
**ΕΠΙΒΑΛΛΟΜΕΝΕΣ ΛΟΓΩ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ
ΔΡΑΣΕΙΣ ΣΕ ΤΕΛΙΚΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ
ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ**

*Κ. Αναστασόπουλος
Γεωτεχνικός Μηχανικός ΔΕΗ/ΔΑΥΕ
Τομέαρχης ΤΓΓΜ/ΔΑΥΕ*

*Κ. Αντωνακόπουλος
Γεωτεχνικός Μηχανικός ΔΕΗ/ΔΑΥΕ*

1. Εισαγωγή

Οι μόνιμες επενδύσεις των υπογείων έργων κατά κανόνα σχεδιάζονται για την ανάληψη δράσεων οι οποίες είτε ενδέχεται να αναπτυχθούν μετά το πέρας της κατασκευής (αστοχία μέτρων άμεσης υποστήριξης, ερπυστικές παραμορφώσεις των περιβαλλόντων την εκσκαφή γεωυλικών, απόφραξη αποστραγγίσεων κλπ) είτε συνιστούν λειτουργικές φορτίσεις του έργου (περίπτωση δράσεων νερού σε υδραυλικές σήραγγες). Στις περιπτώσεις αυτές, οι οποίες καλύπτουν την πλειονότητα των υπογείων έργων που κατασκευάζονται με χρήση συμβατικών μεθόδων διάνοιξης, αποτελεί πάγια πρακτική η κατασκευή της τελικής επένδυσης να γίνεται αρκετά μετά την ολοκλήρωση της εκσκαφής του υπογείου έργου, όταν έχουν πλέον ολοκληρωθεί οι συγκλίσεις των τοιχωμάτων της εκσκαφής. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, οι δράσεις που αναπτύσσονται στην τελική επένδυση οφείλονται στο ίδιο βάρος της, στη συστολή ξήρανσης, στις πιέσεις των τσιμεντενέσεων επαφής – σταθεροποίησης κλπ, και όχι στην άμεση επίδραση του περιβάλλοντος γεωυλικού, καθώς θεωρείται ότι αυτό, βραχυχρόνια τουλάχιστον, σταθεροποιείται από τα εφαρμοσθέντα μέτρα της άμεσης υποστήριξης.

Εξαίρεση στην παραπάνω περιγραφείσα πρακτική αποτελεί συχνά η περίπτωση των μεγάλων υπογείων θαλάμων, καθώς οι διαστάσεις τους υπαγορεύουν την κατασκευή της επένδυσης της οροφής και εν μέρει και των τοιχωμάτων πριν την ολοκλήρωση των εκσκαφών. Κατά συνέπεια υφίσταται αλληλεπίδραση του περιβάλλοντος γεωυλικού και της τελικής επένδυσης κατά την διάρκεια της τμηματικής εκσκαφής του υποκειμένου τμήματος του θαλάμου, λόγω της αναπόφευκτης σύγκλισης των τοιχωμάτων της εκσκαφής. Η αλληλεπίδραση αυτή έχει ως συνέπεια την ανάπτυξη τάσεων στην τελική επένδυση, οι οποίες σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να λάβουν υψηλές τιμές και, εφόσον δεν έχουν ληφθεί υπόψη στη μελέτη, ενδέχεται να περιορίσουν την δυνατότητα της επένδυσης να αναλάβει ασφαλώς τις λοιπές δράσεις για τις οποίες έχει σχεδιαστεί. Το παρόν κείμενο συνοψίζει ορισμένες από τις σχετικές εμπειρίες που έχουν συλλεγεί στη Διεύθυνση Ανάπτυξης Υδροηλεκτρικών Εργων (ΔΑΥΕ) της ΔΕΗ, κατά την διάρκεια της μακροχρόνιας ενασχόλησής της με τον σχεδιασμό και την κατασκευή υπογείων θαλάμων.

2. Στοιχεία Υπογείων Θαλάμων Υδροηλεκτρικών Εργων ΔΕΗ

Κατά τα τελευταία 30 (τριάντα) χρόνια κατασκευάστηκαν από την ΔΕΗ, σε ποικίλους γεωλογικούς σχηματισμούς του Ελληνικού χώρου, υπόγειοι θάλαμοι μεγάλων διαστάσεων σε 5 (πέντε)

Υδροηλεκτρικά Έργα. Οι θάλαμοι αυτοί στεγάζουν ζωτικές λειτουργίες των έργων, όπως Σταθμούς Παραγωγής Ενέργειας, Χώρους Μετασχηματιστών, Χώρους Δικλείδων και Θυροφραγμάτων κλπ. Συνοπτικά στοιχεία των εν λόγω θαλάμων παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 1:

ΕΡΓΟ	ΧΡΟΝΟΣ ΠΕΡΑΤΩΣΗΣ	ΘΑΛΑΜΟΣ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΠΛΑΤΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)
ΥΗΕ ΠΟΛΥΦΥΤΟΥ	1974	Σταθμού Παραγωγής	100	20	35
ΥΗΕ ΑΣΩΜΑΤΩΝ	1985	Σταθμού Παραγωγής	60	17	30
ΥΗΕ ΣΤΡΑΤΟΥ	1986	Σταθμού Παραγωγής	76	22	36
ΥΗΕ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ	1988	Σταθμού Παραγωγής	66	16	35
ΥΗΕ ΘΗΣΑΥΡΟΥ	1996	Σταθμού Παραγωγής	100	22	42
	1996	Μετασχηματιστών	52	17	15
	1996	Ανάπαλσης	72	22	43

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Μεγάλοι υπόγειοι θάλαμοι Υδροηλεκτρικών Έργων σε λειτουργία

Σημειώνεται ότι στον παραπάνω Πίνακα έχουν περιληφθεί στοιχεία μόνον των Θαλάμων που έχουν χαρακτηριστεί ως «μεγάλοι», με κριτήριο το άνοιγμά τους να υπερβαίνει τα δεκαπέντε μέτρα, και το ύψος τους τα τριάντα μέτρα αντίστοιχα.

Προϋπόθεση για τον σχεδιασμό των παραπάνω λειτουργικών τμημάτων των Έργων ως υπογείων και όχι ανοικτών, ήταν σε κάθε περίπτωση η ύπαρξη ευνοϊκών γεωλογικών συνθηκών στις θέσεις διάνοιξης. Όπως είναι αυτονόητο, προκειμένου αυτό να διαπιστωθεί είχε προηγηθεί σε όλες τις περιπτώσεις εκτεταμένη και λεπτομερής γεωλογική και γεωτεχνική διερεύνηση, η οποία περιλάμβανε γεωλογικές χαρτογραφήσεις, εκτέλεση ερευνητικών γεωτρήσεων και εργαστηριακών δοκιμών σε πυρήνες βράχου, διάνοιξη ερευνητικών στοών και εκτέλεση εντός αυτών, σε κάποιες περιπτώσεις, επιτόπου δοκιμών βραχομηχανικής (φορτίσεις πλάκας και μεγάλης κλίμακας δοκιμές διάτμησης). Καθώς υπήρχε συνήθως κάποια ευελιξία όσον αφορά στην τοποθέτηση των θαλάμων κατά μήκος του υδραυλικού συστήματος κάθε Έργου, οι επιλεγίσες τελικά θέσεις ήταν κατά κανόνα αυτές που παρουσίαζαν τα ευνοϊκότερα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά εντός

μιας ευρύτερης εξετασθείσας ζώνης (συχνά σε βάρος της οικονομίας άλλων τμημάτων του έργου, όπως σηράγγων προσπέλασης κλπ). Σημειώνεται ιδιαίτερα ότι γενικά οι άξονες των θαλάμων έχουν διαταχθεί με τον κατά το δυνατόν ευνοϊκότερο προσανατολισμό σε σχέση με τα επικρατούντα συστήματα ρηγμάτων και ασυνεχειών.

Η πρακτική που περιγράφηκε παραπάνω έχει λειτουργήσει επιτυχώς έως σήμερα, καθώς σε όλες τις περιπτώσεις η διάνοιξη των υπογείων θαλάμων έχει γίνει επιτυχώς, χωρίς σημαντικές καθυστερήσεις ή υπερβάσεις.

Στην παρούσα περίοδο η ΔΕΗ / ΔΑΥΕ ολοκληρώνει την μελέτη υπογείων θαλάμων σημαντικών διαστάσεων σε δύο έργα τα οποία προβλέπεται σύντομα να υλοποιηθούν (ΥΗΣ Μετσοβίτικου και ΥΗΣ Πευκοφύτου), με τα ακόλουθα στοιχεία (Πίνακας 2) :

ΕΡΓΟ	ΘΑΛΑΜΟΣ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΠΛΑΤΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)
ΥΗΕ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ	Σταθμού Παραγωγής	35	17	30,50
	Κατάντη Ανάπαλσης	13	13	28
ΥΗΕ ΠΕΥΚΟΦΥΤΟΥ	Σταθμού Παραγωγής	62	17	32
	Μετασχηματιστών	33	16	16
	Κατάντη Ανάπαλσης	25	25	60

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Υπόγειοι θάλαμοι Υδροηλεκτρικών Έργων υπό μελέτη

3. Αργές σχεδιασμού τελικών επενδύσεων Υπογείων Θαλάμων σε Υδροηλεκτρικά Έργα ΔΕΗ

Σε όλα τα Υδροηλεκτρικά Έργα τα οποία μελέτησε και κατασκεύασε η ΔΕΗ / ΔΑΥΕ, οι τελικές επένδυσεις των υπογείων θαλάμων είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι δράσεις οι οποίες έχουν ληφθεί υπόψη στον σχεδιασμό των τελικών επενδύσεων είναι οι ακόλουθες :

- Το ίδιο βάρος του υλικού των επενδύσεων (εν προκειμένω οπλισμένο σκυρόδεμα)
- Θερμοκρασιακές δράσεις (συστολή ξήρανσης κλπ)

- Βάρη ασταθών σφηνών ή της ζώνης χαλάρωσης της βραχομάζας περί την εκσκαφή, τα οποία σε μακροπρόθεσμη βάση δεν μπορούν να αναληφθούν ασφαλώς από τα μέτρα της άμεσης υποστήριξης
- Υδραυλικά φορτία (προκειμένου περί θαλάμων ανάπαλσης κλπ)
- Πιέσεις τσιμεντενέσεων επαφής και σταθεροποίησης
- Πιέσεις νερού, λόγω απόφραξης (μερικής ή ολικής) του συστήματος αποστράγγισης περιμετρικά του θαλάμου

Κατά πάγια πρακτική στα υπόγεια έργα, στον σχεδιασμό δεν έχουν ληφθεί υπόψη σεισμικές δράσεις.

Παλαιότερα, λόγω έλλειψης καταλλήλων εργαλείων ανάλυσης, δεν μπορούσε να προσομοιωθεί η επίδραση της σύγκλισης των τοιχωμάτων του θαλάμου στο προγενέστερα σκυροδετηθέν τμήμα της τελικής επένδυσης, υποεκτιμώντας έτσι τα μεγέθη των τελικά αναπτυσσόμενων τάσεων σε αυτήν. Η αδυναμία αυτή πάντως ουδέποτε οδήγησε σε αστοχίες στις τελικές επενδύσεις υπογείων θαλάμων σε Έργα της ΔΕΗ / ΔΑΥΕ, λόγω κυρίως της καλής ποιότητας της βραχομάζας, συνέπεια της οποίας ήταν η περιορισμένη σύγκλιση των τοιχωμάτων εκσκαφής και η επαγόμενη μικρή μόνον επιβάρυνση της τελικής επένδυσης. Επιπρόσθετοι λόγοι μπορεί να είναι αφενός η υπερεκτίμηση από την μελέτη των μεγεθών ορισμένων εκ των δράσεων σχεδιασμού που προαναφέρθηκαν, αφετέρου δε η αυξημένη συμμετοχή των μέτρων άμεσης υποστήριξης για την ανάληψη των υπόψη δράσεων, οι οποίες διαφορετικά θα επιβάρυναν, με το πλήρες μέγεθός τους, την τελική επένδυση.

Αν και γενικά οι κατασκευασθέντες έως σήμερα θάλαμοι βρίσκονται κάτω από τον υπόγειο ορίζοντα, η αντιμετώπιση της απαίτησης για στεγανότητα δεν έγινε με την τοποθέτηση στεγανωτικής μεμβράνης μεταξύ τελικής επένδυσης και τελικής επιφάνειας της υποστηριγμένης εκσκαφής (συνήθη πρακτική στις συγκοινωνιακές σήραγγες), αλλά μέσω της υλοποίησης αποστραγγιστικού συστήματος περιμετρικά ή / και μέσα από τους θαλάμους (αποστραγγιστικές γεωτρήσεις, τσιμεντενέσεις στεγανοποίησης σε συνδυασμό με αποστράγγιση μέσω στοών σε κάποιες περιπτώσεις κλπ). Η παροχέτευση των νερών γίνεται συνήθως μέσω συστήματος σωλήνων ενσωματωμένων στα σκυροδέματα της τελικής επένδυσης, ενώ σε κάποιες άλλες περιπτώσεις (Σταθμός Παραγωγής Θησαυρού), έχει τοποθετηθεί κάτω από αυτή ψευδοροφή για την προστασία του υποκείμενου χώρου από τα νερά. Πρέπει να σημειωθεί ότι η ικανοποιητική λειτουργία του συστήματος συλλογής και απομάκρυνσης των υδάτων είναι αναγκαία για την προστασία του υψηλού κόστους ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που είναι εγκατεστημένος στους θαλάμους.

Η υιοθέτηση κατά τα τελευταία χρόνια μέτρων άμεσης υποστήριξης υψηλής ποιότητας και μεγάλου χρόνου ζωής (πλήρως ενεματούμενα αγκύρια υψηλής αντοχής, προεντεταμένες αγκυρώσεις διπλής αντιδιαβρωτικής προστασίας κλπ) έχει προβληματίσει κατά καιρούς τους μελετητές της ΔΕΗ / ΔΑΥΕ ως προς την αναγκαιότητα υλοποίησης στο μέλλον τελικών επενδύσεων από οπλισμένο σκυρόδεμα στους υπόγειους θαλάμους. Σημειώνεται ότι αποτελεί συνήθη πρακτική διεθνώς (βλ. θαλάμους στα Υδροηλεκτρικά Έργα Dinorwig στην Ουαλλία, Mingtan στην Ταϊβάν κλπ) η άμεση επένδυση από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα των θαλάμων να αποτελεί και την τελική, με εφαρμογή βεβαίως αυστηρών ελέγχων της ποιότητας των υλικών και της κατασκευής. Πάντως στα έργα που πρόκειται να υλοποιηθούν στο άμεσο μέλλον προβλέπεται διατήρηση των τελικών επενδύσεων από οπλισμένο σκυρόδεμα στην οροφή και σε όλο το ύψος των τοιχωμάτων των υπόγειων θαλάμων, καθώς η σχετικά υποβαθμισμένη ποιότητα της βραχομάζας (περίπτωση ΥΗΣ Μετσοβίτικου) και το μεγάλο βάθος υπερκειμένων σε συνδυασμό με την υψηλή πιεζομετρία (περίπτωση ΥΗΣ Πευκοφύτου), αποτελούν ανασταλτικούς παράγοντες για την κατάργησή τους, χωρίς να υποτιμάται και το αίσθημα πρόσθετης ασφάλειας που παρέχει στους εργαζομένους στους Σταθμούς Παραγωγής η ύπαρξη τελικής επένδυσης από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Ακολούθως παρατίθενται σχετικές εμπειρίες από δύο χαρακτηριστικές περιπτώσεις υπόγειων σταθμών. Από αυτές η πρώτη (Υπόγειος Σταθμός ΥΗΕ Μετσοβίτικου) αφορά μελέτη διάνοιξης σε σχετικά παραμορφώσιμη βραχομάζα χαμηλής αντοχής, ενώ η δεύτερη (Υπόγειος Σταθμός ΥΗΕ Θησαυρού) διάνοιξη σε βραχομάζα σχετικά υψηλής αντοχής.

4. Περίπτωση Υπόγειου Σταθμού ΥΗΕ Μετσοβίτικου

Ο Υδροηλεκτρικός Σταθμός Μετσοβίτικου, ισχύος 29 MW, προβλέπεται να εγκατασταθεί σε υπόγειο θάλαμο, με χαρακτηριστικά όπως δείχνονται στον Πίνακα 2. Η οροφή του θαλάμου έχει τοποθετηθεί σε βάθος 60 μέτρων περίπου από το φυσικό έδαφος, ενώ η μορφή τόσο της εκσκαφής όσο και της εσωτερικής επιφάνειας της τελικής επένδυσης στην οροφή είναι παραβολική. Το πάχος της τελικής επένδυσης είναι μεταβλητό και κατ'ελάχιστο 60 εκατοστά στην κλείδα της οροφής.

Ο θάλαμος προβλέπεται να διανοιγεί στο 90% του ύψους του σε σχηματισμό μαζικών κροκαλοπαγών της Ιονίου ζώνης, με μέτριας συνεκτικότητας συνδετικό αργιλοσαμμιτικό ιστό, ενώ στο

κατώτερο 10% σε τεκτονισμένους ιλυολιθικούς σχηματισμούς, με ήπια κλίση των στρώσεων (5° - 10° προς τα κατάντη). Ιδιαίτερα δυσμενές χαρακτηριστικό των κροκαλοπαγών αποτελεί η τάση ταχείας αποδόμησης του ιστού του πετρώματος με την έκθεση στις ατμοσφαιρικές συνθήκες παρουσία νερού. Για τον λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητη η πρόβλεψη άμεσης εφαρμογής εκτοξευομένου σκυροδέματος σε κάθε βήμα προχώρησης της εκσκαφής του θαλάμου και τεκμηριώθηκε η επιλογή κατασκευής τελικής επένδυσης από οπλισμένο σκυρόδεμα, ώστε να διασφαλιστεί μακροπρόθεσμα η υποστήριξη της εκσκαφής του θαλάμου.

Καθώς δεν εκτελέστηκαν επί τόπου δοκιμές για τον προσδιορισμό των τιμών του πεδίου των επί τόπου γεωστατικών τάσεων, κρίθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί παραμετρικά η επιρροή της μεταβολής του λόγου K (των οριζοντίων προς τις κατακόρυφες γεωστατικές τάσεις) στα μεγέθη των αναπτυσσομένων στην τελική επένδυση εντατικών μεγεθών. Οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις, όπως προέκυψαν και μετά την αξιολόγηση των εργαστηριακών δοκιμών που εκτελέστηκαν σε πυρήνες βράχου από γεωτρήσεις (αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη με ταυτόχρονη μέτρηση της παραμόρφωσης για την εκτίμηση του μέτρου ελαστικότητας του βράχου κλπ), παρουσιάζονται συνοπτικά στον ακόλουθο Πίνακα 3 :

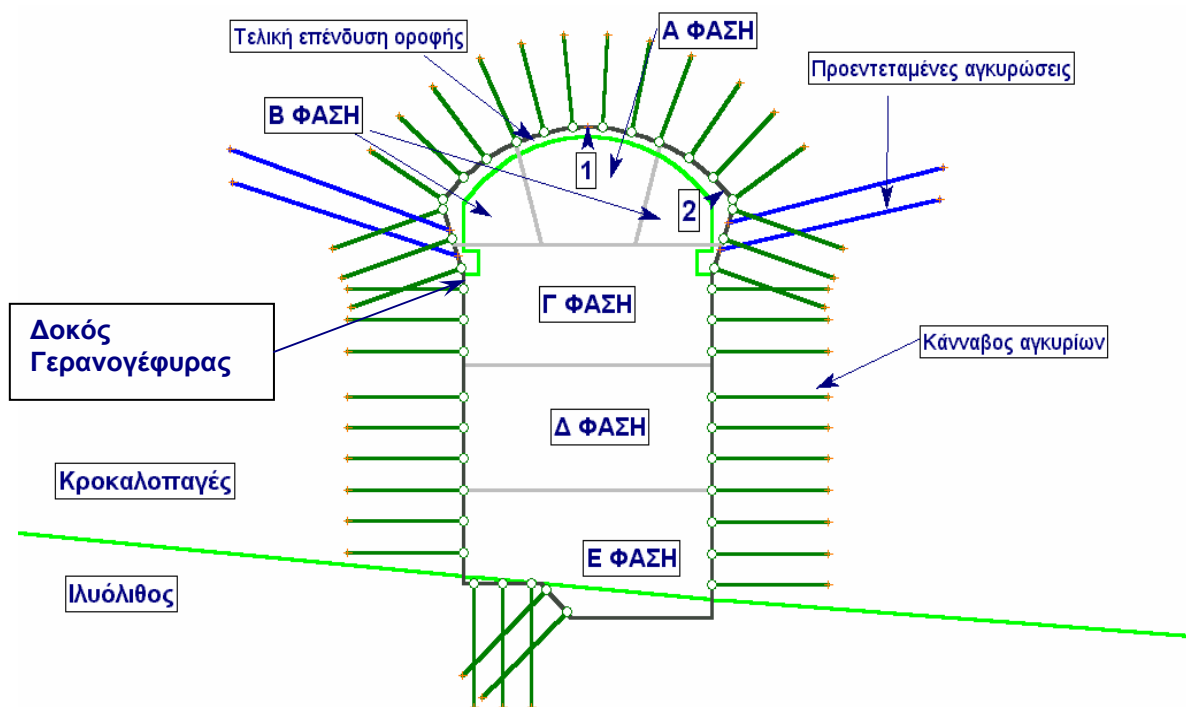
Παράμετρος	Κροκαλοπαγή	Ιλυόλιθοι
Τιμή Δείκτη GSI	80	30
Φαινόμενο Βάρος (KN/m ³)	24	24
Μέτρο Ελαστικότητας(Mpa)	5000	1000
Αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη (Mpa)	11	8
Λόγος Poisson	0,20	0,25
Λόγος γεωστατικών τάσεων	0,50 – 1,50	0,50 – 1,50

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Υπόγειος θάλαμος Σταθμού Παραγωγής ΥΗΕ Μετσοβίτικου
Γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού

Είναι χαρακτηριστική η σχετικά χαμηλή τιμή της αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη των κροκαλοπαγών (11 Mpa), η οποία οφείλεται στην χαμηλή αντοχή του αργιλοψαμμιτικού συνδετικού ιστού του πετρώματος.

Κατά τις αναλύσεις, οι οποίες έγιναν με χρήση του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων PHASE², προσομοιώθηκε απλουστευτικά η σύνθετη διαδικασία εκσκαφής – υποστήριξης – σκυροδέτησης του θαλάμου σε 8 (οκτώ) στάδια, από τα οποία τα 5 (πέντε) αποτελούν τις φάσεις εκσκαφής που παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.

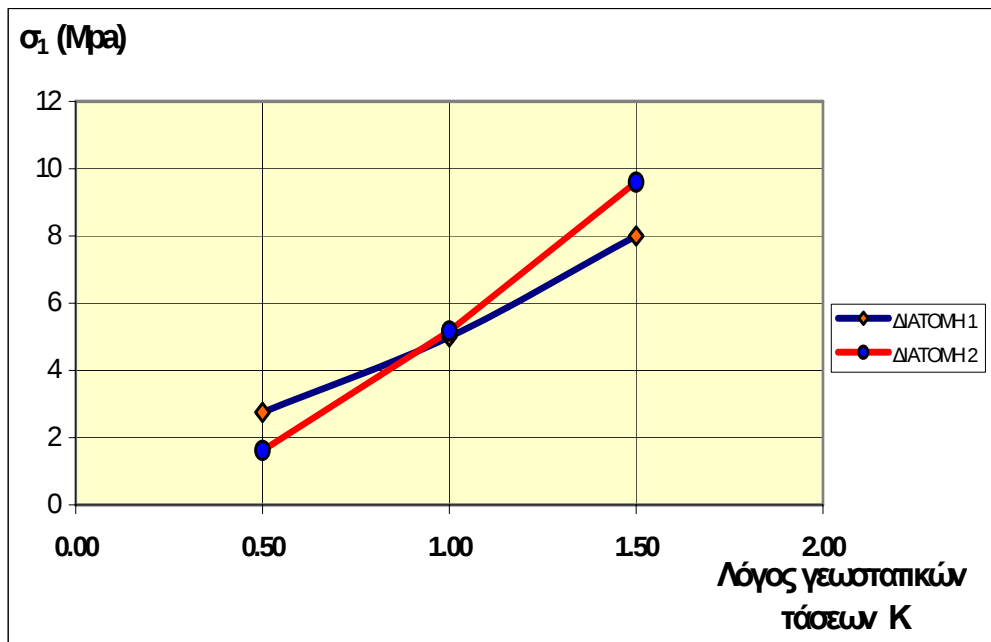


ΣΧΗΜΑ 1
Φάσεις εκσκαφής Υπόγειου Θαλάμου Σταθμού Παραγωγής ΥΗΕ
Μετσοβίτικου

Η κατασκευή της τελικής επένδυσης της οροφής προγραμματίζεται να γίνει από επίπεδο εργασίας το οποίο ταυτίζεται υψομετρικά με το κάτω όριο της δοκού της γερανογέφυρας, όπως αυτή δείχνεται στο Σχήμα 1, μετά την πλήρη χαλάρωση λόγω ανατίναξης του πετρώματος της Γ φάσης εκσκαφής. Κατά συνέπεια θα απαιτηθεί στο στάδιο αυτό των εργασιών η απομάκρυνση τμήματος μόνο των προϊόντων εκσκαφής της Γ φάσης. Η εν λόγω μεθόδευση γίνεται προκειμένου να απομακρυνθεί το επίπεδο των ανατινάξεων από την σκυροδετημένη τελική επένδυση, ώστε να μειωθούν οι κίνδυνοι πρόκλησης ζημιών λόγω δονήσεων κλπ.

Ελέγχθηκαν παραμετρικά οι μετακινήσεις των τοιχωμάτων εκσκαφής καθώς και οι τιμές της μέγιστης κύριας τάσης σ_1 στην τελική επένδυση μετά την σκυροδέτησή της συναρτήσει της τιμής του λόγου των γεωστατικών τάσεων K . Οι έλεγχοι έγιναν στις χαρακτηριστικές διατομές 1 και 2 του Σχήματος 1. Τα

αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται γραφικά στο ακόλουθο Διάγραμμα 1 :



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1

Υπόγειος θάλαμος Σταθμού Παραγωγής ΥΗΕ Μετσοβίτικου
Μέγιστες τιμές κύριας τάσης σ_1 στην εσωτερική παρειά της τελικής επένδυσης

Από το Διάγραμμα 1 προκύπτει σαφώς ότι η τιμή του λόγου των επιτόπου γεωστατικών τάσεων Κ είναι καθοριστική για τα μεγέθη των αναπτυσσομένων τάσεων στην τελική επένδυση. Από τις αναλύσεις προέκυψε ότι οι τροχιές των μεγίστων κυρίων τάσεων στο θόλο διατάσσονται γενικά επί γραμμών παράλληλων με τις γραμμές της τελικής επένδυσης, με την ελάχιστη κύρια τάση να έχει, όπως είναι αναμενόμενο, μηδενική τιμή στην εσωτερικό όριο της. Καθώς η εντατική κατάσταση αυτή προσεγγίζει την μονοαξονική θλίψη, είναι εμφανές ότι τα μεγέθη της μέγιστης κύριας τάσης του Διαγράμματος 1 αποτελούν σημαντικό ποσοστό της επιτρεπόμενης αντοχής του σκυροδέματος της τελικής επένδυσης, ώστε η συνεισφορά της στην ανάληψη των λοιπών δράσεων να προκύπτει μειωμένη. Για τον λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμη η προδιαγραφή σκυροδέματος υψηλής αντοχής για την κατασκευή της τελικής επένδυσης της οροφής του υπογείου θαλάμου του Υδροηλεκτρικού Σταθμού Μετσοβίτικου.

5. Περίπτωση Υπόγειου Σταθμού Παραγωγής ΥΗΕ Θησαυρού

Ο Υδροηλεκτρικός Σταθμός Θησαυρού Νέστου, εγκατεστημένης ισχύος 384 MW, έχει κατασκευαστεί σε υπόγειο θάλαμο με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που δείχνονται στον Πίνακα 1. Η οροφή του θαλάμου έχει τοποθετηθεί σε βάθος από 100 έως 170 μέτρα περίπου από την διαμορφωμένη επιφάνεια εκσκαφών στην υπερκείμενη περιοχή. Η μορφή τόσο της εκσκαφής, όσο και της εσωτερικής επιφάνειας της τελικής επένδυσης στην οροφή, είναι παραβολική. Το πάχος της τελικής επένδυσης είναι μεταβλητό, και κατ' ελάχιστο 50 εκατοστά στην κλείδα της οροοφής.

Ο θάλαμος διανοίχθηκε σε πετρώματα γνευσιακής – γρανιτογνευσιακής σύστασης, της μάζας Ρίλα – Ροδόπης. Η βραχομάζα στη θέση των υπογείων έργων χαρακτηρίζεται ως συμπαγής έως ελαφρά κερματισμένη κατά θέσεις (δείκτης ποιότητας πετρώματος RQD από 70 έως 100%), χωρίς εμφανή ίχνη αποσάθρωσης. Το επικρατούν σύστημα ασυνεχειών αποτελεί η σχιστότητα, υπό κλίση 40° έως 60° ως προς την οριζόντιο, με κατά θέσεις παρουσία ζωνών διάτμησης μικρού σχετικά πάχους, πληρωμένων συνήθως με λεπτούς υμένες αργιλικών ορυκτών. Τα λοιπά δύο κύρια συστήματα ασυνεχειών, παρακατακόρυφα και περίπου κάθετα μεταξύ τους, δεν δημιουργούσαν από μόνα τους σημαντικά προβλήματα ευστάθειας. Η βραχομάζα κατατέμενεται κατά θέσεις από απλιτο – πηγματιτικές διεισδύσεις, συνήθως εντός παρακατακορύφων διαρρήξεων.

Η εικόνα της βραχομάζας ήταν σαφής από τη φάση της μελέτης, καθώς είχε προηγηθεί αφενός η εκτέλεση σειράς δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, και αφετέρου η διάνοιξη ερευνητικής στοάς στη θέση του άξονα του Σταθμού Παραγωγής. Συνεκτιμώντας όλα τα ευρήματα των σχετικών ερευνών, αποφασίστηκε ο άξονας του Σταθμού Παραγωγής (καθώς και των γειτονικών θαλάμων Δικλίδων και Μετασχηματιστών) να τοποθετηθεί υπό γωνία της τάξης των 20° ως προς την μέση τιμή της παράταξης της σχιστότητας, με στόχο την σχετική βελτίωση των συνθηκών ευσταθείας κατά την διάνοιξη.

Λόγω της έλλειψης εύχρηστων εργαλείων ανάλυσης κατά την εποχή της σύνταξης της μελέτης εκσκαφής – υποστήριξης του Σταθμού και συνεκτιμώντας τόσο την καλή ποιότητα της βραχομάζας όσο και το σχετικά μικρό ύψος υπερκείμενων, οι υπολογισμοί περιορίστηκαν στον σχεδιασμό των απαιτούμενων μέτρων υποστήριξης ασταθών σφηνών, σχηματιζόμενων από συνδυασμούς της σχιστότητας με τα δύο κύρια παρακατακόρυφα συστήματα διακλάσεων. Έτσι, διαστασιολογήθηκαν κατ' αρχήν οι τυπικές σφήνες που σχηματίζονταν στην οροφή και στα τοιχώματα της εκσκαφής από τα κύρια συστήματα ασυνεχειών, και

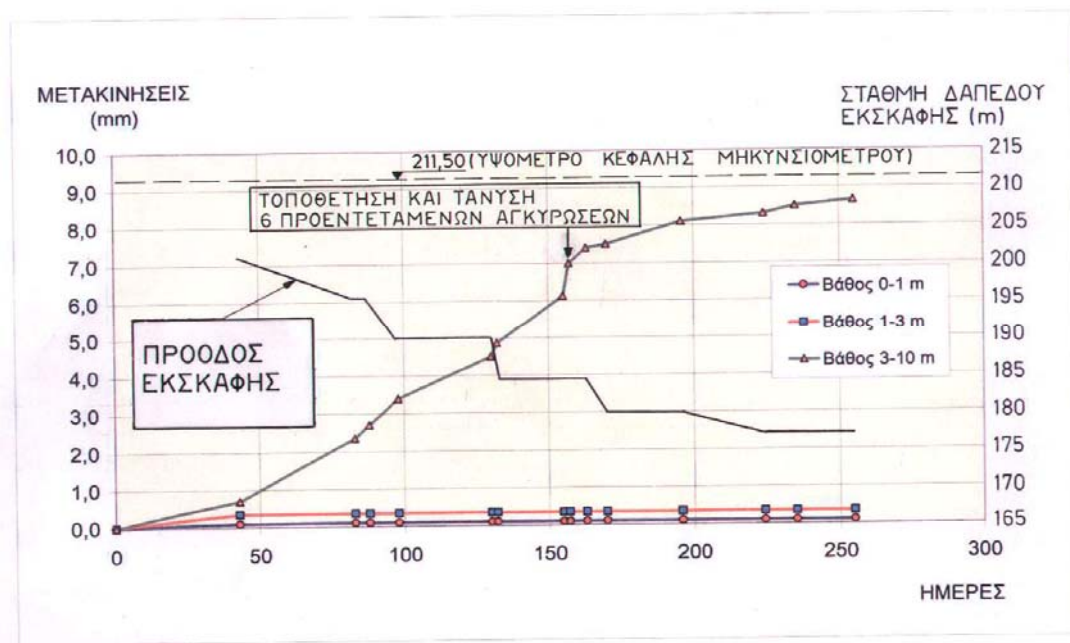
υπολογίστηκαν οι κάνναβοι αγκυρίων οι οποίοι απαιτούνταν για την ασφαλή υποστήριξή τους.

Από τους ελέγχους που εκτελέστηκαν προέκυψε ότι οι σχηματιζόμενες σφήνες υποστηρίζονται επαρκώς με χρήση τυπικών διαστάσεων καννάβων ενέσιμων σωληνωτών αγκυρίων διαστελλομένης κεφαλής, τύπου spin - lock, μήκους 6 (έξι) μέτρων, από χάλυβα υψηλής αντοχής. Δεν προβλέφθηκε συστηματική τοποθέτηση προεντεταμένων αγκυρώσεων (πλην των απαιτούμενων για την στήριξη των δοκών της γερανογέφυρας), καθώς η τοποθέτηση τους είναι σχετικά δυσχερής και καθυστερεί την όλη κατασκευαστική διαδικασία. Κρίθηκε τέλος ότι η εκτέλεση στη φάση της διάνοιξης του θαλάμου λεπτομερούς γεωλογικής χαρτογράφησης και προβολής των εκάστοτε εμφανιζόμενων ασθενών ζωνών στις επιφάνειες των υποκειμένων φάσεων εκσκαφής, θα εντόπιζε τον τυχόν σχηματισμό μεγάλων ασταθών σφηνών, ώστε έγκαιρα να υποδειχθούν τα απαιτούμενα πρόσθετα μέτρα υποστήριξης.

Η μεθοδολογία αυτή υλοποιήθηκε με επιτυχία από το προσωπικό της Επίβλεψης, σε όλη την διάρκεια της διάνοιξης τόσο του θαλάμου του Σταθμού Παραγωγής όσο και των λοιπών θαλάμων του συγκροτήματος των υπογείων έργων του ΥΗΕ Θησαυρού. Εντοπίστηκε έγκαιρα ο σχηματισμός περιορισμένου αριθμού ασταθών σφηνών διαστάσεων μεγαλύτερων του αναμενομένου, οι οποίες υποστηρίχθηκαν αποτελεσματικά με τοπικές πυκνώσεις του καννάβου των αγκυρίων, χωρίς γενικά την ανάγκη εφαρμογής βαρύτερων μέτρων (προεντεταμένων αγκυρώσεων κλπ). Η δημιουργία των υπόψη σφηνών οφειλόταν κυρίως σε συνδυασμούς ασθενών ζωνών με γεωμετρικά χαρακτηριστικά που απέκλιναν σημαντικά από αυτά των τριών κυρίων συστημάτων ασυνεχειών που είχαν ληφθεί υπόψη κατά την σύνταξη της μελέτης υποστήριξης.

Η σκυροδέτηση της τελικής επένδυσης της οροφής του θαλάμου του Σταθμού Παραγωγής έγινε με την κατασκευαστική μεθόδευση που προαναφέρθηκε, χρησιμοποιώντας δηλαδή ως δάπεδο εργασίας ενδιάμεση στάθμη της εκσκαφής. Μετά την σκυροδέτηση της επένδυσης, εγκαταστάθηκαν σε κρίσιμες θέσεις τόσο της οροφής όσο και των τοιχωμάτων 15 (δεκαπέντε) μηχανοσκόμια τριών σημείων και 5 (πέντε) αγκύρια μέτρησης φορτίου με ενσωματωμένα μηχανοσκόμια, για τον έλεγχο των παραμορφώσεων της βραχομάζας κατά την διάρκεια της διάρκειας της εκτέλεσης της εκσκαφής του υποκειμένου τμήματος του θαλάμου του Σταθμού. Οι καταγραφείσες τιμές μετακινήσεων έως την ολοκλήρωση των εκσκαφών ήταν σε όλες τις περιπτώσεις πολύ μικρές και δεν υπερέβησαν τα 2 χιλιοστά, με μοναδική

εξαίρεση το μηκυνσιόμετρο τριών σημείων R(A)-11, το οποίο είχε τοποθετηθεί στο ανώτερο τμήμα του κατάντη τοιχώματος του Σταθμού. Το όργανο αυτό κατέγραψε βαθμιαία αύξηση των μετακινήσεων στο τμήμα των 3 έως 10 μ βάθους, όπως δείχνεται στο Διάγραμμα 2, όπου επίσης παρουσιάζεται η πρόοδος της εκσκαφής στο αντίστοιχο διάστημα.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2
Σταθμός Παραγωγής Θησαυρού
Μετρήσεις Μηκυνσιομέτρου R(A) – 11 με την πρόοδο της εκσκαφής

Από την γεωλογική χαρτογράφηση που είχε εκτελεστεί δεν είχαν προκύψει στοιχεία που να στοιχειοθετούν ουσιαστική υποβάθμιση της ποιότητας της βραχομάζας στην ευρύτερη περιοχή τοποθέτησης του οργάνου. Επίσης, άξιες λόγου παραμορφώσεις καταγράφηκαν μόνο στο βαθύτερο τμήμα του μηκυνσιομέτρου (σε απόσταση 3 έως 10 μέτρων από το τοίχωμα της εκσκαφής), δεν παρουσιάστηκε δηλαδή η μορφή της προοδευτικά αυξανόμενης χαλάρωσης της βραχομάζας προς την ελεύθερη επιφάνεια της εκσκαφής, η οποία είναι τυπική σε περιπτώσεις εκδήλωσης φαινομένων αποτόνωσης τάσεων σε συνεχή μέσα. Πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι από το Διάγραμμα 1 προκύπτει σαφής συσχέτιση του ρυθμού εκδήλωσης των μετακινήσεων με την πρόοδο της εκσκαφής του υποκείμενου του μηκυνσιομέτρου τμήματος του θαλάμου, ώστε μέρος τουλάχιστον των μετακινήσεων πρέπει να αποδοθεί στην επαγόμενη χαλάρωση της βραχομάζας. Συνεκτιμώντας τελικά όλα τα διαθέσιμα στοιχεία, ως πιθανότερη αιτία του φαινομένου θεωρήθηκε η αρχή εκδήλωσης κίνησης ανατροπής (toppling), ή σύνθετης ολίσθησης – ανατροπής, μεγάλου τεμάχους βράχου επί διακεκριμένης ασυνέχειας ή

ασθενούς ζώνης μεγάλης κλίσης και υποπαράλληλης με την διεύθυνση του τοιχώματος του θαλάμου (σημειώνεται ότι η εν λόγω διεύθυνση συνέπιπτε με αυτήν του ενός εκ των δύο κυρίων παρακατακόρυφων συστημάτων διακλάσεων).

Αν και δεν εντοπίστηκαν ανησυχητικές ρωγματώσεις στο τοίχωμα της εκσκαφής ή στην τελική επένδυση, η όλη εξέλιξη του φαινομένου δημιούργησε κάποιους προβληματισμούς, και για τον λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμη η ενίσχυση της υποστήριξης, μέσω της τοποθέτησης 6 (έξι) προεντεταμένων αγκυρώσεων, φορτίου λειτουργίας 400 KN και μήκους 20 μ, σε διάταξη sandwich μεταξύ των τοιχωμάτων του θαλάμου του Σταθμού Παραγωγής και του γειτονικού θαλάμου Μετασχηματιστών. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 2, ο ρυθμός μετακίνησης επιβραδύνθηκε ουσιαστικά μετά την τοποθέτηση και τάνυση των αγκυρώσεων και η όλη διαδικασία διάνοιξης συνεχίστηκε κανονικά.

Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του Σταθμού Παραγωγής του ΥΗΕ Θησαυρού, προκειμένου να ελεγχθεί το μέγεθος των αναπτυσσόμενων τάσεων στην τελική επένδυση έγιναν αναλύσεις τάσεων – παραμορφώσεων, χρησιμοποιώντας ως χαρακτηριστικές τιμές γεωτεχνικών παραμέτρων της γρανιτογενευσικής βραχομάζας τις παρουσιαζόμενες συνοπτικά στον ακόλουθο Πίνακα 4 :

Παράμετρος	Τιμή
Τιμή Δείκτη GSI	70
Φαινόμενο βάρος (KN/m ³)	25
Μέτρο ελαστικότητας (Mpa)	24.500
Αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη (Mpa)	60
Λόγος Poisson	0,20
Λόγος γεωστατικών τάσεων	0,50 έως 1,50

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Βραχομάζα θαλάμου Σταθμού Παραγωγής Θησαυρού - Τιμές γεωτεχνικών παραμέτρων

Κατά τις αναλύσεις, οι οποίες έγιναν με χρήση του προγράμματος H/Y PHASE², προσομοιώθηκε η σύνθετη διαδικασία εκσκαφής – υποστήριξης – σκυροδέτησης του θαλάμου σε 12 (δώδεκα) στάδια. Ελέγχθηκαν οι μετακινήσεις των τοιχωμάτων και οι αναπτυσσόμενες μέγιστες τάσεις σε χαρακτηριστικές διατομές της τελικής επένδυσης. Συνοπτικά, οι μέγιστες τιμές αφενός των μετακινήσεων των τοιχωμάτων (μετά την κατασκευή της τελικής επένδυσης) και αφετέρου της μέγιστης κύριας τάσης σ_1 στην εσωτερική παρειά της επένδυσης (η οποία σε όλες τις εξετασθείσες περιπτώσεις εμφανίζεται στην κλείδα του θόλου), παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 5 :

Μέγιστη τιμή κύριας τάσης στην επένδυση (ΜΡα)			Μετακινήσεις τοιχωμάτων μετά την κατασκευή της επένδυσης (mm)		
K = 0,50	K = 1	K = 1,50	K = 0,50	K = 1	K = 1,50
1,45	2,50	3,55	1,50	2,00	2,70

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Σταθμός Παραγωγής Θησαυρού

Μέγιστες τάσεις στην επένδυση – Μετακινήσεις τοιχωμάτων εκσκαφής

Από τον Πίνακα 5 προκύπτει ότι οι μετακινήσεις των τοιχωμάτων της εκσκαφής μετά την κατασκευή της επένδυσης είναι πολύ μικρές και συμφωνούν γενικά ως προς την τάξη μεγέθους με τις μετρηθείσες επιτόπου. Τα μεγέθη των αναπτυσσομένων στην τελική επένδυση τάσεων προέκυψαν σχετικά μικρά, και πάντως αρκετά χαμηλότερα από την επιτρεπόμενη τιμή αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη του οπλισμένου σκυροδέματος της επένδυσης, για όλο το εξετασθέν φάσμα τιμών του λόγου K. Κατά συνέπεια η φέρουσα ικανότητα της τελικής επένδυσης κρίνεται ότι δεν μειώθηκε σημαντικά λόγω της παράλληλης διαδικασίας εκσκαφής - σκυροδέτησης της επένδυσης που εφαρμόστηκε στον Σταθμό Παραγωγής του ΥΗΕ Θησαυρού. Οι μετακινήσεις στην περιοχή του μηχανοσιομέτρου R(A)-11 θεωρήθηκε ότι αποτελούν τοπικής έκτασης φαινόμενο, χωρίς ιδιαίτερη επιρροή στην όλη επάρκεια της τελικής επένδυσης.

6. Συμπεράσματα

Από την έως σήμερα εμπειρία της ΔΕΗ / ΔΑΥΕ στον σχεδιασμό και την κατασκευή μεγάλων υπογείων θαλάμων, μικρό τμήμα της οποίας έχει καταγραφεί στο παρόν κείμενο, ορισμένα ενδιαφέροντα συμπεράσματα που έχουν προκύψει είναι τα ακόλουθα :

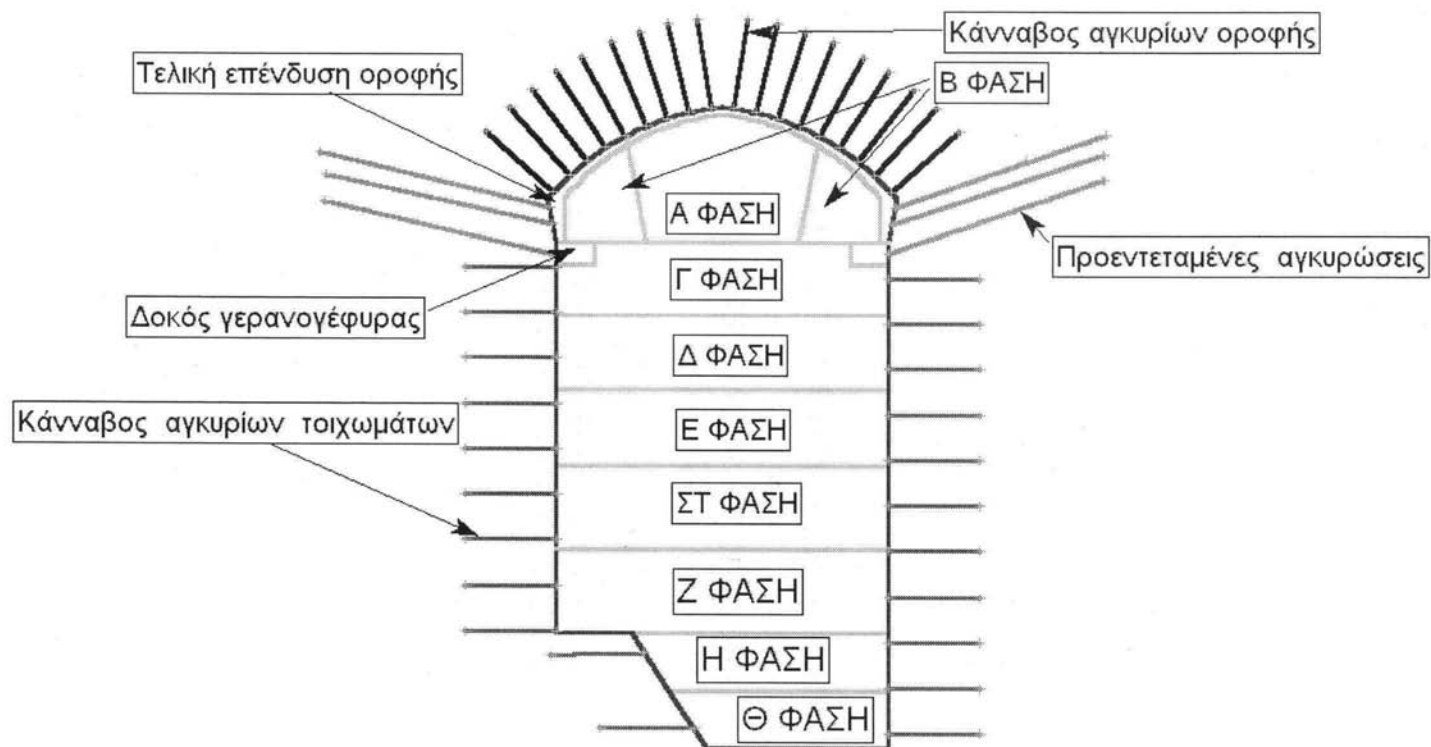
- Τα διαθέσιμα σήμερα εργαλεία ανάλυσης μπορούν να προσομοιώσουν με ακρίβεια τη διαδικασία διάνοιξης των μεγάλων υπογείων θαλάμων και να εκτιμήσουν ικανοποιητικά τα αναπτυσσόμενα εντατικά μεγέθη στη βραχομάζα και στην τελική επένδυση, εφόσον η τελευταία σκυροδετείται πριν ολοκληρωθούν οι εκσκαφές. Προϋπόθεση για την επιτυχή υλοποίηση των παραπάνω είναι η καλή γνώση των γεωλογικών συνθηκών και η ορθολογική εκτίμηση των γεωτεχνικών παραμέτρων της βραχομάζας εντός της οποίας προβλέπεται να γίνει η διάνοιξη των θαλάμων.

- Εάν η βραχομάζα είναι σχετικά υποβαθμισμένη ή τα βάθη επικάλυψης της οροφής των υπόγειων θαλάμων είναι μεγάλα, η επάρκεια τελικών επενδύσεων που σκυροδετούνται πριν ολοκληρωθούν οι εκσκαφές θα πρέπει απαραίτητα να ελέγχεται με ακριβή προσομοίωση της αλληλουχίας των κατασκευαστικών σταδίων εκσκαφής – υποστήριξης – σκυροδέτησης που προβλέπεται να υλοποιηθούν. Εν προκειμένω η τιμή του λόγου των επί τόπου γεωστατικών τάσεων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ορθή διαστασιολόγηση, και εφόσον αυτή δεν είναι γνωστή θα πρέπει ο σχεδιασμός να γίνεται συντηρητικά, λαμβάνοντας υπόψη το πλήρες πιθανό φάσμα τιμών του λόγου.
- Ακόμη και η πλέον εμπεριστατωμένη μελέτη δεν μπορεί να υποκαταστήσει την ανάγκη συνεχούς επίβλεψης της διαδικασίας διάνοιξης από έμπειρο προσωπικό (γεωτεχνικούς μηχανικούς και γεωλόγους). Το προσωπικό αυτό πρέπει να έχει γνώση της μελέτης, ώστε να έχει την δυνατότητα γρήγορης υπόδειξης των αναγκαίων πρόσθετων μέτρων υποστήριξης, όπου οι συνθήκες αποκλίνουν των αναμενομένων, ώστε να αποφευχθούν ανεπιθύμητες καταστάσεις. Τα παραπάνω ισχύουν κατά μείζονα λόγο για διανοίξεις υπογείων θαλάμων σε βραχομάζες σχετικά καλής ποιότητας, καθώς οι εκδηλούμενες εκεί αστοχίες είναι συνήθως τύπου ολίσθησης (σφηνοειδούς ή επίπεδης μορφής) ή / και ανατροπής (toppling), οφειλόμενες σε τοπικές συνθήκες (ρήγματα, ασθενείς ζώνες, ανοικτές διακλάσεις κλπ), η θέση των οποίων δεν είναι δυνατόν να προβλεφθεί με ακρίβεια από την μελέτη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΥΛΙΚΟ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

Αντικείμενο της παρουσίασης αυτής, είναι καταρχήν η στατιστική περιγραφή των μέχρι σήμερα (υπογείων, κυρίως) έργων της ΔΕΗ.

Ακολουθεί μια συνοπτική παρουσίαση τεχνικών δεδομένων πέντε μεγάλων υπογείων θαλάμων που έχουν κατασκευασθεί απ' τη ΔΕΗ και δύο υπο μελέτην. Δίδονται γεωλογικά και μηχανικά χαρακτηριστικά βραχομάζας, αποτελέσματα αναλύσεων σε όρους κυρίων τάσεων και μετακινήσεων, καθώς και η εξάρτησή τους απ' τις φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας που ακολουθήθηκε (σταδιακή εκσκαφή, σταδιακή στήριξη).



ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΗΣΑΥΡΟΥ
 ΑΠΛΟΥΣΤΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ ΦΑΣΕΩΝ ΕΚΣΚΑΦΗΣ - ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ
 (Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΓΙΝΕΤΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ Α' ΦΑΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ)

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΔΕΗ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΩΝ ΥΔΡΟ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΠΕΝΤΗΚΟΝΤΑΕΤΙΑ:

- ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ 17 ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ
- ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ 5 ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
- ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΛΗΘΩΡΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ, ΟΔΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΕΡΓΩΝ
(ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΕΙΝΑΙ ΥΠΟΓΕΙΑ).

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ ΔΕΗ

- ΣΗΡΑΓΓΕΣ (ΟΔΙΚΕΣ, ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ, ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΕΣ, ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΩΝ Κ.ΛΠ.)
- ΦΡΕΑΤΑ (ΑΝΑΠΑΛΣΗΣ, ΑΕΡΙΣΜΟΥ Κ.ΛΠ.)
- ΘΑΛΑΜΟΙ (ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ, ΒΑΛΒΙΔΩΝ, ΑΝΑΠΑΛΣΗΣ Κ.ΛΠ.)

ΟΔΙΚΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

(Μήκη σε m)

ΕΡΓΟ Πέρας κατασκευής)	ΤΥΠΟΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ					
	Εμβαδό διατομής < 50 m ²			Εμβαδό διατομής > 50 m ²		
	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	Άοπλο σκυρόδεμα	Οπλισμένο σκυρόδεμα	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	Άοπλο σκυρόδεμα	Οπλισμένο σκυρόδεμα
Ε.Ο. ΑΡΤΑΣ -						
ΤΡΙΚΑΛΩΝ (1996)						
ΣΥΚΙΑ (1989)	2.373			330	517 1.151	460
ΚΡΕΜΑΣΤΑ (1967)						276
ΣΤΡΑΤΟΣ (1988)			90			130
ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟ (1998)	397					
ΜΕΣΟΧΩΡΑ (1991)	544		458	210		356
Π. ΑΩΟΥ (1985)	1.615		760			
ΣΦΗΚΙΑ (1980)						226
ΑΣΩΜΑΤΑ (1984)						104
ΘΗΣΑΥΡΟΣ (1996)	308	—	114	1.297		510
ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ (1993)	253		150			
ΣΥΝΟΛΟ (m):	5.490		1.572	1.837	1.668	2.062
Ποσοστά (ανά τύπον επένδυσης και εμβαδό διατομής)	78%		22%	33%	30%	37%
Ποσοστά (ανά εμβαδό διατομής)	56%			44%		

ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ & ΛΟΙΠΕΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΔΕΗ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

(Μήκη σε m)

ΕΡΓΟ (Πέρασ κατασκευής)	ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ			ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΩΝ - ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΕΩΝ - ΛΟΙΠΕΣ
	Εμβαδό Διατομής Εκακαφής Ε (m²)			
	Ε < 50 m²	50 m² < Ε < 100 m²	Ε > 100 m²	
ΠΟΥΡΝΑΡΙ (1979)	—	1.555	800	1.540
ΛΟΥΡΟΣ (1954)	1.433	—	—	—
ΓΛΑΥΚΟΣ (1928)	1.663	—	—	—
ΣΥΚΙΑ (1988)	—	605	1.625	—
ΚΡΕΜΑΣΤΑ (1966)	1.987	—	754	2.398
ΚΑΣΤΡΑΚΙ (1969)	—	393	—	323
ΣΤΡΑΤΟΣ (1987)	—	148	2.012	807
ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟ (1998)	4.100	—	—	—
ΜΕΣΟΧΩΡΑ (1988-1997)	8.087	—	—	1.548
Π. ΑΩΟΥ (1988)	6.716	—	—	1.091
ΠΥΛΗ (1989)	—	387	—	—
ΜΟΥΖΑΚΙ (1990)	1.163	—	—	—
ΠΛΑΣΤΗΡΑ (1958)	2.921	—	—	—
ΙΛΑΡΙΩΝΑΣ (1995)	—	—	884	1.700
ΣΦΗΚΙΑ (1981-86)	302	1.235	45	1.290
ΑΣΩΜΑΤΑ (1980-84)	116	1.023	—	1.601
ΠΟΛΥΦΥΤΟ (1972-74)	780	4.350	70	1.679
ΘΗΣΑΥΡΟΣ (1986-96)	622	475	2.005	5.071
ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ (1993)	—	—	508	387
ΑΓΡΑΣ (1953)	7.811	—	—	—
ΛΑΔΩΝΑΣ	9.159	66	—	711
ΣΥΝΟΛΟ (m)	46.860	10.237	8.703	20.146

ΦΡΕΑΤΑ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗΣ ΤΩΝ 10 m Η ΥΨΟΥΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟΥ ΤΩΝ 50 m

ΕΡΓΑ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ (ΕΤΟΣ ΠΕΡΑΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ)	ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΥΨΟΣ (m)	ΩΦΕΛΙΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (m)	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ
ΥΗΕ ΜΕΣΟΧΩΡΑΣ (1998)	Ασβεστόλιθοι - Κερατόλιθοι Ιουρασικού	133	12,5	Οπλισμένο σκυρόδεμα
ΥΗΕ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ (1986)	Παχυστρωματώδεις Ψαμμίτες του Πινδικού Φλύσχη	89	7	Οπλισμένο σκυρόδεμα
ΥΗΕ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ (1989)	Παχυστρωματώδεις Ψαμμίτες του Πινδικού Φλύσχη & εναλλαγές Ψαμμιτών - Ιλυολίθων	435	2,8	Οπλισμένο σκυρόδεμα
ΥΗΕ ΠΟΛΥΦΥΤΟΥ (1974)	Γρανιτογενεύσιοι	80	28	Οπλισμένο σκυρόδεμα
ΦΡΕΑΤΑ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ	ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΥΨΟΣ (m)	ΩΦΕΛΙΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (m)	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ
ΥΗΕ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ	Κροκαλοπαγή Ιονίου ζώνης	118	3,40 - 12	Οπλισμένο σκυρόδεμα (εν μέρει με χαλύβδινη επένδυση)

ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΘΑΛΑΜΟΙ ΕΡΓΩΝ ΔΕΗ

ΕΡΓΑ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

ΠΕΡΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

- | | |
|------------------|------|
| • ΥΗΕ ΠΟΛΥΦΥΤΟΥ | 1974 |
| • ΥΗΕ ΑΣΩΜΑΤΩΝ | 1985 |
| • ΥΗΕ ΣΤΡΑΤΟΥ | 1986 |
| • ΥΗΕ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ | 1988 |
| • ΥΗΕ ΘΗΣΑΥΡΟΥ | 1996 |

ΕΡΓΑ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ

- ΥΗΕ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ
- ΥΗΕ ΠΕΥΚΟΦΥΤΟΥ

ΕΡΓΟ	ΥΗΕ ΠΟΛΥΦΥΤΟΥ
Θάλαμος	Σταθμού Παραγωγής
Γεωλογικοί σχηματισμοί	Γρανιτογενεύσιαι
Μήκος (m)	100
Πλάτος (m)	20
Ύψος (m)	35
Τελική επένδυση	Οπλισμένο σκυρόδεμα
Επικάλυψη οροφής από το φυσικό έδαφος (m)	90
Όγκος εκσκαφής (m ³)	70.000

ΕΡΓΟ	ΥΠΕ ΑΣΩΜΑΤΩΝ
Θάλαμος	Σταθμού παραγωγής
Γεωλογικοί σχηματισμοί	Βασάλτες
Μήκος(m)	60
Πλάτος (m)	17
Ύψος (m)	30
Προσωρινή υποστήριξη	Αγκύρια - Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα
Τελική επένδυση	Οπλισμένο σκυρόδεμα
Επικάλυψη από το φυσικό έδαφος (m)	48 έως 63
Όγκος εκσκαφής (m ³)	31.000

ΕΡΓΟ	ΥΠΕ ΣΤΡΑΤΟΥ
Θάλαμος	Σταθμού παραγωγής
Γεωλογικοί σχηματισμοί	Φλύσχης
Μήκος(m)	76
Πλάτος (m)	22
Ύψος (m)	36
Προσωρινή υποστήριξη	Αγκύρια - Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα
Τελική επένδυση	Οπλισμένο σκυρόδεμα
Επικάλυψη από το φυσικό έδαφος (m)	50
Όγκος εκσκαφής (m ³)	60.000

ΕΡΓΟ	ΥΠΕ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ
Θάλαμος	Σταθμού παραγωγής
Γεωλογικοί σχηματισμοί	Παχυστρωματώδεις ψαμμίτες του Πινδικού Φλύσχη
Μήκος(m)	66
Πλάτος (m)	16
Ύψος (m)	35
Προσωρινή υποστήριξη	Αγκύρια - Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα
Τελική επένδυση	Οπλισμένο σκυρόδεμα
Επικάλυψη από το φυσικό έδαφος (m)	395 - 415
Όγκος εκσκαφής (m ³)	29.000

ΕΡΓΟ	ΥΠΕ ΘΗΣΑΥΡΟΥ		
Θάλαμος	Σταθμού Παραγωγής	Μετασχηματιστών	Ανάπασης
Γεωλογικοί σχηματισμοί	Γνεύσιοι και Γρανιτογνεύσιοι		
Μήκος (m)	100	52	72
Πλάτος (m)	22	17	22
Ύψος (m)	42	15	43
Άμεση υποστήριξη	Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα - Αγκύρια (τοπικά και Προεντεταμένες Αγκυρώσεις)		
Τελική επένδυση	Οπλισμένο σκυρόδεμα		
Επικάλυψη από το φυσικό έδαφος (m)	100 έως 170	118 έως 153	86 έως 111
Όγκος εκσκαφής (m ³)	93.000	12.730	67.900

ΕΡΓΟ	ΥΗΕ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ (υπό μελέτη)	
Θάλαμος	Σταθμού Παραγωγής	Κατάντη Ανάπλασης
Γεωλογικοί σχηματισμοί	Κροκαλοπαγή - Ιλυόλιθοι	Κροκαλοπαγή
Μήκος (m)	34,70	13,20
Πλάτος (m)	17,00	13,20
Ύψος (m)	30,50	27,60
Προσωρινή υποστήριξη	Αγκύρια - Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	
Τελική επένδυση	Οπλισμένο σκυρόδεμα	
Επικάλυψη από το φυσικό έδαφος (m)	58 έως 64	60
Όγκος εκσκαφής (m ³)	20.000	3.800

ΕΡΓΟ	ΥΗΕ ΠΕΥΚΟΦΥΤΟΥ (υπό μελέτη)		
Θάλαμος	Σταθμού Παραγωγής	Μετασχηματιστών	Ανάπασης
Γεωλογικοί σχηματισμοί	Ασβεστόλιθοι		
Μήκος (m)	62	33	25
Πλάτος (m)	17	17	25
Ύψος (m)	32	16	60
Όγκος εκσκαφής (m ³)	35.000	8.600	5.300
Άμεση υποστήριξη	Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα - Αγκύρια Προεντεταμένες αγκυρώσεις σε κάνναβο		
Επικάλυψη από το φυσικό έδαφος (m)	240	220	180
Τελική επένδυση	Οπλισμένο σκυρόδεμα		

ΔΡΑΣΕΙΣ ΣΕ ΤΕΛΙΚΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ

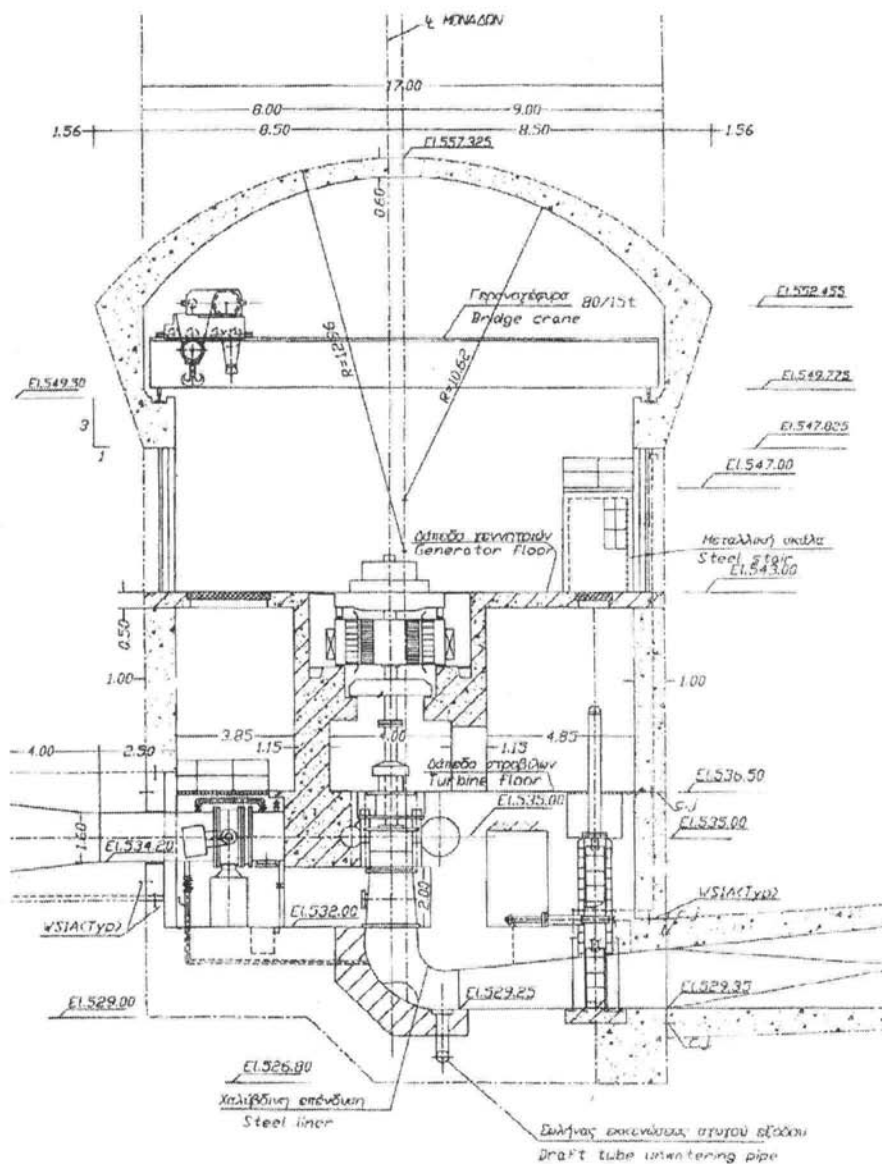
1. ΙΔΙΟ ΒΑΡΟΣ
2. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ -
ΣΥΣΤΟΛΗ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
3. ΕΡΠΥΣΜΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
4. ΠΙΕΣΕΙΣ ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΩΝ ΕΠΑΦΗΣ -
ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ
5. ΠΙΕΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ (ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΡΙΚΗΣ Η ΟΛΙΚΗΣ
ΑΠΟΦΡΑΞΗΣ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΕΩΝ)
6. ΒΑΡΗ ΑΣΤΑΘΩΝ ΣΦΗΝΩΝ
7. ΠΙΕΣΕΙΣ ΖΩΝΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΤΗΝ ΕΚΣΚΑΦΗ
8. ΠΙΕΣΕΙΣ ΛΟΓΩ ΤΥΧΟΝ ΕΡΠΥΣΤΙΚΩΝ
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ
9. ΠΙΕΣΕΙΣ ΛΟΓΩ ΤΥΧΟΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ
ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ
10. ΔΡΑΣΕΙΣ ΣΕΙΣΜΟΥ (ΣΥΝΗΘΩΣ ΑΓΝΟΕΙΤΑΙ)
11. ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ (ΘΑΛΑΜΟΙ ΑΝΑΠΛΗΣΗΣ Κ.ΛΠ.)
12. ΔΡΑΣΕΙΣ ΛΟΓΩ ΣΥΓΚΛΙΣΗΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ
ΕΚΣΚΑΦΗΣ

ΥΠΕ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

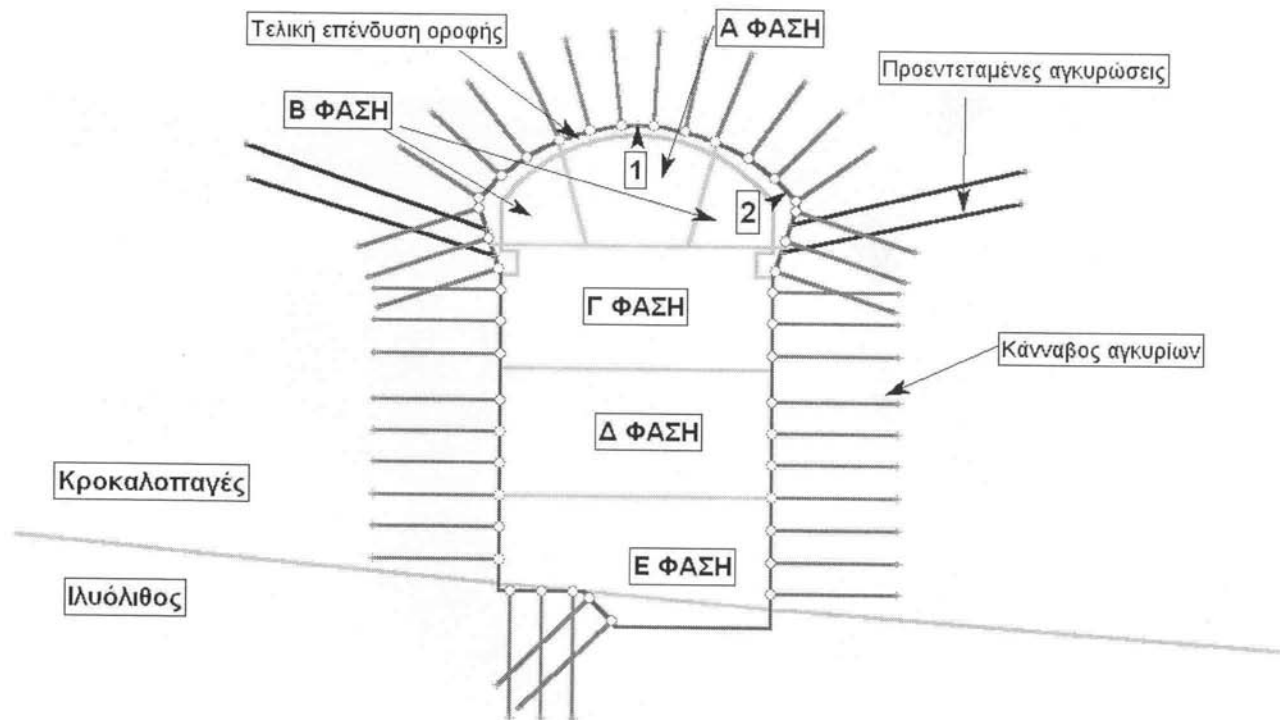
Γεωλογικοί σχηματισμοί:

- Κροκαλοπαγή Ιόνιου Φλύσχη, μαζικά, με αργιλοψαμμιτική συγκόλληση μέτριας συνοχής, στο ανώτερο 90% του θαλάμου
- Ιλυόλιθος Ιόνιου Φλύσχη, διατμημένος, με σποραδικές λεπτές ψαμμιτικές παρεμβολές στο κατώτερο 10% του θαλάμου
- Επικάλυψη οροφής Σταθμού Παραγωγής από φυσικό έδαφος: 58 έως 64 m
- Διαστάσεις Σταθμού: Μήκος: 34,70 m, Πλάτος: 17,00 m, Ύψος: 30,50 m.

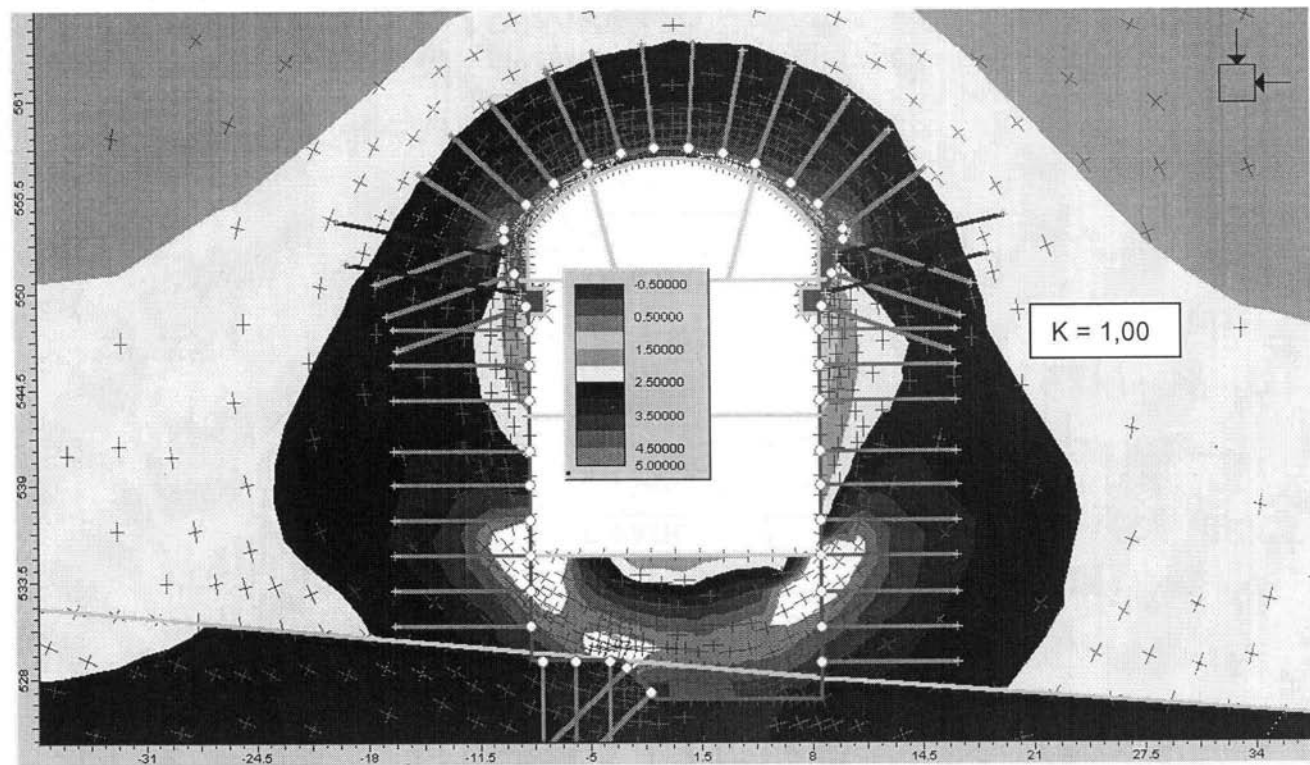
Γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού	Κροκαλοπαγή	Ιλυόλιθοι
Τιμή Δείκτη GSI	80	30
Φαινόμενο Βάρος (KN/m^3)	24	24
Μέτρο Ελαστικότητας (Mpa)	5.000	1.000
Αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη (Mpa)	11	8
Λόγος Poisson	0,2	0,25
Λόγος επιτόπου γαιωστατικών τάσεων	0,50 - 1,50	



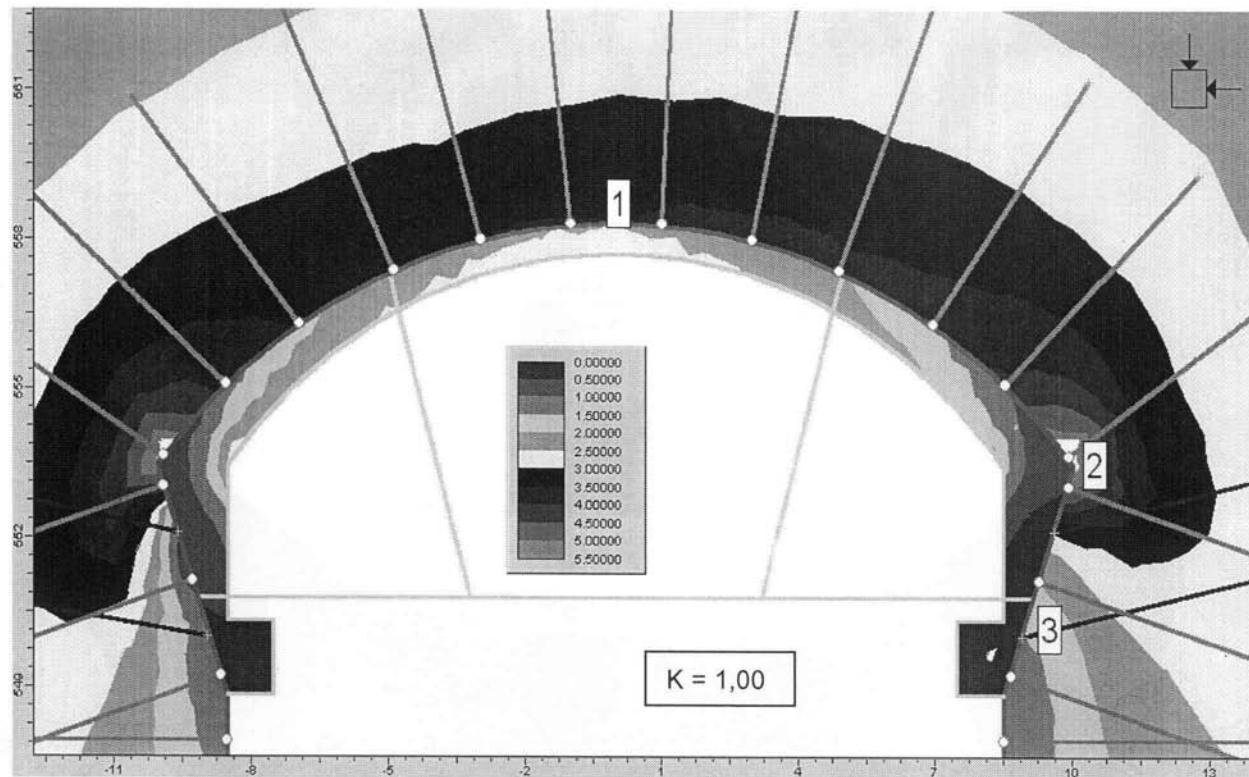
ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΘΑΛΑΜΟΥ ΣΤΑΘΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ



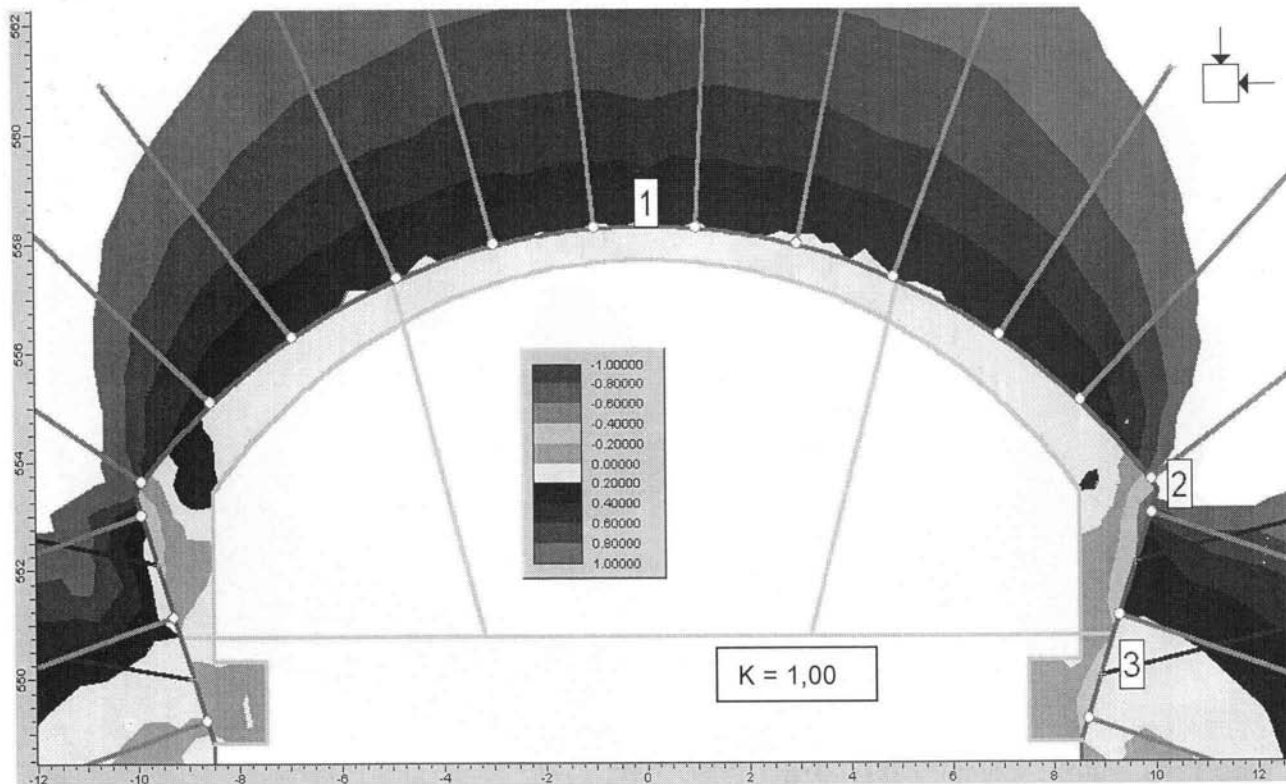
ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ
 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ - ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ - ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗΣ ΘΑΛΑΜΟΥ
 (Η ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΟΡΟΦΗΣ ΓΙΝΕΤΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ Γ' ΦΑΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ)



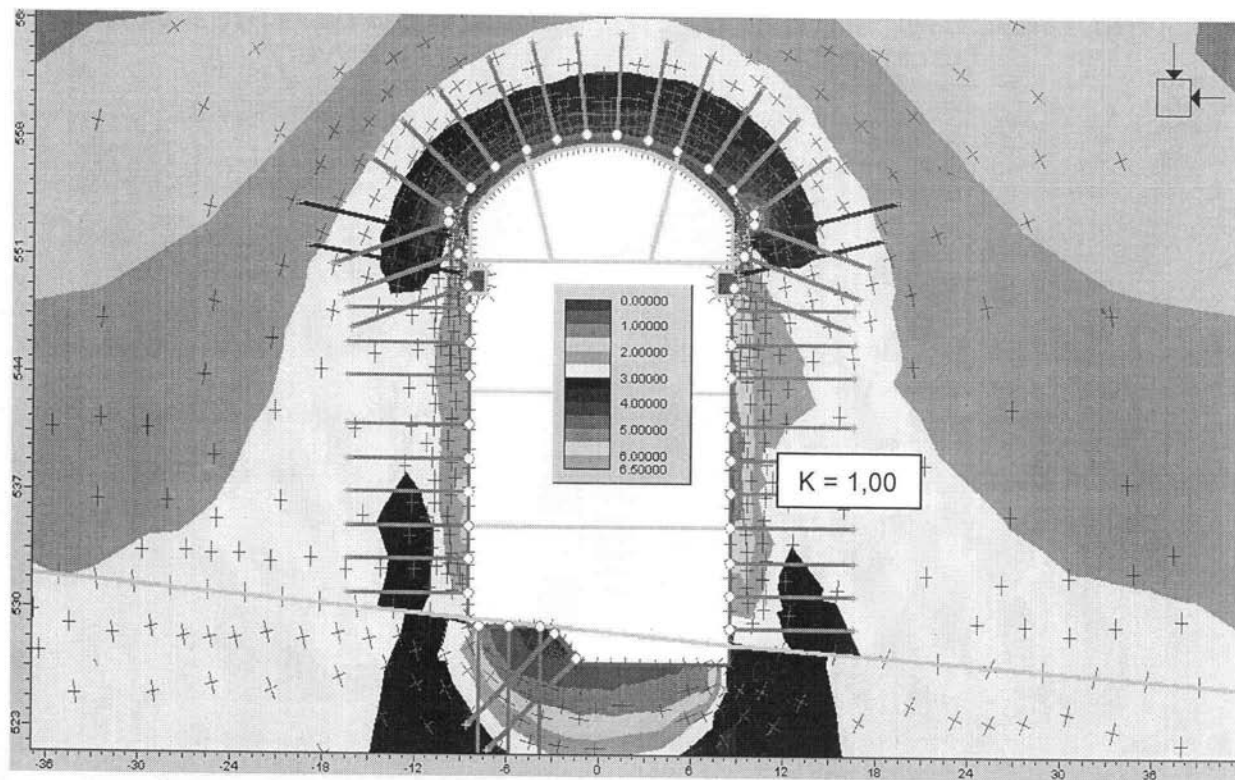
ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ
ΦΑΣΗ Δ' ΕΚΣΚΑΦΗΣ - ΚΥΡΙΑ ΤΑΣΗ σ_1 (Μpa) - ΤΡΟΧΙΕΣ ΚΥΡΙΩΝ ΤΑΣΕΩΝ



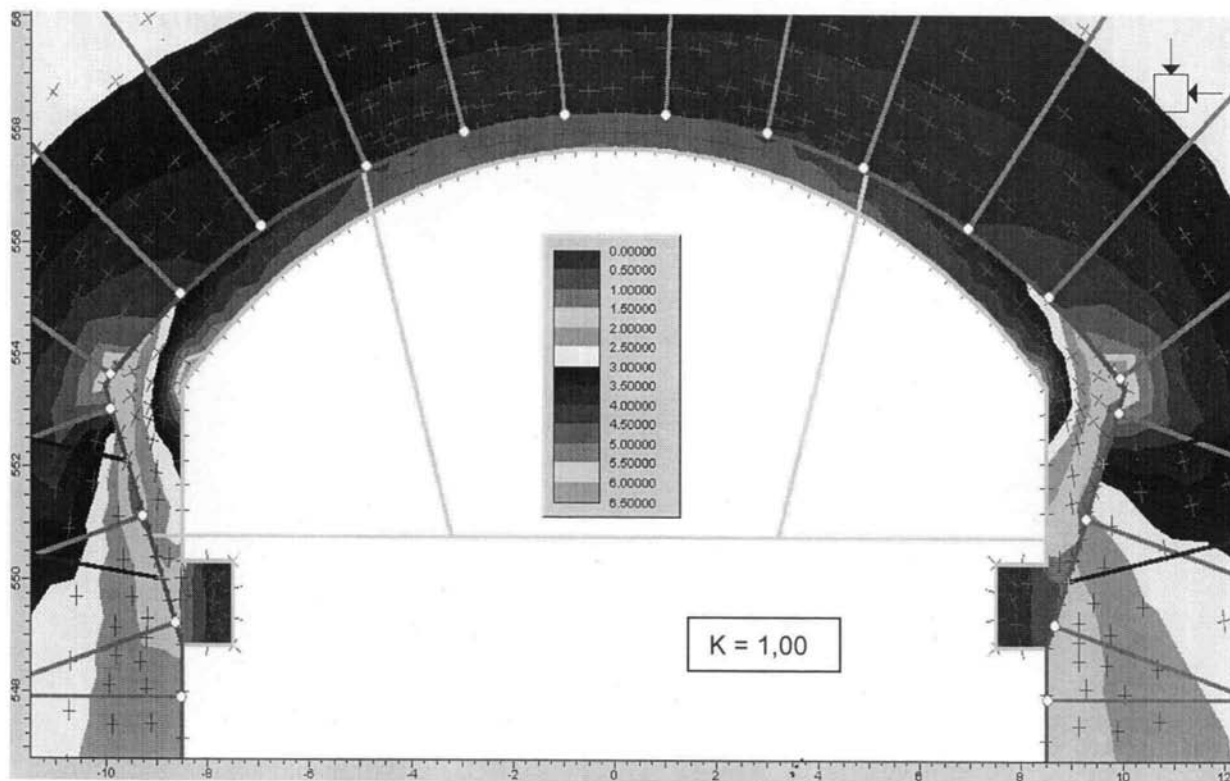
ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ
ΦΑΣΗ Δ' ΕΚΣΚΑΦΗΣ (ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΕΝΔΥΣΗ) - ΚΥΡΙΑ ΤΑΣΗ σ_1 (Mpa)



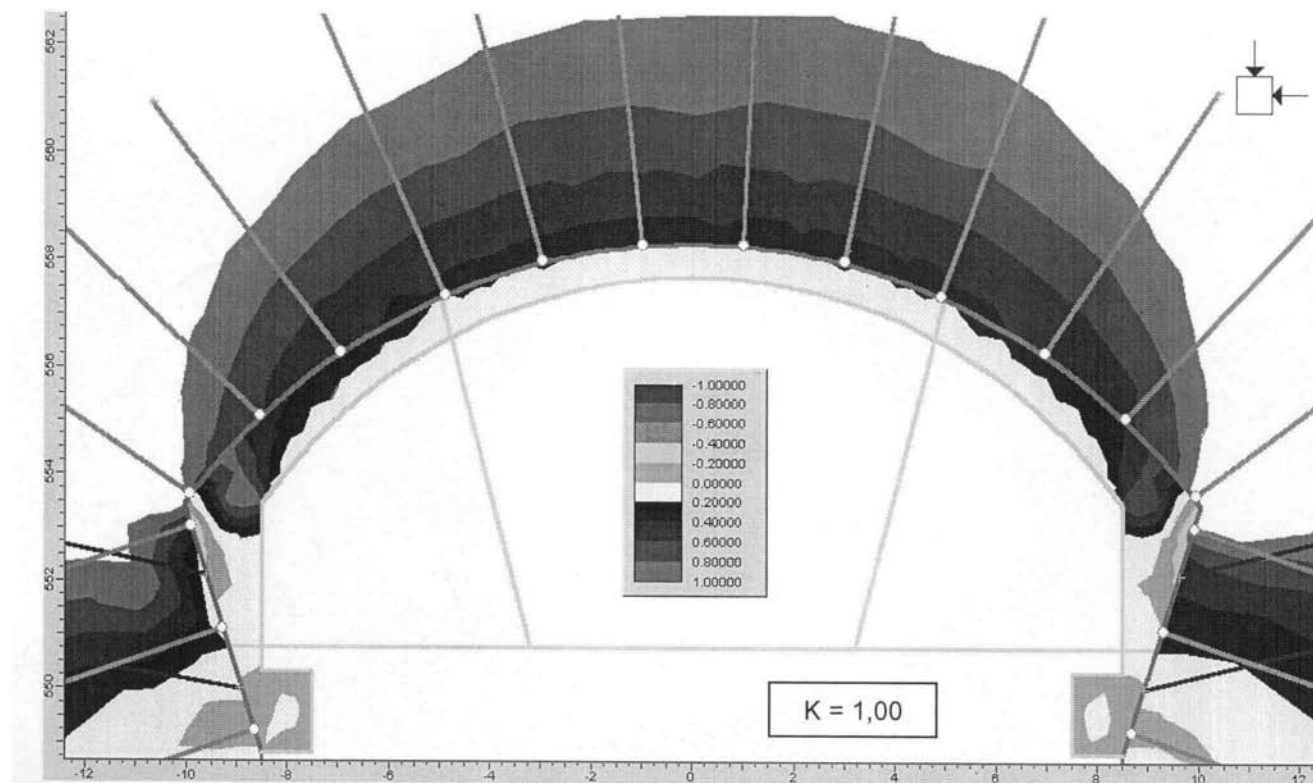
ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ
ΦΑΣΗ Δ' ΕΚΣΚΑΦΗΣ (ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΕΝΔΥΣΗ) - ΚΥΡΙΑ ΤΑΣΗ σ_3 (Mpa)



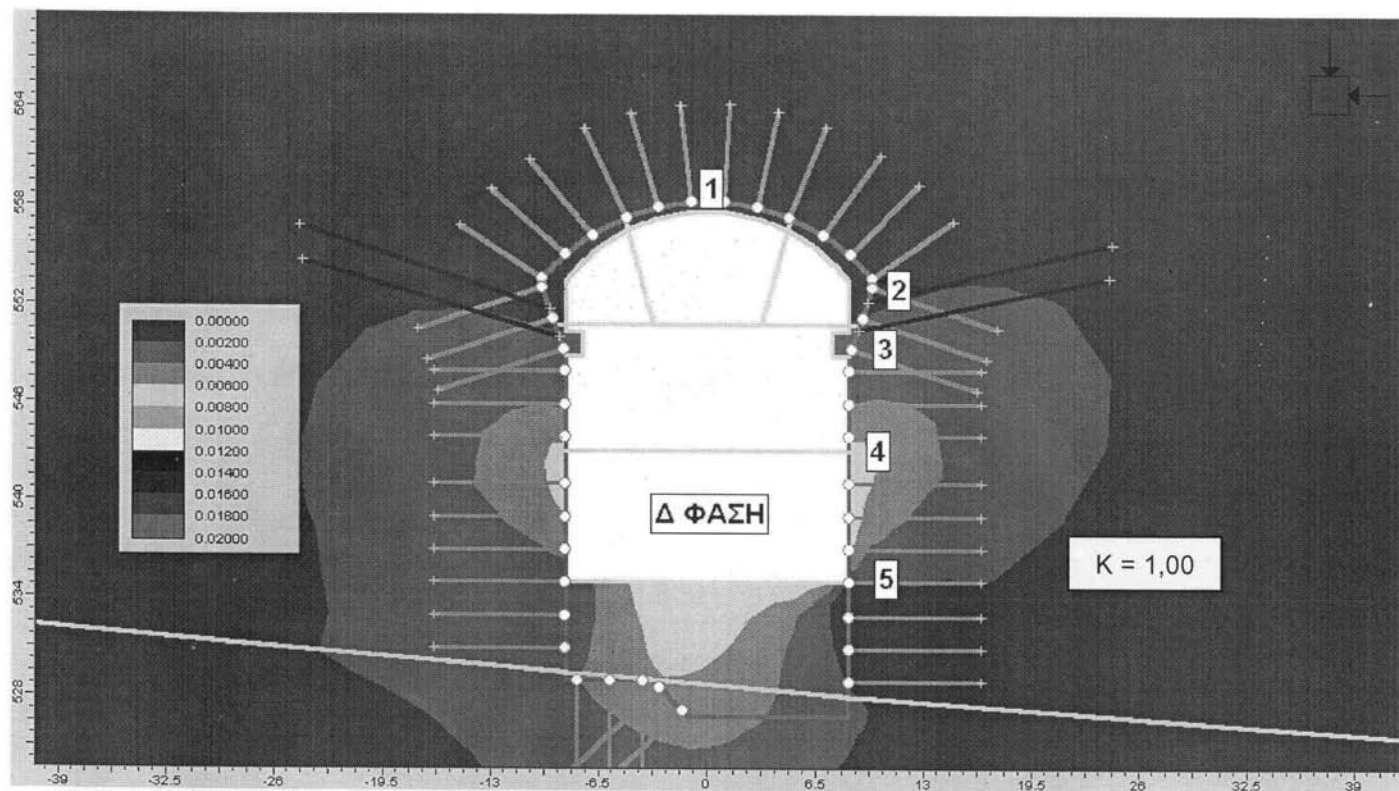
ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ
ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ - ΚΥΡΙΑ ΤΑΣΗ σ_1 (Mpa) - ΤΡΟΧΙΕΣ ΚΥΡΙΩΝ ΤΑΣΕΩΝ



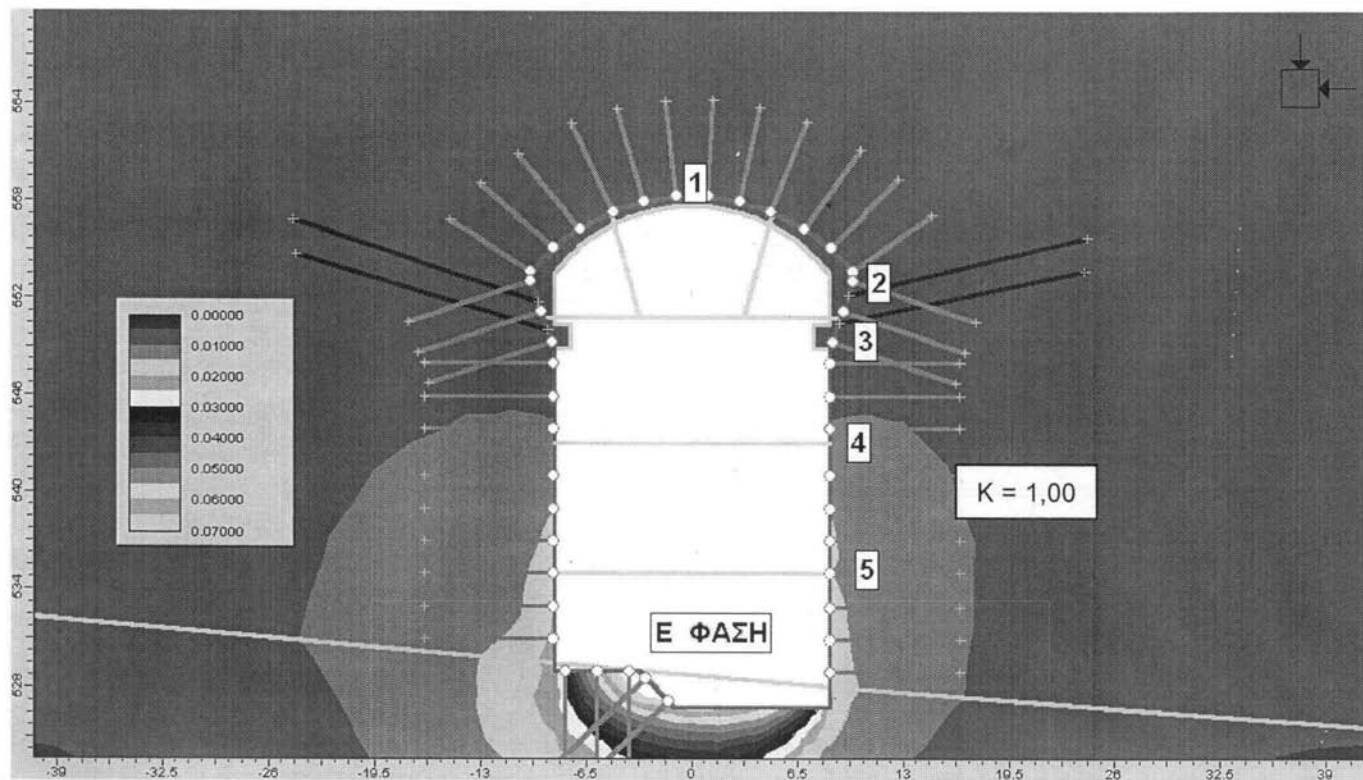
ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ
ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ (ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΕΝΔΥΣΗ)- ΚΥΡΙΑ ΤΑΣΗ σ_1 (Mpa)



ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ
ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ (ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΕΝΔΥΣΗ)- ΚΥΡΙΑ ΤΑΣΗ σ_3 (Mpa)



ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ Δ' ΦΑΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ (cm)



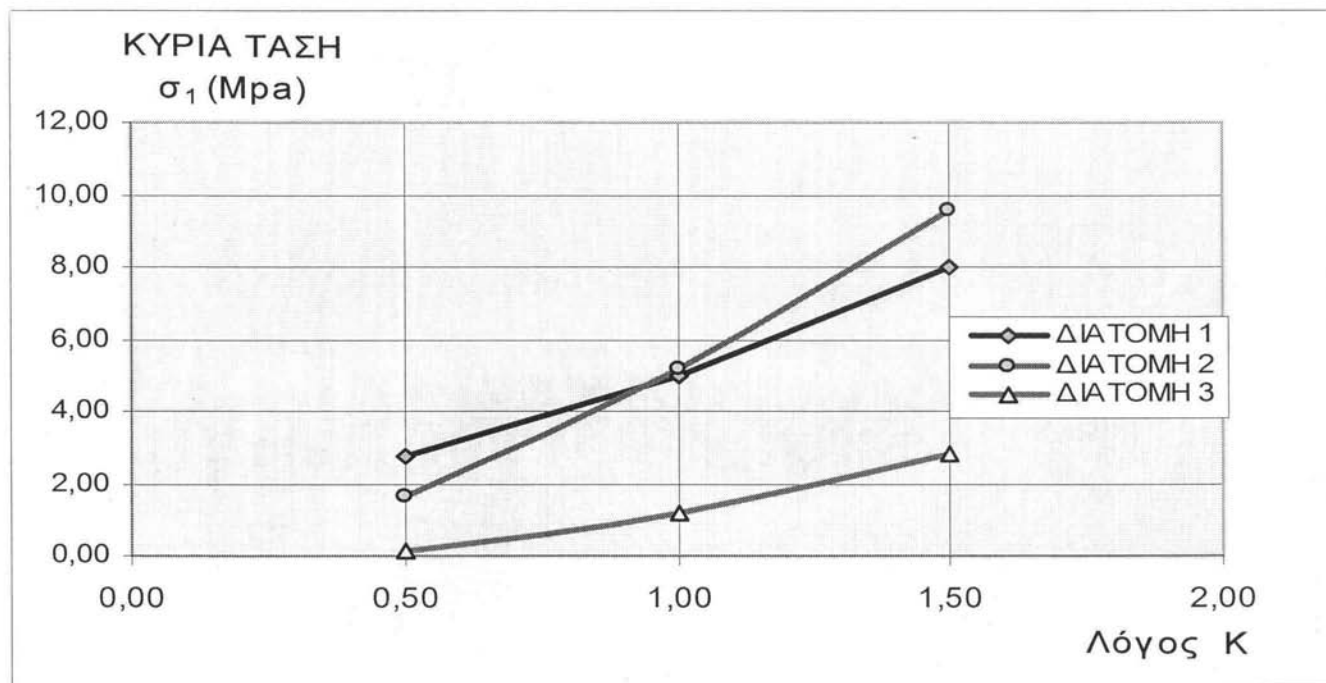
ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ Ε' ΦΑΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ (cm)

ΔΙΑΤΟΜΗ	Δ' ΦΑΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ			Ε' ΦΑΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ (ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΚΣΚΑΦΩΝ)		
	ΛΟΓΟΣ ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ			ΛΟΓΟΣ ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ		
	K = 0,50	K = 1	K = 1,50	K = 0,50	K = 1	K = 1,50
1	0,6	0,4	0,0	5,2	5,4	6,6
2	1,1	1,6	1,9	5,9	6,4	7,7
3	1,3	2,2	3,5	6,0	6,7	8,5
4	4,0	7,0	1,1	9,2	12,5	18,2
5	1,1	1,8	7,9	8,9	14,9	27,1

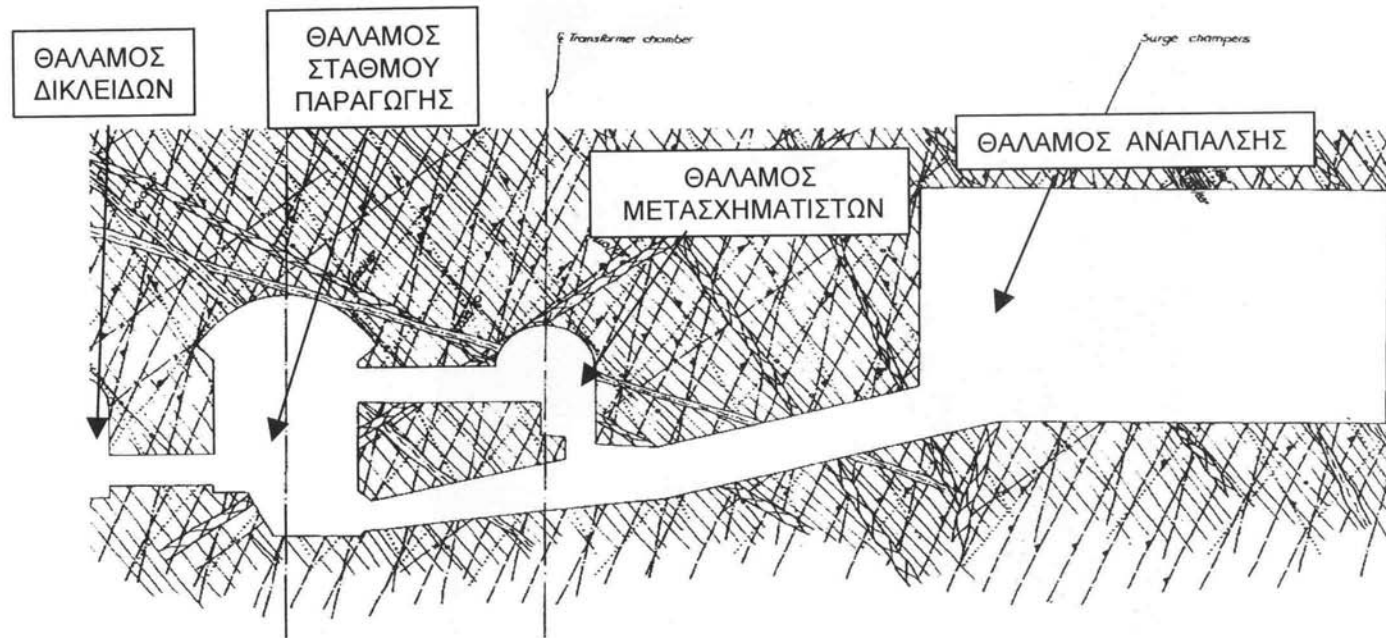
ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΘΑΛΑΜΟΥ (σε mm) ΣΕ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ

ΠΑΡΕΙΑ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	ΔΙΑΤΟΜΗ	Δ' ΦΑΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ			Ε' ΦΑΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ (ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΚΣΚΑΦΩΝ)		
		σ ₁ (ΜΡα)					
		Κ = 0,50	Κ = 1	Κ = 1,50	Κ = 0,50	Κ = 1	Κ = 1,50
ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ	1	1,24	2,60	5,31	2,75	5,00	8,00
	2	0,54	1,70	4,53	1,62	5,17	9,60
	3	0,03	0,10	1,12	0,04	1,16	2,85
ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ	1	1,13	2,50	4,85	2,53	4,00	7,50
	2	0,34	0,72	1,38	0,78	1,58	2,54
	3	0,06	0,13	0,61	0,11	1,11	1,56

ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ
ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΚΥΡΙΑΣ ΤΑΣΗΣ σ_1 ΣΕ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ
ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΟΡΟΦΗΣ

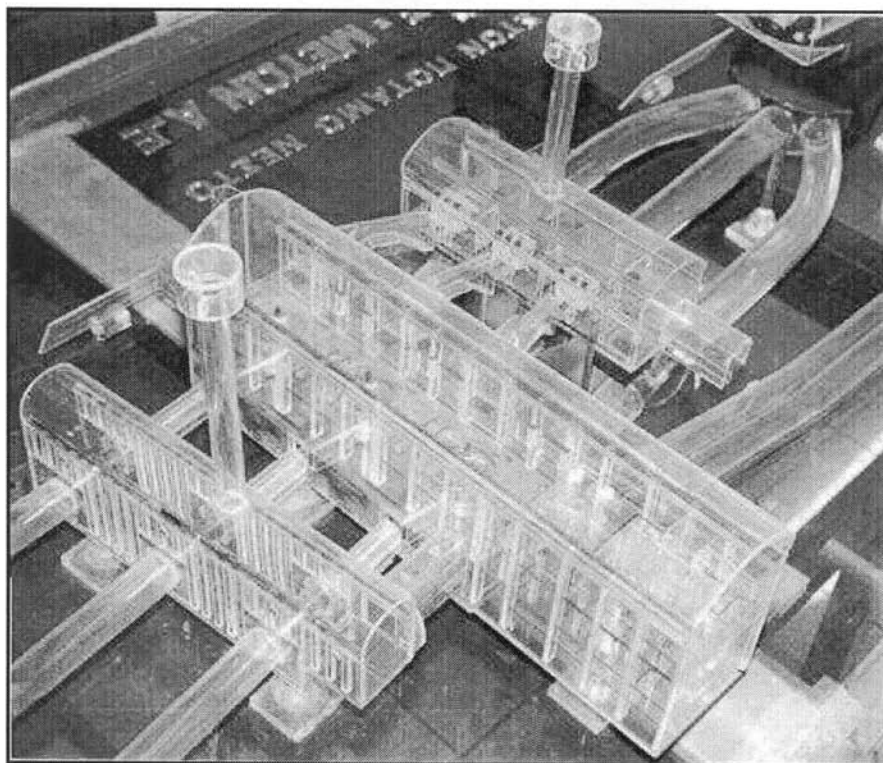


ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΥ
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΤΑΣΗΣ σ_1 ΣΕ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ
ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΩΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ Κ
ΤΩΝ ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ



SECTION A-A ALONG SURGE CHAMBER AXIS

ΥΠΕ ΘΗΣΑΥΡΟΥ
ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ - ΓΕΩΛΟΓΙΑ

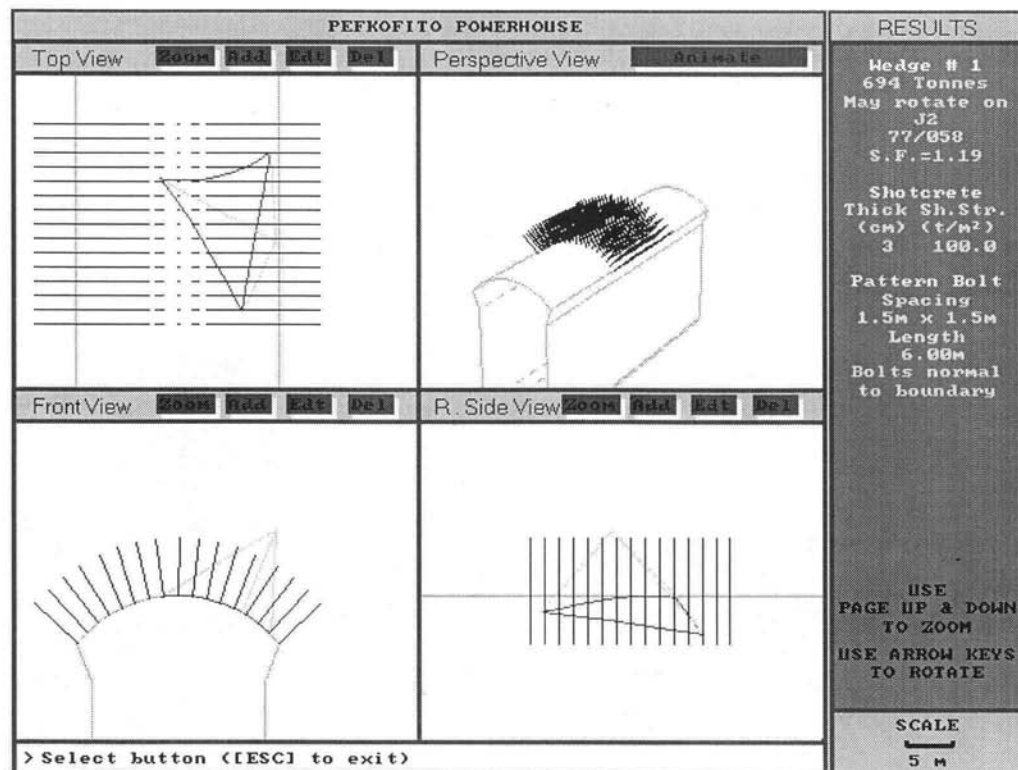


ΥΠΕ ΘΗΣΑΥΡΟΥ
ΟΜΟΙΩΜΑ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR BLOCKY JOINTED ROCKS From a description of the structure and surface conditions of the rock mass, pick an appropriate box in this chart. Estimate the average value of GSI from the contours. Do not attempt to be too precise. Quoting a range from 36 to 42 is more realistic than stating that GSI = 38. It is also important to recognize that the Hoek-Brown criterion should only be applied to rock masses where the size of individual blocks or pieces is small compared with the size of the excavation under consideration. When the individual block size is more than about one quarter of the excavation size, the failure will be structurally controlled and the Hoek-Brown criterion should not be used.		SURFACE CONDITIONS				
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
	INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90		N/A	N/A	N/A
	BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70			
	VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets	60	50			
	BLOCKY/DISTURBED - folded and/or faulted with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets		40		30	
	DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				20	
	FOLIATED/LAMINATED - folded and tectonically sheared. Lack of blockiness due to schistosity prevailing over other discontinuities	N/A	N/A			10

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ GSI

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΓΥΡΩ ΑΠ' ΤΟΝ ΘΑΛΑΣΜΟ
ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΗΣΑΥΡΟΥ



ΥΠΟΓΕΙΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΗΣΑΥΡΟΥ
Ελεγχος υποστήριξης σφηνών οροφής

ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΗΕ ΘΗΣΑΥΡΟΥ

- ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΟΔΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ

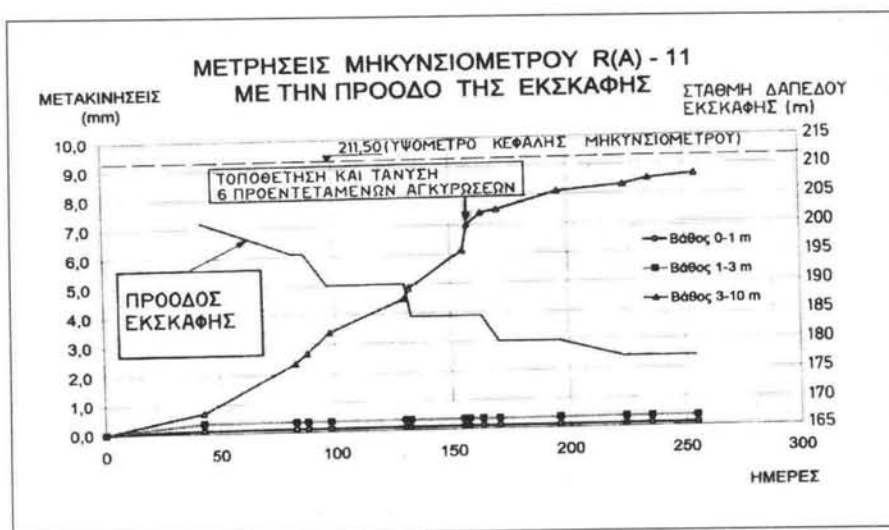
(όπως καταγράφηκαν από 15 μηκυνσιόμετρα ινών υάλου 3 σημείων, μήκους 1, 3 και 10 μ, και 5 αγκύρια μέτρησης φορτίου με ενσωματωμένα μηκυνσιόμετρα): ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ (γενικά $< 2 \text{ mm}$)

- ΕΞΑΙΡΕΣΗ: Μηκυνσιόμετρο R(A)-11, στο ανάντη τοίχωμα Σταθμού

(περιοχή δοκού γερανογέφυρας, σε απόσταση 20 m από το εγκάρσιο τοίχωμα του Σταθμού).

- Καταγραφείσα μετακίνηση μετά την ολοκλήρωση των εκσκαφών στο Μηκυνσιόμετρο R-11: 9 mm

(εντοπισμένη, στο σύνολό της σχεδόν, σε βάθος 3 έως 10 m από το τοίχωμα εκσκαφής)



ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΗΣΑΥΡΟΥ

ΥΠΕ ΘΗΣΑΥΡΟΥ ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Γεωλογία περιοχής:

Εναλλαγές Γρανιτογενευσίων και Βιοιτιτικών Γνευσίων.
Δίκτυα απλιτοπηγματιτικών φλεβών διασχίζουν την βρα-
χομάζα.

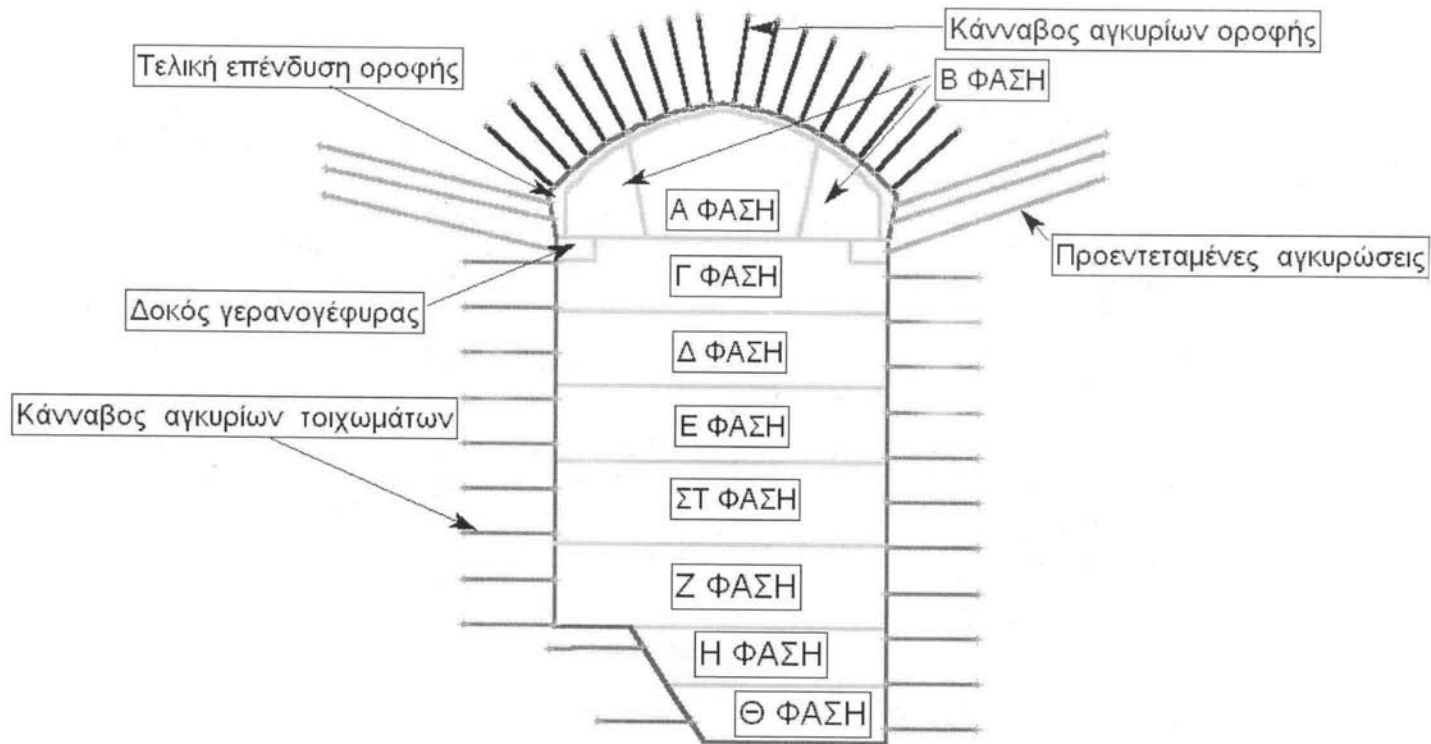
Η σχιστότητα αποτελεί το επικρατούν σύστημα ασυνε-
χειών.

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά:

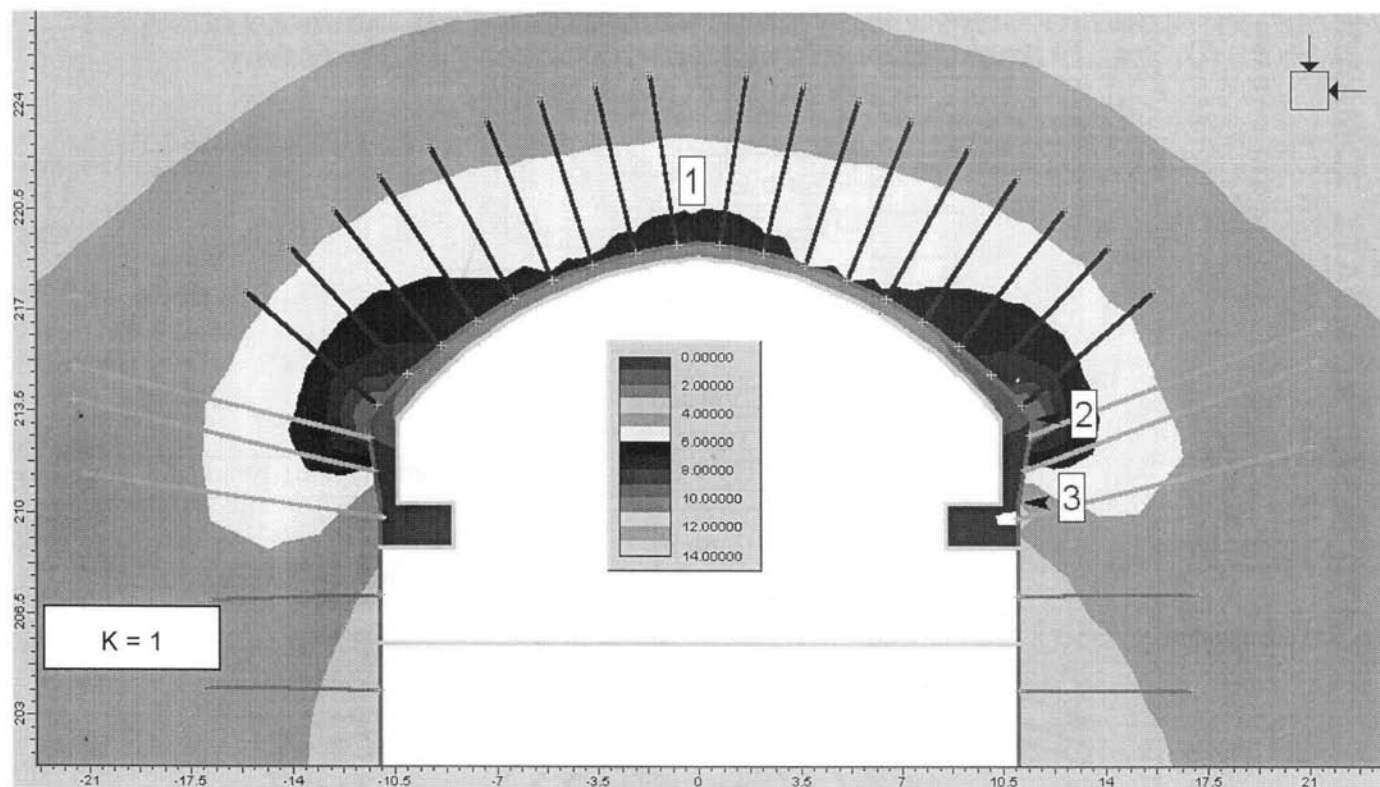
Επικάλυψη οροφής Θαλάμου από το έδαφος: 100-170 m.
Διαστάσεις Θαλάμου:

Μήκος: 100 m, Πλάτος: 22 m, Ύψος: 42 m.

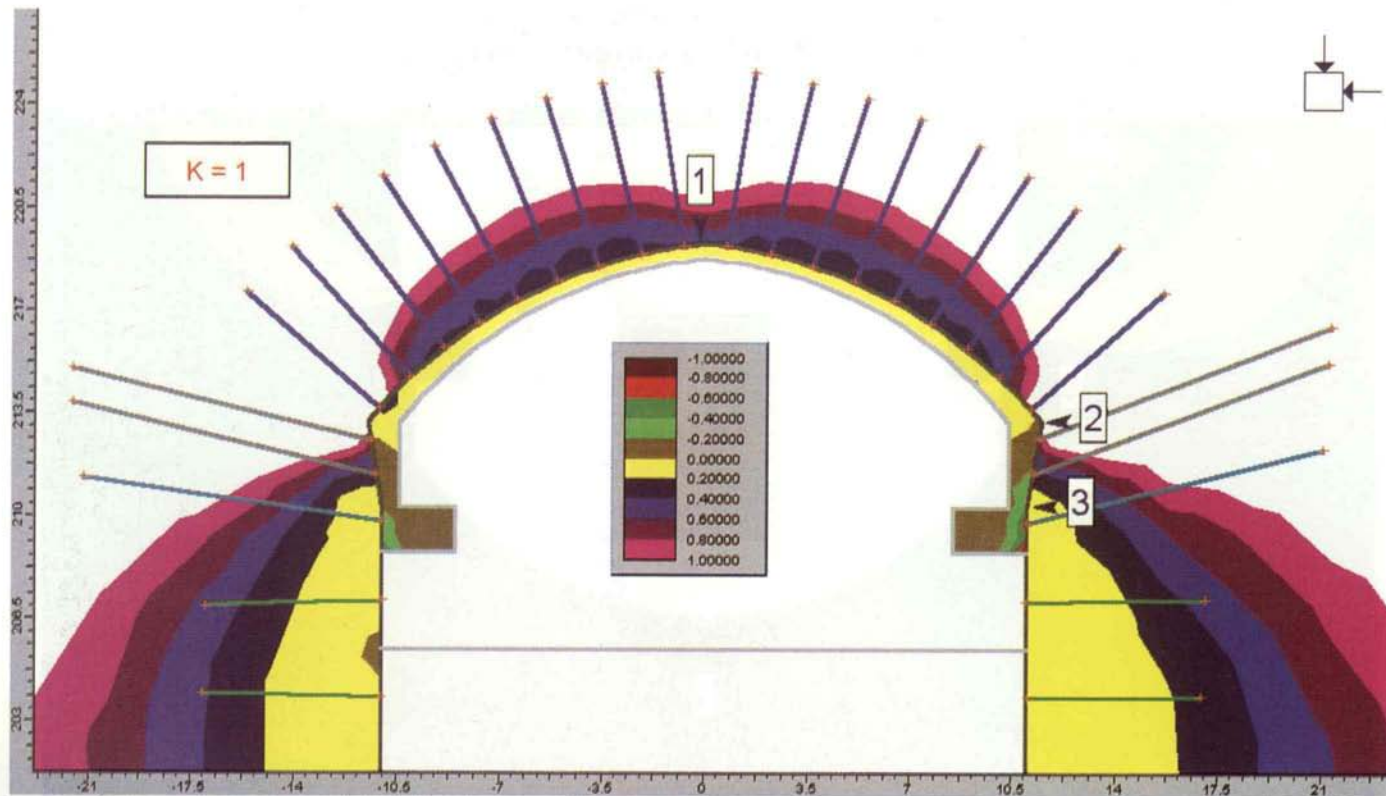
Γεωτεχνική παράμετρος	Τιμές
Δείκτης GSI	60 - 80
Φαινόμενο βάρος (KN/m^3)	25
Μέτρο Ελαστικότητας βραχομάζας (Mpa)	24.500
Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σ_c (Mpa)	60
Λόγος Poisson	0,2
Λόγος επιτόπου γεωστατικών τάσεων	0,50 έως 1,50



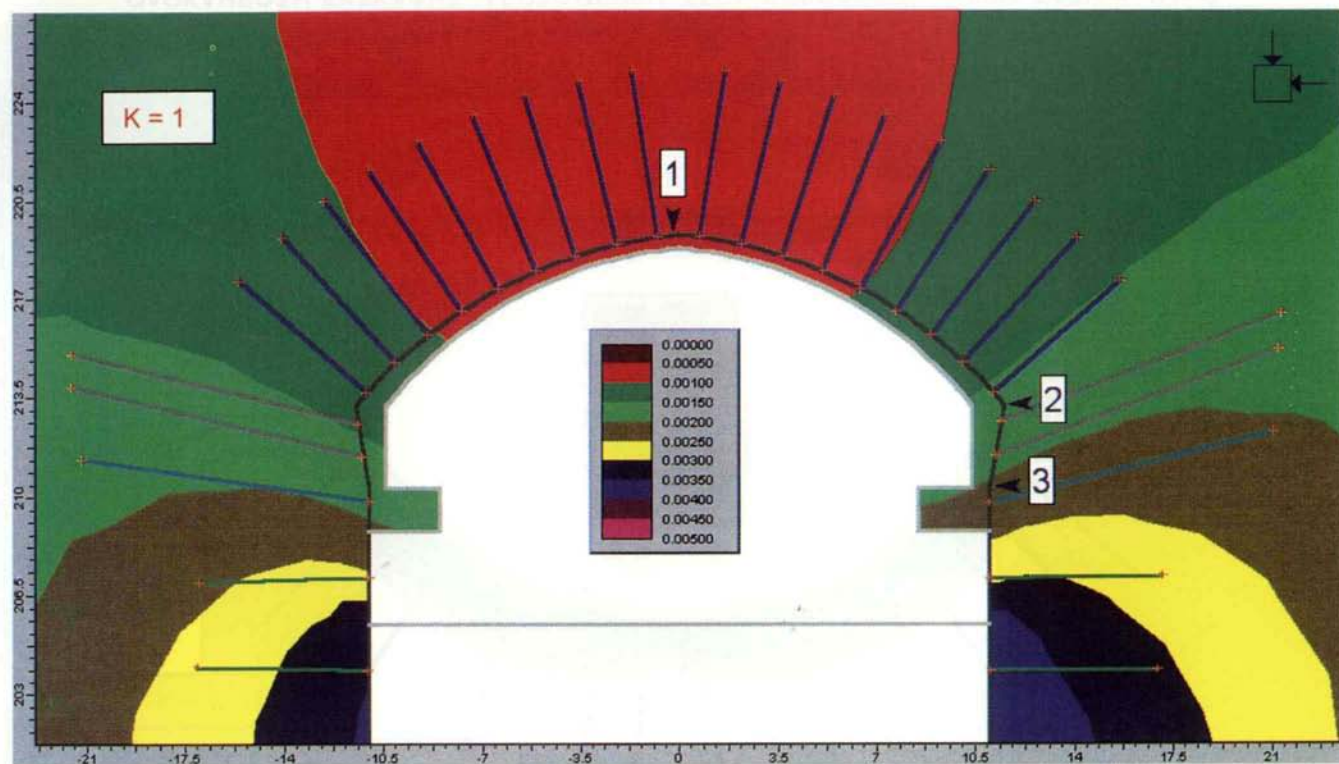
ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΗΣΑΥΡΟΥ
 ΑΠΛΟΥΣΤΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ ΦΑΣΕΩΝ ΕΚΣΚΑΦΗΣ - ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ
 (Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΓΙΝΕΤΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ Α' ΦΑΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ)



ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΗΣΑΥΡΟΥ
ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ (ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ) - ΚΥΡΙΑ ΤΑΣΗ σ_1 (ΜΡα)



ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΗΣΑΥΡΟΥ
ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ (ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΕΝΔΥΣΗ) - ΚΥΡΙΑ ΤΑΣΗ σ_3 (Μpa)



ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΗΣΑΥΡΟΥ
ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ - ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ (m)

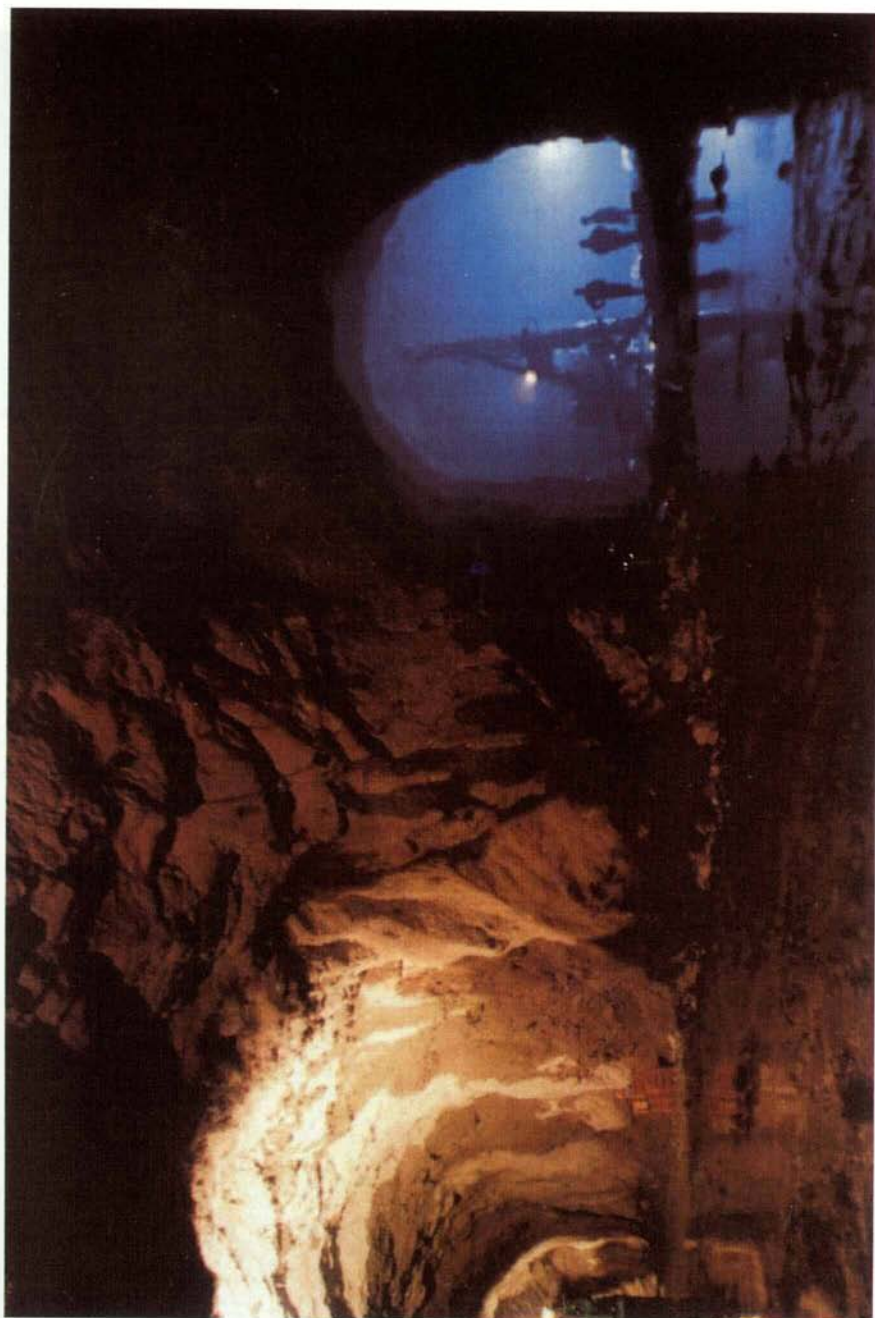
ΔΙΑΤΟΜΗ	ΠΑΡΕΙΑ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	σ_i (Mpa)			Μετακίνηση τοιχώματος (mm)		
		K = 0,5	K = 1,0	K = 1,5	K = 0,5	K = 1,0	K = 1,5
1	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ	1,45	2,50	3,44	0,80	0,80	0,70
	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ	1,32	2,28	3,24			
2	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ	0,28	1,80	3,43	1,30	1,60	2,00
	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ	0,28	0,99	1,82			
3	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ	0,02	0,04	0,31	1,50	2,00	2,70
	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ	0,06	0,04	0,15			

ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΗΣΑΥΡΟΥ
Εντατικά μεγέθη - μετακινήσεις σε χαρακτηριστικές διατομές
μετά το πέρας της εκσκαφής

ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΗΣΑΥΡΟΥ

ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΟΡΓΑΝΟΥ R(A)-11

- Τοπικό φαινόμενο - πιθανή αρχή εκδήλωσης αστοχίας τύπου ανατροπής (toppling) ή συνδυασμού ολίσθησης - ανατροπής τεμάχους βράχου επί προϋπάρχουσας ασυνέχειας ή ασθενούς ζώνης, υποπαράλληλης με το τοίχωμα.
- ΘΕΡΑΠΕΙΑ: Τοποθέτηση 6 προεντεταμένων αγκυρώσεων μήκους 15 m στην περιοχή. Οι μετακινήσεις σταμάτησαν.

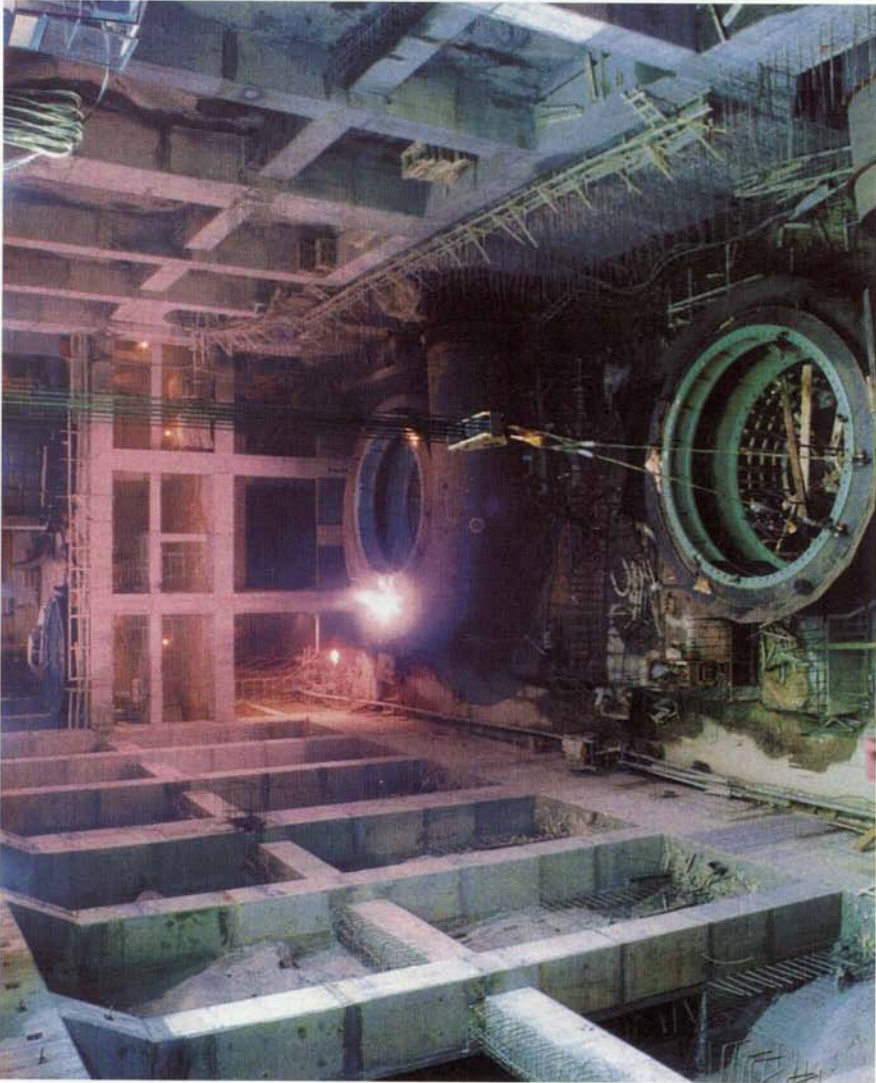


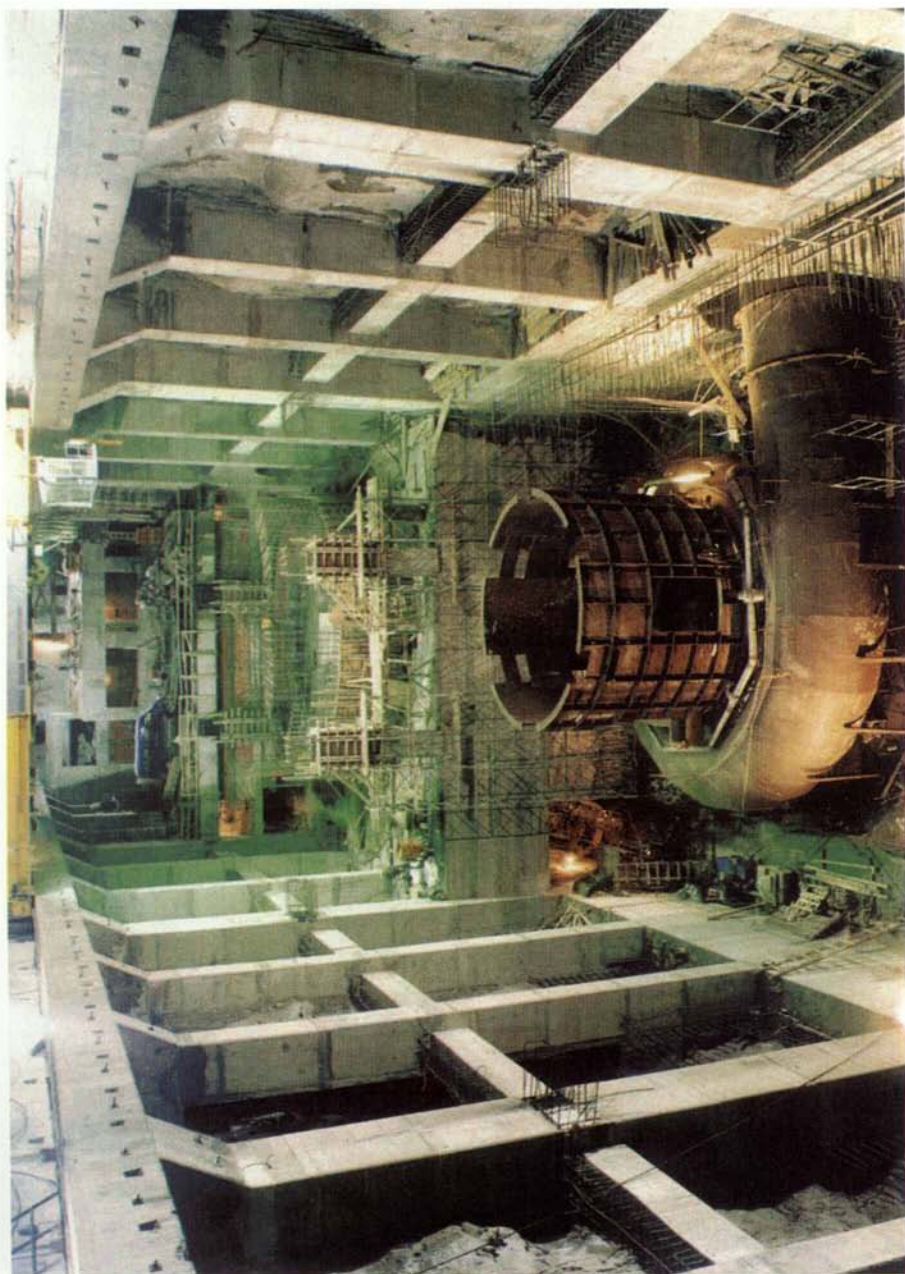


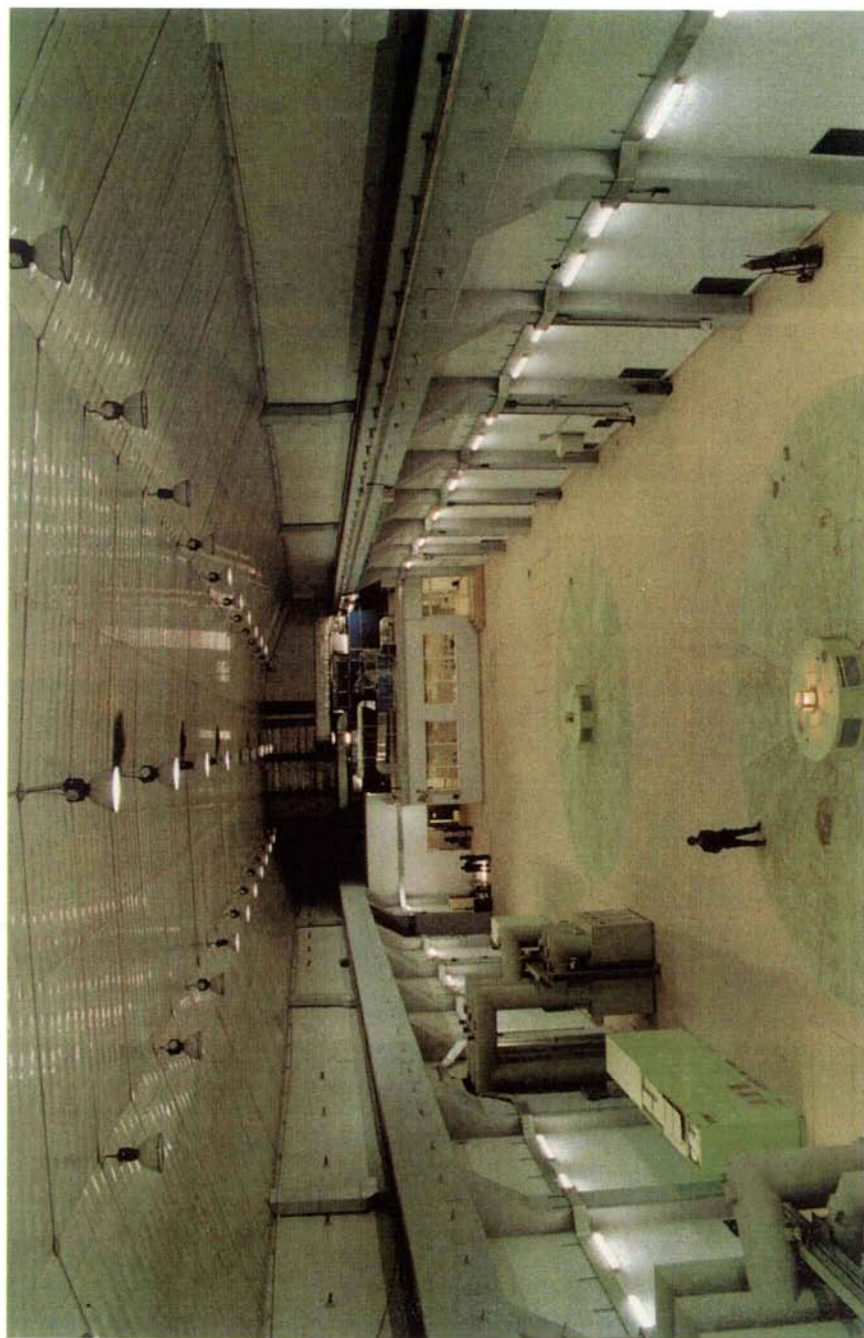














Θ.ΠΑΡΑΠΟΝΤΗΣ