

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ  
ΣΗΡΑΓΓΩΝ**



**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑΣ: ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Δρ. ΒΓΕΝΟΠΟΥΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ**

**ΠΑΤΡΑ – 2011**

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι σήραγγες είναι υπόγεια έργα με τη βοήθεια των οποίων έχουν λυθεί οριστικά προβλήματα που απασχολούσαν ενίοτε τους ανθρώπους σχετικά με την μεταξύ τους επικοινωνία και μεταφορά αγαθών σε πολύ μεγάλες αποστάσεις και μη προσβάσιμες περιοχές, με την μεταφορά νερού αφού πολλές από αυτές χρησιμοποιούνται ως υδραγωγεία, με την μυστικότητα ορισμένων από αυτών εφ' όσον έχουν κατασκευαστεί ως μέσο για την είσοδο ή διαφυγή από μία περιοχή εν καιρώ πολέμου κ.λ.π.

Η συμβολή όμως των σιράγγων και στη σύγχρονη τεχνολογική εποχή είναι πολύ μεγάλη και ουσιώδης. Χάρη στις σήραγγες λοιπόν, έχουν αναπτυχθεί πολλά έργα οδοποιίας εντός και εκτός πόλεων, ύδρευσης, αποχέτευσης, εξόρυξης κ.α.

Η διάνοιξη μίας σήραγγας είναι σύνθετο και δύσκολο τεχνικό έργο που απαιτεί πολλές ειδικότητες, όπως για παράδειγμα του γεωτεχνικού μηχανικού, του γεωλόγου, του τοπογράφου κ.λ.π., εμπειρία καθώς και προηγμένες αναλύσεις, ενώ η κατασκευή της απαιτεί τεχνογνωσία υψηλού επιπέδου.

Επιπλέον, η φύση τέτοιων είδους έργων είναι τέτοια που ενέχει υψηλούς κινδύνους που οφείλονται κυρίως στην αβεβαιότητα και στην ποικιλία του γαιώδους υλικού κατά την διάνοιξη, που πολλές φορές δεν έχουν εκ των προτέρων διαπιστωθεί.

Εκτός αυτών, σημαντικό επίσης ρόλο κατά την διάνοιξη των σιράγγων παίζουν και τα ανθρώπινα λάθη. Μερικά από αυτά είναι η λανθασμένη διενέργεια των απαραίτητων γεωλογικών, γεωφυσικών και γεωτεχνικών ερευνών συμπεριλαμβανομένων και των γεωτρήσεων, οι απρόσεκτες και μη εστιασμένες σε βασικά θέματα μελέτες λόγω των μη επαρκών γνώσεων των μελετητών, η έλλειψη εμπειρίας των κατασκευαστών κ.ά.

Εξ αιτίας των παραγόντων αυτών έχουν σημειωθεί πολλές αστοχίες κατά την διάρκεια της κατασκευής τους, πολλές από τις οποίες έχουν οδηγήσει σε εργατικά ατυχήματα.

Είναι χαρακτηριστικά τα παραδείγματα της σήραγγας του Σαίν Γκοτάρντ στην Ελβετία κατά την κατασκευή της οποίας σκοτώθηκαν 8 εργάτες, της σήραγγας της Μάγης στην Βρετανία στην οποία 10 εργαζόμενοι, 8 από τους οποίους Βρετανοί, σκοτώθηκαν κατά τη διάρκεια κατασκευής μεταξύ 1987 και 1993, οι περισσότεροι μέσα στους πρώτους μήνες.

Ακόμα ένα παράδειγμα, το πιο σοβαρό και σημαντικό, αποτελεί η σήραγγα του Σεϊκάν στην Ιαπωνία. Κατά την κατασκευή της κάτω από τη θάλασσα σημειώθηκαν αστοχίες (καταρρεύσεις) από κακή γνώση των τεχνικογεωλογικών συνθηκών, που προκάλεσαν το θάνατο 4.000 εργαζομένων στη σήραγγα.

Στον ελλαδικό χώρο έχουν σημειωθεί αντίστοιχες αστοχίες σε πολλές σήραγγες, μερικές από τις οποίες θα αναλυθούν παρακάτω εκτενέστερα και οι οποίες είναι: η σήραγγα του Ανηλίου, του Ανθοχωρίου, του Αρτεμισίου, της Μαλακάσας, του Τυμφρηστού, του Καλλιδρόμου, των Τεμπών κ.ά.

## **1.2 ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η αναφορά και παράθεση των προβλημάτων σε αστοχία που εμφανίζουν μερικές από τις σήραγγες του ελλαδικού χώρου.

Ειδικότερα αναπτύχθηκαν τα χαρακτηριστικά κάθε σήραγγας (π.χ. τοποθεσία, είδος, χρόνος κατασκευής, μήκος, πλάτος, τροχιά), τα γεωλογικά και λοιπά προβλήματα που προέκυψαν προ της εκσκαφής, κατά την διάρκεια αυτής και μετά την διάνοιξής τους, και τέλος την αντιμετώπιση αυτών με διάφορους τρόπους υποστήριξης.

Το τελευταίο μέρος της συγκεκριμένης εργασίας αποτελείται από μία πιο εκτενέστερη και αναλυτικότερη περιγραφή των αστοχιών ορισμένων από των προαναφερθέντων σηράγγων, όπως για παράδειγμα της σήραγγας του Ανηλίου, του Ανθοχωρίου, του Αρτεμισίου, της Μαλακάσας, του Τυμφρηστού, του Καλλιδρόμου και των Τεμπών, καθώς και φωτογραφίες των εν λόγω αστοχιών που πιστοποιούν την σοβαρότητα των προβλημάτων τα οποία αντιμετωπίστηκαν άμεσα.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	<b>2</b>
1.1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	2
1.2 ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
1.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	8
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	<b>9</b>
2. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ .....	9
2.1 ΣΗΡΑΓΓΑ ΒΑΡΚΙΖΑΣ.....	9
2.2 ΣΗΡΑΓΓΑ ΛΕΙΒΑΔΙΑΣ ΔΕΛΦΩΝ.....	9
2.3 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΙΘΑΙΡΩΝΑΣ.....	9
2.4 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΟΛΥΦΥΤΟΥ .....	10
2.5 ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΣΩΜΑΤΩΝ.....	10
2.6 ΣΗΡΑΓΓΑ ΘΗΣΑΥΡΟΥ.....	11
2.7 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ.....	12
2.8 ΣΗΡΑΓΓΑ ΓΚΙΩΝΑΣ.....	13
2.9 ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΥ .....	13
2.10 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΣΟΧΩΡΑΣ.....	14
2.11 ΣΗΡΑΓΓΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ.....	15
2.12 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΙΣΤΟΜΟΥ.....	15
2.13 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΣΟΒΟΥ.....	15
2.14 ΣΗΡΑΓΓΑ ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΥ.....	16
2.15 ΣΗΡΑΓΓΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ ΑΧΕΛΩΟΥ.....	17
2.16 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ .....	18
2.17 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ .....	19
2.18 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ.....	19
2.19 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ.....	20
2.20 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ .....	20
2.21 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ .....	21
2.22 ΣΗΡΑΓΓΑ ΕΥΗΝΟΥ - ΜΟΡΝΟΥ .....	22
2.23 ΣΗΡΑΓΓΑ ΕΥΗΝΟΥ.....	23
2.24 ΣΗΡΑΓΓΑ ΣΚΑΛΑΣ ΣΚΟΡΛΙΓΚΑ .....	23
2.25 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΣΟΧΩΡΑΣ.....	24
2.26 ΣΗΡΑΓΓΑ ΙΛΑΡΙΩΝΑΣ.....	24
2.27 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΟΥΖΑΚΙΟΥ.....	25
2.28 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ.....	25
2.29 ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ.....	27
2.30 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΠΟΖΑΪΤΙΚΩΝ.....	27
2.31 ΣΗΡΑΓΓΑ ΤΕΜΠΩΝ.....	29
2.32 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΛΑΤΑΜΩΝΑ.....	31
2.33 ΚΑΚΙΑ ΣΚΑΛΑ ΣΣΙΝ .....	32
2.34 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΚΙΑ ΣΚΑΛΑ ΣΣ3.....	33
2.35 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΚΙΑ ΣΚΑΛΑ ΑΣ1.....	34
2.36 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΚΙΑ ΣΚΑΛΑ ΑΣ2.....	34
2.37 ΣΗΡΑΓΓΑ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΚΗΦΙΣΟΥ ΚΑΡΛΙΤΣΑΣ .....	34

2.38	ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΡΗΜΝΟΥ	35
2.39	ΣΗΡΑΓΓΑ Σ3 5.2	36
2.40	ΣΗΡΑΓΓΑ Σ4	36
2.41	ΣΗΡΑΓΓΑ Σ5	37
2.42	ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ	38
2.43	ΣΗΡΑΓΓΑ Σ2 ΚΡΥΣΤΑΛΟΠΗΓΗ 116	39
2.44	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΩΔΩΝΗΣ	40
2.45	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΡΙΣΚΟΥ	41
2.46	ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΝΘΟΧΩΡΙΟΥ	42
2.47	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΡΟ ΣΕΠΟΛΙΑ ΑΤΤΙΚΗ	43
2.48	ΣΗΡΑΓΓΑ ΡΑΨΟΜΜΑΤΗ	44
2.49	ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΓΙΟΥ ΗΛΙΑ	44
2.50	ΣΗΡΑΓΓΑ ΝΑΥΠΑΚΤΟΥ	45
2.51	ΣΗΡΑΓΓΑ ΥΜΗΤΤΟΥ	45
2.52	ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΟΥΚΟΝΤΩΝΗ	45
2.53	ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΓΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ	46
2.54	ΣΗΡΑΓΓΑ ΤΕΜΠΩΝ	46
2.55	ΣΗΡΑΓΓΑ ΝΕΟΥ ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΟΝΑ	47
2.56	ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΚΤΙΟΥ ΠΡΕΒΕΖΗΣ	47
2.57	ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑΣ	47
2.58	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΡΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	48
2.59	ΣΗΡΑΓΓΑ ΤΡΙΚΕΡΑΤΟΥ	49
2.60	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΑΛΑΚΑΣΑΣ	49
2.61	ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΝΗΛΙΟΥ	50
2.62	ΣΗΡΑΓΓΑ ΒΟΤΟΝΟΣΙΟΥ	50
2.63	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΡΟ ΛΑΡΙΣΗΣ – ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ	52
2.64	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΡΟ ΚΑΤΕΧΑΚΗ – ΣΥΝΤΑΓΜΑ	53
2.65	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΡΟ ΔΑΦΝΗΣ – ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ	54
2.66	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	55
2.67	ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ	55
2.68	ΣΗΡΑΓΓΑ ΓΗΡΟΚΟΜΕΙΟΥ	56
2.69	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΑΥΡΗΣ ΩΡΑΣ	57
2.70	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΥ	58
2.71	ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟΥ ΚΟΛΛΕΓΙΟΥ	58
2.72	ΣΗΡΑΓΓΑ ΣΥΚΙΑΣ Ν1	59
2.73	ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ ΣΕΠΟΛΙΑ	59
2.74	ΣΗΡΑΓΓΑ ΘΙΣΒΗΣ	60
2.75	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΟΝΑΣΤΗΡΙΟΥ	60

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3..... 61**

3.	ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΝΗΛΙΟΥ – ΑΣΤΟΧΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ	61
3.1	Εισαγωγή	61
3.2	Το «Περιβάλλον» του έργου	61
3.3	Αποκλίσεις (αστοχίες) στη διαδρομή του έργου	62
3.4	Η ταυτότητα της αστοχίας	62
3.5	Τεχνικογεωλογικές – Γεωτεχνικές ενότητες	63
3.6	Επιλογή μεθόδου κατασκευής τεχνικού μετώπου	63
3.7	Μέθοδος κατασκευής	64
3.8	Συμπεράσματα	64

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b> .....	<b>72</b>
4. ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΝΘΟΧΩΡΙΟΥ – ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗ .....	72
ΤΜΗΜΑ 3.1 ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ .....	72
4.1 Εισαγωγή.....	72
4.2 Η Κατολίσθηση της περιοχής Β και τα έργα σταθεροποίησής της.....	73
4.3 Η Κατολίσθηση της περιοχής Δ3 .....	73
4.4 Μέτρα σταθεροποίησης της κατολίσθησης της περιοχής Δ3 .....	74
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b> .....	<b>77</b>
5. ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΥ - ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ Χ.Θ. 123 ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ ΚΟΡΙΝΘΟΥ – ΤΡΙΠΟΛΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	77
5.1 Περίληψη.....	77
5.2 Εισαγωγή.....	78
5.3 Γεωμορφολογία - Γεωλογία.....	82
5.4 Μηχανισμός Κατολισθητικού Φαινομένου .....	82
5.5 Έργα Σταθεροποίησης και Αποκατάστασης.....	86
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b> .....	<b>87</b>
6. ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΑΛΑΚΑΣΑΣ – ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗ .....	87
6.1 Η Κατολίσθηση.....	87
6.2 Έργα Σταθεροποίησης.....	87
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</b> .....	<b>90</b>
7. ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΥ .....	90
7.1 Εισαγωγή.....	90
7.2 Αρχική εκσκαφή της σήραγγας Τυμφρηστού 1992-1995. ....	91
7.2.1 Μέθοδος παρακολούθησης των παραμορφώσεων της σήραγγας Τυμφρηστού.....	91
7.2.2 Παραμορφώσεις κατά την αρχική εκσκαφή της σήραγγας. ....	93
7.3 Επανεκσκαφή της σήραγγας Τυμφρηστού 1997-1998. ....	94
7.3.1 Μέθοδος παρακολούθησης των παραμορφώσεων. ....	94
7.3.2 Μετακινήσεις κατά την επανεκσκαφή της σήραγγας. ....	95
7.4 Διερεύνηση των αιτιών ανάδρασης των συγκλίσεων. ....	95
7.5 Χωροχρονική εξέλιξη των μετακινήσεων. ....	96
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8</b> .....	<b>99</b>
8. ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΑΣΤΟΧΙΑ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ .....	99
8.1 Εισαγωγή.....	99
8.2 Παραμορφώσεις και αστοχίες στην σήραγγα Καλλιδρόμου. ....	99
8.3 Τρόπος αντιμετώπισης των παραμορφώσεων.....	99
8.4 Ρηγματώσεις κατά μήκος της σήραγγας.....	100

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9</b> .....	<b>102</b>
9. ΑΣΤΟΧΙΑ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΤΕΜΠΩΝ .....	102
9.1 Ιστορικό Αστοχίας .....	102
9.2 Μορφολογία.....	103
9.3 Το εδαφικό υλικό των ρωγμών.....	103
9.4 Στοιχεία Βροχοπτώσεων.....	105
9.5 Οι εκρήξεις κατά τη διάνοιξη της σήραγγας.....	105
9.6 Η συγκεκριμένη αστοχία.....	106
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10</b> .....	<b>108</b>
10. ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	108
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11</b> .....	<b>109</b>
11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	109

## **1.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **Εκτίμηση του κινδύνου αστοχίας των τεχνικών έργων**

Τα τεχνικά έργα σχεδιάζονται ώστε να αναλαμβάνουν ασφαλώς κάποια συγκεκριμένα φορτία (φορτία σχεδιασμού). Λόγω απρόβλεπτης διακύμανσης του μεγέθους των επιβαλλόμενων φορτίων κατά τη διάρκεια της ζωής του έργου, είναι πιθανόν ορισμένα από τα φορτία να υπερβούν τις τιμές για τις οποίες σχεδιάστηκε η κατασκευή με συνέπεια την αστοχία της.

Με τον όρο «κίνδυνος αστοχίας» (risk) ορίζεται η πιθανότητα αστοχίας ενός έργου κατά το χρόνο της λειτουργίας του (δηλαδή της χρήσιμης ζωής του). Επίσης ο όρος «αποδεκτός κίνδυνος αστοχίας» (acceptable risk) εκφράζει την πιθανότητα αστοχίας που θεωρείται αποδεκτή κατά την χρήσιμη ζωή του έργου.

Ο αποδεκτός κίνδυνος αστοχίας καθορίζεται με συνεκτίμηση ποικίλων παραγόντων αλλά κυρίως από τις συνέπειες της πιθανής αστοχίας του έργου (θάνατος ανθρώπων, υλικές ζημιές, διαφεύγοντα κέρδη, κόστος ανακατασκευής κλπ) και από το πρόσθετο κόστος κατασκευής του ίδιου του έργου ώστε να μπορεί να αναλάβει ασφαλώς τις αυξημένες φορτίσεις (δηλαδή να έχει μικρότερο αποδεκτό κίνδυνο αστοχίας). Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι φορτίσεις σχεδιασμού των έργων καθορίζονται με βάση τον αποδεκτό κίνδυνο αστοχίας.

Η αστοχία των μεγάλων τεχνικών έργων έχει συχνά ιδιαίτερες δυσμενείς συνέπειες στο περιβάλλον και συνεπώς είναι απαραίτητη η ορθολογική εκτίμηση του κινδύνου αστοχίας τους για κάθε πιθανή φόρτιση. Επίσης, είναι απαραίτητος ο ορθολογικός καθορισμός του αποδεκτού κινδύνου αστοχίας ο οποίος όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, συνήθως γίνεται με συνεκτίμηση των συνεπειών της πιθανής αστοχίας και του κόστους κατασκευής του έργου.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

#### 2.1 ΣΗΡΑΓΓΑ ΒΑΡΚΙΖΑΣ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αθήνα  
**ΕΙΔΟΣ:** Οδική  
**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 01/1960  
**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1  
**ΜΗΚΟΣ:** 30 Μ

#### 2.2 ΣΗΡΑΓΓΑ ΛΕΙΒΑΔΙΑΣ ΔΕΛΦΩΝ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αράχωβα  
**ΕΙΔΟΣ:** Οδική  
**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 01/1975  
**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ  
**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

#### 2.3 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΙΘΑΙΡΩΝΑΣ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Σύνορα Αττικοβοιωτίας  
**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγό  
**ΣΚΟΠΟΣ:** Υδραγωγείο Μόρνου  
**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 01/1977 έως 01/1978  
**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1  
**ΜΗΚΟΣ:** 11.000 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Παρουσιάστηκαν αποκλίσεις στη γεωτεχνική ταξινόμηση κατά την διάρκεια της εκσκαφής από την γεωτεχνική μελέτη που αρχικά είχε σχεδιασθεί.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το παραπάνω πρόβλημα, έγινε μετατόπιση του 1/3 της χάραξης της σήραγγας δυτικότερα κατά 2 χλμ. Επίσης σκάφθηκαν διαδοχικές γεωτρήσεις σε πολύ κοντινές αποστάσεις για πιο ακριβή αποτελέσματα.

## 2.4 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΟΛΥΦΥΤΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αλιάκμονας

**ΕΙΔΟΣ:** Υπόγειος θάλαμος

**ΣΚΟΠΟΣ:** Στέγαση γεννητριών υδροηλεκτρικού σταθμού (ΥΗΣ)

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 01/1966 έως 01/1974

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΔΕΗ ΔΑΥΕ

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** TERRACONSU (LAHMEYER)

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 82 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 888 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 24 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Γνεύσιος Βιοτικός

2) Διορίτης Μεταχαλαζιακός με φλέβες Μετασπλίτη

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Αρχικά παρουσιάστηκαν ασυνέχειες, οι οποίες στη συνέχεια πληρώθηκαν με αργιλικό υλικό. Η ύπαρξη των ασυνεχειών αυτών είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ασταθών πρισμάτων στο θόλο της σήραγγας. Επίσης κατά τη διάρκεια της εκσκαφής και άνω του σπηλαίου εμφανίστηκε υδροφόρος ορίζοντας.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Για τον παραπάνω λόγο η διάνοιξη έγινε από κάτω προς τα πάνω με ταυτόχρονη σταθεροποίηση των παρειών προ επιβολής φορτίων.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η πάκτωση του ανεξάρτητου θόλου της σήραγγας εντός των εσοχών επετεύχθη με σημειακή αγκύρωση, χρησιμοποιώντας αγκύρια 4 έως και 6 μέτρων.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Έγινε εκ νέου προσανατολισμός της σήραγγας ώστε να υπάρχουν μικρότερα προβλήματα ευστάθειας των σφηνών από τις ασυνέχειες. Τέλος μειώθηκε η υδροστατική πίεση, με διάταξη απορροής στο θόλο της σήραγγας και αποστράγγιση στις παρειές αυτής.

## 2.5 ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΣΩΜΑΤΩΝ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αλιάκμονας

**ΕΙΔΟΣ:** Υπόγειος θάλαμος

**ΣΚΟΠΟΣ:** Στέγαση γεννητριών υδροηλεκτρικού σταθμού (ΥΗΣ)

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 01/1975 έως 01/1984

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΔΕΗ ΔΑΥΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 55 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 840 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 23 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Ηφαιστειακά Λατυποπαγή

2) Βασάλτης

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Εντοπίστηκαν εναλλαγές στρώσεων με σερπεντινιώμενα αλλά ανθεκτικά τεκτονικά ρήγματα (ζώνες διάτμησης), καθώς και δύο κύρια συστήματα διακλάσεων.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Επίσης είχαμε εισροή νερού με μορφή σταγόνων στο θόλο της σήραγγας.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη έγινε από τα άνω προς τα κάτω.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Επειδή ο θόλος ήταν αυτοτελής, έγινε χρήση ενεργητικών αγκυρίων μήκους 6 μέτρων, ενώ στις παρειές χρησιμοποιήθηκαν αγκύρια μήκους 8 μέτρων και προτεταμένες αγκυρώσεις.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Για την αντιμετώπιση των πιο πάνω προβλημάτων, στη σήραγγα αυτή έγιναν διαφραγματικές τσιμεντενέσεις προς τα ανάντη και αποστραγγίσεις προς τα κατόντη. Τέλος, έγινε στεγανοποίηση με ρητίνες λόγω έλλειψης ψευδοροφής για αποστράγγιση.

**ΕΙΔΟΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ:** Προτεταμένες καλωδιώσεις

## 2.6 ΣΗΡΑΓΓΑ ΘΗΣΑΥΡΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Νέστος

**ΕΙΔΟΣ:** Υπόγειος θάλαμος

**ΣΚΟΠΟΣ:** Θάλαμος βαλβίδων μετασχηματιστών και αναπλάσεως υδροηλεκτρικού (ΥΗ)

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 01/1973 έως 01/1996

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΔΕΗ ΔΑΥΕ

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** ENGINEER REPORT

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 100 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 973 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 23 Μ

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΜΑΖΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Μάζα Ροδότης

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Γνεύσιος Γρανιτογενεύσιος

2) Σχιστόλιθος Βιοτιτικός

3) Φλέβες Απλίτη και Πηγματίτη

Εντοπίστηκαν τρεις οικογένειες ασυνεχειών με κύρια σχιστότητα και έντονη εξαλλοίωση του σχιστόλιθου καθώς και διάφορα επίπεδα ολίσθησης. Επίσης, σημειώθηκε κατολίσθηση σε ασταθή μάζα τεκτονικού ρήγματος η οποία είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν ζώνες διάτμησης με αργιλικά, διογκούμενα υλικά (όπως π.χ. μοντμοριλονίτες) και αποκολλήσεις σφήνας.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η χαλάρωση της βραχώμαζας που προήλθε από ανατινάξεις στο συνδυασμένο σύστημα ζωνών διάτμησης, επέφερε τριχοειδής ρωγμή στον αρμό διαστολής σκυροδέματος του θόλου.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Για τη διάνοιξη της σήραγγας έγινε διάτρηση μέσω ανατίναξης και υποστήριξη αυτής ανά πέντε μέτρα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Τα μέτρα υποστήριξης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα εξής:

- 1) δεκαπέντε προεντεταμένες αγκυρώσεις μήκους 22 μέτρων διαστάσεων 4x4,
- 2) αγκύρια υψηλής αντοχής τύπου SPIN LOCK μήκους 6 μέτρων διαστάσεων 2x2,
- 3) ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 15 εκατοστών με πλέγμα και
- 4) αποστραγγιστικές οπές μήκους 6 μέτρων με κλίση 10<sup>0</sup>.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Τοποθετήθηκε οπλισμένη λιθορριπή και περατώθηκε η εκσκαφή της λεκάνης εκτόνωσης σε πιο ψηλό σημείο. Υπολογίστηκε επίσης η αντοχή με το πρόγραμμα BACK ANALYSIS και προβλέφθηκαν οι αποκολλήσεις της σφίνας με το πρόγραμμα UNWEDGE. Τέλος, χρησιμοποιήθηκαν πρόσθετα αγκύρια τύπου SPIN LOCK και έγινε προαγκύρωση του μετώπου εκσκαφής.

**ΕΙΔΟΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ:** Προτεταμένες καλωδιώσεις

## 2.7 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Νέστος

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εκχειλιστής φράγματος υδροηλεκτρικού σταθμού (ΥΗΣ)

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΔΕΗ ΔΑΥΕ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** Κοινοπραξία Σήραγγα ΔΕΗ Πλατανόβρυσης

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 60 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 355 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 24 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Γνεύσιος Γρανιτογνεύσιος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Εντοπίστηκαν οικογένειες ασυνεχειών με έντονη σχιστότητα, ρήγματα ανά δέκα με δεκαπέντε μέτρα ένα εκ των οποίων πολύ σημαντικό και εκτεταμένη ζώνη βραχώμαζας κατώτερης ποιότητας πάνω από τη σήραγγα. Λόγω αμφιβολιών που αφορούσαν τις τεχνικογεωλογικές συνθήκες που προέκυψαν, πραγματοποιήθηκαν τρεις δειγματοληπτικές γεωτρήσεις για ακριβέστερη ανάλυση.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Ακόμα προέκυψε δυσκολία πρόσβασης στην οροφή λόγω της μεγάλης κλίσης αυτής και δυσκολία στην επιλογή μέτρων υποστήριξης λόγω της μεταβαλλόμενης διατομής.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Για τη διάνοιξη της σήραγγας της Πλατανόβρυσης προηγήθηκε καθοδηγητικό φρεάτιο διαμέτρου 2,50 μέτρων με τη μέθοδο ALIMAK, έπειτα έγινε η διάτρηση μέσω ανατίναξης και στη συνέχεια διοχετεύθηκαν προϊόντα εκσκαφής στη σήραγγα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η σήραγγα υποστηρίχθηκε με:

- 1) αγκύρια μήκους 7 μέτρων διαστάσεων 1,5x2,5,
- 2) αγκύρια μήκους 9 μέτρων πλήρους πάκτωσης και
- 3) εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 20 εκατοστών.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Βρέθηκαν σφήνες μέσω του προγράμματος UNWEDGE βάρους 780 με 1.160 τόνων και τοποθετήθηκαν προεντεταμένες αγκυρώσεις στο στόμιο κατά μήκος του ρήγματος.

**ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:** Χρησιμοποιήθηκε ένας εκσκαφέας POCLAIN 220 και ένα διατρητικό φορτίο TAMROCK 1.

**ΕΙΔΟΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ:** Ράβδος πλήρους πάκτωσης

## 2.8 ΣΗΡΑΓΓΑ ΓΚΙΩΝΑΣ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Γκιώνα Φωκίδας

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Υδαταγωγός Μόρνου Αθηνών

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Έως 01/1976

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 14.600 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 4 Μ

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Παρνασσού

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Ασβεστόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Σημειώθηκε έντονη εισροή νερού με μεγάλη πίεση 8 ώρες μετά από καταγίδα. Συναντήθηκαν δύο μεγάλα καρστικά έγκοιλα αργίλου και άμμου τα οποία εισήχθησαν σε όλη τη σήραγγα. Παρουσιάστηκαν ρήγματα, ζώνη δημιουργίας νερού 400 m<sup>3</sup> /ημέρα από ένα ρήγμα, πυκνό δίκτυο διακλάσεων και αποσπάσεις σε μικρά πρίσματα.

**ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ:** Εκτόνωση υδροφόρου ορίζοντα

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη της σήραγγας έγινε με μηχανήμα ολομέτωπης κοπής TBM ROBINS από το μέτωπο της Άμφισσας με αποτέλεσμα τη μικρότερη διαταραχή του πετρώματος.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Συχνά δεν χρησιμοποιείτε καθόλου στήριξη στον ασβεστόλιθο.

## 2.9 ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Τρίπολη

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Ελάττωση διαδρομής Εθνικής Οδού Αθηνών-Κορίνθου

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 05/1985 έως 04/1989

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ ΥΠΕΧΩΔΕ

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** ΑΜΤΕ ΑΕ, ΙΛΓ, ΙΓΤ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΝΩΣΗ ΑΕ (ΜΑΥΡΕΔΕΡ ΚΡΑΥΣ & CO)

**ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ:** 2.370.000.000,00 ΔΡΧ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 1.364 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 71 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 8 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Αργιλικός Σχιστόλιθος και Κερατόλιθος  
2) Λεπτοπλακώδης Ασβεστόλιθος  
3) Παχυστρωματώδης Ασβεστόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η ύπαρξη υδροφόρου ορίζοντα άνω της σήραγγας και η αυξημένη διαπερατότητα έχουν ως αποτέλεσμα στην επαφή με τον σχιστόλιθο, την παρουσία πηγών, την εμφάνιση ρηγματωμένων και τεκτονικά πτυχωμένων σχηματισμών με παροχή νερού, την παρουσία ρήγματος στο μέτωπο και τη δημιουργία καρστικών εγκοίλων.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Διαπιστώθηκαν προβλήματα ηχορύπανσης στο χωριό Νεοχώρι με βάση την παλιά χάραξη. Επίσης καταστράφηκαν οι πηγές υδροληψίας της περιοχής λόγω της παρουσίας ενός ρήγματος και της παρουσίας ενός μεγαλύτερου μέρους αργιλικού σχιστόλιθου.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Διάτρηση με τη μέθοδο ανατίναξης για τη δημιουργία ερευνητικής στοάς 140 μέτρων διαστάσεων 2,4x2,5 μέτρα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Χρησιμοποιήθηκαν αγκύρια, τοπικά πλαίσια τύπου HEB και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 100-150 χιλιοστών.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Τα προβλήματα αντιμετωπίστηκαν με έργα υδρομάστευσης και με αλλαγή της χάραξης της σήραγγας με μετατόπιση αυτής 70 μέτρα βόρεια και ύψωσής της κατά 10 μέτρα.

**ΕΙΔΟΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ:** Ράβδος πλήρους πάκτωσης

## 2.10 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΣΟΧΩΡΑΣ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Τρίκαλα

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εκτροπή υδροηλεκτρικού σταθμού (ΥΗΣ)

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΔΕΗ ΔΑΥΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 640 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 10 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Ιλυολιθικός Σχηματισμός  
2) Αργιλικός Σχιστόλιθος και Κερατόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Ύπαρξη νερού υψηλής πίεσεως της τάξης των 13 bar.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Εμφάνιση υψηλής απορρόφησης σε τσιμέντο.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Επιλέχθηκε μόνιμη επένδυση πάχους 30, 50 και 70 εκατοστών.

## **2.11 ΣΗΡΑΓΓΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Θεσσαλονίκη

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Αποχέτευση πόλης Θεσσαλονίκης

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 01/1981 έως 01/1985

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΔΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ, ΟΔΟΚΕΤΕΡ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 12.000 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 3,6 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Ημιάργιλος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Ύπαρξη μαλακών εδαφών και πιο συγκεκριμένα της ημιαργίλου.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη έγινε με TBM LOVAT και συμβατική εκσκαφή από δύο μέτωπα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η υποστήριξη πραγματοποιήθηκε με πλαίσια ΗΕΒ και με ξυλοδεσμία.

## **2.12 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΙΣΤΟΜΟΥ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Δίστομο (Λιβαδειά Βοιωτίας)

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Αγωγός μεταφοράς νερού για την Αθήνα

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 01/1992

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 1.000 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 20 Μ

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Λόγω του επείγοντος δεν έγιναν οι προβλεπόμενες γεωλογικές μελέτες αλλά υπάρχουν στοιχεία από στοές και γεωτρήσεις ορυχείων.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Προτάθηκε ταχύτερη και οικονομικότερη λύση χωρίς αντλιοστάσιο και καταθλιπτικό αγωγό για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν. Υπήρχε δε, γνώση της γεωλογίας της περιοχής λόγω της ύπαρξης των μεταλλείων.

## **2.13 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΣΟΒΟΥ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Μέτσοβο

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Παράκαμψη αυχένα Κατάρας

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 3.516 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Οφιόλιθοι (Περιδοτίτες, Σερπεντίνες, Γάββροι)  
2) Φλύσξης με τεμάχια Ασβεστόλιθου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Από την μελέτη είχε βρεθεί ασθενές το έδαφος στο κέντρο της σήραγγας καθώς και ύπαρξη υδάτων. Εκ των υστέρων, συναντήθηκε ρηγματωμένος σερπεντινιόμενος περιδοτίτης με ζώνες επώθησης σε πολύ κακή συμπεριφορά. Επίσης, από την μελέτη δεν προβλέπονταν αγκυρώσεις στον περιδοτίτη αλλά τελικά εφαρμόστηκαν.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Αντί για υποστήριξη και έγκαιρο κλείσιμο της διατομής, έγινε μπάζωμα του πυθμένα χωρίς επένδυση και αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλων συγκλίσεων από τη μη έγκαιρη και σωστή αντιμετώπιση.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Τροποποίηση χάραξης από την αρχική με καταβίβαση του άξονα κατά 100 μέτρα. Συνέπεια του παραπάνω είναι το μεγάλο κόστος αποκατάστασης των ζημιών της προσωρινής υποστήριξης και πιο συγκεκριμένα, το τετραπλάσιο από το αρχικό κόστος διάνοιξης, το οποίο οδήγησε την αρχική εταιρεία σε πτώχευση.

## 2.14 ΣΗΡΑΓΓΑ ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Ράχες Τυμφρηστού Φθιώτιδας

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Βελτίωση εθνικής οδού Λαμίας-Καρπενησίου, Περιβάλλον

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 01/1992 έως 01/1999

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** ΜΑΛΙΟΣ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** Κοινοπραξία ΟΔΩΝ & ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ, ΙΡΙΣ, ΑΤΕ ΟΜΑΣ

**ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ:** 12.500.000.000,00 ΔΡΧ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 1.385 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 120 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Φλύσξης με λεπτοστρωματώδεις ψαμμίτες  
2) Φυλλώδεις και Αργιλικό Σχιστόλιθοι  
3) Ιλυόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Σημειώθηκε κατάπτωση της οροφής του άνω μετώπου λόγω χαλαρών σχηματισμών (αργιλώδης αμμοίλης) φλύσχη, κορεσμένου σε νερό με υπερκείμενο 10 μέτρων. Συναντήθηκαν πτυχώμενοι, διατμημένοι, μυλωνιτωμένοι, αργιλικό σχιστόλιθοι με τοιχώματα στιλπνά και πολύ ολισθηρά και έντονα συνθλίβον πέτρωμα για 350 μέτρα στο κέντρο της σήραγγας. Τα παραπάνω είχαν ως αποτέλεσμα τη σύγκλιση έως και 1,20 μέτρα, την ανύψωση του δαπέδου και την στρέβλωση της διατομής της σήραγγας.



**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η παρουσία νερού με την μορφή ροής ελαττώνει τα μηχανικά χαρακτηριστικά, προκαλεί διόγκωση στα διογκούμενα υλικά, δημιουργία υπερκειμένων 100 μέτρα και ενδεχόμενη ζώνη κατολίσθησης.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη έγινε από δύο μέτωπα προσβολής με τη μέθοδο NATM σε τρεις φάσεις και με βήμα προχώρησης 0,90 έως 1,00 μέτρο. Η εκσκαφή πραγματοποιήθηκε με μηχανικά μέσα και με εκρηκτικά και ήταν τοπικά τμηματική.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Στην περιοχή της κατάπτωσης εφαρμόστηκε υποστήριξη με δοκούς προπορείας και στην υπόλοιπη περιοχή μόνιμη υποστήριξη πάχους ενός μέτρου. Επιπλέον, έγινε άμεση χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 35 με 40 εκατοστά για την αντιμετώπιση των καταπτώσεων.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Η αρχική μελέτη δεν πληρούσε τις βασικές προϋποθέσεις ασφαλείας. Πραγματοποιήθηκε περαιτέρω αύξηση του μήκους της σήραγγας και προσαρμογή αυτής της αλλαγής στις μελέτες. Δεν υπήρξε κατάρρευση λόγω σύγκλισης και έγινε άμεση αποκατάσταση της διατομής. Κατά την επανεκσκαφή υπήρξε νέα σύγκλιση στις παρειές της τάξης των 2 μέτρων, ενώ στην τρίτη σειρά μέτρων έγινε απευθείας η τελική υποστήριξη.

**ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:** Εκσκαφέας LIEBHERR 902.

## 2.15 ΣΗΡΑΓΓΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ ΑΧΕΛΩΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Καρδίτσα

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Άρδευση Θεσσαλικού Κάμπου

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 01/1984

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 19.000 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 129 Μ

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Ασβεστόλιθος  
2) Φλύσχης  
3) Σχιστοκερατόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η αστάθεια των πρανών και η παρουσία ρήγματος προκάλεσαν μεγάλη και απότομη εισροή νερού και χαλικιών στο μέτωπο Πετρωτού, συνέπεια των οποίων ήταν η καθυστέρηση του έργου για 8 μήνες. Παρουσιάστηκαν αέρια μεθανίου λόγω των υπερεκσκαφών από το TBM και στην περιοχή όπου συναντήθηκε διατμημένος ιλυόλιθος παρατηρήθηκαν συγκλίσεις περίπου 7 έως 8 εκατοστών και ανύψωση δαπέδου 12 εκατοστών.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Από την μελέτη αναμενόταν να δράσουν θετικά στην εκτόνωση των τάσεων οι πυκνές ασυνέχειες αλλά στην πράξη δεν ίσχυσε. Εκτός των άλλων, από τις μεγάλες τάσεις που επικρατούσαν εντός της σήραγγας, συνέβη εκρηκτική αστοχία (rockburst) του ασβεστόλιθου. Τέλος, λόγω των περιβαλλοντικών συνθηκών η διάνοιξη της σήραγγας σταμάτησε.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάτρηση μέσω ανατίναξης που πραγματοποιήθηκε, έγινε από μηχανήματα TBM και είχε υπερκείμενα από 150 ως 1.170 μέτρα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Τοποθετήθηκαν πλαίσια ανά 0,75 ως 1,50 μέτρο.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Λόγω των μεγάλων τάσεων και της παρουσίας ασυνεχειών σε ασβεστόλιθο, υπερισχύει η λογική του άρρηκτου πετρώματος από αυτή της βραχώμαζας. Για την διέλευση εντός του ρήγματος κατασκευάστηκαν ομπρέλα αποστράγγισης και δοκοί προπορείας 24 μέτρων. Χρησιμοποιήθηκαν αφρός πολυουρεθάνης, λάμιες ως ασπίδα και δοκοί προπορείας για την αντιμετώπιση των υπερεκκαφών του TBM. Τοποθετήθηκε τέλος, δεύτερη σειρά πλαισίων στην περιοχή των συγκλίσεων.

**ΜΗΧ. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:** TBM WIRTH

## 2.16 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αωός (Πίνδος Ηπείρου)

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εκτροπής φράγματος

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΔΕΗ ΔΑΥΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 650 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 19 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Οφιόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Αποκολλήθηκαν σφήνες και ολόκληρα κομμάτια λόγω ολίσθησης και απελευθέρωσης των τάσεων. Συνέπεια αυτών ήταν η χαλάρωση, ο μικρός χρόνος stand up και οι 86 καταπτώσεις συνολικού όγκου 1.987 m<sup>3</sup>.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Είχε προβλεφθεί από τη μελέτη ότι το πέτρωμα δεν παρουσιάζει καλή συμπεριφορά.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Για την διάνοιξη έλαβαν μέρος ανατινάξεις 122 μέτρων και ανατινάξεις 265 μέτρων, με βήμα 1,25 μέτρα/ημέρα. Τέλος χρησιμοποιήθηκε σφυρί 131 μέτρων με μέσο όρο προχώρησης 2,2 μέτρα/ημέρα.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Άμεση υποστήριξη με πλαίσια και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 50-100 χιλιοστών.

## 2.17 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αωός (Πίνδος Ηπείρου)

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Φυγή υδροηλεκτρικού σταθμού (ΥΗΣ)

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΔΕΗ ΔΑΥΕ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** IN GENIOR THOR FURUHOLMEN A/S NORΒΗΓΙΚΗ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 2.735 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 29 Μ

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Ιόνια

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Ιλυόλιθος  
2) Φλύσχης

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Ο μικρός χρόνος αυτουποστήριξης της σήραγγας οδήγησε σε μεγάλη κατάρρευση των πρανών της ανοικτής τάφρου στην έξοδο όγκου 130 m<sup>3</sup> και σε 195 καταπτώσεις όγκου 782 m<sup>3</sup>, λόγω των κακών μηχανικών ιδιοτήτων και μη εμπειρίας του εργολάβου. Επίσης παρουσιάστηκαν διογκούμενα ορυκτά όπως μοντμοριλλονίτης, ηλίτης και χλωρίτης σε ποσοστό 30% και μεθάνιο σε ποσοστό 0,5%.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Προκειμένου να διανοιχθεί η σήραγγα χρησιμοποιήθηκε μηχανήμα σημειακής κοπής.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η υποστήριξη έγινε με:

- 1) εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 10 ως 15 εκατοστών,
- 2) αγκύρια βράχου 5 ως 7 μέτρων σε πυκνό κάναβο,
- 3) πλέγμα,
- 4) μεταλλικούς δοκούς τύπου U μήκους ενός μέτρου και
- 5) εκτοξευόμενο σκυρόδεμα Β φάσης.

Τέλος, σε φάκους κροκαλοπαγών δεν πάρθηκαν μέτρα υποστήριξης.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Για την αντιμετώπιση της ύπαρξης του μεθανίου έγιναν τσιμεντενέσεις αλλά χωρίς αποτέλεσμα και δημιουργήθηκε ένα σύστημα αερισμού με οριακό αποτέλεσμα.

**ΕΙΔΟΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ:** Ράβδος πλήρους πάκτωσης

## 2.18 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αωός (Πίνδος Ηπείρου)

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Προσπέλαση υδροηλεκτρικού σταθμού (ΥΗΣ)

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΔΕΗ ΔΑΥΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 1620 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 45 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Φλύσχης

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Οι ψαμμιτικοί ιλυόλιθοι προκάλεσαν 189 καταπτώσεις συνολικού όγκου 2.382 m<sup>3</sup>.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάτρηση έγινε με ανατίναξη 4 μέτρων, με μέσο όρο προχώρησης 6,2 μέτρα/ημέρα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η υποστήριξη έγινε με πλαίσια rebar basket μόνο στα 20 μέτρα ιλυολίθου, με αγκύρια διαστελλόμενης ή διευρυμένης κεφαλής για 859 μέτρα σποραδικά και με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 5 ως 10 εκατοστά.

## 2.19 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αώος (Πίνδος Ηπείρου)

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Προσαγωγή και προσπέλαση σε υδροηλεκτρικό σταθμό (ΥΗΣ)

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΔΕΗ ΔΑΥΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 3.195 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 15 Μ

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Φλύσχης Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Συνέβησαν καταπτώσεις 268 m<sup>3</sup> πιο πολύ σε ερυθροπηλίτες.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Επίσης πραγματοποιήθηκε ολομέτωπη ανατίναξη 4 μέτρων σε 3 βάρδιες. Στους ερυθροπηλίτες, η προχώρηση που έλαβε μέρος ήταν μικρή της τάξης των 2,8 μέτρα/ημέρα ενώ ο μέσος όρος προχώρησης ήταν 3,6 μέτρα/ημέρα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Στον ψαμμίτη και στον ερυθροπηλίτη χρησιμοποιήθηκαν 140 τεμάχια πλαισίων καθώς και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

## 2.20 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αώος (Πίνδος Ηπείρου)

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Προσαγωγός και εκκενωτής πυθμένα

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΔΕΗ ΔΑΥΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Φλύσχης  
2) Οφιόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Παρουσιάστηκε ζώνη έντονης τεκτονικής διαταραχής 200 μέτρων από ερυθροπηλίτες, ιλυόλιθους και ψαμμίτες με χαμηλές μηχανικές ιδιότητες καθώς και κακής ποιότητας οφιόλιθοι.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη έγινε με 45° κλίση.

## 2.21 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αώος (Πίνδος Ηπείρου)

**ΕΙΔΟΣ:** Υπόγειος θάλαμος

**ΣΚΟΠΟΣ:** Στέγαση 2 ηλεκτρογεννητριών 110MW

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 01/1973 έως 01/1991

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΔΕΗ ΔΑΥΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 66 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 692 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 20 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Φλύσχης Πίνδου  
2) Φλύσχης Ιονίου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Στον **φλύσχη Πίνδου** παρουσιάστηκαν:

- 1) παχυστρωματώδεις ψαμμίτες, ιλυόλιθοι και ερυθροπηλίτες,
- 2) διακλάσεις,
- 3) νερό και
- 4) ψευτοκαρστικές ωθήσεις από οφιόλιθους.

Στον **φλύσχη Ιονίου** παρουσιάστηκαν:

- 1) ιλυόλιθοι τεκτονισμένοι και φακοειδή κροκαλοπαγή,
- 2) διάβρωση,
- 3) νερό,
- 4) διόγκωση, συρρίκνωση και καταστροφή της δομής και
- 5) μικροκαταπτώσεις πρισμάτων.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Δεν υπήρξε πρόβλημα προσανατολισμού στις καταπτώσεις σφηνών.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Στο θόλο και στις παρειές χρησιμοποιήθηκαν αγκύρια μήκους 3 και 5 μέτρων, πλέγμα και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Τέλος, χρησιμοποιήθηκαν πρόσθετα αγκύρια στις καταπτώσεις, τσιμεντενέσεις, στεγανοποιήσεις και αποστραγγίσεις.

## 2.22 ΣΗΡΑΓΓΑ ΕΥΗΝΟΥ - ΜΟΡΝΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Ναύπακτος

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Μεταφορά νερού από Εύηνο σε ταμειυτήρα Μόρνου

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 01/1993

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Υπουργείο Δημοσίων Έργων

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** ΑΥΣΤΡΙΑΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ – ΟΤΜ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** GRITAU EVINOS JV JAEGERG MBH Αυστριακή, SELLI SPA Ιταλική

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 24.900 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 4,2 Μ

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Χαοτικός και ψαμμιτικός Φλύσσης  
2) Μεσολεπτοστρωματώδης Ασβεστόλιθος  
3) Σχιστοκερατόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Τα γεωλογικά προβλήματα που παρουσιάστηκαν ήταν:

- 1) πτυχωμένος, διερυγμένος και τεκτονισμένος φλύσσης με πολύ γρήγορη αλλοίωση της αντοχής του σε διαφορετικές συνθήκες υγρασίας και αέρα,
- 2) μικρή αντοχή σχιστοκερατόλιθου cherts,
- 3) καταρρέουσα βραχώμαζα,
- 4) έντονος κερματισμός και μυλωνιτοποίηση,
- 5) υπερεκσκαφές,
- 6) άμεση κατάρρευση μεγάλων και σκληρών μελών σχιστοκερατόλιθου,
- 7) συνθλίβουσα βραχώμαζα προσομοιάζουσα με άργιλο,
- 8) ερπυσμός και σύνθλιψη,
- 9) παρουσία πηλιτικών μελών,
- 10) παρουσία στρώσεων αργίλου και ιλυολίθων στους ασβεστόλιθους,
- 11) παρουσία μεθανίου που μετανάστευσε από τον φλύσση αλλά εγκλωβίστηκε από τον σχιστοκερατόλιθο και
- 12) παρουσία νερού.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η σήραγγα εμφάνισε σύγκλιση από 5 ως 7 εκατοστά μέσα σε λίγες ώρες ανυποστήρικτη, 2 εκατοστά σε 2 ημέρες με υποστήριξη, ετερογένεια κατανομών τάσεων και παραμένουσες τεκτονικές τάσεις. Έγιναν ψευτοεκτινάξεις σε ασβεστόλιθο και rock bursting (εκρηκτική αστοχία) σε ψαμίτη. Τέλος παρουσιάζεται έρπον πέτρωμα με μορφή φουσκώματος ανάμεσα στα πλαίσια και κατάρρευση υπό την πίεση των gripper του TBM. Το rebound του εκτοξευόμενου σκυροδέματος παρουσίασε πρόβλημα στο TBM.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο NATM από 3 TBM και από 3 μέτωπα, από τα οποία τα δύο με ασπίδα και το ένα με υποστήριξη.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Για την υποστήριξη της σήραγγας έγινε προσαρμογή του μήκους των συμπιεσμένων πλαισίων τύπου TH που χρησιμοποιήθηκαν και σύνδεση των μεταξύ τμημάτων τους.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Τα προβλήματα που εμφανίστηκαν αντιμετωπίστηκαν με την εκτόνωση των τάσεων πριν την εφαρμογή της στρώσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Η σήραγγα παρουσίασε σύγκλιση 3 εκατοστών χωρίς όμως υποστήριξη ενώ η πίεση προχώρησης του TBM ήταν οριακή και μικρότερη προχώρηση αυτού σε έρπον πέτρωμα.

## 2.23 ΣΗΡΑΓΓΑ ΕΥΗΝΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Ναύπακτος

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εκτροπή για κατασκευή φράγματος

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΠΛΑΤΟΣ:** 10 Μ

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Φλύσχης Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Στα γεωλογικά προβλήματα εντοπίστηκαν:

- 1) ανομοιογένεια ψαμμιτικού με ιλυολιθικό φλύσχη,
- 2) διαταραγμένος φλύσχης Ευήνου και
- 3) συμπεριφορά του εδάφους ως βράχος-ημιβράχος.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη της σήραγγας πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Τέλος τοποθετήθηκαν 5 αγκύρια τύπου spiles ανά πλαίσιο 4 μέτρων μήκους και δοκοί προπορείας ανά 40 εκατοστά στο τέλος της σήραγγας.

## 2.24 ΣΗΡΑΓΓΑ ΣΚΑΛΑΣ ΣΚΟΡΛΙΓΚΑ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Μεσοχώρα Τρικάλων

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Νέα ΕΟ Άρτας-Τρικάλων

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΔΕΗ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 1.115 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 77 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 9 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Μεσολεπτοστρωματώδης Ασβεστόλιθος

2) Κερατόλιθος

3) Μάργα

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Προκλήθηκε κατάπτωση μεγάλης μάζας της σήραγγας.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Προβλήματα στην επικοινωνία μελετητή-κατασκευαστή.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάτρηση έγινε μέσω ανατίναξης με τη μέθοδο pre splitting. Χρησιμοποιήθηκαν αγκύρια με ρητίνη, εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 50 εκατοστών και χαλύβδινα πλαίσια σε ρηγματωμένες ζώνες και εισόδους.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η σήραγγα επενδύθηκε με μόνιμη επένδυση πάχους 35 εκατοστών.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Τα προβλήματα αντιμετωπίστηκαν με αλλαγή χάραξης της σήραγγας λόγω της γέφυρας.

## **2.25 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΣΟΧΩΡΑΣ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Τρίκαλα

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Προσαγωγός Υδροηλεκτρικού Σταθμού (ΥΗΣ) Μεσοχώρας

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 01/1994

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΔΕΗ ΔΑΥΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 7.500 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 31 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 6 Μ

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η υποστήριξη της σήραγγας υπερδιαστασιολογήθηκε με αποτέλεσμα το κόστος των κοπτικών κεφαλών να αυξηθεί.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Στη διάνοιξη χρησιμοποιήθηκε TBM με 44 κοπτήρες και με δίσκους 17”.

## **2.26 ΣΗΡΑΓΓΑ ΙΛΑΡΙΩΝΑΣ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αλιάκμονας

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εκτροπή ποταμού Υδροηλεκτρικού Έργου (ΥΗΕ)

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΔΕΗ ΔΑΥΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 765 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 13 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Ασβεστόλιθος  
2) Φυλλίτης



**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Μικρού πάχους φάκοι χαλαζία μέχρι 50 εκατοστών προκάλεσαν την ταχεία φθορά των κοπτικών κεφαλών του ΤΒΜ.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη έγινε με roadheader.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Η μελέτη είχε προβλέψει μεγαλύτερα προβλήματα από αυτά που τελικώς προέκυψαν και κατ' επέκταση ελέγχθησαν οι παραμορφώσεις της σήραγγας που διαπιστώθηκαν.

## **2.27 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΟΥΖΑΚΙΟΥ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Ποταμός Πάμισος Μεσσηνίας

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εκτροπή για Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ)

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Καρστικοποιημένοι Ασβεστόλιθοι

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Οι ασβεστόλιθοι έθεσαν προβλήματα διαρροών στο αριστερό πρηνές της σήραγγας.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων, άλλαξε ο άξονας του φράγματος ώστε να αποφευχθούν τα μέτρα στεγανοποίησης των καρστικών εγκοίλων, όπως επίσης άλλαξε και η χάραξη της σήραγγας εκτροπής με είσοδο αυτής προς τα ανάντη επάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα.

## **2.28 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Καλλίδρομο Φθιώτιδας

**ΕΙΔΟΣ:** Σιδηροδρομική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Νέα Σιδ/κή γραμμή Αθήνα-Θεσ/κη, Μείωση 2 ΧΛΜ

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 10/1997

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΕΡΓΟΣΕ

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** ΜΑΛΙΟΣ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΚΕ ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ, ΟΔ ΟΔΟΣΤΡ, TODINI, ITINERA, ΙΡΙΣ

**ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ:** 40.000.000.000,00 ΔΡΧ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΜΗΚΟΣ:** 9.025 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 85 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Άργιλος στιφρή με χαλαρή Άμμο, Αργιλικές Μάργες  
2) Ασβεστόλιθος  
3) Οφιόλιθοι με χαοτική δομή

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Τα γεωλογικά προβλήματα που παρουσιάστηκαν ήταν τα εξής:

- 1) οι οφιόλιθοι παρουσίασαν δομή βράχων, τα ρήγματα που επικρατούσαν στην περιοχή προκάλεσαν εξαλλοίωση και αποσάθρωση και μετέτρεψαν τους οφιόλιθους σε χώμα,
- 2) εντοπίστηκε συνθλίβον πέτρωμα με μεγάλη πλαστικότητα και συμπτώματα ερυσμού,
- 3) μεγάλη σύγκλιση της σήραγγας έως 63 εκατοστά με μεγάλη διάρκεια,
- 4) παρουσιάστηκε άργιλος στην έξοδο του βορείου τμήματος που δημιούργησε πρόβλημα στο στόμιο και
- 5) το μέτωπο εμφάνισε αστάθεια με αποτέλεσμα να γίνουν 45 συνολικά καταπτώσεις.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Λόγω κατολίσθησης που προκλήθηκε από την επίδραση του νερού, η πασσαλοτοιχία εμφάνισε κλίση στο στόμιο του νοτίου μετώπου του αριστερού κλάδου της σήραγγας. Τέλος η απόσταση μεταξύ των δύο κλάδων της σήραγγας ήταν μικρή, περίπου στα 30 μέτρα.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Διανοίχθηκε ανά 500 μέτρα της κύριας σήραγγας, μία άλλη συνδετήρια σήραγγα με αξονική απόσταση μεταξύ τους 30 μέτρα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Για την υποστήριξη της σήραγγας χρησιμοποιήθηκαν:

- 1) δοκοί προπορείας,
- 2) αγκύρια προπορείας,
- 3) αγκύρια μετώπου,
- 4) μικροπάσσαλοι,
- 5) εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μετώπου,
- 6) πόδι ελέφαντα,
- 7) προσωρινός πυθμένας και
- 8) ομπρέλα αποστράγγισης.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Τα πρόσθετα μέτρα που πάρθηκαν για να αντιμετωπιστούν οι συγκλίσεις ήταν ο προσωρινός πυθμένας, τα πρόσθετα αγκύρια, η κατασκευή μιας άκαμπτης υποστήριξης ώστε να αποφευχθεί η εκδήλωση της περιβαλλοντικής πλαστικής ζώνης, το μικρό βήμα εκσκαφής, η δεύτερη σήραγγα να ακολουθεί στα 50 μέτρα, η πρόταση για χρήση συμπτυσσόμενων πλαισίων ολικής διατομής και η αντιμετώπιση κατολίσθησης πρανούς με δεύτερη πασσαλοτοιχία.

## 2.29 ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Άγιος Νικόλαος Κρήτης

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 260 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 6 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 3 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Δολομίτης παχυστρωματώδης  
2) Ασβεστόλιθοι δολομιτωμένοι

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Ως μέτρα υποστήριξης χρησιμοποιήθηκαν αγκύρια μήκους 1,6 μέτρων κατά τόπους και χαλύβδινα πλαίσια ΗΕΒ κοντά στην είσοδο.

## 2.30 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΠΟΖΑΪΤΙΚΩΝ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Πάτρα

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Παράκαμψη Πάτρας

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** Νορβηγικό Γεωτ. Ινστιτούτο – ΑΞΩΝ ΕΠΕ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** Κ ΑΡΑΝΙΤΗΣ, Κ Ι ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΜΗΚΟΣ:** 1.300 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Αργιλώδης Μάργα  
2) Αμμώδεις ενστρώσεις

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η έντονη υδροφορία και η ανομοιομορφία που παρατηρήθηκε στην περιοχή προκάλεσε την αστάθεια του αμμώδους σχηματισμού και μία ρηξιγενής ζώνη έντονα διαταραγμένη.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη έγινε σε τρεις φάσεις με νορβηγική μέθοδο.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η υποστήριξη πραγματοποιήθηκε με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, με πλαίσια RRS, με αγκύρια προπορείας και με κατά τόπους δοκούς προπορείας.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Τα παραπάνω προβλήματα που δημιουργήθηκαν αντιμετωπίστηκαν με σημαντική παρακολούθηση του έργου.

Οδική σήραγγα Παράκαμψης Πάτρας

**ΠΡΙΝ**



**ΜΕΤΑ**



## 2.31 ΣΗΡΑΓΓΑ ΤΕΜΠΩΝ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Κοιλάδα Τεμπών

**ΕΙΔΟΣ:** Σιδηροδρομική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Περιβαλλοντική προστασία, μείωση 444 χλμ

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 06/1996 έως 05/1999

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΕΡΓΟΣΕ

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** ΟΤΜ – ΙΛΦ ΑΥΣΤΡΙΑ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΡΑΨ ΚΕ ΑΕΓΕΚ ΜΕΤΩΝ – ΕΥ ΚΕ ΑΚΤΩΡ ΟΔΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ

**ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ:** 28.000.000,00 ΔΡΧ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 4.035 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 127 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Κρυσταλλικός Ασβεστόλιθος  
2) Σχιστόλιθος μαρμαρυγιακός-φυλλιτικός  
3) Κροκαλοπαγή κορήματα, Χαλαροί σχηματισμοί

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Εντοπίστηκε ασβεστόλιθος ελαφρά ως μέτρια αποσαθρωμένος, πτυχώμενος, με διακλάσεις και φυλλιτικός σχιστόλιθος έντονα τεκτονισμένος, πτυχώμενος, με λείες και γυαλιστερές επιφάνειες. Η παρουσία νερού και η εκφόρτιση του υδροφόρου ορίζοντα δημιούργησε παραμόρφωση στο σχιστόλιθο καθώς και παραμόρφωση στα πλαίσια.



**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Το κόστος των δοκών προπορείας καθώς και το κόστος εκσκαφής ήταν πολύ μεγάλο.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η εκσκαφή έγινε από δύο μέτωπα με τη μέθοδο NATM ενώ το 75% του συνολικού κόστους χρησιμοποιήθηκε για εκσκαφή και προσωρινή επένδυση και το 25% για μόνιμη επένδυση.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Έγινε χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος με ίνες πάχους 25-30 εκατοστών, αυτοδιατρώμενων αγκυρίων βράχου Φ25 και πλαισίων HEB160 και HEB200.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Λήφθηκαν αυξημένα μέτρα προστασίας για την αντιμετώπιση της συμπεριφοράς του σχιστόλιθου όπως η δοκός στήριξης των πελμάτων των πλαισίων, και σημειώθηκε αλλαγή χάραξης της σήραγγας για την μείωση των εξωτερικών παρεμβάσεων.



## 2.32 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΛΑΤΑΜΩΝΑ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Λεπτοκαρυά Πιερίας

**ΕΙΔΟΣ:** Σιδηροδρομική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Ταχύτητα συρμού 200 χλμ, μείωση χάραξης 1 χλμ

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 08/1996 έως 06/2002

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΕΡΓΟΣΕ ΑΕ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΚΕ ΑΘΗΝΑ, ΤΕΡΝΑ, ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ – ΚΕ ΑΤΤΙΚΑΤ

**ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ:** 39.400.000.000,00 ΔΡΧ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 2.537 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 82 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Χαλαροί ανομοιογενείς σχηματισμοί παρουσία Αργίλου  
2) Ασβεστόλιθος  
3) Οφιόλιθος σερπεντινιώμενος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Παρουσιάστηκαν μάρμαρο που είχε ολισθήσει σε νεογενή υλικά, υπόγεια ύδατα, υδροφορία υψηλής στάθμης, ανομοιογένεια, πυκνές ρηγματώσεις, διαταραγμένο έδαφος και καθίζηση στο ελεφαντοπόδαρο.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Πάνω από τη σήραγγα υπάρχει αρχαιολογικό μνημείο, το κάστρο του Πλαταμώνα. Τα ρήγματα μετέφεραν δονήσεις οι οποίες προκάλεσαν καθίζηση στο πόδι του ελέφαντα.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Διανοίχθηκε σήραγγα 11 χλμ από την ΧΘ 399+000 που βρίσκεται ο σταθμός των Νέων Πόρων έως την ΧΘ 411+000 που βρίσκεται ο σταθμός της Λεπτοκαρυάς. Στην Α Φάση το βήμα προχώρησης ήταν 3 έως 4 μέτρα/ημέρα και 1,5 μέτρο/ημέρα με δοκούς προπορείας.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η σήραγγα υποστηρίχθηκε με αγκύρια Fiberglass των 12 μέτρων και με έναν δημιουργούμενο πυρήνα αντιστήριξης μετώπου.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που προέκυψαν κατά την εκσκαφή της σήραγγας, δημιουργήθηκε ένα σύνθετο πρόγραμμα ελέγχου και προστασίας του μνημείου το οποίο ελέγχει τις δονήσεις, τη δυναμική απόκριση, την πλαστική συμπεριφορά και του οποίου η δαπάνη κόστισε 200.000.000 δρχ. Επίσης, πριν την εκσκαφή έγινε ταπείνωση του υδροφόρου ορίζοντα (παρόλο που η εισροή του νερού δεν αντιμετωπίστηκε πλήρως), με αποστραγγιστικά πηγάδια ανά 4 ως 8 μέτρα εξωτερικά και 15 ως 20 μέτρα από τον άξονα της σήραγγας. Τέλος, δημιουργήθηκαν μικροπάσσαλοι των 6 μέτρων στο πόδι του ελέφαντα.

## 2.33 ΚΑΚΙΑ ΣΚΑΛΑ ΣΣ1Ν

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Πανόραμα Μεγάρων

**ΕΙΔΟΣ:** Σιδηροδρομική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Μείωση χρόνου

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΕΡΓΟΣΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 3.900 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 11 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Πελαγονική

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Μεσοπλακώδης Ασβεστόλιθος

2) Λατυποπαγή τεκτονικά

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η περιοχή στην οποία διανοίχθηκε η σήραγγα ήταν ρηγματωμένη με ορατό άλμα ρήγματος 400 μέτρα, με έντονο εφελκυστικό πεδίο, με ισχυρά υλικά συγκολλημένα μεταξύ τους με ασύνδετα κορήματα, με καταπίπτοντες ασβεστόλιθους και με ασβεστολιθικά ογκοτεμάχια σε ισορροπία με χαλαρή λιθορριπή. Η παρουσία των ασυνεχειών στην περιοχή δημιούργησε σφήνες από 0,5X1 μέτρο ως 2X3 μέτρα, καρστική διάλυση σε μεγάλο βάθος, ανοικτές δομές και επιφάνειες ολίσθησης. Οι υπερεκσκαφές που έγιναν, αποτέλεσαν το 25% του συνολικού όγκου αποκομιδής.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Άλλα προβλήματα που προέκυψαν ήταν:

- 1) Η μελέτη δεν είχε προβλέψει καρστικοποίηση στο βάθος της σήραγγας,
- 2) η σεισμικότητα της περιοχής,
- 3) η δυσλειτουργία του διατρητικού φορτίου κατά την διάτρηση των δοκών προπορείας και των αγκυρίων,
- 4) η απώλεια της γεωμετρίας,
- 5) η δυσκολία στην απόσυρση,
- 6) οι απώλειες ενέματος,
- 7) οι αστοχίες των οπών,
- 8) η απόφραξη,
- 9) τα μη δόκιμα πέδιλα έδρασης των πλαισίων,
- 10) οι δοκοί προπορείας που ήταν προβληματικοί με την χρήση εκρηκτικών.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Διανοίχθηκαν 3 σήραγγες διαφυγής ενώ η διάτρηση της σήραγγας έγινε με ανατίναξη σε 2 φάσεις και με βήμα προχώρησης 3 μέτρα/ημέρα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Για την υποστήριξη της σήραγγας χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα μέσα:

- 1) Αυτοδιατρούμενα αγκύρια, πλήρους πακτώσεως, Super Swellex, διαστελλόμενου άκρου,
- 2) τοπική ενίσχυση με αγκύρια για σφήνες,
- 3) πλαίσια HEB160 και πόδι ελέφαντα,
- 4) μικρό βήμα εκσκαφής σε πτώσεις ογκοτεμαχίων,
- 5) χρήση αγκυρίων προπορείας σε ρέον έδαφος και
- 6) έγκαιρη εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος.



**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Λόγω σεισμικότητας άλλαξε η χάραξη, καταργήθηκαν οι κοιλαδογέφυρες και εφαρμόστηκαν αγκύρια άμεσης ανάληψης φορτίου. Από την τυχαία κατανομή των ασυνεχειών, δημιουργήθηκε ένα ελαστοπλαστικό μοντέλο το οποίο τελικώς δεν απέδωσε. Ακόμα, χρησιμοποιήθηκε ένα πρόγραμμα τσιμεντενέσεων στο άνω μέτωπο της σήραγγας για την κάλυψη των ασυνεχειών με 80 τόνους τσιμέντου χωρίς όμως επιτυχία και μία σταθερή πάκτωση του πόδα εδράσεως πλαισίου με αγκύρια των 5 μέτρων και χαλύβδινα ράγα. Τέλος, η παροχή του νερού κατά την διάτρηση των οπών ήταν περιορισμένη με δυνατότητα οπισθοκοπής και αλλαγή διαμέτρου για την αποφυγή αποφράξεων.

**ΜΗΧ. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:** Εκτοξευτής σκυροδέματος JUMBO TAMROCK PARA 206-90

## 2.34 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΚΙΑ ΣΚΑΛΑ ΣΣ3

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** ΝΑ Όρους Γερανίων

**ΕΙΔΟΣ:** Σιδηροδρομική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Σιδ. Γραμμή Αθηνών-Κορίνθου

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 05/2000

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΕΡΓΟΣΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 1.385 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Πελαγονική

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Ασβεστόλιθοι δολομιτωμένοι  
2) Ασβεστόλιθος μαργαϊκός  
3) Κροκαλοπαγή κορήματα, χαλαροί σχηματισμοί

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Τους ασβεστόλιθους διασχίζει μία καρστική, παχυστρωματώδης, μεσοπλακώδης, με πισσολιθική υφή, ρηξιγενής ζώνη για 15 χλμ η οποία δημιουργεί πτύχωση των στρωμάτων, εφαιπτομενικές κινήσεις και ένα δευτερογενές πορώδες με μεγάλη μεταβλητότητα του εδάφους.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η σήραγγα διέρχεται κάτω από την εθνική οδό για 150 μέτρα μήκους εντός κορημάτων, για χάρη των οποίων απαιτήθηκε η χρήση δοκών προπορείας, ενώ έγινε γεινίαση με την παλαιά εθνική οδό και με την παλαιά σιδηροδρομική γραμμή.

**ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ:** Την μορφολογία του εδάφους της περιοχής αποτελεί το απότομο ανάγλυφο.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάτρηση έγινε με πυροδότηση η οποία πραγματοποιήθηκε 30 μέτρα κάτω από την σήραγγα ΑΣ2, για 150 μέτρα μήκους κάτω από την εθνική οδό και με βήμα προχώρησης 2,3 και 2,6 μέτρα/ημέρα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η σήραγγα ΔΣ2 υποστηρίχθηκε με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα 15 εκατοστών, με ίνες 50 Kg/m<sup>3</sup> και αγκύρια Φ25 των 4 μέτρων σε κάναβο 1,5X1,5 μέτρο, η σήραγγα ΔΣ3 υποστηρίχθηκε και αυτή με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα 20 εκατοστών, αγκύρια Φ25 των 5 μέτρων ενώ και στις δύο χρησιμοποιήθηκαν πλαίσια HEB160 ανά 1 μέτρο.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Τέλος για την αντιμετώπιση των προβλημάτων διερευνήθηκαν τα ενεργά ρήγματα της περιοχής.

### **2.35 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΚΙΑ ΣΚΑΛΑ ΑΣ1**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αττική

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Ασβεστόλιθος μαργαϊκός

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Ο μαργαϊκός ασβεστόλιθος ήταν τεκτονισμένος και λεπτοπλακώδης.

### **2.36 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΚΙΑ ΣΚΑΛΑ ΑΣ2**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αττική

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Πελαγονική

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Ασβεστόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Ο ασβεστόλιθος ήταν άστρωτος και τεκτονισμένος τριαδικά.

### **2.37 ΣΗΡΑΓΓΑ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΚΗΦΙΣΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ**

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Αποστράγγιση λίμνης Κοπαΐδας

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 01/1965

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΠΛΑΤΟΣ:** 10 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Ασβεστόλιθος

2) Οφιόλιθος σερπεντινιώμενος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Παρουσιάστηκε ρήγμα 100 μέτρων από την είσοδο της σήραγγας που δεν είχε εντοπιστεί λόγω ορύγματος της εθνική οδού και δημιούργησε ψευδή εικόνα. Επίσης, κατά την διάνοιξη στην περιοχή του ρήγματος υποχώρησε ο θόλος και 800 m<sup>3</sup> υλικού πλήρωσης του ρήγματος εισήλθαν στην σήραγγα με αποτέλεσμα να σχηματιστεί στην επιφάνεια κρατήρας με διάμετρο 10 μέτρα.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η πρώτη δημοπράτηση του έργου έγινε το 1965 και ύστερα από πτώχευση του αρχικού κλάδου, δημοπρατήθηκε ξανά το 1970. Μετά από την πρώτη αποξήρανση της λίμνης Κοπαΐδας, υπήρξε αυτανάφλεξη από οξείδια της τύρφης στον πάτο της λίμνης, συνέπεια του οποίου ήταν ο υποβιβασμός του πάτου και η εμφάνιση υδάτων ξανά αφού η σήραγγα ήταν σε μεγαλύτερο ύψος.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη έγινε με υπερκείμενα των 30 με 50 μέτρων.

## 2.38 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΡΗΜΝΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Μέτσοβο

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εγνατία Οδός

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Εγνατία Οδός

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** ΑΔΦ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΙ – ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΜΗΚΟΣ:** 1.100 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 11 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ:** Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Φλύσχης Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Εντοπίστηκαν 3 οικογένειες ασυνεχειών, φλύσχης Πίνδου με παχυστρωματώδεις ψαμμίτες, κλειστές επιφάνειες με ασβεστίτη και θύλακες νερού με μεγάλη εισροή. Σημειώθηκαν επίσης αποκολλήσεις και επίπεδες ολισθήσεις σφηνών, αποστράγγιση στην κοίτη του Μετσοβίτικου ποταμού και τέλος παρουσιάστηκαν αέρια από μολυσμένα ύδατα.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η αρχική χάραξη στη νότια πλαγιά του Μετσοβίτικου ποταμού ήταν προτιμότερη λόγω του καλύτερου ανάγλυφου αλλά όμως υπήρξαν και προβλήματα κατολισθήσεων ολόκληρης της πλαγιάς.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάτρηση έγινε μέσω ανατίναξης σε 2 φάσεις με βήμα προχώρησης 2-3 μέτρα/ημέρα λόγω των υπερκειμένων που ανέρχονταν σε 70-80 μέτρα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η υποστήριξη πραγματοποιήθηκε με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 5 εκατοστών και με αγκύρια Φ25 των 4 μέτρων πλήρους πακτώσεως σε κάνναβο 1,5Χ1,5. Ακόμα χρησιμοποιήθηκαν πλαίσια τοπικά μόνο στα στόμια καθώς και προπλαίσια προστασίας.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα έγινε αλλαγή χάραξης στη βόρεια πλευρά του Μετσοβίτικου ποταμού διότι δεν υπήρχε άλλος τρόπος αντιμετώπισης των κατολισθήσεων.

## 2.39 ΣΗΡΑΓΓΑ Σ3 5.2

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Βέροια

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εγνατία Οδός

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Εγνατία Οδός

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΜΗΚΟΣ:** 190 Μ

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ:** Πελαγονική

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Σχιστογενέσιος, Μάρμαρα

2) Σχιστόλιθος

3) Φερτά υλικά χαοτικής δομής

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Ο σχιστογενέσιος και τα μάρμαρα ήταν πελαγονικής ζώνης, ο σχιστόλιθος Αλμωπίας και τα φερτά υλικά χαοτικής δομής με φάκους μαρμάρων και σχιστογενεσίων λόγω επώθησης της ζώνης Αλμωπίας ανήκουν στην πελαγονική ζώνη. Τέλος, η διεύθυνση στρώσεων του ψαμμίτη με το πρανές ήταν δυσμενής.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Άλλα προβλήματα που εντοπίστηκαν ήταν τα ακόλουθα:

- 1) χαλαρή μάζα από φυλλίτες και σχιστόλιθους διαταραγμένους και αποσαθρωμένους,
- 2) ρωγμή στο πρανές πάνω από το στόμιο της σήραγγας,
- 3) κατολίσθηση και καταστροφή πρανούς και πυθμένα σήραγγας και
- 4) μικρή σύγκλιση της σήραγγας.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η υποστήριξη επιτεύχθηκε με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με ίνες πάχους 20-25 εκατοστών, με 39 δοκούς προπορείας Φ114 σε Α και Β Φάση περιμετρικά της διατομής, με πλαίσια IPB160 ανά 1 μέτρο, με πυρήνα εκτοξευόμενου σκυροδέματος στο μέτωπο, με αγκύρια Fiberglass στο μέτωπο και με ανεστραμμένο προσωρινό δάπεδο.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Για την αντιμετώπιση της κατολίσθησης τοποθετήθηκαν αγκυρώσεις μέσα από την σήραγγα που θα ενσωματωθούν στη μόνιμη υποστήριξη, μία σειρά αγκυρίων στο στόμιο μετά την εκσκαφή για την αντιμετώπιση της ρωγμής και αγκύρια εσωτερικά και εξωτερικά. Τέλος, αφαιρέθηκε φορτίο, φτιάχτηκε ένα επίχωμα σταθεροποίησης και έγινε αλλαγή σε βάθος του Invert.

## 2.40 ΣΗΡΑΓΓΑ Σ4

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Βέροια

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εγνατία Οδός

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Εγνατία Οδός

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** ΟΚ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΑΚΤΩΡ, ΜΗΧΑΝΙΚΗ, ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΛΥΜΠΙΑΚΗ, ΚΟΡΟΝΤΖΗΣ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΜΗΚΟΣ:** 279 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Φερτά υλικά χαοτικής δομής

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Εντοπίστηκε χαοτικό υλικό με φάκους μαρμάρου και μάζα από διερρηγμένους φυλλίτες και σχιστόλιθους. Σημειώθηκαν επίσης, έντονη υδροφορία, λασποροή με μεγάλα κομμάτια που ξεπερνάνε την κλίμακα της σήραγγας και διογκούμενα υλικά που πιθανόν προήλθαν από παλιά κατολίσθηση ή από παγετώδεις αποθέσεις.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η πρώτη χάραξη της σήραγγας ήταν μέσα σε παλιά κατολίσθηση. Λόγω του μικρού υπερκείμενου απαιτήθηκαν μηδενικές καθιζήσεις.

**ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ:** Η μορφολογία του εδάφους αποτελείται από έντονο ανάγλυφο.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη έγινε σε 2 φάσεις.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Για την υποστήριξη της σήραγγας χρησιμοποιήθηκε βαρύ σύστημα δοκών προπορείας με 39 σωλήνες στην Α φάση και 14 σωλήνες στην Β φάση, πλαίσια IPB, πλέγμα T188, ράβδοι οπλισμού στην έδραση του πλαισίου, αγκύρια μετώπου Fiberglass και προσωρινός πυθμένας. Στην Β φάση χρησιμοποιήθηκε μόνιμος πυθμένας με πλαίσιο και έγινε χρήση τρισδιάστατων γεωπλεγμάτων και μεμβράνης υδατοστεγάνωσης.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Τοποθετήθηκαν προπλάισια στο στόμιο και φρεατοπάσσαλοι για την ευστάθεια του. Έγιναν γεωτρήσεις αποστραγγίσεως 30 μέτρων, εκσκαφή από κάτω και επίχωση αυτού, και τέλος προβλέφθηκε η κατολίσθηση στο στόμιο με δοκούς προπορείας για την αντιμετώπιση των διογκούμενων υλικών.

## 2.41 ΣΗΡΑΓΓΑ Σ5

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Λευκόπετρα Βέροιας Τμήμα 5.2

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εγνατία Οδός

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Εγνατία Οδός

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΑΚΤΩΡ, ΜΗΧΑΝΙΚΗ, ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΛΥΜΠΙΑΚΗ, ΚΟΡΟΝΤΖΗΣ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΜΗΚΟΣ:** 170 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Γνεύσιος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Γνεύσιος ελαφρά αποσαθρωμένος

## 2.42 ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Άγιος Νικόλαος Κρήτης

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εγνατία Οδός

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Εγνατία Οδός

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΜΗΚΟΣ:** 330 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 17 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 3 Μέτωπα

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Φλύσχης Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Αν και συνέβη κατάπτωση μεγάλου όγκου βραχόμαζας, η οροφή της σήραγγας δεν κατέρρευσε λόγω των παχυστρωματωδών ψαμμιτών του υπεδάφους.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Εντοπίστηκε κατασκευαστικό πρόβλημα στο στύλο μεταξύ των δύο σηράγγων στο σημείο που το στόμιο ενώνεται με αναρτημένη γέφυρα του Μετσοβίτικου, με ταυτόχρονη αλληλεπίδραση των έργων θεμελίωσης του φορέα της γέφυρας.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η σήραγγα του Αγίου Νικολάου κατασκευάστηκε με βήμα προχώρησης 2 μέτρα/ημέρα και πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μετά την περάτωσή της για την κατασκευή της γέφυρας του Μετσοβίτικου.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Στην υποστήριξη της σήραγγας χρησιμοποιήθηκαν τα κάτωθι μέτρα:

- 1) πλαίσια HEB160,
- 2) αγκύρια μετώπου Fiberglass,
- 3) δοκοί προπορείας,
- 4) εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με ίνες και
- 5) κατασκευή προσωρινού πυθμένα.

Για την ισχυροποίηση της ενδιάμεσης βραχόμαζας μεταξύ των δύο κλάδων, τοποθετήθηκαν προεντεταμένα μόνιμα αγκύρια μήκους από 5 έως 8 μέτρα στην συγκεκριμένη βραχόμαζα και έγιναν επίσης τσιμεντενέσεις σταθεροποίησης.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Για την διάνοιξη των σηράγγων, έγινε αλλαγή του αρχικού σχεδιασμού στην περιοχή του στύλου ανάμεσα στις σήραγγες και πλήρωση αυτού με ενισχυμένο υλικό.

## 2.43 ΣΗΡΑΓΓΑ Σ2 ΚΡΥΣΤΑΛΟΠΗΓΗ 116

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Ψηλοράχη Ιωαννίνων

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εγνατία Οδός

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Εγνατία Οδός

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** ΟΚ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΚΙ ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ, ASTALDI

**ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ:** 22.500.000.000,00 ΔΡΧ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΜΗΚΟΣ:** 1.126 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 124 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 11 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Ασβεστόλιθος

2) Αργιλοαμμώδη – Χαλικοαμμώδη υλικά

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Εντοπίστηκε ισχυρά διαταραγμένος και κατακλαστικός ασβεστόλιθος, σε ποσοστό αναλογίας 70% ασβεστόλιθος κατακλαστικού τύπου και 30% αργιλοαμμώδη ως χαλικοαμμώδη γεωυλικά με εβαποριτικά τεμάχια. Παρόλο που δεν παρουσιάστηκε νερό, έγινε εμφανής η μεταβλητότητα του εδάφους με ροή υλικού, συνεχείς αποκολλήσεις και παρουσία ρήγματος.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η επίλυση του προβλήματος μόνο με τις τασικές θεωρήσεις κατέληξαν σε λάθος συμπεράσματα επειδή αγνοούνταν η κινηματική συμπεριφορά του πετρώματος. Τέλος, το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα δεν μπορούσε να στερεωθεί λόγω της αμελητέας συνοχής της βραχώμαζας.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη έγινε σε 2 φάσεις με μηχανικά μέσα. Όταν ο ασβεστόλιθος έπαψε να είναι κατακερματισμένος, έγινε διάτρηση μέσω ανατίναξης με αρχικό βήμα προχώρησης 1,42 μέτρα/ημέρα, μέγιστο 4,19 μέτρα/ημέρα και μέσο 2,95 μέτρα/ημέρα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 20-25 εκατοστών, τα πλαίσια ΗΕΒ, το πόδι του ελέφαντα, τα αγκύρια προπορείας, τα αγκύρια Φ50 των 30 χιλιοστών, οι δοκοί προπορείας, το προσωρινό δάπεδο, η διάτρηση και σωλήνωση σε κάθε τέταρτη σωλήνα ήταν μερικά από τα μέτρα που λήφθηκαν προκειμένου να αποφευχθεί η κατάρρευση της σήραγγας.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Επίσης, οι τσιμεντενέσεις και οι τσιμεντοπάσσαλοι στο μέτωπο, τα αυτοδιατρούμενα αγκύρια, τα αγκύρια προπορείας του μετώπου σε ακτινική διάταξη, τα φύλλα νευρομετάλλ πριν την εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος καθώς και η άμεση εφαρμογή αυτού και η στενή συνεργασία μελετητή και κατασκευαστή οδήγησαν στην άμεση αντιμετώπιση των πιο πάνω προβλημάτων.

## **2.44 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΩΔΩΝΗΣ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Ιωάννινα

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εγνατία Οδός, Παράκαμψη αρχαιολογικού χώρου

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Εγνατία Οδός

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΑΛΙΟΥ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΑΚΤΩΡ, ΑΒΑΞ, ΕΤΕΘ

**ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ:** 13.700.000.000,00 ΔΡΧ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΜΗΚΟΣ:** 3.000 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 11 Μ

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Ιόνια

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Ασβεστόλιθοι καρστικοποιημένοι  
2) Κερατόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Δεν παρουσιάστηκαν νερά του υδροφόρου ορίζοντα παρά μόνο νερά από βροχόπτωση. Ακόμη, από τη μελέτη δεν είχε προβλεφθεί η ξαφνική ροή υλικών και κατάκλιση της σήραγγας, η δημιουργία κρατήρα 80 μέτρων έως την επιφάνεια, λόγω των ασυνεχειών ανάμεσα στις στρώσεις, και η αποκόλληση κάποιων πλακών.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη ήταν ολομέτωπη. Πραγματοποιήθηκε με εκρηκτικά υλικά και κατά τόπους μηχανικά μέσα επειδή το μέγιστο υπερκείμενο έφτασε τα 250 μέτρα.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Χρησιμοποιήθηκαν δοκοί προπορείας για την αντιμετώπιση των καρστικών εγκοίλων που εμφανίστηκαν, 3 δοκιμαστικά διατρήματα προπορείας ανά 20 μέτρα και σφραγιστική στρώση μετώπου για την αποφυγή αναπνοής του πετρώματος και τις αποκολλήσεις των πλακών.

**ΜΗΧ. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:** Εκσκαφέας LIEBHERR 932, NORMET, 5 Φορτηγά, 2 Φορτωτές, 3 Διατρητικά, 2 Γεωτρύπανα CASAGRANDE



## 2.45 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΡΙΣΚΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Δροσοχώρι ποταμού Αραχθού

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εγνατία Οδός

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Εγνατία Οδός

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ – ΟΚ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΟΔΟΜΙΚΗ, ΘΕΜΕΛΙΟΔΟΜΗ, ΠΑΝΤΕΧΝΙΚΗ, ΕΥΚΛΕΙΔΗΣ

**ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ:** 29.500.000.000,00 ΔΡΧ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΜΗΚΟΣ:** 4.500 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 100 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 11 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Ιόνια

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Φλύσχης

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Τα γεωλογικά προβλήματα που εμφανίστηκαν ήταν:

- 1) το ετερογενές τεκτονικό περιβάλλον, οι γωνιώδεις πτυχώσεις και οι ζώνες ρηγμάτωσης,
- 2) η διάτμηση ανάμεσα στις στρώσεις,
- 3) η αρνητική επίδραση του νερού,
- 4) η έντονη υδροφορία λόγω των διακλάσεων ψαμμίτη και ρηγμάτων και η δύσκολη αποστράγγιση λόγω της μικρής διαπερατότητας των πετρωμάτων,
- 5) ο απρόβλεπτος και φτωχός διαταραγμένος φλύσχης,
- 6) τα συνθλιβόμενα εδάφη και η πλαστική συμπεριφορά και
- 7) οι αποκολλήσεις των πλακών.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Οι συγκλίσεις που παρατηρήθηκαν στη διατομή της σήραγγας ήταν της τάξεως των 15 εκατοστών. Επίσης παρατηρήθηκαν τα εξής: υπέρταση της υποστήριξης και αστοχίες, αποφλοιώση του σκυροδέματος, αστοχία των αγκυρίων, GSI μικρότερα κατά 30% από την μελέτη και υποχώρηση αλλά όχι σύγκλιση της στρώσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε πολλά σημεία λόγω κακής έδρασης στον πυθμένα του θόλου.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Με υπερκείμενα να φτάνουν τα 200 μέτρα, διανοίχθηκαν 12 συνδετήριες σήραγγες και χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος NATM σε 5 τυπικές διατομές με αξονική απόσταση μεταξύ των σήραγγων τα 30 μέτρα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Για την υποστήριξη της σήραγγας έγιναν τσιμεντενέσεις υποστήριξης και χρησιμοποιήθηκαν αγκύρια Φ32 πλήρους πακτώσεως των 6 μέτρων σε κάρναβο 1Χ1, κάθετες αγκυρώσεις στομίων και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ινοπλισμένο πάχους 40 εκατοστών. Αρχικά εφαρμόστηκαν πλαίσια LG ενώ στην συνέχεια πλαίσια τύπου HEB.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Καταγράφηκε η γεωλογία των μετώπων της σήραγγας, έγινε αναδρομή, ανάλυση και αλλαγή σε νέες τυπικές διατομές με νέα GSI και σχηματίστηκε η πρόταση για μεγαλύτερη ανοχή σύγκλισης της. Τέλος, κατασκευάστηκαν αποστραγγιστικές οπές μήκους 12 μέτρων και έγινε πλοήγηση του ενός κλάδου αρκετά ώστε να υπάρξει επίδραση και στην αποστράγγιση.

## 2.46 ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΝΘΟΧΩΡΙΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Βοττονόσι - Ανθοχώρι

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εγνατία Οδός

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Εγνατία Οδός

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** ΠΑΝΤΖΑΡΤΖΗΣ, EDR, ΔΟΜΗ, ΑΔΦ, ΟΚ, ΤΕΧΝΙΚΗ, ΟΙΚΟΝΟΜΟΠΟΥΛΟΣ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΜΗΧΑΝΙΚΗ, ΑΒΑΞ, ΑΘΗΝΑ, ΜΟΧΛΟΣ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΜΗΚΟΣ:** 674 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 11 Μ

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Φλύσχης Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η περιοχή επώθησης της ζώνης Πίνδου στην Ιόνια ζώνη, η τεκτονική δομή ανάμεσα στις δύο αυτές ζώνες διάτμησης, οι αδύναμες μάζες, η πιθανότητα υλικών διόγκωσης, οι ζώνες διάτμησης με μορφή μυλονίτη και η λεπίωση του πινδικού φλύσχη ήταν μερικά από τα γεωλογικά προβλήματα που έκαναν την εμφάνισή τους κατά την διάρκεια της εκσκαφής της σήραγγας. Ο αρχικός σχεδιασμός προέβλεπε ολομέτωπη εκσκαφή και ενίσχυση του μετώπου με αγκύρια ενώ υπήρξαν αστοχίες πλαισίων, με αποτέλεσμα τις συγκλίσεις της σήραγγας έως και 30 εκατοστά.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Μερικά ακόμα από τα προβλήματα που προέκυψαν ήταν η έλλειψη εμπειρίας σε αποδιοργανωμένο φλύσχη, η επιρροή μεταξύ των δύο σήραγγων, η δημιουργία σκιών από την εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε πλαίσια IPB, η συνεχόμενη εκσκαφή του θόλου, των παρειών και του πυθμένα, συνέπεια του οποίου ήταν η μη ασφαλής εκσκαφή για κάθε βήμα αυτής και η ύπαρξη της χρονικής επιβάρυνσης λόγω κατασκευής ράμπας κατά 25%.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Με μέγιστο υπερκείμενο τα 90 μέτρα και κλίση 5%, η ολομέτωπη διάνοιξη της σήραγγας έγινε σε 2 φάσεις με χρήση μηχανικών μέσων και τοπικά χρήση εκρηκτικών.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η υποστήριξη του μετώπου έγινε με αγκύρια Fiberglass και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 30 εκατοστών. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν δοκοί προπορείας, πλαίσια IPB και LG, αυτοδιατρούμενα αγκύρια, το μήκος των οποίων σε αδύναμη περιοχή δεν ήταν μεγαλύτερο της πλαστικής ζώνης, και 4 μικροπάσσαλοι των 12 μέτρων σε κάθε βάση πλαισίου.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων έγινε αλλαγή μελέτης, παρακολούθηση των μετακινήσεων, άμεση επαφή των πλαισίων με την ομπρέλα των δοκών προπορείας και καλή έδραση των πρώτων, επανασχεδίαση της σήραγγας με τη δημιουργία δύο φάσεων εκσκαφής και μεγάλη καμπυλότητα του πυθμένα που οδήγησε στην κυκλική διατομή της σήραγγας.



## 2.47 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΡΟ ΣΕΠΟΛΙΑ ΑΤΤΙΚΗ

**ΕΙΔΟΣ:** Σιδηροδρομική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Μετρό Αθηνών

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 11/1987 έως 07/1989

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Αττικό Μετρό

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΚΕ ΟΛΥΜΠΙΑΚΟ ΜΕΤΡΟ 23 εταιρείες ελληνικές, γαλλικές, γερμανικές

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 902 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 65 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 8,54 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Αθηναϊκός Σχιστόλιθος

2) Αλλουβιακές ποτάμιες αποθέσεις

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η σήραγγα κατασκευάστηκε κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα το βάθος του οποίου ήταν 4-8 μέτρα. Εντοπίστηκε μεγάλο δευτερογενές πορώδες από καρστικό μαργαϊκό ασβεστόλιθο με μορφή καλά συγκολλημένου τεκτονικού λατυποπαγές και από συμπαγή δολερίτη με διακλάσεις. Η παροχή του νερού σε συγκεκριμένο σημείο έφτασε τα 390 m<sup>3</sup>/ημέρα με σταδιακή μείωση 108 m<sup>3</sup>/ημέρα σε 6 ημέρες.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Παρουσιάστηκαν επίσης σκληρά πετρώματα, φθορές στο μηχανολογικό εξοπλισμό και αργή προχώρηση. Οι υπερεκσκαφές έφτασαν κατά μέσο όρο τα 5,97 m<sup>3</sup> ανά βήμα προχώρησης, 1,10 m<sup>3</sup> σε σχιστολιθικό και φυλλιτικό υλικό με μικρή συνοχή και χαμηλό χρόνο αυτουποστήριξης, ενώ υπήρχαν και υπερεκσκαφές από παλιά πηγάδια.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη της σήραγγας έγινε σε 2 φάσεις με μηχανήμα σημειακής κοπής, με χρήση υδραυλικής σφύρας και με χρήση εκρηκτικών.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Για την αντιμετώπιση των υπογείων νερών που εμφανίστηκαν, χρησιμοποιήθηκαν τσιμεντενέσεις πληρώσεως, έγιναν γεωτρήσεις προπορείας και προετοιμάστηκε το εργοτάξιο για δυνατότητα μεγάλων αντλήσεων. Ακόμη, έγινε εφαρμογή εκρηκτικών κατά το 2% της εκσκαφής σε πετρώματα με αντοχή 80 ΜΡα για προρηγμάτωση και χαλάρωση. Τέλος δεν αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα λόγω μικρής χρήσης των εκρηκτικών.

**ΜΗΧ. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:** ROADHEADER WAV 178 WESTFALIA LUNER 180 KW, Εκσκαφέας LIEBHERR 902, Υδραυλική Σφύρα

## 2.48 ΣΗΡΑΓΓΑ ΡΑΨΟΜΜΑΤΗ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Μαρμαριά – Ραψομάτη (Μεγαλόπολη Τρίπολης)

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Οδικός άξονας Τρίπολη-Καλαμάτα

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 08/1999 έως 02/2002

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ, ΑΒΞΕ ΑΕ, ΕΤΕΘ ΑΕ

**ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ:** 7.900.000.000,00 ΔΡΧ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 1.350 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Λεπτοπλακώδης Ασβεστόλιθος

2) Λιμναίες αποθέσεις

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Κρητιδικό ασβεστόλιθοι προς φλύσχη, λεπτοπλακώδεις με ψαμμίτες, κερατόλιθους, πηλίτες.

## 2.49 ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΓΙΟΥ ΗΛΙΑ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αμάραντα Αιτωλοακαρνανίας

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Παραιονία Οδός

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 08/1999 έως 02/2002

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΕΤΑΝΕ ΕΥΚΛΕΙΔΗΣ ΑΕ, ΘΕΜΕΛΗ ΑΕ, ΤΡΙΤΩΝ ΑΕ

**ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ:** 5.500.000.000,00 ΔΡΧ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 650Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Ιόνια

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Αλπικοί σχηματισμοί

2) Λατυποπαγή τεκτονικά

3) Νεογενή

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η σπηλαιώδης μορφολογία με αργιλικό υλικό πλήρωσης και ο διαφυρισμός των εβαποριτών γύψου και ανυδρίτη προκάλεσαν τον θρυμματισμό της στρωματογραφικής σειράς και τη δημιουργία λατυποπαγών σε τεκτονική επαφή με τα νεογενή.

## **2.50 ΣΗΡΑΓΓΑ ΝΑΥΠΑΚΤΟΥ**

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Παράκαμψη Ναυπάκτου

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΤΡΙΤΩΝ ΑΤΕ

**ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ:** 2.650.000.000,00 ΔΡΧ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 500 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 11,1 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Κρητιδικός Ασβεστόλιθος  
2) Σχιστοκερατόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Το γεωλογικό πρόβλημα που παρουσιάστηκε ήταν ο επωθημένος σχηματισμός Πίνδου με μορφή υπολειμματικού λέπους σε δύο διακριτές λιθολογικές φάσεις: τον σχιστοκερατόλιθο και τον κρητιδικό ασβεστόλιθο.

## **2.51 ΣΗΡΑΓΓΑ ΥΜΗΤΤΟΥ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αθήνα

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Δολομιτικός σχηματισμός

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Ο δολομιτικός σχηματισμός αττικοκυκλαδικής μάζας ήταν ομοιογενής, καλής ποιότητας και τεκτονισμένος. Τέλος, παρουσιάστηκαν ρήγματα καθώς και ποιοτική υποβάθμιση του υπεδάφους.

## **2.52 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΟΥΚΟΝΤΩΝΗ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Πλαταμόνας Πιερίας

**ΕΙΔΟΣ:** Σιδηροδρομική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Νέα διπλή σιδηροδρομική γραμμή Αθηνών-Θεσσαλονίκης

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 1.388 Μ

## 2.53 ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΓΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Άγιος Κωνσταντίνος, Καμένα Βούρλα

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Παράκαμψη χωριών, 22 χλμ Δίκτυο

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Οι υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής από τις πηγές του Αγίου Κωνσταντίνου για την ύδρευση αυτής, οι θερμομεταλλικές πηγές των Καμένων Βούρλων, τα ενεργά ρήγματα της Αταλάντης καθώς και η σεισμικότητα της περιοχής, προκάλεσαν ενεργές κατολισθήσεις και μία περιοχή διχαλορέματος.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Οι οικισμοί της περιοχής, το περιβάλλον και το έντονο μορφολογικό ανάγλυφο αποτέλεσαν επιπλέον προβλήματα για την κατασκευή της σήραγγας.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Για την αντιμετώπιση λοιπόν των παραπάνω προβλημάτων αποφασίστηκε η αλλαγή χάραξης της σήραγγας του Αγίου Κωνσταντίνου.

## 2.54 ΣΗΡΑΓΓΑ ΤΕΜΠΩΝ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Κοιλάδα Τεμπών

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΥΠΕΧΩΔΕ

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ, ΔΙΟΛΚΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΠΕ, ΕΔΦΟΜΗΧ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΜΗΚΟΣ:** 5.950 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Κρυσταλλικός Ασβεστόλιθος  
2) Φυλλίτης

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η επίδραση στις καρστικές πηγές που εκφορτίζονται στο ύψος του Πηγειού προκάλεσαν ένα έντονο ρήγμα παράλληλα με τον άξονα της σήραγγας.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Αρνητικός παράγοντας επίσης για την κατασκευή της σήραγγας ήταν τα περιβαλλοντικά προβλήματα του NATURA 2000.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Για την μετακίνηση της υψομετρικής και της οριζόντιας χάραξης κατά 500 μέτρα, και για την αντιμετώπιση των καρστικών πηγών και την παρουσία του ρήγματος, έγινε αλλαγή χάραξης από την πλευρά του Ολύμπου στην πλευρά της Όσσας λόγω της πολύπλοκης γεωλογικής δομής της περιοχής. Τέλος δημιουργήθηκε μία μεγαλύτερη σήραγγα με προβλέψιμη γεωλογία.

## **2.55 ΣΗΡΑΓΓΑ ΝΕΟΥ ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΟΝΑ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Πλαταμώνας – Παντελεήμονας Πιερίας

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** ΠΑΘΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Οι πολλές πηγές ύδρευσης της περιοχής δημιούργησαν προβλήματα στην κατασκευή της σήραγγας.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Επίσης η προστασία του περιβάλλοντος λόγω του αρχαιολογικού χώρου που υπάρχει, ήταν ακόμη ένα πρόβλημα.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Η αλλαγή χάραξης ήταν αναπόφευκτη προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα και να συνεχιστεί η κατασκευή της σήραγγας.

## **2.56 ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΚΤΙΟΥ ΠΡΕΒΕΖΗΣ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Πρέβεζα

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Συντόμευση διέλευσης από 30 λεπτά σε 5 λεπτά

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΚΞΙΑ CHRISTIANI & NIELSEN LTD, ΤΕΓΚ ΑΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 1.570 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 10,6 Μ

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη της συγκεκριμένης σήραγγας έγινε 910 μέτρα υποβρύχια, με τοποθέτηση υφαιλάλακα στον πυθμένα και κάλυψη με κοκκώδη υλικά.

## **2.57 ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑΣ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Θεσσαλονίκη

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εγνατία Οδός

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Εγνατία Οδός

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΜΗΚΟΣ:** 245 Μ

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Μάζα Σερβομακεδονική

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Βιοτικός Γνεύσιος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Μερικά από τα προβλήματα που έκαναν την εμφάνισή τους ήταν:

- 1) η ελαφρά ως μέτρια εξαλλοιωμένη βραχώμαζα και ισχυρά τεκτονισμένη,
- 2) οι δομικές ασυνέχειες,
- 3) η δημιουργία υποβάθρου από μανδύα αποσάθρωσης ιλυοαργιλώδους άμμου και χαλικιών,
- 4) η μη ομοιόμορφη αποσάθρωση του γνευσίου και η χαοτική μορφή του,
- 5) οι βαθιές μισγάγγειες μπροστά από τα δύο στόμια των σήραγγων και
- 6) η εγγύτητα με παραθεριστικό οικισμό και αγωγό καυσίμων.

**ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ:** Το έντονο ανάγλυφο της περιοχής προστέθηκε στη λίστα με τα προβλήματα που προαναφέρθηκαν.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Με μέγιστο υπερκείμενο τα 60 μέτρα και με αξονική απόσταση μεταξύ των δύο σήραγγων τα 50 μέτρα, η εκσκαφή αυτών πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις.

## **2.58 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΡΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Θεσσαλονίκη

**ΕΙΔΟΣ:** Σιδηροδρομική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Μετρό

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** BOUYGUES, BOMBARDIER, SYSTRA SOFRETU

**ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ:** 120.000.000.000 ΔΡΧ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 9.400 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 7,55 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Παιονίας

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Αμμώδεις ενστρώσεις  
2) Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά  
3) Σκληρή Άργιλος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η παρουσία κροκαλοπαγών και φάκων ψαμμιτών με μικρή περατότητα, οι τοπικές υδροφορίες αλλά όχι υδροφόρα στρώματα και οι παλαιές κοίτες χειμάρρων αποτέλεσαν σημαντικά γεωλογικά προβλήματα που έχριζαν λύση.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη της σήραγγας βρίσκεται υπό μελέτη.



## 2.59 ΣΗΡΑΓΓΑ ΤΡΙΚΕΡΑΤΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Ελευσίνα, Νέα Πέραμος

**ΕΙΔΟΣ:** Σιδηροδρομική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Μείωση χρόνου κατά 45 λεπτά

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΕΡΓΟΣΕ

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** ΚΕ ΑΒΑΞ ΑΤΕΜΚΕ ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΗ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 1.810 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 11 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Πελαγονική

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Διακεκλασμένος Ασβεστόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Το γεωλογικό πρόβλημα που έπρεπε να αντιμετωπιστεί ήταν οι ασβεστόλιθοι με την παρουσία διακλάσεων και καρστικών δομών, πληρωμένων με ασβεστιτικό υλικό και ερυθρή αμμώδη άμμο.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η σήραγγα διέρχεται ανισόπεδα κάτω από την νέα εθνική οδό Αθηνών-Κορίνθου με πολύ μικρό πάχος υπερκείμενων υλικών από 3 έως 5 μέτρα. Απαιτήθηκε εξειδικευμένη αντιμετώπιση όπως δοκίδες προπορείας, μικροπάσσαλοι, προεντεταμένα αγκύρια και αμυντική στοά λόγω της χαλαρής δομής των υλικών στέψης και της ασύμμετρης φόρτισης.

## 2.60 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΑΛΑΚΑΣΑΣ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αττική

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εγνατία Οδός

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Εγνατία Οδός

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ:** Οφιόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η ετερογένεια του περιδοτίτη και του διαβάση, η αποσάθρωση τους και το κορεσμένο και αδιαπέρατο στρώμα, προκάλεσαν την κατολίσθηση της πλαγιάς στο ανατολικό στόμιο της σήραγγας, την κατάπτωση από την οροφή και πλήρωση ολόκληρης της διατομής για 4 έως 6 μέτρα και τέλος την εγκατάλειψη της κατασκευής.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Κατασκευάστηκε τμήμα cut & cover με πασσαλότοιχο, ενώ η κατολίσθηση αντιμετωπίστηκε είτε με υπέργεια εκσκαφή με κίνδυνο πρόκλησης νέας κατολίσθησης, είτε υπόγεια με χρήση δοκών προπορείας.

## **2.61 ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΝΗΛΙΟΥ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Ανήλιο Τμήμα 3.3

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εγνατία Οδός

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Εγνατία Οδός

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΜΗΚΟΣ:** 2.100 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 10,5 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Φλύσχη

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Λόγω της πολυπλοκότητας των γεωλογικών συνθηκών, της διάσχισης μιας παλιάς κατολίσθησης και των ασταθών περιοχών, δημιουργήθηκαν 5 κύριες επιπεύσεις κατά μήκος λεπτομερέστερων φάσεων του φλύσχη που δρα ως λιπαντικό μέσο, διερρηγμένες ζώνες και ρήγματα με υλικό πλήρωσης μαλακού φλύσχη, τεκτονική καταπόνηση και στρέψη των σχηματισμών. Τέλος διαπιστώθηκαν εναλλαγές ψαμμίτη και ιλυολίθων.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη της σήραγγας έγινε με μέγιστο ύψος υπερκειμένων τα 240 μέτρα.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Αρχικά είχε μελετηθεί σαν σήραγγα μονού κλάδου διπλής κατεύθυνσης αλλά τελικά υπήρξε απόφαση για κατασκευή δύο σηράγγων, λόγω της γέφυρας του Μετσόβου που έχει 4 λωρίδες κυκλοφορίας. Τέλος, μελετήθηκαν διάφορες φάσεις γεωλογικών, γεωφυσικών και γεωτεχνικών ερευνών.

**ΕΙΔΟΣ ΠΛΑΙΣΙΩΝ:** LG

## **2.62 ΣΗΡΑΓΓΑ ΒΟΤΟΝΟΣΙΟΥ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Βοτονόσι Τμήμα 3.2, Μέτσοβο

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Εγνατία Οδός

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Εγνατία Οδός

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΜΗΚΟΣ:** 522 Μ

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ-ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Πίνδου

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Φλύσχη Πίνδου

Το Τμήμα 3.2 της Εγνατίας Οδού βρίσκεται στο Ν. Ιωαννίνων περίπου 15 km δυτικά του Μετσόβου και εκτείνεται κατά μήκος της κοιλάδας του Ποταμού Μετσοβίτικου μεταξύ Ανθοχωρίου και Βάλια ντε Γιούρα.

Αρχικά επρόκειτο να βρίσκεται στην νότια όχθη του Μετσοβίτικου όπου και μελετήθηκε γεωτεχνικά η διέλευση της Εγνατίας. Η εξετασθείσα χάραξη είχε επιλεγεί περισσότερο επί τη βάση τοπογραφικών χαρακτηριστικών παρά γεωτεχνικών.

Το τμήμα ανήκει γεωλογικά στη Ζώνη Πίνδου, όχι πολύ μακριά από τα όρια της ζώνης αυτής με την Ιόνια Ζώνη (εντός του γειτονικού Τμήματος 3.1). Όλη η περιοχή της χάραξης καλύπτεται από τεκτονικά διαταραγμένο φλύσχη με κορήματα, κολλούβια και χαλαρά εδαφικά υλικά στην επιφάνεια, με έντονη την παρουσία των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Τα κύρια γεωτεχνικά προβλήματα ήταν η αντιμετώπιση αρκετών παλιών και νέων κατολισθήσεων.

Το κύριο μέτρο σταθεροποίησης που επιλέχθηκε για την περιοχή ήταν μία αποστραγγιστική σήραγγα που θα κατασκευαζόταν παράλληλα με την Εγνατία Οδό, ανάντη αυτής σε σχέση με τον παρακείμενο ποταμό Μετσοβίτικο και σε υψόμετρο οριακά υψηλότερο της κοίτης του.

Περισσότερα στοιχεία για την εκτίμηση της επίδρασης της σήραγγας στο καθεστώς των υπογείων υδάτων και την επιρροή της ταπείνωσης της στάθμης στην ευστάθεια της περιοχής παρατίθεται στους Fikiris et al. (1999). Η επίδραση της στραγγιστικής σήραγγας θα συνδυαζόταν και με άλλα μέτρα σταθεροποίησης για κάθε κατολισθητικό φαινόμενο ξεχωριστά.

Οι αβεβαιότητες στον προσδιορισμό των προβλημάτων και το διαφαινόμενο υψηλό κόστος και ρίσκο των λύσεων σταθεροποίησης, οδήγησαν τελικά στην ριζική αλλαγή της χάραξης η οποία αμέσως μετά την έξοδο της σήραγγας Ανθοχωρίου περνάει τελικά στη βόρεια όχθη του Ποταμού Μετσοβίτικου μέσω της γέφυρας Βοτονοσίου.

Από τις περιπτώσεις σημαντικών κατολισθητικών φαινομένων που παρουσιάστηκαν μπορούν να γίνουν οι εξής παρατηρήσεις σε ό,τι αφορά τη συσχέτισή τους με την χάραξη οδών:

Έγκαιρο εντοπισμό της αδυναμίας διέλευσης από την περιοχή σημαντικών κατολισθητικών φαινομένων και ριζική μεταβολή της χάραξης ώστε να περνάει από περιοχές χωρίς κατολισθητικά φαινόμενα, ή κατολισθητικά φαινόμενα που μπορούν να αντιμετωπιστούν με εύλογο κόστος και μικρό ρίσκο (π.χ. Τμήμα 3.2 της Εγνατίας Οδού).

## 2.63 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΡΟ ΛΑΡΙΣΗΣ – ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αθήνα  
**ΕΙΔΟΣ:** Σιδηροδρομική  
**ΣΚΟΠΟΣ:** Μετρό Αθηνών  
**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 04/1994 έως 12/1998  
**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Αττικό Μετρό  
**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** Κοινοπραξία Ολυμπιακό Μετρό  
**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1  
**ΜΗΚΟΣ:** 3.401 Μ  
**ΠΛΑΤΟΣ:** 9,18 Μ  
**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Αθηναϊκός Σχιστόλιθος  
2) Αλλουβιακές προσχώσεις  
3) Αποσαθρωμένος Περιδοτίτης

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Πραγματοποιήθηκαν 412 υπερεκσκαφές με διαστάσεις 1Χ0,5Χ2 μέτρα. Πιο συγκεκριμένα, προκλήθηκε κατάρρευση του τμήματος της επιφάνειας της οδού Δεληγιάννη λόγω της υπερεκσκαφής των 5 μέτρων που πραγματοποιήθηκε. Στην πλατεία Καραϊσκάκη μετά την υπερεκσκαφή των 7Χ11 μέτρων ακολούθησε πλημμύρα και κατάπτωση του οδοστρώματος. Τέλος, λόγω της υπερεκσκαφής που πραγματοποιήθηκε στην Πανεπιστημίου, προκλήθηκε κατάρρευση του αγωγού ακαθάρτων και ομβρίων και αφού συνεχίστηκε η προώθηση του TBM παρουσία πολλών υπερεκσκαφών, ακολούθησε κατάρρευση του οδοστρώματος και του περιπτέρου.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Το TBM πλημμύρισε δύο φορές λόγω μεγάλων βροχοπτώσεων στον σταθμό Λαρίσης, η πρώτη στις 31/5/1994 και η δεύτερη στις 21/10/1994, καθώς επίσης συναντήθηκαν πολλά αρχαία πηγάδια και αρχαιολογικά ευρήματα μέσα στην σήραγγα κοντά στην Ακρόπολη.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη έγινε με TBM του οποίου κάθε δακτύλιος είχε βάρος 40,6 τόννους από 8 προκατασκευασμένα στοιχεία, με μέσο όρο προόδου τα 10,5 μέτρα/ ημέρα και μέγιστη προχώρηση τα 28,5 μέτρα/ημέρα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Χρησιμοποιήθηκε εκτοξευόμενο σκυρόδεμα από την κοπτική κεφαλή για ενίσχυση του εδάφους, συνολικού όγκου 5.500 m<sup>3</sup>.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Έγινε έκχυση σκυροδέματος και τσιμεντενέσεις, τοποθετήθηκαν μικροπάσσαλοι και αγκύρια από την επιφάνεια, κατασκευάστηκε όρυγμα στην πλατεία Καραϊσκάκη ώστε να αποφευχθούν οι καταρρεύσεις, εκκενώθηκαν και κατεδαφίστηκαν τρία κτίρια. Ακόμα κατασκευάστηκαν πιλοτική σήραγγα μήκους 188 μέτρων από την Ομόνοια για έρευνα και ενίσχυση της σήραγγας, και προσωρινή σήραγγα 42 μέτρων για την ολίσθηση της κεφαλής του TBM. Επίσης πληρώθηκαν τα κενά, εφαρμόστηκαν τσιμεντενέσεις διάχυσης στην Πανεπιστημίου και κατασκευάστηκε πιλοτική σήραγγα 764 μέτρων από το Νέο Κόσμο.

## 2.64 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΡΟ ΚΑΤΕΧΑΚΗ – ΣΥΝΤΑΓΜΑ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αθήνα

**ΕΙΔΟΣ:** Σιδηροδρομική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Μετρό Αθηνών

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 10/1994 έως 08/1996

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Αττικό Μετρό

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** Κοινοπραξία Ολυμπιακό Μετρό

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 5.964 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 9,18 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Αθηναϊκός Σχιστόλιθος  
2) Αλλουβιακές προσχώσεις

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Πραγματοποιήθηκαν 38 υπερεκσκαφές 1,5Χ0,5Χ3 μέτρα. Λόγω των φτωχών εδαφικών συνθηκών, των υπογείων υδάτων και αρχαίων πηγαδιών, προκλήθηκε κατάρρευση της επιφάνειας στον Εθνικό Κήπο. Ακόμη, πραγματοποιήθηκαν 7 υπερεκσκαφές κάτω από την οδό Νίκης λόγω παρουσίας αρχαίων πηγαδιών γεμάτων με νερό βάθους 20 μέτρων, οι οποίες προκάλεσαν κατάρρευση του οδοστρώματος και αποκάλυψη των θεμελίων του Υπουργείου Εθνικής Οικονομίας.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Τα υπερκείμενα στην οδό Νίκης έφτασαν τα 11 μέτρα, ενώ η ύπαρξη του Αδριανείου Υδραγωγείου δίπλα στον σταθμό Πανόρμου, αποτέλεσε ακόμα ένα πρόβλημα στην διάνοιξη της σήραγγας η οποία πραγματοποιήθηκε με μηχάνημα ΤΒΜ.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Εφαρμόστηκε εκτοξευόμενο σκυρόδεμα από την κεφαλή κοπής για την ενίσχυση του εδάφους, συνολικού όγκου 2.800 m<sup>3</sup>.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Για την αντιμετώπιση των προαναφερθέντων προβλημάτων πραγματοποιήθηκε η κατασκευή και εκτροπή του Αδριανείου αγωγού, η πλήρωση του ανοίγματος του Εθνικού κήπου με 318 m<sup>3</sup> σκυροδέματος Β160, 32 m<sup>3</sup> εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και 1.360 m<sup>3</sup> υλικό επίχωσης.

Οι εργασίες στην οδό Νίκης σταμάτησαν προκειμένου να προστατευθεί το μέτωπο με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, να γίνει πλήρωση της κοιλότητας με σκυρόδεμα και εφαρμογή τσιμεντενέσεων διάχυσης ενέματος. Επιπλέον, αποφασίστηκε η κατασκευή του υπόλοιπου τμήματος των 1.100 μέτρων προς το Μοναστηράκι με τη συμβατική μέθοδο NATM, η αποσυναρμολόγηση αυτού, η παγίδευση της ασπίδας και η κάλυψή του με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

## 2.65 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΡΟ ΔΑΦΝΗΣ – ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αθήνα

**ΕΙΔΟΣ:** Σιδηροδρομική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Μετρό Αθηνών

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** Από 09/1998 έως 03/1999

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Αττικό Μετρό

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** Κοινοπραξία OMC

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 765 Μ

**ΠΛΑΤΟΣ:** 9,48 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Αθηναϊκός Σχιστόλιθος  
2) Αλλουβιακές προσχώσεις

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Ο σερικιτικός μεταψαμμίτης, πλούσιος σε χαλαζία και σεσικίτη, το μαύρο αργιλικό υλικό πλήρωσης στις ασυνέχειες, ο ασβεστιτικός μεταψαμμίτης, η συνάντηση των ζωνών διάτμησης με μυλονιτική άργιλο και τα φακοειδή τεμάχια μητρικού πετρώματος, οι τεκτονικώς διατμημένοι και σχιστοποιημένοι σχηματισμοί, η μικρή περατότητα εμποδιζόμενη από αργιλομιγείς σχηματισμούς, οι τοπικές εισροές νερού και οι καταπτώσεις ήταν μερικά από τα προβλήματα.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Προκλήθηκαν εκτεταμένες καθιζήσεις της επιφάνειας λόγω των φτωχών εδαφικών συνθηκών και ζημιές σε κτίρια. Οι εισροές του νερού από το μέτωπο προκάλεσαν πρόσθετες καθιζήσεις λόγω της εκτόνωσης των υδροστατικών πιέσεων και της υποβάθμισης της κατάστασης των ασυνεχειών.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Μέθοδος OFS για εκσκαφή σε πετρώματα με μέγιστη αντοχή τα 120 MPa. Ο μέσος όρος προχώρησης ήταν τα 8,5 μέτρα/ημέρα, με μέγιστη προχώρηση τα 16 μέτρα/ημέρα και κατά τα  $\frac{3}{4}$  της σήραγγας να διέρχονται κάτω από τα κτίρια με υπερκείμενα που κυμαίνονταν από 8,6 έως 19,1 μέτρα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Τα μέτρα υποστήριξης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα ακόλουθα:

- 1) προκατασκευασμένα δακτυλίδια,
- 2) λάμες προπορείας από το ίδιο το μηχάνημα,
- 3) εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε περιπτώσεις χαλάρωσης του μετώπου,
- 4) πλήρωση του δακτυλιοειδούς κενού με τσιμεντένεμα.

Επιπλέον, στην κύρια φάση κατά την προώθηση της ασπίδας χρησιμοποιήθηκαν 6 έως 9 m<sup>3</sup> μίγματος τσιμέντου-άμμου και νερού με πίεση 3 bar, ενώ στις δευτερεύουσες φάσεις και σε αποστάσεις 20 και 150 μέτρα από το μέτωπο και μετά το τέλος της σήραγγας, χρησιμοποιήθηκε τσιμεντένεμα για στεγάνωση.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Κατασκευάστηκε πιλοτική σήραγγα μήκους 238 μέτρων για την βελτίωση του εδάφους, την διερεύνηση και την στράγγιση από τη στέγη της σήραγγας του σταθμού του Αγίου Ιωάννη, και τέλος, εφαρμόστηκαν τσιμεντενέσεις διάχυσης ενέματος και τένοντες από ίνες υέλου.

## 2.66 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αθήνα  
**ΕΙΔΟΣ:** Υπόγειος θάλαμος  
**ΣΚΟΠΟΣ:** Μετρό Αθηνών  
**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 10/1996  
**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Αττικό Μετρό  
**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1  
**ΜΗΚΟΣ:** 100 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Σημειώθηκαν καθιζήσεις στην επιφάνεια με ρυθμό 1,5 χιλιοστό/ημέρα με σταθεροποίηση αυτών στα 65 μέτρα.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Στην κορυφή του πετάλου συναντήθηκαν 14 αρχαία πηγάδια και πάνω από 50.000 κινητά ευρήματα.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Με 16 μέτρα υπερκείμενα, η διάνοιξη έγινε με τη μέθοδο NATM και με micro TBM διαμέτρου 1.250 χιλιοστών.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Έγινε προυποστήριξη του θόλου της σήραγγας με τη μέθοδο της διάνοιξης μικροσηράγγων σε σχήμα πετάλου 22 σειρών.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Κατασκευάστηκαν 2 πιλοτικές σήραγγες διαμέτρου 3 μέτρων στην κορυφή του πετάλου καθώς και 2 στοές αφίξεως σε κάθε πλευρά του σταθμού για την πρόσβαση της κεφαλής εκσκαφής του micro TBM. Ακόμα, έγινε πλήρωση των πηγαδιών με σκυρόδεμα από τις στοές και από την επιφάνεια.

## 2.67 ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Πάτρα  
**ΕΙΔΟΣ:** Οδική  
**ΣΚΟΠΟΣ:** Παράκαμψη Πάτρας  
**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 12/1998  
**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** ΟΜΕΤΕ  
**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** Κοινοπραξία ΑΕΓΕΚ, ΤΡΙΤΩΝ Π  
**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2  
**ΜΗΚΟΣ:** 290 Μ  
**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 135 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Κροκαλοπαγή  
2) Σκληρή άργιλος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η μάζα των ποτάμιων αποθέσεων σε μορφή ιλυώδους άμμου με κροκάλες ήταν πολύ συνεκτική. Επίσης, εντοπίστηκαν αμμοαργιλώδη ιζήματα αλλά όχι σημαντική υδροφορία.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Η μορφολογία του ανάγλυφου στην έξοδο της σήραγγας ήταν έντονη, η περιοχή της εκσκαφής ήταν αρχαιολογικά προστατευόμενη καθώς και ο κίνδυνος ολίσθησης πρανούς σε εργασίες διαμόρφωσης ήταν εμφανής.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Για την διάνοιξη εφαρμόστηκε η ιταλική μέθοδος δηλαδή ολομέτωπη εκσκαφή και γρήγορο κλείσιμο του πυθμένα. Πιο αναλυτικά, η Α φάση της εκσκαφής έφτασε στο 80% της διατομής με πάχος υπερκειμένων τα 15-53 μέτρα και πάχος κεντρικού στύλου τα 15 μέτρα.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η υποστήριξη της σήραγγας έγινε με τα ακόλουθα μέσα:

- 1) πλαίσια ΗΕΒ 240 ανά 0,90 μέτρα,
- 2) εκτοξευόμενο σκυρόδεμα,
- 3) αγκύρια Fiberglass στο μέτωπο της σήραγγας,
- 4) δοκούς προπορείας Φ76 των 12 μέτρων όχι συστηματικά,
- 5) μόνιμη επένδυση του πυθμένα πάχους 0,60 έως 0,80 μέτρα και σε απόσταση 9 μέτρα από το μέτωπο σε φάσεις των 4,5 μέτρων και
- 6) σωλήνες στράγγισης μπροστά από το μέτωπο.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Πραγματοποιήθηκε διάνοιξη στην περιοχή εξόδου, από μέσα προς τα έξω, με σύγχρονη πύκνωση δοκών προπορείας, προκειμένου να αποφευχθεί η χαλάρωση του περιβάλλοντος πετρώματος σε χαλαρούς σχηματισμούς με μικρό υπερκείμενο (ιταλική μέθοδος).

## 2.68 ΣΗΡΑΓΓΑ ΓΗΡΟΚΟΜΕΙΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Πάτρα

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Παράκαμψη Πάτρας

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 01/1994

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Πλειστοκαινικά Ιζήματα

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Εντοπίστηκαν ιζήματα μεταβλητής συνεκτικότητας και υδατοπερατότητας από άμμο (ιλύς) έως σκληρή άργιλο, τοπικά αναπτυσσόμενοι υδροφορείς, δυσμενείς συνθήκες με μεγάλες παροχές υπογείων υδάτων, την παρουσία της ιλύος να καθιστά αδύνατη την αποστράγγιση του εδάφους και την εισροή μη συνεκτικού υλικού από το άνοιγμα των δοκίδων προπορείας.

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Τα αγκύρια μετώπου που παρουσίασαν αδυναμία ενεμάτωσης, η συχνή εξόλκευση των αγκυρίων κατά την εκσκαφή, η αστάθεια του μετώπου, οι δημιουργούμενοι κρατήρες στην επιφάνεια, η αδυναμία των τσιμεντενέσεων λόγω του υψηλού ποσοστού της ιλύος, οι καθιζήσεις των 8 εκατοστών οφειλούμενες κατά ένα μεγάλο ποσοστό στις εργασίες υποστήλωσης λόγω του αυξημένου φορτίου των δοκών προπορείας, ήταν ορισμένα από τα σοβαρότερα προβλήματα που προκλήθηκαν κατά την διάνοιξη της σήραγγας.



**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η ολομέτωπη διάνοιξη έγινε με τη χρήση μηχανημάτων με υψηλούς και σταθερούς ρυθμούς παραγωγής (30-50 μέτρα/μήνα συμπεριλαμβανομένης και της μόνιμης υποστήριξης του πυθμένα).

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η υποστήριξη πραγματοποιήθηκε με χαλύβδινα πλαίσια HEB 240 ανά 0,60-0,90 μέτρα, με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, με ενίσχυση του μετώπου με αγκύρια Fiberglass και με δοκίδες προπορείας Φ76 μήκους 12 μέτρων.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Με την ολομέτωπη εκσκαφή, την άμεση κατασκευή ενός στατικά ισχυρού δακτυλίου, τον περιορισμό των προβλημάτων στο μέτωπο, την μόνιμη επένδυση του πυθμένα πάχους 0,60-0,80 μέτρων και σε απόσταση 10 μέτρα από το μέτωπο διάνοιξης σε φάσεις των 4,5 μέτρων, την διάνοιξη στις κρίσιμες περιοχές με εφαρμογή ισχυρότερων δοκίδων προπορείας μεγαλύτερης αλληλεπικάλυψης και με διαβάθμιση του μετώπου, αντιμετωπίστηκαν τα προβλήματα που έκαναν την εμφάνισή τους κατά την εκσκαφή της σήραγγας.

## **2.69 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΑΥΡΗΣ ΩΡΑΣ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Άνω Λιόσια Αττικής

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Ελεύθερη λεωφόρος Ελευσίνας – Σταθμού Σπάτων

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 01/1998

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Αττική Οδός

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2

**ΠΛΑΤΟΣ:** 15,9 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Ασβεστόλιθος

2) Δολομιτικός Ασβεστόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Οι νότιες απολήξεις του όρους Πάρνηθα, ο μικρού πάχους μανδύας αποσάθρωσης και οι μεσοπαχυστρωματώδεις, λατυποπαγείς, έντονα κερματισμένοι κατά θέσεις ασβεστόλιθοι, αποτέλεσαν ορισμένα από τα γεωλογικά προβλήματα που έπρεπε να αντιμετωπιστούν άμεσα. Τέλος, έπρεπε να αντιμετωπιστεί και το πρόβλημα της διασταύρωσης με το ιερό τοίχος των Αθηνών και τον αγωγό φυσικού αερίου.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη έγινε με χρήση εκρηκτικών.

Χρησιμοποιήθηκαν αγκύρια τύπου Swellex και πλαίσια τύπου LG.

## 2.70 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αγία Παρασκευή Αττικής  
**ΕΙΔΟΣ:** Οδική  
**ΣΚΟΠΟΣ:** Δυτική περιφερειακή λεωφόρος Υμηττού  
**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 01/1998  
**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Αττική Οδός  
**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1  
**ΠΛΑΤΟΣ:** 15,9 Μ  
**ΤΡΟΧΙΑ:** 3 Μέτωπα  
**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Σχιστόλιθος  
2) Μάρμαρο

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Μερικά από τα γεωλογικά προβλήματα ήταν οι βορειοδυτικές παρυφές του όρους Υμηττού, οι σχιστόλιθοι Καισαριανής, το μάρμαρο και ο επιφανειακός μανδύας αποσάθρωσης της αργιλώδης άμμου ή της αμμώδης αργίλου. Επιπλέον, η σήραγγα διερχόταν δίπλα από το εθνικό κέντρο ερευνών «Δημόκριτος».

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη πραγματοποιήθηκε με χρήση εκρηκτικών.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η σήραγγα υποστηρίχθηκε με ενισχυμένες ζώνες οπλισμένου σκυροδέματος (ribs of reinforced shotcrete).

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Τα προβλήματα αντιμετωπίστηκαν με έλεγχο δονήσεων των ανατινάξεων, με έλεγχο έναντι ολίσθησης των σφηνών και με έλεγχο ευστάθειας των πρανών.

## 2.71 ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟΥ ΚΟΛΛΕΓΙΟΥ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αγία Παρασκευή Αττικής  
**ΕΙΔΟΣ:** Οδική  
**ΣΚΟΠΟΣ:** Δυτική περιφερειακή λεωφόρος Υμηττού  
**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 01/1998  
**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Αττική Οδός  
**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 2  
**ΠΛΑΤΟΣ:** 19,2 Μ  
**ΤΡΟΧΙΑ:** 3 Μέτωπα  
**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Σχιστόλιθος  
2) Μάρμαρο

**ΑΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Σημειώθηκε γειτνίαση με την μονή Αγίου Ιωάννη Κυνηγού (πρόταση για χρήση μηχανήματος σημειακής κοπής).

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Χρησιμοποιήθηκαν δοκοί προπορείας λόγω του μεγάλου μεγέθους και τις κατά τόπους φτωχής βραχώμαζας.

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Η αντιμετώπιση των προβλημάτων έγινε με έλεγχο δονήσεων των ανατινάξεων.

## 2.72 ΣΗΡΑΓΓΑ ΣΥΚΙΑΣ Ν1

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Άρτα – Καρδίτσα

**ΕΙΔΟΣ:** Οδική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Προσπέλαση προς ΥΗΕ Συκιάς

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 01/1998

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** ΔΕΗ ΔΑΥΕ

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** ΔΕΗ ΔΑΥΕ

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 330 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 64 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** Μεσοπλακώδης ασβεστόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Εντοπίσθηκαν ασβεστολιθικό αντέρεισμα και μεσοστρωματώδης ασβεστόλιθος με πολύ καλή συμπεριφορά.

**ΆΛΛΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Μια μικρή περιοχή διέλευσης της σήραγγας ήταν απόκρημνη και σε ορισμένα σημεία εντελώς απροσπέλαστη.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη πραγματοποιήθηκε με ελεγχόμενη περιμετρική ανατίναξη.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Η σήραγγα υποστηρίχθηκε χωρίς μόνιμη επένδυση αλλά με αγκύρια διαστελλόμενης (διευρυμένης) κεφαλής μήκους 3,20 μέτρων.

## 2.73 ΣΗΡΑΓΓΑ ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ ΣΕΠΟΛΙΑ

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Αθήνα

**ΕΙΔΟΣ:** Σιδηροδρομική

**ΣΚΟΠΟΣ:** Μετρό

**ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:** 11/2000

**ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΓΟΥ:** Αττικό Μετρό

**ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:** Γραφείο Μάλιου

**ΕΡΓΟΛΑΒΟΣ:** Κοινοπραξία Μετρό Περιστερίου, ALPIN, ΑΤΤΙΚΑΤ, WAYSS FREIT

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 2.784 Μ

**ΔΙΑΤΟΜΗ:** 72 Μ

**ΤΡΟΧΙΑ:** 2 Μέτωπα

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Κροκαλοπαγή  
2) Σκληρή Άργιλος  
3) Αθηναϊκός Σχιστόλιθος

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Συναντήθηκαν μεγάλες ποσότητες υδάτων οι οποίες δεν είχαν προβλεφθεί. Ακόμα, το κροκαλοπαγές ήταν κατά διαστήματα πολύ σκληρό και δύσκολο στην όρυξη με μηχανικά μέσα (σφυρί). Επίσης, όταν ήταν εξαλλοιωμένο το κροκαλοπαγές περιείχε αργιλικά στοιχεία και με παρουσία νερού δημιουργούσε άσχημο περιβάλλον λόγω της λάσπης.

**ΔΙΑΝΟΙΞΗ:** Η διάνοιξη πραγματοποιήθηκε σε 2 φάσεις με μηχανικά μέσα, με τη μέθοδο NATM από το μέτωπο των Σεπολίων και με τη μέθοδο OFS από το μέτωπο του Περιστερίου.

**ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ:** Έγινε χρήση δοκών προπορείας Φ114 μήκους 12 μέτρων σε μεγάλο μέρος του έργου, αγκυρίων Φ25 πλήρους πάκτωσης, πλαισίων LG, και εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε δύο φάσεις πάχους 25 με 30 εκατοστών.

## **2.74 ΣΗΡΑΓΓΑ ΘΙΣΒΗΣ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Μόρνος, Στερεά Ελλάδα

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Υδραγωγείο Μόρνου Αθηνών, μία από τις 17 σήραγγες

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 2.800 Μ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Ασβεστόλιθος  
2) Σερπεντινιώμενος Οφιόλιθος

**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:** Για να αποφευχθούν οι οφιολιθικές μάζες, προτάθηκε αλλαγή χάραξης ώστε να συναντηθούν οι λιγότερο αποσαθρωμένοι οφιόλιθοι κάτω από μεγαλύτερη εδαφική κάλυψη.

## **2.75 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΟΝΑΣΤΗΡΙΟΥ**

**ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:** Άμφισσα-Δελφοί

**ΕΙΔΟΣ:** Υδαταγωγός

**ΣΚΟΠΟΣ:** Δίκτυο υδροδότησης Μόρνου-Αθήνας

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ:** 1

**ΜΗΚΟΣ:** 5.000 Μ

**ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ – ΕΝΟΤΗΤΕΣ:** Παρνασσού

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ:** 1) Ασβεστόλιθος  
2) Φλύσχης

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:** Έγινε αναστροφή γεωλογικών στρωμάτων και εμφάνιση φλύσχη κάτω από τον παλαιότερο ασβεστόλιθο. Η παλαιοντολογία χρησιμοποιήθηκε ώστε να συνταχθεί μία πιο αξιόπιστη γεωλογική τομή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### **3. ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΝΗΛΙΟΥ – ΑΣΤΟΧΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ**

#### **3.1 Εισαγωγή**

Ο όρος «αστοχία» χρησιμοποιείται εδώ με την έννοια μιάς μή «αποδεκτής απόκλισης» ανάμεσα στην πρόβλεψη και τη συμπεριφορά.

Επειδή στην περίπτωση του ανατολικού μετώπου της σήραγγας Ανηλίου, η «αστοχία» δεν συνοδεύεται από κάποιας μορφής κατάρρευση, έστω και μικρής έκτασης πρανούς, αλλά παρά ταύτα έγινε ανασχεδιασμός των έργων του μετώπου, θα πρέπει να διευρυνθεί η έννοια του όρου «αστοχία» και να προσδιορισθεί το μέγεθος της «απόκλισης» σε όλη τη διαδρομή του έργου μελέτης και κατασκευής, για να καταγραφούν τα μεγέθη των καθοριστικών «αποκλίσεων», για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Παρακάτω παρουσιάζονται οι αποκλίσεις σε ότι προβλεπόταν και επίσης ο ανασχεδιασμός του έργου για την αντιμετώπιση της «αστοχίας».

#### **3.2 Το «Περιβάλλον» του έργου**

Για να προσδιορισθεί ο βαθμός απόκλισης, μεταξύ προβλεπόμενης και πραγματικής κατάστασης, θα πρέπει να γίνει θεώρηση του συνολικού περιβάλλοντος του έργου και της συμμετοχής κάθε παράγοντα στην απόκλιση αυτή.

Το «περιβάλλον» μιάς σήραγγας δεν είναι μόνο το «φυσικό» περιβάλλον από την άποψη της μορφολογίας και της γεωλογίας. Είναι και το σύνολο των «θεσμικών» παραγόντων που καθορίζουν τη διαδρομή από τη σύλληψη του έργου προς τη μελέτη και παραπέρα προς την κατασκευή.

Έτσι το περιβάλλον του έργου είναι :

- Το «**φυσικό**» μορφολογικό, γεωλογικό, γεωτεχνικό, που όμως είναι δεδομένο και βέβαια έχει καθοριστική συμμετοχή αλλά και
- Το «**θεσμικό**» περιβάλλον που προδιαγράφει τον κύκλο γεωτεχνική έρευνα, μελέτη, κατασκευή, επίβλεψη, λειτουργία του έργου.

Για έργα όπως η σήραγγα Ανηλίου στο μέγεθος της απόκλισης της πρόβλεψης από τη συμπεριφορά (αστοχίας), είναι δυνατόν να πρωταγωνιστήσει το «φυσικό» αλλά και το «θεσμικό» περιβάλλον.

Έτσι ένα συμπέρασμα που μπορεί να διατυπωθεί είναι:

Η μελέτη μιάς σήραγγας που δομείται σε συγκεκριμένο «φυσικό» περιβάλλον οφείλει να είναι διαφορετική για κάθε διαφορετικό «θεσμικό» περιβάλλον.

### 3.3 Αποκλίσεις (αστοχίες) στη διαδρομή του έργου

Για το ανατολικό μέτωπο οι σταθμοί της διαδρομής ήταν :

**Χάραξη:** Υποχρεωτική, λόγω της ύπαρξης της σήραγγας Μετσόβου, παρά το γεγονός ότι με γεωλογικά κριτήρια θα επιλεγόταν μετακίνηση του μετώπου προς Νότο. Συνεπώς υποχρεωτικά μηδενική απόκλιση πρόβλεψης και πραγματικότητας.

**Γεωτεχνικές έρευνες:** Λόγω της γεωλογικής – γεωτεχνικής πολυπλοκότητας της περιοχής ζητήθηκε η διάνοιξη δύο μεγάλων ερευνητικών τάφρων στους άξονες των σηράγγων, για να αναδυθούν τα προβλήματα της στρωματογραφίας και του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα. Ελλείψει απαλλοτριώσεων δεν διανοίχθησαν οι τάφροι. Υπήρχε ελάχιστη πληροφόρηση από 2 γεωτρήσεις μόνον.

**Συμπέρασμα, μεγάλη απόκλιση ανάμεσα στις προγραμματισμένες έρευνες και σε αυτές που εκτελέστηκαν.**

**Μελέτη σήραγγας:** Εφόσον επελέγη η μέθοδος NATM, αποφασίστηκε η συμμετοχή στη μελέτη, Αυστριακής γεωλογικής – γεωτεχνικής ομάδας (GROUP 3-G) που είναι για τη NATM γνήσιοι εκφραστές της.

Βασική προϋπόθεση της επιτυχίας της μεθόδου NATM και της αντίστοιχης μελέτης, είναι η συνεχής και συστηματική παρουσία πολυπληθούς ομάδας γεωτεχνικών στην κατασκευή, με συνεχείς και εκτεταμένες μετρήσεις συμπεριφοράς του έργου και η άμεση «διόρθωση» της μελέτης.

Αυτό προϋποθέτει ένα «θεσμικό» πλαίσιο που προβλέπει αυτής της έκτασης παρουσία και επέμβαση των γεωτεχνικών.

Από την άποψη αυτή υπάρχει απόκλιση στο προβλεπόμενο και το πραγματικό πλαίσιο και η μελέτη της σήραγγας οφείλει να προσαρμοστεί στο διαμορφωμένο ήδη «θεσμικό» περιβάλλον.

### 3.4 Η ταυτότητα της αστοχίας

Στο ανώτερο Νότιο τμήμα του προσωρινού πρानούς της εκσκαφής παρουσιάστηκε αποκόλληση (ρηγμάτωση) τμήματος του πρानούς (φωτογραφίες 1, 2), με σύγχρονη εμφάνιση μεγάλης υδροφορίας (Σχ.1). Δεν υπήρξε ανατροπή του πρानούς διότι η ρηγμάτωση βοήθησε σε σύντομη εκτόνωση των υδροστατικών πιέσεων. Το πρανές είχε σχετικά ήπια κλίση 2:3 (κ:ο). Για τη σταθεροποίηση του πρανούς προτάθηκε και κατασκευάστηκε σταθεροποιητικό πρίσμα λιθορριπής (Σχ.1 και Σχ.2).

Η τοποθέτηση πρίσματος της λιθορριπής λειτούργησε όπως αναμενόταν σταθεροποιητικά. Η μείωση του ρυθμού των μετακινήσεων φαίνεται στο (Σχ. 3). Από τα ανύσματα των μετακινήσεων φαίνεται μια τάση μετακίνησης κατά την τομή A-B (Σχ.1).

Η εκτέλεση ενός προγράμματος 18 γεωτρήσεων διατύπωσε τη χαοτική υδροφορία και διευκρίνισε, ως ένα βαθμό, το γεωλογικό καθεστώς της περιοχής του έργου.

Μέχρι τότε, η γεωλογική πολυπλοκότητα και ο περιορισμένος αριθμός γεωτρήσεων δεν επέτρεψε τη σύνταξη γεωλογικών τομών, με αποδεκτή σαφήνεια, με μόνο εργαλείο την επιφανειακή γεωλογία.

### 3.5 Τεχνικογεωλογικές – Γεωτεχνικές ενότητες

Από την αξιολόγηση 18 γεωτρήσεων που εκτελέστηκαν στο Α μέτωπο, τα εργαστηριακά αποτελέσματα, τη μακροσκοπική εξέταση των μετώπων των εκσκαφών, τις μετρήσεις των πιεζομέτρων και τη γεωλογία επιφανείας, καθορίστηκαν οι τεχνικογεωλογικές ενότητες που εμφανίζονται στη γεωλογική τομή (Σχ.2).

Η εμφάνιση υπογείου υδροφόρου ορίζοντα με αρτεσιανές πιέσεις ήταν ένα στοιχείο έκπληξης, δεδομένου ότι πριν από την εκτέλεση των 18 γεωτρήσεων δεν υπήρχαν επαρκείς πληροφορίες. Το νερό εμφανιζόταν κατά κανόνα στην επαφή των εδαφικών σχηματισμών με το υπόβαθρο και ισορροπούσε περί την επιφάνεια. Στις θέσεις μεγάλου εδαφικού καλύμματος (14.20m) η στάθμη εμφανίστηκε εντός του πάχους του καλύμματος.

### 3.6 Επιλογή μεθόδου κατασκευής τεχνικού μετώπου

Καθοριστικός παράγοντας στην επιλογή του τρόπου αντιμετώπισης, ήταν το καθεστώς του υπό πίεση υπογείου ορίζοντα και η διάθεση μετακίνησης κατά τη διεύθυνση A-B (Σχ. 1).

Όταν αποφασίστηκε ο ανασχεδιασμός του τεχνικού μετώπου οι επιλογές ήταν δύο:

**Πρώτη επιλογή:** Κατασκευή συνεχούς πασσαλοφράγματος, σε σχήμα τόξου και σε μήκος περίπου 50 μέτρα ανάντη του εκσκαφθέντος πρανούς που εμφάνισε αστάθεια, όπου το βάθος του βραχώδους υποβάθρου ήταν μικρό. Στη συνέχεια αφαίρεση των χαλαρών υλικών κατάντη του τοίχου, που οδηγούσε σε αποφόρτιση της περιοχής του τεχνικού. Η λύση αυτή απλούστερη και οικονομικότερη δεν υιοθετήθηκε διότι υπήρχε πάντοτε το ενδεχόμενο γεγονός της γεωλογικής αποσταθεροποίησης και η δημιουργία μεγάλης τάξεως προβλημάτων.

**Δεύτερη επιλογή:** Επανεπίχωση της περιοχής ώστε το επίχωμα να λειτουργήσει σταθεροποιητικά τόσο για τα επιφανειακά υλικά, όσο και για τα βαθύτερα για το καθεστώς τεκτονικής ισορροπίας, που ήταν αβέβαιο. Αποφασίστηκε η δεύτερη επιλογή στην περιοχή της επέμβασης.

### 3.7 Μέθοδος κατασκευής

Η μέθοδος κατασκευής προβλέπει :

- Κατασκευή επανεπίχωσης κατά στρώσεις μέχρι την τελική επιφάνεια. Ως υλικό επανεπίχωσης χρησιμοποιήθηκε υλικό περιδοτίτη, από δανειοθάλαμο πλησίον του έργου.
- Αποστράγγιση των πρανών. Έγινε με διάνοιξη οριζοντίων στραγγιστικών γεωτρήσεων που καλύπτουν τα πρανή εντός της περιοχής των έργων αλλά επίσης και τμήμα των φυσικών πρανών, πέραν των διαμορφωθέντων με τις εκσκαφές.
- Σύστημα Cut & Cover για ύψη εκσκαφών μέχρι 10m και μέθοδο Cover & Cut για μεγαλύτερα ύψη εκσκαφής.

Το σύστημα αντιστήριξης περιλαμβάνει :

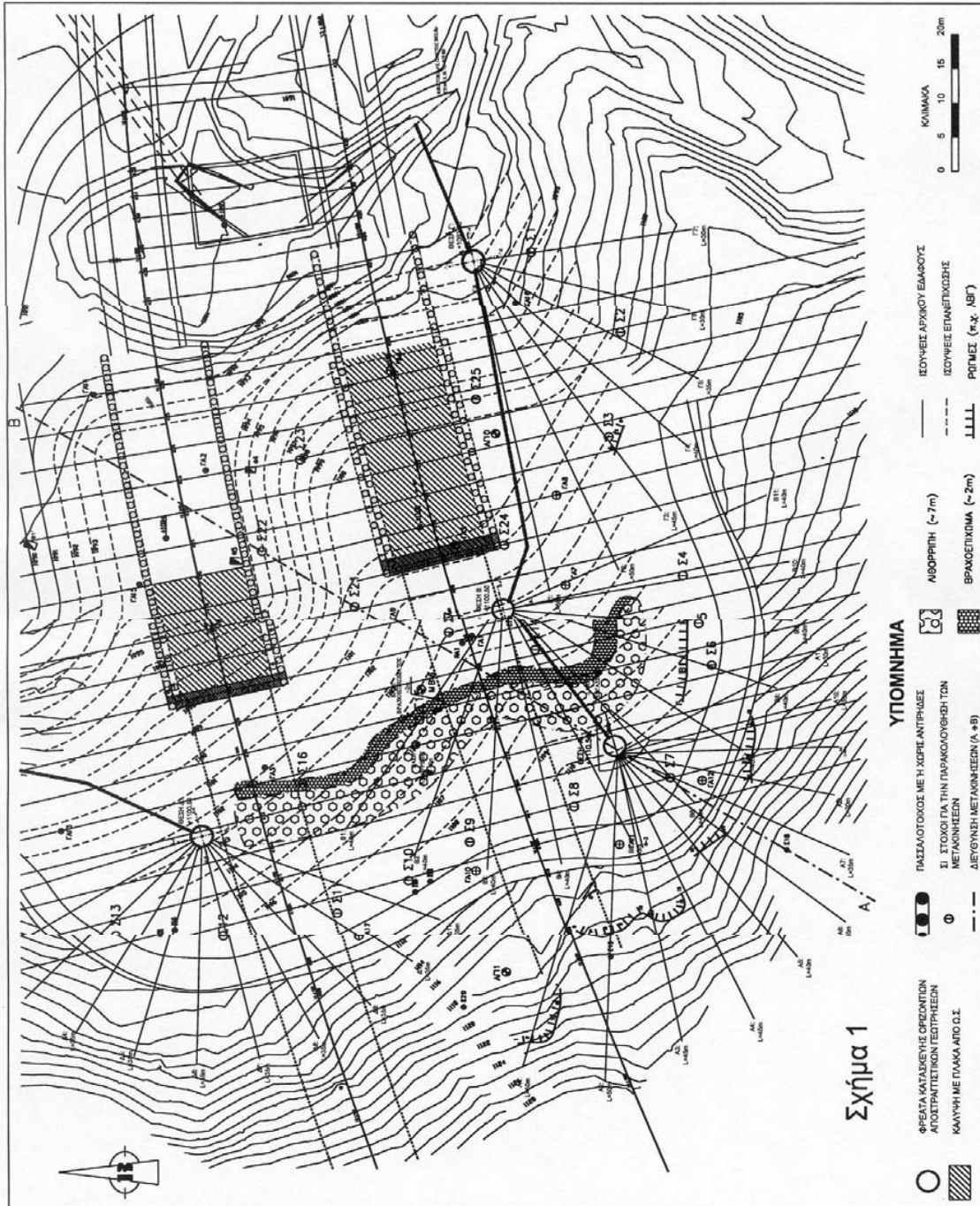
- Πασσάλους Ω.Σ. με λειτουργία προβόλου, εσωτερικές μεταλλικές αντηρίδες για την αντιστήριξη των πασσάλων από Ω.Σ., προσωρινά. Θολωτή πλάκα Ω.Σ. για μεγάλα ύψη εκσκαφής, πέραν των 10μέτρων με έδραση σε δεύτερη σειρά πασσάλων Ω.Σ. εναλλάξ προς τους εξωτερικούς.
- Εκσκαφή μέχρι την ερυθρά και εκσκαφή βαθύτερα για την κατασκευή ανάστροφου τόξου.
- Η αλληλουχία των φάσεων εκσκαφής και τα μέλη κάθε συστήματος παρουσιάζονται στα Σχ. 4, Σχ. 5 και Σχ. 6.

### 3.8 Συμπεράσματα

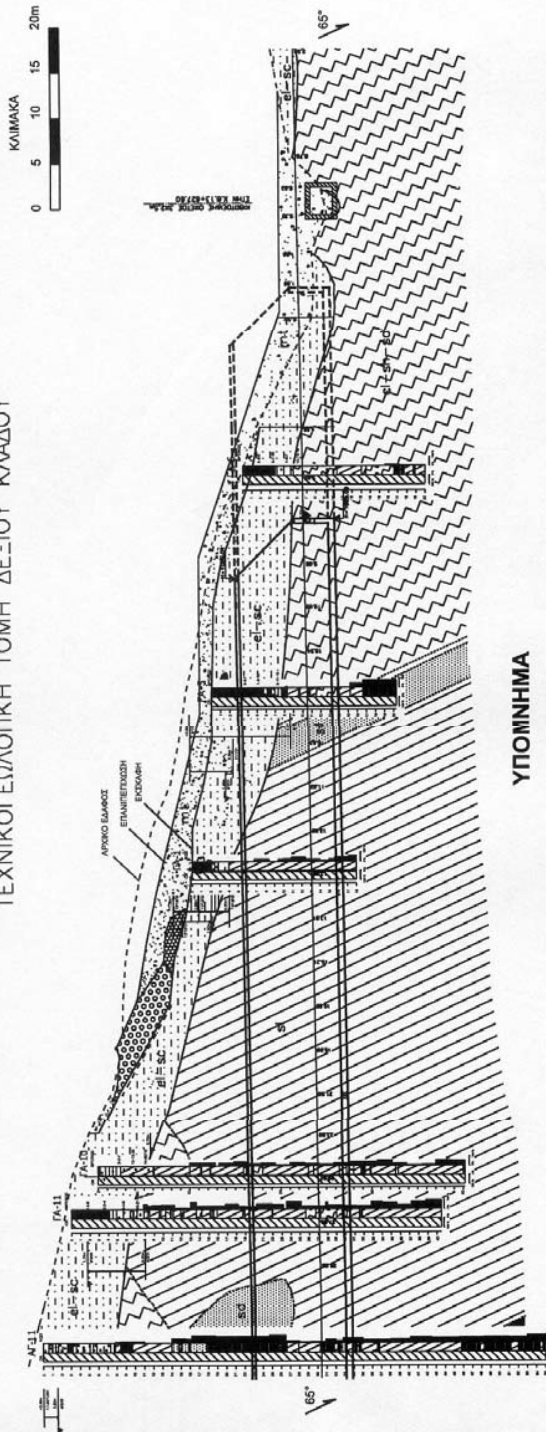
Στην «αστοχία» συμμετοχή είχε και το «φυσικό» και το «θεσμικό» περιβάλλον. Η «αστοχία» μικρού ύψους πρανούς, εκτός μονίμου έργου, ανέδειξε τον πρωταγωνιστικό ρόλο της υπό πίεση υδροφορίας, που δεν ήταν γνωστή. Επελέγει για επέμβαση η λύση που δεν θα δημιουργούσε διάθεση βαθύτερων μετακινήσεων με την κατασκευή επιχώσεως αντί πασσαλοφράγματος και εκσκαφής.

Η επίχωση αύξησε το βάθος εκσκαφής για την κατασκευή του έργου και οδήγησε σε μέθοδο κατασκευής Cut & Cover με φρεατοπασσάλους και μέθοδο Cover & Cut με κατασκευή θολωτής πλάκας και φρεατοπασσάλους.





## ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ ΔΕΞΙΟΥ ΚΛΩΔΟΥ



### ΥΠΟΜΗΜΑ

**Τεχνητές επιχωματώσεις** : Πρόκειται για υλικά επανεικτύωσης της ευρύτερης περιοχής του μετώπου της στήριξης και διακρίνονται σε :

- Υλικά επιχώσεων σχηματισμών πλεονεκτικών κορρημάτων του υπερβάσιμου υποβάθρου από αμιωβίτες αργίλους τρασνότερου χρώματος που περιέχουν σε μεγάλο ποσοστό σφαιρικές Λατίτες μεγέθους 0.04m x 0.02m.
- Υλικά βραχοεπικτύωσης από ογκολίτους ψαμίτη διαστάσεων 2m x 1m.
- Υλικά από αιμοχαλκίωδες αποθέσεις χειμάρρων.



**Αποθέσεις κλίτους και προσχωματικές αποθέσεις χειμάρρου** : αποτελούνται από αμιωβίτες αργίλους έως αργίλους άμιωβις, καστανού έως καπνότερου χρώματος. Περιέχουν σε αυξημένο ποσοστό θραύσματα, Λατίτες, γωνιώδη τεμάχια και ογκολίτους ψαμίτη.



**Σχηματισμοί τεκτονικού μήκματος** : Πρόκειται για έντονα τεκτονικά καταπηγμένους σχηματισμούς. Διακρίνονται σε :

- Ιαλιθούς φυλλώδους ελασματοειδούς στρώσης, τερρού, τερρομήνου και εριβόζου χρώματος. Έντονα στολιωμένους. Το RQD του σχηματισμού οπτικά υπερβαίνει το 25%.
- Έντονα κρηματισμένες ζώνες υπό μορφή λατινών μέσω μεγέθους 0.04m x 0.03m και ζώνες αγκαταποίησης των σχηματισμών που υποβάθρου υπό μορφή αμιωβίων αργίλων έως αργίλων άμιωβις, τερρομήνου έως εριβότερου χρώματος που περιέχουν σε κλιμακωτό ποσοστό Λατίτες Ιαλιθών και ψαμίτων μεγέθους 0.02 m x 0.01m έως 0.10m x 0.03m.



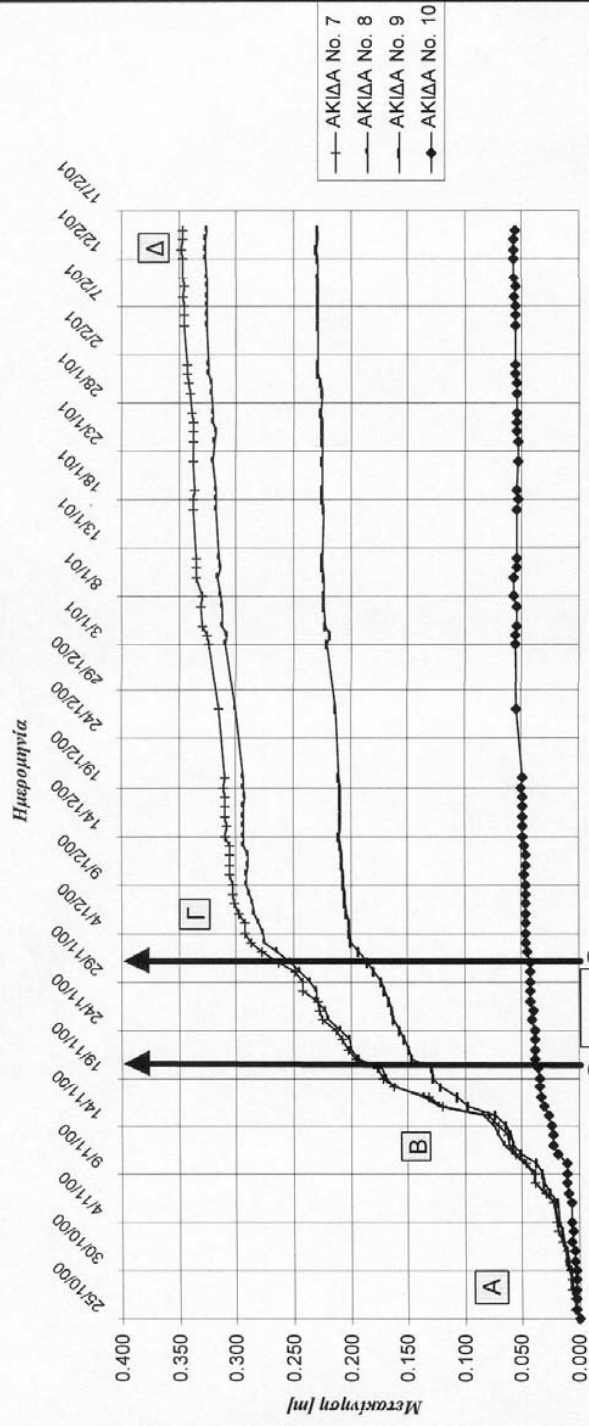
**Ιαλιθώδη φάση του ψαμίτη** : Αποτελείται από Ιαλιθούς τερρού και κατά τμήματα εριβότερους χρώματος, συμπαγείς, ιαλιθούς όλης στη θραύση, σε στρώσεις παχώς 0.10m έως 0.15m. Οι επιφάνειες των στρώσεων παρουσιάζουν επιφανείς λείες, επίπεδες, κυματοειδείς, κλειστές, απέχουν μεταξύ τους 0.04m - 1m και είναι υγιείς. Το RQD του σχηματισμού κυμαίνεται από 30% έως 100% με μέση τιμή 50%.

**Ψαμίτικη φάση του ψαμίτη** : Αποτελείται από τερροχάλκους ψαμίτες, Λεπτόκοκκους έως χονδροκοκκούς, υφαιρούμενες κατά θέσεις, σε στρώσεις με κλίση 60°, επιφανείς λείες, κυματοειδείς, υγιείς, κλειστές, κενές. Το RQD του σχηματισμού κυμαίνεται από 70° - 100°.

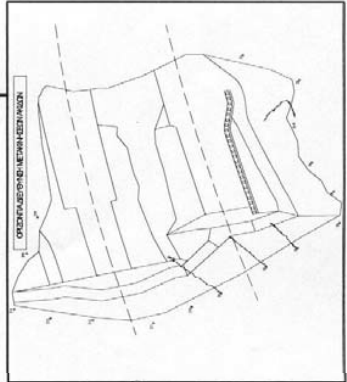


Σχήμα 2

**ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΜΕΤΩΠΟ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΑΗΛΙΟΥ**  
**Διάγραμμα Μετακίνησης Αιόδων Κατά ΔΧ**



ΠΛΗΜΑ ΑΒ: ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ: 3.70mm/ημ.  
 ΠΛΗΜΑ ΒΓ: ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ: 10.38mm/ημ.  
 ΠΛΗΜΑ ΓΔ: ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ: 0.76mm/ημ

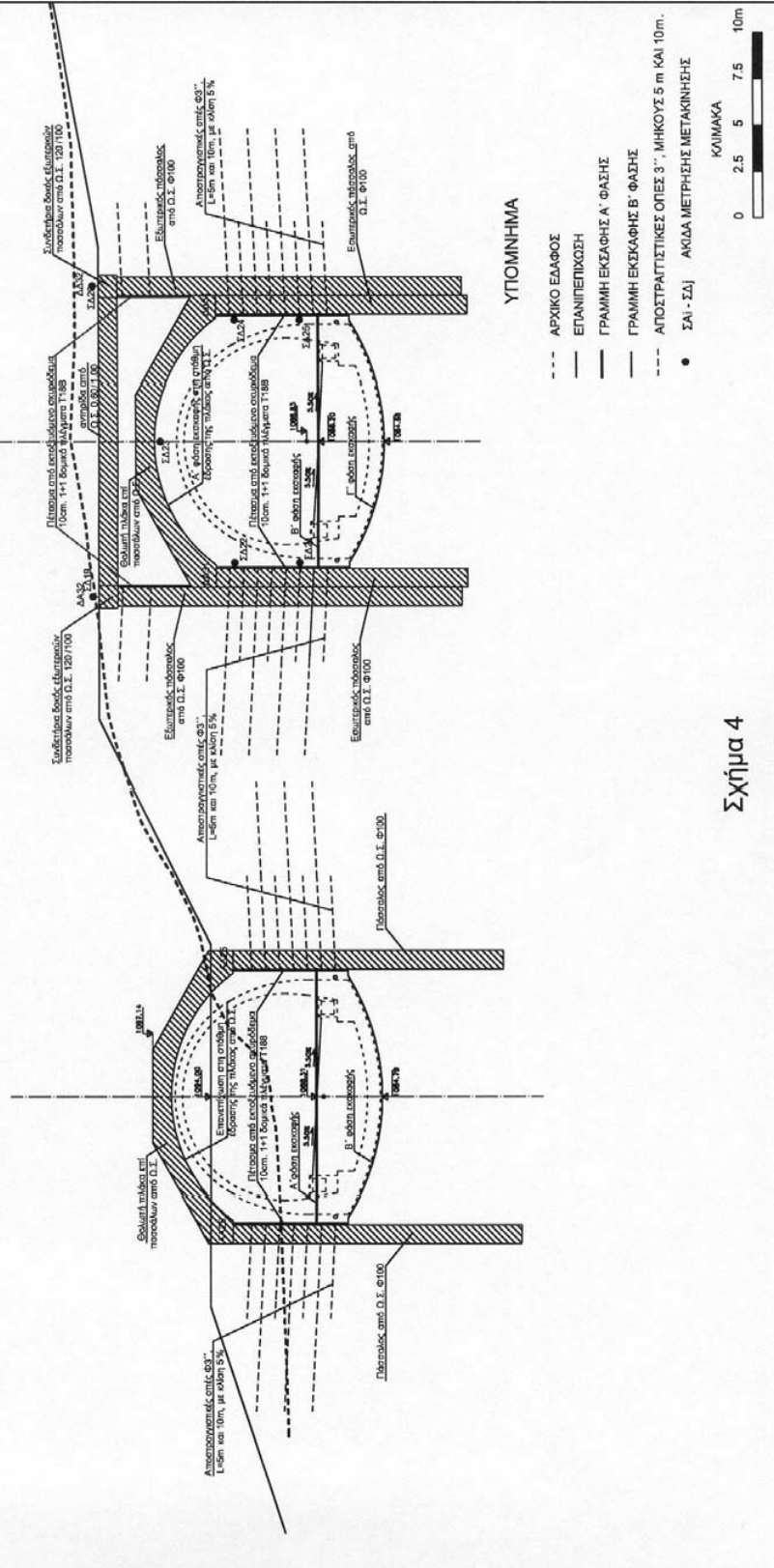


Σχήμα 3

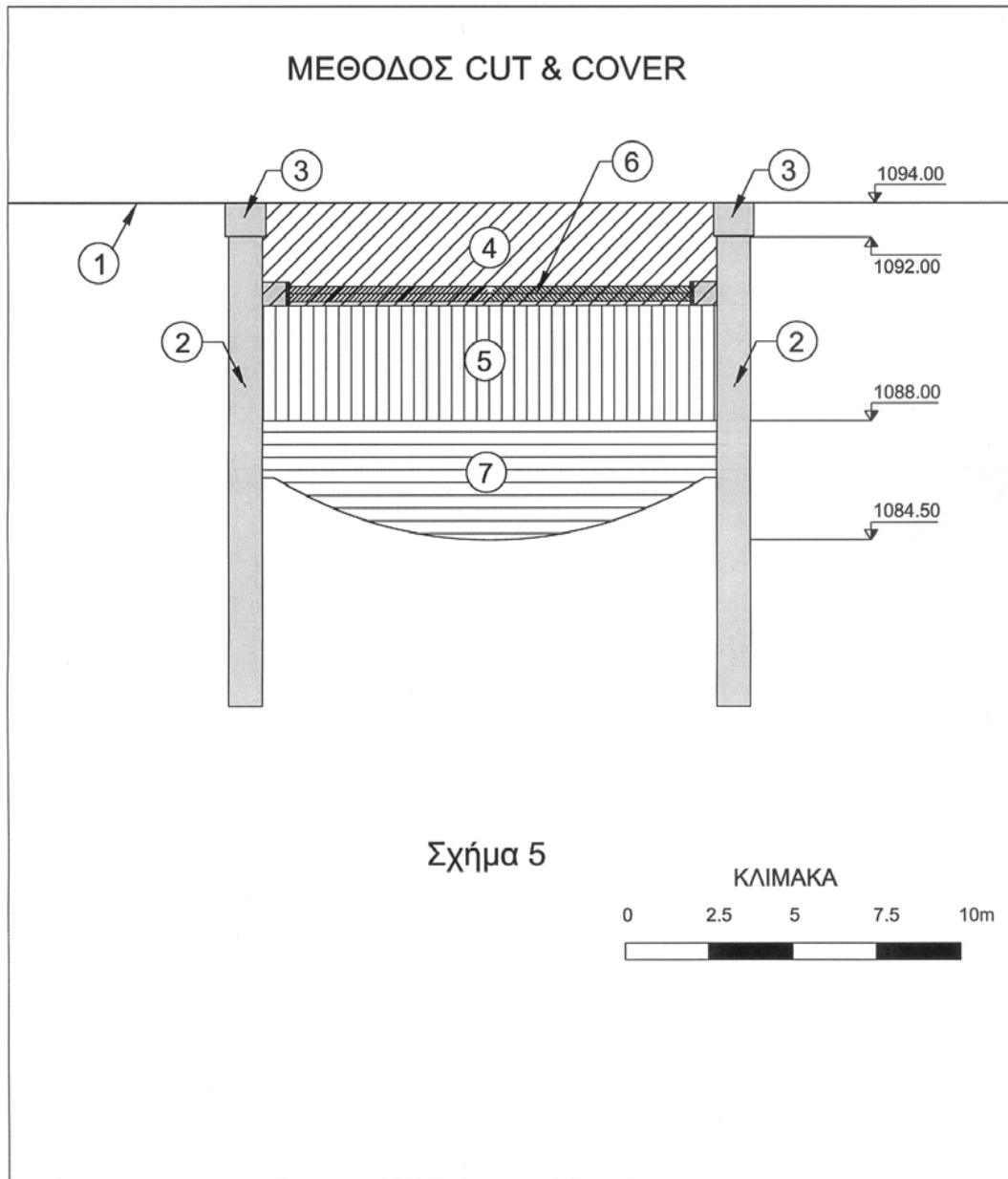
# ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΩΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ ΑΗΛΗΛΙΟΥ

αριστερ. κλάδος Ενωτικής

δεξιός κλάδος Ενωτικής

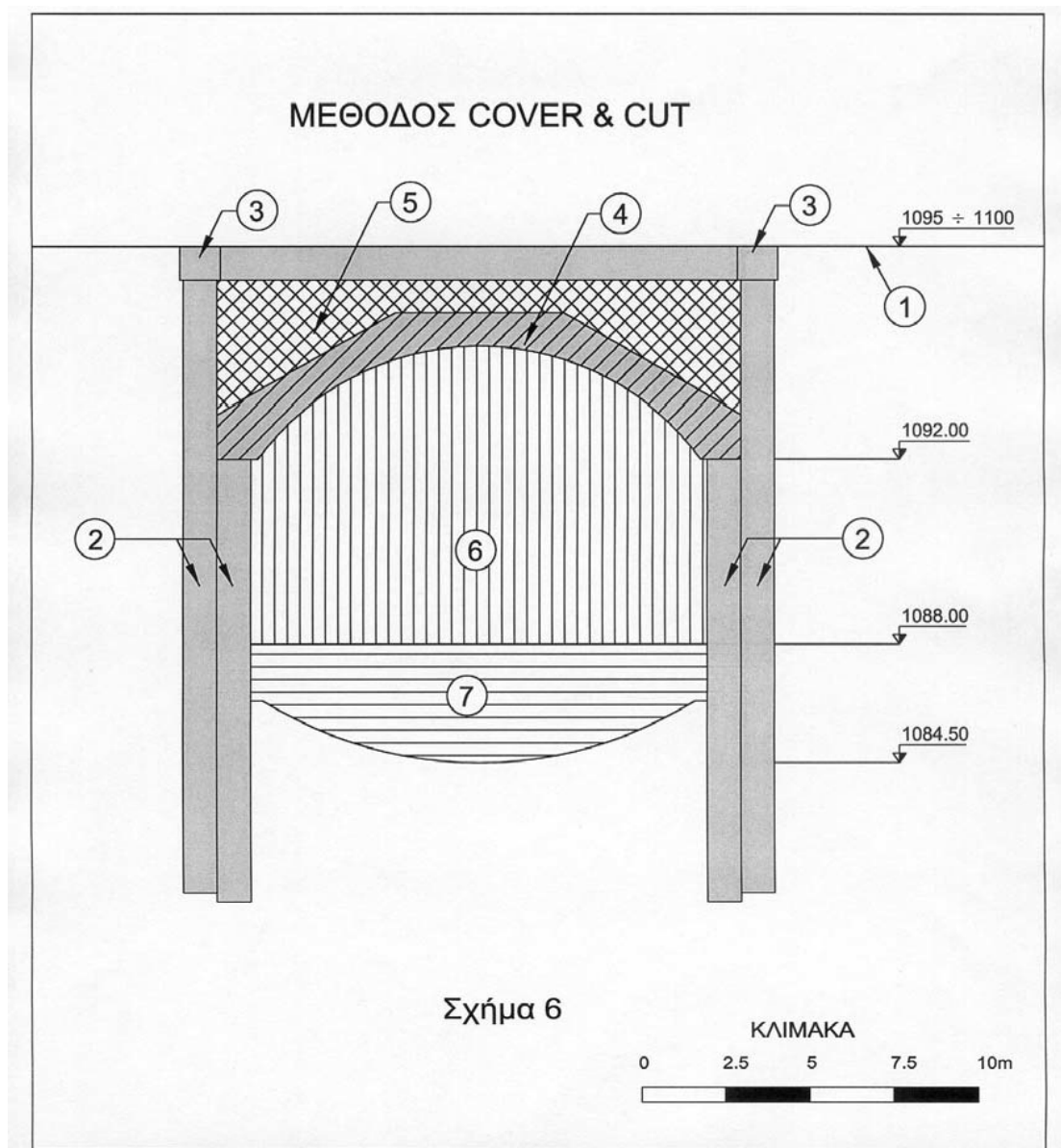


Σχήμα 4



### Σειρά Εργασιών

- (1) Επίχωση
- (2) Κατασκευή πασσάλων Ω.Σ. Φ100 cm.
- (3) Κατασκευή δοκού Ω.Σ., κεφαλόδεσμου
- (4) Εκσκαφή μέχρι στάθμη +1092 για την κατασκευή δοκού Ω.Σ. (70X70μ.) στήριξης μεταλλικής αντηρίδας σε επόμενο στάδιο
- (5) Εκσκαφή περίπου ως τη στάθμη της ερυθράς +1088.
- (6) Εφαρμογή στρώσεως ΕΣ, πλέγμα και διάτρηση αποστραγγιστικών οπών.
- (7) Μετά την εκσκαφή της σήραγγας, τοποθέτηση στη στάθμη +1092 μεταλλικής αντηρίδας.
- (8) Εκσκαφή στην προβλεπόμενη στάθμη +1084,5 για την κατασκευή του αναστρόφου τόξου Cut+Cover.
- (9) Αφαίρεση της μεταλλικής αντηρίδας και κατασκευή ανωδομής φορέα C + C.



### Σειρά εργασιών

- (1) Επανεπίκλιση (+1095 . +1100)
- (2) Κατασκευή πασσάλων εξωτερικής + εσωτερικής σειράς. Οι εσωτερικοί εναλλάξ με την εξωτερική σειρά. Οι εσωτερικές σκυροδετήσεις μέχρι τη στάθμη +1092.
- (3) Κατασκευή δοκού κεφαλόδεσμου Ω.Σ. (100 X 120 cm)
- (4) Εκσκαφή ως τη στάθμη έδρασης της θολωτής πλάκας +1092 περίπου και κατασκευή της θολωτής πλάκας.
- (5) Επανεπίκλιση πάνω από τη θολωτή πλάκα.
- (6) Εκσκαφή κάτω από την θολωτή πλάκα μέχρι +1088. (Στάθμη – Ερυθράς) Περί το μέτωπο η εκσκαφή θα εκτελεσθεί έως τη στάθμη του top heading Εφαρμογή Ε.Σ., και πλέγματος, και αποστραγγιστικές οπές μεταξύ των πασσάλων.
- (7) Εκσκαφή στην προβλεπόμενη στάθμη +1084,5 για την κατασκευή του φορέα τελικής επένδυσης.



**Φωτ. 1 και 2:** Αποκόλληση (ρηγμάτωση) του άνω τμήματος του Νότιου πρανούς κάτω από τους στόχους Σ5 και Σ6, με σύγχρονη εμφάνιση μεγάλης υδροφορίας (η οποία όμως εκτονώθηκε σύντομα).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4. ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΝΘΟΧΩΡΙΟΥ – ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗ

#### ΤΜΗΜΑ 3.1 ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ

##### 4.1 Εισαγωγή

Το Τμήμα 3.1 της Εγνατίας Οδού βρίσκεται στο Ν. Ιωαννίνων περίπου 20 km δυτικά του Μετσόβου και εκτείνεται κατά μήκος της κοιλάδας του Ποταμού Μετσοβίτικου, στη νότια όχθη αυτού μεταξύ των οικισμών Μ. Περιστερίου και Ανθοχωρίου. Έχει μήκος 4.28 km και περί τα 400 m αυτού διέρχονται διά τεχνικών δι' εκσκαφής κι επανεπίχωσης, περί τα 1200 m επί οπλισμένων επιχωμάτων, ενώ περί το μέσο του τμήματος υφίσταται και ανισόπεδος κόμβος για τη σύνδεση της Εγνατίας Οδού με την Παλαιά Εθνική Οδό Ιωαννίνων–Μετσόβου.

Η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται από έντονο και ορεινό ανάγλυφο και από την παρουσία του Μετσοβίτικου Ποταμού (το υψόμετρο κυμαίνεται από +620 m έως +800 m). Η επώθηση της Ζώνης Πίνδου επί της Ιόνιας Ζώνης τέμνει τη χάραξη περί τη Χ.Θ. 4+800, ενώ όλη η χάραξη βρίσκεται κοντά στη ζώνη της επώθησης και επηρεάζεται από αυτήν.

Το τμήμα έχει χωριστεί σε επιμέρους περιοχές.

Η **Περιοχή Α** βρίσκεται στην αρχή του τμήματος χωρίς ιδιαίτερα γεωτεχνικά προβλήματα.

Η **Περιοχή Β** εκτείνεται αμέσως μετά (Χ.Θ. 1+100 έως Χ.Θ. 1+900) και σε αυτήν βρίσκεται μεγάλη κατολίσθηση από τον πόδα της οποίας διέρχεται η Εγνατία Οδός.

Ακολουθεί η **Περιοχή Γ** που επίσης δεν αντιμετωπίζει γεωτεχνικά προβλήματα αλλά εντός αυτής έχει χωροθετηθεί ανισόπεδος κόμβος που συνδέει την Εγνατία Οδό με την υφιστάμενη Εθνική Οδό Ιωαννίνων-Μετσόβου.

Από την Περιοχή Γ έως και το τέλος του τμήματος στην Σήραγγα Ανθοχωρίου εκτείνεται η **Περιοχή Δ**. Σε αυτήν εντοπίζονται κατολισθητικά φαινόμενα διαφόρων μεγεθών (υποπεριοχές Δ1, Δ2, Δ3 και Δ4) και κατασκευάστηκε υψηλό οπλισμένο επίχωμα μεταξύ Χ.Θ. 3+830 και Χ.Θ. 4+050 και δύο τεχνικά δι' εκσκαφής & επανεπίχωσης (το υπό κατασκευή Σ1 μεταξύ Χ.Θ. 3+505 και Χ.Θ. 3+770 και το κατασκευασμένο Σ2 μεταξύ Χ.Θ. 4+560 και Χ.Θ. 4+705).

Ιδιαίτερα ενδιαφέρον αντικείμενο αποτέλεσε η βελτίωση της ευστάθειας των υφισταμένων πρανών που καλύπτονται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στην περιοχή αυτή καθώς και η περιβαλλοντική αποκατάστασή τους.



## 4.2 Η Κατολίσθηση της περιοχής Β και τα έργα σταθεροποίησής της



Στην Περιοχή Β υπάρχει μεγάλη κατολίσθηση στην οποία υλοποιήθηκε Πιλοτική Διάταξη Αποστραγγιστικών Φρεάτων προς αποσαφήνιση της δυνατότητας στράγγισης των υλικών κατολίσθησης προς θαμμένη κοίτη του Ποταμού Μετσοβίτικου. Τα υλικά κατολίσθησης υπέρκεινται βραχώδους υποβάθρου από φλύσχη εκτός από την περιοχή του ποδός που υπέρκεινται παλαιάς ποτάμιας αναβαθμίδας του Ποταμού Μετσοβίτικου (για τη δυνατότητα εκμετάλλευσής της θαμμένης κοίτης για στράγγιση).

Οι μετακινήσεις εντοπίζονται σε βάθη που φτάνουν ακόμα και τα 30 m. Η Εγνατία Οδός διέρχεται από τον πόδα της κατολίσθησης και για τη βελτίωση της ευστάθειας μελετήθηκαν λύσεις που περιλαμβάνουν αντίβαρο και αποστραγγιστικά φρεάτια που διαπερνούν τα υλικά κατολίσθησης μέχρι την υποκείμενη ποτάμια αναβαθμίδα (ή/και διασυνδεδεμένα φρεάτια).

Όπως στην περίπτωση των Περιοχών Β και Γ1 του Τμήματος 2.4 έτσι και εδώ το επίχωμα στον πόδα μεγιστοποιήθηκε για την εξασφάλιση της μέγιστης σταθεροποιητικής δράσης επί της κατολίσθησης. Η μελέτη οδοποιίας τροποποιήθηκε για αυτό το λόγο με την μηκοτομή και την οριζοντιογραφία να καθορίζονται από το επιθυμητό μέγεθος του επιχώματος που εξασφαλίζει τον απαιτούμενο από τους κανονισμούς συντελεστή ασφαλείας (σε συνδυασμό και με τα άλλα μέτρα σταθεροποίησης).

## 4.3 Η Κατολίσθηση της περιοχής Δ3

Η κατολίσθηση της Περιοχής Δ3 εκτείνεται κατάντη της χάραξης της Εγνατίας Οδού μεταξύ των Χ.Θ. 4+440 και Χ.Θ. 4+620. Έχει μήκος παράλληλα στην διεύθυνση κίνησης περίπου 180 m, πλάτος 100 m και μέγιστο βάθος καταγραφόμενων μετακινήσεων 17 m.

Εκδηλώθηκε για πρώτη φορά μέσα στον αποσαθρωμένο φλύσχη της περιοχής μετά την απόθεση προϊόντων εκσκαφών στο φρύδι της πριν από 10 περίπου χρόνια. Το μέγεθος της κατολίσθησης ήταν τέτοιο που η διέλευση της Εγνατίας Οδού μέσα από την μάζα της κατολίσθησης θα απαιτούσε πολύ δαπανηρά έργα σταθεροποίησης. Έτσι αποφασίστηκε η οριζοντιογραφική μετάθεση του άξονα της Εγνατίας Οδού προς τα ανάντη προκειμένου να μην διέρχεται πλέον μέσα από τα υλικά κατολίσθησης.



Η μετάθεση αυτή οδήγησε στην ανάγκη κατασκευής του Τεχνικού δι' Εκσκαφής & Επανεπίχωσης Σ2 αλλά περιόρισε τα αναγκαία μέτρα για την βελτίωση της ευστάθειας της κατολίσθησης στα ελάχιστα απαιτούμενα (για το μέγεθός της).

Δεδομένου ότι μετά την μετάθεση του άξονα της Εγνατίας Οδού η κατολίσθηση αυτή δεν βρισκόταν πια σε πρηνές της οδού, δεν επιδιώχθηκε η επίτευξη των

προβλεπόμενων από τους κανονισμούς συντελεστών ασφαλείας, αλλά άλλων λιγότερο απαιτητικών.

Προκειμένου για συνθήκες σεισμικής φόρτισης δεν υπολογίστηκε συντελεστής ασφαλείας για τις προβλεπόμενες από τον ΝΕΑΚ τιμές της σεισμικής επιτάχυνσης για την περιοχή αλλά, δεδομένου ότι υπήρχε διαμορφωμένη επιφάνεια ολίσθησης, υπολογίστηκε η αναμενόμενη οριζόντια μετακίνηση. Αυτή ήταν κατά μέγιστο 15 cm με βάση τη μέθοδο των Ambraseys & Menu (1988).

#### 4.4 Μέτρα σταθεροποίησης της κατολίσθησης της περιοχής Δ3

Τα μέτρα περιέλαβαν την κατασκευή αντιβάρου ποδός (όγκου περίπου  $35.000 \text{ m}^3$ ) και εκσκαφής στο «φρύδι» (όγκου περίπου  $20.000 \text{ m}^3$ ). Δεδομένης της φύσης των έργων αυτών η υπολογισθείσα μετακίνηση κατά τις συνθήκες σεισμικής φόρτισης κρίθηκε επιτρεπτή. Το αντίβαρο «ποδός» έχει μέγιστο ύψος 16 m (με τον βραχότοιχο στον πόδα του) με πρηνή κλίση 1:2,5 (κ:ο) και προστατεύεται από την ροή του Ποταμού Μετσοβίτικου από βραχότοιχο ύψους 6 m στον δικό του πόδα. Η εκσκαφή στο «φρύδι» έγινε με κλίση 1:2 (κ:ο) και σχεδιάστηκε κατά τρόπο που να εξασφαλιστεί η απομάκρυνση της επιφάνειας ολίσθησης από το υψόμετρο 709 m και πάνω (πρηνές εκσκαφής μέγιστου ύψους 12 m).

Συνολικά κατά τον σχεδιασμό των μέτρων βελτίωσης της ευστάθειας της κατολίσθησης αυτής, ιδιαίτερης σημασίας υπήρξε ο οριζοντιογραφικός σχεδιασμός του αντιβάρου και της εκσκαφής «οφρύος» προς μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητάς τους, επιτυχή συναρμογή τους με τα παρακείμενα έργα και αποφυγή φόρτισης ή αποφόρτισης παρακείμενων επισφαλών πρηνών.

Κρίσιμης σημασίας επίσης υπήρξε και ο σχεδιασμός των έργων συλλογής και επιτυχούς απομάκρυνσης των επιφανειακών υδάτων από την περιοχή της κατολίσθησης.

Το Τεχνικό δι' Εκσκαφής & Επανεπίχωσης Σ2 βρίσκεται ανάντη της κατολίσθησης της Περιοχής Δ3. Δεν προβλεπόταν στα πλαίσια της αρχικής μελέτης οδοποιίας για το Τμήμα 3.1 αλλά ανέκυψε η ανάγκη για την κατασκευή του μετά την αλλαγή χάραξης λόγω της κατολίσθησης της Περιοχής Δ3 (βρίσκεται κατάντη αυτού) προς αποφυγή κατασκευής ανοικτού ορύγματος μεγάλου ύψους.



Τα μέτρα που υιοθετήθηκαν για τη σταθεροποίηση της κατολίσθησης της Περιοχής Δ3 ήταν τα χαμηλότερου κόστους και απλούστερα δυνατά δεδομένου του μεγέθους της επιτρέποντας την ταχεία και ασφαλή κατασκευή τους.

Αυτό υπήρξε αποτέλεσμα του έγκαιρου εντοπισμού της ύπαρξης της κατολίσθησης και του μεγέθους της και της δυνατότητας μετατόπισης του άξονα της Εγνατίας Οδού έτσι ώστε να μην διέρχεται πια από το «φρύδι» της κατολίσθησης.

Η κατολίσθηση εξακολούθησε να επηρεάζει την Εγνατία Οδό και μετά την μετατόπιση του άξονα της, αλλά πολύ λιγότερο και με πολύ μικρότερες πιθανές συνέπειες σε περίπτωση αστοχίας, επιτρέποντας πλέον τη χαλάρωση των απαιτούμενων από τους κανονισμούς συντελεστών ασφαλείας ώστε να ληφθεί αυτό υπόψη. Σήμερα τα έργα έχουν κατασκευαστεί και λειτουργούν με επιτυχία (Εικόνα 10).



**Εικόνα 10.** Φωτογραφία της κατολίθησης της Περιοχής Δ3 μετά τα έργα σταθεροποίησης και του κατασκευασμένου Τεχνικού Σ2 του Τμήματος 3.1 (Μ. Περιστέρι - Ανθοχώρι) της Εγνατίας Οδού. Στο βάθος αριστερά διακρίνεται η είσοδος της Σήραγγας Ανθοχωρίου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### **5. ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΡΤΕΜΙΣΙΟΥ - ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ Χ.Θ. 123 ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ ΚΟΡΙΝΘΟΥ – ΤΡΙΠΟΛΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

#### **5.1 Περίληψη**

Εξετάζονται και παρουσιάζονται συνοπτικά τα αίτια που προκάλεσαν την κατολίσθηση στη περιοχή της Χ.Θ. 123 του αυτοκινητόδρομου Κορίνθου-Τριπόλεως στις 8 Φεβρουαρίου 2003 και τα μέτρα αποκατάστασης της ευστάθειας.

Η κατολίσθηση αυτή προκάλεσε την διακοπή της συγκοινωνίας στον ανωτέρω οδικό άξονα επί δίμηνο, μέχρι να ολοκληρωθούν τα προσωρινά έργα με τοπική παράκαμψη της θέσης που εκδηλώθηκε η αστοχία.

Η μορφολογία της περιοχής υποδεικνύει παλαιότερα κατολισθητικά γεγονότα, η ισορροπία των οποίων επιβαρύνθηκε από την κατασκευή της Ε.Ο. Από τις γεωτεχνικές έρευνες προέκυψε ότι η αστάθεια οφείλεται σε βαθιά επιφάνεια ολίσθησης.

Για την αποκατάσταση της ευστάθειας κατασκευάζεται υψηλό σταθεροποιητικό επίχωμα στον πόδα της κατολίσθησης με διευθέτηση του ρέματος δια μέσου θολωτού οχετού σε συνδυασμό με δίκτυο αποστράγγισης του επιχώματος και του αυτοκινητόδρομου.

## 5.2 Εισαγωγή

Από το έτος 1995 είχαν παρουσιαστεί ρηγματώσεις και μικροκαθιζήσεις του οδοστρώματος της Ε.Ο. στη συγκεκριμένη θέση. Οι βλάβες αυτές είχε θεωρηθεί αρχικά ότι οφείλονταν σε απλή συνίζηση του επιχώματος και αντιμετωπίζονταν μέχρι το 1998 με διαδοχικές ασφαλικές επαλείψεις του οδοστρώματος κυκλοφορίας.

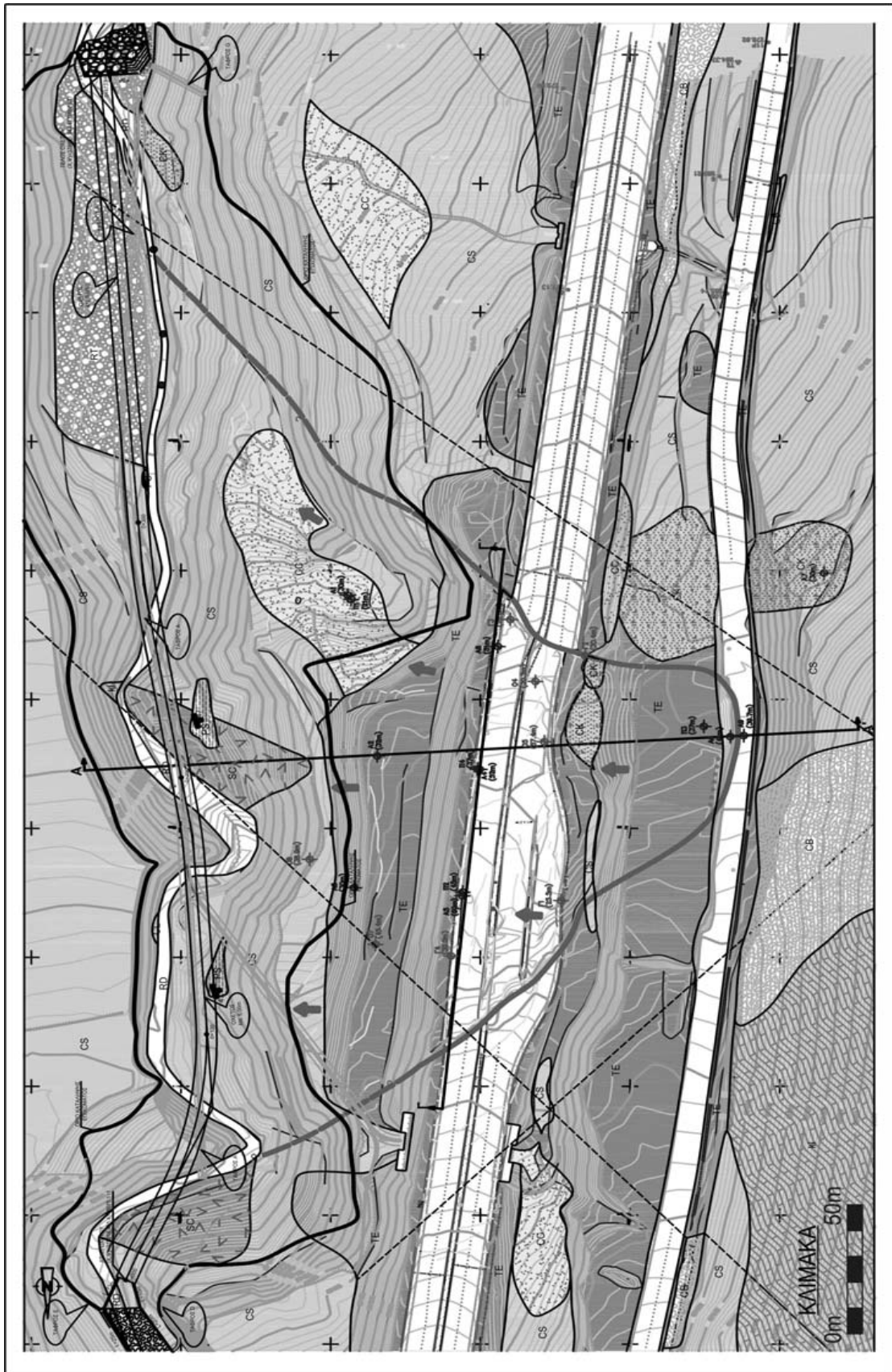
Το 1999, με προσεκτικότερη εξέταση του μοντέλου των εδαφικών μετακινήσεων από τους Μαρίνο και Καββαδά (1998-1999), διαπιστώθηκε ότι η περιοχή ευρίσκεται σε κατάσταση αστάθειας με κατολισθητικό φαινόμενο σε εξέλιξη.

Με βάση τις διαπιστώσεις αυτές, εκτελέστηκε συμπληρωματικό πρόγραμμα γεωτεχνικών ερευνών από το οποίο προέκυψε ότι η αστάθεια οφείλεται σε βαθιά επιφάνεια ολίσθησης που περιλαμβάνει και το φυσικό έδαφος.

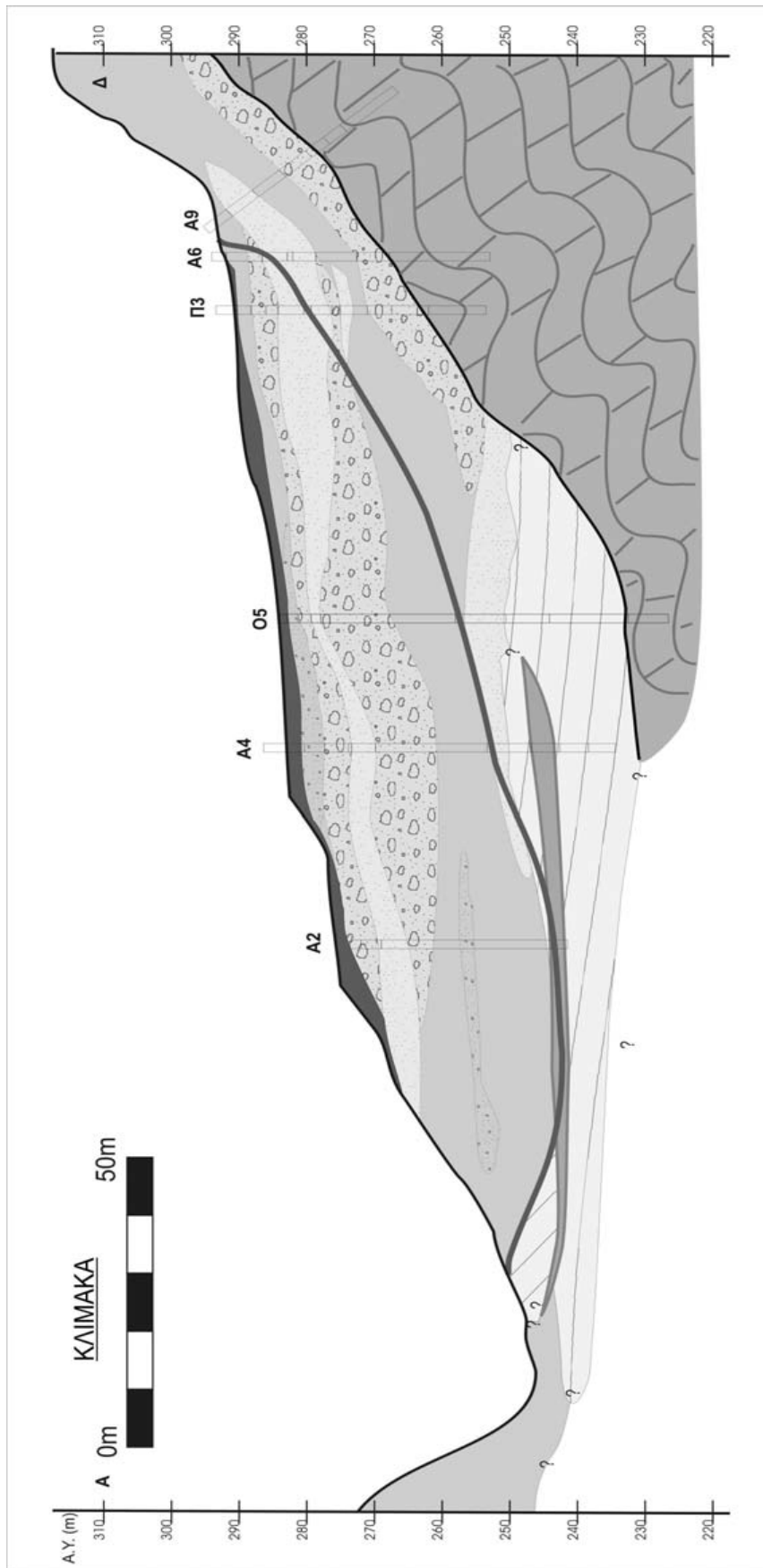
Από την αρχή της διαπίστωσης προτάθηκε και διανοίχτηκε παράκαμψη του αυτοκινητοδρόμου στο ανάντη πρανές, εκεί όπου εμφανίζεται το βραχώδες υπόβαθρο, που οριοθετούσε έτσι το ανάντη άκρο της κατολίσθησης.

Προτάθηκε ακόμα η επιφόρτιση του ποδός του πρανούς με την κατασκευή ανακουφιστικού αναβαθμού και η διευθέτηση του ρέματος με την κατασκευή οχετού. Η λύση αυτή τελικά προβλέφθηκε και από την οριστική μελέτη.

Σημειώνεται ότι κατά την ενεργοποίηση της κατολίσθησης δεν είχαν ξεκινήσει ακόμα τα προβλεπόμενα στην ανωτέρω μελέτη, έργα αντιμετώπισης του φαινομένου της κατολίσθησης.



**Σχήμα 1.** Γεωλογικός χάρτης της περιοχής (στο σχέδιο έχουν προστεθεί και τα έργα περί το σταθεροποιητικό επίχωμα ποδός) (ΕΛΑΦΟΣ Ε.Π.Ε. ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑ Α.Τ.Ε. ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2004).



**Σχήμα 2.** Γεωλογική Τομή Α - Α' (ΕΔΑΦΟΣ Ε.Π.Ε. ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑ Α.Τ.Ε. ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2004).



## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

### ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ



Τεχνητές επιχώσεις.



Μανδύας Αποσάθρωσης.



ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΟΙΤΗΣ. Αμμοχαλικώδη λικά με χαλαρή δομή, τα οποία έχουν αποθεθεί στην κοίτη του χειμάρρου.



ΑΝΑΒΑΘΜΙΔΕΣ. Φακοειδείς ενστρώσεις άμμων και κροκαλών, οι οποίες έχουν αποθεθεί στη ευρύτερη περιοχή της κοίτης.



Αργιλικός σχηματισμός γκριζου χρώματος.

### ΚΩΝΟΣ ΚΟΡΗΜΑΤΩΝ



Αμμοχαλικώδεις σχηματισμοί με σημαντικό ποσοστό αργίλου, καστανού έως καστανοκόκκινου χρώματος.



Αμμώδους σύστασης σχηματισμοί με διάσπαρτες λατύπες και σημαντική περιεκτικότητα σε ανθρακικά άλατα γκριζόλευκου χρώματος.



Αργιλικής σύστασης σχηματισμοί καστανοκόκκινου χρώματος.



Συνεκτικό λατυπτοπαγές με ισχυρή διαγένεση, καστανού χρώματος.

### ΝΕΟΓΕΝΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ



Μάργες, ψαμμιτομάργες, ψαμμίτες, άμμοι και ψηφιοτοπαγοί με χαλαρά μαργαϊκά κροκαλοπαγή. Ανώτερο Πλειόκαινο - Διλούβιο.

### ΑΛΠΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ



Ασβεστόλιθοι της ενότητας της Πίνδου. Ανώτερο Κρητιδικό.

#### Όργανα

ΚΛΙΣΙΟΜΕΤΡΑ : Α1, Α2, Α3, Α4, Α5,  
Α6, Α8, Γ3, Γ4

ΠΙΕΣΟΜΕΤΡΑ : Γ1, Γ2, Π1, Π2, Π3, Π4



Δειγματοληπτικές γεωτρήσεις έτους 1996.



Δειγματοληπτικές γεωτρήσεις έτους 1999.



Μη δειγματοληπτικές γεωτρήσεις που τοποθετήθηκαν πιεσόμετρα το έτος 1999.



Δειγματοληπτικές γεωτρήσεις έτους 2003 (μετά την κατολίσθηση).



Διεύθυνση και κλίση στρώσης.



Εποχιακή πηγή.



Ρήγμα πιθανό ή καλυμμένο.



Γεωλογικό όριο.



Γεωλογικό όριο καλυμμένο - ασαφές.



Όριο κατολίσθησης.



Πιθανό όριο κατολίσθησης στα άκρα.

Παρατήρηση: Ο χάρτης αυτός αποτελεί μεταφορά του χάρτη g.01 της Χ. Αλεξιάδου (1999) στην νέα τοπογραφία που δημιουργήθηκε μετά την κατολίσθηση του Φεβρουαρίου 2003, συμπληρωμένος με τις πρόσφατες γεωτεχνικές έρευνες και νέα γεωλογικά στοιχεία.

Σχήμα 3. Υπόμνημα του σχήματος 1 και 2

### 5.3 Γεωμορφολογία - Γεωλογία

Η περιοχή ενδιαφέροντος αναπτύσσεται σε επικλινές ανάγλυφο σε υψόμετρα που κυμαίνονται περίπου από 260 έως 320m (Σχήμα 1). Από εκεί διέρχεται ρέμα εποχιακής ροής, γενικής διεύθυνσης Β-Ν. Το ρέμα βρίσκεται σε απόσταση περίπου 120m ανατολικά του άξονα της Ε.Ο. σε παράλληλη σχεδόν διεύθυνση.

Η ανατολική όχθη του ρέματος χαρακτηρίζεται από απότομες κλίσεις (της τάξεως των 40° και τοπικά των 70°) που οφείλονται πιθανώς σε έντονη κατά βάθος διάβρωση.

Η δυτική όχθη αποτελεί τον πόδα της κατολίσθησης και έχει ομαλότερες κλίσεις (20° με 30°). Από τα τοπογραφικά σχέδια προ της κατολίσθησης διαπιστώνονται χαρακτηριστικές γεωμορφές προς τα κατάντη που υποδεικνύουν ευρείας κλίμακας κατολισθητικά φαινόμενα.

Αντίστοιχες γεωμορφές μπορούν να παρατηρηθούν και στη σημερινή μορφολογία του αναγλύφου.

Ο αυτοκινητόδρομος βρίσκεται σε επίχωμα μέσου ύψους 10 m πάνω από ασθενώς συγκολλημένα υλικά κορημάτων (αργιλώδη αμμοχάλικα), με έντονη ετερογένεια κατά την οριζόντια και κατακόρυφη διεύθυνση και τα οποία αναπτύσσονται είτε επί νεογενών σχηματισμών είτε επί ασβεστολίθων του αλπικού υποβάθρου (σχήμα 1, 2, 3).

### 5.4 Μηχανισμός Κατολισθητικού Φαινομένου

Στο χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από το 1999, όπου εντοπίστηκε και οριοθετήθηκε το πρόβλημα, μέχρι τον χειμώνα του 2002-2003, η εξέλιξη της κατολίσθησης ήταν ερπυστικού τύπου με ρυθμούς μετακινήσεων της τάξεως των 10cm το έτος, ενώ την χειμερινή περίοδο συχνά έφτανε και 3-4cm τον μήνα.

Η διάνοιξη των ρωγμών είχε σαν αποτέλεσμα την ολοένα μεγαλύτερη εισροή υδάτων επιταχύνοντας το φαινόμενο έως την 8-2-2003, οπότε και αυτό εκδηλώθηκε (Σχ.4, 5).



**Σχήμα 4.** Άποψη της κατολισθημένης μάζας από ανάντη. Διακρίνεται το φρούδι της κατολίσθησης που έφτασε έως το μέσο του ανάντη της Ε.Ο. παράδρομου.

Σε ότι αφορά τα γενικά χαρακτηριστικά της κατολίσθησης αυτά είναι:

- Αποκόπτει μήκος Ε.Ο. περίπου 150m
- Μήκος κατολίσθησης (από το φρύδι έως τον πόδα) της τάξεως των 180m περίπου
- Μέγιστο μέσο εύρος κατολίσθησης 210m
- Συνολική επιφάνεια κατολίσθησης 35.000m<sup>2</sup> περίπου
- Συνολικός όγκος κατολίσθησης 350.000 έως 400.000m<sup>3</sup> περίπου
- Μέγιστη οριζόντια μετακίνηση 4.0m περίπου
- Μέγιστη κατακόρυφη υποχώρηση στην περιοχή της κεφαλής της κατολίσθησης 4.0 m περίπου



**Σχήμα 5.** Άποψη του βυθίσματος που προκάλεσε η κατολίσθηση στο οδόστρωμα της Ε.Ο. Κορίνθου-Τρίπολης.

Η επιφάνεια ολίσθησης, σύμφωνα με τα στοιχεία των κλισιομετρήσεων, εντοπίζεται στη βάση των υλικών του κώνου κορημάτων (Σχήμα 2).

Συγκεκριμένα φαίνεται να ακολουθεί την επαφή των αμμοχαλικώδων σχηματισμών με τις αργιλικές ενστρώσεις, οι οποίες συστηματικά εμφανίζονται στη βάση του κώνου κορημάτων. Η επιφάνεια επαφής τους και κατά συνέπεια η επιφάνεια ολίσθησης διαμορφώνεται πολύ βαθιά, έως και βαθύτερα από το Α.Υ. της κοίτης του χειμάρρου.

Ειδικότερα, η επιφάνεια ολίσθησης διέρχεται, στις περισσότερες περιπτώσεις, μέσω ενός αργιλικού στρώματος το οποίο διατηρεί τα λιθοοψικά χαρακτηριστικά της μάργας, αλλά στερείται δομής και στρώσης (πιθανώς ο αποσθρωμένος μανδύας των μαργαϊκών σχηματισμών).

Οι μαργαϊκοί σχηματισμοί αποκαλύφθηκαν και χαρτογραφήθηκαν κατά την κατασκευή του οχετού στον πόδα της κατολίσθησης.

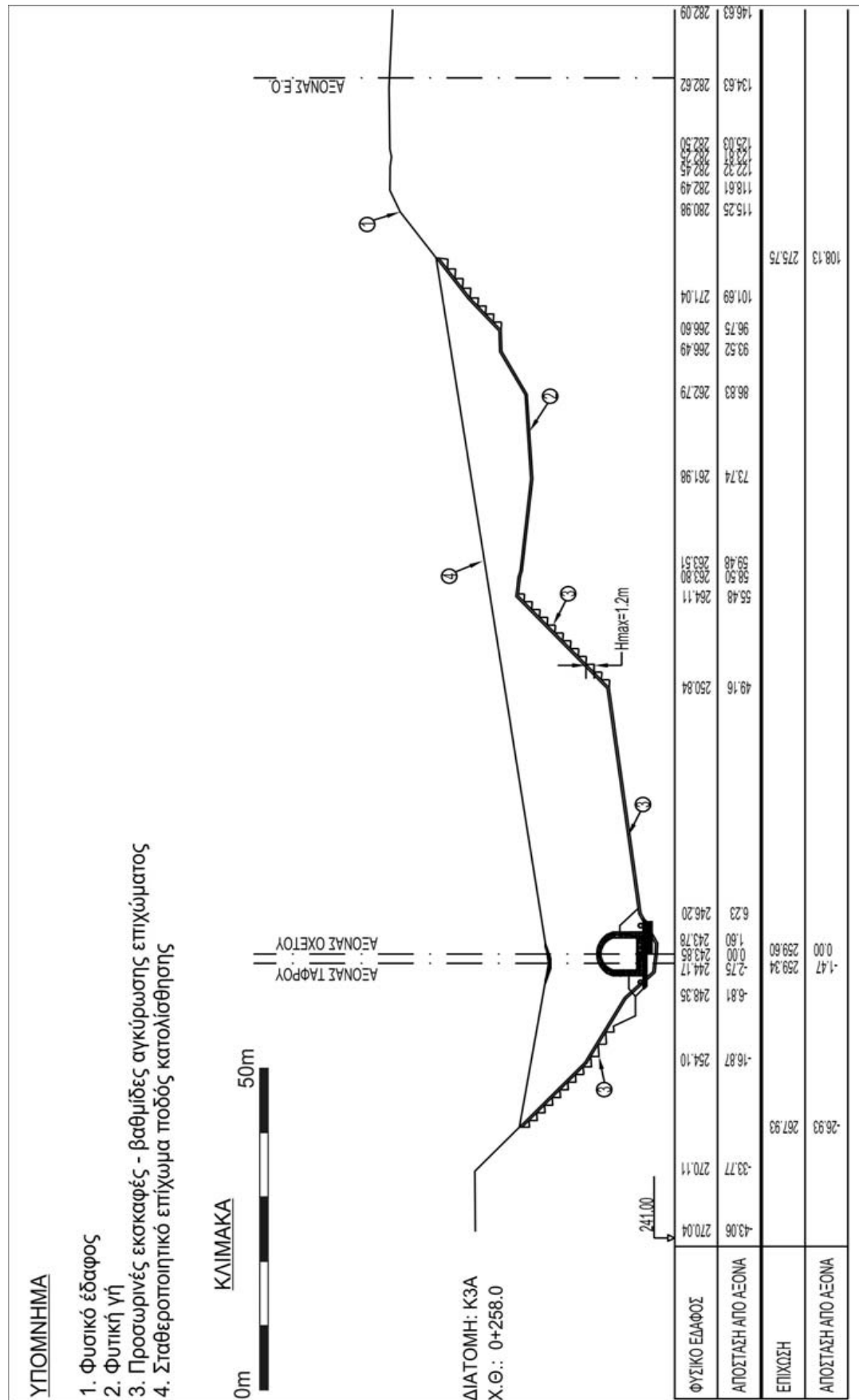
Η βασική κατεύθυνση της κατολίσθησης είναι προς τα ανατολικά. Ωστόσο μικρό νοτιοανατολικό τμήμα της κατολισθημένης μάζας, βάσει των μετρήσεων των βάθρων επιφανειακών μετακινήσεων αλλά και κάποιων κλισιομέτρων, φαίνεται ότι κινήθηκε με κατεύθυνση ανατολικά – νοτιοανατολικά είτε συμπαρασυρόμενο από την μετακίνηση της κύριας μάζας είτε ως ένας ανεξάρτητος λοβός.

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες αποτέλεσαν καθοριστικό παράγοντα στην ενεργοποίηση της κατολίσθησης.

Βασικό ρόλο φαίνεται να έπαιξε η συστηματική εμφάνιση αργιλικής σύστασης σχηματισμού στη βάση του κώνου κορημάτων, καθώς και οι σχηματισμοί του Νεογενούς στο πόδα της κατολίσθησης.

Και οι δύο αυτές κατηγορίες σχηματισμών είναι πολύ χαμηλής περατότητας, ευνοώντας έτσι τη δημιουργία επικρεμάμενων υδροφόρων οριζόντων στους υπερκείμενους σχηματισμούς του κώνου κορημάτων.

Η παρουσία αυτών επιβαρύνει την ευστάθεια του πρηνούς, προκαλεί αλλαγή των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών και δημιουργεί πιέσεις πόρων κατά μήκος της επιφάνειας ολίσθησης, μειώνοντας την διατμητική αντοχή του γεωυλικού.



Σχήμα 6. Σταθεροποιητικό επίχωμα. Διατομή στην ίδια περίπου θέση με την γεωλογική τομή Α - Α' (ΕΔΑΦΟΣ Ε.Π.Ε. ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑ Α.Τ.Ε. ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2004)

## 5.5 Έργα Σταθεροποίησης και Αποκατάστασης

Τα μελετηθέντα έργα για την σταθεροποίηση της κατολίσθησης και την αποκατάσταση του αυτοκινητοδρόμου συνοπτικά συνίστανται σε:

- Κατασκευή υψηλού επιχώματος (ύψους της τάξεως των 15.0m) στον πόδα της μάζας που κατολίσθησε το οποίο λειτουργεί ως αντίβαρο ποδός αλλά και ως αντιστήριξη, εφόσον πρόκειται για εγκιβωτισμένο επίχωμα στην κοίτη του ρέματος Βελανιδοπόταμου (σχήμα 6, 7).
- Κατασκευή δικτύου αποστράγγισης στην περιοχή του σταθεροποιητικού επιχώματος και του αυτοκινητόδρομου. Το αποστραγγιστικό δίκτυο περιλαμβάνει διαμήκη στραγγιστήρια, αγωγούς στραγγιστηρίων και αποστραγγιστικές κλίνες.
- Κατασκευή πυκνού επιφανειακού δικτύου αποχέτευσης ομβρίων. Το επιφανειακό δίκτυο αποχέτευσης ομβρίων είναι πιο πυκνό περί την κεφαλή της κατολίσθησης ώστε να περιορισθεί σημαντικά η κατείσδυση των ομβρίων υδάτων στην κατολισθημένη μάζα.

Το εν λόγω έργο συνδυάζεται και με τα έργα που έχουν κατασκευασθεί σε προηγούμενες φάσεις ανάντη του αυτοκινητόδρομου. Η διαμόρφωση των επιφανειών για ταχεία απορροή και η επιφανειακή αποχέτευση των έργων αυτών αποτελεί μια πρώτη ζώνη ανάσχεσης των υδάτων που επιβαρύνουν την κατολίσθηση. Επίσης, το έργο αντιστήριξης της παράπλευρης οδού, αποτελεί και έργο ανακούφισης της κεφαλής της κατολίσθησης.



**Σχήμα 7.** Αποψη της περιοχής ενδιαφέροντος κατά την κατασκευή του σταθεροποιητικού επιχώματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### 6. ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΑΛΑΚΑΣΑΣ – ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗ

#### 6.1 Η Κατολίσθηση

Η κατολίσθηση της Μαλακάσας αποτελεί κατολίσθηση που έγινε επί προϋπάρχουσας επιφάνειας ολίσθησης με σημαντικές καταστροφές στην Εθνική Οδό Αθηνών-Λαμίας και την σιδηροδρομική γραμμή Αθηνών-Θεσσαλονίκης. Και οι δύο αυτοί άξονες μεταφορών χάραχθηκαν και κατασκευάστηκαν χωρίς να είναι γνωστή η ύπαρξη της προϋπάρχουσας κατολίσθησης στην περιοχή.

Η εκδήλωση της προκάλεσε σημαντικότερες υλικές ζημιές και την διακοπή –έστω προσωρινά- των μετακινήσεων επί του οδικού και σιδηροδρομικού άξονα στο σημείο της κατολίσθησης.

Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται σε οριζοντιογραφία η άμεση περιοχή της κατολίσθησης και στην Εικόνα 2 απλουστευμένη γεωτεχνική τομή. Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται αεροφωτογραφία της περιοχής της κατολίσθησης αμέσως μετά την εκδήλωσή της.

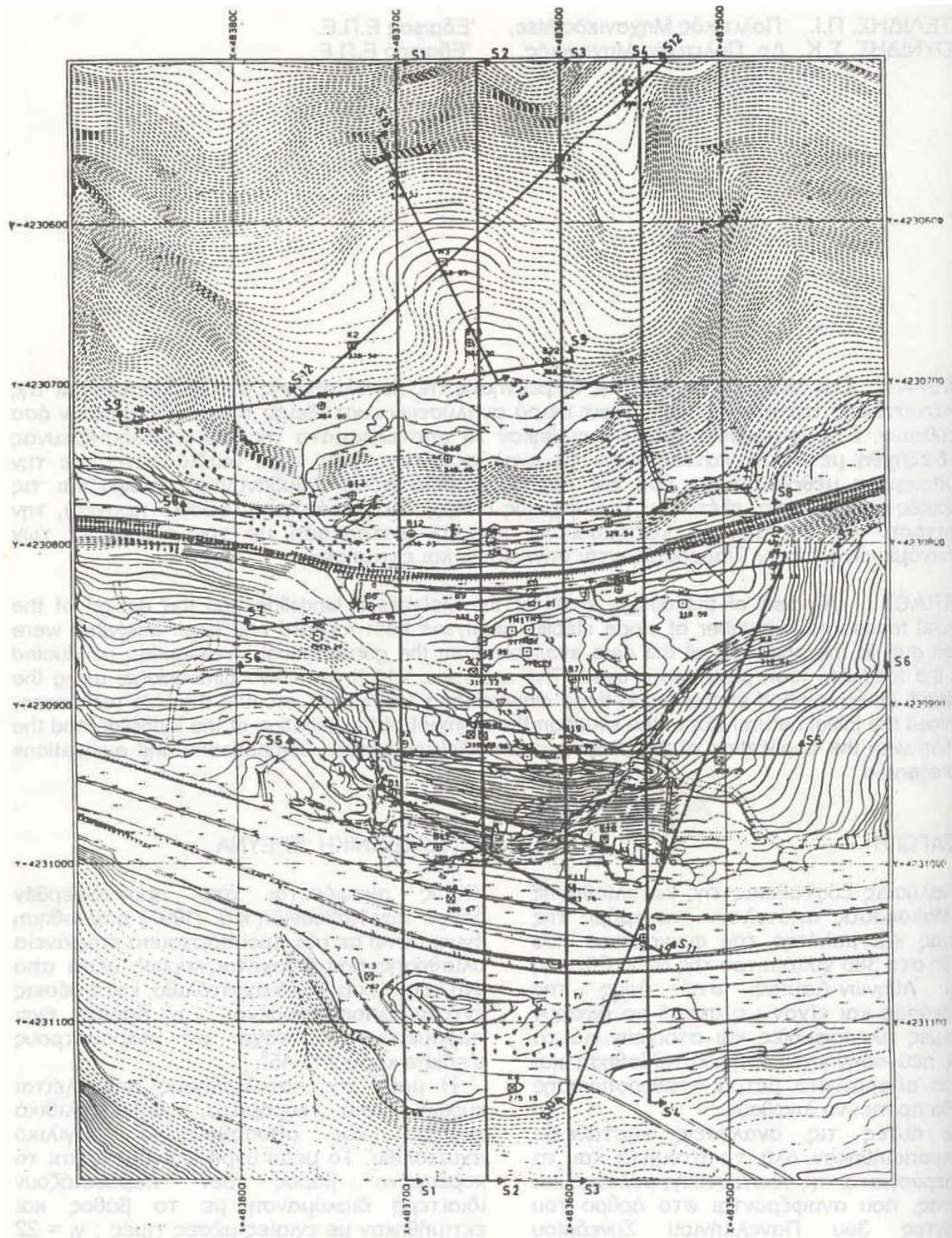
Η κατολίσθηση της Μαλακάσας αποτελεί παράδειγμα κατολίσθησης που δεν είχε εντοπιστεί πριν από τον καθορισμό της χάραξης της οδού και της σιδηροδρομικής γραμμής.

Η λύση που μελετήθηκε και εφαρμόστηκε προέβλεψε διατήρηση των δύο αξόνων στη θέση τους με μικρές μόνο οριζοντιογραφικές (για τη σιδηροδρομική γραμμή) και μηκοτομικές (ανύψωση του ενός κλάδου της Εθνικής Οδού) επεμβάσεις.

#### 6.2 Έργα Σταθεροποίησης

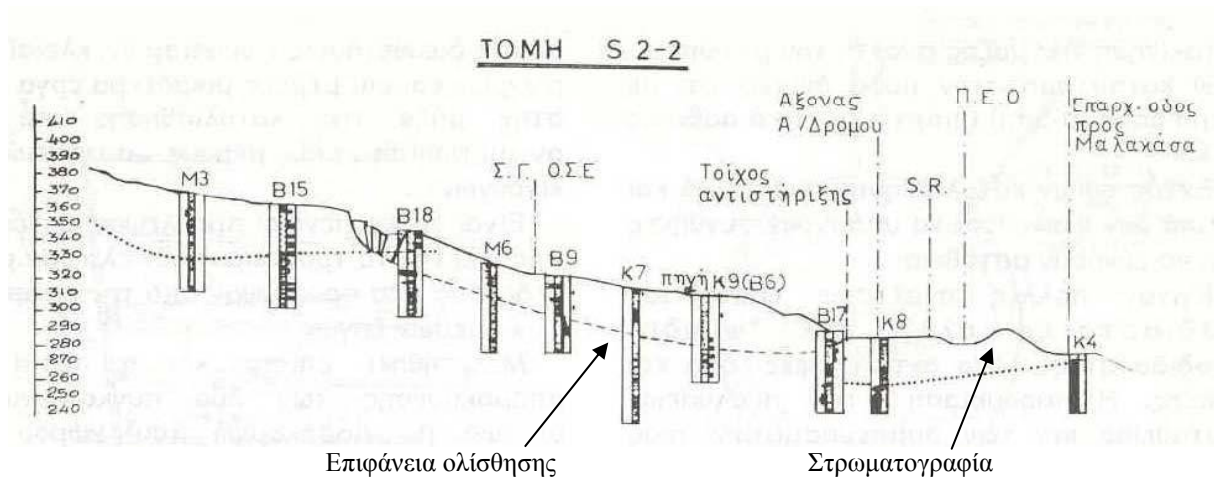
Τα βασικά έργα ήταν έργα σταθεροποίησης της κατολίσθησης με εξασφάλιση ικανού συντελεστή ασφαλείας. Αυτά ήταν κυρίως διάνοιξη αποστραγγιστικών σηράγγων (μήκους περίπου 1400 m), επιφανειακή και βαθειά αποστράγγιση με κατακόρυφες και παραοριζόντιες στραγγιστικές γεωτρήσεις, εκτεταμένες χωματουργικές επεμβάσεις (εκσκαφές του μετώπου, σφραγίσεις ρωγμών και μεγάλο αντίβαρο ποδός) και τοπικά πάσσαλοι σταθεροποίησης.

Σήμερα τα έργα έχουν κατασκευαστεί και λειτουργούν με επιτυχία. Η λύση που εφαρμόστηκε με σταθεροποίηση της κατολίσθησης και πρακτικώς διατήρηση των αξόνων στη θέση τους είχε υποπολλαπλάσιο κόστος από την τυχόν μετάθεσή τους.



Εικόνα 1. Οριζοντιογραφία της περιοχής της κατολίσθησης της Μαλακάσας.





**Εικόνα 2.** Απλουστευμένη γεωτεχνική τομή S2-2 της κατολίσθησης της Μαλακάσας.



**Εικόνα 3.** Αεροφωτογραφία της κατολίσθησης της Μαλακάσας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### **7. ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΥ**

#### **7.1 Εισαγωγή**

Η σήραγγα Τυμφρηστού είναι αναμφισβήτητα μια από τις σήραγγες με τις δυσκολότερες συνθήκες διάνοιξης στην Ελλάδα, η πρώτη που διανοίχτηκε στο φλύσχι της Πίνδου με συχνές εναλλαγές σχηματισμών με διαφορετικές ιδιότητες, τυπικά σε ζώνες υλικού με χαρακτηριστικά χαμηλής αντοχής και υψηλής παραμορφωσιμότητας (squeezing conditions), και με σοβαρά προβλήματα αστάθειας και καταρρεύσεων.

Η κατασκευή της σήραγγας ξεκίνησε το 1992 και ολοκληρώθηκε το 1995 στα πλαίσια της πρώτης σύμβασης που προέβλεπε τη διάνοιξη και προσωρινή αντιστήριξη.

Οι μεγάλες συγκλίσεις όμως, οι ρηγματώσεις στο σκυρόδεμα της προσωρινής επένδυσης και τοπικές καταπτώσεις απαίτησαν την επανεσκαφή και υποστήριξη μήκους ~500m στα πλαίσια δύο ακόμα συμβάσεων που τελικά οδήγησαν σε 10πλασιασμό του κόστους του έργου από τον αρχικό προϋπολογισμό.

Στα πλαίσια της διερεύνησης των αιτίων που προκαλούν μετακινήσεις στα τοιχώματα της σήραγγας για χωροχρονικά διαστήματα εκτός της επίδρασης του μετώπου και της επεξεργασίας των γεωμετρικών και κινηματικών χαρακτηριστικών των παραμορφωμένων διατομών, συλλέχθηκαν τα διαθέσιμα γεωδαιτικά στοιχεία μετακινήσεων που προέκυψαν:

- (1) κατά την αρχική εκσκαφή της σήραγγας και
- (2) κατά την επανεκσκαφή μήκους ~500m και μελετήσαμε τα κινηματικά χαρακτηριστικά των μετακινήσεων.

## **7.2 Αρχική εκσκαφή της σήραγγας Τυμφρηστού 1992-1995.**

### **7.2.1 Μέθοδος παρακολούθησης των παραμορφώσεων της σήραγγας**

#### ***Τυμφρηστού.***

Η μελέτη και η επίβλεψη της σήραγγας Τυμφρηστού στις αρχές της δεκαετίας του '90 δεν προέβλεπε τη συστηματική παρακολούθηση της συμπεριφοράς του συστήματος εδάφους-αντιστήριξης κατά την αρχική διάνοιξη δεδομένου ότι την εποχή εκείνη η παρακολούθηση του έργου δεν ήταν στις συμβατικές υποχρεώσεις του εργολάβου. Έτσι, δεν είναι διαθέσιμα τα στοιχεία της χρονικής εξέλιξης της μετακίνησης από την αρχή της εκσκαφής.

Λεπτομερής αποτύπωση των παραμορφωμένων διατομών έγινε ένα χρόνο μετά την ολοκλήρωση της σήραγγας, κατά το σχεδιασμό της επανεκσκαφής τμήματος του έργου λόγω της υπερβολικής (πέρα από τα ανεκτά όρια) παραμόρφωσης των πλαισίων και μείωσης του ελεύθερου ανοίγματος της σήραγγας. Για την αποτύπωση των παραμορφωμένων διατομών χρησιμοποιήθηκαν κλαδικές γεωδαιτικές μέθοδοι.

Η καταγραφή των μετακινήσεων των τοιχωμάτων της σήραγγας βασίστηκε στην εγκατάσταση διατομών ελέγχου σε αποστάσεις 10~15m σε καθεμία από τις οποίες μετρήθηκαν 9 έως 14 σημεία ελέγχου στην οροφή, τα τοιχώματα και το δάπεδο των διατομών.

Οι θέσεις των σημείων ελέγχου καταγράφηκαν αναφορικά με τις αρχικές τους θέσεις (ως αρχική θέση κάθε σημείου θεωρήθηκε η θέση του τοιχώματος της διατομής πριν τις παραμορφώσεις, δηλαδή η αρχική θέση τοποθέτησης του πλαισίου αντιστήριξης) με βάση τις υπάρχουσες γεωδαιτικές μετρήσεις.

Η προσεγγιστική αυτή μέθοδος είναι απόλυτα ικανοποιητική δεδομένου του εύρους των παραμορφώσεων (συγκλίσεις >1m ανά παρειά). Από τα στοιχεία των μετακινήσεων σχεδιάστηκε το προφίλ της παραμόρφωσης κάθε διατομής ελέγχου.

Αστοχία σήραγγας Τυμφρηστού - Υπερβολική σύγκλιση σε συνθήκες «σύνθλιψης»

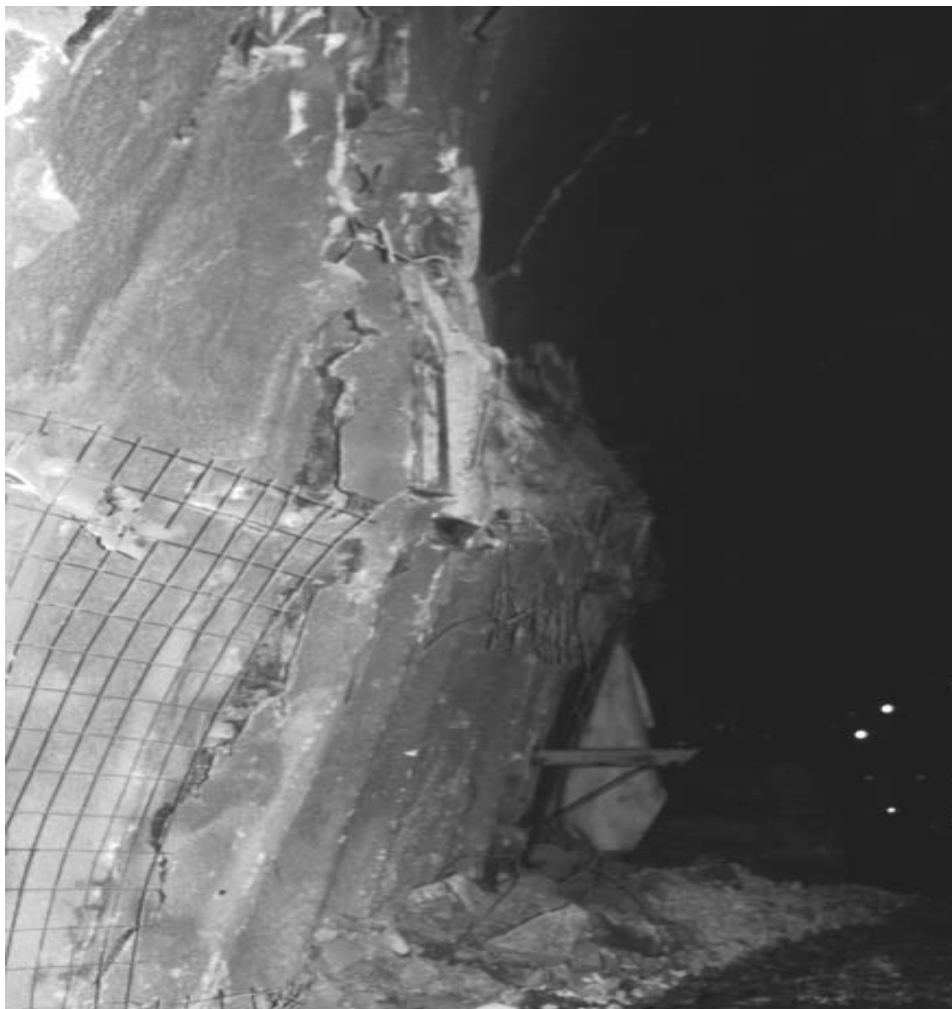


**Η σήραγγα Τυμφρηστού το 1996, 1 χρόνο μετά την αρχική διάνοιξη και προσωρινή υποστήριξη της διατομής. Τοπικές καταρρεύσεις και μεγάλες συγκλίσεις σε μεγάλο μήκος της σήραγγας οδήγησαν στην ανάγκη επανεκσκαφής τμήματος του έργου.**

## 7.2.2 Παραμορφώσεις κατά την αρχική εκσκαφή της σήραγγας.

Από πληροφορίες από το αρχείο του έργου και τους εργαζόμενους έγινε γνωστό ότι μετά την ολοκλήρωση της 1<sup>ης</sup> φάσης εκσκαφής της σήραγγας (top-heading) δεν ήταν ορατές σημαντικές συγκλίσεις. Κατά την διάνοιξη της 2<sup>ης</sup> φάσης (bench) και τη διεύρυνση της διατομής εκδηλώθηκαν παραμορφώσεις στα τοιχώματα της διατομής και τυπικά αστοχία της οροφής, και ρηγματώσεις κατά μήκος του άξονα της σήραγγας που συχνά συνοδεύονταν από δυνατούς ήχους λόγω της θραύσης.

Σε μήκος της σήραγγας περίπου 500m (από Χ. Θ. 0+800m ως Χ. Θ. 1+300m), οι υψηλές τάσεις προκάλεσαν την πλήρη αστοχία του κελύφους της προσωρινής αντιστήριξης και θραύση του άκαμπτου δαπέδου (invert) που είχε ως αποτέλεσμα την ανύψωση του πυθμένα της διατομής έως και 1,5m ενώ τοπικά η σύγκλιση ξεπέρασε το 20%.



### **7.3 Επανεκσκαφή της σήραγγας Τυμφρηστού 1997-1998.**

Μετά από εξέταση της σήραγγας από τον κύριο του έργου (ΥΠΕΧΩΔΕ) αποφασίστηκε να επανεκσκαφθεί τμήμα μήκους ~500m (X. Θ. 0+810m ως X. Θ. 1+311m) με υπερεκσκαφή 0,5m στην κλείδα ώστε να αποκτήσει η διατομή τις διαστάσεις των προδιαγραφών του έργου.

#### **7.3.1 Μέθοδος παρακολούθησης των παραμορφώσεων.**

Κατά την επανεκσκαφή τμήματος 500m της σήραγγας, εγκαταστάθηκε γεωδαιτικό σύστημα παρακολούθησης των μετακινήσεων. Συνολικά, τοποθετήθηκαν 26 διατομές ελέγχου ανά διάστημα 10-15m. Κάθε διατομή αποτελούνταν από τρία σημεία ελέγχου (ένα στην οροφή και δύο στις πλευρές της σήραγγας) οι μετακινήσεις των οποίων καταγράφονταν καθημερινά για χρονικό διάστημα 35 ως 40 ημερών.



**Παραμορφωμένα πλαίσια στα πλευρικά τοιχώματα της διατομής της σήραγγας Τυμφρηστού. Είναι ορατή η κάμψη των μεταλλικών πλαισίων και η θραύση του κελύφους της προσωρινής αντιστήριξης που οδήγησε στην αποκάλυψή τους. Η μορφή αυτή της αστοχίας παρατηρήθηκε σε μεγάλα τμήματα κατά μήκος του έργου.**

### **7.3.2 Μετακινήσεις κατά την επανεκσκαφή της σήραγγας.**

Οι μετακινήσεις που καταγράφηκαν κατά την επανεκσκαφή της σήραγγας στο ήδη διαταραγμένο εδαφικό περιβάλλον ξεπέρασαν και πάλι το κρίσιμο όριο του 2% και ήταν της τάξης του 2,5% στην οριζόντια διεύθυνση και 6% στην κατακόρυφη διεύθυνση της σήραγγας. Οι μετακινήσεις σταθεροποιήθηκαν σε διάστημα περίπου ενός μήνα μετά την επανεκσκαφή και υποστήριξη της διατομής.

Το προφίλ των συγκλίσεων σε ορισμένες όμως, δεν ακολουθεί την τυπική καμπύλη ανάπτυξης των συγκλίσεων αλλά παρατηρείται προσωρινή σταθεροποίηση και λίγες μέρες αργότερα αναζωπύρωση των συγκλίσεων μέχρι να σταθεροποιηθούν τελικά σε υψηλότερες διατομές ελέγχου.

### **7.4 Διερεύνηση των αιτιών ανάδρασης των συγκλίσεων.**

Στα παραπάνω αναλύθηκαν οι πιθανοί παράγοντες που προκαλούν συγκλίσεις σε διατομές σηράγγων ακόμα και μετά την απομάκρυνση του μετώπου και τη σταθεροποίησή τους. Από τα στοιχεία του έργου όμως προέκυψε ότι δεν υπήρχαν οι κατάλληλες συνθήκες για την ανάδραση της μετακίνησης των διατομών λόγω παραγόντων όπως:

#### **1. Στερεοποίηση**

Η σταδιακή απομάκρυνση του νερού από τον όγκο του εδάφους συνήθως προκαλεί και αργή παραμόρφωση της αντιστήριξης. Στην περίπτωση όμως της σήραγγας Τυμφορηστού η συσσώρευση των μετακινήσεων έγινε με σχετικά γρήγορους ρυθμούς, της τάξης των 5 ως 30mm/μέρα (δηλαδή σύγκλιση έως και 0,3%/μέρα), και άρα δεν μπορεί να οφείλεται σε σταθεροποίηση.

#### **2. Άλλες εκσκαφές**

Οι περισσότερες από τις εξεταζόμενες διατομές ελέγχου βρίσκονταν σε βάθος μεγαλύτερο των 50m από την επιφάνεια του εδάφους. Επιπλέον στην περιοχή δεν κατασκευάζονταν άλλα έργα.

#### **3. Φαινόμενα ερπυσμού**

Η απότομη αύξηση των μετακινήσεων θα μπορούσε να αποδοθεί σε φαινόμενα τριτογενούς ερπυσμού του εδάφους. Και αυτός ο παράγοντας όμως αποκλείστηκε δεδομένου ότι, όπως εξηγήθηκε παραπάνω, η ύπαρξη του τριτογενούς ερπυσμού προϋποθέτει τον δευτερογενή ερπυσμό, δηλαδή μια περίοδο συσσώρευσης μετακινήσεων με αργό και περίπου σταθερό ρυθμό.

Στην περίπτωση των διατομών της σήραγγας Τυμφορηστού όμως, είτε οι συγκλίσεις εξελίσσονταν με ταχείς ρυθμούς, είτε μετά τις αρχικές συγκλίσεις, ακολούθησε μια περίοδος πλήρους σταθεροποίησης που αποκλείει τον δευτερογενή ερπυσμό. Επιπλέον, η συσσώρευση των μετακινήσεων ολοκληρώθηκε σε σχετικά σύντομο διάστημα (30-40ημερών) για την εκδήλωση τέτοιας μορφής ερπυσμού. Έτσι, οι συγκλίσεις δεν μπορεί να οφείλονται σε ερπυσμό.

Για την περιγραφή του μηχανισμού αστάθειας μεγάλου μήκους της σήραγγας μετά και από την επανεκσκαφή της βάση της απουσίας άλλων παραγόντων που μπορεί να προκαλέσαν τις παραπάνω συγκλίσεις, δηλαδή στερεοποίηση ή άλλες εκσκαφές στο γειτονικό περιβάλλον ή φαινόμενα τριτογενούς ερπυσμού, αναλύονται τα χωροχρονικά χαρακτηριστικά των συγκλίσεων των διαθέσιμων διατομών.



## 7.5 Χωροχρονική εξέλιξη των μετακινήσεων.

Η επανεκσκαφή της διατομής προφανώς προκαλεί ανακατανομή των τάσεων στο έδαφος και νέες παραμορφώσεις στην διατομή. Το ήδη διαταραγμένο περιβάλλον εδαφικό υλικό όμως κάνει ιδιαίτερα δύσκολη την κατασκευή του γεωτεχνικού μοντέλου που θα μπορούσε με ικανοποιητική ακρίβεια να περιγράψει την συμπεριφορά στις νέες φορτίσεις. Έτσι, και η μελέτη της χωροχρονικής εξέλιξης των μετακινήσεων δεν βασίστηκε στη μεθοδολογία που αναφέρθηκε παραπάνω.

Φαινόμενα όμως όπως :

- η ιδιομορφία της χρονικής εξέλιξης των μετακινήσεων ορισμένων διατομών οι οποίες μετά από μία περίοδο σταθεροποίησης υπέστησαν νέες μετακινήσεις ώσπου να σταθεροποιηθούν τελικά σε συγκλίσεις της τάξης του 6% και
- η δημιουργία ρηγματώσεων κατά μήκος του άξονα της σήραγγας τόσο κατά την αρχική εκσκαφή όσο και κατά την επανεκσκαφή, οδήγησε στην διερεύνηση της χρονικής εξέλιξης των συγκλίσεων στις διάφορες διατομές σε συνδυασμό με τη θέση τους κατά μήκος της σήραγγας.



### **Οριζόντιες και κατακόρυφες συγκλίσεις κατά μήκος της σήραγγας.**

Από την κατανομή των συγκλίσεων των διατομών η κατά μήκος του έργου παρατηρείται ότι στο μεγαλύτερο τμήμα της επανεκσκαφής οι μέγιστες τιμές των συγκλίσεων δεν ξεπέρασαν το 1% για την οριζόντια και 2% για την κατακόρυφη διεύθυνση. Εξάιρεση αποτελεί μια περιοχή μήκους περίπου 100m στην οποία εκδηλώθηκαν κατακόρυφες συγκλίσεις μεγαλύτερες από 2% τοπικά 6% και οριζόντιες έως 2,5%.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι οι μέγιστες συγκλίσεις εντοπίζονται σε δύο στενές σχετικά ζώνες εύρους λίγων μέτρων, δημιουργώντας δύο «φουσκώματα» στο κυλινδρικό κέλυφος της σήραγγας που φτάνουν σε μήκος τα 30m (μεταξύ των διατομών S6 και S16).



### **Χρονική ιστορία των συγκλίσεων.**

Η χρονική ιστορία των οριζόντιων και κατακόρυφων συγκλίσεων που δεν υπερέβησαν το 2% ακολουθούσε καμπύλη παρόμοια με την τυπική καμπύλη αύξησης των συγκλίσεων των τοιχωμάτων διατομής σηράγγων κατά την διάνοιξη και οι συγκλίσεις έπαυαν περίπου 20 μέρες μετά την επανεκσκαφή (σταθεροποίηση διατομής). Δεν συνέβαινε όμως το ίδιο με τις κατακόρυφες συγκλίσεις που υπερέβησαν την κρίσιμη τιμή του 2%. Στις διατομές ελέγχου που βρίσκονται στην περιοχή μήκους 100m που υπέστη τις μεγαλύτερες συγκλίσεις η αύξησή τους ακολουθούσε δύο διαφορετικούς τύπους:

i) Στις στενές περιοχές των μέγιστων συγκλίσεων (διατομές S9 και S13) αυτές εξελίσσονταν αδιάκοπα με σχεδόν σταθερό ρυθμό για χρονικά διαστήματα μεγαλύτερα του ενός μήνα μέχρι που έφταναν σύγκλιση 6% και σταθεροποιούνταν.

ii) Στις γειτονικές περιοχές που βρίσκονταν στις ζώνες των «φουσκωμάτων» (διατομές S13, S14, S12, S10, S8 και S7) οι συγκλίσεις συσσωρεύονταν σταδιακά και έπαυαν προσωρινά περίπου 20 μέρες μετά την επανεκσκαφή αλλά επαναδραστηριοποιούνταν λίγες μέρες αργότερα και τελικά σταθεροποιούνταν σε επίπεδα συγκλίσεων >2%.

Έτσι με βάση:

- 1) την παρατήρηση του παραμορφωμένου κελύφους της αντιστήριξης της σήραγγας και
- 2) τη μορφή εξέλιξης των συγκλίσεων ανάλογα με την θέση τους κατά μήκος του άξονα

καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι μεγάλες συγκλίσεις που εκδηλώθηκαν σε ορισμένες ζώνες (περιοχή διατομών S9 και S13) πιθανότατα προκάλεσαν ανακατανομή των τάσεων στις γειτονικές περιοχές και επανενεργοποίηση συγκλίσεων προς τις δύο κατευθύνσεις της σήραγγας δημιουργώντας «φουσκώματα» κατά μήκος της σήραγγας.

Από το προφίλ της παραμορφωμένης διατομής της σήραγγας εντοπίζονται δύο «πηγές» από τις οποίες ξεκίνησε η ανακατανομή των τάσεων, η γένεση νέων παραμορφώσεων στο εσωτερικό του εδάφους και η επανενεργοποίηση των συγκλίσεων στο κέλυφος της σήραγγας.

Στην περίπτωση δηλαδή των μετακινήσεων και συγκλίσεων της σήραγγας Τυμφορηστού είναι προφανής η αλληλουχία των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της παραμόρφωσης του συστήματος εδάφους-αντιστήριξης (διαμήκης στένωση της διατομής και διαρρήξεις του κελύφους της αντιστήριξης) και της κινηματικής (χρονική εξέλιξη των μετακινήσεων) κοντινών περιοχών της σήραγγας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### **8. ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΑΣΤΟΧΙΑ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΟΥ**

#### **8.1 Εισαγωγή**

Η δίδυμη σιδηροδρομική σήραγγα Καλλιδρόμου μήκους 9km είναι τμήμα της νέας σιδηροδρομικής γραμμής Αθήνας-Θεσσαλονίκης και κατασκευάζεται από το 1998. Ο άξονάς της διασχίζει την ομώνυμη οροσειρά και διέρχεται από σχηματισμούς με χαρακτηριστικά που διαφέρουν σημαντικά.

#### **8.2 Παραμορφώσεις και αστοχίες στην σήραγγα Καλλιδρόμου.**

Όταν η σήραγγα εισήλθε από τον ασβεστόλιθο σε αργιλικό σχηματισμό περίπου 2km από τη νότια είσοδό της, οι συγκλίσεις αυξήθηκαν απότομα φτάνοντας τοπικά τα 450mm.

Η σύγκλιση της διατομής ήταν κλιμακούμενη σε μήκος περίπου 100m γύρω από την περιοχή των μέγιστων συγκλίσεων ενώ σε πολλές διατομές η χρονική εξέλιξη των μετακινήσεων έδειχνε ανάδραση της κίνησης του συστήματος εδάφους-κατασκευής.

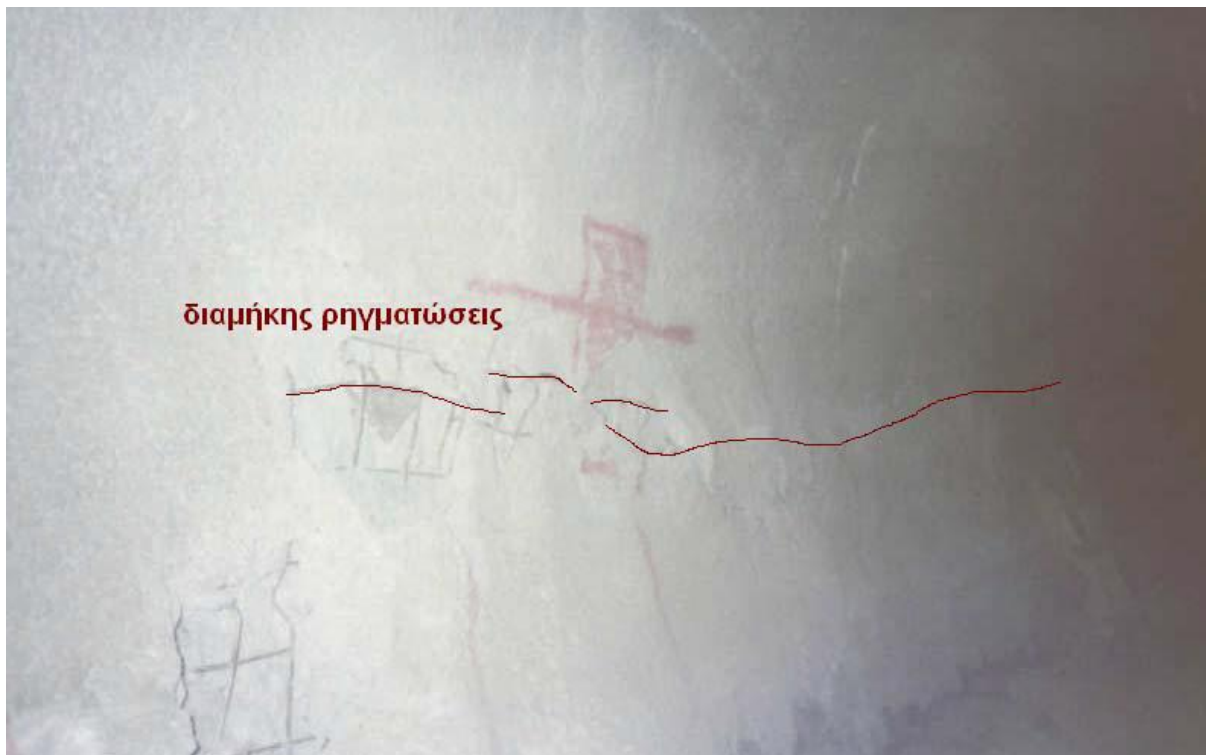
Οι παραμορφώσεις της προσωρινής επένδυσης συνοδεύτηκαν από διαμήκη ρωγμές του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στα πλευρικά τοιχώματα (περιοχή θεμελίωσης των πλαισίων κατά την Α φάση). Κατά μήκος της ζώνης αυτής οι υψηλές τάσεις προκάλεσαν θραύση της επένδυσης του πυθμένα (invert) και ανύψωση του δαπέδου.

#### **8.3 Τρόπος αντιμετώπισης των παραμορφώσεων**

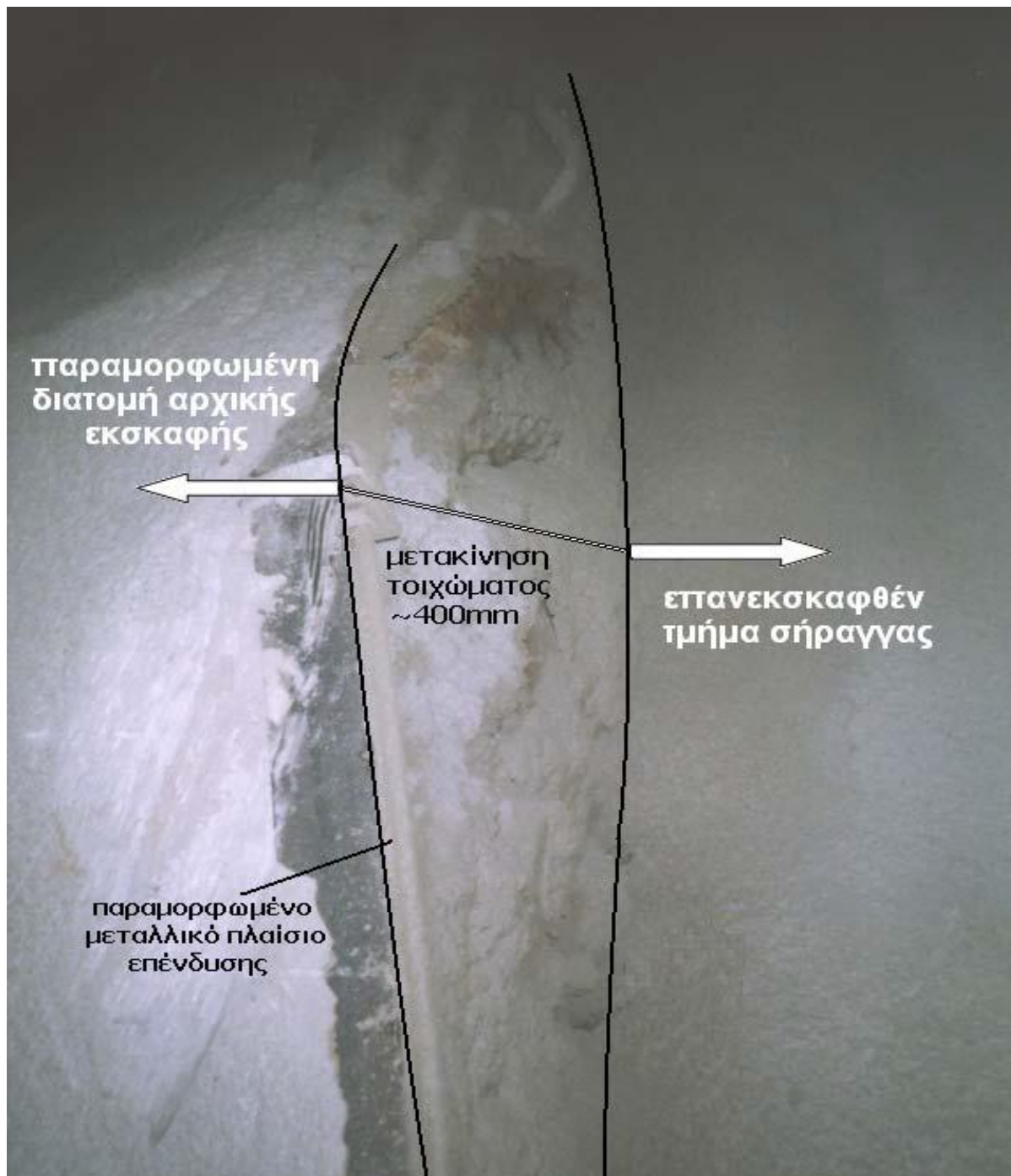
Λόγω των μεγάλων συγκλίσεων αποφασίστηκε να εκσκαφθεί ξανά το τμήμα της σήραγγας με τις μέγιστες συγκλίσεις και να σκυροδετηθεί εκ νέου το δάπεδο για όλο το μήκος στο οποίο είχε ρηγματωθεί, ώστε η τελική διατομή να έχει τις διαστάσεις που καθορίζονται από τις ανάγκες του έργου. Παρόλα αυτά μεγάλο τμήμα της σήραγγας εξακολουθούσε να παραμορφώνεται ακόμη και μετά την επισκευή του. Χαρακτηριστικά το δάπεδο της διατομής ρηγματώθηκε τρεις φορές στο ίδιο κομμάτι, παρά την αφαίρεση του σπασμένου invert και τη νέα σκυροδέτηση του πυθμένα μετά από κάθε αστοχία.

## 8.4 Ρηγματώσεις κατά μήκος της σήραγγας

Από την αλληλουχία των γεωμετρικών παρατηρήσεων της σήραγγας (συγκλίσεις διατομών κατά μήκος του άξονα με την αντίστοιχη ιστορία) αλλά και από τη μορφή του παραμορφωμένου κελύφους και τις ρηγματώσεις κατά μήκος της σήραγγας ήταν προφανές ότι μεγάλες συγκλίσεις που προκλήθηκαν από αντίστοιχα υψηλές τάσεις τοπικά, προκάλεσε πρόσθετες συγκλίσεις σε διπλανές διατομές, που είχαν ήδη σταθεροποιηθεί και διαμήκη διάδοση των ρηγματώσεων στη σήραγγα.



α) Ρωγμές κατά μήκος των πλευρικών τοιχωμάτων της σήραγγας.



β) Σύγκλιση της διατομής της σήραγγας Καλλιδρόμου. Διακρίνεται το εύρος της σύγκλισης και το σχήμα του παραμορφωμένου κελύφους κατά την επανεκσκαφή της διατομής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

### 9. ΑΣΤΟΧΙΑ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΤΕΜΠΩΝ

#### 9.1 Ιστορικό Αστοχίας

Στις 17/12/2009 εκδηλώθηκε βραχύπρωση μεγάλων τεμαχίων στο τμήμα από Χ.Θ. 386+150 έως Χ.Θ. 386+200 της Ε.Ο. Αθήνας – Θεσσαλονίκης, στην κοιλάδα των Τεμπών.

Συγκεκριμένα ασβεστολιθικοί ογκόλιθοι αποκολλήθηκαν από το πρανές, από ύψος 80m περίπου, αποκαλύπτοντας εδαφικό υλικό πλήρωσης στις ασυνέχειες της βάσης του.

Στη συνέχεια οι ογκόλιθοι ανατράπηκαν, θραύστηκαν, παρέσυραν και μικρότερους ογκόλιθους και ακολούθησαν δύο διαδρομές κατά την κίνησή τους μέχρι να καταλήξουν επί της οδού.

Η αστοχία προκάλεσε το θάνατο του Διευθυντή του έργου της κατασκευής των γειτονικών σηράγγων της Ν.Ε.Ο., ο οποίος είχε μεταβεί για αυτοψία ύστερα από μικρότερες καταπτώσεις που είχαν παρατηρηθεί στη θέση αυτή την προηγούμενη ημέρα (16/12/2009) και είχαν προκαλέσει ατύχημα σε φορτηγό όχημα με αποτέλεσμα να διακοπεί η κυκλοφορία της οδού.

Ο συνολικός όγκος των βραχοτεμαχίων που κατέπεσαν εκτιμώνται σε 300m<sup>3</sup> (800 tn), ενώ το μεγαλύτερο σε όγκο τεμάχιο ήταν της τάξεως των 20m<sup>3</sup>.

Στην ευρύτερη περιοχή του στενού των Τεμπών έχουν εκδηλωθεί πολλές φορές στο παρελθόν παρόμοια φαινόμενα με συνέπεια την πρόκληση φθοράς στην οδό και την προσωρινή διακοπή της κυκλοφορίας. Η επικινδυνότητα, δεδομένου του κυκλοφοριακού φόρτου, είναι ιδιαίτερα αυξημένη.

## 9.2 Μορφολογία

Η κοιλάδα των Τεμπών έχει διαμορφωθεί ως μία ρηξιγενής ζώνη με δ/ση ΒΑ/κή ΝΔ/κή κατά μήκος του Πηνειού ποταμού, που διατρέχει την περιοχή και εκφορτίζει τις επιφανειακές απορροές του Θεσσαλικού κάμπου προς τη θάλασσα. Οι δευτερεύοντες υδρογραφικοί άξονες έχουν διεύθυνση σχεδόν κάθετη στον κύριο άξονα του Πηνειού.

Τα ύψη στα οποία αναπτύσσεται το φυσικό ανάγλυφο των κλιτύων κυμαίνονται από 10m έως 350m με μορφολογικές κλίσεις που κυμαίνονται από 20<sup>0</sup> έως 75<sup>0</sup> περίπου. Η εθνική οδός (ΠΑΘΕ) κινείται γενικά σε υψόμετρα που κυμαίνονται από 13 έως 50m στο απότομο δεξιό (ανατολικό) πρηνές, όπου αναπτύσσονται ακόμα και αρνητικές κλίσεις.

Γεωλογικά η περιοχή αποτελείται από τεφρούς έως μελανότεφρους κρυσταλλικούς ασβεστολίθους Μεσοζωικής έως και Ηωκαινικής ηλικίας, πτυχωμένους και έντονα διερρηγμένους, με εμφανή τα ίχνη της καρστικής διεργασίας που έχουν υποστεί.

Στους ασβεστόλιθους αυτούς, που εντάσσονται στο τεκτονικό παράθυρο της Ενότητας Όσσας-Ολύμπου και εμφανίζονται λεπτο-μεσοστρωματώδεις ή και με ατελή στρώση, κατά θέσεις και κυρίως στα ανώτερα μέλη τους εντοπίζονται παρεμβολές φυλλιτών, που όμως συχνά παίρνουν τη μορφή ενστρώσεων πάχους μέχρι και 50m.

Στη θέση όπου εκδηλώθηκε η πρόσφατη αστοχία του πρηνούς, επικρατούν οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι με λεπτοστρωματώδη έως μεσοστρωματώδη δομή, διατεμνόμενοι από κύρια και δευτερεύοντα συστήματα ασυνεχειών. Ανάντη της περιοχής από όπου αποκολλήθηκαν τα βραχοτεμάχια (περίπου 30m ψηλότερα) εμφανίζονται οι αποσαθρωμένοι φυλλίτες με πάχος 50m περίπου, σύμφωνα με τα στοιχεία γεωτρήσεων που εκτελέστηκαν στο πλαίσιο μελέτης των σηράγγων.

Το υλικό των αποσαθρωμένων φυλλιτών διαβρώνεται, και με τη δράση του νερού της βροχής μεταφέρεται προς τα κατόντη, πληρώνοντας μερικώς τις ασυνέχειες και τις ρωγμές των ασβεστολίθων καθώς και επικαλύπτοντας το βραχώδες υπόβαθρο στις μισγάγγειες που διαμορφώνονται στα πρηνή.

## 9.3 Το εδαφικό υλικό των ρωγμών

Σε εδαφικά δείγματα που λήφθηκαν επί τόπου στη θέση της πτώσης από το υλικό που μεταφέρθηκε μαζί με τα βραχώδη τεμάχια έγιναν εργαστηριακές εξετάσεις εδαφομηχανικής στο εργαστήριο της ΕΔΑΦΟΣ Α.Ε. όπως επίσης και ορυκτολογικές στο εργαστήριο Ορυκτολογίας, Πετρολογίας και Κοιτασματολογίας του ΕΜΠ.

Από τις δοκιμές εδαφομηχανικής προέκυψαν τα εξής:

1) Το υλικό είναι αργιλώδης άμμος με χάλικες. Τα όρια Atterberg του το κατατάσσουν ως οριακά μέσης (προς υψηλής) πλαστικότητας με σημαντικό ποσοστό οργανικών λόγω φρέσκων φύλλων και ριζιδίων που το τοποθετούν στο διάγραμμα πλαστικότητας του Casagrande σημαντικά κάτω από την Γραμμή «Α».

2) Η περιβάλλουσα διατμητικής αντοχής του αναζυμωμένου υλικού προέκυψε έντονα μη γραμμική διερχόμενη από το 0 (αυταπόδεικτο για πολτούς αναζυμωμένων εδαφικών υλικών) και γωνία διατμητικής αντοχής που αντιστοιχεί σε  $37^{\circ}$  για την εφαπτομένη στην αρχή (μηδενικές ως μικρές τάσεις) και στις  $30^{\circ}$  για την τέμνουσα στα 300 kPa. Εφόσον απαιτηθεί πάντως ένα μοναδικό ζεύγος τιμών παραμέτρων διατμητικής αντοχής για μία μέση τάση αυτό αντιστοιχεί σε συνοχή 7 kPa και γωνία διατμητικής αντοχής  $31^{\circ}$ .

Σε κάθε περίπτωση, προκειμένου για αναλύσεις ευστάθειας με κάποιο από τα διαδεδομένα προγράμματα υπολογισμού προτείνεται η χρήση της δυνατότητας εισαγωγής μη γραμμικής περιβάλλουσας διατμητικής αντοχής.

3) Προέκυψε καμπύλη μονοδιάστατης συμπίεσης με τα κοίλα έντονα στραμμένα προς τα κάτω, προφανώς λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας του υλικού σε άμμο. Αν πρέπει να προσδιοριστεί μία τιμή του δείκτη συμπίεσης αυτή είναι 0.19 για την εφαπτομένη στην μέγιστη τάση των 7.600 kPa. Ο δείκτης αποφόρτισης προέκυψε 0.02.

4) Η τιμή του συντελεστή διαπερατότητας για κατακόρυφη τάση 120 kPa υπό συνθήκες μονοδιάστατης συμπίεσης προέκυψε  $7 \times 10^{-8}$  cm/s.

5) Προσδιορίστηκε η πλήρης χαρακτηριστική καμπύλη εδάφους-νερού κατά την ξήρανση από πλήρη κορεσμό σε δοκίμια που είχαν πρώτα συμπιεστεί μέχρι κατακόρυφη τάση 120 kPa υπό συνθήκες μονοδιάστατης συμπίεσης και η ίδια καμπύλη σε όρους ποσοστού υγρασίας-μύζησης κατά την επανύγρανση από συνθήκες παραμένουτος ποσοστού υγρασίας.

6) Το υλικό έχει σημαντική υστέρηση μεταξύ ξήρανσης από πλήρη κορεσμό και επανύγρανση από συνθήκες παραμένουτος ποσοστού υγρασίας. Η μύζηση εισόδου στην Περιοχή III είναι περί τα 5 MPa και το ονομαστικό παραμένον ποσοστό υγρασίας περί το 10% που αντιστοιχεί σε βαθμό κορεσμού περί το 25%. Κατά την ξήρανση υπάρχουν σημαντικότερες μεταβολές όγκου (περίπου 50% μέχρι το παραμένον ποσοστό υγρασίας). Η πίεση διείσδυσης αέρα είναι σαφώς μικρότερη των 100 kPa αλλά εμφανίζεται και δεύτερο σημείο καμψής πριν το παραμένον ποσοστό υγρασίας που αντιστοιχεί περί τα 1000 kPa και σε βαθμό κορεσμού περί το 80%.

7) Προσδιορίστηκε και η καμπύλη ξήρανσης σε όρους ογκομετρικού ποσοστού υγρασίας-μύζησης, ώστε μετά από προσομοίωσή της να είναι δυνατή η εκτίμηση της εξέλιξης του συντελεστή διαπερατότητας με την μύζηση κατά την ξήρανση για χρήση σε κώδικες πεπερασμένων στοιχείων που προσομοιώνουν την υπόγεια ροή σε πλήρως και μη κορεσμένα εδάφη. Κατά την ξήρανση δεν εμφανίστηκαν ρωγμές συρρίκνωσης ακόμα και στα μεγαλύτερης διαμέτρου δοκίμια (63.5mm).



Σημειωτέον ότι οι ορυκτολογικές αναλύσεις έδωσαν συντριπτική υπεροχή (~80%) ασβεστιτικού υλικού (CaCO<sub>3</sub>) στο συνολικό κλάσμα του δείγματος που εξετάστηκε πράγμα αναμενόμενο λόγω του ότι το κοκκώδες υλικό είναι προϊόν διάβρωσης και αποσάθρωσης ασβεστολίθου. Τα ευρεθέντα αργιλικά ορυκτά είναι ιλλίτης – μοσχοβίτης και χλωρίτης. Σε σχετικές αναλύσεις που αφορούσαν στο λεπτότερο κλάσμα η συμμετοχή του ασβεστίου περιορίζεται στο 10-20% και τα κύρια αργιλικά ορυκτά είναι χλωρίτης και μοσχοβίτης, δηλαδή όχι διογκούμενα.

Συμπερασματικά:

- 1) στις ρωγμές υπάρχουν πολλά φυτικά, ρίζες κλπ.,
- 2) το εδαφικό υλικό είναι κυρίως κοκκώδες και άρα δεν είναι διογκούμενο,
- 3) η αντοχή του φαίνεται να είναι προς τις συνήθεις κατώτερες τιμές άμμου,
- 4) λόγω της παρουσίας αργιλοϊλύος η διαπερατότητα εκτιμάται ότι είναι χαμηλή, τάξεις μεγέθους μικρότερη από αυτή της άμμου.

## 9.4 Στοιχεία Βροχοπτώσεων

Οι βροχοπτώσεις είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες που επιδρούν στην εκδήλωση εδαφικών αστοχιών και αστοχιών τύπου βραχομηχανικής, τόσο σε μακροχρόνια βάση όσο και ως παράγοντας «πυροδότησης». Αυτό ισχύει και στην περίπτωση της αστοχίας στα Τέμπη.

## 9.5 Οι εκρήξεις κατά τη διάνοιξη της σήραγγας

Την στιγμή του ατυχήματος το μέτωπο της υπό-διάνοιξη σήραγγας βρίσκονταν σε απόσταση R=750 m περίπου από την θέση της κατάπτωσης. Μετρήσεις των δονήσεων του εδάφους κατά την διάρκεια των εκρήξεων φαίνεται ότι δεν υπήρξαν για το συγκεκριμένο μέτωπο πριν από την αστοχία. Επίσης δεν ήταν γνωστή η ποσότητα εκρηκτικού ανά εκτίναξη.

Οι υπολογισμοί οι οποίοι είναι εντελώς ενδεικτικοί καθώς και οι αναλύσεις που προκύπτουν από το συγκεκριμένο πόρισμα, δείχνουν ότι η πιθανή σημειακή ταχύτητα στην θέση της κατάπτωσης μπορεί να ήταν το πολύ ίση με 2 mm/s. Η τιμή αυτή, που αποτελεί ένα άνω πιθανό όριο της πραγματικότητας, κρίνεται ως πολύ μικρή για να έχει προκαλέσει άμεσα την πτώση. Ενδέχεται ωστόσο να συνέτεινε στην μικρή αύξηση του ανοίγματος των ρωγμών.

Σημαντικός παράγοντας για την εκδήλωση των βραχοπτώσεων αποτελεί και η σταδιακή αύξηση του ανοίγματος των ασυνεχειών και ρωγμών της βραχομάζας από την διείδυση και ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των θάμνων και δένδρων εντός αυτών.

Έτσι, τα ήδη αποχωρισμένα από την κύρια βραχομάζα τεμάχια βράχων είναι δυνατόν να ανατραπούν με την απότομη αύξηση της υδροστατικής πίεσης των ρωγμών, λόγω έντονης βροχόπτωσης ή και της δυναμικής φόρτισης που μπορεί να υποστούν από σεισμική ή άλλη δόνηση.

## 9.6 Η συγκεκριμένη αστοχία

Για την κατάρπωση που σημειώθηκε στις 17 Δεκεμβρίου 2009 συνέτρεξαν πολλοί παράγοντες μαζί, όπως άλλωστε συμβαίνει συνήθως με καταπτώσεις και κατολισθήσεις. Είναι σαφές ότι στην κοιλάδα των Τεμπών οι γεωλογικές συνθήκες είναι τέτοιες που υπάρχει σημαντικός αριθμός, διαφόρων μεγεθών, βραχωδών τεμαχίων που βρίσκονται σε σχετικά επισφαλή ισορροπία.

Κατά καιρούς αυτό εκδηλώνεται με βραχοπτώσεις όπως έχει συμβεί πολλές φορές και στο παρελθόν.

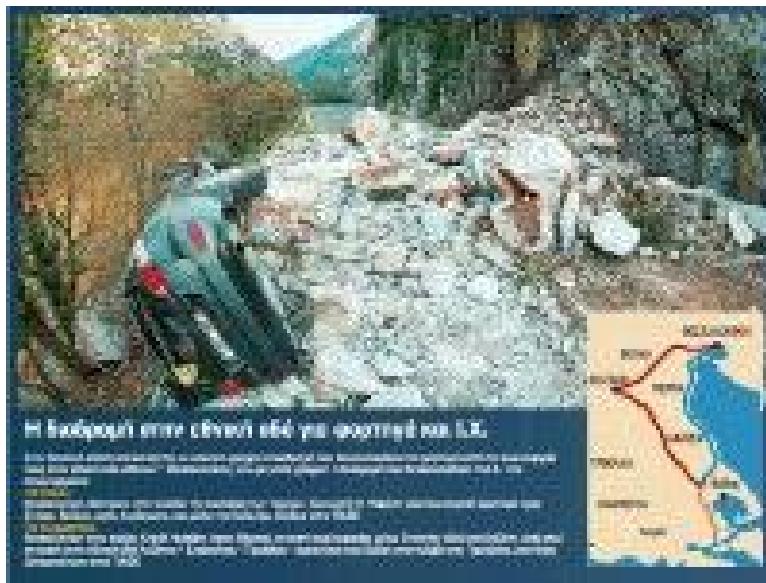
Στην περιοχή αποκόλλησης και κατάρπωσης των βράχων στις 17 Δεκεμβρίου 2009 η γενική κλίση του πρανούς είναι περίπου  $50^{\circ}$ . Το ανώτερο τμήμα του πρανούς παρουσιάζει πιο απότομη κλίση (περίπου  $70^{\circ}$ ), το κεντρικό τμήμα είναι πιο ήπιο (περίπου  $45^{\circ}$ ), ενώ το κατώτερο έχει κλίση  $60^{\circ}$  περίπου. Το τεχνητό πρανές της οδού, στην περιοχή αυτή έχει διαμορφωθεί σχεδόν κατακόρυφο με ύψος 10 περίπου μέτρων.

Η συγκεκριμένη βραχώδης μάζα που κατέπεσε ανήκε προφανώς στην κατηγορία των βραχωδών τεμαχίων σε επισφαλή ισορροπία. Είναι σαφές δε και από το αποτύπωμά της όσο και από την εξέταση των πεσμένων τεμαχίων ότι διατρεχόταν εσωτερικώς, αλλά και στη βάση της από ρηγματώσεις, μερικώς τουλάχιστον πληρωμένες με, αργιλοϊλυώδες-αμμώδες ως προς την κοκκομετρία του, εδαφικό υλικό.

Δεν μπορεί να εκτιμηθεί η επίδραση των εκρήξεων διότι δεν υπάρχουν στοιχεία μετρήσεων. Οι όποιες μετρήσεις που ενδιαφέρουν (μέτωπο σήραγγας T2S) ξεκίνησαν μετά το γεγονός και δεν υπάρχουν μετρήσεις για τις εκρήξεις που προηγήθηκαν. Έτσι το πόρισμα δεν μπορεί να φέρει γνώμη για το αν οι δονήσεις εκ των εκρήξεων συνέβαλαν στο άνοιγμα των ρωγμών.

Πάντως σε αυτές τις ρωγμές εισέδυσσε το νερό λόγω των έντονων βροχοπτώσεων που προηγήθηκαν. Οι βροχοπτώσεις αυτές ήταν έντονες αλλά όχι ασυνήθεις όπως τεκμηριώνεται με τα στοιχεία που είχαν συλλεχθεί. Το νερό μέσα στις ρωγμές δεν απέρρευε ελεύθερα γιατί αυτές ήταν –τουλάχιστον μερικώς- πληρωμένες με εδαφικό υλικό όχι ιδιαίτερα διαπερατό, όπως τεκμηριώνεται και με τα εργαστηριακά στοιχεία.

Ως εκ τούτου πολύ πιθανώς δημιουργήθηκαν πρόσθετες υδατικές πιέσεις ενδεχομένως και στη βάση των ογκολίθων. Ο συνδυασμός της οριακής τους ισορροπίας, της διαβρωτικής δύναμης του νερού και των δημιουργηθεισών υδατοπίεσεων στις ρωγμές που δεν αποκλείεται να διευρύνθηκαν από παράγοντες όπως το ριζικό σύστημα, τυχόν μικροδονήσεις κλπ., πιθανότατα οδήγησε στην αποκόλληση και κατάρπωση.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

### 10. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η Ελλάδα είναι εξόχως ορεινή. Η βελτίωση του ατελούς οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου της δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς την κατασκευή πολυάριθμων σηράγγων, η όρυξη των οποίων συνήθως δεν θα αποτελεί απλό εγχείρημα, δεδομένης της πολύπλοκης γεωλογικής και τεκτονικής δομής της, της αντιμετώπισης ασταθών τασικών πεδίων και μεγάλων συγκλίσεων ιδιαίτερα σε τεκτονικώς διαταραχθείσες περιοχές και της κακής ποιότητας των εδαφών σε ορισμένες ζώνες, πράγμα το οποίο άλλωστε έχει αποδειχθεί από την εμπειρία που αποκτήθηκε κατά την κατασκευή σηράγγων στον ελληνικό χώρο.

Οι τεχνολογικές εξελίξεις τρέχουν, οι επινοήσεις διαδέχονται η μία την άλλη, τα δεδομένα μεταβάλλονται σε εξαιρετικά μικρή χρονική περίοδο, ο συναφής εξοπλισμός βελτιώνεται και τελειοποιείται.

Είναι συνεπώς απαραίτητο όπως οι μελετητές, οι κατασκευαστές και γενικότερα όλοι οι εμπλεκόμενοι στη σχετική διαδικασία να ενημερώνονται επί των σημειούμενων εξελίξεων ώστε να επωφελούνται από τη διεθνή εμπειρία, δεδομένου ότι όσο περισσότερα στοιχεία γίνονται διαθέσιμα τόσο εναργέστερα αντανακλούν τη φύση και το μέγεθος των αντιμετωπιζόμενων προβλημάτων και συμβάλλουν στην επιλογή κατάλληλων μεθόδων προς αντιμετώπισή τους.

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες η χώρα έχει αποκτήσει λίαν αξιόλογη μελετητική και κατασκευαστική υποδομή.

Σημαντικός αριθμός Γραφείων ασχολούνται με τη μελέτη σηράγγων, από την Εγνατία οδό μέχρι την Κρήτη, μερικά δε από αυτά όχι μόνο συνεργάζονται με αντίστοιχα του εξωτερικού, αλλά και αναλαμβάνουν μελέτες ή έλεγχο μελετών άλλων χωρών.

Εξ άλλου, στον κατασκευαστικό τομέα, τα επιτεύγματα του οποίου είναι γνωστά, έχουν από μακρού εκλείψει ορισμένες επιφυλάξεις και δισταγμοί αναφορικά με την κατασκευή σηράγγων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

### **11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Ø Β. ΚΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ «Η γεωδαιτική μέθοδος ελέγχου παραμορφώσεων σηράγγων – Τεκμηρίωση της μεθόδου και ανάλυση παρατηρήσεων» Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο 2005
  
- Ø Α. ΚΑΚΛΑΜΑΝΗΣ «Εκτίμηση του κινδύνου αστοχίας των τεχνικών έργων»
  
- Ø Μ. ΚΑΒΒΑΔΑΣ «Εποπτικό υλικό διαλέξεων του μαθήματος “Ειδικά γεωτεχνικά έργα – Γεωτεχνική σηράγγων”» Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο 2005
  
- Ø Β. ΦΡΑΓΚΟΠΟΥΛΟΣ «Σήραγγες και Γεωλογικοί σχηματισμοί Ελλάδας»
  
- Ø Η. ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ – Δρ. Ν. ΜΟΥΡΤΖΑΣ «Σήραγγα Ανηλίου – Αστοχία πρηνούς ανατολικού μετώπου»
  
- Ø Π. ΜΑΡΙΝΟΣ, Μ. ΚΑΒΒΑΔΑΣ, Γ. ΝΤΟΥΝΙΑΣ, Α. ΠΡΟΒΙΑ «Διερεύνηση των συνθηκών εκδήλωσης της κατολίσθησης στην περιοχή της Χ.Θ. 123 του αυτοκινητοδρόμου Κορίνθου – Τριπόλεως και μέτρα αποκατάστασης» 10<sup>ο</sup> Διεθνές Συνέδριο, Θεσ/νίκη 2004
  
- Ø Γ. ΓΚΑΖΕΤΑΣ, Σ. ΚΑΒΟΥΝΙΔΗΣ, Δ. ΡΟΖΟΣ, Γ. ΤΣΙΑΜΠΑΟΣ «Πόρισμα επιτροπής εμπειρογνομόνων για τις καταπτώσεις στα Τέμπη» Μάρτιος 2010
  
- Ø Σ. ΚΑΒΟΥΝΙΔΗΣ, Γ. ΝΤΟΥΝΙΑΣ, Μ. ΜΠΑΡΔΑΝΗΣ «Χαράσσοντας οδούς μέσα από κατολισθήσεις» 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Βόλος, Μάιος 2005