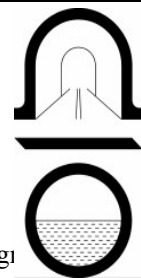


Το δελτίο των Σηράγγων



Ε.Ε.Σ.Υ.Ε. Μέλος της Ι.Τ.Α.

Δ/νση δελτίου: Ε.Μ.Π., Τομέας Μεταλλευτικής, 157 80 Ζωγράφου, Fax: 010-7722199, e-mail:sofianos@metal.ntua.gr

Διοικητικό Συμβούλιο:

• Δ. Νικολάου	Πρόεδρος	- 010-6412432/433	Fax: 010 6450782	
• Ν. Καζίλης	Αντιπρόεδρος	- 0310-470.312	Fax: 0310 475936	
• Α. Σοφιανός	Γ. Γραμματέας, Εκδότης	- 010-7722200	Fax: 010- 7722199	✉ sofianos@metal.ntua.gr
• Δ. Γεωργίου	Ταμίας	- 010-64.12.454	Fax: 010- 6450782	
• Κ. Ανδρικοπούλου	Μέλος	- 010-8134290	Fax:	
• Π. Μαρίνος	Μέλος	- 010-7723430, 7723434	Fax: 010- 7723770	✉ marinos@central.ntua.gr
• Χ. Τσατσανίφως	Μέλος	- 010-6929484, 6915.926	Fax:	

Λογαριασμός Τραπέζης: ALPHA ΤΡΑΠΕΖΑ ΠΙΣΤΕΩΣ, 364002002002090/ΕΕΣΥΕ
<http://www.metal.ntua.gr/tunnelling/GTS>

Σεπτέμβριος 2002

Από τον Πρόεδρο της Ε.Ε.Σ.Υ.Ε Δημήτρη Αντ. Νικολάου, μας στάλθηκε το παρακάτω κείμενο που αφορά την προσπάθεια σύνταξης Τεχνικών Προδιαγραφών για τη σύνταξη μελετών και την κατασκευή Σηράγγων.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

Σήμερα που μπορούμε να αναφερόμαστε σε απτά δείγματα και αύριο σε ένα νέο θεσμικό πλαίσιο για την μελέτη και κατασκευή σηράγγων, υπάρχει ανάγκη και υποχρέωση να ενημερώσουμε τα μέλη της Ε.Ε.Σ.Υ.Ε. για τα δρώμενα στον τομέα αυτό. Εξ' άλλου η σωστή ενημέρωση και η ανάδειξη των πραγματικών διαστάσεων του προβλήματος είναι κατά την άποψή μας παράμετροι που μπορούν με ασφάλεια να οδηγήσουν σε ορθές λύσεις.

Είναι επίσης χρήσιμο να αναμοχλεύσουμε τη μνήμη μας και να επισημάνουμε ότι στον Ελλαδικό χώρο υπόγεια Τεχνικά έργα άρχισαν να κατασκευάζονται από αρχαιοτάτων χρόνων. Το πιο διάσημο εξ' αυτών είναι το Ευπαλίνειο Όρυγμα στη Σάμο (5^{ος} π.Χ. αιώνας). Στους αιώνες που ακολούθησαν κατασκευάστηκαν και άλλα μεγάλης και μικρότερης κλίμακας τέτοια έργα, όμως το τελευταίο χρονικό διάστημα γίνεται μία πραγματική κοσμογονία σε αυτόν τον τομέα των Δημοσίων Έργων.

Πολλοί Φορείς διαχειρίζονται συμβάσεις και οδικές, σιδηροδρομικές, υδραυλικές και άλλες σήραγγες σχεδιάζονται, κατασκευάζονται ή λειτουργούν ήδη, ενώ ο αριθμός των επιστημόνων και τεχνικών που απασχολούνται στην παραγωγή αυτών των έργων συνεχώς αυξάνεται. Η συνεχής απόκτηση εμπειρίας και ο εμπλουτισμός του γνωστικού πεδίου, συμβάλλουν αποφασιστικά στην επιτυχή τις περισσότερες φορές αντιμετώπιση των

ποικιλόμορφων και διαζόντων προβλημάτων, που η γεωμορφολογία του ελλαδικού χώρου προσφέρει σε αφθονία.

Επαναλαμβάνουμε ότι η παραγωγή υπογείων έργων και δη σηράγγων στο τόπο μας έχει έναν συνεχώς αυξανόμενο ρυθμό.

Γνωρίζουμε επίσης ότι η μελέτη και η κατασκευή των έργων αυτών δεν γίνεται στον «αέρα» αλλά βασίζεται και ρυθμίζεται από ένα ικανό αριθμό μεμονωμένων Τεχνικών Προδιαγραφών, που αυτοτελώς ο κάθε Φορέας έχει συντάξει, εγκρίνει και εφαρμόζει.

Δηλαδή σήμερα ο κάθε Φορέας Υλοποίησης Υπογείων Έργων έχει διαμορφώσει ένα πλαίσιο Τεχνικών Προδιαγραφών, προσαρμοσμένο στο δικό του μοντέλο διαχείρισης και έτσι πορεύεται.

Οι παρενέργειες και τα προβλήματα αυτής της αυτόνομης λειτουργίας είναι προφανή, όμως κατά την άποψή μας δεν είναι καθοριστικά, όπως ισχυρίζονται κάποιοι. Ανεξάρτητα πάντως από την όποια εκτίμηση αποδεχόμαστε, η κατάσταση αυτή δεν μπορούσε να διαιωνίζεται και τούτο αποτέλεσε την αφορμή προβληματισμού κάποιων, που θέλουν να πιστεύουν ότι μπορούν να συμβάλουν θετικά και αποφασιστικά στην επίλυση τέτοιων θεμάτων. Έτσι ξεκίνησε ένας σχεδιασμός με στόχο τη σύνταξη ενιαίων Τεχνικών Προδιαγραφών για την Μελέτη και την Κατασκευή σηράγγων.

Υπό την εποπτεία του ΥΠΕΧΩΔΕ λειτουργούν τόσο το Ινστιτούτο Οικονομίας Κατασκευών (ΙΟΚ) όσο και η Επιτροπή Επεξεργασίας Θεμάτων Διευρωπαϊκού Δικτύου.

Με πρωτοβουλία αυτών των δύο οργάνων έχουν συσταθεί επιστημονικές ομάδες επεξεργασίας πολλών τεχνικών θεμάτων. Τρεις εκ των ομάδων αυτών την τρέχουσα περίοδο επεξεργάζονται και ολοκληρώνουν την

σύνταξη Τεχνικών Προδιαγραφών για την εκπόνηση μελετών σιράγγων, μελετών ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων σιράγγων και την κατασκευή σιράγγων.

Οι ομάδες αυτές είναι αντιπροσωπευτικές και έχουν στελεχωθεί με επιστήμονες που έχουν ανάλογη εμπειρία και προέρχονται από τον χώρο των μελετητών, των κατασκευαστών, καθώς και των Φορέων που υλοποιούν υπόγεια έργα. Είναι εύλογο και αναμενόμενο μεταξύ των στελεχών αυτών των ομάδων εργασίας, να υπάρχουν διαφορετικές εκτιμήσεις και απόψεις. Το ζητούμενο για όλους μας είναι ο συγκερασμός της διαφορετικότητας και η αποτύπωση της σε κείμενα ανταποκρινόμενα στη σύγχρονη πραγματικότητα.

Τα κείμενα που θα παραχθούν σε τελική μορφή οδηγίας ή Τεχνικής Προδιαγραφής θα τεθούν υπόψη αρμοδίων φορέων για Δημόσιο διάλογο και σχολιασμό. Τότε θα μπορούν και οι πολλοί αξιόλογοι συνάδελφοι και μέλη μας να παραθέσουν τις δικές τους προτάσεις και παρατηρήσεις έτσι ώστε σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα να ολοκληρωθούν οι σχετικές διαδικασίες και να προχωρήσει η έγκριση και η έναρξη εφαρμογής των ενιαίων Τεχνικών Προδιαγραφών σιράγγων. Το πρώτο θετικό βήμα θα έχει γίνει και από εκεί και πέρα εναπόκειται σε όλους τους συντελεστές παραγωγής αυτών των σημαντικών και ειδικών έργων να αξιοποιήσουν τα «εργαλεία» αυτά και να συμβάλλουν αποφασιστικά στην επίτευξη του τρίπτυχου:

- Ποιότητα και ασφάλεια έργου
- Οικονομία χρήματος
- Οικονομία χρόνου.

ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΑΓΙΩΝ ΘΕΟΔΩΡΩΝ

Οι συνάδελφοι Χρήστος Τσατσάνιφος και Λάζαρος Πολυμενάκος, της ΠΑΝΓΑΙΑ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Ε.Π.Ε., μας ενημερώνουν για τις γεωλογικές συνθήκες διάνοιξης της ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΑΓΙΩΝ ΘΕΟΔΩΡΩΝ στη Σ.Γ.Υ.Τ. ΑΘΗΝΩΝ – ΚΟΡΙΝΘΟΥ (Ανάδοχος κατασκευής: ΤΕΡΝΑ Α.Ε. – Μελετητής: ΠΑΝΓΑΙΑ).

Η σήραγγα των Αγίων Θεοδώρων, μήκους 1,210 m περίπου, ευρίσκεται επί της Νέας Διπλής Σιδηροδρομικής Γραμμής Υψηλών Ταχυτήτων Αθηνών – Κορίνθου στην περιοχή των διωλιστηρίων των Αγίων Θεοδώρων.

Η περιοχή του έργου δομείται, κυρίως, από νεογενείς σχηματισμούς, αποτελούμενους από μάργες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, άμμους, κροκαλοπαγή, μαργαϊκούς ψαμίτες και μαργαϊκά κροκαλοπαγή, Πλειο-Πλειστοκαινικής ηλικίας, γνωστούς ως Μάργες Τράπεζας - Ισθμού. Στο μέσον, περίπου, της σήραγγας, όπου και η περιοχή ενδιαφέροντος, μεταξύ των νεογενών σχηματισμών, συναντώνται δακίτες και οφιόλιθοι.

Κατά την διάρκεια των εργασιών διάνοιξης της σήραγγας στην περιοχή του ενδιαμέσου μετώπου, εμφανίσθηκε, στο δάπεδο εκσκαφής της Α΄ Φάσης της σήραγγας, ρήγμα, από

το οποίο εκλύοντο αέρια, υγρασία και θερμότητα. Σύμφωνα με πληροφορίες από το προσωπικό της βάρδιας, κατά την στιγμή της αποκάλυψης του ρήγματος η οσμή (μάλλον H₂S) ήταν πολύ έντονη και προκάλεσε λιποθυμικές τάσεις σε κάποιους από τους εργαζομένους.

Με βάση τις διαπιστώσεις από τις αναγνωρίσεις, που εκτελέστηκαν αμέσως μετά την ανεύρεση του ρήγματος, προτάθηκε προς την Υπηρεσία και ενεκρίθη, η εκτέλεση ερευνητικού προγράμματος που περιελάμβανε αφ΄ ενός μεν γεωλογική – ηφαιστειολογική – γεωθερμική – νεοτεκτονική χαρτογράφηση της ευρύτερης περιοχής του έργου, χημική και ισοτοπική ανάλυση των αερίων που εκλύονται από το αρχικά ανευρεθέν ρήγμα και μετρήσεις της συγκέντρωσης των εδαφικών αερίων, προκειμένου να εκτιμηθεί το «σενάριο» γένεσης του ρήγματος και η σημερινή ενεργότητά του, αφ΄ ετέρου δε γεωφυσική έρευνα με τη μέθοδο της σεισμικής τομογραφίας (cross hole seismic testing) για τον εντοπισμό σημαντικών ασυνεχειών και γενικότερα ανωμαλιών στη δομή της βραχομάζας.

Η περιοχή του έργου ανήκει στην ενεργό τεκτονική ζώνη της περιοχής Λουτρακίου – Κορίνθου, που χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη κανονικών ενεργών ρηγμάτων με κύρια διεύθυνση Α – Δ, αλλά και ΒΔ – ΝΑ. Με την τεκτονική εξέλιξη της περιοχής συνδέεται η δραστηριότητα του ηφαιστείου Σουσάκι. Η άνοδος του μάγματος χρονολογείται στην περίοδο του Πλειοκαινού. Οι λάβες αποτέθηκαν μέσα στη νεογενή λεκάνη και στις παρυφές της και εμπλέκονται με τους ιζηματογενείς σχηματισμούς. Σήμερα η ηφαιστειακή δραστηριότητα είναι λανθάνουσα, με διατήρηση ενός γεωθερμικού πεδίου και έκλυση αερίων στη θέση «Θειοχώματα» του Σουσακίου και, δευτερευόντως, στη θέση «Κόκκινη Σπηλιά». Με βάση τα ευρήματα και τα αποτελέσματα των ερευνών στην περιοχή του έργου, προκύπτει ότι αναπτύσσεται γεωθερμικό πεδίο και κάτω από την περιοχή του μέσου περίπου της σήραγγας. Στο γεωθερμικό πεδίο αυτό αποδίδεται και ο σχηματισμός του «κρατήρα», στο βόρειο πρηνές του οποίου διαμορφώθηκε το ενδιάμεσο μέτωπο της σήραγγας.

Σύμφωνα με γεωλογικές μελέτες, από το Πλειστόκαινο επικρατεί έντονος εφελκυσμός, με αποτέλεσμα την εκδήλωση έντονης σεισμικότητας. Η περιοχή παραμένει σήμερα τεκτονικά ενεργή. Χαρακτηριστικό είναι ότι κατά την διάρκεια του 20^{ου} αιώνα αναφέρθηκαν πάνω από 10 σεισμοί μεγέθους μεγαλύτερου των 5 Richter.

Βόρεια της σήραγγας παρατηρούνται δύο υποπαράλληλα, προς τον άξονα της σήραγγας, μικρού μήκους ρήγματα, τα οποία, όμως, δεν αξιολογούνται από την άποψη της άμεσης σύνδεσής τους με σεισμική δράση. Από τις αεροφωτογραφίες της περιοχής φαίνεται πιθανή η ύπαρξη μιας άλλης γράμμωσης (ρήγματος), που ακολουθεί περίπου την χάραξη της σήραγγας, η οποία, όμως, δεν είναι εύκολα αναγνωρίσιμη στην επιφάνεια του εδάφους.

Οι δακίτες είναι έντονα τεκτονισμένοι, κατακερματισμένοι και, κατά θέσεις, πλήρως αποσπασμένοι και εξαλλοιωμένοι με την μορφή άμμου ή αργίλου.

Κατά την διάνοιξη της σήραγγας αλλά και κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων παρατηρήθηκαν υποπαράλληλα ρήγματα, γενικής διεύθυνσης Α – Δ. Επίσης, εμφανίσθηκαν τοπικές ρηγματώσεις και κατά μήκος μερικών από αυτές αναπτύσσονται έγκοιλα μικρών διαστάσεων. Τα βασικά έγκοιλα συνδέονται με τα ρήγματα και είναι κενά με κατακόρυφη διάσταση $1 \div 2$ m και άνοιγμα $0.5 \div 1.0$ m.

Το σημαντικότερο έγκοιλο – ρήγμα εντοπίστηκε στο δάπεδο της σήραγγας κατά τη διάνοιξη της Α΄ Φάσης αυτής περί τη χ.θ. 12 + 954 (βλέπε Φωτογραφία). Το ρήγμα έχει διεύθυνση ανατολή – δύση, εμφανίζεται μέσα σε χαλαρό δακτικό λατυποπαγές, το οποίο, όμως, στις παρειές του ρήγματος, παρουσιάζεται συμπαγές.

Δεν υπάρχουν στοιχεία που να συνηγορούν για την θεώρηση του ρήγματος ως ενεργής ηφαιστειακής δομής. Οι τιμές ραδονίου και θορονίου, που μετρήθηκαν στο άνοιγμα του ρήγματος και στο έδαφος κοντά σε αυτό, ήταν χαμηλές. Στις αναλύσεις για τον προσδιορισμό της σύστασης των εκλυόμενων αερίων δεν ανιχνεύθηκαν θειούχες ενώσεις, όπως κατά την αρχική ανεύρεση του ρήγματος, ούτε μονοξειδίο του άνθρακα ή υδρογονάνθρακες, λόγω της έμφραξης της διόδου προς το υδροθερμικό πεδίο. Τα δείγματα, όμως, παρουσίασαν σημαντική περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα, κάτι το οποίο είναι ενδεικτικό της ύπαρξης γεωθερμικού πεδίου.

Η γένεση του ρήγματος οφείλεται στην έντονη εφελκυστική τάση που ασκείται στην περιοχή μελέτης από το Πλειόκαινο έως σήμερα και με διεύθυνση της μέγιστης εντατικής συνιστώσας βόρεια έως βορειοανατολική. Η ένταση αυτή διέυρνε τις ανορθωμένες ριπιδοειδείς εσωτερικές δομές ασυνέχειας του δακτικού θόλου (κλασικές εσωτερικές δομές ενδογενών θόλων) και δημιούργησε το ρήγμα, με μικρή διαφορική κίνηση μεταξύ των δύο αποκολληθέντων τμημάτων (βορείου και νοτίου). Το ρήγμα επεκτείνεται σε ικανό βάθος (τουλάχιστον μερικά μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας) και έρχεται σε επαφή με τον υδροθερμικό ταμιευτήρα που υπόκειται της περιοχής μελέτης.

Η χρονική στιγμή εκδήλωσης της διάρρηξης δεν είναι δυνατόν να προσδιορισθεί, με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία, πρέπει να υπερβαίνει, όμως, τουλάχιστον την εκατονταετία, δεδομένου ότι στις παρειές του ρήγματος παρουσιάζονται επιφλοιώσεις οπαλίου, γεγονός που απαιτεί πολλές δεκαετίες υδροθερμικής δράσης.

Το ρήγμα και οι λοιπές ρωγμές δεν φαίνεται να οργανώνονται κατά μήκος συγκεκριμένου διακριτού μεγάλου ρήγματος. Είναι ασυνεχείς και, κυρίως, δεν εμφανίζουν, όπου παρατηρήθηκαν, επιφάνειες ολίσθησης. Συνεπώς, είναι λογικό να θεωρηθεί ότι, αυτά τα ίδια τα τεκτονικά αυτά στοιχεία, δεν μπορούν να προσφέρουν εστίες σεισμού και να προκαλέσουν μετακινήσεις σε κλίμακα ανάλογη με εκείνη ενός ρήγματος που ενεργοποιείται. Ο ασυνεχής τους χαρακτήρας κάνει, επίσης, δύσκολη μια σοβαρή συμπαθητική ενεργοποίησή τους από ενεργοποίηση γειτονικού ρήγματος. Τέτοια

ρήγματα υπάρχουν και στην πέριξ, βόρεια και δυτικά της σήραγγας, περιοχή.

Στη διεύρυνση του ρήγματος και στη δημιουργία των ρωγμών πρέπει, παρ' όλα αυτά, να συνετέλεσαν οι σεισμοί, που εκδηλώθηκαν, κατά το παρελθόν, στην περιοχή. Με την λογική αυτή νέες ρωγμές μπορεί και στο μέλλον να δημιουργηθούν ή οι σημερινές να «ξαναζωντανέψουν». Η δημιουργία ρωγμών, ακόμα και έξω από την ζώνη ενός ρήγματος, από ισχυρό σεισμό, είναι δυνατή σε τέτοια πετρώματα, λόγω της ψαθυρής μηχανικής τους συμπεριφοράς και της παρουσίας ηφαιστειακών δομικών ασυνεχειών. Οι ρωγμές αυτού του τύπου δεν μπορεί, όμως, να προκαλέσουν, κατά την διεύθυνση της ολίσθησης, παρά μόνο μικρομετακινήσεις των λίγων εκατοστών. Η επίδρασή τους επί της εσωτερικής επένδυσης της σήραγγας, σε περίπτωση μελλοντικής δραστηριοποίησής τους, θα είναι τοπική και, λογικά, εύκολα επισκευάσιμη.

Τέλος, από τις ρωγμές που υπάρχουν ή μπορεί να δημιουργηθούν είναι δυνατό να δραπετεύσουν αέρια από την υπόγεια γεωθερμική αποθήκη, όπως συνέβη στο πρώτο ρήγμα που συναντήθηκε.

Τόσο στις γεωτρήσεις όσο και κατά τη διάνοιξη της σήραγγας ο δακτικός σχηματισμός εμφάνιζε, στο δυτικό τμήμα της περιοχής έρευνας, χαμηλή συνοχή, με αποτέλεσμα να θρυμματίζεται, ιδιαίτερα μετά την ελάττωση της φυσικής του υγρασίας και είχε γενικά χαρακτήρα χονδρόκοκκης άμμου. Συνεκτικά τεμάχια απαντήθηκαν σε λίγες περιπτώσεις στο ανατολικό άκρο της περιοχής έρευνας, όπου το πέτρωμα εμφανίζεται με βελτιωμένη ποιότητα, αναπτύσσει στρώση και αποδομείται σε τεμάχια μικρών διαστάσεων. Περισσότερο συνεκτικός εμφανίζεται ο οφιολιθικός σχηματισμός, με ηπιότερο κερματισμό, ενώ αποδομείται με μορφή τεμαχίων διαστάσεων έως 1×1 m ή και μεγαλύτερων.

Από την κατάταξη της βραχομάζας των δακτιών και των οφιολίθων προέκυψαν $RMR = 35 \div 37$ (Κατηγορία IV), $GSI = 30 \div 32$, που δηλώνουν πτωχής ποιότητας βραχομάζα.

Για την διερεύνηση των συνθηκών του υπεδάφους στην περιοχή έρευνας εκτελέστηκαν γεωφυσικές διασκοπήσεις με τη μέθοδο της σεισμικής τομογραφίας (seismic tomography).

Για την λήψη των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε η συσκευή Smartseis S12 του οίκου Geometrics. Ως πηγή χρησιμοποιήθηκε στην επιφάνεια του εδάφους σφυρί βάρους 6 kg και στις γεωτρήσεις ειδικά κατασκευασμένη μηχανική πηγή με σφυρί βάρους 10 kg. Ως δέκτες χρησιμοποιήθηκαν κατακόρυφα γεώφωνα με ιδιοσυχνότητα 10 Hz για την επιφάνεια του εδάφους, ενώ για τις καταγραφές στις γεωτρήσεις χρησιμοποιήθηκε γεώφωνο τριών συνιστωσών της ΟΥΟ Ιαπωνίας, με ιδιοσυχνότητα 28 Hz. Η χρήση του γεωφώνου αυτού κρίθηκε απαραίτητη γιατί δίνει την δυνατότητα απ' ευθείας καταγραφής των εγκαρσίων κυμάτων και βοηθά στον

ακριβέστερο καθορισμό των χρόνων άφιξης και των πλατών των επιμήκων και εγκάρσιων κυμάτων. Με εκτιμώμενη μέση ταχύτητα διάδοσης της τάξης των 1.8 - 2.0 km/sec και κυρίαρχη συχνότητα διάδοσης της τάξης των 40 - 70 Hz, το μέσο μήκος κύματος (λ) κυμάνθηκε σε 30 - 40 m επιτρέποντας διακριτική ικανότητα της τάξης των 7 - 10 m ($\lambda/4$), παρέχοντας την δυνατότητα διερεύνησης και εντοπισμού μόνο μεγάλων δομών, εύρους 3 - 5 m και μεγαλύτερου.

Πραγματοποιήθηκαν καταγραφές, από πηγές σε γεωτρήσεις και στην γειτονική επιφάνεια του πρανούς, σε γεωτρήσεις και στους γειτονικούς τους επιφανειακούς δέκτες καθώς και από πηγές στο δάπεδο της σήραγγας σε γεώτρηση. Έγιναν 1,500 περίπου καταγραφές χρόνων άφιξης, από τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν στην τομογραφική ανάλυση περίπου οι 1,000. Το προϊόν των μετρήσεων είναι σειсмоγράμματα καταγραφής διαφόρων φάσεων της σεισμικής ενέργειας σε κάθε δέκτη.

Η επεξεργασία και ερμηνεία των μετρήσεων έγινε με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού (Tomtime, Geotom, Surfer), το οποίο επιτρέπει διόρθωση και βελτίωση των καταγραφών με σκοπό την πιστότερη δυνατή απεικόνιση της υπεδαφικής δομής. Λόγω των πολύ καλών καταγραφών σε τρεις συνιστώσες αξιοποιήθηκαν, εκτός από τα επιμήκη κύματα και τα εγκάρσια, τόσο σε επίπεδο χρόνων όσο και πλατών (τα τελευταία ήταν περισσότερο και ακριβέστερα διακριτά από ότι αυτά των επιμήκων κυμάτων). Επίσης έγινε κατά την ερμηνεία και χρήση του λόγου των ταχυτήτων, V_p / V_s .

Από την συνθετική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της επεξεργασίας των δεδομένων προέκυψαν τα ακόλουθα στοιχεία, αφορώντα σε τρεις κύριες ενότητες:

α. Εδαφικοί - Βραχώδεις Σχηματισμοί

Εντοπίζονται τρεις τύποι σχηματισμών, με τα παρακάτω χαρακτηριστικά και την αντίστοιχη ερμηνεία, λαμβάνοντας υπ' όψη και τα γεωλογικά στοιχεία :

- *Επιφανειακή Ζώνη Αποσάθρωσης*. Αναπτύσσεται σε όλο το μήκος του πρανούς της περιοχής έρευνας, με πάχος έως και 10 m ελαττούμενο προς τα ανατολικά. Ο χαρακτήρας της ζώνης είναι εδαφικός. Το κατώτερο (βαθύτερο) τμήμα της ζώνης έχει χαρακτήρα έντονου κερματισμού, υποδηλώνοντας τη μετάβαση από τον εδαφικό σε βραχώδη χαρακτήρα.
- *Δακίτης*. Είναι ο κύριος σχηματισμός της περιοχής έρευνας, με χαρακτήρα μεταβλητό, κατά κανόνα χαμηλής συνοχής, με περιοχές έντονου κερματισμού και ανάπτυξης ρηξιγενών δομών και εγκοίλων. Διατρέχεται από σημαντικές μεγαασυνέχειες.
- *Οφιόλιθοι*. Ο σχηματισμός αυτός «παρεμβάλλεται» με τη μορφή ένστροφης στον δακίτικο σχηματισμό. Η επαφή τους έχει σαφή φαινόμενη κλίση προς νότο στις τομές YZ,

στοιχείο που συμφωνεί με τα γεωλογικά στοιχεία. Ο χαρακτήρας του σχηματισμού υποδηλώνει υψηλή συνοχή, με αυξημένο αλλά όχι έντονο κερματισμό.

β. Περιοχές Έντονου Κερματισμού / Αποσάθρωσης - Ρηξιγενείς Ζώνες

- Ως περιοχές με έντονο κερματισμό ερμηνεύτηκαν στενές επιμήκεις ζώνες με μέσες τιμές V_p και V_s , μέσες έως υψηλές τιμές V_p / V_s (1.9 - 2.3) και υψηλές τιμές $1/atten$ (13.5 - 15.0 m/dB).
- Ως ρηξιγενείς ζώνες ερμηνεύτηκαν επιμήκεις ζώνες με απότομη μεταβολή των τιμών των σεισμικών παραμέτρων εκατέρωθεν τους και παραμόρφωση των ισοκαμπύλων των τιμών των παραμέτρων κατά μήκος τους, ιδιαίτερα στα τομογράμματα V_p / V_s . Εντοπίστηκαν τρεις τέτοιες δομές.

γ. Έγκοιλα

Οι δομές αυτές χαρακτηρίζονται από περιορισμένη ανάπτυξη, πολύ χαμηλές τιμές V_p και V_s (300 - 600 m/sec), πολύ χαμηλές έως μέσες τιμές V_p / V_s (0.5 - 1.9) και χαμηλές ή υψηλές τιμές $1/atten$, ανάλογα με το αν είναι κενά ή πληρωμένα. Η ύπαρξή τους εκτιμάται ότι σχετίζεται με τις ρηξιγενείς δομές.

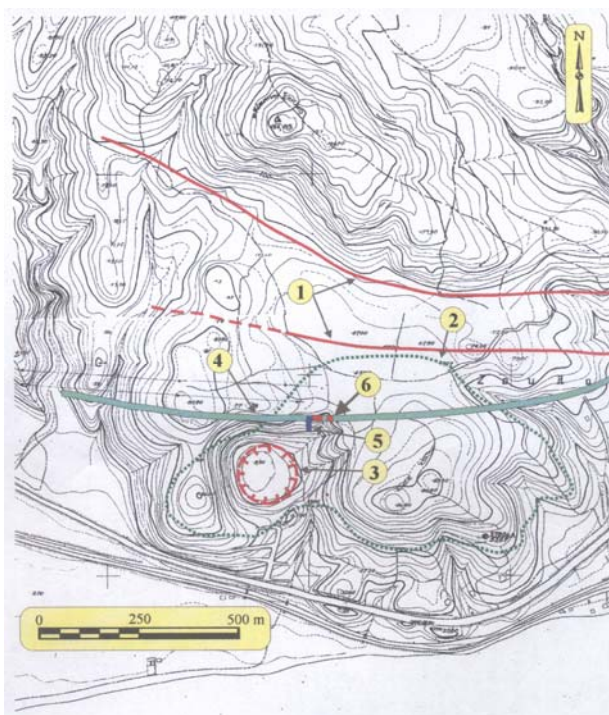
Από τα στοιχεία των ερευνών προέκυψε ότι η ηφαιστειακή δραστηριότητα της περιοχής του έργου είναι, πλέον, λανθάνουσα. Παρ' όλα αυτά, κάτω από την περιοχή των δακτιών και των οφιολίθων αναπτύσσεται υπόγεια γεωθερμική αποθήκη, από την οποία είναι δυνατό να δραπετεύσουν αέρια, όπως συνέβη στο πρώτο ρήγμα που συναντήθηκε. Η παρουσία των αερίων θα πρέπει να καταγράφεται συνεχώς, ενώ θα πρέπει να προβλεφθεί η δημιουργία οπών εκτόνωσης, προς την επιφάνεια του εδάφους, της πίεσης στις θέσεις όπου εκλύονται ή ενδέχεται να εκλυθούν αέρια.

Επί πλέον των παραπάνω, θα πρέπει να προστατευθεί το σκυρόδεμα της εσωτερικής επένδυσης από την διαβρωτική ενέργεια των αερίων, αλλά και από το επιθετικό περιβάλλον που διαμορφώνουν οι δακίτικοι σχηματισμοί καθώς και οι εμφανίσεις των οφιολίθων και της γύψου. Τούτο μπορεί να επιτευχθεί με την κατασκευή της εσωτερικής επένδυσης με την μορφή κλειστού δακτυλίου και την περιτύλιξή της με μεμβράνη, ανθεκτική στους επιθετικούς παράγοντες.

Η γεωλογική και γεωφυσική έρευνα εντόπισε περιοχές ασυνεχειών και γεωλογικών ανωμαλιών στην περιοχή έρευνας. Κατά την διάρκεια των εργασιών διάνοιξης της Β' Φάσης της σήραγγας θα πρέπει να προσεχθούν ιδιαίτερα οι περιοχές όπου αναμένεται να εμφανισθούν έντονα φαινόμενα αστάθειας και πιθανόν έγκοιλα, τόσο στο επίπεδο εκσκαφής όσο και βαθύτερα. Κατά συνέπεια, στην περιοχή αυτή η εσωτερική επένδυση της σήραγγας θα πρέπει να κατασκευασθεί με την μορφή κλειστού

δακτυλίου, προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα θραύσης του υπεδάφους κάτω από τη στάθμη των θεμελίων της, στην περίπτωση που αυτή κατασκευασθεί με ανοικτό πυθμένα.

Από την τεκτονική διερεύνηση προέκυψε ότι τα ανευρεθέντα ρήγματα δεν μπορούν να προσφέρουν εστίες σεισμού και να προκαλέσουν μετακινήσεις σε κλίμακα ανάλογη με εκείνη ενός ρήγματος που ενεργοποιείται. Επειδή, όμως, λόγω της σεισμικής ενεργότητας της ευρύτερης περιοχής μελέτης, νέες ρωγμές μπορεί και στο μέλλον να δημιουργηθούν ή οι σημερινές να «ξαναζωντανέουν», κρίνεται σκόπιμη η συνεχής παρακολούθηση της περιοχής κατά μήκος των ανευρεθέντων ρηγμάτων και μετά το πέρας κατασκευής της σήραγγας, για την παρατήρηση τυχόν μικρομετακινήσεων ή άλλων μεταβολών, τόσο στην επιφάνεια του εδάφους όσο και στο εσωτερικό της σήραγγας με την εγκατάσταση καταλλήλων οργάνων.



Σχήμα 1. Ευρύτερη Περιοχή Σήραγγας Αγίων Θεοδώρων
1 : Ρήγματα, 2 : Ενδεικτικό Όριο Εμφάνισης Ηφαιστειακού
Οόλου, 3 : Υδροθερμικός Κρατήρας,
4 : Άξονας Σήραγγας, 5 : Στοά Ενδιαμέσου Μετώπου, 6 :
Θέση Εμφάνισης Κυρίως Ρήγματος

Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ

Στο ψάξιμο ανθρώπων που ασχολήθηκαν μια ολόκληρη ζωή με τις σήραγγες συναντήσαμε το Δημοσθένη Ραπτόπουλο, παλαιό μηχανικό. Γεννήθηκε στην Ιστορική κωμόπολη, του νομού Ηρακλείου, Άνω Βιάννο το 1927

από πατέρα ανάπηρο αξιωματικό του Ελληνικού στρατού και μητέρα λόγια. Το 1947 μπήκε στην Α.Σ. Αγρονόμων Τοπογράφων του Ε.Μ.Π., αλλά τον διέκοψε ο εμφύλιος πόλεμος τέλος του 1949 και μετά την αποστράτευση του το 1951 συνέχισε τις σπουδές του και πήρε το δίπλωμά του το καλοκαίρι του 1953 με διπλωματική εργασία στην οδοποιία και βαθμό άριστα.

Εν συνεχεία εγκαταστάθηκε στο Ηράκλειο όπου παντρεύτηκε και εργάστηκε αρχικά τρία χρόνια ως υπάλληλος σε τεχνικές εταιρείες. Από το 1960 μέχρι το 1993 ως εργάστηκε ως ελεύθερος επαγγελματίας. Στο διάστημα αυτό αφοσιώθηκε στο αγαπημένο του αντικείμενο της μελέτης οδικών έργων, αλλά και ως κατασκευαστής εργολήπτης Δ.Ε.

Του ζητήσαμε να μας μιλήσει για τις σχέσεις του με τις σήραγγες, την οποία και μας εξιστορεί.

Οι δύσκολες εδαφικές συνθήκες από την ορεινότητα της Κρήτης (είναι η δεύτερη, μετά την Ήπειρο, ορεινή περιοχή της Ελλάδας) και η ανάγκη κατασκευής δρόμων άνετης και γρήγορης κυκλοφορίας που απαιτούσαν οι μεγάλες αναπτυξιακές δυνατότητες της Κρήτης με έσπρωξαν στην αναζήτηση τρόπου συνύπαρξης πραγματικότητας και απαιτήσεων. Προϊόν αυτής της αναζήτησης ήταν η ιδέα των οδικών σηράγγων που μου γεννήθηκε το 1964 και από τότε με κατέκτησε.

Πρώτη υλοποίηση της ιδέας αυτής ήταν η σήραγγα του Βραχασίου (ονομασία από το γειτονικό Κεφαλοχώρι της επαρχίας Μεραμβέλου σε αντάλλαγμα του παραμερισμού του από τον νέο δρόμο). Στο άρθρο μου, στο περιοδικό ΤΑΥ του Τμήματος Ανατολικής Κρήτης του Τ.Ε.Ε. (ΤΕΕ/ΤΑΚ) τεύχος 1617 Ιαν. – Φεβ. 1993 με τίτλο «Η ΣΗΡΑΓΓΑ ΤΟΥ ΒΡΑΧΑΣΙΟΥ» και υπότιτλο «Η ΟΔΥΣΣΕΙΑ ΕΝΟΣ ΕΡΓΟΥ – Η ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΜΙΑΣ ΕΠΟΧΗΣ», αφηγούμαι πως η «ανορθόδοξη» ιδέα και το πείσμα ενός επαρχιώτη μηχανικού αναστάσασαν το μελετητικό κατεστημένο και τη σκουριά του Υπουργείου Δημοσίων Έργων το δεύτερο μισό του 1960. Η πρώτη σήραγγα έστω και με κουτσουρεμένη την πρότασή μου, κατασκευάστηκε και δόθηκε στην κυκλοφορία το 1973.

Δέκα χρόνια αργότερα μελέτης στον ίδιο εθνικό δρόμο του τελευταίου τμήματος του νομού Ηρακλείου προς το νομό Λασιθίου προτείνω ένα συνδυασμό σήραγγας και χαραδρογέφυρας σ' ένα μέρος όπου η υψομετρική διαφορά από τον υποχρεωτικό αυχένα στη γραμμή ροής της χαράδρας που ακολουθεί ήταν πολύ μεγάλη για να γίνει μόνο χαραδρογέφυρα ή μόνο σήραγγα. Το έργο τώρα κατασκευάζεται με μικρή, αυτή τη φορά, διαφοροποίηση μόνο στο μέγεθος της χαραδρογέφυρας.

Στην τοπική εφημερίδα «ΠΑΤΡΙΣ» στο φύλλο 1.8.2001 δημοσιεύεται σχετικό ρεπορτάζ ονομάζοντας τη νέα σήραγγα «Μαμούθ» συγκρίνοντας την με την, προ 30/ετίας «μαμά» της του Βραχασίου.

Την ιδέα των σηράγγων πρότεινα επίσης, με άρθρο μου στην τοπική εφημερίδα «ΠΑΤΡΙΣ» φύλλο 10.2.1998 στην αξιοποίηση (μεταφορά-υδρομάστευση) υπόγειων νερών του Ψηλορείτη που εμφανίστηκαν σε μεγάλο υψόμετρο (800-1000μ).

Ο συναισθηματικός δεσμός μου με τις σήραγγες και ο πατρικός δεσμός μου με τις οδικές σήραγγες στη

χώρα μας (προσθέτω το ίσως γιατί ενώ γενικά η μητρότητα είναι αυταπόδεικτη, η πατρότητα δεν είναι και συχνά αμφισβητείται) μ' έκαμαν ν' αναζητήσω τη συνέχεια και την ιστορία τους από την πρώτη γνωριμία μου μ' αυτές το 1964.

Η ΕΕΣΥΕ, στην οποία απευθύνθηκα μου παραχώρησε πλούσιο υλικό από κατασκευασμένες σήραγγες στην Ελλάδα.

ΠΡΟΣ ΤΑ ΜΕΛΗ

Ενημερώνουμε τα μέλη μας για το internet site της Ε.Ε.Σ.Υ.Ε., το οποίο βρίσκεται στη νέα διεύθυνση:

<http://www.metal.ntua.gr/tunnelling/GTS>

Το υπό κατασκευή αγγλικό–ελληνικό και ελληνικό–αγγλικό γλωσσάρι, δημοσιεύεται στο site για τις δικές σας παρατηρήσεις και συμπληρώσεις.

Παρακαλούμε τα μέλη μας, που είναι σε θέση να μας στείλουν ενημερωτικά σημειώματα με φωτογραφικό υλικό για υπόγεια έργα και σήραγγες που κατασκευάζονται στην Ελλάδα, να αποστέλουν κείμενα για δημοσίευση στο site και στο Δελτίο των Σηράγγων.