

ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ ΠΙΝΔΟΥ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΕΚΤΡΟΠΗΣ ΑΧΕΛΩΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Δ. Λιάκουρης*

Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Στην ανακοίνωση αυτή παρουσιάζονται τα ακόλουθα συμπεράσματα σχετικά με την συμπεριφορά των γεωλογικών σχηματισμών της κεντρικής Πίνδου στις υπόγειες εκσκαφές.

- Η συμπεριφορά των πετρωμάτων είναι γενικά καλή κατά την διάνοιξη των σηράγγων. Τα προσωρινά μέτρα προστασίας είναι περιορισμένα και αποτελούνται κυρίως από αγκύρια σε κάναβο 1,5 X 1,5 μ. εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και κατά τόπους δομικά πλέγμα.
- Η παρουσία νερού φαίνεται ότι είναι περιορισμένη στο σύνολο της βορραούζας και μόνο κατά μήκος ορισμένων ρηγμάτων παρατηρούνται αφίξεις νερού σημαντικών ποσών και όταν συνυπάρχουν ορισμένες προϋποθέσεις μορφολογικές, υδρογεωλογικές, τοπογραφικές.

A B S T R A C T

This paper presents certain conclusions regarding the behaviour of the geological formations of the Central Pindus in the underground excavations, which are the following.

- The behaviour of the rocks, encountered during the tunnel constructions is generally good. The temporary support measures are limited, mainly consisting of rock bolts in a 1,5 x 1,5 m grid, of gunite and welded wire fabric, where locally required.
- The water presence seems limited in the whole of rockmass and only along certain faults and after the co-existence of certain morphological, hydrological and topographical conditions considerable water quantities are observed.

D^r. D.E. LIAKOURIS. Engineering geology conditions encountered at the project sites of the Achelous river diversion to Thessaly plain scheme.

* Δ^ο Δ.Ε. ΛΙΑΚΟΥΡΗΣ : ΔΕΗ (ΔΑΥΕ). Κοραή 4, Αθήνα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μελέτες κι έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σ'όλη την έκταση του Έργου, και οι κατασκευές ορισμένων τμημάτων αυτού που ακολούθησαν, έδωσαν χρήσιμα στοιχεία για την γνώση των τεχνικο-γεωλογικών, υδρογεωλογικών συνθηκών και των συνθηκών ευστάθειας των πρανών του εδάφους.

Με την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αριθμοποιήθηκαν ορισμένα στοιχεία και παράμετροι με αποτέλεσμα την εξαγωγή γρησίων συμπερασμάτων, τα οποία εστιάζουν τα προβλήματα και γενικά τους δείκτες της συμπεριφοράς των πετρωμάτων, έτσι ώστε να γίνεται ευκολότερη η προσέγγισή τους από Μελετητές και Κατασκευαστές, των οποιονδήποτε μελλοντικών έργων στην υπόψη περιοχή, ή την ευρύτερη, με ανάλογο γεωλογικό και τεκτονικό μοντέλλο.

Η γενική διάταξη του Έργου (βλ.σχ.1) είναι αρκετά εκτεταμένη και σχεδιασμένη απόνω σε γεωλογικούς σχηματισμούς των ενωτήτων Πίνδου και Δυτ.Θεσσαλίας (Κόζιτσα ή Υπερπινδικής κατά τον Αβουίη). Στην πρώτη ενότητα, στην οποία αναφέρεται κι η παρούσα ανακίνωση, θα κατασκευασθούν τα φράγματα Μεσοχώρας, Συκιάς, μετά των συνοσών Έργων και η Σήραγγα Εκτροπής Αχελώου στην Θεσσαλία.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ (Συνοπτική περιγραφή)

α. Στρωματογραφική ακολουθία σχηματισμών

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν την ζώνη Πίνδου, όπως προέκυψε από τις εργασίες του Αβουίη αρχικά και από τις Μελέτες και Έρευνες του ΙΓΜΕ και της ΔΕΗ, στην συνέχεια, είναι συνοπτικά οι ακόλουθοι:

Σχηματισμοί Τριαδικού

- Ασβεστόλιθοι Αν.Τριαδικού.
- Μεταβατικός ασβεστόλιθος Αν.Τριαδικού-Ιουρασικού

Σχηματισμοί Ιουρασικού

- Κερατόλιθοι - Ασβεστόλιθοι.
- Εναλλαγές αργιλομαργαίικών σχιστολίθων,πρασίνου ή κόκκινου χρώματος και μαργαίικών ασβεστολίθων γκριζου χρώματος.
- Εναλλαγές κερατολίθων,ασβεστολίθων και σχιστολίθων.
- Πολύχρωμοι κερατόλιθοι.
- Εναλλαγές κερατολίθων, αργολομαργαίικών σχιστολίθων, μαργαίικών ασβεστολίθων.
- Ασβεστόλιθοι με καλπινέλλες.

Σχηματισμοί Κρητιδικού - Ηκαίνου

- Πρώτος φύσσης.
- Άνω κρητιδικοί ασβεστόλιθοι.
- Μεταβατικός οριζοντας φλύσχη.

- Δεύτερος φλύσσης.

Από την αξιολόγηση 8000 μ. μήκους περίπου πυρήνων γεωτρήσεων και 3000 μ. μήκους σήραγγων διαπιστώθηκε ότι, οι ασβεστόλιθοι ανεξαρτήτως γεωλ. ηλικίας, είναι κατά προσέγγιση λεπροστρωματώδεις σε ποσοστό 64%, μεσοστρωματώδεις σε ποσοστό 20% και παχυστρωματώδεις σε ποσοστό 16%.

Από τις γεωλογικές χαρτογραφήσεις του ΙΓΜΕ (1985) και της ΔΕΗ σε κλίμακα 1:5000, προέκυψε ότι κατά μήκος της σήραγγας εκτροπής Αχελώου 18,5 χλμ. που αντιπροσωπεύει σχεδόν το 80% του πλάτους της ζώνης Πίνδου στην περιοχή αυτή, η ποσοστιαία αναλογία των πετρωμάτων κατά προσέγγιση είναι η ακόλουθη:

- Φλύσσης Πίνδου	Μέτρα μήκους	1.730	Ποσοστό %	9,5
- Μεταβατικός οριζοντας φλύσχη-ασβεστολίθων	" "	1.700	"	9,0
- Ασβεστ. Άνω Κρητιδικού	" "	4.220	"	23,0
- Πρώτος φλύσσης	" "	1.160	"	6,0
- Κερατόλιθοι	" "	2.200	"	12,0
- Σχιστόλιθοι	" "	2.640	"	14,5
- Λοιποί ασβεστόλιθοι (Ηκαϊνικοί, Τριαδικοί, Ιουρασικοί)	" "	4.850	"	26,0

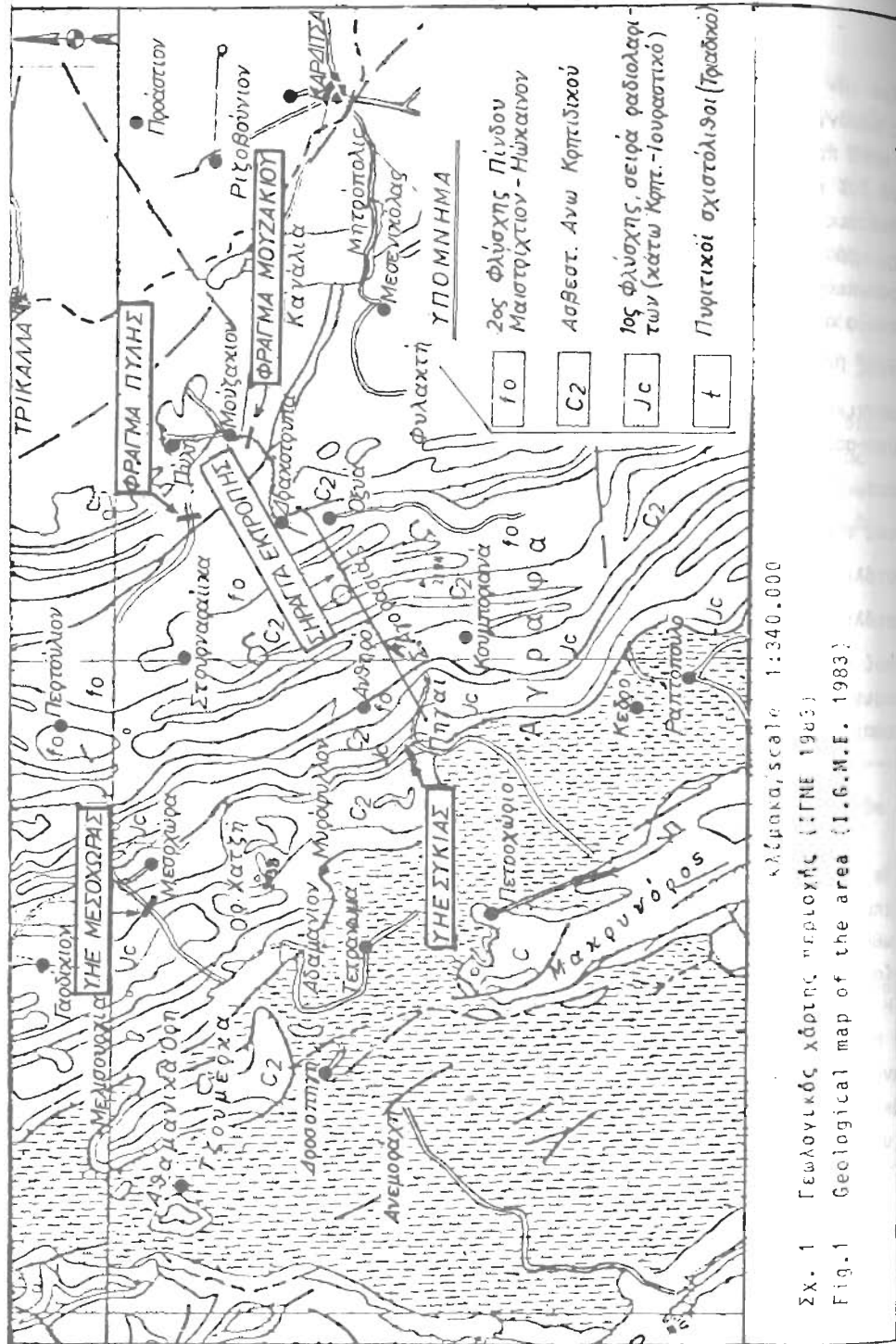
Ήτοι σύνολο	" "	18.500	"	100,0

Τα παραπάνω μήκη των γεωλογικών σχηματισμών δείχνονται στην γεωλογική τομή του σχημ.2, η οποία έχει συνταχθεί με την μεγαλύτερη δυνατή προσέγγιση και επιβεβαιωθεί με μια σειρά από 15 ερευνητικές γεωτρήσεις, έξι (6) ερευνητικές στοές και μία δοκιμαστική σήραγγα.

Η συμπεριφορά των γεωλογικών σχηματισμών αυτών στην εκτέλεση Έργων Πολιτικού Μηχανικού, διαφαίνεται μέσα από την αξιολόγηση και παρουσίαση στοιχείων που αναφέρονται στις αστάθειες πρανών και τις τεχνικογεωλογικές-υδρογεωλογικές συνθήκες, όπως αυτές διαπιστώθηκαν από τις μελέτες, Έρευνες και Κατασκευές στην υπόψη περιοχή.

β. Αστάθειες Πρανών

Σε μια περιοχή όπως εκείνη της Πίνδου, στην οποία αναφερόμαστε με εντονώτατο ανάγλυφο, δομή εξ ολοκλήρου σχεδόν από στρωσιγενή πετρώματα με έντονη τεκτονική καταπόνηση και σημαντική ανάπτυξη φλύσχη, νεώτερου ή πρώτου, είναι επόμενο να παρατηρεί έντονα φαινόμενα αστάθειας πρανών, με επιπτώσεις



Σχ. 1 Γεωλογικός χάρτης περιοχής (ΓΓΝΕ 1963)
Fig. 1 Geological map of the area (I.G.M.E. 1983)

στα τεχνικά έργα αλλά και κοινωνικές, όπως οι ζημιές σε οικισμούς, δρόμους κλπ. Στο πλαίσιο των Μελετών της ΔΕΗ και ειδικότερα τις γεωλογικές χαρτογραφήσεις της ΣΝΣ και των γεωλόγων της ΔΕΗ, καταγράφηκαν στην περιοχή, κατά μήκος της κοιλάδας του Αχελώου, από την γέφυρα Κοράκου, κοντά στο χωριό Πηγές Άρτας, μέχρι την κοινότητα Μεσοχώρας (μήκος 32 χλμ. περίπου), βλέπε σχ.1):

- 8 θέσεις με σημαντικές και συνεχείς κασιπτώσεις λίθων
- 25 αξιόλογες κατολισθήσεις ή έντονα φαινόμενα ερπυσμών
- 47 θέσεις κορημάτων κλιτύων, στις περισσότερες περιπτώσεις σάρρες.

Οι κατολισθήσεις μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τη δομή και την σύσταση της βραχομάζας στις ακόλουθες τρεις γενικές κατηγορίες:

- Κατολισθήσεις υλικών κλιτύων (κυρίως σάρρες) ή αλλουβιακών επικαλυμμάτων.
- Κατολισθήσεις κατά τα επίπεδα στρώσεων ή ρηξιγενών γραμμών του βραχώδους υποβάθρου.
- Κατολισθήσεις βραχομαζών κοντά στα μέτωπα αναστρέφων ρηγμάτων (επωθήσεις, εφιπτεύσεις, λεπιώσεις).

Τα αίτια που τις προκαλούν ως γνωστόν έχουν σχέση συνήθως με παράγοντες έξω από την βραχομάζα, όπως η υποσκαφή του πόδα του πρανούς που βρίσκεται σε ισορροπία, είτε από επεμβάσεις του ανθρώπου, είτε από την διαβρωτική επένεργεια των υδατινών ρευμάτων (ποταμοί, χειμάρροι). Ακόμη από αίτια, που έχουν σχέση με την μεταβολή της συνοχής ή της γωνίας τριβής.

Συνήθως οι εκδηλώσεις των κατολισθήσεων της πρώτης κατηγορίας δεν έχουν αιφνίδιο χαρακτήρα, αλλά δημιουργούν την εκάστοτε νέα κατάσταση ισορροπίας προοδευτικά. Τέτοιες κατολισθήσεις στην περιοχή που αναφερόμαστε διαπιστώθηκαν στις κλιτύες των υψηλών ορεινών όγκων (σάρρες) ή σε εδάφη με σμαλότερη μορφολογία, όπου το πέτρωμα (συνήθως φλύσχης) αποσθρώνεται εύκολα και δημιουργείται ένα αλλουβιακό επικάλυμμα.

Οι κατολισθήσεις της δεύτερης κατηγορίας είναι συνήθως απαιτούν μεγάλες επιταχύνσεις και οφείλονται κατά βάση στην εκσκαφή του πόδα της κλιτύς, είτε για τις ανάγκες κατασκευής τεχνικών έργων, είτε από την διαβρωτική του ποταμού. Σημειώνεται ότι οι συνθήκες πρόκλησης είναι ευνοϊκότερες, όταν οι κλίσεις των στρωμάτων είναι μικρότερες και ομόρροπες εκείνων των κλιτύων.

Οι κατολισθήσεις της τρίτης κατηγορίας αυτής είναι συνήθως οι παλαιότερες και πλέον σταθεροποιημένες με επίπεδο ολίσθησης, τις περισσότερες φορές, εκείνα που συνιστά ο νεώτερος φλύσχης της Πίνδου, επάνω στον οποίο έχουν επωθηθεί οι παλαιότεροι αλπικοί οχηματισμοί, ή τα επίπεδα ρηγμάτων.

γ. Υδρογεωλογική συμπεριφορά σχηματισμών.

Αν και στα δύο Υδροηλεκτρικά Έργα Συκιών και Μεσοχώρας που κατασκευ-

άζονται σήμερα οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν σημαντική ανάπτυξη, εν τούτοις τόσο στην κλίμακα των τομειωτήρων, όσο κι εκείνη των φραγμάτων, οι κίνδυνοι σοβαρών διαρροών είναι πολύ περιορισμένοι, σχεδόν ανύπαρκτοι. Τούτο οφείλεται στις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζουν οι ασβεστόλιθοι αυτοί σε σχέση με τους ασβεστόλιθους των γειτονικών ζωνών Γαβρόβου και Ιονίου.

Στην πλειονότητά τους οι ασβεστόλιθοι Πίνδου είναι λεπτοστρωματώδεις με λεπτές διαστρώσεις αργιλικών σχιστολίθων ή πηλιτών μεταξύ των στρωμάτων. Σε μεγαλύτερη κλίμακα έχουμε κατά κανόνα συχνές επαναλήψεις οριζόντων λεπτοστρωματωδών ασβεστολίθων και αργιλικών σχιστολίθων, πρώτου φλύσχη, κερατολίθων, ή δεύτερου φλύσχη (Μεστρίχτιο, Ηώκαινο) με αποτέλεσμα οι ασβεστόλιθοι να εγκλωβίζονται μέσα σε στεγανό περιβάλλον.

Οι επαναλήψεις των στεγανών και υδροπερατών οριζόντων συνετέλεσαν, ώστε η κυκλοφορία του υπόγειου νερού, ιδιαίτερα στα βαθύτερα σημεία των ασβεστολίθων που γίνεται μέσω των διακλάσεων, να είναι περιορισμένη και ως εκ τούτου να μην έχει αναπτυχθεί έντονο καρστ και αυτό που υπάρχει να είναι εντοπισμένο κοντά κυρίως στα πρανή των κοιλάδων. Η παρουσία μικροπηγών σε μεγάλα υψόμετρα και έξω από επαφές με γειτονικούς αδιαπέραστους σχηματισμούς είναι ενδεικτική, εντός όχι πυκνού και διασυνδεδεμένου υπόγειου υδροφόρου δικτύου και σαν συνέπεια μιας μικρής περατότητας (Μαρίνος, 1978). Οι περισσότερες πηγές έχουν εποχιακό χαρακτήρα, εμφανίζονται κατά την υγρή περίοδο και μόνο ελάχιστες διατηρούνται κατά την ξηρά και αυτές με αισθητά μειωμένες παροχές. Από τις γεωτρήσεις που εκτελέστηκαν διαπιστώθηκε ότι η υπόγειος στάθμη στα πρανή της κοιλάδος βρίσκεται συνήθως ηλθότερα της στάθμης του ποταμού ή ταυτίζεται με αυτή.

Στην θέση των φραγμάτων των δύο ΥΠΕ, δοκιμές διαπερατότητας με την μέθοδο Lugeon, έδωσαν χαμηλές τιμές του συντελεστή Κ. Κάτω από τα 25-30 μ. βάθους επεκράτησαν εκείνες μεταξύ $2 \cdot 10^{-5}$ cm/sec έως $8 \cdot 10^{-6}$ cm/sec (μεγαλύτερο πλήθος τιμών). Τοπικά μόνο παρατηρήθηκαν ορισμένες αυξημένες περατότητες, χωρίς να προκαλούν ανησυχία, δεδομένου ότι η στεγανότητα θα εξασφαλισθεί με την λήψη συνήθων στεγανοποιητικών μέτρων (σιμεντενέσεις συνήθων ενεμάτων).

Η μόνη σειρά ασβεστολίθων που παρουσιάζει αυξημένη υδροπερατότητα είναι εκείνη των ανωκρητιδικών (Μαρίνος 1978), μέσα στους οποίους μπορούν να αναμένονται συγκεντρώσεις, σημαντικών πολλές φορές ποσοτήτων νερού οι οποίες, όμως θα πρέπει να μειώνονται στα βαθύτερα σημεία, όπως μειώνεται και η υδροπερατότητα αυτών, γεγονός που επιβεβαιώθηκε από τις δοκιμές περατότητας στα διάφορα ερευνητικά προγράμματα που εκτελέστηκαν κατά καιρούς.

Στους ασβεστόλιθους αυτούς η στάθμη του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα, κατά κανόνα είναι βαθειά και σε κάθε περίπτωση η στάθμη αυτή ρυθμίζεται από τον όγκο και την θέση της ασβεστολιθικής μάζας σε σχέση με τους υπερκείμενους και υποκείμενους σχηματισμούς και την μορφολογία της περιοχής.

Αναφορικά με την σήραγγα Εκτραπής Αχελώου στη Θεσσαλία οι διαπιστώσεις δίνονται στη συνέχεια. Σε δύο τμήματα των ανωκρητιδικών ασβεστολίθων, οι πιθανότητες εμφάνισης υπογείου νερού είναι αυξημένες.

Τα δύο αυτά τμήματα, με σημείο αναφοράς το φρέαρ ανάπασης βρίσκονται: Το ένα μεταξύ των Χ.Θ. 1000-1300 από το πηγάδι προς τα δυτικά και το άλλο μεταξύ των Χ.Θ. 2900-3100 (βλ. σχ. 2). Στα τμήματα αυτά ο υπερκείμενος του επιπέδου της χάραξης βράχος έχει πάχος (cover) 100-200 μ. και 200-250 μ. αντίστοιχα. Αν μάλιστα η διάνοιξη συναντήσει ρήγματα μέσα στους ασβεστόλιθους υπάρχει περίπτωση απόξεων νερού σημαντικών παροχών. Σε όλες τις άλλες θέσεις των ανωκρητιδικών ασβεστολίθων, η χάραξη διέρχεται πολύ βαθειά και η εμφάνιση υπογείου νερού φαίνεται περιορισμένη δεδομένου ότι οι διακλάσεις, όπως έδειξαν οι πυρήνες των ερευνητικών γεωτρήσεων, περιορίζονται σε μέγεθος και εύρος.

Σ'όλους τους άλλους γεωλογικούς σχηματισμούς απ'όπου διέρχεται η χάραξη δεν φαίνεται να υπάρχουν σοβαρά προβλήματα εμφάνισης νερού για δύο λόγους:

Ο πρώτος είναι η σύσταση των σχηματισμών αυτών με τις συνεχείς επαναλήψεις στεγανών, υδροπερατών οριζόντων και ο δεύτερος το σημαντικό πάχος των υπερκείμενων του επιπέδου της χάραξης πετρωμάτων (cover) που κυμαίνεται στα 700 - 1000 μ.

Βέβαια κατά μήκος ρηγμάτων δεν αποκλείεται η εμφάνιση υπογείου νερού περιορισμένων όμως ποσοτήτων, αλλά με υψηλές πιέσεις.

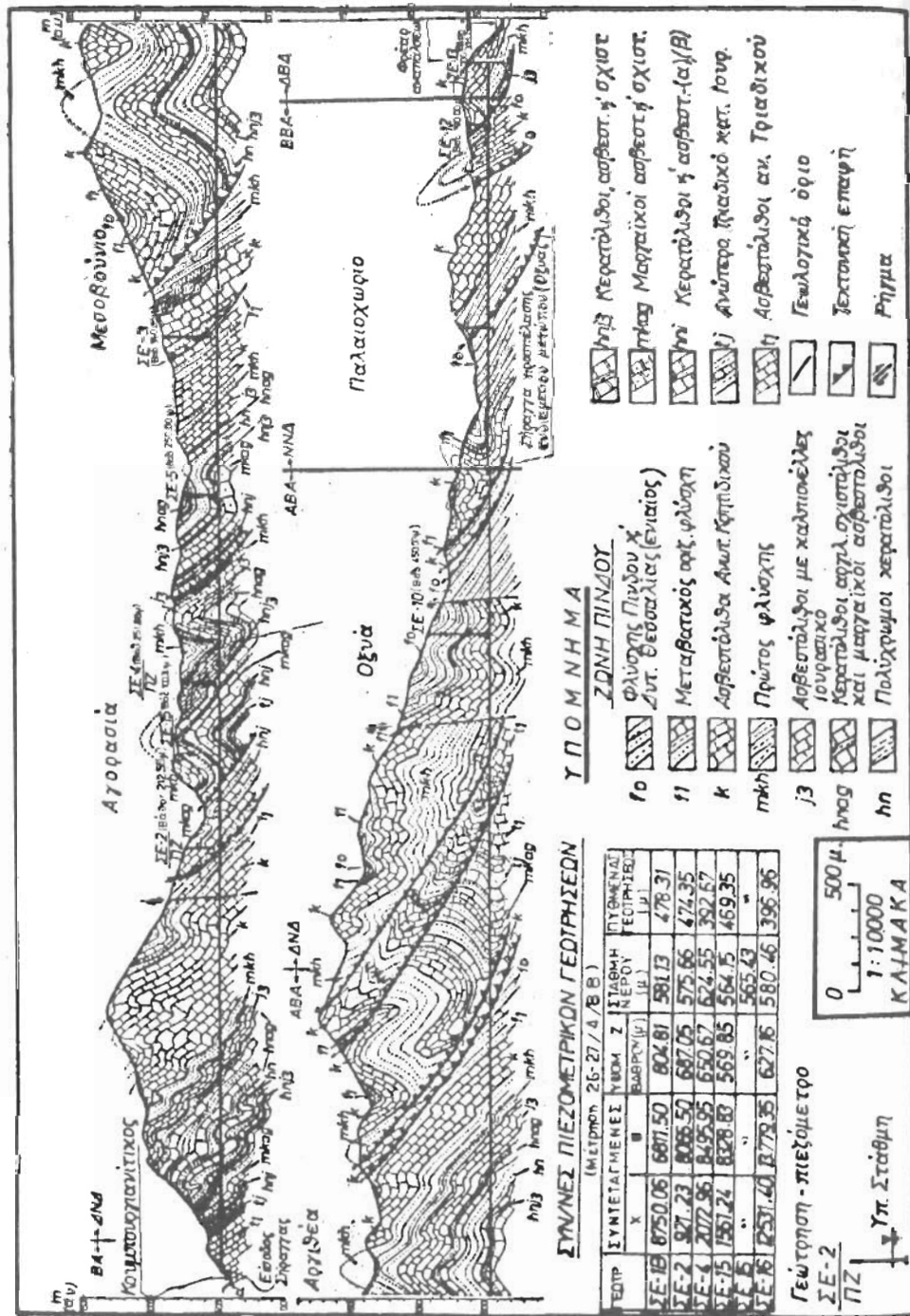
Τούτο προκύπτει από τις υψηλές στάθμες του υπογείου ορίζοντα που εντοπίστηκε σε ορισμένες πιεζομετρικές γεωτρήσεις που δείχνονται στον πίνακα του σχήματος 2.

Συμπερασματικά μπορεί να λεχθεί ότι η διάνοιξη της σήραγγας εκτιμάται ότι δεν θα συναντήσει ιδιαίτερα προβλήματα με τα υπόγεια νερά. Σε δύο ή τρεις περιοχές είναι δυνατόν να εμφανισθούν μεγάλες παροχές, κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις. Η αντιμετώπισή τους θα επιτευχθεί με τις συνήθεις μεθόδους τιμμεντενέσεων ή την απομάκρυνσή τους με παροχέτευση προς την είσοδο της σήραγγας.

δ. Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά σχηματισμών.

Τα πετρώματα που δομούν τις περιοχές των θέσεων των φραγμάτων των ΥΠΕ Συκιές και Μεσοχώρας δείχνονται στους πίνακες 1 και 2. Στο μεγαλύτερο ποσοστό αποτελούνται από λεπτοστρωματώδεις κυρίως ασβεστολίθους διαφόρων κατηγοριών, αργιλικούς σχιστολίθους και κερατόλιθους.

Στο σύνολό τους οι γεωλογικοί σχηματισμοί στις θέσεις των φραγμάτων παρουσιάζουν ικανοποιητική αντοχή με καλές γενικά μηχανικές ιδιότητες που επιτρέπουν την κατασκευή και ακάμπτου τύπου φραγμάτων, όπως για παράδειγμα το φράγμα Ν. Πλαστήρα (Ταυρωπού).



Σχ.2. Γεωλογική τομή κατά μήκος της χάραξης σφραγας Εκτροπής Αελλού προς Θεσσαλία (Δ.ΛΙΑΚΟΥΡΗΣ - Γ.ΕΣΜΑΝΟΥΛΙΔΗΣ)
Fig.2. Geological section along of the alignment of Diverston tunnel (LIAKOURIS - ESMANOUOLIDIS)

Οι μηχανικές ιδιότητες των ασβεστολίθων φαίνεται ότι διαφέρουν εκείνων των ασβεστολίθων των δυτικών γεωλογικών ζωνών (Γαβρόβου, Ιονίου), στους οποίους, όπως έχει προκύψει από μελέτες της ΔΕΗ, φαίνεται ότι είναι καλύτερες.

Αν και οι ασβεστολίθοι παρουσιάζουν γενικά μέσες-καλές αντοχές, εν τούτοις με την κατά Deere ταξινόμηση (0-25% πολύ φτωχή, 25-50% φτωχή, 50-57% μέση, 75-90% καλή και 90-100% πολύ καλή), στις θέσεις των φραγμάτων Συκιάς και Μεσοχώρας προέκυψε ότι :

- Στην Μεσοχώρα οι σχηματισμοί σε ποσοστό 57% ανήκουν στην φτωχή κατά Deere κατηγορία, σε ποσοστό 38% στην μέτρια έως καλή και σε ποσοστό 5% στην εξαιρετική.
- Στη θέση του φράγματος Συκιάς σε ποσοστό 41% στην φτωχή ποιότητα και σε ποσοστό 59% στην μέση έως καλή.

Η αντίφραση αυτή οφείλεται σε δύο βασικούς λόγους:

- Στο γεγονός ότι το ποσοστό του RQD, έχει επηρεασθεί από τον λεπτοστρωματώδη χαρακτήρα των ασβεστολίθων, οι οποίοι ανέρχονται σε ποσοστό άνω του 60%.

- Στον συνυπολογισμό, κατά την εκτίμηση του ποσοστού RQD, των παρεμβολών μέσα στους ασβεστολίθους διαστρώσεων αργιλικών οχιστολίθων, ηλιτών, ραδιολαριτών, κατ'εξοχήν λεπτοστρωματώδων σχηματισμών.

Τα μικροτεκτονικά στοιχεία του βραχώδους υποβάθρου (μικρορήγματα, διακλάσεις, επιπεδα εσωτερικών ολισθήσεων), έχουν επιδράσει στα επιφανειακά κυρίως τμήματα των βραχώδων σχηματισμών, όχι βέβαια σε βαθμό προβληματισμού στον σχεδιασμό των έργων, αλλά στον βαθμό επιβολής εξυγειαντικών μέτρων, πέρα από την σφαίρα μερικών επιφανειακών στρωμάτων και εξαρμάτων βρόχων, για ομαλοποίηση πρανών ή για εξασφάλιση καλύτερων συνθηκών ευστάθειας πρανών.

ΥΠΟΓΕΙΕΣ ΕΚΣΚΑΦΕΣ

Η αναφορά γίνεται σε 3310 μ. μήκους οφράγγων που εκτελέσθηκαν με βάση την μελέτη του Έργου Εκτροπής.

α. Σφραγες στα ΥΠΕ Μεσοχώρας και Συκιάς

Από τις διανοίξεις των σφράγγων εκτροπής των ΥΠΕ Μεσοχώρας και Συκιάς, καθώς και την συνδετήρια Νο 2 στο φράγμα Συκιάς, προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα για την συμπεριφορά των πετρωμάτων κατά την διάνοιξη, που πραγματοποιήθηκε με την σχεδόν καθιερωμένη Αυστριακή μέθοδο διάνοιξης (N.A.T.M.).

Το συνολικό μήκος των σφράγγων ήταν 2230 μ. με διατομές 82 μ2 πεταλοειδούς τύπου που διανοίχθηκαν σε δύο φάσεις την Α στο άνω τμήμα και το Β στο κάτω.

Οι σχηματισμοί που διατρήθηκαν και δείχνονται στους πίνακες 1, 2 και 4 συνιστούν βασική μονοκλινική σκολοιθία στρωμάτων στην περιοχή φράγματος Συκιάς με γενική κλίση ανατολική 40°-70° περίπου και αντικλινική στην Μεσοχώρα.

Τα πετρώματα που διατρήθηκαν παρουσίασαν πολύ καλή μηχανική συμπεριφορά και η περιβάλλουσα βραχώδης διατήρησε γενικά την αρχική αντοχή, η οποία αποτελεί, σύμ-

φωνα με την Αυστριακή μέθοδο, την κύρια συνιστώσα υποστήριξης της βραχομάζας στις υπόγειες εκσκαφές (X' Ευθυμίου, Μαρίνος).

Η καλή συμπεριφορά των πετρωμάτων κατά την διάτρηση φαίνεται από τα στοιχεία που ακολουθούν.

- Η μέση ημερήσια (εργάσιμος) προχώρηση ήταν 4,80 μ. που επιτεύχθηκε με 3 βάρδιας/24ωρο και χρήση μακαπιών μήκους 3 μ.

- Η καλύτερη μέση ημερήσια προχώρηση 6,2 μ. επιτεύχθηκε στους ανωκρητιδικούς ασβεστολίθους και η μικρότερη στις εναλλαγές αργιλικών, σχιστολίθων, πηλιτών με διαστρώσεις ασβεστολίθων (2,5-3,7 μ./ημ.).

- Ο αριθμός των καταπτώσεων ήταν γενικά πολύ μικρός. Εξαίρεση αποτέλεσε μια κατάπτωση στην σήραγγα Μεσοχώρας σε ζώνη διότιμησης στους αργιλικούς σχιστολίθους όγκου 40 μ³ περίπου.

- Μεταλλικά πλαίσια (IPB-180) τοποθετήθηκαν ανά 1-1,5 μ. σε μήκος 147 μ. επί συνόλου 2230 μ.

- Οι παραμορφώσεις του βράχου ήταν μικρές (δεν υπερέβησαν τα 7-10 mm), όπως προέκυψε από τις μετρήσεις των κοχλίων μέτρησης σύγκλισης και των μηκυσιομέτρων μήκους 10-15 μ. Ο χρόνος αυτοσυγκράτησης (stand up time) του βράχου κυμάνθηκε από μήνες μέχρι και πέρα από χρόνο περίπου στους ασβεστολίθους, 3-7 ημ. στους αργιλικούς σχιστολίθους και λίγες ώρες στις ζώνες διάτμησης.

- Για την υποστήριξη του βράχου στις σήραγγες χρησιμοποιήθηκαν αγκύρια τύπου διαστελωμένης κεφαλής 3,20 μ. τανυόμενα στους 10 τόννους και Perfo 3,20 μ.

- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (gunite) χρησιμοποιήθηκε σ' όλο το μήκος των σηράγγων πάχους 8-10 εκ. αλλά σε ελάχιστες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε δομικό πλέγμα.

- Αγκύρια τύπου διαστελωμένης κεφαλής μήκους 3,20 μ. τοποθετήθηκαν σε δακτυλίους με 3-4 αγκύρια, ανά 1,5 μ. μήκους σήραγγας, με εξαίρεση μικρά τμήματα που τοποθετήθηκαν 7 και 8.

- Η κατηγορία του βράχου I διαπιστώθηκε σε 250 μ. μήκους, η κατηγορία II σε 1790 και η κατηγορία III σε 190 μ. μήκους.

Οι κατηγορίες βράχου I, II και III έχουν καθοριστεί από την ΔΕΗ για λόγους συμβατικής εφαρμογής και με βάση τις διεθνώς αποδεκτές ταξινομήσεις βράχου προσαρμοσμένες όμως στις τοπικές συνθήκες των έργων, όπως το είδος της υπόγειας εκσκαφής, ο τύπος διατομής, η γεωλογική δομή, η γεωμετρία του πετρώματος κλπ. Κατά κατηγορία γίνεται εκτενής περιγραφή των συνθηκών βράχου κάθε κατηγορίας και των προβλεπομένων μέτρων προστασίας.

Συνοπτικά σημειώνεται ότι: η κατηγορία I αναφέρεται σε καλή ποιότητα βράχου με ελαφρά ρηγμάτωση, ασήμαντη παραμόρφωση με αντοχή μεγαλύτερη των τάσεων του βράχου και καμιά επιρροή του υπογείου νερού.

Η κατηγορία II αναφέρεται σε βράχο μέτριας ποιότητας, μέτρια ρηγματωμένο, μικρή παραμόρφωση και ελαφρά επίδραση του υπογείου νερού.

Τέλος η κατηγορία III σε κακής ποιότητας βράχο, έντονο ρηγματωμένο και τάσεις

βράχου μεγαλύτερες ή ίσες με την αντοχή του πετρώματος. Η επιρροή του υπογείου νερού σημαντική.

β. Σήραγγα προπέλασης ή ενδιαμέσου μετώπου στην Αγορασιά

Τις διαπιστώσεις και γενικά τις εμπειρίες από την διάνοιξη της σήραγγας αυτής παρουσιάζουμε ξεχωριστά από τις προηγούμενες, διότι αποτελεί την σήραγγα οδηγό (πιλότο) της σήραγγας εκτροπής Αχελώου στην Θεσσαλία και ως εκ τούτου οι συνθήκες διάτρησης θα αναμένονται ανάλογες στον μεγαλύτερο δυνατό βαθμό.

Η σήραγγα έχει μήκος 1187 μ. και κλίση 8,34% (από την είσοδο προς το μέτωπο). Η διατομή 23 μ² έχει σχήμα θόλου ύψους 4,5 μ. και πλάτους 4,0 μ. (γραμμή Α). Ανά 200 μ. μήκους έχει πραγματοποιηθεί διαπλάτυση μήκους 24 μ. πλάτους 10 μ. και ύψους 4,5 μ.

Η διάνοιξη πραγματοποιήθηκε με την Νέα Αυστριακή μέθοδο διάνοιξης Σηράγγων. Η διάταξη των διατρημάτων στο μεγαλύτερο ποσοστό περιελάμβανε 19 περιφερειακές οπές και 18 οπές στην εσωτερική επιφάνεια του μετώπου. Για τις ανατινάξεις χρησιμοποιήθηκε ζελατινοδυναμίτης σε ποσότητα 1-1,5 Kg/m³ εκσκαφής, ανάλογα με τη φύση και την σκληρότητα των πετρωμάτων.

Κατό μήκος της σήραγγας συναντήθηκε, όλο σχεδόν το πακέτο των Ιουραϊκών σχηματισμών της Πίνδου και από το Κρητιδικό ο 1ος φλύσχης.

Αναλυτικότερα, οι σχηματισμοί που διατρήθηκαν και τα πάχη αυτών δείχνονται στον πίνακα 3.

Από την συγκέντρωση και αξιολόγηση των τεχνικογεωλογικών στοιχείων προέκυψαν οι ακόλουθες διαπιστώσεις.

- Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά βραχομάζας. (Προσωρινό μέτρο προστασίας).

Κατά την διάνοιξη της σήραγγας οι γεωλογικοί σχηματισμοί που διατρήθηκαν παρουσίασαν καλή έως πολύ καλή μηχανική συμπεριφορά, με αποτέλεσμα τα προσωρινά μέτρα προστασίας να μην είναι ενισχυμένα, αλλά να καλύπτουν τις στοιχειώδεις ανάγκες υποστήριξης του βράχου.

Η βραχομάζα σ' όλο σχεδόν το μήκος (1050 μ.) κατατάσσεται στην κατηγορία II και μόνο 30 μ. στην κατηγορία III.

Δεν παρατηρήθηκαν αξιόλογες καταπτώσεις, αλλά λίγες μικρές σε όγκο, κυρίως κοντά στις γραμμές των ρηγμάτων.

Οι παραμορφώσεις του βράχου ήταν μικρές (δεν υπερέβησαν τα 7-10 mm), όπως προέκυψε από τις μετρήσεις των κοχλίων μέτρησης σύγκλισης και των μηκυσιομέτρων μήκους 10 και 15 μ. Ο χρόνος αυτοσυγκράτησης (stand up time) του βράχου, ήταν καλύτερος του 1 έτους για τους ασβεστολίθους και 3-7 ημ. για τους σχιστολίθους.

Για την υποστήριξη του βράχου χρησιμοποιήθηκαν αγκύρια τύπου διαστελωμένης κεφαλής (τανυόμενα στους 10 τόννους) και Perfo, μήκους 3,25 μ. και 3,20 μ. αντίστοιχα, καθώς και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μέσου πάχους 8 εκ. σ' όλο σχεδόν το μήκος της σήραγγας. Δομικό πλέγμα μόνο σε ελάχιστες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε και κυρίως στα σημεία διαπλατυνόμενων.

Πίνακας 1. ΥΠΕ ΜΕΣΟΧΩΡΑΣ. Σήραγγα εκτροπής.
Table 1. H.E.P. MESOCHOEA. Diversion Tunnel.

1 Περιγραφή σχηματισμών	2 Ολικό μήκος (μ)	3 Ημερ. εκακωφής	4 Ημερ. προχώρηση (μ)	5 Ύψιτε πάχους 6-10 εκ. μ. μήκους	6 Ψάλασα μ. μήκους	7 Αγκύρια μ. μήκους	8				
							Υδροφορία	9 Κατηγ. Βράχου			
							0	0	I	II	III
Ζώνη 1. Λεπτο-μεσοστρωματώδεις ιλυολιθοί, κερατόλιθοι ασβεστόλιθοι.	30	11	2,73	30	10	30	-	-	-	-	30
Ζώνη 2. Λεπτο-μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι, με αραιές παρεμβολές ιλυολιθών κερατολιθών.	50	10	5	30	-	30	1	-	-	-	50
Ζώνη 3. Παχύστρ. λευκοί ασβεστόλιθοι.	40	8	5	40	-	40	4	-	-	-	40
Ζώνη 4. Ότι η 3, αλλά με παρεμβολές αργ. σχιστολιθών, κερατολιθών.	50	9	5,5	50	-	50	11	-	-	-	50
Ζώνη 5. Εναλλαγές ιλυολιθών, κερατολιθών, αργιλ. σχιστολιθών.	30	12	2,5	30	10	30	31	1	-	-	20
Ζώνη 6. Εναλλαγές λεπτο-μεσοστρωματωδών, ιλυολιθών, κερατολιθών.	20	5	4	20	-	20	3	4	-	-	-
Ζώνη 7. Λεπτοστρωματώδεις κερατόλιθοι.	50	11	4,5	50	-	50	5	2	-	-	40
Ζώνη 8. Εναλλαγές ιλυολιθών, λεπτοστρωματωδών κερατολ. και κατά τμήματα αργιλ. σχιστόλιθοι και ασβεστόλιθοι.	80	39	2,0	80	-	80	19	-	-	-	80

συνέχεια Πίνακα 1
continuity of table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ζώνη 9. Αργιλικοί σχιστόλιθοι και λίνιοι ιλυόλιθοι εναλλασσόμενοι με μαργαίκοι ασβεστόλιθοι.	10	4	2,5	10	-	10	-	10
Ζώνη 10. Λεπτο-μεσοστρωματωδείς ασβεστόλιθοι με λίγες εντατώσεις ιλυολιθών, κερατολ.	180	47	3,8	180	-	180	-	170
Ζώνη 11. Λεπτοστρωματώδεις μαργαίκοι ασβεστόλιθοι.	10	2	5	10	-	-	-	10
Ζώνη 12. Ιλυόλιθοι, κερατόλιθοι με παρεμβολές λεπτοστ. ασβεστόλιθου.	60	12	5	60	-	60	-	60
Ζώνη 13. Λεπτοστρωματώδεις κερατόλιθοι εναλλασσόμενοι με λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους.	70	17	4,1	70	-	70	4	30
Σ Υ Ν Ο Λ Ο Ν	680	187	3,6(Η.Ο)	660	20	650	76	470

ΣΗΜ: Η ζώνη 1 αποτελεί την μεταβατική ζώνη από τον 1ο φλύσχη προς την υποκε(μενη σειρά των Ιουρασικών σχηματισμών (ζώνες 2-13)

Οι κύκλοι στην στήλη υδροφορίας παριστάνουν:

0 = σταγόνες, 0 = μικρή συνεχής ροή ● = πηγή.

M.O = Μέσος όρος (μέση τιμή)

Η διάτρηση πραγματοποιήθηκε κατά γωνία 600 περίπου προς την παράταξη των στρωμάτων.

Πίνακας 2. ΥΠΕ Συκιάς. Σήραγγα Νο 1 και Νο 2
Table 2. H.E.P. Sykia, Tunnel No 1 and No 2

Περιγραφή σχηματισμών	Ολικό μήκος (μ)	Ημερ. εκακαφής	Ημερ. προχώρηση (μ)	Πάχος 6-10 εκ. μ. μήκους	Πλάσιμα μ. μήκους	Αγκύρια 6-8/μ μ. μήκους	Υδροφορία			Κατ. Βράχου
							θ	κ	III	
ΣΗΡΑΓΓΑ Νο 1 (εκτροπής)										
1. Ασβεστόλιθοι λεπτο- στρωματώδεις ροζέ ή γκρίζου χρώματος (Κρητιδικά)	560	88	6,4	560	40	520	111	5	1	50 510
2. Έναλλαγές ψαμιτών ανγ. οχιστ. με παρεμβολές λεπτο-μεσοστρωματιών ασβεστολίθων (1ος φλύσχης)	190	51	3,7	190	-	190	34	2	-	190
3. Ασβεστόλιθοι παχυστρωμα- τώδεις με παρεμβολές κερατ. (Ιουρασικού)	210	51	4,1	210	30	210	42	-	1	210
Σ Υ Ν Ο Λ Ο Ν	960	190	5(N.O)	960	70	960	195	7	2	50 910
ΣΗΡΑΓΓΑ Νο 2										
Ασβεστόλιθοι λεπτοστρωμα- τώδεις ροζέ ή γκριζου χρώματος (Κρητιδικά)	590	96	6,1	590		1-3/μ 3-5/μ 60 530	48	11	-	200 390

Π.μ. : Στην σήραγγα Νο 1 η διείσδυση πραγματοποιήθηκε κάθετα προς την παράταξη των στρωμάτων με κλίση αυτών 600 προς την είσοδο.
Στην σήραγγα Νο 2 η διείσδυση πραγματοποιήθηκε παράλληλα προς την παράταξη των στρωμάτων.

Πίνακας 3. Σήραγγα ενδιεμέσου μετώπου ή Αγορασιάς (προσπέλασης)
Table 3. Access tunnel of Agorassias

Περιγραφή σχηματισμών	Ολικό μήκος (μ)	Ημερ. εκακαφής	Ημερ. προχώρηση (μ)	Συπίτε πάχος 6-10 εκ. μ. μήκους	Πλάσιμα μ. μήκους	Αγκύρια μ. μήκους	Υδροφορία			Κατ. Βράχου
							θ	κ	III	
Ασβεστόλιθοι, κερατόλιθοι (hnj(β)	150	41	3,6	150	123 1/μ	150	27	1	1	120 30
-Εναλλαγές ασβεστ. λιθο- λίθων και ανγλιτικών οχιστολίθων (ηδασ)	130	58	2,3	130	-	130	-	-	-	130
-Ιλυόλιθοι και ανγλικόι οχιστολίθοι	100	20	5,0	20	-	20	-	-	-	100
-Κερατόλιθοι, ασβεστόλιθοι και ανγλικόι οχιστολίθοι (hnj3)	80	18	4,5	80	-	80	29	-	-	80
-Πολύχρωμοι κερατόλιθοι(ηη)	100	26	3,8	100	-	100	64	2	-	100
-Κερατόλιθοι, πυριτικοί ανγλιόλιθοι ανγλιουαργος- κοί οχιστολίθοι (hnag)	360	85	4,2	360	-	240	114	7	4	360
-Ασβεστόλιθοι με κοιλπονέ- λες (ζ3)	70	17	4,1	70	-	70	15	-	-	70
-Έναλλαγές ψαμιτών ανγλι. οχιστ. με παρεμβολές λεπτομεσοστρωματιών ασβεστολίθων (μικη) (1ος φλύσχης)	90	23	3,9	90	-	90	17	-	-	90
Σ Υ Ν Ο Λ Ο Ν	1080	288	3,75(N.O)	1000	123	1000	266	10	5	- 1050 30

Πίνακας 4. Συγκεντρωτικός των πινάκων 1, 2 και 3
Table 4. Summary of tables 1, 2 and 3

1 Περιγραφή Σχηματισμών	2 Ολικό μήκος (μ)	3 Ημερ. εκαετίας	4 Ημερ. προχώρηση (μ)	5 πάχος 6-10 εκ. μ. μήκους	6 Πλάσια μ. μήκους	7 Αγκύρια μ. μήκους	8 Υδροφορία		9 Κατηγ. Βράχου			
							θ	κ	I	II III		
1. Ασβεστόλιθοι λεπτόμεσο- και ποχυστοματώδεις γκρίζου ή και ροζέ χρώματος (Κρητιδικόν)	1150	184	6,3	1150	40	1110	159	16	1	250	900	-
2. Ασβετόλιθοι ροζέ χρώματος παχυστοματώδεις με εντοφώεις κερατολίθων (Ιουραϊκό)	320	76	4,2	320	30	320	61	-	1	-	320	-
1 + 2 (Σύνολον)	1470	260	5,6 (H.O)	1470	70	1470	215	16	2	250	1220	-
3. Εναλλαγές λεπτο-μεσοστρωματιών ασβεστ. με σχιστ. ή κερατολίθους	820	212	3,9	800	133	790	73	1	1	-	700	120
4. Εναλλαγές ψαμιτιών σπυλ. σχιστ. με παρεμβολές λεπτοστρωματιών ασβεστολίθων (1ος φλύσχης)	280	74	3,5	280	-	280	51	2	-	-	280	-
Κερατόλιθοι ή εναλλαγές κερατολίθων σχιστολίθων, ιλυολίθων	740	198	3,7	660	10	560	236	16	4	-	640	100
Γ Ε Ν Ι Κ Ο Σ Υ Ν Ο Λ Ο	3310	744	4,5 (H.O)	3210	213	3100	575	35	7	250	2840	220

Αγκύρια 3-4 τοποθετήθηκαν σε δακτυλίους ανά 1,5μ. μήκος σήραγγας με εξαίρεση ορισμένα τμήματα που τοποθετήθηκαν 7-8 κυρίως στις εναλλαγές κερατολίθων, αργιλικών σχιστολίθων. Χαλύβδινα πλαίσια ΙΡΕ-140 τοποθετήθηκαν επί μήκους 123 μ. ανά 1-1,5 μ. μήκους και στους σχηματισμούς κυρίως των εναλλαγών ασβεστολίθων - κερατολίθων.

- Υδρογεωλογικές συνθήκες

Για όλο το μήκος της σήραγγας οι εισροές νερού που παρουσιάστηκαν αθροιστικά κυμάνθηκαν από 80-100 m³/h για την χρονική περίοδο Ιουλίου-Νοεμβρίου και από 140 - 190 m³/h για την χρονική περίοδο Δεκεμβρίου-Μαρτίου.

Από τα νερά αυτά τα 82-175 m³/h δηλ. ποσότητα νερού που αντιπροσωπεύει το 95% περίπου του συνόλου, εμφανίστηκε μόνο σ'ένα σημείο της σήραγγας και συγκεκριμένα στην χ.θ.0+200 (δηλ. 200 μ. από την είσοδο), όπου το πάχος του υπερκαλύπτοντος βράχου (cover), ήταν 40 μ. περίπου.

Η σημαντική και σημειακή αυτή εκφόρτιση οφείλεται στην διέλευση της σήραγγας από σημαντικό σε μήκος ρήγμα, το οποίο λειτούργησε σαν αγωγός μετάγγισης του νερού από υδροφόρο λεκάνη που στην συγκεκριμένη περίπτωση πρόκειται πιθανότατα, για μέρος του νερού της κοίτης παρακειμένου χειμάρρου.

Σημειώνεται ότι ανάλογες εμφανίσεις νερού κατά μήκος ρηγμάτων παρατηρήθηκε και σε μερικές στοές που διανοίχθηκαν στην περιοχή και μάλιστα μέσα σε ιζηματογενείς σχηματισμούς φλύσχης ή κερατολίθων με μικρό όμως πάντοτε πάχος βραχώδους επικαλύμματος (10-30 μ.).

Οι υπόλοιπες ποσότητες νερού που εισέρρευσαν από το σύνολο της βραχομάζας, σ'όλο το μήκος της σήραγγας, αντιπροσωπεύουν το 5% περίπου της συνολικής ποσότητας και υπολογίστηκαν σε 40-50 m³/ημ. κατά την ξηρή περίοδο και 80-90 m³/ημ. κατά την υγρή.

Οι ποσότητες αυτές είναι και οι πλέον αντιπροσωπευτικές της υδροφορίας της βραχομάζας κι εκείνες που επηρεάζουν την ποιότητα του βράχου, κυρίως των κατηγοριών III και II με αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου των υλικών καταπτώσεων, την λείψη αυξημένων μέτρων προστασίας κλπ.

Με βάση την άποψη της προηγούμενης παραγράφου σημειώνεται ότι κατά την διότρηση των πετρωμάτων δεν διαπιστώθηκε έντονη παρουσία υπόγειου νερού κατά μήκος της σήραγγας. Η καρστική διάβρωση των ασβεστολίθων φαίνεται περιορισμένη και η περατότητα σχετικά μικρή, γεγονός το οποίο αποδίδεται, στις επάλληλες παρεμβολές μέσα στις σειρές των ασβεστολίθων, στεγανών σχηματισμών, όπως οι αργιλικόι σχιστολίθοι, ιλυόλιθοι και κερατόλιθοι.

Διαπιστώθηκε ότι το νερό κατεισχύει μέσω των ρωγμών στην βραχομάζα και εμφανίζεται είτε με την μορφή διειδρώσεων ή σταγόνων, είτε με την μορφή μικρών ροών κυρίως στο θόλο της σήραγγας και ιδιαίτερα στα σημεία που υπάρχουν ασβεστολίθοι, ακολουθούμενοι από στεγανούς οριζώντες ιδιαίτερα κερατολίθους.

Επίσης διαπιστώθηκε ότι τα σημεία εκφόρτισης και οι ποσότητες του εκρευμένου νερού, αυξήθηκαν σημαντικά μετά από βροχοπτώσεις ή χιονοπτώσεις με κάποια χρονική υστέρηση που είχε σχέση με το πάχος των υπερκειμένων της σήραγγας σχηματισμών και την διαπερατότητα αυτών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

Από την αξιολόγηση των γεωλογικών πληροφοριών, όπως οι γεωλογικές χαρτογραφήσεις και τα τεχνικογεωλογικά στοιχεία που μέχρι σήμερα διατίθενται για την περιοχή, προέκυψε ότι :

- Η στρωματογραφική διάρθρωση της χαρακτηρίζεται από συνεχείς εναλλαγές κυρίως λεπτό ή μεσοστρωματωδών σχηματισμών ποικίλης λιθολογικής σύστασης, όπως οι ασβεστόλιθοι, κερατόλιθοι, αργιλικοί σχιστόλιθοι, φλύσχης.

- Οι εναλλαγές αυτές συντελούν, ώστε να εξασφαλίζεται η στεγανότητα των γεωλογικών σχηματισμών στις περιοχές ταμιευτήρων και τις θέσεις φραγμάτων, που έχει επιλέξει η ΔΕΗ.

- Οι διανοίξεις σηράγγων στην περιοχή έδειξαν γενικά καλή συμπεριφορά των πετρωμάτων χωρίς ιδιαίτερα και σημαντικά προβλήματα, πέρα από κάποιες επιμελημένες υποστηλώσεις, στις ζώνες κυρίως των τεκτονικών διαταραχών.

Η ίδια συμπεριφορά αναμένεται και κατά την διάνοιξη της σήραγγας εκτροπής του Αχελώου στην Θεσσαλία.

- Υπόγεια νερά είναι πιθανόν να εμφανισθούν στους ασβεστολίθους του Ανω Κρητιδικού, αλλά σε κλίμακα ελεγχόμενη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- ΔΕΗ, (1988). Υδροηλεκτρική Ανάπτυξη Ανω Αχελώου και Εκτροπή αυτού στην Θεσσαλία. (Τεχν. Αρχείο Διευθ. Αναπτ. ΥΗ. Εργων).
- BRAWN and HOOKE, (1980). Underground Excavations in Rock (institution of mining and Metallurgy, London).
- ΙΓΜΕ, (1985). Γεωλογική Μελέτη Εκτροπής Αχελώου στη Θεσσαλία (ΔΕΗ/ΔΑΥΕ).
- ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ Ι. - ΚΟΥΚΗΣ Γ., (1983). Γενικές προδιαγραφές Γεωλογικών εργασιών στο πλαίσιο των Μελετών Τεχνικών Εργων (Μ.Μ.Χ. Τεύχος 54).
- ΜΑΡΙΝΟΣ Π., (1978). Γεωλογικές συνθήκες σήραγγας μεταφοράς νερού από τον Αχελώο προς την Θεσσαλική πεδιάδα κάτω από την Πίνδο (Τ.Ε.Ε. Λάρισα).
- ΜΑΡΙΝΟΣ Π., (1979). Ταξινόμηση βραχομάζας και υποστήριξη σηράγγων (Ορυκτός Πλούτος, Νοέμβρης - Δεκέμβρης).
- ΜΑΡΙΝΟΣ Π., (1983). Η γεωλογία στη μελέτη και κατασκευή φραγμάτων (1η Πανελλαδική Γεωλογική Ημερίδα Ε.Γ.Ε.).
- ΤΣΟΥΤΡΕΛΗΣ Χ., (1985). Στοιχεία Μηχανικής Πετρωμάτων (Μέρος Ι.)
- ΤΕΧΝΙΚΟ ΑΡΧΕΙΟ ΔΕΗ/ΔΑΥΕ. Τεχνικογεωλογικά στοιχεία από τις διανοίξεις σηράγγων των ΥΠΕ Μεσοχώρας, Συκιάς και ενδιάμεσου μετώπου.
- ΧΑΤΖΗΕΥΘΥΜΙΟΥ Δ., (1984). Σήραγγες και υπόγειες εκσκαφές σε βράχους (Σεμινάριο Βραχομηχανικής).