμένες γεωτρήσεις οι οποίες έχουν κατασκευαστεί περιφερειακά του κύτταρου για τις διαφυγές του βιοαερίου. Σε μερικές από αυτές δεν εντοπίστηκε καθόλου στάθμη υπόγειου νερού. Σε όσες εντοπίστηκε, διαπιστώνεται μεγάλη ασυμβατότητα μεταξύ τους ως προς την υδραυλική

κλίση. Αυτό υποδηλώνει την μη ύπαρξη ενιαίας υδροστατικής στάθμης, αλλά ότι πρόκειται για τοπικά κατεισδύοντα νερά σε μικρό βάθος, δια μέσω των τοπικών ρωγματώσεων και τα οποία έχουν σχεδόν μηδενική δυνατότητα μετακίνησης.



Σχήμα 5-2. Σχηματική υδρολιθολογική τομή μεταξύ των υδρογεωτρήσεων Γ1-ΧΥΤΑ και Γ2-ΧΥΤΑ.

Πιο συγκεκριμένα το υπόγειο νερό, το οποίο εντοπίστηκε κατά την ημέρα της επίσκεψης εντός των δύο παραπάνω υδρογεωτρήσεων (Γ1/ΧΥΤΑ και Γ2/ΧΥΤΑ) προέρχεται απευθείας από κατείσδυση και διαμέσου ρωγματώσεων του αποσαθρωμένου μανδύα των σχιστόλιθων, χωρίς να έχει την δυνατότητα να μετακινηθεί εντός του συγκεκριμένου πετρώματος (όπως και στις γεωτρήσεις για το βιοαέριο).

Άρα ο γεωλογικός σχηματισμός των Σχιστόλιθων που δομεί τον χώρο των εγκαταστάσεων του ΧΥΤΑ, ανήκει στην κατηγορία των "*Βραδυδροφόρων*" (*aquitard*), δηλαδή μεταβιβάζει με δυσκολία το κατεισδύον νερό (*Todd, 1980*). Στην κατηγορία αυτή ανήκουν γεωλογικοί σχηματισμοί των οποίων η «*Υδραυλική Αγωγιμότητα*» (*K*) είναι < 10^{-8} m / sec .

Στα πλαίσια των υδρογεωλογικών εργασιών υπαίθρου, πραγματοποιήθηκαν παρατηρήσεις και μετρήσεις και στις κατάντη περιοχές σε σχέση με τον ΧΥΤΑ. Σκοπός αυτών των εργασιών ήταν να διευκρινιστεί κατά πόσο οι δραστηριότητες στον χώρο του έργου ή ακόμα και ένα ατύχημα, θα μπορούσαν με την μορφή διαφυγής ρύπων, να προκαλέσουν ρύπανση ή υποβάθμιση στην ποιότητα των υπόγειων νερών των υδροφόρων που αναπτύσσονται κατάντη και τα νερά τους χρησιμοποιούνται για την κάλυψη είτε υδρευτικών αναγκών είτε για οποιαδήποτε άλλη χρήση.

Όπως προαναφέρθηκε στις εν λόγω περιοχές απογράφησαν και υδρογεωτρήσεις ύδρευσης από τις οποίες ελήφθησαν δείγματα νερού τα οποία αναλύθηκαν στα Χημικά Εργαστήρια Νερού του ΙΓΜΕ. Τα συμπεράσματα από αυτές τις εργαστηριακές αναλύσεις συμπεριλαμβάνονται σε επόμενο κεφάλαιο.

Στη ευρύτερη περιοχή Γραμματικού, Βαρνάβα και Άνω Σουλίου αναπτύσσονται ποικίλες υδροφορίες, διαφορετικής δυναμικότητας. **Οι υδρογεωτρήσεις Βαρνάβα** υδρομαστεύουν υδροφόρους που δεν έχουν καμία υδραυλική επικοινωνία, είτε μέσω επιφανειακών απορροών είτε μέσω υπόγειας υδροφορίας, με την περιοχή ΧΥΤΑ. Πιο αναλυτικά οι τρεις υδρογεωτρήσεις ύδρευσης Βαρνάβα ανήκουν σε άλλες λεκάνες απορροής σε σχέση με εκείνη όπου βρίσκονται οι εγκαταστάσεις του έργου (Σχ.2-1).

Επομένως οποιοσδήποτε ρύπος που τυχόν "διαφύγει" από τον ΧΥΤΑ, δεν μπορεί διαμέσω της επιφανειακής απορροής να μεταφερθεί στο χώρο όπου έχουν κατασκευαστεί και λειτουργούν οι εν λόγω υδρογεωτρήσεις.

Ως προς τα υπόγεια νερά υπογραμμίζεται ότι, οι υδρογεωτρήσεις Βαρνάβα συνδέονται με εκτεταμένες υδροφορίες που αναπτύσσονται σε διαφορετικούς γεωλογικούς σχηματισμούς σε σχέση με εκείνους που δομούν την περιοχή των εγκαταστάσεων. Εκτείνονται δε δυτικά και σε απόσταση >3 χλμ. σε σχέση με τον ΧΥΤΑ.

Επίσης οι δομές της μυλωνιτικής έως κατακλαστικής αποκόλλησης «Τεκτονο-μεταμορφική Επώθηση» (Σχ.5-1α), δημιουργεί ένα εκτεταμένο υδρογεωλογικό όριο μεταξύ των υδροφόρων που υδρομαστεύουν οι υδρογεωτρήσεις Γ₁Β, Γ₂Β, Γ₃Β και των υδροφόρων που αναπτύσσονται εντός των μαρμάρων σε περιοχές του Γραμματικού και Άνω Σουλίου, τους οποίους υδρομαστεύουν οι υδρογεωτρήσεις Γ₁Γ (Σχ. 5-2β) και Γ₃Α.Σ (Σχ. 5-1α).

Οι υδρογεωτρήσεις Γραμματικού (Γ₁Γ) και Άνω Σουλίου (Γ₃Α.Σ.) βρίσκονται σε ανατολικές και κατάντη θέσεις σε σχέση με τον ΧΥΤΑ. Όπως προαναφέρθηκε η υδρογεώτρηση Γραμματικού στην θέση Αγ. Ιωάννης βρίσκεται σε διαφορετική λεκάνη απορροής σε σχέση με εκείνη των εγκαταστάσεων.

Επομένως ο κίνδυνος από τυχόν διαφυγή ρύπων από τον ΧΥΤΑ, είναι αδύνατον να καταλήξει μέσω της επιφανειακής απορροής στο χώρο της εν λόγω υδρογεώτρησης. Ως προς τον κίνδυνο μέσω των υπόγειων νερών και της κατείσδυσης ρύπων είτε στο χώρο των εγκαταστάσεων είτε σε χαμηλότερη ζώνη, θα πρέπει να αποκλειστεί κι' αυτό για τους παρακάτω λόγους:

Οι υδρογεωτρήσεις Γραμματικού (Γ1Γ) και Άνω Σουλίου (Γ3Α.Σ.) βρίσκονται σε ανατολικές και κατάντη θέσεις σε σχέση με τον ΧΥΤΑ. Όπως προαναφέρθηκε η υδρογεώτρηση Γραμματικού στην θέση Αγ. Ιωάννης βρίσκεται σε διαφορετική λεκάνη απορροής σε σχέση με εκείνη των εγκαταστάσεων. Επομένως ο κίνδυνος από τυχόν διαφυγή ρύπων από τον ΧΥΤΑ, είναι αδύνατον να καταλήξει μέσω της επιφανειακής απορροής στο χώρο της εν λόγω υδρογεώτρησης.

Ως προς τον κίνδυνο μέσω των υπόγειων νερών και της κατείσδυσης ρύπων είτε στο χώρο των εγκαταστάσεων είτε σε χαμηλότερη ζώνη, θα πρέπει να αποκλειστεί κι' αυτό για τους παρακάτω λόγους:

⇒ **Η Γ1Γ** υδρομαστεύει υπόγεια υδροφορία η οποία αναπτύσσεται εντός ενστρώσεων μαρμάρων των Σχιστόλιθων, οι οποίες είναι ορατές στην συγκεκριμένη τοποθεσία (Σχ. 5-1β). Όμως οι υψηλές παροχές εκμετάλλευσης υποδηλώνουν ότι εκτός από την ένστρωση μαρμάρου, η οποία όπως προαναφέρθηκε είναι ορατή, δεν πρέπει να αποκλείεται βαθύτερα η γεώτρηση να έχει εντοπίσει και ασβεστοσχιστόλιθους, λιθολογική διάπλαση με καλή υδροπερατότητα και αποθηκευτική ικανότητα. Σε κάθε περίπτωση η υδροφορία την οποία εκμεταλλεύεται η υδρογεώτρηση αυτή δεν έχει καμία υπόγεια υδραυλική επικοινωνία με τα υπόγεια νερά τα οποία εντοπίζονται στις δύο υδρογεωτρήσεις του ΧΥΤΑ.

⇒ **Η Γ3Α.Σ.** υδρομαστεύει υπόγεια υδροφορία, η οποία αναπτύσσεται σε άλλο γεωλογικό σχηματισμό σε σχέση με εκείνον του ΧΥΤΑ, αλλά και σε απόσταση > 4,5 χλμ. (Σχ. 5-1α).

5.3 Υδροχημικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών

Όπως προαναφέρθηκε στην διάρκεια των εργασιών στο ύπαιθρο, πραγματοποιήθηκαν και δειγματοληψίες υπόγειου νερού από τις υδρογεωτρήσεις, καθώς και επιτόπου φυσικοχημικές μετρήσεις. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν και αναλύθηκαν στα «Αναλυτικά Εργαστήρια Νερού» του ΙΓΜΕ.

Συνολικά ελήφθησαν επτά (7) δείγματα, στα οποία έγιναν οι παρακάτω προσδιορισμοί: **βασικών ανιοκατιόντων**, **δεικτών αζωτούχων (NO₃, NO₂, NH₄) και δεκατριών (13) βαρέων μετάλλων/ιχνοστοιχείων (Cr, Cd, Pb, Ni, Al, Fe, Mn, Cu, Hg, Ba, Zn, B)** και **διοξειδίου του πυριτίου (SiO₂)**.

Από τις αναλύσεις αυτές και με βάση την «θέση» των δειγμάτων νερού στο υδροχημικό διάγραμμα “**PIPER**” (1944) (Σχ.5-3) προκύπτουν τα εξής:

- α) Το δείγμα νερού Νο1 (βλ. πίνακες χημικών αναλύσεων) ανήκει στην γεώτρηση **G₁G**, η οποία όπως προαναφέρθηκε, έχει κατασκευαστεί σε μεγάλη απόσταση από τον ΧΥΤΑ αλλά και σε άλλη λεκάνη απορροής. Με βάση το υδροχημικό διάγραμμα, ο χημισμός της υδροφορίας ανήκει στην κατηγορία των «**χλωριούχων-θεϊκό ασβεστούχων μαγνησιούχων**».

Στην ίδια κατηγορία ανήκει και το δείγμα Νο4 της **G₃A.Σ.**, η οποία έχει διανοιχθεί πλησίον του Άνω Σουλίου. Οι δύο θέσεις εκτός του ότι απέχουν σημαντικά, ανήκουν και σε διαφορετική υδροφορία. Όμως ο χημισμός του νερού υποδηλώνει ότι η υπόγεια υδροφορία και στις δύο περιπτώσεις ανήκει στον ίδιο λιθολογικό τύπο.

- β) Το δείγμα νερού Νο2, ο οποίο αντιστοιχεί στην γεώτρηση **G₂/ΧΥΤΑ** ανήκει στη κατηγορία των «**δισανθρακικών μαγνησιούχων**». Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο στην θέση του ΧΥΤΑ δεν αναπτύσσεται υδροφορία, αλλά τα βρόχινα νερά διαμέσω του αποσαθρωμένου μανδύα κατεισδύουν “in situ”.

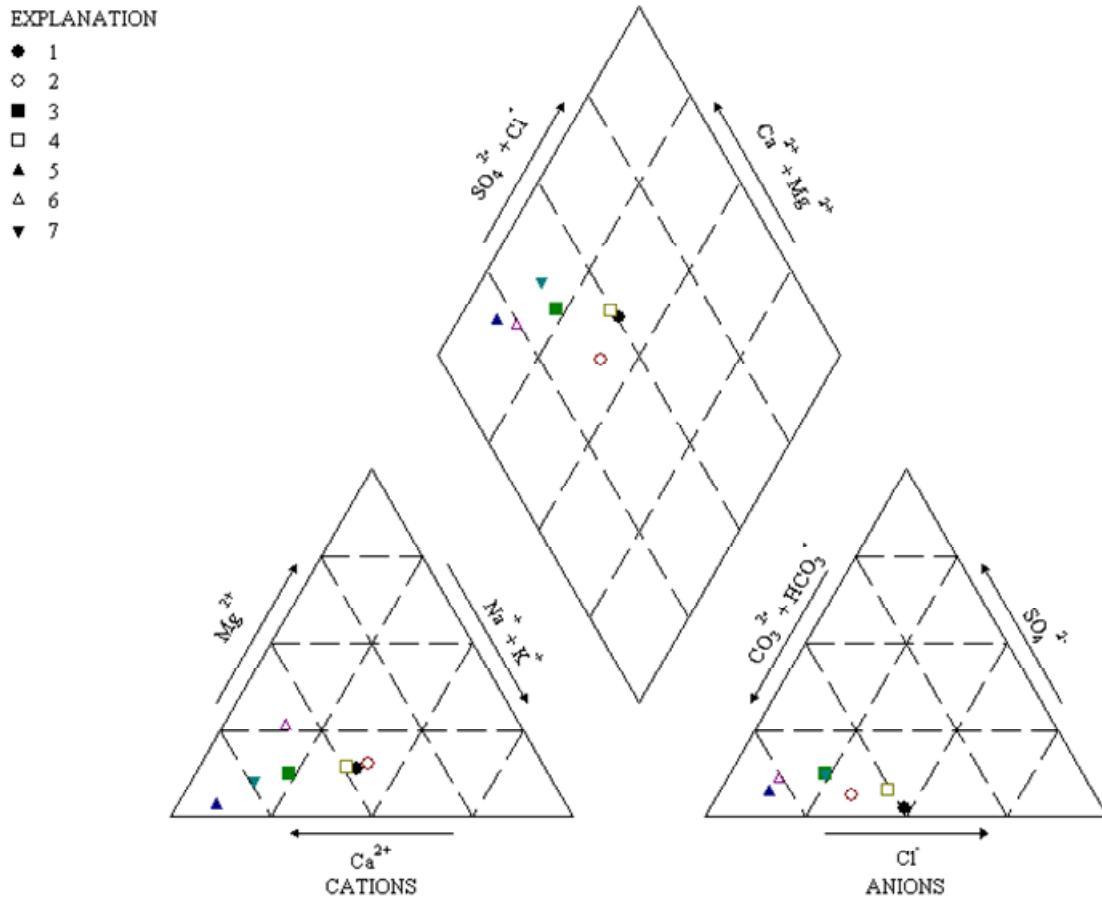
- γ) Το δείγμα νερού Νο3, το οποίο αντιστοιχεί στην **Πηγή Γραμματικού** ανήκει στην κατηγορία των «**δισανθρακικών-μαγνησιούχων**», αλλά δεν ταυτίζεται πλήρως με το προηγούμενο δείγμα. Η πηγή αυτή όπως προαναφέρθηκε, εκφορτίζει αρκετά κατάντη και σε μεγάλη απόσταση από τον χώρο των εγκαταστάσεων. Ανήκει σε άλλη υδροφορία, η οποία αναπτύσσεται σε ενστρώσεις μαρμάρων που αναπτύσσονται εντός των Σχιστόλιθων.

- δ) Το δείγμα νερού Νο4, το οποίο αντιστοιχεί στην **G₃A.Σ.** ταυτίζεται υδροχημικά με το Νο1 που αντιστοιχεί στην **G₁G**. Οι υδροφορίες στις οποίες αντιστοιχούν τα δύο παραπάνω δείγματα αναπτύσσονται σε διαφορετικές περιοχές, πλην όμως υποδηλώνουν ότι οι γεωλογικοί σχηματισμοί ανήκουν στον ίδιο λιθολογικό τύπο.

- ε) Τα δείγματα Νο5, Νο6 και Νο7 αντιστοιχούν στις Γεωτρήσεις **G₁B**, **G₂B**, **G₃B**. Με μικρές υδροχημικές αποκλίσεις ανήκουν στην κατηγορία των «**δισανθρακικών ασβεστούχων**». Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι υδροφορίες που υδρομαστεύονται από τις εν λόγω γεωτρήσεις δεν έχουν καμία υδραυλική επικοινωνία με τις υδροφορίες των γεωτρήσεων Γραμματικού και Α. Σουλίου. Επίσης καμία υδραυλική επικοινωνία δεν έχουν είτε μέσω επιφανειακών απορροών είτε μέσω υπόγειων νερών με τον χώρο του ΧΥΤΑ.

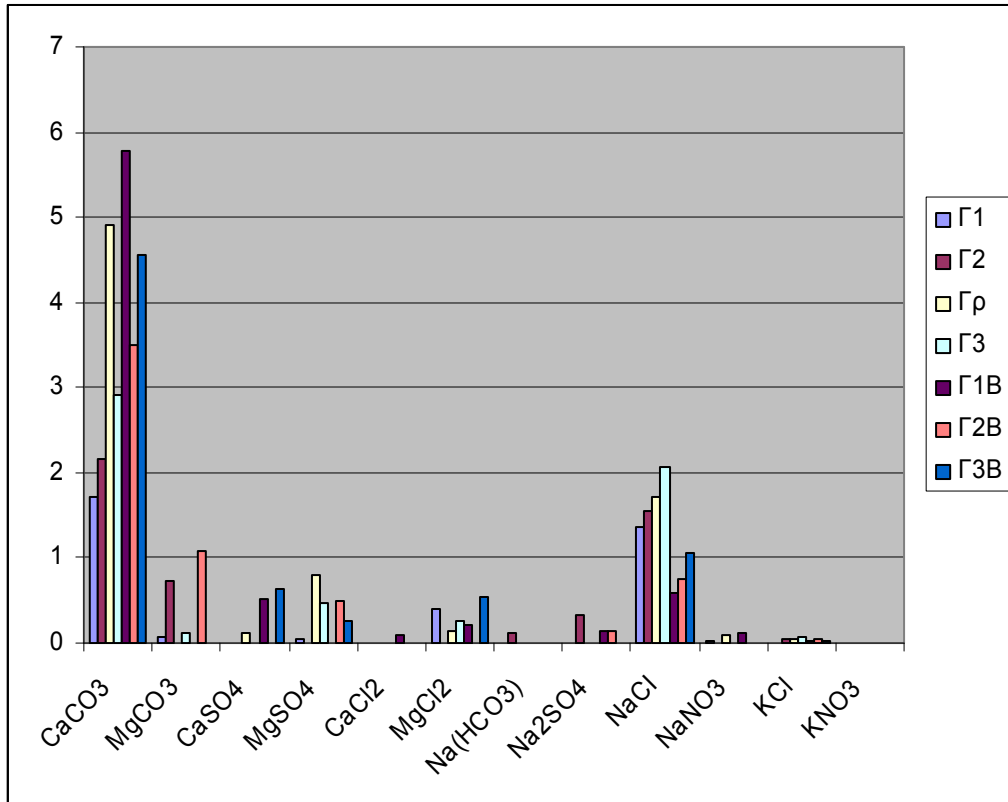
Από τους χημικούς προσδιορισμούς που έγιναν σε **13 ιχνοστοιχεία και σε SiO₂**, δεν προκύπτουν υπερβάσεις παρά μόνο στην **G₂ΧΥΤΑ**, στην οποία οι τιμές του **Fe** και **Mn** είναι αρκετά υψηλές συγκρινόμενες με τις τιμές που προσδιορίστηκαν σε άλλα

υδροσημεία και τα οποία συνδέονται με υδροφόρους που ανήκουν στον ίδιο λιθολογικό τύπο. Αυτό ενισχύει περαιτέρω την άποψη που εκφράστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο ότι δηλαδή το υπόγειο νερό, το οποίο εντοπίστηκε και στις δύο γεωτρήσεις του ΧΥΤΑ δεν αποτελεί νερό υπόγειας υδροφορίας, αλλά νερό το οποίο κατεισδύει και αποθηκεύεται επιτόπου χωρίς να μπορεί να μεταβιβαστεί.



Σχήμα 5-3. Διάγραμμα “PIPER”

Από την επεξεργασία των *ανθρακικών*, *θειικών*, *χλωριούχων ενώσεων* στα βασικά κατιόντα Ca, Mg, Na και K (Σχ. 5-4) προκύπτει ότι, υπάρχουν σχετικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Αυτό υποδηλώνει ότι το κάθε δείγμα αντιπροσωπεύει διαφορετικό υπόγειο υδροφόρο.



Σχήμα 5-4. Υδροχημικό διάγραμμα.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά αναφέρεται ότι τα προβλήματα που εντοπίστηκαν κατά την τεχνικο-γεωλογική διερεύνηση των τεχνητών πρानών που διαμορφώθηκαν στο χώρο του ΧΥΤΑ Γραμματικού, είναι ελάσσονος σημασίας, μπορούν να αντιμετωπισθούν με την εφαρμογή απλών και οικονομικά εφικτών μέτρων (δημιουργία αναβαθμών, τοίχος αντιστήριξης από συρματοκιβώτια, εφαρμογή αγκυριών βράχου και εκτοξευόμενου σκυροδέματος κ.ά.) και **δεν δύνανται σε καμία περίπτωση να αποτελέσουν εμπόδιο στη λειτουργία του Έργου.**

Σε ότι αφορά τα επιφανειακά νερά υπογραμμίζεται ότι ακόμα και στην περίπτωση που θα υπήρξαν διαφυγές ρύπων για οποιαδήποτε αιτία, δεν θα μπορούσε να προκληθεί καμμία επιβάρυνση στα υπόγεια νερά και ειδικότερα σε πηγές ή υδρογεωτρήσεις που χρησιμοποιούνται για την ύδρευση ή για οποιαδήποτε άλλη χρήση. Κι' αυτό γιατί η λεκάνη απορροής εντός της οποίας έχει χωροθετηθεί ΧΥΤΑ δεν υπάρχει καμία τέτοια υδρομάστευση νερού.

Ως προς τα υπόγεια νερά και με βάση τις υδρομετρήσεις, τις υδρογεωλογικές παρατηρήσεις, καθώς και τις υδροχημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια των εργασιών της εν λόγω έρευνας προκύπτει ότι:

- (α) Στο χώρο ΧΥΤΑ δεν αναπτύσσεται υπόγεια υδροφορία, η οποία να μπορεί να μεταβιβάζει υπόγειο νερό. Το υπόγειο νερό που εντοπίστηκε στις δύο γεωτρήσεις, οι οποίες έχουν κατασκευαστεί στον εν λόγω χώρο την περίοδο κατά την οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, προέρχεται από βρόχινο νερό που κατεισδύει απευθείας διαμέσω του αποσαθρωμένου επιφανειακού μανδύα των σχιστόλιθων και σε μικρό βάθος. **Δεν αποτελεί νερό ενός ενιαίου υδροφόρου στρώματος.**
- (β) Οι υδρογεωτρήσεις, οι οποίες έχουν διανοιχθεί στην περιοχή Γραμματικού και Ανω Σουλίου δεν δύνανται να επηρεαστούν από τυχόν κατείσδυση ρύπων στο χώρο του ΧΥΤΑ και να μεταγγιστούν υπόγεια στις υπόγειες υδροφορίες τις οποίες υδρομαστεύουν οι παραπάνω γεωτρήσεις. Και αυτό γιατί οι σχιστόλιθοι στο χώρο των εγκαταστάσεων παρουσιάζουν **κατά θέσεις μόνο μία περιορισμένη υδροπερατότητα μικρού βάθους και όχι «ενιαία και συνεχόμενη»**, η οποία θα μπορούσε να μεταγγίζει αδιατάρακτα υπόγειο νερό και κατ' επέκταση και ρύπους σε κατάντη υδροφορίες.
- (γ) Το γεγονός ότι οι Σχιστόλιθοι που δομούν κατά κύριο λόγο τόσο την περιοχή ΧΥΤΑ όσο και την ευρύτερη περιβάλλουσα ζώνη, υπάγονται στην κατηγορία των

γεωλογικών σχηματισμών με χαρακτήρα «**Βραδυδροφόρου**» δηλαδή πολύ περιορισμένης «**Υδραυλικής Αγωγιμότητας**» ($K < 10^{-8} \text{ m /sec}$) δηλαδή μηδενικής σχεδόν «**Μεταβιβαστικότητας**» (T).

Άρα οποιαδήποτε κατείσδυση ρύπου στο υπέδαφος και εάν γίνει επιτόπου του ΧΥΤΑ, από οποιαδήποτε αιτία, είναι αδύνατον να μεταβιβαστεί στις κατάντη υπόγειες υδροφορίες τις οποίες εκμεταλλεύονται οι γεωτρήσεις του Γραμματικού (Γ1 Γ) και Α. Σουλίου (Γ3 Α.Σ.). Επίσης το ίδιο ισχύει και για τις τρεις υδρογεωτρήσεις Βαρνάβα.

Ο συντάξαντες

Δρ Π. ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ

Δρ Α. ΦΩΤΙΑΔΗΣ

Δρ Λ. ΠΥΡΓΙΩΤΗΣ

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bell, F.G., 1981:** Engineering properties of soils and rocks. Butterworth Co., Ltd., London, 149 pp.
- Brown, E.T., 1981:** Rock characterisation, Testing and Monitoring. Pergamon Press.
- Goodman, R. E., & Bray. J. W., 1977:** Toppling of rock slopes, Proceedings, Speciality Conference on Rock Engineering for Foundations and Slopes, ASCE (Boulder, Colorado), Vol. 2, pp. 201-234.
- Grasemann, B., Schneider, D.A., Stockli, D.F. & Iglseider, C., 2012:** Miocene bivergent crustal extension in the Aegean: evidence from the western Cyclades (Greece). Lithosphere 4 (1), 23–39.
- Hocking, G., 1976:** A method for distinguishing between single and double plane sliding of tetrahedral wedges. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr. 13, 225–226.
- Hoek E. & Bray J.W., 1977:** Rock slope engineering. Institution of mining and metallurgy, London.
- Hudson J.A. & Harrison J.P, 1992:** A New Approach to studying complete rock engineering. Q. J. Engineer. Geol. Hydrogeol. 25(2):93-105.
- IGME 1991:** Γεωτεχνικός χάρτης της Ελλάδας, κλίμακα 1:500.000. Δ/ση Τεχνικής Γεωλογίας, Αθήνα.
- Jacobshagen, V., 1986:** Geologie von Griechenland. Borntraeger, Berlin-Stuttgart, pp. 363.
- Jolivet, L., Lecomte, E., Huet, B., Denèle, Y., Lacombe, O., Labrousse, L., Le Pourhiet, L. & Mehl, C., 2010:** The North Cycladic Detachment System. Earth and Planetary Science Letters 289, 87–104.
- Κατσικάτσος, Γ., 2001:** Πρόγραμμα εκπόνησης Βασικού Γεωλογικού Χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:50.000, ΦΥΛΛΟ ΚΗΦΙΣΙΑ. Έκδοση IGME, Αθήνα.
- Piper A. M. (1944):** “Agraphic procedure in the geochemical interpretation of water – analyses, Trans. Amer. Geophysical Union , v. 25, pp 914-929.
- Report of the Commission of Eng. Geological mapping of the IAEG, Part I:** Rock and Soil materials: Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. Bulletin of IAEG., No19, pp364-371, Krefeld, 1979.

Ring, U., Glodny, J., Will, T. M. & Thomson, S., 2011: Normal faulting on Sifnos and the South Cycladic Detachment System, Aegean Sea, Greece. *Journal of the Geological Society, London* 168, 751–768.

Scheffer C., Vanderhaeghe O., Lanari P., Tarantola A., Ponthus L., Photiades A. & France L., 2016: Syn to post-orogenic exhumation of high-grade nappes: structure and thermobarometry of the western Attic-Cycladic metamorphic complex (Lavrion, Greece). *Journal of Geodynamics*, 96, 174-193.

Σπανός, Α., 2012: Γεωδυναμική εξέλιξη της Αττικής. Διδ. Διατρ. Παν/μίου Πατρών.

Tomlinson, M. J. (1986). *Foundation Design and Construction*, fifth edition, Longman Scientific and Technical, pp. 842.

Todd, K.D., 1980: “*Grondwater Hydrology*, John Wiley, pp. 267-315.

UNESCO/IAEG, 1976: *Engineering geological maps. A guide to their preparation*. The Unesco Press, Paris, 79p.



ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

ΣΠ. ΛΟΥΗ 1- ΟΛΥΜΠΙΑΚΟ ΧΩΡΙΟ | ΑΧΑΡΝΑΙ, Τ.Κ. 136 77 | ☎ 2131337000- 3 | 📠 2131337440